

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

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ФЕДОРЕНКО СЕРГІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ

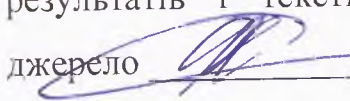
УДК: 631.527.581.143:633.11

**СТВОРЕННЯ ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ В СЕЛЕКЦІЇ ЗЕРНОВИХ
КОЛОСОВИХ ОЗИМИХ КУЛЬТУР**

201 – Агронімія

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. В. Федоренко

Науковий керівник – Рябовол Людмила Олегівна, доктор
сіськогосподарських наук, професор

Умань – 2026

АНОТАЦІЯ

Федоренко С. В. Створення вихідного матеріалу в селекції зернових колосових озимих культур. – 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 узагальнено нові підходи до розв'язання наукової проблеми щодо оптимізації систем контрольованої гібридизації і селекційного добору генетичних донорів за аналізу закономірностей мінливості та механізмів успадкування кількісних і якісних ознак для створення вихідного матеріалу в селекційному процесі отримання високопродуктивних сортів зернових колосових озимих культур.

Вперше проведено оцінювання ефективності способів схрещування за внутрішньовидової та міжвидової гібридизації при створенні вихідного матеріалу пшениці м'якої, пшениці спельта та тритикале озимих. Встановлено, що не залежно від добору вихідних компонентів, найвищий відсоток зав'язування насіння отримано за проведення гібридизації під органопластиковим ізолятором. За внутрішньовидової гібридизації пшениці м'якої озимої відсоток зав'язування насіння сягав 58,2 %, а за міжвидової гібридизації 27,2 і 18,9 %, що залежало від материнського компоненту схрещування. Встановлено, що за внутрішньовидової гібридизації проведення запилення на четверту добу після кастрації квіток в середньому за генотипами на 2,3 % підвищує ефективність зав'язування насіння в суцвітті порівняно із запиленням на третю добу. За міжвидової гібридизації запилення кастрованих квіток пшениці м'якої озимої доцільно проводити на четверту добу після кастрації квіток, а пшениці спельта – на п'яту, що в середньому за генотипами, відповідно, на 1,3 і 3,3 % підвищує ефективність зав'язування насіння.

Доведено, що за використання в комбінаціях схрещувань

материнською формою пшениці м'якої озимої, зав'язується істотно вища частка насіння, аніж за використання пшениці спельта. Це підтверджує низький рівень перехресної сумісності спельти.

З'ясовано, що матеріали з пшенично-житньою транслокацією 1AL/1RS не залежно від способу гібридизації та періоду запилення суцвіття формують істотно більшу кількість насіння, аніж зразки з транслокацією 1BL/1RS. Встановлено, що за гібридизації *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L. при подовженні тривалості періоду між кастрацією і запиленням нівелюється різниця рівня зав'язування в комбінаціях схрещування, де запилювачами використовуються зразки пшениці м'якої озимої з пшенично-житньою транслокацією 1BL/1RS.

Найвищим рівнем перехресної сумісності за близькородинної гібридизації з часткою формування насіння на рівні 58,2 % визначено комбінацію схрещування Щедрість одеська (1AL/1RS) × Дагмар, а за віддаленої гібридизації – Золотоколоса (1AL/1RS) × Зоря України та Зоря України × Золотоколоса (1AL/1RS) з рівнем зав'язування насіння 27,2 і 18,9 %, відповідно.

Обґрунтовано ефективність застосування органопластикових ізоляторів під час проведення контрольованої гібридизації тритикале озимого у межах виду та міжвидових (*Triticosecale* Wittmack × *Triticum spelta* L.) комбінаціях схрещування, що забезпечує підвищення рівня зав'язування насіння на 22,2 та 75,0 %, відповідно. З'ясовано, що запилення квіток суцвіття доцільно проводити на четверту добу після їх кастрації, це підвищує частку формування насіння до 37,2 і 8,3, % відповідно.

Зміна архітекtonіки рослин є одним із способів формування нових біотипів і створення агроценозів з високою продуктивністю пшениці м'якої і пшениці спельта озимих. Підтверджено, що створення нових морфотипів можливе за використання внутрішньовидової та міжвидової гібридизації, що дає змогу отримати та відібрати високопродуктивні матеріали з визначеними маркерними ознаками.

Встановлено, що зразки пшениці м'якої озимої, отримані за схрещування батьківських форм з альтернативними ознаками за генами контролю воскового нальоту фотосинтезуючих органів, фенотипово вирізняються в популяції рослин темно-зеленим кольором з ледь помітним восковим забарвленням і незалежно від морфотипу мають істотно, на 6,2–28,5 %, вищий вміст хлорофілу *a* і *b* порівняно з гомозиготними вихідними зразками. З'ясовано, що еректоїдні форми вирізняються вищою концентрацією пігменту в клітинах рослин, аніж платофіли.

Помірний восковий наліт листків тритикале озимого вказує на гібридність покоління. Підтверджено, що вищий сумарний вміст хлорофілу позитивно впливає на продуктивність культури.

Підтверджено прямопропорційну залежність між вмістом хлорофілу *a* і *b* у клітинах фотосинтезуючих органів і показниками господарсько-цінних ознак, зокрема, маси зерна з колосу та рослини пшениці м'якої, пшениці спельта і тритикале озимих.

Доведено, що пшениця спельта характеризується листковим типом фотосинтезу. Частка участі листкової пластинки в загальній фотосинтезуючій активності сягає 66,5 %. Проте визначено високий відсоток участі колосу 16,7 % та стебла 16,5 % в загальному фотосинтетичному ефекті, що істотно перевищує на 13,1 і 15,3 %, відповідно, показники пшениці м'якої озимої.

Встановлено, що пшениця спельта має 5,3 % вищий вміст пігменту в клітинах асимілюючих органах, аніж пшениця м'яка озима, хоча продуктивність колосу і рослини має нижчу. Очевидно, що вміст хлорофілу впливає і на якість зерна культури.

З'ясовано, що сумарний вміст хлорофілу у фотосинтезуючих органах істотно вищий у гібридного матеріалу тритикале аніж пшениці м'якої і спельти, на 38,4 і 37,8 %, відповідно. Цим пояснюється висока врожайність культури.

Створено колекцію зразків пшениці м'якої, пшениці спельта та тритикале озимих зі зміненою архітектонікою рослин, що доцільно

використовувати в селекційному процесі донорами генів ознаки короткостебловість, еректоїдна орієнтація листкової пластинки, висока кустистість рослин, довжина колосу. Показано можливість перенесення рецесивних маркерних ознак еректоїдного розміщенням листкової пластинки, безвосковий наліт фотосинтезуючих органів насадкам за використання низки беккросних схрещувань та індивідуальних доборів високопродуктивних генотипів.

Доведено ефективність застосування міжвидової гібридизації *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L. за селекційно-генетичного удосконалення ознаки якісного обмолоту зерна та зниження висоти стеблостою пшениці спельта. Підтверджено можливість інтрогресії домінантних алелів, що контролюють ознаку вільного обмолоту, із геномного комплексу *Triticum aestivum* L. у геном *Triticum spelta* L., що забезпечує формування нових рекомбінантних генотипів із покращеними господарсько-цінними властивостями.

Підтверджено можливість цілеспрямованої модифікації господарсько-цінних ознак пшениці спельта шляхом міжвидової гібридизації та добору інтрогресивних форм, що поєднують адаптивність і високу якість зерна виду *Triticum spelta* L. з високопродуктивним потенціалом виду *Triticum aestivum* L.. Рекомбінація геномів цих видів забезпечує створення рекомбінантних форм із високим рівнем домінантності та вираженим гетерозисним ефектом.

За гібридизації сортів пшениці спельта озимої і пшениці м'якої озимої виявлено значну диференціацію ступеня домінантності (h_p) за типом успадкування структурних елементів урожайності залежно від ознаки та комбінації схрещування – від наддомінування ($h_p > +1$) до депресивного ефекту ($h_p < -1$). Високу комбінаційну сумісність продемонстрували гібридні комбінації Зоря України × CN Комбін (довжина колосу – $h_p = 1,06$; кількість зерен у колосі – $h_p = 0,20$; маса 1000 насінин – $h_p = 15,46$; маса зерна з колосу – $h_p = 2,59$), Європа × Фаворитка (довжина колосу – $h_p = 3,97$; маса 1000 насінин – $h_p = 5,26$; маса зерна з колосу – $h_p = 1,91$) та Європа × Патрас

(довжина колосу – $hr = 2,82$; маса 1000 зерен – $hr = 3,95$; маса зерна з колосу – $hr = 1,93$). Отримані рекомбінантні генотипи характеризуються високим рівнем наддомінування за комплексом господарсько цінних ознак та підвищеною продуктивністю.

За віддаленої гібридизації *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L. створено та апробовано зразок пшениці спельта озимої 123, який поєднує високий рівень продуктивності (середні показники врожайності – 6,81 т/га, вмісту в зерні білка – 14,9 % та клейковини – 30,8 %) з високою якістю обмолоту зерна з колосу (95 %). Зразок 123 (сорт ЛЛЯ) у 2025 році передано на Державну науково-технічну експертизу.

Створені матеріали (зразок 123, 230, 127, 165, 93), що вирізняються високою продуктивністю і задовільним обмолотом зерна (73–95 %) доцільно залучати в селекційні схеми донорами генів господарсько-цінних ознак з метою отримання нових вихідних матеріалів і створення сортів пшениці спельта озимої

Проаналізовано життєздатність насіння окремих зразків пшениці м'якої озимої, пшениці спельта і тритикале 2016, 2020 і 2024 років репродукції. Підтверджено, що тривале зберігання насіннєвого матеріалу призводить до втрати його життєздатності. Встановлено, що зниження схожості насіння залежить від видової і сортової специфікації. За зберігання насіння протягом восьми років схожість насіннєвого матеріалу пшениці м'якої озимої знижувалась у середньому за генотипами на 51,4 %, пшениці спельта – на 61,8 %, тритикале – на 56,9 %. Лабораторна схожість сортів з пшенично-житніми транслокаціями істотно на 7,8–10,9 % поступалась матеріалу без транслокацій.

Доведено, що розчин аргініну за дії на свіже насіння знижував життєздатність майже всіх апробованих матеріалів, за виключенням насіння пшениці м'якої озимої зразків 352-1 і 446-16 з пшенично-житніми транслокаціями та насіння спельти. На насіння тривалого періоду зберігання розчин речовини істотного впливу не мав.

За впливу глютамінової кислоти на насіння пшениці м'якої та спельти спостерігали підвищення (до 3 %) його енергії проростання та схожості не залежно від року репродукції. Проте на життєздатність насіння тритикале розчин глютамінової кислоти істотно не впливав.

З'ясовано, що не залежно від виду рослин, року репродукції і генотипу за впливу на насіння розчину гіберелінової кислоти (10 мг/л) підвищується його енергія проростання та схожість. Гібридні форми пшениці м'якої озимої за енергією проростання на 3,9–5,7 % перевищували контрольний варіант, спельти озимої – на 4,0–4,9 %, тритикале – на 3,2–3,9 %, а сорти з пшенично-житніми транслокаціями – на 1,6–2,7 %.

Цитологічний аналіз підтвердив, що понад 92 % селекційного матеріалу пшениці м'якої озимої, пшениці спельта і тритикале за проростання формує матеріали з диплоїдним набором хромосом. Встановлено, що за подовження терміну зберігання насіння підвищується частка проростків зі зміненою проїдністю клітин. Речовини з антимуtagenними властивостями, зокрема, аргенін, глютамінова кислота і гіберелінова кислота частково попереджують мутагенні процеси за проростання насіння, що дає змогу підвищити кількість проростків зі збалансованим диплоїдним набором хромосом.

***Ключові слова:** пшениця м'яка озима, пшениця спельта озима, тритикале озиме, гібридизація, донор генів, вихідний матеріал, морфотип, зразок, сорт, пшенично-житні транслокації 1AL/1RS і 1BL/1RS, маркерна ознака, фотосинтетична активність, насіння, енергія проростання, схожість насіння, урожайність, якість зерна.*

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових виданнях, включених

до Міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science

1. Diordiieva I. P., Riabovol I. S., Riabovol L. O., Babii M. M., Fedorenko S. V., Serzhuk O. P., Maslovata S. A., Liubchenko A. I., Novak Z. M., Liubchenko, I. O. Breeding and genetic improvement of spelt wheat (*Triticum spelta*) by

interspecific hybridization. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 2024. Vol. 15(3). P. 463–468. DOI: 10.15421/022465

2. 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

3. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., **Федоренко С. В.**, Фесько М. В. Створення вихідного матеріалу пшениці м'якої озимої за використання культури зрілих зародків. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. РВВ Уманського НУС, 2024. Вип. 104. Ч. 1. : Сільськогосподарські науки. С. 226–233. DOI: [10.32782/2415-8240-2024-104-1-226-232](https://doi.org/10.32782/2415-8240-2024-104-1-226-232)
4. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., **Федоренко С. В.** Особливості фотосинтезу різних за морфотипами створених зразків пшениці м'якої озимої. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. РВВ Уманського НУС, 2024. Вип. 104. Ч. 1. : Сільськогосподарські науки. С. 231–237. DOI: [10.32782/2415-8240-2024-105-1-231-237](https://doi.org/10.32782/2415-8240-2024-105-1-231-237)
5. Рябовол Л. О., **Федоренко С. В.** Вплив терміну зберігання на життєздатність насіння пшениці та тритикале озимих за різних умов пророщування. *Збірник наукових праць Уманського НУ*. РВВ Уманського НУ, 2025. Вип. 106. Ч. 1. : Сільськогосподарські науки. С. 245–252. DOI: [10.32782/2415-8240-2025-106-1-245-252](https://doi.org/10.32782/2415-8240-2025-106-1-245-252).
6. Рябовол Л. О., **Федоренко С. В.** Вплив способу гібридизації на зав'язування насіння пшениці м'якої озимої за внутрішньовидової гібридизації географічно віддалених форм. *Збірник наукових праць Уманського НУ*. РВВ Уманського НУ, 2025. Вип. 107. Ч. 1. : Сільськогосподарські науки. С. 230–237. DOI: [32782/2415-8240-2025-107-1-230-237](https://doi.org/10.32782/2415-8240-2025-107-1-230-237)

Наукові праці, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації

7. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., **Федоренко С. В.**, Капустинський А. О. Оцінка резистентності до хвороб створених зразків пшениці м'якої озимої в умовах Правобережного Лісостепу України. Матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі» присвяченої 100-річчю кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології ім. І.П. Чучмія Уманського НУС, 04 листопада 2022 року. Умань, 2022. С. 134–135.
8. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., **Федоренко С. В.**, Капустинський А. О. Характер успадкування селекційно-цінних ознак зразків пшениці м'якої озимої створених за міжвидовою гібридизації *Triticum aestivum* L./*Triticum spelta* L. Матеріали XII Міжнародної наукової конференції «Селекційно-генетична наука і освіта» (Парієві читання). (20–22 березня 2023 р.). Умань: ВПЦ«Візаві». 2023. С. 214–217.
9. Рябовол Л. О., Рябовол Я. С., Фесько М. В., **Федоренко С. В.** Ідентифікація гібридності рослин пшениці м'якої озимої за використання генетичних маркерів. Матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі» Умань, 2023. С. 150–151.
10. Рябовол Л. О., Рябовол Я. С., Фесько М. В., **Федоренко С. В.**, Капустинський А. О. Селекція пшениці м'якої озимої на гомеостаз для умов Правобережного Лісостепу України. Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції «Аграрна освіта і наука: досягнення та перспективи розвитку» присвяченої видатним вченим Васильківському С. П. і Молоцькому М. Я. – засновникам наукової школи з селекції та насінництва пшениці і картоплі. (28 березня 2024 р.). Біла Церква: БНАУ, 2024. С.102–104.
11. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., Кертон М., **Федоренко С. В.**, Фесько М. В. Створення та відбір багатоколоскових вихідних матеріалів пшениці м'якої озимої. Матеріали XIII Міжнародної наукової конференції

«Селекційно-генетична наука і освіта» (Парієві читання). (19–21 березня 2024 р.). Умань: ВПЦ«Візаві». 2024. С. 146–148.

12. Ryabovol I. S., Ryabovol L. O., **Fedorenko S. V.**, Fesko M. V., Kapustinsky A. O. Embryoculture in breeding of soft winter wheat. Матеріали ІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції «Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі» Умань, 2024. С. 135–137.
13. Рябовол Л. О., Рябовол Я. С., **Федоренко С. В.**, Фесько М. В. Фотосинтетична активність зразків різних морфотипів пшениці м'якої озимої. Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції «Аграрна освіта і наука: досягнення та перспективи розвитку» присвяченої видатним вченим Васильківському С. П. і Молоцькому М. Я. (27 березня 2025 року), Білоцерківський НАУ. Біла Церква, 2025. С. 90–92.
14. Ryabovol L. O., Ryabovol Ia. S., **Fedorenko S. V.**, Fesko M. V. Analysis of created samples of winter soft wheat for photosynthetic activity. Матеріали X Всеукраїнської науково-практичної конференції «Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі» Умань, 2025. С. 114–116.

ANNOTATION

Fedorenko S. V. Creation of the entrance material in the selection of winter grain ear crops. – 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.

The dissertation summarizes new approaches to solving the scientific problem of optimizing systems of controlled hybridization and selective selection of genetic donors based on the analysis of patterns of variability and mechanisms of inheritance of quantitative and qualitative traits for the creation of starting material in the selection process of obtaining high-yielding varieties of grain winter crops.

For the first time, an evaluation of the efficiency of crossing methods for intraspecific and interspecific hybridization was carried out in the creation of raw material of common wheat, spelt wheat and winter triticale. It was established that, regardless of the selection of initial components, the highest percentage of seed setting was obtained when hybridization was carried out under an organoplastic insulator. With intraspecific hybridization of soft winter wheat, the percentage of seed set reached 58.2 %, and with interspecies hybridization was 27.2 % and 18.9 %, which depended on the maternal component of the cross. It was found that during intraspecific hybridization, pollination on the fourth day after the emasculation of male components increased the efficiency of seed setting in an inflorescence by 2.3 % on average by genotypes compared to pollination on the third day. For interspecies hybridization, pollination of emasculated flowers of soft winter wheat should be carried out on the fourth day after emasculation, and on the fifth day of spelt wheat, which increases the efficiency of seed setting by 1.3% and 3.3% on average by genotype, respectively.

It has been proven that the use of soft winter wheat as the mother line of crossbreeding combinations results in a significantly higher seed share than when spelt wheat is used. This confirms the low level of cross-compatibility of spelt.

Materials with wheat-rye translocation 1AL/1RS, regardless of the method of hybridization and the period of pollination of the inflorescence, form a significantly larger number of seeds than samples with translocation 1BL/1RS. It was established that with an extended period between castration and pollination, when hybridizing *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L., the difference in the level of binding is leveled out in crossing combinations where samples of soft winter wheat with wheat-rye translocation 1BL/1RS are used as pollinators.

The highest level of cross-compatibility under close family hybridization with a share of seed formation at the level of 58.2 % was determined by the combination of the crossing Shchedrist Odeska (1AL/1RS) × Dagmar, and under distant hybridization – Zolotokolas (1AL/1RS) × Zorya Ukrainy and Zorya Ukrainy × Zolotokolas (1AL/1RS) with a seed set rate of 27.2 % and 18.9 %, respectively.

The effectiveness of the use of organoplastic insulators during the controlled hybridization of winter triticale within the species and interspecies (*Triticosecale Wittmack* × *Triticum spelta* L.) is substantiated, which ensures an increase in the level of seed setting by 22.2 % and 75.0 %, respectively. It was found that it is advisable to pollinate the flowers of the inflorescence on the fourth day after their emasculation, this increases the share of seed formation to 37.2 % and 8.3 %, respectively.

Changing plant architecture is one of the ways to form new plant biotypes and create agrocenoses with high productivity of common wheat and winter spelt wheat plants. It has been confirmed that the creation of new morphotypes is possible with the use of intraspecific and interspecific hybridization, which makes it possible to obtain and select highly productive materials with defined marker traits.

It has been established that hybrids of soft winter wheat, obtained by crossing parental forms with alternative traits based on genes for controlling the wax coating of photosynthetic organs, are phenotypically distinguished in the plant population by a dark green color with a barely noticeable waxy color and, regardless of the morphotype, have a significantly higher content of chlorophyll a and c compared to homozygous initial samples by 6.2–28.5 %. It was found that erectoid forms are distinguished by a higher concentration of pigment in plant cells than platophylls.

A moderate wax coating on winter triticale leaves indicates the hybridity of the generation. It has been confirmed that a higher total chlorophyll content has a positive effect on crop productivity.

A directly proportional relationship between the content of chlorophyll a and b in the cells of photosynthetic organs and the indicators of economic and valuable traits, in particular, the mass of grain from ears and plants of common wheat, spelt wheat and winter triticale, was confirmed.

It has been proven that spelt wheat is characterized by a leaf type of photosynthesis. The share of the leaf blade in the total photosynthetic activity

reaches 66.5 %. However, a high percentage of participation of the ear of 16.7 % and the stem of 16.5 % in the total photosynthetic effect was determined, which significantly exceeds the indicators of soft winter wheat by 13.1 % and 15.3 %, respectively.

It was found that spelt wheat has a 5.3 % higher pigment content in the cells of assimilating organs than common winter wheat, although the productivity of the ear and plant is lower. It is obvious that the content of chlorophyll affects the quality of the crop grain.

It was found that the total content of chlorophyll in photosynthetic organs is significantly higher in triticale hybrid material than in common wheat and spelt, by 38.4 % and 37.8 %, respectively. This explains the high yield of the culture.

A collection of samples of common wheat, spelt wheat, and winter triticale with altered plant architecture has been created, which should be used in the selection process by gene donors for the characteristics of short stem, erectoid orientation of the leaf blade, high plant canopy biomass, and spike length. The possibility of transferring the recessive marker traits of the erectoid by placement of the leaf plate, the wax-free coating of the photosynthetic organs, to the offspring using a number of backcrosses and individual selection of highly productive genotypes is shown.

The effectiveness of the use of interspecies hybridization of *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L. for the selection and genetic improvement of quality grain threshing and reduction of stem height of spelt wheat has been proven. The possibility of introgression of dominant alleles controlling the trait of free threshing from the genomic complex of *Triticum aestivum* L. into the genome of *Triticum spelta* L. was confirmed, which ensures the formation of new recombinant genotypes with improved economic and valuable properties.

The possibility of purposeful modification of economic and valuable traits of spelt wheat by means of interspecies hybridization and selection of introgressive forms that combine the adaptability and high quality of the grain of *Triticum spelta* L. with the high productivity potential of *Triticum aestivum* L. was confirmed. The

recombination of the genomes of these species ensures the creation of recombinant forms with a high level of dominance and a pronounced heterosis effect. During the hybridization of winter spelt wheat and soft winter wheat varieties, a significant differentiation of the degree of dominance (hp) was revealed by the type of inheritance of the structural elements of productivity depending on the trait and combination of crossing - from overdominance ($hp > +1$) to a depressive effect ($hp < -1$). High combination compatibility was demonstrated by the hybrid combinations Zorya Ukrainy \times CH Kombin (ear length – $hp = 1.06$; number of grains in an ear – $hp = 0.20$; weight of 1000 seeds – $hp = 15.46$; weight of grain from an ear – $hp = 2.59$), Europe \times Favoritka (ear length – $hp = 3.97$; weight of 1000 seeds – $hp = 5.26$; mass of grain from ear – $hp = 1.91$) and Europe \times Patras (length of ear – $hp = 2.82$; mass of 1000 grains – $hp = 3.95$; mass of grain from ear – $hp = 1.93$). The obtained recombinant genotypes are characterized by a high level of overdominance in a complex of economically valuable traits and increased productivity.

Through remote hybridization of *Triticum spelta* L. \times *Triticum aestivum* L., a sample of winter spelt wheat 123 was created and tested, which combines a high level of productivity (average yield – 6.81 t/ha, protein content in grain – 14.9 % and gluten – 30.8 %) with high quality of grain threshing from the ear (95 %). In 2025, sample 123 (LIYA variety) was submitted to the State Scientific and Technical Examination.

The created materials (sample 123, 230, 127, 165, 93), distinguished by high productivity and satisfactory threshing of grain (73–95 %) are expediently involved in selection schemes by donors of genes of economic and valuable traits in order to obtain new starting materials and create varieties of winter spelt wheat.

The seed viability of individual samples of soft winter wheat, spelt wheat, and triticale from 2016, 2020, and 2024 years of reproduction was analyzed. It has been confirmed that long-term storage of seed material leads to loss of its viability. It was established that the reduction of seed germination depends on species and variety specifications. During seed storage for eight years, the seed similarity of

soft winter wheat decreased by 51.4 % on average by genotype, spelt wheat – by 61.8 % and, triticale – by 56.9 %. Laboratory similarity of varieties with wheat-rye translocations was significantly inferior to material without translocations by 7.8–10.9 %.

It was proven that the arginine solution, acting on fresh seeds, reduced the viability of almost all tested materials, with the exception of soft winter wheat seeds of samples 352-1 and 446-16 with wheat-rye translocations and spelt seeds. The solution of the substance had no significant effect on the seeds of a long period of storage.

Under the influence of glutamic acid on the seeds of common wheat and spelt, an increase (up to 3 %) of its energy of germination and germination was observed, regardless of the year of reproduction. However, the viability of triticale seeds was not significantly affected by the glutamic acid solution.

It was found that regardless of the type of plants, the year of reproduction and the genotype, the effect of gibberellic acid solution (10 mg/l) on the seeds increases their germination energy and germination. Hybrid forms of soft winter wheat exceeded the control variant by 3.9–5.7 % in germination energy, winter spelt by 4.0–4.9 %, triticale by 3.2–3.9 %, and varieties with wheat-rye translocations by 1.6–2.7 %.

Cytological analysis confirmed that more than 92% of the breeding material of soft winter wheat, spelt wheat and triticale forms materials with a diploid set of chromosomes during germination. It has been established that the proportion of seedlings with altered cell patency increases when the storage period of seeds is extended. Substances with antimutagenic properties, in particular, arginine, glutamic acid, and gibberellic acid partially prevent mutagenic processes during seed germination, which makes it possible to increase the number of seedlings with a balanced diploid set of chromosomes.

Key words: soft winter wheat, winter spelt wheat, winter triticale, hybridization, gene donor, starting material, morphotype, sample, variety, wheat-rye translocations 1AL/1RS and 1BL/1RS, marker trait, photosynthetic activity, seeds, germination energy, seed similarity, yield, grain quality.

LIST OF SCIENTIFIC WORKS ON THE DISSERTATION TOPIC

Articles in scientific publications, included

to the international scientometric bases Scopus and Web of Science

1. Diordieva I. P., Riabovol Ia. S., Riabovol L. O., Babii M. M., **Fedorenko S. V.**, Serzhuk O. P., Maslovata S. A., Liubchenko A. I., Novak Z. M., Liubchenko, I. O. Breeding and genetic improvement of spelled wheat (*Triticum spelta*) by interspecific hybridization. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 2024. Vol. 15(3). R. 463–468. DOI: 10.15421/022465
2. 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

3. Riabovol Ia. S., Riabovol L. O., **Fedorenko S. V.**, and Fesko M. V. Creation of soft winter wheat starting material using the culture of mature embryos. *Collection of scientific works of the Uman National Academy of Sciences. Uman State University of Applied Sciences*, 2024. Issue 104. Part 1.: Agricultural sciences. P. 226–233. DOI: 10.32782/2415-8240-2024-104-1-226-232
4. Riabovol Ia. S., Riabovol L. O., **Fedorenko S. V.** Photosynthesis features of different morphotypes of soft winter wheat samples. *Collection of scientific works of the Uman National Academy of Sciences. Uman State University of Applied Sciences*, 2024. Issue 104. Part 1.: Agricultural sciences. P. 231–237. DOI:10.32782/2415-8240-2024-105-1-231-237
5. Riabovol L. O., **Fedorenko S. V.** The influence of the storage period on the viability of winter wheat and triticale seeds under different germination conditions. *Collection of scientific papers of the Uman National University. Research Institute of Umansky National University*, 2025. Issue

106. Part 1.: Agricultural sciences. P. 245–252. DOI: 10.32782/2415-8240-2025-106-1-245-252.
6. Riabovol L. O., **Fedorenko S. V.** The influence of the hybridization method on the setting of soft winter wheat seeds during intraspecific hybridization of geographically distant forms. Collection of scientific papers of the Uman National University. Research Institute of Umansky National University, 2025. Issue 107. Part 1.: Agricultural sciences. P. 230–237. DOI: 32782/2415-8240-2025-107-1-230-237

Scientific works certifying the approval of the dissertation materials

7. Riabovol Ia. S., Riabovol L. O., **Fedorenko S. V.**, Kapustinsky A. O. Assessment of disease resistance of created samples of soft winter wheat in the conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. Materials of the VII All-Ukrainian Scientific and Practical Conference «Genetics and Breeding in the Modern Agricultural Complex» dedicated to the 100th anniversary of the Department of Genetics, Plant Breeding and Biotechnology named after I. P. Chuchmiya of the Uman State University, November 4, 2022. Uman, 2022. P. 134–135.
8. Riabovol Ia. S., Riabovol L. O., **Fedorenko S. V.**, Kapustinsky A. O. Nature of inheritance of selection-valuable traits of soft winter wheat samples created by interspecific hybridization of *Triticum aestivum* L./*Triticum spelta* L. Proceedings of the 12th International Scientific Conference «Breeding and Genetic Science and Education» (Pary readings). (March 20–22, 2023). Uman: VOC «Vizavi». 2023. P. 214–217.
9. Riabovol L. O., Riabovol Ia. S., Fesko M. V., **Fedorenko S. V.** Identification of hybridity of soft winter wheat plants using genetic markers. Materials of the VIII All-Ukrainian scientific and practical conference «Genetics and breeding in the modern agricultural complex». Uman, 2023. P. 150–151.
10. Riabovol L. O., Riabovol Ia. S. Fesko M. V., **Fedorenko S. V.**, Kapustinsky A. O. Selection of soft winter wheat for homeostasis for the conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. Materials of the V International

- Scientific and Practical Conference «Agrarian Education and Science: Achievements and Development Prospects» dedicated to outstanding scientists S. P. Vasilkivskiy and M. Ya. Molotskiy – the founders of the scientific school on breeding and seed production of wheat and potatoes. (March 28, 2024). Bila Tserkva: BNAU, 2024. P. 102–104.
11. Riabovol Ia. S., Riabovol L. O., Kerton M., **Fedorenko S. B.**, and Fesko M. V. Creation and selection of multi-spike raw materials of soft winter wheat. Materials of the 13th International Scientific Conference «Breeding and Genetic Science and Education» (Pariah readings). (March 19–21, 2024). Uman: VOC «Vizavi». 2024. P. 146–148.
 12. Riabovol Ia. S., Riabovol L. O., **Fedorenko S. V.**, Fesko M. V., Kapustinsky A.O. Embryoculture in breeding of soft winter wheat. Materials of the 9th All-Ukrainian scientific and practical conference «Genetics and breeding in the modern agricultural complex». Uman, 2024. P. 135–137.
 13. Riabovol L. O., Riabovol Ia. S., **Fedorenko S. V.**, Fesko M. V. Photosynthetic activity of samples of different morphotypes of soft winter wheat. Materials of the VI International Scientific and Practical Conference «Agrarian Education and Science: Achievements and Development Prospects» dedicated to outstanding scientists S. P. Vasilkivskii and M. Ya. Molotskii (March 27, 2025), Belotserkiv National University. Bila Tserkva, 2025. P. 90–92.
 14. Riabovol L. O., Riabovol Ia. S., **Fedorenko S. V.**, Fesko M. V. Analysis of created samples of winter soft wheat for photosynthetic activity. Materials of the 10th All-Ukrainian Scientific and Practical Conference «Genetics and Breeding in the Modern Agricultural Complex» Uman, 2025. P. 114–116.

ЗМІСТ

	ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА АБРЕВІАТУР	22
	ВСТУП	23
	МЕТОДИ СТВОРЕННЯ ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ	30
РОЗДІЛ 1	ЗЕРНОВИХ КОЛОСОВИХ КУЛЬТУР (огляд літератури)	
1.1	Вихідний матеріал у селекції зернових колосових культур	33
1.2	Створення вихідного матеріалу в селекції пшениці м'якої озимої (<i>Triticum aestivum</i> L.)	38
1.3	Пшениця спельта (<i>Triticum spelta</i> L.) – джерело генів якості зерна в селекції зернових колосових культур	43
1.4	Тритикале (<i>Triticosecale</i> Wittmack) – селекційно цінна високопродуктивна зернова культура	46
1.5	Генетичний банк рослин – джерело вихідного матеріалу в селекції сільськогосподарських культур	53
	Висновки за розділом 1	58
	Список джерел літератури до розділу 1	58
РОЗДІЛ 2	УМОВИ, МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	73
2.1	Ґрунтово-кліматичні умови	73
2.2	Характеристика вихідного селекційного матеріалу	80
2.3	Методика проведення досліджень	81
	Висновки за розділом 2	87
	Список джерел літератури до розділу 2	88
РОЗДІЛ 3	ВПЛИВ СПОСОБУ ГІБРИДИЗАЦІЇ НА ФОРМУВАННЯ НАСІННЯ ПШЕНИЦІ ТА ТРИТИКАЛЕ ОЗИМИХ ЗА ВНУТРІШНЬОВИДОВОЇ І МІЖВИДОВОЇ ГІБРИДИЗАЦІЇ	91
3.1	Вплив способу схрещування на зав'язування насіння пшениці м'якої озимої за внутрішньовидової гібридизації географічно	92

		20
	віддалених форм	
3.2	Результати впливу способу схрещування на ефективність зав'язування насіння пшениці за міжвидової гібридизації	103
3.3	Аналіз впливу способу схрещування на ефективність зав'язування насіння тритикале за внутрішньовидової та міжвидової гібридизації	110
	Висновки за розділом 3	114
	Список джерел літератури до розділу 3	116
РОЗДІЛ 4	АНАЛІЗ ФОТОСИНТЕТИЧНОЇ АКТИВНОСТІ РІЗНИХ МОРФОТИПІВ ПШЕНИЦІ ТА ТРИТИКАЛЕ ОЗИМИХ ОТРИМАНИХ ЗА ВНУТРІШНЬОВИДИВОЇ ТА МІЖВИДОВОЇ ГІБРИДИЗАЦІЇ	121
4.1	Особливості фотосинтезу різних за морфотипами створених зразків пшениці м'якої озимої	126
4.2	Аналіз фотосинтетичної активності створених зразків пшениці спельта	133
4.3	Фотосинтетична активність створених зразків тритикале	140
	Висновки за розділом 4	145
	Список джерел літератури до розділу 4	147
РОЗДІЛ 5	УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК ПШЕНИЦІ СПЕЛЬТА ОЗИМОЇ, СТОРОНИХ ЗА МІЖВИДОВОЇ ГІБРИДИЗАЦІЇ <i>TRITICUM SPELTA</i> L. × <i>TRITICUM AESTIVUM</i> L.	151
5.1	Особливості успадкування генів <i>Q/q</i> і <i>Tg/tg</i> за гібридизації <i>Triticum spelta</i> L. × <i>Triticum aestivum</i> L.	156
5.2	Ступінь домінування та характер успадкування господарсько-цінних ознак у зразків спельти, створених за гібридизації <i>Triticum spelta</i> L. × <i>Triticum aestivum</i> L.	159
5.3	Аналіз морфологічних ознак і показників продуктивності зразків пшениці спельта озимої з високою якістю обмолоту зерна з колосу.	166

		21
5.4	Характеристика створеного зразка пшениці спельта озимої 123, отриманого за гібридизації <i>Triticum spelta</i> L. × <i>Triticum aestivum</i> L.	173
	Висновки за розділом 5	177
	Список джерел літератури до розділу 5	178
	ВПЛИВ ТЕРМІНУ ЗБЕРІГАННЯ НА ЖИТТЄЗДАТНІСТЬ	
РОЗДІЛ 6	НАСІННЯ ПШЕНИЦІ ТА ТРИТИКАЛЕ ОЗИМИХ ЗА РІЗНИХ УМОВ ПРОРОЩУВАННЯ	183
6.1	Вплив речовин антимуутагенної дії на проростання насіння низки репродукцій пшениці та тритикале озимих	185
6.2	Регуляторна оптимізація умов пророщування насіння	191
	Висновки за розділом 6	200
	Список джерел літератури до розділу 6	202
	ВИСНОВКИ	206
	РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЙНОЇ ПРАКТИКИ ТА ВИРОБНИЦТВА	210
	ДОДАТКИ	212

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА АБРЕВІАТУР

Скорочення, аббревіатура	Розшифровка (повна назва)
♀	материнська форма
♂	батьківська форма
×	гібридизація
F	гібрид
$2n = 6x$	гексаплоїдний набір хромосом
$2n = 8x = 56$	октаплоїдний набір хромосом
h	висота рослин
hp	ступінь домінування
r	коефіцієнт кореляції
St	стандарт
V	коефіцієнт варіювання
ГК	гіберелінова кислота
ГМ	генетичні маркери
ГСКР	генетична система контрольованого розмноження
MP	середній показник за материнською та батьківською формами
ПЖТ	пшенично-житні транслокації
НААН України	Національна академія аграрних наук України
НЦГРР України	Національний центр генетичних ресурсів рослин України
РРР	Регулятори росту рослин
Уманський НУ, УНУ	Уманський національний університет

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми досліджень. Зернові колосові озимі культури, зокрема, пшениця, спельта і тритикале – це хлібні стратегічні культури, що займають вагому частку продовольчого ринку забезпечуючи населення хлібом. Стале виробництво якісного зерна забезпечується постійним удосконаленням складових інтенсивної технології вирощування та створенням нових високопродуктивних сортів з високим рівнем гомеостазу та стійких до низки абіотичних і біотичних чинників навколишнього природного середовища. За зміни клімату виробництво потребує швидкої сортозаміни культур. За отримання нового сортового матеріалу важливими залишаються завдання пошуку джерел цінних господарських ознак для селекційного процесу, добору вихідних форм для гібридизації та морфологічних критеріїв ідентифікації отриманого генетичного різноманіття, розробки і вдосконалення методів створення та апробації зразків з новими маркерними ознаками. Удосконалення традиційних селекційних схем впровадженням нових регламентів і способів сприятиме скороченню терміну отримання вихідних форм і на їх основі високопродуктивних матеріалів культури.

Неоціненний внесок у розвиток селекції зернових колосових культур, зокрема пшениці та тритикале, зробили наукові фундатори галузі вчені-селекціонери: Л. А. Бурденюк-Тарасевич, М. М. Гаврилюк, В. С. Гірко, А. А. Горлач, А. І. Державін, Д. А. Долгушин, І. М. Єремєєв, В. В. Кириленко, Ф. Г. Кириченко, В. С. Кочмарський, В. Н. Лебедев, М. А. Литвиненко, С. Ф. Лифенко, П. П. Лук'яненко, М. Г. Максимов, М. А. Махаліна, Г. К. Мейстер, А. М. Мироненко, В. В. Моргун, А. Мюнтцінг, Ф. М. Парій, В. Е. Писарєв, В. М. Ремесло, О. І. Рибалко, В. К. Рябчун, О. О. Созінов, А. Ф. Стельмах, А. Ф. Шулиндін, Г. В. Щипак та інші. Ними закладено науковий фундамент розвитку генетики, селекції та насінництва для створення сортового матеріалу пшениці і тритикале. Проте сільськогосподарське виробництво

потребує отримання і апробації високопродуктивних сортів, створення яких можливе за удосконалення селекційних технологій та пошуку нових джерел генів цінних ознак за добору вихідні батьківських форм, ефективність яких полягає в різноманітті їх генетичної основи.

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

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

Мета і задачі дослідження. Метою досліджень було вдосконалення систем гібридизації та визначення особливостей формування цінних господарських і маркерних ознак за створення вихідного матеріалу пшениці та тритикале озимих.

Для досягнення поставленої мети на вирішення було поставлено наступні задачі:

- удосконалити селекційні технології отримання вихідного матеріалу з генами цінних господарських ознак пшениці м'якої, пшениці спельта, тритикале озимих;
- розробити регламенти ефективної гібридизації за створення вихідного матеріалу пшениці та тритикале озимих;
- проаналізувати продуктивність створених зразків пшениці м'якої, пшениці спельта та тритикале озимих різних морфотипів і встановити особливості формування показників за зміни морфологічних ознак рослин;
- проаналізувати особливості успадкування цінних господарських і маркерних ознак зразків отриманих за гібридизації *Triticum spelta* L. ×

Triticum aestivum L.;

- за створення банку зразків робочої колекції визначити оптимальну тривалість періоду зберігання насіння пшениці і тритикале озимих при забезпеченні високої життєздатності насіннєвого матеріалу;
- оновити робочу базову колекцію донорів генів цінних ознак та отримати вихідний матеріал пшениці м'якої, пшениці спельта і тритикале озимих для використання в селекційних схемах створення високопродуктивних сортів, стійких до низки біотичних та абіотичних чинників навколишнього природного середовища.

Об'єкт дослідження – закономірності та селекційні технології отримання вихідного матеріалу пшениці та тритикале озимих за різних систем гібридизації та добору генетичних джерел маркерних і цінних господарських ознак.

Предмет дослідження – сорти, базові колекції та генетичні джерела цінних господарських ознак пшениці м'якої, пшениці спельта і тритикале озимих; методи створення вихідного матеріалу; показники продуктивності рослин.

Методи дослідження. Загальнонаукові – робоча гіпотеза, експеримент, спостереження, аналіз; спеціальні – лабораторний, польовий, генетичний, морфологічний аналіз; математико-статистичні – варіаційний і дисперсійний аналізи.

Наукова новизна одержаних результатів. Обґрунтовано нові підходи оптимізації систем контрольованої гібридизації і селекційного добору генетичних донорів за аналізу закономірностей мінливості та механізмів успадкування кількісних і якісних ознак для створення вихідного матеріалу в селекційному процесі отримання високопродуктивних сортів зернових колосових озимих культур.

Уперше проведено порівняльну оцінку ефективності різних способів схрещування за умов внутрішньовидової та міжвидової гібридизації під час формування вихідного селекційного матеріалу пшениці м'якої (*Triticum*

aestivum L.), пшениці спельти (*Triticum spelta* L.) та тритикале озимого (*Triticosecale* Wittmack). Встановлено, що незалежно від поєднання батьківських компонентів, застосування органопластикових ізоляторів у процесі контрольованої гібридизації забезпечує максимальний рівень зав'язування насіння, що дозволяє підвищити цей показник за внутрішньовидових схрещувань до 58,2 %, а за міжвидових – до 27,2 % та 18,9 % відповідно.

Доведено, що за внутрішньовидової гібридизації пшениці та тритикале контрольоване запилення доцільно проводити на четверту добу після кастрації квіток, що сприяє достовірному підвищенню ефективності зав'язування насіння в суцвітті, порівняно із запиленням на третю добу, в середньому за генотипами на 2,3 % і 37,2 %, відповідно, а за міжвидової гібридизації – на четверту добу для пшениці м'якої озимої та тритикале і п'яту добу – для пшениці спельта, що забезпечує зростання ефективності формування насіння на 1,3 %, 8,3 % та 3,3 % відповідно.

З'ясовано, що генотипи з пшенично-житньою хромосомною транслокацією 1AL/1RS незалежно від способу гібридизації та строків запилення характеризуються вищою реалізацією репродуктивного потенціалу, що проявляється у формуванні істотно більшої кількості насіння порівняно з генотипами-носіями транслокації 1BL/1RS.

Засвідчено, що пшениця спельта характеризується генотипно детермінованим листковим типом фотосинтетичної організації асиміляційного апарату за якого частка листкової пластинки в загальній фотосинтезуючій активності становить 66,5 %. Визначено високий відсоток участі колосу (16,7 %) та стебла (16,5 %) у формуванні сумарного фотосинтетичного ефекту, що істотно перевищує показники пшениці м'якої озимої, відповідно на 13,1 % і 15,3 % та підтверджує специфічні особливості донорно-акцепторних зв'язків і реалізації генетичного потенціалу продуктивності спельти.

Підтверджено, що за тривалого зберігання насінневого матеріалу зниження його енергії проростання та схожості залежить від видової і сортової специфікації. Встановлено, що обробка насіння розчином глютамінової кислоти (1,0 мг/л) і гіберелінової кислоти (10,0 мг/л) забезпечує підвищення енергії проростання та схожості насіння різних репродукцій апробованих зразків зернових колосових озимих культур.

Визначено донори генів цінних господарських ознак та сформовано колекцію вихідного селекційного матеріалу пшениці м'якої, пшениці спельта та тритикале озимих, диференційованого за маркерними та цінними ознаками, використання якого в контрольованих гібридизаціях забезпечує розширення спектра рекомбінацій і генетичної мінливості та підвищення ефективності добору високопродуктивних генотипів у селекційному процесі створення нових сортів.

Удосконалено методичні підходи до індукції та контролю генетичної рекомбінації у міжвидових гібридів *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L., що забезпечило формування нових спельтоїдних генотипів із модифікованою архітектонікою рослини та генетично детермінованим покращенням якості обмолоту зерна.

Дістало подальшого розвитку питання удосконалення селекційного процесу створення і добору вихідного матеріалу та ідентифікації донорів генів маркерних і цінних господарських ознак за гібридизації пшениці і тритикале озимих.

Практичне значення одержаних результатів. Удосконалено селекційні регламенти створення та ідентифікації вихідного матеріалу для використання в селекційних схемах отримання високопродуктивних сортів пшениці м'якої, пшениці спельта і тритикале озимих.

Оновлено робочу колекцію вихідного селекційного матеріалу пшениці і тритикале озимих, яка нараховує понад 2000 зразків, що відрізняються

морфобіологічними ознаками, архітектонікою рослини та цінними господарськими показниками.

Створено банк насінневого матеріалу та підібрано оптимальні регламенти індукції його проростання після довготривалого зберігання.

Ідентифіковано донори генів цінних господарських ознак та створено новий вихідний матеріал пшениці м'якої і пшениці спельта озимих, який слугує джерелом алельного різноманіття для фундаментальних і прикладних досліджень, що проводяться в Уманському національному університеті, та рекомендований до використання у селекційних програмах інших наукових установ.

У співавторстві за віддаленої гібридизації видів *Triticum spelta* L. і *Triticum aestivum* L. створено сорт пшениці спельта озимої ЛЛЯ (зразок 123), що у 2025 році передано на Державну науково-технічну експертизу (номер заявки 2025539001 від 01.12.2025).

Розроблені наукові положення та вдосконалені методичні підходи використовуються під час викладання дисциплін «Генетика», «Селекція та насінництво сільськогосподарських культур», «Спеціальна генетика сільськогосподарських культур», «Спеціальна селекція сільськогосподарських культур» та впроваджені в науковий і технологічний процес лабораторії генетики, селекції та насінництва Уманського національного університету.

Результати досліджень апробовано у виробничих умовах ФГ «Кримяне» і «Поляна лісова» Уманського району Черкаської області (акт впровадження від 22.05.2025 року, Додаток Б, В) та СТОВ «Урожай» Черкаської області (акт впровадження від 10.11.2025 року, Додаток Д) на загальній площі 6,0 га. Вирощування зразка 123 (сорт ЛЛЯ) пшениці спельта забезпечило одержання високого економічного прибутку за оптимального обмолоту колоса та високого вмісту в зерні білка.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є особистою

науковою працею. Автор С. В. Федоренко провів інформаційний пошук і проаналізував дані джерел наукової літератури вітчизняних і зарубіжних вчених, обґрунтував актуальність теми, визначив мету, завдання та програму досліджень, спланував і провів польові та лабораторні дослідження, проаналізував експериментальні дані, згрупував висновки та рекомендації селекційній практиці, підготував до публікації наукові праці, забезпечив впровадження результатів роботи у виробництво. У дисертації частково використано спільні з вченими Уманського національного університету дослідження, результати яких викладено у наукових публікаціях із часткою авторського внеску 10–90 %.

Апробація результатів дисертації. Результати дисертаційної роботи оприлюднено на засіданнях кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології, Вченої ради та методичної комісії факультету агрономії, XII і XIII Міжнародних наукових конференціях «Селекційно-генетична наука і освіта» (Парієві читання) (Умань, 2023, 2024), V і VI Міжнародних науково-практичних конференціях «Аграрна освіта і наука: досягнення та перспективи розвитку» присвяченої видатним вченим Васильківському С. П. і Молоцькому М. Я. (Біла Церква, 2024, 2025), VII–IX Всеукраїнських науково-практичних конференціях «Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі» (Умань, 2022, 2023, 2024, 2025).

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 14 наукових праць, зокрема, чотири статті – у фахових виданнях України, дві – в наукових виданнях включених до Міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science і вісім тез доповідей наукових конференцій.

Обсяг і структура роботи. Дисертацію викладено на 223 сторінці комп'ютерного набору, зокрема, 157 – основного тексту. Вона складається з анотації, переліку умовних позначень та аббревіатур, вступу, шести розділів, висновків, рекомендацій для селекційної практики та виробництва, додатків. Роботу ілюстровано 28 таблицями та 22 рисунками. Список використаних джерел літератури нараховує 264 позицій, з яких 101 – латиницею.

РОЗДІЛ 1

МЕТОДИ СТВОРЕННЯ ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ ЗЕРНОВИХ КОЛОСОВИХ КУЛЬТУР

(огляд літератури)

Розвиток сучасних селекційних досліджень стратегічно орієнтований на формування генотипів, адаптованих до регіону і визначених технологічних систем вирощування. Перспективним напрямом є створення сортів інтенсивного типу, що характеризуються високим рівнем реалізації генетичного потенціалу продуктивності, груповою та комплексною стійкістю до фітопатогенів, а також підвищеною чутливістю до агротехнічних чинників, зокрема, удобрення, засобів захисту рослин, регуляторів росту тощо. Паралельно важливе значення має селекція універсальних сортів, що поєднують високу врожайність із генетично зумовленою стабільністю ознак і екологічною пластичністю, що забезпечує їх адаптивність до різних умов вирощування та рівнів агрофону. Саме генетично-селекційна концепція розвитку виробництва, орієнтована на стратегію отримання універсального сорту, що дає збалансоване поєднання технологічності, інтенсивності та адаптивної пластичності генотипів, дає змогу підвищити генетичну стійкість агроценозів і забезпечити стабільність виробництва в умовах мінливого навколишнього природного середовища [9, 21, 28, 97].

Пшениця (*Triticum*) – це одна з найпоширеніших культур в світі. Її зона вирощування охоплює всі континенти земної кулі. Пшеницю вирощують на площах розташованих нижче рівня світового океану (Нідерланди) та на висоті вище 4000 м над рівнем моря (в горах Перу). Це підтверджує високу пластичність культури. Загалом вид *Triticum* надзвичайно поліморфний за вегетацією. Існують форми озимі, ярі, дворучки. Кожна з форм різниться за морфофізіологічними та агробіологічними властивостями. Така різноманітність генотипів *Triticum* дає широкі спектри розвитку її селекції. За

селекційних програм, створюються сорти різних господарських характеристик для вирощування в різних еколого-географічних регіонах [33, 53].

Пшениця озима у світовому виробництві представлена низкою видів, зокрема, пшениця м'яка (*Triticum aestivum* L., $2n = 6x = 42$), пшениця спельта (*Triticum septum* L., $2n = 6x = 42$), пшениця тверда (*Triticum durum* L., $2n = 4x = 28$) тощо. За ареалом вирощування, лєвова частка у світовому виробництві представлена пшеницею м'якою (*Triticum aestivum* L.), яка має широку генетичну основу, що, зазвичай, використовується в селекції культури на підвищення стійкості до біотичних чинників навколишнього природного середовища. Це пластичний вид з високим потенціалом продуктивності та поліморфізму за низкою маркерних ознак.

Пшениця спельта (*Triticum spelta* L.) – давній, майже елімінований у процесі доместикації гексаплоїдний вид пшениці, який має геномну формулу (BBA_uA_uDD) ідентичну пшениці м'якій [42, 48, 80]. Її каріотип і морфологія хромосом не відрізняється істотно від *Triticum aestivum*. Проте, за цитогенетичними характеристиками, зокрема, розподілом гетерохроматинових ділянок, спельта займає проміжне еволюційно-генетичне положення між тетра- та гексаплоїдними видами пшениці. Це підтверджує її значення у еволюційному процесі формування гексаплоїдного роду *Triticum* [11]. Пшениця спельта, зазвичай, використовується в селекції пшениці донором генів якості зерна. Вченими визначено генетичні пули (басейни) зародкової плазми, що доцільно використовувати в селекційних програмах створення вихідного матеріалу та на їх основі сортів культури [51, 53, 58].

Тритикале (*Triticosecale* Wittmack) – штучно створена злакова культура. У сучасній ботанічній та генетико-селекційній систематиці розглядається самостійним родом, що зумовлено не лише синтетичним походженням її алополіплоїдного геному, утвореного за поєднання геномів вихідних батьківських таксонів – пшениці (*Triticum* spp.) та жита (*Secale*

spp.), – а й значною внутрішньою генетичною й морфологічною варіабельністю. Різномірне комбінування геномів А, В, D і R зумовило формування численних морфотипів і біотипів, що відрізняються за фенотиповими характеристиками, адаптивним потенціалом і господарсько-цінними ознаками. Це забезпечує можливість внутрішньовидової диференціації та добору високопродуктивних зразків з окремими маркерними ознаками [53, 66].

Селекційний процес створення сортів зернових колосових культур є багатокомпонентною та тривалою генетико-селекційною програмою, спрямованою на формування генотипів з оптимальним поєднанням високого потенціалу продуктивності з алельно зумовленою стійкістю до біотичних і абіотичних стресових чинників навколишнього природного середовища. В умовах глобальних кліматичних змін і підвищених вимог до якості продукції, сучасна селекція має базуватися на інтеграції класичних методів із інноваційними технологіями, зокрема, молекулярно-генетичним маркерним аналізом, геномною селекцією, використанням ДНК-маркованих ліній та біотехнологічних підходів для цілеспрямованого керування спадковою мінливістю та добору перспективних генотипів [54].

Основним питанням селекції сільськогосподарських культур є добір вихідного матеріалу з комплексом цінних господарських ознак, високою комбінаційною здатністю та стійкістю до низки абіотичних і біотичних чинників.

Кліматичні зміни зумовлені потеплінням, негативно впливають на процеси росту та розвитку сільськогосподарських культур, знижуючи їх продуктивність [37, 57]. Зернові хлібні культури, зокрема, пшениця м'яка озима, пшениця спельта, тритикале озиме, займають значні площі вирощування в різних регіонах України. Погодні стресові чинники призводять до зменшення валового збору зерна, що є загрозою продовольчої та національної безпеки країни. У зв'язку з погодними аномаліями необхідно спрямовувати селекційний процес у напрямку створення нових сортів з

високим рівнем гомеостазу адаптивних до низки абіотичних та біотичних чинників навколишнього природного середовища [20]. Скринінг дикорослих матеріалів, місцевих сортів і популяцій, зразків базових ознакових колекцій, мутантних рослин за виявлення перспективних ознак і донорів генів має вирішальне значення для удосконалення селекційних підходів і методів отримання вихідних батьківських форм і на їх основі нових адаптивних високопродуктивних сортів [56, 76, 101, 116–118]. Нині вчені мають напрацювання зі створення сортів пшениці м'якої озимої з програмованою урожайністю 11,0–12,0 т/га, а пшениці спельта – з врожайністю 5,0–7,0 т/га [43, 53].

1.1 Вихідний матеріал у селекції зернових колосових культур

Актуальним напрямом у розв'язанні сучасних проблем селекції є розширення генетичного поліморфізму вихідного матеріалу. Основним джерелом генотипової варіабельності та генетичної гетерогенності, що визначають еволюційний процес і ефективність селекційного добору, є міжсортowa та міжвидова гібридизація та мутаційна мінливість.

Генетична варіабельність матеріалу, що формується за мутантно-сортowoї та міжмутантної гібридизації, має практично необмежений потенціал комбінаційної мінливості. Спонтанні та індуковані мутації, отримані в межах виду та інтегровані у процес гібридизаційного схрещування, становлять цінний генетичний ресурс для розширення формотворчого процесу та збагачення генофонду вихідного матеріалу, що підвищує ефективність селекції на господарсько-цінні ознаки [10].

Вихідний матеріал у селекції рослин — це сукупність генетично різноманітних форм культурних і дикорослих видів, які можуть бути використані селекціонером для створення нових сортів, що відповідають стратегічним завданням селекційної програми. На початкових етапах селекційного процесу проводять ідентифікацію, оцінювання та всебічне

вивчення вихідних зразків за комплексом морфологічних, фізіологічних, біохімічних і генетичних ознак. Ефективність селекції істотно залежить від рівня генетичної мінливості вихідного матеріалу, що визначає можливості цілеспрямованого добору і рекомбінації бажаних алелей [35].

До складу сучасного вихідного матеріалу входять природні популяції, сорти вітчизняної та зарубіжної селекції, гібридні популяції, інцухт-лінії, мутантні та поліплоїдні форми, а також інтродуковані генотипи, генетичні колекції та зразки з банків генетичних ресурсів.

Природні популяції становлять базову складову генетичного різноманіття видів і є цінним резервом для добору вихідного матеріалу. Вони охоплюють дикорослі форми, місцеві (аборигенні) сорти та примітивні раси. Популяції складаються з особин, адаптованих до умов конкретного кліматичного середовища, але генетично диференційованих за рівнем гомозиготності, поліморфізму та частотою алелей.

Джерелом спадкової мінливості у природних популяціях є мутаційні процеси, комбінативна мінливість і генетичний дрейф. Завдяки цьому популяції слугують джерелом адаптивних генотипів і унікальних донорів стійкості до біотичних та абіотичних стресів [62, 63].

Селекційні сорти, особливо сорти географічно віддалених регіонів, є високоякісним матеріалом, створеним у результаті тривалого добору та гібридизації [31]. Їх використовують у гібридологічних схемах, цитогенетичних дослідженнях донорами цінних алелей. Такі сорти характеризуються стабільною комбінаційною здатністю та високим рівнем гомогенності. Особливо цінними є генотипи, які проявляють генетичну стійкість до патогенів, мають підвищений вміст білка, крохмалю, клейковини, або демонструють фотосинтетичну ефективність і пластичність фенотипу. Їх застосовують вихідними формами за створення гібридів або нових синтетичних популяцій.

Гібридні популяції, зазвичай, формуються за внутрішньовидової (інтраспецифічної) або віддаленої (інтергеномної) гібридизації.

Використовують різні схеми схрещувань, зокрема, прості парні, зворотні, насичуючі, схрещування типу Back-cross, складні (комбіновані), ступінчасті тощо. Результатом гібридизації є прояв комбінативної мінливості, що забезпечує рекомбінацію генів і нові поєднання алелей, які формують трансгресивні форми з поліпшеними господарсько-цінними ознаками. Гібридні популяції є джерелом нових генотипів, придатних для добору за продуктивністю, якістю продукції, адаптивністю, фертильністю, імунітетом тощо. За високого якісного формотворчого потенціалу гібридизація розглядається основним методом індукції генетичної мінливості у селекційному процесі створення нового вихідного матеріалу.

Лінія – це результат багаторазового самозапилення культури, внаслідок чого досягається високий рівень гомозиготності та стабільність генотипу. За схрещування ліній між собою спостерігається виражений ефект гібридної сили (heterosis), що проявляється у підвищенні життєздатності рослин, біомаси, продуктивності та стійкості до дії абіотичних і біотичних стресів тощо.

Мутантні та поліплоїдні форми є важливими джерелами індукованої генетичної мінливості [34]. Експериментальний мутагенез (фізичний, хімічний або біотехнологічний) дозволяє отримати нові рекомбінантні форми з бажаними змінами у структурі геному. Зокрема, поліплоїдія (автополіплоїдія, алополіплоїдія) сприяє збільшенню кількості алелів, підвищенню гетерозиготності та біосинтетичної активності клітин. Такі форми слугують донорами генів продуктивності, стійкості до хвороб, абіотичних чинників і поліпшених якісних показників культури. Їх використання дає змогу розширити генетичну базу культур і створювати нові еволюційно стабільні форми.

Інтродукція рослин – є важливим чинником збагачення генофонду культурних рослин і джерелом нових адаптивних до визначеного регіону генотипів. Дикорослі види становлять основу первинного генофонду, який

використовується для підвищення генетичного потенціалу культурних форм [120].

Інтродукція – це свідоме введення в культуру нових видів, сортів, форм або генів в окремому ґрунтово-кліматичному регіоні, де вони раніше не вирощувалися. Вона передбачає процеси адаптації, натуралізації та акліматизації, що супроводжуються генетичною селекцією на рівні популяцій. За М. І. Вавиловим, розрізняють три основні типи інтродукції: нових культур; нових сортів відомих культур; нових джерел генів (ознакових комплексів) у межах існуючих видів. За інтродукції у сільськогосподарську практику було впроваджено низку культур (кукурудза, картопля, соняшник, бавовник тощо), що істотно змінили структуру агрофітоценозів [7].

Процеси акліматизації та натуралізації визначають ступінь генетичної стабільності інтродукованих популяцій і формують їх екологічну пластичність і стабільність у нових умовах вирощування.

Глибоке розуміння походження, еволюційних зв'язків та морфологічно-генетичної диференціації культурних рослин є невід'ємною складовою селекційного процесу культури [4, 12, 50, 109]. Знання філогенетичних взаємин між таксонами, структури геномів та мінливості ознак становить основу для обґрунтованого добору батьківських форм і прогнозування результатів гібридизації. Без усвідомлення генетичної природи спадкової мінливості, закономірностей рекомбінації генів та механізмів успадкування господарсько-цінних ознак неможливо ефективно здійснювати селекційний процес.

Реалізація сучасних селекційних програм, спрямованих на підвищення продуктивності, поліпшення якості продукції, розв'язання продовольчих, екологічних і соціально-економічних завдань, передбачає наявність генетично різноманітного та науково обґрунтовано сформованого вихідного матеріалу. Саме створення і підтримання колекцій генетичних ресурсів забезпечує можливість цілеспрямованого добору донорів генів, що

визначають адаптивний потенціал, стійкість до біотичних та абіотичних стресів і цінні агрономічні властивості [7, 120].

Вихідний матеріал у селекції зернових культур – це сукупність генотипів, популяцій, ліній, сортів і гібридів, що використовуються для створення нових сортів шляхом добору, гібридизації, мутагенезу, поліплоїдії тощо. Одним із ключових явищ, що визначає ефективність селекції, є гетерозис – підвищення життєздатності та продуктивності гібридної комбінації у результаті взаємодії алельних і неалельних генів, порівняно з вихідними батьківськими формами [49]. Гетерозис зумовлюється комплексною взаємодією домінантних, епістатичних і комплементарних генів, а також фізіолого-біохімічною сумісністю алельних систем. Його прояв істотно залежить від генотип-середовищної взаємодії і пластичності генетичного матеріалу.

Дослідження, проведені в дослідних селекційних установах, дозволили систематизувати значне різноманіття місцевих сортів пшениці, жита, тритикале та інших культур, об'єднавши їх у сортотипи. Класифікація базується за критеріями походження, консистенції зерна, забарвлення квіткових лусок, кущистості, тривалості вегетаційного періоду тощо [35]. Поняття сортотип (група, раса) у генетичному розумінні охоплює сукупність природних або локальних популяцій виду, що мають спільне еволюційне походження, географічну локалізацію, екологічну адаптацію та характеризуються подібністю морфоанатомічних, фізіологічних і генетичних параметрів.

У процесі селекції зернових колосових культур, спрямованої на виявлення перспективних зразків, за внутрішньовидової гібридизації було створено значну кількість матеріалів з різним рівнем прояву господарсько-цінних і маркерних ознак [51, 60]. Проте численні експерименти показали, що високий рівень гетерозису за врожайністю та якістю зерна властивий лише незначній кількості генотипів, що підкреслює необхідність попередньої генетичної оцінки потенційних вихідних батьківських форм за використання

маркерів і геномного прогнозування. З метою передачі генів, що контролюють одну–дві важливі ознаки, до високопродуктивного адаптивного сорту, використовують беккросування.

1.2 Створення вихідного матеріалу в селекції пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.)

Внаслідок тривалого селекційного процесу за внутрішньовидової гібридизації невеликої кількості генотипів відбулося істотне звуження генетичного різноманіття сучасних сортів пшениці м'якої озимої, що спричинило втрату низки алелів, пов'язаних зі стійкістю до абіотичних і біотичних стресових чинників. Для розширення генетичного пулу культури доцільно активно застосовувати віддалену гібридизацію із дикими та напівкультурними формами пшениці й близьких родів, які слугують носіями унікальних донорів генів адаптивних і господарсько-цінних ознак. Пошук і залучення генетичних джерел важливих селекційних ознак у пшениці м'якої базується переважно на використанні генофонду культурних і диких представників триби *Triticeae*, які в процесі еволюції шляхом природного добору зберегли високу адаптивну здатність до дії несприятливих чинників навколишнього природного середовища [32–34].

Встановлено, що численні дикі родичі пшениці озимої характеризуються підвищеною посухо- та жаростійкістю, морозостійкістю, імунітетом або толерантністю до основних патогенів, а також високим вмістом білка та іншими селекційно-цінними показниками якості зерна. Використання міжвидових та міжродових схрещувань у процесі створення вихідного матеріалу в селекції пшениці має понад столітню історію та демонструє отримання генотипів з новими маркерними ознаками. Інтрогресивна гібридизація індукує інтенсивні формотворчі процеси, що реалізуються у гібридному поколінні, забезпечуючи можливість цілеспрямованого добору форм з високим рівнем продуктивності, адаптивності, морозо-, патогеностійкості тощо [84–87].

Гексаплоїдна м'яка пшениця (*Triticum aestivum* L.) має три геноми А, В і D, кожен з яких складається з семи пар хромосом. Ці геноми походять від предків споріднених видів. Хромосоми кожного геному пронумеровано від 1 до 7, причому кожне число позначає гомологічний набір. Гомологічні хромосоми подібні за структурою і кількістю генів, що відповідають за однакові ознаки в організмі. Вони можуть компенсувати одна одну, як було це продемонстровано за отримання нулісомно-тетрасомних ліній пшениці [53].

За віддаленої гібридизації хромосоми, отримані від споріднених видів триби трав'янистих Triticeae, можуть замінювати хромосоми пшениці [49]. Дикі та культурні родичі пшениці регулярно використовуються цінним джерелом генів для покращення культурних форм [100]. Міжвидова гібридизація, з наступним опроміненням або індукцією гомологічної рекомбінації, може призвести до успішного перенесення частини хромосом або менших їх сегментів, що призводить до утворення чужорідних нових для пшениці транслокаційних ліній. Маніпулювання гомологічною рекомбінацією хромосом за введення чужорідної генетичної інформації в геном реципієнта є відомим як хромосомна інженерія, що було покладено в основу програм селекційного вдосконалення пшениці протягом останніх 50 років [26, 62].

Більшість чужорідних сегментів хромосом, що надають стійкості до біотичних чинників, походять від видів роду *Aegilops*, двох видів пирію багаторічного, *Thinopyrum elongatum* (Host) Dewey та *Elytrigia intermedia* (Host) Nevski, а також від жита (*Secale cereale* L.) [49, 95, 102, 109]. Дослідження родоводів іноземних сортів вказує на використання в селекційному процесі їх створення різних ліній зародкової плазми донорами генів від диких і культивованих родичів. Зокрема, лінія KS96WGRC39 має ген стійкості до листової іржі (*Puccinia triticina* Eriks) Lr41 та жовтувато-коричневої плямистості (*Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs) від виду *Aegilops tauschii*, лінія KS90WGRC10 – лише ген стійкості до листової іржі

(*Puccinia triticina* Eriks) Lr41 від *Aegilops tauschii*, лінія KS91WGRC11 є донором гену Lr42 від *Aegilops tauschii*, лінія KS93WGRC27 має в генотипі ген Wsm-1, що надає стійкість до вірусу смугастої мозаїки пшениці. Ген Wsm-1 розташований на хромосомі *T4DL·4A* і 2S пшениці *Aegilops intermedium*. Вчені США в селекції пшениці твердої озимій використовують з сорту Agent гени стійкості Sr24 та Lr24, які походять від *Thinopyrum elongatum*, а також ген стійкості Gb3 до клопа (*Schizaphis graminum* (Rondani)), отриманий від *Aegilops tauschii* та ідентифікований у сорту пшениці Largo. Селекціонерами США у Тихоокеанському Північно-Західному (PNW) регіоні створено лінії пшениці м'якої озимої стійкі до жовтої плямистості (*Tapesia yallundae* Wallwork та Spooner), що отримано від *Aegilops ventricosa* через зразок пшениці VPM-1. Зразок VPM-1 також слугує донором генів стійкості до цистоподібної нематоди злаків (CCN; *Heterodera avenae*), стеблової іржі (*Puccinia graminis* Pers.: Pers. f. sp. tritici Eriks and E. Henn), смугастої іржі (*Puccinia striiformis* Westendorp f. sp. tritici) та листової іржі (*Puccinia triticina* Eriks) [53, 95].

У селекції пшениці вченими використовуються гени стійкості до патогенів та комах-шкідників жита (*Secale cereale* L.), особливо ті, що знаходяться на плечі хромосоми 1RS. Транслокації 1BL/1RS (з сорту Petkus) і 1AL/1RS (з сорту Amigo) було введено до генофонду пшениці м'якої та твердої озимих. Вони слугують джерелами генів стійкості до листової та стеблової іржі, борошнистої роси, а ПЖТ 1AL/1RS – до клопа. Окрім того, наявність транслокацій в геномі позитивно впливає на широку агрофізіологічну адаптацію та стійкість до низки абіотичних стресових чинників [25, 53, 64]. Транслокація 1AL/1RS частіше зустрічається в селекційних лініях пшениці твердої озимої, а 1BL/1RS – у лініях пшениці м'якої озимої [22, 27]

Матеріал, що містить ПЖТ 1BL/1RS, часто має небажані хлібопекарські якості зерна. Проте, ця характеристика залежить від реципієнтного генотипу

та реалізації і пенетрантності генів його геному. Тому серед вчених це питання залишається спірним [51–53].

У контексті розвитку теорії та методології сучасної селекції суттєвого прогресу досягнуто у галузі молекулярної біології та генетики, що зумовило інтеграцію молекулярно-генетичних підходів у селекційний процес. Це створило передумови для використання біотехнологічних методів, зокрема, системної клітинної і генетичної інженерії, для генетичного удосконалення вихідного матеріалу та створення нових рекомбінантних форм із запрограмованими ознаками [61].

Нині технології отримання нового вихідного матеріалу удосконалюються за використання культури дигаплоїдів. Цей метод є ефективним з точки зору інтенсифікації селекційного процесу за створення вихідних форм з новими маркерними ознаками. Вчені використовують культуру пиляків/мікроспор, систему гаплоїдної індукції пшениці та тритикале (культура незапліднених насінневих зачатків) або культуру зародків [59, 98]. Система гаплоїдної індукції культур, зазвичай, використовується частіше, оскільки залежність від генотипу матеріалу, що культивується. Використання культури дигаплоїдів у селекційній схемі отримання зразків прискорює процес отримання чистолінійного гомозиготного матеріалу та створення на його основі нових високопродуктивних сортів культури. Однак ведення селекції дигаплоїдів потребує технічно лабораторії біотехнології та є трудомістким процесом.

Зазвичай, за створення вихідного матеріалу використовують поєднано кілька методів його отримання, що модернізує та інтенсифікує селекційний процес. Прикладом такого підходу є використання внутрішньовидової гібридизації географічно віддалених форм для створення і добору генотипів з низкою господарсько-цінних ознак на першому етапі селекційного процесу, а використання культури дигаплоїдів або культури зародків для отримання чистих ліній – на другому [55]. Така технологія спрощує роботу зі

створення, добору та тестування необхідної кількості чистих ліній з якісними показниками продуктивності та морфо-фізіологічних характеристик.

Учені зауважують, що генетична стабільність отриманого матеріалу істотно залежить від методу його створення та генотипу вихідних батьківських компонентів гібридизації [29, 110]. Окрім того вказують, що чим молодша генерація добору, тим вища ймовірність отримання матеріалів з гетерозиготними локусами, а це призводить до гетерогенності (суміші гомозиготних ліній) наступного покоління.

Багато сортів пшениці, зокрема з США та Канади, є матеріалом відібраним з третього або четвертого поколінь. Такі сорти частково генотипово і фенотипово гетерогенні. Для однорідності популяції рослин сорту остаточний добір доцільно здійснювати в шостому–восьмому поколіннях [30]. Такого принципу дотримуються вчені України та ЄС.

Нині в біотехнологічних лабораторіях світу проводяться експерименти з отримання трансгенних форм пшениці. Організація USDA-APHIS має базу даних з польових випробувань трансгенних зразків культури. У результаті застосування методів трансформації геному одержано трансгенні рослини з інтрогресованими генами, що контролюють стійкість до біотичних і абіотичних стресорів, підвищену продуктивність та покращені технологічні властивості [33]. Трансгенні форми експресували ознаки підвищеного вмісту глютену, стійкості до фузаріозу колоска та гліфосату, модифікації крохмалю, підвищеного вмісту в зерні лізину, толерантності до важких металів, стійкості до *Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) Arx і *Gaeumannomyces Olivier var. tritici*, високої врожайності, чоловічої стерильності, зміни твердості зерна, стійкості до ціанаміду, зміни вуглеводного обміну тощо. Проте поки що у виробництві трансгенні форми пшениці не вирощуються.

Для ведення маркерної селекції пшениці та ідентифікації створеного матеріалу організують регіональні лабораторії генотипування, що дають можливість аналізу та ранжування отриманих зразків за морфогенетичними та агрофізіологічними показниками [53]. Завдяки сучасним методам

молекулярного маркерного аналізу стало можливим точне картування інтрогресованих сегментів і контроль за їхньою стабільною передачею в наступних поколіннях. Застосування віддаленої гібридизації в комбінації з молекулярно-генетичним добором відкриває нові можливості для створення вихідного матеріалу з широкою генетичною основою. Це спрощує селекційний процес отримання нових високопродуктивних сортів культури.

1.3 Пшениця спельта (*Triticum spelta* L.) – джерело генів якості зерна в селекції зернових колосових культур

Пшениця спельта (*Triticum spelta* L.) належить до гексаплоїдних форм плівчастих пшениць ($2n = 6x = 42$), яка має ламкий стрижень колосу, що сприяє природному розсіюванню насіння [47, 104]. На верхівці суцвіття формується відокремлений шар, кінцева частина якого щільно зростається з внутрішньою поверхнею колоска. Морфологічна будова колоскових лусок є ідентифікатором виду. Їх верхівка має широку прямокутну форму із зубцеподібним завершенням.

Зернівка спельти морфологічно вирізняється щільним зрощенням із квітковими лусками, утворюючи майже монолітну структуру, що є типовою ознакою плівчастих форм пшениць [49]. Вважається, що генетично детермінований біохімічний склад зерна спельти зумовлює його високий харчовий потенціал завдяки оптимальному амінокислотному балансу та особливостям фракційного складу запасних білків (гліадинів і глютенінів), ліпідів, клітковини, вітамінів і мінеральних елементів [41, 72]. Підвищена біодоступність і розчинність метаболітів зерна забезпечують ефективне засвоєння поживних речовин. Порівняльний аналіз показує, що зерно спельти містить на 20 % менше води, 1,7 % – жирів, але істотно перевершує пшеницю м'яку за вмістом моно- і дисахаридів (у сім разів), харчових волокон (у чотири рази) та білка (на 29 %). Цінною генетично зумовленою ознакою спельти є модифікований білковий комплекс глютену, який

відрізняється від глютену сучасних гексаплоїдних пшениць і характеризується зниженою алергенністю, що має харчове та медико-біологічне значення. Крім того, зерно спельти вирізняється підвищеним вмістом макроелементів (К, Р) і вітаміну РР, що акумулюються в ендоспермі та квіткових оболонках [77]. Вміст білка в очищеному зерні спельти сягає 23–25 %. За зольністю зерно характеризується середнім рівнем мінералізації, що відповідає технологічним вимогам до зерна, придатного для переробки на борошно.

Вищий вміст білкових сполук у зерні *Triticum spelta* L. порівняно з *Triticum aestivum* L. зумовлює доцільність використання виду як сировинного ресурсу в харчових технологіях [8, 44, 74, 115]. Завдяки високій харчовій та біологічній цінності білка, зерно спельти є придатним до виробництва борошна, хлібобулочних і макаронних виробів, концентрованої клітковини, дитячого та дієтичного харчування тощо.

У сучасній практиці світової селекції спельти активно здійснюється генетичне удосконалення сортів, спрямоване на зміну їх морфотипу до ознак пшениці м'якої, з одночасним збереженням генетично зумовленої якості зерна та адаптивності до абіотичних і біотичних стресових чинників [40, 46]. Особливу увагу приділяють селекції на стійкість до хвороб, вилягання та ламкості колосу, що є генотиповими негативними ознаками плівчастих форм. До гібридизаційних комбінацій залучають генетичні джерела сучасних сортів пшениці м'якої, що можуть забезпечити інтрогресію окремих бажаних алелів, що відповідають за високу якість і технологічні властивості зерна. Створені селекційні генотипи спельти повинні поєднувати високий рівень білковості, покращену структуру глютену, зменшення плівчастості та формування голозерного насіння, зниження висорти стеблостою, стійкість до стресових умов навколишнього природного середовища.

До Державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні нині занесено вісім сортів пшениці спельта, зокрема, Європа. Вони вирізняються високою якістю зерна, екологічною пластичністю, генетичною

стійкістю до патогенів і здатністю формувати урожай без застосування пестицидів, що забезпечує екологічну безпечність продукції і придатність до ведення органічного землеробства. Врожайність сортів фіксують на рівні 6,0–7,0 т/га, проте за використання інтенсивних технологій вирощування вона може сягати 8,0–9,0 т/га [47].

Негативними ознаками сортів є високостебловість, ламкість колосу, плівчастість і ускладнений обмолот зерна. Позбутися негативних ознак генотипу можна за інтрогресивної гібридизації з використанням високродуктивних зразків пшениці м'якої озимої. За гібридологічних та цитогенетичних досліджень встановлено, що домінантний алель Q, який локалізований на хромосомі 5A пшениці м'якої детермінує вільний обмолот зерна та надає плеiotропний вплив на низку господарсько-цінних і морфологічних ознак, зокрема, контролює ступінь зімкнення колоскових лусок із зернівкою, впливає на форму щільності колосу, ламкість остюків, строки дозрівання, висоту рослин, структуру зернівки тощо. Натомість рецесивний алель q, що присутній в геномі спельти, зумовлює формування спельтоїдного типу колосу, який характеризується щільно зімкненими колосковими лусками та ускладненим обмолотом зерна, що є типовою ознакою прадавніх форм пшениці [90, 98, 99, 119]. Окрім того, за даними Kerber і Rowland [91], ген Tg/tg, локалізований у хромосомі 2D від дикого виду *Aegilops tauschii*, що контролює формування грубої колоскової луски, проявляє епістатичну взаємодію щодо гена Q/q і фенотипово визначає спельтоїдність та ускладнений обмолот зерна. Отже, для формування генотипів пшениці спельта із вільним обмолотом зерна необхідне поєднання гомозиготного стану генів QQtgtg, що забезпечить редукцію спельтоїдності та оптимальні технологічні властивості колосу.

В свою чергу пшениця спельта може слугувати донором генів якості зерна, екологічної пластичності та стійкості до низки абіотичних і біотичних чинників. У Національному центрі генетичних ресурсів рослин України

(НЦГРРУ) зібрано колекцію широкого генетичного різноманіття форм *Triticum spelta* L. та інших споріднених видів роду *Triticum*, що використовуються донорами генів цінних господарських ознак у програмах інтрогресивної гібридизації наукових установ країни.

Отже, пшениця спельта *Triticum spelta* L. є цінним генетичним і харчовим ресурсом, що поєднує високу якість зерна, екологічність вирощування та попит на міжнародному ринку органічної продукції. За даними вчених, глобальні тенденції споживання продуктів зі спельти демонструють стаłe щорічне зростання попиту завдяки її унікальним функціональним властивостям [44, 75, 81].

Хліб із борошна спельти з поліпшеними органолептичними та структурними властивостями [1, 106, 107]. Зерно використовується у виробництві круп та круп'яних продуктів. Плющена крупа із зерна різних сортів спельти вирізняється за вмістом білка, склоподібністю зернівки та кулінарними властивостями. Культура є потенційною сировинною базою для виробництва ферментованих та спиртовмісних напоїв, зокрема пива й лікєро-горілчаних виробів. Вченими запропоновано використовувати пророщене зерно спельти для одержання специфічних ароматичних профілів напоїв, що відкриває нові напрями її біотехнологічного використання. Окрім харчового напрямку, зерно спельти має високу кормову цінність, зокрема за показником вмісту кормових одиниць, що підтверджує доцільність її використання перспективною культурою для тваринництва [1].

1.4 Тритикале (*Triticosecale* Wittmack) – селекційно цінна висикопродуктивна зернова культура

Тритикале (*Triticosecale* Wittm. ex A. Camus) – перший штучно створений амфідиплоїдний злаковий вид, одержаний шляхом міжродової гібридизації пшениці (*Triticum* spp.) і жита (*Secale* spp.) з подальшою амфідиплоїдизацією стерильного гібриду. За поєднання гомеологічних

геномів батьківських форм у генотипі тритикале сформувався комплекс геномів *AABBRR* (гексаплоїдна форма) або *AABBDDRR* (октаплоїдна форма), що забезпечує його генетичну стабільність і фертильність [19, 71, 89, 130].

Поєднання спадкових компонентів пшениці та жита зумовило формування у тритикале унікального комплексу морфобіологічних і господарсько-цінних ознак, зокрема, високий потенціал урожайності зерна та зеленої маси, широкий адаптивний спектр до низки абіотичних (підвищена зимостійкість, посухостійкість, толерантність до ґрунтових умов) і біотичних (імунітет до комплексу грибкових патогенів) чинників. За міжгеномного рекомбінування та індивідуального добору в процесі селекції сформовано генотипи з підвищеним вмістом лізину та інших незамінних амінокислот у зерні, а також із збагаченим вмістом поживних речовин у зеленій масі [92, 93].

Історія створення та генетичного вдосконалення тритикале (*Triticosecale* Wittm. ex A. Camus) охоплює майже 150 років. Перші спроби міжродової гібридизації пшениці (*Triticum* spp.) та жита (*Secale* spp.) провів А. S. Wilson у 1876 році [113]. У результаті цих досліджень було отримано перші стерильні міжродові гібриди, що свідчило про віддалену спорідненість батьківських геномів і цитогенетичну несумісність між ними. Згодом Е. S. Carman опублікував опис та характеристику гібрида з характерним опушенням під колосом і низькою фертильністю пилку [38].

Перший фертильний пшенично-житній амфідиплоїд було створено W. Rimpau у 1888 році за подвоєння хромосомного набору стерильного гібрида, що забезпечило відновлення мейотичної кон'югації гомологічних хромосом і формування стабільної фертильності. Поліплоїдну природу цих гібридів підтвердили цитологічними методами Г. А. Левитський і С. К. Бенецька та згодом обґрунтовано у працях А. Müntzing, M.Lindschau, E. Ochler [96]. Таким чином, було експериментально доведено можливість створення стабільних амфідиплоїдів на основі гібридів між пшеницею та житом, що поклало початок розвитку нового штучного виду – тритикале.

Подальший розвиток досліджень у ХХ столітті було спрямовано на підвищення генетичної стабільності та господарської цінності тритикале. Перші отримані октоплоїдні форми ($2n = 8x = 56$) характеризувалися значними цитогенетичними порушеннями мейотичного циклу, частковою стерильністю та розщепленнями за фенотипом. Для подолання цих обмежень вчені у селекційному процесі використовували контрольоване схрещування та добір форм із редукованим хромосомним набором, що дало змогу створити стабільніші гексаплоїдні генотипи ($2n = 6x = 42$).

Застосування методів цитогенетичного аналізу, алоплазмії та інтрогресивної селекції дало змогу підвищити рівень гомологічної кон'югації хромосом і стабілізувати фертильність гібридних популяцій. У другій половині ХХ ст. селекційна робота з тритикале була інтенсифікована в Польщі, Канаді, Німеччині, Франції та інших країнах. На основі міжсортової гібридизації та добору за комплексом ознак було створено перші високопродуктивні сорти культури зернового та кормового напрямку [67].

На початку ХХІ ст. селекційні програми було спрямовано на підвищення адаптивного потенціалу, якості зерна та стійкості до біотичних і абіотичних чинників навколишнього природного середовища. Застосування біотехнологічних методів, зокрема, культури зародків і мікроспор, молекулярно-генетичного маркування та аналізу QTL, дало змогу прискорити добір за визначеними цінними алелями, що контролюють урожайність, стійкість до посухи, зимостійкість, якість білка тощо.

Гекса-, окта- та тетраплоїдні форми пшенично-житніх амфідиплоїдів характеризуються високим рівнем морфогенетичної мінливості, що зумовлює їх селекційну цінність як джерел вихідного матеріалу з широким спектром спадкових варіацій [67–70]. Інтенсивний формотворчий процес в популяціях тритикале пов'язано з активними процесами міжгеномної рекомбінації, інтрогресії та реструктуризації хромосом, що забезпечують утворення нових алельних комбінацій і формування адаптивно цінних генотипів. За ведення рекомбінативної селекції на основі отриманого генетичного різноманіття,

вдосконалення схем добору (індивідуального, сімейного, багатоступового) і залучення екологічних випробувань у різних ґрунтово-кліматичних зонах створено широкий спектр генетично збалансованих, високопродуктивних і стабільних ліній і сортів тритикале. Найвагоміших результатів досягнуто вченими Мексики, Польщі, Німеччини, Франції та інших країн, де сформовано сучасний генофонд культури, представлений формами зернового та кормового напрямів використання.

Нині тритикале займає помітне місце у структурі світового землеробства. Площі його посівів перевищують 4 млн гектарів, що свідчить про високий адаптивний потенціал і господарську стабільність виду в різних екологічних умовах вирощування.

Генетична основа високої адаптивності тритикале зумовлена поєднанням у його генотипі гомеологічних геномів пшениці (A, B, D) та жита (R), що забезпечує широкий спектр взаємодій між комплементарними алелями [19]. Завдяки цьому формується розгалужена система епістатичних і адитивних ефектів, що зумовлюють полігенний контроль ознак продуктивності, стійкості до стресових чинників і якості зерна. Високий рівень генетичної пластичності тритикале пояснюється активними процесами міжгеномної рекомбінації та інтрогресії генетичного матеріалу, що створюють нові адаптивні комбінації генів і регуляторних елементів. Зокрема, участь R-геному жита зумовлює підвищення екологічної толерантності, зимостійкості та стійкості до грибкових патогенів, а геноми пшениці відповідають за високий рівень хлібопекарських якостей і зернову продуктивність. Отже, інтеграція гомеологічних геномів у складі амфідиплоїду створює унікальну генетичну систему з розширеним діапазоном спадкових варіацій, що забезпечує високу адаптивну здатність, стабільність урожайності та значний потенціал подальшого селекційного вдосконалення тритикале.

В Україні суттєвий внесок у розробку та вдосконалення методів створення і поліпшення тритикале зробили В. М. Лебедев, Л. Х. Паремуд, А.

Ф. Шулиндін та інші. А. Ф. Шулиндін удосконалив та впровадив у селекційну практику біологічний метод синтезу пшенично-житніх амфідиплоїдів [45]. Цей метод ґрунтується на запиленні гібридів F_1 м'якої пшениці житом, що належать до гексаплоїдних тритикале різного генетичного походження. При схрещуванні гібридів F_1 з тритикале, створеними за участі пшениці твердої озимої, отримують тривидові амфідиплоїдні лінії. Такий підхід дозволяє ефективно використовувати у селекційних програмах широку генетичну різноманітність пшениці, жита та тритикале й пришвидшити час формування цінних генотипів без застосування колхіцину [38].

Вдосконалювали селекційний процес створення тритикале озимих вчені Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла, Інституту землеробства НААН, НЦНС «Селекційно-генетичний інститут», Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України та інших наукових установ України. Сорти, створені вченими цих установ, активно впроваджуються в сільськогосподарське виробництво [13, 65]. Окремі тритикале, одержані методом біологічного синтезу, поєднують високу зимостійкість, підвищену харчову цінність та демонструють на 15–20 % вищий потенціал продуктивності, ніж пшениця озима та жито. Зерновий сорт Амфідиплоїд 206 виявив високі донорські властивості для селекції тритикале за ознаками зимостійкості, скоростиглості, вмісту білка та клейковини. Він став важливою ланкою в генетичних програмах багатьох сортів тритикале: Амфідиплоїд 42, Амфідиплоїд 60, Маркіян (Україна), Ugo, Almo, Panteon (Польща), TF-12 (Румунія) тощо.

Створені тритикале характеризується високою озерненістю колосу, що зумовлено стабільною експресією генів продуктивності зерна у його амфідиплоїдному геномі. Підвищений вміст білка та лізину у зерні пояснюється додатковими алелями білкових генів пшениці, що ефективно експресують у гексаплоїдних форм. Значна зимостійкість та комплексний імунітет до грибкових хвороб формуються завдяки взаємодії пшеничних і

житніх генетичних блоків, що забезпечують стійкість до абіотичних та біотичних стресів. Високий продуктивний потенціал і крупнозерність є наслідком генетичної взаємодії локусів росту та розвитку колосу в амфідиплоїдних генотипах. Адаптивність до бідних та ерозійних ґрунтів забезпечується гетерозисними ефектами, притаманними тритикале, а стійкість до шкодочинних факторів – наявністю домінантних алелей імунітету із житнього генома. Окрім того, екологічна чистота і ґрунтозахисні властивості тритикале є результатом його морфо-фізіологічних та генетично детермінованих ознак кореневої системи та стеблової структури. Чутливість до інтенсивних агротехнічних заходів свідчить про високий потенціал експресії генів росту та розвитку за оптимальних умов вирощування культури. Комплекс цих генетично обґрунтованих селекційно-цінних ознак забезпечив культурі тритикале впевнене місце в системі зернового виробництва, разом із пшеницею, житом, ячменем тощо [67, 68].

Окрім того, пшенично-житні амфідиплоїди є важливими генетичними донорами цінних ознак у селекційних програмах пшениці. Завдяки наявності комбінованого гексаплоїдного геному вони дозволяють ефективно переносити алелі продуктивності, стійкості до стресів та якості зерна від диплоїдних видів до культурних алоплоїдних форм пшениці, виступаючи як проміжна ланка для інтрогресії генетичного матеріалу. Це відкриває можливості формування нових генотипів із покращеною комбінацією продуктивних, адаптивних та харчових показників [15, 105].

Проте в селекції тритикале залишаються нерозв'язані проблеми, основною з яких є поліпшення якості зерна. Потребують удосконалення фізичні показники зерна (виповненість, склоподібність, натура) та технологічні характеристики (якість клейковини, тіста, хліба) [17, 18]. За технологічними властивостями зерна тритикале поки що відповідає рівню слабких пшениць [68, 69, 88, 103, 114]. Поширеною є думка, що житній геном пригнічує функціонування пшеничних хромосом, унеможливаючи створення амфідиплоїдів із високими хлібопекарськими властивостями [108].

Головним стратегічним напрямом сучасної селекції пшенично-житніх амфідиплоїдів є розробка та впровадження новітніх генетико-селекційних методів, спрямованих на прискорення еволюційного вдосконалення генофонду культури. Метою є забезпечення такого рівня генетичної стабільності, адаптивності та продуктивності, якого природні види пшениці досягали протягом тривалого історичного періоду доместикації [16, 23].

Особливу увагу приділяють підвищенню репродуктивної здатності (фертильності), оптимізації процесів мейотичної кон'югації гомологічних і гомеологічних хромосом, що визначає стабільність каріотипу та життєздатність гібридних форм. Важливим напрямом є поліпшення фізичних і технологічних властивостей зерна, зокрема виповненості, склоподібності, натуре, структури білкового комплексу та реологічних властивостей тіста, за цілеспрямованого добору генотипів з бажаними алельними варіантами структурних білків глютену.

Паралельно триває селекційна робота зі створення скоростиглих, низькостеблових і стійких до вилягання форм, що характеризуються високим коефіцієнтом використання фотосинтетично-активної радіації, ефективною регуляцією ростових процесів та адаптивною реакцією на агротехнічні чинники інтенсивного землеробства [2, 14]. Такі підходи спрямовано на формування нових генотипів тритикале з підвищеною комбінативною здатністю, стійкістю до біотичних і абіотичних стресів і високими технологічними параметрами зерна, що забезпечить повноцінну інтеграцію цієї культури у сучасну систему зерновиробництва.

У перспективі реалізація зазначених напрямів створить передумови для формування нової генерації тритикале – еволюційно стабільного алоплоїду з оптимізованим геномом, який поєднує високий адаптивний потенціал, генетичну пластичність і високі хлібопекарські властивості зерна. Такий генотип стане важливим елементом у системі інноваційного агропромисловництва, забезпечуючи генетичну різноманітність і продовольчу безпеку в умовах глобальних кліматичних змін.

1.5 Генетичний банк рослин – джерело вихідного матеріалу в селекції сільськогосподарських культур

Генетичні ресурси рослин є основою глобальної продовольчої безпеки країни. Збір, аналіз, збереження та інтенсифікація використання рослинного генофонду – ключового об'єкта біологічного, генетичного та функціонального різноманіття, є пріоритетним напрямом сучасних фундаментальних і прикладних досліджень у генетиці, селекції, агробіотехнології та молекулярній біології. Рослинний генофонд, що включає культурні матеріали та види дикого типу, є джерелом поліморфних алелей і локусів, які визначають фенотипові ознаки продуктивності, адаптивності, стресостійкості та біохімічні характеристики рослин. Згідно з даними молекулярно-генетичних досліджень [78, 82, 112], генетична основа переважної більшості культурних рослин становить менше 10 % від загального генофонду, натомість основна частина алельного різноманіття зосереджена у споріднених видах дикорослого типу, що історично використовувалися донорами генетичного матеріалу для формування високопродуктивних та адаптованих сортів.

У сучасних умовах глобальної кліматичної нестабільності та підвищеної мінливості агрокліматичних чинників зростає інтерес до використання природного генетичного різноманіття джерелом нових алелей і QTL (quantitative trait loci) для підвищення продуктивності, біотичної та абіотичної стресостійкості, харчової цінності, технологічних властивостей культурних рослин. Це зумовлює актуальність системного вивчення та збереження дикорослих родичів сільськогосподарських видів, які є носіями господарсько-цінних ознак, зокрема, резистентність до патогенів та шкідників, толерантність до посухи, засолення, екстремальних температур, а також біохімічні маркери якості продукції (вміст білка, клейковини, антиоксидантів, вторинних метаболітів тощо).

Сучасні методи молекулярної селекції, зокрема маркерно-орієнтовану селекцію (MAS), асоціативне картування геномних маркерів, геномне редагування (CRISPR/Cas), трансгенні підходи, біогенетичні аналізи дозволяють високоефективно ідентифікувати та переносити цінні алелі в культивовані сорти, підвищуючи адаптивність та стабільність продуктивності [83, 94, 112]. Інтеграція біоінформатичних інструментів, зокрема, GWAS (genome-wide association studies) та системна геноміка забезпечує прогнозування фенотипових проявів ознак у різних екологічних умовах, оптимізує відбір донорів і дозволяє створювати нові генотипи з програмованим комплексом ознак.

Особливу увагу приділяють багатовимірному фенотипуванню та молекулярно-генетичному аналізу генофонду рослин для ідентифікації потенційних донорів генів господарсько-цінних ознак для внутрішньовидової та міжвидової гібридизації, зокрема, використання широкомасштабних схем схрещування, соматичної гібридизації, ембріональної маніпуляції та індукованої поліплоїдії. Наукові дані підтверджують, що носіями цінних ознак є генотипи, отримані із географічно та екологічно віддалених регіонів. Це формує основу для пошуку адаптивних алелей у колекціях генетичного матеріалу [79]. Понад столітній досвід ведення селекційних програм демонструє, що комплексне вирішення завдань розширення, збереження, вивчення та ефективного використання генофонду досягається через формування і системне збереження та використання генетичних банків (генбанків), де підтримується довготривала життєздатність насінневого та вегетативного матеріалу.

Нині вивчення, аналіз, зберігання та оптимізація використання рослинного генофонду є критично важливими для забезпечення продовольчої безпеки України, стабільності та конкурентоспроможності сільськогосподарського виробництва. Генфонд використовують для створення вихідного матеріалу в селекції нових високопродуктивних, адаптованих сортів. Збір, систематичне вивчення, фенотипування та

використання генетичного різноманіття культурних рослин визначають економічну, соціальну та біологічну стабільність аграрного сектору і сприяють сталому розвитку сільського господарства в умовах глобальної зміни клімату [5, 6].

У сховищі Національного центру генетичних ресурсів рослин України (НЦГРРУ) акумульовано колекції рослинних зразків із високим господарським, селекційним та генетичним потенціалом. Окрему категорію становлять локальні сорти, які є носіями унікальної алельної різноманітності, демонструють адаптивну пластичність та формують фундамент національного генофонду. Ці сорти виконують функцію еталонних реперних генотипів для порівняльної фенотипічної та молекулярної оцінки нових матеріалів, забезпечуючи контроль за генетичною стабільністю та якістю селекційних програм.

Генетичний цент здійснює систематичний збір та інтеграцію зародкової плазми з різноманітних джерел, її довгострокову консервацію в генному банку та фіксує комплексну характеристику за морфофізіологічними, біохімічними, молекулярно-генетичними та агрометричними показниками. Центр забезпечує селекціонерів вихідним матеріалом для створення високопродуктивних, стійких до низки абіотичних і біотичних чинників адаптованих сортів за використання інтрогресії, гетерозису та синтетичних ліній. Нині Національна система генбанків акумулює понад 79 тис. зразків рослин різних таксономічних одиниць.

Основні завдання банку є добір попередньо адаптованих до агрокліматичної зони генотипів з гарантованою стійкістю до патогенів, оптимальними технологічними та якісними характеристиками і високим рівнем поліморфізму. Використання цих генотипів у селекційних програмах сприяє інтенсифікації селекційного процесу та агровиробництва, підвищенню біологічної ефективності сортів та раціональному залученню екзотичних генетичних ресурсів рослин у комплексні селекційні програми [5].

Морфофізіологічні та генетичні показники рослинного матеріалу, відомі як «паспорти насіння», внесено до Європейської бази сортозразків European Research and Project Office GmbH (Eurice). В Україні функціонує електронна база генетичних ресурсів, що інтегрує дані про зразки рослин із Національного генофонду та генбанків селекційних і насінневих установ. Насіння за довгострокового зберігання поміщається в морозильні камери при температурному режимі -20°C (вільно заморожені зразки), за короткострокового – у холодильники при 4°C за підтримки життєздатності зародків і стабільності фенотипічних ознак.

Зразки рослин з України реплікуються у Всесвітньому сховищі насіння на Шпіцбергені (Норвегія), що забезпечує глобальне резервне збереження та захист генофонду від втрати. Українські вчені систематично здійснюють фенотипічну, молекулярну та геномну оцінку потенційних сортів для залучення до резервних колекцій, що сприяє збереженню та розширенню національної генетичної бази рослин.

Генофонд культури – це сукупність усіх генів, алельних варіантів і генотипових комбінацій, властивих певному виду або таксономічній одиниці, що забезпечують її генетичне та фенотипове різноманіття [24]. Кожен зразок генофонду – це популяція, лінія або окрема форма рослини, що має індивідуальний комплекс спадкових ознак, зумовлений специфічною комбінацією алелів. Колекція генетичних ресурсів культури – це систематизований набір зразків, що відрізняються за генотипом, фенотипом і походженням, сформований з метою використання у селекційних, генетичних, фізіолого-біохімічних та агрономічних дослідженнях. Такі колекції є основою для збереження та раціонального використання генетичного різноманіття в рамках програм інтродукції, адаптації, добору донорів генів господарсько-цінних ознак і створення вихідного матеріалу для селекційного процесу.

Виділяють кілька основних типів колекцій генетичних ресурсів [5, 12]:

Базові колекції – репрезентують основний генофонд культури, охоплюючи повний спектр генетичної та фенотипової мінливості в межах виду. До них входять культурні, дикорослі та напівкультурні форми, що є джерелом алелів, пов'язаних зі стійкістю до стресових чинників, адаптивністю, продуктивністю та якістю продукції.

Серцевинні колекції – це мінімізовані вибірки базових колекцій, що максимально відтворюють генетичну структуру виду за мінімальної кількості зразків. Вони використовуються для геномного скринінгу, асоціативного картування, генетичного моніторингу та ідентифікації маркерних ознак.

Ознакові колекції – групуються із зразків, відібраних за рівнем фенотипового прояву окремих кількісних або якісних ознак, зокрема, висока морозостійкість, посухостійкість, якість білка тощо. Вони мають еталонні зразки, що демонструють стабільний прояв ознаки незалежно від умов середовища, і використовуються донорами генів у селекційних програмах.

Генетичні колекції – об'єднують зразки з ідентифікованими генами або генними комплексами, вивченими закономірностями успадкування та експресії. До таких колекцій належать ізогенні та анеуплоїдні лінії, алельні серії, варіанти груп зчеплення, амфідиплоїди, а також генетично модифіковані організми з маркерними конструкціями.

Спеціальні колекції – формуються для розв'язання вузькоспеціалізованих завдань, зокрема, для дослідження комбінативної здатності, симбіотичної ефективності, біохімічного складу чи морфогенетичних особливостей. До них, зокрема, можуть входити колекції зразків з високою загальною або специфічною комбінативною здатністю культури.

Робочі колекції – використовуються безпосередньо у поточних селекційних і наукових програмах, зокрема, джерела й донори генів цінних ознак. Їх склад динамічно оновлюється відповідно до програм добору за фенотипом, генотипом або маркерними ознаками.

Учбові колекції – мають навчальне та демонстраційне значення, охоплюючи ботанічне різноманіття, сучасні сорти, гібриди, батьківські лінії, генетичні донори тощо.

Дублетні колекції – дублюють склад базових, серцевинних чи інших колекцій і розміщуються в альтернативних генбанках з метою страхового збереження генофонду у випадку втрати або пошкодження основних колекцій.

Всі типи колекцій формуються і зберігаються відповідно до вирішення поставленої селекційної програми.

Отже, комплексне збагачення, довгострокове збереження та раціональне використання генетичних ресурсів рослин за врахуванням генетичного різноманіття, гетерозису, інтрогресії та адаптивної пластичності матеріалів залишаються пріоритетними завданнями сучасної селекційної та генетичної науки.

Висновки за розділом 1

1. За вирощування пшениці м'якої, пшениці спельта й тритикале озимих ключовим завданням залишається генетичне підвищення їх продуктивного потенціалу. Розв'язання цього питання можливе за оптимізації селекційних схем створення та добору вихідного генофонду, а також ідентифікації нових донорів і джерел генів цінних господарських ознак.
2. Застосування міжвидової та міжродової гібридизації за участю споріднених таксонів у селекційних програмах пшениці та тритикале забезпечує суттєве розширення генетичного різноманіття. Це сприяє ідентифікації та інтрогресії генів цінних господарських та маркерних ознак в геном реципієнта та формування зразків з комплексною стійкістю до абіотичних та біотичних стресорів.
3. Зростання попиту на зерно пшениці спельта зумовлює потребу в розширенні її генетичного пулу в межах селекційних програм і

формуванні нових високопродуктивних вихідних матеріалів і на їх основі сортів, здатних забезпечити технологічність культури та підвищену харчову цінність зернової продукції.

4. Підвищення продуктивності тритикале озимого потребує оптимізації селекційних підходів до створення та добору вихідних генотипів, які поєднують комплекс господарсько-цінних ознак. Це є передумовою формування сортів із високим генетичним потенціалом урожайності та підвищеною адаптивною здатністю культури.
5. Банк генетичного матеріалу є основною структурою збереження та раціонального використання генетичних ресурсів рослин, що забезпечує селекційний процес вихідним матеріалом для створення нових високопродуктивних сортів і гібридів сільськогосподарських культур.

За матеріалами розділу опубліковано одну наукову працю [61].

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Бабенко Л. М., Господаренко Г. М., Рожков Р. В., Парій Я. Ф., Парій М. Ф., Бабенко А. В., Косаківська І. В. *Triticum spelta*: походження, біологічна характеристика, перспективи використання в селекції та сільському господарстві. Regul. Mech. Biosyst. 2018. № 9(2). С. 250–257.
2. Білітюк А. П., Гірко В. С., Каленська С. М., Андрушків М. І. Тритикале в Україні: монографія. Київ: Арістей, 2004. 388 с.
3. Богуславский Р. Л., Голік О. В. Рід *Aegilops L.* як генетичний ресурс селекції. Харків, 2004. 236 с.
4. Богуславський Р. Л., Голік О. В. Видове різноманіття пшениці та споріднених видів як джерело вихідного матеріалу для селекції на адаптивність. *Селекція і насінництво*. 2006. С. 50–60.
5. Боровик В. О., Тищенко О. Д., Кобиліна Н. О. Формування та ефективне використання генетичних ресурсів сільськогосподарських культур в Інституті землеробства південного регіону НААН України. *Зрошуване*

- землеробство*: Міжнародний тематичний науковий збірник. Херсон. 2010. Вип. 53. С. 421–429.
6. Боровик В. О., Тищенко О.Д., Кобиліна Н. О. Результати вивчення генетичних ресурсів бобових та злакових багаторічних трав, зосереджених в Інституті зрошуваного землеробства. *Зрошуване землеробство*: Міжнародний тематичний науковий збірник. Херсон. 2012. Вип. 57. С. 186–198.
 7. Вавилов М. І. Селекція як наука. Київ : Урожай, 1970. С. 149.
 8. Васильєв С. В. Характеристика полби як перспективної зернової культури та основні проблеми її післязбирального оброблення. *Зернові продукти і комбікорми*. 2017. Т. 17. № 1. С. 16–22.
 9. Васильківський С. П., Гудзенко В. М., Кочмарський В. С., Кириленко В. В. Реалізація потенціалу сортів зернових культур – шлях вирішення продовольчої проблеми. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2017. Т. 21. С.47–51.
 10. Власенко В. А. Селекція пшениці. *Спеціальна селекції і насінництво польових культур*. Біла Церква: Білоцерківська книжкова фабрика, 2010. С. 3–33.
 11. Власенко В. А., Кочмарський В. С., Колочий В. Т., Коломієць Л. А., Хоменко С. О., Солоня В. Й. Селекційна еволюція Миронівських пшениць: монографія. Миронівка, 2012. 326 с.
 12. Вожегова Р. А., Боровик В. О., Клубук В. В., Шкода О. А. Значення генофонду у світі та Україні. XI Міжнародна наукова конференція. «Селекційно-генетична наука і освіта» (Парієві читання). Умань. 2022. С. 12–18.
 13. Гірко В. С. Тритикале озиме. Біологія. Селекція. Насінництво. Технологія вирощування. Селекція, насінництво і технології вирощування колосових культур у Лісостепу України. Київ, 2007. С. 523–668.

14. Гірко В. С., Гірко О. В. Тритикале. Здобутки селекції, насінництво, сортові технології вирощування та шляхи господарського використання. *Посібник українського хлібороба*. 2012. Т. 1. С. 111–127.
15. Гребенюк І. В. Методи збагачення генофонду тритикале. *Вісник ЛНУ ім. Т. Шевченка*. 2010. № 15 (202). С. 100–117.
16. Діордієва І. П. Створення та оцінка чотиривидових форм тритикале. Дис. к. с.-г. н.: 06.01.05. Умань: УНУС, 2015. 215 с.
17. Діордієва І. П., Парій Ф. М. Оцінка низькостеблових форм чотиривидових тритикале за основними господарсько-цінними ознаками. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2014. №1. С. 74–78.
18. Діордієва І. П., Парій Ф. М. Чотиривидові тритикале. *Генетичні ресурси рослин*. 2015. № 15. С. 41–53.
19. Діордієва І. П., Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., Полторецький С. П., Коцюба С. П. Селекційне вдосконалення тритикале за використання пшениці спельта: монографія. Умань: ВПЦ «Візаві», 2019. 214 с.
20. Екологічні особливості формування господарсько цінних ознак *Triticum aestivum* L. в агроєкосистемах Лісостепу і Полісся України: монографія / Демидов О. А., Близнюк Б. В., Кириленко В. В., Гуменюк О. В., Лось Р. М., Близнюк Р. М., Сардак М. О., Буняк О. Г. Київ: Компринт, 2023. 211 с.
21. Жемела Г. П., Бараболя О. В., Татарко Ю. В., Антоновський О. В. Вплив сортових особливостей на якість зерна пшениці озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. С. 33–39.
22. Зайцева Г.П., Акініна Г.Є., Твердохліб О.В., Попов В.М. Поширення пшенично-житньої транслокації в зразках пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) української селекції. *Фактори експериментальної еволюції рослин*. 2012. Т. 17. С. 303–307.
23. Кирильчук А. М. Оцінка генофонду тритикале озимого для створення сортів поліського еко типу. *Селекція і насінництво*. 2014. Вип. 106. С. 26–33.

24. Кириченко В. В., Рябчун В.К., Богуславський Р. Л. Роль генетичних ресурсів рослин у виконанні державних програм. *Генетичні ресурси рослин*. 2008. № 5. С. 7–13.
25. Козуб Н. О., Созінов І. О., Колючий В. Т., Власенко В. А., Собко Т. О., Созінов О. О. Ідентифікація 1AL/1RS транслокації у сортів м'якої пшениці української селекції. *Цитологія і генетика*. 2005. 39. № 4. С. 20–24.
26. Криштопа Н. І., Богуславський Р. Л., Любич В. В. Селекційна цінність видів пшениці (м'яка, спельта, шарозерна, петропавлівська) за хлібопекарськими властивостями зерна. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2019. Вип. 94. С. 221–231.
27. Литвиненко М. А., Топал М. М. Ефекти пшенично–житніх транслокацій 1AL/1RS і 1BL/1RS на якість зерна у сортів пшениці м'якої озимої. *Scientific Journal «Sciencerise»*. 2015. №3/1(8). С. 82–87.
28. Литвиненко М. А., Голуб Є. А. Підвищення генетичного потенціалу продуктивності і показники якості зерна в селекції озимої м'якої пшениці. *Зб. наук. праць Уманського ДАУ*. 2008. С. 389–399.
29. Лифенко С. П. Історія і результати селекції високоінтенсивних сортів пшениці м'якої озимої. *Вісник аграрної науки*. Київ: Аграрна наука, 2012. Спецвипуск. С. 12–15.
30. Лифенко С. П., Литвиненко М. А. Селекція і генетика пшениці в Україні. Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть. За ред. В. В. Моргун. Київ: Логос, 2001. Т. 2. С. 319–337.
31. Лифенко С. П., Нарган Т. П., Наконечний М. Ю. Інтрогресії в геномі пшениці м'якої від різних донорів – проблемний, але перспективний напрям селекції. *Селекція і насінництво*. 2014. Вип. 105. С. 39–50.
32. Лісовий М. П., Лісова Г. П., Афанасьєва О. Г. Характеристика колекційного матеріалу пшениці озимої за стійкістю проти хвороб. *Захист і карантин рослин: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. НААН, Інститут захисту рослин. Київ, 2013. С. 176–184.

33. Літун П. П., Кириченко В. В. Розвиток теорії селекції рослин. Сучасні методологічні проблеми. *Селекція і насінництво: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Харків, 2001. Вип. 85. С. 3–14.
34. Лозінський В. М. Особливості успадкування господарсько цінних ознак та добір у популяціях пізніх поколінь мутантно-сортових гібридів озимої пшениці: Автореф. дис... канд. с.-г. наук: 06.01.05. Лозінський Микола Владиславович. УААН. Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення. Одеса, 2005. 20 с.
35. Метод гібридизації у селекції *Triticum aestivum* L., в умовах центрального Лісостепу України: монографія / Демидов О. А., Кириленко В.В., Гуменюк О. В., Лісова Г. М., Дубовик Н. С., Лось Р. Миронівка: Компринт, 2022. 265 с.
36. Моргун В. В., Рибалка О. Г., Моргун Б. В. Нові наукові напрями генетичного поліпшення злакових культур. *Фізіологія рослин і генетика*. 2021. Т. 53, № 3. С. 187–215.
37. Моргун В. В., Прядкіна Г. О., Стасик О. О., Зборівська О. В. Асиміляційна поверхня агроценозів та врожайність сучасних сортів пшениці озимої за нетипових погодних умов. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2020. Т. 27. С. 259–264.
38. Москалець В. В., Москалець Т. З. Деякі історичні аспекти виведення та етапи селекційної роботи з тритикале. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2012. Вип. 4(60). С. 136–153.
39. Моргун В. В. Спонтанна та індукована мутаційна мінливість і її використання в селекції рослин. *Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть*. 2001. Т. 2. С. 144–174.
40. Нінієва А. К. Успадкування ознак продуктивності колоса гібридами спельти ярої (*T. spelta* L.) з пшеницею м'якою ярою. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2012. № 4. С. 36–41.

41. Нінієва А. К., Козуб Н. О., Созінов І. О. та ін. Характеристика зразків *Triticum spelta* L. за показниками якості зерна та електрофоретичними спектрами запасних білків. *Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів*. 2013. Т. 11. № 1. С. 96–105. Paska D., Załuski D., Graban Ł., Lajszner W. An Evaluation of Spelt Crosses for Breeding New Varieties of Spring Spelt. *Agronomy*. 2019. № 9(4). P. 167–175.
42. Новак Ж. М., Жекова І. О. Формотворчий процес у гібридів спельти та м'якої пшениці. Матеріали III Міжнародної конференції молодих науковців «Біологія: від молекули до біосфери». Харків, 2008. С. 67–72. 43.
43. Особливості визначення адаптивності селекційних ліній пшениці м'якої озимої в умовах центрального Лісостепу України : монографія. Демидов О. А., Замліла Н. П., Вологдіна Г. Б., Гуменюк О. В., Рисін А. Л. Київ : Компринт, 2023. 219 с.
44. Паляниця Л. Я., Березовська Н. І., Піх., З. Г. Спельта як сировина у біотехнологічних процесах. *Chemistry, Technology and Application of Substances*. 2020. *l. 3, No. 2, P.73–78*.
45. Паремуд Л. Х. Пшенично-житні гібриди чотиривидового складу. *Зернове господарство*. 1938. № 4. С. 56–60.
46. Парій Ф. М., Заболотна І. Р. Спельта: сучасний стан і перспективи селекції. *Вісник Сумського НАУ*. 2013. Вип. 11(36). С. 169–173.
47. Парій Ф. М., Сухомуд О. Г., Любич В. В. Оцінка господарсько цінних властивостей нового сорту пшениці спельти озимої Зоря України. *Насінництво*. 2013. № 5. С. 5–6.
48. Полянецька І. О. Селекційно-генетичне покращення *Triticum spelta* L. та використання її в селекції *Triticum aestivum* L.: автореф. дис. к. с.-г. н. Київ, 2012. 20 с.
49. Пшениця спельта. Г. М. Господаренко, П. В. Костогрив, В. В. Любич, М. Ф. Парій, С. П. Полторецький, І. О. Полянецька, Л. О. Рябовол, Я. С. Рябовол, О. Г. Сухому; за ред. Г. М. Господаренка. Київ: СІК ГРУП

УКРАЇНА, 2016. 312 с.

50. Рабінович С. В., Власенко В. А., Коломієць Л. А. Історія селекції, родоводи і склад високомолекулярних глютенінів миронівських пшениць, створених у 1929–2004 рр., та їхні нащадки в різних країнах світу. *Науково-технічний бюлетень Миронівського інституту пшениці ім. В. М. Ремесла*. 2004. Вип. 4. С. 58–126.
51. Рибалка О. І. Якість пшениці та її поліпшення: монографія. Київ: Логос. 2011. 496 с.
52. Рибалка О., Поліщук С., Моргун Б. Нові напрями в селекції зернових культур на якість зерна. *Bulletin of Agricultural Science*. 2018. Том 96. № 11. С. 120–123.
53. Рябовол Я. С. Теоретичне обґрунтування систем гібридизації і створення вихідного матеріалу в селекції зернових культур.: дис... д-ра с.-г. наук. 06.01.05 – селекція і насінництво. Умань, 2020. 540 с.
54. Рябовол Л. О., Кисельова М. І., Любич В. В., Полянецька І. О., Рябовол Я. С. Формування врожайності та вмісту білка в зерні спельтоподібних гібридів F3–5, одержаних гібридизацією *Triticum aestivum* L. / *Triticum spelta* L. *Селекція і насінництво: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Харків, 2017. Вип.111. С. 107–114.
55. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О. Створення стійких до хвороб зразків пшениці м'якої озимої за гібридизації еколого-географічно віддалених форм. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Наукові основи підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва». Харків, 2018. С. 232–233.
56. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О. Агроекологічні особливості створення ранньостиглих сортів пшениці м'якої озимої. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції, присвяченої 10-річчю створення кафедри екології та безпеки життєдіяльності «Екологія – шляхи гармонізації відносин природи та суспільства». Умань (20 жовтня), 2018. С. 25–27.

57. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О. Аналіз морозо-, зимостійкості створених зразків пшениці м'якої озимої. Матеріали VI Міжнародної наук.-практичної конференції «Актуальні питання аграрної науки», присвяченої 150-річчю заснування факультету агрономії Уманського НУС. Умань (15 листопада), 2018. С. 162–163.
58. Рябовол Л. О., Рябовол Я. С., Діордієва І. П. Якість зерна зразків отриманих за гібридизації *Triticum aestivum* L./*Triticum spelta* L.. Матеріали Міжнародної наукової інтернет-конференції «Інноваційні зерно продукти і технології». Умань (21 лютого), 2022. С. 71–72.
59. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., Діордієва І. П. Створення вихідного матеріалу за використання ембріокультури та віддаленої гібридизації в селекції пшениці м'якої озимої. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2023. Вип. 1 (3). С. 116–122.
60. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., Діордієва І. П. Стійкість до хвороб зразків пшениці м'якої озимої, створених гібридизацією географічно віддалених форм. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. Львів–Оброшино, 2019. Вип. 65. С.124–133.
61. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., Федоренко С. В. Солестійкість рослин та методи створення вихідного матеріалу стійкого до сольового стресу. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції. Умань, 2022. С. 73–74.
62. Рябчун Н. І., Єльніков М. І., Звягін А. Ф. Спеціальна селекція та насінництво польових культур. Навчальний посібник. За ред. В. В. Кириченка Харків: ІР ім. В.Я. Юр'єва НААН України, 2010. С. 138–167.
63. Селекція і трансфер київських сортів пшениці. В. В. Швартау (ред.); В. В. Вакулєнко та ін.; НАН України, Ін-т фізіології рослин і генетики НАН України. Київ: Академперіодика, 2024. 248 с.
64. Селекція пшениці м'якої озимої за використання пшенично-житніх транслокацій в умовах центрального Лісостепу: монографія. Кириленко

- В. В., Дубовик Н. С, Гуменюк О. В., Вологдіна Г. Б., Лось Р. М., Дубовик Д. Ю. Київ:Компрінт, 2021. 221 с.
65. Шередеко Л. М. Селекція озимого тритикале для Полісся України. Наукове забезпечення виробництва зерна тритикале і продуктів його переробки: матеріали міжнародної науково-практичної конференції Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Харків, 2005. С. 29–30.
66. Щипак Г. В. Селекція і насінництво тритикале озимого. *Спеціальна селекція і насінництво польових культур*. Харків: ІР імені В. Я. Юр'єва, 2010. С. 70–107.
67. Щипак Г. В. Теоретичні основи селекції гексаплоїдних тритикале на адаптивність, урожайність та якість. Дис... д. с.-г. н.: 06.01.05. Харків: Інститут рослинництва, 2021. 446 с.
68. Щипак Г. В. Тритикале і пшениця: селекція на адаптивність, урожайність, якість. Київ: Атопол, 2019. 480 с.
69. Щипак Г. В., Панченко І. А., Доскоч І. М. Нові сорти тритикале: морфобіологічні і технологічні особливості. *Пропозиція*. 2003. № 11. С. 50–52.
70. Щипак Г. В., Петренкова В. П., Панченко І. А. та ін. Сорти озимих тритикале харківської селекції. Харків, ІР ім. В.Я. Юр'єва. 2003. 43 с.
71. Aliyeva A. J., Farkas A., Aminov N. Kh., Kruppa K., Molnár-Láng M., Türkösi E. Molecular Cytogenetic Analysis and Meiotic Pairing Behavior of Progenies Originating from a Hexaploid Triticale (\times Triticosecale, Wittmack) and Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cross. *Cytogenet Genome Res.* 2020. № 160(1). P. 47–56. doi: 10.1159/000506385.
72. Alvarez J. B., Guzmán C. Spanish Ancient Wheat: A genetic resource for wheat quality breeding. *Advances in Crop Science and Technology*. 2013. № 1(1). С. 1–7.
73. Aubry S. The Future of Digital Sequence Information for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. *Front. Plant Sci.*, 2019. /<https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01046>.

74. Diordiieva I., Kochmarskyi V., Riabovol Ia., Riabovol L., Serzhyk O. Enrichment of the winter triticale gene pool under intergeneric hybridization. *Agronomy research*. 2021. Vol. 19 (4). <http://lib.udau.edu.ua/handle/123456789/7907>
75. Diordiieva I., Riabovol L., Riabovol Ia., Serzhyk O., Nakloka Iu., Nakloka O., Karychkovska S. Breeding and genetic improvement of soft winter wheat with the use of spelt wheat. *Agronomy research*. 2022. Vol. 20 (1). P. 91–102. <http://doi.org/10.15159/AR.22.016>
76. Dong Y., Armour K. C., Zelinka M. D., Proistosescu C., Battisti D. S., Zhou C., Andrews T. Intermodel spread in the pattern effect and its contribution to climate sensitivity in CMIP5 and CMIP6 models. *Journal of Climate*, 2020. 33(18). P. 7755–7775.
77. Elia M., Moralejo M., Rodriguez-Quijano M., Molina-Cano J. L. Spanish spelt: A separate gene pool within the spelt germplasm. *Plant Breed.* 2004. № 123. P. 297–299.
78. Fernie A.R., Tadmor Y., Zamir D. Natural genetic variation for improving crop quality. *Curr. Opin. Plant Biol.* 2006. 9. P. 196–202.
79. Grout B.W.W. In vitro conservation of germplasm. *Plant tissue culture: applications and limitations*. Ed. S.S. Bhojwani. Amsterdam : Elsevier Publ., 1990. P. 394–423.
80. Gulyás G., Rakszegi M., Bognár Z., Láng L., Bedő Z. Evaluation of Genetic Diversity of Spelt Breeding Materials Based on AFLP and Quality Analyses. *Cereal Research Communications*. 2012. Vol. 40. № 2. P. 185–193.
81. Guzman C., Caballero L., Martin L. M., Alvarez J. B. Waxy genes from spelt wheat: New alleles for modern wheat breeding and new phylogenetic inferences about the origin of this species. *Ann. Bot. Lond.* 2012. № 110. P. 1161–1171.
82. Hammer K., Arrowsmith N., Gladis T. Agrobiodiversity with emphasis on plant genetic resources. *Naturwissenschaften*. 2003. 90, № 6. P. 241–250.

83. Heywood V., Casas A., FordLloyd B., Kell S., Maxted N. Conservation and sustainable use of crop wild relatives. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2007. 121. P. 245–255.
84. Huang S., Sirikhachornkit A., Faris J. et al. Phylogenetic analysis of the acetyl-CoA carboxylase and 3-phosphoglycerate kinase loci in wheat and other grasses. *Plant Molecular Biology*, 2002. Vol. 48. № 5–6. P. 805–820.
85. Hutchinson J., Chapman V., Miller T. Chromosome pairing at meiosis in hybrids between *Aegilops* and *Secale* species: a study by in situ hybridisation using cloned DNA. *Heredity*. 1980. Vol. 45, N 2. P. 245–254.
86. Ikeda T. M., Terachi T., Tsunewaki K. Variations in chloroplast proteins and nucleotide sequences of three chloroplast genes in *Triticum* and *Aegilops*. *Japanese Journal of Genetics*, 1992. Vol. 67 (2). P. 111–122.
87. Jewell D. C. Chromosome banding in *Triticum aestivum* cv. Chinese Spring and *Aegilops variabilis*. *Chromosoma*, 1979. Vol. 71. N 1. P. 129–134.
88. Jonnala R. S., MacRitchie F., Herald T. J. et al. Protein and Quality Characterization of Triticale Translocation Lines in Breadmaking. *Cereal Chemistry*. 2010. V. 87. № 6. P. 546–552.
89. Kalinka A., Achrem M. Reorganization of wheat and rye genomes in octoploid triticale (\times Triticosecale). *Planta*. 2018. № 247(4). P. 807–829.
90. Kato K., Sonokawa R., Miura H. and Sawada S. Dwarfing effect associated with the threshability gene Q on wheat chromosome 5A. *Plant Breeding*, 2003. P. 489–492.
91. Kerber R. E., Rowland G. G. Origin of the threshing character in hexaploid wheat. *Can. J. Genet. Cytol.* 1974. P. 145–154.
92. Kiss A. Neue Richtung in der Triticale–Luchtung. *Pflanzenzuchtg.* 1966. № 55. P. 309–329.
93. Kiss A., Kiss J., Sallay T. Selection for grain yield in hexaploid triticale. *Proc. of the 5 th Internat wheat genetics symposium*. 1979. P. 1137–1143.
94. Kuckuck H., Kobabe G., Wenzel G. Safeguarding and utilization of natural genetic diversity. *Fundamentals of plant breeding*. Eds D. Boringer, W.

- Hondelmann, V. Stoy, T. Tatlioglu. Berlin etc: SpringerVerlag, 1991. P. 220–230.
95. Lelley T., Stachel M., Grausgruber H., Vollmann J. Analysis of relationships between *Aegilops tauschii* and the D genome of wheat utilizing microsatellites. *Genome*, 2000. Vol. 43, N 4. P. 661–668.
 96. Lindschau M., Ochler E. Untersuchungen am konstant intermediären additiven Rimpau schen Weizen-Roggen-Bastard. *Züchter*. 1935. № 7. P. 228–233.
 97. Litvinenko M., Rybalka A., Lyfenko S., Poperelya F., Babajants L., Palamarchuk A. Ukrainian Wheat Pool. *The World Wheat Book A History of Wheat Breeding*. Paris – New York. 2001. P. 1107–1116.
 98. Machnovskaya M. L., Ignatova S. A. The embryogeny and regeneration in culture of immature embryos of winter durum and bread wheat. *Abstr. Report. II Intern. Conf. Biology of Plant Cell Cultures and Biotechnology*. Almata. 1993. P. 14.
 99. Muramatsu M. Spike type in two cultivars of *Triticum dicoccum* with the spelta gene q compared with the Q-bearing variety *liguliforme*. *Jpn J Breed*, 1985. P. 255–267. 25.
 100. Nesbitt M. Wheat evolution: integrating archaeological and biological evidence. *Wheat taxonomy: the legacy of John Percival. The Linnean: special issue*. 2001. № 3. P. 36–59.
 101. Neset, T. S., Wiréhn, L., Opach, T., Glaas, E., & Linnér, B. O. Evaluation of indicators for agricultural vulnerability to climate change: The case of Swedish agriculture. *Ecological Indicators*, 2019. 105, 571–580. doi:10.1016/j.ecolind.2018.05.04217.
 102. Ogiwara Y., Tsunewaki K. Diversity and evolution of chloroplast DNA in *Triticum* and *Aegilops* as revealed by restriction fragment analysis. *Theoretical and Applied Genetics*. 1988. Vol. 76, № 3. P. 321–331.
 103. Pattison A. L., Appelbee M., Trethowan R. M. Characteristics of modern triticales quality: glutenin and secalin subunit composition and mixograph

- properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2014. V. 62. № 21. P. 4924–4931.
104. Peleg Z., Fahima T., Korol A. B., Abbo S., Saranga Y. Genetic analysis of wheat domestication and evolution under domestication. *Journal of Experimental Botany*. 2011. P. 5051–5061. 26.
 105. Pena R., Amoya A., Rayaram S. et al. Variation in quality characteristics associate with some spring 1B/1R translocation wheats. *G. Cereak. Sci.* 1990. Vol. 12. № 2. P. 105–112.
 106. Poltoretskyi S., Hospodarenko H., Liubych V., Poltoretska N., Demydas H. Toward the theory of origin and distribution history of *Triticum spelta* L. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. № 8. P. 263–268.
 107. Riabovol L. O., Diordiieva I. P., Riabovol Ya. S., Polyanetska I. O., Lubchenco A. I. and Novak Zh. M. Triticale breeding improvement with the use of spelt wheat (*Triticum spelta* L.). *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 2018. V. 16 (1). P. 54–58.
 108. Shchipak G. V., Svyatchenko S. I., Shchipak V. G., Nychporuk O. O., Woś H., Brzezicki W., Boguslavskyi R.L. Breeding Hexaploid Triticale (x *Triticosecale* Wittmack) with High Bread Making Quality. *Modern Concepts & Developments in Agronomy*. 2018. V. 3. Iss. 1. P. 276–283.
 109. Tsunewaki K. Cytoplasmic variation in *Triticum* and *Aegilops*. *Proceedings of the 7th International Wheat Genetic Symposium*. Kyoto, 1988. P. 52–62.
 110. Tsunewaki K., Jenkins B. C. Monosomic and conventional analyses of genes in common wheat. II. *Jpn J Genetic*, 1961. P. 428–443.
 111. Waninge J. A modified method of counting chromosomes in root tip cells of wheat. *Euphytica*. 1965. Vol. 14, N 3. P. 249–250.
 112. Westwood M. N. Maintenance and storage: clonal germ plasm. *Plant Breed. Rev.* 1989. 7. P. 111–128.
 113. Wilson A. S. On wheat and rye hybrids. *Trans. Proc. Bot. Soc. Edinburgh*. 1876. № 12. P. 286–288.

114. Wos H., Brzezinski W. *Triticale for Food – The Quality Driver*. Springer International Publishing Switzerland. 2015. P. 213–232.
115. Würschum T., Leiser W. L., Kazman E., Longin C. F. H. Genetic control of protein content and sedimentation volume in European winter wheat cultivars. *Theor Appl Genet*. 2016. № 129. P. 1685–1696.
116. Yang B., He M., Shishov V., Tychkov I., Vaganov E., Rossi S. Griebinger J. New perspective on spring vegetation phenology and global climate change based on Tibetan Plateau tree-ring data. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2017. 114(27). P. 6966–6971. doi.org/10.1073/pnas.161660811414.
117. Zampieri M., Ceglar A., Dentener F., Dosio A., Naumann G., Van Den Berg M., Toreti A. When will current climate extremes affecting maize production become the norm. *Earth's Future*, 2019. 7(2). P. 113–122. doi.org/10.1029/2018EF00099515.
118. Zampieri M., Toreti A., Ceglar A., Naumann G., Turco M., Tebaldi C. Climate resilience of the top ten wheat producers in the Mediterranean and the Middle East. *Regional Environmental Change*, 2020. 20. P. 1–9. doi.org/10.1007/s10113-020-01622-916.
119. Zanetti S., Winzeler M., Feuillet C., Keller B., Messmer M. Genetic analysis of bread-making quality in wheat and spelt. *Plant breeding*, 2001. V. 120. № 1. P. 13–19.
120. Zohary D. *Domestication of plants in the Old World*. Hopf. Oxford: University Press, 1988. 248 p.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ, МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження за темою дисертаційної роботи проводили впродовж 2022–2025 рр. на дослідних ділянках кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології і навчально-науковій лабораторії біотехнології Уманського національного університету.

2.1 Ґрунтово-кліматичні умови

Експериментальну частину роботи виконано на дослідному полі Уманського НУ, яке розташоване в Маньківському природно-сільськогосподарському районі Середньо-Дніпровсько-Бузького округу Правобережного Лісостепового регіону України. Географічні координати за Гринвічем – $48^{\circ} 46'56,47''$ північної широти, $30^{\circ} 14'48,51''$ східної довготи. Висота над рівнем моря – 245 м.

Рельєф поля – вирівняне плато водорозділу з пологими ($1-2^{\circ}$) схилами південно-східної та північно-західної експозиції. Глибина залягання підземних вод – 22–24 м [15].

Ґрунт дослідного поля визначено, як чорнозем опідзолений важкосуглинковий малогумусний на лесі, що за властивостями займає проміжне місце між темно-сірим лісовим і чорноземом типовим. Він має однорідну гранулометричну структуру за профілем і характеризується вилуженістю від легкорозчинних солей, ілювіальним характером розподілу карбонатів і достатнім накопиченням елементів живлення в гумусовому горизонті. Вміст гумусу, в орному шарі, в якому переважають гумінові кислоти – 3,2–3,4 %, ступінь насиченості основами – 90–93 %, реакція ґрунтового розчину – середньо-кисла (pH_{KCl} 5,7), гідролітична кислотність – 1,9–2,3 моль/кг ґрунту, вміст рухомих сполук фосфору і калію –

125–150 мг/кг, нітратного азоту – 6,2–9,10 мг/кг [14].

Глибина гумусного горизонту варіює у межах 60–110 см. Вміст гумусу природних угідь 4,0–8,0 %, а освоєних – 2,8–5,5 %. У складі гумусу переважають гумінові кислоти. Ці ґрунти займають 18 % загальної площі зони Лісостепу України та найпоширеніші у Правобережній його частині.

Агрохімічні властивості ґрунту Уманського агроґрунтового району подано в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Характеристика чорноземів опідзолених на лесі Уманського агроґрунтового району

Показник	Генетичні горизонти				
	HE	HE	Hp1	P1k	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 ₃ на 1 кг ґрунту	9,10	8,50	6,40	3,15	2,10
Вміст рухомого P ₂ O ₅ , мг/кг ґрунту	125	98,4	76,4	72,3	43,5
Вміст обмінного калію, мг/кг ґрунту	146	152	139	116	94

Головним кліматичним фактором формування агроландшафту регіону є показник гідротермічного коефіцієнту та опадів [1]. Клімат нашого регіону – помірно континентальний. Період з середньодобовою температурою повітря, понад 10 °С, триває 140–160 діб, а з температурою понад 5 °С – 225 діб. Безморозний період триває 160–170 діб. Перші осінні приморозки

можна спостерігати в жовтні місяці, а заморозки – у травні.

За температурним режимом і кількістю опадів регіон характеризується нестійким зволоженням та періодичними посухами, що відносить його до підзони нестійкого зволоження. За даними метеостанції Умань впродовж десятиліття 2–3 роки, а в окремі періоди 3–5 років, – посушливі. Середньо-багаторічна кількість опадів складає 586 мм, а температури повітря – 8,8 °С. В окремі роки спостерігаються суттєві відхилення параметрів. Розподіл опадів упродовж року – нерівномірний. Переважна їх кількість, до 70 %, випадає в період від квітня до жовтня.

Зима переважно м'яка, малосніжна, з відлигами та періодичним розмерзання ґрунту, що сприяє ефективному засвоєнню зимових опадів. Сніговий покрив в середньому не перевищує 10 см. Найхолодніший місяць – січень. За зимової відлиги температура може підвищуватися вдень до +9–12, а вночі знижуватись до -3–5 °С, що спричиняє утворення крижаної кірки [20].

Весна, зазвичай, – рання. Весняні денні високі позитивні температури (до +10–15 °С) можна фіксувати в першій декаді березня. Поверхневі стоки талих вод – не значні, що сприяє вбиранню і накопиченню запасів вологи в ґрунті у весняний період.

Літо починається за переходу середньодобової температури повітря через 15 °С. Літній період вирізняється високими температурами з середнім показником 19 °С і варіюванням за окремими роками 17–22 °С. У період вегетації переважають західні вітри, що приносять достатню кількість опадів. В окремі роки спостерігається дефіцитом опадів і підвищення температури повітря та ґрунтової температури, що призводить до літньої посухи.

Осінь сонячна, тепла, іноді тривала. У середині жовтня фіксують перехід середньодобової температури через 10 °С. Цей період вирізняється дощовою і хмарною погодою. У кінці жовтня можуть спостерігатись перші незначні приморозки. В листопаді місяці маємо мінливу температуру повітря з періодичним випаданням дощу і снігу.

В цілому ж кліматичні умови регіону, співвідношення тепла і вологи є сприятливими для вирощування сільськогосподарських культур помірних широт.

У роки проведення досліджень погодні умови за вегетаційний період в цілому позитивно впливали на ріст і розвиток рослин пшениці та тритикале озимих, хоча в окремі періоди фіксували екстремальний температурним режимом і дефіцит вологи. Такі мінливі умови сприяли отриманню об'єктивних результатів, щодо впливу природних чинників на ріст, розвиток і формування продуктивності досліджуваних зернових хлібних культур (табл. 2.2 і 2.3).

Таблиця 2.2

**Кількість опадів за період проведення досліджень
(за даними 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

**Середня температура повітря за період проведення досліджень
(за даними 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

Таблиця 2.4

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

Сільсько-господарський рік	Всього за с.-г. рік	Місяці											
		X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Середньо-багаторічна	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 в цілому характеризувався підвищеним температурним режимом повітря за нерівномірного розподілу опадів. Дефіцит отриманих опадів від середньо-багаторічного показника склав 100,5 мм [16].

Осінні і зимові місяці та березень вирізнялись підвищеною температурою повітря порівняно з середніми багаторічними показниками, зокрема, у січні + 3,6 °С до норми, у лютому – + 2,1 °С, у березні – + 2,6 °С. У цей же період фіксували меншу кількість опадів. Сніговий покрив в зимку був майже відсутнім. Фізичну стиглість ґрунту мали у середині березня. Квітень вирізнявся зниженим температурним режимом повітря та значною кількістю опадів (129,6 мм), що перевищило середньо-багаторічні дані на 88 мм. Травень за кількістю опадів наближався до норми. Такі умови сприяли оптимальному росту та розвитку озимих зернових культур. У червні спостерігали критичну нестачу опадів – - 65,2 мм до середньо-багаторічного показника, що стимулювало процеси онтогенезу, зокрема, цвітіння, зав'язування та формування насіння. Липень місяць характеризувався надлишковою кількістю опадів (+ 24,5 мм до норми) та підвищеною (+ 0,4 °С до норми) температурою. Це подовжило фізіологічні процеси наливу та дозрівання зерна.

У 2023–2024 сільськогосподарському році спостерігали дефіцит опадів на рівні -98,8 мм до середнього багаторічного значення та підвищеною температурою повітря – + 3 °С. Тепла і безсніжна зима сприяла оптимальній перезимівлі озимих культур. Березень та квітень 2024 року вирізнялись надлишковою вологою – + 53,5 мм і + 15,2 мм, відповідно. Достатня кількість вологи та підвищені температури початку і середини весни сприяли інтенсивному проходженню фаз онтогенезу рослин, накопиченню вегетативної маси та пластичних речовин. Спостерігали інтенсивне кущення та формування максимальної кількості продуктивних колосоносних стебел зернових озимих культур. Дефіцит опадів травня місяця (-10,2 мм до норми), негативно не вплинув на процеси цвітіння, запилення та запліднення рослин.

Проте нестача вологи червня (-24,5 мм до норми) і липня (-50,1 мм до норми) місяців за підвищеного температурного режиму не сприяла повній реалізації генетичного потенціалу рослин. Вплив умов навколишнього природного середовища спричинили формування не виповненого щуплого насіння особливо на ділянках гібридизації.

Відносна вологість повітря є критичним показником у період цвітіння, запилення та зав'язування насіння, адже інтенсифікуються в рослині всі процеси метаболізму. Високі температури, перегрівання та суховії спричинюють череззерниця і пустоколосість. 2024 р., Вологість повітря травня місяця 2023 і 2024 років у період цвітіння рослин та зав'язування зерна була на 12 і 11%, відповідно, нищою за середньо-багаторічний показник, що негативно вплинуло на формування насіння. У липні місяці 2024 року, в період наливу та дозрівання зерна, спостерігався дефіцит опадів і високий температурний режим, що призвело до зниження відносної вологості повітря до 60 % (-6 % до норми). Такі аномальні погодні показники в період збирання врожаю призвели до швидкого досягання зерна і втрати ним вологи. За окремими генотипами на ділянках гібридизації спостерігали формування дрібного не виповненого зерна з низькою масою 1000 насінин.

2024–2025 сільськогосподарський рік характеризувався надлишковою кількістю опадів та підвищеними температурами в осінній період, що сприяло формуванню дружніх сходів озимих колосових культур. Тепла безсніжна зима дала можливість оптимальній перезимівлі рослин. Березень та квітень 2025 року вирізнялись нестачею вологи (- 23,5 мм і - 14,1 мм, відповідно, до середньо-багаторічних показників) та підвищеним температурним режимом повітря (+ 4,2 і + 0,6 °С, відповідно, до середньо-багаторічних показників). У травні місяці нестачу вологи було компенсовано проливними дощами (+ 49,8 мм до норми), що сприяло інтенсивним процесам проходження онтогенетичних фаз розвитку озимих культур. Дефіцит вологи червня місяця (- 69,8 до норми) та висока середньодобова температура повітря (19,3 °С) дещо прискорили процеси розвитку рослин та

дозрівання насіння. Проте, за екстремальних умов окремі зразки утворювали дрібне, деформоване зерно, що в результаті вплинуло на зменшення маси тисячі насінин. Оподи в липні місяці (112,3 мм) істотно не повпливали на збір урожаю, адже інтенсивні дощі пройшли після жнив у кінці третьої декади місяця. Відносна вологість повітря протягом січня–серпня 2025 року була нижчою на 1–21 % порівняно з середньо-багаторічними показниками.

Отже, аналізуючи погодні умови років проведення досліджень, встановлено, що 2023 рік за розподілом опадів і температурним режимом у період онтогенетичного розвитку культур був сприятливішим для росту, розвитку та формування насіння рослин зернових колосових культур, ніж 2024 і 2025 роки.

Проаналізувавши кліматичні умови 2022–2025 років, показано, що попри дефіцит опадів і підвищення температурного режиму повітря відносно середньо-багаторічних показників, загалом, погода забезпечила реалізацію генетичного потенціалу рослин за гібридизації, вирощування та формування насіння озимих зернових колосових культур.

Вцілому ґрунтово-кліматичні умови регіону проведення досліджень є сприятливими для вирощування озимих зернових хлібних культур, зокрема, пшениці м'якої, пшениці спельта і тритикале озимих. Властивості ґрунту, за своїми особливостями відповідають ґрунтовим різновидностям помірно-континентальної східноєвропейської фракції, в межах якої можуть використовуватись результати досліджень.

2.2 Характеристика вихідного селекційного матеріалу

Процес гібридизації та отримання високопродуктивних селекційних зразків залежить від добору вихідних материнських і батьківських компонентів. Їх висока комбінаційна здатність дає можливість формувати оптимальну кількість насінневого матеріалу. Вихідними формами використовували зразки-донори генів цінних ознак, зокрема,

короткостебловість, велика маса зерна з колосу і 1000 насінин, висока врожайність та якість зерна, комплексна стійкість до низки абіотичних і біотичних чинників навколишнього природного середовища тощо.

За створення матеріалу пшениці м'якої озимої і пшениці спельта озимої в селекційних схемах використовували сорти і селекційні зразки вітчизняної та зарубіжної селекції, зокрема, сорти пшениці м'якої озимої Фаворитка, Золотоколоса, Щедрість одеська, Фрея, Патрас, Дагмар, Фронтерас. Смуглянка, Подолянка, Крижинка, Артаплот, Євразія та сорти пшениці спельта озимої Зоря України і Європа (додаток А). За внутрішньовидової гібридизації тритикале використовували зразки альтернативні за маркерною ознакою інтенсивності воскового нальоту на вегетативних органах. До схрещувань залучали колекційні зразки лабораторії генетики, селекції та насінництва Уманського НУ, отримані за гібридизації альтернативних за ознаками форм. Контролем слугували сорт пшениці м'якої озимої Фаворитка, пшениці спельта озимої Зоря України та тритикале озимого Стратег.

2.3 Методика проведення досліджень

Експериментальну частину роботи виконано за використання комплексу польових та лабораторних методів досліджень, що забезпечило отримання селекційно-цінних зразків.

Дослідження було спрямовано на вдосконалення селекційно-генетичних підходів до створення, ідентифікації та добору вихідного матеріалу пшениці м'якої, пшениці спельта й тритикале озимим. З цією метою було проведено гібридизацію матеріалів вихідних батьківських компонентів за визначеною селекційною схемою з попередньою оцінкою форм за комплексом цінних господарських і маркерних ознак. Це дало можливість формування матеріалів широкої генетичної основи та отримання рекомбінантної мінливості. Добір вихідних зразків здійснювали за

урахування основних показників продуктивності та стійкості до абіотичних і біотичних чинників навколишнього природного середовища.

Для створення гібридного матеріалу застосовували систему парних, міжлінійних і бекросних схрещувань, що дозволило сформувати різнорівневу комбінаційну мінливість і відібрати генотипи з бажаними ознаками.

При закладанні дослідних ділянок використовували систематичний метод [8]. Пшеницю м'яку, пшеницю спельту і тритикале озимі вирощували відповідно до загальноприйнятої регіональної технології. Регуляцію чисельності бур'янів проводили вручну. Сівбу здійснювали у науково обґрунтовані оптимальні строки для зони: 24 вересня – 2022 р., 25 вересня – 2023 р., 01 жовтня – 2024 р., 29 вересня – 2025 р.

Апробацію створеного матеріалу проводили на ділянках площею 10 м² із нормою висіву 4,0 млн насінин на гектар. Дослід закладали у триразовій повторності, що забезпечило достовірність отриманих експериментальних даних.

Дослід 1. Вплив способу гібридизації на формування насіння пшениці та тритикале озимих за внутрішньовидової і міжвидової гібридизації.

У дослідженні проаналізовано способи схрещування та зав'язування насіння за внутрішньовидової та міжвидової гібридизації пшениці.

За внутрішньовидової гібридизації пшениці використовували колекційні матеріали пшениці м'якої озимої географічно віддалених зразків. Материнською формою слугували сорти з пшенично-житніми транслокаціями Золотоколоса (1AL/1RS), Щедрість одеська (1AL/1RS), Фаворитка (1BL/1RS), Фрея (1BL/1RS), батьківською – сорти Патрас, Дагмар, Фронтерас. За віддаленої гібридизації проведено низку реципрокних схрещувань між сортами пшениці м'якої озимої з пшенично-житніми транслокаціями та сортом пшениці спельта Зоря України.

За гібридизації тритикале материнською формою використовували створені зразки 147-14 і 208-18, а батьківською – сорти тритикале Стратег і

Наварра (за внутрішньовидової гібридизації) і сорти спельти Зоря України та Європа (за віддаленої гібридизації).

Гібридизацію проводили за використання ручної кастрації квіток і примусового їх запилення. Кастрацію квіток здійснювали за методом Г. М. Лінника. На 2–3-ю добу після початку колосіння проводили часткове видалення верхньої частини внутрішньої квіткової луски (на 3–3,5 мм) квіток материнської форми, після чого за допомогою тонкого пінцета екстрагували пиляки. Це створювало умови для контрольованого запилення обраним батьківським генотипом.

Застосовували три способи запилення материнської форми:

- під пергаментним ізолятором за перезапилення парно висіяних вихідних форм;
- під пергаментним ізолятором за штучного долучення колосків батьківської форми;
- під органопластиковим ізолятором за штучного запилення пилком вилученим з батьківської форми.

У кожному варіанті досліду під ізолятор поміщали один кастрований колос.

Частку зав'язування насіння визначали у фазу повної стиглості зерна за відношенням кількості кастрованих квіток до загальної кількості квіток, що сформували насіння.

Також визначено вплив тривалості періоду «кастрація–запилення» на відсоток зав'язування насіння. Штучне запилення проводили на третій–п'ятий день після кастрації квіток за використання в процесі гібридизації органопластикових ізоляторів.

Дослід 2. Аналіз фотосинтетичної активності різних морфотипів пшениці та тритикале озимих отриманих за внутрішньовидової та міжвидової гібридизації.

Вихідним матеріалом у системі парних схрещувань слугували зразки пшениці м'якої, пшениці спельта і тритикале озимих, що різнились за

архітектонікою та альтернативною ознакою наявності чи відсутності воскового нальоту вегетативних органів і колосу.

За аналізу асиміляційного апарату різних морфотипів вміст хлорофілу визначали за методикою описаною З. М. Грицаєнко та ін., а площу прапорцевого листка (S) обчислювали за формулою:

$$S = 0,76 l \times h,$$

де l – довжина листкової пластинки,

h – максимальна ширина [2].

Фенологічні спостереження та оцінювання морфологічних елементів структури врожаю здійснювали відповідно до вимог «Методики проведення експертизи сортів рослин групи зернових на відмінність, однорідність і стабільність» [9] та «Морфологічних ознак сільськогосподарських культур для визначення відмінності, однорідності та стабільності сортів рослин» [12].

Продуктивність досліджуваних зразків визначали за комплексом базових структурних ознак, зокрема, висота рослин (см), рівень продуктивної кущистості (кількість стебел на рослину), довжина колосу (см), кількість квіток та зерен у колосі, озерненість колосу (%), його щільність, маса зерна з одного колосу та рослини (г), маса 1000 насінин (г).

Біометричні параметри визначали за результатами обліку 50 рослин, відібраних на кожній дослідній ділянці у двох несуміжних повторностях, з наступним проведенням статистичного аналізу даних за критерієм Стьюдента.

Дослід 3. Успадкування ознак пшениці спельта озимої створених за міжвидової гібридизації *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L.

Дослідження за темою було розпочато в 2018 році вченими кафедри. Віддалену гібридизацію *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L. проводили за використання низькостеблових сортів пшениці м'якої озимої для інтрогресійного залучення гена(ів) короткостебловості та створення низькостеблових форм пшениці спельта (реципієнтна форма). Такий підхід

забезпечував формування рекомбінантних генотипів із модифікованою архітектонікою рослин та підвищеною стійкістю до вилягання.

Гібридне потомство поколінь F₂–F₅ аналізували за комплексом базових структурно-морфологічних і технологічних ознак, зокрема, висотою рослин (см), стійкістю до вилягання (бал), довжиною колосу (см), масою зерна з колосу та рослини (г), урожайністю (т/га), масою 1000 зерен (г), вмістом білка (%) та сирій клейковини (%) у зерні, якістю обмолоту. Оцінювання здійснювали за урахування фенотипового варіювання в популяціях і виділенням форм з оптимальними характеристиками. У п'ятому поколінні за габітусом рослин і морфологією колосу відбирали зразки пшениці спельта та аналізували їх за вимогами «Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових культур на придатність до поширення в Україні» [10]. Ранжування зразків за висотою стеблостою проводили за шкалою градовою А. П. Орлюком зі співавторами [17].

Якість обмолоту оцінювали за відносною кількістю повністю вимолоченого зерна до загальної його маси, вираженою у відсотках.

Якість зерна визначали методом інфрачервоної спектроскопії за використання приладу InfratecTM Nova (FOSS Analytical, Швеція). Вміст білка в зерні визначали за ДСТУ 4117 [4], вміст клейковини та її якість – за ДСТУ ISO 21415–1 [5], масу 1000 зерен – за ДСТУ ISO 520 [6].

Для визначення характеру успадкування кількісних ознак у гібридів F₁ за ступенем домінантності (hp) застосовували формулу Б. Гріффінга [21] та градацію, запропоновану Г. Бейлом і Р. Аткінсом [19]:

$$hp = (F_1 - MP) / (P_{max} - MP), \quad (1)$$

hp – коефіцієнт домінування;

F₁ – середнє арифметичне значення ознаки у гібридів першого покоління;

P_{max} – середнє арифметичне батьківської форми з максимальним проявом ознаки;

MP – середнє арифметичне двох батьківських форм.

Ранжування створених гібридних матеріалів за ступенем домінування проводили за наступною градацією:

$h_p < -1$ – від’ємне наддомінування (негативний гетерозис або депресія);

$-1 \leq h_p < -0,5$ – від’ємне домінування;

$-0,5 \leq h_p \leq 0,5$ – проміжне успадкування;

$0,5 < h_p \leq 1$ – позитивне домінування;

$h_p > 1$ – позитивне наддомінування (позитивний гетерозис).

Частку справжнього та гіпотетичного гетерозису розраховували за формулами Х. Даскалева та співавторів [20]:

- справжній гетерозис:

$$X = (F_1 - P_{\max}) \times 100 / P_{\max}, \quad (2)$$

де F_1 – значення ознаки гібрида;

P_{\max} – найбільше значення ознаки одного з батьків;

- гіпотетичний гетерозис:

$$X = F_1 \times 100 / MP, \quad (3)$$

де F_1 – значення ознаки гібрида;

MP – середнє арифметичне двох вихідних форм.

Апробацію створеного зразка 123 пшениці спельта озимої проводили на дослідному полі за систематичного методу розміщення ділянок. Облікова площа ділянки – 10 м^2 , норма висіву – 4,5 млн шт./га, повторність – п’ятиразова. Обліки та спостереження проводили згідно «Методики проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп’яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні» [10]

Стійкість рослин до вилягання визначали до збирання врожаю за дев’ятибальною шкалою експертної оцінки, де 9 балів – повна відсутність проявів вилягання. Оцінювання проводили візуально за урахуванням ступеня нахилу стебел та його впливу на можливість механізованого збирання. За проведення експертизи використовували затверджені Міністерством аграрної політики та продовольства України методики [10–12].

Дослід 4. Вплив терміну зберігання на життєздатність насіння пшениці та тритикале озимих за різних умов пророщування.

Матеріалом для експериментальних досліджень слугувало насіння різних генотипів пшениці м'якої озимої, пшениці спельта озимої та тритикале озимого різних років репродукції (2016, 2020, 2024). Селекційний матеріал страхового фонду зберігався в паперових пакетах та мішках у приміщенні з підтриманням температури в зимовий період не нижче 10 °С.

Життєздатність насіння визначали за показниками енергії проростання та лабораторної схожості в триразовій повторності за ДСТУ 4138-2002 [3]. У кожній повторності варіанту аналізували життєздатність 50 шт. насінин. Пророщування проводили в чашках Петрі в темнових термостатах за температурного режиму 20 °С. Енергію проростання фіксували на третю добу пророщування, а лабораторну схожість – на сьому добу.

Для контролю використовували варіант із замочуванням насіння у воді. У експериментальному варіанті насіння обробляли розчином аргініну 1,0 мг/л та глютамінової кислоти у концентрації 1,0 мг/л.

Статистичний аналіз отриманих експериментальних даних проводили із застосуванням програми Microsoft Excel і методів дисперсійного, кореляційного та регресійного аналізу відповідно рекомендацій Е. Р. Ермантраута зі співавторами [7], В. О. Ушкаренка зі співавторами [18], В. О. Єщенко зі співавторами [8].

Висновки за розділом 2

1. Ґрунтово-кліматичні умови регіону є сприятливими для проведення селекційних досліджень, спрямованих на створення високопродуктивних вихідних матеріалів зернових колосових озимих культур, зокрема пшениці м'якої, пшениці спельта та тритикале озимих. Особливості ґрунтів, температурного режиму повітря та забезпеченості вологою формують задовільні умови для оцінювання генотипів у природних агроценозах.

2. Погодні умови періоду проведення досліджень (2022/2023–2024/2025 рр.) вирізнялися істотною мінливістю, що зумовило формування контрастного фону для оцінювання продуктивності та адаптивного потенціалу селекційних зразків. Варіабельність за гідротермічними показниками дала змогу відібрати зразки, здатні стабільно реалізовувати генетичний потенціал продуктивності у різних екологічних умовах вирощування.
3. Вихідний селекційний матеріал характеризується широким генетичним та еколого-географічним різноманіттям, що забезпечило формування рекомбінаційних популяцій з істотною диференціацією за проявом господарсько-цінних і маркерних ознак. Це створює передумови для ефективного добору та виділення вихідних форм із високим селекційним потенціалом.
4. Методики, застосовані у дослідженнях, є науково обґрунтованими та загальноприйнятими, що гарантує достовірність отриманих результатів. Використання стандартних методів фенотипової оцінки, біометричного та статистичного аналізів забезпечило коректність порівняльної характеристики селекційних зразків і достовірне визначення їхньої цінності як вихідного матеріалу.

За матеріалами розділу опубліковано одну наукову працю [16].

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Гідрометеорологічні бюлетні Черкаського обласного центру з гідрометеорології. E-mail: cgm@ck.ukrtel.net.
2. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А.О., Карпенко В.П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ: «Нічлава», 2003. 316 с.
3. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Чинний від 2004-01-01. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2004. 156 с. URL: <https://bzkorm.com/wp->

content/uploads/2021/09/dstu_41382002_nasinnia_silskogospodarskikh_kultur_metodi_viz.pdf

4. ДСТУ 4117:2007. Зерно та продукти його переробки. Визначення показників якості методом інфрачервоної спектроскопії. Київ. 2007. 7 с.
5. ДСТУ ISO 21415–1:2009. Пшениця і пшеничне борошно. Вміст клейковини. Ч. 1. Визначення сирої клейковини ручним способом. Київ. 2011. 12 с.
6. ДСТУ ISO 520:2015. Зернові і бобові. Визначення маси 1000 зерен. Київ. 2015. 10 с.
7. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті STATISTICA 6. Методичні вказівки. Київ: 2007. 55 с.
8. 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.
9. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових на відмінність, однорідність і стабільність. Український інститут експертизи сортів рослин. 2021. 331 с.
10. 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.
11. 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.
12. Методика проведення фітопатологічних досліджень за штучного зараження рослин. Лещук Н. В. та ін. Український інститут експертизи сортів рослин. Київ, 2016. 74 с.

13. Морфологічні ознаки сільськогосподарських культур для визначення відмінності, однорідності та стабільності сортів рослин. *Охорона прав на сорти рослин: Офіційний бюлетень*. 2006. № 1. ч. 3. 280 с.
14. Недвига М. В., Головчук А. Ф., Копитко П. Г. Ґрунти Уманщини в дослідженнях В. В. Докучаєва. *Вісник Харківського НАУ ім. В. В. Докучаєва*. 2009. С. 30–38.
15. Недвига М. В. Морфологічні критерії та генезис сучасних ґрунтів України. Київ: Сільгоспосвіта. 1994. 344 с.
16. 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.
17. Орлюк А. П., Гончар О. М., Усик Л. О. Генетичні маркери пшениці. Київ: Алефа, 2006. 144 с.
18. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Статистичний аналіз результатів польових дослідів у землеробстві. Херсон: Айлант, 2013. 378 с.
19. Beyl G. M., Atkins R. E. Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. *Jowa. J. Sci.* V. 77. № 3. P. 345–358.
20. Даскалев Х., Йорданом А., Огнянова А. Гетерозис при домастите. *Българська академия на науките*. 1967. 179 с.
21. Griffing B. Analysis of quantitative gene-action by constant parent regression and related techniques. *Genetics*. V. 35. P. 303–321.

РОЗДІЛ 3

ВПЛИВ СПОСОБУ ГІБРИДИЗАЦІЇ НА ФОРМУВАННЯ НАСІННЯ ПШЕНИЦІ ТА ТРИТИКАЛЕ ОЗИМИХ ЗА ВНУТРІШНЬОВИДОВОЇ І МІЖВИДОВОЇ ГІБРИДИЗАЦІЇ

Основним питанням за створення нових сортів і гібридів сільськогосподарських культур є добір вихідного матеріалу [2, 4, 6, 7]. Підвищення адаптивного потенціалу сортів пшениці можна отримати на основі внутрішньовидового генетичного рекомбіногенезу за використання вихідним матеріалом екологічно віддалених форм [5, 7, 27]. Рекомбіногенез геномів за гібридизації батьківських компонентів дає можливість отримати генотипи з новими маркерними ознаками та ефект гетерозису за взаємодії алельних і неалельних генів [1, 3, 9, 19]. Еколого-географічний принцип добору пар дає можливість за простих схрещувань підвищити потенціал окремих кількісних ознак та адаптивних генетичних проявів. Результатом внутрішньовидової та міжвидової гібридизації є формуванню матеріалів з ознаками двох вихідних батьківських зразків. Окремі ознаки у нащадків можна легко контролювати, зокрема, альтернативні ознаки, що контролюються домінантними і рецесивними генами. Моногенним характер успадкування спрощує процес ідентифікації і відбору гібридних матеріалів. За полігенного успадкування ознаки – отримуємо популяцію генотипів, окремі ознаки з яких приховані та зможуть проявитися в наступних поколіннях [20–22].

Основною проблемою за гібридизації є формування насінневого матеріалу, що істотно залежить від комбінаційної здатності вихідних форм. Це особливо стосується самозапильних клейстогамних культур [10–12, 29].

Процес примусового запилення і запліднення потребує відповідної техніки проведення роботи. Важливим питанням залишається спосіб запилення рослин [8, 23].

Ефективність зав'язування насіння залежить від видової специфікації та низки чинників, зокрема, вдалий добір компонентів гібридизації, етап онтогенетичного розвитку рослини за проведення кастрації материнської форми, умови формування пилку та його життєздатність, фізіолого-біологічні особливості пар гібридизації, вплив зовнішніх абіотичних і біотичних факторів зовнішнього природного середовища, агротехнічні умови вирощування селекційного матеріалу, технічні особливості проведення кастрації та запилення за схрещування, спосіб гібридизації тощо [24, 25, 29, 30].

3.1 Вплив способу схрещування на зав'язування насіння пшениці м'якої озимої за внутрішньовидової гібридизації географічно віддалених форм

Розмноження культури насінням передбачає морфобіологічні та структурні пристосування квітки до визначеного типу запилення, а також залежить від функціональних особливостей біології квітки (дихогамія, гомогамія) та від генетичних процесів онтогенезу (поліплоїдія, несумісність, стерильність). За розмноження виду, як зазначалось, необхідно зважати на екологічні чинники, що впливають на процеси запилення і запліднення [6, 31].

Суцвіття пшениці – колос, що складається зі стрижня, який є продовженням стебла і колосків, що по чергово розміщені на членистих виступах. На кожному виступі колосового стрижня, зазвичай, формується один колосок, іноді два. Колосок має дві колоскові луски між якими формується 3–5 квіток. Квітки у пшениці двостатеві, однодомні. Зовнішня квіткова луска більша, опукліше від внутрішньої. Між квітковими лусками формується маточка із зав'яззю і дволопатевою приймочкою та три тичинки. Кожна тичинка має коротеньку ніжку і два пиляки. Пилок дрібний, кулястий, гладенький. Зерно в колоску утворюють 2–3 квітки. Зернівка у більшості видів пшениць гола.

За біоморфологічними особливостями виду пшениця відноситься до самозапильних культур. Проте нині вчені зазначають, що за зміни клімату та філогенетичних процесів у популяціях агроценозів іноді зустрічаються випадки перехресно запилення рослин за допомогою вітру [17]. Цьому сприяє викидання пиляків за суцвіття при дозріванні пилкових зерен. За перехресного запилення формується незначна кількість насіння, що зумовлюється морфологічними особливостями культури та біологічною несумісністю тканин.

У селекції за штучного (примусового) схрещування в колосі формується різна кількість насінин. Це насамперед залежить від сумісності і комбінаційної здатності пар гібридизації і способу та умов проведення запилення рослин.

Метою досліджень був аналіз впливу способу схрещування на формування насіння пшениці за внутрішньовидової та міжвидової гібридизації культури.

В першій серії досліджень за проведення гібридизації пшениці використовували колекційні матеріали пшениці м'якої озимої географічно віддалених зразків. Материнською формою слугували сорти з пшенично-житніми транслокаціями Золотоколоса (1AL/1RS), Щедрість одеська (1AL/1RS), Фаворитка (1BL/1RS), Фрея (1BL/1RS), батьківською – високопродуктивні сорти іноземної селекції Патрас, Дагмар, Фронтерас.

За гібридизації застосовували три способи запилення материнської форми (рис. 4.1):

- під пергаментним ізолятором за перезапилення парно висіяних вихідних форм;
- під пергаментним ізолятором за штучного долучення колосків батьківської форми;
- під органопластиковим ізолятором за штучного запилення пилком вилученим з батьківської форми.



Рис. 4.1 Спосіб гібридизації материнської форми: 1 – під пергаментним ізолятором за перезаплення парно висіяних вихідних форм; 2 – під пергаментним ізолятором за штучного долучення колосків батьківської форми; 3 – під органопластиковим ізолятором за штучного запилення пилком вилученим з батьківської форми.

Техніка проведення контрольованих схрещувань полягає у підготовці суцвіття до схрещування, кастрації квіток або суцвіття (видалення пиляків), ізоляції і штучного запилення. Схрещування рослин відбувається за нанесення пилку рослини батьківської форми на приймочку маточки квіток рослини материнської форми.

Гібридизація, зазвичай, проходить у чотири етапи: добір і підготовка вихідного матеріалу, кастрація квіток, ізоляція суцвіття, запилення квіток.

Перший спосіб гібридизації полягав у доборі вихідних компонентів та їх посів за системою простих парних схрещувань однометровими рядками з осені. Перед цвітінням, особливо якщо материнська форма остиста, ості біля основи і кінчики квіткових лусок обрізали. Пінцетом видаляли по три–чотири недорозвинутих колоски у верхній і нижній частині колосу. В кожному колоску залишали дві нижніх добре розвинених квітки, всі інші – видаляли. За такої підготовки в колосі залишали 16–22 добре розвинених

квітки. Кастрацію проводили, у період коли пиляки недозрілі, але достатньо сформувались і їх можна видалити, не ушкоджуючи маточку (рис. 4.2).



Рис 4.2 Підготовка вихідних форм пшениці до гібридизації: 1 – кастрація квіток суцвіття материнської форми; 2 – частково обрізані кінчики квіткових лусок остистого колосу; 3 – суцвіття батьківської форми з обрізаними кінчиками квіткових лусок для вільного виходу пиляків, підготовлені до розміщення під пергаментним ізолятором для запилення кастрованих квіток.

Пиляки видаляли разом з трьома тичинками. Кастрацію доцільно проводити вранці (до 11.00 год) або ввечері (після 18.00 год). У батьківської форми обрізали кінчики квіткових лусок для вільного виходу пиляків. Ізоляцію матеріалу проводили за введення під пергаментний ізолятор кастрованих колосків материнської форми та колосків батьківської форми рослин, що вегетували на суміжних рядках ділянки гібридизації. На ізоляторі фіксували схему схрещування, дату кастрації і кількість кастрованих

квіток. Запилення квіток проходило спонтанно за періодичного потрушування ізолятора.

Другий спосіб гібридизації полягав у введенні під ізолятор кастрованого колосу материнської форми і зрізаних стебел із суцвіттям батьківської форми, що ставили у посудину з водою для подовження періоду життєздатності пилку. Цей спосіб дав можливість відібрати суцвіття з дозрілим пилком для запилення будь якого генотипу колекції. Окрім того, пилок мав змогу потрапити на приймочку маточки впродовж тривалого періоду.

Третій спосіб гібридизації передбачав проведення кастрації квіток колосу визначеної материнської форми та розміщення окремого суцвіття під органопластиковий ізолятор (рис. 4.3).

Запилення проводили через одну–чотири доби після кастрації. Із квіток батьківської форми збирали зрілі пиляки з пилком і наносили на приймочку маточки кастрованих квіток. Можна пилок наносити пензликом або поміщати під зрізаний зверху ізолятор, колос з дозрілим пилком і прокручувати його. Після запилення колос ізолювали.

Через 10–15 діб після цвітіння ізолятори знімали, підраховували кількість зав'язей і визначали відсоток зав'язування насіння.

У процесі дослідження встановлено, що за гібридизації з використанням пергаментних ізоляторів та перезапилення парно висіяних вихідних форм отримано незначну кількість насіння. Відсоток зав'язування зерна в середньому за варіантом досліду був на рівні 11,3 % з діапазоном варіювання за різними комбінаціями схрещування від 8,6 до 14,3 % (табл. 4.1). Найбільша кількість насіння формувалась за гібридизації Золотоколоса (1AL/1RS) × Патрас (14,3 %), а найменша – Фаворитка (1BL/1RS) × Дагмар (8,6 %).



1



2



3



4

Рис. 4.3 Гібридизація пшениці: 1 – кастрований колос материнської форми; 2 – відкрите цвітіння пшениці з дозрілими пиляками для добору пилку при запиленні; 3 – кастрований колос ізольований під органопластиковий ізолятор; 4 – ідентифікація сформованого насіння за гібридизації з використанням органопластикового ізолятора.

Таблиця 4.1

**Вплив способу схрещування на відсоток зав'язування насіння
пшениці м'якої озимої за внутрішньовидової гібридизації, 2023 р.**

Комбінація схрещування		Спосіб гібридизації*								
Материнська форма, ♀	Батьківська форма, ♂	1			2			3		
		Кількість кастрованих квіток,	Кількість квіток, що сформувало насіння,	Частка зав'язування, %	Кількість кастрованих квіток,	Кількість квіток, що сформувало насіння,	Частка зав'язування, %	Кількість кастрованих квіток,	Кількість квіток, що сформувало насіння,	Частка зав'язування, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Фаворитка (1BL/1RS)	Патрас	112	12	10,7	112	39	34,8	113	55	48,7
Фрея (1BL/1RS)	Патрас	109	14	12,8	116	43	37,1	115	59	51,3
Золотоколоса (1AL/1RS)	Патрас	112	16	14,3	111	47	42,3	114	61	53,5
Щедрість одеська (1AL/1RS)	Патрас	101	12	11,9	112	45	40,2	119	66	55,5
Фаворитка (1BL/1RS)	Дагмар	105	9	8,6	113	42	37,2	120	52	43,3
Фрея (1BL/1RS)	Дагмар	115	10	8,7	108	41	38,0	118	55	46,6
Золотоколоса (1AL/1RS)	Дагмар	116	15	12,9	102	39	38,2	117	57	48,7
Щедрість одеська (1AL/1RS)	Дагмар	113	12	10,6	115	51	44,3	110	64	58,2
Фаворитка (1BL/1RS)	Фронтерас	115	12	10,4	112	41	36,6	111	54	48,6
Фрея (1BL/1RS)	Фронтерас	110	13	11,8	117	44	37,6	112	57	50,9
Золотоколоса (1AL/1RS)	Фронтерас	110	15	13,6	106	46	43,4	113	60	53,1

<i>Продовження таблиці 4.1</i>										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Щедрість одеська (1AL/1RS)	Фронтерас	113	12	10,6	114	44	38,6	116	59	50,9
<i>НІР₀₅</i>		–	–	0,8	–	–	0,7	–	–	1,1
<i>Середнє</i>				11,3			39,0			50,7

**Примітка.* Спосіб гібридизації материнської форми: 1 – під пергаментним ізолятором за перезаплення парно висіяних вихідних форм; 2 – під пергаментним ізолятором за штучного долучення колосків батьківської форми; 3 – під органопластиковим ізолятором за штучного запилення пилком вилученим з батьківської форми.

За використання гібридизації зі штучним долучення під пергаментний ізолятор колосків батьківської форми отримано істотно вищі результати. У середньому за варіантом досліду частка зав'язування насіння становила 39,0 % з варіюванням за комбінаціями схрещування 34,8–44,3 %. У комбінації схрещування Щедрість одеська (1AL/1RS) × Дагмар сформувалась найбільша кількість насіння (44,3 %), а в комбінації Фаворитка (1BL/1RS) × Патрас – найменша (34,8 %).

Найвищий відсоток зав'язування насіння отримано за гібридизації з використанням органопластикових ізоляторів – в середньому за варіантом досліду 50,7 %. Найвищий відсоток його формування отримано в комбінації схрещування Щедрість одеська (1AL/1RS) × Дагмар (58,2 %), а найнижчий – Фаворитка (1BL/1RS) × Дагмар (42,3 %).

Встановлено, що матеріали з пшенично-житньою транслокацією 1AL/1RS не залежно від способу гібридизації формують істотно більшу кількість насіння, аніж зразки з транслокацією 1BL/1RS. За використання першого способу гібридизації (під пергаментним ізолятором за перезаплення парно висіяних вихідних форм) кількість сформованого насіння зразків з ПЖТ 1AL/1RS (12,0 %) різнилась на 1,0 % порівняно зі зразками носіями ПЖТ 1BL/1RS (11,0 %), другого способу (під пергаментним ізолятором за штучного долучення колосків батьківської форми), відповідно, 41,2 і 38,0 % – на 3,2 %, а третього способу (під

органопластиковим ізолятором за штучного запилення пилюком вилученим з батьківської форми) 53,3 (зразки з ПЖТ 1AL/1RS) і 48,8 % (зразки з ПЖТ 1BL/1RS) – на 4,5 %. Підтверджено, що частка формування насіння залежить від добору вихідних компонентів та їх комбінаційної здатності. Це генетично зумовлений чинник. Найвдалішим поєднанням батьківських компонентів за високої серехресноної сумісності була комбінація схрещування Щедрість одеська (1AL/1RS) × Дагмар з показниками зав'язування насіння відповідно способу гібридизації 10,6, 44,3 58,2 % та Щедрість одеська (1AL/1RS) × Патрас з показниками 11,9, 40,2 і 55,5 %. Серед матеріалів з транслокацією 1BL/1RS вирізнялась комбінація Фрея (1BL/1RS) × Патрас з результатами формування насіння на рівні 12,8, 37,1 і 51,3 % відповідно способу отримання.

Важливим залишається питання щодо періоду проведення запилення після кастрації квітки. Встановлено, що пиляки в квітках пшениці дозрівають дещо пізніше, ніж маточка, тому запилення можна проводити одночасно з кастрацією. З літературних джерел відомо, що запилення проведене на третю добу після кастрації є найефективнішим для проходження процесу запліднення, формування зиготи та насінини пшениці [17].

Другу серію досліджень було спрямовано на визначення впливу часу запилення на зав'язування зернівки пшениці м'якої озимої за внутрішньовидової гібридизації.

Штучне (примусове) запилення було проведено на третю–п'яту добу після кастрації за використання в процесі гібридизації органопластикових ізоляторів (табл. 4.2).

Прозорі ізолятори дають змогу візуально пересвідчитись щодо проходження процесу зав'язування і підрахувати кількість сформованих насінин у колосі.

В процесі досліджень встановлено, що при запиленні квіток на третю добу після кастрації в середньому за комбінаціями схрещування частка зав'язування насіння сягала 50,7 %.

**Вплив тривалості періоду «кастрація–запилення» на зав’язування насіння
пшениці м’якої озимої за внутрішньовидової гібридизації, 2023 р.**

Комбінація схрещування		Тривалість періоду «кастрація–запилення»								
		три доби (контроль)			чотири доби			п’ять діб		
Материнська форма , ♀	Батьківська форма, ♂	Кількість кастрованих квіток, шт.	Кількість квіток, що сформувало насіння,	Частка зав’язування, %	Кількість кастрованих квіток шт	Кількість квіток, що сформувало насіння,	Частка зав’язування, %	Кількість кастрованих квіток, шт.	Кількість квіток, що сформувало насіння,	Частка зав’язування, %
Фаворитка (1BL/1RS)	Патрас	113	55	48,7	111	56	50,5	120	55	45,8
Фрея (1BL/1RS)	Патрас	115	59	51,3	112	61	54,5	118	57	48,3
Золотоколоса (1AL/1RS)	Патрас	114	61	53,5	113	64	56,6	117	58	49,6
Щедрість одеська (1AL/1RS)	Патрас	119	66	55,5	108	62	57,5	110	58	52,7
Фаворитка (1BL/1RS)	Дагмар	120	52	43,3	102	47	46,1	111	45	40,5
Фрея (1BL/1RS)	Дагмар	118	55	46,6	115	55	47,8	108	48	44,4
Золотоколоса (1AL/1RS)	Дагмар	117	57	48,7	112	57	50,9	102	45	44,1
Щедрість одеська (1AL/1RS)	Дагмар	110	64	58,2	117	70	59,8	115	64	55,7
Фаворитка (1BL/1RS)	Фронтерас	111	54	48,6	114	59	51,8	112	51	45,5
Фрея (1BL/1RS)	Фронтерас	112	57	50,9	112	59	52,7	117	56	47,9
Золотоколоса (1AL/1RS)	Фронтерас	113	60	53,1	110	62	56,4	112	55	49,1
Щедрість одеська (1AL/1RS)	Фронтерас	116	59	50,9	112	59	52,7	113	53	46,9
<i>НІР</i> ₀₅		–	–	0,7	–	–	0,6	–	–	1,0
<i>Середнє</i>				50,7			53,0			47,5

Найвищий відсоток формування насіння спостерігали у варіанті, коли запилення квіток проводили на четверту добу після кастрації – 53,0 %, що на 2,3 % перевищувало показник попереднього контрольного варіанту. Це вважається типовим для пшениць регіону з континентальним кліматом. На п'яту добу запилення кастрованих суцвіть фіксували різке зниження (в середньому за генотипами на 5,5 %) показника зав'язування зерна.

Доведено, що не залежно від часу проведення запилення кастрованих квіток, вищими показниками зав'язування насіння вирізнялись комбінації схрещування в яких материнська форма мала пшенично-житню транслокацію 1AL/1RS. Найвищий відсоток зав'язування насіння отримано в комбінації схрещування Щедрість одеська (1AL/1RS) × Дагмар (59,8 %) і Щедрість одеська (1AL/1RS) × Патрас (57,5 %), які перевищували контрольний варіант на 1,6 і 2,0 % , відповідно. За цим показником позитивно вирізнялась комбінація, материнська форма якої мала транслокацію 1BL/1RS, Фрея (1BL/1RS) × Патрас з результатами формування насіння на рівні 54,5 %, що перевищувало контроль на 2,2 %.

Пояснити найвищий відсоток зав'язування насіння на четверту добу запилення кастрованої квітки можна фізіологією розвитку генеративної системи. Кастрацію суцвіття проводять за не повної зрілості приймочки маточки та пиляків. Щоб унеможливити спонтанне самозапилення рослин за формування насіння, видалення пиляків проводять за чотири–шість діб до повної стиглості пилку. Відновлення фізіологічних процесів за травмування квітки, зазвичай, максимально відбувається на четверту добу після кастрації суцвіття. Окрім того квітки в суцвітті мають не однакову фазу розвитку генеративних органів, зокрема жіночого гаметофіту, а подовження часу запилення забезпечить штучне нанесення зрілого пилку на розвинену приймочку маточки. Таку контрольовану гібридизацію ефективно проводити лише за використання органопластикових ізоляторів, що дає змогу візуально фіксувати процес формування насіння, та його дозапилення на пізніших етапах (п'ята–шоста доба) розвитку.

Отже, апробовано три способи гібридизації материнської форми: 1 – під пергаментним ізолятором за перезаплення парно висіяних вихідних форм; 2 – під пергаментним ізолятором за штучного долучення колосків батьківської форми; 3 – під органопластиковим ізолятором за штучного запилення пилком вилученим з батьківської форми. Встановлено, що найвищий відсоток зав'язування насіння (43,3–58,2 %) отримано за проведення гібридизації під органопластиковим ізолятором. Найефективнішою комбінацією схрещування з часткою формування насіння на рівні 58,2 % визначено комбінацію Щедрість одеська (1AL/1RS) × Дагмар. З'ясовано, що проведення запилення на четверту добу після кастрації квіток в середньому за генотипами на 2,3 % підвищує ефективність зав'язування насіння в суцвітті.

Встановлено, що матеріали з пшенично-житньою транслокацією 1AL/1RS не залежно від способу гібридизації та періоду запилення суцвіття формують істотно більшу кількість насіння, ніж зразки з транслокацією 1BL/1RS.

3.2 Результати впливу способу схрещування на ефективність зав'язування насіння пшениці за міжвидової гібридизації

Одним з найефективніших та найпоширеніших способів одержання нового вихідного матеріалу в селекційному процесі є віддалена гібридизація. За схрещування культурних генотипів рослин з різними видами природної (дикої) фауни або філогенетично віддаленими культурними формами можна створити цінні, високопродуктивні, з широким рівнем гомеостазу, стійкі до низки несприятливих абіотичних і біотичних чинників навколишнього природного середовища матеріали. Рекомбіногенез генетично віддалених форм дає змогу отримати зразки з новими маркерними ознаками, зокрема, і негативними [4].

За створення міжвидових гібридів існують низка причин несхрещуваності видів, зокрема несумісність їх геномів, що проявляється у біохімічній несумісності в хромосом одного виду і цитоплазми іншого, не проростанні пилку, порушенні амфіміксису, зміні в ембріогенезі, вік рослини, ступінь розвитку генеральних органів, екологічні чинники (температурний режим, вологість повітря) тощо. Складним залишається і питання добору компонентів гібридизації, зокрема, яку форму в селекційній схемі обрати материнською, а яку – батьківською [4, 6].

Нині селекція пшениці передбачає створення сортів з високою врожайністю та якістю зерна за інтрогресії в геном ефективних генів продуктивності від культурних видів і диких пращурів, які повинні мати гени, що контролюють цінні ознаки, мають однаковий з пшеницею м'якою рівень плідності, досить вільно схрещуються за штучної гібридизації і формують життєздатне фертильне потомство [17, 26]. Зазначені характеристики має пшениця спельта, яку доцільно використовувати донором генів поліпшення якості зерна пшениці м'якої озимої, адже вміст білка її в зерні сягає 25 %. Ці види пшениці мають однакову кількість хромосом каріотипу та за схрещування формують життєздатне насіння.

Найпоширенішими засобами підвищення ефективності віддаленої гібридизації є вдалий програмований добір вихідних батьківських форм та удосконалення способів гібридизації.

Метою досліджень був аналіз впливу способу схрещування на ефективність зав'язування насіння пшениці за гібридизації видів *Triticum aestivum* L. і *Triticum spelta* L..

У процесі досліджень проведено низку реципрокних схрещувань між сортами пшениці м'якої озимої носіями пшенично-житніх транслокацій Золотоколоса (1AL/1RS), Щедрість одеська (1AL/1RS), Фаворитка (1BL/1RS), Фрея (1BL/1RS) та сортом пшениці спельта Зоря України. За схрещування вихідні форми використовували в одному варіанті за материнський компонент, а в іншому – за батьківський (табл. 4.3).

**Вплив способу схрещування на відсоток зав'язування насіння
пшениці за міжвидової гібридизації, 2023 р.**

Комбінація схрещування		Спосіб гібридизації*								
		1			2			3		
Материнська форма, ♀	Батьківська форма, ♂	Кількість кастрованих	Кількість квіток, що сформувало	Частка зав'язування, %	Кількість кастрованих	Кількість квіток, що сформувало	Частка зав'язування, %	Кількість кастрованих	Кількість квіток, що сформувало	Частка зав'язування, %
Фрея (1BL/1RS)	Зоря України	102	3	3,1	102	12	11,8	104	19	18,3
Золотоколоса (1AL/1RS)	Зоря України	103	5	5,2	105	19	18,1	102	26	25,5
Щедрість одеська (1AL/1RS)	Зоря України	98	4	3,9	102	17	16,7	97	22	22,7
<i>НІР₀₅</i>		–	–	0,4	–	–	0,5	–	–	1,0
<i>Середнє</i>		–	–	3,8	–	–	15,1	–	–	21,5
Зоря України	Фаворитка (1BL/1RS)	97	2	1,9	108	6	5,6	97	10	10,3
Зоря України	Фрея (1BL/1RS)	96	1	1,0	95	5	5,3	96	8	8,3
Зоря України	Золотоколоса (1AL/1RS)	90	3	2,7	102	10	9,8	95	14	14,7
Зоря України	Щедрість одеська (1AL/1RS)	93	2	1,9	98	8	8,2	95	12	12,6
<i>НІР₀₅</i>		–	–	0,5	–	–	0,6	–	–	1,2
<i>Середнє</i>		–	–	1,9	–	–	7,2	–	–	11,5
<i>Середнє за дослідом</i>		–	–	2,8	–	–	11,1	–	–	16,5

*Примітка. Спосіб гібридизації материнської форми: 1 – під пергаментним ізолятором за перезапилення парно висіяних вихідних форм; 2 – під пергаментним ізолятором за штучного долучення колосків батьківської форми; 3 – під органопластиковим ізолятором за штучного запилення пилком вилученим з батьківської форми.

За міжвидової гібридизації отримано широкий спектр мінливості генетичного матеріалу. Кожна комбінація схрещування вирізнялась індивідуальними характеристиками зав'язування насіння. Підтверджено, що добір вихідної материнської та батьківської форм істотно впливає на формування гібридного насіння. В комбінаціях схрещування, де материнською формою слугували зразки пшениці м'якої не залежно від способу гібридизації отримано на 6,8 % вищу частку зав'язування насіння, порівняно з варіантами де материнською формою була пшениця спельта. Найвищий відсоток зав'язування насіння зафіксовано в комбінації схрещування Золотоколоса (1AL/1RS) × Зоря України, що залежно від способу гібридизації і становило 5,2, 18,1 і 25,5 %, відповідно, а найнижчий – в комбінації Фрея (1BL/1RS) × Зоря України – 3,1, 11,8 і 18,3 %, відповідно. Як і за внутрішньовидової гібридизації найвищими показниками вирізнялись варіанти схрещування під органопластиковим ізолятором за штучного запилення пилюком вилученим з батьківської форми, що в середньому за генотипами істотно перевищувало показники отримані за інших способів гібридизації на 17,7 і 6,4 % відповідно.

З'ясовано, що матеріали з пшенично-житньою транслокацією 1AL/1RS вирізняються вищими показниками зав'язування насіння (на 5,2 %), аніж зразки з транслокацією (1BL/1RS).

Істотно нищу частку формування насіння отримано за міжвидової гібридизації, де за материнську форму використовували пшеницю спельта. Як і в попередніх варіантах дослідів найвищий відсоток зав'язування насіння отримано за гібридизації матеріалу під органопластиковими ізоляторами.

Найвищий рівень перехресної сумісності, зафіксовано в комбінаціях схрещування Зоря України × Золотоколоса. Відсоток зав'язування насіння в цій комбінації сягав 14,7 %. Дещо нижчий показник отримано за гібридизації Зоря України × Щедрість одеська (1AL/1RS) (12,6). Істотно нищу перехресну сумісність фіксували матеріали з ПЖТ (1BL/1RS) (9,3 %).

Проаналізовано вплив тривалості періоду кастрація–запилення на формування насіння за гібридизації видів *Triticum aestivum* L. і *Triticum spelta* L. (табл. 4.4).

**Вплив тривалості періоду «кастрація–запилення» на зав’язування
насіння пшениці за міжвидової гібридизації, 2023 р.**

Комбінація схрещування		Тривалість періоду «кастрація–запилення»*											
		три доби (контроль)			чотири доби			п’ять діб			шість діб		
Материнська форма, ♀	Батьківська форма, ♂	Кількість кастрованих квіток, шт.	Кількість квіток, що сформувало насіння	Частка зав’язування, %	Кількість кастрованих квіток, шт.	Кількість квіток, що сформувало насіння	Частка зав’язування, %	Кількість кастрованих квіток, шт.	Кількість квіток, що сформувало насіння	Частка зав’язування, %	Кількість кастрованих квіток, шт.	Кількість квіток, що сформувало насіння	Частка зав’язування, %
Фаворитка (1BL/1RS)	Зоря України	98	19	19,4	95	19	20,0	98	15	15,3	95	5	5,3
Фрея (1BL/1RS)	Зоря України	104	19	18,3	98	20	20,4	94	14	14,9	90	4	4,4
Золотоколоса (1AL/1RS)	Зоря України	102	26	25,5	92	25	27,2	91	20	22,0	91	6	6,6
Щедрість одеська (1AL/1RS)	Зоря України	97	22	22,7	97	23	23,7	92	16	17,4	90	6	6,7
<i>HIP₀₅</i>		–	–	0,6	–	–	0,5	–	–	1,2	–	–	0,6
<i>Середнє</i>		–	–	21,5	–	–	22,8	–	–	17,4	–	–	5,6
Зоря України	Фаворитка (1BL/1RS)	97	10	10,3	94	11	11,7	92	12	13,1	95	8	8,4
Зоря України	Фрея (1BL/1RS)	96	8	8,3	95	10	10,5	95	12	12,6	92	8	8,7
Зоря України	Золотоколоса (1AL/1RS)	95	14	14,7	92	16	17,4	90	17	18,9	90	11	12,2
Зоря України	Щедрість одеська (1AL/1RS)	95	12	12,6	91	12	13,2	93	14	15,1	93	11	11,8
<i>HIP₀₅</i>		–	–	0,5	–	–	0,5	–	–	0,7	–	–	1,0
<i>Середнє</i>		–	–	11,5	–	–	13,2	–	–	14,8	–	–	10,3
<i>Середнє за дослідом</i>				16,5			18,0			16,1			7,9

*Примітка. Гібридизацію проведено за використання органопластикових ізоляторів.

З'ясовано, що за використання в схемі гібридизації материнською формою зразків пшениці м'якої найвищий відсоток (22,8 %) зав'язування насіння спостерігали у варіантах в яких запилення проводили на четверту добу.

У варіантах досліду в яких материнською формою використовували спельту рівень зав'язування насіння був істотно вищим при запиленні квіток на четверту (13,5 %) і п'яту (14,8 %) добу після кастрації, аніж на третю (11,5 %). Подовження тривалості періоду «кастрація–запилення» до шести діб знижувало показники зав'язування цієї культури. Підвищення показників зав'язування насіння пшениці спельта при запиленні кастрованого суцвіття на четверту–п'яту добу пояснюється тривалішим, порівняно з пшеницею м'якою, періодом розвитку жіночого гаметофіту і формуванням приймочки маточки та тривалого цвітіння колосу.

Найвищим рівнем перехресної сумісності вирізнялась комбінація схрещування Зоря України × Золотоколоса (1AL/1RS) (18,9 %). Встановлено, що за подовження тривалості періоду між кастрацією і запиленням нівелюється різниця рівня зав'язування в комбінаціях схрещування, де запилювачами використовуються зразки з 1BL/1RS транслокацією.

Серед апробованих сортів пшениці м'якої озимої позитивно вирізнявся сорт Золотоколоса. За використання його в комбінаціях схрещування материнською формою частку зав'язування насіння сягала 27,2 %, а батьківською – 18,9 %. Отже, за міжвидової гібридизації *Triticum aestivum* L. та *Triticum spelta* L. визначено рівень сумісності окремих зразків і визначено частку зав'язування насіння за різних комбінацій схрещування та способів гібридизації.

Встановлено, що незалежно від комбінації схрещування найвищий відсоток формування насіння (8,3–25,5 %) отримано за проведення гібридизації під органопластиковими ізоляторами.

Доведено, що за використання в комбінаціях схрещувань материнською формою пшениці м'якої озимої, зав'язується істотно вища частка насіння,

аніж за використання пшениці спельта. Це підтверджує низький рівень перехресної сумісності спельти.

Найефективнішими комбінаціями схрещування з високим рівнем зав'язування насіння визначено комбінацію Золотоколоса (1AL/1RS) × Зоря України (25,5–27,2 %) та Зоря України × Золотоколоса (1AL/1RS) (14,7–18,9 %). Встановлено, що запилення кастрованих квіток пшениці м'якої озимої доцільно проводити на четверту добу після кастрації квіток, а пшениці спельта – на п'яту, що в середньому за генотипами, відповідно, на 1,3 і 3,3 % підвищує ефективність зав'язування насіння в суцвітті.

З'ясовано, що матеріали з пшенично-житньою транслокацією 1AL/1RS вирізняються вищими показниками зав'язування насіння (на 5,2 %), аніж зразки з транслокацією (1BL/1RS).

За гібридизації пшениці м'якої озимої в переважній більшості комбінацій схрещування, у колосі утворюється незначна кількість насіння. За фенологією отримане насіння дрібне, деформоване, не виповнене. Воно мало низьку енергію проростання та схожість. За аналізу цих параметрів у лабораторних умовах (за пророщування насіння в чашках Петрі у термостатах) вихід проростків сягав 54,5 %. За висіву насіння на ділянка апробації, де впливали умови навколишнього природного середовища, отримано нищу кількість рослин – 42,7 %.

За пророщування насіння в культурі *in vitro* частка отриманих проростків істотно збільшувалась. Кількість схожого насіння сягала 69,5 %. Складові живильного середовища, замінивши зародку поживні речовини ендосперму, стимулювали проростання насіння та підвищили частку схожості гібридного, морфологічно неповноцінного насіння. У порівнянні з польовими дослідженнями схожість насіння за його проростання в ізольованих умовах *in vitro* зросла на 62,8 %. Це можна пояснити тим, що генетичний потенціал матеріалу визначається внутрішньою структурою ДНК рослини й залежить від технологій селекції та/або біотехнології. Генетична експресія, як фізіологічний прояв генетичного потенціалу

рослини, визначається тиском зовнішніх чинників. Комбінація генетичного потенціалу і генетичної експресії сприяє росту та розвитку рослин, покращенню якісних і кількісних характеристик біоматеріалу [18, 32].

За міжвидової гібридизації і використання біотехнологічної ланки в селекційному процесі виділено та апробовано багатоколоскові зразки пшениці м'якої озимої 1463, 1472, 1554. Отриманий матеріал доцільно використовувати в селекційних дослідженнях в якості донора багатоколосковості, збільшення кількості зерен і маси зерна з колосу та рослини. Розвиток селекції пшениці м'якої озимої в напрямку зміни структури колосу дозволить значно підвищити продуктивність культури.

3.3 Аналіз впливу способу схрещування на ефективність зав'язування насіння тритикале за внутрішньовидової та міжвидової гібридизації

Для розширення генетичного поліморфізму та збагачення генофонду тритикале доцільним є застосування внутрішньовидових та міжвидових схем гібридизації. Реалізація гібридологічних комбінацій забезпечує отримання широкого спектру рекомбінантної мінливості та добір селекційно цінного матеріалу з оновленими маркерними та господарсько-цінними ознаками.

За умов проведення гібридизації в стресових або абіотично несприятливих середовищах у рослин тритикале спостерігається формування колосу з підвищеною часткою череззерниці, що пояснюється порушенням типового процесу зерноутворення і призводить до зниження реалізації репродуктивного потенціалу культури. Тому оптимізація умов проведення гібридизаційних процесів є ключовим питанням для тритикале як алоплоїдного пшенично-житнього гібриду, оскільки визначає ефективність комбінування геномів і стабільність формування гібридних матеріалів.

За внутрішньовидової гібридизації використовували матеріали уманської селекції, зокрема, сорти Стратег і Наварра та високопродуктивні

зразки 147-14 і 208-18, отримані за гібридизації географічно віддалених форм (рис. 4.4).



Рис. 4.4 Колос зразка 208-18 тритикале озимого з помірним восковим нальотом і темним забарвленням остюків.

У процесі досліджень встановлено, що найвищий відсоток зав'язування насіння рослин тритикале отримано за внутрішньовидової і міжвидової гібридизації з використанням органопластикових ізоляторів – у середньому за варіантами досліду 17,6 та 6,3 %, відповідно (табл. 4.5). Найвищий відсоток формування насіння зафіксовано в комбінації схрещування зразок 208-18 × Стратег (19,6 %) та зразок 208-18 × Європа (7,6 %), а найнижчий – зразок 147-14 × Наварра (16,2 %) та зразок 208-18 × Зоря України (4,9 %).

**Вплив способу схрещування на відсоток зав'язування насіння
тритикале, 2023 р.**

Комбінація схрещування		Спосіб гібридизації*								
Материнська форма, ♀	Батьківська форма, ♂	1			2			3		
		Кількість кастрованих квіток,	Кількість квіток, що сформувало насіння,	Частка зав'язування, %	Кількість кастрованих квіток,	Кількість квіток, що сформувало насіння,	Частка зав'язування, %	Кількість кастрованих квіток,	Кількість квіток, що сформувало насіння,	Частка зав'язування, %
за внутрішньовидової гібридизації										
147-14	Стратег	102	3	2,9	115	14	12,2	101	18	17,8
208-18	Стратег	103	4	3,9	112	15	13,4	102	20	19,6
147-14	Наварра	107	5	4,7	102	16	15,7	105	17	16,2
208-18	Наварра	106	7	6,6	104	17	16,4	107	18	16,8
<i>НІР₀₅</i>		–	–	0,8	–	–	0,5	–	–	0,7
<i>Середнє</i>		–	–	4,5	–	–	14,4	–	–	17,6
за міжвидової гібридизації <i>Triticosecale</i> Wittmack × <i>Triticum spelta</i> L.										
147-14	Зоря України	102	1	1,0	108	3	2,8	102	6	5,9
208-18	Зоря України	104	1	0,9	110	3	2,7	103	5	4,9
147-14	Європа	105	2	1,9	102	4	3,9	105	7	6,7
208-18	Європа	105	2	1,9	105	5	4,8	105	8	7,6
<i>НІР₀₅</i>		–	–	0,1	–	–	0,3	–	–	0,4
<i>Середнє</i>		–	–	1,7	–	–	3,6	–	–	6,3

*Примітка. Спосіб гібридизації материнської форми: 1 – під пергаментним ізолятором за перезаплення парно висіяних вихідних форм; 2 – під пергаментним ізолятором за штучного долучення колосків батьківської форми; 3 – під органопластиковим ізолятором за штучного запилення пилком вилученим з батьківської форми.

З'ясовано, що не залежно від генотипу подовження періоду кастрація–запилення до чотирьох діб підвищує частку зав'язування насіння (табл. 4.6).

Таблиця 4.6

**Вплив тривалості періоду «кастрація–запилення»
на зав'язування насіння тритикале озимого, 2023 р.**

Комбінація схрещування		Тривалість періоду «кастрація–запилення»								
		три доби (контроль)			чотири доби			п'ять діб		
Материнська форма, ♀	Батьківська форма, ♂	Кількість кастрованих квіток, шт.	Кількість квіток, що сформувало насіння,	Частка зав'язування, %	Кількість кастрованих квіток, шт.	Кількість квіток, що сформувало насіння,	Частка зав'язування, %	Кількість кастрованих квіток, шт.	Кількість квіток, що сформувало насіння,	Частка зав'язування, %
за внутрішньовидової гібридизації										
147-14	Стратег	101	18	17,8	111	42	37,8	112	41	36,6
208-18	Стратег	102	20	19,6	112	48	42,9	118	49	41,5
147-14	Наварра	105	17	16,2	113	36	31,9	115	35	30,4
208-18	Наварра	107	18	16,8	108	39	36,1	110	39	35,5
<i>НІР₀₅</i>				1,1			1,4			0,8
<i>Середнє</i>				17,8			37,2			36,0
за міжвидової гібридизації <i>Triticosecale</i> Wittmack × <i>Triticum spelta</i> L.										
147-14	Зоря України	102	6	5,9	104	7	6,7	110	7	6,4
208-18	Зоря України	103	5	4,9	110	7	6,4	111	6	5,4
147-14	Європа	105	7	6,7	106	8	7,5	114	8	7,0
208-18	Європа	105	8	7,6	105	9	8,6	115	9	7,8
<i>НІР₀₅</i>				0,4			0,3			0,4
<i>Середнє</i>				6,3			8,3			6,7

*Примітка. Гібридизацію проведено за використання органопластикових ізоляторів.

А збільшення періоду до п'яти діб призводить до зменшення кількості сформованого зерна в суцвітті з часткою зав'язування насіння на рівні 36,0 і 6,7 %, відповідно.

Отже, підтверджено можливість отримання гібридного матеріалу тритикале озимого за внутрішньовидової та міжвидової гібридизації *Triticosecale* Wittmack × *Triticum spelta* L.. Обґрунтовано доцільність використання в процесі схрещувань органопластикових ізоляторів, що дає змогу підвищити зав'язування насіння на 22,2 та 75,0 %, відповідно. За віддаленої гібридизації гексаплоїдних тритикале та пшениці спельта формуються рекомбінантні форми, фенотипові прояви яких виходять за межі амплітуди мінливості вихідних батьківських компонентів. Відібрано матеріали, що поєднують високу врожайність, якість зерна і адаптивність до умов навколишнього природного середовища.

Висновки за розділом 3

1. За внутрішньовидової і міжвидової гібридизації *Triticum aestivum* L. і *Triticum spelta* L. визначено частку формування насіння за різних комбінацій схрещування та способів гібридизації материнської форми: під пергаментним ізолятором за перезаплення парно висіяних вихідних форм; під пергаментним ізолятором за штучного долучення колосків батьківської форми для запилення кастрованих квіток; під органопластиковим ізолятором за штучного запилення пишком вилученим з батьківської форми. Встановлено, що не залежно від добору вихідних компонентів, найвищий відсоток зав'язування насіння отримано за проведення гібридизації під органопластиковим ізолятором. За внутрішньовидової гібридизації відсоток зав'язування насіння сягав 58,2 %, а за міжвидової гібридизації 27,2 і 18,9 %, що залежало від материнського компоненту схрещування. Це дає можливість рекомендувати спосіб схрещування за використання органопластикових

ізоляторів основним при проведенні внутрішньовидової і міжвидової гібридизації.

2. Встановлено, що за внутрішньовидової гібридизації проведення запилення на четверту добу після кастрації квіток в середньому за генотипами на 2,3 % підвищує ефективність зав'язування насіння в суцвітті порівняно із запиленням на третю добу. За міжвидової гібридизації запилення кастрованих квіток пшениці м'якої озимої доцільно проводити на четверту добу після кастрації квіток, а пшениці спельта – на п'яту, що в середньому за генотипами, відповідно, на 1,3 і 3,3 % підвищує ефективність зав'язування насіння в суцвітті.
3. Доведено, що за використання в комбінаціях схрещувань материнською формою пшениці м'якої озимої, зав'язується істотно вища частка насіння, аніж за використання пшениці спельта. Це підтверджує низький рівень перехресної сумісності спельти.
4. З'ясовано, що матеріали з пшенично-житньою транслокацією 1AL/1RS не залежно від способу гібридизації та періоду запилення суцвіття формують істотно більшу кількість насіння, аніж зразки з транслокацією 1BL/1RS.
5. Встановлено, що за гібридизації *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L. при подовженні тривалості періоду між кастрацією і запиленням нівелюється різниця рівня зав'язування в комбінаціях схрещування, де запилювачами використовуються зразки пшениці м'якої озимої з пшенично-житньою транслокацією 1BL/1RS.
6. Найвищим рівнем перехресної сумісності за близькородинної гібридизації з часткою формування насіння на рівні 58,2 % визначено комбінацію схрещування Щедрість одеська (1AL/1RS) × Дагмар, а за віддаленої гібридизації – Золотоколоса (1AL/1RS) × Зоря України та Зоря України × Золотоколоса (1AL/1RS) з рівнем зав'язування насіння 27,2 і 18,9 %, відповідно.

7. Доведено, що для стимулювання проростання морфологічно деформованого, дрібного та неповноцінно виповненого насіння пшениці м'якої озимої, сформованого внаслідок гібридизації географічно віддалених батьківських форм, доцільним є застосування в селекційному біотехнологічних методів. Використання ізольованої культури зрілих зародків сприяє активації ембріонального розвитку, забезпечуючи підвищення схожості та формування життєздатних проростків, частка яких у середньому за генотипами досягає 62,8 %.
8. Обґрунтовано ефективність застосування органопластикових ізоляторів під час проведення контрольованої гібридизації тритикале озимого у межах виду та міжвидових (*Triticosecale Wittmack* × *Triticum spelta* L.) комбінаціях схрещування, що забезпечує підвищення рівня зав'язування насіння на 22,2 та 75,0 %, відповідно. З'ясовано, що запилення квіток суцвіття доцільно проводити на четверту добу після їх кастрації, це підвищує частку формуння насіння до 37,2 і 8,3, % відповідно.

За матеріалами досліджень опубліковано п'ять наукових праць [13–16, 28].

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Лісовська Т. П. Генетичні основи селекції рослин. Луцьк, 2018. 68 с.
2. Базалій В. В, Бойчук І. В. Трансгресивна мінливість гібридів пшениці м'якої озимої і її використання в селекції. *Таврійський науковий вісник*. Херсон : Айлант. 2012. Вип. 78. С. 3–8.
3. Богуславський Р. Л., Голік О. В. Видове різноманіття пшениці та споріднених видів як джерело вихідного матеріалу для селекції на адаптивність. *Селекція і насінництво*, 2006. С. 50–60.
4. Васильківський С. П., Кочмарський В. С. Селекція і насінництво польових культур: підручник. Київ: ПрАТ «Миронівська друкарня», 2016. 376 с.

5. Власенко В. А. Створення вихідного матеріалу для адаптивної селекції і виведення високопродуктивних сортів пшениці в умовах Лісостепу України: дисертація на здобуття наук. ступеня доктора с.-г. наук: спец. 06.01.05 – селекція рослин. Одеса. 2008.
6. Господаренко Г. М., Костогриз П. В., Любич В. В., Парій М. Ф., Полторецький С. П., Полянецька І. О., Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., Сухомуд О. Г. Пшениця спельта. Київ, ТОВ Сік Груп Україна. 2016. 312 с.
7. Єльніков М. І., Гридін М. М., Глухова Н. А., Звягін А. Ф. Стан та перспективи розвитку селекції озимої пшениці з підвищеним рівнем адаптивності та якості в Лісостепу України. *Науково-технічний бюлетень Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла*. Київ, 2008. Вип. 8. С. 155–164.
8. Корхова М. М. Селекція і насінництво польових культур. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт для здобувачів вищої освіти ступеня «бакалавр» спеціальності 201 «Агрономія» денної форми навчання. Миколаїв, 2020. С. 10–12.
9. Литвиненко М. А, Топал М. М. Ефекти пшенично–житніх транслокацій 1AL/1RS і 1BL/1RS на якість зерна у сортів пшениці м'якої озимої. *Scientific Journal «Sciencerise»*. 2015. №3/1(8). С. 82–87.
10. Лифенко С. П., Нарган Т. П., Наконечний М. І. Інтрогресія в геном м'якої пшениці від різних донорів – проблематичний, але перспективний напрямок селекції. *Селекція та насінництво*, 2014. 105, С. 39–50.
11. Молоцький М. Я., Васильківський С. П., Князюк В. І. Селекція та насінництво польових культур: практикум. Біла Церква, 2008. 348 с.
12. Рабінович С. В., Власенко В. А., Коломієць Л. А. Історія селекції, родоводи і склад високомолекулярних глютенінів миронівських пшениць, створених у 1929–2004 рр., та їхні нащадки в різних країнах

- світу. *Науково-технологічний бюлетень Миронівського інституту пшениць ім. В. М. Ремесла*. 2004. Вип. 4. С. 58–126.
13. Рябовол Л. О., Федоренко С. В. Вплив способу гібридизації на зав'язування насіння пшениці м'якої озимої за внутрішньовидової гібридизації географічно віддалених форм. *Збірник наукових праць Уманського НУ*. РВВ Уманського НУ, 2025. Вип. 107. Ч. 1. : Сільськогосподарські науки. С.
 14. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., Федоренко С. В., Фесько М. В. Створення вихідного матеріалу пшениці м'якої озимої за використання культури зрілих зародків. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. РВВ Уманського НУС, 2024. Вип. 104. Ч. 1. : Сільськогосподарські науки. С. 226–233. DOI: 10.32782/2415-8240-2024-104-1-226-232
 15. Рябовол Л. О., Рябовол Я. С., Фесько М. В., Федоренко С. В., Капустинський А. О. Селекція пшениці м'якої озимої на гомеостаз для умов Правобережного Лісостепу України. Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції «Аграрна освіта і наука: досягнення та перспективи розвитку» присвяченої видатним вченим Васильківському С. П. і Молоцькому М. Я. – засновникам наукової школи з селекції та насінництва пшениці і картоплі. (28 березня 2024 р.). Біла Церква: БНАУ, 2024. С.102–104.
 16. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., Кертон М., Федоренко С. В., Фесько М. В. Створення та відбір багатоколоскових вихідних матеріалів пшениці м'якої озимої. Матеріали XIII Міжнародної наукової конференції «Селекційно-генетична наука і освіта» (Парієві читання). (19–21 березня 2024 р.). Умань: ВПЦ«Візаві». 2024. С.
 17. Селекція пшениці м'якої озимої за використання пшенично-житніх транслокацій в умовах центрального Лісостепу: монографія / Кириленко В. В., Дубовик Н. С., Гуменюк О. В., Вологдіна Г. Б., Лось Р. М., Дубовик Д. Ю. Київ: Компрінт, 2021. С. 18–28.

18. Шестопал О. Л., Ігнатова С. О., Замбріборщ І. С. Методи культури *in vitro* для сучасної селекції пшениці м'якої (*Triticum aestivum* L.) та ячменю (*Hordeum vulgare* L.). *Збірник наукових праць Селекційно-генетичного інституту*, 2015. С. 145–151.
19. Acquaah G. Breeding wheat. In *Principles of Plant Genetics and Breeding*. 2nd ed.; John Wiley & Sons, Ltd.: Hoboken, NJ, USA, 2007. P. 577–590.
20. Ahmad Yahaya M., Shimelis H., Laing M., Sagir Mohammed M., Mathew I. Methodologies for hybridization in predominantly selfpollinating crops: a review. *Journal of Crop Improvement*, 2019. P. 1–22. DOI: 10.1080/15427528.2019.1698483.
21. Begna T. Combining ability and heterosis in plant improvement. *Open Journal of Plant Science*, 2021. 1(6). P. 108–117. doi: 10.17352/ojps.000043.
22. Din K., Khan N. U., Gul S. et al. Line by tester combining ability analysis for earliness and yield traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 2021. 31(2). P. 529–541. doi: 10.36899/JAPS.2021.2.0242.
23. Diordiieva I. P., Riabovol L. O., Riabovol I. S., Serzhuk O. P., Nakloka I. I., Nakloka O. P., Karychkovska S. P. Breeding and genetic improvement of soft winter wheat with the use of spelt wheat. *Agronomy Research*, 2022. 20(1). P. 91–102.
24. Ismail S. K. A. Heterosis and combining ability analysis for yield and its components in bread wheat (*T. aestivum* L.). *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci*, 2015. 4(8). P. 1–9.
25. Fellahi Z. A., Hannachi A., Bourzerzour H., Boutekrabt A.. Line × tester mating design analysis for grain yield and yield related traits in bread wheat (*T. aestivum* L.). *Int. J. Agron*, 2013. 2. P. 1–9.
26. Moskalets V., Knyazyuk O., Bordiug N., Ishchuk O., Matkovska S. Extension of the forming process in the selection of winter common wheat for productivity and quality by using the gene pool of related wheat species

- within the framework of food security. *Scientific horizons*, 2023. № 26(6). С. 43–57.
27. Riabovol Ia., Riabovol L., Diordiieva I., Poltoretskyi S., Lubchenco A., Kononenko L., Kryzhanovskiy V. Evaluation of resistance to diseases of soft winter wheat samples created by hybridization of ecologically and geographicflly remote forms. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018, 8(3). P. 33–37.
 28. Ryabovol I. S., Ryabovol L. O., Fedorenko S. V., Fesko M. V., Kapustinsky A. O. Embryoculture in breeding of soft winter wheat. *Матеріали ІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі. Умань, 2024. С. .*
 29. Matsuoka Y. Evolution of polyploid Triticum wheats under cultivation: The role of domestication, natural hybridization and allopolyploid speciation in their diversification. *Plant and Cell Physiology*, 2011. 52. P. 750–764.
 30. Nemeth C., Yang C., Kasprzak P., Hubbart S. et al. Generation of amphidiploids from hybrids of wheat and related species from the genera *Aegilops*, *Secale*, *Thinopyrum*, and *Triticum* as a source of genetic variation for wheat improvement. *Genome*, 2015. 58(2). P. 71–79.
 31. Villareal R. L., Rajaram S., Mujeeb-Kazi A., del Toro E. The effect of chromosome 1RS/1BL translocation on the yield potential of certain spring wheat (*Triticum turgidum* L.). *Plant Breeding*. 1991. Vol. 106, Issue 1. P. 77–81. doi: 10.1111/j.1439-0523.1991.tb00482.x.
 32. Zheng M. Y., Weng Y., Liu W. and Konzak F. The effect of ovary conditioned medium on microspore embryogenesis in common wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Cell Reports*, 2002. 20. С. 802–807.

РОЗДІЛ 4

АНАЛІЗ ФОТОСИНТЕТИЧНОЇ АКТИВНОСТІ РІЗНИХ МОРФОТИПІВ ПШЕНИЦІ ТА ТРИТИКАЛЕ ОЗИМИХ, ОТРИМАНИХ ЗА ВНУТРІШНЬОВИДИВОЇ ТА МІЖВИДОВОЇ ГІБРИДИЗАЦІЇ

У сучасних селекційно-генетичних програмах одним із фундаментальних етапів є ідентифікація та характеристика цінних генотипів на етапі добору вихідних батьківських форм. Цей етап визначає ефективність постановки контрольованих схрещувань і подальшого індивідуального й сімейного добору серед гібридних популяцій різних поколінь (F_2 – F_5). Важливо об'єктивно оцінити фенотипові прояви ознак, які мають чітку генетичну детермінованість, що забезпечує цілеспрямованість і результативність селекційного процесу [12, 20].

За групування фенотипічних паспортів сортів пшениці використовують 35 діагностичних ознак [4], що відтворюють їх генетично детерміновану морфологобіологічну специфіку. Цей набір ознак формує систему морфологічних маркерів, що є своєрідним інструментарієм для визначення ботанічної різновидності, генетичного типу та селекційної цінності сорту. Унікальні комбінації структурних ознак дозволяють сформувати морфологічно-генетичний опис сорту.

До основних діагностичних ознак належать остистість (наявність або відсутність остюків як маркер класу інфлоресценції), форма, щільність і пігментація колосу, ступінь опушення колоскових лусок, а також архітектоніка рослини – взаємне розташування й морфометрична структура пагонів і листків. Усередині однієї ботанічної різновидності можуть зустрічатися генотипи з широкими амплітудами фенотипової мінливості, що зумовлює формування значного діапазону морфологічної диференціації. Водночас окремі сорти можуть мати високий рівень фенотипової спорідненості, що зумовлює необхідність застосування комплексного маркерного аналізу за їх ідентифікації.

Сучасні підходи до ідентифікації та диференціації генотипів передбачають широке використання молекулярно-генетичних індикаторів, серед яких білкові маркери, ферментні маркери та молекулярні ДНК-маркери [5, 6]. Вони характеризуються високою специфічністю і практично не залежать від впливу абіотичних та біотичних факторів природного навколишнього середовища. Проте їх використання потребує лабораторної інфраструктури, кваліфікованого персоналу та додаткових фінансових затрат [8, 12].

Проблематика застосування генетичних маркерів (морфологічних та молекулярних) виходить далеко за межі визначення ботанічної належності. Вона охоплює розв'язання широкого спектра завдань селекції, зокрема формування вихідного матеріалу з підвищеною адаптивністю, продуктивністю, стійкістю до стресових факторів та покращеними технологічними показниками зерна. Генетична маркерна інформація дозволяє проводити селекцію за принципами *marker-assisted selection (MAS)* та *genomic selection (GS)*, що значно підвищує результативність добору та селекційного процесу в цілому.

У межах селекційно-генетичних досліджень одним із ключових питань є аналіз мінливості альтернативних морфологічних ознак, що можуть слугувати діагностичними маркерами генотипів. Ці ознаки активно використовують за добору батьківських пар, спрямованому на поліпшення архітекtonіки рослин, оптимізацію індексу продуктивності фотосинтетичного апарату та формування нових морфотипів, адаптованих до регіональних умов вирощування. Морфологічні маркери дають можливість ідентифікувати цінні біотиipi на різних етапах онтогенезу – від проростка до генеративної фази розвитку організму.

Під час добору за ознаками, що контролюються окремими генами або їх комплексами та мають чітку фенотипічну вираженість, перевагу надають морфологічним маркерам. Ці маркери широко застосовуються в сучасній генетиці та селекції для проведення генетичного аналізу різних біологічних систем. Їх ефективно використовувати у випадках, коли ген контролює кількісну ознаку з неповною пенетрантністю або впливає на її фенотиповий

прояв. Надійний маркер дає можливість з високою точністю прогнозувати успадкування контрольованої ознаки або властивості, що є необхідною умовою цілеспрямованого селекційного добору. Встановлено, що чим ближче ген, який аналізується, розташований у хромосомі до маркерного, тим вищою є ймовірність їх зчепленого успадкування [7, 11]. Водночас маркерні гени зазвичай є нейтральними щодо ознак, що аналізують.

Більшість господарсько-цінних ознак пшениці, зокрема, продуктивність, якість зерна, стійкість до комплексу біотичних та абіотичних стрес-чинників, контролюються визначеною кількістю генів, різних за природою експресії. Сукупність таких генів формує складну полігенну систему, інтегровану зі загальною генетичною організацією рослини. Для маркування складної полігенної ознаки необхідно мати інформацію про її генетичну природу, функціональні зв'язки з метаболічними й морфогенетичними процесами та відповідними регуляторними генетичними системами. Сутність маркування складних ознак полягає в детекції специфічних білків або інших макромолекул, що відтворюють генетичну основу ознаки, а не сам фенотипічний прояв [12].

Серед морфологічних маркерів важливе значення мають гени першої гомеологічної групи пшениці, зокрема локуси, що контролюють ключові таксономічні ознаки – опушення й забарвлення колоскових лусок, остистість/безостистість, довжина стебла, форма колосу тощо. Отже, ефективність селекційного процесу істотно залежить від використання різних генетичних маркерів та інформації про генетичні ефекти відповідних локусів, що контролюють морфобіологічні та господарсько-цінні ознаки генотипу [6, 7, 25].

Існують принципові відмінності складних кількісних ознак від порівняно простих якісних. Прості ознаки (забарвлення, форма) мають моно- чи олігогенний характер контролю й успадкування, а кількісні ознаки (довжина соломини, число зерен у колосі, вміст речовин у зерні) успадковуються полігенно. Ефекти численних генів, що контролюють кількісну ознаку, є спрямованими й адитивними. Класичним прикладом є гени карликовості Rht пшениці, які суттєво вплинули на архітекtonіку рослин, фотосинтетичну

ефективність і стійкість до вилягання. Часто полігенний ефект має зв'язок з регуляторними чинниками, через це сильно змінюється під впливом середовища, хоча потенційні можливості кількісних змін можуть бути пов'язані зі структурними генами.

Нині застосування комплексу морфологічних та молекулярно-генетичних маркерів є стратегічною складовою сучасних селекційних програм. Це забезпечує високоточний добір цінних генотипів, сприяє оптимізації гібридизаційних схем, підвищує результативність створення високопродуктивних, стресостійких та адаптивних сортів пшениці.

Сучасні високотехнологічні сорти пшениці м'якої озимої і тритикале істотно різняться за архітектонікою рослини, окремими біохімічними показниками та потенціалом продуктивності. Підтверджено, що продуктивність культур суттєво залежить від інтенсивності фотосинтезу [2, 5, 9, 11, 28]. Між цими показниками існує пряма кореляційна залежність. Вважається, що основним органом фотосинтезу та джерелом асимілянтів для формування зерна є саме листкова пластинка. Проте дослідженнями підтверджено, що рослини мають різні моделі фотосинтезу та фотосинтетичної продуктивності, які зумовлені генотиповими відмінностями за участі різних асиміляційних органів у загальній фотосинтетичній активності рослин [12, 20, 24, 25].

Пшениця і тритикале належать до листової моделі фотосинтезу, адже фотосинтетична активність листкового апарату культури займає до 60 % від загальної активності всіх органів рослини. Фотосинтетична активність листкових пластинок пшениці у чотири рази вища ніж у жита, проте у два рази нижча аніж у тритикале [8,12].

У загальному фотосинтезі рослини участь стебла разом з листковими піхвами складає до 20 % у пшениці та тритикале, а частка впливу колосу займає у пшениці – 12 %, тритикале – 15,4 %.

За еволюційного і селекційного процесів зернових культур встановлено, що зі збільшенням кількості продуктивних стебел на одиницю площі агроценозу підвищується значення не листкових асиміляційних

органів у загальному фотосинтезі рослини. Частка їх участі залежить від культури і складає 40–80 % [3, 10, 17, 18, 21].

Для пшениці та тритикале притаманний листковий тип фотосинтезу. За переходу селекції на короткостеблові форми і зниження висорти стеблостою підвищується вплив листкового апарату та колосу на формування врожаю і підвищення продуктивності культури. При зниженні стеблостою доцільно збільшити фотосинтетичну площу інших органів, зокрема листків і колосу, для забезпечення генеративних частин рослини асимілянтами [12, 22, 23, 26].

Листки зразків пшениці з коротким стеблостоем товстіші, коротші та ширші, ніж листки високостеблових форм. У рослин з невисоким стеблом в колос потрапляє більше асимілюючих речовин, ніж у рослини з високим стеблостоем, оскільки відстань між фотосинтезуючими і споживаючими органами скорочено. Короткостеблові форми значно відстають у рості від високостеблових, тому вузол кушення краще освітлюється, що сприяє закладанню і формуванню більшої кількості продуктивних і непродуктивних стебел. Значення непродуктивних безколоскових стебел полягає в отриманні продуктів фотосинтезу, що забезпечують поживними речовинами генеративні пагони [10, 12, 13]. Вченими встановлено, що хлорофільний фотосинтетичний потенціал сучасних короткостеблових сортів вищий, ніж високостеблових.

Листки за особливостей дії фотосинтетичного апарату від сходів до воскової стиглості істотно впливають на формування продуктивності зернових культур. Підвищити індекс листової поверхні можна за рахунок збільшення щільності стеблостою, що можливо за використання зразків з еректоїдним розміщенням листкової пластинки. Еректоїдність забезпечує кращу освітленість рослини і сприяє активному фотосинтезу листків усіх ярусів [12, 13, 27]. Еректоїдне розміщення листкової пластинки контролюється геном *E/e* [5].

4.1 Особливості фотосинтезу різних за морфотипами створених зразків пшениці м'якої озимої

Метою дослідження був аналіз фотосинтетичної активності вихідних форм і створених гібридних зразків пшениці м'якої озимої, що різняться за типом розміщення листкової пластинки і наявністю в геномі маркерних генів контролю ознаки «восковий наліт» фотосинтезуючих органів рослини.

Вихідним матеріалом у системі парних схрещувань слугували зразки пшениці м'якої озимої, що різнились за архітектонікою та альтернативною ознакою наявності чи відсутності воскового нальоту вегетативних органів і колосу та вирізнялись високою продуктивністю. Гібридизацію проводили за використання ручної кастрації квіток і наступним запиленням обмежено-вільним методом під пергаментними ізоляторами в оптимальні для цього строки.

За аналізу асиміляційного апарату різних морфотипів вміст хлорофілу визначали за методикою описаною З. М. Грицаєнко та ін., а площу фотосинтетичної поверхні прапорцевого листка (S) обчислювали за формулою $S = 0,76 l \times h$ (l – довжина листкової пластинки, h – максимальна ширина) [1].

Восковий наліт на стеблі, листках і колосі пшениці м'якої озимої – домінантна ознака, що контролюється не менше, ніж двома парами генів W1, W2a, b, локалізованими в хромосомах 2B і 2D та декількома генами-модифікаторами. Рослина з домінантними генами має темно-зелене забарвлення з блакитним відтінком. Наявність воскового нальоту вважається одним із показників посухостійкості [20].

У наших дослідженнях за проведення гібридизації зразків пшениці м'якої озимої, що мали альтернативні ознаки, гібридне покоління, вирізнялось слабким восковим забарвленням фотосинтезуючих органів (рис. 4.1).



Рис. 4.1 Листкові пластинки рослин пшениці м'якої озимої з ознакою восковий/безвосковий наліт:

- 1 – листок без воскового нальоту (батьківська форма) (зразок 315-18);
- 2 – листок з восковим нальотом (материнська форма) (зразок 213-18);
- 3 – листок з помірним восковим нальотом, проміжне успадкування ознаки (гібридна форма) (зразок 441-19).

Гетерозиготи за цією ознакою характеризувалися темно-зеленим забарвленням листкової пластинки з помірним сизуватим кольором стебла та листка з нижнього боку пластинки. Вони помітно фенотипово відрізнялися від вихідних батьківських форм.

У другому поколінні гібридів (F_2) формувались особини з інтенсивним восковим нальотом фотосинтезуючих органів (домінантні гомозиготи), без воскового нальоту (рецесивні гомозиготи) та проміжного типу (гетерозиготи). Гетерозиготні генотипи відрізнялись за інтенсивністю воскового забарвлення від ледь помітного до середньовираженого, що ймовірно залежало від концентрації домінантних алелей в геномі.

Аналіз фотосинтетичної активності гібридів зі зміненим кольором листкової пластинки дозволив встановити, що сумарний вміст хлорофілу $a +$

в у фотосинтезуючих органах гібридних форм незалежно від морфотипу був істотно на 6,2–28,5 % вищий, аніж у вихідних батьківських зразків (табл. 4.1).

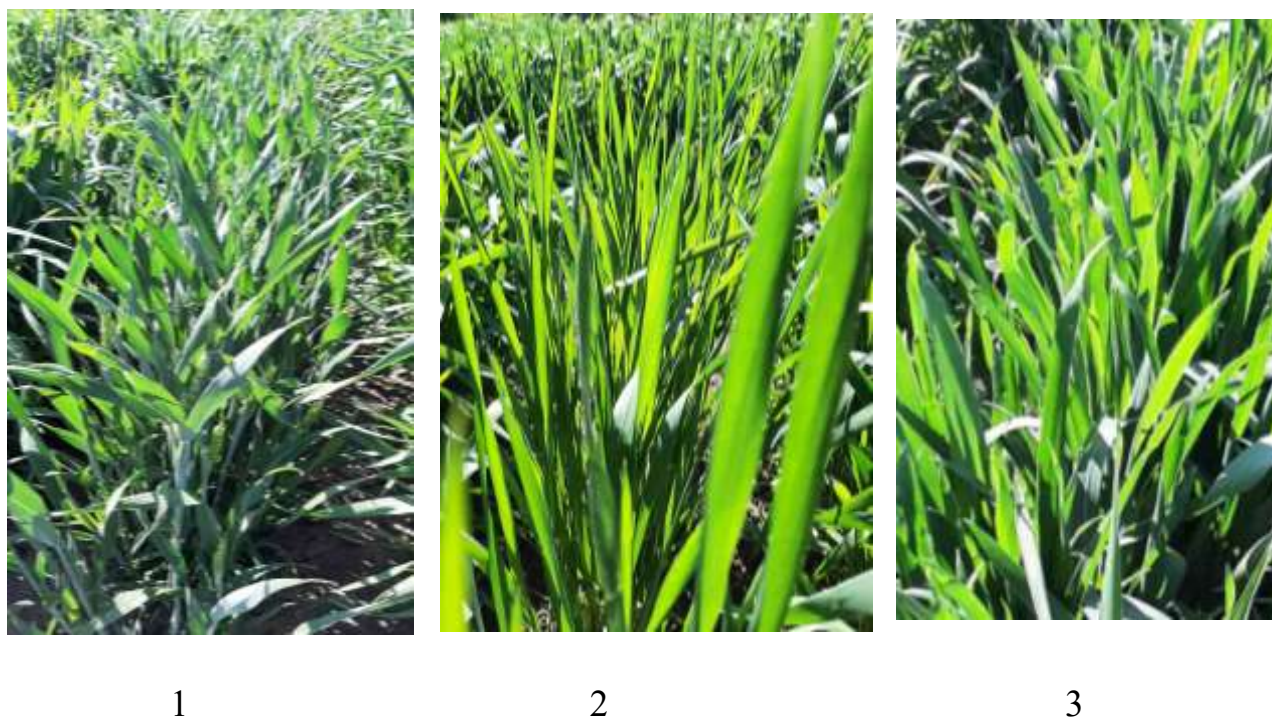
Таблиця 4.1

Вміст хлорофілу в органах рослин різних морфотипів пшениці м'якої озимої у фазу молочної стиглості зерна, 2022–2024 рр.

Морфотип рослин	Селекційна форма	Сорт, зразок	Площа прапорцевого листка, см ²	Листки			Колос			Стебло		
				вміст хлорофілу, мг/г с. р.								
				<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a+b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a+b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a+b</i>
Платофіли з помірним восковим нальотом	(St)	Фаворитка	17,2	2,38	1,37	3,75	0,45	0,20	0,65	0,50	0,27	0,77
Платофіли з восковим нальотом	♀	213-18	17,3	2,46	1,42	3,88	0,49	0,30	0,79	0,56	0,37	0,93
Платофіли без воскового нальоту	♂	315-18	15,4	2,02	1,20	3,22	0,44	0,24	0,68	0,51	0,27	0,78
Платофіли з помірним восковим нальотом	F ₁	441-19	19,1	2,51	1,61	4,12	0,62	0,34	0,96	0,73	0,46	1,17
Еректоїди з восковим нальотом	♀	364-18	18,3	2,57	1,63	4,20	0,59	0,32	0,91	0,70	0,45	1,15
Еректоїди без воскового нальоту	♂	404-18	16,3	2,20	1,27	3,47	0,51	0,29	0,80	0,58	0,27	0,85
Еректоїди з помірним восковим нальотом	F ₁	453-19	21,1	2,71	1,75	4,46	0,69	0,41	1,10	0,77	0,51	1,28
<i>HIP</i> ₀₅			1,1	–	–	0,2	–	–	0,1	–	–	0,1

Підтверджено, що орієнтація листкової пластинки та її площа суттєво впливають на фотосинтетичну активність і, відповідно, продуктивність рослин пшениці м'якої озимої.

Морфотипи з еректоїдною орієнтацією листків (зразки 364-18, 453-19), істотно перевищували сорт-стандарт за площею асиміляційної поверхні прапорцевого листка (на 9,4–10,4 %) і за вмістом в ньому хлорофілу (на 8,4–9,2 %) (рис. 4.2).



1

2

3

Рис. 4.2 Морфотипи рослин зразків пшениці м'якої озимої з еректоїдною орієнтацією листкової пластинки:

- 1 – еректоїдна форма з восковим нальотом (зразок 364-18);**
- 2 – еректоїдна форма без воскового нальоту (зразок 404-18);**
- 3 – еректоїдна форма з помірним восковим нальотом, неповне домінування ознаки (зразок 453-19).**

Еректоїдна гібридна форма 453-19 мала найвищий вміст хлорофілу в листках (4,46 мг/г с. р.) і колосі (1,10 мг/г с. р.) рослин. Найнижчу сумарну концентрацію хлорофілу ($a + b$) у клітинах суцвіття зафіксовано у платофілів без воскового нальоту 0,68 мг/г с. р. (зразок 315-18).

Встановлено пряму кореляційну залежність між показниками площі прапорцевого листка і вмістом хлорофілу $a + b$ (рис. 4.3).

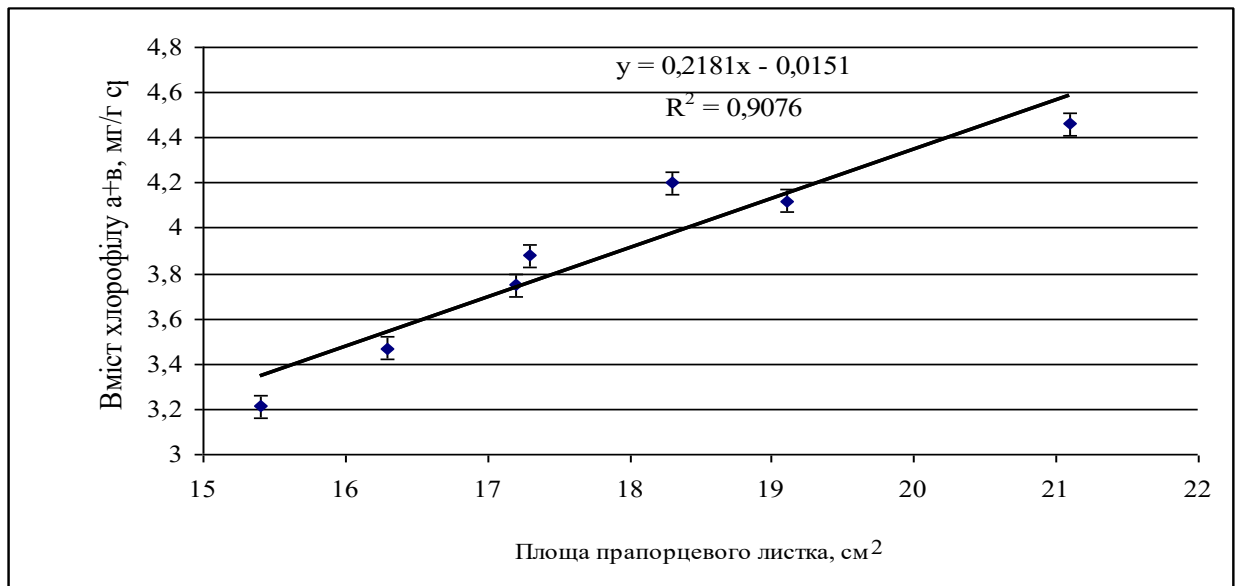


Рис. 4.3 Залежність площі прапорцевого листка від сумарного вмісту хлорофілу *a + b* в листках рослин пшениці м'якої озимої, 2022–2024 рр.

З'ясовано, що не залежно від морфотипу генотипи, які формують більшу прапорцеву листову пластинку і восковий наліт фотосинтезуючих органів, мають істотно вищий вміст хлорофілу, аніж рослини з меншою площею листка та без воскового забарвлення.

Аналіз результатів фотосинтетичної активності морфотипів та їх продуктивність, підтвердив залежність показників господарсько-цінних ознак рослин від сумарного вмісту хлорофілу *a* і *b* у листках пшениці м'якої озимої (табл. 4.2).

Гібридна еректоїдна форма 453-19 з помірним сизим нальотом на листках показала найвищу продуктивність. Масу зерна з колосу та рослини фіксували на рівні 2,76 г і 6,3 г, відповідно. Зразок вирізнявся високою озерненістю колосу – 85,3 %. Найбільшою була і маса 1000 насінин ($52,5 \pm 0,2$).

Таблиця 4.2

Мінливість кількісних ознак короткостеблових зразків різних морфотипів пшениці м'якої озимої, 2022–2024 рр.

Морфотип рослин	Сорт, зразок	Фенотипова кількісна ознака										
		Висота рослин, см	Продуктивна куцистість, шт.	Довжина колосу, см	Кількість колосків у колосі, шт.	Кількість квіток в колосі, шт.	Кількість зерен в колосі, шт.	Озерненість колосу, %	Щільність колосу, шт/см	Маса зерна з колосу, г	Маса зерна з рослини, г	Маса 1000 зерен, г
Платофіли з помірним восковим нальотом	Фаворитка (St)	88±3	2,4±0,2	9,8±0,5	17,4±0,3	58,3±0,8	45,8±0,7	78,6±2,5	17,7±0,3	1,75±0,08	4,0±0,34	39,2±0,3
Платофіли з восковим нальотом	213-18	76±2	2,5±0,4	10,1±0,5	18,4±0,2	58,1±1,2	50,4±0,6	86,7±2,0	18,2±0,2	2,53±0,08	5,6±0,41	48,1±0,4
Платофіли без воскового нальоту	315-18	82±3	1,9±0,3	10,3±0,4	18,1±0,2	60,3±0,8	45,6±1,0	75,6±1,9	17,5±0,2	2,14±0,06	4,1±0,62	44,5±0,5
Платофіли з помірним восковим нальотом	441-19	84±2	2,3±0,4	12,5±0,2	20,1±0,3	64,3±0,56	51,9±0,5	80,7±2,1	16,1±0,3	2,65±0,04	5,8±0,43	50,2±0,3
Еректоїди з восковим нальотом	364-18	82±4	2,3±0,5	10,1±0,4	17,2±0,2	66,1±0,72	53,8±0,78	81,4±2,3	17,0±0,4	2,61±0,1	6,0±0,21	51,4±0,2
Еректоїди без воскового нальоту	404-18	89±2	2,1±0,4	9,3±0,3	16,8±0,5	59,5±0,82	50,1±0,55	84,2±2,3	18,1±0,2	2,12±0,05	4,1±0,60	38,5±0,3
Еректоїди з помірним восковим нальотом	453-19	87±2	2,4±0,3	10,5±0,4	19,2±0,2	64,7±0,51	55,2±0,47	85,3±2,2	18,2±0,3	2,76±0,09	6,3±0,35	52,5±0,2
<i>НІР</i> ₀₅	–	4	0,2	0,6	1,9	2,5	1,8	1,2	0,5	0,1	0,8	0,2

Високою продуктивністю характеризувався гібридний зразок 441-19 з помірним восковим нальотом фотосинтезуючих органів. За показниками структури врожаю він істотно перевищував сорт-стандарт і вихідні батьківські форми. Маса зерна з колосу була на рівні 2,65 г, а з рослини – 5,8 г., що на 4,7 і 23,8 % та 3,5 і 41,5 %, відповідно, перевищував материнський та батьківський компоненти.

Платофіли без воскового нальоту істотно поступались за продуктивністю рослинам з сизим забарвленням асимілюючих органів, а матеріали з еректоїдним розміщенням листкової пластинки мали найнищу продуктивність за дослідом, зокрема, середню куцистість – 2,1 шт. стебел на рослину, довжину колосу – 9,3 см., масу 1000 насінин – 38,5 г, масу зерна з колосу та рослини – 2,12 г і 4,1 г відповідно. Еректоїдний зразок 404-18 формував найдрібніше насіння, маса 1000 насінин якого поступалась стандарту на 9,8 %.

Загалом продуктивність культури безпосередньо залежить від інтенсивності фотосинтезуючих процесів у клітинах рослин. Підтверджено прямопропорційну залежність основних елементів структури врожаю, зокрема, маси зерна з рослини та колосу, від сумарного вмісту хлорофілу *a* і *b* у клітинах фотосинтезуючих органів різних морфотипів пшениці м'якої озимої (рис. 4.4). Доведено, що гібридні форми різних досліджуваних морфотипів (платофіли, еректоїди) мають вищу концентрацію пігменту в клітинах і демонструють вищу продуктивність рослин порівняно з вихідними батьківськими формами.

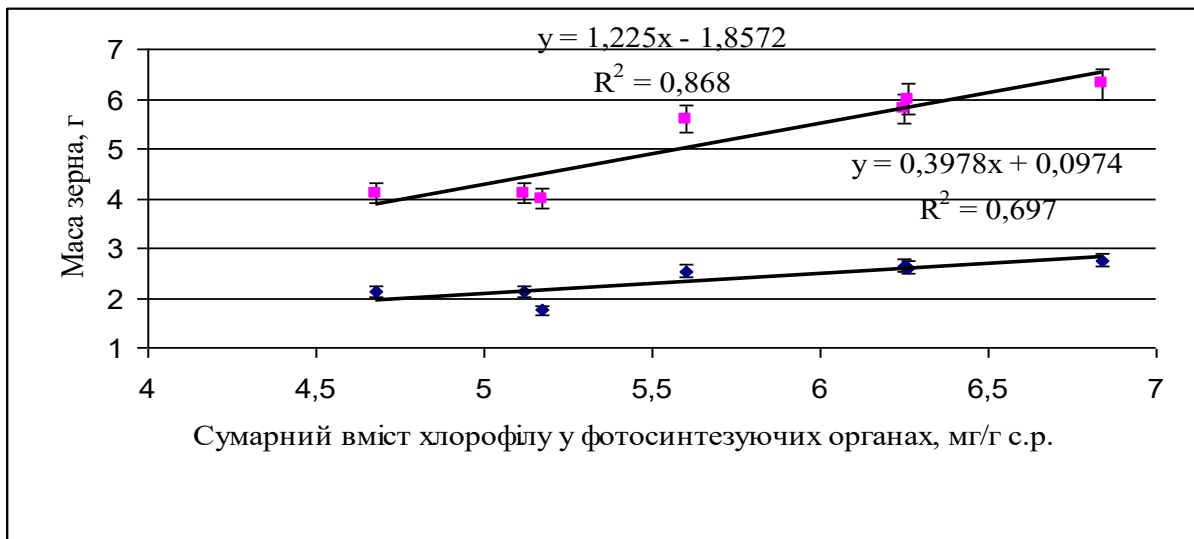


Рис. 4.4 Залежність маси зерна з рослини (1) та колосу (2) від сумарного вмісту хлорофілу *a* + *b* у клітинах фотосинтезуючих органів різних морфотипів пшениці м'якої озимої, 2022–2024 рр.

Отже, встановлено, що гібриди пшениці м'якої озимої (зразки 441-19,

453-19), отримані гібридизацією батьківських форм з альтернативними ознаками за генами контролю восковий наліт фотосинтезуючих органів, фенотипово вирізняються в популяції рослин темно-зеленим кольором з ледь помітним восковим забарвленням і незалежно від морфотипу (платофіли чи еректоїди) мають істотно, на 6,2–28,5 %, вищий вміст хлорофілу *a* і *b* порівняно з гомозиготними вихідними зразками. З'ясовано, що еректоїдна форма (зразок 453-19) вирізняються вищою концентрацією пігменту в клітинах рослин, аніж платофіли. Підтверджено прямопропорційну залежність між площею прапорцевого листка пшениці м'якої озимої та сумарним вмістом в його клітинах хлорофілу *a* + *b*. Підтверджено прямопропорційну залежність сумарного вмісту хлорофілу *a* і *b* у листках апробованих зразків пшениці м'якої озимої та показників цінних господарських ознак, зокрема, маси зерна з колосу та рослини.

4.2 Аналіз фотосинтезуючої активності створених зразків пшениці спельта

Рослини пшениці спельта, як і пшениці м'якої, характеризуються листовим типом фотосинтезу. Проте участь різних асиміляційних органів у загальній фотосинтетичній активності рослини відрізняються, оскільки види різні за архітектонікою.

Пшениця спельта – гексаплоїдний високостебловий вид, що формує довгий (до 20 см) нещільний колос з ускладненим обмолотом зерна. Груба тверда колоскова луска щільно огортає насінину і здатна фотосинтезувати, забезпечуючи організм поживними речовинами. Насіння спельти може містити до 25 % білка тому вид може слугувати джерелом генів високої якості зерна для пшениці м'якої озимої.

Метою досліджень був аналіз фотосинтетичної активності окремих асиміляційних органів зразків пшениці спельти і гібридів отриманих за міжвидової гібридизації *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L..

За гібридизації цих двох видів формується широкий спектр морфотипів, від зразків подібних вихідним формам до нових рекомбінантних генотипів,

що різняться за однією або декількома ознаками. За індивідуального добору для аналізу було відібрано високопродуктивні зразки за морфотипом пшениці спельта та пшениці м'якої озимої з типовими маркерними ознаками.

Вихідна материнська форма пшениці спельта Зоря України за площею листової поверхні істотно 9,3–12,4 % поступалась пшениці м'якій (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Вміст хлорофілу в органах рослин гібридних форм отриманих за схрещування *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L. у фазу молочної стиглості зерна, 2022–2024 рр.

Морфотип рослин	Селекційна форма	Сорт, зразок	Площа прапорцевого листка, см ²	Листки			Колос			Стебло		
				вміст хлорофілу, мг/г с. р.								
				<i>a</i>	<i>в</i>	<i>a+v</i>	<i>a</i>	<i>в</i>	<i>a+v</i>	<i>a</i>	<i>в</i>	<i>a+v</i>
Пшениця м'яка озима (платофіли з помірним восковим нальотом)	(St)	Фаворитка	17,2	2,38	1,37	3,75	0,45	0,20	0,65	0,50	0,27	0,77
Пшениця спельта (платофіли без воскового нальоту)	♀	Зоря України	15,6	2,47	1,40	3,87	0,62	0,35	0,97	0,63	0,33	0,96
Пшениця м'яка (платофіли з восковим нальотом)	♂	540-19	17,8	2,49	1,44	3,93	0,48	0,24	0,72	0,52	0,32	0,84
Пшениця м'яка (платофіли з помірним восковим нальотом)	F ₁	524-20	19,4	2,62	1,67	4,29	0,57	0,30	0,87	0,68	0,42	1,10
Пшениця спельта (платофіли з ледь помітним восковим нальотом)	F ₁	557-20	18,8	2,69	1,70	4,39	0,71	0,42	1,13	0,77	0,53	1,30
Спельтоїдна форма, (платофіли без воскового нальоту)	F ₁	577-21	17,3	2,52	1,40	3,92	0,64	0,38	1,02	0,61	0,39	1,00
HIP ₀₅			1,1	–	–	0,2	–	–	0,1	–	–	0,1

Проте вміст хлорофілу $a+v$ в листках не істотно різнився, а в колосі та стеблі істотно перевищував контрольний варіант на 49,2 і 25,9 %, відповідно, та вихідну батьківську форму на 34,7 і 15,5 %. Вищий вміст хлорофілу в колосі та стеблі пшениці спельта пояснюється архітектонікою рослини. Високе потовщене стебло з широкими міжвузлями та довге суцвіття гарно освітлюється, що сприяє процесу фотосинтезу.

Отримані за гібридизації зразки істотно перевищували сорт-стандарт за вмістом хлорофілу $a+v$ у фотосинтезуючих органах. Гібридний зразок 524-4 за морфотипом пшениці м'якої з помірним восковим нальотом асимілюючих органів перевищував покази вихідних батьківських форм за концентрацією хлорофілу в листках, проте показники його вмісту в колосі та стеблі були на рівні вихідних форм.

Гібридний зразок 557-20 типу пшениця спельта мав найвищий вміст хлорофілу у фотосинтезуючих органах порівняно з вихідними батьківськими на іншими відібраними гібридними формами. Його концентрація в листках була на рівні 4,39 мг/г с. р., у колосі – 1,13, в стеблі – 1,30 мг/г с. р..

Створена спельтоїдна форма 577-21 без воскового нальоту істотно перевищувала вміст хлорофілу в клітинах колосу лише вихідної батьківської форми.

Підтверджено, що не залежно від морфотипу отриманого за гібридизації *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L. зразки, які формують більшу листкову пластинку і восковий наліт фотосинтезуючих органів, мають вищий сумарний вміст хлорофілу $a+v$, аніж рослини з меншою площею листка та без воскового нальоту (рис. 4.5).

Доведено, що вміст хлорофілу в колосі рослин пшениці спельта озимої (0,97 мг/г с. р.) та спельтоїдних гібридів (1,02–1,13 мг/г с. р.), отриманих за її участі, істотно вищий аніж у суцвітті рослин пшениці м'якої озимої (0,72 мг/г с. р.). Це можна пояснити формуванням грубої щільної колоскової луски зерна, клітини якої фотосинтезують та накопичують хлорофіл. Вища

концентрація пігменту і в клітинах стебла спельти (0,97 мг/г с. р.) та спельтоїдних гібридів (1,30 мг/г с. р.), що пояснюється високим стеблостомом культури, яке забезпечується інтенсивною сонячною інсоляцією.

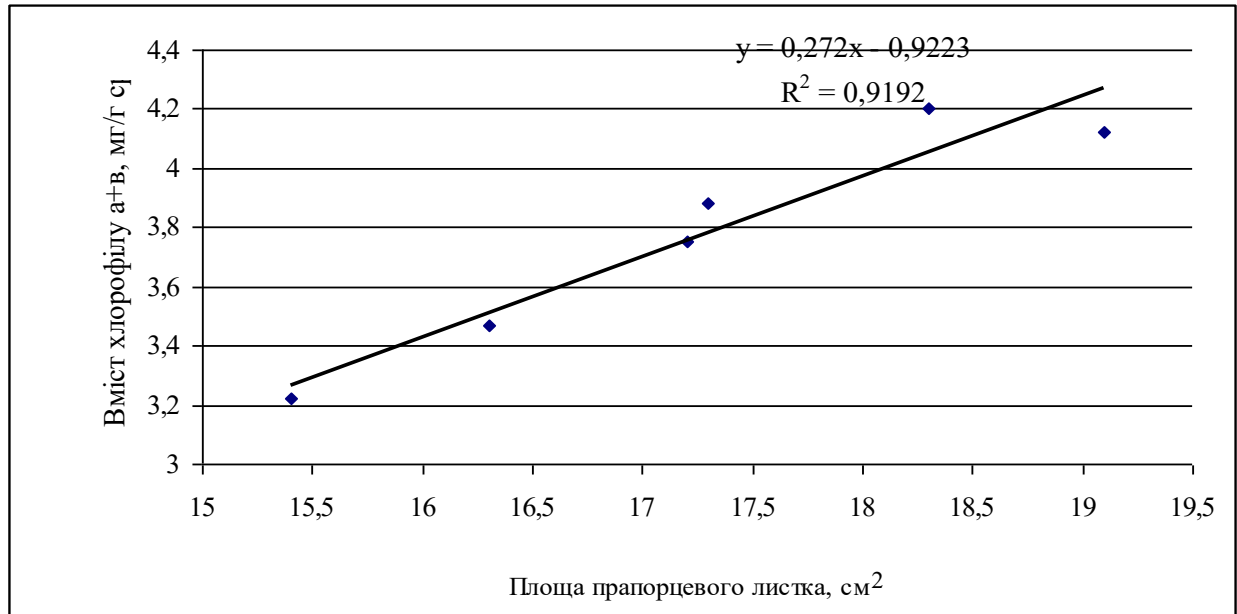


Рис. 4.5 Залежність площі прапорцевого листка від сумарного вмісту хлорофілу *a + b* в листках рослин зразків пшениці спельта озимої, 2022–2024 рр.

Аналізуючи морфологічні кількісні показники створеного за гібридизації *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L. матеріалу різних морфотипів, спостерігаємо цікаву тенденцію, щодо продуктивності вихідної материнської форми спельти – сорту Зоря України (табл. 4.4).

За показниками структури врожаю, зокрема, масою зерна з колосу (1,38 г) та рослини (3,5 г), озерненістю колосу (72,0 %), спельта поступається вихідній батьківській формі пшениці м'якої зразку 540-19 на 82,6 %, 62,8 і 20,6 %, відповідно, проте сумарна концентрація хлорофілу в клітинах асимілюючих органів пшениці спельта на 5,3 % вища. Це можна пояснити тим, що пігмент також впливає і на якість зерна, що у спельти балансує за вмістом білка – до 24 %, а клейковини – до 48 %.

Таблиця 4.4

Мінливість кількісних ознак різних морфотипів зразків, створених за гібридизації *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L., 2022–2024 рр.

Морфотип рослин	Сорт, зразок	Фенотипова кількісна ознака										
		Висота рослин, см	Продуктивна куцистість, шт.	Довжина колосу, см	Кількість колосків у колосі, шт.	Кількість квіток в колосі, шт.	Кількість зерен в колосі, шт.	Озерненість колосу, %	Щільність колосу, шт/10 см	Маса зерна з колосу, г	Маса зерна з рослини, г	Маса 1000 зерен, г
Пшениця м'яка озима (платофіли з помірним восковим нальотом)	Фаворитка, St	88±3	2,4±0,2	9,8±0,5	17,4±0,3	58,3±0,8	45,8±0,7	78,6±2,5	17,7±0,3	1,75±0,08	4,0±0,34	39,2±0,3
Пшениця спельта (платофіли без воскового нальоту)	Зоря України ♀	126±2	2,5±0,4	15,8±0,5	22,4±0,2	56,1±1,2	40,4±0,6	72,0±2,0	14,2±0,2	1,38±0,08	3,5±0,41	45,1±0,4
Пшениця м'яка (платофіли з восковим нальотом)	540-19 ♂	70±2	2,3±0,5	10,1±0,4	17,2±0,2	59,1±1,3	51,4±0,7	86,9±2,0	17,0±0,5	2,52±0,03	5,7±0,51	49,1±0,6
Пшениця м'яка (платофіли з помірним восковим нальотом)	524-20 F ₁	90±2	2,3±0,4	11,4±0,2	20,1±0,3	62,3±0,56	50,9±0,5	81,7±2,1	17,6±0,3	2,55±0,04	5,8±0,43	52,2±0,3
Пшениця спельта (платофіли з ледь помітним восковим нальотом)	557-20 F ₁	110±4	2,3±0,5	15,8±0,4	24,2±0,2	68,1±0,72	48,8±0,78	71,7±1,3	15,2±0,5	2,62±0,12	6,0±0,22	55,4±0,2
Спельтоїдна форма, (платофіли без воскового нальоту)	577-21 F ₁	102±2	2,3±0,4	14,5±0,3	22,8±0,5	62,5±0,82	44,1±0,55	70,6±2,3	15,7±0,2	2,27±0,05	5,2±0,60	51,4±0,3
<i>НІР</i> ₀₅	–	4	0,8	0,6	1,9	2,5	1,8	2,2	0,4	0,2	0,8	0,2

Найвищою продуктивністю характеризувався відібраний гібридний зразок пшениці спельта з незначним восковим нальотом фотосинтезуючих органів 557-20. Він істотно вирізнявся за продуктивністю колосу (2,62 г) та рослини (6,0 г), масою 1000 насінин (55,4 г), довжиною колосу (15,8 см) серед отриманих нащадків.

Гібридний зразок 524-20 з морфотипом пшениці м'якої та помірним восковим нальотом органів істотно поступався за масою 1000 насінини на 9,4 % та довжиною колосу на 7,2 % від рослин кращого варіанту, проте перевищував їх за озерненістю колосу на 10 %.

Гібридні форми без воскового нальоту асимілюючих органів за продуктивністю поступались платофілам з сизим забарвленням. Спельтоїдна форма 577-21 за проаналізованими показниками мала найнижчу продуктивність, проте істотно перевищувала сорт-стандарт.

Проаналізувавши інтенсивність фотосинтезуючих процесів у клітинах рослин і продуктивність нащадків, отриманих за міжвидових гібридизації пшениці спельта та пшениці м'якої озимої встановлено прямопропорційну залежність основних показників структури врожаю, зокрема, маси зерна з рослини та колосу, від сумарного вмісту хлорофілу $a + b$ у клітинах фотосинтезуючих органів різних морфотипів (рис. 4.6). Доведено, що гібридні матеріали мають вищу концентрацію хлорофілу в клітинах, а відповідно, і продуктивність рослин порівняно з вихідними компонентами схрещування.

Отже, аналізуючи фотосинтетичну активність рослин пшениці спельта озимої та гібридів, отриманих за її міжвидової гібридизації *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L. , можна стверджувати, що у пшениці спельта листовий тип фотосинтезу адже частка участі листкової пластинки в загальній фотосинтезуючій активності сягає 66,5 %. Проте необхідно зауважити на високий відсоток участі колосу 16,7 % та стебла 16,5 % в загальному фотосинтетичному ефекті, що істотно вище аніж у пшениці м'якої озимої – 13,1 % і 15,3 %, відповідно.

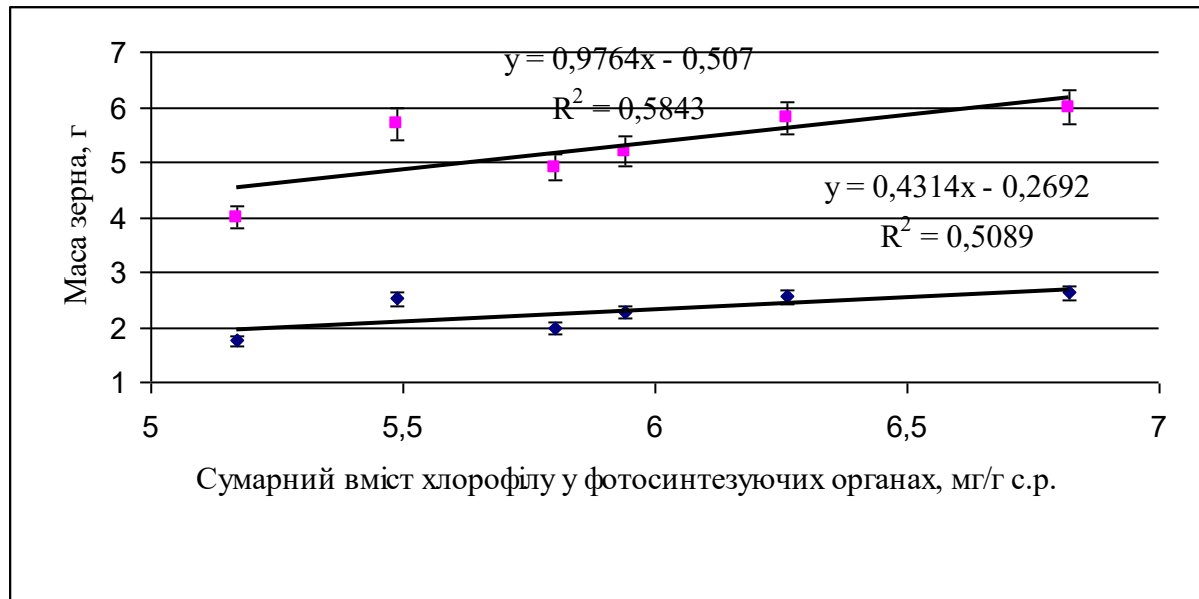


Рис. 4.6 Залежність маси зерна з рослини (1) та колосу (2) від сумарного вмісту хлорофілу $a + b$ у клітинах фотосинтезуючих органів різних морфотипів пшениці спельта, 2022–2024 рр.

Гібридні зразки отримані за схрещування *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L. вирізнялись слабким восковим забарвленням фотосинтезуючих органів або відсутністю сизуватого кольору на стеблі та листках. Вони мають вищу концентрацію сумарного вмісту хлорофілу $a + b$ у клітинах всіх фотосинтезуючих органів рослини, що можна пояснити гетерозисним ефектом за взаємодії алельних і неалельних генів генотипу.

Встановлено прямопропорційну залежність основних показників структури врожаю, зокрема, маси зерна з рослини та колосу, від сумарного вмісту хлорофілу $a + b$ у клітинах фотосинтезуючих органів нащадків різних морфотипів. Доведено, що гібридні матеріали мають вищу концентрацію хлорофілу в клітинах, а відповідно, і продуктивність рослин порівняно з вихідними батьківськими компонентами схрещування.

Доведено, що пшениця спельта має 5,3 % вищий вміст пігменту в клітинах асимілюючих органах, аніж пшениця м'яка озима, хоча

продуктивність колосу і рослини має нижчу. Очевидно, що вмісту хлорофілу впливає і на якість зерна культури.

З'ясовано, що вміст хлорофілу в колосі рослин пшениці спельта озимої (0,97 мг/г с. р.) та спельтоїдних гібридів (1,02–1,13 мг/г с. р.), отриманих за її участі, істотно вищий ніж у суцвітті рослин пшениці м'якої озимої (0,72 мг/г с. р.). Це можна пояснити формуванням довгого колосу та грубої щільної колоскової луски зерна, клітини якої фотосинтезують та накопичують пігмент. Вища концентрація хлорофілу в клітинах стебла спельти (0,97 мг/г с. р.) і спельтоїдних гібридів (1,30 мг/г с. р.) пояснюється високим стеблостоем культури, яке забезпечується інтенсивною сонячною інсоляцією.

4.3 Фотосинтетична активність створених зразків тритикале

Рослини тритикале, як і пшениці, належать до видів із листовим типом фотосинтезу. Однак внесок окремих асиміляційних органів у загальний рівень фотосинтетичної активності виявляє генотипову варіабельність, що зумовлено відмінностями у морфогенетичній архітектоніці рослин. Ці відмінності мають генетично детермінований характер і визначають специфіку реалізації фотосинтетичного потенціалу виду [12].

Фотосинтетична активність вегетативних органів тритикале істотно вища ніж у пшениці. Встановлено, що в пшениці найвищу фотосинтетичну активність має прапорцевий листок, натомість у тритикале фотосинтез всіх листків майже однаковий. Частка стебла у загальному фотосинтезі тритикале становить 20 %, а в пшениці 14,9 % [12].

Участь колосу в фотосинтезі рослин тритикале складає 15,4 %, натомість у пшениці 12 %. Це пояснюється формуванням у тритикале довгого щільного суцвіття.

Метою досліджень був аналіз фотосинтетичної активності окремих зразків тритикале, отриманих за внутрішньовидової і міжвидової

гібридизації.

Стандартом слугував сорт тритикале Стратег, створений за міжвидової гібридизації гексаплоїдного тритикале і пшениці спельта. Аналізували отриманий за внутрішньовидової гібридизації та добору зразок 104-19, що вирізнявся інтенсивним восковим нальотом фотосинтезуючих органів і створений за міжвидової гібридизації гексаплоїдного тритикале і пшениці спельта зразок 208-18, що мав помірний восковий наліт вегетативних органів та колос з темним забарвленням остюків.

Зразок 104-19 істотно перевищував сорт-стандарт за рівнем вмісту фотосинтетичних пігментів (хлорофілу $a+b$) у асимілюючих органах, зокрема, листках і колосі (табл. 4.5).

Гібридна форма, що вирізнялась платофільною листковою пластинкою з інтенсивним восковим нальотом асимілюючих органів, демонструвала гетерозисний ефект за вмістом хлорофілу в листках і суцвітті, перевищуючи сорт-стандарт Стратег на 3,2 і 6,1 %, відповідно. Водночас рівень вмісту пігментів у стеблі залишався на рівні контролю.

Зразок 208-18 отриманий за міжвидової гібридизації, характеризувався максимальними показниками фотосинтетичної активності, зокрема підвищеною концентрацією хлорофілу у всіх асиміляційних органах порівняно з іншими апробованими формами. Вміст хлорофілу в листках становив 5,82 мг/г с. р., у колосі – 2,23 мг/г с. р., а в стеблі – 1,38 мг/г сухої речовини, що свідчить про високу фотосинтетичну ефективність генотипу та його потенційну цінність як селекційного матеріалу.

Порівнюючи фотосинтетичну активність тритикале і пшениці, фіксували істотно вищий вміст хлорофілу $a+b$ у фотосинтезуючих органах тритикале, особливо у листках на 41,8 і 37,4 % більше до контрольного варіанту.

**Вміст хлорофілу в органах рослин тритикале у фазу молочної стиглості
зерна, 2022–2024 рр.**

Морфотип рослин	Селекцій на форма	Сорт, зразок	Площа пра- порце- вого листка, см ²	Листки			Колос			Стебло		
				вміст хлорофілу, мг/г с. р.								
				<i>a</i>	<i>в</i>	<i>a+v</i>	<i>a</i>	<i>в</i>	<i>a+v</i>	<i>a</i>	<i>в</i>	<i>a+v</i>
Пшениця м'яка озима (платофіли з помірним восковим нальотом)	зразок	Фаворит ка	17,2	2,38	1,37	3,75	0,45	0,20	0,65	0,50	0,27	0,77
Пшениця спельта (платофіли без воскового нальоту)	зразок	Зоря України	15,6	2,47	1,40	3,87	0,62	0,35	0,97	0,63	0,33	0,96
Тритикале (платофіли з помірним восковим нальотом)	(St)	Стратег	20,1	3,56	1,76	5,32	1,50	0,45	1,95	0,81	0,39	1,20
Тритикале (платофіли з інтенсивним восковим нальотом)	Зразок *	104-19	21,4	3,74	1,75	5,49	1,57	0,50	2,07	0,85	0,40	1,25
Тритикале (платофіли з помірним восковим нальотом з темним збарвленням остюків колосу)	Зразок**	208-18	22,8	3,89	1,93	5,82	1,72	0,51	2,23	0,91	0,47	1,38
<i>HIP</i> ₀₅			1,2	–	–	0,1	–	–	0,1	–	–	0,1

Примітка. *Зразок отриманий за внутрішньовидової гібридизації (♀ зразок 461-18 × ♂ Наварра). **Зразок отриманий за міжвидової гібридизації (♀ зразок 382-17 × ♂ пшениця спельта Європа).

Підтверджено, що незалежно від морфотипу, зразки з генетично зумовленою тенденцією до формування більшої листкової пластинки та

вираженим восковим нальотом на фотосинтезуючих органах характеризуються вищим сумарним вмістом хлорофілу a+b, натомість рослини з меншою площею листкової поверхні та помірною інтенсивністю епікутикулярного воскового шару мали знижені показники концентрації хлорофілу (табл. 4.6). Це свідчить про пряму кореляційну залежність між морфогенетичними особливостями асиміляційного апарату та рівнем фотосинтетичної активності.

Таблиця 4.6

**Мінливість кількісних ознак різних морфотипів тритикале,
2022–2024 рр.**

Морфотип рослин	Сорт, зразок	Фенотипова кількісна ознака										
		Висота рослин, см	Продуктивна кущистість, шт.	Довжина колосу, см	Кількість колосків у колосі, шт.	Кількість квіток в колосі, шт.	Кількість зерен в колосі, шт.	Озерненість колосу, %	Щільність колосу, шт/ 10 см	Маса зерна з колосу, г	Маса зерна з рослини, г	Маса 1000 зерен, г
Тритикале (платофіли з помірним восковим нальотом)	Стратег	105± 3	2,8± 0,2	12,8± 0,5	20,4± 0,3	59,3± 0,8	46,8± 0,7	78,9± 2,5	16,7±0 ,3	2,25± 0,08	5,3± 0,4	48,2± 0,6
Тритикале (платофіли з інтенсивним восковим нальотом)	104-19	108± 2	2,8± 0,4	14,4± 0,4	22,4 ±0,3	66,1± 1,2	52,4± 0,5	79,2± 2,2	17,6± 0,2	2,63± 0,08	6,2± 0,3	50,2± 0,4
Тритикале (платофіли з помірним восковим нальотом з темним забарвленням остюків колосу)	208-18	100± 2	3,3± 0,4	15,7± 0,4	30,2 ±0,4	76,1± 1,3	64,4± 0,7	84,6± 2,0	19,8± 0,5	3,32± 0,03	8,7± 0,51	53,4± 0,5
<i>НІР</i> ₀₅	–	5	0,3	0,5	1,5	2,3	1,5	2,0	0,4	0,2	0,5	0,5

Найвищий рівень продуктивності за показниками структури врожаю відмічено у відібраного гібридного генотипу тритикале з помірним проявом воскового нальоту на фотосинтезуючих органах і темним забарвленням

остюків колосу – зразка 208-18. Він істотно перевищував інші зразки за показниками продуктивності колосу (3,32 г), індивідуальної продуктивності рослини (8,7 г), маси 1000 зерен (53,4 г) і довжини колосу (15,7 см), що свідчить про успадкування комплексу алелів, спрямованих на підвищення зернової продуктивності культури.

Також встановлено прямопропорційну генетично детерміновану залежність між основними показниками врожайності, зокрема, масою зерна з рослини та колосу і сумарним вмістом хлорофілу $a + b$ у клітинах фотосинтезуючих органів апробованих морфотипів (рис. 4.7).

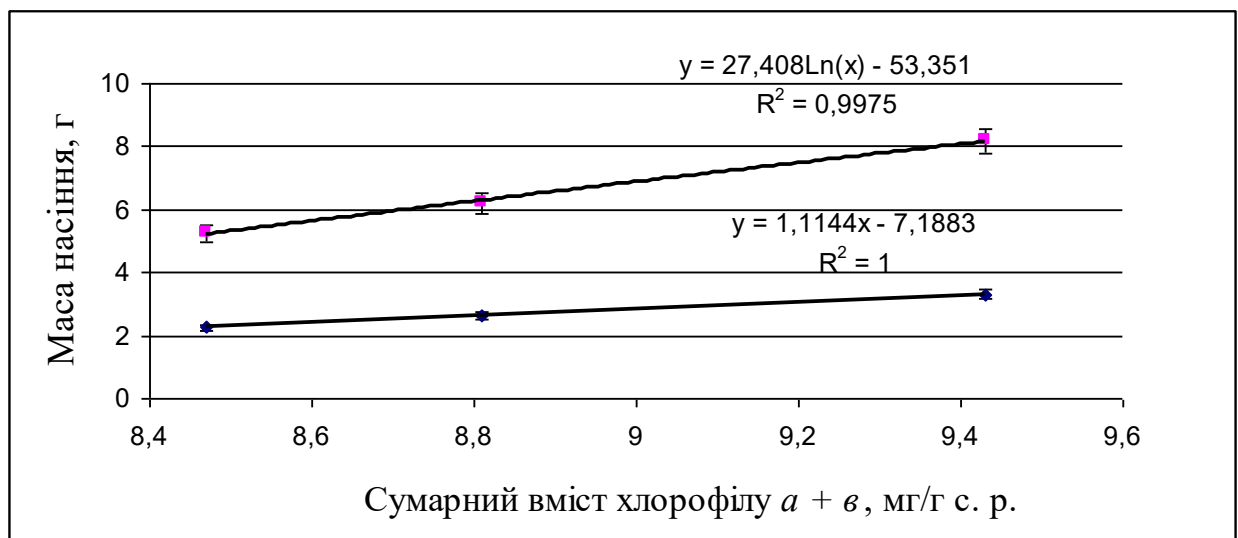


Рис. 4.7 Залежність маси зерна з рослини (1) та колосу (2) від сумарного вмісту хлорофілу $a + b$ у клітинах фотосинтезуючих органів різних морфотипів тритикале, 2022–2024 рр.

Доведено, що гібридні матеріали характеризуються підвищеною концентрацією фотосинтетичних пігментів, що може бути наслідком комбінаційної мінливості та рекомбінації генів, пов'язаних із інтенсивністю фотосинтезу, що, у свою чергу, зумовлює підвищений рівень продуктивності генотипу порівняно з вихідними батьківськими формами.

Висновки за розділом 4

1. Зміна архітекtonіки рослин є одним із способів формування нових біотипів та створення генетичних джерел для отримання вихідного матеріалу пшениці м'якої, пшениці спельта й тритикале озимих.
2. Підтверджено, що створення нових морфотипів рослин можливе за використання внутрішньовидової та міжвидової гібридизації, що дає змогу створити та відібрати високопродуктивні матеріали з визначеними маркерними ознаками.
3. Встановлено, що гібриди пшениці м'якої озимої (зразки 441-19, 453-19), отримані за схрещування батьківських форм з альтернативними ознаками за генами контролю восковий наліт фотосинтезуючих органів, фенотипово вирізняються в популяції рослин темно-зеленим кольором з ледь помітним восковим забарвленням і незалежно від морфотипу мають істотно, на 6,2–28,5 %, вищий вміст хлорофілу *a* і *b* порівняно з гомозиготними вихідними зразками. З'ясовано, що еректоїдні форми вирізняються вищою концентрацією пігменту в клітинах рослин, аніж платофіли.
4. Формування помірного воскового нальоту листків тритикале озимого вказує на гібридність покоління генотипу. Підтверджено, що вищий сумарний вміст хлорофілу позитивно впливає на продуктивність культури.
5. Підтверджено прямопропорційну залежність сумарного вмісту хлорофілу *a* і *b* у клітинах фотосинтезуючих органів пшениці м'якої, пшениці спельта і тритикале озимих і показників цінних господарських ознак, зокрема, маси зерна з колосу та рослини.
6. Доведено, що пшениця спельта характеризується листковим типом фотосинтезу. Частка участі листкової пластинки в загальній фотосинтезуючій активності сягає 66,5 %. Проте визначено високий відсоток участі колосу 16,7 % та стебла 16,5 % в загальному

фотосинтетичному ефекті, що істотно вище на 13,1 і 15,3 %, відповідно, показників пшениці м'якої озимої.

7. Встановлено, що пшениця спельта має 5,3 % вищий вміст пігменту в клітинах асимілюючих органах, ніж пшениця м'яка озима, хоча продуктивність колосу і рослини має нижчу. Очевидно, що вміст хлорофілу впливає і на якість зерна культури.
8. З'ясовано, що сумарний вміст хлорофілу у фотосинтезуючих органах істотно вищий у гібридного матеріалу тритикале ніж пшениці м'якої і спельти, на 38,4 і 37,8 %, відповідно. Цим пояснюється висока врожайність культури.
9. Створено колекцію зразків пшениці м'якої, пшениці спельта та тритикале озимих зі зміненою архітектонікою рослин, що доцільно використовувати в селекційному процесі донорами генів ознак короткостебловість, еректоїдна орієнтація листової пластинки, висока куцистість рослин, довжина колосу. Показано можливість перенесення рецесивних маркерних ознак еректоїдного розміщенням листової пластинки, безвосковий наліт фотосинтезуючих органів нащадкам за використання низки беккросних схрещувань та індивідуальних доборів високопродуктивних генотипів.

За матеріалами розділу опубліковано три наукові праці [14–16].

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 4

1. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ: «Нічлава», 2003. 316 с.
2. Заболотний О. І., Заболотна А. В. Вміст хлорофілу у листках пшениці ярої при застосуванні гербіциду Лінтур 70 WG і регулятора росту рослин Емістим С. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*, 2013. Вип. 17(1). С. 414–418.

3. Кірізій Д. А., Починок В. М. Фотосинтез і накопичення азоту в рослин озимої пшениці різних сортів. Физиология и биохимия культурных растений. 2008. Т. 40, № 4. С. 338–345.
4. 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.
5. Моргун В. В., Стасик О. О., Кірізій Д. А., Прядкіна Г. О. Зв'язок реакції фотосинтетичних показників і зернової продуктивності на ґрунтову посуху в контрастних за стійкістю сортів озимої пшениці. Физиология растений и генетика. 2016. Т. 48, № 5. С. 371–381. doi: 10.15407/frg2016.05.371
6. Орлюк А. П., Базалий В. В. Принципи трансгресивної селекції пшениці : монографія. Херсон: вид-во «Наддніпряньська правда», 1998. 274 с.
7. Орлюк А. П., Гончар О. М., Усик Л. О. Генетичні маркери пшениці. Київ: Алефа, 2006. 144 с.
8. Парій Ф. М., Рябовол Я. С., Рябовол Л. О. Спосіб контролю гібридності рослин жита озимого за використання гена w/w «восковий наліт». *Інноваційні розробки Уманського НУС*. Умань, 2014. С. 24.
9. Прядкіна Г. О., Маслюківська О. В., Стасик О. О., Оксьом В. П. Зв'язок вмісту хлорофілу в листках і хлорофільного індексу посівів озимої пшениці в період наливання зерна з урожайністю. *Фізіологія рослин і генетика*, 2015. Т. 47. № 2. С. 167–174.
10. Рожков А. О., Пузік В. К. Динаміка формування пігментних речовин у листках рослин пшениці твердої ярої за дії різних варіантів ценотичної напруги між рослинами в посівах. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*, 2013. № 3. С. 7–12.
11. Рябовол Я. С. Селекційне моделювання сортозразків, як спосіб підвищення продуктивності зернових культур. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції «Актуальні питання

- агротехнологій». Умань (28 березня), 2019. Уманський НУС: Редакційно-видавничий відділ, 2019. С. 21–23.
12. Рябовол Я. С. Теоретичне обґрунтування систем гібридизації і створення вихідного матеріалу в селекції зернових культур.: дис... д-ра с.-г. наук. 06.01.05 – селекція і насінництво. Умань, 2020. 540 с.
 13. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О. Вплив морфотипу на інтенсивність фотосинтезу створених зразків жита озимого. Вісник Уманського НУС. Умань, 2020. Вип. № 1. С. 59–63.
 14. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., Федоренко С. В. Особливості фотосинтезу різних за морфотипами створених зразків пшениці м'якої озимої. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. РВВ Уманського НУС, 2024. Вип. 104. Ч. 1. : Сільськогосподарські науки. С. 231–237. DOI:10.32782/2415-8240-2024-105-1-231-237
 15. Рябовол Л. О., Рябовол Я. С., Федоренко С. В., Фесько М. В. Фотосинтетична активність зразків різних морфотипів пшениці м'якої озимої. Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції «Аграрна освіта і наука: досягнення та перспективи розвитку» присвяченої видатним вченим Васильківському С. П. і Молоцькому М. Я. (27 березня 2025 року), Білоцерківський НАУ. Біла Церква, 2025. С.
 16. Рябовол Л. О., Рябовол Я. С., М. В. Фесько, Федоренко С. В. Ідентифікація гібридності рослин пшениці м'якої озимої за використання генетичних маркерів. Матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі» Умань, 2023. С.
 17. Рябчун Н. І. Фотосинтез та врожайність зернових культур. Пропозиція. 2013 Режим доступу: <https://propozitsiya.com/ua/fotosintez-ta-vrozhaynist-zernovih-kultur>
 18. Свідерко М. С., Шувар А. М., Ткаченко Л. Ю., Тимчишин О. Ф., Беген Л. Л., Тимків М. Ю. Фотосинтетична продуктивність рослин озимої

пшениці залежно від строків сівби й умов живлення. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2015. Вип. 58 (II). С. 90–97.

19. Стасик О. О., Кірізій Д. А., Прядкіна Г. О. Фотосинтез і продуктивність: основні наукові досягнення та інноваційні розробки. *Фізіологія рослин і генетика* 2021, том 53, № 2, 160–184. doi: <https://doi.org/10.15407/frg2021.02.160>
20. Стороженко В. О. Ключові антиоксидантні ферменти фотосинтетичного апарату вищих рослин за дії стресових чинників. *Фізіологія та біохімія культ. рослин*. 2004. Т. 36. № 1. С. 36–42.
21. Чекалін М. М., Тищенко В. М., Баташова М. Є. Селекція та генетика окремих культур: навчальний посібник. Полтава: ФОП Говоров С. В., 2008. С. 69.
22. Vojovici B., Stojanovic J. Chlorophyll content in wheat cultivars as a function of mineral nutrition. *Arch. Biol. Sci.*, 2005. 57 (4). P. 283–290. 9с.
23. Bavec F., Bavec M. Chlorophyll meter readings of winter wheat cultivars and grain yield prediction. *Commun in soil science and plant analysis*, 2001. 32. P. 2709–2719.
24. Ehdaie B., Alloush G. A., Waines J. G. Genotypic variation in linear rate of grain growth and contribution of stem reserves to grain yield in wheat. *Field Crops Res.* 2008. 106, № 1. pp. 34–43. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.10.012>
25. Furbank R. T., Sharwood R., Estavillo G. M., Silva-Perez V., Condon A. G. Photons to food: genetic improvement of cereal crop photosynthesis. *J. Exp. Bot.* 2020. 71. № 7. pp. 2226–2238. <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa077>
26. Udding J., Gelang-Alfredson J., Pikki K., Pieijel H. Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings. *Photosynthesis research*, 2007. 91. P. 37–46.
27. Slattery R. A., Ort D. R. Photosynthetic Energy Conversion Efficiency: Setting a Baseline for Gauging Future Improvements in Important Food and

Biofuel Crops. *Plant Physiol.*, 2015. 168. pp. 383–392. <https://doi.org/10.1104/pp.15.00066>

28. Zhu X. G. (2010). Improving photosynthetic efficiency for greater yield. *Annu. Rev. Plant. Biol.*, 2010. 61. pp. 235–261. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042809-112206>

РОЗДІЛ 5

УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК ПШЕНИЦІ СПЕЛЬТА ОЗИМОЇ
СТВОРЕНИХ ЗА МІЖВИДОВОЇ ГІБРИДИЗАЦІЇ*TRITICUM SPELTA L. × TRITICUM AESTIVUM L.*

В онтогенезі пшениці стебло є основним органом, що виконує низку біологічних і господарських функцій, зокрема визначає рівень продуктивності та формування якості зерна. Диференціація генотипів за висотою стеблостою відтворює ступінь їх генетичної дивергенції [5]. Морфологоанатомічні параметри стебла є важливими селекційними індикаторами, оскільки визначають стійкість рослин до вилягання та здатність ефективно реалізовувати генетично зумовлений продуктивний потенціал. Крім того, стебло функціонує як фотосинтезуючий та транспортний орган, забезпечуючи транслокацію асимілянтів. Селекція на короткостебловість є одним із найефективніших напрямів генетичного поліпшення продуктивності пшениці, оскільки дозволяє створити генотипи з підвищеним потенціалом урожайності [3, 4, 16].

Висота рослин пшениці є генетично детермінованою кількісною ознакою з високим рівнем успадкованості [6], проте її фенотиповий прояв істотно модифікується під впливом агроекологічних факторів. За класифікацією висорти стеблостою, генотипи пшениці поділяють на високостеблові (>110 см), середньостеблові (91–110 см), короткостеблові (81–90 см), напівкарликові (61–80 см) та карликові (30–60 см) [7, 8]. Морфоструктура і висота стебла визначають рівень стійкості до вилягання, що дає можливість розподілити генотипи на стійкі, середньостійкі та нестійкі. Для умов Правобережного Лісостепу оптимальними є сорти заввишки 85–100 см [5, 32].

Довжина соломини – полігенно контрольована ознака, що ускладнює її селекційну модифікацію. Встановлено, що більшість хромосом пшеничного

геному містять гени, які регулюють висоту рослин, причому найвагомійший внесок припадає на геном В [5, 14]. Локусами карликовості є хромосоми 1А, 2А, 4А, 2В, 4В, 3D, 4D і 6D, натомість у хромосомах 1D і 7D локалізовані гени короткостебловості.

У пшениці м'якої описано кілька генетичних систем короткостебловості. Ідентифіковано 10 генів, рецесивні або домінантні алелі яких зумовлюють редукцію висорти. До найвідоміших належить система Норін 10, що містить два частково рецесивні гени Rht1 і Rht2, локалізовані відповідно в хромосомі 4А та короткому плечі 4D [20]. Домінантний ген Rht3 сорту Том Пус розташований у тому ж локусі, що й Rht1 [19].

Селекційна практика засвідчує, що рецесивні алелі генів Rht1 і Rht2 використовуються найширше у програмах створення короткостеблових форм. Ген Rht1 забезпечує сильніший редукувальний ефект порівняно з Rht2, а носії рецесивних алелів Rht1 часто характеризуються вищою продуктивністю та більшою масою зернівки [5,14].

Найпоширенішим типом успадковування висорти стебла є домінування чи наддомінування високостебловості [26, 27], хоча в окремих гібридних комбінаціях проявляється домінування короткостебловості. Тип успадковування істотно залежить від генетичної структури батьківських форм, проте для більшості гібридів характерний проміжний (адитивно-домінантний) тип успадковування [5].

Гени, що контролюють висоту стебла, істотно впливають на морфоструктуру та фізіологічний стан рослин, що призводить до зміни за продуктивністю. Встановлено, що саме дія цих генів зумовила суттєві структурні зміни рослин, зростання збирального індексу та підвищення врожайності пшениці [26].

Агрокліматичні умови істотно впливають на фенотипову експресію висорти рослин [1]. Доведено, що ця ознака контролюється генами з адитивними та домінантними ефектами, експресивність яких визначається умовами вирощування. В умовах контрольованого зрошення зафіксовано

високу експресивність як адитивних, так і домінантних генів, натомість за стандартних умов – більший вплив в успадкуванні ознаки належить адитивним ефектам генів.

З'ясовано, що за зміни стеблостою змінюється і морфологія колосу. Він, зазвичай, подовжується за зниження висорти рослини і зменшується за домінування високого стеблостою.

Продуктивність колосу є однією з базових кількісних ознак, що формують рівень урожайності пшениці за оптимальної щільності стеблостою на одиницю площі. Морфометричні характеристики колосу, зокрема, його форма та розмір, відзначаються значною фенотиповою мінливістю, що робить їх інформативними маркерами для ідентифікації генотипів та оцінки їх продуктивності в селекційному процесі [2, 5].

Успадковування морфології колосу досліджувалося багатьма вченими. Вони встановили, що у пшениці м'якої довжина суцвіття контролюється системою полімерних генів L_1/l_1 , L_2/l_2 , L_3/l_3 , P_1/p_1 – P_5/p_5 [5]. Домінантні алелі цих генів зумовлюють подовження колосу та збільшення розмірів колосків, натомість рецесивні – спричиняють редукцію довжини суцвіття. Крім того, існує група генів-модифікаторів, які впливають на варіабельність морфометричних параметрів колосу.

Доведено, що довжина колосу визначається адитивною та адитивно-домінантною генетичними системами, експресія яких істотно модифікується під впливом факторів навколишнього природного середовища. Кількість зерен у колосі, зазвичай, контролюється переважно адитивною дією генів, однак для окремих гібридних комбінацій описано прояви домінування та комплементарного епістазу [5, 14, 15].

Моносомний аналіз дав можливість уточнити хромосомну локалізацію генів, що контролюють довжину та морфоструктуру колосу. Встановлено, що ці ознаки регулюються комплексом генів, розташованих у 7–10 хромосомах різних геномів [5, 13]. Провідну роль відіграють хромосоми *1A*, *1D*, *6D* та частково *5A*. Формування кількості колосків і зерен у колосі також

контролюється всіма хромосомами, при цьому окремі хромосоми збільшують цей показник, натомість інші його знижують. Вираженість їх дії відрізняється у різних сортів, що свідчить про специфіку структурно-функціональної активності хромосом у різних генотипів.

Отже, морфометричні параметри колосу та його продуктивність є генетично детермінованими ознаками, контроль яких здійснюється численними генами, що належать до різних груп зчеплення. Сукупна дія та взаємодія цих генів формує широкий спектр типів успадковування продуктивних ознак від гетерозисних ефектів і домінування (крупно- та дрібноколосих форм) до проміжного успадковування та депресії [5, 18].

Щільність колосу визначається за кількістю колосків, розміщених на 10 см довжини стрижня. Визначено наступну градацію колосу пшениці за щільністю: не щільним колос – 16 штук колосків на 10 см стрижня, середньощільний – 17–22 шт., щільний – 23–28 шт., надщільний – понад 28 шт. [5].

Щільність колосу можна визначати і за довжиною члеників стрижня (довжину стрижня колосу ділять на кількість члеників). Нещільний колос – довжина членика 5–6 мм, середньощільний – 3,8–5,0 мм, щільний – 3,3–3,8 мм, надщільний – менша 3,0 мм.

Пшениця спельта озима – високостеблова форма з довжиною соломини до 130 см. Це призводить до вилягання рослин культури та втрати врожаю.

Колос спельти не щільний (на 10 см колосового стрижня формується до 14 колосків), ламкий, при розпаданні на колоски членик стрижня залишається з'єднаним з колоском базальною частиною. Іноді колос не розпадається і ламається в середній або нижній частині члеників. Членики стрижня широкі, з виямкою під колосом, який щільно до нього прилягає. Колоскова луска широка, тверда, клиновидна, лопатевої форми. Кілевий зубець – короткий, тупий. Зерно в плівці, має складний обмолот.

Спельтоїдний тип колосу та складний обмолот зерна контролює рецесивний алель q гена Q/q [29, 30]. Домінантний алель Q забезпечує вільний обмолот зерна і впливає на низку інших цінних ознак. За

морфологічними ознаками колосу зразок в геномі якого є поєднання Qq займає проміжне положення між спельтоїдами і скверхедами. Тобто домінантний ген Q неповністю домінує над рецесивним геном q. Muramatsu стверджує, що у гексаплоїдів за високого дозування гена Q всі ознаки, які ним контролюються, будуть формуватись у рослин по типом пшениці м'якої, а за зменшення – по типу спельти. У гетерозигот, зокрема гібридів F₁ отриманих за схрещування *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L., з середнім дозуванням гена Q/q, можуть поєднуватись окремі ознаки пшениці м'якої і пшениці спельта.

Ген Q/q впливає також на щільність колосу, зміну форми кия і твердість колоскової луски та ламкість остюків. Локус Q, який розміщений на хромосомі 5A впливає на строки дозрівання і висоту рослин [21, 22, 24, 25, 30]

Окрім того встановлено, що наявність грубої колоскової луски контролює також ген Tg/tg, який локалізований в хромосомі 2D. Він епістатичний до гена Q/q. Наявність домінантної алелі Tg в геномі забезпечує формування спельтоїдів з ускладненим обмолотом зерна [23, 24]. Щоб зразок мав вільний обмолот насіння необхідно отримати генотип QQtgtg.

Отже, змінити архітекtonіку рослин спельти, знизивши його висоту та морфологію колосу, можна за використання в селекційних схемах гібридизації низькостеблових форм пшениці м'якої озимої. Насичуючі схрещування дадуть можливість не лише знизити стебло, а й зменшити ламкість соломини та колосу і зменшити ускладнений обмолот зерна суцвіття.

Метою наших досліджень було створення за гібридизації *Triticum speltum* L. × *Triticum aestivum* L. низькостеблових зразків пшениці спельта озимої зі стійкістю до вилягання та не ламким колосом цілковитого обмолоту.

5.1 Особливості успадкування генів Q/q і Tg/tg за гібридизації *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L.

Для генетичного поліпшення ознаки «якість обмолоту зерна» пшениці спельта використовували міжвидову гібридизацію *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L., що забезпечило інтеграцію алелей цінних господарських ознак пшениці м'якої озимої у селекційний матеріал пшениці спельта.

У першому поколінні за гібридизації *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L. спостерігали формування спельтоїдних форм (рис. 5.1). Отримані нащадки повторно схрещували з батьківською формою (рис. 5. 2).

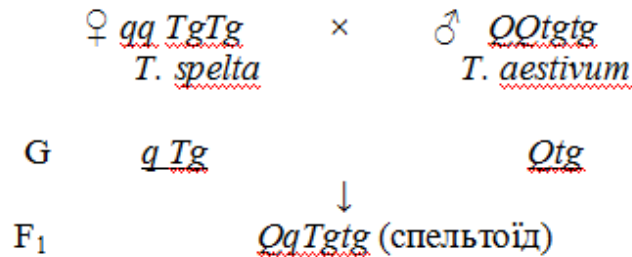


Рис. 5.1 Схема отримання гібридів F₁ за гібридизації *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L..

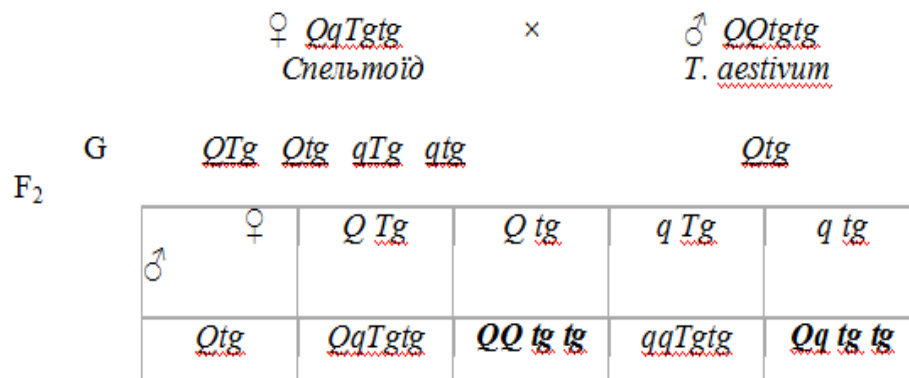


Рис. 5.2 Розщеплення гібридів F₂ отриманих за насичуючого схрещування *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L. за фенотипом:
2 (спельта) : 2 (пшениця м'яка).

Зразки за формою колосу типу спельта, які за насичуючого схрещування мали в геномі 75 % генів пшениці м'якої озимої самоzapилювали. Можливих два варіанти розщеплення нащадків за генами Q/q, Tg/tg морфології колосу (рис. 5.3, 5.4).

		♀ <u>QqTgtg</u>	×	♂ <u>QqTgtg</u>		
		<u>QTg</u> <u>Otg</u> <u>qTg</u> <u>qtg</u>		<u>QTg</u> <u>Otg</u> <u>qTg</u> <u>qtg</u>		
G						
F ₃	⊕	♀		♂		
			<u>Q Tg</u>	<u>Q tg</u>	<u>q Tg</u>	<u>q tg</u>
		<u>QTg</u>	<u>QQ TgTg</u>	<u>QQ Tgtg</u>	<u>QqTgTg</u>	<u>QqTgtg</u>
		<u>Otg</u>	<u>QQ Tg tg</u>	<u>QQ tg tg</u>	<u>Qq Tg tg</u>	<u>Qq tg tg</u>
		<u>qTg</u>	<u>QqTgTg</u>	<u>QqTgtg</u>	<u>qqTgTg</u>	<u>qqTgtg</u>
		<u>qtg</u>	<u>QqTgtg</u>	<u>Qq tg tg</u>	<u>qqTgtg</u>	<u>qq tg tg</u>

Рис. 5.3 Перший варіант розщеплення спельтоїдних гібридів F₃ за фенотипом:

12 (спельта) : 3 (пшениця м'яка) : 1 (скверхеди).

		♀ <u>qqTgtg</u>	×	♂ <u>qqTgtg</u>		
		<u>qTg</u> <u>qtg</u>		<u>qTg</u> <u>qtg</u>		
G						
F ₃		♀		♂		
			<u>q Tg</u>	<u>q tg</u>		
		<u>qTg</u>	<u>qqTgTg</u>	<u>qqTgtg</u>		
		<u>qtg</u>	<u>qqTgtg</u>	<u>qq tg tg</u>		

Рис. 5.4 Другий варіант розщеплення спельтоїдних гібридів F₃ за фенотипом: 3 (спельта) : 1 (скверхеди).

Гібридні нащадки, у яких фенотипово проявлявся вільний обмолот зерна, піддавали генетичній стабілізації за багаторазового самозапилення з метою фіксації домінантного алеля гена Q та рецесивного tg, що контролюють структуру колосу та механізм відокремлення зернівки від колоскових лусок. Паралельно здійснювали фенотипову оцінку та генетичний моніторинг експресії комплексу господарсько-цінних ознак, зокрема ознак продуктивності, архітекtonіки колосу та маси зерна з рослини.

Нащадки з рецесивним алелем q, що зумовлює спельтоїдний тип колосу та ускладнений обмолот, піддавали самозапиленню або повторним реципрокним схрещуванням із вихідними формами пшениці м'якої. Такий підхід дав змогу підвищити частку рекомбінаційних форм і розширити спектр генетичних варіацій у гібридному потомстві, що сприяло інтенсифікації формоутворювальних процесів за низкою морфологічних і селекційно цінних ознак. За проведених доборів спостерігали генетичну диференціацію гібридних ліній за характером обмолоту зерна, щільністю колосу, розмірами остей та морфометричними параметрами зернівки, що свідчить про полігенну природу прояву комплексу ознак, асоційованих із генами Q/q, Tg/tg.

5.2 Ступінь домінування та характер успадкування цінних господарських ознак у зразків спельти, створених за гібридизації *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L.

Найпродуктивніші гібридні зразки, що вирізнялись високою якістю обмолоту зерна з колосу, отримані за міжвидової гібридизації *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L., оцінювали за зміною архітекtonіки рослин і колосу та сукупністю селекційно цінних морфологічних ознак. Ступінь домінування та рівень гетерозису визначали в межах фенотипової оцінки за висотою

стеблостою, довжиною колосу, масою 1000 насінин і зерною продуктивністю колосу [10, 31, 33].

Комплексний аналіз закономірностей генетичного контролю та типів успадкування цільових ознак забезпечує можливість формування точного, спрямованого селекційного добору в наступних поколіннях зразків, що підвищує ефективність створення високопродуктивних сортів культури.

Створені гібридні зразки одержані шляхом контрольованого схрещування високостеблової пшениці спельта озимої і середньостеблових сортів пшениці м'якої озимої, дало змогу простежити прояв різних типів генетичного контролю висорти рослин у нащадків. Аналіз фенотипу гібридів дозволив визначити характер успадкування ознаки – від адитивної взаємодії генів до часткового чи повного домінування одного з батьківських компонентів, а також оцінити комбінаційну здатність вихідних форм (табл. 5.1).

Серед 10 проаналізованих і відібраних гібридних комбінацій за ознакою «висота рослин» у двох зразків встановлено прояв позитивного домінування, в одного – позитивного наддомінування, у шести інших комбінацій спостерігалось проміжне (адитивне) успадкування, а для однієї гібридної пар фіксували часткове від'ємне домінування.

Зниження висорти стеблостою з фактом часткового від'ємного домінування було характерним для гібридів комбінації Зоря України × Золотоколоса ($h_r = -0,71$) та Зоря України × Фаворитка ($h_r = -0,52$). Такі значення параметра h_r вказують на переважання рецесивних алелів або негативних ефектів домінування.

Найнижчі показники справжнього гетерозису за висотою стеблостою отримано у гібридних комбінацій Зоря України × Подолянка, Зоря України × Золотоколоса, де рівень гетерозису становив $-32,8\%$, і $-36,5\%$ відповідно, що свідчить про гетерозисну депресію ознаки.

**Ступінь домінування та рівень гетерозису за висотою рослин
зразків пшениці спельта озимої, отриманих за гібридизації**

***Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L., 2024 р.**

Зразок	Комбінація схрещування	♀	♂	F ₁	НІР ₀₅	МР*	Ступінь домінування, (hp)	Справжній гетерозис, %	Гіпотетичний гетерозис, %
230	Зоря України × Патрас	126	78	90	4	102	0,50	9,4	88,2
123	Зоря України × СН Комбін	126	82	110		104	-0,27	23,0	105,8
93	Зоря України × Подолянка	126	90	100		108	-0,44	-32,8	92,6
184	Зоря України × Подолянка	126	90	98		108	0,56	7,2	90,7
202	Зоря України × Золотоколоса	126	92	97		109	-0,71	-36,5	89,0
127	Зоря України × Фаворитка	126	93	118		109,5	-0,52	23,3	107,8
165	Зоря України × Копилівчанка	126	88	115		107	-0,42	23,8	107,5
281	Зоря України × Патрас	126	78	113		102	-0,46	27,3	110,8
355	Європа × Патрас	108	78	85		93	0,53	5,5	91,4
389	Європа × Фаворитка	108	93	112		100,5	1,53	4,3	111,4

Довжина колосу належить до генотипово детермінованих ознак, хоча її фенотипова варіабельність може частково модифікуватися під впливом факторів зовнішнього природного середовища. У рослин чотирьох гібридних комбінацій встановлено прояв позитивного наддомінування або часткового позитивного домінування за цією ознакою (табл. 5.2).

**Ступінь домінування та рівень гетерозису за довжиною колосу
зразків пшениці спельта озимої, отриманих за гібридизації**

***Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L., 2024 р.**

Зразок	Комбінація схрещування	♀	♂	F ₁	НІР ₀₅	МР*	Ступінь домінування, (hn)	Справжній гетерозис, %	Гіпотетичний гетерозис, %
230	Зоря України × Патрас	15,8	9,2	15,2	0,5	12,5	0,82	65,2	121,6
123	Зоря України × СН Комбін	15,8	9,5	16,0		12,65	1,06	68,4	126,5
93	Зоря України × Подільянка	15,8	9,5	16,2		12,65	1,13	2,5	128,1
184	Зоря України × Подільянка	15,8	9,5	15,5		12,65	0,90	63,2	122,5
202	Зоря України × Золотоколоса	15,8	9,4	16,0		12,6	1,06	1,3	127,0
127	Зоря України × Фаворитка	15,8	9,6	16,2		12,7	1,13	68,8	127,6
165	Зоря України × Копилівчанка	15,8	9,7	16,5		12,75	1,23	70,1	129,4
281	Зоря України × Патрас	15,8	9,2	15,8		12,5	1,00	71,7	126,4
355	Європа × Патрас	12,5	9,2	15,5		10,85	2,82	68,5	142,9
389	Європа × Фаворитка	12,5	9,6	16,8		11,05	3,97	34,4	152,0

За довжиною колосу зафіксовано часткове позитивне домінування та наддомінування всіх відібраних комбінацій. Найвищі значення позитивного наддомінування за довжиною колосу отримано у гібридів Європа × Фаворитка (hn = 3,97), Європа × Патрас (hn = 2,82) та Зоря України × Копилівчанка (hn = 1,23).

Найвищий рівень справжнього гетерозису за довжиною колосу зафіксовано у гібридів Зоря України × Копилівчанка та Зоря України × Патрас – 70,1 % і 71,7 % відповідно, що свідчить про істотний ефект гетерозисного підсилення.

У гібридній популяції найдовший колос формували рослини зразків 389 (Європа × Фаворитка) та 165 (Зоря України × Копилівчанка) зі середньою довжиною 16,8 і 16,5 см відповідно, натомість найкоротший — у комбінацій 355 (Європа × Патрас) та 184 (Зоря України × Подолянка), де середній показник становив 15,5 см.

За показником кількості зерен у колосі спостерігали проміжне успадкування ознаки у рослин всіх комбінацій схрещування (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

**Ступінь домінування та рівень гетерозису за кількістю зерен у колосі зразків пшениці спельта озимої, отриманих за гібридизації
Triticum spelta L. × *Triticum aestivum* L., 2024 р.**

Зразок	Комбінація схрещування	♀	♂	F ₁	НІР ₀₅	МР*	Ступінь домінування, (hp)	Справжній гетерозис, %	Гіпотетичний гетерозис, %
230	Зоря України × Патрас	35	50	41	2	42,5	-0,2	17,1	96,5
123	Зоря України × СН Комбін	35	53	46		44	0,2	31,4	104,5
93	Зоря України × Подолянка	35	52	40		43,5	-0,4	23,08	92,0
184	Зоря України × Подолянка	35	52	42		43,5	-0,2	20,00	96,6
202	Зоря України × Золотоколоса	35	51	43		43	0,0	15,69	100,0
127	Зоря України × Фаворитка	35	50	42		42,5	-0,1	20,00	98,8
165	Зоря України × Копилівчанка	35	48	41		41,5	-0,1	17,14	98,8
281	Зоря України × Патрас	35	51	41		43	-0,3	17,14	95,3
355	Європа × Патрас	39	50	41		44,5	-0,6	5,13	92,1
389	Європа × Фаворитка	39	50	42		44,5	-0,5	16,00	94,4

За ознакою «кількість зерен у колосі» у гібридів відмічено проміжний (адитивний) тип успадкування, величина якого варіювала в межах від $h_p = -0,45$ у комбінації Європа × Фаворитка до $h_p = 0,25$ у рослин гібридної комбінації Зоря України × Патрас. Це свідчить про різноспрямовану участь адитивних та слабких домінантних ефектів генів батьківських форм у формуванні ознаки.

Ступінь позитивного домінування та наддомінування за ознакою «маса зерна з колосу» варіював у широких межах – від $h_p = 0,70$ у гібридної комбінації Зоря України × Копилівчанка до $h_p = 2,59$ у комбінації Зоря України × СН Комбін (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

**Ступінь домінування та рівень гетерозису за масою зерна з колосу
зразків пшениці спельта озимої, отриманих за гібридизації
Triticum spelta L. × *Triticum aestivum* L., 2024 р.**

Зразок	Комбінація схрещування	♀	♂	F ₁	HP ₀₅	MP*	Ступінь домінування, (h _p)	Справжній гетерозис, %	Гіпотетичний гетерозис, %
1	2	3	4	5		6	7	8	9
230	Зоря України × Патрас	1,38	1,82	2,02	0,1	1,6	1,91	46,4	126,3
123	Зоря України × СН Комбін	1,38	1,92	2,35		1,65	2,59	70,3	142,4
93	Зоря України × Подолянка	1,38	1,82	1,83		1,60	1,05	0,5	114,4
184	Зоря України × Подолянка	1,38	1,82	1,95		1,60	1,59	41,3	121,9
202	Зоря України × Золотоколоса	1,38	1,94	2,11		1,66	1,61	8,8	127,1
127	Зоря України Фаворитка	1,38	1,89	1,85		1,64	0,84	34,1	113,1

					<i>Продовження таблиці 5.4</i>			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
165	Зоря України × Копилівчанка	1,38	1,85	1,78	1,62	0,70	29,0	110,2
281	Зоря України × Патрас	1,38	1,82	1,84	1,60	1,09	33,3	115,0
355	Європа × Патрас	1,54	1,82	1,95	1,68	1,93	26,6	116,1
389	Європа × Фаворитка	1,54	1,89	2,15	1,72	1,91	46,4	126,3

Високий рівень справжнього гетерозису за масою зерна з колосу (70,3 %) зафіксовано у зразка 123, одержаного в результаті гібридизації Зоря України × СН Комбін.

За показником маси 1000 насінин у всіх відібраних гібридних комбінацій встановлено прояв позитивного наддомінування (табл. 5.5).

Таблиця 5.5

Ступінь домінування та рівень гетерозису за масою 1000 насінин зразків пшениці спельта озимої, отриманих за гібридизації *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L., 2024 р.

Зразок	Комбінація схрещування	♀	♂	F ₁	НІР ₀₅	МР*	Ступінь домінування, (hp)	Справжній гетерозис, %	Гіпотетичний гетерозис, %
1	2	3	4	5		6	7	8	9
230	Зоря України × Патрас	45,1	40,3	52,5		42,7	4,08	4,9	123,0
123	Зоря України × СН Комбін	45,1	43,8	54,5		44,45	15,46	4,7	122,6
93	Зоря України × Подолянка	45,1	43,1	47,8		44,1	3,70	2,0	108,4
184	Зоря України × Подолянка	45,1	43,1	49,7		44,1	5,60	2,8	112,7

					1,1	<i>Продовження таблиці 5.5</i>			
1	2	3	4	5		6	7	8	9
202	Зоря України × Золотоколоса	45,1	45,3	52,4		45,2	7,2	3,2	115,9
127	Зоря України × Фаворитка	45,1	40,5	48,1		42,8	2,30	18,8	112,4
165	Зоря України × Копилівчанка	45,1	44,1	46,7		44,6	4,20	5,9	104,7
281	Зоря України × Патрас	45,1	40,3	48,5		42,7	2,42	20,3	113,6
355	Європа × Патрас	44,3	40,3	50,2		42,3	3,95	24,6	118,7
389	Європа × Фаворитка	44,3	40,5	52,4		42,4	5,26	29,4	123,6

Найвищий коефіцієнт наддомінування ($h_p = 15,46$) зафіксовано у гібридів комбінації Зоря України × CN Комбін, натомість мінімальний рівень зафіксовано у гібридної популяції Зоря України × Фаворитка ($h_p = 2,3$). Найвищий рівень справжнього гетерозису спостерігали у зразка 389 (Європа × Фаворитка) – 29,4 %.

Отже, встановлено, що для розширення генетичного різноманіття та формування нового селекційного матеріалу пшениці спельта озимої доцільним є використання вихідним батьківським компонентом в схемі гібридизації пшениці м'якої озимої. Рекомбінація геномів цих видів забезпечує створення рекомбінантних форм із високим рівнем домінантності та вираженим гетерозисним ефектом.

Виявлено значну диференціацію ступеня домінантності (h_p) за типом успадкування структурних елементів урожайності залежно від ознаки та комбінації схрещування – від наддомінування ($h_p > +1$) до депресивного ефекту ($h_p < -1$). У більшості гібридних комбінацій фіксували прояв позитивного домінування та наддомінування за основними селекційно цінними ознаками.

Високу комбінаційну сумісність продемонстрували гібридні комбінації Зоря України × CN Комбін (довжина колосу – $hr = 1,06$; кількість зерен у колосі – $hr = 0,20$; маса 1000 насінин – $hr = 15,46$; маса зерна з колосу – $hr = 2,59$), Європа × Фаворитка (довжина колосу – $hr = 3,97$; маса 1000 насінин – $hr = 5,26$; маса зерна з колосу – $hr = 1,91$) та Європа × Патрас (довжина колосу – $hr = 2,82$; маса 1000 зерен – $hr = 3,95$; маса зерна з колосу – $hr = 1,93$). Отримані рекомбінантні генотипи характеризуються високим рівнем наддомінування за комплексом господарсько цінних ознак та підвищеною продуктивністю.

За ознакою «висота рослин» у більшості гібридних популяцій встановлено прояв часткового негативного домінування та проміжного типу успадкування, що дозволяє виділити короткостеблові, стійкі до вилягання форми. Встановлено, що зміна архітекtonіки рослини, зокрема подовження колосу за одночасного зниження висорти стеблостою, позитивно впливає на продуктивність рослинного матеріалу.

5.3 Характеристика морфологічних ознак і показників продуктивності зразків пшениці спельта озимої з високою якістю обмолоту зерна з колосу

За попередніх досліджень також встановлено, що за гібридизації високостеблових форм пшениці спельта (♀) з низькостебловими формами пшениці м'якої (♂) відсоток високостеблових форм (понад 110 см) у першому гібридному поколінні сягав 76,3 %, тобто отримано домінування високостебловості (табл. 5. 6). Проте 23,7 % матеріалу характеризувався проміжним типом успадкування, рослини формували середню висоту стебла 91–110 см.

У поколіннях F_2 – F_4 варіювання за висотою стеблостою отримали в діапазоні 82–129 см. (див. стор. 84).

Успадкування висорти стеблостою рослин пшениці спельта F₁–F₄ поколінь, отриманих за гібридизації *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L.

Тип успадкування	Ступінь домінування (hp)	Частка рослин, %			
		F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
Домінування високостебловості	$0,5 \leq 1$	76,3	60,5	52,6	52,6
Проміжне успадкування	$-0,5 \leq 0,5$	23,7	34,2	39,5	39,5
Домінування низькостебловості	$-1 \leq -0,5$	0,0	0,0	7,9	7,9

Добір середньостеблових форм спельти проводили в межах генофонду отриманих спельт і спельтоподібних зразків. Первинний добір здійснювали за фенотиповими проявами ознаки низько- та середньостебловості серед рекомбінантних популяцій поколінь F₃–F₄, отриманих у результаті міжвидової гібридизації за схемою ♀ *Triticum spelta* L. × ♂ *Triticum aestivum* L. (низькостеблові зразки).

У гібридних популяціях фіксували розщеплення за морфотипом колосу, що свідчить про полігенну детермінацію ознаки та наявність сегрегації за низкою генів, пов'язаних із типом колосу та легкістю обмолоту зерна. Серед популяції виділено три основні фенотипові групи: форма спельти з довгим, не щільним колосом і ускладненим вимолочуванням зерна; форма пшениці м'якої з колосом середньої довжини і щільності та вільним обмолотом зерна; спельтоподібна форма з проміжними показниками за ознаками колосу, які у подальших поколіннях демонстрували генетичне розщеплення за морфологією суцвіття. Саме серед популяції спельтоїдних форм доцільно проводити добір та стабілізацію зразків спельти з оптимальними господарсько-цінними характеристиками.

Спектр мінливості морфологічних ознак у нащадків четвертого–п'ятого поколінь зумовлений рекомбінаційною мінливістю, що виникає внаслідок взаємодії геномів вихідних батьківських форм і неалельною їх взаємодією.

Отримані результати засвідчили ефективність використання міжвидової гібридизації, як методу інтрогресії генів низькостебловості пшениці м'якої у геном пшениці спельта, що створює передумови для цілеспрямованого добору низько- та середньостеблових зразків спельти зі зниженою висотою стеблостою та поліпшеною морфологічною структурою колосу.

Середньостеблові форми гібридів першого покоління повторно схрещували з батьківською формою пшениці м'якої озимої. Кілька беккросів поспіль дозволили отримати матеріал з широким спектром мінливості за архітектонікою рослини, зокрема, за висотою стебла, структурою колосу, якістю обмолоту тощо. З популяції рослин індивідуальним доббором за окремими ознаками, зокрема висотою рослин і довжиною колосу, відібрано зразки з ознаками пшениці спельта (табл. 5.7).

Таблиця 5.7

Морфологічні ознаки зразків пшениці спельта озимої створених за гібридизації *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L., 2022–2025 рр.

Зразок	Комбінація схрещування		Висота рослин, см	Довжина колосу, см	Щільність колосу, шт/10 см	Кількість зерен у колосі, шт.	Маса зерна з головного колосу, г
	♀	♂					
	Зоря України (St)		126	15,8	14,2	35	1,38
Низькостеблові (81–90 см)							
230	Зоря України	Патрас	90	15,2	15,4	41	2,05
355	Європа	Патрас	85	15,5	16,8	41	1,95
Середньостеблові (91–110 см)							
123	Зоря України	CN Комбін	110	16,0	16,5	46	2,34
93	Зоря України	Подільянка	100	16,2	17,0	40	1,83
184	Зоря України	Подільянка	98	15,5	16,2	42	1,95
202	Зоря України	Золотоколоса	97	16,0	16,7	43	2,11
Високостеблові (>110 см)							
127	Зоря України	Фаворитка	118	16,2	15,7	42	1,85
165	Зоря України	Копилівчанка	115	16,5	14,5	41	1,78
281	Зоря України	Патрас	113	15,8	16,0	41	1,84
389	Європа	Фаворитка	112	16,8	17,9	42	2,15
	HIP ₀₅		4	0,5	0,7	1,0	0,12

За морфологічними ознаками відібрані матеріали істотно перевищували показники сорту стандарту Зоря України і вирізнялись стійкістю до вилягання на рівні 9 балів. Всі матеріали мали довгий (15,2–16,8 см) нещільний або середньощільний колос (14,5–17,9 шт. колосків/10 см колосового стрижня). Маса зерна з колосу за відібраними формами варіювала в межах від 1,78 до 2,34 г.

Найнижчою висотою стебла характеризувались два зразки отримані в комбінації схрещування Зоря України × Патрас і Європа × Патрас. Вони формували і високу для спельт масу зерна з колосу, зокрема, 2,05 і 1,95 г, відповідно.

Серед середньостеблових форм позитивно виділявся зразок 123 отриманий за гібридизації сорту спельти Зоря України і пшениці м'якої озимої CN Комбін. Рослини зразка формували в середньому на колос 46 насінин масою 2,34 г.

Серед високостеблових форм середньою щільністю колосу (17,9 шт. колосків/10 см) вирізнявся зразок 389 отриманий за комбінації схрещування Європа × Фаворитка. Загалом зразки спельти з видовженим та менш щільним колосом виявили комплекс селекційно цінних ознак, зокрема швидке підсушування колосу після опадів, що зменшує ризик розвитку патогенів і сприяє формуванню виповненого, крупного зерна з покращеними технологічними якостями, високий рівень пилкової фертильності та, як наслідок, підвищений потенціал урожайності. Тому, зразки з довгим середньої щільності колосом і високою продуктивністю доцільно використовувати вихідним матеріалом для генетико-селекційного поліпшення пшениці за комплексом цінних господарських ознак.

Аналіз продуктивності за основними господарсько-цінними ознаками дав можливість встановити ефективність залучених батьківських компонентів, визначити ступінь їх комбінаційної сумісності та виділити гібридні комбінації, здатні формувати високопродуктивні генотипи пшениці спельта озимої. Проведена оцінка продуктивності засвідчила, що значна

частина рекомбінантних форм перевищувала контроль за низкою основних показників.

Найвищі показники урожайності встановлено у відібраних рекомбінантних зразків 123 (6,81 т/га), 281 (6,45 т/га) та 127 (6,21 т/га), отриманих у результаті гібридизації Зоря України × СН Комбін, Зоря України × Патрас та Зоря України × Фаворитка відповідно (табл. 5.8).

Таблиця 5.8

Цінні господарські показники зразків пшениці спельта створених за гібридизації *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L., 2022–2025 рр.

Зразок	Комбінація схрещування		Маса 1000 насінин, г	Вміст білка в зерні, %	Вміст клейковини, %	Урожайність, т/га	Якість обмолоту, %
	♀	♂					
	Зоря України (St)		45,1	20,7	42,5	4,79	32
	Низькостеблові (81–90 см)						
230	Зоря України	Патрас	52,5	15,0	32,8	6,33	80
355	Європа	Патрас	50,2	14,2	30,1	6,04	84
	Середньостеблові (91–110 см)						
123	Зоря України	СН Комбін	54,5	14,9	30,8	6,81	95
93	Зоря України	Подольанка	47,8	15,8	33,2	5,41	78
184	Зоря України	Подольанка	49,7	15,4	32,4	5,50	80
202	Зоря України	Золотоколоса	52,4	17,1	36,5	5,28	70
	Високостеблові (>110 см)						
127	Зоря України	Фаворитка	48,1	16,3	34,1	6,21	73
165	Зоря України	Копилівчанка	46,7	15,7	33,0	5,52	79
281	Зоря України	Патрас	48,5	14,3	29,4	6,45	87
389	Європа	Фаворитка	52,4	15,5	32,1	5,31	75
	HIP ₀₅		1,1	0,4	1,3	0,22	2

Статистично найнижчу урожайність продемонстрував зразок 202 (5,28 т/га), створений за гібридизації Зоря України × Золотоколоса. Мінімальні значення врожайності зафіксовано у сорту-стандарту Зоря України (4,79 т/га).

Найвищою якістю вирізнялось зерно сорту контрольного варіанту Зоря України. Вміст білка в зерні фіксували на рівні 20,7 %, а клейковини – 42,5 %. Якість зерна створених зразків спельти істотно поступалась вихідній материнській формі. Найвищими якісними характеристиками вирізнявся номери 202 (Зоря України × Золотоколоса) – вміст у зерні білка 17,1 %, клейковини – 36,5 % та 127 (Зоря України × Фаворитка) – 16,3 і 34,1 %, відповідно. Вміст білка і клейковини в зерні інших відібраних зразків варіювали в діапазоні 14,3–15,8 % та 29,4–33,2 %, відповідно.

Основною проблемою пшениці спельта, що перешкоджає її широкому розповсюдженні вирощування є складний обмолот зерна з колосу. Якість обмолоту сорту Зоря України фіксується на рівні 32 %. У виробництві використовують низку додаткових технічних прийомів для підвищення ефективності процесу обмолоту суцвіття.

У проведених дослідженнях одним із ключових критеріїв добору створеного селекційного матеріалу визначено показник якості обмолоту, який має важливе практичне значення для підвищення технологічності вирощування пшениці спельта озимої та забезпечення її конкурентоспроможності. Діапазон варіювання цієї ознаки становив 70–95 %, що свідчить про значний рівень генетичної мінливості та ефективність застосованих гібридизаційних схем.

Серед отриманих генотипів найвищі показники якості обмолоту (95 %) продемонстрував зразок 123, сформований у результаті комбінації схрещування Зоря України × CN Комбін із подальшим беккросуванням на пшеницю м'яку озиму. Підвищена якість обмолоту цього генотипу, імовірно, зумовлена успішною інтеграцією алелів *Q i tg*, які в гомозиготному стані забезпечують вільний обмолот зерна, що є характерним для м'якої пшениці та проявляється у рекомбінантних форм. Отримані результати підтверджують доцільність використання беккросування для інтрогресії технологічно цінних ознак пшениці м'якої у генотипи спельти, а також демонструють можливість створення форм з покращеними

агротехнологічними характеристиками без істотної втрати властивих спелті господарсько-цінних параметрів.

Встановлено обернену кореляційну залежність між показниками якості зерна та рівнем обмолоту суцвіття пшениці спельта (рис. 5.5), що свідчить про існування компромісного співвідношення між технологічними властивостями зерна та легкістю його обмолоту та пряму залежність урожайності культури від якості обмолоту колосу (рис. 5.6).

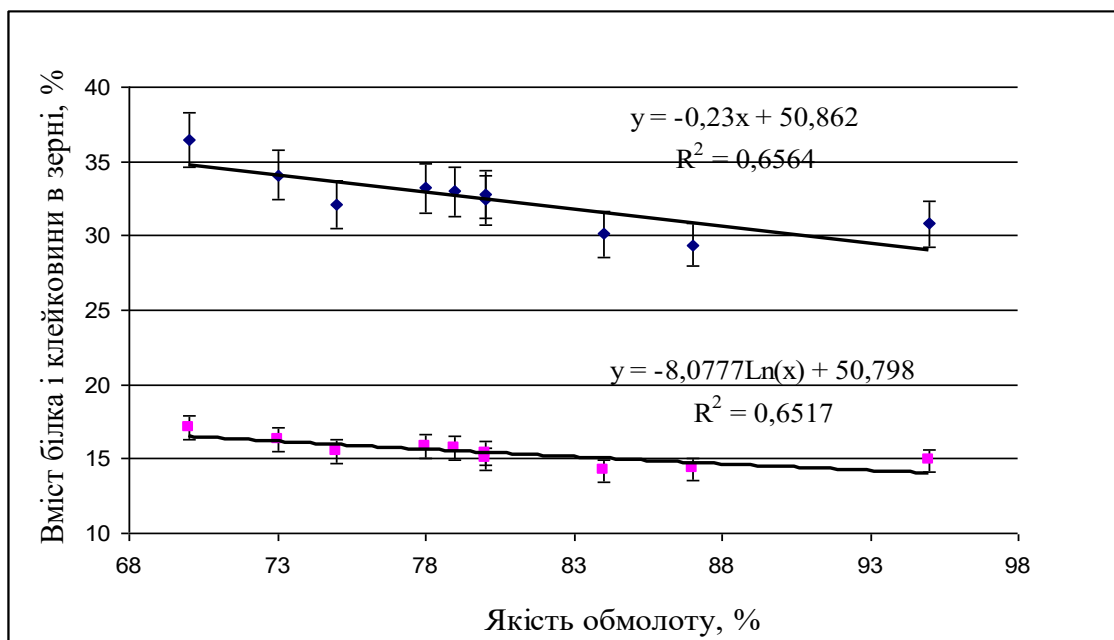


Рис. 5.5 Залежність показників якості зерна зразків пшениці спельта озимої від ефективності обмолоту суцвіття, 2022–2025 рр.

Такий взаємозв'язок необхідно враховувати при доборі селекційних форм з високим потенціалом продуктивності та оптимальною якістю зерна.

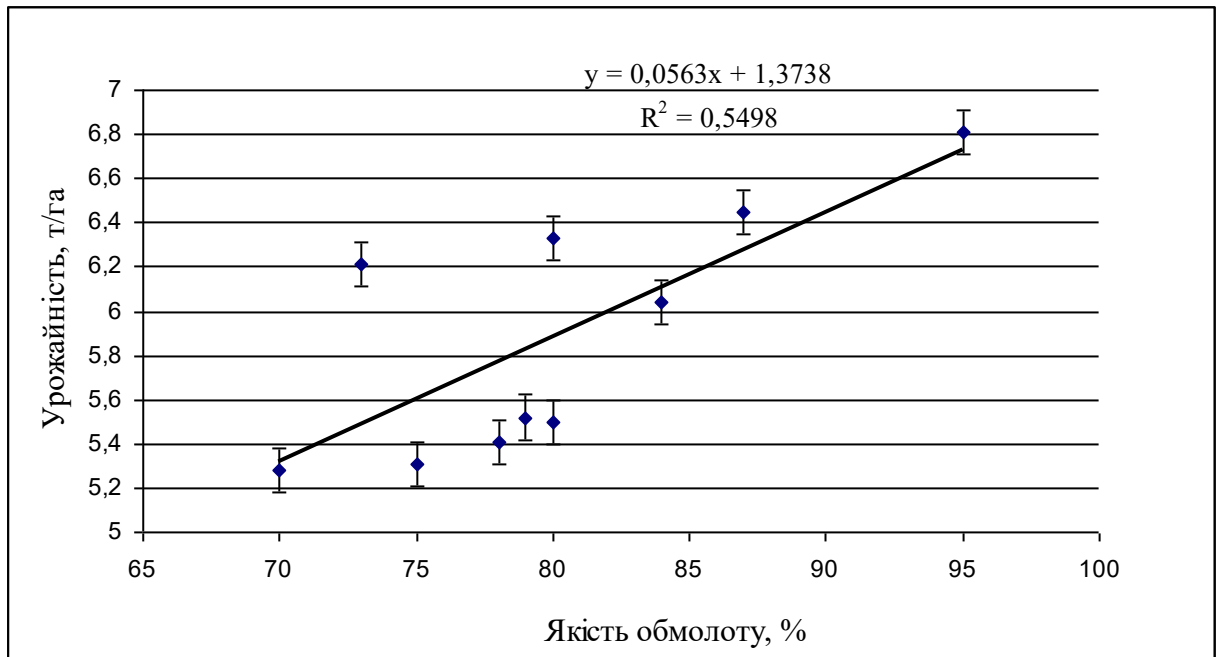


Рис. 5. 6 Залежність урожайності зразків пшениці спельта озимої від якості обмолоту колосу, 2022–2025 рр.

Отже, створені зразки, одержані у результаті міжвидової гібридизації *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L., характеризуються істотним генетичним та фенотиповим поліморфізмом. Відібрані рекомбінантні форми достовірно відрізнялися від контрольного варіанта за врожайністю та якістю зерна і обмолоту, що вказує на високу ефективність використання запропонованих гібридизаційних схем і значний потенціал отриманих генотипів.

5.4 Характеристика створеного зразка пшениці спельта озимої 123 отриманого за гібридизації *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L.

У процесі індивідуального добору та жорсткого бракування за критеріями господарської продуктивності, стабільності прояву ознак і селекційної цінності ідентифіковано перспективний зразок 123, який характеризувався стабільним домінантним проявом вільного обмолоту зерна та високим рівнем генетичної стабільності фенотипу (рис. 5.7).



Рис. 5.7 Якість обмолоту зерна окремих зразків пшениці спельта:

- 1. Сорт Зоря України (вихідна материнська форма);**
- 2. Зразок 123.**

Зразок вирізняється середньою висотою стеблостою (110 см) та щільною для спельти архітектонікою колосу, що вказує на стабільне успадкування морфоструктурного комплексу ознак, асоційованого з генами, що контролюють висоту рослини (Rht/rht) та щільність колосу (Q/q , C/c) (рис. 5.8). Таке поєднання ознак є селекційно цінним, оскільки забезпечує оптимальне співвідношення між продуктивністю та стійкістю до вилягання.

Апробація створеного гібридного зразка 123 за показниками продуктивності засвідчила, що за умови істотного поліпшення фенотипічного прояву ознаки вільного обмолоту зерна (95 %) спостерігається достовірне підвищення рівня врожайності до 6,81 т/га і збільшення маси зерна з колосу до 2,34 г (табл. 5.9). Отримані результати підтверджують позитивну плейотропну дію домінантного алеля гена Q , який, окрім забезпечення вільного обмолоту зерна, опосередковано впливає на структурні елементи продуктивності.



1



2



3

Рис. 5.8 Висота стеблостою (1, 2) і довжина колосу (3) у фазу повної стиглості зразка пшениці спельта озимої 123 (сорт ЛІЯ).

Проведений кореляційний аналіз підтвердив наявність тісного позитивного зв'язку між якістю обмолоту зерна та показниками врожайності, що вказує на генетично зумовлену взаємодію між цими ознаками у нащадків отриманих за гібридизації *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L. (рис. 5.5, 5.6). Така залежність свідчить про спільний регуляторний контроль морфогенезу колосу та формування продуктивності через взаємодію генетичних систем, локалізованих у хромосомах груп 5A і 5D.

Таблиця 5.9

**Показники створеного зразка пшениці спельта озимої 123 з
вільним обмолотом зерна, 2022–2025 рр.**

Показник	Зоря України (St)	Зразок 123	± до стандарту	<i>HIP</i> ₀₅
Висота рослин, см	126	110	-16	4
Довжина колосу, см	15,8	16,0	+0,2	0,6
Щільність колосу, колосків/10 см колосового стрижня	14,2	16,5	+2,3	0,5
Маса зерна з колосу, г	1,38	2,34	+0,96	0,24
Кущистість, шт. продуктивних стебел на рослину	2,2	3,8	+1,6	0,2
Маса 1000 насінин	45,1	54,5	+9,4	0,4
Вміст білка, %	20,7	14,9	-5,8	0,3
Вміст клейковини, %	42,5	30,8	-11,7	0,5
Седиментація, мл	57,0	51,8	-5,2	2
Сила борошна, о. а.	322	330	+8	15
Твердість зерна, од. п.	51,5	68,8	+17,3	2
Урожайність, т/га	4,79	6,81	+2,02	0,21
Якість обмолоту, %	32	95	+63	3

Створений зразок вирізнявся стійкістю до вилягання, широким рівнем гомеостазу та стійкістю до низки біотичних і абіотичних чинників навколишнього природного середовища.

Отже, за віддаленої гібридизації *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L. створено та апробовано (додаток Б, В, Д) зразок пшениці спельта озимої 123, який поєднує інтрогресивний тип успадкування ознаки поліпшеного

обмолоту зерна (95 %) із високим рівнем урожайності (6,81 т/га). Характерною особливістю генотипу є підвищений вміст у зерні білка (14,9 %) і клейковини (30,8 %), що свідчить про ефективне поєднання генів, відповідальних за якісні параметри зерна та врожайність. Зразок 123 (сорт ЛЯ) у 2025 році передано на Державну науково-технічну експертизу (номер заявки 2025539001 від 01.12.2025).

Висновки за розділом 5

1. Доведено ефективність застосування міжвидової гібридизації *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L. як методу селекційно-генетичного удосконалення ознаки якісного обмолоту зерна та зниження висорти стеблостою у пшениці спельта. Підтверджено можливість інтрогресії домінантних алелів, що контролюють ознаку вільного обмолоту, із геномного комплексу *Triticum aestivum* L. у геном *Triticum spelta* L., що забезпечує формування нових рекомбінантних генотипів із покращеними господарсько-цінними властивостями.
2. Підтверджено можливість цілеспрямованої модифікації господарсько-цінних ознак пшениці спельта шляхом міжвидової гібридизації та добору інтрогресивних форм, що поєднують адаптивність і високу якість зерна виду *Triticum spelta* L. з високопродуктивним потенціалом виду *Triticum aestivum* L.. Рекомбінація геномів цих видів забезпечує створення рекомбінантних форм із високим рівнем домінантності та вираженим гетерозисним ефектом.
3. За гібридизації сортів пшениці спельта озимої і пшениці м'якої озимої виявлено значну диференціацію ступеня домінантності (h_r) за типом успадкування структурних елементів урожайності залежно від ознаки та комбінації схрещування – від наддомінування ($h_r > +1$) до депресивного ефекту ($h_r < -1$). Високу комбінаційну сумісність продемонстрували гібридні комбінації Зоря України × CN Комбін (довжина колосу – $h_r = 1,06$; кількість зерен у колосі – $h_r = 0,20$; маса

1000 насінин – $hr = 15,46$; маса зерна з колосу – $hr = 2,59$), Європа × Фаворитка (довжина колосу – $hr = 3,97$; маса 1000 насінин – $hr = 5,26$; маса зерна з колосу – $hr = 1,91$) та Європа × Патрас (довжина колосу – $hr = 2,82$; маса 1000 зерен – $hr = 3,95$; маса зерна з колосу – $hr = 1,93$). Отримані рекомбінантні генотипи характеризуються високим рівнем наддомінування за комплексом господарсько цінних ознак та підвищеною продуктивністю.

4. За віддаленої гібридизації *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L. створено та апробовано зразок пшениці спельта озимої 123, який поєднує високий рівень продуктивності (середні показники врожайності – 6,81 т/га, вмісту в зерні білка – 14,9 % та клейковини – 30,8 %) з високою якістю обмолоту зерна з колосу (95 %). Зразок 123 (сорт ЛІЯ) у 2025 році передано на Державну науково-технічну експертизу (номер заявки 2025539001 від 01.12.2025).
5. Створені матеріали (зразок 123, 230, 127, 165, 93), що вирізняються високою продуктивністю і задовільним обмолотом зерна (73–95 %) доцільно залучати в гібридологічні схеми донорами генів цінних господарських ознак з метою отримання нового вихідного матеріалу та на його основі створення сортів пшениці спельта озимої.

За матеріалами розділу опубліковано три наукові праці [11, 12, 17].

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 5

1. Діордієва І. П., Сержук О. П., Бабій М. М. Адаптивність зразків пшениці спельта озимої, створених за гібридизації *Triticum aestivum* L. × *Triticum spelta* L. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2024. С. 58–64.
2. Лозінський М. В., Устинова Г. Л. Успадкування в F_1 і трансгресивна мінливість в F_2 довжини головного колосу за схрещування різних за

- скоростиглістю сортів пшениці м'якої озимої. *Агробіологія*. 2020. № 2. С. 70–78.
3. Орлюк А. П., Базалий В. В. Принципи трансгресивної селекції пшениці : монографія. Херсон: вид-во «Надніпрянська правда», 1998. 274 с.
 4. Орлюк А. П., Гончарова К. В., Карамушка Л. Ф., Вожегова Р. А., Генетичні принципи адаптивної селекції озимої пшениці в умовах Півдня України. Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліття. Київ: Логос, 2001. Т. 2. С. 459–465.
 5. Орлюк А. П., Гончар О. М., Усик Л. О. Генетичні маркери пшениці. Київ: Алефа, 2006. 144 с.
 6. Орлюк А. П., Жужа А. Д., Усик Л. О. Теоретичні і практичні аспекти насінництва зернових культур. Херсон: Айлант, 2003. 170 с.
 7. Полянецька І. О. Селекційно-генетичне покращення *Triticum spelta* L. та використання її в селекції *Triticum aestivum* L.: автореф. дис... к-та с.-г. наук. 06.01.05. – селекція і насінництво. Київ. 2012. 20 с.
 8. Пшениця спельта. Г. М. Господаренко, П. В. Костогриз, В. В. Любич, М. Ф. Парій, С. П. Полторецький, І. О. Полянецька, Л. О. Рябовол, Я. С. Рябовол, О. Г. Сухому; за ред. Г. М. Господаренка. Київ: СІК ГРУП УКРАЇНА, 2016. 312 с.
 9. Рибалка О. І. Якість пшениці та її поліпшення: монографія. Київ: Логос. 2011. 496 с.
 10. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О. Генетичний контроль господарсько-цінних ознак вихідного матеріалу пшениці м'якої озимої. *Збірник наукових праць УНУС*. Умань, 2017. Вип. 90. Ч. 1. С. 105–112.
 11. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., Федоренко С. В., Капустинський А. О. Оцінка резистентності до хвороб створених зразків пшениці м'якої озимої в умовах Правобережного Лісостепу України. Матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі» присвяченої 100-річчю кафедри генетики,

селекції рослин та біотехнології ім. І.П. Чучмія Уманського НУС, 04 листопада 2022 року. Умань, 2022. С. 23–25.

12. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., Федоренко С. В., Капустинський А. О. Характер успадкування селекційно-цінних ознак зразків пшениці м'якої озимої створених за міжвидової гібридизації *Triticum aestivum* L./*Triticum spelta* L. Матеріали XII Міжнародної наукової конференції «Селекційно-генетична наука і освіта» (Парієві читання). (20–22 березня 2023 р.). Умань: ВПЦ«Візаві». 2023. С. 214–217.
13. Січкач С. М., Моргун В. В., Дубровна О. В. Характер успадкування морфологічних ознак колоса у гібридів *Triticum spelta* × *Triticum aestivum*. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2016. Т. 18. С. 149–153.
14. Якимчук Р. А. Характер успадкування довжини стебла карликовими мутантами пшениці м'якої озимої, отриманими в зоні Чорнобильської АЕС. *Фізіологія рослин і генетика*. 2018. Т. 50, № 1. С. 46–58.
15. Якимчук Р. А. Характер успадкування морфологічних ознак та елементів продуктивності у гібридів спельтоїдний хемомутант × пшениця м'яка озима. *Вісник харківського національного аграрного університету: серія біологія*. 2017. Вип. 3 (42). С. 92–101.
16. Borlang N. E. Wheat breeding and its impact on world food supply //Proceedings of the 3 intern. Wheat Genet. Symp. 1969. P. 21–28.
17. Diordiieva I. P., Riabovol I. S., Riabovol L. O., Babii M. M., Fedorenko S. V., Serzhuk O. P., Maslovata S. A., Liubchenko A. I., Novak Z. M., Liubchenko, I. O. Breeding and genetic improvement of spelt wheat (*Triticum spelta*) by interspecific hybridization. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 2024. Vol. 15(3). P. 463–468. DOI: 10.15421/022465
18. Diordiieva, L. Riabovol, I. Riabovol, O. Serzhyk, A. Novak and S. Kotsiuba The characteristics of wheat collection samples created by *Triticum aestivum* L./*Triticum spelta* L. hybridization. *Agronomy Research*. 2018. V. 16, № 5. P. 2005–2015. DOI: 10.15159/AR.18.181.

19. Flintham J. E., Gale M. D. Genetics of preharvest sprouting and associated traits in wheat: Review. *Plant varieties and Seeds*. 1988. 1. № 2. P. 87–97.
20. Gale M. D., Marchall G. A., Rao M. V. A classification of the Norin 10 and Tom Thumb dwarfing genes in British, Mexican, Indian and other hexaploid bread wheat varieties. *Euphytica*. 1981. 30. № 2. P. 355–361.
21. Jantasuriyarat C., Vales M. I., Watson C. J. W., Riera-Lizarazu O. Identification and mapping of genetic loci affecting the free-threshing habit and spike compactness in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor Appl Genet*, 2004. P. 261–273.
22. Kato K., Miura H., and Sawada S. QTL mapping of genes controlling ear emergence time and plant height on chromosome 5A of wheat. *Theor Appl Genet*, 1999. P 472–476.
23. Kato K., Sonokawa R., Miura H. and Sawada S. Dwarfing effect associated with the threshability gene Q on wheat chromosome 5A. *Plant Breeding*, 2003. P. 489–492.
24. Kerber R. E., Rowland G. G. Origin of the threshing character in hexaploid wheat. *Can. J. Genet. Cytol.* 1974. P. 145–154.
25. MacKey J. Species relationship in *Triticum*. *Proc 2nd Intl Wheat Genet Symp Lund Hereditas*. 1966. P. 237–376.
26. McNeal F. H., McQuire C. F., Klindworth D. L. Agronomic and quality characteristics of apring wheat lines selected for protein yield. *Euphytica*. 1982. V. 31. № 2. P. 377–381.
27. McVetty P B., Evans L. E. Breeding methodology in wheat. I. Determination of characters measured on F₂ spaced plants for yield selection in spring wheat. *Crop Sci*. 1980. V. 20. № 5. P. 583–586.
28. Methakovsky E. V., Knezevic D., Javornic B. Gliadin allele composition of Yugoslav winter wheat cultivars. *Euphytica*. 1991. № 3. P. 285–295.

29. Muramatsu M. Dosage effect of the spelta gene q of hexaploid wheat. *Genetics*, 1963. P. 469–482.
30. Muramatsu M. Spike type in two cultivars of *Triticum dicoccum* with the spelta gene q compared with the Q-bearing variety *liguliforme*. *Jpn J Breed*, 1985. P. 255–267.
31. Parada R. S. Chinoy J. J. Correlation path-coefficients and the implication of discriminant function for selection in wheat (*Triticum Aestivum* L.). *Heredity*. 1970. № 25. P. 163–169.
32. Peleg Z., Fahima T., Korol A. B., Abbo S., Saranga Y. Genetic analysis of wheat domestication and evolution under domestication. *Journal of Experimental Botany*. 2011. P. 5051–5061.
33. Riabovol L. O., Diordiieva I. P., Riabovol Ya. S., Polyanetska I. O., Lubchenco A. I. and Novak Zh. M. Triticale breeding improvement with the use of spelt wheat (*Triticum spelta* L.). *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 2018. V. 16 (1). P. 54–58.

РОЗДІЛ 6

ВПЛИВ ТЕРМІНУ ЗБЕРІГАННЯ НА ЖИТТЄЗДАТНІСТЬ НАСІННЯ ПШЕНИЦІ ТА ТРИТИКАЛЕ ОЗИМИХ ЗА РІЗНИХ УМОВ ПРОРОЩУВАННЯ

Підвищення продуктивності сільськогосподарських рослин на 70 % залежить від сортів та гібридів, що вирощуються у відповідних кліматичних зонах. Для цілковитої реалізації генетичного потенціалу генотипу необхідно зважати на його адаптивний потенціал до низки біотичних та абіотичних чинників і стресових факторів, що можуть мати місце у визначеному регіоні [6, 7]. За створення нових матеріалів необхідно розширити генетичне різноманіття вихідних форм [23, 24]. Важливим залишається питання ідентифікації генофонду рослин з метою встановлення донорів господарсько-цінних ознак для внутрішньовидової і міжвидової гібридизації. Вченими доведено, що носіями цінних ознак є генотипи різних культур із географічно віддалених регіонів [25].

Збереження та збагачення генетичного потенціалу культур – одна з найактуальніших проблем наукової спільноти, адже генетичні ресурси рослин є основою сільського господарства та продовольчої і харчової безпеки кожної країни [4, 18]

Програми скринінгу, спрямовані на виявлення, ідентифікацію і збереження нових джерел стійкості та толерантності до стресорів навколишнього природного середовища, повинні включати широкий спектр генетичних ресурсів, зокрема, споріднені та неспоріднені види, дикі пращури культури тощо. Генотипи, що зберігаються в генетичних банках і колекціях вчених, можуть мати набір алелей, що контролюють необхідні господарсько-цінні та маркерні ознаки, які доцільно використовувати в селекційних схемах за створення нових високопродуктивних з високим рівнем гомеостазу сортів і гібридів сільськогосподарських культур.

Формуючи робочі колекції генетичного матеріалу, необхідно зважати на умови та тривалість зберігання насінневого матеріалу конкретного виду рослин, щоб отримати максимальну кількість життєздатного насіння.

За створення банку генетичних ресурсів рослин і колекцій вихідного матеріалу існує низка умов за яких зразки можуть зберігатись тривалий проміжок часу. Вченими встановлено, що тривалість зберігання насіння залежить не лише від контрольованих фізичних параметрів для конкретного виду, а й від генотипу рослини [7]. Важливим питанням залишається і процес проростання максимальної кількості насіння за виходу його зі стану анабіозу.

На життєздатність насіння за тривалого зберігання істотно впливає низка чинників, зокрема, умови та технологія його вирощування, фізіологічна стиглість під час збирання, початкова лабораторна схожість, спосіб зберігання тощо. Новицька Н. В. стверджує, що за зберігання впродовж 10 років насіння пшениці м'якої озимої, отриманого у сприятливих кліматичних умовах вирощування культури, його схожість знижується до 50 %, а у несприятливих – до 45 % [17]. Оптимальні умови вирощування пшениці у міжфазний період цвітіння–повна стиглість сприяє збереженню високої схожості насіння від чотирьох до семи років [28]. Сформоване насіння в надмірно вологі роки зберігає схожість короткий період, натомість отримане в сприятливіший рік – характеризується довговічністю зберігання.

Вченими встановлено, що на тривалість зберігання насіння суттєво впливає його фізіологічна стиглість у період збирання [17, 26]. Насіння жита озимого, зібране з підвищеною вологістю, після двох років зберігання істотно втрачало схожість, а ранні строки збирання зернових озимих призводили до недобору маси сухої речовини і суттєвого зниження якості насіння під час зберігання. Вологість насіння впливає на інтенсивність фізіологічних процесів, що в ньому відбуваються.

Тривале зберігання насіння призводить до процесу старіння, що пов'язано з комплексом морфологічних і біохімічних змін, які призводять до часткової або повної втрати його життєздатності [4]. Насіння

втрачає здатність проростати. Інтенсивність процесу старіння насамперед залежить від вихідної лабораторної схожості, температури зберігання, чистоти насіння, вологості, пошкодження насіння тощо [1, 15, 27].

Доведено, що довговічність насіння залежить від його лабораторної схожості на початку зберігання. Чим вищий показник схожості, тим повільніше відбувається процес старіння насінневого матеріалу за різних способів зберігання, що забезпечує його життєздатність упродовж тривалого періоду. Насіння високої схожості (понад 92 %) переважної більшості культур за оптимальних умов зберігання не втрачає якості та потенціал продуктивності впродовж 5–7 років [1, 2]. Тривалість періоду високої життєздатності зерна залежить від виду рослин, генотипу та методів отримання зразків. В процесі селекційних досліджень, зазвичай, необхідно зберегти селекційно-генетичний матеріал низької життєздатності. Тому необхідно встановити, який період часу і за яких умов такий матеріал зберігатиметься та яким чином ініціювати його до проростання, підвищивши частку схожого насіння.

6.1 Вплив речовин антимуутагенної дії на проростання насіння низки репродукції пшениці та тритикале озимих

Під час тривалого зберігання насіння втрата життєздатності може викликатись мутаційними процесами, що проявляються збільшенням частки хромосомних аберацій в перших мітозах формування корінців проростків [16, 27]. Це може призвести до зміни генетичного матеріалу або його втрати. Одним із способів попередження мутацій за проростання насіння є використання речовин антимуутагенної дії або регуляторів росту. Такими речовинами можуть слугувати амінокислоти, комплекс речовин, що формуються в екстракті проростків і регулятори росту рослин, які контролюють процеси метаболізму в процесі онтогенетичного розвитку рослини.

Метою досліджень був аналіз особливостей процесу проростання насіння різних генотипів пшениці та тритикале озимих за впливу терміну зберігання селекційного матеріалу та різних умов його пророщування.

Матеріалом для проведення досліджень використовували насіння різних генотипів пшениці м'якої озимої, пшениці спельта та тритикале озимого різних років (2016, 2020, 2024) репродукції. Селекційний матеріал страхового фонду зберігався в паперових пакетах і мішках в приміщенні, де температура в зимовий період не знижувалась нижче 10 °С. Проте на насіння впливали сезонна зміна температурного режиму і відносна вологість повітря.

Життєздатність насіння визначали за енергією проростання та лабораторною схожістю в триразовій повторності (рис 6.1).



1

2

Рис. 6.1 **Визначення життєздатності насіння пшениці м'якої озимої (на прикладі сорту Патрас):**

- 1. Енергія проростання (третя доба пророщування);**
- 2. Лабораторна схожість (сьома доба пророщування).**

Насіння пророщували в чашках Петрі в темнових термостатах за температури 20° С. На третю добу визначали енергію проростання, а на

сьому – лабораторну схожість. У контрольному варіанті насіння замочували у воді, а в експериментальному, для інтенсифікації ембріогенезу, – в розчині аргініну 1,0 мг/л та глютамінової кислоти 1,0 мг/л.

У процесі проведених досліджень встановлено, що насіння пізніх репродукцій пшениці м'якої озимої, пшениці спельта, тритикале озимого характеризувалось низькими показниками енергії проростання та схожості (рис 6.2., табл. 6.1).

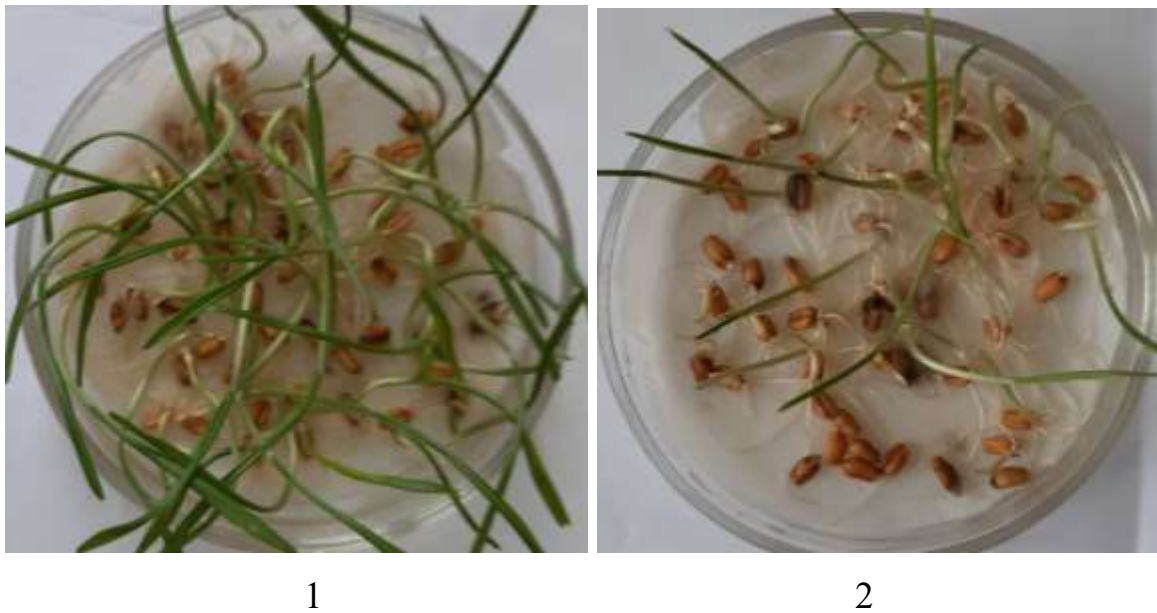


Рис. 6.2 Лабораторна схожість насіння пшениці м'якої озимої різних років репродукції (на прикладі сорту Патрас): 1. 2024 р.; 2. 2016 р.

Необхідно вказати на видову специфікацію процесу, адже найвищим відсотком проростання вирізнялось насіння пшениці м'якої (41,1–52,0 %), а найнижчим – пшениці спельта (34,4–38,2 %). За зберігання насіння протягом восьми років його схожість в середньому за генотипами знижувалась у пшениці м'якої озимої на 51,4 %, пшениці спельта – на 61,8 %, тритикале – на 56,9 %. Лабораторна схожість насіння сортів з пшенично-житніми транслокаціями істотно на 7,8–10,9 % поступалась сорту без транслокацій. За чотири роки зберігання насіння пшениці м'якої втрачало свою життєздатність на 14,1 %, пшениці спельта – на 17,3 %, тритикале – на 13,5

%. Зразки отримані за гібридизації географічно-віддалених форм з пшенично-житніми транслокаціями знижували схожість на 19,7 %.

Таблиця 6.1

Вплив терміну зберігання на життєздатність насіння колекційних зразків окремих зернових колосових культур за різних умов його пророщування

Сорт, зразок	Варіант пророщування	Рік репродукції								
		2016			2020			2024		
		Енергія проростання, %	Лабораторна схожість, %	Інтенсивність розвитку проростка*	Енергія проростання, %	Лабораторна схожість, %	Інтенсивність розвитку проростка*	Енергія проростання, %	Лабораторна схожість, %	Інтенсивність розвитку проростка*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Triticum aestivum L.										
Золоток олоса (1A/1R)	Вода (контроль)	35,2	41,1	+	71,2	82,1	++	90,2	94,3	++
	Аргінін	34,5	40,1	+	70,2	81,0	++	85,8	90,3	++
	Глютамінова кислота	39,4	42,2	++	71,0	84,5	+++	89,3	95,6	+++
Фаворитка (1B/1R)	Вода (контроль)	37,3	44,2	+	75,4	79,5	++	88,4	93,2	++
	Аргінін	37,1	43,2	+	74,3	79,0	++	85,0	90,8	++
	Глютамінова кислота	37,8	45,4	++	76,3	80,5	+++	88,5	94,4	+++
Патрас	Вода (контроль)	43,5	52,0	+	76,1	81,4	++	90,4	94,4	++
	Аргінін	44,5	50,1	+	74,2	78,3	++	87,4	90,0	++
	Глютамінова кислота	45,2	54,1	++	76,3	82,3	+++	90,1	95,3	+++
446-16 (Фаворитка (1BL/1RS) × Патрас)	Вода (контроль)	–	–	–	40,1	45,4	++	50,0	54,8	++
	Аргінін	–	–	–	40,0	43,2	++	49,3	54,0	++
	Глютамінова кислота	–	–	–	41,2	46,2	+++	52,2	60,1	+++
352-1 (Золото колоса (1AL/1RS) × Патрас)	Вода (контроль)	–	–	–	41,5	46,2	++	50,2	59,4	++
	Аргінін	–	–	–	39,2	43,5	++	44,1	53,2	++
	Глютамінова кислота	–	–	–	42,2	47,3	+++	53,5	63,8	+++
НІР ₀₅		1,1	1,2	–	1,2	1,3	–	1,8	1,1	–

<i>Продовження таблиці 6.1</i>										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Triticum spelta L.								
Зоря України	Вода (контроль)	27,2	34,4	+	70,1	75,2	++	90,1	94,3	++
	Аргінін	25,3	33,2	+	63,2	65,3	++	88,0	94,2	++
	Глютамінова кислота	27,9	35,0	++	70,8	75,9	+++	91,5	95,5	+++
123-7	Вода (контроль)	32,5	38,2	+	78,2	81,6	++	90,2	95,1	++
	Аргінін	31,5	38,0	+	75,3	78,2	++	88,1	95,0	++
	Глютамінова кислота	32,9	38,8	++	78,4	82,1	+++	91,1	97,8	+++
<i>НІР</i> ₀₅		1,2	0,9	–	1,1	1,4	–	1,2	1,1	–
		Triticosecale Wittmack								
Стратег	Вода (контроль)	32,2	40,2	+	70,2	75,4	++	87,2	90,5	++
	Аргінін	32,1	39,8	+	65,1	69,3	++	83,1	85,6	++
	Глютамінова кислота	33,5	41,2	++	70,3	76,6	++	87,8	91,8	++
147-14	Вода (контроль)	35,1	38,4	+	72,0	80,7	++	85,8	90,1	++
	Аргінін	34,8	38,9	+	68,3	74,1	++	84,2	85,5	++
	Глютамінова кислота	36,3	39,1	++	72,6	81,0	++	85,7	91,6	++
<i>НІР</i> ₀₅		0,9	1,0	–	1,2	1,3	–	0,8	1,2	–

*Примітка. Інтенсивність розвитку проростка: + – низька; ++ – середня; +++ – висока.

Вченими встановлено, що аргінін у невисоких концентраціях має антимуtagenні властивості, адже зменшує частку хромосомних аберацій, які фіксують за тривалого зберігання насінневого матеріалу і сприяє інтенсивнішому розвитку проростка. В експериментальному варіанті за аналізу впливу на насіння речовини з антимуtagenними властивостями не зафіксовано конкретних закономірностей пов'язаних з визначеним видом, проте реакція була сортоспецифічною. Розчин аргініну за дії на насіння зібраного у 2024 році знижував життєздатність майже всіх матеріалів. Не змінювало схожість лише насіння пшениці м'якої озимої зразків 352-1 і 446-16, отриманих за міжвидової гібридизації географічно віддалених форм,

зокрема, з пшенично-житніми транслокаціями, та насіння спельти хоча енергія проростання його була на 1,9–2,1 % нижчою порівняно з показниками контролю. На насіння пшениці м'якої 2016 і 2020 років репродукції розчин речовини істотного впливу не мав.

За впливу аргініну на насіння пшениці спельта та тритикале 2020 року репродукції спостерігали різке зниження життєздатності селекційного матеріалу сорту Зоря України – на 10,1 % до контролю, і сорту Стратег та зразка 147-14 – на 5,1 і 4,6 % до контролю, відповідно.

За дії на насіння пшениці м'якої та спельти розчином глютамінової кислоти спостерігали підвищення (до 3 %) його енергії проростання та схожості відносно контрольного варіанту не залежно від року репродукції. Проте на життєздатність насіння тритикале розчин глютамінової кислоти істотно не впливав. Особливо це стосується репродукції насіння 2016 року. Його схожість варіювала в межах 39,1–41,2 %.

За дії глютаміну прискорювалась інтенсивність розвитку проростків. Візуально фіксували інтенсивний процес наростання біомаси. Спостерігали швидкий розвиток апікальної меристеми пагона, інтенсивнішу, порівняно з контролем, його пігментацію та видовження первинного корінця.

Отже, підтверджено, що тривале зберігання насінневого матеріалу призводить до втрати його життєздатності. Встановлено, що зниження схожості насіння залежить від видової і сортової специфікації. За зберігання насіння протягом восьми років схожість насінневого матеріалу пшениці м'якої озимої знижувалась в середньому за генотипами на 51,4 %, пшениці спельта – на 61,8 %, тритикале – на 56,9 %. Лабораторна схожість сортів з пшенично-житніми транслокаціями істотно на 7,8–10,9 % поступалась матеріалу без транслокацій.

Розчин аргініну за дії на свіже насіння знижував життєздатність майже всіх апробованих матеріалів, за виключенням насіння пшениці м'якої озимої зразків 352-1 і 446-16 з пшенично-житніми транслокаціями та насіння

спельти. На насіння тривалого періоду зберігання розчин речовини істотного впливу не мав.

За впливу глютамінової кислоти на насіння пшениці м'якої та спельти спостерігали підвищення (до 3 %) його енергії проростання та схожості не залежно від року репродукції. Проте на життєздатність насіння тритікале розчин глютамінової кислоти істотно не впливав.

6.2 Регуляторна оптимізація умов пророщування насіння

Нині при створенні нових сортів і гібридів та удосконаленні ресурсозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур використовують регуляторів росту рослин [4]. Їх вплив на процеси росту та розвитку є дією за окремими ланками метаболізму клітини, що призводить до зміни активності вуглеводного і білкового обміну, інтенсивності дихання, функціонуванні фотосинтетичного апарату тощо. За онтогенетичного розвитку рослин та адаптації до несприятливих абіотичних і біотичних чинників навколишнього природного середовища залишається проблема цілковитого розкриття механізмів гормональної регуляції морфо-фізіологічних функцій та інтеграції фізіологічних процесів у рослинних системах різного рівня [8, 14]. Вирішити ці фундаментальні питання можливо за аналізу результатів впливу фізіологічно активних речовин, зокрема, синтетичних регуляторів росту, на ріст і розвиток рослинного біооб'єкту.

Біологічно активні сполуки природного чи синтетичного походження здатні зумовлювати рістрегулюючий та імуностимулюючий вплив на рослину [10]. Сучасні стимулятори – це продукти метаболізму рослин і грибів, що дають можливість підвищувати продуктивність рослини, реалізовувати її адаптивний потенціал до несприятливих чинників середовища, поліпшувати родючість ґрунтів тощо [10, 19, 22].

Регулятори росту рослин – природні або синтетичні органічні сполуки, що активно регулюють фізіологічні та морфогенетичні програми росту і розвитку рослинного організму протягом онтогенезу. Це речовини за допомогою яких здійснюється взаємозв'язок між клітинами, тканинами і органами рослин. Вони синтезуються та функціонують у мікрокількостях і на відміну від інших метаболітів, зокрема вітамінів, здатні викликати в рослині формотворчі процеси (індукцію розвитку пагонів, коренів, генеративних органів тощо) та ефективно реалізувати потенційні можливості сортів і гібридів, закладені у геномі природою, за селекційного процесу або генетично-інженерного моделювання [20].

Регулятори росту не замінюють елементів живлення, проте здатні реалізувати закладений в геномі потенціал. Вченими встановлено, що продуктивність сортів і гібридів сільськогосподарських культур реалізується залежно від технології вирощування на 40–60 % генетичних можливостей. Підвищити продуктивність за реалізації генетичного потенціалу геному можна за використання в технологічній схемі вирощування культури регуляторів росту рослин. Вирізняють кілька класів стимуляторів росту, зокрема, ауксини, цитокініни, гібереліни, брасеностероїди. Їх широко використовують для підвищення енергії проростання і польової схожості насіння, попередження вилягання рослин, стимуляції закладання генеративних пагонів, інтенсивного ризогенезу та галуження коренів, регуляції плодоношення, підвищення стресостійкості за впливу низки абіотичних і біотичних чинників тощо. Кожен генотип індивідуально реагує на вплив регуляторів росту. Тому дослідження їх дії на окремий біооб'єкт має теоретичне і практичне значення для розуміння закономірностей проходження та змін процесів онтогенезу рослинного організму.

Для підвищення енергії проростання і схожості насіння, особливо ранніх репродукцій, доцільно використовувати гібереліни.

Гібереліни – однорідна за хімічним складом група фітогормонів [58]. Гіберелінові кислоти стимулюють поділ і розтягування клітин, впливають на функціонування інтеркалярних меристем [9, 11, 29, 30, 31].

За дії гіберелінів збільшується вегетативна маса окремих видів рослин, зокрема, пшениці озимої та буряка, зростає кількість і площа листків у огірка, картоплі, проса, редису, інтенсифікуються процеси фотосинтезу в конюшини, сої, рису, кукурудзи, томатів і в цілому підвищується врожайність культур [14, 24].

Гібереліни впливають на квітання і формування генеративних тканин окремих видів рослин, зокрема, прискорює цвітіння каланхое і моркви, сприяє збільшенню частки чоловічих рослин у коноплі, спричиняє чоловічу стерильність кукурудзи та рису, зумовлює утворення значної кількості гнізд у зав'язі томатів дикорослого типу і нормалізацію андроцею мутантних форм культури та викликають явище пертенокарпії [20, 30].

У насінні гарбуза, соняшника гібереліни стимулюють розщеплення запасних жирів та їх окиснення до вуглеводів, а у бобових мобілізують гранули запасних білків [5, 10, 12]. Вони підвищують енергію проростання насіння зернових колосових культур, проса, кукурудзи, буряка, редису, томатів тощо [13, 30]. За впливу гіберелінової кислоти на проростки ячменю змінюється баланс ендогенних фітогормонів, підвищуючи у листках частку цитокінінів та етилену [19].

Вченими встановлено, що гібереліни здатні виводити насіння зі стану анабіозу, стимулюючи його до проростання [20]. Цей природний процес проходить у кілька етапів, зокрема, після поглинання крізь мікропіле насінням води, зародок в зоні щитка починає синтезувати гібереліни (ГК₃, ГК₄). Гібереліни переміщуються в алейроновий прошарок, що оточує ендосперм і стимулюють утворення гідролітичних ферментів. Ферменти розщеплюють запасний крохмаль ендосперму до простих цукрів, що використовуються для проростання зародка. Механізм гіберелінової стимуляції утворення амілаз, що індукують проростання насіння, достаменно

не з'ясований, проте вважають що гібереліни стимулюють синтез матрічної РНК, специфічної для амілаз.

Грунтуючись на цих даних було проведено дослідження з метою з'ясування впливу гіберелінової кислоти на енергію проростання і схожість насіння різних репродукцій пшениці та тритикале озимих.

У процесі досліджень встановлено, що обробка насіння розчином гіберелінової кислоти позитивно впливає на енергію проростання та схожість насіння різних репродукцій апробованих зернових культур (табл. 6.2).

Таблиця 6.2

Вплив терміну зберігання та гіберелінової кислоти на життєздатність насіння колекційних зразків окремих зернових колосових культур

Сорт, зразок	Варіант пророщування	Рік репродукції								
		2016			2020			2024		
		Енергія проростання, %	Лабораторна схожість, %	Інтенсивність розвитку проростка*	Енергія проростання, %	Лабораторна схожість, %	Інтенсивність розвитку проростка*	Енергія проростання, %	Лабораторна схожість, %	Інтенсивність розвитку проростка*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Triticum aestivum L.										
Золоток олоса (1A/1R)	Вода (контроль)	35,2	41,1	+	71,2	82,1	++	90,2	94,3	++
	ГК (10,0 мг/л)	35,3	43,2	++	71,0	85,3	+++	91,4	96,4	+++
	ГК (15,0 мг/л)	36,1	44,0	++	71,6	86,6	+++	91,8	97,5	+++
Фаворитка (1B/1R)	Вода (контроль)	36,5	44,2	+	75,4	79,5	++	88,4	93,2	++
	ГК (10,0 мг/л)	37,5	45,9	++	75,2	81,6	+++	90,1	94,6	+++
	ГК (15,0 мг/л)	37,0	46,2		75,8	82,9		91,0	95,7	
Патрас	Вода (контроль)	43,5	52,0	+	76,1	81,4	++	90,4	94,4	++
	ГК (10,0 мг/л)	43,9	55,1	++	76,5	84,3	+++	92,8	95,5	+++
	ГК (15,0 мг/л)	44,0	56,0		77,1	85,7		92,9	95,9	
446-16 (Фаворитка (1BL/1RS) × Патрас)	Вода (контроль)	–	–	–	40,1	45,4	++	50,0	54,8	++
	ГК (10,0 мг/л)	–	–	–	41,0	47,5	+++	52,5	62,4	+++
	ГК (15,0 мг/л)	–	–	–	41,5	48,8	+++	53,7	63,8	+++

Продовження таблиці 6.2										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
352-1 (Золото колоса (1AL/1R S) × Патрас)	Вода (контроль)	–	–	–	41,5	46,2	++	50,2	59,4	++
	ГК (10,0 мг/л)	–	–	–	42,0	48,6	+++	54,3	66,0	+++
	ГК (15,0 мг/л)	–	–	–	42,7	50,0	+++	55,9	68,5	+++
<i>НІР</i> ₀₅		1,0	1,1	–	1,1	1,2	–	1,4	1,0	–
Triticum spelta L.										
Зоря України	Вода (контроль)	27,2	34,4	+	70,1	75,2	++	90,1	93,3	++
	ГК (10,0 мг/л)	28,0	36,5	++	71,0	79,7	+++	93,2	96,7	+++
	ГК (15,0 мг/л)	28,4	37,2	++	71,2	80,4	+++	94,1	96,9	+++
123-7	Вода (контроль)	32,5	38,2	+	78,2	81,6	++	90,2	94,1	++
	ГК (10,0 мг/л)	33,0	40,5	++	79,4	84,4	+++	94,4	98,2	+++
	ГК (15,0 мг/л)	33,6	41,1	++	79,0	85,5	+++	95,1	98,5	+++
<i>НІР</i> ₀₅		1,1	0,9	–	1,2	1,3	–	1,2	1,2	–
Triticosecale Wittmack										
Стратег	Вода (контроль)	32,2	40,2	+	70,2	75,4	++	87,2	90,5	++
	ГК (10,0 мг/л)	32,0	41,5	++	71,5	78,5	+++	90,2	93,2	+++
	ГК (15,0 мг/л)	32,7	41,6	++	71,2	78,9	+++	91,1	94,0	+++
147-14	Вода (контроль)	35,1	38,4	+	72,0	80,7	++	85,8	90,1	++
	ГК (10,0 мг/л)	34,8	39,1	++	72,5	83,2	+++	89,2	94,6	+++
	ГК (15,0 мг/л)	34,8	39,7	++	72,4	84,2	+++	89,0	95,2	+++
<i>НІР</i> ₀₅		0,9	0,7	–	0,8	1,3	–	1,4	1,2	–

*Примітка. ГК – гіберелінова кислота. Інтенсивність розвитку проростка: + – низька; ++ – середня; +++ – висока.

Енергія проростання насіння зернових колосових культур репродукцій 2016 і 2020 років істотно не змінювалась відносно контрольного варіанту, проте показники насіння 2024 року репродукції суттєво видізнялись від контролю і залежали від виду та генотипу рослини. Гібридні форми пшениці м'якої озимої за енергією проростання на 3,9–5,7 % перевищували контрольний варіант, спельти озимої – на 4,0–4,9 %, тритикале – на 3,2–3,9 %, а сорти з пшенично-житніми транслокаціями – на 1,6–2,7 %.

Не залежно від виду рослин, року репродукції і генотипу за впливу гіберелінової кислоти підвищується частка схожого насіння. Найвищий відсоток схожості (98,5 %) зафіксовано у насінні зразка пшениці спельта 123-7 2024 року репродукції. Серед апробованих матеріалів пшениці м'якої озимої найвищі показники за ознакою отримано в сорту Золотоколоса (1A/1R) – 97,5 %, а тритикале – зразок 147-14 (95,2). Гібридні зразки 446-16 (Фаворитка (1BL/1RS) × Патрас) і 352-1 (Золотоколоса (1AL/1RS) × Патрас) істотно на 9,0 % відносно контрольного варіанту підвищували схожість насіння 2024 року репродукції і на 3,6 % – 2020 року репродукції.

Необхідно вказати на те, що зміна апробованих концентрацій розчину регулятора росту істотно не впливали на результати досліджень за варіантами переважної більшості матеріалів. Лише насіння зразків 446-16 (Фаворитка (1BL/1RS) × Патрас) і 352-1 (Золотоколоса (1AL/1RS) × Патрас) мало вищу схожість за впливу гіберелінової кислоти концентрацією 15 мг/л у порівнянні з варіантом з концентрацією 10 мг/л. Схожість насіння зразка 446-16 у варіанті з концентрацією 10 мг/л репродукції 2020 року була на рівні 47,5 %, 2024 року – 48,8 %, а зразка 352-1, відповідно, 52,5 і 62,4 %. Підвищення концентрації регулятора росту до 15 мг/л не залежно від року репродукції збільшувало частку схожого насіння на 1,3 % (446-16) та 1,5 % (352-1).

За впливу гіберелінової кислоти підвищувалась інтенсивність росту та розвитку проростків. Спостерігали витягування апікальної меристеми пагона та подовження первинного корінця. Регулятор росту стимулював видовження проростку за рахунок розтягування клітин біоструктури. Фіксували інтенсивне закладання вторинних коренів.

За проведення цитологічного аналізу встановлено, що у процесі індукції проростання насіння різних репродукцій плоїдність клітин окремих отриманих проростків різнилась за плоїдністю і морфологією хромосом.

Умови отримання і зберігання насіннєвого матеріалу можуть викликати генотипові зміни, що мають спрямований характер та передаються у спадок. Рослини з такими змінами називаються генотрофами.

Внаслідок впливу стресових факторів, що створюються зовнішніми і внутрішніми чинниками, в проростках підвищується рівень геномної мінливості та порушується гормональний баланс. Гормональна система при цьому виконує не лише певну роль у функціонуванні загальних захисно-відновних систем організму, а й впливає на загальний рівень геномної мінливості, внаслідок чого з'являються клітини з відмінним від вихідного числом хромосом.

Гормональні зміни під час проростання насіння є однією з причин виникнення та існування химер і міксоплоїдів у природі, тому за тривалого зберігання насіння доцільно визначати рівень плоїдності проростків.

Ідентифікацію плоїдності виконували за підрахунку кількості хромосом давлених препаратів, отриманих із соматичних клітин корінців проростків.

За цитологічного аналізу було підтверджено диплоїдну природу основної кількості отриманих зразків. Цитологічна експертиза показала, що в середньому за генотипами понад 95 % проростків пшениці м'якої озимої, понад 93 % – пшениці спельта і 92 % – тритикале були диплоїдами з каріотипом 42, 42, 56 хромосом відповідно. Проте решта матеріалу – зі зміненою поліплоїдією і морфологією хромосом.

Насамперед спостерігали формування проростків різної плоїдності (табл. 6.3). Анеуплоїдні форми фенотипово вирізнялись поміж диплоїдних проростків, мали низьку інтенсивність розвитку, вкорочену аномальну будову листка та корінців. Такі рослини слугували предметом цитологічного дослідження.

Вплив терміну зберігання та фізіологічноактивних речовин на плоідність проростків колекційних зразків окремих зернових колосових культур

Сорт, зразок	Варіант пророщування	Рік репродукції насіння		
		2016	2020	2024
		Кількість проростків зі зміненою плоідністю, %		
1	2	3	4	5
Triticum aestivum L.				
Золоток олоса (1A/1R)	Вода (контроль)	4,3±0,4	1,0±0,4	0,0±0,0
	Аргінін	1,0±0,4	0,5±0,1	0,0±0,0
	Глютамінова кислота	1,4±0,2	0,7±0,3	0,2±0,1
	ГК (10,0 мг/л)	1,8±0,5	0,8±0,3	0,5±0,2
	ГК (15,0 мг/л)	1,9±0,2	0,7±0,4	0,6±0,1
Фаворитка (1B/1R)	Вода (контроль)	5,2±0,4	1,2±0,1	0,2±0,1
	Аргінін	1,5±0,2	0,4±0,4	0,0±0,0
	Глютамінова кислота	2,0±0,4	0,6±0,2	0,0±0,0
	ГК (10,0 мг/л)	2,2±0,4	0,7±0,3	0,5±0,1
	ГК (15,0 мг/л)	2,6±0,2	0,8±0,1	0,5±0,1
Патрас	Вода (контроль)	3,1±0,4	0,4±0,2	0,0±0,0
	Аргінін	0,5±0,1	0,0±0,0	0,0±0,0
	Глютамінова кислота	1,0±0,2	0,4±0,1	0,3±0,1
	ГК (10,0 мг/л)	1,2±0,2	0,5±0,1	0,4±0,2
	ГК (15,0 мг/л)	1,4±0,3	0,5±0,1	0,4±0,1
446-16 (Фаворитка (1BL/1RS) × Патрас)	Вода (контроль)	–	1,0±0,6	0,5±0,2
	Аргінін	–	0,4±0,2	0,2±0,1
	Глютамінова кислота	–	1,0±0,2	0,8±0,2
	ГК (10,0 мг/л)	–	1,5±0,2	1,0±0,2
	ГК (15,0 мг/л)	–	1,6±0,4	1,2±0,4
352-1 (Золото колоса (1AL/1RS) × Патрас)	Вода (контроль)	–	1,2±0,2	0,7±0,2
	Аргінін	–	0,6±0,2	0,5±0,3
	Глютамінова кислота	–	1,0±0,4	0,8±0,4
	ГК (10,0 мг/л)	–	1,6±0,2	1,0±0,2
	ГК (15,0 мг/л)	–	1,5±0,2	1,2±0,1

<i>Продовження таблиці 6.3</i>				
1	2	3	4	5
		<i>Triticum spelta L.</i>		
Зоря України	Вода (контроль)	5,4±0,5	2,2±0,6	0,0±0,0
	Аргінін	2,1±0,6	1,0±0,7	0,3±0,1
	Глютамінова кислота	3,4±0,4	1,8±0,5	0,4±0,2
	ГК (10,0 мг/л)	2,3±0,4	1,6±0,8	0,4±0,1
	ГК (15,0 мг/л)	2,4±0,7	1,4±0,5	1,3±0,4
123-7	Вода (контроль)	6,3±0,7	2,7±0,3	1,7±0,2
	Аргінін	2,9±0,5	0,9±0,6	0,5±0,3
	Глютамінова кислота	3,8±0,3	1,9±0,8	0,9±0,4
	ГК (10,0 мг/л)	3,1±0,8	1,7±0,5	0,8±0,2
	ГК (15,0 мг/л)	3,3±0,3	1,4±0,7	0,8±0,1
		<i>Triticosecale Wittmack</i>		
Стратег	Вода (контроль)	6,5±0,5	3,1±0,4	1,8±0,5
	Аргінін	3,2±0,4	2,0±0,5	1,0±0,3
	Глютамінова кислота	4,4±0,7	2,5±0,7	1,6±0,3
	ГК (10,0 мг/л)	3,4±0,6	2,4±0,3	1,8±0,4
	ГК (15,0 мг/л)	3,5±0,5	2,1±0,4	1,4±0,2
147-14	Вода (контроль)	7,2±0,3	3,5±0,4	2,1±0,3
	Аргінін	3,5±0,4	1,5±0,3	0,6±0,2
	Глютамінова кислота	4,8±0,5	2,5±0,5	0,8±0,3
	ГК (10,0 мг/л)	4,3±0,8	2,6±0,2	0,7±0,1
	ГК (15,0 мг/л)	4,2±0,6	2,5±0,5	0,9±0,2

Встановлено, що свіже насіння апробованих зразків зазвичай формувало проростки зі збалансованим набором хромосом соматичних клітин. Незначний відсоток проростків гібридних матеріалів пшениці м'якої озимої – 0,5–0,7 %, пшениці спельта – 1,7 % і тритикале – 2,1 % мали змінену плоїдність клітин. Це анеуплоїдні форми, що мали незбалансований набір хромосом $2n \pm x$.

За подовження терміну зберігання насіння підвищується частка матеріалів зі зміненою проїдністю клітин. Найвищий відсоток анеуплоїдних форм отримано з насіння врожаю 2016 року, зокрема, пшениці м'якої озимої – 3,1–5,2 %, пшениці спельта – 5,4–6,3 %, тритикале – 6,5–7,2 % %.

Аргінін та глютамінова кислота, що мають антимуутагенні властивості, позитивно впливали на насіння різних репродукцій. За обробки зерна цими речовинами зменшувалась, відносно контрольного варіанту, кількість проростків з анеуплоїдним набором хромосом.

Вплив регулятора росту не залежно від концентрації гіберелінової кислоти мав менший ефект, проте частка проростків зі збалансованим набором хромосом була істотно вищою ніж у контрольному варіанті. Диплоїдний набір хромосом з насіння 2016 року репродукції мали проростки пшениці м'якої озимої – 97,0–99,0 %, пшениці спельта – 96,9–97,7 % і тритикале – 95,2–96,6 %.

Отже, цитологічний аналіз підтвердив диплоїдний статус понад 92 % селекційного матеріалу колекції досліджуваних зразків зернових колосових культур закладених на зберігання. Встановлено, що за подовження терміну зберігання насіння підвищується частка проростків зі зміненою проїдністю клітин. Речовини з антимуутагенними властивостями, зокрема, аргенін, глютамінова кислота і гіберелінова кислота частково попереджують мутагенні процеси за проростання насіння, що дає змогу підвищити кількість проростків зі збалансованим диплоїдним набором хромосом.

Висновки за розділом 6

1. Проаналізовано життєздатність насіння окремих зразків пшениці м'якої, пшениці спельта і тритикале озимих 2016, 2020 і 2024 років репродукції. Підтверджено, що тривале зберігання насіннєвого матеріалу призводить до втрати його життєздатності.

2. Встановлено, що зниження схожості насіння залежить від видової і сортової специфікації. За зберігання насіння впродовж восьми років схожість насіннєвого матеріалу пшениці м'якої знижувалась у середньому за генотипами на 51,4 %, пшениці спельта – на 61,8 %, тритикале – на 56,9 %.
3. Лабораторна схожість сортів з пшенично-житніми транслокаціями істотно на 7,8–10,9 % поступалась матеріалу без транслокацій.
4. Доведено, що розчин аргініну за дії на свіже насіння знижував життєздатність майже всіх апробованих матеріалів, за виключенням насіння пшениці м'якої озимої зразків 352-1 і 446-16 з пшенично-житніми транслокаціями та насіння спельти. На насіння тривалого періоду зберігання розчин речовини істотного впливу не мав.
5. За впливу глютамінової кислоти на насіння пшениці м'якої та спельти спостерігали підвищення (до 3 %) його енергії проростання та схожості не залежно від року репродукції. Проте на життєздатність насіння тритикале розчин глютамінової кислоти істотно не впливав.
6. Встановлено, що обробка насіння розчином гіберелінової кислоти (10 мг/л) позитивно впливає на енергію проростання та схожість насіння різних репродукцій апробованих зернових культур. Гібридні форми пшениці м'якої озимої за енергією проростання на 3,9–5,7 % перевищували контрольний варіант, спельти озимої – на 4,0–4,9 %, тритикале – на 3,2–3,9 %, а сорти з пшенично-житніми транслокаціями – на 1,6–2,7 %.
7. З'ясовано, що не залежно від виду рослин, року репродукції і генотипу за впливу гіберелінової кислоти підвищується частка схожого насіння. Гібридні зразки 446-16 (Фаворитка (1BL/1RS) × Патрас) і 352-1 (Золотоколоса (1AL/1RS) × Патрас) істотно на 9,0 % відносно контрольного варіанту підвищували схожість насіння 2024 року репродукції і на 3,6 % – 2020 року репродукції.

8. Цитологічний аналіз підтвердив, що понад 92 % апробованих селекційних зразків пшениці м'якої, пшениці спельта і тритикале озимих за проростання насіння формує матеріали з диплоїдним набором хромосом. Встановлено, що за подовження терміну зберігання насіння підвищується частка проростків зі зміненою проїдністю клітин. Речовини з антимуtagenними властивостями, зокрема, аргенін, глютамінова кислота і гіберелінова кислота частково попереджують мутагенні процеси за проростання насіння, що дає змогу підвищити кількість проростків зі збалансованим диплоїдним набором хромосом.

За матеріалами розділу опубліковано одну наукову працю [21].

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 6

1. Доронін В. А. Зберігання насіння цукрових буряків. *Цукрові буряки*. 2002. № 2. С. 10.
2. Доронін В. А., Бусол М. В., Марченко С. І. Зберігання дражованного і інкрустованого насіння цукрових буряків. *Цукрові буряки*. 2004. № 1. С. 4–5.
3. Калінін Ф.Л. Застосування регуляторів росту в сільському господарстві. Київ: «Урожай», 1989. 168 с.
4. Кіндрок М. О., Селіванов А. М. Генофонд інституту і як його краще зберегти. *Збірник наукових праць селекційно-генетичного інституту*. Одеса. 1999. Вип. 1 (41). С. 83–88.
5. Кірізій Д. А., Кур'ята І. В. Вплив гібереліну і хлормекватхлориду на газообмін проростків гарбуза. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Наука и образование без граница – 2007». – Софія, «БялГРАД-БГ» ООД. Том 13. С. 7–8.
6. Кириченко В. В., Рябчун В. К., Богуславський Р. Л. Роль генетичних ресурсів рослин у виконанні державних програм. *Генетичні ресурси рослин*, 2008. № 5. С. 7–13.

7. Коваль С. Ф., Коваль В. С., Тимчук С. М., Богуславский Р. Л. Генетичні колекції: проблеми формування, збереження і використання. *Цитологія і генетика*, 2003. 37. № 4. С. 46–53.
8. Колісник А. В., Драга М. В., Шумік С. А., Мусієнко М. М. Вплив N-оксидів піридину (івіну і триману) та кінетину на азотний метаболізм пшениці. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2000. Т. 32, № 5. С. 394–400.
9. Кур'ята В. Г., Рогач Т. І. Морфофізіологічні зміни в рослин *Helianthus annuus* під впливом хлормекватхлориду. *Вісник Запорізького національного університету : збірник наукових праць. Біологічні науки. Запоріжжя : ЗНУ*, 2009. № 2. С. 151–155.
10. Кур'ята І. В., Кірізій Д. А. Особливості використання резервних ліпідів у проростаючому насінні соняшника за дії гібереліну і ретардантів. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2007. Т. 39, № 2. С. 114–121.
11. Кур'ята І. В., Кірізій Д. А. Дія гібереліну і паклобутразолу на гістогенез і депонування вторинного крохмалю в паростках картоплі при виході бульб зі стану спокою. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2007. Т. 39, № 4. С. 343–352.
12. Кур'ята І. В., Кірізій Д. А. Регуляція донорно-акцепторних відносин у системі депо асимілятів – ріст у проростків гарбуза під впливом гібереліну і хлормекватхлориду за умов фотоморфогенезу. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2008. Т. 40, № 5. С. 448–456.
13. Моргун В. В., Яворська В. К., Драговоз І. В. Проблема регуляторів росту у світі та її вирішення в Україні. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2002. Т. 34, № 5. С. 371–375.
14. Мусатенко Л. І. Фітогормони і фізіологічно активні речовини в регуляції росту і розвитку рослин. *Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку: Ф 50 у 2т.* НАН України, Ін-т фізіології рослин і генетики,

Українське товариство фізіологів рослин; голов. ред. В. В. Моргун. Київ: Логос, 2009. С. 508–536.

15. Мусієнко А. А., Доронін В. А., Дігтяр Н. Г., Бідуля К. Г. Вплив вологості насіння цукрових буряків на інтенсивність його старіння. Висновки науково-дослідних робіт за 1993 рік. Київ : ІЦБ УААН, 1994. С. 49–52.
16. Насінництво й насіннезнавство олійних культур. За ред. М. М. Гаврилюка. Київ. Аграрна наука, 2002. 224 с.
17. Новицька Н. В. Модифікаційний вплив на якість та довговічність насіння польових культур. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2019. Vol 10. № 3. С. 12–19. URL: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/927388.pdf>.
18. Подпрятков Г. І., Ящук Н. О. Зміна посівних якостей зерна пшениці озимої різних сортів залежно від його вологості в процесі зберігання. *Наукові доповіді НУБіП*. 2011. Вип. 4 (26). URL: http://www.nbu.gov.ua/ejournals/Nd/2011_4/11pgi.pdf.
19. Рекомендації із застосування регуляторів росту рослин у сільськогосподарському виробництві. Київ: Високий врожай, 2006. 25 с.
20. Рудишин С. Д. Основи біотехнології рослин. Вінниця, 1998. С. 22–37.
21. Рябовол Л. О., Федоренко С. В. Вплив терміну зберігання на життєздатність насіння пшениці та тритикале озимих за різних умов пророщування. *Збірник наукових праць Уманського НУ*. РВВ Уманського НУ, 2025. Вип. 106. Ч. 1. : Сільськогосподарські науки. С. 245–252. DOI: 10.32782/2415-8240-2025-106-1-245-252.
22. Шадчина Т. М., Гуляев Б. І., Кірізій Д. А. та ін. Регуляція фотосинтезу і продуктивність рослин: фізіологічні основи та екологічні аспекти. Київ: Фітосоціоцентр, 2006. 384 с.
23. Coates D. J., Dixon K. W. Current perspectives in plant conservation biology. *Austral. J. Bot.* 2007. 55. P. 187–193.

24. Fernie A. R., Tadmor Y., Zamir D. Natural genetic variation for improving crop quality. *Curr. Opin. Plant Biol.*, 2006. 9. P. 196–202.
25. Grout B.W.W. In vitro conservation of germplasm. *Plant tissue culture: applications and limitations* / Ed. S.S. Bhojwani. Amsterdam: Elsevier Publ., 1990. P. 394–423.
26. Hammer K., Arrowsmith N., Gladis T. Agrobiodiversity with emphasis on plant genetic resources. *Naturwissenschaften*, 2003. 90. № 6. P. 241–250. **13**
27. Heywood V., Casas A., Ford Lloyd B., Kell S., Maxted N. Conservation and sustainable use of crop wild relatives. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2007. 121. P. 245–255.
28. Jasem M., Burduk T. Die Vitalität von Zuckerrübensaatgut mit verschiedenen Alter. *Qualitätsgut. Prod. Ertragsbechfluss Hall (Saale)*. 1988. Vol. 3. P. 563–572.
29. Rebetzke G. J., Ellis M. H., Bonnett D. G. et al. Height reduction and agronomic performance for selected gibberellin-responsive dwarfing genes in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field Crops Research*. 2012. Vol. 126, № 14. P. 87–96.
30. Shtereva L., Atanassova B., Balatcheva E. Germination response to exogenous Gibberellic Acid (GA₃) in anthocyanin-containing and anthocyaninless tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) lines. *Genet. And Breed.* 2003. 32, № 1–2. P. 39–46.
31. Yang Liu, Yan-Feng Ding, Qiang-Sheng Wang, Gang-Hua Li Effect of plant growth regulators on growth of rice tiller bud and changes of endogenous hormones. *Acta Agronomica Sinica*. 2011. Vol. 37, Issue 4. P. 670–676.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі узагальнено нові підходи до розв'язання наукової проблеми щодо оптимізації систем контрольованої гібридизації і селекційного добору генетичних донорів за аналізу закономірностей мінливості та механізмів успадкування кількісних і якісних ознак для створення вихідного матеріалу в селекційному процесі отримання високопродуктивних сортів зернових колосових озимих культур.

1. Вперше проведено оцінювання ефективності способів схрещування за внутрішньовидової та міжвидової гібридизації при створенні вихідного матеріалу пшениці м'якої, пшениці спельта та тритикале озимих. Встановлено, що не залежно від добору вихідних компонентів, найвищий відсоток зав'язування насіння отримано за проведення гібридизації під органопластиковими ізоляторами, що дає можливість підвищити відсоток його зав'язування за внутрішньовидової гібридизації до 58,2 %, за міжвидової – до 27,2 і 18,9 %, відповідно.
2. Доведено, що за внутрішньовидової гібридизації пшениці та тритикале, проведення контрольованого запилення на четверту добу після кастрації квіток забезпечує підвищення ефективності зав'язування насіння в суцвітті в середньому за генотипами на 2,3 % та 37,2 %, відповідно, порівняно із запиленням на третю добу. Виявлено, що за міжвидової гібридизації оптимальними строками запилення є четверта доба після кастрації квіток для пшениці м'якої озимої і тритикале та п'ята доба — для пшениці спельта, що зумовлює підвищення ефективності формування насіння в середньому за генотипами на 1,3, 8,3 і 3,3 %, відповідно.
3. З'ясовано, що генотипи з пшенично-житньою транслокацією 1AL/1RS, незалежно від способу гібридизації та строків запилення, формують

істотно більшу кількість насіння порівняно з матеріалами, що несуть транслокацію 1BL/1RS.

4. Встановлено, що гібриди пшениці м'якої озимої, отримані від схрещування батьківських форм з альтернативними алелями генів, що контролюють восковий наліт фотосинтезуючих органів, фенотипово вирізняються темно-зеленим забарвленням з ледь помітним восковим нальотом та, незалежно від морфотипу, мають на 6,2–28,5 % вищий вміст хлорофілу $a+b$ порівняно з гомозиготними вихідними формами. Виявлено, що еректоїдні морфотипи характеризуються вищою концентрацією пігменту в клітинах порівняно з платофілами.
5. Підтверджено, що пшениця спельта характеризується листковим типом фотосинтезу з часткою участі листкової пластинки в загальній фотосинтезуючій активності на рівні 66,5 %. Визначено високий відсоток участі колосу 16,7 % та стебла 16,5 % в загальному фотосинтетичному ефекті спельти, що істотно вище показників пшениці м'якої озимої на 13,1 і 15,3 %, відповідно.
6. Показано, що сумарний вміст хлорофілу у фотосинтезуючих органах гібридного матеріалу тритикале перевищує відповідні показники пшениці м'якої та спельти на 38,4 і 37,8 % відповідно, що зумовлює підвищену продуктивність культури.
7. З'ясовано, що рекомбінаційні процеси міжвидових гібридів *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L. забезпечують формування нових зразків пшениці спельта озимої, які вирізняються генетично детермінованою зміною архітекtonіки рослин, стабільно підвищеним вмістом білка в зерні, високим рівнем домінантності та вираженим гетерозисним ефектом, що забезпечує можливості цілеспрямованого використання міжвидової гібридизації для створення вихідного селекційного матеріалу.
8. Підтверджено, що модифікація архітекtonіки рослин є ефективним

селекційним інструментом формування нових морфотипів спрямованим на підвищення продуктивного потенціалу пшениці спельта озимої. За контрольованої гібридизації *Triticum spelta* L. і *Triticum aestivum* L. отримано середньостеблові зразки (100–110 см) зі зміненою структурою колосу (неламкий, середньої щільності, довжиною 15–16 см), вільним обмолотом зерна суцвіття (до 95 %), що забезпечило можливість істотного підвищення врожайності культури до 6,0–7,0 т/га.

9. За гібридизації пшениці спельта озимої та пшеницею м'якою озимою встановлено значну диференціацію ступеня домінантності (h_r) структурних елементів урожайності залежно від ознаки та комбінації схрещування, від наддомінування ($h_r > +1$) до депресивного ефекту ($h_r < -1$). З'ясовано, що найвищу комбінаційну сумісність продемонстрували рекомбінантні форми з високим рівнем наддомінуванням за комплексом господарсько-цінних ознак, отримані за гібридизації Зоря України \times CN Комбін (довжина колосу – $h_r = 1,06$; кількість зерен у колосі – $h_r = 0,20$; маса 1000 насінин – $h_r = 15,46$; маса зерна з колосу – $h_r = 2,59$), Європа \times Фаворитка (довжина колосу – $h_r = 3,97$; маса 1000 насінин – $h_r = 5,26$; маса зерна з колосу – $h_r = 1,91$) та Європа \times Патрас (довжина колосу – $h_r = 2,82$; маса 1000 зерен – $h_r = 3,95$; маса зерна з колосу – $h_r = 1,93$), а це дає підставу їх використання вихідним матеріалом у селекційних схемах створення сортів культури.
10. Підтверджено, що тривале зберігання насінневого матеріалу призводить до втрати його життєздатності. Встановлено, що зниження схожості насіння залежить від видової і сортової специфікації. За зберігання насіння протягом восьми років схожість насінневого матеріалу пшениці м'якої озимої знижувалась у середньому за генотипами на 51,4 %, пшениці спельта – на 61,8 %, тритикале – на 56,9 %. Лабораторна схожість сортів з пшенично-житніми транслокаціями істотно на 7,8–10,9 % поступалась матеріалу без транслокацій.

11. Доведено, що за впливу глютамінової кислоти (1,0 мг/л) на насіння пшениці м'якої та спельти спостерігається підвищення (до 3 %) його енергії проростання та схожості не залежно від року репродукції, проте на життєздатність насіння тритикале розчин глютамінової кислоти істотно не впливає.
12. Встановлено, що обробка насіння розчином гіберелінової кислоти (10,0 мг/л) позитивно впливає на енергію проростання та схожість насіння різних репродукцій апробованих зразків зернових колосових культур. Гібридні форми пшениці м'якої озимої за енергією проростання перевищували показники контрольного варіанту на 3,9–5,7 %, спельти озимої – на 4,0–4,9 %, тритикале – на 3,2–3,9 %, а зразки з пшенично-житніми транслокаціями – на 1,6–2,7 %.
13. Апробація розроблених селекційних технологій дала змогу в співавторстві створити високопродуктивний сорт пшениці спельта озимої ЛЛЯ (середня врожайність – 6,81 т/га, вміст білка – 14,9 %, клейковини – 30,8 %, якість обмолоту – 95 %), який передано в 2025 році на Державну науково-технічну експертизу (номер заявки 2025539001 від 01.12.2025).
14. Визначено джерела генів цінних господарських ознак та сформовано робочу колекцію вихідного матеріалу з низкою маркерних і цінних господарських ознак пшениці м'якої, пшениці спельта й тритикале озимих, яка нараховує понад 2000 зразків, що доцільно використовувати в селекційному процесі створення вихідного матеріалу та нових сортів культур.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЙНОЇ ПРАКТИКИ ТА ВИРОБНИЦТВА

Для використання в рамках прикладних селекційних програм рекомендуються:

- розроблені селекційно-генетичні технології отримання та оцінювання вихідного матеріалу зернових колосових озимих культур із програмованим комплексом цінних господарських ознак, що забезпечить створення високопродуктивних сортів;
- удосконалені технології отримання генетичного різноманіття вихідних зразків пшениці м'якої і пшениці спельта озимих, за використання в системі контрольованої гібридизації сортів вітчизняної та іноземної селекції, зокрема, що містять пшенично-житні транслокації, для розширення алельного спектра та підвищення селекційного потенціалу культури;
- створений за міжвидової гібридизації *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L. вихідний високопродуктивний матеріал пшениці спельта озимої, що вирізняється низкою цінних господарських ознак, зокрема якістю обмолоту зерна, модифікованою архітектонікою колосу та габітусом рослини, що доцільно використовувати у селекційних програмах зі створення нових сортів культури;
- технологічні регламенти для стимуляції підвищення енергії проростання та схожості насіння пшениці м'якої, пшениці спельта та тритикале озимих різних років репродукції за використання рістстимулюючих речовин (глутамінова кислота – 1,0 мг/л, гіберелінова кислота – 10,0 мг/л);
- створений сорт пшениці спельта озимої ЛЛЯ (зразок 123), що може слугувати джерелом генів цінних господарських ознак, зокрема, структури колосу, вільного обмолоту зерна, високого вмісту в зерні білка

та клейковини, за отримання вихідного матеріалу та сортів пшениці м'якої і спельти;

- робочу колекцію вихідного селекційного матеріалу пшениці м'якої, пшениці спельта, тритикале озимих, яка нараховує понад 2000 зразків, що відрізняються морфобіологічними і біохімічними ознаками, архітектонікою рослини та цінними господарськими показниками для створення високопродуктивних сортів культур.

Для використання в сільськогосподарському виробництві після держсортовипробування рекомендується:

- створений високопродуктивний сорт пшениці спельта озимої ЛЛЯ.

ДОДАТКИ

Додаток А

**Характеристика окремих цінних господарських ознак
вихідного селекційного матеріалу залученого до схем гібридизації**

Селекційний матеріал (сорт, гібрид)	Країна походження, оригінатор сорту	Цінні господарські ознаки
1	2	3
Пшениця м'яка озима (Triticum aestivum L.)		
Патрас	Німеччина	Сорт короткостебловий, високопродуктивний, морозостійкий. Має комплексну стійкість до бурої іржі, борошнистої роси, септоріозу листя та стійкість до вилягання. За якістю зерна відноситься до цінних пшениць.
Матрікс	Німеччина	Сорт пізньостиглий, короткостебловий, високопродуктивний, зимостійкий. Вирізняється стійкістю до стеблової іржі та борошнистої роси. Характеризується високою масою 1000 насінин та якістю зерна.
Дагмар	Франція	Сорт середньостебловий, середньопізній, зимостійкий. Вирізняється високою комплексною стійкістю до бурої іржі борошнистої роси, септоріозу листя.
Фронтерас	Канада	Сорт середньостебловий, високоврожайний зимостійкий. Характеризується стійкістю до вилягання, середньою стійкістю до бурої іржі борошнистої роси, септоріозу листя. Середньо посухостійкий.
Подолянка	Україна, ІФРГ, МП	Сорт середньоранній, середньостебловий, зимостійкий. Вирізняється високою комплексною стійкістю до септоріозу листя, борошнистої роси і середньою – до бурої іржі. Висока якість зерна та маса 1000 насінин.
Золотоколоса	Україна, ІФРГ, МП	Сорт середньостиглий, середньостебловий, зимостійкий. У геномі ідентифіковано житньо-пшеничну транслокацію 1AL/1RS. Має стійкість до вилягання, середньостійкий до бурої іржі та борошнистої роси.
Фаворитка	Україна, ІФРГ	Сорт середньостебловий, високопродуктивний, середньостиглий. В геномі ідентифіковано пшенично-житню транслокацію 1BL/1RS. Характеризується високою зимостійкістю, стійкістю до септоріозу листя та середньою стійкістю до борошнистої роси. Якість зерна – середня.

<i>Продовження додатку А</i>		
1	2	3
Щедрість Одеська	Україна, СГІ	Сорт низькостебловий, середньопродуктивний, морозо-, зимостійкий. У геномі ідентифіковано житньо-пшеничну транслокацію 1AL/1RS. Virізняється високою стійкістю до вилягання та комплексу хвороб, зокрема, до септоріозу листя і середньостійкий до бурої іржі та борошнистої роси. Висока якість зерна.
Традиція Одеська	Україна, СГІ	Сорт середньостебловий, високопродуктивний, морозо-, зимостійкий. Характеризується високою стійкістю до вилягання та якістю зерна, середньою – до листостеблових хвороб..
Мудрість Одеська	Україна, СГІ	Сорт середньоранній низькостебловий, високопродуктивний, морозо-, зимостійкий. Virізняється високою комплексною стійкістю до хвороб та вилягання. За якістю зерна відноситься до сильних пшениць.
Артаплот	Україна, Уманський НУ, ВНІС	Сорт низькостебловий, середньопродуктивний морозо-, зимостійкий. Має високу стійкість до вилягання та септоріозу листя, середню – до бурої іржі та борошнистої роси. Висока якість зерна.
Артеміда	Україна, Інститут землеробства, ВНІС	Сорт середньопізній, середньостебловий, середньопродуктивний, морозо-, зимостійкий. Virізняється стійкістю до вилягання, септоріозу листя та великою масою 1000 насінних. Середня стійкість до борошнистої роси і бурої іржі. За якістю зерна відноситься до цінних пшениць.
Артемісія	Україна, Уманський НУ, ВНІС	Сорт середньостебловий, середньопродуктивний, морозо-, зимостійкий. Характеризується високою стійкістю до бурої іржі та середньою – до септоріозу листя і борошнистої роси.
Фрея	Україна, Уманський НУ, ВНІС	Сорт низькостебловий, високопродуктивний, зимостійкий. В геномі ідентифіковано пшенично-житню тренслокацію 1BL/1RS. Має високу стійкість до осипання, вилягання, бурої іржі, борошнистої роси. Висока якість зерна.
Пшениця спельта озима (Triticum spelta L.)		
Зоря України	Україна, ВНІС	Сорт пізньостиглий високопродуктивний, висостебловий, морозо-, зимостійкий. Virізняється високою стійкістю до септоріозу листя та бурої іржі. Висока якість зерна.
Європа	Україна, Уманський НУ, ВНІС	Сорт пізньостиглий, середньорослий, середньоврожайний, посухостійкий, морозо-, зимостійкий. Virізняється стійкістю до вилягання. Висока якість зерна.

<i>Продовження додатку А</i>		
1	2	3
Тритикале озиме (<i>Triticosecale</i> Wittmack)		
Наварро	Уманський НУ, ВНІС	Сорт середньостебловий, високоврожайний. Втрізняється підвищеним рівнем морозо- та зимостійкості. Має генетично зумовлену стійкість до вилягання та осипання зерна.
Стратег	Уманський НУ, ВНІС	Сорт середньостебловий, остистість відсутня. У геномі ідентифіковано житньо-пшеничну транслокацію 1AL/1RS, що зумовлює підвищену адаптивність. Генотип характеризується підвищеною морозо- та зимостійкістю і формує зерно з високими технологічними й хлібопекарськими показниками якості.

Додаток Б

<p>ПОГОДИЛИ Ректор Уманського національного університету</p> <p><i>Олена НЕПОЧАТЕНКО</i> Олена НЕПОЧАТЕНКО 2025</p>	<p>ЗАТВЕРДЖУЮ Директор ФГ «Поляна лісова», Уманського району, Черкаської області</p> <p><i>Володимир ЛІСОВИЧЕНКО</i> Володимир ЛІСОВИЧЕНКО 2025</p>
--	--

**АКТ
ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ**

Замовник – ФГ «Поляна лісова» Уманського району, Черкаської області в особі директора.

Даним актом стверджується, що результати наукової роботи Федоренка С. В. за темою: «Створення вихідного матеріалу в селекції зернових колосових культур», виконаної в Уманському національному університеті, впроваджено у ФГ «Поляна Лісова».

1. Вид впровадження – зразок пшениці спельта озимої 123.
2. Характеристика масштабів впровадження – у 2024 р. на площі 2 га.
3. Новизна результатів науково-дослідної роботи – встановлено підвищення рівня врожайності на 27 %, поліпшення якості обмолоту зерна на 17 %.
4. Економічний ефект – 3568 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 генетики, селекції рослин та біотехнології

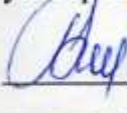

Сергій ФЕДОРЕНКО
Сергій ФЕДОРЕНКО
22.01 2025

Від ФГ «Поляна лісова», Уманського району, Черкаської області
Директор

Володимир ЛІСОВИЧЕНКО
Володимир ЛІСОВИЧЕНКО
2025



Додаток В

<p>ПОГОДЖЕНО Ректор Уманського національного університету  Ольга ГРИБЧАТЕНКО 2025</p>	<p>ЗАТВЕРДЖУЮ Директор ФГ «Кримяне», Уманського району, Черкаської області  Іван ЛЮБЧЕНКО 2025 Код 32726001</p>
<p>АКТ</p> <p>ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ</p>	
<p>Замовник – ФГ «Кримяне» Уманського району, Черкаської області в особі директора.</p> <p>Даним актом стверджується, що результати наукової роботи Федоренка С. В. за темою: «Створення вихідного матеріалу в селекції зернових колосових культур», виконаної в Уманському національному університеті, впроваджено у ФГ «Кримяне».</p>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Вид впровадження – зразок пшениці спельти озимої 123. 2. Характеристика масштабів впровадження – у 2024 р. на площі 2 га. 3. Новизна результатів науково-дослідної роботи — встановлено підвищення рівня врожайності на 25 %, поліпшення якості обмолоту зерна на 15 %. 4. Економічний ефект – 3520 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. <p>Даний акт участі в фінансових операціях не бере.</p>	
<p>Від Уманського національного університету відповідальний за впровадження аспірант кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології  Сергій ФЕДОРЕНКО 2025</p>	<p>Від ФГ «Кримяне», Уманського району, Черкаської області Директор  Іван ЛЮБЧЕНКО 2025 Код 32726001</p>

Додаток Д

ПОГОДЖЕНО
В. о. ректора Уманського національного університету

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор СТОВ «Урожай», Черкаської області

Владилена СОКИРСЬКА
2025

Олександр 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 Федоренка С. В. за темою: «Створення вихідного матеріалу в селекції зернових колосових культур», виконаної в Уманському національному університеті, впроваджено у СТОВ «Урожай».

- 1. Вид впровадження** – зразок пшениці спельта озимої 123.
- 2. Характеристика масштабів впровадження** – у 2025 р. на площі 2 га.
- 3. Новизна результатів науково-дослідної роботи** — встановлено підвищення рівня врожайності на 22 %, поліпшення якості обмолоту зерна на 20 %.
- 4. Економічний ефект** – 3630 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 та біотехнології

Сergій ФЕДОРЕНКО
2025

Від СТОВ «Урожай», Черкаської області
Директор
Олександр КАЧУР
2025

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

*Статті у наукових виданнях, включених**до Міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science*

1. Diordiieva I. P., Riabovol I. S., Riabovol L. O., Babii M. M., **Fedorenko S. V.**, Serzhuk O. P., Maslovata S. A., Liubchenko A. I., Novak Z. M., Liubchenko, I. O. Breeding and genetic improvement of spelt wheat (*Triticum spelta*) by interspecific hybridization. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 2024. Vol. 15(3). P. 463–468. DOI: 10.15421/022465. *(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, статистичний аналіз отриманих даних, обґрунтування висновків, підготовка статті до друку).*
2. 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, статистичний аналіз отриманих даних, обґрунтування висновків, підготовка статті до друку).*

Статті у наукових фахових виданнях України

3. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., **Федоренко С. В.**, Фесько М. В. Створення вихідного матеріалу пшениці м'якої озимої за використання культури зрілих зародків. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. РВВ Уманського НУС, 2024. Вип. 104. Ч. 1. : Сільськогосподарські науки. С. 226–233. DOI: 10.32782/2415-8240-2024-104-1-226-232 (Особистий внесок Федоренка С. В.: 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, проведення досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка статті до друку).
4. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., **Федоренко С. В.** Особливості фотосинтезу різних за морфотипами створених зразків пшениці м'якої озимої. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. РВВ Уманського НУС, 2024. Вип. 104. Ч. 1. : Сільськогосподарські науки. С. 231–237. DOI:10.32782/2415-8240-2024-105-1-231-237 (Особистий внесок Федоренка С. В.: 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).
5. Рябовол Л. О., **Федоренко С. В.** Вплив терміну зберігання на життєздатність насіння пшениці та тритикале озимих за різних умов пророщування. *Збірник наукових праць Уманського НУ*. РВВ Уманського НУ, 2025. Вип. 106. Ч. 1. : Сільськогосподарські науки. С. 245–252. DOI: 10.32782/2415-8240-2025-106-1-245-252. (Особистий внесок Федоренка С. В.: 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).

6. Рябовол Л. О., Федоренко С. В. Вплив способу гібридизації на зав'язування насіння пшениці м'якої озимої за внутрішньовидової гібридизації географічно віддалених форм. *Збірник наукових праць Уманського НУ. РВВ Уманського НУ*, 2025. Вип. 107. Ч. 1. : Сільськогосподарські науки. С. 230–237. DOI: 32782/2415-8240-2025-107-1-230-237. (Особистий внесок Федоренка С. В.: 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

7. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., Федоренко С. В., Капустинський А. О. Оцінка резистентності до хвороб створених зразків пшениці м'якої озимої в умовах Правобережного Лісостепу України. Матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі» присвяченої 100-річчю кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології ім. І.П. Чучмія Уманського НУС, 04 листопада 2022 року. Умань, 2022. С. 134–135.
8. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., Федоренко С. В., Капустинський А. О. Характер успадкування селекційно-цінних ознак зразків пшениці м'якої озимої створених за міжвидової гібридизації *Triticum aestivum* L./*Triticum spelta* L. Матеріали XII Міжнародної наукової конференції «Селекційно-генетична наука і освіта» (Парієві читання). (20–22 березня 2023 р.). Умань: ВПЦ«Візаві». 2023. С. 214–217.
9. Рябовол Л. О., Рябовол Я. С., М. В. Фесько, Федоренко С. В. Ідентифікація гібридності рослин пшениці м'якої озимої за використання

- генетичних маркерів. Матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі» Умань, 2023. С. 150–151.
10. Рябовол Л. О., Рябовол Я. С., Фесько М. В., **Федоренко С. В.**, Капустинський А. О. Селекція пшениці м'якої озимої на гомеостаз для умов Правобережного Лісостепу України. Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції «Аграрна освіта і наука: досягнення та перспективи розвитку» присвяченої видатним вченим Васильківському С. П. і Молоцькому М. Я. – засновникам наукової школи з селекції та насінництва пшениці і картоплі. (28 березня 2024 р.). Біла Церква: БНАУ, 2024. С.102–104.
 11. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О., Кертон М., **Федоренко С. В.**, Фесько М. В. Створення та відбір багатоколоскових вихідних матеріалів пшениці м'якої озимої. Матеріали XIII Міжнародної наукової конференції «Селекційно-генетична наука і освіта» (Парієві читання). (19–21 березня 2024 р.). Умань: ВПЦ«Візаві». 2024. С. 146–148.
 12. Ryabovol I. S., Ryabovol L. O., **Fedorenko S. V.**, Fesko M. V., Kapustinsky A. O. Embryoculture in breeding of soft winter wheat. Матеріали IX Всеукраїнської науково-практичної конференції «Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі» Умань, 2024. С. 135–137.
 13. Рябовол Л. О., Рябовол Я. С., **Федоренко С. В.**, Фесько М. В. Фотосинтетична активність зразків різних морфотипів пшениці м'якої озимої. Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції «Аграрна освіта і наука: досягнення та перспективи розвитку» присвяченої видатним вченим Васильківському С. П. і Молоцькому М. Я. (27 березня 2025 року), Білоцерківський НАУ. Біла Церква, 2025. С. 90–92.
 14. Ryabovol L. O., Ryabovol Ia. S., **Fedorenko S. V.**, Fesko M. V. Analysis of created samples of winter soft wheat for photosynthetic activity. Матеріали X

Всеукраїнської науково-практичної конференції «Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі» Умань, 2025. С. 114–116.