

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

САУЛЯК НАДІЯ ІВАНІВНА

УДК: 633.1:632.938.1:632.915

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ
ОЗИМОЇ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ НА СТІЙКІСТЬ ДО ЛИСТОСТЕБЛОВИХ
ХВОРОБ**

06.01.05 – селекція і насінництво
Н Сільське, лісове, рибне господарство та ветеринарна медицина

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата сільськогосподарських наук

Умань – 2025

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано впродовж 2013–2024 рр. у Селекційно–генетичному інституті – Національному центрі насіннєзнавства та сортовивчення Національної академії аграрних наук України

Науковий керівник

**Бабаянц Ольга
Вадимівна**

доктор біологічних наук,
науковий співробітник старший

Офіційні опоненти

**Лавриненко Юрій
Олександрович**

доктор сільськогосподарських наук, професор,
академік НААН, головний науковий співробітник
відділу селекції Інституту кліматично орієнтованого
сільського господарства НААН України

**Гуменюк Олександр
Володимирович**

кандидат сільськогосподарських наук, старший
дослідник, завідувач лабораторії селекції озимої
пшениці Миронівського інституту пшениці імені
В.М. Ремесла НААН України

Захист відбудеться: «16» травня 2025 року о 12:00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 74.844.04 в Уманському національному університеті за адресою: м. Умань, вул. Інститутська, 1, адмінкорпус, конференц-зал; телефон: 098 344 58 20,
e-mail: srk7484404@meta.ua

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Уманського національного університету за адресою: м. Умань, вул. Інститутська, 1 та на веб-сайті, де розміщено матеріали: <https://science.udau.edu.ua/ua/d-74.844.04.html>

Реферат розіслано «16» квітня 2025 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради,
доктор філософії

Вячеслав ЯЦЕНКО

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Обґрунтування вибору теми досліджень. Генетичний захист відіграє ключову роль у системі інтегрованого захисту рослин, визначаючи продуктивність, адаптивність та стійкість сорту до абіотичних і біотичних факторів. Інші елементи системи лише зберігають цей потенціал. Тому селекціонери світу прагнуть створювати високопродуктивні сорти, стійкі до шкідників і стресових умов.

Селекція пшениці на групову стійкість до основних хвороб ведеться у провідних країнах, включно з Україною, в різних екологічних зонах і з різними розривами в часі. Досліди часто базуються на природних чи слабких штучних фонах, що ускладнює отримання достовірних даних. В Україні створено стійкі сорти озимої пшениці, що впроваджуються у виробництво, але проблема групової стійкості залишається невирішеною. Селекція на стійкість до окремих патогенів є недостатньою, адже сорти, стійкі до одного збудника, уражуються іншими, що призводить до зниження врожайності та потребує застосування пестицидів, що не відповідає економічним і екологічним вимогам. Тому створення сортів із груповою стійкістю до основних листостеблових хвороб є важливою задачею селекції рослин. Це дозволяє підвищити врожайність, знизити витрати на обробку посівів рослин і забезпечити стабільність виробництва.

Актуальним є селектування генотипів пшениці м'якої озимої, стійких до найпоширеніших збудників хвороб. Дана робота спрямована на створення вихідного матеріалу для селекції на стійкість до листостеблових хвороб.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами. Наукові дослідження за темою дисертації є складовою частиною тематичного плану Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення (СПІ-НЦНС) і були виконані у відділі фітопатології та ентомології впродовж 2013–2024 рр. у межах ПНД НААН 8 на 2011–2015 рр. «Вивчити генетичну основу стійкості пшениці до збудників основних захворювань і виділити генотипи з ефективними для селекції на імунітет генами», 08.00.02.01.Ф, (номер державної реєстрації 0111U003470) ПНД НААН 23 на 2016–2020 рр. «Генетичні засади якісних та кількісних господарсько-цінних ознак, розробка сучасних біотехнологій створення та оцінки вихідного матеріалу і підвищення ефективності методів поліпшення генотипів рослин» 23.00.02.02.Ф «Генетико-імунологічне обґрунтування та створення вихідного матеріалу пшениці з груповою стійкістю до збудників шкідливих захворювань шляхом пірамідкування ефективних *Lr*–, *Yr*–, *Sr*–, *Pm*–, *Bt*–, *Ut*–генів» (номер державної реєстрації 0116U000665), ПНД НААН 13 на 2021–2025 рр. «Створення сортів зернових, круп'яних, зернобобових культур з комплексною стійкістю до стресових факторів середовища, підвищеною якістю врожаю» («Зернові, круп'яні, зернобобові культури»), 13.00.01.01.Ф Генетико-біотехнологічне та імунологічне обґрунтування та створення гомозиготного

вихідного селекційного матеріалу пшениці з груповою стійкістю до патогенів з комплексом ефективних *Lr*–, *Sr*–, *Yr*–, *Pm*–, *Bt*–, *Ut*–генів (номер державної реєстрації 0121U107976).

Мета і завдання досліджень. Мета роботи полягала в аналізі вихідного матеріалу пшениці м'якої озимої до комплексу основних листостеблових хвороб та ідентифікації ефективних джерел генів цінних ознак в селекції на резистентність.

Для досягнення поставленої мети на вирішення поставлено наступні завдання:

1. Виявити серед носіїв відомих генів стійкості, ефективні проти популяцій патогенів борошнистої роси, бурої та стеблової іржі в умовах Півдня України.

2. Проаналізувати генетичне різноманіття селекційного та колекційного матеріалу різного походження за рівнем стійкості (сприйнятливості) до основних листостеблових хвороб та виявити серед досліджуваного матеріалу сорти і лінії пшениці м'якої озимої з груповою стійкістю.

3. Проаналізувати селекційний матеріал, створений у відділі фітопатології та ентомології СГП–НЦНС, щодо його рівня резистентності до патогенів борошнистої роси, бурої та стеблової іржі для ідентифікації джерел групової стійкості до зазначених патогенів.

4. Встановити характер успадкування ознак стійкості до листостеблових хвороб у популяціях F_2 , отриманих за гібридизації батьківських компонентів, контрастних за досліджуваними показниками.

5. Виявити та довести зв'язки між ознаками стійкості до листостеблових хвороб та основними морфо–біологічними та господарськоцінними ознаками та властивостями.

6. Виділити із досліджуваного матеріалу стабільні генотипи з груповою стійкістю до основних листостеблових хвороб.

Об'єкт дослідження – процес формування рівня врожаю та стійкості селекційного матеріалу пшениці м'якої озимої проти листостеблових хвороб (борошнистої роси, бурої та стеблової іржі).

Предмет дослідження – генетична основа стійкості пшениці м'якої озимої до комплексу листостеблових патогенів, зв'язок досліджуваного показника з основними біологічними і господарсько цінними ознаками та властивостями у досліджуваному селекційному матеріалі пшениці м'якої озимої.

Методи дослідження: загальнонаукові: узагальнення і систематизація для формування робочої гіпотези, аналіз і синтез; польові: проведення гібридизації та випробування ліній, індивідуального добору; візуальні: проведення фенологічних спостережень, проведення оцінки стійкості в штучно створених інфекційних фонів у полі; вимірально–вагові: визначення біометричних показників і врожайності рослин; лабораторні: якісні показники насіння, імунологічна оцінка стійкості до бурої та стеблової іржі, та борошнистої роси в ювенільний період розвитку (ВВСН 12–13), а також у фазу дорослої рослини в польових умовах (ВВСН 59–69); математично–статистичні: обробки експериментальних даних та визначення достовірності результатів дослідження.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розв'язанні важливої наукової проблеми, щодо пошуку та ідентифікації вихідного селекційного матеріалу пшениці м'якої озимої з груповою стійкістю до основних листостеблових хвороб стабільною у часі.

✓ *Уперше* в умовах півдня України розширено відомості про наявність у степовій зоні носіїв ефективних генів стійкості до місцевих популяцій листостеблових хвороб. Зафіксовано зміну вірулентності патогенів до носіїв окремих *Lr*– (10–70 %), *Pm*– (5–60 %) генів, що свідчить про еволюційні процеси, що призвели до зміни їх расового складу.

✓ Виявлено серед носіїв відомих генів стійкості, ефективні проти популяцій борошнистої роси, бурої та стеблової іржі в умовах Півдня України – *Lr19* та *Lr9*; *Sr Amigo*, *Sr39*, *Sr31*, *Sr27*; *Pm4a**; *Pm20*, *Pm3a+3c+3f+5a+25*.

✓ Проаналізовано генетичне різноманіття селекційного та колекційного матеріалу різного походження за ступенем стійкості (сприйнятливості) до основних листостеблових хвороб та виявлено серед досліджуваного матеріалу сорти пшениці м'якої озимої з груповою стійкістю до листостеблових хвороб – Октава, Княгиня Ольга, Ластівка одеська, Вихованка одеська.

✓ Проаналізовано селекційний матеріал, створений у відділі фітопатології та ентомології СГП–НЦНС, щодо його рівня стійкості до борошнистої роси, бурої та стеблової іржі для ідентифікації джерел групової стійкості до зазначених патогенів, а саме: Ер. 57/12, Ер. 43/14, Ер. 2/14, Ер.70/19, Ер.67/14, Ер.15/14.

✓ Встановлено характер успадкування ознак стійкості до листостеблових хвороб у популяціях F_2 , отриманих від схрещувань батьківських компонентів, контрастних за досліджуваними показниками: Ступінь фенотипового домінування показника групової стійкості у популяціях F_2 майже 100 % відповідав класу позитивного наддомінування (НД+) за винятком генотипів, що належали до комбінації схрещування Ер.2/14 × Куяльник де стійкість до борошнистої роси контролювалася за типом позитивного домінування (Д+).

✓ Виявлено та доведено зв'язки між ознаками стійкості до листостеблових хвороб і основними господарсько-цінними ознаками та властивостями, зокрема всі шість константних ліній (Ер. 57/12, Ер. 43/14, Ер. 2/14, Ер.70/19, Ер.67/14, Ер.15/14) характеризуються високою комплексною стійкістю (на рівні 8–9 балів) та високою продуктивністю (6,4–7,6 т/га врожайністю).

✓ Виділено стабільні генотипи з груповою стійкістю та врожайністю до основних листостеблових хвороб, а саме: Ер. 57/12 – за рівня стійкості 8–9 балів, урожайність – 7,4 т/га, Ер. 43/14 – за рівня стійкості 8–9 балів, урожайність – 7,6 т/га, Ер. 2/14 – за рівня стійкості 8–9 балів, урожайність – 6,4 т/га, Ер.70/19 – за рівня стійкості 8–9 балів, урожайність – 6,9 т/га, Ер.67/14 – за рівня стійкості 8–9 балів, урожайність – 6,0 т/га, Ер.15/14 – за рівня стійкості 8–9 балів, урожайність – 6,2 т/га

✓ Удосконалено методичні підходи до ідентифікації генотипів пшениці м'якої озимої, стійких до іржастих хвороб та борошнистої роси. Для підвищення ефективності роботи щодо оцінки та добору генотипів з груповою стійкістю запропоновано використання спеціально створених комплексних інфекційних фонів досліджуваних хвороб.

✓ Набули подальшого розвитку дослідження генетичної складової ознаки стійкості пшениці м'якої озимої до листостеблових хвороб на гібридах від схрещувань батьківських форм з різними генетичними механізмами контролю стійкості.

Практичне значення одержаних результатів. Проаналізовано ефективність використання інтрогресивних ліній за створення селекційного матеріалу з груповою стійкістю до листостеблових хвороб: бура іржа (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Rob. ex Desm (*P. triticina* Erikss)), стеблова іржа (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*) та борошнистої роси (*Blumeria graminis* (DC) *Speer* f. sp. *tritici*) Удосконалено етапи методології селекційного процесу пшениці м'якої озимої за створення вихідного селекційного матеріалу з груповою стійкістю, а саме використанням комплексних інфекційних фонів на початкових етапах селекції. Виділено новий, оригінальний вихідний (селекційний) матеріал (шести константних ліній (Ер. 57/12 – 7,4 т/га, Ер. 43/14 – 7,6 т/га, Ер. 2/14 – 6,4 т/га, Ер.70/ – 6,9 т/га, Ер.67/14 – 6,0 т/га, Ер.15/14 – 6,2 т/га) з ефективними генами стійкості до іржастих хвороб та борошнистої роси, наявність яких було підтверджено за допомогою ПЛР аналізу. Виділені лінії характеризуються груповою стійкістю у фазах ВВСН 12-13 та ВВСН 56–69 до досліджуваних листостеблових хвороб у комплексі з іншими господарсько–цінними ознаками і можуть бути ефективними генетичними джерелами для селекції пшениці м'якої озимої.

Особистий внесок здобувача полягає у самостійному аналізі вітчизняних та зарубіжних літературних джерел за темою дисертаційної роботи, розробці програми досліджень, виконанні експериментальних польових і лабораторних досліджень, узагальненні, математичній обробці й аналізі отриманих результатів, формулюванні загальних висновків та рекомендацій для практичної селекції. Публікації за темою дисертації виконано у співавторстві із часткою здобувача 35–60%.

Апробація матеріалів дисертації. Основні результати досліджень були представлені на VI інтернет–конференції молодих учених «Генетика та селекція сільськогосподарських культур – від молекули до сорту» (7 вересня 2023 року, м. Київ); міжнародній науково–практичній конференції присвяченій 100–річчю селекції пшениці в інституті «Сучасні напрями селекційного удосконалення пшениці» Селекційно–генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення (1–3 червня 2016 р., м. Одеса), міжнародній науково–практичній конференції «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур» (22–23 листопада 2016 р, м. Київ), інтернет–конференції молодих вчених «Генетика та селекція сільськогосподарських

рослин – від молекули до сорту» присвяченій 130-річчю з дня народження М. І. Вавилова (7 серпня 2017 року, м. Біла Церква), міжнародній науково–практичній конференції «Сучасні технології підвищення генетичного потенціалу рослин» присвяченій 100-річчю Національної академії аграрних наук України та 110-річчю заснування Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН (4–5 липня 2018 р. м Харків), III інтернет–конференції молодих вчених «Генетика та селекція сільськогосподарських культур – від молекули до сорту»: (м. Київ, 28 серпня 2019 р.), міжнародній науковій конференції «Селекція зернових та зернобобових культур в умовах змін клімату: напрями і пріоритети» (м. Одеса. 05.05.2021 р.).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 11 наукових праць, зокрема одна стаття – у закордонному виданні, проіндексованому у базі даних Scopus, чотири статті – у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України, шість тез доповідей на Міжнародних та Всеукраїнських наукових конференціях.

Структура та обсяг дисертації Дисертаційна робота викладена на 175 сторінках друкованого тексту і включає: вступ, огляд літератури, умови, матеріал і методику проведення досліджень, чотири експериментальних розділи, аналіз і узагальнення результатів дослідження, висновки, практичні рекомендації, додатки та список використаних джерел. Дисертація містить 38 таблиць, 11 рисунків, додатки з фотографіями, 182 літературне джерело, в т.ч. 52 латиницею.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У дисертаційній роботі представлено результати досліджень вихідного матеріалу пшениці м'якої озимої для селекції на стійкість до листостеблових хвороб та ідентифікація ефективних джерел для селекції на стійкість.

ОСОБЛИВОСТІ ЕТІОЛОГІЇ РОЗВИТКУ ХВОРОБ НА ПОСІВАХ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ НА ПІВДНІ УКРАЇНИ

У розділі наведено етіологію розвитку патогенів бурої та стеблової іржі, борошнистої роси, як найпоширеніших листостеблових хвороб пшениці м'якої озимої на території Півдня України. Розглянуто роль безпечних і рентабельних методів захисту рослин, де основним є вирощування у сільськогосподарському виробництві сортів та гібридів, стійких до фітопатогенів. Селекція таких форм базується на встановленні наявності паразитичних взаємин патогена з рослиною–господарем. Вирішення цього завдання потребує проведення постійного моніторингу популяції фітопатогенів для вивчення расового складу, вивчення динаміки розвитку патогенів, виділення агресивних та вірулентних рас, створення штучних інфекційних фонів незалежно від пори року. Дуже важливим є наявність джерел ефективних генів стійкості. Пшениця м'яка озима має велику кількість диких та культурних співродичів, які можуть бути використані як джерела ряду ефективних генів стійкості. На основі здійсненого аналізу

літературних джерел обумовлено необхідність поглиблення та розширення досліджень щодо пошуку вихідного матеріалу, характеризується стійкістю до групи хвороб та комплексом інших господарсько-цінних ознак і властивостей.

УМОВИ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Погодні умови в Одеській області сприяли розвитку бурої іржі та борошнистої роси на посівах озимої пшениці, що дозволило ефективно оцінити стійкість досліджуваного матеріалу. Найвищий розвиток хвороб спостерігався у 2015–2017, 2020–2022 рр., менш інтенсивний – у 2014, 2018, 2019, 2023 рр. через посуху. Використовували природні спори бурої, стеблової іржі та борошнистої роси Півдня України. У популяціях домінували раси: бурої іржі – 77; стеблової іржі – 11, 15, 40, 34, 2; борошнистої роси – 4, 15, 27, 35, 44, 46, 51, 58, 59.

Досліджено колекційний і селекційний матеріал, зокрема сорти СГІ–НЦНС та інших установ із Реєстру сортів України, а також лінії, носії генів стійкості, отримані через USDA ARS (США) та протестовані щодо їх реакції на місцеві патогени. Імунологічну оцінку проводили в ізольованому інфекційному розсаднику, а оцінку стійкості – за якісними та кількісними показниками ураження. Гібридологічний аналіз стійкості виконували за методикою Тоцького та програмою Punnett Square Calculator, гібридизацію – твел–методом. Польові досліді організовано за стандартною методикою, статистичну обробку проводили за допомогою комп'ютерних програм Microsoft Excel 2007 і Statistica.

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ НОСІЇВ ВІДОМИХ ГЕНІВ СТІЙКОСТІ ВІДНОСНО ПОПУЛЯЦІЙ ЛИСТОСТЕБЛОВИХ ПАТОГЕНІВ

Важливим завданням при аналізі нового селекційного матеріалу із груповою стійкістю до основних листостеблових хвороб є вивчення цінності нових генетичних джерел у різні фази розвитку пшениці м'якої озимої, а також дослідження ефективності блоків генів, що контролюють досліджувані ознаки та моніторинг їх стабільності протягом тривалого часу.

Аналіз ефективності носіїв *Lr*–генів відносно популяцій бурої іржі у різні фази розвитку рослин пшениці м'якої озимої. Метою даного етапу досліджень було отримання інформації щодо ефективності окремих *Lr*–генів у підвищенні показника стійкості до бурої іржі та її стабільність за роками. Вивчалась стійкість ліній і сортів–диференціаторів м'якої пшениці, носіїв відомих *Lr*–генів, за реакцією рослини на інфекцію патогену та інтенсивність ураження. У якості індикатора високої сприйнятливості було використано сорт Одеська напівкарликова. В результаті проведеної фітопатологічної оцінки у ліній та сортів пшениці м'якої озимої виявлено різний тип реакції рослин на інфекцію в залежності від присутності у їх генотипі тих чи інших *Lr*–генів (Табл. 1). Зокрема, суттєва масова частка (80 %) ліній, які є носіями ефективних *Lr*–генів до популяції збудника бурої іржі (*Puccinia triticina*), показали високий

рівень сприйнятливості до популяції збудника бурої іржі, що підтверджується як показником типу реакції рослини на інфекцію так і відсотком інтенсивності ураження.

Таблиця 1 – Оцінка стійкості селекційного матеріалу пшениці м'якої озимої з *Lr*-генами до популяції *Puccinia triticina* у фазу BBCH 12–13

Лінії, носії <i>Lr</i> -генів	Тип реакції	Інтенсивність ураження, %	Характеристика стійкості/сприйнятливості ліній
19	VR	0	Висока стійкість
9	VR–R	5	Стійкість
36; 37; 52; 53; 64 47	MR	10–15	Помірна стійкість
<i>Amigo</i> , 35 42 51; 56; 24	MS	25	Помірна сприйнятливість
2с; 3а; 16; 17; 18; 26; 32; 44; 60	S	40–65	Сприйнятливість
2в; 13; 14а; 14в; 15; 30; 38; 63; 3bg; 3ка; 10; 33; 1; 2а	S	65–90	Висока сприйнятливість
1; 2а; 11 Одеська н/п	VS	90–100	Висока сприйнятливість

Виняток становили лінії, що несуть в своєму генотипі гени *Lr19* та *Lr9*, їх рівень стійкості варіював у межах від стійких (тип реакції VR–R) до високостійких генотипів (тип реакції VR).

Аналіз вікової стійкості проводили у польовому інфекційному розпліднику бурої іржі при штучному зараженні рослин популяцією урединіоспор за максимального розвитку хвороби. Визначали стійкість за балом ураження прапорцевого і передпрапорцевого листа у фазу молочної стиглості зерна. Оцінка матеріалу показала, що, аналогічно до попереднього експерименту, більшість ліній, носіїв *Lr*-генів, виявилася сприйнятною до популяції патогену бурої іржі. При чому, показано, що ефективність генів *Lr19* та *Lr9* зберігається й у фазі BBCH 56–69, що свідчить про їх стабільність у забезпеченні стійкості рослин пшениці м'якої до *Puccinia triticina* як у часі, так і на різних фазах онтогенезу (Таблиця 2).

Лінії, носії генів *Lr24*, *Lr42*, *Lr50*, *Lr51*, *Lr56* у ювенільній стадії розвитку мали помірну стійкість (10–15% ураження), тоді як в фазі BBCH 56–69 майже не уражалися, що свідчить про наявність вікових механізмів стійкості, які спостерігали протягом усього дослідження. Джерела генів *Lr52*, *Lr53*, *Lr64* виявили помірну стійкість на стадії сходів та були стійкими за слабких епіфітотій, але дуже уражалися в роки сильних епіфітотій. Подібні реакції рослин на патоген вказують на нестабільність дії цих генів. Лінії з геном *Lr29* (*Th6/Ae.elongatum*) втратили стійкість: з типу R (6–7 балів) до VS–S (4–3 бали). Подібна зміна типу реакції спостерігалась і у генотипів *Th6/Exchange* (носій гену *Lr12*) і *Th6/Ae. taushii* (*Lr34*) – із помірної сприйнятливості у 2014–2015 рр. до високої у 2020 р. (S–VS, 4–3 бали).

Даний експеримент дав можливість оцінити ефективність стійкості до бурої іржі ліній і сортів із різними *Lr*-генами в умовах Півдня України. Інокуляцію проводили в штучному кліматі моноізолятами спор бурої іржі.

Реакції варіювали від стійкості (MR, R) до сприйнятливості (MS, S). У лінії Thatcher*6/*Aegilops umbellulata* (Lr9) вірулентність не перевищувала 5–10% у 2014–2015 рр., але протягом дослідження зросла до 15%. Це свідчить про еволюційні зміни в популяції збудника бурої іржі, що необхідно враховувати в селекції для оцінки доцільності використання окремих джерел, носіїв генів стійкості.

Таблиця 2 – Оцінка стійкості селекційного матеріалу пшениці м'якої озимої з Lr-генами до популяції *Puccinia triticina* у фазу BBCH 56–69

Лінії, носії Lr-генів	Тип реакції	Бал ураження, %	Характеристика стійкості/сприйнятливості ліній
19	0–VR	8–9	Висока стійкість
9; 24; 47; 51; 56; 42	R	6–7	Стійкі
36; 37; 52; 53;	MR	5–6	Помірна стійкість
<i>Amigo</i> , 35 64	MS	4–5	Слабка сприйнятливість
2с; 3а; 16; 17; 18; 26; 32; 44; 60	S	3–4	Сприйнятливість
2в; 13; 14а; 14в; 15; 30; 38; 63; 3bg; 3ка; 10; 33; 1; 2а	VS	1–2	Висока сприйнятливість
1; 2а; 11 (Од. напівкар. – індикатор сприйнятливості)	VS	1–2	Висока сприйнятливість

Аналіз ефективності носіїв відомих Sr-генів до популяції стеблової іржі Півдня України. Дослідження стійкості ліній і сортів із Sr-генами до стеблової іржі Півдня України проводили у 2017–2020 рр. у польовому інфекційному розсаднику шляхом штучного зараження. Стійкість і сприйнятливість оцінювали за проявами хвороби та її поширенням. Сорт Одеська напівкарликова слугував індикатором високої сприйнятливості.

Показано (таблиця 3), що до ліній, носіїв більшості Sr-генів, 65 – 90% рас популяції патогену виявили вірулентність. Отже, це характеризує ці гени, як неефективні проти збудника стеблової іржі.

Таблиця 3 – Вірулентність/авірулентність популяції *Puccinia graminis* f. sp. tritici до ліній та сортів пшениці м'якої озимої, що є носіями Sr-генів

Лінії, носії Sr-генів	Вірулентність	Авірулентність
<i>Amigo</i> , 39, 31, 27	0 – 5	95 – 100
21, 24, 28, Mc Nair 38	10 – 15	90 – 85
9е; 11; 9q; 17	25 – 40	75 – 60
22; 36; 10; 23 37	40 – 60	60 – 40
7а; 4b–Ra; 8; 9а; 9d; 15; 16; 18; 28	60 – 90	40 – 10
40; 5–Ra.	90 – 100	10 – 0
Одеська напівкарликова (st)	90 – 100	10 – 0

Виявлена низька вірулентність (10%, тип реакції R) протягом усіх років дослідження у ліній, носіїв генів *Sr21*, *Sr24*, *Sr28*, *SrMcNair 38*. Дані гени відмічені як високо ефективні проти збудника хвороби. Відсутня вірулентність в популяції патогена (тип реакції 0–VR) до сорту Кавказ із генами *Sr5* та *Sr31*, сорту Amigo – з геном *SrAmigo*, лінії PI 520494 – з геном *Sr27*. Отримані результати підтверджують високу ефективність даних генів в реалізації стійкості до стеблової іржі, яка була відмічена у попередні роки.

Аналіз ефективності носіїв відомих *Pm*–генів до популяції збудника борошнистої роси Півдня України. У 2014–2021 рр. в умовах штучного клімату (ювенільна фаза) та умовах польових розсадників (доросла фаза) досліджували стійкість ліній і сортів озимої м'якої пшениці з *Pm*–генами до борошнистої роси. Досліджували сорти–диференціатори, ключ Новер та ізогенні лінії, отримані з USDA ARS (США, 2014), які були вперше протестовані на популяції місцевих патогенів. Оцінювали тип реакції та інтенсивність поширення інфекції у фазу BBCH 12–13 (табл. 4).

Таблиця 4 – Стійкість ліній пшениці з *Pm*–генами до популяції *Blumeria graminis* в штучних лабораторних умовах в фазу BBCH 12–13

Лінії, носії <i>Pm</i> –генів	Тип інфекції	Інтенсивність ураження, %	Характеристика стійкості/сприйнятливості ліній
4a*; 20	0–R	0–5	Висока стійкість
3a+3c+3f+5a+25	R	5–10	Стійкість
4b+8; 4b+6; 2+6	Mr; MR–MS	10–15	Помірна стійкість
17; 4b; 1+2+9	MR–MS	15–25	Помірна стійкість
3c; 2+4b+8; 2+Mld	MS	25	Слабка сприйнятливість
4a; 10+14+15; 10+15; 2	S	40–65	Сприйнятливість
1a; 3a; 3b; 4a; 8+11	S	65–90	Сприйнятливість
1; 8+11; 6; 5a; 3g	VS	90	Висока сприйнятливість

Дослідження показали, що лінії Khapli та KS93WGRC28 (*Pm4a+*, *Pm20*) не мали ознак хвороби, демонструючи високу стійкість і ефективність генів. Сорти Amigo, Centuri та лінія Saluda3/PI 427662 (*Pm17*, *Pm3a+3c+3f+5a+2*), які мали хлороз і некроз без спороношення, віднесені до стійких. Інші лінії поділили за ступенем сприйнятливості. Окремо виділили лінії Saluda3/TA 2492 (*Pm3a+3c+3f+5a+34*), Saluda3/TA 2377 (*Pm3a+3c+3f+5a+35*), Saluda3/PI 427315 (*Pm37*), Saluda3/TA 2481 (*Pm3a+3c+3f+5a+novel genes*) і сорт Transec, які за роки дослідження втратили стійкість. Так, в сезоні 2013–2014 рр. лінії Saluda3/TA 2492 і Saluda3/TA 2481 мали помірну стійкість (R–MR), лінії Saluda3/TA 2377 і Saluda3/PI 427315 – стійкість (R), але вже через 4–6 років (у 2018–2020 рр.) вони характеризувались слабкою сприйнятливістю (MS–S, 25–40% ураження), а у

сорта Transec сприйнятливості зросла з MS до S. Отже, можна припустити, що дані результати дослідження спричинені зміною расового складу *Blumeria graminis*.

Таблиця 5 – Стійкість ліній пшениці з *Pm*-генами до популяції *Blumeria graminis* в польових умовах в фазу BBCH 56–69

Лінії, носії <i>Pm</i> -генів	Мін	Макс	Характеристика стійкості/сприйнятливості ліній
4a+; 20	8	9	Висока стійкість
3a+3c+3f+5a+25	7	8	Стійкість
17; 4b+6; 4b+8;	6	7	Помірна стійкість
2+Mld; 2+6; 2+4b+8	5	6	Помірна стійкість
2; 3b; 4a; 4b(1); 1+2+9	4	5	Слабка сприйнятливості
10+14+15; 3c	3	4	Сприйнятливості
3a; 4b (2); 8+11	2	3	Сприйнятливості
1; 1 a; 3g; 5a; 6; 8(2); 10+14+15	1	2	Висока сприйнятливості

В результаті дослідження показана висока стійкість сортів Khapli, Century, BC1F4–MS6RL(6D)/TAM104, Saluda3/PI 427662, Saluda3/TA 2377, Saluda*3/PI 427315. Сорт Sorbas варіював від стійкого до високостійкого, а Kronjuwel та Apollo – від помірної стійкості до стійкості.

Окрему групу склали лінії, що втратили стійкість (Saluda3/TA 2492, Saluda3/TA 2377, Saluda3/PI 427315, Saluda3/TA 2481NC99BGTA11) та сорт Transec, у яких рівень стійкості знизився з 6–8 балів у 2013–2014 рр. до 5 балів у 2018–2020 рр.

Лабораторні дослідження показали різну реакцію сортів на моноізольовану борошнистої роси: від стійкої (MR, R) до сприйнятливої (MS, S). Найменшу вірулентність (<3%) збудник проявляв до сорту Khapli (*Pm*4a+), а також до ліній з генами *Pm*20 (KS93WGRC28) і *Pm*3a+3c+3f+5a+25 (NC96BGTA5). В інших лініях цей показник був вищим за 15%.

З 2014 до 2021 рр. вірулентність до генів *Pm*3a+3c+3f+5a+35 (Saluda3/TA 2377), *Pm*3a+3c+3f+5a+34 (Saluda3/TA 2492), *Pm*37 (Saluda3/PI 427315) та *Pm*3a+3c+3f+5a+novel genes (Saluda3/TA 2481) зросла з 5–15% до 25–40%, а для Transec (*Pm*7) — з 40% до 65–90%. Це свідчить про зміну расового складу популяції, що знижує ефективність донорів стійкості.

АНАЛІЗ ДЖЕРЕЛ ГРУПОВОЇ СТІЙКОСТІ ДО ОСНОВНИХ ЛИСТОСТЕБЛОВИХ ЗАХВОРЮВАНЬ.

Успіх селекції на імунітет до хвороб залежить від наявності вихідного селекційного матеріалу – ефективних донорів *Lr*, *Sr*, *Pm* та інших генів стійкості.

Ними можуть бути вже створені вітчизняні та закордонні сорти, які повинні володіти груповою стійкістю до збудників основних хвороб. Наразі таких сортів одиниці.

Завданням представлених досліджень було вивчення генетичного різноманіття колекційного матеріалу різного походження за ступенем стійкості (сприйнятливості) до основних листостеблових хвороб та виявлення серед існуючого набору сортів пшениці м'якої озимої форм з груповою стійкістю до листостеблових хвороб.

Стійкість колекційних зразків вивчали на різних етапах онтогенезу рослин: на фазі дорослої рослини (ВВСН 56–73) у польових інфекційних розсадниках та у ювенільний період розвитку (ВВСН 12–13) в умовах теплиці, на світлових установках при штучному зараженні. Визначали ступінь стійкості чи сприйнятливості досліджуваного матеріалу до збудників іржастих хвороб та борошнистої роси за інтенсивністю ураження рослин та їх реакцією на інфекцію патогенів у фазу ВВСН 12–13. У фазу ВВСН 56–69 проводили оцінку в балах за шкалами загальноприйнятих у фітопатології методик.

Аналіз колекції сортів озимої пшениці селекції СГІ–НЦНС за показником стійкості до групи листостеблових хвороб. У період 2016–2017 років було проаналізовано колекцію сортів відділу селекції і насінництва пшениці та лабораторії селекції інтенсивних сортів пшениці СГІ–НЦНС на стійкість до збудників основних листостеблових хвороб.

В результаті досліджень було встановлено, що сорти селекції СГІ різнилися за ступенем стійкості/сприятливості до збудника бурої листової іржі.

Так, переважна більшість сортів СГІ як на ювенільній, так і на фазі ВВСН 56–69, показали стійкість до незначної частини популяцій патогенів. Причому, до більшої частини популяції патогену, незалежно від фази розвитку, представлені сорти проявляли високу сприйнятливість. Ці сорти віднесені до високо сприйнятливих та сприйнятливих. Незважаючи на загальний низький середній рівень стійкості до хвороб, серед зразків селекції СГІ можна було виділити окремі помірностійкі та стійкі сорти. Вони проявляють расоспецифічну стійкість до більшості рас популяцій патогенів як на ювенільній, так і на стадії дорослої рослини. Вони характеризувалися наявністю певних механізмів горизонтальної стійкості, які обумовлюють сповільнений розвиток хвороби, тобто – пролонгований інкубаційний період (14–15 днів) та дуже низька продуктивність уредопустул або її повна відсутність.

Високий рівень стійкості на штучних епіфітотійних фонах до більшості ізолятів бурої іржі як в ювенільній, так і на стадії дорослої рослини показали сорти Нота одеська, Октава одеська, Манера одеська, Княгиня Ольга, Ластівка одеська, Вихованка одеська (бал ураження 7–9).

За показником стійкості до борошнистої роси показали помірну стійкість (Журавка, Заграва, Гарантія, Кантата, Октава, Щедрість, СГІ 100, Славен, Кубок, Постать, Хвиля, Січ, Фортеця, Колорит, Княгиня Ольга, Ластівка Одеська, Вихованка одеська). Вони характеризувались найдовшим інкубаційний періодом розвитку патогена (14–15 днів) та низькою інтенсивністю ураження (10–15%).

До збудника стеблової іржі стійкими виявилися сорти – Октава одеська, Княгиня Ольга, Ластівка одеська, Вихованка одеська. Переважна більшість сортів місцевої селекції виявили сприйнятливість або дуже високу сприйнятливість, за винятком сорту Нота одеська, вірулентність до якого виявили 25% рас популяції, що свідчить про наявність у його генотипі механізму расоспецифічної стійкості.

Серед сортів селекції СГІ–НЦНС виявлено ряд сортів (Октава, Княгиня Ольга, Ластівка одеська, Вихованка одеська), які стабільно, впродовж проходження різних фаз онтогенезу, проявили високий рівень групової стійкості до збудників листостеблових хвороб. Ці сорти можуть бути цінним вихідним матеріалом у селекції за даними ознаками.

Дослідження колекції сортів озимої пшениці різного походження за показником стійкості до групи листостеблових хвороб. Для розширення відомостей про рівень стійкості сучасної колекції вітчизняних та закордонних сортів пшениці м'якої озимої до групи листостеблових патогенів, було проведено аналіз колекції, сформованої у відділі інтродукції СГІ–НЦНС. Всього було вивчено 24 сортозразки вітчизняної та закордонної селекції. Оцінку стійкості проводили у різні фази розвитку рослин, на комплексних інфекційних фонах у польових та лабораторних умовах. Результати проведених досліджень наведені у Таблиці 6.

Таблиця 6 – Аналіз показників стійкості колекційних зразків різного походження до збудників листостеблових хвороб в процесі онтогенезу (2016–2018 рр.)

Сорти	Іржа				Борошниста роса	
	Бура		Стеблова			
	1	2	1	Тип реакції	1	2
Естафета миронівська	7	MR	7	MR	6	MS
Приваблива	7	MR	7	MR	5	S
Трудівниця Миронівська	6	MS	6	MS	5	MS
Дніпрянка	6	MS	7	R	5	S
Здобна	5	S	6	MS	3	S
Kambara 1/ KALYOZ	8	R	8	R	4	S
Podoima	5	S	7	MR	4	S
TAM105/3/NE70654/BBY//BOW	6	MS	7	MR	4	S
BR1284/BH114686/ALD/31CA20/4/4	8	R	8	R	4	S
GA951079–3–5/NEUSE	6	MS	7	MR	8	R
Saulesicu#/44/TR810200//	8	R	6	MS	4	S
Krasnodar/FRTL/6/NGDA146/4/	8	R	8	R	7	MR
Intensivnaya//PBW343*2/	8	R	8	R	4	S
Dorade5/KS980512	7	MR	8	R	6	MS

Продовження таблиці 6

F08347G8	7	MR	6	MS	6	MS
OR943576/KS980512	8	R	8	R	4	S
HKI/6/NVSR3/5/Bez/TVR/5/CFN	8	R	8	R	5	S
Shark-I 113/AGRI/B/Y	8	R	8	R	4	S
Eskina-10/GRISET-9	7	MR	7	R	4	S
Южанка	8	R	8	R	4	S
Левада	7	R	8	MR	4	S
L182-02-14-1	8	R	8	R	4	S
TAM200/Kravz/LTG-164	8	R	8	R	4	S
Кошова	8	R	6	MS	4	S
Одеська напівкарликова (стандарт сприйнятливості)	1	VS	VS	VS	2	VS

1 – фаза BBCH 59–73; 2– BBCH 12–13

Показник стійкості до іржастих хвороб у колекційних зразків коливався у досить широких межах від сприйнятливих (S) та помірносприйнятливих (MS) до помірностійких (MR) та стійких (R). При чому суттєвої різниці між рівнем стійкості у фазу проростків та у фазу BBCH 56–69 не спостерігалось. Із досліджуваного асортименту високою резистентністю до обох видів іржі незалежно від фази розвитку виділилися зразки Kambara1/KALYOZ, BR1284/BN114686/ALD/31CA20/4/4, Krasnodar/FRTL/6/NGDA146/4, Intensivnaya//PBW343*2, Южанка, TAM200/Kravz/LTG-164, що робить їх цінним вихідним матеріалом для селекції на стійкість до бурої та стеблової іржі.

Переважає більшість досліджуваних сортозразків виявила сприйнятливість до збудника борошнистої роси, як у ювенільний період розвитку так і на рівні дорослої рослини. Виняток складали лише селекційні лінії Krasnodar/FRTL/6/NGDA146/4/, Dorade5/KS980512, F08347G8, сорт Естафета миронівська, які виявили помірну сприйнятливість та лінія GA951079-3-5/NEUSE із високим рівнем стійкості до даної хвороби.

Слід зазначити, що серед досліджуваного колекційного матеріалу не було виявлено жодного зразка із груповою стійкістю до збудників листостеблових хвороб.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ НА ГРУПОВУ СТІЙКІСТЬ ДО ЛИСТОСТЕБЛОВИХ ПАТОГЕНІВ

Основою представлених досліджень став напрацьований у відділі фітопатології та ентомології СГП-НЦНС науковий доробок напряму селекції пшениці на стійкість до збудників хвороб.

Аналіз показника стійкості селекційного матеріалу відділу фітопатології та ентомології до групи листостеблових хвороб. В рамках

методичних досліджень щодо створення вихідного матеріалу для селекції пшениці м'якої озимої із груповою стійкістю до листостеблових хвороб, шляхом складних, ступінчатих схрещувань було отримано 27 інтрогресивних ліній із генами високої стійкості до хвороб від диких родичів пшениці (*Aegilops cylindrica*, *Aegilops variabilis*, *Aegilops ventricosa*, *Triticum erebuni*, *Triticum tauschii*, *Agropyron elongatum*, *Triticale*). Зазначені лінії вивчалися за показниками стійкості до листостеблових хвороб у декілька етапів: у польових умовах на комплексному інфекційному фоні досліджували вікову стійкість генотипів; в умовах теплиці та на світло установках визначали їх стійкість до окремих рас листової іржі та борошнистої роси у ювенільній фазі розвитку рослин (ВВСН 12–13).

Аналіз даного матеріалу показав різний рівень стійкості у генотипів пшениці до рас місцевих популяцій іржі (бура, стеблова) та борошнистої роси, який варіював у межах від помірносприйнятливих (4–5 балів) до високостійких (8–9 балів).

Так, найбільшу масову частку (33%) серед досліджуваного матеріалу склали генотипи, які на комбінованому інфекційному фоні проявили високу стійкість до збудників бурої іржі та борошнистої роси, 26% ліній (Ер. 4/16, Ер. 47/16, Ер. 53/16, Ер.129/16, Ер.130/16, Ер.135/16) показали високу стійкість (бали 8–9) щодо видів іржі, але уразилися борошнистою росою на рівні 4–5 балів.

Групову стійкість до усіх досліджуваних листостеблових хвороб виявили 22% із досліджуваних ліній (Ер. 57/12, Ер. 43/14, Ер. 2/14, Ер.70/19, Ер.67/14, Ер.15/14), які при тривалому випробуванні в умовах штучних інфекційних фонів показали стійкість до досліджуваних патогенів на рівні 8–9 балів і можуть бути цінними джерелами ефективних *Lr*–, *Sr*– та *Pm*–генів для селекції (табл.7).

Таблиця 7 – Оцінка стійкості відібраних ліній пшениці до збудників основних хвороб (2016–2018 рр.)

Назва лінії	Бура іржа	Стеблова іржа	Жовта іржа	Борошниста роса	Тверда сажка
Ер. 57/12	8	8	7	8	9
Ер. 43/14	8	8	9	8	8
Ер. 67/14	8	9	9	6	9
Ер. 2/14	8	8	9	8	9
Ер. 15/14	8	9	7	7	8
Ер. 70/19	8	8	8	8	9
Куяльник – st.	4–6	4–6	4–6	4–6	4–6

Слід зазначити, що стабільно високий рівень групової стійкості до листостеблових хвороб у відібраних генотипів сформувався завдяки наявності в їх генотипах комплексу активних генів, що контролюють дану ознаку від диких

родичів пшениці, наявність яких було встановлено за допомогою ПЛР аналізу у відділі загальної і молекулярної генетики СГІ–НЦНС (Табл. 8).

Таблиця 8 – Ідентифікація ефективних генів стійкості та їх груп у генотипах інтрогресивних ліній відібраних в процесі роботи

Назва лінії	Популяційний склад	Гени
Ер. 57/12	1(≈90%)	<i>Lr21 + Lr24 + LrAmigo, Sr24 + SrAmigo, Pm17;</i>
Ер. 43/14	(≈90%)	<i>Lr21 + Lr24 + Lr68 + LrAmigo, Sr24 + SrAmigo, Pm17;</i>
Ер. 67/14	1(≈90%)	<i>Lr10 + Lr26 + Lr34 + Lr68, Sr31 + Sr58, Pm3 + Pm8 + Pm38;</i>
Ер. 2/14	1 (≈90%)	<i>Lr10 + Lr20 + Lr21 + Lr26 + Lr68, Sr15 + Sr31, Pm1 + Pm3 + Pm8; Yr9;</i>
Ер. 15/14	1 (>80%)	<i>Lr10 + Lr24 + Lr68, Sr24, Pm3;</i>
Ер. 70/19	1(≈90%)	<i>Lr10 + Lr20 + Lr26 + Lr34 + Lr68, Sr15 + Sr31 + Sr58, Pm1 + Pm3 + Pm38; Yr9 + Yr18, Bdv1;</i>

Дослідження показали, що багато ліній є джерелами ефективних генів стійкості (*Lr24, Sr24* від *Thinopyrum elongatum*; *Lr26+Lr34, Sr31, Pm17* від *Secale cereale* та *Tr. erebuni*), особливо *Lr24, Lr68, Sr15, Sr31, Sr58, Pm38*, які забезпечували високу стійкість до хвороб на інфекційних фонах протягом вегетації. Стійкість до бурої іржі (біотики 77, 144) та борошнистої роси (раси 35, 44, 27, 2, 63, 58) оцінювали в лабораторії на фазі ВВСН 12–13. Лінії показали стійкість (R, VR, 0), тоді як сорт Одеська напівкарликова – від слабкої (MS) до високої (VS) сприйнятливості. Інтрогресивні лінії виявили пролонговану стійкість до місцевих патогенів незалежно від онтогенезу, підтверджуючи їх високу цінність для селекції.

Закономірності успадкування ознак групової стійкості до листостеблових патогенів при схрещуванні батьківських компонентів контрастних за даним показником. Дослідження донорського ефекту інтрогресивних ліній (Ер. 57/12, Ер. 43/14, Ер. 2/14, Ер. 15/14, Ер. 70/19) на підвищення стійкості озимої пшениці до листостеблових хвороб проводили на гібридах F₁ та F₂, отриманих від схрещування цих ліній зі сприйнятливими сортами: Ватажок, Одеська напівкарликова, Вікторія одеська, Лузанівка, Куяльник. Оцінку стійкості проводили в лабораторних і польових умовах на інфекційному фоні місцевих патогенів. Гібридологічний аналіз показав, що стійкість контролюється двома ефективними домінантними комплементарними генами (*Lr–, Sr–, Pm–*). У F₁ гібридів виявили високу стійкість, а в F₂ співвідношення стійких і сприйнятливих рослин (9:7), що підтвердило дію цих генів. Ступінь домінування був близьким до позитивного наддомінування (НД+), крім комбінації Ер.2/14 x Куяльник, де стійкість до борошнистої роси мала тип позитивного домінування (Д+). Дослідження підтвердило домінантну природу успадкування стійкості та високу ефективність ліній як донорів для селекції на групову стійкість до листостеблових патогенів.

ГОСПОДАРСЬКО-БІОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ НА ГРУПОВУ СТІЙКІСТЬ ДО ОСНОВНИХ ЛИСТОСТЕБЛОВИХ ХВОРОБ

Важливим елементом при створенні нового селекційного матеріалу є збалансоване поєднання генетично-детермінованого рівня стійкості до основних листостеблових патогенів та комплексу господарсько-цінних ознак, які є основою конкурентоспроможності нових сортів.

Аналіз урожайності ліній із груповою стійкістю до листостеблових патогенів. Для отримання об'єктивної інформації про потенційну продуктивність створеного вихідного матеріалу, експериментальні лінії випробовували в умовах різних інфекційних фонів – на природному та на штучно створеному комплексному інфекційному фоні, шляхом інокулювання рослин спорами фітопатогенів. Лінії вивчались за типом конкурсного сортовипробування у суцільному посіві із ділянками 10 м² з 3-х кратним повторенням. Середні показники урожайності інтрогресивного матеріалу представлені в таблиці 9.

Таблиця 9 – Урожайність ліній із груповою стійкістю до листостеблових хвороб на різних інфекційних фонах

Назва лінії	Урожайність на різних інфекційних фонах, т/га				
	Природний		Штучний		Якість резистентності ¹ ,
	Урожайність	±до урожайності	Урожайність	±до урожайності	
Куяльник – st.	6,9	–	4,6	–	–
Ер. 57/12	7,4	0,5	6,5	1,9	1,4
Ер. 43/14	7,6	0,7	7,5	2,9	2,2
Ер. 15/14	6,2	–0,7	6,0	1,4	2,1
Ер. 67/14	6,0	–0,9	5,4	0,8	1,7
Ер. 2/14	6,4	–0,5	5,3	0,7	1,2
Ер.70/19	6,9	0	6,1	1,5	1,5
НІР _{0,05}	0,326		0,245		

За результатами аналізу середніх показників урожайності виявлено, що в умовах природного інфекційного фону середній рівень продуктивності зазначених генотипів коливався у межах від 6,0 до 7,6 т/га із незначним відхиленням від стандарту Куяльник (6,9 т/га) в бік збільшення чи зменшення даного показника. Зокрема, частина ліній мала достовірну прибавку врожаю на 0,5–0,7 т/га (лінії Ер. 57/12, Ер 43/14), чотири із досліджуваних генотипів (Ер. 96/14, Ер. 67/14, 2/14, 15/14) поступалися стандарту на 0,5–0,9 т/га, а лінія Ер. 70/19 за показником продуктивності знаходилася на рівні стандарту (6,9 т/га) (рис. 1).

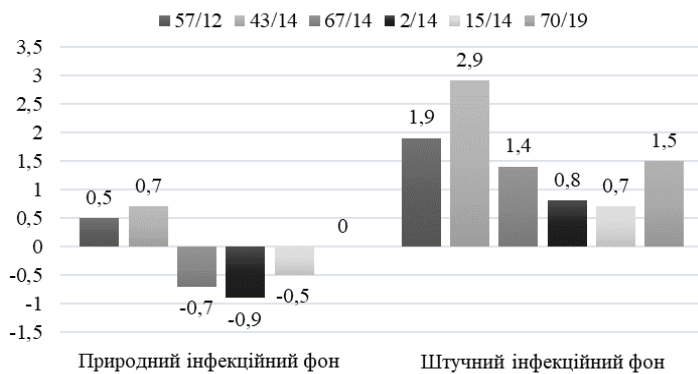


Рис. 1. Варіювання показника прибирання врожаю у інтрогресивних ліній пшениці озимої (т/га) на різних інфекційних фонах листостеблових хвороб

Аналіз ліній із груповою стійкістю до листостеблових патогенів за показниками якості зерна та хлібопекарської якості борошна. Оцінку якості зерна та хлібопекарських властивостей борошна дослідженого матеріалу проводили у співробітництві з лабораторією відділу генетичних основ селекції СГІ-НЦНС.

Аналіз основних показників якості показав, що за відсутності високого інфекційного навантаження (природний інфекційний фон) відібрані лінії можуть формувати зерно високої якості на рівні сильних і цінних пшениць (табл. 10).

Таблиця 10 – Хлібопекарські властивості борошна та показники якості зерна у ліній пшениці озимої відібраних в процесі дослідження (2021–2023 рр.)

№ ділянки, контрольний розсадник	Натура г/л	Маса 1000 зерен	Вміст білка, %	SDS 30, мл	Об'єм хліба, мл	Загальна оцінка хліба, бал
Ер. 57/12	782	36,9	10,5	82	1260	4,3
Ер. 43/14	800	43,7	11,9	89	1400	4,9
Ер. 15/14	777	36,8	10,4	78	1180	3,6
Ер. 67/14	777	36,2	10,6	87	1340	4,2
Ер. 2/14	782	40,0	10,6	68	1040	3,2
Ер. 70/19	800	41,9	10,8	77	1120	3,4
Вікторія одеська – st	785	40,2	10,5	81	1200	3,9

Особливо цінними за даними показниками виявились лінії Ер. 43/14 та Ер. 70/19 із натурною масою 800 г/л та масою 1000 зерен 43,7 та 41,9 г відповідно.

Показники вмісту і якості білка в зерні пшениці та хлібопекарні властивості борошна суттєвої частини досліджуваних генотипів знаходились на рівні сильних та цінних пшениць і варіювали у досить незначних межах: вміст білка – 10,4–10,8%, седиментація – 77–87 мл, об'єм хліба – 1040–1340 мл, загальна оцінка хліба – 3,2–4,3 бали. Виняток становила лінія Ер. 43/14, яка

виділялась за показником вмісту білка в зерні (11,9%) і відмінними хлібопекарськими властивостями: об'єм хліба – 1400 мл, загальна оцінка хліба – 4,9 бали, що підвищує її селекційну цінність, як генетичного джерела.

Важливим показником оцінки продуктивності ліній, що досліджувались, є ефективність їх стійкості, яка відбивається як збереження врожаю та елементів його структури на фоні штучної епіфітотії листостеблових хвороб. При випробуваннях зазначеного селекційного матеріалу на різних інфекційних фонах показано, що в умовах штучної епіфітотії за наявності інфекційного навантаження інтрогресивні лінії майже не знижують свій рівень продуктивності, а приріст врожаю у порівнянні зі стандартом варіював у межах від 0,7 т/га (13,2%) до 2,9 т/га (38,7%).

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі обґрунтовано селекцію генотипів пшениці м'якої озимої з груповою стійкістю до листостеблових хвороб. Вирішено завдання пошуку вихідного матеріалу, ідентифікації генів стійкості та аналізу генотипів.

1. Встановлено, що зразки-носії генів *Lr19* та *Lr9* стабільно стійкі до бурої іржі, а генотипи з *Lr*, *Sr*, *Pm* генами – сприйнятливі до патогенів хвороби.

2. Доведено, що популяції патогенів стеблової іржі та борошнистої роси вірулентні до 69–84 % носіїв *Sr* і *Pm* генів. Високостійкими ідентифіковано колекційні матеріали з генами *SrAmigo*, *Sr39*, *Sr31*, *Sr27*, *Pm4a**, *Pm20* та комплексом генів *Pm3a*, *Pm3c*, *Pm3f*, *Pm5a*, *Pm25*. У зразків з генами *Pm17*, *Pm4v* стійкість зростала в процесі онтогенетичного розвитку організму.

3. Виявлено, що генетичне різноманіття сортів місцевої селекції варіює від помірносприйнятливих до стійких з расоспецифічною стійкістю. Ідентифіковано сорти з груповою стійкістю (Княгиня Ольга, Ластівка одеська, Вихованка одеська), високою стійкістю до бурої іржі (Нота, Октава, Паланка), помірною – до борошнистої роси в ювенільній фазі (Журавка, Октава), до стеблової іржі (сорт Октава).

4. Підтверджено, що більшість сортів сприйнятливі до борошнистої роси, проте стійкість до іржі – варіює. У 25 % зразків групової стійкості не виявлено.

5. Аналіз генерацій F_2 – F_5 , отриманих на основі диких родичів, показав їхню стійкість до патогенів від помірної (4–5 балів) до високої (8–9 балів).

6. З'ясовано, що 33 % генотипів стійкі до бурої іржі та борошнистої роси, 26 % – до обох видів іржі, 22 % – мають групову стійкість на рівні 8–9 балів.

7. Доведено, що групова стійкість ліній зумовлена генами *Lr24*, *Lr68*, *Sr15*, *Sr31*, *Sr58*, *Pm38* (підтверджено ПЛР-аналізом). Аналізом інтрогресивних ліній з'ясовано домінантний контроль успадкування стійкості двома комплементарними генами.

8. Виділено лінію Ер. 43/14, що поєднує групову стійкість і високі господарські ознаки, за приросту врожаю 0,7–2,9 т/га (13,2–38,7 %) до сорту-стандарту та формує зерно високої якості (сильні та цінні пшениці).

9. Ідентифіковано матеріал з комплексною резистентністю до хвороб Ер. 57/12, Ер. 43/14, Ер. 2/14, Ер.70/19, Ер.67/14, Ер.15/14, що включено до схем гібридизації та передано для залучення в селекційні програми НААН України.

10. Виділено високоврожайний (7,0–7,7 т/га) матеріал, зокрема, Октава одеська, Вихованка одеська, Ластівка одеська, Княгиня Ольга та константні лінії селекції відділу фітопатології та ентомології СГІ – НЦНС НААН Ер. 57/12, Ер. 43/14, Ер. 2/14, Ер.70/19, Ер.67/14, Ер.15/14, що можуть слугувати донорами генів комплексної стійкості до патогенів.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ПРАКТИЧНОЇ СЕЛЕКЦІЇ

1. Для покращення ефективності селекційної роботи зі створення та добору вихідного матеріалу із груповою стійкістю до листостеблових патогенів рекомендується проведення випробування відібраного матеріалу за використання комплексних інфекційних фонів на всіх етапах селекційного процесу.

2. В якості ефективних донорів генів стійкості до листостеблових хвороб рекомендовано використовувати інтрогресивні лінії, створені на генетичній основі диких родичів пшениці – *Aegilops cylindrica*, *Aegolops variabilis*, *Aegilops ventricosa*, *Triticum erebuni*, *Triticum durum*, *Triticum tauschii*, *Agropyron elongatum*.

3. Виділені в процесі досліджень селекційні лінії, що ефективно поєднують в своєму генотипі високий рівень групової стійкості до листостеблових патогенів та комплекс основних господарсько-цінних ознак, зокрема, врожайність (Ер. 57/12 – 7,4 т/га, Ер. 43/14 – 7,6 т/га, Ер. 2/14 – 6,4 т/га, Ер.70/ – 6,9 т/га, Ер.67/14 – 6,0 т/га, Ер.15/14 – 6,2 т/га), пропонуються до використання в селекційних програмах наукових установ України.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у виданнях, проіндексованих у базах даних

Web of Science Core Collection

1. Babayants O. V., Babayants L. T., Traskovetskaya V. A., Gorash A. F., **Saulyak N. I.** et al. Race composition of *Blumeria graminis* (DC) Speer f. sp. *tritici* in the South of Ukraine and effectiveness of Pm-genes in 2004–2013. *Cereal Research Communications*. 2015. Vol. 43, No. 3. P. 449–458. doi: 10.1556/0806.43.2015.011. (Проведення польових і лабораторних досліджень, узагальнення отриманих результатів, оформлення та написання статті, частка участі 25 %).

Статті у наукових фахових виданнях України

2. Бабаянц О. В., **Сауляк Н. І.**, Бабаянц Л. Т. та інші. Новий вихідний матеріал для селекції пшениці (*Triticum aestivum* L.) на групову стійкість до фітопатогенів. *Збірник наукових праць СГІ–НЦНС*. 2016. Вип. 28 (68). С. 68–75. (Обґрунтування актуальності теми, проведення польових і лабораторних досліджень, статистичний аналіз і узагальнення отриманих результатів, оформлення та написання статті, частка участі 60 %).

3. **Сауляк Н. І.**, Терновий К. П., Бабаянц О. В. та інші. Ефективність генів стійкості пшениці (*Triticum aestivum* L.) до *Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* Erikss et Henn в умовах України. *Збірник наукових праць СГІ–НЦНС*. 2017.

Вип. 30 (70). С. 61–69. (*Теоретичне обґрунтування, проведення польових і лабораторних досліджень, узагальнення отриманих результатів, оформлення та написання статті, частка участі 60 %*).

4. **Сауляк Н. І.**, Трасковецька В. А., Васильєв О. А. та інші. Стійкість сортів пшениці м'якої озимої проти збудників основних листостеблових хвороб в умовах Півдня України. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2024. Vol. 20, No. 2. С. 84–89. doi: 10.21498/2518-1017.20.2.2024.304104. (*Теоретичне обґрунтування, проведення польових і лабораторних досліджень, узагальнення отриманих результатів, оформлення та написання статті, частка участі 70 %*).

5. Трасковецька В. А., **Сауляк Н. І.**, Терновий К. П. та інші. Ефективність генів стійкості пшениці (*Triticum aestivum* L.) до збудника борошнистої роси *Blumeria graminis* (DC) Speer f. sp. *tritici* у Степу України. *Збірник наукових праць СГІ–НЦНС*. 2018. Вип. 31 (71). С. 45–58. (*Теоретичне обґрунтування, проведення польових і лабораторних досліджень, узагальнення отриманих результатів, оформлення та написання статті, частка участі 70 %*).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

6. **Сауляк Н. І.**, Васильєв О. А., Трасковецька В. А. та інші. Групова стійкість пшениці до збудників інфекційних хвороб. *Генетика та селекція сільськогосподарських культур – від молекули до сорту*. Матеріали VI інтернет конференція молодих учених. м. Київ. 7 вересня 2023 року. С.25.

7. Трасковецька В. А., Бабаянц О. В., **Сауляк Н. І.** Расовий склад *Blumeria graminis* (DC) Speer f. sp. *tritici* в Степу України та ефективність Rm – генів (2004–2015 рр.). «*Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур*» матеріали Міжнар. наук.–практ. конф., м. Дніпро, 22–23 лист. 2016 р. Дніпро, 2016. С.18.

8. **Сауляк Н. І.**, Терновий К. П., Бабаянц О. В. та інші. Стійкість ліній пшениці м'якої озимої до збуднику бурого іржі та її генетична основа. Збірка тез доповідей учасників першої інтернет конференції молодих учених «Генетика та селекція сільськогосподарських рослин – від молекули до сорту» присвячена 130-річчю з дня народження М.І. Вавилова, 7 серпня 2017 року. м. Одеса, Україна.

9. **Сауляк Н. І.**, Терновий К. П., Васильєв О. А. та інші. Гени стійкості до бурого (*Puccinia recondita* rob.ex.desm.f.sp *tritici*) та стеблової (*Puccinia graminis* f.sp.*tritici*) іржі і їх ефективність в Степу України. *Сучасні технології підвищення генетичного потенціалу рослин: Збірник тез Міжнародної науково–практичної конференції, присвяченої 100-річчю Національної академії аграрних наук України та 110-річчю заснування Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН* (4–5 липня 2018 р.). Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, Харків, 2018. 318 с.

10. Трасковецька В. А., Терновий К. П., Сауляк Н. І. та інші. Ефективність Rm- генів стійкості пшениці та їх носії *Blumeria graminis* (Dc) Speer f. *Triticici* на півдні України. *Сучасні технології підвищення генетичного потенціалу рослин*: Збірник тез Міжнародної науково–практичної конференції, присвяченої 100–річчю Національної академії аграрних наук України та 110–річчю заснування Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН (4–5 липня 2018 р.). Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, Харків, 2018. 318 с.

11. Сауляк Н. І., Бабаянц О. В. Генетична основа стійкості ліній пшениці до збудників листостеблових хвороб – стеблової іржі, бурої іржі та борошнистої роси. *Генетика та селекція сільськогосподарських культур – від молекули до сорту*: матеріали III інтернет–конференції молодих учених (м. Київ, 28 серпня 2019 р.). НААН, СГІ–ННЦ, С–14.

АНОТАЦІЯ

Сауляк Н.І. Дослідження вихідного матеріалу пшениці м'якої озимої для селекції на стійкість до листостеблових хвороб. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.05. «Селекція і насінництво» галузі знань Н Сільське, лісове, рибне господарство та ветеринарна медицина. – Селекційно–генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення, Одеса, 2024.

У дисертації представлено результати досліджень вихідного матеріалу пшениці м'якої озимої для селекції на стійкість до листостеблових хвороб та ідентифікацію джерел стійкості. Вперше на півдні України розширено дані про носіїв генів стійкості до місцевих популяцій цих хвороб у степовій зоні. Удосконалено методи ідентифікації стійких генотипів до іржастих хвороб і борошнистої роси, запропоновано комплексні інфекційні фони для оцінки групової стійкості. Розвинено дослідження генетики стійкості на гібридах від схрещувань батьків із різними механізмами контролю ознаки.

Показано ефективність інтрогресивних ліній для створення матеріалу з груповою стійкістю, удосконалено етапи селекційного процесу. Виділено 6 константних ліній із генами стійкості до іржастих хвороб і борошнистої роси, підтвердженими ПЛР–аналізом. Ці лінії мають групову стійкість у фази BBCH 16 та BBCH 56–69 і цінні ознаки для селекції.

Обґрунтовано актуальність теми на основі аналізу досліджень в Україні та світі, визначено мету – дослідити вихідний матеріал і знайти джерела стійкості до основних листостеблових хвороб, розроблено програму досліджень.

Лінії Ер. 57/12, Ер. 43/14, Ер. 2/14, Ер. 15/14, Ер. 70/19 виявилися стійкими до іржастих хвороб, борошнистої роси, жовтої іржі та твердої сажки. На штучних інфекційних фонах їх продуктивність майже не знижувалася, приріст врожаю складав 0,7–2,9 т/га (13,2–38,7%). На природному фоні лінії формували

зерно високої якості (сильні та цінні пшениці). Вони включені до гібридизації та передані в селекційні програми НААН України.

Ключові слова: пшениця м'яка озима, бура іржа, стеблова іржа, борошниста роса, популяція фітопатогена, раси фітопатогена, сорти, селекційні лінії з груповою стійкістю, генотип, джерела стійкості, гібридологічний аналіз, продуктивність, якість, комбінований штучний інфекційний фон.

ANNOTATION

Sauliak N.I. Study of the Initial Material of Winter Soft Wheat for Breeding Resistance to Foliar–Stem Diseases. – Qualification of scientific work in manuscript form.

Dissertation for the degree of Candidate of Agricultural Sciences, specialty 06.01.05 «Breeding and Seed Production» H Agricultural, Forestry, Fisheries, and Veterinary Sciences. Plant Breeding & Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation, Odesa, 2025.

The dissertation presents the results of studies on the source material of soft winter wheat for breeding for resistance to leaf–stem diseases and the identification of effective resistance sources for this trait. For the first time in the conditions of southern Ukraine, data on the presence of carriers of effective resistance genes to local populations of leaf–stem diseases in the steppe zone have been expanded. Methodological approaches to identifying genotypes of soft winter wheat resistant to rust diseases and powdery mildew have been improved, and the use of specially created complex infectious disease backgrounds has been proposed to enhance the efficiency of evaluating and selecting genotypes with group resistance. Studies on the genetic basis of resistance to leaf–stem diseases in soft winter wheat have been further developed using hybrids from crosses of parents with different genetic mechanisms controlling resistance.

The effectiveness of introgressive lines in creating breeding material with group resistance to leaf–stem diseases has been demonstrated, and stages of the breeding process methodology for soft winter wheat have been refined to develop source material with group resistance. Six constant lines with effective resistance genes to rust diseases and powdery mildew, confirmed by PCR analysis, have been identified as new, original source (breeding) material. These lines exhibit group resistance at BBCH stages 16 and 56–69 to the studied leaf–stem diseases, combined with other valuable agronomic traits, making them effective genetic sources for soft winter wheat breeding.

Based on an analysis of the current state of theoretical research in Ukraine and abroad regarding the study of source material for soft winter wheat breeding for resistance to leaf–stem diseases (specifically brown and stem rust, and powdery mildew), the relevance of the dissertation topic was substantiated. The research goal was formulated—to study the source material of soft winter wheat and identify effective sources of valuable traits for breeding for resistance to major leaf–stem diseases—tasks were defined, and a research program was developed.

The selected lines Er. 57/12, Er. 43/14, Er. 2/14, Er. 15/14, and Er. 70/19 demonstrated high resistance not only to rust diseases and powdery mildew but also to yellow rust and bunt, indicating group resistance to major diseases. Testing of this breeding material on various infectious backgrounds showed that, under artificial epiphytotic conditions with infection pressure, the introgressive lines maintained their productivity, with yield increases ranging from 0.7 t/ha (13.2%) to 2.9 t/ha (38.7%) compared to the standard. Analysis of quality traits revealed that, under natural infectious backgrounds without high infection pressure, the selected lines could produce high-quality grain at the level of strong and valuable wheat varieties. These lines have been included as parental components in hybridization plans of the Department of Phytopathology and Entomology and the Department of Wheat Breeding and Seed Production at PBGI and transferred for use in breeding programs at leading scientific breeding centers within the NAAS of Ukraine system.

Keywords: *winter soft wheat, brown rust, stem rust, powdery mildew, phytopathogen population, phytopathogen races, varieties, breeding lines with group resistance, genotype, resistance sources, hybridological analysis, productivity, quality, combined artificial infectious background.*

Для нотаток

Для нотаток

Підписано до друку 14.04.2025.
Обсяг 0,9 авт. арк. Формат 60×84/16.
Тираж 100 прим. Папір офсетний. Зам. № 183.

Надруковано у друкарні видавництва «Астропринт»
(Свідоцтво ДК № 1373 від 28.05.2003 р.)
м. Одеса, вул. Разумовська, 21.
Тел./факс: (0482) 37-14-25, 37-24-26, 33-07-17.
www.astroprint.odessa.ua