

РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОРИСТАННЯ ІНТРОГРЕСИВНИХ ГЕНОТИПІВ ПРИ СТВОРЕННІ ДОНОРІВ СТІЙКОСТІ ДО БОРОШНИСТОЇ РОСИ, ВИДІВ ІРЖІ ТА ІНШИХ ОЗНАК У ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ

Моцний І.І., Нарган Т.П., Наконечний М.Ю., Лифенко С.П.

Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства та сортовивчення НААН, Україна

У 2016/17–2018/19 вегетаційних роках проведено порівняльне випробування удосконалених інтрогресивних ліній, створених шляхом багаторазового схрещування амфіплоїдів, примітивних або колекційних зразків з сучасними сортами пшениці м'якої озимої за стійкістю до поширених хвороб та агрономічними і господарськими ознаками. Установлено кореляцію стійкості до борошнистої роси і стеблової іржі з урожайністю в рік з епіфітотією хвороби. Відсутність аналогічної кореляції в інших варіантах досліду, очевидно, пов'язана з слабким природним фоном досліджених захворювань. Визначено позитивну кореляцію стійкості до борошнистої роси з седиментацією, між показниками стійкості ліній до різних хвороб та загальну тенденцію позитивного зв'язку стійкості з вмістом білка. Виділено селекційні лінії з високою груповою стійкістю до цих хвороб, у яких відсутні негативні ознаки дикорослих видів і які характеризуються високою продуктивністю, морозостійкістю, адаптивністю, толерантністю до низьких агрофонів, високою якістю зерна. Лінії можуть бути залучені до подальшої селекційної роботи на Півдні України, за умови збереження зібраних генних комплексів.

Ключові слова: *Triticum aestivum* L., інтрогресивна лінія, стійкість до хвороб, продуктивність.

Вступ. Однією з вимог, що традиційно постає перед селекціонером, є створення високопродуктивних сортів пшениці м'якої *Triticum aestivum* L. з високою якістю зерна, здатних реалізовувати генетичний потенціал продуктивності в різних агрокліматичних умовах й давати сталі врожаї [1]. Наразі набуває актуальності створення сортів інтенсивного типу з урожайністю понад 100 ц/га [2, 3]. Таку врожайність може бути реалізовано в умовах Півдня України, який характеризується забезпеченням тепловими ресурсами та сонячною інсоляцією за наявності науково-обґрунтованих технологій вирощування рослин [4]. Однак, постає завдання в запобіганні дії деструктивних факторів, подоланні різниці між біологічною (потенційною) та господарською (реальною) продуктивністю. Одним із важливих чинників втрати врожаю (від 15 до 50 % в залежності від умов року та виду фітопатогена) є ураження грибковими хворобами [5, 6], які можуть бути особливо шкодочинними на інтенсивних сортах [7]. При цьому по мірі вичерпання запасів генів у генофонді виду ситуація лише погіршується; звуження різноманіття генів стійкості, використання у виробництві генетично однорідних сортів створює умови для епіфітотій. Серед заходів інтегрованого захисту пшениці від враження хворобами найбільш дієвим і в той же час екологічним засобом здавна вважається створення сортів з високою груповою стійкістю шляхом селекції в місцевих умовах [8, 9, 10, 11].

Аналіз літературних джерел, постановка проблеми. Особливістю селекції на імунітет є постійний пошук джерел і створення нових донорів стійкості, тому що у популяціях патогенів унаслідок високої їх мінливості, а також занесення інфекції з інших регіонів, постійно виникають вірулентні біотики (раси, ізоляти), спроможні долати опір стійких відселектованих генотипів [12, 13]. З багаточисельних грибкових хвороб, які вражають пшеницю в нашій країні, найбільш поширеними і шкодочинними вважаються борошниста

роса (*Blumeria graminis* (DC) Speer f. sp. *tritici* March.), листкова (*Puccinia triticina* Erikss. & Henn.), стеблова (*Puccinia graminis* sp. *tritici* Erikss. & Henn.) та жовта (*Puccinia striiformis* West.) іржа, септоріоз листків (*Septoria tritici* Rob. ex Desm.) [3, 14]. На сьогодні є інформація про понад сто генів стійкості до зазначених патогенів [15], але в переважній більшості вони є неефективними в умовах природних епіфітотій [16, 17] та епістатичними один до одного [18, 19]. Хоча в світі і в Україні давно відомі зразки пшениці м'якої озимої з підвищеною стійкістю до хвороб [20-25], проте далеко не завжди вони мають перевагу за продуктивністю [25] і часто формують дрібне, щупле зерно [26].

Розширення генетичної мінливості пшениці, зокрема стосовно стійкості до грибкових хвороб, можливе шляхом міжвидової гібридизації [27]. Відомо [28, 29], що на відміну від пшениці, дикорослі види за тривалої взаємодії з природними популяціями патогенів спроможні накопичувати гени стійкості до хвороб. Щоб уникнути несхрещуваності, стерильності гібридів ранніх поколінь, а також для розширення спектру генетичної мінливості за рахунок трансгресивної рекомбінації власне пшеничних генів [30], використовують схрещування з амфіплоїдами, одним із компонентів яких є дикий вид, що має ознаки стійкості [31, 32], або з примітивними інтрогресивними зразками. В лабораторії селекції інтенсивних сортів пшениці СГІ–НЦНС особлива увага була звернута на вид *T. timopheevii* Zhuk., який має комплексний імунітет до хвороб суто генного (ядерного) типу. Причому гени стійкості локалізовано переважно у специфічному геномі G, який відсутній у культурних видів пшениці, і меншою мірою в геномі A, близькому до пшениці [33, 34, 35]. Шляхом ступінчастих схрещувань за участю примітивного зразка, похідного від *T. timopheevii*, було отримано стійкий до хвороб сорт Ювілейна 75, який увійшов до родоводу низки більш нових сортів: Ніконія, Ліона та ін. [36]. Певних успіхів досягнуто також у КНДІСГ (Росія) при використанні *T. miguschovae* Zhiron – АД (*T. militinae* Zhuk. et Migusch./*Ae. tauschii* Coss.), за участю якого створено сорти пшениці м'якої озимої Ростислав, Восторг, Жировка, Фишт, Евгения [37]. Застосування інших амфіплоїдів, штучних видів пшениці або інтрогресивних зразків як «містків» для перенесення цінних генів стійкості, попри видатні результати з точки зору прикладної генетики пшениці [35, 38], поки що не дало значного комерційного успіху, про що свідчить дуже мала кількість сортів, створених з використанням носіїв субгеному G [39]. Це пояснюється багатьма чинниками, зокрема недостатньою ефективністю інтрогресивних та рекомбінаційних процесів, яка суттєво залежить від дивергенції хромосом пшениці і спорідненого виду [38, 40].

Більш успішним у цьому відношенні може бути залучення в гібридизацію видів, що мають спільні з пшеницею геноми [31, 40], особливо з донором D генома – *Ae. tauschii*, так як завдяки саме його участі пшениця м'яка стала визначальною продовольчою культурою світу. З іншого боку, з цим геномом пов'язують і низку ознак, які підлягають покращенню, зокрема стійкість до хвороб. Застосування 42-хромосомних амфіплоїдів за участю *Ae. tauschii* дозволяє шляхом гомологічної кон'югації перенести в геном пшениці не лише головні гени стійкості до фітохвороб від егілопса [41], а й цілі полігенні системи, що контролюють стійкість [42]. Таким чином уже вдалось передати низку корисних генів, зокрема групової стійкості до хвороб [15, 23, 29, 43, 44, 45]. Багаточисельність результатів з успішним використанням одержаних гібридів свідчить про перспективність залучення інтрогресивної рекомбінантної мінливості в селекцію пшениці м'якої озимої [32, 36].

Методом віддаленої гібридизації з використанням чужорідної генетичної плазми різного походження у відділі загальної та молекулярної генетики СГІ–НЦНС створено оригінальні інтрогресивні лінії, які відрізняються, зокрема, показниками різного рівня стійкості до фітохвороб. Наразі необхідною є інформація про вплив чужорідного генетичного матеріалу на цінні господарські ознаки пшениці, так як для успішного використання таких ліній в якості донорів вони повинні мати, окрім групової стійкості до поширених хвороб, ще і продуктивність на рівні кращих сортів зони, достатньо високу якість та адаптивність до місцевих умов вирощування [3, 4, 20].

Мета і задачі досліджень. Метою дослідження є виділення високопродуктивних ліній-донорів, що поєднують групову стійкість до хвороб з адаптивністю, порівняльна се-

лекційна оцінка новостворених інтрогресивних ліній на фоні стандартів зони. Для цього доцільним є визначення стійкості до поширених хвороб, а також кореляції між показниками стійкості та окремими агрономічними і цінними господарськими ознаками.

Матеріали та методи. У 2016/17–2018/19 вегетаційних роках у контрольному розсаднику (КР) і розсаднику попереднього сортовипробування (ПСВ) вивчали інтрогресивні лінії пшениці м'якої різних генерацій, ступенів насичування та походження. В основному це похідні віддаленої гібридизації з різними чужинними ознаками і властивостями від схрещування низки сортів пшениці м'якої озимої (Одеська 267, Альбатрос, Никонія, Селянка, Куяльник, Панна, Гурт) з одним колекційним та двома оригінальними інтрогресивними зразками, а також шістьма амфіплоїдами за участю *Ae. tauschii*. Окремі з них створено на базі яро-озимих гібридів. Весь експериментальний матеріал одержано внаслідок багаторічних індивідуальних доборів на природному та штучному інфекційних фонах та досліджено на наявність стійкості до поширених хвороб і окремих чужинних морфологічних ознак як у кожному схрещуванні (беккросі), так і після самозапилення. При цьому добір елітних рослин для створення ліній проводили без будь-якого хімічного захисту від хвороб та шкідників, в умовах ґрунтово-повітряної осінньої та (або) весняно-літньої посух, зимою – вимокання, випирання та льодяної кірки, з мінімальним внесенням добрив та на збідненому поживними речовинами фоні. Боротьбу із забур'яненням посівів проводили вручну. При доборі ліній особливу увагу звертали на їхню константність як за окремими, в тому числі чужинними, ознаками, так і за їх комплексом.

Для одержання новостворених інтрогресивних ліній використовували проміжні форми – ярі 42-хромосомні амфіплоїди тетраплоїдних видів пшениці з *Ae. tauschii*. Амфіплоїд Жирова – АД (*T. militinae/Ae. tauschii*, A^uGD), створено Є.Г. Жировим в КНДІСГ. Амфіплоїд ПЕАГ АД (*T. dicocum* u-244569/*Ae. tauschii* k-110, A^uBD) створено М.С. Летифовой на ДДС ВІРа. Обидва амфіплоїди отримано від к.б.н. Р.Л. Богуславського (НЦГРРУ ІР ім. В.Я. Юр'єва) (№ каталогу UA0500016 і UA0500010, відповідно) [32, 46]. Елітні синтетики (амфіплоїди *T. durum*/зразки *Ae. tauschii*, A^mBD) створено в СІММУТ (Мексика) [47] і отримано від д.б.н. О.І. Рибалки. При цьому для селекційної роботи було відібрано лише гібриди з синтетиками, що мали домінантні гени стійкості [48]. Також застосовували насичувальні схрещування з оригінальними примітивними інтрогресивними зразками *Erythrosperrum* 200/97-2 (E200/97-2) і *Hostianum* 242/97-1 (H242/97-1) та колекційним зразком H74/90-245. Оригінальні зразки створено від схрещування октоплоїдного тритикале АД825 (Гостіанум 237/жито Воронежське СГІ) з сортом озимої твердої пшениці Чорномор і перезапилена гібридів F₃ пилком колекційного зразка H74/90-245 [49, 50]. Зразок H74/90-245 було створено в сільськогосподарському інституті «Добруджа» (Генерал-Тошево, Болгарія) від схрещування (*T. aestivum* Tom Pouce Blanc/АД(*T. timopheevii/Ae. tauschii* ssp. *strangulata*)/Аврора/3/Rusalka). У НЦГРРУ його інтродуковано під номером ІU029995. Крім того, кілька ліній одержані за участі сорту Віген, похідного від гібридизації з октоплоїдним НПЕА *Elytricum fertile* [51]. Згідно з літературними та нашими попередніми даними всі вихідні зразки та амфіплоїди мають високу стійкість до борошнистої роси, листової, жовтої і стеблової іржі [26, 42, 47-52].

Польові дослідження було закладено єдиним блоком у сівозміні лабораторії селекції інтенсивних сортів пшениці СГІ–НЦНС згідно загальноприйнятої схеми селекційного процесу самозапилюваних культур. Агротехніка – загальноприйнята для насінницьких посівів зони Півдня України, попередник – чорний пар. Посів проводили селекційною тракторною сівалкою ССФК-7 з порційним апаратом, ділянки мали сім рядків довжиною 5 м або 10 м, міжряддя 15 см, облікова площа ділянки 5 м² (2017 р.) та 10 м² (2018 і 2019 рр.) з розрахунку 5 млн. схожих зерен/га. В КР відібрані лінії було висіяно без повторення, а у ПСВ – у чотирикратному повторенні. Сорти-стандарт (Антонівка і Куяльник), та рекурентну форму (Одеська 267) сіяли через кожні 20 номерів. Внесення добрив здійснювали згідно технологічної карти інституту: 1) під передпосівну культивування вносили 150 кг/га нітроамфоски; 2) ранньовесняне прикореневе підживлення проводили аміачною селітрою в дозі 150 кг/га за сівалкою СЗ-3,6; 3) підживлення позакореневе здійснювали обприскуванням

баковою сумішшю із використанням карбаміду з розрахунку 7,7 кг/га діючої речовини азоту. Врожай збирали селекційним комбайном «Samro-130».

Для визначення стійкості до листової та стеблової іржі матеріал додатково сіяли в польовому інфекційному розсаднику відділу фітопатології та ентомології СГП–НЦНС на штучно створеному фоні листкостеблових хвороб з обсівом накопичувача (суміш високосприйнятливих сортів, інтенсивність ураження яких усіма дослідженими хворобами була 1-2 бали). Інокуляцію із сумішшю рас листової та стеблової іржі проводили співробітники відділу фітопатології. Расовий склад видів іржі, строки і методику інокулювання наведено в роботі Бабаянц О.В та Бабаянц Л.Т. [14].

Оскільки пріоритетом дослідження була адаптивність та стійкість до хвороб хімічний захист рослин фунгіцидами не проводили. Посів здійснювали в пізні строки – в другій половині-кінці жовтня. Тому сформований рівень урожайності можна вважати результатом реалізації потенціалу продуктивності (адаптивності) та генетично обумовленої стійкості (толерантності) кожної лінії в умовах впливу комплексу абіотичних і біотичних негативних факторів.

Матеріал оцінювали за рядом показників: наявність морфологічних ознак сторонніх видів, тип розвитку, морозостійкість, висота рослин, урожайність. Проводили фенологічні спостереження – відзначали дати сходів, колосіння, стиглості зерна. Морозостійкість визначали напровесні за загальним виглядом ділянок після перезимівлі (в балах) та шляхом проморожування рослин в морозильній камері КТН -1 за температури -17– -18 °С з подальшим підрахунком у відсотках рослин, що вижили. Стійкість до хвороб оцінювали в період максимального розвитку хвороби. Ступінь ураження рослин визначали за 9-бальною інтегрованою шкалою [14], розробленою на основі модифікованої шкали Саарі і Прескотта. Визначення хлібопекарської якості борошна проводили експрес-методом седиментації SDS30'K, розробленим у відділі генетичних основ селекції СГП–НЦНС. Даний метод представляє собою модифікацію широко відомого методу седиментації SDS30 [53]. Його оснований на відмінностях у набубнявінній після попереднього автолізу борошна різної якості в слабких розчинах кислот з додецилсульфатом натрію. Метод точно дозволяє виявити найменші відмінності між зразками, а його показник тісно корелює з основними ознаками якості – «силою» борошна та індексом еластичності тіста. На величину цього показника не впливає вміст білка та пошкодження зерна шкідливою черепашкою, оскільки в кислому середовищі, в якому проводиться аналіз, інгібуються протеолітичні ферменти клопа. Вміст білка визначали у цільнозмеленому борошні за методом К'ельдаля на приладі Kjeltac-Auto 1030 ("FOSS", Швеція), а масу тисячі зерен (МТЗ) у зразках, неочищених після збирання комбайном, за загальноприйнятою методикою (ДСТУ 4138-2002).

Для оцінки варіювання показників стійкості, агрономічних та цінних господарських ознак застосовували кореляційний та дисперсійний аналіз. При цьому розраховували непараметричний коефіцієнт кореляції Спірмена (R_{sp}), який не вимагає нормальності розподілу даних [54]. Визначали ліміти варіації (LV), мінімальне (Min) та максимальне (Max) значення, критерій Фішера (F) та ступені вірогідності того чи іншого показника, критерію або коефіцієнта (p), які в таблицях і тексті статті наведено у спрощеному уніфікованому вигляді: * – вірогідно при $p < 0,05$; ** – вірогідно при $p < 0,01$; *** – вірогідно при $p < 0,001$. Відмінності показників у КР від значень стандартів легітимізували за допомогою стандартного (середньоквадратичного) відхилення ($\pm SD$), як це запропоновано Lelley et al. [55]. Генотипи, що мали вищі значення агрономічних ознак та показників якості зерна, ніж середнє арифметичне по досліді (M) плюс стандартне відхилення ($M + SD$), вважали ефективними для добору. Вірогідність різниці між середніми значеннями, одержаними в ПСВ, визначали за допомогою найменшої істотної різниці $НІР_{05}$ [56]. Позначення хвороб у таблицях наведено у відповідності з міжнародним каталогом генних символів [15].

Обговорення результатів. Переважна більшість інтрогресивних ліній, досліджених у КР лабораторії селекції інтенсивних сортів пшениці, уже були відібрані як константні на дослідній ділянці відділу загальної та молекулярної генетики і в карантинному розсаднику відділу фітопатології та ентомології і представляли собою потомство кількох рос-

лин. Частина ліній були потомством окремих індивідуальних рослин, відібраних безпосередньо перед передачею їх у селекційний підрозділ. Добір ліній проводили окомірно з урахуванням архітекtonіки рослини (загальна селекційна оцінка ≥ 3 бали), однорідності та константності за селекційними ознаками (стійкість до хвороб та феноміка рослини, тощо). В 2016 р. для висіву в КР-2017 р. було передано 30 ліній, у 2017 р. – 92 шт. (табл. 1), з них у 2018 р. для ПСВ-2019 було відібрано вісім найбільш продуктивних ліній.

Гідротермічні умови в роки досліджень різнилися за впливом на розвиток рослин і були несприятливими для пшениці через сукупність агротехнічних і метеорологічних чинників. Це проявилось у наявності вірогідного впливу умов року на врожайність ($F=19,6^{***}$) та у відносно низькій урожайності стандартів ($Max=7,51$ т/га (Антонівка) – $9,57$ т/га (Куяльник), порівняно з максимальними показниками 2015 і 2016 рр. ($10,1$ і $10,5$ т/га, відповідно) [57]. При цьому найсприятливішим виявився 2016/17 вегетаційний рік ($M=7,74$ т/га), найгіршим – посушливий 2018/19 ($M=6,61$ т/га). Селекційна та фітопатологічна оцінка матеріалу в цих умовах показала, що віддалені схрещування суттєво розширили спектр мінливості ознак у досліджених ліній. У залежності від походження матеріалу, зокрема джерела чужинних генів, новостворені інтрогресивні лінії істотно різнилися за рівнем стійкості до хвороб та вилягання, наявністю ознак різновиду (опушенням та кольором колоса), фенотипом, а також за датами колосіння та висотою рослин і нерідко були малоцінними з селекційної точки зору і високорослішими, ніж сучасні сорти. Все ж було виділено скоростиглі короткостеблі лінії з загальною оцінкою на рівні сортів-стандартів, досить високою МТЗ, показником вмісту білка на рівні або вище стандартів, які, проте, частково або повністю зберегли експресію цільових чужинних ознак стійкості (табл. 1).

Таблиця 1

Стійкість інтрогресивних ліній, переданих у контрольний розсадник, до поширених хвороб та їхня врожайність, 2017–2018 рр.

Рік уро-жаю	Хво-ро-ба ¹⁾	N ²⁾	% ліній з реакцією (бали)					Статистичний показник ³⁾			
			сприйнятливих		стійких			M	SD	LV	F
			1-2	3-4	5	6-7	8-9				
2017	Pm	30	3,3 (6,70) ⁴⁾	53,3 (6,53)	20,0 (6,61)	23,3 (7,18)	-	4,6 (6,70)	1,33 (0,86)	2-7 (4,97-8,19)	- 0,95
	Lr		-	13,3 (7,17)	10,0 (6,44)	53,3 (6,70)	23,3 (6,55)	6,5	1,46	4-8	- 0,53
	Yr		10,0 (6,40)	53,3 (6,74)	6,7 (6,64)	26,7 (6,71)	3,3 (7,09)	5,2	1,53	2-8	- 0,14
	Sr		3,3 (5,36)	76,7 (6,63)	6,7 (6,49)	3,3 (7,44)	10,0 (7,60)	3,7	1,69	1-8	- 1,87
	Stb		-	96,7 (6,75)	3,3 (5,36)	-	-	3,1	0,37	3-5	- 2,65
2018	Pm	92	6,5 (3,94)	30,4 (6,13)	25,0 (6,68)	38,0 (6,82)	-	4,9 (6,46)	1,46 (0,80)	1-7 (3,94-8,17)	- 8,58***
	Lr		6,5 (6,50)	22,8 (6,41)	7,6 (5,19)	42,4 (6,46)	20,7 (6,80)	5,8	1,90	2-8	- 0,87
	Yr		3,3 (6,73)	48,9 (6,39)	14,1 (6,02)	27,2 (6,82)	6,5 (6,06)	5,6	1,61	2-8	- 0,91
	Sr		4,3 (6,43)	67,4 (6,28)	5,4 (6,84)	16,3 (7,21)	6,5 (7,22)	4,2	1,57	1-8	- 2,78
	Stb		3,3 (6,33)	95,7 (6,47)	1,1 -	1,1 -	-	3,6	0,55	2-5	- 0,06

Примітки: ¹⁾ Pm, Lr, Yr, Sr, Stb – стійкість до борошнистої роси, листової, жовтої і стеблової іржі та септоріозу, відповідно. ²⁾ N – кількість інтрогресивних ліній. ³⁾ M – середнє значення ознаки по лініях; SD – стандартне відхилення; LV – ліміти варіації (min-max); F – критерій Фішера (для групування ліній у відповідні класи за фактором стійкість до хвороби). ⁴⁾ В дужках вказано врожайність ліній (т/га).

Спостереження за матеріалом у КР лабораторії селекції інтенсивних сортів пшениці і в інфекційному розсаднику відділу фітопатології та ентомології виявило досить широку варіабельність ступеню враження ліній борошнистою россою і видами іржі та значно меншу – септоріозом, стійкості до якого не відмічено (див. табл. 1). При цьому за реакцією до стеблової іржі інтрогресивні лінії більшою мірою різнилися в залежності від походження матеріалу, ніж від умов року, а їхня оцінка в балах була найбільш постійною за роками. Це, вочевидь, обумовлено наявністю штучного суцільного інфекційного фону хвороби з однаковим інфекційним навантаженням і расовим складом у різні роки. Досить часто лінії, стійкі до стеблової іржі, проявляли стійкість і до листкової, але вражались жовтою іржею. Проте виділено окремі лінії, які мають стійкість до всіх видів іржі (E218/09, AIL1073/16, Ep.2742/17 (E2791/14), Ep.2743/17 (E2792/14-2), Ep.2744/17 (AIL1074/16) та ін.). На одержання подібних інтрогресивних ліній з груповою стійкістю різної інтенсивності до трьох видів іржі є посилання в літературі у декількох авторів [17, 22, 52].

У цьому відношенні найбільш ефективними виявилися похідні від схрещування АД825 /Чорномор F₃/H74/90-245 (опосередковані похідні колекційного зразка H74/90-245). У примітивних інтрогресивних зразків (E200/97-2, H242/97-1), виділених з цієї комбінації, з використанням електрофорезу запасних білків було виявлено пшенично-житню транслокацію (ПЖТ) 1BL.1RS типу Кавказ/Аврора від зразка H74/90-245 [50], яку успадкувала вдосконалена інтрогресивна лінія E214/09-1 (H242/97-1/Од.267^{*3}//Куяльник F_∞). Як відомо [15], 1RS плече цієї транслокації несе малоефективний у сучасних умовах генний комплекс *Lr26/Sr31/Yr9/Pm8*. Хоча ефективність цих генів стійкості частково втрачено через виникнення нових рас патогенів, ген *Sr31* вважається досі ефективним в Україні [14, 17]. За нашими даними виділені лінії, як і вихідні компоненти (H74/90-245, E200/97-2, H242/97-1), характеризуються високою стабільною стійкістю до стеблової іржі протягом тривалого часу. Натомість, деякі інші лінії з ідентифікованою ПЖТ 1BL.1RS, які виявили стійкість до ураження іржею (7–8 балів), навіть у сприятливий для природного розвитку патогена 2017 рік при підвищенні інфекційного навантаження на провокаційному штучному фоні в інфекційному розсаднику виявилися ураженими, хоча й помірно (4–5 балів).

Можливим механізмом досягнення високої групової стійкості означених ліній може бути комбінування з іншими (в тому числі мінорними, малоефективними або подоланими) генами стійкості. Зокрема відомо, що в сортах (Ніконія, Селянка, Куяльник, Панна та ін.), які входять до родоводу удосконалених інтрогресивних ліній, присутній генний кластер *Pm38/Lr34/Yr18* [58]. Крім того, рекурентний генотип – Одеська 267 має низку подоланих неефективних самих по собі *Lr* і *Sr* генів [50], які у взаємодії з чужинними генами можуть підсилювати їхню дію. Отже, взаємодія кластерів *Pm8/Lr26/Sr31/Yr9* і *Pm38/Lr34/Yr18*, за сприятливих умов та генетичних середовищ може забезпечувати певний рівень стійкості. Зокрема, відомо про посилення стійкості до місцевої популяції рас листової іржі комбінації *Lr26+Lr34* порівняно з відповідними моногенами [19]. Крім того, донори стійкості – вихідні інтрогресивні лінії (E200/97-2, H242/97-1) та зразок H74/90-245, від якого вони походять, мають у родоводі амфіплоїд AD (*T. timopheevii/Ae. tauschii*) із Болгарії [50]. Тому ймовірним є те, що окремі ефективні гени стійкості походять від його складових.

Підтвердженням цього припущення може бути факт одержання серед прямих та опосередкованих похідних зразка H74/90-245 ліній, що мають стійкість лише до одного виду іржі (AIL270/16, E1091/13, AIL1060/16 та ін.), а також ліній з різним ступенем стійкості до того чи іншого патогена. На різну реакцію чужинних транслокацій на збудник хвороби (від сприйнятливості до високої стійкості) в залежності від генетичного фону є посилання в літературі [59]. Також повідомляється [30] про виникнення стійкості до жовтої іржі внаслідок тетрасомії хромосоми 2В або трансгресивної сегрегації геномів батьківських компонентів при схрещуванні гептаплоїда (AABBDDNs, 2n=49) з *T. durum*. Наведені припущення потребують подальшого детального дослідження, зокрема із залученням поглиблених фітопатологічних методів та відомих рас патогенів для ідентифікації інтрогресивних генів стійкості.

Хоча загалом інтрогресивні лінії в 2017–2018 рр. характеризувались низькою або середньою продуктивністю і значно поступалися стандартам як за середніми значеннями ($M=6,70$ і $6,46$ т/га, відповідно), так і за розмахом варіації ($Min-Max=4,97-8,19$ т/га у 2017 р. і $3,94-8,17$ т/га у 2018 р., відповідно), все ж удалося виділити декілька ліній, що знаходилися за абсолютними значеннями ознаки в межах середніх арифметичних стандартів ($7,51-8,39$ т/га у 2017 р. і $6,19-7,35$ т/га у 2018 р., відповідно). В першу чергу, це більш ретельно відселектовані вдосконалені лінії з більшою кількістю насичуючих схрещувань Ер.2743/17 (E2792/14-2) і Ер.2744/17 (AIL1074/16). Також виділено одну лінію (Ер.2748/17 (E2608/14) – $8,08$ і $7,04$ т/га, відповідно) і серед первинних (чотири схрещування з сучасними сортами). Досить високу врожайність показали також удосконалені лінії Ер.2739/17 (BL1402/15), Ер.2740/17 (E2785/14) і Ер.3226/16 (E2793/14). А лінія Ер.2742/17 (E2791/14) поєднувала високу врожайність ($7,41$ і $7,40$ т/га, відповідно) зі стійкістю до трьох видів іржі та борошнистої роси.

Відзначена відмінність результатів вивчення матеріалу залежно від року врожаю насіння. Так, у 2018 р., на відміну від 2017, окремі інтрогресивні лінії за абсолютними значеннями врожайності перевершили середні показники обох стандартів. Вочевидь, тут проявились переваги генетичного фону рекурентного, найбільш урожайного в умовах посухи сорту Одеська 267, витривалого до пізніх строків сівби, низьких агрофонів та жорстких умов вирощування, на базі якого створено лінії.

Результати кореляційного аналізу, що характеризують варіювання комплексу досліджених агрономічних ознак ліній у КР у залежності від рівня стійкості до хвороб (табл. 2), показали наявність слабого позитивного зв'язку врожайності лише зі стійкістю до борошнистої роси ($R_{sp}=0,38^*$) і стеблової іржі ($R_{sp}=0,36^*$) у 2018 році. Негативна неістотна кореляція врожайності зі стійкістю до листової іржі у 2017 р. за відсутності інфекційного навантаження хвороби, можливо, свідчить про наявність негативного прояву чужинних генів стійкості. Відсутність аналогічної кореляції в інших варіантах дослідження відповідає даним літератури [25] і, очевидно, пов'язана з відносно слабким природним фоном досліджених захворювань, оскільки при сильному враженні рослин іржастими хворобами (понад 60 %) врожайність зерна різко знижується [25]. Припускаємо також можливість різнонаправленої дії генетичних детермінант стійкості. Наприклад, наявність у геномі ліній чужинного генетичного матеріалу може викликати щуплість зерна. Цим можна пояснити тенденцію негативного зв'язку стійкості до іржі з МТЗ у 2018 р. (табл. 2). В усякому разі, результати кореляційного аналізу вказують на можливість поєднання в одному генотипі високої стійкості до досліджених хвороб і врожайності на рівні стандартів зони.

Таблиця 2

Результати кореляційного аналізу ознак інтрогресивних ліній у контрольному розсаднику

Стій- кість до	Пара ознак (R_{sp})									
	дата колосіння		висота рослин		урожайність		вміст білка	МТЗ	SDS30'К	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018		2018	2017	2018
<i>Pm</i>	-0,22	-0,48***	-0,20	-0,40**	0,12	0,38*	0,03	0,00	0,41*	0,49*
<i>Lr</i>	-0,43*	-0,11	-0,27	-0,18	-0,27	0,14	0,13	-0,17	-0,18	-0,16
<i>Yr</i>	0,04	-0,17	-0,43*	-0,20	0,12	0,06	-0,14	0,15	-0,36	-0,03
<i>Sr</i>	-0,24	-0,14	-0,02	-0,07	0,15	0,36*	0,45	-0,39	0,15	-0,02
<i>Stb</i>	-0,14	0,22	-0,14	-0,16	-0,22	-0,03	0,32	-0,13	-0,02	-0,05

Примітки: * – вірогідно при $p<0,05$; ** – вірогідно при $p<0,01$; *** – вірогідно при $p<0,001$.

Тривалість вегетаційного періоду і висота рослини, в цілому, негативно корелювали зі стійкістю до хвороб, що може мати виключно фізіологічні причини. Більш високі або пізньостиглі рослини мають більший період часу для розвитку хвороби. Тенденція позитивного зв'язку стійкості з вмістом білка, що спостерігається в окремих варіантах дослідження (див. табл. 2), як і позитивна кореляція стійкості до борошнистої роси з седиментацією, в

цілому, відповідають літературним даним [25] і пояснюються погіршенням умов наливу зерна внаслідок ураження патогенами [5, 9, 14]. Слабка достовірна позитивна кореляція між показниками стійкості ліній до борошнистої роси та жовтої і листової іржі ($R_{sp}=0,29^{**}$ і $R_{sp}=0,41^{***}$, відповідно), а також до листової іржі та жовтої іржі і септоріозу ($R_{sp}=0,25^{**}$ і $R_{sp}=0,28^{**}$, відповідно), що спостерігалась у досліді, очевидно, є наслідком штучного добору на групову стійкість. Проте, ми не виключаємо також, що так проявляється генетичне зчеплення між генами стійкості з кластерів *Pm8/Lr26/Sr31/Yr9* і *Pm38/Lr34/Yr18* батьківських компонентів [50].

Незважаючи на відсутність високої кореляції між урожайністю ліній і стійкістю до хвороб отримано оригінальний константний матеріал – декілька ліній з досить високими показниками групової стійкості (табл. 3), які в даних умовах перевершували показники сортів-стандартів за врожайністю.

Таблиця 3

Стійкість до хвороб та морозостійкість кращих за врожайністю інтрогресивних ліній

Сорт, лінія	Стійкість до (бал) ²⁾						Морозо-		Заг. оц., бал			
	Природний фон ³⁾					Штучний фон	стійкість		КР-I	КР-II	ПСВ	
	<i>Pm</i>	<i>Lr</i>	<i>Yr</i>	<i>Sr</i>	<i>Stb</i>	<i>Lr</i>	<i>Sr</i>	бал	%	2017	2018	2019
Антонівка (St)	3-4 ⁴⁾	3-5	3-5	3	5	3	2	4	100	5-	4	5
Куяльник (St)	3-5	4-5	4-6	3-4	3-6	4	2	5-	92	5	4+	5
Ер.2730/17	3-4	6-7	4-5	4	4	5	2-3	5	91	5-	4	4+
Ер.2739/17	4	4-5	4-6	3	4	5	3	5	95	5+	4+	4
Ер.2740/17	3-7	4-6	7	4	3	2	2-3	4	100	5-	5+	4+
Ер.2742/17	6-7	8	7	8	4	8	8	4+	100	4+	5	5+
Ер.2743/17	5-6	7-8	6-7	8	4	7	6-7	5-	94	4+	5	5
Ер.3226/16	5-6	7-8(6)	5	8	4	8	7-8	4-	90	4	5-	5-
Ер.2744/17	5	7	4-6	8	4	7	7-8	4-	89	4+	5+	4+
Ер.2748/17	3-5	5-7	5-8	4	4	5	3	4	100	5+	5-	5-
ОНК ¹⁾	2-3	1-2	-	1-2	2-3	1	1	-	-	-	-	-

Примітки: ОНК – сорт Одеська напівкарликова, індикатор високої сприйнятливості до хвороб.²⁾ Заг. оц. – загальна оцінка.³⁾ Природний фон – в КР, ПСВ та на ділянках відділу загальної та молекулярної генетики; Штучний фон – в польовому інфекційному розсаднику відділу фітопатології та ентомології.⁴⁾ Позначення 3-7 означає розмах варіації бальних оцінок по рокам дослідження, 8(6) – серед високостійких в основному рослин зрідка зустрічались помірностійкі.

Так, на штучному інфекційному фоні виділено декілька ліній Ер.2742/17 (E2791/14), Ер.2743/17 (E2792/14-2), Ер.2744/17 (A1L1074/16) зі стійкістю до найпоширеніших хвороб на рівні 7–8 балів (стійкість стандартів – 2–3 бали). Ці лінії два роки поспіль демонструють мінімальне перевищення стандарту за врожайністю: 2018 рік: Куяльник (найближча ділянка) – 6,98 т/га, Ер.2742/17 – 7,40 т/га, Ер.2743/17 – 8,17 т/га, Ер.2744/17 – 7,19 т/га; посушливий 2019 рік: Куяльник – 7,08 т/га, Ер.2742/17 – 7,52 т/га, Ер.2743/17 – 7,49 т/га, Ер.2744/17 – 6,83 т/га. Морозостійкість (див. табл. 3) та якісні показники (табл. 4) цих ліній – на рівні стандарту.

Лінія Ер.2740/17 (E2785/14) є більш ранньостиглою, ніж стандарти, (в суцільному посіві вичолошувалася на 1–2 доби раніше). Судячи з відсутності високої стійкості до стеблової іржі (див. табл. 3) та відносно високого показника седиментації SDS30'K (74 мл) лінія, очевидно, не має ПЖТ 1BL.1RS. Натомість, у ліній з високою стійкістю до стеблової іржі (Ер.2742/17, Ер.2743/17, Ер.3226/16 і Ер.2744/17) та спільним походженням від лінії E214-1/09, а в ретроспективі від колекційного зразка H74/90-245, вірогідно, така транс локація присутня. Зазначене потребує підтвердження лабораторними методами, оскільки може позначатися на хлібопекарській якості зерна, вирощеного в інших умовах. В умовах ПСВ несприятливого 2019 р. лінії в цілому характеризувались дрібним зерном (більш крупнозернішими були Ер.2730/17 і Ер.2740/17, див. табл. 4) та низьким вмістом білка (9,9–10,8 %, у стандартів 9,7–10,1 %).

Інтрогресивні лінії з підвищеною стійкістю до хвороб та кращі за врожайністю і якістю зерна, 2017–2019 рр.

Сорт, лінія	ДК, 05 ¹⁾			ВР, см			Ур, т/га			МТЗ, г	Сед., мл
	КР-I	КР-II	ПСВ	КР-I	КР-II	ПСВ	КР-I	КР-II	ПСВ		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019		
Антонівка (St)	24	11	16	87	98	100	7,51	6,19	6,60	36,6	54
Куяльник (St)	25	9	15	95	97	102	8,39	7,35	7,08	34,9	62
Ер.2730/17	24	8	15	100	105	115	7,40	5,60	5,67	40,7	62
Ер.2739/17	27	14	19	83	92	97	8,19	6,66	6,16	35,9	64
Ер.2740/17²⁾	23	8	14	77	80	95	7,59	6,89	6,92	38,9	74
Ер.2742/17	23	9	14	78	95	92	7,41	7,40	7,52	35,8	61
Ер.2743/17	23	10	16	75	85	85	7,44	8,17	7,49	35,7	60
Ер.3226/16	23	9	15	76	82	84	7,69	7,07	6,22	36,0	59
Ер.2744/17	24	11	17	87	87	90	7,70	7,19	6,83	37,7	62
Ер.2748/17	26	11	17	100	107	112	8,08	7,04	5,28	37,1	72
SD	1,4	1,8	1,1	9,7	9,3	11,0	0,36	0,70		3,03	5,9
НІР _{0,05}									0,74		

Примітки: ¹⁾ ДК – дата колосіння, травень; ВР – висота рослин; Ур – урожайність; МТЗ – маса 1000 зерен; Сед. – седиментація SDS30°К. КР-I, КР-II – контрольний розсадник 1-го та 2-го років.
²⁾ Жирним шрифтом виділено лінії, що пройшли в конкурсне сортовипробування.

Тому суттєвої диференціації за показником якості (седиментація SDS30°К) – в даному дослідженні не спостерігали. Варто зазначити, що всі вказані лінії, попри істотні відмінності за датою колосіння, характеризувались висотою рослин дещо меншою, ніж у стандартів (див. табл. 4). Останнє також може бути детерміновано наявністю ПЖТ 1BL.1RS, адже відомо [55], що вона знижує висоту рослин на 1–5 см у залежності від умов та генетичного фону. Таке зниження навряд чи може вважатися позитивним явищем, оскільки наразі в умовах сучасного зерновиробництва сорти високоінтенсивного типу повинні мати генетично детерміновану висоту 85–95 см [2], що якраз і відповідає стандартам зони (див. табл. 4).

У літературі існує думка, що при залученні в селекційний процес елітних синтетиків (*T. durum*/*Ae. tauschii*) для успішної роботи за загальноприйнятим алгоритмом достатньо одного-двох беккросів з сучасними сортами [31, 41, 42, 43, 44]. Проте, аналіз даних (див. табл. 4, 5) свідчить, що навіть якщо в КР-1 і КР-2 зрідка виділяються лінії з малою кількістю насичуючих схрещувань з сучасними сортами, бар'єр попереднього сортовипробування пройшли лише лінії з тривалою селекційною історією, численними схрещуваннями з кращими сортами та наступними індивідуальними доборами.

Походження кращих інтрогресивних ліній

Лінія ¹⁾	Оригінальна назва ²⁾	Походження ³⁾
Ер.2730/17	NIL2	Од.267/ПЕАГ//Од.267 ^{*10} F ₆
Ер.2739/17	BL1402/15	Віген /Од.267//Альбатрос F ₆
Ер.2740/17	E2785/14	E214-1/09 /Борвій//Жайвір F ₅
Ер.2742/17, Ер.2743/17,	E2791/14, E2792/14-2,	E214-1/09 /Гурт ^{*2} F ₆
Ер.3226/16	E2793/14	
Ер.2744/17	AIL1074/16	E214-1/09 /Гурт//Жайвір F ₆
Ер.2748/17	E2608/14	Селянка/ ES17 F ₂ //Селянка/3/Куяльник ^{*2} F ₆

Примітки: ¹⁾ Номерні лінії у відповідності з КР-1 лабораторії селекції інтенсивних сортів пшениці; ²⁾ З журналу відділу загальної та молекулярної генетики; ³⁾ ПЕАГ – АД(*T. dicocum*/*Ae. tauschii*), Віген – SES96/99/Зірка//Ніконія, SES96/99 – Salmon/*Elytricum fertile*//Salmon, E214-1/09 – H242/97-1/Од.267^{*3}//Куяльник, H242/97-1 – тритикале АД825/*T. durum* Чорномор F₃ //H74/90-245, H74/90-245 – Tom Pouce Blanc/АД(*T. timopheevii*/*Ae. tauschii*)//Авропа/3/Rusalka, ES17 – CIGM87.2760 (*T. durum* Altar 84/*Ae. tauschii* WX220 (TA2470)).

Варто зазначити, що в нашому попередньому дослідженні було виділено лінію E2792/14, яка є серед кращих за комплексом ознак, зокрема за збором білка, оскільки показала високу врожайність у посушливих умовах 2015/16 с.-г. року в ДПДГ «Покровське» (Одеська область) [57]. Однак лінія характеризувалася гетерогенністю за наявністю ПЖТ 1BL.1RS [Козуб, 2019 у друці] і мала ознаки засмічення. Тому, з вихідної лінії E2792/14 було проведено індивідуальний добір елітних рослин з метою виділення високопродуктивних константних біотипів. Серед чисельних доборів найвищу продуктивність показали сім'ї E2792/14-1 та E2792/14-2. При цьому селекційна лінія Ер.2743/17 (E2792/14-2) виявилася кращою за комплексом ознак стійкості, продуктивності та якості зерна (див. табл. 3, 4), її широко залучено в схрещування з сучасними сортами і перспективними лініями СГІ–НЦНС як донора стійкості. Номерні лінії Ер.2740/17, Ер.2742/17 та Ер.2743/17 передано для використання в подальшому селекційному процесі, та проходять подальше випробування, зокрема в конкурсному сортовипробуванні.

Недоліками переважної більшості новостворених інтрогресивних ліній є їхня пізньостиглість, інколи високорослість, ксероморфна структура рослини та схильність до вилягання. Так, номерна лінія Ер.2739/17 (BL1402/15) колосилась в умовах досліду на 3–4 доби пізніше стандартів зони (див. табл. 4), що за умов ранньої літньої посухи може призводити до запалу зерна і зниження його врожайності та якості. Лінії Ер.2730/17 (NIL2) та Ер.2748/17 (E2608/14) характеризувались вищою, ніж оптимальна (85–95 см [2]) висотою рослин – практично на рівні рекурентного сорту Одеська 267. Попри досить високу врожайність в КР-I 2017 року, в два наступні роки дослідження, а особливо в ПСВ-2019, лінії суттєво поступилися стандартам (див. табл. 4). Означене цілком узгоджується з літературними даними [2], де стверджується, що суттєве зниження продуктивності озимої пшениці спостерігається вже при висоті рослин >115 см. А в роки сильного вилягання посівів навіть при 100–110 см.

Істотним недоліком високопродуктивних інтрогресивних ліній є також відсутність стабільності врожайності за різних умов вирощування [26, 57]. Тому кращі лінії необхідно додатково перевіряти на урожайність за різних умов вирощування, зокрема на високих агрофонах, і в разі необхідності поліпшувати шляхом схрещування зі спеціально підібраними високопродуктивними скоростиглими сучасними сортами. Практичне значення, як на нашу думку, можуть також мати трансгресивні гібриди від схрещування між собою стійких зразків, що одержали цю ознаку з різних джерел (як у межах виду, так і за ними), контрастних за іншими характеристиками, але з мінімальною кількістю негативних показників та достатньо високою продуктивністю. Зокрема, можливо, має сенс залучення до гібридизації як обидва батьківські компоненти найбільш продуктивні інтрогресивні лінії, у яких за походженням генетична детермінація підвищеної стійкості до хвороб є різною.

Висновки. Інтрогресивні колекційні лінії пшениці м'якої, а також ряд нових створених генотипів, мають дуже цінні спадкові ознаки стійкості до збудників хвороб (борошнеста роса, види іржі), також якості зерна та високої продуктивності, проте більшість із них, навіть після багаторазових насичувальних схрещувань культурними сортами, все ж мають негативні ознаки від диких чи інших видів культурних рослин. Але, незважаючи на це, при вдалому підборі пар для схрещувань (трансгресивний генотип × культурний сорт) та інтенсивних доборах і оцінках на провокаційних фонах все ж вдається створити нові донори без таких негативних ознак. І що є найбільш важливим, виділити генотипи, стійкі до хвороб, за продуктивністю на рівні кращих сортів-стандартів. Такі лінії можна використовувати в селекційному процесі.

Шляхом багатократного схрещування оригінальних примітивних та колекційних інтрогресивних зразків, амфіплоїдів та елітних синтетиків за участю *Ae. tauschii* з сучасними сортами пшениці вдається істотно підвищити морозостійкість, продуктивність і седиментацію SDS30'К. Спостерігається тенденція до підвищення продуктивності в удосконалених лініях з чужинними ознаками, де відбувалися насичувальні схрещування з п'яти і більше сучасними сортами, порівняно з первинними інтрогресивними лініями, з 2–4 схрещуваннями.

При цьому в переважній більшості новостворені лінії були непривабливими з селекційної точки зору, більш пізньостиглими і високорослими в порівнянні з сучасними сортами. Відмічено низьку частоту поєднання у покращених ліній показників високої групової стійкості до хвороб з продуктивністю, яка була найвищою серед похідних колекційного зразка Н74/90-245 (Болгарія) з пшенично-житньою транслокацією 1BL.1RS типу Кавказ/Аврора.

Виявили тенденцію негативної залежності стійкості до хвороб з тривалістю вегетаційного періоду і висотою рослин в обидва роки дослідження. Врожайність була пов'язана лише зі стійкістю до борошнистої роси ($R_{sp}=0,38^*$) і стеблової іржі ($R_{sp}=0,36^*$) у 2018 році. Натомість відсутність аналогічної кореляції в інших варіантах досліду пов'язана зі слабким проявом хвороб в природних умовах. Визначено позитивну кореляцію стійкості до борошнистої роси з седиментацією та загальну тенденцію позитивного зв'язку стійкості з вмістом білка. В той же час встановлено відсутність вірогідної кореляції стійкості ліній з МТЗ і вмістом білка. Слабка достовірна позитивна кореляція між показниками стійкості ліній до різних хвороб, очевидно, є наслідком штучного добору на групову стійкість. Лінії з вищою за оптимальну висотою рослин характеризувались нижчою, ніж у стандартів продуктивністю у попередньому сортовипробуванні.

За результатами випробувань виділено декілька удосконалених інтрогресивних ліній (NIL2, E218/09, E2608/14, E2793/14, AIL1073/16, AIL1074/16 та ін.) з різним рівнем стійкості до борошнистої роси або одного-трьох видів іржі, які шляхом беккросів з високоадаптивним максимально пристосованим до місцевих умов сортом Одеська 267 та подальшим схрещуванням з сучасними сортами, позбавлені негативних властивостей, притаманних дикорослим видам (ксероморфна структура рослини, ламкість та спонтанне осипання зерен з колосу при дозріванні, погана вимолочуваність зерна, жорсткість колосових та квіткових лусок та ін.). Також виділено перспективні селекційні лінії Ер.2740/17 (E2785/14), Ер.2742/17 (E2791/14), Ер.2743/17 (E2792/14-2), які в даних умовах поєднують в собі загальну селекційну оцінку та врожайність на рівні або вище стандарту з чужинними ознаками стійкості до хвороб. Лінії характеризуються константністю, придатністю до збирання комбайном, адаптивністю, толерантністю до низьких агрофонів, високою якістю та можуть бути донорами стійкості до борошнистої роси, листової, жовтої і стеблової іржі, але не до септоріозу листя. Означені лінії необхідно досліджувати на продуктивність на високих агрофонах та поліпшувати у відношенні стабільності врожайності. При цьому слід мати на увазі, що при схрещуванні їх з кращими сортами чи перспективними лініями і подальшому доборі за продуктивністю зібрані генні комплекси (в тому числі припустимо з участю чужинних генів) можуть елімінувати. Тому контроль за наявністю цих комплексів у потомстві необхідно виконувати щороку.

Список використаних джерел

1. Литвиненко М.А. 100 років розвитку селекційних програм пшениці м'якої озимої. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2016. № 2(31). С. 75–82. DOI: 10.21498/2518-1017.2(31).2016.70324.
2. Лифенко С.П., Єриняк М.І., Наконечний М.Ю. Методи та результати селекції високоінтенсивних сортів пшениці м'якої озимої в умовах Півдня України. Зб. наук. праць СГІ–НЦНС. 2016. Вип. 27(67). С. 23–35.
3. Литвиненко М.А. Створення сортів пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.), адаптованих до змін клімату на Півдні України. Зб. наук. праць СГІ–НЦНС. 2016. Вип. 27(67). С. 36–53.
4. Литвиненко М.А., Топал М.М., Шестопап О.Л., Замбриборщ І.С., Галаєв О.В. Удосконалена технологія селекційного процесу пшениці м'якої озимої з використанням біотехнологічних і молекулярно-генетичних методів. Науково-методичний посібник. Одеса: СГІ–НЦНС, 2015. 40 с.
5. Ретьман С. В., Шевчук О. В., Горбачова Н. П. Хвороби листя і колоса. Карантин і захист рослин. 2011. № 4. С. 25–27.
6. Soko T., Bender C.M., Prins R., Pretorius Z.A. Yield loss associated with different levels of

- stem rust resistance in bread wheat. *Plant Disease*. 2018. V. 102, № 12. P. 2531–2538. DOI: 10.1094/PDIS-02-18-0307-RE.
7. Бабаянц Л.Т., Дубинина Л.А., Лыфенко С.Ф. Создание и изучение полукарликовых сортов озимой пшеницы, устойчивых к головневым заболеваниям. *Научн.-техн. бюл. ВСГИ*. 1979. Вып. 34. С. 8–13.
 8. Вавилов Н.И. Научные основы селекции растений. Избр. труды. М.-Л.: АН СССР, 1962. Т. III. 521 с.
 9. Гешеле Э.Э. Основы фитопатологической оценки в селекции растений. М.: Колос. 206 с.
 10. Лыфенко С.Ф. Результаты и перспективы создания высокопродуктивных, устойчивых к болезням, пригодных для возделывания по интенсивным технологиям сортов озимой пшеницы на Юге Украины. *Генетика, селекция и семеноводство пшеницы*. Пьештяны, 1988. С. 173–179.
 11. Литвиненко М.А., Топал М.М. Селекційна цінність транслокації 1AL/1RS щодо стійкості до бурої та стеблової іржі на Півдні України. *Зб. наук. праць СГІ–НЦНС*. 2014. Вип. 24 (64). С. 85–94.
 12. Kolmer J.A. Genetics of resistance to wheat leaf rust. *Annu. Rev. Phytopatol.* 1996. V. 34. P. 435–455. DOI: 10.1146/annurev.phyto.34.1.435.
 13. Крючкова Л.О. Формування взаємовідношень між рослинами і грибними патогенами на прикладі основних хвороб пшениці. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2010. Т. 42. № 4. С. 322–329.
 14. Бабаянц О.В., Бабаянц Л.Т. Основы селекции и методология оценок устойчивости пшеницы к возбудителям болезней. Одесса: ВМВ, 2014. 401 с.
 15. McIntosh R.A. Catalogue of gene symbols for wheat [pathogenic disease/pest reaction]. *Proc. 11th Int. Wheat Genet. Symp. Australia, Brisbane, 2013–2017*. P. 27–33. URL: <https://shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/download.jsp>.
 16. Бабаянц Л.Т., Бабаянц О.В., Васильев А.А., Трасковецкая В.А. Расовый состав *Puccinia recondite* Rob. ex Desm. f. sp. *tritici* в Степи Украины и соотростойчивость пшеницы. *Сб. научн. тр. СГІ–НЦСС*. 2004. Вып. 6(46). С. 279–288.
 17. Сауляк Н.И., Терновой К.П., Бабаянц О.В., Васильев А.А., Галаев А.В. Эффективность генов устойчивости пшеницы (*Triticum aestivum* L.) к *Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* Erikss. et Henn. в условиях Украины. *Сб. научн. тр. СГІ–НЦСС*. 2017. Вып. 30(70). С. 61–69.
 18. Hurni S., Brunner S., Stirnweis D., Herren G., Peditto D., McIntosh R.A., Keller B. The powdery mildew resistance gene *Pm8* derived from rye is suppressed by its wheat ortholog *Pm3*. *The Plant Journal*. 2014. V. 79. № 6. P. 904–913. DOI: 10.1111/tpj.12593.
 19. Галаев О.В. Ефективність різних генів стійкості до бурої іржі та їхніх комбінацій у міжлінійних гібридів пшениці ярої (*Triticum aestivum* L.) в умовах Півдня України. *Зб. наук. праць СГІ–НЦНС*. 2016. Вип. 28(68). С. 109–122.
 20. Нарган Т.П. Виявлення джерел стійкості до листостеблових хвороб пшениці м'якої озимої для використання в селекції. *Генетичні ресурси рослин*. 2015. № 17. С. 11–20.
 21. Чусовітіна Н.М. Стійкість вітчизняних і закордонних зразків пшениці м'якої озимої до збудника жовтої іржі *Puccinia striiformis* West. f. sp. *tritici* Erikss. et Henn. на Півдні України. *Генетичні ресурси рослин*. 2015. № 17. С. 21–28.
 22. Бабаянц О.В., Сауляк Н.И., Бабаянц Л.Т., Терновой К.П., Галаев А.В. Новый исходный материал для селекции пшеницы (*Triticum aestivum* L.) на групповую устойчивость к фитопатогенам. *Сб. научн. тр. СГІ–НЦСС*. 2016. Вып. 28 (68). С. 68–75.
 23. Ковалишина Г.М., Дмитренко Ю.М. Джерела стійкості проти збудника бурої іржі та їх використання у процесі створення сортів пшениці м'якої. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2017. Т. 13, № 4. С. 379–386. DOI: 10.21498/2518-1017.13.4.2017.117742.
 24. Kumar S., Singroha G., Bhardwaj S.C. et al. Multienvironmental evaluation of wheat (*Triticum aestivum* L.) germplasm identifies donors with multiple fungal disease resistance. *Genet. Resour. Crop Evol.* 2019. V. 66. № 4. P. 797–808. DOI: 10.1007/s10722-019-00751-3.

25. Демидов О.А., Вологдіна Г.Б., Волошук С.І., Гуменюк О.В., Кириленко В.В., Хоменко С.О. Вихідний матеріал для селекції пшениці м'якої озимої на високу стійкість до хвороб в умовах Лісостепу України. Фактори експериментальної еволюції організмів. 2019. Т. 24. С. 63–69. DOI: 10.7124/FEEEO.v24.1080.
26. Нарган Т.П., Моцний І.І., Сечняк В.Ю., Лифенко С.П. Оцінка ліній пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) від віддаленої гібридизації за господарсько корисними ознаками. Зб. наук. праць СГІ–НЦНС. 2016. Вип. 28(68). С. 15–32.
27. Jauhar P.P., Chibbar R.N. Chromosome-mediated and direct gene transfers in wheat. *Genome*. 1999. V. 42. № 4. P. 570–583.
28. Harjit-Singh, Dhaliwal H.S. Intraspecific genetic diversity for resistance to wheat rusts in wild *Triticum* and *Aegilops* species. *Wheat Inform. Serv.* 2000. № 90. P. 21–30. www.grs.nig.ac.jp/wheat/wis/No90/p21/1.html.
29. Леонов О.Ю., Петренкова В.П., Лучна І.С., Суворова К.Ю., Чугаєв С.В. Хвороби пшениці, поширені в Україні: шкідливість, генетичний контроль та результативність селекції на стійкість. Селекція і насінництво. 2016. Вип. 109. С. 53–92. DOI: 10.30835/2413-7510.2016.74196.
30. Li J., Liu Y., Cheng X., Yao X., Yang Z., Wu J., Yang Q., Zhao J., Chen X. Molecular characteristics and inheritance of a chromosome segment from *Psathyrostachys huashanica* Keng in a wheat background. *Genet. Resour. Crop Evol.* 2020. V. 20. № 1. art. 163. DOI: 10.1007/s10722-020-00908-5.
31. Першина Л.А. Хромосомная инженерия растений – направление биотехнологии. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2014. Т. 18. № 1. С. 138–146.
32. Голік О.В. Амфідиплоїди як джерела групового імунітету проти хвороб в селекції ярої пшениці. Проблеми захисту рослин від шкідливих організмів в сучасних економічних та екологічних умовах: тези наук.-практ. конф. мол. вч. 50-річчю ІЗР, Київ, 13-14 березня 1996 р. К.: ІЗР, 1996. С. 38.
33. Леонова И.Н., Родер М.С., Будашкина Е.Б., Калинина Н.П., Салина Е.А. Молекулярный анализ устойчивых к бурой ржавчине интрогрессивных линий, полученных при скрещивании гексаплоидной пшеницы *T. aestivum* с тетраплоидной пшеницей *T. timopheevii*. *Генетика*. 2002. Т. 38. № 12. С. 1648–1655.
34. Леонова И.Н., Родер М.С., Калинина Н.П., Будашкина Е.Б. Генетический анализ и локализация локусов, контролирующих устойчивость интрогрессивных линий *Triticum aestivum* × *Triticum timopheevii* к листовой ржавчине. *Генетика*. 2008. Т. 44. № 12. С. 1652–1659.
35. Abrouk M., Balcarkova B., Simkova H., Kominkova E., Martis M., Jakobson I., Timofejeva L., Rey E., Vrana J., Kilian A., Jarve K., Dolezel J., Valarik M. The *in silico* identification and characterization of a bread wheat/*Triticum militinae* introgression line. *Plant Biotechnol. J.* 2017. V. 15. P. 249–256. DOI: 10.1111/pbi.12610.
36. Лифенко С.П., Нарган Т.П., Наконечний М.Ю. Интрогресії в геном пшениці м'якої від різних донорів – проблемний, але перспективний напрям селекції. Селекція і насінництво. 2014. Вип. 105. С. 39–50. DOI: 10.30835/2413-7510.2014.42043.
37. Твердохлеб Е.В. Скрещиваемость и фертильность гибридов между формами пшеницы – носителями субгенома G и сортами мягкой и твердой пшениц. Вестник ХНУ им. В.Н. Каразина. Сер: биология. 2009. Вып. 9, № 856. С. 89–96.
38. Janakova E., Jakobson I., Peusha H., Abrouk M., Skopova M., Simkova H., Safar J., Vrana J., Dolezel J., Jarve K., Valarik M. Divergence between bread wheat and *Triticum militinae* in the powdery mildew resistance *QPm.tut-4A* locus and its implications for cloning of the resistance gene. *Theor. Appl. Genet.* 2019. V. 132, № 4. P. 1061–1072. DOI: 10.1007/s00122-018-3259-3.
39. Леонова И.Н., Будашкина Е.Б. Изучение признаков продуктивности у интрогрессивных линий *Triticum aestivum/Triticum timopheevii*, устойчивых к грибным болезням. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. Т. 20. № 3. С. 311–319. DOI: 10.18699/VJ16.120.

40. Sears E.R. Transfer of alien genetic material to wheat. Wheat science today and tomorrow / ed. by L.T. Evans, W.J. Peacock. Cambridge University Press, 1981. P. 75–89.
41. Honrao B.K., Misra S.C., Bhagwat M.D., Dixit R.N., Surve V.D., Khade V.M., Rao V.S. Potential of synthetic wheats as new sources of leaf rust resistance. J. Cytology and Genetics. 2003. V. 11. P. 639–647.
42. Mujeeb-Kazi A., Deldago R., Cortes A. Cano S., Rosas V., Sanchez J. Progress in exploiting *Aegilops tauschii* for wheat improvement. Ann. Wheat Newsletter. 2004. V. 50. P. 79–88.
43. Novoseltseva N.P. Using synthetic hexaploids with the ABD genomes in crosses with bread wheat. Ann. Wheat Newsletter. 2000. V. 49. P. 138–140.
44. Morgounov A., Abugalieva A., Akan K. et al. High-yielding winter synthetic hexaploid wheats resistant to multiple diseases and pests. Pl. Gen. Res. 2018. V. 16. № 3. P. 273–278. DOI: 10.1017/S147926211700017X.
45. Li A., Liu D., Yang W., Kishii M., Mao L. Synthetic hexaploid wheat: Yesterday, today, and tomorrow. Engineering. 2018. V. 4. № 4. P. 552–558. DOI: 10.1016/j.eng.2018.07.001.
46. Голік О.В., Пархоменко Р.Г., Долгова О.М., Рогуліна Л.В., Богуславський Р.Л. Амфідиплоїди рідких видів пшениці та її диких співродичів як джерела цінних ознак для селекції. Селекція і насінництво. 1996. Вип. 77. С. 26–30.
47. Mujeeb-Kazi A., Hettel G.P. eds. Utilizing wild grass biodiversity in wheat improvement: 15 years of wide cross research at CIMMYT. CIMMYT Research Report, № 2. Mexico, D.F.: CIMMYT, 1995. 140 p.
48. Моцний І.І., Рибалка О.І. Різноманіття амфіплоїдів *T. durum* х *Ae. tauschii* і їхніх гібридів з м'якою пшеницею за морфологічними ознаками та стійкістю до хвороб. Зб. наук. праць СГІ–НЦНС. 2011. Вип. 17(57). С. 45–53.
49. Моцний І.І., Лыфенко С. Ф., Коваль Т. Н. Наследование признаков устойчивости к грибным болезням отдаленными гибридами пшеницы с амфиплоидами. Цитология и генетика. 2000. Т. 34. № 2. С. 46–56.
50. Моцний І.І., Благодарова О.М. Успадкування стійкості до хвороб та морфологічних ознак у гібридів м'якої пшениці з інтрогресивними лініями. Зб. наук. праць СГІ–НАЦ НАІС. 2004. Вип. 6(46). С. 179–193.
51. Моцний І.І., Нарган Т.П., Єриняк М.І., Лифенко С.П. Застосування похідних неповного пшенично-елімусного амфіплоїда (НПЕА) *Elytricum fertile* в селекції пшениці м'якої озимої. Вісник аграрної науки. 2017. Вип. 8. С. 45–50.
52. Рсалиев А.Ш., Аbugалиева А.И., Кожахметов К. Иммунологическая характеристика интрогрессивных линий яровой пшеницы по устойчивости к видам ржавчины. Аграрная наука. 2019. Т. 1. С. 38–42. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-326-1-38-42.
53. Рибалка О.І., Червоніс М.В., Топораш І.Г., Сурженко І.О., Боделан О.П., Щербина З.В. Наукове обґрунтування розробки нових методів оцінки хлібопекарської якості борошна пшениці. Хранение и переработка зерна. 2006. № 1(79). С. 43–48.
54. Лакин Г.Ф. Биометрия. Учебное пособие для университетов и педагогических институтов. М.: Высшая школа, 1973. 343 с.
55. Lelley T., Eder C., Grausgruber H. Influence of 1BL.1RS wheat-rye chromosome translocation on genotype by environment interaction. J. Cer. Sci. 2004. V. 39. P. 313–320. DOI: 10.1016/j.jcs.2003.11.003.
56. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
57. Моцний І.І., Литвиненко М.А., Молодченкова О.О., Соколов В.М., Файт В.І., Сечняк В.Ю. Створення вихідного матеріалу пшениці м'якої озимої із застосуванням міжвидових схрещувань для селекції на підвищений вміст білка. Цитология і генетика. 2019. Т. 53. № 2. С. 21–33. DOI: 10.3103/S0095452719020075.
58. Галаєв О.В., Сиволап Ю.М. Характеристика сортів пшениці м'якої української і російської селекції за алелями локусу *csLV34*, зчепленого з геном мультипатогенної стійкості *Lr34/Yr18/Pm38*. Цитология и генетика. 2015. Т. 49. № 1. С. 18–25. DOI: 10.3103/S0095452715010041.

59. Топал М.М. Адаптивні властивості та продуктивність сортів і ліній з пшенично житніми транслокаціями в умовах Півдня України. Зб. наук. праць СГІ–НЦНС. 2014. Вип. 23(63). С. 88–99.

References

1. Lytvynenko MA. 100-year history of the development of bread winter wheat breeding programs. *Sortovyvchennya ta okhorona prav na sorty Roslyn*. 2016; 31(2): 75–82. DOI: 10.21498/2518-1017.2(31).2016.70324.
2. Lyfenko SPh, Yerynyak MI, Nakonechnyi MJu. Methods and results of the breeding of high-intensive varieties of bread winter wheat in the South Ukraine environments. *Zbirnyk naukovykh prats SHI–NTsNS*. 2016; 27 (67): 23–35.
3. Lytvynenko MA. Creation of winter bread wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) adapted to climatic changes in the South Ukraine. *Zbirnyk naukovykh prats SHI–NTsNS*. 2016; 27 (67): 36–53.
4. Lytvynenko MA, Topal MM, Shestopal OL, Zambriborshch IS, Galayev OV. Improved technology for breeding of bread winter wheat using biotechnological and molecular genetic methods. *Scientific and methodical guide*. Odesa: PBGI–NCSCI, 2015. 40 p.
5. Retman SV, Shevchuk OV, Gorbacheva NP. Diseases of leaves and ear. *Karantyn i zahyst roslyn*. 2011; 4: 25–27.
6. Soko T, Bender CM, Prins R, Pretorius ZA. Yield loss associated with different levels of stem rust resistance in bread wheat. *Plant Disease*. 2018; 102 (12): 2531–2538. DOI: 10.1094/PDIS-02-18-0307-RE.
7. Babayants LT, Dubinina LA, Lyfenko SPh. Creation and study of semi-dwarf winter wheat cultivars resistant to smut diseases. *Nauchno-tehnicheskiiy biulletenVSGI*. 1979; 34: 8–13.
8. Vavilov NI. *Scientific basis of plant breeding. Selected Works*. Moscow-Leningrad: AS USSR, 1962; III. 521 p.
9. Geshele EE. *Fundamentals of plant pathological assessment in plant breeding*. Moscow: Kolos, 1978. 206 p.
10. Lyfenko SPh. Results and prospects of creating highly productive, disease-resistant, suitable for cultivating with intensive technologies winter wheat varieties in the South of Ukraine. *Genetics, selection and seed production of wheat*. Piestany, 1988: 173–179.
11. Lytvynenko MA, Topal MM. Breeding value of 1AL/1RS translocation according resistance to leaf and stem rusts in the South of Ukraine. *Zbirnyk naukovykh prats SHI–NTsNS*. 2014; 24 (64): 85–94.
12. Kolmer JA. Genetics of resistance to wheat leaf rust. *Annu. Rev. Phytopatol*. 1996; 34: 435–455. DOI: 10.1146/annurev.phyto.34.1.435
13. Kriuchkova LO. Development of interaction between plants and fungal pathogens following the example of main wheat diseases. *Fiziologiya i biokhimiya kul'turnykh rastenii*. 2010; 42 (4): 322–329.
14. Babayants OV, Babayants LT. *Bases of breeding and methodology of assessments of wheat resistance to pathogens*. Odessa: VMV, 2014. 401 p.
15. McIntosh RA. Catalogue of gene symbols for wheat [pathogenic disease/pest reaction]. *Proc. 11th Int. Wheat Genet. Sypm. Australia, Brisbane, 2013–2017*: 27–33. RL: <https://shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/download.jsp>.
16. Babayants LT, Babayants OV, Vasiliev AA, Traskovetskaya VA. Racial composition *Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f. sp. *tritici* in the Steppes of Ukraine and wheat cultivar resistance. *Zbirnyk naukovykh prats SHI–NTsNS*. 2004; 6 (46): 279–288.
17. Sauliak NI, Ternovyi KP, Babayants OV, Vasyl'iev OA, Galaev OV. The efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L.) genes resistance to *Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* Erikss et Henn under Ukraine environments. *Zbirnyk naukovykh prats SHI–NTsNS*. 2017; 30 (70): 61–69.
18. Hurni S, Brunne, S, Stirnweis D, Herren G, Peditto D, McIntosh RA, Keller B. The powdery mildew resistance gene *Pm8* derived from rye is suppressed by its wheat ortholog *Pm3*. *The Plant Journal*. 2014; 79 (6): 904–913. DOI: 10.1111/tpj.12593.

19. Galaev AV. Effectiveness of different resistance genes to leaf rust and their combinations in interline hybrids of spring bread (*Triticum aestivum* L.) in South Ukraine. Zbirnyk naukovykh prats SHI–NTsNS. 2016; 28 (68): 109–122.
20. Nargan TP. Search for sources of resistance to leaf and stem diseases of bread winter wheat for use in breeding. Henetychni resursy roslyn. 2015; 17: 11–20.
21. Chusovitina NM. Resistance of domestic and foreign bread winter wheat accessions to the pathogen of yellow rust, *Puccinia striiformis* West. f. sp. *tritici* Erikss. et Henn. in the South of Ukraine. Henetychni resursy roslyn. 2015; 17: 21–28.
22. Babayants OV, Sauliak NI, Babayants LT, Ternovyi KP, Galaev OV. The new initial breeding material of wheat (*Triticum aestivum* L.) for selection to complex resistance to phytopathogens. Zbirnyk naukovykh prats SHI–NTsNS. 2016; 28 (68): 68–75.
23. Kovalyshyna HM, Dmytrenko YuM. Sources of resistance to brown rust pathogen and their use in the development of soft wheat varieties. Plant Varieties Studying and Protection. 2017; 13 (4): 379–386. DOI: 10.21498/2518-1017.13.4.2017.117742.
24. Kumar S, Singroha G, Bhardwaj SC et al. Multienvironmental evaluation of wheat (*Triticum aestivum* L.) germplasm identifies donors with multiple fungal disease resistance. Genet. Resour. Crop Evol. 2019; 66 (4): 797–808. DOI: 10.1007/s10722-019-00751-3
25. Demydov OA, Volohdina HB, Voloshchuk SI, Humeniuk OV, Kyrylenko VV, Khomenko SO. Parent material for breeding winter wheat with high disease resistance under environments of forest-steppe of Ukraine. Factors in experimental evolution of organisms. 2019; 24: 63–69. DOI: 10.7124/FEEO.v24.1080.
26. Nargan T.P., Motsnyi I.I., Sechnyak V.E., Liphenko S.F. Characterization of winter bread wheat lines (*Triticum aestivum* L.) from wide hybridization by economically valuable characters. Zbirnyk naukovykh prats SHI–NTsNS. 2016; 28 (68): 15–32.
27. Jauhar P.P., Chibbar R.N. Chromosome-mediated and direct gene transfers in wheat. Genome. 1999; 42 (4): 570–583.
28. Harjit-Singh, Dhaliwal H.S. Intraspecific genetic diversity for resistance to wheat rusts in wild *Triticum* and *Aegilops* species. Wheat Inform. Serv. 2000; 90: 21–30. www.grs.nig.ac.jp/wheat/wis/No90/p21/1.html.
29. Leonov O.Yu., Petrenkova V.P., Luchnaya I.S., Suvorova KYu, Chugayev SV. Wheat diseases common in Ukraine: harmfulness, genetic control and effectiveness of breeding for resistance. Sel. Nasinn. 2016; 109: 53–92. DOI: 10.30835/2413-7510.2016.74196.
30. Li J, Liu Y, Cheng X, Yao X, Yang Z, Wu J, Yang Q, Zhao J, Chen X. Molecular characteristics and inheritance of a chromosome segment from *Psathyrostachys huashanica* Keng in a wheat background. Genet. Resour. Crop Evol. 2020; 20 (1): art. 163. DOI: 10.1007/s10722-020-00908-5.
31. Pershyna LA. Chromosome engineering of plants – biotechnology direction. Vavilovskiy Zhurnal Genetiki i Selekcii. 2014; 18 (1): 138–146.
32. Golik OV. Amphidiploids as sources of group immunity against diseases in spring wheat breeding. Problems of plant protection against harmful organisms in modern economic and environmental conditions. Abstracts of science and practice conference of young scientists to 50-th anniversary of the IPP, Kyiv, March 13–14, 1996. Kyiv, 1996. 38 p.
33. Leonova IN, Röder MS, Budashkina EB, Kalinina NP, Salina EA. Molecular analysis of leaf rust introgression resistance lines obtained by crossing of hexaploid wheat *Triticum aestivum* with tetraploid wheat *Triticum timopheevii*. Rus. J. Genet. 2002; 38: 1397–1403.
34. Leonova IN, Röder MS, Kalinina NP, Budashkina EB. Genetic analysis and localization of loci controlling leaf rust resistance of *Triticum aestivum* × *Triticum timopheevii* introgression lines. Rus. J. Genet. 2008; 44: 1431–1437.
35. Abrouk M, Balcarikova B, Simkova H, Kominkova E, Martis M, Jakobson I, Timofejeva L, Rey E, Vrana J, Kilian A, Jarve K, Dolezel J, Valarik M. The *in silico* identification and characterization of a bread wheat/*Triticum militinae* introgression line. Plant Biotechnol. J. 2017; 15: 249–256. DOI: 10.1111/pbi.12610.
36. Lyfenko SPh, Nargan TP, Nakonechnyi MJu. Problematic but prospective direction of breed-

- ing: introgressions into genome of winter bread wheat different donors. *Sel. Nasinn.* 2014; 105: 39–50. DOI: 10.30835/2413-7510.2014.42043.
37. Tverdokhlebov EV. Crossability and fertility of hybrids between wheat forms carrying subgenome G and varieties of bread and durum wheat. *Vestnik KHNU im. V.N. Karazina. Ser: biology.* 2009; 9 (856): 89–96.
 38. Janakova E, Jakobson I, Peusha H, Abrouk M, Skopova M, Simkova H, Safar J, Vrana J, Dolezel J, Jarve K, Valarik M. Divergence between bread wheat and *Triticum militinae* in the powdery mildew resistance *Q^{Pm.tut}-4A* locus and its implications for cloning of the resistance gene. *Theor. Appl. Genet.* 2019; 132 (4): 1061–1072. DOI: 10.1007/s00122-018-3259-3.
 39. Leonova IN, Budashkina EB. The study of agronomical traits determining productivity of *Triticum aestivum*/*Triticum timopheevii* introgression lines with resistance to fungal diseases. *Vavilovskiy Zhurnal Genetiki i Seleksii.* 2016; 20 (3): 311–319.
 40. Sears ER. Transfer of alien genetic material to wheat. *Wheat science today and Tomorrow.* Cambridge University Press, 1981: 75–89.
 41. Honrao BK, Misra SC, Bhagwat MD, Dixit RN, Surve VD, Khade VM, Rao VS. Potential of synthetic wheats as new sources of leaf rust resistance. *J. Cytology and Genetics.* 2003; 11: 639–647.
 42. Mujeeb-Kazi A, Deldago R, Cortes A, Cano S, Rosas V, Sanchez J. Progress in exploiting *Aegilops tauschii* for wheat improvement. *Ann. Wheat Newsletter.* 2004; 50: 79–88.
 43. Novoseltseva NP. Using synthetic hexaploids with the ABD genomes in crosses with bread wheat. *Ann. Wheat Newsletter.* 2000; 49: 138–140.
 44. Morgounov A, Abugaliev A, Akan K et al. High-yielding winter synthetic hexaploid wheats resistant to multiple diseases and pests. *Pl. Gen. Res.* 2018; 16 (3): 273–278. DOI: 10.1017/S147926211700017X.
 45. Li A, Liu D, Yang W, Kishii M, Mao L. Synthetic hexaploid wheat: Yesterday, today, and tomorrow. *Engineering.* 2018; 4 (4): P. 552–558. DOI: 10.1016/j.eng.2018.07.001.
 46. Golik OV, Parkhomenko RG, Dolgov OM, Rogulina LV, Boguslavsky RL. Amphidiploids of rare wheat species and their wild relatives as sources of valuable breeding traits. *Sel. Nasinn.* 1996; 77: 26–30.
 47. Mujeeb-Kazi A, Hettel GP. eds. Utilizing wild grass biodiversity in wheat improvement: 15 years of wide cross research at CIMMYT. CIMMYT Research Report, no. 2. Mexico, D.F.: CIMMYT, 1995. 140 p.
 48. Motsnyi II, Rybalka OI. Variability of amphiploids *T. durum* x *Ae. tauschii* and their hybrids to winter wheat for morphological characters and disease resistance. *Zbirnyk naukovykh prats SHI–NTsNS.* 2011; 17 (57): 45–53.
 49. Motsnyi II, Liphenko SF, Koval TN. Inheritance of characters of resistance to fungal diseases of wide wheat hybrids with amphiploids. *Tsitologiya i Genetika.* 2000; 34 (2): 46–56.
 50. Motsnyi II, Blagodarova EM. Inheritance of resistance to diseases and morphological characters in the hybrids of common wheat with introgressive lines. *Zbirnyk naukovykh prats SHI–NTsNS.* 2004; 6 (46): 179–193.
 51. Motsnyi II, Narhan TP, Yeryniak MI, Liphenko SF. Application of derivatives of incomplete wheat-wildrye amphiploid (WWRA) *Elytricum fertile* in selection of winter soft wheat. *Visnyk ahrarnoyi nauky.* 2017; 8: 45–50.
 52. Rsaliev AS, Abugaliyeva AI, Kozhakhmetov K. Immunological characteristics of spring wheat introgressive lines to rust resistance. *Agrarian science.* 2019; 1: 38–42. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-326-1-38-42.
 53. Rybalka AI, Chervonis MV, Toporash IG, Surzhenko IO, Bodelan OP, Shcherbina ZV. Scientific rationale of new methods development of wheat flour bread-making quality estimation. *Khraneniye i pererabotka zerna.* 2006; 1 (79): 43–48.
 54. Lakin G.F. Biometrics. Textbook for universities and pedagogical institutes. Moscow: Vyscha shkola, 1973, 343 p.
 55. Lelley T, Eder C, Grausgruber H. Influence of 1BL.1RS wheat-rye chromosome translocation

- on genotype by environment interaction. J. Cer. Sci. 2004; 39: 313–320. DOI: 10.1016/j.jcs.2003.11.003.
56. Dospekhov BA. Methods of field experiment (with the basics of statistical processing of research results). 5th ed., rev. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.
57. Motsnyi II, Litvinenko NA, Molodchenkova OO, Sokolov VM, Fayt VI, Sechnyak VYe. Development of winter wheat starting material using interspecific crossing for breeding for increased protein content. Tsitologiya i Genetika. 2019; 53 (2): 21–33. DOI: 10.3103/S0095452719020075.
58. Galaev AV, Sivolap YuM. Description of the soft wheat varieties of Ukrainian and Russian breeding by alleles of locus csLV34 closely connected with multipathogen resistance gene *Lr34/Yr18/Pm38*. Tsitologiya i Genetika. 2015; 49 (1): 13–19. DOI: 10.3103/S0095452715010041.
59. Topal NN. Adaptive properties and productivity of varieties and lines with wheat-rye translocations in the south of Ukraine. Zbirnyk naukovykh prats SHI–NTsNS. 2014; 23 (63): 88–99.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТРОГРЕССИВНЫХ ГЕНОТИПОВ ПРИ СОЗДАНИИ ДОНОРОВ УСТОЙЧИВОСТИ К МУЧНИСТОЙ РОСЕ, ВИДАМ РЖАВЧИН И ДРУГИМ ПРИЗНАКАМ У ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ

Моцный И.И., Нарган Т.П., Наконечный Н.Ю., Лыфенко С.Ф.
Селекционно-генетический институт–Национальный центр семеноведения и сортоизучения, Украина

В статье представлены данные о фенотипическом разнообразии новых интрогрессивных линий, производных сложных межвидовых гибридов и их беккроссов по устойчивости к распространенным болезням, продуктивности и другим селекционным признакам. Это необходимо для создания высокопродуктивных доноров устойчивости и повышения эффективности использования исследуемого материала в селекции пшеницы. Вовлечение в скрещивания выделенных линий-доноров в качестве исходного материала может дать возможность не только успешнее решать проблему повышения устойчивости сортов к заболеваниям, но также расширит и усовершенствует их генетическую основу в отношении других хозяйственно ценных признаков.

Цель и задачи исследования. Целью исследования было выделение высокопродуктивных линий-доноров, объединяющих групповую устойчивость к болезням с адаптивностью к условиям выращивания, сравнительная селекционная оценка новосозданных интрогрессивных линий в сравнении с лучшими сортами-стандартами зоны. Для этого целесообразным является определение устойчивости к распространенным заболеваниям, а также корреляции между показателями устойчивости и отдельными агрономическим и ценными хозяйственными признаками.

Материалы и методы. Изучены интрогрессивные по морфологическим и основным биологическим признакам линии пшеницы мягкой разных генераций, степеней насыщения и происхождения. В основном это производные отдаленной гибридизации с разными чужеродными признаками и свойствами от скрещивания нескольких сортов пшеницы мягкой озимой степного экотипа (Одеська 267, Альбатрос, Никонія, Селянка, Куяльник, Панна, Гурт) с одним коллекционным и двумя оригинальными интрогрессивными образцами, а также шестью амфиплоидами с участием *Ae. tauschii*. Полевые опыты проводили по общепринятой схеме селекционного процесса самоопыляющихся культур, фитопатологическую оценку – по интенсивности поражения по 9-балльной интегрированной унифицированной шкале, разработанной на основе модифицированной шкалы Сааре и Прескотта. Качество зерна контролировали по показателю седиментацию SDS30°K, который определяли по методике, разработанной в отделе генетических основ

селекции СГИ–НЦСС, содержание белка – методом Къельдаля, массу тысячи зерен и статистическую обработку данных – согласно общепринятым методам.

Обсуждение результатов. По результатам полевых опытов среди интрогрессивных генотипов, полученных от разных типов скрещивания, выделены несколько линий (NIL2, E218/09, E2608/14, E2793/14, AIL1073/16, AIL1074/16 и др.) устойчивых к мучнистой росе, а также к одному или трём видам ржавчины, которые могут быть рекомендованы как генетические доноры устойчивости к грибным болезням при селекции. Также выделены практически ценные для селекции линии Ер.2740/17 (E2785/14), Ер.2742/17 (E2791/14), Ер.2743/17 (E2792/14-2), не имеющие признаков диких видов, устойчивые к болезням и по продуктивности превосходящие показатели лучших сортов стандартов.

Выводы. Проведенные испытания коллекционных и новых интрогрессивных линий пшеницы мягкой показали, что при дополнительных скрещиваниях, отборах и оценках в значительных объёмах можно создать ценные для селекции генетические доноры устойчивости к мучнистой росе, трём видам ржавчины и высокой продуктивности, а также генетически стабильные линии без признаков диких видов, с продуктивностью выше лучших сортов-стандартов. Такие линии являются перспективными для использования непосредственно в практической селекции.

Ключевые слова: *Triticum aestivum L.*, интрогрессивная линия, устойчивость к болезням, продуктивность

INTROGRESSIVE GENOTYPES FOR CREATING BREAD WHEAT DONORS OF RESISTANCE TO POWDERY MILDEW, RUSTES AND OF OTHER TRAITS

Motsnyi I.I., Nargan T.P., Nakonechnyi M.Yu., Lyfenko S.P.

Plant Breeding & Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation of NAAS, Ukraine

The article presents data on the phenotypic diversity of new introgressive lines – derivatives of complex interspecies hybrids and their backcrosses in terms of resistance to common diseases, performance and other breeding traits. This is necessary to create highly productive donors of resistance and increase the efficiency of using the studied material in wheat breeding. Involvement of the selected donor lines in crossing as starting material can give a possibility not only to more successfully solve the problem of increasing the resistance of varieties to diseases, but also expand and improve their genetic basis in relation to other economically valuable traits.

Purpose and objectives. Comparison of breeding assessment of the new introgressive lines with the best check varieties the zone. Evaluation of resistance to common diseases and correlations between resistance and some agronomic and economically valuable traits. Selection of highly productive donor lines combining group resistance to diseases with adaptability to growing conditions.

Material and methods. The bread wheat lines of various generations, degrees of saturation and origin, which were introgressive by morphological and basic biological characteristics, were studied. Basically, they were obtained by distant hybridization of several winter bread wheat varieties of the steppe ecotype characterized by different alien traits and properties (Odesskaya 267, Albatros, Nikoniya, Selianka, Kuialnik, Panna, Hurt) with one collection and two original introgressive accessions, as well as with six amphiploids derived from *Ae. tauschii*. The field experiments were carried out according to the conventional breeding design for self-pollinating crops. The material was phytopathologically assessed for the damage intensity using a 9-point integrated unified scale developed from the modified Saari and Prescott's scale. Grain quality was monitored by the SDS30'K sedimentation index, which was determined by the method developed in the Department of Genetic Basics of Breeding of the PBGI-NCSCI; the protein content - by the Kjeldahl digestion; the 1000-grain weight – by the conventional method. The data were statistically processed by generally accepted methods.

Results and discussion. The field experiments allowed us to identify several lines (NIL2, E218/09, E2608/14, E2793/14, AIL1073/16, AIL1074/16 and others) that are resistant to powdery mildew and to 1 or 3 rust pathogens among introgressive genotypes obtained from different crossings. They can be recommended for breeding as genetic donors of resistance to fungal diseases. In addition, lines Er. 2740/17 (E2785/14), Er. 2742/17 (E2791/14) and Er. 2743/17 (E2792/14-2) having no traits of wild species are practically valuable for breeding, as they are resistant to diseases, and their performance is higher than that of the best check varieties.

Conclusions. Trials of the collection and new introgressive lines of bread wheat showed that by massively conducted additional crossings, selections and assessments it is possible to create genetic donors of resistance to powdery mildew, three rust pathogens and of high performance as well as genetically stable lines without traits of wild species with performance exceeding that of the best check varieties. Such lines are promising for direct use in practical breeding.

Key words: *Triticum aestivum L., introgressive lines, resistance to diseases, performance.*

УДК 633.63:631.527

DOI: 10.30835/2413-7510.2020.207011

ПОЛІПШЕННЯ ФОРМИ КОРЕНЕПЛОДУ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ В СЕЛЕКЦІЇ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ

Парфенюк О.О.

Дослідна станція тютюнництва ННЦ «ІЗ НААН», Україна

Представлено результати досліджень з оцінки вихідного матеріалу буряків цукрових і кормових та гібридів, отриманих на їх основі, за формою коренеплоду і рівнем продуктивності. Створено рекомбінантні матеріали буряків з поліпшеними параметрами форми коренеплоду, вивчено характер зміни їх біометричних показників. Доведено підвищення рівня продуктивності буряків цукрових зі зміною форми коренеплоду з конічної на овално-конічну. Відібрано високопродуктивні багаторосткові запилювачі буряків цукрових покоління BC_1 і BC_2 з поліпшеними параметрами форми коренеплоду.

Ключові слова: *буряки цукрові, буряки кормові, вихідний матеріал, багаторостковий запилювач, гібрид, форма коренеплоду, продуктивність*

Вступ. На сьогодні одним з найактуальніших завдань вітчизняної селекції буряків цукрових є створення високопродуктивних, адаптованих до умов довкілля, придатних для енерго- та екологозберігаючих технологій вирощування гібридів на ЦЧС основі. Відповідно, основою всіх селекційних програм є формування та добір комбінаційно-цінних батьківських компонентів схрещування, що забезпечують високий рівень гетерозису за ознаками продуктивності у гібридів першого покоління [1].

Аналіз літературних джерел, постановка проблеми. Подальший прогрес у селекції буряків цукрових є неможливим за умови збідненого генофонду культури, а генетичну мінливість буде зведено до низьких значень. Тому поповнення колекції вихідного матеріалу, створення банку генів практично значимих кількісних і якісних ознак сприятиме поліпшенню якості та результативності селекційного процесу і відповідно, підвищенню генетичного потенціалу гібридів буряків цукрових на ЦЧС основі [2].

У селекційних дослідженнях попередніх років основними критеріями добору кращих гібридів буряків цукрових були їх висока продуктивність, поліпшені технологічні якості цукросировини, стійкість до хвороб та адаптивність до умов довкілля. Нині, крім