

ГЕНЕТИКА, СЕЛЕКЦІЯ І БІОТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИН

УДК 633.111.11:575.116

**ФІТОПАТОЛОГІЧНА ОЦІНКА ІНТРОГРЕСИВНИХ ЛІНІЙ
ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ
ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В СЕЛЕКЦІЇ**

© 2021 р. **І. І. Моцний¹, О. О. Молодченкова¹, М. А. Литвиненко¹,
Є. А. Голуб¹, Л. Т. Міщенко²**

¹Селекційно-генетичний інститут –
Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення
Національної академії аграрних наук України
(Одеса, Україна)

²Київський національний університет ім. Тараса Шевченка,
ННЦ «Інститут біології та медицини»
(Київ, Україна)

Досліджена стійкість до поширених захворювань та дана селекційна оцінка удосконаленим інтрогресивним лініям озимої пшениці, що створені шляхом віддаленої гібридизації. Виявлена широка варіабельність ступеня ураження ліній борошнистою россою та різними видами іржі. Найбільше виділено ліній, стійких до листової або жовтої іржі; до стеблової іржі висока тривала стійкість спостерігається лише серед похідних колекційного зразка Н74/90-245 з Болгарії. Серед похідних амфіплоїдів за участю *Aegilops tauschii* лінії, які виявляють стійкість до стеблової іржі, поступово втрачають її протягом дозрівання. Стійких до борошнистої роси ліній було виділено мало, а до септоріозу – практично не спостерігалось. Виявлена можливість комбінування пшенично-житньої транслокації 1BL.1RS з іншими генами стійкості. Відзначено низьку частоту добору константних ліній за комплексом ознак у F₄₋₅ та необхідність подальших індивідуальних доборів, ефективність яких зростає при вищих бекроссах і у пізніших генераціях, а також відсутність стабільної врожайності. При використанні в гібридизації сортів лабораторії селекції інтенсивних сортів пшениці СГІ–НЦНС підвищення продуктивності супроводжується здрібнінням зернівок. Виділені селекційні лінії (PIL956/16, AIL1049/16, PIL997/16, AIL485/17 та ін.) з чужинними полігенними комплексами стійкості до іржастих хвороб, високими значеннями маси тисячі зерен та вмісту білка. Вони характеризуються високою продуктивністю, хлібопекарською якістю та позбавлені негативних властивостей дикорослих видів.

Ключові слова: *Triticum aestivum*, інтрогресивні лінії, стійкість, продуктивність

DOI: <https://doi.org/10.35550/vbio2021.03.056>

Основним завданням селекції пшениці м'якої *Triticum aestivum* L. є створення високо-продуктивних сортів з високою якістю зерна, стійких до несприятливих умов зовнішнього

Адреса для кореспонденції: Молодченкова Ольга Олегівна, Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення НААН України, Овідіопольська дорога, 3, м. Одеса, 65036, Україна;
e-mail: olgamolod@ukr.net

середовища. Методом внутрішньовидової гібридизації вдалося значно збільшити потенційну врожайність культури (Литвиненко, 2016), але разом із зростанням продуктивності загострилася проблема захисту рослин від хвороб, шкідників та інших несприятливих чинників (Бабаянц, 2014). У той же час нині необхідні сорти не лише з високим генетичним потенціалом продуктивності, а й здатні за різноманітних

екологічних умов зон ризикованого землеробства Степу України, на низьких агрофонах і навіть за технологічних відхилень, забезпечувати достатній мінімум урожайності. Більш того, створюються сорти, придатні до екстремальних умов вирощування, а також для технологій без обробітку ґрунту (Литвиненко, 2008; 2016). Низьку врожайність часто зумовлюють хвороби або слабка здатність до адаптації до умов вирощування. Однак, у міру вичерпання запасів генів стійкості до грибних хвороб (борошніста роса, види іржі, септоріоз листя, тощо) ситуація лише погіршується (Mujeeb-Kazi, Asiedu, 1990), особливо на тлі змін клімату (Литвиненко, 2008; Climate change and crop production, 2011).

Борошніста роса (*Blumeria graminis* (DC) Speer f. sp. *tritici* March.) поширена в Україні повсюдно. Оптимальними умовами для розвитку гриба є прохолодна температура та висока вологість повітря. За сильного розвитку хвороби передусім зменшується продуктивна кущистість рослини, передчасно засихають листки. При цьому затримується колосіння і виникає пустоколосість, погіршується якість зерна. Особливо небезпечна борошніста роса за поширення на верхні яруси рослини (Топчій, Сандецька, 2017). Протягом 2007-2008 с.-г. року на півдні України відбулася різка зміна расового складу у збудника хвороби у бік його більшої агресивності і вірулентності (Бабаянц, 2014).

Іржа пшениці має три види: листовка (*Puccinia triticina* Erikss. & Henn.), стеблова (*Puccinia graminis* sp. *tritici* Erikss. & Henn.) та жовта (*Puccinia striiformis* West.), які вважаються найбільш шкочинними хворобами. Їхня шкочинність зумовлена порушенням обміну речовин в ураженій рослині. Відбувається зниження вмісту хлорофілу та асиміляції CO₂ і посилення дихання; погіршується інтенсивність транспірації внаслідок розривів епідермісу, на зарубцювання яких рослина витрачає значний запас пластичних речовин. Найпоширенішою є листовка іржа, яка уражує пшеницю майже повсюдно (Ретьман та ін., 2011). Патоген гетерогенний за расовим складом, його вірулентністю й агресивністю залежно від умов року (Бабаянц, 2014). Стеблова і жовта менш поширені на півдні України, але вважаються набагато шкочивішими (Soko et al., 2018; Wellings, 2011). Їхній расовий склад визначений і характеризується відносною стабільністю за роками (Бабаянц, 2014). Жовта іржа набуває значення в окремі роки зі сприятливими для хвороби умо-

вами (м'які зими, прохолодні і вологі весна й літо). Нині жовта іржа адаптувалась до підвищення температури і значно збільшила ареал поширення (Wellings, 2011).

Стеблова іржа, хоча й спостерігається всюди, де вирощується пшениця, але шкочлива тільки в районах з теплим кліматом, де вважається найдеструктивнішою хворобою пшениці. З виникненням украї небезпечної раси Ug99 до 90% сортів пшениці в світі, в тому числі і захищені геном *Sr31*, набули сприйнятливості до патогена і, отже, хвороба може завдати великої шкоди в широкому ряді географічних регіонів світу (Soko et al., 2018). Хвороба проявляється після цвітіння на стеблах, стрижнях колосся та колосових лусочках. Потік поживних речовин у стеблах рослини переривається, вражається колос, що викликає зморшкуватість зерна. Крім того, інфіковані стебла набувають схильності до вилягання. Загалом щорічні недобори врожаю від цих хвороб становлять від 15 до 25%, а при епіфітотійному розвитку – до 40-50%, і ці показники щороку зростають (Soko et al., 2018; Wellings, 2011).

Істотну небезпеку для посівів становить і септоріоз листя (*Septoria tritici* Rob. ex Desm.) – хвороба, яка останнім часом прогресує з підвищенням температури у багатьох регіонах України. Інфекція поширюється від нижніх листків до верхніх ярусів рослини за відносної вологості повітря 90-100% та температури 12-25°C. Максимальний прояв захворювання спостерігається в фазі молочно-воскової стиглості зернівок. За масового розвитку хвороби втрати врожаю сягають 30-40% (Ретьман та ін., 2011; O'Driscoll et al., 2014).

Підвищення стійкості пшениці до хвороб може бути досягнуто за рахунок генетичних ресурсів близькоспоріднених дикорослих і культурних видів та штучно створених на їхній основі амфіплоїдів різної геномної структури (Лифенко та ін., 2014; Першина, 2014; Morgounov et al., 2018). В СГІ-НЦНС особлива увага була звернена на найстійкіший до грибних хвороб вид *T. timopheevii* Zhuk., який має комплексний імунітет суто генного (ядерного) типу. Причому найбільш ефективні гени стійкості локалізовані переважно у специфічному геномі G (Кривченко и др., 1976; Леонова и др., 2008), якого немає у культурних видів пшениці, що ускладнює інтрогресію генів стійкості. Шляхом ступінчастих схрещувань за участю примітивного зразка, похідного від *T. timopheevii*, був отриманий стійкий до хвороб сорт Ювілейна 75, який увійшов до родоводу

низки новіших сортів – Ніконія, Ліона та ін. (Лифенко та ін., 2014).

Значних успіхів досягнуто в КНДІСГ (Росія) при використанні *T. miguschovae* Zhirov – штучного амфідиплоїду голозерного мутанта *T. timopheevii* (*T. militinae* Zhuk. et Migusch.) з *Aegilops tauschii* Coss., за участю якого створені сорти пшениці м'якої озимої Ростислав, Восторг, Жировка, Фішт, Євгенія (Твердохлеб, 2009). Проте в цілому кількість сортів, створених з використанням носіїв субгену G, дуже мала (Леонова, Будашкина, 2016). Це пояснюється недостатньою ефективністю інтрогресивних процесів, яка істотно залежить від дивергенції хромосом пшениці і спорідненого виду (Sears, 1981). Відомо, що генетичний матеріал хромосом субгену G передається в пшеницю з низькою частотою і, як правило, транслокаціями великих сегментів, що спричинює зниження цитологічної стабільності інтрогресивного матеріалу (Злацька, 2001).

Більш успішним у даному напрямі може бути залучення до гібридизації видів, що мають спільні з пшеницею геноми (Sears, 1981; Першина, 2014), особливо донора D геному – *Ae. tauschii*, оскільки завдяки саме його участі пшениця м'яка стала першою хлібною культурою світу. З іншого боку, від зразка *Ae. tauschii*, який послужив донором геному D, привнесена сприйнятливість до окремих хвороб або їхніх раніше неспеціалізованих рас (Кривченко и др., 1976). Застосування 42-хромосомних амфідиплоїдів з участю стійких зразків *Ae. tauschii* дозволяє шляхом гомологічної кон'югації перенести в геном пшениці цілі полігенні системи егілопса, що контролюють стійкість до фітозахворювань (Муїєєв-Казі et al., 2004). Цим методом у пшеницю м'яку вже вдалось передати корисні гени стійкості до хвороб (Бабаянц, 2014; Ковалишина, Дмитренко, 2017) і шкідників (Bhatta et al., 2018), що свідчить про перспективність залучення інтрогресивної рекомбінантної мінливості в селекцію пшениці м'якої озимої (Лифенко та ін., 2014). Це підвищує ймовірність створення селекційно цінних форм з вищою, ніж у стандарту, реальною продуктивністю. Крім того, процес вирощування стійкого матеріалу більш екологічно безпечний порівняно зі стандартом та іншими розповсюдженими сортами, оскільки рослини під час вегетації потребують меншої кількості обробок хімічними засобами захисту (Бабаянц, 2014).

В результаті віддаленої гібридизації у відділі загальної та молекулярної генетики СГІ–НЦНС (м. Одеса) були створені

оригінальні первинні інтрогресивні лінії, що відрізняються високою стійкістю до фітозахворювань (Моцний и др., 2000). Серед недоліків ліній – пізньостиглість, низькі показники продуктивності, морозостійкості та якості. Шляхом насичувальних або ступінчастих схрещувань кращих з цих ліній, а також колекційних зразків, штучних видів пшениці та амфідиплоїдів за участю *Ae. tauschii* з сучасними сортами СГІ–НЦНС та 6-8 самозапильних одержано 736 удосконалених інтрогресивних ліній пшениці м'якої.

Мета роботи – дослідити стійкість до поширених захворювань та дати селекційну оцінку удосконаленим інтрогресивним лініям, створеним шляхом багаторазового схрещування низьковрожайних первинних ліній, колекційних зразків або амфідиплоїдів за участю *Ae. tauschii* з сучасними сортами пшениці м'якої озимої, визначити зв'язки між окремими агрономічними та господарсько цінними ознаками і виділити лінії-донори, що поєднують високу продуктивність з комплексом цінних ознак чужинного походження.

МЕТОДИКА

У 2016-2018 рр. за типом селекційного (СР) та контрольного (КР) розсадника вивчали інтрогресивні лінії пшениці м'якої озимої різних генерацій, ступенів насичування та походження в обсязі 736 шт. В основному це похідні від схрещування сортів пшениці м'якої з трьома рекомбінантними первинними (Е200/97-2, Н242/97-1 і Е125/03 (Моцний и др., 2000; Моцний, Благодарова, 2004)) та однією покращеною (Е214/09-1 (Моцний та ін., 2014; Нарган та ін., 2016)) інтрогресивними лініями, одним сортом (Віген (Моцний та ін., 2017), одним колекційним зразком (Н74/90-245 (Моцний, Благодарова, 2004)) та однією транслокантною лінією (МА1 (Lukaszewski, 2000)), двома оригінальними амфідиплоїдами (ЧЕ1342/98 і ЧЕ1345/98) з участю *Elymus sibiricus* L. (Моцний, 2003) та 6 амфідиплоїдами за участю *Ae. tauschii* (ПЕАГ, АД Жирова (Жиров, 1980; Твердохлеб, 2009), ES4, ES17, ES20 і ES25 (Моцний, Рибалка, 2011)). Окремі з них створені на базі яро-озимих гібридів. При цьому варто зазначити, що АД Жирова (геномна формула АⁿGD) створено Є.Г. Жировим в Краснодарському науково-дослідному інституті сільського господарства (Росія) шляхом схрещування *T. militinae* / *Ae. tauschii*, як і *T. miguschovae* Zhir. (Жиров, 1980). Обидві лінії ідентичні за морфологічними ознаками та показниками стійкості до хвороб. Однак при вирощуванні їх

ФІТОПАТОЛОГІЧНА ОЦІНКА ІНТРОГРЕСИВНИХ ЛІНІЙ

в однакових умовах *T. miguschovae* колосилася на 4-5 днів пізніше, ніж АД Жирова, була трохи нижчою та крупнозернішою. В НЦГРРУ ІР ім. В.Я. Юр'єва вони розрізняються за каталожними номерами (№ UA0500015 і UA0500016, відповідно) (Твердохлеб, 2009). Крім того, нам не вдалося отримати гібриди Одеська 267 / *T. miguschovae*, на відміну від Одеська 267 / АД Жирова, а гібриди від оберненого схрещування загинули після кількох бекросувань від ЦМС.

Весь експериментальний матеріал одержано методом Pedigree внаслідок численних багаторічних індивідуальних доборів, починаючи з першої генерації, що розщеплюється, на природному та штучному інфекційному фоні досліджених хвороб за наявності чужинних ознак як при бекросуванні, так і після самозапилення. Елітні рослини для створення ліній відбирали без будь-якого хімічного захисту рослин від хвороб та шкідників, в умовах ґрунтово-повітряної осінньої та (або) весняно-літньої посухи, вимокання, випирання та льодяної кірки у зимовий період, з мінімальним внесенням добрив або без нього. При доборі ліній особливу увагу звертали на їхню константність як за окремими, в тому числі чужинними, ознаками, так і за їх комплексом. Оскільки пріоритетом дослідження ліній була адаптивність та толерантність до низьких агрофонів, хімічний захист посівів також не проводився. Боротьба із забур'яненням проводилася вручну. Сіяли пізно – наприкінці листопада, тому сформований рівень урожайності можна вважати результатом реалізації потенціалу продуктивності (адаптивності) та генетично зумовленої стійкості (толерантності) кожної лінії в умовах впливу комплексу абіотичних та біотичних негативних факторів.

Для того щоб зробити висновок про польову зимо- та посухостійкість досліджуваних ліній, необхідно навести умови років досліджень, які дещо різнилися між собою, що було враховано при аналізі експериментальних даних. Загалом, середньорічна кількість опадів у 2016, 2017 та 2018 роках складала 754, 444 та 491 мм, відповідно. Середня температура повітря протягом періоду вегетації (квітень-червень) у 2016, 2017 та 2018 роках складала 25, 26, 27°C, відповідно (Sidorenko, Chebotar, 2020). При цьому 2016 рік характеризувався сприятливими умовами для росту й розвитку пшениці озимої та формування репродуктивних органів; у вегетаційний період випало 311 мм опадів. Проте в період наливу зернівок утримувалася висока середньодобова температура

повітря, яка на 1,7-2,8°C перевищувала кліматичну норму, що могло спричинити «запал зерна». 2017 і 2018 роки вирізнялися недостатньою кількістю ґрунтової вологи та повітряною посухою. Зокрема, 2017 рік був дуже посушливим. За період вегетації пшениці випало лише 81,2 мм опадів за норми – 227 мм. Гідротермічний коефіцієнт за весь період вегетації становив 0,24. Разом із тим, погодні умови весняного періоду були сприятливими для наростання надземної маси рослин. Проте, в період утворення й наливу насіння утримувалась суха й жарка погода з високими температурами повітря та суховіями. Весняний період 2018 середньо-посушливого за забезпеченістю опадами року (гідротермічний коефіцієнт – 0,45), характеризувався теплою і вологою погодою. За вегетаційний період кількість опадів складала 285 мм. Недостатня кількість атмосферних опадів припала на літній період.

Польові досліди були закладені у сівозміні відділу селекції та насінництва пшениці СГІ-НЦНС за загальноприйнятою схемою селекційного процесу самозапилювальних культур. Попередник – чорний пар. В СР (2016 р.) матеріал був висіяний 1-рядковими ділянками ручною селекційною сівалкою СР-1М. Для визначення стійкості до листкової та стеблової іржі матеріал додатково сіяли в інфекційному розсаднику відділу фітопатології та ентомології СГІ-НЦНС. Довжина рядка 1,15 м, площа живлення окремої рослини 30 × 5 см². Для визначення продуктивності та окремих показників якості зерна відібрані лінії були висіяні в контрольному розсаднику (КР) (2017-2018 рр.) без повторень. Сівбу проводили селекційною тракторною сівалкою ССФК-7 з порційним апаратом, ділянки мали сім рядків довжиною 5 м, міжряддя 15 см, облікова площа ділянки 5 м² з розрахунку по 450-500 схожих зерен на 1 м² (норма висіву 4,5 млн зерен/га). Сорти-стандарті (Антонівка, Куяльник, Ліра одеська, Мудрість одеська, Наснага та ін.) та рекурентну форму (Одеська 267) сіяли через кожні 10 номерів в 3-4-разовому повторенні. Добрива вносили згідно з технологічною картою Інституту: 1) під передпосівну культивуацію – 150 кг/га нітроамофоски; 2) ранньовесняне підживлення по таломерзлому ґрунту аміачною селітрою в дозі 200 кг/га за допомогою сівалки СЗ-3,6; 3) підживлення по листку – обприскуванням баковою сумішшю із використанням карбаміду з розрахунку 10-12 кг/га. Урожай, вирощений суцільним способом, збирали селекційним комбайном «Сідмайстер-125». Рослини з широкорядного посіву збирали вручну.

Матеріал оцінювали за рядом показників: наявність морфологічних ознак сторонніх видів, тип розвитку, висота рослин, урожайність, якість зерна. Проводили фенологічні спостереження (відзначали дати сходів, колосіння, цвітіння, стиглості зерна). Стійкість до хвороб оцінювали в період максимального розвитку хвороби. Ступінь ураження рослин визначали за 9-бальною інтегрованою шкалою (Бабаянц, 2014), розробленою на основі модифікованої шкали Саарі і Прескотта. Варто підкреслити, що в усі роки досліджень, крім 2017-го, спостерігалось поширення бурої іржі, в 2015 р. – жовтої, а в 2016-му було зафіксовано сильний розвиток обох цих захворювань. В 2017 р. також спостерігався прояв стеблової іржі. Крім того, в 2016 і 2017 рр. досить поширені були борошниста роса та септоріоз.

Вміст білка визначали у цільнозмеленому борошні за методом К'ельдаля на приладі Kjeltec-Auto 1030 ("FOSS", Швеція) (Kjeldahl, 1983), а масу тисячі зерен (МТЗ) у зразках, одержаних відразу від комбайна, за загальноприйнятою методикою (ДСТУ 4138-2002). При доборі ліній з підвищеним вмістом білка розраховували додаткові критерії білковості – «Збір білка на одиницю площі» = («Урожайність, ц/га» × «Вміст білка, %»)/100 % та «Абсолютний вміст білка в перерахунку на 1000 зерен» = («МТЗ, г» × «Вміст білка, %»)/100 % (Кириченко и др., 1979). Їх застосування дозволяє нівелювати дисперсію ознаки вміст білка, зумовлену варіаціями анатомічної будови зернівки або продуктивності рослини під впливом екологічних чинників.

Статистичний аналіз виконували з урахуванням того, що бали стійкості до хвороб – це ранги, які відображають частоти розподілу рослин за класами за ступенем ураженості і зовсім не обов'язково мають нормальний розподіл. Тому стосовно бальних показників визначали медіану (*Me*), розмах (*R*) та ліміти варіації (*LV*), а морфометричних – середнє арифметичне (*M*), стандартне відхилення ($\pm SD$), критерій Фішера (*F*) та ступені вірогідності того чи іншого показника, критерію або коефіцієнта (*p*), які наводяться в таблицях і тексті статті в уніфікованому вигляді: * – вірогідно при $p < 0,05$; ** – вірогідно при $p < 0,01$; *** – вірогідно при $p < 0,001$. Відмінності досліджених показників від значень стандартів легітимізували за допомогою $\pm SD$. Емпіричні та розраховані показники врожайності, МТЗ і вмісту білка були скомбіновані методом суми рангів, як це запропоновано Lelley і співавт.

(Lelley et al., 2004). При цьому бальні оцінки стійкості ліній до хвороб вважалися їх рангами. Генотипи, що мали найвищу суму скоригованих рангів за агрономічними ознаками, показниками якості та стійкості, вважалися ефективними для добору за комплексом ознак. Позначення хвороб в таблицях і тексті наведені у відповідності з міжнародним каталогом генних символів (McIntosh et al., 2017).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Фітопатологічна оцінка матеріалу в СР виявила досить широку варіабельність ступеня ураження ліній борошнистою россою та видами іржі (але не септоріозом) залежно від походження. При цьому різноманіття батьківських форм, залучених у схрещування з сортами СГІ-НЦНС, було класифіковано залежно від джерела стійкості (табл. 1). Цей розподіл досить умовний, оскільки в родовід зразка Н74/90-245, як і амфіплоїдів ПЕАГ і АД Жирова, входить *Ae. tauschii*. Однак лише похідні зразка Н74/90-245 мають в родоводі пшенично-житню транслокацію (ПЖТ) 1BL.1RS (Моцний, Благодарова, 2004), а синтетики, що віднесені до джерела *Ae. tauschii*, не мають в родоводі інших чужинних джерел стійкості, крім різних зразків егілопса. В клас «Інші» об'єднані батьківські форми, які не мають спільного походження, через малочисельність їхніх похідних.

Добирали лінії для передачі у КР за зовнішнім виглядом (загальна селекційна оцінка ≥ 3 бали), вирівняністю та константністю за ознаками інтересу (стійкість до хвороб, морфологія рослини). В цілому, найбільше виділено ліній, стійких до листової чи жовтої іржі. Висока тривала стійкість до стеблової іржі спостерігається лише серед похідних колекційного зразка Н74/90-245 з Болгарії. Відомо (Отчет о научно-исследовательских работах, проведенных в сотрудничающих учреждениях стран – членов СЭВ за 1974 г., 1975; Spetsov, Savov, 1992), що у Добруджанському інституті землеробства – Генерал Тошево (Dobrudzha Agricultural Institute-General Toshevo, Bulgaria) шляхом поєднання чужинних генів стійкості з різних джерел було створено ряд донорів високої стійкості до листової і стеблової іржі. Серед похідних амфіплоїдів за участю *Ae. tauschii* такі лінії трапляються дуже рідко; переважна більшість ліній, які виявляють стійкість до стеблової іржі (7-8 балів) при першому обліку (фаза молочної стиглості), поступово втрачали її протягом дозрівання і у подальшому виглядали сприйнятливими (2-4 бали) під час передзбиральних обліків. Аналогічна закономірність спо-

ФІТОПАТОЛОГІЧНА ОЦІНКА ІНТРОГРЕСИВНИХ ЛІНІЙ

Таблиця 1. Стійкість інтрогресивних ліній, переданих в контрольний розсадник, до поширених захворювань
[Table 1. Resistance of introgressive lines transferred to the control nursery to common diseases]

Джерело стійкості [Source of resistant]	Хвороба [Disease] ¹⁾	N ²⁾	% ліній з реакцією (бали) [% lines with reaction (points)]					Статистичні показники [Statistical indicators] ³⁾		
			сприйнятливих [susceptible]			стійких [resistant]		Me	R	LV
			1-2	3-4	5	6-7	8-9			
H74/90-245	Pm	77	-	45,5	23,4	31,2	-	5	4	3-7
	Lr		2,6	50,6	2,6	40,3	3,9	4	6	2-8
	Yr		-	33,8	6,5	59,7	-	7	4	3-7
	Sr		1,3	13,0	13,0	58,4	14,3	6	6	2-8
	Stb		1,3	88,3	9,1	1,3	-	4	5	2-7
Амфіплоїди	Pm	57	-	52,6	24,6	22,8	-	4	4	3-7
	Lr		-	22,8	3,5	38,6	35,1	7	5	3-8
	Yr		-	61,4	8,8	28,1	1,7	4	5	3-8
	Sr		1,8	84,2	8,8	5,3	-	4	4	2-6
	Stb		3,5	91,2	5,3	-	-	4	3	2-5
<i>Ae. tauschii</i>	Pm	113	3,5	45,1	28,3	21,2	1,8	5	6	2-8
	Lr		4,4	25,7	8,0	54,9	7,1	7	6	2-8
	Yr		8,0	32,7	5,3	48,7	5,3	6	6	2-8
	Sr		18,6	42,5	16,8	18,6	3,5	4	7	1-8
	Stb		3,5	90,3	4,4	1,8	-	4	5	2-7
Інші	Pm	39	7,7	61,5	20,5	10,3	-	4	5	1-6
	Lr		10,3	66,7	2,6	20,5	-	4	5	2-7
	Yr		2,6	56,4	7,7	33,3	-	4	5	2-7
	Sr		7,7	69,2	10,3	12,8	-	4	5	2-7
	Stb		7,7	89,7	2,6	-	-	4	3	2-5

Примітки: ¹⁾ Pm, Lr, Yr, Sr, Stb – стійкість, відповідно, до борошнистої роси, листкової, жовтої і стеблової іржі та септоріозу. ²⁾ N – Кількість інтрогресивних ліній. ³⁾ Me – медіана ознаки за лініями; R – розмах варіації; LV – ліміти варіації (min-max). [Note: ¹⁾ Pm, Lr, Yr, Sr, Stb – resistance, respectively, to powdery mildew, leaf, yellow and stem rust and septoria. ²⁾ N – Number of introgressive lines. ³⁾ Me – the median of the sign along the lines; R – the range of variation; LV – limits of variation (min-max).

стерігалася і серед мексиканських синтетиків, які послужили вихідними формами (Моцний, Рибалка, 2011). Стійких до борошнистої роси ліній було виділено мало, а до септоріозу – стійкості практично не спостерігалось; кращі лінії показували помірну сприйнятливість (4-5 балів), на рівні стандартів. Означене відбилось в нижчих значеннях статистичних показників Me і R (табл. 1).

Досить часто стійкі до стеблової іржі лінії були резистентними і до листкової, але уражуаалися жовтою іржею. Проте виділені окремі лінії зі стійкістю до всіх видів іржі (E218/09, P1L956/16, A1L1049/16, A1L1073/16 та ін.). При цьому найефективнішими виявилися похідні зразка H74/90-245, що, очевидно, перш за все зумовлено присутністю у їхньому каріотипі ПЖТ 1BL.1RS типу Аврора (Моцний, Благодарова, 2004), коротке плече якої несе генний комплекс *Lr26/Sr31/Yr9/Pm8* (McIntosh et al., 2017). Хоча ефективність цих генів почасті втрачена через виникнення нових рас пато-

генів, зокрема вірулентної до *Sr31* раси стеблової іржі Ug99 (Ретьман та ін., 2011), все ж ефект транслокації на підвищення адаптивності залишається і залежить від генотипу (Lelley et al., 2004) та регіону вирощування пшениці. Зокрема, *Sr31* вважається досі ефективним в Росії (Leonova et al., 2020) та Україні (Бабаянц, 2014; Сауляк та ін., 2017). Крім того, зразок H74/90-245 має у родоводі амфіплоїд AD (*T. Timopheevii* – *Ae. tauschii*) (Отчет о научно-исследовательских работах, проведенных в сотрудничающих учреждениях стран – членов СЭВ за 1974 г., 1975; Spetsov, Savov, 1992; Моцний, Благодарова, 2004). Тому ймовірно, що окремі ефективні гени стійкості походять від його складових. Так, нещодавно ідентифіковано новий QTL стійкості до стеблової іржі від *T. timopheevii* (Leonova et al., 2020), а моногени *Sr36* і *Sr37* від *T. timopheevii* в умовах півдня України забезпечують помірну сприйнятливість (4-5 балів) до стеблової іржі (Сауляк та ін., 2017). Механізмом набуття високої групової стійкості означених ліній може бути та-

Таблиця 2. Продуктивність рекурентної форми і сортів-стандартів, вміст білка та маса тисячі зерен
 [Table 2. Productivity of recurrent form and varieties-standards, protein content and weight of thousands of kernels]

Назва сорту [Variety name]	Рік дослідження [Year of research]	Урожайність, т/га [Crop capacity, t/ha]	Вміст білка, % [Protein content, %]	Збір білка, ц/га [Amount of protein, c/ha]	МТЗ, г [Weight of thousands of grains, g]	Абс. вміст білка на 1000 зерен, г [Absolute protein content per 1000 kernels]	Дата коло- сіння, травень [Date of earring, May]	Висота рослин, см [Plant height, sm]
Антонівка (St)	2017	5,20	10,2	5,30	40,9	4,18	17,0	102,0
	2018	6,04	10,5	6,15	39,2	4,11	11,0	99,0
Жайвір (St)	2018	7,37	10,9	8,05	40,1	4,38	11,0	95,0
Житниця (St)	2018	7,44	10,5	7,80	42,6	4,46	11,0	95,0
Куяльник (St)	2017	6,29	10,1	5,66	39,1	3,95	16,0	101,0
	2018	8,35	10,1	8,45	38,5	3,90	10,0	96,0
Ліра (St)	2018	7,37	10,6	7,83	43,1	4,58	12,0	97,0
Мудрість (St)	2018	6,26	10,6	6,56	42,5	4,50	10,0	95,0
Наснага (St)	2018	7,96	10,4	8,29	36,9	3,84	11,0	98,0
Од.267 (rec)	2017	5,33	11,8	6,45	37,8	4,55	21,0	110,0
	2018	7,32	9,4	6,87	42,6	4,00	15,0	103,0
Оптіма (St)	2018	4,08	10,4	4,24	38,4	3,99	12,0	100,0
M	2017	5,61	11,0	5,96	38,7	4,31	17,4	103,0
	2018	6,63	10,4	6,86	40,8	4,24	11,4	97,5
HIP _{0,05} [SSD _{0,05}]		0,73	2,2	2,11	4,3	0,50	1,5	4,5

Примітка: M – середнє значення ознаки за всіма стандартами дослідження
 [Note: M – average value of the trait by all standards of the experiment].

кож комбінування з іншими мінорними генами стійкості. Зокрема відомо, що рекурентний генотип – Одеська 267 має низку подоланих *Lr* і *Sr* генів (Моцний, Благодарова, 2004), а у сортів Ніконія, Селянка, Куяльник, Панна та ін., які входять до родоходу удосконалених інтрогресивних ліній, присутній малоефективний генний кластер *Pm38/Lr34/Yr18* (Галаєв, Сиволап, 2015). В літературі є свідчення ефективності поєднання ПЖТ 1BL.1RS з іншими чужинними генами для досягнення високої групової стійкості (Сауляк та ін., 2017). Створення матеріалу з таким типом стійкості – це винятковий успіх, бо саме стеблова іржа тепер складає найбільшу загрозу для пшениці у багатьох регіонах світу (Ретьман та ін., 2011; Wellings, 2011).

Так склалося, що умови проведення дослідження в КР в 2017-2018 роках були несприятливими для пшениці, зокрема через надто пізню сівбу та посуху. Це виявилось у відносно низькій урожайності стандартів (табл. 2) порівняно з показниками минулих років (Моцний та ін., 2014; Нарган та ін., 2016; Моцний та ін., 2017). Селекційна оцінка показала, що серед похідних усіх джерел методом індивідуального добору вдалося отримати значне різноманіття матеріалу за морфобіологічними ознаками та широкий розмах

трансгресивної мінливості за продуктивністю і якістю зерна. Зокрема, з низькою частотою виділялись лінії, які в даних умовах перевершували стандарти за окремими агрономічними ознаками або їхнім комплексом і при цьому зберегли набір цільових ознак (табл. 3). Наприклад, результати вивчення інтрогресивних ліній E2792/14 (E214/09-1 / Гурт*² F₅), E218/09 (Од.267 / H74/90-245 F2 // Од.267*4 /3/ Селянка F_∞), AP1073/16 (E214/09-1 / Гурт // Жайвір F₆) показали їхню помірну резистентність до борошнистої роси. Порівняно із сортами-стандартами, сприйнятливими до видів іржі, ці лінії показали також групову стійкість до місцевих популяцій бурої, жовтої і стеблової іржі. При цьому вони наблизилися до стандартів за врожайністю та перевершували їх за МТЗ або вмістом білка в зерні (табл. 2, 3). Варто підкреслити, що при використанні в гібридизації сортів лабораторії селекції інтенсивних сортів пшениці СГІ-НЦНС підвищення продуктивності часто супроводжується здрибненням зернівок. Означене суперечить деяким тенденціям світової селекції (Wang et al., 2012), коли підвищення урожайності досягається, в тому числі, шляхом укрупнення зерна (МТЗ до 50 г і більше).

ФІТОПАТОЛОГІЧНА ОЦІНКА ІНТРОГРЕСИВНИХ ЛІНІЙ

Таблиця 3. Лінії з груповою стійкістю до хвороб, кращі за агрономічними ознаками (2017-2018 рр.)

[Table 3. Lines with group resistance to diseases, the best in agronomic characteristics (2017-2018)]

Назва лінії [Line name] ¹	Урожайність, т/га [Crop capacity, t/ha]	Вміст білка, % [Protein content, %]	Збір білка, ц/га [Amount of protein, c/ha]	МТЗ, г [Weight of thousands of kernels, g]	Абс. вміст білка на 1000 зерен, г [Absolute protein content per 1000 kernels]	Дата колошіння, травень [Date of earing, May]	Висота рослини, см [Plant height, sm]
Контрольний розсадник [Control nursery] (2017)							
E2792/14	6,09	12,0	7,32	34,6	4,16	17,0	89,0
E218/09	5,05	12,9	6,46	37,9	4,90	23,0	98,0
PIL414/16	4,05	12,9	5,24	36,0	4,65	22,0	101,0
PIL910/16	3,08	12,3	3,79	46,4	5,70	24,0	94,0
PIL911/16	4,37	12,9	5,65	44,9	5,80	24,0	94,5
PIL914/16	3,95	12,8	5,07	48,5	6,22	24,0	96,0
PIL939/16	5,71	12,6	7,21	38,2	4,82	22,0	100,0
PIL940/16	2,31	13,0	3,01	47,1	6,13	25,0	115,0
PIL953/16	3,84	12,3	4,70	46,8	5,73	25,0	106,0
PIL997/16	6,10	12,6	7,70	38,0	4,80	21,0	105,0
BL1023/16	6,22	11,3	7,05	44,6	5,06	21,0	97,0
BL1039/16	6,22	11,4	7,07	40,9	4,65	23,0	95,0
AIL1047/16	4,73	11,7	5,53	42,4	4,96	20,0	92,0
AIL1049/16	5,81	12,2	7,09	40,9	4,99	21,0	85,0
AIL1073/16	6,41	11,9	7,63	40,4	4,81	22,0	95,0
AIL1161/16	7,54	12,6	9,52	35,7	4,51	21,0	98,0
<i>M</i> ²⁾	4,66	11,5	5,34	39,0	4,47	20,5	97,0
<i>SD</i> ²⁾	0,95	0,8	1,20	3,4	0,53	2,0	12,8
<i>LV</i> ²⁾	2,05-7,54	8,8-13,0	1,8-9,8	32,9-48,5	2,91-6,31	15-25	70-133
Контрольний розсадник [Control nursery] (2018)							
E196/09	6,88	11,0	7,55	41,8	4,59	14,0	78,0
AIL1047/16	7,03	10,8	7,61	42,5	4,60	16,0	92,0
AIL1050/16	6,90	10,7	7,39	40,7	4,36	16,0	87,0
AIL1073/16	5,63	10,9	6,11	44,1	4,78	17,0	89,0
AIL334/17	7,10	10,5	7,44	38,8	4,06	15,0	76,0
AIL479/17	7,15	9,9	7,10	45,6	4,52	12,0	88,0
AIL485/17	6,51	10,8	7,02	45,5	4,91	13,0	86,0
PIL665/18	8,06	11,1	8,91	38,4	4,25	13,0	80,0
<i>M</i> ²⁾	6,38	10,4	6,66	41,6	4,33	16,3	83,2
<i>SD</i> ²⁾	0,68	0,5	0,87	3,6	0,40	3,4	7,6
<i>LV</i> ²⁾	5,38-8,06	9,6-11,1	5,2-8,9	32,6-45,6	3,50-4,91	11-22	68-95

Примітка: ¹ E – Еритроспермум, PIL – примітивна інтрогресивна лінія, BL – селекційна лінія, AIL – удосконалена інтрогресивна лінія; ² *M* – середнє значення ознаки по всій сукупності ліній, *SD* – стандартне відхилення, *LV* – ліміти варіації (min-max).

[Note: ¹ E – Erythrosperrnum, PIL - primitive introgression line, BL – selection line, AIL – advanced introgressive line; ² *M* – the average value of the sign for the whole set of lines, *SD* – standard deviation, *LV* – limits of variation (min-max).]

Недоліком переважної більшості відібраних інтрогресивних ліній є їхня пізньостиглість (табл. 3), що при настанні характерної для Півдня України ранньої літньої посухи може призводити до запалу зерна. Взагалі, скоростиглість – дуже важлива біологічна ознака сучасного селекційного матеріалу, а пізньостиглість – це одна із основних проблем віддаленої гібридизації. Однак у даному разі вона головним чином зумовлена залученням у схрещування в ролі рекурента відносно пізньо-

стиглого сорту Одеська 267 (табл. 2). Взагалі, суттєвим недоліком інтрогресивних ліній є відсутність стабільної урожайності в різних умовах (Лифенко та ін., 2014; Моцний та ін., 2014; Нарган та ін., 2016; Моцний та ін., 2017; ; Motsnyi et al., 2021). Означене, як правило, притаманне похідним екологічно віддалених гібридів (Кириченко и др., 1979). Очевидно, ця закономірність розповсюджується і на міжвидову гібридизацію, яка певною мірою також є екологічно віддаленою. У нашому дослідженні

також відзначена розбіжність досліджених показників у різні роки. Так, наприклад, лінія АПЛ1073/16 в 2017 р. перевершила, а в 2018 р. поступилась стандарту за урожайністю. Навпаки, лінія АПЛ1047/16 (Е214/09-1 / Гурт*² F₅), яка в 2017 році суттєво поступалася стандарту за урожайністю (47,3 ц/га), у 2018 р. перевищила його за абсолютними значеннями всіх досліджених ознак (табл. 3). Також у 2018 р., на відміну від 2017-го, рекурентний сорт Одеська 267 перевершив за урожайністю середнє значення стандартів (табл. 2). Очевидно, тут проявились переваги генотипу, витривалого до пізніх посівів, низьких агрофонів та суворих умов вирощування.

Результати випробувань у КР 2017-2018 рр. показали, що матеріал відібраний за комплексом ознак у СР відділу селекції та насінництва пшениці з сімей, що розщеплювались, в цілому кращий за продуктивністю, ніж константні лінії, відібрані за наявністю окремих чужинних ознак у відділі загальної та молекулярної генетики. Отже, вища урожайність, досягнута у 2018 р. перш за все серед інтрогресивних ліній (табл. 3), пояснюється проведенням серед них добором, в тому числі і за стійкістю до хвороб, що знижує загальне інфекційне навантаження в біоценозі. При цьому константні в СР за стійкістю лінії ранніх генерацій (проведені у відділі генетики індивідуальні добори з популяцій F₂–F₄) при пересіві ділянками в КР більшою мірою розщеплювались за комплексом агрономічних ознак, ніж похідні індивідуальних доборів, проведених у відділі селекції.

Однак саме з таких ліній іноді вдається виділити високопродуктивні біотипи більш пізніх генерацій. Зокрема, серед численних доборів добре враження справляють два (Е2792/14-1 та Е2792/14-2), проведені з лінії Е2792/14. Натомість, всі константні в КР лінії виявилися низькопродуктивними. Очевидно, низька ефективність доборів у ранніх поколіннях (F₂–F₃) пояснюється наявністю гетерозиготності та прояву конкурентного гетерозису, який поступово стихає в наступних генераціях. З іншого боку, проведення доборів у пізніх поколіннях, особливо за інтенсивних технологій, досить часто підпадає під дію природного негативного добору, коли екстенсивний, краще пристосований до середніх і низьких агрофонів біотип має нижчу потенційну продуктивність, проте більший в даних умовах коефіцієнт розмноження (дрібне зерно), що дозволяє йому успішно конкурувати з високопродуктивним біотипом і переважали у пізніх генераціях (Orlyuk et al., 1987).

Зауважимо, що при використанні батьківських форм зі значними розбіжностями за походженням (генетично або екологічно віддалених гібридів) ефективність добору високопродуктивних генотипів серед стійких гібридних популяцій зростає як при вищих бекроссах (BC₅–₆), так і у більш пізніх генераціях. Так, серед досліджених комбінацій найбільший вихід високоврожайних генотипів отримано серед удосконалених ліній, похідних зразка Н79/90-245 (табл. 3). Натомість серед первинних ліній було більше форм з груповою стійкістю. Очевидно, стійкість до кожної з хвороб і особливо продуктивність – це полігенні ознаки, крім того, їхнє успадкування контролюється додатковими як генотипними, так і екзогенними факторами, що призводить до тривалого розщеплення. Тому для віддалених гібридів, початок інтенсивних індивідуальних доборів в СР для виділення високопродуктивних біотипів, які можуть уже вважатися донорами стійкості, бажано починати з 5–6 покоління, до якого матеріал необхідно довести методом Pedigree з перманентним добором за ознаками інтересу.

Отже, в результаті схрещування оригінальних первинних інтрогресивних ліній, колекційних зразків, амфіплоїдів та елітних синтетиків за участі *Ae. tauschii* з сучасними сортами пшениці одержано кілька селекційних ліній з чужинними полігенними комплексами стійкості до хвороб, високих значень МТЗ, вмісту білка, а також морфологічних ознак. Ці лінії шляхом 8–10 бекросів з високоадаптивним, максимально пристосованим до місцевих умов сортом Одеська 267, позбавлені негативних якостей, притаманних дикорослим видам (ксероморфна структура рослини, ламкість та спонтанне осипання колоса при дозріванні, погана вимолочувальність зерна, жорсткість колоскових і квіткових лусок та ін.).

Отримані лінії характеризуються груповою стійкістю до борошнистої роси і видів іржі. Оскільки вирощувались вони на відносно низькому агрофоні в жорстких умовах ґрунтової та повітряної посухи і показали врожайність на рівні або вище стандартів, а також, виходячи з високого ступеня відновлення у них генофону адаптивного рекурентного сорту Одеська 267, ми припускаємо, що лінії відрізняються також високою адаптивністю до умов вирощування на півдні України, посухо- та зимостійкістю, толерантністю до низьких та жорстких агрофонів, високою якістю зерна. За продуктивністю вони сягають стандарту зони Степу України або перевищують його в суворих умовах та за техно-

ФІТОПАТОЛОГІЧНА ОЦІНКА ІНТРОГРЕСИВНИХ ЛІНІЙ

логічних відхилень в окремі роки і належать вже до категорії донорів стійкості до хвороб. Означені лінії необхідно досліджувати на продуктивність за високих агрофонів та поліпшувати стосовно стабільності урожаю та ранньостиглості, а також можна без жодних обмежень використовувати як вихідний матеріал для селекції пшениці. При цьому слід мати на увазі, що при схрещуванні їх з кращими сортами чи перспективними лініями і подальшому доборі за продуктивністю чужинні генні комплекси будуть «розсипатися», якщо їх спеціально не контролювати. Крім того, аналогічно літературним даним (Сауляк и др., 2017; Leonova et al., 2020) показана ефективність використання похідних колекційного зразка Н74/90-245 для отримання удосконалених інтрогресивних ліній, що поєднують гени стійкості до грибних патогенів, локалізовані в ПЖТ 1BL.1RS, з комплексами ефективних генів стійкості від інших джерел.

Серед переданих до контрольного розсадника ліній виявлена широка варіабельність ступеня ураження борошнистою росою та видами іржі залежно від походження, проте високосприйнятливих до хвороб ліній майже не спостерігалось. Найбільше виділено ліній, стійких до листової або жовтої іржі; до стеблової іржі висока тривала стійкість спостерігається лише серед похідних колекційного зразка Н74/90-245 з Болгарії. Серед похідних амфіплоїдів за участі *Ae. tauschii* такі лінії зустрічаються дуже рідко; переважна більшість ліній поступово втрачають стійкість протягом дозрівання. Ліній, стійких до борошнистої роси, було виділено мало, а до септоріозу – стійкості практично не спостерігалось.

Виділені у відділі загальної та молекулярної генетики константні лінії (індивідуальні добори з популяцій F₂–F₄) при пересіві ділянками більшою мірою розщеплювались за комплексом агрономічних ознак, ніж похідні індивідуальних доборів проведених у відділі селекції та насінництва пшениці. Ефективність добору високопродуктивних генотипів у популяціях віддалених гібридів зростає при вищих бекроссах і у пізніших (F₅₋₆) генераціях. При використанні в гібридизації сортів лабораторії селекції інтенсивних сортів пшениці СГІ–НЦНС підвищення продуктивності часто супроводжується здрибненням зерна.

Одержано кілька селекційних ліній з чужинними генними комплексами стійкості до борошнистої роси, листової, жовтої і стебло-

вої іржі, високих значень МТЗ, вмісту білка, але без негативних якостей дикорослих видів. За продуктивністю вони сягають стандарту або в певних умовах перевищують його і належать вже до категорії донорів стійкості. Означені лінії необхідно досліджувати на продуктивність за високих агрофонів і поліпшувати стосовно стабільності урожайності та ранньостиглості, а також їх можна використовувати як вихідний матеріал для селекції пшениці за умови збереження чужинних генних комплексів.

ЛІТЕРАТУРА

- Бабаянц О.В., Бабаянц Л.Т. 2014. Основы селекции и методология оценок устойчивости пшеницы к возбудителям болезней: монография. Одесса: ВМВ. 401 с.
- Галаев О.В., Сиволап Ю.М. 2015. Характеристика сортов пшеницы м'якої української і російської селекції за алелями локусу *csLV34*, зчепленого з геном мультипатогенної стійкості *Lr34/Yr18/Pm38*. Цитология и генетика. 49 (1) : 18-25.
- ДСТУ 4138-2002 Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначання якості / Кіндрук М.О. та ін., Держспоживстандарт України, К., 2003 : 17-18.
- Жиров Е.Г. 1980. Синтез новой гексаплоидной пшеницы. Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции. 68 (1) : 14-16.
- Злацька А.В. 2001. Значення специфічності генетичного матеріалу для успішної інтрогресії у геном м'якої пшениці (на прикладі інтрогресивних ліній *Triticum aestivum* L. / *Triticum miguschovae* Zhironov): автореф. дис. ... канд. біол. наук. Київ : 19 с.
- Кириченко Ф.Г., Литвиненко Н.А., Адамовская В.Г. 1979. Изучение и отбор высокобелковых образцов озимой мягкой пшеницы из коллекции ВИР как исходного материала для селекции. Докл. ВАСХНИЛ. 11 : 6-9.
- Ковалишина Г.М., Дмитренко Ю.М. 2017. Джерела стійкості проти збудника бурої іржі та їх використання у процесі створення сортів пшениці м'якої. Plant Varieties Studying and Protection. 13 (4) : 379-386.
- Кривченко В.И., Ямалеев А.М., Мигушова Э.Ф. 1976. Устойчивость к пыльной головне и геномный состав пшеницы. Генетика. 12 (4) : 5-11.
- Леонова И.Н., Родер М.С., Калинина Н.П., Будашкина Е.Б. 2008. Генетический анализ и локализация локусов, контролирующей устойчивость интрогрессивных линий *Triticum aestivum* × *Triticum timopheevii* к листовой ржавчине. Генетика. 44 (12) : 1652-1659.
- Леонова И.Н., Будашкина Е.Б. 2016. Изучение признаков продуктивности у интрогрессивных линий

- Triticum aestivum*/*Triticum timopheevii*, устойчивых к грибным болезням. Вавиловский журнал генетики и селекции. 20 (3) : 311-319.
- Литвиненко М.А. 2008. Корекція моделі сорту озимої м'якої пшениці універсального типу для умов півдня України в зв'язку зі змінами клімату. Вісник Білоцерківського держ. аграрн. ун-ту. 52 : 18-26.
- Литвиненко М.А. 2016. 100 років розвитку селекційних програм пшениці м'якої озимої. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2 (31) : 75-82.
- Лифенко С.П., Нарган Т.П., Наконечний М.Ю. 2014. Інтрогресії в геном пшениці м'якої від різних донорів – проблемний, але перспективний напрям селекції. Селекція і насінництво. 105 : 39-50.
- Моцний І.І., Лыфенко С.Ф., Коваль Т.Н. 2000. Наследование признаков устойчивости к грибным болезням отдаленными гибридами пшеницы с амфиплоидами. Цитология и генетика. 34 (2) : 46-56.
- Моцний І.І., Благодарова О.М. 2004. Успадкування стійкості до хвороб та морфологічних ознак у гібридів м'якої пшениці з інтрогресивними лініями. Зб. наук. праць СГІ-НАЦ НАІС. Одеса. 6 (46) : 179-193.
- Моцний І.І., Рибалка О.І. 2011. Різноманіття амфіплоїдів *T. durum* x *Ae. tauschii* і їхніх гібридів з м'якою пшеницею за морфологічними ознаками та стійкістю до хвороб. Зб. наук. праць СГІ-НЦНС. Одеса. 17 (57) : 45-53.
- Моцний І.І., Нарган Т.П., Лифенко С.П., Єрняк М.І. 2014. Залучення інтрогресивних ліній для селекції пшениці м'якої озимої. Вісн. Харків. нац. аграрн. ун-ту. Сер. Біологія. 1 (31) : 79-90.
- Моцний І.І., Нарган Т.П., Єрняк М.І., Лифенко С.П. 2017. Застосування похідних неповного пшенично-елімусного амфіплоїда (НПЕА) *Elytricum fertile* в селекції пшениці м'якої озимої. Вісник аграрної науки. 8 : 45-50.
- Моцний І.І. 2003. Создание и цитогенетическое изучение гибридов НПЭА *Elytricum fertile* с тетраплоидными пшеницами. Труды Междунар. конф. «Отдаленная гибридизация. Современное состояние и перспективы развития», Москва, 16-17 декабря 2003 г., Москва: 169-174.
- Нарган Т.П., Моцний І.І., Сечняк В.Ю., Лифенко С.П. 2016. Оцінка ліній пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) від віддаленої гібридизації за господарсько корисними ознаками. Зб. наук. праць СГІ-НЦНС. Одеса. 28 (68) : 15-32.
- Орлюк А.П., Базалий В.В., Лавриненко Ю.А. 1987. Изменчивость генетической структуры гибридных популяций яровой пшеницы при пересеве. Генетика. 23 (3) : 464-472.
- Отчет о научно-исследовательских работах, проведенных в сотрудничающих учреждениях стран – членов СЭВ за 1974 г. Координационный центр СЭВ. Одесса, 1975 : 5.
- Першина Л.А. 2014. Хромосомная инженерия растений – направление биотехнологии. Вавиловский журнал генетики и селекции. 18 (1) : 138-146.
- Ретьман С.В., Шевчук О.В., Горбачова Н.П. 2011. Хвороби листя і колоса. Карантин і захист рослин. 4 : 25-27.
- Сауляк Н.И., Терновой К.П., Бабаянц О.В. Васильев А.А., Галаев О.В. 2017. Эффективность генов устойчивости пшеницы (*Triticum aestivum* L.) к *Ruscinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* Erikss et Henn в условиях Украины. Сб. научн. тр. СГИ-НЦСС. Одесса. 30 (70) : 61-69.
- Твердохлеб Е.В. 2009. Скрещиваемость и фертильность гибридов между формами пшеницы – носителями субгенома G и сортами мягкой и твердой пшениц. Вестник ХНУ им. В.Н. Каразина. Сер. Биология. 9 (856) : 89-96.
- Топчій Т.В., Сандецька Н.В. 2017. Формування продуктивності різних за стійкістю сортів пшениці озимої під впливом грибних хвороб. Plant Varieties Studying and Protection. 13 (4) : 416-422.
- Bhatta M., Morgounov A., Belamkar V., Yorgancılar A., Baenziger P.S. 2018. Genome-wide association study reveals favorable alleles associated with common bunt resistance in synthetic hexaploid wheat. Euphytica. 214 (11) : 200-209.
- Climate change and crop production. 2011. CABI Climate Change Series. 1 : 292.
- Kjeldahl J. 1983. Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern" (New method for the determination of nitrogen in organic substances). Zeitschrift für analytische Chemie. 22 (1) : 366-383.
- Lelley T., Eder C., Grausgruber H. 2004. Influence of 1BL.1RS wheat-rye chromosome translocation on genotype by environment interaction. J. Cer. Sci. 39 : 313-320.
- Leonova I.N., Skolotneva E.S., Orlova E.A., Orlovskaya O.A., Salina E.A. 2020. Detection of genomic regions associated with resistance to stem rust in Russian spring wheat varieties and breeding germplasm. Int. J. Mol. Sci. 21 (13) : 4706. doi: 10.3390/ijms21134706
- Lyfenko S.Ph., Nargan T.P., Nakonechny N.Ju. 2014. Problematic but prospective direction of breeding: introgressions into genome of winter bread wheat different donors. Breeding and seed production. 105 : 39-50.
- Lukaszewski A. 2000. Manipulation of the 1BL.1RS translocation in wheat by induced homoeologous recombination. Crop. Sci. 40 (1) : 216-225.
- McIntosh R.A., Dubcovsky J., Rogers W.J., Morris C.F., Appels R., Xia X.C. 2017. Catalogue of gene symbols for wheat: 2017 Supplement. URL:

- <http://www.shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/mcgene/supplement2017.pdf>
- Morgounov A., Abugalieva A., Akan K., Akin B., Baenziger S., Bhatta, M., Zelenskiy Y. 2018. High-yielding winter synthetic hexaploid wheats resistant to multiple diseases and pests. *Plant Gen. Res.* 16 (3) : 273-278.
- Motsniy I.I., Molodchenkova O.O., Smertenko A.P., Mishchenko L.T., Kryvenko A.I. Solomonov R.V. 2021. Selection evaluation of introgressive lines of soft winter wheat with signs of resistance to phytopathogens. *Plant Archives.* 20 (3) : 486-498.
- Mujeeb-Kazi A., Asiedu R. 1990. Wide hybridization – potential of alien genetic transfers for *Triticum aestivum* improvement. *Biotechnology in agriculture and forestry: Wheat* (ed. by Y.P.S. Bajaj). 13 : 111-127.
- Mujeeb-Kazi A., Deldago R., Cortes A. Cano S., Rosas V., Sanchez J. 2004. Progress in exploiting *Aegilops tauschii* for wheat improvement. *Ann. Wheat Newsletter.* 50 : 79-88.
- O’Driscoll A.O., Kildea S., Doohan F., Spink J., Mullins E. 2014. The wheat-Septoria conflict: a new front opening up? *Trends Plant Sci.* 19 (9) : 602-610.
- Sears E.R. 1981. Transfer of alien genetic material to wheat. *Wheat science today and tomorrow / ed. by L.T. Evans, W.J. Peacock.* Cambridge University Press, pp. 75–89.
- Sidorenko M.V. Chebotar S.V. 2020. The effect of drought on wheat plants at different growth stages. *Вісн. ОНУ. Біологія.* 25 (1) : 67-87.
- Soko T., Bender C.M., Prins R., Pretorius Z.A. 2018. Yield loss associated with different levels of stem rust resistance in bread wheat. *Plant Disease.* 102 (12) : 2531-2538.
- Spetsov P., Savov M. 1992. A review on amphiploids in the *Triticeae*, obtained in Bulgaria during 1950-1990. *Wheat Information Service.* 75 : 1-6.
- Wang L., Ge H., Hao C., Dong Y., Zhang X. 2012. Identifying loci influencing 1,000-kernel weight in wheat by microsatellite screening for evidence of selection during breeding. *PLoS ONE.* 7 (2) : e29432 doi: 10.1371/journal.pone.0029432.
- Wellings C.R. 2011. Global status of stripe rust: a review of historical and current threats. *Euphytica.* 179 (1) : 129-141.
- synthetic hexaploid wheat. *Euphytica.* 214 (11) : 200-209.
- Climate change and crop production. 2011. CABI Climate Change Series. 1 : 292.
- DSTU 4138-2002 Crop seeds. Methods of quality determination / Kindruk, M.O., et al., Derzhspozhyvstandart of Ukraine. Kyiv, 2003 : 17-18. (In Ukrainian).
- Galaev A.V., Sivolap Yu.M. 2015. 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*. *Cytol. Genet.* 49 (1) : 13-19. (In Russian).
- Kirichenko F.G., Litvinenko N.A., Adamovskaya V.G. 1979. Study and selection of high protein samples of bread winter wheat from a collection of All-Soviet Union Crop Research Institute such as starting material for breeding. *Proc. of All-Soviet Union Agr. Sc.* 11 : 6-9 (in Russian).
- Kjeldahl J. 1983. Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern" (New method for the determination of nitrogen in organic substances). *Zeitschrift für analytische Chemie.* 22 (1) : 366-383.
- Kovalyshyna H.M., Dmytrenko Yu.M. 2017. Sources of resistance to brown rust pathogen and their use in the development of soft wheat varieties. *Plant Varieties Studying and Protection* 13 (4) : 379-386. (In Ukrainian).
- Krivchenko V.I., Yamaleev A.M., Migushova E.F. 1976. Common bunt resistance and wheat genomic composition. *Genetics.* 12 (4) : 5-11. (In Russian).
- Lelley T., Eder C., Grausgruber H. 2004. Influence of 1BL.1RS wheat-rye chromosome translocation on genotype by environment interaction. *J. Cer. Sci.* 39 : 313-320.
- Leonova I.N., Röder M.S., Kalinina N.P., Budashkina E.B. 2008. Genetic analysis and localization of loci controlling leaf rust resistance of *Triticum aestivum* × *Triticum timopheevii* introgression lines. *Russ. J. Genet.* 44 (12) : 1652-1659. (In Russian).
- Leonova I.N., Budashkina E.B. 2016. The study of agronomical traits determining productivity of *Triticum aestivum*/*Triticum timopheevii* introgression lines with resistance to fungal diseases. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding.* 20 (3) : 311-319.
- Leonova I.N., Skolotneva E.S., Orlova E.A., Orlovskaya O.A., Salina E.A. 2020. Detection of genomic regions associated with resistance to stem rust in Russian spring wheat varieties and breeding germplasm. *Int. J. Mol. Sci.* 21 (13) : 4706. doi: 10.3390/ijms21134706.

REFERENCES

- Babayants O.V., Babayants L.T. 2014. Bases of breeding and methodology of assessments of wheat resistance to pathogens. *Odessa: VMV,* 401 p. (In Russian).
- Bhatta M., Morgounov A., Belamkar V., Yorgancilar A., Baenziger P.S. 2018.
- Genome-wide association study reveals favorable alleles associated with common bunt resistance in

- Lukaszewski A. 2000. Manipulation of the 1BL.1RS translocation in wheat by induced homoeologous recombination. *Crop. Sci.* 40 (1) : 216-225.
- Lytvynenko M.A. 2016. 100-year history of the development of bread winter wheat breeding programs. *Plant varieties studying and protection.* 31 (2) : 75-82. (In Ukrainian).
- Lytvynenko M.A. 2008. Correction of the model of a bread winter wheat variety of universal type for the conditions of the South of Ukraine in the context to the climate change. *Bulletin of Bila Tserkva state agrarian university.* 52 : 18-26. (In Ukrainian).
- McIntosh R.A., Dubcovsky J., Rogers W.J., Morris C.F., Appels R., Xia X.C. 2017. Catalogue of gene symbols for wheat: 2017 Supplement. URL: <http://www.shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/macgene/supplement2017.pdf>
- Motsnyi I.I., Liphenko S.F., Koval T.N. 2000. Inheritance of characters of resistance to fungal diseases of wide wheat hybrids with amphiploids. *Cytol. Genet.* 34 (2) : 46-56. (In Russian).
- Motsnyi I.I., Blagodarova E.M. 2004. Inheritance of resistance to diseases and morphological characters in the hybrids of common wheat with introgression lines. *Coll. PBGI-NCSCI, Odessa.* 6 (46) : 179-193. (In Ukrainian).
- Motsniy I.I., Molodchenkova O.O., Smertenko A.P., Mishchenko L.T., Kryvenko A.I., Solomonov R.V. 2021. Selection evaluation of introgressive lines of soft winter wheat with signs of resistance to phytopathogens. *Plant Archives.* 20 (3) : 486-498.
- Motsnyi I.I., Narhan T.P., Lyfenko S.Ph., Yerynyak N.I. 2014. Involvement of introgression lines for winter bread wheat breeding. *Visn. Hark. nac. agrar. univ., Ser. Biol.* 31 (1) : 79-90. (In Ukrainian).
- Motsnyi I.I., Narhan T.P., Yeryniak M.I., Liphenko S.F. 2017. Application of derivatives of incomplete wheat-wildrye amphiploid (WWRA) Elytricum fertile in selection of winter soft wheat. *News of agrarian sciences.* 8 : 45-50. (In Ukrainian).
- Motsnyi I.I. 2003. Development and cytogenetic study of hybrids of incomplete wheat-elymus amphiploids Elytricum fertile with tetraploid wheats. Wide hybridization. The current status and future development. *Proc. Int. Conf. on remove hybridization. Moscow, MSCHA* : 169-174. (In Russian).
- Motsnyi I.I., Rybalka O.I. 2011. Variability of Mexican amphiploids and their hybrids to winter wheat for morphological characters and disease resistance. *Coll. PBGI-NCSCI, Odessa.* 17 (57) : 45-53. (In Ukrainian).
- Mujeeb-Kazi A., Asiedu R. 1990. Wide hybridization – potential of alien genetic transfers for *Triticum aestivum* improvement. *Biotechnology in agriculture and forestry: Wheat* (ed. by Y.P.S. Bajaj) 13 : 111-127.
- Mujeeb-Kazi A., Deldago R., Cortes A. Cano S., Rosas V., Sanchez J. 2004. Progress in exploiting *Aegilops tauschii* for wheat improvement. *Ann. Wheat Newsletter.* 50 : 79-88.
- Nargan T.P., Motsnyi I.I., Sechnyak V.E., Liphenko S.F. 2016. Characterization of winter bread wheat lines (*Triticum aestivum* L.) from wide hybridization by economically valuable characters. *Coll. PBGI-NCSCI, Odessa.* 28 (68) : 15-32. (In Ukrainian).
- O'Driscoll A.O., Kildea S., Doohan F., Spink J., Mullins E. 2014. The wheat-Septoria conflict: a new front opening up? *Trends Plant Sci.* 19 (9) : 602-610.
- Orlyuk A.P., Basaliy V.V., Lavrynenko U.O. 1987. Variability of the genetic structure of hybrid populations of spring wheat when reseeded. *Genetika.* 23 (3) : 464-472. (In Russian).
- Pershyna L.A. 2014. Chromosome engineering of plants–biotechnology direction. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding.* 18 (1) : 138-146. (In Russian).
- Research Report realized in the cooperative agencies of Comecon countries during the 1974 year. Coordination Center of Comecon countries. *Odessa, 1975* : 5.
- Retman S.V., Shevchuk O.V., Gorbacheva N.P. 2011. Diseases of leaves and ear. *Quarantine and plant protection.* 4 : 25-27. (In Ukrainian).
- Sauliak N.I., Ternovyi K.P., Babayants O.V., Vasyli'iev O.A., Galaev O.V. 2017. The efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L.) genes resistance to *Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* Erikss et Henn under Ukraine environments. *Coll. PBGI-NCSCI, Odessa.* 30 (70) : 61-69. (In Russian).
- Sears E.R. 1981. Transfer of alien genetic material to wheat. *Wheat science today and tomorrow*, eds. Evans L.T., Peacock W.J.. Cambridge University Press. : 75-89.
- Sidorenko M.V., Chebotar S.V. 2020. The effect of drought on wheat plants at different growth stages. *Odesa National University Herald. Ser. Biology. (Ukraine).* 25 (1 (46)) : 67-87.
- Soko T., Bender C.M., Prins R., Pretorius Z.A. 2018. Yield loss associated with different levels of stem rust resistance in bread wheat. *Plant Disease.* 102 (12) : 2531-2538.
- Spetsov P., Savov M. 1992. A review on amphiploids in the *Triticeae*, obtained in Bulgaria during 1950-1990. *Wheat Information Service.* 75 : 1-6.
- Topchiy T.V., Sandetska N.V. 2017. Formation of the productivity of winter wheat varieties with various degree of resistance under the influence of fungal diseases. *Plant Varieties Studying and Protection.* 13 (4) : 416-422. (In Ukrainian).
- Tverdokhleb E.V. 2009. Crossability and fertility of hybrids between wheat forms carrying subgenome G and varieties of bread and durum wheat. *Bulletin of*

ФІТОПАТОЛОГІЧНА ОЦІНКА ІНТРОГРЕСИВНИХ ЛІНІЙ

- V.N. Karazin KhNU. Ser. Biology. 9 (856) : 89-96. (In Russian).
- Wang L., Ge H., Hao C., Dong Y., Zhang X. 2012. Identifying loci influencing 1,000-kernel weight in wheat by microsatellite screening for evidence of selection during breeding. PLoS ONE. 7 (2) : e29432 doi: 10.1371/journal.pone.0029432.
- Wellings C.R. 2011. Global status of stripe rust: a review of historical and current threats. Euphytica. 179 (1) : 129-141. doi: 10.1007/s10681-011-0360-y.
- Zhirov E.G. 1980. Synthesis of new hexaploid wheat. Works appl. botany, genetics and breeding. 68 (1) : 14-16. (In Russian).
- Zlatska A.V. 2001. Importance of genetic material specificity for successful introgression into common wheat genome (using the *Triticum aestivum* L. / *Triticum miguschovae* introgressive lines as a model): Ph.D. thesis. Kyiv, 19 p. (In Ukrainian).

Надійшла до редакції
18.06.2021 р.

PLANT PATHOLOGICAL EVALUATION OF INTROGRESSION LINES OF WINTER BREAD WHEAT AND PROSPECTS OF THEIR USE IN BREEDING

I. I. Motsnyi¹, O. O. Molodchenkova¹, M. A. Litvinenko¹, E. A. Golub¹, L. T. Mishchenko²

¹*Plant Breeding and Genetics Institute
– National Center of Seed and Cultivar Investigations
of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
(Odesa, Ukraine)*

E-mail: motsnyii@gmail.com

²*Taras Shevchenko National University of Kyiv,
Educational and Scientific Centre “Institute of Biology and Medicine”
(Kyiv, Ukraine)*

Resistance to widespread diseases has been studied and a breeding evaluation of advanced introgressive lines of winter wheat created by wide hybridization has been given. There was a wide variability in the degree of damage to the lines by powdery mildew and rust species. The most lines isolated were resistant to leaf or yellow rust; high long-term resistance to stem rust is observed only among the derivatives of the collection sample H74/90-245 from Bulgaria. Among the derivatives of amphiploids involving *Aegilops tauschii* the lines, which had a resistance to stem rust, gradually lose it during maturation. Few lines resistant to powdery mildew were isolated, and almost no resistance to septoria was observed. The possibility of combining the wheat-rye translocation 1BL.1RS with other resistance genes has been established. The low frequency of selection of constant lines with a set of the traits in F4-5 and the need for further individual selections, the efficiency of which increases at higher backcross and in later generations, as well as the lack of yield stability have been noted. Use of cultivars of the laboratory of breeding of wheat intensive cultivars of PBGI–NCNS in the hybridization leads to increase in productivity correlated with grain size reduction. The breeding lines (PIL956/16, AIL1049/16, PIL997/16, AIL485/17, etc.) with alien polygenic complexes for the resistance to rust diseases, high values of thousand grain weight and protein content have been isolated. The lines are characterized by high productivity, baking quality and devoid of negative qualities of wild species.

Key words: *Triticum aestivum*, introgression lines, resistance, productivity

**ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИНТРОГРЕССИВНЫХ ЛИНИЙ
ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
В СЕЛЕКЦИИ**

И. И. Моцный¹, О. О. Молодченкова¹, Н. А. Литвиненко¹, Е. А. Голуб¹, Л. Т. Мищенко²

¹*Селекционно-генетический институт –
Национальный центр семеноведения и сортоизучения
Национальной академии аграрных наук Украины
(Одесса, Украина)
E-mail: motsnyui@gmail.com*

²*Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко,
ННЦ «Институт биологии и медицины»
(Киев, Украина)*

Исследована устойчивость к распространенным заболеваниям и дана селекционная оценка усовершенствованным интрогрессивным линиям озимой пшеницы, созданным путем отдаленной гибридизации. Обнаружена широкая вариабельность степени поражения линий мучнистой росой и видами ржавчины. Больше всего выделено линий, устойчивых к листовой или желтой ржавчине; к стеблевой ржавчине высокая продолжительная устойчивость наблюдается только среди производных коллекционного образца Н74/90-245 из Болгарии. Среди производных амфилоидов с участием *Aegilops tauschii* линии, которые проявляют устойчивость к стеблевой ржавчине, постепенно теряют ее в течение созревания. Устойчивых к мучнистой росе линий было выделено мало, а к септориозу – практически не наблюдалось. Установлена возможность комбинирования пшенично-ржаной транслокации 1BL.1RS с другими генами устойчивости. Отмечены низкая частота отбора константных линий по комплексу признаков в F₄₋₅ и необходимость дальнейших индивидуальных отборов, эффективность которых повышается при более высоких беккроссах и в более поздних поколениях, а также отсутствие стабильности урожайности. При использовании в гибридизации сортов лаборатории селекции интенсивных сортов пшеницы СГИ–НЦСС повышение продуктивности сопровождается измельчением зерна. Выделены селекционные линии (PIL956/16 AIL1049/16 PIL997/16 AIL485/17 и др.) с чужеродными полигенными комплексами устойчивости к ржавчинам, высокими значениями массы тысячи зерен и содержания белка. Они характеризуются высокой продуктивностью, хлебопекарным качеством и лишены отрицательных качеств дикорастущих видов.

Ключевые слова: *Triticum aestivum*, интрогрессивные линии, устойчивость, продуктивность