
МЕЛІОРАЦІЯ І РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТІВ

MELIORATION AND SOIL FERTILITY

УДК 633.11:631.527.044.332

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.138.46>

СЕЛЕКЦІЙНО-ГЕНЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ ОЗИМОЇ М'ЯКОЇ ПШЕНИЦІ ДО БУРОЇ ІРЖІ ЗА РІЗНИХ УМОВ ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОСЛИН

Базалій В.В. – д.с.-г.н.,

професор кафедри рослинництва та агроінженерії,
Херсонський державний аграрно-економічний університет

Ларченко О.В. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри менеджменту, маркетингу та інформаційних технологій,
Херсонський державний аграрно-економічний університет

На основі теоретичного обґрунтування і узагальнення досліджень встановлено, що масовий добір вихідного стійкого до бурої іржі матеріалу необхідно використовувати на першому етапі для створення модифікованих гібридних популяцій, які в подальшому слугуватимуть вихідним матеріалом для індивідуальних доборів за бажаними ознаками і властивостями. Наші дослідження ефективного добору за стійкістю до бурої іржі проводилися на природному і штучному інфекційних фонах в умовах зрошення і без зрошення.

Селекція на стійкість до хвороб успішно зменшує шкоду, що спричиняється патогенами всім сільськогосподарським культурам, в тому числі й озимій пшениці, тому пошук джерел стійкості завжди є актуальним. Вже доказано, що внесок селекції у ріст урожайності дорівнює 30–70% з перспективою збільшення до 60–80%, а впровадження сортів з груповою стійкістю до хвороб рівнозначне збільшенню посівних площ на 15–20%.

Серед методів захисту від різноманітних захворювань, що зумовлюються паразитичними грибами, бактеріями, вірусами, найбільш радикальним засобом є введення в культуру імунних або створення їх шляхом селекції. У зв'язку з цим в селекційних установах України за останні роки активізувалася організаційна робота в цьому напрямку, реформуються селекційні програми, більш жорсткими стають вимоги до стійкості сортів, що передаються на державне випробування, розроблено більш строгі підходи до визначення перспективності сорту з обліком його стійкості або толерантності.

На сучасному етапі розвитку селекції значення вчення про імунітет і толерантність рослин дуже істотно розширилося. Тепер дослідження імунітету розглядаються не тільки як теоретична основа селекції стійких сортів озимої пшениці та інших сільськогосподарських культур, але й як теоретична і практична основа інтегрованого захисту рослин і управління агробіоценозами (агроекосистемами). Вже стало очевидним, що використання стійких сортів є важливим природоохоронним фактором, що забезпечує істотне зниження енергетичних витрат на виробництво рослинницької продукції.

Ключові слова: бурої іржі, патоген, селекція, гібридні популяції, ген-модифікатор.

Bazaliy V.V., Larchenko O.V. Breeding and genetic studies of the resistance winter soft wheat to brown rust and different conditions of plant moisture supply

On the basis of the theoretical justification and generalization of the conducted studies, it was established that the mass selection of source material resistant to brown rust should be used at the first stage to create modified hybrid populations, which will later be the source material

for individual selections, in accordance with the desired characteristics and properties. Our studies of effective selection for resistance to brown rust were conducted on natural and artificial infection backgrounds under irrigated and non-irrigated conditions.

Breeding for disease resistance successfully reduces pathogen damage to all agricultural crops, including winter wheat, so the search for sources of resistance is always relevant. It has already been proven that the contribution of selection to the increase in yield is 30–70% with the prospect of increasing it to 60–80%, and the introduction of varieties with group resistance to diseases is equivalent to an increase in the sown area by 15–20%.

Among the methods of protection against various diseases caused by parasitic fungi, bacteria, viruses, the most radical means is the introduction into the immune culture or their creation by selection. In this regard, in recent years, organizational work in this direction has been intensified in the selection institutions of Ukraine, selection programs are being reformed, requirements for the stability of varieties submitted for state testing are being tightened, stricter approaches to determining the prospects of a variety are being developed taking into account its stability or tolerance.

At the current stage of the development of breeding, the importance of the doctrine of plant immunity and tolerance has greatly expanded. Today, research on immunity is considered not only as a theoretical basis for the selection of resistant varieties of winter wheat and other agricultural crops, but also as a theoretical and practical basis for complex plant protection and management of agrobiocenoses (agroecosystems). It has already become obvious that the use of resistant varieties is an important environmental factor that ensures a significant reduction in energy costs for the production of plant products.

Key words: brown rust, pathogen, selection, hybrid populations, modifier gene.

Постановка проблеми. В теперішній час витрати на хімічний захист рослин часто за вартістю перевищує приріст урожаю, тому створення і впровадження в виробництво стійких до хвороб сортів набуває великої актуальності. Не дивлячись на використання хімічних засобів боротьби з хворобами селекція стійких сортів є найбільш економічно вигідним прийомом, оскільки багаторазові хімічні обробки проти хвороб значно перевищують собівартість продукції. Крім того, хімічний метод захисту рослин не завжди гарантує одержання очікуваного результату. До ряду хвороб він не може забезпечити належного ефекту. Це відноситься перш за все до іржі зернових культур. Селекція рослин на стійкість до захворювань вже визнана найбільш раціональним засобом захисту [1–5].

Формування цілей. Польові і лабораторні досліді проводили протягом 2018–2021 рр. на дослідному полі Херсонського державного аграрно-економічного університету. Матеріалом для проведення досліджень слугували сорти пшениці м'якої озимої різного генетичного і екологічного походження.

Закладка дослідів, усі обліки і спостереження в польових експериментах проводили в відповідності з методикою Державної служби з охорони прав на сорти рослин [11].

Інтенсивність і тип ураження грибними патогенами визначали відповідно загальноприйнятих методик. Статистичний аналіз дослідів проводили відповідно методичних вказівок.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Все більше уваги приділяється сьогодні створенню сортів озимої пшениці, що поєднують специфічну стійкість до хвороб з неспецифічною, а також сортів здатних стримувати накопичення інфекцій. Значний науковий інтерес і велике практичне значення представляють витривалі (толерантні) сорти, які при сприятливому типі реакції рослин видержують сильне зараження без значних втрат урожаю [6–8].

В уражених рослин бурою іржею порушуються фізіологічні, біохімічні і процеси формування зерна, а це спричиняє значні втрати врожаю і пониження якості

зерна. В епіфітотійні роки зниження урожайності зерна озимої пшениці через ураження рослин бурюю іржею сягає 15–20% і більше [9].

Для сортів і форм зі специфічною стійкістю до рас бурюї іржі у різні фази розвитку рослин характерна незначна інтенсивність ураження дорослих рослин за проміжного типу реакції на фоні вірулентної раси. Такі сорти найчастіше володіють одним або двома расоспецифічними генами, взаємодіючими з генами-модифікаторами або з рецесивним слабодіючим геном (або генами). Найбільш ефективними генами стійкості проти бурюї іржі є $L_2 9$ і $L_2 19$.

Вивченню характеру успадкування і мінливості стійкості до бурюї іржі присвячено багато робіт [9, 10]. Узагальнені результати різних досліджень дозволяють установити лише загальний принцип успадкування і генетичну структуру стійкості, визначити дію і взаємодію генів, які контролюють типи стійкості.

Виклад основного матеріалу. Селекція на хворобостійкість дуже складна, це визначається перш за все взаємодією двох живих систем – патогенна і рослини живителя. У популяції збудника бурюї іржі відбувається неперервний процес расоутворення, який призводить до появи нових вірулентних рас і біотипів. Оскільки за один рік патоген (гриб) здатний давати за сприятливих умов велику кількість генерацій, нова раса чи біотип може дуже швидко розмножуватися на сприятливих рослинах пшениці і в результаті це дуже швидко призводить до розвитку епіфітотії бурюї іржі і втрати сортом стійкості.

При селекції на стійкість до бурюї іржі важливо мати інформацію про генетичний контроль цієї властивості у конкретних гібридних популяцій, які створені у відповідності з її задачами у тому чи іншому регіоні.

Наші дослідження показали, що залучені у селекційний процес високоврожайні сорти володіють різним ступенем стійкості (табл. 1).

До помірностійких (MR) відносяться Херсонська безоста, Забава, Красуня одеська, Злагода, Зерноградка 6, Находка 4. До стійких – Золотава, NS 471, Асканійська. Всі названі сорти мають високий урожайний потенціал і достатньо високу зимостійкість.

Аналіз даних таблиці 1 показує, що стійкість до бурюї іржі у більшості гібридів F_2 і F_3 домінувала.

Цей тип успадкування особливо чітко проявився у гібридних комбінацій від схрещування стійких і помірностійких сортів із сприятливим сортом Юна.

Виділені комбінації, в яких рослини озимої пшениці уражувались менше, ніж більш стійкі сорти. До них зокрема відноситься гібридна комбінація Злагода/Юна, в якій ступінь ураження на ділянках без зрошення складав у середньому 7,4%, а в F_3 – 8,3%, що значно менше, ніж у середньостійкої материнської форми.

У гібридів від схрещувань з участю стійких сортів NS 471 та Асканійська, характер успадкування був неоднозначним, ступінь стійкості був різним як в F_2 , так і в F_3 . Так, у комбінації NS 471/Херсонська безоста стійкість домінувала в обох поколіннях при зрошенні і без зрошення, серед усіх вивчених гібридів вона відноситься до найбільш стійких за різних умов вирощування. У гібрида NS 471/Находка 4 без зрошення більш висока стійкість домінувала, при зрошенні ступінь ураження був високим ніж у обох батьківських компонентів, а в F_3 досліджувана властивість успадковувалася за проміжним типом. В іншій комбінації Асканійська/Зерноградка 6 ураження патогеном в F_2 на обох варіантах зволоження ґрунту наближалася до менш стійкої батьківської форми, а в F_3 успадковувалася за проміжним типом.

Таблиця 1

**Успадкування стійкості до бурої іржі гібридами озимої пшениці
за різних умов вирощування**

Комбінація	Варіант вирощування	Інтенсивність ураження, %					
		2018/19 рр.			2019/20 рр.		
		P ₁	F ₂	P ₂	P ₁	F ₃	P ₂
Херсонська безоста / Юна MR/S	БЗ	8,0	12,6	49,4	8,5	9,0	40,5
	З	9,1	14,8	64,2	10,1	12,1	56,4
Забава / Юна MR/S	БЗ	7,5	12,9	49,5	7,8	9,6	40,5
	З	9,8	17,9	64,2	10,2	12,4	58,4
Красуня одеська / Юна MR/S	БЗ	13,5	16,7	50,2	12,4	15,4	49,5
	З	18,4	19,6	62,5	15,0	19,0	60,2
Злагода / Юна MR/S	БЗ	17,3	7,4	50,2	15,2	8,3	50,2
	З	24,7	25,0	62,5	27,6	30,2	60,2
Золотава / Юна R/S	БЗ	7,8	13,8	50,2	7,5	12,6	50,2
	З	10,3	12,7	62,5	10,5	16,6	60,2
Зерноградка 6 / Юна MR/S	БЗ	14,6	18,7	49,0	13,6	13,5	41,5
	З	15,7	19,3	63,1	16,0	19,2	57,4
Забава / Херсонська безоста MR/MR	БЗ	7,5	6,0	5,6	7,4	5,5	5,5
	З	9,5	6,5	6,2	10,3	7,7	7,2
NS471 / Херсонська безоста R/MR	БЗ	10,2	7,5	5,6	8,8	7,5	5,5
	З	12,2	8,6	6,2	10,8	9,0	7,2
NS471 / Находка 4 R/MR	БЗ	10,2	14,5	11,6	8,8	9,5	10,7
	З	12,5	16,5	15,6	10,8	9,0	7,2
Асканійська / Зерноградка 6 R/MR	БЗ	10,2	14,0	14,6	8,8	10,4	12,8
	З	12,5	17,2	18,8	10,8	15,0	16,5
Асканійська / Херсонська безоста R/MR	БЗ	10,2	9,8	8,6	9,0	9,6	10,8
	З	12,5	10,4	9,0	11,4	10,4	12,8
Одеська 267 / Юна S/S	БЗ	37,3	35,4	49,8	34,5	36,8	42,4
	З	47,5	65,2	64,0	44,6	48,6	63,5
Остиста 3 / Альбатрос од. S/MS	БЗ	40,7	35,0	31,8	37,2	31,2	30,4
	З	48,5	46,0	42,4	46,5	43,4	40,5
Остиста 3 / Одеська 267 S/S	БЗ	40,7	38,2	37,6	37,2	36,0	36,6
	З	48,7	45,9	45,6	44,5	37,5	34,6
HIP ₀₅		3,2			1,9		

Примітки: БЗ – без зрошення; З – при зрошенні.

Умови зрошення сприяють розвитку збудника бурої іржі. В абсолютної більшості вивчених нами сортів і гібридів ступінь ураження на цьому фоні був значно вищий, ніж без зрошення (табл. 1). Натомість, установлено, що у високостійких генотипів і створених на їх генетичній основі гібридних популяцій ступінь ураження патогеном, був незначним за різних умов зволоження. Це яскраво демонструється даними гібридів Херсонська безоста/Юна, NS471/Херсонська безоста, Асканійська/Зерноградка 6, Забава/Херсонська безоста, Золотава/Юна та інших.

Цінними джерелами стійкості до бурої іржі є сорти Херсонська безоста, Забава одеська, Золотава, Асканійська, NS 471. При схрещуванні їх з іншими сортами стійкість домінувала навіть у сприятливій для розвитку патогена роки.

Нами вивчено 186 гібридних комбінацій створених з участю сорта Херсонська безоста і всі вони виявилися стійкими до бурої іржі, стійкість домінувала. У комбінаціях з участю NS 471 вивчено 32 гібрида, стійкість успадковувалася як домінантна ознака у 27 гібридів (84,3%), у решті (15,7%) за проміжним типом.

Аналіз структури гібридних популяцій за стійкістю – сприйнятливістю до бурої іржі показав досить складний і, в окремих випадках, неоднозначний характер розщеплення за різних умов вологозабезпечення (табл. 2).

Таблиця 2

Структура гібридних популяцій F2 за стійкістю-сприйнятливістю до бурої іржі при неполивних (БЗ) і зрошуваних (З) умовах

Комбінація	Варіант вирощування	Виявлено рослин		Теоретичне, RS	χ^2
		стійких R	сприйнятливих S		
Херсонська безоста / Юна	БЗ	94	6	15:1	0,215
	З	93	7	15:1	0,816
Забава / Юна	БЗ	69	31	3:1	1,055
	З	60	40	9:7	–
Красуня одеська / Юна	БЗ	71	29	3:1	0,104
	З	70	30	3:1	1,333
Злагода / Юна	БЗ	64	36	9:7	2,598
	З	60	40	9:7	–
Золотава / Юна	БЗ	66	34	9:7	0,041
	З	64	36	9:7	–
Зерноградка 6 / Юна	БЗ	74	26	3:1	0,560
	З	66	34	9:7	0,041
Забава / Херсонська безоста	БЗ	95	5	15:1	0,268
	З	95	5	15:1	0,218
NS 471 / Херсонська безоста	БЗ	94	6	15:1	0,215
	З	96	4	15:1	0,227
NS 471 / Находка 4	БЗ	80	20	13:3	0,070
	З	63	37	9:7	1,560
Асканійська / Зерноградка 6	БЗ	76	24	3:1	0,819
	З	71	29	3:1	0,104
Одеська 267 / Юна	БЗ	5	95	1:15	0,219
	З	0	100	–	–
Остиста 3 / Альбатрос одеський	БЗ	0	100	–	–
	З	0	100	–	–
Остиста / Одеська 267	БЗ	0	100	–	–
	З	0	100	–	–

Примітки: БЗ – без зрошення; З – зрошення.

Встановлено, що стійкість у вивчених гібридів контролюється одним-двома генами з різною дією і взаємодією. Зокрема, у гібридів Забава/Юна, Красуня одеська/Юна, Зерноградка б/Юна, Асканійська/Зерноградка б стійкість контролювалася одним домінантним геном, який проявляє пенетрантність, в основному при вирощуванні без зрошення.

У деяких комбінацій розщеплення без зрошення не відповідало розщепленню при зрошенні. До них відносяться гібриди Забава/Юна і Зерноградка б/Юна, у першому варіанті $R:S=3:1$, у другому – $9:7$.

Складається враження, що моногенний контроль у першому варіанті змінюється на дигенний з комплементарною взаємодією домінантних генів. Таке розщеплення може пояснюватися двома причинами: 1) у названих двох комбінаціях стійкість контролюється двома генами, які в умовах без зрошення експресуються в одному блоці, тобто зчеплено; 2) різні умови вологозабезпечення змінюють реакцію генотипів за стійкістю-сприйнятливістю. Таким чином, гени, контролюючі стійкість, експресуються теж по-різному через вплив генів-модифікаторів. Тобто пенетрантність генів реалізується через різну їх експресивність, це один із варіантів зміни генетичної формули у прояві ознаки, яка обґрунтована експериментальними дослідженнями.

Очевидно, один із домінантних генів стійкості володіє недостатньою експресивністю і в умовах підвищеного інфекційного фону, який створюється в умовах зрошення, показує недостатню ефективність. В результаті чого частина біотипів, які без зрошення не уражуються, в умовах підвищеної вологозабезпеченості у різній мірі уражаються патогеном.

Чітко виражений моногенний контроль стійкості з домінантним ефектом у гібридів Асканійська/Зерноградка б і Красуня одеська/Юна на двох фонах вологозабезпечення рослин свідчить, що патоген не зміг подолати систему стійкості рослин у названих комбінаціях. Слід підкреслити, що у даному випадку стійкість зумовлена сильно діючим генами.

За високою часткою стійких генотипів у гібридних популяціях виділялися комбінації Херсонська безоста/Юна, Забава/Херсонська безоста, NS 471/Херсонська безоста. Для них характерний домінантний контроль стійкості, який здійснюється двома кумулятивно діючими генами ($R:S=15:1$). Важливо відмітити, що тип стійкості і структура гібридних популяцій у названих варіантах була майже однаковою за умов зрошення і без зрошення. Понад 93% рослин відносилися до стійких до бурої іржі. На такому фоні стійкості до патогена відкриваються широкі можливості для доборів елітних рослин не тільки за хворобостійкістю, але й за іншими бажаними ознаками – тривалістю вегетаційного періоду, продуктивністю, якістю зерна, посухо-зимостійкістю.

Значною селекційною цінністю володіють гібридні комбінації Злагода одеська/Юна, Золотава/Юна. У них виявлений домінантний контроль стійкості з комплементарним ефектом. Частка стійких до бурої іржі біотипів у цих комбінаціях складала 60–66%. Така, насиченість хворобостійкими рослинами створює добрий резерв генотипової мінливості й за іншими ознаками, забезпечує сприятливі умови для доборів елітних рослин з бажаним поєднанням інших корисних ознак і властивостей.

Дигенний контроль стійкості з домінантним ефектом виявлений також у гібридній комбінації NS 471/Находка 4. У даному випадку теж спостерігається зміна характеру розщеплення ($R:S$), без зрошення фіксується епістатична взаємодія двох домінантних генів ($13:3$), а в умовах зрошення визначено розщеплення за

схемою комплементарної взаємодії. У першому варіанті вищепилося 80% стійких рослин, у другому – 63%.

Ряд комбінацій, батьківськими формами яких були лише сприятливі сорти (Одеська 67/Юна, Остиста 3/Альбатрос одеський, Остиста 3/Одеська 267) показали високу сприйнятливість до бурої іржі, як при зрошенні, так і без зрошення. В популяціях рослин цих комбінацій не вдалося виявити навіть середньостійких біотипів. Це малоперспективні гібридні комбінації з точки зору створення сортів стійких до бурої іржі, але деякі із них (Остиста 3/Альбатрос одеський) мають певну цінність з точки зору селекції на толерантність.

Очевидно два гени стійкості, які часто визначалися нами у різних гібридів можуть функціонувати в єдиному блоці і проявляти фенотиповий ефект як один сильнодіючий ген, що проявляється без зрошення. В умовах зрошення в управлінні стійкістю підключаються гени – модифікатори.

Слід зауважити, що відзначено деякі зміни структури й форми контролю, а це статистично виражається у зміні структури популяції за стійкістю-сприйнятливістю.

Зміна характеру розщеплення гібридів на стійкі й сприйнятливі рослини за різних умов вологозабезпечення може також відбуватися через зміну расового і біотипного складу збудника хвороби. Не виключено, що в умовах зрошення і без зрошення у популяції паразита домінують різні за відмінністю раси і біотипи, які істотно змінюють експресивність і фенотиповий ефект генів стійкості рослини господаря.

Таким чином, причини зміни структури гібридних популяцій за стійкістю-сприйнятливістю рослин до хвороб, у тому числі й до бурої іржі, можуть бути різні. Цей факт необхідно враховувати при плануванні і виборі фонів для вирощування гібридних популяцій і доборів фенотипів з гарантовано високою стійкістю до патогену.

Комплементарна взаємодія домінантних і рецесивних генів стійкості до бурої іржі – досить поширене явище (табл. 3).

В інших вивчених комбінацій, найбільша частина гібридів з комплементарною взаємодією домінантних генів в F_2 складає 20,1%, а в F_3 – 21,2%.

Комплементарна взаємодія рецесивних алелів стійкості менш значна, проте достатня для виконання ефективних доборів на стійкість до патогенних мікроорганізмів.

Друге місце за часткою високостійких гібридних комбінацій займають гібриди з моногенним домінантним контролем: F_2 – 15,2%, в F_3 – 15,8%, відповідно по поколіннях 9,7 і 10,3% займають гібриди з домінуванням стійкості, яке контролюється двома алелями з кумулятивною дією ($R:S=15:1$).

Між іншим, форма розщеплення 15:1 може зумовлюватися дублікатним епістазом, який перетворює типове дигібридне розщеплення 9:3:3:1 в 15:1 за рахунок домінантних генів, вони однаково впливають на рівень ознаки стійкості.

Звідси висновок, що для створення синтетичного селекційного матеріалу, в гібридизацію необхідно залучати джерела з домінантним генетичним контролем стійкості до бурої іржі. Дія і взаємодія домінантних алелів відображаються у різних формах комплементарного і дублікатного епістазів з вищепленням значної частки високостійких форм.

В процесі аналізу стійкості до бурої іржі нами в 2018/19 рр. було виявлено велике різноманіття гібридів. У значній кількості комбінацій (15,2%) домінувала стійкість з моногенним контролем ($R:S=3:1$). До них відносяться комбінації Одеська 132/Находка 4, Херсонська 552/Бериславка 2, Херсонська 86/

Бериславка 2, Херсонська 90/Бериславка 2, NS 471/Тавричанка, NS 471/Херсонська безоста, Асканійська/Зерноградка 2 та інші. Домінування стійкості з полімерним контролем визначено у 9,7% гібридних популяцій. Це, зокрема, комбінації Одеська 132/Херсонська 90, Соратниця/Бериславка, Соратниця/Бериславка 2, Херсонська ювілейна/Альбатрос одеський, Херсонська 90/Бериславка.

Таблиця 3

Структура гібридних популяцій F₂ і F₃ за типами генетичного контролю стійкості до бурої іржі при зрошенні і природному фоні інфекції

Показник	F ₂ – 2018/19 рр.		F ₃ – 2019/20 рр.	
	кількість	%	кількість	%
Вивчено комбінацій, всього	382	100	146	100
у т.ч. гібридних популяцій з визначеними співвідношеннями, R:S – 3:1	58	5,0±0,08	23	15,8±0,17
1:3	46	12,0±0,15	17	11,6±0,13
15:1	37	9,7±0,11	15	10,3±0,12
1:15	18	4,7±0,07	7	4,8±0,08
13:3	43	11,2±0,14	16	11,0±0,14
3:13	28	7,3±0,09	10	6,8±0,08
9:7	77	20,1±0,15	31	21,2±0,16
7:9	63	16,5±0,12	22	15,1±0,14
інші	12	3,3±0,04	5	3,4±0,05

Серед комбінацій з домінантним генетичним контролем, крім тих, що представлені в таблиці 2, кращими за комплексом ознак і морфо-фізіологічними властивостями, які відповідають задачам селекційної роботи створення сортів інтенсивного і полуінтенсивного типу, були: Остиста 3/Бериславка, Пересвіт/Мрія Херсона, Одеська 132/Остиста 3, Лабінка/Бериславка, Херсонська остиста/Находка 5. У групі гібридів з комплементарною взаємодією двох рецесивних алелів стійкості виділялися з комплексом ознак: Херсонська 127/Бериславка 2, Одеська 132/Тавричанка, Лабінка/Бериславка 2, Златоустрій/Одеська 132, Первел/Юна.

Співвідношення R:S=13:3, яке відповідає епістатичні взаємодії двох домінантних генів стійкості, найбільш часто зустрічались у гібридів з участю сортів Находка 4, Одеська 162, Одеська 132, Херсонська 127. До комбінацій у яких гени стійкості знаходяться в гіпостатичному стані відносяться Остиста 3/Бериславка, 90/123/Бериславка, Херсонська остиста/Одеська 267 та інші.

Масовий добір недостатньо застосовується у селекції озимої пшениці, особливо в тих випадках, коли вихідним матеріалом слугують гетерогенні гібридні популяції. Натомість встановлено, що цей метод можна використати на першому етапі для створення модифікованих гібридних популяцій, які в подальшому слугують вихідним матеріалом для індивідуальних доборів за бажаними ознаками і властивостями. Але отримані раніше результати показали, що дослідження у цьому напрямку необхідно розвивати, використовуючи за факторіальні різні кількісні та якісні ознаки, в тому числі й стійкість до різних хвороботворних патогенів озимої м'якої пшениці.

Наші дослідження ефективності масового добору за стійкістю до бурої іржі проводилися на природному і штучному інфекційних фонах в умовах зрошення і без зрошення. За кожним варіантом (гібридна комбінація, фон інфекційного навантаження, фон вологозабезпечення) етикетувалося не менш 100 найбільш стійких до бурої іржі рослин з мінімальним ураженням борошністою россою і без ознак ураження фузаріозом колоса.

Після обмолоту колосів з кожного насінневого зразка вилучалися зерна з ознаками насінневої інфекції (фузаріоз, гелмінтоспоріоз, альтерноріоз, чорний бактеріоз тощо), решта потомків дібраних рослин (колосів) змішувалася. Таким чином, створювалася нова модифікована гібридна популяція, запрограмована на підвищену стійкість до бурої іржі.

Аналіз показав, що на ефективність масового добору в умовах без зрошення, істотний вплив мали такі фактори, як генетичне походження вихідного матеріалу і фон для доборів кращих рослин в F_2 (табл. 4).

Результати оцінки нащадків доборів, які виконані в неполивних умовах, а нащадки випробувалися на двох фонах вологозабезпечення (без зрошення і в умовах зрошення), дозволили встановити певні відмінності досліджуваних показників. Виявлено, що за добору у високостійких популяціях Херсонська безоста/Юна, NS 471/Находка 4 інтенсивність ураження потомків була практично однакова за випробувань як без зрошення, так і при зрошенні. Тобто фактор зволоження ґрунту і вологозабезпечення рослин не мав впливу на інтенсивність ураження високостійких рослин – потомків спрямованих доборів із резистентних гібридних популяцій. В усіх інших комбінаціях потомки доборів в умовах зрошення уражувались значно сильніше ніж в умовах без зрошення. Особливо сильна інтенсивність ураження на зрошенні у нащадків доборів від сприятливих гібридних комбінацій: Остиста 3/Одеська 267, Остиста 3/Альбатрос одеський, Одеська 267/Юна.

І ще одна важлива деталь, масовий добір на дослідних ділянках зі штучним зараженням патогеном виявився більш ефективним, ніж добір на інших фонах. Це помітно за даними оцінок нащадків масового добору із всіх вивчених гібридних популяцій, але особливо рельєфно демонструється даними сприйнятливих комбінацій.

Наприклад, інтенсивність ураження модифікованої гібридної популяції Одеська 267/Юна доборами на природному фоні в умовах без зрошення складала 20%, а нащадків доборів на фоні штучного зараження – 12,4%. У випробуваннях в умовах зрошення, генетичне зрушення було ще більш істотним, показники відповідно 35,6 і 18,7% (в F_3).

Дуже велика різниця у показниках нащадків доборів із гібридної комбінації Остиста 3/Альбатрос одеський у потомків доборів на природному фоні ураження інтенсивність ураження складала 45,0%, у нащадків доборів за штучного зараження – лише 27,4%. Досить високостійкою виявилася модифікована гібридна популяція Злагода/Юна, навіть в умовах зрошення інтенсивність ураження складала 9,7% порівняно з 13,0% у доборів на природному фоні зараження. Це в F_3 , а в F_4 визначені показники були відповідно 8,5 і 15,2%.

Таким чином, масовий добір за стійкістю до бурої іржі є ефективною селекційно-генетичною маніпуляцією. Застосування його дозволили створити нові модифіковані гібридні популяції з більш з високою по відношенню до вихідних популяцій стійкістю до патогенна підвищувати ефективність масового добору можна за використання його на штучному інфекційному фоні для більш надійної оцінки стійкості до бурої іржі нащадків масового добору, доцільно використовувати

зрошення, де створюються сприятливі умови для розвитку збудника хвороби. Генетичне походження вихідного матеріалу для доборів на підвищення стійкості до бурї іржі має першочергове значення. Кращі новостворені гібридні популяції за рівнем стійкості до патогенна прирівнюються до високорезистентного сорта Херсонська безоста, що створює сприятливі умови для індивідуальних доборів у напрямі підвищення стійкості не лише до бурї іржі, але і до інших патогенів, а також підвищення продуктивності і покращення інших бажаних ознак.

Таблиця 4

**Ефективність масового добору за стійкістю до бурї іржі
(добір на фоні без зрошення)**

Гібридна комбінація	Варіант, фон для доборів	Інтенсивність ураження рослин при доборах в F ₂ , %	Інтенсивність ураження у нащадків доборів, %			
			F ₃		F ₄	
			БЗ	З	БЗ	З
Херсонська безоста / Юна MR/S	I	8,6	5,4	6,0	7,8	6,1
	II	14,5	5,6	6,0	8,0	6,0
	III	5,6	7,4	6,5	8,8	7,5
Одеська 267 / Юна S/S	I	26,2	20,8	35,6	22,0	37,8
	II	47,8	12,4	18,7	12,7	20,6
	III	20,8	21,1	36,7	22,5	38,0
Злагода / Юна MR/S	I	7,4	6,5	13,0	7,7	15,2
	II	15,2	5,2	9,7	6,0	8,5
	III	4,5	15,6	18,0	16,8	20,0
Забава / Юна MR/S	I	14,8	9,8	19,4	10,2	20,5
	II	28,0	7,4	12,5	8,0	13,0
	III	10,4	12,3	20,4	14,0	22,0
NS 471 / Находка 4 R/MR	I	9,5	6,7	7,0	7,2	7,5
	II	16,0	5,3	6,5	5,6	7,0
	III	7,5	7,5	7,2	10,2	11,4
Остиста 3 / Альбатрос одеський S/S	I	65,4	18,7	27,4	20,3	28,0
	II	20,6	25,0	44,7	27,3	43,0
	III	20,6	25,0	44,7	27,3	43,0
Остиста 3 / Одеська 267 S/S	I	40,4	25,6	44,4	26,6	47,6
	II	67,4	20,3	31,5	21,4	32,0
	III	22,5	26,0	45,0	27,5	48,5
Херсонська безоста	I	8,5	6,5	6,7	7,0	7,2
	II	9,2	6,0	6,0	6,5	8,0
	III	5,4	6,6	6,5	7,5	7,4

Примітки: I – природний фон інфекційного навантаження;

II – штучне зараження;

III – хімічний захист

БЗ – без зрошення, З – при зрошенні.

Три фони інфекційного навантаження (природне, штучне зараження, хімічний захист рослин) застосовувалися нами і при зрошенні, нащадки масових доборів на таких же варіантах випробувалися без зрошення і при зрошенні. Виконані

дослідження показали, що масовими доборами більш стійких форм за таких умов вдається значно підвищувати стійкість у новоутворених гібридних популяціях (табл. 5), хоча реакція гібридних комбінацій на такий добір була різною. Як видно, найбільша стійкість зафіксована у нащадків найбільш резистентних гібридів: Херсонська безоста/Юна, NS 471/Находка 4. Тобто у цих комбінацій масовим доббором реалізований їх генетичний потенціал.

У випробуваннях без зрошення і при зрошенні інтенсивність ураження рослин мало розрізнялася і не перевищувала 10%. У вихідних популяцій названих двох гібридів за штучного зараження рослини уражувалися, відповідно на 15,6 і 24,4%. Це означає, що застосуванням масового добору вдалось істотно зменшити інтенсивність ураження рослин.

Таблиця 5

**Ефективність масового добору за стійкістю до бурої іржі
(добір при зрошенні)**

Гібридна комбінація	Варіант, фон для доборів	Інтенсивність ураження рослин при доборах в F ₂ , %	Інтенсивність ураження у нащадків доборів, %			
			F ₃		F ₄	
			БЗ	З	БЗ	З
Херсонська безоста / Юна	I	10,3	4,7	6,2	5,0	6,5
	II	15,6	4,5	5,2	4,8	5,6
	III	5,8	6,7	7,5	6,8	8,0
Одеська 267 / Юна	I	32,3	18,5	22,4	18,7	21,0
	II	52,4	16,4	18,0	15,6	18,4
	III	22,5	19,0	24,5	19,4	23,0
Злагода / Юна	I	13,7	9,5	15,6	9,6	15,8
	II	18,4	8,7	12,5	8,9	13,2
	III	7,8	10,4	16,0	11,0	16,3
Забава / Юна	I	20,5	19,5	28,6	17,6	25,3
	II	32,2	9,6	17,3	10,2	18,3
	III	7,8	15,4	26,8	17,1	27,4
NS 471 / Находка 4	I	13,5	8,5	10,2	8,7	9,4
	II	24,4	7,7	8,3	7,5	8,2
	III	6,8	9,0	11,5	8,5	9,5
Остиста 3 / Альбатрос одеський	I	45,5	21,5	36,7	22,2	35,8
	II	70,8	17,4	29,0	18,1	28,7
	III	18,7	25,5	44,2	26,3	43,5
Остиста 3 / Одеська 267	I	53,3	22,4	38,7	39,0	45,5
	II	68,4	18,2	30,2	19,8	31,0
	III	20,5	27,4	40,4	40,5	45,0
Херсонська безоста, стандарт	I	8,3	6,3	6,8	6,7	7,7
	II	9,4	6,0	6,3	6,1	8,0
	III	5,3	6,4	6,5	6,6	7,4

Примітки: I – природний фон інфекційного навантаження в F₂;

II – штучне зараження в F₂;

III – хімічний захист рослин в F₂;

БЗ – без зрошення, З – при зрошенні.

Дещо інші результати отримані на інших гібридних популяціях. Виявилося, що масовий добір на стійкість до бурої іржі на природному фоні зараження зумовив її підвищення у комбінацій Одеська 267/Юна, Остиста 3/Альбатрос одеський, Остиста 3/Одеська 267, про що свідчать показники інтенсивності ураження рослин у випробуванні нащадків як на зрошенні, так і без зрошення.

Масовий добір на природному фоні із комбінацій Злагода/Юна і Забава/Юна не дав позитивного результату у випробуванні нащадків в F_3 і F_4 новостворені популяції уражувалися патогеном на неполивних ділянках у меншій мірі, ніж вихідні популяції, це факт, але в умовах зрошення інтенсивність ураження бурюю іржею була майже такою, як у контрольних популяціях.

Добір із гібридних популяцій F_2 при штучному зараженні забезпечив позитивний ефект за стійкістю до бурої іржі у всіх комбінаціях схрещувань, про свідчать результати оцінок нащадків в F_3 і F_4 при зрошенні, де фон природної інфекції значно вищий ніж без зрошення.

Найменша інтенсивність ураження у нащадків доборів із більш стійких за середніми показниками гібридних популяцій, але суттєве генетичне зрушення відбулося у нащадків від середньостійких, середньо-сприйнятливих і сприйнятливих популяцій. Наприклад, інтенсивність ураження F_2 гібриду Одеська 267/Юна за штучного інфекційного навантаження дорівнювала 52,4%, а ураженість рослин у модифікованій гібридній популяції в F_3 і F_4 при зрошенні складала, відповідно 18,0 і 18,4%. Різке підвищення стійкості у нащадків доборів зафіксовано у гібридів Забава/Юна (ураженість 17,3 і 18,3% порівняно з 32,2% в F_2), Остиста 3/Альбатрос одеський (29,0 і 28,7 проти 70,8%) і Остиста 3/Одеська 267 (30,2 і 31,0 порівняно з 68,7% у вихідній популяції). Добір більш стійких рослин у варіанті з хімічним захистом не призвів до позитивного результату. Навпаки, за випробувань нащадків в F_3 і F_4 виявилося, що у більшості випадків вони уражувались більш інтенсивно, ніж вихідні популяції.

Додаткову і більш конкретну інформацію отримано із аналізів інтенсивності ураження рослин бурюю іржею у вихідних (контрольних) і модифікованих масовим добром гібридних популяцій від різних схрещувань (табл. 6).

Виявилося, що добір на природному інфекційному фоні призвів до зниження інтенсивності ураження рослин у всіх новостворених популяцій, але ступінь цього генетичного покращення (зрушення) був неоднозначним і коливався в межах від 1,1 до 24,7%. У більшості випадків більш значний генетичний ефект добору зафіксований порівняно двох типів популяцій. При зрошенні, цей ефект виявився у шести гібридів із семи вивчених (табл. 6).

Масовий добір на штучному інфекційному фоні призвів до значно більших контрастів між контрольними і модифікованими гібридними популяціями, як при зрошенні, так і без зрошення. Як видно з таблиці 6 зниження інтенсивності ураження рослин у новостворених гібридних популяцій в умовах без зрошення коливалося в межах від 7,7 до 20,8%.

Найменшим воно було в комбінаціях Херсонська безоста/Юна, Злагода/Юна, NS 471/Находка 4. Названі комбінації виділялися високою абсолютною стійкістю нащадків до патогенна – 5,4–6,8%, це навіть нижча інтенсивність ураження рослин, ніж у стандарта – Херсонська безоста.

Слід зауважити, що максимальний ефект доборів виявився у менш стійких гібридних популяцій Одеська 267/Юна, Остиста 3/Альбатрос одеський, Остиста 3/Одеська 267. У них різниця в інтенсивності ураження у вихідних (контрольних) і модифікованих популяціях складала в умовах без зрошення 35,3–46,8% і в умовах зрошення 34,2–51,8%.

Таблиця 6

Інтенсивність ураження рослин бурою іржею (в %) у вихідних і модифікованих (новостворених масовим доббором) гібридних популяцій

Гібридна комбінація	Фон зволоження ґрунту	Фон інфекційного навантаження			
		природний		штучне зараження	
		КГП	МГП	КГП	МГП
Херсонська безоста / Юна	БЗ	8,7	6,6	14,5	6,8
	З	10,3	6,0	15,6	6,0
Одеська 267 / Юна	БЗ	26,2	21,4	47,8	12,5
	З	32,4	22,0	52,4	18,2
Злагода / Юна	БЗ	8,2	7,1	16,7	5,4
	З	14,3	10,0	19,2	6,2
Забава / Юна	БЗ	16,0	10,0	28,4	7,7
	З	20,5	14,6	33,1	10,5
NS 471 / Находка 4	БЗ	8,8	6,9	16,7	5,4
	З	13,5	7,2	23,8	6,2
Остиста 3 / Альбатрос одеський	БЗ	38,5	25,5	65,8	19,5
	З	45,6	27,4	71,0	22,4
Остиста 3 / Одеська 267	БЗ	41,0	26,1	67,6	20,8
	З	54,2	29,5	69,0	17,7
Херсонська безоста	БЗ	6,5	-	8,7	-
	З	8,4	-	13,6	-
НІР ₀₅		0,9		2,3	

Примітки: БЗ – без зрошення, З – при зрошенні;

КГМ – контрольна гібридна популяція;

МГП – модифікована гібридна популяція.

Висновки. 1. Масовий добір вихідного стійкого до бурої іржі матеріалу необхідно використовувати на першому етапі для створення модифікованих гібридних популяцій, які в подальшому слугуватимуть для індивідуальних доборів за бажаними ознаками і властивостями. 2. Порівняльне випробування нащадків масових доборів в умовах зрошення і без зрошення показало, що краще вологозабезпечення сприяло підвищенню контрастів у показниках ефективності доборів. 3. Різниця між контрольними і модифікованими гібридними популяціями у більшості випадків була вища за умов зрошення, як у більш стійких, так і у менш резистентних гібридних комбінацій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Андрійченко Л.В. та інші. Агроекологічні та економічні аспекти вирощування озимої пшениці в умовах Південного степу України. *Екологія: Наукові праці*. К. 2010. том 132. Вип.119. С. 41–44.

2. Базалій В.В. Принципи адаптивної селекції пшениці озимої в зоні Південного Степу. *Херсон: Айлант*. 2004. 244 с.

3. В.В. Базалій, Є.О. Домарацький, В.І. Пічура, О.О. Домарацький. Екологізація технологій вирощування озимої пшениці в зоні Південного Степу України. *Херсон: Грін Д.С.*, 2014. 168 с.

4. Лифенко С.П., Литвиненко М.А. Досягнення в селекції пшениці озимої м'якої. *Вісник аграрної науки*. 2000. № 12. С. 15–16.
 5. Базалій В.В., Домарацький Є.О., Базалій Г.Г., Корхова М.І., Ларченко О.В., Кириченко Н.В. Наукові основи селекції озимої пшениці на агроекологічну адаптивність. *Монографія. Миколаїв: МНАУ*. 2024. 244 с.
 6. Зубець М.В. Невідкладні завдання вчених-селекціонерів. *Вісник аграрної науки*. 2000. № 12. С. 5–8.
 7. Волкогон В.В., Надкернична О.В., Ковалевська Т.М. та ін. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика. *К.: Аграрна наука*. 2006. 312 с.
 8. Орлюк А.П., Гончарова К.В. Адаптивний і продуктивний потенціали пшениці. *Монографія. Херсон: Айлант*. 2002. 276 с.
 9. V. Bazaliy, Y. Domaratskiy, V. Pichura, O. Kozlova, A. Sarosieweez. Realization the adaptive yield potential of the in the assortment of wheat in the Stappe zone under different growing conditions Ukrainten Black Sea Region *Agrarion Science* 2023. Vol. 26. № 4. P. 30–39.
 10. Базалій В.В., Домарацький Є.О., Козлова О.П. Селекційно-генетичні аспекти селекції озимої пшениці та їх вплив на агроекологічну адаптивність. *Аграрні інновації*. 2023. № 19. С. 120–126.
 11. Охорона прав на сорти рослин. *Офіційний бюлетень. Державна комісія по сортовипробуванню та охороні сортів рослин. К. Альфа*. 2003. Вип. 2–3. С. 5–6, 191–193.
-