

УДК 681.527:633.16:632.938

Ковтун І. В.

аспірант,

Селекційно-генетичний інститут –
Національний центр насіннізнавства та сортовивчення

Одеса, Україна

E-mail: igoragrail@gmail.com

ORCID: 0009-0001-9902-1893

Легкун І. Б.

кандидат сільськогосподарських наук,
завідувач відділу селекції та насінництва ячменю,

Селекційно-генетичний інститут –

Національний центр насіннізнавства та сортовивчення

Одеса, Україна

E-mail: legkun_i@ukr.net

ORCID: 0000-0003-1679-8822

ПОШУК НОВИХ ДЖЕРЕЛ СТІЙКОСТІ ДО ГЕЛЬМІНТОСПОРІОЗНИХ ПЛЯМИСТОСТЕЙ ЯЧМЕНЮ

Анотація

Встановлені нові високоефективні джерела стійкості до місцевих. Відомо три типи плямистості ячменю: темно-бура, смугаста і сітчаста, всі вони представлені в Україні.

Згідно із науковою програмою ПНД (підпрограма) I.1 06.01.05 у відділі селекції та насінництва ячменю СГІ–НЦНС розпочато новий напрям селекції на стійкість до гельмінтоспоріозних плямистостей з генетично обумовленою стійкістю.

Відповідно до поставленого завдання ми вивчали рівень сприйнятливості сортів та F_1, F_2 та BC_1 до місцевих популяцій рас *Bipolaris sorokiniana*, *Drechslera graminea*, *Drechslera teres*.

Дослідження проводилося в двох напрямках: на описаних в літературі джерелах стійкості серед культурних форм та диких видах, наданих національним генетичним банком зразках *Hordeum spontaneum* K. Koch №UA0830018 та *H. spontaneum* K. Koch UA0830019.

На жаль, описані у літературі джерела стійкості такі сорти, як Владімір, Thorgall та Orki [5], не виявили достатньої стійкості до місцевих популяцій рас патогенів Південного степу України. Водночас виявлено сорт, достатньо стійкий до місцевих популяцій рас темно-бурої плямистості, – Іонел з рівнем стійкості у 8 балів, але за іншими видами патогенів сорт не проявив стійкості.

Отже, пошуки стійкості до зазначених патогенів у нашій роботі довелося зосередити на диких сородичах, а подальшу селекцію будувати на міжвидовій гібридизації.

В результаті дослідження встановлені нові високоефективні джерела стійкості до місцевих популяцій рас *Bipolaris sorokiniana* та *Drechslera graminea*. За характером контролю джерела стійкості мали різну природу. Так *Hordeum spontaneum* – UA0830018 виявився носієм моногенної домінантної стійкості до місцевої популяції рас *Drechslera graminea* та дигенної домінантної до місцевої популяції рас *Bipolaris sorokiniana*. *Hordeum spontaneum* UA0830019 виявився носієм дигенної природи стійкості із неповним домінуванням (проявом) до місцевої популяції рас *Bipolaris sorokiniana* та *Drechslera graminea*.

Ключові слова: селекція, ячмінь, гельмінтоспоріоз, схрещування, стійкість, джерела, *Hordeum spontaneum* K. Koch.

Вступ. Плямистості ячменю, або гельмінтоспоріози виявляються у всіх регіонах вирощування злаків, часто бувають більш шкідливими, ніж інші хвороби. Відомо три типи плямистості ячменю – темно-бура, смугаста і сітчаста – представлені в Україні.

Аналіз основних досліджень і публікацій. На сучасному етапі селекційної роботи виникають складнощі, які пов'язані із низькою ефективністю відомих джерел стійкості [1]. Насамперед це пов'язується із расовими змінами популяцій патогенів України протягом останніх десятиліть, коли аграрний сектор фактично відмовився від використання багаторічних сівозмін, при цьому сконцентрувавши свою увагу на трьох, максимум чотирьох культурах (пшениця озима, ячмінь, соняшник) [2]. Загальне фіто навантаження зросло, через що ми спостерігаємо надзвичайну втрату стійкості районованих сортів майже по всіх цих культурах. Що призводить до повної залежності результатів праці аграріїв від засобів захисту та подорожчання собівартості кінцевого продукту.

Альтернативи тому на сучасному етапі не існує, сучасні методи захисту не ґрунтуються на генетичному контролі стійкості сортів, а зосереджені на агротехнічних заходах, які полягають у чередуванні культур, використанні фунгіцидів.

Згідно із науковою програмою ПНД (підпрограма) І.1 06.01.05 у відділі селекції та насінництва ячменя СГІ–НЦНС розпочато новий напрям селекції на стійкість до гельмінтоспоріозних плямистостей з генетично обумовленою стійкістю.

Метою досліджень було виявлення та вивчення джерел з генетично обумовленою стійкістю до видів гельмінтоспоріозної інфекції.

Матеріали і методи. Дослідження проводили в 2019–2022 рр. у відділі селекції та насінництва ячменю на полях Селекційно-генетичного інституту НААН, у двоїльній селекційній сівоzmіні Б. Попередник – чорний пар.

Відповідно до поставленого завдання ми вивчали рівень сприйнятливості сортів та F₁, F₂ та BC₁ до місцевих популяцій рас *Bipolaris sorokiniana*, *Drechslera graminea*, *Drechslera teres*.

Дослідження проводилося на штучному фоні при природному інокулюванні вегетуючих рослин. Для цього ділянки розсаднику було обсіяно високо сприйнятливим відразу до трьох видів гельмінтоспоріозної інфекції сортом – накопичувачем Манас (озимий тип розвитку). Через особливість типу розвитку сортового складу батьківських компонентів (певну долю ярих генотипів у нащадках) дослід закладався у підзимні строки.

Тестове оцінювання проводили у лабораторних умовах відділу фітопатології СГІ–НЦНС на стадії початку кушіння (3 листки) окремо за кожним видом патогену методом зараження рослин водною суспензією інокулята. Діляночні F₁ висівали вручну.

Дослідження з успадковування сприйнятливості рослин F₁, F₂ та BC₁ до місцевих популяцій рас *Bipolaris sorokiniana*, *Drechslera graminea*, *Drechslera teres* та елементів продуктивності здійснювали генетико-статистичними методами за Літун П. П. [3] та Матковський С. О. [4] та ін.

Результати досліджень. Дослідження проводилося в двох напрямках: на описаних в літературі джерелах стійкості серед культурних форм та диких видах, наданих національним генетичним банком зразках *Hordeum spontaneum* K. Koch №UA0830018 та *H. spontaneum* K. Koch UA0830019.

Оцінювання проводилося на штучному фоні при природному інокулюванні вегетуючих рослин. Подальше вивчення імунологічних властивостей віддалених гібридів проводилося у відділі фітопатології СГІ–НЦНС. Фахівцями відділу з наданих нами інфекційних популяцій вдалося виділити окремо популяції рас – *Drechslera sorokiniana*; *Drechslera graminea*; *Drechslera teres*, та розмножити.

Таблиця 1. Тестове оцінювання сортозразків ячменю у лабораторних умовах окремо за кожним видом патогену методом зараження рослин водною суспензією інокулята 2020 р.

	Сігчастий	Смугастий	Темно-бурій
UA 0830018	4	8	9
UA 0830019	2	9	8
Владімір	1	2	1
Thorgall	–	1	2
Orki	1	5	1
Віктор	3	4	3
Хенлі	1	1	1
Беркут	4	3	1
Іонел	1	2	8
Оребел	2	4	3
Рось	1	1	3
Одеська 82	3	1	1
Манас	1	1	2
Метелиця	2	3	2

У якості сприйнятливих контролів було використано сорти Рось, Одеська 82, Манас, Метелиця. З досліджень рівня сприйнятливості сортів максимальну стійкість було виявлено у колекційних зразків дикого виду *Hordeum spontaneum*.

На жаль, описані у літературі джерела стійкості, такі сорти, як Владімір, Thorgall та Orki [5], не виявили достатньої стійкості до місцевих популяцій рас патогенів Південного степу України. Водночас виявлено сорт, достатньо стійкий до місцевих популяцій рас темно-бурої плямистості, – Іонел з рівнем стійкості у 8 балів, але за іншими видами патогенів сорт не проявив стійкості.

Отже, пошуки стійкості до зазначених патогенів у нашій роботі довелося зосередити на диких сородичах, а подальшу селекцію будувати на міжвидовій гібридизації.

Також, згідно з цим оцінюванням було виявлено, що як зразки дикого виду *Hordeum spontaneum*, так і сорти культурного ячменю не мають абсолютного рівня стійкості до гельмінтоспоріозної інфекції виду *Drechslera teres*. При цьому за нашими спостереженнями проблема *Drechslera teres* для південної зони України є другорядною.

Для перевірки можливості використання зразків *Hordeum spontaneum* – UA0830018 та *Hordeum spontaneum* – UA0830019 у якості джерел стійкості у 2020–2022 році нами було проведено гібридологічний аналіз із залученням сприйнятливих сортів.

Отже, у 2022 році нами вивчалось питання сприйнятливості рослин F_1 , F_2 та BC_1 до місцевих популяцій рас *Bipolaris sorokiniana*, *Drechslera graminea*.

Згідно з теорією господар-патоген імовірним є характер взаємодії генетичних систем, що відповідають гіпотезі «ген-на-ген». Отже, від початку досліджень у нас були підстави очікувати прояв кількох генетичних факторів, якими обумовлена резистентність дослідних сортів до збудників плямистостей.

Для встановлення генетичної природи стійкості *Hordeum spontaneum* UA0830018 та *Hordeum spontaneum* UA0830019 до *Bipolaris sorokiniana*, *Drechslera graminea*, *Drechslera teres* проведено гібридологічний аналіз.

Тип успадкування резистентності F_1 оцінювали на початку кушіння (3 листки) та на стадії наливу зерна окремо за кожним видом патогену методом зараження рослин водною суспензією інокулята у штучних умовах. F_2 на стадії наливу зерна (неможливість контрольного оцінювання всього обсягу гібридного матеріалу в лабораторних умовах) у польових умовах на штучному інфекційному фоні із контрольним інокулюванням сумішшю видів патогенів.

Таблиця 2. Успадкування резистентності до популяцій місцевих рас темно-бурої плямистості *Bipolaris sorokiniana* у F_1 і F_2 при штучному інфікуванні, 2022 р.

Комбінації схрещування	Розмір вибірки	R, бал	Розмір вибірки	Фактичне розщеплення, (шт.)		Теоретично очікуване розщеплення (шт.)		Спів-відношення класів	P
				R	S	R	S		
				F_1		F_2			
Контроль H. spontaneum K. UA0830018	50	9	–	–	–	–	–	–	
H. spontaneum K. UA0830019	50	8	–	–	–	–	–	–	
Рось/ H.spt.18	101	8,7	415	385	30	390	25	15:1	0,8–0,5
Рось/ H.spt.19	74	8,2	308	197	111	181	127	9:7	0,2–0,05

Таблиця 3. Успадкування резистентності до популяцій місцевих рас смугастої плямистості *Drechslera graminea* у F_1 і F_2 при штучному інфікуванні, 2022 р.

Комбінації схрещування	Розмір вибірки	R, бал	Розмір вибірки	Фактичне розщеплення, (шт.)		Теоретично очікуване розщеплення (шт.)		Спів-відношення класів	P
				R	S	R	S		
				F_1		F_2			
Контроль H. spontaneum K. UA0830018	50	9	–	–	–	–	–	–	
H. spontaneum K. UA0830019	50	8	–	–	–	–	–	–	
Рось/ H.spt.18	101	8,7	415	336	79	312	103	3:1	0,2–0,05
Рось/ H.spt.19	74	8,2	308	169	139	178	130	9:7	0,5–0,2

Отже, виходячи з даних, отриманих від оцінювання гібридних поколінь F_1 та F_2 на здатність колекційних зразків дикого виду, *Hordeum spontaneum* – UA0830018; UA0830019 передавати стійкість до популяцій місцевих рас темно-бурої плямистості (*Bipolaris sorokiniana*) нащадкам, виявилися високоефективними. Так, гібриди першого покоління несли стійкість до зазначеного патогену за усіма комбінаціями на рівні 8–9 балів, тобто рівень ураження поверхні листостеблового апарату рослин не перевищував 15%. Прояв ознаки виявився домінантний, а характер прояву високоефективний до місцевої популяції рас темно-бурої плямистості але тотожної стійкості між *Hordeum spontaneum* – UA0830018 та UA0830019 не спостерігалось, різниця складала бал, за роки випробування подібне ранжування спостерігалось й між гібридами першого покоління.

У якості контролю використані сорти (батьківські компоненти) з дуже високим рівнем чутливості до місцевої популяції рас темно-бурої плямистості й порівняльний рівень стійкості становив 1-2 бали.

Аналіз розщеплення F_2 показав різну природу контролю стійкості за джерелами до патогенів. Так, аналіз класів (авірулентні/вірулентні) до темно-бурої плямистості (*Bipolaris sorokiniana*) виявив дигенну природу контролю за обома джерелами, що були залучені в роботу, а ось характер розщеплення на фенотипові класи абсолютно відрізнялися. Так, за комбінаціями, що створені за участю *Hordeum spontaneum* – UA0830018, фенотипові класи (авірулентні) та сприйнятливі (вірулентні) розподілялися у співвідношенні 15:1 (прояв повного дигенного домінантного контролю), натомість у комбінаціях що були створені за участю *Hordeum spontaneum* – UA0830019, фенотипові класи стійкі (авірулентні) та сприйнятливі (вірулентні) розподілялися у співвідношенні 9:7, що відповідає неповній домінантній природі контролю ознаки.

Аналіз класів (авірулентні/вірулентні) до смугастої плямистості *Drechslera graminea* при розщепленні у F₂ виявив іншу природу стійкості наведених джерел. Так, *Hordeum spontaneum* – UA0830018 виявився носієм моногенної домінантної природи стійкості, фенотипові класи (авірулентні) та сприйнятливий (вірулентні) розподілялися у співвідношенні 3:1. У комбінаціях що були створені за участю *Hordeum spontaneum* – UA0830019, фенотипові класи стійкі (авірулентні) та сприйнятливий (вірулентні) розподілялися також у співвідношенні 9:7, що також, як і для темно-бурої плямистості (*Bipolaris sorokiniana*), відповідає неповній домінантній природі контролю ознаки.

Для перевірки коректності наших висновків було проведено аналізуючі схрещування BC₁

Таблиця 4. Успадковування стійкості до місцевих популяцій *Bipolaris sorokiniana* при аналізуючому схрещуванні (BC₁), 2022 р.

Комбінація схрещування	n	Кількість рослин, авірулентних до <i>Bipolaris sorokiniana</i>		Кількість рослин, вірулентних до <i>Bipolaris sorokiniana</i>		Співвідношення класів	P
		R		S			
		n	%	n	%		
(Рось/ Н.spt.18)/Рось	134	105	78,4	29	21,6	3:1	0,5-0,2
(Рось/ Н.spt.19)/Рось	140	106	75,7	34	24,3	3:1	0,99-0,95

Таблиця 5. Успадковування стійкості до місцевих популяцій рас *Drechslera graminea* при аналізуючому схрещуванні (BC₁), 2022 р.

Комбінація схрещування	n	Кількість рослин, авірулентних до <i>Drechslera graminea</i>		Кількість рослин, вірулентних до <i>Drechslera graminea</i>		Співвідношення класів	P
		R		S			
		n	%	n	%		
(Рось/ Н.spt.18)/Рось	129	59	45,7	70	54,3	1:1	0,8-0,5
(Рось/ Н.spt.19)/Рось	104	77	74	27	26	3:1	0,95-0,8

У нашому випадку аналізуючим слід вважати схрещування рослин простого гібриду (сприйнятливий зразок /на сприйнятливий зразок) на батьківський компонент пари, що несе рецесивний прояв ознаки (у нашому випадку сприйнятливий батьківський компонент).

Як відомо, імовірність очікуваних фенотипових класів у аналізуючому схрещуванні при класичному незалежному успадковуванні буде відповідати 2 у ступені (за ступінь буде братися кількість присутніх алелів). Розглядаючи результати аналізуючого схрещування при моногенному успадковуванні ознаки, априорно маємо очікувати співвідношення фенотипових класів 1:1, при дигенному успадковуванні – 3:1, при тригенному – 7:1 і т.д.

У нашому випадку ми спостерігали співвідношення класів на рослинах BC₁ у комбінаціях із *Hordeum spontaneum* – UA0830018, близьке до очікуваного для моногенного контролю стійкості до *Drechslera graminea* та близьке до очікуваного при дигенному контролі до *Bipolaris sorokiniana*. У комбінаціях з *Hordeum spontaneum* – UA0830019 співвідношення фенотипових класів до обох патогенів було близьким до очікуваних для дигенного контролю.

Висновки. Проведені дослідження з вивчення проблеми стійкості ячменю звичайного до поширених у зоні видів гельмінтоспориозної інфекції дозволяють зробити висновки:

1. Встановлено, що у зоні проведення досліджень найбільшої шкоди посівам ячменю культурного завдають місцеві популяції *Bipolaris sorokiniana* та *Drechslera graminea*. У той самий час проблема *Drechslera teres* для південної зони України є другорядною.

2. Встановлені нові високоєфективні джерела стійкості до місцевих популяцій рас *Bipolaris sorokiniana* та *Drechslera graminea*.

3. Вивчено успадковування стійкості до популяцій місцевих рас *Bipolaris sorokiniana* та *Drechslera graminea* нових джерел стійкості *Hordeum spontaneum* – UA0830018 та *Hordeum spontaneum* – UA0830019.

4. За характером контролю джерела стійкості мали різну природу. Так, *Hordeum spontaneum* – UA0830018 виявився носієм моногенної домінантної стійкості до місцевої популяції рас *Drechslera graminea* та дигенної домінантної до місцевої популяції рас *Bipolaris sorokiniana*. *Hordeum spontaneum* UA0830019 виявився носієм дигенної природи стійкості із неповним домінуванням (проявом) до місцевої популяції рас *Bipolaris sorokiniana* та *Drechslera graminea*.

5. Доведено (за результатами гібридологічного аналізу) високу ефективність зразків *Hordeum spontaneum* – UA0830018 та *Hordeum spontaneum* – UA0830019 (виявлені вперше) як джерела резистентності до популяцій місцевих рас збудників *Bipolaris sorokiniana* та *Drechslera graminea*.

6. Успадковування резистентності до збудників місцевої популяції рас *Bipolaris sorokiniana* та *Drechslera graminea*, як показано гібридологічним аналізом, контролюються різними домінантними генами.

Список використаних джерел

1. Лінчевський А.А. 92 роки селекції ячменю в Селекційно-генетичному інституті. *Збірник наукових праць СГІ – НЦНС*. Одеса, 2008. Вип. 12(52). С. 24–49.
2. Євтушенко М.Д. Імунітет рослин. Київ : Колообіг, 2004. 303 с.
3. Літун П.П. Генетичний контроль ознак продуктивності та адаптивна технологія селекційного процесу зернових культур. *Селекція і насінництво*. Київ, 1992. Вип. 72. С. 104–108.
4. Матковський С.О., Вдовин М.Л., Панчишин Т.В. Статистика : навчальний посібник. Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2010. 344 с.
5. Gupta S., Loughman R., Lance R., Jones M.G.K. Genetics of seedling and adult plant resistance in barley against *Pyrenophora teres* f. *terec*. *Abstracts of the 2nd Intern. Workshop on Barley Leaf Blights*. ICARDA, 2002. P. 32.
6. Manninen O., Jalli M., Kalendar R., Schulman A., Afanasenko O., Robinson J. Genetic mapping of major and minor resistance genes in barley against an array of *Pyrenophora teres* Drechs. f. *terec* Smedeg. Isolates. *Abstracts of Symposium, Netherlands*. 2000. P. 83.
7. Moseman I.G. Metcalfe D.R. Inheritance of resistance genes in barley by reaction to *Ustilago nuda*. *Can. Your. Sci.* 1969. Vol. 49. № 4. P. 447–451.

Kovtun I. V.

Postgraduate Student,

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

E-mail: igoragrail@gmail.com

ORCID: 0009-0001-9902-1893

Legkun I. B.

Candidate of Agricultural Sciences,

Head of the Barley Breeding and Seed Production Department,
Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation
Odesa, Ukraine

E-mail: legkun_i@ukr.net

ORCID: 0000-0003-1679-8822

THE SEARCH FOR NEW SOURCES OF RESISTANCE TO HELMINTHOSPORIAL SPOTTING OF BARLEY

Abstract

Three types of barley spotting are known: dark brown, striped and net, all of them are presented in Ukraine.

According to the scientific program of PND (subprogram) I.1 on January 6, 2005, the Department of Barley Breeding and Seed Production of the SGI-NCNS started a new direction of breeding for resistance to helminthosporial spots with genetically determined resistance.

In accordance with the assigned task, we studied the level of susceptibility of varieties and F_1 , F_2 and BC1 to local populations of races *Bipolaris sorokiniana*, *Drechslera graminea*, *Drechslera teres*.

The study was conducted in two directions: on sources of resistance among cultivated forms and wild species described in the literature, samples of *Hordeum spontaneum* K. Koch №UA0830018 and *H. spontaneum* K. Koch № UA0830019 provided by the National Genetic Bank.

Unfortunately, sources of resistance such as *Vladimir*, *Thorgall* and *Orki* [5] described in the literature did not show sufficient resistance to local populations of pathogen races of the Southern Steppe of Ukraine. At the same time, it was found that the variety is sufficiently resistant to local populations of dark brown spotted races – *Ionel* with a resistance level of 8 points, but the variety did not show resistance to other types of pathogens.

Therefore, the search for resistance to these pathogens in our work had to be focused on wild relatives, and further selection was based on interspecies hybridization.

As a result of the study, new highly effective sources of resistance to local populations of *Bipolaris sorokiniana* and *Drechslera graminea* were established. According to the nature of control, the sources of stability were of different nature. Thus, *Hordeum spontaneum* – UA0830018 turned out to be a carrier of monogenic dominant resistance to the local population of *Drechslera graminea* and digenic dominant to the local population of *Bipolaris sorokiniana*. *Hordeum spontaneum* UA0830019 turned out to be a carrier of digenic nature of resistance with incomplete dominance (manifestation) to the local population of *Bipolaris sorokiniana* and *Drechslera graminea* races.

Key words: selection, barley, helminthosporiosis, crossing, immunity, sources, *Hordeum spontaneum* K. Koch.

References

1. Linchevsky A.A. (2008). 92 roky selektsii yachmeniu v Selektiino-henetychnomu instytutu [92 years of barley breeding at the Breeding and Genetics Institute], *Zbirnyk naukovykh prats – Collection of scientific papers* (vols.12), (pp. 24–49). Odesa: Selection and genetics institute – National center of seed science and variety study [in Ukrainian].
2. Yevtushenko, M. D., Lisovyi, M. P., Pantelev, V. K., Slisarenko, O. M. (2004). *Imunitet roslyn [Plant immunity]*. Kyiv: Koloobih, 303 p. [in Ukrainian].

3. Lytun P.P., Bondarenko L.V., Osipova L.S. (1992) Henetychnyi kontrol oznak produktyvnosti ta adaptivna tekhnolohiia selektsiinoho protsesu zernovykh kultur [Genetic control of productivity traits and adaptive technology of the breeding process of grain crops]. *Selektsiia i nasinnytstvo – Breeding and seed production* (vols. 72), (pp. 104–108). Kyiv [in Ukrainian].
4. Matkovsky S.O., Vdovin M.L., Panchyshyn T.V. (2010). Statystyka [Statistics]. Lviv: Ivan Franko LNU Publishing Center [in Ukrainian].
5. Gupta S., Loughman R., Lance R., Jones M.G.K. (2002) Genetics of seedling and adult plant resistance in barley against *Pyrenophora teres* f. *Teres* – Abstracts of the 2nd Intern. *Workshop on Barley Leaf Blights*. – ICARDA.
6. Manninen O., Jalli M., Kalendar R., Schulman A., Afanasenko O., Robinson (2000) Genetic mapping of major and minor resistance genes in barley against an array of *Pyrenophora teres* Drechs. f. *teres* Smedeg. isolates. *Abstracts of Symposium Netherlands* [in Netherlands].
7. Moseman I.G. Metcalfe D.R. (1969) Inheritance of resistance genes in barley by reaction to *Ustilago nuda* – *Can. Jour. Sci* (vol. 49), (pp. 447–451).