

УДК 633.1.630*165.72.443

О. Л. Січняк¹, к.б.н., доцент

О. А. Васильєв², к.с.-г.н., провідний науковий співробітник

¹Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, кафедра генетики та молекулярної біології, вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна

²Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та со-
тровивчення, відділ фітопатології та ентомології,

Овідіопольська дор., 3, Одеса, 65036, Україна, e-mail: sechnyak@ukr.net

СТІЙКІСТЬ ДО БОРОШНИСТОЇ РОСИ ПШЕНИЧНО- ЧУЖОРІДНИХ ГІБРИДІВ ТА БАТЬКІВСЬКИХ ФОРМ

Досліджували стійкість до борошнистої роси пшенично-чужорідних гібридів і батьківських форм. Високу стійкість показали неповні пшенично-пирійні амфіплоїди. За схрещування зі сприйнятливими до хвороби сортами пшениці гібриди виявилися гетерогенними за стійкістю до гриба – від середньо чутливих до стійких. Найбільш стійкі форми виявлені в комбінаціях схрещування Жатва Алтай х НАД 2 і НАД 1 х Жатва Алтай. Виявлено реципрокні ефекти щодо стійкості до борошнистої роси за схрещування пшениці Жатва Алтай з НАД 1. Стійкість до хвороби суттєво залежала від погодних умов року випробувань.

Ключові слова: пшениця, пшенично-чужорідні амфіплоїди, віддалена гібридизація, борошниста роса, резистентність.

Борошниста роса пшениці, яка викликається *Blumeria graminis* (DC.) Speer f. sp. *tritici* = *Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici*, є одним із найбільш шкодочинних захворювань м'якої пшениці, яке розповсюджене у багатьох регіонах, в тому числі Китаї, Німеччині, Японії, Росії, Великобританії, Південній та Західній Азії, Північній та Східній Африці, південному сході США [6] і в Україні [1]. Втрати врожаю через це захворювання сягають 13-34 % [8, 12]. Вирощування стійких сортів пропонує ефективний, економічно обґрунтований та екологічно безпечний підхід до припинення використання фунгіцидів і зниження втрат врожаю, викликаних борошнистою росою.

Існують два типи стійкості до борошнистої роси. Один з них – моногенна (вертикальна, або расоспецифічна) стійкість, яка ефективна лише для окремих ізолятів борошнистої роси. Стійкість здійснюється в основному через реакцію надчутливості листя за безпосередньої участі одного великого гена *R*, позначеного як *Pm* – ген (борошниста роса), у взаємодії ген на ген [6, 7]. Расоспецифічні гени стійкості проявляють свою дію як на стадії паростків, так і протягом всього вегетаційного періоду пшениці. Хоча цей тип стійкості широко використовується в селекційних програмах пшениці, тиск добору, що створюють сорти з генами расоспецифічної стійкості, призводить до швидкого нарощування ізо-

лятів гриба з відповідними генами вірулентності. Отже, ця стійкість долається при зіткненні з ізолятами збудника з новими генами вірулентності.

Інший тип стійкості до борошнистої роси – стійкість дорослих рослин, який уповільнює інфікування, ріст і розмноження збудника у дорослих рослин, але не в паростках. Цей тип стійкості – часткову стійкість [9] – можна виявити у сортів з подоланою расоспецифічною стійкістю, або у сортів, які її взагалі не мали. Стійкість дорослих рослин до борошнистої роси більш довговічна, ніж расоспецифічна стійкість. Наприклад, пшениця сорту Нокс та її похідні залишалися ефективними проти борошнистої роси протягом 20 років [20]. Дотепер майже 41 локус ($Pm1-Pm45$, $Pm18=Pm1c$, $Pm22=Pm1e$, $Pm23=Pm4c$, $Pm31=Pm21$) з більш ніж 60 генами / алелями стійкості до борошнистої роси виявлені та локалізовані на різних хромосомах м'якої пшениці та її співродичів [10, 11, 15-17]. Проте, гени стійкості часто долаються новими ізолятами борошнистої роси, оскільки наявність та частота генів вірулентності в популяції збудника змінюються безперервно [13, 18, 14, 19].

Таким чином, пошук нових джерел стійкості до борошнистої роси залишається актуальним завданням. Тому метою представленої роботи є оцінка стійкості до борошнистої роси пшенично-чужорідних гібридів та їх батьківських форм.

Матеріали та методи досліджень

Для дослідження використовували пшенично-чужорідні 56-хромосомні неповні амфіплоїди НАД (*Triticum aestivum* L. × *Thinopyrum ponticum* (Podp.) Z.-W. Liu и R.-C. Wang) (далі НАД 1), НАД (*Triticum aestivum* L. × *Thinopyrum intermedium* (Host) Barkworth & D. R. Devey) (далі НАД 2), Н 79/9-9 (*Triticum aestivum* L. × *Elymus* sp.) (далі Н79/9-9), *Triticum aestivum* L. сортів Альбатрос одеський, Фантазія одеська, Жатва Алтая та їх гібриди, F_2-F_4 (табл. 1).

Оцінку стійкості до борошнистої роси провадили протягом трьох років в польовому інфекційному розсаднику на провокаційному фоні. В якості накопичувачів інфекції використовували *Triticum aestivum* L. сортів Одеська 26, Одеська напівкарликова і *Triticum compactum* Host. Рівень ураження цих сортів сягає 100 % (відповідає 1–2 балам використовуваної шкали). Ступінь стійкості оцінювали за дев'ятибальною шкалою. Бали 6–9 характеризували різну ступінь стійкості, бали 1–5 різну ступінь сприйнятливості. Вони відповідали наступній кількості враження рослин в процентах: 1–100 %, 2–90 %, 3–65 %, 4–40 %, 5–25 %, 6–15 %, 7–10 %, 8–5 %, 9–0 % [2]. Статистичне опрацювання виконували методом двохфакторного дисперсійного аналізу без повторень [5] після попереднього перетворення процентної оцінки за формулою: $\varphi = 2 \arcsin \sqrt{p}$.

Результати досліджень та їх обговорення

Сорти пшениці Альбатрос одеський і Фантазія одеська були помірно сприйнятливими до хвороби, однак у 2010 році, коли переважала посушлива сонячна погода ураження рослин борошнистою росою дещо знижувалося. Подібна картина спостерігалася і відносно сорту Жатва Алтая, але у 2010 році він продемонстрував помірну стійкість до борошнистої роси (табл. 1).

Таблиця 1

Ступінь ураження борошнистою росою батьківських форм та інтрогресивних гібридів пшениці

№ з/п	Сорт, амфіплоїд, гібрид	2009	2010	2011	Середнє
1	Альбатрос одеський	4	5	4	4,3
2	Фантазія одеська	4	5	4	4,3
3	Жатва Алтая	4	6	5	5,0
4	НАД 1	9	8	8	8,3
5	НАД 2	9	9	8	8,7
6	Н79/9-9	5	7	6	6,0
7	Жатва Алтая×НАД 1	4	7	4	5,0
8	Жатва Алтая×НАД 2	8	9	8	8,3
9	НАД 1×Жатва Алтая	6	9	7	7,3
10	НАД 1×Фантазія од.	4	7	6	5,7
11	Фантазія од.×НАД 1	4	7	6	5,7
12	Фантазія од.×НАД 2	4	4	5	4,3
13	Н79/9-9×Альбатрос одеський	7	8	6	7,0

Обидва пшенично-пирійних амфіплоїди, НАД 1 і НАД 2, були стабільно стійкими до хвороби, а пшенично-елітусний амфіплоїд Н79/9-9 в залежності від умов року був помірно сприйнятливим – слабо стійким.

Гібриди між пшенично-чужорідними амфіплоїдами виявилися гетерогенними за стійкістю до хвороби – від середньо чутливих до стійких.

Дисперсійний аналіз підтвердив достовірність відмінностей між дослідженими формами за стійкістю до хвороби (табл. 2).

Таблиця 2

**Дисперсійний аналіз стійкості до борошнистої роси батьківських форм
та інтрогресивних гібридів пшениці**

Джерело варіювання	SS	Df	mS	F _{факт}	F _{табл} при P=0,01
Загальне	7,94	38	—	—	—
Фактор А (ядерний геном)	6,57	12	0,548	32,21**	3,03
Фактор В (рік)	0,96	2	0,48	28,24**	5,61
Випадкові відхилення	0,41	24	0,017	—	—

** – відмінності достовірні при $P \leq 0,01$

Найбільш стійкі форми серед гібридів м'якої пшениці з неповними амфіплоїдами виявлені в комбінаціях схрещування Жатва Алтая х НАД 2 і НАД 1 х Жатва Алтая, хоча пшениця Жатва Алтая була досить сприйнятливою до патогену. Пшениця Фантазія одеська мала такий же рівень сприйнятливості, однак її гібриди не успадкували стійкість до борошнистої роси. Привертає увагу наявність реципрокних ефектів за схрещування пшениці Жатва Алтая з НАД 1. Це не можна пояснити безпосереднім впливом цитоплазми, адже неповні пшенично-пирійні амфіплоїди створювалися на цитоплазмі м'якої пшениці. Однак, як відомо [4], у стійкість рослини-хазяїна до грибних хвороб вносять вклад усі три клітинні субгеноми – ядерний, пластидний і мітохондріальний, а також їх взаємодія з геномом збудника хвороби. Функціонування пластидного та мітохондріального геномів суттєво залежить від ядерного геному, куди внаслідок тривалої еволюції мігрували певні гени пластоми та хондріому. Ядерний геном рослини-хазяїна в даному випадку є гібридним, тому він міг модифікувати цитоплазматичні субгеноми, внаслідок чого і проявилися реципрокні ефекти. Інша причина наявності реципрокних ефектів може бути обумовлена тим, що кожна гібридна комбінація є ізольованою популяцією, в якій відбувається розщеплення. Через обмеженість розмірів популяцій в них діятимуть генетико-статистичні процеси і загальна оцінка стійкості може суттєво відрізнятись.

Гібриди між пшеницею Альбатрос одеський і Н79/9-9 виявилися більш стійкими, ніж пшенично-чужорідний амфіплоїд і в 2010 та 2011 роках показали таку ж стійкість, як і пшениця, а у 2009 році суттєво перевершували пшеничного батька за стійкістю до борошнистої роси. Однак не викликає сумніву, що зазначений амфіплоїд не є донором стійкості до даної хвороби.

Стійкість до хвороби суттєво залежала від погодних умов року випробувань. У більш посушливому 2010 році спостерігалася краща стійкість усіх досліджуваних форм. У спеціальних дослідженнях показано, що у інтрогресивних гібридів стійкість до хвороб (борошнистої роси, бурої іржі, септоріозу, піренофорозу) спостерігається середній рівень взаємодії генетичних факторів з умовами

середовища [3], однак в нашому дослідженні визначаючи роль грали саме погодні умови, які сприяли проростанню конідій гриба, а не самі взаємодії.

Висновки

1. Неповні пшенично-пирійні амфіплоїди є високостійкими до борошнистої роси. За схрещування зі сприйнятливими до хвороби сортами пшениці гібриди виявилися гетерогенними за стійкістю до гриба – від середньо чутливих до стійких.

2. Найбільш стійкі форми виявлені в комбінаціях схрещування Жатва Алтая х НАД 2 і НАД 1 х Жатва Алтая.

3. Виявлено реципрокні ефекти щодо стійкості до борошнистої роси за схрещування пшениці Жатва Алтая з НАД 1.

4. Стійкість до хвороби суттєво залежала від погодних умов року випробувань.

Список використаної літератури

1. *Бабаянц Л. Т.* Расовый склад *Blumeria graminis* (DC) Speer f. sp. tritici Em Marshal на півдні України в 1989-1998 роках / Л. Т. Бабаянц // Збірник наукових праць Селекційно-генетичного Інституту. – Одеса, 1999. – Вип. 1(41). – С. 100–108.
2. *Бабаянц Л. Т.* Выявление неаллельных известным генов устойчивости к *Tillietia caries* (DC) Tul. у линий пшеницы от межвидовой гибридизации (*Triticum aestivum* x *Aegilops cylindrica*) / Л. Т. Бабаянц, Л. А. Дубинина, Г. М. Ющенко // Цитология и генетика. – 2000. – Т. 34, № 4. – С. 32–40.
3. *Моцний І. І., Леонов О. Ю.* Взаємодія генотип х середовища у гібридів озимої пшениці, похідних *Ae. tauschii* / І. І. Моцний, О. Ю. Леонов // Зб. наук. пр. СГІ – НЦНС. – 2009. – Вип. 14(54). – С. 90–99.
4. *Палилова А. Н.* Фундаментальные и прикладные проблемы взаимодействия ядерной и цитоплазматических генетических систем у растений / А. Н. Палилова, П. А. Орлов, Е. А. Волуевич // Вестник ВОГиС. – 2005. – Т. 9, № 4. – С. 499–504.
5. *Седловский А. И.* Генетико-статистические подходы к теории селекции самоопыляющихся культур / А. И. Седловский, С. П. Мартынов, Л. К. Мамонов. – Алма-Ата: Наука, 1982. – 200 с.
6. *Bennett F. G. A.* Resistance to powdery mildew in wheat: A review of its use in agriculture and breeding programmes / F. G. A. Bennett // Plant Pathol. – 1984. – V. 33, N. 3. – P. 279–300.
7. *Chen Y.* Genes for resistance to wheat powdery mildew / Y. Chen, J. Chelkowski // J. Appl. Genet. – 1999. – V. 40, N. 4. – P. 317–334.
8. *Griffey C. A.* Effectiveness of adult-plant resistance in reducing grain yield loss to powdery mildew in winter wheat / C. A. Griffey, M. K. Das, E. L. Stromberg // Plant Dis. – 1993. – V. 77, N. 2. – P. 618–622.
9. *Hautea R. A.* Inheritance of partial resistance to powdery mildew in spring wheat / R. A. Hautea, W. R. Coffman, M. E. Sorrells, G. C. Bergstrom // Theor. Appl. Genet. – 1987. – V. 73, N. 4. – P. 609–615.
10. *He R.* Inheritance and mapping of powdery mildew resistance gene *Pm43* introgressed from *Thinopyrum intermedium* into wheat / R. He, Z. Chang, Z. Yang, Z. Yuan et al. // Theor. Appl. Genet. – 2009. – V. 118, N. 6. – P. 1173–1180.
11. *Hua W.* Identification and genetic mapping of *Pm42*, a new recessive wheat powdery mildew resistance gene derived from wild emmer (*Triticum turgidum* var. *dicoccoides*) / W. Hua, Z. Liu, J. Zhu, C. Xie et al // Theor. Appl. Genet. – 2009. – V. 119, N. 2. – P. 223–230.
12. *Leath S.* Effects of powdery mildew, triadimenol seed treatment, and triadimefon foliar sprays on yield of winter wheat in North Carolina / S. Leath, K. L. Bowen // Phytopathol. – 1989. – V. 79, N. 2. – P. 152–155.
13. *Leath S.* Virulence genes of the wheat powdery mildew fungus, *Erysiphe graminis* f. sp. *Tritici* in North Carolina / S. Leath, J. P. Murphy // Plant Dis. – 1985. – V. 69, N. 6. – P. 905.
14. *Limpert E.* Analysis of virulence in populations of wheat powdery mildew in Europe / E. Limpert, F. G. Felsenstein, D. Andrivon // J. Phytopathol. – 1987. – V. 120, N. 1. – P. 1–8.

15. Luo P. G. Characterization and chromosomal location of *Pm40* in common wheat: a new gene for resistance to powdery mildew derived from *Elytrigia intermedium* / P. G. Luo, H. Y. Luo, Z. J. Chang, H. Y. Zhang et al // Theor Appl. Genet. – 2009. – V. 18, N. 6. – P. 1059–1064.
16. Ma H. Identification and mapping of a new powdery mildew resistance gene on chromosome 6D of common wheat / H. Ma, Z. Kong, B. Fu, N. Li, L. Zhang, H. Jia, Z. Ma // Theor. Appl. Genet. – 2011. – V. 123, N. 7. – P. 1099–1106.
17. McIntosh R. A. Catalogue of Gene Symbols for Wheat / R. A. McIntosh, Y. Yamazaki, J. Dubcovsky, J. Rogers, C. Morris, R. Appels, X. C. Xia // 12th International Wheat Genetics Symposium 8-13 September 2013 Yokohama, Japan. – [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/macgene/2013/GeneCatalogueIntroduction.pdf;jsessionid=27DBA7D7FD0392235D423647EF770026.lb1>
18. Menzies J. G. Virulence of *Erysiphe graminis* f. sp. *Tritici* in southern Ontario in 1983, 1984, and 1985 / J. G. Menzies, B. H. MacNeil // Can. J. Plant Pathol. – 1986. – V. 8, N. 3. – P. 338–341.
19. Namuco L. O. Virulence spectrum of the *Erysiphe graminis* f. sp. *Tritici* population in New York / L. O. Namuco, W. R. Coffman, G. C. Bergstrom, M. E. Sorrells, // Plant Dis. – 1987. – V. 71. – P. 539–541.
20. Shaner G. Evaluation of slow-mildewing resistance of Knox wheat in the field / G. Shaner // Phytopathology. – 1973. – V. 63. – P. 867–872.

Стаття надійшла до редакції 24.02.2014

А. Л. Сечняк¹, А. А. Васильев²

¹Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,
кафедра генетики и молекулярной биологии,
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина

²Селекционно-генетический институт – Национальный центр семеноведения и
сортоизучения, отдел фитопатологии и энтомологии,
Овидиопольская дор., 3, Одесса, 65036, Украина, e-mail: sechnyak@ukr.net

УСТОЙЧИВОСТЬ К МУЧНИСТОЙ РОСЕ ПШЕНИЧНО-ЧУЖЕРОДНЫХ ГИБРИДОВ И РОДИТЕЛЬСКИХ ФОРМ

Резюме

Исследовали устойчивость к мучнистой росе пшенично-чужеродных гибридов и родительских форм. Высокую устойчивость продемонстрировали неполные пшенично-пырейные амфиплоиды. Их гибриды от скрещивания с чувствительными к заболеванию сортами пшеницы оказались гетерогенными по устойчивости к грибу – от средне чувствительных до устойчивых. Наиболее устойчивые формы выявлены в комбинациях скрещивания Жатва Алтая х НАД 2 и НАД 1 х Жатва Алтай. Выявлены реципрокные эффекты по устойчивости к мучнистой росе при скрещивании пшеницы Жатва Алтай с НАД 1. Устойчивость к болезни значимо зависела от погодных условий года испытаний.

Ключевые слова: пшеница, пшенично-чужеродные амфиплоиды, отдаленная гибридизация, мучнистая роса, резистентность.

O. L. Sichnyak¹, O. A. Vasiliev²

¹Odesa Mechnykov National University, Department of Genetics and Molecular Biology,

2, Dvoryanska Str., Odesa, 65082, Ukraine

²The Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed & Cultivar Investigation, Department of Phytopathology and Entomology,

3, Ovidiopolska dor., Odesa, 65036, Ukraine

RESISTANCE TO POWDERY MILDEW OF WHEAT-ALIEN HYBRIDS AND PARENTAL FORMS

Summary

The resistance to powdery mildew of wheat-alien hybrids and parental forms was investigated. High resistance was showed by incomplete wheat-wheatgrass amphiploids. Their hybrids from crossing with sensitive to disease wheat varieties were heterogeneous for resistance to the fungus (their resistance varied from medium sensitive to resistant). The most stable forms were found in crossing Zhatva Altaya x PA 2 and PA 1 x Zhatva Altaya. The reciprocal effects on resistance to powdery mildew in crossing of wheat Zhatva Altaya with PA 1 were revealed. Resistance to disease was significantly dependent on weather conditions in the year of tests.

Key words: wheat, wheat-alien amphyploids, wide crossing, powdery mildew, resistance.