

УДК 633.11: 631.524.86

В. А. ТРАСКОВЕЦЬКА, наук. співроб.,
Н. І. САУЛЯК, мол. наук. співроб.,
К. П. ТЕРНОВИЙ, асп.,
О. В. БАБАЯНЦ, д. б. н., ст. наук. співроб., зав. від.,
Л. Т. БАБАЯНЦ, к. с.-г. н., провід. наук. співроб.,
О. В. ГАЛАЄВ, к. б. н., пров. наук. співроб.
СГІ–НЦНС, Одеса
e-mail: nadjasauljak@gmail.com

ЕФЕКТИВНІСТЬ ГЕНІВ СТІЙКОСТІ ПШЕНИЦІ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) ДО ЗБУДНИКА БОРОШНИСТОЇ РОСИ *BLUMERIA GRAMINIS* (DC) SPEER F. SP. *TRITICI* У СТЕПУ УКРАЇНИ

В Україні борошниста роса (Blumeria graminis (DC) Speer f. sp. tritici) є однією з найбільш розповсюджених листостеблових хвороб пшениці. Наразі у степовій зоні України проти борошнистої роси ефективними є гени стійкості Pm 3c, Pm 17, Pm 20, Pm 170911. Вони самостійно або у комбінаціях з іншими генами (Pm 3a; Pm 25; Pm 38; Pm 39) забезпечують лініям та сортам пшениці стійкість та можливість захистити їх від хвороби. Порівнюючи результати наших теперішніх досліджень з результатами минулих років, припускаємо, що у популяції патогена частота вірулентності до носіїв генів Pm 3c та Pm 17 знизилася, тоді як до Pm 4b — значно зросла.

Ключові слова: ген, стійкість, ефективність, пшениця, лінія, борошниста роса.

Вступ. В Україні борошниста роса (*Blumeria graminis* (DC) Speer f. sp. *tritici*) є однією з найпоширеніших листостеблових хвороб пшениці, зокрема й у степовій зоні. У Степу періодично спостерігається її епіфітотійний розвиток на сприйнятливих сортах. Протягом останніх 17 років епіфітотії спостерігалися у 2003, 2005, 2008, 2012, 2013 та 2016 роках [1; 2].

В інтегрованій системі захисту пшениці від хвороб, включаючи й борошнисту росу, одним з головних способів боротьби є створення та вирощування генетично захищених сортів. Основу стійкості пшениці до патогенів складають ефективні, так звані гени расоспецифічної стійкості: *Pm*, *Lr*, *Yr*, *Sr*, *Bt*, *Ut*, *Stb*, *Fhb* та інші. На жаль, стійкість пшениці до збудників хвороби не є постійною, з часом вона втрачається. В еволюції патогенів за результатами расотворчих процесів у популяціях з'являються вірулентні, агресивні раси та штами, що долають захист, зумовлений дією

генів стійкості. Тому необхідним є моніторинг ефективності генів стійкості з метою пошуку високоефективних для подальшого їх використання та створення стійких сортів пшениці [3].

В науковій літературі є інформація про 79 *Pm*-генів та їх алелей [3; 2].

Моніторинг рас *Blumeria graminis* (DC) Speer f. sp. *tritici* та ефективність *Pm*-генів в умовах Півдня України здійснювали вчені-фітопатологи Селекційно-генетичного інституту протягом низки років (2004–2013). Протягом цього періоду у популяції патогена ідентифіковані 78 відомих та 39 раніше не описаних рас патогена. Визначено як авірулентні, так і вірулентні раси щодо усіх ізогенних ліній та сортів пшениці з 23 відомими *Pm*-генами. Переважна більшість рас були вірулентні до носіїв генів *Pm 1a*, *Pm 2*, *Pm 3g*, *Pm 6*, *Pm 8*, *Pm 10+Pm 15*, *Pm 8+Pm 11*. У той же час більшість авірулентних рас спостерігалася до сорту 'Kharpli' та ліній з генами *Pm20*, *Pm37*, *Pm3c* + *Pm5a* + *Pm34* [2].

Мета роботи — необхідність дослідження ефективності *Pm*-генів через епіфітотію борошністої роси у 2016 році.

Результати дослідження представлені у поданій статті.

Матеріали та методи. Для визначення ефективності генів стійкості до збудника борошністої роси досліджували лінії та сорти пшениці з *Pm*-генами 1a, 2, 3a, 3b, 3c, 3g, 4a, 4b, 6, 7, 8, 8+11, 10+15, 17, 20, 37, 3a+5a+34, 3a+3c+25, 17+38+39 (табл. 1). Насіння більшості з них отримано з Дослідницького центру генетичних ресурсів (USDA, ARS, National Genetic Resources Program), за що висловлюємо щире подяку колегам.

Дослідження проводили у польовому інфекційному розсаднику борошністої роси пшениці на штучно створеному інфекційному фоні хвороби, а також в умовах теплиці та на світлоустановках за інокуляції конідіями патогена протягом 2016 та 2017 років.

Ступінь стійкості та сприйнятливості рослин визначали за типовим проявом хвороби та ураження рослин, застосовуючи загальноприйняті методи фітопатологічної оцінки [1].

Тип ураження та характер прояву хвороби визначали за реакцією рослин на інфекцію патогена у ювенільну фазу їхнього розвитку (BBCH12–23 по Цадоксу) (табл. 1).

Інтенсивність ураження визначали за характером прояву хвороби на дорослих рослинах (BBCH 51–73 по Цадоксу) (табл. 2; рис.).

Результати досліджень. У 2016 та 2017 роках у польовому інфекційному розсаднику борошністої роси у фазу дорослої рослини дуже сильно уразилися лінії та сорти пшениці (бали 1–2) (табл. 3; рис.) з генами *Pm3b*, *Pm3g*, *Pm5*, *Pm6*, *Pm8*, *Pm8+Pm11*. В умовах теплиці ті ж лінії та сорти у ювенільній фазі розвитку рослин проявили високу сприйнятливості (тип ураження VS (табл. 1, 3). Вище викладене свідчить про те, що дані *Pm*-гени не є ефективними та самостійно захистити пшеницю не можуть.

Таблиця 1

Шкала оцінок стійкості пшениці до збудника борошнистої роси

Тип ураження	Характер прояву хвороби	Ступінь стійкості — сприйнятливості
0	ознаки хвороби відсутні	дуже висока стійкість
VR	хлороз та некроз без спороношення	висока стійкість
R	слабкий розвиток міцелію, маленькі пустули у хлорозних і некрозних плямах	стійкість
MR	слабкий розвиток міцелію, маленькі і середні пустули у хлорозних і некрозних плямах	помірна стійкість
MS	помірний розвиток міцелію, маленькі і середні пустули без хлорозу і некрозу	слабка сприйнятливість
S	пухкий міцелій, пустули крупні, споруючі рясна	сприйнятливості
VS	добре розвинутий міцелій, дуже значна споруючі	висока сприйнятливості

Лінії та сорти пшениці з генами *Pm 1a*, *Pm 3a*, *Pm 4a*, *Pm 7*, *Pm 37*, *Pm 10 + Pm 15*, *Pm 3a + Pm 5a + Pm 34* за інтенсивністю ураження у фазу дорослої рослини (бал 3 и 4) (табл. 2; рис.) та типом ураження у ювенільну фазу їх розвитку S виявились сприйнятливими (табл. 3). Це свідчить про те, що гени не є ефективними і самостійно захистити пшеницю не можуть.

Сорти пшениці 'Amigo', 'Khapli', 'Княгиня Ольга', 'Вихованка одеська' та лінії Sonora/8*Chancellor, PI170911, Saluda *3/ PI427662, KS93WGRC28, фіто 117/16 виявили високу стійкість як в умовах польового інфекційного розсадника, так і в умовах теплиці (табл. 1).

Відомо, що моногенна лінія Sonora/8*Chancellor має ген *Pm 3c*, котрий локалізований у хромосомі 1A пшениці [3]. За фітооцінок цієї лінії в ювенільній фазі розвитку рослини домінували типи ураження VR, R (табл. 1), що вказує на стійкість даної ліній. Слабке ураження дорослих рослин (бал 8) (табл. 2; рис.) вказує на високу стійкість цієї лінії (табл. 1). Крім того на окремих рослинах спостерігались пустули з конідіями патогена, що характеризують слабку сприйнятливості (MS) (табл. 1). Це свідчить про те, що в популяції патогена трапляються вірулентні, але слабкоагресивні раси, які поки що не становлять загрози гену. Отож вважаємо ген високоефективним. Лінія пшениці Saluda*3/PI 427662 також показала стійкість, як і моногенна Sonora /8*Chancellor (табл. 3). Окрім гена *Pm 3c*, вона також має гени *Pm 3a* та *Pm 25*.

Сорт пшениці 'Khapli' у ювенільну фазу розвитку рослин характеризується високою стійкістю (R) (табл. 1): ознаки хвороби відсутні, спостерігався тип ураження у вигляді незначного конідіального спороношення гриба у хлорозних та некрозних плямах. Слабке ураження дорослих рослин (бал 8) це підтверджує (табл. 3). Відомо, що сорт має ген *Pm 4a*, який походить від *Triticum turgidum sub sp. dicoccum* і локалізований у хромосомі 2A пшениці [1]. У той же час ізогенна лінія Khapli /8*Chancellor

з *Pm 4a* урадилася, виявилася сприйнятливою до хвороби. Вище викладене свідчить про те, що у сорту 'Khapli' окрім *Pm 4a* є інші *Pm*-гени.

Таблиця 2

Шкала оцінок стійкості пшениці та інших колосових культур до збудників борошнистої роси

Бал	Характер прояву хвороби	Ступінь стійкості–сприйнятливості
9	ознаки хвороби відсутні	дуже висока і висока стійкість
8	на листі окремі хлорозні та некрозні плями, дуже рідкий одиничний наліт конідій	
7	уражене найнижче листя; спостерігаються окремі малі подушечки, можливо у хлорозних або некрозних плямах	стійкість
6	уражена третина рослини: найнижче листя уражене помірно, міцелій утворює частіше за все подовжені подушечки, зрідка у хлорозних та некрозних плямах	
5	рослина уражена від низу до середини: найнижче листя уражене сильно, вищі яруси — помірно та слабо	слабка сприйнятливість
4	рослина уражена до передпрапорцевого листка: листя нижнього ярусу значно уражене, спостерігається його загибель; листя середнього ярусу уражене помірно, є сліди інфекції на передпрапорцевому листку	сприйнятливість
3	рослина уражена до прапорцевого листка: листя нижнього ярусу уражене сильно, спостерігається його загибель; а середнього ярусу — помірно або сильно, флаговий лист — слабо	
2	уражена вся рослина: листя до передпрапорцевого листа уражене сильно, прапорцевий лист — помірно; спостерігається загибель листя на нижніх і середніх ярусах, інфекція на колосових лусках та остях	висока і дуже висока сприйнятливість
1	уражена вся рослина: листя вражене дуже сильно і спостерігається його загибель, інфекція на колосових лусках та остях, стеблі різного ступеню	

У сорту пшениці 'Amigo' в ювенільну фазу розвитку рослин ознаки хвороби були відсутні (VR), або спостерігався тип ураження R (табл. 1), що характеризує його стійкість (табл. 3). Зрідка з'являлися малі пустули конідій гриба, що характеризують слабку сприйнятливість (MS) (табл. 1). Це свідчить про те, що в популяції патогена трапляються вірулентні, але слабкопатогенні раси, які цьому сорту поки що не загрожують. Це підтверджується високою стійкістю дорослих рослин сорту до популяції патогена.

Відомо, що сорт має ген *Pm 17* [3]. Його інтрогресовано з хромосоми 1R жита у хромосому 1AS пшениці [4]. Викладені результати дослідження стійкості цього сорту до патогена свідчать про те, що ген *Pm 17* є дійсно ефективним.

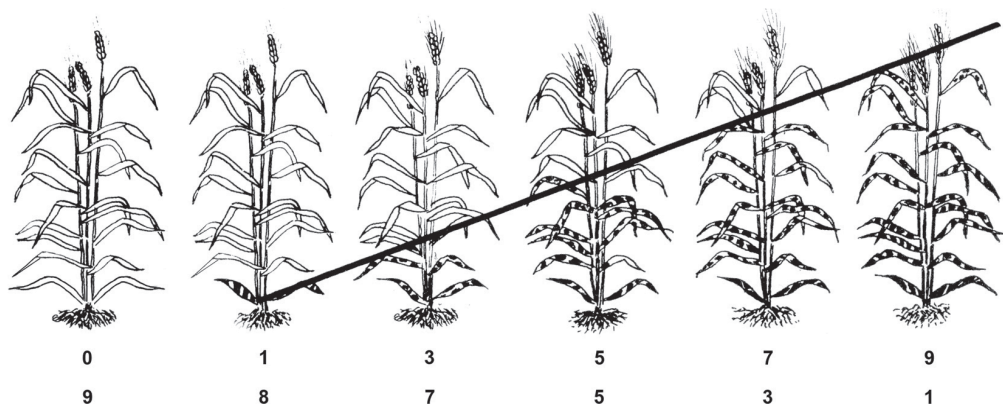


Рис. Шкала для обліку ураження рослини збудниками борошнистої роси в балах: уніфікована шкала СЕВ

Лінія фіто 117/16 і сорти 'Вихованка одеська', 'Княгиня Ольга' проявили таку ж високу стійкість, як і сорт 'Amigo' (табл. 3). Методом ПЛР-аналізу ідентифіковано: у лінії присутній ген *Pm 17*, а у сортів — *Pm 17*, *Pm 38*, *Pm 39*.

У лінії пшениці KS93WGRC28 в ювенільну фазу розвитку рослин ознаки хвороби були відсутні або спостерігались типи ураження (R, MR) (табл. 1), що характеризують її стійкість. У фазі дорослої рослини вона показала високу стійкість (табл. 3). Відомо, що ця лінія має ген *Pm 20*, локалізований у хромосомі 6В. Можливо, він походить від жита [5]. Вважаємо цей ген ефективним.

У лінії пшениці *Pm 170911* у фітооцінках в ювенільній фазі розвитку рослин спостерігали не дуже часті хлорозні та некрозні плями зі слабким розвитком конідій (тип R) (табл. 1), а також слабку ураженість дорослих рослин (бал 8) (табл. 2; рис.; табл. 3), що засвідчує високу стійкість лінії до хвороби. Лінія має домінантний ген, означений нами як *Pm 170911*. Вважаємо його ефективним.

Сорт пшениці 'Weihenstephan M1' у польовому інфекційному розсаднику борошнистої роси уразився відносно слабо (бал 5) (табл. 2; рис.) за домінування в ювенільній фазі розвитку рослин типів ураження, що характеризують сприйнятливість (табл. 3). Відомо, що цей сорт має ген *Pm 4b*, локалізований у хромосомі 2А пшениці [3]. Показники фітооцінок стійкості цієї лінії вказують на те, що ген *Pm 4b* недостатньо ефективний.

Висновки. На даний момент у степовій зоні України проти борошнистої роси *Blumeria graminis* (DC) *Speer f. sp. tritici* ефективними є гени стійкості *Pm 3c*, *Pm 17*, *Pm 20*, *Pm 170911*. Вони самостійно або в комбінаціях з іншими генами (*Pm 3a*; *Pm 25*; *Pm 38*; *Pm 39*) забезпечують лініям та сортам пшениці стійкість до цієї хвороби. Порівнюючи результати наших досліджень з результатами минулих років, припускаємо, що у популяції атогенна частота вірулентності до носіїв генів *Pm 3c* та *Pm 17* знизилася, тоді як до *Pm 4b* — значно зросла [1–3].

Таблиця 3

Результати фітопатологічних оцінок стійкості пшениці з різними *Pm*-генами збудника борошнистої роси *Bl. gr. (DC) Speer f. sp. tritici*, 2016–2017 рр.

Лінія, сорт	Номер каталога	<i>Pm</i> -гени	Ураженість, бал			
			2016		2017	
			1	2	1	2
'Carstens V'	PI 191311	–	VS	1	VS	1
Axminster/8*Chancellor	Cltr14114	1a	S	3	S	3
Ulka/8*Chabcellor	Cltr14118	2	S	3	S	3
Asosan/8*Chancellor	Cltr14120	3a	S	3	S	3
Chul/8*Chancellor	Cltr14121	3b	VS	2	VS	2
Sonora/8*Chancellor	Cltr14122	3c	VR,R (MS)	8	VR,R (MS)	8
Aristide	PI 512253	3g	VS	2	VS	1
'Khapli'/8*Chancellor	Cltr14123	4a	S	3	S	3
'Khapli'	Cltr4013	4a+	O (R)	8	O (R)	8
'Weihenstephan M1'	–	4b	S (R–MR)	5	S (R–MR)	5
Hope / 8*Chancellor	Cltr14125	5a	VS	1	VS	1
Michigan Amber/ 8*Chancellor	Cltr15888	6	VS	1	VS	1
Transec	Cltr14189	7	S	4	S	4
'Kavkaz'/8*Chancellor	–	8	VS	2	VS	2
'Amigo'	PI 578213	17	O–R (MS)	8	O–R (MS)	8
KS93WGRC28	PI583795	20	O (R, MR)	8	O (R, MR)	8
Saluda*3/PI427315	PI615588	37	S	3	S	3
PI 170911		–	O (R)	8	O (R)	8
Salmon	P1542976	8+11	VS	2	VS	2
Norin 4	PI235228	10+15	S	4	S	4
Saluda*3/TA2492	PI604033	3a+5a+34	S	3	S	3
Saluda*3/PI427662	PI599035	3a+3c+25	VR,R (MS)	8	VR,R (MS)	8
'Княгиня Ольга'		17+38 + 39	O–R (MS)	8	O–R (MS)	8
'Вихованка одеська'		17+38 + 39	O–R (MS)	8	O–R (MS)	8
Фіто 117/16		17	O–R (MS)	8	O–R (MS)	8

Примітка: 1 — тип ураження в ювенільну фазу розвитку рослини; 2 — ураженість дорослої рослини. Дані, наведені в дужках, відображають розщеплення по типу реакції.

Pm-гени 1a, 2, 3a, 3b, 3q, 4a, 5a, 6, 7, 8, 10, 11, 15, 34, 37 проти борошнистої роси не мають ефективності і тому самостійно захистити пшеницю від цієї хвороби не можуть.

Гени *Pm 25*, *Pm 38* та *Pm 39* можуть бути ефективними, але це слід дослідити. Також необхідно визначити, які саме *Pm*-гени відповідальні за високу стійкість сорту 'Khapli' до збудника борошнистої роси.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Бабаянц О. В., Бабаянц Л. Т. Основы селекции и методология оценок устойчивости пшеницы к возбудителям болезней. Одесса, 2014. 399 с.
2. Бабаянц Л. Т., Бабаянц О. В., Трасковецкая В. А. Расовый состав *Blumeria graminis* (D. C.) Speer f. *Sp. Tritici* в Степи Украины и эффективность *Pm*-

- генов. *Збірник наук. праць СГІ–НЦНС*. Одеса, 2004. Вип. 6 (46). С. 269–278.
3. The T. T., McIntosh R. A., Bennett F. G. A. Cytogenetical studies in wheat. Monosomic analyses, telocentric mapping and linkage relationships of genes *Sr 21*, *Pm 4* and *Mle*. *Australian Journal of Biological Sciences*. 1979. V. 32. P. 115–125.
 4. Hsam S. L. K., Huang X. Q. et al. Chromosomal location of genes for resistance to powdery mildew in common wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell.). Alleles at the *Pm 5* locus. *Theoretical and Applied Genetics*. 2001. V. 102. P. 127–133.
 5. Бабаянц Л. Т., Рибалка О. І., Аксельруд Д. В. Нове джерело стійкості пшениці до основних хвороб. Реалізація потенційних можливостей сортів і гібридів Селекційно-генетичного інституту в умовах України. *Збірник наук. праць СГІ–НЦНС*. Одеса, 1996. С. 111–116.

Надійшла 28.11.2018

UDC 633.11: 631.524.86

Traskovetska V. A., Sauliak N. I., Ternovoi K. P., Babayants O. V., Babayants L. T., Galaiev O. V. Plant Breeding and Genetics Institute — National Center of Seed and Cultivar Investigations, Odesa
e-mail: nadjasauljak@gmail.com

EFFECTIVENESS OF WHEAT (*TRITICUM AESTIVUM* L.) RESISTANCE GENES TO THE CAUSAL AGENT OF POWDERY MILDEW *BLUMERIA GRAMINIS* (DC) SPEER F. SP. *TRITICI* IN THE STEPPE OF UKRAINE

In Ukraine, powdery mildew (*Blumeria graminis* (DC) Speer f. sp. *tritici*) is one of the most common and destructive foliar diseases of wheat.

Currently, in the steppe zone of Ukraine genes Pm 3c, Pm 17, Pm20, Pm170911 are effective against powdery mildew *Blumeria graminis* (DC) speer f. sp. *tritici*.

They alone or in combination with other genes (Pm 3a; Pm 25; Pm 38; Pm 39) confer resistance to wheat lines and varieties and are able to protect them against this disease. Comparing the results of our studies with the results of previous years, we assume that in the population of the pathogen, the frequency of virulence to carriers of the Pm 3c and Pm 17 genes has decreased, while virulence to Pm 4b has significantly increased.

Key words: *gene, resistance, efficiency, wheat, line, powdery mildew.*

УДК 633.11: 631.524.86

Трасковецкая В. А., Сауляк Н. И., Терновой К. П., Бабаянц О. В., Бабаянц Л. Т., Галаев А. В. Селекционно-генетический институт — Национальный центр семеноведения и сортоизучения, Одесса
e-mail: nadjasauljak@gmail.com

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЕНОВ УСТОЙЧИВОСТИ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) К ВОЗБУДИТЕЛЮ МУЧНИСТОЙ РОСЫ *BLUMERIA GRAMINIS* (DC) SPEER F. SP. *TRITICI* В СТЕПИ УКРАИНЫ

В Украине мучнистая роса (*Blumeria graminis* (DC) Speer f. sp. *tritici*) является одной из самых распространенных листостебельных болезней пшеницы.

В настоящее время в степной зоне Украины против мучнистой росы эффективны гены устойчивости *Pm 3c*, *Pm 17*, *Pm20*, *Pm170911*. Они самостоятельно или в комбинациях с другими генами (*Pm 3a*; *Pm 25*; *Pm 38*; *Pm 39*) обеспечивают линиям и сортам пшеницы устойчивость и способны защитить их от этой болезни.

Сопоставляя результаты наших исследований с результатами предыдущих лет, предполагаем, что в популяции патогена частота вирулентности к носителям генов *Pm 3c* и *Pm 17* снизилась, а к *Pm 4b* — значительно возросла.

Ключевые слова: ген, устойчивость, эффективность, пшеница, линия, мучнистая роса.