

Эффективная устойчивость образцов рода *Aegilops* L. к мучнистой росе

DOI: 10.30901/2227-8834-2020-3-135-140



УДК 633.11:632.937.14

Поступление/Received: 26.02.2020

Принято/Accepted: 21.09.2020

М. А. КОЛЕСОВА*, Н. Н. ЧИКИДА, М. Х. БЕЛОУСОВА,
Л. Г. ТЫРЫШКИН

Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова,
190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44
*✉ markolesova@yandex.ru

Effective resistance to powdery mildew in *Aegilops* L. accessions

М. А. KOLESOVA*, N. N. CHIKIDA,
M. KH. BELOUSOVA, L. G. TYRYSHKIN

N.I. Vavilov All-Russian Institute
of Plant Genetic Resources,
42, 44 Bolshaya Morskaya Street,
St. Petersburg 190000, Russia
*✉ markolesova@yandex.ru

Актуальность. Мучнистая роса (возбудитель *Blumeria graminis* (DC.) E.O. Speer f. sp. *tritici* Em. Marchal) распространена и вредоносна во всех регионах возделывания мягкой пшеницы. Для расширения генетического разнообразия пшеницы по устойчивости к *B. graminis* широко используются дикорастущие родичи *Triticum aestivum* L., в том числе представители рода *Aegilops* L. Цель настоящей работы – характеристика образцов семи видов эгилопов из коллекции генетических ресурсов растений ВИР по проростковой и возрастной эффективной устойчивости к мучнистой росе. **Материалы и методы.** Материалом исследования служили 437 образцов семи видов рода *Aegilops* (*Ae. speltoides* Tausch, *Ae. caudata* L., *Ae. biuncialis* Vis., *Ae. tauschii* Coss., *Ae. cylindrica* Host, *Ae. crassa* Boiss. и *Ae. ventricosa* Tausch) из коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР, Санкт-Петербург). Ювенильную устойчивость к мучнистой росе оценивали при заражении возбудителем мучнистой росы проростков образцов в контролируемых лабораторных условиях, устойчивость взрослых растений – при искусственном заражении флаг-листьев патогеном и на естественном инфекционном фоне на полях научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лабораторий ВИР». Для заражения использовали сборные популяции *B. graminis*. Учет типов реакции на заражение проводили через 10 суток после инокуляции по общепринятой шкале. **Результаты и выводы.** В результате проведенной работы показана восприимчивость к мучнистой росе на всех стадиях онтогенеза изученных образцов эгилопов D-геномной группы; все образцы видов *Ae. speltoides*, *Ae. caudata* и *Ae. biuncialis* характеризовались высоким уровнем ювенильной и возрастной резистентности к мучнистой росе.

Ключевые слова: эгилопы, *Blumeria graminis*, проростковая устойчивость, устойчивость взрослых растений.

Background. Powdery mildew (*Blumeria graminis* (DC.) E.O. Speer f. sp. *tritici* Em. Marchal) is widespread and harmful in all regions of bread wheat cultivation. Severe development of powdery mildew leads to a decrease in the number and weight of grains. Growing resistant cultivars is the most environmentally friendly and economically profitable method to protect wheat from the disease. Development of such cultivars requires a search for new donors of effective genes controlling the resistance. To expand the genetic diversity of wheat for resistance to *B. graminis*, wild relatives of *Triticum aestivum* L., including *Aegilops* L. spp., are widely used. The aim of this work was to characterize seven *Aegilops* spp. for effective seedling and adult plant resistance to powdery mildew. **Materials and methods.** The material of the study consisted of 437 accessions representing 7 *Aegilops* spp. (*Ae. speltoides* Tausch, *Ae. caudata* L., *Ae. biuncialis* Vis., *Ae. tauschii* Coss., *Ae. cylindrica* Host, *Ae. crassa* Boiss. and *Ae. ventricosa* Tausch) from the collection of the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR, St. Petersburg). Juvenile resistance was studied when the seedlings were inoculated with the agent of powdery mildew under controlled laboratory conditions; the adult plant resistance, after artificial inoculation of the plants and under natural infection in the fields of Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR. Complex populations of the *B. graminis* agent were used for inoculation. The types of response to infection were scored 10 days after inoculation according to a conventional scale. **Results and conclusions.** As a result of the tests, susceptibility to powdery mildew was shown in all *Aegilops* accessions of the D-genome group; all the studied representatives of *Ae. speltoides*, *Ae. caudata* and *Ae. biuncialis* were highly resistant to powdery mildew.

Key words: *Aegilops*, *Blumeria graminis*, seedling resistance, adult plant resistance.

Введение

В России пшеница является одной из основных продовольственных культур и главным товаром зернового экспорта. Поражение посевов культуры грибными болезнями, в том числе мучнистой росой (возбудитель *Blumeria graminis* (DC.) E.O. Speer f. sp. *tritici* Em. Marchal), приводит к значительному снижению урожайности и качества ее зерна. Так, например, потери урожая пшеницы от *B. graminis* могут составлять 10–30% (Sanin, Makarov, 1999), в годы эпифитотий – 50% и более (Vedeneva et al., 2002).

Выращивание устойчивых сортов является самым экологически безопасным и экономически выгодным методом защиты пшеницы от болезни. Для создания таких сортов требуется поиск новых доноров эффективных генов резистентности. Запас генов устойчивости, эффективных к болезни в условиях Северо-Западного региона России, в генофонде мягкой пшеницы крайне ограничен (Lebedeva, Zuev, 2018).

Один из возможных путей его расширения – интрогрессия генов от диких родичей мягкой пшеницы, в том числе и от представителей рода *Aegilops* L. Так, например, в геном *Triticum aestivum* L. уже переданы гены устойчи-

вости к мучнистой росе от *Ae. tauschii* Coss. (Pm19, Pm34, Pm35, Pm58), *Ae. speltoides* Tausch (Pm12, Pm32, Pm53), *Ae. umbellulata* Zhuk. (Pm33), *Ae. longissima* Schweinf. et Muschl. (Pm13), *Ae. ovata* L. (Pm29) и *Ae. searsii* Feldman et Kislev ex Hammer (Pm57) (McIntosh et al., 2013; McIntosh et al., 2014; McIntosh et al., 2017).

В качестве возможных доноров генов устойчивости к мучнистой росе для интрогрессивной гибридизации рекомендуют и другие виды: *Ae. ventricosa* Tausch, *Ae. comosa* Sm. in Sibth. et Sm., *Ae. triuncialis* L., *Ae. variabilis* Eig, *Ae. sharonensis* Eig, *Ae. cylindrica* Host, *Ae. crassa* Boiss., *Ae. caudata* L., *Ae. recta* (Zhuk.) Chennav. и *Ae. kotschy* Boiss. (Ryabchenko et al., 2002).

Коллекция Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР, Санкт-Петербург) содержит более 5000 образцов 27 видов эгилопсов, собранных практически во всех ареалах их произрастания. Ранее при оценке небольшой части коллекции ВИР были выделены образцы, устойчивые к мучнистой росе (Bochev et al., 1982; Ryabchenko et al., 2002; Davoyan et al., 2014). Следует отметить, что эти исследования проводились давно и выделенные по резистентности формы могли стать восприимчивыми вследствие появления в популяциях возбудителя генотипов с расширенным спектром вирулентности, а также более агрессивных генотипов патогена. Известны случаи появления в популяциях патогенов клонов, вирулентных к образцам зерновых культур, гены которых не использовались в селекции в конкретном регионе (Tyryshkin et al., 2015; Tyunin et al., 2018).

Цель настоящей работы – идентификация высокоустойчивых к мучнистой росе образцов среди представителей семи видов рода *Aegilops*.

Материалы и методы

Материалом исследования служили 437 образцов семи видов рода *Aegilops* из коллекции генетических ресурсов растений ВИР (табл. 1).

При оценке ювенильной устойчивости по 20–30 семян каждого образца высевали в кюветы на смоченную водой вату. Кюветы с наклюнувшимися семенами пере-

носили на светоустановку (освещенность 2500 люкс, температура 20°C).

Проростки в стадии 1-2 листьев опудривали конидиями *B. graminis*. Для заражения использовали сборную популяцию патогена, представленную смесью сборов с нескольких восприимчивых сортов мягкой пшеницы в Северо-Западном регионе РФ, не менее чем три раза за сезон вегетации хозяина. Популяцию поддерживали на интактных проростках сорта 'Ленинградка'.

Учет типов реакции на заражение проводили через 10 суток после инокуляции по общепринятой шкале (Mains, Dietz, 1930) с модификацией, где:

0 – отсутствие симптомов поражения;

1 – очень мелкие пустулы, окруженные некрозом;

2 – крупные пустулы, окруженные некрозом либо хлорозом;

3 – крупные пустулы без некроза и хлороза.

Типы 0, 0; и 1 соответствуют высокому уровню устойчивости, 2 – среднему уровню устойчивости и 3 – восприимчивости. Все образцы, выделившиеся по резистентности в одном опыте, оценивали не менее чем в трех дополнительных независимых экспериментах.

Устойчивость растений всех изучаемых образцов эгилопсов в стадии флаг-листа оценивали в 2004–2019 гг. на полях научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лабораторий ВИР» (ВИР, Пушкин, Санкт-Петербург) при искусственном заражении и на естественном инфекционном фоне (в том числе и в годы эпифитотий болезни в 2007, 2015–2018 гг.) по показателю «процент пораженной листовой поверхности». Все образцы перед посевом яровизировали при 4°C в холодильнике в течение 45–60 суток.

При искусственном заражении растения эгилопсов опрыскивали суспензией конидий *B. graminis* (концентрация 100 тысяч спор/мл), либо использовали метод микрокамер. Для этого на флаг-листья помещали фильтровальную бумагу (1 × 1 см), смоченную в конидиальной суспензии патогена, лист обертывали полиэтиленовой пленкой (3 × 5 см) и с двух сторон полиэтилен закрепляли скрепками. Через 10 суток тип реакции учитывали по вышеописанной шкале (Mains, Dietz, 1930).

Таблица 1. Виды рода *Aegilops* L., изученные по устойчивости к мучнистой росе

Table 1. *Aegilops* L. spp. studied for powdery mildew resistance

Вид	Геномная формула	Плоидность, 2n=	Изучено образцов, шт.
<i>Ae. speltoides</i> Tausch	SS	14	10
<i>Ae. caudata</i> L.	CC	14	5
<i>Ae. biuncialis</i> Vis.	UUM ^b M ^b	28	10
<i>Ae. tauschii</i> Coss.	DD	14	75
<i>Ae. cylindrica</i> Host	DDCC	28	319
<i>Ae. crassa</i> Boiss.	DDM ^{cr} M ^{cr}	28	10
<i>Ae. ventricosa</i> Tausch	DDNN	28	8

Результаты и обсуждение

Все изученные образцы видов *Ae. speltoides*, *Ae. caudata* и *Ae. biuncialis* были высокоустойчивы к болезни в лабораторных экспериментах. В полевых опытах, как на естественном инфекционном фоне, так и при искусственном заражении (опрыскивание, метод микрокамер), они также проявили устойчивый тип реакции (табл. 2).

Среди 412 образцов *Ae. tauschii*, *Ae. cylindrica*, *Ae. ventricosa* и *Ae. crassa* не было выделено форм, устойчивых к мучнистой росе в стадии проростков. Все изученные образцы этих видов проявили восприимчивый тип реакции на заражение флаговых листьев сборной популяцией патогена в полевых условиях методом микрокамер. На естественном инфекционном фоне в годы сильных эпифитотий они также были высоковосприимчивы к болезни (поражено более 90% листовой поверхности).

Таблица 2. Устойчивые к мучнистой росе образцы эгилопсов (*Aegilops* L.)

Table 2. *Aegilops* L. accessions resistant to powdery mildew

Вид	№ по каталогу ВИР	Происхождение	Тип реакции		
			Искусственное заражение		Естественный инфекционный фон
			1-2 лист	флаг-лист	
<i>Ae. speltoides</i>	462	неизвестно	0	0	0
	1000	Турция	0	0	0
	1015	Афганистан	0	0	0
	1593	Ирак	0	0	0
	1595	Ирак	0	0	0
	1596	Ирак	0	0	0
	2279	Иран	0	0	0
	2819	Турция	0	0	0
	2302	Румыния	0	0	0
	2371	Израиль	0	0	0
<i>Ae. biuncialis</i>	1045	Азербайджан	0	0	0
	1145	Азербайджан	0	0	0
	1176	Азербайджан	0	0	0
	1239	Азербайджан	0	0	0
	1444	Азербайджан	0	0	0
	2900	Болгария	0	0	0
	3006	Россия	0	0	0
	2452	Греция	0	0	0
	2531	Россия	0	0	0
	3280	Греция	0	0	0
<i>Ae. caudata</i>	1598	Турция	0	0	0
	1799	Греция	0	0	0
	2254	Турция	0	0	0
	2255	Турция	0	0	0
	2260	Турция	0	0	0

Согласно современной филогенетической теории донором генома D мягкой пшеницы является вид *Ae. tauschii* (Riley, Chapman, 1960; Konarev, 1980), генома G – *Ae. speltooides* (Riley et al., 1958; Konarev, 1980). В связи с этим большой интерес для работы по интрогрессивной гибридизации представляют представители этих видов.

В нашей работе среди образцов эгилопсов, содержащих геном D, не было выделено устойчивых к популяции *B. graminis* из Северо-Западного региона. Предполагается, что именно с появлением этого генома связано огромное внутривидовое разнообразие мягкой пшеницы, появление озимых форм, улучшение хлебопекарных качеств, но в то же время именно с ним связывают высокую восприимчивость *Triticum aestivum* к грибным болезням. Ранее была показана восприимчивость к мучнистой росе небольшого набора образцов видов *Aegilops tauschii* (4 образца) и *Ae. cylindrica* (8 образцов) из коллекции генетических ресурсов растений ВИР (Ryabchenko et al., 2002). В более поздних экспериментах среди D-геномных видов *Ae. tauschii* и *Ae. ventricosa* были выделены образцы, устойчивые к краснодарской популяции *B. graminis*, однако все изученные образцы *Ae. cylindrica* были восприимчивыми (Davoyan et al., 2014).

Известно, что из четырех генов, переданных в геном мягкой пшеницы от *Ae. tauschii*, ген *Pm19* не эффективен против пушкинской популяции гриба (Lebedeva, Zuev, 2018; Lebedeva et al., 2019). Ген *Pm35* эффективен в Египте (Emara et al., 2016; El-Shamy et al., 2016). Гены *Pm34* и *Pm35* были эффективны в полевых условиях на востоке США (Северная Каролина) (Petersen et al., 2015; Cowger et al., 2018). Однако линии с этими генами поражаются изолятами *B. graminis*, собранными в восточной части Северной Америки в лабораторных экспериментах (Cowger et al., 2018).

По результатам многолетних исследований образцы *Ae. speltooides* характеризовались высоким уровнем ювенильной устойчивости к болезни. Также устойчивые к мучнистой росе образцы *Ae. speltooides* из коллекции генетических ресурсов растений ВИР были выделены ранее другими авторами (Ryabchenko et al., 2002; Davoyan et al., 2014).

От этого вида в геном пшеницы уже переданы гены резистентности к мучнистой росе *Pm12*, *Pm32* и *Pm53* (McIntosh et al., 2013; McIntosh et al., 2014; McIntosh et al., 2017). Ген *Pm12* сохраняет свою эффективность на востоке США (Petersen et al., 2015), в Северо-Западном регионе России (Lebedeva, Zuev, 2018; Lebedeva et al., 2019), Китае (Wang et al., 2005), Египте (Emara et al., 2016; El-Shamy et al., 2016). Ген *Pm53* эффективен на востоке США (Cowger et al., 2018). Резистентность образцов *Ae. speltooides*, выделенных в данной работе, может быть обусловлена либо уже известными эффективными генами устойчивости, либо новым/новыми геном/генами резистентности к *B. graminis*.

Нами были выделены образцы видов *Ae. caudata* и *Ae. biuncialis* характеризующиеся высоким уровнем ювенильной устойчивости к мучнистой росе. Ранее при оценке образцов *Ae. caudata* из коллекции генетических ресурсов растений ВИР также были выделены образцы, резистентные к мучнистой росе (Ryabchenko et al., 2002; Davoyan et al., 2014).

Пока не известно о случаях передачи в геном мягкой пшеницы генов устойчивости от видов *Ae. caudata* и *Ae. biuncialis*, и теоретически резистентные в данной

работе образцы могут иметь новый/новые ген/гены устойчивости к *B. graminis*.

В наших предыдущих работах было показано, что образцы *Ae. speltooides*: к-462, к-1000, к-1015, к-1593, к-1595, к-2279, к-2819, к-2302, к-2371; *Ae. biuncialis*: к-1145, к-2900, к-3006, к-2452, к-2531 и *Ae. caudata* к-1598 обладают высоким уровнем устойчивости к *Puccinia triticina* Erikss. Образцы *Ae. caudata* к-2254 и к-2255 высокоустойчивы к обыкновенной корневой гнили (возбудитель *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker) (Kolesova, 2008; Kolesova, Tyryshkin, 2015; Kolesova, 2017; Kolesova, Tyryshkin, 2018). Таким образом, нами выделены образцы рода *Aegilops*, обладающие групповой устойчивостью к мучнистой росе и листовой ржавчине, а также к мучнистой росе и обыкновенной корневой гнили.

Заключение

По данным многолетних исследований нами были выделены 25 образцов трех видов эгилопсов *Ae. speltooides*, *Ae. caudata* и *Ae. biuncialis*, характеризующихся высоким уровнем ювенильной и возрастной устойчивости к северо-западной популяции *B. graminis*. Для определения перспективности привлечения данных форм в селекцию на иммунитет необходимо дальнейшее изучение генетического контроля признака. Среди 412 образцов D-геномной группы (*Ae. tauschii*, *Ae. cylindrica*, *Ae. ventricosa* и *Ae. crassa*) не было выделено форм, устойчивых к мучнистой росе, как в проростковой стадии, так и стадии флаг-листа.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № 0662-2019-0006 «Поиск, поддержание жизнеспособности и раскрытие потенциала наследственной изменчивости мировой коллекции зерновых и крупяных культур ВИР для развития оптимизированного генбанка и рационального использования в селекции и растениеводстве».

The work was performed within the framework of the State Task according to the theme plan of VIR, Project No. 0662-2019-0006 "Search For and Viability Maintenance, and Disclosing the Potential of Hereditary Variation in the Global Collection of Cereal and Groat Crops at VIR for the Development of an Optimized Genebank and Its Sustainable Utilization in Plant Breeding and Crop Production".

References/Литература

- Bochev B., Kunovski Zh., Ganeva G. The genus *Aegilops* L. as a source for breeding wheat for resistance to fungal diseases. *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Breeding*. 1982;73(3):111-120. [in Russian] (Бочев Б., Куновски Ж., Ганева Г. Род *Aegilops* L. как источник устойчивости к грибным болезням для селекции пшениц. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1982;73(3):111-120).
- Cowger C., Mehra L., Arellano C., Meyers E., Murphy J.P. Virulence differences in *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* from the Central and Eastern United States. *Phytopathology*. 2018;108(3):402-411. DOI: 10.1094/PHYTO-06-17-0211-R
- Davoyan R.O., Bebyakina I.V., Davoyan E.R., Zubanova Y.S., Zinchenko A.N. Characterization of the *Aegilops* and

- Triticum* species according to their resistance to leaf and yellow rust and powdery mildew. *Science of Kuban*. 2014;1:32-35. [in Russian] (Давоян Р.О., Бебякина И.В., Давоян Э.Р., Зубанова Ю.С., Зинченко А.Н. Характеристика видов *Aegilops* и *Triticum* по устойчивости к листовой ржавчине, желтой ржавчине и мучнистой росе. *Наука Кубани*. 2014;1:32-35).
- El-Shamy M.M., Emara H.M., Mohamed M.E. Virulence analysis of wheat powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) and effective genes in Middle Delta, Egypt. *Plant Disease*. 2016;100(9):1927-1930. DOI: 10.1094/PDIS-01-16-0130-RE
- Emara H.M., Omar A.F., El-Shamy M.M., Mohamed M.E. Identification of *Pm24*, *Pm35* and *Pm37* in thirteen Egyptian bread wheat cultivars using SSR markers. *Ciência e Agrotecnologia*. 2016;40(2):155-163. DOI: 10.1590/1413-70542016403036315
- Kolesova M.A. Characterization of *Aegilops biuncialis* Viz. samples for juvenile resistance to fungal diseases. *Modern Science Success*. 2017;2(9):126-129. [in Russian] (Колесова М.А. Характеристика образцов *Aegilops biuncialis* Viz. по ювенильной устойчивости к грибным болезням. *Успехи современной науки*. 2017;2(9):126-129).
- Kolesova M.A. Resistance of *Aegilops* L. species to common root rot. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2008;9:33-35. [in Russian] (Колесова М.А. Устойчивость видов рода *Aegilops* L. к обыкновенной корневой гнили. *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2008;9:33-35).
- Kolesova M.A., Tyryshkin L.G. Characterization of samples of *Aegilops* L. species by effective resistance to diseases. 2015;29(7):20-23. *Achievements of Science and Technology of AIC*. [in Russian] (Колесова М.А., Тырышкин Л.Г. Характеристика образцов рода *Aegilops* L. по эффективной устойчивости к болезням. *Достижения науки и техники АПК*. 2015;29(7):20-23).
- Kolesova M.A., Tyryshkin L.G. Inheritance of effective juvenile leaf rust resistance in six accessions of *Aegilops speltoides* Tausch. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2018;179(4):104-110. [in Russian] (Колесова М.А., Тырышкин Л.Г. Наследование эффективной ювенильной устойчивости шести образцов *Aegilops speltoides* Tausch к листовой ржавчине. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2018;179(4):104-110). DOI: 10.30901/2227-8834-2018-4-104-110
- Konarev V.G. Proteins of wheat (Belki pshenitsy). Moscow: Kolos; 1980. [in Russian] (Конарев В.Г. Белки пшеницы. Москва: Колос; 1980).
- Lebedeva T.V., Zuev E.V. Inheritance of powdery mildew resistance in selected spring bread wheat accessions from the VIR collection. *Vavilovia*. 2018;1(1):18-24. [in Russian] (Лебедева Т.В., Зуев Е.В. Наследование устойчивости к мучнистой росе у некоторых образцов яровой мягкой пшеницы из коллекции ВИР. *Vavilovia*. 2018;1(1):18-24). DOI: 10.30901/2658-3860-2018-1-18-24
- Lebedeva T.V., Zuev E.V., Brykova A.N. Prospects of employing modern European cultivars of spring bread wheat in the breeding for powdery mildew resistance in the Northwestern region of Russia. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2019;180(4):170-176. [in Russian] (Лебедева Т.В., Зуев Е.В., Брыкова А.Н. Перспективность использования современных европейских сортов яровой мягкой пшеницы для селекции на устойчивость к мучнистой росе в Северо-Западном регионе РФ. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2019;180(4):170-176). DOI: 10.30901/2227-8834-2019-4-170-176
- Mains E.B., Dietz S.M. Physiologic forms of barley mildew, *Erysiphe graminis hordei* Marchal. *Phytopathology*. 1930;20:229-239.
- McIntosh R.A., Dubcovsky J., Rogers W.J., Morris C., Appels R., Xia X.C. Catalogue of gene symbols for wheat: 2013-2014 supplement. 2014. Available from: <https://shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/macgene/supplement2013.pdf> [accessed Dec. 25, 2019].
- McIntosh R.A., Dubcovsky J., Rogers W.J., Morris C., Appels R., Xia X.C. Catalogue of gene symbols for wheat: 2017 supplement. 2017. Available from: <https://shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/macgene/supplement2017.pdf> [accessed Dec. 25, 2019].
- McIntosh R.A., Yamazaki Y., Dubcovsky J., Rogers J., Morris C., Appels R., Xia X.C. Catalogue of gene symbols for wheat. In: *Proceedings of the 12th International Wheat Genetics Symposium; 8-13 September 2013; Yokohama, Japan*. Springer Open; 2013. Available from: <https://wheat.pw.usda.gov/GG2/Triticum/wgc/2013/GeneCatalogueIntroduction.pdf> [accessed Dec. 25, 2019].
- Petersen S., Lysterly J.H., Worthington M.L., Parks W.R., Cowger C., Marshall D.S. et al. Mapping of powdery mildew resistance gene *Pm53* introgressed from *Aegilops speltoides* into soft red winter wheat. *Theoretical and Applied Genetics*. 2015;128(2):303-312. DOI: 10.1007/s00122-014-2430-8
- Riley R., Chapman V. The D genome of hexaploid wheat. *Wheat Information Service*. 1960;11:18-19.
- Riley R., Unrau J., Chapman V. Evidence on the origin of the B genome of wheat. *Journal of Heredity*. 1958;49(3):91-98.
- Ryabchenko A.S., Serezhkina G.V., Mishina G.N., Andreev L.N., Chikida N.N. *Aegilops* species as sources of wheat resistance to powdery mildew infection. *AgroXXI*. 2002;2:14-16. [in Russian] (Рябченко А.С., Сережкина Г.В., Мишина Г.Н., Андреев Л.Н., Чикида Н.Н. Виды эгилопса как источники устойчивости пшеницы к мучнисторосяной инфекции. *АгроXXI*. 2002;2:14-16).
- Sanin S.S., Makarov A.A. Biological, agroecological and economic aspects of phytosanitary monitoring. *Plant Protection News*. 1999;1:62-66. [in Russian] (Санин С.С., Макаров А.А. Биологические, агроэкологические и экономические аспекты фитосанитарного мониторинга. *Вестник защиты растений*. 1999;1:62-66).
- Tyryshkin L.G., Kilat N.S., Gashimov M.E., Kolesova M.A., Sidorov A.V. The first identification of virulence to the barley resistance gene *Rph7* in the population of leaf rust in the North-Western region of Russia (*Pervaya identifikatsiya virulentnosti k genu ustoychivosti yachmenya Rph7 v populyatsii vozbuditelya karlikovoy rzhavchiny v Severo-Zapadnom regione Rossii*). In: *Scientific Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference "Prospects of the Development of Modern Agricultural Sciences (Sbornik nauchnykh trudov po itogam II mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Perspektivy razvitiya sovremennykh selskokhozyaystvennykh nauk")*. Voronezh; 2015. Iss. II. p.36-37. [in Russian] (Тырышкин Л.Г. Килат Н.С., Гашимов М.Э., Колесова М.А., Сидоров А.В. Первая идентификация вирулентности к гену устойчивости ячменя *Rph7* в популяции возбудителя карликовой ржавчины

в Северо-Западном регионе России. В кн.: *Сборник научных трудов по итогам II международной научно-практической конференции «Перспективы развития современных сельскохозяйственных наук»*. Воронеж; 2015. Вып. II. С.36-37). URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_25258948_18218819.pdf [дата обращения: 24.06. 2020].

Tyunin V.A., Shreyder E.R., Gulyaeva E.I., Shaydayuk E.L. Virulence of leaf rust pathogen of wheat in South Ural. *Plant Protection News*. 2018;1(95):16-20. [in Russian] (Тюнин В.А., Шрейдер Е.Р., Гульяева Е.И., Шайдаюк Е.Л. Вирулентность возбудителя бурой ржавчины пшеницы на Южном Урале. *Вестник защиты растений*. 2018;1(95):16-20).

Vedeneeva M.L., Markelova T.S., Kirillova T.V., Anikeeva N.V. Strategy of wheat disease-resistant varieties in Volga region. 1. Leaf rust, powdery mildew, loose smut and bunt. *AgroXXI*. 2002;2:12-13. [in Russian] (Веденева М.Л., Маркелова Т.С., Кириллова Т.В., Аникеева Н.В. Стратегия селекции болезнеустойчивых сортов пшеницы в Поволжье. 1. Бурная ржавчина, мучнистая роса, пыльная и твердая головня. *АгроXXI*. 2002;2:12-13).

Wang Z.L., Li L.H., He Z.H., Duan X.Y., Zhou Y.L., Chen X.M. et al. Seedling and adult plant resistance to powdery mildew in Chinese bread wheat cultivars and lines. *Plant Disease*. 2005;89:457-463. DOI: 10.1094/PD-89-0457

Прозрачность финансовой деятельности / The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

The authors declare the absence of any financial interest in the materials or methods presented.

Для цитирования / How to cite this article

Колесова М.А., Чикида Н.Н., Белоусова М.Х., Тырышкин Л.Г. Эффективная устойчивость образцов рода *Aegilops* L. к мучнистой росе. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020;181(3):135-140. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-3-135-140

Kolesova M.A., Chikida N.N., Belousova M.Kh., Tyryshkin L.G. Effective resistance to powdery mildew in *Aegilops* L. accessions. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2020;181(3):135-140. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-3-135-140

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы / The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work

Дополнительная информация / Additional information

Полные данные этой статьи доступны / Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-3-135-140>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы / The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer

Авторы одобрили рукопись / The authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует / No conflict of interest

ORCID

Kolesova M.A. <https://orcid.org/0000-0001-6310-127X>

Chikida N.N. <https://orcid.org/0000-0002-9698-263X>

Belousova M.Kh. <https://orcid.org/0000-0003-0980-3531>

Tyryshkin L.G. <https://orcid.org/0000-0002-3502-549X>