

нотипов ячменя восточносибирской селекции // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2018, № 48(3). С. 70–77. DOI 10.31677/2072-6724-2018-48-3-70-77.

- 4 Юсова О.А., Николаев П. Н., Аниськов Н. И., Сафонова И. В. Адаптивность сортов ячменя по признаку «масса 1000 зерен» в условиях лесостепи Омской области // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 2. С. 24–28. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10205.
- 5 Сурин Н.А., Герасимов С.А., Ляхова Н.Е. Адаптивность и экологическая пластичность ячменя в условиях лесостепи Красноярского края // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023, № 53(6) С.15-23. DOI: 10.26898/0370-8799-2023-6-2.
- 6 Гончаров П.Л. Методика селекции кормовых трав в Сибири. Новосибирск, 2003. 396с.
- 7 Родина Н.А. Селекция ячменя на северо-востоке Нечернрземья. Киров, 2006. 486с.
- 8 Алабушев А.В. Адаптивный потенциал сортов зерновых культур // Зернобобовые и крупяные культуры. 2013. № 2 (6). С. 47–51.
- 9 Животков Л.А., Морозова З.А., Секатуева Л.И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайность» // Селекция и семеноводство. 1994, № 2. С. 3–6.
- 10 Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2005, № 6. С. 49–53.
- 11 Зыкин В.А., Шаманин В.П., Белан И.А. Экология пшеницы: монография. Омск, 2000. 124 с.
- 12 Зоидзе Е.К., Хомякова Т.В. Моделирование формирования влагообеспеченности на территории Европейской России в современных условиях и основы оценки агроклиматической безопасности // Метеорология и гидрология. 2006, № 2. С. 98–105.

DOI 10.18699/GPB2024-85

Источники устойчивости мягкой яровой и озимой пшеницы к мучнистой росе и бурой ржавчине в условиях Новосибирской области

Сочалова Л.П. с.н.с., Бойко Н.И. к.с-х.н., м.н.с., Мусинов К.К. к.с-х.н., с.н.с., Пискарев В.В. к.с-х.н., заведующий лабораторией.*

Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия

**email: musinov29@gmail.com*

В 2020–2022 годах в условиях изолированного фитопатологического питомника СибНИИРС-филиал ИЦиГ СО РАН была изучена устойчивость образцов генетических коллекций мягкой яровой и озимой пшеницы к инфекциям мучнистой росы и бурой ржавчины, распространенных в условиях Новосибирской области. По результатам иммунологической оценки выделены генетически разнообразные источники устойчивости пшеницы к одному и двум патогенам, высокой массой 1000 зерен, устойчивые к полеганию.

Ключевые слова: мягкая пшеница, сорт, мучнистая роса, бурая ржавчина, ген, устойчивость.

Sources of resistance of soft spring and winter wheat to powdery mildew and brown rust in the conditions of the Novosibirsk region

Sochalova L.P., Boyko N.I., Musinov K.K. *, Piskarev V.V.

Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, Novosibirsk, Russia

*email: musinov29@gmail.com

In 2020–2022, in the conditions of an isolated phytopathological nursery Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – branch of Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, the resistance of samples of genetic collections of soft spring and winter wheat to infections of powdery mildew and brown rust, common in the Novosibirsk region, was studied. According to the results of the immunological assessment, genetically diverse sources of wheat resistance to one and two pathogens, high weight of 1000 grains, resistant to lodging were identified.

Keywords: soft wheat, variety, powdery mildew, brown rust, gene, resistance.

Из инфекционных болезней мягкой пшеницы наиболее распространенными и вредоносными на территориях выращивания культуры являются мучнистая роса (возбудитель – гриб *Blumeria graminis*) и бурая ржавчина (возбудитель – гриб *Puccinia triticina*). В зерновом производстве Новосибирской области большинство посевных площадей занимают сорта с узким числом генов устойчивости [1]: против бурой ржавчины – *Lr1*, *Lr3a*, *Lr9*, *Lr10*, *Lr26*, *Lr34* и мучнистой росы – *Pm4b*, *Pm8* (сцепленный с *Lr26*) и *Pm38* (сцепленный с *Lr34*). Кроме местных сортов, в условиях области возделывают зарубежные сорта с блоком генов *Lr20/Pm1* (Тризо и др.), утратившие эффективность к болезни практически повсеместно [2].

Для сдерживания инфекций бурой ржавчины и мучнистой росы на полях культуры с 2018 г. в зерновом производстве области стали возделывать иммунный к патогенам яровой сорт KWS Akvilon (из Германии), несущий эффективный чужеродный ген *Lr24* (от *Agropyron elongatum*) [3]. Однако ген *Lr24* стал терять эффективность к бурой ржавчине в Омской обл., Красноярском крае [4, 5] и Новосибирской обл. [1], что может привести к поражению сортов болезнью с одиночным геном устойчивости [1–3, 7]. Появление новых агрессивных форм фенотипов вирулентностей в структуре популяций *P. triticina* в ряде территорий РФ исследователи связывают с изменением климата [1, 6]. При расширении посевных площадей выращивания таких сортов, вредоносные эпифитотии в их посевах вполне реальны [2, 7, 8].

Целью данной работы было изучение и выделение среди генетически разнообразного ассортимента образцов коллекций мягкой яровой и озимой пшеницы источников генов устойчивости, эффективных против вредоносных инфекций мучнистой росы и бурой ржавчины в условиях резко изменяющегося климата Новосибирской области.

Материалом для исследования в 2020–2022 гг. являлись образцы яровой (более 700) и озимой пшеницы (более 80) российской и зарубежной селекции разных лет

поступлений из мировой коллекции ВИР *Triticum aestivum* L., несущие разнообразные гены устойчивости против мучнистой росы и бурой ржавчины (см. таблицу). Иммунологическую оценку к патогенам проводили в разные фазы вегетации пшеницы (кущения-трубкования, колошения-цветения, молочно-восковой спелости) в полевых условиях изолированного инфекционного питомника СибНИИРС – филиала ИЦиГ СО РАН на фоне искусственного заражения, обеспечивающем 100 %-е поражение (SS) восприимчивого сорта-стандарта бурой ржавчиной (яровых – Скала, Хакасская; озимых – Альбидум 12, Мироновская 808) и от 90 до 100 % поражения мучнистой росой ярового стандарта (Хакасская) и от 70 до 80 % озимого стандарта (Альбидум 12). *Степень поражения образцов болезнями определяли в процентах по шкале Петерсона и соавторов (1948) [8].

Характеристика источников устойчивости к болезням (2020–2022 гг.)

Наименование сорта, линии	Гены устойчивости*	Поражение, %		Высота, см	Масса 1000 зерен, г
		М. роса min-max	Б. рж. min-max		
1	2	3	4	5	6
Яровая пшеница					
Добрыня	<i>Lr19+PmX</i>	0–5	0	105	45,4
WW 17283	<i>Lr19+PmX</i>	0	0	75	33,3
Лютесценс 575	<i>Lr19+Lr14a</i>	65	0	105	42,9
Лютесценс 540	<i>Lr19+Lr23</i>	55–65	0	80	38,6
Эритросперм. 25-787	<i>Lr19+Lr26/Pm8+Lr34/Pm38</i>	40–60	0	100	42,5
Омская 44	<i>Lr19+Lr26/Pm8+ Lr1</i>	1–35	0	110	42,3
CS 2A/2M	<i>Lr28, PmX</i>	0	0	80	32,2
Челяба 75	<i>LrSp2+Lr1+Lr10</i>	60–70	0	93	38,9
Челяба 80	<i>LrSp2+Lr1,Lr3,Lr10</i>	45	0	82	35,3
Ильменская 2	<i>LrSp2+Lr1,Lr3,Lr10</i>	70	0	84	37,7
Тулайковская 5	<i>Lr6Agi2/Pm6Agi2+Lr10,Lr34</i>	0	0	103	36,4
Тулайковская 10	<i>Lr6Agi2/Pm6Agi2</i>	0	0	90	39,3
Тулайковская 108	<i>Lr6Agi2/Pm6Agi2+Lr19</i>	0	0	103	40,7
Лютесценс 13	<i>LrKu/PmKu</i>	0	0	95	37,8
Воевода	<i>Lr6Agi1/Pm6Agi1</i>	0	0	102	40,5
AC Minto	<i>Lr11+Lr12+Lr22a</i>	50–70	0	90	32,6
AC Domain	<i>Lr12+Lr10+Lr34/Pm38</i>	55–70	0	92	38,2
Н 15-3	<i>Lr12+Lr16,Lr26/Pm8,Lr34/Pm</i>	35–65	0	60	33,3
AC Taber	<i>Lr13+LrTb+PmX</i>	0–1	0	58	37,2
Sonett	<i>Lr20/Pm1+Lr1+PmX</i>	0	100	72	25,9
Сабина	<i>Lr20/Pm1+PmX</i>	0	100	82	28,9
Lovitt	<i>Lr21+Lr34/Pm38</i>	90	0	85	31,9
Mc Kenzie	<i>Lr21+LrX</i>	50–80	0	80	41,5
Tyalt	<i>LrX+PmX</i>	0	0	68	36,4
ThLr25, RL 6084	<i>Lr25/Pm7</i>	0–01	0-5/1-2	85	24,7
Сигма 2	<i>Lr26/Pm8+PmX</i>	0–01	80-100	102	34,7
Marguis 6x	<i>Lr35</i>	45–70	0	90	28,5
Septima	<i>Lr37+Lr1</i>	0–25	0	64	27,1
Binnu	<i>Lr37+Lr3a</i>	1–10	0	50	33,7
Ellison	<i>Lr37+Lr13</i>	15–55	0	70	39,2

Продолжение таблицы					
1	2	3	4	5	6
Pavon	Lr47	10–55	0	70	31,8
VL 404	Lr49	35–80	0	50	22,1
Khaplie, CJ 4013	Pm4a	0	1-60	65	-
Wembley	Pm12	0–01	80-100	55	20,9
Meri	Pm28	0	100	72	23,9
Bantie	<i>Lr20/Pm1+Pm3d+Pm6</i>	0–01	60-100	85	32,6
Canon	<i>Pm2+Pm3d+Pm4b+Pm6</i>	0	100	75	28,1
SW Estrad	<i>Pm3d+PmX</i>	0	90-100	75	26,1
Lavett	<i>Pm3d+Pm4b</i>	0	90	67	21,7
SW Vinjett	<i>Pm4+Pm6+PmX</i>	0	90-100	80	27,8
Озимая пшеница					
Лебедь	<i>Lr1Lr13, Lr26/Pm8, Lr34/Pm38</i>	01–1	0	70	45,4
Чешская 17	<i>Lr9+Lr12, Lr13, Lr34/Pm38</i>	35–45	0-10	92	35,2
Коллега	<i>Lr10+Lr26/Pm8+Lr34/Pm38</i>	55–70	0	75	47,5
Айвина	<i>Lr10+Lr26/Pm8+Lr34/Pm38</i>	45–55	0	76	43,9
Лидия	<i>Lr13+Lr34/Pm38</i>	35–60	0-01	80	54,4
N 30432	Lr19+Lr30432a, Lr30431bpec.	45–70	0	78	49,2
KS93U40	Lr19+Lr24	0–45	0	72	37,4
KS93U62	<i>Lr24+Lr41</i>	0–65	0	90	36,9
Скипетр	<i>Lr26/Pm8+Lr10</i>	0–30	0-10	84	51,1
Поэма	<i>Lr26/Pm8+Lr34/Pm38+Lr+Pm</i>	0	0	98	47,3
Дока	<i>Lr26/Pm8+Lr34/Pm38</i>	25–45	0	80	31,6
Первица	<i>Lr26/Pm8+Lr1+LrX</i>	45–70	01-1	65	42,8
Зимтра	<i>Lr34 /Pm38+Lr10</i>	25–55	0	73	46,6
Кума	<i>Lr34 /Pm38+Lr10+Lr22a</i>	35–45	01-10	70	43,7
Капитан	<i>Lr34/ Pm38+Lr3</i>	60–70	0-01	75	50,0
Изюминка	<i>Lr34 /Pm38+Lr3</i>	40–70	0	87	51,2
KS90WGRC10	Lr39 (=41)	45–65	0	110	37,3
KS89WGRC07	Lr40 (=21)	45–90	0	130	35,6
KS91WGRC11	Lr42	45–70	0	98	36,4
KS91WGRC16	Lr43	10–65	0	105	35,7
KS96WGRC36	Lr50	25–70	0	112	35,9
Характеристика восприимчивых образцов					
Мироновская 808-оз.	<i>Lr3a, PmX</i>	50–70	80-100	125	36,5
Альбидум 12	<i>LrX, PmX</i>	70–80	100	133	30,0
Безостая 1	<i>Lr34/Pm38+ Lr3a</i>	50–70	40-100	110	40,4
Аврора	<i>Lr26/Pm8+ Lr3a</i>	45–70	50-100	125	45,6
Половчанка	<i>Lr26/Pm8</i>	40–65	70-100	87	47,2
Armada	<i>Pm4b</i>	50–70	80-90	120	40,3
Скала – яр.:	<i>Lr10, PmX</i>	70–80	100	105	28,5
Хакасская	<i>LrX, PmX</i>	90–100	100	100	27,2
Thew	<i>Lr20/Pm1</i>	40–70	80-100	95	31,9
K-54049	<i>Lr9 (LrTR)</i>	40–70	80-100	105	43,1
KWS Akvilon	<i>Lr24, PmX</i>	0	0-90	78	38,7

* APR (Adult Plant Resistance) – гены устойчивости взрослых растений: *Lr12, Lr13, Lr21, Lr22a, Lr34, Lr35, Lr37, LrTb*, все другие гены ювенильные; *X* – неизвестный ген.

Гены устойчивости* образцов в таблице приведены по данным (см. работы): Каталог, вып. 453 (1988), Михайлова Л.А. (2003), Алфимов В.А. и др. (2004), Сюков В.В., Зубов Д.Е. (2008), Гультьева Е.И. (2012), Давоян Э.Р. и др. (2014), Гультьева Е.И. (дисс., 2018), Гультьева Е.И. и др. (2016, 2020, 2021), Лебедева и др. (2015, 2019), Сочалова и др. (2023).

Результаты исследования. Иммунологическая оценка большого набора образцов разного эколого-географического происхождения в условиях инфекционного фона заражения к болезням и по результатам лабораторного анализа позволила выделить образцы (в табл. представлено ограниченное количество) из 15 стран (России, Беларуси, Австралии, Великобритании, Германии, Индии, Канады, США, Нидерландов, Мексики, Польши, Румынии, Швеции, Чехии, Эстонии) с высоким иммунитетом к инфекциям *Bl. graminis* и *P. tritricina*. 100%-ую авирулентность к уредоинфекциям новосибирской популяции листовой ржавчины (расы – 10, 12, 20, 52, 57, 60, 77, 122, 144, 147, 149, 157, фенотипы вирулентности: TGT-, TQT-, TGR-, TLR-, TQP-, PQT-, THT-, THM-, THK-, THF-, THQ-, KHP-, TBL-, TBM-, TBT-, TRT-, SJT-, TKK-, KPM-, TTT-, TJT-, MGP) показывали изогенные линии Thatcher и генотипы образцов пшеницы с одиночными чужеродными *R*-генами устойчивости: *Lr19*, *Lr28*, *Lr39* (=41), *Lr47*, *LrSp2*, *Lr6Agi1*, *Lr6Agi2*, *LrKu*. В поле от инфекций *P. tritricina* образцы защищали гены: *Lr19*, *Lr21*, *Lr25*, *Lr28*, *Lr35*, *Lr39* (41), *Lr40*, *Lr42*, *Lr43*, *Lr45*, *Lr47*, *Lr49*, *Lr50*, *Lr52* (=W), *LrSp2*, *Lr6Agi1*, *Lr6Agi2*, *LrKu* и некоторые их сочетания (см. табл.). К инфекциям (конидиальному спороношению) мучнистой росы противостояли одиночные гены – *Pm6Agi1*, *Pm6Agi2*, *PmKu*, *Pm4a*, *Pm7*, *Pm12*, *Pm28* и комбинации генов – *Pm2+Pm3d+Pm4b+Pm6*, *Pm1+Pm3d+Pm6*, *Pm6Agi2+Pm38*, *Pm3d+Pm4b*, *Pm1+PmX*, *Pm8+PmX*, *Pm8+Pm38*.

Резистентность образцам пшеницы к инфекциям двух болезней (мучнистой росе, бурой ржавчине) на протяжении всей вегетации растений контролировали *Lr* и *Pm*-гены по одиночке – *Lr19+PmX*, *Lr25/Pm7*, *Lr28+PmX*, *LrKu/PmKu*, *Lr6Agi1/Pm6Agi1*, *Lr6Agi2/Pm6Agi2* и комбинации генов ювенильной и возрастной устойчивости: среди яровых – *Lr6Agi2/Pm6Agi2+Lr10+Lr34/Pm38* (Тулайковская 5), *Lr13+LrTb+PmX* (АС Taber); *Lr6Agi2/Pm6Agi2+Lr19* (Тулайковская 108), среди озимых – *Lr26/Pm8+Lr34/Pm38+LrX+PmX* (Поэма), *Lr1+Lr13+Lr26/Pm8+Lr34/Pm38* (Лебедь).

Наши исследования также показали, что у многих сортов устойчивость к грибным болезням (отдельным и комплексу) сочеталась с рядом других ценных для пшеницы признаков: например, высокой массой 1000 зерен и устойчивостью к полеганию за счет короткостебельности растений (озимые – Коллега, Скипетр, Капитан, Изюминка, яровые – Тулайковская 10, Челябинка 80, Лютесценс 540 и др. см. табл.) в сравнении с восприимчивыми сортами-стандартами.

Финансирование: Исследование выполнено при поддержке бюджетного проекта ИЦиГ СО РАН № FWNR-2022-0018.

Список литературы

- 1 Сочалова Л.П., Апарина В.А., Бойко Н.И., Зуев Е.В., Морозова Е.В., Мусинов К.К., Виниченко Н.А., Леонова И.Н., Пискарев В.В. Изучение устойчивости к бурой ржавчине, урожайности и качества зерна у образцов коллекции мягкой пшеницы в экологических условиях Новосибирской области // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2023. № 27(8). С. 988–999.
- 2 Гулятьева Е.И. Методы идентификации генов устойчивости пшеницы к бурой ржавчине с использованием ДНК-маркеров и характеристика эффективности *Lr*-генов. С.-Петербург: ВНИИЗР, 2012.
- 3 Гулятьева Е.И. Генетическая структура популяций *Triticum aestivum* в России и её изменчивость под влиянием растения-хозяина: Дис...д-ра биол. наук. СПб, 2018.
- 4 Мешкова Л.В., Россеева Л.П., Зверовская Т.С. и др. Вирулентность природной популяции возбудителя бурой ржавчины пшеницы в Омской области // Успехи современного естествознания. 2018. № 11–2. С. 279–283.
- 5 Мешкова Л.В., Россеева Л.П., Сидоров А.Б. и др. Физиологическая специализация возбудителя бурой ржавчины в Красноярском крае // Вестник КрасГАУ. 2019. № 142(1). С. 29–36.
- 6 Дружинин А.Е., Сибикеев С.Н., Крупнов В.А., Воронова С.А. Создание сортов яровой мягкой пшеницы с устойчивостью к комплексу патогенов методом интрогрессивной селекции // Достижения науки и техники АПК. 2011. №1. С. 22–24.
- 7 Маркелова Т.С. Изучение структуры и изменчивости популяции бурой ржавчины в Поволжье // Агро XXI. 2007. № 4–6. С. 47–49.
- 8 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). С. 170–176.
- 9 Peterson R.F., Campbell A.B., Hannah A.E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals // Can. J. Res. 1948. V. 26. P. 496–500.

DOI 10.18699/GPB2024-86

Изучение коллекции образцов твердой пшеницы по качеству зерна и аллельному составу локусов высокомолекулярных глютеинов

Стасюк А.И.^{1*}, м.н.с.; Леонова И.Н.¹, д.б.н., в.н.с.; Мальчиков П.Н.^{1,2}, д.с.-х.н., в.н.с.; Пискарев В.В.¹, к.с.-х.н., с.н.с.

¹Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия

²Самарский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н.М. Тулайкова, п. г. т. Безенчук, Россия

*email: stasyuk@bionet.nsc.ru

Проведено сравнительное изучение сортов и селекционных образцов твердой пшеницы, выращенных в экологических условиях Самарской и Новосибирской областей в 2023 г., по содержанию белка и клейковины в зерне. Показано, что современные российский сорта и селекционные линии уступают историческим сортам и образцам иностранной селекции по содержанию белка и клейковины. Проведен анализ