разрывная нагрузка у остальных изученных гибридов соответствовала характеристике «очень высокая разрывная нагрузка волокна» (т.е. выше 31 гс/текс) и колебалась от 31,6 до 35,2 гс/ текс.

Показатель расчетной прочности пряжи был наименьшим у F₃ Л-578 х S-6596 – 142,1. Наибольший показатель наблюдался у F₃ Л-578 х S-2515 – 179,4. Среди гибридов встречаются рекомбинанты с индексом прочности пряжи 180–190. Отмечено, что прядильные качества в большей степени зависят от удельной разрывной нагрузки волокна. Полученные данные позволяют выделить комплексно-ценные комбинации по качеству волокна.

Список литературы

1. Алиходжаева С.С., Мунасов Х., Муратов У.М. Дикие и рудеральные формы хлопчатника вида *Gossypium hirsutum* L. / С.С. Алиходжаева, Х. Мунасов, У.М. Муратов // Ташкент: Университет, 1992. – 60 с.
2. Доспехов В.А. Методика полевого опыта / В.А. Доспехов // М.: Колос, 1979. – 416 с.
3. Лемешев Н. Мировой фонд на службу хлопководства / Н. Лемешев // Хлопководство. 1984 – № 6. – С. 40–42.
4. Семенихина Л.В., Гуревич Л.И., Эгамбердиев А.Э. Проявление контрастных признаков у гибридов хлопчатника F₁ и амфидиплоидов K₁, K₂ *G. hirsutum* L. х *G. trilobum* Skovst. / Л.В. Семенихина, Л.И. Гуревич, А.Э. Эгамбердиев // Генетика. – 1979. – Т. 15. – № 11. – С. 2013–2016.
5. Устюгин В.Е., Максудов И.Т., Урунов Н.Д. Волокно хлопковое. Технические условия / В.Е. Устюгин, И.Т. Максудов, Н.Д. Урунов // Ташкент: Изд. «Сифат», 1999. – 31 с.
6. Bradow, J.M., G.H. Davidonis. Quantitation of fiber quality and the cotton production-processing interface: a physiologist's perspective [electronic resource] / J.M. Bradow, Davidonis G.H. // Journal of cotton science (Online) Journal of cotton science 2000. 4: 34–64.
7. Abhijit Majumdar, Prabal Kumar Majumdar*, Bijon Sarka Selecting cotton bales by spinning consistency index and micronaire using artificial neural networks. AUTEX Research Journal, Vol. 4, No1, March 2004.

DOI 10.18699/GPB2020-68

Изучение структуры популяции гриба бурой ржавчины пшеницы в лесостепи Приобья Новосибирской области в 2017–2019 гг.

Сочалова Л.П., с.н.с.; Пискарев В.В. *, зав. лабораторией; Бойко Н.И., м.н.с. Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал Федерального исследовательского центра «Институт цитологии и генетики Сибирского отделения РАН», п. Краснообск, Россия. *e-mail: piskaryov_v@mail.ru

По результатам мониторинга популяции *P. recondita* на территории

Новосибирского Приобья в 2017–2019 гг. отмечено снижение частот вирулентности к гену *Lr9* (от 51,0 % до 28,1 %) и резкое нарастание к *Lr14b* (от 41,9 % до 95,8 %). В местной популяции гриба установлено большое разнообразие физиологических (14) – 6, 10, 12, 20, 57, 60, 77, 107, 117, 122, 144, 149, 152, 176 и фенотипических рас (27) – THT, THK, THJ, TGT, TGK, TCJ, TQT, TQP, TQS, TLJ, TLR, TRT, BBJ, MBK, KHT, PLK, PHK, PGF, PGT, RQT, SBT, SCK, SGL, SGM, SHT, JQH, FHD. Фенотипы TQ, TL и PL поражали линию Thatcher с геном *Lr9*, а TH, PH, KH – Thatcher *Lr26*. В 2017 и 2019 гг. в популяции присутствовал фенотип TRT, вирулентный к двум этим генам.

Ключевые слова: пшеница, бурая ржавчина, популяция, вирулентность, раса, ген.

Studying the structure of the fungi population of brown wheat rust in the forest steppe of the Ob region of the Novosibirsk region in 2017–2019

Sochalova L.P., Senior Researcher, Piskarev V.V., Head of Laboratory, Boyko N.I., Junior Researcher

Siberian Research Institute of Plant Growing and Breeding – the branch of the “Federal Research Center the Institution of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences”

e-mail: piskaryov_v@mail.ru

According to the results of monitoring the population *P. recondita* in the territory of the Novosibirsk Ob region in 2017–2019, a decrease in the virulence frequencies for the *Lr9* gene (from 51.0 % to 28.1 %) and a sharp increase in *Lr14b* (from 41.9 % to 95.8 %). In the local population of the fungus established a wide variety of physiological (14) – 6, 10, 12, 20, 57, 60, 77, 107, 117, 122, 144, 149, 152, 176 and phenotypic races (27) – THT, THK, THJ, TGT, TGK, TCJ, TQT, TQP, TQS, TLJ, TLR, TRT, BBJ, MBK, KHT, PLK, PHK, PGF, PGT, RQT, SBT, SCK, SGL, SGM, SHT, JQH, FHD. Phenotypes TQ, TL and PL damage the Thatcher line with the *Lr9* gene, and TH, PH, KH – Thatcher *Lr26*. In 2017 and 2019 TRT phenotype was present in the population, which was virulent to these two genes.

Key words: wheat, brown rust, population, virulence, race, gene.

Эволюция популяции ржавчинного паразита *Puccinia recondita* Rob ex Desm. f. sp. *tritici* протекает сопряженно с эволюцией растения-хозяина во времени и пространстве, в результате которой происходит изменение их генетического состава [1].

С середины 1960-х гг. на территории Западной Сибири в популяции *P. recondita* доминирует 77 раса и ее биотипы [2]. В период 1970–1996-х гг. в популяции гриба Новосибирской области также встречались 117 и 184 [3], а в 2010 и 2011 гг. – 144 [4] расы. Популяция гриба Новосибирской области отличалась от популяции Омской области наименьшим количеством этих

рас: 5 (20, 117, 144, 184) и 11 (6, 10, 20, 57, 61, 62, 107, 121, 149, 172, 184) [5] соответственно.

Цель нашего исследования – изучение структуры популяции гриба *P. recondita* f. *tritici* в условиях лесостепи Приобья Новосибирской области для выявления источников эффективных генов устойчивости пшеницы к заболеванию.

Условия, материал и методы. Эксперименты проводили в 2017–2019 гг. в Сибирском НИИ растениеводства и селекции – филиал ИЦиГ СО РАН. В лаборатории по методикам [6, 7] исследовали динамику частот вирулентности (табл. 1) 84-х моноклонов паразита по 19-и Lr-линиям Thatcher (табл. 1) и 7-и генотипам пшеницы с известными генами устойчивости – Добрыня (*Lr19*), Челябинка 75 (*LrSp*), Тулайковская 10 (*Lr6Agi2*), Agent (*Lr24*), CS2A/2M (*Lr28*), KS90WGRC10 (*Lr41*(39)). Инфекции гриба (популяцию, моноклоны) возобновляли и культивировали на восприимчивом сорте Скала (st). Тип реакции на заражение учитывали на 8 день по шкале Mains и Jackson (1926) [8], где 0–2 балла – устойчивость, 3–4 – восприимчивость; 1–3 (х) относили к восприимчивым.

Физиологические расы (табл. 2) определяли на наборе сортов-дифференциаторов по Johnston и Browder (1966) [9] Фенотипы рас устанавливали по системе Long и Kolmer (1989) по 3 основным наборам моногенных Lr-линий: 1 – *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2c*, *Lr3a*; 2 – *Lr9*, *Lr16*, *Lr24*, *Lr26*; 3 – *Lr3ka*, *Lr11*, *Lr17*, *Lr30* [10]. Их дополняли 8 линий Thatcher с генами *Lr19*, *Lr20*, *Lr14a*, *Lr18*; *Lr2b*, *Lr3bg*, *Lr14b*, *Lr15*.

Результаты и обсуждение. В 2017–2019 гг. при анализе моноклонов уредопопуляции *P. recondita* собранной на полях СибНИИРС-филиал ИЦиГ СО РАН выявлена широкая дифференциация частот вирулентности (табл. 1) к Lr-генам устойчивости пшеницы: в среднем от 36,1 % к *Lr26* до 94,7 % к *Lr1*. Высокое содержание частот вирулентности ежегодно в местной популяции относилось к генам *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2b*, *Lr2c*, *Lr3a*, *Lr3bg*, *Lr3ka*, *Lr11*, *Lr14a*, *Lr14b*, *Lr15*, *Lr16*, *Lr17*, *Lr18*, *Lr20* и *Lr30* (в среднем от 73,0 до 94,7 %). Максимальное количество частот вирулентности (100%) в местной популяции бурой ржавчины выявлено в 2018 г. к генам *Lr1*, *Lr17* и *Lr30*.

Таблица 1 – Динамика частот вирулентности (%) популяции *P. recondita* в лесостепи Приобья НСО в период 2017–2019 гг.

Ген	% вирулентных клонов				Ген	% вирулентных клонов			
	2017	2018	2019	среднее		2017	2018	2019	среднее
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Lr1</i>	90,4	100	93,8	94,7	<i>Lr14a</i>	94,2	85,7	96,9	92,3
<i>Lr2a</i>	96,9	85,7	90,6	91,1	<i>Lr14b</i>	41,9	95,8	81,3	73,0
<i>Lr2b</i>	93,3	90,5	87,5	90,4	<i>Lr15</i>	93,8	93,8	93,8	93,8
<i>Lr2c</i>	92,2	90,5	96,9	93,2	<i>Lr16</i>	86,5	95,2	84,4	88,7
<i>Lr3a</i>	88,2	71,4	84,4	81,4	<i>Lr17</i>	88,5	100	87,5	92,0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Lr3bg</i>	93,3	93,3	84,4	90,4	<i>Lr18</i>	88,2	88,2	84,4	86,9
<i>Lr3ka</i>	86,3	81,0	68,8	78,7	<i>Lr20</i>	89,2	95,2	68,8	84,4
<i>Lr9</i>	51,0	33,3	28,1	37,5	<i>Lr26</i>	31,4	14,3	62,5	36,1
<i>Lr11</i>	90,2	66,7	71,9	76,3	<i>Lr30</i>	90,2	100	65,6	85,3

В сравнении с 2017 г. в 2018 и 2019 гг. в популяции происходило снижение частот вирулентности к гену *Lr9* (51,0 %, 33,3 % и 28,1 % соответственно). Напротив, в популяции отмечено резкое нарастание вирулентности к гену *Lr14b* (42,0 % в 2017 г., 95,8 и 81,3 % в 2018–2019 гг.). Тогда как к гену *Lr26* содержание частот вирулентности по годам исследования варьировало от 31,4 % в 2017 г., 14,3 % в 2018 г. и 62,5 % в 2019 г., соответственно.

По результатам мониторинга популяции *P. rec.* нами не обнаружены изоляты вирулентные к генам *Lr19*, *Lr24*, *Lr25*, *Lr28*, *Lr41*, *Lr6Agi2* и *LrSp*. Во всех случаях заражения отрезков листьев источников этих генов моноинфекция гриба их реакция была авирулентная (R).

В популяции было установлено 14 физиологических рас (6, 10, 12, 20, 57, 60, 77, 107, 117, 122, 144, 149, 152 и 176), лидировала 77 раса и ее биотипы: от 57,8 % в 2017 г. до 91,0 % в 2019 г. (табл. 2). Доля дополнительных рас, соответственно, в популяции составляла от 42,2 до 9,0 %.

Из дополнительных рас ежесезонно в местной структуре гриба встречалась 122, по двум годам – 10, 20, 57, 144, 152, однократно – 6, 12, 60, 107, 149, 176 и 117 из ранее встречающихся (в 1976–1996 гг.), но не была обнаружена 184. Очевидно, с потеплением климата на территории Западной и Восточной Сибири (с 2012 г.) в популяции *P. rec.* вновь стали отселектироваться ранее отработанные расы, что подтверждают и другие исследователи: в Красноярском крае выявлены 117 и 184 [11], в Омской обл. – 184 [12].

Таблица 2 – Расовый состав популяции *P. recondita* в лесостепи Приобья НСО, 2017–2019 гг.

год	расы														всего
2017	77	-	-	-	20	57		107	-	122	144	-	152	176	8
2018	77	-	10	12	20	-	60	-	-	122	144	149	-	-	8
2019	77	6	10	-	-	57		-	117	122	-	-	152	-	7

В структуре популяции гриба определено 27 фенотипов рас: ТНТ, ТНК, ТНЖ, ТГТ, ТГК, ТСЖ, ТQT, ТQP, ТQS, ТЛЖ, ТЛР, ТРТ, ВВЖ, МВК, КНТ, ПЛК, РНК, PGF, PGT, RQT, SBT, SCK, SGL, SGM, SHT, JQH, FHD, все авирулентные к генам *Lr19*, *Lr24*, *Lr25*, *Lr28*, *Lr41*(39), *Lr6Agi2* и *LrAe.sp.* Фенотипы ТQ, ТL и PL поражали линию Thatcher с геном *Lr9*, а фенотипы ТН, РН, КН – с геном *Lr26*. В 2017 и 2019 гг. в местной популяции присутствовал фенотип ТРТ, вирулентный к двум этим генам.

Выводы. В 2017–2019 гг. в лесостепи Приобья НСО в генетическом составе популяции *P. recondita* не выявлено клонов вирулентных к генам устойчивости пшеницы *Lr19*, *Lr24*, *Lr25*, *Lr28*, *Lr41*(39), *Lr6Agi2* и *LrAe.sp.*

В структуре популяции *P. recondita* установлено 14 физиологических рас (6, 10, 12, 20, 57, 60, 77, 107, 117, 122, 144, 149, 152, 176) и 27 фенотипических. Фенотипы TQ, TL и PL поражали линию Thatcher с геном *Lr9*, а TH, PH, KH – с геном

Lr26. В 2017 и 2019 гг. в популяции присутствовал фенотип TRT, вирулентный к двум этим генам.

Благодарности: Экспериментальная работа выполнена при поддержке бюджетного проекта ИЦиГ СО РАН № 0324-2019-0039-С-01. Обработка и оформление результатов выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ 20-016-00093 А.

Список литературы

1. Prasad P., Bhardwaj S. C., Gangwar O. P., Kumar S., Khan H., Kumar S., Rawal H. C. and Sharma T. R. Population differentiation of wheat leaf rust fungus *Puccinia triticina* in South Asia. *Current Science*. 2017. vol. 112, #10. p. 2073–2084. DOI: 10.18520/cs/v112/i10/2073-2084
2. Одинцова И.Г. Связь между популяциями возбудителя бурой ржавчины пшеницы на территории СССР и ее значение для селекции / И.Г. Одинцова, Л.Ф. Шеломова, А.А. Алманов, Х.О. Пеуша // Проблемы использования генофонда в селекции растений на иммунитет к болезням и вредителям: сб. науч. тр. по прикл. бот., ген. и сел. – Л.: ВИР, 1987. Т. 110. – С. 12–18.
3. Христов Ю.А. Расовая и генетическая характеристика популяции бурой ржавчины пшеницы / Ю.А. Христов, Т.В. Штайнерт // Генофонд сельскохозяйственных культур для селекции устойчивых сортов. – Новосибирск: РАСХН. Сиб. отд. СибНИИРС, 1999. – С.105–109.
4. Сочалова Л.П. Генетическая устойчивость сортов яровой пшеницы к облигатно-аэрогенным заболеваниям в условиях лесостепи Приобья: каталог сортов-доноров генов устойчивости / Л.П. Сочалова, И.Е. Лихенко // Новосибирск: ГНУ СибНИИРС, 2011. – 27 с.
5. Мешкова Л.В. Генетико-популяционная характеристика возбудителя бурой ржавчины Сибири за 1968–1979 годы / Л.В. Мешкова, Б.Г. Рейтер // Актуальные вопросы селекции и селекции растений. – Новосибирск, 1980. – С. 257.
6. Михайлова Л.А. Лабораторные методы культивирования возбудителя бурой ржавчины пшеницы / Л.А. Михайлова, К.В. Квитко // Микология и фитопатология. – Л., 1970. Т. 4, №. 3. – С. 269–270.
7. Методические указания по изучению изменчивости популяций фитопатогенных грибов / М.М. Левитин, Л.А. Михайлова, О.С. Афанасенко // Л.: ВИЗР, 1981. – 55 с.
8. Mains E.B. Physiologic specialization in leaf of wheat *Puccinia triticina* Erikss / E.B. Mains, H.S. Jackson // *Phytopathology*, 1926. V.16, 1. P. - 89–120.
9. Johnston C.O. Seventh revision of physiologic races of *Puccinia recondita* f. sp. *Trilici* / C.O. Johnston, E.B. Browder // *Plant Disease reporter*, 1966. V. 50, №10. P. 756–760.
10. Long D.L. A North American system of nomenclature for *Puccinia recondita* f. sp.

trilici / D.L. Long, J.A. Kolmer // *Phytopathology*, 1989. V. 79, №5. – P. 525–529.

11. Мешкова Л.В. Физиологическая специализация возбудителя бурой ржавчины в Красноярском крае / Л.В. Мешкова, Л.П. Россеева, А.Б. Сидоров, Т.С. Зверовская, О.Б. Сабасева, И.Б. Белан // *Вестник Красноярский ГАУ*, 2019. №1. – С. 29–36.

12. Мешкова Л.В. Вирулентность природной популяции возбудителя бурой ржавчины пшеницы в Омской области / Л.В. Мешкова, Л.П. Россеева, Т.С. Зверовская, О.Б. Сабасева, И.Б. Белан // *Успехи современного естествознания*, 2018. № 11(2). – С. 279–283.

DOI 10.18699/GPB2020-69

Отбор с помощью молекулярных маркеров линий яровой мягкой пшеницы с ранним сроком колошения

Стасюк А.И. *, м.н.с.; Киселева А.А., к.б.н., н.с.; Салина Е.А. д.б.н., г.н.с. ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики СО РАН», Новосибирск, Россия.

*e-mail: stasyuk@bionet.nsc.ru

Проведен ПЦР-анализ генов Ppd-D1, Vrn-A1, Vrn-B1, Vrn-D1, Vrn-B3 с использованием аллель-специфичных праймеров у гибридов яровой мягкой пшеницы поколения F₂, полученных от скрещивания сорта Обская 2 с сортом Тулун 15. По аллельному составу генов Vrn-1, Ppd-1 и Vrn-B3 гибридные растения были распределены на 4 гаплотипа. Проведена оценка продолжительности периода всходы-колошение каждого гаплотипа в поколениях F₃. 4. Установлено, что наиболее ранний срок колошения имеют растения с аллельным составом Ppd-D1a, Vrn-A1a, Vrn-B1c, vrn-D1, Vrn-B3a. Полученные результаты могут быть использованы в маркер-ориентированной селекции для отбора генотипов, наиболее оптимальных для тех или иных условий возделывания.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, маркер-ориентированный отбор, срок колошения.

Selection of spring wheat lines with early heading date using the molecular markers

Stasyuk A.I., Kiseleva A.A., Salina E.A. Federal Research Center Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia,
e-mail: stasyuk@bionet.nsc.ru

PCR analysis of the genes Ppd-D1, Vrn-A1, Vrn-B1, Vrn-D1, Vrn-B3 was carried out with allele-specific primers in F₂ spring hybrids of bread wheat obtained from hybridization of Obskaya 2 with Tulun 15 varieties. Hybrid plants