

УДК 633.11:632.485.2(470.44)

DOI: 10.31993/2308-6459-2018-4(98)-44-49

СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИИ *Puccinia triticina* ERIKSS. НА ПОСЕВАХ ОЗИМОЙ И ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Э.А. Конькова

НИИСХ Юго-Востока, Саратов

Проведен анализ структуры образцов саратовских популяций возбудителя бурой ржавчины пшеницы по признакам вирулентности в течение 2013–2017 гг. Инфекционный материал собран с районированных и перспективных сортов озимой и яровой мягкой пшеницы, изучаемых в НИИСХ Юго-Востока, в разной степени пораженных бурой ржавчиной: от умеренной (10–20%) до высокой (70–90%). Анализ вирулентности проводили с использованием серии почти изогенных линий сорта *Thatcher*, с 52 *Lr*-генами. Из ежегодно изучаемых образцов популяций патогена выделяли по десять монопустульных изолятов. Установлено, что популяции *P. triticina* в 2013–2017 гг. характеризовались высокой вирулентностью. Число генов вирулентности колебалось от 40 до 44, а авирулентности от 6 до 9. Существенное варьирование по вирулентности отмечено на линиях с генами *Lr9*, *Lr19*, *Lr23*, *Lr24* и *Lr29*. Высокой эффективностью характеризовались гены *Lr41*, *Lr42*, *Lr43+24*, *Lr47*, *Lr53*. Использование этих генов в практической селекции позволит расширить генетическое разнообразие новых сортов и стабилизировать состав популяции патогена. Постоянный мониторинг популяционного состава возбудителя бурой ржавчины по вирулентности позволяет скорректировать стратегию селекции устойчивых сортов и размещения их в регионах возделывания.

Ключевые слова: *Puccinia triticina*, популяция, монопустульные изоляты, *Lr*-гены, вирулентность/авирулентность.

Поступила в редакцию: 01.10.2018

Принята к печати: 20.11.2018

Введение

Бурая ржавчина – возбудитель *Puccinia triticina* Erikss. (= *P. recondita* Rob. ex Desm f. sp. *tritici* Erikss. et Henn.) – одно из наиболее распространенных и вредоносных заболеваний пшеницы. Наряду с мягкой пшеницей возбудитель может поражать и другие виды пшеницы: *Triticum aestivum* L., *T. durum* Desf., *T. polonicum* L., *T. cartholicum* Nevski, *T. turgidum* L., *T. timopheevi* Zhuk., *T. dicoccoides* Korn., *T. compactum* Host., *T. spelta* L., *T. vavilovii* L., *T. sphaerococcum* Perc., *T. thaouidar* Reut., *T. macha* Dek. et Men., *T. dicoccum* Schrank, *T. orientale* L., *T. urartu* Thum., а также виды рода эгилопса: *Aegilops cylindrica* Host., *Ae. squarrosa* L., *Ae. biuncialis* (Vis.) K. Richt., *Ae. triuncialis* L., *Ae. crassa* Boiss., пырея, костра, ячменя, волоснеца,

ржи и другие культуры [Андреев, Плотникова, 1989]. *P. triticina* встречается во всех зонах выращивания озимой и яровой пшеницы. Существенный урон производству зерна она наносит в районах Поволжья, Северного Кавказа, Центрально-Черноземном района, где она развивается практически ежегодно, нередко достигая эпифитотийного уровня [Маркелова, 2007; Волкова, Кремнева, 2008; Гултыяева, 2016]. Вредоносность ржавчины определяется абиотическими факторами, агрессивностью физиологических рас, а также фазой вегетации растений, в которой проявляется массовое поражение [Чумаков, 1969; Маркелова и др., 2013].

Структура популяции *P. triticina*, как наиболее пластичного патогена, отличается высокой динамичностью. При внедрении в производство нового устойчивого сорта в популяции возбудителя появляются и начинают накапливаться вирулентные к нему патотипы. В основном такие патотипы возникают в результате мутаций, среди которых отбираются высокоадаптивные формы. Это приводит к изменениям генетического состава по генам вирулентности популяции и потере сортами устойчивости к патогену [Иванова, Маркелова, 2011; Иванова, 2013]. По мнению М.Л. Веденеевой [1981, 2000], успех селекции на иммунитет зависит от знания генетического состава популяции патогена по генам вирулентности и на этой основе подбора доноров устойчивости. Таким образом, постоянный мониторинг состава популяции *P. triticina* позволяет контролировать эффективность защиты от патогена уже возделываемыми в регионе коммерческими сортами.

Саратовская область относится к одной из основных зон производства зерна мягкой пшеницы. Инфекция бурой ржавчины в регионе может сохраняться на озимой мягкой пшенице и заноситься из Северного Кавказа, Средней Азии и Западной Европы [Михайлова, 1996]. Кроме того,

Саратовская область находится на границе с большим зерносеющим регионом – республикой Казахстан. Е.И. Гультяева с соавторами [2018] в своих исследованиях показывают высокое сходство популяций *P. triticina* в западно-азиатских регионах России и Северном Казахстане, что подтверждает предположение о существовании единой популяции гриба в изученных регионах. Исходя из этого, посева пшеницы Саратовской области могут подвергаться инфицированию самым разнообразным по вирулентности инокулюмом, в связи с чем требуется постоянный контроль как со стороны фитопатологов, так и селекционеров и генетиков.

На протяжении многих лет (с 1970-х годов и по настоящее время) в лаборатории иммунитета растений НИИСХ Юго-Востока ведутся наблюдения за сроками появления и скоростью нарастания эпифитотий бурой ржавчины на посевах озимой и яровой пшеницы, а также изучение структуры популяции патогена [Веденеева, 1981, Веденеева, Маркелова, 2000; Маркелова, 2007; Иванова, 2013; Маркелова, Баукенова, 2016]. Целью настоящего исследования было изучение состава популяции *P. triticina* в Саратовской области по генам вирулентности в 2013–2017 гг.

Материал и методы

Исследования структуры саратовской популяции *P. triticina* проводили на наборе моногенных *Lr*-линий серии *Thatcher*. Спорный материал собирали с районированных и перспективных сортов яровой мягкой пшеницы (Саратовская 29, Саратовская 68, Саратовская 73, Саратовская 74) и озимой пшеницы (Смуглянка, Губерния, Эльвира) в конце их вегетации при максимальном уровне развития заболевания в полевом питомнике. Изучаемые сорта имели разную степень поражения бурой ржавчиной: от умеренной (10–20%) до высокой (70–90%).

За последние два десятилетия бурая ржавчина достигала эпифитотийного уровня на сортах яровой мягкой пшеницы – Саратовская 42, Саратовская 55, Саратовская 68, на сортах озимой пшеницы – Саратовская 90, Лютеценс 230. Среди возделываемых в Поволжье сортов пшеницы устойчивостью (умеренной устойчивостью) к бурой ржавчине характеризуются сорта яровой мягкой пшеницы – Фаворит, Прохоровка, Л503, Добрыня, сорта озимой пшеницы – Ершовская 10, Смуглянка, Рубин [Маркелова, 2007; Иванова, 2013].

2012 и 2014 годы погодные условия не способствовали сильному поражению патогеном озимой пшеницы, однако наблюдалась сильная эпифитотия бурой ржавчины на яровой мягкой пшенице (поражение достигало 70–80%). 2013 и 2017 гг. отмечены, как наиболее эпифитотийные. Вегетационный период 2015 года характеризовался неблагоприятными условиями для развития бурой ржавчины пшеницы. В 2016 году, несмотря на неоднозначные погодные условия, высокое количество осадков способствовало развитию бурой ржавчины пшеницы и достигало на сортах-стандартах 50%.

Выделение монопустульных изолятов *P. triticina* проводили в условиях искусственного климата (теплица): температура днём 20–22 °С, влажность 70%, продолжительность светового дня 16 часов. Спорный материал отдельных монопустульных изолятов возбудителя размножали на восприимчивом сорте озимой пшеницы Саратовская 90. Подготовленные 10–12-дневные проростки сорта инокулировали слабой суспензией уредоспор. Затем растения опрыскивали водой и накрывали стеклянными сосудами, смоченными водой для создания влажного климата. Сосуды с растениями закрывали плотной светонепроницаемой пленкой на 12–18 часов. Температуру в теплице в период заражения и последующего развития бурой ржавчины поддерживали на уровне 18–20° С. При появлении некротических пятен на листьях растений в каждом сосуде оставляли единичную урединиопустулу, которую изолировали специальным стеклянным изолятором. Всего в анализе вирулентности использовали 10 монопустульных изолятов в год. Тип реакции растений на заражение патогеном определяли по шкале Майнса и Джексона [Mains, Jackson, 1926]. По совокупности реакций набора *Lr*-линий сорта *Thatcher* на соответствующий изолят *P. triticina* определяли состав патотипов в популяции патогена.

Серия почти изогенных линий сорта *Thatcher* используемых для анализа вирулентности популяции *P. triticina* содержала 52 изогенных линий с *Lr*-генами: *Lr 1, Lr 2a, Lr 2b, Lr 2c, Lr 3, Lr 3bg, Lr 3ka, Lr 9, Lr 10, Lr 11, Lr 12, Lr 13, Lr 14a, Lr 14b, Lr 15, Lr 16, Lr 17, Lr 18, Lr 19, Lr 20, Lr 21, Lr 22a, Lr 22b, Lr 23, Lr 24, Lr 25, Lr 26, Lr 28, Lr 29, Lr 30, Lr 32, Lr 33, Lr 34, Lr 35, Lr 36, Lr 37, Lr 38, Lr 40, Lr 41, Lr 42, Lr 43+24, Lr 44, Lr 45, Lr 47, Lr B, Lr W, Lr Erph, Lr Kanred, Lr 51, Lr 53, Lr 57, Lr 67*.

Результаты

Всего по признаку вирулентности охарактеризовано 50 изолятов гриба (по 10 изолятов в год).

В целом популяции *P. triticina* за период 2013–2017 гг. характеризовались как высоковирулентные. Число генов вирулентности варьировало от 40 до 44. При этом число генов авирулентности колебалось от 6 до 9. Различия состава исследуемых популяций *P. triticina* по генам вирулентности/авирулентности заключались в разном типе реакции на гены *Lr9, Lr19, Lr23, Lr24, Lr29*. Эти гены про-

Анализируя данные исследований лаборатории иммунитета НИИСХ Юго-Востока за 2005–2012 года можно сделать вывод о высокой степени вирулентности саратовской популяции *P. triticina* [Маркелова, 2007; Иванова, 2013; Маркелова и др. 2013; Маркелова, Баукенова, 2016].

Наше изучение популяции возбудителя бурой ржавчины, выделенной на посевах пшеницы в Саратовской области, позволило выявить изменения в составе генов вирулентности за период с 2013 по 2017 годы (табл. 1, 2).

Таблица 1. Гены вирулентности/авирулентности в популяциях *P. triticina*, собранных на посевах пшеницы в Саратовской области в 2013–2017 гг.

Год исследования	Гены вирулентности/авирулентности в популяции <i>P. triticina</i>	Всего генов вирулентности/авирулентности
2013 г.	1, 2a, 2b, 2c, 3, 3bg, 3ka, 10, 11, 12, 13, 14a, 14b, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22a, 22b, 23, 25, 26, 28, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 44, 45, B, W, Erph, Kanred, 51, 57, 67 / 9, 19, 24, 29, 41, 42, 43+24, 47	40/8
2014 г.	1, 2a, 2b, 2c, 3, 3bg, 3ka, 9, 10, 11, 12, 13, 14a, 14b, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22a, 22b, 23, 25, 26, 28, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 44, 45, B, W, Erph, Kanred, 51, 57, 67 / 24, 29, 41, 42, 43+24, 47	42/6
2015 г.	1, 2a, 2b, 2c, 3, 3bg, 3ka, 10, 11, 12, 13, 14a, 14b, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22a, 22b, 23, 24, 25, 26, 28, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 44, 45, B, W, Erph, Kanred, 51, 57, 67 / 9, 19, 29, 41, 42, 43+24, 47, 53	44/8
2016 г.	1, 2a, 2b, 2c, 3, 3bg, 3ka, 10, 11, 12, 13, 14a, 14b, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22a, 22b, 25, 26, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 44, 45, B, W, Erph, Kanred, 51, 57, 67 / 9, 19, 23, 24, 41, 42, 43+24, 47, 53	43/9
2017 г.	1, 2a, 2b, 2c, 3, 3bg, 3ka, 10, 11, 12, 13, 14a, 14b, 15, 16, 17, 18, 21, 22a, 22b, 25, 26, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 44, 45, B, W, Erph, Kanred, 51, 57, 67 / 9, 19, 24, 41, 42, 43+24, 44, 47, 53 20*, 23*	41/9

* – *Lr*-ген, к которому половина изолятов *P. triticina* авирулентны, другая половина изолятов – вирулентны.

Таблица 2. Частота изолятов, вирулентных к *Lr*-линиям Thatcher, в Саратовской популяции *P. triticina* в 2013–2017 гг.

Линия Thatcher с геном <i>Lr</i>	Частота вирулентных изолятов, %				
	2013	2014	2015	2016	2017
9	0	70	0	0	0
19	0	70	0	0	0
20	70	70	70	80	50
23	100	100	90	0	50
24	0	40	80	20	20
29	30	30	80	100	100
41	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0
43+24	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0
1, 2a, 2b, 2c, 3, 3bg, 3ka, 10, 11, 12, 13, 14a, 14b, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22a, 22b, 25, 26, 28, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 44, 45, B, W, Erph, Kanred, 51, 57, 67	100	100	100	100	100

являли то устойчивый (0), то восприимчивый (3) тип реакции на возбудителя бурой ржавчины.

Анализ эффективности этих генов был исследован с помощью выделенных из популяций *P. triticina* монопустьных изолятов. Так в популяциях возбудителя бурой ржавчины за 2013–2017 гг. эффективность гена *Lr19* была неоднозначной. В популяциях 2013, 2015, 2016, 2017 гг. все изоляты *P. triticina* были авирулентны к *Lr19*. А в популяции 2014 года из 10 изолятов 3 проявили авирулентность и 7 изолятов оказались вирулентными к *Lr19*.

Похожая ситуация сложилась и с геном *Lr9*. Так в популяциях 2013, 2015, 2016, 2017 гг. все изоляты *P. triticina* были авирулентны к *Lr9*. А в популяции патогена 2014 года из 10 изолятов 3 проявили авирулентность и 7 оказались вирулентными к *Lr9*.

Неоднозначный тип реакции (от 0 до 3) оказался у линии с геном *Lr24*. В популяции 2013 года все изоляты проявили авирулентность. В 2014 году 6 изолятов были авирулентны к гену *Lr24*, 4 изолята вирулентны. В 2015 году из 10 изолятов 2 проявили авирулентность, 8 изолятов оказались вирулентными к *Lr24*. В популяции 2016 года ситуация изменилась таким образом, что 8 изолятов были

авирулентны и 2 изолята вирулентны к *Lr24*. В 2017 году, как и в популяции 2016 года 8 из 10 изолятов оказались авирулентны, 2 изолята вирулентны.

Стоит также отметить эффективность гена *Lr29*, которая наблюдалась в 2013–2014 гг. В популяциях *P. triticina* 2013 и 2014 годов 7 изолятов оказались авирулентны, 3 изолята вирулентны. В последующие годы ген *Lr29* утратил свою эффективность. Так, в 2015 году лишь 2 изолята оказались авирулентными, 8 изолятов были вирулентны. В популяциях 2016 и 2017 гг. все изоляты были вирулентны.

Кроме вышеотмеченных *Lr*-генов неоднозначную реакцию при инокуляции монопустьными изолятами патогена в течение 2013–2017 гг. показали гены *Lr20* и *Lr23*. Так, в популяции 2013 года авирулентными на линии *TcLr20* оказались 3 изолята, остальные 7 были вирулентны. В популяциях 2014 и 2015 гг. из 10 изолятов 3 проявили авирулентность, 7 изолятов оказались вирулентными к гену *Lr20*. В 2016 году лишь 2 изолята проявили авирулентность, остальные были вирулентны к гену *Lr20*. В 2017 году половина изолятов были авирулентны, остальные – вирулентны.

Неоднозначную реакцию показала линия *Lr23*. В популяциях 2013 и 2014 годов все изоляты были вирулентными. В 2015 году 9 изолятов были вирулентными, 1 изолят авирулентным. В 2016 все изоляты оказались авирулент-

ными. В 2017 году 5 изолятов оказались авирулентными, остальные 5 изолятов вирулентными.

В целом авирулентными ко всем изолятам *P. triticina* во все годы исследований оказались линии с генами *Lr41*, *Lr42*, *Lr43+24*, *Lr47*, *Lr53*.

Обсуждение

Изучение динамики структуры популяции возбудителя бурой ржавчины проводится в лаборатории иммунитета НИИСХ Юго-Востока с 70-х годов прошлого века. Эти исследования позволяли и позволяют сейчас выявлять эффективные гены устойчивости растения-хозяина и частоту встречаемости вирулентных клонов к предполагаемому донору устойчивости [Иванова, 2013]. Многолетние, непрерывные исследования дают представление о тенденциях и закономерностях изменений генотипического состава возбудителей болезней по генам вирулентности, как качественно (различный патотипный состав), так и количественно (различные процентные соотношения одних и тех же патотипов).

Как свидетельствуют данные за 80–90-е года 20-го столетия наиболее эффективными для защиты пшеницы от *P. triticina* во всех регионах России, в том числе и в Поволжье, были гены *Lr9*, *Lr19*, *Lr23* и *Lr 24* [Веденеева, 1981; Одинцова, Пешуа, 1984]. Однако еще в 1985 году Маркеловой Т.С. с соавторами в поволжской (саратовской) популяции были выявлены новые клоны вирулентности, ранее отсутствовавшие – *pp23*, *pp19*, *pp24*. Это объясняется тем, что в селекции НИИСХ Юго-Востока чаще стали использоваться данные гены. В 2002–2006 гг. частота встречаемости клона *pp19* в популяции достигла 77.7–85.7%, то есть ген *Lr19* практически потерял эффективность [Маркелова, 2007]. Однако следует отметить, что с 2008 г. частота встречаемости данного клона сначала стабилизировалась, а затем снизилась до 60% [Иванова, Маркелова, 2011]. Неоднозначная картина наблюдалась и в наших исследованиях. Так, из пяти лет изучения все монопустульные изоляты были авирулентными к *TcLr19* в течение четырёх лет и лишь в 2014 г. отмечены вирулентные изоляты. Однако необходимо отметить, что в исследованиях лаборатории генетики и цитологии НИИСХ Юго-Востока, напротив, изоляты патогена оказались вирулентными к *TcLr19* в 2014, 2015, 2017 гг., а в 2013 и 2016 гг. показали смешанный тип реакции (то есть в одном изоляте были растения с типом реакции от 0;–1 до 3 баллов). Возможно, это связано с тем, что спорный материал *P. triticina* с сортов с геном *Lr19*, был собран нами в разный температурный период. Известно, что для максимальной вирулентности (или нормальной жизнеспособности) *ppLr19* необходима оптимальная (20–22 °С) температура, а при высокой температуре (30 °С и выше) *ppLr19* либо теряется вирулентность, либо понижается жизнеспособность [Sibikeev S.N. 1996; Sibikeev S.N. et al., 1997.]. Согласно исследованиям Коваленко Е.Д. и др. [2012] вирулентность к гену *Lr19* чаще отмечается в Поволжье, где массово возделываются сорта с этим геном, но может встречаться и в других регионах. В настоящее время для продления «полезного срока жизни» гена *Lr-19* используют его сочетания, например с генами *Lr26* и *Lr37* [Сибикеев и др., 2011].

По ранее полученным данным лаборатории иммунитета НИИСХ Юго-Востока в 2005–2010 гг. в поволжской

(саратовской) популяции *P. triticina* было отмечено увеличение частоты встречаемости клона *pp24*. По мнению Маркеловой Т.С. [2007] появление этого клона в местной популяции не связано со сменой растений-хозяев (сортосмена), а является результатом миграции спор. Нарастание численности клонов *pp24* происходит не вследствие естественного отбора, поскольку в настоящее время в нашей зоне нет сортов с геном устойчивости *Lr24*. В наших исследованиях за период 2013–2017 гг. вирулентность к *Lr24* встречалась во все годы, но процент вирулентности колебался от максимального в 2015 г. – 70% до 10% в 2017 г. на фоне сильной эпифитотии патогена. Эти данные подтверждают гипотезу о заносе (миграции) *pp24* из других зон.

Известно, что в конце прошлого столетия при создании новых сортов широко использовались доноры устойчивости с геном *Lr23*. В Поволжье, также как и в других регионах, создано довольно много сортов с геном устойчивости *Lr23* (Ершовская 32, Олимп, Куйбышевская 1, Смуглянка и др.) и, казалось бы, дальнейшее его использование в селекции бесперспективно. Однако ген *Lr23*, перенесенный в мягкую пшеницу из геномов твердой пшеницы, обеспечивает достаточный уровень умеренной устойчивости этим сортам. Несмотря на поражаемость в фазе проростков и довольно высокую частоту встречаемости клона вирулентности *pp23* в популяции, сильного развития заболевания на них не происходит [Маркелова, 2007]. По данным Одинцовой И.Г., Пешуа Х.О. [1984] и Маркеловой Т.С. [2007] ген *Lr23* представляет сложный локус. Вероятно, он сцеплен с другими генами, обеспечивающими «slow rusting». Наши результаты показали, что в 2013 и 2014 гг. вирулентность к *Lr23* была 100%, в 2015 г. – 90%, в 2016 г. – 0%, а в 2017 г. – 50%. По-видимому, процесс стабилизации патотипов с *pp23* ещё не закончился. Однако в целом, несмотря на высокую частоту встречаемости в популяции *pp23* (до 100%) и широкое использование его в селекции, ген *Lr23* не потерял значения. Так, высока перспективность использования его в комбинациях с другими *Lr*-генами, например с *Lr19* [Сибикеев, 2002].

Многолетнее изучение популяции *P. triticina* с использованием набора *TcLr*- линий показало, что саратовская популяция *P. triticina* характеризуется высокой изменчивостью и возрастанием спектра вирулентности. Об этом свидетельствует анализ поражения сортов с различными идентифицированными генами устойчивости. Внедрение в производство новых сортов мягкой пшеницы, защищенных ранее не использованными *Lr*-генами, и увеличение посевных площадей, занятых генетически однородными сортами, могут привести к мутациям патогена по вирулентности и ускоренному изменению популяционного состава, как это произошло с сортами, защищенными геном *Lr9* [Тюнин и др., 2017]. Результаты исследований свидетельствуют о необходимости постоянного мониторинга популяционного состава возбудителя бурой ржав-

чины по частоте встречаемости генов вирулентности, что позволит грамотно разработать стратегию селекции устойчивых сортов и размещения их в регионах возделывания пшеницы. В настоящее время в Государственном реестре селекционных достижений РФ [2018] для выращивания в Нижневолжском регионе рекомендуются 69 сортов озимой мягкой и 23 сорта яровой мягкой пшеницы. У высокоустойчивых коммерческих в зоне Поволжья сортов яровой мягкой пшеницы Белянка, Воевода, Фаворит, Тулайковская 5, Тулайковская 10, Тулайковская 100, Тулайковская 110, Тулайковская золотистая, созданных с участием пырея промежуточного, не идентифицировано

известных *Lr*-генов, переданных от *Agropyron* sp. (*Lr19*, *Lr24*, *Lr29*). Ген *Lr19* идентифицирован у сортов саратовской селекции Л503, Л505, Добрыня, Тулайковская 108, 110 [Гуляева, 2016]. Однако, несмотря на это количество сортов, достаточного разнообразия по генам устойчивости к бурой ржавчине (исходя из родословных) нет. Для расширения генетического разнообразия по устойчивости к бурой ржавчине в селекцию пшеницы необходимо привлечь новые эффективные доноры устойчивости, а также исходный материал с генами или сочетаниями генов *Lr41*, *Lr42*, *Lr43+24*, *Lr47*, *Lr53*.

Благодарности

Выражаю благодарность доктору биологических наук Сибикееву С.Н. за ценные советы и рекомендации по оформлению данной статьи, а также доктору сельскохозяйственных наук Маркеловой Т.С. за оказанную помощь при планировании и проведении данного исследования.

Библиографический список (References)

- Андреев Л. Н. Ржавчина пшеницы: цитология и физиология / Л. Н. Андреев Ю. М. Плотникова. М.: Наука. 1989. С. 3–4; 182–186.
- Веденева М. Л. Расовый состав возбудителя бурой ржавчины пшеницы в Саратовской области / М. Л. Веденева // Пути интенсификации использования земель в Поволжье. Саратов. 1981. С. 82–87.
- Веденева М.Л. Структура популяции бурой ржавчины пшеницы в Поволжье и эффективность селекции на иммунитет / М.Л. Веденева, Т.С. Маркелова // Проблемы и пути преодоления засухи в Поволжье. Саратов. 2000. С. 325–331.
- Волкова Г.В. Структура и изменчивость популяций возбудителей экономически значимых болезней пшеницы и генофонд устойчивости растения хозяина / Г.В. Волкова, О. Ю. Кремнева // Генетические основы селекции. Уфа. 2008. С. 134–141.
- Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Том I. Сорты растений. Москва. 2018. 504 с.
- Гуляева Е.И. Разнообразие российских сортов мягкой пшеницы по генам устойчивости к бурой ржавчине / Современные проблемы иммунитета к вредным организмам. Тезисы докладов IV Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, ВИЗР, 2016. С. 24.
- Иванова О.В. Источники устойчивости яровой пшеницы к бурой ржавчине и изменчивость структуры популяции возбудителя в условиях Нижнего Поволжья / автореф. ... канд. дис. / О.В. Иванова. Саратов. 2013. 24 с.
- Иванова О.В. Динамика структуры популяции *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*, *Rob. et Desm.* в Поволжье / О.В. Иванова, Т.С. Маркелова // Защита и карантин растений. 2011. N 9. С. 20–21.
- Коваленко Е.Д. Современное состояние популяций возбудителя бурой ржавчины и создание генбанка источников и доноров устойчивости пшеницы / Е.Д. Коваленко, А.И. Жемчужина, М.И. Киселева, Т.М. Коломиец, И.Ф. Лапочкина, Ж.Н. Худокормова, Х. Боккельман // Иммуногенетическая защита сельскохозяйственных культур от болезней: теория и практика: материалы Международной научно-практической конференции, посвящая 125-летию со дня рождения Н.И. Вавилова. Большие Вяземы. 2012. С. 69–80.
- Маркелова Т.С. Изучение структуры и изменчивости популяции бурой ржавчины пшеницы (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*, *Rob. et Desm.*) в Поволжье / Т.С. Маркелова // Агро XXI. 2007. N 4–6. С. 37–40.
- Маркелова Т.С. Биологические особенности бурой ржавчины пшеницы / Т.С. Маркелова, О.В. Иванова, Е.А. Нарышкина, Э.А. Баукунова // Проблемы микологии и фитопатологии в XXI веке: материалы Международной научной конференции, посвященной 150-летию со дня рождения члена-корреспондента АН СССР, профессора Артура Артуровича Ячевского. 2013. С. 177–179.
- Маркелова Т.С. Иммунологические исследования популяции бурой ржавчины пшеницы (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*, *Rob. et Desm.*) в Поволжье / Т.С. Маркелова, Э.А. Баукунова // Современные проблемы иммунитета растений к вредным организмам. Тезисы докладов IV Международной научно-практической конференции. 2016. С. 108.
- Михайлова Л.А. Закономерности изменчивости популяций возбудителя бурой ржавчины и генетический контроль устойчивости пшеницы к болезни / автореф. ... докт. дисс. / Л.А. Михайлова. Санкт-Петербург. 1996. 63 с.
- Одинцова И. Г. О сложности локуса *Lr23*, контролирующего устойчивость пшеницы к бурой ржавчине / И. Г. Одинцова, Х. О. Пешуа // Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции. 1984. Т. 85. С. 13–19.
- Сибикеев С.Н. Чужеродные гены в селекции яровой мягкой пшеницы на устойчивость к листовой ржавчине // dissertaciya ... dokt. biolog. nauk / S.N. Sibikeev. Saratov. 2002. 200 s.
- Сибикеев С.Н. Оценка набора интродуцированных линий яровой мягкой пшеницы селекции НИИСХ Юго-Востока на устойчивость к расе стеблевой ржавчины UG99+SR24 (ТТКСТ) / С.Н. Сибикеев, Т.С. Маркелова, А.Е. Дружин, М.Л. Веденева, D. Sing. // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2011. N 2. С. 3–5.
- Тюнин В.А. Характеристика вирулентности популяций *Puccinia triticina* и перспективы использования генов *Lr24*, *Lr25*, *LrSp* в селекции яровой мягкой пшеницы на Южном Урале/ В.А. Тюнин, Е.Р. Шрейдер, Е.И. Гуляева, Е.Л. Шайдаюк // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. N21(5). С. 523–529.
- Чумаков А. Е. Ржавчина пшеницы и борьба с ней / А. Е. Чумаков. М.: Колос. 1969. 9 с.
- Gulyaeva E.I. Population structure of leaf pathogens of common spring wheat in the West Asian regions of Russia and North Kazakhstan in 2017/ E.I.Gulyaeva, N.M. Kovalenko, V.P. Shamanin, V.A. Tyunin, E.R. Shreyder, E.L. Shaydayuk, A.I. Morgunov // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. 22(3). С. 363–369.
- Mains E. B. Physiological specialization in leaf rust of wheat, *Puccinia triticina* Erikss / E. B. Mains, H.S. Jakson // Phytopathology. 1926. Vol.16. P. 89–120.
- Sibikeev S.N. The expression of *Lr*- genes combinations effective against race pp19 of *Puccinia recondita* and their relation to temperature // Annual Wheat Newsletter/ Kansas State University (USA). 1996. V.42. P. 179.
- Sibikeev S.N., Voronina S.A., Sibikeeva Yu.E. Field and laboratory analysis of leaf rust population of bread wheat in 1996 // Annual Wheat Newsletter/ Kansas State University (USA). 1997. V.43. P. 191.

Translation of Russian References

- Andreev L. Wheat Rust: Cytology and physiology. H., Andreev, Y. M. Plotnikova.// Moscow: Nauka, 1989. P. 3–4; 182–186. (In Russian).
- Chumakov A.E. Wheat rust and its control / Chumakov A. E. Moscow: Kolos. 1969. 9 p. (In Russian).
- Gulyaeva E.I. Diversity of Russian soft wheat varieties by genes of resistance to brown rust / Gul'tyaeva E.I / Sovremennye problemy immuniteta k vrednym organizmam. Tezisy dokladov IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Saint-Petersburg, VIZR, 2016. P. 24. (In Russian).
- Ivanova O.V. Dynamics of population structure of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*, *Rob. et Desm.* in the Volga region / O. V. Ivanova, T.S. Markelova // Zashchita i karantin rastenij. 2011. N 9. P. 20–21.
- Ivanova O.V. Sources of spring wheat resistance to brown rust and variability of the pathogen population structure in the conditions of the Lower

- Volga region / Avtoref. ... kand. dis. / O.V. Ivanova. Saratov. 2013. 24 p. (In Russian).
- Kovalenko E.D. The present state of populations of the leaf rust pathogen and the establishment of a gene Bank for sources and donors of wheat resistance / E. D. Kovalenko, A. I. Zhemchuzhina, M. I. Kiseleva and T. M. Kolomiets, I. F. Lapochkina, J.N. Khudokormov, H. Bockelman // Immunogeneticheskaya zashchita sel'skokozyajstvennyh kul'tur ot boleznj: teoriya i praktika: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashch. 125-letiyu so dnya rozhdeniya N.I. Vavilova. Bol'shie Vyazemy. 2012. P. 69–80. (In Russian).
- Markelova T.S. Biological features of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*, Rob. et Desm. / T.S. Markelova, O.V. Ivanova, E.A. Naryshkina, Baukenova E.A. // Problemy mikologii i fitopatologii v XXI veke: materialy Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, posvyashchennoj 150-letiyu so dnya rozhdeniya chlena-korrespondenta AN SSSR, professora Artura Arturovicha Yachevskogo. 2013. P. 177–179. (In Russian).
- Markelova T.S. Studying structure and variability of population of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*, Rob. et Desm. in the Volga region / T. S. Markelova // Agro XXI. 2007. N 4–6. P. 37–40. (In Russian).
- Markelova T.S., Baukenova E. A. Immunological studies of wheat brown rust population (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*, Rob. et Desm.) in the Volga region // Sovremennye problemy immuniteta rastenij k vrednym organizmam. Tezisy dokladov IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 2016. P. 108. (In Russian).
- Mikhailova L.A. Regularities of variability of brown rust pathogen populations and genetic control of wheat resistance to disease / Avtoref. ... dokt. dis. Saint-Petersburg. 1996. 63 s. (In Russian).
- Odintsova I. G. On the complexity of Lr23 locus controlling the resistance of wheat to brown rust / Odintsova, I. G., H. O., Peshwa // Tr. po prikl. botanike, genetike i selekcii. 1984. T. 85. P. 13–19. (In Russian).
- Sibikeev S.N. Foreign genes in breeding spring bread wheat for resistance to leaf rust // Diss. ... dokt. biolog. nauk / S.N. Sibikeev. Saratov. 2002. 200 p.
- Sibikeev S.N. The evaluation of a set introgressive lines of spring soft wheat breeding, agricultural research Institute of the South-East for resistance to stem rust race UG99+SR24 (TTKST) / S. N. Kabikeev, T. S. Markelova, A. E. Druzhin, L. M. Vedeneeva, D. Sing. // Doklady Rossijskoj akademii sel'skokozyajstvennyh nauk. 2011. N 2. P. 3–5.
- State register of breeding achievements admitted to use. Volume I. Plant Varieties. Moscow. 2018. 504 s. (In Russian).
- Tyunin V.A. Characteristics of virulence in the populations of *Puccinia triticina* and prospects for the use of genes Lr24, Lr25, LrSp in the selection of spring soft wheat in the southern Urals / V.A. Tyunin, E.R. SHrejder, E.I. Gul'tyaeva, E.L. Shajdayuk // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2017. N 21(5). P. 523–529. (In Russian).
- Vedeneeva M.L. Racial composition of the causative agent of brown rust of wheat in the Saratov region / M. L. Vedeneeva // Puti intensivatsii ispol'zovaniya zemel' v Povolzh'e. Saratov. 1981. P. 82–87. (In Russian).
- Vedeneeva M.L. Structure of the population of brown rust of wheat in the Volga region and the efficiency of selection for immunity / M. L. Vedeneeva, T. S. Markelova // Problemy i puti preodoleniya zasuhi v Povolzh'e. Saratov. 2000. P. 325–331. (In Russian).
- Volkova G.V. Structure and variability of populations of the causative agents of economically important diseases of wheat gene pool of plant resistance host / G. V. Volkova, O. Kremneva // Geneticheskie osnovy selekcii. Ufa. 2008. P. 134–141. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 4(98), p. 44–49

PUCCINIA TRITICINA POPULATION STRUCTURE ON WINTER AND SPRING WHEAT IN SARATOV REGION DURING 2013–2017

E.A. Konkova

Agricultural Research Institute for South-East Regions of Russia, Saratov, Russia

The analysis of the *Puccinia triticina* Ericks Saratov population's structure on the wheat for virulence genes during 2013–2017 is provided. Infectious material has been collected from winter and spring bread wheat cultivars and lines of ARISER bred. These cultivars and lines have varying degrees of pathogen severity: from moderate (10–20%) to high (70–90%). The studies of virulence genes in the *P. triticina* population were performed on the cultivar Thatcher set of near isogenic lines (NIR), which contained 52 lines with identified *Lr*-genes. Ten monopustules isolates were isolated from pathogen populations. The composition of the pathogen populations for virulence genes was determined by its infection type on NIRs. It is established that *P. triticina* populations in 2013–2017 was characterized as highly virulent. The number of virulence genes ranged from 40 to 44, but the number of resistant genes varied from 6 to 9. The main differences in the population compositions were in the different types of reactions to *Lr9*, *Lr19*, *Lr23*, *Lr24*, *Lr29* genes. These genes showed resistance, then susceptible type of reaction to *P. triticina*. During 2013–2017, the high efficiency of *Lr41*, *Lr42*, *Lr43+24*, *Lr47*, *Lr53* genes was observed. The use of these genes in breeding will expand the genetic diversity of new cultivars and stabilize the pathogen population composition. These data indicate the need for continuous monitoring of the *P. triticina* population composition for the virulence genes frequency, which will allow to develop a strategy of resistant cultivars breeding and spread them in the wheat cultivation regions.

Keywords: *Puccinia triticina*, population, monopustules, isolates, *Lr*-genes, virulence, avirulence.

Received: 01.10.2018

Accepted: 20.11.2018

Сведения об авторе

ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока»,
г. Саратов, ул. Тулайкова, д. 7, 410010, Российская Федерация
*Конькова Эльмира Александровна. Старший научный сотрудник,
кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: Baukenowaea@mail.ru

Information about the author

Agricultural Research Institute for South-East Regions of Russia
410010 Saratov, Tulaikov St., 7, Russian Federation
*Konkova Elmira Alexandrovna. Senior researcher, PhD in Agriculture,
e-mail: Baukenowaea@mail.ru