УДК 632.4+633.11+632.938

DOI: 10.17277/voprosy.2015.03.pp.020-027

СОЗДАНИЕ ИСТОЧНИКОВ УСТОЙЧИВОСТИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ К ОПАСНЫМ БОЛЕЗНЯМ И ВРЕДИТЕЛЯМ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ

Ю. В. Зеленева, В. В. Плахотник,
В. П. Судникова, Ю. М. Денисова

*ГБНУ «Тамбовский научно-исследовательский
сельскохозяйственный институт Федерального агентства
научных организаций», Среднерусский филиал, г. Тамбов
ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный университет
им. Г. Р. Державина», г. Тамбов*

Рецензент д-р биол. наук, профессор Г. А. Лада

Ключевые слова: возбудитель; источники устойчивости;
патоген; пшеница; селекция; сорт; стрессовый фактор.

Аннотация: Установлено, что патогенный комплекс возбудителей септориоза пшеницы в ЦЧР представлен тремя видами септориальных грибов: *Septoria tritici*, *Stagonospora avenae* f. sp. triticea, *Stagonospora nodorum*. Популяция возбудителя твердой головки пшеницы дифференцирована по вирулентности на 16 физиологических рас (1 – 4, 6, 8 – 11, 14, 16, 17, 19, 20, 13(6), BtM). Для повышения результативности селекции на устойчивость к бурой ржавчине перспективными являются Lr9 и LrAg. Устойчивость к возбудителю твердой головки пшеницы обеспечивали как одиночные олигогены: Bt₁Bt₄, Bt₆, так и комбинации их в одном генотипе: Bt₁Bt₄; Bt₁Bt₄Bt₆; Bt₁Bt₃Bt₄.

Проведены испытания сортов и гибридов промышленных видов яровой пшеницы отечественной и зарубежной селекции

Зеленева Юлия Витальевна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории иммунитета растений, e-mail: zelenewa@mail.ru; Плахотник Владимир Васильевич – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией иммунитета растений; Судникова Валентина Павловна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории иммунитета растений, ГБНУ «Тамбовский научно-исследовательский сельскохозяйственный институт Федерального агентства научных организаций», Среднерусский филиал; Денисова Юлия Михайловна – ассистент кафедры иностранных языков в сфере профессиональной коммуникации Международного департамента медицинского образования Медицинского института, ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный университет им. Г. Р. Державина», г. Тамбов.

для выявления доноров и источников устойчивости к болезням. Методами традиционной селекции созданы селекционные линии и сорта яровой пшеницы, обладающие засухоустойчивостью и групповой устойчивостью к особо опасным болезням и вредителям. Проведена идентификация Lr-генов с использованием ДНК-маркеров.

Эффективным, экономически выгодным и экологически оправданным способом борьбы с вредными организмами является выведение и внедрение в производство устойчивых сортов. Начальным этапом создания исходного материала для селекции сельскохозяйственных растений на устойчивость к болезням является формирование банка источников устойчивости.

Знания о структуре патогенных комплексов позволяют более целенаправленно подходить к вопросу изучения и выделения устойчивых сортов пшеницы к заболеваниям. Патогенный комплекс возбудителей септориоза пшеницы в регионе представлен тремя видами септориальных грибов: *Septoria tritici*, *Stagonospora avenae* f. sp. *triticea*, *Stagonospora nodorum*. Популяция возбудителя твердой головки пшеницы дифференцирована по вирулентности на 16 физиологических рас (1 – 4, 6, 8, 9 – 11, 14, 16, 17, 19, 20, 13(6), BtM). Для повышения результативности селекции на устойчивость к бурой ржавчине перспективными являются Lr9 и LrAg. Устойчивость к возбудителю твердой головки пшеницы обеспечивали как одиночные олигогены: Bt₁Bt₄, Bt₆, так и комбинации их в одном генотипе: Bt₁Bt₄; Bt₁Bt₄Bt₆; Bt₁Bt₃Bt₄.

Сорта и гибриды промышленных видов яровой пшеницы отечественной и зарубежной селекции были включены для выявления доноров и источников устойчивости к болезням. Изучение материала проводили в полевых инфекционных питомниках бурой ржавчины, септориоза, пыльной и твердой головки. Среди сортообразцов яровой пшеницы отобраны доноры и источники устойчивости к болезням и вредителям. Методами традиционной селекции созданы селекционные линии и сорта яровой пшеницы, обладающие засухоустойчивостью и групповой устойчивостью к особо вредоносным болезням и вредителям. Проведена идентификация Lr-генов с использованием ДНК-маркеров.

Материалы и методы

В целях изучения патогенных комплексов возбудителей болезней проводили маршрутные обследования производственных и селекционно-семеноводческих посевов зерновых колосовых культур в Центрально-черноземном районе (ЦЧР) [1]. Микологическую экспертизу осуществляли, пользуясь определителем грибов [2].

Исследования по внутривидовой дифференциации популяций по вирулентности и патогенности проводили в лабораторных и полевых условиях на стандартном для каждого патогена наборе тест-сортов, сортов-дифференциаторов и моногенных линий [3].

Сорта и гибриды промышленных видов яровой пшеницы отечественной и зарубежной селекции были включены для выявления доноров и источников устойчивости к болезням. Изучение материала проводили в полевых инфекционных питомниках бурой ржавчины, септориоза, пыльной и твердой головни, руководствуясь соответствующей методической литературой [3 – 5].

Методами традиционной селекции создаются новые устойчивые к стрессовым факторам среды источники, доноры яровой мягкой пшеницы, не уступающие по основным хозяйственно-ценным признакам и свойствам, районированным в ЦЧР сортам или превосходящие их. Идентификация Lr-генов с использованием ДНК-маркеров выполнена на экспериментальной базе Всероссийского института защиты растений (ВИЗР). Ежегодно проводятся обследования фитосанитарного состояния селекционно-семеноводческих и производственных посевов зерновых колосовых культур в ЦЧР. Проводимая работа позволяет выявить видовые разнообразия и вредоносность возбудителей болезней, их распространенность.

Патогенный комплекс возбудителей септориоза пшеницы в регионе (Тамбовская, Липецкая, Воронежская, Курская, Белгородская области) представлен тремя видами септориальных грибов: *Septoria tritici* Rob et. Desm., *Stagonospora avenae* f. sp. triticea Jhons., *Stagonospora nodorum* [Berk] Castellani & E. G. Germano. Доминирующее положение во всех агроклиматических зонах ЦЧР занимает *S. tritici* [6].

Популяция возбудителя бурой ржавчины пшеницы гетерогенна – включает 55 аллелей вирулентности. Доминируют высокоагрессивные рр-гены, на долю которых в структуре приходится 75,4 %. Не выявлено изолятов вирулентных лишь к Lr-генам 40 и 50. По степени выраженности фенотипы популяций на районированных сортах яровой и озимой пшениц разделялись на средневыраженный (15 – 17 генов вирулентности) и высоковыраженный фенотипы (18 – 28). Преобладал последний, доля которого в популяции составила 85,7 %. Высоковыраженный фенотип формировался на сортах Мичуринская 17, Черноземноуральская, Прохоровка (яровая пшеница), Устрич, Дон 85, Донской сюрприз, Заря, Мироновская 808, Льговская, Северо-Донецкая юбилейная, Базальт, Губернатор Дона, Дриада, Богданка, Арианда, Сурава (озимая пшеница). Наиболее высокий показатель зарегистрирован на сорте Базальт – 28 рр-генов. Субпопуляции патогена из этих же сортов обладали также и высоким индексом вирулентности – от 0,7 до 2,5 ед.

Исходя из сложившихся в пшеничном агрофитоценозе региона взаимоотношений в системе сорт–хозяин–патоген эффективную устойчивость к бурой ржавчине обеспечивают Lr-гены: 9(= Tr), 24, 25, 28, 36, 39(= 41), 40, 45, 47, 49, 50 (= LrW), Tt₁Tt₂, Ag. На данный период наиболее перспективными для повышения результативности селекции на устойчивость к бурой ржавчине являются Lr9 и LrAg.

Популяция возбудителя твердой головни пшеницы дифференцирована по вирулентности на 16 физиологических рас (1 – 4, 6, 8 – 11, 14, 16, 17, 19, 20, 13(6), VtM), среди которых 13 идентифицированы для региона

впервые, а два последних – новые для популяции. Раса BtM, выявленная на сорте Мироновская 808, является супер вирулентной и агрессивной ко всем сортам-дифференциаторам. Доминируют высокоагрессивные расы 9 и 10, паразитирующие на сортах Базальт, Дон 93, Круиз, Волгоуральская, Тулайковская 5.

Устойчивость к возбудителю твердой головни пшеницы обеспечивали как одиночные олигогены: Bt₁Bt₄, Bt₆, так и комбинации их в одном гено-типе: Bt₁Bt₄; Bt₁Bt₄Bt₆; Bt₁Bt₃Bt₄.

Для получения объективной информации об иммунологических свойствах изучаемого материала, инокуляцию растений в полевых инфекционных питомниках проводили биоматериалом, наиболее полно отражающим спектр вирулентности и уровень агрессивности естественных популяций, сложившихся в процессе микроэволюции в регионе.

В полевых инфекционных питомниках испытано 10 005 сортообразцов мягкой и твердой пшеницы из различных эколого-географических групп. Среди испытуемого материала преобладали сорта из североамериканской (США, Канада, Мексика) и латиноамериканской (Аргентина, Бразилия, Колумбия, Перу, Чили) гибридных групп, средневожской эколого-географической группы, а также международных и региональных питомников ИКАРДА, СИММИТ, как представляющие наибольший интерес в поисках желаемых генотипов. Подбор материала для испытаний проводился целенаправленно, основываясь на данных источников научной литературы, а также результатах работы с исходным материалом в предыдущие годы. При создании коллекции генетически разнородных доноров устойчивости пшеницы к болезням необходимо определить потенциальные возможности сортов и гибридов, которые могут служить источниками этого хозяйственно полезного признака.

По итогам иммунологических оценок и браковки материала по фенотипу среди яровой пшеницы отобраны современные источники устойчивости и доноры, наиболее полно отвечающие требованиям, предъявляемым к исходному материалу (таблица).

Чтобы успешно вести селекцию пшеницы на иммунитет, необходимо не только выявлять источники устойчивости, но и создавать новый исходный материал, адаптированный к климатическим условиям региона. В связи с этим, одной из задач исследований было создание нового исходного материала для селекции яровой мягкой пшеницы на иммунитет. Работа велась по полной схеме селекционного процесса с применением искусственных инфекционных фонов на всех его этапах. В питомнике гибридизации проведена серия скрещиваний, предусматривающих получение исходного материала с высокоэффективными генами устойчивости к бурой ржавчине. В качестве доноров высокоэффективных Lr-генов (9, 19, 38, Agi, Tt₁Tt₂) использовали сорта Эстивум 520, Эстивум 526, Эстивум 529, Эстивум 56, Эстивум 611, Лебедушка, Лютесценс 537, Лютесценс 579, Агис 1, Агис 503, Удача, Терция, Тулеевская, Сибирская 155, Лубнинка, Новосибирская 44, Aghata, а также современные генетические источники и доноры, созданные в филиале в предыдущие годы: Тамбовчанка, Бастионная, Мерцана, Эритроспермум 31357-2, РЛ6, РЛ-1-2, СФР-27-8. В качестве

**Результаты иммунологической оценки
сортообразцов пшеницы**

Возбудитель	Число устойчивых образцов	Устойчивые сорта
Бурая ржавчина	72	Кк 30287, 31416, 35708 (США), 30104, 30124, 31765 (Мексика), 32509, 33445 (СИММИТ), Эстивум 60, Дуэт Черноземья, Лютесценс 537, Лютесценс 599, Тулайковская 100, Челябин 75
Септориоз	70	Кк 31306, 31310, 34307, 59417 (США), 30287, 32164, 31821 (Мексика), 31765, 31776, 31964 (СИММИТ), 34349 (Кения), Биора, Безенчукская 139, Фаворит, Удача
Бурая ржавчина и септориоз	43	Кк 34267, 31286 (США), 3502 (Мексика), 34336 (СИММИТ), 3518 (Аргентина), 45012 (Португалия), К10508 (Грузия), Эстивум 605, Лютесценс 537, Эстивум 614
Пыльная головня	43	Кк 17146 (Сирия), 33809 (Мексика), 31623 (Кения), 58424 (Австралия), 60584 (Канада), Прохоровка, Тамбовчанка, Мерцана, Лютесценс 579, Памяти Чеховича, Безенчукская
Твердая головня	210	Кк 31574, 31821, 32402, 34270 (СИММИТ), 3515 (Аргентина), 56108, 45486 (США), 52376 (Швеция), Примэваро (Молдова), Альбидум 29, Воронежская 16, Юго-Восточная, Ишеевская, Лада, Тулайковская степная, Тамбовчанка, Симбирцит
Групповая устойчивость ко всем болезням	9	Кк 3502 (Мексика), 3515, 3518 (Аргентина), А. С. Frank (Канада), Товге (Португалия), Saffar (Швеция), 10508 (Грузия), Новосибирская 44, Лубнинка
Скрытостебельные вредители	20	Кк 3502 (Мексика), 31570 (СИММИТ), 54059 (Австралия), Марина, Лютесценс 549, Воронежская 7, Тулайковская 10, Эстивум 522

рекурентов – сорта сильных и ценных пшениц: Воронежская 12, Воронежская 10, Юго-Восточная 2, Прохоровка, Дарья, Рассвет, Ершовская 32.

Среди используемых эффективных генов устойчивости к бурой ржавчине несомненный интерес по ряду положительных свойств, прежде всего длительности сохранения эффективности, представляет LrAgi, трансформированный в геном яровой мягкой пшеницы (сорт Саратовская 29) от пырея среднего (*Agropyron intermedium*) – доноры-носители LrAgi (Агис 1, Агис 503, Эстивум 520, Эстивум 529, Эстивум 56, Эстивум 611, Лютесценс 527, Лютесценс 579 и др.) обладают также групповой устойчивостью к болезням: септориозу, мучнистой росе и пыльной головне.

В питомниках контрольного и предварительного испытания отобраны селекционные линии, обладающие комплексом положительных признаков

и свойств, в том числе устойчивые к бурой ржавчине – 183, септориозу – 42, пыльной головне – 152, твердой головне – 36, стеблевой ржавчине – 18.

В питомниках конкурсного сортоиспытания выделились устойчивые к основным болезням селекционные линии, не уступающие по урожайности (17 линий) районированным в ЦЧР сортам или превышающие их: 28 селекционных линий превысили стандарт (Прохоровка) на 4,1... 18,5 ц/га, при уровне урожайности стандарта 34,2 ц/га.

С использованием ДНК-маркеров проведена идентификация Lr-генов в оригинальных селекционных линиях, отобранных по комплексу положительных признаков и свойств в качестве потенциальных доноров устойчивости к бурой ржавчине.

Установлено, что в генотипах изучаемого материала содержатся как одиночные Lr-гены, 9, 19, 24, 34, 10, 16, 13, так и различные их сочетания: Lr9 + Lr10 (в линиях СФР 135-17, СФР 135-17-16, СФР 142-32, СФР 88-1), Lr19 + Lr20 (Рл9, Рл8-1, Рл16), Lr9 + Lr10 + Lr20 (в линии Рл11), Lr19 + Lr10 + Lr20 + Lr26 (СФР135-17 и СФР184-3-5-7), Lr19 + Lr10 + Lr26 (СФР 193-12-8-6-1). Преобладали комбинации гена Lr19 со слабо эффективными генами Lr10, Lr20 и Lr26. При этом отмечено, что комбинация Lr19 + Lr26 значительно повышает уровень устойчивости [7].

Погодные условия в период вегетации пшеницы в отдельные годы складывались весьма благоприятно для проявления некоторых стрессовых факторов среды. Так, в 2011 г. отмечено массовое заселение растений шведской и яровой пшеничной мухами (поврежденность сортов достигала 90,2 %) и сильное развитие энзимо-микозного истощения (истекания) зерна (ЭМИС), что позволило получить новые сведения об устойчивости селекционного материала к ЭМИС и подкорректировать объективность ранее полученных на провокационном фоне данных по устойчивости к скрытостебельным вредителям.

В питомниках конкурсного сортоиспытания выделилось 43 селекционных номера, устойчивых к скрытостебельным вредителям, в их числе СФР142-32-5, РЛ9-1, СФР88-1, СФР184-3-5, СФР204, СФР195-11-5, Л-3, СФР214-12-2 и др.

Обилие осадков и продолжительный росяной период в фазу полной спелости в 2012 г. спровоцировали прорастание зерна на корню, что позволило провести браковку материала по этому признаку. Наиболее склонны к прорастанию на корню сорта североамериканской гибридной группы и Поволжья, и как следствие – гибриды, полученные с их участием в качестве родительных форм.

В результате проделанной работы в Госкомиссию по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур переданы сорта яровой мягкой пшеницы: Тамбовчанка, Бастионная, Пальмира, Мерцана, обладающие засухоустойчивостью и групповой устойчивостью к особо вредоносным болезням: бурой и стеблевой ржавчинам, пыльной и твердой головне, мучнистой росе и септориозу.

По итогам иммунологических оценок и браковки материала по фенотипу среди сортообразцов яровой пшеницы отобраны современные источники устойчивости и доноры, наиболее полно отвечающие требованиям, предъявляемым к исходному материалу. Подавляющее их большинство

обладает устойчивостью к двум и более патогенам. Методами традиционной селекции созданы устойчивые к стрессовым факторам селекционные линии и сорта (Тамбовчанка, Бастионная, Пальмира, Мерцана) яровой пшеницы, не уступающие по хозяйственно-ценным признакам и свойствам, районированным в ЦЧР сортам, или превосходящие их.

Полученные экспериментальные данные могут служить основой для составления селекционных программ на иммунитет.

Список литературы

1. Фитосанитарная экспертиза зерновых культур. (Болезни растений) : рекомендации / С. С. Санин [и др.] ; под ред. С. С. Санина. – М. : ФГНУ «Росинформ-агротех», 2002. – 138 с.
2. Пидопличко, Н. М. Грибы – паразиты культурных растений. Определитель. Т. 1. Пикнидиальные грибы / Н. М. Пидопличко. – Киев. : Наукова думка, 1978. – 231 с.
3. Источники и доноры устойчивости яровой пшеницы к эпифитотийно и особо опасным болезням в условиях Центрально-Черноземного региона : каталог / В. В. Плахотник [и др.]. – Тамбов : Изд. дом Тамб. гос. университета им. Г. Р. Державина, 2013. – 26 с.
4. Судникова, В. П. Возбудители септориоза пшеницы, изучение популяций по морфолого-физиологическим свойствам, устойчивость сортообразцов к патогену / В. П. Судникова, В. В. Плахотник, Ю. В. Зеленева. – Тамбов : Изд. дом Тамб. гос. университета им. Г. Р. Державина, 2011. – 35 с.
5. Методы селекции и оценки устойчивости пшеницы и ячменя к болезням в странах – членах СЭВ / Л. Бабаянц и др. – Прага : Координационный центр, 1988. – 321 с.
6. Зеленева, Ю.В. Структура популяций *Septoria Tritici* в Центральном Черноземье / Ю. В. Зеленева, В. П. Судникова // АГРО XXI. – М., 2012. – № 4. – С. 6 – 10.
7. Зеленева, Ю. В. Идентификация Lg-генов у образцов мягкой пшеницы устойчивых к возбудителю бурой ржавчины в условиях ЦЧР с использованием ДНК-маркеров / Ю. В. Зеленева, Е. И. Гульяева, В. В. Плахотник // Вест. защиты растений. – 2013. – № 3. – С. 37 – 39.

References

1. Sanin S.S. (2002), *Fitosanitarnaya ekspertiza zernovykh kul'tur. (Bolezni rastenii) : rekomendatsii* (Phytosanitary examination of crops. (Plant Diseases): recommendations), Moscow: FGNU "Rosinformagrotekh", 138 p.
2. Pidoplichko N.M. (1978), *Griby – parazity kul'turnykh rastenii. Opredelitel'. Tom 1. Piknidial'nye griby* (Mushrooms – parasites of cultivated plants. Determinant. Vol. 1. Piknidialnye mushrooms), Kiev: Naukova dumka, 231 p.
3. Plakhotnik V.V., Zeleneva Yu.V., Sudnikova V.P., Bokunova L.V (2013), *Istochniki i donory ustoichivosti yarovoï pshenitsy k epifitotiiino- i osobo opasnym boleznyam v usloviyakh Tsentral'no-Chernozemnogo regiona (katalog)* (Sources and donors of resistance of spring wheat to epifitotiiino- and especially dangerous diseases in the conditions of Central Black Earth region (catal), Tambov : Izdatel'skii dom Tambovskogo gosudarstvennogo universiteta im. G.R. Derzhavina, 26 p.
4. Sudnikova V.P., V.V. Plakhotnik, Yu.V. Zeleneva (2011), *Vozbuditeli septori-oza pshenitsy, izuchenie populyatsii po morfoloogo-fiziologicheskim svoistvam, ustoichi-vost' sortoobraztsov k patogenu* (Pathogens wheat Septoria, study populations for mor-phological and physiological properties, resistance to the pathogen accessions), Tambov

: Izdatel'skii dom Tambovskogo gosudarstvennogo universiteta im. G.R. Derzhavina, 35 p.

5. *Metody selektsii i otsenki ustoichivosti pshenitsy i yachmenya k boleznyam v stranakh – chlenakh SEV* (Methods of selection and evaluation of the stability of wheat and barley disease in the countries – members of the CMEA), Praga: Koordinatsionnyi tsentr, 19988, 321 p.

6. Zeleneva Yu.V., Sudnikova V.P. (2012), AGRO XXI, No. 4, pp. 6-10.

7. Zeleneva Yu.V., Gul'tyaeva E.I., Plakhotnik V.V. (2013), Vestnik zashchity rastenii, no. 3, pp. 37-39.

Creation of Sources of Resistance of Spring Wheat to Dangerous Diseases and Pests in Conditions of the Central Chernozem Region

**Yu. V. Zeleneva, V. V. Plakhotnik,
V. P. Sudnikova, Yu. M. Denisov**

*Tambov Research Institute of Agriculture of the Federal Agency;
of Scientific Organizations Srednerussky Branch, Tambov;
Derzhavin Tambov State University, Tambov*

Keywords: agent; sources of resistance; pathogen; wheat; selection; variety; stressor.

Abstract: It was found that pathogens of Septoria wheat in Central Chernozem Region are represented by three species of fungi septorialnyh: *Septoria tritici*, *Stagonospora avenae* f. sp. triticea, *Stagonospora nodorum*. The population of the wheat smut pathogen is differentiated by the virulence of 16 physiological races (1 – 4, 6, 8 – 11, 14, 16, 17, 19, 20, 13(6), BtM). To improve the efficiency of selection for resistance to leaf rust Lr9 and LrAg are promising. Resistance to wheat smut pathogen was provided by single oligogeny: Bt₁Bt₄, Bt₆ and their combinations in one genotype Bt₁Bt₄; Bt₁Bt₄Bt₆; Bt₁Bt₃Bt₄.

We conducted tests of varieties and hybrids of industrial types of spring wheat of domestic and foreign selection to identify donors and sources of resistance to disease. Using conventional selection methods we developed selection lines and varieties of spring wheat, resistant to drought and especially dangerous diseases and pests. Using the DNA-markers we identified Lr-genes.

© Ю. В. Зеленева, В. В. Плахотник,
В. П. Судникова, Ю. М. Денисова, 2015