

АГРОНОМИЯ

УДК 633.11 «321»:632.4:631.526.32(571.1)(574.2)

И.А. Белан, Л.П. Россеева,
Л.В. Мешкова, Н.П. Блохина,
Л.А. Першина, Н.В. Трубочеева
I.A. Belan, L.P. Rosseyeva,
L.V. Meshkova, N.P. Blokhina,
L.A. Pershina, N.V. Trubacheyeva

СОЗДАНИЕ СОРТОВ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ, УСТОЙЧИВЫХ К ГРИБНЫМ ЗАБОЛЕВАНИЯМ, ДЛЯ УСЛОВИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ И УРАЛА

DEVELOPMENT OF SOFT WHEAT VARIETIES RESISTANT TO FUNGAL DISEASES FOR WEST SIBERIA AND THE URALS

Ключевые слова: иммунитет, транслокации, резистентность, патоген, ржавчина, сорт, селекция, сортоиспытание, урожайность.

Представлены результаты совместной деятельности ФГБНУ «СибНИИСХ» и ФГБНУ ИЦиГ СО РАН по селекции сортов яровой мягкой пшеницы для условий Западной Сибири и Урала за 2002-2015 гг. Цель работы заключалась в создании коммерческих сортов яровой мягкой пшеницы нового поколения, резистентных к наиболее распространенным листовостебельным заболеваниям. Объектом исследований служили сорта и перспективный материал лаборатории селекции яровой мягкой пшеницы ФГБНУ «СибНИИСХ» и материал, полученный из ИЦиГ СО РАН. В полевых условиях проводились фенологические наблюдения и оценки на устойчивость к листовостебельным патогенам. Контрастность лет за годы исследований позволила объективно протестировать селекционный материал. Привлечение в скрещивания при создании нового исходного материала для селекции сортов мягкой пшеницы носителей чужеродного генетического материала стало основой создания в ФГБНУ «СибНИИСХ» таких сортов яровой мягкой пшеницы, как Омская 37, Омская 38, Омская 41 и ряда перспективных линий. Проведен скрининг линии с высокой резистентностью к листовостебельным патогенам. Наличие большого числа линий с чужеродными генами различного происхождения позволяет в рамках совместных исследований проводить работы по пирамидированию генов, контролирующей устойчивость к стрессовым факторам. В настоящее время во всех селекционных питомниках имеются перспективные формы с разным типом устойчивости. Внедрение новых высокопродуктивных резистентных и засухоустойчивых сортов позволило повысить уровень урожайности яровой пшеницы в производственных условиях, снизить инфекцион-

ную нагрузку по ряду патогенов, обеспечить регионы высококлассным зерном.

Keywords: immunity, translocation, resistance, pathogen, rust, variety, plant breeding, variety trials, yield.

The paper presents the results of joint research work of the Siberian Research Institute of Agriculture (Siberian RIA) and the Institute of Cytology and Genetics (IC&G) within the period of 2002-2015 on breeding spring soft wheat varieties for West Siberia and the Urals. The goal was to create a new generation of commercial spring soft wheat varieties resistant to the most spread leaf and stem diseases. The research targets were wheat varieties and promising material developed at the Laboratory of Spring Soft Wheat Selective Breeding (Siberian RIA) and the material obtained from. Phenological monitoring and evaluation of accession resistance to leaf and stem pathogens were performed in field conditions. The variability of the environmental conditions during the research period enabled to objectively test the breeding material. The use of foreign genetic material during wheat breeding process allowed developing the following new spring soft wheat varieties at the Siberian RIA: Omskaya 37, Omskaya 38, Omskaya 41 and some promising lines. Screening of lines with high resistance to leaf and stem diseases was performed. The presence of large amount of lines with foreign genes of different origin enables to perform a joint research work on stacking of genes which control the resistance to stress factors. Nowadays, there are new promising wheat forms with different type of resistance in all breeding nurseries. The introduction of new highly productive, resistant and drought-resistant varieties allowed increasing spring wheat yields under real production conditions, decreasing infection load and supplying high-quality grain to the regions.

Белан Игорь Александрович, к.с.-х.н., с.н.с., зав. лаб. селекции яровой мягкой пшеницы, Сибирский НИИ сельского хозяйства, г. Омск. Тел. (3812) 77-54-23. E-mail: belan_skg@mail.ru.

Росеева Людмила Петровна, к.с.-х.н., вед. н.с., лаб. селекции яровой мягкой пшеницы, Сибирский НИИ сельского хозяйства, г. Омск. Тел. (3812) 77-54-23. E-mail: rosseeva@mail.ru.

Мешкова Людмила Викторовна, к.б.н., с.н.с., зав. лаб. иммунитета, Сибирский НИИ сельского хозяйства, г. Омск. Тел.: (3812) 77-60-71. E-mail: belan_skg@mail.ru.

Блохина Наталья Павловна, н.с., лаб. селекции яровой мягкой пшеницы, Сибирский НИИ сельского хозяйства, г. Омск. Тел.: (3812) 77-54-23. E-mail: belan_skg@mail.ru.

Першина Лидия Александровна, д.с.-х.н., зав. лаб. хромосомной инженерии злаков, Институт цитологии и генетики СО РАН, г. Новосибирск. E-mail: pershina@bionet.nsc.ru.

Трубачеева Наталья Викторовна, к.б.н., н.с., лаб. хромосомной инженерии злаков, Институт цитологии и генетики СО РАН, г. Новосибирск. E-mail: pershina@bionet.nsc.ru.

Belan Igor Aleksandrovich, Cand. Agr. Sci., Senior Staff Scientist, Head, Lab. of Spring Soft Wheat Selective Breeding, Siberian Research Institute of Agriculture, Omsk. Ph.: (3812) 77-54-23. E-mail: belan_skg@mail.ru.

Rosseyeva Lyudmila Petrovna, Cand. Agr. Sci., Leading Staff Scientist, Lab. of Spring Soft Wheat Selective Breeding, Siberian Research Institute of Agriculture, Omsk. Ph.: (3812) 77-54-23. E-mail: rosseeva@mail.ru.

Meshkova Lyudmila Viktorovna, Cand. Bio. Sci., Senior Staff Scientist, Head of Lab., Siberian Research Institute of Agriculture, Omsk. Ph.: (3812) 77-60-71. E-mail: belan_skg@mail.ru.

Blokhina Natalya Pavlovna, Staff Scientist, Siberian Research Institute of Agriculture, Omsk. Ph.: (3812) 77-54-23. E-mail: belan_skg@mail.ru.

Pershina Lidiya Aleksandrovna, Dr. Agr. Sci., Head, Lab. of Cereal Chromosomal Engineering, Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch, Rus. Acad. of Sci., Novosibirsk. E-mail: pershina@bionet.nsc.ru.

Trubacheeva Natalya Viktorovna, Cand. Bio. Sci., Staff Scientist, Lab. of Cereal Chromosomal Engineering, Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch, Rus. Acad. of Sci., Novosibirsk. E-mail: pershina@bionet.nsc.ru.

Введение

Направление адаптивной селекции к началу XXI столетия стало приоритетным во всем мире [1, 2]. Важность селекции на адаптивность в настоящее время обуславливается тенденцией глобального изменения климатических условий, слабой прогнозируемостью погодных условий, а также опасностью появления новых и сильным распространением имеющихся возбудителей заболеваний. Мировой опыт показывает, что для более успешного и эффективного развития работ в этом направлении важен переход на принципиально новый уровень исследований с привлечением достижений хромосомной инженерии и молекулярной генетики, что позволяет создавать генотипы пшеницы с заданными хозяйственно-ценными признаками [3].

Ежегодная оценка поражения пшеницы листостебельными патогенами в Омской области показала, что за последние 10-15 лет стало наблюдаться более интенсивное развитие таких заболеваний, как мучнистая роса, бурая и стеблевая ржавчины, что приводит к значительному уменьшению урожайности и снижению качества зерна [4, 5]. Мониторинг популяций возбудителей данных заболеваний, проводимых в институте, показал увеличение их вирулент-

ности, что учитывается нами при создании устойчивых сортов [4]. Возделывание сортов, устойчивых к болезням, – экономически выгодный и экологически безопасный метод защиты растений [4]. Успех в селекции в этом направлении во многом зависит от наличия генотипов, несущих новые гены, перенесенные от культурных и дикорастущих сороричей пшеницы и определяющие устойчивость к грибным патогенам [5, 6]. Однако следует учитывать, что чужеродный генетический материал, интегрированный в геном мягкой пшеницы, может нести не только новые гены резистентности, но и сцепленные с ними гены, оказывающие отрицательные эффекты на проявление других признаков пшеницы [7]. Селекция на иммунитет также эффективна при вовлечении в скрещивания ранее созданных устойчивых сортов, иммунных аналогов и селекционных линий и использовании комплекса методов оценки и отбора устойчивых генотипов.

Цель и задачи исследований: изучение исходного материала и создание сортов яровой мягкой пшеницы нового поколения с привлечением интрогрессивных линий, несущих комплексы чужеродных генов, контролирующих устойчивость к возбудителям грибных заболеваний и адаптивных к выращиванию в условиях Сибири.

Объекты и методы

Объектом исследований служили сорта и перспективный материал лаборатории селекции яровой мягкой пшеницы ФГБНУ «СибНИИСХ» и материал, полученный из ИЦиГ СО РАН. Полевые опыты, фенологические наблюдения, оценки на устойчивость к грибным патогенам проводились на опытных полях института в полном соответствии с требованиями и рекомендациями [8, 9]. В селекционных питомниках линии и сортообразцы оценивались к бурой ржавчине (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*), стеблевой ржавчине (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*) и мучнистой росе (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*). В питомнике конкурсного сортоиспытания (КСИ) и на инфекционном фоне учеты проводились в динамике 5-7 раз через 6-8 сут. с начала проявления заболеваний, что позволило проследить за динамикой развития патогенов и более полно оценить их вредоносность. Интенсивность развития болезни определяли путем расчета площади под кривой развития заболеваний (ПКРБ), для классификации линий и сортообразцов по степени интенсивности развития патогенов рассчитывали индекс устойчивости (ИУ) [10]. Контрастность лет за годы исследований позволила всесторонне протестировать селекционный материал. В лабораторных условиях проводилась оценка в фазе проростков к бурой (челябинской, омской и красноярской популяциям) и стеблевой (омской популяции) ржавчинам бензимидазольным методом [11, 12]. Полученные данные обработаны статистически [13].

Результаты и их обсуждение

Данные, полученные в результате совместных исследований с ИЦиГ СО РАН и ВНИИЗР, по выявлению пшенично-чужеродных транслокаций в геноме сортов и перспективных линий яровой мягкой пшеницы показали, что коммерческие сорта Омская 29, Омская 37 и Омская 38 являются носителями чужеродного генетического материала [14]. Среднеспелый сорт Омская 38 и среднепоздний Омская 37 имеют в своих геномах две транслокации – пшенично-ржаную 1RS.1BL с кластером генов устойчивости к листовостебельным забо-

леваниям (*Lr26/Sr31/Pm8/Yr9*) и пшенично-пырейную 7DL-7Ai с генами, определяющими устойчивость к бурой и стеблевой ржавчинам *Lr19/Sr25* [15]. Эти сорта задерживают развитие листовостебельных заболеваний, распространенных в регионах Западной Сибири и Казахстана [16], а также проявляют устойчивость к наиболее вирулентной и агрессивной расе стеблевой ржавчины Ug99 [17]. С участием этих сортов и выделенных линий из сорта Омская 37 получено свыше 500 гибридных комбинаций. Проработка в селекционных питомниках позволила охарактеризовать их как формы с высокой сортообразующей способностью. Так, в питомнике КСИ в 2016 г. изучается 60 сортообразцов, у 40,4% из них в родословных находятся сорта и линии, выделенные из сорта Омская 37.

Гетерогенность сорта Омская 37 позволила выделить из него в год эпифитотии по грибным патогенам (2004 г.) ряд линий, сочетающих устойчивость к листовостебельным заболеваниям с хозяйственно-ценными признаками, что способствовало созданию среднепозднего сорта Омская 41, который характеризуется наличием кластеров генов *Lr26/Sr31/Pm8/Yr9* и *Lr19/Sr25* [18]. С 2016 г. сорт Омская 41 (№ патента РФ 6767) включен в Госреестр Республики Казахстан по Костанайской области.

В 2014 г. на ГСИ был передан среднеспелый сорт Сигма 2, который также создан с использованием сорта Омская 37. По данным ГСИ наибольшая прибавка урожайности наблюдалась по 9-му региону (+3,5 ц/га), по 10- и 11-му регионам урожайность была на уровне стандартов. Максимальное поражение стандартов бурой ржавчиной (45%) было отмечено в 10-м регионе, сорт Сигма 2 поразился значительно меньше (25%).

Результатом совместных исследований стали создание, изучение и использование в селекции пшеницы новых генотипов – аллоплазматических линий мягкой пшеницы, несущих цитоплазму культурного ячменя *Hordeum vulgare*. Ряд этих линий включен в селекционный процесс. В результате скрещивания одной из них – дигамной аллоплазматической линии (ДГ-17) с источниками

чужеродного генетического материала получены среднеспелые сорта Сигма и Уралосибирская 2, которые характеризуются устойчивостью к абиотическим и биотическим стрессам, повышенной урожайностью и высокими показателями качества зерна, такими как содержание клейковины и белковость зерна. Сорт Сигма (№ патента РФ 7950) с 2016 г. включен в Госреестр РФ по 10-му региону. Сорт Уралосибирская 2 передан в 2015 г. на Государственное сортоиспытание. Данные сорта и линии также широко используются при гибридизации, с их участием создано свыше 400 комбинаций, из их числа в питомнике КСИ изучается 9 сортообразцов (17,3%).

Важным в селекционном процессе является подход, основанный на использовании дигаплоидных линий, у которых можно зафиксировать пирамиду генов, перенесенных от разных родительских генотипов, ответственных за устойчивость к стрессовым факторам [19]. Гомозиготность ДГ-линий позволяет ускорить отбор генотипов с нужными признаками в процессе создания новых сортов [20]. На основе гибридов, полученных с использованием сортов Сигма и Уралосибирская 2, создан ряд дигаплоидных линий, включенных в селекционный процесс.

Трудности при скрещивании мягкой пшеницы с дикорастущими видами, стерильность межвидовых гибридов затрудняют прямое использование диких сородичей при создании сортов. В ИЦиГ СО РАН созданы устойчивые к бурой ржавчине иммунные линии сорта Саратовская 29, в геном которых интрогрессирован генетический материал от двух видов – *T. tauschii* и *T. timopheevii*. Из гибридной комбинации одной из иммунных линий Саратовская 29 с коммерческим сортом Ранг (Швеция) был создан среднепоздний, засухоустойчивый, с высоким качеством зерна сорт Памяти Майстренко, задерживающий развитие листостебельных патогенов. В геноме этого сорта замещены три хромосомы мягкой пшеницы: хромосомы 2В и 6В замещены на гомеологичные хромосомы дикорастущего сородича – *T. timopheevii* Zhuk., а хромосома 1D – на хромосому *T. tauschii* [21]. Сорт Памяти Майстренко (№ патента РФ

6859) проходит сортоиспытание на сортоучастках Республики Казахстан.

Работы по селекции мягкой пшеницы на устойчивость к грибным заболеваниям выполняются с учетом изучения структуры и динамики изменчивости бурой ржавчины, которые проводятся с 1972 г. Широкое распространение в Омской области сортов, устойчивых к этому заболеванию, с близкой генетической природой устойчивости, обусловленной геномом резистентности *Lr 9*, способствовало адаптации паразита, что привело к смене расового состава и, как следствие, их поражаемости [22].

Сорта и линии в фазе проростков оцениваются по устойчивости к популяциям мучнистой росы, бурой и стеблевой ржавчины. Это повышает эффективность проведения опережающей селекции яровой мягкой пшеницы на устойчивость к листостебельным патогенам [23].

Об эффективности такой работы свидетельствуют результаты оценки резистентности в поздних питомниках (селекционный питомник третьего года изучения (СП-3) и питомник конкурсного сортоиспытания (КСИ)) с 2001 г. к мучнистой росе, бурой и стеблевой ржавчинам. Следует отметить, что с 2007 г. стеблевая ржавчина практически ежегодно в большей или меньшей степени регистрируется на селекционных посевах.

В СП-3 темп прироста линий, сочетающих высокую продуктивность с устойчивостью к этим патогенам, ежегодно увеличивается. В 2001 г. изучались 124 линии, большинство поражились возбудителем мучнистой росы, умеренную устойчивость проявили лишь 32 линии (25,8%). К возбудителю бурой ржавчины высокую и умеренную устойчивость проявили 34 линии (27,4%). В 2015 г. из 140 линий, проходивших испытание в этом питомнике, 94 (64%) проявили высокую устойчивость к мучнистой росе, 63 (45%) – к бурой ржавчине и 54 (38,6%) – к стеблевой ржавчине.

В КСИ (2001 г.) изучалось 47 сортообразцов, из них 7 (14,8%) были умеренновосприимчивые к мучнистой росе и 4 (8,5%) умеренно-устойчивые к бурой ржавчине. В 2015 г. из 50 сортообразцов высокую и умеренную устойчивость к мучнистой росе проявили 37 (74%), к бурой

ржавчине – 32 (64%) и к стеблевой ржавчине – 30 (60%) сортообразцов (рис.).

Анализ урожайности в КСИ, где в среднем испытывается 48-50 сортов ежегодно, показывает, что в годы массового развития ржавчинных заболеваний для сортов разных групп спелости необходим определенный тип устойчивости: от сортов с высокой степенью резистентности до сортообразцов, характеризующихся продолжительным инкубационным периодом заболевания. Скороспелость среднеранних сортообразцов позволяет «уходить» от поражения патогенами, поэтому в равной мере отбираются генотипы как с вертикальной, так и горизонтальной устойчивостью. Среднеспелые сорта в большей степени поражаются листовыми патогенами, в связи с этим отдается предпочтение генотипам с вертикальным типом устойчивости, а также сортообразцам, с высоким уровнем устойчивости (ИУ в пределах 0,10-0,35), т.е. задерживающим развитие патогена. Среди сортообразцов среднепоздней группы спелости отбираются такие, у которых в конце вегетации наблюдается средний (ИУ 0,36-0,65) или низкий (ИУ 0,66-0,80) уровень устойчивости, ускоряя тем самым созревание. В настоящее время во всех селекционных питомниках имеются перспективные формы с разным типом устойчивости.

Результаты оценки в эпифитотийном 2015 г. лучших сортообразцов на устойчивость к листовостебельным патогенам в полевых условиях представлены в таблице.

Новые сортообразцы показали высокую и умеренную устойчивость к возбудителю

мучнистой росы (поражение от 20 до 50%). При первом учете большинство новых сортообразцов не поражались патогеном, а при последнем учете максимальное поражение достигало 50% (поражение стандартов 100%). У сортообразцов, проявивших устойчивость к этому патогену, ПКРБ в 2-9 раз ниже, чем у стандартов. Показатель индекса устойчивости, позволяющий классифицировать сорта по уровню устойчивости, подтверждает, что большинство новых сортообразцов проявляют высокую и среднюю устойчивость к этому патогену (ИУ колеблется от 0 до 0,65).

Высокую устойчивость к возбудителю бурой ржавчины в фазе проростков (к Омской, Красноярской и Челябинской популяциям) и взрослого растения показали сортообразцы Лютесценс 354/04-6, Лютесценс 79/04-11, Лютесценс 82/09-7, Лютесценс 82/09-6, Лютесценс 354/04-4 и Лютесценс 278-8-1. В полевых условиях, независимо от группы спелости, первые симптомы заболевания на новых сортообразцах также проявились значительно позже, чем на восприимчивых стандартах. При первом учете поражение сортов колебалось от 0 до 40%, а при последнем учете в группе среднеранних – от 5 до 50%, а у среднеспелых и среднепоздних – от 0 до 70%. У новых сортообразцов ПКРБ была в 2-7 раза ниже, чем у стандартов. Показатель ИУ подтвердил их высокую и среднюю устойчивость к патогену бурой ржавчины.

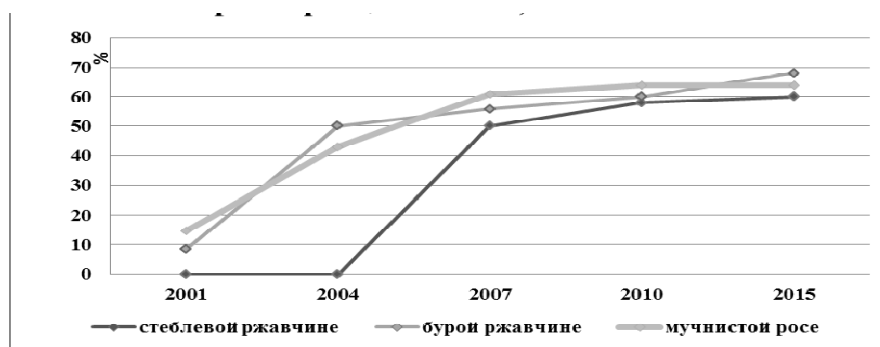


Рис. Количество устойчивых сортообразцов в питомнике КСИ, 2001-2015 гг.

Характеристика устойчивости к листовостебельным патогенам и урожайность яровой мягкой пшеницы, 2015 г.

Сорт, линия	Мучнистая роса			Бурая ржавчина			Стеблевая ржавчина			Урожайность, т/га
	%	ПКРБ	ИУ	%	ПКРБ	ИУ	%	ПКРБ	ИУ	
Среднеранняя группа спелости										
Омская 36-St	80	2750	1,00	100	2560	1,00	90	782	0,84	2,90
Лют. 354/04-6	60	1270	0,87	0	0	0	25	71,50	0,09	3,66
Лют. 184/05-2	25	1275	0,46	50	722	0,28	30	142	0,18	3,40
Лют. 79/04-11	40	1347	0,49	0	0	0	50	134	0,17	3,82
Лют. 86/07-9	15	467	0,17	5	95	0,04	70	292	0,38	3,70
Лют. 82/09-7	20	962	0,35	0	0	0	40	122	0,15	3,95
Среднеспелая группа спелости										
Дуэт-St	25	512	0,47	40	414	0,31	100	1435	1,00	2,13
Омская 38	40	930	0,84	5	11,5	0,01	50	609,5	0,42	2,51
Сигма	40	6075	0,55	70	720	0,54	10	82	0,06	2,85
Сигма 2	5	80	0,07	40	397,5	0,30	10	75	0,05	3,62
Уралосибирская 2	50	1097	1,00	25	292	0,22	50	375	0,26	2,99
Лют. 3/04-21-11	30	667	0,61	30	275	0,21	40	260	0,18	3,79
Лют. 82/09-6	20	537	0,49	0	0	0,00	10	75	0,05	3,53
Лют. 64/09-9	25	479	0,44	30	244	0,18	5	25	0,02	4,01
Лют. 340/10-5	30	597	0,54	30	345	0,26	10	75	0,05	4,07
Среднепоздняя группа спелости										
Серебристая-St	50	640	0,59	100	1350	1,00	100	867	0,90	2,07
Омская 37	40	525	0,49	25	240	0,18	30	347,5	0,36	2,72
Омская 41	25	352,5	0,33	25	227,5	0,17	25	277,5	0,29	3,12
П.Майстренко	30	460	0,43	40	400	0,30	70	670	0,70	2,58
Лют. 354/04-4	10	377	0,35	0	0	0,00	0	0	0	3,84
Лют. 3/08-6	50	742	0,69	60	620	0,46	25	202	0,21	3,39
Лют. 278-8-1	25	537	0,50	0	0	0,00	5	17	0,02	2,97
Лют. 309/11-2	30	485	0,45	30	310	0,23	5	25	0,03	3,06

К возбудителю стеблевой ржавчины в полевых условиях большинство изучаемых сортообразцов проявили также высокую устойчивость. Значение индекса устойчивости у среднеранних сортообразцов варьировало от 0,18 до 0,42, что свидетельствует о высоком и среднем уровне устойчивости, а в среднеспелых и среднепоздних группах спелости значение ИУ не превышало 0,35, т.е. сортообразцы характеризуются высоким уровнем устойчивости. Средней устойчивостью в фазе проростков (тип поражения 2-3) и высокой устойчивостью в фазе взрослого растения характеризуются сортообразцы Лютесценс 354/04-6, Лютесценс 64/09-9, Лютесценс 82/09-6, Лютесценс 354/04-4 и Лютесценс 278-8-1.

Рассчитанные коэффициенты корреляции между оценками поражаемости селекци-

онных линий мучнистой росой, бурой и стеблевой ржавчинами показали высокую связь между поражением бурой и стеблевой ржавчиной ($r = 0,94$) и слабую связь между поражением мучнистой росой и ржавчинными заболеваниями ($r = 0,17-0,54$). Такие данные объясняются тем, что у большинства селекционных линий устойчивость к ржавчинным заболеваниям детерминируется эффективными комплексами генов *Lr26/Sr31* и *Lr19/Sr25*. Анализ корреляционных связей между урожайностью и уровнем устойчивости сортообразцов к данным патогенам в течение двух лет (2014 и 2015 гг.) показал, что в 2014 г. в наибольшей степени урожайность зависела от поражения мучнистой росой ($r = -0,40, -0,69$ и $-0,43$, соответственно, в среднеранней, среднеспелой и среднепоздней группах спелости). В эпифитотий-

ном году по листостебельным заболеваниям (2015 г.) выявлена тесная отрицательная корреляционная зависимость, независимо от группы спелости, между урожайностью и уровнем устойчивости к бурой и стеблевой ржавчинам. Коэффициент корреляции колебался от -0,85 до -0,93. Поражение мучнистой росой практически не оказывало влияния на урожайность сортообразцов (r не превышал -0,28).

Заключение

В результате целенаправленных совместных генетических и селекционных исследований создан целый ряд сортов, обладающих комплексным иммунитетом, определена генетическая основа их резистентности. Сорта Омская 37, Омская 38, Омская 41, Сигма 2, имеющие в своем геноме две чужеродные транслокации, в эпифитотийные годы проявляют высокую устойчивость к листостебельным патогенам. Эти сорта проявляют устойчивость к наиболее вредоносной расе стеблевой ржавчины Ug99. Сорта Омская 37 и Омская 38 включены в Госреестр РФ и РК, а сорт Омская 41 допущен к использованию в Костанайской области Республики Казахстан. С участием аллоплазматических линий созданы коммерческие сорта Сигма и Уралосибирская 2. Новые сорта характеризуются высокой полевой устойчивостью к листовым патогенам в течение всего онтогенеза, рекомендуются для использования в селекции на устойчивость к листовым патогенам. Сорт Сигма с 2016 г. включен в Госреестр РФ по 10-му региону. Наличие большого числа линий с чужеродными генами различного происхождения позволяет в рамках совместных исследований проводить работы по пирамидированию генов, контролирующей устойчивость к стрессовым факторам. В настоящее время во всех селекционных питомниках имеются перспективные формы с разным типом устойчивости.

Библиографический список

1. Головоченко А.П. Особенности адаптивной селекции яровой мягкой пшеницы в лесостепной зоне среднего Поволжья: монография. – Кинель, 2001. – 380 с.

2. Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений как самостоятельная научная дисциплина. Теория и практика. – Краснодар: Просвещение – Юг, 2010. – 485 с.

3. Мешкова Л.В., Россеева Л.П., Кореньюк Е.А., Белан И.А. Динамика распространения патотипа возбудителя бурой ржавчины пшеницы вирулентного к сортам с геном Lr9 в Омской области // Микология и фитопатология, 2012. – Т. 46. – Вып. 6. – С. 397-400.

4. Мешкова Л.В., Россеева Л.П. Тенденция увеличения вирулентности возбудителя бурой ржавчины пшеницы к эффективным генам устойчивости в Омской области // Современные средства, методы и технологии защиты растений: матер. Междунар. науч.-практ. конф.: сб. науч. ст. / НАГУ, СибНИИЗХим. – Новосибирск, 2008. – С. 149-153.

5. Белан И.А. и др. Особенности хозяйственно-ценных признаков линий сорта яровой мягкой пшеницы Омская 37, несущих пшенично-ржаную транслокацию 1R.1B // Вестник ВОГИС. – 2010. – Т. 14. – № 4. – С. 632-640.

6. Belan I.A. Using of alien genetic material in the breeding of spring bread wheat / I.A Belan. et al. // Abstracts of the 15th International EWAC Conference. 7-11 November 2011. Novi Sad, Serbia. 2011. – P. 46.

7. Крупнов В.А. и др. Чужеродные гены в селекции мягкой пшеницы на устойчивость к болезням в Поволжье // Защита растений в условиях реформирования агропромышленного комплекса: экономика, эффективность, экология. – СПб., 1995. – С. 209.

8. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 1. Общая часть. – М., 1985. – 269 с.

9. Методика оценки селекционных форм и сортов мягкой пшеницы при испытании на отличимость, однородность и устойчивость к факторам среды: метод. рекомендации / В.А. Зыкин, Л.П. Россеева, И.А. Белан, Р.К. Кадиков / СО РАСХН, СибНИИСХ, ФГОУ ВПО БГАУ. – Уфа, 2004. – 39 с.

10. Коваленко Е.Д., Коломиец Т.М., Киселева М.И., Жемчужина А.И., Смирно-

ва Л.А., Щербик А.А. Методы оценки и отбора исходного материала при создании сортов пшеницы устойчивых к бурой ржавчине: методические рекомендации ВНИИФ. – М., 2012. – С. 93.

11. Михайлова Л.А., Квитко К.В. Лабораторные методы культивирования возбудителя бурой ржавчины // Микология и фитопатология. – 1970. – Т. 4. – № 3. – С. 269-270.

12. Mains E.B., Jackson H.S. Physiologic specialization in the leaf rust of wheat, *Puccinia triticina* // Phytopathology. – 1926. – Vol. 16. – P. 89-120.

13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 353 с.

14. Трубачеева Н.В., Россеева Л.П., Осадчая Т.С., Кравцова Л.А., Колмаков Ю.В., Блохина Н.П., Першина Л.А. Особенности сортов яровой мягкой пшеницы Западной Сибири, несущих пшенично-ржаную транслокацию 1RS.1BL // Генетика. – 2011. – Т. 47. – № 1. – С. 18-24.

15. Белан И.А., Россеева Л.П., Россеев В.М., Бадаева Е.Д., Зеленский Ю.И., Блохина Н.П., Шепелев С.С., Першина Л.А. Изучение хозяйственно-ценных и адаптивных признаков у линий сорта яровой мягкой пшеницы Омская 37, несущих транслокации 1RS.1BL и 7DL-7Ai // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2012. – Т. 16. – № 1. – С. 178-186.

16. Бойко В.Д., Курдюкова Т.А., Черемисина С.П. и др. Рекомендации по возделыванию сортов сельскохозяйственных культур и результаты сортоиспытания в Омской области за 2009 год. Инспектура по Ом. обл. Ом. филиал ФГУ «Гос. комиссия РФ по испытанию и охране селекционных достижений». – Омск, 2009. – 140 с.

17. Zelenskiy Yu. et al. Improvement of leaf rust resistance of spring bread wheat in the North Kazakhstan // The 12th International Cereal Rusts Powdery Mildews Conference, October 13-16, 2009. Antalya – Turkey. – P. 147.

18. Белан И.А., Россеева Л.П., Першина Л.А., Россеев В.М., Колмаков Ю.В., Зеленский Ю.И., Блохина Н.П. Поллиморфизм сорта пшеницы мягкой яровой Омская 37 по хозяйственно-ценным при-

знакам // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2012. – Т. 16. – № 2. – С. 202-209.

19. Joshi R.K., Nayak S. Gene pyramiding – a broad spectrum technique for developing durable stress resistance in crops // Biotechnol. Mol. Biol. Rev. – 2010. – Vol. 5 (3). – P. 51-60.

20. Germana M.A. Gametic embryogenesis and haploid technology as valuable support to plant breeding // Plant Cell Rep. – 2011. – Vol. 30 (5). – P. 839-857.

21. Лайкова Л.И., Белан И.А., Бадаева Е.Д., Россеева Л.П., Шепелев С.С., Шумный В.К., Першина Л.А. Создание и изучение сорта яровой мягкой пшеницы «Памяти Майстренко» с интрогрессией генетического материала от синтетического гексаплоида *Triticum timopheevii* Zhuk. x *Aegilops tauschii* Coss // Генетика. 2013. – Т. 49. – №1. – С. 1-10.

22. Morgounov A., Koyshibayev M., Rosseeva L. Leaf rust of spring wheat in Northern Kazakhstan and Siberia: incidence, virulence and breeding for resistance // Australian J. of Agricultural Res. – 2007. – Vol. 58. – P. 847-853.

23. Мешкова Л.В., Россеева Л.П. Структура популяции бурой ржавчины // Второй Всероссийский съезд по защите растений (г. Санкт-Петербург, 5-10 декабря 2005 г.): матер. съезда в двух томах. – СПб., 2005. – Т. 1. – С. 513-515.

References

1. Golovochenko A.P. Osobennosti adaptivnoy seleksii yarovoy myagkoy pshenitsy v lesostepnoy zone srednego Povolzh'ya: monografiya. – Kinel', 2001. – 380 s.

2. Zhuchenko A.A. Ekologicheskaya genetika kul'turnykh rasteniy kak samostoyatel'naya nauchnaya distsiplina. Teoriya i praktika. – Krasnodar: Prosveshchenie-Yug, 2010. – 485 s.

3. Meshkova L.V., Rosseeva L.P., Korenyuk E.A., Belan I.A. Dinamika rasprostraneniya patotipa vzbudatelya buroy rzhavchiny pshenitsy virulentnogo k sortam s genom Lr9 v Omskoy oblasti // Mikologiya i fitopatologiya. – 2012. – Т. 46. – Вып. 6. – С. 397-400.

4. Meshkova L.V., Rosseeva L.P. Tendentsiya uvelicheniya virulentnosti vzbuditelya buroy rzhavchiny pshenitsy k effektivnym genam ustoychivosti v Omskoy oblasti // *Sovremennye sredstva, metody i tekhnologii zashchity rasteniy: Materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.: sbornik nauchnykh stat'ey / NAGU, SibNIIZKhim. – Novosibirsk, 2008. – S. 149-153.*
5. Belan I.A. i dr. Osobennosti khozyaystvenno-tsennykh priznakov liniy sorta yarovoy myagkoy pshenitsy Omskaya 37, nesushchikh pshenichno-rzhanuyu translokatsiyu 1R.1B. // *Vestnik VOGIS. – 2010. – T. 14. – № 4. – S. 632-640.*
6. Belan I.A. Using of alien genetic material in the breeding of spring bread wheat / I.A. Belan. et al. // *Abstracts of the 15th International EWAC Conference. 7-11 November 2011. Novi Sad, Serbia. 2011. – P. 46.*
7. Krupnov V.A. i dr. Chuzherodnye geny v selektsii myagkoy pshenitsy na ustoychivost' k bolezniam v Povolzh'e // *Zashchita rasteniy v usloviyakh reformirovaniya agropromyshlennogo kompleksa: ekonomika, effektivnost', ekologiya. – SPb., 1995. – S. 209.*
8. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. Vyp.1-y. Obshchaya chast'. – M., 1985. – 269 s.
9. Metodika otsenki selektsionnykh form i sortov myagkoy pshenitsy pri ispytanii na otlichimost', odnorodnost' i ustoychivost' k faktoram sredy / V.A. Zykin, L.P. Rosseeva, I.A. Belan, R.K. Kadikov // *Metod. rekomend. // SO RASKhN, SibNIISKh, FGOU VPO BGAU. – Ufa, 2004. – 39 s.*
10. Kovalenko E.D. Metody otsenki i otbora iskhodnogo materiala pri sozdaniy sortov pshenitsy ustoychivyykh k buroy rzhavchine / Kovalenko E.D., Kolomiets T.M., Kiseleva M.I., Zhemchuzhina A.I., Smirnova L.A., Shcherbik A.A. // *Metodicheskie rekomendatsii VNIIF. – M., 2012. – S. 93.*
11. Mikhaylova L.A., Kvitko K.V. Laboratornye metody kul'tivirovaniya vzbuditelya buroy rzhavchiny // *Mikologiya i fitopatologiya. – 1970. – T. 4. – № 3. – S. 269-270.*
12. Mains E.B., Jackson H.S. Physiologic specialization in the leaf rust of wheat, *Puccinia triticina* // *Phytophthology. – 1926. – Vol. 16. – P. 89-120.*
13. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta. – M.: Agropromizdat, 1985. – 353 s.
14. Trubacheeva N.V., Rosseeva L.P., Osadchaya T.S., Kravtsova L.A., Kolmakov Yu.V., Blokhina N.P., Pershina L.A. Osobennosti sortov yarovoy myagkoy pshenitsy Zapadnoy Sibiri, nesushchikh pshenichno-rzhanuyu translokatsiyu 1RS.1BL. // *Genetika. – 2011. – T. 47. – № 1. – S. 18-24.*
15. Belan I.A., Rosseeva L.P., Rosseev V.M., Badaeva E.D., Zelenskiy Yu.I., Blokhina N.P., Shepelev S.S., Pershina L.A. Izuchenie khozyaystvenno-tsennykh i adaptivnykh priznakov u liniy sorta yarovoy myagkoy pshenitsy Omskaya 37, nesushchikh translokatsii 1RS.1BL i 7DL-7Ai // *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii. – 2012. – T. 16. – № 1. – S. 178-186.*
16. Boyko V.D., Kurdyukova T.A., Cheremisina S.P. i dr. Rekomendatsii po vozdeyvaniyu sortov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur i rezul'taty sortoispytaniya v Omskoy oblasti za 2009 god. Inspektura po Om. obl. Om. filial FGU «Gos. komissiya RF po ispytaniyu i okhrane selektsionnykh dostizheniy». – Omsk, 2009. – 140 s.
17. Zelenskiy Yu., et al. Improvement of leaf rust resistance of spring bread wheat in the North Kazakhstan // *The 12th International Cereal Rusts Powdery Mildews Conference, October 13-16, 2009. Antalya – Turkey, P. 147.*
18. Belan I.A., Rosseeva L.P., Pershina L.A., Rosseev V.M., Kolmakov Yu.V., Zelenskiy Yu.I., Blokhina N.P. Polimorfizm sorta pshenitsy myagkoy yarovoy Omskaya 37 po khozyaystvenno-tsennym priznakam // *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii. – 2012. – T. 16. – № 2. – S. 202-209.*
19. Joshi R.K., Nayak S. Gene pyramiding – a broad spectrum technique for developing durable stress resistance in crops // *Biotechnol. Mol. Biol. Rev. – 2010. – Vol. 5 (3). – P. 51-60.*
20. Germana M.A. Gametic embryogenesis and haploid technology as valuable support to plant breeding // *Plant Cell Rep. – 2011. – Vol. 30 (5). – P. 839-857.*
21. Laykova L.I., Belan I.A., Badaeva E.D., Rosseeva L.P., Shepelev S.S.,

Shumnyy V.K., Pershina L.A. Sozdanie i izuchenie sorta yarovoy myagkoy pshenitsy «Pamyati Maystrenko» s introgressiey geneticheskogo materiala ot sinteticheskogo geksaploida *Triticum timopheevii* Zhuk. x *Aegilops tauschii* Coss. // *Genetika*. – 2013. – Т. 49. – № 1. – С. 1–10.

22. Morgounov A., Koyshibayev M., Rosseeva L. Leaf rust of spring wheat in Northern Kazakhstan and Siberia: incidence, virulence and breeding for resistance // *Australian J. of Agricultural Res.* – 2007. – Vol. 58. – P. 847-853.

23. Meshkova L.V., Rosseeva L.P. Struktura populyatsii buroy rzhavchiny // *Vtoroy Vserossiyskiy s"ezd po zashchite rasteniy: Sankt-Peterburg 5-10 dekabrya 2005 g. (Mater. s"ezda v dvukh tomakh)*. – SPb., 2005. – Т. 1. – С. 513-515.

Отдельные разделы работы выполнены в рамках государственного задания по проекту № 0324-2015-0005 и при поддержке РФФИ (№ 14-04-00574).



УДК 633.1

Н.М. Мудрых
N.M. Mudrykh

РАЗВИТИЕ ЗЕРНОВОЙ ОТРАСЛИ В ПЕРМСКОМ КРАЕ

DEVELOPMENT OF THE GRAIN INDUSTRY IN THE PERM REGION

Ключевые слова: сельское хозяйство, растениеводство, структура посевных площадей, зерновые культуры, продуктивность, зерно, валовой сбор, удобрения.

Уменьшение площадей сельскохозяйственных угодий, в том числе пашни, приводит к уменьшению площадей под основными культурами и недобору валовой продукции, что в свою очередь угрожает состоянию продовольственной безопасности как в отдельных регионах, так и в России в целом. Кроме того, в последнее время применение удобрений остается на уровне обеспечения растений только в начальный период роста и развития, что, конечно, не обеспечивает получение постоянных уровней урожайности культур и качественной продукции. Цель исследования – установление проблем зерновой отрасли и перспектив ее развития в Пермском крае. Представлены данные по изучению зерновой отрасли в Пермском крае в период с 1996 по 2014 гг. Проведен комплексный анализ изменения структуры посевных площадей под зерновыми культурами, их урожайности. Проанализировано количество вносимых органических и минеральных удобрений под них. Установлено, что за 18 лет произошло резкое уменьшение площади пашни под посевами зерновых культур с 705 до 244 тыс. га, а также снижение валового сбора зерна в крае с 703 до 365 тыс. т. Отмечена положительная тенденция увеличения урожайности зерновых культур (с 1,0 до 1,6 т/га). Количество применяемых удобрений под посевы очень незначительны и составляют

13,6-20,8 кг д.в/га (минеральные) и 1,4-1,8 т/га (органические), что не обеспечивает должного уровня урожайности и качества получаемого зерна.

Keywords: agriculture, crop production, cropping plan, cereal crops, productivity, grain, gross harvest, fertilizers.

The reduction of agricultural lands including arable lands leads to decrease in crop production and threatens food security of some regions and Russia at large. Generally fertilizers are applied at initial stages of plant growth and development, and stable levels of productivity are not achieved. The research goal is to reveal the problems of the grain industry in the Perm Region and the prospects of its development. The data of the grain industry of the Perm Region for the timeframe from 1996 to 2014 are presented. The changes of the cropping plans for cereal crops and their yields were analyzed. The amount of applied organic and mineral fertilizers was estimated. It has been found that over 18 years there was a dramatic reduction of arable land areas under cereal crops from 705 to 244 thousand ha, and the reduction of gross grain production in the Region from 703 to 365 thousand tons. A positive trend of cereal crop yield increase has been revealed (from 1.0 to 1.6 t/ha). The amounts of applied fertilizers under the crops are not significant – around 13.6-20.8 kg of primary plant nutrient per ha (mineral fertilizers) and 1.4-1.8 t ha (organic fertilizers); this does not ensure the adequate grain yields and quality.