

УДК 631.5275 (571.1)

## СЕЛЕКЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОПУЛЯЦИЙ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ СИБИРСКОГО ПИТОМНИКА ЧЕЛНОЧНОЙ СЕЛЕКЦИИ СИММИТ

© 2012 г. В.П. Шаманин<sup>1</sup>, А.И. Моргунов<sup>2</sup>, Я. Манес<sup>3</sup>, Ю.И. Зеленский<sup>4</sup>,  
А.С. Чурсин<sup>1</sup>, М.А. Левшунов<sup>1</sup>, И.В. Потоцкая<sup>1</sup>, И.Е. Лихенко<sup>5</sup>, Т.А. Манько<sup>5</sup>,  
И.И. Каракоз<sup>1</sup>, А.В. Табаченко<sup>1</sup>, С.Л. Петуховский<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Омский государственный аграрный университет, Омск, Россия,  
e-mail: vpshamanin@rambler.ru;

<sup>2</sup> Представительство СИММИТ в Турции, Анкара, e-mail: a.morgounov@cgiar.org;

<sup>3</sup> Международный центр улучшения кукурузы и пшеницы СИММИТ, Мехико, Мексика,  
e-mail: y.manes@cgiar.org;

<sup>4</sup> Представительство СИММИТ в Казахстане, Астана, e-mail: y.zelenskiy@cgiar.org;

<sup>5</sup> Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства, Новосибирск, Россия,  
e-mail: lihenko@mail.ru

Поступила в редакцию 16 ноября 2011 г. Принята к публикации 27 декабря 2011 г.

Челночная селекция является перспективным направлением по созданию адаптивных к неблагоприятным факторам сортов яровой пшеницы путем вовлечения в гибридизацию новых источников хозяйственно ценных признаков из мирового генофонда. Ежегодно в Сибирском питомнике челночной селекции (СПЧС) изучается от 360 до 1 тыс. линий и гибридных популяций яровой мягкой пшеницы, созданных по программе селекции между научными учреждениями Западной Сибири, Казахстана и Международного центра по улучшению пшеницы и кукурузы СИММУТ. Выделен исходный материал, устойчивый к листовым патогенам, для селекции в условиях Западной Сибири. Показана селекционная ценность популяций, созданных по программе челночной селекции. Представлены результаты оценки коллекции сортов, селекционного материала и изогенных линий яровой мягкой пшеницы по генам *Sr* на устойчивость к сибирской популяции рас стеблевой ржавчины в условиях опытного поля Омского ГАУ и к вирулентной расе Ug 99. Выделены гибридные популяции яровой мягкой пшеницы, устойчивые к широкому спектру рас стеблевой и бурой ржавчины, в том числе и к вирулентной расе Ug 99, которые можно будет использовать в различных регионах в случае глобального распространения стеблевой ржавчины.

**Ключевые слова:** яровая пшеница, исходный материал, челночная селекция, бурая и стеблевая ржавчина, раса Ug 99, изогенные линии по генам *Sr*.

### Введение

Сопряженное существование хозяина и паразита, их изменчивость дают богатейший материал для естественного отбора. Результатом сопряженной эволюции может быть образование новых вирулентных рас (Вавилов, 1918). В Западной Сибири недобор урожая от бурой ржавчины (*Puccinia recondite* Rob. ex Desm. f. sp. *tritici*) в годы эпифитотий достигает 30 % (Чулкина и др., 1998). В 1990-е и последующие

годы в Западной Сибири создана серия сортов яровой мягкой пшеницы с горизонтальной устойчивостью – Эритроспермум 59, Нива 2, Омская 29 и др. (Зыкин и др., 2000). Ю.А. Христовым (1981) в сложном гибриде из Австралии (к-54049) был идентифицирован ген *LrTr*. На основе аналогов Новосибирской 67 с геном *LrTr* созданы сорта с вертикальной устойчивостью: Терция, Соната, Дуэт, Сibaковская юбилейная и др. (Коваль и др., 2001). За период с 1995 г. сорта с геном *LrTr*, имеющие иммунитет к бурой

ржавчине, получили широкое распространение в Западной Сибири и на Южном Урале, что привело к ускорению эволюции паразита и смене расового состава бурой ржавчины (Мешкова и др., 2008).

С учетом того что восприимчивые сорта в среднем снижают урожайность от бурой ржавчины не менее чем на 0,5 т/га, потери от данного патогена только в Омской области составляют около 400 тыс. т зерна, а в целом по Западной Сибири – в пределах 1,5–2 млн т (Шаманин и др., 2010).

Пристальное внимание селекционеров в последние годы к стеблевой ржавчине пшеницы вызвано озабоченностью в связи с высокой агрессивностью данного патогена. Характерная черта этого вида ржавчины в отличие от бурой заключается в том, что она может практически полностью уничтожить посевы пшеницы. Не случайно во времена холодной войны данный патоген рассматривался в качестве биологического оружия. До 2004–2005 гг. борьба со стеблевой ржавчиной приводилась в качестве классического примера эффективной и долговременной генетической защиты растений. Наличие гена *Sr31* (наряду с несколькими другими генами) во многих возделываемых сортах пшеницы обеспечивало защиту пшеницы от болезни последние 30 лет. В 1999 г. в Уганде было впервые отмечено поражение стеблевой ржавчиной генотипов с геном *Sr31*, которые до того времени стеблевой ржавчиной практически не поражались. Данный единственный случай оповестил мир о появлении новой расы стеблевой ржавчины, названной **Ug 99**. Потребовалось всего несколько лет для распространения новой расы в сеющих пшеницу регионах Кении и Эфиопии. Уже в 2005–2006 гг. возделывание пшеницы в этих странах без химической обработки было практически невозможно (Singh *et al.*, 2008). В 2006 г. раса **Ug 99** была обнаружена на пшенице в Йемене и в 2007 г. в Иране, в 2009 г. – в Пакистане. Вблизи находятся Афганистан, Узбекистан, и через Казахстан занос стеблевой расы в Западную Сибирь вполне возможен. Угроза для Казахстана, Западной Сибири, Урала и других регионов России существует. В 2006–2010 гг. более 1 тыс. российских и казахстанских сортов озимой и яровой пшеницы прошли оценку устойчивости

в Кении и лишь единичные сорта продемонстрировали устойчивость.

В соответствии с разработанным совместным проектом ОмГАУ–СИММИТ в 2009 г. (май–октябрь) селекционные линии ОмГАУ и сибирская коллекция яровой мягкой пшеницы (всего 330 образцов) были оценены на восприимчивость к вирулентной агрессивной расе стеблевой ржавчины **Ug 99** на инфекционном фоне Института фитопатологии в Кении (Африка) (Shamanin, Morgunov, 2009). Основная часть испытанного материала оказалась неустойчивой к **Ug 99**, и лишь несколько селекционных линий имели повышенную толерантность к данной расе.

Мониторинг 115 изогенных линий по всем известным в настоящее время *Sr* генам, так называемых «ловушек», позволяет понять эффективность конкретных генов *Sr* в условиях региона. Случаи поражения линий с геном *Sr31* послужат сигналом о заносе на территорию Западной Сибири агрессивной расы стеблевой ржавчины **Ug 99**. **В условиях 2009 г. линии с геном *Sr31* имели иммунитет** (Шаманин и др., 2010). В связи с интенсивными расообразовательными процессами в популяциях возбудителей наиболее вредоносных болезней, происходящими в последние годы в условиях Западной Сибири, развернуты работы по обогащению и расширению генетической базы для селекции и контроль за эффективностью известных генов устойчивости к болезням (Morgunov *et al.*, 2010; Шаманин, 2010; Шаманин и др., 2010).

Еще Н.И. Вавилов обосновал необходимость расширения исходного материала для селекции за счет использования всего разнообразия возделываемых растений планеты и их диких сородичей (Вавилов, 1924). Генетическое родство сортов во многих регионах России и в мире влечет за собой уязвимость и возможную потерю стабильности зернового производства под воздействием негативных биотических и абиотических факторов окружающей среды. Создание сортов яровой мягкой пшеницы с комплексной устойчивостью к неблагоприятным факторам среды в условиях Западной Сибири – одна из актуальных проблем в современном растениеводстве.

В 1998 г. для решения вышеизложенной проблемы селекционные программы Западной Сибири и Казахстана были объединены в Ка-

захстанско-Сибирскую сеть улучшения яровой пшеницы (сокращенно КАСИБ), в которую вошли 7 научных учреждений РФ и 10 учреждений Казахстана. Все участники сети один раз в два года представляют в Казахстанско-Сибирское сортоиспытание (КАСИБ) по 2–4 лучших сорта или линии для совместного изучения. Данные КАСИБ представляют большую ценность, так как они отражают реальную картину поведения сортов и состояния посевов пшеницы на огромной территории (Третован и др., 2006; Zelenskiy *et al.*, 2010). Результаты международной программы по испытанию популяций СПЧС и оценки линий по генам *Sr* в условиях Омска (ОмГАУ) и Новосибирска (СибНИИРС) представлены в данной статье.

### Материалы и методы

В СИММИТ (Обрегон, Мексика) проводят скрещивания с лучшими адаптивными сортами из Казахстана и Западной Сибири, которые были выделены по данным двух лет испытания. Цель скрещиваний заключается в том, чтобы сочетать адаптивность к условиям западно-сибирского и казахстанского регионов с устойчивостью к болезням (бурой и стеблевой ржавчине), высокой потенциальной урожайностью сортов из СИММИТ и хорошим качеством канадского селекционного материала. Затем проводится

отбор получаемого потомства с использованием методологии ведения челночной селекции СИММИТ, согласно которой материал в течение года перемещается между двумя контрастными (различными по условиям выращивания) точками в Мексике: Обрегон (60 м над уровнем моря) и Толука (2640 м над уровнем моря). Программа КАСИБ позволяет ускорить процесс создания нового сорта, с учетом климатических особенностей Мексики, где возможно получение двух урожаев яровой пшеницы в год.

При проведении скрещиваний и испытании линий в СИММИТ (экспериментальная станция в Обрегоне) на площади в 1 га применяется дополнительное освещение. Исходный материал пшеницы, создаваемый по программе челночной селекции, предназначен для возделывания в регионах, расположенных на высоких широтах ( $> 48^\circ$ ), поэтому он должен обладать требуемым для данных широт уровнем чувствительности к фотопериоду. Иными словами, при коротком дне в Мексике сибирские и казахстанские сорта, которые приспособлены к произрастанию в условиях длинного дня, без дополнительного освещения поздно выколосятся и не созреют. В табл. 1 приведена схема челночной селекции между СИММИТ (Мексика) и научными учреждениями Казахстана и Западной Сибири.

В Мексике в популяциях  $F_3$  проводится отбор более высокостебельных растений, в связи с

Таблица 1

Схема челночной селекции между СИММИТ (Мексика), научными учреждениями Казахстана и Западной Сибири

| Место                 | Фон                              | Поколение     | Селекционный процесс  |
|-----------------------|----------------------------------|---------------|---|
| СИММИТ<br>Обрегон     | Поле с подсветкой                | $F_0-F_1$     | Скрещивание между сортами и линиями КАСИБ, СИММИТ, США и Канады и размножение |
| СИММИТ<br>Обрегон     | Естественный<br>инфекционный фон | $F_2$         | Отбор форм, устойчивых к листовым патогенам                                   |
| СИММИТ<br>Обрегон     | Естественный<br>инфекционный фон | $F_3-F_4$     | Размножение, отбор устойчивых линий и популяций                               |
| Мексика,<br>Эль-Батан | Естественный<br>инфекционный фон | $F_4$         | Тест на качество  |
| Кения<br>(Африка)     | Естественный<br>инфекционный фон | $F_4$         | Оценка на устойчивость к стеблевой ржавчине (раса Ug 99)                      |
| Казахстан,<br>Сибирь  | Естественный фон                 | $F_5$ и далее | Отбор на адаптивность в местных условиях                                      |
| Мексика               | Поле с подсветкой                | Беккросс      | Лучшие линии из КПЧС, материнские формы                                       |

тем, что полукарликовые образцы в засушливых условиях Северного Казахстана и Западной Сибири менее урожайные. Помимо отбора на чувствительность к фотопериоду, по высоте растений и по устойчивости к болезням проводится скрининг  $F_3$ – $F_4$  на качество зерна. В Казахстан и Западную Сибирь отправляются только линии и популяции, характеризующиеся твердозерностью, высоким содержанием протеина и хорошей растяжимостью теста. За 11 лет в научных учреждениях Западной Сибири и Казахстана проведена оценка 4085 линий и популяций по 921 комбинации скрещивания – в среднем 4 линии и популяции на комбинацию. Это позволило увеличить генотипическое разнообразие исходного материала в каждом селекционном учреждении – участнике программы КАСИБ.

С 2009 г. ОмГАУ является центром Сибирского питомника челночной селекции. Задача Центра заключается в том, чтобы проводить отбор созданных в СИММИТ гибридных популяций на адаптивность и устойчивость к болезням в условиях Западной Сибири (Шаманин и др., 2009). Отобранные популяции используются в дальнейшем селекционном процессе ОмГАУ и рассылаются всем российским участникам программы КАСИБ.

Сибирский питомник челночной селекции (СПЧС) формируется из популяций, отобранных в питомниках КазРус (сокращение Казахстан–Россия). При испытании популяций в питомниках КазРус и СПЧС повторность однократная, стандартов – не менее чем шестикратная. Сорты-стандарты: Памяти Азиева (среднеранний), Омская 29, Дуэт (среднепоздний), Омская 35 (среднепоздний).

Срок сева поздний: 24–27 мая, для большей вероятности заражения посевов стеблевой ржавчиной, которая чаще поражает пшеницу в поздних сроках сева. Посев сеялкой ССФК-7 на глубину 5 см. Способ посева рядовой. Норма высева 500 зерен/м<sup>2</sup>. В течение вегетации проведены фенологические наблюдения, оценка устойчивости к болезням. Селекционные оценки и наблюдения в питомниках проводили в соответствии с общепринятой методикой селекционного процесса (Гончаров Н.П., Гончаров П.Л., 2009). Стандарты и популяции убирались в фазу полной восковой спелости вручную при помощи серпов. Селекционный материал обмолачивался на сно-

повой молотилке МПСУ-500. Для определения урожайности сухое зерно взвешивалось.

Питомник КАСИБ высевался в 3-кратной повторности на делянках 3 м<sup>2</sup>. Учеты и наблюдения аналогичны данным питомников челночной селекции. Методики изучения исходного материала, применяемые в селекционном процессе, и статистической обработки полученных данных – общепринятые (Седловский и др., 1982; Гончаров Н.П., Гончаров П.Л., 2009). Оценка степени поражения стеблевой ржавчиной в условиях опытного поля ОмГАУ проводилась в процентах, а в Кении по следующей шкале: **R (Resistance – устойчивый)** – 1 балл (поражение 5 %); **MR (Moderately resistant – относительно устойчивый)** – балл 2–3; **S (Susceptible – восприимчивый)** – 4 балла (поражение более 60 %) по шкале Cobb (Peterson *et al.*, 1948). Для оценки степени устойчивости (восприимчивости) к сибирской популяции рас стеблевой ржавчины известных в настоящее время генов *Sr* были посеяны изогенные линии по генам *Sr*, сорта и линии с их сочетанием (всего 115 линий), так называемые «ловушки». Посев линий-«ловушек» был осуществлен вручную. Каждую линию высевали по 2 рядка длиной 1 м, через каждые 10 номеров размещали стандарт устойчивости к стеблевой ржавчине – сорт Омская 37 и восприимчивости – Черныява 13. Данные линии были получены из СИММИТ. Коллекция сортов яровой мягкой пшеницы, которая была любезно предоставлена для опытов отделом растительных ресурсов СибНИИРС СО РАСХН (раб. пос. Краснообск, Новосибирская обл.), высевалась на опытном поле ОмГАУ на делянках по 1 м<sup>2</sup>. Всего 180 сортов. Повторность однократная. Дисперсионный анализ в бесповторных опытах проведен по стандартам, которые высевались не менее чем в 4-кратной повторности. В 2009 г. (май–октябрь) селекционные линии ОмГАУ и коллекция яровой мягкой пшеницы (всего 330 образцов) были оценены на восприимчивость к вирулентной агрессивной расе стеблевой ржавчины Ug 99 на естественном фоне Института фитопатологии в Кении (Африка) (Шаманин и др., 2009).

### Результаты и их обсуждение

Исходный материал, созданный в СИММИТ, имеет большую ценность в решении проблемы

устойчивости к листовым патогенам, о чем свидетельствует оценка питомников в условиях 2009–2011 гг. (табл. 2).

Характеристика лучших популяций, выделенных за период с 2009 по 2011 гг., представлена в табл. 3. В 2009 г. в КазРус-9 были выделены популяции 71, 87, 227, 272 и 274, сочетающие в себе наибольшую урожайность и устойчивость к болезням. В жестких засушливых условиях вегетации, сложившихся в 2010 г. (КазРус-10), популяции № 1, 17, 205, 248, 347 достоверно превысили стандарт по урожайности. Кроме этого, выделенные образцы характеризуются высокой и средней степенью устойчивости к мучнистой росе. В КазРус-11 популяции № 351, 407, 709, 717 и 796 можно отметить как более пластичные формы в нашем регионе. При создании некоторых популяций в качестве материнских форм были взяты сорта Саратовская 29, Терция, Лютесценс 13, которые проявили адаптивность и были выделены по результатам экологического испытания в питомнике КАСИБ-4 в 2003–2004 гг.

Гибридные популяции и линии, выделенные в питомниках челночной селекции как источники хозяйственно ценных признаков, включены в селекционный процесс лаборатории селекции пшеницы ОмГАУ (табл. 4).

В табл. 5 приведена общая характеристика популяций в СПЧС-1 в 2010 г. по степени

устойчивости к бурой и стеблевой ржавчине. Устойчивость к местным расам бурой и стеблевой ржавчины проверена на опытном поле ОмГАУ (г. Омск), а оценка на устойчивость к вирулентной расе Ug 99 проведена в Кении (Африка). 32 популяции из 140 имеют высокую степень устойчивости к Ug 99. К местным расам популяции СПЧС-1 практически иммунные: по стеблевой ржавчине 135 популяций, по бурой – 132.

По результатам оценки сортов и селекционных линий в Кении выделена рабочая коллекция из 9 источников, наиболее устойчивых к Ug 99. Проведена селекционная оценка выделенных линий в контрольном питомнике ОмГАУ (табл. 6). Лучшие линии: BC1E59/L.20639(22889), NS888 Lr19/Lut.45-95, NS888Lr19 × Kormovaya12, Om.20/Irt.10//L.444/3/Akt, сочетающие устойчивость к бурой, стеблевой ржавчине и мучнистой росе с высокой продуктивностью, будут включены в гибридизацию в качестве источников устойчивости к Ug 99.

В табл. 7 приведены результаты оценки изогенных линий по генам *Sr*. Данные показывают, что некоторые гены являются эффективными в условиях региона. Среди них имеются гены с полной устойчивостью и гены, придающие толерантность к стеблевой ржавчине, что отмечено в табл. 7 соответственно одной и двумя звездочками. Линии с геном *Sr31* проявили

Таблица 2

Результаты изучения гибридных популяций яровой пшеницы по программе челночной селекции (2009–2011 гг.)

| Показатель   | Питомник   |             |            | Всего |
|--|------------|-------------|------------|-------|
|  | КазРус-9   | КазРус-10   | КазРус-11  |       |
| Год  | 2009       | 2010        | 2011       |       |
| Количество популяций, шт.                                      | 323        | 461         | 948        | 1732  |
| Количество отобранных популяций для СПЧС, шт.                  | 152        | 154         | 309        | 615   |
| Процент отбора   | 47         | 33          | 33         | 36    |
| Количество отобранных популяций, устойчивых к патогену:        |            |             |            |       |
| мучнистой росе   | 80         | 60          | 35         | 175   |
| бурой ржавчине   | 112        | 132         | 247        | 491   |
| стеблевой ржавчине   | 136        | 141         | 246        | 523   |
| Урожайность отобранных популяций, г/м <sup>2</sup> , min – max | 60,6–357,3 | 154,3–597,7 | 95,6–469,6 |       |

Таблица 3

Характеристика лучших популяций в питомниках челночной селекции,  
отобранных в КазРус для СПЧС

| Селекционный номер  | Происхождение  | Оценка устойчивости к патогенам |                        |                            | Урожайность, г/м <sup>2</sup> |
|---------------------|--|---------------------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------------|
|                     |  | мучнистой росе, балл            | бурой ржавчине, балл/% | стеблевой ржавчине, балл/% |                               |
| КазРус-9 (2009 г.)  |  |                                 |                        |                            |                               |
|                     | Омская 29 стандарт   | 4                               | 4/25                   | 4/25                       | 308                           |
| 71                  | KAZAKHSTANSKAYA-25/2*ATTILA/3/T.DICOCCON PI94625/AE.SQUARROSA (372)//3*PASTOR/4/OMSKAYA 37                               | 8                               | 0                      | 0                          | 315                           |
| 87                  | SARATOVSKAYA29/4/KAUZ//PRL/VEE#6/3/BAV92/5/HY439/6/T.DICOCCON PI94625/AE.SQUARROSA (372)//3*PASTOR/7/LUTESCENS 210.99.10 | 7                               | 4/5                    | 0                          | 357*                          |
| 227                 | TERTSIYA/5/CROC_1/AE.SQUARROSA (224)//OPATA/3/BJY/COC//PRL/BOW/4/BJY/COC//PRL/BOW/6/PARUS/PASTOR                         | 6                               | 4/25                   | 0                          | 352*                          |
| 272                 | LUTESCENS54//JNRB.5/PIFED/5/SERI*3//RL6010/4*YR/3/PASTOR/4/BAV92   | 5                               | 0                      | 0                          | 297                           |
| 274                 | LUTESCENS54//JNRB.5/PIFED/5/SERI*3//RL6010/4*YR/3/PASTOR/4/BAV92   | 8                               | 4/10                   | 0                          | 351*                          |
| HCP <sub>05</sub>   |  |                                 |                        |                            | 21                            |
| КазРус-10 (2010 г.) |  |                                 |                        |                            |                               |
|                     | Омская 29 стандарт   | 3                               | 3/10                   | 2/5                        | 343                           |
| 1                   | SONATA*2/5/CHEN/AE.SQ//2*WEAVER/3/BAV92/4/JARU   | 7                               | 0                      | 0                          | 505*                          |
| 17                  | CHELYABA/4/OASIS/SKAUZ//4*BCN/3/WBLL1/5/LUTESCENS 30-94  | 7                               | 0                      | 0                          | 414*                          |
| 205                 | OMSKAYA37/5/SERI*3//RL6010/4*YR/3/PASTOR/4/BAV92   | 7                               | 0                      | 0                          | 459*                          |
| 248                 | LUTESCENS13,KAZ/MUU//LUTESCENS 30-94   | 8                               | 0                      | 0                          | 386*                          |
| 347                 | VISTA//LONG91-1211/SW89.1862/3/EMB16/CBRD//CBRD  | 7                               | 0                      | 0                          | 411*                          |
| HCP <sub>05</sub>   |  |                                 |                        |                            | 38                            |
| КазРус-11 (2011 г.) |  |                                 |                        |                            |                               |
|                     | Дуэт стандарт  | 4                               | 3/40                   | 2/40                       | 294                           |
| 351                 | ARIA/3/EMB16/CBRD//CBRD/4/LUTESCENS 30-94  | 6                               | 0                      | 0                          | 311                           |
| 407                 | LUTESCENS13,KAZ*2/3/EMB16/CBRD//CBRD   | 5                               | 0                      | 0                          | 341*                          |
| 709                 | UDACHA/3/KA/NAC//TRCH/4/LUTESCENS 1350   | 6                               | 0                      | 0                          | 373*                          |
| 717                 | UDACHA/3/KA/NAC//TRCH/4/LUTESCENS 1350   | 6                               | 0                      | 0                          | 384*                          |
| 796                 | LUTESCENS 196.94.6/KBIRD//LUTESCENS 1350   | 4                               | 0                      | 0                          | 366*                          |
| HCP <sub>05</sub>   |  |                                 |                        |                            | 41                            |

\* Достоверная прибавка урожайности по сравнению со стандартом.

Таблица 4

Количество линий, выделенных из исходного материала челночной селекции и включенных в селекционный процесс в ОмГАУ (2011 г.)

| Тип питомника                      | Количество |
|------------------------------------|------------|
| Питомник гибридизации              | 8          |
| Селекционный питомник первого года | 4312       |
| Селекционный питомник второго года | 194        |
| Контрольный питомник               | 32         |
| Итого                              | 4546       |

Таблица 5

Общая характеристика популяций СПЧС-1 по устойчивости к болезням (2010 г.)

| Тип поражения | Оценка устойчивости к Ug 99 в Кении | Оценка в Омске     |                |
|---------------|-------------------------------------|--------------------|----------------|
|               |                                     | стеблевая ржавчина | бурая ржавчина |
| R             | 5                                   | 135                | 132            |
| MR            | 6                                   | 5                  | 7              |
| R-MR          | 5                                   | 0                  | 0              |
| MR-MS         | 16                                  | 0                  | 1              |
| Всего         | 32                                  | 140                | 140            |

Таблица 6

Результаты оценки некоторых хозяйственно ценных признаков у линий, устойчивых к расе Ug 99 стеблевой ржавчины (Омск, 2011)

| Селекционный номер | Сорт, селекционная линия  | Продолжительность вегетационного периода, сут. | Оценка устойчивости к патогенам: |                   |                                     | Урожайность, г/м <sup>2</sup> |
|--------------------|---------------------------|--|----------------------------------|-------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
|                    |                           |  | мучнистая роса, балл             | бурая ржавчина, % | стеблевая ржавчина, %/тип поражения |                               |
| St                 | Памяти Азиева             | 85   | 3                                | 0                 | 40 MS                               | 246                           |
| St                 | Омская 29                 | 88   | 5                                | 40                | 20–60 MS                            | 223                           |
| St                 | Омская 35                 | 90   | 5                                | 0                 | 10–40 M-MS                          | 272                           |
| St                 | Терция                    | 88   | 3                                | 15                | 60–80 MS-S                          | 255                           |
| 87                 | Челяба 75                 | 92   | 5                                | 0                 | 5 R-MR                              | 209                           |
| 118                | Эритр.23334               | 94   | 3                                | 0                 | 5 R-MR                              | 205                           |
| 120                | Эритр.23442               | 92   | 5                                | 0                 | 5 R-MR                              | 181                           |
| 61                 | BC1E59/L.20639(22889)     | 92   | 7                                | 0                 | 5 R-MR                              | 257                           |
| 128                | BC2E.59/L.20639 (22918)   | 92   | 5                                | 0                 | 5 R-MR                              | 205                           |
| 143                | Lut.23419                 | 92   | 3                                | 0                 | 5–10 MR                             | 185                           |
| 94                 | NS888 Lr19/Lut.45-95      | 92   | 7                                | 0                 | 5–10 MR                             | 288                           |
| 70                 | NS888Lr19 × Kormovaya12   | 90   | 7                                | 0                 | 5 MR                                | 282                           |
| 89                 | Om.20/Irt.10//L.444/3/Akt | 94   | 7                                | 5                 | 5 MR                                | 343                           |
| НСР <sub>05</sub>  |                           |  |                                  |                   |                                     | 48                            |

иммунитет к болезни, и это свидетельствует о том, что заноса на территорию Западной Сибири агрессивной расы стеблевой ржавчины Ug 99 в 2009–2011 гг. не отмечено.

Таким образом, в ближайшие годы на фоне ухудшающейся фитопатологической обстановки, связанной с появлением агрессивных рас бурой и стеблевой ржавчины и возделыванием

восприимчивых сортов на основной площади посева пшеницы в Западной Сибири, возможно возрастание потерь урожая яровой пшеницы от стеблевой и бурой ржавчины. Стратегическое направление борьбы с ржавчиной, которое является доминирующим в современной сельскохозяйственной науке в большинстве регионов мира, – это создание устойчивых сортов.

Таблица 7

Оценка изогенных линий по генам *Sr* на устойчивость к стеблевой ржавчине,  
%/тип поражения

| Сорт, линия                         | Ген <i>Sr</i>          | Омск    |         |         | Новосибирск<br>2011 г. |
|-------------------------------------|------------------------|---------|---------|---------|------------------------|
|                                     |                        | 2009 г. | 2010 г. | 2011 г. |                        |
| Омская 37 (устойчивый стандарт)     | Ген неизвестен         | 10      | 0R      | 5MR     | 10                     |
| Чернява 13 (восприимчивый стандарт) | Ген неизвестен         | 100     | 10MS    | 60MS-S  | 100                    |
| MDS7W2691A/V3498-SR7A, SR10         | <i>Sr7A.Sr10</i>       | 10      | 5R-MR   | 40M     | 1-5                    |
| BARLETA BENVENUTO.SR8B              | <i>Sr8B</i>            | 40      | 0R      | 5MR     | 0                      |
| W2691-SR9B                          | <i>Sr9B</i>            | 10      | 10 MR   | 5MR     | 0                      |
| CNSTC2B/LINEE.SR9G                  | <i>Sr9G**</i>          | 0       | –       | 5R-MR   | 0                      |
| W2691 SR10                          | <i>Sr10</i>            | 40      | 0R      | 20M     | 0                      |
| ISR11RA                             | <i>Sr11RA</i>          | 5       | –       | 5MS     | 0                      |
| CS-TC3B-SR12                        | <i>Sr12</i>            | 5       | 0R      | 10M     | 0                      |
| W2691 SR13                          | <i>Sr13**</i>          | 0       | 10 MR   | 5TR     | 0                      |
| W269V2/KST                          | Ген неизвестен         | 5       | –       | 20MS    | 25-45                  |
| W2691 '2/NORKA-SR15                 | <i>Sr15</i>            | 10      | 5R-MR   | 10MS-S  | 0                      |
| LC/KENYA HUNTER-SR17                | <i>Sr17</i>            | 5       | 5R-MR   | 5M      | 1                      |
| LC-SR19-MQ                          | <i>Sr19-MQ</i>         | 10      | 0R      | 20MS    | 0                      |
| LC-SR20-MQ                          | <i>Sr20-MQ</i>         | 10      | 0R      | 5M      | 45                     |
| SWSR22T.B.                          | <i>Sr22T. B.</i>       | 10      | 0R      | 5MS     | 1                      |
| EXCHANGE-SR23. SRMCN                | <i>Sr23</i>            | 10      | 0R      | 5M      | 25                     |
| BTSR24AG                            | <i>Sr24AG</i>          | 10      | 0R      | 10M     | 25                     |
| LC-SR25-ARS                         | <i>Sr25</i>            | 10      | 0R      | 20MS    | 5                      |
| EAGLE-SR26.SR9G                     | <i>Sr26.Sr9G**</i>     | 0       | 5R-MR   | –       | 0                      |
| COORONG TRITICALE-SR27              | <i>Sr27*</i>           | 0       | 0R      | 0R      | 0                      |
| W2691 SR28KT                        | <i>Sr28KT</i>          | 25      | 5R-MR   | –       | 6                      |
| PUSA/EDCH-SR29                      | <i>Sr29</i>            | 25      | 10 MR   | 20M     | 4                      |
| BRT/WST                             | Ген неизвестен         | 0       | –       | 0R      | 0                      |
| W2691 SR31KVZ                       | <i>Sr31KVZ</i>         | 0       | 0R      | 20S     | 10                     |
| C77.19.SR32                         | <i>Sr32**</i>          | 0       | 0R      | 5TR     | 0                      |
| T./AE.SQ-SR33.SR5                   | <i>Sr33.Sr5**</i>      | 10      | 0R      | 5TR     | 1                      |
| W3763-SR35                          | <i>Sr35*</i>           | 0       | 0R      | 0R      | 0                      |
| W2691 SR36TT1                       | <i>Sr36TT1</i>         | 5       | 0R      | 0R      | 4                      |
| W2691 SR37TT2                       | <i>Sr37TT2</i>         | 0       | 10MR    | 10M     | 0                      |
| FR*2/SRTT3-SRTT3. SR10              | <i>SrTT3,Sr10</i>      | 10      | 0R      | 40MS-S  | 2                      |
| MEDEA AP9D-SRDP-2                   | <i>AP9D-SrDP-2*</i>    | 0       | 0R      | 0R      | 0                      |
| BT-SrGt                             | <i>SrGt</i>            | 10      | 0R      | 40MS-S  | 8                      |
| BTSR WLD                            | <i>SrWLD**</i>         | 0       | 5RMR    | 0R      | 2                      |
| H44 DERIV-SRH                       | <i>SrH</i>             | 65      | –       | 10MR    | 10                     |
| ENTRELARGO DE MONTIJO               | Ген неизвестен         | 40      | 0R      | 5MR     | –                      |
| TAF-2-SRAGI                         | <i>SrAGI</i>           | 65      | 20M     | 0R      | 0                      |
| MQ-SR7B,SR18,SR19,SR20,+            | <i>Sr7B.Sr18, Sr19</i> | 65      | 0R      | 20MR    | 100                    |
| LOCAL RED                           | Ген неизвестен         | 40      | –       | 10MS    | –                      |



## Продолжение таблицы 7

| Сорт, линия   | Ген <i>Sr</i>        | Омск    |         |         | Новосибирск<br>2011 г. |
|---|----------------------|---------|---------|---------|------------------------|
|   |                      | 2009 г. | 2010 г. | 2011 г. |                        |
| Seri 82   | <i>Sr31</i>          | 0       | 0R      | 0R      | 0                      |
| PBW343  | <i>Sr31</i>          | 0       | 0R      | 0R      | 0                      |
| Cham-8  | <i>Sr31</i>          | 0       | 0R      | 5TR     | 1                      |
| Sr31(Benno)/6*LMPG  | <i>Sr31</i>          | 0       | 0R      | 0R      | 5                      |
| LcSr24Ag  | <i>Sr24**</i>        | 25      | 0R      | 0R      | 25                     |
| Sr 24 (Agent)/9*LMPG                                      | <i>Sr24**</i>        | 0       | –       | 5M      | 0–45                   |
| Sr36(CI12632)/8*LMPG                                      | <i>Sr36</i>          | 5       | 5R-MR   | 60M     | 1                      |
| W2691SrTt-1   | <i>Sr36*</i>         | 0       | 0R      | 0R      | 1                      |
| Eagle   | <i>Sr26**</i>        | 0       | 0R      | 5TR     | 15                     |
| Sr 26/9*LMPG  | <i>Sr26*</i>         | 0       | 0R      | 0R      | 0–5                    |
| Super Seri  | <i>iSr25*</i>        | 0       | 0R      | 0R      | 0                      |
| Coroong   | <i>Sr27*</i>         | 0       | 0R      | 0R      | 0                      |
| Cham-6  | Ген неизвестен       | 10      | 0R      | 5TR     | 1                      |
| Cham-10   | Ген неизвестен       | 0       | 0R      | 0R      | 0                      |
| EL Nielain  | Ген неизвестен       | 0       | 5R-MR   | 0R      | 5                      |
| Utique 96   | <i>Sr31 absent*</i>  | 0       | 0R      | 0R      | свч                    |
| Hidhab  | Ген неизвестен       | 0       | 0R      | 0R      | 1                      |
| Gemmeiza-9  | Ген неизвестен       | 5       | 0R      | 5TR     | 0                      |
| Giza-168  | <i>Sr31 absent**</i> | 0       | 0R      | 5MR     | свч                    |
| Chamran   | Ген неизвестен       | 0       | 0R      | 5TR     | 0                      |
| nqalab91  | Ген неизвестен       | 0       | –       | 5MR     | 0                      |
| Bacanora = Kauz's'  | Ген неизвестен       | 0       | –       | 0R      | 0                      |
| Cook  | <i>Sr36*</i>         | 0       | –       | 0R      | 1–5                    |
| Debeira   | Ген неизвестен       | 0       | 0R      | 0R      | 0                      |
| Altar (Durum)   | Ген неизвестен       | 0       | 0R      | 5TR     | –                      |
| Pavon 76  | <i>Sr2 complex**</i> | 0       | 0R      | 5R-MR   | 0                      |
| Buck Buck   | <i>Sr2 +Sr 23**</i>  | 0       | 0R      | 5TR     | 0                      |
| Aguilal   | Ген неизвестен       | –       | 0R      | 5TR     | 0                      |
| Millo (Durum)   | Ген неизвестен       | 0       | 5MR     | 20MS    | –                      |
| Kubsa = Attila  | <i>Sr31 absent*</i>  | 0       | –       | 5R      | 0                      |
| Thatcher  | Ген неизвестен       | 0       | 0R      | 20MR-MS | 0                      |
| Guard   | Ген неизвестен       | 0       | 0R      | 10M     | 5–100                  |
| Kasyon/Genaro-81//Cham4 (Check)<br>ICW92-0279-OAP-4AP-0L- | Ген неизвестен       | 25      | 5R-MR   | 10MS    | 5                      |
| Arim (Durum)  | Ген неизвестен       | 0       | –       | 10MR    | 0                      |
| ER/APM (Barley)   | Ген неизвестен       | 0       | 0R      | 0R      | 65                     |
| ISr6-Ra   | <i>Sr6</i>           | 0       | 0R      | 10MR-MS | –                      |
| W2691Sr9b   | <i>Sr9b</i>          | 5       | 10MR    | 10MR-MS | 1                      |
| Vemstein  | <i>Sr9e*</i>         | 0       | 0R      | 0R      | 0                      |
| St464Sr13   | <i>Sr13</i>          | 0       | 5R-MR   | 10M     | –                      |
| Combination VII   | <i>Sr17(+13)</i>     | 5       | 5R-MR   | 10 MR   | –                      |

## Окончание таблицы 7

| Сорт, линия             | Ген <i>Sr</i>           | Омск    |         |         | Новосибирск<br>2011 г. |
|-------------------------|-------------------------|---------|---------|---------|------------------------|
|                         |                         | 2009 г. | 2010 г. | 2011 г. |                        |
| Pusa 4/Etoile de Choisy | <i>Sr29</i>             | 0       | 0R      | 10 MR   | 5–15                   |
| BtSr30Wst               | <i>Sr30</i>             | 0       | –       | 0R      | 5–65                   |
| CnsSr32AS               | <i>Sr32**</i>           | 0       | 0R      | 5MR     | свч                    |
| RL 5405                 | <i>Sr33*</i>            | 0       | 0R      | 0R      | свч                    |
| Mq(2)5*G2919            | <i>Sr35</i>             | 25      | 0R      | 0R      | 5                      |
| W2691SrTt-2             | <i>Sr37</i>             | 65      | 0R      | 10MS    | свч                    |
| RL 6081                 | <i>Sr38*</i>            | 0       | –       | 0R      | 0                      |
| RL 6082                 | <i>Sr39</i>             | 25      | 0R      | 5R-MR   | 5                      |
| RL 6088                 | <i>Sr40</i>             | 25      | 5R-MR   | 5R-MR   | 5–15                   |
| Taf-2                   | <i>Sr44</i>             | 5       | 5R-MR   | 10M     | 0                      |
| W2691SrGtGt             | <i>SrGt</i>             | 5       | –       | –       | –                      |
| Bt/Wld                  | <i>SrWld-1</i>          | 0       | –       | 20MS-S  | 5                      |
| Chris                   | <i>Sr7a, Sr12, Sr6*</i> | 0       | 0R      | 0R      | 0                      |
| Norm                    | Ген неизвестен          | 0       | 0R      | 0R      | 0                      |
| Line ASeln.             | <i>SM4</i>              | 10      | –       | 20MS    | 25–65                  |
| W2691 Sr28 kt           | <i>Sr28</i>             | 10      | –       | 20MS    | 25                     |

Примечание. свч – реакция сверхчувствительности; (–) – нет данных (растения засохли).

Наши исследования показали, что на основе метода челночной селекции можно достичь более эффективной оценки исходного материала в контрастных условиях Мексики, Кении и Западной Сибири и отбора наиболее конкурентных гибридных популяций яровой мягкой пшеницы, устойчивых к широкому спектру рас стеблевой ржавчины и других болезней. Обмен материалом между СИММИТ, научными учреждениями Казахстана и Западной Сибири позволяет вовлекать в гибридизацию новые перспективные источники хозяйственно ценных признаков из мирового генофонда и создавать сорта яровой пшеницы с долговременной устойчивостью к болезням. Угроза распространения новой расы стеблевой ржавчины **Ug 99 в Западной Сибири** вынуждает вести поиск новых источников и генов устойчивости к **Ug 99 с целью создания на их основе сортов яровой пшеницы, способных защитить урожай огромного зернопроизводящего региона России.** Проведенные исследования позволили создать ценный исходный материал для селекции яровой мягкой пшеницы с комплексной устойчивостью к болезням в условиях Западной Сибири.

### Благодарности

Авторы выражают благодарность коллективу лаборатории селекции яровой мягкой пшеницы и озимого тритикале ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П.А. Столыпина, коллективу лаборатории иммунитета СибНИИРС и сотрудникам Национального института фитопатологии Кении за оказанное содействие в проведении исследований.

### Литература

- Вавилов Н.И. Иммуитет растений к инфекционным заболеваниям // Изв. Петровской с.-х. академии. 1918. Вып. 1/4. 240 с.
- Вавилов Н.И. Закономерности в изменчивости растений // Селекция и семеноводство в СССР. Обзор результатов деятельности селекционных и семеноводственных организаций к 1923 году. М.: Новая деревня, 1924. С. 13–46.
- Гончаров Н.П., Гончаров П.Л. Методические основы селекции растений. Изд. 2-е, перераб. и доп. Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2009. 427 с.
- Зыкин В.А., Шаманин В.П., Белан И.А. Экология пшеницы. Омск: Изд-во ОмГАУ, 2000. 124 с.
- Коваль С.Ф., Коваль В.С., Шаманин В.П. Изогенные линии пшеницы. Омск: Омскбланкиздат, 2001. 152 с.
- Мешкова Л.В., Россеева Л.П., Шрейдер Е.Р., Сидоров А.В.

- Вирулентность патотипов возбудителя бурой ржавчины пшеницы к ТН LR 9 в регионах Сибири и Урала // Современные проблемы иммунитета растений к вредным организмам. Вторая Всерос. конф., Санкт-Петербург, 29 сентября–2 октября 2008 г. Санкт-Петербург, 2008. С. 70–73.
- Седловский А.И., Мартынов С.П., Мамонов Л.К. Генетико-статистические подходы к теории селекции самоопыляющихся культур. Алма-Ата: Наука, 1982. С. 47–143.
- Третован Р., Моргунов А., Зеленский Ю., Лаге Я. Челочная селекция между Мексикой и Казахстаном: результаты, подробности, перспективы. № 2 (3). 2006. Алматы, 2006. С. 23–27.
- Христов Ю.А. Использование в селекции источников устойчивости к бурой ржавчине пшеницы в Сибири: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Л., 1981. 24 с.
- Чулкина В.А. Эпифитотииология (экологические основы защиты растений) / В.А. Чулкина, Е.Ю. Торопова, Г.Я. Стецов // Новосибирск, 1998. 198 с.
- Шаманин В.П. Селекция яровой мягкой пшеницы на устойчивость к стеблевой ржавчине // Перспективы инновационного развития АПК. Сб. матер. междунар. науч.-практ. конф., посвященной 420-летию земледелия Зауралья. Тюмень: ТГСХА, 2010. С. 76–83.
- Шаманин В.П., Моргунов А.И., Манес Я., Зеленский Ю.И. Сибирский питомник челочной селекции Международного Центра по улучшению пшеницы и кукурузы (СИММИТ) при ОмГАУ: реальность и перспективы // Вестник Омского гос. аграрного ун-та. 2009. № 3. С. 42–45.
- Шаманин В.П., Моргунов А.И., Манес Я. и др. Селекция яровой мягкой пшеницы к местной популяции и к вирулентной расе Ug 99 стеблевой ржавчины в условиях Западной Сибири // Информ. вестник ВОГиС. 2010. Т. 14. № 1. С. 659–667.
- Morgounov A., Ablova I., Babayants O. *et al.* Genetic protection of wheat from rusts and development of resistant varieties in Russia and Ukraine // BGRI 2010 Technical Workshop Oral Presentations. Full Papers and Abstracts. May 30–31, 2010. St Petersburg. St Petersburg, 2010. P. 1–21.
- Peterson R.F., Campbell A.B., Hannah A.E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals // Canad. J. Res. 1948. V. 26. P. 496–500.
- Shamanin V., Morgunov A. Spring wheat breeding in Western Siberia for resistance to leaf and stem rust // 12th Intern. Cereal Rusts Powdery Mildews Conf. Antalya, Turkey. October 13–16, 2009. Antalya, Turkey. 2009. P. 82.
- Shamanin V., Morgounov A., Zelenskiy Y. *et al.* Spring wheat breeding for leaf and stem rusts under West Siberia environment // 8th Intern. Wheat Conf. June 1–4, 2010. Abstracts of oral poster presentations. St Petersburg, Russia. P. 314.
- Singh R.P., Hodson D.P., Huerta-Espino J. *et al.* Will stem rust destroy the world's wheat crop? // Adv. in Agron. 2008. V. 98. 310 p.
- Zelenskiy Y., Morgounov A., Manes Y. *et al.* Results of evaluation of spring wheat germplasm through Kazakhstan-Siberia Network // 8th Intern. Wheat Conf. June 1–4, 2010. Abstracts of oral poster presentations. St Petersburg, Russia. P. 200–201.

## BREEDING AND GENETIC ESTIMATION OF SPRING BREAD WHEAT POPULATIONS OF THE SIBERIAN SHUTTLE BREEDING NURSERY OF CIMMYT

V.P. Shamanin<sup>1</sup>, A.I. Morgunov<sup>2</sup>, J. Manes<sup>3</sup>, Y.I. Zelenskiy<sup>4</sup>, A.S. Chursin<sup>1</sup>,  
M.A. Levshunov<sup>1</sup>, I.V. Pototskaya<sup>1</sup>, I.E. Likhenko<sup>5</sup>, T.A. Manko<sup>5</sup>, I.I. Karakoz<sup>1</sup>,  
A.V. Tabachenko<sup>1</sup>, S.L. Petukhovskiy<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Omsk State Agrarian University, Omsk, Russia, e-mail: vpshamanin@rambler.ru;

<sup>2</sup> CIMMYT-Turkey, Ankara, Turkey, e-mail: a.morgounov@cgiar.org;

<sup>3</sup> CIMMYT-Mexico, Mexico D.F. Mexico, e-mail: y.manes@cgiar.org;

<sup>4</sup> CIMMYT-Kazakhstan, Astana, Kazakhstan, e-mail: y.zelenskiy@cgiar.org;

<sup>5</sup> Siberian Research Institute of Plant Industry and Breeding, Russian Academy of Agricultural Sciences, Novosibirsk, Russia, e-mail: lihenko@mail.ru

### Summary

Shuttle breeding contributes much to the breeding to common wheat varieties resistant to adverse environmental factors by involving new sources of valuable biological and economical features from the world's gene pool. Annually, 360 to 1000 lines and hybrid populations of spring bread wheat are studied in the Siberian shuttle breeding nursery (SSBN), established according to the shuttle breeding program participated

by scientific institutions of West Siberia, Kazakhstan and the International Maize and Wheat Improvement Centre CIMMYT. Stable forms resistant to fungal diseases in West Siberia have been selected. The breeding value of the population created in the shuttle breeding program is shown. The results of evaluation of the collection of spring bread wheat varieties, breeding material and isogenic lines with *Sr* genes for resistance to Siberian populations of stem rust races under the conditions of the Omsk State Agrarian University experimental field and to the virulent race Ug 99 are presented. We have raised the most competitive hybrid populations of spring bread wheat resistant to a wide range of races of stem and leaf rust, including a virulent race Ug99. They can be used in different regions in case of global dispersal of stem rust.

**Key words:** spring wheat, starting material, shuttle breeding, leaf and stem rust, race Ug 99, isogenic lines for *Sr* genes.