

## СОЗДАНИЕ АДАПТИВНОГО СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ЧЕЛНОЧНОЙ СЕЛЕКЦИИ СИММИТ

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

<sup>1</sup> ФГБОУ Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Омск, Россия (644008, г. Омск, Институтская площадь, 1) [vpshamin@rambler.ru](mailto:vpshamin@rambler.ru);

<sup>2</sup> Представительство СИММИТ в Турции, Анкара, [a.morgounov@cgiar.org](mailto:a.morgounov@cgiar.org);

<sup>3</sup> Представительство СИММИТ в Казахстане, Астана, [y.zelenskiy@cgiar.org](mailto:y.zelenskiy@cgiar.org);

<sup>4</sup> Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства, Новосибирск, Россия (630501, Новосибирская область, пос. Краснообск) [lihenko@mail.ru](mailto:lihenko@mail.ru)

Показано, что с помощью метода челночной селекции СИММИТ в ОмГАУ в 2009–2011 гг. изучено от 360 до 1000 линий и гибридных популяций яровой мягкой пшеницы, созданных совместно научными учреждениями Западной Сибири, Казахстана и Международного центра по улучшению пшеницы и кукурузы СИММУТ. Выделен устойчивый исходный материал к листовым патогенам для селекции в условиях Западной Сибири. Показана селекционная ценность популяций челночной селекции. Представлены результаты оценки коллекции сортов и селекционного материала на устойчивость к сибирской популяции рас стеблевой ржавчины в условиях Омска (ОмГАУ). Выделены гибридные популяции яровой мягкой пшеницы, устойчивые к широкому спектру рас стеблевой ржавчины, в том числе и к вирулентной расе Ug99, 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 Ug99.

## CREATING OF ADAPTIVE BREEDING MATERIAL OF SPRING BRAED WHEAT WITH THE HELP OF CIMMYT SHUTTLE BREEDING METHOD

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

<sup>1</sup> Omsk State Agrarian University, Omsk, Russia (644008, Omsk, Institutskaya square, 1) [vpshamin@rambler.ru](mailto:vpshamin@rambler.ru);

<sup>2</sup> CIMMYT-Turkey, Ankara, Turkey, [a.morgounov@cgiar.org](mailto:a.morgounov@cgiar.org);

<sup>3</sup> CIMMYT-Kazakhstan, Astana, Kazakhstan, [y.zelenskiy@cgiar.org](mailto:y.zelenskiy@cgiar.org);

<sup>4</sup> Siberian Research Institute of Plant Growing, Novosibirsk, Russia (630501, Novosibirskaya oblast, village Krasnoobsk) [lihenko@mail.ru](mailto:lihenko@mail.ru)

It was shown that in 2009–2011 at OmskSAU 360–1000 spring bread wheat lines and hybrid populations, created jointly scientific institutions of Western Siberia, Kazakhstan and the International Maize and Wheat Improvement Centre CIMMYT were studied. The resistant initial material to fungal diseases for breeding in conditions of Western Siberia was created. The breeding value of the population created by the shuttle breeding program is shown. The evaluation results of the collection of spring bread wheat varieties and breeding material for resistance to Siberian population of stem rust races in the conditions of Omsk (OSAU) are presented. The most competitive hybrid populations of spring bread wheat that are resistant to a wide range of races of stem rust, including a virulent race Ug99, which can be used in different regions in the case of the global spreading of stem rust, were selected.

Key words: spring wheat, initial material, shuttle breeding, leaf and stem rust, race Ug99.

## Введение

Еще в двадцатые годы прошлого столетия академик Н. И. Вавилов обосновал необходимость расширения исходного материала для селекции за счет использования всего разнообразия возделываемых растений планеты и их диких сородичей [1]. Проблема генетического родства сортов во многих регионах России и в мире таит в себе угрозу их уязвимости и возможной потери 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 – это одна из актуальных проблем в современном растениеводстве.

В 1998 г. для решения вышеизложенной проблемы селекционные программы Западной Сибири и Казахстана были объединены в Казахстанско-Сибирскую сеть улучшения яровой пшеницы (сокращенно КАСИБ), в которую вошли семь научных учреждений РФ и десять учреждений Казахстана. Все участники сети раз в два года представляют в Казахстанско-Сибирское сортоиспытание (КАСИБ) по 2–4 лучших сорта или линии для совместного изучения. Данные КАСИБа представляют большой интерес, так как они отражают реальную картину поведения сортов и состояния пшеницы на огромной территории [4]. В СИММИТе (Обрегон, Мексика) проводят скрещивания с лучшими адаптивными сортами из Казахстана и Западной Сибири, которые были выделены по данным 2-х летнего испытания. Затем проводится отбор получаемого потомства с использованием методологии ведения челночной селекции СИММИТа.

С 2009 года ОмГАУ является Центром сибирского питомника челночной селекции. Задача Центра заключается в том, чтобы проводить отбор созданных в СИММИТе гибридных популяций на адаптивность и устойчивость к болезням в условиях Западной Сибири [3]. Отобранные популяции используются в дальнейшем селекционном процессе ОмГАУ и рассылаются всем российским участникам программы КАСИБ.

Учитывая, что восприимчивые сорта в среднем снижают урожайность от бурой ржавчины не менее чем на 0,5 т/га, то только в Омской области потери от данного патогена составляют около 400 тыс. т зерна, а в целом по Западной Сибири в пределах 1,5–2 млн т [2].

Пристальное внимание селекционеров в последние 3–4 года 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 уничтожать посевы пшеницы. Не случайно, во времена холодной войны данный патоген рассматривался в качестве биологического оружия. Наличие гена *Sr31* (наряду с несколькими другими генами) во многих возделываемых сортах пшеницы

обеспечивало защиту пшеницы от болезни последние 30 лет. В 1999 году в Уганде было впервые отмечено поражение стеблевой ржавчиной генотипов с геном *Sr31*, которые до того времени стеблевой ржавчиной практически не поражались. Данный единичный случай оповестил мир о появлении новой расы стеблевой ржавчины, получившей имя *Ug99*. Потребовалось всего несколько лет для распространения новой расы в пшенично-сеющие регионы Кении и Эфиопии. Уже в 2005–2006 гг. возделывание пшеницы в этих странах без химической обработки было практически невозможно [7]. В 2006 г. раса *Ug99* 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, и она реальна. В 2006-2010 гг. более 1000 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 *Ug99* на инфекционном фоне института фитопатологии в Кении (Африка) [6]. Основная часть испытанного материала оказалась неустойчивой к *Ug99*, лишь несколько селекционных линий имели повышенную устойчивость (толерантность) к данной расе. В связи с интенсивными расообразовательными процессами в популяциях возбудителей наиболее вредоносных болезней, происходящими в последние годы в условиях Западной Сибири, развернута работа по обогащению и расширению генетической базы для селекции и контроль эффективности известных генов устойчивости к болезням [2, 5].

### **Цель исследования**

Создание исходного материала с комплексной устойчивостью к болезням на основе метода челночной селекции и мониторинг коллекции сортов и селекционного материала на устойчивость к стеблевой ржавчине в условиях Западной Сибири.

### **Материал и методы исследования**

Сибирский питомник челночной селекции (СПЧС) формируется из популяций, отобранных в питомниках КазРус (сокр. Казахстан – Россия). При испытании популяций в питомниках КазРус и СПЧС повторность однократная, стандартов – не менее, чем шестикрат-

ная. Сорты – стандарты: Памяти Азиева (среднеранний), Омская 29 (среднеспелый), 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 зёрен/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. Стандарты и популяции убирались в фазу полной восковой спелости вручную при помощи серпов. Селекционный материал обмолачивался на сноповой молотилке МПСУ-500. Для определения урожайности сухое зерно взвешивалось.

Питомник КАСИБ высевался в 3-х кратной повторности на делянках 3 м<sup>2</sup>. Учеты и наблюдения аналогичные с питомниками челночной селекции. Методики изучения исходного материала, применяемые в селекционном процессе, и статистической обработки полученных данных – общепринятые. 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 resistance – относительно устойчивый) – 2–3 балла; S (Susceptible – восприимчивый) – 4 балла (поражение более 60 %) по шкале Cobb. Сформированная из устойчивых образцов к *Ug99* коллекция яровой мягкой пшеницы высевалась на опытном поле ОмГАУ на делянках по 1 м<sup>2</sup>. Всего изучено 180 сортов. Повторность четырехкратная. Оценка на восприимчивость к вирулентной агрессивной расе стеблевой ржавчины *Ug99* проведена на естественном фоне Института фитопатологии в Кении (Африка).

### **Результаты исследования и их обсуждение**

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.

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.1).

### **Таблица 1**

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:	мучнистой росе	80	60	35	175
	бурой ржавчине	112	–	247	359
	стеблевой ржавчине	136	–	246	382
Урожайность, г/м <sup>2</sup> min – max		60,6 – 357,3	154,3 – 597,7	95,6 – 469,6	

Гибридные популяции и линии, выделенные в питомниках челночной селекции, как источники хозяйственно-ценных признаков, включены в селекционный процесс лаборатории селекции пшеницы ОмГАУ (табл. 2).

**Таблица 2**

Количество линий и популяций из питомников челночной селекции, включенных в селекционный процесс в ОмГАУ (2011 г.)

Питомник	Количество популяций, шт.
Питомник гибридизации	8
Селекционный питомник первого года	4312
Селекционный питомник второго года	194
Контрольный питомник	32
СПЧС	175
Итого	4721

В таблице 3 приведена общая характеристика популяций в СПЧС-1 в 2010 г. по степени устойчивости к бурой и стеблевой ржавчине.

**Таблица 3**

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

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

Из 140 популяций 32 имеют высокую степень устойчивости к *Ug99*. К местным расам популяции СПЧС-1 практически иммунны: по стеблевой ржавчине – 135 популяций, по бурой – 132. Следовательно, в случае заноса *Ug99* на территорию региона, уже имеется исходный материал, устойчивый к этой агрессивной расе.

По результатам оценки сортов и селекционных линий в Кении выделена рабочая коллекция из 9 источников, наиболее устойчивых к *Ug99*. Проведена селекционная оценка выделенных линий в контрольном питомнике ОмГАУ (табл. 4).

**Таблица 4**

Результаты оценки линий, устойчивых к расе  
*Ug99* стеблевой ржавчины (Омск, 2011)

Селекционный номер	Сорт, селекционная линия	Вегетационный период сут.	Оценка устойчивости к:			Урожайность, г/м <sup>2</sup>
			мучнистой росе, балл	бурой ржавчине, %	стеблевой ржавчине, % / тип поражения	
St	П.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

Окончание табл. 4

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 x Кормова12	90	7	0	5 MR	282
89	Om.20/Irt.10/L.444/3/Akt	94	7	5	5 MR	343
НСП <sub>05</sub>						48

Лучшие линии BC1E59/L.20639(22889), NS888 Lr19/Lut.45-95, NS888Lr19 x Кормова12, Om.20/Irt.10/L.444/3/Akt, сочетающие устойчивость к бурой, стеблевой ржавчине и мучнистой росе с высокой продуктивностью будут включены в последующие питомники селекционного процесса и использованы для гибридизации в качестве источников устойчивости к *Ug99*.

### Заключение

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.

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 популяции 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 *Ug99* в Западной Сибири вынуждает к ускорению процессов поиска новых источников и генов устойчивости к *Ug99* и создание 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.

#### **Список литературы**

1. 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. Зыкин В. А., Шаманин В. П., Белан И. А. Экология пшеницы: Монография. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2000. – 124 с.
2. Селекция яровой мягкой пшеницы к местной популяции и к вирулентной расе *Ug99* стеблевой ржавчины в условиях Западной Сибири/ В. П. Шаманин и др.// Вестник ВО-ГиС. – 2010. – Т. 14, № 1. – С. 659-667.
3. Сибирский питомник челночной селекции Международного Центра по улучшению пшеницы и кукурузы (СИММИТ) при ОмГАУ: реальность и перспективы / В. П. Шаманин и др.// Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2009. – № 3, С. 42-46.

4. Челночная селекция между Мексикой и Казахстаном: результаты, подробности, перспективы / Р. Третован и др. – Алматы, 2006. – № 2(3). – С.23–27.
5. Genetics protection of wheat from rusts and development of resistant varieties in Russia and Ukraine/ A. Morgounov et al. //BGRI 2010 Technikal Workshop Oral Presentations: Full Papers and Abstracts (St Petersburg, May 30-31, 2010). – St. Petersburg, 2010. – P. 1-21.
6. 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, October 13–16, 2009). – Antalya, 2009. – P. 82.
7. Will Stem Rust Destroy the World's Wheat Crop?/ R. P. Singh et al. // Advances in Agronomy. – 2008. – Vol. 98. – 310 p.

**Рецензенты:**

Евдокимов М.Г., д.с.-х.н., зав. лабораторией селекции твердой пшеницы, ГНУ Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Сибирского отделения Россельхозакадемии, г. Омск.

Ильин В.С., д.с.-х.н., профессор, ведущий научный сотрудник, Сибирский филиал ГНУ Всероссийского научно-исследовательского института кукурузы, г. Омск.