

УСТОЙЧИВОСТЬ К СТЕБЛЕВОЙ РЖАВЧИНЕ НОВЫХ ЛИНИЙ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ С ГЕНАМИ *AGROPYRON ELONGATUM* В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Л. Я. Плотникова, А. Т. Сагендыкова, М. В. Урман

Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина
Омск, Россия, aaidosova@mail.ru

В последнее десятилетие в России усилилась вредоносность стеблевой ржавчины пшеницы. Для защиты пшеницы от болезни необходимо расширение спектра генов устойчивости в сортах. В Омском ГАУ (г. Омск, Россия) созданы интрогрессивные линии яровой мягкой пшеницы с генетическим материалом пырея удлиненного *Agropyron elongatum* Host. (Beuv.). Целью работы был отбор перспективных линий, сочетающих устойчивость к агрессивной азиатской популяции возбудителя стеблевой ржавчины, с высокой продуктивностью. В полевых условиях на интенсивном фоне развития болезни выделен набор устойчивых урожайных линий пшеницы. Данные линии представляют собой ценный материал для селекции и могут послужить донорами устойчивости к стеблевой ржавчине.

Ключевые слова: *Triticum aestivum*; *Agropyron elongatum*; интрогрессивные линии; стеблевая ржавчина; устойчивость.

STEM RUST RESISTANCE OF NEW SPRING WHEAT LINES WITH *AGROPYRON ELONGATUM* GENES IN WESTERN SIBERIA

L. Ya. Plotnikova, A. T. Sagendykova, M. V. Urman

Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin
Omsk, Russia, aaidosova@mail.ru

In the last decade, the harmfulness of wheat stem rust has increased in Russia. To protect wheat from disease, it is necessary to enrich the set of resistance genes in the cultivars. Introgressive lines of spring common wheat with the genetic material of the Wheatgrass *Agropyron elongatum* Host. (Beuv.) were created in the Omsk State Agrarian University (Omsk, Russia). The aim of the research was to select promising lines that combine resistance to the aggressive Asian population of the stem rust pathogen with high productivity. In the field on the intense infection background, a set of resistant lines with high productivity was determined. These lines are a valuable material for breeding and can serve as donors of resistance to stem rust.

Key words: *Triticum aestivum*; *Agropyron elongatum*; introgressive lines; stem rust; resistance.

В последние десятилетия в разных регионах мира усилилась вредоносность стеблевой ржавчины пшеницы. Это связано с эволюционными процессами в популяциях возбудителя болезни – патогенного гриба *Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* Erikss. et Henn. (Pgt). Первоначально изменения Pgt были отмечены в Уганде в 1998 г. при появлении вирулентной расы, получившей название Ug99 (ТТКСК), которая преодолела ранее высокоэффективный в мире ген устойчивости *Sr31*. Раса Ug99 продолжает эволюционировать, а ее биотипы с разным набором генов вирулентности распространились от Уганды до Северной Европы [1]. В последнее десятилетие также отмечено повышение ущерба от стеблевой ржавчины в регионах России. В период массовых вспышек болезни потери урожая достигают 50-70 %, при этом резко снижается качество зерна [2, 3]. В связи с этим необходимо

проводить мониторинг проявления болезни на посевах пшеницы в разных регионах, а также вести селекцию с учетом изменений в популяциях патогена.

На юге Западной Сибири и в Северном Казахстане располагаются массовые посевы пшеницы, составляющие «пшеничный пояс». На культурных и диких злаках, произрастающих в Западной Сибири и Северном Казахстане, существует обособленная азиатская популяция Pgt, в которой происходят интенсивные микроэволюционные процессы. Расы патогена в Западной Сибири отличаются большим числом генов вирулентности [4]. При этом ген *Sr31* в регионах России оставался эффективным [3]. В Западной Сибири до 2014 г. стеблевая ржавчина проявлялась редко и не наносила значимого ущерба посевам пшеницы [5]. Однако в 2015 г. была зарегистрирована вспышка болезни, приведшая к серьезным потерям урожая во всем «пшеничном поясе», позже ржавчина поражала посевы ежегодно. В связи с изменением фитосанитарного состояния агроценозов необходим постоянный мониторинг расового состава популяции и оценка эффективности известных и перспективных генов устойчивости пшеницы к болезни.

Актуальным способом защиты пшеницы является введение генов устойчивости к болезням от диких сородичей. Дикий вид *Agropyron elongatum* (Host) Beauv. ($2n=10x=70$) имеет многолетний образ жизни и обладает высокой резистентностью к абиотическим и биотическим факторам. Гибридизация между пшеницей и пыреем затруднена в силу филогенетической отдаленности видов, поэтому по доступности для селекции род *Аггоругон* отнесен к третичному генофонду. Впервые работы по созданию межродовых пшенично-пырейных гибридов (ППГ), играющих роль «генетических мостиков» для передачи генов рода *Аггоругон* пшенице, были осуществлены академиком Н. В. Цициным. В настоящее время в Главном Ботаническом саду РАН (ГБС, г. Москва) поддерживается коллекция октоплоидных ППГ с хромосомами видов рода *Аггоругон* [6].

В связи с методическими трудностями передачи генетического материала *Ag. elongatum* за многие десятилетия в геном пшеницы были включены всего шесть идентифицированных генов устойчивости к бурой и стеблевой ржавчине. Причем часть из них присутствуют в комплексных транслокациях (*Lr19/Sr25* и *Lr24/Sr24*), а другие – в виде единичных генов (*Lr29* и *Sr43*) (Genetic Database <http://www.shigen.nig.ac.jp>). Большинство сортов США (более 85 %) защищены транслокацией с генами *Lr24/Sr24*, а российские сорта в основном защищены транслокацией *Lr19/Sr25* (более 30 % сортов) [7]. Фрагмент с генами *Lr24/Sr24* и ген *Lr29* выявлены в единичных российских сортах [8].

В Омском аграрном университете имени П.А. Столыпина (г. Омск, Россия) в 1990-х гг. была начата работа по созданию ППГ на основе *Ag. elongatum*. В настоящее время продолжается работа по улучшению их свойств [5, 9]. По данным предварительного анализа линий с помощью молекулярных маркеров, проведенному Е.И. Гультовой (не опубликовано), в устойчивых к болезням линиях отсутствуют известные гены *Lr19*, *Lr24* и *Lr29*.

Целью работы был мониторинг устойчивости к стеблевой ржавчине перспективных интрогрессивных линий яровой мягкой пшеницы с генами *Ag. elongatum* в Западной Сибири на естественном фоне стеблевой ржавчины.

Объектами исследований служили образцы пырея удлиненного *Ag. elongatum* и 72 интрогрессивные линии яровой мягкой пшеницы с его генами. Стандартами служили восприимчивые сорта яровой мягкой пшеницы Памяти Азиева (среднеранний), Дуэт (среднепоздний) и Серебристая (среднепоздний). Исследования проводили в полевых условиях на естественном фоне болезни в

лесостепной зоне юга Западной Сибири (г. Омск) в 2019-2020 гг. Развитие стеблевой ржавчины оценивали по степени поражения (в %). Тип реакции определяли по шкале, принятой в Международном селекционном центре CIMMYT: R – без симптомов, иммунитет; MR – мелкие некрозы без пустул, устойчивость; MS – мелкие пустулы занимают до 50% площади листьев, средняя восприимчивость; S – крупные пустулы занимают более 50% площади листьев, высокая восприимчивость) [10].

В изученный период на юге Западной Сибири стеблевая ржавчина развивалась ежегодно, с конца июля до созревания пшеницы. В 2019 г. отмечено интенсивное поражение сортов-стандартов (до 70-100 %), в 2020 г. интенсивность поражения была ниже (40-70 %) (таблица).

В условиях интенсивного инфекционного фона все образцы *Ag. elongatum* проявили иммунитет (R). Оценка набора интрогрессивных линий показала, что в 2019 г. устойчивых было 7 %, средневосприимчивых – 29 % (рисунок). В 2020 г. возросла доля иммунных и устойчивых линий (4 и 21 % соответственно), что может быть связано с меньшей интенсивностью развития болезни. Однако оценки, проведенные в 2014 и 2016 гг. показывали более 64 % иммунных и устойчивых линий [2, 5]. Очевидно, потеря устойчивости линий связана с активным микроэволюционным процессом в азиатской популяции Pgt.

Среди линий выделилась линия № 87/2017, проявившая иммунитет (R) в 2019 и 2020 гг. Линия № 322/2017 отличалась слабым поражением стеблевой ржавчиной (5MS-5S). Линия № 2/2015 проявила высокую устойчивость в 2019-2020 гг. (10MR-MS). Остальные линии показали среднюю устойчивость к стеблевой ржавчине (таблица).

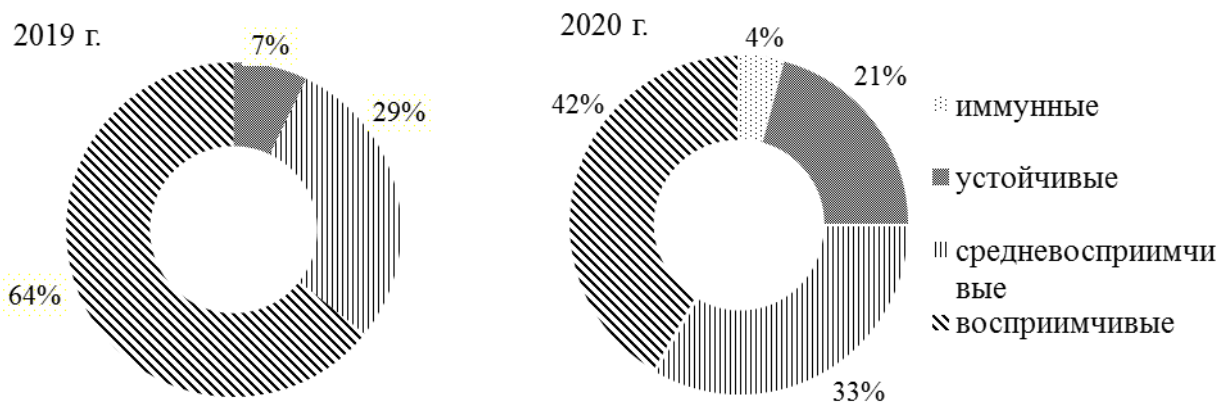


Рисунок – Распределение интрогрессивных линий мягкой пшеницы по устойчивости к стеблевой ржавчине в 2019-2020 гг.

Figure – Distribution of introgressive lines of common wheat by resistance to stem rust in 2019 - 2020

Таблица – Продуктивность и оценка развития стеблевой ржавчины на сортах яровой мягкой пшеницы и лучших интрогрессивных линиях с генами *Ag. elongatum* в Западной Сибири

Table – Productivity and estimation of stem rust development on spring common wheat cultivars and the best introgressive lines with the genes of *Ag. elongatum* in Western Siberia

Сорт, линия	Продуктивность, г/ растение			Поражение стеблевой ржавчиной, тип /%	
	2019 г.	2020 г.	среднее	2019 г.	2020 г.
<i>Agropyron elongatum</i>	0,21	0,28	0,25	R	R
Памяти Азиева - стандарт	1,55	1,95	1,75	100S	70S
Дуэт - стандарт	1,99	2,25	2,12	70MS	40S
Серебристая - стандарт	1,83	1,92	1,88	70MS	50S
104/2015	1,85	1,90	1,88	20S	10S
2/2015	1,51	2,02	1,77	10MR	10MS
111/2015	1,81	1,78	1,80	20MS	20S
94/2015	2,09	2,33	2,21	30MS	10S
102/2015	1,69	2,15	1,92	30S	10S
368/2015	2,01	2,66	2,29	30S	10S
322/2017	1,60	2,59	2,10	5MS	5S
337/2017	2,24	1,88	2,06	30S	20S
87/2017	2,56	2,74	2,65	R	R
НСР ₀₅	0,15	0,22	-	-	-

Наиболее высокую продуктивность из сортов-стандартов показал сорт Дуэт – 2,12 г/растение (в среднем за два года), а самую низкую - среднеранний сорт Памяти Азиева (1,75 г/растение). Среди линий наиболее высокую продуктивность по сравнению со стандартами и другими интрогрессивными линиями показала иммунная линия № 87/2017 (в среднем 2,65 г/растение). Линия № 322/2017 со слабым поражением стеблевой ржавчины имела продуктивность практически на уровне стандарта Дуэт и выше, чем у сортов Памяти Азиева и Серебристая. Остальные линии, проявившие умеренную устойчивость к стеблевой ржавчине, сформировали продуктивность на уровне или выше стандартов.

Таким образом, в Западной Сибири изучена устойчивость к стеблевой ржавчине интрогрессивных линий яровой мягкой пшеницы с генами *Ag. elongatum*. В период наблюдений отмечено усиление поражения сортов местной селекции и части изученных линий стеблевой ржавчиной. Выделена одна иммунная, две высоко устойчивые и шесть линий со средней устойчивостью к агрессивной азиатской популяции возбудителя стеблевой ржавчины. Лучшие линии №№ 87/2017, 322/2017, 2/2015 сочетали устойчивость к стеблевой ржавчине с высокой продуктивностью. Данные линии представляют собой ценный материал для селекции и могут послужить хорошими донорами устойчивости к стеблевой ржавчине.

Библиографические ссылки

1. Evaluation of wheat (*Triticum aestivum*) germplasm and varieties against stem rust (*Puccinia graminis* Pers. f. sp. Tritici) pathotype Ug99 and its variants / Singh M., Sharma A. K., Saharan M. S. [et al.] // Indian Phytopathology. 2015. V.68. №2. P. 134–138.
2. Плотникова Л. Я., Кузьмина С. П., Фризен Ю. В. Биохимические показатели качества зерна перспективных линий мягкой пшеницы с генами *Agropyron elongatum*, устойчивых к стеблевой ржавчине // Успехи современного естествознания. 2019. №12. С. 20–26.

3. Кельбин В. Н., Сколотнева Е. С., Салина Е. А. Возможности и перспективы формирования генетической защиты мягкой пшеницы от стеблевой ржавчины в Западной Сибири // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020. Т.24. №8. С. 821–828.
4. Устойчивость перспективных образцов яровой твердой пшеницы к листостебельным болезням / Рсалиев А. С. [и др.] // Вестник защиты растений. 2020. Т.103. №2. С. 105–112.
5. Интрогрессивные линии мягкой пшеницы с генами пырея удлиненного *Agropyron elongatum*, устойчивые к листовым болезням на юге Западной Сибири / Плотникова Л. Я. [и др.] // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2014. Т.4. № 16. С. 3–7.
6. Наследие академика Н.В. Цицина – современное состояние и перспективы использования коллекции промежуточных пшенично-пырейных гибридов / Упелниек В. П. [и др.] // Вавиловский журнал селекции и генетики. 2012. Т.16. №3. С. 667–674.
7. Мартынов С. П., Добротворская Т. В., Крупнов В. А. Генеалогический анализ использования двух видов пырея (*Agropyron*) в селекции мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) на устойчивость к болезням // Генетика. 2016. Т.52. №2. С. 179–188.
8. Гультяева Е. И. Генетическая структура популяций *Puccinia triticina* в России и ее изменчивость под влиянием растения-хозяина // Дисс. ... д.б.н. СПб, 2018. 312 с.
9. Плотникова Л. Я., Сагендыкова А. Т., Кузьмина С. П. Оценка устойчивости к бурой ржавчине и экологической пластичности интрогрессивных линий мягкой пшеницы с генами *Agropyron elongatum* // Аграрная Россия. 2016. №9. С. 5–13.
10. Койшыбаев М., Шаманин В. П. Скрининг пшеницы на устойчивость к основным болезням: Методические указания. Анкара, 2014. 59 с.