

СРАВНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОДУКТИВНОСТИ РЕКОМБИНАНТОВ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ С ТРАНСЛОКАЦИЕЙ ОТ *THINOPYRUM ELONGATUM*, НЕСУЩЕЙ ГЕНЫ УСТОЙЧИВОСТИ К РЖАВЧИНЕ

В.В. Пискарев, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией генофонда растений, ORCID ID: 0000-0001-9225-5227;

Н.И. Бойко, младший научный сотрудник лаборатории генофонда растений, ORCID ID: 0000-0002-5026-4907;

Е.В. Морозова, младший научный сотрудник лаборатории генофонда растений, ORCID ID: 0000-0001-9439-9785;

В.Ю. Сухомлинов, агроном 1 категории лаборатории генофонда растений, ORCID ID: 0000-0002-5391-6763;

В.А. Апарина, лаборант-исследователь лаборатории генофонда растений, ORCID ID: 0000-0003-2714-7216;

Л.П. Сочалова, научный сотрудник лаборатории генофонда растений, ORCID ID: 0000-0002-4674-6639

СибНИИРС-филиал ИЦиГ СО РАН,

630501, Новосибирская обл., п. Краснообск, ул. С-100, здание 21.

Представлены результаты сравнительной оценки рекомбинантов, полученных на основе двух коммерческих сортов (Сибирская 17 и Новосибирская 31), скрещенных с Thatcher Lr19 и Lr24. Рекомбинанты оценены в полевых условиях в 2016, 2017 и 2020 годах. Цель исследования – выявление влияния транслокаций от *Thinopyrum elongatum* на проявление элементов продуктивности у рекомбинантов пшеницы мягкой яровой, полученных на основе двух коммерческих сортов. Анализ генетического состава популяций *Puccinia triticina* Западной и Восточной Сибири не выявил гены, вирулентные к генам устойчивости *Lr19*, *Lr24*, *Lr28*, *Lr41*, *Lr47*, *Lr45 LrSp*, *Lr6Ag1* и *Lr6Ag2*. Рекомбинанты, полученные на основе сорта Сибирская 17 (урожайность сорта – 398,3 г/м², масса зерна колоса – 1,35 г, масса 1000 зерен – 37,8 г), в целом характеризовались выраженностью основных агрономически ценных признаков на уровне сорта-реципиента, или значительно ниже (урожайность – 271,5–327,8 г/м², масса зерна колоса – 1,03–1,16 г, масса 1000 зерен – 32,5–36,4 г). У рекомбинантов, несущих транслокации (продолжительность периода «всходы-колошение» – 44,4 и 44,5 дней, масса зерна колоса – 1,20 и 1,24 г), полученных на основе сорта Новосибирская 31 (42,4 дня, 1,02 г), выявлено значительное увеличение продолжительности периода «всходы-колошение» и массы зерна колоса в сравнении с рекомбинантами без транслокаций (41,6 и 43,6 дней, 0,99 и 1,10 г). Урожайность выше сорта реципиента (301,5 г/м²), в среднем за 3 года, формировали 12 рекомбинантов из комбинации Новосибирская 31 x Thatcher Lr19 (355,6–427,5 г/м²), причем как несущие транслокацию (6 шт.), так и без транслокации (6 шт.).

Ключевые слова: пшеница мягкая яровая, рекомбинант, урожайность, реципиент, *Lr19*, *Lr24*.

Для цитирования: Пискарев В.В., Бойко Н.И., Морозова Е.В., Сухомлинов В.Ю., Апарина В.А., Сочалова Л.П. Сравнение элементов продуктивности рекомбинантов пшеницы мягкой яровой с транслокацией от *Thinopyrum elongatum*, несущей гены устойчивости к ржавчине // Зерновое хозяйство России. 2021. № 3(75). С. 15–21. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-15-21.



COMPARISON OF PRODUCTIVITY ELEMENTS OF RECOMBINANTS OF SPRING BREAD WHEAT WITH TRANSLOCATION FROM *THINOPYRUM ELONGATUM* CARRYING RUST RESISTANCE GENES

V.V. Piskarev, Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory for plant genepool, ORCID ID: 0000-0001-9225-5227;

N.I. Boyko, junior researcher of the laboratory for plant genepool, ORCID ID: 0000-0002-5026-4907;

E.V. Morozova, junior researcher of the laboratory for plant genepool, ORCID ID: 0000-0001-9439-9785;

V.Yu. Sukhomlinov, agronomist of the 1-st category of the laboratory for plant genepool, ORCID ID: 0000-0002-5391-6763;

V.A. Aparina, researcher of the laboratory for plant genepool, ORCID ID: 0000-0003-2714-7216;

L.P. Sochalova, researcher of the laboratory for plant genepool, ORCID ID: 0000-0002-4674-6639

SRIPCB, the branch of Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of RAS,

630501, Novosibirsk region, v. of Krasnoobsk, S-100 Str., building 21.

There have been presented the results of a comparative estimation of recombinants developed on the basis of two commercial varieties ('Sibirskaya 17' and 'Novosibirskaya 31') hybridized with 'Thatcher Lr19' and 'Thatcher Lr24'. Recombinants were evaluated in the field conditions in 2016, 2017 and 2020. The purpose of the current study was to identify the effect of translocations from *Thinopyrum elongatum* on the manifestation of productivity elements in recombinants of spring bread wheat developed on the basis of two commercial varieties. The analysis of the genetic composition of the *Puccinia triticina* populations in Western and Eastern Siberia did not identify genes which were

virulent to resistance genes *Lr19*, *Lr24*, *Lr28*, *Lr41*, *Lr47*, *Lr45* *LrSp*, *Lr6Ag1* and *Lr6Ag2*. The recombinants developed on the basis of the variety 'Sibirskaya 17' (the variety productivity was 398.3 g/m², grain weight per head was 1.35 g, 1000-grain weight was 37.8 g) were characterized by the severity of the main agronomically valuable traits at the level of the recipient variety, or significantly lower (productivity was 271.5–327.8 g/m², grain weight per head was 1.03–1.16 g, 1000-grain weight was 32.5–36.4 g). The recombinants carrying translocations (the length of the period 'sprouts-heading' was 44.4 and 44.5 days, grain weight per head was 1.20 and 1.24 g) developed on the basis of the variety 'Novosibirskaya 31' (with 42.4 days, 1.02 g) have demonstrated a significant increase in the length of the period 'sprouts-heading' and grain weight per head in comparison with the recombinants without translocations (41.6 and 43.6 days, 0.99 and 1.10 g). On average over 3 years, 12 recombinants hybridized from the combination 'Novosibirskaya 31 x Thatcher Lr19' produced higher yields (355.6–427.5 g/m²) than those of the recipient variety (301.5 g/m²), both with (6 pcs.), and without (6 pcs.) a translocation.

Keywords: spring bread wheat, recombinant, productivity/yield, recipient, *Lr19*, *Lr24*.

Введение. Одним из главных направлений селекции мягкой яровой пшеницы является стрессоустойчивость к абиотическим и биотическим факторам, в частности, устойчивость к болезням. Фитопатогенный комплекс региона преимущественно представлен листовыми инфекциями, ежегодно снижающими урожайность на 5–30%. Это мучнистая роса, бурая ржавчина, септориоз и появившаяся в регионе сравнительно недавно стеблевая ржавчина злаков (Сочалова и Лихенко, 2015; Шаманин и др., 2015).

Создание устойчивых сортов пшеницы является наиболее эффективным, а главное, экологически безопасным способом защиты урожая в сравнении с химической обработкой посевов (Savary et al., 2011). Создание устойчивых к заболеваниям сортов и линий пшеницы в большинстве случаев связано с привлечением сородичей пшеницы, в том числе и дикорастущих (Friebe et al., 1996; Садовая и др., 2014).

Однако интрогрессия чужеродного генетического материала часто приводит к снижению урожайности и ухудшению ряда других хозяйственно-ценных признаков пшеницы, таких как масса 1000 зерен, масса зерна колоса, качество продукции и др. При этом есть

различия по степени влияния транслокаций на проявление хозяйственно-ценных признаков в зависимости от условий возделывания и генетического фона реципиента. Так, например, в США транслокация от *Aegilops umbellulata* (Lr9) снижала урожайность сортов (Friebe et al., 1996), тогда как в Западной Сибири РФ данная транслокация широко распространена в сортах, допущенных к использованию (Садовая и др., 2014).

Таким образом, актуальность исследования определяется малой изученностью эффектов транслокаций, несущих гены устойчивости на хозяйственно-ценные признаки сортов пшеницы, адаптированных к экстремальным условиям Западной Сибири.

Целью исследования было выявление влияния транслокаций от *Thinopyrum elongatum* на проявление элементов продуктивности у рекомбинантов пшеницы мягкой яровой, полученных на основе 2-х коммерческих сортов.

Материалы и методы исследований. Материалом послужили рекомбинанты, отобранные из популяций F₃, BC₁F₃, полученных от скрещивания сортов реципиентов Сибирская 17 и Новосибирская 31 с линиями Thatcher Lr19, Thatcher Lr24 (табл. 1).

1. Характеристика рекомбинантов, изученных в эксперименте

1. Characteristics of the recombinants studied in the trial

Комбинация	Несущие транслокации	Без транслокации или гетерогенных
Сибирская 17 x Thatcher Lr19 (Сиб.17xLr19)	4	–
Сибирская 17 x Thatcher Lr24 (Сиб.17xLr24)	3	3
Новосибирская 31 x Thatcher Lr19 (Н.31xLr19)	16	26
Новосибирская 31 x Thatcher Lr24 (Н.31xLr24)	3	10

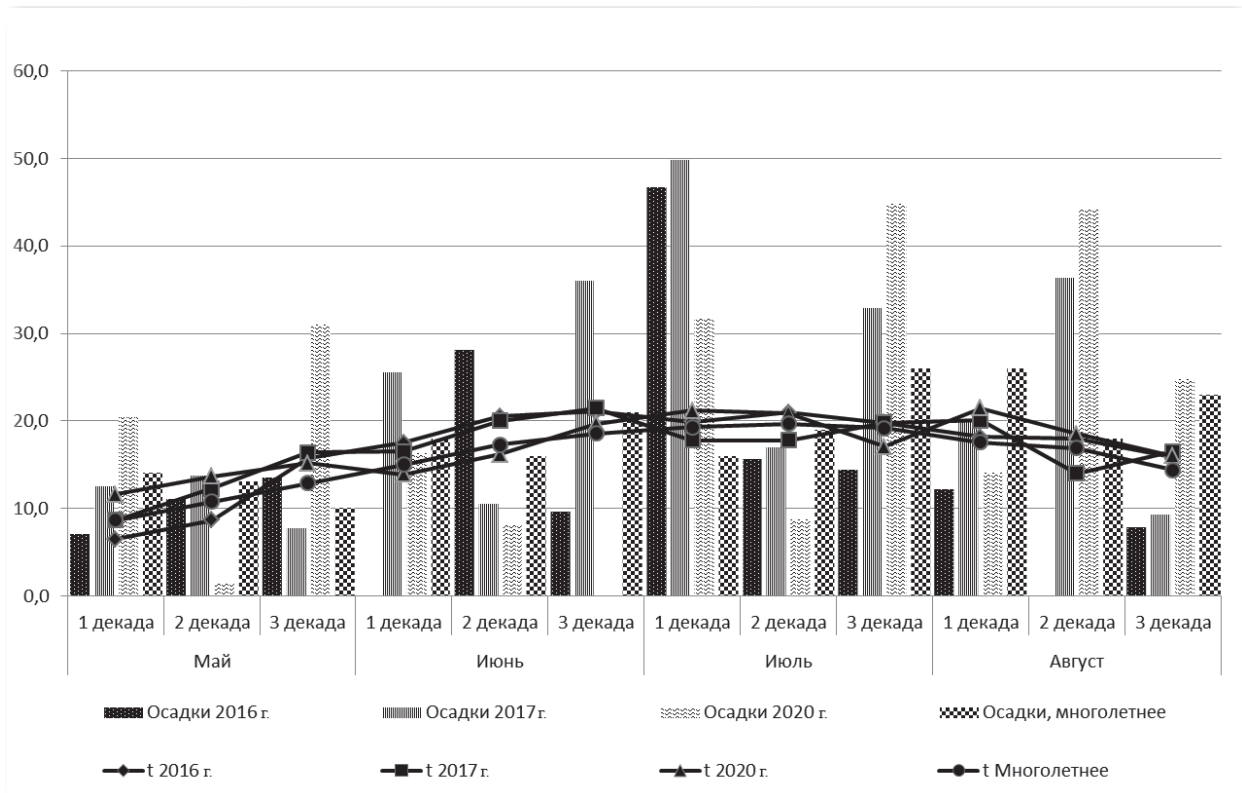
Исследования проводили в полевых и лабораторных условиях на базе СибНИИРС-филиал ИЦиГ СО РАН. Полевые эксперименты закладывали на опытном поле, расположенном на левом берегу реки Обь в 25 километрах юго-западнее города Новосибирска в лесостепной зоне Западно-Сибирской провинции в приобском районе черноземов. Обработка почвы общепринятая для лесостепной зоны. Закладка опытов по пару. Посев в 1–2 декаду мая. В 2016 году, ручной посев по 40 зерен на 0,5 метра погонного, междурядье – 20 см без повторений. Сорта-реципиенты (Сибирская 17 и Новосибирская 31) высевали через 15 рекомбинантов. В 2017 и 2020 посев

проводили сеялкой ССФК-7, площадь делянки – 2 м², с частым повторением реципиентов (Сибирская 17 и Новосибирская 31). В период вегетации проводили фенологические наблюдения по методике ВИР (Мережко и др., 1999). Оценку поражения бурой ржавчиной проводили по методике CIMMYT (Roelfs et al., 1992). Наличие и отсутствие транслокаций подтверждено с помощью молекулярных ДНК-маркеров: для *Lr19* – wmc221 (Kiel et al., 2020) и SCS73 для *Lr24* (Qi et al., 2015). Суммарную ДНК выделяли из 5–7-дневных проростков по методу Плашке с соавторами (Plaschke et al., 1995).

Условия 2016 года отличались большим количеством тепла на фоне недостатка влаги

(ГТК = 1,1). Так, превышение среднееголетнего значения в июне, июле и августе составило 2,8, 0,8 и 1,1 °С, в мае температура воздуха была ниже нормы (-0,4°С). Отмечен недостаток осадков в мае (85,4% от нормы), июне (68,5%) и августе (29,9%) и их избыток в июле (125,7% от среднееголетнего значения) (см. рисунок). Вегетационный период 2017 года отличался от среднееголетних данных как по температурному режиму, так и по влагообеспеченности. Характерной особенностью условий вегетационного периода 2017 г. были

высокие температуры воздуха и неравномерное распределение осадков. В 2020 году отмечали повышенные температуры воздуха в мае и августе (+4,6 и 2,5 °С к среднееголетнему значению) и незначительные отклонения в июне и июле. В целом год характеризовался избыточным увлажнением, но в критические фазы развития пшениц наблюдали отсутствие осадков (3 декада июня – выход в трубку сорта Сибирская 17 и начало колошения сорта Новосибирская 31).



Метеорологические условия, складывающиеся во время проведения исследования
Meteorological conditions during the study

В результате проведенной экспедиции по Сибирскому региону (Омская, Кемеровская, Томская, Новосибирская области, Алтайский и Красноярский края, Республика Алтай) были собраны образцы бурой ржавчины пшеницы, для выявления эффективных генов в регионе. Генетический состав популяций определяли на отрезках листьев по методике Л.А. Михайловой и К.В. Квитко (1970).

Результаты и их обсуждение. В результате анализа генетического состава популяций *Puccinia triticina* не выявлены гены, вирулентные к генам устойчивости *Lr19*, *Lr24*, *Lr28*, *Lr41*, *Lr47*, *Lr45* *LrSp*, *Lr6Ag¹* и *Lr6Ag²* во всех пунктах, к *Lr9* – в Омской и Кемеровской областях, Красноярском крае, к *Lr26* – в Алтайском и Красноярском (в 2-х из 3-х образцов) краях. Таким образом, гены *Lr19*, *Lr24*, являются авирулентными во всем регионе, что говорит об их селекционной ценности.

Рекомбинанты, несущие транслокации, являлись устойчивыми к поражению бурой ржавчиной пшеницы (0 – поражение отсутствовало или 1R – единичные пустулы с проявлением реакции устойчивости) во все годы изучения (табл. 2), тогда как сорта-реципиенты характеризовались значительным поражением (2–4 балла) с проявлением реакции восприимчивости (S) или средней восприимчивости (MS).

Средняя урожайность рекомбинантов с транслокациями *Lr19* (271,5 г/м²) и *Lr24* (327,8 г/м²), отобранных из популяций на основе сорта Сибирская 17, была значительно ниже, чем у сорта реципиента, при этом рекомбинанты без транслокации (363,6 г/м²), характеризовались урожайностью на уровне Сибирской 17 (398,3 г/м²).

2. Групповые средние значения хозяйственно-ценных признаков рекомбинантов (2016, 2017, 2020 гг.)

2. Group mean values of economically valuable traits of recombinants (2016, 2017, 2020)

Сорт, комбинация	Поражение бурой ржавчиной	Всходы-колошение, дней	Длина стебля, см	Масса 1000 зерен, г	Масса зерна колоса, г	Число зерен колоса, шт.	Урожайность, г/м ²
Сибирская 17	4S-2MS	44,2	108,0	37,8	1,35	35,0	398,3
Сибирская 17xLr19 +*	0R	43,5	104,4	36,4	1,08	29,1	271,5
Сибирская 17xLr24 +	0-1R	45,5	106,0	32,5	1,16	34,4	327,8
Сибирская 17xLr24 -	4S	45,3	113,8	34,8	1,03	28,8	363,6
Новосибирская 31	4S-3S	42,4	91,9	31,4	1,02	31,4	301,5
Новосибирская 31xLr19 +	1R-0	44,5	100,7	36,1	1,24	34,4	328,6
Новосибирская 31xLr19 -	4S-3S	43,6	101,1	35,9	1,10	30,5	323,6
Новосибирская 31xLr24 +	0R	44,4	104,6	37,2	1,20	32,6	315,0
Новосибирская 31xLr24 -	4S	41,6	93,6	35,6	0,99	27,4	254,6
НСР ₀₅	—	1,3	6,8	2,1	0,12	2,8	43,5

Примечание: наличие «+», и отсутствие «-» транслокации подтверждено молекулярным анализом.

Каких-либо закономерностей по образцам на основе сорта Новосибирская 31 (301,5 г/м²) не выявлено, в основном все они формировали урожайность на уровне реципиента (315,0–328,6 г/м²). Лишь рекомбинанты из комбинации Новосибирская 31 x Thatcher Lr24 (без транслокации) сформировали урожайность, значительно меньшую (254,6 г/м²), чем сорт-реципиент.

Выраженность элементов продуктивности у рекомбинантов на основе сорта Сибирская 17 в основном была на уровне (продолжительность периода «всходы-колошение» 43,5–45,5 дней, длина стебля –104,4–113,8 см сорта-реципиента).

Характерное влияние наличия транслокации выявлено у рекомбинантов на основе сорта Новосибирская 31. Так продолжительность периода «всходы-колошение» (44,4; 44,5 дней) и масса зерна колоса (1,20; 1,24 г) рекомбинантов, несущих транслокации, были значительно больше, чем у реципиента (42,4 дня и 1,02 г). При этом число зерен в основном было

на уровне (30,5–34,4 шт.) или ниже (27,4 шт.) реципиента (31,4 шт.), длина стебля больше (100,7–104,6 см) или на уровне (93,6 см), а масса 1000 зерен (35,6–37,2 г) значительно больше сорта Новосибирская 31 (91,9 см и 31,4 г), не зависимо от наличия транслокаций.

После рассмотрения усредненных значений интересным выглядит проявление признаков у отдельных рекомбинантов. Так, среди рекомбинантов на основе сорта Сибирская 17 не выявлено ни одного, который бы характеризовался превышением реципиента, не зависимо от наличия или отсутствия транслокаций (табл. 3), лучшие из них были лишь на уровне (349,8 и 377,5 г/м²). При этом отрицательное влияние наличия транслокаций на урожайность также подтверждается по отдельным рекомбинантам (лучшие по отдельным признакам продуктивности и несущие транслокации формировали урожайность значительно ниже реципиента: 305,2 г/м² – Сибирская 17 x Lr19 и 289,0 г/м² – Сибирская 17 x Lr24).

3. Лучшие рекомбинанты в сравнении с сортом реципиентом Сибирская 17 (средние значения за 2016, 2017 и 2020 гг.)

3. The best recombinants in comparison with the recipient variety 'Sibirskaya 17', mean values (2016, 2017 and 2020)

Сорт, комбинация	Поражение бурой ржавчиной	Масса 1000 зерен, г	Масса зерна колоса, г	Число зерен колоса, шт.	Урожайность, г/м ²
Сибирская 17	4S-2MS	37,8	1,35	35,0	398,3
Сибирская 17 x Lr19	0R	36,4	1,32	35,2	305,2
Сибирская 17 x Lr24	0R	32,2	1,14	33,9	289,0
Сибирская 17 x Lr24	4S	35,6	0,91	25,1	349,8
Сибирская 17 x Lr24	4S	33,9	1,15	32,5	377,5
НСР ₀₅	—	2,9	0,16	3,7	50,5

В целом по опыту выявлено лишь 12 рекомбинантов, которые значимо превысили сорт-реципиент (Новосибирская 31 – 301,5 г/м²) по урожайности (355,6–427,5 г/м²), все получены от скрещивания с донором гена *Lr19*, при этом 6 из них несут транслокацию и 6 нет (табл. 4). Также замечена тенденция к увеличению продолжительности периода от всходов

до колошения у всех выделенных образцов, при этом все рекомбинанты с транслокацией характеризовались значительным увеличением (44,5–49,0 дней), тогда как большинство рекомбинантов без транслокации (42,5–44,0 дня) в основном были на уровне сорта Новосибирская 31 (42,4 дня).

4. Высокоурожайные рекомбинанты из комбинации Новосибирская 31 x Lr19 в сравнении с сортом реципиентом (средние значения за 2016, 2017, 2020 гг.)

4. Highly productive recombinants identified from the combination 'Novosibirskaya 31 x Thatcher Lr19' in comparison with the recipient variety, mean values (2016, 2017, 2020)

Сорт, комбинация	Поражение бурой ржавчиной	Всходы-колошение, дней	Длина стебля, см	Урожайность, г/м ²
Новосибирская 31	4S-3S	42,4	91,9	301,5
Новосибирская 31 x Lr19	0R	44,5	93,0	355,6
Новосибирская 31 x Lr19	0R	45,0	102,5	362,6
Новосибирская 31 x Lr19	3S	43,0	100,5	427,5
Новосибирская 31 x Lr19	0R	45,5	107,5	369,3
Новосибирская 31 x Lr19	0R	49,0	107,5	361,7
Новосибирская 31 x Lr19	4S	45,0	110,0	402,5
Новосибирская 31 x Lr19	4S	42,5	101,0	424,4
Новосибирская 31 x Lr19	4S	44,0	116,5	392,4
Новосибирская 31 x Lr19	4S	44,0	107,5	375,7
Новосибирская 31 x Lr19	0R	44,5	104,5	357,1
Новосибирская 31 x Lr19	4S	44,5	108,5	361,3
Новосибирская 31 x Lr19	0R	44,5	109,0	361,5
НСР ₀₅	—	1,9	9,2	50,5

Среди рекомбинантов, отобранных из комбинации Н.31 x Lr24, превысивших урожайность реципиента Новосибирская 31 (301,5 г/м²) выявлено не было, лучшие из них характеризовались значительной выраженностью отдельных признаков (табл. 5), таких как масса 1000 зерен

(36,7–39,0 г – 6 рекомбинантов как с транслокацией так и без неё), масса зерна колоса (1,22–1,24 г – 3 рекомбинанта, несущих транслокацию), число зерен колоса (37,3 шт. – 1 рекомбинант с транслокацией).

5. Выделившиеся рекомбинанты из комбинации Новосибирская 31 x Thatcher Lr24 в сравнении с сортом реципиентом (средние значения за 2016, 2017, 2020 гг.)

5. Recombinants identified from the combination 'Novosibirskaya 31 x Thatcher Lr24' in comparison with the recipient variety, mean values (2016, 2017, 2020)

Сорт, комбинация	Поражение бурой ржавчиной	Всходы-колошение, дней	Длина стебля, см	Масса 1000 зерен, г	Масса зерна колоса, г	Число зерен колоса, шт.
Новосибирская 31	4S-3S	42,4	91,9	31,4	1,02	31,4
Н.31 x Lr24	0R	44,0	107,5	39,0	1,12	28,5
Н.31 x Lr24	0R	45,5	107,5	37,5	1,24	33,6
Н.31 x Lr24	4S	41,0	98,5	38,1	0,99	26,0
Н.31 x Lr24	4S	45,0	98,5	36,7	1,15	31,1
Н.31 x Lr24	0R	45,0	105,0	33,3	1,24	37,3
Н.31 x Lr24	4S	40,0	99,0	38,3	0,98	25,5
Н.31 x Lr24	0R	43,0	98,5	38,9	1,22	31,1
НСР ₀₅	—	1,9	9,2	2,9	0,16	3,7

Выводы

1. В результате сравнительной оценки рекомбинантов, характеризующихся наличием транслокаций от *Thinopyrum elongatum*, несущих гены устойчивости (*Lr19* и *Lr24*) к бурой ржавчине пшеницы выявлено различное их влияние в зависимости от сорта-реципиента. Рекомбинанты, полученные на основе сорта Сибирская 17, в целом характеризовались выраженностью основных агрономически ценных признаков на уровне сорта-реципиента или значительно ниже (урожайность, масса и число зерен колоса, масса 1000 зерен). У рекомбинантов, несущих транслокации, по-

лученных на основе сорта Новосибирская 31, выявлено значительное увеличение продолжительности периода «всходы-колошение» и массы зерна колоса в сравнении с рекомбинантами без транслокаций.

2. Урожайность выше сорта-реципиента, в среднем за 3 года, формировали лишь 12 рекомбинантов из комбинации Новосибирская 31 x Thatcher Lr19, причем как несущие транслокацию, так и без транслокации.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ, проект № 20-016-00093.

Библиографические ссылки

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

2. Садовая А.С., Гуляева Е.И., Митрофанова О.П., Шайдаюк Е.Л., Хакимова А.Г., Зуев Е.В. Характеристика устойчивости к возбудителю бурой ржавчины сортов и линий мягкой пшеницы из коллекции ВИР, несущих чужеродный генетический материал // Вавиловский журнал генетики и селекции, 2014. Т. 18. № 4/1. С. 739–750.
3. Сочалова Л.П., Лихенко И.Е. Генетическое разнообразие яровой пшеницы по устойчивости к мигрирующим заболеваниям. Новосибирск: ООО Междуречье, 2015. 196 с.
4. Шаманин В.П., Петуховский С.Л., Моргунов А.И., Трущенко А.С., Краснова Ю.С. Урожайность сортов яровой мягкой пшеницы селекции ОмГАУ в условиях изменчивых климатических факторов южной лесостепи Западной Сибири // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2015. № 1(34). С. 52–59.
5. Friebe B., Jiang J., Raupp W. J., McIntosh R. A. & Gill B. S. Characterization of wheat-alien translocations conferring resistance to diseases and pests: current status // Euphytica, V. 91. 1996 P. 59–87.
6. Kiel A., Weigt D., Karpińska M., Kurasiak-Popowska D., Niemann J., Tomkowiak A., Mikołajczyk S., Nawracała J. An analysis of the functionality of molecular markers related to the Lr19 gene conditioning resistance to wheat leaf rust // Zemdirbyste-Agriculture. 2020. V. 107. № 1. P. 63–70. DOI: 10.13080/z-a.2020.107.009.
7. Plaschke J., Ganal M.W., Röder M.S. Detection of genetic diversity in closely related bread wheat using microsatellite markers // Theor. Appl. Genet. 1995. V.91. P. 1001–1007.
8. Qi Ai., Zhang P., Xia X., He Zh., Huerta-Espino Ju., Li Z., Liu D. Molecular mapping and markers for leaf rust resistance gene Lr24 in CIMMYT wheat line 19HRWSN-122 // Euphytica 2015. V. 206. P. 57–66. DOI:10.1007/s10681-015-1469-1.
9. Roelfs A.P., Singh R.P., Saari E.E. Rust Diseases of Wheat: Concepts and methods of disease management. Mexico, D.F.: CIMMYT. 1992, 81 P.
10. Savary S., Nelson, A., Sparks, A. H., Willocquet, L., Duveiller, E., Mahuku, G. International agricultural research tackling the effects of global and climate changes on plant diseases in the developing world // Plant Disease. 2011. V. 95, P. 1204–1216. DOI:10.1094/PDIS-04-11-0316.

References

1. Mihajlova L.A., Kvitko K.V. Laboratornye metody kul'tivirovaniya vozbuditelya buroj rzhavchiny pshenicy [Laboratory methods of cultivation of the causative agent of wheat brown rust] // Mikologiya i fitopatologiya. 1970. T.4. №3. S. 269–270.
2. Sadovaya A.S., Gul'tyaeva E.I., Mitrofanova O.P., SHajdayuk E.L., Hakimova A.G., Zuev E.V. Harakteristika ustojchivosti k vozbuditelyu buroj rzhavchiny sortov i linij myagkoj pshenicy iz kollekcii VIR, nesushchih chuzherodnyj geneticheskij material [Characteristics of resistance to the causative agent of leaf rust of the bread wheat varieties and lines from the collection of VIR, carrying foreign genetic material] // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii, 2014. T.18. № 4/1. S.739–750.
3. Sochalova L.P., Lihenko I.E. Geneticheskoe raznoobrazie yarovoj pshenicy po ustojchivosti k migriruyushchim zabolevaniyam [Genetic diversity of spring wheat for resistance to migratory diseases]. Novosibirsk: ООО Mezhdurech'e, 2015. 196 s.
4. SHamanin V.P., Petuhovskij S.L., Morgunov A.I., Trushchenko A.S., Krasnova YU.S. Urozhajnost' sortov yarovoj myagkoj pshenicy selekcii OmGAU v usloviyah izmenchivyh klimaticheskikh faktorov yuzhnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri [Productivity of spring bread wheat varieties of OmGAU under conditions of changeable climatic factors in the southern forest-steppe of Western Siberia] // Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 1(34). S. 52–59.
5. Friebe B., Jiang J., Raupp W. J., McIntosh R. A. & Gill B. S. Characterization of wheat-alien translocations conferring resistance to diseases and pests: current status // Euphytica, V. 91. 1996 P. 59–87.
6. Kiel A., Weigt D., Karpińska M., Kurasiak-Popowska D., Niemann J., Tomkowiak A., Mikołajczyk S., Nawracała J. An analysis of the functionality of molecular markers related to the Lr19 gene conditioning resistance to wheat leaf rust // Zemdirbyste-Agriculture. 2020. V. 107. № 1. P. 63–70. DOI: 10.13080/z-a.2020.107.009.
7. Plaschke J., Ganal M.W., Röder M.S. Detection of genetic diversity in closely related bread wheat using microsatellite markers // Theor. Appl. Genet. 1995. V. 91. P. 1001–1007.
8. Qi Ai., Zhang P., Xia X., He Zh., Huerta-Espino Ju., Li Z., Liu D. Molecular mapping and markers for leaf rust resistance gene Lr24 in CIMMYT wheat line 19HRWSN-122 // Euphytica 2015. V. 206. P. 57–66. DOI:10.1007/s10681-015-1469-1.
9. Roelfs A.P., Singh R.P., Saari E.E. Rust Diseases of Wheat: Concepts and methods of disease management. Mexico, D.F.: CIMMYT. 1992, 81 P.
10. Savary S., Nelson, A., Sparks, A. H., Willocquet, L., Duveiller, E., Mahuku, G. International agricultural research tackling the effects of global and climate changes on plant diseases in the developing world // Plant Disease. 2011. V. 95, P. 1204–1216. DOI:10.1094/PDIS-04-11-0316.

Поступила: 15.12.20; принята к публикации: 12.03.21.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Пискарев В.В. – общее научное руководство, постановка полевых и лабораторных опытов, сбор инфекционного материала, анализ полученных данных, написание текста статьи; Бойко Н.И. – проведение полевых и лабораторных исследований, структурного анализа материала, сбор инфекционного материала по региону; Апарина В.А., Сухомлинов В.Ю. – прове-

дение полевых исследований, структурного анализа материала, сбор инфекционного материала по региону; Сочалова Л.П. – проведение лабораторного анализа генетического состава популяций бурой ржавчины пшеницы; Морозова Е.В. – постановка и анализ результатов молекулярного тестирования линий с применением методов ПЦР.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.