

ХАРАКТЕРИСТИКА СОВРЕМЕННЫХ РОССИЙСКИХ СОРТОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ПО УСТОЙЧИВОСТИ К ЖЕЛТОЙ РЖАВЧИНЕ

© 2025 г. **Е. И. Гультаева**, доктор биологических наук, **Е. Л. Шайдаюк**, кандидат биологических наук, **М. М. Левитин**, доктор биологических наук, академик РАН

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений,
196608, Санкт-Петербург, Пушкин, ш. Подбельского, 3
E-mail: eigulytaeva@gmail.com

Исследования проводили с целью оценки генетического разнообразия районированных сортов яровой мягкой пшеницы по устойчивости к желтой ржавчине для выявления их потенциала в генетической защите от *Puccinia striiformis* West. Материалом исследования послужили 86 сортов, впервые включенных в Государственный реестр селекционных достижений РФ в 2019–2023 гг. Для оценки ювенильной устойчивости использовали четыре популяции *P. striiformis*. Они отличались между собой по географическому происхождению (ленинградская, дагестанская, краснодарская, новосибирская) и вирулентности к дифференциаторам с генами Yr1, Yr2, Yr4, Yr7, Yr27, Yr32, YrSD и YrN D. Только шесть сортов, или 7 % выборки (Одета, КВС Джетстрим, Надира, Пекезо, Свияга, Хазинэ), проявили реакцию устойчивости в фазе проростков ко всем популяциям. Молекулярные маркеры использовали для постулирования десяти Yr-генов – Yr5, Yr7, Yr9, Yr10, Yr15, Yr17, Yr18, Yr24, Yr40 и Yr60 и пшенично-ржаной транслокации 1AL.1RS с неизвестным Yr-геном. Положительными контролями служили изогенные линии Avocet и сорта с идентифицируемыми генами. У изученных сортов не обнаружено эффективных генов Yr5, Yr10, Yr15, Yr24, Yr40 и генов Yr7, Yr60 с варьирующей эффективностью. Высокую представленность в выборке сортов имели гены Yr9, Yr17, Yr18 и умеренная пшенично-ржаная транслокация 1AL.1RS с неизвестным Yr-геном. Проведенный анализ указывает на низкое генетическое разнообразие российских районированных сортов яровой пшеницы по устойчивости к желтой ржавчине и необходимость проведения опережающей селекции на устойчивость к *P. striiformis*.

CHARACTERISATION OF MODERN RUSSIAN SPRING SOFT WHEAT VARIETIES FOR RESISTANCE TO YELLOW RUST

E. I. Gulytaeva, E. L. Shaydayuk, M. M. Levitin

All-Russian Research Institute of Plant Protection,
196608, Sankt-Peterburg, Pushkin, sh. Podbel'skogo, 3
E-mail: eigulytaeva@gmail.com

The study was conducted to study the genetic diversity of released varieties of spring soft wheat for resistance to yellow rust to assess their potential in genetic protection against *Puccinia striiformis* West. The material consisted 86 varieties included for the first time in the State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation in 2019–2023. Four populations of *P. striiformis* were used to evaluate seedling resistance. They differed among themselves by geographical origin (Leningrad, Dagestan, Krasnodar, Novosibirsk) and by virulence to differentiators with genes Yr1, Yr2, Yr4, Yr7, Yr27, Yr32, YrSD and YrN D. Only six cultivars Odeta, KVS Jetstream, Nadira, Pequeso, Sviyaga, Hazineh (7 %) showed resistance response to all populations. Molecular markers were used to postulate ten Yr genes Yr5, Yr7, Yr9, Yr10, Yr15, Yr17, Yr18, Yr24, Yr40 and Yr60 and wheat-rye translocation 1AL.1RS with unknown Yr-gene. Isogenic Avocet lines and varieties with identifiable genes were used as positive controls. No highly efficient genes Yr5, Yr10, Yr15, Yr24 and Yr40 and genes Yr7 and Yr60 with varying efficiency were found in the studied varieties. Genes Yr9, Yr17, Yr18 had high representation in the studied and moderate the wheat-rye translocation 1AL.1RS with unidentified Yr gene. The analysis indicates low genetic diversity of Russian spring wheat varieties in terms of resistance to yellow rust and the need for advanced breeding for resistance to *P. striiformis*.

Ключевые слова: молекулярные маркеры, *Puccinia striiformis*, *Triticum aestivum*, Yr-гены.

Keywords: molecular markers, *Puccinia striiformis*, *Triticum aestivum*, Yr genes.

Желтая ржавчина (возбудитель – *Puccinia striiformis* West.) – высоко вредоносное заболевание мягкой пшеницы. До недавнего времени оно имело региональное значение. В России его преимущественно отмечали в посевах озимой пшеницы на Северном Кавказе [1]. В 2020 г. ареал вредоносности патогена увеличился. Вспышки заболевания отмечают на Северо-Западе [2], в Западной Сибири [3], Центральном Черноземье [4] и других регионах. Изучение устойчивости возделываемых в регионах сортов актуально для оптимизации генетической защиты и стабилизации фитосанитарной ситуации с желтой ржавчиной.

В России селекцию на устойчивость к желтой ржавчине традиционно проводят в научно-исследовательских учреждениях Северо-Кавказского региона [3, 4, 5].

При создании новых сортов используют генетически разнообразные доноры устойчивости. За многолетний период достигнуты определенные успехи. В 2016–2018 гг. при изучении сортов озимой пшеницы селекции Национального центра зерна им. П. П. Лукьяненко (НЦЗ) в условиях искусственного инфекционного фона около 70 % характеризовались высоким и умеренным уровнем полевой устойчивости к *P. striiformis* [1]. Сходные результаты в этот же период времени получены для озимых сортов, созданных в Аграрном научном центре «Донской» [5]. Во Всероссийском научно-исследовательском институте защиты растений была изучена ювенильная устойчивость к желтой ржавчине озимых сортов, впервые включенных в Государственный реестр селекционных

достижений РФ в 2019–2023 гг. (72 сорта) [6]. Высокий уровень ювенильной устойчивости определен для 17 % сортов, большинство из которых рекомендованы для возделывания в Северо-Кавказском регионе. С использованием молекулярных маркеров показано умеренное разнообразие озимых районированных сортов по *Yr*-генам. У них не выявлено высокоэффективных генов *Yr5*, *Yr10*, *Yr15*, *Yr24* и *Yr26* и генов *Yr2*, *Yr7*, *Yr25*, *Yr35*, *Yr51* и *Yr60* с варьирующей эффективностью. У них постулированы гены *Yr9*, *Yr17*, *Yr18* и транслокация 1AL.1RS с неизвестным *Yr*-геном [6].

Для яровых сортов, допущенных к использованию на территории РФ, информация об устойчивости к желтой ржавчине отсутствует. В Государственном реестре только три яровых сорта (Гранова, Далира и Кулич) охарактеризованы как устойчивые к *P. striiformis* (по данным заявителей) [7]. В условиях нарастания распространенности и вредоносности возбудителя желтой ржавчины иммуногенетические исследования возделываемых и новых образцов пшеницы представляют особую актуальность.

Цель исследований – оценить потенциал современных российских сортов яровой мягкой пшеницы для генетической защиты от желтой ржавчины.

Для ее достижения решали следующие задачи: провести фитопатологическое тестирование ювенильной устойчивости у изучаемого материала пшеницы, выполнить молекулярно-генетический скрининг его разнообразия по *Yr*-генам.

Методика. Материалом для исследований служили 86 сортов яровой мягкой пшеницы, включенные в Государственный реестр селекционных достижений РФ в 2019–2023 гг. [7] (табл. 1). Семена были предоставлены региональными селекционными учреждениями и оценены одновременно в 2024 г.

Ювенильную устойчивость растений изучали в контролируемых условиях. Для инокуляции использовали четыре географические популяции *P. striiformis*: северо-западную (NW), западносибирскую (WS), две северо-кавказских – дагестанскую (NC_D) и краснодарскую (NC_Kr).

Споровый материал используемых популяций *P. striiformis* был собран на производственных и селекционных посевах в 2022–2023 гг. Предварительно он был охарактеризован по вирулентности с использованием международного набора линий и сортов дифференциаторов. Все популяции были авирулентными на дифференциаторах с высокоэффективными в России и за рубежом генами *Yr5*, *Yr10*, *Yr15* и *YrSp*. Между собой популяции различались вирулентностью/авирулентностью к изогенным линиям Avocet с генами *Yr1*, *Yr7*, *Yr17*, *Yr27* (табл. 1) и сортам-дифференциаторам Chinese 166 (*Yr1*), Strubes Dickkopf (*YrSD*), Hybrid 46 (*Yr4*), Reichersberg 42 (*Yr7*), Nord Desprez (*YrND*), Carstens V (*Yr32*), Heines VII (*Yr2*). Реакция тестеров вирулентности при инокуляции краснодарской популяцией (NC_Kr) показана на рисунке.

Оценку ювенильной устойчивости проводили по ранее описанным методикам [8]. Семена высевали в сосуды с почвой (по 3...5 зерен). Заражение осуществляли в фазе появления второго листа (11...14 суток проростки). Использовали споровую суспензию популяций в иммерсионной жидкости 3M™ Novec™ 7100. Инкубацию зараженных растений проводили в климатической камере Versatile Environmental Test Chamber MLR-352H. После заражения растения выдерживали в темноте при температуре 10 °C и влажности 100 %. Спустя сутки устанавливали следующие параметры: 16 ч – день, освещение 15000...20000 люкс, температура

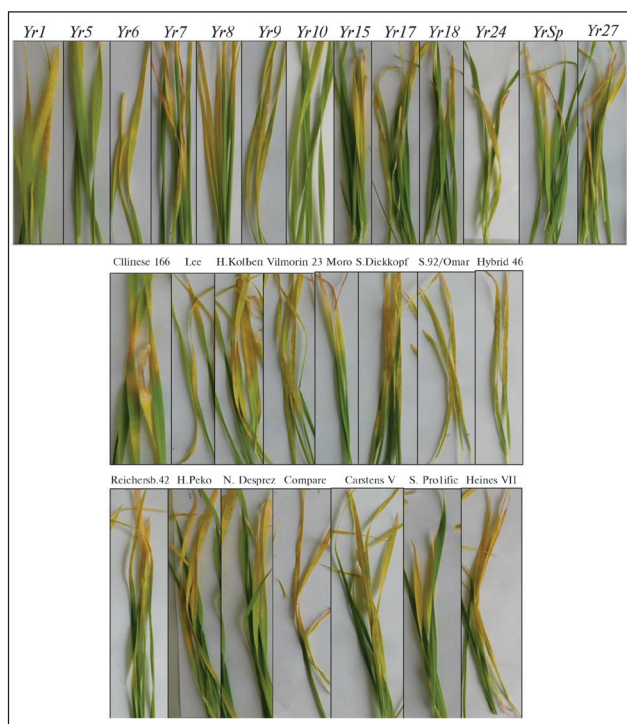
Табл. 1. Характеристика вирулентности популяций *Puccinia striiformis*

Линия / сорт	<i>Yr</i> -ген	Тип реакции при инокуляции популяциями <i>P. striiformis</i> , балл			
		NW	NC D	NC Kr	WS
<i>Yr1/6*Avocet S</i>	<i>Yr1</i>	0*	0	3...4	3...4
<i>Yr5/6*Avocet S</i>	<i>Yr5</i>	0	0	0	0
<i>Yr6/6*Avocet S</i>	<i>Yr6</i>	3	3	3	3...4
<i>Yr7/6*Avocet S</i>	<i>Yr7</i>	2;	2...3	2...3;	2;
<i>Yr8/6*Avocet S</i>	<i>Yr8</i>	2...3;	3...4	3	3...4
<i>Yr9/6*Avocet S</i>	<i>Yr9</i>	3...4	3...4	3...4	3...4
<i>Yr10/6*Avocet S</i>	<i>Yr10</i>	0	0	0	0
<i>Yr15/6*Avocet S</i>	<i>Yr15</i>	0	0	0	0
<i>Yr17/6*Avocet S</i>	<i>Yr17</i>	2;3	3...4	0...1	1...2
<i>Yr18/6*Avocet S</i>	<i>Yr18</i>	3...4	3...4	3...4	3...4
<i>Yr24/6*Avocet S</i>	<i>Yr24</i>	2;	0...1;	0...1;	2;
<i>YrSP/6*Avocet S</i>	<i>YrSp</i>	0	0	0	0
<i>Yr27/6*Avocet S</i>	<i>Yr27</i>	2...3;	0...1;	0;	3...4
Chinese 166	<i>Yr1</i>	0	0	3...4	3...4
Lee	<i>Yr7</i> , <i>Yr+</i>	3...4	3...4	3...4	2...3
Heines Kolben	<i>Yr6</i> , <i>Yr2</i>	3...4	3...4	3...4	3...4
Vilmorin 23	<i>Yr3</i> , <i>Yr+</i>	2...3	3	3...4	3
Moro	<i>Yr10</i> , <i>YrMor</i>	0	0	0	0
Strubes Dickkopf	<i>YrSD</i> , <i>Yr25</i> , <i>Yr+</i>	2	0	2	3
Suwon 92/Omar	<i>YrSu</i> , <i>Yr+</i>	3...4	3...4	3...4	3...4
Hybrid 46	<i>Yr4</i> , <i>Yr+</i>	2	3	3...4	2;
Reichersberg 42	<i>Yr7</i> , <i>Yr+</i>	2	3...4	3...4	2
Heines Peko	<i>Yr2</i> , <i>Yr6</i> , <i>Yr25</i> , <i>Yr+</i>	3	3...4	3...4	3...4
Nord Desprez	<i>Yr3</i> , <i>YrND</i> , <i>Yr+</i>	0...1;	3...4	0...1	3
Compair	<i>Yr8</i> , <i>Yr19</i>	3	3...4	3	3
Carstens V	<i>Yr32</i> , <i>Yr25</i> , <i>Yr+</i>	0...1	0	3...4	2;
Spaldings Prolific	<i>YrSP</i> , <i>Yr+</i>	0	0	0	0
Heines VII	<i>Yr2</i> , <i>Yr25</i> , <i>Yr+</i>	2...3	3...4	2;	2...3

*Здесь и в табл. 2: тип реакции 0, 0; 1, 2 – устойчивость; 2...3 – умеренная восприимчивость; 3, 4, 3...4 – восприимчивость; «;» – наличие некрозов и хлорозов.

16 °C; 8 ч – ночь, температура 10 °C. Учет после заражения выполняли через 16...18 суток по шкале G. Gassner и W. Straib [9]. Растения с оценками 0, 1, 2 балла относили к устойчивым, 3, 4 балла – к восприимчивым.

Молекулярные маркеры использовали для идентификации десяти *Yr*-генов: *Yr5* (STS7/8, STS9/10), *Yr7* (CFD77), *Yr9* (iag 95, SCM9), *Yr10* (Xpsp3000), *Yr15* (Xbarc8), *Yr17* (Ventriup/LN2), *Yr18* (csLV34), *Yr24* (Barcl81), *Yr40* (XLR57/Yr40-MAS-CAPS16), *Yr60* (wmc776, wmc313) и пшенично-ржаной транслокации 1AL.1RS с неизвестным *Yr*-геном (SCM9) [10, 11, 12]. Синтез праймеров выполнен фирмой BioBeagle (Санкт-Петербург). ДНК экстрагировали согласно D. B. Dorokhov и E. A. Cloquet [13]. ПЦР осуществляли по рекомендованным разработчиками праймеров протоколам. Использовали термоциклер C1000, BioRad, Hercules, CA, USA. ПЦР смесь (20 mL) включала 100...150 ng ДНК, 2 единицы Taq-полимеразы, 1 × PCR буфер (10 mM Tris HCL), 2,5 mM – MgCl₂, 100 mM каждого dNTP и 10 mM каждого праймера. При приготовлении реакционной смеси для ПЦР использовали реактивы фирмы «Диалат ЛТД». Положительными контролями служили линии Avocet и сорта-дифференциаторы с идентифицируемыми генами. Результаты электрофореза фиксировали в системе гель-документирования GelDocGo, BioRad,



Реакция линий и сортов-дифференциаторов при инокуляции краснодарской популяцией *Puccinia striiformis*.

Hercules, CA, USA. Размер продуктов амплификации оценивали с использованием маркера молекулярного веса ДНК 100bp («Диалат ЛТД»).

Результаты и обсуждение. Только шесть сортов (7 %) продемонстрировали устойчивость ко всем четырем географическим популяциям (Одета, КВС Джестрим, Надира, Пекесо, Свияга, Хазинэ). Три сорта (4 %) были устойчивы к трем из используемых популяций *P. striiformis*: Экада 214 и Токката – к дагестанской, краснодарской и западносибирской; Уралосибирская 2 – к северо-западной, краснодарской и западносибирской. Семь сортов (8 %) были устойчивы к двум популяциям: Корнетто, Гаренда, Флоренс, Гонец – к краснодарской и западносибирской, Радмира и Анфея – к дагестанской и западносибирской, Сенсей – к дагестанской и краснодарской. Одиннадцать сортов (13 %) были устойчивы только к одной из популяций: Александрит, Арсея, Гренада, Зауральский янтарь, ОмГТУ 100, Старт – к западносибирской; Ирень 2, Спикер, Челябинка – к краснодарской; Юнион, Лента – к дагестанской. Всего устойчивость к северо-западной популяции показали 7 сортов, к дагестанской – 13, к краснодарской – 16, к западносибирской – 21.

Отсутствием симптомов поражения (балл «0») при заражении всеми географическими популяциями характеризовались линии Avocet (AvNIL) с генами *Yr5*, *Yr10*, *Yr15* и *YrSP*. Линия AvNIL *Yr24* имела балл реакции «0...1;» к дагестанской и краснодарской популяциям и балл «2;» к северо-западной и западносибирской. Яровых сортов с подобными реакциями не обнаружено. Различия в баллах реакции устойчивых сортов («0...1...2;») и линий Avocet (AvNIL) с эффективными генами («0») указывает на отличие *Yr*-генов у сортов от *Yr5*, *Yr10*, *Yr15*, *YrSP* и *Yr24*. Наиболее высоким уровнем ювенильной устойчивости характеризовался сорт Хазинэ (балл «0» – северо-западная, дагестанская, краснодарская популяции; балл «1» – западносибирская). Сорт КВС Джестрим был иммунным (балл «0»)

к дагестанской и новосибирской популяциям и умеренно устойчивым (баллы «1...2») к северо-западной и краснодарской; сорт Надира – соответственно к краснодарской, новосибирской и дагестанской, северо-западной популяциям. Сорта Одета и Свияга продемонстрировали иммунную реакцию при инокуляции западносибирской и дагестанской популяциями соответственно, и умеренную устойчивость (баллы «1...2») к другим использованным популяциям. Сорт Пекесо имел реакцию 2 балла ко всем используемым популяциям (табл. 2).

Использованные географические популяции характеризовались высокой вариабельностью по вирулентности к линиям-дифференциаторам. Каждая из них была маркирована определенной вирулентностью. Северо-западная и дагестанская популяции отличались авирулентностью к линии Avocet и сорту-дифференциатору Chinese 166 с геном *Yr1* (см. табл. 1). Яровых сортов устойчивых к обем этим популяциям не обнаружено, что предполагает отсутствие у них гена *Yr1*. Аналогичное заключение можно сделать по генам *Yr4* (Hybrid 46), *Yr7*, *Yr27*, *Yr32* (Carstens V), *YrSD* (Strubes Dickkopf) и *YrND* (Nord Desprez). Устойчивой реакцией на линии Avocet с геном *Yr7* и сортах Reichersberg 42 (*Yr7*) и Hybrid 46 (*Yr4*) характеризовались северо-западная и западносибирская популяции, на линии с *Yr27* – обе северокавказские, на сорте Strubes Dickkopf – северо-западная и северокавказские, на сорте Nord Desprez – северо-западная и краснодарская, на сорте Carstens V – северо-западная дагестанская и западносибирская. У изученных сортов подобных комбинаций в реакциях к используемым популяциям *P. striiformis* не отмечено (см. табл. 2). Сорта Гаренда, Флоренс и Гонец продемонстрировали устойчивость к краснодарской и западносибирской популяциям, авирулентным к *Yr17*, и восприимчивость к дагестанской и северо-западной с вирулентностью к этому гену, что позволяет предположить у них наличие гена *Yr17*.

Сорта Гранова, Далира и Кулич, охарактеризованные в реестре как устойчивые к желтой ржавчине в полевых условиях, характеризовались умеренной восприимчивостью в фазе проростков, что указывает на отсутствие у них высокоэффективных ювенильных *Yr*-генов. Известно, что гены устойчивости, проявляющиеся в фазе всходов (ювенильные гены), действуют на протяжении всей жизни растений; гены устойчивости взрослых растений проявляются только на поздних фазах онтогенеза [9].

В ходе идентификации генов с использованием молекулярных маркеров у изученных сортов не обнаружено эффективных генов *Yr5*, *Yr10*, *Yr15*, *Yr24*, *Yr40* и генов *Yr7* и *Yr60* с варьирующей эффективностью. Продукт амплификации с их маркерами наблюдали только в пробах с положительными контролями. Полученные результаты для этих генов согласуются с данными фитопатологического тестирования. Таким образом, устойчивые сорта, выделенные в наших исследованиях, могут нести другие каталогизированные эффективные или новые *Yr*-гены.

В результате молекулярного анализа у яровых сортов выявлены гены *Yr9* (25 сортов), *Yr17* (6 сортов), *Yr18* (11 сортов) и пшенично-ржаная транслокация 1AL.1RS (2 сорта). Умеренно эффективный ген *Yr17* постулирован у сортов Одета, Гаренда, Флоренс, Гонец, Пекесо и Свияга. Для сортов Гонец, Флоренс и Гаренда результаты молекулярного тестирования согласуются с фитопатологическим тестом. Сорта Пекесо и Свияга устойчивы ко всем используемым популяциям, что указывает на наличие у них других *Yr*-генов. Ген *Yr17* более эффективен во взрослых фазах развития пшеницы. На экспрессию его в фазе проростков значительную роль играет температура и освещенность. При более низких

их величинах реакция смещается в сторону восприимчивости [9]. Ген *Yr17* широко используют в селекции пшеницы в странах Западной Европы с 90-х годов прошлого столетия. Он перенесен в мягкую пшеницу от *Triticum ventricosum* (Tausch) Ces., Pass. & Gibelli и тесно сцеплен с генами устойчивости к бурой *Lr37* и стеблевой *Sr38* ржавчины [9]. Сорта Одета и Пекесо созданы в Чехии (SELGEN, a.s.) и заявлены оригинаторами как умеренно устойчивые к желтой ржавчине в полевых условиях. Сорт Флоренс создан во Франции (SECOBRA RECHERCHES S.A.S). Их рекомендуют для возделывания центрально-европейской части России. Российские сорта Гонец и Свияга получили допуск к возделыванию в западно-азиатских регионах, сорт Гаренда – в Центральном регионе. Ранее [6] было показано, что ген *Yr17* встречается и у районированных озимых сортов (Арена, Гомер, Маркиз, Междуреченка, Морозко, Немчиновская 85, Раздолье и Сварог). Они рекомендованы для возделывания на Северном Кавказе и центральных регионах. Ген *Yr17* пока сохраняет эффективность в защите от желтой ржавчины в большинстве российских регионов. Однако в последние годы при анализе популяций *P. striiformis* отмечают нарастание вирулентности к нему изолятов на Северо-Западе и Северном Кавказе, что указывает на возможную потерю эффективности *Yr17* в ближайшем будущем [1, 6].

Ген устойчивости взрослых растений *Yr18*, локализованный в одном кластере с генами устойчивости к бурой *Lr34* и стеблевой *Sr38* ржавчинам, постулирован у 11 сортов: Бейская, Изера, КС Форвард, Омская 42, Омская юбилейная, Омская крепость, Оренбургская 32, Старт, Столыпина 2, Экада 253 и Экада 282. Устойчивость сортов с геном *Yr18* варьирует по годам и регионам. В современной селекции рекомендуют его пирамидирование с другими *Yr*-генами, аддитивный эффект которых обеспечивает основу длительной устойчивости. В российских сортах ген *Yr18* у озимых сортов представлен больше, чем у яровых [6].

В изученном материале широко встречалась пшенично-ржаная транслокация 1BL.1RS с тесно сцепленными генами *Yr9*, *Lr26*, и *Sr31*. Она определена у 25 сортов (см. табл. 2). Наряду с генами устойчивости транслокация 1BL.1RS несет гены, повышающие урожайность и засухоустойчивость, обеспечиваемую благодаря увеличению массы корней [12, 14], что предопределяет ее широкое использование в селекции пшеницы во всем мире. Транслокация 1BL.1RS перенесена в мягкую пшеницу от сорта ржи Petkus. Российским сортам Аврора, Кавказ и Скороспелка она была передана от немецкой линии Neuzucht. Вторая пшенично-ржаная транслокация 1AL.1RS интрогрессирована в мягкую пшеницу (сорт Amigo) от линии ржи Insave. В ней также находится комплекс генов устойчивости к ржавчинам: *SrR* – к стеблевой и не идентифицированные к желтой и бурой. Эта транслокация широко распространена среди северо-американских сортов. Сорта, несущие транслокацию 1AL.1RS, характеризуются умеренной полевой устойчивостью к ржавчинам. Для определения обеих транслокаций использовали универсальный молекулярный маркер SCM9 [12]. Продукт амплификации 207 п.о. указывает на наличие 1BL.1RS-транслокации, а 228 п.о. – на 1AL.1RS-транслокацию. В изученном наборе яровых сортов транслокация 1AL.1RS определена у сортов Нива и Экада 265.

У сортов Экада 253, КС Форвард, Омская крепость и Экада 282 постулированы гены *Yr9* и *Yr18*. Сочетание этих генов предполагает повышение уровня полевой устойчивости к желтой ржавчине у несущих их сортов.

Табл. 2. Устойчивость яровых сортов мягкой пшеницы, включенных в Государственный реестр селекционных достижений РФ в 2019–2023 гг., к желтой ржавчине и идентифицированные у них *Yr*-гены

Сорт	Регион допуска*	Тип реакции при ино- куляции популяциями <i>Puccinia striiformis</i> (балл)				<i>Yr-гены</i>
		NW	NC_D	NC- Kr	WS	
2019 г.						
Аль Варис	CB	3	3	2...3	3	<i>Yr9</i>
Бурлак	Ц	3	3	3...4	3	-
Гренада	У	3	3	3	2	<i>Yr9</i>
Корнетто	ЦЧР	3	3	0;	2	-
Нерда	У	3	3	3...4	3...4	<i>Yr9</i>
Новосибирская 16	BC	3	3	3...4	3...4	-
Одета	Ц, ЦЧР	1...2;	1...2;	1...2;	0	<i>Yr17</i>
Омская 42	ЗС	2...3	3	3	3	<i>Yr18</i>
Омская юбилейная	ЗС	3	3	3...4	3...4	<i>Yr18</i>
Старт	BC	2...3	2...3	3...4	2	<i>Yr18</i>
Столыпина 2	У, ЗС	2...3	3	3	3	<i>Yr18</i>
Уралосибирская 2	У, ЗС	2	2...3	2;	2	<i>Yr9</i>
Экада 214	CB	2...3	2	0;	0;	-
2020 г.						
Александрит	CB, HB, У	3	3	3	2	-
Арсея	Ц	3	3	3	0...1	-
Гаренда	Ц	3	3	0...1	2	<i>Yr17</i>
Зауральская волна	У, ЗС	3	3	3	3...4	-
Зауральская жем- чужина	У	3	3	3	3	<i>Yr9</i>
Зауральский янтарь	У	3	3	3	0...1	<i>Yr9</i>
Изера	Ц	2...3	3	3	2...3	<i>Yr18</i>
Ирень 2	BB, ЗС	3	2...3	1...2	2...3	-
Калинка	У	3	3	3...4	3	-
Краснозёрка	У	3	3...4	3...4	3...4	<i>Yr9</i>
Лидер 80	ЗС, BC	3	2...3	3	3	-
Лютеция	У	3...4	3...4	3	3	<i>Yr9</i>
ОмГАУ 100	ЗС	3...4	3...4	3	0...1	-
Оренбургская юби- лейная	У	3	3	3	3	-
Радмира	BB	3	2;	3	0...1	<i>Yr9</i>
Силач	У	3	3	3	3	-
Тарская 12	ЗС	3	3	3	3	-
Токката	Ц, 5	3	0;	0;	0;	-
Флоренс	Ц	3	2...3	0...1	2	<i>Yr17</i>
Экстра	BB, У, ЗС	3	3...4	3	3	-
2021 г.						
Альбидум 2030	У	3	3	3...4	3...4	-
Анфея	ДВ	3	2	3	0...1;	-
Балкыш	CB	3...4	3...4	3	3...4	<i>Yr9</i>
Гречанка	HB	3	3	3	3...4	-
КВС Джетстрим	ЗС	1...2;	0;	1...2;	0;	-
Маэстро	Ц	3	3...4	3...4	3...4	-
Омская 44	ЗС, BC	3...4	3...4	3	3...4	<i>Yr9</i>
Саратовская 76	HB, У	3...4	3	3...4	3...4	-
Юбилейная 60	СЗ	3	2...3;	3...4	3	-
2022 г.						
Аист 45	BB, У	3...4	3	3...4	3	<i>Yr9</i>
Байкальская	BC	3	3	3	3	-
Виталия	СЗ	3	3	3	3	-
Ворожея	BB, У, ЗС	3...4	3	3...4	3	-
Гонец	ЗС, BC, ДВ	2...3	2...3	2	1...2	<i>Yr17</i>
Гранова	Ц	3	2;-3	3	3	-
Далира	ДВ	3	3	3	3	-
Награда	BB	3	3	3	3	-
Надира	BB, CB, У	2	1...2	0...1	0	-
Нива 55	У, ЗС	3...4	3	3...4	3	<i>1AL.1RS</i>
Никон	BB, CB, У, ЗС	3...4	3	3...4	3	-
Новосибирская 49	BB, BC	3...4	3	3...4	3	-
Одинцовская	BB, У, ЗС	3...4	3	3...4	3	-
Оренбургская 30	У	3...4	3	3...4	3	-
Пекесо	ЦЧР	2	2	2	1...2	<i>Yr17</i>
Свияга	ЗС	2	0	2	2	<i>Yr17</i>
Силантий	У, ЗС	3...4	3	3...4	3	-

продолжение табл. 2

Сорт	Регион допуска*	Тип реакции при инокуляции популяциями <i>Puccinia striiformis</i> (балл)				Yr-гены
		NW	NC_D	NC_Kr	WS	
Су ахаб	ЦЧР	3	3	3	3	-
Тая	Ц, ВВ	3...4	3	3	3	Yr9
Экада 253	Ц, У	3...4	3	3...4	3	Yr9 Yr18
Экада 258	ВВ, У	3...4	3	3...4	3	Yr9
Юнион	ЗС, ВС, ДВ	3	2;	3	2...3	-
2023 г.						
100 лет ТАСС	СВ, У	3	3	3	3	Yr9
Баганочка	У	3	3	3...4	3...4	-
Бейская	ЗС, ВС	3	3	3...4	3...4	Yr18
Даганская	ВС	3	3	3	3	-
Данко	СК, НВ, ЗС	3	3	3	3	Yr9
Ишимская 12	ЗС, ВС	3	3	3	2;-3	Yr9
КС Гарант	У	3	3...4	3	3	Yr9
КС Форвард	У	3	3...4	2;-3	3	Yr9 Yr18
Кулич	СЗ, Ц, СК, НВ, У, ЗС	2...3	2...3	2...3	2...3	-
Лента 45	У, ЗС	2...3	2	3...4	2;-3	-
Новосибирская 75	ЗС	3	3...4	3	3...4	-
Омская крепость	ВС	3	3...4	3	3...4	Yr9 Yr18
Оренбургская 32	У	3	3...4	3...4	3...4	Yr18
Памяти Коновалова	Ц	3	3	3	3	-
Памяти Сулякова	ЗС	3	3	3...4	3	Yr9
Сенсей	СВ	3	2	2;	3...4	-
Спикер	ЗС	3	3	2;	3	Yr9
Ульгения	ЗС, ВС	3	3	3...4	3	-
Хазинэ	У	0	0	0;	1;	Yr9
Челябинка	У	3	3	1...2;	3	-
Экада 265	У	3	3...4	3...4	3...4	IAL.IRS
Экада 282	У	3	3...4	3...4	3	Yr9 Yr18

*Агроклиматические регионы РФ: Ц – Центральный, ЦЧР – Центрально-Черноземный, СВ – Средневолжский, СК – Северо-Кавказский, У – Уральский, ЗС – Западно-Сибирский.

Выводы. Среди 86 современных сортов яровой пшеницы, включенных в Государственный реестр селекционных достижений в 2019–2023 гг., только шесть характеризовались ювенильной устойчивостью ко всем использованным популяциям желтой ржавчины – Одеты, КВС Джетстрим, Надира, Пекесо, Свияга и Хазинэ. Генетическая защита российских яровых сортов от желтой ржавчины в современный период лимитирована и требует усиления внимания. Выделенные устойчивые к желтой ржавчине яровые сорта могут быть использованы в селекции в качестве доноров.

У изученного материала обнаружены только три из идентифицируемых с использованием молекулярных маркеров гена (*Yr9*, *Yr17*, *Yr18*) и пшенично-ржаная транслокация 1AL.1RS. Это указывает на низкое генетическое разнообразие российских яровых сортов и необходимость его расширения. Для этого рекомендуется привлечение в селекционные программы сортов с известными эффективными *Yr5*, *Yr10*, *Yr15*, *Yr24*, *Yr40* и новыми *Yr*-генами.

Актуальность нарастания в регионах значимости *P. striiformis* обуславливает необходимость ежегодных фитопатологических и молекулярно-генетических скринингов устойчивости современных сортов и селекционного материала яровой пшеницы. Разработка научно обоснованной стратегии размещения новых генетически защищенных сортов в регионах позволит стабилизировать фитосанитарную ситуацию с желтой ржавчиной в регионах России.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ.

Молекулярные исследования поддержаны Российским научным фондом, проект № 23-26-00042. Фитопатологические оценки выполнены в рамках Государственного задания ФГБНУ ВИЗР FGEU-2025-0005.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ.

В работе отсутствуют исследования человека или животных.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ.

Авторы работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Литература.

1. Генетическая защищенность сортов озимой пшеницы от ржавчинных болезней / Л. А. Беспалова, И. Б. Аблова, Ж. Н. Худокормова и др. // Рисоводство. 2019. Т. 4. № 45. С. 30–37.
2. Гуляева Е. И., Шайдаюк Е. Л. Характеристика северо-западной и северокавказской популяций *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* по вирулентности и микросателлитным локусам в 2022 году // Микология и фитопатология. 2024. Т. 58. № 4. С. 327–338. doi: 10.31857/S0026364824040062.
3. Получение и характеристика линии мягкой пшеницы (Тулайковская 10 × Саратовская 29) с интрогрессией хромосомы пырея *Thinopyrum intermedium* 6Agi2 / Ю. Н. Иванова, К. К. Розенфрид, А. И. Стасюк и др. // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25. Вып. 7. С. 701–712. doi: 10.18699/VJ21.080.
4. Зеленева Ю. В., Судникова В. П., Бучнева Г. Н. Иммунологическая характеристика сортов озимой мягкой пшеницы в условиях ЦЧР // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 96. С. 95–99. doi: 10.21515/1999-1703-96-95-99.
5. Источники устойчивости к желтой ржавчине (возбудитель *Puccinia striiformis* West.) Среди селекционного и коллекционного материала озимой пшеницы ФГБНУ «АНЦ «Донской» / Г. В. Волкова, И. П. Матвеева, Т. Г. Дерова и др. // Зерновое хозяйство России. 2020. № 4. С. 69–76. doi: 10.31367/2079-8725-2020-70-4-69-76.
6. Gulyaeva E. I., Shaydayuk E. L. Resistance of modern Russian winter wheat cultivars to yellow rust // Plants. 2023. Vol. 12. No. 19. Article 3471. URL: <https://www.mdpi.com/2223-7747/12/19/3471> (дата обращения: 12.12.2024). doi: 10.3390/plants12193471.
7. Государственный реестр сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию: официальное издание. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2024. 620 с.
8. Генетическое разнообразие перспективных образцов яровой мягкой пшеницы российской и казахстанской селекции по устойчивости к бурой и желтой ржавчине / Е. И. Гуляева, Е. Л. Шайдаюк, В. В. Веселова и др. // Российская сельскохозяйственная наука. 2024. № 4. С. 43–48. doi: 10.31857/S2500262724020087.
9. McIntosh R. A., Wellings C. R., Park R. F. Wheat rusts. An atlas of resistance genes. CSIRO Australia, Kluwer: Acad. Publ., Dordrecht, the Netherlands, 1995. 213 p.
10. Rani R., Singh R., Yadav N. R. Evaluating stripe rust resistance in Indian wheat genotypes and breeding lines using molecular markers // Comptes Rendus Biologies. 2019. Vol. 342. P. 154–174. doi: 10.1016/j.crv.2019.04.002.
11. Mas Wheat. URL: <https://maswheat.ucdavis.edu/> (дата обращения: 24.12.2024).
12. PCR-based markers for detection of different sources of 1AL.1RS and 1BL.1RS wheat-rye translocations in wheat

- background / Y. Weng, P. Azhaguvel, R. N. Devkota, et al. // *Plant Breeding*. 2007. Vol. 126. No. 5. P. 482–486. doi: 10.1111/j.1439-0523.2007.01331.x.
13. Dorokhov D. B., Cloquet E. A. Rapid and economic technique for RAPD analysis of plant genomes Fast and economical technology of RAPD analysis of plant genomes // *Russian Journal of Genetics*. 1997. Vol. 33. P. 358–365.
14. Permanent spreading of IRS.1AL and IRS.1BL translocations in modern wheat breeding / V. A. Korobkova, L. A. Bespalova, A. S. Yanovsky, et al. // *Plants (Basel)*. 2023. Vol. 12. No. 6. Article 1205. URL: <https://www.mdpi.com/2223-7747/12/6/1205> (дата обращения: 12.12.2024). doi: 10.3390/plants12061205.

Поступила в редакцию 20.01.2025

После доработки 06.02.2025

Принята к публикации 25.02.2025