

База данных генетических ресурсов коллекции озимой ржи ВИР как средство классификации генетического разнообразия, анализа истории коллекции и эффективного изучения и сохранения

И.В. Сафонова , Н.И. Аниськов, В.Д. Кобылянский

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия
 e-mail: i.safonova@vir.nw.ru

Озимая рожь – вторая хлебная и наиболее ценная кормовая культура, которую возделывают прежде всего в России, Германии, Польше, Беларуси, Украине, Скандинавии, Китае, Канаде и США. Посевные площади, отведенные под выращивание ржи в мире, сокращаются (1986 г. – 15.4 млн га, 2016 г. – 4.4 млн га). Во всех зонах возделывания рожь заслужила репутацию наиболее приспособленной к климатическим условиям страховой культуры низкого экономического риска. Для расширения посевов и увеличения валовых сборов зерна необходимо создание новых сортов ржи. В настоящее время в 94 генбанках мира хранится 22200 образцов озимой и яровой ржи. Крупнейший генный банк (3260 образцов) находится в России, это Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова. Коллекция мировых генетических ресурсов ржи, сосредоточенная в хранилищах и размножаемая на полях, содержит сорта, доноры, популяции и линии культурной, сорно-полевой, дикорастущей, озимой и яровой ржи. Идет постоянное обновление и пополнение коллекции новыми образцами, усовершенствуется система надежного хранения и поддержания высокой жизнеспособности семян, проводится их изучение и выявление среди них источников ценных для селекции признаков, создание доноров. В настоящей работе проанализирована и кратко охарактеризована коллекция ржи ВИР. Рассмотрена история развития предселекционного изучения, этапы создания и использования доноров для различных проблем селекции, создана паспортная база данных по озимой и яровой ржи. Ключевые слова: озимая рожь; генетические ресурсы; коллекция ВИР; образец; сорт; донор.

Для цитирования: Сафонова И.В., Аниськов Н.И., Кобылянский В.Д. База данных генетических ресурсов коллекции озимой ржи ВИР как средство классификации генетического разнообразия, анализа истории коллекции и эффективного изучения и сохранения. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019;23(6): 780-786. DOI 10.18699/VJ19.552

The database of genetic resources in the VIR winter rye collection as a means of classification of genetic diversity, analysis of the collection history and effective study and preservation

I.V. Safonova , N.I. Anis'kov, V.D. Kobylansky

Federal Research Center the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia
 e-mail: i.safonova@vir.nw.ru

Winter rye is the second bread and the most valuable forage crop. Rye is cultivated primarily in Russia, Germany, Poland, Belarus, Ukraine, Scandinavia, China, Canada and the United States. The acreage allocated for the cultivation of rye in the world is declining (from 15.4 million ha in 1986 to 4.4 million ha in 2016). In all areas of cultivation rye has earned a reputation as the most adapted to the climatic conditions of the insurance culture of low economic risk. For the expansion of crops of rye and an increase in the gross yield of grain, it is necessary to create new varieties of rye. Currently, 94 gene banks in the world store 22,200 samples of winter and spring rye. Gene banks are located around the world; the largest of them – the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (3260 samples) – is located in Russia. The collection of the world's genetic resources of rye, concentrated in storage and propagated in the fields, contains varieties, donors, populations and lines of cultural, weed-field, wild, winter and spring rye. The collection is being constantly updated and replenished with new samples, the system of reliable storage and maintenance of the high viability of seeds is being improved, the sources of traits with value for breeding are being identified and studied, and donors are being created. Scientific, breeding and educational institutions are being supplied with source material. An electronic passport documentation system of the collection is being developed and integrated into the international system of genetic banks. In this paper, a brief analysis and cha-

racterization of the VIR rye collection is given. The history of the pre-selection study and the stages of the creation and use of donors for various problems of selection are reviewed, a passport database on winter and spring rye has been created.

Key words: winter rye; genetic resources; collection of VIR; sample; variety; donor.

For citation: Safonova I.V., Anis'kov N.I., Kobylyansky V.D. The database of genetic resources in the VIR winter rye collection as a means of classification of genetic diversity, analysis of the collection history and effective study and preservation. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii* = *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2019;23(6):780-786. DOI 10.18699/VJ19.552 (in Russian)

Введение

Озимая рожь – важная продовольственная зерновая культура, вторая по значению после пшеницы. Ее хозяйственное значение обусловлено еще и тем, что рожь является одной из наиболее ценных кормовых культур. Зерно ржи содержит полноценные, богатые незаменимыми аминокислотами (особенно лизином) белки и витамины А, С, Е и группы В. Рожь превосходит другие зерновые культуры не только по холодостойкости, но и по устойчивости к почвенной засухе. Она способна успешно произрастать на песчаных и малокультуренных почвах, где при соответствующей агротехнике опережает по урожайности пшеницу (Кобылянский, 1989; Гончаренко, 2014).

По мнению ряда ученых, род *Secale* возник в средне- и верхнетретичном периодах кайнозойской эры в Закавказье и прилегающих районах Передней Азии. В начале XX в. непосредственным родоначальником культурной ржи считали многолетний сборный вид горной дикой ржи *S. montanum* Guss. и сходные с ним многолетние дикие виды *S. anatolicum* Boiss. и *S. dalmaticum* Viss. Однако Н.И. Вавилов доказал, что дикие виды послужили лишь первоначальным материалом для образования сорно-полевой ржи, из которой и произошла впоследствии культурная рожь (*S. cereale* L.). В настоящее время это представление является общепризнанным (Вавилов, 1987).

В последние десятилетия посевные площади, отведенные под выращивание ржи в мире, сокращаются. Если в 1986 г., по данным ФАОСТАТ, они составляли 15.4 млн га, то к 1996 г. этот показатель снизился до 11.1 млн га, а к 2016 г. – до 4.4 млн га, т.е. с 1986 по 2016 г. посевные площади были сокращены на 71 %. Общий объем производства ржи за тот же период уменьшился с 30 до 13 млн т, или на 57 % (www.fao.org/faostat/en/#data/qc).

Основные ржаносеющие регионы в России расположены в Приволжском федеральном округе, где сосредоточено более 78 % всех посевных площадей ржи в стране. Доля остальных административных субъектов в структуре ржаного клина составляет: Южный федеральный округ – 7.7 %, Центральный – 7.2 %, Сибирский – 5.3 %, Уральский федеральный округ – 1.5 %. Незначительные площади заняты под посевы в Северо-Западном, Северо-Кавказском и Дальневосточном округах (Кедрова, 2000). Во всех зонах возделывания рожь заслужила репутацию наиболее приспособленной к климатическим условиям страховой культуры низкого экономического риска. В пользу экономической целесообразности расширения посевов ржи и увеличения валовых сборов зерна свидетельствуют: относительно низкая себестоимость зерна; пригодность к возделыванию в севооборотах, насыщенных зерновыми культурами, где рожь увеличивает

эффективность применения азотных удобрений; появление новых высокоурожайных и устойчивых к полеганию сортов и гибридов; возможность эффективного использования зерна ржи на корм животным и для промышленной переработки (Шакирзянов и др., 2010).

Целью настоящей работы было выделить доноры хозяйственных признаков и предложить их для использования в селекции, основываясь на анализе паспортной базы данных изучения и сохранения генетического разнообразия коллекции ржи.

Мировое многообразие коллекции ржи

Обновление генетического материала за счет использования новых исходных форм лежит в основе селекции любой сельскохозяйственной культуры. Для эффективного создания конкурентоспособных сортов необходимо располагать генетически разнообразным и комплексно изученным исходным материалом (Пономарева и др., 2018).

Рожь, как аллогамное растение, является сложным объектом для поддержания образцов в генных банках (Шевелуха, 2000), поэтому в сравнении с ячменем или пшеницей коллекция ржи *ex situ* значительно меньше. В 94 генбанках мира хранится 22200 образцов рода *Secale*, тогда как генресурсы пшеницы насчитывают более 732 тыс. образцов, ячменя – 453 тыс. образцов (Шлегель, 2015). Среди разнообразия образцов ржи 73 % документированы в 66 коллекциях Европы, 16 % – в шести коллекциях Северной Америки, 6 % – в пяти коллекциях Азии; 2 % – в семи коллекциях Африки, 3 % – в двух центрах CIMMYT и ICARDA. Генные банки ржи рассредоточены по всему миру. Крупнейший из них (3260 образцов) находится в России, это Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР). Следующими по величине являются Западная региональная станция интродукции растений Службы сельскохозяйственных исследований Департамента сельского хозяйства США, Университет штата Вашингтон (2802 образца); Генный банк Института генетики растений и растениеводства им. Лейбница, Германия (2515 образцов); Национальный центр исследований зародышевой плазмы малых зерновых Службы сельскохозяйственных исследований Департамента сельского хозяйства США (2107 образцов); Институт селекции и акклиматизации растений, Польша (1918 образцов) и хранилище “Plant Gene Resources of Canada” Саскатунского научно-исследовательского центра, Канада (1501 образец) (рис. 1).

Коллекция мировых генетических ресурсов ржи, сосредоточенная в хранилищах и размножаемая на полях ВИР, включает сортовые и другие популяции и линии возделываемой культурной, сорно-полевой и дикорастущей

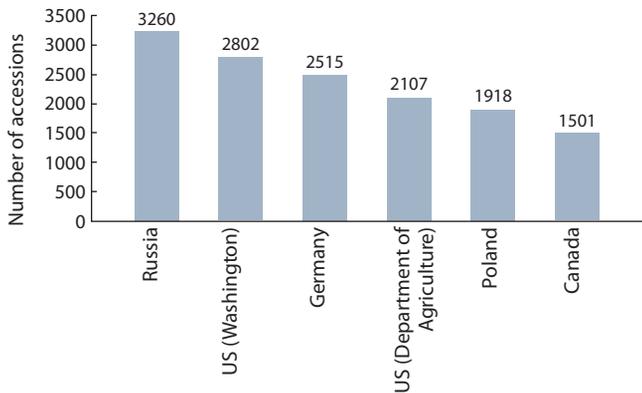


Fig. 1. The numbers of rye accessions in world's gene banks.

ржи. Этот генофонд служит источником безвозмездного обеспечения селекционных центров России исходным материалом при создании новых сортов, является стратегическим потенциалом и основой устойчивого производства кормового и продовольственного зерна ржи. Эффективное сохранение и использование коллекции имеют ключевое значение для обеспечения продовольственной и пищевой безопасности как в настоящем, так и в будущем.

Главный документ, свидетельствующий о составе коллекции и наличии в ней образцов, – паспортная база данных (БД). Она содержит основные сведения об образце, сопровождающие его при поступлении в коллекцию или, возможно, приобретенные и уточненные впоследствии: название, статус образца, происхождение, год поступления в коллекцию и т. д.

Пополнение коллекции осуществляют путем сбора образцов во время экспедиций ВИР на территории Российской Федерации и в другие страны, выписки материала из генбанков, селекционных фирм, научно-исследовательских и учебных учреждений мира. В ходе этой работы необходимо уделять особое внимание первоочередному удовлетворению потребностей отечественной селекции и растениеводства; поиску новых ботанических видов, форм, местных и селекционных сортов; выделению источников и доноров носителей ценных генов хозяйственно и биологически полезных признаков, еще отсутствующих в коллекции; воспроизведению максимально возможного фенотипического разнообразия собираемых видов.

Пополнение коллекций по выписке и обмену должно идти главным образом за счет привлечения новых сортов и особо ценных селекционных линий, а также линий с известными генами. Для этой цели используют следующие источники информации: 1) базы данных национальных и международных генбанков в Интернете; 2) отечественные и зарубежные публикации, включая каталоги, монографии, статьи в периодических изданиях; 3) отчеты сельскохозяйственных делегаций о зарубежных поездках; 4) личные сообщения селекционеров, сортоиспытателей и генетиков; 5) заявки на семена, в которых есть образцы, отсутствующие в коллекции.

Необходимо обратить особое внимание на обязательную передачу селекционерами страны их лучших се-

лекционных достижений и константного селекционного материала в коллекцию ВИР. Утрата генетического разнообразия ржи снижает возможность устойчивого и гибкого управления сельским хозяйством в условиях неблагоприятной окружающей среды, а также резкого колебания климатических условий.

При поступлении нового семенного материала в отдел интродукции ВИР после карантинной проверки, которая проходит в карантинных питомниках института, новые образцы с номером интродукции (И-) поступают в отдел генетических ресурсов овса, ржи, ячменя ВИР, где их регистрируют в предварительном (временном) (ПР-) каталоге отдела или в основном (постоянном) (К-) каталоге ВИР и заносят в соответствующую паспортную базу данных. Паспортизация образцов, поступающих в коллекцию, многие годы осуществлялась заполнением записей в журналах, называемых каталогами.

Записи в каталогах имеют следующую структуру: № каталога, название образца, ботаническое название, откуда получен образец, год поступления, № интродукции, происхождение, в каком виде получен образец (семена, колос), примечание. Паспортная БД должна постоянно пополняться новыми созданными сортами озимой и яровой ржи, адаптированными к специфическим условиям конкретных агроэкосистем.

Паспортная БД играет ключевую роль в сохранении, обеспечении доступности и использования широкого спектра генетического разнообразия растений для улучшения сельскохозяйственных культур. Создание БД по ржи было начато в 1980-х гг. в отделе серых хлебов ВИР, позднее данные из письменного каталога были перенесены в электронную версию. В настоящее время в паспортной БД по ржи есть 33 поля разной степени заполненности. Сформированная в программе Excel, она имеет текстовые и числовые поля, благодаря чему можно легко получить информацию об образце, ускорить выборку, поиск и обновление последней репродукции образца, отслеживать восстановление жизнеспособности каждого коллекционного образца ржи (Кобылянский и др., 2015).

Объем коллекции ВИР и ее видовое разнообразие

Коллекция ржи ВИР включает все многообразие диких, культурных видов и сорно-полевых форм, яровых и озимых, диплоидных и тетраплоидных, староместных и селекционных сортов. В коллекции представлены образцы (доноры и источники признаков озимой ржи), используемые в качестве исходного материала при селекции на такие признаки, как высокая урожайность, зимостойкость (морозостойкость, устойчивость к выпреванию), устойчивость к полеганию, устойчивость к прорастанию зерна в колосе, высокое содержание белка в зерне, устойчивость к болезням (мучнистая роса, бурая ржавчина, корневые гнили, снежная плесень и др.), низкопентозановые сорта. Образцы имеют разный селекционный статус: местные и сорно-полевые образцы – 43.7%, селекционные сорта – 52.7%.

Страны Европы: Россия (967 обр.), Беларусь (104 обр.), Украина (257 обр.), Болгария (114 обр.), Германия (86 обр.), Польша (169 обр.), Испания (26 обр.), Ита-

лия (23 обр.), Чехия (23 обр.), Югославия (107 обр.), Финляндия (191 обр.), Австрия (36 обр.), Норвегия (18 обр.), Швеция (73 обр.), Португалия (36 обр.), Дания (13 обр.), Франция (18 обр.). Основное поступление образцов в коллекцию из Европы приходится на селекционные сорта.

Страны СНГ: Азербайджан (176 обр.), Армения (118 обр.), Грузия (46 обр.), Казахстан (55 обр.), Кыргызстан (5 обр.), Таджикистан (60 обр.), Туркменистан (9 обр.), Узбекистан (12 обр.). Из стран СНГ, наоборот, преимущественно поступают местные и сорно-полевые образцы.

Остальные страны Европы и Америки, СНГ представлены в коллекции ВИР небольшим количеством образцов ржи (табл. 1). Самые крупные поступления в коллекцию за многолетнюю историю были из Европы – 2520 образцов, из СНГ – 495 образцов.

Статус образцов ржи

Более 90 % коллекции составляет рожь культурная *S. cereale* var. *vulgare* Kögn. Это основной и практически единственный вид культурной ржи, возделываемый в РФ в качестве продовольственной культуры.

Остальные три вида являются дикими родичами культурной ржи. *S. silvestre* Host. Однолетняя рожь, по образу жизни растения яровые или озимые, слабовымостойкие, очень скороспелые, созревают на 15–20 дней раньше культурной ржи. Используется в селекции как донор короткостебельности и устойчивости к прорастанию зерна в колосе. *S. iranicum* Kobyl. Однолетнее растение, рожь иранская хозяйственного значения не имеет, сильно поражается всеми видами ржавчины, мучнистой росой и корневыми гнилями, но несет ценные для селекции ржи признаки самофертильности и короткостебельности. Используется в Германии для создания самофертильной короткостебельной культурной ржи путем гибридизации. *S. montanum* Juss. Многолетнее растение, объединяет все известные формы многолетней ржи, которые в разное время были описаны как самостоятельные виды. Широко вовлекается в скрещивание с культурной рожью при селекции многолетней кормовой ржи, а также для получения сортов, устойчивых к грибным болезням, ржавчине и мучнистой росе. Некоторые формы используют для скрещивания с пшеницей при селекции тритикале.

Яровую рожь высевают преимущественно в Забайкалье, где озимая рожь не зимует. Важное народно-хозяйственное значение имеет озимая рожь, которая возделывается в основном в европейских странах, несколько меньше – в Северной Америке, в странах Ближнего и Дальнего Востока (табл. 2).

Рожь – культура универсального применения. Свыше 60 % зерна используют для питания человека, 30 % – на кормовые цели, и 10 % имеют техническое назначение.

История создания коллекции ржи

В Российской Федерации создание коллекции ржи было начато в 1922 г. в Отделе прикладной ботаники при Ученом комитете Министерства земледелия и государственных имуществ под руководством Н.И. Вавилова. Благодаря многочисленным экспедициям Н.И. Вавилова и его соратников в разные страны мира, коллекция пополнялась

Table 1. The VIR rye collection size as of 2018

Region	Local and contaminating varieties	Elite varieties	Total
Europe	999	1521	2520
CIS	424	71	495
Asia	115	20	135
America	3	97	100
Australia	–	5	5
Africa	–	5	5
Total	1541	1719	3260

Table 2. Species composition of the collection of rye *Secale* L. (as of 2018) included in the main catalogue

Species	Number of accessions
Genus <i>Secale</i> L.	
<i>S. cereale</i> L.	3207
<i>S. silvestre</i> Host.	14
<i>S. iranicum</i> Kobyl.	1
<i>S. montanum</i> Juss.	38
Total	3260

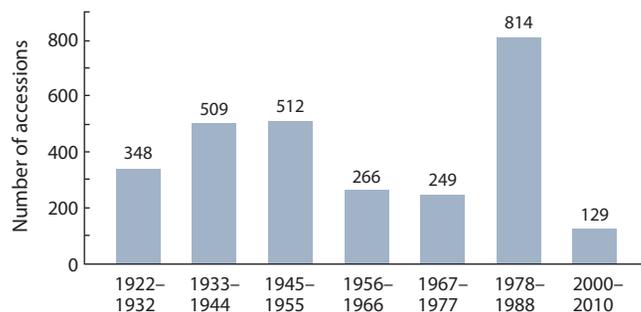


Fig. 2. The number of rye accessions coming into the VIR collection in different time intervals.

в основном местными и сорно-полевыми образцами ржи. Первыми выведенными сортами были: рожь Лисицына (1929), Омка (1938), Онохойская (1943), Приекульская (1949), Вятка 2 (1950) и др. Подавляющее большинство возделываемых сортов ржи того времени не достигло максимального для этой культуры уровня урожайности. Сорта не удовлетворяли требованиям возрастающей интенсификации производства зерна: многие из них были высокорослыми, склонными к полеганию и прорастанию зерна в колосе, поражались болезнями или оказались недостаточно зимостойкими. Все сорта ржи склонны к поражению болезнями и вредителями.

«...Для обследования посевов хлебных злаков, в частности пшеницы и ржи», Н.И. Вавиловым в район Северного Кавказа и Предкавказья был командирован В.И. Антропов (Архив ВИР. Личное дело Антропова В.И. Фонд 5, оп. 2-1, д. 44, л. 8). Следует сказать, что уникальность кол-

лекции ржи ВИР состоит в том, что большая ее часть собрана до 1940 г. Изучением морфологических признаков многих образцов, находящихся в коллекции, занималась В.Ф. Антропова (Антропова и др., 1970). Результаты описаний легли в основу внутривидовой классификации рода *S. cereale* L. – культурной ржи. Полученные новые морфологические данные вошли в монографию «Хлебные злаки. Рожь, ячмень, овес» из серии «Культурная флора СССР» (Антропов и др., 1936). Во время Великой Отечественной войны поступление новых образцов в коллекцию прекратилось. В первые послевоенные годы отдел возглавил А.П. Иванов. Следовало привести коллекции в порядок, восстановить всхожесть семян и оформить документацию, а также удовлетворить потребности государственных селекционных станций, научно-исследовательских и учебных учреждений и колхозников-опытников в исходном материале.

В 1948–1978 гг. во главе отдела серых хлебов (современное название – отдел генетических ресурсов, овса, ржи и ячменя) встала А.Я. Трофимовская. Под ее руководством были разработаны подходы к изучению всего разнообразия ячменя, овса и ржи. Группу ржи в 1964 г., после защиты кандидатской диссертации «Дикие виды ячменя», возглавил В.Д. Кобылянский, который провел исследование по филогении и систематике рода *Secale* L. с использованием морфолого-биологических, анатомических, генетических, цитозембриологических и кариологических методов. Он разработал современную ботаническую систему рода *Secale* L., включающую 4 вида и 9 подвигов. Им установлен один новый вид *S. iranicum* Kobyl. и 4 новых подвида: subsp. *vavilovii* (Grossh.) Kobyl. (рожь Вавилова); subsp. *tetraploidum* Kobyl. (рожь тетраплоидная); subsp. *derzhavini* (Tzvel.) Kobyl. (рожь Державина) и subsp. *tsitsinii* Kobyl. (рожь Цицина). В.Д. Кобылянский разработал внутривидовую классификацию культурной ржи *Secale cereale* L., включающую 40 разновидностей диплоидной и тетраплоидной ржи, в том числе 11 новых, а также создал определитель, облегчающий их распознавание. Данная ботаническая система рода *Secale* L. широко используется ведущими генбанками Европы.

Создание и использование доноров для селекции ржи

1. Гетерозисные гибридные сорта. Решение этой проблемы связано с открытием в 1962 г. у ржи явления цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС). В ВИР были получены результаты, подтверждающие ЦМС, определен моногенный рецессивный контроль признака и созданы доноры ЦМС R-типа (русского типа). В генетической системе ЦМС получены стерильные линии (МС), закрепители стерильности (ЗС) и восстановители фертильности (ВФ). В коллекции ВИР такие линии созданы с высокой ОКС и СКС по комплексу хозяйственно ценных признаков, они могут служить донорами для улучшения сортовых популяций по лимитирующим селекционным признакам. Исследования по гетерозисной ржи проводили Н.С. Лапиков и А.Г. Катерова.
2. Короткостебельные неполегающие сорта. Заслуга В.Д. Кобылянского состоит в том, что он впервые осуществил генетическую дифференциацию признака ко-

роткостебельности у ржи и выделил неизвестный ранее доминантный ген *Hl*. Это открытие способствовало развитию нового направления селекции неполегающих сортов ржи. Первичные доноры признака – естественный мутант ЕМ-1, Малыш 72, и его производные, а также местная рожь (к-10028) из Болгарии.

3. Сорта, устойчивые к основным болезням. В.Д. Кобылянский совместно с О.В. Солодухиной, сотрудником отдела генетики ВИР, разработали стратегию селекции озимой ржи на устойчивость к грибным болезням: мучнистой росе, бурой и стеблевой ржавчине. Установлен генетический контроль признака иммунитета к этим болезням, идентифицированы гены и получены 63 эффективных донора групповой устойчивости ржи к московской и петербургской популяциям стеблевой ржавчины, бурой ржавчине, мучнистой росе, обладающих короткостебельностью и другими ценными селекционными признаками: Оргиб *Hl*, *Lr4*, *Sr1*, *Er*; Гетера 3 *Hl*, *Lr4*, *Sr1*, *Rm2*; Ловашпатопае 2 *Hl*, *Lr8*, *Er*; Ярославна 2 *Hl*, *Lr10*, *Sr1* и др. Созданы устойчивые к болезням сорта озимой ржи: Ника, Кировская 89, Снежана, Эстафета Татарстана, Эра и др.
4. Сорта с хорошими хлебопекарными качествами. Селекция ржи на качество зерна на протяжении всего исторического периода производства этой культуры была направлена на улучшение хлебопекарных свойств, среди которых главными являются низкая амилолитическая активность фермента альфа-амилазы, расщепляющего крахмал, и высокое содержание водорастворимых некрахмальных полисахаридов (пентозанов), обеспечивающих лучший подъем теста, структуру хлебного мякиша, определяющих свежесть и продолжительность хранения хлеба. Созданы и выделены сорта: Амилот, Альфа, Otello (Швеция).
5. Низкопентозановые сорта универсального использования. С 2004 г. в ВИР проводится работа по выведению популяционных сортов озимой ржи, пригодных для кормовой и комбикормовой промышленности. В 2016–2018 гг. в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, включены новые сорта низкопентозановой озимой ржи, созданные в ВИР: сорт Вавиловская (с участием Тульского НИИСХ), сорт Берегиня (с Котласской Россельхозакадемией), сорт Подарок (с Татарским НИИСХ), сорт Янтарная (с Уральским НИИСХ), сорт Красноярская универсальная (с Красноярским НИИСХ).

Хранение коллекции озимой ржи

Н.И. Вавилов уделял особое внимание сохранению собранного со всего мира генетического разнообразия культурных растений и их диких сородичей. Со временем любой образец коллекции может утратить свои качества и генетическую однородность в связи с частым пересевом образцов для восстановления всхожести. Для обеспечения жизнеспособности коллекционных образцов при минимальном числе пересевов их необходимо сохранять в контролируемых условиях в специализированных низкотемпературных хранилищах.

Современные низкотемпературные хранилища были установлены в 1976 г. на Кубанской опытной станции ВИР,

куда заложено 1806 образцов ржи, и в 2000 г. в зданиях ВИР в Санкт-Петербурге (Лоскутов, 2009). Коллекция ржи ежегодно закладывается на оперативное (+4 °С) и длительное хранение (-10 °С). На сегодняшний день на оперативное хранение заложено 2670 образцов ржи, а на длительное – 2380 образцов.

Изучение образцов коллекции ржи

Коллекционные образцы ВИР – это основной исходный материал для выведения новых сортов, которым широко пользуются селекционные учреждения РФ. От наличия хорошего, разносторонне изученного исходного материала и правильного его подбора зависит успех селекционной работы. Наряду с комплексной полевой оценкой отделом генетических ресурсов овса, ржи и ячменя совместно с методическими отделами ВИР исследуется и выделяется ценный генофонд для решения проблем устойчивости к важнейшим заболеваниям, короткостебельности, качества зерна и зерновой продуктивности.

Изучение генетических ресурсов озимой и яровой ржи на всех этапах формирования коллекции ВИР было и остается важнейшим направлением работ, позволяющим систематизировать коллекцию, а также выявить источники и доноры ценных признаков. С целью дальнейшего расширения научных связей с селекционными центрами, углубленного изучения и эффективного использования селекционного потенциала растительных ресурсов озимой и яровой ржи систематически издаются каталоги с характеристикой морфологических и хозяйственно ценных признаков, технологических свойств зерна, источников и доноров устойчивости к грибным болезням.

С 1970 по 2018 г. изучено свыше 2300 коллекционных образцов ржи, наибольшее количество составили сорта из России, Польши, Украины, Болгарии, Беларуси. По этим данным было издано 23 каталога мировой коллекции ВИР. Благодаря начатым еще в 1936 г. исследованиям разнообразия коллекции ржи, стало возможным целенаправленно снабжать селекционные центры страны исходным материалом. Специалисты ВИР и селекционеры по ржи из 22 селекционно-семеноводческих учреждений тесно сотрудничают в рамках селекционных программ. Используя коллекцию ВИР по озимой ржи, селекционеры вывели 95 % всех допущенных к использованию сортов. В создании сортов участвовали отечественные селекционеры Ф.Т. Кондратенко, А.А. Гончаренко, У.С. Бамбышев, Т.Я. Ермолаева, А.А. Тороп, М.Л. Пономарева, С.Н. Пономарев, В.Д. Кобылянский, О.В. Солодухина, Л.И. Кедрова, Е.И. Уткина, Н.Г. Попов, К.П. Веселова, Н.Г. Пугач, Н.В. Трусов, К.Н. Курмангалин, В.Т. Васько, Л.С. Грачева, Г.С. Попова, М.А. Тимина, Н.С. Владимиров, Е.Г. Мухордов, А.Н. Ковтуненко, А.П. Романов, Г.А. Сюкова, Б.В. Попов, С.А. Кунакбаев, Н.И. Лещенко, В.А. Мызгаева, А.Х. Шакирзянов. На 2018 г. в Государственный реестр селекционных достижений России включено 80 сортов российской селекции, среди которых следует отметить новые сорта: Московская 12, Московская 15 (ФИЦ Немчиновка), Березиня, Вавиловская, Красноярская универсальная (ВИР), Саратовская 6, Саратовская 7, Марусенька (НИИ сельского хозяйства Юго-Востока), Таловская 41, Таловская 44 (НИИ сельского хозяйства

Центрально-Черноземной полосы им. В.В. Докучаева), Радонь, Тантана, Эстафета Татарстана, Подарок (ФИЦ Казанский научный центр РАН), Фаленская 4, Снежана, Рушник, Флора и Графиня (Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого), Эра, Славия, Памяти Попова (Ленинградский НИИ сельского хозяйства «Белогорка»), Синильга (ФИЦ Красноярский научный центр СО РАН), Влада, Сибирская 87 (ФИЦ Институт цитологии и генетики СО РАН, г. Новосибирск), Иртышская, Сибирь 4 (Омский аграрный центр), Паром, Алиса (Уральский НИИ сельского хозяйства), Чулпан 3, Чулпан 7, Памяти Кунакбаева (Башкирский НИИ сельского хозяйства) (Государственный реестр селекционных достижений РФ, 2018). Эти сорта отличаются высокой урожайностью, отличными хлебопекарными качествами, устойчивы к полеганию, меньше поражаются болезнями. Новые сорта Березиня, Подарок, Красноярская универсальная, Янтарная допущены к использованию как низкопендозановые в 2018 г.

Заключение

В силу сложившейся традиции коллекцию генетических ресурсов ржи трактуют как базис исходного материала для селекции озимой ржи, выполнения основополагающих исследований и экспериментов. Систематическое предселекционное исследование сортов и образцов озимой ржи имеет свою предысторию и сложившуюся систему. В настоящее время оно осуществляется, прежде всего, для обнаружения среди образцов источников и доноров ценных признаков по устойчивости к заболеваниям, полеганию, по качеству зерна и др. Знание характера и генетических различий и взаимосвязей способствует не только целенаправленному привлечению в коллекцию ВИР нового исходного материала, но и повышению эффективности формирования выборок для селекционного использования.

Список литературы / References

- Антропов В.И., Антропова В.Ф., Мордвинкина А.И., Орлов А.А. Хлебные злаки. Рожь, ячмень, овес. В: Вавилов Н.И., Вульф Е.В. (Ред.). Культурная флора СССР. Т. 2. М.; Л.: Гос. изд. совх. и колх. лит., 1936.
- [Antropov V.I., Antropova V.F., Mordvinkina A.I., Orlov A.A. Cereals: Rye, Barley, Oats. In: Vavilov N.I., Wolfe E.V. (Eds.). Cultivated Plants of the USSR. Vol. 2. Moscow; Leningrad: Gos. Izd. Kolkhoznoy i Sovkhoznoy Literatury Publ., 1936. (in Russian)]
- Антропова В.Ф., Кобылянский В.Д., Кузнецова С.И. Каталог мировой коллекции ВИР. Вып. 58. Рожь. Л., 1970.
- [Antropova V.F., Kobylansky V.D., Kuznetsova S.I. Catalog of the VIR Global Collection. Iss. 58. Rye. Leningrad, 1970. (in Russian)]
- Вавилов Н.И. Селекция как наука. М., 1987.
- [Vavilov N.I. Breeding as a Science. Moscow, 1987. (in Russian)]
- Гончаренко А.А. Актуальные вопросы селекции озимой ржи. М., 2014.
- [Goncharenko A.A. Topical Issues of Winter Rye Breeding. Moscow, 2014. (in Russian)]
- Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию (сорта растений). М., 2018.
- [State Register of Selection Achievements Authorized for Use for Production Purposes. Vol. 1. Plant varieties. Moscow, 2018. (in Russian)]
- Кедрова Л.И. Озимая рожь в Северо-Восточном регионе России. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2000.

- [Kedrova L.I. Winter Rye in the North-Eastern Region of Russia. Kirov: Rudnitskiy Agrarian Research Institute for Northeastern Russia Publ., 2000. (in Russian)]
- Кобылянский В.Д. (ред.). Культурная флора СССР. Т. 2, ч. 1. Рожь. Л.: Агропромиздат, 1989.
- [Kobylansky V.D. (Ed.). Cultivated Plants of the USSR. Vol. 2, Pt. 1. Rye. Leningrad: Agropromizdat Publ., 1989. (in Russian)]
- Кобылянский В.Д., Сафонова И.В., Солодухина О.В., Анис'ков Н.И. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ржи. СПб.: ВИР, 2015.
- [Kobylansky V.D., Safonova I.V., Solodukhina O.V., Anis'kov N.I. Guidelines for the Study and Preservation of the World Collection of Rye. St. Petersburg: VIR Publ., 2015. (in Russian)]
- Лоскутов И.Г. История мировой коллекции генетических ресурсов растений в России. СПб.: ГНЦ РФ ВИР, 2009.
- [Loskutov I.G. The History of the World Collection of Plant Genetic Resources in Russia. St. Petersburg: VIR Publ., 2009. (in Russian)]
- Пономарева М.Л., Пономарев С.Н., Маннапова Г.С. Исходный материал для селекции озимой ржи (*Secale cereale* L.) Вестн. КрасГАУ. 2018;3:19-24.
- [Ponomareva M.L., Ponomarev S.N., Mannapova G.S. Initial material for winter rye (*Secale cereale* L.) selection. Vestnik KrasGAU = Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. 2018;3:19-24. (in Russian)]
- Шакирзянов А.Х., Лещенко Н.И., Мызгаева В.А., Колесникова Н.В. Адаптивность сортов озимой ржи селекции Башкирского НИИСХ. Достижения науки и техники АПК. 2010;1:11-12.
- [Shakirzyanov A.H., Leschenko N.I., Myzgaeva V.A., Kolesnikova N.V. Adaptability of varieties of winter rye breeding Bashkir Agricultural Research Institute. Dostizheniya Nauki i Tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC. 2010;1:11-12. (in Russian)]
- Шевелуха В.С. Проблемы, приоритеты и масштабы сельскохозяйственной биотехнологии в XXI веке. В: Сельскохозяйственная биотехнология. Т. 1. М.: Евразия+, 2000;3-14.
- [Shevelukha V.S. Issues, priorities, and scale of agricultural biotechnology in the 21st century. In: Agricultural Biotechnology. Vol. 1. Moscow: Evraziya+ Publ., 2000;3-14. (in Russian)]
- Шлегель Р. Селекция гибридных форм как стимул развития молекулярно-генетических исследований у ржи. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2015;19(5):589-603. DOI 10.18699/VJ15/076.
- [Schlegel R. Hybrid breeding boosted molecular genetics in rye. Russ. J. Genet.: Appl. Res. 2016;6(5):569-583. DOI 10.1134/S2079059716050105.]
- FAO. 160 session, Rome, December 3–7, 2018. Proposal for the proclamation of the International Year of Rye. Available at: www.fao.org. Accessed December 20, 2018.

ORCID ID

I.V. Safonova orcid.org/0000-0001-8138-930X

N.I. Anis'kov orcid.org/0000-0002-7819-8286

V.D. Kobylansky orcid.org/0000-0003-2193-8105

Acknowledgements. This work was supported by State Budgeted Project No. 0662-2019-0006 for VIR "Search, maintenance, and disclosure of the potential of hereditary variability of the world collection of cereal crops for gene bank development and optimization and for its rational use in breeding and crop industry".

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received May 25, 2019. Revised July 24, 2019. Accepted July 24, 2019.