



Fragaria L. в коллекции ВИР

А. А. Харченко, И. Г. Чухина

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Анастасия Анатольевна Харченко, akkhara47@yandex.ru

Среди видов рода *Fragaria* L. земляника ананасная (*Fragaria* × *ananassa* (Weston) Duchesne ex Rozier) наиболее распространена и занимает ведущее положение в промышленном ягодоводстве. Значительные успехи селекции, направленные на создание сортов с высокой урожайностью, транспортабельностью, крупноплодностью и устойчивостью к болезням, привели к утрате генетического разнообразия земляники. Использование ограниченного числа предков в селекционных программах вызвало снижение аллельного разнообразия, что негативно сказалось на важных характеристиках, таких как вкус, аромат и стрессоустойчивость. Сохранение генетического разнообразия становится критически важным для будущей селекции и обеспечения качества продуктов. Все виды рода *Fragaria* различаются по своим свойствам и признакам, степени выраженности этих признаков, контролируемых разными генами и комбинациями генов. В целом они образуют генофонд рода, который представляет большую ценность для современной и последующей селекции земляники. В связи с этим его нужно собирать, сохранять, изучать и использовать в селекцентрах и других научных учреждениях, работающих с этой культурой.

Ключевые слова: генетические ресурсы растений, земляника, сохранение, пополнение, селекция

Благодарности: Работа выполнена в рамках реализации Программы развития Национального центра генетических ресурсов растений по соглашению с Минобрнауки России от 15 февраля 2024 года № 075-02-2024-1090.

Для цитирования: Харченко А.А., Чухина И.Г. *Fragaria* L. в коллекции ВИР. *Бюллетень ВИР*. 2024;(243):85-93.

Прозрачность финансовой деятельности: Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы. Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы.

© Харченко А.А., Чухина И.Г., 2024

Original article

Fragaria L. in the VIR collection**Anastasiia A. Kharchenko, Irena G. Chukhina****N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia****Corresponding author:** Anastasiia A. Kharchenko, akkhara47@yandex.ru

Garden strawberry (*Fragaria* × *ananassa* (Weston) Duchesne ex Rozier) is the most widespread among *Fragaria* L. spp., with a leading position in industrial small-fruit cultivation. Significant progress in breeding high-yielding, transportable, large-fruited and disease-resistant cultivars led to losses in strawberry genetic diversity. The use of a limited number of ancestors in breeding programs caused a decrease in allelic diversity, which negatively affected such important characteristics as taste, flavor, and stress resistance. Genetic diversity conservation becomes critically important for the future of strawberry breeding and for ensuring product quality. All *Fragaria* spp. differ in their properties and traits controlled by various genes and combinations of genes, as well as in the degree of their expression. In general, they form the gene pool of the genus, which is of great value for contemporary and future strawberry breeding. In view of this, breeding centers and other scientific institutions working with this crop need to take upon themselves the mission to collect, preserve, study and utilized its genetic diversity.

Keywords: plant genetic resources, strawberry, conservation, replenishment, breeding

Acknowledgments: The work was carried out within the framework of the implementation of the Development Program of the National Center for Plant Genetic Resources under the Agreement with the Ministry of Education and Science of Russia dated February 15, 2024 No. 075-02-2024-1090.

For citation: Kharchenko A.A., Chukhina I.G. *Fragaria* L. in the VIR collection. *VIR Bulletin*. 2024;(243):85-93. (In Russ.).

Financial transparency. The authors have no financial interest in the presented materials or methods. The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work. The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer.

© Kharchenko A.A., Chukhina I.G., 2024

Введение

Среди видов рода *Fragaria* L. земляника ананасная (*Fragaria × ananassa* (Weston) Duchesne ex Rozier) наиболее распространена и занимает ведущее положение в промышленном ягодоводстве (Liston et al., 2014; Kharchenko et al., 2024). Плоды земляники отличаются прекрасным вкусом и ароматом, привлекательным внешним видом, целебными свойствами, в них содержится до 10% сахаров, 1,8% органических кислот, 120 мг/100 г аскорбиновой и 1 мг/100 г фолиевой кислот, 1,3% белков, 1% пектиновых и Р-активных веществ, соли кальция и микроэлементов (Zubov, 2004).

Земляника – экологически пластичное растение, легко приспосабливается к различным природно-климатическим условиям, чем и объясняется широкий ареал ее возделывания. По данным FAO, в 2023 г. общая площадь возделывания земляники в мире составляла 434 977 га. Наибольшие площади под культивирование земляники были отведены в Китае – 15 6316 га, что составляет 36% от общей площади возделывания земляники в мире. Второе место по площади возделывания занимала Россия с 39 690 га, что составляет 9% от общемировой площади (https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL) (рис. 1).

Ведущими производителями земляники в мире явля-

ются Китай и США, совместно занимая 52% от общемирового объема производства. Данные 2023 г. (https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL) показывают, что Китай произвел 421 6716 т, что составляет 40% от общемирового объема производства, США – 1 250 100 т, что составляет 12%. В том же году Россия собрала 261 168 т земляники, заняв 7-е место по объему производства, что составляет 9% от общемирового объема (https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL) (рис. 2).

Из-за растущего спроса за последние тридцать лет объем производства и площадь культивирования земляники увеличилась как в мире, так и в нашей стране (https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL) (рис. 3). Тем не менее наиболее высокие показатели урожайности демонстрируют такие государства, как Нидерланды (55,6 т/га), США (54 т/га) и Албания (53,3 т/га), тогда как Россия занимает лишь 62-е место с показателем 6,5 т/га. Эти различия объясняются активным внедрением сортов интенсивного типа и агротехники, а также благоприятными климатическими условиями в странах-лидерах. Кроме того, благодаря выведению нейтральнодневных сортов и применению технологий, таких как гидропоника и технология «фриго» (Rachenko et al., 2021), достигается круглогодичное снабжение ягодной продукцией.

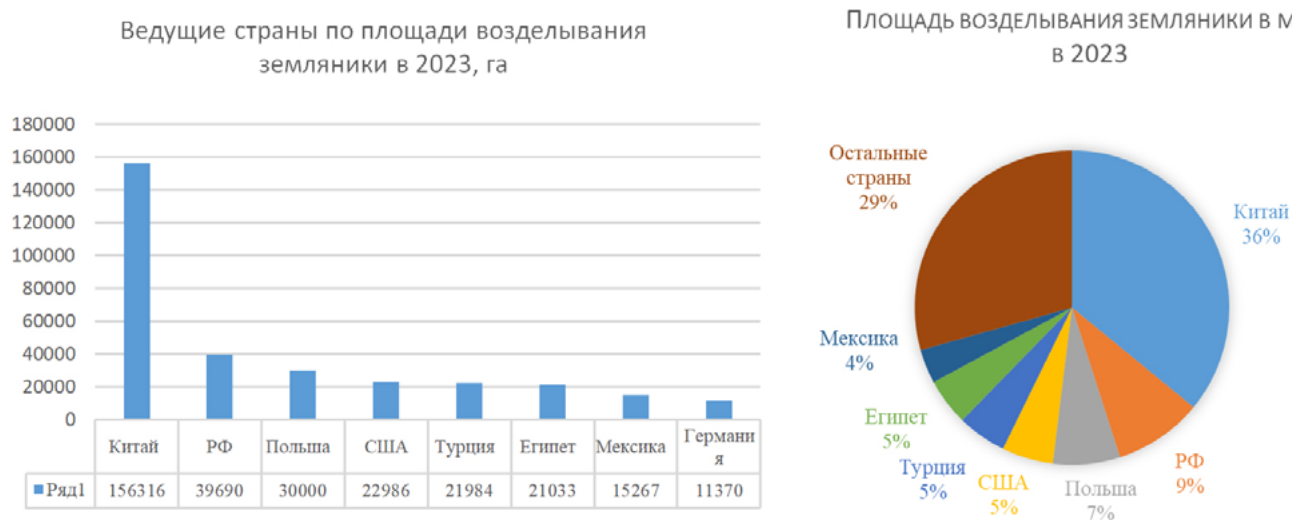


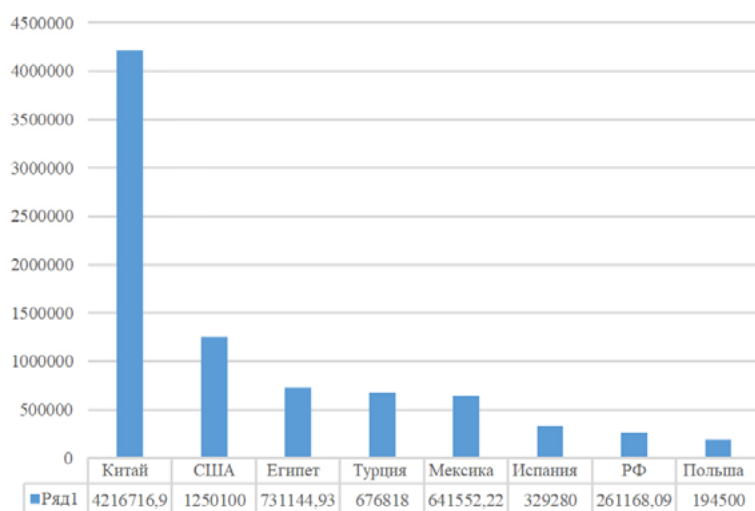
Рис. 1. Площади возделывания земляники садовой в мире

Fig. 1. Garden strawberry cultivation areas over the world

Род *Fragaria* относится к семейству Rosaceae Juss., подсемейству Rosoideae и, по оценкам разных авторов, включает в себя от 20 (Staudt, 1989) до 27 видов (Nathewet et al., 2009; Hummer et al., 2011; Johnson et al., 2014). Считают, что род начал формироваться в период плиоцена и плейстоцена (с 1,0 до 4,1 миллионов лет назад) в Восточной Азии, где появились диплоидные, а позже – первые тетраплоидные виды (Belozor, 1991; Njuguna et al., 2013). В дальнейшем представители рода расселились в Европу и Америку, где со временем появились уже

октоплоидные виды. Земляника садовая представляет собой спонтанный гибрид двух октоплоидных видов, который возник в середине XVIII века, когда растения *Fragaria chiloensis* (L.) Mill., завезенные из Чили, высадили во Франции вблизи растений *F. virginiana* (Duchesne) Mill., интродуцированных с востока Северной Америки. В 1817 г. в Англии местные селекционеры вывели первые сорта земляники садовой, используя клоны *F. virginiana* и *F. chiloensis*. В дальнейшем 95% сортов земляники создавались путем внутривидовой гибридизации (Zubov, 2004).

Ведущие страны по объему производства земляники в мире в 2023 г., т



Объем производства земляники садовой в мире в 2023 г.

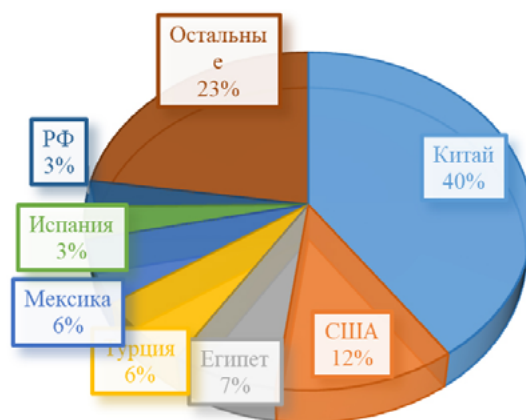


Рис. 2. Объем производства земляники садовой в мире

Fig. 2. Garden strawberry production outputs in the world

Динамика урожайности, площади возделывания, валового сбора земляники в России 1992-2023 гг., га

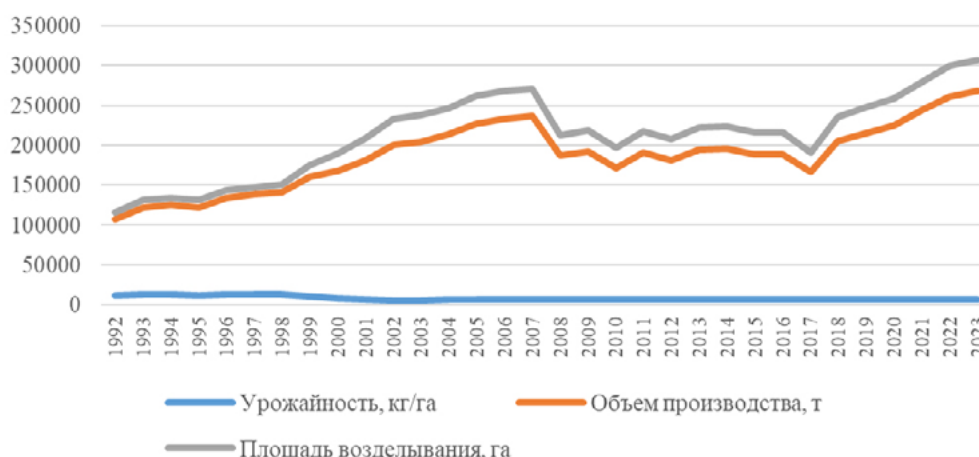


Рис. 3 Динамика урожайности, площади возделывания, валового сбора земляники в России за 1992–2023 гг.

Fig. 3. Dynamics of strawberry yield, cultivation acreage, and gross harvest in Russia for 1992–2023

Род *Fragaria* характеризуется четко выраженным полиплоидным рядом от диплоида до декаплоида с базовым числом хромосом $n = 7$.

В России род представлен 8 видами: диплоиды *F. viridis* (Duchesne) Weston, *F. vesca* L., *F. mandshurica* Staudt, *F. yezoensis* Hara, *F. iinumae* Makino, тетраплоид *F. orientalis* Losinsk., гексаплоид *F. moschata* Duchesne ex Weston, декаплоид *F. iturupensis* Staudt.

F. vesca ($2n = 14$) – земляника лесная – имеет самый широкий ареал из всех видов рода, который охватывает Голарктику, за исключением североатлантических остро-

вов Гренландии и Фарерских островов, Шпицбергена и арктической зоны Евразии (Shmidt, 1990; Hilmarsson et al., 2017). Земляника лесная произрастает в лесах, по их опушкам, лесным лугам, среди кустарников в лесной зоне, реже в степной, в тенистых и влажных местообитаниях. В горах поднимается до среднего и нижнего поясов (Brezhnev, Korovina, 1981; Kamelin, 2001). Земляника лесная раньше всех была введена в культуру: в настоящее время в культуре есть несколько десятков сортов данного вида. Благодаря высокой зимостойкости, раннему созреванию плодов, а также значительному содержанию

фолиевой кислоты и ароматических соединений в ягодах, некоторые экотипы обладают ценностью как лечебное средство и перспективны в качестве исходного материала для селекции (Zubov, 2004). В 2011 г. *F. vesca* была выбрана для секвенирования в качестве геномного эталона для рода *Fragaria* (Shulaev et al., 2011).

F. viridis ($2n = 14$) – земляника зеленая, или полуница, – распространен в Средней и Атлантической Европе, Скандинавии, Средиземноморье (кроме южной части), в Прибалтике, Средней Азии (на юге до Тянь-Шаня), в Крыму, на Кавказе, во всех районах европейской части России (кроме севера), в Западной и Восточной Сибири (по югу до озера Байкал) (Brezhnev, Korovina, 1981; Kamelin, 2001). Произрастает на суходольных и остепненных пойменных лугах, на степных участках в лесостепи, по опушкам лесов, в борах, на склонах гор. *F. viridis* отличается от других представителей рода *Fragaria* двумя уникальными характеристиками: неповторимым вкусом и наиболее плотной структурой плодов (Gruner et al., 2017). Отдельные экотипы могут служить ценным источником для селекции на зимостойкость (Kharchenko, Novikova, 2024, prepr.).

F. iinumae ($2n = 14$) – земляника Ийнумы – распространена в Японии, на юге острова Сахалин и на Южных Курилах (Vorobiev et al., 1974; Yakubov, 1996; Barkalov, Taran, 2004). Вид произрастает на опушках и лесных полянах в смешанных лесах, зарослях кустарников, по скалам и каменистым склонам, травянистым склонам морских террас (Yakubov, 1996). Среди всех диплоидов вид имеет свой уникальный признак – сизые листья. Растение с симподиальными столонами, цветки имеют от шести до восьми лепестков (Staudt, 1989; Yakubov, 1996). Предполагается, что *F. iinumae* может быть одним из диплоидных предков октоплоидных земляник (Liston et al., 2014).

F. yezoensis ($2n = 14$, – земляника иезская – распространена в Японии, на юге Сахалина, на Южных Курилах (Vorobiev et al., 1974; Yakubov, 1996; Barkalov, Taran, 2004). Вид произрастает на разнотравных лугах, в лиственных лесах и на их опушках (Yakubov, 1996).

F. mandshurica ($2n = 14$) – земляника маньчжурская – вид, выделенный G. Staudt из тетраплоидного вида *F. orientalis* Losinsk. (Staudt, 2003). G. Staudt предложил все гермафродитные диплоидные растения с признаками *F. orientalis*, произрастающие в Якутии, на юго-востоке оз. Байкал, от Монголии до Хабаровского края, а также в Хэйлунцзяне, Цилине и Северной Корее, считать *F. mandshurica* Staudt. Вид имеет разнообразные формы, различающиеся по силе роста, урожайности и вкусовым качествам. Ввиду высокой зимостойкости, раннеспелости, устойчивости к грибным болезням, высоким вкусовым качествам земляника восточная представляет ценный исходный генофонд для создания высокозимостойких сортов и гибридов (Kharchenko et al., 2024).

Тетраплоидный вид *F. orientalis* ($2n = 28$) – земляника восточная – широко распространен на азиатской территории России, его ареал охватывает Приморский и Хабаровский края, Амурскую область и Хэйлунцзян в Китае (Staudt, 2003). Земляника восточная произрастает в лес-

ной и лесостепной зонах, в сухих осветленных лесах, хвойных, лиственных и смешанных, на лесных опушках, на задернованных склонах, в горных районах – на травянистых и каменистых склонах лесного пояса, часто – на песчаных почвах и на каменистом субстрате (Belozor, 1991; Yakubov, 1996).

F. moschata ($2n = 42$) – земляника мускатная, или клубника, – единственный гексаплоид в роде *Fragaria*, распространена в южной части Скандинавии, Средней и Атлантической Европе, на северо-востоке Средиземноморья, в европейской части России до Урала (Kamelin, 2001; Buschmann et al., 2021). Вид произрастает в лесах, на опушках, среди кустарников, в парках (Kamelin, 2001). Растения в основном двудомные, но встречаются сорта и формы с обоеполюми цветками (Zubov, 2004). Плоды используются для приготовления варенья и кондитерских изделий, отличается от других видов мускатным ароматом.

F. iturupensis ($2n = 70$) – земляника итурупская – первый найденный в природе декаплоидный вид земляники. Вид имеет ограниченный ареал и был обнаружен на горе Ацунупури на острове Итуруп в южной части Большого Курильского архипелага. Учитывая географическое расположение, данная область, вероятно, служила убежищем во время последнего оледенения (Hummer et al., 2009). Данная находка представляет значительную ценность, так как может предоставить новые данные для дальнейших исследований в области эволюции земляники.

Биологические особенности земляники. Основными погодно-климатическими факторами, влияющими на эффективность вегетации земляники садовой, являются температура, осадки и фотопериод (Kharchenko et al., 2022). Вегетационный период земляники связан с периодом с температурой выше +5°C. Процесс цветения происходит лучше при температуре воздуха +15...+22°C, а для роста листьев и усов оптимум лежит в пределах +20...+25°C. При теплой и сухой погоде ягоды созревают быстрее, чем при прохладной и дождливой. Ягоды не завязываются и не созревают при температуре ниже +3°C, подсыхают и осыпаются при +30°C. Земляника – влаголюбивое растение, нормально растет при 70–80% полной влагоемкости почвы, не переносит переувлажнение. Оптимальная относительная влажность – 65–75%, во время цветения – 60–65%.

Земляника плохо переносит морозные зимы. Поверхностная корневая система земляники повреждается при минус 8°C, надземная часть растений может выдерживать –8°C без повреждений, в бесснежные зимы земляника погибает при понижении температуры до –12...–18°C, но может переносить температуру до –25...–35°C при наличии снежного покрова не менее 20–30 см (Kharchenko et al., 2023).

Селекция и селекционный материал. Свою популярность земляника садовая приобрела отчасти из-за своего аромата, который является результатом объедине-

ния сахаров, кислот и летучих органических соединений. Однако для коммерческого производства перед селекционерами поставили задачу выведения новых сортов с более высокой урожайностью, крупноплодностью, однородностью, транспортабельностью и устойчивостью к болезням и вредителям. Так, успехи селекционеров привели к увеличению прибыли фермеров и доступности продуктов для конечных потребителей (Folta, Klee, 2016). Результатом такой селекции стала огромная изменчивость среди коммерческих сортов земляники. Фактически новые генотипы, полученные европейскими и североамериканскими селекционными программами в XIX–XX веках, культивировались по всему миру до начала XXI века, но огромное количество новых разработанных генотипов было отброшено, и даже некоторые старые сорта были заменены новыми генотипами, демонстрирующими лучшие агрономические характеристики (Mezzetti, 2018). Такой подход привел к сильному сокращению генетических ресурсов земляники в селекцентрах, вызвав непоправимую потерю некоторых признаков, которые теперь могли бы играть важную роль в разработке новых сортов. Примером негативных последствий являются снижение ароматичности и стрессоустойчивости земляники (Ulrich et al., 1997; Aharoni et al., 2004). В частности, сравнительный анализ старых и современных сортов земляники показал уменьшение аллельного разнообразия на 35%, что связано с использованием ограниченного числа предков при начальной гибридизации в XVIII веке (Gil-Ariza et al., 2009; Horvath et al., 2011). Фокусировка на узком генофонде способствует ускоренной утрате генетического разнообразия, что требует пополнения доноров и источников для селекции.

Коллекция генетических ресурсов земляники в ВИР. Генофонд ягодных растений представляет собой сложную структуру генотипов и включает огромное число видов, сортов, гибридов, форм и т. д. (Yushev et al., 2016).

Работу по созданию генофонда земляники начали в 1926 г. на базе Ленинградского опорного пункта Всесоюзного института растениеводства «Красный пахарь», в настоящее время – научно-производственная база (НПБ) «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (г. Павловск). Коллекционный сортовой материал для сохранения и изучения поступал из США (Spring Hill, Scarff, Gurney, Allen, Experimental Station Geneva), Англии (Bath, Bernard, Burnham), Франции (Levavasseur, Barbier, Vilmorin, Groux), Германии (Späth, Bensch, Schmidt, Mülleklein, Frahm), Голландии (Ruys), Италии (Fratelli Ingegnolli, Er. Sgaravatti), Швеции (Alnårp's Trädgårdar), Латвии (Schoch), Украины (Млиевская опытная станция), России (Шушарская ферма, садоводство Регеля и Кессельринга, Обоянского плодового питомника, Барнаульской опытной станции и др.) (Rožanova, 1935). Образцы диких видов и форм, в том числе североамериканского и евразийского происхождения, были собраны в ходе экспедиций ВИР и получены от научно-исследовательских учреждений. С 1926 г. началась работа по сортоизучению и генетике, с 1930 г. – работа по селекции. По результатам исследований выведены первые сорта земляники для нашей страны, а в 1954 г. Ю. К. Катинская создала сорт 'Фестивальная', который получил широкое признание и распространение (с 1965 г. по настоящий момент включен в Госреестр по 11 регионам России).

В настоящее время коллекция генетических ресурсов земляники ВИР сохраняется и изучается в различных природно-климатических зонах нашей страны в полевых генных банках на Майкопской, Полярной опытных станциях, Крымской опытно-селекционной станции, а также на НПБ

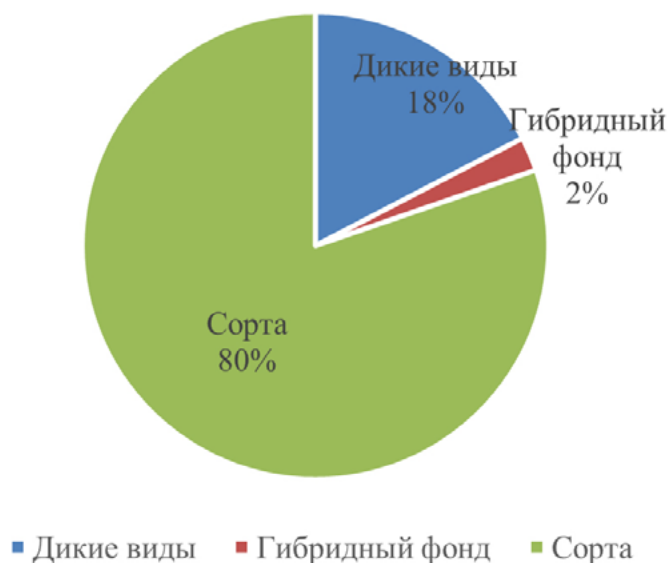


Рис. 4. Состав коллекции земляники ВИР по биологическому статусу

Fig. 4. Composition of VIR's strawberry collection in the context of its biological status

«Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» – филиалах Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР). Коллекция насчитывает по состоянию на декабрь 2024 г. 582 образца, представляющих все группы генофонда: сорта, межвидовые гибриды, дикие виды (рис. 4).

По географическому происхождению 60% образцов коллекции – из России, 9% – из США, 6% – из Украины (рис. 5).

По состоянию на 2024 г. В Государственный реестр

селекционных достижений включено 128 сортов земляники и один сорт земклуники (*F. anaschata* Kantor), из которых 86% составляют сорта отечественной селекции. В коллекции земляники ВИР сохраняются 39 сортов, зарегистрированных в Госсортреестре.

На НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» в живом виде сохраняются представители всего полиплоидного ряда рода *Fragaria*, от диплоида до декаплоида, а также все виды, произрастающие на территории России (рис. 6).

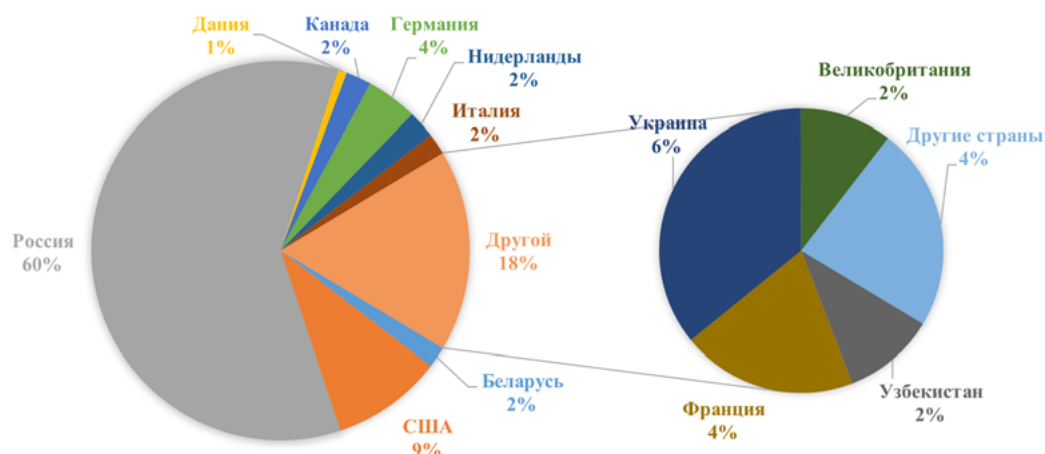


Рис. 5. Состав коллекции земляники ВИР по географическому происхождению
Fig. 5. Composition of VIR's strawberry collection in the context of its geographic origin



Рис. 6. Сверху, слева направо: а) 'Александра' (*Fragaria vesca* subsp. *vesca* f. *semperflorans* × *F. orientalis*) (к-49701); б) *Fragaria virginiana* (Duchesne) Mill. (к-14393); в) *F. mandshurica* Staudt (к-49726); д) *F. viridis* (Duchesne) Weston (к-49754); е) коллекция земляники на НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР»; ф) *F. moschata* Duchesne ex Weston (к-49730)

Fig. 6. Top to bottom and left to right: a) 'Alexandra' (*Fragaria vesca* ssp. *vesca* f. *semperflorans* × *F. orientalis*) (k-49701); b) *F. virginiana* (Duchesne) Mill. (k-14393); c) *F. mandshurica* Staudt (k-49726); d) *F. viridis* (Duchesne) Weston (k-49754); e) strawberry collection maintained at Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR; f) *F. moschata* Duchesne ex Weston (k-49730)

В национальный каталог особо ценных образцов генетических ресурсов растений вошли 395 образцов коллекции земляники ВИР, включающие староместные сорта, сорта, являющиеся источниками и донорами хозяйственно ценных признаков, старые и новые районированные сорта, межвидовые гибриды, а также дикie виды из автохтонных ареалов.

Заключение

Все виды рода *Fragaria* различаются по своим свойствам и признакам, степени выраженности этих признаков, контролируемых разными генами и комбинациями генов. В целом они образуют генофонд рода, который представляет большую ценность для современной и последующей селекции земляники. В связи с этим его необходимо собирать, сохранять, изучать и использовать в селекционных и других научных учреждениях, работающих с этой культурой.

References / Литература

- Aharoni A., Giri A.P., Verstappen F.W.A., Berteaux C.M., Sevenier R., Sun Z. et al. Gain and loss of fruit flavor compounds produced by wild and cultivated strawberry species. *The Plant Cell*. 2004;16(11):3110-3131. DOI: <https://doi.org/10.1105/tpc.104.023895>
- Barkalov V.Yu., Taran A.A. A checklist of vascular plants of Sakhalin Island. In: *Flora and Fauna of Sakhalin Island (Materials of International Sakhalin Island Project)*. Vladivostok: Dalnauka; 2004. Pt. 1. p.39-66. [in Russian] (Баркалов В.Ю., Таран А.А. Список видов сосудистых растений острова Сахалин. В кн.: *Растительный и животный мир острова Сахалин (Материалы Международного сахалинского проекта)*. Владивосток: Дальнаука; 2004. Ч. 1. С.39-66).
- Belozor N.I. Eastern strawberry (*Fragaria orientalis* Losinsk.) and its intraspecific taxa. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 1991;139:80-85. [in Russian] (Белозор Н.И. Земляника восточная (*Fragaria orientalis* Losinsk.) и ее внутривидовые таксоны. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1991;139:80-85).
- Brezhnev D.D., Korovina O.N. Crop wild relatives in the USSR flora (Dikiye sorodichi kulturnykh rasteniy flory SSSR). Leningrad: Kolos; 1981. [in Russian] (Брежнев Д.Д., Коровина О.Н. Дикie сородичи культурных растений флоры СССР. Ленинград: Колос; 1981).
- Buschmann S., Schrieffer J., Bölke N., Herklotz V., Neinhuis C., Olbricht K. et al. Origin, structure and genetic diversity of synanthropic populations of *Fragaria moschata* in Germany. *Flora*. 2021;275:151762. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2021.151762>
- FAO STAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food and Agriculture Data: [website]. Available from: <https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL> [accessed Nov. 15, 2024].
- Folta K.M., Klee H.J. Sensory sacrifices when we mass-produce mass produce. *Horticulture Research*. 2016;3:16032. DOI: <https://doi.org/10.1038/hortres.2016.32>
- Gil-Ariza D.J., Amaya I., López-Aranda J.M., Sánchez Sevilla J.F., Botella M.A., Valpuesta V. Impact of plant breeding on the genetic diversity of cultivated strawberry as revealed by expressed sequence tag-derived simple sequence repeat markers. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 2009;134:337-347. DOI: <https://doi.org/10.21273/JASHS.134.3.337>
- Gruner P., Ulrich D., Neinhuis C., Olbricht K. *Fragaria viridis* Weston: diversity and breeding potential of an underutilised strawberry species. *Acta Horticulturae*. 2017;1156:203-208. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1156.31>
- Hilmarsson H.S., Hytönen T., Isobe S., Göransson M., Toivainen T., Hallsson J.H. Population genetic analysis of a global collection of *Fragaria vesca* using microsatellite markers, *PLoS One*. 2017;12(8):e0183384. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183384>
- Horvath A., Sánchez-Sevilla J.F., Punelli F., Richard L., Sesmero-Carrasco R., Leone A. et al. Structured diversity in octoploid strawberry cultivars: importance of the old European germplasm. *Annals of Applied Biology*. 2011;159(3):358-371. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2011.00503.x>
- Hummer K.E., Bassil N., Njuguna W. *Fragaria*. In: Ch. Kole (ed.). *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources. Temperate Fruits*. Berlin; Heidelberg: Springer; 2011. p.17-44. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-16057-8_2
- Hummer K.E., Nathewet P., Yanagi T. Decaploidy in *Fragaria iturupensis* (Rosaceae). *American Journal of Botany*. 2009;96(3):713-716. DOI: <https://doi.org/10.3732/ajb.0800285>
- Johnson A.L., Govindarajulu R., Ashman T.L. Bioclimatic evaluation of geographical range in *Fragaria* (Rosaceae): consequences of variation in breeding system, ploidy and species age. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2014;176(1):99-114. DOI: <https://doi.org/10.1111/boj.12190>
- Kamelin R.V. *Fragaria* L. In: *Flora Europae Orientalis. Vol. 10*. St. Petersburg: Mir i Semya; 2001. p.452-456. [in Russian] (Камелин Р.И. *Fragaria* L. В кн.: *Флора Восточной Европы. Т. 10*. Санкт-Петербург: Мир и Семья; 2001. С.452-456).
- Kharchenko A.A., Belevtsova V.I., Chukhina I.G. Strawberry cultivars with *Fragaria orientalis* Losinsk. in their pedigrees. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2024;185(2):189-200. [in Russian] (Харченко А.А., Белевцова В.И., Чухина И.Г. Сорта земляники с использованием *Fragaria orientalis* Losinsk. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2024;185(2):189-200). DOI: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2024-2-189-200>
- Kharchenko A.A., Novikova L.Yu. Comparison of winter hardiness components in *Fragaria* L. accessions with different phenorhythmotypes in an artificial climate chamber. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. [preprint] 2024. [in Russian] (Харченко А.А., Новикова Л.Ю. Сравнение компонентов зимостойкости образцов рода *Fragaria* L. с разным феноритмом в камере искусственного климата. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. [в печати] 2024).
- Kharchenko A.A., Novikova L.Yu., Khudonogova E.G. Dependence of winter hardiness of garden strawberries on soil temperature in the North-Western region of Russia. *Vestnik IrGSHA*. 2023;1(114):49-58. [in Russian] (Харченко А.А., Новикова Л.Ю., Худоногова Е.Г. Зависимость зимостойкости земляники садовой от температуры почвы в Северо-Западном регионе России. *Вестник ИрГХА*. 2023;1(114):49-58). DOI: <https://doi.org/10.51215/1999-3765-2023-114-49-58>
- Kharchenko A.A., Novikova L.Yu., Khudonogova E.G. Ecological and phenological features and yield of garden strawberries (*Fragaria × ananassa* Duch.) in the North-Western region of Russia. *Vestnik IrGSHA*. 2022;2(109):55-63. [in Russian] (Харченко А.А., Новикова Л.Ю., Худоногова Е.Г. Эколого-фенологические особенности и урожайность земляники садовой (*Fragaria × ananassa* Duch.) в Северо-Западном регионе России. *Вестник ИрГХА*. 2022;2(109):55-63). DOI: <https://doi.org/10.51215/1999-3765-2022-109-55-63>
- Liston A., Cronn R., Ashman T.L. *Fragaria*: a genus with deep historical roots and ripe for evolutionary and ecological insights. *American Journal of Botany*. 2014;101(10):1686-1699. DOI: <https://doi.org/10.3732/ajb.1400140>
- Mezzetti B., Giamplieri F., Zhang Y.T., Zong C.F. Status of strawberry breeding programs and cultivation systems in Europe and the rest of the world. *Journal of Berry Research*. 2018;8(3):205-221. DOI: <https://doi.org/10.3233/jbr-180314>
- Nathewet P., Yanagi T., Hummer K.E., Iwatsubo Y., Sone K. Karyotype analysis in wild diploid, tetraploid and hexaploid strawberries, *Fragaria* (Rosaceae). *Cytologia*. 2009;74(3):355-364. DOI: <https://doi.org/10.1508/cytologia.74.355>
- Njuguna W., Liston A., Cronn R., Ashman T.L., Bassil N. Insights into phylogeny, sex function and age of *Fragaria* based on whole chloroplast genome sequencing. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2013;66(1):17-29. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2012.08.026>
- Rachenko M.A., Rachenko A.M., Kiseleva E.N., Kamyshova L.E. Prospects for year-round cultivation of large-fruited strawberries in the conditions of the Southern Pre-Baikal region. *Vestnik IrGSHA*. 2021;2(103):42-52. [in Russian] (Раченко М.А., Раченко А.М., Киселева Е.Н., Камышова Л.Е. Перспективы круглогодичного выращивания крупнофруктовых земляник в условиях южного Прибайкалья. *Вестник ИрГХА*. 2021;2(103):42-52).

- Киселева Е.Н., Камышова Л.Е. Перспективы круглогодичного выращивания земляники крупноплодной в условиях южного Предбайкалья. *Вестник ИРГСХА*. 2021;2(103):42-52. DOI: <https://doi.org/10.51215/1999-3765-2021-103-42-52>
- Rozanova M.A. Berry crops (Yagodnye kultury). In: *Krasny Pakhar. Northern Experimental Base of VIR (Krasny Pakhar. Severnaya eksperimentalnaya baza VIR)*. Leningrad; Moscow; 1935. p.54-65. [in Russian] (Розанова М.А. Ягодные культуры. В кн.: *Красный Пахарь. Северная экспериментальная база ВИР*. Ленинград; Москва; 1935. С.54-65).
- Shmidt V.M. (ed.). Areas of medicinal plants and their relatives in the USSR: an atlas (Arealy lekarstvennykh i rodstvennykh im rasteniy SSSR: atlas). 2nd ed. Leningrad: Leningrad University; 1990. p.35-36. [in Russian] (Ареалы лекарственных и родственных им растений СССР: атлас / под ред. В.М. Шмидта. 2-е изд. Ленинград: Ленинградский университет; 1990. С.35-36).
- Shulaev V., Sargent D.J., Crowhurst R.N., Mockler T.C., Folkerts O., Delcher A.L. et al. The genome of woodland strawberry (*Fragaria vesca*). *Nature Genetics*. 2011;43(2),109-116. DOI: <https://doi.org/10.1038/ng.740>
- Staudt G. Notes on Asiatic *Fragaria* species: III. *Fragaria orientalis* Losinsk. and *Fragaria mandshurica* spec. nov. *Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie*. 2003;124(4):397-419. DOI: <https://doi.org/10.1127/0006-8152/2003/0124-0397>
- Staudt G. The species of *Fragaria*, their taxonomy and geographical distribution. *Acta Horticulturae*. 1989;265:23-34. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1989.265>
- Ulrich D., Hoberg E., Rapp A., Kecke S. Analysis of strawberry flavour – discrimination of aroma types by quantification of volatile compounds. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und Forschung*. 1997;205(3):218-223. DOI: <https://doi.org/10.1007/s002170050154>
- Vorobiev D.P., Woroshilov V.N., Gurzenkov N.N., Doronina J.A., Egorova E.M., Neczaeva T.I., Probatova N.S., Tolmatchev A.I., Czernjaeva A.M. Key for the Vascular Plants of Sakhalin and Kurile Islands. Leningrad: Nauka; 1974. [in Russian] (Воробьев Д.П., Ворошилов В.Н., Гурзенков Н.Н., Доронина Ю.А., Егорова Е.М., Нечаева Т.И., Пробатова Н.С., Толмачев А.И., Черняева А.М. *Определитель высших растений Сахалина и Курильских островов*. Ленинград: Наука; 1974).
- Yakubov V.V. Strawberry – *Fragaria* L. (Zemlyanika – *Fragaria* L.). In: S.S. Kharkevich (ed.). *Vascular Plants of the Soviet Far East (Sosudistye rasteniya sovetского Dalnego Vostoka)*. St. Petersburg: Nauka; 1996. Vol. 8. p.163-165. [in Russian] (Якубов В.В. Земляника – *Fragaria* L. В кн.: *Сосудистые растения советского Дальнего Востока* / под ред. С.С. Харкевича. Санкт-Петербург: Наука; 1996. Т. 8. С.163-165).
- Yushev A.A., Sorokin N.A., Tikhonova O.A., Orlova S.Yu., Kislin E.N., Radchenko O.E., Pupkova N.A., Shlyavas A.V. The collection of fruit and berry plant genetic resources: preservation, replenishment, and study: Guidelines (Kolleksiya geneticheskikh resursov plodovykh i yagodnykh rasteniy: sokhraneniye, popolneniye, izucheniye: Metodicheskiye ukazaniya). A.A. Yushev, I.G. Chukhina (eds). St. Petersburg: VIR; 2016. [in Russian] (Юшев А.А., Сорокин Н.А., Тихонова О.А., Орлова С.Ю., Кислин Е.Н., Радченко О.Е., Пупкова Н.А., Шлявас А.В. Коллекция генетических ресурсов плодовых и ягодных растений: сохранение, пополнение, изучение: Методические указания / под. ред. А.А. Юшева, И.Г. Чухиной. Санкт-Петербург: ВИР; 2016).
- Zubov A.A. Theoretical foundations of strawberry breeding (Teoreticheskiye osnovy selektsii zemlyaniki). Michurinsk; 2004. [in Russian] (Зубов А.А. Теоретические основы селекции земляники. Мичуринск; 2004).

Информация об авторах

Анастасия Анатольевна Харченко, младший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, akkhara47@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3983-0082>

Ирена Георгиевна Чухина, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, i.chukhina@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3587-6064>

Information about the authors

Anastasiia A. Kharchenko, Associate Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, akkhara47@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3983-0082>

Irena G. Chukhina, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, i.chukhina@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3587-6064>

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 02.12.2024; одобрена после рецензирования 13.12.2024; принята к публикации 21.12.2024.

The article was submitted on 02.12.2024; approved after reviewing on 13.12.2024; accepted for publication on 21.12.2024.