



Сохранение генетических ресурсов рода *Rubus* (Rosaceae) *ex situ* (обзор)

С. Е. Дунаева¹, Л. С. Красовская², Т. А. Гавриленко¹

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

² Ботанический институт имени В.Л. Комарова Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Светлана Ефимовна Дунаева, dunaevase@mail.ru

В настоящем обзоре рассматриваются вопросы сохранения *ex situ* генетических ресурсов рода *Rubus* L. в мировых генбанках, а также институтах и учреждениях разных стран. В исследуемой проблематике наиболее актуальными становятся вопросы сохранения меж- и внутривидового разнообразия и его рационального использования в селекционных программах. Основное внимание уделено помологически важным под родам – малин *Idaeobatus* Focke (= *Batidaea* (Dumort.) Greene) и ежевик *Rubus* (= *Eubatus* Focke).

Приводится детальная информация о составе и численности полевых, *in vitro* и криоколлекций, а также коллекций семян; анализируются особенности сохранения генетических ресурсов рода в разных типах коллекций. Обобщена отсутствующая в международных базах данных информация о коллекциях рода, сохраняемых в Российской Федерации. Особое внимание уделено коллекции малины и ежевики Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) – истории ее создания и современному состоянию.

В клоновом генбанке ВИР в настоящее время сохраняют 359 образцов рода *Rubus*, относящихся преимущественно к под родам малин (*Idaeobatus*) и ежевик (*Rubus*); из них в полевой коллекции поддерживают 209 образцов, в коллекции *in vitro* – 150. В коллекции ВИР преобладают селекционные сорта малины – 170 образцов, из которых 126 – отечественной селекции. Дикорастущие виды представлены в основном сборами на территории Русского Севера – 49 клонами малины обыкновенной (*Rubus idaeus* L.), 6 – морошки (*R. chamaemorus* L.) и сборами ежевики на территории Кавказа (35 образцов – 26 видов). Приводятся данные о видовом разнообразии рода в природной флоре Российской Федерации и обсуждается стратегия пополнения, изучения и сохранения генетических ресурсов рода *Rubus* в генбанке ВИР.

Ключевые слова: малина, ежевика, видовое разнообразие, коллекции, *in vitro*, криоконсервация, генбанки

Благодарности: работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № 0481-2022-0004 «Совершенствование подходов и методов *ex situ* сохранения идентифицированного генофонда вегетативно размножаемых культур и их диких родичей, разработка технологий их эффективного использования в селекции» и плану исследований Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (ЛЕ), тема № АААА-А19-119031290052-1 «Сосудистые растения Евразии: систематика, флора, растительные ресурсы». Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Для цитирования: Дунаева С.Е., Красовская Л.С., Гавриленко Т.А. Сохранение генетических ресурсов рода *Rubus* (Rosaceae) *ex situ* (обзор). Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022;183(1):236-253. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-236-253

Original article

DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-236-253

***Ex situ* conservation of *Rubus* L. (Rosaceae) genetic resources (a review)**

Svetlana E. Dunaeva¹, Lyudmila S. Krasovskaya², Tatjana A. Gavrilenko¹¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia² Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia**Corresponding author:** Svetlana E. Dunaeva, dunaevase@mail.ru

This review examines the issues of *ex situ* conservation of *Rubus* L. genetic resources in the world's genebanks and various institutions in different countries. The most urgent among the studied problems are the issues of preserving interspecific and intraspecific diversity and its sustainable utilization in breeding programs. The main attention is paid to pomologically important subgenera – raspberries *Idaeobatus* Focke (= *Batidaea* (Dumort.) Greene) and blackberries *Rubus* (= *Eubatus* Focke). Detailed information is provided on the composition and size of field, *in vitro* and cryogenic collections as well as seed collections. Specific features of conserving the genus's genetic resources in collections of different types are analyzed. Information on collections of the genus preserved in the Russian Federation, unavailable in international databases, is summarized. Particular attention is paid to the collection of raspberries and blackberries held by the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), including the history of its formation and the current state.

VIR's clonal genebank currently preserves 359 accessions of *Rubus* L., belonging mainly to the subgenera of raspberries (*Idaeobatus*) and blackberries (*Rubus*): 209 of these accessions are maintained in the field collection, and 150 in the *in vitro* collection. Raspberry cultivars developed through breeding dominate in the VIR collection – 170 accessions, among which 126 have been released by domestic breeders. Wild species are mainly represented by those collected in the Russian North – 49 clones of red raspberry (*Rubus idaeus* L.) and 6 of cloudberries (*R. chamaemorus* L.) – and in the Caucasus (35 accessions of 26 species). The data on the species diversity of the genus in Russian natural flora are presented and the strategy of replenishment, study and conservation of *Rubus* L. genetic resources at VIR's genebank is discussed.

Keywords: raspberries, blackberries, species diversity, collections, *in vitro*, cryopreservation, genebanks

Acknowledgments: The research was performed within the framework of the State Task according to the theme plan of VIR, Project No. 0481-2022-0004 “Improving the approaches and methods for *ex situ* conservation of the identified genetic diversity of vegetatively propagated crops and their wild relatives, and development of technologies for their effective utilization in plant breeding”, and within the framework of the institutional research project of the Komarov Botanical Institute of the RAS (LE), Topic No. AAAA-A19-119031290052-1 “Vascular plants of Eurasia: systematics, flora, plant resources”.

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

For citation: Dunaeva S. E., Krasovskaya L. S., Gavrilenko T. A. *Ex situ* conservation of *Rubus* L. (Rosaceae) genetic resources (a review). *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2022;183(1):236-253. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-236-253

Введение

Сохранение и рациональное использование генетического разнообразия культурных видов растений и их диких родичей (ДРКР) – основа продовольственной безопасности любой страны, определяющая ее устойчивое развитие. Представители обширного рода *Rubus* L., включающего около 750 видов (Alice, Campbell, 1999; Lu, Boufford, 2003), распространены практически по всему земному шару, кроме Антарктиды. Многие из них (преимущественно малины и ежевики) издревле активно использовались населением и позднее, благодаря своей неприхотливости при возделывании, стали ценными ягодными культурами, плоды которых имеют важное пищевое и лекарственное значение. С развитием селекции использование видового разнообразия малин и ежевик приобрело еще большую актуальность.

Род *Rubus* (триба Rubeae Dumort., подтриба Rubinae Focke, подсемейство Rosoideae Arn.) является одним из крупнейших в семействе розовых. Таксономически сложный, с подразделениями разных рангов род представлен 16 подродами (Krasovskaya, 2002). Видовое разнообразие, спонтанная межвидовая гибридизация, многочисленные интрогрессивные формы (особенно в подроде *Rubus*), широкие возможности для адаптации, частый апомиксис с последующей стабилизацией апомиктных форм и полиплоидия (Jennings, 1988; Thompson, 1997) приводят к формированию широкого спектра изменчивости морфологических признаков, что сильно затрудняет определение видовой принадлежности и выражается в разногласиях в вопросе трактовки объема рода (Mabberley, 1998). Монографическая обработка рода *Rubus* мирового масштаба (Focke, 1910, 1911) включала 429 видов (12 подродов), из которых наиболее крупными являются *Rubus* (= *Eubatus* Focke) (ежевика – 132 вида), *Idaeobatus* (Focke) (малина – 117), *Malachobatus* Focke (Focke) (115 видов). В дальнейших региональных обработках значительно увеличилось число подразделений рода, в частности серий (series), объединяющих группы близкородственных таксонов, а также число видов, в частности в подроде ежевика – примерно до 400, среди которых описаны тысячи апомиктных форм (Jennings, 1988, Wagner et al., 1999), и в подроде малин – до 135 (Thompson, 1997).

На основании молекулярно-генетических исследований в пределах рода *Rubus* выделяют новые группы, что создает основу для переоценки подразделений рода. В данной статье мы не касаемся вопросов молекулярной систематики и филогенетических связей видов в пределах рода, изложение которых можно найти в соответствующих публикациях (Alice, Campbell, 1999; Carter et al., 2019; Kiani et al., 2021).

Генетическое разнообразие рода *Rubus* обусловлено формообразовательными процессами, которые привели к формированию трех крупных подродов, отличающихся биоморфологическими особенностями: малины (*Idaeobatus*), ежевики (*Rubus* = *Eubatus*), азиатские малины (*Malachobatus*) и несколько мелких ветвей. В диссертации Л. С. Красовской (Krasovskaya, 2002) указывается, что плоды (соплодия) в роде можно сгруппировать в четыре основных типа в зависимости от особенностей разрастания цветоложа, различной степени соприкосновения или смыкания плодолистиков, сухости или сочности мезокарпии зрелых костяночек. (1) Тип «малины» – по мере созревания плодов наружный сочный мезокарпий слипается своими выростами и образует плод, который легко снимается с сочного цветоложа. (2) Тип «ежеви-

ки» – зрелый плод состоит из смыкающихся плодолистиков и отделяется вместе с верхушкой усохшего конического цветоложа. (3) Тип «азиатские малины» в Юго-Восточной Азии – со смешанными признаками вышеперечисленных плодов. (4) Тип «костяники» – зрелые сочные костяночки легко отделяются друг от друга. Вариации этих типов плодов встречаются у представителей и других подродов.

Наибольшую помологическую ценность имеют представители подродов малин (*Idaeobatus*) и ежевик (*Rubus*). Подрод малин распространен преимущественно в Азии, но некоторые виды произрастают также в Европе, Северной Америке, Восточной и Южной Африке. Наибольшее разнообразие видов наблюдается на юго-западе Китая, вероятном центре происхождения подрода. Представители подрода ежевик встречаются по всему миру, центры разнообразия культивируемых ежевик находятся в Северной Америке и Евразии (Bologovskaya, 1936; Jennings, 1988). Происхождение рода связывали с Гималаями (Focke, 1910), гипотетическим центром видообразования L.-T. Lu (1983) считал Юго-Восточный Китай; L.A. Alice, C.S. Campbell (1999) указывали на полиотное происхождение рода с тремя центрами: 1 – Северная Америка с Мексикой и Гватемалой; 2 – Юго-Восточная Азия вместе с Австралией и Новой Зеландией, Тасманией и югом Южной Америки; 3 – Запад Северной Америки и Дальний Восток, включая Японию; Европа же является вторичным центром видообразования.

Представители подрода малин (*Idaeobatus*) преимущественно диплоидны ($2n = 14$), с незначительным числом триплоидов и тетраплоидов (Kichina 1973; Thompson, 1997). Виды подрода ежевик (*Rubus*) формируют полиплоидные ряды от $2x$ ($2n = 14$) до $12x$ ($2n = 84$) с основным числом хромосом $x = 7$, а также включают анеуплоиды разного уровня плоидности (Gruner, 1985; Thompson, 1997).

Разнообразие рода на территории России

Во флоре России произрастают представители семи подродов: subgen. *Idaeobatus*, subgen. *Rubus*, subgen. *Cylactis* (Raf.) Focke, монотипные subgen. *Chamaerubus* O. Kuntze (= *Chamaemorus* L.), subgen. *Hummulibatus* Krassovsk., subgen. *Petrobatus* (Čelak.) Krassovsk. и спорадически встречающийся (гибридного происхождения?) subgen. $\times$ *Idaeorubus* Holub (Krasovskaya, 2001), среди которых эндемичных подродов нет.

На территории России выделяют три центра видового разнообразия ежевик: в Калининградской области, где западноевропейские таксоны находятся на восточной границе своих ареалов; в Крыму, где распространены крымские формы средиземноморского происхождения, иногда трактуемые как эндемики; российском Кавказе (в основном в Предкавказье) в виде совокупности средиземноморских и кавказских представителей (Krasovskaya, неопубликованные данные). У малин таких крупных центров видового разнообразия на территории России нет. В то же время следует отметить ряд видов с обширными ареалами: от Северного Урала (бассейн реки Мезени) до Дальнего Востока: железистоопушенные *R. matsurianus* Lév. et Vaniot. (= *R. sachalinensis* Lév.) и с почти таким же ареалом, как у предыдущего вида, *R. melanolasius* sensu Focke – неопределенного таксономического статуса. На Дальнем Востоке встречаются *R. komarovii* Nakai (гололистная форма железистоопушенных малин) и используемый в селекции *R. crataegifolius* Bunge. Евразий-

ская малина обыкновенная (*R. idaeus*), родоначальник большинства культурных сортов, имеет самый большой ареал на территории России: к северу до 69°25' с. ш. (Кольский п-ов, р. Печенга), на юге и на западе до ее административных границ, к востоку до Енисейского края и Бурят-Монголии (оз. Байкал, устье р. Сипуской) (Sinkova, 1980). При этом внутривидовое разнообразие малины обыкновенной (*R. idaeus*) представлено небольшим числом разновидностей – восемь (названия приведены без синонимии): var. *aculeatissimus* C.A. Mey., var. *angustifolius* Schmidely, var. *anomalus* Arrhen., var. *denudatus* Schimp. et Spenn., var. *idaeus*, var. *leucocarpus* Hayne, var. *maritimus* Arrhen., var. *microphyllus* Turcz. (Krasovskaja, 2018).

Виды любой территории можно группировать по категориям: аборигенные (автохтонный и аллохтонный элементы флоры); виды адвентивные (заносные и инвазивные – чуждые, внедрившиеся элементы, как следствие антропогенного влияния на флору). Существует несколько типов классификаций адвентивных таксонов, которые отображают стратегию их адаптации. Культивируемые в Европе и Азии дикорастущие североамериканские *R. occidentalis* L., *R. allegheniensis* Porter, *R. strigosus* Michx. используются в селекции для получения новых сортов (культурных). Представители этих культивируемых видов могут дичать и в некоторых случаях, успешно внедряясь в естественные ценозы и антропогенно нарушенные местообитания, натурализуются и переходят в категорию адвентивных.

Правила образования, обнародования и употребления названий культурных сортов, используемых в сельском хозяйстве, лесоводстве и садоводстве, регулируются Международным кодексом номенклатуры культурных растений (Brickell et al., 2016).

Генетические ресурсы видов рода *Rubus*, используемые в программах по расширению разнообразия селекционных сортов

Снижение уровня генетического разнообразия современных сортов (генетическая эрозия) является одной из ключевых проблем в селекции многих культур, включая малины и ежевики. Наиболее часто в селекционном процессе используют три культивируемых вида малин: *R. idaeus* (малина обыкновенная), *R. strigosus* (малина щетинистая) и *R. occidentalis* (малина западная, или черная), которые относятся к секции *Idaeanthi* Focke. Важно отметить, что в селекции применялось ограниченное число дикорастущих образцов *R. idaeus* и *R. strigosus* и их межвидовых гибридов, а впоследствии – предельно ограниченное число сортов-родоначальников, которые многократно включались в последующий селекционный процесс (Jennings, 1988; Dale et al., 1993; Graham, Brennan, 2018). Так, результаты изучения родословных 137 сортов малины, выведенных в разных странах, указывают на ограниченный набор сортов-родоначальников (Dale et al., 1993). Изученная выборка включала и 34 сорта малины отечественной селекции. Позднее этот вывод подтвердили Н. К. Hall с коллегами (Hall et al., 2009), которые проанализировали родословные 6000 сортов и селекционных клонов, созданных в рамках селекционных программ разных стран. Результаты молекулярно-генетического анализа, выполненного с использованием различных ДНК-маркеров, также указывают на низкий уровень полиморфизма изученных выборок образцов, включавших: 41 сорт малины обыкновенной (*R. idaeus*), проанализированный с 15 SSR-маркерами (Lācis et al., 2017);

21 сорт малины западной (*R. occidentalis*) – с 18 SSR-маркерами (Dossett et al., 2010) и 10 сортов ежевики, изученных с 7 AFLP-маркерами (Ipek et al., 2009). В совместных исследованиях сотрудников ВИР с зарубежными коллегами (Lamoureux et al., 2011) с использованием 8 SSR-маркеров были генотипированы 93 сорта малины обыкновенной из коллекции научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (ранее Павловская опытная станция ВИР), у которых также был выявлен низкий уровень генетического полиморфизма.

Одним из резервов расширения генетического разнообразия сортов малины является привлечение в скрещивания дикорастущих видов рода. Использование полученных с их участием межвидовых гибридов и интрогрессивных форм наиболее актуально для расширения генетического разнообразия генофонда современных селекционных сортов по устойчивости к абиотическим стрессорам, грибным и вирусным болезням. В европейских селекционных программах (Finn, Knight, 2002) 16 видов, в основном азиатских малин, участвовали в качестве источников новых важных для селекции признаков. В пяти селекционных программах США (Finn et al., 2002) среди 58 видов из подродов *Anoplobatus* (Focke) Focke, *Chamaemorus*, *Cylactis*, *Dalibardastrum* Focke, *Idaeobatus*, *Malachobatus*, *Orobatus* Focke и *Rubus* было выделено 19 с ценными для селекции признаками, описание которых приведены V. H. Knight (2004).

Приоритетным направлением использования в селекции генетического потенциала дикорастущих видов является поиск источников устойчивости к вредителям и болезням. Так, из 132 изученных дикорастущих популяций малины западной *R. occidentalis* были выделены три, в которых были идентифицированы клоны, резистентные к мозаичным вирусам, переносчиком которых по всей Северной Америке является крупная малиновая тля (*Amphorophora agathonica* Hottes) (Dossett, Finn, 2010). С использованием выявленных источников устойчивости было изучено наследование этого ценного признака, и в дальнейшем он был интрогрессирован в элитные селекционные клоны (Bushakra et al., 2015).

Видовое разнообразие рода *Rubus* также привлекается в селекционные программы России, хотя и менее активно. Например, образцы дикорастущих видов *R. idaeus*, *R. crataegifolius* и *R. occidentalis* участвовали в создании сортов малины селекции НИИ садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко: 'Зоренька Алтая', 'Искра', 'Кредо', 'Королек', 'Огонек сибирский', 'Сибиряночка', 'Блестящая', 'Уголек', 'Поворот' (<http://www.niilisavenko.org/varieties/rasp.htm>). Образцы видов подрода *Idaeobatus* – малины западной (*R. occidentalis*), м. душистой (*R. odoratus* L.), м. боярышничколистной (*R. crataegifolius*), м. замечательной (*R. spectabilis* Pursh.), а также княженики обыкновенной, или поленики (*R. arcticus* L. из подрода *Cylactis*), были использованы И. В. Казаковым с соавторами (Kazakov et al., 2016) в скрещиваниях с сортами малины обыкновенной (*R. idaeus*), что позволило создать 20 ремонтантных сортов малины с рядом селекционно ценных признаков.

Методы сохранения генетического разнообразия малин и ежевик

Для сохранения генетических ресурсов растений используются две базовых стратегии: *in situ* (в естественной среде обитания) и *ex situ* (вне исходной среды обита-

ния). Сохранение *in situ* осуществляется на особо охраняемых природных территориях (ООПТ) различных рангов – в государственных природных заповедниках и заказниках, природных парках; а также в культуре – в фермерских хозяйствах (базовые резерваты *in situ*, on farm), в садах (home gardens) с применением традиционных приемов агрокультур. Также используют метод реинтродукции как способ восстановления популяций редких видов растений и растительных сообществ (Smekalova, 2011). В условиях *ex situ* в полевых, *in vitro* и криоколлекциях сохраняются сорта, гибриды и отобранные клоны образцов разных видов рода *Rubus* (источники и доноры ценных признаков). В генбанках в условиях низкотемпературного хранения сохраняется меж- и внутривидовое (популяционное) генетическое разнообразие в виде коллекций живых семян. Оба метода сохранения генетических ресурсов растений – *in situ* и *ex situ* – имеют свои достоинства и недостатки. Для устойчивого развития программ по сохранению и рациональному использованию генетических ресурсов растений необходимо сочетание методов сохранения *in situ* и *ex situ* как взаимодополняющих (Smekalova, Talovina, 2011).

Типы коллекций и их использование в генетических банках растений

Комплексное использование разных типов коллекций (полевых, *in vitro*, крио, коллекций семян) повышает надежность сохранения генетических ресурсов в генетических банках растений.

Программы сохранения генетического разнообразия растений *ex situ* ориентируются преимущественно на полевые коллекции, в которых проводится пополнение и изучение сохраняемого генофонда рода *Rubus*. Привлекаются и выделяются из существующей коллекции источники и доноры хозяйственно полезных признаков, формируется стержневая коллекция образцов. Для малины и ежевики важными селекционными признаками являются высокие показатели продуктивности, вкусовых качеств и транспортабельности плодов, зимостойкость, устойчивость к болезням и вредителям. Особое значение придается включению в полевую коллекцию местных/традиционных сортов, которые утрачиваются из-за потери интереса к ним со стороны пользователей, и их сохранность как носителей возможных ценных аллелей адаптивности могут обеспечить только генетические банки. В частности, Шведский национальный генный банк проводит поиск таких образцов ягодных культур, в том числе клонов малины, назначая им статус так называемых «мандатных» сортов. К ним относят местные сорта, которые были выведены, размножены в Швеции или имеют долгую историю выращивания в этой стране. Отмечено, что старые местные сорта, как правило, труднее всего найти и идентифицировать. В список мандатных сортов Швеции уже занесены 38 сортов малины и ежевики (Hjalmarsson, 2020).

Одной из основных задач в работе с полевой коллекцией является верификация сортов. Р. П. Бологовская, проводившая апробацию сортов малины на первых этапах формирования коллекции ВИР, отмечала, что даже из крупных зарубежных фирм поступало от 6% до 22% неправильно определенных сортов. Верификацию сортов затрудняет использование в их названиях синонимов. Например, у 13 сортов малины было отмечено наличие от двух до восьми синонимов (Bologovskaya, 1937).

Для идентификации сорта обращаются к соответствующей литературе и авторским документам – описанию селекционного достижения и анкете сорта, в которых указываются такие критерии сорта, как отличимость, однородность, стабильность; также обращаются к гербарным образцам. В настоящее время в ВИР создаются номенклатурные стандарты сортов различных культур, включая сорта малины отечественной селекции. В соответствии с положениями Международного кодекса культурных растений (Brickell et al., 2016) номенклатурный стандарт – предпочтительно гербарный образец сорта, который оформляется на основе растительного материала, полученного от автора (соавтора) сорта или официального представителя учреждения, в котором был выведен сорт. Такой гербарный образец дополняется фотографиями сортоспецифичных морфологических признаков, регистрируется в качестве номенклатурного стандарта сорта и хранится в научном гербарии. В ВИР инициирована комплексная программа по созданию номенклатурных стандартов сортов, их молекулярно-генетической паспортизации, в том числе с привлечением ДНК-маркеров, ассоциированных с локусами определенных важных для селекции признаков, а также сохранением генотипа номенклатурного стандарта в контролируемых условиях среды – *in vitro* и криоколлекциях (Gavrilenko, Chukhina, 2020). Такие исследования начаты и для сортов малин. Первые номенклатурные стандарты российских сортов малин недавно опубликованы (Kamnev et al., 2021).

Сохранение в полевых коллекциях, особенно старых посадок, чистосортности сортов малины, размножающейся корневыми отпрысками, имеет определенный риск, поэтому существует необходимость периодически проводить верификацию сортов. Корневая система малины представлена корневищем с системой придаточных корней, большая часть которых сосредоточена вблизи куста, но имеются горизонтально расположенные придаточные корни, которые могут удалиться от материнского растения на 2-3 м и проникать в другие ряды посадки, так как стандартное расстояние между рядами – 1,5–2,0 м. Для сохранения чистосортности малины лучше применять квадратно-гнездовую схему посадки, позволяющую механизировано обрабатывать расстояние между отдельными сортами. В Национальном клоновом генбанке сохранения гермоплазмы США (National Clonal Germplasm Repository, NCGR) поступившие в коллекцию клоны поддерживаются в скринхаузах в индивидуальных контейнерах. Для предотвращения неконтролируемых опылений у растений обрывают цветки и плоды (USDA *Rubus* crop..., 2015).

In vitro коллекции используются для микроклонального размножения и сохранения в контролируемых условиях среды дублетных образцов хозяйственно и экономически важных культур из полевых и семенных коллекций, а также для их реинтродукции. Кроме того, в условиях *in vitro* возможно проводить оздоровление образцов от фитопатогенов. (Wang et al., 2008; Antonova et al., 2015; Upadyshev et al., 2019; Mathew et al., 2021). Информация об *in vitro* коллекциях представителей рода *Rubus* приведена в ряде публикаций (Reed, 1990; Withers, 1995; Jenderek, Reed, 2017; Dunaeva et al., 2018).

Коллекции растений *in vitro* являются основой для создания криоколлекций. Криоколлекции служат для длительного сохранения разных частей растений, способных регенерировать целое растение – черенки, почки, меристемы, зародышевые оси, а также для депонирования

ния пыльцы. Для криоконсервации генотипов малины и ежевики используются апексы побегов *in vitro* растений (Gupta, Reed, 2006; Jenderek, Reed, 2017; Ukhatoва et al., 2017; Vujović et al., 2017; Edesi et al., 2020).

В коллекциях семян сохраняется большое число образцов разных видов, сбор и хранение которых в семенах наиболее экономично, при этом также увеличивается объем выборки сохраняемых образцов вида. Параллельно высеваются семена из коллекций для верификации образцов, изучения их фенологических и морфологических характеристик, а также хозяйственно важных признаков.

Наиболее крупная коллекция семян (1819 образцов), сохраняемых при минус 18°C, находится в Национальном клоновом банке гермоплазмы (National Clonal Germplasm Repository, NCGR), США (табл. 1). Сообщалось (Hall et al., 2009) об относительно невысоком уровне всхожести семян диких видов рода *Rubus* – до 56%, что связывают с не всегда оптимальным временем сбора семян в экспедициях и недостаточно разработанными процедурами преодоления покоя и прорастивания семян (Wada, Reed, 2011).

По соотношению образцов, сохраняемых в разных условиях, доминируют полевые коллекции и коллекции семян на длительном низкотемпературном хранении. В обзоре ФАО (<http://www.fao.org/wiews/data/ex-situ-sdg-251/overview/ru/>) приведены данные по сохранению *ex situ* генетического разнообразия малины в регионах Америки, Африки, Европы и Океании. На 2020 год в 33 странах этих регионов сохраняется 2332 образца (селекционные и местные сорта, селекционные линии и дикорастущие образцы) евразийской малины (*R. idaeus*) – родоначальника многих сортов; из них в полевых коллекциях находится 53,7%, в коллекции *in vitro* – 15,6%, в криоколлекции – 0,8%, в семенах на среднесрочном хранении – 2,4%, на длительном хранении – 41%. Из 1773 образцов малины западной (*R. occidentalis*) – второго по значимости в селекции североамериканского вида, в 28 странах этих регионов в полевых коллекциях насчитывают 60,3% сортов и дикорастущих образцов, *in vitro* – 16,5%; в крио – 1,1 %, в семенах на среднесрочном хранении – 0% и на длительном хранении семян – 30,5% образцов.

Пополнение и сохранение образцов в коллекциях неразрывно связано с их изучением. Результаты молекулярно-генетических исследований генетического разнообразия представителей рода *Rubus* отражены в ряде обзоров (Antonius-Klemola, 1999; Woodhead et al., 2010; Graham, Brennan, 2018; Foster et al., 2019), включая наш недавний обзор (Kamnev et al., 2020), поэтому в настоящей статье мы не будем останавливаться на этих вопросах.

Коллекции образцов рода *Rubus* в отечественных и зарубежных учреждениях (состав и численность)

Информацию о коллекциях растительного разнообразия рода *Rubus* можно найти на платформах некоторых информационных ресурсов (EURISCO, GRIN). Однако в международных базах данных не отражены сведения о коллекциях Российской Федерации и некоторых других стран. В таблицах 1 и 2, составленных из доступных нам литературных источников, приводится обобщенная информация о состоянии генетических ресурсов рода, сохраняемых в полевых, *in vitro* и криоколлекциях ряда учреждений РФ и зарубежных стран.

Одна из главных характеристик коллекций генетических ресурсов растений – видовое разнообразие. Как видно из таблицы 1, наибольшее число образцов видов

рода *Rubus* присутствует в генбанках National Clonal Germplasm Repository (NCGR), США – 198 (коллекция семян и клонов) и Millennium Seed Bank Royal Botanic Gardens (Великобритания) – 73, в живом виде сохраняется в ботанических садах Китая 114 видов. В учреждениях Российской Федерации в живом виде сохраняются клоны 77 видов, из них 35 видов (112 клонов) – в ВИР.

Сорта малины и ежевики представлены в основном в полевых коллекциях. В России крупные полевые коллекции находятся во Всероссийском селекционно-технологическом институте садоводства и питомниководства (ВСТИСП, Москва) и его опорном пункте (Брянская область, Кокино) – 101 сорт малины, преимущественно селекции ВСТИСП, и во Всероссийском институте генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова – 136 сортов (малины, ежевики, малино-ежевичные гибриды) (см. табл. 2). В зарубежных странах европейского континента сопоставимые по численности образцов коллекции, преимущественно сортов малины, содержатся в Великобритании, Польше, Швейцарии, Украине.

Наиболее представительная клоновая коллекция образцов *Rubus* собрана в генбанке NCGR (США), где в полевой коллекции поддерживается 881 образец и в коллекции *in vitro* – 427 (<https://www.genesys-pgr.org/ru/>). Коллекция *in vitro* ВИР также одна из наиболее крупных как по численности образцов (150), так и по их уникальности, поскольку содержит образцы преимущественно отечественного генотипа, незначительно представленного за рубежом.

Криоколлекции пока не нашли широкого распространения в системе сохранения генетических ресурсов растений рода *Rubus*. Можно отметить только Национальный центр сохранения генетических ресурсов США (National Center for Genetic Resources Preservation, NCGRP), Форт Коллинз, штат Колорадо, где на криосохранении находятся апексы побегов 187 образцов рода (см. табл. 2).

Клоновая коллекция образцов рода *Rubus* в ВИР – история и современное состояние

Упоминание о первых коллекциях представителей рода *Rubus* в России можно найти в публикациях на рубеже XIX–XX веков. В частности, 58 образцов, из которых 43 были представлены сортами малины, были выписаны из зарубежных стран Э. Регелем для созданного им помологического питомника под Петербургом (ныне Лабораторный проспект Выборгской стороны) (Regel, 1886). По выращенным из семян экземплярам Э. Регель описал несколько разновидностей и гибридов. К сожалению, не все типовые и аутентичные образцы сохранились в Гербарии Ботанического института им. В.Л. Комарова (LE). Растущие в местных садах под Санкт-Петербургом два сорта ('Усанка' и 'Голландская'), и еще 25 зарубежных сортов малины упоминаются в Списке Стрельницкой дворцовой школы (List of plants ..., 1907).

В ВИР основную полевую коллекцию комплектовали руководствуясь стратегией Н. И. Вавилова по изучению и сохранению разнообразия культурных растений и их дикорастущих родичей. Эта коллекция закладывалась на экспериментальной базе «Красный Пахарь» (Ленинградская обл.) (позднее Павловская опытная станция, ныне НПБ «Павловские и Пушкинские лаборатории ВИР»), климатические условия которой являлись благоприятными для поддержания сортового и видового разнообразия рода. Работу по сбору, изучению и систематизации образцов рода *Rubus* начинали М. А. Розанова (Rozanova,

Таблица 1. Видовое разнообразие рода *Rubus* L. в отечественных и зарубежных генбанках и учреждениях
Table 1. Species diversity of *Rubus* L. in domestic and foreign genebanks and institutions

Страна, город / Country, city	Название учреждения / Institution name	Род <i>Rubus</i> или подрод, вид, число / Genus or subgenus, species, number	Тип коллекции, число образцов / Collection type, number of accessions	Территория основных сборов / Territory of basic collectings	Источник / Reference
Азербайджан, Баку	Genetic Resources Institute	<i>Rubus</i> : 22 вида	– 25	–	https://www.genesys-pgr.org/ru
Великобритания, Kew, Wakehurst Place	Millennium Seed Bank Project, Seed Conservation Department, Royal Botanic Gardens	<i>Rubus</i> : 73 вида, в том числе: 52 вида по 1 образцу, 13 видов по 2 образца, 5 видов по 3 образца 1 вид – 5 образцов 1 вид – 9 образцов 1 вид (<i>R. idaeus</i>) – 43 образца	Коллекция семян 279 образцов. Из них только 140 образцов с указанием видовой принадлежности.	Великобритания – (41% поступлений); Грузия, Словакия, Китай (от 36% до 25%); США – 15%	https://www.genesys-pgr.org/ru
Италия, Рим	CREA – Centro di Ricerca Olivicoltura, Frutticoltura Agrumicoltura	<i>Rubus</i> : <i>R. ulmifolius</i> Schott.	Полевая, 13	–	https://www.genesys-pgr.org/ru
Казахстан, Алматы	Казахский НИИ плодовоовощеводства	<i>Rubus</i> : <i>R. idaeus</i> , <i>R. parviflorus</i> Nutt., <i>R. arcticus</i> subsp. <i>arcticus</i>	<i>In vitro</i> и крио –	–	Kovalchuk I.Yu. (personal message, 2020) Ковальчук И.Ю. (персональное сообщение, 2020)
Китай	Ботанические сады	<i>Rubus</i> : 114 видов	В грунте –	–	Huang et al., 2017
Россия, Москва	Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина	<i>Rubus</i> : 16 видов	В грунте –	–	Demidov, 2011; Demidov, 2013
Россия, Санкт-Петербург	Ботанический сад Ботанического института имени В.Л. Комарова	<i>Rubus</i> : 20 видов	В грунте –	Кавказ, Дальний Восток	Plants of open ground..., 2002
	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова (СПбГЛТУ)	<i>Rubus</i> : 6 видов	В грунте –	–	Unpublished sources Неопубликованные источники

Таблица 1. Окончание
Table 1. The end

Страна, город / Country, city	Название учреждения / Institution name	Род <i>Rubus</i> или подрод, вид, число / Genus or subgenus, species, number	Тип коллекции, число образцов / Collection type, number of accessions	Территория основных сборов / Territory of basic collectings	Источник / Reference
Россия, Санкт-Петербург	Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР)	<i>Idaeobatus</i> : <i>R. idaeus</i>	Полевая, 32	Мурманская обл.	Inventory list of the Fruit Crop GR Dept. of VIR, 2020 Инвентаризационный список от-дела ГР плодовых культур ВИР, 2020
		<i>Cylactis</i> : <i>R. chamaemorus</i>	Полевая, 6	–	
		<i>Idaeobatus</i> : <i>R. idaeus</i> , <i>R. phoenicolasius</i> Maxim., <i>R. parviflorus</i> , <i>R. illecebrosus</i> Focke	<i>In vitro</i> , 17 1 1 1	Мурманская обл.; Северо-Запад РФ Япония Япония Европа	Dunaeva et al., 2018; Dunaeva, Rokko, 2019
		<i>Rubus</i> (=Eubatus): 13 видов из полевой коллекции ВИР	<i>In vitro</i> , 14	Кавказ, Закавказье	
		<i>Rubus</i> (=Eubatus): <i>R. axillaris</i> Ley., <i>R. caesius</i> L., <i>R. nersensis</i> W.Hall, <i>R. pyramidalis</i> Bab.	<i>In vitro</i> , 5	Ленинградская и Псковская области	Semenova, Dobrenkov, 2019
		<i>Rubus</i> (=Eubatus): 26 видов	Полевая, 35	Кавказ, Закавказье	
Швейцария, Basel	ProSpecieRara	<i>Idaeobatus</i> : <i>R. idaeus</i>	Полевая, 68	–	https://eurisco.ipk-gatersleben.de
Швейцария, Nyon	Agroscope Changins	<i>Idaeobatus</i> : <i>R. idaeus</i>	<i>In vitro</i> , 20	–	
США, Corvallis, Oregon	National Clonal Germplasm Repository (NCGR)	<i>Rubus</i> : 198 видов	Коллекция семян, 1819	Североамериканский континент, Англия, Япония, Китай	Bushakra et al., 2020 https://npgsweb.ars-grin.gov/grin-global/search
		Виды с наибольшим числом образцов: <i>R. idaeus</i> subsp. <i>idaeus</i> <i>R. occidentalis</i> <i>R. idaeus</i> subsp. <i>strigosus</i> (Michx.) Focke	Коллекция семян и клонов, 527 образцов – core коллекция. 365 232 172		

Примечание. Не упомянутые в тексте таксоны в таблице даны с авторами
Note: Taxa not mentioned in the text are presented in the table with the authors

Таблица 2. Клоновые коллекции сортов малины и ежевики в генбанках и научных учреждениях России и зарубежных стран**Table 2.** Collections of *Rubus* L. accessions in genebanks and scientific institutions in Russia and foreign countries

Страна, название учреждения, город / Country, institution name, city	Подрод / Subgenus	Вид / Species	Число сортов / Number of varieties	Источник / Reference
КОЛЛЕКЦИИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ				
Полевые коллекции				
Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства (ВСТИСП), Москва, включая Кокинский опорный пункт, Брянск	<i>Idaeobatus</i>	<i>R. idaeus</i>	100	Descriptor list..., 2018
		<i>R. occidentalis</i>	1	
	<i>Rubus</i> (= <i>Eubatus</i>)	–	10	По: Gruner, Kornilov, 2020
Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург	<i>Idaeobatus</i>	<i>R. idaeus</i>	82	Настоящая статья
		<i>R. occidentalis</i>	2	
	× <i>Idaeorubus</i>	–	10	
	<i>Rubus</i> (= <i>Eubatus</i>)	–	42	
Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, Орел	<i>Idaeobatus</i>	<i>R. idaeus</i>	40	Lupin, Bogomolova, 2019
	<i>Rubus</i> (= <i>Eubatus</i>)	–	28	Gruner, Kornilov, 2020
Всероссийский НИИ садоводства имени И.В. Мичурина, Мичуринск	<i>Idaeobatus</i>	<i>R. idaeus</i>	30	Zhbanova, 2017
Всероссийский НИИ садоводства имени И.В. Мичурина, Мичуринск	<i>Rubus</i> (= <i>Eubatus</i>)	–	30	По: Grüner, Kornilov, 2020
Отдел «НИИСС имени М.А. Лисавенко» ФГБНУ ФАНЦА, Барнаул	<i>Idaeobatus</i>	<i>R. idaeus</i>	59	Dolganova et al., 2008
Свердловская селекционная станция садоводства, Екатеринбург	—«—	—«—	60	Slepneva, Chebotok, 2017
Сибирский НИИ растениеводства и селекции – филиал ИЦиГ СО РАН, Новосибирск	—«—	—«—	6	Pomology, 2005
Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина, Москва	—«—	—«—	96	Demidov, 2011; Demidov, 2013
Ботанический сад Удмуртского государственного университета, Ижевск	—«—	—«—	20	https://udsu.ru/chapters/departments/bot_sad/bot_otdely/labor_plodobov_botsada
Ботанический сад Петрозаводского государственного университета, Петрозаводск	—«—	—«—	34	https://petrsu.ru/structure/353/botanicheskijasad
Ботанический сад Института биологии Коми научного центра УрО РАН, Сыктывкар	—«—	—«—	39	Ruban, Timusheva, 2006

Таблица 2. Продолжение

Table 2. Continued

Страна, название учреждения, город / Country, institution name, city	Подрод / Subgenus	Вид / Species	Число сортов / Number of varieties	Источник / Reference
КОЛЛЕКЦИИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ				
Коллекции <i>in vitro</i>				
Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства (ВСТИСП), Москва	<i>Idaeobatus</i>	<i>R. idaeus</i>	15	Descriptor list..., 2018
Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург	—«—	<i>R. idaeus.</i>	83	Dunaeva, Rokko, 2019
		<i>R. occidentalis</i>	4	
	<i>Rubus</i> (= <i>Eubatus</i>)	<i>R. argutus</i> Link.	1	
		<i>R. bartonii</i> A. Newton;	1	
		<i>R. ursinus</i> Cham. et Schldl.	2	
		<i>R. laciniatus</i>	1	
		<i>R. trivialis</i> Michx.	1	
	× <i>Idaeorubus</i>	–	4	
Криоколлекции				
Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург	<i>Idaeobatus</i>	<i>R. idaeus</i>	13	Ukhatova et al., 2017; неопубликованные данные, 2021 г.
КОЛЛЕКЦИИ В ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАНАХ				
Полевые коллекции				
Австрия, Education and Research Centre for Viticulture and Pomology, Вена	<i>Idaeobatus</i>	<i>R. idaeus</i>	51	https://eurisco.ipk-gatersleben.de
Беларусь, Институт плодоводства, Минская обл., агрогородок Самохваловичи	—«—	—«—	95	Fralova, 2019
Великобритания, East Malling Research Station, Kent	–	–	>150	По: Graham, Brennan, 2018
Шотландия, The James Hutton Institute, Invergowrie, Dundee	–	–		
Германия, Julius Kuhn-Institut (JKI), Dresden	<i>Idaeobatus</i>	<i>R. idaeus</i>	42	Höfer et al., 2019
	<i>Rubus</i> (= <i>Eubatus</i>)	–		
Германия, Federal Plant Variety Office (Bundessortenamt), Station Wurzen, Wurzen	<i>Idaeobatus</i>	<i>R. idaeus</i>	78	https://eurisco.ipk-gatersleben.de
Германия, Federal Research Centre for Cultivated Plants – Institute of Fruit Breeding, Dresden	—«—	—«—	26	

Таблица 2. Окончание

Table 2. The end

Страна, название учреждения, город / Country, institution name, city	Подрод / Subgenus	Вид / Species	Число сортов / Number of varieties	Источник / Reference
КОЛЛЕКЦИИ В ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАНАХ				
Полевые коллекции				
Италия, CREA-Centro di Ricerca Olivicoltura, Frutticoltura Agrumicoltura – Sede di Roma, Rome	<i>Idaeobatus</i>	<i>R. idaeus</i>	17	https://www.genesys-pgr.org/ru
	<i>Rubus</i> (= <i>Eubatus</i>)	<i>R. ulmifolius</i>	13	
Канада	–	–	>140	По: Graham, Brennan, 2018
Латвия, Institute of Horticulture, Dobeles novads	<i>Idaeobatus</i>	<i>R. idaeus</i>	41	Lācis et al., 2017
Польша	—«—	—«—	108	http://www.ribesrubus.gf.vu.lt/download.htm
США, National Clonal Germplasm Repository (NCGR), Oregon, Corvallis	—«—	—«—	239	https://www.genesys-pgr.org/ru
	—«—	<i>R. occidentalis</i>	47	
	<i>Rubus</i> (= <i>Eubatus</i>)	–	142	
Украина, Інститут садівництва, Киев	<i>Idaeobatus</i>	<i>R. idaeus</i>	25	https://eurisco.ipk-gatersleben.de
Украина, Мліївський інститут садівництва ім. Симиренка, Черкасская область, Городищенский район, село Млиев	—«—	—«—	74	
Чехия, Research and Breeding Institute of Pomology, Holovousy	—«—	—«—	54	
Швейцария, ProSpecieRara, Basel	—«—	—«—	110	
	<i>Rubus</i> (= <i>Eubatus</i>)	–	28	
In vitro коллекции				
Казахстан, НИИ плодовоовощеводства; Институт биологии и биотехнологии растений, Алматы	<i>Idaeobatus</i>	<i>R. idaeus</i>	55	Turdiyev et al., 2020
Румыния, Research and Development Institute for Fruit Tree Growing, Maracineni, Arges	—«—	—«—	89 – селекци- онные линии	https://www.genesys-pgr.org/ru
США, National Clonal Germplasm Repository (NCGR), Oregon, Corvallis	—«—	—«—	135	
	—«—	<i>R. occidentalis</i>	28	
	<i>Rubus</i> (= <i>Eubatus</i>)	–	92	
Криоколлекции				
США, National Clonal Germplasm Repository (NCGR), Corvallis, Oregon; Plant and Animal Genetic Resources Preservation (NCGRP), Colorado, Fort Collins	–	–	187 образцов, из них 89,5% со стандарт- ным уровнем криорегене- рации 40/60%.	Jenderek, Reed, 2017

Примечание: «—» прочерк обозначает отсутствие данных

Note: “–” means the absence of data

1937) и Р. П. Бологовская (Bologovskaya et al., 1931; Bologovskaya, 1936, 1937).

На первых этапах создания коллекции провели мониторинг сортового разнообразия малины в 13 административных подразделениях СССР, выполненный на основе анкет, переписки и собственных обследований (Bologovskaya et al., 1931), в результате чего был выявлен малочисленный и однообразный сортимент малины, с преимущественным выращиванием сортов 'Marlboro' ('Мальборо'), 'Falstaff' ('Фальстаф') и 'Усанка'. Впоследствии был привлечен клоновый материал сортов из различных отечественных и зарубежных фирм и садоводств, а также образцов семян из ботанических садов, университетов и экспедиций ВИР. К 1935 г. в полевой коллекции ВИР уже насчитывалось 116 сортов (232 образца) малины (две трети из них были иностранными сортами) и 33 дикорастущих вида рода *Rubus*, представленных 186 образцами североамериканского и евразийского происхождения (Rozanova, 1937).

Эта самая большая коллекция селекционных сортов малины и образцов дикорастущих видов существовала в ВИР длительное время, вплоть до 2013 г. В настоящее время 65 сортов малины из этой коллекции сохраняются в *in vitro* коллекции ВИР. В 2021 г. в НПБ «Павловские и Пушкинские лаборатории ВИР» начато возобновление коллекции сортов и образцов видов рода *Rubus*.

В системе ВИР менее представительные по численности полевые коллекции образцов рода закладывались в разных климатических зонах на опытных станциях ВИР (ОС): на Северном Кавказе в Шунтуке (Республика Адыгея) на Майкопской ОС (327 м н. у. м.), в Хибинах (г. Апатиты) на Полярной ОС (179 м н. у. м.) и на Крымской опытно-селекционной станции (ОСС), которая вошла в систему ВИР в 1958 г. (г. Крымск, Краснодарский край, 25 м н. у. м.).

На Майкопской ОС формировалась уникальная коллекция образцов дикорастущих видов ежевик, в том числе эндемиков, собранных в экспедициях, организованных ВИР на Кавказе, который является одним из батологических центров (Yuzerpchuk, 1941; Neronova, 1973). В окрестностях Майкопа ежевики восточно-средиземноморского происхождения, находясь в экологическом оптимуме произрастания, легко адаптируются. Следует особо отметить гирканских представителей (сер. *Dolichocarpae* Sanadze) автохтонного происхождения (эндемики юго-востока Азербайджана и северо-востока Ирана), морфологически близких некоторым китайским и гималайским видам муссонного климата, которые представляют особый интерес для селекции (Asilbaeva et al., 2019), так как их цветки характеризуются длинным цветоложем (тором), что способствует увеличению плодов.

На Полярной ОС ставилась задача продвижения за Полярный круг растениеводства, в том числе ягодоводства. Проводилось изучение сортов малины обыкновенной, адаптированных к условиям Севера, а также сборы образцов дикорастущей малины и использование их в селекционной работе (Elsakova, Elsakov, 1999).

Большой урон коллекциям был причинен во время Великой Отечественной войны. Павловская ОС находилась под немецкой оккупацией с 1941 по 1944 г. Многие сорта и ценные гибриды плодовых и ягодных культур были вывезены за пределы России. Пострадали и коллекции в Майкопе, пребывавшие в оккупации семь месяцев (весна – лето 1942 г.) (Yushev, 2015).

В настоящее время в клоновых полевых генбанках опытных станций ВИР содержится 359 образцов рода

Rubus, относящихся преимущественно к под родам малин (*Idaeobatus*) и ежевик (*Rubus*). Из них в полевой коллекции сохраняется 209 образцов: 84 сорта малины (из них 64 отечественной селекции), 42 сорта ежевики, 10 сортов малино-ежевичных гибридов, 32 клона дикорастущей малины *R. idaeus*, 35 образцов (26 дикорастущих видов) ежевики, 6 клонов морошки (*R. chamaemorus*) (Инвентаризационный список отдела ГР плодовых культур ВИР, 2020 г.).

In vitro коллекция ВИР включает 150 образцов: 87 сортов малины (из них 61 сорт отечественной селекции), 20 сортов ежевики, 4 сорта малино-ежевичных гибридов, 20 образцов четырех дикорастущих видов малины и 19 образцов 15-ти дикорастущих видов. Большинство сортов малины (65 из 87) введено в *in vitro* коллекцию из полевой коллекции Павловской ОС в 2006–2007 гг. (Dunaeva et al., 2018; Dunaeva, Rokko, 2019). В криобанк ВИР из коллекции *in vitro* заложены на длительное хранение 13 сортов малины с уровнем криорегенерации 80–35% (см. табл. 2).

Видовое разнообразие дикорастущих видов представлено 52 клонами малины обыкновенной (*R. idaeus*), собранными в основном на территории Русского Севера, и преимущественно единичными клонами 26 видов ежевик, сохраняемыми в полевой и *in vitro* коллекциях ВИР. Небольшим числом клонов (6) представлена морошка (*R. chamaemorus*) (полевая коллекция) и единичными клонами – три вида малин: *R. phoenicolasius*, *R. nutkanus* Мос. (= *R. parvifolius* L.), *R. illecebrosus* (*in vitro* коллекция).

В полевой коллекции Майкопской ОС поддерживается 107 образцов, из них 35 сортов малины (13 зарубежных и 22 отечественных), 3 образца дикорастущей малины *R. idaeus*, 30 сортов ежевики и 35 видеобразцов (26 видов) дикорастущей ежевики, 4 малино-ежевичных гибрида (Semenova, Dobrenkov, 2019) (Инвентаризационный список отдела ГР плодовых культур ВИР, 2020 г.).

Полевая коллекция Полярной ОС включает 60 образцов, в их числе 25 сортов малины отечественной селекции, 29 клонов дикорастущей малины обыкновенной *R. idaeus* и 6 клонов морошки (*R. chamaemorus*) из природных популяций, преимущественно Мурманской области. Основные поступления образцов в коллекцию охватывают период с 2003 по 2013 г. (Инвентаризационный список отдела ГР плодовых культур ВИР, 2020 г.).

Полевая коллекция Крымской ОСС включает 42 образца рода *Rubus*; среди них 17 отечественных и 7 зарубежных сортов малины, 6 сортов малино-ежевичных гибридов, 11 сортов ежевики зарубежной селекции и единственный в отечественной селекции сорт ежевики 'Агатова', который был создан на этой станции и числится в Госреестре РФ с 2016 г. (State Register..., 2020). (Инвентаризационный список отдела ГР плодовых культур ВИР, 2020 г.).

Развитие стратегии пополнения, изучения и сохранения генетических ресурсов рода *Rubus* в генбанке ВИР

Стратегия работы с коллекцией представителей рода *Rubus* развивается в следующих традиционных для ВИР направлениях:

- дальнейшее пополнение полевой коллекции источниками и донорами хозяйственно важных признаков; сохранение и изучение образцов, адаптированных к местным условиям; поддержание и оценка новых образцов, несущих ценные признаки для селекции;

- использование современных биохимических методов для оценки образцов по ценным пищевым и лекарственным характеристикам и молекулярно-генетическим маркерам для изучения внутривидового генетического разнообразия;

- сбор и закладка в генетический банк ВИР семян образцов видов рода *Rubus* из природных популяций. Особое внимание следует обратить на уникальное видовое богатство ежевик Крыма (Yuzerchuk, 1950);

- создание номенклатурных стандартов сортов малины отечественной селекции и сохранение их в Гербарии культурных растений мира, их диких родичей и сорных растений (Гербарий ВИР [WIR]);

- продолжение работ по введению в коллекцию *in vitro* дублетов ценных клонов полевой коллекции и реинтродукции *ex vitro* для восстановления утраченных в полевой коллекции образцов;

- закладка в *in vitro* и криоколлекции сортов, номенклатурные стандарты которых переданы на хранение в Гербарий ВИР (WIR);

- фенотипическое и молекулярно-генетическое изучение образцов после хранения в условиях *in vitro* и крио;

- совершенствование методов низкотемпературного хранения семян, методов среднесрочного хранения микрорастений и методов, позволяющих увеличить эффективность криорегенерации образцов.

Заключение

Коллекция ВИР, содержащая 359 образцов рода *Rubus*, является одной из представительных в европейских странах. В полевой и *in vitro* коллекциях ВИР (без учета дублирования в них образцов) сохраняется 170 селекционных сортов малины и 62 селекционных сорта ежевики. В Российской Федерации большая коллекция селекционных сортов малины поддерживается также во Всероссийском селекционно-технологическом институте садоводства и питомниководства (ВСТИСП) – 101 сорт, преимущественно селекции данного учреждения. Самая крупная по численности и видовому разнообразию рода *Rubus* коллекция находится в США, в Национальном репозитории клоновой гермоплазмы (NCGR): в ней сохраняется 2221 образец, из которых 1819 образцов 198 видов рода хранится в семенах.

Учитывая изменения климата и антропогенные факторы, сокращающие природное разнообразие, сохранение *ex situ* видового разнообразия является одной из приоритетных задач генетических банков растений. Кроме того, *ex situ* коллекции видового разнообразия рода – это доступный ресурс для использования в интродуктивной гибридизации, актуальной в настоящее время в селекции малины и ежевики. Из 16 подродов рода *Rubus* 7 встречаются в природной флоре России. Некоторые виды рода (например, *R. idaeus*), имея широкий географический ареал в нашей стране, характеризуются меж- и внутривидовым разнообразием, которое можно сохранить в репрезентативной коллекции семян. Вместе с тем особое внимание следует обратить на сохранение *in situ* и *ex situ* уникального видового богатства ежевик Крыма.

Генетическое разнообразие селекционных сортов сохраняется преимущественно в полевых коллекциях, где проводится изучение и верификация сортов. Для идентификации сортов, выполняемой на основе морфологических описаний, большое значение имеет разрабатываемое в ВИР направление по созданию эталонных образ-

цов сортов – номенклатурных стандартов, сохраняемых в научном Гербарии (WIR).

Поддержание образцов в коллекциях неразрывно связано с их изучением. Наряду с традиционными методами изучения, использование маркер-опосредованной и геномной селекции расширяет возможности в изучении и рациональном использовании генетического разнообразия рода *Rubus*.

References / Литература

- Alice L.A., Campbell C.S. Phylogeny of *Rubus* (Rosaceae) based on nuclear ribosomal DNA internal transcribed spacer region sequences. *American Journal of Botany*. 1999;86(1):81-97. DOI: 10.2307/2656957
- Antonius-Klemola K. Molecular markers in *Rubus* (Rosaceae) research and breeding. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 1999;74(2):149-160. DOI: 10.1080/14620316.1999.11511088
- Antonova O.Y., Dunaeva S.E., Ukhatoeva Yu.V., Kamylnina N. Yu., Dolganova N.A., Lisicyna O.V., Gavrilenko T.A. *In vitro* improvement of raspberry varieties from raspberry bushy dwarf virus (RBDV) using complex therapy method. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2015;29(7):61-64. [in Russian] (Антонова О.Ю., Дунаева С.Е., Ухатова Ю.В., Камылина Н.Ю., Долганова Н.А., Лисицына О.В., Гавриленко Т.А. Оздоровление малины от вируса кустистой карликовости (RBDV) методом комплексной терапии в культуре *in vitro*. *Достижения науки и техники АПК*. 2015;29(7):61-64).
- Asilbeyova T.M., Gavrilova O.A., Krassovskaya L.S. Pollen morphology of the genus *Rubus* (Rosaceae) from Azerbaijan In: *Innovations and Traditions in Modern Botany. Book of abstracts for the All-Russian Scientific Conference with International Participation, dedicated to the 150th birthday of V.L. Komarov (Innovatsii i traditsii v sovremennoy botanike. Tezisy dokladov Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem, posvyashchennoy 150-letiyu so dnya rozhdeniya V.L. Komarova)*. St. Petersburg; 2019. p.8. [in Russian] (Асилбайева Т.М., Гаврилова О.А., Красовская Л.С. Морфология пыльцевых зерен представителей рода *Rubus* (Rosaceae) в Азербайджане В кн.: *Инновации и традиции в современной ботанике. Тезисы докладов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 150-летию со дня рождения В.Л. Комарова*. Санкт-Петербург; 2019. С.8). URL: https://www.binran.ru/files/publications/Proceedings/Proceedings_Komarov/Komarov_48_Proceedings.pdf [дата обращения: 06.10.2021].
- Bologovskaya R.P. Genus *Rubus* (Tourn.) L – raspberries and blackberries (Genus *Rubus* (Tourn.) – maliny i yezheviki). In: E.V. Vulf (ed.). *Flora of Cultivated Plants. Vol. 16. Berries*. Moscow; Leningrad; 1936. p.167-218. [in Russian] (Бологовская Р.П. Genus *Rubus* (Tourn.) – малины и ежевики. В кн.: *Культурная флора СССР. Т. 16. Ягодные* / под ред. Е.В. Вульфа. Москва; Ленинград; 1936. С.167-218).
- Bologovskaya R.P. Raspberry (Malina) In: R.P. Bologovskaya, N.M. Pavlova, Yu.K. Katinskaya. *Berry varieties*. Leningrad: Selkhozgiz; 1937. p.411-450. [in Russian] (Бологовская Р.П. Малина. В кн.: Р.П. Бологовская, Н.М. Павлова, Ю.К. Катинская, *Сорта ягодных культур*. Ленинград: Сельхозгиз; 1937. С.411-450).
- Bologovskaya R.P., Pavlova N.M., Rozanova M.A., Sharina N.E. Regional assortments of berry crops in the USSR (Poryonnye sortimenty yagodnykh kultur SSSR). In: *Towards the standardization of varieties of fruit trees and berry*

- crops (K standartizatsii sortov plodovykh derevyev i yagodnykh kultur)*. Leningrad: Institute of Plant Industry; 1931. p.302-373. [in Russian] (Бологовская Р.П., Павлова Н.М., Розанова М.А., Шарина Н.Е. Порайонные сортименты ягодных культур СССР. В кн.: *К стандартизации сортов плодовых деревьев и ягодных культур*. Ленинград: Институт растениеводства; 1931. С.302-347).
- Brickell C.D., Alexander C., Cubey J.J., David J.C., Hoffman M.H.A., Leslie A.C., Malécot V., Jin X (eds). International code of nomenclature for cultivated plants. 9th ed. *Scripta Horticulturae*. 2016;9:1-190.
- Bushakra J.M., Alice L.A., Carter K.A., Dossett M., Lee J.C., Liston A. et al. Status of *Rubus* germplasm at the US National Clonal Germplasm Repository in Corvallis, Oregon. *Acta Horticulture*. 2020;1277:121-128. DOI: 10.17660/ActaHortic.2020.1277.17
- Bushakra J.M., Bryant D.W., Dossett M., Vining K.J., VanBuren R., Gilmore B.S. et al. A genetic linkage map of black raspberry (*Rubus occidentalis*) and the mapping of *Ag 4* conferring resistance to the aphid *Amphorophora agathonica*. *Theoretical and Applied Genetics*. 2015;128(8):1631-1646. DOI: 10.1007/s00122-015-2541-x
- Carter K.A., Liston A., Bassil N.V., Alice L.A., Bushakra J.M., Sutherland B.L. et al. Target capture sequencing unravels *Rubus* evolution. *Frontiers in Plant Science*. 2019;10:1615. DOI: 10.3389/fpls.2019.01615
- Dale A., Moore P.P., McNicol R.J., Sjulín T.M., Burmistrov L.F. Genetic diversity of red raspberry varieties throughout the world. *Journal American Society for Horticultural Science*. 1993;118(1):119-129.
- Demidov A.S. (ed.). Cultivated plants of the N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences: 65 years of introduction. Moscow: KMK; 2011. [in Russian] (Культурные растения Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина Российской академии наук: 65 лет интродукции / под ред. А.С. Демидова. Москва: КМК; 2011).
- Demidov A.S. (ed.). Plants of native flora of the N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences. 65 years of introduction (Rasteniya prirodnoy flory Glavnogo botanicheskogo sada im. N.V. Tsitsina Rossiyskoy akademii nauk. 65 let introduktsii). Moscow: KMK; 2013. [in Russian] (Растения природной флоры Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина Российской академии наук. 65 лет интродукции / под ред. А.С. Демидова. Москва: КМК; 2013).
- Descriptor list for the genetic bioresource collection plants of the Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery (fruit, berry, rare berry, and flowering ornamental crops) (Deskriptor geneticheskoy bioresursnoy kollektsii rasteniy FGBNU VSTISP (plodovye, yagodnye, redkiye yagodnye i tsvetochno-dekorativnye kultury). Moscow; 2018. [in Russian] (Дескриптор генетической биоресурсной коллекции растений ФГБНУ ВСТИСП (плодовые, ягодные, редкие ягодные и цветочно-декоративные культуры. Москва; 2018). URL: <https://vstisp.org/vstisp/images/Deskriptor-2018.pdf> [дата обращения: 05.08.2021].
- Dolganova Z.V., Kalinina I.P., Mochalova O.V., Puchkin I.A., Usenko V.I. Genetic collections of M.A. Lisavenko Siberian Research Institute of Horticulture and their application in breeding. *The Herald of Vavilov Society for Geneticists and Breeding Scientists*. 2008;12(4):573-579. [in Russian] (Долганова З.В., Калинина И.П., Мочалова О.В., Пучкин И.А., Усенко В.И. Генетические коллекции ГНУ НИИ садоводства Сибири имени М.А. Лисавенко и их использование в селекции. *Информационный вестник ВОГИС*. 2008;12(4):573-579).
- Dossett M., Finn C.E. Identification of resistance to the large raspberry aphid in black raspberry. *Journal the American Society for Horticultural Science*. 2010;135(5):438-444. DOI: 10.21273/JASHS.135.5.438
- Dunaeva S.E., Orlova S.Yu., Tikhonova O.A. Samples of berry and fruit crops and their wild relatives in the *in vitro* collection at VIR. *Plant Biotechnology and Breeding*. 2018;1(1):43-51. [in Russian] (Дунаева С.Е., Орлова С.Ю., Тихонова О.А. Образцы ягодных и плодовых культур и их дикорастущих родичей в коллекции *in vitro* ВИР). *Биотехнология и селекция растений*. 2018;1(1):43-51. DOI:10.30901/2658-6266-2018-1-43-51
- Dunaeva S.E., Rokko G.S. Catalogue of the VIR Global Collection. Issue 899. *In vitro* collection of raspberries and blackberries (*Rubus* L., Rosaceae) St. Petersburg: VIR; 2019. [in Russian] (Дунаева С.Е., Рокко Г.С. Каталог мировой коллекции ВИР. Выпуск 899. Коллекция *in vitro* малины и ежевики (*Rubus* L., Rosaceae). Санкт-Петербург: ВИР; 2019).
- Edesi J., Tolonen J., Ruotsalainen A.L., Aspi J., Haggman L. Cryo-preservation enables long-term conservation of critically endangered species *Rubus humulifolius*. *Biodiversity and Conservation*. 2020;29(1):303-314. DOI: 10.1007/s10531-019-01883-9
- Elsakova S.D., Elsakov G.V. Berry orchard in the Kola North (Yagodny sad na Kolskom severe). Murmansk; 1999. [in Russian] (Елсакова С.Д., Елсаков Г.В. Ягодный сад на Кольском севере. Мурманск; 1999).
- EURISCO: [site]. Available from: <https://eurisco.ipk-gatersleben.de> [accessed May 20, 2021].
- Finn C.E., Ballington J.R., Kempler C., Swartz H., Moore P.P. Use of 58 *Rubus* species in five North American breeding programmes – breeders notes. *Acta Horticulture*. 2002;585:113-120. DOI: 10.17660/ActaHortic.2002.585.15
- Finn C.E., Knight V.H. What's going on in the world of *Rubus* breeding? *Acta Horticulture*. 2002;585:31-38. DOI: 10.17660/ActaHortic.2002.585.1
- Focke W.O. Species Ruborum. Monographiae generis Rubi prodromus. Pars I. In: Chr. Luerissen (ed.). *Bibliotheca Botanica*. Vol. 72. Stuttgart; 1910. p.1-120. [in Latin and German] Available from: https://ia804508.us.archive.org/15/items/speciesruborummo13fock/speciesruborummo13fock_bw.pdf [accessed Aug. 12, 2021].
- Focke W.O. Species Ruborum. Monographiae generis Rubi prodromus. Pars II. In: Chr. Luerissen (ed.). *Bibliotheca Botanica*. Vol. 72(II). Stuttgart; 1911. p.121-223. [in Latin and German] Available from: https://ia804508.us.archive.org/15/items/speciesruborummo13fock/speciesruborummo13fock_bw.pdf [accessed Aug. 12, 2021].
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. [in Russian] (Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных наций): [сайт]. URL: <http://www.fao.org/wiews/data/ex-situ-sdg-251/overview/ru/> [дата обращения: 20.05.2021].
- Foster T.M., Bassil N.V., Dossett M., Worthington M.L., Graham J. Genetic and genomic resources for *Rubus* breeding: a roadmap for the future. *Horticulture Research*. 2019;6(1):116. DOI: 10.1038/s41438-019-0199-2
- Fralova L.V. Using of genetic resources in breeding of raspberry. In: International Conference "125 Years of Applied Botany in Russia", 25–28 November 2019, St. Petersburg, Russia. *Book of abstracts*. St. Petersburg; 2019. p.267. [in Russian] (Фролова Л.В. Использование генетических ресурсов в селекции малины. В кн.: *Международная*

- конференция «125 лет прикладной ботаники в России», 25–28 ноября 2019 года, Санкт-Петербург, Россия. Сборник тезисов. Санкт-Петербург; 2019. С.267. URL: http://www.vir.nw.ru/wp-content/uploads/2019/11/Sbornik-tezisev_125-let-prikladnoj-botaniki-v-Rossii-2.pdf [дата обращения: 30.07.2021].
- Gavrilenko T.A., Chukhina I.G. Nomenclatural standards of modern Russian potato cultivars preserved at the VIR herbarium (WIR): A new approach to cultivar gene pool registration in a genebank. *Plant Biotechnology and Breeding*. 2020;3(3):6-17. [in Russian] [Гавриленко Т.А., Чухина И.Г. Номенклатурные стандарты современных российских сортов картофеля, хранящиеся в гербарии ВИР (WIR): новые подходы к регистрации сортового генофонда в генбанках. *Биотехнология и селекция растений*. 2020;3(3):6-17. DOI: 10.30901/2658-6266-2020-3-o2 Genesys: [site]. Available from: <https://www.genesys-pgr.org/ru> [accessed May 20, 2021].
- Graham J., Brennan R. Introduction to the *Rubus* genus: breeding, challenges and advances. In: J. Graham, R. Brennan (eds). *Raspberry*. Cham: Springer; 2018. p.1-16. DOI: 10.1007/978-3-319-99031-6_1
- GRIN-Global. U.S. National Plant Germplasm System: [site]. Available from: <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/search> [accessed May 20, 2021].
- Gruner L.A. Features of self-fertility in blackberries (Особенности самоплодности ежевики). *Nauchno-tehnicheskiiy byulleten VIR = Scientific and Technical Bulletin of VIR*. 1985;(155):63-64. [in Russian] [Грюнер Л.А. Особенности самоплодности ежевики. *Научно-технический Бюллетень ВИР*. 1985;(155):63-64].
- Gruner L.A., Kornilov B.B. Priority trends and prospects of blackberry breeding in conditions of Central Russia. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2020;24(5):489-500. [in Russian] [Грюнер Л.А., Корнилов Б.Б. Приоритетные направления и перспективы селекции ежевики в условиях средней полосы России. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2020;24(5):489-500]. DOI: 10.18699/VJ20.641
- Gupta S., Reed B.M. Cryopreservation of shoot tips of blackberry and raspberry by encapsulation–dehydration and vitrification. *Cryo Letters*. 2006;27(1):29-42.
- Hall H.K., Hummer K.E., Jamieson A.R., Jennings S.N., Weber C.A. Raspberry breeding and genetics. In: J. Janick (ed.). *Plant Breeding Reviews*. Vol. 32. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.; 2009. p.148-169.
- Hjalmarsson I. Conservation of *Ribes* and *Rubus* cultivars in the Swedish National Gene Bank. *Acta Horticulture*. 2020;1277:89-94. DOI: 10.17660/ActaHortic.2020.1277.12
- Höfer M., Flachowsky M.V., Hanke H. German fruit genebank – looking back 10 years after launching a national network for sustainable preservation of fruit genetic resources. *Journal für Kulturpflanzen*. 2019;71(2/3):41-51. DOI: 10.5073/jfk.2019.02-03.01
- Huang H., Liao J., Zhang Z., Zhan Q. *Ex situ* flora of China. *Plant Diversity*. 2017;39(6):357-364. DOI: 10.1016/j.pld.2017.12.001
- Ipek A., Barut E., Gulen H., Ipek M. Genetic diversity among some blackberry cultivars and their relationship with Boyseberry assessed by AFLP markers. *African Journal of Biotechnology*. 2009;8(19):4830-4834.
- Jenderek M.M., Reed B.M. Cryopreserved storage of clonal germplasm in the USDA National Plant Germplasm System. *In Vitro Cellular and Developmental Biology*. 2017;53(4):299-308. DOI: 10.1007/s11627-017-9828-3
- Jennings D.L. Raspberries and blackberries: Their breeding, diseases and growth. London: Academic Press; 1988.
- Kamnev A.M., Antonova O.Yu., Dunaeva S.E., Gavrilenko T.A., Chukhina I.G. Molecular markers in the genetic diversity studies of representatives of the genus *Rubus* L. and prospects of their application in breeding. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2020;24(1):20-30. [in Russian] [Камнев А.М., Антонова О.Ю., Дунаева С.Е., Гавриленко Т.А., Чухина И.Г. Молекулярные маркеры в исследованиях генетического разнообразия представителей рода *Rubus* L. и перспективы их применения в селекции. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2020;24(1):20-30]. DOI: 10.18699/VJ20.591
- Kamnev A.M., Yagovtseva N.D., Dunaeva S.E., Gavrilenko T.A., Chukhina I.G. Nomenclature standards of raspberry cultivars bred in the Altai. *Vavilovia*. 2021;4(2):26-43. [in Russian] [Камнев А.М., Яговцева Н.Д., Дунаева С.Е., Гавриленко Т.А., Чухина И.Г. Номенклатурные стандарты сортов малины алтайской селекции. *Vavilovia*. 2021;4(2):26-43]. DOI: 10.30901/2658-3860-2021-2-26-43
- Kazakov I.V., Aitzhanova S.D., Evdokimenko S. N., Sazonov F.F., Kulagina V.L., Andronova N.V. Berry crops in the Central Region of Russia (Yagodnye kultury v Tsentralnom regione Rossii). Moscow: FGBNU VSTISP; 2016. [in Russian] [Казakov И.В., Айтжанова С.Д., Евдокименко С.Н., Сазонов Ф.Ф., Кулагина В.Л., Андропова Н.В. Ягодные культуры в Центральном регионе России. Москва: ФГБНУ ВСТИСП; 2016].
- Kiani Z., Sharifnia F., Salimpour F., Arbabian S. Investigation of phylogenetic relationships among some Iranian *Rubus* L. species. *The Indian Forester*. 2021;147(1):33-41. DOI: 10.36808/if/2021/v147i1/151912
- Kichina V.V. Chromosome numbers of raspberry varieties (Khromosomnye chisla sortov maliny). *Agricultural Biology*. 1973;8(5):673-677. [in Russian] [Кичина В.В. Хромосомные числа сортов малины. *Сельскохозяйственная биология*. 1973;8(5):673-677].
- Knight V.H. *Rubus* breeding worldwide and the raspberry breeding programme at Horticultural Research International, East Malling. *Jugoslavensko Voćarstvo*. 2004;38(145-146):23-38.
- Krasovskaya L.S. The genus *Rubus* L. (fam. Rosaceae Adans.) of Eastern Europe and the Caucasus (Rod *Rubus* L. [sem. Rosaceae Adans.] Vostochnoy Yevropy i Kavkaza): [dissertation]. St. Petersburg; 2002. [in Russian] [Красовская Л.С. Род *Rubus* L. (сем. Rosaceae Adans.) Восточной Европы и Кавказа: дис ... канд. биол. наук. Санкт-Петербург; 2002]. URL: <https://www.dissertcat.com/content/rod-rubus-l-sem-rosaceae-adans-vostochnoi-evropy-i-kavkaza> [дата обращения: 13.05.2021].
- Krasovskaya L.S. *Rubus* – *Rubus* L. In: N.N. Tzvelev (ed.). *Flora of Eastern Europe*. Vol. X (*Flora Europae Orientalis*. T. X) .St. Petersburg; 2001. p.362-393. [in Russian] [Красовская Л.С. Рубус – *Rubus* L. В кн.: *Флора Восточной Европы*. Т. X. / под ред. Н.Н. Цвелева. Санкт-Петербург; 2001. С.362-393].
- Krasovskaya L.S. Type specimens of the genus *Rubus* L. (Rosaceae). In: I.V. Sokolova (ed.). *Catalogue of the type specimens of the vascular plants from Siberia and the Russian Far East kept in Herbarium of the Komarov Botanical Institute (LE)*. Part 2. St. Petersburg; Moscow; 2018. 470-473. [in Russian] [Красовская Л.С. Типовые образцы рода *Rubus* L. (Rosaceae). (В кн.: *Каталог типовых образцов сосудистых растений Сибири и российского Дальнего Востока, хранящихся в Гербарии Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (ЛЕ)* Часть 2 / под ред. И.В. Соколовой. Санкт-Петербург; Москва; 2018. С.470-473).

- Lācis G., Kota-Dombrovska I., Strautiņa S. Evaluation of red raspberry cultivars used for breeding and commercial growing in the Baltic region. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences*. 2017;71(3)(708):203-210. DOI: 10.1515/prolas-2017-0034
- Lamoureux D., Sorokin A., Lefevre I., Alexanian A., Eyzaguirre P., Hausmann J.F. Investigation of genetic diversity in Russian collections of raspberry and blue honeysuckle. *Plant Genetic Resources*. 2011;9(2):202-205. DOI: 10.1017/S1479262111000323
- Lisavenko Research Institute of Siberian Horticulture. [in Russian] (НИИСС имени М.А. Лисавенко): [сайт]. URL: <http://www.niilisavenko.org/varieties/rasp.htm> [дата обращения: 20.05.2021].
- List of plants cultivated in Strelina Palace School of Gardening: Strelina, St. Petersburg Province (Spisok rasteniy, kultiviruyemykh v Strelinskoy dvortsovoy shkole sadovodstva: Strelina, Sankt-Peterburgskaya guberniya). St. Petersburg; 1907. [in Russian] (Список растений, культивируемых в Стрельнинской дворцовой школе садоводства: Стрельна, Санкт-Петербургская губерния. Санкт-Петербург; 1907).
- Lu L. A study on the genus *Rubus* of China. *Acta Phytotaxonomica Sinica*. 1983;21:13-25.
- Lu L., Boufford D.E. *Rubus* Linnaeus. In: Z.Y. Wu, P.H. Raven, D.Y. Hong (eds). *Flora of China*. Vol. 9. (Pittosporaceae through Connaraceae). Beijing: Science Press & St. Louis: Missouri Botanical Garden Press.; 2003. p.195-285.
- Lupin M.V., Bogomolova N.I. Actual directions of raspberry breeding, Russian and world achievements. *Contemporary Horticulture*. 2019;(4):102-112. [in Russian] (Лупин М.В., Богомолова Н.И. Актуальные направления селекции малины, российские и мировые достижения. *Современное садоводство*. 2019;(4):102-112). DOI: 10.24411/2312-6701-2019-10410
- Mabberley D.J. The plant-book: A portable dictionary of the vascular plants. Cambridge: Cambridge University Press; 1998. DOI: 10.2307/2807755
- Mathew L., Tiffin H., Erridge Z., McLachlan A., Hunter D., Pathirana R. Efficiency of eradication of *Raspberry bushy dwarf virus* from infected raspberry (*Rubus idaeus*) by *in vitro* chemotherapy, thermotherapy and cryotherapy and their combinations. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 2021;144(1):133-141. DOI: 10.1007/s11240-020-01829-y
- Modern methods and international experience of wild plant conservation (on the example of wild fruit plants) (Sovremennyye metody i mezhdunarodnyy opyt sokhraneniya genofonda dikorastushchikh rasteniy [na primere dikikh plodovykh]. Almaty; 2011. [in Russian] (Современные методы и международный опыт сохранения генофонда дикорастущих растений (на примере диких плодовых). Алматы; 2011).
- Neronova N.L. Species diversity and distribution of blackberries in the Caucasus. *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant Breeding*. 1973;50(3):103-105. [in Russian] (Неронова Н.Л. О видовом разнообразии и распространении ежевики на Кавказе. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1973;50(3):103-105).
- Petrozavodsk State University. [in Russian] (Петрозаводский государственный университет): [сайт]. URL: https://petrsu.ru/structure/353/botanicheskij_sad [дата обращения: 20.05.2021].
- Plants of the open ground in the Botanical Garden of the Komarov Botanical Institute (Rasteniya otkrytogo grunta Botanicheskogo sada Botanicheskogo instituta im. V.L. Komarova). St. Petersburg: Rostock; 2002. [in Russian] (Растения открытого грунта Ботанического сада Ботанического института им. В.Л. Комарова. Санкт-Петербург: Росток; 2002).
- Pomology. Siberian varieties of fruit and berry crops of the 20th century (Pomologiya. Sibirskiyeh sorta plodovykh i yagodnykh kultur XX stoletiya). Novosibirsk: Yupiter; 2005. [in Russian] (Помология. Сибирские сорта плодовых и ягодных культур XX столетия. Новосибирск: Юпитер; 2005).
- Reed B.M. Multiplication of *Rubus* germplasm *in vitro*: A screen of 256 accessions. *Fruit Varieties Journal*. 1990;44(3):141-148.
- Regel E. Raspberry, its cultivation and maintenance (Malina, yeye razvedeniye i soderzhaniye). St. Petersburg; 1886. [in Russian] (Перель Э. Малина, ее разведение и содержание. Санкт-Петербург; 1886).
- Rozanova M.A. Berry science and cultivation (Yagovedeniye i yagologiya). Leningrad: Selkhozgiz; 1937. [in Russian] (Розанова М.А. Ягодоведение и ягодоводство. Ленинград: Сельхозгиз; 1937).
- Ruban G.A., Timusheva O.K. Features of culture and new varieties of *Rubus idaeus* in the middle taiga subzone of the Komi Republic. *Vestnik Instituta biologii Komi nauchnogo tsentra Uralskogo otdeleniya RAN = Bulletin of the Institute of Biology, Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2006;12(110):22-25. [in Russian] (Рубан Г.А., Тимушева О.К. Особенности культуры и новые сорта малины обыкновенной в подзоне средней тайги Республики Коми. *Вестник Института биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН*. 2006;12(110):22-25).
- Semenova L.G., Dobrenkov E.A. Collection of berry crops MOS VIR: mobilization, composition, study, prospects of use. *Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2019;55(1):23-35. [in Russian] (Семенова Л.Г., Добренков Е.А. Коллекция ягодных культур МОС ВИР: мобилизация, состав, изучение, перспективы использования. *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2019;55(1):23-35). DOI: 10.30679/2219-5335-2019-1-55-23-35
- Sinkova G.M. Study of wild-growing raspberries of the USSR with the aim of attracting them to culture and breeding. *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant Breeding*. 1980;67(1):105-117. [in Russian] (Синькова Г.М. Изучение дикорастущих малин СССР с целью их привлечения в культуру и селекцию. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1980 67(1):105-117).
- Slepneva T.N., Chebotok E.M. Maintenance and replenishment of genetic resources of fruit, berry and ornamental crops through the establishment of unique scientific installations of the collection of living plants of open ground. *Works of the State Nikita Botanical Gardens*. 2017;144(1):54-58. [in Russian] (Слепнева Т.Н., Чеботок Е.М. Сохранение и пополнение генетических ресурсов плодовых, ягодных и декоративных культур путем создания уникальной научной установки коллекции живых растений открытого грунта. *Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада*. 2017;144(1):54-58).
- Smekalova T.N. Modern theories, methods and models of conservation of plant genetic resources (Sovremennyye teorii, metodiki i modeli sokhraneniya geneticheskikh resursov rasteniy). In: S.M. Aleksanyan, V.V. Ponomarenko, L.A. Burmistrov et al. *Modern methods and international experience of wild plants conservation (by the example of wild fruit crops) (Sovremennyye metody i mezhdunarodnyy opyt sokhraneniya genofonda dikorastushchikh rasteniy) (na*

- primere dikikh plodovykh*). Almaty; 2011. p.41-61. [in Russian] (Смекалова Т.Н. Современные теории, методики и модели сохранения генетических ресурсов растений. В кн. С.М. Алексанян, В.В.Пономаренко, Л.Ф. Бурмистров и др. *Современные методы и международный опыт сохранения генофонда дикорастущих растений (на примере диких плодовых)*. Алматы; 2011. С.41-61).
- Smekalova T.N., Talovina G.V. Specific features of crop wild relatives *in situ* conservation strategy for *Melilotus* L. species on the territory of Russia. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Series: Natural Sciences*. 2011;15-2(104):174-178. [in Russian] (Смекалова Т.Н., Таловина Г.В. Особенности стратегии сохранения *in situ* видов рода *Melilotus* Mill. на территории России. *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки*. 2011;15-2(104):174-178).
- State Register for Selection Achievements Admitted for Usage (National List). Vol. 1 "Plant varieties" (official publication). Moscow; Rosinformagrotekh; 2020. [in Russian] (Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. «Сорта растений» (официальное издание). Москва: Росинформагротех; 2020). URL: https://gossortrf.ru/wp-content/uploads/2020/03/FIN_reestr_dop_12_03_2020.pdf [дата обращения: 16.06.2021].
- The ECPGR *Ribes* and *Rubus* Database: [site]. Available from: <http://www.ribesrubus.gf.vu.lt/download.htm> [accessed May 20, 2021].
- Thompson M.M. Survey of chromosome numbers in *Rubus* (Rosaceae: Rosoideae). *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 1997;84(1):128-164. DOI: 10.2307/2399958
- Turdiyev T.T., Frolov S.N., Kovalchuk I.Y., Kabylbekova B.Z., Chukanova N.I., *In vitro* germplasm cold storage of fruit and berry plants of Kazakhstan. *Eurasian Journal of Biosciences*. 2020;14(1):1213-1219.
- Udmurt State University. Educational Botanical Garden. [in Russian] (Удмуртский государственный университет. Учебный ботанический сад): [сайт]. URL: https://udsu.ru/chapters/departments/bot_sad/bot_otdely/labor_plodobov_botsada [дата обращения: 20.05.2021].
- Ukhatova Y.V., Dunaeva S.E., Antonova O.Y., Apalikova O.V., Pozdniakova K.S., Novikova L.Y. et al. Cryopreservation of red raspberry cultivars from the VIR *in vitro* collection using a modified droplet vitrification method. *In Vitro Cellular and Developmental Biology – Plant*. 2017;53(7):394-401. DOI: 10.1007/s11627-017-9860-3
- Upadyshev M.T., Metlitskaya K.V., Petrova A.D., Donetskikh V.I. Viruses diseases of raspberry and modern sanitation methods. *Agrarian Science*. 2019;3:143-146. [in Russian] (Упадышев М.Т., Метлицкая К.В., Петрова А.Д., Донецких В.И. Вирусные болезни на сортах малины *Rubus idaeus* L. и современные методы оздоровления. *Аграрная наука*. 2019;3:143-146).
- USDA *Rubus* Crop Vulnerability Statement. 2015: [site]. Available from: https://www.ars-grin.gov/npgs/cgc_reports/rubusvuln2015.docx [accessed Aug. 10, 2021].
- Vujović T., Ružić D., Cerović R. Effect of the duration of liquid nitrogen storage on the regrowth of blackberry cryopreserved by droplet vitrification. *Contemporary Agriculture*. 2017;66(1-2):44-50. DOI: 10.1515/contagri-2017-0008
- Wada S., Reed B.M. Optimized scarification protocols improve germination of diverse *Rubus* germplasm. *Scientia Horticulturae*. 2011;130(3):660-666. DOI: 10.1016/j.scienta.2011.08.023
- Wagner W.L., Herbst D.R., Sohmer S.H. Manual of the flowering plants of Hawai'i. Vol. 1, 2. 1999 Revised edition 1918. Honolulu: University of Hawai'i Press/Bishop Museum Press; 1999.
- Wang Q., Cuellar W.J., Rajamäki M.L., Hirata Y., Valkonen J.P.T. Wang Q. Combined thermotherapy and cryotherapy for efficient virus eradication: relation of virus distribution, subcellular changes, cell survival and viral RNA degradation in shoot tips. *Molecular Plant Pathology*. 2008;9(2):237-250. DOI: 10.1111/j.1364-3703.2007.00456.x
- Withers L.A. Collecting *in vitro* for genetic resources conservation. In: L. Guarino, R. Rao, R. Reid (eds). *Collecting Plant Genetic Diversity – Technical Guidelines*. Wallingford: CAB International; 1995. p.511-515.
- Woodhead M., Weir A., Smith K., McCallum S., MacKenzie K., Graham J. Functional markers for red raspberry. *Journal American Society for Horticultural Science*. 2010;135(5):418-427. DOI: 10.21273/JASHS.135.5.418
- Yushev A.A. The 90th anniversary of the department of fruit crop genetic resources at VIR. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2015;176(4):370-380. [in Russian] (Юшев А.А. Отделу генетических ресурсов плодовых культур ВИР 90 лет. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2015;176(4):370-380). DOI: 10.30901/2227-8834-2015-4-370-380
- Yuzepchuk S.V. Raspberries and blackberries – *Rubus* L. (Malina i yezhevika – *Rubus* L.) In: V.L. Komarov (ed.). *Flora of the USSR. Vol. 10*. Moscow; Leningrad; 1941. p.5-58. [in Russian] (Юзепчук С.В. Малина и ежевика – *Rubus* L. В кн.: *Флора СССР. Т. 10.* / под ред. В.Л. Комарова. Москва; Ленинград; 1941. С.5-58).
- Yuzepchuk S.V. To the bathology of the Crimea. (K batologii Kryma). *Botanicheskiye materialy Gerbariya Botanicheskogo instituta imeni V.L. Komarova Akademii nauk SSSR = Botanical materials of the Herbarium of the V.L. Komarov Botanical Institute, USSR Academy of Sciences*. 1950;13:85-110. [in Russian] (Юзепчук С.В. К батологии Крыма. *Ботанические материалы Гербария Ботанического института имени В.Л. Комарова Академии наук СССР*. 1950; 13:85-110).
- Zhbanova E.V. Biochemical characterization of fruits from raspberry vor gene pool under the circumstances of the Central Chernozem Zone (Michurinsk). *Works of the State Nikita Botanical Gardens*. 2017;144(1):182-186. [in Russian] (Жбанова Е.В. Биохимическая характеристика плодов генколлекции сортов малины в условиях ЦЧР (Мичуринск) *Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада*. 2017;144(1):182-186).

Информация об авторах

Светлана Ефимовна Дунаева, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, dunaevase@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7002-8066>

Людмила Степановна Красовская, кандидат биологических наук, ведущий хранитель коллекций, Ботанический институт имени В.Л. Комарова Российской академии наук, 197376 Россия, Санкт-Петербург, ул. Проф. Попова, 2, lkrassovskaya@binran.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0098-5527>

Татьяна Андреевна Гавриленко, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, tatjana9972@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2605-6569>

Information about the authors

Svetlana E. Dunaeva, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, dunaevase@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7002-8066>

Lyudmila S. Krasovskaya, Cand. Sci. (Biology), Leading Curator of the Collections, Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, 2 Professora Popova Street, St. Petersburg 197376, Russia, lkrassovskaya@binran.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0098-5527>

Tatjana A. Gavrilenko, Dr. Sci. (Biology), Chief Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, tatjana9972@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2605-6569>

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 24.05.2021, одобрена после рецензирования 03.12.2021, принята к публикации 28.02.2022.

The article was submitted on 24.05.2021, approved after reviewing on 03.12.2021, accepted for publication on 28.02.2022.