

ОБРАЗЦЫ ЯГОДНЫХ И ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР И ИХ ДИКОРАСТУЩИХ РОДИЧЕЙ В КОЛЛЕКЦИИ *IN VITRO* ВИР

Дунаева С. Е., Орлова С. Ю., Тихонова О. А.,
Гавриленко Т. А.

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР), 190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 42, 44 e-mail: dunaevase@mail.ru

IN VITRO COLLECTION OF BERRY AND FRUIT CROPS AND THEIR WILD RELATIVES AT VIR

Dunaeva S. E., Orlova S. Yu., Tikhonova O. A.,
Gavrilenko T. A.

N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), 42–44, Bolshaya Morskaya St., St. Petersburg, 190000, Russia; e-mail: dunaevase@mail.ru

Актуальность. Проблема сбора и сохранения *ex situ* генетических ресурсов растений (ГРР) приобретает особую актуальность в связи с сокращением генетического разнообразия. Образцы вегетативно размножаемых культурных растений обычно сохраняются в полевых генобанках. В качестве дублетных создаются коллекции защищенного грунта, *in vitro* коллекции среднесрочного хранения и криоколлекции длительного хранения образцов. Гарантированное *ex situ* сохранение генетических ресурсов вегетативно размножаемых растений обеспечивает наличие всех типов коллекций. Стратегия формирования *in vitro* коллекции ягодных и плодовых культур умеренного климата в ВИР заключается в сохранении отечественного селекционного материала, включающего сорта стародавней и народной селекции, современные сорта и гибриды, а также образцы дикорастущих родичей (включая эндемики), собранных в основном на территории РФ. Коллекция *in vitro* также включает зарубежные сорта – источники ценных признаков. В генетических банках других стран такой материал отсутствует или представлен фрагментарно. **Материалы и методы.** Для введения в культуру *in vitro* использовали образцы из полевой коллекции (УНУ, регистрационный USU 505851; Коллекции генетических ресурсов растений ВИР НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» и филиала Майкопская опытная станция ВИР), экспедиционных сборов ВИР и других учреждений. Все этапы работы по введению растительного материала в культуру *in vitro*, поддержанию образцов в коллекции активного роста и среднесрочного хранения микро-растений проводятся в соответствии с Методическими указаниями отдела биотехнологии ВИР (2017). **Результаты и заключение.** В настоящее время *in vitro* коллекция ягодных и плодовых культур ВИР включает 330 образцов малины, ежевики, жимолости, земляники, вишни, сливы, рябины, смородины черной; из них 236 сортов, 14 гибридных форм и 80 образцов дикорастущих родичей, из которых 68 собраны на территории РФ и ближнего зарубежья. В настоящее время *in vitro* коллекция ВИР является одной из наиболее крупных в системе европейских и азиатских генетических банков, сохраняющих образцы ягодных и плодовых культур умеренного климата. Образцы *in vitro* коллекции ВИР используются для дублетного сохранения образцов полевого генобанка, разработки методов оздоровления микро-растений от вирусных инфекций; генотипирования; изучения физиолого-биохимических процессов, происходящих в микро-растениях при среднесрочном хранении; для разработки методов криоконсервации и создания криоколлекций; в морфобиологическом изучении *ex vitro* растений.

Ключевые слова: генетические ресурсы растений, *in vitro* коллекции, ягодные и плодовые культуры, дикорастущие родичи.

Прозрачность финансовой деятельности:

авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Конфликт интересов отсутствует

Дунаева С.Е., Орлова С.Ю., Тихонова О.А., Гавриленко Т.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., Orlova S. Yu., Tikhonova O. A., Gavrilenko T. A. In vitro collection of berry and fruit crops and their wild relatives at VIR. Plant Biotechnology and Breeding. 2018; 1(1):43-51. DOI: 10.30901/2658-6266-2018-1-43-51

Background. The problem of *ex situ* conservation of plant genetic resources (PGR) is particularly relevant due to the decreasing of their genetic diversity. Accessions of vegetatively propagated crops are usually preserved in field genebanks. *In vitro* collections for medium-term storage and cryo collections for long-term storage are established as duplicate collections. Safe *ex situ* conservation of PGR is ensured by the existence of all three types of collections. The strategy of building up an *in vitro* collection of berry and fruit crops at VIR is based on the need to preserve domestic cultivars, local varieties and, primarily, landraces as well as accessions of crop wild relatives collected mainly in the Russian Federation and adjacent countries. Such genetic material is sparse or completely absent in the genebanks of other countries. **Materials and methods.** Accessions from the field genebanks maintained at VIR's experiment stations in Pavlovsk and Maikop, samples obtained by collecting teams launched by VIR and other institutions were used to initiate *in vitro* culture. All procedures to preserve various fruit and berry germplasm *in vitro* at VIR in the state of active growth and under medium-term storage conditions have been carried out according to the protocols presented in the Methodological Guidelines of VIR's Department of Biotechnology. **Results and conclusion.** Currently, the *in vitro* collection of berry and fruit crops at VIR holds 330 accessions of raspberry, blackberry, honeysuckle, strawberry, stone fruit plants (cherry, plum), mountain ash, and black currant, including 236 cultivars, 14 hybrids and 80 accessions of crop wild relatives, 68 of which were collected in the Russian Federation and neighboring countries. At present, VIR's *in vitro* collection is one of the largest in the network of European and Asian genebanks that preserve accessions of berry and fruit plants cultivated under temperate climate conditions. Germplasm from the *in vitro* collection is used for various purposes: to develop virus eradication techniques; for genotyping; to study physiological and biochemical processes occurring in micro-plants under medium term storage; for the development of cryopreservation methods and for establishment of cryo collections; in morphobiological studies of *ex vitro* plants, etc.

Key words: plant genetic resources, *in vitro* collections, berry and fruit crops, wild relatives.

УДК 634.2 634.7. 634.23:581.17
Поступила в редакцию 07.09.2018
Принята к публикации 08.11.2018

В генетических банках растений вегетативно размножаемые культуры сохраняются преимущественно в полевых коллекциях. В зависимости от требований конкретной культуры и климатической зоны для исходной коллекции могут использоваться парники, теплицы и защитные сооружения (screenhouses) (Jahn, Westwood, 1982). Программы сохранения биоразнообразия ягодных и плодовых культур в основном ориентируются на полевые генбанки – сады клонового растительного материала (Panis, Lambardi, 2005). Полевые коллекции позволяют изучать образцы в течение всего вегетационного периода, проводить с ними селекционную работу, оценивать и регулярно контролировать фенотипический ответ растений на действие биотических и абиотических стрессоров. Однако существуют проблемы, ограничивающие возможности сохранения генетических ресурсов растений (ГРР) в полевых коллекциях. К их числу относятся: необходимость значительных финансовых вложений в виде земли, труда, техники для создания и поддержки полевых генбанков, периодических фитосанитарных обработок растений и обводнения садов. Кроме того, существует вероятность потери образцов из-за воздействий патогенов, вредителей, экстремальных абиотических факторов (Engelmann, Engels, 2002). С целью дублирования образцов ягодных и плодовых культур и обеспечения их сохранности в контролируемых условиях среды создаются *in vitro* и криоколлекции.

В ведущих мировых генбанках в условиях *in vitro* сохраняются дублетные образцы *core* коллекций, а также образцы, подверженные повышенному риску потерь. Основные преимущества *in vitro* коллекций заключаются в их компактности, возможностях оздоровления микрорастений от вирусных инфекций, массового круглогодичного микрклонального размножения образцов и возможности передачи пробирочных растений в другие учреждения в соответствии с карантинными допусками (Reed et al., 2004; Gavrilenko et al., 2007; FAO, 2014, Cruz-Cruz et al., 2013).

Однако *in vitro* коллекции не являются идеальными для длительного хранения образцов, поскольку цикл микрклонального размножения необходимо периодически прерывать, а растения высаживать в грунт для контроля фенотипической и генотипической стабильности. Предпочтительным методом для длительного хранения образцов клоновых коллекций является криоконсервирование. Для криосохранения плодовых культур преимущественно используют метод программного (медленного) замораживания спящих почек растений полевых генбанков, а для большинства ягодных культур – в основном методы быстрого замораживания эксплантов *in vitro* растений (меристемы, вегетативные почки, апексы побегов). Необходимо отметить, что в настоящее время методы криоконсервации разработаны лишь для ограниченного числа культур. Каждая из перечисленных выше систем (полевые, *in vitro* и криогенбанки) имеет свои преимущества и ограничения, поэтому гарантированное сохранение коллекций может обеспечить только совместное использование всех трех систем (Reed et al., 2004, Gavrilenko et al., 2007; FAO, 2014)

В настоящее время сравнительно небольшое число генбанков содержат представительные *in vitro* и криоколлекции ягодных и плодовых культур умеренного климата

(Reed et al., 2004; Hao, Deng, 2003; Kovalchuk et al., 2009; Hanke, 2014; Höfer, Hanke, 2017). В частности, в NCGR Corvallis (National Clonal Germplasm Repository Corvallis – коллекция Национального репозитория США в Корваллисе) в *in vitro* системе сохраняется 222 образца рода *Fragaria*, 248 образцов рода *Rubus*, 25 образцов рода *Ribes* и 135 образцов рода *Sorbus* (Annual Report..., 2014). В NCGRP (National Center for Genetic Resources Preservation, Fort Collins, США) на длительном криохранении находятся: 2155 образцов рода *Malus* (спящие почки), 219 образцов рода *Pyrus* (спящие почки и апексы побегов *in vitro* растений), 280 образцов рода *Fragaria* (апексы побегов *in vitro* растений), 187 – рода *Rubus* (апексы побегов *in vitro* растений), 79 образцов рода *Ribes* (спящие почки и апексы побегов *in vitro* растений) и 42 образца рода *Vaccinium* (апексы побегов *in vitro* растений) (Jenderek, Reed, 2017).

Стратегия формирования *in vitro* коллекции ягодных и плодовых культур умеренного климата в ВИР заключается в сохранении отечественного селекционного материала, включающего сорта стародавней и народной селекции, современные сорта и гибриды, а также образцы дикорастущих родичей, собранных в основном на территории РФ. В генетических банках других стран такой материал отсутствует или представлен фрагментарно (Gavrilenko et al., 2007; Dunaeva, Gavrilenko, 2007). Коллекция *in vitro* также включает зарубежные сорта-источники ценных признаков.

В данной статье приведена информация о структуре и численности *in vitro* коллекции ягодных и плодовых культур умеренного климата, сохраняемой в ВИР, стратегии ее пополнения, методах поддержания и возможностях практического использования.

Материал и методы исследования

Для введения в культуру *in vitro* использовали образцы малины красной, смородины черной, жимолости, земляники, рябины, вишни и сливы из полевой коллекции научно-производственной базы (НПБ) «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР». В первую очередь отбирали стародавние сорта, а также доноры и источники селекционно важных признаков и образцы, находящиеся на грани гибели в полевой коллекции. Также в коллекцию *in vitro* были введены образцы дикорастущих видов ежевики из полевой коллекции филиала Майкопской опытной станции ВИР, экспедиционных сборов ВИР и других учреждений.

У образцов малины, жимолости и смородины черной верхушечные и пазушные почки вводили от индивидуальных растений полевых коллекций, изученных по минеральному и химическому составу ягод (Lefèvre et al., 2011) и генотипированных (у малины и жимолости) с использованием SSR- и ISSR-маркеров (Lamoureaux et al., 2011).

Введение растительного материала в культуру *in vitro*, микрклональное размножение, укоренение микрорастений, поддержание образцов в состоянии активного и замедленного роста и мониторинг скрытых бактериальных инфекций в растительном материале проводили в соответствии с методическими указаниями ВИР (Dunaeva et al., 2017).

Результаты и обсуждение

В настоящее время *in vitro* коллекция ягодных и плодовых культур ВИР включает 330 образцов, из них 236 сортов – малины, ежевики, жимолости, земляники,

вишни, сливы, рябины, смородины черной (в том числе 14 гибридов); 80 образцов дикорастущих родичей, собранных экспедициями ВИР на территории России и ближнего зарубежья. Состав и численность *in vitro* коллекции ягодных и плодовых культур представлены на рисунке.

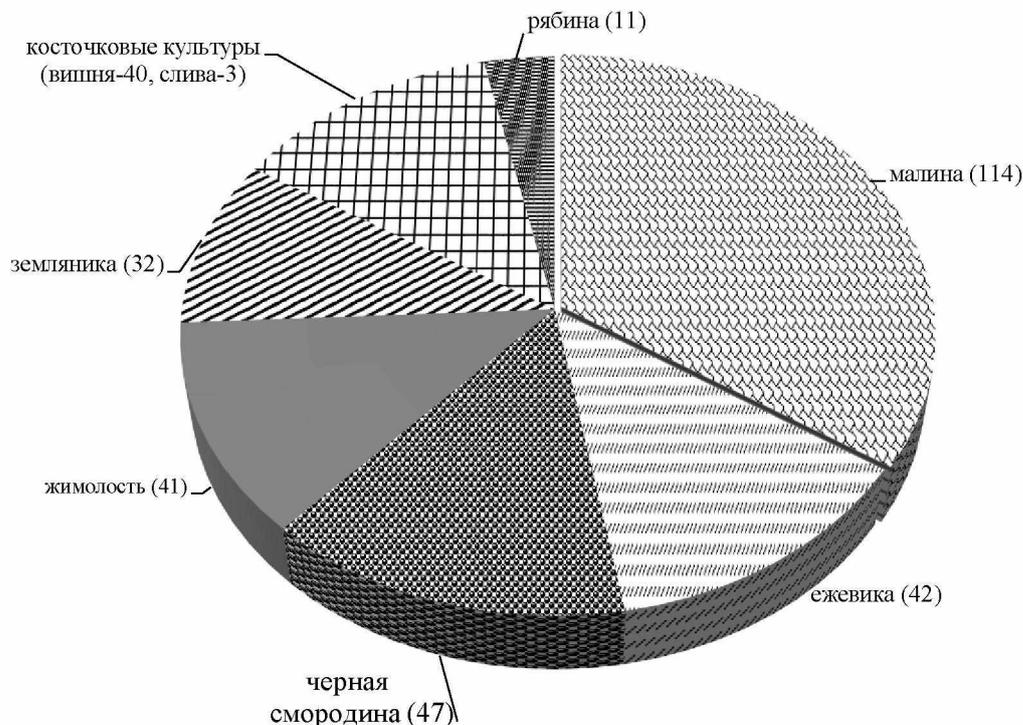


Рисунок. Состав и численность *in vitro* коллекции ягодных и плодовых культур

Примечание. В скобках указано общее число образцов.

Figure. Composition and size of the *in vitro* collections of berry and fruit crops

Note. The number of accessions is indicated in parentheses.

При формировании *in vitro* коллекции предпочтение отдается сортам российской селекции (табл. 1).

В коллекции *in vitro* ВИР сохраняются также образцы дикорастущих родичей малин, ежевик (включая эндемики), смородины, жимолости, собранные экспедициями ВИР на территории России и ближнего зарубежья (табл. 2).

При формировании и пополнении *in vitro* коллекции используются разные источники поступления растительного материала. Основным является полевой генбанк ВИР, образцы которого вводятся в культуру *in vitro* для создания дублетов. Из 330 образцов *in vitro* коллекции 146 (44%) являются дублетами образцов полевого генбанка ВИР (табл.3). Число дублетных образцов могло бы быть выше, однако следует отметить, что 64 сорта малины, 8 сортов вишни, 10 сортов земляники и 2 сорта черной смородины, введенные в разные годы в культуру *in vitro*, выпали из полевой коллекции НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР», и в настоящее время сохраняются

только в коллекции *in vitro*. В таблице 3 приведены источники поступления образцов в коллекцию *in vitro* ВИР.

Сорта и гибриды ягодных и плодовых культур в коллекции *in vitro*

Малина (*Rubus* L.)

In vitro коллекция включает 114 образцов, из них 83 сорта малины красной *Rubus idaeus* L. (из которых 60 сортов российской селекции), 4 сорта малины черной *R. occidentalis* L. и 27 образцов культивируемых и дикорастущих видов малин. Из 60 сортов малины российской селекции 35 входит в перечень Государственного реестра селекционных достижений, допущенных к использованию в 2017 г. Всего в Госреестре 2017 г. насчитывается 85 сортов малины (<http://reestr.gossort.com/reestr-1.html>).

В *in vitro* коллекции ВИР сохраняются сорта, представляющие широкое эколого-географическое разнообразие, созданные в различных селекционных учреждениях страны, расположенных в пяти из восьми округов РФ: в

Центральном (Москва, ВСТИСП; Брянская обл., Кокинский опорный пункт ВСТИСП), Северо-Западном (Ленинградская обл., ЛПООС; Вологодская обл., Никольский опорный пункт ВИР), Приволжском (Нижегород, Ботанический сад Нижегородского университета; Самара, Куйбышевская зональная опытная станция по садовод-

ству), Уральском (Свердловская опытная станция по садоводству) и Сибирском (Барнаул, НИИСС им. М. А. Лисавенко). В *in vitro* коллекции ВИР сохраняются сорта малины красной, созданные на протяжении более чем 100 лет, включая стародавние сорта конца XIX – первой половины XX вв.

Таблица 1. Доля (%) сортов российской селекции ягодных и плодовых культур в коллекции *in vitro* ВИР

Table 1. Proportion (%) of berry and fruit cultivars of Russian breeding in the *in vitro* collection at VIR

Культура	Число сортов	
	Всего, шт	в т. ч. российской селекции, шт. (%)
Малина	87	60 (70%)
Косточковые (вишня, слива)	43	37 (86%)
Смородина черная	28	16 (57%)
Ежевика	25	0 (0%)
Земляника садовая	28	23 (82%)
Жимолость синяя	18	18 (100%)
Рябина	7	7 (100%)
Всего	236	161 (68%)

В частности, сорта народной селекции с высокой зимостойкостью – ‘Малая Устюжная’ (в полевой коллекции ВИР с 1930 г.), ‘Шарташская’ (в коллекции ВИР с 1925 г.) и селекционные сорта В. В. Спирина – ‘Белая Спирина’, ‘Ранняя Сладкая’ (в коллекции ВИР с 1927–1930 гг.). К этому же периоду селекции относятся сорта малины ‘Советская’, ‘Щербатовка-1’ и сорта селекции И. В. Мичурина ‘Прогресс’ и ‘Продуктивная’. Из стародавних сортов малины красной зарубежной селекции можно отметить сорт ‘Phoenix’ (1896 год, США) – источник высокой морозостойкости, выносливости к ряду грибных заболеваний, микоплазменной болезни израстание (<http://selplod.ru/?pg=sortovedenie#top>), и белоплодный диетический и декоративный сорт ‘Cornuells Victoria’ (1940 год, Англия). Большинство сортов малины, сохраняемых в коллекции *in vitro*, созданы во второй половине XX века. В частности, в этот период были выведены 50 из 60-ти отечественных сортов, поддерживаемых в коллекции *in vitro*. Из них 27 сортов созданы в трех селекционных центрах: НИИСС им. М. А. Лисавенко (Барнаул) – 12 сортов; ВСТИСП (Москва) – 6 сортов селекции В. В. Кичины; Кокинском опорном пункте ВСТИСП (Брянск) – 9 сортов селекции В. И. Казакова.

Ежевика (*Rubus* L.)

In vitro коллекция включает 42 образца (25 сортов и 17 культивируемых и дикорастущих видов). Все сорта ежевики являются сортами зарубежной селекции (США, Англия, Бразилия, Австралия) разных лет, 6 из них созданы в 30-40 гг. XX века. Среди сортов ежевики 5 представлены селекционными клонами дикорастущих видов, 17 межвидовыми гибридами и 3 малинно-ежевичными гибридами. В коллекции *in vitro* имеются бесшипные сорта, а также толерантные к болезням. Из 17 видов ежевик 14 –

дублиеты образцов полевого генбанка филиала Майкопская опытная станция ВИР (Dobrenkov et al., 2008).

Смородина черная (*Ribes* L.)

Коллекция *in vitro* ВИР черной смородины представлена сортами различного генетического и эколого-географического происхождения, которые получены из селекционных учреждений Центрально-Черноземного региона (ВНИИСПК, г. Орел и «ФНЦ им. И. В. Мичурина», г. Мичуринск), Центрального региона (ВСТИСП, г. Москва), Северо-Западного (ВИР), Восточно-Сибирского и Западно-Сибирского (Южно-Уральский НИИПОК, г. Челябинск, Свердловская опытная селекционная станция садоводства, г. Екатеринбург) и других регионов России, а также стран ближнего (Беларусь, Литва) и дальнего (Польша, Германия) зарубежья.

По генетическому происхождению сорта и гибриды *in vitro* коллекции черной смородины относятся к 12 генетическим группам (табл. 4).

В состав первой, наиболее репрезентативной группы (28,6% образцов), вошли 4-геномные сорта ‘Багира’, ‘Болеро’, ‘Вологда’, ‘Зеленая дымка’, ‘Трилена’, ‘Чаровница’ и др., содержащие генетический материал двух подвидов смородины черной, смородины дикуши и скандинавского экотипа *Ribes nigrum*. Вторая по численности группа (23,8%) включает образцы, являющиеся производными европейского и сибирского подвидов *R. nigrum*. Среди них наибольший интерес представляют гибриды Н. М. Павловой, полученные путем скрещивания сорта ‘Нарядная’ с формами сибирского подвида смородины черной: форма № 2 (Туруханский р-н, Красноярский край) и форма № 4 (Горная Шория, Алтай). На протяжении длительного периода времени они проявляют высокую устойчивость к наиболее опасному вредителю черной смородины – почковому клещу (*Eriophyes ribis* Nal.) – и переносимому им

заболеванию – махровости. На долю третьей группы, включающей 3-геномные потомки смородины дикуши, приходится 19,0% от общего количества сортов.

Среди сохраняемых в коллекции *in vitro* сортов черной смородины присутствуют сорта ‘Tisel’ (Польша) и ‘Дабрадзья’ (Беларусь), созданные с участием *R. ussuriense* Jancz.

Таблица 2. Клоновая *in vitro* коллекция образцов дикорастущих видов, собранных из природных популяций экспедициями ВИР
Table 2. Clonal *in vitro* collection of the accessions of wild species collected from natural populations by VIR’s collecting missions

Род/подрод	Таксон	Собраны в РФ	Собраны в странах ближнего зарубежья	Получены из других источников	Общее число образцов
<i>Rubus</i> L./ <i>Idaeobatus</i> (Focke) Focke	<i>R. idaeus</i> L.	24	–	–	27
	<i>R. phoenicolasus</i> Maxim.	–	–	1	
	<i>R. parvifolius</i> L.	–	–	1	
	<i>R. illecebrosus</i> Focke	–	–	1	
<i>Rubus</i> L./ <i>Rubus</i>	<i>R. abnormis</i> (Sudre) Sudre	1	–	–	17
	<i>R. ulmifolius</i> Schott	1	–	–	
	<i>R. georgicus</i> Focke (aff.)	1	–	–	
	<i>R. ibericus</i> Juz.	1	–	–	
	<i>R. candicans</i> Weihe ex Rchb.	2	–	–	
	<i>R. caesius</i> L.	1	–	1	
	<i>R. discernendus</i> (Sudre) Sudre	1	–	–	
	<i>R. miszczenkoi</i> Juz.	1	–	–	
	<i>R. nessensis</i> Hall	1	–	–	
	<i>R. lloydianus</i> Genev.	1	–	–	
	<i>R. pyramidalis</i> Kaltenb.	–	–	1	
	<i>R. juzepczukii</i> Sanadze	–	1	–	
	<i>R. sangvineus</i> Friv.	–	1	–	
<i>R. kudagorensis</i> Sanadze	–	1	–		
<i>R. dolichocarpus</i> Juz.	–	1	–		
<i>Lonicera</i> L.	<i>L. caerulea</i> L.	6	–	–	23
	<i>L. caerulea</i> subsp. <i>kamtschatica</i> (Pojark.) Plekhanova	17	–	–	
<i>Ribes</i> L.	<i>R. nigrum</i> subsp. <i>europaeum</i> Jancz.	1	–	–	5
	<i>R. nigrum</i> subsp. <i>sibiricum</i> E. Wolf	1	–	–	
	<i>R. pauciflorum</i> Turcz. ex Pojark.	2	–	–	
	<i>R. ussuriense</i> Jancz.	1	–	–	
<i>Fragaria</i> L.	<i>Fragaria vesca</i> L.	–	–	4	4
<i>Sorbus</i> L. s.l.*	<i>S. anglica</i> Hedl.	–	–	1	4
	<i>S. chamaemespilus</i> (L.) Crantz	–	–	1	
	<i>S. discolor</i> (Maxim.) Hedl.	–	–	1	
	<i>S. mougeotti</i> Soy.-Will. et Godr.	–	–	1	

Всего 80 образцов ягодных и плодовых культур (виды культурных растений и их дикорастущие родичи).

*В этой статье мы понимаем род *Sorbus* s. l. - в широком смысле.

Примечание. «–» отсутствие сборов или отсутствие образцов из других источников

Наряду с современными сортами в коллекции *in vitro* черной смородины поддерживается сорт ‘Длиннокистная поздняя’, привлеченный в полевую коллекцию в 1926 г. Определенный интерес представляют отдаленные межвидовые и межподродовые гибриды *R. hudsonianum* × *R. dikuscha* и 046 Petros 69, созданные в Литве А. И. Рилишкисом. Особенностью их является высокая устойчивость к почковому клещу и к наиболее вредоносной в условиях Северо-Западного региона России болезни – американской мучнистой росе (*Sphaerotheca mors-uvae* (Schw.) Berk. et Curt). Кроме того, гибридный образец *R. hudsonianum* × *R. dikuscha* имеет очень длинные, густые многоцветковые кисти, насчитывающие до 33 и более

цветков, в связи с чем, помимо перечисленных важных для селекции признаков, может использоваться в садоводстве в качестве декоративного кустарника. Достаточно декоративен во время цветения и гибрид 046 Petros 69 за счет необычной (ярко-розовой) окраски цветков.

Вишня (*Cerasus* Mill.)

В коллекции *in vitro* поддерживаются 40 образцов вишни в основном отечественной селекции (34 сорта) и 6 зарубежных (селекции Эстонии, Канады и Швеции). По таксономическому составу сорта вишни относятся к *Cerasus vulgaris* Mill. (вишня обыкновенная) и *C. fruticosa* Pall. (вишня степная). Кроме того, ряд сортов является отдаленными гибридами, полученными от скрещивания

сортов вишни обыкновенной с тетраплоидным видом *C. maackii* (Rupr.) Eremin et Simagin (вишня Маака) – сорта ‘Новелла’ и ‘Долгожданная’ (ВНИИСПК), ‘Русинка’ (ВСТИСП), ‘Харитоновская’ (ВНИИГиСПР), а также ‘Алмаз’ (ВНИИГиСПР), используемый в качестве донора

устойчивости к коккомикозу (*Coccomyces hiemalis* (Higg.). Гибрид «Степной родник» (подвой, ВНИИГиСПР), в геноме которого присутствует генетический материал вишни обыкновенной, вишни Маака и вишни степной, также является донором устойчивости к данной болезни.

Таблица 3. Источники поступления образцов в коллекцию *in vitro* (всего 330 образцов)
Table 3. Sources of germplasm placed into the *in vitro* collection (total of 330 accessions)

Источники поступления образцов	Число образцов
Полевой генбанк ВИР НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР»; Филиал Майкопская опытная станция ВИР	146 (дублиеты)
Полевой генбанк ВИР НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР»	84 сохраняются только в коллекции <i>in vitro</i> ; в полевой коллекции НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» эти образцы утеряны
Экспедиционные сборы ВИР	24
Другие генбанки и учреждения	76

Таблица 4. Распределение образцов черной смородины (*Ribes L.*) в коллекции *in vitro* по генетической принадлежности
Table 4. Distribution of black currant accessions (*Ribes L.*) in the *in vitro* collection according to their genetic affiliation

№№ групп	Генетические группы	Число образцов в группе
1.	<i>R. nigrum</i> subsp. <i>europaeum</i> × <i>R. nigrum</i> subsp. <i>sibiricum</i> × <i>R. dikuscha</i> × скандинавский экотип <i>R. nigrum</i>	12
2.	<i>R. nigrum</i> subsp. <i>europaeum</i> × <i>R. nigrum</i> subsp. <i>sibiricum</i>	10
3.	<i>R. nigrum</i> subsp. <i>europaeum</i> × <i>R. nigrum</i> subsp. <i>sibiricum</i> × <i>R. dikuscha</i>	8
4.	<i>R. nigrum</i> subsp. <i>europaeum</i> × <i>R. dikuscha</i>	3
5.	<i>R. nigrum</i> subsp. <i>europaeum</i> × <i>R. dikuscha</i> × скандинавский экотип <i>R. nigrum</i>	2
6.	<i>R. nigrum</i> subsp. <i>europaeum</i>	1
7.	<i>R. nigrum</i> subsp. <i>sibiricum</i>	1
8.	<i>R. nigrum</i> subsp. <i>europaeum</i> × скандинавский экотип <i>R. nigrum</i>	1
9.	<i>R. nigrum</i> subsp. <i>europaeum</i> × <i>R. nigrum</i> subsp. <i>sibiricum</i> × <i>R. ussuriense</i> × скандинавский экотип <i>R. nigrum</i>	1
10.	<i>R. nigrum</i> subsp. <i>europaeum</i> × <i>R. nigrum</i> subsp. <i>sibiricum</i> × <i>R. dikuscha</i> × <i>R. ussuriense</i> × скандинавский экотип <i>R. nigrum</i>	1
11.	<i>R. hudsonianum</i> × <i>R. dikuscha</i>	1
12.	<i>R. petraeum</i> × <i>R. procumbens</i>	1
	Всего	42

Большая часть образцов *in vitro* коллекции – 28 образцов (70%), относятся к вишне обыкновенной. Эти образцы были получены из различных регионов России – Северо-Западного (ВИР), Среднего Поволжья (Самарская опытная станция садоводства, ТАТНИСХ, г. Казань), Центрального (ВСТИСП, г. Москва, Московский помологический рассадник) и Центрально-Черноземного (ВНИИСПК, г. Орел; ВНИИГиСПР имени И. В. Мичурина, г. Мичуринск). В коллекции поддерживаются два сорта вишни обыкновенной – ‘Владимирская’ и ‘Коро-стынская’, сохраняющиеся в полевом генбанке с момента основания станции «Красный Пахарь» (1926 г.; ныне НПБ

«Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР»). Полученные из Уральского региона (Свердловская опытная станция садоводства, г. Екатеринбург) и из Западной Сибири (НИИСС имени М. А. Лисавенко, г. Барнаул) сорта вишни степной: ‘Щедрая’, ‘Элита рубиновая’, ‘Анюта Казанцева’, ‘Желанная’, ‘Касмалинка’, ‘Субботинская’, являются источниками высокой зимостойкости и низкорослости.

Жимолость (*Lonicera L.*)

Род жимолость включает 200 видов, но только небольшое число из них, преимущественно из подсекции голубых жимолостей (*Caeruleae*) имеет пригодные в пищу плоды. К числу таких видов относится полиморфный вид

жимолость синяя (*L. caeruleae* L.), некоторые из подвидов которого успешно domesticiрованы (Skvortsov, Kuklina, 2002). Центр современного распространения голубых жимолостей находится на Севере и Северо-Востоке Евразии, т. е. на территории России и сопредельных государств.

In vitro коллекция жимолости синей включает 41 образец, из них 18 сортов, среди которых 14 представлены селекцией НИИСС имени М. А. Лисавенко (г. Барнаул) и его опорного пункта (ныне ФГУП «Бачкарское», Томская область) и 4 сорта: 'Первенец' (1953), 'Васильевская' (1953), 'Челночная' (1962), 'Ленинградский Великан' (1979), выведенные в ВИР. Остальные 23 образца жимолости в коллекции *in vitro* являются отборами из семян дикорастущих образцов жимолости синей или элитными формами, полученными от свободного опыления. Большинство сортов (13 из 18-ти) и дикорастущих образцов (17 из 23-х) жимолости синей относятся к камчатскому подвиду (*L. caerulea* subsp. *kamtschatica* (Pojark.) Plekhanova (Plekhanova et al., 1995).

Рябина (*Sorbus* L.)

In vitro коллекция рябины включает 11 образцов (7 сортов и 4 представителя дикорастущих видов). Из 7 сортов рябины 4 сорта ('Алая крупная', 'Титан', 'Гранатная' и 'Мичуринская десертная') выведены И. В. Мичуриным в результате отдаленной гибридизации между представителями семейства *Rosaceae*. Образцы дикорастущих видов получены из ботанических садов Западной Европы.

Земляника (*Fragaria* L.)

In vitro коллекция земляники включает 32 образца, из которых 28 сортов (23 российской и 5 зарубежной селекции) и 4 индикаторных клона дикорастущего вида *Fragaria vesca* L. (FV-72, E12, ЕМК, ИС-2), полученных из ВСТИСП и используемых для диагностики вирусов земляники.

Методы поддержания образцов *in vitro* коллекции ягодных и плодовых культур и их дикорастущих родичей

Образцы *in vitro* коллекции ВИР ягодных и плодовых растений поддерживаются в состоянии активного роста и закладываются на среднесрочное хранение. Активный рост образцов всех культур, кроме косточковых, осуществляется на питательной среде Мурасиге-Скуга (МС) (Murashige, Skoog 1962) с половинным количеством макроэлементов без фитогормонов при периодическом клонировании микрорастений (Dunaeva et al., 2017). Для образцов косточковых культур (вишня, слива) используется питательная среда МС с добавлением 6-бензиламинопурина (6-БАП) различной концентрации (0,1 мг/л; 0,5 мг/л и 1,0 мг/л) в зависимости от генетического происхождения сортов. Этап укоренения вишни проводится на питательной среде МС с половинным содержанием минеральных солей и добавлением индолмасляной кислоты (ИМК) 0,75 мг/л (Orlova, 2002). Активный рост микрорастений образцов ягодных и плодовых культур осуществляется

при температуре 20–25°C, освещенности 4–5 клк и фотопериоде 16 ч.

Образцы в коллекции среднесрочного *in vitro* хранения сохраняются на питательной среде МС с половинным составом минеральных солей без фитогормонов при пониженной положительной температуре 4°C, освещенности ~500 лк и фотопериоде 8 ч. У сохраняемых в *in vitro* культуре образцов сроки беспересадочного среднесрочного хранения различаются и варьируют в пределах одной культуры, например, у вишни и ежевики от 1 года до 3,5 лет, у земляники от 1 года до 1,5 лет, у малины от 0,5 до 1 года.

Использование образцов *in vitro* коллекции ВИР ягодных и плодовых культур

Образцы *in vitro* коллекции ВИР используются для долготного сохранения образцов полевого генбанка, а также в следующих направлениях исследований:

Оздоровление образцов от вирусной инфекции. В отделе биотехнологии ВИР был модифицирован метод комплексной антивирусной терапии для оздоровления микрорастений малины красной от вируса RBDV (Antonova et al., 2015). Антивирусная терапия была проведена в 4-х вариантах, включающих два варианта химиотерапии (рибавирин или РНКазы) и два варианта комплексной терапии, совмещающих термотерапию с разными условиями химиотерапии. Согласно результатам ИФА анализа модифицированный вариант комплексной термотерапии (воздействие повышенной температуры 35°C на микрорастения, растущие на питательной среде с 30 мг/л рибавирина) оказался наиболее эффективным – получено 60% оздоровленных микрорастений; Варианты использования только химиотерапии (Antonova et al., 2015) и только криотерапии (Ukhatova, 2017) были не результативными.

Изучение морфофизиологических и биохимических показателей микрорастений при среднесрочном *in vitro* хранении образцов. В результате проведения морфометрических и биохимических исследований микрорастений ежевики, сохраняемых в условиях низких положительных температур, установлено, что условия среднесрочного *in vitro* хранения при 4°C являются стрессовыми, о чем свидетельствует повышение содержания пролина и снижение содержания аскорбиновой кислоты у *in vitro* растений. Для оценки жизнеспособности микрорастений в условиях среднесрочного *in vitro* хранения в качестве экспресс-теста предложено использовать мониторинг уровня пероксида водорода в пробирочных растениях (Samatova et al., 2009).

Генотипирование образцов. Для идентификации образцов рода *Rubus* из 12 исследованных ферментных систем были отобраны три: эстеразы, пероксидазы и лейцинаминопептидазы. На основании анализа компонентов спектров этих изоферментных систем изучаемые образцы рода *Rubus* распределились на два кластера, в основном, соответствующие таксономическому разделению образцов на два подрода – *Idaeobatus* Focke (малина) и *Rubus*

(ежевика). Индивидуальные изозимные спектры эстеразы позволили идентифицировать 44 образца малины и ежевики (Dunaeva et al., 2005).

Индивидуальные растения образцов малины и жимолости из полевого генбанка, послужившие донорами почек для введения в культуру *in vitro*, были генотипированы с использованием SSR- и ISSR-маркеров (Lamougeux et al., 2011).

Генетическая трансформация. Модифицирован состав фитогормонов в питательной среде для получения адвентивных регенерантов у сортов малины красной и ежевики. Отобраны генотипы с наиболее высоким уровнем адвентивной регенерации для проведения экспериментов по агробактериальной генетической трансформации и получены трансформанты сорта ежевики 'Young' с генами *nptII*, *IFN6* (Lupysheva et al., 2008).

Модификация метода криоконсервирования и криосохранение образцов. Изучена способность к посткриогенной регенерации у 13 сортов малины красной и предложен оптимизированный протокол «DV-biotech» для криоконсервации апексов побегов микрорастений, позволяющий достигать высоких показателей посткриогенного восстановления эксплантов (Ukhatova et al., 2017).

Изучение адаптации пробирочных растений к условиям *ex vitro*. Микрорастения 11 сортов ежевики были высажены в почву после длительного сохранения в культуре *in vitro*; изучены приживаемость, показатели роста и развития *ex vitro* растений, а также фенотипы развития, элементы урожайности, засухоустойчивость и восприимчивость к грибным патогенам. Выявлены сортовые различия по адаптивности *ex vitro* растений ежевики к стрессорам предгорной зоны Республики Адыгея (Dobrenkov et al., 2017).

Заключение

In vitro коллекция ягодных и плодовых культур в ВИР включает 330 образцов малины, ежевики, жимолости, смородины черной, земляники, косточковых культур (вишня, слива), рябины. Эта коллекция является одной из наиболее крупных в системе европейских и азиатских генетических банков, сохраняющих образцы ягодных и плодовых культур умеренного климата. Основную часть *in vitro* коллекции ягодных и плодовых культур в ВИР составляют сорта российской селекции, фрагментарно представленные или отсутствующие в клонных генбанках других стран. Кроме того, в коллекции *in vitro* сохраняется небольшое число образцов дикорастущих родичей, собранных экспедициями ВИР на территории России и стран ближнего зарубежья, а также межвидовые гибриды черной смородины.

Образцы *in vitro* коллекции используются для разработки методов оздоровления микрорастений от вирусных инфекций; для выявления условий, позволяющих отбирать генотипы с высоким уровнем адвентивной регенерации в качестве объектов для генетической трансформации; для генотипирования образцов; для изучения физиолого-биохимических процессов, происходящих в микро-

растениях при среднесрочном *in vitro* хранении; в разработке методов криоконсервации и создании криоколлекций; в морфо-биологическом изучении *ex vitro* растений.

Благодарности: работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0003 «Сохранение генетических ресурсов растений в живом виде на популяционно-видовом, организменном уровне, на уровне органов и частей растений, геномных ДНК в условиях *ex situ*, а также сохранение гербарных коллекций», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР: АААА-А17-117030910078-3. Авторы выражают благодарность Л. С. Красовской (Ботанический институт им. В. Л. Комарова) и И. Г. Чухиной (Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР)) за ценные замечания при составлении таблицы 2.

References/Литература

- Annual Report for Calendar Year 2014 Usda Ars NCGR, Corvallis // <https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/20721500/AnnualReports/CorvallisAnnualReport2014.pdf>
- Antonova O. Yu., Dunaeva S. Ye., Ukhatova Yu. V., Kamylnina N. Yu., Dolganova N. A., Lisitsyna O. V., Gavrilenko T. A. Sanitation of raspberry from bush dwarf virus (RBDV) by complex therapy in culture *in vitro* // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2015, vol. 29, no. 7, pp. 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 карликовости (RBDV) методом комплексной терапии в культуре *in vitro* // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29, № 7. С. 61–64).
- Cruz-Cruz C. A., González-Arno M. T., Engelmann F. Biotechnology and Conservation of Plant Biodiversity // Resources, 2013, 2, pp. 73–95. DOI:10.3390/resources2020073.
- Dobrenkov E. A., Semenova L. G., Dunaeva S. E., Ukhatova Y. V. Adaptation of *in vitro* blackberry plants to field environments // Proceedings on applied botany, genetics and breeding, St. Petersburg: VIR, 2017, vol. 178, iss. 1, pp. 25–30 [in Russian] (Добренков Е. А., Семенова Л. Г., Дунаева С. Е., Ухатова Ю. В. Адаптация пробирочных растений ежевики к полевым условиям среды // Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции. СПб., 2017, Т. 178. Вып. 1. С. 24–30).
- Dobrenkov E. A., Semenova L. G. et al. Raspberries and blackberries (the Response of plants to adverse environmental factors, chemical composition of fruits in conditions of a foothill zone of Republic Adygea): Catalogue of VIR world collection. (Malina i ezhevika (Reakcija rastenij na neblagoprijatnye faktory sredy, himicheskij sostav plodov v usloviyax predgornoy zony Respubliki Adygeja: Katalog mirovoj kolekcii VIR). St. Petersburg: VIR, 2008, vol. 790, 19 p. [in Russian] (Добренков Е. А., Семенова Л. Г. и др. Малина и ежевика (Реакция растений на неблагоприятные факторы среды, химический состав плодов в условиях предгорной зоны Республики Адыгея): Каталог мировой коллекции ВИР. СПб.: ВИР, 2008. Вып. 790. 19 с.)).
- Dunaeva S. E., Kudryakova N. V., Malyshev L. L., Lupysheva Yu. V., Gavrilenko T. A. *In vitro* collection of raspberries and blackberries and identification of samples by isoenzyme spectra // Agrar'naya Rossiya 2005, no. 2, pp. 49–55 [in Russian] (Дунаева С. Е., Кудрякова Н. В., Мальшев Л. Л., Лупышева Ю. В., Гавриленко Т. А. *In vitro* коллекция малин и ежевик и идентификация образцов по изоферментным спектрам // Аграрная Россия. 2005. № 2. С. 49–55).
- Dunaeva S. E., Gavrilenko T. A. Collections of fruit and berry cultures *in vitro*: a strategy for the creation and storage // Proceedings on Applied Botani, Genetics and Breeding, 2007, vol. 161, pp. 10–19 [in Russian] (Дунаева С. Е., Гавриленко Т. А. Коллекции плодовых и ягодных культур *in vitro*: стратегия создания и хранения // Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции. 2007. Т. 161. С. 10–19).

- Dunaeva S. E., Pendinen G. I., Antonova O. Yu., Shvachko N. A., Ukhatova Yu. V., Shuvalova L. E., Volkova N. N., Gavrilenko T. A. Preservation of vegetatively propagated crops in *in vitro* and cryo collections. 2nd edition Methodical Guidelines (Soxranenie vegetativno razmnozhaemykh kul'tur v *in vitro* i kriokollekciyax. Metodicheskie ukazaniya). St Petersburg : VIR, 2017, 71 p. [in Russian] (Дунаева С. Е., Пендинен Г. И., Антонова О. Ю., Швачко Н. А., Ухатова Ю. В., Шувалова Л. Е., Волкова Н. Н., Гавриленко Т. А. Сохранение вегетативно размножаемых культур в *in vitro* и крио коллекциях. Методические указания / под ред. Т. А. Гавриленко. СПб. : ВИР, 2017. 71 с.).
- Engelmann F., Engels J. M. M. Technologies and strategies for *ex situ* conservation. In: Managing plant genetic diversity / eds. J. M. M. Engels, V. R. Rao, A. H. D Brown, M. T Jackson. IPGRI, Rome, 2003, pp. 89–104.
- FAO. Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture // Rev. ed. Rome. 2014. 167 p.
- Gavrilenko T. A., Dunaeva S. E., Truskinov E. V., Antonova O. Yu., Pendinen G. I., Lupysheva Yu. V., Rogovaya V. V., Shvachko N. A. The strategy of long-term conservation of the gene pool of vegetatively propagated agricultural plants under controlled environmental conditions // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding, 2007, vol. 164, pp. 273–283 [in Russian] (Гавриленко Т. А., Дунаева С. Е., Трускинов Э. В., Антонова О. Ю., Пендинен Г. И., Лупышева Ю. В., Роговая В. В., Швачко Н. А. Стратегия долгосрочного сохранения генофонда вегетативно размножаемых сельскохозяйственных растений в контролируемых условиях среды // Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции. 2007. Т. 164. С. 273–283).
- Hanke M. V., Höfer M., Flachowsky H., Peil A. Fruit genetic resources management: collection, conservation, evaluation and utilization in Germany // Acta Hort. 2014, vol. 1032, pp. 231–234.
- Hao Y. J., Deng X. X. Genetically stable regeneration of apple plants from slow growth // Plant Cell Tissue Organ Cult. 2003, vol. 72, pp. 253–260.
- Höfer M., Hanke M. V. Cryopreservation of fruit germplasm // In Vitro Cell. Dev. Biol. - Plant. 2017, vol. 53, no 4, pp. 372–381. <http://selplod.ru/?pg=sortovedenie#top> (Дата обращения 25.06.2018).
- Jahn O. L., Westwood M. N. Maintenance of clonal germplasm // Hortscience, 1982, vol. 17, p. 122.
- Jenderek M. M., Reed B. M. Cryopreserved storage of clonal germplasm in the USDA National Plant Germplasm System // In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plants, 2017, vol. 53, no 4, pp 299–308. DOI:10.1007/s11627-017-9828-3.
- Kovalchuk I., Lyudvikova Y., Volgina M., Reed B. M. Medium, container and genotype all influence *in vitro* cold storage of apple germplasm // Plant Cell Tissue Organ Cult., 2009, vol. 96, pp. 127–136.
- Lamoureux D., Sorokin A., Lefevre I., Alexanian S., Eyzaguirre P., Hausman J.-F. Investigation of genetic diversity in Russian collections of raspberry and blue honeysuckle // Plant Genet Resources, 2011, vol. 9, pp. 202–205.
- Lefevre I., Ziebel J., Guignard C., Sorokin A., Tikhonova O., Dolganova N., Hoffmann L., Eyzaguirre P., Hausman J.-F. Evaluation and comparison of nutritional quality and bioactive compounds of berry fruits from *Lonicera caerulea*, *Ribes* L. species and *Rubus idaeus* grown in Russia // Journal Berry Res., 2011, vol. 1, pp. 159–167.
- Lupysheva Yu. V., Dunaeva S. E., Pendinen G. I., Novikova L. Yu., Savelyeva N. V., Lutova L. A., Gavrilenko T. A. Regeneration and transformation of raspberry and blackberry varieties in *in vitro* culture // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta 2008. Ser. 3. iss. 2, pp. 28–35 [in Russian] (Лупышева Ю. В., Дунаева С. Е., Пендинен Г. И., Новикова Л. Ю., Савельева Н. В.,
- Лутова Л. А., Гавриленко Т. А. Регенерация и трансформация сортов малины и ежевики в культуре *in vitro* // Вестник Санкт-Петербургского ун-та. 2008. Сер. 3. Вып. 2. С. 28–35.
- Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // Physiol Plant., 1962, vol. 15, pp. 473–497.
- Orlova S. Y. Biological features and selection value of cherry varieties in the conditions of the North-West of Russia : PhD Diss. Abstract, St. Petersburg, 2002, 20 p. [in Russian] (Орлова С. Ю. Биологические особенности и селекционная ценность сортов вишни в условиях Северо-Запада России : автореф. дисс. ... канд. биол. наук, Л., 2002, 20 с.).
- Panis B., Lambardi M. Status of cryopreservation technologies in plants (crops and forest trees). In: The role of biotechnology. Villa Gualino, 5-7 March, Turin, Italy 2005, pp. 43–54.
- Plekhanova M. N., Kondrikova A. V., Khayrova L. N. Varieties and species of honeysuckle (*Lonicera* subsect. *Caeruleae*) – sources and donors of economically valuable traits for breeding. Catalog of the world collection of VIR. (Sorta i vidy zhimolosti (*Lonicera* subsect. *Caeruleae*) – istochniki i donory hozyajstvenno-cennykh priznakov dlya selekcii. Katalog mirovoj kolekcii VIR). St. Petersburg, 1995. Iss. 665. 61 p. [in Russian] (Плеханова М. Н., Кондрикова А. В., Хайрова Л. Н. Сорта и виды жимолости (*Lonicera* subsect. *Caeruleae*) – источники и доноры хозяйственно-ценных признаков для селекции. Каталог мировой коллекции ВИР. СПб., 1995. Вып. 665. 61 с.).
- Reed B. M., Engelmann F., Dullo E., Engels J. Technical guidelines for the management of field and *in vitro* germplasm collections // IPGRI, Italy, 2004, 105 p.
- Samatova I. S., Dunaeva S. E., Sharova E. I., Shchiparev S. M., Medvedev S. S., Gavrilenko T. A. Peculiarities of micropropagation and dynamics of morphophysiological indices of some representatives of the genera *Rubus* and *Fragaria* (Rosaceae) during *in vitro* storage // Rastitel'nye resursy. 2009, vol. 45, no. 4, pp. 1–12 [in Russian] (Саматова И. С., Дунаева С. Е., Шарова Е. И., Щипарев С. М., Медведев С. С., Гавриленко Т. А. Особенности микроразмножения и динамика морфофизиологических показателей некоторых представителей родов *Rubus* и *Fragaria* (Rosaceae) при хранении *in vitro* // Растительные ресурсы. 2009. Т. 45, № 4. С. 1–12).
- Skvortsov A. K., Kuklina A. G. Blue honeysuckle (Golubye zhimolosti). Moscow, 2002, 144 p. [in Russian] (Скворцов А. К., Куклина А. Г. Голубые жимолости. М., 2002. 144 с.).
- The state register of selection achievements (Gosudarstvennyy reestr selektsionnykh dostizhenij, dopushchennykh k ispol'zovaniyu (na 7 fevralya 2017 g.) [in Russian] (Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию (на 7 февраля 2017 г.): <http://reestr.gossort.com/reestr-1.html> (Дата обращения 08.04.2018).
- Ukhatova Y. V., Dunaeva S. E., Antonova O. Y., Apalikova O. V., Pozdniakova K. S., Novikova L. Y., Shuvalova L. E., Gavrilenko T. A. Cryopreservation of red raspberry cultivars from the VIR *in vitro* collection using a modified droplet vitrification method // In Vitro Cell. Dev. Biol. - Plant 2017, vol. 53, pp. 394–401. DOI: 10.1007/s11627-017-9860-3.
- Ukhatova Y. V. Improvement of methods of cryopreservation and recovery from viral diseases of samples of vegetatively propagated crops. PhD Diss. Abstract, St. Petersburg, 2017, 22 p. [in Russian] (Ухатова Ю. В. Совершенствование методов криоконсервации и оздоровления от вирусных болезней образцов вегетативно размножаемых культур // Автореф. дисс. ... канд. биол. наук, Санкт-Петербург, 2017, 22 с.)