

Обзорная статья

УДК 634.8:575.1

DOI: 10.30901/2227-8834-2024-1-191-211



Коллекция ВИР и гербарий ВИР (WIR) для сохранения, расширения и использования генетического разнообразия винограда

М. М. Агаханов¹, Л. В. Багмет², Н. Г. Тихонова², М. В. Ерастенкова², Е. Н. Кислин², Ю. В. Ухатова^{2,3}, Е. К. Хлесткина^{2,3}

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Волгоградская опытная станция – филиал ВИР, Краснослободск, Россия

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

³ Научно-технологический университет «Сирiuс», Центр генетики и наук о жизни, Краснодарский край, Россия

Автор, ответственный за переписку: Магамедгусейн Магамедганифович Агаханов, m.agahanov@vir.nw.ru

Научная деятельность по совершенствованию стандартов систематизации сбора и хранения ценных образцов генетических ресурсов и информации о них имеет сегодня ключевое значение для успешного развития мирового виноградарства в свете вызовов, возникших в отрасли в связи с распространением болезней винограда и меняющимися климатическими условиями. В обзоре кратко охарактеризован мировой генофонд винограда, описаны подходы к его сохранению, в том числе к базовому и дублетному хранению, состояние и перспективы развития методов сохранения *in vitro* и в криоколлекциях. Дана оценка генетическому потенциалу диких родичей винограда с акцентом на значение конкретных видов в качестве источников генов устойчивости к факторам биотического и абиотического стрессов. Рассмотрены достижения в применении технологий генетического редактирования для повышения устойчивости винограда к болезням. Отмечено, что в настоящее время в этом направлении применяется преимущественно нокаут генов, обеспечивающих восприимчивость культурного винограда к болезням, тогда как в дальнейшем наибольший потенциал имеет внесение при помощи редактирования направленных изменений в гены культурного винограда на основе знаний о генах устойчивости диких родичей, что требует активного изучения последних при помощи современных методов прямой и обратной генетики. В контексте вопросов сохранения и расширения генетического разнообразия винограда на современном технологическом этапе детально проанализированы состояние и значение коллекции ВИР и гербария ВИР (WIR). Отмечена важность аутентификации образцов винограда и роли, которая отведена в свете решения этих задач гербария винограда ВИР – уникальному собранию физических носителей эталонной генетической информации об отечественном коллекционном генофонде винограда. Обозначены перспективные направления развития гербария ВИР в связи с созданием и хранением в нем номенклатурных стандартов отечественных сортов.

Ключевые слова: генетические ресурсы растений, *Vitis L.*, сохранение *ex situ* и *in vitro*, криохранение, генетическая структура коллекции, гены устойчивости

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке проекта Российского научного фонда № 21-66-00012 «Создание с использованием генетических технологий и изучение новых линий растений, адаптированных к меняющимся условиям окружающей среды, обладающих повышенной продуктивностью и диетической ценностью». Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Для цитирования: Агаханов М.М., Багмет Л.В., Тихонова Н.Г., Ерастенкова М.В., Кислин Е.Н., Ухатова Ю.В., Хлесткина Е.К. Коллекция ВИР и гербарий ВИР (WIR) для сохранения, расширения и использования генетического разнообразия винограда. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2024;185(1):191-211. DOI: 10.30901/2227-8834-2024-1-191-211

SURVEYS

Review article

DOI: 10.30901/2227-8834-2024-1-191-211

The plant germplasm and herbarium (WIR) collections maintained at VIR as contributors to grape genetic diversity conservation, expansion and utilization

Magamedgusein M. Agakhanov¹, Larisa V. Bagmet², Nadezhda G. Tikhonova², Mariya V. Erastenkova², Evgeny N. Kislin², Yulia V. Ukhatova^{2,3}, Elena K. Khlestkina^{2,3}

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Volgograd Experiment Station of VIR, Krasnoslobodsk, Russia

² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia

³ Sirius University of Science and Technology, Research Center of Genetics and Life Sciences, Krasnodar Territory, Russia

Corresponding author: Magamedgusein M. Agakhanov, m.agahanov@vir.nw.ru

Improving the standards of collecting and maintaining valuable genetic resources accessions and information about them is currently of crucial importance for the successful development of the world viticulture in the light of the challenges caused by the spread of grape diseases and climate change. This review briefly characterizes the global grapevine gene pool, approaches to its conservation, including base and duplicate conservation techniques, and the current status and prospects of the progress in *in vitro* and cryogenic preservation methods. The genetic potential of grape wild relatives is assessed focusing on particular species as sources of resistance genes to biotic and abiotic stressors. Achievements in the application of gene editing technologies to increase grape resistance to diseases are discussed. It is noted that a common practice at this stage is to knock out the genes responsible for grapevine susceptibility to diseases, whereas a more advantageous approach in the future will be to make targeted changes in the grape genome based on the knowledge of resistance genes in its wild relatives. Therefore, grape wild relatives need to be studied thoroughly using modern methods of forward and reverse genetics. Regarding the issues of grape genetic diversity conservation and expansion at the current technological stage, the status and significance of the plant germplasm and herbarium (WIR) collections held by VIR are scrutinized in detail. Authentication of grape germplasm accessions is marked as important, along with the role of the WIR herbarium, a unique collection incorporating physical carriers of reference genetic information on the national grapevine gene pool. Promising trends in the development of the WIR herbarium are outlined in connection with the establishment and preservation of nomenclature standards for domestic grape cultivars.

Keywords: plant genetic resources, *Vitis* L., herbarium, *ex situ* and *in vitro* conservation, cryopreservation, genetic structure, resistance genes

Acknowledgements: this research was supported by the Russian Science Foundation under Project No. 21-66-00012 “The development with genetic technologies and the study of new plant lines adapted to changing environmental conditions, with increased productivity and dietary value”.

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

For citation: Agakhanov M.M., Bagmet L.V., Tikhonova N.G., Erastenkova M.V., Kislin E.N., Ukhatova Yu.V., Khlestkina E.K. The plant germplasm and herbarium (WIR) collections maintained at VIR as contributors to grape genetic diversity conservation, expansion and utilization. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2024;185(1):191-211. DOI: 10.30901/2227-8834-2024-1-191-211

Культура винограда (*Vitis L.*) занимает одно из лидирующих положений в группе плодовых, ягодных культур и винограда как по занимаемым площадям, так и по валовому сбору свежей продукции (FAOSTAT..., 2022). Плоды винограда не только являются основным источником сырья для виноделия, но и широко используются в пищевой промышленности как в свежем виде, так и для переработки.

Длительное возделывание винограда на одних и тех же территориях в течение многих столетий содействовало развитию патогенного фона. Виноград поражается различными фитопатогенами (грибы, бактерии, вирусы, виоиды, фитоплазмы). За последние 70 лет на виноградниках в нашей стране выявили более 200 видов вредителей и возбудителей болезней. За этот период к числу доминирующих и основных относили от 10–15 до 20–30 видов. Среди наиболее опасных грибных патогенов – оидиум (*Uncinula necator* Burill.), милдью (*Plasmopara viticola* Berl.), гнили (*Botrytis cinerea* Pers., *Coniothyrium diplodiella* Sacc., *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp. и др.), фомопсис (*Phomopsis viticola* Sacc.), фузариозы (*Fusarium sporotrichioides* Sherb., *F. chlamydosporum* Woll. et Rein., *F. moniliforme* Sheld., *F. oxysporum* Schlecht.), антракноз (*Gloeosporium ampelophagum* Sacc.). Ежегодные потери урожая винограда от вредителей и болезней составляют не менее 30% в мире. В России в отдельные годы отмечены потери в 50% и более (Talash, Troshin, 2012; Úrbez-Torres et al., 2013).

В настоящее время производство винограда сопряжено с большим количеством химических обработок за сезон, остро стоят вопросы повышения генетической устойчивости винограда и эффективного улучшения качества продукции винограда в целом. Эти задачи решаются как при помощи традиционной селекции, так и с применением современных генетических технологий. Перечисленные подходы базируются на совокупности знаний о культуре винограда, генерация которых осуществляется в первую очередь на основе фундаментальных исследований ампелографических коллекций. Огромное значение имеют результаты этих исследований, такие как:

- выделение источников ценных признаков для использования в комбинационной селекции в качестве родительских форм;

- выявление генов, контролирующих хозяйственно ценные признаки винограда;

- создание доноров ценных генов, в том числе путем геномного редактирования, которое рассматривается как способ направленного мутагенеза и расширения генетического разнообразия.

Особенности сохранения ампелографических коллекций и документирования генетического разнообразия винограда также требуют проведения фундаментальных исследований.

Цель настоящего обзора – проанализировать состояние и значение коллекции генетических ресурсов растений ВИР¹ и гербария ВИР² в контексте вопросов сохранения и расширения генетического разнообразия винограда на современном технологическом этапе.

Мировой генофонд винограда и подходы к его сохранению

Наибольшее внимание сохранению и приумножению генетического потенциала винограда уделяется в России, США, Германии, Франции, Италии, Испании, Индии, Молдавии. Следует отметить, что в большинстве стран сохраняется только одна ампелографическая коллекция. В России же на текущий момент существует несколько коллекций, в которых часть образцов дублируется (рис. 1).

Самыми крупными ампелографическими коллекциями в России являются Анапская коллекция СКФНЦСВВ (5001 обр.) и коллекция ВНИИВиВ «Магарач» (4120 обр.). Эти коллекции входят в число крупнейших в мире наряду с ампелографическими коллекциями Франции, США и Германии (Ilnitskaya, Makarkina, 2016). Ампелографические коллекции Всероссийского НИИ виноградарства и виноделия им. Я.И. Потопенко и Всероссийского института генетических ресурсов имени Н.И. Вавилова включают в себя 1200 и 1247 образцов соответственно.

Основным способом сохранения образцов винограда в мире является сохранение *ex situ*. Генотипы винограда обладают различной степенью устойчивости к фитопатогенам, вредителям, различными физиологическими особенностями, неоднородностью требований к температурному режиму и почвам. К примеру, сорта культурного винограда восточной группы при выращивании в условиях влажного климата Краснодарского края страдают от болезней и вредителей, а также от низких зимних температур (Kislin et al., 2015). С другой стороны, образцы винограда, полученные при участии винограда амурского (*V. amurensis* Rupr.), в южных регионах страдают от короткого периода покоя этого вида, в результате чего при постоянных зимних оттепелях глазки растений начинают преждевременно прорастать и затем повреждаются возвратными заморозками (Kislin et al., 2015). Для снижения рисков потерь генофонда при содержании коллекции необходимо подбирать оптимальные эколого-географические условия для конкретных генотипов, вследствие чего сохранение и поддержание в коллекции *ex situ* является довольно сложным и дорогостоящим способом (Engelmann, 1997; Pathirana et al., 2015; Gisbert et al., 2018).

Современные подходы к сохранению генофонда винограда включают методы *in vitro* и криосохранение; их применяют для создания дублетных коллекций в контролируемых условиях с целью гарантированного сохранения зародышевой плазмы (гермоплазмы). Так, в Национальном хранилище клональной зародышевой плазмы плодовых, орехоплодных культур и винограда Службы сельскохозяйственных исследований Министерства сельского хозяйства США (USDA-ARS) в Дэвисе (Калифорния, США) поддерживается одна из самых богатых по видовому составу коллекция рода *Vitis* в мире (42 таксона), где сосредоточены 3649 уникальных образцов винограда, которые содержатся и в дублетных коллекциях – полевой и *in vitro* (Prins et al., 2021).

Сохранение генотипов *in vitro* представляет собой альтернативу полевым коллекциям для кратковремен-

¹ Коллекция мировых генетических ресурсов культурных растений и их диких родичей (коллекция ВИР) – одна из крупнейших в мире по ботаническому, генетическому, географическому и экологическому разнообразию входящих в нее образцов (Устав ВИР, стр. 4, <http://www.vir.nw.ru/wp-content/uploads/2023/10/Ustav-VIR.pdf>).

² Гербарная коллекция «Гербарий культурных растений мира,

их диких родичей и сорных растений Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова» (гербарий ВИР) – один из крупнейших в мире гербариев, специализирующихся на возделываемых растениях, соответствующий статусу специализированного гербария мирового значения (Устав ВИР, стр. 4, <http://www.vir.nw.ru/wp-content/uploads/2023/10/Ustav-VIR.pdf>).

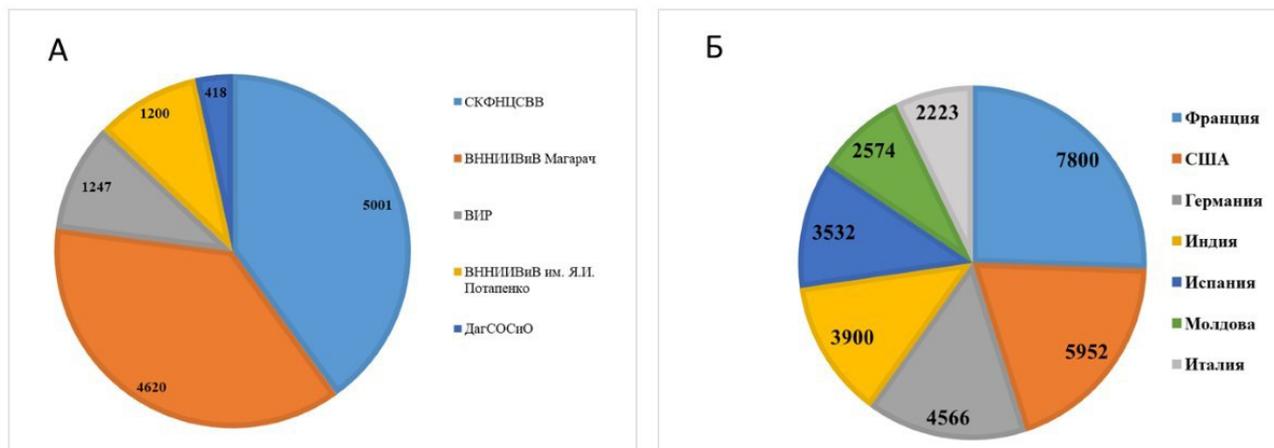


Рис. 1. А) Держатели основных коллекций винограда в России (СКФНЦСВВ – Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия; ВНИИВиВ Магарач – Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» Российской академии наук; ВИР – Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР); ВНИИВиВ им. Я.И. Потапенко – Всероссийский научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия имени Я.И. Потапенко; ДагСОСнО – Дагестанская селекционная опытная станция виноградарства и овощеводства – филиал СКФНЦСВВ).

Б) Крупнейшие мировые коллекции винограда на 2022 год (Франция – INRA, Montpellier; США – University of Florida; Индия – Agrarian Institute, Bangalore; Германия – Institut für Rebenzüchtung Geilweilerhof; Испания – IMIDRA; Молдова – Institut National de la Vigne et du Vin)

Fig. 1. A) Holders of the main grape collections in Russia (СКФНЦСВВ – North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making; ВНИИВиВ Магарач – All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking “Magarach” of the Russian Academy of Sciences; ВИР – N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR); ВНИИВиВ им. Я.И. Потапенко – All-Russian Research Institute of Viticulture and Winemaking named after Ya.I. Potapenko; ДагСОСнО – Dagestan Breeding Experimental Station of Viticulture and Vegetable Growing, branch of the North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making).

Б) The world’s largest grape collections for 2022 (Франция – France: INRA, Montpellier; США – USA: University of Florida; Индия – India: Agrarian Institute, Bangalore; Германия – Germany: Institut für Rebenzüchtung Geilweilerhof; Испания – Spain: IMIDRA; Молдова – Moldova: Institut National de la Vigne et du Vin)

ного и среднесрочного хранения гермоплазмы (Barlass, Skene, 1980; Hassan et al., 2013; Hassanen et al., 2013; Maia et al., 2015). Методы *in vitro* играют важную роль в стратегии сохранения исчезающих видов (Blakesley et al., 1996). В частности, для сохранения редких видов винограда Бразилии были разработаны и апробированы методы проращивания семян, микроразмножения, соматического эмбриогенеза, культивирования соматических эмбрионов и культивирования каллуса (Pilatti et al., 2011). Среднесрочное хранение винограда методами *in vitro* позволяет хранить биологический материал от нескольких месяцев до 2-3 лет без пассажа, в зависимости от используемого метода и растительного материала (Cruz-Cruz et al., 2013). Вместе с этим использование данного метода позволяет получить оздоровленный от патогенов материал.

Получение оздоровленного материала решается различными методами: отбор и тестирование визуально здоровых растений, термо-, крио-, химио- и комплексная терапия, метод апикальных меристем (Abdullahi, Rott, 2007; Panattoni et al., 2007; Panattoni, Triolo, 2007; Křižan et al., 2009; Maliogka et al., 2009; Skiada et al., 2009). Поддержание коллекции *in vitro* трудоемко, требует профессиональных навыков, а также сопряжено с риском микробного загрязнения и генетической нестабильности (Kulus, Zalewska, 2014; Dalla Costa et al., 2019; Panis et al., 2020). В настоящее время в ВИР апробированы и усовершенствованы протоколы дублетного хранения вегетативно размножаемых культур *in vitro* (Dunaeva et al.,

2017; Ukhatoeva et al., 2017; Ukhatoeva, 2017; Bepalova et al., 2019).

В последнее десятилетие в мире активно разрабатываются методы длительного хранения. Для вегетативно размножаемых культур криоконсервация является единственным доступным методом, обеспечивающим безопасное и рентабельное долгосрочное хранение зародышевой плазмы (Engelmann, 2011). Протоколы долгосрочного хранения разработаны и внедрены для разных представителей данной группы культур, в том числе и для винограда (Kim et al., 2012; Keller et al., 2016; Jenderek, Reed, 2017; Vollmer et al., 2017; Wang et al., 2018; Agrawal et al., 2019; Malik, Chaudhury, 2019; Panis, 2019; Panis et al., 2020;). Несмотря на то что метод криоконсервации винограда был описан еще в 1990-е годы, широкое распространение он получил только в настоящее время (Bi et al., 2018; Volk et al., 2019; Bettoni et al., 2019, 2021; Verzhuk et al., 2022).

Генетический потенциал диких родичей винограда и технологии геномного редактирования для расширения генетического разнообразия винограда

Дикие родичи культурных растений являются ценным источником генов, связанных с адаптацией к болезням, вредителям и неблагоприятным условиям окружающей среды. Культурный виноград имеет довольно обширное межвидовое и внутривидовое разнообразие диких родичей.

Систематика рода *Vitis* наиболее полно была разработана в XIX веке французским ботаником Ж. Планшоном, который разбил род на две секции, рассматриваемые в настоящее время как два подрода: *Muscadinia* Planch. и *Euvitis* Planch., которые отличаются между собой по морфологическим признакам, биологическим свойствам, цитологическому строению (Negrul, 1946). Подрод *Muscadinia* более древнего происхождения, он включает 2 вида: *V. munsoniana* Sims. и *V. rotundifolia* Michx. с числом хромосом $2n = 40$; подрод *Euvitis* включает 68 видов с числом хромосом $2n = 38$ (Smirnov, 1987).

Виды винограда делятся на 3 группы по эколого-географическому происхождению (Negrul, 1946).

1. *Восточно-азиатская группа* включает 39 видов, большинство из которых отличается повышенной морозоустойчивостью и резистентностью к грибным заболеваниям. Генотипы из восточно-азиатской группы (*V. amurensis*, *V. beshinica* P.C. He, *V. davidii* (Rum.Cail.) Foenix, *V. libanensis* L.X. Niu., *V. piasezkii* Maim., *V. romanetii* Rom. Caill.) показывают генетическую устойчивость к оидиуму (Alleweldt, Possingham, 1988; Wan et al., 2015). Особенно ценен в этой группе *V. amurensis*, который распространен на Дальнем Востоке России и в северо-восточных провинциях Китая. Кроме того, у вида *V. amurensis* были обнаружены и картированы на хромосомах 14, 9, 14, 15 локусы количественных признаков устойчивости к ложной мучнистой росе *Rpv8*, *Rpv10*, *Rpv12*, *Rpv25* – *Rpv26* (Blasi et al., 2011; Schwander et al., 2012; Venuti et al., 2013; Song et al., 2018; Lin et al., 2019).

2. *Американская группа* насчитывает около 28 видов винограда. В естественных условиях они произрастают в лесах и по берегам рек от Мексики до Канады. Американские виды используются в селекции как источники устойчивости к болезням и вредителям, а также для выведения морозоустойчивых сортов (*V. riparia* Michx., *V. rupestris* Sheel, *V. berlandieri* Planc., *V. labrusca* L.). Локусы количественных признаков, отвечающих за устойчивость к ложной мучнистой росе на разных уровнях, были обнаружены: *Rpv1*, *Rpv2* – у вида *V. rotundifolia*, картированы на хромосомах 12 и 18 соответственно; *Rpv3* – у вида *V. rupestris*, картирован на хромосоме 18; *Rpv3*, *Rpv5*, *Rpv6* – *Rpv13*, *Rpv9* – у вида *V. riparia*, картированы на хромосомах 18, 9, 12, 7 соответственно; *Rpv14* – у вида *V. cinerea* (Engelm.) Engelm. ex Millardet на 5-й хромосоме; *Rpv3* – у видов *V. lincecumii*, *V. labrusca* на хромосоме 18. Локусы устойчивости к мучнистой росе *Ren5*, *Run1*, *Run2* были обнаружены и картированы соответственно на хромосомах 14, 12 и 18 у вида *V. rotundifolia*. Кроме того, у американских видов винограда были выявлены локусы устойчивости к виноградной филлоксеры: *Rdv1* – у вида *V. cinerea*, картирован на хромосоме 13; *Rdv6*, *Rdv7*, *Rdv8* – у вида *V. rotundifolia*, картированы на хромосомах 7, 8 и 10.

3. Название третьей группы довольно условно, так как *европейско-азиатский* виноград произрастает не только в Европе, но и в западной и восточной частях Азии и Африки. До сих пор систематики не пришли к единому мнению относительно таксономического статуса видов данной группы. Согласно точке зрения А. М. Негруля (Negrul, 1979), европейско-азиатская группа включает один вид *V. vinifera* L., который делится на два подвида: дикий виноград (*V. vinifera* subsp. *sylvestris* (Willd.) Hegi) и культурный виноград (*V. vinifera* subsp. *sativa* (DC.) Hegi) (Negrul, 1979; Pospisilova, 2012; Lin et al., 2019). С учетом особенностей морфологических и биологических признаков культурных сортов А. М. Негруль разработал клас-

сификацию сортов винограда вида *V. vinifera* (Negrul, 1946), в которой все культивируемые сорта разделены на три эколого-географические группы: восточная (*V. vinifera* convar. *orientalis* Negr.), западноевропейская (*V. vinifera* convar. *occidentalis* Negr.) и группа побережья Черного моря (*V. vinifera* convar. *pontica* Negr.). В 1970-е годы советским ампелографом П. М. Грамотенко выделена четвертая эколого-географическая группа: североафриканская (*V. vinifera* convar. *Nord-Africa* Gram.) (Smirnov, 1987).

Известно, что виды рода *Vitis* различного географического происхождения отличаются по восприимчивости к милдью (Boso et al., 2006, 2011; Boso, Kassemeyer, 2008; Cadle-Davidson, 2008). В геномах видов Северной Америки и Азии (*V. riparia*, *V. rupestris*, *V. aestivalis* Michx., *V. berlandieri*, *V. cinerea*, *V. rotundifolia*, *V. amurensis*) отмечена более высокая резистентность к милдью (Alleweldt, Possingham, 1988; Wan et al., 2015), чем у *V. vinifera*, возможно, из-за их более длительной коэволюции с патогеном (Wan et al., 2015; Il'nitskaya, Makarkina, 2016). Сорта винограда *V. vinifera* в основном восприимчивы к грибным болезням, низким температурам и вредителям, но иногда встречаются сорта, показывающие относительную устойчивость на высоком инфекционном фоне (Staudt, Kassemeyer, 1995; Cadle-Davidson, 2008). К примеру, в геноме сорта 'Шардоне' был выявлен локус *Rpv11* (картирован на хромосоме 5). У сорта 'Мгабошвили' были выявлены три новых геномных локуса, связанных с устойчивостью к *Plasmopara viticola*, – *Rpv29*, *Rpv30*, *Rpv31* (картированы на хромосомах 14, 3, 16). У сортов 'Кишмиш Ваткана', 'Шардоне' были выявлены локусы устойчивости к мучнистой росе – *Ren1*, *Sen1* (картированы на хромосомах 13 и 9) (Alleweldt, Possingham, 1988; Wan et al., 2015).

Поиск и валидация новых генов-кандидатов для признаков устойчивости винограда к болезням сегодня ведется при помощи методов обратной генетики и в частности геномного редактирования. Данный подход также рассматривается в качестве перспективного инструмента для ускоренного создания новых улучшенных форм винограда путем целенаправленного изменения генов.

Существующие нормы правового регулирования во многих странах приравнивают отредактированные (модифицированные, но при этом не трансгенные) растения к ГМО, поэтому их возделывание запрещено, хотя геномное редактирование как метод направленного мутагенеза является безопасным способом направленного мутагенеза. Данные запреты, однако, не распространяются на исследовательскую деятельность. Серьезная проблема, связанная с фитосанитарной ситуацией на виноградниках и потребностью в большом количестве химических обработок для защиты растений винограда от болезней, привела к активному развитию исследований в области генетического редактирования винограда, поиску генов-мишеней, редактирование которых потенциально может снизить восприимчивость к тому или иному заболеванию и повысить устойчивость. Первые работы в этом направлении касались нокаута известного гена *Mlo*, обеспечивающего восприимчивость к мучнистой росе. Ген *Mlo* консервативен и встречается у многих видов растений. Мутанты по гену *Mlo* были известны у ряда видов культурных растений задолго до появления генетического редактирования. Снижение восприимчивости к мучнистой росе у растений с дефектным геном *Mlo* заставляло искать способы нокаутить данный ген и у других видов. На винограде при помощи нокаута нескольких копий генов *Mlo* путем применения техноло-

гии генного сайленсинга удалось показать снижение восприимчивости к мучнистой росе. Затем, в 2016 г., была показана эффективность нокаута гена *Mlo-1* винограда на протопластах без получения растений-трансформантов (Malnoy et al., 2016). Далее, в 2020 г., при помощи редактирования были получены растения, нокаутные по ряду копий гена *Mlo*, и показана повышенная устойчивость нокаутного растения по гену *Mlo3* (Wan et al., 2020).

Апробированы и другие мишени, нокаут которых связан с повышением устойчивости к мучнистой росе – ген *DMR6-2* (Scintilla et al., 2021) и *EDR2* (Yang et al., 2020).

Параллельно при помощи генетического редактирования велась работа по генам, связанным с восприимчивостью к серой гнили. В 2017 г. был произведен нокаут гена *WRKY52* и получены растения-трансформанты, на которых показано повышение устойчивости к данному патогену (Wang et al., 2017). Также выявлены и успешно нокаутированы гены, связанные с неспецифической восприимчивостью к грибным болезням (Olivares et al., 2021), и гены, связанные с развитием болезни Пирса и восприимчивостью к вирусу красной пятнистости (Sunitha, Rock, 2020).

Следует отметить, что перечисленные выше исследования проводились на трех модельных сортах. Хотя сколько-то широкое применение геномного редактирования для улучшения винограда по устойчивости к болезням и в целом для расширения генетического разнообразия *V. vinifera* возможно лишь при преодолении влияния генотипа на способность к соматическому эмбриогенезу (Nuzzo et al., 2022; Kovalenko et al., 2022).

Активное развитие инструментов геномного редактирования, при помощи которых можно было производить не только нокаут генов, но и изменение/восстановление функций генов (подходы, связанные с заменой отдельных нуклеотидов или заменой/инсерцией/делецией протяженных участков гена), дает потенциальную возможность вносить изменения в гены культурного винограда на основе знаний о генах устойчивости диких родичей. Для развития этих работ ключевое значение имеет секвенирование геномов диких родичей винограда и изучение структурно-функциональной организации генов устойчивости, выявленных у данных видов.

Значение диких родичей винограда для научных исследований и применения в селекции оценили на самых ранних этапах развития ампелографических коллекций, в том числе и при создании и развитии коллекции винограда ВИР.

Коллекция винограда ВИР: история развития, современное состояние и потенциал для селекции

Ампелографическая коллекция ВИР до 1991 г. включала 3270 образцов винограда (без учета дублетных – 2840 образцов). Она размещалась в разных природно-климатических условиях (Кавказ, Средняя Азия, Дальний Восток), что позволяло более объективно оценивать реакцию генотипов на различные условия внешней среды (Ampelography of the USSR..., 1984; Savin, 1990). Коллекция Среднеазиатской опытной станции ВИР (позднее – Среднеазиатского филиала ВИР) насчитывала 1625 образцов винограда, Туркменской опытной станции ВИР – 1040, Дальневосточной опытной станции ВИР – 800, Дагестанской опытной станции ВИР – 450, Крымской опытно-селекционной станции ВИР – 600 образцов (Kislin et al., 2015).

Первая попытка создания ампелографической коллекции в Абхазии была предпринята в 1894 г., когда в Сухуми была организована Сухумская сельскохозяйственная станция, директором которой стал В. В. Маркович (Chamagua, 1968). Там собрали богатейший ассортимент местных и иностранных сортов, однако коллекция была выкорчевана по требованию антифиллоксерного комитета (Markovich, 1911). В 1913 г. сотрудники станции заложили плантацию винограда столовых и технических интродуцированных сортов в имении Н. Смецкого. При этом долгое время преодолевалось непонимание властями важности данной культуры в регионе (Ayba, 2019). Одновременно с существованием станции, в 1926 г. организуется Сухумское отделение ВИР, в дальнейшем преобразованное в Сухумскую опытную станцию субтропических культур ВИР. В первый же год открытия Сухумское отделение ВИР получило в свое владение имение Н. Смецкого с плантацией винограда (Khvatysh, 1985). Большая закладка коллекционных и маточных садов аборигенных сортов винограда начата на Сухумской станции в 1958 г. по инициативе старшего научного сотрудника станции Евгения Ильича Чамагуа. С 1958 по 1961 г. была заложена коллекция, насчитывающая 67 сортов (Sukhumi Experiment Station..., 1964). Однако в связи со скоропостижной кончиной Евгения Ильича работы по винограду были прекращены. Помимо этого, в конце 1960-х годов сужается ассортимент изучаемых культур станции. Принято решение сосредоточиться на основных производственных культурах влажных субтропиков. К началу 1980-х годов коллекция винограда на станции была утрачена. В опубликованной в 1985 г. монографии, посвященной Сухумской станции и ее коллекции, виноград не упоминается (Khvatysh, 1985).

Ампелографическая коллекция Туркменской опытной станции ВИР имела большое количество форм, собранных в ущельях Западного Копетдага. За годы существования ТОС ВИР под руководством В. А. Носульчака была создана крупная коллекция винограда – 1040 образцов (1995 г.). Значительную часть коллекции представляли местные аборигенные сорта из советских республик Средней Азии. К ним, например, относятся такие сорта, как 'Яқдона Узбекская', 'Сурхак Белый' и 'Сурхак Рассеченнолистный', 'Халили Дели', 'Кизил Сапак', 'Эрта Пишар', 'Оли Коки', 'Нулизок', 'Ишакки', 'Каду Хусайне', 'Кундузи', 'Калай Заг', 'Джаути', 'Бидона', 'Кизил Узюм Канибаданский', 'Кара Узюм Ашхабадский' и др. Из новых на то время сортов коллекцию пополнили 'Дружба', 'Бессемянный Ранний', 'Кишмиш ВИР' и ряд других. В коллекцию были привлечены сорта из Турции: 'Чауш Белый' и 'Чауш Розовый'.

В ходе экспедиций по Средней Азии обнаружили перспективные для селекции формы винограда, обладающие целым комплексом полезных свойств. В. А. Носульчак, возглавлявший Туркменскую опытную станцию ВИР, произвел отбор ценных элитных форм винограда, представляющих особую ценность. К ним относятся: 'Кишмиш Крупный Дайна', 'Кизил Бидона', 'Бахчи Длинный', 'Тайфи Красный', 'Дорои Красный Мужской' и др. Ряд форм обладают весьма ценным качеством – быстрой скоростью снижения уровня кислот в ягодах во время их созревания (Nosulchak, 2013).

Работа по сбору, сохранению, изучению сортов винограда и селекции проводилась на Среднеазиатской опытной станции ВИР с 1928 г. Создание коллекции шло под непосредственным руководством Н. И. Вавилова при участии А. М. Негруля и Я. Ф. Каца. В советское время,

в ходе многочисленных экспедиций 1950–1970-х годов на территориях Узбекистана, Таджикистана, Туркмении и Киргизии, удалось собрать в коллекцию почти все аборигенные сорта винограда Средней Азии (Pugachev, Jabbarov, 1974).

С распадом СССР генофонд винограда ВИР существенно сократился ввиду того, что значительная часть ампелографической коллекции оказалась за пределами России. В 1995 г. были организованы проблемная генетико-ампелографическая лаборатория при Северо-Кавказском зональном НИИ садоводства и виноградарства (СКЗИСиВ) и Анапский опорный пункт ВИР при Крымской опытно-селекционной станции ВИР, где под руководством В. А. Носульчака проводилась работа по интродукции винограда из бывших опытных станций ВИР (Узбекистан, Туркменистан) и ныне действующих в системе ВИР (Дагестан, Приморский край) (Kislin et al., 2015). В настоящее время в филиалах ВИР (на Дагестанской и Дальневосточной опытных станциях, Крымской опытно-селекционной станции) сохраняется около 1247 образцов винограда.

Относительно небольшая на сегодняшний день коллекция винограда ВИР отличается высокой долей ценного исходного материала для совершенствования конкурентоспособного сортимента, устойчивого к нестабильным погодным условиям и патогенам. Сохранение дикорастущих видов и межвидовых гибридов винограда особенно ценно, так как они являются источниками хозяйственно ценных признаков, таких как морозоустойчивость, устойчивость к наиболее опасным вредителям и грибным заболеваниям. Высокий потенциал в агроэкологических условиях конкретной области проявляют автохтонные (староместные) сорта; их использование в селекции на устойчивость к биотическим и абиотическим факторам среды также перспективно. В состав ампелографической коллекции ВИР входят более 400 сортов *V. vinifera* (около 50% которых – автохтонные), 52 сорта других видов рода *Vitis*, 262 сорта неизвестного происхождения, 509 межвидовых гибридов и 25 образцов дикорастущих форм (табл. 1). В межвидовой группе наибольшая доля приходится на сорта, полученные путем скрещивания: *V. vinifera* × ‘Seyve-Villard’, *V. vinifera* × *V. labrusca*, *V. vinifera* × *V. amurensis* и *V. vinifera* × *V. amurensis* × гибрид ‘Seyve-Villard’.

Для повышения надежности сохранения ценных форм винограда проводится создание и сохранение дублета в условиях *in vitro* и криохранения. В ВИР изучается эффективность криоконсервации различных образцов винограда, что позволяет в том числе выявить генотипические особенности посткриогенного восстановления разных образцов коллекции (Verzhuk et al., 2022). Созданные в результате работ по криоконсервации дублеты в виде сохраняемых в условиях глубокой заморозки апексов микропобегов с четким обозначением места хранения в конкретном криобанке являются неотъемлемой частью работы по совершенствованию стандартов систематизации сбора и хранения ценных образцов генетических ресурсов и информации о них.

Гербарий ВИР

Коллекция генетических ресурсов винограда ВИР претерпела существенные изменения с распадом СССР. Сейчас ценный для России генофонд сохраняется в не-

¹ ‘Seyve-Villard’ – сложный межвидовой гибрид (*V. vinifera* × *V. rupestris* × *V. labrusca*)

скольких крупных российских ампелографических коллекциях. В разных коллекциях присутствуют образцы с одинаковыми наименованиями. Необходима дальнейшая работа по инвентаризации и интеграции ампелографических коллекций России по сетевому принципу, и ключевым условием для этого является возможность аутентификации образцов. Аутентификация образцов актуальна в связи с тем, что со временем по ряду причин (технических и биологических) многие живые коллекционные образцы утрачивают свою однородность, может наблюдаться соматоклональная изменчивость, под одним наименованием могут встречаться генотипы, имеющие некоторые генетические отличия. Для аутентификации эталоном служат гербарные образцы как носители исходной генетической информации. Согласно правилам Международного кодекса номенклатуры культурных растений (Chukhina et al., 2021), номенклатурным стандартом назначается гербарный образец, максимально приближенный по времени к созданию сорта. Информация, хранящаяся в виде гербарного образца, не устаревает со временем и создает основу для проведения различных исследований, включая молекулярно-генетические.

Огромную ценность для решения задачи по аутентификации образцов отечественных ампелографических коллекций представляет собой гербарий винограда ВИР. На протяжении многих десятилетий велось документирование гербарных образцов как физических носителей генетической информации, содержащейся в отечественном генофонде винограда. Созданное ценное собрание эталонов для аутентификации – коллекция винограда в гербарии ВИР – насчитывает 1300 образцов, из которых около половины – культурные сорта. Помимо того что велась гербаризация образцов, сохранявшихся в живом виде в коллекции ВИР, создавались гербарные образцы коллекций винограда других отечественных учреждений. В частности, в гербарии ВИР имеются многочисленные сборы из Магарачской ампелографической коллекции, собранные с 1932 по 1981 г. (‘Аклык’, ‘Кишмиш Круглый’, ‘Корнишон Белый’, ‘Первенец Магарача’, ‘Тамагаз’, ‘Цимлянский Белый’, ‘Цимлянский Черный’, ‘Юбилейный Магарача’ и др.).

Всего в гербарии ВИР хранятся 28 видов рода *Vitis* в количестве 1644 образца, 4267 гербарных листов. В коллекции представлены все группы винограда по классификации А. М. Негруля (рис. 2).

Анализ гербария ВИР показал, что по происхождению почти две трети гербарной коллекции винограда – местные дикорастущие и культурные формы винограда Средней Азии и Кавказа (рис. 3).

Группа американских видов представлена в гербарной коллекции 16 видами в количестве 58 образцов, собранными с 1915 по 1983 г. Среди наиболее интересных можно назвать гербарные образцы гибрида *V. riparia* × *V. labrusca* (личный сбор И. В. Мичурина 1922 года) и видов *V. aestivalis*, *V. palmata* Vahl., *V. cinerea* и *V. vulpina* L., собранные в местах их естественного произрастания в Северной Америке, поступившие в коллекцию по обмену.

Группа восточно-азиатских видов представлена 9 видами в количестве 74 образца. Дикорастущие образцы собраны в основном экспедициями ВИР: 1 обр. *V. flexuosa* Thunb. (Е. Н. Синская, Япония, 1928); 1 обр. *V. davidii* (Д. И. Тупицын, Китай, 1956); 13 обр. *V. coignetiae* Pulliat ex Planch. (Т. Н. Ульянова, Сахалин, 1974, 1978, 1979); 22 обр. *V. amurensis* собраны в Приморском крае, Амурской области, Еврейской АО, КНДР (Г. Г. Тарасенко, 1935; М. П. Цербрий, 1935; Т. Н. Ульянова, 1970, 1972, 1977, 1980; Т. А. Си-

Таблица 1. Генетическое разнообразие коллекции винограда ВИР
(N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources. Research report 2021)**Table 1. Genetic diversity of the grapevine germplasm collection at VIR**
(N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources. Research report 2021)

Таксономический состав коллекции <i>Vitis</i>	Количество образцов					
	Крымская опытно-селекционная станция – филиал ВИР		Дагестанская опытная станция – филиал ВИР		Дальневосточная опытная станция – филиал ВИР	
	шт.	%	шт.	%	шт.	%
Сорта <i>V. vinifera</i> L., в т. ч.:	181	26	218	63	7	3
автохтонные (староместные)	56		136		7	
селекционные (внутривидовые)	125		82		0	
Сорта других видов <i>Vitis</i>, в т. ч.:	34	5	7	2	11	5
<i>V. labrusca</i>	32		7		3	
<i>V. rupestris</i>	1		0		0	
<i>V. riparia</i>	1		0		2	
<i>V. amurensis</i>	0		0		6	
Межвидовые гибриды, в т. ч.:	304	44	74	20	131	61
<i>V. vinifera</i> × <i>V. amurensis</i>	37		19		81	
<i>V. vinifera</i> × <i>V. riparia</i>	1		0		2	
<i>V. riparia</i> × <i>V. amurensis</i>	0		0		2	
<i>V. vinifera</i> × <i>V. labrusca</i>	77		4		33	
<i>V. riparia</i> × <i>V. labrusca</i>	2		0		3	
<i>V. vinifera</i> × <i>V. rupestris</i>	2		0		0	
<i>V. vinifera</i> × <i>V. amurensis</i> × <i>V. labrusca</i>	6		3		1	
<i>V. vinifera</i> × <i>V. amurensis</i> × гибрид 'Seyve-Villard' × <i>V. berlandieri</i>	1		0		0	
<i>V. labrusca</i> × <i>V. vinifera</i> × <i>V. riparia</i>	9		0		0	
<i>V. labrusca</i> × <i>V. vinifera</i> × <i>V. lincecumii</i>	1		0		0	
<i>V. vinifera</i> × гибриды 'Seyve-Villard'	118		35		9	
<i>V. vinifera</i> × <i>V. riparia</i> × <i>V. rupestris</i>	2		0		0	
<i>V. vinifera</i> × <i>V. amurensis</i> × гибриды 'Seyve-Villard'	42		0		0	
<i>V. labrusca</i> × <i>V. vinifera</i> × гибриды 'Seyve-Villard'	4		13		0	
<i>V. labrusca</i> l. × <i>V. vinifera</i> × <i>V. riparia</i> × гибрид 'Seyve-Villard'	1		0		0	
<i>V. riparia</i> × гибрид 'Seyve-Villard'	1		0		0	
Сорта неизвестного происхождения	169	25	28	8	65	31
Дикорастущие виды	0		25	7	0	
Всего:	688	100	352	100	214	100

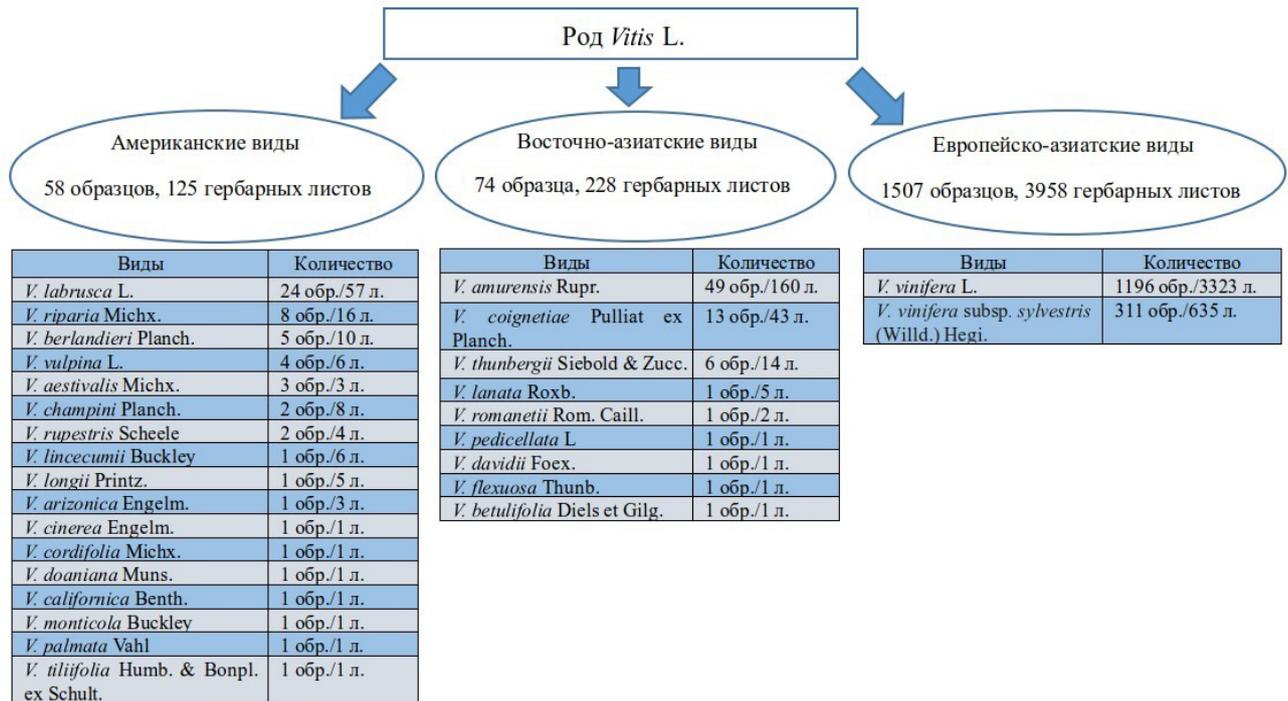


Рис. 2. Структура коллекции рода *Vitis* L. в гербарии ВИР (WIR)
Fig. 2. Structure of the *Vitis* L. collection in the VIR herbarium (WIR)

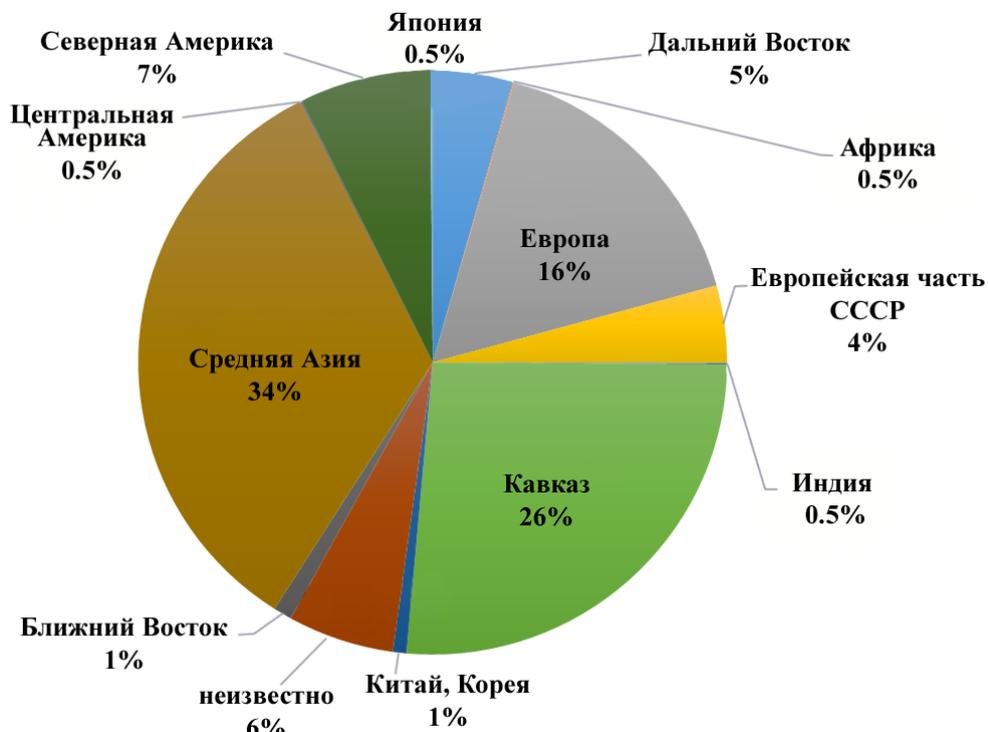


Рис. 3. Происхождение образцов винограда в гербарии ВИР (WIR)
Fig. 3. Origin of the grapevine specimens in the VIR herbarium (WIR)

нищина, 2005; Л. В. Багмет, 2012). Культурные образцы винограда амурского поступили из опытных станций ВИР (Сухумская ОС ВИР, 1927; Среднеазиатская ОС ВИР, 1935; Дальневосточная ОС ВИР, 1970, 1983), Каменно-Степной опытной станции им. В. В. Докучаева (1927), Куйбышевского ботанического сада (1954). Остальные виды этой группы собраны на Братцевской и Сухумской опытных станциях в 1921 г., Среднеазиатской опытной станции в 1931 и 1966 г. (*V. betulifolia* Diels et Gilg., *V. lanata* Roxb., *V. pedicellata* L., *V. romanetii*, *V. thunbergii* Siebold & Zucc.).

Единственный представитель европейско-азиатской группы *V. vinifera* со своими подвидами насчитывает в гербарии ВИР 1507 обр., 3958 гербарных листов.

V. vinifera subsp. *sylvestris* (Willd.) Hegi (*V. sylvestris* C. C. Gmel.) – виноград лесной. Включен в Красные книги Республик Адыгея, Ингушетия, Карачаево-Черкесия, Кабардино-Балкария, Северная Осетия, Чеченской Республики, Краснодарского и Ставропольского краев. В коллекции 311 образцов в количестве 635 листов. Самый старый сбор датируется 1888 годом (Австрия). Большая часть коллекции собрана на Кавказе (255 обр. / 544 листа), 41 образец – среднеазиатского происхождения, в Крыму собраны 14 образцов. За небольшим исключением, коллекция состоит из сборов экспедиций ВИР. Более подробно анализ коллекции представлен в таблице 2.

Таблица 2. Состав коллекции *Vitis vinifera* L. subsp. *sylvestris* (Willd.) Hegi в гербарии ВИР (WIR)

Table 2. Composition of the *Vitis vinifera* L. subsp. *sylvestris* (Willd.) Hegi collection in the VIR herbarium (WIR)

Годы сбора	Количество образцов	Основные коллекторы	Места сбора
1	2	3	4
1888	1	J. Dorfler	Австрия
1924–1929	13	Л. Р. Алексеев, В. Васильев, Е. В. Вульф, С. А. Дзевановский	Крым
1928, 1929	3	П. А. Баранов	Туркменистан
1932	27	К. И. Фролова	Туркменистан
1935	12	И. Ф. Бахмайер	Краснодарский край
1936	12	И. Ф. Бахмайер	Азербайджан: Хачмасский район
1937	44	И. Ф. Бахмайер	Азербайджан: Кубинский район
1952	1	А. И. Шретер	Грузия, окр. Кутаиси
1958	1 1	С. А. Дзевановский Н. Загребина	Украина, Херсонская обл. Украина, Закарпатская обл.
1966	1	Н. И. Рябова	Среднеазиатская ОС ВИР
1968	2	Т. И. Жиленко	Туркменистан: Кара-Калинский район
1969	3	Ю. Д. Сосков	Азербайджан
1971	5	М. И. Власов, А. К. Станкевич, Н. А. Францкевич	Азербайджан: Геокчайский, Ленкоранский, Зангеланский районы, Нагорный Карабах
1973	4 4	Н. А. Францкевич, А. К. Станкевич, Т. Н. Леготина	Туркменистан: Кара-Калинский район Дагестан
1974	3 3	П. М. Пирмагомедов, А. К. Станкевич, Т. Н. Леготина	Азербайджан: Ахсуинский район Дагестан
1975	66	П. М. Пирмагомедов, А. М. Аджиев, Г. А. Мирзаферов	Азербайджан (35), Северная Осетия (2), Дагестан (24), Чечено-Ингушетия (5)
1976	66	П. М. Пирмагомедов, А. М. Аджиев, Г. А. Мирзаферов, С. А. Магомедов	Азербайджан (29), Армения (11), Грузия (5), Абхазия (2), Кабардино-Балкария (5), Дагестан (3), Северная Осетия (2), Чечено-Ингушетия (6), Краснодарский (1) и Ставропольский край (2)

Таблица 2. Окончание

Table 2. The end

Годы сбора	Количество образцов	Основные коллекторы	Места сбора
1978	31	П. М. Пирмагомедов, А. М. Аджиев, С. А. Магомедов	Азербайджан (10), Грузия (2), Дагестан (15), Краснодарский край (4)
1980	3	Н. А. Францкевич	Туркменистан: Кара-Калинский район
1986	3	Е. А. Кортышева, Н. Н. Лунева, И. В. Сеферова	Азербайджан, Дагестан
1989	1	Н. М. Черноморская	Крым
1991	1	И. В. Сеферова	Дагестан

V. vinifera subsp. *sativa* (DC.) Hegi (*V. vinifera*) – виноград культурный. Основными объектами сохранения в гербарной коллекции ВИР являются сорта культурных растений. Именно культурный виноград составляет основную часть коллекции рода *Vitis* нашего гербария (1196 образцов, 3323 гербарных листа). Около 93% этого количества составляют сборы в культуре. Наиболее активно коллекция культурного винограда пополнялась в первой половине прошлого века, около 70% сборов датируются 1922–1940 гг. (табл. 3).

Самый старый гербарный лист собран в 1844 г. Ф. Коленати (рис. 4), который впервые в России предпринял попытку исследования вопроса о происхождении культурного винограда и классификации культурных сортов. Среди регионов происхождения образцов наиболее представлены Средняя Азия (450 обр.), Европа (230 обр.) и Кавказ (123 обр.).

Большая часть коллекции культурного винограда представлена сборами сотрудников, работавших в разные годы в ВИР (А. М. Аджиев, В. А. Арзуманов, И. Ф. Бахмайер, Е. В. Вульф, Р. Х. Гзириан, Т. Л. Герман, В. И. Дорофеев, А. Я. Зарецкий, Г. Л. Камахина, Я. Ф. Кац, Г. А. Мирзаферов, Н. И. Рябова, И. В. Сеферова, Е. Н. Синская, Г. М. Синькова, А. К. Станкевич, А. Стребкова, Г. Г. Тарасенко, Д. И. Тупицын, Т. Н. Ульянова, Н. А. Францкевич, К. И. Фролова и др.). Также среди коллекторов гербария винограда можно встретить фамилии известных ученых-ботаников (М. Г. Попов, Е. И. Исполатов, А. И. Мальцев, П. А. Баранов, И. А. Райкова, С. А. Дзевановский, И. В. Мичурин). Особую ценность представляют личные сборы А. М. Негруля (рис. 5) – исследователя и систематика винограда, возглавлявшего секцию виноградарства в ВИР с 1932 по 1950 г. Годы работы в ВИР были для Александра Михайловича очень плодотворными. Им проведены глубокие исследования в области теории и методики селекции винограда, продвижения промышленной культуры винограда в новые районы, практической селекции, изучения дикорастущего винограда и староместных сортов (Ryabova, Koshelev, 2017).

Сорта культурного винограда гербаризировались большей частью в ампелографических коллекциях. Более полно отражена в гербарии коллекция ВИР (318 сортов, 358 образцов, 977 листов) (рис. 6). На Крымской опытно-селекционной станции (1982) собрано 140 сортов (141 образец, 154 гербарных листа) из Европы, Молдовы, Украины, южной России, Кавказа, Средней Азии. На

Среднеазиатской опытной станции ВИР (1931, 1936, 1966, 1970) собрано 95 сортов европейского, среднеазиатского и кавказского происхождения (136 образцов, 638 гербарных листов). На Сухумской опытной станции ВИР (1927, 1928, 1931, 1970) собрано 73 сорта (75 образцов, 167 гербарных листов), из которых 64 образца – североамериканские сорта. На Кубанской опытной станции ВИР (1963) собран 61 сорт (62 образца, 62 гербарных листа) из Средней Азии, Европы, с Кавказа и Ближнего Востока. На Дальневосточной опытной станции ВИР (1983) собрано 7 образцов семи российских сортов (21 гербарный лист).

Также довольно обширно (307 сортов, 325 образцов, 963 гербарных листа) представлена в гербарии коллекция «Магарач»: 99 образцов с указанием места сбора: АК «Магарач» (1932, 1977, 1980) и 226 образцов с указанием места сбора: Крым (1898, 1899, 1926). Мы сочли возможным отнести и эти сборы к магарачской коллекции, так как в то время она была единственной в Крыму. Большая часть сборов – старые европейские и местные крымские сорта винограда.

Большинство дикорастущих образцов *V. vinifera* subsp. *sativa* собрано экспедициями ВИР. Первая экспедиция ВИР по сбору винограда была организована в 1927 г. П. А. Баранов и И. А. Райкова проводили обследование дикорастущего винограда Дарваза в горах Памиро-Алая (Таджикистан). В гербарии хранятся 8 образцов из этой экспедиции. Подробное обследование дикорастущего винограда Кавказа (Азербайджан, Армения, Грузия, Дагестан, Северная Осетия, Кабардино-Балкария, Чечено-Ингушетия, Краснодарский край) осуществлено под руководством П. М. Пирмагомедова в 1974–1976 и 1978 г. Собран 161 образец в количестве 358 листов.

Наиболее интересной частью коллекции культурного винограда являются староместные сорта, собранные как в местах их происхождения, так и в различных коллекциях. Большое количество среднеазиатских сортов (312 образцов, 923 гербарных листа) привезено из экспедиции ВИР по ампелографическому изучению местного винограда, работавшей в Средней Азии с 1928 по 1930 г. (М. Г. Попов, П. А. Баранов, К. А. Ватолкина, Р. Х. Гзириан, Я. Ф. Кац, М. И. Паройская, М. А. Тупиков).

Сравнительный анализ доступных баз данных некоторых крупнейших гербариев мира и России – гербария национального музея естественной истории, Париж, Франция (<https://science.mnhn.fr>); гербария Нью-Йорк-

Таблица 3. Состав коллекции *Vitis vinifera* L. subsp. *sativa* (DC.) Hegi в гербарии ВИР (WIR)
Table 3. Composition of the *Vitis vinifera* L. subsp. *sativa* (DC.) Hegi collection in the VIR herbarium (WIR)

Годы сбора	Количество образцов.	Основные коллекторы	Места сбора
1	2	3	4
1844	1	Ф. Коленати	Кавказ
1898	7	Мережковский	Крым (АК «Магарач»)
1899	16	Мережковский	Крым (АК «Магарач»)
1922	3	И. В. Мичурин	Мичуринский питомник
1926	204 3 1	В. Астахова С. А. Дзевановский А. И. Мальцев	Крым (АК «Магарач») Крым Азербайджан
1927	41 8 3 1	А. Я. Зарецкий П. А. Баранов, И. А. Райкова А. Стребкова М. Г. Попов	Сухумская ОС ВИР Таджикистан Азербайджан Узбекистан
1928	52 36 14 10 4 5	Р. Х. Гзириан К. Ватолкина И. А. Райкова М. И. Паройская М. Г. Попов П. А. Баранов	Узбекистан, Таджикистан Узбекистан Узбекистан Узбекистан, Сухумская ОС ВИР Узбекистан Туркменистан
1929	26 22 20 14 4 4 1	И. А. Райкова Р. Х. Гзириан М. И. Паройская К. Ватолкина А. Тупиков А. Калинина М. Г. Попов	Средняя Азия Узбекистан, Таджикистан Средняя Азия Средняя Азия Узбекистан Узбекистан Китай
1930	53 19 11 4 3 2 2 2	Р. Х. Гзириан И. А. Райкова Г. Батикян Я. Ф. Кац А. Калинина Е. И. Исполатов М. Г. Попов К. Ватолкина	Узбекистан Средняя Азия Армения Средняя Азия Узбекистан Краснодарский край Средняя Азия Средняя Азия
1931	24 15 39	Т. Е. Романова Р. Х. Гзириан Я. Ф. Кац	Сухумская ОС ВИР Дагестан Среднеазиатская ОС ВИР
1932	88 10	Я. Ф. Кац К. И. Фролова	АК «Магарач» Туркменистан
1935	3 2	И. Ф. Бахмайер Г. Г. Тарасенко	Краснодарский край Дальний Восток
1936	16 11	Я. Ф. Кац И. Ф. Бахмайер	Среднеазиатская ОС ВИР Азербайджан
1937	6 5	Я. Ф. Кац А. М. Негруль, Н. М. Павлова	Таджикистан Казахстан, Узбекистан
1940	1	Р. Х. Гзириан	Средняя Азия
1953	1	М. Меликишвили	Грузия
1957	5	Д. И. Тупицын	Китай
1963	62	Н. И. Рябова	Кубанская ОС ВИР

Таблица 3. Окончание

Table 3. The end

Годы сбора	Количество образцов.	Основные коллекторы	Места сбора
1966	22	Н. И. Рябова	Среднеазиатская ОС ВИР
1968	4	С. М. Мурадян, С. А. Погосян, В. В. Саркисян	Армения
1970	62 9	Н. И. Рябова Г. М. Синькова	Среднеазиатская ОС ВИР Сухумская ОС ВИР
1972	2 1 1	Н. А. Францевич М. И. Власов I. Kukkonen	Туркменистан Дагестан Пакистан
1973	2 1 1	Н. А. Францевич А. К. Станкевич, Т. Н. Леготина Г. Л. Камахина	Туркменистан Армения Узбекистан
1974	1	Н. А. Францевич	Туркменистан
1976	7 2	А. К. Станкевич, В. И. Дорофеев В. А. Арзуманов	Крым, Кавказ Узбекистан
1980	1	Н. А. Францевич	Туркменистан
1982	141	Т. Л. Герман	Крымская ОСС ВИР
1983	7	И. В. Сеферова	Дальневосточная опытная станция ВИР
неизвестен	1	Е. Н. Синская	Адыгея
1899–1980	47	неизвестен	Крым, Средняя Азия



Рис. 4. Гербарный образец винограда WIR-22547, 1844 год

Fig. 4. Grapevine herbarium specimen WIR-22547, 1844



Рис. 5. Гербарные сборы винограда А. М. Негруля, 1937 г.
Fig. 5. Grapevine herbarium specimens collected by A. M. Negrul, 1937

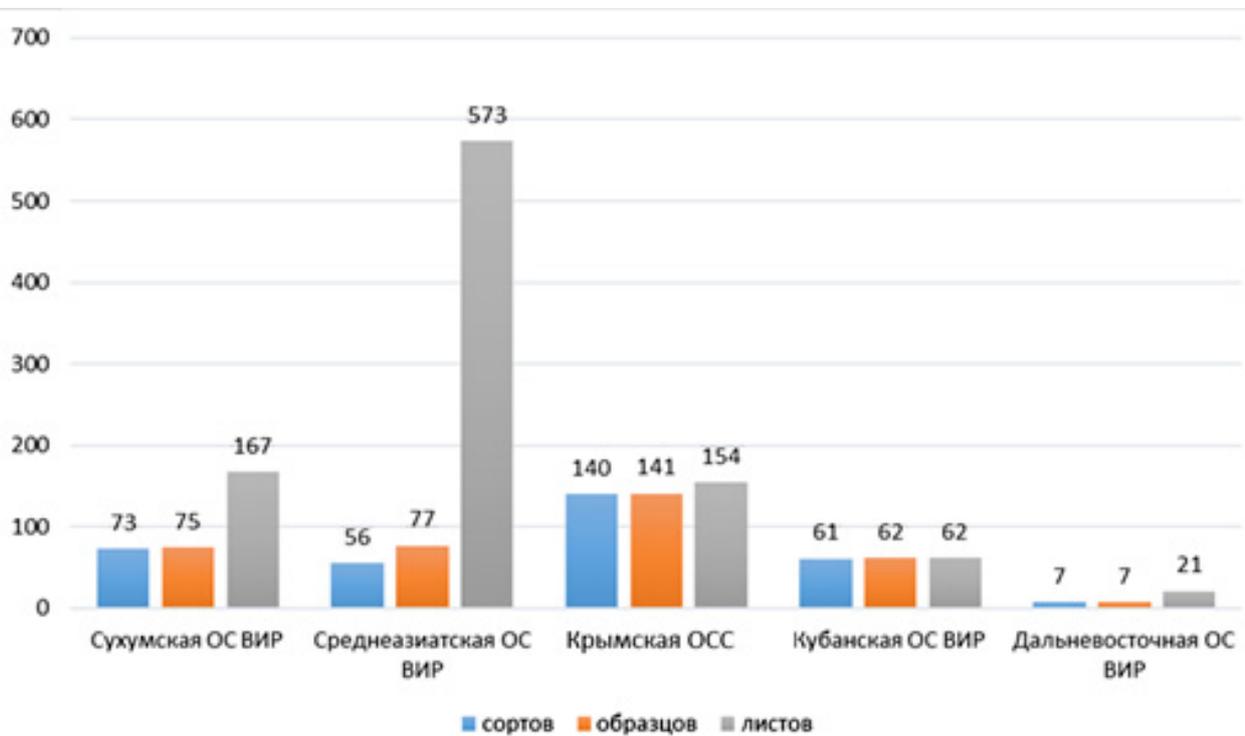


Рис. 6. Сборы культурного винограда на опытных станциях ВИР
Fig. 6. Collecting of grapevine cultivars at the experiment stations of VIR

ского ботанического сада, Нью-Йорк, США (<https://sweetgum.nybg.org>); гербария Королевских ботанических садов Кью, Ричмонд, Великобритания (<http://apps.kew.org>); гербария Миссурийского ботанического сада, Сент-Луис, США (<https://tropicos.org>); гербария Смитсоновского института, Вашингтон, США (<https://collections.nmnh.si.edu/search/botany>); гербария Шведского музея естественной истории, Стокгольм, Швеция (<https://herbarium.nrm.se>); гербария Московского государственного университета, Москва, Россия (<https://plant.depo.msu.ru>); гербария им. М. Г. Попова Центрального сибирского ботанического сада СО РАН, Новосибирск, Россия (https://csbg-nsk.ru/unu_herbarium) – показал, что в этих коллекциях очень бедно представлены виды рода *Vitis*: их доля от общего объема коллекции не превышает сотых долей процентов (табл. 4). Кроме того, нам не удалось найти ни одного образца с указанием сорта. В нашей гербарной коллекции хранятся 650 староместных и селекционных сортов винограда в количестве 935 образцов. Таким образом, гербарий ВИР (Гербарий культурных растений мира, их диких родичей и сорных растений Всероссийского института генетических ресурсов имени Н.И. Вавилова) можно считать единственным, где сохраняется сортовая коллекция образцов культурного винограда.

Перспектива развития гербария ВИР связана с созданием и хранением в нем номенклатурных стандартов отечественных сортов. Номенклатурный стандарт – гербарный образец, который отражает таксономические признаки сорта, заверенный экспертом, законно опубликованный и бессрочно хранящийся в международно признанной научной гербарной коллекции. Изготовление номенклатурного стандарта осуществляется в соответствии с Международным кодексом номенклатуры культурных растений (Chukhina et al., 2021; International Code..., 2021a, 2021b, 2021c, 2021d, 2021e, 2022).

В ВИР работа по созданию номенклатурных стандартов ведется с 2018 г. Номенклатурный стандарт представляет собой ценность для идентификации сорта, защиты авторских прав, защиты сорта от подделок и несанкционированных изменений генома (Gavrilenko, Chukhina, 2020; Khlestkina, Gavrilenko, 2020).

Заключение

Совершенствование стандартов систематизации сбора и хранения ценных образцов генетических ресурсов винограда и информации о них приобретает в настоящее время в меняющихся условиях окружающей среды

Таблица 4. Представленность культурного винограда в некоторых гербарных коллекциях мира

Table 4. Representation of cultivated grapes in some herbarium collections of the world

Наименование гербария	Общее количество сосудистых растений, (обр.)	Количество образцов рода <i>Vitis</i>	Количество образцов <i>Vitis vinifera</i> subsp. <i>sativa</i>	Количество образцов <i>Vitis vinifera</i> subsp. <i>silvestris</i>
Гербарий культурных растений мира, их диких родичей и сорных растений (WIR)	~ 170 000	1644	1196	311
Национальный музей естественной истории (PC)	~ 8000 000	175	64	6
Гербарий Нью-Йоркского Ботанического сада (NY)	7800 000	2408	15	
Гербарий Королевских ботанических садов Кью (K)	~ 7000 000	248	6	4
Гербарий Миссурийского ботанического сада (MO)	~ 6600 000	4698	114	2
Национальный гербарий США (US)	5100 000	33	0	0
Гербарий Шведского музея естественной истории (S)	2950 000	100	68	
Гербарий Московского государственного университета (MW)	1053 752	284	138	
Гербарий им. М. Г. Попова Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (NSK)	249 146	17	3	0

и в условиях постоянно растущей фитопатогенной нагрузки критическое значение для развития виноградарства. Огромный потенциал в качестве источников генов устойчивости к факторам биотического и абиотического стресса имеют дикие родичи винограда. Серьезная проблема, связанная с фитосанитарной ситуацией на виноградниках и потребностью в большом количестве химических обработок для защиты растений винограда от болезней, привела к активному развитию в последние годы исследований в области генетического редактирования винограда, поиску генов-мишеней, нокаут которых потенциально может снизить восприимчивость к тому или иному заболеванию и повысить устойчивость. В дальнейшем наибольший потенциал имеет внесение при помощи редактирования направленных изменений в гены культурного винограда на основе знаний о генах устойчивости диких родичей. Это требует активное изучение диких родичей винограда с использованием современных методов прямой и обратной генетики. Для современных исследований в этом направлении возрастает актуальность коллекции винограда ВИР, в развитии которой особое внимание уделяется диким родичам и межвидовым гибридам.

Для повышения надежности сохранения ценных форм винограда в ВИР осуществляют создание и сохранение дублета в условиях *in vitro* и криохранения. Также особое внимание уделяют работе с информацией о генетических ресурсах и вопросам аутентификации образцов винограда. Важное значение в этом направлении имеет гербарий винограда ВИР – уникальное собрание физических носителей эталонной генетической информации об отечественном коллекционном генофонде винограда в разные периоды развития ампелографических коллекций, имеющихся в нашей стране. Перспективные направления развития гербария ВИР связаны с созданием и хранением в нем номенклатурных стандартов отечественных сортов, представляющих ценность для идентификации сортов, защиты авторских прав, защиты сортов от подделок и несанкционированных изменений генома.

References / Литература

- Abdullahi I., Rott M. Microarray immunoassay for the detection of grapevine and tree fruit viruses. *Journal of Virological Methods*. 2009;160(1-2):90-100. DOI: 10.1016/j.jviro.2009.04.027
- Agrawal A., Singh S., Vaidya Malhotra E., Meena D.P.S., Tyagi R. *In vitro* conservation and cryopreservation of clonally propagated horticultural species. In: P.E. Rajasekharan, V. Ramanatha Rao (eds). *Conservation and Utilization of Horticultural Genetic Resources*. Singapore: Springer; 2019. p.529–578. DOI: 10.1007/978-981-13-3669-0_18
- Alleweldt G., Possingham J.V. Progress in grapevine breeding. *Theoretical and Applied Genetics*. 1988;75:669-673. DOI: 10.1007/BF00265585
- Ampelography of the USSR. Domestic grape varieties (Ампелография СССР. Отечественные сорта винограда. Москва; 1984). [in Russian] (Ампелография СССР. Отечественные сорта винограда. Москва; 1984).
- Ayba L.Ya. At the origins of subtropical plant growing in Abkhazia. *Subtropical and Ornamental Horticulture*. 2019;(70):9-16. [in Russian] (Айба Л.Я. У истоков субтропического растениеводства в Абхазии. *Субтропическое и декоративное садоводство*. 2019;(70):9-16). DOI: 10.31360/2225-3068-2019-70-9-16
- Barlass M., Skene K.G.M. Studies on the fragmented shoot apex of grapevine: II. Factors affecting growth and differentiation *in vitro*. *Journal of Experimental Botany*. 1980;31(2):489-495. DOI: 10.1093/jxb/31.2.489
- Bespalova E.S., Ukhatoeva Yu.V., Volkova N.N., Oves E.V., Gaitova N.A., Gavrilenko T.A. Investigation of the post-cryogenic regeneration ability of potato varieties under different cultivation conditions. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2019;23(3):281-286. [in Russian] (Беспалова Е.С., Ухатова Ю.В., Волкова Н.Н., Овэс Е.В., Гаитова Н.А., Гавриленко Т.А. Изучение посткриогенного регенерационного потенциала сортов картофеля в разных условиях культивирования. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2019;23(3):281-286). DOI: 10.18699/VJ19.500
- Bettoni J.C., Kretschmar A.A., Bonnart R., Shepherd A., Volk G.M. Cryopreservation of 12 *Vitis* species using apical shoot tips derived from plants grown *in vitro*. *HortScience*. 2019;54(6):976-981. DOI: 10.21273/HORTSCI13958
- Bettoni J.C., Marković Z., Bi W., Volk G.M., Matsumoto T., Wang Q.C. Grapevine shoot tip cryopreservation and cryotherapy: secure storage of disease-free plants. *Plants*. 2021;10(10):2190. DOI: 10.3390/plants10102190
- Bi W.L., Hao X.Y., Cui Z.H., Volk G.M., Wang Q.C. Droplet-vitrification cryopreservation of *in vitro*-grown shoot tips of grapevine (*Vitis* spp.). *In Vitro Cellular and Developmental Biology – Plant*. 2018;54(6):590-599. DOI: 10.1007/s11627-018-9931-0
- Blakesley D., Pask N., Henshaw G.G., Fay M.F. Biotechnology and the conservation of forest genetic resources: *in vitro* strategies and cryopreservation. *Plant Growth Regulation*. 1996;20(1):11-16. DOI: 10.1007/BF00024051
- Blasi P., Blanc S., Wiedemann-Merdinoglu S., Prado E., Rühl E.H., Mestre P. et al. Construction of a reference linkage map of *Vitis amurensis* and genetic mapping of Rpv8, a locus conferring resistance to grapevine downy mildew. *Theoretical and Applied Genetics*. 2011;123(1):43-53. DOI: 10.1007/s00122-011-1565-0
- Boso S., Alonso-Villaverde V., Gago P., Santiago J.L., Martínez M.C. Susceptibility of 44 grapevine (*Vitis vinifera* L.) varieties to downy mildew in the field. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2011;17(3):394-400. DOI: 10.1111/j.1755-0238.2011.00157.x
- Boso S., Kassemeyer H.H. Different susceptibility of European grapevine cultivars for downy mildew. *VITIS – Journal of Grapevine Research*. 2008;47(1):39-49. DOI: 10.5073/vitis.2008.47.39-49
- Boso S., Martínez M.C., Unger S., Kassemeyer H.H. Evaluation of foliar resistance to downy mildew in different cv. Albariño clones. *VITIS – Journal of Grapevine Research*. 2006;45(1):23-27. DOI: 10.5073/vitis.2006.45.23-27
- Cadle-Davidson L. Variation within and between *Vitis* spp. for foliar resistance to the downy mildew pathogen *Plasmopara viticola*. *Plant Disease*. 2008;92(11):1577-1584. DOI: 10.1094/PDIS-92-11-1577
- Central Siberian Botanical Garden SB RAS. Herbarium of Higher Plants, Lichens and Mushrooms: [website]. [in Russian] (Центральный сибирский ботанический сад СО РАН. Гербарий высших растений, лишайников и грибов: [сайт]). URL: https://csbg-nsk.ru/unu_herbarium [дата обращения: 22.06.2023].
- Chamagua E.I. Grapes of Abkhazia (Vinograd Abkhazii). Sukhumi: Alashara; 1968. [in Russian] (Чамагуа Е.И. Виноград Абхазии. Сухуми: Алашара; 1968).
- Chukhina I.G., Miftakhova S.R., Dorofeyev V.I. International Code of Nomenclature for Cultivated Plants: on the his-

- tory of the Russian translation. *Vavilovia*. 2021;4(1):48-54. [in Russian] [Чухина И.Г., Мифтахова С.Р., Дорофеев В.И. Международный кодекс номенклатуры культурных растений: к истории Русскоязычного перевода. *Vavilovia*. 2021;4(1):48-54]. DOI: 10.30901/2658-3860-2021-1-48-54
- Cruz-Cruz C.A., González-Arno M.T., Engelmann F. Biotechnology and conservation of plant biodiversity. *Resources*. 2013;2(2):73-95. DOI: 10.3390/resources2020073
- Dalla Costa L., Malnoy M., Lecourieux D. Deluc L., Ouaked-Lecourieux F., Thomas M.R. et al. The state-of-the-art of grapevine biotechnology and new breeding technologies (NBTS). *OENO One*. 2019;53(2):189-212. DOI: 10.20870/oeno-one.2019.53.2.2405
- Dunaeva S.E., Pendinen G.I., Antonova O.Yu., Shvachko N.A., Ukhatoeva Yu.V., Shuvalova L.E., Volkova N.N., Gavrilenko T.A. Preservation of vegetatively propagated crops *in vitro* and cryo collections: methodological guidelines (Sokhraneniye vegetativno razmnozhayemykh kultur v *in-vitro*- i kriokollektsiyakh: metodicheskiye ukazaniya). T.A. Gavrilenko (ed.). 2nd ed. St. Petersburg: VIR; 2017. [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 криоколлекциях: методические указания / под ред. Т.А. Гавриленко. 2-е изд. Санкт-Петербург: ВИР; 2017].
- Engelmann F. *In vitro* conservation methods. In: J.A. Callow, B.V. Ford Lloyd, H.J. Newbury (eds). *Biotechnology and Plant Genetic Resources*. Oxford: CABI; 1997. p.119-162.
- Engelmann F. Use of biotechnologies for the conservation of plant biodiversity. *In Vitro Cellular and Developmental Biology – Plant*. 2011;47(1):5-16. DOI: 10.1007/s11627-010-9327-2
- FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food and agriculture data. Rome: FAO; 2022. Available from: <http://www.fao.org/faostat/en/#data> [accessed June. 22, 2023].
- 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 генобанках. *Биотехнология и селекция растений*. 2020;3(3):6-17]. DOI: 10.30901/2658-6266-2020-3-02
- Gisbert C., Peiró R., Pedro T.S., Olmos A., Jiménez C., García J. Recovering ancient grapevine varieties: from genetic variability to *in vitro* conservation, a case study. In: A.M. Jordão, F. Cosme (eds). *Grapes and Wines – Advances in Production, Processing, Analysis and Valorization*. London: IntechOpen; 2018. p.3-21. DOI: 10.5772/intechopen.71133
- Hassan N.A., Gomma A.H., Shahin M.A., El Homosany A.A. *In vitro* storage and cryopreservation of some grape varieties. *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants*. 2013;5(3):183-193. DOI: 10.5829/idosi.jhsop.2013.5.3.1126
- Hassanen S.A., Abido A.I.A., Aly M.A.M., Rayan G.A. *In vitro* preservation of grapevine (*Vitis vinifera* L.) Muscat of Alexandria and Black Monukka cultivars as genetic resource. *African Journal of Basic and Applied Sciences*. 2013;5(2):55-63. DOI: 10.5829/idosi.ajbas.2013.5.2.23313
- Ilnitskaya E.T., Makarkina M.V. Application of DNA markers in molecular breeding and genetic studies of grapevine. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2016;20(4):528-536. [in Russian] [Ильницкая Е.Т., Макаркина М.В. Применение ДНК-маркеров в современных селекционно-генетических исследованиях винограда. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2016;20(4):528-536]. DOI: 10.18699/VJ16.163
- International Code of Nomenclature for Cultivated Plants. Preamble. Division I: Principles: [Translation from English]. *Vavilovia*. 2021a;4(1):55-59. [in Russian] [Международный кодекс номенклатуры культурных растений. Прембула. Часть I: Принципы: [перевод с английского языка]. *Vavilovia*. 2021a;4(1):55-59]. DOI: 10.30901/2658-3860-2021-1-55-59
- International Code of Nomenclature for Cultivated Plants. Preamble. Division I: Principles. I.G. Chukhina, S.R. Miftakhova, V.I. Dorofeyev (transl.). Transl. of: «International Code of Nomenclature for Cultivated Plants. Ed. 9. *Scripta Horticulturae*. 2016;18:I-XVII+1-190». *Vavilovia*. 2021b;4(1):55-59. [in Russian] [Международный кодекс номенклатуры культурных растений. Прембула. Часть I: Принципы / перевод с английского И.Г. Чухина, С.Р. Мифтахова, В.И. Дорофеев. Пер. изд.: «International Code of Nomenclature for Cultivated Plants. Ed. 9. *Scripta Horticulturae*. 2016;18:I-XVII+1-190». *Vavilovia*. 2021b;4(1):55-59]. DOI: 10.30901/2658-3860-2021-1-55-59
- International Code of Nomenclature for Cultivated Plants. Division II: Chapters I, II / I.G. Chukhina, S.R. Miftakhova, V.I. Dorofeyev (transl.). Transl. of: «International Code of Nomenclature for Cultivated Plants. Ed. 9. *Scripta Horticulturae*. 2016;18:I-XVII+1-190». *Vavilovia*. 2021c;4(2):44-57. [in Russian] [Международный кодекс номенклатуры культурных растений. Часть II: Главы I, II / перевод с английского И.Г. Чухина, С.Р. Мифтахова, В.И. Дорофеев. Пер. изд.: «International Code of Nomenclature for Cultivated Plants. Ed. 9. *Scripta Horticulturae*. 2016;18:I-XVII+1-190». *Vavilovia*. 2021c;4(2):44-57]. DOI: 10.30901/2658-3860-2021-2-44-57
- International Code of Nomenclature for Cultivated Plants. Division II: Chapters III–V. I.G. Chukhina, S.R. Miftakhova, V.I. Dorofeyev (transl.). Transl. of: «International Code of Nomenclature for Cultivated Plants. Ed. 9. *Scripta Horticulturae*. 2016;18:I-XVII+1-190». *Vavilovia*. 2021d;4(3):40-57. [in Russian] [Международный кодекс номенклатуры культурных растений. Часть II: Главы III–V / перевод с английского И.Г. Чухина, С.Р. Мифтахова, В.И. Дорофеев. Пер. изд.: «International Code of Nomenclature for Cultivated Plants. Ed. 9. *Scripta Horticulturae*. 2016;18:I-XVII+1-190». *Vavilovia*. 2021d;4(3):40-57]. DOI: 10.30901/2658-3860-2021-3-40-57
- International Code of Nomenclature for Cultivated Plants. Division II: Chapters VI–IX. I.G. Chukhina, S.R. Miftakhova, V.I. Dorofeyev (transl.). Transl. of: «International Code of Nomenclature for Cultivated Plants. Ed. 9. *Scripta Horticulturae*. 2016;18:I-XVII+1-190». *Vavilovia*. 2021e;4(4):38-54. [in Russian] [Международный кодекс номенклатуры культурных растений. Часть II: Главы VI–IX / перевод с английского И.Г. Чухина, С.Р. Мифтахова, В.И. Дорофеев. Пер. изд.: «International Code of Nomenclature for Cultivated Plants. Ed. 9. *Scripta Horticulturae*. 2016;18:I-XVII+1-190». *Vavilovia*. 2021e;4(4):38-54]. DOI: 10.30901/2658-3860-2021-4-38-54
- International Code of Nomenclature for Cultivated Plants. Division III–VI, Appendix I–IX. I.G. Chukhina, S.R. Miftakhova, V.I. Dorofeyev (transl.). Transl. of: «International Code of Nomenclature for Cultivated Plants. Ed. 9. *Scripta Horticulturae*. 2016;18:I-XVII+1-190». *Vavilovia*. 2022;5(1):41-

70. [in Russian] (Международный кодекс номенклатуры культурных растений. Часть III–VI, Приложение I–IX / перевод с английского И.Г. Чухина, С.Р. Мифтахова, В.И. Дорофеев. Пер. изд.: «International Code of Nomenclature for Cultivated Plants. Ed. 9. *Scripta Horticulturae*. 2016;18:1-XVII+1-190». *Vavilovia*. 2022;5(1):41-70). DOI: 10.30901/2658-3860-2022-1-41-70
- 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
- Keller E.R.J., Grube M., Hajirezaei M.R., Melzer M., Mock H.P., Rolletschek H. et al. Experience in large-scale cryopreservation and links to applied research for safe storage of plant germplasm. *Acta Horticulturae*. 2016;1113:239-250. DOI: 10.17660/ActaHortic.2016.1113.36
- Khlestkina E.K., Gavrilenko T.A. Introductory article. *Plant Biotechnology and Breeding*. 2020;3(3):4-5. [in Russian] (Хлесткина Е.К., Гавриленко Т.А. Вступительная статья. *Биотехнология и селекция растений*. 2020;3(3):4-5).
- Khvatysh G.A., Fogel A.I., Bokareva L.I. Sukhumi Experiment Station of Subtropical Crops, decorated with the Order of the Red Banner of Labor, affiliated to the N.I. Vavilov Research Institute of Plant Industry (Sukhumskaya ordena Trudovogo Krasnogo знамени opytная stantsiya subtropicheskikh kultur VNIIRA im. N.I. Vavilova). Sukhumi: Alashara; 1985. [in Russian] (Хватыш Г.А.; Фогель А.И., Бокарева Л.И. Сухумская орденa Трудового Красного знамени опытная станция субтропических культур ВНИИРА им. Н.И. Вавилова. Сухуми: Алашара; 1985).
- Kim H.N., Popova E., Shin D.J., Yi J.Y., Kim C.H., Yoon M.K. et al. Cryobanking of Korean *Allium* germplasm collections: results from a 10 year experience. *CryoLetters*. 2012;33(1):45-57.
- Kislin E.N., Nosulchak V.A., Dzyubenko N.I. Ampelographic collection of the Vavilov Institute: past, present and future. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2015;(3):14-16. [in Russian] (Кислин Е.Н., Носульчак В.А., Дзюбенко Н.И. Ампелогографическая коллекция ВИР им. Н.И. Вавилова. Прошлое, настоящее и будущее. *Магарач. Виноградарство и виноделие*. 2015;(3):14-16).
- Kovalenko T.V., Tikhonova N.G., Khlestkina E.K., Ukhatoeva Yu.V. *In vitro* regeneration of grape. *Plant Biotechnology and Breeding*. 2022;5(4):39-54. [in Russian] (Коваленко Т.В., Тихонова Н.Г., Хлесткина Е.К., Ухатова Ю.В. Регенерация винограда в культуре *in vitro*. *Биотехнология и селекция растений*. 2022;5(4):39-54). DOI: 10.30901/2658-6266-2022-4-01
- Křížan B., Ondrušiková E., Holleínová V., Moravcová K., Bláhová L. Elimination of *Grapevine fanleaf virus* in grapevine by *in vivo* and *in vitro* thermotherapy. *Horticultural Science*. 2009;36(3):105-108. DOI: 10.17221/37/2008-HORTSCI
- Kulus D., Zalewska M. Cryopreservation as a tool used in long-term storage of ornamental species – A review. *Scientia Horticulturae*. 2014;168:88-107. DOI: 10.1016/j.scienta.2014.01.014
- Lin H., Leng H., Guo Y., Kondo S., Zhao Y., Shi G. et al. QTLs and candidate genes for downy mildew resistance conferred by interspecific grape (*V. vinifera* L. × *V. amurensis* Rupr.) crossing. *Scientia Horticulturae*. 2019;244:200-207. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.09.045
- Maia J.D.G., Camargo U.A., Tonietto J., Zanus M.C., Quecini V., Ferreira M.E. et al. Grapevine breeding programs in Brazil. In: A. Reynolds (ed.). *Grapevine Breeding Programs for the Wine Industry*. Cambridge: Elsevier; 2015. p.247-271. DOI: 10.1016/B978-1-78242-075-0.00011-9
- Malik S., Chaudhury R. Cryopreservation techniques for conservation of tropical horticultural species using various explants. In: P.E. Rajasekharan, V. Ramanatha Rao (eds). *Conservation and Utilization of Horticultural Genetic Resources*. Singapore: Springer; 2019. p.579-594. DOI: 10.1007/978-981-13-3669-0_19
- Maliogka V.I., Skiada F.G., Eleftheriou E.P., Katis N.I. Elimination of a new ampelovirus (GLRaV-Pr) and *Grapevine rupestris stem pitting associated virus* (GRSPaV) from two *Vitis vinifera* cultivars combining *in vitro* thermotherapy with shoot tip culture *Scientia Horticulturae*. 2009;123(2):280-282. DOI: 10.1016/j.scienta.2009.08.016
- Malnoy M., Viola R., Jung M.H., Koo O.J., Kim S., Kim J.S. et al. DNA-Free genetically edited grapevine and apple protoplast using CRISPR/Cas9 ribonucleoproteins. *Frontiers in Plant Science*. 2016;7:1904. DOI: 10.3389/fpls.2016.01904
- Markovich V.V. Brief summary of the work of the Sukhum Agricultural and Horticultural Experimental Station during fifteen years (1894–1909) of its existence (Kratkiy svod rabot Sukhumskoy selskokhozyaystvennoy i sadovoy opytной stantsii za pyatnadsat let (1894–1909 g.) yeye sushchestvovaniya). *Izvestiya Sukhumskoy sadovoy i selskokhozyaystvennoy opytной stantsii = News of the Sukhum Horticultural and Agricultural Experiment Station*. 1911;(3):7-9. [in Russian] (Маркович В.В. Краткий свод работ Сухумской сельскохозяйственной и садовой опытной станции за пятнадцать лет (1894–1909 г.) ее существования. *Известия Сухумской садовой и сельскохозяйственной опытной станции*. 1911;(3):7-9).
- Moscow Digital Herbarium. National Depository Bank of Live Systems “Noah’s Ark”: [website]. [in Russian] (Цифровой гербарий МГУ. Национальный банк-депозитарий живых систем «Ноев Ковчег»: [сайт]). URL: <https://plant.depo.msu.ru> [дата обращения: 22.06.2023].
- Muséum national d’Histoire naturelle: [website]. Available from: <https://science.mnhn.fr> [accessed June 22, 2023].
- N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources. Research report 2021. Report number: b/n; 2021. [in Russian] (Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова. Научно-исследовательский отчет 2021. Номер отчета: б/н; 2021).
- Negrul A.M. Ampelography (Ampelografiya). Moscow: Pishchepromizdat; 1946. [in Russian] (Негрюль А.М. Ампелография. Москва: Пищепромиздат; 1946).
- Negrul A.M. Ampelography with the fundamentals of viticulture (Ampelografiya s osnovami vinogradarstva). Moscow: Ripol Classic; 1979. [in Russian] (Негрюль А.М. Ампелография с основами виноградарства. Москва: Рипол Классик; 1979).
- Nosulchak V.A. Grapes in the scientific works of Academician N.I. Vavilov (Vinograd v nauchnykh trudakh akademika N.I. Vavilova). Krasnodar; 2013. [in Russian] (Носульчак В.А. Виноград в научных трудах академика Н.И. Вавилова. Краснодар; 2013).
- Nuzzo F., Gambino G., Perrone I. Unlocking grapevine *in vitro* regeneration: Issues and perspectives for genetic improvement and functional genomic studies. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2022;193:99-109. DOI: 10.1016/j.plaphy.2022.10.027
- NYBG Steere Herbarium: [website]. Available from: <https://sweetgum.nybg.org> [accessed June 22, 2023].
- Olivares F., Loyola R., Olmedo B., de Los Angeles Miccono M., Aguirre C., Vergara R. et al. CRISPR/Cas9 targeted editing of genes associated with fungal suscep-

- tibility in *Vitis vinifera* L. cv. Thompson Seedless using geminivirus-derived replicons. *Frontiers in Plant Science*. 2021;12:791030. DOI: 10.3389/fpls.2021.791030
- Panattoni A., D'Anna F., Cristani C., Triolo E. Grapevine vitivirus A eradication in *Vitis vinifera* explants by antiviral drugs and chemotherapy. *Journal of Virological Methods*. 2007;146(1-2):129-135. DOI: 10.1016/j.jviromet.2007.06.008
- Panattoni A., Triolo E. New advances on *in vitro* antiviral chemotherapy. *Journal of Plant Pathology*. 2007;89(3):S51.
- Panis B. Sixty years of plant cryopreservation: from freezing hardy mulberry twigs to establishing reference crop collections for future generations. *Acta Horticulturae*. 2019;1234:1-8. DOI: 10.17660/ActaHortic.2019.1234.1
- Panis B., Nagel M., Van den Houwe I. Challenges and prospects for the conservation of crop genetic resources in field genebanks, in *in vitro* collections and/or in liquid nitrogen. *Plants*. 2020;9(12):1634. DOI: 10.3390/plants9121634
- Pathirana R., McLachlan A., Hedderley D., Panis B., Carimi F. Pre-treatment with salicylic acid improves plant regeneration after cryopreservation of grapevine (*Vitis* spp.) by droplet vitrification. *Acta Physiologiae Plantarum*. 2015;38(12):11. DOI: 10.1007/s11738-015-2026-1
- Pilatti F.K., Aguiar T., Simões T., Benson E.E., Viana A.M. *In vitro* and cryogenic preservation of plant biodiversity in Brazil. *In Vitro Cellular and Developmental Biology – Plant*. 2011;47(1):82-98. DOI: 10.1007/s11627-010-9302-y
- Pospisilova D. Variety – the building stone of the vinegrowing. In: *Interactive Ampelography and Grapevine Breeding: Collected Papers of the International Symposium; 20–22 September 2011*. Krasnodar; 2012. p.238-252.
- Prins B., Volk G.M., Preece J.E. Grape collection. In: G.M. Volk, J.E. Preece (eds). *Field Tour of the USDA National Clonal Germplasm Repository for Tree Fruit, Nut Crops, and Grapes in Davis, California*. Fort Collins, CO: Colorado State University; 2021. Available from: <https://colostate.pressbooks.pub/davisrepositoryfieldtour/chapter/grapes> [accessed June 22, 2023].
- Pugachev I.I., Jabbarov Kh.D. 50 years to the Middle Asian Station of VIR (SASVNIIR 50 let). *Byulleten Vsesoyuznogo nauchno-issledovatel'skogo instituta rasteniyevodstva im. N.I. Vavilova = Bulletin of the N.I. Vavilov All-Union Research Institute of Plant Industry*. 1974;(46):9-18. [in Russian] [Пугачев И.И., Джаббаров Х.Д. САСВНИИР 50 лет. Бюллетень Всесоюзного научно-исследовательского института растениеводства им. Н.И. Вавилова. 1974;(46):9-18].
- Royal Botanic Gardens, Kew: [website]. Available from: <http://apps.kew.org> [accessed June 22, 2023].
- Ryabova N.I., Koshelev P.P. Alexander Mikhailovich Negrul (Negrul Aleksandr Mikhaylovich). In: *Nikolai Ivanovich Vavilov's Associates: Plant Genetic Diversity Researchers (anniversary edition)*. 2nd ed. St. Petersburg: VIR; 2017. p. 374-378. [in Russian] [Рябова Н.И., Кошелев П.П. Негруль Александр Михайлович. В кн.: *Соратники Николая Ивановича Вавилова: исследователи генофонда растений (юбилейное издание)*. 2-е изд. Санкт-Петербург: ВИР; 2017. С.374-378].
- Savin G.A. The gene pool of grapes (Genofond vinograda). *Sadovodstvo, vinogradarstvo i vinodeliye Moldavii = Horticulture, Viticulture and Winemaking in Moldova*. 1990;(8):7-8. [in Russian] [Савин Г.А. Генофонд винограда. *Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии*. 1990;(8):7-8].
- Schwander F., Eibach R., Fechter I., Hausmann L., Zyprian E., Töpfer R. *Rpv10*: a new locus from the Asian *Vitis* gene pool for pyramiding downy mildew resistance loci in grapevine. *Theoretical and Applied Genetics*. 2012;124(1):163-176. DOI: 10.1007/s00122-011-1695-4
- Scintilla S., Salvagnin U., Giacomelli L., Zeilmaker T., Malnoy M.A., van der Voort J.R. et al. Regeneration of plants from DNA-free edited grapevine protoplasts. *bioRxiv. The Preprint Server for Biology*. [preprint] 2021. DOI: 10.1101/2021.07.16.452503
- Skiada F., Grigoriadou K., Maliogka V., Katis N.I., Eleftheriou E. Elimination of grapevine leafroll-associated virus 1 and grapevine rupestris pitting-associated virus from grapevine cv. Agiorgitiko and a micropropagation of protocol for mass production of virus-free plantlets. *Journal of Plant Pathology*. 2009;91(1):177-184. DOI: 10.4454/jpp.v91i1.639
- Smirnov K.V., Kalmykova T.I., Morozova G.S. Viticulture (Vino-gradarstvo). Moscow: Agropromizdat; 1987. [in Russian] (Смирнов К.В., Калмыкова Т.И., Морозова Г.С. Виноградарство. Москва: Агропромиздат; 1987).
- Smithsonian Institution. National Museum of Natural History. Search the Department of Botany Collections: [website]. Available from: <https://collections.nmnh.si.edu/search/botany> [accessed June 22, 2023].
- Song S., Fu P., Lu J. Downy mildew resistant QTLs in *Vitis amurensis* "Shuang Hong" grapevine. In: *Abstract Book GBG 2018. XII International Conference on Grapevine Breeding and Genetics*. Bordeaux; 2018. p.131.
- Staudt G., Kassemeyer H.H. Evaluation of downy mildew resistance in various accessions of wild *Vitis* species. *VITIS – Journal of Grapevine Research*. 1995;34(4):225-228. DOI: 10.5073/vitis.1995.34.225-228
- Sukhumi Experiment Station. Report on the scientific research work of Sukhumi Experimental Station for 1964 (Sukhumskaya opyt'naya stantsiya. Otchet o nauchno issledovatel'skoy rabote Sukhumskoy opyt'noy stantsii za 1964 god). Report number: s/n; 1964. Central State Archive of Scientific and Technical Documentation of St. Petersburg (Tsentralny gosudarstvennyy arkhiv nauchno-tekhnicheskoy dokumentatsii Sankt-Peterburga). F. R-318. Op. 23. D. 510. [in Russian] [Сухумская опытная станция. Отчет о научно исследовательской работе Сухумской опытной станции за 1964 год. Номер отчета: б/н; 1964. Центральный государственный архив научно-технической документации Санкт-Петербурга (ЦГАНТД СПб). Ф. Р-318. Оп. 23. Д. 510].
- Sunitha S., Rock C.D. CRISPR/Cas9-mediated targeted mutagenesis of TAS4 and MYBA7 loci in grapevine rootstock 101-14. *Transgenic Research*. 2020;29(3):355-367. DOI: 10.1007/s11248-020-00196-w
- Swedish Museum of Natural History. Herbarium Catalogue (S): [website]. Available from: <https://herbarium.nrm.se> [accessed June 22, 2023].
- Talash A.I., Troshin L.P. Modern phytosanitary state of Russian vineyards. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2012;(80):324-333. [in Russian] [Талаш А.И., Трошин Л.П. Современное фитосанитарное состояние виноградников России. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2012;(80):324-333].
- Tropicos.org. Missouri Botanical Garden: [website]. Available from: <https://tropicos.org> [accessed June 22, 2023].
- 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

- Ukhatova Yu.V. Improving the methods of cryopreservation and recovery from viral diseases of vegetatively propagated crop accessions (Sovershenstvovaniye metodov kriokonservatsii i ozdorovleniya ot virusnykh bolezney obraztsov vegetativno razmnozhayemykh kultur) [dissertation]. St. Petersburg: VIR; 2017. [in Russian] (Ухатова Ю.В. Совершенствование методов криоконсервации и оздоровления от вирусных болезней образцов вегетативно размножаемых культур: дис. ... канд. биол. наук. Санкт-Петербург: ВИР; 2017). URL: http://vir.nw.ru/desert/yhatova/diss_ukhatova.pdf [дата обращения: 06.09.2023].
- Úrbez-Torres J.R., Peduto F., Smith R.J., Gubler W.D. Phomopsis dieback: a grapevine trunk disease caused by *Phomopsis viticola* in California. *Plant Disease*. 2013;97(12):1571-1579. DOI: 10.1094/PDIS-11-12-1072-RE
- Venuti S., Copetti D., Foria S., Falginella L., Hoffmann S., Bellin D. et al. Historical introgression of the downy mildew resistance gene *Rpv12* from the Asian species *Vitis amurensis* into grapevine varieties. *PLoS One*. 2013;8(4):e61228. DOI: 10.1371/journal.pone.0061228
- Verzhuk V.G., Erastenkova M.V., Khokhlenko A.A., Agakhonov M.M., Kislin E.N., Ukhatova Yu.V. Evaluation of regenerative capacity of grape (*V. vinifera* L.) and red currant (*R. rubrum* L.) accessions in the culture *in vitro* for the development of VIR cryocollection. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2022;24(3):214-218. [in Russian] (Вержук В.Г., Ерастенкова М.В., Хохленко А.А., Агаханов М.М., Кислин Е.Н., Ухатова Ю.В. Оценка регенерационной способности образцов винограда (*Vitis vinifera* L.) и красной смородины (*Ribes rubrum* L.) в культуре *in vitro* для создания криоколлекции ВИР. *Магарач. Виноградарство и виноделие*. 2022;24(3):214-218). DOI: 10.34919/IM.2022.24.3.003
- Volk G.M., Shepherd A.N., Bonnart R. Successful cryopreservation of *Vitis* shoot tips: novel pre-treatment combinations applied to nine species. *CryoLetters*. 2019;39(5):322-330.
- Vollmer R., Villagaray R., Cárdenas J., Castro M., Chávez O., Anglin N.L. et al. A large-scale viability assessment of the potato cryobank at the International Potato Center (CIP). *In Vitro Cellular and Developmental Biology – Plant*. 2017;53(4):309-317. DOI: 10.1007/s11627-0179846-1
- Wan D.Y., Guo Y., Cheng Y., Hu Y., Xiao S., Wang Y. et al. CRISPR/Cas9-mediated mutagenesis of *VvMLO3* results in enhanced resistance to powdery mildew in grapevine (*Vitis vinifera*). *Horticulture Research*. 2020;7:116. DOI: 10.1038/s41438-020-0339-8
- Wan Y., Schwaninger H., He P., Wang Y. Comparison of resistance to powdery mildew and downy mildew in Chinese wild grapes. *VITIS – Journal of Grapevine Research*. 2007;46(3):132-136. DOI: 10.5073/VITIS.2007.46.132-136
- Wang M.R., Chen L., Teixeira da Silva J.A., Volk G.M., Wang Q.C. Cryobiotechnology of apple (*Malus* spp.): development, progress and future prospects. *Plant Cell Reports*. 2018;37(5):689-709. DOI: 10.1007/s00299-018-2249-x
- Wang X., Tu M., Wang D., Liu J., Li Y., Li Z. et al. CRISPR/Cas9-mediated efficient targeted mutagenesis in grape in the first generation. *Plant Biotechnology Journal*. 2017;16(4):844-855. DOI: 10.1111/pbi.12832
- Yang L., Guo Y., Hu Y., Wen Y. CRISPR/Cas9-mediated mutagenesis of *VviEDR2* results in enhanced resistance to powdery mildew in grapevine (*Vitis vinifera*). *Acta Horticulturae Sinica*. 2020;47(4):623-634. DOI: 10.16420/j.issn.0513-553x.2019-0660

Информация об авторах

Магамедгусейн Магамедганифович Агаханов, кандидат биологических наук, директор, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Волгоградская опытная станция – филиал ВИР, 404160 Россия, Волгоградская область, Среднеахтубинский район, Краснослободск, квартал Опытная станция ВИР, 30, m.agahanov@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2438-9156>

Лариса Владимировна Багмет, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, l.bagmet@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0768-0056>

Надежда Геннадьевна Тихонова, 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, n.g.tikhonova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7098-7662>

Мария Викторовна Ерастенкова, аспирант, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, merastenkova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7328-437X>

Евгений Николаевич Кислин, кандидат биологических наук, научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42, 44, e.kislin@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1832-894X>

Юлия Васильевна Ухатова, кандидат биологических наук, заместитель директора, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, Научно-технологический университет «Сириус», Научный центр генетики и наук о жизни, 354340 Россия, Краснодарский край, федеральная территория «Сириус», пгт. Сириус, Олимпийский пр., 1, y.ukhatova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9366-0216>

Елена Константиновна Хлесткина, доктор биологических наук, профессор РАН, директор, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, руководитель направления «Биология и биотехнология растений», Научно-технологический университет «Сириус», Научный центр генетики и наук о жизни, 354340 Россия, Краснодарский край, федеральная территория «Сириус», пгт. Сириус, Олимпийский пр., 1, director@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8470-8254>

Information about the authors

Magamedgusein M. Agakhanov, Cand. Sci. (Biology), Director, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Volgograd Experiment Station of VIR, VIR Exp. Station Block, Krasnoslobodsk 404160, Russia, m.agahanov@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2438-9156>

Larisa V. Bagmet, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, l.bagmet@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0768-0056>

Nadezhda G. Tikhonova, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, n.g.tikhonova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7098-7662>

Mariya V. Erastenkova, Postgraduate Student, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, merastenkova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7328-437X>

Evgeny N. Kislin, Cand. Sci. (Biology), Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, e.kislin@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1832-894X>

Yulia V. Ukhatova, Cand. Sci. (Biology), Deputy Director, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, Sirius University of Science and Technology, Research Center of Genetics and Life Sciences, 1 Olimpiyskiy Ave., Sirius Settle., Sirius Federal Territory, Krasnodar Territory 354340, Russia, y.ukhatova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9366-0216>

Elena K. Khlestkina, Dr. Sci. (Biology), Professor of the RAS, Director, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, Plant Biology and Biotechnology Research Manager, Sirius University of Science and Technology, Research Center of Genetics and Life Sciences, 1 Olimpiyskiy Ave., Sirius Settle., Sirius Federal Territory, Krasnodar Territory 354340, Russia, director@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8470-8254>

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 04.11.2023; одобрена после рецензирования 30.11.2023; принята к публикации 04.03.2024.
The article was submitted on 04.11.2023; approved after reviewing on 30.11.2023; accepted for publication on 04.03.2024.