



## СЕЛЕКЦИЯ ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ В РОССИИ

Рахмангулов Р. С.<sup>1\*</sup>, Тихонова Н. Г.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), 190000 Россия, г.Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42, 44;

\* r.rakhmangulov@vir.nw.ru

<sup>2</sup>Научно-технологический университет «Сириус», направление «Биология и биотехнология растений», 354340, г. Сочи, Олимпийский пр., д. 1

Селекция декоративных растений как отрасль растениеводства является неотъемлемой составляющей комплекса мер, направленных на получение широкого ассортимента различных растений с высокими декоративными характеристиками. Основная задача данного направления заключается в создании растений, привлекательных для потребителя, и коммерческом плане характеризующихся ценными биологическими признаками – адаптивностью, устойчивостью к болезням, вредителям, морозостойкостью и другими. Большинство сортов декоративных растений были получены с помощью традиционных методов селекции, таких, как отбор, отдаленная гибридизация, клоновая селекция, индуцированный мутагенез под воздействием радиации или химических веществ. Однако применение традиционных инструментов селекции ограничено потенциалом внутривидовой изменчивости. Разработка современных биотехнологических и генетических подходов к созданию новых сортов позволило изменять генотип растений на качественно новом уровне. В данном обзоре освещены направления и методология современной селекции декоративных растений в России, способы мобилизации генетических ресурсов основных декоративных культур, таких, как роза, клематис, канна, хризантема, пеларгония, ирис, лилейник, тюльпан, сирень, рододендрон. Приведены примеры селекционной работы с декоративными растениями в ведущих профильных научных учреждениях, таких, как Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени им. К.А. Тимирязева, Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина, Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, Субтропический научный центр РАН, Ботанический сад Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Всероссийский НИИ табака, махорки и табачных изделий. Также кратко отражены мировой и российский рынки цветочной декоративной продукции, проблематика и способ решения вопроса качественного импортозамещения, перспективы развития цветоводства в России в обозримом будущем.

**Ключевые слова:** генетические ресурсы растений, цветочно-декоративные культуры, гибридизация, биотехнология, трансформация.

### Для цитирования:

Рахмангулов Р.С., Тихонова Н.Г. Селекция декоративных растений в России. *Биотехнология и селекция растений*. 2021;4(4):40-54. DOI: 10.30901/2658-6266-2021-4-04

**Прозрачность финансовой деятельности.** Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. **Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы. Дополнительная информация.** Полные данные этой статьи доступны <https://doi.org/10.30901/2658-6266-2021-4-04> **Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы. Все авторы одобрили рукопись. Конфликт интересов отсутствует.**

**Благодарности:** Авторы выражают признательность М.В. Васильевой, О.И. Пащенко, Н.М. Гутиевой, М.С. Успенской, Т.М. Коломиец за предоставление фотографий отечественных сортов декоративных растений. Статья подготовлена в рамках государственного задания ВИР согласно тематическому плану НИР по теме № 0481-2019-0001 «Геномные и постгеномные технологии для выявления новых генетических маркеров селекционно-значимых свойств и новых аллельных вариантов хозяйственно ценных генов в генофонде культурных растений и их диких родичей».

---

## BREEDING OF ORNAMENTAL PLANTS IN RUSSIA

Rakhmangulov R. S.<sup>1\*</sup>, Tikhonova N. G.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR),  
42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia;

\* ✉ r.rakhmangulov@vir.nw.ru

<sup>2</sup>Plant Biology and Biotechnology Department, Sirius University of Science and Technology,  
1, Olympiyskiy Prospekt, Sochi 354340, Russia

The breeding of ornamental plants as a branch of crop production is an integral part of the set of measures aimed at obtaining a wide range of different plants with high decorative characteristics. The main objective of this branch is the creation of plants that are attractive to the consumer and commercially characterized by such valuable biological features as adaptability, resistance to diseases, pests, frost and others. Most ornamental plant varieties were bred by means of traditional breeding methods such as selection, distant hybridization, clone breeding, radiation and chemically induced mutagenesis. However, the use of traditional breeding tools is limited by the potential for intraspecific variability. The development of modern biotechnological and genetic approaches to the breeding of new varieties has made it possible to modify the plant genotype at a qualitatively new level. The present review covers the directions in and methodology of modern ornamental plant breeding in Russia, ways of mobilizing the genetic resources of the main ornamental crops such as rose, clematis, canna, chrysanthemum, pelargonium, iris, daylily, tulip, lilac, and rhododendron. Also, the review offers examples of ornamental plant breeding work underway in the leading specialized scientific institutions such as the Russian State Agrarian University – the K.A. Timiryazev Moscow Agricultural Academy, I.V. Michurin Federal Research Centre, Nikitsky Botanical Gardens – National Scientific Center of the RAS, Subtropical Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Botanical Garden of the M.V. Lomonosov Moscow State University, All-Russian Scientific Research Institute of Tobacco, Mahorka and Tobacco Products. The world and Russian flower and ornamental plant markets, the problem and methods of resolving the issue of quality import substitution, and prospects for the development of floriculture in Russia in the foreseeable future are also briefly considered.

**Key words:** plant genetic resources, ornamental crops, hybridization, biotechnology, transformation.

### For citation:

Rakhmangulov R.S., Tikhonova N.G. Breeding of ornamental plants in Russia. *Plant Biotechnology and Breeding*. 2021;4(4):40-54. (In Russ.). DOI: 10.30901/2658-6266-2021-4-04

**Financial transparency.** The authors have no financial interest in the presented materials or methods.

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

Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2658-6266-2021-4-04> **The journal's opinion is neutral to the presented materials, the author, and his or her employer. All authors approved the manuscript. No conflict of interest.**

### ORCID ID:

Tikhonova N.G. <https://orcid.org/0000-0001-7098-7662>

УДК 631.52:635.9

Поступила в редакцию: 13.12.2021

Принята к публикации: 29.12.2021

---

**Acknowledgments:** The authors are grateful to M.V. Vasilyeva, O.I. Pashchenko, N.M. Gutieva, M.S. Uspenskaya, T.M. Kolomiets for providing photographs of home bred varieties of decorative plants. The article was prepared as part of the State Assignment to VIR in accordance with the R&D Thematic Plan Topic No. 0481-2019-0001 “Genomic and post-genomic technologies for identifying new genetic markers for properties of importance for breeding and new allelic variants of economically important genes in the gene pools of crops and their wild relatives”.

## Введение

История взаимодействия людей и растений насчитывает не одно тысячелетие. В процессе селекции и отбора лекарственных и пригодных в пищу растений у некоторых образцов были выявлены ценные и доставляющие эстетическое удовольствие декоративные признаки цветов, плодов, листьев или побегов. В результате этого был произведен сбор растений со всего мира, послуживших исходной формой для многих тысяч сортов декоративных культур. Применение декоративных растений охватывает различные социальные сферы человека, среди которых ландшафтное проектирование общественных пространств, дизайн интерьеров, фитодизайн, составление букетов, любительское цветоводство и другие области применения. В мировой практике, благодаря выстроенной системе взаимодействия научных учреждений, селекционных центров, частных компаний и питомников, цветоводство стало весомой составляющей экономики. Благодаря этому получено значительное разнообразие форм и сортов декоративных растений, а селекционный процесс по выведению новых сортов не останавливается и развивается в соответствии с современными веяниями моды. В настоящее время общий объем мирового производства декоративных растений, в том числе и срезки составляет порядка \$40–45 млрд. В лидерах числятся три компании: Ball Horticultural (США), Syngenta Flowers (Швейцария), Dummen Orange (Голландия) (Flowers. Market of Russia and the World, 2021). Российский рынок состоит более чем на 80% из импортной продукции. Так, в 2020 году импорт только срезанных цветочных культур составил 1077,82 млн шт., что составляет 19,9 млрд руб. По состоянию на 2021 год, в России функционирует свыше 80 тепличных предприятий, валовый сбор которых за 2020 год составил 270,78 млн шт., то есть 15% потребности в цветочной продукции (Flower production market in Russia, 2021). Однако функционирование подобных предприятий осуществляется в основном за счет растительного материала и сортов зарубежной селекции, что в свою очередь уменьшает долю отечественной продукции на Российском рынке. Для качественного импортозамещения необходимо принять кардинальные меры. Решение данной проблемы заключается в использовании современных методов биотехнологии и молекулярной биологии в селекции декоративных культур на базе коллекций генетических ресурсов растений ведущих научных учреждений России с последующим внедрением новых сортов в промышленное производство.

Бурное развитие промышленного цветоводства в России с привлечением традиционных методов селекции приходится на начало 60-х годов XIX столетия. Именно тогда, ввиду нехватки отечественной продукции, начался ввоз импортного материала. Для увеличения доли отечественной продукции на Российском рынке были приняты соответствующие меры, а именно: активное изу-

чение и интродукция зарубежного материала; реорганизация и перепрофилирование научных учреждений; активная мобилизация ресурсов южных регионов страны, благоприятных для возделывания декоративных культур. В результате были заложены основы для создания промышленного цветоводства. Особое внимание было уделено решению сложнейших задач по подбору, изучению, внедрению в производство наиболее ценных сортов цветочно-декоративных культур, созданию отечественных сортов ряда перспективных культур. Были разработаны современные технологии возделывания посадочного материала и срезочной продукции для круглогодичного обеспечения рынка цветами и посадочным материалом (Ryndin et al., 2007).

В настоящее время в России селекционная работа ведется в отношении ряда декоративных кустарников, плодовых, луковичных, многолетних травянистых и однолетних культур. В своем большинстве селекция декоративных растений проводится в таких научных учреждениях, как Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина, Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, Всероссийский НИИ цветоводства и субтропических культур (ныне Субтропический научный центр РАН), Ботанический сад Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Всероссийский НИИ табака, махорки и табачных изделий, а также другие профильные сельскохозяйственные НИИ и ботанические сады России. Привлечение передовых биотехнологических подходов в селекцию декоративных растений является неотъемлемой составляющей комплекса мер, направленных на получение широкого ассортимента цветочных культур с качественно новыми декоративными характеристиками (Klimenko et al., 2017; Ryndin et al., 2021).

## Направления в селекции декоративных культур

Среди основных цветочно-декоративных культур – такие, как роза, клематис, канна, хризантема, пеларгония, ирис, лилейник, тюльпан, сирень, рододендрон и другие. Общие тенденции традиционных методов селекции декоративных культур (таблица) заключаются в получении сортов с декоративными листьями, побегами, цветками, оригинальной формой и окраской цветков и всего растения, оптимальным габитусом растения, с определенным сроком и длительностью цветения, наличием или отсутствием аромата, а также с комплексной устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам среды (Kireeva, 1984; Bratukhina, Lepilov, 2001; Bolgov, 2004; Mokhno et al., 2008; Bratukhina, Mokhno, 2015; Shigapov, 2011; Lepilov, 2012; Pugacheva, 2012; 2014; Ryndin, Mokhno, 2012; Isachkin et al., 2014; Mironova, Reut, 2014; Mishukova, Khrynova, 2014; Plugatar, 2015; Dolganova, 2016; Klimenko et al., 2017; Mokhno

et al., 2017; Tukhvatullina, Mironova, 2017; Baranova, 2018; Kasperavichus, Slepchenko, 2018; Slepchenko, Shoshina, 2018; Kozina, 2020; Pashchenko, 2020; Leunov, Khanbabaeva, 2021; Slepchenko, Pashchenko, 2021; Ryndin et al., 2021).

Так, селекция роз *Rosa* L. направлена на создание высокодекоративных сортов с различной окраской и формой цветка, ароматом, длительным, многократным, обильным цветением и устойчивостью к фитопатогенам.

В селекции ириса *Iris* L. (рис. 1) большое внимание

уделяется получению сортов с цветками чистых ярких окрасок, в том числе чисто красных и зеленых, а также улучшению формы цветка, направленному на создание цветков с плотными, широкими долями околоцветника, имеющими складки, гофрировку или кружева по краю лепестков. Значимым признаком является сомкнутость верхних долей околоцветника и пространственное расположение нижних долей (Dolganova, 2016; Klimenko et al., 2017; Slepchenko, Shoshina, 2018).



**Рис. 1. Сорта ирисов отечественной селекции**

Слева направо: ‘Андрей Князев’ (А), ‘Маршалл Покрышкин’ (М), ‘Золотая борода’ (Z)  
Автор сортов А, Z – Г.И. Родионенко, авторы сорта М – И.В. Дрягина, Г.Е. Казаринов  
(фото любезно предоставлены младшим научным сотрудником ВИР М.В. Васильевой).

**Fig. 1. Iris varieties of Russian breeding**

From left to right: ‘Andrei Knyazev’ (A), ‘Marshall Pokryshkin’ (M), ‘Zolotaya borodka’ (Z)  
The Author of varieties A, Z – G.I. Rodionenko, M variety Authors – I.V. Dryagina, G.E. Kazarinov  
(photos courtesy of VIR junior researcher M.V. Vasilyeva).

При выведении новых сортов петунии *Petunia* Juss. (рис. 2) одним из направлений является получение растений с яркой окраской венчика и пыльца, наличием аромата, большим количеством побегов на растении, одновременным раскрытием цветков и общим количеством цветков за сезон вегетации, с большой семенной продуктивностью и другими хозяйственно ценными признаками (Baranova, 2018).

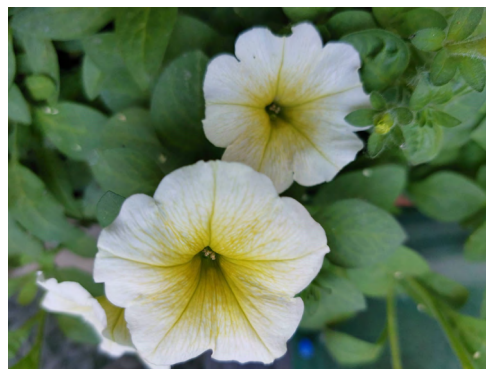
Частным направлением в современной селекции является получение однотонных истинно красных, желтых цветков у клематиса *Clematis* Dill. ex L., канн *Canna* L., голубого лилейника *Heimerallis* L., белой фрезии *Freesia* Eckl. ex Klatt (рис. 3) (Bratukhina, Lepilov, 2001; Lepilov, 2012; Klimenko et al., 2017; Pashchenko, 2020;

Ryndin et al., 2021).

В целом отечественные программы селекции охватывают многие виды из групп декоративных кустарников, плодовых, луковичных, многолетних травянистых и однолетних культур.

### Традиционные методы селекции (гибридизация и отбор)

Основным методом селекции декоративных культур является сочетание внутривидовой гибридизации и отбора, благодаря которому были идентифицированы новые доноры и источники ценных признаков.



**Рис. 2. Различные формы и окраски цветков петунии**  
(фото Р.С. Рахмангулова).

**Fig. 2. Different shapes and colours of petunia flowers**  
(Photos by R.S. Rakhmangulov).



**Рис. 3. Сорты фрезии отечественной селекции.**  
Слева направо: 'Ангел', 'Золото Амписалиды', 'Татьяна'  
(фото любезно предоставлены О.И. Пашенко).

**Fig. 3. Freesia varieties of Russian breeding.**  
From left to right: 'Angel', 'Zoloto Ampsalidy', 'Tatyana'  
(photos courtesy of O.I. Pashchenko).

**Таблица. Основные направления селекции декоративных культур в России**  
**Table. The main directions in ornamental crop breeding in Russia**

Культура Crop	Признак Character						Ссылка Reference
	Цветок Flower			Растение Plant			
	Окраска цветка Flower color	Форма цветка Flower shape	Аромат Fragrance	Длительность цветения Flowering duration	Габитус Habitus	Адаптив- ность Adaptivity	
<b>Рододендрон</b> <i>Rhododendron</i> L.	+	+		+		+	Mishukova, Khrynova, 2014
<b>Роза</b> <i>Rosa</i> L.	+	+	+	+	+	+	Klimenko et al., 2017
<b>Клематис</b> <i>Clematis</i> Dill. ex L.	+	+		+		+	Klimenko et al., 2017
<b>Сирень</b> <i>Syringa</i> L.	+	+		+		+	Klimenko et al., 2017
<b>Канна</b> <i>Canna</i> L.	+				+	+	Klimenko et al., 2017
<b>Ирис</b> <i>Iris</i> L.	+	+		+	+	+	Slepchenko, Shoshina, 2018
<b>Лилейник</b> <i>Heimerocallis</i> L.	+	+		+		+	Lepilov, 2012
<b>Гербера</b> <i>Gerbera</i> Gronov. L.	+	+		+		+	Mokhno et al., 2008
<b>Хризантема</b> <i>Chrysanthemum</i> L.	+	+		+	+	+	Klimenko et al., 2017
<b>Тюльпан</b> <i>Tulipa</i> L.	+	+		+	+	+	Bratukhina, Lepilov et al., 2001
<b>Фрезия</b> <i>Freesia</i> Eckl. ex Klatt	+	+	+			+	Pashchenko, 2020
<b>Нарцисс</b> <i>Narcissus</i> L.	+	+			+	+	Kasperavichus, Slepchenko, 2018
<b>Лилия</b> <i>Lilium</i> L.	+	+	+	+		+	Pugacheva, 2012
<b>Гладиолус</b> <i>Gladiolus</i> L.	+	+		+	+	+	Pugacheva, 2014
<b>Гиппеаструм</b> <i>Hippeastrum</i> Herb.	+	+		+	+	+	Bolgov, 2004
<b>Анемона</b> <i>Anemone</i> L.	+	+		+		+	Kozina, 2020
<b>Лютик</b> <i>Ranunculus</i> L.	+	+		+		+	Kozina, 2020
<b>Пеларгония</b> <i>Pelargonium</i> L'Hér. ex Ait.	+	+	+			+	Gutieva, 2018
<b>Львиный зев</b> <i>Antirrhinum</i> L.	+				+	+	Isachkin et al., 2014
<b>Астра</b> <i>Callistephus</i> Cass.	+	+			+	+	Pugacheva, 2014
<b>Петуния</b> <i>Petunia</i> Juss.	+	+	+	+	+	+	Baranova, 2018
<b>Пенстемон</b> <i>Penstemon</i> Schmidel	+				+	+	Leunov, Khanbabaeva, 2021

С использованием этого метода было получено большинство сортов роз, ирисов, гладиолусов, гвоздик, георгин, флоксов (рис. 4) и других декоративных культур.

Основой другого метода, используемого в селекции декоративных культур, является отдаленная гибридизация. Вовлечение в селекционный процесс дикорастущих видов путем межвидовой и межродовой гибридизации способствует расширению генетического разнообразия и возможных вариаций при получении нового сорта у таких культур как орхидеи, розы, рододендроны, георгин, гладиолусы и фиалки (Botelho et al., 2015).

Наряду с традиционными декоративными культурами, в селекционный процесс вовлекаются такие виды, как белоцветник летний *Leucojum aestivum* L., бруннера крупнолистная *Brunnera macrophylla* (Adams) Jonst., гвоздика имеретинская *Dianthus imereticus* (Rupr.) Schischk., герань кроваво-красная *Geranium sanguineum* L., горяч-

ка колхидская *Epimedium colchicum* (Boiss.) Trautv., иберис крымский *Iberis taurica* Dc., ирис болотный *Iris pseudacorus* L., ирис колхидский *I. colchica* Kem.-Nath., мачок желтый *Glaucium flavum* Crantz, первоцвет Сибторпа *Primula sibthorpii* Hoff., скабиоза Ольги *Scabiosa olgae* Albov, солнцезвезд монетнолистный *Helianthemum nummularium* (L.) Mill. (Evsyukova et al., 2009).

В Субтропическом научном центре РАН с помощью межвидовых скрещиваний ведется селекция представителей рода *Pelargonium* L.'Herit. ex Ait. (рис. 5.) Основные направления селекции пеларгонии – создание сортов с яркой, оригинальной окраской не только цветков, но и листьев, наличием приятного аромата, а также с редкой формой цветка, обильным и продолжительным цветением (Gutieva, 2018; 2019; 2020).



**Рис. 4. Сорта флоксов отечественной селекции.**

Слева направо: 'Алёнушка' (А), 'Краса' (К), 'Мишенька' (М)

Авторы сортов – Б.В. Квасников (А), Н.С. Краснова (К), М. Дронов (М)

(фото любезно предоставлены младшим научным сотрудником ВИР М.В. Васильевой).

**Fig. 4. Phlox varieties of Russian breeding.**

From left to right: 'Alyonushka' (A), 'Krasa' (K), 'Mishen'ka' (M)

Authors of varieties – B.V. Kvasnikov (A), N.S. Krasnova (K), M. Dronov (M)

(photos courtesy of VIR junior researcher M.V. Vasilyeva).



**Рис. 5. Сорт пеларгонии ‘Колибри’**  
*(P. crispum (P.J. Bergius) L'Hér. × ‘A. Moon Maiden’)*  
 Общий вид - слева, справа - увеличенное изображение цветков.  
 (фото любезно предоставлены Н.М. Гутевой).

**Fig. 5. Pelargonium variety ‘Kolibri’**  
*(P. crispum (P.J. Bergius) L'Hér. × ‘A. Moon Maiden’)*  
 Left – general view, right – enlarged image of a flower  
 (photos courtesy of N.M. Gutieva).

В Ботаническом саду Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова и Южно-Уральском ботаническом саду-институте проводятся работы по селекции пионов (Shigarov, 2011; Mironova, Reut, 2013; Uspenskaya, Murashev, 2017). Межвидовая гибридизация травянистых и древовидных пионов *Paeonia* L. (рис. 6.) привела к получению сортов с прочным цветоносом, однотонно окрашенным цветком, в том числе и с чисто желтой окраской, высоким коэффициентом размножения, устойчивых к различным заболеваниям и факторам окружающей среды (Uspenskaya, Murashev, 2017). Определены виды, а именно – *Paeonia lactiflora* Pallas, *P. tenuifolia* L., *P. anomala* L., *P. mlokosevitchii* Lomakin – наиболее значимые, при скрещивании, для получения раннецветущих сортов (Uspenskaya, Murashev, 2019 a; b).

Во всероссийском НИИ табака, махорки и табачных изделий получены межвидовые гибриды декоративного табака – *Nicotiana glauca* Link et Otto, *N. glauca* var. *grandiflora* Comes, *N. glauca* var. *forgetiana* Hort. ex Hemsl., *N. glauca* var. *sanderae* W. Watson, *N. glauca* var. *langsdorffii* Weinm – с компактным габитусом и соцветием, многоцветковостью, оригинальной яркой окраской цветков, приятным ароматом, высокой адаптивностью к факторам окружающей среды (Baranova, 2018).

С помощью метода межродовой гибридизации в мировой практике получено множество перспектив-

ных сортов декоративных культур, среди которых представители семейства геснериевые (*Gesneriaceae* Dumort.), орхидные (*Orchidaceae* Juss.) и другие.

На сегодняшний день методы гибридизации являются наиболее распространенными в большинстве отечественных селекционных программ по изменению хозяйственно-ценных признаков декоративных растений. Однако данный метод имеет ряд недостатков, среди которых чрезмерная длительность и трудоемкость.

#### Биотехнологические методы

Поскольку в традиционном селекционном процессе период создания новых сортов зависит от сроков вступления соответствующего вида растения в генеративную фазу и длительности последующего отбора перспективных образцов, последнее может занять от 4-х до 12-и лет, все большее значение приобретает использование методов биотехнологии для ускорения селекционного процесса (Mokhno, Bratukhina, 2010; Medvedeva et al., 2012).

Одним из значимых прикладных аспектов в селекционных программах являются современные биотехнологические методы, которые позволяют сохранять ценные гибридные образцы, увеличивать коэффициент микроклонального размножения и получать генетически однородный материал. Использование биотехнологических методов культуры растительных клеток и тканей обе-



спечивает возможность круглогодичного проведения селекционного процесса, получение гибридных семян из зародышей при отдаленной гибридизации, которые зачастую, при традиционных методах селекционной работы, бывают нежизнеспособными, соматоклональных образцов и соматических гибридов, а также позволяет создавать растительный материал с измененным числом хромосом.

Так, с помощью прямого и непрямого соматического эмбриогенеза из листовых эксплантов, в Никитском ботаническом саду разработана система получения растений-регенерантов клематиса *Clematis* Dill. ex L., каладиума *Caladium* Vent. и других декоративных культур

в условиях *in vitro* (Mitrofanova, 2009). В Субтропическом научном центре РАН разработаны методические рекомендации получения растений фрезии при культивировании изолированных семяпочек и выращивания гибридных растений тюльпанов с использованием культуры изолированных зародышей, полученных при отдаленной гибридизации и в результате разноплоидных скрещиваний. Таким же образом разработаны биотехнологические приемы повышения регенерационной способности герберы *in vitro* для последующего создания трансгенных растений (рис. 7) (Kolomiets, Mokhno, 2000; Mokhno et al., 2004; Arutyunova, Mokhno, 2009; Kolomiets et al., 2009).



**Рис. 6. Пион древовидный *Paeonia* × *suffruticosa* Andrews ‘Академик Садовничий’**

Сорт создан в 2006 году Марианной Сергеевной Успенской, МГУ.  
Слева – общий вид растений, справа – цветок  
(фото любезно предоставлены М.С. Успенской).

**Fig. 6. *Paeonia* × *suffruticosa* Andrews ‘akademik Sadovnichij’**

The variety was created in 2006 by Mariana Sergeevna Uspenskaya, MSU.  
On the left – the general view of plants, on the right – the flower.  
(photos courtesy of M.S. Uspenskaya).

В целом, технологические регламенты полного цикла микроклонального размножения разработаны для множества декоративных культур, среди которых хризантема, роза, лилейник, пион, ирис, рододендрон, сирень, клематис, петуния, львиный зев, декоративный табак и другие. Так разработана система депонирования и длительного хранения в условии *in vitro* цветочно-декоративных культур, а также эндемичных представителей

флоры Крыма и Западного Кавказа, среди которых гербера (Kolomiets et al., 2009) синеголовник приморский (*Eryngium maritimum* L.) (Kolomiets et al., 2014), лаванда узколистная (*Lavandula angustifolia* Mill.), лавандин (*Lavandula* × *intermedia* Emeric ex Loisel.), норичник тонкий (*Scrophularia exilis* Popl) (Mitrofanova et al., 2018a; b), 40 промышленных сортов хризантемы (Malyarovskaya et al., 2018). Таким образом регламенты микроклонально-



**Рис. 7.** Регенеранты из зародышей тюльпанов *in vitro* (A), микролуковицы тюльпанов, полученные из одного зародыша *in vitro* (B), регенеранты герберы из неоплодотворённых семязпочек *in vitro* (C) (фото любезно предоставлены Т.М. Коломиец).

**Fig. 7.** *In vitro* regenerants from tulip embryos (A), tulip microbulbs obtained from a single embryo *in vitro* (B), gerbera regenerants from unfertilized ovules *in vitro* (C) (photos courtesy of T.M. Kolomiets).

го размножения, эмбриогенеза, соматической гибридизации позволяют значительно ускорять селекционный процесс и эффективно сохранять перспективный материал для будущих исследований.

Разработка методов соматической гибридизации позволила преодолеть ограничения несовместимости. С помощью данного метода получены соматические межродовые гибриды хризантемы *Dendranthema × grandiflorum* (Ramat.) Kitamura и полыни *Artemisia sieversiana* J.F. Ehrh. ex. Willd. с высокой устойчивостью к ржавчине *Puccinia horiana* Henn. (Furuta et al., 2004; Botelho et al., 2015). Таким образом, была продемонстрирована возможность переноса хозяйственно-ценных признаков между несовместимыми видами или родами. В настоящее время данные методы применяются в качестве дополнительных инструментов современного селекционного процесса.

### Трансформирование генома декоративных культур

Значительная роль биотехнологических методов относится к сфере генетической трансформации растений. Применение традиционных методов получения новых сортов растений ограничено потенциалом внутривидовой изменчивости, тогда как генетическая трансформация позволяет преодолеть это ограничение (Tanaka et al., 1998; 2009). В настоящее время наиболее успешным типом трансформации растений является агробактериальная (Slater et al., 2008). С момента начала работ по трансформации декоративных растений за рубежом успешно трансформировано порядка пятидесяти декоративных растений (Brand, 2006; Shibata, 2008; Chandler, Sanchez, 2012).

Достижения в области биотехнологии с помощью

объединения различных механизмов защиты, среди которых естественные гены устойчивости и гены устойчивости фитопатогенов, позволили создавать высокоадаптивные сорта лилии длинноцветковой и птицемлечника тирсовидного с комплексной устойчивостью к вирусным инфекциям (*Lilium longiflorum* Thunb., *Ornithogalum thyrsoides* Jacq., *Pelargonium × hortorum*, *Nicotiana benthamiana*) (Hsu, 2006). Путем агробактериальной трансформации хризантемы *Dendranthema grandiflorum* Ramat. удалось повысить ее резистентность к серой гнили на фоне повышенного синтеза кофеина и салициловой кислоты (Kim et al., 2011). Аналогичные работы ведутся по увеличению устойчивости роз, хризантем, петунии, лилии, гвоздики, гладиолусов и других культур к различным фитопатогенам (Xu et al., 2010; Мекарогу et al., 2021). Помимо модификации декоративных растений и отбора их на устойчивость к биотическим факторам среды проводятся исследования и по увеличению устойчивости растений к абиотическим факторам среды. В качестве примера можно привести результаты исследований, направленных на повышение морозоустойчивости петунии путем привнесения в ее геном гена *CBF3* от *Arabidopsis thaliana* L. (Warner, 2010).

Следующим направлением в селекции декоративных растений является изменение габитуса растений в сторону компактности. Для получения компактных форм *Begonia semperflorens* Link et Otto, *Begonia × hiemalis* Fotsch., *B. × tuberhybrida* была осуществлена инокуляция листовых эксплантов штаммом LBA4404 *Agrobacterium tumefaciens* с бинарным вектором pBI121, содержащим гены *rol A, B, C*. В результате с помощью метода Саузерн-блоттинга была обнаружена вставка одной копии вектора в геном бегонии, которая привела к изменению фенотипа трансформированных растений до полукарликовых и суперкарликовых (Kiyokawa et al.,

1996). Таким же образом получены трансформанты королевской пеларгонии *P. × domesticum* 'Dubonnet', проявляющие карликовый фенотип. Трансформация осуществлялась штаммами ВА4404 и ЕНА105 *A. rhizogenes* с бинарным вектором pLN70, содержащим ген *rolC*, который способен регулировать метаболизм эндогенных гормонов, отвечающих за рост и развитие растений (Boase et al., 2006).

Однако основная масса работ по трансформации декоративных культур связана с созданием сортов с окраской, отсутствующей у исходных растений, которую не удалось бы получить с помощью традиционных методов селекции. Изменение окраски цветков стало возможным посредством контроля уровня экспрессии генов, отвечающих за пути биосинтеза антоцианов. Первым трансформированным декоративным растением стала петуния. Кирпично-красная окраска цветков петунии была получена путем внедрения гена *Al Zea mays* L., кодирующего дигидрофлавонол-4-редуктазу (Meyer et al., 1987). Позднее, с помощью агробактериальной трансформации, была получена оранжевая окраска цветков у *Lilium × formolongi* (Azadi et al., 2010).

В последующие годы были созданы оригинальные сорта с синими и фиолетовыми цветами у таких декоративных растений, как гвоздика, роза, хризантема и других. (Tanaka et al., 2009). Первым коммерчески успешным проектом получения цветков, окрашенных в синий цвет, стали роза *Rosa × hybrida* и гвоздика *Dianthus caryophyllus* L. Это стало возможным, благодаря изменению уровня синтеза антоцианов дельфинидинов, которые отсутствуют в тканях цветков у природных видов, посредством введения гена флавоноид-3',5'-гидроксилазы (*F3'5'H*) и гена дигидрофлаванол-4-редуктазы *DFR*, ответственных за биосинтез дельфинидина (Katsumoto et al., 2007; Chandler, Sanchez, 2012).

С помощью подавления экспрессии гена флавоноид-3'-гидроксилазы (*F3'H*) хризантемы *Chrysanthemum morifolium* Ramat., ответственного за розовую и красную окраски, а также привнесения в геном хризантемы гена *F3'5'H* анютиных глазок *Viola tricolor* L. были получены восемь сортов хризантемы с голубоватым оттенком лепестков (Brugliera et al., 2013). В другом исследовании было произведено изменение окраски цветков хризантемы и получен ряд растений с цветками от красно-пурпурного до пурпурно-фиолетового цвета, благодаря сверхэкспрессии гена *F3'5'H* колокольчика *Campanula medium* L. (Noda et al., 2013).

Новейшим методом генетического редактирования на сегодняшний момент принято считать метод редактирования геномов организмов с помощью системы CRISPR/Cas9 (см., например, Sannikova, 2020; Strygina, Khlestkina, 2020), которая является более простой в использовании, чем методы цинковопальцевых нуклеаз (ZFN) и TALE-ассоциированных нуклеаз (TALEN) (см., например, Kuzmina, 2020). Благодаря способности нуклеаз вызывать двухцепочечные разрывы ДНК,

возможности внесения изменений в несколько участков генома одновременно, а также программируемости нуклеаз. Применение данного метода позволило добиться успехов в генной терапии, хромосомной инженерии, геномном скрининге и создании трансгенных животных (Smirnov et al., 2016). Данная технология нашла применение и в работе с растениями. С помощью метода CRISPR/Cas9 редактирования осуществлен направленный мутагенез у арабидопсиса, пшеницы, кукурузы, ячменя, риса, капусты и других значимых сельскохозяйственных культур. Использование системы CRISPR/Cas9 позволило решить задачи создания новых элитных высокопродуктивных сортов растений с повышенным адаптивным потенциалом и устойчивостью к различным фитопатогенам (Khlestkina, Shumny, 2016). Данный метод направленного мутагенеза не обошел стороной и декоративные растения. У петунии гибридной с помощью РНК-управляемой эндонуклеазы (RGEN) рибонуклеопротеинов (RNP) произведено редактирование гена нитратредуктазы *PhNR*, отвечающей за ассимиляцию азота, что вызвало сайт-специфические мутации (Subburaj et al., 2016).

В целом, изменение окраски цветков и других хозяйственно-ценных признаков декоративных растений имеет благоприятные перспективы для дальнейшего расширения сортимента культур. Преодоление ограничений потенциала внутривидовой изменчивости вида стало возможным благодаря разработке современных методов селекции, в том числе и геномного редактирования.

## Заключение

Таким образом, внедрение современных биотехнологических инструментов, в том числе и методов генетического редактирования, позволяет решать проблему создания нетрансгенных модифицированных растений. Развитие исследований в области биотехнологии и генетики является одним из ключевых аспектов повышения научно-технического уровня развития селекции в России. Сочетание современных методов селекции со значительным опытом использования результатов научных исследований в сельском хозяйстве позволит получать высококонкурентные промышленные сорта растений. Подобная интеграция передовых методов биотехнологии в селекцию декоративных культур будет способствовать качественному замещению импорта цветочно-декоративных культур на российском рынке.

## References / Литература

- Arutyunova E.S., Mokhno V.S. Methodical recommendations for growing freesia plants based on the displacement of ovules *in vitro* (Metodicheskie rekomendatsii po vyrashchivaniyu rasteniy frezii na osnove izolirovannykh semyapochek *in vitro*). Sochi; 2009. [in Russian] (Арутюнова Е.С., Мохно В.С. Методические рекомендации по выращиванию растений фрезии на основе изолированных семяпочек *in vitro*. Сочи; 2009).

- Azadi P., Chin D.P., Kuroda K., Khan R.S., Mii M. Macroelements in inoculation and co-cultivation medium strongly affect the efficiency of Agrobacterium-mediated transformation in *Lilium*. *Plant Cell Tissue, and Organ Culture*. 2010;101:201-209. DOI: 10.1007/s11240-010-9677-9
- Baranova E.G. Selection of decorative forms of tobacco and petunias. In: *General question of world science: Collection of scientific papers on materials V International Scientific Conference; 2018 July 31*; SIC "LJournal"; 2018. p.35-39. [in Russian] (Баранова Е.Г. Селекция декоративных форм табака и петунии. В кн.: *Общие вопросы мировой науки: сборник научных трудов по материалам V Международной научной конференции; 31 июля 2018*; НИЦ "LJournal"; 2018. С.35-39). DOI: 10.18411/gq-31-03-2018-09
- Boase M., Davies K. Modification of flower colour and plant form in selected ornamentals by molecular breeding. In: J.A. Teixeira da Silva (ed.). *Floriculture, ornamental and plant biotechnology: Advances and Topical Issues. Vol. 1*. 1st ed. Global Science Books, Ltd; 2006. p.504-511. Available from: <http://www.globalsciencebooks.info/Books/images/FOPBVOLUME1Outline.pdf> [accessed Nov. 29, 2021].
- Bolgov V.I. The results of the breeding of the hybrid hippeastrum (Itogi selektsii gippeastruma gibridnogo) *Subtropical and ornamental horticulture*. 2004;39(1):133-139. [in Russian] (Болгов В.И. Итоги селекции гиппеаструма гибридного. *Субтропическое и декоративное садоводство*. 2004;39(1):133-139).
- Botelho F.B.S., Rodrigues C.S., Bruzi A.T. Ornamental Plant Breeding. *Ornamental Horticulture*. 2015;21(1):9-16. DOI: 10.14295/rbho.v21i1.770
- Brand H. Ornamental plant transformation. *Journal of crop improvement*. 2006;17:27-50. DOI: 10.1300/J411v17n01\_02
- Bratukhina E.V., Mokhno V.S. The use of wild tulips and their hybrids in breeding (Ispolzovanie v selektsii tyulpanov dikikh vidov i ih gibridov). *Vestnik of the Russian agricultural science*. 2015;6:54-55. [in Russian] (Братухина Е.В., Мохно В.С. Использование в селекции тюльпанов диких видов и их гибридов. *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2015;6:54-55).
- Bratukhina E.V., Lepilov S.M. Freesia: crop history, approaches to the creation of modern varieties (Frezia: istoriya kultyury, podkhody k sozdaniyu sovremennykh sortov). In: *New and Nontraditional Plants and Prospects of Their Utilization: Proceedings of IV International Symposium. Vol. 2; 2001 June 20-24*; Moscow; 2001. p.47-49 [in Russian] (Братухина Е.В., Лепилов С.М. Фрезия: история культуры, подходы к созданию современных сортов. В кн.: *Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: труды IV Международного симпозиума. Т. 2; Москва, 20-24 июня 2001 г.*; Москва; 2001. С.47-49).
- Brugliera F., Tao G.Q., Tams U., Kalc G., Mouradova E., Price K., Stevenson K., Nakamura N., Stacey I., Katsumoto Y. Violet/Blue chrysanthemums-metabolic engineering of the anthocyanin biosynthetic pathway results in novel petal colors. *Plant and Cell Physiology*. 2013;54(10):1696-1710. DOI: 10.1093/pcp/pct110
- Chandler S.F., Sanchez C. Genetic modification; the development of transgenic ornamental plant varieties. *Plant Biotechnology Journal*. 2012;10:891-903. DOI: 10.1111/j.1467-7652.2012.00693.x
- Dolganova Z.V. Species of subgenus *Limniris* of genus *Iris* in breeding on increasing of generative productivity of cultivars. *Problems of Botany of South Siberia and Mongolia: Proceedings of the 15th International Scientific and Practical Conference; 2016 May 23-26; Barnaul*. 2016;15:173-183. [in Russian] (Долганова З.В. Виды подрода *Limniris* рода *Iris* в селекции на повышение генеративной продуктивности сортов. *Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: сборник научных статей по материалам XV международной научно-практической конференции; Барнаул, 23-26 мая 2016 г.*; Барнаул: Изд-во Алтайского государственного университета; 2016. С.173-183).
- Evsyukova T.V., Kozina V.V., Slepchenko N.A. Ornamental herbaceous species from the natural flora of the North-West Caucasus (Dekorativnye travyanistyye vidy prirodnoy flory Severo-Zapadnogo Kavkaza). Sochi; 2009. [in Russian] (Евсюкова Т.В., Козина В.В., Слепченко Н.А. Декоративные травянистые виды природной флоры Северо-Западного Кавказа. Сочи; 2009).
- Flower production market in Russia 2015-2021 (Rynok proizvodstva tsvetov v Rossii 2015-2021). GK Interagro: [site]. [in Russian] (Рынок производства цветов в России 2015-2021. ООО «ГК Интерагро»: [сайт]). URL : <https://interagro.info/news/smi-onas/rynok-proizvodstva-tsvetov-2015-2021/> [дата обращения: 30.11.2021].
- Flowers (market of Russia and the World). TAdviser: [site]. [in Russian] Цветы (рынок России и мира). TAdviser: [сайт]. URL : [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Цветы\\_\(рынок\\_России\\_и\\_мира\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Цветы_(рынок_России_и_мира)) [дата обращения: 30.11.2021].
- Furuta H., Shinozuma H., Nomura Y., Maeda M., Makara K. Production of intergeneric somatic hybrids of chrysanthemum (*Dendranthema* × *grandiflorum* (Ramat.) Kitamura) and wormwood (*Artemisia sieversiana* J.F. Ehrh. ex. Willd) with rust (*Puccinia horiana* Henning) resistance by electrofusion of protoplasts. *Plant science*. 2004;166:695-702. DOI: 10.1016/j.plantsci.2003.11.007
- Gutieva N.M. Feature collection of the genus *Pelargonium*. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*. 2018;54:31-34. [in Russian] (Гутиева Н.М. Признаковая коллекция рода *Pelargonium*. *Плодоводство и ягодоводство России*. 2018;54:31-34). DOI: 10.31676/2073-4948-2018-54-31-34
- Gutiyeva N.M. New cultivars of *Pelargonium crispum* bred at the Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops. *Subtropical and ornamental horticulture*. 2019;69:97-105. [in Russian] (Гутиева Н.М. Новые сорта *Pelargonium crispum* селекции ВНИИЦИСК. *Субтропическое и декоративное садоводство*. 2019;69:97-105). DOI: 10.31360/2225-3068-2019-69-97-105
- Gutiyeva N.M. Specifics of thE inheritance of decorative features in *Pelargonium grandiflorum*. *Subtropical and ornamental horticulture*. 2020;75:49-55. [in Russian] (Гутиева Н.М. Особенности наследования декоративных признаков *Pelargonium grandiflorum*. *Субтропическое и декоративное садоводство*. 2020;75:49-55). DOI: 10.31360/2225-3068-2020-75-49-55
- Hsu H.-T. Engineering resistance and disease management in ornamental crops. In: *Ecological and Environmental Biosafety of Transgenic Plants: Proceedings of International Symposium; 2006 December 7-8*; Taiwan, Taichung City: Taiwan Agricultural Research Institute Council of Agriculture; 2006. p.39-60.
- Isachkin A.V., Soloviev A.A., Khanbabaeva O.E., Bogdanova V.D., Zarenkova E.G. Studying the influence of colchicine aqueous solution treatment on characteristics modification of two horticultural groups of snapdragon (*Antirrhinum majus* L.). *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2014;4:5-17 [in Russian] (Исачкин А.В., Соловьев А.А., Ханбабаева О.Е., Богданова В.Д., Заренкова Е.Г. Изучение влияния обработок водным раствором колхицина на изменение признаков у двух садовых групп львиного зева (*Antirrhinum majus* L.). *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2014;4:5-17).
- Kasperavichus A.A., Slepchenko N.A. Analyzing the world latest bulbous plants according to Royal Bulb Growers' Association. *Subtropical and ornamental horticulture*. 2018;64:9-18. [in Russian] (Касперавичус А.А., Слепченко Н.А. Анализ мировых новинок луковичных культур по данным королевской генеральной ассоциации производителей луковичных растений. *Субтропическое и декоративное садоводство*. 2018;64:9-18). DOI: 10.31360/2225-3068-2018-64-9-18
- Katsumoto Y., Fukuchi-Mizutani M., Fukui Y., Brugliera F., Holton T.A., Karan M., Nakamura N., Yonekura-Sakakibara K., Togami J., Pigeaire A., Tao G.-Q., Nehra N.S., Lu C.-Y., Dyson B.K., Tsuda S., Ashikari T., Kusumi T., Mason J.G., Tanaka Y. Engineering of the rose flavonoid biosynthetic pathway successfully generated blue-hued flowers accumulating delphinidin. *Plant and Cell Physiology*. 2007;48(11):1589-1600. DOI: 10.1093/pcp/pcm131
- Khlestkina E.K., Shumny V.K. Prospects for application of breakthrough technologies in breeding: The CRISPR/Cas9 system for plant genome editing. *Russian Journal of Genetics*. 2016;52(7):774-787. [in Russian] (Хлесткина Е.К., Шумный В.К. Перспективы использования прорывных технологий в

- селекции: система CRISPR/Cas9 для редактирования генома растений. *Генетика*. 2016;52(7):774-787). DOI: 10.7868/S0016675816070055
- Kim Y.-S., Lim S., Yoda H., Choi C.-S., Choi Y.-E., Sano H. Simultaneous activation of salicylate production and fungal resistance in transgenic *Chrysanthemum* producing caffeine. *Plant Signaling and Behavior*. 2011;6:409-412. DOI: 10.4161/psb.6.3.14353
- Kireeva M.F. Lilies (Lilii). Moscow; 1984. [in Russian] (Киреева М.Ф. Лилии. Москва; 1984).
- Kiyokawa S., Kikuchi Y., Kamada H., Harada H. Genetic transformation of *Begonia tuberhybrida* by *Ri rol* genes. *Plant Cell Reports*. 1996;15(8):606-609. DOI: 10.1007/BF00232462
- Klimenko Z.K., Zykova V.K., Aleksandrova L.M., Ulanovskaya I.V., Zubkova N.V., Smykova N.V., Plugatar S.A., Andryushenkova Z.P., Kravchenko I.N. The breeding work with flowerornamental planta in the Nikita Botanical Gardens. *Works of the State Nikitsky Botanical Garden*. 2017;145:26-33. [in Russian] (Клименко З.К., Зыкова В.К., Александрова Л.М., Улановская И.В., Зубкова Н.В., Смыкова Н.В., Плуатарь С.А., Андриюшенкова З.П., Кравченко И.Н. Селекция цветочно-декоративных растений в Никитском ботаническом саду. *Сборник научных трудов ГНБС*. 2017;145:26-33). URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_30162313\\_93433968.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_30162313_93433968.pdf) [дата обращения: 30.11.2021].
- Kolomiets T.M., Mokhno V.S. Guidelines for growing hybrid tulip plants as *in vitro* embryo culture (Metodicheskie rekomendacii po vyrashchivaniyu gibridnykh rastenij tyulpanov v kulture zarodyshej *in vitro*). Sochi: All-Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops; 2000. [in Russian] (Коломиец Т.М., Мохно В.С. Методические рекомендации по выращиванию гибридных растений тюльпанов в культуре зародышей *in vitro*. Сочи: Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур; 2000).
- Kolomiets T.M., Ovchinnikova V.N., Gulevich A.A., Samarina L.S., Kurenina L.V. Biotechnological methods of increasing the regenerative capacity of gerbera *in vitro* to create transgenic plants (Biotekhnologicheskie priemy povysheniya regeneratsionnoy sposobnosti gerbery *in vitro* dlya sozdaniya transgennykh rasteniy). *Dekorativnoe sadovodstvo Rossii = Ornamental gardening in Russia*. 2009;42(1):192-197. [in Russian] (Коломиец Т.М., Овчинникова В.Н., Гулевич А.А., Самарина Л.С., Куренина Л.В. Биотехнологические приемы повышения регенерационной способности герберы *in vitro* для создания трансгенных растений. *Декоративное садоводство России*. 2009;42(1):192-197).
- Kolomijets T.M., Sokolov R.N., Malyarovskaya V.I. *In vitro* micropropagation of *Eryngium maritimum* L. *Subtropical and ornamental horticulture*. 2014;50:196-204. [in Russian] (Коломиец Т.М., Соколов Р.Н., Мальяровская В.И. Микроразмножение синеголовника приморского (*Eryngium maritimum* L.) в культуре *in vitro*. *Субтропическое и декоративное садоводство*. 2014;50:196-204).
- Kozina S.V. Promising hybrid forms of *Anemone coronaria*. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2020;155:138-146. [in Russian] (Козина С.В. Перспективные гибридные формы анемоны корончатой. *Политематический сетевой электронный научный журнал кубанского государственного аграрного университета*. 2020;155:138-146). DOI: 10.21515/1990-4665-155-010
- Kuzmina Y.V. Methods of genome editing for increasing the shelf life of tomato fruit. *Plant Biotechnology and Breeding*. 2020;3(1):31-39 [in Russian] (Кузьмина Ю.В. Методы редактирования генома для увеличения лёжкости плодов томата. *Биотехнология и селекция растений*. 2020;3(1):31-39). DOI: 10.30901/2658-6266-2020-1-06
- Lepilov S.M. Guidelines for the use of indirect diagnostic traits in assessing the ploidy level of hybrid hemerocallis (Metodicheskie ukazaniya po ispolzovaniyu kosvennykh diagnosticheskikh priznakov v otsenke urovnya ploidnosti gemerokallisa gibridnogo) *Subtropical and ornamental horticulture*. 2012;47:211-227. [in Russian] (Лепилов С.М. Методические указания по использованию косвенных диагностических признаков в оценке уровня ploidности гемеорокаллиса гибридного) *Субтропическое и декоративное садоводство*. 2012;47:211-227).
- Leunov V.I., Khanbabaeva O.E. Features of breeding work with annual flower crops on the example of *Penstemon Hartweigi* (Osobennosti selektsionnoy raboty s odnoletnimi tsvetochnymi kulturami na primere *Penstemon Hartweigi*). *Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya = Trends in the development of science and education*. 2021;73(1):114-117. [in Russian] (Леунов В.И., Ханбабаева О.Е. Особенности селекционной работы с однолетними цветочными культурами на примере Пенстемона Хартвейга. *Тенденции развития науки и образования*. 2021;73(1):114-117). DOI: 10.18411/ij-05-2021-30
- Malyarovskaya V.I., Samarina L.S., Koninskaya N.G. Creation and maintenance of chrysanthemums collection *in vitro*. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*. 2018;54:97-105. [in Russian] (Мальяровская В.И., Самарина Л.С., Конинская Н.Г. Создание и поддержание коллекции хризантемы в культуре *in vitro*. *Плодоводство и ягодоводство России*. 2018;54:97-105). DOI: 10.31676/2073-4948-2018-54-97-105
- Medvedeva N.I., Buntsevich L.L., Mokhno V.S. The use of *in vitro* methods in breeding of fruit, flower and ornamental crops (Ispolzovanie metodov *in vitro* v selektsii plodovykh i tsvetochno-dekorativnykh kultur). *Fruit growing and viticulture of South Russia*. 2012;15:1-11. [in Russian] (Медведева Н.И., Бунцевич Л.Л., Мохно В.С. Использование методов *in vitro* в селекции плодовых и цветочно-декоративных культур. *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2012;15:1-11).
- Mekapogu M., Jung J.-A., Kwon O.-K., Ahn M.-S., Song H.-Y., Jang S. Recent progress in enhancing fungal disease resistance in ornamental plants. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021;22(15):7956. DOI: 10.3390/ijms22157956
- Meyer P., Heidmann I., Forkmann G., Saedler H. A new petunia flower color generated by transformation of a mutant with a maize gene. *Nature*. 1987;330:677-678.
- Mironova L.N., Reut A.A. New disease resistant varieties of peony bred at the Botanical Garden-Institute of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (Novye sorta pionov, ustoychivye k bolezniam, selektsii Botanicheskogo sada-institutata UNC RAN.). *Pomiculture and small fruits culture in Russia*. 2013;36(2):35-40. [in Russian] (Миронова Л.Н., Реут А.А. Новые сорта пиона, устойчивые к болезням, селекции Ботанического сада-института УНЦ РАН. *Плодоводство и ягодоводство России*. 2013;36(2):35-40).
- Mironova L.N., Reut A.A. New varieties of garden hippeastrum of Bashkir breeding (Novye sorta gippeastruma sadovogo bashkirskoj selektsii). *Agrarian Russia*. 2014;5:2-5. [in Russian] (Миронова Л.Н., Реут А.А. Новые сорта гиппеаструма садового башкирской селекции. *Аграрная Россия*. 2014;5:2-5). DOI: 10.30906/1999-5636-2014-5-2-5
- Mishukova I.V., Khrynova T.R. The results of *Rhododendron* selection (*Rhododendron* L., Ericaceae) in the UNN Botanical Garden – Research Institute. *Vestnik of Lobachevsky University of Nizhni Novgorod*. 2014;3(3):86-91. [in Russian] (Мишукова И.В., Хрынова Т.Р. Результаты селекции рододендронов (*Rhododendron* L., Ericaceae) в НИИ Ботанический сад Нижегородского государственного университета. *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского*. 2014;3(3):86-91).
- Mitrofanova I.V. Somatic embryogenesis and organogenesis as a basis of biotechnological systems for obtaining and preserving ornamental and fruit crops (Somaticheskij embriogenez i organogenez kak osnova biotekhnologicheskikh sistem polucheniya i sohraneniya dekorativnykh i plodovykh kultur). *Works of the State Nikitsky Botanical Garden*. 2009;131:9-22. [in Russian] (Митрофанова И.В. Соматический эмбриогенез и органогенез как основа биотехнологических систем получения и сохранения декоративных и плодовых культур. *Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада*. 2009;131:9-22).
- Mitrofanova I.V., Mitrofanova O.V., Nikiforov A.R., Lesnikova-Sedoshenko N.P., Chelombit S.V. Biotechnological approaches to the reproduction of *Scrophularia exilis* Popl., a rare endemic in the flora of the mountainous Crimea

- (Biotekhnologicheskie podkhody v razmnozhenii redkogo endemika flory gornogo Kryma *Scrophularia exilis* Popl.). *Bulletin of the State Nikitsky Botanical Garden*. 2018a;127:59-67. [in Russian] (Митрофанова И.В., Митрофанова О.В., Никифоров А.Р., Лесникова-Седошенко Н.П., Челомбит С.В. Биотехнологические подходы в размножении редкого эндемика флоры горного Крыма *Scrophularia exilis* Popl. *Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада*. 2018a;127:59-67).
- Mitrofanova I.V., Paliy A.E., Grebennikova O.A., Brailko V.A., Lesnikova-Sedoshenko N.P., Rabotyagov V.D., Mitrofanova O.V. Adaptiveness of promising lavender and lavandin cultivars under *in vitro* culture and *ex situ*. *Agricultural biology*. 2018b;53(3):539-546. [in Russian] (Митрофанова И.В., Палий А.Е., Гребенникова О.А., Браилко В.А., Лесникова-Седошенко Н.П., Работягов В.Д., Митрофанова О.В. Адаптационная способность перспективных сортов лаванды и лавандина при культивировании *in vitro* и *ex situ*. *Сельскохозяйственная биология*. 2018b;53(3):539-546). DOI: 10.15389/agrobiol.2018.3.539rus
- Mokhno V.S., Bratukhina E.V. On the breeding of bulbous flower crops (K voprosu o selektsii lukovichnykh tsvetochnykh kultur). *Dekorativnoe sadovodstvo Rossii = Ornamental gardening in Russia*. 2010;43(2):17-24. [in Russian] (Мохно В.С., Братухина Е.В. К вопросу о селекции луковичных цветочных культур. *Декоративное садоводство России*. 2010;43(2):17-24).
- Mokhno V.S., Bratukhina E.V., Yakushina L.G. Chrysanthemum breeding in the humid subtropics of the Krasnodar Territory (Selektsiya hrizantemy v usloviyakh vlazhnykh subtropikov Krasnodarskogo kraya). *Subtropical and ornamental horticulture*. 2017;63:78-85. [in Russian] (Мохно В.С., Братухина Е.В., Якушина Л.Г. Селекция хризантемы в условиях влажных субтропиков Краснодарского края. *Субтропическое и декоративное садоводство*. 2017;63:78-85).
- Mokhno V.S., Kolomiets T.M., Bratukhina E.V. Creation of modern tulip varieties using *in vitro* culture (Sozdanie sovremennykh sortov tulpanov s ispolzovaniem kultury *in vitro*). *Achievements of science and technology of AIC*. 2004;7:17-20. [in Russian] (Мохно В.С., Коломиец Т.М., Братухина Е.В. Создание современных сортов тюльпанов с использованием культуры *in vitro*. *Достижения науки и техники АПК*. 2004;7:17-20).
- Mokhno V.S., Ryndin A.V., Bratukhina E.V., Zaverukha D.V. Gerbera breeding in Russia (Selektsiya gerbery v Rossii). *Subtropical and ornamental horticulture*. 2008;41:223-232. [in Russian] (Мохно В.С., Рындин А.В., Братухина Е.В., Заверуха Д.В. Селекция герберы в России. *Субтропическое и декоративное садоводство*. 2008;41:223-232).
- Noda N., Aida R., Kishimoto S., Ishiguro K., Fukuchi-Mizutani M., Tanaka Y., Ohmiya A. Genetic engineering of novel bluer-colored chrysanthemums produced by accumulation of delphinidin-based anthocyanins. *Plant and Cell Physiology*. 2013;54(10):1684-1695. DOI: 10.1093/pcp/ptcl11
- Pashchenko O.I. Perspectives of selection work with freesia culture. *Vestnik of the Russian agricultural science*. 2020;1:49-52. [in Russian] (Пашченко О.И. Перспективы селекционной работы с культурой фрезия. *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2020;1:49-52). DOI: 10.30850/vrsn/2020/1/49-52
- Plugatar Yu.V., Koba V.P., Klimenko Z.K., Korzhenevsky V.V., Smykov A.V., Isikov V.P., Komar-Tyomnaya L.D., Pashchetsky A.V., Golovnev I.I., Sarkina I.S., Alexandrova L.M., Zyкова V.K., Maksimov A.P., Pilkevich R.A., Ruguzova A.I., Gubanov T.B., Korzhenevskaya Yu.V., Tsyupka S.Yu., Plugatar S.A., Ulanovskaya I.V., Smykova N.V., Zubkova N.V., Gerasimchuk V.N., Fedorova O.S., Goncharenko V.A., Golovneva E.E., Andryushenkova Z.P., Spotar E.N., Kvitnitskaya A.A., Kharchenko A.L., Paliy I.N., Kravchenko I.N., Knyazeva O.I., Rogatenyuk L.A., Palkeyev A.M. Introduction and breeding of ornamental plants in the Nikitsky Botanical Gardens (current status, development prospects and application in landscape architecture) (Introduktsiya i selektsiya dekorativnykh rasteniy v Nikitskom Botanicheskom Sadu (sovremennoye sostoyanie, perspektivy razvitiye i primeneniye v landschaftnoy arkhitekture)). Simferopol; 2015. [in Russian] (Плугатар Ю.В., Коба В.П., Клименко З.К., Корженевский В.В., Смыков А.В., Исков В.П., Комар-Тёмная Л.Д., Пашчечский А.В., Головнёв И.И., Саркина И.С., Александрова Л.М., Зыкова В.К., Максимов А.П., Пилькевич Р.А., Ругузова А.И., Губанова Т.Б., Корженевская Ю.В., Цюпка С.Ю., Плугатар С.А., Улановская И.В., Смыкова Н.В., Зубкова Н.В., Герасимчук В.Н., Федорова О.С., Гончаренко В.А., Головнёва Е.Е., Андриушенкова З.П., Спотарь Е.Н., Квитницкая А.А., Харченко А.Л., Палькеев А.М. Интродукция и селекция декоративных растений в Никитском ботаническом саду (современное состояние, перспективы развития и применение в ландшафтной архитектуре). Симферополь: «Издательство Типография «Ариал»; 2015).
- Pugacheva G.M. The main directions in the breeding of lilies (Osnovnye napravleniya selektsii liliy). *Subtropical and ornamental horticulture*. 2012;46:87-94. [in Russian] (Пугачева Г.М. Основные направления селекции лилий. *Субтропическое и декоративное садоводство*. 2012;46:87-94).
- Pugacheva G.M. The main achievements and development prospects of the floriculture laboratory of the I.V. Michurin All-Russian Research Institute of Horticulture (Osnovnye dostizheniya i perspektivy razvitiya laboratorii tsvetovodstva VNIS im. I.V. Michurina). *Subtropical and ornamental horticulture*. 2014;50:36-42. [in Russian] (Пугачева Г.М. Основные достижения и перспективы развития лаборатории цветоводства ВНИИС им. И.В. Мичурина. *Субтропическое и декоративное садоводство*. 2014;50:36-42).
- Ryndin A.V., Kravtsov I.A., Vorontsov V.V., Maluykova L.S. The main prerequisites for the transformation of an experiment station into the Research Institute of Mountain Horticulture and Floriculture: some results, prospects and problems of its development (Osnovnye predposylki preobrazovaniya opytnoy stantsii v nii gornogo sadovodstva i tsvetovodstva – nekotorye itogi, perspektivy i problemy ego razvitiya). *Subtropical and ornamental horticulture*. 2007;40:3-31. [in Russian] (Рындин А.В., Кравцов И.А., Воронцов В.В., Малюкова Л.С. Основные предпосылки преобразования опытной станции в НИИ горного садоводства и цветоводства – некоторые итоги, перспективы и проблемы его развития. *Субтропическое и декоративное садоводство*. 2007;40:3-31).
- Ryndin A.V., Kulyan R.V., Slepchenko N.A. Subtropical and flower crops breeding at the Subtropical Scientific Centre. *Vavilov journal of genetics and breeding*. 2021;25(4):420-432. [in Russian] (Рындин А.В., Кулян Р.В., Слепченко Н.А. Селекция субтропических и цветочных культур в ФИЦ «Субтропический научный центр РАН». *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2021;25(4):420-432). DOI: 10.18699/VJ21.047
- Ryndin A.V., Mokhno V.S. Creation of new gerbera genotypes (Sozdanie novykh genotipov gerbery). *Vestnik sel'skhozvaystvennoy nauki* 2012;5:24-26. [in Russian] (Рындин А.В., Мохно В.С. Создание новых генотипов герберы. *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2012;5:24-26).
- Sannikova V.Yu. Genetic engineering as a way to obtain ornamental plants with a changed flower color. *Plant Biotechnology and Breeding*. 2020;3(1):40-45. [in Russian] (Санникова В.Ю. Генная инженерия как способ получения декоративных растений с изменённой окраской цветков. *Биотехнология и селекция растений*. 2020;3(1):40-45). DOI: 10.30901/2658-6266-2020-1-01
- Shibata M. Importance of genetic transformation in ornamental plant breeding. *Plant Biotechnology*. 2008;25:3-8. DOI: 10.5511/plantbiotechnology.25.3
- Shigapov Z.Kh. Botanical Garden-Institute of the Ufa Research Center of the RAS: history of its creation and establishment, the major achievements in the study and conservation of biological diversity (Botanicheskiy sad-institut Ufmskogo nauchnogo tsentra RAN: istoriya sozdaniya i stanovleniya, vazhneyshie dostizheniya v izuchenii i sokhraneni biologicheskogo raznoobraziya). *Proceedings of the RAS Ufa Scientific Centre*. 2011;1(1):25-35. [in Russian] (Шигапов З.Х. Ботанический

- сад-институт Уфимского научного центра РАН: история создания и становления, важнейшие достижения в изучении и сохранении биологического разнообразия. *Известия Уфимского научного центра Российской академии наук*. 2011;1(1):25-35).
- Slater A., Scott N., Fowler M. *Plant Biotechnology: the genetic manipulation of plants*. 2nd ed. Oxford: Oxford university press; 2008.
- Slepchenko N.A., Paschenko O. I. Composition and condition of perennial herbaceous flower crops collection of FRC SSC of RAS. *Subtropical and ornamental horticulture*. 2021;76:66-80. [in Russian] (Слепченко Н.А., Пащенко О.И. Состав и состояние коллекции многолетних травянистых цветочных культур ФИЦ СЦ РАН. *Субтропическое и декоративное садоводство*. 2021;76:66-80). DOI: 10.31360/2225-3068-2021-76-66-80
- Slepchenko N.A., Shoshina Ye.I. World and domestic latest offers and trends in *Iris sibirica* breeding. *Subtropical and ornamental horticulture*. 2018;66:74-80. [in Russian] (Слепченко Н.А., Шошина Е.И. Мировые и отечественные новинки и тенденции в селекции ириса сибирского. *Субтропическое и декоративное садоводство*. 2018;66:74-80). DOI: 10.31360/2225-3068-2018-66-74-80
- Smirnov A.V., Yunusova A.M., Lukyanchikova V.A., Battulin N.R. CRISPR/Cas9, a universal tool for genomic engineering. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2016;20(4):493-510. [in Russian] (Смирнов А.В., Юнусова А.М., Лукьянчикова В.А., Баттулин Н.Р. Система CRISPR/Cas9 – универсальный инструмент геномной инженерии. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2016;20(4):493-510). DOI: 10.18699/VJ16.175
- Strygina K.V., Khlestkina E.K. Wheat, barley and maize genes editing using the CRISPR/Cas system. *Plant Biotechnology and Breeding*. 2020;3(1):46-56. [In Russian] (Стрыгина К.В., Хлесткина Е.К. Редактирование генов пшеницы, ячменя и кукурузы с использованием системы CRISPR/Cas. *Биотехнология и селекция растений*. 2020;3(1):46-56). DOI: 10.30901/2658-6266-2020-1-02
- Subburaj S., Chung S.J., Lee C., Ryu S.M., Kim D.H., Kim J.S., Bae S., Lee G.J. Site-directed mutagenesis in *Petunia × hybrida* protoplast system using direct delivery of purified recombinant Cas9 ribonucleoproteins. *Plant Cell Reports*. 2016;35(7):1535-1544. DOI: 10.1007/s00299-016-1937-7
- Tanaka Y., Brugliera F., Chandler S. Recent Progress of Flower Colour Modification by Biotechnology. *International Journal of Molecular Sciences*. 2009;10(12):5350-5369. DOI: 10.3390/ijms10125350
- Tanaka Y., Tsuda S., Kusumi T. Metabolic engineering to modify flower color. *Plant and Cell Physiology*. 1998;39(11):1119-1126.
- Tukhvatullina L.A., Mironova L.N. New varieties of *Chrysanthemum ×koreanum* bred in the Botanical Garden-Institute of the Ufa Research Center of the RAS (Novye sorta khrizantemy koreyskoi, vyvedennyye v Botanicheskom sadu-institute UNC RAN). *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2017;2(64):39-42. [in Russian] (Тухватуллина Л.А., Миронова Л.Н. Новые сорта хризантемы корейской, выведенные в Ботаническом саду-институте УНЦ РАН. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2017;2(64):39-42).
- Uspenskaya M.S., Murashev V.V. Collection of *Paenies suffruticosa* in a botanical garden of the Moscow State University, their selection and reproduction.. *Byulleten Botanicheskogo sada-instituta DVO RAN = Bulletin of the Botanical Garden-Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2014;11:4-9. [in Russian] (Успенская М.С., Мурашев В.В. Коллекция древовидных пионов в ботаническом саду МГУ, их селекция и размножение. *Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН*. 2014;11:4-9).
- Uspenskaya M.S., Murashev V.V. Prospects for the use of wild species of the genus *Paenonia* L. in breeding. *Problems of Botany of Southern Siberia and Mongolia*. 2019a;18:630-635. [in Russian] (Успенская М.С., Мурашев В.В. Перспективы использования дикорастущих видов рода *Paenonia* L. в селекционной работе. *Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии*. 2019a;18:630-635). DOI: 10.14258/pbssm.2019133
- Uspenskaya M.S., Murashev V.V. The gene pool of wild species of the genus *Paenonia* L. as a basis for the creation of the new generation varieties (Genofond dikorastushchikh vidov roda *Paenonia* L. – osnova sozdaniya sortov novogo pokoleniya). *Novosti nauki v APK = Science news of AIC*. 2019b;1-2(12):101-107. [in Russian] (Успенская М.С., Мурашев В.В. Генофонд дикорастущих видов рода *Paenonia* L. – основа создания сортов нового поколения. *Новости науки в АПК*. 2019b;1-2(12):101-107).
- Uspenskaya M.S., Murashev V.V. The History of Breeding of *Paenonia suffruticosa* Andrews. *Plant Biology and Horticulture: theory, innovation*. 2017;(145):155-161. [in Russian] (Успенская М.С., Мурашев В.В. История селекции пиона древовидного. *Биология растений и садоводство: теория, инновации*. 2017;145:155-161).
- Warner R. Genetic approaches to improve cold tolerance of petunia. Warner R.M. Genetic approaches to improve cold tolerance of petunia. American Floral Endowment: Funding Industry Solutions Through Research and Education. Special Research Report# 306: Plant Breeding and Genetic Engineering. 2010. URL: [https://hortscans.ces.ncsu.edu/uploads/g/e/genetic\\_520270b12fc5f.pdf](https://hortscans.ces.ncsu.edu/uploads/g/e/genetic_520270b12fc5f.pdf) [accessed Nov. 29, 2021].
- Xu G., Chen S., Chen F. Transgenic chrysanthemum plants expressing a harpin<sub>хоо</sub> gene demonstrate induced resistance to *Alternaria* leaf spot and accelerated development. *Russian Journal of Plant Physiology*. 2010;57(4):548-553. DOI: 10.1134/S1021443710040138