



## ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГИБРИДНОГО ПОТОМСТВА ЯБЛОНИ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ РОСТА В БОТАНИЧЕСКОМ САДУ ИМ. ВС. М. КРУТОВСКОГО

Снежана О. Григорьева<sup>1</sup>✉, [gsnezhana97@mail.ru](mailto:gsnezhana97@mail.ru), 0000-0001-6749-1930

Римма Н. Матвеева<sup>1</sup>, [mateevrn@yandex.ru](mailto:mateevrn@yandex.ru), 0000-0002-3476-9622

Марина В. Репях<sup>1</sup>, [mrepyah@yandex.ru](mailto:mrepyah@yandex.ru), 0000-0003-0977-1082

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени акад. М.Ф. Решетнева», просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31, г. Красноярск, 660037, Россия

Статья посвящена выявлению биотической изменчивости гибридного семенного потомства яблони, выращенного в условиях верхней террасы Ботанического сада им. Вс. М. Крутовского. Гибриды были получены в результате успешного скрещивания отобраных сортов в ранее проведенных исследованиях. Для внутривидовой гибридизации были отобраны деревья разных сортов, отличающиеся крупноплодностью, повышенной урожайностью (Шаропай, Папировка, Генерал Орлов, Аркад стаканчатый, Аркад зимний, Бисмарк, Золотой шип), окраской (Антипасхальное) и ранним сроком созревания плодов (Коричное полосатое, Белый налив, Золотой шип), а также хорошими вкусовыми качествами (Папировка, Белый налив, Аркад стаканчатый). Установлено, что использование для внутривидовой гибридизации деревьев сорта Антипасхальное способствует образованию семян с бордовой окраской листьев. Проведено сравнение семей по высоте и диаметру стволика, полученных от прямого и обратного скрещивания родительских пар. В опыте, где в качестве материнского растения взяты сорта летнего срока созревания (Папировка, Белый налив, Аркад стаканчатый), а пыльца собрана с деревьев зимних сортов (Антипасхальное, Шаропай), превышение по высоте составляет 29.7 %, по диаметру 12.9 %. Выделены семьи, где яблоня отличается наибольшей высотой и диаметром стволика возле корневой шейки (Белый налив 54×Антипасхальное 52; Генерал Орлов Н12-1×Аркад стаканчатый 4; Аркад стаканчатый 5×Шаропай 28; Золотой шип 6-1×Аркад стаканчатый 36; Аркад зимний Н19-10×Золотой шип Н6-3; Антипасхальное 76×Золотой шип Н6-3; Шаропай 10×Папировка 54), представляющие большой интерес для селекционных исследований, а также для создания ландшафтных лесных культур с целью повышения эстетических свойств местности.

**Ключевые слова:** яблоня, сорт, гибридизация, семья, изменчивость

**Благодарности:** Авторы благодарят рецензентов за вклад в экспертную оценку статьи.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Григорьева С. О. Изменчивость гибридного потомства яблони по показателям роста в Ботаническом саду им. Вс. М. Крутовского / С. О. Григорьева, Р. Н. Матвеева, М. В. Репях // Лесотехнический журнал. – 2022. – Т. 12. – № 3 (47). – С. 42–50. – Библиогр.: с. 48–50 (13 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.3/4>.

**Поступила:** 11.07.2022 **Принята к публикации:** 12.09.2022 **Опубликована онлайн:** 01.10.2022

## THE VARIABILITY OF APPLE HYBRIDS IN THE VS. M. KRUTOVSKY BOTANICAL GARDEN

Snezhana O. Grigorieva <sup>1</sup>✉, gsnezhana97@mail.ru,  0000-0001-6749-1930

Rimma N. Matveeva <sup>1</sup>, mateevan@yandex.ru,  0000-0002-3476-9622

Marina V. Repjah <sup>1</sup>, mrepyah@yandex.ru,  0000-0003-0977-1082

<sup>1</sup>Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

### Abstract

The article is devoted to the identification of biotic variability of hybrid seed progeny of the apple tree grown in the upper terrace of the VS. M. Krutovsky Botanical Garden. Hybrids have been obtained by successful crossing selected varieties in previous studies. Trees of different varieties are selected for intraspecific hybridization. These varieties are distinguished by large-fruited, increased productivity (Sharapai, Papirovka, General Orlov, Arkad stakanchatyy, Arkad zimniy, Bismarek, Golden spike), color (Anti-Easter) and early fruit ripening (Cinnamon striped, White pouring, Golden spike), as well as good taste qualities (Papirovka, White pouring, Arkad stakanchatyy). It was found that the use of the Antipashalnoe variety for intraspecific hybridization contributes to the formation of seedlings with burgundy leaves. Families obtained from forward and back crossing of parental pairs are compared in height and diameter of the stem. In the experiment, where the varieties of summer ripening period (Papirovka, Bely filling, Arkad stakanchatyy) are taken as the mother plant and pollen is collected from trees of winter varieties (Antipashalnoe, Sharapai), the excess in height is 29.7% and the excess in diameter is 12.9%. Families with the greatest height and stem diameter near the root collar are distinguished (Bely Naliv 54a× Antipashalnoe 52; General Orlov H12-1× Arkade stakanchatyy 4; Arkade stakanchatyy 5× Sharapai 28; Golden Spike 6-1× Arkade stakanchatyy 36; Arcade Winter H19-10× Golden Spike H6-3; Antipashalnoe 76× Golden Spike H6-3; Sharapai 10× Papirovka 54). These families are of great interest for breeding research and also to create landscape forest crops in order to improve the aesthetic properties of the area.

**Keywords:** apple tree, cultivar, hybridization, family, variability

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

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest

**For citation:** Grigorieva S. O., Matveeva R. N., Repjah M. V. (2022) The variability of apple hybrids in the Vs. M. Krutovsky Botanical Garden. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forest Engineering journal], Vol. 12, No. 3 (47), pp. 42-50 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.3/4>.

**Received:** 11.07.2022 **Revised:** 12.08.2022 **Accepted:** 12.09.2022 **Published online:** 01.10.2022

### Введение

Яблоня (*Malus*) является ведущей плодовой культурой России и многих стран, занимающей свыше 70 % общей площади посадок данного вида. Также яблоня используется при создании ландшафтных лесных культур, созданных с целью повышения эстетических свойств местности. Масштабное ее распространение объясняется такими биологическими и хозяйственными особенностями, как богатством видов и сортов, качеством плодов,

их транспортабельностью, лежкостью и высокой урожайностью [3, 9].

Вопрос изучения и расширения генетического разнообразия древесных плодовых пород является одним из актуальных в селекции растений [4, 6, 11].

В исследованиях Н.Н. Савельева [7] отмечается, что более совершенным методом селекции является гибридизация, позволяющая объединить в гибриде желательные признаки скрещиваемых эк-

земляров и получить большое разнообразие форм для дальнейшего отбора.

Положительный результат гибридизации зависит от удачно подобранных родительских пар. Культурные сорта яблони характеризуются высокой самостерильностью, и для повышения их урожайности необходимо опыление деревьев пылью других сортов. Вопрос о наследовании качественных и количественных признаков гибридным потомством представляет большой интерес как в нашей стране, так и за рубежом [4, 5, 10, 12, 13].

Статистические методы генетического анализа дают возможность установить коэффициент наследуемости, который используется для определения доли генетической изменчивости. Полиморфизм сортов яблони, сказывающийся в размерах, форме, окраске, химическом составе плодов, в большей степени проявляется в семенном потомстве. Используя элементы ранней диагностики, можно оценить генотип деревьев уже на ранних этапах онтогенеза [8].

Богатый генофонд яблони в коллекции Ботанического сада им. Вс.М. Крутовского является базой для проведения селекционных исследований. Сад располагается в юго-западной части г. Красноярск на правом берегу реки Енисей. Его территория делится на две части (террасы) – верхнюю (высота над уровнем моря 173 м) и нижнюю (высота над уровнем моря 145 м). Яблони местной, европейской и зарубежной селекции являются важнейшим материалом для получения сортового посадочного материала и проведения селекционных работ на территории Ботанического сада [5].

Для верхней террасы сада характерны гумусированные (рН = 7,9-8,4), дерновокарбонатные почвы, хорошее обеспечение основными элементами питания растений (азот, фосфор, калий), некоторая уплотненность верхних горизонтов. Для нижней террасы сада характерны лугово-черноземно-карбонатные почвы. Близкое залегание грунтовых вод способствует усилению дернового процесса. В верхних горизонтах наблюдается достаточное содержание подвижных соединений калия и фосфора. Выращивание плодово-ягодных культур на данных почвах является благоприятным [1].

Цель исследований – выявить биотическую изменчивость гибридного семенного потомства культурных сортов яблони и изучить практические методы внутривидовой гибридизации *Malus domestica* Borkh.

### Материалы и методы

Объектом исследования явилось гибридное потомство яблони (сибы, полусибы), произрастающее на грядах семенного отделения верхней террасы Ботанического сада им. Вс.М. Крутовского (рис. 1). Гибридизация и посев семян проведены в 2007-2012 гг. Измерения показателей проведено в вегетационный период 2021 г.

Исследуемое гибридное потомство яблони является показателем успешного скрещивания отобранных сортов ранее проведенных исследований [4, 5].



Рис. 1. Гибридное потомство яблони

Figure 1. Apple tree's hybrid offspring

Источник: собственные фотографии авторов

Source: authors' own photos

В 2007-2012 гг. для гибридизации были отобраны деревья с верхней и нижней террасы сада разных сортов, которые отличались крупноплодностью, повышенной урожайностью (Шаропай, Папировка, Генерал Орлов, Аркад стаканчатый, Аркад зимний, Бисмарк, Золотой шип), окраской (Антипасхальное), ранним сроком созревания плодов (Коричное полосатое, Белый налив, Золотой шип), а также хорошими вкусовыми качествами (Папировка, Белый налив, Аркад стаканчатый).

Наши исследования продолжают предыдущие работы [4, 5] и направлены на выявление биотической изменчивости гибридного семенного потомства.

Программа исследований предусматривала:

- сопоставление высоты и диаметра стволика возле корневой шейки при разном подборе родительских пар;
- анализ эффективности проведения прямых и обратных скрещиваний.

Определение биометрических параметров проводили измерительным методом. Высоту измеряли с помощью мерной линейки, диаметр – штангенциркулем в двух взаимно-перпендикулярных направлениях с определением среднего значения.

Уровень варьирования показателей определяли по методике С.А. Мамаева [2]. Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программы MS Excel.

### Результаты и обсуждение

Были проанализированы биометрические показатели семенного потомства в возрасте 9-14 лет при разном подборе пар для скрещивания (рис. 2). Среди 14-летнего семенного потомства наибольшей высотой (222,5 см) и диаметром (20 мм) обладают гибриды от скрещивания дерева № 54а сорта Белый налив × № 52 Антипасхальное.

У 13-летних сибов наибольшая высота отмечалась от скрещивания деревьев Н12-1 Генерал Орлов × 4 Аркад стаканчатый (116,5 см), а наибольший диаметр – дерева № 5 сорта Аркад стаканчатый с деревом № 28 сорта Шаропай (4,5 мм).

Среди 12-летних гибридов наибольшими показателями отличилось потомство от скрещивания дерева 6-1 сорта Золотой шип с деревом № 36 сорта Аркад стаканчатый (220,5 см и 29,5 мм, соответственно).

В 10-летнем потомстве наибольшая высота и диаметр были в вариантах при скрещивании деревьев Н19-10 Аркад зимний × Н6-3 сорта Золотой шип (139,5 см); 76 Антипасхальное × Н6-3 Золотой шип (12 мм).

Среди 9-летних гибридов наибольшие показатели отмечаются у потомства, полученного от скрещивания сортов № 10 Шаропай × № 54 Папировка (60 см и 6,5 мм, соответственно).

Проведен анализ биотической изменчивости 14-летних гибридов, полученных с использованием

крупноплодного сорта Шаропай (табл. 1). Установлено, что в вариантах, где в качестве материнского или отцовского растения взят данный сорт, высота семей варьирует от 69,5 до 111,0 см.

При контролируемом скрещивании наибольшая высота отмечается у сибов при гибридизации сортов № 54 Папировка и № 10 Шаропай (111,0 см). Наибольший диаметр (10,5 мм) был в семьях полусибов дерева № 54 сорта Папировка от свободного опыления.

С целью выведения нового сорта с бордовой окраской листьев при скрещивании использовали деревья сорта Антипасхальное (рис. 3).

Установлена биотическая изменчивость сибов и полусибов при контролируемом скрещивании с использованием для гибридизации сорта Антипасхальное (табл. 2).

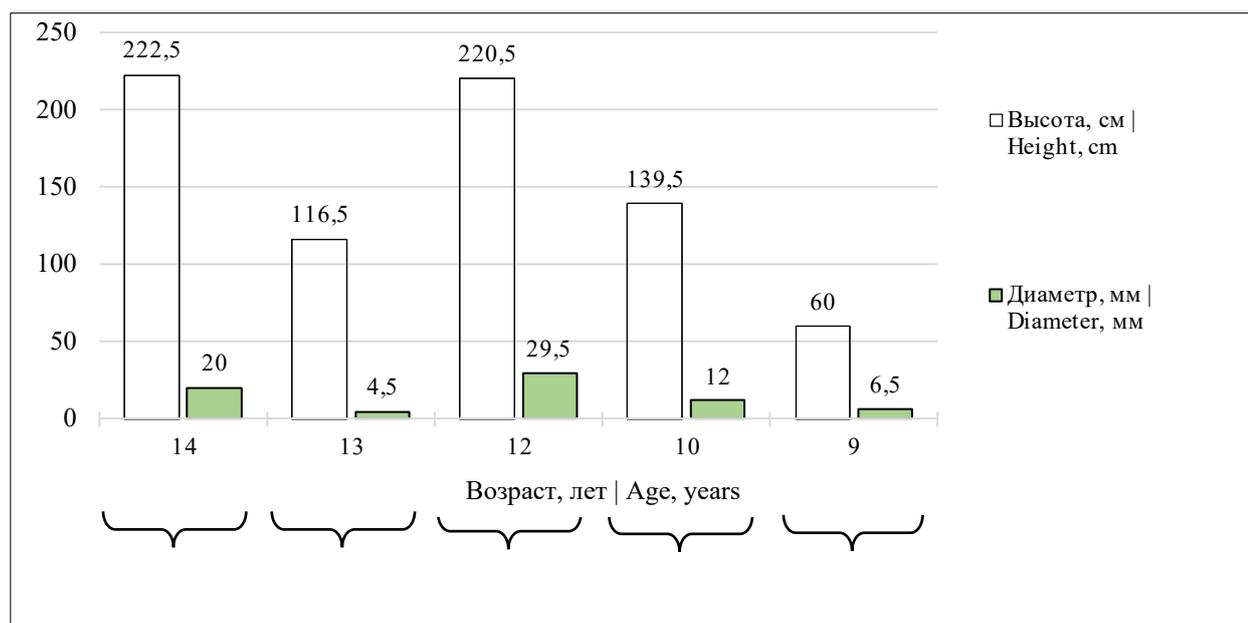
Данные табл. 2 свидетельствуют, что наибольшие значения биометрических показателей по высоте ( $90,0 \pm 3,77$ ) и диаметру ( $8,1 \pm 0,40$ ) имеет 10-летнее гибридное потомство яблони при использовании в качестве материнского растения сорта Антипасхальное.

Также по показателям гибридного семенного потомства яблони была установлена эффективность проведения прямых и обратных скрещиваний (табл. 3).

При сравнении биометрических показателей было установлено, что уровень биотической изменчивости сибов в семьях по высоте и диаметру стволика – от среднего (13,1 %) до очень высокого (40,1 %).

Высота яблони, где в качестве материнских были взяты деревья № 76а сорта Антипасхальное и № 9, № 28 сорта Шаропай, составила от 46,0 до 78,4 см, при этом диаметр стволика составил от 5,6 до 7,0 мм. Наибольшие показатели по высоте и диаметру стволика были при гибридизации деревьев сорта Белый налив № 15 и Шаропай № 9 – 84,5 см и 7,7 мм соответственно.

Среднее значение по высоте при прямых скрещиваниях составило 59,3 см, при обратных – 76,9 см, по диаметру возле корневой шейки при прямых – 6,2 мм, при обратных – 7,0 мм.



Вариант 1 – 54а Белый налив × 52 Антипасхальное

Вариант 2 – Н12-1 Генерал Орлов × 4 Аркад стаканчатый (превосходит по высоте, см)

5 Аркад стаканчатый × 28 Шаропай (превосходит по диаметру, мм)

Вариант 3 – 6-1 Золотой шип × 36 Аркад стаканчатый

Вариант 4 – Н19-10 Аркад зимний × Н 6-3 Золотой шип (превосходит по высоте, см)

76 Антипасхальное × Н 6-3 Золотой шип (превосходит по диаметру, мм)

Вариант 5 – 10 Шаропай × 54 Папировка

Рис. 2. Показатели отселектированного гибридного потомства яблони

Figure 2. The indicators of the selected apple tree's hybrid offspring

Источник: собственные вычисления авторов

Source: The authors' own calculations

Таблица 1

Показатели 14-летних сибов и полусибов в вариантах с использованием для гибридизации деревьев сорта Шаропай

Table 1

The Indicators of 14-year-old sibs and half-sibs in variants using for hybridization Sharapai trees

Номер дерева, сорт   Tree number, variety		Высота, см   Height, cm				Диаметр возле корневой шейки, мм   Diameter near the root neck, mm			
♀	♂	min	max	X <sub>ср.</sub>	% к X <sub>ср.</sub>	min	max	X <sub>ср.</sub>	% к X <sub>ср.</sub>
28 Шаропай   28 Sharapai	4 Аркад стаканчатый   4 Arkade stakanchatyy	69	96	82,5	100,1	6	12	9,0	113,9
4 Аркад стаканчатый   4 Arkade stakanchatyy	28 Шаропай   28 Sharapai	59	145	102,0	123,8	5	11	8,0	101,3
4 Аркад стаканчатый   4 Arkade stakanchatyy		64	108	86,0	104,4	5	9	7,0	88,6
54 Папировка   54 Papirovka	10 Шаропай   10 Sharapai	84	138	111,0	134,7	7	12	9,5	120,3
54 Папировка   54 Papirovka		64	148	106,0	128,6	7	14	10,5	132,9

## Природопользование

10 Шаропай   10 Sharapai		25	35	30,0	36,4	5	5	5,0	63,3
15 Белый налив   15 Bely Naliv	9 Шаропай   9 Sharapai	70	69	69,5	84,3	6	10	8,0	101,3
15 Белый налив   15 Bely Naliv		65	105	85,0	103,2	5	9	7,0	88,6
9 Шаропай   9 Sharapai		65	75	70,0	85,0	6	8	7,0	88,6
Среднее общее значение   Average total value				82,4	100,0			7,9	100,0

Источник: собственные вычисления авторов

Source: The authors' own calculations

Таблица 2

Показатели яблони с использованием для гибридизации сорта Антипасхальное

Table 2

Indicators of an apple tree with the use for hybridization of the variety Antipashalnoe

Возраст, лет   Age, years	Высота, см   Height, cm						Диаметр возле корневой шейки, мм   Diameter near the root neck, mm					
	X <sub>ср.</sub>	±m	±δ	V, %	P, %	t <sub>ф2</sub> при t <sub>05</sub> = 1,98	X <sub>ср.</sub>	±m	±δ	V, %	P, %	t <sub>ф2</sub> при t <sub>05</sub> = 1,98
9	45,3	2,37	12,81	28,3	5,2	10,04	5,4	0,14	0,74	13,7	2,6	6,43
10	90,0	3,77	32,05	35,6	4,2	-	8,1	0,40	3,42	42,2	4,9	-
13	51,1	2,49	13,94	27,3	4,9	8,61	5,5	0,17	0,98	17,8	3,1	5,91
14	78,8	1,10	6,28	8,0	1,4	2,86	7,4	0,21	1,21	16,4	2,8	1,56

Источник: собственные вычисления авторов

Source: The authors' own calculations

Таблица 3

Показатели 14-летних сибов яблони при прямом и обратном скрещиваниях

Table 3

The indicators of 14-year-old sibs of an apple tree using forward and reverse crosses

№ варианта   № variant	Сорт, номер дерева   Variety, tree number		X <sub>ср.</sub>	± m	V, %	t <sub>ф</sub> при t <sub>05</sub> = 2,05
	♀	♂				
Высота, см   height, cm						
1	Антипасхальное 76а   Antipashalnoe 76a	Папировка 63   Papirovska 63	46,0	3,80	40,1	5,11
2	Папировка 63   Papirovska 63	Антипасхальное 76а   Antipashalnoe 76a	74,1	4,02	24,1	-
3	Шаропай 9   Sharapai 9	Белый налив 15   Bely Naliv 15	53,5	5,10	33,0	3,18
4	Белый налив 15   Bely Naliv 15	Шаропай 9   Sharapai 9	84,5	8,30	41,4	-
5	Шаропай 28   Sharapai 28	Аркад стаканчатый 4   Arkade stakanchatyy 4	78,4	3,52	13,4	-
6	Аркад стаканчатый 4   Arkade stakanchatyy 4	Шаропай 28   Sharapai 28	72,0	5,31	30,5	1,00
Среднее значение   Average value			68,1			
Диаметр возле корневой шейки, мм   Root neck diameter, mm						
1	Антипасхальное 76а   Antipashalnoe 76a	Папировка 63   Papirovska 63	5,6	0,27	13,1	3,33
2	Папировка 63   Papirovska 63	Антипасхальное 76а   Antipashalnoe 76a	7,1	0,31	18,1	-
3	Шаропай 9   Sharapai 9	Белый налив 15   Bely Naliv 15	6,0	0,54	23,6	2,07
4	Белый налив 15   Bely Naliv 15	Шаропай 9   Sharapai 9	7,7	0,62	35,8	-

5	Шаропай 28   Sharapai 28	Аркад стаканчатый 4   Arkade stakanchatyy 4	7,0	0,69	28,6	-
6	Аркад стаканчатый 4   Arkade stakanchatyy 4	Шаропай 28   Sharapai 28	6,2	0,30	23,1	1,07
Среднее значение   Average value			6,6			

Источник: собственные вычисления авторов

Source: The authors' own calculations

Таким образом, при обратных скрещиваниях, когда в качестве материнского растения взято дерево № 63 сорта Папировка; № 15 Белый налив, № 4 сорта Аркад стаканчатый, а пыльца собрана с деревьев № 76а сорта Антипасхальное; № 9, № 28 сорта Шаропай, высота превышает показатели при прямых скрещиваниях на 29,7 %, диаметр на 12,9 %.

### Выводы

Анализируя характер наследования признака родительских экземпляров, выявили, что для получения сортов с бордовой окраской листьев при скрещивании целесообразно использовать пыльцу деревьев сорта Антипасхальное.

Эффективность проведения реципрокных скрещиваний доказала, что при обратных скрещиваниях,

когда в качестве материнского растения взяты сорта летнего срока созревания (Папировка, Белый налив, Аркад стаканчатый), а пыльца собрана с деревьев зимних сортов (Антипасхальное, Шаропай), высота яблони превышает показатели при прямых скрещиваниях на 29,7 %, диаметр – на 12,9 %.

Была установлена биотическая изменчивость семенного потомства, полученного при контролируемом опылении, что позволяет вести отбор быстрорастущего гибридного потомства.

Выделены семьи и отдельные экземпляры, отличающиеся наибольшей интенсивностью роста, представляющие большой интерес для селекционных исследований.

### Список литературы

1. Герасимова, О. А. Рост однолетних сеянцев крупноплодных сортов яблони в пригородной зоне Красноярска / О. А. Герасимова, Н. В. Моксина, Н. П. Братилова // Лесотехнический журнал. – 2021. – Т. 11. – № 2 (24). – С. 69–79. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2021.2/7.
2. Мамаев С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений: моногр. Москва : Наука, 1973. – 284 с. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25993155&>.
3. Матвеева Р. Н., Буторова О. Ф. Рост и плодоношение сортов яблони в коллекции Ботанического сада им. Вс. М. Крутовского г. Красноярска. Наукові праці Лісівничої академії наук України. – 2014. – №. 12. – С. 109–112. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23583650>.
4. Матвеева Р. Н., Буторова О. Ф., Сапрунова Н. Н. Изменчивость, гибридизация и размножение яблони разных сортов в Ботаническом саду им. Вс. М. Крутовского ; М-во образования и науки Российской Федерации, ГОУ ВПО «Сибирский гос. технологический ун-т». – Красноярск, 2016. – 209 с. – ISBN 978-5-8173-0645-3.
5. Матвеева Р. Н., Буторова О. Ф., Галкина А. Ю. Отбор, гибридизация и размножение яблони в Ботаническом саду им. Вс. М. Крутовского ; М-во образования и науки Российской Федерации, ГОУ ВПО «Сибирский гос. технологический ун-т». – Красноярск, 2010. – 148 с.
6. Попова Н. Н., Матвеева Р. Н., Моксина Н. В., Репях М. В. Гибридизация яблони на крупноплодность и раннее созревание плодов. Вестник КрасГАУ. – 2015. – №. 2 (101). – С. 201–206. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23145198>.
7. Савельев, Н. И. Генофонд семечковых культур. – Мичуринск : ГНУ ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина, 2013. – 116 с. – ISBN 978-5- 98429-135-4.
8. Матвеева Р. Н., Буторова О. Ф., Моксина Н. В., Репях М. В. Селекция яблони в Ботаническом саду им. Вс. М. Крутовского ; М-во образования и науки Российской Федерации, ГОУ ВПО «Сибирский гос. технологический ун-т». – Красноярск, 2006. – 357 с. – ISBN-5-8173-0264-4.

9. Cornille A. et al. A multifaceted overview of apple tree domestication. *Trends in plant science*. 2019. Vol. 24. № 8. P. 770–782. DOI: 10.1093/aob/mcx145.
10. Spengler R. N. Origins of the apple: the role of megafaunal mutualism in the domestication of *Malus* and rosaceous trees. *Frontiers in plant science*. 2019. Vol. 10. P. 617. DOI: 10.3389/fpls.2019.00617.
11. Ulyanovskaya E., Belenko E. Using the genetic diversity of the *Malus* genus to solve the priority areas of breeding. *BIO Web of Conferences*. – EDP Sciences, 2020. Vol. 25. P. 02001. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202502001>.
12. Wagner I. et al. Hybridization and genetic diversity in wild apple (*Malus sylvestris* (L.) Mill.) from various regions in Germany and from Luxembourg. *Silvae Genetica*. 2014. Vol. 63. № 1-6. P. 81–93. DOI:10.1515/sg-2014-0012.
13. Wang N., Jiang S., Zhang Z. et al. *Malus sieversii*: the origin, flavonoid synthesis mechanism, and breeding of red-skinned and red-fleshed apples. *Hortic Res* 5, 70 (2018). DOI: <https://doi.org/10.1038/s41438-018-0084-4>.

### References

1. Gerasimova O. A, Moksina N. V., Bratilova N. P. Rost odnoletnih sejancev krupnoplodnyh sortov jabloni v prigorodnoj zone Krasnojarska [The growth of annual seedlings of large-fruited apple varieties in the suburban area of Krasnoyarsk]. *Lesotekhnicheskij zhurnal* [Forest Engineering journal]. 2021, pp. 69-79 (in Russian). DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2021.2/7.
2. Mamaev S. A. Formy vnutrividovoj izmenchivosti drevesnyh rastenij [Forms of intraspecific variability of woody plants]. Moscow, Nauka, 1973, 284 p. (in Russian). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25993155&>.
3. Matveeva R. N., Butorova O. F. Rost i plodonoshenie sortov jabloni v kollekcii Botanicheskogo sada im. Vs.M. Krutovskogo g. Krasnojarska [The growth and fruiting of apple varieties in the collection of the Botanical Garden. Sun. M. Krutovsky, Krasnoyarsk]. *Naukovi praci Lisivnichoï akademii nauk Ukraïni* [Scientific works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine]. 2014, pp. 109-112 (in Russian).
4. Matveeva R. N., Butorova O. F., Saprunova N. N. *Izmenchivost', gibridizacija i razmnozhenie jabloni raznyh sortov v Botanicheskom sadu im. Vs. M. Krutovskogo* [Variability, hybridization and reproduction of apple trees of different varieties in the Botanical Garden. Sun. M. Krutovsky]. Krasnoyarsk: SibGTU, 2016, 209 p. (in Russian). ISBN 978-5-8173-0645-3.
5. Matveeva R. N., Butorova O. F., Galkina A. Ju. *Otbor, gibridizacija i razmnozhenie jabloni v Botanicheskom sadu im. Vs.M. Krutovskogo* [Selection, hybridization and propagation of apple trees in the Botanical Garden named after Vs.M. Krutovsky]. Krasnoyarsk: SibGTU, 2010, 148 p. (in Russian).
6. Popova N. N., Matveeva R. N., Moksina N. V., Repjah M. V. *Gibridizacija jabloni na krupnoplodnost' i rannee sozrevanie plodov* [Hybridization of apple trees for large fruit and early fruit ripening]. *Vestnik KrasGAU*, 2015, pp. 201-206 (in Russian). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23145198>.
7. Savel'ev N. I. *Genofond semechkovyh kul'tur* [Gene pool of pome crops]. Michurinsk: GNU VNIIGiSPR named after I.V. Michurin, 2013, 116 p. (in Russian). ISBN 978-5- 98429-135-4.
8. Matveeva R. N., Butorova O. F., Moksina N. V., Repjah M. V. *Selekcija jabloni v Botanicheskom sadu im. Vs. M. Krutovskogo* [Selection of apple trees in the Botanical Garden named after Vs.M. Krutovsky]. Krasnoyarsk, 2006, 357 p. ISBN-5-8173-0264-4 (in Russian).
9. Cornille A. et al. A multifaceted overview of apple tree domestication. *Trends in plant science*. 2019. Vol. 24. № 8 P. 770-782. DOI: 10.1093/aob/mcx145.
10. Spengler R. N. Origins of the apple: the role of megafaunal mutualism in the domestication of *Malus* and rosaceous trees. *Frontiers in plant science*. 2019. Vol. 10. P. 617. DOI: 10.3389/fpls.2019.00617.

11. Ulyanovskaya E., Belenko E. Using the genetic diversity of the *Malus* genus to solve the priority areas of breeding. *BIO Web of Conferences – EDP Sciences*, 2020. Vol. 25. P. 02001. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202502001>.

12. Wagner I. et al. Hybridization and genetic diversity in wild apple (*Malus sylvestris* (L.) Mill.) from various regions in Germany and from Luxembourg. *Silvae Genetica*. 2014. Vol. 63. № 1-6. P. 81-93. DOI:10.1515/sg-2014-0012.

13. Wang N., Jiang S., Zhang Z. et al. *Malus sieversii*: the origin, flavonoid synthesis mechanism, and breeding of red-skinned and red-fleshed apples. *Hortic Res* **5**, 70 (2018). DOI: <https://doi.org/10.1038/s41438-018-0084-4>.

### Сведения об авторах

✉ *Григорьева Снежана Олеговна* – аспирант кафедры селекции и озеленения ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени акад. М.Ф. Решетнева», Красноярский рабочий проспект, 31, г. Красноярск, 660037, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6749-1930>, e-mail: [gsnezhana97@mail.ru](mailto:gsnezhana97@mail.ru)

*Матвеева Римма Никитична* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры селекции и озеленения ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени акад. М.Ф. Решетнева», Красноярский рабочий проспект, 31, г. Красноярск, 660037, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3476-9622>, e-mail: [mateevrn@yandex.ru](mailto:mateevrn@yandex.ru)

*Репях Марина Вадимовна* – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры селекции и озеленения ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени акад. М.Ф. Решетнева», Красноярский рабочий проспект, 31, г. Красноярск, 660037, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0977-1082>, e-mail: [mrepyah@yandex.ru](mailto:mrepyah@yandex.ru)

### Information about the authors

✉ *Snezhana O. Grigorieva* – postgraduate student, Department of selection and gardening, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarskii rabochii prospect, 31, Krasnoyarsk, Russian Federation, 660037; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6749-1930>, e-mail: [gsnezhana97@mail.ru](mailto:gsnezhana97@mail.ru)

*Rimma N. Matveeva* – Dr. Sci. (Agric.), Professor, Department of selection and gardening, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarskii rabochii prospect, 31, Krasnoyarsk, Russian Federation, 660037; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3476-9622>, e-mail: [mateevrn@yandex.ru](mailto:mateevrn@yandex.ru)

*Marina V. Repyah* – Cand. Sci. (Agric.), Associate Professor, Department of selection and gardening, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarskii rabochii prospect, 31, Krasnoyarsk, Russian Federation, 660037; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0977-1082>, e-mail: [mrepyah@yandex.ru](mailto:mrepyah@yandex.ru)