

АГРОНОМИЯ

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология  
(сельскохозяйственные науки)

Научная статья

УДК 634.1:631.52

doi: <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i3pp71-76>

**Маркерный отбор по генам *Rvi6*, *Md-ACSI*, *Md-ACO1* перспективных  
для селекции образцов генофонда яблони**

**Елена Владимировна Ульяновская, Евгения Анатольевна Чернуцкая, Татьяна Валерьевна Богданович,  
Илья Владимирович Степанов**

Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, г. Краснодар,  
Россия, e-mail: [ulyanovskaya\\_e@mail.ru](mailto:ulyanovskaya_e@mail.ru)

**Аннотация.** В статье представлены данные молекулярно-генетического анализа коллекционных сортов яблони (*Malus × domestica* Borkh.) и нового гибридного материала различного генетического и эколого-географического происхождения по гену *Rvi6* устойчивости к парше (*Venturia inaequalis* (Cooke) G. Winter) и целевым аллелям генов *Md-ACSI*, *Md-ACO1*, обуславливающих повышенную лежкость плодов. При выполнении научно-исследовательской работы использован метод СТАВ с модификацией ранее в СКФНЦСВВ для более полной очистки проб ДНК при экстракции. В работе использовали SCAR-маркеры: *Rvi6* – VfC; *Md-ACSI*, *Md-ACO1*. Эксперимент проводили с участием 26 образцов яблони, среди них 11 новых отечественных сортов, 2 сорта зарубежной селекции и 13 гибридных форм селекции СКФНЦСВВ. С помощью маркерного отбора выделены носители гена *Rvi6* устойчивости к парше: Надежное, Михсан, Гайто Газданов и 5 гибридов, большинство из которых созданы с участием сорта Modi. Ценное для селекции аллельное сочетание *Md-ACO1-1/1* выявлено у сорта Red Delicious King Roat. Выделены носители сочетания генов *Rvi6*, *Md-ACSI-2/2*: сорт Надежное и гибридная форма 17/1-7-26 из семьи Champion × Modi; данные генотипы отечественной селекции перспективны для включения в дальнейший селекционный процесс.

**Ключевые слова:** яблоня; ген; ДНК-анализ; устойчивость к парше; лежкость плодов

**Для цитирования:** Ульяновская Е. В., Чернуцкая Е. А., Богданович Т. В., Степанов И. В. Маркерный отбор по генам *Rvi6*, *Md-ACSI*, *Md-ACO1* перспективных для селекции образцов генофонда яблони // Аграрный научный журнал. 2024. № 3. С. 71–76. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i3pp71-76>.

AGRONOMY

Original article

**Marker selection for genes *Rvi6*, *Md-ACSI*, *Md-ACO1* promising for breeding of apple gene pool samples**

**Elena V. Ulyanovskaya, Evgenia A. Chernutskaya, Tatyana V. Bogdanovich, Ilya V. Stepanov**

North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making, Russia, Krasnodar, Russia,  
e-mail: [ulyanovskaya\\_e@mail.ru](mailto:ulyanovskaya_e@mail.ru)

**Abstract.** The article presents data of molecular-genetic analysis of collection varieties of apple (*Malus × domestica* Borkh.) and new hybrid material of various genetic and ecological-geographical origin on the gene *Rvi6* resistance to scab (*Venturia equalinai* (Cooke) G. Winter) and target alleles of the *Md-ACSI*, *Md-ACO1* genes, which cause increased fruit density. During the research work, the CTAB method was used with a modification earlier in the NCFSCHVW for more complete purification of DNA samples during extraction. SCAR-markers were used: *Rvi6* – VfC; *Md-ACSI*, *Md-ACO1*. The experiment was carried out with the participation of 26 samples of apple trees, among them: 11 new domestic varieties, 2 varieties of foreign breeding and 13 hybrid forms of breeding NCFSCHVW. With the help of marker selection, carriers of the gene *Rvi6* resistant to scab have been selected: Nadezhnoye, Mikhsan, Gayto Gazdanov and 5 hybrids, most of which are created with the participation of the variety Modi. An allele combination of *Md-ACO1-1/1* has been found in Red Delicious King Roat. Combinations of *Rvi6*, *Md-ACSI-2/2* genes have been identified: Nadezhnoye and hybrid form 17/1-7-26 from the Champion × Modi family; these genotypes of domestic breeding are promising for inclusion in the further breeding process.

**Keywords:** apple tree; gene; DNA analysis; scab resistance; keeping quality of fruits

**For citation:** Ulyanovskaya E. V., Chernutskaya E. A., Bogdanovich T. V., Stepanov I. V. Marker selection for genes *Rvi6*, *Md-ACSI*, *Md-ACO1* promising for breeding of apple gene pool samples. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*. 2024;(3):71–76. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i3pp71-76>.



**Введение.** Создание сортов яблони, обладающих стабильно высокой, генетически обусловленной устойчивостью к парше – важнейший приоритет современной мировой селекции [2, 3, 6, 9, 10, 15, 16]. Кроме того, желательным совмещением у новых сортов устойчивости к грибным заболеваниям и коммерчески значимых показателей плодов яблони [14].

В условиях усиливающегося влияния на плодородное растение яблони негативного воздействия комплекса абиотических стрессовых факторов и биопатогенов, серьезных проблем экологии и охраны окружающей среды, изменения технологических требований к культивированию сортов для получения стабильной и качественной продукции, а также наличия санкций ряда государств возрастает роль отечественной селекции. Ускорить процесс создания адаптивных, устойчивых к основным грибным заболеваниям сортов яблони с высокими качественными показателями и коммерческой привлекательностью плодов для развития отечественного садоводства позволяет использование современных методов оценки исходного и селекционного материала, в том числе методов ДНК-маркирования. Использование данного метода в ряде научных учреждений России перспективно для усиления эффективности процесса селекции многолетней культуры [1, 7, 12]. Потенциал использования технологии ДНК-маркирования для эффективного выявления особенно ценных для селекции генотипов яблони, структурирования, развития и пополнения идентифицированных коллекций целевых носителей и комплексных доноров приоритетных агробиологических признаков значителен.

Цель исследований – маркерный отбор перспективных генотипов яблони на основе изучения аллельного полиморфизма генов *Md-ACS1*, *Md-ACO1* (качество плодов), *Rvi6* (устойчивость к *Venturia inaequalis* (Cooke) G. Winter) для повышения эффективности процесса селекции.

**Материалы и методы.** Научные исследования проводили в лабораторных и полевых условиях в Северо-Кавказском федеральном научном центре садоводства, виноградарства, виноделия (СКФНЦСВВ, г. Краснодар) согласно программам и методикам по сортоизучению и селекции [4, 5, 8, 11]. Объекты исследований – 26 генотипов яблони (*Malus × domestica* Borkh.) разного генетического и эколого-географического происхождения. Среди изученных образцов генофонда 11 новых отечественных сортов, 2 сорта зарубежной селекции и 13 гибридных форм селекции СКФНЦСВВ. В том числе среди сортов российской селекции 7 получены в СКФНЦСВВ, 2 селекции СОСС (Ставропольской ОСС) и СКФНЦСВВ, 2 селекции СКФНЦСВВ, ВНИИСПК (Всероссийский НИИ селекции плодовых культур) и СОСС. Образцы яблони для выполнения ДНК-анализа отбирали в коллекционных и селекционных насаждениях; использовали ЦКП «Исследовательско-селекционная коллекция генетических ресурсов садовых культур», который расположен в ОПХ «Центральное» г. Краснодара. Сады 2004–2017 гг. посадки, подвой М9, схема посадки 4×1,5×1,5 м.

Метод СТАВ, усовершенствованный ранее в СКФНЦСВВ для более полной очистки проб ДНК от полифенольных соединений на основе применения поливинилпирролидона в 1%-й концентрации в лизирующем буфере, использовали для экстракции ДНК [13]. ПЦР проходила при следующих условиях: концентрация реактивов ПЦР смеси – буфер 1X, dNTP – 0,24 мМ, Taq 1U, SSR-праймеры (прямой и обратный) – 0,16 мкМ каждого, тотальная ДНК – 40 нг. Продукты амплификации SCAR-маркеров идентифицировали в 2%-м агарозном геле.

Для идентификации в образцах яблони наличия искомым генов и аллелей генов были использованы SCAR-маркеры, сцепленные с ними (таблица 1).

Для поиска условий проведения амплификации и референсных аллелей по задействованным в проекте маркерам использовали базу данных HiDRAS и публикации оригинаторов маркеров. Обработку данных осуществляли в программе GeneMarker V3.0.1.

**Результаты исследований.** К достаточно сложной задаче следует отнести работу по совмещению в создаваемом генотипе яблони высокого качества плодов и иммунитета к парше. Зачастую лучшие образцы мирового сортимента яблони по качеству и длительности лежкости плодов (например, сорт Fuji и его многочисленные яркоокрашенные клоны) не обладают иммунитетом к парше, а иммунные к парше сорта не имеют такого качества плодов. Поэтому ускорить селекционную работу в данном направлении помогает создание признаковых, особенно идентифицированных, субколлекций.



Таблица 1 – Краткая характеристика маркеров генов яблони *Rvi6*, *Md-ACSI*, *Md-ACO1*

Table 1 – Brief characteristics of apple gene markers *Rvi6*, *Md-ACSI*, *Md-ACO1*

Ген	Маркер	Температура отжига, °С	Диапазон длин фрагментов, п.н	Целевой фрагмент	Последовательность праймеров, 5'–3'
<i>Rvi6</i>	VfC	58	286, 646, 484	286	F: GGTTTCCAAAGTCCAATTCC R: GTTAGCATTTTGAGTTGAC
<i>Md-ACO1</i>		65	522, 584	522	TCCCCCAATGCACCACTCCA GATTCCTTGGCCTTCATAGCTTC
<i>Md-ACSI</i>		58	513, 651	651	AGAGAGATGCCATTTTTGTTTCGTAC CCTACAAACTTGCGTGGGGATTATAAGTGT

Полученные данные фенотипирования по основным хозяйственно-значимым признакам позволили сформировать выборку из 26 образцов яблони для ДНК-анализа с максимальным набором значимых агробиологических показателей и повышенным потенциалом адаптивности к стрессовым абиотическим факторам региона возделывания. Среди исследуемых образцов созданные в СКФНЦСВВ гибриды, полученные в результате гибридизации высококачественных зарубежных и отечественных генотипов осеннего, зимнего и позднезимнего срока созревания (*Liberty* × *Renuartsiv*, *Кармен* × *Gemeni*, *Champion* × *Modi* и др.).

Изучение коллекционных сортов и новых селекционных образцов яблони показало, что SCAR-маркер VfC1F+VfC2, сцепленный с геном *Rvi6*, идентифицирован в геноме 3 новых отечественных сортов: Надежное, Михсан, Гайто Газданов и 5 гибридов из семей: 12/1-21-63 × *Modi*, *Champion* × *Modi*, 12/1-20-56 × *Fujion* (таблица 2). Следует отметить, что большинство гибридов (80 %), выделенных по хозяйственным признакам и имеющих ген *Rvi6*, получены с участием отцовской родительской формы *Modi*.

Таблица 2 – Результаты ДНК-анализа целевых аллелей искомых маркеров генов яблони *Rvi6*, *Md-ACSI*, *Md-ACO1*

Table 2 – Results of DNA analysis of target alleles of the desired apple gene markers *Rvi6*, *Md-ACSI*, *Md-ACO1*

№	Название генотипа	Родительские формы	<i>Rvi6</i>	Наличие аллелей <i>Md-ACSI</i>	Наличие аллелей <i>Md-ACO1</i>
1	17/1-6-2	<i>Кармен</i> × <i>Gemeni</i>	–	1/1	1/2
2	17/1-6-32	<i>Champion</i> × <i>Modi</i>	–	1/1	1/2
3	17/1-6-57	<i>Liberty</i> × <i>Renuartsiv</i>	–	1/2	1/2
4	17/1-6-65	12/1-21-63 × <i>Modi</i>	+	1/2	1/2
5	17/1-6-74	12/1-21-63 × <i>Modi</i>	+	1/2	1/2
6	17/2-6-9	12/1-21-24 × <i>Arksharm</i>	–	1/1	1/2
7	17/2-6-2	<i>Champion</i> × <i>Modi</i>	+	1/1	1/2
8	17/1-7-2	12/1-21-24 × <i>Arksharm</i>	–	1/1	1/2
9	17/1-7-3	12/1-21-24 × <i>Arksharm</i>	–	1/2	1/2
10	17/1-7-16	12/1-20-56 × <i>Fujion</i>	+	1/2	1/2
11	17/1-7-18	12/1-20-56 × <i>Fujion</i>	–	1/2	1/2
12	17/1-7-26	<i>Champion</i> × <i>Modi</i>	+	2/2	1/2
13	17/1-7-27	<i>Champion</i> × <i>Modi</i>	–	1/1	1/2
14	Багрянец Кубани	Клон сорта Кубанское багряное	–	1/2	1/2
15	Ренет Платона	Клон сорта Ренет Симиренко	–	1/2	1/2
16	Прикубанское	Red Delicious × Opalescent	–	2/2	1/2
17	Памяти есаулу	(Rosemary × Prima) × Кандиль краснодарский	–	1/2	1/2
18	<i>Fuji</i> (к)	Ralls Janet × Red Delicious	–	2/2	1/1



№	Название генотипа	Родительские формы	<i>Rvi6</i>	Наличие аллелей <i>Md-ACS1</i>	Наличие аллелей <i>Md-ACO1</i>
19	Егоровское	Redfree × Papirovka Tetraploid	–	1/2	1/2
20	Солнечное	Клон сорта Celeste	–	1/2	1/2
21	Делишес Марии	Delicious spur × Kidd's Orange Red	–	<b>2/2</b>	1/2
22	Зимнее утро	Liberty × Scarlett	–	1/2	1/2
23	Михсан	Liberty × Golden Delicious	+	1/1	1/2
24	Надежное	Idared × Balcgard 0247 E	+	<b>2/2</b>	1/2
25	Red Delicious King Roat	Клон сорта Red Delicious	–	1/2	<b>1/1</b>
26	Гайто Газданов	Golden Delicious × Liberty	+	1/1	1/2

Примечание: – наличие наиболее значимых для селекции аллелей генов *Md-ACS1* и *Md-ACO1* выделено полужирным шрифтом; «+» – выявлено наличие целевых аллелей генов устойчивости к парше; «–» – не выявлено наличие целевых аллелей генов устойчивости к парше

Возможны два варианта аллеля: *Md-ACS1-2* (655 п.н.) и *Md-ACS1-1* (489 п.н.). Для дальнейшей селекции значительную ценность имеет поиск генотипов, гомозиготных по аллелю 2 гена *Md-ACS1* (вариант *Md-ACS1-2/2*), а также гетерозиготных (*Md-ACS1-1/2*). Данные аллельные сочетания обуславливают высокую и повышенную лежкость плодов; особенно перспективно аллельное сочетание *Md-ACS1-2/2*, выявленное наряду с контрольным сортом *Fuji* у гибридной формы 17/1-7-26 (*Champion* × *Modi*) и сортов Делишес Марии и Надежное. Особенно перспективны для селекции Надежное и 17/1-7-26, обладающие также наличием гена иммунитета к парше *Rvi6* и высокими показателями качества плодов, в том числе яркая интенсивная красная покровная окраска, гармоничный кисло-сладкий вкус, округлая (17/1-7-26) или эффектная округло-коническая форма (Надежное), см. рисунок.



*Сорт Надежное*



*Гибрид 17/1-7-26*

*Генотипы яблони отечественной селекции – носители генов **Md-ACS1-2/2** (высокая лежкость плодов), **Rvi6** (устойчивость к парше)  
Apple genotypes of domestic selection – carriers of the genes **Md-ACS1-2/2** (high shelf life of fruits), **Rvi6** (resistance to scab)*

Изучение аллельного разнообразия яблони по гену *Md-ACO1* (лежкость плодов) выявило наличие двух вариантов аллеля: *Md-ACO1-2* (587 п.н.) и *Md-ACO1-1* (525 п.н.). Большинство образцов (24 среди изученных 26) гетерозиготны, имеют аллельный набор 1/2 по гену *Md-ACO1*, что практически не сказывается на уровне синтеза этилена и соответственно на лёжкости плодов. Гомозиготны по аллелю 1 искомого гена сорт Red Delicious King Roat и контроль Fuji.





**Заключение.** Маркерный отбор по генам *Rvi6*, *Md-ACSI*, *Md-ACO1* позволил пополнить идентифицированный состав генофонда яблони СКФНЦСВВ, а также выделить перспективные для дальнейшей селекции образцы. Выявлены носители гена *Rvi6* устойчивости к парше: Надежное, Михсан, Гайто Газданов и 5 гибридов, большинство из которых созданы с участием *Modi*. Ценное аллельное сочетание *Md-ACO1-1/1* выявлено у сорта Red Delicious King Roat. Согласно полученным данным среди исследуемых образцов наиболее перспективны для включения в селекционный процесс выделенные носители генов *Rvi6*, *Md-ACSI-2/2*: новый сорт яблони зимнего срока созревания Надежное и гибридная форма 17/1-7-26 из семьи *Champion* × *Modi*.

*Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда и Кубанского научного фонда № 22-26-20101, <https://rscf.ru/project/22-26-20101>.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Идентификация генов устойчивости яблони к мучнистой росе *PI1* и *PI2* и парше *Vf* и *Vm* у сортов яблони из коллекций генетических ресурсов крымского полуострова / И. И. Супрун [и др.] // Научные труды Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства. 2015. Т. 7. С. 15–19. [http://kubansad.ru/media/uploads/files/nauchnye\\_trudy\\_skzniisiv/tom\\_7/2.pdf](http://kubansad.ru/media/uploads/files/nauchnye_trudy_skzniisiv/tom_7/2.pdf)
2. Лучшие сорта яблони, созданные во ВНИИСПК для современного садоводства / Е. Н. Седов [и др.] // Современное садоводство. 2021. № 2. С. 1–13. [https://www.doi.org/10.24411/23126701\\_2021\\_0201](https://www.doi.org/10.24411/23126701_2021_0201).
3. Новые сорта яблони для современного садоводства / А. Н. Юшков [и др.] // Актуальные проблемы общества, экономики и права в контексте глобальных вызовов: материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 07 сентября 2022. СПб.: Печатный цех; 2022. С. 135–139. [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_49504968\\_10783822.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_49504968_10783822.pdf).
4. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел, 1999. 606 с.
5. Программа Северо-Кавказского центра по селекции плодовых, ягодных, цветочно-декоративных культур и винограда на период до 2030 года. Краснодар, 2013. 202 с.
6. Савельева Н. Н., Земисов А. С. Успехи селекции яблони колонновидной в ФГБНУ ФНЦ им. И.В. Мичурина // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2020. Т. 7. № 1–2. С. 134–137. <https://www.doi.org/10.24411/2500-0454-2020-11235>.
7. Савельева Н. Н., Лыжин А. С. Маркер-контролируемый скрининг генотипов яблони с иммунитетом к парше // Аграрная наука. 2019. № 3. С. 135–137. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-3-135-137>.
8. Современные методологические аспекты организации селекционного процесса в садоводстве и виноградарстве. Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2012. 569 с.
9. Сорт яблони Крапач – результат новой селекционной методологии / З. А. Козловская [и др.] // Плодоводство. 2020. Т. 32. С. 7–15. [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_46552833\\_35725533.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_46552833_35725533.pdf).
10. Ульяновская Е. В. Летние сорта яблони: Союз, Золотое летнее, Фея, Фортуна // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2020. № 65(5). С. 1–18. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2020-5-65-1-18>.
11. Ускоренное создание иммунных к парше сортов яблони с использованием молекулярно-генетических методов исследования / Е. В. Ульяновская [и др.]. Краснодар, 2011. 55 с.
12. MAS-метод в создании новых сортов яблони в Беларуси / З. А. Козловская [и др.] // Плодоводство и ягодоводство России. 2018. Т. 52. С. 16–20. <https://www.plodovodstvo.com/jour/article/view/334/334>.
13. Murray M. G., Thompson W. F. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA // Nucleic Acids Research. 1980. Vol.10. P. 4321–4325. <https://doi.org/10.1093/nar/8.19.4321>.
14. Saville R., Olivieri L. Integrated management of diseases and insect pests of tree fruit. Cambridge, 2019. 26 p. <https://doi.org/10.1201/9780429266690>.
15. Ten years of VINQUEST: First insight for breeding new apple cultivars with durable apple scab resistance / A. Patocchi et al. // Plant disease. 2020. Vol. 104. No. 8. P. 2074–2081. <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-19-2473-SR>.
16. Comparative transcriptomes analysis of red- and white-fleshed apples in an F1 Population of *Malus sieversii* f. *niedzwetzkyana* crossed with *M. domestica* ‘Fuji’ / N. Wang et al. // PLoS ONE. 2015. Vol. 10(7). P. e0133468. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133468>.



## REFERENCES

1. Identification of genes resistant to powdery mildew P11 and P12 and scab Vf and Vm in apple varieties from collections of genetic resources of the Crimean peninsula / I. I. Suprun et al. *Scientific Works of the North Caucasus Zone Research Institute of Horticulture and Viticulture*. 2015;7:15–19. [http://kubansad.ru/media/uploads/files/nauchnye\\_trudy\\_skzniisiv/tom\\_7/2.pdf](http://kubansad.ru/media/uploads/files/nauchnye_trudy_skzniisiv/tom_7/2.pdf) (In Russ.).
2. The best apple varieties created in VNIISPK for modern gardening / E. N. Sedov et al. *Modern Gardening*. 2021;(2):1–13. [https://www.doi.org/10.24411/23126701\\_2021\\_0201](https://www.doi.org/10.24411/23126701_2021_0201) (In Russ.).
3. New apple varieties for modern gardening / A. N. Yuskov et al. Current problems of society, economy and law in the context of global challenges: Proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference, Moscow, 07 September 2022. St. Petersburg: Printing Shop; 2022. P. 135–139. [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_49504968\\_10783822.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_49504968_10783822.pdf) (In Russ.).
4. Program and methodology for the study of fruit, berry and nut crops. Orel; 1999. 606 p. (In Russ.).
5. Program of the North Caucasus Center for the selection of fruit, berry, flower and ornamental crops and grapes for the period up to 2030. Krasnodar; 2013. 202 p. (In Russ.).
6. Savelyeva N. N., Zemisov A. S. Success of selection of apple colonnade in FSSI “I.V. Michurin FSC”. *Selection and Sorting of Garden Crops*. 2020;7(1–2): 134–137. <https://www.doi.org/10.24411/2500-0454-2020-11235> (In Russ.).
7. Savelieva N. N., Lyzhin A. S. Marker-controlled screening of apple tree genotypes with immunity to scab. *Agrarian Science*. 2019;(3):135–137. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-3-135-137> (In Russ.).
8. Modern methodological aspects of the organization of the selection process in horticulture and viticulture. Krasnodar: SKZNIISiV; 2012. 569 p. (In Russ.).
9. The variety of apple Krapach is the result of the new breeding methodology / Z. A. Kozlovskaya et al. *Fruit-growing*. 2020;32:7–15. [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_46552833\\_35725533.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_46552833_35725533.pdf) (In Russ.).
10. Ulyanovskaya E.V. Summer apple varieties: Soyuz, Zolotoye letnee, Feya, Fortuna. *Fruit and Viticulture of the South of Russia*. 2020;65(5):1–18. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2020-5-65-1-18> (In Russ.).
11. Accelerated creation of immune varieties of apple trees with the use of molecular-genetic research methods / E.V. Ulyanovskaya et al. Krasnodar; 2011. 55 p. (In Russ.).
12. MAS-method in the creation of new apple varieties in Belarus / Z. A. Kozlovskaya et al. *Fruit and Berry Growing in Russia*. 2018;52:16–20. <https://www.plodovodstvo.com/jour/article/view/334/334> (In Russ.).
13. Murray M. G., Thompson W. F. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA. *Nucleic Acids Research*. 1980;10:4321–4325. <https://doi.org/10.1093/nar/8.19.4321>.
14. Saville R., Olivieri L. Integrated management of diseases and insect pests of tree fruit. Cambridge; 2019. 26 p. <https://doi.org/10.1201/9780429266690>.
15. Ten years of VINQUEST: First insight for breeding new apple cultivars with durable apple scab resistance / A. Patocchi et al. *Plant Disease*. 2020;104(8): 2074–2081. <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-19-2473-SR>.
16. Comparative transcriptomes analysis of red- and white-fleshed apples in an F1 Population of *Malus sieversii* f. *niedzwetzkyana* crossed with *M. domestica* ‘Fuji’ / N. Wang et al. *PLoS ONE*. 2015;10(7):e0133468. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133468>.

Статья поступила в редакцию 21.11.2023; одобрена после рецензирования 20.12.2023; принята к публикации 26.12.2023.

The article was submitted 21.11.2023; approved after reviewing 20.12.2023; accepted for publication 26.12.2023.

