

УДК 581.1: 581.19:58.02
EDN MDXALI

ОРИГИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Изучение морозостойкости сортов и форм колонновидной яблони в Крыму

Усков М.К.✉

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, г. Ялта, Республика Крым, Россия

✉m0992497215@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены результаты определения морозостойкости в контролируемых условиях с помощью метода моделирования отрицательных температур зимнего периода в климатической камере. Исследования проводились на базе лаборатории селекции и сортоизучения отдела плодовых культур отделения «Крымская опытная станция садоводства» ФГБУН «НБС-ННЦ». Объектами исследований служили генеративные органы колонновидных сортообразцов яблони селекции Никитского ботанического сада и Крымской опытной станции садоводства, В.В. Кичины, М.В. Качалкина. По результатам промораживания установлено, что в начале зимнего периода образцы имеют большую устойчивость к морозу, чем в конце зимы. Больше всего морозом повреждаются генеративные органы после оттепелей. В результате проведенных исследований был выделен образец с наибольшим количеством живых почек после мартовского промораживания – А-320 (50,3 %). Данная селекционная форма представляет интерес для дальнейшего исследования на признак устойчивости к возвратным весенним заморозкам. Необходимо отметить, что исследование морозостойкости сортов и селекционных форм является непрерывным процессом. По результатам селекции постоянно появляются новые, неизученные в должной степени образцы, происходит изменение климата, вследствие чего необходимо актуализировать имеющиеся данные. Исследование позволяет учитывать поведение сортов во время заморозков при первичном программировании урожая плодов колонновидной яблони, необходимости прореживания цветков. В перспективе будет возможен подбор посадочного материала для выращивания плодов колонновидной яблони по наименее ресурсо- и трудозатратной технологии, что позволит получать стабильный высокий урожай плодов в условиях предгорной зоны Крыма с наивысшей рентабельностью.

Ключевые слова: морозостойкость; зимостойкость; адаптивность; селекция; яблоня колонновидная.

Для цитирования: Усков М.К. Изучение морозостойкости сортов и форм колонновидной яблони в Крыму // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2024;26(4):362-366. EDN MDXALI.

ORIGINAL RESEARCH

Study of frost resistance of varieties and forms of columnar apple trees in Crimea

Uskov M.K.✉

Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center of the RAS, Yalta, Republic of Crimea, Russian Federation

✉m0992497215@yandex.ru

Abstract. The article presents the results of determining frost resistance under controlled conditions using the method of modeling negative temperatures of winter period in a climatic chamber. The research was carried out on the basis of the Laboratory of Breeding and Varietal Study of the Department of Fruit Crops of the FSBSI Nikitsky Botanical Garden — National Scientific Center of the RAS, Department of the Crimean Experimental Horticulture Station. The objects of research were generative organs of columnar apple cultivars bred in the Crimean Experimental Horticulture Station, Nikitsky Botanical Garden, by V.V. Kichina, M.V. Kachalkin. According to the results of freezing, it is found that at the beginning of winter period, the samples have greater resistance to frost than at the end of winter. Generative organs are the most damaged by frost after thaws. As a result of the conducted studies, the sample with the largest number of germinating buds after March freezing was isolated – A-320 (50.3%). This breeding form is of interest for further research on resistance to recurring spring frosts. It should be noted that the study of frost resistance of varieties and breeding forms is a continuous process. According to the results of breeding, new unexplored samples are constantly appearing, climate change is taking place, as a result of which it is necessary to update the data available. The study will allow taking into account the behavior of varieties during frosts when providing primary harvest programming of the columnar apple fruits, and the necessity of thinning flowers. In future, it will be possible to select planting material for growing columnar apple fruits using the least resource- and labor-intensive technology, which will allow obtaining stable high yields of fruits in the conditions of the Piedmont zone of Crimea with the highest profitability.

Key words: frost resistance; winter hardiness; adaptability; breeding; columnar apple tree.

For citation: Uskov M.K. Study of frost resistance of varieties and forms of columnar apple trees in Crimea. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2024;26(4):362-366. EDN MDXALI (in Russian).

Введение

Зимостойкость – один из основных показателей адаптивности сорта культуры. Зимостойкость включает в себя устойчивость к ранним зимним и сильным, а также морозам после оттепелей. В Крыму наиболее опасными являются морозы после оттепелей, так как климат региона характеризуется теплой и мягкой зимой. Исследования морозостойкости плодовых культур

в целом отражены во многих работах. Следует отметить, что изучение сортовых особенностей морозостойкости, равно как и селекционную работу по выведению новых сортов необходимо проводить постоянно. Причинами являются изменение климатических условий, вкусовых предпочтений населения, интенсификация технологии возделывания культуры [1–6].

Наряду с сильными морозами в период покоя значительную опасность для плодовых насаждений представляют резкие понижения температуры в период

начала вегетации. Последствием воздействия этого фактора во время цветения или завязывания плодов является существенное снижение урожайности [7–8].

Степень повреждения плодовых почек в зимы с сильными морозами и весенними заморозками зависит также от ряда причин (порода, сорт, длительность отрицательных температур, фаза морфогенеза). Разную степень устойчивости плодовых и ростовых почек к отрицательным температурам можно объяснить разной продолжительностью периода покоя. Процессы дифференциации раньше всего начинаются именно в плодовых почках [9].

Значительное повреждение генеративных органов яблони возвратными заморозками заставляет задуматься о необходимости подбора сортов, устойчивых к этому явлению. На территории Крыма весенние возвратные заморозки на протяжении последних пятидесяти лет наблюдаются стабильно в течение 5–6 лет из 10 [10–11].

Борьба с повреждением генеративных органов включает в себя профилактические и прямые способы. К профилактическим способам борьбы относятся подбор пород сортов и рациональное их размещение со строгим учетом микроклимата (в условиях пересеченного рельефа). Наиболее рационально использовать профилактический способ защиты [12–13].

Для правильного подбора сортов и селекционных форм с рациональным размещением на площади для защиты от повреждения цветковых почек необходимо их изучение. В том числе изучение морозостойкости данных объектов. Изучение морозостойкости возможно несколькими методами – полевым и промораживанием. Также возможна оценка по косвенным данным, а именно таким биохимическим показателям, как изменение содержания связанной формы воды, пролина и сахарозы при воздействии низкой критической температуры [14–15].

Возможны такие методы исследования морозостойкости, как: спектральный метод (содержание малонового диальдегида, антоцианов, халконов); активность пероксидазы с использованием спектрофотометра; метод капиллярного электрофореза (содержание аскорбиновой кислоты); иерархий [16–20].

Для повышения точности визуального анализа повреждений после промораживания можно использовать компьютерные методы оценивания материала (машинное зрение, результаты сканирования) с помощью различных программ [21].

Таким образом, необходимо исследовать устойчивость сортов и селекционных форм яблони к абиотическим стрессорам для их размещения в наилучших для условий внешней среды.

Цель исследования – определить перспективные гибридные формы и сорта колонновидной яблони по признаку морозостойкости для дальнейшего использования в селекционном процессе и промышленном производстве.

Методика и материалы исследований

Исследования проводили в 2020–2022 гг. на базе отделения «Крымская опытная станция садовод-

ства» ФГБУН «НБС-ННЦ».

Климат Крыма характеризуется мягкой зимой, в связи с чем необходимо исследование морозостойкости в лабораторных условиях. Безморозный период составляет в среднем около 170 дней. Климат сухостепной, с мягкой малоснежной зимой и жарким, продолжительным летом. Средняя температура воздуха наиболее теплого периода по наблюдениям метеопоста отделения приходится на июль-август (20,5–21,3 °С), наиболее холодного – на январь (2,4 °С). Абсолютные низкие температуры января не превышают –12,9 °С, максимальные (июль) – +35,5 °С. В это время восточные ветры приносят суховеи, атмосферные засухи. Среднегодовой уровень осадков – 453 мм.

Отбирались генеративные органы сортов и гибридных форм яблони с колонновидной формой кроны одновременно. Почки находились на однолетних побегах, различных типах плодовых образований (кольчатки, плодушки). Один вариант для промораживания насчитывал 300 шт. генеративных почек. Учеты крахмала и сахара не проводились. Повреждение коры древесины плодовых образований после промораживания практически не наблюдалось в исследуемые годы, что свидетельствует о хорошей устойчивости данных сортов и гибридных форм к климатическим условиям предгорного Крыма по данному показателю морозостойкости.

Искусственное промораживание выполняли в климатической камере по методике М.М. Тюриной, Г.А. Гоголевой [22]. Скорость снижения температуры и оттаивания составляла 5 °С/ч, экспозиция промораживания – 8 ч, минимальная температура –27 °С. Объектами исследований служили генеративные органы (почки) колонновидных сортообразцов яблони селекции Крымской опытной станции садоводства и Никитского ботанического сада, а также В.В. Кичины, М.В. Качалкина. Образцы произрастают на подвое ММ-106 по схеме (2,5+0,5) × 0,5 м (13333 дер./га). В качестве контроля использовался сорт Фаворит (рис. 1). Данный сорт включен в Госреестр по Северо-Кавказскому (6) региону.



Рис. 1. Сорт колонновидной яблони 'Фаворит'
Fig. 1. A variety of columnar apple tree 'Favorit'

Учеты и наблюдения проводили с использованием Программы и методики сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур [23]. Статистическая обработка результатов проведена по методике полевого опыта Б.А. Доспехова [24] с применением программ Статистика-10 и Microsoft Office [25].

Результаты и их обсуждение

В условиях мягкой зимы предгорной зоны Крыма достаточно часто необходимо моделировать более низкие температуры воздуха для определения пределов зимо- и морозостойкости генотипов яблони. Вследствие того, что в некоторые годы имеют место холодные зимы, а также учащаются ранневесенние заморозки, возникает необходимость в закладке новых садов с использованием сортов, устойчивых к этим неблагоприятным условиям. Это является ключевым условием для обеспечения ежегодной стабильной урожайности.

Анализируя данные, полученные при промораживании генеративных почек в лабораторных условиях, выявлено, что у сортов осеннего срока созревания процент живых почек варьировал от 26,3 % (А-397) до 60,3 % (50-3-08). При повторном промораживании у данной группы сортов процент живых плодовых почек изменялся от 23,3 % (А-397) до 53,7 % (Вожак). Анализ третьего промораживания в марте показал, что степень неповрежденных почек составила от 20,7 % (А-397) до 50,3 % (А-320) (табл.).

На основании выполненной работы определено, что морозостойкость изменялась по мере дифференциации цветочных почек. Наиболее высокой морозоустойчивостью генеративные почки сортов и форм всех сроков созревания отличались в начальный период зимовки (в фазу формирования материнских клеток пыльцы). Кроме того, выявлено, что различия морозостойкости растений в одной и той же фазе развития цветковых почек являются биологической особенностью сорта. На основании полученных данных можно выделить образцы, которые на всех этапах промораживания проявили высокую сохраняемость генеративных почек: А-320, 18-9-20-1 (Ноктюрн) (рис. 2), 50-3-08, 69-2-08, Арбат, превзойдя по данному показателю контроль.

Также учитывались данные визуального определения побурения подпочечной ткани генеративных почек яблони после промораживания (рис. 3). По результатам многолетних наблюдений (2020–2022 гг.) единичные повреждения испытывала гибридная форма А-397, что составило 5,26 % исследуемых сортов и форм, а остальные образцы (94,74 %) показали повреждение на 0 баллов (в т.ч. контроль).

Таблица. Повреждение генеративных почек сортов и гибридных форм при промораживании, %

Table. Damage to generative buds of varieties and hybrid forms during freezing, %

Сорт, гибридная форма	Живые генеративные почки, %					
	январь, -27 °С		февраль, -27 °С		март, -27 °С	
	Хср.± mx*	V, %	Хср.± mx*	V, %	Хср.± mx*	V, %
Фаворит (контроль)	33,0±34,0	35,9	31,3±33,7	33,4	28,0±34,0	44,1
А-320	57,3±4,7	12,3	53,7±7,3	30,5	50,3±17,7	13,6
А-321	45,7±18,3	24,4	50,3±13,7	27,3	44,3±20,7	25,0
А-397	26,3±29,7	29,4	23,3±28,7	25,7	20,7±28,3	36,7
Арбат	46,7±5,3	10,4	50,3±6,7	36,4	37,0±29	8,9
Белоснежка	47,7±21,3	28,8	44,0±24,0	34,5	33,7±31,3	34,0
Вожак	35,3±20,7	30,3	51,3±14,7	29,6	32,0±26,0	14,6
Валюта	46,3±16,7	24,4	41,0±21,0	33,1	30,0±32	19,6
Джин	47,3±7,7	13,4	35,0±17,0	18,5	29,0±17	6,3
КВ-101	33,0±26,0	28,4	44,7±10,3	32,2	37,0±27	28,7
КВ-103	39,0±32,0	37,7	44,3±16,7	25,3	30,0±25	42,6
КВ-15-9	58,0±11,0	35,4	41,3±25,7	28,5	37,7±23,3	34,0
КВ-8	40,7±16,3	26,0	38,3±13,7	37,0	29,3±36,7	30,1
Останкино	41,3±18,7	24,5	37,7±17,3	18,8	30,0±17	30,4
Пионер	47,3±11,7	17,1	37,3±17,7	22,5	32,0±21	21,2
18-9-20-1 (Ноктюрн)	56,0±15,0	39,4	47,3±22,7	33,8	41,7±20,3	38,1
18-9-20-3	54,0±14,0	32,9	40,0±16,0	17,1	31,7±12,3	26,4
50-3-08	60,3±9,7	34,5	45,3±22,7	31,0	41,7±23,3	32,6
69-2-08	56,0±14,0	22,5	50,0±17,0	31,3	36,3±27,7	25,9

Примечание: * - отклонение максимального значения от среднего значения; Хср. – среднее значение, mx – максимальное значение; V – коэффициент вариации



Рис. 2. Селекционная форма колонновидной яблони 18-9-20-1 (Ноктюрн)

Fig. 2. Breeding form of the columnar apple tree 18-9-20-1 ('Nocturn')

Выводы

В зависимости от этапа органогенеза генеративных органов колонновидной яблони изменяется их морозостойкость. Лучшие результаты по морозо-



Рис. 3. Дифференциация сортов и форм по группам морозоустойчивости подпочечной ткани генеративных почек колонновидной яблони после промораживания

Fig. 3. Differentiation of varieties and forms by groups of frost resistance of tissue below the generative buds of columnar apple trees after freezing

стойкости отмечены в январе, худшие – в марте. На всех этапах промораживания проявили высокую сохраняемость генеративных почек такие образцы, как А-320, 18-9-20-1 (Ноктюрн), 50-3-08, 69-2-08, Арбат, превзойдя по данному показателю контроль. После мартовского промораживания лучше всего себя показал образец А-320 – 50,3 % живых генеративных почек, у контроля – 20,0 %.

Источник финансирования

Исследования выполнены в рамках государственного задания № 0829-2019-0026.

Financing source

The research was conducted under public assignment No. 0829-2019-0026.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы

- Земисов А.С., Савельева Н.Н., Юшков А.Н., Чивилев В.В., Борзых Н.В. Устойчивость гибридов колонновидной яблони к низким температурам в осенне-зимний период // Плодоводство и ягодоводство России. 2020;63:70-76. DOI 10.31676/2073-4948-2020-63-70-76.
- Седов Е.Н., Седышева Г.А., Макаркина М.А., Левгерова Н.С., Серова З.М., Корнеева С.А., Горбачева Н.Г., Салина Е.С., Янчук Т.В., Пикунова А.В., Ожерельева З.Е. Инновации в изменении генома яблони. Новые перспективы в селекции. Орел: Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур. 2015:1-336.
- Красова Н.Г., Ожерельева З.Е., Галашева А.М. Реализация генетического потенциала морозостойкости у гибридов яблони разной ploidy // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017;21(2):214-221. DOI 10.18699/VJ17.239.
- Ожерельева З.Е., Корнеева С.А., Седов Е.Н. Изучение зимостойкости новых колонновидных сортов яблони селекции Всероссийского НИИ селекции плодовых культур // Плодоводство. 2022;25:335-340.
- Ожерельева З.Е., Прудников П.С. Исследования физиологии устойчивости плодовых растений во ВНИИСПК // Садоводство и виноградарство. 2015;3:29-32.
- Халилов Э.С., Смыков А.В., Челебиев Э.Ф., Усков М.К.

«Магарач». Виноградарство и виноделие 2024:26-4

Степень морозостойкости генеративных почек перспективных селекционных форм яблони в условиях предгорной зоны Крыма // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2021;92:183-189. DOI 10.21515/1999-1703-92-183-189.

- Юшков А.Н., Борзых Н.В., Земисов А.С. Влияние весенних заморозков на генеративные и вегетативные органы яблони // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. 2015;7-2:116-118.
- Шоферистов Е.П., Халилов Э.С., Челебиев Э.Ф., Усков М.К., Усейнов Д.Р., Чакалова Е.А. Влияние метеорологических факторов на продуктивность яблони в условиях Предгорной зоны Крыма // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2021;23(2):153-158. DOI 10.35547/IM.2021.23.2.008.
- Сотник А.И., Танкевич В.В., Бабина Р.Д. Влияние экстремальных погодных условий на зимостойкость плодовых культур в Крыму // Плодоводство. 2022;28:294-300.
- Балыкина Е.Б. Теоретические и экологические аспекты формирования энтомоакарокомплекса яблоневое сада // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. 2016;142:12-43.
- Сотник А.И., Бабина Р.Д., Танкевич В.В. Актуальные аспекты развития садоводства в республике Крым // Плодоводство и ягодоводство России. 2017;49:312-315.
- Юрин А.Н., Кострома С.П., Викторovich В.В. Обзор и анализ известных способов защиты плодовых деревьев от весенних заморозков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2022;55:75-81.
- Бурцева К.Е., Айсанов Т.С. Агротехнические мероприятия, направленные на повышение морозоустойчивости и урожайности плодовых деревьев // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. 2016;1(9):496-498.
- Красова Н.Г., Ожерельева З.Е., Голышкина Л.В., Макаркина М.А., Галашева А.М. Зимостойкость сортов яблони. Орел: ВНИИСПК. 2014:1-184.
- Ненько Н.И., Красова Н.Г., Артюх С.Н., Ефимова И.Л., Богданович Т.В., Сергеев Ю.И., Караваева А.В., Киселева Г.К. Морозостойкость яблони различных сроков созревания в условиях Северо-Кавказского региона // Садоводство и виноградарство. 2010;4:40-45.
- Киселева Г.К., Ненько Н.И., Мишко А.Е., Караваева А.В., Ульяновская Е.В. Физиолого-биохимическая оценка морозостойкости сортов яблони после низкотемпературного стресса//Плодоводство и виноградарство Юга России. 2020;65(5):165-178. DOI 10.30679/2219-5335-2020-5-65-165-178.
- Ненько Н.И., Киселева Г.К., Ульяновская Е.В., Караваева А.В., Схалыхо Т.В. Физиолого-биохимические изменения в побегах яблони в зимне-весенний период // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. 2021;31:34-41. DOI 10.30679/2587-9847-2021-31-34-41.
- Ульяновская Е.В., Супрун И.И., Токмаков С.В., Ушакова Я.В. Комплексный подход к отбору ценных генотипов яблони, устойчивых к стрессовым факторам среды // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2014;25(1):11-25.
- Жукова Н.В. Интегральная оценка морозостойкости сортов яблони методом иерархий // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2016;2:26-30.
- Ожерельева З. Е., Галашева А.М., Красова Н.Г. Изучение зимостойкости яблони в контролируемых условиях // Современное садоводство. 2019;4:33-41. DOI 10.24411/2312-6701-2019-10404.
- Юшков А.Н. Селекция плодовых растений на устойчивость к абiotic стрессорам. Мичуринск: Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина. 2019:1-332.
- Ускоренная оценка зимостойкости плодовых и ягодных культур. М.: НИЗИСНП. 1978:1-48.

23. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под общ. ред. Е.Н. Седова. Орел: ВНИИСПК. 1995:1-504.
24. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Альянс. 2014:1-352.
25. Казанцев В.П., Банкрутенко А.В. Полевой опыт и основные методы статистического анализа. Омск: Омский государственный аграрный университет. 2010:1-209.

References

1. Zemisov A.S., Saveleva N.N., Yushkov A.N., Chivilev V.V., Borzykh N.V. Columnar growth habit apple resistance to low temperature at autumn and winter period. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 2020;63:70-76. DOI 10.31676/2073-4948-2020-63-70-76 (*in Russian*).
2. Sedov E.N., Sedysheva G.A., Makarkina M.A., Levgerova N.S., Serova Z.M., Korneeva S.A., Gorbacheva N.G., Salina E.S., Yanchuk T.V., Pikunova A.V., Ozhereleva Z.E. The innovations in apple genome modification opening new prospects in breeding. *Orel: Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding*. 2015:1-336 (*in Russian*).
3. Krasova N.G., Ozherelieva Z.E., Galasheva A.M. Realization of genetic potential of frost hardiness in apple hybrids of different ploidy. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2017;21(2):214-221. DOI 10.18699/VJ17.239 (*in Russian*).
4. Ozherelieva Z.E., Korneeva S.A., Sedov E.N. Winter hardiness study of new columnar apple varieties of the VNIISPК breeding. *Fruit Growing*. 2022;25:335-340 (*in Russian*).
5. Ozherelieva Z.E., Prudnikov P.S. Work results of the laboratory of physiology of fruit plant resistance. *Horticulture and Viticulture*. 2015;3:29-32 (*in Russian*).
6. Khalilov E.S., Smykov A.V., Chelebiyev E.F., Uskov M.K. The degree of frost resistance of generative buds of promising breeding forms of apple trees in the conditions of the foothill zone of the Crimea. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2021;92:183-189. DOI 10.21515/1999-1703-92-183-189 (*in Russian*).
7. Yushkov A.N., Borzykh N.V., Zemisov A.S. The effect of spring frosts on the generative and vegetative organs of apple trees. *Theoretical and Applied Aspects of Modern Science*. 2015;31:116-118 (*in Russian*).
8. Shoferistov E.P., Khalilov E.S., Chelebiyev E.F., Uskov M.K., Useynov D.R., Chakalova E.A. The effect of meteorological factors on apple tree productivity in the Piedmont zone of Crimea. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2021;23(2):153-158 DOI 10.35547/IM.2021.23.2.008 (*in Russian*).
9. Sotnik A.I., Tankevich V.V., Babina R.D. Extreme weather conditions impact on the winter resistance of fruit crops in the Crimea. *Fruit Growing*. 2022;28:1:294-300 (*in Russian*).
10. Balykina E.B. Theoretical and environmental aspects of entomocaro-complex in apple garden. *Collection of Scientific Works of SNBG*. 2016;142:12-43 (*in Russian*).
11. Sotnik A.I., Babina R.D., Tankevich V.V. Actual aspects of horticulture development in the Republic of Crimea. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 2017;49:312-315 (*in Russian*).
12. Yurin A.N., Kostroma S.P., Viktorovich V.V. Review and analysis of known methods for protecting fruit trees from spring frost. *Mechanization and Electrification of Agriculture*. 2022;55:75-81 (*in Russian*).
13. Burtseva K.E., Aysanov T.S. Agrotechnical activities directed on the increase in frost resistance and yield of fruit trees. *Collection of scientific works of the All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Breeding*. 2016;1(9):496-498 (*in Russian*).
14. Krasova N.G., Ozherelieva Z.E., Golyshkina L.V., Makarkina M.A., Galasheva A.M. Winter hardiness of apple varieties. *Oryol: VNIISPК*. 2014:1-184 (*in Russian*).
15. Nenko N.I., Krasova N.G., Artyukh S.N., Efimova I.L., Bogdanovich T.V., Sergeev Yu.I., Karavaeva A.V., Kiseleva G.K. Frost resistance of apple trees of various maturation periods in the conditions of the North Caucasus region. *Horticulture and Viticulture*. 2010;4:40-45 (*in Russian*).
16. Kiseleva G.K., Nenko N.I., Mishko A.E., Karavaeva A.V., Ulyanovskaya E.V. Physiological and biochemical evaluation of frost resistance of apple varieties after low-temperature stress. *Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2020;65(5):165-178. DOI 10.30679/2219-5335-2020-5-65-165-178 (*in Russian*).
17. Nenko N.I., Kiseleva G.K., Ulyanovskaya E.V., Karavaeva A.V., Skhalyakho T.V. Physiological and biochemical changes in apple shoots in the winter-spring period. *Scientific Works of the North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Winemaking*. 2021;31:34-41 DOI 10.30679/2587-9847-2021-31-34-41 (*in Russian*).
18. Ulyanovskaya E.V., Suprun I.I., Tokmakov S.V., Ushakova Ya.V. Complex approach to selection of valuable apple's genotypes steady to stress environmental factors. *Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2014;25(1):11-25 (*in Russian*).
19. Zhukova N.V. Integral assessment of apple cultivars frost resistance by a hierarchical method. *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2016;2:26-30 (*in Russian*).
20. Ozherelieva Z.E., Galasheva A.M., Krasova N.G. Study of apple winter hardiness under controlled conditions. *Contemporary Horticulture*. 2019;4:33-41 DOI 10.24411/2312-6701-2019-10404 (*in Russian*).
21. Yushkov A.N. Breeding of fruit plants on sustainability to abiotic stressors. *Michurinsk: I.V. Michurin FSC*. 2019:1-332 (*in Russian*).
22. Accelerated assessment of winter hardiness of fruit and berry crops. M.: VASHNIL. 1978:1-48 (*in Russian*).
23. Program and methodology of breeding fruit, berry and nut crops. Under the general editorship of E.N. Sedov. *Orel: VNIISPК*. 1995:1-504 (*in Russian*).
24. Dospekhov B.A. Methodology of field experience with the basics of statistical processing of research results. M.: Alliance. 2014:1-352 (*in Russian*).
25. Kazantsev V.P., Bankrutenko A.V. Field experiment and main methods of statistical analysis. *Omsk: OmSAU*. 2010:1-209 (*in Russian*).

Информация об авторе

Максим Константинович Усков, мл. науч. сотр. лаборатории селекции и сортоизучения Института садоводства Крыма; e-мэйл: m0992497215@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6228-4094>.

Information about the author

Maksim K. Uskov, Junior Staff Scientist, Laboratory of Breeding and Varietal Study, Institute of Horticulture of Crimea; e-mail: m0992497215@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6228-4094>.

Статья поступила в редакцию 08.07.2024, одобрена после рецензии 13.11.2024, принята к публикации 20.11.2024.