

УДК 634.25: 664.8.038

UDC 634.22: 664.8.038

DOI 10.30679/2219-5335-2023-4-82-219-231

DOI 10.30679/2219-5335-2023-4-82-219-231

**ФОРМИРОВАНИЕ  
МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА  
ПЛОДОВ ЯБЛОНИ  
В ПЕРИОД ВЕГЕТАЦИИ**

**THE FORMATION  
OF THE MINERAL COMPOSITION  
OF THE FRUITS OF THE APPLE TREE  
DURING THE GROWING SEASON**

Причко Татьяна Григорьевна  
д-р с.-х. наук, профессор  
заведующая лабораторией хранения  
и переработки плодов и ягод  
e-mail: prichko@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-5153-8482>

Prichko Tatyana Grigorievna  
Dr. Sci. Agr., Professor  
Head of Laboratory of Storage  
and Processing of Fruits and Berries  
e-mail: prichko@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-5153-8482>

Смелик Татьяна Леонидовна  
младший научный сотрудник  
лаборатории хранения  
и переработки плодов и ягод  
<https://orcid.org/0000-0001-6383-2224>

Smelik Tatyana Leonidovna  
Junior Research Associate  
of Laboratory of Storage  
and Processing of Fruits and Berries  
<https://orcid.org/0000-0001-6383-2224>

*Федеральное государственное  
бюджетное научное учреждение  
«Северо-Кавказский федеральный  
научный центр садоводства,  
виноградарства, виноделия»,  
Краснодар, Россия*

*Federal State Budgetary  
Scientific Institution  
«North Caucasian Federal  
Scientific Center of Horticulture,  
Viticulture, Winemaking»,  
Krasnodar, Russia*

Потенциал лежкости плодов, в основе которого лежит сорт, формируется из отдельных показателей, в том числе минерального состава плодов, оптимальное количество которого обеспечивает образование защитных свойств на кожице и мякоти, что способствует длительному хранению плодов в холодильных камерах. Поэтому, изучение минерального состава в разные фазы развития плода является актуальным. В связи с этим, целью наших исследований является установить лежкоспособные свойства яблок в зависимости от уровня накопления минеральных веществ. Погода периода вегетации является одним из важнейших факторов, влияющих на накопление минеральных веществ в плодах и на их лежкость. В результате проведенных исследований изучены закономерности

The fruit storability, which is based on the variety, is formed from individual indicators, including the mineral composition of the fruit, the optimal amount of which ensures the formation of protective properties on the skin and pulp, which contributes to the long-term storage of fruits in cold storage chambers. Therefore, the study of mineral composition in different phases of fruit development is relevant. In this regard, the research aim is to establish the storability of apples depending on the level of accumulation of minerals. The weather of the growing season is one of the most important factors affecting the accumulation of minerals in fruits and their storability. As a result of the conducted research, the regularities of the formation of the mineral composition of apples during the growing season have

формирования минерального состава яблок в период вегетации; установлены оптимальные уровни содержания кальция, калия, магния, фосфора в разные фазы развития плодов; определены закономерности развития физиологических заболеваний при хранении плодов, обусловленные минеральным составом яблок. Показанные оптимальные уровни содержания элементов питания в определенную фазу развития растений позволяют корректировать запланированные некорневые подкормки для достижения заданных уровней минерального состава. Ранний прогноз развития физиологических заболеваний плодов по недостатку или несбалансированности минерального состава позволяет снизить потери при хранении на 5-7 %. Установлено, что для основного сортимента яблок, произрастающих в условиях Краснодарского края, оптимальным, в зависимости от сортовых особенностей, в съемной зрелости является следующее содержание макроэлементов: 8,0-12,0 мг/100 г кальция; 80,0-120,0 мг/100 г калия, 6,0-9,0 мг/100 г магния, что обеспечивает наибольшую устойчивость к болезням и максимальную длительность хранения.

*Ключевые слова:* ПЛОДЫ ЯБЛОНИ, ФАЗЫ РАЗВИТИЯ, МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ, ХРАНЕНИЕ

been studied; optimal levels of calcium, potassium, magnesium, phosphorus in different phases of fruit development have been established; patterns of the development of physiological diseases during fruit storage due to the mineral composition of apples have been established. The established optimal levels of the content of nutrients in a certain phase of plant development allow to adjust the planned topdressing to achieve the specified levels of mineral composition. An early prognosis of the development of physiological diseases of fruits due to a lack or imbalance of the mineral composition allows to reduce storage losses by 5-7%. It was found that for the main assortment of apples growing in the conditions of the Krasnodar region, the following macronutrient content is optimal, depending on varietal characteristics in removable maturity: 8.0-12.0 mg/100 g of calcium; 80.0-120.0 mg/100 g of potassium, 6.0-9.0 mg/100 g of magnesium, that provides the greatest resistance to diseases and the maximum duration of storage.

*Key words:* APPLE FRUITS, DEVELOPMENT PHASES, MINERAL COMPOSITION, STORAGE

**Введение.** Первоочередной задачей, стоящей перед садоводческими хозяйствами, является получение и сохранение качественного урожая плодов, для получения которого необходимы многие факторы: генотипические особенности сорта, агротехнические приемы, лежкоспособные свойства плодов и т.д. Потенциал лежкости плодов формируется из отдельных показателей, в том числе минерального состава. В настоящее время для оптимизации минерального состава яблок и повышения устойчивости к заболеваниям рекомендуются некорневые обработки в период вегетации различными препаратами, которые проводятся с учетом обеспеченности плодов минеральными веществами в различные фазы их развития [1-12].

Обзор значения отдельных элементов питания, получаемого с некорневыми подкормками, показывает, что для нормального развития и роста плодов необходимы многие макро- и микроэлементы. Отсутствие любого элемента питания может нарушить развитие плода и предшествовать его физиологическим заболеваниям при хранении [13-19]. Поэтому нами проводилась работа по выявлению нехватки минерального питания плодов в период роста для дальнейших рекомендаций по проведению некорневых обработок в период вегетации, для улучшения товарных качеств при созревании, хранении.

Цель исследований – изучение формирования минерального состава плодов яблони в период вегетации.

**Объекты и методы исследований.** Объектами исследований являлись плоды яблони сортов Айдаред, Багрянец Кубани, Ренет Симиренко, Гренни Смит, Голден Рейнджерс, Фуджи выращенные в условиях юга России.

В процессе созревания в плодах яблони определяли содержание макроэлементов (методом капиллярного электрофореза, система «Капель 104РТ» НПФ Люмекс, Россия).

**Обсуждение результатов.** Потенциал лежкости плодов формируется из отдельных показателей, в том числе минерального состава. Механизм повреждения плодов различными видами функциональных заболеваний, к которым в первую очередь относятся горькая ямчатость, загар, состоит в том, что при дисбалансе минеральных веществ в плодах клеточные мембраны подвергаются преждевременному разрушению.

Нормальное обеспечение плодов калием способствует улучшению качества и лежкости плодов. Калий уменьшает отрицательное действие азота, но в избыточных количествах снижает и усвояемость кальция, что приводит к нарушению оптимального минерального баланса в плодах.




Необходимое количество кальция в плодах яблони повышает устойчивость яблок к развитию горькой ямчатости – физиологическому заболеванию, при котором на плодах появляются округлые, углубленные пятна диаметром до 5 мм с появлением опробковевшей мякоти, которая приобретает горький вкус. Опасность поражения подкожной пятнистостью усиливается при нерегулярном водообеспечивании деревьев, так как нарушается поступление кальция в плоды, а избыток калийных удобрений и внесение солей магния увеличивают поражаемость плодов.

Накопление азота в плодах до предельных концентраций повышает качество плодов, но высокое содержание приводит к повышенному содержанию хлорофилла, снижению синтеза антоцианов, уменьшая степень покровной окраски. Высокое содержание азота вызывает увеличение размеров плода, и накопление кальция уменьшается, что вызывает поражение горькой ямчатостью.

Плодовая мякоть отдельных сортов яблок (Делишес, Ренет Симиренко и др.) имеет еще до съема плодов стекловидную консистенцию. Развитие стекловидности происходит в результате накопления в межклеточном пространстве многоатомных спиртов. В снижении развития стекловидности положительную роль играет кальций, который связывает и активизирует отдельные ферменты, катализирующие превращение этих спиртов во фруктозу. Поэтому уровень содержания кальция в плодах до их съема может служить прогнозирующим показателем устойчивости плодов к этому заболеванию (табл. 1).

Содержание калия в плодах в сильной степени зависит от содержания его в почве. Почвы Краснодарского края, как правило, бедны калием, так, содержание обменного калия в пахотном слое в сравнении с данными 1998 года снижено на 39-68 % и составляет 150 мг/кг (АО ОПХ «Центральное», г. Краснодар).

Таблица 1 – Физиологическое расстройство плодов яблони при несбалансированном минеральном составе

Физиологическое расстройство плодов яблони		Сорта, подверженные данному заболеванию
Стекловидность		Ренет Симиренко, Глостер, Мантуанское, Флорина, Ред Делишес
Горькая ямчатость		Ред Делишес, Айдаред, Ренет Симиренко, Чемпион
Пухлость		Гала, Лигол

Для более достоверного прогнозирования этого вида заболевания следует учитывать соотношение  $(K+Mg)/Ca$ , которое для многих сортов яблони

ни Кубани не превышает 15,0, что значительно меньше, чем центральной зоне Российской Федерации. Соотношение  $Ca/Mg > 1$ .

Для формирования устойчивости плодов яблони к горькой ямчатости был изучен минеральный состав яблок в разные фазы развития плода, начиная с фазы плод яблók «лещина» и заканчивая съемной стадией зрелости плодов. У большинства изучаемых сортов яблони в начальной стадии формирования плода (плод «лещина» 4-5 мм) содержание калия более 240 мг/100 г, кальция более 40 мг/100 г, магния более 25 мг/100 г. По мере созревания и увеличения плодов происходит уменьшение данных показателей катионов. Для яблок, выращенных в условиях Краснодарского края, на основании многолетних наблюдений, оптимизированы оптимальные нормы содержания минеральных веществ в плодах. Для обеспечения наибольшей устойчивости к физиологическим заболеваниям плодов яблони и максимальной длительности хранения рекомендовано содержание калия – 80-120 мг/100 г, кальция – 8-12 мг/100 г, магния – 6-9 мг/100 г.

В процессе созревания для каждой фазы развития плодов установлены оптимальные значения минеральных веществ, являющиеся основой для корректировки запланированных некорневых подкормок, с целью достижения необходимого уровня содержания катионов в яблоках (рис. 1).

Вопрос управления процессом формирования качества яблок в период вегетации для оптимизации лежкоспособных свойств актуален. Так как выявление недостатка содержания минеральных веществ на ранних стадиях созревания плодов позволяет снизить потери при хранении на 5-7 %.

При исследовании минерального состава сорта Багрянец Кубани, произрастающего в садоводческом хозяйстве Краснодарского края, в период формирования плодов, отмечено в начальной фенологической фазе (май 2022 г) превышение содержания калия (250 мг/100 г), азота (180 мг/100 г), фосфора (26 мг/100 г) и недостаток кальция (30 мг/100 г) и магния (20 мг/100 г) по отношению к минимальной границе предельно допустимых норм содержания минеральных веществ на данный период (рис. 2).

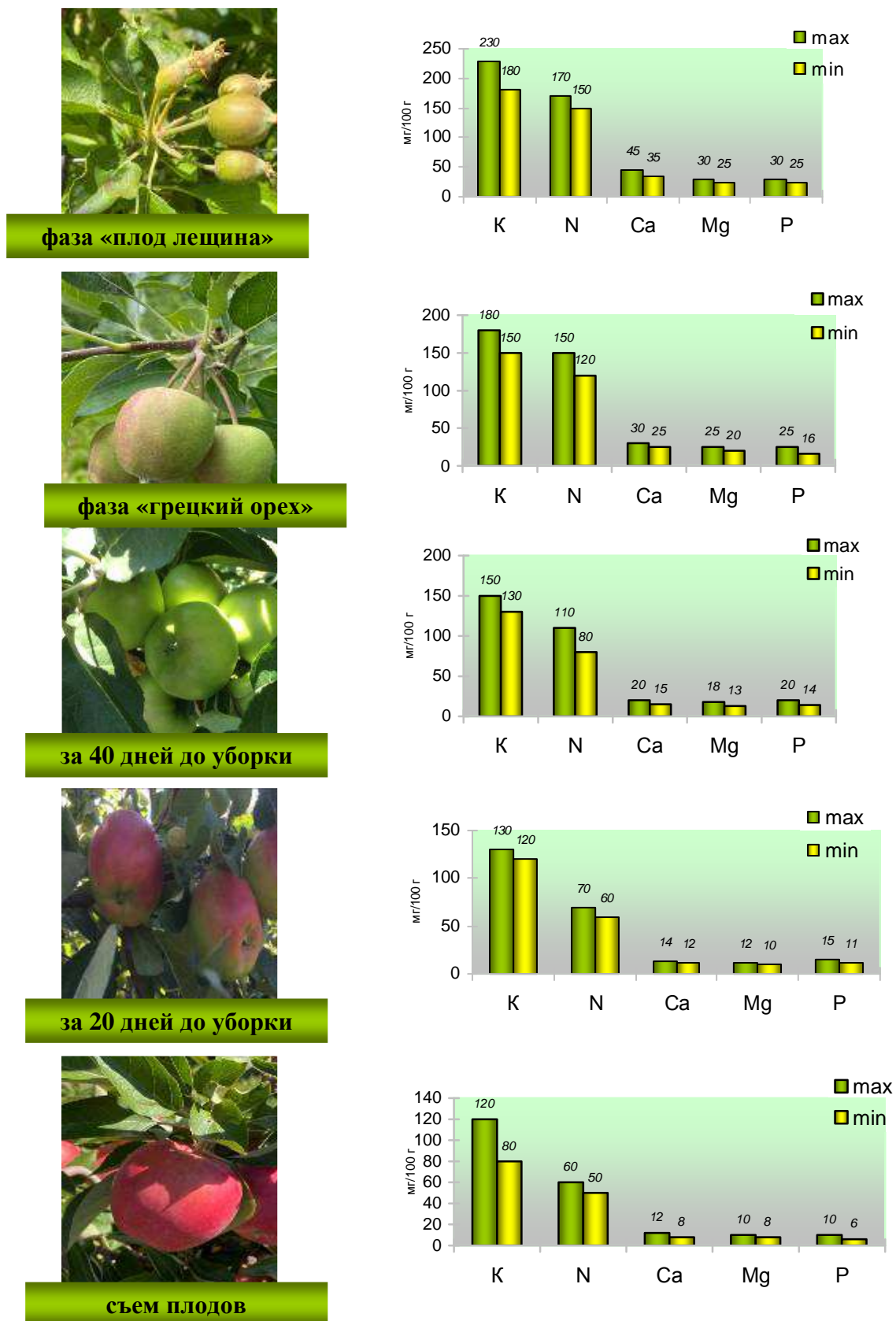


Рис. 1. Содержание минеральных веществ в плодах яблони в разные фазы развития (сорт Фуджи)

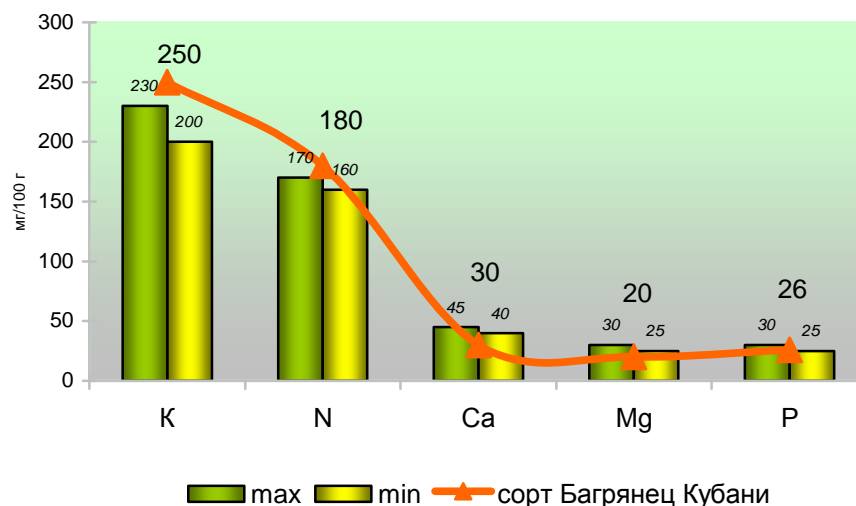


Рис. 2. Содержание минеральных веществ в плодах яблони в фазе «плод лещина», сорт Багрянец Кубани

Степень обеспеченности плодов минеральными веществами показана на рисунке 3. В плодах яблони сорта Багрянец Кубани в фазе развития плода (плод «лещина») отмечено превышение содержания калия, азота, фосфора (на 4-25 %) и недостаток кальция и магния (на 20-25 %). Содержание кальция, магния в плодах на данный период развития низкое, а учитывая, что по мере роста плодов при увеличении массы и размера содержание данных элементов будет еще снижаться, необходимы некорневые подкормки минеральными удобрениями.

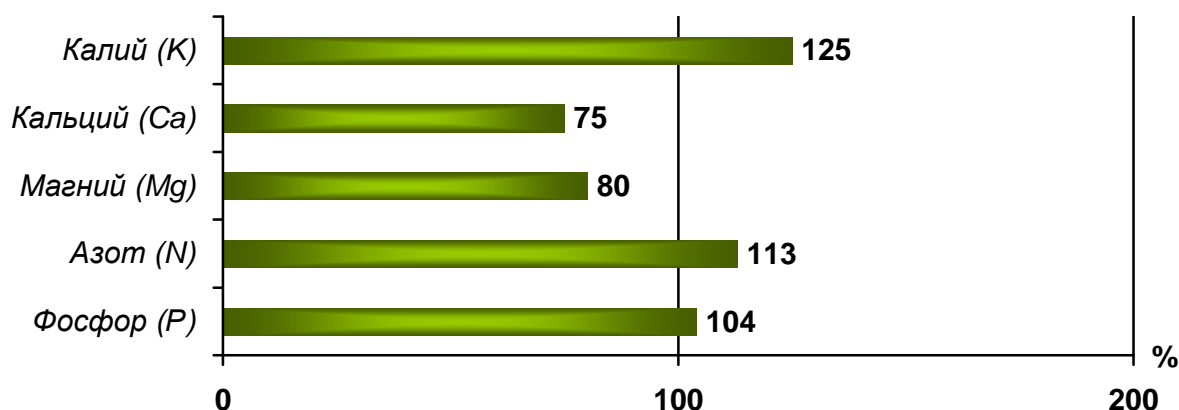


Рис. 3. Степень обеспеченности плодов яблони элементами питания (величины даны в % к нижней границе нормы)



Важным фактором, влияющим на накопление минеральных веществ в плодах, является погода периода вегетации. Негативно на расход макроэлементов в яблоках влияет повышенная солнечная активность с недостаточным увлажнением. В такие годы у ряда сортов (для Краснодарского края у сорта Ренет Симиренко) плоды при хранении поражаются горькой ямчатостью, побурением мякоти.

Весна 2022 года была прохладная. В марте средняя температура воздуха на 0,8 градуса ниже нормы, а осадки составили 87 % от нормы. В апреле средняя температура воздуха была на 2,6 °С выше нормы на фоне низкого уровня осадков. В мае среднемесячная температура – 15,2 °С, средняя температура воздуха на 0,1 °С выше нормы, отмечались обильные осадки (60 % от нормы). Июнь умеренно жаркий с обильными дождевыми осадками. Июль теплый, средняя температура выше нормы на 2,4 °С. Погода в августе умеренно-жаркая. Средняя температура воздуха на 3,3 градуса выше нормы. Осадки составили 23 % от нормы. Средняя температура в сентябре была ниже нормы на 1,2 °С.

На рисунке 4 показано отклонение суммы активных температур в период развития и созревания плодов яблони от средних многолетних.



Рис. 4. Отклонение суммы активных температур ( $t^{\circ}\text{C}$ ) периода вегетации яблонь 2021-2022 годов от средних многолетних показателей

В исследуемые годы зимние сорта яблок (Флорина, Глостер, Ред Де-лишес и др.), закладываемые на хранение, имели недостаток макроэлементов к началу съема плодов. В съемной зрелости уровень содержания кальция был в 0,6-1,2 раза ниже характерного сорту и составлял 6,0-8,3 мг/100 г. Содержание калия, которое по среднемноголетним данным составляло 80-120 мг/100 г, в этом году в исследуемых сортах – 68-78 мг/100 г. В этом году также отмечено понижение содержания магния у многих сортов – на 12-28 %, что в совокупности с низким содержанием кальция плохо отражается на лежкоспособности плодов.

В зависимости от погодных условий в разные годы исследований отмечено изменение содержания макроэлементов в плодах яблони (табл. 2)

Таблица 2 – Закономерности формирования содержания макроэлементов в яблоках по фазам развития (2020-2022 гг.)

Сорт	Фаза развития плода	Варьирование минеральных веществ, мг/100г		
		K <sup>+1</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>
Багрянец Кубани	«плод лещина»	<u>196-232</u> 216	<u>29-38</u> 34	<u>15-18</u> 16
	«грецкий орех»	<u>168- 223</u> 184	<u>20-24</u> 22	<u>8-9</u> 9
	40 дней до съема	<u>121-160</u> 144	<u>11-15</u> 13	<u>6-9</u> 7
	20 дней до съема	<u>100-122</u> 112	<u>7-9</u> 8	<u>5-7</u> 6
	съём	<u>80-112</u> 90	<u>6-8</u> 7	<u>5-7</u> 6

Выявление нехватки минерального питания плодов в период роста для различных сортов яблони значимо при подготовке рекомендаций по проведению некорневых обработок в период вегетации, для улучшения товарных качеств при созревании, хранении.

**Выводы.** Сравнение оптимальных уровней содержания минеральных веществ в период развития и созревания плодов яблони с полученными показателями помогает корректировать агротехнические мероприятия с применением минеральных удобрений для достижения заданных уровней содержания макроэлементов.

Несбалансированность минерального состава плодов яблони позволяет прогнозировать физиологические заболевания плодов до их закладки на длительное хранение, повышая тем самым процент реализуемой высококачественной продукции, способствуя уменьшению потерь при хранении.

### Литература

1. Milošević T., Milošević N., Mladenović J. The influence of organic, organo-mineral and mineral fertilizers on tree growth, yielding, fruit quality and leaf nutrient composition of apple cv. 'Golden Delicious Reinders' // *Scientia Horticulturae*. 2022. Vol. 297. 110978. DOI: 10.1016/j.scienta.2022.110978
2. Методическое и аналитическое обеспечение исследований по садоводству / под ред. Е.А. Егорова [и др.]. Краснодар: СКФНЦСВВ, 2010. 310 с. EDN: PYBRHF. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18921732>
3. Причко Т.Г. Сроки уборки и режимы хранения яблок с учётом сортовых особенностей. Методические рекомендации. Краснодар: ФГБНУ СКФНЦСВВ. 2018. 61 с. EDN: XZQHUT. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35622817>
4. Причко Т.Г., Оплачко Р.А., Германова М.Г. Влияние системы минерального питания на формирование урожая и качество плодов яблони // *Научные труды СКФНЦСВВ*. Т. 31. Краснодар: СКФНЦСВВ, 2021. С. 64-70. DOI: 10.30679/2587-9847-2021-31-64-70. EDN: LDSIIC.
5. Prichko T.G., Ulyanovskaya E.V., Droficheva N.V. Evaluation of biochemical indicators of apple fruits quality for the complex selection of the valuable source material for breeding // *Bio Web of Conferences*. 2020. Vol. 25. 02019. DOI: 10.1051/bioconf/20202502019
6. Saquet A A., Streif J., Domingos P., Almeida F. *Mineral composition* and distribution within 'Rocha' pear in relation to internal storage disorders // *Postharvest Biology and Technology*. 2019. Vol. 158. 111002. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2019.111002
7. Muhammad N., Luo Z. Mengjun L. The underlying molecular mechanisms of external factors influencing *fruit* coloration in *fruit* trees // *Scientia Horticulturae*. 2022. Vol. 309. 111615. DOI: 10.1016/j.scienta.2022.111615
8. Причко Т.Г., Тхамокова И.Х., Смелик Т.Л. Методы управления скоростью протекания биохимических процессов при хранении яблок // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2022. № 5(389). С. 79-82. DOI: 10.26297/0579-3009.2022.5.17. EDN: YQDIPM
9. Бойко В. А., Левченко С. В., Романов А. В., Белаш Д. Ю. Влияние некорневой подкормки на продуктивность плодовых культур в условиях Республики Крым [Электронный ресурс] // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2021. № 68(2). С. 204-214. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/21/02/17.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2021-2-68-204-214 (дата обращения: 13.07.2023).

10. Prichko T.G., Oplachko R. A., Karpushina M.V., et al. Efficiency of a biological growth regulator in the cultivation of branched seedlings // BIO Web of Conferences. 2022. Vol. 47. 08003. DOI: 10.1051/bioconf/20224708003

11. Причко Т.Г., Сергеева Н.Н. Химический состав плодов яблони селекции СКФНЦСВВ в зависимости от применения листовых подкормок [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2021. № 69(3). С. 183-197. Режим доступа: <http://journal.kubansad.ru/pdf/21/03/15.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2021-3-69-183-197. EDN: LLBSCB (дата обращения: 30.06.2023).

12. Yildizhan H., Taki M., Gorjian S. Renewable Energy Utilization in Apple Production Process: a Thermodynamic Approach // Sustainable Energy Technologies and Assessments. 2020. Vol. 43. 100956. DOI: 10.1016/j.seta.2020.100956

13. Afonso de Macedo T., Santos da Silva P., Andrea de Rossi Productivity and quality of 'Fuji Suprema' *apple fruit* in different rootstocks and *growing* conditions // Scientia Horticulturae. 2019. Vol. 256. 108651. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.108651

14. Carlos Argenta L., Vidal Talamini do Amarante C., P. Mattheis J *ruit* quality of 'Gala' and 'Fuji' *apples* cultivated under different environmental conditions // Scientia Horticulturae. 2022. Vol. 303. 111195. DOI: 10.1016/j.scienta.2022.111195

15. Boini A., Manfrini L., Morandi B Monitoring *fruit* daily growth indicates the onset of mild drought stress in *apple* // Scientia Horticulturae. 2019. Vol. 256. 108520. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.05.047

16. V.T. do Amarante C., Paulo G. Silveira J., Miqueloto A. Post-bloom and preharvest treatment of 'Braeburn' *apple* trees with prohexadione-calcium and GA4+7 affects vegetative growth and postharvest incidence of calcium-related physiological disorders and decay in the *fruit* // Scientia Horticulturae. 2019. Vol. 261 108919. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.108919

17. Treder W., Klankowski K., Kowalczyk W. *Apple* leaf macro- and micronutrient content as affected by soil treatments with fertilizers and microorganisms // Scientia Horticulturae. 2022. Vol. 297. 110975. DOI: 10.1016/j.scienta.2022.110975

## References

1. Milošević T., Milošević N., Mladenović J. The influence of organic, organo-mineral and mineral fertilizers on tree growth, yielding, fruit quality and leaf nutrient *composition* of *apple* cv. 'Golden Delicious Reinders' // Scientia Horticulturae. 2022. Vol. 297. 110978. DOI: 10.1016/j.scienta.2022.110978

2. Methodological and analytical support of research on gardening / Edited by E.A. Egorov et al. Krasnodar: NCF SCHVW, 2010. 310 p. EDN: PYBRHF. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18921732> (in Russian)

3. Prichko T.G. Dressing deadlines and storage modes of apples taking into account varietal features. Guidelines. Krasnodar: NCF SCHVW, 2018. 61 p. EDN: XZQHUT <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35622817> (in Russian)

4. Prichko T. G., Oplachko R.A., Germanova M.G. Influence of inorganic nutrition system on the formation of yield and quality of apple fruits // Scientific works of NCF SCHVW. 2021. Vol. 31. P. 64-70. DOI: 10.30679/2587-9847-2021-31-64-70. EDN: LDSIIC (in Russian)

5. Prichko T.G., Ulyanovskaya E.V., Droficheva N.V. Evaluation of biochemical indicators of apple fruits quality for the complex selection of the valuable source material for breeding // Bio Web of Conferences. 2020. Vol. 25. 02019. DOI: 10.1051/bioconf/20202502019

6. Saquet A A., Streif J., Domingos P., Almeida F. *Mineral composition* and distribution within 'Rocha' pear in relation to internal storage disorders // Postharvest Biology and Technology. 2019. Vol. 158. 111002. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2019.111002

7. Muhammad N., Luo Z. Mengjun L. The underlying molecular mechanisms of external factors influencing *fruit* coloration in *fruit* trees // *Scientia Horticulturae*. 2022. Vol. 309. 111615. DOI: 10.1016/j.scienta.2022.111615

8. Prichko T.G., Thamokova I.Kh., Smelik T.L. Methods for controlling the speed of leakage of biochemical processes when storing apples // *Izvestiya vuzov. Food Technology*. 2022. № 5 (389). P. 79-82. DOI: 10.26297/0579-3009.2022.5.17. EDN: YQDIPM (in Russian)

9. Boyko V.A., Levchenko S.V., Belash D.Yu., Romanov A.V. The influence of top dressing the fruit crops productivity in the conditions of the Crimea republic // *Fruit growing and viticulture of south Russia*. 2021. № 68 (2). P. 204-214. DOI: 10.30679/2219-5335-2021-2-68-204-214. EDN: HKLGBG (in Russian)

10. Prichko T.G., Oplachko R A., Karpushina M.V., et al. Efficiency of a biological growth regulator in the cultivation of branched seedlings // *BIO Web of Conferences*. 2022. Vol. 47. 08003. DOI: 10.1051/bioconf/20224708003

11. Prichko T.G., Sergeeva N.N. The chemical composition of the fruits of the apple tree of the selection of SKFNTSSVV, depending on the use of leafy top dressing [Electronic resource] // *Fruit growing and viticulture of South Russia*. 2021. № 69 (3). P. 183-197. Available at: <http://journalkubansad.ru/pdf/21/03/15.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2021-3-69-183-197. EDN: LLBSCB (accessed date: 30.06.2023) (in Russian)

12. Yildizhan H., Taki M., Gorjian S. Renewable Energy Utilization in Apple Production Process: a Thermodynamic Approach // *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. 2020. Vol. 43. 100956. DOI: 10.1016/j.seta.2020.100956

13. Afonso de Macedo T., Santos da Silva P., Andrea de Rossi Productivity and quality of 'Fuji Suprema' *apple fruit* in different rootstocks and *growing* conditions // *Scientia Horticulturae*. 2019. Vol. 256. 108651. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.108651

14. Carlos Argenta L., Vidal Talamini do Amarante C., P. Mattheis J *ruit* quality of 'Gala' and 'Fuji' *apples* cultivated under different environmental conditions // *Scientia Horticulturae*. 2022. Vol. 303. 111195. DOI: 10.1016/j.scienta.2022.111195

15. Boini A., Manfrini L., Morandi B Monitoring *fruit* daily growth indicates the onset of mild drought stress in *apple* // *Scientia Horticulturae*. 2019. Vol. 256. 108520. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.05.047

16. V.T. do Amarante C., Paulo G. Silveira J., Miqueloto A. Post-bloom and preharvest treatment of 'Braeburn' *apple* trees with prohexadione-calcium and GA4+7 affects vegetative growth and postharvest incidence of calcium-related physiological disorders and decay in the *fruit* // *Scientia Horticulturae*. 2019. Vol. 261 108919. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.108919

17. Treder W., Klamkowski K., Kowalczyk W. *Apple* leaf macro- and micronutrient content as affected by soil treatments with fertilizers and microorganisms // *Scientia Horticulturae*. 2022. Vol. 297. 110975. DOI: 10.1016/j.scienta.2022.110975