ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-2-2513
https://elibrary.ru/JDIICD

Оригинальная статья
https://fptt.ru

Действие органоминерального комплекса «Белый Жемчуг» на качество и выход товарных плодов яблони после длительного хранения

З. Е. Ожерельева*, А. Л. Никитин, П. С. Прудников, О. А. Ветрова

Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, Жилина, Россия

Поступила в редакцию: 07.07.2023
Принята после рецензирования: 18.09.2023
Принята к публикации: 03.10.2023

**З. Е. Ожерельева: ozherelieva@orel.vniispk.ru, https://orcid.org/0000-0002-1730-4073*
А. Л. Никитин: https://orcid.org/0000-0003-4627-6451
П. С. Прудников: https://orcid.org/0000-0001-9097-8042
О. А. Ветрова: https://orcid.org/0000-0003-2868-323X

© З. Е. Ожерельева, А. Л. Никитин, П. С. Прудников, О. А. Ветрова, 2024

Аннотация.
При выращивании яблони одним из наиболее перспективных способов повышения качества плодовой продукции является использование биопрепаратов. В связи с этим изучение влияния новых органоминеральных смесей на товарно-потребительские качества плодов яблони является актуальным. Цель исследования – изучить влияние некорневой обработки органоминеральной смесью на химический состав и физиологические расстройства (загар и горькая ямчатость) яблок и повышение выхода товарных плодов после длительного хранения.
Объектом исследования являлись биопрепараты, представляющие собой природный растительный комплекс «Белый Жемчуг». Варианты опыта: № 1 – контроль (без обработки) и № 2 – некорневая обработка (1 % раствор «Белый Жемчуг Универсальный Антифриз» + 1 % раствор «Белый Жемчуг Дрип Ca + Mg»). Изучили действие испытуемых препаратов на химический состав и товарно-потребительские качества плодов сорта яблони Синап Орловский после длительного хранения. Хранили плоды в холодильном шкафу ШХ CV114-S при температурном режиме +2 °C и относительной влажности воздуха 85–90 %.
Некорневые обработки органоминеральной смесью природного растительного комплекса «Белый Жемчуг» существенно не повлияли на содержание растворимых сухих веществ, суммы сахаров, титруемых кислот и аскорбиновой кислоты в плодах сорта яблони Синап Орловский в съемной зрелости. Выявили влияние на химический состав плодов яблони метеоусловий за месяц до съема урожая. Некорневые обработки увеличили в 1,62 раз выход товарных плодов опытного сорта Синап Орловский после продолжительного хранения, а также в 1,9 раз снизили поражение загаром, в 2,6 раз горькой ямчатостью и в 1,9 раз монилиозом плодов.
Проведенные испытания новых органоминеральных удобрений линии природного растительного комплекса «Белый Жемчуг» показывают высокую эффективность их использования в качестве дополнительных приемов в традиционных технологиях возделывания яблони и рекомендуются для повышения качества и выхода товарных плодов после длительного хранения.

Ключевые слова. Садоводство, яблоня, химический состав, хранение, физиологические расстройства, загар, горькая ямчатость

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Минобрнауки России) и тематического плана Всероссийского научно-исследовательского института селекции плодовых культур (ВНИИСПК) «Создание новых конкурентоспособных, адаптивных сортов семечковых культур с использованием инновационных методов селекции и разработка экологически безопасных элементов технологии выращивания и переработки» (FGZS-2022-0008).

Для цитирования: Действие органоминерального комплекса «Белый Жемчуг» на качество и выход товарных плодов яблони после длительного хранения / З. Е. Ожерельева [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2024. Т. 54. № 2. С. 358–368. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-2-2513

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-2-2513
https://elibrary.ru/JDIICD

Original article
Available online at https://fptt.ru/en

Beliy Zhemchug Activated Complex: Effect on Quality and Yield of Commercial Apples after Long-Term Storage

Zoya E. Ozherelieva*, Andrej L. Nikitin, Pavel S. Prudnikov, Oksana A. Vetrova

Russian Research Institute for Fruit Crop Breeding, Zhilina, Russia

Received: 07.07.2023
Revised: 18.09.2023
Accepted: 03.10.2023

**Zoya E. Ozherelieva: ozherelieva@orel.vniispk.ru, https://orcid.org/0000-0002-1730-4073*
Andrej L. Nikitin: https://orcid.org/0000-0003-4627-6451
Pavel S. Prudnikov: https://orcid.org/0000-0001-9097-8042
Oksana A. Vetrova: https://orcid.org/0000-0003-2868-323X

© Z.E. Ozherelieva, A.L. Nikitin, P.S. Prudnikov, O.A. Vetrova, 2024

Abstract.
Biological fertilizers improve fruit quality; for instance, organomineral, or activated mixes are known to increase consumer qualities of apples. This article describes the effect of a new activated complex (non-root treatment) on the yield, chemical composition, and physiological disorders, e.g., scald and brown spot, of commercial apples after long-term storage.
The research featured the natural activated complex of the Beliy Zhemchug (White Pearl) brand. The apple trees were divided into two groups: 1 – untreated control trees; 2 – trees that underwent a non-root treatment with the activated complex (1% solution of its Antifreeze variant + 1% solution of the Drip Ca + Mg variant). The trees belonged to the Sinap Orlovskiy cultivar, which is highly susceptible to brown spot and scald, both in the orchard and during long-term storage. The apples were studied for chemical composition and consumer qualities after long-term storage in a CV114-S refrigerator at +2°C and a relative humidity of 85–90%.
The non-root treatment of apple trees with the Beliy Zhemchug activated complex had no significant effect on the content of soluble solids, total sugars, titrated acids, and ascorbic acid in ripe apples. Weather conditions affected the chemical composition 30 days before harvesting. The non-root treatment increased the yield of commercial apples by 1.62 times after long-time storage. The scald, brown spot, and moniliosis damage decreased by 1.9, 2.6, and 1.9 times, respectively.
The activated fertilizers of the Beliy Zhemchug brand proved highly efficient as additional techniques in common apple cultivation and could be recommended to improve the quality and yield of commercial fruits after long-term storage.

Keywords. Horticulture, apple trees, chemical composition, storage, physiological disorders, scald, bitter pitting

Finding. The research was part of state assignment from the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Minobrnauki) to the Russian Research Institute for Fruit Crop Breeding (VNIISPK), research topic: New competitive and adaptive varieties of pome fruits obtained by innovative and environmentally friendly breeding, cultivation, and processing (FGZS-2022-0008).

For citation: Ozherelieva ZE, Nikitin AL, Prudnikov PS, Vetrova OA. Beliy Zhemchug Activated Complex: Effect on Quality and Yield of Commercial Apples after Long-Term Storage. Food Processing: Techniques and Technology. 2024;54(2):358–368. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-2-2513

Введение

Фрукты, в частности яблоки, занимают важное место в рационе человека, являясь источником диетического питания, которое обладает лечебно-профилактическим действием. Яблоки содержат в своем составе большое количество воды (70–85 %), относительно высокое содержание углеводов, низкое – белков и жиров. В яблоках обнаружено свыше десяти витаминов, необходимых человеку, имеются минералы и антиоксиданты [1].

Ежегодно во всем мире потребляется около 64,6 млн т яблок, что делает яблоки наиболее часто употребляемым фруктом [2, 3]. По данным Росстата, сегодня объем производства яблок в России составляет более 1 млн т в год. Выход товарной продукции составляет порядка 50 % в общем производстве яблок. Поэтому важно получать не только высокий урожай, но и производить высококачественные плоды яблони длительного хранения.

Решить проблему круглогодичного обеспечения населения свежими и качественными плодами яблони возможно при условии организации их длительного хранения во фруктохранилищах. В условиях низкой положительной температуры метаболизм плодов яблони

замедляется, а сроки хранения увеличиваются (до 2–4 месяцев), но может усиливаться развитие физиологических расстройств, таких как поверхностный загар, горькая ямчатость, внутреннее побурение и др. [4]. Экономический ущерб производителям продукции яблони наносят загар и горькая ямчатость. У плодов яблони, пораженных загаром, кожица буреет, мякоть не повреждается. Ткань плодов, зараженная горькой ямчатостью, отмирает, коричневеет и приобретает структуру губки, становясь горькой на вкус. Также плоды яблони инфицируются микробиологическими заболеваниями. Наиболее активно на плодах яблони проявляется плодовая гниль (монилиоз), которой они заражаются еще в саду, а порча происходит уже при хранении.

Одним из наиболее перспективных методов повышения качества и снижения физиологических расстройств плодовой продукции является использование при возделывании яблони экологически чистых соединений, таких как природные биостимуляторы [5–7]. Данные биостимуляторы в малых дозах стимулируют в растениях физиолого-биохимические процессы, что приводит к улучшению качества плодов и повышению продуктивности [8–11]. В связи с этим разработаны элементы технологии на основе применения растительных биостимуляторов, которые обеспечивают высокую продуктивность и качество плодов [12, 13]. Трехкратная некорневая подкормка органоминеральным удобрением «ЭврикорФорте+7» (расход 1,5 л/га) способствовала повышению аскорбиновой кислоты в ягодах земляники сортов Анастасия – 61,8 мг/100 г (увеличение на 3,5 % по сравнению с контролем) и Орлец – 60,2 мг/100 г (увеличение на 6,1 %) [14]. В состав данного препарата, кроме гуминовых кислот, входят N – 8,4 %, P – 3,6 %, K – 10,4 %, B – 0,7 %, S – 0,04 %, Fe – 0,06 %, Cu – 0,01 %, Zn – 0,01 %, Mg – 0,01 %, Co – 0,0005 % и Mo – 0,0012 %; Mn, Zn, Li, Cr и Ni – в хелатной форме. Комплексное органоминеральное удобрение «Налив» на основе биогумата из конского навоза и растительного сырья (гуминовые и фульвокислоты, аминокислоты, в том числе пролин) увеличивает содержание моносахаридов в созревающих плодах яблони в 1,8 раза, сахарозы на 10 % [15]. В проводимых нами ранее опытах по некорневым обработкам яблони органоминеральной смесью природного растительного комплекса «Белый Жемчуг» показано повышение урожая плодов (в 1,8 раз) и их качества на фоне регуляции белково-углеводного обмена, водного режима и донорно-акцепторных отношений лист – плод [16]. Анализ литературных данных по применению биопрепаратов в садоводстве подтверждает их эффективность: они ускоряют рост и созревание плодов, улучшают их качество, что приводит к повышению урожайности садовых культур [17–19]. В связи с этим исследования, направленные на выделение новых биопрепаратов, которые положительно влияют на качество продукции садовых культур, являются актуальными. Возникает вопрос о детальном изучении влияния биологически активных веществ на сорта плодовых культур в саду.

Целью работы являлось изучение влияния некорневой обработки органоминеральной смесью на химический состав и физиологические расстройства (загар и горькая ямчатость) плодов яблони и повышение выхода товарных плодов после длительного хранения.

Объекты и методы исследования

На производственном участке (21 квартал) и на базе лаборатории физиологии устойчивости плодовых растений ФГБНУ ВНИИСПК в 2021–2023 гг. провели испытания новых органоминеральных удобрений.

Объектом исследования являлись препараты, представляющие собой природный растительный комплекс (ПРК) «Белый Жемчуг», которые рекомендуются производителем для повышения качества плодовой продукции на основе оптимизации органоминерального питания растений. Препараты не имеют класса опасности.

Фитомодулятор ПРК «Белый Жемчуг Универсальный (БЖУ) Антифриз» представляет собой суспензию группы минералов природного происхождения с содержанием концентрата экстрактов хвои ели, сосны и сибирской пихты. В состав входят минеральные элементы SiO_2 – 5,6 %, N (общий) – 2–6 %, CaO – 5000 ppm, MgO – 7000 ppm, K_2O – 0,2 %; биоэлементы B – 130 ppm, Zn – 150 ppm, Mo – 200 ppm, Al_2O_3 – 1600 ppm и другие микроэлементы; витамины A (каротин, лютеин), D (фитостерины), E, K, B_1, B_2, B_6, PP и H; эфирные масла, хлорофилл, флавоноиды, сахара, белки и аминокислоты.

Фитокорректор ПРК «Белый Жемчуг (БЖ) Дрип Ca + Mg» представляет собой экстракт вегетативной массы океанической биофлоры на органоминеральной основе. В состав входят биоэлементы Ca – 3490,0 ppm, Mg – 2829,0 ppm, P – 42,9 ppm, K – 38,8 ppm, S – 0,3 ppm, Fe – 68,7 ppm, Mn – 3,65 ppm, B – 3,37 ppm, Cu – 0,85 ppm, Zn – 0,05 ppm, Si – 0,1 ppm, Se – 0,003 ppm, J – 2,1 ppm, Mo – 0,01 ppm; минеральные элементы SiO_2 – 5,6 %, CaO – 0,4 %, MgO – 0,4 %, K_2O – 0,2 %, Fe_2O_3 – 0,4 %, Al_2O_3 – 0,16 %; витамины A (каротин, лютеин), D (фитостерины), E, K, B_1, B_2, B_6, PP и H; хлорофилл, сульфокислоты, гуминовые кислоты, сахара, белки и аминокислоты.

Органоминеральные смеси ПРК «Белый Жемчуг» испытывали на сорте яблони Синап Орловский. Данный сорт характеризуется высокой восприимчивостью к горькой ямчатости как в саду, так и в период длительного хранения, а также к загару [4, 20]. Синап Орловский – триплоидный сорт позднезимнего созревания, получен от скрещивания сортов Северный синап и Память Мичурина; районирован в Центральном и Центрально-Черноземном регионах.

Опыт заложен в двух вариантах: № 1 – контроль (без обработки) и № 2 – некорневая обработка органоминеральной смесью ПРК 1,0 % «БЖУ Антифриз» + 1,0 % «БЖ Дрип Ca + Mg». Опытный сорт яблони привит на среднерослом подвое 54–118 на участке с агросерыми лесными почвами с содержанием гумуса 3–4 % и мощностью гумусового горизонта 30–35 см. Год посадки – 2013 г. Схема размещения деревьев в саду

6×3 м. В междурядьях используется естественное залужение, в приствольных полосах – гербициды. Использовали общепринятую для культуры агротехнику. В каждом опыте 3 повторности, в каждой повторности 5 учетных деревьев.

Регламент применения препаратов на опытном участке выполняли согласно рекомендациям производителя. В летний период провели четырехкратную некорневую обработку растений сорта яблони Синап Орловский препаратами ПРК 1,0 % раствор «БЖУ Антифриз» + 1,0 % «БЖ Дрип Ca + Mg» для сохранения плодов от осыпания и повышения их качества: через 14 дней после цветения; в фенофазе «плод – лещина»; в фенофазе «плод – грецкий орех»; за 25 дней до уборки урожая. Объем расхода каждого препарата – 7 мл на одно дерево. Для приготовления 1,0 % раствора брали 100 мл каждого препарата на 10 л воды.

Химический состав в съемной и потребительской стадиях зрелости, а также лежкость плодов яблони изучали в соответствии с [21, 22]. Содержание растворимых сухих веществ выявили с помощью портативного рефрактометра PAL-3 (Atago, Япония) по ГОСТ ISO 2173-2013. Определение содержания суммы сахаров (глюкоза, фруктоза и сахароза) выполнили методом Бертрана по ГОСТ 8756-13.87. Определение общей кислотности (титруемой кислотности) провели титрованием децинормальным раствором NaOH по ГОСТ ISO 750-2013. Содержание аскорбиновой кислоты (витамин С) установили ускоренным методом по Ермакову и др. титрованием щавелевокислых вытяжек краской Тильманса (2,6-дихлорфенолиндофенолом) по ГОСТ 24556-89 и йодометрическим методом.

На опытное хранение плоды яблони закладывали в день съема. Хранили плоды традиционным способом (обычная атмосфера) в холодильном шкафу ШХ CV114-S (POLAIR, Россия) при температурном режиме +2 °С и относительной влажности воздуха 85–90 %. Для хранения плодов яблони использовали ящики полимерные многооборотные типа I (ГОСТ Р 51289-99). По каждому варианту заложили на длительное хранение 3 стандартных ящика. Один ящик – повторность, в каждой повторности 40 плодов опытного сорта. Температуру в холодильной камере измеряли минимальным и метеорологическим термометрами (ТМ-2 и ТМ-4, Россия) и термографом (М-16, Россия); относительную влажность воздуха – психрометром Ассмана (МВ-4-2М, Россия) и волосяным гигрографом (М-19, Россия).

Физиологические расстройства и микробиологические заболевания плодов в конце хранения устанавливали методом визуального наблюдения по определителям болезней растений и альбому «Болезни плодов, овощей и картофеля при хранении» [23]. Учеты дефектных плодов проводили по количеству с пересчетом на проценты. В случае поражения одного плода несколькими расстройствами или заболеваниями учет вели по преобладающему.

Для оценки увлажнения рассчитали ГТК – показатель территориальной засухи, предложенный климатологом Г. Т. Селяниновым. ГТК вычисляется как отношение суммы осадков к сумме среднесуточных температур 10 °С и выше с коэффициентом 0,1. Величина ГТК в пределах 1,0–1,4 обуславливает оптимальное увлажнение, более 1,4 – избыточное, менее 1,0 – засуху.

Полученные результаты оценивали методом дисперсионного анализа (ANOVA) в программе MS Excel 2003 с привлечением критерия Фишера (F).

Результаты и их обсуждение

Формирование качественных показателей плодов яблони зависит от абиотических и биотических факторов в период выращивания. Погодные условия влияют на качественные характеристики плодов, формирующихся в вегетационный период, сказываясь на их размерах, массе, химическом составе и перспективной лежкости. Стрессовые погодные условия (длительное или краткосрочное воздействие повышенных либо пониженных температур, недостаточность или избыток осадков) влияют на степень зрелости плодов и их поражение функциональными расстройствами в процессе длительного хранения. В последнее время основные потери при хранении яблок обусловлены физиологическими заболеваниями в виде загара и горькой ямчатости, в меньшей степени – в виде микробиологических гнилей [4]. Развитию загара при хранении способствуют стрессовые погодные условия периода вегетации (сухая, жаркая погода) и съем плодов в недозрелом состоянии, что связано с качественными показателями плодов, закладываемых на хранение [24]. Горькая ямчатость может появляться в саду, но развивается при хранении; она обусловлена несбалансированным минеральным составом, в большей степени – недостаточным содержанием кальция в плодах.

Погодные условия за месяц до уборки влияют на развитие физиологических заболеваний яблок при длительном хранение. Если в этот период будет высокая температура воздуха, то плоды яблони будут сильнее подвержены загару. Также на поражение яблок при длительном хранение побурением мякоти влияет выпадение осадков за месяц до съема.

Анализ метеоусловий исследуемого периода показал, что сумма среднесуточных температур 10 °С и выше за 30 дней до съема плодов яблони была на 14,6 °С выше в 2022 г., чем в 2021 г. В 2022 г. наблюдали низкие условия увлажнения растений: за 30 дней выпало на 14,4 мм меньше осадков, и ГТК был ниже (в 1,8 раз). Таким образом, за исследуемый период распределение температуры и осадков было неравномерное. В 2022 г. за 30 дней до съема плодов сорта Синап Орловский наблюдали более сухую и жаркую погоду по сравнению с 2021 г. Однако сложившиеся погодные условия значительно не повлияли на срок съема плодов сорта яблони Синап Орловский, т. к. съемная зрелость плодов наступила практически в одни и те же сроки (табл. 1).

В 2021 г. съем плодов сорта Синап Орловский провели 13 сентября, а в 2022 г. 8 сентября.

Плоды яблони имеют различные параметрические значения биохимических компонентов в зависимости от сорта и года сбора урожая [24].

Изучили содержание основных и наиболее значимых компонентов химического состава плодов яблони, которые характеризуют их пищевую ценность в съемной и потребительской стадиях зрелости в процессе хранения. По данным биохимического анализа, проведенного до закладки яблок на длительное хранение, выявили влияние метеоусловий на содержание растворимых сухих веществ в плодах сорта Синап Орловский. В 2021 г. в плодах сорта яблони Синап Орловский количество растворимых сухих веществ накопилось больше на 6,2 %, чем в более сухой и жаркий 2022 г. (табл. 1). По вариантам опыта содержание растворимых сухих веществ в плодах в процессе хранения повышалось. В 2022 г. выявили различия по содержанию растворимых сухих веществ в плодах после хранения по сравнению с плодами до закладки на длительное хранение в обоих вариантах опыта. Большую часть сухих веществ в плодах растений составляют углеводы, главным образом сахара. В связи с этим причиной увеличения концентрации растворимых сухих веществ в созревающих плодах яблони к концу хранения является повышение в них содержания сахаров. Некорневые обработки органоминеральной смесью ПРК «Белый Жемчуг» существенно не повлияли на содержание растворимых сухих веществ в плодах опытного сорта яблони (табл. 2). Плоды в каждом варианте опыта на конец хранения имели средний уровень содержания растворимых сухих веществ. Следует отметить высокое содержание растворимых сухих веществ на конец хранения в яблоках после некорневых обработок в 2021 г. Для плодов сортов яблони, выращенных в условиях средней полосы России, высоким уровнем растворимых сухих веществ считается более 13 % [25]. S. Soppelsa с соавторами не выявили положительного действия экстракта макроводорослей, витаминов группы В и гидролизата белка на содержание растворимых сухих веществ в плодах яблони [26].

Сахара (фруктоза, глюкоза и сахароза), содержащиеся в плодах яблони, обладают способностью легко усваиваться организмом человека, чем обуславливается их ценность.

В 2021 г. плоды имели средний (менее 12 %) – 9,5 % в контроле и 10,6 % в варианте с обработкой органоминеральной смесью – уровень содержания суммы сахаров (сахароза + моносахара) до закладки на длительное хранение [25]. В 2022 г. содержание суммы сахаров в плодах также было на среднем уровне в обоих вариантах опыта. В плодах сорта Синап Орловский отметили повышение содержания суммы сахаров на конец хранения в каждом варианте опыта. В 2021 г. в плодах контроля сахара повысились на 24,5 %, в варианте с обработкой на 14,3 %. В 2022 г. повышение в плодах содержания суммы сахаров на 21,6 % выявили во втором варианте, на 14,5 %

Таблица 1. Метеорологические данные за месяц до съема плодов сорта яблони Синап Орловский (данные метеопоста ВНИИСПК за 2021–2022 гг.)

Table 1. Meteorological data for 30 days before harvesting Sinap Orlovskiy apples, 2021–2022

Дата съема плодов в саду	Сумма среднесуточных температур ≥ 10 °С	Сумма осадков, мм	Гидротермический коэффициент увлажнения (ГТК)
	за 30 дней до съема		
13.09.2021 г.	458,5	33,7	0,74
08.09.2022 г.	473,1	19,3	0,41

Таблица 2. Содержание растворимых сухих веществ в плодах сорта яблони Синап орловский, %

Table 2. Soluble solids in Sinap Orlovskiy apples, %

Год (А)	Вариант опыта (В)	Период химического анализа (С)		Среднее	
		до хранения	после хранения	А	АВ
2021	Контроль (без обработки)	12,0	12,9	–	12,4
	Некорневая обработка ПРК 1,0 % «БЖУ Антифриз» + 1,0 % «БЖ Дрип Са + Mg»	11,8	13,4	–	12,6
	Среднее АС	11,9	13,2	12,5	–
2022	Контроль (без обработки)	11,0	12,3	–	11,7
	Некорневая обработка ПРК 1,0 % «БЖУ Антифриз» + 1,0 % «БЖ Дрип Са + Mg»	11,2	12,4	–	11,8
	Среднее АС	11,1	12,4	11,7	–
	НСР A_{05} = 0,7	НСР C_{05} = 0,7	АВ $F_ф < F_т$	АС $F_ф < F_т$	АВС $F_ф < F_т$

в контроле. Установили влияние метеоусловий на накопление сахаров в плодах. В опыте выявили различия по сумме сахаров в плодах сорта яблони Синап Орловский до и после хранения на уровне значимости 0,95 % (табл. 3). По некоторым данным уровень сахаров в процессе хранения плодов яблони может быть стабильным, а может повышаться или понижаться. Это зависит скорей от сортовых особенностей, чем от условий хранения [24]. В нашем эксперименте в плодах яблони содержание суммы сахаров увеличивается к концу хранения по мере их созревания. В этот период изменяется их химический состав и свойства. В созревающих плодах происходит повышение суммы сахаров за счет биосинтеза крахмала. Некоторое увеличение концентрации сахаров может происходить в результате испарения плодами влаги, которое в этот период бывает более интенсивным, чем расход моносахаридов, кислот и других веществ на дыхание.

Органические кислоты влияют на качественные характеристики плодов и их лежкость. Содержание органических кислот в плодах обуславливается как сортовыми особенностями, так и метеорологическими условиями вегетационного периода. Органические кислоты, как и сахара, определяют не только вкус, но и технологические качества плодов яблони, а также являются возбудителем секреции поджелудочной железы и способствуют нормализации пищеварения у человека.

До закладки на длительное хранение показатель титруемой кислотности в плодах в каждом варианте опыта находился на высоком уровне (средний уровень кислотности для сортов селекции ВНИИСПК считается от 0,61 до 0,85 %, высокий уровень кислотности > 0,86 %) [25]. В плодах сорта яблони Синап Орловский отметили снижение содержания органических (титруемых) кислот на конец хранения, что положительно влияет на показатели сахарокислотного индекса. Наибольшее снижение титруемых кислот в процессе хранения в 2,7 раз в плодах контрольного варианта и в 2,4 раз в варианте с некорневой обработкой от исходного уровня отметили в 2021 г. В 2022 г. уровень кислотности в плодах контроля снизился в 1,7 раз, а в опыте с обработкой в 1,9 раз. Содержание органических кислот было меньше (на 25 %) в плодах опытного сорта на момент их съема в сухой и более жаркий 2022 г. (табл. 1). Однако значительного влияния некорневых обработок органоминеральной смесью ПРК «Белый Жемчуг» на количество органических кислот в плодах опытного сорта яблони не выявили (табл. 4). Показатель титруемой кислотности в плодах находился на низком уровне (менее < 0,61 %) в обоих вариантах опыта после длительного хранения. На содержание орга-

Таблица 3. Содержание суммы сахаров в плодах сорта яблони Синап Орловский, %

Table 3. Total sugars in Sinap Orlovskiy apples, %

Год (А)	Вариант опыта (В)	Период химического анализа (С)		Среднее	
		до хранения	после хранения	А	АВ
2021	Контроль (без обработки)	9,5	12,6	–	11,08
	Некорневая обработка ПРК 1,0 % «БЖУ Антифриз» + 1,0 % «БЖ Дрип Са + Mg»	10,6	12,3	–	11,5
	Среднее АС	10,1	12,5	11,3	–
2022	Контроль (без обработки)	8,9	10,5	–	9,7
	Некорневая обработка ПРК 1,0 % «БЖУ Антифриз» + 1,0 % «БЖ Дрип Са + Mg»	8,7	11,2	–	10,0
	Среднее АС	8,8	10,8	9,8	–
	НСР A_{05} = 0,7 НСР C_{05} = 0,7 АВ $F_ф < F_т$ АС $F_ф < F_т$ АВС $F_ф < F_т$				

Таблица 4. Содержание титруемых кислот в плодах сорта яблони Синап Орловский, %

Table 4. Titratable acids in Sinap Orlovskiy apples, %

Год (А)	Вариант опыта (В)	Период химического анализа, С		Среднее	
		до хранения	после хранения	А	АВ
2021	Контроль (без обработки)	1,0	0,4	–	0,7
	Некорневая обработка ПРК 1,0 % «БЖУ Антифриз» + 1,0 % «БЖ Дрип Са + Mg»	1,0	0,4	–	0,7
	Среднее АС	1,0	0,4	0,7	–
2022	Контроль (без обработки)	0,7	0,4	–	0,6
	Некорневая обработка ПРК 1,0 % «БЖУ Антифриз» + 1,0 % «БЖ Дрип Са + Mg»	0,7	0,4	–	0,6
	Среднее АС	0,7	0,4	0,6	–
	НСР A_{05} = 0,1 НСР C_{05} = 0,1 АВ $F_ф < F_т$ НСР АС = 0,1 АВС $F_ф < F_т$				

нических кислот в плодах яблони некорневые обработки комплексным биостимулятором, который содержит экстракт макроводорослей, витамины группы В и гидролизат белка, не оказывали положительного действия [27].

На стадии потребительской зрелости (после длительного хранения) изучаемые плоды по всем вариантам сформировали хороший кисло-сладкий вкус, о чем свидетельствует значение сахарокислотного индекса – это отношение содержания суммы сахаров к содержанию титруемых кислот. Оптимальным значением сахарокислотного индекса, при помощи которого определяют гармоничный (кисло-сладкий) вкус плодов, является показатель 15–20. В нашем опыте после съема в плодах сахарокислотный индекс варьировался от 10,1 до 12,4 (контроль) и от 11,3 до 12,3 (некорневые обработки), после длительного хранения – от 29,4 до 32,7 (некорневые обработки) и от 24,5 до 36,2 (контроль). Из-за снижения содержания титруемых кислот и повышения суммы сахаров значение сахарокислотного индекса увеличилось, что положительно отразилось на вкусе плодов. Дегустационная оценка была выше у плодов варианта опыта с некорневыми обработками – 4,7 баллов (внешний вид) и 4,9 баллов (вкус), в то время как контрольные плоды имели оценку 4,5 и 4,6 баллов соответственно (табл. 5).

В плодах яблони в достаточном количестве содержится наиболее ценный витамин С (аскорбиновая кислота). При употреблении плодов яблони в пищу действие витамина С усиливается, т. е. он является синергистом с другими биологически активными веществами. Основное физиологическое значение аскорбиновой кислоты для организма человека заключается в ее участии в окислительно-восстановительных процессах. Она принимает активное участие в биохимических процессах как в составе ферментных систем, так и виде свободной аскорбиновой кислоты. Аскорбиновая кислота является поставщиком водорода для важного биохимического процесса – образования ядра ДНК, содержащейся в протоплазме. При недостатке витамина С в организме нарушаются процессы азотистого обмена и понижается степень использования белка.

Сложившиеся метеоусловия в годы исследования влияли на накопление аскорбиновой кислоты в плодах яблони. В 2021 г. в плодах сорта Синап Орловский содержание аскорбиновой кислоты было больше на 15,9 мг/100 г, чем в 2022 г. В опытных плодах, которые были обработаны органоминеральной смесью, аскорбиновой кислоты накопилась больше на 4,4 (2021 г.) и 3,7 мг/100 г (2022 г.), чем в плодах контрольного варианта. Показатель содержания аскорбиновой

Таблица 5. Отношение сахар/кислота в плодах сорта яблони Синап Орловский

Table 5. Sugar vs. acid ratio in Sinap Orlovskiy apples

Год (А)	Вариант опыта (В)	Период химического анализа (С)		Среднее	
		до хранения	после хранения	А	АВ
2021	Контроль (без обработки)	10,1	36,2	–	23,1
	Некорневая обработка ПРК 1,0 % «БЖУ Антифриз» + 1,0 % «БЖ Дрип Са + Mg»	11,3	32,7	–	22,0
	Среднее АС	10,7	34,5	22,6	–
2022	Контроль (без обработки)	12,4	24,5	–	18,5
	Некорневая обработка ПРК 1,0 % «БЖУ Антифриз» + 1,0 % «БЖ Дрип Са + Mg»	12,3	29,4	–	20,9
	Среднее АС	12,4	27,0	19,7	–
	А $F_ф < F_т$ НСР $C_{05} = 3,7$	АВ $F_ф < F_т$	НСР $AC_{05} = 4,9$	ABC $F_ф < F_т$	

Таблица 6. Содержание аскорбиновой кислоты в плодах сорта яблони Синап Орловский, мг/100 г

Table 6. Ascorbic acid in Sinap Orlovskiy apples, mg/100 g

Год (А)	Вариант опыта (В)	Период химического анализа (С)		Среднее	
		до хранения	после хранения	А	АВ
2021	Контроль (без обработки)	19,4	7,0	–	13,2
	Некорневая обработка ПРК 1,0 % «БЖУ Антифриз» + 1,0 % «БЖ Дрип Са + Mg»	23,8	2,3	–	13,1
	Среднее АС	21,6	4,7	13,1	–
2022	Контроль (без обработки)	3,8	2,4	–	3,1
	Некорневая обработка ПРК 1,0 % «БЖУ Антифриз» + 1,0 % «БЖ Дрип Са + Mg»	7,5	4,4	–	5,94
	Среднее АС	5,6	3,4	4,5	–
	НСР $A_{05} = 4,82$ НСР $C_{05} = 4,82$	АВ $F_ф < F_т$	НСР $AC_{05} = 6,81$	ABC $F_ф < F_т$	

кислоты в плодах по окончании хранения снизился на 12,3 (2021 г.) и 1,4 мг/100 г (2022 г.) в контроле, а также на 21,4 (2021 г.) и 3,1 мг/100 г (2022 г.) в плодах варианта с некорневыми обработками (табл. 6). Содержание аскорбиновой кислоты в яблоках увеличивается, когда плоды испытывают на себе определенный стресс. На накопление аскорбиновой кислоты в плодах яблони могут влиять погодные условия вегетационного периода [26]. В результате опыта на варьирование аскорбиновой кислоты в плодах влияли погодные условия за 30 дней до съема урожая. В этот более прохладный период 2021 г. с достаточным увлажнением растений количество аскорбиновой кислоты в плодах сорта яблони Синап Орловский накопилось больше, чем в более теплый и засушливый 2022 г. (табл. 1).

Плоды опытного сорта яблони в 2022 г. были сняты с хранения 11 апреля. Продолжительность хранения изучаемых вариантов составила 211 суток. В 2023 г. плоды сорта Синап Орловский сняли с хранения 3 апреля. Продолжительность хранения изучаемых вариантов составила 208 суток.

По выходу товарных плодов (табл. 7) выявили различия между вариантами опыта на уровне значимости 0,99 %. Плоды (урожай 2021 г.) сорта яблони Синап Орловский в варианте с некорневыми обработками органоминеральными удобрениями имели в 2022 г. 92,83 % товарных плодов при отходе в 7,17 %, а плоды из контрольного варианта имели товарный выход и отход 77,96 и 22,04 % соответственно. В 2023 г. выход товарной продукции (урожай 2022 г.) после длительного хранения снизился в обоих вариантах опыта: в контрольном варианте в 2,02 раз, а в варианте опыта с некорневой обработкой в 1,39 раз по сравнению с 2022 г.

Физиологические расстройства плодов, которые возникают во время хранения, могут влиять на качество яблок и привести к экономическим потерям [27, 28]. Обработка препаратами в 2021 г. почти в три раза снизила степень поражения плодов загаром (поверхностное побурение кожицы) при хранении: с 11,8 % у контрольного варианта до 4,7 % у опытного, хотя статистически различия между вариантами не подтверждаются (табл. 8). В более жаркий и сухой 2022 г. (табл. 1) повысилось поражение плодов яблони загаром в процессе длительного хранения. По результатам второго года (2022 г.) испытаний отметили различия между вариантами опыта по поражению загаром плодов сорта яблони Синап Орловский на конец хранения (2023 г.). Плодов, пораженных загаром, было меньше в 1,76 раз после обработок баковой органоминеральной смесью. В среднем за два года исследований выявили различия

Таблица 7. Выход товарных плодов сорта яблони Синап Орловский после длительного хранения, %

Table 7. Commercial fruit yield of Sinap Orlovskiy apples after long-term storage, %

Вариант опыта (В)	Год (А)		Средние по фактору В НСР B_{01} = 19,7
	2022	2023	
Контроль (без обработки)	77,9	38,7	58,3
Некорневая обработка ПРК 1,0 % «БЖУ Антифриз» + 1,0 % «БЖ Дрип Са + Mg»	92,8	66,8	79,8
Средние по фактору А	85,4	52,7	–
НСР A_{01} = 19,7 АВ $F_ф < F_т$			

Таблица 8. Повреждение загаром плодов сорта яблони Синап Орловский после длительного хранения, %

Table 8. Scald damage to Sinap Orlovskiy apples after long-term storage, %

Вариант опыта (В)	Год (А)		Средние по фактору В НСР B_{05} = 15,3
	2022	2023	
Контроль (без обработки)	11,8	55,2	33,5
Некорневая обработка ПРК 1,0 % «БЖУ Антифриз» + 1,0 % «БЖ Дрип Са + Mg»	4,7	31,4	18,0
Средние по фактору А	8,2	43,3	–
НСР A_{01} = 23,2 АВ $F_ф < F_т$			

Таблица 9. Поражение горькой ямчатостью плодов сорта Синап Орловский после длительного хранения, %

Table 9. Brown spot damage to Sinap Orlovskiy apples after long-term storage, %

Вариант опыта (В)	Год (А)		Средние по фактору В НСР B_{05} = 2,34
	2021	2022	
Контроль (без обработки)	5,0	4,9	4,9
Некорневая обработка ПРК 1,0 % «БЖУ Антифриз» + 1,0 % «БЖ Дрип Са + Mg»	2,5	1,2	1,9
Средние по фактору А	3,7	3,0	–
НСР А $F_ф < F_т$ АВ $F_ф < F_т$			

по поражению загаром плодов сорта яблони Синап Орловский между вариантами опыта.

В 2021 г. в контрольном варианте плодов с горькой ямчатостью (физиологическое расстройство, которое свидетельствует о несбалансированности минерального состава плодов) было идентифицировано в 2 раза больше, чем в варианте с некорневой обработкой, но различия между вариантами статистически не доказываются (табл. 9). В 2022 г., наоборот, выявлены различия между вариантами опыта по горькой ямчатости плодов яблони. Плодов, пораженных горькой ямчатостью, зафиксировали в 4 раза меньше в варианте с обработками препаратами ПРК «Белый Жемчуг».

Зарубежными исследователями проведены испытания растительных биостимуляторов с целью снижения пятнистости плодов сорта Джонатан. Используемые препараты, как и органоминеральные удобрения ПРК «Белый Жемчуг», содержат гуминовые кислоты, экстракты морских водорослей, белки, аминокислоты, цинк, кремний и витамины группы В. Ученые отмечают эффективность совместного применения хлорида кальция с экстрактом морских водорослей и с Zn-содержащим продуктом (Siliforce®) в снижении пятнистости плодов сорта Джонатан при хранении [26, 29]. Совместное внесение Ca и Zn привело к более высокой концентрации этих элементов на уровне кожицы плодов, что усилило клеточные мембраны, уменьшая развитие данного физиологического расстройства во время длительного хранения [29].

Кроме вышеперечисленных расстройств, в контрольном варианте в 2021 г. выявили перезревшие и побуревшие плоды – 2,7 и 1,2 % соответственно. Плоды, обработанные препаратами ПРК «Белый Жемчуг», не имели аналогичных повреждений. В более жаркий и сухой 2022 г. (табл. 1) в обоих вариантах опыта не отметили перезревших и побуревших плодов. Из микробиологических заболеваний в 2021 г. на плодах контрольного варианта зафиксировали незначительные повреждения (0,7 % с частичным и 0,7 % с абсолютным загниванием) плодов плодовой гнилью (монилиозом) *Monilia fructigena* Pers., которая проявлялась на зараженных ею плодах в виде небольших округлых пятен буроватого цвета, которые быстро увеличивались в размерах с образованием концентрических кругов в очаге инфицирования. В варианте с обработками плоды яблони не имели микробиологических повреждений. В 2022 г. наблюдали повреждение плодовой гнилью (монилиозом) плодов сорта яблони Синап Орловский как в контрольном варианте, так и в варианте с некорневой обработкой баковой смесью. Некорневые обработки снизили в 1,86 раз поражение плодов монилиозом.

Выводы

Впервые в условиях Орловской области изучено влияние новых органоминеральных удобрений ПРК 1,0 % раствор «Белый Жемчуг Универсальный Антифриз» + 1,0 % раствор «Белый Жемчуг Дрип Ca + Mg» на качество плодов яблони в соответствии с фазами ее развития. В результате проведенных исследований установлено влияние метрологических условий за месяц до съема на химический состав плодов сорта яблони Синап орловский. В 2021 г. в плодах яблони количество растворимых сухих веществ было больше на 6,2 %, чем в более сухой и жаркий 2022 г. Отметили тенденцию повышения растворимых сухих веществ в плодах в процессе длительного хранения.

Выявили снижение содержания титруемых кислот в плодах яблони Синап Орловский на конец хранения за годы исследований (от 1,7 до 2,7 раз в плодах контроля и от 1,9 до 2,4 раз в варианте с некорневой обработкой). Органических кислот было на 25 % меньше в плодах опытного сорта на момент их съема в сухой и более жаркий 2022 г.

Установили повышение суммы сахаров в плодах опытного сорта на конец хранения в каждом варианте опыта (в плодах контроля сахара повысились на 24,5 и 14,5 %, в варианте с обработками на 14,3 и 21,6 %), также на накопление сахаров в плодах влияли метеоусловия за месяц до съема яблок. В опыте выявили различия по сумме сахаров в плодах сорта яблони Синап орловский до и после длительного хранения.

Во время хранения в процессе дыхания плодов яблони зафиксировали значительное и прогрессирующее снижение кислотности. У всех изучаемых сортов отметили снижение содержания органических кислот на конец хранения. Это влияет на показатели сахарокислотного индекса, от которого зависит вкус плодов, которые к концу хранения становятся слаще. После длительного хранения из-за снижения содержания титруемых кислот и повышения суммы сахаров значение сахарокислотного индекса увеличилось, что положительно отразилось на органолептических качествах плодов сорта яблони Синап Орловский. Дегустационная оценка была выше у обработанных плодов – 4,7 баллов (внешний вид) и 4,9 баллов (вкус), в то время как контрольные плоды имели оценку 4,5 и 4,6 баллов соответственно.

Сложившиеся метеоусловия в годы исследования влияли на накопление аскорбиновой кислоты в плодах яблони. В 2021 г. в плодах сорта яблони Синап Орловский содержание аскорбиновой кислоты было больше на 15,93 мг/100 г, чем в 2022 г. В опытных плодах, которые были обработаны органоминеральной смесью, аскорбиновой кислоты накопилась больше на 4,4 (2021 г.) и 3,67 мг/100 г (2022 г.), чем в плодах контрольного варианта.

По выходу товарных плодов выявили различия между вариантами опыта на уровне значимости 0,99 %. Некорневые обработки увеличили в 1,62 раз выход товарных плодов опытного сорта яблони Синап Орловский. Выявили влияние метеорологических условий за месяц до съема урожая в обоих варианта опыта, которые сказались на лежкости плодов сорта яблони Синап

Орловский. В более благоприятный 2021 г. отметили в 1,62 раз больше товарных плодов опытного сорта.

За годы исследований обработка органоминеральными удобрениями в 1,86 раз снизила степень поражения плодов загаром (поверхностное побурение кожицы) сорта яблони Синап Орловский при длительном хранении. Установили влияние метеорологических условий за 30 дней до съема плодов яблони Синап Орловский в обоих варианта опыта. В более жаркий и сухой 2022 г. выявили в 5,23 раз больше плодов, пораженных загаром.

Некорневая обработка органоминеральными удобрениями в 2,64 раз снизила поражения плодов горькой ямчатостью сорта яблони Синап Орловский в процессе длительного хранения. Влияния метеорологических условий за 30 дней до съема плодов сорта яблони Синап Орловский в обоих варианта опыта не определили.

Кроме вышеперечисленных расстройств, в более жаркий и сухой 2022 г. в обоих вариантах опыта не выявили перезревшие и побуревшие плоды сорта яблони Синап Орловский. Некорневые обработки снизили в 1,86 раз поражение плодов монилиозом.

Таким образом, регулирование роста и развития растений с помощью физиологически активных веществ позволило повысить качество плодовой продукции на фоне сбалансированного органоминерального питания яблони. Проведенные испытания новых органоминеральных удобрений линии ПРК «Белый Жемчуг» показывают высокую эффективность их использования в качестве дополнительных приемов в традиционных технологиях возделывания яблони и рекомендуются для повышения качества и снижения поражения плодов физиологическими расстройствами (загар и горькая ямчатость) во время продолжительного хранения.

На основе проведенных исследований рекомендуется следующий регламент применения новых органоминеральных смесей ПРК 1,0 % раствор «Белый Жемчуг Универсальный Антифриз» + 1,0 % раствор «Белый Жемчуг Дрип Ca + Mg» в летний период с целью повышения качеств плодов сортов яблони:

1. Через 14 дней после цветения;
2. Фенофаза «плод – лещина»;
3. Фенофаза «плод – грецкий орех»;
4. За 25–30 дней до уборки урожая яблони.

Критерии авторства

З. Е. Ожерельева – формальный анализ, расследование, ресурсы, администрирование проекта, написание – первоначальный проект, обзор и редактирование. А. Л. Никитин – ресурсы, обработка данных и визуализация. П. С. Прудников и О. А. Ветрова – ресурсы.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

Z.E. Ozherelieva provided the formal analysis and resources, performed the research, wrote the review, managed the project, and drafted and proofread the manuscript. A.L. Nikitin provided resources, data curation, and visualization. P.S. Prudnikov and O.A. Vetrova provided the resources.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

References/Список литературы

1. Ageyeva NM, Khrapov AA, Shirshova AA, Chemisova LE, Ulyanovskaya EV, Chernutskaya EA. The elemental profile of ciders made from different varieties of apples. Foods and Raw Materials. 2024;12(2):273–282. https://doi.org/10.21603/2308-4057-2024-2-604

2. FaoStat [Internet]. [cited 2023 Jun 10]. Available from: https://fao.org/faostat

3. Sosnin MD, Shorstkii IA. Cold atmospheric gas plasma processing of apple slices. Food Processing: Techniques and Technology. 2023;53(2):368–383. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-2-2442

4. Gudkovskii VA, Kozhina LV, Balakirev AE, Nazarov YuB, Kuzin AI. Promising technology to control bitter pit and other postharvest pathologic diseases. Acta Horticulturae. 2021;1325:151–158. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1325.23

5. Rouphael Y, Colla G. Editorial: Biostimulants in agriculture. Frontiers in Plant Science. 2020;11:40. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00040

6. Sangiorgio D, Cellini A, Donati I, Pastore C, Onofrietti C, Spinelli F. Facing climate change: Application of microbial biostimulants to mitigate stress in horticultural crops. Agronomy. 2020;10(6):794. https://doi.org/10.3390/agronomy10060794

7. Ali O, Ramsubhag A, Jayaraman J. Biostimulant properties of seaweed extracts in plants: Implications towards sustainable crop production. Plants. 2021;10(3):531. https://doi.org/10.3390/plants10030531

8. Zulfiqar F, Casadesús A, Brockman H, Munné-Bosch S. An overview of plant-based natural biostimulants for sustainable horticulture with a particular focus on moringa leaf extracts. Plant Science. 2020;295:110194. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.110194

9. Franzoni G, Bulgari R, Ferrante A. Maceration time affects the efficacy of borage extracts as potential biostimulant on rocket salad. Agronomy. 2021;11(11):2182. https://doi.org/10.3390/agronomy11112182

10. Franzoni G, Cocetta G, Prinsi B, Ferrante A, Espen L. Biostimulants on crops: Their impact under abiotic stress conditions. Horticulturae. 2022;8(3):189. https://doi.org/10.3390/horticulturae8030189

11. Lau S-E, Teo WFA, Teoh EY, Tan BC. Microbiome engineering and plant biostimulants for sustainable crop improvement and mitigation of biotic and abiotic stresses. Discover Food. 2022;2:9. https://doi.org/10.1007/s44187-022-00009-5

12. Frioni T, Sabbatini P, Tombesi S, Norrie J, Poni S, Gatti M, *et al.* Effects of a biostimulant derived from the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* on ripening dynamics and fruit quality of grapevines. Scientia Horticulturae. 2018;232:97–106. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.054

13. Doroshenko TN, Petrik GF, Chumakov SS, Krivorotov SB, Maksimenko AP. Specific aspects of creating a sustainably functioning ecosystem of an organic apple garden in the South of Russia. Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 2018;10(7):1652–1655.

14. Mushinsky AA, Aminova EV, Avdeeva ZA, Borisova AA, Tumaeva TA. The effect of organic fertilizer on the productivity and quality of strawberries. Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia. 2019;59:335–342. (In Russ.). https://doi.org/10.31676/2073-4948-2019-59-335-342; https://elibrary.ru/WNSKQZ

15. Doroshenko T, Ryazanova L, Petrik G, Gorbunov I, Chumakov S. Features of the economical yield formation of apple plants under non-root nutrition in the Southern Russia organic plantings. BIO Web of Conferences. 2021;34:05004. https://doi.org/10.1051/bioconf/20213405004

16. Ozherel'eva ZE, Prudnikov PS. Impact of the B-Plus white pearl (Belyi Zhemchug) preparation on the spring frost tolerance, yield and quality of apple crops. Horticulture and Viticulture. 2022;(6):24–32. (In Russ.). https://doi.org/10.31676/0235-2591-2022-6-24-32; https://elibrary.ru/CHUORY

17. Fotiric Akšic M, Dabić Zagorac D, Gašić U, Tosti T, Natić M, Meland M. Analysis of apple fruit (*Malus × domestica* Borkh.) quality attributes obtained from organic and integrated production systems. Sustainability. 2022;14(9):5300. https://doi.org/10.3390/su14095300

18. Doroshenko TN, Petrik GF, Ryazanova LG, Chumakov SS, Matuzok NV. Optimization of the formation of the mandarin orange economic yield in the humid sub-tropics. Annals of Agri Bio Research. 2020;25(2):302–307.

19. Ozherelieva Z, Prudnikov P, Nikitin A, Androsova A, Bolgova A, Stupina A, *et al.* Adaptogenic preparations enhance the tolerance to spring frosts, yield and quality of apple fruits. Horticulturae. 2023;9(5):591. https://doi.org/10.3390/horticulturae9050591

20. Sedov EN, Sedysheva GA, Krasova NG, Serova ZM, Gorbacheva NG, Galasheva AM, *et al.* Triploid apple cultivar Sinap orlovsky, its origin, economical and cytoembryological characteristic. Russian Agricultural Sciences. 2017;(1):14–18. (In Russ.). [Происхождение, хозяйственная и цитоэмбриологическая характеристика триплоидного сорта яблони Синап орловский / Е. Н. Седов [и др.] // Российская сельскохозяйственная наука. 2017. № 1. С. 14–18.]. https://www.elibrary.ru/XTDNOR

21. Program and methodology for studies on fruits, berries, and nuts. Orel: VNIISPK; 1999. 608 p. (In Russ.). [Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК, 1999. 608 с.]. https://www.elibrary.ru/YHAOZT

22. Nikitin AL, Makarkina MA. Long-term refrigerated storage guidelines for central Russia: highly scab-resistant apple varieties bred by Russian Research Institute for Fruit Breeding. Orel: VNIISPK; 2018. 48 p. (In Russ.). [Никитин А. Л., Макаркина М. А. Рекомендации по длительному хранению плодов иммунных и высокоустойчивых к парше сортов яблони селекции ВНИИСПК в фруктохранилищах-холодильниках (для средней полосы России). Орел: ВНИИСПК, 2018. 48 с.]. https://www.elibrary.ru/ZATBDF

23. Dement′eva MI, Vygonskiy MI. Fruit, vegetable, and potato diseases during storage. Moscow: Agropromizdat; 1988. 231 p. (In Russ.). [Дементьева М. И., Выгонский М. И. Болезни плодов, овощей и картофеля при хранении. М.: Агропромиздат, 1988. 231 с.].

24. Nikitin AL, Makarkina MA. Effect of meteorological conditions on storability of the scab-immune columnar apple varieties. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(4):545–554. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-545-554; https://www.elibrary.ru/GWATGF

25. Sedov EN, Makarkina MA, Levgerova NS. Biochemical and technological fruit description of apple gene pool. Orel: VNIISPK; 2007. 312 p. (In Russ.). [Седов Е. Н., Макаркина М. А., Левгерова Н. С. Биохимическая и технологическая характеристика плодов генофонда яблони. Орел: ВНИИСПК, 2007. 312 с.]. https://www.elibrary.ru/YGNVIR

26. Soppelsa S, Kelderer M, Casera C, Bassi M, Robatscher P, Andreotti C. Use of biostimulants for organic apple production: Effects on tree growth, yield, and fruit quality at harvest and during storage. Frontiers in Plant Science. 2018;(9):1342. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01342

27. Gago CML, Guerreiro AC, Miguel G, Panagopoulos T, da Silva MM, Antunes MDC. Effect of calcium chloride and 1-MCP (Smartfresh™) postharvest treatment on "Golden Delicious" apple cold storage physiological disorders. Scientia Horticulturae. 2016;211:440–448. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.09.017

28. Mattheis JP, Rudell DR, Hanrahan I. Impacts of 1-methylcyclopropene and controlled atmosphere established during conditioning on development of bitter pit in "Honeycrisp" apples. Hortscience. 2017;52(1):132–137. https://doi.org/10.21273/HORTSCI11368-16

29. Soppelsa S, Kelderer M, Testolin R, Zanotelli D, Andreotti C. Effect of biostimulants on apple quality at harvest and after storage. Agronomy. 2020;10(8):1214. https://doi.org/10.3390/agronomy10081214