

УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПЛОДОВ *Malus domestica* Borkh. ПОД ВЛИЯНИЕМ НОВЫХ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

З.Е. ОЖЕРЕЛЬЕВА[✉], П.С. ПРУДНИКОВ, А.Л. НИКИТИН, О.А. ВЕТРОВА,
Е.В. ЛЕОНИЧЕВА

Одним из наиболее перспективных методов повышения урожая и качества сельскохозяйственной продукции служит использование экологически чистых соединений, таких как природные биостимуляторы. Применение органоминеральных питательных комплексов способствует значительному повышению адаптивных свойств растений и, как следствие, увеличению продуктивности и улучшению качества урожая. В настоящей работе впервые показана эффективность использования новых органоминеральных удобрений в качестве дополнительных элементов технологии при возделывании яблони в почвенно-климатических условиях Орловской области. Цель работы — изучить влияние новых органоминеральных удобрений на урожай и качество плодов яблони до и после длительного хранения. Испытания природного растительного комплекса Белый Жемчуг (ПРК БЖ) (ООО «Группа Компаний АгроПлюс», Россия) проводили на опытном участке Всероссийского НИИ селекции плодовых культур в 2021-2022 годах. Фитомодулятор ПРК БЖ Универсальный (БЖУ) Антифриз представлял собой суспензию группы минералов природного происхождения с содержанием концентрата экстрактов хвои ели, сосны, сибирской пихты. Фитокорректор ПРК БЖ Дрип Са + Mg — это экстракт вегетативной массы океанической биофлоры на органоминеральной основе. Объектом изучения был триплоидный сорт яблони (*Malus domestica* Borkh.) Синап орловский позднезимнего срока созревания, плоды которого предрасположены к загару и горькой ямчатости. Опытный сорт яблони был привит на среднерослом подвое 54-118. Схема размещения деревьев в саду 6×3 м. Опыт закладывали на участке 2013 года посадки с агросерыми лесными почвами с содержанием гумуса 3-4 %, мощностью гумусового горизонта 30-35 см. В междурядьях использовалось естественное залужение, в приствольных полосах — гербициды. Агротехника общепринятая для культуры. В ранневесенний период проводили 2-кратную некорневую обработку растений 1,0 % раствором ПРК БЖУ Антифриз. Последующую обработку осуществляли весной в фенофазу закрытого соцветия баковой смесью 1,0 % раствор ПРК БЖУ Антифриз + 1,0 % раствор ПРК БЖ Дрип Са + Mg. В летний период листья 4-кратно обрабатывали препаратами. В контрольном варианте опыта обработку не проводили. Учет урожая (в кг) осуществляли с каждого дерева посредством взвешивания в период съемной зрелости плодов. Оценивали товарные качества, химический состав и лежкость плодов. Хранили плоды в холодильном шкафу ШХ CV114-S («Polair», Россия) в течение 211 сут при +2 °С. Содержание кальция и магния определяли трилонометрическим методом на пламенном фотометре М 410 («Sherwood Scientific, Ltd.», Великобритания), калий и фосфор — после сухого озольнения и растворения золы в 20 % соляной кислоте согласно методическим рекомендациям. Было выявлено, что комплексное применение органоминерального удобрения линии ПРК БЖ значительно повышало урожайность (на 72,5 %) и среднюю массу плода (на 20,3 г) опытного сорта за счет оптимизации питательного режима растений. К тому же некорневые обработки благоприятно влияли на потребительские и товарные качества плодов как на момент съема, так и после длительного хранения. Обработки баковой органоминеральной смесью улучшали вкусовые качества плодов сорта яблони Синап орловский за счет увеличения количества сахарозы (на 25,6 %) и аскорбиновой кислоты (на 20,5 %) по сравнению с контролем. Обработка растений способствовала получению близкого к оптимальному соотношения (К + Mg)/Са — 11,2 у.е. В опытном варианте был установлен более высокий выход товарных плодов (на 14,8 %) по сравнению с контролем. Также было получено в 3 раза меньше отходов. Применение природных растительных комплексов позволило снизить заболеваемость горькой ямчатостью: при длительном хранении отмечено в 2 раза меньше пораженных плодов. Степень поражения плодов загаром оказалась меньше в 2,5 раза. Снизилось число микробиологических повреждений. Дегустационная оценка обработанных плодов составляла 4,7 балла (внешний вид), 4,9 балла (вкус). Проведенные нами испытания новых органоминеральных препаратов линии ПРК Белый Жемчуг показывают перспективность их использования в качестве дополнительных приемов в традиционных технологиях возделывания яблони с целью повышения урожайности и качества плодов.

Ключевые слова: яблоня, сорт, Синап орловский, органоминеральное удобрение, качество плодов, урожайность.

Развитие интенсивного садоводства в современных условиях направленно на комплексное решение основной задачи — создания продуктивных насаждений, позволяющих получить урожай высокого качества. В связи с

этим становится важным освоение агротехнических приемов, обеспечивающих формирование урожая независимо от погодных условий.

Без применения современных средств химизации невозможно получение высокого урожая сельскохозяйственных культур. Однако химические вещества представляют серьезную угрозу для здоровья людей, животных, растений и всей биосферы (1). В настоящее время существует ряд эффективных мероприятий, которые снижают нормы применения пестицидов и минеральных удобрений (2-4). Одним из наиболее перспективных методов повышения урожая и качества сельскохозяйственной продукции служит использование экологически чистых соединений, таких как природные биостимуляторы (5-7). К ним относятся органические и неорганические соединения, а также микроорганизмы, которые в малых дозах стимулируют физиолого-биохимические процессы и тем самым позволяют изменять обмен веществ в растительном организме и в почве (8-10). Они улучшают доступность питательных веществ и их усвоение, что приводит к повышению продуктивности и экологической чистоте урожая сельскохозяйственных культур (11-13).

Разработаны элементы технологии на основе применения биостимуляторов, обеспечивающие высокую продуктивность и качества плодов садовых культур (14, 15). Так, 3-кратная некорневая подкормка органоминеральным удобрением Эврикор Форте+7 («Агротехнологии», Россия) (расход 1,5 л/га) способствовала увеличению продуктивности растений земляники на 14-28 % (16). В состав этого 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 %), Mo (0,0012 %). Mn, Zn, Li, Cr, Ni присутствуют в хелатной форме.

Некорневые обработки препаратом Регалис® («BASF», Германия) (д.в. прогексадион кальция, 100 г/кг), механизм действия которого направлен на ингибирование биосинтеза гиббереллинов и этилена, а также на изменение в метаболизме флавоноидов (17, 18), повышали урожайность яблони за счет существенного снижения опадения завязи и улучшения качества плодов (19). Имеются также данные, что обработка прогексадион-Са и паклобутразолом увеличивает массу плодов и урожайность сортов груши (18) при норме расхода 400 мг/л. Комплексное органическое удобрение Налив (ООО «Экохарвест, Россия») 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 % (20).

В условиях северо-западной части Египта растительные биостимуляторы улучшают усвоение питательных веществ, рост, урожайность и качество продукции яблони. Так, 3-кратное опрыскивание разными комбинациями биостимуляторов (4 % экстракт листьев моринги + 0,3 % экстракт морских водорослей + 0,1 % фульвокислота и 6 % экстракт листьев моринги + 0,4 % экстракт морских водорослей + 0,2 % фульвокислота) улучшило вегетативный рост и физико-химические характеристики плодов, повысило долю завязывания плодов и урожайность у сорта яблони Анна (21).

В опытах, проведенных нами ранее, по некорневым обработкам яблони органоминеральной смесью ПРК Белый Жемчуг (ООО «Группа Компаний АгроПлюс», Россия) отмечено ускорение роста и созревания плодов на фоне регуляции белково-углеводного обмена, водного режима и донорно-акцепторных отношений лист—плод, что приводило к увеличению урожая плодов (в 1,8 раз) и их массы (на 10 г) (22). Анализ других данных

литературы по применению физиологически активных веществ в садоводстве подтверждает их эффективность. Они ускоряют рост и созревание плодов, улучшают их качество, повышают урожайность садовых культур (23-25).

Появление новых биопрепаратов требует изучения и совершенствования элементов технологии их применения для повышения урожая и качества продукции садовых культур.

В настоящем исследовании впервые показана эффективность использования двух разработанных органоминеральных удобрений — Белый жемчуг Универсальный Антифриз (суспензия группы минералов природного происхождения с содержанием концентрата экстрактов хвои ели, сосны, сибирской пихты; фитомодулятор) и Белый жемчуг Дрип Ca + Mg (экстракт вегетативной массы океанической биофлоры на органоминеральной основе; фитокорректор) в качестве дополнительных элементов технологии при возделывании яблони в почвенно-климатических условиях Орловской области.

Цель работы — изучить влияние новых органоминеральных удобрений на урожай и качество плодов яблони до и после длительного хранения.

Методика. Испытания природного растительного комплекса Белый Жемчуг (ПРК БЖ) (ООО «Группа Компаний АгроПлюс», Россия) проводили на опытном участке Всероссийского НИИ селекции плодовых культур (д. Жилина, Орловская обл., Орловский р-н) в 2021-2022 годах. ПРК БЖ рекомендуется производителем для повышения устойчивости к весенним заморозкам, оптимизации водного режима и процесса фотосинтеза, повышения урожая сельскохозяйственных культур и его качества.

Фитомодулятор ПРК БЖ Универсальный (БЖУ) Антифриз представлял собой суспензию группы минералов природного происхождения с содержанием концентрата экстрактов хвои ели, сосны, сибирской пихты. Его состав: SiO₂ — 5,6 %, N_{общ.} — 2-6 %, CaO — 5000 ppm, MgO — 7000 ppm, K₂O — 0,2 %, B — 130 ppm, Zn — 150 ppm, Mo — 200 ppm, Al₂O₃ — 1600 ppm и другие микроэлементы; витамины А (каротин, лютеин), D (фитостерины), E, K, B₁, B₂, B₆, PP, H; эфирные масла, хлорофилл, флавоноиды, сахара, белки, аминокислоты.

Фитокорректор ПРК БЖ Дрип Ca + Mg — это экстракт вегетативной массы океанической биофлоры на органоминеральной основе. Его состав: 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 SiO₂ — 5,6 %, CaO — 0,4 %, MgO — 0,4 %, K₂O — 0,2 %, Fe₂O₃ — 0,4 %, Al₂O₃ — 0,16 %; витамины А (каротин, лютеин), D (фитостерины), E, K, B₁, B₂, B₆, PP, H; хлорофилл, сульфокислоты, гуминовые кислоты, сахара, белки, аминокислоты.

Объектом изучения был триплоидный сорт яблони (*Malus domestica* Borkh.) Синап орловский позднезимнего созревания, который получен от скрещивания сортов Северный синап и Память Мичурина. К достоинствам сорта относятся скороплодность и зимостойкость, однако при дефиците в почве кальция плоды могут повреждаться горькой ямчатостью (в саду и в период длительного хранения) и загаром (при нарушении температурного режима хранения) (26).

Опыт закладывали на участке 2023 года посадки с агросерыми лесными почвами с содержанием гумуса 3-4 %, мощностью гумусового горизонта 30-35 см. Опытный сорт яблони был привит на среднерослом подвое 54-118. Схема размещения деревьев в саду 6×3 м. В междурядьях исполь-

зовалось естественное залужение, в приствольных полосах — гербициды. Агротехника общепринятая для культуры. В каждом из двух вариантов опыта было по 3 повторности, в каждой повторности — 5 учетных деревьев.

В ранневесенний период проводили 2-кратную некорневую обработку растений 1,0 % раствором ПРК БЖУ Антифриз. Первую некорневую обработку выполняли в фенофазу спящая почка—серебряный конус, вторую — в мышиное ушко. Последующую обработку осуществляли весной в фенофазу закрытое соцветие баковой смесью 1,0 % раствора ПРК БЖУ Антифриз + 1,0 % раствора ПРК БЖ Дрип Са + Mg. В летний период через 14 сут после цветения, в фазы плод-лещина, плод-гречкий орех и за 25 сут до уборки урожая, проводили обработку листьев препаратами (1,0 % раствор ПРК БЖУ Антифриз + 1,0 % раствора ПРК БЖ Дрип Са + Mg) с целью сохранения плодов от осыпания, увеличения урожая и улучшения качества плодов. В контрольном варианте опыта обработку не проводили.

Фракционный состав воды в листьях определяли методом Окунцева-Маринчик с помощью рефрактометра PAL-1 («Atago», Япония) (27) через 5 сут после каждой некорневой обработки.

Учет урожая (в кг) с каждого дерева осуществляли взвешиванием в период съемной зрелости плодов. Товарные качества, химический состав и лежкость плодов яблони оценивали в соответствии с методикой (28, 29). Плоды хранили в холодильном шкафу ШХ CV114-S («Polair», Россия) при +2 °С, куда они были заложены 13 сентября 2021 года и сняты с хранения 11 апреля 2022 года (29). Продолжительность хранения плодов составила 211 сут. Содержание кальция и магния определяли трилонометрическим методом на пламенном фотометре М 410 («Sherwood Scientific, Ltd.», Великобритания), калий и фосфор — после сухого озоления и растворения золы в 20 % соляной кислоте согласно методическим рекомендациям (30).

Полученные результаты оценивали методом однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) в программе Microsoft Excel 2003 с привлечением критерия Фишера (F). Критический уровень значимости принимался равным 5 %. Вычисляли средние арифметические значения (M) и стандартную ошибку среднего арифметического ($\pm SEM$).

Результаты. В весенне-летний период некорневые обработки баковой смесью ПРК 1,0 % БЖУ Антифриз + 1,0 % БЖ Дрип Са + Mg способствовали повышению содержания свободной воды в листовом аппарате сорта яблони Синап орловский на 2,1 % по сравнению с контролем (рис. 1).

Статистически значимых различий между вариантами опыта мы при этом не выявили.

Вода — необходимый компонент цитоплазмы живых клеток. Свободная вода, будучи растворителем, участвует в метаболизме клеток, в гидролитических и синтетических процессах, способствует взаимодействию молекул и интенсивному оттоку органических веществ, накопленных в листьях в про-

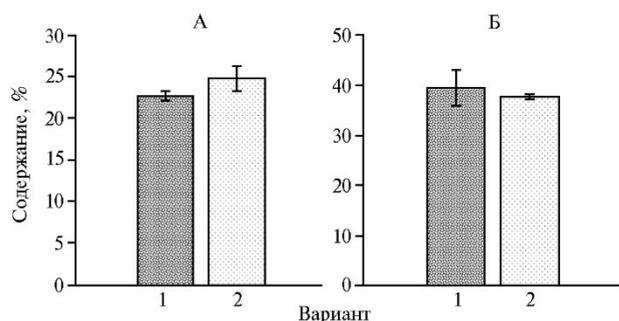


Рис. 1. Содержание свободной (А) и связанной (Б) воды в листьях яблони (*Malus domestica* Borkh.) сорта Синап орловский при некорневой обработке препаратами ПРК 1,0 % Белый Жемчуг Универсальный Антифриз + 1,0 % Белый Жемчуг Дрип Са + Mg: 1 — контроль, 2 — опыт ($N = 3$, $n = 5$, $M \pm SEM$; д. Жилина, Орловская обл., Орловский р-н, 2021-2022 годы).

цессе фотосинтеза, к плодам. Предположительно некорневые обработки органоминеральной смесью положительно сказались на водном режиме листьев, способствуя интенсивному переходу связанной воды в более подвижную форму, которая служит основным транспортером органических веществ и необходима для нормального функционирования растений в период формирования и созревания плодов.

С.Г. Денисова с соавт. (31) использовали органоминеральное удобрение Гуми-20 (НВП «БашИнком», Россия), которое характеризуется как антистрессовый адаптоген и представляет собой водный раствор гумата натрия (не менее 60 %; азот 0,5-2 %, фосфор 0,5-2 %, калий 0,1-1 %). Применение Гуми-20 не оказало значительного влияния на параметры водного режима (оводненность, водный дефицит, водоудерживающая способность) у сортов хризантемы. Показатели водного режима обработанных растений хризантемы были сопоставимы с контролем.

При наступлении съемной зрелости плодов в сентябре мы провели весовой учет урожая. Было отмечено повышение средней урожайности с дерева в варианте с обработками препаратами ПРК Белый Жемчуг относительно контроля (рис. 2, А).

Согласно данным литературы (32, 33), применение комплексных биостимуляторов, содержащих белковый гидролизат, экстракт морских водорослей, хитозан и гуминовые кислоты, также повышает урожайность сельскохозяйственных культур. Например, биостимуляторы, содержащие гидролизат белка люцерны, витамины группы В, хитозан и кремний повысили урожай земляники на 20 % (34). Некорневое опрыскивание органоминеральным удобрением Эврикор Форте+7 («Агротехнологии», Россия) способствовало увеличению продуктивности земляники в зависимости от сорта от 3,5 % (Орлец) до 17,7 % (Junija Smaids) (16). Примечательно, что под влиянием комплексного органоминерального удобрения Налив (ООО «Экохарвест», Россия) урожайность яблони повысилась всего на 14 % (20). Пятикратное некорневое опрыскивание экстрактом морских водорослей *Asco-phyllum nodosum* (1,5 кг/га) не оказало положительного действия на урожайность, размер гроздей и ягод винограда (14).

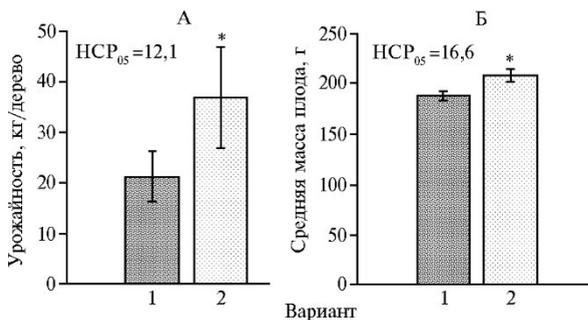


Рис. 2. Урожайность (А) и средняя масса плода (Б) у яблони (*Malus domestica* Borkh.) сорта Синап орловский при некорневой обработке препаратами ПРК 1,0 % Белый Жемчуг Универсальный Антифриз + 1,0 % Белый Жемчуг Дрип Са + Mg: 1 — контроль, 2 — опыт ($N = 3$, $n = 5$, $M \pm SEM$; д. Жилина, Орловская обл., Орловский р-н, 2021-2022 годы).

* Различия между вариантами статистически значимы при $p < 0,05$.

Следовательно, органоминеральная смесь ПРК 1,0 % БЖУ Антифриз + 1,0 % БЖ Дрип Са + Mg, использованная для обработки яблони, показала большую эффективность, чем рассмотренные выше препараты. Прибавка урожая со всех деревьев у обработанных растений сорта Синап орловский составила 72,5 % ($p < 0,05$) (см. рис. 2, А).

Некорневые обработки органоминеральной смесью ПРК 1,0 % БЖУ Антифриз + 1,0 % БЖ Дрип Са + Mg способствовали улучшению качества плодов.

Согласно нашим данным, средняя масса плодов с обработанных деревьев

увеличилась на 10,8 % (20,3 г) по сравнению с контролем (см. рис. 2). Аналогичное положительное действие отмечено при опрыскивании органоминеральным удобрением Эврикор Форте+7 растений земляники, у которых средняя масса ягоды увеличилась на 8,0-18 % и находилась в пределах 9,5-11,8 г (16).

Результаты биохимического анализа плодов яблони показали, что некорневые обработки баковой смесью улучшили их вкусовые качества за счет увеличения количества сахарозы (на 25,6 %) и аскорбиновой кислоты (на 20,5 %) (табл. 1). Причина повышения содержания сахарозы в обработанных плодах предположительно связана с тем, что она служит субстратом для дыхания, и в контроле тратилась в большей степени, чем в плодах, обработанных органоминеральными препаратами, которые повышают стрессоустойчивость. Нельзя исключать и того, что обработки адаптогенными препаратами усилили трансформацию моносахаров, поэтому в плодах яблони образовалось больше сахарозы, чем в контроле.

1. Химический состав съемных плодов яблони (*Malus domestica* Borkh.) сорта Синап орловский при некорневой обработке препаратами ПРК 1,0 % Белый Жемчуг Универсальный Антифриз + 1,0 % Белый Жемчуг Дрип Са + Mg ($N = 3, n = 5, M \pm SEM$; д. Жилина, Орловская обл., Орловский р-н, 2021-2022 годы)

Вариант	Растворимые сухие вещества, % сырой массы	Органические кислоты, % сырой массы	Моносахара, %	Сахароза, % сырой массы	Аскорбиновая кислота, мг/100 г сырой массы
Контроль (без обработки)	11,59±0,19	0,83±0,03	6,86±0,07	2,42±0,06	11,58±3,17
Опыт	11,50±0,16	0,83±0,05	6,62±0,11	3,04±0,07*	13,95±3,02

* Различия между вариантами статистически значимы при $p < 0,05$.

Наши данные по накоплению аскорбиновой кислоты согласуются с результатами, полученными другими исследователями. Так, подкормка листьев органоминеральным удобрением Эврикор Форте+7 повлияла на накопление аскорбиновой кислоты в ягодах сортов земляники 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 %) (16).

На количество растворимых сухих веществ (РСВ), органических кислот и моносахаров в плодах яблони сорта Синап орловский некорневые обработки органоминеральной смесью ПРК БЖ существенно не повлияли. Сходные результаты были получены после обработок растений земляники удобрением Эврикор Форте+7. Содержание РСВ и общая кислотность в обработанных ягодах были сопоставимы с контролем (16). S. Soppelsa с соавт. (35), также не выявили положительного действия экстракта макроводорослей, витаминов группы В и гидролизата белка на содержание растворимых сухих веществ и органических кислот в плодах яблони. Вместе с тем биостимуляторы на основе гидролизата белка люцерны, экстракта морских водорослей, хитозана и витаминов группы В улучшили химический состав ягод земляники, повысив количество фенольных соединений (33). Некорневое опрыскивание винограда экстрактом морских водорослей *Ascophyllum nodosum* (1,5 кг/га) ускорило созревание, повысило содержание антоцианов и фенольных соединений в ягодах (14).

Значительную роль для показателя лежкости играет сбалансированность минерального состава плодов яблони. С недостатком содержания кальция в плодах связывают развитие физиологического расстройства — горькой ямчатости. У сортов яблони, чувствительных к этому заболеванию,

в том числе у Синапа орловского, в процессе длительного хранения может поражаться до 80 % плодов (36), что становится причиной значительных убытков для производителей плодовой продукции. Показано, что риск развития горькой ямчатости во время длительного хранения связан с соотношением Ca/Mg, K/Ca и (K+Mg)/Ca (37). Основным из показателей лежкоспособных свойств плодов яблони служит соотношение (K+Mg)/Ca. В здоровых плодах сортов, выращиваемых на юге России, оно должно находиться в пределах 11/15 (38). Е.В. Леоничева с соавт. (39) отмечают, что плоды сорта Синап орловский, выращенные в условиях Орловской области, имеют хорошую лежкоспособность и их минеральный состав соответствует критериям, рекомендуемым для сортов яблони юга России.

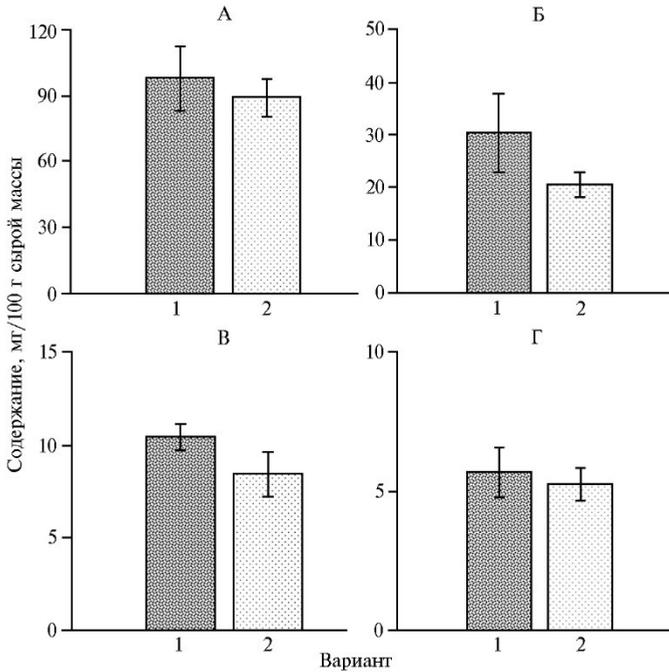


Рис. 3. Содержание калия (А), фосфора (Б), кальция (В) и магния (Г) в съемных плодах яблони (*Malus domestica* Borkh.) сорта Синап орловский при некорневой обработке препаратами ПРК 1,0 % Белый Жемчуг Универсальный Антифриз + 1,0 % Белый Жемчуг Дрип Са + Mg: 1 — контроль, 2 — опыт ($N = 3$, $n = 5$, $M \pm SEM$; д. Жилина, Орловская обл., Орловский р-н, 2021-2022 годы).

По результатам наших исследований, некорневая обработка растений баковой смесью ПРК БЖ способствовала близкому к оптимальному значению критерия (K+Mg)/Ca — 11,2 у.е. (рис. 3). В контрольном варианте это соотношение было 9,9 у.е. Важно отметить, что именно в варианте с обработкой органоминеральной смесью с использованием новых препаратов Белый Жемчуг в 2 раза уменьшилась доля плодов яблони, пораженных горькой ямчатостью после длительного хранения (табл. 2).

Мы изучили содержание основных, наиболее значимых компонентов химического состава плодов яблони урожая 2021 года, характеризующих их пищевую ценность в съемной и потребительской стадиях зрелости в процессе хранения. По данным биохимического анализа, проведенного до закладки яблок на длительное хранение, обработанные плоды характеризовались более высокими показателями по сумме сахаров и аскорбиновой кислоте (АК), чем контрольные.

2. Товарные качества плодов у яблони (*Malus domestica* Borkh.) сорта Синап орловский при некорневой обработке препаратами ПРК 1,0 % Белый Жемчуг Универсальный Антифриз + 1,0 % Белый Жемчуг Дрип Са + Mg после хранения в течение 211 сут при температуре +2 °С ($N = 3, n = 5, M \pm SEM$; д. Жилина, Орловская обл., Орловский р-н, урожай 2021 года)

Вариант	Товарные плоды, %	Отход, %	Загар, %	Перезревание, %	Побурение, %	Горькая ямчатость, %	Частичное загнивание, %	Абсолютное загнивание, %	Прочее
Контроль (без обработки)	78,0±2,7	22,0±2,7	11,7±7,1	1,2±0,6	2,7±2,6	5,0±1,6	0,7±0,6	0,7±0,6	Визуальное единичное среднее увядание
Опыт	92,8±0,9*	7,2±2,1*	4,7±2,1	—	—	2,5±1,3	—	—	Визуальное единичное незначительное увядание

Примечание. Прочерки означают отсутствие поврежденных плодов.

* Различия между вариантами статистически значимы при $p < 0,05$.

3. Химические показатели плодов у яблони (*Malus domestica* Borkh.) сорта Синап орловский при некорневой обработке препаратами ПРК 1,0 % Белый Жемчуг Универсальный Антифриз + 1,0 % Белый Жемчуг Дрип Са + Mg на начало и конец хранения в течение 211 суток при температуре +2 °С ($N = 3, n = 5, M \pm SEM$; д. Жилина, Орловская обл., Орловский р-н, урожай 2021 года)

Вариант	Время анализа	Растворимые сухие вещества, %	Титруемая кислотность, %	Сумма сахаров, %	Сахара/кислота	Аскорбиновая кислота, мг/100 г	Дегустационная оценка, балл
Контроль (без обработки)	НХ	12,07±0,48	0,96±0,05	9,61±0,19	10,01±0,72	19,37±6,27	4,5/4,6
	КХ	12,87±0,19	0,35±0,02	12,62±1,04	36,14±4,60	7,03±2,05	
Опыт	НХ	11,77±0,30	0,96±0,08	10,58±0,43	11,02±1,23	23,78±5,29	4,7/4,9
	КХ	13,43±0,93	0,39±0,04	12,34±0,71	31,64±5,28	2,33±0,29	

Примечание. НХ — начало хранения, КХ — конец хранения (с дегустационной оценкой).

Плоды в каждом варианте опыта на конец хранения (табл. 3) имели среднее содержание РСВ (29). Для плодов яблони, выращенных в условиях средней полосы России, РСВ более 13 % считается высоким. У плодов в опыте показатель РСВ в конце хранения оставался больше, чем в контроле, хотя существенных различий по вариантам не выявлено. Показатель титруемой кислотности в плодах был низким ($< 0,61$ %) в обоих вариантах опыта (кислотность для сортов селекции ВНИИСПК считается средней от 0,61 до 0,85 %; высокой — $> 0,86$ %) (29). Содержание АК по окончании хранения снизилось до 7,03 мг/100 г в контроле и до 2,33 мг/100 г в обработанных плодах. Плоды характеризовались средним (9,61 %) в контроле и в опыте (10,58 %) показателем суммы сахаров (сахароза + моносахара) (29) до закладки на длительное хранение (см. табл. 3).

На стадии потребительской зрелости (после длительного хранения) изучаемые плоды в обоих вариантах сформировали довольно высокую пищевую ценность, о чем свидетельствует значение сахарокислотного индекса (СКИ — отношение суммы сахаров к титруемой кислотности). Оптимальным значением СКИ, при помощи которого определяют гармоничный (кисло-сладкий) вкус плодов, считается показатель 15–20. В нашем опыте после съема СКИ в плодах варьировал от 10,01 (контроль) до 11,02 (некорневые обработки), после хранения — от 31,64 (некорневые обработки) до 36,14 (контроль). Из-за снижения содержания титруемых кислот и повышения суммы сахаров значение СКИ увеличилось, что положительно отразилось на вкусе плодов. Дегустационная оценка была выше у обработанных плодов — 4,7 балла (внешний вид) и 4,9 балла (вкус), в то время как контрольные плоды получили оценку соответственно 4,5 и 4,6 балла (см. табл. 3).

По выходу товарных плодов (см. табл. 2) в опыте были выявлены существенные различия между вариантами ($p < 0,05$). При обработке органоминеральными удобрениями показатель составлял 92,8 % товарных плодов при отходе 7,2 %, в контроле — соответственно 78,0 и 22,0 %.

Физиологические заболевания плодов, которые возникают во время хранения, могут серьезно повлиять на качество яблок и, следовательно, привести к значительным экономическим потерям (40). Обработка баковой смесью ПРК БЖ почти в 3 раза снижала степень поражения плодов загаром (поверхностное побурение кожицы) при хранении, хотя статистические различия между вариантами не подтверждались. Аналогичные данные мы получили по горькой ямчатости, что может свидетельствовать о несбалансированности минерального состава плодов. Кроме того, в контроле выявили перезревшие и побуревшие плоды. Плоды, обработанные препаратами ПРК БЖ, не имели аналогичных повреждений. Из микробиологических заболеваний на плодах в контрольном варианте были зафиксированы незначительные повреждения, в основном плодовой гнилью (монилиозом, возбудитель *Monilia fructigena* Pers.) (29). Она проявлялась в виде небольших округлых пятен буроватого цвета, которые быстро увеличивались в размерах с образованием концентрических кругов в очаге инфицирования. При проведении обработок плоды не имели микробиологических повреждений (см. табл. 3). На основе полученных данных можно сделать вывод, что некорневые обработки органоминеральной смесью Белый Жемчуг способствовали увеличению выхода товарных плодов за счет снижения физиологических расстройств (горькая ямчатость и загар) в период длительного хранения на фоне сбалансированного питания растений яблони.

Зарубежными исследователями (35, 41) были проведены испытания растительных биостимуляторов с целью снижения пятнистости плодов сорта Джонатан. Используемые препараты, как и органоминеральные удобрения ПРК БЖ, содержали гуминовые кислоты, экстракты морских водорослей, белки, аминокислоты, цинк, кремний, витамины группы В. Авторы отмечают эффективность совместного применения хлорида кальция с экстрактом морских водорослей и с Zn-содержащим продуктом (Siliforce®, Испания) в снижении пятнистости плодов сорта Джонатан при хранении. Совместное внесение Ca и Zn привело к более высокой концентрации этих элементов в кожце плодов (41), что, возможно, усилило клеточные мембраны (42), уменьшая развитие заболевания во время длительного хранения.

Таким образом, природный растительный комплекс 1,0 % Белый Жемчуг Универсальный Антифриз + 1,0 % БЖ Дрип Ca + Mg показал высокую эффективность в яблоневом саду. Обработанные растения сорта Синап орловский опережали по урожайности контроль на 72,5 %. Средняя масса обработанных плодов превосходила контроль на 20,3 г. При этом вкусовые качества плодов улучшились за счет увеличения количества сахарозы (на 25,6 %) и аскорбиновой кислоты (на 20,5 %). Обработка растений баковой смесью ПРК БЖ способствовала получению близкого к оптимальному соотношения (K+Mg)/Ca — 11,2 у.е. Органоминеральный питательный комплекс значительно (на 14,8 %) повысил выход товарных плодов и снизил возникновение физиологических заболеваний в период длительного хранения: плодов с горькой ямчатостью в опыте было в 2 раза меньше, чем в контроле, степень поражения загаром снизилась в 2,5 раза. Дегустационная оценка была выше у обработанных плодов: внешний вид — 4,7 балла, вкус — 4,9 балла. Регулирование роста и развития растений с помощью физиологически активных веществ позволило существенно повысить продуктивность и качество плодовой продукции на фоне сбалансированного органоминерального питания яблони. Проведенные испытания новых органоминеральных удобрений линии ПРК Белый Жемчуг показали их высокую эффективность при использовании в качестве дополнительных приемов в традиционных технологиях возделывания яблони. Эти удобрения рекомендуется применять для повышения урожайности и качества плодов до и во время длительного хранения.

ФГБНУ Всероссийский НИИ селекции плодовых культур,
302530 Россия, Орловская обл., Орловский р-н, п/о Жилина,
e-mail: ozherelieva@orel.vniispk.ru ✉, prudnikov@orel.vniispk.ru,
nikitin@orel.vniispk.ru, vetrova@orel.vniispk.ru, leonicheva@orel.vniispk.ru

Поступила в редакцию
16 июня 2023 года

Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology], 2023, V. 58, № 5, pp. 902-914

YIELD AND FRUIT QUALITY OF *Malus domestica* Borkh. AS INFLUENCED BY NOVEL ORGANOMINERAL FERTILIZERS

Z.E. Ozherelieva✉, P.S. Prudnikov, A.L. Nikitin, O.A. Vetrova, E.V. Leonicheva

All-Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, p/o Zhilina, Orel District, Orel Province, 302530 Russia,
e-mail ozherelieva@orel.vniispk.ru (✉ corresponding author), prudnikov@orel.vniispk.ru, nikitin@orel.vniispk.ru,
vetrova@orel.vniispk.ru, leonicheva@orel.vniispk.ru

ORCID:

Ozherelieva Z.E. orcid.org/0000-0002-1730-4073

Prudnikov P.S. orcid.org/0000-0001-9097-8042

Nikitin A.L. orcid.org/0000-0003-4627-6451

The authors declare no conflict of interests

Final revision received June 16, 2023

Accepted July 10, 2023

Vetrova O.A. orcid.org/0000-0003-2868-323X

Leonicheva E.V. orcid.org/0000-0002-2005-8715

doi: 10.15389/agrobiol.2023.5.902eng

Abstract

One of the most promising methods of increasing the yield and quality of agricultural products is the application of environmentally friendly compounds, such as natural biostimulants. The use of organomineral nutrient complexes contributes to a significant increase in the adaptive properties of plants and, as a result, increases productivity and improves yield quality. This paper shows for the first time the effectiveness of using new organomineral fertilizers as additional elements in cultivation of apple trees under the soil and climatic conditions of the Orel region. The aim of the work was to study the effect of new organomineral fertilizers on the yield and quality of apple fruits before and after long-term storage. Tests of the natural plant complex White Pearl (NPC WP) (OOO AgroPlus Group of Companies, Russia) were carried out at the experimental plot of Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding in 2021-2022. Phytomodulator NPC WP Universal (WPU) Antifreeze was a suspension of a group of minerals of natural origin containing a concentrate of extracts of spruce, pine and Siberian fir needles. Phytocorrector NPC WP Drip Ca + Mg is an extract of vegetative mass of oceanic bioflora with an organomineral basis. The study was performed with a triploid apple (*Malus domestica* Borkh.) cultivar Sinap Orlovsky of late winter ripening the fruits of which are predisposed to scald and bitter pitiness. The apple trees were grafted on a medium-sized rootstock 54-118. The scheme of the tree layout in the orchard was 6×3 m. The experiment was laid on the 2013 planting site with the agro-gray forest soils, humus content of 3-4 % and humus horizon capacity of 30-35 cm. The rows were naturally overgrown with grass. Herbicides were applied into the pre-trunk strips. The agronomic practice was as generally accepted for the crop. In the early spring period, the plants were two-fold non-root treated with 1.0 % NPC WPU Antifreeze solution. Subsequent treatment was carried out in spring during the “closed inflorescence” phenophase with a tank mixture of 1.0 % of NPC WPU Antifreeze + 1.0 % NPC WP Drip Ca + Mg. In summer, the leaves were treated four times with the drugs. In the control, the plants were untreated. The fruit yield (in kg) harvested during the period of removable fruit maturity was assessed individually from each plant by weighing. The commercial qualities, chemical composition and keeping quality of the fruits under storage were evaluated. The fruits were stored in the CV114-S refrigerator (Polair, Russia) for 211 days at +2 °C. The content of calcium and magnesium was determined by the trilonetric method on a flame photometer M 410 (Sherwood Scientific, Ltd., UK); potassium and phosphorus were measured after dry calcination and dissolution of ash in 20 % hydrochloric acid according to the guidelines. In the research, it was revealed that the complex application of organomineral fertilizer of the NPC WP line significantly increased the yield (by 72.5 %) and the average fruit weight (by 20.3 g) of the cultivar by optimizing the nutritional regime of plants. In addition, non-root treatments favorably affected the consumer and commodity qualities of fruits both at harvest and after long-term storage. Treatments with a tank organomineral mixture improved the taste qualities of Sinap Orlovsky fruits by increasing the amount of sucrose (by 25.6 %) and ascorbic acid (by 20.5 %) compared to control. The treatment of plants contributed to a close-to-optimal ratio (K+Mg)/Ca = 11.2. Under treatments, there was a higher yield of commercial fruits (by 14.8 %) compared to control. Moreover, the wastes were 3 times less. The use of natural plant complexes ensured a reduced incidence of bitter pitiness, i.e., with prolonged storage, fruits with this disease were 2 times fewer. The degree of fruit lesion with scald was 2.5 times less. The number of microbiological damages decreased. The tasting score of the treated fruits was 4.7 points for appearance and 4.9 points for taste. Our tests of new organomineral preparations of the NPC White Pearl line show the prospects of their use as an addition to common technologies for growing apples in order to increase the yield and quality of apple fruits.

Keywords: apple, Sinap Orlovsky, organomineral fertilizer, fruit quality, productivity.

REFERENCES

1. De Pascale S., Rouphael Y., Colla G. Plant biostimulants: innovative tool for enhancing plant nutrition in organic farming. *European Journal of Horticultural Science*, 2017, 82(6): 277-285 (doi: 10.17660/eJHS.2017/82.6.2).
2. Van Oosten M.J., Pepe O., De Pascale S., Silletti S., Maggio A. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 2017, 4: 5 (doi: 10.1186/s40538-017-0089-5).
3. Zaid A., Mohammad F., Fariduddin Q. Plant growth regulators improve growth, photosynthesis, mineral nutrient and antioxidant system under cadmium stress in menthol mint (*Mentha arvensis* L.). *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 2020, 26: 25-39 (doi: 10.1007/s12298-019-00715-y).
4. Rai N., Rai S.P., Sarma B.K. Prospects for abiotic stress tolerance in crops utilizing phyto- and biostimulants. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2021, 5: 54853 (doi: 10.3389/fsufs.2021.754853).
5. Rouphael Y., Colla G. Editorial: Biostimulants in agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 2020, 11: 40 (doi: 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 (doi: 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: 531 (doi: 10.3390/plants10030531).
8. Bulgari R., Franzoni G., Ferrante A. Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions. *Agronomy*, 2017, 9(6): 306 (doi: 10.3390/agronomy9060306).
9. 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 (doi: 10.1016/j.plantsci.2019.110194).
10. 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 (doi: 10.3390/agronomy11112182).
11. Franzoni G., Cocetta G., Prinsi B., Ferrante A., Espen L. Biostimulants on crops: Their impact under abiotic stress conditions. *Horticulturae*, 2022, 8(3): 189 (doi: 10.3390/horticulturae8030189).
12. Lau S.E., Teo W.F.A., Teoh E.Y., Tan B.C. Microbiome engineering and plant biostimulants for sustainable crop improvement and mitigation of biotic and abiotic stresses. *Discover Food*, 2022, 2: 9 (doi: 10.1007/s44187-022-00009-5).
13. Roupheal Y., De Micco V., Raimondi G., Colla G., De Pascale S. Effect of *Ecklonia maxima* seaweed extract on yield, mineral composition, gas exchange and leaf anatomy of zucchini squash grown under saline conditions. *Journal of Applied Phycology*, 2017, 29: 459-470 (doi: 10.1007/s10811-016-0937-x).
14. Frioni T., Sabbatini P., Tombesi S., Norrie J., Poni S., Gatti M., Palliotti A. 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 (doi: 10.1016/j.scienta.2017.12.054).
15. Doroshenko T.N., Petrik G.F., Chumakov S.S., Krivorotov S.B., Maksimenko A.P. 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.
16. Mushinskiy A.A., Aminova E.V., Avdeeva Z.A., Borisova A.A., Tumaeva T.A. *Plodovodstvo i yagodovodstvo*, 2019, 59: 335-342 (doi: 10.31676/2073-4948-2019-59-335-342) (in Russ.).
17. Solov'ev A.V., Kashirskaya N.Ya., Skrylev A.A. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2016, 30(6): 80-81 (in Russ.).
18. Kaur S., Gill M.S., Gill P.P.S., Singh N.P. Effect of plant bio-regulators on photosynthesis, growth and yield efficiency of peartrained on Y-trellis system. *Journal of Agrometeorology*, 2020, 22(2): 140-144 (doi: 10.54386/jam.v22i2.154).
19. Fomenko T. G., Popova V. P., Nen'ko N.I., Shadrina Zh.A. *Agrokhimicheskiy vestnik*, 2018, 3: 51-55 (doi: 10.24411/0235-2516-2018-10013) (in Russ.).
20. 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 BIOLOGIZATION*, 2021, 34: 05004 (doi: 10.1051/bioconf/20213405004).
21. Mosa W.F.A., Sas-Paszt L., Gluszek S., Górnik K., Anjum M.A., Saleh A.A., Abada H.S., Awad R.M. Effect of some biostimulants on the vegetative growth, yield, fruit quality attributes and nutritional status of apple. *Horticulturae*, 2023, 9: 32 (doi: 10.3390/horticulturae9010032).
22. Ozherel'eva Z.E., Prudnikov P.S. *Sadovodstvo i vinogradarstvo*, 2022, 6: 24-32 (doi: 10.31676/0235-2591-2022-6-24-32) (in Russ.).
23. Fotirić Aksić M., Dabic 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: 5300 (doi: 10.3390/su14095300).
24. Doroshenko T.N., Petrik G.F., Ryazanova L.G., Chumakov S.S., Matuzok N.V. 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.
25. Ozherelieva Z., Prudnikov P., Nikitin A., Androsova A., Bolgova A., Stupina A., Vetrova O. Adaptogenic preparations enhance the tolerance to spring frosts, yield and quality of apple fruits. *Horticulturae*, 2023, 9(5): 591 (doi: 10.3390/horticulturae9050591).
26. Sedov E.N., Sedysheva G.A., Krasova N.G., Serova Z.M., Gorbacheva N.G., Galasheva A.M., Yanchuk T.V., Pikunova A.V., Van de Veg E. *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka*, 2017, 1: 14-18 (in Russ.).
27. Ozherel'eva Z.E., Prudnikov P.S., Zubkova M.I., Krivushina D.A., Knyazev S.D. *Opredelenie morozostoykosti zemlyaniki sadovoy v kontroliruemyykh usloviyakh* [Determination of frost resistance of garden strawberries under controlled conditions]. Orel, 2019 (in Russ.).
28. *Programma i metodika sortirovaniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur* /Pod redaktsiyey E.N. Sedova, T.P. Ogol'tsovoy [Program and methodology for studying varieties of fruit, berry and nut crops. E.N. Sedov, T.P. Ogol'tsova (eds.)]. Orel, 1999 (in Russ.).
29. Nikitin A.L., Makarkina M.A. *Rekomendatsii po dlitel'nomu khraneniyu plodov immunnykh i*

vyssokoustoychivyykh k parshe sortov yabloni selektsii VNIISPK v fruktokhranilishchakh-kholodil'nikakh (dlya sredney polosy Rossii) [Recommendations for long-term storage of fruits of immune and highly scab-resistant apple tree varieties bred by VNIISPK in fruit storage refrigerators (for central Russia)]. Orel, 2018 (in Russ.).

30. Leonicheva E.V., Roeva T.A., Stolyarov M.E., Leont'eva L.I. *Izuchenie mineral'nogo sostava plodov (metodicheskie rekomendatsii)* [Study of the mineral composition of fruits (methodological recommendations)]. Orel, 2018 (in Russ.).
31. Denisova S.G., Reut A.A. *Agrarnyy vestnik Urala*, 2020, 11(202): 2-13 (doi: 10.32417/1997-4868-2020-202-11-2-13) (in Russ.).
32. Colla G., Cardarelli M., Bonini P., Roupael Y. Foliar applications of protein hydrolysate, plant and seaweed extracts increase yield but differentially modulate fruit quality of greenhouse tomato. *Hortscience*, 2017, 52: 1214-1220 (doi: 10.21273/HORTSCI12200-17).
33. Yakhin O.I., Lubyaynov A.A., Yakhin I.F. *Agrokhiimiya*, 2016, 6: 72-94 (in Russ.).
34. Soppelsa S., Kelderer M., Casera C., Bassi M., Robatscher P., Matteazzi A., Andreotti C. Foliar applications of biostimulants promote growth, yield and fruit quality of strawberry plants grown under nutrient limitation. *Agronomy*, 2019, 9(9): 483 (doi: 10.3390/agronomy9090483).
35. 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 (doi: 10.3389/fpls.2018.01342).
36. Biggs A.R., Peck G.M. Managing bitter pit in Honeycrisp apples grown in Mid-Atlantic Unated States with foliar-applied calcium chloride and some alternanives. *HortTechnology*, 2015, 25(3): 385-391 (doi: 10.21273/HORTTECH.25.3.385).
37. Jemric T., Fruk I., Fruk M., Radman S., Sinkovic L., Fruk G. Bitter pit in apples: pre- and postharvest factors: a review. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2016, 14(4): 1-12 (doi: 10.5424/sjar/2016144-8491).
38. Prichko T.G., Germanova M.G., Droficheva N.V. *Sposob ranney diagnostiki i opredeleniya predraspolozhennosti plodov yabloni k gor'koy yamchatosti pri khranении. A.s. 2593347 S 1 (RF) MPK G01N 33/02 A 01 F 25/00. FGBNU "Severo-Kavkazskiy zonal'nyy nauchno-issledovatel'skiy institut sadovodstva i vinogradarstva" (RF). 2015132790/15. Zayav. 05.08.2015. Opubl. 10.08.2016. Byul. № 22* [Method for early diagnosis and determination of the susceptibility of apple fruits to bitter pitting during storage. A.c. 2593347 C 1 (RF) IPC G01N 33/02 A 01 F 25/00. Federal State Budgetary Institution North Caucasus Zonal Research Institute of Horticulture and Viticulture (RF). 2015132790/15. Appl. 08/05/2015. Publ. 08/10/2016. Bull. No. 22] (in Russ.).
39. Leonicheva E.V., Roeva T.A., Leont'eva L.I., Stolyarov M.E., Makarkina M.A., Prudnikov P.S. *Sovremennoe sadovodstvo — Contemporary horticulture*, 2017, 4: 84-96 (doi: 10.24411/2218-5275-2017-00037) (in Russ.).
40. Gago C.M.L., Guerreiro A.C., Miguel, G., Panagopoulos T., da Silva M.M., Antunes M.D.C. Effect of calcium chloride and 1-MCP (Smartfresh™) postharvest treatment on 'Golden Delicious' apple cold storage physiological disorders. *Scientia Horticulturae*, 2016, 211: 440-448 (doi: 10.1016/j.scienta.2016.09.017).
41. Soppelsa S., Kelderer M., Testolin R., Zanotelli D., Andreotti C. Effect of biostimulants on apple quality at harvest and after storage. *Agronomy*, 2020, 10: 1214 (doi: 10.3390/agronomy10081214).
42. Guerriero G., Hausman J.-F., Legay S. Silicon and the plant extracellular matrix. *Frontiers in Plant Science*, 2016, 7: 463 (doi: 10.3389/fpls.2016.00463).