

УДК 631.8

UDC 631.8

DOI 10.30679/2219-5335-2023-6-84-121-135

DOI 10.30679/2219-5335-2023-6-84-121-135

**ВЛИЯНИЕ
БИО-ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНОГО
КОМПЛЕКСА АКМ
НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ
АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ,
ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯБЛОНИ
И КАЧЕСТВО ПЛОДОВ**

**THE INFLUENCE
OF THE BIO-ORGANO-MINERAL
COMPLEX AKM
ON THE BIOLOGICAL ACTIVITY
OF THE SOIL, PRODUCTIVITY
OF APPLE TREE
AND FRUIT QUALITY**

Занилов Амиран Хабидович
канд. с.-х. наук
директор
e-mail: amiran78@inbox.ru

Zanilov Amiran Khabidovich
Cand. Agr. Sci.
Director
e-mail: amiran78@inbox.ru

Таов Рустам Харунович
инженер-исследователь

Taov Rustam Kharunovich
Research Engineer

Азнаева Милана Радиевна
лаборант-исследователь

Aznaeva Milana Radievna
Research Assistant

Хашхожев Ислам Тигранович
агроном

Khashkhozhev Islam Tigranovich
Agronomist

*Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кабардино-Балкарский государственный
университет имени Х.М. Бербекова»,
Центр декарбонизации АПК
и региональной экономики,
Нальчик, КБР, Россия*

*Federal State Budgetary
Educational Institution
of Higher Education
«Kabardino-Balkarian State University
named after H.M. Berbekov»,
Decarbonization Center AIC
and regional economy,
Nalchik, KBR, Russia*

Бакуев Жамал Хажисманович
д-р с.-х. наук
директор
e-mail: bakuev.z@mail.ru

Bakuev Jamal Hadjiosmanovich
Dr. Sci. Agr.
Director
e-mail: bakuev.z@mail.ru

Сатибалов Аслан Владимирович
д-р с.-х. наук
заведующий отделом селекции
и сортоизучения плодовых, ягодных
и орехоплодных культур
e-mail: aslan-07@list.ru

Satibalov Aslan Vladimirovich
Dr. Sci. Agr.
Head of the department of Selection
and Variety Studies of Fruit,
Berry and Nut Crops
e-mail: aslan-07@list.ru

*Федеральное государственное
бюджетное научное учреждение
«Северо-Кавказский
научно-исследовательский институт
горного и предгорного садоводства»,
Нальчик, КБР, Россия*

*Federal State Budgetary
Scientific Institution
«North Caucasian
Research Institute
of Mountain and Foothill Gardening,
Nalchik, KBR, Russia*

Биологическая активность почвы формируется преимущественно за счет микробиоты, живущей в ней. В связи с этим, при создании агротехнологий широко используется свойство микроорганизмов, предусматривающих повышение биологической активности почвы и воспроизводства почвенного плодородия. Гармонично функционирующая почва во многом определяет и питательные свойства произведенной на ней агропродукции, что выводит соответствующие технологии из разряда регенеративных в технологии сбережения здоровья. Учитывая, что важную роль в преобразовании веществ в почве играют почвенные микроорганизмы, для оценки степени биоактивности проведен анализ влияния био-органо-минерального комплекса АКМ на интенсивность субстрат индуцированного дыхания почвы околокорневой зоны деревьев. Установлено положительное влияние АКМ на рост содержания хлорофилла в листьях яблонь. Начало повышения отмечается через 33 дня после внесения удобрения и в последующие отрезки данная тенденция сохраняется. Полученные результаты подтверждают наличие связи между концентрацией хлорофилла в листьях и продуктивностью. На основе данных проведенного эксперимента можно заключить, что био-органо-минеральный комплекс АКМ является средством биоактивации почвы. Это выражается в росте дыхания почвы в течение вегетации на 8,8-45,5 %. Содержащийся в комплексе магний обеспечивает повышение всасывающей силы за счет повышения концентрации хлорофилла (4,8-36,5 %) и интенсивности фотосинтеза, что в итоге ведет к повышению доступности сопутствующих для плодовых деревьев минеральных элементов питания. В результате действия АКМ урожайность плодов повышается на 14,3 %, возрастает и их качество. Важность использования магниевых удобрений, в частности АКМ, связана не только с возможностью повысить урожайность сельскохозяйственных культур, но и с возможностью произвести физиологически более ценную по содержанию нутриентов продукцию,

The biological activity of the soil is formed mainly due to the microbiota living in it. In this regard, when creating agricultural technologies, the properties of microorganisms are widely used to increase the biological activity of the soil and reproduce soil fertility. Harmoniously functioning soil largely determines the nutritional properties of the agricultural products produced on it, which takes the corresponding technologies from the category of regenerative to health-saving technologies. Considering that soil microorganisms play an important role in the transformation of substances in the soil, the influence of the bio-organo-mineral complex AKM on the intensity of substrate-induced soil respiration in the near-root zone of trees was evaluated to assess the degree of bioactivity. A positive effect of AKM on the growth of chlorophyll content in apple tree leaves has been established. The beginning of the increase is observed 33 days after the application of fertilizer and in subsequent periods this trend continues. The obtained results confirm the existence of a relationship between chlorophyll concentration in leaves and productivity. Based on the data of the experiment, we can conclude that the bio-organo-mineral complex AKM is a means of soil bioactivation. This is expressed in an increase in soil respiration during the growing season by 8.8-45.5 %. The magnesium contained in the complex provides an increase in suction power due to an increase in the concentration of chlorophyll (4.8-36.5 %) and the intensity of photosynthesis, which ultimately leads to an increase in the availability of mineral nutrients associated with fruit trees. As a result of the action of AKM, fruit yield capacity increases by 14.3 %, and their quality also increases. The importance of using magnesium fertilizers, in particular AKM, is associated not only with the ability to increase crop yields, but also with the ability to produce physiologically more valuable products

которая может быть использована в программах сбережения здоровья для профилактики, в том числе эндемичных заболеваний населения.

in terms of nutrient content, which can be used in health conservation programs for the prevention, including endemic diseases of the population.

Ключевые слова: ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ, ИНТЕНСИВНОЕ САДОВОДСТВО, УРОЖАЙНОСТЬ, ТОВАРНЫЕ КАЧЕСТВА ПЛОДОВ

Key words: SOIL FERTILITY, INTENSIVE GARDENING, YIELD CAPACITY, MARKETABLE QUALITIES OF FRUITS

Введение. Плодородие – важнейшее свойство почвы, заключающееся в способности удовлетворять потребность растений в элементах питания, влаге и воздухе, а также обеспечивать условия для их нормальной жизнедеятельности. Почвенное плодородие определяется кислотностью, влажностью и насыщенностью кислородом и является результатом биологической секвестрации диоксида углерода и его трансформации в относительно стабильные компоненты почвенного органического вещества [1-4]. Под почвенной секвестрацией органического углерода понимается перевод атмосферного углекислого газа в живое органическое вещество растений (фотосинтез) с последующей трансформацией мортмассы в почвенное органическое вещество с периодом полного разложения (минерализации) составляющих его органических компонентов [4]. Согласно работе коллектива авторов [5], корневая биомасса трав является основным источником накопления органического вещества в глубоких слоях почв. По данным М. Körschens [6], 90 % первичного органического вещества, поступившего в почву, происходящего из растительной биомассы, вновь минерализуется и возвращается в атмосферу.

Оценка агротехнических приемов и средств производства в растениеводстве в общем и в садоводстве в частности, по показателям биологической активности почвы способна дать информацию об устойчивости агроэкосистем, что особенно актуально в условиях погодно-климатической нестабильности.

Биологическая активность почвы формируется преимущественно за счет микробиоты, живущей в ней. В связи с этим при создании агротехно-

логий широко используется свойство микроорганизмов, предусматривающих повышение биологической активности почвы и воспроизводства почвенного плодородия [7-9]. Активность как аборигенной, так и интродуцированной микробиоты возрастает при совместном использовании органических и органоминеральных соединений, так как органический компонент выступает в качестве энергетического материала для грибов и бактерий.

К сожалению, почвенный покров в сельском хозяйстве рассматривается преимущественно с точки зрения ее производственных назначений, в то время как почва выполняет фундаментальную биосферную функцию, которая обеспечивает устойчивость экосистем, в том числе антропогенно модифицированных, таких как сады интенсивного типа. Но этим роль почвы не ограничивается.

Гармонично функционирующая почва во многом определяет и питательные свойства произведенной на ней агропродукции, что выводит соответствующие технологии из разряда регенеративных в технологии сбережения здоровья. Минеральные и органические вещества, получаемые человеком с пищей, являются основой в поддержании метаболизма и базисом человеческого здоровья. Известно, что состав микрофлоры почвы воздействует на питательную ценность растительной продукции, следовательно, на общее состояние здоровья человека [10, 11, 12].

В связи с вышеизложенным, создание агротехнологий, нацеленных на повышение питательной ценности агропродукции, позволяет решить задачи, касающиеся не только устойчивости и продуктивности производства, но и позволяет вывести традиционную сельскохозяйственную продукцию в категорию функциональных продуктов, которые могут быть эффективны для профилактики отдельных заболеваний, в том числе и эндемичного характера.

Объекты и методы исследования. В качестве почвоудобрительного средства использовался органоминеральный комплекс АКМ [13], в котором минеральная часть (80 %) представлена природной рудой серпентини-

том (рис. 1), содержащим 15,1 % магния в весовом выражении, а органический компонент – бурый углем (20 %).

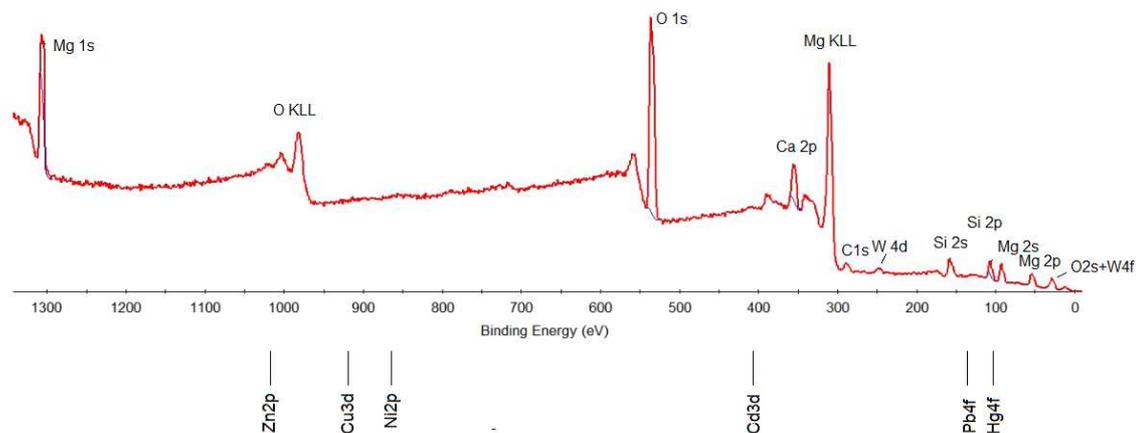


Рис. 1. Спектральный анализ образца серпентинита (метод РФЭС)

В качестве средства биомодификации АКМ были использованы био-препараты Трихозан (*Trichoserma viridae*) и Ризоплан (*Pseudomonas fluorescens*) в норме 1 л каждого препарата на 1 тонну АКМ. Обогащение микроорганизмами осуществилось в процессе измельчения смеси серпентинита и бурого угля.

Исследования выполнены в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (мнемокод 0669-2020-0008) и проводились в условиях Баксанского района Кабардино-Балкарской республики в саду интенсивного типа ООО «Центр «Питомник» в сезон 2023 года (рис. 2).

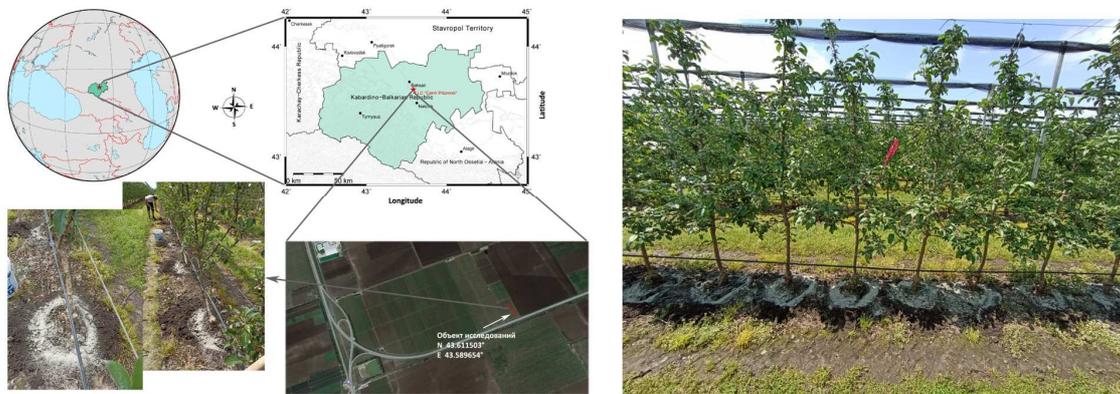


Рис. 2. Месторасположение опытного участка (N 43.632924° E 44.159827°)

Внесение органоминерального комплекса проводилось подсыпкой в приствольные круги деревьев на глубину 5-6 см с последующей заделкой. Норма внесения под каждое дерево рассчитывалась исходя из 1 т АКМ на 1 га. Кратность опыта 3-кратная по 10 деревьев в каждом варианте. Испытания проводились на сорте Гала Шнигоред.

Биологическая активность почвы в динамике определялась методом субстрат индуцированного дыхания [14].

Содержание хлорофилла в листьях определялось в динамике в четырех временных точках [15].

Урожайность оценивалась методом сплошного сбора плодов с последующим учетом на электронных весах.

Содержание магния и кальция определялось атомно-абсорбционным методом в центре коллективного пользования КБГУ им. Х.М. Бербекова «Рентгеновская диагностика материалов».

Обсуждение результатов. Биологическая активность почвы. Учитывая, что важную роль в преобразовании веществ в почве играют почвенные микроорганизмы [1], для оценки степени биоактивности была проведена оценка влияния АКМ на интенсивность субстрат индуцированного дыхания почвы околокорневой зоны деревьев.

На рисунке 3 представлены данные интенсивности субстрат индуцированного дыхания почвы (СИД), из которых следует, что при относительно равном показателе на начальном этапе (16.05.2023 г.) через 15 суток после внесения АКМ СИД в опытном варианте по отношению к контрольному показатель снижается на 24,2 %. Это может свидетельствовать о том, что компоненты АКМ на старте могут участвовать в перестройке аборигенной микрофлоры почвы, а для возобновления ее активности требуется определенное время. Подтверждение этому мы видим на последующих отрезках времени, где интенсивность дыхания почвы по отношению к контрольному варианту возрастает на 45,5 %; 8,8 % и 21,3 % соответственно,

что может свидетельствовать о произошедшей адаптации в почве интродуцированных вместе с АКМ микроорганизмов биопрепаратов.

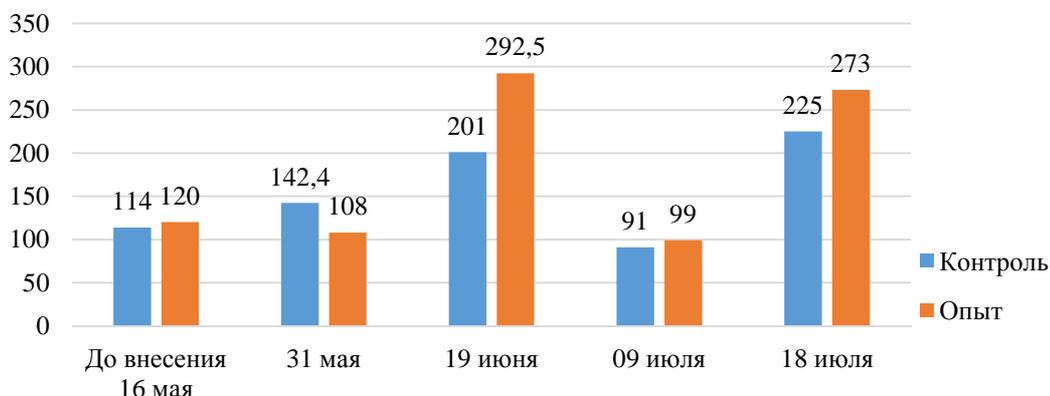


Рис. 3. Интенсивность СИД, мкл CO₂/ч/г почвы

По влиянию на интенсивность СИД почвы используемое удобрение может быть рассмотрено в качестве средства биоактивации почвы, при этом выявлено, что внесение АКМ рекомендуется осуществлять до начала интенсивного цветения.

Концентрация хлорофилла. Влияние АКМ на деревья было промежуточно оценено по концентрации хлорофилла в листьях (рис. 4). В современной литературе имеются данные о тесной корреляционной зависимости ($r=0,70$) между концентрацией хлорофилла и урожайностью сельскохозяйственных культур [15].

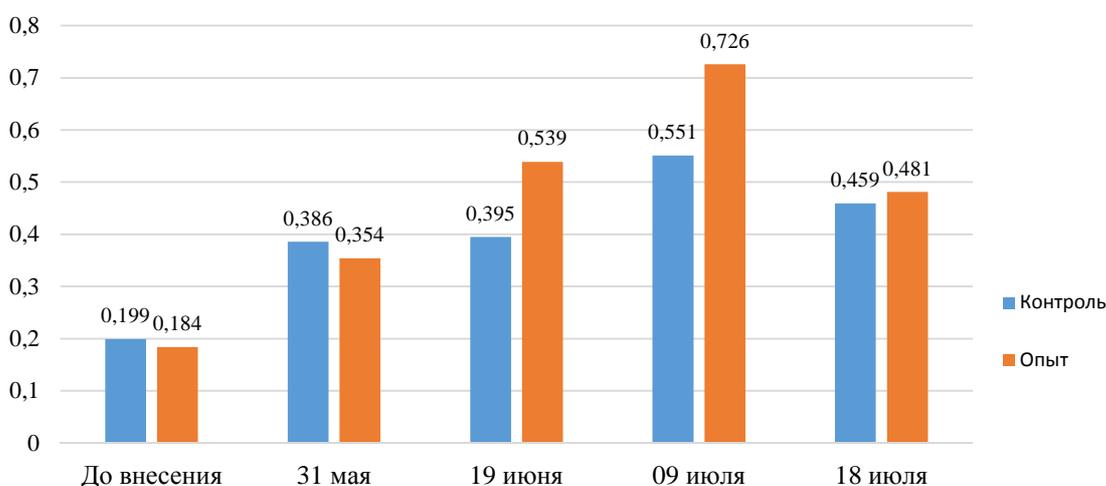


Рис. 4. Содержание хлорофилла в листьях, %

Приведенная выше диаграмма демонстрирует положительное влияние био-органо-минерального комплекса АКМ на рост содержания хлорофилла в листьях яблонь (рис. 5). Начало повышения (36,5 %) отмечается через 33 дня после внесения удобрения и в последующие отрезки данная тенденция сохраняется: 31,8 % (9 июля) и 4,8 % (18 июля). Влияние АКМ на содержание хлорофилла оценивается корреляционной зависимостью $r=0,93$.



Рис. 5. Состояние листьев сравниваемых участков

Урожайность. Сбор урожая проводился 24 августа, и полученные результаты подтверждают наличие связи между концентрацией хлорофилла в листьях и продуктивностью культурных растений (табл. 1).

Таблица 1 – Урожайность яблок, кг/10 деревьев

Вариант	Повторности			Среднее	Прибавка, кг/%
	1	2	3		
Контроль	77	82	72	77	11/14,3
Опыт	92	87	85	88	
НСР ₀₅	9,9				

Дополнительный объем урожая был сформирован преимущественно за счет завязывания плодов на верхнем ярусе (рис. 6), что возможно связано с более эффективным транспортом питательных веществ к плодам верхнего яруса.



Рис. 6. Загруженность плодами верхнего яруса деревьев

Магний, как основной минеральный компонент органоминерального комплекса АКМ, имеет свойство регулировать поступление питательных веществ в растения и увеличивать их сосущую силу [17]. Магний является важным элементом для осуществления таких основных функций в растениях, как фотосинтез (магний является центральным элементом в молекуле хлорофилла), транспорт фосфора, синтез сахаров, перераспределение крахмала, образование жира, фиксация азота. Магний также входит в состав многих ферментов и является их активатором, контролирует потребление питательных элементов, улучшает усвоение железа [18, 19]. Механизм действия магния заключается в преобразовании фосфорной кислоты, что положительно сказывается на плодообразовании [20].

Экономическая эффективность. Целесообразность использования определённого вида удобрения определяется экономическими выгодами от его применения, то есть уровнем окупаемости затрат на них.

В результате проведенного исследования было выявлено, что с учетом площади питания одного дерева и зафиксированной прибавки урожая валовый сбор с 1 га эквивалентен 4,4 т (табл. 2).

Таблица 2 – Окупаемость АКМ

Цена гектарной нормы АКМ, руб.	Прибавка урожая, кг	Цена 1 кг яблок, руб.	Стоимость дополнительного урожая яблок, руб.	Окупаемость затрат на АКМ, руб.
14 500	4 400	50	220 000	15,2

При имевшейся цене реализации в 2023 году яблок сорта Гала Шнигоред (50 руб./кг) стоимость дополнительно полученного урожая равна 220 тыс. руб., а окупаемость 1 кг АКМ составила 15,2 руб.

Содержание магния и кальция в плодах. Магний является мобильным элементом, и при его недостатке растение перемещает его из старых листьев к новым. Поэтому признаки дефицита в первую очередь проявляются на нижних старых листьях, образуется хлороз. Недостаток магния приводит к изменению окраски листа, появлению на нем белых или желтых пятен и к резкому падению фотосинтеза, что, в конечном счёте, отрицательно сказывается на количестве и качестве урожая.

Нехватка магния приводит к недостаточному образованию почек и их неполноценному развитию.

Важность использования магниевых удобрений, в частности АКМ, связана не только с возможностью повысить урожайность сельскохозяйственных культур, но и с возможностью произвести физиологически более ценную по содержанию нутриентов продукцию, которая может быть использована в программах сбережения здоровья для профилактики, в том числе эндемичных заболеваний населения, страдающих от дефицита того или иного элемента. В связи с этим выбор средств и агротехнических приемов, повышающих содержание магния, особенно в товарной части продукции является актуальной задачей.

Из диаграммы, представленной на рисунке 7 видно, что в абсолютном выражении содержание магния в листьях опытного варианта незначительно выше, чем в листьях эталонного участка. Разница составляет 4,2 % и можно сказать, что его содержание отражает повышенную концентрацию хлорофилла в опытном варианте.

Особенность распределения магния в плодах проявилась в том, что при равном его содержании в мякоти плодов сравниваемых вариантов, его концентрация в кожуре оказалась выше на 9,3 %.

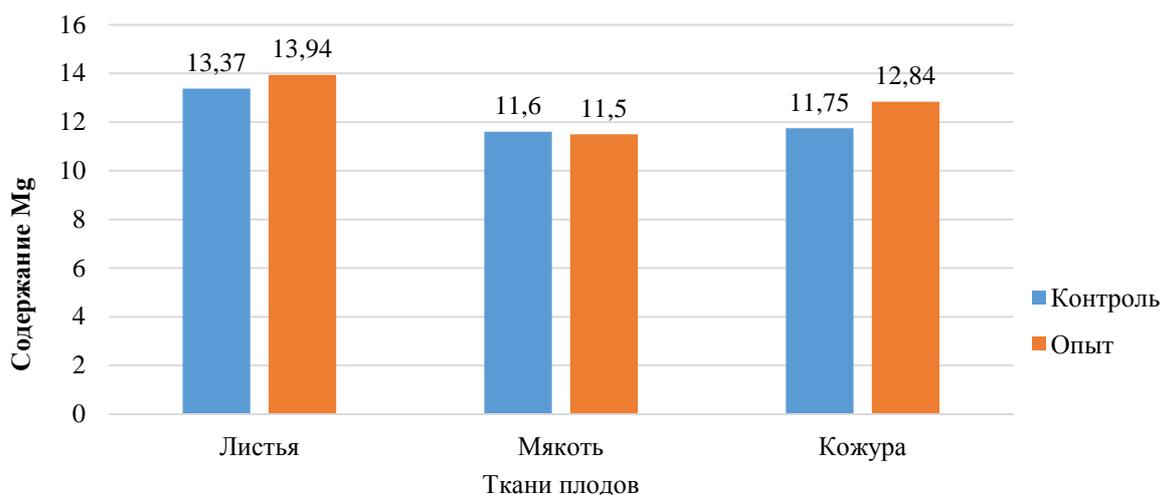


Рис. 7. Содержание магния, мг/г сухого вещества

С самого начала жизни растениям необходим такой элемент как кальций, так как он участвует в строительстве клеточных стенок. Кальций регулирует водный баланс и улучшает растворимость многих соединений в почве. Без этого элемента невозможен нормальный рост корней. При недостатке кальция растения не только не получают достаточного питания из-за болезней корней, но не могут перерабатывать и усваивать крахмал и белки, которые используются молодыми листьями и растущими побегами. Из-за этого молодые растущие части растений усыхают или загнивают, проявляется верхушечная гниль, что является характерным признаком дефицита кальция.

Дефицит кальция в плодах ведет к проявлению физиологического заболевания называемого горькой ямчатостью (подкожная пятнистость) [21-23]. Качественный состав плодов во многом определяет продолжительность хранения урожая, что обеспечивает дополнительную рентабельность садоводства за счет роста цены продукции по мере ее хранения. Для повышения сохранности плодов в технологию возделывания плодовых культур включаются препараты, содержащие соли кальция.

Концентрация кальция в плодах не является единственным критерием предрасположенности плодов к развитию горькой ямчатости. Значительную

роль играет сбалансированность минерального состава плодов, особенно в отношении калия и магния [21, 23]. Так как кальций способствует целостности клеточных мембран, водоудерживающей способности протоплазмы, участвует в строительстве клеточной стенки и повышает прочность тканей, использование в технологиях плодводства средств, повышающих его концентрацию в плодах, является важной практической задачей, способной существенно снизить риски потери урожая в результате хранения.

На рисунке 8 отражено положительное действие АКМ, внесенного в почву в качестве основного удобрения, которое привело к росту содержания кальция в частях яблок. Так, в кожуре яблок, собранных с деревьев, подкормленных комплексом АКМ, концентрация кальция оказалась на 11,4 % выше, чем на эталонном участке. Относительная разница в содержании кальция в мякоти плодов между сравниваемыми вариантами оказалась значительно выше, чем в кожуре. Содержание в мякоти плодов опытного варианта оказалось на 38,2 % больше, чем в контрольном варианте.

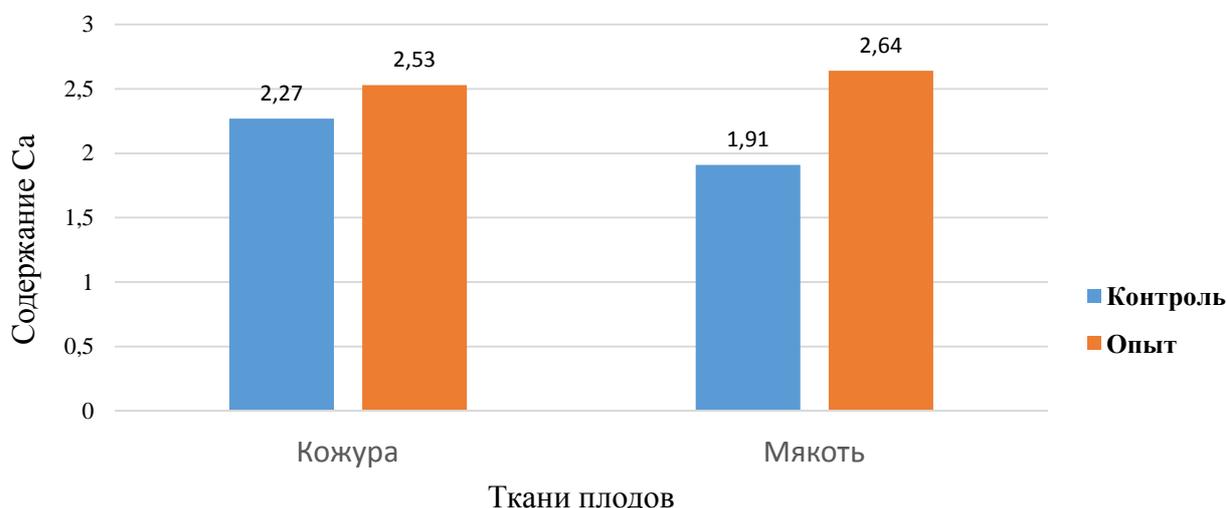


Рис. 8. Содержание кальция, мг/г абс.сухого вещества

Выводы. На основе данных проведенного эксперимента можно заключить, что био-органо-минеральный комплекс АКМ является средством биоактивации почвы. Это выражается в росте дыхания почвы в течение ве-

гетации на 8,8-45,5 %. Содержащийся в комплексе магний обеспечивает повышение всасывающей силы за счет повышения концентрации хлорофилла (4,8-36,5 %) и интенсивности фотосинтеза, что в итоге ведет к повышению доступности сопутствующих для плодовых деревьев минеральных элементов питания. В результате действия АКМ урожайность плодов повышается на 14,3 %, а их качество возрастает, особенно по такому показателю, как концентрация кальция – на 11,4 в кожуре и на 38,2 % в мякоти плодов. Заметное повышение магния отмечается в кожуре яблок – на 9,3 %

Литература

1. Abdullahi A.Ch., Siwar Ch., Shaharudin M.I., Anizan I. Carbon Sequestration in Soil: The Opportunities and Challenges in Carbon Capture, Utilization and Sequestration. Ed. by R.K. Agarwal. InTech, 2018. 196. DOI: 10.5772/intechopen.79347
2. The role of soil carbon in natural climate solutions / D.A. Bassio, et al. // *Nature Sustainability* 2020. Vol. 3. P. 391-398. DOI: 10.1038/s41893-020-0491-z
3. Creating a Sustainable Food Future / T. Searchinger, et al. USA: World Resources Institute, 2019. 96 p. https://research.wri.org/sites/default/files/2019-07/creating-sustainable-food-future_2_5.pdf
4. Когут Б.М., Семенов В.М. Оценка насыщенности почвы органическим углеродом // *Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева*. 2020. № 102. С. 103-124. DOI: 10.19047/0136-1694-2020-102-103-124
5. Relevance of aboveground litter for soil organic matter formation – a soil profile perspective / P. Liebmann, et al. // *Biogeosciences*. 2020. Vol. 17. P. 3099-3113. <https://doi.org/10.5194/bg-17-3099-2020>
6. Körschens M. Soil – Humus – Climate. Practically relevant results of 79 long-term field experiments // Vortrag zum 2. Symp. «Wahrnehmung und Bewertung von Böden in der Gesellschaft am 12 Oktober 2018 im UFZ Leipzig». 2018. 12 p.
7. Гринев Л.В., Сенькова Л.А., Мингалев С.К. Биологическая активность почвы // *Аграрное образование и наука*. 2019. №2. С. 14. EDN: BQHDDE
8. Разложение растительных остатков и формирование активного органического вещества в почве инкубационных экспериментов / В.М. Семёнов [и др.] // *Почвоведение*. 2019. № 10. С. 1172-1184. DOI: 10.1134/S0032180X19100113
9. Integrating plant litter quality, soil organic matter stabilization, and the carbon saturation concept / M.J. Castellano, et al. // *Global Change Biology*. 2015. Vol. 21(9). P. 3200-3209. DOI: 10.1111/gcb.12982
10. Achari G.A., Kowshik M. Recent Developments on Nanotechnology in Agriculture: Plant Mineral Nutrition, Health, and Interactions with Soil Microflora // *J Agric Food Chem*. 2018. Vol. 66(33). P. 8647-8661. DOI: 10.1021/acs.jafc.8b00691
11. Nanotechnology advances for sustainable agriculture: current knowledge and prospects in plant growth modulation and nutrition / P. Fincheira, et al. // *Planta*. 2021. Vol. 254(4). 66. DOI: 10.1007/s00425-021-03714-0.
12. A comprehensive overview of nanotechnology in sustainable agriculture / S. Arora, et al. // *Biotechnol*. 2022. Vol. 355. P. 21-41. DOI: 10.1016/j.jbiotec.2022.06.007

13. Комплексное удобрение: патент РФ № RU 2762361 / Конов М.А.; заявка № 2021114146 от 19.05.2021: опубл. 20.12.2021. 11 с.
14. Ананьева Н.Д., Сусьян Е.А., Гавриленко Е.Г. Особенности определения углерода микробной биомассы методом субстрат-индуцированного дыхания // Почвоведение. 2011. № 11. С. 1327-1333. EDN: OJGUFP
15. Калинина А.В., Лящева С.В. Состав и содержание пигментов фотосинтеза в листьях проростков озимой пшеницы. Известия Самарского научного центра РАН. 2018. Т. 20, № 2(2). С. 286-290. EDN: YLHPPV
16. Кравцова Н.Н., Кравченко Р.В., Терехова С.С., Бардак Н.И. Рост и развитие кукурузы в зависимости от густоты стояния растений и протравителя семян // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. 2020. № 157 (03). С. 75-88. DOI: 10.21515/1990-4665-157-007
17. Альшевский Н.Г. Эффективность магниевых удобрений в условиях Полесья УССР. Киев: УСХА, 1980. 52 с.
18. Spectrum Analytic, 2010. Magnesium Basics [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://spectrumanalytic.com/support/library/ff/Mg_Basics.htm. (дата обращения: 25.09.2023)
19. Marschner H. Mineral nutrition of higher plants. 3rd ed. London, 2011. 672 p.
20. Шкляев Ю.Н. Магний в жизни растений. М. Наука. 1981. 94 с.
21. Элементный состав плодов яблони сорта Синап орловский при некорневых обработках соединениями кальция и биологически активными веществами / Е.В. Леоничева [и др.] // Современное садоводство. 2017. № 4. С. 84-96. DOI: 10.24411/2218-5275-2017-00037
22. Гудковский В.А. Система сокращения потерь и сохранения качества плодов яблони, груши и винограда при хранении: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.07, 05.18.03 / Гудковский Владимир Александрович. Мичуринск, 1990. 53 с.
23. Причко Т.Г., Чалая Л.Д., Смелик Т.Л. Влияние особенностей анатомического строения яблок на устойчивость к развитию заболевания горькой ямчатости // Новые технологии. 2015. № 1. С.129-136. EDN: RWNKWK

References

1. Abdullahi A.Ch., Siwar Ch., Shaharudin M.I., Anizan I. Carbon Sequestration in Soil: The Opportunities and Challenges in Carbon Capture, Utilization and Sequestration. Ed. by R.K. Agarwal. InTech, 2018. 196. DOI: 10.5772/intechopen.79347
2. The role of soil carbon in natural climate solutions / D.A. Bassio, et al. // Nature Sustainability 2020. Vol. 3. P. 391-398. DOI: 10.1038/s41893-020-0491-z
3. Creating a Sustainable Food Future / T. Searchinger, et al. USA: World Resources Institute, 2019. 96 p. https://research.wri.org/sites/default/files/2019-07/creating-sustainable-food-future_2_5.pdf
4. Kogut B.M., Semenov V.M. Estimation of soil saturation with organic carbon// Dokuchaev Soil Bulletin. 2020. № 102. P. 103-124. DOI: 10.19047/0136-1694-2020-102-103-124 ([in Russian](#))
5. Relevance of aboveground litter for soil organic matter formation – a soil profile perspective / P. Liebmann, et al. // Biogeosciences. 2020. Vol. 17. P. 3099-3113. <https://doi.org/10.5194/bg-17-3099-2020>
6. Körschens M. Soil – Humus – Climate. Practically relevant results of 79 long-term field experiments // Vortrag zum 2. Symp. «Wahrnehmung und Bewertung von Böden in der Gesellschaft am 12 Oktober 2018 im UFZLeipzig». 2018. 12 p.

7. Grinets L.V., Senkova L.A., Mingalev S.K. Biological activity of soil // Agrarian education and science. 2019. №2. P. 14. EDN: BQHDDE ([in Russian](#))
8. Plant residues decomposition and formation of active organic matter in the soil of the incubation experiments / V.M. Semenov, et al. // Soil Science. 2019. № 10. P. 1172-1184. DOI: 10.1134/S0032180X19100113 ([in Russian](#))
9. Integrating plant litter quality, soil organic matter stabilization, and the carbon saturation concept / M.J. Castellano, et al. // Global Change Biology. 2015. Vol. 21(9). P. 3200-3209. DOI: 10.1111/gcb.12982
10. Achari G.A., Kowshik M. Recent Developments on Nanotechnology in Agriculture: Plant Mineral Nutrition, Health, and Interactions with Soil Microflora // J Agric Food Chem. 2018. Vol. 66(33). P. 8647-8661. DOI: 10.1021/acs.jafc.8b00691
11. Nanotechnology advances for sustainable agriculture: current knowledge and prospects in plant growth modulation and nutrition / P. Fincheira, et al. // Planta. 2021. Vol. 254(4). 66. DOI: 10.1007/s00425-021-03714-0.
12. A comprehensive overview of nanotechnology in sustainable agriculture / S. Aro-ra, et al. // Biotechnol. 2022. Vol. 355. P. 21-41. DOI: 10.1016/j.jbiotec.2022.06.007
13. Complex fertiliser: patent of the Russian Federation № RU 2762361 / Konov M.A.; application № 2021114146 from 19.05.2021: published 20.12.2021. 11 p. ([in Russian](#))
14. Ananyeva N.D., Susyan E.A., Gavrilenko E.G. Determination of the soil microbial biomass carbon using the method of substrate-induced respiration // Soil Science. 2011. № 11. C. 1327-1333. EDN: OJGUFP ([in Russian](#))
15. Kalinina A.V., Lyashcheva S.V. Structure and the maintenance of pigments of photosynthesis in leaves of sprouts of winter soft wheat // News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2018. Vol. 20, № 2(2). P. 286-290. EDN: YLHPPV ([in Russian](#))
16. Kravtsova N.N., Kravchenko R.V., Terekhova S.S., Bardak N.I. Growth and development of corn depending on the dense of the station of plants and seed driller // Polythematic online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. 2020. № 157 (03). P. 75-88. DOI: 10.21515/1990-4665-157-007 ([in Russian](#))
17. Alshevskiy N.G. Efficiency of magnesium fertilisers in the conditions of Polesie of the Ukrainian SSR. Kiev: USHA, 1980. 52 c. ([in Russian](#))
18. Spectrum Analytic, 2010. Magnesium Basics [Electronic resource]. Available at: http://spectrumanalytic.com/support/library/ff/Mg_Basics.htm (accessed date: 25.09.2023)
19. Marschner H. Mineral nutrition of higher plants. 3rd ed. London, 2011. 672 p.
20. Shklyayev Yu.N. Magnesium in plant life. M. Nauka. 1981. 94 c. ([in Russian](#))
21. Mineral composition of 'Sinap Orlovskiy' apple fruits as affected by foliar treatments with calcium chloride and biologically active substances / E.V. Leonicheva, et al. // Contemporary horticulture. 2017. № 4. P. 84-96. DOI: 10.24411/2218-5275-2017-00037 ([in Russian](#))
22. Gudkovskiy V.A. System of loss reduction and quality preservation of apple, pear and grape fruits during storage: autoref. diss. ... Dr. of Agricultural Sciences : 06.01.07, 05.18.03 / Gudkovsky Vladimir Aleksandrovich. Michurinsk, 1990. 53 c. ([in Russian](#))
23. Prichko T.G., Chalaya L.D., Smelik T.L. Influence of anatomical features of apple structure on resistance to the development of bitter canker disease // New technologies. 2015. № 1. C. 129-136. EDN: RWNKWK ([in Russian](#))