

РЕЖИМ ПИТАНИЯ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯБЛОНИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Сергеева Н.Н., канд. с.-х. наук

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

Реферат. Экспериментальные исследования проведены методом полевого опыта в 2019-2021 гг., руководствуясь методикой Б.А. Доспехова. Схемой опыта предусмотрен контрольный вариант (без удобрений) и запасное локальное внесение органоминеральных удобрений на глубину 15-18 см с ежегодным системным применением водного раствора специального органоминерального удобрения некорневым методом. В результате исследований определено, что органоминеральные удобрения пролонгированного действия, содержащие в своем составе низинный торф, макро- и микроэлементы, гуминовые соединения, биомодификатор на основе штамма ризосферных бактерий *Bacillus subtilis* способствовали активации аммонифицирующей способности почвы, росту суммарного содержания минерального азота, основных биогенных элементов. Базальное дыхание почвы, характеризующее общую активность гетеротрофных микроорганизмов, составляло в среднем $4,87 \pm 0,40$ мг $\text{CO}_2/\text{кг}/\text{ч}$. Некорневые обработки растений водным раствором агрохимиката, включающего в свой состав экстракт водорослей *Ascophyllum nodosum*, макроэлементы, хелатированные микроэлементы, обеспечивали увеличение в листьях побегов содержание фотосинтетических пигментов и минеральных элементов в сравнении с контрольным вариантом на 7,4-31,1 % (K), 21,4-80,8 % (Mg), 21,7-132,8 % (Ca) в зависимости от сорта и периода сезонного развития.

Ключевые слова: яблоня, органоминеральные удобрения, режим питания, производственные процессы

Summary. Experimental studies were conducted by the method of field experience in 2019-2021, guided by the methodology of B.A. Dospikhov. The scheme of the experiment provides for a control variant (without fertilizers) and a reserve local application of organomineral fertilizers to a depth of 15-18 cm with annual systemic application of an aqueous solution of a special organomineral fertilizer by a non-root method. As a result of the research, it was determined that organomineral fertilizers of prolonged action containing lowland peat, macro- and microelements, humic compounds, a biomodifier based on a strain of rhizospheric bacteria *Bacillus subtilis* contributed to the activation of the ammonifying ability of the soil, an increase in the total content of mineral nitrogen, the main biogenic elements. Basal respiration of the soil, characterizing the overall activity of heterotrophic microorganisms, averaged 4.87 ± 0.40 mg $\text{CO}_2/\text{kg}/\text{h}$. Non-root treatment of plants with an aqueous solution of agrochemicals, including *Ascophyllum nodosum* algae extract, macronutrients, chelated micronutrient elements, increased the content of photosynthetic pigments and mineral elements in the leaves of shoots in comparison with the control variant by 7.4-31.1% (K), 21.4-80.8% (Mg), 21.7-132.8% (Ca) depending on the variety and the period of seasonal development.

Key words: apple tree, organomineral fertilizers, nutrition regime, production processes

Введение. Биологизация технологических процессов промышленного производства плодовой продукции затрагивает, в первую очередь, систему применения агрохимикатов. В последние годы в садоводстве приобретают актуальность препараты сложных составов, состоящие из органических веществ и связанных с ними химически или адсорбционно минеральных соединений [1, 2]. Основными преимуществами использования органоминеральных агрохимикатов являются: при внесении в почву – мобилизация почвенных запа-

сов биогенных элементов, пролонгированный эффект действия, поддержание здоровья почвы [3-5]; при нанесении на растения – усиление метаболической активности в сочетании с улучшением качества питания растений и устойчивости к стрессам [6-7]. Такие агрохимикаты отвечают основному требованию землепользования – более рациональному использованию плодородия земли [8, 9]. Вместе с тем, в настоящее время системные исследования эффективности агрохимикатов нового поколения в садоводстве направлены на изучение устойчивости плодовых растений и ценозов в целом к негативному действию абиотических факторов весенне-летнего периода, стабильности и уровня плодоношения, качественных показателей плодов. Наиболее обоснованным способом выявления изменения данных критериев эффективности применения органоминеральных агропрепаратов являются химические методы диагностики состояния растений [10, 11]. Основываясь на данном положении, была разработана программа научно-исследовательской работы.

Цель исследований – определение влияния биологизированной системы удобрения яблони на комплекс показателей, определяющих ритмичность сезонного развития и реализацию потенциальной продуктивности – режим питания во взаимосвязи с динамикой первичных метаболитов в индикаторных органах растений.

Объекты и методы исследований Объект исследований – плодоносящие насаждения яблони на подвое СК 4. Сад заложен в 2009 г. Почва участка – чернозем выщелоченный. Деревья сформированы по системе «крона-ряд» со схемой размещения растений 4,5×0,9 м и 4,5×1,2 м. Некорневые опрыскивания проводили на фоне внесенного в почву в 2014 г. на глубину 15-18 см (2,2 кг на одно растение) органоминерального удобрения (40 % органического вещества), состоящего из низинного торфа высокой степени разложения, основных макро- и микроэлементов (бор, железо, марганец, медь), гуминовых соединений и биомодификатора на основе штамма ризосферных аэробных бактерий *Bacillus subtilis* (микробный препарат нанесен на гранулы). Помимо содержащихся в торфе гуминовых веществ, гранулы методом опрыскивания насыщены гуматом калия.

Выбор препарата для некорневых обработок яблони основан на представлении о том, что в условиях резкого значительного перепада весенних температур воздуха и дефицита корневого питания, предотвратить массовую редукцию завязи можно, оптимизировав питательный режим растений, снизив разнокачественность завязей, образовавшихся из срединных и краевых цветков, находящихся в худших условиях питания, то есть обеспечить оптимальные условия питания не только для завязи, сформировавшейся из наиболее развитых центральных цветков в соцветии (крупноплодные сорта яблони), но и для улучшения снабжения пластическими веществами завязи, образующиеся дополнительно из двух-трех срединных цветков (у сортов яблони с менее крупными плодами). В этой связи для опрыскивания деревьев в 2019-2021 гг. использовали агрохимикат, содержащий в своем составе экстракт водорослей *Ascophyllum nodosum*, макроэлементы, хелатированные микроэлементы. Препарат предназначен для оптимизации условий роста плода на начальных этапах развития, в том числе на фоне действия неблагоприятных абиотических факторов, повышения функциональной устойчивости растений. Водными растворами препарата в концентрации 0,2 % и 0,3 % обрабатывали деревья яблони после цветения и при достижении плода размера 2-2,5 см. Методическое сопровождение исследований в условиях полевого опыта – в соответствии с общепринятыми рекомендациями [12, 13]. Диагностирование динамики содержания валовых количеств элементов в растениях и их соотношение осуществляли в соответствии с методикой [14] ежегодно в определенные фазы развития: первая волна активного роста (листья, побеги), вторая волна меристематической активности (листья, конец июля – август). На фоне действия абиотического стресса в августе изучение функционального состояния растения яблони в лабораторных условиях проводили с привлечением физиологических методов анализа [15].

В зимне-весенне-летний период 2019-2021 гг., анализировали динамику абиотических факторов, особенности которой в указанный период состояли в значительных перепадах температуры воздуха, отсутствии регулярного выпадения атмосферных осадков и, как следствие, существенных колебаниях влажности воздуха и почвы. Данные предоставлены станцией М-2 (г. Краснодар). Так, в 2019 г., в апреле, на фоне значительных колебаний температуры воздуха при понижении в первой декаде до $-1,2$ °С к началу цветения яблони перепад минимальных и максимальных температур составлял более 15 °С. Тенденция значительного превышения максимальной дневной температуры среднесуточных значений показателя сохранялась в мае и июне при минимальном количестве осадков. Относительная влажность воздуха в июне снижалась до 31-37 %. Особенностью второй и третьей декады июля 2019 г. было обилие осадков, способствующее снижению максимальных дневных температур воздуха до значений 25-31 °С. С первой декады августа наблюдался значительный перепад максимальных дневных и минимальных температур воздуха, более характерный для начала осеннего периода. Выпадение незначительного количества осадков (37,2 мм) наблюдалось только в первой и второй декадах месяца.

Весенний период 2020 г., предшествующий началу цветения яблони, характеризовался отсутствием осадков и перепадом дневных и ночных температур воздуха от +25 °С до -2 °С. Периодическое выпадение осадков в мае в период формирования и роста завязи также сопровождалось резким перепадам температур от +29 °С до +4 °С. Засушливый период (более двух недель) при максимальной температуре воздуха до +33 и +38 °С отмечен в июне и в июле. Максимальная напряженность гидротермических факторов зафиксирована в августе. В течение месяца осадки практически отсутствовали, а максимальная температура воздуха составляла +30 ... +37 °С.

Значительные колебания температуры воздуха в 2021 г. зафиксированы уже в позд-незимний период. В начале второй декады февраля максимальная температура воздуха провокационно поднималась до +18,2 и +20,1 °С. В конце второй декады и в третьей декаде температура воздуха опускалась до $-14,1$... $-14,9$ °С при максимальной скорости ветра до 19 м/с. В этой связи в полевом опыте были начаты биологические наблюдения за состоянием плодоносящих деревьев. Анатомио-морфологические исследования тканей годичных приростов и почек выявили нахождение растений в состоянии глубокого покоя. Методом микроскопирования установлено, что состояние всех тканей годичных приростов (коры, древесины, сердцевины) было удовлетворительным и характерным для этого периода, почки находились на стадии V_г этапа органогенеза – образование археспориальной ткани в пыльниках. В ранневесенний период были зафиксированы перепады температуры от +17,9 до $-7,9$ °С, при этом скорость ветра достигала 10-16 м/с. Уже в первой декаде апреля температура воздуха поднималась до +18,2 и +25,8 °С при регулярном выпадении атмосферных осадков, что способствовало активации ростовых процессов у растений. В этот период фиксировали фазу начала распускания почек (набухание верхушек почек, разрыхление почек, усиленный рост околоцветника, в пыльниках – скрытые процессы формирования микроспор, этапы VI-VII органогенеза). В первой декаде мая массовое цветение яблони сопровождалось повышением температуры воздуха до +30 °С и снижением до +4 °С. К периоду начала осыпания лепестков значительные перепады температуры воздуха сохранялись. Средняя температура воздуха за месяц не превысила +18 °С. Балльная оценка силы цветения яблони в 2021 г. составила: сорт Прикубанское – 4,0-4,8 балла, сорт Айдаред – 3,5-4,5 балла, сорт Ренет Кубанский – 2,5-4,0 балла.

В 2021 г. наблюдались продолжительные засушливые периоды в июле (суммарное количество атмосферных осадков 28,4 мм при максимальных значениях температуры воздуха 34,6-38,1 °С) и в августе (первая декада 9,7 мм осадков, третья декада – 2,3 мм осадков) при температуре воздуха 35,5-37,7 °С).

Обсуждение результатов. Пролонгированное действие биомодифицированного удобрения, внесенного в почву ранней весной 2014 г., подтверждено количеством подвижных соединений основных биогенных элементов через год и через 6 лет. В сравнении с контрольным вариантом (без внесения удобрения): нитрификационная способность пахотного слоя почвы была выше на 46,0 и 71,2 % соответственно; аммонифицирующая способность – на 9,1 и 35,8 %; суммарное содержание минерального азота – на 17,2 и 36,1 %. В условиях монокультуры сада без внесения удобрений выявлены процессы дегумификации: снижение содержания гумуса на 13 % в сравнении с данными 2012 г. (до закладки опыта) Потери гумуса в варианте с внесением органоминерального удобрения отсутствовали. Содержание подвижных соединений фосфора и калия в пахотном и подпахотном слоях почвы через шесть лет после внесения удобрения превышали показатели в контрольном варианте на 52,3 и 16,8 % (K₂O); 110,0 и 69,4 % (P₂O₅). Через 7 лет после внесения в почву биомодифицированного удобрения (2021 г.) исследовали общую активность гетеротрофных микроорганизмов (бактерий, актинобактерий, грибов). Базальное (микробное) дыхание (БД) анализируемой почвы составляло в среднем 4,87±0,40 мгСО₂/кг/ч, что незначительно превышало количественные значения показателя в контрольном варианте (на 5,2 %). Содержание активной микробной биомассы (С_{мик.}) составляло 174,78±52,41 мкгС/г, метаболический фактор (qCO₂) – 7,60.

На этом фоне ежегодно применяли опрыскивание деревьев водными растворами органоминерального удобрения. Уже через один месяц после некорневых обработок яблони диагностировали в листьях и побегах яблони сортов Прикубанское, Айдаред и Ренет Кубанский валовое содержание основных биогенных элементов. Повторно листовую диагностику осуществляли в конце июля и в августе, в период максимальной напряженности действия абиотических факторов (интенсивная инсоляция при максимальной дневной температуре воздуха выше 35-38 °С и продолжительном отсутствии атмосферных осадков) (табл. 1). В варианте с применением некорневых обработок у сортов Прикубанское и Ренет Кубанский в июне и августе существенно возросло содержание в листьях азота, калия, кальция и магния, а у яблони сорта Айдаред – преимущественно в августе.

Таблица 1 – Содержание основных биогенных элементов в листьях яблони (средняя часть побега), %

Вариант	сорт яблони Прикубанское					сорт яблони Айдаред					сорт яблони Ренет Кубанский				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
	июнь														
Контроль, без удобрений	1,82	0,21	1,98	1,12	0,28	1,77	0,25	1,75	0,98	0,30	1,55	0,26	1,79	0,61	0,23
Биологизированная система удобрения	1,68	0,25	2,18	1,46	0,34	1,82	0,24	1,88	1,21	0,30	1,82	0,24	1,93	1,42	0,36
НСР _{0,05}	0,08	0,06	0,13	0,14	0,05	0,16	0,04	0,10	0,03	0,03	0,15	0,04	0,06	0,10	0,04
	конец июля-август														
Контроль, без удобрений	1,62	0,20	1,19	2,15	0,43	1,63	0,16	1,06	2,63	0,68	1,55	0,33	1,90	1,61	0,26
Биологизированная система удобрения	1,75	0,23	1,56	2,69	0,65	1,70	0,19	1,21	2,91	0,72	1,57	0,36	2,49	1,96	0,47
НСР _{0,05}	0,09	0,03	0,11	0,17	0,10	0,07	0,04	0,13	0,09	0,11	0,10	0,07	0,27	0,12	0,08

В побегах яблони в этот период валовое содержание основных минеральных элементов также превосходило количественные значения данных контрольного варианта: азота на 20,3-47,1 %, фосфора на 4,0-12,5 %, калия на 4,5-45,1 %, кальция на 13,4-22,1 %, магния на 4,0-83,3 %. Различия в значении показателей зависели от сорта яблони.

Анализ соотношения основных элементов в листьях выявил сортовые и сезонные различия качества питания яблони (табл. 2).

Таблица 2 – Соотношение элементов в листьях яблони, N:P:K, %

Сорт яблони Вариант	Прикубанское	Айдаред	Ренет Кубанский
июнь			
Контроль, без удобрений	45:5:50	47:7:46	43:7:50
Биологизированная система удобрения	41:6:53	46:6:48	46:6:48
август			
Контроль, без удобрений	54:5:40	57:6:37	41:9:50
Биологизированная система удобрения	50:6:44	55:6:39	36:8:56

В июне у сортов яблони Прикубанское и Ренет Кубанский селекции СКФНЦСВВ доля калия в соотношении элементов превышала долю азота. При этом выявлена тенденция более значительной доли калия в варианте с некорневыми обработками растений органоминеральным удобрением. В августе у сортов яблони Прикубанское и Айдаред в соотношении N:P:K уже превалирует доза азота (50-57 %). Тенденция более значительной доли калия на фоне некорневых обработок сохранялась.

В июне исследовали содержание и распределение по длине побега валовых количеств минеральных элементов (рис. 1).

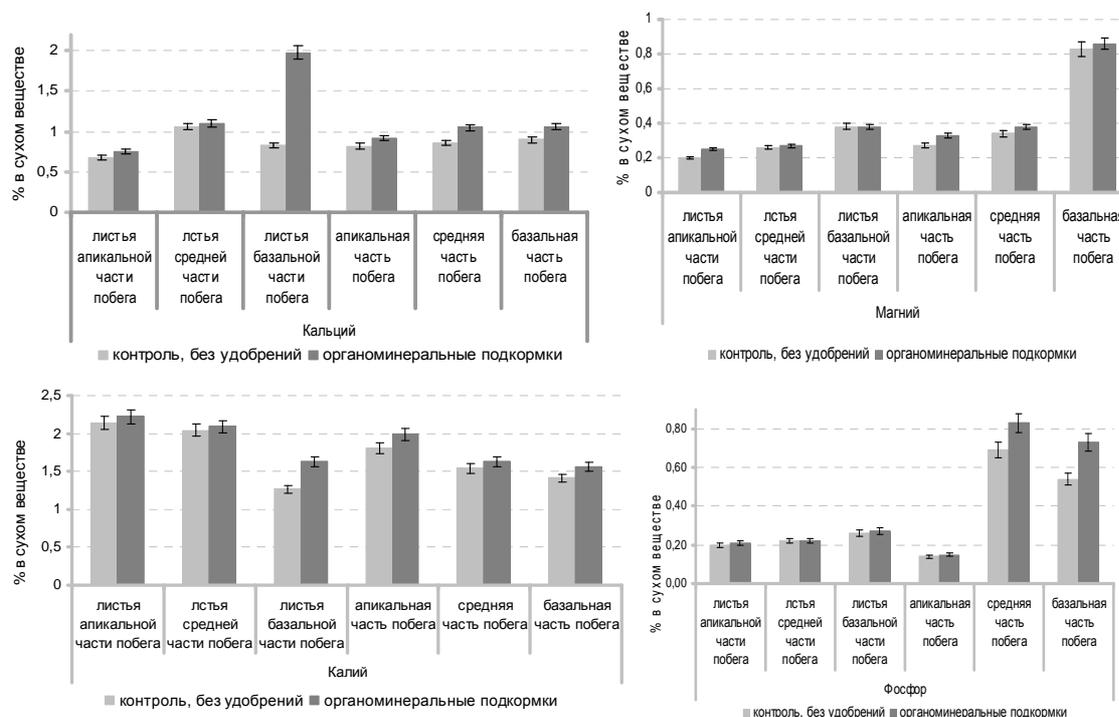


Рис. 1. Распределение биогенных элементов по длине побега на примере сорта яблони Прикубанское (июнь)

Характерным для всех сортов яблони было увеличение содержания в листьях и побегах калия от базальной части побега до апикальной. Наиболее высокое содержание фосфора в побегах выявлено в средней части, в листьях – в нижней части побега. При этом содержание фосфора в побегах нижней и средней части было выше, чем в листьях этой зоны. Количество кальция и магния, наоборот, снижалось в молодых листьях от основания побега к апикальной части. Содержание азота в контрольном варианте было несколько выше, что возможно связано с усилением ростовой активности при меньшем количестве сформировавшихся плодов.

Диагностируя физиологическое состояние растений яблони, в августе изучали состояние пигментного комплекса, отличающегося значительной чувствительностью к изменяющимся условиям среды, в том числе к ухудшению водообеспеченности и действию повышенных температур.

Тесные корреляционные зависимости между содержанием в листьях минеральных элементов, основным фотосинтетическим пигментом *a*, выполняющим функцию поглощения света и выработки энергии для кислородного фотосинтеза, вспомогательным пигментом *b*, участвующим в сборе световой энергии, выявлены в августе (табл. 3).

Анализ взаимосвязи элементов и каротиноидов, участвующих в процессах окисления токсических веществ, образующихся при нарушении метаболизма под действием абиотического стресса и защищающих хлорофилл от фотоокисления, выявил аналогичную тенденцию. Наиболее высокие коэффициенты корреляции выявлены между содержанием в листьях каротиноидов и азота ($r=0,81$), фосфора ($r=0,82$), калия ($r=0,95$). По данным химического анализа содержание каротиноидов в августе возрастало во всех вариантах у всех сортов яблони в сравнении с данными в июне. В варианте с некорневыми обработками деревьев показатель был в среднем несколько выше (на 5,9-12,4 %).

Таблица 3 – Корреляционные зависимости между диагностируемыми показателями

Фотосинтетические пигменты в листьях яблони	Азот	Фосфор	Калий	Кальций	Магний
хлорофилл <i>a</i>	$r=0,74$	$r=0,95$	$r=0,94$	$r=0,79$	$r=0,71$
хлорофилл <i>b</i>	$r=0,78$	$r=0,84$	$r=0,81$	$r=0,90$	$r=0,71$

Определение количественных значений содержания в листьях основных пигментов фотосинтеза, характеризующих функциональную активность в условиях максимальной напряженности абиотических факторов (продолжительный период отсутствия атмосферных осадков на фоне максимальных дневных температур воздуха 36–38 °С и выше), выявило преимущество варианта с некорневыми обработками яблони (рис. 2).

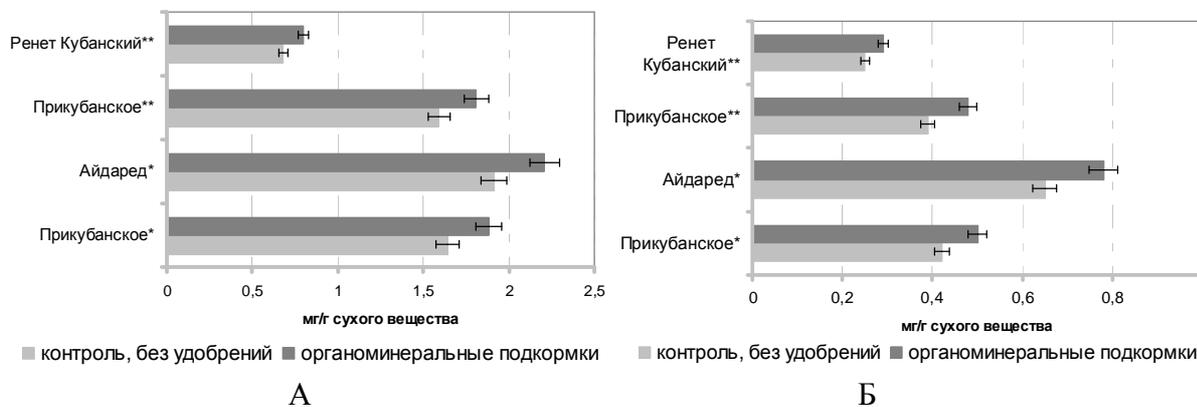


Рис. 2. Содержание в листьях побегов яблони хлорофиллов *a* (А) и *b* (Б) в августе (* схема размещения деревьев 4,5×0,9 м, ** схема размещения деревьев 4,5×1,2 м)

О более высокой функциональной активности растений яблони в августе, позволяющей предположить пролонгированный характер действия агрохимиката, используемого для некорневых обработок, свидетельствовало содержание общей воды в листьях. Показатель превышал данные в контрольном варианте на 3,4-8,6 % в зависимости от сорта и схемы размещения растений.

Эффективность агроприема оценивали, учитывая количество опавших завязей и полноценных сформировавшихся плодов в стадии съемной зрелости в расчете на один квадратный метр площади проекции кроны (табл. 4). В 2020 г. на один квадратный метр площади проекции кроны количество осыпавшейся завязи было меньше на 2,3-4,2 % в сравнении с контрольным вариантом. В 2021 г. на один квадратный метр площади проекции кроны дерева количество осыпавшейся завязи было меньше на 1,8 (сорт Айдаред), 3,5 (сорт Ренет Кубанский) и 5,7 % (сорт Прикубанское).

Таблица 4 – Продуктивность яблони

Сорт, схема размещения растений	Вариант	В расчете на 1 кв. м площади проекции кроны, 2020 г., кг с дер.	В расчете на 1 кв. м площади проекции кроны, 2021 г., кг с дер.
Прикубанское, схема посадки 4,5×0,9 м	Биологизированная система удобрения	22,8	24,9
	Контроль, без удобрений	15,9	21,6
НСР _{0,05}		4,64	2,37
Прикубанское, схема посадки 4,5×1,2 м	Биологизированная система удобрения	15,2	15,7
	Контроль, без удобрений	10,8	13,7
НСР _{0,05}		3,90	2,49
Айдаред, схема посадки 4,5×0,9 м	Биологизированная система удобрения	15,6	17,9
	Контроль, без удобрений	10,4	16,7
НСР _{0,05}		2,67	1,34
Ренет Кубанский, схема посадки 4,5×1,2 м	Биологизированная система удобрения	18,8	12,9
	Контроль, без удобрений	16,7	10,8
НСР _{0,05}		0,72	1,39

Выводы. Таким образом, методами химической диагностики был установлен пролонгированный эффект действия биомодифицированного органоминерального удобрения в плодовом саду, обеспечивший активацию аммонифицирующей способности почвы, росту суммарного содержания минерального азота, основных биогенных элементов. Ежегодное системное применение некорневых обработок растений специальным удобрением, содержащим в своем составе экстракт водорослей *Ascophyllum nodosum*, макроэлементы, хелатированные микроэлементы способствовало увеличению содержания в листьях фотосинтетических пигментов и минеральных элементов в сравнении с контрольным вариантом на 7,4-31,1 % (K), 21,4×80,8 % (Mg), 21,7-132,8 % (Ca) в зависимости от сорта и периода сезонного развития.

Результаты диагностирования режима питания и физиологического состояния яблони позволили разработать концепцию управления продукционным процессом растений на основе биологизированной системы удобрения, ключевыми принципами которой являются снижение антропогенной нагрузки на почву (пролонгированное действие агрохимикатов), сохранение эффективного плодородия и здоровья почвы в условиях монокультуры, стабилизация физиологического состояния растений и сокращение адаптационного периода на фоне абиотического стресса, оптимизация режима питания, коррелирующего с содержанием первичных метаболитов в растении, стабилизация продукционного процесса.

Литература

1. Чеботарь В.К., Завалин А.А., Ариткин А.Г. Применение биомодифицированных минеральных удобрений. М.: ВНИИА; Ульяновск: УлГУ, 2014. 142 с.
2. T. Milošević, N. Milošević, J. Mladenović. The influence of organic, organo-mineral and mineral fertilizers on tree growth, yielding, fruit quality and leaf nutrient composition of apple cv. 'Golden Delicious Reinders' // *Scientia Horticulturae*. 2022. No.297: 110978. DOI: [10.1016/j.scienta.2022.110978](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.110978).
3. K.M Basalingappa, R. Nataraj, G. Thangaraj, Biofertilizer for crop production and soil fertility // *Academia Journal of Agricultural Research*. 2018. No.6 (8). P. 299-306. DOI: [10.15413/ajar.2018.0130](https://doi.org/10.15413/ajar.2018.0130).
4. Малюкова Л.С., Рогожина Е.В., Сергеева Н.Н., Ярошенко О.В. Изучение численности и морфологии представителей основных физиологических групп микробного сообщества двух типов агрогенно измененных садовых почв юга России [Электронный ресурс] // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2021. №69(3). С. 198-214. DOI: [10.30679/2219-5335-2021-3-69-198-214](https://doi.org/10.30679/2219-5335-2021-3-69-198-214).
5. A. Bargaz, K. Lyamlouli, M. Chtouki, Y. Zeroual, D. Dhiba. Soil Microbial Resources for Improving Fertilizers Efficiency in an Integrated Plant Nutrient Management System // *Front Microbiol*. 2018. No.9:1606. DOI: [10.3389/fmicb.2018.01606](https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01606).
6. V. Popova, N. Sergeeva, O. Yaroshenko, A. Kuznetsova. Physiological state of plants and quality of plum fruits grafted on the rootstocks of various strength of growth depending on the plant nutrition mode // *Patrovinarstvo. Slovak Journal of Food Sciences*. 2020. No.14. P.1075-1087. DOI: [10.5219/1469](https://doi.org/10.5219/1469)
7. B. Basile, Y. Rouphael, G. Colla, S. Soppelsa. Appraisal of emerging crop management opportunities in fruit trees, grapevines and berry crops facilitated by the application of biostimulants // *J. Scientia Horticulturae*. 2020. No.267:109330. DOI: [10.1016/j.scienta.2020.109330](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109330)
8. Савич В.И., Мерзлая Г.Е., Седых В.А., Гукалов В.В. Процессы, протекающие в почве при внесении органоминеральных удобрений // *Плодородие*. 2017. № 4 (97). С. 29-33.
9. Коган В.Е., Карапетян К.Г. Экологически безопасные удобрения – основа рационального природопользования // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2017. № 8 (62). С. 63-66. DOI: [10.23670/IRJ.2017.62.019](https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.62.019).
10. G.E. Shunfeng, Z.H.U. Zhanling, P.E.N.G. Ling, C.H.E.N. Qian, Y. Jang, Soil nutrient status and leaf nutrient diagnosis in the main apple producing regions in China // *Horticultural Plant Journal*. No.4 (3). 2018. DOI:[1016/j.hpj.2018.03.009](https://doi.org/10.1016/j.hpj.2018.03.009).
11. L.E. Parent, D.E. Rozane, J.A. Lima de Deus, W. Natale, Diagnosis of nutrient composition in fruit crops: Major developments in book *Fruit Crops. Diagnosis and Management of Nutrient Constraints: book*. 2020. P. 145-146. DOI:[10.1016/B978-0-12-818732-6.00012-5](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818732-6.00012-5).
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Альянс, 2014. 352 с.
13. Михайлова Л.А., Субботина М.Г., Алёшин М.А. Удобрение и диагностика минерального питания плодово-ягодных культур: Пермь, ИПЦ Прокрость. 2019. С. 67-149.
14. Рыжих Л.Ю., Гусева И.А., Анализ химического состава растений и удобрений (методическое пособие). Казань: Казан. ун-т. 2019. 29 с.
15. A. Mishko, M. Sundyreva, R. Zaremuk, N. Mozhar, E. Lutskiy. Effects of drought on the physiological parameters of fruit crops leaves in *Proceedings of the BIO Web Conf*. No.34: 01009. 2021. DOI: [10.1051/bioconf/20213401009](https://doi.org/10.1051/bioconf/20213401009).