

РАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПРИМЕНЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ЯБЛОНЕ

Попова В.П., д-р с.-х. наук, **Ярошенко О.В.**, канд. с.-х. наук,
Сергеева Н.Н., канд. с.-х. наук, **Ненько Н.И.**, д-р с.-х. наук

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

Реферат. Разработана эффективная рациональная система листовых подкормок слаборослой яблони на подвоях СК4 и М9 с использованием специальных удобрений различных составов. Безбалластные комплексные минеральные удобрения в твердом и жидком видах с широким набором микроэлементов в хелатной форме применяли в основные фазы вегетации яблони. Эффективность приема оценивали по критериям оптимизации питания растений и интенсивности физиологических процессов на фоне абиотических стрессов летнего периода. Выявлено стабильное существенное увеличение содержания в листьях яблони азота и калия, положительное воздействие минеральных подкормок на функциональное состояние яблони при напряженности гидротермических факторов. Функциональные изменения свидетельствовали о более активном включении механизма адаптации растений под влиянием минеральных подкормок.

Ключевые слова: яблоня, специальные удобрения, листовые подкормки, функциональное состояние растений, урожайность

Summary. An effective rational system of foliar top dressing of a weak growing apple-tree on SC4 and M9 rootstocks was developed using the special fertilizers of various compositions. Ballast-free complex mineral fertilizers in solid and liquid form with a wide range of trace elements in chelate form were used in the main phases of apple vegetation. The mode effectiveness was assessed by the criteria of optimization of plants nutrition and the intensity of physiological processes under the abiotic stresses of the summer period. A stable substantial increase in the content of nitrogen and potassium in the apple leaves was found and the positive effect of mineral fertilizing the functional state of apple trees under the intensity of hydrothermal factors. Functional changes indicated of more active inclusion of the plant adaptation mechanism under the influence of mineral fertilizing.

Key words: apple-tree, special fertilizers, foliar top dressing, functional condition of plants, yield capacity

Введение. Системное применение водных растворов питательных солей в современных инновационных агротехнологиях производства плодов основано на знании биологической специфичности сезонной смены этапов развития многолетних растений. Этот эндогенный процесс часто подвергается негативному влиянию внешних факторов, в результате чего у растений наблюдаются различного рода нарушения циклических качественных изменений тканей. Сдвиги в ходе формообразовательного процесса под влиянием неблагоприятных условий произрастания сопровождаются, как правило, нарушением репродуктивной функции.

В этой связи проблеме преодоления негативного действия физических стрессов многолетними плодовыми растениями и восстановлению физиологического гомеостаза с помощью специальных удобрений посвящены многочисленные научные эксперименты и публикации [1-6]. Учеными выявлены механизмы поглощения листьями минеральных веществ в виде ионов вместе с водой и их миграция по растению, участие в реакциях гидролиза и синтеза. Вместе с тем, активно продолжаются исследования индукции механиз-

мов устойчивости с помощью наносимых на вегетирующие растения водных растворов специальных безбалластных комплексных минеральных солей и их влияния на репродуктивную функцию плодовых растений. В этой связи нами проведены экспериментальные исследования эффективности системы некорневых подкормок слаборослой яблони группы сортов в условиях центральной зоны Западного Предкавказья.

Объекты и методы исследований. Экспериментальные работы проведены с использованием полевого и лабораторного методов исследования. Полевые опыты были заложены в опытно-производственном хозяйстве «Центральное» (г. Краснодар) в саду 2009 г. посадки. Объектом исследований в 2014-2014 гг. были слаборослые растения яблони на подвое СК4 (сорта Айдаред, Прикубанское), в 2016-2017 гг. – растения яблони сорта Чемпион на подвое М9. Плодоносящие насаждения яблони расположены на равнинном участке. Почвы под садом – чернозем выщелоченный малогумусный сверхмощный. Основные показатели почвы сада: рН водной вытяжки нейтральная, в слое 0-20 см составляет 7,2-7,3, слое 20-40 см – 7,2. Содержание гумуса в поверхностном слое почвы 2,9-3,3 %. Содержание азота нитратов (0-20 см) 5,4-5,5 мг/кг; (20-40 см) 0,9-2,4 мг/кг. Количество подвижного фосфора (0-20 см) 385-397 мг/кг; (20-40 см) 304-308 мг/кг. Содержание обменного калия (0-20 см) 266-345 мг/кг; (20-40 см) 133-239 мг/кг.

Повторность в опытах четырёхкратная, 6 учётных растений в повторности. Опрыскивание деревьев проводили ранцевым опрыскивателем 3-хкратно: после цветения, через 15 дней и после июньской редукции завязи. Система применения листовых подкормок разработана в соответствии с биологическими особенностями плодоносящей яблони.

В 2014-2015 гг. деревья яблони обрабатывали 0,5 % водным раствором комплексных питательных солей серии «Акварин» (производитель ОАО «Буйский химический завод», Россия) состава N12P12K35Mg2S0,7. В состав удобрений входили микроэлементы Fe, Cu, Zn, Mn, Mo в хелатной форме.

В 2016-2017 гг. применяли листовые подкормки жидким комплексным азотно-кальциевым удобрением состава: $(Ca(NO_3)_2)$; $N(NO_3)$; $K(NO_3)$ +микроэлементы в хелатной форме (Fe, Al, Ni, Mn, Zn, Mo, Co, Cu). Дозы удобрения для опрыскивания деревьев: 1 вариант – 10 л/га; 2 вариант 15 л/га при расходе рабочей жидкости 800 л/га.

Исследование химического состава листьев яблони и плодов осуществляли после ускоренного мокрого озоления. В озолённом материале определяли общее содержание азота – хлораминовым методом, фосфора – по «синему» фосфорномолибденовому комплексу с колориметрическим окончанием на фотоколориметре КФК 3, калий – методом пламенной фотометрии на спектрофотометре ПФА-354, кальций и магний – комплексно-нометрическим методом [7].

Определение физиологических характеристик состояния растений яблони проводилось классическими методами: фактор тепловой засухи – по методике М.Д. Кушниренко [8], содержание фотосинтетических пигментов – спектральным методом [9].

Обсуждение результатов. Глубину и продолжительность действия стрессового фактора определяли, фиксируя в динамике изменения дневной температуры воздуха, количество и периодичность выпадения атмосферных осадков в летний период. Наблюдения показали, что в течение 2014-2015 гг. нарастание напряжённости гидротермических факторов происходило уже в июне. Ежегодно в первой декаде месяца максимальная температура воздуха в дневные часы составляла 28-31 °С. Периодически наблюдались незначительные осадки (0,3-10,3 мм), вследствие чего в течение месяца имела место повышенная влажность воздуха. В начале первой декады июля температура воздуха достигала значений 31-32 °С. Во второй и третьей декадах – поднималась выше 34-36 °С. Осадки выпадали с периодичностью 3-5 дней в количестве 0,1-1,3 и 3,4-22,0 мм.

В 2014 и 2015 гг. осадки в августе отсутствовали, продолжительное время была зафиксирована максимальная температура воздуха 34-40 °С, минимальная влажность воздуха составляла в отдельные дни 12-14 %.

Летний период 2016-2017 гг. также характеризовался напряжённостью гидротермических факторов. В 2016 году, начиная со второй декады июля до второй декады сентября, максимальная температура воздуха в дневные часы достигала значений 34-38 °С. Продолжительность периода без осадков составила более полутора месяцев. В 2017 году с июля до конца августа температура воздуха регулярно поднималась до 33-40 °С. Осадки отсутствовали более 40 дней. Отмечалась атмосферная засуха, которая достигала критериев «опасного явления». В этих условиях на начальном этапе эксперимента, на фоне применения листовых подкормок удобрениями, ежегодно во второй декаде августа (налив плода) анализировали в динамике химический состав индикаторных органов растений (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние листовых подкормок на содержание макроэлементов в листьях яблони, % в сухом веществе

Вариант	N	P	K	Ca	Mg
	<i>Подвой СК 4</i>				
Контроль, без удобрений	2,0	0,21	1,0	0,18	0,30
N12P12K35Mg2S0,7+ Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, B	2,4	0,22	1,1	0,19	0,34
<i>HCP_{0,05}</i>	<i>0,11</i>	<i>0,01</i>	<i>0,08</i>	<i>0,01</i>	<i>0,05</i>
<i>Подвой М 9</i>					
Контроль, без удобрений	2,2	0,23	0,64	1,99	0,53
Азотно-кальциевые подкормки, 10 л/га	2,3	0,23	0,75	1,96	0,54
Азотно-кальциевые подкормки, 15 л/га	2,3	0,24	0,88	2,04	0,57
<i>HCP_{0,05}</i>	<i>0,10</i>	<i>0,04</i>	<i>0,13</i>	<i>0,14</i>	<i>0,05</i>

Выявлено стабильное существенное увеличение содержания в листьях яблони на подвоях СК4 и М9 азота и калия. Тенденция сохранялась в течение всего периода исследований. У растений на подвое М9 наиболее значительное увеличение калия в листьях выявлено на фоне применения водного раствора удобрения в дозе 15 л/га.

Наши исследования показали, что на подвое СК4 имело место некоторое накопление в листьях яблони микроэлементов в связи с листовыми обработками раствором специального комплексного удобрения «Акварин» (табл. 2). Наличие в составе удобрения микроэлементов в хелатной форме способствовало росту содержания в листьях железа (3 %), меди (7 %), марганца (2 %), бора (14 %). Существенность увеличения содержания железа, меди и марганца не была подтверждена статистически.

Таблица 2 – Влияние листовых подкормок на содержание микроэлементов в листьях яблони, мг/кг

Вариант	Cu	Zn	Mn	B	Fe
Контроль, без удобрений	2,9	15,9	19,3	9,4	33,4
N12P12K35Mg2S0,7+ Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, B	3,1	15,5	19,7	10,7	34,4
<i>HCP_{0,05}</i>	<i>0,4</i>	<i>2,1</i>	<i>1,8</i>	<i>1,2</i>	<i>2,4</i>

Очередной этап исследований был связан с выявлением воздействия минеральных листовых подкормок и изменения режима питания яблони на физиологическое состояние растений и их функциональную устойчивость в период летнего абиотического стресса. Выявляли сопряжённость увеличения содержания в растениях макро- и микроэлементов и динамики соотношения фракций воды в листьях в условиях роста напряжённости гидротермических факторов (табл. 3).

Таблица 3 – Сезонная динамика фракционного состава воды в листьях яблони, %

Вариант	Май		Июнь		Июль		Август	
	Своб. форма воды	Связ. форма воды						
<i>Подвой СК 4</i>								
Контроль, без удобрений	17,8	82,2	38,0	62,0	38,8	61,2	21,1	77,9
N12P12K35Mg2S0,7+ Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, B	14,0	86,0	34,7	65,3	31,2	68,8	20,1	79,9
<i>HCP_{0,05}</i>	2,9	4,4	2,7	3,4	4,3	6,5	3,3	1,7
<i>Подвой М 9</i>								
Контроль, без удобрений	-	-	30,3	69,7	49,0	51,0	25,6	74,4
Азотно-кальциевые подкормки, 10 л/га	-	-	32,7	67,3	41,1	58,9	22,2	77,8
Азотно-кальциевые подкормки, 15 л/га	-	-	35,0	65,0	34,1	65,9	20,8	79,2
<i>HCP_{0,05}</i>	-	-	3,9	4,0	6,3	7,4	3,4	4,7

Полученные данные позволяют судить о состоянии водного баланса, характеризуют уровень водообеспеченности яблони на фоне засухи, и это рассматривается как фактор устойчивости растений. В мае, в отсутствии негативного влияния абиотических факторов, перед обработкой деревьев на подвое СК4 водными растворами удобрений, содержание свободной воды в листьях контрольного варианта было значительно выше. Соотношение фракций воды составляет соответственно 4,1 и 6,1.

Уже в июне, после проведения листовых подкормок, содержание свободной формы воды возрастает в 2,5 раза, что свидетельствует о росте физиологической активности растений. Соотношение свободной и связанной воды в вариантах опыта составляло 1,6 и 1,9. В этот период у яблони на подвое М9 на фоне применения минеральных подкормок содержание свободной формы воды значительно выше, чем на контроле. Существенно возрастает показатель при применении максимальной дозы удобрений 15 л/га.

Проведенный на данном этапе исследований корреляционный анализ данных выявил статистически достоверную корреляционную взаимосвязь между количеством калия в листьях и содержанием свободной воды. Коэффициент корреляции составляет $r = 0,76-0,83$.

Во второй половине лета, на фоне роста напряжённости гидротермических факторов, содержание свободной воды в листьях яблони под воздействием минеральных подкормок снижается наиболее интенсивно. Тенденция сохранялась в течение всего периода исследований у растений яблони на подвоях СК4 и М9. При максимальной напряжённости гидротермических факторов (август) достаточная оводнённость клеток растений яб-

лони на подвоях СК4 и М9 при применении листовых обработок удобрениями обеспечивалась за счёт увеличения связанной формы воды.

Данные статистического анализа экспериментального материала выявили существенные изменения в соотношениях долей связанной формы воды и свободной. Коэффициент соотношения в этот период в контрольном варианте и варианте с применением удобрений составлял уже соответственно 3,7 и 4,0 (яблоня на подвое СК4); 2,9 и 2,5-3,8 (яблоня на подвое М9). Выявленные функциональные изменения у яблони под действием абиотического стресса характеризуют приём листовых подкормок специальными минеральными удобрениями как фактор, повышающий устойчивость растений.

Сезонная динамика фракционного состава воды в листьях яблони оказывала влияние на интенсивность синтетических процессов. Рассматривали фотосинтетическую деятельность растений (табл. 4).

Таблица 4 – Характеристика пигментного комплекса листьев яблони в связи с применением листовых подкормок, мг/г сухого вещества

Вариант	Май		Июнь		Июль		Август	
	Сумма хлорофиллов (а+в)	Каротиноиды						
<i>Подвой СК 4</i>								
Контроль, без удобрений	2,49	1,62	3,59	1,83	4,05	1,91	2,66	1,49
N12P12K35Mg2S0,7+ Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, B	3,60	2,02	3,98	2,07	4,04	1,95	4,32	2,29
<i>HCP</i> _{0,05}	0,52	0,26	0,65	0,30	0,14	0,32	0,27	0,23
<i>Подвой М 9</i>								
Контроль, без удобрений	-	-	5,16	1,77	4,32	2,11	3,69	1,77
Азотно-кальциевые подкормки, 10 л/га	-	-	5,38	1,81	4,54	2,11	3,90	2,01
Азотно-кальциевые подкормки, 15 л/га	-	-	5,68	2,07	5,17	2,30	4,10	2,13
<i>HCP</i> _{0,05}	-	-	1,20	0,36	0,67	0,40	0,42	0,35

После применения листовых обработок деревьев растворами минеральных удобрений в мае у яблони на подвое СК4 сформировался более мощный пигментный комплекс. В июле, в период дифференциации плодовых почек, содержание хлорофилла и каротиноидов в листьях яблони в контрольном и опытном вариантах выравнивалось. В августе, на фоне интенсивного воздействия негативных абиотических факторов, при более высоком уровне оводнённости тканей выявлено содержание пигментов в листьях, значительно превышающее таковое в контрольном варианте. Отмеченные функциональные изменения свидетельствуют о более активном включении механизма адаптации растений под влиянием минеральных подкормок.

У яблони на подвое М9, при применении минеральных подкормок, в листьях побегов уже в июле значительно возрастало содержание хлорофилла в сравнении с контрольным вариантом. В августе увеличение содержания хлорофилла было менее значительным, однако наблюдалось существенное возрастание количества каротиноидов.

Активация адаптивных свойств растений яблони при преодолении абиотического стресса на фоне применения минеральных подкормок обеспечивала усиление репродуктивной функции. Рост урожайности деревьев на подвое СК4 в среднем составил 10-12 %, на подвое М9 – до 22 %.

Заключение. Таким образом, экспериментальный поиск эффективного способа оптимизации физиологического состояния растений яблони при негативном воздействии физических факторов в летний период позволил установить, что усиление адаптивных возможностей культуры обеспечивает системное применение листовых подкормок водными растворами минеральных удобрений.

В листьях побегов существенно возрастает содержание азота и калия, повышается содержание в тканях листа связанной формы воды в период максимальной напряжённости гидротермических факторов, формируется более мощный пигментный комплекс. Активная фотосинтетическая деятельность растений при применении системы подкормок наблюдалась в течение всего периода исследований.

На фоне применения минеральных подкормок выявлено усиление репродуктивной функции яблони. Рост урожайности деревьев на подвое СК4 в среднем составил 10-12 %, на подвое М9 – до 22 %.

Литература

1. Трунов, Ю.В. Активизация адаптационных механизмов растений яблони под влиянием специальных удобрений / Ю.В. Трунов, Е.М. Цуканова, Е.Н. Ткачев [и др.] // Плодоводство и виноградарство Юга России [Электронный ресурс]. – Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2011. – № 12. – С. 78-89. – Режим доступа: <http://journalkubansad.ru/pdf/11/06/09.pdf>
2. Попова, В.П. Эффективность использования удобрений и регуляторов роста нового поколения для повышения продуктивности яблони / В.П. Попова, Т.Г. Фоменко, И.А. Петров // Плодоводство и виноградарство Юга России [Электронный ресурс]. – Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2013. – № 19 (1). – С. 75-87. – Режим доступа: <http://journalkubansad.ru/pdf/13/01/09.pdf>
3. Попова В.П. Качество питания яблони в условиях интенсивных технологий возделывания / В.П. Попова, О.В. Ярошенко // Плодоводство и ягодоводство России. – 2017. – № 51. – С. 292-299.
4. Сергеева, Н.Н. Влияние удобрений на физиологическое состояние растений яблони в условиях интенсивных насаждений юга России / Н.Н. Сергеева, Н.И. Ненько, Ю.И. Сергеев, Г.К. Киселева // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2010. – № 25. – С. 76-80.
5. Сергеева, Н.Н. Химический состав плодов в связи с корневым питанием / Н.Н. Сергеева, Якуба Ю.Ф., Захарова М.В., О.В. Ярошенко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2010. – № 22. – С. 75-81.
6. Сергеева, Н.Н. Формирование химического состава плодов яблони в зависимости от применения специальных удобрений / Н.Н. Сергеева, О.В. Ярошенко, Ю.В. Трунов, Е.А. Ткачев // АгроXXI. – 2012. – № 7-9. – С. 40-42.
7. Воскресенская, О.Л. Большой практикум по биоэкологии. Часть 1: учеб. пособие / О.Л. Воскресенская, Е.А. Алябышева, М.Г. Половникова. – Йошар-Ола, 2006. – 107 с.
8. Кушниренко, М.Д. Водный обмен яблони / М.Д. Кушниренко, Г.П. Курчатова, Е.М. Бондарь, Э.А. Гончарова. – Кишинев: Штиинца, 1970. – 220 с.
9. Гавриленко, В.Ф. Большой практикум по физиологии растений / В.Ф. Гавриленко, М.Е. Ладыгина, Л.М. Хандобина. – М.: Высш. школа, 1975. – 380 с.