

ПРИНЦИПЫ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ САДОВЫХ ЦЕНОЗОВ К СТРЕСС-ФАКТОРАМ И ИЗМЕНЕНИЮ УРОВНЯ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ

Попова В.П., д-р с.-х. наук, Сергеева Н.Н., канд. с.-х. наук,
Фоменко Т.Г., канд. с.-х. наук, Ярошенко О.В., 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. Получены новые знания о влиянии гидротермических условий весенне-летнего периода на дефицит доступных форм элементов питания, который сдерживает реализацию биологического потенциала растений яблони. При дестабилизирующем действии абиотических факторов определена тенденция усиления адаптивных свойств яблони при системном применении органо-минеральных листовых обработок. На основе экспериментальных исследований разработаны принципы функциональной устойчивости яблони к негативным абиотическим факторам весенне-летнего периода. Установлено, что регулярное применение минеральных удобрений при капельном поливе плодовых насаждений приводит к локальной переудобренности почвы. Изменения уровней обеспеченности почвы элементами питания необходимо учитывать при планировании системы применения удобрений в многолетних насаждениях, возделываемых по интенсивной технологии. Показано, что систематическое применение минеральных удобрений при фертигации плодовых насаждений на чернозёме типичном способствовало созданию оптимального уровня обеспеченности яблони элементами питания и повышению урожайности насаждений.

Ключевые слова: плодовые ценозы, стрессовые воздействия среды, макро- и микроэлементы, трансформация параметров почв, водный и солевой режим почв, деградация почв, продуктивность садовых насаждений

Summary. New knowledge of influence of hydrothermal conditions of spring and summer period the deficiency of element`s forms available to plants which constrains the realization of biological potential of an apple-tree is gained. It is revealed that at the destabilizing action of abiotic factors the trend of strengthening of apple-tree adaptive properties under the influence of systemically leaf processings by organomineral fertilizers is defined. On the basis of pilot studies the principles of functional resistance of an apple-tree to negative abiotic factors of the spring and summer period are developed. It is established that the regular use of mineral fertilizers at drop watering of fruit plantings leads to a local surplus of the soil. The changes of levels of soil ensuring with nutrient elements have to be considered when planning a system of use of fertilizers in the perennial plantings cultivated at intensive technology. It is shown that the systematic use of mineral fertilizers in the process of fertigation of fruit plantings on the chernozem typical promoted the creation the optimum level of an apple-tree ensuring with nutrient elements and increase in productivity of orchards.

Key words: fruit cenoses, stressful influences of environment, macro- and microelements, transformation of soil parameters, water and salt mode of soils, degradation of soils, productivity of garden plantings

Введение. В условиях изменяющихся региональных погодных условий стабилизация отрасли садоводства находится в непосредственной зависимости от адаптивного потенциала плодовых культур. Стресс-факторы среды негативно воздействуют на способность

растений сохранять относительно стабильное физиологическое состояние, вызывают нарушение многих функций растительного организма, в том числе торможение интенсивности фотосинтеза [1-3].

Преодолению плодовыми растениями стресса с минимальными потерями урожая способствуют специальные агротехнические приемы, в том числе основанные на способности листа поглощать и транспортировать питательные вещества из водных растворов удобрений посредством как пассивного, так и активного транспорта. Основная направленность таких приемов – активация определенных физиолого-биохимических процессов растений, способствующих повышению их устойчивости к неблагоприятным абиотическим факторам [4-6]. Расширение спектра и продолжительности действия указанных агроприемов возможно при использовании препаратов нового поколения – комплексных соединений питательных солей с физиологически активными веществами различной природы. Эффективность комплексных соединений обусловлена активацией синтетических процессов и усилением поступления катионов в растения [7].

В летний период на юге России повышения температуры воздуха до +30....+39 °С отрицательно влияют на жаростойкость и засухоустойчивость плодовых растений, являющихся одними из важнейших показателей устойчивости к стресс-факторам окружающей среды. Как известно, засуха и высокая температура воздуха могут пагубно сказываться как на росте и развитии плодовых растений, так и на формировании урожая (выход высококачественных сортов) [8]. В связи с этим изучение физиологического состояния плодовых культур в стрессовых условиях и выявление механизмов адаптации растений актуальны и являются определяющими для успешного развития сельскохозяйственного производства.

Вместе с тем, вопросы, связанные с выявлением механизмов защитно-приспособительных реакций у плодовых растений под действием специальных органоминеральных препаратов, мало исследованы и остаются актуальными в настоящее время. Детальное изучение проблемы повышения урожайности плодовых растений в условиях интенсификации производства и стрессовых условиях окружающей среды позволило сформулировать рабочую гипотезу о необходимости установления зависимостей изменения физиологических показателей устойчивости растений к абиотическим стрессам окружающей среды и повышения продуктивности яблони от питательного режима, регулируемого с помощью некорневых подкормок специальными минеральными удобрениями. На основе полученных новых знаний возможна разработка способов повышения устойчивости растений яблони, возделываемой по интенсивной технологии, к высоким температурам летнего периода на основе использования специальных удобрений и физиологически активных веществ.

Мировой и отечественный опыт свидетельствует, что высокая и устойчивая продуктивность земледелия возможна лишь при комплексном учете всех агрохимических и экологических факторов, необходимых для нормального роста и развития растений, формирования урожая и его качества, недопущения деградации земель.

Получение высоких и устойчивых урожаев в значительной степени зависит от влияния почвенных и метеорологических условий местности. На Северном Кавказе в летний период довольно часто проявляются экстремально высокие температуры воздуха, периоды засухи и суховеи, что приводит к недостаточному обеспечению плодовых растений влагой, снижению активности поглощения питательных веществ из почвы, и как следствие, к снижению урожая.

Для создания оптимального водного и пищевого режима плодовых культур большое значение имеет эффективность поглощения почвенной влаги и питательных веществ корневой системой. Поэтому значительное распространение в садах получили локальные способы применения минеральных удобрений и малообъемного орошения, основанные на

образовании зон с повышенной концентрацией питательных веществ и регулируемым водным режимом в зоне активно поглощающей части корневой системы растений [9].

Многолетнее применение фертигации плодовых насаждений приводит к значительной дифференциации свойств почв в зоне локального внесения минеральных удобрений, неравномерному распределению почвенной влаги, изменению солевого режима почвы в местах локализации поливной воды [10, 11], к высокой вариабельности параметров почвенного плодородия садовых ценозов. Выявление особенностей пестроты почвенного плодородия садовых ценозов является основным критерием, определяющим необходимость и эффективность дифференцированного внесения удобрений. Точное их применение и оросительной воды на конкретных участках сада может повысить рентабельность производства (урожайность и качество плодов) и обеспечить охрану окружающей среды.

В связи с обозначенными проблемами целью исследований являлась разработка принципов повышения устойчивости садовых ценозов к стресс-факторам и изменению уровня почвенного плодородия, научно обоснованных критериев индикации процессов развития деградации почв в целях мониторинга и предотвращения снижения уровня плодородия.

Объекты и методы исследований. Исследования проводили в стационарных полевых опытах в интенсивных насаждениях яблони ЗАО «ОПХ «Центральное» г. Краснодар, ООО «Сады Предгорья» Северского района Краснодарского края, фермерских хозяйствах Ростовской области. Учёты и наблюдения проводили в соответствии с методическими указаниями и методиками исследований [12-14]. Лабораторные анализы почвенных образцов проведены согласно соответствующим ГОСТам.

В почвенных образцах определяли: влажность почвы, катионно-анионный состав водной вытяжки, pH солевой суспензии, содержание органического вещества, сумму поглощенных оснований, содержание нитратного азота, обменного аммония, подвижного фосфора и обменного калия. Растительные образцы подвергались мокрому озолению по методу Гинзбург (смесью серной и хлорной кислот).

Определение азота проводили хлораминовым методом по Починку, фосфора – методом Мерфи-Райли с колориметрическим окончанием, калия на пламенном фотометре, кальция и магния – комплексонометрическим методом. Пигменты (хлорофилл и каротиноиды) в листьях растений определяли спектрометрически. Массовую концентрацию фенолкарбоновых кислот (аскорбиновой, хлорогеновой и кофейной), массовую концентрацию свободных аминокислот – с применением капиллярного электрофореза.

Полученные экспериментальные данные анализировали методами математической статистики с применением дисперсионного анализа в программах StatSoft STATISTICA 8.0 и Microsoft Office Excel 2003 согласно «Методике полевого опыта» [15]. Построение 2D-диаграмм пространственной неоднородности агрохимических свойств почвы садового ценоза проводили с использованием программного обеспечения Surfer 8 согласно учебно-методическому пособию [16].

Лабораторный анализ почвенных и растительных образцов выполнялся в аналитической лаборатории научного центра агрохимии и почвоведения, в центре коллективного пользования, лаборатории физиологии и биохимии растений. Лаборатории оснащены современным аналитическим оборудованием: микроволновая система пробоподготовки МС-6, пламенный фотометр ПФА-354, Спектрофотометр UNICO 2800, Капель 104 Р, фотозлектроколориметр КФО-У4.2, иономер И-130.2М, влагомер весовой МХ-50, аналитические весы VIBRA и др.

Обсуждение результатов. Регулярные наблюдения за отклонениями погодных условий зоны исследования от средних многолетних значений и анализ метеорологических условий вегетационного периода позволяют правильно ориентироваться в выборе

агротехнических мероприятий, оптимизировать систему применения специальных удобрений и биологически активных веществ в сезонном цикле развития растений. Проведён анализ динамики гидротермических факторов с апреля по август и установлено, что период, предшествующий цветению яблони (бутонизация, VIII этап органогенеза – усиленный рост частей цветка), характеризовался значительными температурными колебаниями, осадки наблюдались только в первой декаде апреля (18 мм). В период полного цветения температура воздуха постепенно нарастала, достигнув +30 °С. При температуре 28-30 °С у яблони началось формирование плода и семени (X этап органогенеза).

Температурные максимумы июня достигали значений +35 и +37 °С. Выпадение атмосферных осадков в первой декаде месяца было минимальным, началось осыпание завязи, что, вероятно, связано с сильным оттоком воды от плодов в растущие листья, обладающие большей сосущей силой на фоне продолжительного негативного воздействия физических факторов.

В первой и начале второй декады июля (переход почек в репродуктивное состояние) диапазон дневных температур изменялся в пределах от +31 до +37 °С. В то же время известно, что в период начала формирования зачатков цветка растениям требуются сравнительно невысокие температуры. Кроме того, сроки наступления и протекания процесса формирования цветковых почек определяются условиями прохождения двух предшествующих этапов, которые проходили также на фоне повышенных дневных температур и недостатка атмосферных осадков.

Осадки отсутствовали со второй половины июля до конца первой декады августа при средней дневной температуре воздуха от +30 до +37 °С. Продолжительность периода напряженности гидротермических факторов свидетельствует о стрессовой ситуации для растений яблони, способной вызвать нарушение биологического гомеостаза. Средние дневные температуры воздуха в августе в основном изменялись в диапазоне от +32 до +36 °С.

Детальный анализ абиотических факторов весенне-летнего периода, характерных для данных условий, стал основой для разработки дифференцированной системы применения листовых обработок специальными органоминеральными удобрениями различных составов для стабилизации функциональной активности растений яблони.

В предгорной зоне на серых лесостепных почвах в первой половине вегетационного периода при дестабилизирующем действии абиотических стрессоров выявлена тенденция усиления адаптивных свойств среднерослой яблони под действием системно применяемых органоминеральных листовых обработок. В плодовых насаждениях этой зоны ранее был установлен дефицит подвижных форм фосфора в пахотном и подпахотном слоях почвы (0-40 см), на глубине 40-60 см определены следы подвижного фосфора. После проведенной ранневесенней подкормки деревьев полным минеральным удобрением в дозе 45 кг д.в./га для улучшения корневого питания установлено увеличение в 4 раза содержания подвижного фосфора по сравнению с контролем (без удобрений) и азота нитратов ~ на 3 %.

Для оптимизации процесса оплодотворения в фазах «бутонизация» и «начало цветения» двукратно проведены обработки деревьев водным раствором жидких органоминеральных удобрений, содержащих комплексные соединения аминокислот с бором, регулируемыми рост пыльцевых трубок, улучшающими углеводный транспорт и белковый обмен в начальной фазе цветения.

В период продолжающегося интенсивного роста листьев и побегов (май) в фазах развития плода «лещина» и «грецкий орех» (интенсивное деление клеток мякоти плода) двукратно проведены листовые обработки водным раствором жидкого минерального удобрения состава СаО (147 г/л) и N (34 г/л) (расход препарата 1 л/га) для увеличения ассимиляционной поверхности, активации обменных процессов, улучшения азотного питания, регуляции насыщенности клеток водой, увеличения механической прочности клеточных стенок и снижения вероятности опадения растущих плодов при сильном ветре.

В период продолжающегося интенсивного роста плодов (июнь) средние дневные температурные максимумы продолжительное время достигали значения +35 и +37 °С при минимальном выпадении атмосферных осадков. На этом фоне деревья яблони были обработаны водным раствором специальных комплексных минеральных удобрений марки N18P18K18+2Mg+1,5S для повышения способности растений к адаптации и снижения осыпания плодов.

В вариантах применения некорневых обработок деревьев водными растворами препаратов выявлено значительное утолщение листовых пластинок за счёт существенного увеличения палисадного слоя мезофилла листа (от 2,7 до 10 % в зависимости от сорта), содержащего основное количество хлоропластов. Площадь листовой пластинки увеличилась на 7,1-41,0 % в сравнении с контрольным вариантом. Усиление ассимиляционной активности растений при некорневых обработках было подтверждено ростом количества зеленых пигментов (на 2,1-18,9 % в зависимости от сорта).

Биохимический анализ листьев, обработанных препаратами, выявил более высокое в сравнении с контрольными образцами (без удобрений) содержание моносахаридов – основных источников синтеза физиологически активных веществ в растении (рис. 1). Соотношение фруктозы и глюкозы в листьях изменялось в зависимости от сорта. В отличие от сортов Айдаред и Голден Делишес листья яблони Ренет Симиренко содержали преимущественно глюкозу, что может быть связано с биологическими особенностями энергетического обмена и синтеза у сортов яблони.

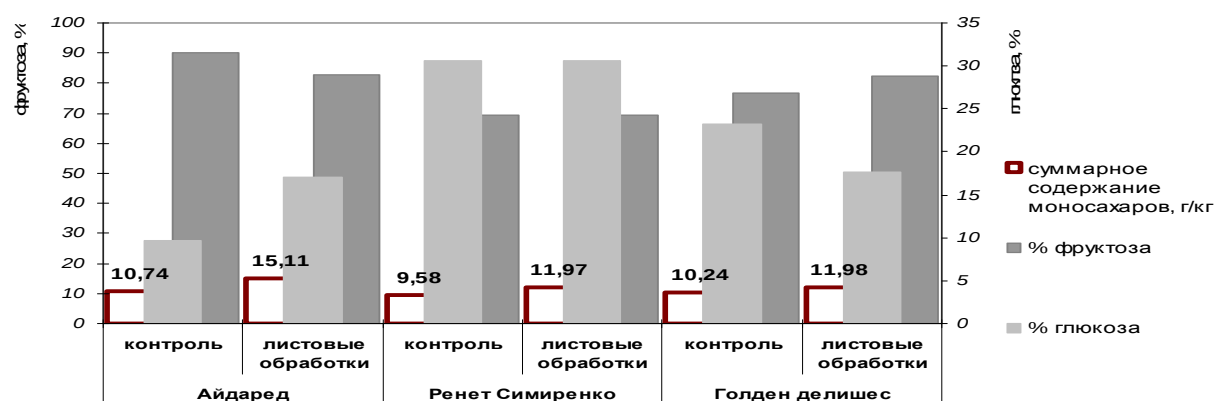


Рис. 1. Суммарное содержание моносахаридов и их соотношение в листьях побегов яблони в связи с применением органоминеральных обработок, г/кг

Анализ содержания в листьях вторичных продуцентов метаболических реакций на фоне обработок водными растворами препаратов выявил увеличение фенольных протекторов (хлорогеновая, кофейная кислоты), рассматриваемых также и в качестве регуляторов ростовых процессов и защитного фактора по отношению к некоторым патогенным микроорганизмам. Содержание хлорогеновой кислоты (ХГК, светочувствительный низкомолекулярный фактор в механизме активации основного карбоксилирующего фермента фотосинтеза) превышало показания в контрольном варианте на 36,8 (Голден Делишес) и 79,3 % (Айдаред), количество кофейной кислоты – на 12,4 (Айдаред), 4,9 (Ренет Симиренко) и 11,4 % (Голден Делишес) (рис. 2). Увеличение количества фенольных протекторов – результат роста содержания углеводов в листьях, являющихся исходным продуктом синтеза. Количество в листьях антиоксиданта аскорбиновой кислоты также возрастало, в зависимости от сорта на 32,5-64,7 %. На фоне применения некорневых обработок наблюдалось увеличение содержания в листьях яблони свободных аминокислот.

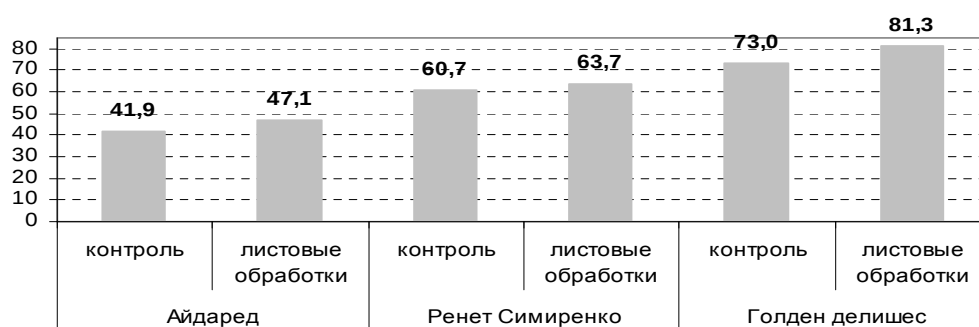


Рис. 2. Содержание кофейной кислоты в листьях побегов яблони, мг/кг

О более интенсивном транспорте азота по растению на фоне применения некорневых обработок в этот период можно косвенно судить по содержанию аргинина в листьях. Количество аргинина было выше в 2 раза (Голден Делишес), в 2,5 раза (Ренет Симиренко) и в 6 раз (Айдаред), по сравнению с контролем (рис. 3).

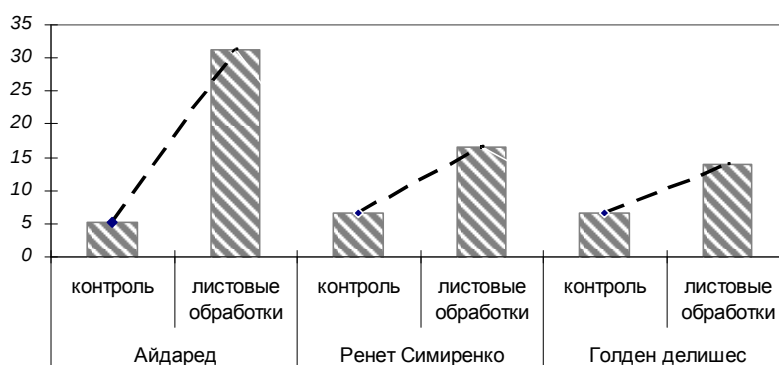


Рис.3. Содержание аминокислоты аргинина в листьях побегов яблони, мг/кг

В августе на деревьях с некорневыми обработками суммарное содержание хлорофиллов *a* и *b* возросло в 1,5-1,8 раза в сравнении с показателями, полученными в первой декаде июня. В контрольном варианте изменения не носили столь выраженного характера.

Исследование динамики свободных аминокислот в листьях побегов яблони выявило снижение содержания аргинина в августе в варианте с применением подкормок в 1,5-4 раза в сравнении с предыдущим периодом. Тенденция превышения указанного показателя в сравнении с контрольным вариантом сохранялась.

Таким образом, для данных почвенно-климатических условий, в августе на фоне негативного воздействия гидротермических факторов, у плодоносящей яблони на подвое ММ106 в вариантах с применением органоминеральных удобрений интенсивность синтетических процессов поддерживалась на более высоком уровне по сравнению с контрольным вариантом (без применения подкормок). Результаты эксперимента свидетельствуют о пролонгировании действия применяемых препаратов. Функциональная активность яблони на данном этапе сезонного развития, рассматриваемая как усиление защитно-приспособительных реакций растений, является также положительным фактором для процесса закладки цветковых почек.

Определено положительное влияние листовых обработок водными растворами специальных органоминеральных удобрений на продуктивность яблони. Наиболее существенный рост продуктивности определен у яблони сортов Айдаред и Голден Делишес: прибавка урожая на 2,91 и 7,34 кг/дер., соответственно (табл. 1).

Таблица 1 – Продуктивность среднерослой яблони в условиях серых лесостепных почв предгорной зоны при применении листовых подкормок органоминеральными удобрениями, кг/дер.

Сорт					
Айдаред		Голден Делишес		Ренет Симиренко	
Контроль, б/у	Листовые подкормки	Контроль, б/у	Листовые подкормки	Контроль, б/у	Листовые подкормки
5,56	8,47	6,05	13,39	5,17	6,16
$HCP_{0,05}$					
1,48		2,23		1,13	

Анализ климатических условий Краснодара в период завязывания, формирования, роста и созревания плодов яблони показал, что уже в мае дневная температура воздуха была выше 30 °С, с первой декады июня установилась жаркая и засушливая погода, температура поднималась до 39,9 °С. Это оказывало стрессовое воздействие на состояние растений яблони: визуально в дневные часы было отмечено завядание и скручивание листьев. В августе сохранялись дневные температуры воздуха около 37,5 °С. Нестабильность выпадения атмосферных осадков на фоне очень высоких температур создавала стрессовые условия для растений яблони, особенно в июле и августе.

Определено, что некорневые подкормки азотно-кальциевым органоминеральным удобрением (СелиКа) способствовали повышению содержания азота и фосфора в листьях яблони в течение всего периода вегетации 2018 г. Содержание калия было нестабильным и зависело от выпадения атмосферных осадков. Установлена статистически достоверная отрицательная корреляция между содержанием калия в листьях и суммой осадков ($r = -0,83$).

Оптимизация пищевого режима яблони способствовала снижению стрессового воздействия напряженности гидротермических факторов и стабилизировала физиолого-биохимические показатели устойчивости, такие как обеспеченность влагой листового аппарата, содержание пигментов и вторичных метаболитов в листьях.

Установлено увеличение содержания в листьях связанной формы воды и белка, обуславливающих повышенную устойчивость растений к перегреву и обезвоживанию в июле и августе (рис. 4). Выявлены тесные прямые корреляционные связи между содержанием связанной воды в листьях яблони в июле с содержанием в них фосфора ($r = 0,94$) и калия (0,88). В августе установлена достоверная связь только с содержанием калия в листьях ($r = 0,74$). Выявлена также статистически достоверная положительная корреляция между содержанием белка в листьях яблони и содержанием в них фосфора ($r = 0,68$).

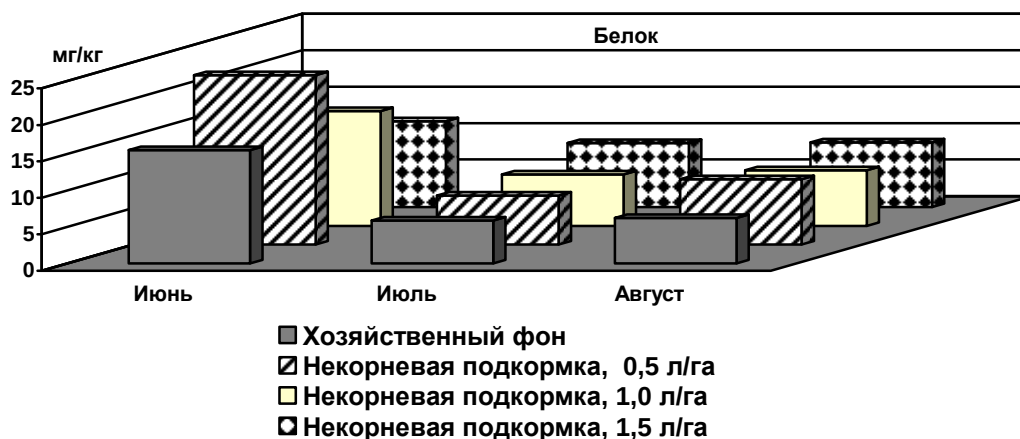


Рис. 4. Содержание белка в листьях яблони, мг/кг

На фоне повышения температуры воздуха в июле и августе на вариантах с применением листовых подкормок в листьях яблони отмечено увеличение содержания пролина, являющегося запасным материалом, способным к участию во многих метаболических реакциях (рис. 5).

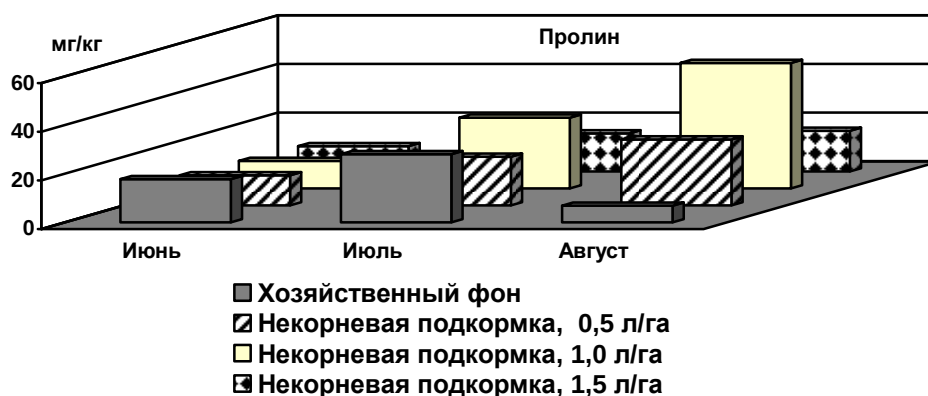


Рис. 5. Содержание пролина в листьях яблони, мг/кг

В условиях редких кратковременных ливневых осадков и высокой температуры воздуха (36,9 °С в июле), усиливающей испарение влаги и увеличивающей температуру нагрева листовой поверхности, определено высокое содержание пигментов в листьях яблони – суммы хлорофилла а+в и каротина на вариантах с листовыми подкормками.

Таким образом, сбалансированное поступление фосфора и калия в растения яблони способствует повышению водоудерживающей способности листьев яблони, снижает транспирацию, регулирует водный обмен листа, тем самым повышая интенсивность фотосинтеза и функциональную активность растений.

В сложившихся стрессовых условиях была высока вероятность преждевременного опадения плодов. Некорневые подкормки способствовали сбалансированному питанию растений яблони и увеличению количества завязавшихся плодов. Применение некорневых подкормок способствовало как повышению процента полезной завязи, так и более высокой существенной нагрузке деревьев плодами (160-170 шт./дер.) и увеличению массы плодов в среднем на 18-30 г по сравнению с контролем. (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние некорневых подкормок на продуктивность яблони сорта Чемпион

Варианты опыта	Средняя масса плодов, г.	Нагрузка плодами, шт/дер.	Урожайность		
			т/га	% к контролю	прибавка т/га
Хозяйственный фон	134	150	37,2	100	-
Некорневая подкормка, 0,5 л/га	164	160	48,6*	131	11,4
Некорневая подкормка, 1,0 л/га	152	163	45,8*	123	8,6
Некорневая подкормка, 1,5 л/га	160	170*	50,4*	135	13,2
НСР ₀₅	-	16	4,6	-	-

* – Существенная разница при 95 %-ном уровне значимости.

Таким образом, независимо от почвенно-климатических условий, на фоне негативного воздействия гидротермических факторов система применения некорневых подкормок удобрениями поддерживает интенсивность синтетических процессов плодовых растений. Результаты эксперимента свидетельствуют об усилении функциональной активности и защитно-приспособительных реакций растений яблони в условиях летних стрессов.

На основе экспериментальных исследований разработаны *принципы повышения устойчивости* плодовых растений (на примере яблони) в условиях стрессовых воздействий среды в весенне-летний период. Сохранение интенсивности синтетических процессов у растений яблони в условиях действия абиотических стрессоров весенне-летнего периода обеспечивается использованием специальных агротехнических приемов:

- в ранневесенний период (март), перед этапом формирования первичной генеративной ткани цветка, в условиях повышенной влажности, перепада дневных температур от +3; +5 °С до +15; +23 °С, дефицита в почве азота и фосфора – внутривитковые подкормки полным минеральным удобрением в дозе не менее N45P45K45;

- в период бутонизации (апрель), на фоне перепада дневных и вечерних температур воздуха от +20 и +22 °С до +8 °С, для усиления ассимиляционной и метаболической активности растений – опрыскивание деревьев водным раствором органоминеральных удобрений, содержащих комплексные соединения аминокислот с бором;

- в период начала цветения (апрель), на фоне понижения дневной температура воздуха (до +13 °С) и повышенной влажности, для оптимизации процесса оплодотворения, повышения фертильности пыльцы и образования завязи плодов, усиления поступления катионов в растения, улучшения углеводного транспорта и белкового обмена в начальной фазе цветения – повторное опрыскивание деревьев водным раствором органоминеральных удобрений, содержащих комплексные соединения аминокислот с бором;

- в период продолжающегося интенсивного роста листьев и побегов (май) в фазе развития плода «лещина», на фоне колебания средних дневных температур воздуха и северо-восточном порывистом ветре, для увеличения ассимиляционной поверхности, активации обменных процессов, улучшения азотного питания, увеличения механической прочности клеточных стенок, снижения вероятности опадения растущих плодов при сильном ветре – обработка деревьев водным раствором жидкого минерального удобрения состава СаО (147 г/л) и N (34 г/л);

- в фазе развития плода «грецкий орех» (интенсивное деление клеток мякоти плода) для усиления метаболической активности, улучшения азотного питания, увеличения механической прочности клеточных стенок, снижения редукции растущих плодов – повторная обработка деревьев водным раствором жидкого минерального удобрения состава СаО (147 г/л) и N (34 г/л);

- в раннелетний период камбиальной активности для преодоления растениями температурных максимумов при минимальном количестве атмосферных осадков – обработка яблони водным раствором специальных комплексных минеральных удобрений марки N18P18K18+2Mg+1,5S для повышения способности растений к адаптации и снижения осыпания растущих плодов;

- для повышения устойчивости растений к перегреву и обезвоживанию в июле и августе, увеличения содержания в листьях связанной формы воды и белка – применение листовых подкормок комплексными удобрениями, содержащими азот, фосфор, калий, марганец, бор, серу, гуминовые кислоты.

Определены параметры изменения свойств почв в орошаемых плодовых насаждениях при фертигации (на примере яблони). Установлено, что регулярное проведение капельного орошения минерализованной водой способствовало накоплению водораство-

римых солей в большей степени на расстоянии 20 см от точки падения раствора питательных веществ. Распределение солей в почвенном профиле происходит с движением воды, поэтому часто наблюдается тенденция накопления солей на периферии зоны увлажнения почвы. Максимальные показатели удельной электропроводности почвы наблюдались в конце вегетационного периода и составляли 0,588 мСм/см (контроль) и 0,458 мСм/см (с удобрениями). Установлено существенное увеличение содержания водорастворимых ионов хлора и натрия на расстоянии 20 см от точки падения капли: содержание ионов хлора увеличилось в 5,0-6,7 раза, ионов натрия – в 11,8-13,5 раз по сравнению с аналогичным слоем почвы на расстоянии 40 см от точки падения капли.

Установлено, что применение капельного орошения в плодовых насаждениях приводит к постепенному вымыванию ионов кальция из зон локального увлажнения почвы. В конце вегетационного периода содержание обменного кальция в почве непосредственно под капельницами снизилось до 11,13 мг-экв/100 г почвы (контроль) и 11,66 мг-экв/100 г почвы (с удобрениями), что на 63 и 65 % соответственно меньше по сравнению со слоем почвы на расстоянии 40 см от капельниц.

Отмечена тенденция накопления обменного магния в почве в точке падения капли. В конце сезона в почве под капельницами установлено повышение содержания обменного магния до 22,26 мг-экв/100 г почвы (контроль) и 22,79 мг-экв/100 г почвы (с удобрениями).

Таким образом, в садовых ценозах наиболее существенные изменения реакции почвенной среды, содержания подвижного фосфора, обменного калия, обменных катионов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+}) установлены в черноземе типичном непосредственно под капельницами. Поэтому для объективного определения обеспеченности почвы плодовых насаждений питательными веществами отборы почвенных проб необходимо проводить раздельно в местах локального внесения удобрений (непосредственно под капельницами) и за пределами очага концентрации питательных веществ (на расстоянии 50-60 см от капельницы по направлению к центру междурядья).

Сопоставление полученных показателей агрохимических свойств почв из различных зон удобренности позволяет определить изменение содержания доступных элементов питания в условиях локального применения удобрений и увлажнения почвы. На основе полученных новых знания разработана технологическая инструкция по оптимизации свойств почв при фертигации плодовых насаждений (на примере яблони).

Заключение. Получены новые знания о влиянии гидротермических условий весенне-летнего периода на дефицит доступных растениям форм элементов питания, который сдерживает реализацию биологического потенциала яблони. При дестабилизирующем действии абиотических факторов определена тенденция усиления адаптивных свойств яблони под действием системно применяемых органоминеральных листовых обработок, содержащих в своем составе макро- и микроэлементы, комплекс аминокислот, обладающих иммуномодулирующими и антистрессовыми свойствами. Отмечена интенсивность накопления первичных продуктов фотосинтеза в листьях и физиологически активных веществ, за счёт чего повышается засухоустойчивость и жаростойкость растений яблони. На основе экспериментальных исследований разработаны принципы функциональной устойчивости яблони к негативным абиотическим факторам весенне-летнего периода.

Установлено, что регулярное применение минеральных удобрений при капельном поливе плодовых насаждений приводит к локальной переудобрённости почвы. Фертигация способствует активному насыщению в ППК вредных для растений катионов натрия и магния и вытеснению из него катиона кальция. При этом отмечено увеличение степени изменения параметров почвы под капельницами в зависимости от продолжительности

орошения (лет). Установленные изменения уровней обеспеченности почвы элементами питания необходимо учитывать при планировании системы применения удобрений в многолетних насаждениях, возделываемых по интенсивным технологиям.

Литература

1. Кошкин Е. И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур: учебник. М.: Дрофа, 2010. 638 с.
2. Захарчук Н.В. Адаптивные возможности сортов яблони в условиях стрессовых температур летнего периода // Тр. Кубан. гос. аграр. ун-та. 2011. № 29. С. 129-131.
3. Ненько Н.И., Киселева Г.К., Ульяновская Е.В., Сергеев Ю.И. Физиолого-биохимическая характеристика устойчивости яблони разной плоидности к комплексу стрессоров юга России // Italian Science Review, 2015. № 5(26). С. 123-127.
4. Трунов Ю.В., Цуканова Е.М., Ткачёв Е.Н., Грезнев О.А., Сергеева Н.Н. Активизация адаптационных механизмов растений яблони под влиянием специальных удобрений [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России, 2011. №12 (6). С. 78-89. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=17042287> (дата обращения 23.10.2018).
5. Сергеева Н.Н., Ненько Н.И., Сергеев Ю.И., Киселёва Г.К. Влияние удобрений на физиологическое состояние растений яблони в условиях интенсивных насаждений юга России // Труды Кубанского государственного аграрного университета, 2010. № 25. С. 76-80.
6. Ненько Н.И., Сергеева Н.Н., Караваева А.В. Влияние листовых подкормок на адаптацию растений яблони к стрессовым факторам летнего периода // Матер. VIII Междунар. науч.-практич.конф. «Найновите научни постижения». София: «БялГРАД-БГ» ООД, 2012. С. 14-18.
7. Nagy P.T., Thurzo S., Sandor Z., Dren G, Szabo Z., Nyeki J. Study of effect a complex fertilizer and a biostimulator on macronutrient content of leaf and fruit quality on sweet cherry (*Prunus avium*) // Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine. Cluj-Napoca, 2007. Vol. 63–64. P. 339. URL: <http://journals.usamvcluj.ro/index.php/agriculture/article/view/1390/1363>
8. Генкель П.А. Основные пути изучения физиологии засухоустойчивости растений // Сб. Физиология засухоустойчивости. М.: «Наука», 1971. С. 5-22.
9. Фоменко Т.Г., Попова В.П., Пестова Н.Г., Черников Е.А. Пространственная неоднородность почв садовых ценозов в условиях локального применения удобрений и водных мелиораций // Агрохимия. 2015. №2. С. 13-22.
10. Фоменко Т.Г., Попова В.П., Пестова Н.Г. Изменение параметров почв садовых ценозов при локальном применении удобрений и водных мелиораций // Российская сельскохозяйственная наука. 2015. № 3. С. 39-43.
11. Фоменко Т.Г., Попова В.П., Пестова Н.Г. Влияние локального применения удобрений и водных мелиораций на изменение параметров почв садовых ценозов и их продуктивность // Плодоводство и виноградарство Юга России. Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2015. № 33 (3). URL: <http://journal.kubansad.ru/pdf/15/03/07.pdf>.
12. Марков Ю.А. Программа и методика исследований по орошению плодовых и ягодных культур. Мичуринск: ВНИИС им. И.В. Мичурина, 1985. 117 с.
13. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под общ. ред. Седова. Орел: ВНИИСПК, 1999. 608 с.
14. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 276 с.
15. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
16. Силкин К.Ю. Геоинформационная система Golden Software Surfer 8: Учебно-методическое пособие для вузов. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2008. 66 с.