

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И АГРОТЕХНОЛОГИЙ РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИФИКАЦИИ НА ТРАНСФОРМАЦИЮ ПАРАМЕТРОВ САДОВЫХ ПОЧВ

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 механизмах трансформации параметров садовых почв, степени влияния климатических условий и агротехнологий различной интенсификации на изменение уровня плодородия почв. Разработана методология почвенно-экологического мониторинга для рационального использования земель и формирования устойчивых плодовых насаждений. Установлены уровни воздействия почвенно-климатических факторов на обеспеченность питанием, устойчивость и продуктивность садовых ценозов. Разработана технологическая инструкция по оптимизации питательного режима плодоносящей яблони, возделываемой по интенсивной технологии, включающая приемы воспроизводства плодородия почв садовых ценозов, которые внедряются в специализированных хозяйствах Северо-Кавказского региона и ЮФО.

Ключевые слова: плодовые ценозы, чернозёмные почвы, серые лесостепные почвы, почвенно-агрохимический мониторинг, оценка плодородия садовых почв, питательный режим растений, фертигация, засоление почв

Summary. New knowledge was obtained about the mechanisms of soil transformation parameters of garden and grape agrocenoses, the degree of influence of climatic conditions and agricultural technologies of various intensification the soil productivity changes. The methodology of soil-ecological monitoring for sustainable land using and formation of stable fruit and vine cenoses. The levels of influence of soil and climatic factors the food ensuring, stability and productivity of garden cenoses. The technological institution for optimization of nutrient regime of fructifying apple-tree, cultivated on intensive technology, including the methods of reproduction of soil fertility of garden cenoses, which are implemented in the specialized farms of the North Caucasus and the SFD.

Key words: fruit cenoses, chernozem soils, gray forest-steppe soils, soil-agrochemical monitoring, assessment of fertility of garden soils, nutritions mode of plants, fertigation, salinization of soils

Введение. Интенсификация производственно-технологических процессов в современном плодоводстве, основанная на химизации и применении современной высокопроизводительной сельскохозяйственной техники, способствует усилению процессов деградации почв. Агрогенные почвы, особенно черноземы, претерпевают существенную трансформацию. В насаждениях плодовых культур интенсивность воздействий на почву значительно выше, чем при возделывании однолетних сельскохозяйственных культур как по уровню химико-техногенных воздействий, так и по выносу органических веществ [1, 2, 3].

На Северном Кавказе в летний период довольно часто проявляются стресс-факторы среды – 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 продуктивности. Недостаток почвенной влаги приводит к нарушению водного и пищевого режимов растений, что вызывает ответные, взаимосвязанные и глубокие изменения про-

цессов транспирации, фотосинтеза, ферментативных и энергетических превращений углеродного, фосфорного и азотного обмена, всех сторон жизнедеятельности плодовых растений. Эти изменения негативно сказываются на формировании урожая и качестве плодов, возникновении периодичности плодоношения, снижении зимостойкости деревьев [3, 4, 5].

Изучение механизмов и закономерностей обмена веществ между растениями и окружающей средой, именуемого в агрохимии процессом питания растений, требует выявления динамики и уровня интенсивности перехода веществ из среды (почвенный раствор, воздух, удобрения) в состав растительной ткани и различных органов растений, в состав сложных органических соединений, синтезируемых растением, и выведения ряда веществ из него. Анализ биологических особенностей многолетних растений, определение влияния биотических факторов на режим их питания и физиологические параметры, ростовые и продукционные процессы позволяют выявить закономерности и взаимосвязи в системе «почва-растение-урожай» для построения динамических моделей взаимосвязи агрохимических показателей в системе «почва-растение» садового ценоза в зависимости от уровня плодородия почв и разработать алгоритм систематизации агрохимических показателей почв в садовых ценозах для создания базы данных.

Высокое содержание гумуса и глин, свойственное черноземам, обуславливая буферность по отношению к воздействию химических реагентов, определяет в то же время чрезвычайно высокую чувствительность черноземов к увеличению увлажнения. Полученные к настоящему времени результаты исследований показывают, что вносимые при фертигации удобрения имеют сравнительно малый контакт с активной частью поглощающей корневой системы плодовых растений и их влияние на питание растений недостаточно [6, 7, 8].

Многолетнее локальное применение удобрений при малообъемном орошении приводит к высокой вариабельности параметров почвенного плодородия садовых ценозов. Общепринятые методики агрохимического обследования почв садовых ценозов не позволяют реально оценить степень изменчивости параметров плодородия почв при локальном применении удобрений и установить необходимость регулирования питательного режима плодовых растений. Для определения объективной обеспеченности плодовых растений питательными веществами и точного расчета норм внесения удобрений необходимо использование новых методических подходов к оценке параметров почвенного плодородия садовых ценозов, возделываемых по интенсивным технологиям.

В связи с обозначенными проблемами, цель наших исследований заключается в установлении взаимосвязей пищевого, водного режима почв и питательного режима плодовых растений при разных уровнях минерального питания в различных почвенно-климатических условиях, разработке методологии почвенно-экологического мониторинга для рационального использования земель и формирования устойчивых плодовых ценозов.

Объекты и методы исследований. Исследования проводились в стационарных полевых опытах в интенсивных насаждениях яблони ЗАО «ОПХ «Центральное» г. Краснодар, ООО «Сады Предгорья» Северского района Краснодарского края и в фермерских хозяйствах Ростовской области.

В основу работы положен метод полевого и лабораторного опытов. Учеты и наблюдения проводили в соответствии с методическими указаниями и методиками исследований [9-11]. Лабораторные анализы почвенных образцов проведены согласно соответствующим ГОСТам [12-18]. В почвенных образцах определяли: влажность почвы, катионно-анионный состав водной вытяжки, рН 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 [19].

Пигменты (хлорофилл и каротиноиды) в листьях растений определяли спектрометрическим методом. Определение массовой концентрации фенолкарбоновых кислот (аскорбиновой, хлорогеновой и кофейной), массовой концентрации свободных аминокислот проводили с применением капиллярного электрофореза.

Анализ полученных экспериментальных данных осуществляли методами математической статистики с применением дисперсионного анализа в программах StatSoft STATISTICA 8.0 и Microsoft Office Excel 2003 согласно «Методике полевого опыта» [20]. Построение 2D-диаграмм пространственной неоднородности агрохимических свойств почвы садового ценоза проводили с использованием программного обеспечения Surfer 8 согласно учебно-методическому пособию [21].

Лабораторный анализ почвенных и растительных образцов проводили в аналитических лабораториях научного центра агрохимии и почвоведения, в центре коллективного пользования, лаборатории физиологии и биохимии растений.

Обсуждение результатов. В ходе исследований были получены новые знания о механизмах трансформации параметров почв плодовых агроценозов. Проведен анализ динамики агрохимических показателей садовых почв и количественных данных в зависимости от уровня интенсификации производства. В плодовых насаждениях на чернозёме выщелоченном в условиях центральной зоны региона (ОПХ «Центральное», г. Краснодар) был проведен технический анализ на основе статистических данных для составления прогнозов. Было выявлено, что уже к началу периода наращивания и стабилизации урожая яблоны в почве сада без внесения удобрений уменьшилось содержание минерального азота, нитрификационная способность почвы снизилась с 9,4-15,5 мг/кг (2002 г.) до 9,9-10,6 мг/кг (2004 г.) и 4,8-8,2 мг/кг (2008 г.) с тенденцией к дальнейшему снижению, на что указывают процессы денитрификации ($N-NO_3 - 0,7$ мг/кг).

На фоне систематического внесения удобрений нитрификационная способность в горизонте $A_{\text{пах}}$ в саду в 2002 г. составляла 12,5-21,7 мг/кг, в 2004 г. – 13,3-40,6 мг/кг и в 2008 г. – 11,7-19,9 мг/кг. Менее выражено было снижение нитратного азота в пахотном и подпахотном горизонтах почвы. Наблюдалось повышение содержания нитратов в слое почвы 60-80 см от 42,8-49,5 мг/кг до 114,5-191,4 мг/кг. Наиболее значительным был рост показателя в зоне 0-40 см на второй год после внесения удобрений.

Контроль изменения параметров содержания в почве сада основных минеральных элементов без внесения удобрений выявил снижение запасов обменного калия в горизонте $A_{\text{пах}}$. Изменение этого показателя в $A_{\text{пах}}$ на фоне регулярного внесения удобрений носило иной характер. Анализ динамики содержания органического вещества в горизонте $A_{\text{пах}}$ также выявил различия между участками мониторинга без внесения удобрения и вариантами с регулярным внесением органоминеральных удобрений (ОМУ «Универсальное») в период 2006-2012 гг. Максимальные различия составили 8,5-9,1 %, что обусловлено наличием в составе ОМУ бактериальной культуры. При этом в среднем за 2000-2012 гг. содержание общего гумуса на участках неудобренных и с внесением удобрений составило соответственно 3,4 и 3,6 %. Для участка мониторинга с внесением ОМУ характерна тенденция к росту органического вещества в почве по линии тренда, изображающей средние значения анализируемого показателя (рис. 1). На участке без внесения удобрений такой тенденции не выявлено.

Мониторинговые исследования были продолжены на участке сада 2009 года посадки (яблоня сортов Прикубанское, Ренет Кубанский на подвое СК4), где в 2012 и 2015 гг. анализировали параметры агрохимических показателей чернозёма выщелоченного. В 2012 г. деревья яблони находились в возрастном периоде роста и плодоношения. предше-

ственник сада – участок орошаемой земляники, оснащённый комплексной системой импульсного дождевания. Перед закладкой сада заправку почвы органоминеральными удобрениями не проводили.

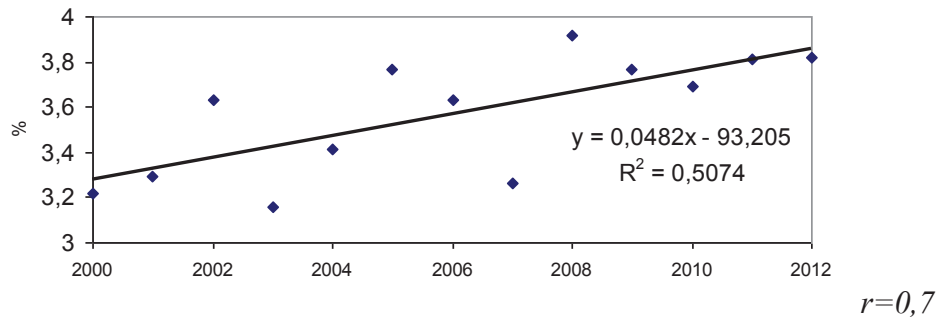


Рис. 1. Линейная регрессионная модель изменения во времени содержания в почве сада общего гумуса на фоне применения ОМУ

Участок агрохимического мониторинга характеризовался следующими показателями: нейтральная реакция почвенной среды; параметры содержания органического вещества (общий гумус) в слое почвы 0-60 см 2,68-3,32 %, содержание обменных катионов Ca^{2+} от 21,53 до 23,93 ммоль/100 г почвы в горизонте $A_{\text{пах}}$ и 23,19-24,78 ммоль/100 г почвы в зоне 40-60 см, катионов Mg^{2+} соответственно 5,5-5,7 и 4,17-5,5 ммоль/100 г почвы; гидролитическая кислотность не превышала значений 2,11-3,13 ммоль/100 г почвы; сумма поглощённых оснований составляла 40,7-44,0 ммоль/100 г почвы, степень насыщенности основаниями – 93,3-95,2 %.

Уже на данном этапе мониторинговых исследований, на фоне наращивания товарных урожаев, фиксировали снижение содержания в почве сада минерального азота. При этом в 2015 г. на фоне внесённых в почву удобрений (ОМУ) снижение показателя носило менее выраженный характер. По сравнению с неудобренными участками в горизонте $A_{\text{пах}}$ содержание азота нитратов было выше на 59 %, в подпахотном горизонте – на 18,5 %, в зоне 40-60 см – на 14,8 %.

Для участка агрохимического мониторинга характерно накопление «остаточного» фосфора, связанное с культурой предшественника. «Зафосфачивание» наблюдалось по всему профилю почвы (0-60 см).

Данные мониторинга позволили отметить снижение запасов обменного калия в слое почвы 0-60 см без внесения удобрений в среднем на 25 % (рис. 2).

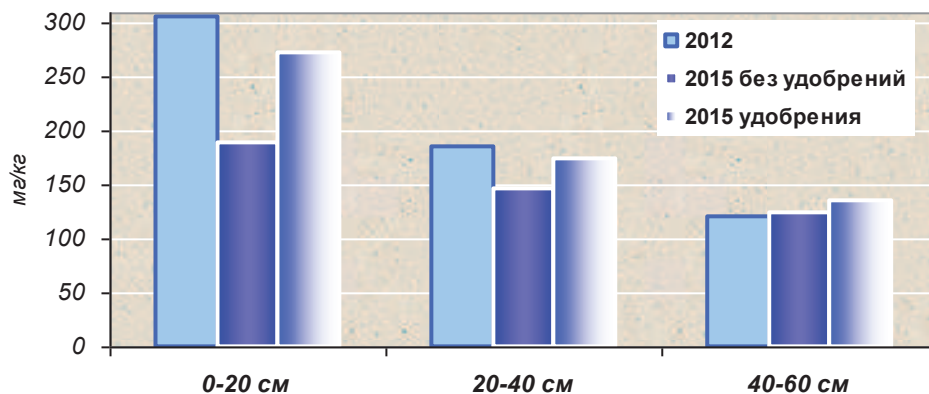


Рис. 2. Динамика содержания обменного калия в почве сада

В 2014 г. начаты исследования динамики агрохимических показателей серой лесостепной почвы под садом в условиях западно-предгорной подзоны региона (участок имеет уклон до 3,5°). Участок агрохимического мониторинга характеризовался слабокислой реакцией почвы ($pH_{\text{вод}}$ 5,94-6,33), содержанием органического вещества (общий гумус) в горизонте $A_{\text{пах}}$ 2,63-2,90 % и в слое 20-60 см – 1,67-2,58 %, низким содержанием подвижного фосфора – 9-22 (0-20 см), 2-4 (20-40 см) и 1-2 мг/кг (40-60 см), обменного калия – 105-184 (0-20 см), 78-132 (20-40 см) и 80-134 мг/кг (40-60 см). Для участка локального мониторинга было характерно содержание минерального азота ($N-NO_3$) в пределах 2,6-3,8 (0-20 см), 1,9-2,8 (20-40 см) и 1,9-2,2 мг/кг (40-60 см). Нитрификационная способность почвы в горизонте $A_{\text{пах}}$ составляла 16,2-18,3 мг/кг. Содержание обменных катионов Ca^{2+} от 13,86 до 14,87 ммоль/100 г почвы в горизонте $A_{\text{пах}}$ и 15,09-20,61 ммоль/100 г почвы в зоне 40-60 см, катионов Mg^{2+} соответственно 5,97-6,38 и 7,33-9,97 ммоль/100 г почвы; гидролитическая кислотность – 4,42-6,25 ммоль/100 г почвы; сумма поглощённых оснований – 19,86-30,58 ммоль/100 г почвы, степень насыщенности основаниями – 76,0-85,0 %.

В саду 2012 г. посадки (яблоня на подвое ММ106) на серых лесостепных почвах были заложены реперные участки, характеризующиеся различным уровнем антропогенного воздействия: 1) без основного внесения удобрений; 2) внесение возрастающих доз минеральных удобрений (N90P90K90 и N120P120K120).

Данные агрохимического мониторинга уже через год выявили изменения показателей почвы под молодыми насаждениями яблони на фоне роста урожайности деревьев на участках без внесения удобрений.

Содержание Mg^{2+} в пахотном слое почвы увеличилось до 6,89-7,55 ммоль/100 г почвы, а в зоне основной массы корней молодых деревьев яблони составило уже 10,14-11,13 ммоль/100 г почвы. Нитрификационная способность почвы в $A_{\text{пах}}$ снизилась более чем на 25 %, содержание минерального азота ($N-NO_3$) не превышало значений 1,5 мг/кг

Анализ динамики подвижного фосфора в 2017 г. выявил значительное сокращение его запасов по всему исследуемому профилю почвы. С возрастанием глубины почвенного профиля наблюдалось снижение содержания подвижного фосфора и при 40-60 см отмечены его следы. Менее подвержено изменениям было содержание обменного калия в почве молодого сада. При применении основного удобрения в дозе N120P120K120 содержание K_2O в зоне 0-40 см возрастало более чем на 50 %.

Таким образом, мониторинг показателей плодородия садовых почв в условиях центральной зоны и западно-предгорной подзоны региона за период 2000-2017 гг. выявил изменения основных параметров плодородия почв с экстенсивным характером их освоения и при применении удобрений. Методом мониторинга решена задача своевременного выявления негативных процессов в условиях монокультуры. Информативность комплекса наблюдаемых показателей плодородия садовых почв обусловлена их изменением во взаимосвязи с урожайностью растений («урожай-азот нитратов» – $r = 0,88-0,93$; «урожай-обменный калий» – $r = 0,57-0,60$; «урожай-подвижный фосфор» – для условий серых лесостепных почвы западно-предгорной подзоны – $r = 0,70-0,80$ и т.д.).

В условиях капельного орошения мониторинг состояния плодородия чернозёмных почв (на примере плодового питомника) проводили в питомнике ООО «НПФ «Донской питомник» Ростовской области. Основным источником поливной воды являлся Азовский оросительный канал. Вода имела слабощелочную реакцию среды (pH 8,1). Общее содержание солей в воде – 2,086 г/л, из которых вредные соли составляли 72,3 % (1,509 г/л). Общее содержание солей превышало оптимальные допустимые значения для полива сельскохозяйственных культур (табл. 1).

Продолжительное капельное орошение минерализованной водой способствовало накоплению водорастворимых солей в зоне увлажнения. Основная доля солей была сконцентрирована в слое почвы 0-60 см и в радиусе 25 см от точки падения капли. При этом установлено неравномерное распределение водорастворимых солей в зоне основного увлажнения почвы в результате многолетнего капельного орошения.

Таблица 1 – Химический состав поливной воды, используемой для орошения насаждений, ООО «Донской питомник»

| Показатель | Значение | |
|--------------------------------------|-----------|------|
| pH, ед. pH | 8,1 | |
| Удельная электропроводимость, мСм/см | 2,10 | |
| Ионный состав | мг-экв./л | мг/л |
| Ионы бикарбоната (HCO ₃) | 3,80 | 232 |
| Ионы хлорида (Cl) | 6,70 | 238 |
| Ионы сульфата (SO ₄) | 20,90 | 1003 |
| Ионы кальция (Ca) | 7,75 | 155 |
| Ионы магния (Mg) | 8,00 | 98 |
| Ионы натрия (Na) | 15,65 | 360 |
| Сумма солей, г/л | 2,086 | |

Вероятные соли, г/л

Нетоксичные соли:

Ca(HCO₃)₂ – 0,308 г/л,

CaSO₄ – 0,269 г/л.

Вредные нейтральные соли:

MgSO₄ – 0,482 г/л,

Na₂SO₄ – 0,635 г/л,

NaCl – 0,392 г/л

Удельная электропроводность почвы при регулярном капельном орошении под капельницами составляла 0,170-0,195 мСм/см. На участке установлено частичное вымывание солей в нижележащие слои почвы, что обусловлено выпадением осадков в период покоя плодовых растений. Поэтому под капельницами с глубины 90 см отмечено повышение удельной электропроводности почвы до 0,190 мСм/см.

Неравномерное распределение водорастворимых солей в пределах контура увлажнения при капельном орошении питомника способствовало изменению показателей реакции почвенной среды. В местах локализации поливной воды при капельном орошении в течение пяти лет отмечено повышение реакции почвенной среды до pH_{водн.} 8,1-8,6. Подщелачивание почвы объясняется частичным накоплением вредных щелочных солей.

Применение многолетнего капельного орошения в насаждениях привело к постепенному вымыванию ионов кальция из мест локализации поливной воды в почве. Доля обменного кальция в местах локализации поливной воды снизилась до 75,8 % от суммы поглощенных оснований.

В зоне локального увлажнения почвы наблюдалось повышение содержания обменного магния до 5,9 мг-экв/100 г почвы. Доля магния возросла до 20,4 % от суммы поглощенных оснований. Известно, что при увеличении доли магния в ППК наблюдается повышение щелочности и ухудшение водно-физических свойств почвы (рис. 3). Преобладание натрия в поливной воде привело к существенному увеличению его концентрации в местах локализации поливной воды, а также вымыванию на глубину почвы более 60 см.

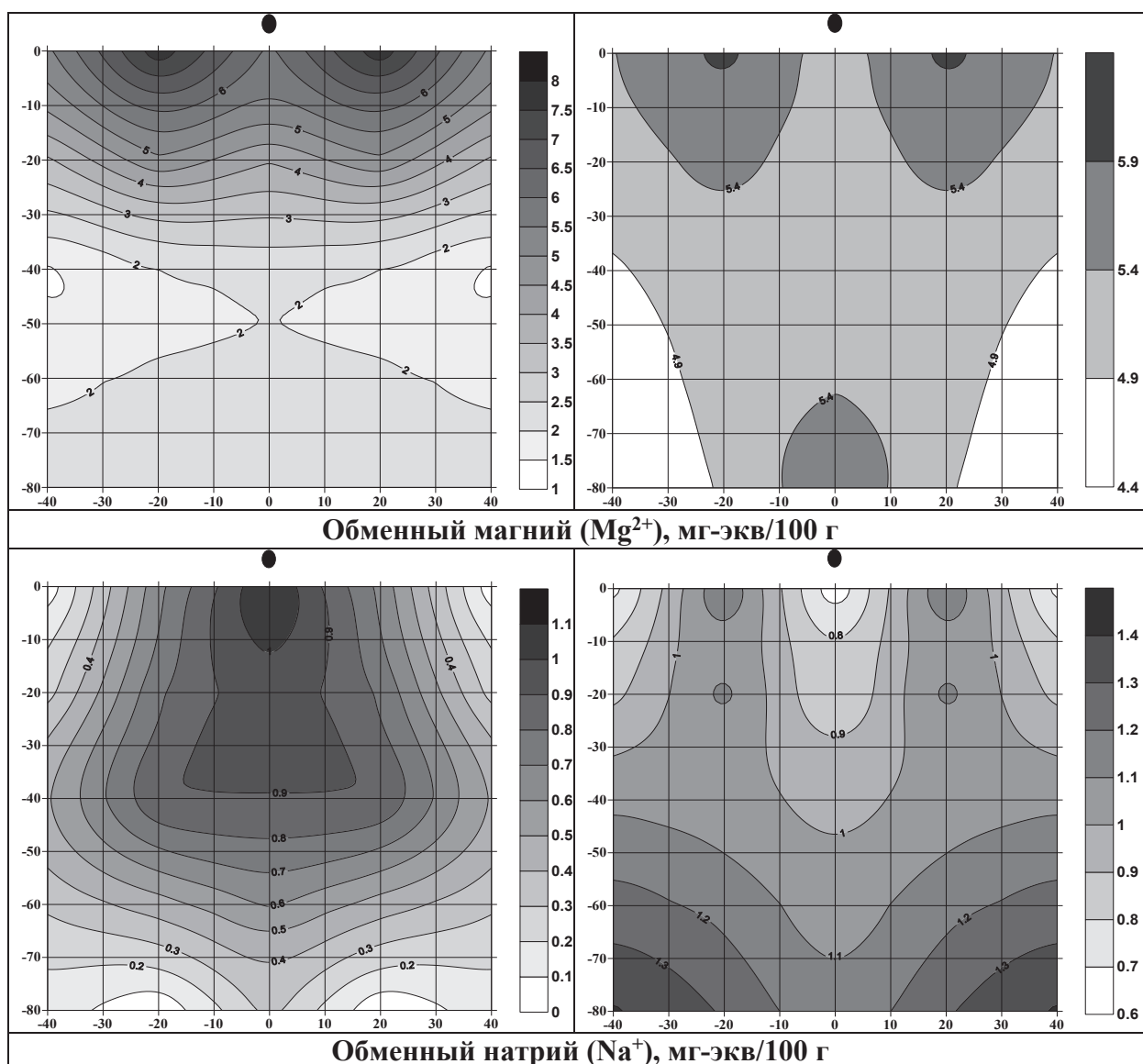


Рис. 3. Изменение содержания обменных катионов в почвенно-поглощающем комплексе почвы питомника, мг-экв./100 г почвы
 слева – при капельном орошении, справа – фосфогипс на фоне капельного орошения
 (по горизонтали – расстояние от точки падения капли в сторону междурядий,
 по вертикали – в глубину почвы)

Содержание обменного натрия более 3,0 % совершенно нехарактерно для черноземных почв. При внесении фосфогипса в почву отмечено вымывание солей натрия и повышение содержания обменного натрия в слое почвы 70-90 см до 1,11-1,41 мг-экв/100 г почвы.

Результаты исследований свидетельствуют о неблагоприятных изменениях физико-химических свойств черноземных почв в многолетних насаждениях при капельном орошении минерализованной водой в течение длительного периода времени.

Анализ динамики агрохимических индикаторов мониторинга выявил их информативность при оценке состояния плодородия садовых почв в различные возрастные периоды жизни плодовых растений. Перечень контролируемых параметров обусловлен характером их изменения в зависимости от уровня антропогенного воздействия, возможностью прогнозировать изменение химических свойств почв под монокультурой, влияющих на режим питания растений, доступностью и воспроизводимостью методов аналитического определе-

ния, обеспечивающих сопоставимость данных. Системную группировку контролируемых параметров (для специфического локального мониторинга) осуществляли на основе экспериментальных данных 2000-2017 гг., отражающих развитие негативных изменений свойств садовых почв (табл. 2). При этом учитывали корреляционные связи показателей и возможность оперативного контроля за состоянием почв плодовых агроэкосистем.

Таблица 2 – Группировка контролируемых показателей и формы агрохимического мониторинга

| Формы мониторинга | Контролируемые показатели |
|--|--|
| Агрохимический мониторинг почв по сокращённой программе, в том числе сезонный контроль | Динамика изменения в почве сада подвижных форм основных минеральных элементов |
| | Для насаждений, возделываемых по интенсивным технологиям (с регулярным применением средств химизации) комплекс исследований по расширенной программе: все виды кислотности почв в динамике, динамика изменения в почве сада подвижных форм основных минеральных элементов |
| Долгосрочный комплексный контроль садовых почв | 1. Начальный этап – оценка гумусного состояния садовых почв и степени воздействия антропогенного фактора, направленности и масштабов воздействия негативных процессов |
| | 2. Стационарные комплексные исследования гумусного состояния садовых почв на территории всего массива садов хозяйства (долгосрочный контроль динамики) <ul style="list-style-type: none"> • анализу подвергаются все блок-компоненты объекта мониторинга, сопряжённые с содержанием гумуса • анализ сбалансированности элементов питания в почвенной среде • агрохимическое картирование, в том числе с созданием электронной версии • оценка интенсивности деградационных процессов и долгосрочный прогноз • формирование базы данных, и разработка методов воспроизводства плодородия почв. |

Получение информации в процессе маршрутных обследований, ранняя диагностика развития негативных изменений химических свойств почв позволяет оперативно влиять на ситуацию путём внесения минеральных удобрений или мелиоративных мероприятий.

Для садовых почв с содержанием общего гумуса менее 3 % в $A_{\text{пах}}$. (серая лесостепная почва) при обнаружении потерь гумуса необходима реализация комплексной программы стационарного мониторинга с оценкой интенсивности протекания негативных процессов.

Таким образом, сформированная дифференцированная система мониторинга параметров почвенного плодородия, позволит выявлять и прогнозировать тенденции простран-

ственно-временных изменений основных показателей плодородия садовых почв, накапливать, анализировать, обобщать и разрабатывать рекомендации по результатам мониторинга.

Анализ влияния почвенно-климатических факторов на пищевой режим яблони и устойчивость к высоким температурам летнего периода показал, что отмеченное в 2016-2017 гг. увеличение среднемесячной температуры воздуха с апреля по август (относительно среднемесячной многолетней температуры в среднем на 2-3°C) ускорило наступление таких фенологических фаз, как бутонизация и цветение в среднем на 5-7 дней.

В период роста и созревания плодов с июля по август температура воздуха в дневные часы достигала 34,9-39,6 °С. Максимальные показатели были установлены в июле 2016 г. – 38,5 °С и в августе 2017 г. – 39,6 °С. Отмечено существенное увеличение месячной суммы осадков в июне на 100 мм и уменьшение в июле и августе 2016 г (в среднем на 20мм) по сравнению со средними многолетними данными. Бездождный период в период роста и созревания плодов составил 50 дней.

При изучении физиологической устойчивости растений яблони к стрессовым условиям летнего периода установлена тесная положительная корреляционная связь между содержанием связанной формы воды в листьях яблони и максимальной температурой воздуха, $r = 0,9$. Об устойчивости растений яблони к жарким абиотическим стрессам летнего периода также свидетельствует повышенный коэффициент пропускаемости мембран (КП) в листьях (рис. 4). Более высокие показатели связанной формы воды и КП определены в августе на фоне некорневых подкормок, когда температура воздуха и атмосферная засуха достигали максимальных значений.

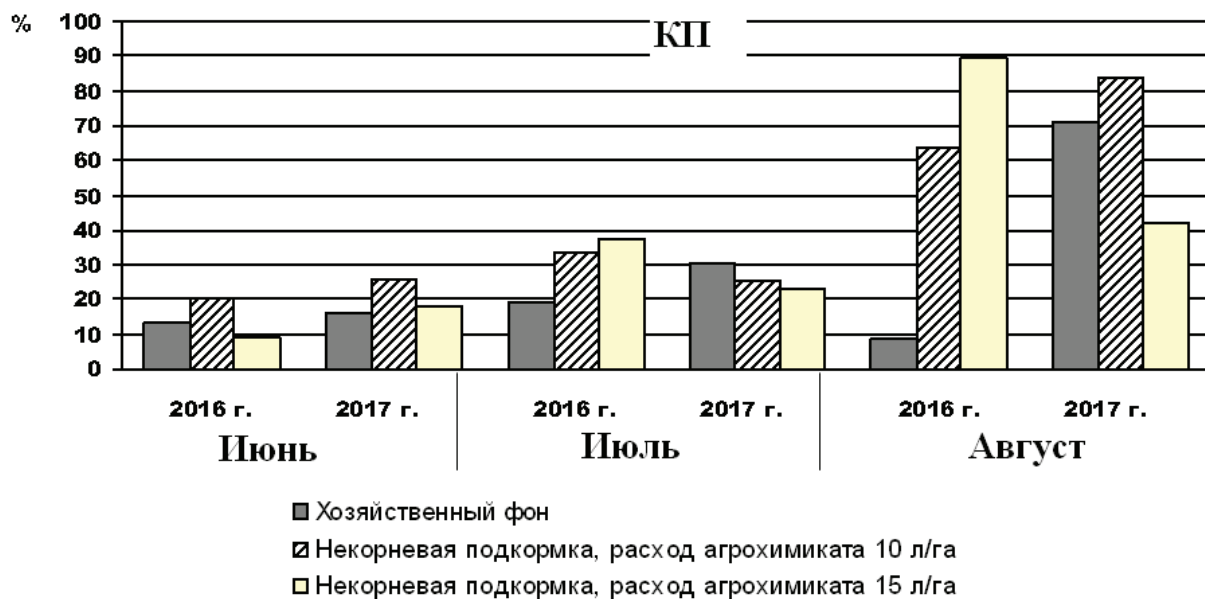


Рис. 4. Динамика изменения коэффициента пропускаемости мембран листьев яблони на фоне применения некорневых подкормок

Установлено, что содержание хлорофилла и каротина в листьях яблони находилось в прямой зависимости от содержания в них азота, $r = 0,7$ и $r = 0,57$ соответственно.

Повышенный синтез белка в период стрессовых воздействий в июле и августе 2017 г., особенно в вариантах с применением некорневых подкормок, способствовал повышению устойчивости растений яблони к перегреву и обезвоживанию. Синтез белка в листьях яблони находился в прямой зависимости от содержания в них фосфора и калия, $r = 0,58$ и $0,66$ соответственно.

Из-за аномально жарких и засушливых условий, отмеченных в 2017 году, в листьях яблони в июле и августе был затруднен синтез углеводов (особенно сахарозы), являющихся строительным материалом для фенолкарбоновых кислот. Большее накопление фруктозы и глюкозы в период стрессового воздействия среды было определено в вариантах с применением некорневых подкормок. Установлено, что содержание сахаров в листьях яблони в 2017 г. находилось в прямой зависимости от содержания в них калия, $r = 0,89$.

На фоне невысокого содержания сахаров установлено снижение накопления аскорбиновой кислоты по сравнению с 2016 г., что подтверждает коэффициент корреляции $r=0,57$ (рис. 5).



Рис.5. Влияние некорневых подкормок на динамику накопления аскорбиновой кислоты в листьях яблони

Показано, что синтез пролина в листьях яблони в июле и августе 2017 г. находился в прямой зависимости от наличия в них сахаров и фосфора, коэффициент корреляции в обоих случаях составил $r = 0,4$.

Установлено существенное влияние некорневых подкормок удобрениями на качество питания яблони (табл. 3).

Таблица 3 – Влияние некорневых подкормок на качество питания яблони в фазу созревания плодов

| Вариант | Год | N/P | | N/K | | N:P:K | |
|---------------------------------|-----|-------------|------|----------------|------|------------------------|---------|
| | | 2016 | 2017 | 2016 | 2017 | 2016 | 2017 |
| Хозяйственный фон без удобрений | | 9,0 | 9,8 | 2,4 | 2,7 | 65:7:27 | 68:7:25 |
| Некорневые подкормки | | 10,9 | 10,3 | 3,8 | 2,2 | 74:7:19 | 64:7:29 |
| Оптимальное соотношение | | 9-12 | | 1,5-2,3 | | 58-61:5-6:34-36 | |

Наибольший выход высокотоварной продукции (яблоки высшего и первого сорта) был получен на фоне некорневых подкормок удобрениями, прибавка урожая плодов в 2016-2017 гг. составила 8,3-8,5 т/га (табл. 4).

Таблица 4 – Влияние некорневых подкормок на урожайность яблони

| Вариант Год | Средняя масса плодов, г. | | Нагрузка плодами, шт/дер. | | Урожай | | | | | |
|----------------------|--------------------------|------|---------------------------|------|--------|-------|--------------|------|-----------------------|------|
| | | | | | т/га | | % к контролю | | прибавка урожая, т/га | |
| | 2016 | 2017 | 2016 | 2017 | 2016 | 2017 | 2016 | 2017 | 2016 | 2017 |
| Хозяйственный фон | 148 | 142 | 204 | 145 | 55,9 | 38,1 | - | - | - | - |
| Некорневые подкормки | 150 | 149 | 229* | 168 | 64,4* | 46,4* | 15,1 | 21,8 | 8,5 | 8,3 |
| НСР ₀₅ | - | | 11,0 | 11,9 | 3,0 | 3,1 | - | | - | |

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

Заключение. Анализ динамики агрохимических индикаторов мониторинга выявил их информативность при оценке состояния плодородия садовых почв в различные возрастные периоды жизни плодовых растений.

Мониторинговые исследования показали изменения свойств почв садов при регулярном проведении капельного орошения насаждений минерализованной водой: увеличение щелочности почвы, накопление водорастворимых солей, увеличение концентрации в водном растворе ионов хлорида и натрия, насыщение ППК катионами Na⁺ и Mg²⁺ и обеднение катионом Ca²⁺. Установленные негативные изменения свойств черноземных почв в зоне основного увлажнения обусловлены в большей степени неудовлетворительным качеством используемой поливной воды, нежели влиянием минеральных удобрений.

Разработанная система предполагает использование мониторинга как по сокращённой программе (в том числе маршрутная форма реализации), так и проведение режимных наблюдений по расширенной программе в условиях стационарных исследований.

Стационарная форма мониторинга позволит сформировать группу диагностических показателей, отражающих устойчивые изменения состояния эффективного плодородия исследуемых садовых почв.

Установлена эффективность листовых подкормок удобрениями в стрессовых условиях летнего периода, оказывающих существенное влияние на физиологическое состояние растений яблони: определено увеличение содержания в листьях яблони связанной формы воды, интенсивный синтез белка, обуславливающих повышенную устойчивость растений яблони к перегреву и обезвоживанию. Установлены статистически достоверные положительные корреляционные связи содержания хлорофилла и каротина в листьях яблони от содержания в них азота ($r=0,7$ и $r=0,57$) синтез белка и содержание фосфора и калия ($r=0,58$ и $r=0,66$).

Разработанная технологическая инструкция по оптимизации питательного режима слаборослой плодоносящей яблони, возделываемой по интенсивной технологии, включает приемы воспроизводства плодородия почв садовых ценозов, повышающих продуктивность насаждений и их устойчивость к стрессовым воздействиям, стабилизирующих экологическое состояние почв, снижающих издержки на производство 1 ц плодов в 1,5-1,8 раз. Элементы технологий внедряются в специализированных хозяйствах Северо-Кавказского региона и ЮФО на площади более 1500 га.

Литература

1. Система земледелия в садоводстве и виноградарстве Краснодарского края. – Краснодар: ФГБНУ СКЗНИИСиВ, 2015. – 241 с.
2. Попова, В.П. Плодородие чернозёма в плодовом саду / В.П. Попова, Н.Г. Пестова, Н.Н. Сергеева // Земледелие. – 1999. – № 3. – С. 11.
3. Сергеева, Н.Н. 15-летний мониторинг состояния плодородия садовых почв на юге России / Н.Н. Сергеева, Н.Г. Пестова, О.В. Ярошенко // Вестник АПК Ставрополя. – 2014. – № 2 (12). – С. 185-189.
4. Сергеева, Н.Н. Содержание свободного пролина в листьях яблони при применении некорневых подкормок / Н.Н. Сергеева, Н.И. Ненько, Ю.И. Сергеев // Materials of the XI international research and practice conference “Science and civilization-2015” 30 Jan. – 07 Feb. 2015, V 22 Ecology Geography and geology agriculture.- Sheffield : Science and Education LTD 2015.- Н. 50-53
5. Попова, В.П. Удобрение садов (рекомендации) / В.П. Попова, Н.Н. Сергеева, Т.Г. Фоменко. – Краснодар, 2010. – 36 с.
6. Фоменко, Т.Г. Пространственная неоднородность почв садовых ценозов в условиях локального применения удобрений и водных мелиораций / Т.Г. Фоменко, В.П. Попова, Н.Г. Пестова, Е.А. Черников // Агрехимия. – 2015. – № 2. – С. 13-22.
7. Фоменко, Т.Г. Изменение параметров почв садовых ценозов при локальном применении удобрений и водных мелиораций / Т.Г. Фоменко, В.П. Попова, Н.Г. Пестова // Российская сельскохозяйственная наука. – 2015. – № 3. – С. 39-43.
8. Фоменко, Т.Г. Влияние локального применения удобрений и водных мелиораций на изменение параметров почв садовых ценозов и их продуктивность / Т.Г. Фоменко, В.П. Попова, Н.Г. Пестова // Плодоводство и виноградарство Юга России. – Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2015. – № 33 (3). – С. 60-73. – Режим доступа: <http://journal.kubansad.ru/pdf/15/03/07.pdf>.
9. Кондаков, А.К. Методические указания по закладке и проведению опытов с удобрениями в плодовых и ягодных насаждениях / А.К. Кондаков, А.А. Пастухова. – М.: ЦИНАО, 1981. – 39 с.
10. Марков, Ю.А. Программа и методика исследований по орошению плодовых и ягодных культур / Ю.А. Марков. – Мичуринск: ВНИИС им. И.В. Мичурина, 1985. – 117 с.
11. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под общ. ред. Седова Е.Н., Огольцовой Т.П. – Орел: ВНИИСПК, 1999. – 608 с.
12. ГОСТ 28268-89. Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений. – Введ. 01.06.1990. Переиздание. – М.: Стандартинформ, 2006. – 5 с.
13. ГОСТы 26423-26428-85. Определение катионно-анионного состава водной вытяжки. – Введ. 01.01.1986. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 39 с.
14. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. – Введ. 01.07.1993. – М.: Издательство стандартов, 1992. – 6 с.
15. ГОСТ 27821-88. Почвы. Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена. – Введ. 01.01.1990. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 5 с.
16. ГОСТ 26951-86. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. – Введ. 01.07.1987. – М.: Издательство стандартов, 1986. – 7 с.
17. ГОСТ 26204-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО. – Введ. 01.07.1993. – М.: Издательство стандартов, 1992. – 5 с.
18. ГОСТ 26205-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. – Введ. 01.07.1993. – М.: Издательство стандартов, 1992. – 7 с.
19. Агрехимические методы исследования почв / под ред. Соколова А.В. – М.: Наука, 1975. – 656 с.
20. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
21. Силкин, К.Ю. Геоинформационная система Golden Software Surfer 8: учебно-методическое пособие для вузов / К.Ю. Силкин. – Воронеж: ВГУ, 2008. – 66 с.