

ПОМЯКШЕВА ЛЮБОВЬ ВЛАДИМИРОВНА

**ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ УДОБРЕНИЯ
НА ПИТАТЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ
(*FRAGARIA*×*ANANASSA DUCH.*)
ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ С КАПЕЛЬНЫМ ПОЛИВОМ
НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ**

Специальность: 06.01.01 – Общее земледелие, растениеводство

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Москва – 2022

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства»

Научный руководитель: **Коновалов Сергей Николаевич**
кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий отделом агрохимии и почвоведения, ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства»

Официальные оппоненты: **Попова Валентина Петровна**
доктор сельскохозяйственных наук, зав. научным центром агрохимии и почвоведения, зав. лабораторией экологии почв, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства и виноделия»

Ветрова Оксана Альфредовна
кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, лаборатория биохимической и технологической оценки сортов и хранения, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр имени И. В. Мичурина»

Защита диссертации состоится « 7 » сентября 2022 г. в 14-00 часов на заседании диссертационного совета Д 006.035.02 при ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства» по адресу: 115598, г. Москва, ул. Загорьевская, д.4

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства» и на сайте <https://www.vstisp.org> и на сайте ВАК при Минобрнауки РФ <https://vak.minobrnauki.gov.ru>

Отзывы в двух экземплярах, заверенные печатью, направлять по адресу: ул. Загорьевская, д. 4, г. Москва, 115598, тел. 8-495-329-53-88, e-mail: dissovet@vstisp.org

Автореферат разослан « » _____ 2022 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
канд. биолог. наук

Келина Анна Викторовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследований. В 2018 году Россия занимала седьмое место в мире по производству земляники садовой (Ожерельев и др., 2019). Интенсивные технологии возделывания культуры предполагают использование высокопродуктивных сортов разных сроков созревания, совершенствование агротехнических приемов возделывания, повышение отзывчивости растений на рациональное применение удобрений (Коновалов и др., 2010; Толстогузова, 2016). В то же время разные сорта земляники садовой могут неодинаково реагировать на применяемые интенсивные агротехнологии.

Одной из важных задач современного российского садоводства является импортозамещение на рынке плодов и ягод, повышение продуктивности отечественных плодоносящих насаждений без снижения качества и безопасности продукции (Казаков, 2009; Куликов, Минаков, 2018; Козлова, 2018). Ягодные культуры, в том числе земляника садовая, являются источником витаминов, пектина, антоцианов, микроэлементов (Жбанова и др., 2014). Интенсивные технологии возделывания обеспечивают получение урожая 20 т/га и выше в Центральной зоне садоводства РФ, за счет научно обоснованного применения удобрений можно получить в среднем прибавку урожая земляники садовой до 20 %, а также существенно повысить качество продукции (Коновалов, Дебелова, 2005; Коновалов и др., 2012; Куликов, 2009). В Нечерноземной зоне РФ климатические условия требуют применения орошения, особенно при возделывании требовательных к влагообеспеченности культур. В настоящее время одним из элементов современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур является капельный полив. Одновременно с капельным поливом возможно внесение в почву минеральных удобрений в растворенном виде (фертигация). Преимуществом такого внесения является возможность доставки в зону поглощательной активности корней количества удобрений, необходимого растениям в конкретную фазу. Для технологий возделывания на искусственных грунтах, обладающих незначительной поглощательной способностью, разработаны оптимальные составы питательных растворов и режимы их подачи. Их применение возможно в технологиях открытого грунта на легких по гранулометрическому составу почвах (песчаных и супесчаных). Для почв тяжелого гранулометрического состава с высокой поглощательной способностью фертигация требует дополнительных исследований.

Степень разработанности темы исследования. Исследованием режимов капельного орошения и фертигации занимаются ученые за рубежом: Kafkafi (1985), Locascio (1985), Assaf (1986), Haynes (1986), Henzel (1997), Treder (1997) Neilsen (1998), Coelho (2000), Martinsson (2006), Sousa (2014), и другие. В России разработкой данных элементов интенсивной

технологии занимались: Боровой (1993), Хапова (2006), Григоров (2007), Ахмедов (2008), Муханин (2009), Шуравилин (2010), Овчинников (2011), Попова (2011), Бородычев (2012), Кузин (2015, 2020), Фоменко (2015), Козлова (2009, 2018) и другие. В работах ученых отмечены особенности капельного орошения и фертигации садовых и овощных культур в различных почвенно-климатических условиях.

Цель исследований – выявление особенностей развития, продуктивности и питания земляники садовой при капельном поливе, внесении минеральных удобрений в запас и фертигации на дерново-подзолистой почве среднесуглинистого гранулометрического состава в условиях Московской области.

Задачи исследований:

1. Изучить динамику содержания элементов минерального питания в пахотном слое дерново-подзолистой почвы при капельном орошении, при фертигации и внесении минеральных удобрений в запас.

2. Изучить влияние фертигации и внесения удобрений в запас в насаждениях земляники садовой с капельным орошением на содержание в листьях растений элементов минерального питания.

3. Изучить влияние капельного полива, фертигации и внесения минеральных удобрений в запас на рост, развитие, массу надземной части и продуктивность растений земляники садовой при возделывании в открытом грунте на дерново-подзолистой почве среднесуглинистого гранулометрического состава.

4. Изучить влияние капельного полива, фертигации и внесения минеральных удобрений в запас на биохимический состав ягод земляники садовой.

5. Дать экономическую оценку способам внесения удобрений, режимам фертигации и составам питательных рабочих растворов в интенсивной технологии возделывания.

6. Уточнить рекомендации производству земляники садовой с учетом почвенно-климатических условий Московской области.

Научная новизна. Впервые проведены исследования способов внесения минеральных удобрений в насаждениях земляники садовой с капельным орошением на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве при разных схемах посадки растений. Установлена динамика содержания макроэлементов в почве и их поглощение растениями в насаждениях земляники садовой с капельным орошением. Установлена целесообразность комбинированного способа применения минеральных удобрений с капельным поливом. Установлены степени влияния на биохимический состав ягод земляники садовой минерального питания и погодных условий вегетационного периода в Московской области.

Практическая значимость. На основании обобщения имеющихся ранее данных и анализа экспериментального материала впервые установлена эффективность комбинированного внесения минеральных удобрений в

насаждениях земляники садовой, прибавка урожая ягод составила за время исследований от 5 до 15 т/га при многострочной схеме посадки, от 7,8 до 11 т/га при однострочной схеме посадки. Увеличение концентрации раствора минеральных удобрений при фертигации до 4-6 г/л при снижении частоты внесения до 1-2 раз в неделю способствует повышению массы надземной части растений и выходу розеток, что делает возможным применение фертигации раствором удобрений повышенной концентрации в маточных насаждениях земляники садовой. На основании проведенных исследований возможна разработка экономически целесообразной системы удобрения промышленных плодоносящих насаждений с капельным поливом, маточников и репозиторий земляники садовой.

Методология и методы исследований. Исследования основаны на анализе отечественных и зарубежных литературных источников, патентного поиска в области садоводства. В работе применены общепринятые методы по проведению полевых и лабораторных исследований, проведен статистический анализ полученных результатов.

Положения, выносимые на защиту:

1. Установлено, что в насаждениях земляники садовой в результате однократного внесения через систему капельного полива в дерново-подзолистую почву раствора минеральных удобрений уровень содержания макроэлементов вокруг капельной ленты сохраняется повышенным по сравнению с контролем в течение десяти дней.
2. Доказано, что на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве в Московской области применение фертигации (в том числе в сочетании с предпосадочным внесением минеральных удобрений в запас) и мульчирование почвы черной полиэтиленовой пленкой способствует повышению продуктивности растений земляники садовой.
3. Доказано, что применение при фертигации раствора минеральных удобрений повышенной концентрации и меньшей частотой внесения способствует увеличению наземной массы растений и количества розеток.
4. Установлено, что на биохимический состав ягод земляники садовой в большей степени влияют условия года и в меньшей степени – дозы, сроки и способы внесения минеральных удобрений.
5. Установлена различная степень влияния способов удобрения на содержание в почве азота, подвижных форм фосфора и калия, и на кислотность почвы.

Апробация работы. Основные положения работы были представлены на конференциях молодых ученых ФГБНУ ВНИИА им. Прянишникова (Москва, 2010, 2013-2016 гг.), Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Роль молодых ученых в инновационном развитии сельского хозяйства» (Москва, ФГБНУ ВСТИСП, 2014), Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы садоводства ЦЧР в современных условиях России» (Воронеж,

ФГБОУ ВО «Воронежский ГАУ», 2017), XIII Международной конференции «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования» (Сочи, ФГБНУ ВНИИЦиСК, 2018). Результаты исследований были представлены для участия в отраслевых конкурсах российской агропромышленной выставки «Золотая осень» в 2016 и 2018 гг.

Личный вклад автора заключается в разработке схем опытов, программы учетов и наблюдений, участии в закладке полевых опытов, проведении учетов, расчете и внесении минеральных удобрений, отборе образцов для агрохимического анализа, выполнении статистической обработки экспериментальных данных, анализа и обобщения полученных результатов.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 21 печатная работа, в том числе 7 – в изданиях, рекомендованных ВАК.

Структура и объем диссертации. Работа изложена на 205 страницах, включает введение, обзор литературы, материалы и методы, результатов исследований, заключения, рекомендаций производству, список литературы, приложение. Содержит 73 таблицы, 33 рисунка. Список литературы состоит из 373 источников, из них 122 на иностранных языках.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Обзор литературы

В данной главе приводится аналитический обзор научных работ по тематике исследований, в которых отражаются особенности капельного орошения и фертигации в различных условиях, на разных культурах, а также потребность культуры земляники садовой в элементах минерального питания. Приводится краткий обзор существующих технологий возделывания земляники садовой с капельным поливом и фертигацией, обоснование необходимости оптимизации технологии для применения в Нечерноземной зоне на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве.

2. Материалы и методы исследований

2.1. Объекты исследования. Объектами исследований являлись сорта земляники садовой (*Fragaria×ananassa* Duch) Хоней (Honeoye) (США), Русич, Троицкая, (ФГБНУ ФНЦ Садоводства), Сорт Дукат (Dukat) (Польша); дерново-подзолистые среднесуглинистые окультуренные почвы на покровных суглинках Московской области (Ленинский р-н, поселок Измайлово). Сорта земляники садовой районированы по Центральному региону РФ, являются перспективными для возделывания в промышленном садоводстве.

Исследования проводили в отделе агрохимии и почвоведения ФГБНУ ФНЦ Садоводства и на территории научно-производственного отдела в поселке Измайлово Ленинского района Московской области. Согласно агрохимическому обследованию пахотного слоя почвы, степень обеспеченности азотом была средняя (N щелочногидролизуемый по методу Корнфилда 6,6 – 9,8 мг/100 г почвы), фосфором – высокая (подвижные

соединения P_2O_5 – 23,7-27,5 мг/100 г почвы), калием – повышенная (подвижные соединения K_2O – 20,5-26,8 мг/100 г почвы), pH_{KCl} 5,5 – 5,9.

В опытах применяли удобрения: простой суперфосфат (P_2O_5 – 16%), сульфат калия (K_2O – 46%), аммиачная селитра (N – 34%), монофосфат калия (P_2O_5 – 50%, K_2O – 33%), ортофосфорная кислота (P_2O_5 – 63%), калийная селитра (N_{NO_3} – 13%, K_2O – 46%), кальциевая селитра (CaO – 23,5%, N_{NO_3} – 12%), сульфат магния (MgO – 16,5%), микроэлементы. Кроме того, комплексное удобрение Акварин (РФ, «Буйские удобрения»), органоминеральное удобрение «Вива» (Италия), оксиэтилидендифосфоновая кислота (ОЭДФ) для образования комплексных соединений в растворе, пролонгации действия удобрений, снижения уровня загрязнения капельного оборудования. Органоминеральное удобрение «Вива» содержит протеины, аминокислоты, гуминовые кислоты, полисахариды, комплекс витаминов.

2.2. Погодные условия. В 2009 году показатели температуры воздуха и осадков не отличались от средних многолетних показателей. В 2010 году наблюдалась длительная засуха в летний период (на фоне повышенной температуры воздуха) и кратковременная - в осенний. В 2011 году основным неблагоприятным климатическим фактором развития растений была весенняя засуха: количество осадков в мае и июне ниже нормы. В 2012 году среднемесячная температура воздуха в вегетационный период превышала среднюю многолетнюю величину на 2,2°C в весенние месяцы и на 0,2-1,3°C в летние. В отдельные дни весенних и летних месяцев максимальная температура воздуха достигала +28...+32°C. Годовая сумма осадков в 2009 г. составила 738 мм, в 2010 г. – 508 мм, в 2011 г. – 572 мм и в 2012 г. – 694 мм. Средний показатель по Московской области – 705 мм.

В первой половине вегетационного периода 2015 года среднемесячная температура была выше нормы на 2-4°C, во второй половине лета и начале осени существенных отличий от средних многолетних данных не наблюдалось. В 2016 году средняя температура за месяц в вегетационный период превышала средние многолетние показатели на 3-5°C, количество осадков в весенний период было выше средней нормы, в летний период – в пределах нормы. В первый год плодоношения, таким образом, сформировались благоприятные климатические условия для роста и развития растений земляники садовой. Годовая сумма осадков: в 2015 г. – 714 мм, в 2016 г. – 876 мм, в 2017 г. – 870 мм и в 2012 г. – 648 мм. Средний показатель по Московской области – 705 мм.

2.3. Схемы опытов и методики исследований

1) Модельный опыт: Изучить передвижение и распределение в почве элементов минерального питания при внесении их подпочвенно в составе поливной воды.

Эксперимент заключался в однократном внесении минеральных удобрений с капельным поливом в плодоносящих насаждениях земляники садовой (гряды мульчированы черной полиэтиленовой пленкой, четырехстрочная схема посадки) и последующем отборе образцов почвы на

разном расстоянии от капельницы в три срока: через 3 дня, через 5 дней и через 10 дней после внесения удобрений. Повторность трехкратная (отбор образцов в соответствии с методикой). Три варианта. Сорт земляники садовой – Хоней. Почва – верхний пахотный горизонт (0-25 см) окультуренной дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы.

Сроки проведения: июль-август 2013 г.

Схема опыта:

Вариант 1. Контроль (без удобрений, капельный полив).

Вариант 2. Нитрат калия – 209 кг/га, аммиачная селитра - 42,1 кг/га, монофосфат калия – 4,3 кг/га (N₉₀P₈K₁₆₀)

Вариант 3. Нитрат калия – 209 кг/га, аммиачная селитра - 42,1 кг/га, монофосфат калия – 43 кг/га (N₉₀P₂₅K₁₈₅).

Учеты и анализы: определение N-NO₃, N-NH₄, подвижных форм фосфора и калия в почвенной вытяжке согласно методике.

2) Опыт 2: Изучить влияние способов внесения удобрений при капельном поливе на продуктивность и химический состав растений земляники садовой.

Полевой опыт заложен в соответствии с методическими рекомендациями проведения полевых опытов в мае 2009 г. Повторность опыта трехкратная, повторности изолированные, 7 вариантов. Фертигацию проводили раствором минеральных удобрений (РМУ), состав которого менялся в зависимости от фенофазы. Дозы удобрения для предпосадочного внесения рассчитывали с учетом обеспеченности почвы доступными формами фосфора и калия. Схема насаждений – четырехстрочная, гряды шириной 1 м, ширина междурядий 1 м. Сроки проведения – 2009-2012 гг. В опыте проводили исследования растений земляники садовой сортов Хоней, Русич, Троицкая, Дукат. Фон – предпосадочное внесение 100 т/га навоза, капельный полив. РМУ вносился регулярно, 3-4 раза в неделю, согласно схеме опытов. Полная схема полевого опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема полевого опыта 1

Вариант	Описание варианта
контроль	Фон, мульчирование гряд пленкой, без удобрений
РМУ	Фон, мульчирование гряд пленкой, фертигация РМУ раз в три дня, 200 мл на 1 растение
РМУ, P ₄₅ K ₉₀	Фон, мульчирование гряд пленкой, предпосадочное внесение P ₄₅ K ₉₀ , фертигация РМУ, 200 мл на 1 растение.
РМУ, P ₉₀ K ₁₅₀	Фон, мульчирование гряд пленкой, в запас трехлетняя доза P ₉₀ K ₁₅₀ , фертигация РМУ, 200 мл на 1 растение.
РМУх2, n/2	Фон, мульчирование гряд пленкой, фертигация РМУ увеличенной в 2 раза концентрации раз в шесть дней (частота внесения снижена в 2 раза по сравнению с вариантом 2), 200 мл РМУ на 1 растение
РМУ, «Вива»	Фон, мульчирование гряд пленкой, фертигация РМУ, 200 мл на 1 растение, органоминеральное удобрение «Вива» с капельным поливом.
Акварин	Фон, мульчирование гряд пленкой, фертигация комплексным минеральным удобрением Акварин раз в три дня, 200 мл на растение, состав раствора удобрений варьировал в зависимости от фенофазы.

Нарезку гряд, укладку мульчирующих материалов производили машиной Ortiflore (Италия). Оборудование для капельного полива использовали производства компании «Netafim» и «Metzerplas» (Израиль), представленных на российском рынке компанией «Юг-Полив» (Краснодар). Для дозированной подачи раствора минеральных удобрений в систему капельного полива использовали водоструйный насос MixRite (Израиль). Для определения влажности почвы использовали тензиометр Irrrometer (США).

3) Опыт 3: Изучить влияние мульчирующего материала при капельном поливе на продуктивность и химический состав растений земляники садовой

Полевой опыт. В опыте изучены мульчирующие материалы: черная полиэтиленовая пленка (ширина 1,2 м, плотность 60 мкм), черный тканый геотекстиль «Агротекс» (РФ), в опытных вариантах применяли раствор минеральных удобрений (РМУ) для фертигации. Опыт заложен в соответствии с методическими рекомендациями проведения полевых опытов в мае 2009 г. (Программа и методика сортоизучения..., 1999; Доспехов, 2014). Повторность опыта трехкратная, повторности изолированные, 3 варианта для каждого сорта. Схема насаждений – четырехстрочная, гряды шириной 1 м, ширина междурядий 1 м. Размер деланки 8×1 м, размер учетной деланки 3×1 м. Количество учетных растений – 48. Сроки проведения – 2009-2012 гг. В опыте проводили исследования растений земляники садовой сортов Хоней, Русич, Троицкая, Дукат. Фон – предпосадочное внесение 100 т/га навоза, капельный полив. РМУ вносился регулярно, 3-4 раза в неделю, согласно схеме опытов.

В опыте вносили удобрения, входящие в состав РМУ. Полная схема полевого опыта представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Схема полевого опыта 3

Вариант	Описание варианта
капельный полив, полиэтиленовая пленка	фон, мульчирование гряд пленкой, без удобрений
фертигация РМУ, полиэтиленовая пленка	фон, мульчирование гряд пленкой, фертигация РМУ раз в 3 дня, состав раствора менялся в зависимости от фенофазы (см. таблицу 67 Приложения Б1), 200 мл на 1 растение
фертигация РМУ, геотекстиль	фон, мульчирование гряд тканым геотекстилем черного цвета, фертигация РМУ, 200 мл на 1 растение

4) Опыт 4: Изучить влияние доз, способов внесения удобрений с капельным поливом на рост, развитие и урожайность земляники садовой.

Полевой опыт заложен в соответствии с методическими рекомендациями проведения полевых опытов в сентябре 2014 г. Повторность опыта четырехкратная, повторности неизоллированные, 9 вариантов. Схема насаждений – однострочная, ширина междурядий 0,9 м, схема посадки 0,2×0,9. Изучаемые факторы: дозы минеральных удобрений, способы внесения. Полная схема полевого опыта представлена в таблице 3.

Закладка полевых опытов и статистические расчеты проводили согласно «Методике полевого опыта» Б.А. Доспехова, с использованием программы MS Excel. Наблюдения вели на основании «Программы и методики сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» Е.Н. Седова и Т.Н. Огольцовой.

Таблица 3 - Схема полевого опыта 4

Фертигация \ В запас	Без предпосадочного внесения	РК ½ дозы перед посадкой, N ½ дозы в начале вегетации	РК полная доза перед посадкой, N ½ дозы в начале вегетации и ½ дозы после плодоношения
капельный полив (без удобрений)	1 вариант (контроль) Ф 0; Запас 0	4 вариант Ф 0; Запас 0,5	7 вариант Ф 0; Запас 1
фертигация, ½ дозы удобрений	2 вариант Ф 0,5; Запас 0	5 вариант Ф 0,5; Запас 0,5	8 вариант Ф 0,5; Запас 1
фертигация, полная доза удобрений	3 вариант Ф 1; Запас 0	6 вариант Ф 1; Запас 0,5	9 вариант Ф 1; Запас 1

В опытах 2,3 режим внесения и состав РМУ были рекомендованы специалистами компании «Королев-Агро» на основе результатов анализов водной и солевой вытяжки из почвы с учетом фаз растений земляники садовой согласно рекомендациям (Рекомендации по применению удобрений... ЦИНАО, 1983). В опыте 4 дозы минеральных удобрений устанавливались исходя из рекомендаций (Рекомендации по применению удобрений... ЦИНАО, 1983; Интенсивная технология производства земляники садовой, 2014 г.). Капельный полив и фертигация в 2010-2012 гг. и 2015-2018 гг. проводились с условием поддержания влажности пахотного слоя до сбора урожая на уровне 80% НВ (влажность 24-26%), после сбора урожая – 70% НВ (влажность 22-24%).

Продуктивность растений (массу ягод с одного растения) учитывали весовым методом, урожайность определяли расчетным методом на 1 га. Учитывали компоненты генеративной продуктивности: число рожков, цветоносов, цветков (учет в период массового цветения), средняя масса плода. Нитраты в плодах земляники садовой определяли по ГОСТ 29270-95, ионометрическим методом. Сухие вещества – рефрактометрическим методом (ГОСТ 28562-90), аскорбиновой кислоты и общей кислотности – титриметрическим методом (ГОСТ 24566-89, ГОСТ 25555.0-82), сумму сахаров – расчетным методом. Общий азот, фосфор, калий в растительных образцах определяли по методике мокрого озоления растительного материала и определения элементов в одной навеске. Содержание в почве нитратного азота определяли ионометрическим методом (ГОСТ 26951-86.), аммонийного – фотоколориметрическим методом (ГОСТ 26489-85), щелочногидролизуемого азота – по Корнфилду в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26107-84), подвижных форм фосфора и калия в почве – по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207-84). Определение pH солевой вытяжки из почвы проводили по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483-91).

Определение рН водной вытяжки из почвы и содержание в ней основных макроэлементов проводили по ГОСТ 27753.5-88 (для тепличных грунтов). В таблицах 4,5 представлено количество макроэлементов, внесенных за время исследования в опытах.

Таблица 4 – Количество внесенных с фертигацией макроэлементов, опыты 2,3, 2010-2012 гг.

Макроэлементы, кг/га							
РМУ	N-NO ₃	N-NH ₄	N _{общ}	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
2010	113	18	131	58	171	67	12
2011	94	15	109	49	147	57	14
2012	112	19	131	60	162	69	13
Всего за 3 года	319	52	371	167	480	193	39
Акварин	N-NO ₃	N-NH ₄	N _{общ}	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
2010	43	12	55	55	166	0,00	16
2011	57	13	70	75	189	0,00	22
2012	50	16	66	68	201	0,00	21
Всего за 3 года	150	41	191	198	556	0,00	59

Таблица 5 – Количество внесенных с фертигацией макроэлементов, опыт 4, 2015-2018 гг.

Макроэлементы, кг/га					
варианты с ½ дозы	N-NO ₃	N-NH ₄	N _{общ}	P ₂ O ₅	K ₂ O
2015	7,5	7,5	15	22,5	30
2016	17,5	17,5	35	15	25
2017	17,5	17,5	35	15	25
2018	10	10	20	10	15
Всего за 4 года	52,5	52,5	105	62,5	95
Макроэлементы, кг/га					
варианты с полной дозой	N-NO ₃	N-NH ₄	N _{общ}	P ₂ O ₅	K ₂ O
2015	15	15	30	45	60
2016	35	35	70	30	50
2017	35	35	70	30	50
2018	20	20	40	20	30
Всего за 4 года	105	105	210	125	190

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Распределение в почве элементов минерального питания при внесении различного количества минеральных удобрений однократно подпочвенно в составе поливной воды

Содержание нитратного азота в контрольном варианте (без удобрений) варьировало незначительно, от 2,1 мг/кг почвы в верхних слоях почвы до 1,6 мг/кг в нижних слоях. Азот в аммонийной форме в почве при капельном поливе без удобрений содержался в концентрации от 10,4 мг/кг почвы вблизи поверхности почвы до 9,7 мг/кг на глубине 25 см. На момент проведения опыта и отбора образцов (I декада августа) это содержание в пределах

нормы. Капельное орошение способствовало концентрации подвижной формы фосфора под капельницей на глубине 15 см. Содержание в пахотном горизонте фосфора в количестве 65 мг/100 г почвы свидетельствует об избытке элемента (контроль, без удобрений). Максимум содержания подвижного калия в профиле почвы при капельном орошении смещено на глубину 15 см и на расстояние в 10 см от капельницы. Содержание основных макроэлементов в почве при капельном орошении в насаждениях земляники садовой в пределах нормы для I декады августа, кроме фосфора (57-65 мг/100 г почвы), содержание подвижного фосфора в почве избыточно.

В вариантах с фертигацией $N_{90}P_8K_{160}$ и $N_{90}P_{25}K_{185}$ в течение трех дней существенной миграции от капельницы нитрат-ионов в почве не отмечено. Через пять и десять дней отмечали более равномерное распределение по профилю почвы нитрат-ионов и снижение их содержания в 3-3,5 раза. Миграция нитрат-ионов в дерново-подзолистой среднесуглинистой окультуренной почве происходила преимущественно в горизонтальном направлении, через десять дней после внесения в среднем содержание нитрат-ионов в пахотном горизонте не превышало контроль.

Распределение в почве аммонийного азота при внесении с фертигацией $N_{90}P_8K_{160}$ и $N_{90}P_{25}K_{185}$ происходило подобно распределению нитрат-ионов. Фертигация способствовала в первые три дня повышению содержания в почве в зоне капельницы иона аммония в 3 раза по сравнению с контролем. Через пять дней максимальное содержание аммонийного азота было на глубине 10-18 см (содержание снизилось до 18-26 мг/кг почвы), через десять дней наблюдали распределение иона в почве, при этом в варианте с $N_{90}P_{25}K_{185}$ больше иона аммония накапливалось на поверхности почвы между капельниц.

Содержание подвижных форм фосфора в почве через три дня после внесения $N_{90}P_8K_{160}$ и $N_{90}P_{25}K_{185}$ увеличилось до 80-90 мг/100 г почвы на расстоянии 10 см от капельницы на глубине 5-10 см. Через 5 дней после внесения не отмечена миграция ионов по профилю почвы в опытных вариантах, концентрация ионов уменьшилась на 10-12%. Через 10 дней наблюдали незначительную миграцию ионов на глубину 25 см в зоне внесения удобрений (под капельницей). Вследствие избытка фосфора в почве затруднялась его адсорбция ППК.

Содержание калия после внесения с поливной водой увеличилось в три раза, при этом максимальная концентрация отмечена под капельницей на глубине 8-15 см. В следующие контрольные сроки (через 5 дней и через 10 дней) наблюдали достаточно равномерное распределение элемента в зоне увлажнения. При внесении $N_{90}P_8K_{160}$ происходила миграция элемента на глубину 24-26 см на разных расстояниях от капельницы.

3.2 Влияние режимов, доз и способов внесения удобрений в насаждениях с капельным поливом земляники садовой на уровень кислотности почвы и содержание макроэлементов

Отбор почвы на анализы проводили в сентябре, из горизонта 0-20 см. Влияние внесения минеральных удобрений с фертигацией в опыте 2 не оказало существенного влияния на кислотность почвы: общий уровень рН был низким (4,7), повышался только в варианте с предпосадочным внесением трехкратной дозы фосфора и калия (табл. 6).

Таблица 6 – Кислотность почвы и содержание основных макроэлементов в пахотном слое почвы, средние за 4 года. Опыт 2. 2009-2012 гг.

Вариант	рН	N _{ш.-г.} , мг/100 г	P ₂ O ₅ , мг/100 г	K ₂ O, мг/100 г
контроль	4,7	10,7	37,1	22,0
фертигация РМУ	4,7	11,6	40,6	28,1
фертигация РМУ, в запас P ₄₅ K ₉₀	4,6	11,5	40,5	28,5
фертигация РМУ, в запас P ₉₀ K ₁₅₀	4,8	12,1	42,6	31,0*
фертигация РМУx2, п/2	4,7	10,3	38,3	26,0
фертигация РМУ, «Вива»	4,7	10,4	40,9	24,0
фертигация «Акварин»	4,6	11,5	37,1	26,7
НСР ₀₅	F _φ < F ₀₅	3,1	F _φ < F ₀₅	9,1

* - достоверно на 95%-м уровне значимости

В среднем за 4 года наблюдений не установлено существенно значимое отклонение содержания основных макроэлементов в почве от контрольного варианта. Уровень щелочногидролизуемого азота увеличивался незначительно в варианте с внесением в запас трехлетней дозы РК. В вариантах с внесением раствора повышенной концентрации и с препаратом «Вива» уровень щелочногидролизуемого азота оставался на уровне контроля.

Увеличение количества подвижных форм фосфора в почве отмечали в вариантах с фертигацией и с предпосадочным внесением удобрений (до 42 мг/100 г почвы). Содержание подвижных форм калия в почве в среднем повысилось на 5-8 мг/100 г почвы в опытных вариантах по сравнению с контролем. Максимальное количество подвижного калия в пахотном слое наблюдали в вариантах с предпосадочным внесением фосфорно-калийных удобрений. При мульчировании почвы геотекстилем и при снижении частоты фертигации количество подвижного калия отмечали ниже, чем при фертигации раствором минеральных удобрений (26 мг/100 г почвы).

Применение геотекстиля в качестве мульчирующего материала (табл. 7) способствовало снижению среднего содержания подвижных форм фосфора и калия в почве до уровня контроля по сравнению с мульчированием почвы черной полиэтиленовой пленкой.

Таблица 7 – Кислотность почвы и содержание основных макроэлементов в пахотном слое почвы, средние за 4 года. Опыт 3. 2009-2012 гг.

Вариант	pH	N _{щ.-г.} , мг/100 г	P ₂ O ₅ , мг/100 г	K ₂ O, мг/100 г
капельный полив, полиэтиленовая пленка	4,7	10,7	37,1	22,0
фертигация РМУ, полиэтиленовая пленка	4,7	11,6	40,6	28,1*
фертигация РМУ, геотекстиль	4,7	12,1	38,3	26,0
НСР ₀₅	F _φ < F ₀₅	F _φ < F ₀₅	F _φ < F ₀₅	5,6

* - достоверно на 95%-м уровне значимости

В опыте 4 установили, что двойная доза минеральных удобрений, внесенная комбинированно (с фертигацией и в запас) способствует снижению кислотности по сравнению с контролем (табл.8).

Таблица 8 – Кислотность почвы и содержание основных макроэлементов в пахотном слое почвы, средние за 4 года. Опыт 4. 2015-2018 гг.

Вариант	pH	N _{щ.-г.} , мг/100 г	P ₂ O ₅ , мг/100 г	K ₂ O, мг/100 г
1. Ф 0; Запас 0	6,1	9,8	50,1	29,8
2. Ф 0,5; Запас 0	6,1	9,9	52,4	31,0
3. Ф 1; Запас 0	6,1	9,5	41,8	29,7
4. Ф 0; Запас 0,5	6,1	10,2	47,0	32,3
5. Ф 0,5; Запас 0,5	6,0	10,0	50,5	31,8
6. Ф 1; Запас 0,5	6,1	10,2	54,6	32,7
7. Ф 0; Запас 1	6,2	10,5	46,5	35,3
8. Ф 0,5 Запас 1	6,0	10,5	55,1	33,9
9. Ф 1; Запас 1	5,9	9,7	51,5	32,4
НСР ₀₅	0,4	3,1	17,7	14,4

* - достоверно на 95%-м уровне значимости

Содержание щелочногидролизуемого азота в пахотном слое почвы незначительно увеличивалось в вариантах с внесением минеральных удобрений в запас и комбинированным внесением удобрений (до 10,5 мг/100 г) одинарной или полуторной дозы. При внесении двойной дозы комбинированно содержание азота отмечали на уровне контроля (9,7 мг/100 г почвы). В среднем содержание подвижных форм фосфора в вариантах с внесением полной дозы удобрений с фертигацией снижалось (до 41 мг/100 г почвы), максимальный уровень отмечен при комбинированном внесении удобрений: Ф 0,5+Запас 1. Максимальное количество подвижного калия наблюдали в варианте с внесением полной дозы в запас, несколько меньше – при внесении комбинированно Ф 0,5+ Запас 1.

3.3 Влияние режимов, доз и способов удобрения с капельным поливом на содержание элементов минерального питания в листьях растений земляники садовой

Максимальное содержания азота в листьях растений земляники садовой в опыте 2 наблюдали в варианте с фертигацией – 2,13 % (табл.9). В остальных опытных вариантах содержание азота в листьях отмечено на уровне 2,0%. Количество фосфора в листьях растений земляники садовой было выше 0,35-0,4%, в почве также наблюдали высокий уровень подвижного фосфора. Максимальное содержание калия в листьях растений земляники садовой отмечено в вариантах с комбинированным внесением удобрений с фертигацией и в запас (1,5-1,6%).

Таблица 9 – Влияние удобрения и мульчирования на содержание основных макроэлементов в листьях растений земляники садовой. Опыт 2. Среднее за 3 года. 2010-2012 гг.

Вариант	N, %	P, %	K, %
контроль	1,71	0,39	1,31
фертигация РМУ	2,13*	0,41	1,46
фертигация РМУ, в запас P ₄₅ K ₉₀	1,86	0,40	1,50
фертигация РМУ, в запас P ₉₀ K ₁₅₀	2,03	0,43	1,61
фертигация РМУх2, п/2	2,00	0,41	1,51
фертигация РМУ, «Вива»	2,04	0,41	1,42
фертигация «Акварин»	1,96	0,39	1,32
X _{сред.}	1,96	0,41	1,45
НСР ₀₅	0,35	F _ф < F _т	F _ф < F _т

Мульчирование почвы в насаждениях земляники садовой геотекстилем и полиэтиленовой пленкой в одинаковой степени повлияло на содержание азота в листьях растений (табл.10), незначительно повысило содержание подвижных форм фосфора и калия.

Таблица 10 – Влияние удобрения и мульчирования на содержание основных макроэлементов в листьях растений земляники садовой. Опыт 3. Среднее за 3 года. 2010-2012 гг.

Вариант	N, %	P, %	K, %
капельный полив, полиэтиленовая пленка	1,71	0,39	1,31
фертигация РМУ, полиэтиленовая пленка	2,13*	0,41	1,46
фертигация РМУ, геотекстиль	2,17*	0,43	1,48
X _{сред.}	2,00	0,41	1,42
НСР ₀₅	НСР ₀₅ =0,35	F _ф < F _т	F _ф < F _т

Дозы и способы внесения минеральных удобрений в опыте 4 не вызвали статистически достоверных различий по содержанию азота, фосфора и калия в листьях земляники (табл.11). Внесение полной дозы удобрений в запас и комбинированное внесение показало максимальное значение содержания калия в листьях (1,52-1,62%). Увеличение дозы удобрений не способствовало повышению содержания в листьях азота, фосфора, калия.

Таблица 11 – Влияние удобрения и мульчирования на содержание основных макроэлементов в листьях растений земляники садовой. Опыт 4. Среднее за 3 года по сортам. 2016-2018 гг.

Вариант	N, %	P, %	K, %
1. Ф 0; Запас 0	1,10	0,27	1,42
2. Ф 0,5; Запас 0	1,09	0,27	1,43
3. Ф 1; Запас 0	1,11	0,27	1,48
4. Ф 0; Запас 0,5	1,00	0,24	1,35
5. Ф 0,5; Запас 0,5	1,08	0,21	1,38
6. Ф 1; Запас 0,5	1,07	0,25	1,55
7. Ф 0; Запас 1	1,14	0,24	1,62
8. Ф 0,5 Запас 1	1,16	0,24	1,52
9. Ф 1; Запас 1	1,13	0,27	1,35
Хсред.	1,10	0,25	1,45
НСР ₀₅	F _ф < F _т	F _ф < F _т	F _ф < F _т

3.4 Влияние режимов, доз и способов удобрения с капельным поливом на продуктивность растений и урожайность земляники садовой

Продуктивность одного растения (масса ягод с одного растения) земляники садовой и количество растений на гектар определяют урожайность культуры. Продуктивность определяли весовым методом, при котором учитывались все ягоды земляники, в том числе некондиционные. Урожайность рассчитывали по количеству товарных ягод, исключая некондиционные. Исследования фертигации РМУ и дополнительных условий в опыте 2 позволили установить, что фертигация раствором минеральных удобрений способствовала повышению продуктивности растений всех сортов (табл.12). Предпосадочное внесение фосфора и калия способствовало дополнительной прибавке продуктивности у сортов Хоней, Русич, Дукат, при этом доза P₄₅K₉₀ была эффективнее, чем P₉₀K₁₅₀. Увеличение концентрации РМУ и снижение частоты внесения не способствовали повышению продуктивности, как и фертигация удобрением «Акварин» в рекомендованной дозе.

Дополнительная фертигация органоминеральным удобрением «Вива» оказалась эффективной только на сорта Хоней. Самая высокая продуктивность в среднем за три года в опыте 2 отмечена у растений сорта Хоней (в среднем 229 г/растение), у растений сорта Троицкая (205 г/растение). Сорта Дукат (156 г/растение) и Русич (142 г/растение) показали меньшую сортовую отзывчивость на применение элементов интенсивной технологии выращивания.

Урожайность ягод земляники садовой в опыте 2 составила в среднем за три года исследований 8-13 т/га, статистически достоверную прибавку урожайности наблюдали у сортов Хоней и Дукат в вариантах с предпосадочным внесением фосфорно-калийных удобрений.

Таблица 12 - Влияние условий фертигации на продуктивность растений земляники садовой и урожайность ягод, в среднем за 2010-2012 гг. Опыт 2.

Вариант	Сорт							
	Хоней		Русич		Троицкая		Дукат	
	прод-сть, г/растение	урож-сть, т/га	прод-сть, г/растение	урож-сть, т/га	прод-сть, г/растение	урож-сть, т/га	прод-сть, г/растение	урож-сть, т/га
контроль	195	12	125	7,8	184	11	125	7
фертигация РМУ	228*	13,2	160	8,7	233*	12,1	179*	9,6
фертигация РМУ, в запас Р ₄₅ К ₉₀	263*	14,7*	164	9,3	202	10,7	181*	9,7*
фертигация РМУ, в запас Р ₉₀ К ₁₅₀	278*	14,7*	147	8,5	194	10,5	167*	8,8*
фертигация РМУх2, п/2	193	10,0	133	7,2	199	9,9	134	6,9
фертигация РМУ, «Вива»	226*	13,6	137	8,2	203	11,6	148	8,1
фертигация «Акварин»	221	12,3	137	8,4	217*	11,5	162*	8,4
Х сред.	227,8	12,9	142	8,3	206	11,0	157	8,4
НСР ₀₅	31	2,4	F _φ < F ₀₅	F _φ < F _T	26,5	F _φ < F _T	24,1	1,7

* – существенно на 95 % уровне вероятности

Применение геотекстиля в качестве мульчирующего материала по сравнению с полиэтиленовой пленкой показало, что у растений сорта Хоней продуктивность в варианте с геотекстилем сохраняется на высоком уровне, у остальных сортов снижается (у сорта Русич – до уровня контроля) (табл.13).

Таблица 13 - Влияние условий фертигации на продуктивность растений земляники садовой и урожайность ягод, в среднем за 2010-2012 гг. Опыт 3.

Вариант	Сорт							
	Хоней		Русич		Троицкая		Дукат	
	прод-сть, г/расте	урож-сть, т/га	прод-сть, г/расте	урож-сть, т/га	прод-сть, г/расте	урож-сть, т/га	прод-сть, г/расте	урож-сть, т/га
капельный полив, полиэтиленовая пленка	195	12	125	7,8	184	11	125	7
фертигация РМУ, полиэтиленовая пленка	228*	13,2	160*	8,7	233*	12,1	179*	9,6*
фертигация РМУ, геотекстиль	218*	13,4	134	8,4	215*	12,5	159*	8,9
Х сред.	213,7	12,9	139,7	8,3	210,7	11,9	154,3	8,5
НСР ₀₅	20,9	F _φ < F _T	F _φ < F ₀₅	F _φ < F _T	26,5	F _φ < F _T	33,7	2,1

* – существенно на 95 % уровне вероятности

Статистически достоверное повышение урожайности в опыте 3 у сорта Дукат отмечено в варианте с фертигацией РМУ и мульчированием почвы полиэтиленовой пленкой.

В среднем за 3 года наблюдений в опыте 4 уровень продуктивности растений сорта Хоней составил 180-260 г/растение, у сорта Троицкая – 180-220 г/растение (сопоставимо с данными опыта 2) (табл.14).

Таблица 14 - Влияние доз и способов удобрения на продуктивность растений земляники садовой и урожайность ягод, в среднем за 2016-2018 гг. Опыт 4.

Вариант	Сорт			
	Хоней		Троицкая	
	продуктивность, г/растение	урожайность, т/га	продуктивность, г/растение	урожайность, т/га
1. Ф 0; Запас 0	204	10,2	189	9,9
2. Ф 0,5; Запас 0	203	10,5	203	10,4
3. Ф 1; Запас 0	197	10,2	221	11,1
4. Ф 0; Запас 0,5	247	12,7	215	10,9
5. Ф 0,5; Запас 0,5	251	12,9	231	12
6. Ф 1; Запас 0,5	204	10,6	247	12,1
7. Ф 0; Запас 1	249	12,7	226	11,7
8. Ф 0,5 Запас 1	310*	15,1*	213	11,9
9. Ф 1; Запас 1	253	12,7	212	10,9
Х сред.	235	11,9	217	11,2
НСР ₀₅	55,8	3,3	F _ф вариант <F ₀₅	F _ф вариант <F ₀₅

* – существенно на 95 % уровне вероятности

Существенно повысилась продуктивность растений сорта Хоней в среднем за 3 года в варианте Ф 0,5 Запас 1. В среднем за три года исследований не наблюдали отзывчивости на фертигацию и внесение удобрений в запас у растений сорта Троицкая в данных условиях. Максимальной генеративной продуктивности в среднем за три года (247 г/растение) у сорта Троицкая удалось достигнуть при комбинированном внесении минеральных удобрений с фертигацией и в запас (Ф 1 Запас 0,5), у сорта Хоней. Таким образом, комбинированное внесение удобрений способствовало повышению генеративной продуктивности растений исследуемых сортов. Применение двойной дозы минеральных удобрений комбинированно не способствовало существенному увеличению продуктивности.

При определении влияния значения компонентов продуктивности на продуктивность земляники садовой установили, что в большей степени на данный показатель повлияла средняя масса ягоды земляники у всех исследуемых сортов. Коэффициент корреляции в опытах составлял 0,7-0,8.

3.5 Влияние режимов, доз и способов удобрения с капельным поливом на надземную массу растений и число розеток земляники садовой

Увеличение надземной массы растений в варианте с повышенной концентрацией РМУ у растений сортов Хоней, Троицкая и Дукат. У сортов Хоней, Троицкая и Русич применение препарата «Вива» снижало надземную массу (табл.15).

Таблица 15 – Влияние удобрения и мульчирования на массу надземной части и число розеток земляники садовой. В среднем за 3 года (2010-2012 гг.). Опыт 2.

Вариант	Сорт							
	Хоней		Русич		Троицкая		Дукат	
	масса, г	число розеток, шт./раст.	масса, г	число розеток, шт./раст	масса, г	число розеток, шт./раст	масса, г	число розеток, шт./раст
контроль	110,6	9,4	110,3	5,2	117,1	7,4	128,7	7,4
фертигация РМУ	117,0	7,5	100,3	2,3	125,5	8,6	139,0	8,4
фертигация РМУ, в запас Р ₄₅ К ₉₀	103,1	11,4	114,8	4,1	129,3	10,6	152,5*	5,5
фертигация РМУ, в запас Р ₉₀ К ₁₅₀	120,3	9,7	116,9	5,3	115,3	5,2	137,7	5,0
фертигация РМУх2, п/2	130,9*	11,0	113,6	3,7	132,3*	12,6*	164,1*	12,3*
фертигация РМУ, «Вива»	88,9	8,8	96,6	5,4	92,5*	10,9	136,0	11,6*
фертигация «Акварин»	122,2	7,5	106,4	3,7	126,7	10,3	142,1	5,6
Среднее	125,9	9,3	109,6	4,1	129,2	9,3	143,4	7,7
НСР ₀₅	19,5	F _{ф.} < F _{т.}	F _{ф.} < F _{т.}	F _{ф.} < F _{т.}	14,2	5,0	18,9	4,1

* – существенно на 95 % уровне вероятности

Растения земляники садовой сорта Русич обладали сниженной усообразовательной способностью (сортовая особенность). Масса растений сортов Троицкая и Дукат увеличилась по сравнению с контролем в варианте с предпосадочным внесением Р₄₅К₉₀.

Положительного влияния на массу надземной части растений и число розеток мульчирующего материала геотекстиля не отмечено (табл.16), наблюдалось снижение усообразования и розеток, у сорта Дукат – существенное.

Таблица 16 – Влияние удобрения и мульчирования на массу надземной части и число розеток земляники садовой. В среднем за 3 года (2010-2012 гг.). Опыт 3.

Вариант	Сорт							
	Хоней		Русич		Троицкая		Дукат	
	масса, г	число розеток, шт./раст.	масса, г	число розеток, шт./раст ..	масса , г	число розеток , шт./рас т.	масса, г	число розеток , шт./рас т.
капельный полив, полиэтиленовая пленка	110,6	9,4	110,3	5,2	117,1	7,4	128,7	7,4
фертигация РМУ, полиэтиленовая пленка	117,0	7,5	100,3	2,3	125,5	8,6	139,0	8,4
фертигация РМУ, геотекстиль	108,7	8,4	98,2	3,3	126,3	9,2	117,1	5,7*
Среднее	112,1	8,4	102,9	3,6	123,0	8,4	128,3	7,2
НСР ₀₅	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	1,4

* – существенно на 95 % уровне вероятности

Комбинированное внесение полной и двойной дозы удобрений в опыте 4 способствовало увеличению надземной массы растений земляники садовой сортов Хоней и Троицкая, также наблюдали тенденцию увеличения выхода розеток при комбинированном внесении двойной дозы минеральных удобрений (табл.17).

Таблица 17 – Влияние удобрения и мульчирования на массу надземной части и число розеток растений земляники садовой. В среднем за 3 года (2016-2018 гг.). Опыт 4.

Вариант	Сорт			
	Хоней		Троицкая	
	масса надземной части, г	число розеток, шт.	масса надземной части, г	число розеток, шт.
1. Ф 0; Запас 0	104	10,7	105	11,3
2. Ф 0,5; Запас 0	115	12,0	114	13,0
3. Ф 1; Запас 0	124	11,3	128	12,7
4. Ф 0; Запас 0,5	131	12,7	143	11,7
5. Ф 0,5; Запас 0,5	142*	12,3	138	10,3
6. Ф 1; Запас 0,5	138	12,0	138	12,3
7. Ф 0; Запас 1	134	12,7	125	11,3
8. Ф 0,5 Запас 1	134	12,7	142	12,7
9. Ф 1; Запас 1	144*	13,3	171*	15,7
Среднее по вариантам	130	12,2	133	12,3
НСР ₀₅	36,7	$F_{\phi} < F_T$	39,5	$F_{\phi} < F_T$

* – существенно на 95 % уровне вероятности

3.6 Влияние режимов, доз, способов внесения удобрений с капельным поливом на биохимический состав ягод земляники садовой

Определение содержания в ягодах земляники нитратов и биохимических показателей проводили на стадии съемной зрелости. Определяли содержание растворимых сухих веществ (РСВ), суммы сахаров, витамина С, общую (титруемую) кислотность. В 2010-2012 гг. в опыте 2 содержание нитратов в плодах варьировало в каждый год наблюдений: максимальное количество отмечено в 2011 году, минимальное – в 2010 году. Превышения ПДК (100 мг/кг продукции) и разницы в контрольном и опытных вариантах в среднем за 3 года не выявлено, в 2011 году превышение ПДК отмечено у сортов Русич, Троицкая, Дукат в отдельных вариантах. Максимальное содержание в среднем по вариантам (97 мг/кг продукции) наблюдалось с удвоенной концентрацией РМУ и сниженной частотой внесения. Мульчирование почвы геотекстилем в опыте 3 способствовало снижению содержания нитратов только у сорта Дукат в 2010 и 2012 гг.

В опыте 4 в 2016-2018 гг. варьирование содержания показателя ниже, максимальное значение не превышает 70 мг/кг продукции. Самые высокие показатели нитратов наблюдались в 2016 году (в первый год плодоношения) в вариантах Ф 0 Запас 1 и Ф 1 Запас 1.

В первый год плодоношения в опытах 2,3 и 4 содержание РСВ в плодах земляники контрольного и опытных вариантов было ниже по сравнению со вторым и третьим годами. Снижению содержания РСВ в опыте 2 способствовала высокая предпосадочная доза $P_{90}K_{150}$ и фертигация удобрением Акварин (в обоих случаях дозы азота были снижены по сравнению с дозами фосфора и калия). Применение геотекстиля в качестве мульчирующего материала способствовало повышению содержания РСВ в 2011 году у сорта Хоней, в 2012 году – у сортов Троицкая, Дукат. В опыте 4 высокое содержание РСВ преимущественно наблюдалось в вариантах с комбинированным внесением полуторной дозы минеральных удобрений.

Содержание сахаров в плодах земляники садовой в значительной степени различалось по годам и в меньшей – по вариантам опытов. В опыте 2 в 2010 году по сравнению с 2011 и 2012 гг. уровень сахаров в ягодах был выше (8-10%), у сорта Дукат применение фертигации РМУ и предпосадочного внесения $P_{45}K_{90}$ – до 14%. Мульчирование почвы геотекстилем способствовало повышению содержания сахаров в ягодах земляники садовой в 2010 году у сорта Троицкая и снижению в 2011 году у сорта Русич, в 2012 году – у сорта Хоней. В опыте 4 содержание сахаров в плодах увеличивалось с возрастом растений. Большее значение имели условия года, в частности, температурные показатели в течение первой половины вегетационного периода.

Интенсивное накопление в ягодах земляники садовой витамина С происходило в 2012 году (опыты 2, 3). В опыте 4 уровень содержания в ягодах земляники садовой витамина С в 2016 и 2017 гг. в среднем был одинаков, в 2018 снизился у сорта Хоней и повысился у сорта Троицкая. При

отсутствии мульчирования и однорядной посадке концентрация аскорбиновой кислоты в ягодах в среднем в насаждении был выше, чем в многорядных с мульчированием (60-70 мг/100 г ягод и 55-58 мг/100 г ягод соответственно). При комбинированном внесении полуторной дозы удобрений в опыте 4 наблюдалось максимальное содержание аскорбиновой кислоты (2018 год, 102 мг/100 г ягод).

Титруемая (общая) кислотность ягод земляники в опыте 2 оставалась на постоянном уровне в контрольных и опытных вариантах (1,05-1,15%). Применение геотекстиля (опыт 3) вызывало снижение величины титруемой кислотности ягод земляники садовой в 2012 году у сортов Хоней, Троицкая, Дукат. В опыте 4 варьирование наблюдалось в большей степени (1,10-1,45%) по годам, по сортам (титруемая кислотность ягод сорта Хоней была в среднем на 0,2-0,4% выше, чем ягод сорта Троицкая). По вариантам статистически достоверных различий не выявлено, кроме Ф 0,5 Запас 0 в 2012 году у сорта Хоней (1,6%).

Сахаро-кислотный индекс (СКИ) ягод в 2011 и 2017 гг. наблюдался самый низкий во всех вариантах опытов, из-за погодных условий. Высокие значения показателя в опытах 2,3 наблюдались в 2010 году: период созревания плодов выпало умеренное количество осадков при достаточно высокой температуре. В опыте 4 наибольшее значение СКИ отмечено в 2018 году в контрольном варианте.

Биохимические показатели ягод земляники садовой сильнее варьировали в зависимости от условий года, в меньшей степени зависели от вариантов удобрения. В опыте 2 снижению биохимических показателей способствовали фертигация удобрением Акварин и фертигация РМУ с предварительным внесением $P_{90}K_{150}$. В опыте 4 оптимизации биохимического состава ягод способствовало комбинированное внесение удобрений (Ф 0,5 Запас 1). Отметим общую закономерность в увеличении содержания РСВ в ягодах земляники садовой с увеличением возраста насаждений.

3.7 Экономическая оценка эффективности доз, способов удобрения земляники садовой с капельным поливом

Оценку экономической эффективности проводили в расчете на 4 года эксплуатации насаждений земляники садовой (из них урожай получали в течение трех лет). Сбор урожая проводили вручную, соответственно, добавлялись затраты на сбор дополнительного количества ягод.

В опыте 2 максимальные дополнительные затраты были в варианте дополнительным предпосадочным внесением $P_{90}K_{150}$. Минимальные – в варианте с фертигацией «Акварином». Максимальную дополнительную прибыль у земляники садовой разных сортов наблюдали в вариантах: у растений сорта Хоней – в варианте с предпосадочным внесением $P_{45}K_{90}$ и фертигацией, у растений сортов Дукат, Русич, Троицкая – в варианте с фертигацией РМУ. Предпосадочное внесение фосфора и калия принесло существенное увеличение прибыли только при возделывании растений сорта

Хоней, в насаждениях остальных сортов дополнительные расходы на удобрения и внесение не оправдались. Увеличение концентрации раствора минеральных удобрений и снижение частоты внесения, по сравнению с фертигацией раствором обычной концентрации, способствовали уменьшению дополнительной прибыли (у сорта Троицкая – на 50%, у сортов Русич и Дукат – в 3,6 и 1,4 раз). Данный режим фертигации оказался убыточным в насаждениях земляники садовой сорта Хоней.

Дополнительное внесение органоминерального удобрения «Вива» оказалось экономически эффективным у сорта Хоней. Для растений сорта Русич применение «Вива» оказалось убыточным, для растений сортов Дукат Троицкая дополнительная прибыль снизилась. Применение «Акварина» для фертигации было самым малозатратным, при этом для насаждений земляники сорта Русич этот вариант оказался убыточным. В насаждениях земляники садовой сорта Хоней наблюдали минимальную прибыль (88,9 тыс.руб./га за 4 года), у насаждений сортов Троицкая и Дукат дополнительная прибыль составила 921,9 и 603,4 тыс.руб./га за 4 года (табл.18).

Таблица 18 – Дополнительные затраты и дополнительная прибыль за 4 года, тыс. руб./га. Опыт 2, опытные варианты. 2009-2012 гг.

Вариант	Дополнительные затраты, тыс.руб./га	Дополнительная прибыль, тыс. руб./га			
		Хоней	Русич	Троицкая	Дукат
фертигация РМУ	62,6	672,4	<u>672,4</u>	<u>1529,9</u>	<u>1260,4</u>
фертигация РМУ, геотекстиль	109,4	-616,4	-109,4	1115,6	625,6
фертигация РМУ, в запас Р ₄₅ К ₉₀	92,7	<u>1818,2</u>	519,8	519,8	1009,8
фертигация РМУ, в запас Р ₉₀ К ₁₅₀	110,7	1596,2	256,8	746,8	1102,0
фертигация РМУ×2, n/2	62,6	-608,6	182,4	794,9	84,4
фертигация РМУ, «Вива»	70,3	774,9	-70,3	664,7	664,7
фертигация «Акварин»	58,1	88,9	-188,1	921,9	603,4

Применение геотекстиля в качестве мульчирующего материала (опыт 3) снизило дополнительную прибыль у сортов земляники Троицкая и Дукат, у сортов Русич и Хоней использование данного материала было убыточно (табл.19).

Таблица 19 – Дополнительные затраты и дополнительная прибыль за 4 года, тыс. руб./га. Опыт 3, опытные варианты. 2009-2012 гг.

Вариант	Дополнительные затраты, тыс.руб./га	Дополнительная прибыль, тыс. руб./га			
		Хоней	Русич	Троицкая	Дукат
фертигация РМУ, полиэтиленовая пленка	62,6	672,4	<u>672,4</u>	<u>1529,9</u>	<u>1260,4</u>
фертигация РМУ, геотекстиль	109,4	-616,4	-109,4	1115,6	625,6

При оценке экономической эффективности доз и способов применения минеральных удобрений с капельным поливом в 2015-2018 гг. в насаждениях земляники садовой установили, что у растений земляники садовой сорта Хоней отдельные варианты внесения оказались убыточными: фертигация без применения удобрений в запас и вариант Ф 1 Запас 0,5. При этом максимальная дополнительная прибыль составила 1323,1 тыс. руб./га (табл.20). В насаждениях сорта Троицкая высокой прибыли не наблюдалось ни в одном варианте, но отсутствовали убыточные варианты. Максимальная дополнительная прибыль составила 882,1 тыс. руб./га, в варианте комбинированного внесения Ф 1 Запас 0,5. Применение двойной дозы минеральных удобрений (комбинированно, с фертигацией и в запас) не принесло высокой дополнительной в насаждениях земляники садовой исследуемых сортов.

Таблица 20 – Дополнительные затраты и дополнительная прибыль за 4 года. Опыт 4, опытные варианты. 2015-2018 гг.

Вариант	Дополнительные затраты, тыс.руб./га	Дополнительная прибыль, тыс. руб./га	
		Хоней	Троицкая
2. Ф 0,5 Запас 0	66,0	-573,0	227,9
3. Ф 1 Запас 0	69,7	-615,7	444,8
4. Ф 0 Запас 0,5	66,0	338,2	338,2
5. Ф 0,5 Запас 0,5	69,7	371,3	812,3
6. Ф 1 Запас 0,5	73,4	-463,3	882,1
7. Ф 0 Запас 1	69,7	334,5	702,1
8. Ф 0,5 Запас 1	73,4	1323,1	367,6
9. Ф 1 Запас 1	77,1	327,2	363,9

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате изучения влияния фертигации раствором минеральных удобрений на распределение макроэлементов в горизонте почвы в модельном опыте установили, что в дерново-подзолистой среднесуглинистой почве скорость миграции подвижных ионов калия и нитратного азота снижена по сравнению с легкими почвами, в течение десяти дней после внесения в почве сохранялся повышенный уровень макроэлементов.

2. В условиях Московской области на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве фертигация с капельным поливом и мульчирование почвы черной полимерной пленкой способствуют повышению продуктивности растений земляники садовой на 16-44% в зависимости от сорта культуры.

3. Применение повышенных доз удобрений с фертигацией и в запас, а также мульчирование почвы полимерными материалами

способствуют повышению кислотности почвы на 0,5-1 единицу за четыре года.

4. Предпосадочное внесение фосфорных и калийных удобрений и комбинированное внесение минеральных удобрений в запас и с фертигацией способствовало повышению содержания нитратного азота в почве в летние периоды вегетации растений.

5. Капельное орошение, фертигация и мульчирование почвы полимерными материалами способствовали повышению за 4 года содержания в почве щелочногидролизуемого азота с 9 мг/100 г почвы до 13,4 мг/100 г почвы.

6. Капельное орошение без мульчирования с применением минеральных удобрений с фертигацией и в запас способствовали снижению избыточного количества подвижного фосфора в пахотном слое почвы до оптимального уровня (25-25 мг/100 г почвы).

7. Фертигация раствором минеральных удобрений в сочетании с предпосадочным внесением фосфорных и калийных удобрений ($P_{45}K_{90}$) позволяла увеличить продуктивность растений земляники садовой на 20% по сравнению с фертигацией растворами на 45% по сравнению с капельным поливом без удобрений, способствовали увеличению средней массы ягоды на 10-40% у сортов Русич, Хоней, Дукат. Повышение предпосадочной дозы фосфорных и калийных удобрений до $P_{90}K_{150}$ не приводило к большему увеличению продуктивности растений, но снижало биохимические показатели продукции.

8. Применение комплексного минерального удобрения Акварин и органоминерального удобрения «Вива» способствовали повышению продуктивности растений земляники садовой в открытом грунте при неблагоприятных погодных условиях.

9. В многострочных насаждениях, мульчированных черной полиэтиленовой пленкой, без использования дополнительных мер защиты растений, применение минеральных удобрений с фертигацией и перед посадкой способствовало снижению количества товарных ягод земляники садовой.

10. Внесение двойной дозы минеральных удобрений комбинированно (фертигация + в запас) и фертигация насаждений земляники садовой раствором минеральных удобрений концентрацией 4-6 г/л один раз в 5-6 дней способствуют повышению выхода розеток и надземной массы одного растения.

11. Биохимические показатели ягод земляники садовой в большей степени зависят от погодных условий года, в меньшей степени – от режима внесения удобрений. Фертигация с мульчированием почвы геотекстилем и комбинированное внесение минеральных удобрений (фертигация+в запас) способствовало оптимизации биохимического состава ягод земляники садовой и снижению накопления в ягодах нитратов. Отмечена

закономерность роста содержания РСВ в ягодах земляники садовой с увеличением возраста насаждений.

12. Максимальная дополнительная прибыль за 4 года наблюдений в четырехстрочных насаждениях земляники садовой у сорта Хоней отмечена в варианте с фертигацией раствором минеральных удобрений и предпосадочным внесением $P_{45}K_{90}$ (1818 тыс.руб./га), у сортов Русич, Троицкая и Дукат – в варианте с фертигацией раствором минеральных удобрений (670-1530 тыс.руб./га). В однострочных насаждениях максимальная дополнительная прибыль с растений сорта Хоней и сорта Троицкая составила 1323 и 882 тыс.руб./га соответственно, вариантах с комбинированным внесением полуторной дозы минеральных удобрений.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

При закладке плодоносящих насаждений земляники садовой на дерново-подзолистых почвах среднесуглинистого гранулометрического состава рекомендуется за год до посадки растений внести органические удобрения из расчета 100 т/га. Перед посадкой в запас внести фосфорные и калийные удобрения: фосфор 30-70 кг д.в./га, калий 70-120 кг д.в./га (исходя из результатов агрохимического обследования почвы и планируемого урожая). Фертигацию в течение вегетационного периода рекомендуется проводить раствором минеральных удобрений общей концентрации не более 3 г/л с частотой внесения 2-3 раза в неделю, поливная норма не более 400 мл/растение, без мульчирования или при поверхностном капельном поливе – не более 300 мл/растения, для поддержания влажности почвы на уровне 80% ППВ (до сбора урожая) и 70% ППВ (после сбора урожая). В случае достаточных атмосферных осадков полив проводить не рекомендуется. При неблагоприятных погодных условиях рекомендуется применять стимуляторы защитного механизма растений (например, органоминеральное удобрение «Вива») в дозах, рекомендуемых для данного препарата.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России:

1. Помякшева, Л.В. Фертигация земляники на дерново-подзолистых почвах / Л.В. Помякшева // Плодоводство и ягодоводство России. –2012. – Т.30. – С.112-118.

2. Помякшева, Л.В. Экономическая оценка предпосадочного внесения минеральных удобрений при фертигации земляники в Нечерноземной зоне РФ / Л.В. Помякшева // Плодоводство и ягодоводство России. – 2014. – Т.38, ч.2. – С.46-51.

3. Помякшева, Л.В. Отзывчивость растений различных сортов земляники на фертигацию с капельным поливом / Л.В. Помякшева // Плодоводство и ягодоводство России. – 2014. – Т.39. – С. 176-180.

4. Помякшева, Л.В. Биохимические показатели ягод земляники садовой при возделывании с капельным поливом и фертигацией в Московской

области / Л.В. Помякшева, С.Н. Коновалов, О.Ф. Хлевнушко // Плодоводство и ягодоводство России. – 2015. – Т.41. – С. 271-275.

5. Помякшева, Л.В. Влияние удобрения земляники садовой при капельном поливе на показатели устойчивости продуктивности растений/ Л.В. Помякшева, С.Н. Коновалов // Плодоводство и ягодоводство России. – 2017. – Т.51. – С. 288-291.

6. Помякшева, Л.В. Влияние доз и способов удобрения земляники садовой на продуктивность растений при выращивании с капельным поливом Л.В. Помякшева // Плодоводство и ягодоводство России. – 2018. – Т.55. – С. 236-241.

7. Помякшева, Л.В. Фертигация земляники садовой с применением комбинированного минерального удобрения Акварин / Л.В. Помякшева, С.Н. Коновалов // Успехи современной науки. – 2017. – Т.10, ч.1. – С. 119-122.

Статьи в других изданиях:

1. Помякшева, Л.В. Эффективность предпосадочного внесения минеральных удобрений при фертигации земляники в Нечерноземной зоне / Л.В. Помякшева // Перспективы применения средств химизации в ресурсосберегающих агротехнологиях: Материалы 47-й международной научной конференции молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов, Москва, 25-26 апреля 2013 г. – М. ВНИИА. – 2013. – С. 150-153.

2. Помякшева, Л.В. Применение комплексного минерального удобрения при фертигации земляники / Л.В. Помякшева, С.Н. Коновалов // Инновационная деятельность – основа повышения эффективности и модернизации садоводства и ягодоводства в современных условиях: Материалы международной науч.-практ. конф., Мичуринск, 10 сентября 2013 г. – Мичуринск. – 2013. – С.111-113.

3. Помякшева, Л.В. Эффективность органоминерального удобрения «Вива» при фертигации / Л.В. Помякшева, С.Н. Коновалов // Перспективы использования новых форм удобрений, средств защиты и регуляторов роста растений в агротехнологиях сельскохозяйственных культур: Материалы 8-1 конф., Анапа, 26-30 мая 2014 г. – М. – ВНИИА. – 2013. – С. 227-229.

4. Помякшева, Л.В. Продуктивность сортов земляники садовой при фертигации с капельным поливом / Л.В. Помякшева // Агроэкологические основы применения удобрений в современной земледелии: Материалы 48-й международной науч. конф. молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов, Москва, 24 апреля 2014 г. – М. – ВНИИА. – 2014. – С.181-184.

5. Помякшева, Л.В. Содержание доступных форм фосфора в дерново-подзолистой почве при фертигации земляники садовой/ Л.В. Помякшева // Агроэкологические основы применения удобрений в современной земледелии: Материалы 49-й международной науч. конф. молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов, Москва, 25 апреля 2015 г. – М. – ВНИИА. – 2015. – С.161-163.

6. Помякшева, Л.В. Режимы фертигации земляники садовой с капельным поливом в Нечерноземной зоне / Л.В. Помякшева, С.Н. Коновалов // Проблемы рационального использования природоохозяйственных комплексов засушливых территорий: Материалы международной науч.-практ. конф., Волгоград, 22-23 мая 2015 г. – Волгоград. – 2015. – С. 363-366.

7. Помякшева, Л.В. Динамика содержания подвижных форм калия в дерново-подзолистой почве при фертигации земляники садовой / Л.В. Помякшева // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2016. – Т.57. – С. 173-179.

8. Помякшева, Л.В. Опыт применения фосфорных удобрений на дерново-подзолистой почве при капельном поливе и фертигации / Л.В. Помякшева // Современные проблемы агрохимии в условиях поиска устойчивого функционирования агропромышленного комплекса при техногенных ситуациях: Материалы 50-й международной науч. конф. молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов, Москва, 26 апреля 2016 г. – М. – ВНИИА. – 2016. – С.168-170.

9. Помякшева, Л.В. Применение геотекстиля при возделывании земляники садовой с капельным поливом и фертигацией/ Л.В. Помякшева // Генетические основы селекции сельскохозяйственных растений: Материалы международной науч.-практ. конф., Воронеж, 24-26 мая 2017 г. – Воронеж. – 2017. – С. 228-233.

10. Помякшева, Л.В. Эффективность фертигации с капельным поливом земляники садовой / Л.В. Помякшева, С.Н. Коновалов // Сборник научных трудов ГНБС. – 2017. – № 144-2. – С. 40-44.

11. Помякшева, Л.В. Отзывчивость различных сортов земляники садовой на предпосадочное внесение удобрений и фертигацию с капельным поливом / Л.В. Помякшева, С.Н. Коновалов // Селекция и сорторазведение садовых культур. – 2017. – Т.4. – № 1-2. – С. 103-106.

12. Помякшева, Л.В. Фертигация с капельным поливом земляники садовой в почвенно-климатических условиях Московской области / Л.В. Помякшева, С.Н. Коновалов // Актуальные вопросы садоводства ЦЧР в современных условиях России: Материалы международной науч.-практ. конференции, Воронеж, 28-29 сентября 2017 г. –Воронеж. – 2017. – С. 96-102.

13. Помякшева, Л.В. Биохимический и химический состав плодов земляники садовой (*Fragaria* x *ananassa* Duch.) при возделывании с капельным поливом и фертигацией на дерново-подзолистой почве / Л.В. Помякшева, С.Н. Коновалов // Садоводство и виноградарство. – 2019. – №2. – С. 18-24.

14. Помякшева, Л.В. Влияние режимов фертигации земляники садовой (*Fragaria* x *ananassa* Duch.) на урожайность и химический состав растений / Л.В. Помякшева, С.Н. Коновалов // Садоводство и виноградарство. – 2021. – №4. – С. 43-48.