

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ СЕЛЕКЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР  
САДОВОДСТВА И ПИТОМНИКОВОДСТВА»

*На правах рукописи*

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

Диссертация  
на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:  
кандидат биологических наук  
Коновалов Сергей Николаевич

Москва 2022

## Оглавление

Список сокращений и условных обозначений .....	4
ВВЕДЕНИЕ .....	5
ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ .....	11
1.1 Биологические особенности и питательный режим земляники садовой .....	11
1.2 Удобрение земляники садовой в традиционных промышленных технологиях возделывания .....	15
1.3 Капельный полив .....	18
1.4 Удобрение при капельном поливе .....	27
1.4.1 Влияние капельного полива и удобрения на плодородие почвы .....	35
1.4.2 Влияние капельного полива и фертигации на содержание и динамику основных элементов минерального питания в почве и в растениях .....	37
1.5 Фертигация земляники садовой в промышленных технологиях возделывания с капельным орошением .....	42
1.6 Применение мульчирования почвы в интенсивных технологиях возделывания земляники садовой .....	48
1.7. Заключение по литобзору .....	50
ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	52
2.1 Объекты исследований .....	52
2.2 Предмет исследований .....	53
2.3 Место проведения исследований .....	53
2.4 Почвенно-климатические условия проведения опытов .....	55
2.5 Схемы опытов .....	58
2.6 Методики исследований .....	65
3.1 Распределение в почве элементов минерального питания при внесении минеральных удобрений подпочвенно в составе поливной воды .....	68
3.2 Влияние режимов, доз и способов внесения удобрений в насаждениях с капельным поливом земляники садовой на уровень кислотности почвы и содержание макроэлементов .....	76
3.3 Содержание основных макроэлементов в листьях .....	94

растений земляники садовой.....	94
3.4 Влияние режимов, доз и способов удобрения на продуктивность растений земляники садовой и урожайность насаждений .....	97
3.5. Влияние режимов, доз и способов внесения удобрений с капельным поливом на надземную массу растений земляники садовой.....	126
3.6 Влияние режимов, доз, способов внесения удобрений с капельным поливом на биохимический состав ягод земляники садовой.....	129
3.7 Экономическая оценка эффективности фертигации и внесения минеральных удобрений в запас при возделывании земляники садовой с капельным поливом .....	149
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	152
РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ.....	154
Список литературы .....	155
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	196

## Список сокращений и условных обозначений

НИЗИСНП – Научно-исследовательский зональный институт садоводства нечерноземной полосы

ПДК – предельно допустимая концентрация

ППК – почвенный поглощающий комплекс

РМУ – раствор минеральных удобрений

РСВ – растворимые сухие вещества

СКИ – сахаро-кислотный индекс

ФГБНУ ВСТИСП – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства»

ФГБНУ ФНЦ Садоводства – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства»

кг д.в./га – килограммов действующего вещества на 1 гектар

## ВВЕДЕНИЕ

Земляника садовая – одна из самых широко распространенных ягодных культур в мире. В условиях развивающегося рынка ягодоводства, с целью усиления мер продовольственной безопасности, необходимо сформировать конкурентоспособное отечественное производство земляники садовой, культуры с высокой питательной ценностью (Козлова, 2019). Ягодные культуры, в том числе земляника садовая, являются источником витаминов, пектина, антоцианов, микроэлементов. Потребление их способствует предупреждению авитаминозов, повышению устойчивости организма человека к болезням и стрессовым факторам (Жбанова и др., 2014). В 2018 году Россия занимала седьмое место в мире по производству земляники садовой (Ожерельев и др., 2019). Среди ягодных культур, возделываемых на территории РФ, земляника садовая занимает по площади более 30%, валовый сбор в среднем составляет 250 тыс. тонн (Козлова, 2016). Интенсивные технологии возделывания культуры предполагают использование высокопродуктивных сортов разных сроков созревания, совершенствование агротехнических приемов возделывания, повышение отзывчивости растений на применение удобрений (особенно азотных), разработку эффективных форм и рациональное применение органических, минеральных и биоудобрений (Коновалов и др., 2010; Толстогузова, 2016). В то же время разные сорта земляники садовой могут неодинаково реагировать на применяемые интенсивные агротехнологии.

**Актуальность исследований.** Современные исследования свидетельствуют о том, что большинство населения РФ испытывает дефицит в свежих плодах и ягодах. 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). Необходимо наращивание объемов производства ягод на базе сельскохозяйственных организаций за счет

использования качественного посадочного материала и освоения современных технологий производства и хранения (Козлова, 2019).

Земляника садовая быстрее других ягодных культур вступает в плодоношение, благодаря чему инвестиции в производство окупаются в достаточно короткий срок. Интенсивные технологии возделывания обеспечивают получение урожаев 20 т/га и выше в Центральной зоне садоводства РФ (Куликов и др., 2005; Интенсивная технология производства земляники садовой, 2015). 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; Куликов, 2009; Коновалов и др., 2012).

В настоящее время одним из элементов современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур является капельный полив. Этот вид орошения позволяет выращивать растения, снижая расход воды и сокращая водную эрозию. В Нечерноземной зоне РФ климатические условия требуют применения орошения, особенно при возделывании требовательных к влагообеспеченности культур. Один из современных способов удобрения – фертигация – предполагает внесение раствора минеральных удобрений в насаждения растений через систему капельного полива. Преимуществом такого внесения является возможность доставки в зону поглощательной активности корней количества удобрений, необходимого растениям в определенную фазу. В России в последние годы разработаны технологии возделывания земляники садовой в Волгоградской области в условиях дефицита влаги (Бородычев, Гуренко, 2013), технология программируемого производства ягод земляники в ЦЧР, в Тамбовской области (Козлова, 2010).

Фертигация широко применяется при выращивании растений в защищенном грунте на искусственных субстратах и в южных районах с засушливым климатом (Rzekanowski, 1986; Phillips, 1987; Минеева, Чумаченко, 1991; Веремейчик, Герасимович, 2006; Кармазин, Адаменко, 2007; Ківер, Онопрієнко, 2012; Фоменко, Попова, 2018). Для

технологий возделывания на искусственных грунтах, обладающих незначительной поглотительной способностью, разработаны оптимальные составы питательных растворов и режимы их подачи. Их применение возможно в технологиях открытого грунта, но в Нечерноземной зоне на дерново-подзолистых почвах фертигация требует дополнительных исследований.

**Целью исследований** являлось 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.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие **задачи**:

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.

**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.

**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 насаждения 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.

**Апробация научных данных.** Основные положения работы были представлены на конференциях молодых ученых ФГБНУ ВНИИА им. Прянишникова (Москва, 2010, 2013-2016 гг.), Всероссийской научной конференции с международным участием «Инновационные направления современной физиологии растений» (Москва, МГУ, 2013), 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.

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

Работа изложена на 205 страницах, включает введение, обзор литературы, материалов и методов, результатов исследований, заключения, рекомендаций

производству, список литературы, приложение. Содержит 73 таблицы, 33 рисунка. Список литературных источников состоит из 373 пунктов, из них 122 на иностранных языках.

Автор выражает благодарность за помощь в подготовке диссертационной работы научному руководителю, кандидату биологических наук, заведующему отделом агрохимии и почвоведения ФГБНУ ФНЦ Садоводства Коновалову Сергею Николаевичу, директору ФГБНУ ФНЦ Садоводства, доктору экономических наук, академику РАН Куликову Ивану Михайловичу, заместителю директора ФГБНУ ФНЦ Садоводства по научной работе кандидату сельскохозяйственных наук Тумаевой Т.А., Ученому секретарю, кандидату биологических наук Келиной А.В., отделу аспирантуры, сотрудникам ФГБНУ ФНЦ Садоводства.

## ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1 Биологические особенности и питательный режим земляники садовой

Земляника садовая (*Fragaria x ananassa* Duch.) представляет собой вечнозеленое травянистое многолетнее растение. Основная масса корней (до 80%) расположена в верхнем слое почвы, не глубже 30 см, с этим связана ее особая требовательность к уровню влажности почвы и воздушному режиму (Трунов, 2000; Джура и др., 2002; Толстогузова, 2012). Плод земляники садовой является разросшимся сочным цветоложем, в производственно-биологической классификации называется ягодой (ГОСТ 33953-2016), на 86-90% состоит из воды, в 100 г ягод содержатся в среднем 8 г сахаров, 0,8 – 1,6 г органических кислот, в том числе 50-70 мг аскорбиновой кислоты, витамины группы В, азотистые соединения, дубильные вещества, антоцианы, флавоноиды, пектин, что обуславливает её питательную ценность (Матала, 2003; Самощенко, Пашкина, 2003; Марченко и др., 2011). Масса ягоды составляет 7-30 г, продуктивность растения 300-800 г ягод с куста (Копылов, 2007).

Основная задача агротехники земляники садовой при возделывании ее в течение нескольких лет заключается в том, чтобы активность роста и степень развития корневой системы не снижалась и была достаточной для снабжения надземной части растения водой и элементами минерального питания (Копылов, 2007). Величина поливной нормы в большой степени зависит от общей пористости почвы, объёма пор аэрации, наименьшей влагоемкости (Петунина, 1986; Григоров, Ахмедов, 1999). Есть противоположные мнения, что при орошении земляники садовой следует применять небольшие поливные нормы с высокой частотой поливов (Blasse, 1977), и что можно реже применять более высокие нормы (300-400 м<sup>3</sup>/га) (Васильев, 1966). В то же время исследования орошения земляники садовой в Великобритании выявили снижение в ягодах земляники садовой растворимых сухих веществ, витаминов, антиоксидантов при

избыточном поливе, что доказывает необходимость контроля полива и недопущения излишнего переувлажнения почвы (Terry et al., 2009).

По результатам исследований установлено, что для оптимального режима орошения земляники садовой необходимо поддерживать влажность в слое почвы 0 - 30 см не менее 80% НВ до уборки урожая и не менее 70% НВ после сбора ягод. Поддержание влажности почвы на уровне 70% НВ позволило снизить расход воды почти на 130 м<sup>3</sup> /га (Трунов, 2000). Без орошения влажность почвы составляет в среднем 60% НВ, что недостаточно для земляники садовой. На снижение урожая текущего года в основном влияет засуха в период роста завязей и плодоношения. В засушливую погоду во второй половине вегетации при отсутствии полива снижается процент закладки генеративных почек, что отрицательно влияет на урожай следующего года. Исследования показали, что при орошении в условиях дефицита осадков число ягод с растения земляники садовой и средняя масса одной ягоды увеличивались, качество ягод улучшалось (Трушечкин и др., 1971; Щербак, 1977; Тапараускене, 2005; Копылов, 2007; Марченко и др., 2011).

При недостатке влаги в период формирования листьев (40%НВ) существенно замедляется фотосинтетическая активность. При этом обеспечение оптимальным количеством питательных элементов позволяет растениям экономить доступную влагу (Никитишен, Личко, 2005).

Исследования питательного режима и удобрения земляники садовой в 30-50 гг. XX века в условиях Московской области на базе Московской плодово-ягодной опытной станции на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах показали слабую отзывчивость на удобрения, вносимые в год посадки, по сравнению с эффектом от удобрения предшествующих культур (Язвицкий, 1960). Внесенные под предшествующие культуры навоз (за 1-2 года до посадки) и минеральные удобрения способствовали получению высоких урожаев земляники, а внесенные в год посадки в некоторых случаях снижали урожайность (Шорохов, 1980). Объяснялось это тем, что при предварительном внесении удобрений элементы минерального взаимодействовали с почвенным поглощающим комплексом (ППК), с микрофлорой

почвы, формировали уровень почвенного плодородия, специфическую почвенную микрофлору, и это оказывало на растения земляники садовой большее влияние, чем удобрения, вносимые перед посадкой. Было также установлено, что реакция земляники садовой, как и других садовых культур, на уровень плодородия почвы и на вносимые удобрения сортоспецифична (Язвицкий, 1960; Щербак, 1977; Барраклау, 1990; Кондаков, 2006; Vignolo et al., 2011; Сергеева, 2014).

В разные годы были установлены величины выноса элементов питания земляникой садовой с урожаем: на 100 ц основной продукции – 144 кг N, 32 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 170 кг K<sub>2</sub>O (Рубин, 1958); 140 кг N, 40 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 170 кг K<sub>2</sub>O (Трушечкин и др., 1971); 53 кг N, 12 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 58 кг K<sub>2</sub>O (Щербак, 1977). Вынос рассчитывался на массу урожая, но при этом урожайность разных сортов даже при равных агротехнических условиях существенно отличалась.

По данным лаборатории агрохимии НИЗИСНП от 1968 года, при одинаковой схеме посадки (55,5 тыс. растений на гектар), вынос NPK с 1 га урожая земляники садовой сорта Красавица Загорья составил 103 кг N, 29 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 102 кг K<sub>2</sub>O, сорта Комсомолка – 128 N, 56 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 189 кг K<sub>2</sub>O. В среднем для двух сортов вынос составил 115 кг N, 42 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 145 кг K<sub>2</sub>O с одного гектара (Трушечкин и др., 1971). Практически неизменным остается соотношение выносимых элементов в разные фенофазы (таблица 1).

В опытах по изучению режима питания земляники садовой на дерново-подзолистой почве Московской области было установлено, что содержание азота в рожках и корнях растений земляники садовой резко снижалось в фазу цветения, по сравнению с началом вегетации, в листьях – повышалось, особенно четко эта динамика прослеживалась на бедных азотом почвах. Накопление азота в листьях происходило в основном за счет реутилизации его из корней и рожков (Гордецкая, 1971).

Концентрация фосфора в листовых пластинах растений земляники в течение вегетационного периода менялась несущественно, наблюдалось небольшое повышение в фазу массового цветения. Высокое содержание калия в

период выдвижения цветоносов наблюдалось в черешках листьев (Martinsson et al., 2006).

Таблица 1 – Динамика потребления растениями земляники садовой основных элементов минерального питания в течение вегетационного периода, % от общего выноса

<b>Азот</b>			
Период	Исследования:		
	по данным С.С.Рубина, 1963	по данным В.Г.Трущечкина, 1971	по данным И.П. Дерюгина, 2006
До цветения	21	20	25
Цветение – Плодоношение	41	40	37
После плодоношения	38	40	38
<b>Фосфор</b>			
Период	Исследования:		
	по данным С.С.Рубина, 1963	по данным В.Г.Трущечкина, 1971	по данным И.П. Дерюгина, 2006
До цветения	22	15	28
Цветение – Плодоношение	61	55	52
После плодоношения	17	30	20
<b>Калий</b>			
Период	Исследования:		
	по данным С.С.Рубина, 1963	по данным В.Г.Трущечкина, 1971	по данным И.П. Дерюгина, 2006
До цветения	16	15	20
Цветение – Плодоношение	56	55	53
После плодоношения	28	30	27

Во время массового цветения и созревания ягод количество калия увеличивалось в цветоносах, в черешках снижалось. После цветения содержание калия в цветоносах резко снижалось. В более поздний период, в связи с ростом усов, постепенно увеличивалось усвоение азота при относительном уменьшении поглощения калия (Гордецкая, 1971; Martinsson et al., 2006).

Опыты по возделыванию земляники садовой в Молдове (Караман, Ткач, 2009) позволили выявить зависимость потребления питательных веществ из почвы от густоты стояния растений и внесенных доз удобрений: по сравнению с контролем (без удобрений) растения с удобренных участков выносили на 2 % больше фосфора и на 10% больше азота и калия. При

увеличении густоты стояния вынос элементов питания увеличился и на удобренном, и на контрольном варианте, особенно значительно по калию (на 18%). Локальное внесение удобрений, особенно в весенний период, повышает доступность элементов питания растениям с поверхностной корневой системой, что применимо для земляники садовой (Юрченко, 2018).

Микроэлементы в основном накапливались в корнях растений земляники садовой (уровень микроэлементов в корнях в среднем в 13 раз выше, чем в побегах). С возрастом наблюдалось снижение содержания минеральных элементов в растениях. Была установлена положительная корреляция между содержанием в листьях земляники садовой исследуемых элементов и содержанием их в ягодах (Gawęda, Ven, 2004).

Таким образом, корневая система земляники садовой расположена в основном в слое почвы 0-30 см, растения чувствительны к водному, воздушному и питательному режимам почвы. Одновременно достаточно большое количество макроэлементов отчуждается из почвы с хозяйственной продукцией. Внесение удобрений при возделывании земляники необходимо во избежание истощения почвы пахотного горизонта и снижения продуктивности растений.

## 1.2 Удобрение земляники садовой в традиционных промышленных технологиях возделывания

О влиянии удобрений на рост и продуктивность земляники садовой проведено большое количество исследований (Язвицкий, 1957; Шорохов, 1980, Копылов, 2007; Козлова, 2018). Традиционно системы удобрения земляники садовой предполагают заблаговременное, за 2-3 года, внесение основной дозы органических, минеральных фосфорных и калийных удобрений в запас при предпосадочной подготовке почвы, внесение при посадке, а также корневые и некорневые подкормки в дальнейшем. В данных системах наглядно представлено взаимодействие почвы, растения и удобрений, отмеченное Д. Н. Прянишниковым (Язвицкий, 1960; Трушечкин и др., 1971; Кондаков, 2006). Внесенные удобрения

поглощаются почвенными коллоидами и микроорганизмами, преобразуются, частично теряются, а затем корневая система растений извлекает из почвы необходимые элементы, находящиеся в тот момент в доступном состоянии. Поглощение элементов питания растениями из почвы зависит в большой степени от дозы, химического состава и кислотности удобрений, влажности и кислотности почвы (Журбицкий, Лавриченко, 1979; Самрана, 1985; Смирнов, Муравин, 1988; Копылов, 2007; Мирошниченко, Комиссарова, 2016).

Коэффициент использования азота из минеральных удобрений зависит от дозы удобрений, формы азотного удобрения и погодных условий сезона (Барбарош, 2005; Шуравилин, Ашраф, 2010; Фадькин, 2014; Завалин, Соколов, 2019). У растений земляники садовой коэффициенты использования элементов из твёрдых туков, по данным исследований, варьируют от 35 до 78 % для азотных удобрений (Барбарош, 2005; Шуравилин, Ашраф, 2010), 15-25% – для фосфорных и 60-80% – для калийных (Журбицкий, Лавриченко, 1979).

Рекомендуемые дозы азотных удобрений для земляники садовой на дерново-подзолистых почвах в Нечерноземной зоне РФ – от 30 до 70 кг д.в./га. В большинстве случаев рекомендовали вносить азот в два срока (весной до цветения и после окончания сбора урожая), начиная с первого года плодоношения (Язвицкий, 1960; Рекомендации по удобрению садов и ягодников в СССР, 1978; Анспок и др., 1981; Рекомендации по применению удобрений в плодовых и ягодных насаждениях, 1983; Дерюгин, 2006). Доза азота более 100 кг/га, по данным исследований, вызывала чрезмерный рост вегетативной части растений и снижение урожайности (Трушечкин и др., 1971). При увеличении доз азота в некоторых случаях отмечено увеличение содержания в листьях и почве токсичных ионов алюминия и марганца, тяжелых металлов (Haynes, Goh, 1987). Слишком высокие дозы азота, особенно во второй половине вегетационного периода, увеличивали процент ягод, пораженных гнилями при вегетации и хранении (Burgess, 1997; Rolbiecki, Rzekanowski, 1997). Исследования последних лет показали возможность сокращения дозы азотных удобрений при достаточной поливной норме, установлено статистически доказанное взаимодействие



факторов полива и уровня азотного питания (Pereira et al., 2019). При этом по данным других исследователей, доза 90 кг/га не являлась избыточной при загущенной посадке (100-120 тыс. растений на гектар) (Щербак, 1977).

Фосфорные удобрения вносили как под предшествующие культуры (Язвицкий, 1960), так и перед посадкой, и в последующие годы плодоношения (Рекомендации по применению удобрений в плодовых и ягодных насаждениях, 1983). Рекомендуемые дозы – 30-100 кг д.в./га  $P_2O_5$  в зависимости от уровня обеспеченности почвы фосфором. При наличии в почве 100-150 мг /кг почвы доступных форм фосфора вносили перед посадкой 90-120 кг д.в./га, на плодоносящих плантациях ежегодно – 40 кг д.в./га фосфора. Аналогичный опыт применения фосфорных удобрений в Бразилии (Coelho et al., 2000) подтвердил необходимость определения уровня фосфора в почве перед внесением минеральных удобрений.

Калийные удобрения также вносили в зависимости от уровня обеспеченности почвы, в дозах от 60 до 120 кг д.в./га  $K_2O$  (Анспок и др., 1981; Коновалов, Дебелова, 2005; Кондаков, 2007). При содержании в почве обменного калия 150-200 мг на 1 кг почвы перед посадкой предлагались дозы 120 кг д.в./га  $K_2O$ , на плодоносящей плантации ежегодно по 60 кг/га. В почве при росте количества доступного калия снизилось содержание ионов магния и кальция (Трушечкин и др., 1971; Sousa et al., 2014).

Рекомендации ЦИНАО по внесению удобрений под землянику садовую для Нечерноземной зоны учитывали обеспеченность почвы основными элементами питания и планируемый урожай. В среднем, дозы удобрений составляли: 100 т/га навоза, 70-90 кг д.в./га фосфора, 90-120 кг д.в./га калия за год до посадки; при посадке – 30 кг д.в./га азота, далее, в зависимости от планируемой урожайности, НРК соответственно 50-60, 40-60, 50-70 кг д.в./га ежегодно.

Традиционная технология выращивания земляники садовой в Белоруссии (Исаченко, 2007) предполагала ежегодное внесение удобрений на дерново-подзолистых легкосуглинистых и супесчаных почвах в плодоносящих

насаждениях: азота – 30 кг д.в./га в весенний период в два срока, фосфора и калия – по 30 кг д.в./га после сбора урожая.

Рекомендации по удобрению земляники садовой в Польше при возделывании на дерново-подзолистых супесчаных почвах с низкой обеспеченностью макроэлементами: за 1 год до посадки (под пар) – 40 т/га навоза, Р – 100-150 кг д.в./га, К – 100-150 кг д.в./га; ежегодно – N – 30 кг д.в./га (Кулеша, 2001). В технологии возделывания земляники садовой в Финляндии (Матала, 2003) в насаждениях земляники садовой вносили не более 40 кг д.в./га азота, фосфора – до 200 кг, калия – до 500 кг/га. Общая доза минеральных удобрений, вносимых при посадке, не превышала 1200 кг д.в./га на бедных почвах и 800 кг д.в./га на богатых доступными элементами питания в течение вегетации растений. По данным итальянских исследователей (Bernandoni et al., 1990), внесение удобрений в почву предполагает сочетание NPK по действующему веществу 88-46-138, что составляет соотношение элементов 2-1-3.

Исходя из вышесказанного, традиционная технология удобрения предполагает заблаговременное внесение органических и минеральных удобрений в насаждениях земляники садовой, дозы в основном рассчитываются исходя из обеспеченности почвы доступными элементами минерального питания и планируемого урожая, особое внимание уделяется дозам и срокам внесения азотных удобрений. Также следует принимать в расчет планируемое количество растений на единицу площади.

### 1.3 Капельный полив

Формирование водного режима почвы в агроценозах с использованием орошения существенно зависит как от погодных условий, так и от параметров зоны увлажнения при поливе, от предполивного содержания влаги, периода роста и развития растений, мульчирования почвы, интенсивности потребления воды растениями (Боровой, Ахмедов, 2007). На почвах с низкой водоудерживающей

способностью орошение необходимо для получения урожая и повышения рентабельности производства (Rolbiecki, Rzekanowski, 1997).

На окультуренных дерново-подзолистых почвах среднесуглинистого гранулометрического состава, вследствие их низкой водопроницаемости, растения испытывают дефицит влаги, особенно это критично для молодых растений. Исследования показали, что не получившие в первые годы после посадки достаточно влаги растения в дальнейшем не дают высоких урожаев даже при оптимальных условиях (Treder, 1997). Большинство выпадающих осадков и талых вод (около 60%) на среднесуглинистых почвах уходит в виде бокового стока. Таким образом, поверхностный полив (по бороздам, дождевание) часто оказывается малоэффективен: большое количество воды просто не доходит до корневой системы растений (Coelho, 2000; Базыкина, 2004, 2005; Daugovish, 2011).

Установлено, что за пять лет возделывания земляники садовой на дерново-подзолистой почве с поливом по бороздам плотность пахотного слоя почвы увеличилась, снизились общая пористость и аэрация (Петунина, 2012). Также на почвах суглинистого гранулометрического состава в результате полива по бороздам возможно образование провалов и воронок (Кабиров, Ахмадов, 2012). Дождевание, по сравнению с поливом по бороздам, было более эффективно, однако расход поливной воды оставался высоким и увеличивал риск развития болезней надземной части растений (Raja et al., 2017). В связи с вышеизложенным эффективным способом полива являлось капельное орошение. Это локальный способ полива, при котором вода из капельницы в виде капель или тонких струек попадает в одну точку расходом, не превышающим впитывающую способность почвы и потребность растений. Последующее распределение влаги в почве происходит под действием капиллярных сил. Некапиллярные поры при этом должны быть заполнены воздухом, иначе снижается интенсивность нитрификации и доступность макроэлементов (Zawartka, Skwierawska, 2005), наступает анаэробизм и, как следствие, угнетение растений (Губер, Шенцева, 2007; Храбров, 2007; Ахмедов, Галиуллина, 2012; Рыжова, 2018). Капельный полив является одним из

типов микроорошения, наряду с мелкодисперсным дождеванием и синхронно-импульсным орошением. Исходя из режима подачи воды, данный способ может быть дискретным и непрерывным (Сычев, Ивашкин, 2004).

Согласно исследованиям, капельный полив предотвращал поверхностный сток воды с удобрениями и пестицидами в водоемы, снижал риск попадания на листья растений воды и распространения болезней, уменьшил деградирующее воздействие орошения на почву (Давыденко, 2000; Докучаев и др., 2006; Жидков, Стручалина, 2007; Храбров, 2007; Ясониди, 2007; Roy et al., 2007; Воеводина, Воеводин, 2008; Капустин, Снежко, 2014; Семененко и др., 2014). Капельное орошение позволяло снизить распространение инфекции на растениях в год, когда из-за погодных условий инфекционный фон был достаточно высоким (Nestby, 1998; Rohloff et al., 2002), при правильном применении способствовало повышению КПД использования площади под культурами (Бочарникова и др., 2007; Бочаров, 2007; Бородычев, Мартынова, 2010). Исследования показали, что с помощью капельного орошения можно осваивать площади, ранее непригодные для садоводства (Авраамов и др., 1981; Магомедова и др., 2018).

По результатам исследований, при внутрпочвенном капельном орошении происходило снижение коэффициента водопотребления, соответственно, оказалось возможным снизить поливные нормы (Григоров и др., 2007; Овчинников, Шуваева, 2007; Warner et al., 2007; Зейлигер и др., 2009; Шуравилин и др., 2010). По другим источникам, коэффициент водопотребления был одинаков при поливе дождеванием и капельном поливе, однако в этом случае преимущество капельного полива было в том, что его можно применять параллельно с обработкой растений пестицидами (Phene et al., 1979; Kirschbaum et al., 2006).

По данным исследований, на тяжелых почвах подпочвенный капельный полив был эффективнее надпочвенного (Beuаert et al., 2007), но при надпочвенном капельном поливе снижалась вероятность засоления почвы, особенно при содержании в поливной воде элементов минерального питания (Ионова, 1986;

Haynes, Goh, 1987). При подпочвенном поливе оптимальным оказалось помещать капельницы на глубину зоны залегания активных корней возделываемых растений (Battilani, 2008; Souza, Bizari, 2018).

Исследования технологии капельного орошения в полевых условиях ведутся с 60-х годов XIX века в Германии, с начала XX века в США, в 30-х годах капельный полив стали применять на территории Палестины (Балакай и др., 2010). В 50-е гг. началось распространение технологии по всему миру. К 1972 году капельное орошение различных культур проводили в Израиле – на площади 4800 га, в Австралии – на 4000 га, в США – на 4000 га, в Мексике – на 3600 га (Нестерова и др., 1973). В последние годы капельное орошение широко используется в Европе, США, Канаде, Южной Америке (Haman et al., 1986; Banks et al., 1988; Rauschkolb et al., 1990; Neilsen, Neilsen, 1999; Kirschbaum et al., 2004; Koszański et al., 2005; Voca et al., 2006; Hao et al., 2007; Roy et al., 2007; Warner et al., 2007; Egea et al., 2009; Болкунов, Курапина, 2014; Souza A. et al., 2018;), в Израиле и на Ближнем Востоке (Assaf et al., 1986; Klein, Spieler, 1987; Yavari et al., 2008; Zamanian et al., 2014), в Африке (El-Mogy et al., 2012; Zirebwa, 2013), в Индии (Raj et al., 2017). В первую очередь капельный полив получил распространение на территориях с песчаными и супесчаными почвами, с дефицитом осадков и поливной воды (Нестерова и др., 1973; Kafkafi, Tarchitsky, 2011; Фоменко, Попова, 2018).

В СССР, затем в России, разрабатывались и внедрялись системы капельного полива, преимущественно в природных зонах с дефицитом почвенной влаги. В 70-е гг. началось серийное производство элементов системы капельного орошения в республике Молдавия. Его достаточно быстро прекратили, так как технически производство было неудовлетворительным: по заключениям специалистов, был неверно рассчитан допустимый уровень загрязнения воды, наблюдалось механическое засорение системы (Барбарош, 2005; Бальбеков, 2006). В настоящее время в России применяются системы капельного полива зарубежного и отечественного производства (Давыденко, 2000; Ясониди и др., 2007; Ольгаренко, Мищенко, 2014).

Широкое распространение технология капельного орошения получила в южных районах России и СНГ: Волгоградской и Астраханской областях, Краснодарском крае, Крыму (Гумбаров, Скобельцын, 1986; Боровой, Ахмедов, 2007; Майер, Долгополова, 2008; Чимидов и др., 2008; Попова, Фоменко, 2011; Бородычев и др., 2012; Овчинников и др., 2012; Сторчоус, Кременской, 2012; Гусев, 2013; Бородычев и др., 2016). В Волгоградской области проводились опыты по совершенствованию элементов и в целом системы капельного полива (Овчинников и др., 2015). Исследования и разработка различных систем и технологий орошения с учетом почвенно-климатических условий ведутся в ФГБНУ ВНИИ «Радуга» (Московская область). Модули комбинированного орошения позволяют повысить урожай сельскохозяйственных культур на 20-30% при значительной экономии воды и электроэнергии (Ольгаренко, 2016). Исследования подтверждают необходимость тщательного предварительного анализа поливной воды перед началом эксплуатации системы орошения, во избежание засорения капельниц (Naman et al., 1986; Воеводина, Воеводин, 2008).

При капельном орошении характерным является образование «луковицы» – области увлажненной почвы вокруг источника орошения (капельницы). Размер и форма контуров области увлажнения почвы при капельном орошении зависели от величины запаса влаги, нормы полива, интенсивности испарения и транспирации растений, глубины источника полива (Ахмедов, Галиуллина, 2012; Рыжаков, 2017; Фоменко, Попова, 2018; Успенский и др., 2021), времени полива и начальной влажности почвы (Нао et al., 2007), а также конструкции увлажнителя, гранулометрического состава и водно-физических свойств почвы. Режим подачи воды регулируется расходом капельниц, продолжительностью полива, объемом разовой водоподачи, межполивным интервалом (Григоров и др., 1999; Алейник, Григоров, 2007). Модельные опыты показали, что на легких песчаных почвах область увлажнения была вытянута в глубину, на тяжелых суглинках и глине в основном рассредоточена по поверхности, на супесчаных почвах «луковица» имела округлую форму (рисунок 1).

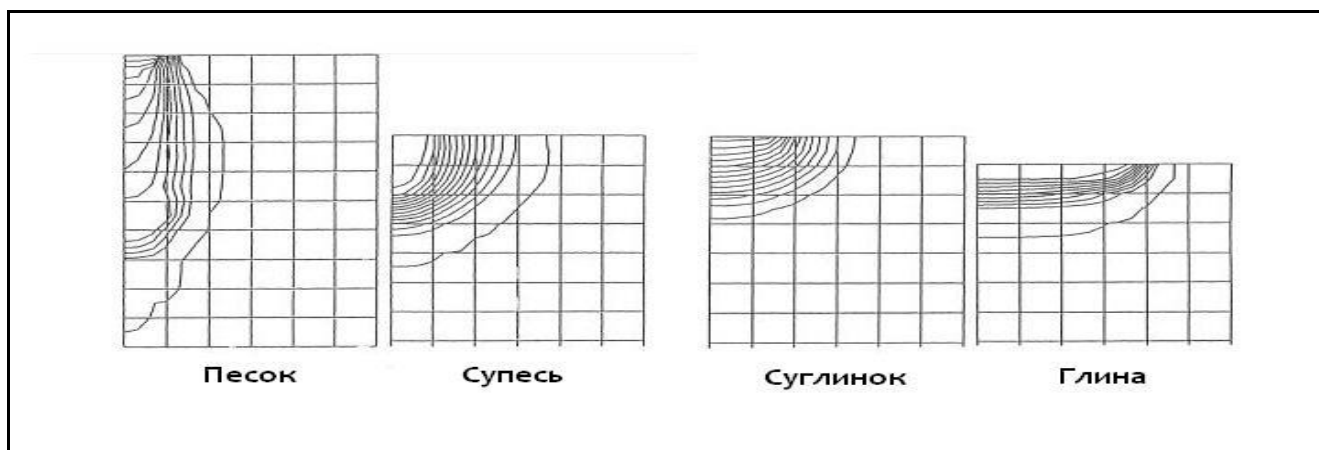


Рисунок 1 – Различная форма контуров увлажнения на разных почвах, расход воды в капельнице 1 л/час, время полива 4 часа (Нао et al., 2007)

Нормы первого и последующих поливов различались: с увеличением исходной влажности почвы увеличивалась скорость ее промачивания. Устойчивая зона увлажнения формировалась только после 3-4 поливов (Haynes, 1985; Нао et al., 2007; Ахмедов, 2012; Кучер, 2015; Souza, Bizari, 2018). При избытке поливной воды отмечали фильтрацию в подпахотные слои, потерю воды и элементов минерального питания, возникала опасность вторичного засоления (Орел, 1986; Souza A. et al., 2018). На суглинистых почвах на глубину 1 м вода просачивалась около 2 суток, это необходимо учитывать, особенно для культур с глубоким залеганием корневой системы (Боровой, 2007; Мазепа, 2017).

Движение влаги в почве происходит под действием капиллярных и гравитационных сил. С увеличением глубины и удалением от капельницы количество поливной воды в слое почвы уменьшается (Боровой, Мазепа, 1993; Kafkafi, Tarchitzky, 2011; Штанько и др., 2017).

Поливные нормы зависят от возделываемой культуры (иногда даже от сорта), количества осадков в вегетационный период, температурного режима (Бочарникова и др., 2007). Исследования внутрпочвенного орошения в Волгоградской области на аллювиально-луговых слоистых почвах легкосуглинистого гранулометрического состава показали, что поливные нормы существенно влияли на качество увлажнения. При нормах свыше 600 м<sup>3</sup>/га (60 л/м<sup>2</sup>) поливная вода быстрее просачивалась на глубину профиля, но при меньших нормах создавалось более равномерное увлажнение по профилю.

Повышение поливной нормы позволяло увеличить расстояние между капельницами вследствие распределения поливной воды по профилю (Боровой, Ахмедов, 2007; Ахмедов и др., 2008; Ахмедов, Галиуллина, 2012). Исследования капельного полива с расходом капельниц 3,5 и 7 л/час показали, что максимальный контур увлажнения в первом случае формировался за 10 часов, во втором – за 7 часов, но наблюдались затопление и поверхностный сток (Авраамов и др., 1981). Частые поливы с небольшой поливной нормой способствовали формированию компактной и неглубоко залегающей корневой системы растений (Kafkafi, Tarchitzky, 2011). В многолетних насаждениях семечковых с возрастом растений поливная норма увеличивалась (Gröninger, 1988; Ходяков, Кузнецов, 2005).

В настоящее время ведутся исследования инновационных способов полива в садах с высокой плотностью посадки в условиях недостатка влаги в течение вегетационного периода (Литвинов и др., 2019), с помощью компьютерных алгоритмов разработаны модели поглощения и передвижения в почве элементов минерального питания при капельном орошении (Мелихова, 2017; Ancay et al., 2014; Incrocci et al., 2017; Nestby, 2017; Létourneau et al., 2015; Wu et al., 2019).

Капельное орошение чаще всего применяют в насаждениях овощных культур из-за быстрой окупаемости и технологичности (Ионова, 1986; Шуваев и др., 2001; Гарьянова и др., 2007; Жидков, Стручалина, 2007; Лукьяненко, 2007; Ромащенко, Корюненко, 2007; Дубенок, 2008; Удовенко, 2009; Перекрестов, 2010; Григоров и др., 2011; Удовенко, Пархоменко, 2011). Полевые культуры с капельным орошением возделывают преимущественно в Нижнем Поволжье (Бородычев и др., 2006; Боровой, Ахмедов, 2007; Бочарникова и др., 2007; Григоров и др., 2007; Майер, Долгополова, 2008; Кружилин и др., 2017), в Восточной Украине (Ківер, Онопрієнко, 2012), где недостаток воды является лимитирующим фактором земледелия. Внутрипочвенный капельный полив способствовал повышению урожайности на



35-40 % полевых культур (кукуруза, соя, люцерна) в Волгоградской области (Боровой, Мазепа, 1993; Бородычев и др., 2006).

Одними из первых исследований внутрипочвенного капельного орошения садовых культур были опыты в Италии в насаждениях апельсина (Intrigliolo, Rasiti, 1989). Насаждения были заложены в 1956 году, капельный полив проводился с 1974 г. Микротрубки были установлены на глубине 40 см. Экономия воды по сравнению с поливом в приствольные круги была 32%. Продуктивность растений значительно не увеличилась, но качество плодов оставалось стабильно высоким. Эффективность системы не снижалась после 12 лет эксплуатации.

По данным исследований, в Польше под влиянием капельного орошения урожайность яблони увеличилась на 19,5-28,8%, урожайность сливы увеличилась на 14,1-30,8%, урожайность вишни - на 25,1% (Prazak et al., 2009). Капельное орошение плодоносящих виноградников (Цой, 2010) в Волгоградской области способствовало экономии воды на 56% и увеличению урожайности. Применение капельного орошения при выращивании саженцев винограда (Гумбаров, Скобельцын, 1986; Гусев, 2013) оказалось экономически целесообразным, так как позволяло обеспечивать необходимый водный режим для максимального выхода саженцев первого сорта.

Большое количество исследований капельного орошения садовых растений посвящены насаждениям яблони на почвах песчаного, супесчаного и легкосуглинистого гранулометрического состава. Опыты по капельному орошению садов проводились в 80-е годы в Польше (Rzekanowski, 1986), в Канаде (Nielsen, Stevenson, 1986), в Израиле (Assaf et al., 1986). В РФ более поздние исследования капельного полива в насаждениях яблони на светло-каштановых почвах среднесуглинистого гранулометрического состава позволили установить оптимальную для данной культуры влажность почвы (70%НВ), при меньшей влажности снижался коэффициент водопотребления растений, урожайность, годовой прирост и общая длина корневой системы. В Краснодарском крае и Ростовской области на черноземах южных с помощью капельного орошения

удалось увеличить продуктивность растений яблони (Акутнева, 2007; Попова, Фоменко, 2011).

Исследования водного режима земляники садовой при поливе по бороздам на тяжелосуглинистых почвах в средней полосе РФ позволили установить, что поливная норма составляет от 50 до 350 м<sup>3</sup>/га, в зависимости от НВ, на легкосуглинистых почвах этот диапазон гораздо меньше: 150-200 м<sup>3</sup>/га за один полив (Белов, Чухляев, 1989). При орошении растений земляники дождеванием поливные нормы, в зависимости от гранулометрического состава почвы, изменяются в пределах от 150 до 250 м<sup>3</sup>/га, в зависимости от погодных условий. На супесчаных и песчаных почвах, по сравнению с суглинистыми, частота поливов была выше, поливные нормы ниже (Интенсивная технология производства земляники садовой, 2014). На капельном орошении поливные нормы составили от 30 до 68 м<sup>3</sup>/га на среднесуглинистых почвах, суммарное водопотребление земляники садовой снизилось в условиях капельного полива на 12-15%, урожайность увеличилась на 79% по сравнению с поливом дождеванием (Овчинников и др., 2011). Применение комбинированного орошения в условиях континентального климата и высоких среднесуточных температур в летний период позволило увеличить процент приживаемости растений (до 97%), повышались урожайность и рентабельность насаждений (Муханин и др., 2009; Бородычев и др., 2016). Опыты по капельному орошению земляники садовой в Московской области (Шуравилин, Ашраф, 2010) на дерново-подзолистой почве среднесуглинистого гранулометрического состава показали, что по сравнению с контролем (дождевание) урожайность в вариантах с капельным орошением была выше на 30-80%. При расстоянии между капельницами в лентах 33 см и глубиной залегания капельниц 0-5 см урожайность достигала 15 т/га. Расход воды на капельное орошение составил в 2008 году – 1072 м<sup>3</sup>/г, в 2009 – 1480 м<sup>3</sup>/га.

Агроэкологические исследования капельного орошения плодоносящих насаждений земляники садовой в Самарской области показали, что капельное орошение способствовало увеличению в черноземной почве гумуса, подвижных форм калия и фосфора (Батманов, Скворцова, 2014). Исследования серых лесных

почв при капельном орошении в насаждениях яблони показали, что капельное орошение может способствовать снижению содержания в почве элементов питания за счет вымывания, но также замедляет процесс оподзоливания (Кузин и др., 2020).

Таким образом, капельный полив имеет преимущества перед другими способами орошения, широко применяется в мире на различных сельскохозяйственных культурах, снижает механическую нагрузку на почву, позволяет экономить поливную воду. На форму и размеры контуров увлажнения при капельном поливе влияют скорость водоподачи (производительность капельниц), гранулометрический состав и предполивная влажность почвы. Поливные и оросительные нормы зависят от почвенно-климатических условий, возделываемой культуры. Крайне важен контроль качества поливной воды во избежание засорения системы. При необходимости капельный полив можно комбинировать с другими способами орошения.

#### 1.4 Удобрение при капельном поливе

Удобрение почвы и орошение в условиях недостатка воды являются взаимосвязанными и взаимозависимыми приемами. Орошение без удобрения приводит к снижению вегетативной и генеративной продуктивности растений. Удобрение при низкой влажности способствует увеличению концентрации солей в почве (Treder, 1997; Гарьянова и др., 2007; Удовенко, Пархоменко, 2011). Вода является средой диффузии ионов из почвенного раствора и почвенно-поглощающего комплекса (ППК) к корневым волоскам растений, при ее дефиците усвоение растениями элементов питания затрудняется (Ягодин и др., 2002; Юрченко, 2018; Wang, 2019). Установлено, что капельное орошение без удобрений в открытом грунте дает экономический эффект только в засушливые годы, если атмосферных осадков достаточно, прибавку урожая удастся получить только при внесении удобрений (Beuaert et al., 2007; Белоус и др., 2017). Опыты по капельному орошению в Волгоградской области (Майер, 2008) показали, что

дорогостоящая система капельного орошения нецелесообразна без внесения достаточного количества минеральных удобрений. Исследования в плодоносящих насаждениях яблони в Краснодарском крае показали, что при недостатке влаги в пахотном слое корневая система растения заглублялась, однако на глубине более 50 см периодически наблюдается дефицит элементов минерального питания (Попова, Фоменко, 2009).

Применение твердых минеральных удобрений в насаждениях с капельным орошением способствовало повышению урожайности полевых и овощных культур (Дубенок и др., 2008; Удовенко, 2009; Бородычев, Мартынова, 2010; Григоров и др., 2011; Карымова, Сатункин, 2014). Исследования показали, что существует положительная корреляция между увеличением водопотребления, выносом элементов минерального питания и ростом урожайности сельскохозяйственных культур (Докучаев, 2006; Овчинников, Шуваева, 2007; McKeown et al., 2010; Удовенко, Пархоменко, 2011; Pereira, 2019). Сочетание орошения и внесения минеральных удобрений улучшило питательный режим почвы, способствовало увеличению в почве количества нитратного азота, повышению содержания подвижного фосфора и обменного калия (Григоров и др., 2007).

При использовании системы капельного орошения появляется возможность внесения минеральных удобрений с поливной водой – фертигация. Растворимые удобрения вносятся через систему капельного полива в течение всего сезона вегетации в оптимальных дозах и концентрациях, рассчитанных по фазам роста и развития каждой культуры (Давыденко, 2000; Kirschbaum et al., 2006; Kafkafi, Tarchitzky, 2011; Помякшева, Коновалов, 2012; Удовенко, 2012; Капустин, Снежко, 2014). Внутрипочвенная фертигация применялась как в засушливые, так и во влажные годы (Thompson et al., 2000). Наряду с внесением удобрений через систему капельного орошения существуют научные и производственные разработки по внесению элементов минерального питания и пестицидов через дождевальные установки (Костоварова и др., 2017; Юрченко, 2018).

При локальном внесении, по сравнению со сплошным разбросным внесением, увеличивается коэффициент использования удобрений растениями (данные опытов на зерновых культурах), вследствие чего возможно снижать дозы агрохимикатов (Трапезников, 1983). Фертигация является одним из видов локального внесения удобрений в почву. Содержание элементов минерального питания в почве зависит от состава раствора, вносимого с фертигацией, а также от соотношения почвенных процессов миграции элементов с поливной водой и осадками и поглощения их корнями растений (Фоменко, Попова, 2018).

Исследования внесения через систему капельного полива минеральных удобрений продолжаются с середины XX века (Goldberg, Shmueli, 1970; Haynes, Goh, 1987), исследуют эффективность подачи с капельным орошением пестицидов (Phene et al., 1979; Юрченко, 2018), регуляторов роста (Bryan, Duggins, 1977), жидких органических удобрений (Абдулаев, 2016), органоминеральных удобрений (Козлова, 2018). Существуют данные, что при таком способе применения агрохимикатов и удобрений их дозы могут быть снижены за счет повышения коэффициента усвоения (Bernandoni et al., 1990; Neilsen et al., 1995; Гарьянова и др., 2007; Удовенко, 2012). Так, во Флориде при выращивании томатов эффективность вносимого с фертигацией фосфора повышалась на почвах с заведомо низким его содержанием (Carrijo, Hochmuth, 2000). При применении мульчирования и капельного орошения томатов удобрения, вносимые как в запас, так и с фертигацией, давали одинаковую прибавку урожая (Mullins et al., 1992). В то же время удобрения могут быть внесены в почву, непосредственно в ризосферу растений, на той стадии выращивания, на которой им это необходимо (Gröninger, 1989; Hipps, 1993; Neilsen et al., 1998; Thompson et al., 2000; Лукьяненко, 2007; Удовенко, 2009; Коновалов и др., 2010; Удовенко, 2011; Кузин и др., 2015а). По мнению исследователей, фертигация способствовала повышению буферности почвы, снижению амплитуды колебаний концентрации ионов почвенного раствора (Parchomchuk et al., 1993). Особенностью фертигации является

формирование локальных пространственных зон обеспеченности элементами питания в почве.

Основной критерий удобрений для фертигации – хорошая растворимость в воде, для предотвращения засорения системы капельного орошения и дождевальных установок, нарушения равномерности распределения воды и раствора удобрений (Коновалов, Дебелова, 2005; Костоварова и др., 2017). За рубежом разработаны комплексные удобрения, в том числе специально для применения с капельным поливом, под торговыми марками Master (Италия), Kristalon (Нидерланды), Ferticare (Норвегия), Kemira (Финляндия), Nutrivant (Израиль), Terraflex (Бельгия), Leafdrip (Франция) (Quast, 1996; Henzel, Kowalczyk, 1997; Treder, 1997; Prazak, 2005; Ладыгина, 2006; Капустин, Снежко, 2014; Волчек, Санелина, 2016; Nestby, Guégy, 2017). В РФ разработаны комплексные минеральные удобрения марки «Акварин» («Буйские удобрения»), линейки удобрений Aqualis («ЕвроХим»), AquaDrop («УралХим») (Смирнова и др., 2010; Фоменко и др., 2019; Удобрения ЕвроХим..., 2020). Степень их растворимости допускает применение в системе капельного орошения.

Совместное внесение поливной воды и питательных веществ улучшает доступность таких элементов, как кальций, калий и фосфор, а также увеличивает поглощение азота растениями, с ростом растений скорость поглощения корнями элементов питания из почвы может увеличиваться (Haynes, 1985; Haynes, Goh, 1987).

Технология капельного полива и фертигации первоначально нашла свое применение в условиях защищенного грунта и в гидропонных системах выращивания. Растения на химически инертном (верховой торф, песок, перлит, минеральная вата) или на почвенном субстрате через капельницы регулярно получают питательный раствор. Химически инертные грунты служат для механического закрепления корней растений, но при этом они не участвуют в питательном режиме, растение получает питательные элементы из гидропонного раствора, вносимого с поливной водой (Чесноков и др., 1960; Papadopulos, 1999;

Heinen et al., 2002; Tanaskovik et al., 2011). Таким образом, из системы «растение – почва – удобрение» практически полностью исключается почва. При использовании инертных субстратов и почв легкого гранулометрического состава на состояние ризосферы в основном влияет питательный раствор, а не запасные вещества почвы или субстрата (Шуваев и др., 2001; Pivot et al., 2005; Веремейчик, Герасимович, 2006; Klamkowski, Treder, 2006; Кармазин, Адаменко, 2007). Разработаны эффективные методы комбинированного полива и фертигации в тепличных условиях: фертигация осуществляется через капельную систему одновременно с применением спринклерного орошения (Кожухов, Себин, 2014).

Питательные растворы в гидропонике сбалансированы по ионному составу и по соотношению различных элементов (физиологически уравновешены), суммарная концентрация солей в растворе не должна превышать 2-3 г/л (Гаенко, Лебл, 1971), осмотическое давление раствора в этом случае составляет не более 1-2 атмосфер (Минеева, 1991), pH – 5,5-6,0 (Chow et al., 1992; Papadopulos, 1999; Dong et al., 2018). Во влажный субстрат можно вносить раствор концентрацией до 5 г/л. Опыты по возделыванию земляники садовой в гидропонной технологии позволили выявить, что несбалансированность питательного раствора и высокая концентрация солей приводила к ионному стрессу, снижало продуктивность растений, ускоряло процессы старения (Svensson, 1989; Voca et al., 2006). В некоторых случаях фертигация в теплицах может быть на 200% эффективнее заправки субстрата твердыми туками (Янишевский, Крищенко, 1988; Papadopulos, 1999; Al-Wabel et al., 2006). В то же время при выращивании растений на субстрате, насыщенном органоминеральными удобрениями, возможно снижение концентрации питательного раствора без ущерба для урожайности (Yoshida, Nakai, 2003). Исследования влияния фертигации на черноземные почвы показали, что внесение минеральных удобрений с капельным поливом способствовало повышению в почве содержания водопрочных агрегатов и не способствовало накоплению солей в пахотном и нижележащих горизонтах (Зиганшин и др., 2020).

Применение фертигации в открытом грунте на почвах, обладающих большей поглотительной способностью, чем инертные субстраты, допускает увеличение концентрации вносимого раствора. Исследования показали, что увеличение концентрации, а, следовательно, вязкости питательного раствора снижает продуктивность капельниц, но следует отметить, что в опытах концентрация растворов солей составляла от 10 до 30 г/л, в два и более раза выше максимально применяемой в гидропонике (Дашков и др., 2012).

Для моделирования доз и составов удобрений и их растворов, применяемых при фертигации, необходимо учитывать следующие параметры: вынос элементов питания, физиологическую сбалансированность растворов, потребность растений в питательных элементах в соответствии с фазами их развития, предельно допустимую концентрацию рабочего раствора, химический состав воды, применяемой для орошения, кислотность и химический состав почвы (по данным анализов водной и кислотной вытяжек). Одним из способов расчета дифференцированных доз удобрений при фертигации плодовых насаждений остается балансовый метод (Фоменко и др., 2017, Монастырский и др., 2019). Растения каждого вида и сорта поглощают питательные элементы в различных количествах и соотношениях, что определяется их потребностью в минеральных веществах (Haynes, 1985). Исследования совместного применения органических и минеральных удобрений при возделывании земляники садовой показали целесообразность данного агроприема (Мирошниченко, Комиссарова, 2016).

Для расчёта и балансировки растворов, применяемых при фертигации, используются специальные компьютерные программы. В настоящее время в РФ существуют «Фито Агроном», «Агрохимик», составленные на основании программы «Nutrient solution calculator», разработанной в университете Вагенинген (Нидерланды). В этих программах при расчётах учитываются данные анализов водной вытяжки почвы, состав поливной воды, pH. Необходимо следить за концентрацией удобрений: сочетание в растворе сульфатов и фосфатов с катионами кальция может привести к выпадению в осадок нерастворимых соединений, что приводит к нарушению питания растений, засорению капельниц



и сбоя автоматизированной системы управления (Влчек, Полах, 1985; Петров и др., 1987; Raynal, Framboisier, 1987; Tarchitzky, 2011). Повышенное содержание в поливной воде ионов магния, кальция, гидрокарбонат-ионов может приводить к образованию нерастворимого осадка и засорению капельниц (Papadopulos, 1999, Kafkafi, Tarchitzky, 2011).

Установлено, что на легких по гранулометрическому составу почвах частота поливов должна быть выше. Критический недостаток воды в почве после орошения наблюдался на третий день на песчаных почвах и на седьмой день – на суглинках (Banks et al., 1988).

Опыты внесению удобрений с поливной водой проводились при способах полива, отличных от капельного: при поливе затоплением (Потоцкий и др., 1986), по бороздам (Vason, Thompson, 1984), дождеванием (Сазонов и др., 2019). Глубина перемещения питательных веществ не зависела от количества внесенных удобрений, но зависела от поливной нормы и свойств удобрений: растворимости и особенностей взаимодействия с ППК.

Опыт применения фертигации в открытом грунте на различных сельскохозяйственных культурах показал, что целесообразно проводить полив и вносить удобрения комбинированно (Haynes, Goh, 1987; Кравец, 1994; Манаенкова, Панова, 2001; Martinsson et al., 2006; Бочаров, 2007; Гарьянова и др., 2007; Утков и др., 2009; Галиуллина, 2011; Удовенко, 2012; Овчинников и др., 2015; Бородычев и др., 2016). Обоснованность такого приема зависит от культуры и почвенно-климатических условий, а также от формы удобрений. Вносить раствор удобрений необходимо в заранее увлажненную почву: эффективность удобрений в этом случае выше, чем при внесении в сухую почву, особенно это касается азотных удобрений (Guimera, 1995).

Целесообразность и эффективность капельного полива и фертигации в плодовом саду доказана исследованиями на яблоне (Treder, 1997; Vuban, Lakatos, 2000; Prazak et al., 2009; Бородычев и др., 2012; Фоменко и др., 2012; Кузин и др., 2015а; Кучер, 2015; Магомедова и др., 2018), в том числе в насаждениях с высокой плотностью посадки (Gröninger, 1989; Neilsen et al., 1995, 1998), на груше

(Namestek et al., 2011), на абрикосе и персике (Орел, 1986; Prazak et al., 2005), на ягодных культурах (Hoppula, Salo, 2006; Treder et al., 2007), в том числе на землянике садовой (Bernandoni et al., 1990; Hochmuth et al., 1996; Lamarre, 1996; Treder, 2002; Gonzalbez, Fernandez, 2003; Kirschbaum et al., 2006; Муханин и др., 2009; Шуравилин, Ашраф, 2009; Овчинников и др., 2011; Daugovish et al., 2011; Бородычев и др., 2013).

Исследования показали, что в многолетних насаждениях дозы, вносимых с капельным поливом удобрений целесообразно увеличивать с увеличением возраста растений (Gröninger, 1989; Lamarre et al., 1996; Coelho et al., 2000), а также сочетания фертигации с локальным внутрипочвенным внесением твердых туков и некорневыми подкормками (Фоменко и др., 2011; Кузин и др., 2015б).

Исследования влияния фертигации на рост и развитие растений голубики высокорослой (Treder et al., 2007) в Польше, в почве и на субстрате, показали, что рост побегов и средняя масса ягоды в вариантах с фертигацией существенно увеличиваются, даже при снижении дозы вносимого азота. Применение в плодоносящих насаждениях малины ремонтантной капельного орошения и фертигации в Белоруссии позволило увеличить урожайность до 10 т/га за вегетационный период, увеличив её уровень по сравнению с контролем в 2-3 раза (Волчек, Санелина, 2016).

Таким образом, фертигация позволяет внести необходимое для растения количество минеральных удобрений дробно в течение вегетационного периода. Современные минеральные удобрения достаточно хорошо растворимы в воде, чтобы применять их в системе капельного полива.

Концентрация раствора для фертигации на почвах в условиях открытого грунта может быть выше, чем при гидропонных технологиях защищенного грунта и применении инертных субстратов. Многочисленные результаты исследований капельного полива и фертигации в плодовых и ягодных насаждениях свидетельствуют о целесообразности применения данного элемента интенсивной технологии при выращивании растений в открытом грунте.

#### 1.4.1 Влияние капельного полива и удобрения на плодородие почвы

Исследования влияния капельного орошения на почвы доказали, в одном случае, отсутствие существенных изменений гранулометрического состава (Воеводина, 2011), в другом случае – снижение гумуса в пахотном горизонте и негативное влияние полива на физические свойства, что не является противопоказанием к применению капельного орошения (Кузин и др., 2017). При орошении чернозема обыкновенного рН и уровень карбонатов в почве увеличивались (Brayek et al., 2016).

Опыты с капельным орошением персика на черноземе южном тяжелосуглинистого гранулометрического состава в Крыму (Орел, 1986) показали, что в течение шести лет орошения (минерализация поливной воды 2 г/л) произошло изменение состава водной вытяжки почвы. В результате анализа выявлено увеличение суммы солей в контуре увлажнения в среднем на 50% (с 1 мг-экв/100 г почвы до 1,6 мг-экв/100 г почвы), увеличение содержания ионов в 1,5-4,0 раза по сравнению с неорошаемой почвой. Несмотря на это, урожайность персика достигала 30 т/га и не снижалась под влиянием засоления. По некоторым данным, на песчаной почве нитрат-ионы и хлорид-ионы распространяются с фронтом увлажнения и не взаимодействуют с почвой (Goldberg, Shmueli, 1970).

В исследованиях разных лет сульфат аммония и аммиачная селитра способствовали снижению рН, а калийная, натриевая селитры повышали рН (Nielsen et al., 1995; Hoppula, Salo, 2006; Караман, Ткач, 2009). Исследования влияния фертигации на почву (Nestby, 1998; Ківер, Онопрієнко, 2012) показали, что вносимые аммиачная селитра и полифосфат аммония снижали рН почвы в зоне вокруг капельницы. Снижение рН способствует повышению количества и подвижности ионов магния в почвенном растворе. При фертигации аммиачной селитрой низкой концентрации и в присутствии ионов кальция и магния значительного подкисления почвы не наблюдалось (Treder, 2005). На почвах меньшей буферности изменение рН почвы сильнее, есть данные о существенной корреляции между рН почвы и содержанием кальция (Treder, 2005;

McKeown et al., 2010; Фоменко и др., 2012). Низкий уровень рН почвы способствовал замедлению нитрификации, повышению количества доступного алюминия, токсичного для растений (Haman et al., 1986). По данным исследований, на почвах, загрязненных тяжелыми металлами, фертигация и капельный полив способствовали в некоторой степени росту биодоступности тяжелых металлов и повышению их содержания в продукции (Battilani, 2008).

Исследования по изменению состава почвы в насаждениях яблони с фертигацией и надпочвенным капельным поливом проводили в Канаде. После трех лет фертигации вокруг капельниц наблюдалось снижение рН почвы и вымывание оснований в периферийную зону увлажнения. Вследствие применения азотных и фосфорных удобрений снизилось количество кальция и магния (особенно магния) в почве и растениях, при этом перешли в доступную форму ранее недоступные соединения железа, марганца, меди (Nielsen et al., 1995).

Продолжительное надземное капельное орошение минерализованной водой черноземных почв на территории Краснодарского края при фертигации яблони способствовало накоплению в зоне увлажнения водорастворимых солей и вымыванию ионов кальция. В зоне локального увлажнения почвы распределение солей происходило неравномерно, наблюдалось подщелачивание почвы непосредственно под капельницей (Фоменко и др., 2013).

Из всего вышеперечисленного следует отметить, что влияние фертигации на ППК и состояние почвенного плодородия амбивалентно, в связи с чем важно регулярно проводить мониторинг состояния почвы многолетних насаждений, не допуская существенного изменения кислотности почвы и, как следствие, повышения содержания химических соединений, токсичных для растений и микрофлоры, а также тщательно контролировать состав вносимого в почву раствора удобрений и поливной воды.

#### 1.4.2 Влияние капельного полива и фертигации на содержание и динамику основных элементов минерального питания в почве и в растениях

Элементы минерального питания передвигаются в почве и проникают в клетки растений посредством массопереноса и диффузии. Процессы влаго- и солепереноса в почвах и различных субстратах могут быть смоделированы с помощью компьютерных технологий, что способствует повышению эффективности технологии орошения и фертигации (Мелихова, 2017; Brunetti et al., 2018; Dong et al., 2018). Массоперенос зависит от скорости транспирации и концентрации питательных веществ в растворе. Поглощательная способность растений связана с ботаническими особенностями вида, стадией онтогенеза и воздействием внешних экологических факторов (Уоллес, 1966; Барраклау, 1990; Кравец, 1994).

Нитрат-ионы подвижны в почве, при фертигации имеют свойство накапливаться в периферийной зоне увлажнения, в пространстве между капельницами, и вымываться в нижележащие горизонты, при этом увеличение расхода воды в единицу времени способствует горизонтальному распространению фронта увлажнения и удобрения и снижению скорости просачивания в глубину (Haynes, 1985; Kafkafi, Tarchitzky, 2011). Нитратный азот при внесении в почву с поливной водой эффективнее используется растением в случае, если влажность почвы перед фертигацией была на достаточном для растений уровне, также в этом случае снижаются потери азота с вымыванием (Guimera, 1995).

При ленточном внесении азота на глубину около 10 см очаг сохраняется 3-4 недели, интенсивно поглощается корнями при достаточной влажности почвы (Турчин, 1972; Колесникова, 1997; Souza, Folegatti, 2009) затем, в зависимости от водного режима, мигрирует в горизонтальной или в вертикальной плоскости. При высокой степени поглощения корнями нитратов степень их потери за счет вымывания снижается (Макаров, 2005; Власова, Хапова, 2012). И миграция, и поглощение элемента в большой степени зависят от влажности почвы. Нитрат-

ион малодоступен при низкой влажности и слабом развитии корневой системы растений, при достаточной влажности вблизи очага внесения резко повышается микробиологическая активность (Hochmuth et al., 1996; Kafkafi, Tarchitzky, 2011). При увеличении межполивных периодов наблюдается поднятие нитратов с грунтовыми водами в верхние слои почвы. Вместе с нитрификацией, которая усиливается при повышении влажности почвы, в пахотном горизонте увеличивается содержание нитратов (Руднева, Абаева, 1988).

При внесении нитратного азота в составе раствора для фертигации сверх необходимого количества интенсивность его поглощения растениями снижается, увеличиваются потери за счет выщелачивания (Souza, Folegatti, 2009; Bottoms et al., 2014). Нитратный азот, таким образом, оптимально вносить в течение вегетационного периода с капельным орошением, не допуская значительного избытка нитрат-ионов в растворе и поддерживая влажность почвы на необходимом уровне для оптимального режима поглощения растениями.

Аммонийный азот обладает крайне слабой подвижностью в почве (Возбуцкая, 1968; Руднева, Абаева, 1988; Kafkafi, Tarchitzky, 2011; Власова, Хапова, 2012). Равномерное сплошное внесение удобрений в большой степени способствует иммобилизации иона аммония. При локальном внесении наблюдалась вертикальная миграция иона по профилю почвы, горизонтальная – в меньшей степени. При низкой влажности почвы аммонийный азот переходит в недоступную форму (Турчин, 1972).

Ионы аммония при фертигации адсорбируются ППК и концентрируются вокруг капельницы. Если их концентрация становится выше емкости катионного обмена почвы, они начинают распространяться с поливной водой по зоне увлажнения. Их распределение зависит от емкости катионного обмена почвы и количества внесенных ионов. Если почва перенасыщена влагой, то нитрификации аммония под капельницей не происходит из-за нехватки кислорода, данный процесс смещается к периферии зоны увлажнения. Температура почвы выше 40°C также подавляет процесс нитрификации и способствует накоплению аммонийного азота (Thompson et al., 2000; Кирпо и др., 2006; Tarkalson, Payero,

2008), а потери в виде улетучивания аммиака при фертигации снижены. Таким образом, аммонийный азот при избыточном увлажнении может накапливаться в почве, а некоторые растения чувствительны к аммонии (Haynes, 1985; Kafkafi, Tarchitzky, 2011; Фоменко и др., 2015).

Азот мочевины почти не закрепляется в почвенных коллоидах и более равномерно распределяется в почве, чем аммонийный азот. Амидный ион гидролизуется до иона аммония с помощью уреазы, при этом повышается рН почвы, далее либо накапливается в почве, либо нитрифицируется. В итоге основная часть вносимых удобрений азота преобразуется в нитратную форму (Haynes, 1985; Kafkafi, Tarchitzky, 2011).

Поглощение растениями нитратного и аммонийного азота зависит от реакции среды, концентрации растворов солей в почве и от сопутствующих катионов, от вида и возраста растений, степени их поврежденности болезнями (Лебедева, 1987; Vuban, Lakatos, 2000; Гончарова и др., 2010; Завалин, Соколов, 2019). Оптимум для поглощения нитратов – рН=5,5, для аммонийного азота – рН=7,0. В настоящее время ведутся исследования генома растений рода земляники с целью локализации генов и определения генетических элементов, имеющих непосредственное или опосредованное отношение, прежде всего, к азотному питанию растений (Taghavi, Folta, 2014).

Фосфор в почве присутствует в твердой фазе, недоступной растениям, и в подвижном состоянии, в растворе. При снижении концентрации фосфора в почвенном растворе может наблюдаться переход недоступных для растений форм фосфора в доступные (подвижные) формы (Черноситова, 2010).

Фосфаты медленно мигрируют по профилю почвы во всех направлениях, плохо растворимы, их следует вносить непосредственно в зону активных корней (Kafkafi, Tarchitzky, 2011). В связи с тем, что содержание подвижного фосфора в зоне активных корней растений оказывалось выше, чем в междурядьях, можно предположить, что корневые выделения растений повышают растворимость фосфатов (Возбуцкая, 1968; Руднева, Абаева, 1988; Макаров, 2005). С другой стороны, исследования содержания фосфора в почве при капельном поливе и

фертигации на выщелоченном черноземе (Кузин, Трунов, 2015) показали, что содержание доступного фосфора в междурядьях выше, чем в рядах, что свидетельствует о горизонтальной миграции фосфатов в почве.

При фертигации степень миграции фосфора в почве от капельницы в большой степени зависит от количества его в питательном растворе и от поглотительной способности почвы, возможны вертикальные и горизонтальные перемещения фосфатов в суглинистых почвах (Haynes, 1985; Rauschkolb et al., 1990). Обычно фосфор концентрируется в зоне вокруг капельницы, не распространяясь дальше. По некоторым данным, фосфор из монофосфата калия в почве переходит в недоступную форму в большей степени, чем из других удобрений (Zawartka, Skwierawska, 2005). На зафосфаченных почвах фосфор из раствора в почву почти не переходит (Parchomchuk et al., 1993).

Поглощение фосфат-ионов почвой происходит по типу первичной адсорбции. Поглощение увеличивается с увеличением влажности почвы до 60-80% НВ, а также зависит от возделываемой культуры, интенсивности и состава корневых выделений растений (Кирпо и др., 2006). Исследования динамики содержания доступных форм фосфора в черноземах обыкновенных при фертигации насаждений яблони показали, что при регулярном внесении фосфорных минеральных удобрений в почве под капельницами отмечена тенденция к снижению содержания доступных форм фосфора (Фоменко и др., 2019).

Ион калия в почве сравнительно подвижен, но, в отличие от нитратного азота, быстрее адсорбируется почвенными коллоидами, переходя в нерастворимые формы (Возбуцкая, 1968; Макаров, 2005). При снижении концентрации калия в почвенном растворе повышается скорость освобождения фиксированного калия (Карымова, Сатункин, 2014). Исследователи наблюдали интенсивное боковое и нисходящее перемещение ионов калия. Распределение калия в зоне увлажнения, по некоторым данным, более равномерно, чем фосфора и нитратов (Haynes, 1985).



Увеличение концентрации подвижных форм калия на черноземе обыкновенном наблюдалось непосредственно в месте падения капли (при надпочвенной фертигации), при этом на участках с высокой обеспеченностью почвы калием увеличение было менее выражено (Фоменко и др., 2015). Исследования удобрения яблоневых садов на песчаных почвах в Канаде (Neilsen D., Neilsen G.H., 1999) показали, что корневая система растений поглощает калий из растворов даже при очень низких его концентрациях, но, по данным некоторых исследований, в растении существует верхний лимит калия, больше которого оно не способно накопить (Барраклау, 1990).

Большая часть катионов кальция и магния мигрирует к периферии зоны орошения и фертигации (Parchomchuk et al., 1993). По другим данным (Treder et al., 2005), катионы кальция и магния локализуются непосредственно вокруг капельницы. Не выявлено увеличение содержания доступных форм магния с увеличением влажности почвы (Zawartka, Skwierawska, 2005). Микроэлементы имеет смысл вносить с фертигацией в виде хелатов или сульфатов. Они частично мобилизуются почвой, частично вытесняются из хелатов другими ионами, непосредственно вблизи капельницы не концентрируются (Haynes, 1985; Власова, Хапова, 2012).

В сорбционном комплексе любой почвы есть свои оптимумы поглощения катионов, отклонения от них приводят к нарушениям в питании растений. Увеличение емкости обменных катионов происходит с внесением органических удобрений и ростом содержания гумуса (Горбылева и др., 1988). При возделывании сельскохозяйственных культур в открытом грунте на почвах, имеющих тяжелый гранулометрический состав и достаточно высокую поглотительную способность, элементы питательного раствора взаимодействуют вначале с почвой, и только затем усваиваются растениями. Песчаные почвы часто ведут себя при фертигации как инертные субстраты: слабо взаимодействуют с вносимыми удобрениями (Papadopoulos, 1999; Carrijo, Hochmuth, 2000; Веремейчик, Герасимович, 2006), кроме того, на песчаных почвах почти не наблюдается боковое движение влаги, особенно при мульчировании. При

внесении удобрений в запас до капельного полива эффективнее вносить их локально рядом с капельницами или вдоль капельных лент (Haynes, 1985).

Ионы, взаимодействующие с почвой, движутся медленнее, находятся ближе к капельнице в зоне увлажнения, постепенно с насыщением ими ППК они начинают проникать в более глубокие слои почвы, в меньшей степени происходит распространение в стороны. Ионы аммония и калия, калия и магния являются конкурентами при взаимодействии с ППК (Трушечкин и др., 1971; Klein, Spieler, 1987; Parchomchuk, 1993). По одним данным, увеличение доз азотных удобрений способствует повышению содержания калия в листьях растений (Бородычев и др., 2006), но по другим данным – нитратный и аммонийный азот снижают усвоение калия (Янишевский, Крищенко, 1988; Goins et al., 2004).

Таким образом, основные элементы минерального питания растений при внесении в почву взаимодействуют не только с растениями, как при выращивании на инертных субстратах, но и с ППК, с микрофлорой почвы, этим взаимодействием пренебрегать не удастся. Растворенные в воде элементы, вносимые в почву через систему капельного полива, распределяются в контуре увлажнения на разном расстоянии от капельницы, и с разной интенсивностью поглощаются как почвой, так и растениями. Емкость поглощения суглинистых почв выше, чем песчаных, это необходимо учитывать при выборе условий фертигации.

### 1.5 Фертигация земляники садовой в промышленных технологиях возделывания с капельным орошением

Капельный полив и фертигация при возделывании земляники садовой применяются как в открытом, так и в защищенном грунте. В защищенном грунте земляника садовая возделывается в Норвегии (Nestby, 1988), Японии (Lovelidge, 1989; Yoshida, Nakai, 2003), Германии (Quast, 1996), в Австралии (Chow et al., 1992), Франции (Raynal, Framboisier, 1987), Хорватии

(Voca et al., 2006), США (Paparozzi, 2018), Польше (Henzel, Kowalczyk, 1997; Klamkowski et al., 2006; Wysocki et al., 2018), Иране (Yavari et al., 2008), Турции (Adak et al., 2018), России (Горб, 1988; Хапова, 2007; Шундеев, 2008; Александрова, 2011).

Выращивание оздоровленных растений земляники садовой в теплице на искусственном субстрате с применением капельного полива и фертигации по современной интенсивной технологии позволяет получать высокие урожаи, сравнимые с урожаями открытого грунта: в Норвегии урожайность достигала 190-240 ц/га (Nestby, 1988). В Польше, Иране и Хорватии доказаны существенность влияния вида субстрата на продуктивность растений земляники садовой, а также эффект взаимодействия факторов орошения и вида субстрата (Voca et al., 2006; Yavari et al., 2008; Wysocki et al., 2018). На разных субстратах рост урожайности происходил за счет таких показателей, как: увеличение средней массы ягоды, увеличение числа завязей, снижение процента заболеваемости. Установлено, что в первую половину вегетационного периода сила роста растений зависит от количества азотных удобрений, а способы внесения и формы несущественны (Treder, 2002; Yavari et al., 2008). Исследования возделывания земляники садовой в технологии гидропоники (Чесноков и др., 1960; Горб, 1988) подтверждают, что приоритетом при составлении рабочего раствора является соотношение в нем питательных элементов и их концентрация.

Исследования питания земляники садовой при возделывании с применением гидропоники в Австралии (Chow et al., 1992) показали, что потребление нитратного азота равномерно увеличивалось и сильно возросло (в 3 раза) на 50-й день. Растения потребляли фосфор равномерно в течение вегетации, потребление калия было максимальным на пятый день после посадки, затем снижалось, и на пятнадцатый снова возрастало. В случае применения питательного раствора для гидропоники на почве было отмечено снижение потребления растениями земляники садовой элементов из раствора (Yoo et al., 2014).

В Польше в 90-е гг. проводились исследования возделывания земляники садовой на песчаных почвах. Урожайность и средняя масса ягоды выросли на орошаемых участках по сравнению с неорошаемыми. Существенных различий в урожайности при дождевании и капельном орошении не наблюдалось (опыты проводили в зоне с низкими осадками). Но в итоге урожай на капельном орошении был выше из-за меньшего процента пораженных гнилью ягод. Было отмечено снижение содержания витамина С в ягодах земляники при поливе дождеванием (Rolbiecki, Rzekanowski, 1997).

При использовании рассады «фриго» интенсивных сортов (Эльсанта, Сельва) с применением четырехстрочной посадки и задернения междурядий удалось получить урожай земляники садовой в первый год 12 т/га (Maziarka, 2000). По другим данным, применение капельного полива и фертигации на землянике садовой сорта Эльсанта позволило повысить урожай на 22 % (до 28 т/га) (Koszański et al., 2005).

Исследования фертигации земляники садовой проводились на интенсивном неремонтантном сорте Эльсанта в Германии (Martinsson et al., 2006), с целью установить эффективность способа удобрения и оптимальный источник азота. Фосфор, калий и магний были внесены в запас (32 кг/га д.в.  $P_2O_5$ , 95 кг/га д.в.  $K_2O$ , 30 кг/га д.в.  $MgO$ ), фертигацию проводили нитратом кальция, нитратом калия и нитратом аммония (из расчета 60 и 100 кг/га д.в. N). Применяли двухрядную посадку и мульчирование гряд пленкой. Контрольный вариант – внесение удобрений в запас, полив дождеванием. В вариантах с фертигацией наблюдалось усиление роста корней растений земляники садовой. Нитрат кальция и нитрат калия, по сравнению с нитратом аммония, при фертигации вызывали прибавку урожая и улучшение качества ягод (Martinsson et al., 2006). Исследования по уменьшению расхода удобрений, рекомендованных для земляники на почве, показали, что снизить дозу удобрений без потери урожая возможно примерно на  $\frac{1}{4}$  (Kachwaya, Chandel, 2015).

Согласно рекомендациям по удобрению земляники садовой в Нидерландах (Gröninger, 1988) оптимальные дозы минеральных удобрений на песчаных почвах составили N200P75K200 кг д.в./га. Фосфорные и калийные удобрения вносили под основную обработку. При внесении азота с капельным орошением стало возможным снизить дозу азотных удобрений более чем в 2 раза без потерь урожая.

В Норвегии проводили исследования влияния фертигации азотными удобрениями на урожайность и качество ягод земляники садовой на различных почвах. Эффект от внесения удобрений обнаружился на первый год на бедных супесчаных почвах и на второй год на суглинистых окультуренных. Урожай на супесчаных почвах увеличивался за счет большего количества мелких ягод. Земляника садовая показала сортовую реакцию на фертигацию: сорт Корона прибавил урожай на 30%, Баунти – на 15% (Nestby, 1998; Rohloff et al., 2002).

В Великобритании в 90-е гг. исследовали влияние азотных удобрений на рост и урожайность ремонтантных сортов земляники садовой: Калипсо, Танго, Эвита (Burgess, 1997), на пылеватых суглинках, с мульчированием насаждений полиэтиленовой пленкой. Удобрения вносили с фертигацией и в запас. Исследования показали необходимость различных рекомендаций по удобрению сортов короткого дня и ремонтантных сортов земляники садовой, а также наличие сортовой реакции растений земляники садовой на различные удобрения. Установили, что оптимальная доза азота за сезон составляет 40 кг/га действующего вещества (Burgess, 1997).

В насаждениях земляники садовой в Испании (Валенсия) в открытом грунте применяли комбинированный способ внесения минеральных удобрений: суперфосфат и сульфат калия вносили при посадке, азот с фертигацией в течение вегетационного периода (преимущественно в первую половину). Низкая обеспеченность азотом и щелочная реакция почвы обуславливала необходимость высокой дозы минеральных удобрений. Опыты проводили на сортах земляники садовой Дуглас и Чандлер, оба сорта показали более высокую продуктивность при капельном орошении и дозе азота 300 кг д.в./га, P80 K120 кг д.в./га

(Pomares et al., 1994). Опыты по фертигации земляники садовой проводили в Италии на супесчаных почвах, в результате установили, что оптимально вносить азотные удобрения с фертигацией в течение вегетационного периода: 50% – до цветения, 10% – после плодоношения, 40% – во время дифференциации цветковых почек (Bernandoni et al., 1990).

Одними из первых исследования эффективности фертигации земляники садовой проводили в Израиле, на песчаных почвах (Ganmore-Neumann, Kafkafi, 1985) изучали взаимодействие различных форм азота. Максимальная биомасса растений была достигнута при температуре почвы в зоне активных корней 26°C и соотношении нитратного и аммонийного азота в фертигационном растворе 1:1. В США исследования фертигации земляники садовой проводились во Флориде, Калифорнии (Locascio, Martin, 1985; Naman et al., 1986; Daugovish et al., 2011; Bottoms et al., 2014). В опытах в течение двух лет исследовали различные формы азотных удобрений, способы и сроки внесения. Установили, что содержание азота в листьях растений земляники садовой выше при дробном внесении аммиачной селитры, чем при однократном перед посадкой (Locascio, Martin, 1985). При определенной дозе азота урожай земляники садовой достигает максимального значения и более уже не увеличивается, при этом наблюдается ухудшение качества ягод. Так, с капельным поливом вносили азот в дозах от 50 до 250 кг д.в./га за сезон. Результаты показали, что более 100 кг д.в./га вносить неэффективно (Hochmuth et al., 1996).

При сравнении нитрата калия и хлорида калия в качестве источника калия при фертигации земляники садовой подтвердилась низкая эффективность последнего наряду с повышенной опасностью засоления почвы (Gonzalbes, Fernandez, 2003). По данным калифорнийских исследователей, при капельном орошении земляники садовой на тяжелых суглинках удавалось снизить расход воды на 75% без потери урожая (Daugovish et al., 2011), при этом снижалась заболеваемость растений и засоренность насаждений сорняками. Насыщенность поливной воды солями магния и кальция благоприятно сказалось на росте растений и почвенном режиме.

В отдельных исследованиях увеличение содержания в питательном растворе азота способствовало росту продуктивности растений земляники садовой за счет увеличения количества ягод, при этом средняя масса ягоды не изменялась (Iatrou, Papadopoulos, 2016). Исследования режимов фертигации земляники садовой в Волгоградской области (Бородычев и др., 2013) доказали, что для увеличения средней массы ягоды эффективно дробное внесение раствора минеральных удобрений.

В РФ капельное орошение и фертигация земляники садовой в открытом грунте распространены в основном на юге (Волгоградская, Астраханская области, Краснодарский край), в Центрально-Черноземном районе (Козлова, 2009), в меньшей степени – в Московской и Ленинградской областях. В южных регионах РФ при составлении схемы питания растений можно в некоторой степени ориентироваться на зарубежные разработки Израиля, Италии, Франции. В Ленинградской области ранее некоторое время применяли финскую технологию фертигации насаждений земляники садовой с внесением аммиачной селитры (Наделюев, 2001).

По данным опытов в Волгоградской области на землянике садовой сорта Мармалада установили, что наилучшим вариантом внесения удобрений является фертигация в сочетании с капельным поливом (внесение удобрений раз в 5 дней). Установлено, что потребность растений земляники садовой в калии повышается в период созревания и при подготовке к зиме (Болкунов, Курапина, 2014; Бородычев и др., 2016).

При возделывании земляники садовой в открытом грунте на почве наряду с режимом капельного полива и фертигации необходимо учитывать влияние почвенно-климатических условий на продуктивность растений и урожай. В основе разработки эффективных технологий возделывания земляники садовой лежит принцип максимальной продуктивности и стабилизации урожаев по годам (Манаенкова, Панова, 2001; Козлова, 2009).

## 1.6 Применение мульчирования почвы в интенсивных технологиях возделывания земляники садовой

В интенсивных технологиях возделывания земляники садовой урожай ягод 20-25 т/га и более достигается за счёт применения уплотнённых схем посадки: двух-, четырёхстрочных. Выращивание растений в таких насаждениях невозможно без использования мульчирования, обеспечивающего защиту их от сорной растительности. Применение мульчирующих пленок должно сочетаться с наличием хорошо удобренной почвы и системой орошения, что благоприятствует хорошему развитию корневой системы растений (Haynes, Goh, 1987; Hochmuth et al., 1996; Матала, 2003; Копылов, 2007).

Для мульчирования гряд используют черную пленку (Phillips, 1987; Hochmuth et al., 1996; Lamarre et al., 1996; Колесникова, 1997; Burgess, 1997; Nestby, 1998; Karp, Starast, 2002; Матала, 2003; Kirschbaum et al., 2006; Martinsson et al., 2006; Копылов, 2007; Antal et al., 2009; Daugovish et al., 2011; Бородычев и др., 2013, 2016; Козлова, 2016), реже коричневую (Логинова, 2003; Козлова, 2016), есть данные по эффективности белой пленки (Maziarka, 2000). Внесение удобрений в мульчированные гряды возможно перед их формированием в запас на весь период эксплуатации насаждений. Но внесение большого количества удобрений одновременно в запас может снижать урожайность земляники садовой, особенно в первый год плодоношения, а использование только некорневых подкормок приводит к нарушению сбалансированного питания растений. Опыты на землянике садовой с внесением расчетной дозы азотных удобрений одновременно в запас (Деревянчук, 1977) показали, что такое внесение не обеспечивает растения земляники садовой азотом на три года вперед, а напротив, способствует снижению урожайности по сравнению с контролем, и потому нецелесообразно. Таким образом, можно предположить, что фертигация – единственный способ внесения удобрений в почву в насаждениях земляники садовой при мульчировании гряд полимерными материалами (Nielsen et al., 1995; Колесникова, 1997; Бородычев и др., 2006;



Martinsson et al., 2006; Гарьянова и др., 2007; Ахмедов и др., 2008; Муханин и др., 2009; Бородычев, Мартынова, 2010; Помякшева, Коновалов, 2012; Taraskovik et al., 2011).

Опыты с мульчированием почвы в насаждениях земляники садовой показали (Горб, 1988), что на поверхности гряды после дождя не образуется почвенной корки, значительно снижается засоренность насаждений. При этом увеличение плотности почвы под мульчирующими материалами (пленка, нетканые материалы) не наблюдается, хотя, по некоторым данным, такая вероятность существует, особенно на тяжелых по гранулометрическому составу почвах (Lovelidge, 1989; Ryan, 1990). Черный мульчирующий материал способствовал увеличению зеленой массы растений земляники садовой и снижал засоренность посадок на 60-80% (Горбачева, Стольников, 2005). Сходные опыты проводились в 60-е годы на базе ВСТИСП: мульчирование насаждений земляники садовой темной пленкой показало, что при достаточной освещенности под пленкой устанавливаются благоприятные влажность и температура. Эффективность мульчирования проявилась тогда на фоне нескольких засушливых лет (Трушечкин, Шахова, 1972). Наблюдали, что мульчирование на 5-7 дней продлевает срок плодоношения земляники садовой (Логинова, 2003). Одновременно при высокой температуре и ясной погоде возможно перегревание почвы и угнетение корней, при переувлажнении почвы возникает опасность поднятия капиллярной каймы и анаэробноз корней (Матала, 2003).

Мульчирование почвы при выращивании земляники садовой с капельным поливом и фертигацией применялись в промышленных насаждениях в Японии и в Великобритании (Lovelidge, 1986, 1989). Опыты по выращиванию земляники садовой в США (штат Нью-Йорк), проведенные на суглинистой почве с мульчированием различными материалами и внесением удобрений в запас (Pritts, Eames-Sheavly, 1988), определили, что солома благоприятнее действует на растения, чем полимерный материал, способствует снижению температуры почвы. Ни один из мульчирующих материалов (солома, пленка, латекс) не подавлял полностью рост сорной растительности.

Мульчирование является одним из элементов интенсивной технологии возделывания сельскохозяйственных культур, оно требует затрат, поэтому нецелесообразно без внесения минеральных удобрений и капельного полива (Mullins et al., 1992).

### 1.7. Заключение по литобзору

В Нечерноземной зоне РФ земляника садовая является одной из важнейших ягодных культур. Земляника садовая достаточно требовательна к водному и питательному режимам почвы. С помощью капельного полива и фертигации возможно обеспечить растения водой и элементами минерального питания в течение вегетационного периода. Мульчирование растений черной пленкой в условиях Московской области способствует прогреву почвы и более раннему началу фазы отрастания листьев в весенний период.

На отечественном рынке присутствует ряд организаций, оказывающих услуги не только по поставке капельного оборудования, но и по расчёту состава питательных растворов, корректировке систем удобрения на основе специальных компьютерных программ. Эффективность, ресурсо- и энергозатратность, экономическая целесообразность, а в особенности, принципы, на которых построены данные системы удобрения, подробно не изучены. В большей степени они апробированы за рубежом на почвах легкого гранулометрического состава, также применяются на юге РФ на черноземных почвах и не всегда оптимальны для Нечернозёмной зоны.

За рубежом разработаны технологии с использованием капельного полива и фертигации, позволяющие повысить урожайность сельскохозяйственных культур в несколько раз, однако строго повторять их в условиях Нечерноземной зоны РФ без соответствующих корректировок нецелесообразно. Не изучены и процессы, происходящие при таком способе внесения удобрений в дерново-подзолистую

почву: аккумуляции, трансформации, локализации питательных элементов, их выноса растениями.

В научной литературе и патентных базах данных результаты исследований капельного полива и фертигации земляники садовой в основном представлены опытами по выращиванию растений в защищенном грунте на искусственных субстратах. Применяемые при этом растворы для удобрения по составу физиологически сбалансированы, но их применение обоснованно в условиях гидропоники, а не в открытом грунте при выращивании на почвах.

При фертигации растений в открытом грунте на почвах вносится питательный раствор, за основу которого берётся гидропонная смесь. Но если при гидропонном типе выращивания влияние субстрата на растение и на питательный раствор практически отсутствует, то при выращивании растений в почве пренебрегать ее взаимодействием с растением и с компонентами питательного раствора нельзя.

Таким образом, научно обоснованных рекомендаций по удобрению с фертигацией земляники садовой на дерново-подзолистых почвах в настоящее время не разработано. Поскольку земляника садовая относится к одной из важнейших ягодных культур Нечерноземья, существует необходимость в разработке интенсивных технологий возделывания данной культуры с применением капельного полива и фертигации. В связи с вышеизложенным данная работа отличается новизной и актуальностью, имеет важное практическое значение.

## ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1 Объекты исследований

Объектами исследований являются растения земляники садовой (*Fragaria x ananassa* Duch.) сортов Хоней, Русич, Троицкая, Дукат; дерново-подзолистые среднесуглинистые окультуренные почвы на покровных суглинках Московской области (Ленинский р-н, поселок Измайлово), макроэлементы N, P, K.

Сорт Хоней (Honey) среднеранний, происхождение США, в Госреестре с 2013 года, районирован по Центральному региону РФ. Сорт универсального назначения, зимостойкость высокая.

Сорт Русич среднепоздний, происхождение РФ, ФГБНУ ВСТИСП (Кокинский опорный пункт), в Госреестре с 2002 года, районирован по Центральному региону РФ. Сорт универсального назначения, зимостойкость средняя.

Сорт Троицкая позднего срока созревания, происхождение РФ, ФГБНУ ВСТИСП, в Госреестре с 2006 года, районирован по Центральному региону РФ. Сорт универсального назначения, зимостойкость высокая.

Сорт Дукат (Dukat) среднего срока созревания, происхождение Польша, в Госреестре с 2001 года, районирован по Центральному региону РФ. Сор универсального назначения, зимостойкость средняя.

Дерново-среднеподзолистые почвы отличаются величиной мощности гумусового горизонта – до 15 см, рН 4,5-5,5, мощностью подзолистого горизонта около 10 см (Агрометеорологический справочник по Московской области, 1967). Система оценки бонитировки почв Н.А. Качинского (Вадюнина, Корчагина, 1986), учитывающая гранулометрический состав, плодородие почвы и урожай основных культур, дерново-подзолистую среднесуглинистую окультуренную почву оценивает в десять баллов.

Дерново-подзолистая почва Ленинского района относится к стволу постлитогенные, отделу текстурно-дифференцированные, типу агродерново-подзолистые типичные среднесуглинистые (Классификация почв России, 2000). Реакция почв слабокислая, степень насыщенности основаниями ППК колеблется от 30 до 90%. Содержание гумуса в агрогенно-преобразованном слое составляет 1,5 – 3,0%, отношение содержания гуминовых и фульвокислот в почве может достигать 0,8 – 0,9.

## 2.2 Предмет исследований

Предметом исследований являлись рост, развитие, продуктивность растений земляники садовой на дерново-подзолистой почве среднесуглинистого гранулометрического состава с применением капельного полива и способов внесения удобрений (фертигации, внесения в запас) в насаждениях с однострочной и четырехстрочной схемами посадки растений.

## 2.3 Место проведения исследований

Исследования проводились:

1) на территории научно-производственного подразделения ФГБНУ ФНЦ Садоводства (поля №№ 360, 610) в насаждениях земляники садовой (поселок Измайлово Ленинского района Московской области) – учеты продуктивности растений и компонентов продуктивности, отбор образцов почвы и растений для анализов;

2) в отделе агрохимии и почвоведения ФГБНУ ФНЦ Садоводства (Москва) – пробоподготовка и проведение лабораторных исследований состава почвы и растительных образцов.

Результаты почвенно-агрохимического обследования участка насаждений для проведения опытов 1 и 2 (научно-производственный центр института, поле № 360) с земляникой садовой представлены в таблице 2. Степень обеспеченности азотом – средняя, фосфором – высокая, калием – повышенная (в слое 0-20 см).

Результаты почвенно-агрохимического обследования участка под закладку опыта 3 (научно-производственный центр института, поле № 610) представлены в таблице 3. Степень обеспеченности азотом – повышенная, фосфором – высокая, калием – повышенная.

Таблица 2 – Агрохимические свойства почв. Участок под посадку земляники садовой (опыты 1, 2, поле № 360), Измайлово, 2008 г.

Точка обследования, №	Глубина, см	pH <sub>KCl</sub>	N <sub>щелочногидролизуемый</sub> , мг/кг почвы	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг почвы	K <sub>2</sub> O, мг/кг почвы
1	0-20	5,6	70,0	250	185
	20-40	5,5	63,0	150	115
2	0-20	5,5	70,0	210	200
	20-40	5,0	56,0	125	105
3	0-20	5,5	61,0	195	185
	20-40	5,3	56,0	195	100
4	0-20	5,6	61,0	250	215
	20-40	4,8	56,0	210	185
5	0-20	5,8	70,0	280	244
	20-40	5,8	56,0	225	200
В среднем по участку	0-20	5,7	66,4±4,9	237±34,2	205±24,7
	20-40	4,2	57,4±4,9	181±53	141±47

Таблица 3 – Агрохимические свойства почв. Участок под посадку земляники садовой (опыт 3, поле № 610), 2014 г.

Точка обследования, №	Глубина, см	pH <sub>KCl</sub>	N <sub>щелочногидролизуемый</sub> , мг/кг почвы	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг почвы	K <sub>2</sub> O, мг/кг почвы
1	0-20	5,8	100,0	260	280
	20-40	5,6	83,0	190	175
2	0-20	6,0	96,0	290	260
	20-40	5,6	59,0	185	180
3	0-20	5,7	97,0	275	265
	20-40	5,4	78,0	250	140
В среднем по участку	0-20	5,8	98±2,1	275±10,6	268±10,4
	20-40	5,5	73±3,5	208±42,4	165±24,7

## 2.4 Почвенно-климатические условия проведения опытов

Климат центральной части Московской области характеризуется теплым летом, умеренно-холодной зимой с устойчивым (в последние годы все меньше) снежным покровом и хорошо выраженными переходными периодами. Среднемесячная температура воздуха в июле 18,5°C, в январе – 10°C. Теплый период (среднесуточная температура выше 0°C) длится 206-216 дней. Безморозный период длится 120-140 дней. Длина светового дня летом 15-17 часов. Сумма осадков за год составляет в среднем 550-650 мм. 2/3 осадков выпадает в виде дождя, 1/3 – в виде снега. Сумма среднесуточных активных температур за вегетацию – до 2100°C. ГТК составляет 1,3-1,4. Среднесуглинистые почвы оттаивают до глубины 30 см к 12-19 апреля. Водный режим почвы в Ленинском районе характеризуется как промывной, осадков выпадает больше, чем испаряется, почва промывается до уровня грунтовых вод (Агрометеорологический справочник..., 1967). При данном водном режиме дополнительный полив может ускорить вымывание в нижележащие почвенные горизонты элементов минерального питания.

В зимние периоды 2009-2012 и 2015-2018 годов не наблюдалось критических отклонений от средних многолетних показателей. Следует отметить январь 2010 года: впервые за 60 лет в Московском регионе в этом месяце не наблюдалось оттепели. При этом морозы существенно не повлияли на состояние растений, так как к январю сформировался устойчивый и высокий снежный покров, защитивший растения.

Погодные условия вегетационных периодов 2009-2012 и 2015-2018 гг. и поливные нормы представлены на рисунке 2. 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  $2,2^{\circ}\text{C}$  в весенние месяцы и на  $0,2-1,3^{\circ}\text{C}$  в летние. В отдельные дни весенних и летних месяцев максимальная температура воздуха достигала  $28-32^{\circ}\text{C}$ .

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 (Агрометеорологический справочник по Московской области..., 1967). Таким образом, 2009 и 2012 гг. по сумме выпавших осадков отличаются от среднемноголетнего показателя незначительно, тогда как в 2010 и 2011 гг. количество осадков существенно ниже.

В первой половине вегетационного периода 2015 года среднемесячная температура была выше нормы на  $2-4^{\circ}\text{C}$ , 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  $3-5^{\circ}\text{C}$ , 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.

В 2017 году в первую половину вегетационного периода наблюдались аномальные погодные условия для Московской области: низкая температура, высокая влажность, количество осадков выше среднего многолетнего значения (в апреле и июне – в два раза). Вследствие погодных условий цветение растений земляники садовой началось позже на неделю.

Созревание ягод наступило позже на 2 недели, также наблюдались большие потери из-за распространения плодовых гнилей на созревающих ягодах (до 60%). Погодные условия второй половины вегетационного периода были благоприятны, что способствовало формированию цветковых почек и закладке урожая будущего года.



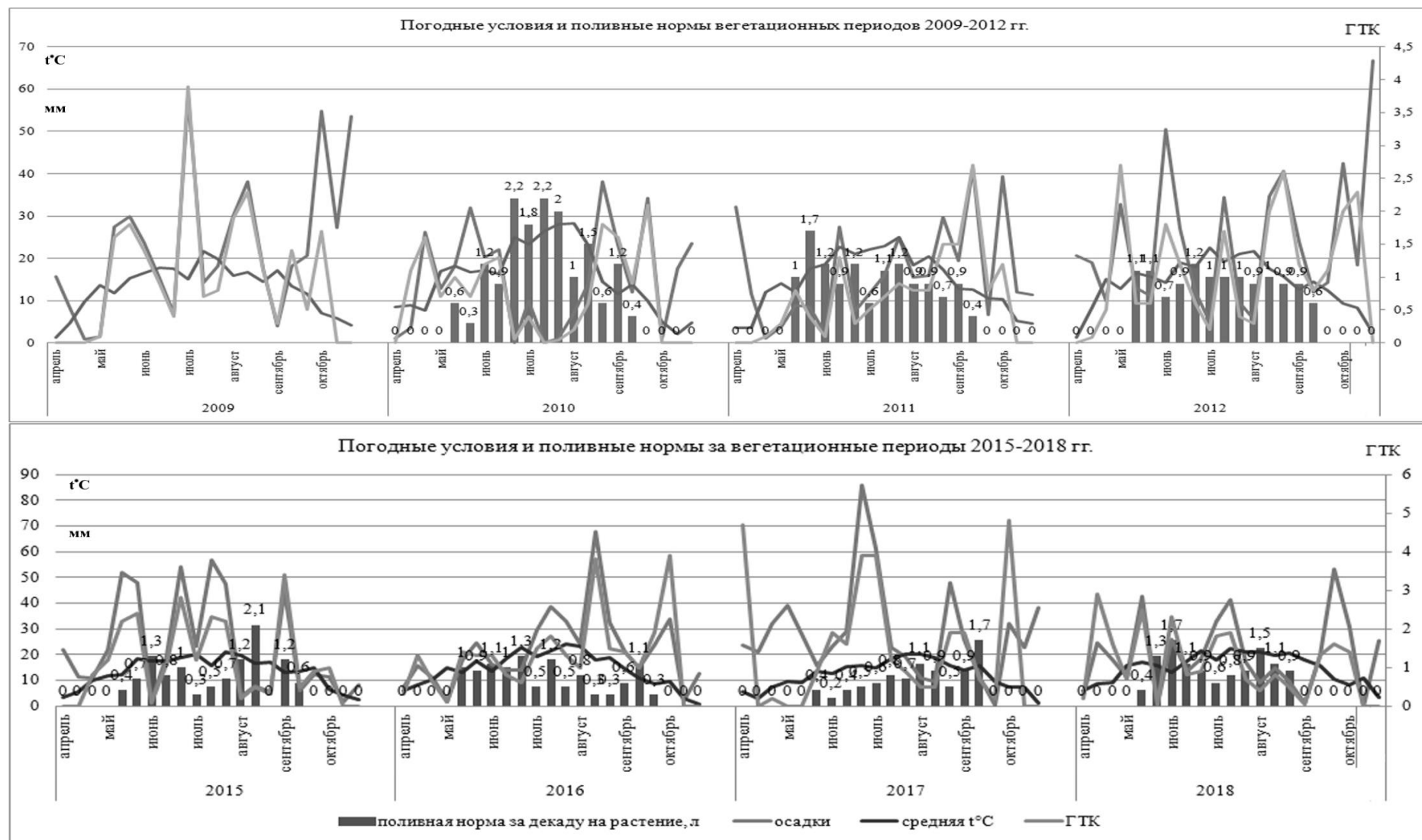


Рисунок 2 – Погодные условия проведения опытов и поливные нормы (л/растение). 2009-2012 гг., 2015-2018 гг.

В 2018 году температурные показатели вегетационного периода не отличались от средней нормы, снижение количества осадков в июне и августе компенсировалось дополнительными поливами.

## 2.5 Схемы опытов

1) Модельный опыт (опыт 1): 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 (рисунок 3) в три срока: через 3, 5 дней и 10 суток после внесения (за данный период полив не проводился).

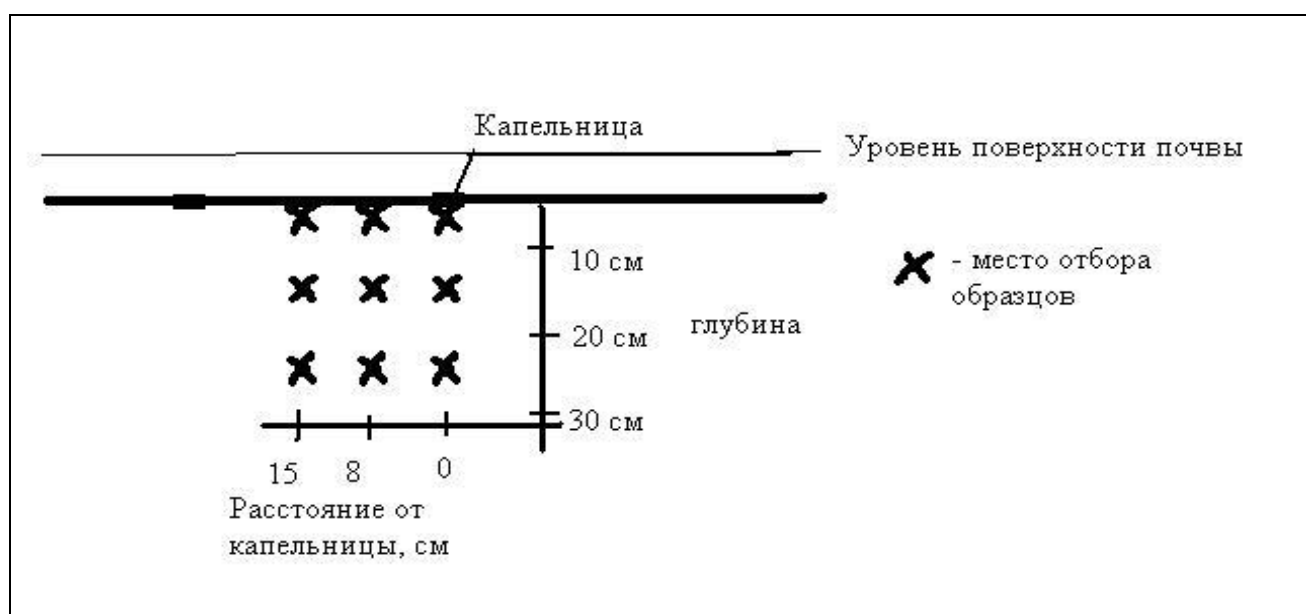


Рисунок 3 – Схема отбора образцов в модельном опыте (опыт 1), 2013 г.

Отбор образцов производился в соответствии с методикой ГОСТ. Сорт земляники садовой – Хоней. Почва – верхний пахотный горизонт (0-25 см) окультуренной дерново-подзолистой почвы среднесуглинистого гранулометрического состава. С поливной водой вносили калийную селитру, аммиачную селитру, монофосфат калия, ОЭДФ.

Сроки проведения: июль-август 2013 г.

Схема опыта 1:

Вариант 1. Контроль (без удобрений, капельный полив)

Вариант 2. N<sub>90</sub> P<sub>8</sub> K<sub>160</sub>

Вариант 3. N<sub>90</sub> P<sub>25</sub> K<sub>185</sub>

Учеты и анализы: определение N-NO<sub>3</sub> (ГОСТ 26951-86), N-NH<sub>4</sub> (Аринушкина, 1970), подвижных форм фосфора и калия в почвенной вытяжке (ГОСТ Р 54650-2011). Результаты обрабатывали с помощью программы Statistica (StatSoft).

2) Опыт 2: Изучить влияние режимов удобрения при капельном поливе на продуктивность и химический состав растений земляники садовой.

Полевой опыт. В опыте изучены различные режимы удобрения: фертигация раствором минеральных удобрений (РМУ), фертигация с предпосадочным внесением твёрдых туков в запас, дополнительное применение органоминерального удобрения, фертигация комплексным минеральным удобрением. 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, 8 вариантов для каждого сорта. Схема насаждений – четырехстрочная, гряды шириной 1 м. Ширина междурядий 1 м, схема посадки 1 x 0,25+0,25+0,25+0,25 x 0,25 (см. рисунок 30 Приложения Г). Размер делянки 8 x 1 м, размер учетной делянки 3 x 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.

Нарезку гряд, укладку мульчирующей пленки 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) (рисунок 31 Приложения Д). Для мульчирования почвы применяли полиэтиленовую пленку черного цвета (1,2 м x 60 мкм) и тканый полиэтиленовый геотекстиль черного цвета «Агротекс» (РФ). Для определения влажности почвы использовали тензиометр Irrrometer (США). В опытах применялись следующие удобрения: простой суперфосфат ( $P_2O_5$  – 16%), сульфат калия ( $K_2O$  – 46%), удобрения, входящие в состав РМУ (таблица 65 Приложения А1), комплексное удобрение Акварин (РФ, «Буйские удобрения», марки и состав представлены в таблице 66 Приложения А2), органоминеральное удобрение «Вива» (Италия). ОЭДФ способствует образованию комплексных соединений в растворе, пролонгации действия удобрений, снижает уровень загрязнения капельного оборудования. Полная схема полевого опыта представлена в таблице 4.

Органоминеральное удобрение «Вива» содержит протеины, аминокислоты, гуминовые кислоты, полисахариды, комплекс витаминов. Препарат является активатором биологических процессов, способствует регенерации почвенной микрофлоры (Помякшева, Коновалов, 2014).

Схема внесения при фертигации в варианте органоминерального удобрения «Вива»: первое внесение – через 15 дней после посадки, доза 30 л/га, второе внесение – в период цветения – завязывания ягод, доза 40 л/га.

Схема внесения при фертигации удобрения Акварин: первые две недели с начала вегетационного периода – только полив, до начала цветения – Акварин 14 (N17-P6-K18) с дневной нормой 10 кг/га, цветение – начало плодоношения – Акварин 6 (N15-P5-K30-Mg1,7) с дневной нормой 15 кг/га, плодоношение – Акварин 1 (N7-P11-K30) с дневной нормой 15 кг/га, после плодоношения – Акварин 15 (N3-P11-K38) с дневной нормой 10 кг/га. Внесение регулярное, 3-4 раза в неделю.

Таблица 4 – Схема полевого опыта 2

Название варианта	Описание варианта
Контроль	Фон, мульчирование гряд пленкой, без удобрений
РМУ	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
РМУ, P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	Фон, мульчирование гряд пленкой, предпосадочное внесение в дозе P <sub>45</sub> K <sub>90</sub> , фертигация РМУ, 200 мл на 1 растение. Дозы удобрения для предпосадочного внесения рассчитывались по рекомендациям ЦИНАО*, с учетом обеспеченности почвы доступными формами фосфора и калия
РМУ, P <sub>90</sub> K <sub>150</sub>	Фон, мульчирование гряд пленкой, в запас трехлетняя доза P <sub>90</sub> K <sub>150</sub> , фертигация РМУ, 200 мл на 1 растение. Дозы удобрения на 3 года в запас рассчитывались по рекомендациям ЦИНАО*, с учетом планируемого урожая и обеспеченности почвы доступными формами фосфора и калия
РМУ <sub>x2</sub> , n/2	Фон, мульчирование гряд пленкой, фертигация РМУ увеличенной в 2 раза концентрации (см. таблицу 68 Приложения Б2) раз в 6 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, фертигация с органоминеральным удобрением «Вива» (согласно схеме внесения).
Акварин	Фон, мульчирование гряд пленкой, фертигация комплексным минеральным удобрением Акварин раз в 2-3 дня, 200 мл на растение, состав раствора удобрений варьировал в зависимости от фенофазы (см. таблицу 69 Приложения Б3)

\* Рекомендации по применению удобрений в плодовых и ягодных насаждениях. М.: ЦИНАО, 1983.

Концентрации РМУ и удобрения Акварин представлены в таблицах 67-69 Приложений Б1-Б3, общее количество внесенных элементов минерального питания – в таблице 70 Приложения Б4.

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, схема посадки 1 x 0,25+0,25+0,25+0,25 x 0,25 (см. рисунок 30 Приложения Г). Размер делянки 8 x 1 м, размер учетной делянки 3 x 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.

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) (рисунок 31 Приложения Д). Для определения влажности почвы использовали тензиометр Irrrometer (США). В опыте вносили удобрения, входящие в состав РМУ (таблица 65 Приложения А1). Полная схема полевого опыта представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Схема полевого опыта 3

Название варианта	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 фазы (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. В опыте изучено влияние внесения твёрдых туков в запас, фертигации и комбинированного внесения на продуктивность, химический состав растений земляники садовой, содержание макроэлементов в почве. Опыт заложен в соответствии с методическими рекомендациями проведения полевых опытов в сентябре 2014 г. (посадка растений, капельный полив) (Программа и методика сортоизучения..., 1999; Доспехов, 2014). Полная схема полевого опыта представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Схема полевого опыта 4:

В запас Фертигация	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

Повторность опыта четырехкратная, повторности неизолированные, 9 вариантов для каждого сорта. Схема насаждений – однострочная, ширина междурядий 0,9 м, схема посадки 0,2 x 0,9, мульчирование отсутствует. Размер делянки 3 м, размер учетной делянки 2,5 м. Количество учетных растений – 13. Сроки проведения: 2015 – 2018 гг. В опыте проводили исследования растений земляники садовой сортов Хоней, Троицкая (рассада получена с маточных насаждений ФГБНУ ФНЦ садоводства). Фон – капельный полив.

В течение вегетационного периода 2015 года через систему капельного полива и в запас (в зависимости от варианта опыта) были внесены минеральные удобрения из расчета N 30 кг д.в./га, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 45 кг д.в./га, K<sub>2</sub>O 60 кг д.в./га (полная доза). В сезоны 2016 года и 2017 года в опыте полная доза минеральных удобрений составила в пересчете на 1 га N 70 кг д.в., P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 30 кг д.в., K<sub>2</sub>O 50 кг д.в., в 2018 году – N 40 кг д.в., P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 20 кг д.в., K<sub>2</sub>O 30 кг д.в. на 1 га. Количество

вносимых минеральных удобрений по фенофазам представлены в таблице 71 Приложения Б5.

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 фенофаз растений земляники садовой (таблицы 67,68 Приложения Б1, Б2) 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.). Режимы подбирали исходя из динамики потребления макроэлементов растениями с учетом фенофаз растений земляники садовой (таблица 71 Приложения Б5).

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%). Расход поливной воды за годы полевых опытов представлены в таблице 7. Варьирование величины оросительной нормы связано с погодными условиями региона.

Таблица 7 – Расход воды на капельное орошение и фертигацию в опытах 2,3,4; 2010-2012 гг. и 2015-2018 гг.

Год	Осадки за период апрель-сентябрь, мм	Оросительная норма, л/растение	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га
2010	277	15,9	1272
2011	323	12,7	1016
2012	418	12,3	984
2015	460	10,8	594
2016	440	10,9	600
2017	539	8,7	478
2018	388	11,2	616

Оросительная норма при капельном орошении в опытах в 2010, 2011 и 2012 гг. составил 1272, 1016 и 984 м<sup>3</sup>/га соответственно, в 2015 г. – 594 м<sup>3</sup>/га, в



2016 г. – 600 м<sup>3</sup>/га, 2017 г.– 478 м<sup>3</sup>/га, 2018 г. – 616 м<sup>3</sup>/га. Несмотря на мульчирование почвы в насаждениях земляники садовой в 2010-2012 гг., оросительная норма на одно растение была выше, чем в 2015-2018 гг., это было обусловлено в большей степени количеством выпавших осадков.

## 2.6 Методики исследований

Полевые опыты были заложены согласно «Методике полевого опыта» Б.А. Доспехова (Доспехов, 2014), исследования проводились на основании «Программы и методики сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» Е.Н. Седова и Т.Н. Огольцовой.

Отбор образцов почвы в насаждениях земляники садовой (полевые опыты 2, 3) проводили согласно методике ГОСТ 28168-89 в следующие сроки:

- для анализа водной вытяжки из почвы - в первую декаду мая, вторую декаду июля и вторую декаду сентября;
- для анализа содержания нитратного и аммонийного азота – во вторую декаду июля и вторую декаду сентября;
- для определения рН и анализа содержания щелочногидролизуемого азота, подвижных соединений фосфора и калия - во вторую декаду сентября.

Отбор ягод земляники садовой для биохимического анализа проводили в третьей декаде июня – первой декаде июля (массовое плодоношение). Отбор листьев для определения содержания макроэлементов отбирали в первой декаде июня.

Приготовление водной вытяжки из почвы проводили согласно методике ГОСТ 27753.2-88, рН водной суспензии определяли согласно методике ГОСТ 27753.3-88, определение нитратной и аммонийной форм азота, водорастворимых фосфора и калия в водной вытяжке определяли согласно методикам ГОСТ 27753.5-88, 27753.6-88, 27753.7-88, 27753.8-88.

Приготовление солевой вытяжки из почвы и определение ее рН проводили согласно методике ГОСТ 26483-85. Определение в почве содержания нитратов

ионометрическим методом проводили согласно ГОСТ 26951-86, содержание аммонийного азота – согласно методике определения аммонийного азота в почве с реактивом Несслера (Аринушкина, 1970). Содержание в почве щелочногидролизуемого азота проводили по методу Корнфилда (Практикум по агрохимии п/ред. Минеева, 2001). Определение фосфора и калия в дерново-подзолистой почве проводили определением подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207-91, ГОСТ Р 54650-2011).

Биохимические исследования в свежих ягодах проводили в течение 24 часов после отбора. Нитраты определяли согласно ГОСТ 29270-95, содержание растворимых сухих веществ (РСВ) определяли рефрактометрическим методом согласно ГОСТ 28562-90, с 2015 года – согласно ГОСТ ISO 2173-2013. Содержание в ягодах витамина С определяли титриметрическим методом согласно ГОСТ 24556-89. Титруемую кислотность ягод земляники садовой определяли согласно ГОСТ 25555.0-82, с 2015 года – согласно ГОСТ ISO 750-2013. Сахаро-кислотный индекс и содержание сахаров определяли расчетным методом (Практикум по агрохимии п/ред. Минеева, 2001).

Определение валового содержания макроэлементов в листьях растений земляники садовой проводили согласно методике мокрого озоления растительного материала и определения азота, фосфора, калия в растительных материалах в одной навеске (Бондаренко, Харитонов, 1967).

Биометрические показатели (число рожков, цветоносов, цветков) учитывали визуально в период вторая-третья декады мая согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (Седов, Огольцова, 1999). Учет продуктивности растений проводили весовым методом согласно методике изучения ягодных культур (Седов, Огольцова, 1999). Учет товарных ягод проводился весовым методом согласно ГОСТ 6828-89, ГОСТ 33953-2016. Урожайность земляники садовой определяли расчетным методом с учетом схемы посадки. Надземную массу растений земляники садовой определяли количественным и весовым методом в третьей декаде июля согласно методике

изучения ягодных культур (Седов, Огольцова, 1999). Число и массу столонов и розеток определяли в третьей декаде июля и третьей декаде августа согласно методике изучения ягодных культур (Седов, Огольцова, 1999).

Статистическая обработка данных полевых опытов проводилась по методике Б.А. Доспехова (Доспехов, 2014), с помощью программы MS Excel. Оценка экономической эффективности удобрения проводилась согласно методическим указаниям (Куликов и др., 2005; 2012; Хроменко, Воробьев, 2013; Интенсивная технология производства земляники садовой, 2014).

Таким образом, учеты, наблюдения и исследования, проводимые в ходе полевых опытов, позволили выявить уровень и динамику элементов минерального питания в почве и растениях, установить влияние способов удобрения при возделывании земляники садовой с капельным орошением на продуктивность растений, биохимический состав ягод, формирование надземной массы растений.

## ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

### 3.1 Распределение в почве элементов минерального питания при внесении минеральных удобрений подпочвенно в составе поливной воды

В результате анализов образцов почвы в модельном эксперименте было установлено, что содержание азота, фосфора и калия при капельном орошении и фертигации изменяется в пахотном горизонте относительно расположения капельных лент. С помощью функции Scatterplot 2D в программе Statistica составлены диаграммы распределения макроэлементов вокруг источника орошения. Исследовали почву пахотного горизонта в насаждениях земляники садовой без внесения удобрений, с капельным поливом, и в двух вариантах с внесением ( $N_{90}P_8K_{160}$  и  $N_{90}P_{25}K_{185}$ ).

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 (рисунок 4). Капельный полив в месте проведения эксперимента осуществляли в течение вегетационного периода, поэтому распределение наблюдали равномерное.

Отмечено содержание аммонийного азота в почве при капельном поливе без удобрений 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 (1 декада августа) это содержание в пределах нормы. Капельное орошение способствовало повышению концентрации подвижных соединений фосфора под капельницей на глубине 15 см. Максимум содержания подвижного калия в профиле почвы при капельном орошении был смещен на глубину 15 см и на расстояние в 10 см от капельницы. Содержание основных макроэлементов в почве при капельном орошении в насаждениях земляники садовой было в пределах нормы для первой декады августа, содержание подвижного фосфора в почве отмечено избыточное (57-65 мг/100 г почвы).

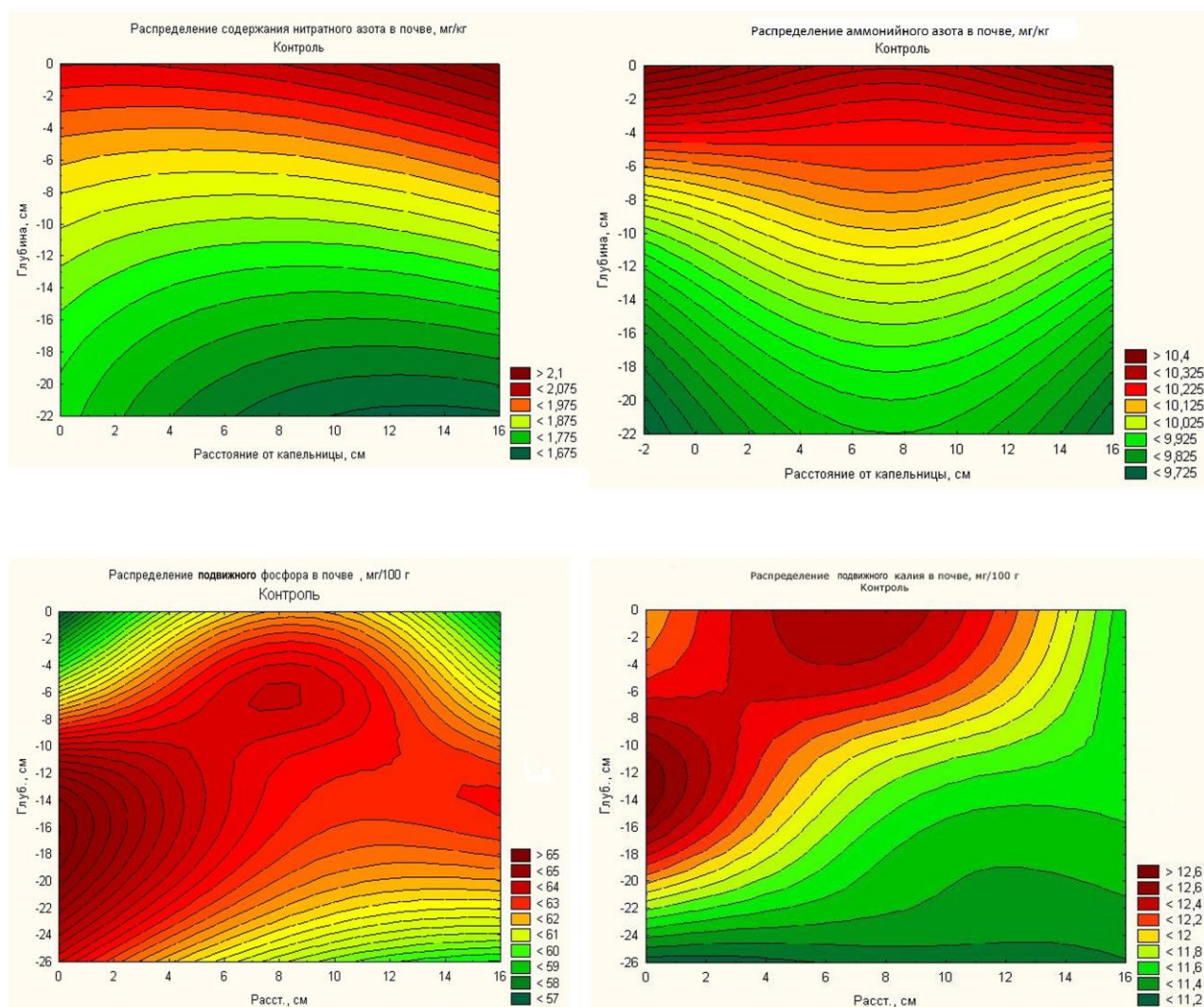


Рисунок 4 – Распределение основных макроэлементов в почве при капельном орошении (в контрольном варианте).

В варианте с фертигацией  $N_{90}P_8K_{160}$  в течение трех суток была отмечена миграция нитрат-ионов в слое почвы 0-20 см преимущественно в горизонтальном направлении, об этом свидетельствует увеличение содержания нитрат-ионов до 18 мг/кг не только под капельницей, но и на границе смыкания зон увлажнения (на расстоянии 15 см). В меньшей степени миграция происходила в вертикальном направлении: на глубине 20 см содержание нитрат-ионов в почве было менее 2 мг/кг (на уровне контроля). При внесении  $N_{90}P_{25}K_{185}$  наблюдалось сходное распределение нитратного азота (рисунок 5). Через пять и десять суток 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 суток после внесения в среднем содержание нитрат-ионов в пахотном горизонте в варианте  $N_{90}P_8K_{160}$  не превышало контроль, в варианте  $N_{90}P_{25}K_{185}$  максимальное содержание нитрат-ионов было ближе к границе смыкания зон увлажнения, около 6 мг/кг почвы.

Распределение в почве аммонийного азота при внесении с фертигацией  $N_{90}P_8K_{160}$  и  $N_{90}P_{25}K_{185}$  было сходно с распределением нитрат-ионов (рисунок 6). Фертигация способствовала в первые трое суток повышению содержания в почве в зоне капельницы иона аммония в три раза по сравнению с контролем (непосредственно под капельницами 30-36 мг/кг почвы). Через пять суток максимальное содержание аммонийного азота было на глубине 10-18 см и на границе смыкания зон увлажнения (18-26 мг/кг почвы), через десять суток наблюдали распределение иона в почве, при этом в варианте с  $P_{25}K_{185}$  больше иона аммония накапливалось ближе к поверхности почвы на границе смыкания зон увлажнения (расстояние 15 см от капельницы).

Количество вносимого азота в опытных вариантах одинаково, при этом в варианте с большим количеством в рабочем растворе фосфора и калия снижение аммонийного азота в почве происходило медленнее. Через десять суток после внесения распределение ионов аммония в пахотном горизонте было неравномерно, 7,5-12 мг/кг почвы в варианте  $N_{90}P_8K_{160}$  и 5-18 мг/кг почвы в варианте  $N_{90}P_{25}K_{185}$ .



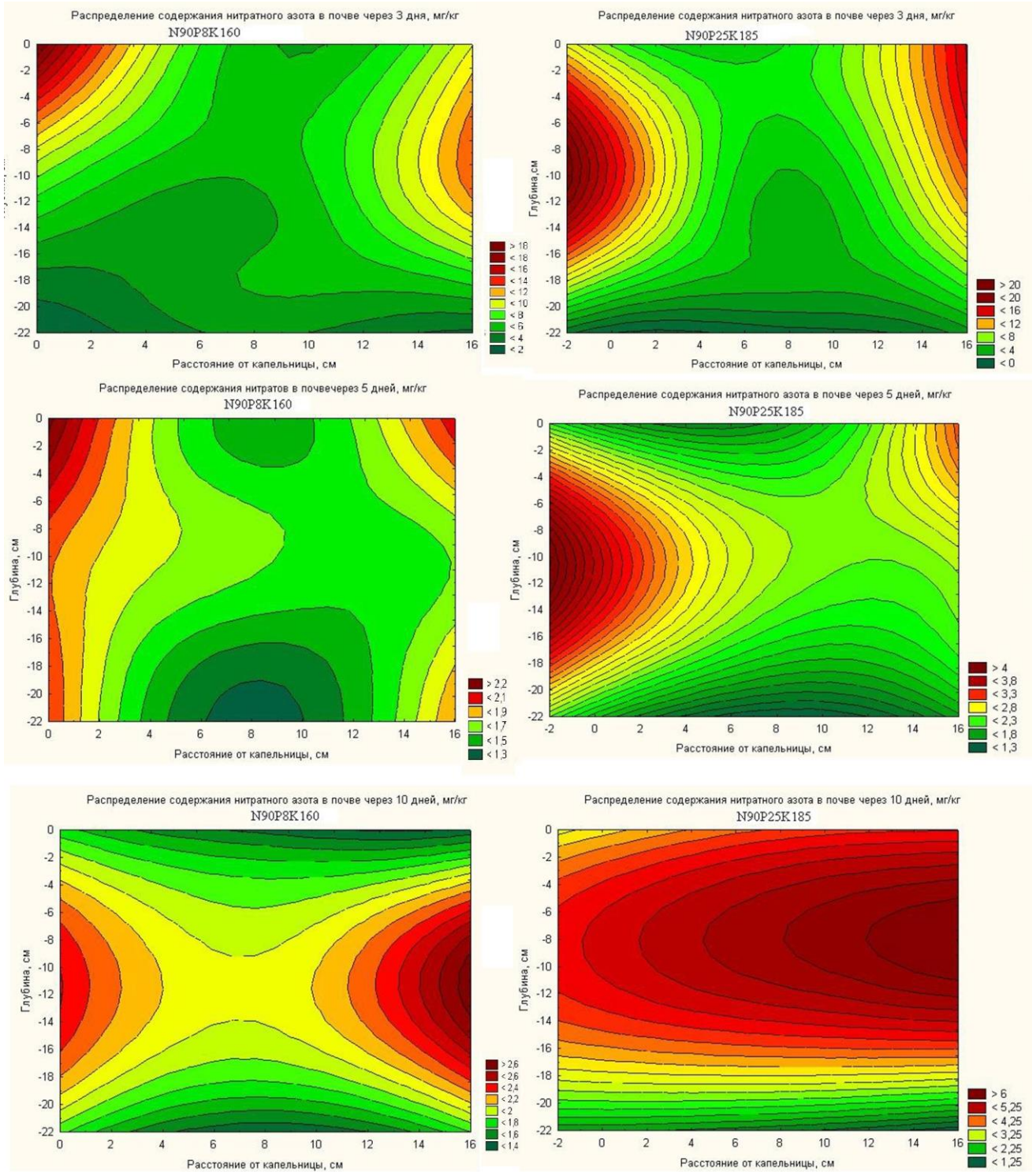


Рисунок 5 – Распределение содержания нитратного азота в почве при внесении  $N_{90}P_8K_{160}$  (слева) и  $N_{90}P_{25}K_{185}$  (справа).



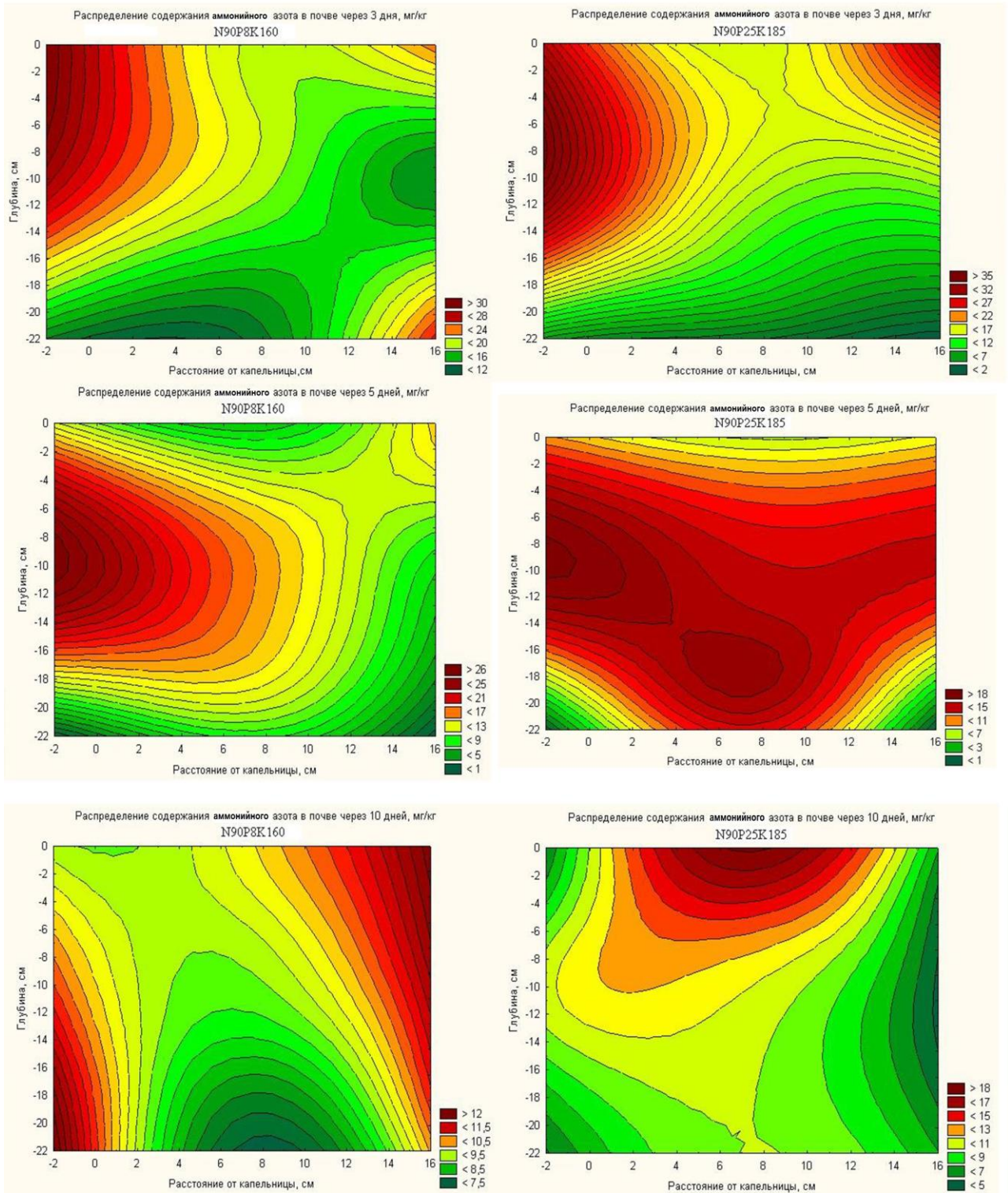


Рисунок 6 – Распределение содержания аммонийного азота в почве при внесении  $N_{90}P_8K_{160}$  (слева) и  $N_{90}P_{25}K_{185}$  (справа)

Через трое суток после внесения  $N_{90}P_8K_{160}$  и  $N_{90}P_{25}K_{185}$  содержание подвижных соединений фосфора в почве увеличилось до 80-90 мг/100 г почвы на



расстоянии 10 см от капельницы на глубине 5-10 см (рисунок 7). Через пять суток после внесения не отмечена миграция ионов по профилю почвы в опытных вариантах, концентрация ионов уменьшилась на 10-12%. Через десять суток наблюдали незначительную миграцию ионов на глубину 25 см в зоне внесения удобрений (под капельницей). Вследствие избытка фосфора в почве затруднялась его адсорбция ППК.

Содержание подвижных соединений калия в почве после внесения с поливной водой увеличилось в три раза, при этом максимальная концентрация отмечена под капельницей на глубине 8-15 см (рисунок 8). В следующие контрольные сроки (через пять и десять суток) наблюдали равномерное распределение элемента в зоне увлажнения. При внесении  $N_{90}P_8K_{160}$  происходила миграция подвижного калия на глубину 24-26 см.

По результатам модельного эксперимента отмечено, что в дерново-подзолистой среднесуглинистой почве скорость миграции подвижных ионов калия и нитратного азота была снижена по сравнению с более легкими почвами. В течение десяти суток после внесения удобрений с капельным поливом в почве сохранялась повышенная по сравнению с контролем концентрация нитрат-ионов и ионов калия, небольшое количество внесенного фосфора повышало содержание подвижных фосфатов в 1,2-1,5 раза. Максимальное содержание ионов аммония через десять суток в пахотном горизонте превышало контрольный уровень в 1,5-2 раза.

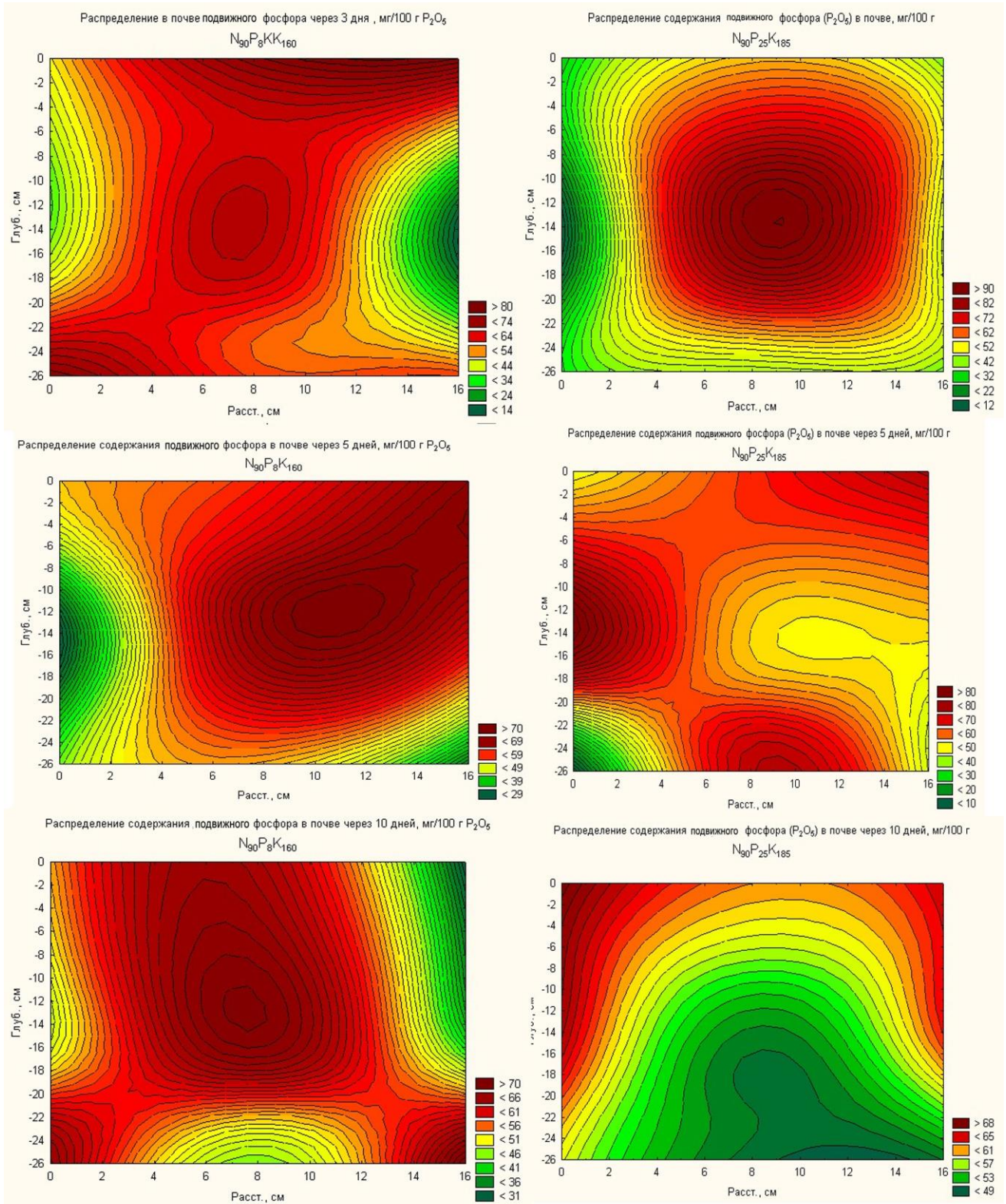


Рисунок 7 – Распределение содержания подвижных форм фосфора в почве при внесении  $N_{90}P_8K_{160}$  (слева) и  $N_{90}P_{25}K_{185}$  (справа)



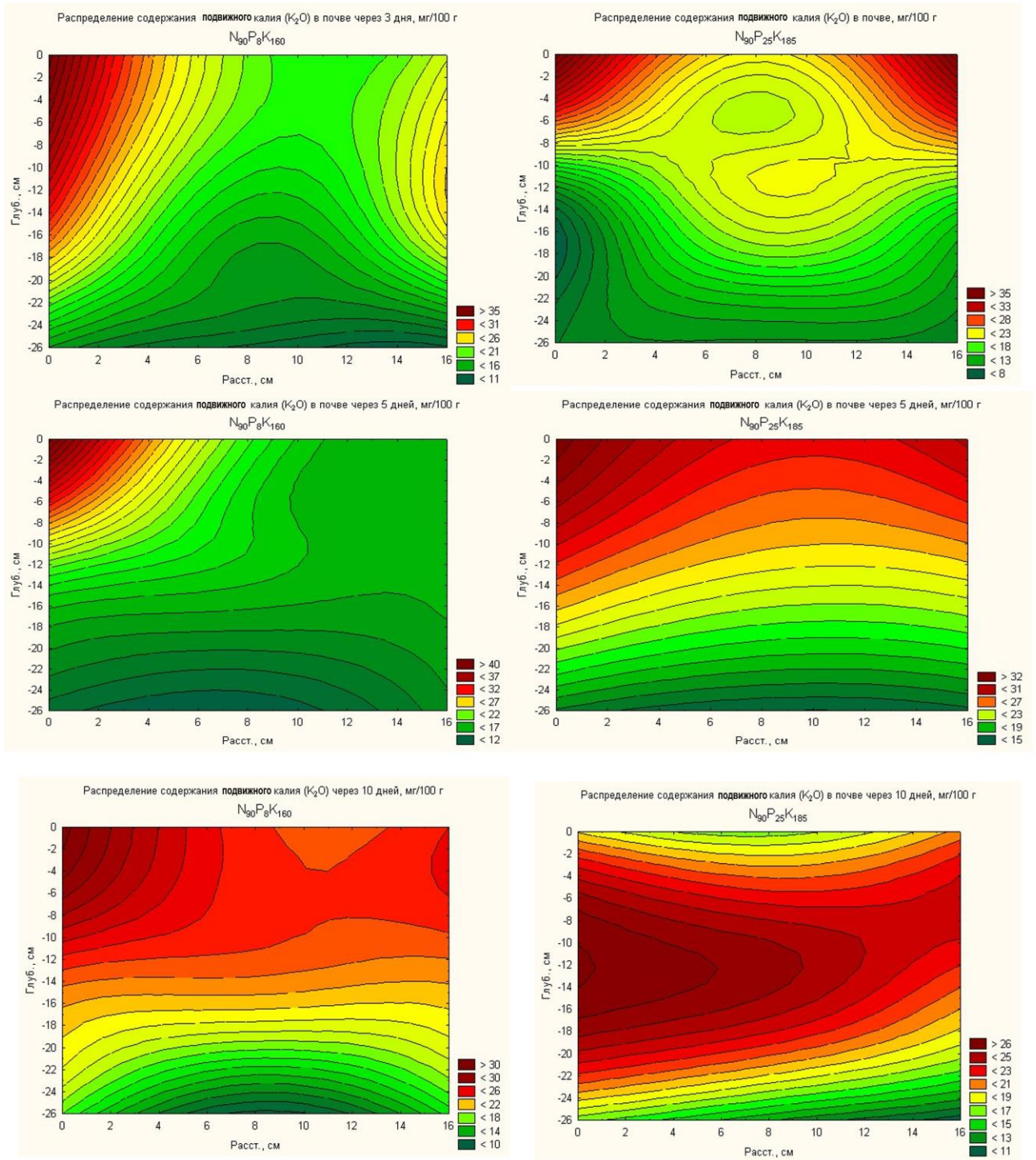


Рисунок 8 – Распределение содержания подвижных форм калия в почве при внесении  $N_{90}P_8K_{160}$  (слева) и  $N_{90}P_{25}K_{185}$  (справа)

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

Уровень кислотности почвы влияет на подвижность элементов и их доступность для растений, в связи с этим необходимо проводить определение рН почвы в течение вегетационного периода, особенно в удобряемых насаждениях сельскохозяйственных культур. Благоприятный диапазон рН для выращивания земляники садовой 5,5 – 6,5. В опыте 2 уровень кислотности водной вытяжки из почвы отметили в среднем на 0,5 единицы выше, чем солевой, 5,3 – 6,0 (таблицы 8,9). В первый год существенное снижение рН водной вытяжки отмечали в сентябре, во всех опытных вариантах, кроме варианта с фертигацией РМУ и «Вивой». В 2011 и 2012 гг. в среднем по опыту наблюдали понижение уровня рН водной суспензии с 6 до 5 в июле во всех вариантах. Изменение рН водной вытяжки в диапазоне между 4,9 и 7 в большой степени определялось действием вносимого раствора удобрений.

Таблица 8 – рН водной вытяжки из почвы. Опыт 2.2010-2012 гг.

Вариант	2010			2011			2012		
	Май	Июль	Сентябрь	Май	Июль	Сентябрь	Май	Июль	Сентябрь
Контроль	5,2	5,2	6,4	5,9	6,0	6,4	6,1	5,0	5,5
Фертигация РМУ	5,2	5,4	5,9*	6,0	7,0*	6,9*	5,7	5,2	5,2
Фертигация РМУ, в запас Р <sub>45</sub> К <sub>90</sub>	5,3	5,2	5,9*	5,8	6,1	6,0	6,0	5,1	5,5
Фертигация РМУ, в запас Р <sub>90</sub> К <sub>150</sub>	5,3	4,9	5,8*	5,6	5,3*	5,9*	6,1	4,9	5,6
Фертигация РМУх2, п/2	5,2	5,1	5,6*	5,9	5,6	6,1	6,1	5,2	5,5
Фертигация РМУ, «Вива»	5,2	5,2	6,3	5,8	5,5*	5,8*	5,8	5,0	5,6
Фертигация «Акварин»	5,2	4,9	5,5*	5,8	5,5*	5,7*	5,9	5,2	5,3
НСР <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	0,35	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	0,46	0,43	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

В насаждениях земляники садовой без применения удобрений изменения рН водной суспензии почвы в большой степени зависели от перепадов количества осадков и ГТК.

Отметили снижение уровня  $pH_{KCl}$  в опыте 2 за 4 года применения капельного орошения и внесения удобрений с 5,5 до 4,5. Минимальный уровень наблюдали в 2011 году, снижение в контрольном и опытных вариантах было без существенных различий.

Таблица 9 –  $pH_{KCl}$  вытяжки из почвы. Опыт 2. 2009-2012 гг.

Вариант	Сентябрь 2009	Сентябрь 2010	Сентябрь 2011	Сентябрь 2012
Контроль	5,5	4,7	4,2	4,6
Фертигация РМУ	5,4	4,9	3,9	4,5
Фертигация РМУ, в запас $P_{45}K_{90}$	5,3	4,7	4,1	4,4
Фертигация РМУ, в запас $P_{90}K_{150}$	5,4	5,2	4,0	4,3
Фертигация РМУх2, п/2	5,5	4,7	4,3	4,4
Фертигация РМУ, «Вива»	5,3	4,7	3,9	4,6
Фертигация «Акварин»	5,5	4,8	4,0	4,5
$НСР_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$

Мульчирование гряд полиэтиленовой пленкой способствовало снижению рН водной вытяжки из почвы в 2010 и 2011 гг., в осенний период (таблица 10). Применение геотекстиля сохраняло рН водной вытяжки на уровне контроля в те же периоды. На третий год наблюдений показатели в контрольном и опытных вариантах существенно не отличались.

Таблица 10 – Влияние мульчирующего материала на рН водной вытяжки из почвы. Опыт 3. 2010-2012 гг.

Вариант	2010			2011			2012		
	Май	Июль	Сентябрь	Май	Июль	Сентябрь	Май	Июль	Сентябрь
Капельный полив, полиэтиленовая пленка	5,3	5,2	6,1	5,9	6,0	6,4	6,1	5,4	5,6
Фертигация РМУ, полиэтиленовая пленка	5,2	5,3	5,7*	6,1	6,8*	6,9*	5,8	5,2	5,3

Фертигация РМУ, геотекстиль	5,2	5,1	5,9	6,0	6,4	6,5	5,9	5,2	5,3
НСР <sub>05</sub>	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	0,32	$F_{\phi} < F_{05}$	0,54	0,49	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

Изменения рН<sub>КСИ</sub> под влиянием разных мульчирующих материалов в течение нескольких лет наблюдений не отметили (таблица 11). Мульчирование почвы тканым геотекстилем способствовало сохранению рН на уровне контроля (без внесения удобрений) в большее время вегетационного периода.

Таблица 11 – Влияние мульчирующего материала на рН<sub>КСИ</sub> вытяжки из почвы. Опыт 3. 2009-2012 гг.

Вариант	Сентябрь 2009	Сентябрь 2010	Сентябрь 2011	Сентябрь 2012
Капельный полив, полиэтиленовая пленка	5,6	4,9	4,1	4,4
Фертигация РМУ, полиэтиленовая пленка	5,5	4,9	3,9	4,5
Фертигация РМУ, геотекстиль	5,4	5,0	4,1	4,3
НСР <sub>05</sub>	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$

Величина рН<sub>КСИ</sub> в течение опыта 4 (2015-2018 гг.) оставалась на постоянном уровне (6,1), в опытных вариантах в последние два года отмечено снижение уровня кислотности, максимально – в варианте с двойной дозой удобрений (таблица 12).

Таблица 12 – рН<sub>КСИ</sub> вытяжки из почвы. Опыт 4. 2015-2018 гг.

Вариант	Сентябрь 2015	Сентябрь 2016	Сентябрь 2017	Сентябрь 2018
1. Ф 0 Запас 0	6,1	6,1	6,1	6,1
2. Ф 0,5 Запас 0	6,3	6,2	6,0	6,1
3. Ф 1 Запас 0	6,1	6,2	6,0	6,1
4. Ф 0 Запас 0,5	6,2	6,1	6,0	6,1
5. Ф 0,5 Запас 0,5	6,1	6,0	6,1	5,8*
6. Ф 1 Запас 0,5	6,3	6,1	5,9	6,0
7. Ф 0 Запас 1	6,3	6,2	6,2	6,0
8. Ф 0,5 Запас 1	6,2	6,0	6,0	5,9
9. Ф 1 Запас 1	6,1	5,9	5,7*	5,7*
НСР <sub>05</sub>	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	0,32	0,27

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

В насаждениях без мульчирования, с меньшим количеством внесенных удобрений (опыт 4), снижение  $pH_{KCl}$  наблюдали в меньшей степени (до 5,7). В контрольном варианте с капельным поливом pH сохранялся на уровне 6,1.

Применение фертигации и геотекстиля в качестве мульчирующего материала способствовало уменьшению диапазона изменения pH водной вытяжки, чем при фертигации и мульчировании пленкой (таблица 11), как в случае снижения pH (2010 год), так и в случае повышения (2011 год).

Содержание нитратного азота в водной вытяжке из почвы опыта 2 в начале фертигации (июнь 2010 г.) определили на уровне 7,9 мг/л почвы, в вариантах с применением геотекстиля и предварительным внесением фосфора и калия уровень нитратного азота снижался до 5,1 мг/л почвы (таблица 13).

Таблица 13 – Содержание N-NO<sub>3</sub> в водной вытяжке из почвы, мг/л. Опыт 2. 2010-2012 гг.

Вариант	2010			2011			2012		
	Май	Июль	Сентябрь	Май	Июль	Сентябрь	Май	Июль	Сентябрь
Контроль	7,9	11,2	4,6	7,6	6,0	6,4	30,9	7,7	8,2
Фертигация РМУ	7,9	13,1	10,2*	8,2	7,0	6,9	38,0*	4,5	7,3
Фертигация РМУ, в запас P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	5,8	15,0	8,9	8,4	6,1	6,0	39,9*	3,9	8,7
Фертигация РМУ, в запас P <sub>90</sub> K <sub>150</sub>	5,1	25,6*	6,4	8,8	5,3	5,9	49,0*	4,4	8,5
Фертигация РМУх2, п/2	7,9	18,1*	14,3*	7,9	5,6	6,1	36,3	4,3	7,4
Фертигация РМУ, «Вива»	7,9	13,7	8,1	8,2	5,5	5,8	35,5	3,1	6,2
Фертигация «Акварин»	7,9	15,1	9,7*	8,1	5,5	5,7	39,8*	3,9	6,3
НСР <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	6,2	4,3	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	6,8	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

Повышение содержания отметили после начала внесения удобрений, при этом в контрольном варианте также отмечали повышенную концентрацию (11,2 мг/л). В сентябре, перед завершением фертигации, внесение повышенной раствора повышенной концентрации и применение комплексного удобрения

«Акварин» способствовали повышению содержания нитратного азота в водной вытяжки из почвы.

В 2011 году в контрольном и опытных вариантах в водной вытяжке различий не наблюдалось, содержание снизилось с 7,5-8,8 мг/л почвы до 5,7-6,9 мг/л почвы. В 2012 году в начале периода фертигации концентрация нитратного азота в водной вытяжке увеличилась, но к середине сезона снизилась до уровня 3-7 мг/л почвы, несмотря на внесение удобрений.

В течение сезона 2010 г. существенное повышение уровня нитратной формы азота в вытяжке из почвы было отмечено в июле в вариантах с предварительным внесением РК (3,9-4,1 мг/100 г почвы), в сентябре – в варианте с внесением РМУ (3,6 мг/100 г почвы) (таблица 14).

Таблица 14 – Содержание N-NO<sub>3</sub> в почве, мг/100 г. Опыт 2. 2010-2012 гг.

Вариант	2010		2011		2012	
	Июль	Сентябрь	Июль	Сентябрь	Июль	Сентябрь
Контроль	2,4	2,5	6,2	5,5	0,9	0,2
Фертигация РМУ	3,0	3,6*	5,0	6,3	0,8	0,4
Фертигация РМУ, в запас Р <sub>45</sub> К <sub>90</sub>	3,9*	2,2	4,2*	6,4	1,5*	0,4
Фертигация РМУ, в запас Р <sub>90</sub> К <sub>150</sub>	4,1*	1,7	8,9*	8,0*	1,0	0,6
Фертигация РМУх2, п/2	2,6	2,6	6,5	7,4	1,1	0,5
Фертигация РМУ, «Вива»	3,0	1,9	5,6	5,2	0,8	0,4
Фертигация «Акварин»	3,4	2,2	5,0	5,7	0,9	0,3
НСР <sub>05</sub>	1,4	0,8	1,3	2,5	0,4	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

В 2011 году в контрольном варианте уровень нитратного азота в почве снижается от июля к сентябрю (6,2-5,5 мг/100 г почвы), в опытных вариантах остается на одном уровне. К сентябрю 2012 года содержание нитратного азота в почве низкое во всех вариантах (0,2...0,6 мг/100 г почвы). Несмотря на сниженное количество вносимых удобрений, содержание нитратного азота в почве было выше в контрольном и опытных вариантах, чем в предыдущий год. Это связано с



высоким уровнем продуктивности растений земляники садовой в 2012 году и снижением содержания азота в РМУ в период плодоношения.

Летом 2012 года количество вносимого нитратного азота было выше, чем в предыдущие годы, и это отразилось на содержании его в водной вытяжке, хотя и в контрольном варианте (без удобрений) содержание нитратного азота было сравнительно высоким, что позволяет предположить, что благоприятные погодные условия начала вегетационного периода способствовали усилению нитрификации в почве.

Фертигация РМУ и мульчирование почвы способствовало повышению содержания нитратного азота в водной вытяжке из почвы в отдельные периоды (2010, 2012 гг.), в июле 2010 года геотекстиль способствовал сохранению содержания в водной вытяжке нитратного азота на уровне 17,3 мг/л (таблица 15).

Таблица 15 – Содержание N-NO<sub>3</sub> в водной вытяжке из почвы, мг/л. Опыт 3. 2010-2012 гг.

Вариант	2010			2011			2012		
	Май	Июль	Сентябрь	Май	Июль	Сентябрь	Май	Июль	Сентябрь
Капельный полив, полиэтиленовая пленка	7,9	11,2	4,6	7,6	6,0	6,4	30,9	7,7	8,2
Фертигация РМУ, полиэтиленовая пленка	7,9	13,1	10,2*	8,2	7,0	6,9	38,0*	4,5	7,3
Фертигация РМУ, геотекстиль	6,3	17,3*	9,7*	7,8	6,4	6,5	45,8*	3,5	7,2
НСР <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	6,2	4,3	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	6,8	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

В 2010 г. применение мульчирования пленкой оказало большее влияние на увеличение содержания нитратного азота в почве, чем мульчирование геотекстилем, в осенний период 2011 года высокий уровень нитратного азота в почве был отмечен в варианте с геотекстилем (таблица 16). В 2012 г., несмотря на большое количество вносимого с удобрениями нитратного азота, в почве его наблюдали меньше, чем в предыдущие годы, во всех вариантах.

Таблица 16 – Содержание N-NO<sub>3</sub> в почве, мг/100 г. Опыт 3. 2010-2012 гг.

Вариант	2010		2011		2012	
	Июль	Сентябрь	Июль	Сентябрь	Июль	Сентябрь
Капельный полив, полиэтиленовая пленка	2,4	2,5	6,2	5,5	0,9	0,2
Фертигация РМУ, полиэтиленовая пленка	3,0	3,6*	5,0*	6,3	0,8	0,4
Фертигация РМУ, геотекстиль	3,2	2,7	5,9	7,9*	0,7	0,3
НСР <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	1,0	1,1	1,7	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

В 2016-2018 гг. в опыте 4 наблюдали снижение содержания нитратного азота в почве постепенно от июля до сентября в контрольном и опытных вариантах, с существенным отличием от контроля (таблица 17). В 2016-2017 гг. это наблюдали в варианте с комбинированным внесением удобрений с фертигацией и в запас (Ф 1; Запас 0,5). В 2018 году в данном варианте также наблюдалась тенденция повышения уровня нитратного азота в июле.

Таблица 17 – Содержание N-NO<sub>3</sub> в почве, мг/100 г. Опыт 4. 2016-2018 гг.

Вариант	2016		2017		2018	
	Июль	Сентябрь	Июль	Сентябрь	Июль	Сентябрь
1. Ф 0 Запас 0	1,3	0,5	1,6	0,5	1,2	0,3
2. Ф 0,5 Запас 0	1,1	0,4	2,6	0,7	1,4	0,3
3. Ф 1 Запас 0	1,0	0,4	4,6*	0,9	2,1	0,4
4. Ф 0 Запас 0,5	1,2	0,4	2,3	0,6	1,7	0,4
5. Ф 0,5 Запас 0,5	1,7	0,3	1,4	0,7	1,5	0,5
6. Ф 1 Запас 0,5	2,9*	0,4	4,4*	0,6	1,9	0,5
7. Ф 0 Запас 1	2,9*	0,3	2,3	0,6	1,7	0,4
8. Ф 0,5 Запас 1	1,7	0,3	3,7*	0,7	1,7	0,5
9. Ф 1 Запас 1	3,3*	0,3	2,2	0,8	1,9	0,4
НСР <sub>05</sub>	0,9	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	1,3	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

Уровень аммонийного азота в водной вытяжке в начале опыта (май 2010 г.) отметили одинаковый во всех вариантах. В июле содержание водорастворимого аммонийного азота в почве увеличилось в контрольном варианте и снизилось в варианте с предварительным внесением P<sub>90</sub>K<sub>150</sub>. Отмечено периодическое повышение содержания аммонийного азота в водной вытяжке в контрольном варианте в июле в течение всего опыта. Резких колебаний содержания в водной вытяжке аммонийного азота не наблюдалось до июля 2012 г. (таблица 18).

Таблица 18 – Содержание N-NH<sub>4</sub> в водной вытяжке из почвы, мг/л. Опыт 2. 2010-2012 гг.

Вариант	2010			2011			2012		
	Май	Июль	Сентябрь	Май	Июль	Сентябрь	Май	Июль	Сентябрь
Контроль	4,8	10,4	3,0	3,5	7,4	3,4	7,2	27,8	10,3
Фертигация РМУ	4,8	6,8	5,0	4,0	4,9	4,4	5,2	25,0	11,5
Фертигация РМУ, в запас P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	4,4	5,2*	5,0	4,1	5,0	7,0*	3,8	21,4	10,5
Фертигация РМУ, в запас P <sub>90</sub> K <sub>150</sub>	5,6	2,8*	4,0	3,6	3,5*	5,4	3,8	17,8*	10,8
Фертигация РМУх2, п/2	4,8	4,0*	4,0	3,5	4,9	5,6	8,0	21,4	11,7
Фертигация РМУ, «Вива»	4,8	6,8	5,0	4,0	4,2	4,2	2,4*	25,4	12,1
Фертигация «Акварин»	4,8	6,8	6,5*	3,8	6,1	6,4	4,2	23,4	10,2
НСР <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	3,9	3,2	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	3,3	3,2	4,1	9,4	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

Содержание в почве аммонийного азота (вытяжка KCl) в опыте 2 наблюдали на низком уровне (максимально – 2,2-2,3 мг/100 г почвы в первый год исследований) (таблица 19). В июле 2011 года отмечено повышение аммонийного азота в почве в варианте с фертигацией РМУ и внесением в запас P<sub>90</sub> K<sub>150</sub>. Затем в последующие периоды отмечено снижение уровня аммонийного азота до контрольного. Условия в многострочных насаждениях земляники садовой, мульчированных пленкой, способствовали выравниванию содержания аммонийного азота в почве.

Таблица 19 – Содержание аммонийного азота в вытяжке из почвы, мг/100 г. Опыт 2. 2010-2012 гг.

Вариант	2010		2011		2012	
	Июль	Сентябрь	Июль	Сентябрь	Июль	Сентябрь
Контроль	1,6	0,8	0,6	0,2	0,5	0,3
Фертигация РМУ	2,2	1,0	0,5	0,2	0,6	0,6
Фертигация РМУ, в запас P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	2,0	0,8	0,6	0,3	0,6	0,4
Фертигация РМУ, в	1,0	0,8	1,6*	0,2	0,7	0,4

запас P <sub>90</sub> K <sub>150</sub>						
Фертигация РМУх2, п/2	1,6	1,0	0,6	0,2	0,7	0,5
Фертигация РМУ, «Вива»	1,4	0,8	0,6	0,3	0,6	0,4
Фертигация «Акварин»	2,3	1,0	0,6	0,3	0,7	0,3
НСР <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	0,8	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

В июле 2010 и 2011 гг. отметили снижение содержания в водной вытяжке из почвы аммонийного азота по сравнению с контролем и мульчированием полиэтиленовой пленкой (таблица 20).

Таблица 20 – Содержание N-NH<sub>4</sub> в водной вытяжке из почвы, мг/л. Опыт 3. 2010-2012 гг.

Вариант	2010			2011			2012		
	Май	Июль	Сентябрь	Май	Июль	Сентябрь	Май	Июль	Сентябрь
Капельный полив, полиэтиленовая пленка	4,8	10,4	3,0	3,5	7,4	3,4	7,2	27,8	10,3
Фертигация РМУ, полиэтиленовая пленка	4,8	6,8	5,0	4,0	4,9	4,4	5,2	25,0	11,5
Фертигация РМУ, геотекстиль	4,0	4,0*	2,5	4,0	4,4*	4,5	6,6	22,6	11,3
НСР <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	5,6	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	2,8	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

Мульчирование почвы геотекстилем способствовало повышению содержания в почве аммонийного азота в сентябре 2010 года (после периода засухи и аномальной жары), в остальные годы влияния мульчирующего материала на почвенные показатели аммонийного азота не отмечены (таблица 21).

Таблица 21 – Содержание аммонийного азота в вытяжке из почвы, мг/100 г. Опыт 3. 2010-2012 гг.

Вариант	2010		2011		2012	
	Июль	Сентябрь	Июль	Сентябрь	Июль	Сентябрь
Капельный полив, полиэтиленовая пленка	1,6	0,8	0,6	0,2	0,5	0,3
Фертигация РМУ, полиэтиленовая пленка	2,2	1,0	0,5	0,2	0,6	0,6
Фертигация РМУ, геотекстиль	1,6	2,0*	0,6	0,3	0,4	0,4
НСР <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	0,5	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

В опыте 4 содержание аммонийного азота в почве в июле 2016 года в опытных вариантах с комбинированным внесением полуторной и двойной дозы минеральных удобрений существенно превышало контрольный уровень и достигло 10 мг/100 г почвы (таблица 22). В последующие годы этот показатель снизился до 1-3 мг/100 г почвы.

Таблица 22 – Содержание аммонийного азота в вытяжке из почвы, мг/100 г. Опыт 4. 2016-2018 гг.

Вариант	2016		2017		2018	
	Июль	Сентябрь	Июль	Сентябрь	Июль	Сентябрь
1. Ф 0 Запас 0	5,4	0,4	5,0	0,6	3,1	1,1
2. Ф 0,5 Запас 0	4,8	1,2	2,8	1,0	5,5	0,8
3. Ф 1 Запас 0	8,3	1,8	3,7	0,8	4,6	1,2
4. Ф 0 Запас 0,5	8,7	2,6	5,4	0,9	1,9	1,0
5. Ф 0,5 Запас 0,5	7,9	1,9	3,2	1,1	5,2	1,7
6. Ф 1 Запас 0,5	6,7	2,7	2,6	1,4	2,0	1,6
7. Ф 0 Запас 1	7,4	0,9	2,3	1,0	2,9	1,1
8. Ф 0,5 Запас 1	9,7*	2,3	1,8	0,8	2,2	1,8
9. Ф 1 Запас 1	10,2*	2,8	2,0	1,5	3,5	2,1
НСР <sub>05</sub>	3,5	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

В течение 2009-2012 гг. проводились наблюдения за содержанием в почве опытов щелочногидролизующего азота (таблица 23).

Применение капельного орошения без внесения удобрений способствовало увеличению содержания в почве щелочногидролизующего азота в третьем и четвертом году эксплуатации насаждений: с 9 мг/100 г почвы до 13 мг/100 г почвы. Внесение с капельным поливом минеральных удобрений способствовало увеличению данного показателя на второй год эксплуатации до 11-14 мг/100 г почвы. Фертигация РМУх2 напротив, снижала действие удобрений до уровня контроля. Увеличение содержания щелочногидролизующего азота в почве происходило при капельном поливе и при фертигации в первый год, среднем на 2-3 мг/100 г почвы. Существенное увеличение показателя отмечено на второй год эксплуатации насаждений, в вариантах с фертигацией и с предпосадочным внесением Р<sub>90</sub>К<sub>150</sub>.

Таблица 23 – Содержание щелочногидролизуемого азота в почве, мг/100 г. Опыт 2. 2009-2012 гг.

Вариант	Сентябрь 2009	Сентябрь 2010	Сентябрь 2011	Сентябрь 2012
Контроль	9,0	8,4	12,2	13,1
Фертигация РМУ	9,0	12,9*	11,6	12,8
Фертигация РМУ, в запас P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	9,5	11,8	10,9	13,6
Фертигация РМУ, в запас P <sub>90</sub> K <sub>150</sub>	9,5	14,2*	11,2	13,3
Фертигация РМУх2, п/2	9,0	9,0	10,3	13,1
Фертигация РМУ, «Вива»	9,0	10,6	9,0	13,1
Фертигация «Акварин»	8,9	11,6	10,3	15,2
Сред.	9,2	11,6	10,8	13,4
НСР <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	3,9	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

Содержание щелочногидролизуемого азота в почве повысилось в опыте 3 в 2010 году в опытных вариантах, с фертигацией РМУ. Влияния типа мульчирующего материала на данный показатель не отмечено (таблица 24).

Таблица 24 – Содержание щелочногидролизуемого азота в почве, мг/100 г. Опыт 3. 2009-2012 гг.

Вариант	Сентябрь 2009	Сентябрь 2010	Сентябрь 2011	Сентябрь 2012
Капельный полив, полиэтиленовая пленка	9,0	8,4	12,2	13,1
Фертигация РМУ, полиэтиленовая пленка	9,0	12,9*	11,6	12,8
Фертигация РМУ, геотекстиль	9,8	14,2*	11,2	13,3
НСР <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	4,3	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

В начале опыта 4 содержание щелочногидролизуемого азота в почве было на уровне 11-13 мг/100 г почвы. В течение опыта, несмотря на регулярное внесение аммиачной селитры (с фертигацией и в запас) наблюдали снижение уровня к 2017 году до 7-8 мг/100 г почвы, в 2018 году – увеличение до 9-11 мг/100 г (таблица 25). Поскольку сходные тенденции наблюдались в контрольном и опытных вариантах, то это в меньшей степени связано с дозами

минеральных удобрений, в большей – с аномальными погодными условиями 2017 года и достаточно благоприятными условиями 2018 года.

Таблица 25 – Содержание щелочногидролизуемого азота в почве, мг/100 г. Опыт 4. 2015-2018 гг.

Вариант	Сентябрь 2015	Сентябрь 2016	Сентябрь 2017	Сентябрь 2018
1. Ф 0 Запас 0	11,5	10,4	7,2	10,6
2. Ф 0,5 Запас 0	10,9	11,8	6,7	10,5
3. Ф 1 Запас 0	10,9	10,7	6,8	9,8
4. Ф 0 Запас 0,5	11,8	11,1	7,1	10,8
5. Ф 0,5 Запас 0,5	11,2	10,4	7,1	11,3
6. Ф 1 Запас 0,5	12,1	11,4	6,7	10,8
7. Ф 0 Запас 1	12,8	12,0	7,4	10,5
8. Ф 0,5 Запас 1	12,2	11,2	7,5	11,0
9. Ф 1 Запас 1	12,5	10,0	6,7	9,5
Сред.	11,8	11,0	7,0	10,5
НСР <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

Фосфор в почве относительно малоподвижен, в водной вытяжке из почвы в мае 2010 года его содержание было стабильным во всех вариантах. В июле наблюдали снижение показателя по сравнению с контролем. В составе раствора минеральных удобрений концентрация фосфора была постоянна (таблицы 46-48 Приложения Б1-Б3), немного повышали после плодоношения. В 2011 году в июле повторно наблюдались различия между контрольным и опытными вариантами по содержанию фосфора в водной вытяжке. В 2012 году в июле в водной вытяжке из почвы наблюдалось увеличение уровня фосфора во всех вариантах, кроме P<sub>90</sub>K<sub>150</sub>. Высокое содержание в водной вытяжке фосфора в варианте с фертигацией удобрением «Акварин» наблюдали из-за большой концентрации фосфора во вносимом растворе (таблица 48 Приложение Б3). В сентябре 2012 года наблюдалось повышение содержания фосфора в водной вытяжке во всех вариантах опыта, включая контрольный (таблица 26). При анализе взаимосвязи содержания макроэлементов в почве установлена статистически достоверная положительная корреляция между содержанием в водной вытяжке аммонийного азота и фосфора ( $r=0,88$ ).

Таблица 26 – Содержание  $P_2O_5$  в водной вытяжке из почвы, мг/л. Опыт 2. 2010-2012 гг.

Вариант	2010			2011			2012		
	Май	Июль	Сентябрь	Май	Июль	Сентябрь	Май	Июль	Сентябрь
Контроль	13,1	12,8	5,6	12,8	8,0	8,4	9,2	41,6	32,2
Фертигация РМУ	13,6	12,0	6,0	12,6	14,0*	12,4	9,6	38,4	31,5
Фертигация РМУ, в запас $P_{45}K_{90}$	13,6	10,0	6,4	13,1	20,8*	16,4*	12,0	40,8	35,6
Фертигация РМУ, в запас $P_{90}K_{150}$	13,6	8,8	7,2	12,8	16,8*	12,8	12,8	21,6*	33,6
Фертигация РМУх2, п/2	13,0	9,2	4,4	13,0	16,0*	14,4*	16,4*	45,6	34,8
Фертигация РМУ, «Вива»	13,0	4,8*	5,2	12,9	18,0*	10,8	9,6	39,2	32,0
Фертигация «Акварин»	13,5	5,2*	7,2	11,5	12,8	12,4	9,2	52,8*	31,6
НСР <sub>05</sub>	$F_{\phi} < F_{05}$	4,6	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	5,6	5,1	4,9	9,3	$F_{\phi} < F_{05}$

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

Содержание подвижных форм фосфора в почве в контрольном варианте увеличивалось в течение наблюдений с 2009 по 2012 гг. (таблица 27).

Таблица 27 – Содержание подвижных форм  $P_2O_5$  в почве, мг/100 г. Опыт 2. 2009-2012 гг.

Вариант	Сентябрь 2009	Сентябрь 2010	Сентябрь 2011	Сентябрь 2012
Контроль	31,8	35,5	46,0	41,0
Фертигация РМУ	30,5	37,5	55,0	45,0
Фертигация РМУ, в запас $P_{45}K_{90}$	24,5*	26,0*	56,0	52,0
Фертигация РМУ, в запас $P_{90}K_{150}$	25,0*	31,0	61,0*	43,0
Фертигация РМУх2, п/2	32,0	34,5	54,0	39,0
Фертигация РМУ, «Вива»	31,8	28,5	57,0	51,0
Фертигация «Акварин»	24,5*	35,5	42,0	43,0
Сред.	28,9	31,9	52,5	45,6
НСР <sub>05</sub>	6,3	7,9	11,3	$F_{\phi} < F_{05}$

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

В сентябре 2009 года наблюдалось снижение содержания подвижных форм фосфора в вариантах с предварительным внесением в почву фосфорных и



калийных удобрений. В варианте с «Акварином» снижение можно объяснить варьированием почвенного плодородия, так как внесения минеральных удобрений на тот момент еще не происходило. В дальнейшем наблюдали повышенное содержание подвижного фосфора во всех вариантах, в 2012 году его концентрация достигла 61 мг/100 г в варианте с предварительным внесением  $P_{90}K_{150}$ .

На содержание в водной вытяжке из почвы фосфора в 2010 и 2011 гг. влиял тип мульчирующего материала (снижалось в 2010 году), в июле 2011 года повышение отмечено в вариантах с фертигацией (таблица 28). В 2012 г. различий в содержании фосфора в водной вытяжке из почвы не отмечено.

Таблица 28 – Содержание  $P_2O_5$  в водной вытяжке из почвы, мг/л. Опыт 3. 2010-2012 гг.

Вариант	2010			2011			2012		
	Май	Июль	Сентябрь	Май	Июль	Сентябрь	Май	Июль	Сентябрь
Капельный полив, полиэтиленовая пленка	13,1	12,8	5,6	12,8	8,0	8,4	9,2	41,6	32,2
Фертигация РМУ, полиэтиленовая пленка	13,6	12,0	6,0	12,6	14,0*	12,4	9,6	38,4	31,5
Фертигация РМУ, геотекстиль	11,6	8,0*	8,0	12,9	13,6*	13,6*	11,2	43,2	32,4
НСР <sub>05</sub>	$F_{\phi} < F_{05}$	4,0	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	5,3	5,1	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

В сентябре 2010 года отмечено статистически достоверное снижение содержания подвижного фосфора в почве в варианте с мульчированием геотекстилем (таблица 29).

Таблица 29 – Содержание подвижных форм  $P_2O_5$  в почве, мг/100 г. Опыт 3. 2009-2012 гг.

Вариант	Сентябрь 2009	Сентябрь 2010	Сентябрь 2011	Сентябрь 2012
Капельный полив, полиэтиленовая пленка	31,8	35,5	46,0	41,0
Фертигация РМУ, полиэтиленовая пленка	30,5	37,5	55,0	45,0
Фертигация РМУ, геотекстиль	31,0	26,5*	49,0	51,0
НСР <sub>05</sub>	$F_{\phi} < F_{05}$	8,8	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

В 2015 году в опыте 4 в контрольном варианте, без внесения удобрений, наблюдали высокое содержание подвижного фосфора (таблица 30) (68-93 мг/100 г). В этот год плодоношения земляники садовой не было, в этом случае такое повышение можно объяснить капельным поливом и действием корневой системы растений. В вариантах с внесением удобрений уровень подвижного фосфора в почве был отмечен ниже. В 2016 и в 2018 гг. было общее снижение показателя во всех вариантах, в 2017 году количество подвижного фосфора увеличилось.

Таблица 30 – Содержание подвижных форм  $P_2O_5$  в почве, мг/100 г. Опыт 4. 2015-2018 гг.

Вариант	Сентябрь 2015	Сентябрь 2016	Сентябрь 2017	Сентябрь 2018
1. Ф 0 Запас 0	93,0	40,5	71,0	33,0
2. Ф 0,5 Запас 0	84,0	43,5	76,0	35,8
3. Ф 1 Запас 0	71,0*	40,5	57,0*	23,5
4. Ф 0 Запас 0,5	93,0	37,0	57,0*	26,8
5. Ф 0,5 Запас 0,5	68,0*	35,5	86,5	33,3
6. Ф 1 Запас 0,5	81,0	47,5	78,0	31,8
7. Ф 0 Запас 1	88,0	35,5	76,0	30,3
8. Ф 0,5 Запас 1	91,0	27,0*	89,0	31,5
9. Ф 1 Запас 1	87,0	32,0	85,0	29,0
Сред.	84,0	37,7	75,1	30,6
НСР <sub>05</sub>	13,8	12,5	13,4	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

Уровень подвижного фосфора в почве во всех вариантах наблюдали высокий, в том числе и из-за изначального высокого его содержания. С этим связано его высокое содержание в листьях растений во все годы исследований (таблицы 24, 25).

Содержание калия в водной вытяжке из почвы в течение 2010 года существенно не менялось, общий уровень был достаточно низким по сравнению с последующими сезонами (таблица 31). В 2011 году в июле отметили увеличение уровня калия в водной вытяжке в три раза, с фертигацией РМУ, применением удобрения «Вива», фертигацией «Акварином» – в пять раз. Снижение показателя отмечено только в июле 2012 года, оно связано с высоким урожаем земляники садовой 2012 года.

Таблица 31 – Содержание  $K_2O$  в водной вытяжке из почвы, мг/л. Опыт 2. 2010-2012 гг.

Вариант	2010			2011			2012		
	Май	Июль	Сентябрь	Май	Июль	Сентябрь	Май	Июль	Сентябрь
Контроль	35,6	11,7	23,5	55,3	116,0	142,8	319,9	89,8	75,2
Фертигация РМУ	35,6	15,9	31,9*	60,3	272,3*	324,3*	326,7	133,1	82,3
Фертигация РМУ, в запас $P_{45}K_{90}$	36,3	14,7	29,4	60,5	183,9	159,7	220,4	85,7	88,3
Фертигация РМУ, в запас $P_{90}K_{150}$	36,5	13,0	26,0	60,9	129,4	196,7	263,7	98,4	87,3
Фертигация РМУх2, п/2	35,7	15,7	31,5*	62,2	172,6	195,6	241,7	100,7	82,5
Фертигация РМУ, «Вива»	35,6	15,5	31,1*	60,5	271,1*	201,1	215,6	133,1	79,9
Фертигация «Акварин»	35,6	11,7	23,5	63,0	233,1*	183,3	394,1	98,4	76,5
НСР <sub>05</sub>	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	8,2	$F_{\phi} < F_{05}$	89,6	102,2	4,9	9,3	$F_{\phi} < F_{05}$

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

В солевой вытяжке отметили снижение содержания подвижного калия в 2010 году, в варианте с фертигацией РМУ и удобрением «Вива», в 2011 году наблюдали увеличение в варианте с фертигацией РМУ и дополнительно предварительным внесением фосфорно-калийных удобрений, в меньшей степени – в остальных опытных вариантах. К сентябрю 2012 года уровень подвижного калия в почве наблюдали стабильно высоким в опытных вариантах по сравнению с контролем, 18-26 мг/100 г почвы (таблица 32).

Таблица 32 – Содержание подвижных форм  $K_2O$  в почве, мг/100 г. Опыт 2. 2009-2012 гг.

Вариант	Сентябрь 2009	Сентябрь 2010	Сентябрь 2011	Сентябрь 2012
Контроль	19,9	31,6	20,4	17,5
Фертигация РМУ	20,6	38,1	36,3*	18,3
Фертигация РМУ, в запас $P_{45}K_{90}$	22,1	35,5	37,3*	21,2
Фертигация РМУ, в запас $P_{90}K_{150}$	24,5	36,3	39,9*	26,7
Фертигация РМУх2, п/2	22,3	26,9	33,1	24,2
Фертигация РМУ, «Вива»	22,9	22,4*	34,5	19,8
Фертигация «Акварин»	20,8	33,1	33,1	21,4
Сред.	22,0	32,0	33,5	21,0
НСР <sub>05</sub>	$F_{\phi} < F_{05}$	7,9	14,2	$F_{\phi} < F_{05}$

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

Содержание калия в водной вытяжке из почвы в опыте 3 (таблица 33) разнообразно в течение трех лет наблюдений, максимальное значение (330 мг/л) отмечено в варианте с мульчированием геотекстилем на второй год плодоношения.

Таблица 33 – Содержание  $K_2O$  в водной вытяжке из почвы, мг/л. Опыт 3. 2010-2012 гг.

Вариант	2010			2011			2012		
	Май	Июль	Сентябрь	Май	Июль	Сентябрь	Май	Июль	Сентябрь
Капельный полив, полиэтиленовая пленка	35,6	11,7	23,5	55,3	116,0	142,8	319,9	89,8	75,2
Фертигация РМУ, полиэтиленовая пленка	35,6	15,9	31,9*	60,3	272,3*	324,3*	326,7	133,1*	82,3
Фертигация РМУ, геотекстиль	36,2	11,6	23,3	61,2	160,6	330,2*	220,1*	74,6	86,5
НСР <sub>05</sub>	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	7,6	$F_{\phi} < F_{05}$	89,6	102,2	98,1	35,6	$F_{\phi} < F_{05}$

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

В сентябре 2010 года мульчирование почвы геотекстилем способствовало снижению содержания подвижного калия в почве до уровня контрольного варианта. В 2011 году подобное снижение не носило статистически достоверный характер, в 2012 г. содержание подвижного калия осталось на уровне до опыта (17,5 – 18,8 мг/100 г почвы).

Таблица 34 – Содержание подвижных форм  $K_2O$  в почве, мг/100 г. Опыт 3. 2009-2012 гг.

Вариант	Сентябрь 2009	Сентябрь 2010	Сентябрь 2011	Сентябрь 2012
Капельный полив, полиэтиленовая пленка	19,9	31,6	20,4	17,5
Фертигация РМУ, полиэтиленовая пленка	20,6	38,1*	36,3*	18,3
Фертигация РМУ, геотекстиль	22,5	32,4	33,1	18,8
НСР <sub>05</sub>	$F_{\phi} < F_{05}$	6,7	15,5	$F_{\phi} < F_{05}$

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

За 2015-2016 года в опыте 4 содержание подвижных форм калия в почве было стабильным, 28-30 мг/100 г почвы (таблица 35). К 2017 году отмечали снижение общего уровня подвижных соединений калия в почве до 18-25 мг/100 г почвы, к сентябрю 2018 года средний уровень составил 17,7 мг/100 г почвы, несмотря на регулярное внесение в течение предыдущих четырех лет.

Таблица 35 – Содержание подвижных форм  $K_2O$  в почве, мг/100 г. Опыт 4. 2015-2018 гг.

Вариант	Сентябрь 2015	Сентябрь 2016	Сентябрь 2017	Сентябрь 2018
1. Ф 0 Запас 0	26,1	29,0	22,7	16,5
2. Ф 0,5 Запас 0	28,5	28,7	22,0	16,5
3. Ф 1 Запас 0	29,2	29,7	18,3	15,3
4. Ф 0 Запас 0,5	28,7	30,3	22,7	17,3
5. Ф 0,5 Запас 0,5	29,0	32,6	23,8	16,7
6. Ф 1 Запас 0,5	30,2	28,7	19,9	18,1
7. Ф 0 Запас 1	31,8	31,4	28,1	21,2
8. Ф 0,5 Запас 1	30,6	27,7	24,7	18,4
9. Ф 1 Запас 1	30,2	27,2	21,5	19,9
Сред.	29,4	29,5	22,6	17,7
НСР <sub>05</sub>	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

При добавлении в почву воды или других растворителей в избытке, из твердых фаз почвы дополнительно извлекаются различные химические соединения, смещается адсорбционное равновесие, изменяется значение рН за счет гидролиза (если растворитель – вода) или иных реакций. Таким образом, водная вытяжка и почвенный раствор значительно различаются и по составу, и по концентрации содержащихся в растворе элементов. При сравнении состава водных вытяжек и почвенных растворов торфянисто-подзолистых глееватых почв центрального лесного государственного биосферного заповедника (Малинина и др., 2007) установлено, что общей чертой всех почвенных растворов является более высокое содержание макро- и микроэлементов по сравнению с водной вытяжкой почвы. Систематической корреляции между составами водной вытяжки и почвенного раствора для данных почв не наблюдается. Максимальное различие содержания – по калию, меньше – по магнию, не более чем в 2 раза - по кальцию.

В результате наблюдения за динамикой содержания основных макроэлементов в водной и солевой вытяжках из почвы, можно предположить, что данные водной вытяжки отражают состав вносимого раствора и степень перехода макроэлементов из раствора в ППК, а солевая вытяжка характеризует общее количество элемента, доступное для растений.

### 3.3 Содержание основных макроэлементов в листьях растений земляники садовой

При оценке влияния режимов внесения удобрений (опыт 2) в насаждениях земляники садовой установили, что предпосадочное внесение РК в почву способствовали повышению содержания в листьях азота (до 2,17-2,50 %) у растений сортов Хоней, Русич, Троицкая. Применение препарата «Вива» и предпосадочное внесение РК способствовало увеличению в листьях растений сорта Хоней содержания калия (таблица 36).

Существенное повышение содержания азота в листьях земляники сорта Русич отметили в варианте с предпосадочным внесением  $P_{45}K_{90}$ , у сорта Троицкая – в варианте с внесением  $P_{90}K_{150}$ . Содержание фосфора в листьях отмечено стабильно высокое (0,33-0,47%), как в контрольных, так и в опытных вариантах.

На содержание калия в листьях растений земляники садовой сорта Хоней положительно повлияло предпосадочное внесение фосфорно-калийных удобрений.

Таблица 36 – Влияние удобрения и мульчирования на содержание макроэлементов в листьях растений земляники садовой. Опыт 2. Среднее за 3 года. 2010-2012 гг.

Вариант	N, %			
	Хоней	Русич	Троицкая	Дукат
Контроль	1,60	1,37	1,87	1,97
Фертигация РМУ	1,83	1,40	2,27	2,47
Фертигация РМУ, в запас $P_{45}K_{90}$	1,87	2,03*	1,53	2,27
Фертигация РМУ, в запас $P_{90}K_{150}$	2,07*	1,77	2,50*	1,90
Фертигация РМУх2, n/2	1,93	1,67	2,27	2,10
Фертигация РМУ, «Вива»	2,17*	1,70	2,30	2,23
Фертигация «Акварин»	2,07	1,47	2,07	2,03
Хсред.	2,00	1,70	2,10	2,20

Продолжение таблицы 36

НСР <sub>05</sub>	0,45	0,59	0,57	F <sub>ф</sub> < F <sub>т</sub>
Вариант	P, %			
Контроль	0,38	0,35	0,40	0,42
Фертигация РМУ	0,43	0,38	0,41	0,42
Фертигация РМУ, в запас P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	0,41	0,45	0,34	0,39
Фертигация РМУ, в запас P <sub>90</sub> K <sub>150</sub>	0,43	0,47	0,42	0,40
Фертигация РМУх2, п/2	0,41	0,43	0,38	0,42
Фертигация РМУ, «Вива»	0,41	0,45	0,41	0,40
Фертигация «Акварин»	0,42	0,41	0,38	0,33
X <sub>сред.</sub>	0,41	0,42	0,40	0,41
НСР <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>т</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>т</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>т</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>т</sub>
Вариант	K, %			
Контроль	1,11	0,97	1,56	1,60
Фертигация РМУ	1,42	0,97	1,74	1,70
Фертигация РМУ, в запас P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	1,70*	1,22	1,39	1,66
Фертигация РМУ, в запас P <sub>90</sub> K <sub>150</sub>	1,67*	1,32	1,59	1,86
Фертигация РМУх2, п/2	1,42	1,23	1,55	1,82
Фертигация РМУ, «Вива»	1,23	1,17	1,54	1,76
Фертигация «Акварин»	1,28	1,07	1,36	1,55
X <sub>сред.</sub>	1,45	1,15	1,53	1,67
НСР <sub>05</sub>	0,32	F <sub>ф</sub> < F <sub>т</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>т</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>т</sub>

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

Мульчирование почвы геотекстилем способствовало статистически достоверному увеличению в листьях растений сортов Хоней и Русич содержания азота, у сорта Хоней – повышению содержания калия (таблица 37). У сортов Троицкая и Дукат применение геотекстиля в качестве мульчирующего материала вызвало снижение содержания калия в листьях ниже уровня контроля.

Таблица 37 – Влияние удобрения и мульчирования на содержание макроэлементов в листьях растений земляники садовой. Опыт 3. Среднее за 3 года. 2010-2012 гг.

Вариант	N, %			
	Хоней	Русич	Троицкая	Дукат
Капельный полив, полиэтиленовая пленка	1,60	1,37	1,87	1,97
Фертигация РМУ, полиэтиленовая пленка	1,83	1,40	2,27	2,47
Фертигация РМУ, геотекстиль	2,17*	1,93*	2,00	2,47
НСР <sub>05</sub>	0,53	0,52	F <sub>ф</sub> < F <sub>т</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>т</sub>
Вариант	P, %			
Капельный полив, полиэтиленовая пленка	0,38	0,35	0,40	0,42
Фертигация РМУ, полиэтиленовая пленка	0,43	0,38	0,41	0,42
Фертигация РМУ, геотекстиль	0,41	0,42	0,42	0,46

Продолжение таблицы 37				
НСР <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>
Вариант	K, %			
Капельный полив, полиэтиленовая пленка	1,11	0,97	1,56	1,60
Фертигация РМУ, полиэтиленовая пленка	1,42	0,97	1,74	1,70
Фертигация РМУ, геотекстиль	1,78*	1,28	1,47	1,39
НСР <sub>05</sub>	0,37	F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

При оценке влияния доз и способов внесения удобрений (опыт 4) в насаждениях земляники садовой установили, в среднем за три года исследований повышению содержания в листьях азота (1,38%) и калия (0,12%) способствовало внесение двойной дозы комбинированно в насаждениях земляники сорта Хоней (таблица 38). Уровень фосфора в листьях в большой степени зависел от содержания подвижного фосфора в почве, составил 0,19-0,29 %.

Таблица 38 – Влияние доз и способов удобрения на содержание макроэлементов в листьях растений земляники садовой. Опыт 3. В среднем за 3 года исследований. 2016-2018 гг.

Вариант	N, %		P, %		K, %	
	Хоней	Троицкая	Хоней	Троицкая	Хоней	Троицкая
1. Ф 0    Запас 0	1,16	1,04	0,28	0,27	1,36	1,47
2. Ф 0,5    Запас 0	1,22	0,97	0,27	0,26	1,43	1,43
3. Ф 1    Запас 0	1,23	0,98	0,25	0,29	1,40	1,56
4. Ф 0    Запас 0,5	1,04	0,96	0,23	0,24	1,27	1,43
5. Ф 0,5    Запас 0,5	1,15	1,00	0,19	0,23	1,31	1,45
6. Ф 1    Запас 0,5	1,11	1,03	0,23	0,27	1,39	1,70
7. Ф 0    Запас 1	1,19	1,08	0,23	0,24	1,44	1,79
8. Ф 0,5    Запас 1	1,31	1,02	0,23	0,25	1,48	1,55
9. Ф 1    Запас 1	1,38*	0,87	0,28	0,26	1,49*	1,22
Среднее	1,20	0,99	0,24	0,26	1,40	1,51
НСР 05	0,15	F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>	0,12	F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

При корреляционном анализе не удалось обнаружить зависимости макроэлементов в почве и в листьях растений земляники садовой в четырехстрочных и однострочных насаждениях.



### 3.4 Влияние режимов, доз и способов удобрения на продуктивность растений земляники садовой и урожайность насаждений

Продуктивность растений сорта Хоней в опыте 2 в 2010-2012 гг. в среднем за три года исследований была выше в опытных вариантах, чем в контрольном. Фертигация насаждений раствором минеральных удобрений (РМУ) способствовала существенному повышению продуктивности растений на 17% (228 г/растение в среднем за 3 года), в вариантах с фертигацией РМУ и предпосадочным внесением фосфорных и калийных удобрений – на 40 и 43% (263 и 278 г/растение) (таблица 39). Дополнительное применение органоминерального удобрения «Вива» не привело к повышению продуктивности по сравнению с фертигацией РМУ. Внесение комплексного минерального удобрения Акварин способствовало повышению продуктивности растений земляники садовой сорта Хоней на 13%. Режим фертигации РМУх2 с низкой частотой внесения вызвал снижение продуктивности до уровня контроля (193 г/растение).

Продуктивность растений на третий год плодоношения в среднем по всем вариантам была существенно выше, чем в предыдущие два года, это наблюдалось в контрольном и опытных вариантах и обусловлено благоприятными погодными условиями 2012 года (254 г/растение).

Таблица 39 – Продуктивность растений земляники садовой сорта Хоней. Опыт 2. 2010-2012 гг.

Вариант	Продуктивность, г/растение				Средняя масса ягоды, г				Компоненты продуктивности (в среднем за 3 года)		
	2010	2011	2012	сред.	2010	2011	2012	сред.	рожки, шт./растение	цветоносы, шт./растение	цветки, шт./растение
Контроль	173	180	231	195	11,7	10,5	11,2	11,1	3,7	3,8	17,3
Фертигация РМУ	215	203	266	228*	11,3	10,6	12,1	11,3	3,8	4,4*	19,4
Фертигация РМУ, в запас P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	256*	236*	297*	263*	12,5*	11,9	13,6*	12,7*	3,9	4,6*	18,6
Фертигация РМУ, в запас P <sub>90</sub> K <sub>150</sub>	262*	267*	306*	278*	12,3	11,1	13,6*	12,3*	4,1	4,6*	19,5
Фертигация РМУх2, п/2	183	186	209	193	10,9*	10,5	12,2	11,1	3,6	3,9	17,0
Фертигация РМУ, «Вива»	220	219	237	226*	12,4	10,7	11,6	11,6	3,6	4,6*	17,0
Фертигация «Акварин»	223	209	232	221	11,8	10,6	12,2	11,2	3,7	4,3	17,5
сред.	217	213	254	227,8	11,8	10,8	12,4	11,3	3,8	3,9	18,3
НСР <sub>05</sub>	55,3	49,5	42,0	31	0,8	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	1,9	0,7	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	0,6	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

Ожидаемого увеличения продуктивности растений в 2011 году не произошло из-за низкого количества осадков на фоне повышенной температуры в весенний период (третья декада апреля – первая декада мая).

Максимальная продуктивность растений земляники садовой сорта Хоней отмечена в варианте с фертигацией РМУ и внесением в запас  $P_{90}K_{150}$  в 2012 году – 306 г/растение. Минимальная продуктивность наблюдалась в 2010 году в контрольном варианте – 173 г/растение. Во все три года наблюдений лучший результат отмечен в варианте с фертигацией РМУ и внесением  $P_{90}K_{150}$  в запас.

Применение минеральных удобрений способствовало увеличению средней массы ягоды земляники сорта Хоней. Предпосадочное внесение фосфорных и калийных удобрений и фертигация РМУ растений сорта Хоней способствовало существенному увеличению средней массы ягоды земляники в среднем за три года: 11,9 – 12,7 г (в контрольном варианте – 11,1 г). В варианте с фертигацией РМУх2 средняя масса ягоды оставалась на уровне контроля (11,1 г), в 2010 году показатель существенно снизился (до 10,9 г).

Максимальное значение средней массы ягоды (13,6 г) отмечено на третий год плодоношения в вариантах с предпосадочным внесением фосфорных и калийных удобрений, минимальное – 10,5 г – во второй год плодоношения в контрольном варианте и в варианте с фертигацией РМУх2. Наибольшее значение массы одной ягоды в среднем за три года наблюдений отмечено в варианте с предпосадочным внесением  $P_{45}K_{90}$  (12,7 г).

Количественная оценка компонентов продуктивности. На продуктивность растений земляники садовой влияют такие показатели, как число рожков, цветоносов, цветков. В среднем за три года наибольшее число рожков отмечено в варианте РМУ +  $P_{90}K_{150}$  – 4,1 шт./растение. Различия в показателе между контрольным и опытными вариантами статистически не подтвердились. Сортной особенностью земляники сорта Хоней являлось образование меньшего числа рожков (3,6-4,1 шт./растение), чем у остальных сортов.

С увеличением возраста растений планомерно увеличивалось число рожков: рост наблюдался во второй год плодоношения, увеличение на третий год по сравнению со вторым было несущественным.

В среднем за три года исследований фертигация РМУ, предпосадочное внесение РК и органоминеральное удобрение «Вива» способствовали увеличению числа цветоносов (статистически доказано): 4,6 шт./растение по сравнению с контролем (3,8 шт./растение). Внесение РМУх2 оказалось малоэффективным по сравнению с контролем по показателю среднего числа цветоносов на одном растении во все годы наблюдений.

Существенного увеличения числа цветков в опытных вариантах по сравнению с контролем у растений сорта Хоней в среднем за 3 года не отмечено.

Продуктивность растений земляники садовой сорта Русич в среднем за три года превышала контроль в опытных вариантах с фертигацией РМУ – на 27%, в варианте с фертигацией и внесением в запас  $P_{45}K_{90}$  – на 31%, в варианте с фертигацией и внесением в запас  $P_{90}K_{150}$  – на 17,6%. Статистический анализ не выявил достоверного различия продуктивности контрольных и опытных вариантов. Продуктивность растений на третий год плодоношения в среднем по всем вариантам была существенно выше, чем в предыдущие два года, как и у сорта Хоней (таблица 40). Максимальная продуктивность растений земляники садовой сорта Русич отмечена в варианте с фертигацией РМУ и предпосадочным внесением  $P_{45}K_{90}$  в 2012 году – 180 г/растение. Минимальная продуктивность наблюдалась в 2010 году в контрольном варианте, 104 г/растение.

Таблица 40 – Продуктивность растений земляники садовой сорта Русич. Опыт 2. 2010-2012 гг.

Вариант	Продуктивность, г/растение				Средняя масса ягоды, г				Компоненты продуктивности (в среднем за 3 года)		
	2010	2011	2012	сред.	2010	2011	2012	сред.	рожки, шт./растение	цветоносы, шт./растение	цветки, шт./растение
Контроль	104	110	162	125	7,5	7,7	10,9	8,7	6,1	4,1	23,0
Фертигация РМУ	152	159*	167	160	8,8	8,3	10,5	9,2	8,4	4,7	27,0
Фертигация РМУ, в запас P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	151	160*	180	164	9,1	8,8*	11,5	9,8*	7,2	4,9	32,6*
Фертигация РМУ, в запас P <sub>90</sub> K <sub>150</sub>	130	145*	166	147	8,8	8,6	8,1*	8,5	8,0	5,2	28,8
Фертигация РМУх2, п/2	112	117	170	133	7,2	7,1	9,6*	8,0	8,2	4,6	26,9
Фертигация РМУ, «Вива»	109	127	174	137	6,9	8,1	10,8	8,6	8,2	5,2	31,3*
Фертигация «Акварин»	112	132	170	137	7,6	6,8	10,5	8,3	6,4	4,9	28,4
сред.	122	134	170	142	7,9	8,1	10,6	8,6	7,4	4,9	26,0
НСР <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	33,4	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	1,1	0,9	0,8	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	7,8

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

В первый год плодоношения средняя масса ягоды земляники садовой сорта Русич существенно не различалась в контрольном и опытных вариантах, в 2011 году показатель существенно увеличился в варианте с предпосадочным внесением  $P_{45}K_{90}$ . В 2012 году наблюдалось существенное снижение в вариантах с предпосадочным внесением  $P_{90}K_{150}$  и фертигацией РМУ повышенной концентрации. В среднем за 3 года наблюдений удалось выявить влияние на среднюю массу ягоды земляники садовой сорта Русич предпосадочного внесения  $P_{45}K_{90}$  (9,8 г) в сочетании с фертигацией РМУ.

Максимальное значение средней массы ягоды (11,5 г) отмечено на третий год плодоношения в вариантах с предпосадочным внесением в почву  $P_{45}K_{90}$ , минимальное – 6,8 г – во второй год плодоношения в контрольном варианте и в варианте с внесением «Вивы».

Число рожков и цветоносов у растений земляники сорта Русич контрольного и опытных вариантов в среднем за 3 года исследований не различалось. В среднем за три года наибольшее число рожков отмечено в варианте с фертигацией РМУ – 8,4 шт./растение; цветоносов – в вариантах с внесением «Вивы» и предпосадочным  $P_{90}K_{150}$  (5,2 шт./растение).

Число цветков на растениях земляники садовой сорта Русич в среднем за три года увеличилось в вариантах с предпосадочным внесением  $P_{45}K_{90}$  (32,6 шт./растение) и применением органоминерального удобрения «Вива» (31,3 шт./растение).

Продуктивность растений земляники садовой сорта Троицкая в среднем за три года существенно превышала контроль в опытных вариантах с фертигацией РМУ – на 26,6% (233 г/растение), в варианте с фертигацией РМУ на 16,8% (215 г/растение), в варианте с фертигацией удобрением Акварин – на 18% (217 г/растение) (таблица 41).

Таблица 41 – Продуктивность растений земляники садовой сорта Троицкая. Опыт 2. 2010-2012 гг.

Вариант	Продуктивность, г/растение				Средняя масса ягоды, г				Компоненты продуктивности (в среднем за 3 года)		
	2010	2011	2012	сред.	2010	2011	2012	сред.	рожки, шт./растение	цветоносы, шт./растение	цветки, шт./растение
Контроль	166	109	276	184	8,9	9,6	13,1	10,6	7,2	5,0	29,1
Фертигация РМУ	203*	209*	287	233*	9,5	11,5	13,0	11,3	7,0	5,3	31,2
Фертигация РМУ, в запас P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	156	170*	278	202	10,7*	10,1	12,7	11,2	7,7	5,4	29,6
Фертигация РМУ, в запас P <sub>90</sub> K <sub>150</sub>	134	143*	305	194	10,5*	9,3	12,9	10,9	9,2*	5,8*	30,6
Фертигация РМУх2, п/2	127*	179*	289	199	10,1*	10,6	11,4*	10,7	8,7	5,1	28,6
Фертигация РМУ, «Вива»	169	191*	251	203	9,8	11,9	12,9	11,5	6,7	5,2	27,3
Фертигация «Акварин»	175	208*	268	217*	10,2*	10,7	12,1*	11,1	6,3	5,3	28,4
сред.	161	173	283	206	9,8	10,6	12,7	11,0	7,5	5,2	29,5
НСР <sub>05</sub>	33,8	32,9	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	26,5	1,1	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	0,9	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	1,3	0,8	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

В 2010 году прибавка продуктивности, достоверная на 95%-м уровне значимости, отмечена в варианте с фертигацией РМУ в варианте с РМУх2 наблюдали существенное снижение продуктивности по сравнению с контролем (на 23,5%). В 2011 году продуктивность растений в опытных вариантах была выше, чем в контрольном (достоверно на 95%-м уровне вероятности), наибольшие значения (209 и 208 г/растение) – в вариантах с фертигацией РМУ и фертигацией удобрением Акварин. В 2012 году существенное отличие продуктивности по сравнению с контролем не отмечено.

Максимальная продуктивность растений земляники садовой сорта Троицкая в течение трех лет наблюдений отмечена в варианте с фертигацией РМУ и внесением в запас  $P_{90}K_{150}$  в 2012 году – 305 г/растение. Минимальная продуктивность наблюдалась в 2011 году в контрольном варианте – 109 г/растение. Существенное снижение продуктивности ниже контрольного значения наблюдалось в 2010 году при внесении  $P_{90}K_{150}$  и фертигации РМУх2 (134 и 127 г/растение).

Средняя масса ягоды земляники садовой сорта Троицкая существенно увеличилась в 2010 году в вариантах с предпосадочным внесением РК и фертигацией «Акварином», снизилась в 2012 году, по сравнению с контролем, с фертигацией РМУх2. В среднем за три года изменения показателя незначительны.

Максимальное значение средней массы ягоды (13,4 г) растений земляники сорта Троицкая отмечено на третий год плодоношения в вариантах с мульчированием почвы геотекстилем, как и у растений сорта Русич, минимальное – 8,8 г – во второй год плодоношения в том же варианте. Наибольшее среднее по вариантам значение за три года исследований отмечено в варианте с применением органоминерального удобрения «Вива» (11,5 г).

У растений земляники садовой сорта Троицкая наблюдалось статистически достоверное увеличение числа рожков и цветоносов в среднем за три года исследований в варианте с предпосадочным внесением  $P_{90}K_{150}$ .



На число цветков растениях земляники садовой сорта Троицкая режимы внесения удобрений в данном опыте существенного влияния не оказали. Наибольшее число цветков в среднем за три года наблюдений – 31,2 шт./растение – наблюдалось в варианте с фертигацией РМУ (без дополнительных факторов).

За три года средняя прибавка продуктивности растений земляники сорта Дукат наблюдалась по сравнению с контролем в опытных вариантах с фертигацией РМУ на 44,3% (179 г/растение), фертигацией и мульчированием почвы геотекстилем на 28% (159 г/растение), с фертигацией удобрением Акварин на 30,6% (162 г/растения). Сочетание фертигации РМУ и предпосадочного внесения фосфорно-калийных удобрений способствовало повышению продуктивности растений в среднем за три года на 46% (181 г/растение) и 34,6% (167 г/растение). Продуктивность растений на третий год плодоношения в среднем была существенно выше, чем в предыдущие два года, как и у остальных сортов в опыте (таблица 42).

Максимальная продуктивность растений земляники сорта Дукат в опыте 2 в среднем за три года исследований наблюдалась в варианте с фертигацией РМУ и предпосадочным внесением  $P_{45}K_{90}$  (181 г/растение), минимальная – в контрольном варианте (125 г/растение).

Средняя масса ягоды у растений земляники садовой сорта Дукат в 2010 году существенно увеличилась в варианте с предпосадочным внесением  $P_{45}K_{90}$ , в 2012 году – в варианте фертигацией РМУ и в вариантах с предпосадочным внесением РК. В среднем за три года на среднюю массу ягоды оказала существенное влияние фертигация РМУ (без дополнительных условий) и предпосадочное внесение РК (таблица 29).

Таблица 42 – Продуктивность растений земляники садовой сорта Дукат. Опыт 2. 2010-2012 гг.

Вариант	Продуктивность, г/растение				Средняя масса ягоды, г				Компоненты продуктивности (в среднем за 3 года)		
	2010	2011	2012	сред.	2010	2011	2012	сред.	рожки, шт./растение	цветоносы, шт./растение	цветки, шт./растение
Контроль	108	110	155	125	5,3	5,6	5,5	4,8	6,9	5,1	22,9
Фертигация РМУ	145	169*	223*	179*	6,0	6,0	7,6*	6,4*	6,2	5,5	26,4
Фертигация РМУ, в запас P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	160*	169*	213*	181*	6,8*	6,1	8,7*	7,2*	7,2	5,7	31,1*
Фертигация РМУ, в запас P <sub>90</sub> K <sub>150</sub>	149*	149*	203*	167*	6,4	6	9,8*	7,4*	8,8*	6,2*	31,4*
Фертигация РМУх2, п/2	104	126	172	134	4,3	5,5	5,5	4,6	7,4	5,2	25,3
Фертигация РМУ, «Вива»	128	140	174	148	5,7	6,2	6,7	6,2	7,6	5,4	24,1
Фертигация «Акварин»	139	167*	179	162*	5,3	5,7	7,2	6,1	8,1	5,4	28,0
сред.	136	148	186	157	5,7	5,4	7,2	5,2	7,4	5,3	24,7
НСР <sub>05</sub>	37,9	35,8	40,1	24,1	1,2	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	1,9	1,6	1,3	1,1	5,8

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

Максимальное значение средней массы ягоды (9,8 г) земляники сорта Дукат отмечено на третий год плодоношения в варианте с предпосадочным внесением  $P_{90}K_{150}$ , минимальное – 5,3 г – в первый год плодоношения в контрольном варианте и с применением удобрения «Вива». Наибольшее среднее по вариантам значение за три года исследований отмечено в варианте с предпосадочным внесением  $P_{90}K_{150}$  (7,4 г).

У растений земляники сорта Дукат фертигация РМУ с предпосадочным внесением  $P_{90}K_{150}$  оказала существенное влияние на число рожков и цветоносов в течение трех лет исследований. Число цветков на растениях земляники садовой сорта Дукат в среднем за три года существенно увеличивалось в вариантах с предпосадочным внесением фосфорных и калийных удобрений (31,1...31,4 шт./растение).

В результате исследований установили, что фертигация РМУ способствует повышению генеративной продуктивности растений земляники садовой исследуемых сортов по сравнению с капельным орошением без внесения удобрений. Дополнительное внесение в запас в почву  $P_{45}K_{90}$  способствовало повышению продуктивности растений сорта Хоней, у растений сортов Русич и Дукат продуктивность была на уровне фертигации РМУ без внесения в запас, у растений сорта Троицкая этот вариант внесения способствовал снижению продуктивности до контроля. Дополнительное внесение в запас в почву  $P_{90}K_{150}$  не способствовало увеличению продуктивности растений, у растений земляники садовой сортов Русич и Дукат наблюдалось снижение продуктивности до уровня фертигации РМУ. Фертигация РМУ удвоенной концентрации с пониженной частотой внесения способствовала снижению продуктивности растений сортов Русич и Дукат до уровня контроля, сортов Хоней и Троицкая в отдельные годы – ниже уровня контроля. Фертигация РМУ с применением органоминерального удобрения «Вива» не способствовала увеличению продуктивности растений, кроме растений сорта Хоней в 2011 году. Фертигация удобрением Акварин

способствовала увеличению продуктивности растений сортов земляники садовой Троицкая и Дукат по сравнению с контрольным вариантом.

В опыте 3 с мульчирующими материалами установили, что у растений земляники садовой сорта Хоней в среднем за 3 года наблюдений мульчирование черной полиэтиленовой пленкой способствовало повышению продуктивности (таблица 43). Наибольшее число цветков в среднем за три года наблюдений – 19,9 шт./растение – было в варианте с мульчированием почвы геотекстилем, средняя масса ягоды также была выше в варианте с мульчированием почвы геотекстилем.

Применение тканого геотекстиля в качестве мульчирующего материала обнаружило эффект у растений сорта Русич (таблица 44): наблюдали увеличение средней массы ягоды. У сорта Троицкая (таблица 45) на третий год плодоношения, в остальные годы продуктивность растений не отличалась от варианта с мульчированием пленкой, а у растений земляники сорта Русич снижалась до уровня контроля.

У сорта Дукат фертигация РМУ способствовала повышению продуктивности растений, применение тканого геотекстиля в качестве мульчирующего материала не показало дополнительного эффекта, но и не способствовало снижению показателей продуктивности до уровня контроля (таблица 46).

Таким образом, применение для мульчирования геотекстиля способствовало увеличению средней массы ягоды у сортов Хоней и Русич.

Таблица 43 – Продуктивность растений земляники садовой сорта Хоней. Опыт 3. 2010-2012 гг.

Вариант	Продуктивность, г/растение				Средняя масса ягоды, г				Компоненты продуктивности (в среднем за 3 года)		
	2010	2011	2012	сред.	2010	2011	2012	сред.	рожки, шт./растение	цветоносы, шт./растение	цветки, шт./растение
Капельный полив, полиэтиленовая пленка	173	180	231	195	11,7	10,5	11,2	11,1	3,7	3,8	17,3
Фертигация РМУ, полиэтиленовая пленка	215	203	266	228*	11,3	10,6	12,1	11,3	3,8	4,4*	19,4
Фертигация РМУ, геотекстиль	198	200	255	218	11,7	11,4	12,5	11,9*	3,9	4,3	19,9
сред.	195,3	194,3	250,7	213,7	11,6	10,8	11,9	11,4	3,8	4,2	18,9
НСР <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	34	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	0,8	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	0,6	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

Таблица 44 – Продуктивность растений земляники садовой сорта Русич. Опыт 3. 2010-2012 гг.

Вариант	Продуктивность, г/растение				Средняя масса ягоды, г				Компоненты продуктивности (в среднем за 3 года)		
	2010	2011	2012	сред.	2010	2011	2012	сред.	рожки, шт./растение	цветоносы, шт./растение	цветки, шт./растение
Капельный полив, полиэтиленовая пленка	104	110	162	125	7,5	7,7	10,9	8,7	6,1	4,1	23,0
Фертигация РМУ, полиэтиленовая пленка	152	159*	167	160	8,8	8,3	10,5	9,2	8,4	4,7	27,0
Фертигация РМУ, геотекстиль	104	123	173	134	7,6	9,6*	12,5*	9,9*	6,8	4,7	27,1
сред.	120,0	130,7	167,3	139,7	8,0	8,5	11,3	9,3	7,1	4,5	25,7
НСР <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	36,8	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	2,1	1,9	1,1	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

Таблица 45 – Продуктивность растений земляники садовой сорта Троицкая. Опыт 3. 2010-2012 гг.

Вариант	Продуктивность, г/растение				Средняя масса ягоды, г				Компоненты продуктивности (в среднем за 3 года)		
	2010	2011	2012	сред.	2010	2011	2012	сред.	рожки, шт./растение	цветоносы, шт./растение	цветки, шт./растение
Капельный полив, полиэтиленовая пленка	166	109	276	184	8,9	9,6	13,1	10,6	7,2	5,0	29,1
Фертигация РМУ, полиэтиленовая пленка	203*	209*	287	233*	9,5	11,5	13,0	11,3	7,0	5,3	31,2
Фертигация РМУ, геотекстиль	154	178*	312	215*	8,8	11,2	13,4	11,1	6,9	5,3	30,9
сред.	174,3	165,3	291,7	210,7	9,1	10,8	13,2	11,0	7,0	5,2	30,4
НСР <sub>05</sub>	33,8	32,9	$F_{\phi} < F_{05}$	26,5	1,1	$F_{\phi} < F_{05}$	0,9	$F_{\phi} < F_{05}$	1,3	0,8	$F_{\phi} < F_{05}$

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

Таблица 46 – Продуктивность растений земляники садовой сорта Дукат. Опыт 3. 2010-2012 гг.

Вариант	Продуктивность, г/растение				Средняя масса ягоды, г				Компоненты продуктивности (в среднем за 3 года)		
	2010	2011	2012	сред.	2010	2011	2012	сред.	рожки, шт./растение	цветоносы, шт./растение	цветки, шт./растение
Капельный полив, полиэтиленовая пленка	108	110	155	125	5,3	5,6	5,5	4,8	6,9	5,1	22,9
Фертигация РМУ, полиэтиленовая пленка	145*	169*	223*	179*	6,0	6,0	7,6*	6,4*	6,2	5,5	26,4
Фертигация РМУ, геотекстиль	152*	155*	169	159	5,8	6,1	6,8	6,2*	6,6	5,5	27,1
сред.	135,0	144,7	182,3	154,3	5,7	5,9	6,6	5,8	6,6	5,4	25,5
НСР <sub>05</sub>	34,3	42,6	62,3	33,7	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	2,1	0,9	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

В опыте 4 за три года наблюдений (2016-2018 гг.) существенное увеличение продуктивности растений земляники садовой сорта Хоней по сравнению с контролем наблюдалось в варианте с комбинированным внесением удобрений (0,5 дозы с фертигацией и полная доза удобрений в запас) – в среднем за 3 года 310 г/растение (таблица 47).

В 2016 и 2017 году существенных различий в продуктивности между вариантами не наблюдалось, на третий год плодоношения появилась статистически достоверная разница в контрольном и опытных вариантах, она наблюдалась в вариантах Ф 0 Запас 0,5; Ф 0,5 Запас 1; Ф 1 Запас 1. Максимальная продуктивность растений наблюдалась в варианте Ф 0,5 Запас 1 в третий год плодоношения (347 г/растение), минимальная – в варианте Ф 1 Запас 0 на второй год плодоношения (170 г/растение).

Средняя масса ягоды у растений земляники сорта Хоней в 2016 году снижалась в варианте с фертигацией половинной дозой (8,4 г по сравнению с контролем – 9,5 г), увеличилась – в варианте с полной дозой и комбинированным способом внесения (10,2 г, максимальное значение за три года исследований). В последующие годы существенных различий величины показателя не установлено.

Число рожков в опыте 2016-2018 гг. в среднем у растений земляники садовой сорта Хоней составило 5,8 шт./растение. Максимально – 6,6 шт./растение – отмечено в варианте с полной дозой фертигации. Дозы и способы внесения минеральных удобрений не оказали влияния на количество цветоносов растений сорта Хоней. Число цветков в вариантах Ф 0,5 Запас 1 и двойной дозой комбинированно было существенно выше контрольного и остальных опытных вариантов (до 36,8 шт./растение).



Таблица 47 – Продуктивность растений земляники садовой сорта Хоней. Опыт 4. 2016-2018 гг.

Вариант	Продуктивность, г/растение				Средняя масса ягоды, г				Компоненты продуктивности (в среднем за 3 года)		
	2016	2017	2018	сред.	2016	2017	2018	сред.	рожки, шт./растение	цветоносы, шт./растение	цветки, шт./растение
1. Ф 0 Запас 0	231	207	175	204	9,5	7,3	5,9	7,6	5,7	6,5	30,9
2. Ф 0,5 Запас 0	236	173	201	203	8,4*	7,5	6,0	7,3	5,7	6,4	29,6
3. Ф 1 Запас 0	233	170	187	197	9,2	7,9	6,5	7,9	6,6*	6,4	30,3
4. Ф 0 Запас 0,5	237	205	300*	247	9,5	7,7	6,2	7,8	5,3	7,1	33,0
5. Ф 0,5 Запас 0,5	328	234	192	251	10,2*	8,7	5,6	8,2	6,1	6,8	30,9
6. Ф 1 Запас 0,5	221	243	148	204	9,1	8,5	6,6	8,1	5,6	6,1	29,5
7. Ф 0 Запас 1	272	219	256	249	9,1	8,7	6,4	8,1	6,0	7,0	33,9
8. Ф 0,5 Запас 1	311	271	347*	310*	9,3	8,1	6,2	7,9	5,9	6,5	36,8*
9. Ф 1 Запас 1	275	208	276*	253	8,8	7,9	6,7	7,8	6,1	6,7	36,0*
Сред.	260	214	231	235	9,2	8,0	6,2	7,9	5,8	6,6	31,2
НСР <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	98,2	61	0,7	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	0,8	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	3,5

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

Продуктивность растений сорта Троицкая в опыте 4 в 2016 и 2017 гг. в контрольном и опытных вариантах существенно не различалась. В 2018 году существенное увеличение продуктивности растений наблюдалось в опытных вариантах с различными дозами удобрений, в том числе с внесением комбинированно двойной дозы (таблица 48). В среднем за 3 года существенная прибавка продуктивности была в варианте с комбинированным внесением Ф 1 Запас 0,5. Максимальное значение продуктивности отметили в 2012 году в варианте с внесением полной дозы удобрений в запас (247 г/растение), минимальное – в 2018 году в варианте с внесением половинной дозы удобрений с фертигацией.

Средняя масса ягоды у растений земляники сорта Троицкая в 2016 году снижалась в варианте с фертигацией половинной дозой (6,8 г по сравнению с контролем – 8,5 г). В последующие годы существенной разницы между показателем в контрольном и опытных вариантах не установлено. Максимальное значение средней массы ягоды земляники садовой сорта Троицкая за три года исследований отмечено в варианте с фертигацией полной дозой минеральных удобрений (9,8 г). Минимальное значение средней массы ягоды (6,5 г) отмечено в третий год плодоношения в варианте с полной дозой комбинированным внесением. Наибольшее значение в среднем за три года по вариантам отмечено в варианте с полной дозой удобрений, внесенной с фертигацией: 8,7 г.

В среднем за три года наблюдений отмечено статистически достоверное на 95%-м уровне вероятности увеличение числа рожков у растений сорта Троицкая в вариантах Ф 0,5 Запас 1 и Ф 1 Запас 1, снижение – в варианте полной дозы удобрений в запас. У растений сорта Троицкая в среднем за три года исследований увеличение числа цветоносов наблюдалось в вариантах Ф 0,5 Запас 0,5 и Ф 0,5 Запас 1. Наибольшее значение в среднем за три года по вариантам отмечено в вариантах Ф 0,5 Запас 1 (8,3 шт./растение).

Таблица 48 – Продуктивность растений земляники садовой сорта Троицкая. Опыт 4. 2016-2018 гг.

Вариант	Продуктивность, г/растение				Средняя масса ягоды, г				Компоненты продуктивности (в среднем за 3 года)		
	2016	2017	2018	сред.	2016	2017	2018	сред.	рожки, шт./растение	цветоносы, шт./растение	цветки, шт./растение
1. Ф 0 Запас 0	223	183	161	189	8,5	6,3	7,3	7,4	5,3	7,2	30,0
2. Ф 0,5 Запас 0	264	203	142	203	6,8*	6,6	7,5	7,0	5,5	7,0	28,8
3. Ф 1 Запас 0	192	243	230*	222	8,4	7,9	9,8	8,7	4,9	7,4	32,7
4. Ф 0 Запас 0,5	212	203	230*	215	8,0	7,7	7,1	7,6	5,8	7,9	32,7
5. Ф 0,5 Запас 0,5	248	225	220	231	7,4	7,8	6,5	7,2	5,7	8,0*	34,3*
6. Ф 1 Запас 0,5	234	276	232*	247*	8,6	8,0	7,8	8,1	5,3	7,1	33,4*
7. Ф 0 Запас 1	236	195	247*	226	9,3	8,3	7,1	8,2	4,5*	6,7	35,1*
8. Ф 0,5 Запас 1	209	244	186	213	7,9	8,1	7,6	7,9	6,2*	8,3*	36,1*
9. Ф 1 Запас 1	206	192	238*	212	9,1	8,4	8,4	8,6	6,2*	7,8	35,8*
Сред.	225	218	210	218	8,2	7,7	7,7	7,8	5,4	7,4	29,4
НСР <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	68	56	1,2	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	0,6	0,8	3,4

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

Число цветоносов на одно растение у земляники садовой сорта Троицкая было выше, чем у сорта Хоней, как и в опыте 2. Сравнительно низкое число рожков и цветоносов на одно растение является сортовой специфичностью растений земляники садовой сорта Хоней.

В среднем за три года исследований число цветков увеличилось, по сравнению с контролем, в вариантах с внесением полной дозы минеральных удобрений в запас и комбинированно, полуторной и двойной дозы комбинировано. Наибольшее значение в среднем за три года по вариантам отмечено в вариантах Ф 0,5 Запас 1 (35,8 шт./растение).

Анализ корреляции компонентов продуктивности растений в опыте 1 по вариантам выявил тенденцию влияния на продуктивность растений средней массы одной ягоды ( $r=0,70\dots0,82$ ). В однострочных насаждениях земляники садовой без мульчирования (опыт 2) подобная корреляция прослеживалась в меньшей степени ( $r=0,60\dots0,75$ ). Полуторная доза минеральных удобрений, внесенная комбинированным способом, способствовала повышению продуктивности растений земляники садовой в однострочных насаждениях без мульчирования.

Продуктивность земляники садовой является важным показателем эффективности режимов, доз и способов внесения удобрений, но при этом необходимо отметить, что в разные годы весовая доля товарных ягод среди всех собранных различалась по вариантам. Процент товарных ягод у растений земляники садовой сорта Хоней в опыте 2 в среднем за 2010-2012 гг. исследований существенно снижался в вариантах с предварительным внесением фосфорно-калийных удобрений и в варианте с повышенной концентрацией РМУ: с 75,3 до 63,8 % (таблица 49).

Таблица 49 – Количество товарных ягод в сборах земляники садовой, %.  
Сорт Хоней. Опыт 2. 2010-2012 гг.

Вариант	Год			В среднем за три года
	2010	2011	2012	
Контроль	83,0	47,7	95,3	75,3
Фертигация РМУ	80,3	39,3	93,3	71,0
Фертигация РМУ, в запас P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	75,0	32,3*	92,7	66,7*
Фертигация РМУ, в запас P <sub>90</sub> K <sub>150</sub>	71,0	32,3*	91,3*	64,9*
Фертигация РМУх2, п/2	71,3	28,3*	91,7*	63,8*
Фертигация РМУ, «Вива»	79,7	48,0	97,3	75,0
Фертигация «Акварин»	73,7	39,0	93,3	68,7
Среднее (год)	77,1	39,2	93,8	70,1
НСР <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	8,9	3,6	7,3

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

В первый год плодоношения существенно значимого снижения качества ягод не установлено, в 2011 и 2012 гг. достоверные различия подтвердились. В 2011 году низкий процент товарных ягод связан с неблагоприятными погодными условиями периода созревания земляники садовой. В 2010 и 2012 гг. качество плодов в среднем было выше (77,1 и 93,8% соответственно). Максимальное значение количества товарных ягод земляники на растениях сорта Хоней наблюдалось в 2012 году в варианте с применением удобрения «Вива» (97,3%), минимальное (28,3%) – в варианте с фертигацией РМУ повышенной концентрации.

Процент товарных ягод растений земляники садовой сорта Русич в среднем за 2010-2012 гг. исследований существенно снижался в вариантах с фертигацией РМУ и фертигацией РМУ повышенной концентрации на 7,6 и 9,8% соответственно. В первый год плодоношения существенно значимого снижения качества ягод не установлено, в 2011 году в вариантах с фертигацией РМУ и РМУх2 наблюдали снижение качества, в 2012 гг. – снижение было только в варианте с РМУх2. Максимальное количество товарных ягод земляники сорта Русич наблюдалось в 2012 году в варианте с применением удобрения «Вива» (93,3%), минимальное – в варианте с фертигацией РМУ, 40% (таблица 50).

Таблица 50 – Количество товарных ягод в сборах земляники садовой, %.  
Сорт Русич. Опыт 2. 2010-2012 гг.

Вариант	Год			В среднем за три года
	2010	2011	2012	
Контроль	77,3	58,7	91,3	75,8
Фертигация РМУ	71,3	44,7*	88,3	68,1*
Фертигация РМУ, в запас P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	73,3	47,0*	89,3	69,9
Фертигация РМУ, в запас P <sub>90</sub> K <sub>150</sub>	70,7	55,7	90,0	72,1
Фертигация РМУх2, п/2	72,0	40,0*	86,0*	66,0*
Фертигация РМУ, «Вива»	76,0	49,0	93,3	72,8
Фертигация «Акварин»	78,0	55,3	91,7	75,0
Среднее (год)	74,7	51,2	90,4	72,1
НСР <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	10,1	3,5	6,4

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

У растений земляники садовой сорта Троицкая процент товарных ягод в среднем за 2010-2012 гг. исследований снижался по сравнению с контролем в вариантах с фертигацией РМУ, предпосадочным внесением фосфорно-калийных удобрений и применением РМУх2 (таблица 51).

Таблица 51 – Количество товарных ягод в сборах земляники садовой, %.  
Сорт Троицкая. Опыт 2. 2010-2012 гг.

Вариант	Год			В среднем за три года
	2010	2011	2012	
Контроль	74,3	41,7	89,3	68,4
Фертигация РМУ	70,3	32,3*	85,0	62,6*
Фертигация РМУ, в запас P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	67,0	35,7	85,3	62,7*
Фертигация РМУ, в запас P <sub>90</sub> K <sub>150</sub>	63,0	35,0	85,3	61,1*
Фертигация РМУх2, п/2	57,3	33,0	82,7	57,7*
Фертигация РМУ, «Вива»	73,7	45,0	89,3	69,3
Фертигация «Акварин»	64,7	41,3	88,0	64,7
Среднее (год)	67,9	39,5	86,3	64,5
НСР <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	9,1	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>	5,7

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

В первый год плодоношения существенно значимого снижения качества ягод не установлено, в 2011 году в варианте с фертигацией РМУ наблюдалось снижение качества по сравнению с контролем на 9,4%. В 2012 г. различий в количестве товарных ягод земляники садовой сорта Троицкая не отмечено. Максимальное количество товарных ягод земляники наблюдалось в 2012 году в

вариантах с применением удобрения «Вива» и контрольном варианте (89,3%), минимальное – 32,3% – в варианте с фертигацией РМУ.

В 2010-2012 гг. у растений земляники садовой сорта Дукат достоверного снижения процента товарных ягод не отмечено. При этом минимальные значения (в среднем за три года исследований) также в варианте с повышенной концентрацией РМУ – 62,1%. В 2010 и 2011 гг. наибольшее количество товарных ягод отмечено в варианте с мульчированием почвы геотекстилем, 78,7% и 44,7% соответственно. В 2012 году 87,7% товарных ягод наблюдалось в варианте с применением органоминерального удобрения «Вива» (таблица 52).

Количество товарных ягод в 2011 году обусловлено потерями в связи с неблагоприятными погодными условиям в весенний период (засуха в апреле и мае) и в период созревания ягод. В 2012 году наблюдались благоприятные условия для формирования ягод земляники, процент товарных ягод наблюдался в диапазоне 84,8-93,8%. Внесение удобрений, по сравнению с капельным поливом без удобрений, способствовало снижению товарного качества ягод, в меньшей степени это наблюдалось в вариантах с мульчированием почвы геотекстилем и дополнительным применением удобрения «Вива».

Таблица 52 – Количество товарных ягод в сборах земляники садовой, %. Сорт Дукат. Опыт 2. 2010-2012 гг.

Вариант	Год			В среднем за три года
	2010	2011	2012	
Контроль	76,7	44,0	86,3	69,0
Фертигация РМУ	72,7	42,0	82,7	65,8
Фертигация РМУ, в запас P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	74,3	37,7	84,3	65,4
Фертигация РМУ, в запас P <sub>90</sub> K <sub>150</sub>	75,3	36,0	83,0	64,8
Фертигация РМУх2, n/2	72,3	32,7	81,3	62,1
Фертигация РМУ, «Вива»	75,7	39,3	87,7	67,6
Фертигация «Акварин»	73,3	35,0	85,7	64,7
Среднее	74,9	38,9	84,8	66,2
НСР <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>

Таким образом, минеральные удобрения, способствующие повышению продуктивности растений земляники садовой, одновременно снижали процент товарных ягод (за исключением препарата «Вива»).

Применение геотекстиля в качестве мульчирующего материала способствовало повышению количества товарных ягод в урожае до уровня контроля (таблицы 53-56). У сорта Русич в 2011 году такое повышение отмечено как статистически достоверное, также в среднем за три года наблюдений.

Таблица 53 – Количество товарных ягод в сборах земляники садовой, %. Сорт Хоней. Опыт 3. 2010-2012 гг.

Вариант	Год			В среднем за три года
	2010	2011	2012	
Капельный полив, полиэтиленовая пленка	83,0	47,7	95,3	75,3
Фертигация РМУ, полиэтиленовая пленка	80,3	39,3	93,3	71,0
Фертигация РМУ, геотекстиль	82,7	46,7	96,0	75,1
Среднее (год)	82,0	44,6	94,9	73,8
НСР <sub>05</sub>	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

Таблица 54 – Количество товарных ягод в сборах земляники садовой, %. Сорт Русич. Опыт 3. 2010-2012 гг.

Вариант	Год			В среднем за три года
	2010	2011	2012	
Капельный полив, полиэтиленовая пленка	77,3	58,7	91,3	75,8
Фертигация РМУ, полиэтиленовая пленка	71,3	44,7*	88,3	68,1*
Фертигация РМУ, геотекстиль	78,7	59,3	93,0	77,0
Среднее (год)	75,8	54,2	90,9	73,6
НСР <sub>05</sub>	$F_{\phi} < F_{05}$	13,3	$F_{\phi} < F_{05}$	7,2

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

У сортов Троицкая и Дукат повышение в 2011 году товарных ягод в варианте с применением геотекстиля в качестве мульчирующего материала отмечено на уровне тенденции. В целом можно отметить положительное влияние геотекстиля для мульчирования на сохранность ягод и снижение потерь от болезней.



Таблица 55 – Количество товарных ягод в сборах земляники садовой, %.  
Сорт Троицкая. Опыт 3. 2010-2012 гг.

Вариант	Год			В среднем за три года
	2010	2011	2012	
Капельный полив, полиэтиленовая пленка	74,3	41,7	89,3	68,4
Фертигация РМУ, полиэтиленовая пленка	70,3	32,3	85,0	62,6
Фертигация РМУ, геотекстиль	72,7	51,7	85,0	69,8
Среднее (год)	72,4	41,9	86,4	66,9
НСР <sub>05</sub>	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

Таблица 56 – Количество товарных ягод в сборах земляники садовой, %.  
Сорт Дукат. Опыт 3. 2010-2012 гг.

Вариант	Год			В среднем за три года
	2010	2011	2012	
Капельный полив, полиэтиленовая пленка	76,7	44,0	86,3	69,0
Фертигация РМУ, полиэтиленовая пленка	72,7	42,0	82,7	65,8
Фертигация РМУ, геотекстиль	78,7	44,7	87,7	70,3
Среднее	76,0	43,6	85,6	68,4
НСР <sub>05</sub>	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$

Урожайность в опыте 2 (2010-2012 гг.) определяли с учетом продуктивности растений и количества товарных ягод земляники садовой. Наибольшая урожайность, с учетом % товарных ягод, в среднем за 3 года исследований отмечена у земляники садовой сорта Хоней (12,3 т/га), наименьшая – у земляники сорта Дукат (7,9 т/га). Максимальная урожайность земляники садовой сорта Хоней достигнута в вариантах с предварительным внесением фосфорно-калийных удобрений (14,7 т/га), несмотря на то, что в этих же вариантах наблюдался наибольший процент нетоварных ягод. Минимальная – у растений сорта Дукат в варианте с фертигацией РМУ повышенной концентрации (рисунок 9).

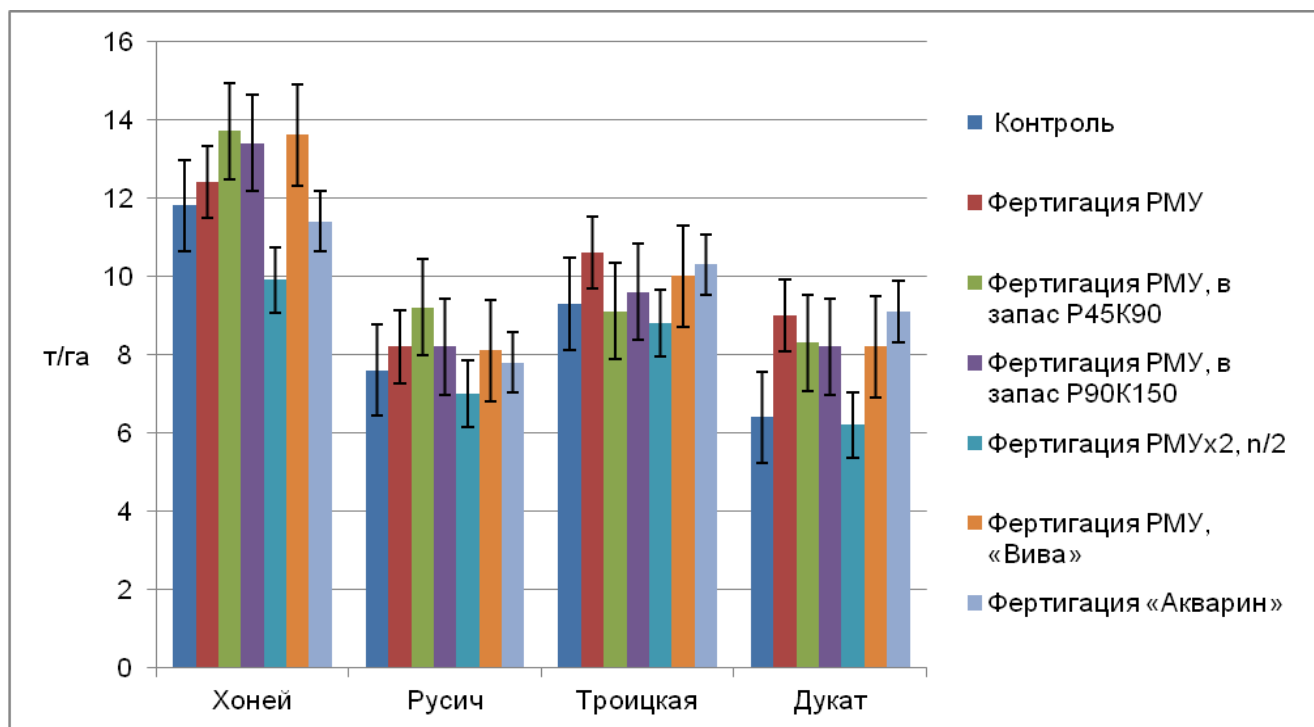


Рисунок 9 – Урожайность земляники садовой с учетом % товарных ягод, в среднем за 3 года исследований, т/га. Опыт 2. 2010 - 2012 гг.

Отмечена сортоспецифическая реакция растений земляники садовой на удобрение с капельным поливом: урожайность земляники сортов Хоней и Троицкая существенно отличалась от сортов Русич и Дукат в контрольном и опытных вариантах. Снижение урожайности в варианте с повышенной концентрацией РМУ ниже уровня контроля наблюдается у всех сортов земляники.

В опыте 3 установлено, что у сортов Хоней, Русич и Троицкая урожайность выше в варианте с применением геотекстиля, чем черной полиэтиленовой пленки в качестве мульчирующего материала (рисунок 10), статистически данные не подтверждаются.

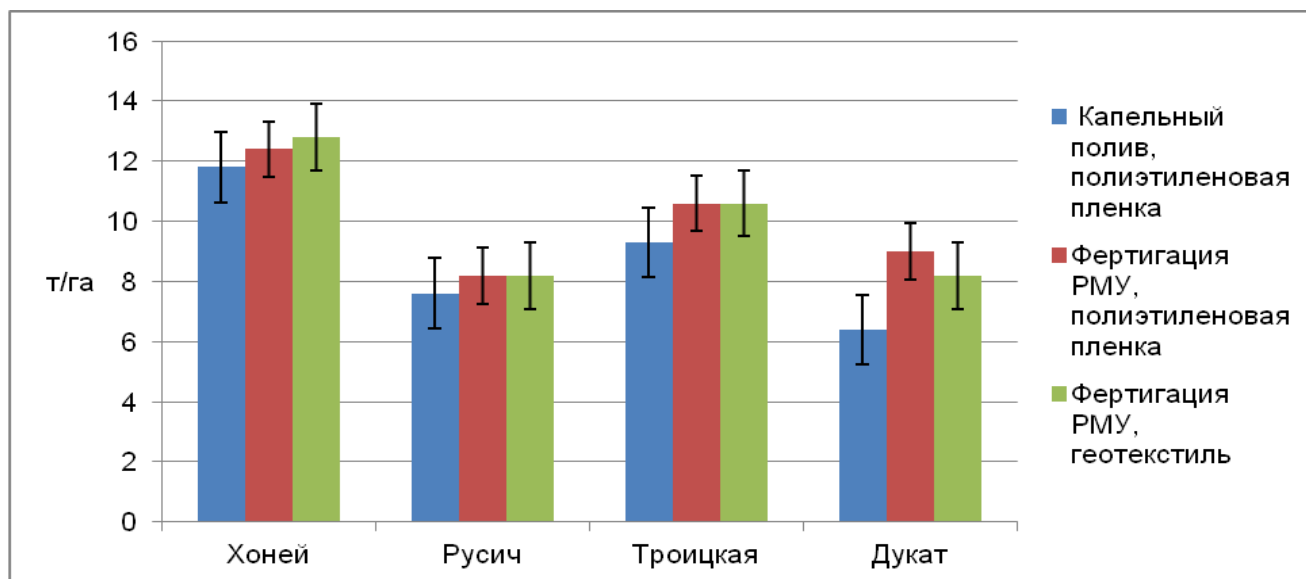


Рисунок 10 – Урожайность земляники садовой с учетом % товарных ягод, в среднем за 3 года исследований, т/га. Опыт 3. 2010 - 2012 гг.

В опыте 4 в среднем за 3 года исследований количество товарных ягод земляники садовой сорта Хоней варьировало от 67 до 70,2%, дозы и способы внесения удобрений на данный параметр не влияли (таблица 57).

Таблица 57 – Количество товарных ягод земляники садовой сорта Хоней, %. Опыт 4. 2016-2018 гг.

Вариант	Год			В среднем за три года
	2016	2017	2018	
1. Ф 0 Запас 0	88,0	50,3	68,0	68,8
2. Ф 0,5 Запас 0	86,3	52,0	72,3	70,2
3. Ф 1 Запас 0	84,7	51,3	76,7	70,9
4. Ф 0 Запас 0,5	88,0	52,0	69,0	69,7
5. Ф 0,5 Запас 0,5	83,7	51,3	74,7	69,9
6. Ф 1 Запас 0,5	82,3	54,3	75,7	70,8
7. Ф 0 Запас 1	81,3	52,0	74,7	69,3
8. Ф 0,5 Запас 1	77,7	49,0	74,3	67,0
9. Ф 1 Запас 1	76,7	50,3	76,0	67,7
Среднее (год)	83,2	51,4	73,5	69,4
НСР <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>

Также не отмечено существенное различие в контрольном и опытных вариантах в каждый год наблюдений. Максимальное количество товарных ягод земляники садовой наблюдалось в первый год плодоношения в контрольном

варианте (88%), что может в определенной степени подтверждать влияние вносимых удобрений на качество товарной продукции земляники. Минимальное количество товарных ягод наблюдалось в 2017 году в варианте 8 (Ф 0,5 Запас 1) – 49%.

Количество товарных ягод у растений земляники садовой сорта Троицкая варьировало от 67,4 до 72,7%, дозы и способы внесения удобрений на данный параметр не влияли, как и у сорта Хоней. При этом наибольшие значения количества товарных ягод наблюдались в контрольных вариантах (с капельным поливом, без внесения удобрений) (таблица 58).

Таблица 58 – Количество товарных ягод земляники садовой сорта Троицкая, %. Опыт 4. 2016-2018 гг.

Вариант	Год			В среднем за три года
	2016	2017	2018	
1. Ф 0 Запас 0	91,3	51,7	75,0	72,7
2. Ф 0,5 Запас 0	89,3	50,7	73,7	71,2
3. Ф 1 Запас 0	90,0	46,7	69,3	68,7
4. Ф 0 Запас 0,5	88,3	51,0	71,7	70,3
5. Ф 0,5 Запас 0,5	92,3	52,7	70,3	71,8
6. Ф 1 Запас 0,5	87,3	49,3	65,7	67,4
7. Ф 0 Запас 1	91,0	55,0	71,3	72,4
8. Ф 0,5 Запас 1	89,3	50,3	75,0	71,6
9. Ф 1 Запас 1	85,3	47,7	78,0	70,3
Среднее (год)	89,4	50,6	72,2	70,7
НСР <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>05</sub>

Максимальное количество товарных ягод земляники садовой наблюдалось в первый год плодоношения в контрольном варианте (88%), что может в определенной степени подтверждать влияние вносимых удобрений на качество товарной продукции земляники. Минимальное количество товарных ягод наблюдалось в 2017 году в варианте 8 (Ф 0,5 Запас 1) – 49%. Варьирование доз и способов удобрения в опыте 2 существенно повлияли на урожайность земляники садовой (рисунок 11).

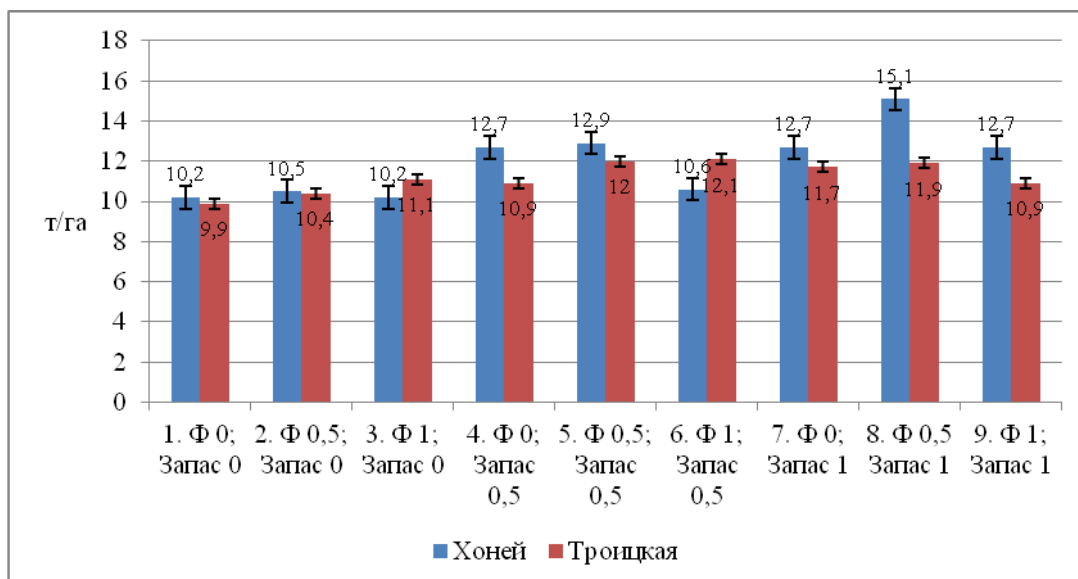


Рисунок 11 - Урожайность земляники садовой с учетом % товарных ягод, в среднем за 3 года исследований, т/га. Опыт 4. 2016 - 2018 гг.

Отмечена сортоспецифическая реакция растений: урожайность земляники садовой сорта Хоней в большинстве вариантов выше, чем сорта Троицкой. Максимальной урожайности в среднем за три года исследований (15,1 т/га) у земляники садовой сорта Хоней удалось достигнуть при комбинированном внесении минеральных удобрений с фертигацией и в запас (Ф 0,5 Запас 1), у земляники сорта Троицкая – 12,1 т/га – при комбинированном внесении минеральных удобрений (Ф 1 Запас 0,5 и Ф 0,5 Запас 0,5).

При рассмотрении в двух опытах разных технологий выращивания земляники садовой с капельным орошением отметили, что уровни урожайности одинаковых сортов сопоставимы: 10,0-14,7 т/га в опыте 2 и 10,2-15,1 т/га в опыте 3 у земляники садовой сорта Хоней; 9,9-12,5 т/га в опыте 1 и 9,9-12,1 т/га в опыте 2 у земляники садовой сорта Троицкая. При этом в опыте 2, с мульчированием почвы полимерными материалами, фаза плодоношения начиналась 10-12 июня, в опыте 4 – 20-22 июня (в 2017 году из-за аномально низких температур и осадков – 30 июня). Высокая вариабельность продуктивности растений и урожайности по годам определялась разнообразием климатических условий, вариантов опыта и

количеством кондиционных ягод. В опытных насаждениях средства защиты растений не применялись.

### 3.5. Влияние режимов, доз и способов внесения удобрений с капельным поливом на надземную массу растений земляники садовой

При удалении усов с плодоносящей плантации земляники садовой была проведена оценка побегообразования (числа розеток с одного растения) и надземной массы растений. В опыте 2 отмечено увеличение надземной массы растений в варианте с фертигацией РМУх2 повышенной концентрации у растений земляники садовой сортов Хоней, Троицкая и Дукат (таблица 59). У растений сортов Хоней, Троицкая и Русич применение препарата «Вива» способствовало снижению надземной массы. В среднем за три года наблюдений наибольшая масса надземной части растения земляники отмечена у сорта Дукат при фертигации РМУ повышенной концентрации (164,1 г). Минимальная (88,9 г) масса – у растений сорта Хоней в варианте с применением удобрения «Вива». На количество розеток с одного растения режимы внесения удобрений оказали влияние только у земляники сорта Дукат: статистически достоверное увеличение показателя наблюдалось в вариантах с применением «Вивы» и с фертигацией РМУ повышенной концентрации. Число розеток в варианте с РМУх2 наблюдалось выше у растений трех из четырех исследуемых сортов, но необходимо отметить, что растения земляники садовой сорта Русич имеют сниженную усообразовательную способность по сравнению с другими сортами (Айтжанова и др., 2013; Андропова, 2014).

Таким образом, фертигацию РМУ повышенной концентрации со сниженной частотой внесения можно рекомендовать к использованию в питомниках земляники садовой.

Таблица 59 – Влияние удобрения и мульчирования на массу надземной части и число розеток земляники садовой. Опыт 2. В среднем за 3 года (2010-2012 гг.)

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 P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	103,1	11,4	114,8	4,1	129,3	10,6	152,5*	5,5
Фертигация РМУ, в запас P <sub>90</sub> K <sub>150</sub>	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 <sub>05</sub>	19,5	F <sub>ф.</sub> < F <sub>т.</sub>	F <sub>ф.</sub> < F <sub>т.</sub>	F <sub>ф.</sub> < F <sub>т.</sub>	14,2	5,0	18,9	4,1

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

Положительного влияния на массу надземной части растений и число розеток мульчирующего материала геотекстиля не отмечено (таблица 60), в основном наблюдалось снижение усообразования и розеток, у сорта Дукат – существенное, у сорта Троицкая, Хоней и Русич – незначительное увеличение.

Таблица 60 – Влияние удобрения и мульчирования на массу надземной части и число розеток земляники садовой. Опыт 3. В среднем за 3 года (2010-2012 гг.)

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.
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 <sub>05</sub>	F <sub>ф.</sub> < F <sub>т.</sub>	F <sub>ф.</sub> < F <sub>т.</sub>	F <sub>ф.</sub> < F <sub>т.</sub>	F <sub>ф.</sub> < F <sub>т.</sub>	F <sub>ф.</sub> < F <sub>т.</sub>	F <sub>ф.</sub> < F <sub>т.</sub>	F <sub>ф.</sub> < F <sub>т.</sub>	1,4

\* – существенно на 95 % уровне вероятности

В опыте 4 в 2016-2018 гг. надземная масса растений земляники садовой сортов Хоней и Троицкая увеличивалась с увеличением внесенной в запас дозы минеральных удобрений и в случаях комбинированного внесения двойной дозы. На отдельных вариантах это увеличение статистически достоверно на 95-% уровне вероятности. Число розеток в опытных вариантах выше, чем в контрольном, у растений обоих сортов, статистически не подтверждается. Максимальный выход розеток в вариантах с полуторными и двойными дозами, 13,3 шт./растение у сорта Хоней и 15,7 шт./растение у сорта Троицкая. Наибольшие значения надземной массы также в вариантах с двойной дозой, внесенной комбинировано: 144 г у сорта Хоней и 171 г у сорта Троицкая (таблица 61).

Таблица 61 – Влияние удобрения и мульчирования на массу надземной части и выход розеток земляники садовой. Опыт 4. В среднем за 3 года (2016-2018 гг.)

Вариант	Сорт			
	Хоней		Троицкая	
	масса, г	число розеток, шт./раст.	масса, г	число розеток, шт./раст.
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 <sub>05</sub>	36,7	F <sub>ф.</sub> < F <sub>т.</sub>	39,5	F <sub>ф.</sub> < F <sub>т.</sub>

\* – существенно на 95 % уровне вероятности



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

Одним из основных показателей безопасности и качества продукции является содержание нитратов, особенно в исследованиях влияния минеральных удобрений на продуктивность растений. В 2010-2012 гг. в ягодах земляники садовой сорта Хоней превышения ПДК (100 мг/кг свежих ягод) нитратов не зафиксировано. Сильное варьирование по содержанию нитратов в ягодах земляники в 2011 году, в отличие от 2010 и 2012 гг. Максимальное накопление нитратов в среднем за 3 года наблюдалось в вариантах с РМУх2, фертигацией с добавлением органоминерального удобрения «Вива» и с фертигацией Акварином. В 2010 и 2011 гг. отметили снижение уровня нитратов в ягодах в вариантах с фертигацией РМУ и внесением фосфора и калия в запас.

Нитраты в ягодах земляники садовой сорта Русич в 2010 году в среднем были на низком уровне (39-55 мг/кг продукции), увеличились в 2011 году и несколько снизились в 2012 году. В 2010 году наблюдалось увеличение количества нитратов в варианте с фертигацией РМУх2 и в варианте с фертигацией Акварином, в 2011 году в этих же вариантах количество нитратов было максимальным и превышало ПДК на 20%: 121 мг/кг и 119 мг/кг (рисунок 12). В 2012 году такое превышение сохранилось только в варианте с фертигацией РМУх2 (102 мг/кг). В среднем за 3 года в этом варианте наблюдалось увеличение количества нитратов в ягодах на 50% по сравнению с контролем.

Содержание нитратов в ягодах земляники садовой сорта Троицкая в течение трех лет наблюдений варьировало от 40 до 105 мг/кг продукции, при этом превышение ПДК наблюдалось только в 2011 году в варианте с фертигацией РМУх2. В 2011 году из-за погодных условий средний уровень нитратов в ягодах земляники садовой был выше, чем в 2010 и 2012 гг.

По содержанию нитратов в ягодах земляники садовой сорта Дукат самым неблагоприятным был также 2011 год: в среднем содержание нитратов приближалось к ПДК, а в отдельных опытных вариантах превышало ПДК, но не более чем на 5%. В среднем по вариантам накопление нитратов происходило в ягодах растений вариантов с фертигацией РМУх2, применением препарата «Вива» и фертигацией удобрением Акварин. В 2012 году содержание нитратов в ягодах земляники садовой сорта Дукат снизилось, при существенно увеличившейся урожайности.

В опыте 3 установлено, что мульчирование почвы геотекстилем в большинстве случаев способствовало снижению нитратов в ягодах земляники (рисунок 13), за исключением в 2011 году растений сортов Русич и Дукат.

В 2016-2018 гг. в опыте 4 наблюдалось варьирование погодных условий, у сортов земляники Хоней и Троицкая содержание нитратов в ягодах находилось в норме, не превышало ПДК, при этом у ягод сорта Хоней максимальный уровень наблюдался в 2018 году, у Троицкой – в 2016 (рисунок 14). При неблагоприятных погодных условиях 2017 года накопление нитратов не наблюдалось. Внесение комбинированно двойной дозы минеральных удобрений не способствовало накоплению нитратов в ягодах земляники садовой сорта Троицкая. В течение опыта превышения ПДК по нитратам в ягодах не наблюдали, даже в неблагоприятные с точки зрения погоды сезоны, максимальное накопление нитратов было в варианте Ф 0 Запас 1 в ягодах земляники сорта Троицкая в 2016 году (72 мг/кг).

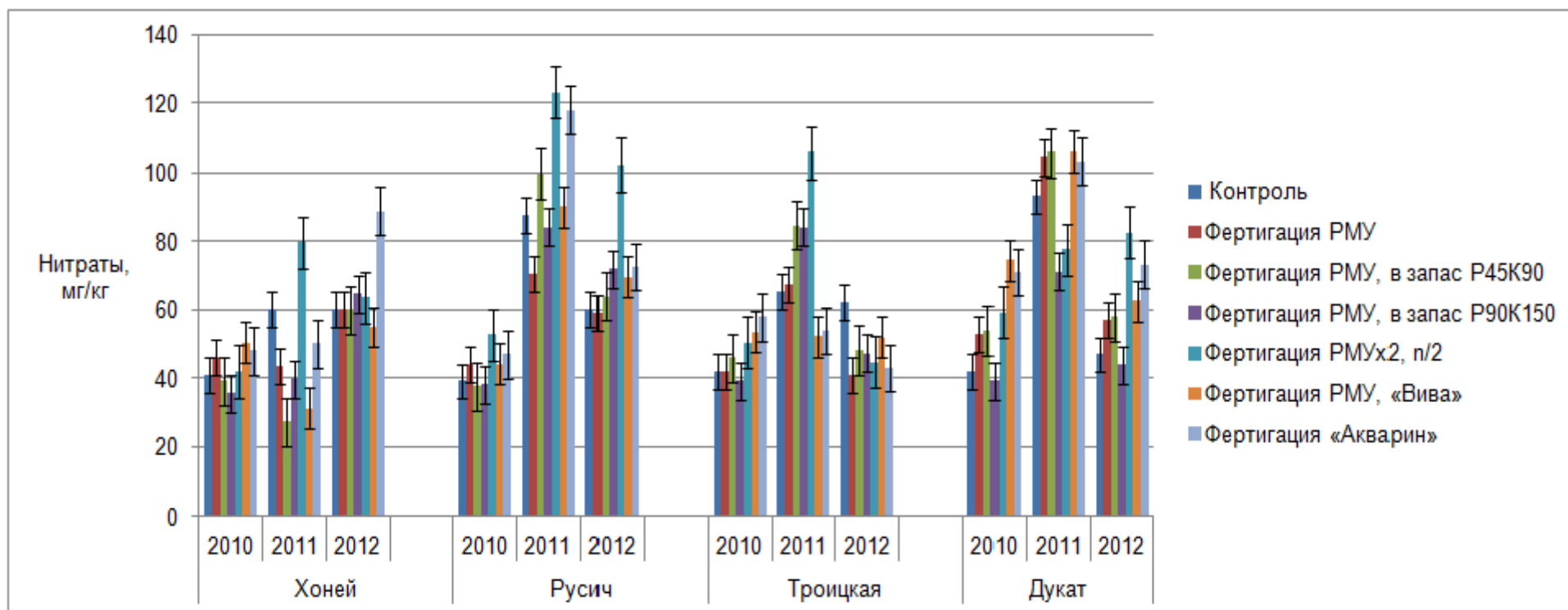


Рисунок 12 – Содержание нитратов в ягодах земляники садовой, мг/кг. Опыт 2. 2010-2012 гг.

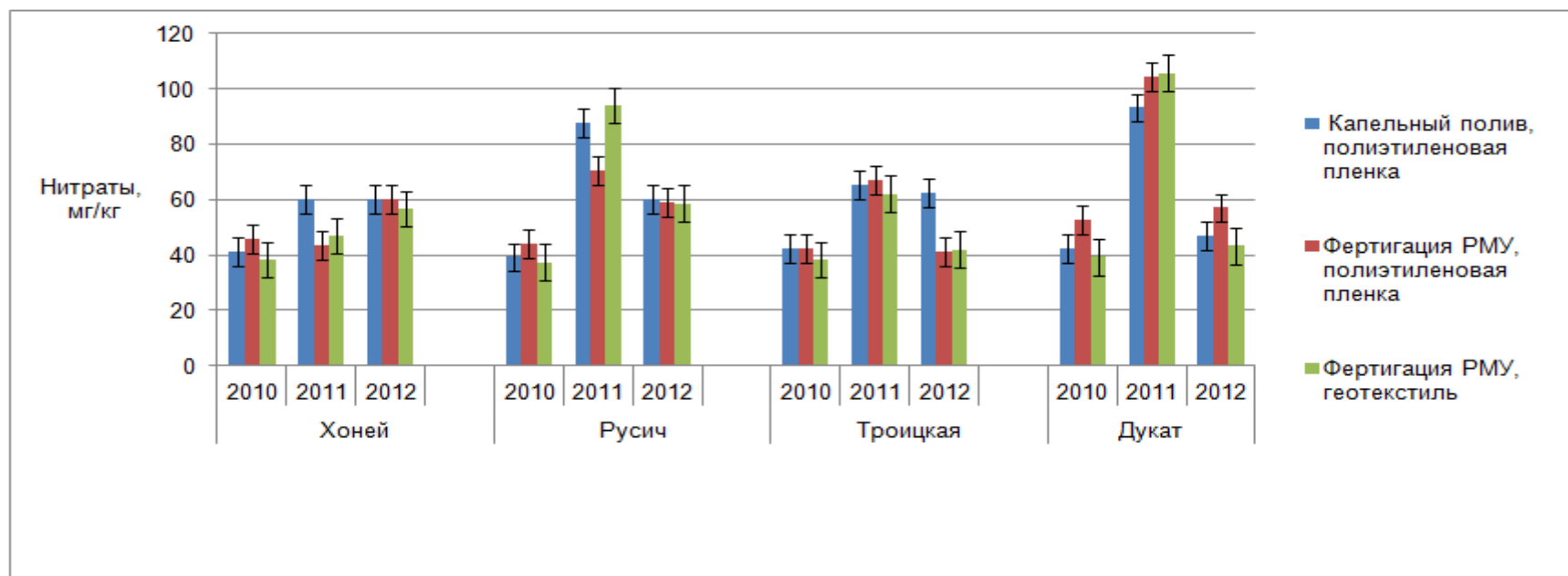


Рисунок 13 – Содержание нитратов в ягодах земляники садовой, мг/кг. Опыт 3. 2010-2012 гг.

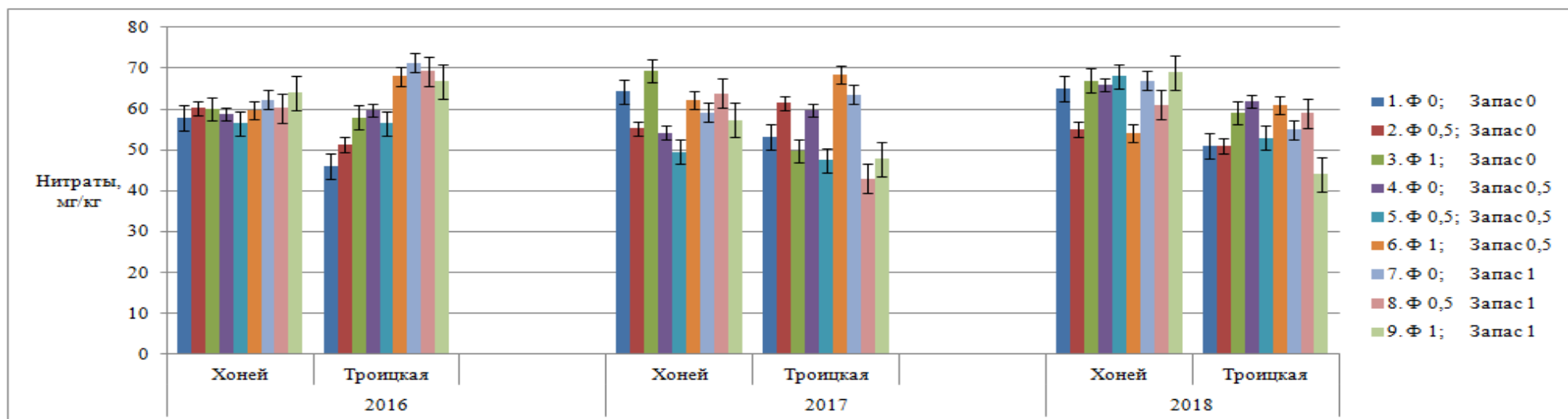


Рисунок 14 – Содержание нитратов в ягодах земляники садовой, мг/кг. Опыт 4. 2016-2018 гг.

Установили, что в опыте 2 чаще всего на высокий уровень содержания нитратов в ягодах земляники садовой влияли мульчирование почвы пленкой, фертигация РМУх2 и фертигация удобрением Акварин. Низкое содержание нитратов было в ягодах тех вариантов, где применяли фертигацию РМУ с предварительным внесением  $P_{90}K_{150}$ . В опыте 4 повышению нитратов в ягодах земляники способствовало капельное орошение с внесением полной дозы минеральных удобрений в запас (Ф 0; Запас 1), снижению – фертигация половинной дозой удобрений (Ф 0,5; Запас 0).

Содержание в плодах и ягодах растворимых сухих веществ (РСВ) – один из основных показателей качества продукции садоводства, ее пригодности для хранения и переработки. В опыте 2 в течение трех лет наблюдений отмечена высокая степень вариации содержания РСВ в ягодах земляники садовой всех исследуемых сортов. У ягод земляники сорта Хоней варьирование показателя в 2010 году было в пределах погрешности (5-7,5%), в 2011 году снизилось в варианте с фертигацией. В 2012 году фертигация с добавлением удобрения «Вива» способствовали увеличению содержания РСВ до 9,5% (рисунок 15).

В ягодах земляники садовой сорта Русич содержание растворимых сухих веществ увеличивалось на второй и третий годы плодоношения. В 2010 году фертигация с предварительным внесением  $P_{45}K_{90}$  способствовала повышению РСВ, в варианте с фертигацией РМУх2 и с применением «Вивы» – повысилось до 10-10,8%. В 2012 году отмечали высокое содержание РСВ в контрольном варианте (капельный полив) – 11,8%, в опытных вариантах – последовательное снижение до 8%.

У ягод земляники садовой сорта Троицкая в 2012 году отмечено высокое содержание РСВ в варианте с мульчированием почвы геотекстилем, низкое (по сравнению с контролем) – в результате применения «Вивы» и Акварина.

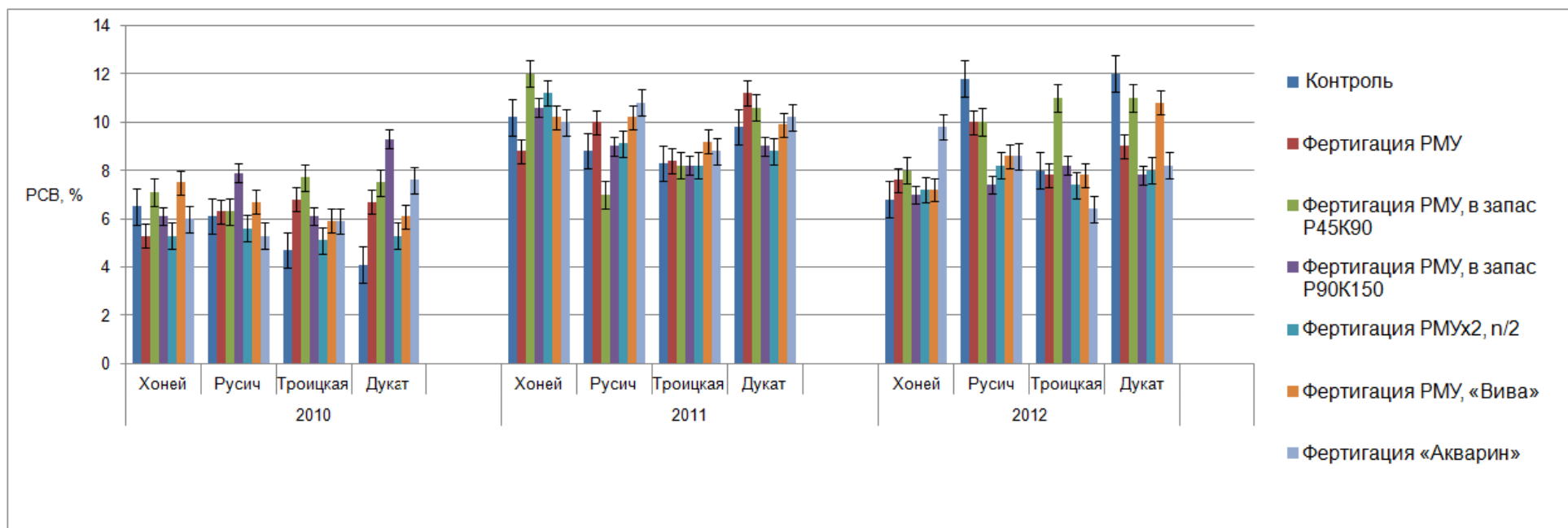


Рисунок 15 – Содержание растворимых сухих веществ в ягодах земляники садовой. Опыт 2. 2010-2012 гг.

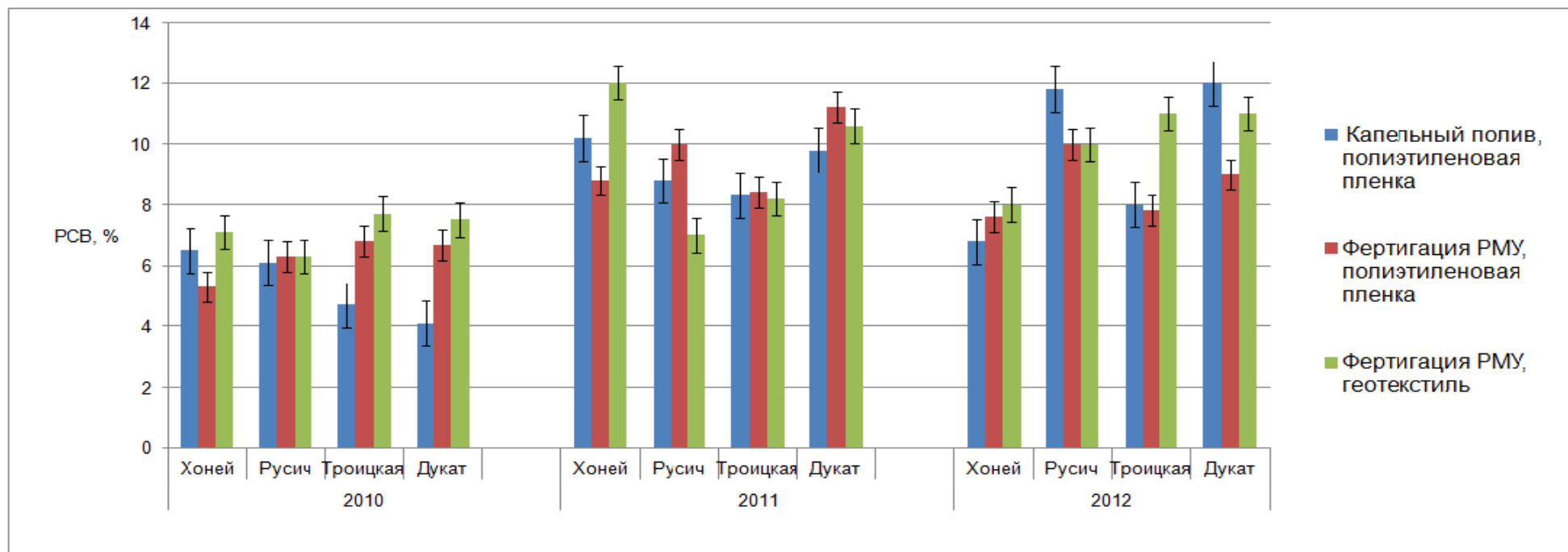


Рисунок 16 – Содержание растворимых сухих веществ в ягодах земляники садовой. Опыт 3. 2010-2012 гг.

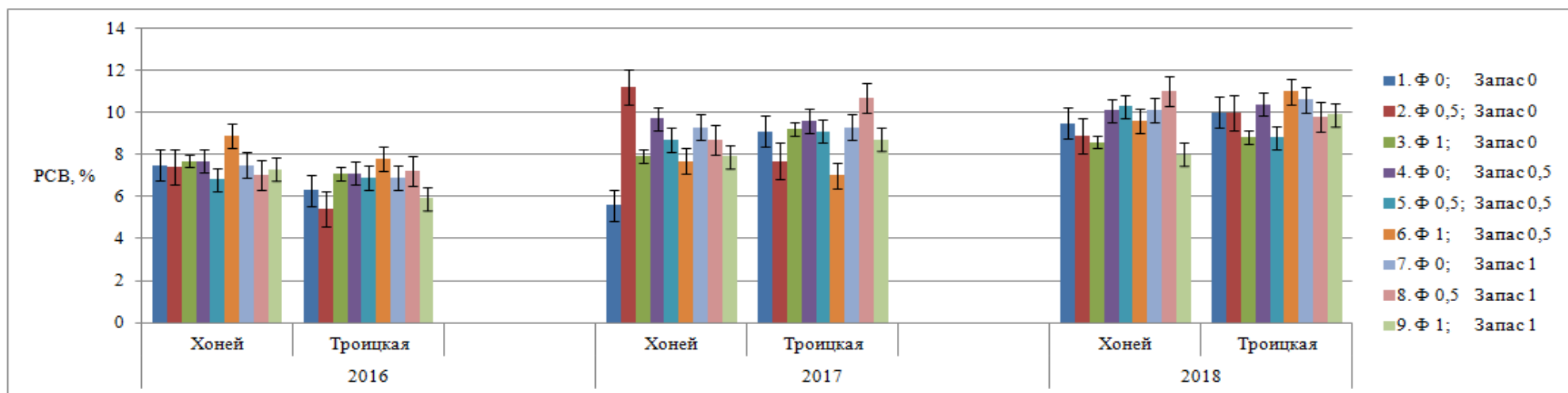


Рисунок 17 – Содержание растворимых сухих веществ в ягодах земляники садовой. Опыт 4. 2016-2018 гг.

Содержание РСВ в ягодах земляники садовой сорта Дукат в 2010 году в опытных вариантах было выше, чем в контрольном, больше всего на увеличение показателя повлияли фертигация с предпосадочным внесением  $P_{45}K_{90}$ , в 2011 году варьирование содержания РСВ в ягодах было в пределах погрешности. В 2012 году большее накопление РСВ отмечено в контрольном варианте, варианте с мульчированием почвы геотекстилем и фертигацией РМУх2. В остальных опытных вариантах показатель был существенно ниже контроля.

В опыте 4 содержание РСВ в ягодах земляники у сортов Троицкая и Хоней увеличивалось с возрастом растений. В 2016 году существенных различий по показателю РСВ не установлено, в 2017 году во всех опытных вариантах сорта Хоней РСВ были выше контроля (рисунок 17), у сорта Троицкая – снижались в варианте комбинированного внесения Ф 1 Запас 0,5. В 2018 году отмечено снижение количества РСВ у ягод сорта Хоней в варианте с двойной дозой удобрений.

Основная часть растворимых сухих веществ в ягодах представлена углеводами (сахарами). От количества сахаров, их соотношения с общей кислотностью, зависят вкусовые, органолептические свойства продукции. В 2010 году варьирование показателя суммы сахаров в ягодах земляники садовой в опыте 2 наблюдали выше, чем в остальные годы. Накопление сахаров происходило в основном в вариантах с предпосадочным внесением фосфорных и калийных удобрений (сорта земляники Русич, Дукат), с фертигацией РМУх2 (сорта земляники Хоней, Русич), с мульчированием почвы геотекстилем (сорта земляники Хоней, Троицкая, опыт 3 – рисунок 19). Содержание сахаров в ягодах растений сорта Троицкая было выше в 2010 году во всех вариантах опыта, максимально в среднем за 3 года – в варианте с мульчированием почвы геотекстилем (рисунок 19).



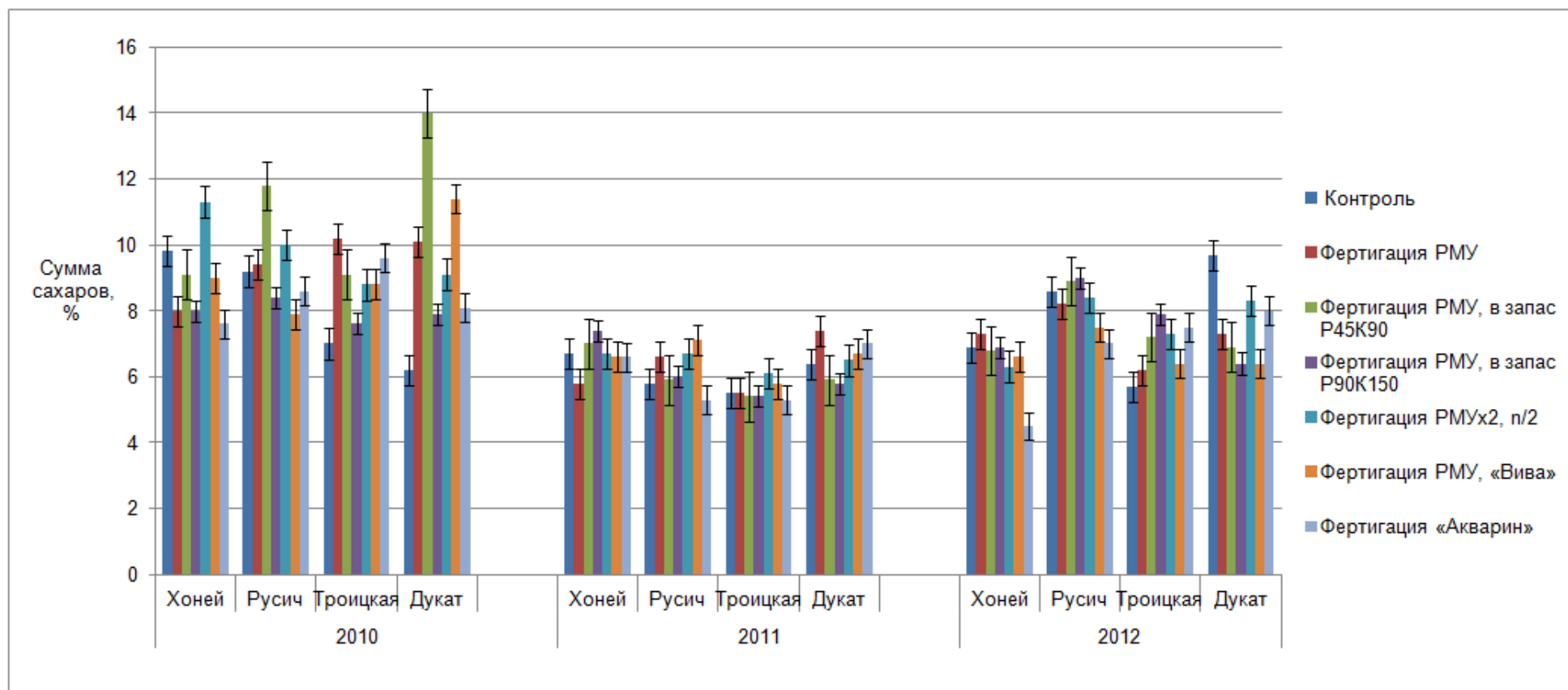


Рисунок 18 – Сумма сахаров в ягодах земляники садовой, %. Опыт 2. 2010-2012 гг.

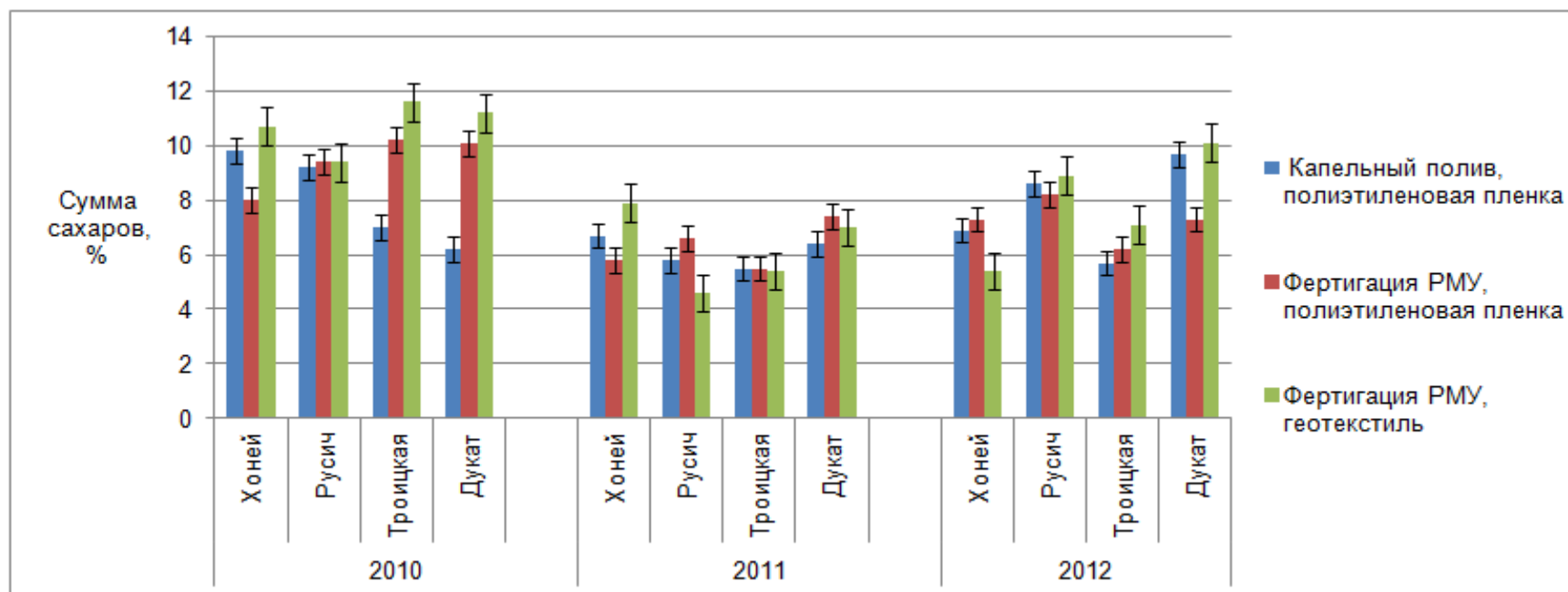


Рисунок 19 – Сумма сахаров в ягодах земляники садовой, %. Опыт 2. 2010-2012 гг.

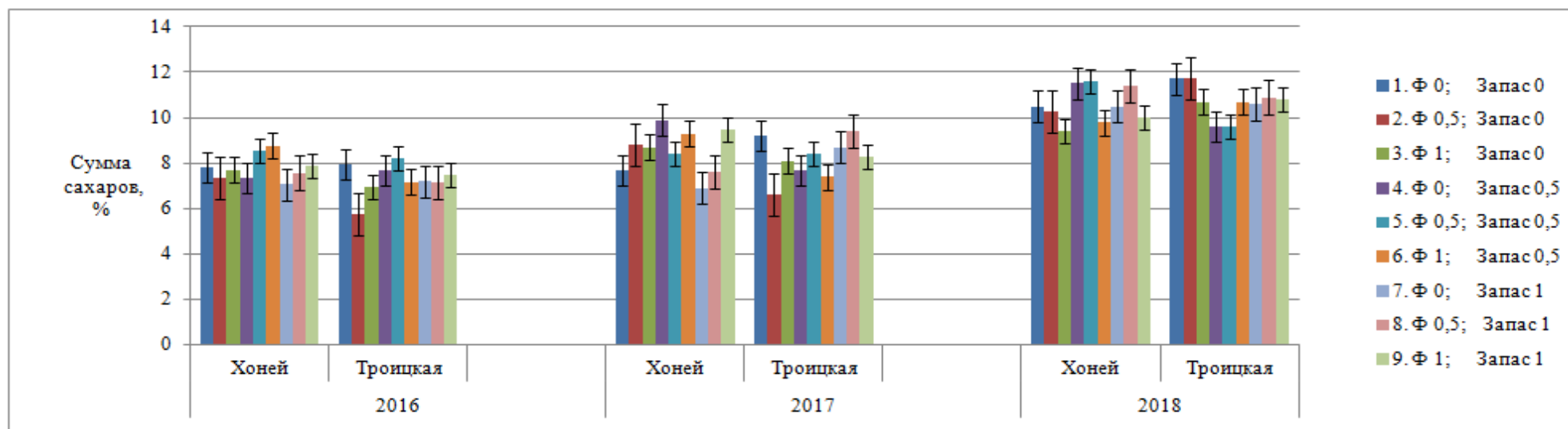


Рисунок 20 – Сумма сахаров в ягодах земляники садовой, %. Опыт 3. 2016-2018 гг.

В ягодах земляники сорта Дукат содержание сахаров снизилось на второй и третий годы плодоношения, а также в варианте с фертигацией РМУх2. В 2011 году средний уровень содержания сахаров в ягодах снизился у всех сортов, меньше всего отмечен у ягод сорта Троицкая (рисунок 18). В 2012 году показатель суммы сахаров ягод земляники садовой незначительно увеличился по сравнению с предыдущим годом.

В опыте 4 в 2016 и 2017 гг. сумму сахаров в ягодах определяли в диапазоне 6-10%, в 2018 году – от 9 до 12%. Повышенное содержание сахаров отмечено в варианте Ф 0 Запас 0,5 в 2017 и 2018 гг. Высокое содержание наблюдалось в варианте без удобрений в ягодах земляники сорта Троицкая. Двойная доза минеральных удобрений не способствовала повышению содержания сахаров в ягодах (рисунок 20). В 2017 году в период формирования и созревания ягод земляники температура воздуха была ниже нормы, преобладали осадки в виде дождей, при этом накопление сахаров в ягодах земляники в среднем не снизилось по сравнению с 2016 годом. Однозначного влияния режимов, доз и способов внесения удобрений на содержание сахаров в ягодах земляники садовой не установлено, большее значение для данного показателя имели погодные условия года и сортовые особенности растений земляники садовой.

В среднем за три года (2010-2012 гг.) самое высокое содержание витамина С в ягодах земляники садовой сорта Хоней было в варианте с предварительным внесением Р<sub>90</sub>К<sub>150</sub>, РМУх2 и применением препарата «Вива». Содержание витамина С в ягодах земляники сортов Хоней, Русич и Дукат повышалось с увеличением возраста растений. Содержание витамина С в ягодах земляники садовой сорта Троицкая снижалось во все годы наблюдения в опытных вариантах по сравнению с контрольным. У ягод сорта Дукат показатели контрольного и опытных вариантов не отличались, наблюдалось увеличение содержания витамина С в среднем с увеличением возраста насаждений (рисунок 21). В варианте с фертигацией РМУх2 не отмечено увеличение содержания витамина С в ягодах по сравнению с контролем.

В опыте 3 мульчирование геотекстилем способствовало в отдельных случаях повышению содержания витамина С до уровня контроля (рисунок 22), в то время как применени пленки могло способствовать его снижению. В 2011 году у сорта Русич данное повышение статистически достоверно.

В опыте 4 количество витамина С в ягодах земляники садовой сорта Хоней снизилось на третий год плодоношения, в отличие от опыта 2. Максимальное содержание витамина С за три года исследований наблюдали в 2018 году в ягодах сорта Троицкая в вариантах с фертигацией полной дозой удобрений и внесением удобрений комбинированно; в ягодах сорта Хоней – в 2017 году в вариантах с комбинированным внесением удобрений (рисунок 23).

У ягод земляники садовой сорта Троицкая внесение минеральных удобрений способствовало снижению содержания витамина С в ягодах по сравнению с контролем. В опыте 3 максимальное содержание витамина С наблюдали в 2018 году в ягодах сорта Троицкая в вариантах с полной дозой фертигацией, полной дозой в запас и комбинированно Ф 0,5 Запас 1 (100 мг/100 г). Закономерности влияния режимов, доз и способов внесения удобрений на накопление витамина С в ягодах земляники садовой не установлено.

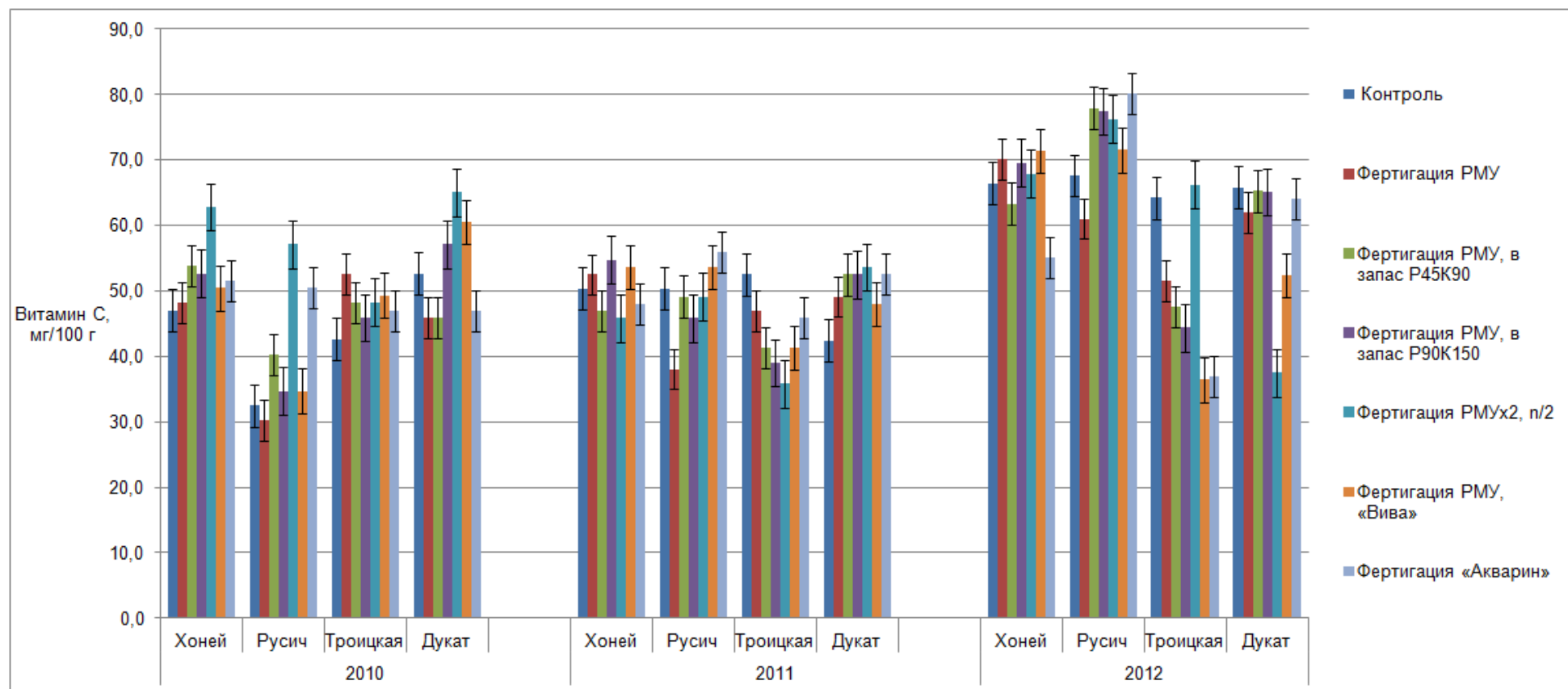


Рисунок 21 – Содержание витамина С в ягодах земляники садовой. Опыт 2. 2010-2012 гг.

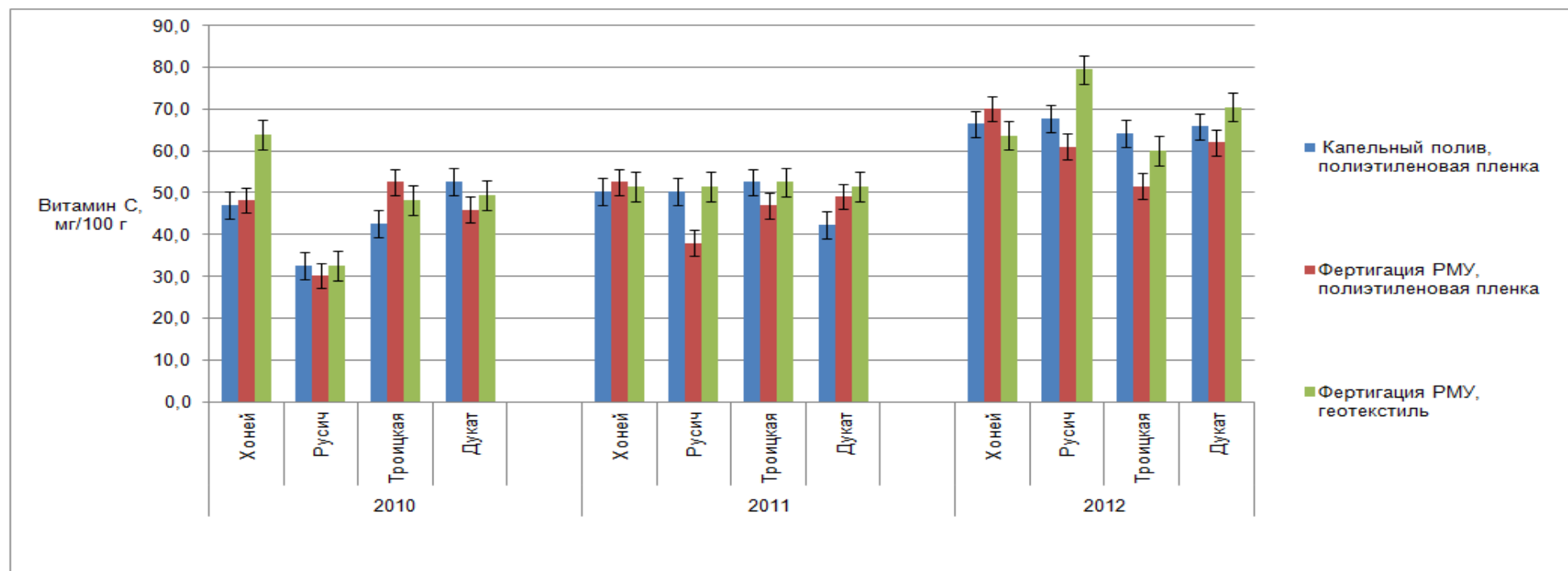


Рисунок 22 – Содержание витамина С в ягодах земляники садовой. Опыт 3. 2010-2012 гг.

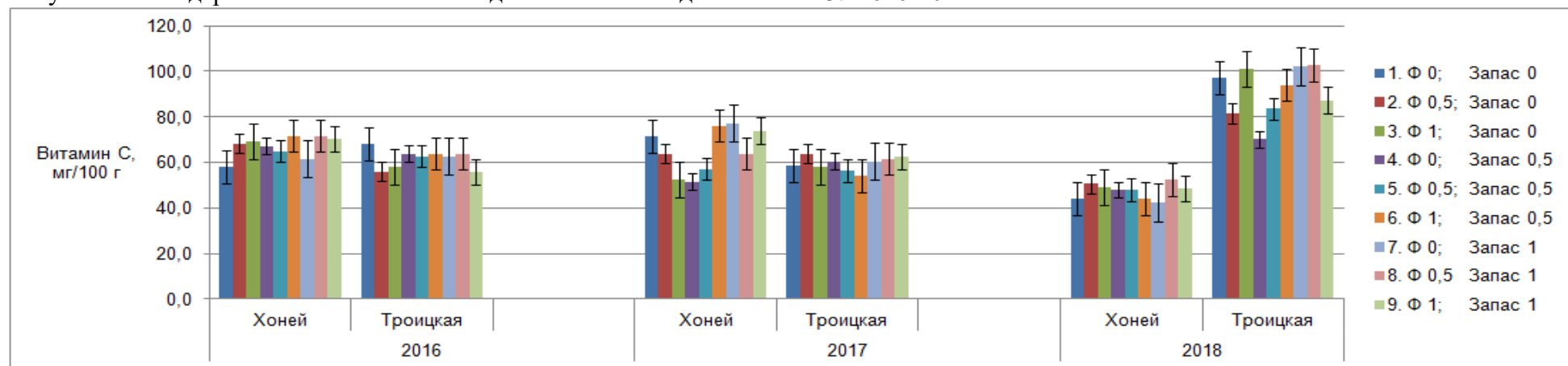


Рисунок 23 – Содержание витамина С в ягодах земляники садовой. Опыт 4. 2016-2018 гг.

Титруемая (общая) кислотность – показатель содержания органических кислот в клеточном соке. Органические кислоты необходимы растениям для роста и развития, наличие кислот в плодах определяет их вкусовые качества, пригодность для хранения. В опыте 2 показатель титруемой кислотности в ягодах варьировал в 2010 году, в последующие годы в меньшей степени (рисунок 24).

У ягод земляники садовой сорта Хоней самое высокое содержание органических кислот в 2010 году наблюдали при фертигации Акварином, в остальные годы показатель во всех вариантах изменялся в пределах погрешности (1,0-1,2%). У ягод растений сорта Русич в 2010 году титруемая кислотность снизилась при применении РМУх2, в остальные годы так же варьировала в пределах погрешности. На содержание органических кислот в ягодах земляники садовой сорта Троицкая в 2010 году повлияли фертигация РМУ и применение геотекстиля (0,85%), в 2012 году – мульчирование почвы геотекстилем (опыт 3, рисунок 25) и фертигация удобрением Акварин. В 2010 и 2011 гг. фертигация РМУх2, Акварином и применение удобрения «Вива» способствовали существенному снижению титруемой кислотности ягод земляники сорта Дукат. В 2012 году снижение сохранилось только у варианта с Акварином. Низкий уровень кислотности по сравнению с контролем наблюдался в некоторых случаях в варианте фертигации РМУх2 (рисунок 24).

В исследованиях 2016-2018 гг. показатель титруемой кислотности варьировал в небольшой степени, дозы и способы внесения удобрений не способствовали изменению величины показателя. В среднем по годам у сорта Хоней титруемая кислотность ягод была выше, в большей степени – в 2017 году. В 2016 году внесение удобрений способствовали незначительному снижению в ягодах титруемой кислотности, в отдельные годы отмечено повышение титруемой кислотности в вариантах с внесением половинной дозы в запас и с фертигацией (рисунок 26).

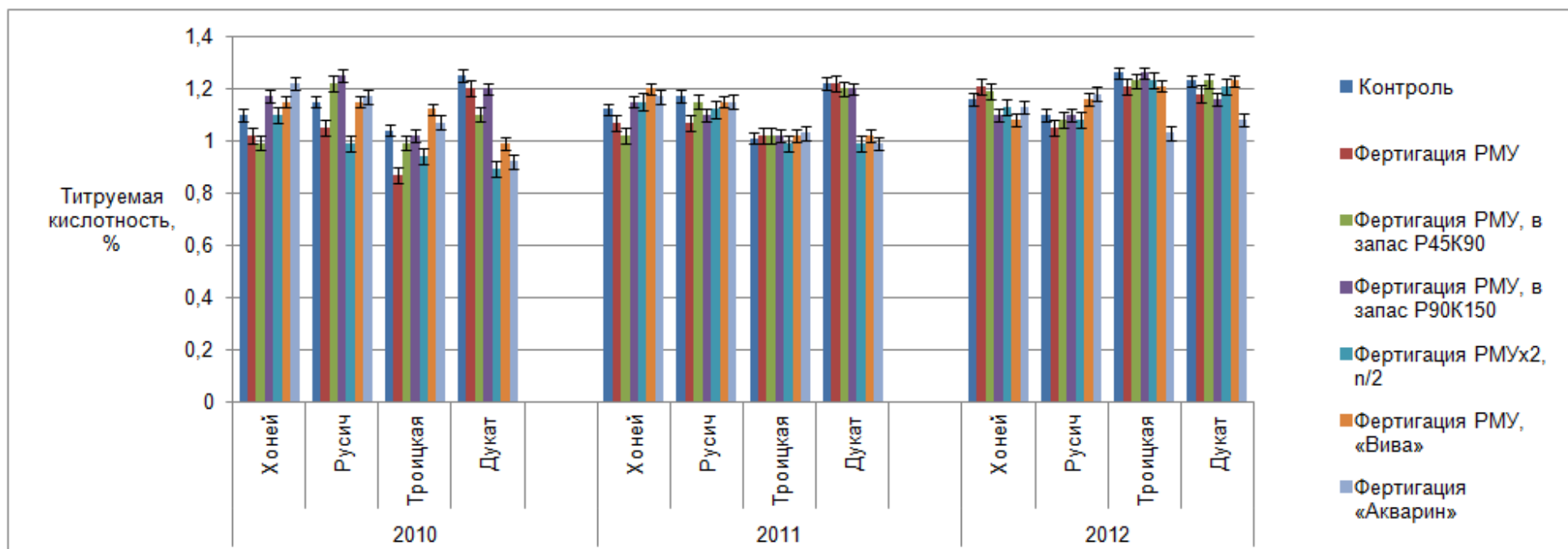


Рисунок 24 – Титруемая (общая) кислотность ягод земляники садовой, %. Опыт 2. 2010-2012 гг.



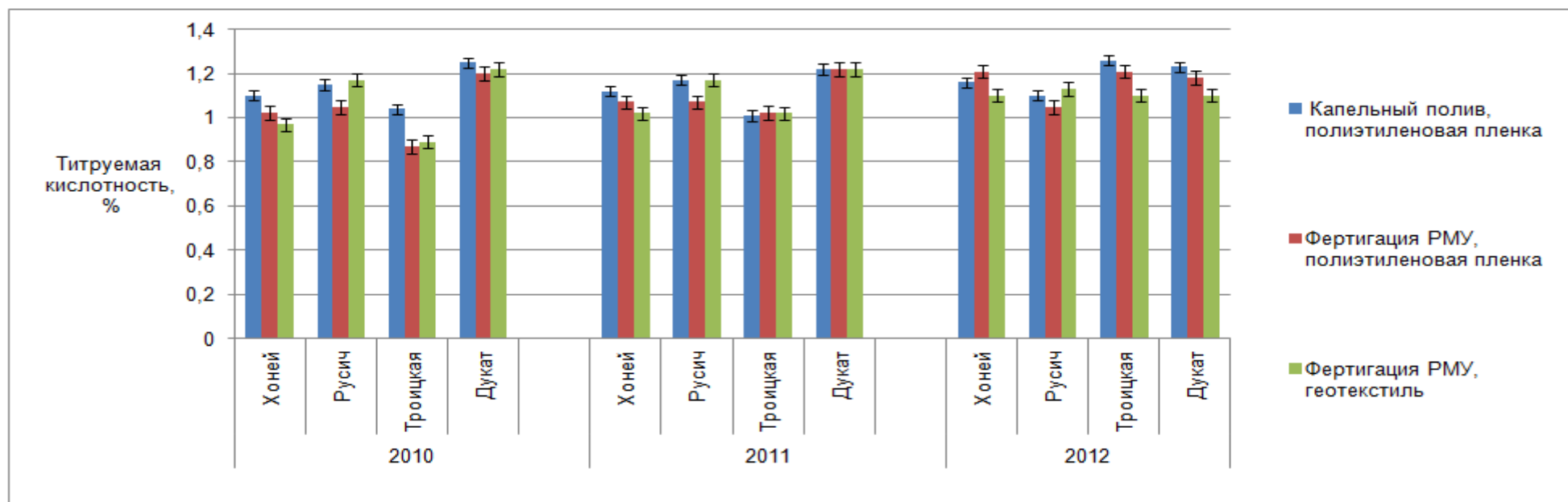


Рисунок 25 – Титруемая (общая) кислотность ягод земляники садовой, %. Опыт 3. 2010-2012 гг.

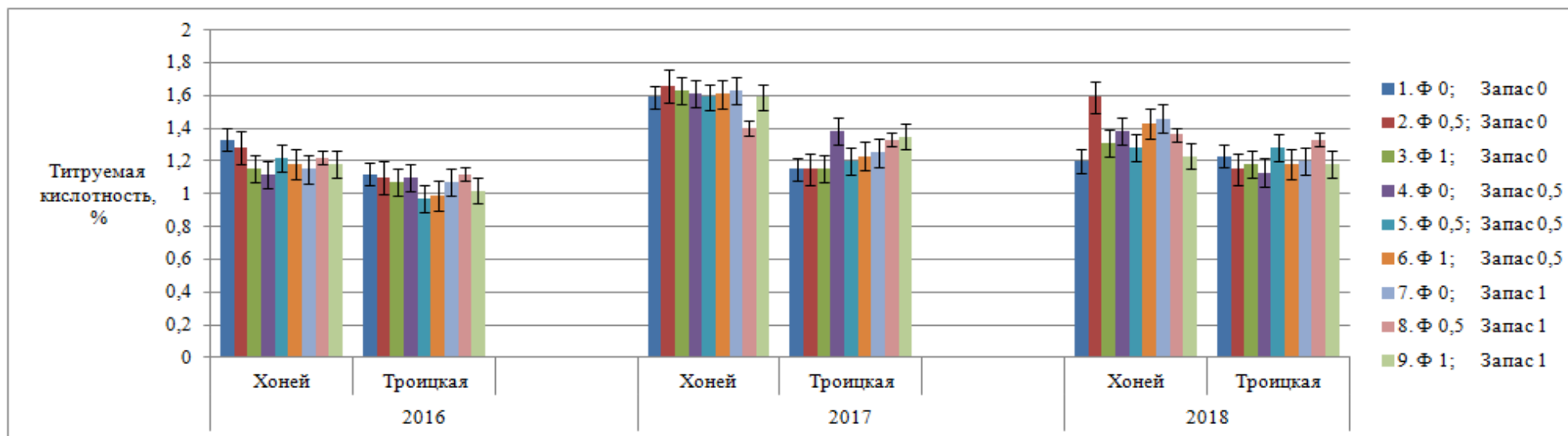


Рисунок 26 – Титруемая (общая) кислотность ягод земляники садовой, %. Опыт 4. 2016-2018 гг.

Сахаро-кислотный индекс (СКИ) плодов и ягод определяется соотношением сахаров и органических кислот, определяет вкусовые качества продукции садоводства. В опытах 2,3 СКИ ягод земляники садовой в разные годы наблюдений варьировал, в среднем за 3 года его максимальное значение наблюдалось в варианте с фертигацией РМУ, РМУх2 и мульчированием геотекстилем (11-13 единиц). В среднем за три года эта тенденция сохраняется, кроме 2012 года, когда сахаро-кислотный индекс по всем вариантам примерно одинаково снижен по сравнению с первым годом эксплуатации насаждений (рисунок 27,28). Мульчирование почвы геотекстилем способствовало снижению СКИ у сортов Хоней и Русич в отдельные годы наблюдений.

Сахаро-кислотный индекс в опыте 4 был выше в 2018 году, когда погодные условия способствовали накоплению сахаров в ягодах и снижению содержания кислот (рисунок 29). Максимальное значение СКИ у ягод сорта Хоней зафиксировано в 2016 году – в варианте Ф 1 Запас 0,5; в 2017 году – Ф 0 Запас 0,5 и в варианте с двойной дозой удобрений. В 2018 году максимальное значение СКИ было в варианте Ф 0,5 Запас 0,5. У ягод сорта Троицкая в 2016 году – в варианте Ф 0,5 Запас 0,5; в 2017 г. – в контроле, в 2018 году – Ф 0,5 Запас 1.

Биохимические показатели ягод земляники садовой сильнее варьировали в зависимости от условий года, в меньшей степени зависели от вариантов удобрения. При этом, рассмотрев в динамике показатели качества продукции, установили, что в опыте 3 фертигация РМУ с мульчированием почвы геотекстилем, в опыте 2 фертигация РМУх2 способствовали снижению содержания нитратов в ягодах и оптимальному биохимическому составу. 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.

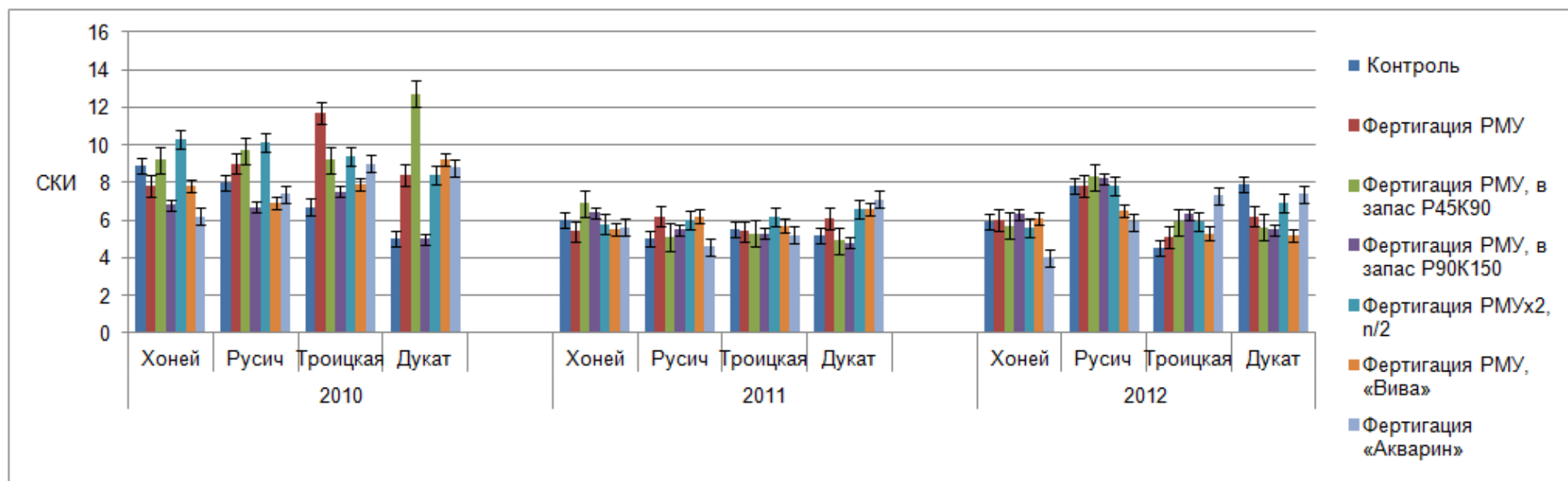


Рисунок 27 – Сахаро-кислотный индекс ягод земляники садовой. Опыт 2. 2010-2012 гг.

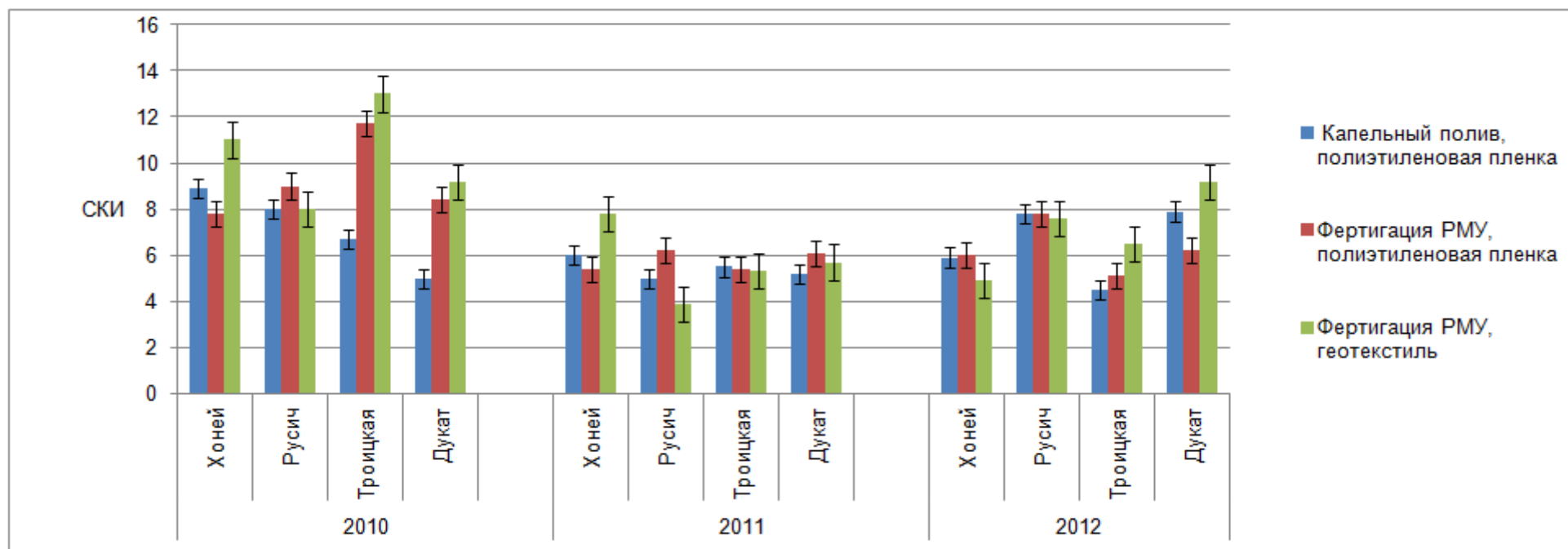


Рисунок 28 – Сахаро-кислотный индекс ягод земляники садовой. Опыт 3. 2010-2012 гг.

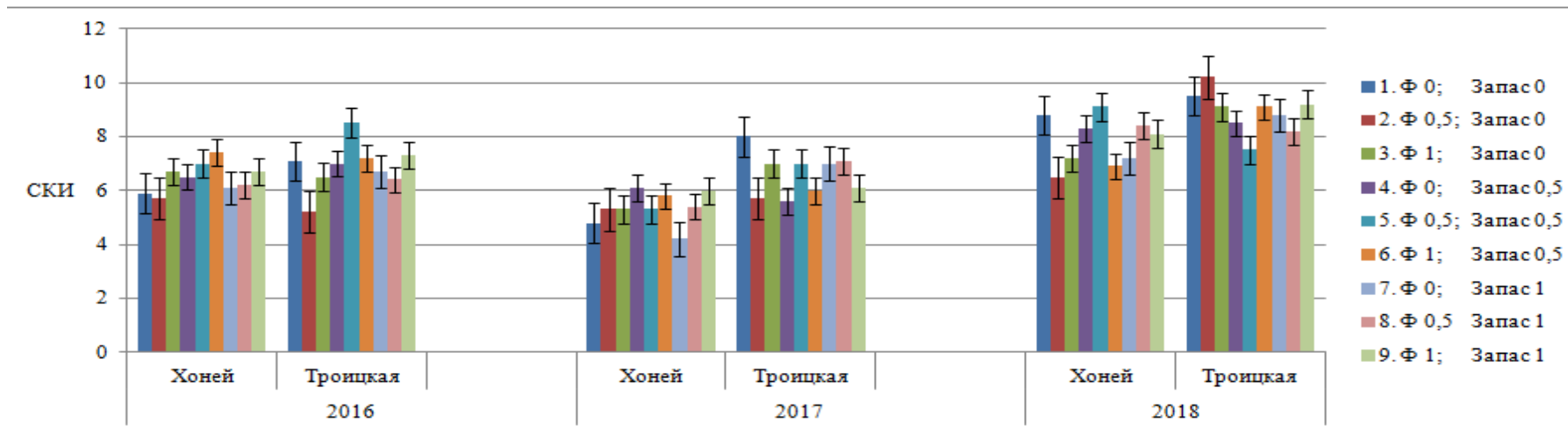


Рисунок 29 – Сахаро-кислотный индекс ягод земляники садовой. Опыт 4. 2016-2018 гг.

### 3.7 Экономическая оценка эффективности фертигации и внесения минеральных удобрений в запас при возделывании 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 (таблица 62). 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 (таблица 63). 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 (таблица 62).

Таблица 62 – 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 <sub>45</sub> К <sub>90</sub>	92,7	<u>1818,2</u>	519,8	519,8	1009,8
Фертигация РМУ, в запас Р <sub>90</sub> К <sub>150</sub>	110,7	1596,2	256,8	746,8	1102,0
Фертигация РМУх2, 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

Таблица 63 – 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 (таблица 64). 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 прибыли и не считается целесообразным для применения в насаждениях земляники садовой исследуемых сортов.

Таблица 64 – 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 почву сохранялся повышенный уровень макроэлементов.

2. В условиях Московской области на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве фертигация и мульчирование почвы черной полимерной пленкой способствуют повышению продуктивности растений земляники садовой в промышленных плодоносящих насаждениях на 16-44%.

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<sub>45</sub>K<sub>90</sub>) 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 растений земляники 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 плодоносящих насаждениях земляники садовой, 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 с 80% до 25% .

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 насаждений земляники 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 в насаждениях земляники садовой сорта Хоней и сорта Троицкая составила 1323 и 882 тыс.руб./га соответственно, в 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/растении, для поддержания влажности почвы на уровне 80% ППВ (до сбора урожая) и 70% ППВ (после сбора урожая). В случае достаточного количества атмосферных осадков полив проводить не рекомендуется. При неблагоприятных погодных условиях рекомендуется применять стимуляторы защитного механизма растений (органоминеральное удобрение Вива или аналоги) в дозах, рекомендуемых для данного препарата.

### Список литературы

1. Абдулаев М.Д. Результаты исследований внутрипочвенного внесения жидких органических удобрений / М.Д. Абдулаев, Р.К. Камилов, Т.С. Байбулатов // Проблемы развития АПК региона. – 2016. – №1, ч.2. – С. 108-111.
2. Авраамов, Г.Н. Площадь увлажнения почвы при капельном орошении / Г.Н. Авраамов, С.В. Ярошенко, Г.Н. Томашек // Садоводство. – 1981. – №8. – С. 13-14.
3. Агрометеорологический справочник по Московской области / О.Б. Зворыкина, Т.И. Бурцева, К.Т. Васека (и др.). – Управление гидрометеорологической службы Центральных областей. – М.: Московский рабочий, 1967. – 135 с.
4. Айтжанова, С.Д. Адаптивный и продуктивный потенциал новых сортов и отборов земляники / С.Д. Айтжанова, Н.В. Андропова, Г.В. Орехова // Главный агроном. – 2010. – №1. – С. 35-38.
5. Айтжанова, С.Д. Оценка исходных форм земляники садовой по биохимическим и товарным показателям ягод / С.Д. Айтжанова, Н.В. Андропова, А.Ф. Никулин // Вестник ФГБОУ БГСХА. – 2013. – №1. – С. 18-21.
6. Акутнева, Е.В. Водосберегающая технология орошения яблоневого сада / Е.В. Акутнева // Проблемы устойчивого развития мелиорации и рационального природопользования: Материалы юбилейной международной конференции. – М.: Изд. ВНИИА, 2007. – С. 55-60.
7. Алейник, С.М. Расчет элементов системы внутрипочвенного орошения / С.М. Алейник, С.М. Григоров // Мелиорация и водное хозяйство. – 2007. – №2. – С. 41.
8. Александрова, Г.Д. Урожай ягод зреет в теплице. Получение внесезонных ягод земляники / Г.Д. Александрова // Овощеводство и тепличное хозяйство. – 2011. – №6. – С. 46-48.
9. Алиева, Н.Ш. Взаимодействие ионов / Н.Ш. Алиева // Роль физиологии и биохимии в интродукции и селекции овощных, плодово-ягодных и

лекарственных растений: Материалы международной конференции, Москва, РУДН, 15-17 февраля 2017 г. – М.: РУДН, 2017. – С. 265-267.

10. Андропова, Н.В. Оценка исходных форм земляники садовой по продуктивности и составляющим ее компонентам / Н.В. Андропова // Плодоводство и ягодоводство России. – 2014. – Т. 38, ч. 1. – С. 28-34.

11. Андропова, Н.В. Оценка интродуцированных сортов земляники садовой по составляющим компонентам продуктивности / Н.В. Андропова, Е.Н. Новикова // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: Материалы междунар. науч. конференции, Брянск, 9-10 апреля 2018 г. – Брянск: Изд. Брянского ГАУ (Кокино), 2018. – С. 360-365.

12. Анспок, П.И. Справочник агрохимика Нечерноземной полосы / П.И. Анспок, Ю.А. Штиканс, Р.Р. Визма // Ленинград: Колос: Ленинградское отд., 1981. – 328 с.

13. Антонова, О.И. Влияние БАВ на вынос элементов питания в зависимости от дозы и способа применения на льне масличном / О.И. Антонова, С.М. Чавкунькин // Вестник Алтайского ГАУ. – 2006. – №1(21). – С. 8-11.

14. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина // М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.

15. Афанасьев, Р.А. Сорбция аммонийного азота почвами и грунтами различного гранулометрического состава / Р.А. Афанасьев, К.В. Белоусова, В.А. Литвинский, Л.П. Родионова // Проблемы агрохимии и экологии. – 2016. – №3. – С. 26-29.

16. Ахмедов, А.Д. Техника и технология возделывания сельскохозяйственных культур при капельном внутрипочвенном орошении / А.Д. Ахмедов, Е.А. Ходяков, Е.П. Боровой, М.А. Мазепа // Волгоград: ИПК «Нива», 2008. – 219 с.

17. Ахмедов, А.Д. Контуры увлажнения почвы при капельном орошении / А.Д. Ахмедов, Е.Ю. Галиуллина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2012. – №3(27). – С. 183-188.

18. Базыкина, Г.С. Элементы водного режима и водно-физические свойства дерново-подзолистых почв Московской области под лесом, пашней и залежью / Г.С. Базыкина // Почвоведение. – 2004. – №3. – С. 343-351.

19. Базыкина, Г.С. Изменение водного режима дерново-подзолистых почв / Г.С. Базыкина // Почвоведение. – 2005. – №2. – С. 203-217.

20. Бальбеков, Р.А. Отечественный опыт создания систем капельного орошения / Р.А. Бальбеков // Главный агроном. – 2006. – №8. – С. 55-56.

21. Барбарош, М.Н. Баланс и уровень потребления элементов питания растениями земляники в условиях республики Молдова / М.Н. Барбарош // Плодоводство / Институт плодоводства НАН. – Самохваловичи, 2005. – Т. 17, ч. 2. – С. 329-332

22. Барраклау, П.Б. Моделирование поглощения почвенного калия растениями / П.Б. Барраклау // Выработка рекомендаций по применению калийных удобрений. Ленинград: ВНИИГ, 1990. – Т.2. – С. 48-70.

23. Батманов, А. В. Агроэкологический анализ плантаций земляники садовой, возделываемой в условиях капельного орошения / А. В. Батманов, М. Н. Скворцова // Перспективы развития АПК в работах молодых учёных: Сборник материалов региональной научно-практической конференции молодых учёных, Тюмень, 05 февраля 2014 года / Министерство сельского хозяйства РФ ФГБОУ ВПО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья». – Тюмень: 2014. – С. 24-30.

24. Безопасные системы и технологии капельного орошения: научный обзор ФГНУ «РосНИИПМ»/ составители: Г.Т. Балакай, Л.А. Воеводина, Ю.Ф.Снипич, А.Н. Бабичев, В.А.Кулыгин, Н.И.Балакай, М.А.Евтухов, Д.Б.Латария, Т.А.Погоров, Д.В.Сухарев, Е.А. Бабичева, Н.И. Тупикин, Е.А. Кропина, А.Б. Финошин. – М.: ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2010. – 52 с.

25. Белов, В.Ф. Земляника / В.Ф. Белов, И.И. Чухляев. – М.: Агропромиздат, 1989. – 39 с.

26. Белоус, Н.М. Особенности системы капельного орошения при возделывании ягодных культур / Н.М. Белоус, В.Е. Ториков, В.Ф. Василенков,

С.В. Василенков, Е.В. Байдакова, Я.А. Аксенов // Агроконсультант. – 2017. – №4. – С. 15-22.

27. Болкунов, А.И. Малообъемное орошение многолетних насаждений и питомников / А.И. Болкунов, Н.В. Курапина // Евразийский Союз Ученых. –2014. – № 5-6(5). – С. 9-11.

28. Бондаренко, А. А. К методике определения общих азота, фосфора и калия в растительном материале из одной навески / А.А. Бондаренко, О.К. Харитонов // Проблема азота и урожай на Полесье: Междунар. зональная научно-произв. конф., Житомирский СХИ, 3-5 марта 1965. – Киев, 1967. – С. 459-466.

29. Боровой, Е.П. Распределение поливных норм в почвенном профиле при внутрипочвенном орошении на крутых склонах / Е.П. Боровой, Н.В. Мазепа // Водосберегающие технологии оросительных мелиораций: Сб. науч. трудов. – Волгоград, 1993. – С. 106-108.

30. Боровой, Е.П. Современное состояние изученности внутрипочвенного орошения в Волгоградской области / Е.П. Боровой, А.Д. Ахмедов // Проблемы устойчивого развития мелиорации и рационального природопользования: Материалы юбилейной международной конференции, Москва, ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, 10-11 апреля 2007 г. – М.: Изд. ВНИИА, 2007. – Т.1. – С. 67-73.

31. Бородычев, В.В. Возделывание сои при капельном орошении / В.В. Бородычев, М.Н. Лытов, А.А. Диденко, Д.А. Пахомов // Природопользование в аграрных регионах России. ПНИИАЗ. – М., 2006а. – С. 210-227.

32. Бородычев, В.В. Управление водным режимом почвы и минерального питания моркови при капельном орошении / В.В. Бородычев, А.А. Мартынова // Проблемы, состояние комплексных мелиораций и их роль в обеспечении продовольственной безопасности России: Материалы международной научно-практической конференции, Волгоград, ВГСХА, 9-11 ноября 2009 г. – Волгоград: ИПП «Нива» ВГСХА, 2010. – С. 36-39.

33. Бородычев, В.В. Продуктивность яблоневого сада интенсивного типа на капельном орошении / В.В. Бородычев, Н.В. Криволицкая, А.А. Криволицкий,

Е.А. Стрижакова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2012. – №3(27). – С. 8-14.

34. Бородычев, В.В. Оптимизация схемы минерального питания при выращивании земляники на капельном орошении в Волгоградской области / В.В. Бородычев, В.М. Гуренко, М.В. Шишлянникова, Е.А. Стрижакова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2013. – №1(29). – С. 14-20.

35. Бородычев, В.В. Комбинированное орошение земляники / В.В. Бородычев, В.М. Гуренко, А.В. Майер, М.В. Шишлянникова, Т.С. Акимова // Проблемы развития АПК региона. – 2016. – №1(25), ч.2. – С. 25-28.

36. Бочарникова, О.В. Затраты на капельное орошение окупаются за один год / О.В. Бочарникова, В.С. Бочарников, И.А. Николенко // Картофель и овощи. – 2007. – №7. – С. 11.

37. Бочаров, В.Н. Рациональное использование удобрений при капельном поливе / В.Н. Бочаров // Картофель и овощи. – 2007. – №1. – С. 13.

38. Вадюнина, А.Ф. Методы исследования физических свойств почв / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Агропромиздат. – 1986. – 416 с.

39. Васильев, В.И. Ягодники / В.И. Васильев. – Алма-Ата: Кайнар, 1966. – 366 с.

40. Вахрушева, Н.С. Биохимический состав ягод элитных форм земляники садовой / Н.С. Вахрушева // Плодоводство и ягодоводство России. – 2017. – Т.49. – С.56-60.

41. Веремейчик, Л.А. Оптимизация питания томатов на минеральных субстратах: рекомендации / Л.А. Веремейчик, Л.С. Герасимович. – Минск, 2006. – 37 с.

42. Власова, Е.А. Влияние минерального питания на плодоносящие маточные растения земляники садовой / Власова Е.А., Хапова С.А. // Ярославский педагогический вестник. – 2012. – Т.3. – №2. – С. 75-79.

43. Влчек, Ф. Подготовка и коррекция питательного раствора / Ф. Влчек, Я. Полах // Symposium on Hidroponics. – Болгария. Пловдив, 1985. – С. 113-122.

44. Воеводина, Л.А. Приемы предотвращения засорения систем капельного орошения при их эксплуатации / Л.А. Воеводина, О.В. Воеводин //

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: Сборник научных статей под ред. В.Н. Щедрина. Вып.40, ч.1. – Новочеркасск, 2008. – С. 96-100.

45. Воеводина, Л.А. Изменение агрофизических свойств черноземных почв под влиянием капельного орошения минерализованной водой / Л.А. Воеводина // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2011. – №4 (04). (Электронный ресурс) URL: [http://www.rosniipm-sm.ru/dl\\_files/udb\\_files/udb13-rec67-field6.pdf](http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec67-field6.pdf). (Дата обращения: 23.06.2019).

46. Возбуцкая, А.Е. Химия почв / А.Е. Возбуцкая. М.: Высшая школа, 1968. – 428 с.

47. Волощенко, С.С. Особенности химического состава ягод земляники в условиях Белгородской области / С.С. Волощенко, В.Н. Сорокопудов, Ю.Ю. Иванова, О.А. Сорокопудова // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 6. (Электронный ресурс) URL: <http://www.science-education.ru/100-5072>. (Дата обращения: 31.08.2016).

48. Волчек, А.А. Влияние режимов капельного орошения, минерального питания на продуктивность малины ремонтантной на легких супесчаных почвах юго-западной части Беларуси / А.А. Волчек, Е.А. Санелина // Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения: Материалы междунар. научно-практ. конф., Москва, ВНИИА, 29-30 марта 2016 г. – М.: Изд. ВНИИА, 2016. – С. 172-176.

49. Воробьев, В.Ф. Продуктивность сортов земляники и эффективность производства ягод / В.Ф. Воробьев, В.В. Хроменко, В.Г. Толстогузова // Плодоводство и ягодоводство России. – 2016. – Т.45. – С.46-49.

50. Высоцкий, В.А. Инновационные технологии возделывания земляники садовой: научно-практическое издание / В.А. Высоцкий, Л.В. Алексеенко, Л.А. Марченко, В.И. Донецких, Л.В. Белякова, М.В. Скачков, Е.Л. Ревякин, В.Г. Селиванов – под ред. акад. Куликова И.М. – М.: ФГНУ Росинформагротех, 2010. – 85 с.

51. Гаенко, Н.П. Тепличное овощеводство Голландии / Н.П. Гаенко, Д.О. Лебл. – М.: Колос, 1971. – 184 с.



52. Гарьянова, Е.Д. Как повысить эффективность производства томатов при капельном орошении / Е.Д. Гарьянова, Г.Ф. Соколова, Н.Н. Киселева, Г.А. Филатов // Картофель и овощи. – 2007. – №6. – С. 15-16.

53. Говорова, Г.Ф. Земляника: прошлое, настоящее, будущее / Г.Ф. Говорова, Д.Н. Говоров. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – 348 с.

54. Гончарова, Э.А. Методические подходы к изучению генетики полиморфизма и физиологических механизмов «оплаты» азота у зерновых культур / Э.А. Гончарова, Н.В. Почепня, З.А. Щедрина, Ю.В. Чесноков // Управление продукционным процессом в агротехнологиях 21 века: реальность и перспективы: Материалы междунар. научно-практ. конф., Белгород, НИИИСХ, 15-16 июля 2010 г. Белгород: Отчий край, 2010. – С. 274-276.

55. Горб, В.М. Особенности роста, развития и режима питания вертикальной культуры земляники при гидропонном методе выращивания в теплицах Крыма: дисс. канд. с-х. наук: 06.01.07 / Горб Владимир Михайлович – М., 1988. – 234 с.

56. Горбачева, Е.Н. Применение мульчирующих материалов на плодоносящей землянике / Е.Н. Горбачева, Н.П. Стольникова // Садоводство северных территорий: итоги и перспективы: Материалы конференции, Барнаул, НИИСС им. Лисавенко, 16-18 июня 2005 г. – Барнаул, 2005. – С. 15-18.

57. Горбылева, А.И. Оптимальные показатели свойств ППК дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почвы в зависимости от содержания гумуса / А.И. Горбылева, М.И. Иванова, А.С. Метвали//Математические методы и ЭВМ на службе почвенных прогнозов: Научные труды ВАСХНИЛ. М: Почв. Институт им. Докучаева, 1988. – С. 86-91.

58. Гордецкая, С.П. Характер распределения и вынос азота и зольных элементов растениями земляники на почвах двух типов / С.П. Гордецкая // Агрохимия. – 1971. – № 1. – С. 89-98.

59. Гореликова, О.А. Биохимический анализ перспективных сортов-интродуцентов земляники садовой в условиях Краснодарского края / О.А. Гореликова, Т.Г. Причко // Научные труды СКФНЦСВВ. – 2018. – Т. 14. – С. 159-163.

60. ГОСТ 6828-89. Земляника свежая. Требования при заготовках, поставках и реализации. Межгосударственный стандарт. – Введ. 1991-01-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003.

61. ГОСТ 33953-2016. Земляника свежая. Технические условия. Межгосударственный стандарт. – Введ. 2017-07-01. – М.: Стандартиформ, 2016.

62. ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб. – Введ. 1990-04-01. – М.: Стандартиформ, 2008.

63. ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение её рН по методу ЦИНАО. – Введ. 1986-01-07. – М.: Издательство стандартов, 1985.

64. ГОСТ 26951-86. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. – Введ. 1987-01-07. – М.: Издательство стандартов, 1986.

65. ГОСТ Р 54650-2011. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. Национальный стандарт РФ. – Введ. 2013-01-01. – М.: Стандартиформ, 2019.

66. ГОСТ 26207-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. – Введ. 1993-07-01. – М.: Издательство стандартов, 1992.

67. ГОСТ 27753.2-88. Грунты тепличные. ГОСТ 27753.2-88. Метод приготовления водной вытяжки. – Введ. 1988-06-23. – М.: Издательство стандартов, 1989.

68. ГОСТ 27753.3-88. Грунты тепличные. Метод определения рН водной суспензии. – Введ. 1988-06-23. – М.: Издательство стандартов, 1989.

69. ГОСТ 27753.5-88. Грунты тепличные. Метод определения водорастворимого фосфора. – Введ. 1988-06-23. – М.: Издательство стандартов, 1989.

70. ГОСТ 27753.6-88. Грунты тепличные. Метод определения водорастворимого калия. – Введ. 1988-06-23. – М.: Издательство стандартов, 1989.

71. ГОСТ 27753.7-88. Грунты тепличные. Методы определения нитратного азота. – Введ. 1988-06-23. – М.: Издательство стандартов, 1989.

72. ГОСТ 27753.8-88. Грунты тепличные. Метод определения аммонийного азота. – Введ. 1988-06-23. – М.: Издательство стандартов, 1989.

73. ГОСТ 29270-95. Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения нитратов. – Введ. 1997-01-01. – М.: Стандартиформ, 2010.

74. ГОСТ ISO 2173-2013. Продукты переработки плодов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ. – Введ. 2015-07-01. – М.: Стандартиформ, 2019.

75. ГОСТ 28562-90. Продукты переработки плодов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ. – Введ. 1991-07-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002.

76. ГОСТ 24556-89. Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения витамина С. – Введ. 1990-01-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003.

77. ГОСТ ISO 750-2013. Продукты переработки фруктов и овощей. Метод определения титруемой кислотности. Межгосударственный стандарт. – Введ. 2015-07-01. – М.: Стандартиформ, 2019.

78. ГОСТ 25555.0-82. Продукты переработки фруктов и овощей. Метод определения титруемой кислотности. Введ. 1983-01-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002.

79. Григоров, М.С. Контур увлажнения при внутрипочвенном орошении / М.С. Григоров, А.Д. Ахмедов // МиВХ. – 1999. – №4. – С. 32-33.

80. Григоров, М.С. Способы полива и режим орошения культур в различных регионах / М.С. Григоров, С.М. Григоров, М.В. Демков // Проблемы устойчивого развития мелиорации и рационального природопользования: Материалы юбилейной научно-практ. конференции. Москва, ВНИИГиМ, 2007. – М.: ВНИИА, 2007. – Т.1. – С. 143-150.

81. Григоров, М.С. Ресурсосберегающий режим капельного орошения при выращивании картофеля / М.С. Григоров, В.М. Жидков, В.В. Захаров // Аграрная наука. – 2011. – №5. – С. 20-22.

82. Губер, К.В. Оценка работы систем капельного орошения в Волгоградской области / К.В. Губер, Е.В. Шенцева // Проблемы устойчивого

развития мелиорации и рационального природопользования: Материалы междунар. конференции, Москва, ВНИИА, 2007. – М.: ВНИИА, 2007. – Т.1. – С. 115-159.

83. Гумбаров, А.Д. Расчеты элементов техники полива при капельном орошении виноградников / А.Д. Гумбаров, Ю.А. Скобельцын // Труды КубСХИ. – 1986. – Т. 269. – С. 72-81.

84. Гусев, Д.Э. Режим капельного орошения и приемы выращивания саженцев винограда на каштановых почвах Приволжской возвышенности: автореф. дисс... канд. с-х. наук: 06.01.02 / Гусев Дмитрий Эдуардович. – Волгоград, 2013. – 22 с.

85. Давыденко, Н.В. Капельная система орошения компании Нетафим для плодового сада / Н.В. Давыденко // Садоводство и виноградарство. – 2000. – №4. – С. 10-11.

86. Дашков, В.Н. Обоснование параметров комбинированной системы капельного полива с фертигацией / В.Н. Дашков, Н.М. Мурашко, Л.А. Абрамчик // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: Материалы междунар. научно-техн. конф., Минск, 10-11 октября 2012 г. – Минск, 2012. – С. 232-235.

87. Дервянчук, А.М. Формы азотных удобрений и продуктивность земляники / А.М. Дервянчук // Агрехимия. – 1977. – №9. – С. 23-27.

88. Дерюгин, И.П. Минеральное питание и удобрение плодовых и ягодных культур: учебное пособие / И.П. Дерюгин // М.: ЦОП РГАУ-МСХА, 2006. – 71 с.

89. Джура, Н.Ю. Оценка формирования генеративных и вегетативных органов земляники / Н.Ю. Джура, Ф.А. Волков, А.А. Борисова, А.Ю. Павлова, С.П. Джура // Плодоводство и ягодоводство России. – 2002. – Т.9. – С. 231-241.

90. Джураева, Ф.К. Динамика накопления аскорбиновой кислоты в ягодах земляники садовой и малины в условиях степной зоны Оренбуржья / Ф.К. Джураева // Состояние, перспективы садоводства и виноградарства Урало-Волжского региона и сопредельных территорий: сб. науч. работ. Оренбург: «Печатный дворик». – 2013. – С. 62-67.

91. Докучаев, В.В. Опыт капельного орошения огурца в Ростовской области / В.В. Докучаев, Г.Г. Шиллер, В.В. Макаров // Картофель и овощи. – 2006. – №7. – С. 24-25.

92. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки исследований) / Б.А. Доспехов. – 5-е изд., дополненное и переработанное. М.: Альянс, 2014. – 351 с.

93. Дубенок, Н.Н. Капельное орошение и удобрение репчатого лука / Н.Н. Дубенок, А.И. Болкунов, В.В. Бородычев, В.В. Выборнов, В.В. Афиногенов // Вестник РАСХН. – 2008. – №6. – С. 34-38.

94. Жбанова, Е.В. Зависимость химического состава ягод земляники от погодных условий периода вегетации / Е.В. Жбанова // Плодоводство и ягодоводство России. – 2014. – Т.38, ч.1. – С. 150-157.

95. Жидков, В.М. Оптимальный режим капельного полива томата / В.М. Жидков, Е.В. Стручалина // Картофель и овощи. – 2007. – №1. – С. 24- 27.

96. Журбицкий, З.И. О константности соотношений элементов питания, поглощаемых растениями при регулировании факторов внешней среды в искусственных условиях / З.И. Журбицкий, В.М. Лавриченко // Агрехимия. – 1979. – №10. – С. 69-74.

97. Завалин, А.А. Коэффициент использования растениями азота удобрений и его регулирование / А.А. Завалин, О.А. Соколов // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2019. – №4(370). – С. 71-75. – DOI 10.24411/2587-6740-2019-14070.

98. Зейлигер, А.М. Результаты полевых опытов по выращиванию в 2008 году томатов при капельном орошении в Палласовском районе Волгоградской области / А.М. Зейлигер, Г.Ф. Соколова, В.Н. Семенов, О.С. Ермолаева // Роль мелиорации в обеспечении продовольственной и экологической безопасности России: Материалы междунар. научно-практ. конф., Москва, МГУП, 2009 г. – М.: МГУП, 2009. – Ч.2. – С. 211-220.

99. Зиганшин, Б.Г. Влияние фертигации на засоление почвы / Б. Г. Зиганшин, И. Г. Галиев, Р. К. Хусаинов [и др.] // Вестник Казанского

государственного аграрного университета. – 2020. – Т. 15. – № 4(60). – С. 67-70. – DOI 10.12737/2073-0462-2021-67-70.

100. Интенсивная технология производства земляники садовой: методические рекомендации; под ред. акад. Куликова И.М. – М.: ФГБНУ Росинформагротех, 2014. – 84 с.

101. Ионова, З.М. Капельное орошение многолетних насаждений / З.М. Ионова // Садоводство. – 1986. – №4. – С. 28-29.

102. Исаченко, Л.М. Технология возделывания земляники садовой / Л.М. Исаченко // Белорусское сельское хозяйство. – 2007. – №9. – С. 85-86.

103. Исмаилов, Ж.И. Влияние сроков внесения калийных удобрений на динамику нитратного азота в почве и продуктивность хлопчатника / Ж.И. Исмаилов, Б.Х. Тиллабеков // Агрэкологические основы применения удобрений в современной земледелии: Материалы междунар. научно-практ. конф., Москва, ВНИИА. 24 апреля 2014 г. – М.: ВНИИА, 2014. – С. 86-88.

104. Кабилов, Р.С. Характер деформации орошаемых полей при различной технике полива / Р.С. Кабилов, Х.М. Ахмадов // Доклады ТАСХН. – 2012. – №1. – С. 37-43.

105. Казаков, И.В. Состояние и перспективы развития ягодоводства в России / И.В. Казаков // Плодоводство и ягодоводство России. – 2009. – Т.22, ч.2. – С. 65-72.

106. Кангина, И.Б. Влияние метеорологических факторов на качество ягод земляники / И.Б. Кангина, Н.Ф. Бондаренко // Садоводство. – 1987. – № 35. – С. 65-69.

107. Капустин, Н.Ф. Применение фертигации в системах капельного полива сельскохозяйственных культур / Н.Ф. Капустин, Э.К. Снежко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2014. – Вып.48, т.2. – С. 169-175.

108. Караман, И.П. Определение доз удобрений при возделывании земляники / И.П. Караман, В.В. Ткач // Плодоводство и ягодоводство России. – 2009. – Т.22, ч.2. – С. 88-92.

109. Кармазин, И. Адаменко С. Специальные водорастворимые удобрения для систем капельного полива / И. Кармазин, С. Адаменко // Овощеводство и тепличное хозяйство. – 2007. – №5. – С. 19-24.

110. Карпова, Е.А. Влияние длительного применения минеральных удобрений на состояние железа и тяжелых металлов в дерново-подзолистых почвах / Е.А. Карпова // Почвоведение. – 2006. – №9. – С. 1059-1067.

111. Карымова, М.О. Динамика изменчивости содержания доступных соединений химических элементов в регулируемых условиях минерального питания лука репчатого при капельном орошении / М.О. Карымова, И.В. Сатункин // Агрэкологические основы применения удобрений в современном земледелии: Материалы междунар. научно-практ. конф., Москва, ВНИИА, 24 апреля 2014 г. – М.: ВНИИА, 2014. – С. 97-101.

112. Кирпо, Н.И. Динамика питательных веществ в почвах при длительном орошении / Н.И. Кирпо, Е.А. Стрижакова, В.В. Бородычев // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий: сб. научных трудов под ред. Ю.А. Мажайского, 2006, вып.2. – Рязань, ВНИИГиМ, 2006. – С. 137-140.

113. Классификация почв России / под ред. Шишова Л.Л. – М.: Почвенный институт им. Докучаева, 2000. – 235 с.

114. Кожухов, В.А. Разработка системы ультразвукового капельного полива с использованием фертигации питательного раствора / В.А. Кожухов, А.В. Себин // Вестник КрасГАУ. – 2014. – №6. – С. 251-257.

115. Козлова, И.И. Инновационные системы возделывания земляники садовой / И.И. Козлова // Плодоводство и ягодоводство России. – 2009. – Т.22, ч.2. – С. 111-116.

116. Козлова, И.И. Технология программированного производства ягод перспективных сортов земляники // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 8. – С. 30-32.

117. Козлова, И.И. Товарные качества ягод перспективных сортов земляники // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК - продукты здорового питания. – 2016. – № 3 (11). – С. 19-25.

118. Козлова, И.И. Влияние органоминеральных и минеральных удобрений на формирование продуктивности интегрированного агроценоза земляники садовой / И.И. Козлова // Садоводство и виноградарство. – 2018. – № 6. – С. 26-32.

119. Козлова, И.И. Состояние и перспективы развития ягодоводства в условиях импортозамещения // Современные тенденции устойчивого развития ягодоводства России (земляника, малина): сборник научных трудов, посвященный 90-летию со дня рождения кандидата сельскохозяйственных наук К.Т. Ярковой. – 2019. – С. 167-179.

120. Колесникова, В.А. Обоснование рациональных способов внесения в почву жидких минеральных удобрений / В.А. Колесникова // Вестник РАСХН. – 1997. – №4. – С. 35-37.

121. Кондаков, А.К. Удобрение плодовых деревьев, ягодников, питомников и цветочных культур / А.К. Кондаков. – Мичуринск, 2006. – 253 с.

122. Коновалов, С.Н. Методы разработки адаптивных систем удобрения в интенсивных технологиях выращивания плодовых и ягодных культур / С.Н. Коновалов, Д.Д. Дебелова // Плодоводство и ягодоводство России. – 2005. – Т.14. – С. 158-163.

123. Коновалов, С.Н. Развитие почвенно-агрономических исследований во ВСТИСП / С.Н. Коновалов, Д.Д. Дебелова, В.И. Петрова // Плодоводство и ягодоводство России. – 2010. – Т.25. – С. 257-298.

124. Коновалов, С.Н. Удобрение плодовых и ягодных растений в прецизионных технологиях возделывания/ С.Н. Коновалов, Д.Д. Дебелова, В.И. Петрова, Л.В. Помякшева // Плоды и овощи – основа структуры здорового питания человека. – Мичуринск, 2012. – С. 254-258.

125. Копылов, В.И. Земляника. Пособие /В.И. Копылов. – Симферополь: ПолиПРЕСС, 2007. – 368 с.

126. Костоварова, И.А. Технологии и технические средства при многофункциональном использовании поливной техники / И.А. Костоварова, С.А. Асцатрян, С.Л. Шленов, А.В. Грушин // Техника и оборудование для села. – 2017. – №8. – С. 20-23.



127. Кравец, А.П. Миграция минеральных элементов в системе «почва-растение». Возможности «точечного» варианта модели / А.П. Кравец // Физиология и биохимия культурных растений. – 1994. – Т.26. – №5. – С. 455-462.

128. Кружилин, И.П. Водный режим почвы и дозы макроудобрений при возделывании риса на системах капельного орошения / И.П. Кружилин, В.В. Мелихов, М.А. Ганиев, К.А. Родин, Н.Н. Дубенок, Н.М. Абду // Вестник РАСХН. – 2017. – №2. – С. 12-15.

129. Кузин, А.И. Влияние различных способов применения удобрений на развитие отдельных компонентов продуктивности яблони / А.И. Кузин, Ю.В. Трунов, А.В. Соловьев // Вестник МичГАУ. – 2015а. – №3. – С. 26-35.

130. Кузин, А.И. Распределение легкогидролизуемого азота в корнеобитаемом слое почвы под влиянием капельного полива и фертигации в интенсивном саду яблони / А.И. Кузин, Ю.В. Трунов, А.В. Соловьев, Г.Н. Пугачев // Научный журнал КубГАУ. – 2015б. – № 111(07). – С. 1462-1475.

131. Кузин, А.И. Распределение доступного фосфора в корнеобитаемом слое почвы под влиянием капельного полива и фертигации в интенсивном саду яблони / А.И. Кузин, Ю.В. Трунов // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2015а. – № 34(04). – С. 72-85.

132. Кузин, А.И. Распределение обменного калия в корнеобитаемом слое почвы под влиянием капельного орошения и фертигации в интенсивном саду яблони / А.И. Кузин, Ю.В. Трунов // Плодоводство и ягодоводство России. – 2015б. – Т.43. – С. 119-128.

133. Кузин, А.И. Влияние капельного орошения на изменение физических и химических свойств почвы / А.И. Кузин, Г.Н. Пугачев, В.Л. Захаров, Ю.В. Трунов, А.В. Соловьев, З.Н. Тарова // Научный журнал КубГАУ. – 2017. – №129 (05). – С. 1183-1193.

134. Кузин, А.И. Эффективность фертигации на темно-серой лесной почве в условиях ЦЧР / А. И. Кузин, Г. Н. Пугачев, Л. В. Степанцова [и др.] // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2020. – № 2(61). – С. 13-20.

135. Кулеша, В. Выращивание земляники в Польше / В. Кулеша // Плодоводство: научные труды. – 2001. – Т.11, ч.2. – С. 91-96.
136. Куликов, И.М. Методические рекомендации по определению экономической эффективности научных достижений. / И.М. Куликов, В.Ф. Воробьев, А.С. Косякин. – М.: ВСТИСП, 2005. – 111 с.
137. Куликов, И.М. Пути повышения производства ягод в Российской Федерации / И.М. Куликов // Плодоводство и ягодоводство России. – 2009. – Т.22, ч.2. – С. 3-12.
138. Куликов, И.М. Определение стоимости разработки проектов закладки интенсивных садов и ягодников. / И.М. Куликов, А.С. Косякин, В.Ф. Воробьев, Н.Ю. Джура, Н.А. Конькова // Плодоводство и ягодоводство России. – 2012. – Т.29, ч.1. – С. 268-280.
139. Куликов, И.М. Приоритетные направления развития садоводства в условиях импортозамещения и формирования экспортоориентированной экономики / И.М. Куликов, И.А. Минаков // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2018. – №9 (42). – С. 30-36.
140. Кучер, Д.Э. Влияние режимов капельного орошения при возделывании яблоневого сада интенсивного типа / Д.Э. Кучер // Международный технико-экономический журнал. – 2015. – №5. – С. 111-118.
141. Ладыгина, М.П. Террафлекс – новые комплексные удобрения для теплиц / М.П. Ладыгина // Гавриш. – 2006. – №4. – С. 19.
142. Лебедева, Л.А. Физиологические основы питания растений / Л.А. Лебедева // М.: Изд. МГУ, 1987. – 75 с.
143. Литвинов, К.В. Перспективные способы орошения высокоплотных плодовых насаждений / К.В. Литвинов, Е.Р. Немцов, Н.А. Борисенко / Научное обеспечение агропромышленного комплекса: Материалы Всероссийской конференции молодых ученых, Краснодар, КубГАУ, 5-8 февраля 2019 г. – Краснодар, 2019. – С. 185-186.
144. Логинова, С.Ф. Влияние мульчирования почвы темной пленкой на урожайность и качество ягод сортов земляники: автореф. дисс... канд. с-х. наук: 06.01.07 / Логинова Светлана Федоровна. – Санкт-Петербург, 2003. – 21 с.

145. Лукьяненко, Е.А. Капельное орошение баклажанов в открытом грунте / Е.А. Лукьяненко // Проблемы устойчивого развития мелиорации и рационального природопользования. М.: ВНИИГиМ, 2007. – Т.1. – С. 258-262.

146. Магомедова, А.А. Фертигация – резерв экономии воды и эффективности внесения удобрений / А.А. Магомедова, С.М. Мурсанов, А.Ч. Сапукова // Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур: сб. научных трудов. – Астрахань, 2018. – С. 112-115.

147. Мазепа, М.В. Распределение поливной влаги при внутрпочвенном орошении в корнеобитаемом слое садовых посадок / М.В. Мазепа // Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования: Материалы междунар. научно-практ. конф., Волгоград, ВолГАУ, 2017 г. – Волгоград, 2017. – С. 292-300.

148. Майер, А.В. Режимы капельного орошения и мелкодисперсного дождевания при возделывании кукурузы сахарной / А.В. Майер, Е.В. Долгополова // Плодородие. – 2008. – №2. – С. 35-36.

149. Макаров, В.И. Влияние локального предпосевного удобрения на распределение элементов питания в почве / В.И. Макаров Адаптивные технологии в растениеводстве: Материалы междунар. научно-практ. конф., Ижевск, ИжГСХА, 2005. – Ижевск, Изд. РИО ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2005. – С. 105-110.

150. Малинина, М.С. Сравнение состава водных вытяжек и почвенных растворов торфянисто-подзолистых глееватых почв Центрального лесного государственного биосферного заповедника / М.С. Малинина, Е.И. Караванова, Л.А. Беянина, С.В. Иванилова // Почвоведение. – 2007. – №4. – С. 428-437.

151. Манаенкова, Н.И. Пути повышения продуктивности насаждений земляники. / Н.И. Манаенкова, З.М. Панова // Основные итоги и перспективы научных исследований ВНИИСС им. Мичурина (1931-2001): сб. научных трудов. – Тамбов, 2001. – С. 87-89.

152. Марченко, Л.А. Земляника садовая: особенности культуры, агротехника возделывания, сорта для Подмосковья / Л.А. Марченко, В.Г. Толстогузова, И.В. Попова. – М.: ГНУ ВСТИСП РАСХН, 2011. – 22 с.

153. Матала, В. Выращивание земляники / В. Матала. – Санкт-Петербург, 2003. – 210 с.

154. Мелихова, Е.В. Математическое моделирование солевого режима при фертигации в почвогрунтах фрактальной структуры / Е.В. Мелихова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2017. – №2 (26). – С. 249-255.

155. Минеева, В.А. Питательные смеси при выращивании растений на гидропонике / В.А. Минеева, И.Н. Чумаченко // Химизация сельского хозяйства. – 1991. – №12. – С. 49-53.

156. Мирошниченко, Н.В. Эффективность применения удобрений на развитие и урожайность земляники садовой в условиях Курганской области / Н.В. Мирошниченко, И.В. Комиссарова // Вестник Курганской ГСХА. – 2016. – №2. – С. 48-51.

157. Монастырский, В.А. Алгоритм расчета доз внесения удобрений в прецизионном земледелии / В.А. Монастырский, А.Н. Бабичев, В.Иг. Ольгаренко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2019. – №1(33). – С. 26-38.

158. Муханин, И.В. Интенсивная технология производства ягод земляники / И.В. Муханин, О.В. Жбанова, И.В. Зуева // Садоводство и виноградарство. – 2009. – №3. – С. 33-34.

159. Наделюев, А.Л. Особенности производства оздоровленного посадочного материала земляники с элементами финской технологии / А.Л. Наделюев // Сельскохозяйственные вести. – 2001. – № 3. – С. 16-19.

160. Най, П.Х. Движение растворов в системе почва-растение / П.Х. Най, П.Б.М Тинкер. – М.: Колос, 1980. – 368 с.

161. Нестерова, Г.С. Капельное орошение. Обзор / Г.С. Нестерова, И.С. Зонн, Е.А. Вейцман. – М.: ВНИИТЭИСХ, 1973. 36 с.

162. Никитишен, В.И. Почвенно-агрохимические условия оптимизации водного режима растений / В.И. Никитишен, В.И. Личко // Доклады РАСХН. – 2005. – №5. – С. 20-24.

163. Никиточкина, Т.Д. Особенности поглощения и локализации питательных веществ в различных органах земляники / Т.Д. Никиточкина // Питание плодовых растений: сб. научных трудов. М.: Изд. МСХА, 1986. – С. 115-121.
164. Овчинников, А.С. Оценка технологии возделывания огурца в открытом грунте при капельном орошении / А.С. Овчинников, М.А. Шуваева // Проблемы устойчивого развития мелиорации и рационального природопользования: Материалы междунар. научно-практ. конф., Москва, ВНИИГиМ, 10-11 апреля 2007 г. – М.: ВНИИА, 2007. – Т.1. – С. 301-305.
165. Овчинников, А.С. Режим орошения и водопотребления земляники / А.С. Овчинников, А.В. Шуравилин, В.В. Бородычев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2011. – №4 (24). – С. 43-47.
166. Овчинников, А.С. Совершенствование технических средств капельного и внутрпочвенного орошения / А.С. Овчинников, В.С. Бочарников, М.П. Мещеряков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2012. – №2 (26). – С. 146-150.
167. Овчинников, А.С. Комбинированное орошение сельскохозяйственных культур / А.С. Овчинников, В.В. Бородычев, М.Ю. Храбров, В.М. Гуренко, А.В. Майер // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2015. – №2 (38). – С. 6-13.
168. Ожерельев, В.Н. Динамика производства ягод земляники садовой по странам мира / В.Н. Ожерельев, М.В. Ожерельева, А.М. Гринь, В.В. Сомин // Вестник ФГОУ ВПО Брянская ГСХА. 2019. №4 (74). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dinamika-proizvodstva-yagod-zemlyaniki-sadovoy-po-stranam-mira> (дата обращения: 28.06.2020).
169. Ольгаренко В.И. Ресурсосберегающее микроорошение садов / В.И. Ольгаренко, Н.А. Мищенко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2014. – №1 (13). – С. 69-82.
170. Ольгаренко, Г.В. Основные направления разработки отечественных технических средств микроорошения для мелкоконтурных участков / Г.В. Ольгаренко // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – №5. – С. 82-85.

171. Орел, Т.М. Изменение солевого состава водной вытяжки южного чернозема под влиянием капельного орошения / Т.М. Орел // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – Вып.59. – Ялта. – 1986. – С. 64-69.

172. Перекрестов, Н.В. Выращивание овощных культур при капельном орошении в Нижнем Поволжье / Н.В. Перекрестов // Проблемы, состояние комплексных мелиораций и их роль в обеспечении продовольственной безопасности России: Материалы международной научно-практ. конф., Волгоград, ВГСХА, 2010 г. – Волгоград: ИПП Нива, 2010. – С. 207-216.

173. Петров, И. Комплексная система регулирования подготовки питательного раствора и режима полива в теплице для выращивания овощей и цветов гидропонным методом / И. Петров, Р. Камбаров Р., В. Грозданов // Симпозиум с международным участием по гидропонному выращиванию овощей и цветов в теплицах: науч. труды. – София, 1987. – С. 123-134.

174. Петров, Н.В. Приемы повышения продуктивности томата и картофеля при орошении в Поволжье / Н.В. Петров, Е.В. Калмыкова, В.Б. Нарушев, Т.И. Хоришко // Аграрный научный журнал. – 2017. – №4. – С. 36-39.

175. Петунина, Г.П. Особенности режима орошения земляники при интенсивной технологии возделывания / Г.П. Петунина // Доклады ВАСХНИЛ. – 1986. – №7. – С. 21-22.

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

177. 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 междунар. научно-практ. конф., Мичуринск, ВНИИС, 1-15 сентября 2013 г. – Воронеж: Кварта, 2013. – С. 111-113.

178. 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.

179. Помякшева, Л.В. Динамика плотности дерново-подзолистой почвы в насаждениях земляники садовой с капельным поливом и фертигацией/ Л.В. Помякшева, С.Н. Коновалов // Плодоводство и ягодоводство России. – 2014. – Т.40, ч.1. – С. 251-254.

180. Помякшева, Л.В. Распределение в дерново-поздолистой почве нитратного азота при фертигации земляники садовой / Л.В. Помякшева // Плодоводство и ягодоводство России. – 2015. – Т.43. – С. 337-341.

181. Помякшева, Л.В. Режимы фертигации земляники садовой с капельным поливом в Нечерноземной зоне / Л.В. Помякшева, С.Н. Коновалов // Проблемы рационального использования природохозяйственных комплексов засушливых территорий: материалы междунар. научно-практ. конф., Волгоград, ВолГАУ, 22-23 мая 2015 г. – Волгоград, 2015. – С. 363-366.

182. 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.

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

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

185. Попова, В.П. Питание яблони при капельном орошении на черноземных почвах / В.П. Попова, Т.Г. Фоменко // Вестник РАСХН. – 2009. – №4. – С. 47-48.

186. Попова, В.П. Зональные особенности капельного орошения и фертигации интенсивных насаждений яблони Северо-Кавказского региона / В.П. Попова, Т.Г. Фоменко // Садоводство и виноградарство. – 2011. – №3. – С. 33-35.
187. Потоцкий, Г.С. Фертигация на дерново-луговых почвах западного полесья Украины / Г.С. Потоцкий, Л.Ф. Кожушко, В.Я. Романец. – Ровно, 1986. – 11 с.
188. Практикум по агрохимии / Московский государственный университет; под ред. Минеева В.Г. – М.: Изд. Московского университета, 2001. – 689 с.
189. Причко, Т.Г. Оценка качества ягод земляники, произрастающей в условиях юга России / Т.Г. Причко, М.Г. Германова / Научные труды ГНУ СКЗНИИСиВ. – 2013. – №1. – С. 170-173.
190. Причко, Т.Г. Эффективность применения комплексного удобрения «ПолиМикс-Агро» на плодоносящей землянике / Т.Г. Причко, Л.А. Хилько, М.Г. Германова // Научные труды ГНУ СКЗНИИСиВ. – 2014. – Т.5. – С. 139-144.
191. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур; под ред. Е.Н. Седова, Т.Н. Огольцовой. – Орёл: изд. ВНИИСПК, 1999. – 608 с.
192. Рекомендации по удобрению садов и ягодников в СССР. – Мичуринск, 1978. – 12 с.
193. Рекомендации по применению удобрений в плодовых и ягодных насаждениях. – М.: ЦИНАО, 1983. – 42 с.
194. Рожко, И.С. Влияние различных факторов на химический состав плодов земляники / И.С. Рожко // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. – 2010. – № 13. – С. 115-118.
195. Ромащенко, М. И. Технология выращивания перца и баклажана при капельном орошении в условиях Запорожской области. / М.И. Ромащенко, В.Н. Корюненко // Овощеводство и тепличное хозяйство. – 2007. – №5. – С. 13-15.
196. Рубин, С.С. Удобрение плодовых и ягодных культур / С.С. Рубин. – М.: Сельхозгиз, 1958. – 95 с.



197. Руднева, Л.В. Изменение питательного режима почвы при орошении и применении удобрений / Л.В. Руднева, А.А. Абаева // Повышение эффективности использования орошаемых земель и перспективная техника полива в Нижнем Поволжье: сб. науч. трудов. – Волгоград, 1988. – С. 74-78.

198. Рыжаков, А.Н. Определение средневзвешенной влажности почвы в контурах капельного увлажнения / А.Н. Рыжаков, В.Н. Шкура / Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2017. – № 3(27). – С. 97-111.

199. Рыжова, Т.А. Особенности орошения овощных культур с применением технологии фертигации // Наука и молодежь: новые идеи и решения: Материалы междунар. научно-практ. конф., Волгоград, ВолГАУ, 14-16 марта 2018 г. – Волгоград, 2018. – С. 67-70.

200. Сазонов, М.В. Процесс фертигации при поливе овощных культур дождевальными машинами Valley / М.В. Сазонов, А.А. Бутенина, В.В. Чекалин/ Новые технологии и технические средства для эффективного развития АПК: Материалы нац. науч.-практ. конф., Воронеж, Воронежский ГАУ, 26 февраля 2019 г. – Воронеж, 2019. – С.60-63.

201. Самощенко, Е.Г. Плодоводство: учебник для нач. проф. Образования / Е.Г. Самощенко, И.А. Пашкина. – М.: Академия, 2003. – 320 с.

202. Семенов, С.Я. Системы капельного и внутрипочвенного орошения для плодово-ягодных и лесных насаждений / С.Я. Семенов, В.Г. Абезин, С.С. Марченко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2014. – №1 (33). – С. 201-205.

203. Сергеева, Н.Н. Критерии оценки отзывчивости сорта на дополнительное минеральное питание / Н.Н. Сергеева // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2014. – № 25(1). – (Электронный ресурс) URL: [http://journal.kubansad.ru/pdf/14/\(01\)/07.pdf](http://journal.kubansad.ru/pdf/14/(01)/07.pdf). (Дата обращения 20.08.2019).

204. Смирнов, П.М. Агрехимия: учебное пособие / П.М. Смирнов, Э.А. Муравин. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1988. – 446 с.

205. Смирнова, Ю.В. Акварины как способ поддержания равновесия в системе «почва-растение» / Ю.В. Смирнова, Т.Н. Самодурова, Н.Ю. Чеброва // Комплексное применение средств химизации в адаптивно-ландшафтном

земледелии: Материалы междунар. научной конф., Москва, ВНИИА, 2010. – М.: ВНИИА, 2010. – С. 265-268.

206. Сторчоус, В.Н. Технология внутрипочвенного и капельного полива яблоневого сада в условиях степного Крыма / В.Н. Сторчоус, В.И. Кременской // Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Крымский агротехнологический университет». – 2012. – Т.149. – С. 56-61.

207. Сычев, В.Г. Технология применения удобрений и других средств химизации с поливной водой при синхронно-импульсном орошении в защищенном грунте / В.Г. Сычев, В.И. Ивашкин. – М.: ВНИИА, 2004. – 472 с.

208. Тапараускене, Л. Оптимальный режим влажности почвы для клубники / Л. Тапараускене // Повышение эффективности мелиорации сельскохозяйственных земель: Материалы междунар. научно-практ. конф., Минск, 20-22 сентября 2005 г. – Минск: 2005. – С. 400-403.

209. Технологический регламент фертигации земляники с капельным поливом / под научной ред. акад. И.М. Куликова. – М.: ФГБНУ ВСТИСП, 2016. – 91 с.

210. Толстогузова, В.Г. О сортах земляники, наиболее устойчивых к неблагоприятным агроклиматическим условиям / В.Г. Толстогузова // Плодоводство и ягодоводство России. – 2012. – Т.31, ч.2. – С. 257-262.

211. Трапезников, В.К. Физиологические основы локального применения удобрений / В.К. Трапезников. – М.: Наука, 1983. – 176 с.

212. Трунов, И.А. Влияние орошения на корневую систему и урожай земляники / И.А. Трунов // Садоводство и виноградарство. – 2000. – №4. – С. 14-15.

213. Трунов, Ю.В. Влияние минерального питания на фотосинтетическую активность листьев яблони в условиях Центрального Черноземья / Ю.В. Трунов, А.И. Кузин, Е.М. Цуканова, Н.С. Вязьмикина // Плодоводство и ягодоводство России. – 2012. – Т.35. – С. 187-193.

214. Трушечкин, В.Г. Некоторые вопросы удобрения черной смородины и земляники / В.Г. Трушечкин, И.Г. Попеско, З.И. Голубева, М.Н. Язвицкий //

Плодоводство и ягодоводство Нечерноземной зоны: сб. науч. работ. – 1971. – Т.3. – С. 167-172.

215. Трушечкин, В.Г. Применение пленки при выращивании земляники. / В.Г. Трушечкин, Л.Н. Шахова // Культура земляники в СССР: Доклады симпозиума. – М.: НИЗИСНП, 1972. – С. 157-161.

216. Турчин, Ф.В. Азотное питание растений и применение азотных удобрений / Ф.В. Турчин. – М.: Колос, 1972. 336 с.

217. Удобрения ЕвроХим: богатый выбор, высокое качество, доступные цены // Агрофорум. – 2020. – №4. – С. 42-45.

218. Удовенко, А.И. Технология возделывания лука репчатого при капельном орошении / А.И. Удовенко // Вестник овощевода. – 2009. – №3. – С. 30-33.

219. Удовенко, А.И. Капельное орошение и фертигация – основа интенсивной технологии выращивания огурца / А.И. Удовенко, В.Н. Пархоменко // Вестник овощевода. – 2011. – №1. – С. 20-24.

220. Удовенко, А.И. Главный секрет заволжского арбуза / А.И. Удовенко // Вестник овощевода. – 2012. – Спецвыпуск. – С. 24-27.

221. Уоллес, А. Поглощение растениями питательных веществ из растворов / А.Уоллес. – М.: Колос, 1966. 280 с.

222. Успенский, И.А. Моделирование влияния удобрений на динамику контуров увлажнения при капельном орошении / И. А. Успенский, И. В. Фадеев, В. В. Алексеев, В. П. Филиппов // Инженерные технологии и системы. – 2021. – Т. 31. – № 1. – С. 97-108. – DOI 10.15507/2658-4123.031.202101.097-108.

223. Утков, Ю.А. Улучшенная технология возделывания земляники / Ю.А. Утков, А.А. Цимбал, И.И. Чухляев // Вестник РАСХН. – 2009. – №1. – С. 55-58.

224. Фадькин, Г.Н. Коэффициент использования азота удобрений в зависимости от длительности их применения на серой лесной тяжелосуглинистой почве / Г.Н. Фадькин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – №3 (113). – С. 10-13.

225. Фоменко, Т.Г. Плодоношение яблони при капельном орошении и фертигации на Северном Кавказе / Т.Г. Фоменко, В.П. Попова // Плодоводство и ягодоводство России. – 2011. – Т.27. – С. 274-282.

226. Фоменко, Т.Г. Параметры изменения физико-химических свойств чернозема обыкновенного в плодовых ценозах при локальном увлажнении / Т.Г. Фоменко, В.П. Попова // Развитие фундаментальных исследований по проблемам агрогенной трансформации почв в условиях монокультуры: материалы симпозиума, Краснодар, СКЗНИИСиВ, 26-30 августа 2013 г. – 2013. – С. 47-54.

227. 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. – 2015. – № 33(03). – С. 60-73.

228. Фоменко, Т.Г. К методике агрохимического обследования плодовых насаждений интенсивного типа и расчета дифференцированных доз применения минеральных удобрений / Т.Г. Фоменко, В.П. Попова, Н.Г. Пестова, Е.А. Черников // Агрохимия. – 2017. – №3. – С. 79-91.

229. Фоменко, Т.Г., Попова, В.П. Фертигация плодовых насаждений. Методические рекомендации / Т.Г. Фоменко, В.П. Попова. Краснодар: ФГБНУ СКФНЦСВВ, 2018. – 51 с.

230. Фоменко, Т.Г. Эффективность применения новых отечественных удобрений при фертигации в плодоносящих насаждениях яблони / Т.Г. Фоменко, В.П. Попова, К.С. Белоусова // Садоводство и виноградарство. – 2019. – №2. – С. 10-17.

231. Хапова, С.А. Выращивание земляники садовой в закрытом грунте с применением капельного орошения / С.А. Хапова // Вестник РАСХН. – 2007. – №2. – С. 53-54.

232. Ходяков, Е.А. Элементы техники полива и особенности формирования режима влажности почвы при капельном орошении / Е.А. Ходяков, П.И. Кузнецов // Научно-технические аспекты мелиорации: Материалы междунар. науч. конф., Москва, ВНИИГиМ, 2005 г. – М.: ВНИИА, 2005. – С. 190-194.

233. Храбров, М.Ю. Оценка способов малообъемного орошения / М.Ю. Храбров // Вестник РАСХН. – 2007. – №5. – С.53-57.

234. Хроменко, В.В. Технологические затраты и экономическая эффективность выращивания ягодных культур / В.В. Хроменко, В.Ф. Воробьев // Садоводство и виноградарство. –2013. – №2. – С. 44-48.

235. Цой, З.И. Водосбережение при капельном орошении на виноградниках/ З.И. Цой // Проблемы, состояние комплексных мелиораций и их роль в обеспечении продовольственной безопасности России: Материалы междунар. научно-практ. конф., Волгоград, ВГСХА, 2010 г. –Волгоград: ИПП Нива, 2010. – С. 238-242.

236. Черноситова, Т.Н. Изменение степени подвижности почвенных фосфатов при внесении минеральных удобрений / Т.Н. Черноситова // Комплексное применение средств химизации в адаптивно-ландшафтном земледелии: Материалы междунар. науч. конф., М., ВНИИА, 2010 г. – М.: ВНИИА, 2010. – С. 327-330.

237. Чесноков, В.А. Выращивание растений без почвы / В.А. Чесноков, Е.Н. Базырина, Т.М. Бушуева, Н.Л. Ильинская. – Ленинград: Изд. Ленинградского университета, 1960. – 170 с.

238. Чимидов, П.П. Капельное орошение как элемент рационального природопользования / П.П. Чимидов, И.В. Мальченко, Д.В. Немгиров // Инженерно-экологические аспекты развития АПК Прикаспийского региона: Материалы междунар. научно-практ. конф., Элиста, Калмыцкий госуниверситет, 2008. – Элиста: Калмыцкий университет, 2008. – С. 116-121.

239. Шорохов, С.С. Азотные удобрения в плодоносящих насаждениях земляники. / С.С. Шорохов, К.Н. Руденко, Г.М. Морозова // Агрехимия. – 1980. – № 9. – С. 17-22.

240. Штанько, А.С. Оценка точности аппроксимации положения изоплет локальных контуров увлажнения при капельном поливе / А.С. Штанько, Ю.Ю. Глущенко, О.В. Воронов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2017. – №2 (26). – С.69-86.

241. Шуваев, В.А. Опыт выращивания баклажанов при капельном орошении на грунте в ОГУСП «Тепличное» г.Ульяновск. / В.А. Шуваев, Г.М. Кравцова, В.В. Королев, В.Н. Корешкова // Гавриш. – 2001. – №2. – С.4-5.

242. Шундеев, А. Н.Перспективы выращивания земляники в теплицах / А.Н. Шундеев // Овощеводство и тепличное хозяйство. – 2008. – №7. – С. 43-46.

243. Шуравилин, А.В. Урожайность земляники и ее качество при капельном орошении. / А.В. Шуравилин, Е.М.Е. Ашраф // Современные методы аналитического контроля качества и безопасности продовольственного сырья и продуктов питания: Материалы междунар. межвузовской конф., Москва, МГУТУ, 2010 г. – М.: МГУТУ, 2010. – С. 176-182.

244. Шуравилин, А.В. Технология капельного орошения земляники на дерново-подзолистых почвах Московской области / А.В. Шуравилин, М.У. Ляшко, Е.М.Е. Ашраф // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2010. – №8. – С. 59-64.

245. Щербак, А.В. Изучение потребления макроэлементов земляникой / А.В. Щербак // Агрохимия. – 1977. – №6. – С. 96-98.

246. Юрченко, И.Ф. Специфика системы удобрения в орошаемом земледелии / И.Ф. Юрченко // Агрохимический вестник. – 2018. – №3. – С. 2-7.

247. Ягодин, Б.А. Агрохимия / Б.А. Ягодин, Ю.П. Жуков, В.И. Кобзаренко; под ред. Б.А. Ягодина. – М.: Колос, 2002. – 584 с.

248. Язвицкий, М.Н. Удобрение сада / М.Н. Язвицкий. – М.: Московский рабочий, 1960. – 191 с.

249. Янишевский, Ф.В. Химический состав огурца и томата при применении сложного удобрения с разным азотным компонентом в условиях гидропоники и на почвогрунте / Ф.В. Янишевский, Е.Ф. Крищенко // Агрохимия. – 1988. – № 5. – С. 29-36.

250. Ясониди, О.Е. Гидравлические исследования поливного трубопровода с капельницами различных конструкций / О.Е. Ясониди, Ю.С. Рогозина, Н.О. Кохно // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ – 2007. – №3. – С. 38-41.

251. Adak, N. Influence of Different Soilless Substrates to Morpho-physiological Characteristics and Yield Relations in Strawberries / N. Adak, I. Tozlu, H. Gubbuk // *Erberbs-Obstbau*. – 2018. – Vol.60., No.4. – P. 341-348.

252. Al-Wabel, M.I. Fertigation as a Tool to Improve Nitrogen Use Efficiency and Yield / M.I. Al-Wabel, A.A. Al-Jaloud, G. Hussain, S. Karimula // *Acta Horticulturae*. – 2006. – No.710. – Pp. 295-299.

253. Ancay, A. Comparison of two irrigation management systems in strawberry / A. Ancay, M. Vincent, C.A. Baroffio // *Acta Horticulturae*. – 2014. – No. 1049. – Pp. 529-533.

254. Antal, J. Impact of soil surface mulching on soil losses and surface runoff / J. Antal, P. Surda; L. Maderkova // *Medunarodni simpozij agronoma: zbornik radova*. – 2009. – No.1. – Pp. 31-34.

255. Assaf, L. The Effect of Soil Water Distribution in Drip Irrigation of Apple Trees on their Growth and Yield/ L. Assaf, I. Levin, B. Bravdo // *International Round-Table Conference on Microirrigation, Budapest, 1986*. – Pp. 19-25.

256. Bacon, P.E. Effects of method and timing of nitrogen fertilizer application on irrigated maize growth and nutrient distribution in soil / P.E. Bacon; J.A. Thompson // *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. – 1984. – Vol.24, No.127. – Pp. 606-611.

257. Banks, A.G. Determination of water use and irrigation scheduling / A.G. Banks; N.T. Vock; G.K. Waite // *Congress proceedings*. – 1988. – Vol.1, No.1 – Pp. 207-221.

258. Battilani, A. Manipulating Quality of Horticultural Crops with Fertigation / A. Battilani // *Acta Horticulturae*. – 2008. – No.792. – Pp. 47-60.

259. Bernandoni, C. Esperienze di fertirrigazione in orticoltura / C. Bernandoni, G. Cerioni, A. Fabbri, M. Paoletti // *Colture Protette*. – 1990. – No.12. – Pp. CIX-CXII.

260. Beyaert, R.P. Irrigation and fertilizer management effects on processing cucumber productivity and water use efficiency / R.P. Beyaert, R.C. Roy, B.R.B. Coelho // *Canadian Journal Plant Science*. – 2007. – Vol.87, No.2. – Pp. 355-363.

261. Blasse, W. Intensivierung der Erdbeer Production durch Bewässerung / W. Blasse // *Gartenbau*. – 1977. – Vol.24., No.4. – Pp. 116-118.
262. Bottoms, T.G. Irrigation and N Fertilization Management Affects Nitrate Leaching in Strawberry Production / T.G. Bottoms, T.K. Hartz, M.D. Cahn, B.F. Farrara // *Acta Horticulturae*. – 2014. – No.1038. – Pp. 503-510.
263. Brayek, A. Variation in soil humus, pH and calcium carbonate content influenced by drip irrigation and fertigation / A. Brayek, R. Cabilovski, N. Magazin, M. Manojlovic // *Vocarstvo*. – 2016. – Vol.50, No.193-194. – Pp. 15-23.
264. Brunetti, G. A hybrid finite volume-finite element model for the numerical analysis of furrow irrigation and fertigation / G. Brunetti, J. Simunek, E. Bautista // *Computers and Electronics in Agriculture*. – 2018. – No.150. – Pp. 312-327.
265. Bryan, H.H. Chemical injection through drip irrigation on row crops: Compatibility, crop response and effect of flow / H.H. Bryan, R.B. Duggins // *Internationaional Proceedings 7th International Agriculture Plastics Congress., San Diego, California*. – 1977. – Pp. 166-171.
266. Buban, T. Fertigation in Young Apple Orchards by Using Different Forms of Nitrogen / T. Buban, T. Lakatos // *Acta Horticulturae*. – 2000. – No.525. – Pp. 201-206.
267. Burgess, C.M. Nutrition of New Everbearing Strawberry Cultivars / C.M. Burgess // *Acta Horticulturae*. – 1997. – Vol. 2., No.439, – Pp. 693-700.
268. Cabrera, R.I. Localized Fertigation with Stressing Solutions and Growth-Quality Responses in Potted Greenhouse Roses / R.I. Cabrera // *Acta Horticulturae*. – 2012. –No.947. – Pp. 63-68.
269. Campana, G. Concimazione di primavera / G. Campana // *Terra e Vita*. – 1985. – No.3. – Pp. 52-54.
270. Carrijo, O.A. Tomato responses to preplant-incorporated or fertigated phosphorus on soils varying in Mehlich-1 extractable phosphorus / O.A. Carrijo, G. Hochmuth // *HortScience*. – 2000. – Vol.35, No. 1. – Pp. 67-72.
271. Chow, K.K. Nutritional requirements for growth and yield of strawberry in deep flow hydroponic systems / K.K. Chow, T.V. Price, B.C. Hanger // *Scientia Horticulturae*. – 1992. – Vol.52. – Pp. 95-104.



272. Coelho, E.F. Irrigatio e fertirrigatio em citros. / E.F. Coelho, A.S. de Olivera, A.F. de Jesus Magalhaes. // Circular tecnica. – Juhno. – 2000. – No.38. – P. 58-72.
273. Daugovish, O. Drip Irrigation for Establishment of Strawberry Transplants in Southern California / O. Daugovish, B. Faber, M. Mochizuki // Acta Horticulturae. – 2011. – No.889. – Pp. 507-502.
274. Dong, Q. Data-driven horticulture crop for optimal fertilization management - a metogology description / Q. Dong, Q. Sun, Y. Hu, Y. Xu, M. Qu // IFAC PapersOnLine. – 2018. – No. 51-17. – Pp. 472-476.
275. Egea, G. Usefulness of establishing trunk diameter based reference lines for irrigation scheduling in almond trees / G. Egea ; E. Pagan; A. Baille; R. Domingo; P.A. Nortes; A. Perez-Pastor / Irrigation Science. – 2009. – Vol. 27, Issue 6. – Pp. 431-441.
276. El-Mogy, M.M. Response of Green Bean to Pulse Surface Drip Irrigation / M.M. El-Mogy, M.E. Abuarab, A.L. Abdullatif // Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants. – 2012. – No.4(3). – Pp. 329-334.
277. Ganmore-Neumann, R. The effect of root temperature and nitrate/ammonium ration on strawberry plants. Nitrogen uptake, mineral ions, and carboxylate concentrations / R. Ganmore-Neumann, U. Kafkafi // Agronomic Journal. – 1985 – T. 77. – No. 6. – Pp. 835-840.
278. Gawęda, M. Zmiany Zawartości Microelementów w Roślinach Truskawki (*Fragaria x ananassa* Duch.) w Zależności od Czasu Uprawy // M. Gawęda, J. Ben // Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis. – 2004. –No.240 (96). – Pp. 55-58.
279. Goins, G.D. Influence of nitrogen nutrition management on biomass partitioning and nitrogen use efficiency indices in hydroponically grown potato / G.D. Goins ; N.C. Yorio; R.M. Wheeler // Journal of the American Society for Horticulture Science. – 2004. – Vol. 129, No.1. – Pp. 134-140.
280. Goldberg, D. Drip irrigation-method used arid and desert conditions of high water and soil salinity / D. Goldberg, M. Shmueli // Transaction – the American Society of Agricultural Engineers. – 1970. – No.13. – P. 39-41.

281. Gonzalbes, G. La Fertirrigación Potásica en Cultivos Hortícolas / G. Gonzalbes, A. Fernandez / *Agricola Vergel*. – 2003. – Abril. – Pp. 192-198.
282. Gröninger, H. Richtlijn voor Fertigeren bij Aardbeien / H. Gröninger, H. Soorsma // *Weekblad Groenten en Fruit*. – 1988. – Mei 27. – Pp. 56-57.
283. Gröninger, H. Bemestingsadvies voor fertigatie opnieuw verbeterd / H. Gröninger // *Fruitteelt*. – 1989. – Vol.79, No.12. – Pp. 24-26.
284. Guimerà Solà, J. Nitrate leaching and strawberry production under drip irrigation management / J. Guimerà Solà, O. Marfà Pagès, L. Candela Lledó, L. Serrano Porta // *Agriculture ecosystems and environment*. – 1995. – No.56 (2). – Pp. 121-135.
285. Haman, D.Z. Water Quality Problems for Micro-Irrigation in Florida / D.Z. Haman, A.G. Smajstrla, P. Zazueta. // *Proceedings*. 1986. – Vol.1. – Pp. 43-47.
286. Hao, A. Estimation of Wet Bulb Formation in Various Soil During Drip Irrigation / A. Hao, A. Marui, T. Haraguchi, Y. Nakano // *Journal Faculty Agriculture Kyushu University*. – 2007. – No. 52(1). – Pp. 187-193.
287. Haynes, R.J. Principles of fertilizer use for trickle irrigated crops / R.J. Haynes, // *Fertilizer Research*. – 1985. – No.6. – Pp. 235-255.
288. Haynes, R.J. Effects of nitrogen and potassium applications on strawberry growth, yield and quality / R.J. Haynes, K.M. Goh // *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. – 1987. – No. 18(4). – Pp. 457-471.
289. Heinen, M. Effects of EC and fertigation strategy on water and nutrient uptake of tomato plants // M. Heinen, L.F.M. Marcelis, A. Elings, R. Figueroa, F.M. del Amor // *Acta Horticulturae*. – 2002. – No.593. – Pp. 101-107.
290. Henzel, R. Nawozy fertygacji truskawek w tunelach foliowych / R. Henzel, W. Kowalczyk // *Owoce Warzywa Kwiaty*. – 1997. – R.37. – No.24. – Pp. 7.
291. Hipps, N.A. Soil Fertility: a Role for Fertigation / N.A. Hipps // *Acta Horticulturae*. – 1993. – No.347. – Pp. 189-193.
292. Hochmuth, G.J. Nitrogen Fertigation Requirements of Drip irrigation Strawberries. / G.J. Hochmuth; E.E. Albregts; C.C. Chandler; J. Cornell; J. Harrison // *Journal of the American Society for Horticulture Science*. – 1996. – Vol.121, No.4. – Pp. 660-665.

293. Hoppula, K.I. Effect of irrigation and fertilization methods on red raspberry winter survival / K.I. Hoppula; T.J. Salo / *Acta Agriculturae Scandinavica: Section B, Soil & Plant Science*. – 2006. – Vol.56, Issue 1. – Pp. 60-64.
294. Iatrou, M. Influence of nitrogen nutrition on yield and growth of an everbearing strawberry cultivar (cv. Evie II) / M. Iatrou, A. Papadopoulos // *Journal of Plant Nutrition*. – 2016. – Vol.39, No.11. – Pp. 1499-1505.
295. Incrocci, L. New Trends in the Fertigation Management of Irrigated Vegetable Crops / L. Incrocci, D. Massa, A. Pardossi // *Horticulturae*. – 2017. – No.3 (2):37. – (Электронный ресурс) URL: <https://www.mdpi.com/2311-7524/3/2/37/htm#>. (Дата обращения 14.10.2019).
296. Intrigliolo, F. Esperienze poennali in agrumicoltura su un particolare sistema di subirrigazione / F. Intrigliolo, G. Raciti // *Irrigazione e Drenagio*. – 1989. – Vol.36, No.2. – Pp. 25-27.
297. Kachwaya, D.S. Effect of fertigation on growth, yield, fruit quality and leaf nutrients content of strawberry (*Fragaria x ananassa*) cv Chandler / D.S. Kachwaya, J.S. Chandel // *Indian Journal of Agricultural Sciences*. – 2015. – No.85 (10). – Pp. 1319–1323.
298. Kafkafi, U. Fertigation. A tool for efficient fertilizer and water management / U. Kafkafi, J. Tarchitzky. – Paris, 2011. – 141 p.
299. Karp, K. Influence of the Age of Plants and Foliar Fertilization on the Yield of Strawberry Cultivar Jonsok under Plastic Mulch / K. Karp, M. Starast // *Acta Horticulturae*. – 2002. – No.567. – Pp. 459-462.
300. Kikas, A. Evaluation of Strawberry Cultivars in Estonia / A. Kikas, A. Libek, H. Kaldmae, L. Hanni // *Sodininkysté ir Daržininkysté*. – 2007. – №26 (3). – Pp. 131-137.
301. Kirschbaum, D.S. Water Requirements and Water Use Efficiency of Fresh and Waiting- Bed Strawberry Plants / D.S. Kirschbaum, M. Correa, A.M. Borquez, K.D. Larson, T.M. DeJong // *Acta Horticulturae*. – 2004. – No.664 – Pp. 347-352.
302. Kirschbaum, D.S. Nitrogen Requirements of Drip Irrigated Strawberries Grown in Subtropical Environments / D.S. Kirschbaum, A.M. Borquez, S.L. Quipildor, M. Correa, H. Magen, P. Imas // *Acta Horticulturae*. – 2006. – No.708. – Pp. 93-96.

303. Ківер, В.Х. Вплив фертигації на продуктивність кукурудзи / В.Х. Ківер, Д.М. Онопрієнко // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2012. – № 2. – С.32-37.

304. Klamkowski, K. The effects of substrate moisture content on water potential, gas exchange rates, growth and yield in strawberry plants grown under greenhouse conditions / K. Klamkowski; W. Treder, A. Tryngiel-Gać // Journal of Fruit and Ornamental Plant Research. – 2006. – Vol.14. – Pp. 163-171.

305. Klein, I. Fertigation of Apples with Nitrate or Ammonium Nitrogen under Drip Irrigation. Nutrient Distribution in the Soil / I. Klein, G. Spieler // Communication in Soil Science and Plant Analysis. – 1987. – No. 18(3). – Pp. 323-339.

306. Koszański, Z. Wpływ nawadniania i nawożenia NPK na budowę morfologiczną i anatomiczną, aktywność niektórych procesów fizjologicznych oraz plonowanie truskawki / Z. Koszański, S. Friedrich, C. Podsiadło, E. Rumas-Rudnicka, S. Karczmarczyk // Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. – 2005. – T. 5, Z.2(15). – Pp. 145-155.

307. Lamarre, M. Influence de la fertilisation azotee, des baches et des cultivars sur la productivite des fraisiers a production continue au Quebec / M. Lamarre, M.J. Lareau, S. Payette, S. Fortin // Canadian Journal of Soil Science. – 1996. – Vol.76, No.1. – Pp. 29-36.

308. Létourneau, G. J. Matric potential-based irrigation management of field-grown strawberry: Effects on yield and water use efficiency / G. J. Létourneau, L. Caron, J. Anderson, J. Cormier // Agricultural Water Management. – 2015. – No. 161. – Pp. 102-113.

309. Locascio, C.J. Nitrogen source and application timing for trickle irrigated strawberries / C.J. Locascio; F.G. Martin / Journal of the American Society for Horticulture Science. – 1985. – Vol.110., No.6. – Pp. 820-823.

310. Lovelidge, B. Vinsons manipulate cropping to pick up the peak prices / B. Lovelidge // Grower. – 1986. – No.7. – Pp. 26-27.

311. Lovelidge, B. Strawberries Japanese style / B. Lovelidge // Grower. – 1989. – Vol.111, No.10. – Pp. 56-57

312. Martinsson, M. Impact of production systems and fertilizer application on yield and quality of strawberries / M. Martinsson, A. Kwast, G. Cieslinski, W. Treder // *Acta Horticulturae*. – 2006. – No.708. – Pp. 59-64.

313. Marcelle, R.D. Comparison of the mineral composition of leaf and fruit in apple and pear cultivars / R.D. Marcelle // *Acta Horticulturae*. – 1990. – No.274. – Pp. 315-320.

314. Maziarka, M. Wielkitowarowa produkcja malin i truskawek / M. Maziarka // *Hasło Ogrodnicze*. – 2000. – No.5. – Pp. 30-33.

315. McKeown, A.W. Nitrogen and water requirements of fertigated cabbage in Ontario / A.W. McKeown, S.M. Westerveld, C.J. Bakker // *Canadian Journal of Soil Science*. – 2010. – Vol.90, No.1. – Pp. 101-109.

316. Menzel, C.M. Changes in the Concentration of Leaf Nitrogen over the Season Affect the Diagnosis of Deficiency or Sufficiency in Strawberries in the Subtropics (Электронный ресурс) / C.M. Menzel, // *Agriculture*. – 2018. – No.8. – P. 126. – Режим доступа: <https://www.mdpi.com/2077-0472/8/8/126/html> (дата обращения 26.07.2019).

317. Mullins, C.A.; Straw R.A.; Rutledge A.D. Tomato production with fertigation and black plastic mulch / Mullins, C.A.; Straw R.A.; Rutledge A.D./ *Tennessee Farm Home Science – Knoxville(Tenn.)*. – 1992. – No.164. – Pp. 23-28.

318. Namestek, J. Effect of drip irrigation with fertigation on pear crops / J. Namestek; M. Prazak ; T. Litschmann; L. Knezacek; S. Prosa // *Vedecke prace ovocnarske*. – 2011. – No.22. – Pp. 79-88.

319. Neilsen, G.H. Effects of frequency of irrigation on nutrient uptake of apple trees / G.H. Neilsen, D.S. Stevenson // *Canadian Journal of Soil Science*. – 1986. – Vol. 66, No.1. – Pp. 177-180.

320. Neilsen, G.H. Soil chemical changes associated with NP-fertigated and drip irrigated high-density apple orchards / G.H. Neilsen, P.B. Hoyt, D. Neilsen // *Canadian Journal of Soil Science*. – 1995. – Vol.75, No.3. – Pp. 307-310.

321. Neilsen, D. Using soil solution monitoring to determine the effects of irrigation management and fertigation on nitrogen availability in high-density apple

orchards / D. Neilsen, P. Parchomchuk, G.H. Neilsen, E.J. Hogue // *Journal of the American Society for Horticulture Science*. – 1998. – Vol.123, No.4. – Pp. 706-713.

322. Neilsen, D. Timing of Nutrient Applications in Apple Orchards Using Fertigation / D. Neilsen, G.H. Neilsen / *Better Crops with Plant Food*. – 1999. Vol.83, No.3. – Pp. 18-19.

323. Nestby, R. Growing strawberries on A-frames in greenhouse and outside / R. Nestby // *Norsk landbruksforskning*. – 1988. – Vol.2, No.4. – Pp. 265-271.

324. Nestby, R. Effect of N-fertigation on fruit yield, leaf N and sugar content in fruits of two strawberry cultivars / R. Nestby // *Journal horticulture Science Biotechnology*. – 1998.– Vol.73, No.4. – Pp. 563-568.

325. Nestby, R. Balanced fertigation and improved sustainability of June bearing strawberry cultivated three years in open polytunnel / R. Nestby, S. Guéry // *Journal of Berry Research*. – 2017. – No.7. – Pp. 203-216.

326. Papadopoulos, I. Fertigation-Chemigation in Protected Agriculture / I. Papadopoulos // *Cahiers Options Méditerranéennes*. – 1999. – Vol.31. – Pp. 275-291.

327. Papparozzi, E.T. Strawberry cultivars vary in productivity, sugars and phytonutrient content when grown in a greenhouse during the winter / E.T. Papparozzi, G. Meyer, V. Schlegel, E. Blankenship, S.A. Adams, M.E. Conley, B. Loseke, P. E. . Read // *Scientia Horticulturae*. – 2018. – No.227. – Pp. 1-9.

328. Parchomchuk, P. Effects of drip fertigation of NH<sub>4</sub>-N and P on soil pH and cation leaching / P. Parchomchuk; G.H. Neilsen; E.J. Hogue / *Canadian Journal of Soil Science*. – 1993. – Vol.73, No.2. – Pp. 157-164.

329. Pereira, L. Watermelon Yield and Efficiency of Use of Water and Nitrogen / L. Pereira, E.M. Da Silva, J. O. Piauilino Ferreira // *Revista Caatinga*. – 2019. – No. 32(3). – Pp. 769-777.

330. Phene, C.J. Water-nutrient-herbicide management of potatoes with trickle irrigation / C.J. Phene, J.L. Fouss, D.C. Sanders // *American Potato Journal*. 1979. – Vol.56, Issue 10. – Pp. 56-59.

331. Phillips, D. Spend your way to success / D.Phillips // *American Fruit Grower*. – 1987. – Vol.107, No.4. – Pp. 6-7.

332. Pivot, D. Données de base pour la fumure des cultures, des légumes et de fraises sur substrate / D. Pivot, C. Gilli, C. Carlen // *Revue suisse de viticulture, arboriculture, horticulture*. – 2005. – Vol. 37, No.2. – Pp. 3-8.

333. Pomares, F. Fertilization nitrogenada del Freson en Valencia en plantacion de Verano con riego por goteo y por surcos / F. Pomares, F. Tarazona, M. Estela // *Investigacion Agraria*. 1994. – Abril. – Pp. 73-84.

334. Prazak, M. Drip irrigation scheduling in apricot and peach plantings in the climatic conditions of the South Slovakia / M. Prazak, T. Litschmann, I. Oukropec, E. Klementova // *Vedecke prace ovocnarske*. – 2005. – No.19. – Pp. 137-146.

335. Prazak, M. Effect of irrigation dose and fertigation on apple crops / M. Prazak, T. Litschmann, J. Knezacek, S. Prosa // *Vedecke prace ovocnarske*. – 2009. – No.21. – Pp. 147-154.

336. Pritts, M.P. Effects of planting system and mulching with straw or sprayable latex on performance of a dayneutral and junebearing strawbeery cultivar / M.P. Pritts, M. Eames-Sheavly // *Advanced in Strawberry Production*. – 1988. – Vol.7. – Pp. 19-22.

337. Quast, P. Erdbeerdungung in Foliensackkultur mit Torfkultursubstrat / P. Quast // *Erwerbsobstbau*. – 1996. – Jg.38,H. 1. – S. 13-17.

338. Raja, G.R. Effect of Drip Irrigation and Fertigation on Growth, Development and Yield of Vegetables and Fruits / G.R. Raja, D.T. Santosh, K.N. Tiwari // *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. – 2017. – No.6 (2). – Pp. 1471-1483.

339. Rauschkolb, R.S. Sub-surface drip irrigation of turfgrasses / R.S. Rauschkolb, J. Klingerberg, T. Scherer, D. Morris // *Vision of the future: Proceedings of the 3rd National Irrigation Symposium, 1990*. – Pp. 88-89.

340. Raynal, Ch. Nutrition minérale et hydrique du frasier / Ch. Raynal, M. Framboisier // *Infos-Ctifl*. – 1987. – November. – No.36. – Pp. 17-20.

341. Rohloff, J. The Effect of Plant Biochemical Regulators on Strawberry Production in Field Trials under Drip Irrigation Management at 5 Locations in Norway / J. Rohloff, S.E. Hagen, T.-H. Iversen // *Acta Horticulturae*. – 2002. – No.567. – Pp. 463-466.

342. Rolbiecki, S. Influence of Sprincler and Drip Irrigation on the Growth and Yield of Strawberries Grown on Sandy Soils / S. Rolbiecki, C. Rzekanowski // *Acta Horticulturae*. – 1997. –No.439, Vol.2. – Pp. 669-672.

343. Roy, R.C. Scheduling drip irrigation for ginseng (*Panax quinquefolius* L.) grown under straw and bark mulch / R.C. Roy; B.R. Ball Coelho; A.J. Bruin; R. Reeleder; B. Capell / *Canadian Journal of Soil Science*. – 2007. – Vol.87, No.2. – Pp. 373-381.

344. Ryan, M. Mulching methods / M. Ryan // *Grower*. – 1990. –Vol.113, No.19. – Pp. 13-15.

345. Rzekanowski, C. Findings of a Research on the Use of Drip Irrigation in an Orchards / C. Rzekanowski / *Proceedings*. – 1986. – Vol.1 – Pp.101-105.

346. Sousa, G.G. Potassium fertirrigation of strawberry crop in Caerà/ G.G. Sousa, T.V. Araujo Viana, E.D. Pereira, A.H.P. Albuquerque, A.B. Marinho, B.M. Azevedo / *Bragantia*, Campinas. – 2014. – Vol.72., No.1. – Pp. 39-44.

347. Souza, A.H.C. Agronomic efficiency and growth of eggplant crop under different potassium and nitrogen doses / A.H.C. Souza, R. Rezende, M.Z. Lorenzoni, C. Castro Seron, F.A.S. Santos /*Review Caatinga*, Mossoro. – 2018. – Vol.31, No.3. – Pp. 737-747.

348. Souza, C.F. Distribution and storage characterization of soil solution for drip irrigation / C.F. Souza; M.V. Folegatti; D. Or / *Irrigation Science*. – 2009. – Vol 27, Issue 4. – Pp. 277-288.

349. Souza, C.F. Soil solution distribution in subsurface drip irrigation of sugarcane / C.F. Souza, D.R. Bizari // *Engenharia Agricola*, Jaboticobal. – 2018. – Vol.38, No.2. – Pp. 217-224.

350. Svensson, B. Droppbevattning med näringstillförsel i jordgubbsodling / B. Svensson / *Tidskrift for Frukt-Barodling*. – 1989. – Vol.31, No.2. – S. 56-58.

351. Taghavi, T. A Comparison of Wild and Cultivated Strawberries for Nitrogen Uptake and Reduction / T. Taghavi, K.M. Folta // *Horticulture Environment Biotechnology*. – 2014. – No.55 (3). –Pp. 196-206.

352. Tanaskovik, V. The influence of drip fertigation on water use efficiency in tomato crop production / V. Tanaskovik, O. Cukaliev, D. Romic, G. Ondrasek //



Agriculturae conspectus scientificus. University of Zagreb. – 2011. – Vol.76, No.1. – Pp. 57-63.

353. Tarkalson, D.D. Comparison of Nitrogen Methods and Rates for Subsurface Drip Irrigation Corn in the Semi-Arid Great Plains / D.D. Tarkalson, J.O. Payero // Transactions of the ASABE. – 2008. – Vol.51, No.5. – Pp. 1633-1643.

354. Terry, L.A. Effect of Water Deficit Irrigation on Strawberry (*Fragaria x ananassa*) Fruit Quality / L.A. Terry, G.A. Chopec, J.G. Bordonaba // Acta Horticulturae. – 2009. – 842. – Pp. 839-842.

355. Thompson, T.L. Nitrogen and Water Interactions in Subsurface Drip-Irrigated Cauliflower: I. Plant Response / T.L. Thompson, T.A. Doerge, R.E. Godin // Soil Science Society of America Journal. – 2000. – Vol.64, No.1. – Pp. 406-411.

356. Treder, W. Ubiegłoroczne Efekty Nawadniania I Fertygacji jabłoni / W. Treder // Sad Nowoczesny. – 1997. – No.2. – Pp. 8-9.

357. Treder, W. Badania nad bezglebowa uprawa truskawek w zamkniętym obiegu pożywki / W. Treder // Zeszyty Naukowe Instytutu sadownictwa i kwiaciarnictwa. – 2002. – Vol.10. – Pp. 137-147.

358. Treder, W. The influence of calcium in nutrient solution on growth and fruiting of strawberries and its content in strawberries'organs / W. Treder // Folia universitatis agriculturae stetinensis. – 2004. – No. 240(96). – Pp. 197-202.

359. Treder, W. Variation in soil pH, calcium and magnesium status influenced by drip irrigation and fertigation / W. Treder // Journal of Fruit and Ornamental Plant Research. – 2005. – Vol.13. – P. 59-70.

360. Treder, W. Wpływ Sposobu Nawożenia Borówki na Wzrost i Plonowanie / W. Treder, D. Krzewińska, M. Borowik // Zeszyty Naukowe Instytutu sadownictwa i kwiaciarnictwa. – 2007. – T.15. – P. 35-45.

361. Vignolo, G.K. Pre-planting fertilization effects on strawberry fruit yield / G.K. Vignolo, V.F. Araujo, R.J. Kunde, C.A.P. Silveira, L.E.C. Antunes // Ciencia Rural. – 2011. – Vol.41, No.10. – P. 1755-1761.

362. Voca, S. Influence of Cultivation Systems on Physical and Chemical Composition of Strawberry Fruits cv. Elsanta / S. Voca; B. Duralija, J. Družić;

M. Babojelic, N. Dobricevic; Z. Cmelik // *Agriculturae conspectus scientificus*. – 2006. – Vol.71, No.4. – P. 171-174.

363. Wang, S.Y. Temperatures after bloom affect plant growth and fruit quality of strawberry / S.Y. Wang, M.J. Camp // *Scientia Horticulturae*. – 2010. – T.85, No. 3. – Pp. 183-199.

364. Wang, H. Wang, X., Bi, L. Multi-objective optimization of water and fertilizer management for potato production in sandy areas of northern China based on TOPSIS / H. Wang, X.Wang, L. Bi // *Field crops Research*. – 2019. – No. 240. – Pp. 55-68.

365. Warner, J. Water management strategies to enhance fruit solids and yield of drip irrigated processing tomato / J. Warner, C.S. Tan, T.Q. Zhang // *Canadian Journal of Plant Science*. – 2007. – Vol. 87 – No.2. – P. 345-353.

366. Wysocki, K. The effect of substrates on yield and quality of strawberry fruits cultivated in a heated foil tunnel / K. Wysocki, J. Kopytowski, A. Bieniek // *Zemdirbyste-Agriculture*. – 2017. – T.4, No.3. – P. 283-286.

367. Wu, Y. Optimal control algorithm of fertigation system in greenhouse based on EC model / Y. Wu, L. Li, S. Li // *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. – 2019. – T.12, No. 3. – P. 118-125.

368. Yavari, S. Effects of various organic substrates and nutrient solution productivity and fruit quality of strawberry 'Selva' (*Fragaria x ananassa* Duch.) / S. Yavari; S. Eshghi; E. Tafazoli // *Journal Fruit ornamental Plant Research*. – 2008. – T.16. – Pp. 167-178.

369. Yoon, H.S. Improved Fertilization Strategy for Strawberry Fertigation Culture / H.S. Yoon, J.U. An, Y.H. Hwang, C.G. An, Y.H. Chang, G.M. Shon, C.W. Rho // *Acta Horticulturae*. – 2014. – No.1049. Pp. 521-528.

370. Yoshida, Y. Nutrient and water uptake, growth and yield of substrate cultured strawberry cv. Nyoho with solar-mediated fertigation control / Y. Yoshida, K. Nakai // *Scientific reports of the Faculty of Agriculturae, Okayama University*. – 2003. – Vol. 92. – Pp. 31-37.

371. Zamaniyan, M. Field Performance Evaluation of Micro Irrigation Systems in Iran / M. Zamaniyan, R. Fatahi, S. Boroomand-Nasab // Soil and Water Researches. – 2014. – No.9. – Pp. 135-142.

372. Zawartka, L. Contents of mineral nitrogen, available phosphorus, potassium and magnesium in soil depending on the form of applied fertilizer and soil moisture content / L. Zawartka; M. Skwierawska // Kształtowanie środowiska - agroekosystemy i krajobrazy. – Warszawa, 2005; Cz. 2. – Pp. 627-636.

373. Zirebwa, F.S. Drip irrigation guidelines for citrus in northern Zimbabwe / F.S. Zirebwa // Lap Lambert academic publishing, 2013. 148 p.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### ПРИЛОЖЕНИЕ А1

Таблица 65 – Удобрения, применяемые в опытах.

Удобрение	Действующее вещество, количество
Аммиачная селитра	$N_{NO_3}$ – 17%, $N_{NH_4}$ – 17%
Монофосфат калия	$P_2O_5$ – 50%, $K_2O$ – 33%
Ортофосфорная кислота	$P_2O_5$ – 63%, $d=1,71$ г/л
Сульфат калия	$K_2O$ – 46%
Калийная селитра	$N_{NO_3}$ – 13%, $K_2O$ – 46%
Кальциевая селитра	$CaO$ – 23,5%, $N_{NO_3}$ – 12%
Сернокислый магний	$MgO$ – 16,5%
Сульфат марганца	$Mn$ – 32%
Сульфат меди	$Cu$ – 26%
Сульфат цинка	$Zn$ – 23%
Хелат железа ЭДТА	$Fe$ – 13%
Борная кислота	$B$ – 17%
Молибденовокислый аммоний	$Mo$ – 54%
Комплексообразователь ОЭДФ (оксиэтилидендифосфоновая кислота)	-

### ПРИЛОЖЕНИЕ А2

Таблица 66 – Химический состав комплексного минерального удобрения Акварин (Опыт 2, 2010-2012 гг.).

Марка Состав, %	Акварин 1	Акварин 6	Акварин 14	Акварин 15
$N-NO_3$	7,0	11,3	8,0	3,0
$N-NH_4$	-	3,7	9,0	-
Нобщ.	7,0	15,0	17,0	3,0
$P_2O_5$	11,0	5,0	6,0	11,0
$K_2O$	30,0	30,0	18,0	38,0
$MgO$	4,0	1,7	1,5	3,0

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б1

Таблица 67 – Состав рабочего раствора минеральных удобрений (РМУ), мг/л (Опыт 2, варианты кроме РМУх2). 2010-2012 гг.

2010	N- NO <sub>3</sub>	N- NH <sub>4</sub>	N общ	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Концентрация раствора, г/л
Весеннее отрастание листьев	182	36	218	114	222	132	25	2,1
Цветение	182	36	218	114	222	132	25	2,1
Плодоношение	238	36	274	114	379	132	25	2,4
После плодоношение	357	54	411	171	568	198	35	2,8
2011	N- NO <sub>3</sub>	N- NH <sub>4</sub>	N общ	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Концентрация раствора, г/л
Весеннее отрастание листьев	182	36	218	114	222	132	25	2,1
Цветение	182	36	218	114	222	132	25	2,1
Плодоношение	238	36	274	114	379	132	25	2,4
После плодоношение	119	18	137	57	222	66	25	2,0
2012	N- NO <sub>3</sub>	N- NH <sub>4</sub>	N общ	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Концентрация раствора, г/л
Весеннее отрастание листьев	238	36	274	114	379	132	25	2,4
Цветение	238	36	274	114	379	132	25	2,4
Плодоношение	238	36	274	114	379	132	25	2,4
После плодоношение	182	36	218	114	222	132	25	2,1

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б2

Таблица 68 – Состав рабочего раствора минеральных удобрений РМУх2, мг/л (Опыт 2). 2010-2012 гг.

2010	N- NO <sub>3</sub>	N- NH <sub>4</sub>	N общ	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Концентрация раствора, г/л
Весеннее отрастание листьев	364	72	436	228	444	264	50	4,2
Цветение	364	72	436	228	444	264	50	4,2
Плодоношение	476	72	548	228	758	264	50	4,8
После плодоношение	714	108	822	342	1136	396	70	5,6
2011	N- NO <sub>3</sub>	N- NH <sub>4</sub>	N общ	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Концентрация раствора, г/л
Весеннее отрастание листьев	364	72	436	228	444	264	50	4,2
Цветение	364	72	436	228	444	264	50	4,2
Плодоношение	476	72	548	228	758	264	50	4,8
После плодоношение	238	36	274	114	444	132	50	4
2012	N- NO <sub>3</sub>	N- NH <sub>4</sub>	N общ	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Концентрация раствора, г/л
Весеннее отрастание листьев	476	72	228	758	264	50	5	4,8
Цветение	476	72	548	228	758	264	50	4,8
Плодоношение	476	72	548	228	758	264	50	4,8
После плодоношение	364	72	436	228	444	264	50	4,2

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б3

Таблица 69 – Состав рабочего раствора удобрения Акварин, мг/л (Опыт 2). 2010-2012 гг.

Фаза развития	Марка Акварина	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	N <sub>общ</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Концентрация раствора, г/л
Весеннее отрастание листьев	Акварин 14	100	112	212	73	186	0	17	1,2
Цветение	Акварин 6	212	69	281	94	467	0	31	1,9
Плодоношение	Акварин 1	131	0	131	180	467	0	74	1,9
После плодоношение	Акварин 15	37	0	37	137	394	0	37	1,2

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б4

Таблица 70 – Состав рабочего раствора для фертигации половинной дозой минеральных удобрений (Ф 0,5), мг/л (Опыт 4). 2015-2018 гг.

2015	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	N <sub>общ</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Концентрация раствора, г/л
Весеннее отрастание листьев	35	35	69	205	137	0,62
Цветение	23	23	46	137	91	0,42
Плодоношение	69	69	137	205	137	0,82
После плодоношение	35	35	69	205	137	0,62
2016	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	N <sub>общ</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Концентрация раствора, г/л
Весеннее отрастание листьев	160	160	319	137	228	1,51
Цветение	96	96	191	55	137	0,89
Плодоношение	120	120	239	103	114	1,01
После плодоношение	80	80	159	91	152	0,85
2017	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	N <sub>общ</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Концентрация раствора, г/л
Весеннее отрастание листьев	120	120	239	103	171	1,13
Цветение	120	120	239	69	171	1,12
Плодоношение	160	160	319	137	114	1,26
После плодоношение	43	43	86	61	101	0,51
2018	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	N <sub>общ</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Концентрация раствора, г/л
Весеннее отрастание листьев	69	69	137	46	69	0,58
Цветение	69	69	137	46	69	0,58
Плодоношение	69	69	137	91	91	0,65
После плодоношение	26	26	51	137	66	0,43

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б5

Таблица 71 – Состав рабочего раствора для фертигации половинной дозой минеральных удобрений (Ф 1), мг/л (Опыт 4). 2015-2018 гг.

2015	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	N <sub>общ</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Концентрация раствора, г/л
Весеннее отрастание листьев	69	69	138	409	273	1,24
Цветение	46	46	92	273	182	0,83
Плодоношение	137	137	274	409	273	1,64
После плодоношение	69	69	138	409	273	1,24
2016	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	N <sub>общ</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Концентрация раствора, г/л
Весеннее отрастание листьев	319	319	637	273	455	3,02
Цветение	191	191	382	109	273	1,78
Плодоношение	239	239	478	205	228	2,02
После плодоношение	159	159	318	182	303	1,7
2017	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	N <sub>общ</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Концентрация раствора, г/л
Весеннее отрастание листьев	239	239	478	205	341	2,26
Цветение	239	239	478	137	341	2,23
Плодоношение	319	319	637	273	228	2,52
После плодоношение	86	86	172	122	202	1,01
2018	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	N <sub>общ</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Концентрация раствора, г/л
Весеннее отрастание листьев	137	137	274	91	137	1,16
Цветение	137	137	274	91	137	1,16
Плодоношение	137	137	274	182	182	1,3
После плодоношение	51	51	102	273	132	0,85



## ПРИЛОЖЕНИЕ В1

Таблица 72 – Количество внесенных с фертигацией элементов минерального питания, кг/га. Опыты 2,3. 2010-2012 гг.

<b>РМУ</b>	<b>N-NO<sub>3</sub></b>	<b>N-NH<sub>4</sub></b>	<b>N<sub>общ</sub></b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>CaO</b>	<b>MgO</b>
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
<b>Акварин</b>	<b>N-NO<sub>3</sub></b>	<b>N-NH<sub>4</sub></b>	<b>N<sub>общ</sub></b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>CaO</b>	<b>MgO</b>
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

## ПРИЛОЖЕНИЕ В2

Таблица 73 – Количество внесенных с фертигацией и в запас элементов минерального питания, кг/га. Опыт 4. 2015-2018 гг.

<b>Варианты с ½ дозы</b>	<b>N-NO<sub>3</sub></b>	<b>N-NH<sub>4</sub></b>	<b>N<sub>общ</sub></b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>
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
<b>Варианты с полной дозой</b>	<b>N-NO<sub>3</sub></b>	<b>N-NH<sub>4</sub></b>	<b>N<sub>общ</sub></b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>
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

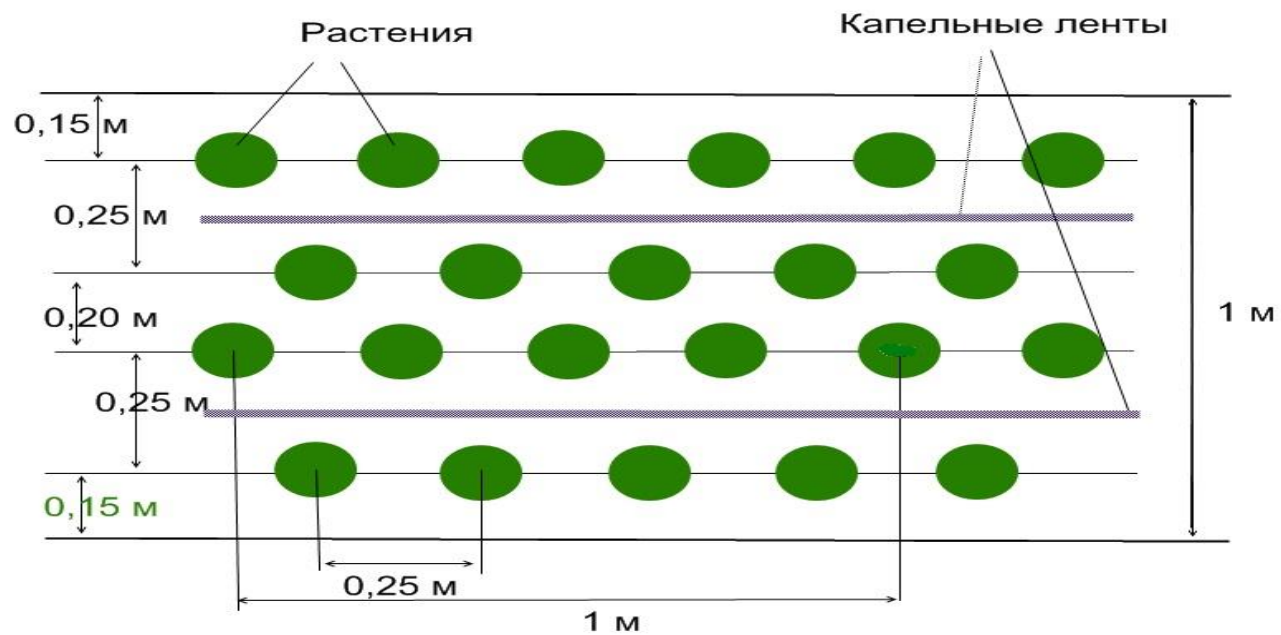


Рисунок 30 - Четырехстрочная схема расположения растений земляники садовой и линий капельного орошения в опытах 1,2,3.



Рисунок 31 - Растворный узел для капельного полива и фертигации в полевых опытах



Рисунок 32 - Опытные насаждения земляники садовой с капельным поливом и фертигацией (четырёхстрочная схема посадки). Московская область, поселок Измайлово. Опыты 1, 2, 3. 2011 г.



## ПРИЛОЖЕНИЕ Е2.



Рисунок 33 - Опытные насаждения земляники садовой с капельным поливом и фертигацией (однострочная схема посадки).  
Московская область, поселок Измайлово. Опыт 4. 2017 г.