

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»

На правах рукописи

Гемонов Александр Владимирович

**ОБОСНОВАНИЕ МЕЛИОРАТИВНЫХ РЕЖИМОВ ПРИ КАПЕЛЬНОМ
ПОЛИВЕ САЖЕНЦЕВ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ
НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РОССИИ**

4.1.5 – Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика

Диссертация

на соискание ученой степени

доктора сельскохозяйственных наук

Научный консультант:

академик РАН, доктор
сельскохозяйственных наук, профессор
Н.Н. Дубенок

Москва – 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА	13
1.1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ САДОВОДСТВА И ПРОИЗВОДСТВА САЖЕНЦЕВ ПЛОДОВЫХ И ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР	13
1.2. МЕЛИОРАТИВНЫЕ РЕЖИМЫ И СПОСОБЫ ПОЛИВА ПЛОДОВЫХ И ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР	21
1.3. ВЫРАЩИВАНИЕ ПЛОДОВЫХ И ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР С ПРИМЕНЕНИЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ	28
Выводы по главе	34
2. ОБЪЕКТ, МЕТОДЫ И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ...	36
2.1. ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ	36
2.2. СХЕМЫ ОПЫТОВ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	38
2.3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	47
3. ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ОРОШЕНИЯ В ЦЕНТРАЛЬНОМ НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ	52
3.1. АНАЛИЗ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕРРИТОРИИ.....	52
3.2. ОЦЕНКА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ТЕРРИТОРИИ ТЕПЛОМ И ВЛАГОЙ	61
Выводы по главе	65
4. ТЕХНОЛОГИЯ ОРОШЕНИЯ И ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ САЖЕНЦЕВ ПЛОДОВЫХ И ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР ПРИ КАПЕЛЬНОМ ПОЛИВЕ.....	67
4.1. РЕЖИМЫ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ	67
4.2. СВЯЗЬ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМОВ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ С МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ	116
4.3. ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ САЖЕНЦЕВ ПЛОДОВЫХ И ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР	127
4.4. БИОКЛИМАТИЧЕСКИЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ САЖЕНЦЕВ ПЛОДОВЫХ И ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР	135
Выводы по главе	140

5. АГРОХИМИЧЕСКИЕ И ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ПОЛИВЕ	143
5.1. Морфологическая характеристика почв	143
5.2. Агрохимические свойства почв при капельном орошении	148
5.3. Водно-физические свойства почв при капельном орошении	155
5.4. Динамика запасов влаги в почве	174
5.5. Параметры контуров увлажнения при капельном поливе	181
Выводы по главе	184
6. БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ САЖЕНЦЕВ ПЛОДОВЫХ И ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ	186
6.1. Влияние режимов орошения на диаметр штамба	186
6.2. Влияние режимов орошения на высоту саженцев	193
6.3. Влияние режимов орошения на площадь листовой поверхности саженцев	200
6.4. Формирование корневой системы при разных режимах орошения ..	207
6.5. Выход стандартных саженцев при разных режимах орошения	213
Выводы по главе	215
7. ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ ПИТОМНИКОВ ПЛОДОВЫХ И ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР.....	217
7.1. Устройство для дистанционного управления системой капельного орошения	217
7.2. Способ дистанционного управления системой капельного орошения	225
Выводы по главе	228
8. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ САЖЕНЦЕВ ПЛОДОВЫХ И ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ	229
8.1. Экономическая эффективность выращивания саженцев при разных режимах орошения	229

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ	237
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	238
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	243
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	282

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Успешность развития отечественного садоводства зависит от наличия районированного и качественного посадочного материала. Важным составляющим элементом интенсификации производства саженцев плодовых и ягодных культур является мелиорация земель. Орошение в значительной степени оказывает положительный эффект на продуктивность используемых земель в условиях климатических изменений, а реализация научно-обоснованных способов и режимов полива обеспечивает эффективное производство на достаточно длительный срок. Капельное орошение относится к одному из перспективных способов полива. Оно обеспечивает подачу поливной воды непосредственно к корневым системам растений и соответствует физиологическим требованиям выращиваемых плодовых и ягодных культур. Повышение эффективности капельного орошения основывается на получении максимального выхода продукции при минимуме затрат поливной воды и труда. Но перспективы внедрения капельного орошения в питомниках Нечерноземной зоны России сдерживаются отсутствием научно-обоснованных режимов орошения и теоретических исследований использования таких систем и технологий полива.

Косточковые и семечковые плодовые, а также ягодные культуры относятся к перспективным для выращивания в условиях центральной России. В рамках реализации Государственной программы «Эффективное вовлечение в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса» на 2021-2030 годы, Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2030 годы использование адаптированных к конкретным почвенно-климатическим условиям режимов орошения позволит питомниководческим хозяйствам увеличить качество и выход стандартных саженцев, обеспечить садоводческие хозяйства районированным посадочным материалом. Таким образом, исследования, направленные на разработку и обоснование режимов капельного орошения саженцев плодовых и ягодных культур в питомниках, представляют как научный, так и практический интерес.

Степень разработанности темы. Исследования технологий капельного способа полива плодовых и ягодных культур, мелиоративных режимов почв в разные годы проводились В.В. Бородычевым, Н.Н. Дубенком, Л.В. Кирейчевой, М.А. Красько, И.П. Кружилиным, А.А. Куприяновым, А.В. Майером, О.А. Никольской, А.Е. Новиковым, А.С. Овчинниковым, Г.В. Ольгаренко, В.П. Поповой, В.Н. Сторчоусом, В.И. Торбовским, М.Ю. Храбровым, В.Н. Шкуррой, А.С. Штанько, А.В. Шуравилиным, О.Е. Ясониди, Н. Dehghanisaniј, S. Ortega-Farias, T.S. Pruteanu, D. Rendon, T. Shareef, P. Svoboda, W. Treder, R.S. Utkhede, M. Vosnjak, P. Yang, Z. Zhao и многими другими учеными. Вопросам развития отечественного садоводства и питомниководства в условиях импортозамещения продукции посвящены исследования Л.В. Велибековой, А.А. Дубовицкого, Е.А. Егорова, Н.В. Ищенко, И.М. Куликова, И.А. Минакова, М.А. Соломахина, Ю.В. Трунова, В.Ф. Федоренко и многих других. Но несмотря на это, на текущий момент имеется ряд нерешенных вопросов, связанных с разработкой научно-обоснованных режимов капельного полива саженцев плодовых и ягодных культур в условиях Нечерноземной зоны европейской части России.

Цель работы – разработка и обоснование технологии управления мелиоративными режимами при капельном поливе саженцев плодовых культур в условиях Нечерноземной зоны Российской Федерации.

Задачи исследования:

1) Анализ многолетних рядов агроклиматических показателей и обоснование необходимости оросительных мероприятий в центральном районе Нечерноземной зоны России;

2) Разработка и обоснование технологии орошения при капельном поливе, оценка суммарного водопотребления и биоклиматических коэффициентов водопотребления саженцев плодовых и ягодных культур.

3) Выявление влияния орошения на морфологические, агрохимические и водно-физические свойства дерново-подзолистой почвы, изучение параметров формирующихся контуров увлажнения при капельном поливе.

4) Исследование влияния водного режима почвы на биометрические характеристики саженцев и качество посадочного материала плодовых и ягодных культур.

5) Разработка новых технологических решений по дистанционному управлению и автоматизации систем капельного орошения в плодовых питомниках.

6) Оценка экономической эффективности мелиоративных мероприятий при выращивании саженцев плодовых и ягодных культур.

Объектом исследования являются саженцы сливы (сорта «Машенька» и «Утро»), вишни (сорта «Волочаевка» и «Молодежная»), малины (сорта «Солнышко» и «Награда»), груши (сорта «Чижовская», «Памяти Яковлева» и «Осенняя Сусова»), яблони (сорта «Белый налив» и «Медуница»), выращиваемые в плодовом питомнике на дерново-подзолистой почве с применением системы капельного орошения.

Предметом исследования являются элементы технологии орошения саженцев плодовых и ягодных культур в питомнике на дерново-подзолистой почве с использованием системы капельного орошения.

Научные положения, выносимые на защиту:

1) Экологическое обоснование необходимости применения оросительных мероприятий в центральном районе Нечерноземной зоны России.

2) Технология управления системой капельного орошения для плодовых и ягодных культур, модели влияния технико-эксплуатационных параметров и природно-климатических факторов на суммарное водопотребление.

3) Методы оценки влияния системы капельного орошения в сочетании с агротехникой выращивания саженцев и новые данные по их влиянию на морфологические, агрохимические и водно-физические свойства дерново-подзолистой почвы и параметры контуров увлажнения.

4) Оценка разработанной технологии капельного орошения на рост и формирование саженцев плодовых и ягодных культур, на выход стандартизированной продукции питомниководства.

5) Новые технологические решения, направленные на дистанционного управление и автоматизацию систем капельного полива в плодовых и ягодных питомниках с применением устройства, оснащенного промежуточными Wi-Fi реле электроклапанов, промежуточным Wi-Fi реле насоса и автономными мобильными метеостанциями со встроенным GPRS-модулем.

б) Эколого-экономическая эффективность мелиоративных мероприятий при выращивании саженцев плодовых и ягодных культур при разработанной технологии капельного полива.

Научная новизна работы. Проведенные исследования для условий Центрального района Нечерноземной зоны России позволили впервые разработать и обосновать рациональную технологию управления мелиоративными режимами при капельном поливе саженцев плодовых (слива, вишня, груша, яблоня) и ягодных (малина) культур, выращиваемых в плодовом питомнике. Получено подтверждение, что даже в зоне избыточного увлажнения в отдельные периоды вегетации необходимо проводить оросительные мероприятия. Впервые для саженцев плодовых и ягодных культур, выращиваемых в Центральном районе Нечерноземной зоны России, получены регрессионные зависимости связи суммарного водопотребления при различных режимах увлажнения почвы с агрометеорологическими факторами. Показано влияние различной влагообеспеченности на биометрические показатели саженцев (диаметр штамба, высота, площадь листовой поверхности, структура корневой системы) и качество получаемого посадочного материала. Для условий Центрального района Нечерноземной зоны России разработаны новые технологические решения дистанционного управления и автоматизации систем капельного полива в плодовых и ягодных питомниках. Новизна предложенных решений подтверждается патентами РФ на изобретения.

Теоретическая и практическая значимость работы состоит в том, что научно обоснованы, теоретически и экспериментально подтверждены рациональные режимы орошения при капельном поливе саженцев плодовых и ягодных культур. Доказано, что капельное орошение оказывает благоприятное

воздействие на рост и развитие растений, способствует повышению выхода стандартизированных саженцев. Выявлены особенности и разработаны регрессионные уравнения водопотребления саженцев плодовых и ягодных культур при различных режимах орошения при капельном поливе, получены коэффициенты и уравнения регрессии водопотребления саженцев. Полученные результаты в виде теоретических положений и выявленных закономерностей, регрессионных уравнений, а также практических рекомендаций могут использоваться в производственной деятельности. Практическая значимость подтверждается тем, что проведенные исследования завершены разработкой конкретных режимов орошения саженцев плодовых и ягодных культур, их параметров и характеристик для условий Центрального района Нечерноземной зоны России. Для практики питомниководства разработаны новые технологические решения дистанционного управления и автоматизации систем капельного полива в плодовых и ягодных питомниках. Результаты исследований внедрены в учебный процесс в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Практическая значимость диссертационного исследования подтверждается актами о внедрении результатов в производственную деятельность.

Методология и методы исследования характеризуются корректной, научно-обоснованной постановкой проблемы исследования, построением предмета и теории исследований на основании использования известных законов и методов статистического анализа данных полевого опыта. Экспериментальные методы включали полевые и лабораторные исследования по изучению агрохимических, водно-физических свойств почвы, водопотребления и динамики формирования саженцев плодовых и ягодных культур, выращиваемых в плодовом питомнике при капельном орошении. Выполнение теоретических обобщений базируется на использовании современных методов математической статистики с применением компьютерных средства для анализа полученных экспериментальных данных.

Обоснованность и достоверность результатов обеспечивается большим объемом экспериментальных данных, которые получены в результате закладки

пяти трехлетних полевых опытов. Полученные результаты согласуются с общими представлениями в данной отрасли научных знаний. Сделанные выводы базируются на широком применении современных апробированных методик и стандартных методов математической статистики.

Апробация работы. Результаты исследований докладывались на научных конференциях различного уровня (Всероссийские, международные, региональные): Международная научная конференция профессорско-преподавательского состава, посвященная 155-летию РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (Москва, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2020), Международная научно-практическая конференция «Современные проблемы развития мелиорации и пути их решения (Костяковские чтения)» (Москва, Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2020), II Всероссийская (с международным участием) конференция «Вклад особо охраняемых природных территорий в экологическую устойчивость регионов: современное состояние и перспективы» (Кологрив, Государственный заповедник «Кологривский лес», 2021), Международная научно-практическая конференция «Обеспечение устойчивого развития: сельское хозяйство, экология и науки о Земле» (Душанбе, Таджикский государственный финансово-экономический университет, 2021), Международная научная конференция молодых ученых и специалистов, посвященная 135-летию со дня рождения А.Н. Костякова (Москва, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2022), Национальная научно-практическая конференция «Экология и природопользование: тенденции, модели, прогнозы, прикладные аспекты» (Рязань, Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023), Международная научная конференция молодых ученых и специалистов, посвящённая 180-летию со дня рождения К.А. Тимирязева (Москва, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2023), Национальная научно-практическая конференция «Научно-практические достижения молодых ученых как основа развития АПК в условиях интенсификации производства и техногенного пресса» (Рязань, Рязанский государственный агротехнологический университет им.

П.А. Костычева, 2023), Всероссийская научно-практическая конференция «Экология и природопользование: тенденции, модели, прогнозы, прикладные аспекты» (Рязань, Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024), Международный форум молодых ученых «Мелиорация будущего: тренды, инновации и технологии в сельском хозяйстве» (Москва, Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2024), Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённой 150-летию со дня рождения Миловича Александра Яковлевича (Москва, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2024).

Разработки, выполненные по материалам диссертационного исследования, экспонировались (2021, 2023 годы) на Всероссийской агропромышленной выставке «Золотая осень», где были удостоены золотых и серебряных медалей.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 30 печатных работ, в том числе 15 статей в журналах, рекомендованных ВАК, 2 статьи в изданиях, индексируемых в наукометрических базах Scopus и Web of Science, 2 монографии, 2 патента, 9 работ опубликовано в других журналах, сборниках научных трудов, материалов конференций.

Организация исследования и личный вклад автора. Все экспериментальные работы выполнялись на кафедре сельскохозяйственных мелиораций и в отделе плодовых культур «Мичуринский сад» учебно-научно-производственного центра садоводства и овощеводства имени В.И. Эдельштейна РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в соответствии с ключевыми показателями по развитию отечественного питомниководства, обозначенными в Федеральной научно-технической программе развития сельского хозяйства на 2017-2030 годы (утверждена постановлением Правительства РФ от 25 августа 2017 года № 996) и Государственной программе «Эффективное вовлечение в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса» (утверждена постановлением Правительства РФ от 14 мая 2021 года № 731).

Личный вклад автора состоит в личном участии в разработке программы исследований, постановке цели и задач исследований, планировании

экспериментов и участия на всех этапах их проведения и обобщении полученных результатов, в написании научных статей (совместно с соавторами), формулировании основных положений, выводов и рекомендаций.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, восьми глав основного текста, заключения, списка литературы, включающего 311 наименований, в том числе 58 на иностранном языке, и приложений. Основной текст диссертации изложен на 284 страницах и включает 80 рисунков, 15 таблиц. Дополнительный материал представлен приложениями.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность научному консультанту, академику РАН, доктору сельскохозяйственных наук, профессору Дубенку Николаю Николаевичу за ценные советы и помощь, оказанную на всех этапах подготовки настоящей работы, доктору сельскохозяйственных наук, доценту Лебедеву Александру Вячеславовичу, а также аспирантам РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева А.М. Кудрявцеву, К.Ю. Ильченко, Е.С. Калмыковой, А.М. Селиверстову за помощь на этапах заложения полевых опытов и получения экспериментальных материалов, студентам С.А. Османову, Д.В. Гичану, Г.М. Попкову, В.В. Танюкевичу за участие в исследованиях в рамках написания выпускных квалификационных работ по данному направлению.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

1.1. Современное состояние садоводства и производства саженцев плодовых и ягодных культур

К главным задачам агропромышленного комплекса России относится обеспечение населения основными видами продовольствия, что является гарантией стабильного социально-экономического развития [Добренко, 2022]. Садоводству уделяется большое внимание, на что обращает внимание масштабная поддержка со стороны государства, а также ученых из профильных научно-исследовательских институтов и высших учебных заведений [Дубовицкий с соавт., 2022]. Основными факторами, определяющими дальнейшие пути развития отрасли, считаются интенсификация производства продукции [Пигорев, Долгополова, 2018; Велибекова, 2019; Чутчева, Сорочинская, 2019; Шидаков с соавт., 2022], внедрение современных технологий и решений [Карпушина, Руссо, 2019; Коваленко, Ибиев, 2019; Ефремов, Иванова, 2020; Найденов, Астапов, 2021], совершенствование пространственного размещения на территории страны [Алтухов, 2019] и организационно-экономические факторы [Соломахин с соавт., 2022]. В.В. Епифанов [2010] отмечает, что наиболее приемлемым путем развития интенсивного садоводства в нашей стране стоит считать внедрение отечественных разработок в области селекции, технологий выращивания и производства плодово-ягодной продукции, выращивание адаптированного к местным условиям посадочного материала. Развитию садоводства посвящены научные работы Е.Е. Можяева, К.Г. Ясулова [2009], Е.А. Егорова с соавт. [2017], Н.П. Кастирнова, Д. Цюй [2019], Н.Ю. Кузичевой [2019; 2023], И.А. Ефремова, Е.В. Ивановой [2020], О.В. Соколова, Д.И. Жиликова [2020], Н.В. Ищенко [2020], Ю.В. Трунова, А.В. Соловьева [2021], О.В. Соколова [2022] и др.

Важность садоводства обуславливается тем, что фрукты и ягоды являются необходимым условием формирования культуры здорового питания населения. Считается, что в ежедневный рацион человека должно входить около 40 % овощей

и фруктов, а медицинская норма потребления овощей составляет 146 кг в год, плодов и ягод – 80-120 кг, винограда – 12 кг [Кравцов, 2010; Савченко, 2010]. С 1960 года наблюдается повышение потребления плодово-ягодной продукции на душу населения как во всем мире, так и в России (СССР). В мире в 1960 году потребление составляло 43,2 кг/год, а к 2021 году возросло практически в два раза до 80 кг/год. В нашей стране потребление плодово-ягодной продукции населением ниже, чем в среднем в мире. В 1960 году в СССР оно составляло 18,4 кг/год, к 1980 году повысилось до 39,6 кг/год. До 2000 года наблюдалось снижение потребления до 32,2 кг/год, но к 2021 году за два десятилетия возросло до 63 кг/год (рисунок 1.1). В условиях обеспечения продовольственной безопасности ключевым элементом аграрной политики государства стало развитие садоводства, так как обеспеченность плодово-ягодной продукцией, производимой в России, остается на низком уровне. И.А. Минаков, М.В. Азжеурова [2019], В.А. Велибекова [2023] приводят сведения, что по состоянию на 2018 год фактическое потребление фруктов составляло 61 кг на душу населения в год, что равняется 61 % от научно-обоснованной нормы потребления плодов, ягод и винограда. В 2022 году в России было произведено 6815,90 тыс. т фруктов при потребности самообеспечения страны 14320 тыс. т (доля обеспеченности 47,6 %), при этом лидирующую роль заняли яблоки (5225,30 тыс. т), груши (736,8 тыс. т) и косточковые (540,0 тыс. т) [Добренко, 2022].

Садоводство распространено во многих регионах России, но основное производство фруктов сосредоточено на территориях с благоприятными почвенно-климатическими условиями. Более 80 % площади садов и ягодников с получением около 87 % плодов и ягод сосредоточено в шести макрорегионах России [Минаков, 2019]: Центральном (10,6 %), Центрально-Черноземном (10,9 %), Южном (30,1 %), Северо-Кавказском (16,7 %), Волго-Камском (10,4 %), Волго-Уральском (8,1 %). По состоянию на 2018 год наибольшая урожайность наблюдалась в Южном (136,1 ц с 1 га) и Северо-Кавказском (126,1 ц с 1 га) макрорегионах [Минаков, 2019].

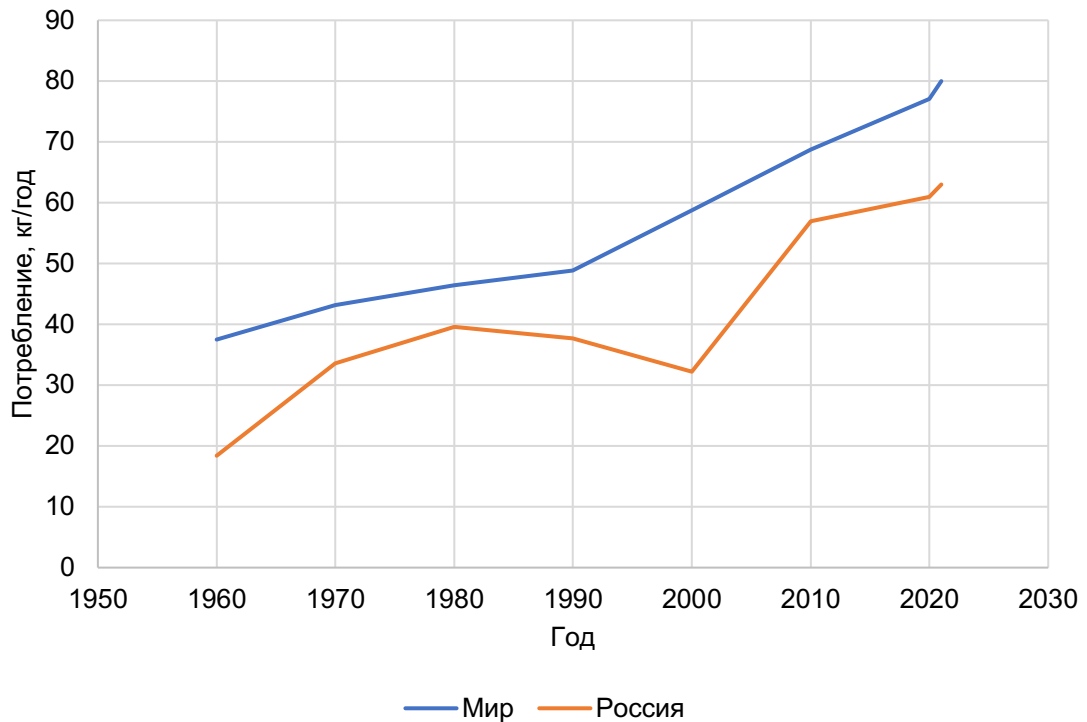


Рисунок 1.1. Динамика потребления плодово-ягодной продукции на душу населения в России и мире (по данным Л.В. Велибековой [2023])

Основными культивируемыми в России культурами являются: 1) семечковые – яблоня и груша; 2) косточковые – вишня, черешня, абрикос и слива; 3) ягодники – земляника, малина и смородина. За период с 2014 по 2021 годы произошли изменения в соотношении производства продукции по основным типам возделываемых культур. А.А. Дубовицкий с соавт. [2022] отмечают сокращение семечковых с 69,4 до 65,42 %, при росте производства косточковых культур с 15,2 до 16,09 % и ягодников с 14,6 до 17,65 %.

Основу производства плодово-ягодной продукции составляют многолетние насаждения. В СССР максимальная площадь многолетних насаждений была в 1970 году – 2,9 млн. га, а к 1990 году сократилась до 0,8 млн. га (рисунок 1.2). За период с 1990 по 2013 годы в России также складывалась тенденция к сокращению площадей, занятых многолетними насаждениями. В сельскохозяйственных организациях произошло снижение на 423,6 тыс. га (-69,5 %), а в хозяйствах населения – на 82,8 тыс. га (-20,5 %). Отрицательная динамика связана с раскорчевкой площадей, занятых старыми плодовыми насаждениями, а создание

новых имело низкие темпы. На фоне введенного в 2015 году продовольственного эмбарго и принятых государством мер по поддержке садоводства в 2014-2021 годы площади многолетних насаждений России стабилизировались около значения 460-470 тыс. га, чем способствовала закладка новых садов на площади 15-18 тыс. га в год [Дубовицкий с соавт., 2022]. Динамика закладки садов в России показана на рисунке 1.3.

В качестве основных причин, сдерживающих рост экономической эффективности садоводства в России, выделяются следующие [Куликов, Минаков, 2017]: 1) низкая конкурентоспособность отечественной продукции на рынке; 2) сокращение государственной поддержки на закладку новых садов и выращивание молодых плодовых насаждений; 3) монополия перерабатывающих предприятий; 4) диспаритет цен между садоводством и другими отраслями хозяйства; 5) высокие темпы инфляции.

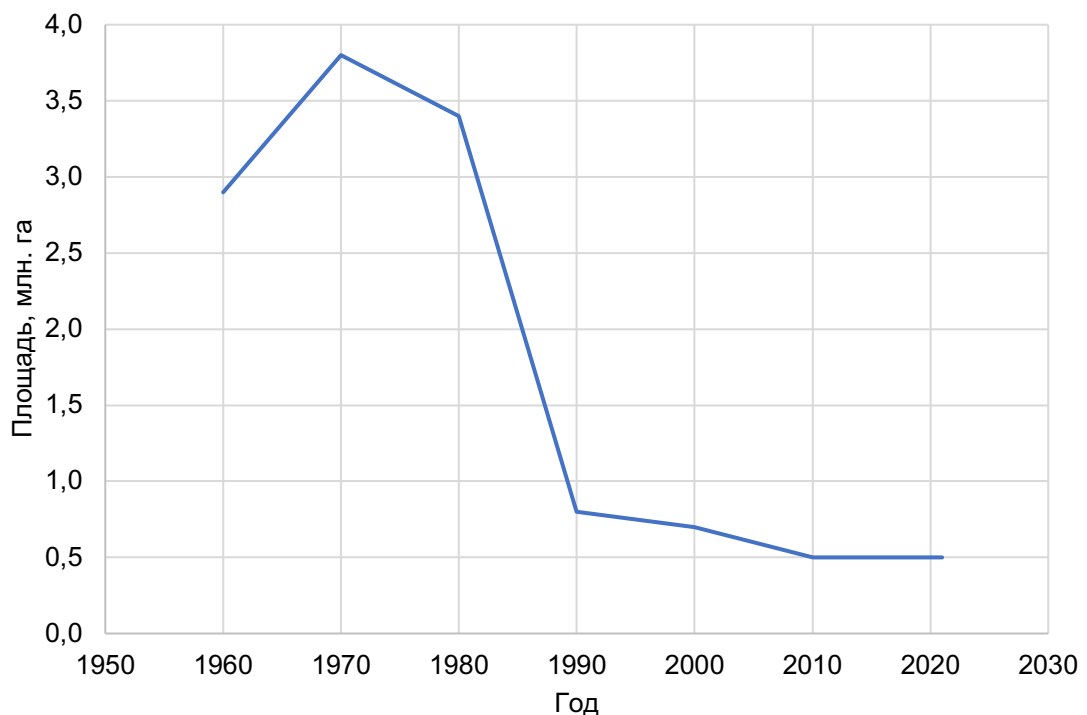


Рисунок 1.2. Динамика площади многолетних насаждений в России (по данным Л.В. Велибековой [2023])

Для развития отрасли садоводства и виноградарства в качестве приоритетных направлений отмечаются следующие [Савченко, 2010]: 1)

сохранение генетических ресурсов, усовершенствование методов и создание новых высокопродуктивных сортов садовых культур и винограда, устойчивых к действию биотических и абиотических факторов; 2) создание динамических моделей управления продукционным процессом; 3) разработка и внедрение современных методов и систем питомниководства садовых культур; 4) разработка и внедрение современных технологий доведения до конечного потребителя высококачественной продукции садоводства.

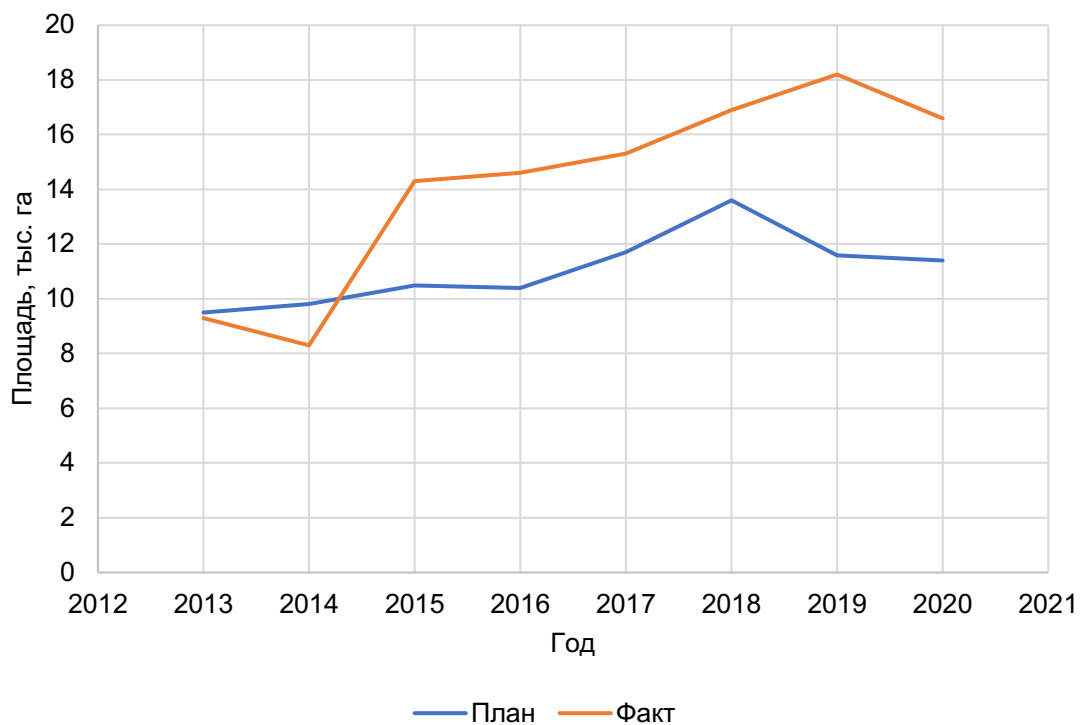


Рисунок 1.3 – Динамика закладки садов в России в 2013-2020 годы (по данным З.В. Медеяевой, В.Г. Широбокова [2021])

Развитие отечественного садоводства невозможно без производства собственного высококачественного посадочного материала, а также совершенствования технологий выращивания саженцев плодовых и ягодных культур [Трухачев с соавт., 2019]. Важным условием эффективности садоводства является проведение планомерной замены старых насаждений на новые, так как резкие колебания в производстве продукции по годам имеют отрицательное влияние на экономику отрасли [Соколов, 2012]. Вопросы современного питомниководства, производства посадочного материала, развития садоводства в

России и отдельных регионах рассматриваются в работах А.А. Борисовой [2012], Л.Л. Бунцевич с соавт. [2013], А.П. Кузнецовой, Е.Л. Тыщенко [2016], И.В. Беловой [2018], Е.В. Журавлевой [2018], И.М. Куликова, И.А. Минакова [2018], Ф.А. Мирошниченко [2018], В.Ф. Федоренко с соавт. [2019], О.В. Кондратьевой с соавт. [2019], И.М. Куликова с соавт. [2019], Е.А. Егорова с соавт. [2020], М.Р.А. Казиева с соавт. [2021], Ш.И. Шарипова с соавт. [2021], М.А. Соломахина с соавт. [2022] и др.

М.А. Винтер и Н.А. Щербаков [2018] отмечают, что повышение качества и количества выращиваемых саженцев в российских питомниках возможно при активной государственной политике в области субсидирования производства посадочного материала и при осуществлении грамотного контроля производственных процессов. По экспертным оценкам [Слинько с соавт., 2019; Кондратьева, Федоров, 2020] во всем диапазоне почвенно-климатических условий России должно быть не менее 10 тысяч питомников.

На начало 2019 года в Российской Федерации насчитывался 1221 питомник по выращиванию посадочного материала. Наибольшее количество питомников (рисунок 1.4) сосредоточено в Центральном федеральном округе (34 %) и Приволжском Федеральном округе (22 %). Для проведения закладки садовых насаждений в минимальных объемах (10-12 тыс. га) необходимо выращивать около 15 млн. саженцев в год [Федоренко с соавт., 2019]. Согласно прогнозным оценкам развития садоводства и питомниководства, основываясь на данных 2018 года [Рыкова с соавт., 2019], к 2025 году при закладке многолетних насаждений в количестве 15500 тыс. га в год со средней нормой саженцев 2000 на 1 га (потребность 31 млн. саженцев в год) в России будет производиться только 1046,5 тыс. т товарной продукции. По разным оценкам [Рыкова с соавт., 2019] отечественные питомники в год производят от 4 до 10 млн саженцев, когда потребность для обеспечения продовольственной безопасности фруктов и ягод составляет не менее 31 млн. Таким образом, развитие садоводства открывает большие перспективы для российских питомников по увеличению производства посадочного материала. При этом Л.Г. Протасова и В.И. Набоков [2022] отмечают,

что при относительно высоких темпах закладки новых садов наблюдается тенденция низкого роста самообеспеченности плодовой продукцией в России.

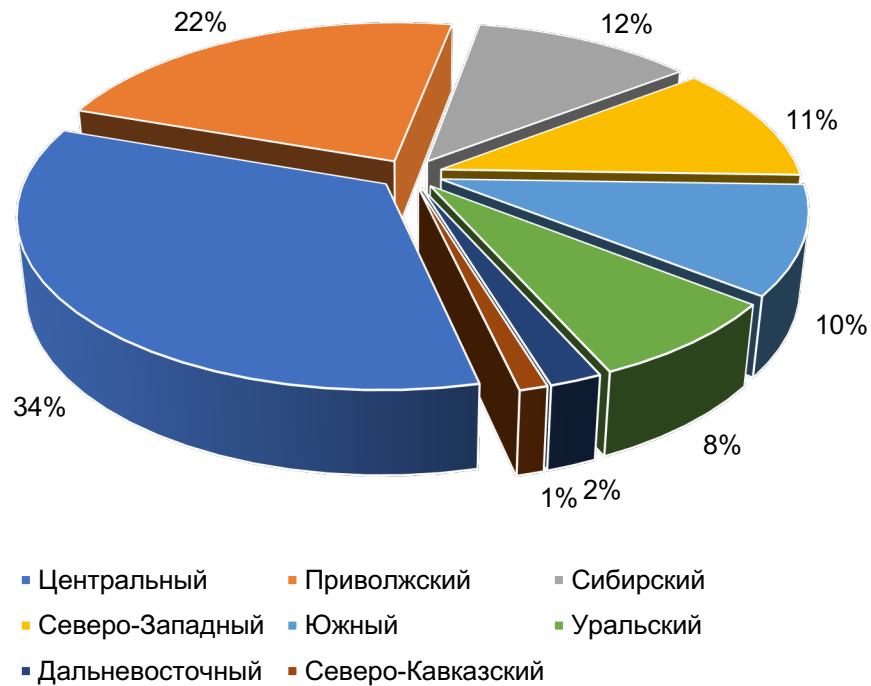


Рисунок 1.4 – Распределение количества питомников по федеральным округам (по данным В.Ф. Федоренко с соавт. [2019])

В 2022 году в среднем по России доля импортного посадочного материала составила 30 % [Кузичева, 2023]. Такие регионы как Ленинградская область и Республика Ингушетия оказались полностью зависимыми от импортных саженцев (100 %). Более половины импортных саженцев было использовано в Липецкой области (85 %), Нижегородской области (80 %), Калининградской области (64 %), Брянской области (56 %), Кабардино-Балкарской Республике (53 %). С наименее низкой зависимостью от импортных саженцев были Республика Крым (12 %), Чувашская Республика (17 %), Краснодарский край (18 %), Республика Адыгея (18 %) и Ставропольский край (23 %). Импортируемый посадочный материал не всегда соответствует требованиям качества и не всегда является адаптированным к почвенно-климатическим условиям региона, в котором закладываются плодово-ягодные насаждения [Ищенко, 2020].

М.А. Винтер и Н.А. Щербаков [2018] к основным проблемам отечественного питомниководства относят: 1) недостаточное количество селекционно-питомниководческих центров; 2) разное качество выращиваемого посадочного материала в питомниках; 3) не определен сортимент импортируемого посадочного материала; 4) не разработаны режимы орошения саженцев для многих регионов России; 5) необходимо проведение адаптации импортируемого посадочного материала к почвенно-климатическим условиям России; 6) недостаточный уровень контроля ввозимого посадочного материала; 7) садовые хозяйства не готовы приобретать оздоровленный отечественный посадочный материал по причине того, что он дороже на 30-40 % по сравнению с обычным; 8) отсутствие системы обязательной сертификации посадочного материала; 9) недостаточная государственная поддержка; 10) отсутствие для работы в питомниках современной техники и высококвалифицированных специалистов.

Решению обозначенных выше проблем может способствовать система мер по развитию отечественного питомниководства [Куликов, Борисова, 2016; Куликов с соавт., 2018; Соломахин с соавт., 2022; Кузичева, 2023]: 1) создание и развитие селекционно-семеноводческих центров, которые способствуют внедрению и продвижению инновационных разработок; 2) снижение качественной дифференциации посадочного материала в сторону увеличения высококачественных саженцев; 3) государственная поддержка производства стандартизированных саженцев; 4) разработка, развитие и внедрение инновационных технологий по выращиванию посадочного материала в плодово-ягодных питомниках; 5) усиление контроля за качеством посадочного материала, ввозимого из зарубежных стран; 6) подготовка профессиональных кадров для отрасли садоводства и питомниководства.

Таким образом, садоводство относится к важным направлениям агропромышленного комплекса и экономики России, в том числе для достижения целей продовольственной безопасности. Развитие садоводства невозможно без выращивания высококачественного посадочного материала, адаптированного к местным условиям, в питомниках с применением современных технологий.

Поэтому актуальной задачей в производстве саженцев плодовых и ягодных культур является совершенствование технологий выращивания посадочного материала.

1.2. Мелиоративные режимы и способы полива плодовых и ягодных культур

Мелиоративный режим – это совокупность требований к регулируемым факторам почвообразования, обеспечивающим коренное улучшение и дальнейшее повышение плодородия почв и получения заданного урожая определенных сельскохозяйственных культур [Айдаров, Голованов, 1986; Пчелкин, 2003]. Обоснование мелиоративных мероприятий должно быть направлено на обеспечении воспроизводства возобновляемых природных ресурсов (почва, биота, водные ресурсы), улучшение экологической обстановки и решение социально-экономических проблем (повышение стабильности и эффективности сельскохозяйственного производства) [Айдаров, 2004].

Основным фактором почвенного плодородия и важнейшим источником энергии почвы является гумус. Для обеспечения эволюционирующего мелиоративного режима требуется создание его бездефицитного баланса. Л.В. Кирейчева и В.М. Яшин [2020] для обеспечения эволюционирующего мелиоративного режима на фоне регулирования водного режима орошаемых почв рекомендуют проведение: регулярного внесения в почву свежего органического вещества и нетрадиционных органических удобрений с применением местных ресурсов и с учетом экологических ограничений, внесение органоминеральных и минеральных веществ, введение в севообороты бобовых культур и многолетних трав, внесение микробных препаратов.

Количественные методы обоснования необходимости и эффективности проведения однофакторных (водных, тепловых и др.) и многофакторных (комплексных) мелиораций, а также методы расчета мелиоративного регулирования, позволяющие оптимизировать (минимизировать) затраты ресурсов

на единицу продукции разработаны В.В. Шабановым [1992]. В качестве показателя необходимости мелиораций может использоваться информация о макро, мезо и микроособенностях природных объектов, например, климате и связанных с ним особенностях почвенного покрова территории, на которые влияют характер почвообразующей породы, гидрогеологические условия, растительность и другие факторы. Создание оптимальных условий для обитания почвенной биоты, возможно с помощью методов точной мелиорации, на фоне точного биологического земледелия, что позволяет управлять количеством и качеством водных ресурсов, начиная с отдельного водосбора [Шабанов, Маркин, 2021]. Комплексные мелиорации, включая методы точной мелиорации и современные методы имитационного моделирования [Максимов, 2020] являются перспективными при выращивании посадочного материала в питомниках, так как позволяют учитывать особенности конкретного участка и региона, обеспечивают оптимальное управление водными и почвенными ресурсами.

Орошение имеет важное значение при выращивании посадочного материала в плодовых питомниках, которые находятся в зоне недостаточного или неустойчивого увлажнения [Сторчоус, 2016]. При отсутствии поливов дефицит влаги может приводить к значительному ухудшению качества посадочного материала за счет нарушения водного и пищевого режимов растений [Фоменко, Попова, 2016]. Во многих работах [Степанов, 1981; Иволгин, 2002; Войтюк с соавт., 2009; Рыжова с соавт., 2021; Дубенок с соавт., 2023^в; Кружилин, Никольская, 2022; Никольская, Киктева, 2022] было показано, что применение орошения в питомниководстве способствует увеличению выхода стандартных саженцев, формированию растений с лучшими показателями центрального стебля, диаметра штамба, развития кроны и корневой системы. Кроме того, орошаемое земледелие относится к высокопродуктивному сегменту аграрной экономики, обеспечивая устойчивые объемы выпуска продукции [Горбунов, Дубенок, 2011; Дубенок, 2013; 2014; Шабанов, Голованов, 2019].

Для выращивания посадочного материала в плодовых питомниках применяется широкий спектр способов полива, начиная от поверхностного

орошения (главным образом, это полив по бороздам и напуск по полосам) и заканчивая капельным, внутрипочвенным и комбинированным способами полива [Ольгаренко, 2009; Дубенок, Майер, 2022]. Распространенным способом полива в питомниководстве считается дождевание [Технология орошения..., 1987; Бородычев, 1989; Северин, 2008]. Дождевание проводится с использованием стационарных и полустационарных поливных систем, в которых применяются синхронно-импульсные, мелкокапельные и аэрозольные дождеватели разной конфигурации [Дубенок, Майер, 2022].

В питомниководстве дождевание применяется из-за небольшого размера надземной части растений и сосредоточения корневой системы на глубине, не превышающей 30-50 см, что не требует осуществления глубокого промачивания почвы [Тарасенко, 1956; Технология орошения..., 1987; Северин, 2008]. Технологиям выращивания сельскохозяйственных и плодово-ягодных культур при дождевании посвящено большое количество работ, например, В.В. Слюсаренко, Н.Ф. Рыжко [2009], М.С. Григорова, А.Д. Ахмедова [2010], А.В. Шуравилина, М.Ю. Храброва [2011], А.В. Майера с соавт. [2013], В.И. Желязко, В.М. Лукашевича [2015], Н.В. Тютюма, Н.А. Щербаковой [2016], О.В. Карпова, М.А. Ломакина [2019], Г.Т. Балакай, С.А. Селицкого [2019], К.А. Родина с соавт. [2020], I. Iglesias et al. [2000], E. Holzapfel et al. [2011] и др.

Для орошения садов и плодово-ягодных питомников применяются дождевальные дальнеструйные машины [Балабанов с соавт., 2021], которые характеризуются высокой интенсивностью дождя, поэтому в основном применяются на почвах с хорошей водопроницаемостью. Типичными и наиболее распространенной являются дождевальные машины ДДН-70 и ДДН-100, которые агрегируются с тракторами МТЗ-80/82, МТЗ-100, МТЗ-1221 и более новыми моделями или их аналогами. Для орошения садов небольшой площади (30-50 га) может применяться комплект ирригационной переносной установки КИ-50 «Радуга». Также для полива плодовых культур могут использоваться среднепроточные (РОСА-1, РОСА-2, СДА-2М) и проточные оросители (ДА-2, ДД-30, ДД-15) [Апажев, Шекихачев, 2021].

Поверхностный полив и дождевание в настоящее время не находят широкого применения в питомниководстве. В качестве основных причин этого можно выделить следующие [Amundson, Smith, 1988; Carter, 1990; Шуравилин, Кибека, 2006; Ясониди, 2011; Дубенок, Майер, 2022; Ангольд, 2023]: 1) из-за особенностей распределения влаги происходит переувлажнение активного слоя почвы после полива, а в конце межполивного периода наблюдается недостаток влаги; 2) малоэффективное использование водных ресурсов, которое может приводить к подъему уровня грунтовых вод, сопровождающимся заболачиванием или засолением участка; 3) ухудшение агрохимических и водно-физических свойств почвы (вымывание из корнеобитаемого слоя почвы подвижных питательных элементов, переуплотнение, образование корки и другие); 4) высокая трудоемкость применения.

Имеющиеся в настоящее время рекомендации по поливу плодовых питомников разработаны в основном для дождевания, что связано с низкой трудоемкостью и затратами на организацию орошения. К достоинствам применения дождевания стоит отнести возможность увлажнения приземного слоя воздуха, снижения транспирации и проведения противозаморозковых поливов [Степанов, 1981; Технология орошения..., 1987; Иволгин, 2002; Войтюк с соавт., 2009; Дубенок, Майер, 2022].

Оптимальным с точки зрения физиологии плодовых деревьев и экономии поливной воды считается малообъемное орошение [Копылов, 2016], к которому относятся такие способы, как малоинтенсивное дождевание, аэрозольное орошение, капельное орошение, внутрпочвенное орошение, комбинированные способы полива [Храбров, 2008; Ясониди, 2011; Ольгаренко, Мищенко, 2014; Майер, Пенькова, 2023].

Целью малоинтенсивного дождевания является создание комфортных условий для растений, а также поддержание оптимальной влажности в корнеобитаемом слое почвы и частично в приземном слое воздуха [Алиев, 2016; Дубенок с соавт., 2017]. Для малоинтенсивного дождевания используются синхронно-импульсные технические средства, которые позволяют экономить

поливную воду за счет формирования капель дождя малого объема. Для полива садов площадью до 10 га может применяться комплект КСИД-10, обеспечивающим равномерное распределение влаги по всему участку [Апажев, Шекихачев, 2021].

Аэрозольное орошение заключается в периодическом смачивании надземной части растений распыленной водой в периоды, когда температура воздуха значительно превышает оптимальные значения для выращиваемой культуры, и частично поверхности почвы [Шумаков, Бородычев, 1988; Исмагилова, 2016;]. При аэрозольном дождевании мелкие капли воды испаряются с поверхности растений, тем самым температура снижается на 6-12 °С, препятствуя снижению интенсивности процесса фотосинтеза и сокращая расход почвенной влаги [Соболин с соавт., 2006].

Капельное орошение представляет способ полива, при котором вода подается непосредственно в прикорневую область регулируемые малыми дозами, что способствует значительной экономии поливной воды. Отличительной особенностью конструкции систем капельного орошения является наличие узла водоподготовки, поливных трубопроводов, капельниц [Овчинников с соавт., 2007]. Большое количество исследований, посвященных капельному орошению сельскохозяйственных и плодовых культур, проводится как в России, так и за рубежом. Например, данному вопросу разработки режимов капельного орошения, совершенствования технических решений посвящены работы Н.Н. Дубенка с соавт. [2011], А.С. Овчинников с соавт. [2007; 2021], В.В. Бородычева с соавт. [2008], А.И. Голованова, М.М.А. Абдельазим [2013], В.Г. Абезина с соавт. [2013], А.Е. Новикова с соавт. [2014], А.Е. Новикова и М.И. Ламсковой [2014], Н.В. Тютюмы с соавт. [2017], С.Я. Семененко с соавт. [2018], В.А. Шевченко с соавт. [2021], В.П. Поповой с соавт. [2021], Р.А. Касымбекова с соавт. [2021], У.Г. Шарипова [2022], N.N. Dubenok et al. [2019], T. Shareef et al. [2019], Y. Wang et al. [2021], E.A. Khodiakov et al. [2022], M. Amini Najafabadi et al. [2023], I. Cartika et al. [2023], P. Yang et al. [2023], P. Kalandarov et al. [2023], S. Liu et al. [2023], G.V. Rambabu et al. [2023] и др.

При классическом капельном орошении происходит испарение влаги с поверхности почвы, что снижает эффективность полива [Guo et al., 2023]. Внутрипочвенное орошение является разновидностью капельного, при этом боковые линии капельной ленты располагаются ниже уровня поверхности почвы, а вода поступает непосредственно в корнеобитаемый слой из подпочвенных увлажнителей. К достоинствам внутрипочвенного орошения относятся [Григоров, 1993; Ахмедов, Боровой, 2014; Абдулгалимов, 2021]: 1) экономия поливной воды, 2) подача удобрений непосредственно к корневой системе растений, 3) система не нуждается в выполнении ежегодных монтажных работ, благодаря чему обеспечивается ее длительная сохранность, 4) отсутствует необходимость поддержания в поливной системе высокого давления для подачи воды. Во многих работах показано, что внутрипочвенное орошение приводит к повышению урожайности сельскохозяйственных культур, но при этом определяющую роль имеет глубина заложения труб [Guo et al., 2019; Cai et al., 2021].

Современными способами орошения, отвечающими требованиям экологической безопасности и экологической эффективности, являются способы внутрипочвенного и капельного орошения. В качестве особенности их использования можно выделить техническую возможность дозированной подачи поливной воды непосредственно в зону питания отдельно взятого растения. Технология капельного орошения практически устраняет ирригационную эрозию почв, поэтому может эффективно использоваться на склоновых землях [Мелихова, 2022]. Сочетание двух этих способов позволяет в особо засушливые годы поддерживать необходимый режим влажности почвы в соответствии с требованиями плодовой или ягодной культуры, а также повышать влажность воздуха на 14-23 % и понижать его температуру на 4-7 °С [Гидромелиоративные системы..., 1997; Майер с соавт., 2012; Дубенок, Майер, 2018; Овчинников с соавт., 2019]. К недостаткам этих способов относится, что при их использовании невозможно регулировать гидротехнический режим почвы и окружающего воздуха [Храбров, Майер, 2023].

Комбинированное орошение – сочетание нескольких способов полива, например, капельного и мелкодисперсного орошения, при котором одновременно решается проблема снижения температурных стрессов и повышения влажности почвы [Мелихова, 2022]. Актуальной задачей является возможность регулирования почвенной влаги с поддержанием температуры и влажности приземного слоя воздуха в соответствии с требованиями культуры. Многими исследованиями подтверждена эффективность систем комбинированного орошения для решения этой задачи [Овчинников, Бочарников, 2012; Овчинников с соавт., 2015; Бородычев с соавт., 2016; Дубенок, Майер, 2018].

В последние годы большое внимание уделяется автоматизации орошения как при выращивании сельскохозяйственных культур, так и садовых [Тащилина, 2015; Терпигорьев, Гжибовский, 2017; Бородычев, Лытов, 2018; Макартичян с соавт., 2018; Пахомова, Жалилова, 2020; Соловьев с соавт., 2021; Romero et al., 2012; Babu et al., 2020; Ferrarezi, Peng, 2021; Zhao et al., 2022]. Например, в работе А.А. Терпигорьева и С.А. Гжибовского [2017] предложена автоматизированная стационарно-сезонная система надкранового увлажнительного дождевания. Оросительная площадь комплекта (КАУ-1М) составляет 1 га. Автоматизированная система дождевания позволяет с высокой точностью задавать и реализовывать в широком диапазоне продолжительность импульсов и пауз между ними. Разовая норма подачи воды достигает 3,6 м³ на 1 га в час.

Таким образом, в современных условиях с учетом требований ресурсосбережения и сохранения почвенного плодородия перспективными являются исследования, направленные на разработку технологий малообъемного орошения при выращивании саженцев в питомниках, как отвечающих требованиям оптимизации использования водных ресурсов, так и обеспечивающих благоприятные условия для роста растений.

1.3. Выращивание плодовых и ягодных культур с применением капельного орошения

В настоящее время в мировой практике отдается предпочтение применению экологически безопасных технологий орошения, учитывающих особенности водопотребления растений, а также обеспечивающих подачу растворенных в воде питательных веществ непосредственно к корневой системе [Болкунов, Курапина, 2014]. К таким способам полива относится капельное орошение, которое находит широкое применение при выращивании плодовых и ягодных культур [Боровой с соавт., 2016; Белоус с соавт., 2017] и позволяет в значительной степени экономить поливную воду по сравнению с дождеванием. Преимущества и особенности локального орошения плодово-ягодных культур рассмотрены в работе О.Е. Ясониди и Д.П. Гостищева [2016].

Большое количество отечественных исследований посвящено разработке технологий капельного орошения, изучению почвенных показателей, роста растений и формирования урожая яблони в различных природно-климатических условиях [Рыбалко, 1999; Рожнов, 2004; Попова, Фоменко, 2009; 2011; Шуравилин с соавт., 2012; Дубенок с соавт., 2013; Урусов с соавт., 2013; Шумакова, Бурмистрова, 2013; Кириченко с соавт., 2014; Красько, 2014; Шкура с соавт., 2014; Галиуллина, 2015; Кучер, 2015; Овчинников, Рябичева, 2015; Голованов с соавт., 2016; Кременской, Иванютин, 2016; Сухарев, 2019]. Также среди семечковых культур проводятся исследования по изучению параметров капельного орошения и его влияния на грушу [Дубенок, Еремин, 2013^а; 2013^б].

Результаты исследований по режиму капельного орошения яблоневого сада в условиях Московской области приводятся в работе А.С. Овчинникова с соавт. [2016]. Исследования проводились на базе ЗАО «Совхоз им. Ленина» в 2012-2014 годах, сорт яблони – Весялина. Авторами выявлено, что оросительная норма яблоневого сада была значительно меньше количества осадков, что уменьшило негативное воздействие на окружающую среду. За три года наибольшая урожайность яблок была получена при поддержании нижнего порога

предполивной влажности почвы на уровне 85 % НВ при глубине увлажняемого слоя 0,5 м. Данный вариант также характеризуется наибольшей экономической эффективностью.

Б.С. Гегечкори с соавт. [2019] в условиях Краснодарского края показали, что в 7-10 летних насаждениях яблони сортов «Гала», «Голден Делишес», «Флорина» на подвое М9 применение капельного полива с двумя трубопроводами способствует повышению урожайности на 9-10 т/га, а товарность плодов на 4-9 %. Для условий Нижнегорского района республики Крым В.И. Кременским и Н.М. Иванютиным [2016] на примере сорта яблони «Голден Делишес» на подвое М-IX выявлено, что с увеличением объема увлажнения площади питания дерева при внутрпочвенном и капельном орошении, возрастает длина и масса обрастающих корней. При этом максимальная плотность корней деревьев наблюдается в слое почвы, в котором находится увлажнитель. В.П. Попова с соавт. [2021] изучали влияние капельного орошения минерализованными водами на изменение свойств чернозема обыкновенного под насаждениями яблони. Исследования проводились в Ростовской области. Использование минерализованных вод для полива приводит к изменению свойств почвы. Капельное орошение способствовало постепенному вымыванию ионов кальция из зон локального увлажнения почвы. В результате применения минерализованных вод произошло увеличение доли магния, концентрации обменного натрия в местах локализации поливной воды.

Важную роль в садоводстве имеют косточковые плодовые культуры, для которых также проводятся исследования по разработке водосберегающих технологий капельного орошения. Капельному орошению вишни и черешни посвящены исследования Г.В. Ястреба [1985], О.В. Ереминой с соавт. [2012], И.П. Кружилина и О.А. Никольской [2019; 2020; 2021; 2022], Н.В. Курапиной и О.А. Никольской [2018], О.А. Никольской с соавт. [2020], Ю.В. Кузнецова и Н.В. Назарова [2020]; сливы – Н.Н. Дубенка и А.В. Гемонова [2020^а; 2020^б], А.В. Гемонова [2020]

Опыты с вишней в Центральном регионе России показали [Упадышева, 2014], что влажность почвы при капельном орошении в диапазоне 70-80 % НВ вместе с применением удобрений позволяет получать товарный урожай на 3-4 год после посадки сада, а затраты на создание окупаются на 5-6 год. С использованием традиционной технологии срок окупаемости составляет 9 лет. Исследования корневой системы черешни при капельном орошении в условиях Краснодарского края показали, что подвой ВСЛ-2, ЭЛИТА-1, ЭЛИТА-2 и ЭЛИТА-9 образуют разветвленную корневую систему, которая располагается в основном в слое почвы 0-20 см [Еремени с соавт., 2012].

На примере черешни в условия плодового питомника ФНЦ «Агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН» показано, что наиболее адаптированным к биологическим особенностям растений и наиболее водосберегающим является вариант поддержания влажности почвы не ниже 80 % НВ в период адаптации привоя и подвоя в слое 0,2 м, а с фазы активного роста штамба – в слое 0,4 м с дальнейшим снижением предполивной влажности почвы до 70 % НВ [Kruzhilin, Nikolskaya, 2022].

За рубежом также проводится большое количество исследований по изучению капельного орошения при выращивании плодовых культур: семечковых [Klein et al., 2009; Utkhede, 2009; Sokalska et al., 2009; Requena et al., 2011; Zhao et al., 2012; Chenafi et al., 2016; Jiang, He, 2021; Wang et al., 2021; Kagawa et al., 2022; Svoboda et al., 2023], косточковых [Dehghanisani et al., 2007; Blazkova, Hlusickova, 2008; Li et al., 2019; Millán et al., 2019; Pruteanu, Bucur, 2021; Vosnjak et al., 2021], цитрусовых [Robles et al., 2016; Zapata-Sierra, Manzano-Agugliaro, 2017; Silveira et al., 2020; Parra et al., 2021; Youssef et al., 2023].

Л.В. Кирейчевой с соавт. [2017] проведены исследования по влиянию капельного орошения на рост и развитие саженцев яблони на карликовых подвоях (сортов Айдаред, Мутсу и Целесте) в условиях Жамбылской области (Казахстан). Применение капельного орошения позволило значительно повысить вегетативную продуктивность яблонь: максимальный прирост диаметра штамба составил 4-5 мм, а прирост в высоту однолетних побегов – 2,05-2,12 м. Суммарное водопотребление

за вегетационный период при капельном орошении составило 5220 м³/га, что значительно меньше водопотребления при традиционном поливе (7750 м³/га).

В исследовании P. Svoboda et al. [2023], проведенном в условиях Чехии, в качестве рабочей гипотезы проверялось, что капельное орошение существенно влияет на общую длину корней яблони. В ходе статистической обработки экспериментальных данных авторы выявили, что капельное орошение не оказало существенного влияния на общую длину корней деревьев яблони, но вместе с тем наблюдается его влияние на длину новых жизнеспособных корней.

Полевые исследования, проводившиеся в течение двух лет в Китае [Zhao et al., 2012], целью которых было исследовать реакцию грушевых деревьев на различное процентное содержание поверхностного увлажнения при капельном орошении, показали, что капельное орошение требует примерно на 50 % меньше воды по сравнению с контрольным вариантом (традиционный способ полива). Авторы показали целесообразность применения капельного орошения при выращивании деревьев груши и повышении их продуктивности.

Опыты по капельному орошению сливы проводились в саду Института садоводства и цветоводства в Скерневицах (Польша) [Treder et al., 1999]. На примере деревьев сливы сорта «Valor», привитой на сливу «Myrobalan» и чернослив «Wangenheim», было показано, что как правило, капельное орошение значительно увеличивало рост деревьев, урожайность и качество плодов.

Лидирующую роль в производстве ягодной продукции в России занимает малина [Латкова с соавт., 2020; Неуймин, 2020], поэтому большое количество исследований проводится по разработке режимов и технологий капельного орошения данной культуры в различных природно-климатических условиях [Ясониди, Торбовский, 1989; Торбовский, 1992; Ожеревьев, Тарасенко, 2018; Габибова, Жиренко, 2022; Гемонов, Лебедев, 2023; Дубенок с соавт., 2023^a; Дубенок с соавт., 2023^b]. В.И. Торбовским [1992] разработан режим и техника капельного орошения малины на южных черноземах для условий Ростовской области. При капельном орошении наблюдается более рациональное расходование поливной воды, а окупаемость капиталовложений по строительству систем

капельного орошения составляет 1 год. Целесообразность использования капельного орошения малины в условиях Брянской области показана в работе В.Н. Ожерельева и В.А. Тарасенко [2018]. Разработана система капельного полива малины на склоновых землях. Выявлено, что расход воды в верхней части склона должен быть выше, чем в нижней. Это связано с особенностями влагообеспеченности растений на различных элементах склона: в верхней части склона они сильнее страдают от недостатка влаги по сравнению с нижней.

Кроме того, исследования по разработке режимов капельного орошения малины проводятся для условий Беларуси [Волчек с соавт., 2015; Волчек, Санелина, 2016]. Для дерново-подзолистых супесчаных почв юго-запада страны выявлено, что растения с лучшими биометрическими показателями, характеризующиеся повышенной урожайностью, формируются при поддержании предполивного порога влажности не ниже 80 % НВ. Авторами показано влияние внесения минеральных удобрений на выход товарной продукции малины. Увеличение содержания питательных веществ в почве при оптимальных водно-физических показателях способствует росту выхода продукции.

В условиях лесостепи юга Западной Сибири М.А. Рыжовой с соавт. [2021] проведены исследования по изучению качественных показателей саженцев жимолости после доращивания на участке с капельным орошением. Варианты опыта включали 1) контроль без орошения, 2) вегетационные поливы с поддержанием влажности почвы в диапазоне 60-70 % НВ, 3) в диапазоне 60-80 % НВ, 4) в диапазоне 70-80 % НВ. В результате проведенных исследований авторами выявлено, что наиболее благоприятными для саженцев жимолости являются режимы орошения с поддержанием влажности почвы в диапазонах 60-70 и 60-80 % НВ, в которых биометрические показатели растений превосходят контрольный вариант. Наибольший выход саженцев первого сорта товарности наблюдался в варианте 60-80 % НВ, а в варианте без орошения они полностью отсутствовали. Также в работе Т.М. Нелюбовой с соавт. [2018] в условиях территории ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий» показана эффективность ягодных культур при капельном орошении с применением

подкормок препаратами, из которых наибольшую эффективность для жимолости показал «Изабион», а для облепихи – «Биофлекс».

Капельное орошение находит широкое применение при выращивании земляники [Ашраф, 2010; Бородычев с соавт., 2013; Батманов, Скворцова, 2014; Патрушев с соавт., 2021; Стольникова с соавт., 2021; Помякшева, 2022]. В условиях дерново-подзолистых почв Московской области [Ашраф, 2010; Овчинников с соавт., 2011] выявлено, что благоприятный водный режим для земляники создается при укладке поливного трубопровода на глубине 5 см с расстоянием между капельницами 33 см. Разработанная технология капельного орошения позволяет повысить урожайность в 1,7-1,8 раза с экономией поливной воды в 3,5 раза по сравнению с дождеванием.

В зарубежных странах также проводится большое количество исследований по разработке технологий капельного орошения ягодных культур: земляники [Yuan et al., 2004; Daugovish et al., 2016; Nowakowski et al., 2019], малины [Hoppula, Salo, 2007; Kireva, Mihov, 2018; Ortega-Farias et al., 2022], голубики [Ehret et al., 2012; Rendon, Walton, 2018], облепихи [Cojocarui et al., 2015], черной смородины [Ostermann, Hansen, 1988; Niskanen et al., 1993] и др.

Например, в США (Калифорния) для клубники разработана технология капельного орошения, которая позволяет экономить поливную воду на 24-78 % по сравнению с использованием спринклерных систем, а сток был практически исключен [Daugovish et al., 2016]. Использование увеличенного количества капельных лент позволило экономить воду при выращивании земляники, не оказывая негативного влияния на продуктивность растений. Статистический анализ данных полевых опытов в Польше показал [Nowakowski et al., 2019], что орошение оказывает существенное влияние на урожайность и параметры плодов земляники. Орошаемые растения давали больше ягод, которые также имели больший диаметр, длину и массу. Аналогичные результаты были получены исследователями из Японии [Yuan et al., 2004]. Применение капельного орошения в хозяйствах Испании по выращиванию земляники позволило достичь экономии воды, равного 44 %, без потерь в производстве ягод [Gavilán et al., 2021].

Проведенные в Болгарии эксперименты в различные годы влагообеспеченности по капельному орошению малины [Kireva, Mihov, 2018] показали, что оно положительно влияет на экономические показатели ее выращивания, а затраты на получение продукции и обустройство поливной за два или три года. Исследования режимов капельного орошения малины в осенний период на юго-западе Финляндии [Hoppula, Salo, 2007] позволили выявить, что необходимо избегать обильного полива в конце вегетационного периода, так как это приводит к снижению выживаемости растений зимой.

Капельное орошение положительно сказывается на плодоношении черной смородины, а также на биометрических показателях растений. Масса ягод значительно возрастает в засушливые годы, но в то же время орошение может иногда приводить к снижению густоты цветения и завязываемости плодов [Ostermann, Hansen, 1988]. Положительная роль капельного орошения отмечается на примере формирования растений черной и красной смородины на опытных полях в условиях северо-востока Финляндии [Niskanen et al., 1993].

В России большинство проводимых исследований по капельному орошению плодовых и ягодных культур проводится для южных регионов. В условиях важности производства районированного посадочного материала и разработки водосберегающих технологий особую актуальность приобретают вопросы, связанные с технологией капельного орошения саженцев плодово-ягодных культур в условиях Нечерноземной зоны, которая играет важную роль в развитии садоводства и питомниководства.

Выводы по главе

1. Садоводство относится к важным направлениям агропромышленного комплекса и экономики России для достижения целей продовольственной безопасности. Развитие садоводства невозможно без выращивания высококачественного посадочного материала, адаптированного к местным условиям, в питомниках с применением современных технологий. Поэтому

актуальной задачей в производстве саженцев плодовых и ягодных культур является совершенствование способов выращивания посадочного материала с применением водосберегающих технологий.

2. В современных условиях с учетом требований ресурсосбережения и сохранения почвенного плодородия перспективными являются исследования, направленные на разработку технологий малообъемного орошения при выращивании саженцев в питомниках, как отвечающих требованиям оптимизации использования водных ресурсов, так и обеспечивающих благоприятные условия для роста растений.
3. В России большинство проводимых исследований по капельному орошению плодовых и ягодных культур проводится для южных регионов. В условиях важности производства районированного посадочного материала и разработки водосберегающих технологий особую актуальность приобретают вопросы, связанные с технологией капельного орошения саженцев плодово-ягодных культур в условиях Нечерноземной зоны, которая играет важную роль в развитии садоводства и питомниководства.

2. ОБЪЕКТ, МЕТОДЫ И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Природно-климатические условия проведения исследования

Полевые исследования проводились в учебно-научно-производственном центре садоводства и овощеводства имени В.И. Эдельштейна (отдел плодовых культур «Мичуринский сад») Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева. Мичуринский сад был заложен в 1939 году Б.Н. Анизиным. В настоящее время его площадь составляет 20,5 га. Несмотря на то, что Мичуринский сад располагается в границах города Москвы (рисунок 2.1), в целом его природно-климатические условия совпадают со средними значениями, которые характерны и для Московской области [Гемонов, 2021].



Рисунок 2.1. Расположение территории Мичуринского сада (по данным сервиса Яндекс Карты)

По классификации Б.П. Алисова климат Москвы относится к умеренно-континентальному, с преобладанием полярных воздушных масс на протяжении

всего года. Согласно исторической климатической норме (за период с 1961 по 1990 годы) среднегодовая температура воздуха составляет 5,0 °С, а по новой норме (за период с 1991 по 2020 годы) возросла до 6,4 °С. Амплитуда температур за всю историю метеорологических наблюдений достигает 80 °С: от -42,1 °С (17 января 1940 года) до +38,2 °С (29 июля 2010 года). Климатическая норма годового количества осадков за период с 1961 по 1990 годы составляла 683 мм, а за период с 1991 по 2020 годы – 714 мм [Локощенко, 2023]. Для центрального агроэкологического района Нечерноземной зоны европейской части России средняя температура за май-август составляет 18,0-19,0 °С, сумма суточных температур больше 10 °С – 2200-2400 °С, гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова за вегетационный период – 1,1-1,4 [Дорохов, Бельшкіна, 2021]. В последние десятилетия для климата Москвы является характерным рост среднегодовой температуры воздуха, увеличение продолжительности вегетационного периода, возрастание количества опасных погодных явлений (ливневые осадки, шквалистые и ураганные ветры, грозы) [Дубенок с соавт., 2023^Г].

По рельефу территория Мичуринского сада представляет собой ровную поверхность с уклоном на северо-восток. Исходные почвообразующие породы представлены моренными суглинками. В восточной части Мичуринского сада выделяются естественные и естественно поверхностно-преобразованные дерново-подзолистые почвы. На почвенный профиль существенное влияние оказывают интенсивное сельскохозяйственное использование путем плантажной вспашки, внесения органических и минеральных удобрений, раскорчевки старых насаждений. Эти почвы характеризуются антропогенной трансформацией верхней части профиля (глубиной до 50 см). В западной части Мичуринского сада залегают дерново-урбаноподзолистые почвы и урбаноземы. Профиль таких почв слабо дифференцирован процессами почвообразования и состоит из слоев антропогенной природы. На территории Мичуринского сада выделяются следующие почвенные разности: дерново-подзолистые (естественные) почвы (7,2 %), агродерново-подзолистые почвы (64,2 %), дерново-урбаноподзолистые почвы (11,6 %) и урбаноземы (17,0 %) [Наумов с соавт., 2021].

В целом почвенно-климатические условия Мичуринского сада (обеспеченность теплом и влагой, почвенное плодородие) являются благоприятными для выращивания большинства видов плодовых и ягодных культур. На протяжении многих лет на территории создана уникальная коллекция плодовых и ягодных растений, включающая 492 сорта яблони, 220 сортов груши, 10 сортов рябины, 61 сорт черешни, 200 сортов ягодных культур (смородина, крыжовник, жимолость, малина, ежевика) и др.

2.2. Схемы опытов и объекты исследований

Полевые опыты закладывались в соответствии с методическими рекомендациями Б.А. Доспехова [1985], с учетом «Методики постановки опытов с плодовыми, ягодными и цветочными растениями» [Комиссаров, 1982], «Программы и методики исследований по орошению плодовых и ягодных культур» [Марков, 1985], «Программно-методических указаний по агротехническим опытам с плодовыми и ягодными культурами» [Спиваковский, 1956], «Методики полевого опыта в условиях орошения» [Плешаков, 1983].

Система водоподготовки и капельного орошения включала следующие элементы: насосная станция, система фильтров, магистральный трубопровод, распределительный трубопровод, поливной трубопровод с интегрированными капельницами, краны, контроллеры, счетчики расхода воды, манометры. Для проведения поливов в опытах с яблоней, грушей и сливой применялась многолетняя капельная линия Multibar с интегрированными капельницами. Капельницы были оснащены двойной системой автокомпенсации. Она обеспечивает поддержание постоянного расхода поливной воды 3,8 л/час при изменяющемся рабочем давлении от 0,5 до 4 атм [Гемонов, 2021]. На опытных участках с малиной и вишней применялась капельная линия Tuboflex со средними расходами 1,2 л/час. Расстояние между соседними капельницами на линии составляло 0,33 м, что соответствовало шагу посадки плодовых и ягодных растений в ряду.

Полевой опыт с использованием капельной системы орошения при выращивании саженцев сливы заложен весной 2020 года. Он проводился по двухфакторной схеме, где фактор А – варианты с поддержанием разных уровней влажности корнеобитаемого слоя почвы, а фактор Б – сорт сливы (рисунок 2.2).

Водный режим почвы (фактор А) в опыте включал четыре варианта по поддержанию влажности в течение вегетационного периода на уровне:

A_1 – 60-80 % наименьшей влагоемкости;

A_2 – 70-90 % наименьшей влагоемкости;

A_3 – 80-100 % наименьшей влагоемкости;

A_4 – контроль (естественное увлажнение).

Сортные особенности саженцев сливы (фактор Б) включали два варианта:

B_1 – сорт «Машенька»;

B_2 – сорт «Утро».

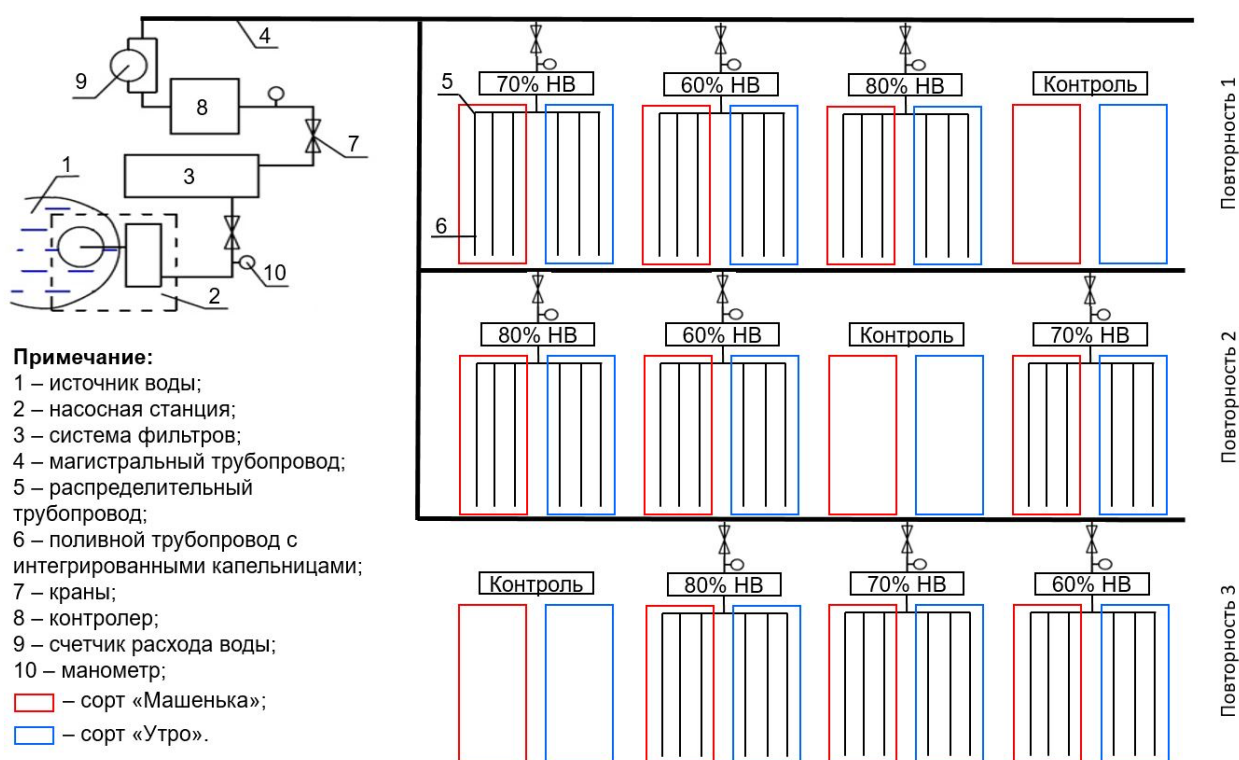


Рисунок 2.2. Схема полевого опыта по разработке технологии капельного орошения саженцев сливы (2018-2020 годы)

Высадка саженцев осуществлялась согласно схеме $0,9 \times 0,33$ м, а расстояние между соседними рядами различных вариантов составляло 1 м. Все варианты опыта были заложены в трехкратной повторности с систематическим расположением делянок. Площадь делянки – 40 м^2 , в каждой повторности было высажено по 30 саженцев каждого сорта (рисунок 2.3).

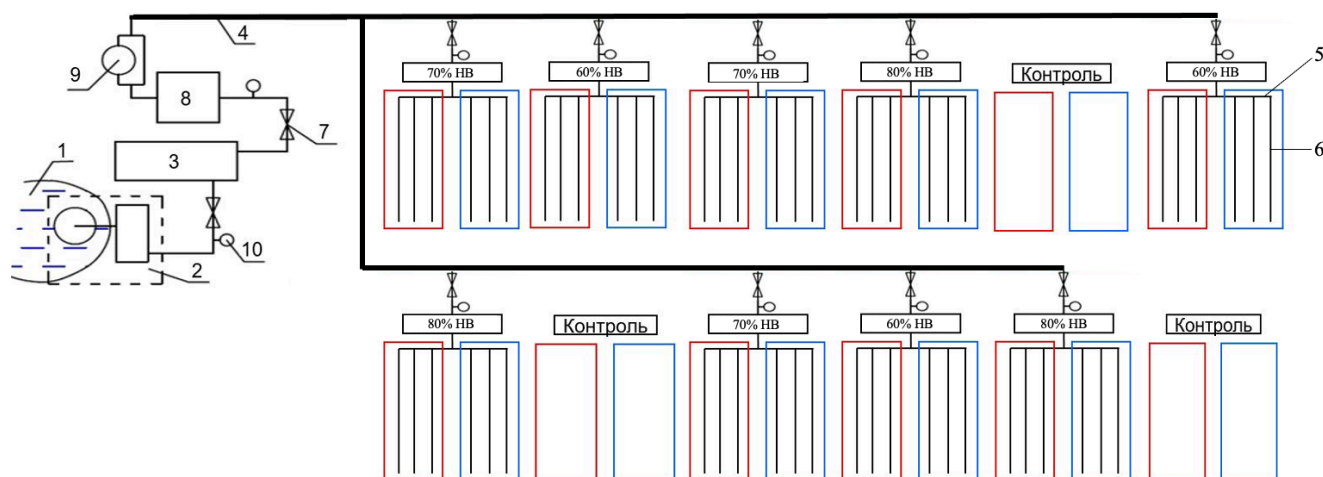


Рисунок 2.3. Саженцы сливы на опытном участке

В качестве подвоя использовались сеянцы алычи. Их особенностью является то, что они могут хорошо переносить тяжелые, переувлажненные почвы, характеризуются хорошей совместимостью с сортами и обладают высокой якорностью. Сорт сливы «Машенька» является перспективным для использования в Нечерноземной зоне. Деревья характеризуются как сильнорослые с редкой округло-пирамидальной кроной. Плоды по массе средние (30-35 грамм), красно-бурого цвета, столового назначения с хорошими вкусовыми характеристиками. Этот сорт имеет высокие показатели зимостойкости и достаточно редко повреждается вредителями. Деревья сливы сорта «Утро» характеризуются как среднерослые с густой овальной кроной. Плоды зеленовато-желтого цвета,

универсального назначения. Этот сорт сливы характеризуется средней зимостойкостью и средней степенью повреждения вредителями.

Полевой опыт с использованием капельной системы орошения при выращивании саженцев вишни заложен осенью 2020 года. Он проводился по двухфакторной схеме, где фактор А – варианты с поддержанием разных уровней влажности корнеобитаемого слоя почвы, а фактор Б – сорт вишни (рисунок 2.4).



Примечание: 1 – источник воды; 2 – насосная станция; 3 – система фильтров; 4 – магистральный трубопровод; 5 – распределительный трубопровод; 6 – поливной трубопровод с интегрированными капельницами; 7 – краны; 8 – контроллер; 9 – счетчик расхода воды; 10 – манометр; □ - сорт «Волочаевка»; □ - сорт «Молодежная».

Рисунок 2.4. Схема полевого опыта по разработке технологии капельного орошения саженцев вишни (2021-2023 годы)

Водный режим почвы (фактор А) в опыте включал четыре варианта по поддержанию влажности в течение вегетационного периода на уровне:

А₁ – 60-80 % наименьшей влагоемкости;

А₂ – 70-90 % наименьшей влагоемкости;

А₃ – 80-100 % наименьшей влагоемкости;

А₄ – контроль (естественное увлажнение).

Сортовые особенности саженцев вишни (фактор Б) включали два варианта:

Б₁ – сорт «Волочаевка»;

Б₂ – сорт «Молодежная».

Высадка саженцев вишни проводилась согласно схеме $0,9 \times 0,33$ м, а расстояние между соседними рядами различных вариантов составляло 1 м. Все варианты опыта были заложены в трехкратной повторности с систематическим расположением делянок. Площадь делянки – 40 м^2 , в каждой повторности было высажено по 30 саженцев каждого сорта (рисунок 2.5).

В качестве подвоя использовался клоновый подвой «ВСЛ-2», который характеризуется хорошей морозоустойчивостью и зимостойкостью, предпочитает орошаемые участки. Деревья вишни сорта «Волочаевка» характеризуются как среднерослые с овальной кроной средней густоты. Плоды темно-красные, крупные (масса 4,5 грамма), десертные. Этот сорт вишни характеризуется средней зимостойкостью и средней устойчивостью к наиболее опасным грибным заболеваниям. Деревья или кусты вишни сорта «Молодежная» по высоте средние или ниже среднего, с округлой, немного пониклой кроной. Плоды темно-бордовые, крупные (масса 4,5 г), десертные. Зимостойкость выше среднего, средняя устойчивость к наиболее опасным грибным заболеваниям.



Рисунок 2.5. Саженцы вишни на опытном участке

Полевой опыт с использованием капельной системы орошения при выращивании саженцев малины заложен весной 2020 года. Он проводился по двухфакторной схеме, где фактор А – варианты с поддержанием разных уровней влажности корнеобитаемого слоя почвы, а фактор Б – сорт малины (рисунок 2.6).

Водный режим почвы (фактор А) в опыте включал четыре варианта по поддержанию влажности в течение вегетационного периода на уровне:

А₁ – 60-80 % наименьшей влагоемкости;

А₂ – 70-90 % наименьшей влагоемкости;

А₃ – 80-100 % наименьшей влагоемкости;

А₄ – контроль (естественное увлажнение).

Сортные особенности саженцев малины (фактор Б) включали два варианта:

Б₁ – сорт «Награда»;

Б₂ – сорт «Солнышко».

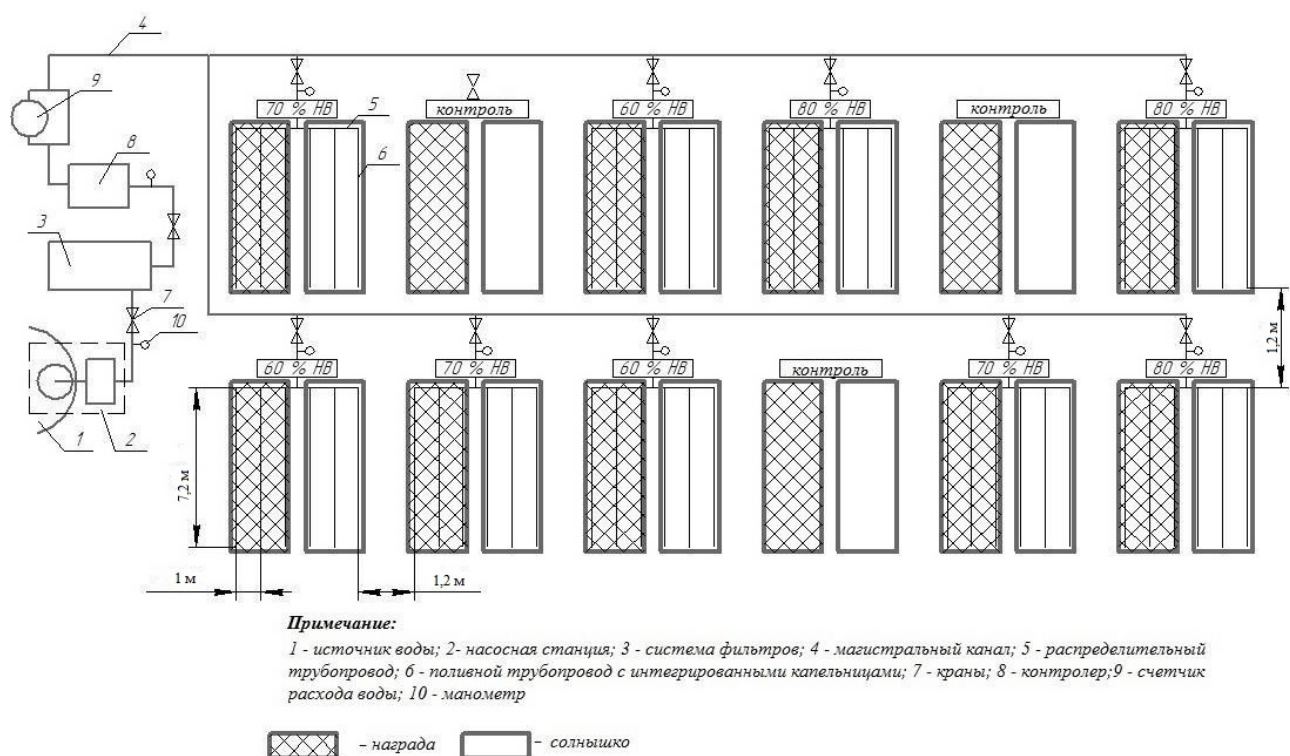


Рисунок 2.6. Схема полевого опыта по разработке технологии капельного орошения саженцев малины (2020-2022 годы)

Растения малины были высажены с соблюдением расстояния в 100 см в междурядье одного варианта и шагом в 60 см между растениями внутри одного

ряда. Расстояние между различными вариантами составляло 1,2 м (рисунок 2.7). При закладке опыта соблюдалась трехкратная повторность каждого варианта. Растения были посажены в количестве 39 саженцев на одну повторность.

Кусты малины сорта «Награда» среднерослые с толстыми побегами длиной 1,5-2,0 м. Ягоды тускло-красного цвета, среднего размера (от 3 до 5 грамм), овально-конические, универсального назначения. Этот сорт характеризуется хорошей зимостойкостью. Кусты малины сорта «Солнышко» среднерослые, слабораскидистые, высотой до 2,0 м. Ягоды малинового цвета, среднего размера (до 4,5 грамм), тупоконические, универсального назначения. Сорт характеризуется хорошей зимостойкостью и хорошей устойчивостью к малинному клещу.



Рисунок 2.7. Саженцы малины на опытном участке

Полевой опыт с использованием капельной системы орошения при выращивании саженцев груши заложен в 2011 году Е.В. Ереминым [2015]. Опыт проводился по двухфакторной схеме, где фактор А – варианты с поддержанием разных уровней влажности корнеобитаемого слоя почвы, а фактор Б – сорт груши.

Водный режим почвы (фактор А) в опыте включал четыре варианта по поддержанию влажности в течение вегетационного периода на уровне:

А₁ – 60-80 % наименьшей влагоемкости;

А₂ – 70-90 % наименьшей влагоемкости;

А₃ – 80-100 % наименьшей влагоемкости;

А₄ – контроль (естественное увлажнение).

Сортовые особенности саженцев груши (фактор Б) включали три варианта:

Б₁ – сорт «Память Яковлева»;

Б₂ – сорт «Чижовская»;

Б₃ – сорт «Осенняя Сусова».

Высадка саженцев груши проводилась согласно схеме 0,9×0,33 м, а расстояние между соседними рядами различных вариантов составляло 1 м. Все варианты опыта были заложены в трехкратной повторности с систематическим расположением делянок. Площадь делянки – 40 м², в каждой повторности было высажено по 30 саженцев каждого сорта.

В качестве подвоя использовалась груша уссурийская, которая характеризуется очень высокой зимостойкостью. Деревья груши сорта «Памяти Яковлева» небольшие с округлой кроной средней густоты. Плоды среднего размера, широкогрушевидные, светло-желтого цвета, универсального назначения. Характеризуется высокой зимостойкостью, засухоустойчивость недостаточная. Деревья груши сорта «Чижовская» среднерослые, штамбовые с густой пирамидальной кроной. Плоды среднего размера (массой 120-140 грамм), грушевидной формы, желто-зеленого цвета, универсального назначения. Характеризуется высокой зимостойкостью и устойчивостью к болезням. Деревья груши сорта «Осенняя Сусова» среднерослые, с шаровидной кроной. Плоды крупного размера (массой 200 грамм), округлой формы, зеленовато-желтого цвета, универсального назначения. Характеризуется высокой зимостойкостью и хорошей устойчивостью к болезням.

Полевой опыт с использованием капельной системы орошения при выращивании саженцев яблони заложен в 2011 году А.Ю. Бурмистровой [2013]. Опыт проводился по двухфакторной схеме, где фактор А – варианты с

поддержанием разных уровней влажности корнеобитаемого слоя почвы, а фактор Б – сорт груши.

Водный режим почвы (фактор А) в опыте включал четыре варианта по поддержанию влажности в течение вегетационного периода на уровне, из которых использовались данные по трем вариантам с исключением дифференцированного режима полива:

А₁ – 60-80 % наименьшей влагоемкости;

А₂ – 70-90 % наименьшей влагоемкости;

А₃ – контроль (естественное увлажнение).

Сортовые особенности саженцев груши (фактор Б) включали два варианта:

Б₁ – сорт «Белый налив»;

Б₂ – сорт «Медуница».

Высадка саженцев яблони проводилась согласно схеме 0,9×0,33 м, а расстояние между соседними рядами различных вариантов составляло 1 м. Все варианты опыта были заложены в трехкратной повторности с систематическим расположением делянок. Площадь делянки – 35 м², в каждой повторности было высажено по 27 саженцев каждого сорта.

Сорта яблони были привиты на клоновые полукарликовые (среднерослые) подвои 54-118 селекции МичГАУ, которые характеризуются высокой морозостойкостью и мощной корневой системой. Деревья яблони сорта «Белый налив» среднерослые (высотой до 5 м) с раскидистой кроной в молодости и с округлой кроной в старшем возрасте. Плоды в среднем имеют массу 100 грамм, округлой формы, зеленовато-белого цвета, столового назначения. Характеризуется хорошей морозостойкостью, средняя устойчивость к грибным заболеваниям. Деревья яблони сорта «Медуница» среднерослые (высотой 3-5 м) с пирамидальной кроной. Плоды в среднем имеют массу 110 грамм, округлой формы, зелено-желтого цвета с темно-красными полосками, универсального назначения. Характеризуется высокой морозостойкостью и хорошей устойчивостью к вредителям.

Перед закладкой полевых опытов проводилась подготовка почвы (вспашка, боронование) с внесением органических и минеральных удобрений. На опытных участках с саженцами яблони и груши вносился конский навоз с опилками в дозе 50 т/га, а на опытных участках с саженцами сливы, вишни и малины также вносился конский навоз с опилками, но в дозе 100 т/га.

В вариантах опытов с применением капельного полива величина орошаемого слоя почвы с каждым годом увеличивалась на 10 см. В первый год исследования поливная норма рассчитывалась для слоя почвы 0-30 см, во второй год – для слоя почвы 0-40 см и для третьего года – для слоя 0-50 см.

2.3. Методика проведения исследований

Выявление основных агрохимических и водно-физических свойств почвы на опытных участках производилось по общепринятым методам и методикам [Аринушкина, 1961; Качинский 1970; Вадюнина, Корчагина, 1986; Кауричев, 1989; Ганжара с соавт., 2002; Рожков с соавт., 2002; Мамонтов с соавт., 2006; Лаврищев с соавт., 2012]:

- гранулометрический состав почвы определялся по методу Н.А. Качинского;
- агрегатный анализ почвы проводился по методике Н.И. Саввинова;
- объемный и удельный вес почвы определялся для отдельных генетических горизонтов и для всего орошаемого слоя в целом с шагом 10 см в соответствии с принятой методикой;
- определение содержания гумуса в почве производилось по М.М. Кононовой и Н.П. Бельчиковой;
- значение pH_{KCl} определялось по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483-85) для каждого из исследуемых генетических горизонтов;
- значение гидролитической кислотности определялось по методу Каппена в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-85);
- сумма поглощенных оснований определена по методике Каппена-Гильковица (ГОСТ 27821-88);

- содержание основных элементов питания растения в почве определялось по общепринятым методам и методикам (азот – ГОСТ 26107-84, фосфор – ГОСТ 26261-84, калий – ГОСТ 26261-84);
- значение наименьшей влагоемкости определялось методом малых заливаемых площадок;
- определение максимальной гигроскопической влажности почвы осуществлялось по методу А.В. Николаева (ГОСТ 28268-89).

Предполивные пороги влажности почвы выбраны с учетом многочисленных исследований, в которых показана зависимость продуктивности сельскохозяйственных и плодовых культур от влажности почвы [Алпатьев, 1966; Алпатьев, 1969; Льгов, 1979; Горюнов, 1981; Дубенок с соавт., 2023^В]. Влажность почвы контролировалась с помощью тензиометров, градуированных на основании данных термостатно-весового метода. Влажность почвы по вариантам опыта определялась термостатно-весовым методом. Почвенные образцы для определения влажности отбирались один раз в три дня или чаще в случае выпадения осадков или проведения поливов.

По данным определенной влажности почвы проводился расчет поливной нормы в соответствии с фактической влажностью почвы для каждого варианта опыта по модифицированной формуле А.Н. Костякова [Мелиорация и водное хозяйство..., 1990]:

$$m = 100 \times h \times \gamma \times A_{nt} \times (W_{\text{НВ}} - W_{\text{П}}),$$

где m – поливная норма, м³/га;

h – глубина расчетного слоя почвы, м;

γ – объемная масса почвы, т/м³;

$W_{\text{НВ}}$ – наименьшая влагоемкость от массы абсолютно сухой почвы, %;

$W_{\text{П}}$ – предполивная влажность от массы абсолютно сухой почвы, %;

A_{nt} – доля площади, которая подлежит увлажнению.

Продолжительность полива рассчитывалась по формуле:

$$t = \frac{m}{n * g},$$

где t – время полива, часов;

m – поливная норма, м³/га;

n – число капельниц, шт.;

g – расход одной капельницы, л/час.

Количество капельниц на одной ленте определялось по формуле:

$$n = \frac{l}{b},$$

где n – число капельниц, шт.;

l – длина капельной ленты, м;

b – расстояние между соседними капельницами, м.

Поливные нормы назначались таким образом, чтобы увеличивать влажность на 20 % НВ. Данный диапазон был принят, исходя из предыдущих исследований, которые показали наличие непродуктивных потерь воды в результате инфильтрации по причине неоднородности гранулометрического состава почвы и присутствия в почве несвязанной воды. А также из-за образования под капельницами зон избыточного увлажнения (выше 100 % НВ), что негативно сказывается на корневой системе выращиваемых саженцев. Поэтому узкий диапазон позволяет не только оптимально расходовать воду, но и обеспечивает благоприятный водно-воздушный режим [Дубенок с соавт., 2023^в].

Для оценки суммарного водопотребления плодовых и ягодных культур использовался метод водного баланса, основанный на формуле А.Н. Костякова [1960; 1961]:

$$E = M + 10 \times \mu \times P \pm \Delta W + W_{ГВ},$$

где E – суммарное водопотребление, м³/га;

M – оросительная норма, м³/га;

P – сумма выпавших за расчетный период осадков, мм;

μ – коэффициент использования осадков;

ΔW – изменение запасов почвенной влаги за рассматриваемый период, м³/га;

$W_{ГВ}$ – подпитывание активного слоя почвы грунтовыми водами, м³/га.

В условиях Центрального Нечерноземья европейской части России водопотребление плодовых и ягодных культур в течение вегетационного периода обеспечивается за счет атмосферных осадков, оросительной нормы, подпитывания грунтовыми водами и запасов почвенной влаги в корнеобитаемом слое [Вдовин, 1979; Голованов с соавт., 2015]. Количество выпавших атмосферных осадков по месяцам вегетационных периодов принималось по результатам наблюдений на Метеорологической обсерватории имени В.А. Михельсона (РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева), которая располагается в непосредственной близости от опытных участков. Оросительные нормы принимались по полученным опытными данным режимов капельного орошения. Влажность почвы по вариантам опыта определялась термостатно-весовым методом. Приход влаги от грунтовых вод определялся расчетным путем по методике Ю.Н. Никольского [Голованов с соавт., 2015]. Расход почвенной влаги определялся по данным об объемной влажности почвы и влагозапасах. Расход капельниц капельной линии дополнительно уточнялся в каждой повторности в начале, конце и середине вегетационного периода при помощи мерных цилиндров.

Для оценки продуктивности неплодоносящих саженцев использовались основные биометрические показатели, которые характеризуют их силу роста [Дубенок с соавт., 2023^в]. Диаметр штамба, площадь листовой поверхности, прирост однолетних побегов, высота растений определялись с учетом методических рекомендаций В.А. Потапова с соавт. [2000], В.М. Тарасова с соавт. [1981]. Измерение этих показателей проводилось в конце каждого вегетационного периода на каждом из вариантов опыта. Биометрические исследования корневой системы проводились с учетом рекомендаций В.А. Колесникова [1962, 1972], В.М. Тарасова с соавт. [1981]. С этой целью в конце каждого вегетационного периода на каждом варианте отбиралось по три контрольных растения, которые выкапывались. Для них отделилась надземная и подземная часть, которая промывалась. На очищенных от почвы корневых системах проводилось определение основных биометрических параметров.

Результаты наблюдений обработаны в программах «Microsoft Office Excel 2019» и «STATISTICA 13.3» с применением метода расчета описательных статистик (средняя арифметическая, минимум, максимум, среднеквадратическое отклонение, коэффициент вариации), методов дисперсионного анализа с расчетом показателя наименьшей существенной разницы (НСР), методов корреляционного и линейного регрессионного анализа. Все статистические выводы в исследовании сделаны при уровне значимости 5 %.

3. ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ОРОШЕНИЯ В ЦЕНТРАЛЬНОМ НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ

3.1. Анализ агрометеорологических показателей территории

На территории проведения исследований (Мичуринский сад РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева) непосредственно агроклиматические показатели не фиксировались. В работе для анализа агроклиматических показателей используются данные наблюдений, полученные на территории Метеорологической обсерватории имени В.А. Михельсона, расположенной в непосредственной близости от опытного участка (расстояние менее 1 км).

По данным проведенных метеорологических наблюдений вегетационные периоды 2018-2023 годов можно охарактеризовать как с достаточно теплой погодой. Ход среднемесячных температур воздуха показан на рисунке 3.1. В среднем за годы исследований май характеризуется средней температурой 11,9 °С, июнь – 16,0 °С, июль – 18,1 °С, август – 16,3 °С и сентябрь – 10,7 °С. Наиболее теплым является июль, но в некоторые годы, например, в 2018 и 2023 самым теплым месяцем был август (19,8 °С и 19,6 °С, соответственно).

Динамика среднесуточных температур воздуха за вегетационные периоды 2018-2023 годов показана на рисунке 3.2. Самые высокие значения среднесуточных температур за все годы исследований были достигнуты в 2021 году: 24 июня – 28,6 °С и 10 июля – 27,0 °С. Ход среднесуточных температур показывает, что в течение вегетационного периода наблюдается смена жарких периодов более прохладными. Например, в 2023 году 26 мая среднесуточная температура воздуха составляла 18,9 °С, к 3 июня снизилась до 9,6 °С, а к 9 июня повысилась до 18,1 °С. Наличие жарких периодов способствует повышению водопотребления растений, а их смена более прохладными – снижению водопотребления [Шабанов, Шаршеев, 2009]. Таким образом, параметры режимов капельного орошения будут находиться в прямой зависимости от обеспеченности теплом вегетационного периода.

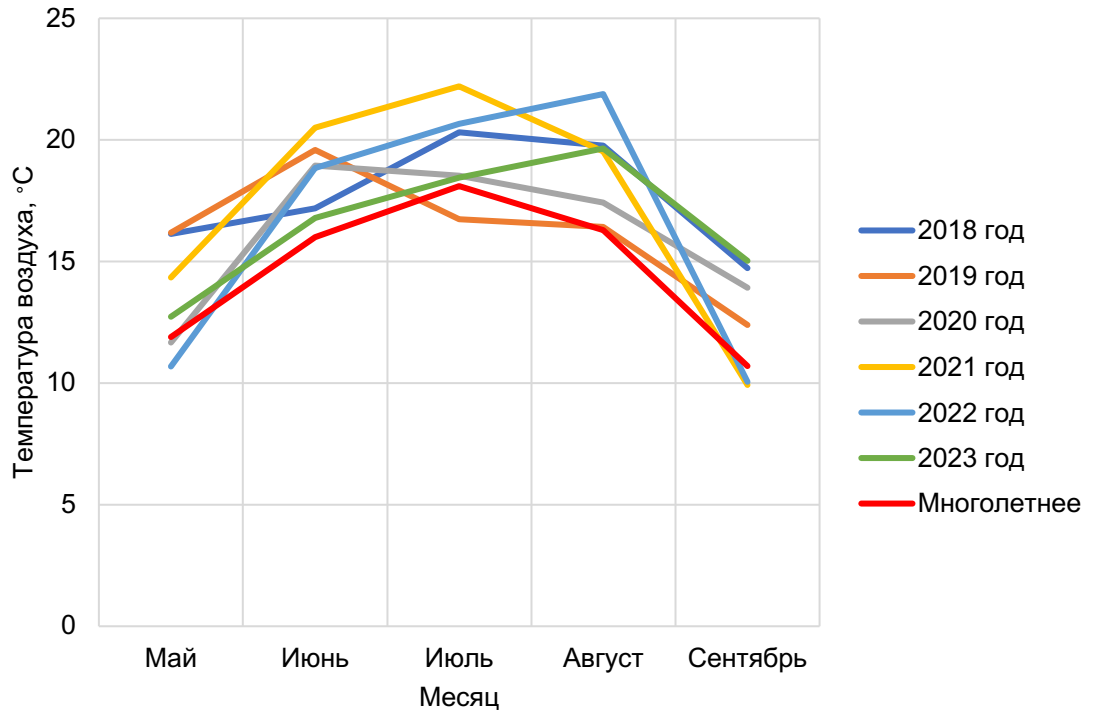


Рисунок 3.1. Среднемесячные температуры воздуха за вегетационный период по годам исследований

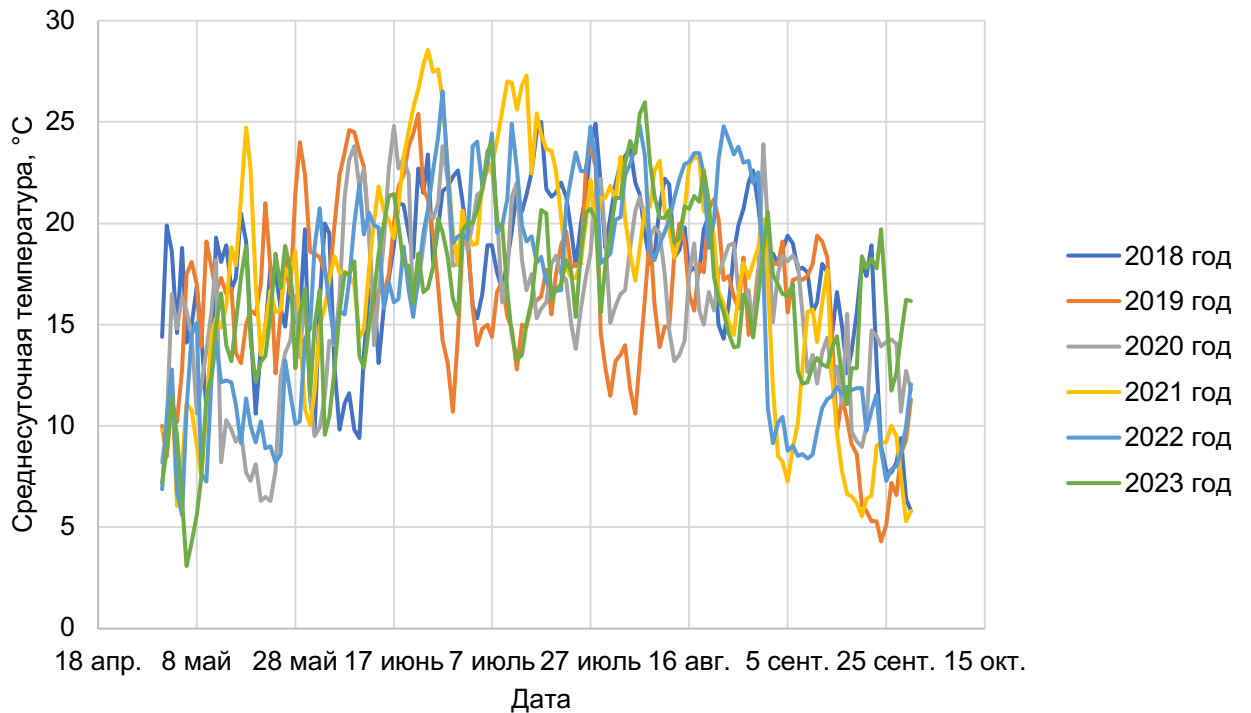


Рисунок 3.2. Динамика среднесуточной температуры воздуха по годам исследований

Важную роль в обеспечении влагой играют атмосферные осадки. Ход месячного количества осадков за годы проведения исследований показан на рисунке 3.3. Данные о среднемесечном количестве осадков с 2018 по 2023 годы показывают, что в мае их сумма составляла 55 мм, в июне – 70 мм, в июле – 85 мм, в августе – 76 мм и в сентябре 61 мм. Наибольшей суммой осадков характеризуется июль 2023 года, когда выпало 304,5 мм, август 2021 года – 217,7 мм и июнь 2020 года – 200,8 мм. Своего минимума месячное количество осадков достигало в августе 2022 года – 7,6 мм и в августе 2018 года – 19,9 мм.

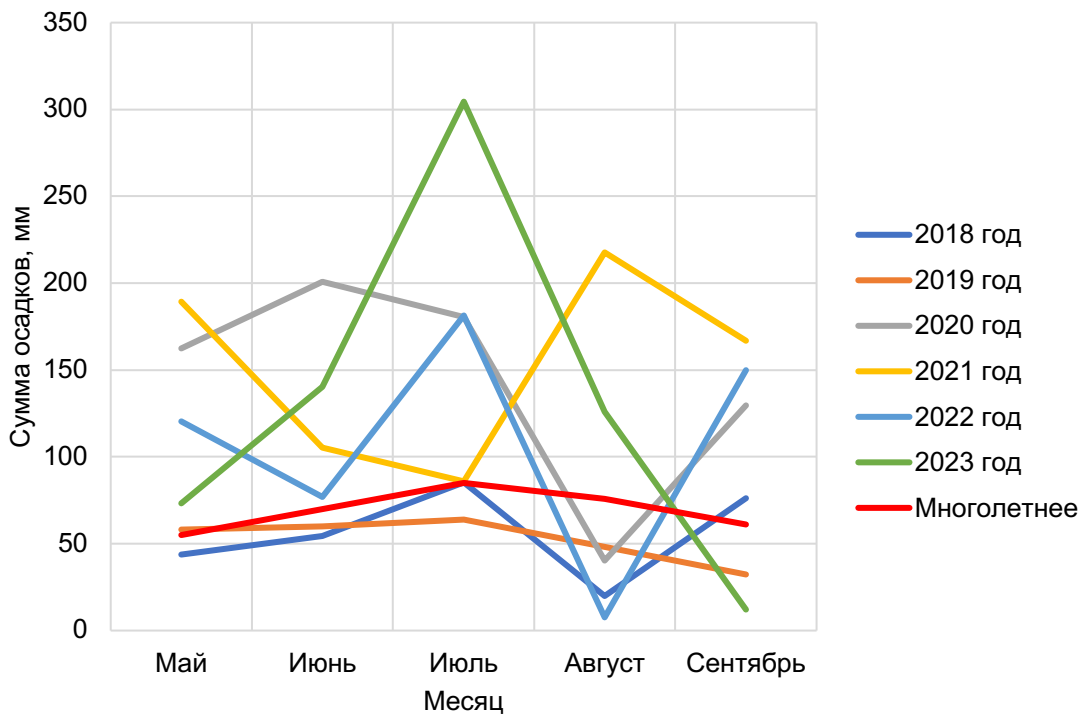


Рисунок 3.3. Месячные суммы осадков за вегетационный период по годам исследований

Динамика суточного количества осадков по годам исследований показана на рисунке 3.4. Максимальные количества осадков за сутки достигались 28 августа 2023 года – 94 мм, 8 мая 2021 года – 69,4 мм, 26 июля 2023 года – 64 мм, 29 июня 2023 года – 56 мм и 24 сентября 2018 года – 54 мм. Среднее количество дней с осадками в мае-сентябре с 2018 по 2023 год составило 69, в том числе в 2018 году – 55 дней, в 2019 году – 68 дней, в 2020 году – 77 дней, в 2021 году – 83 дня, в 2022 году – 76 дней и в 2023 году – 55 дней. За май-сентябрь 2018-2023 годов среднее количество дней с осадками более 5 мм составило 27, в том числе в 2018 году – 20

дней, в 2019 году – 14 дней, в 2020 году – 36 дней, в 2021 году – 35 дней, в 2022 году – 28 дней и в 2023 году – 27 дней. Таким образом, количество дней с продуктивными осадками более 5 мм составило 39 % от общего количества дней, в которые выпадали атмосферные осадки, а их распределение в течение вегетационного периода является неравномерным.

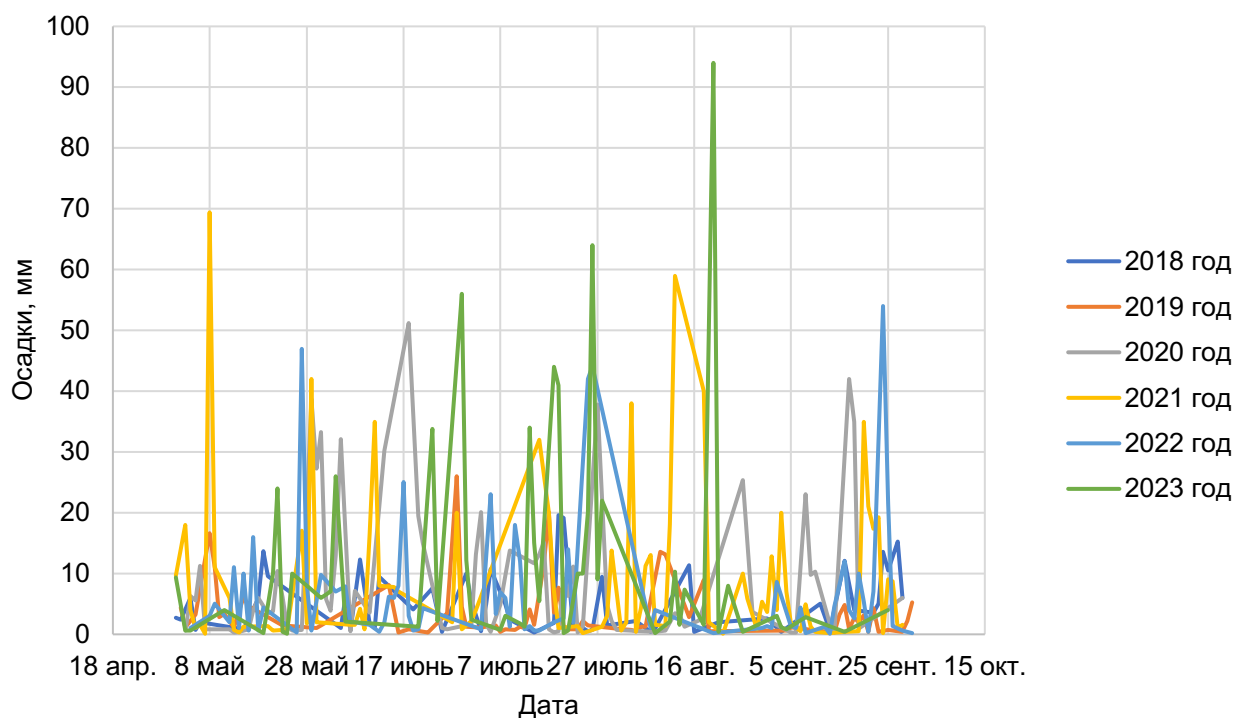


Рисунок 3.4. Динамика суточного количества осадков по годам исследований

Важное значение для роста и развития как сельскохозяйственных, так и плодовых культур, по мнению ученых [Рылов, 1991], играет влажность воздуха. Считается, что лучшие условия обеспечиваются в районах, где на протяжении вегетационного периода влажность воздуха находится на среднем (40-70 %) или высоком уровне (более 70 %). Среднемесячные значения относительной влажности воздуха показаны на рисунке 3.5. Средние месячные за 2018-2023 годы значения влажности воздуха составили в мае – 64 %, в июне – 66 %, в июле – 70 %, в августе 73 % и в сентябре – 78 %. Таким образом, на протяжении вегетационного периода в среднем наблюдается постепенный рост среднемесячной влажности воздуха. Своих максимальных значения среднемесячная влажность воздуха достигала в

2020 году с мая по август. Ход среднесуточной влажности воздуха за 2018-2023 годы показан на рисунке 3.6.

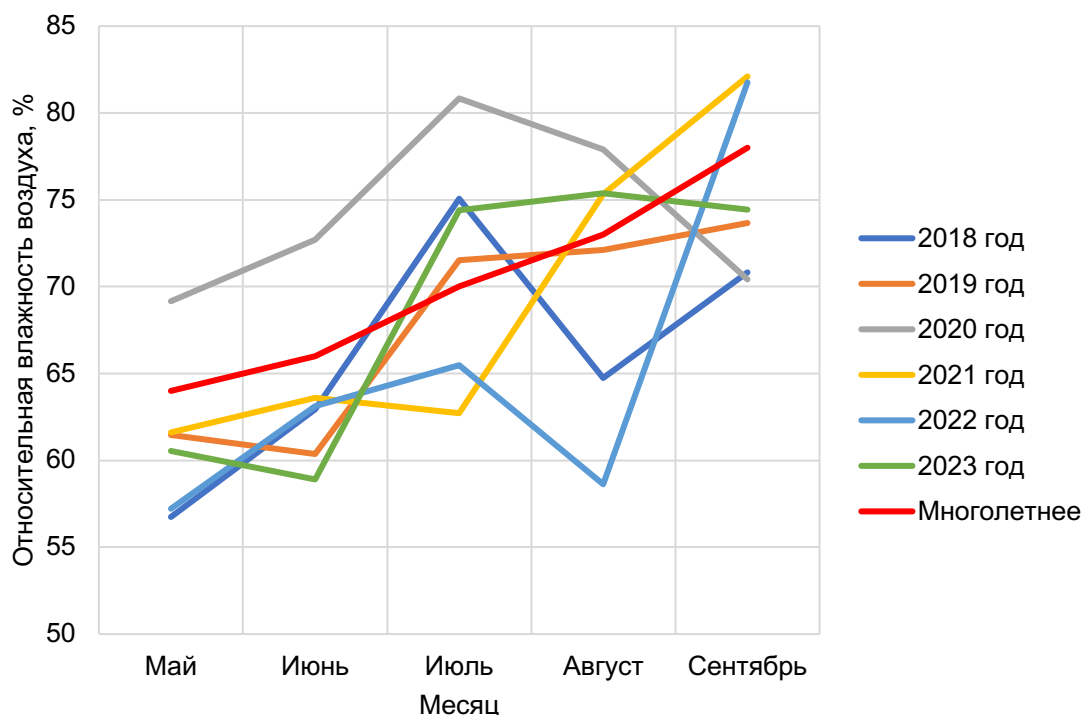


Рисунок 3.5. Среднемесячная относительная влажность воздуха за вегетационный период по годам исследований

Кроме относительной влажности воздуха, с водопотреблением культур и с параметрами режимов орошения связан дефицит влажности воздуха. Среднемесячные значения дефицита влажности воздуха за годы исследований показаны на рисунке 3.7. За 2018-2023 годы среднемесячные значения дефицита насыщения воздуха в мае составили 6,7 гПа, в июне – 8,6 гПа, в июле – 6,8 гПа, в августе 7,0 гПа и в сентябре 4,1 гПа. Таким образом, в среднем с мая по июнь происходит увеличение среднемесячного дефицита насыщения воздуха, с дальнейшим понижением к окончанию вегетационного периода. Своих максимальных значений данный показатель достигал в августе 2022 года – 10,6 гПа, в июне 2019 года – 10,7 гПа и в августе 2018 года – 9,8 гПа.

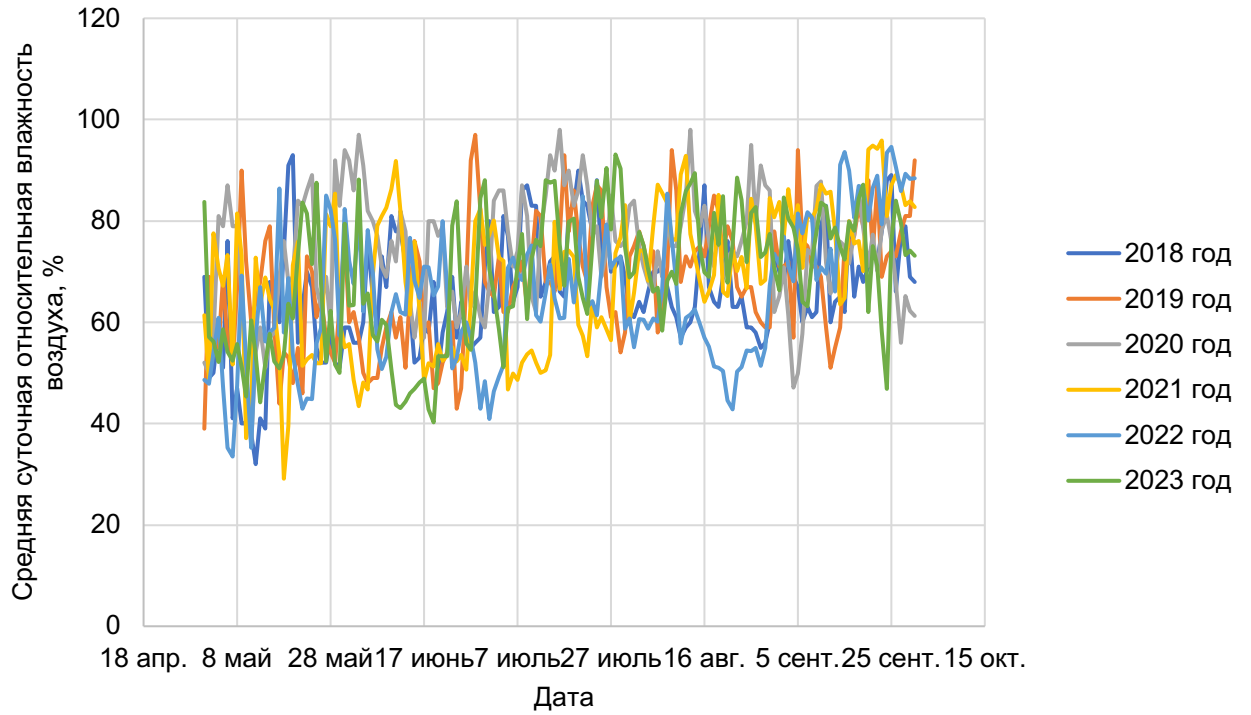


Рисунок 3.6. Динамика среднесуточной относительной влажности воздуха по годам исследований

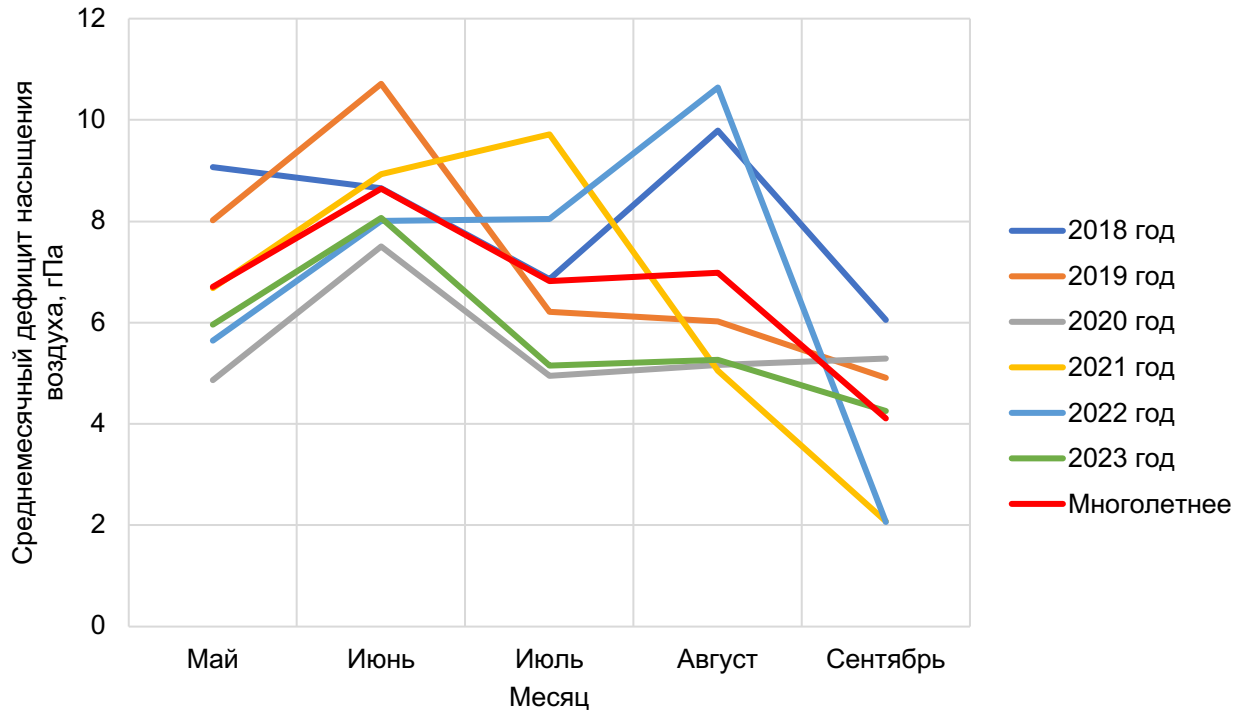


Рисунок 3.7. Среднемесячный дефицит насыщения воздуха по годам исследований

Динамика среднесуточного дефицита насыщения воздуха за вегетационный период по годам исследований показана на рисунке 3.8. Максимумов среднесуточные значения достигали в 18 мая 2021 года – 22,0 гПа, 2 сентября 2020 года – 18,1 гПа, 20 июня 2019 года – 17,8 гПа. Минимальные среднесуточные значения дефицита влажности воздуха достигались, например, 28 июня 2019 года – 0,4 гПа, 16 июля 2020 года – 0,4 гПа, 28 июля 2023 года – 0,6 гПа. Минимумы дефицита насыщения воздуха совпадают с периодами высоких значений среднесуточных температур и, как правило, с продолжительным отсутствием продуктивных осадков.

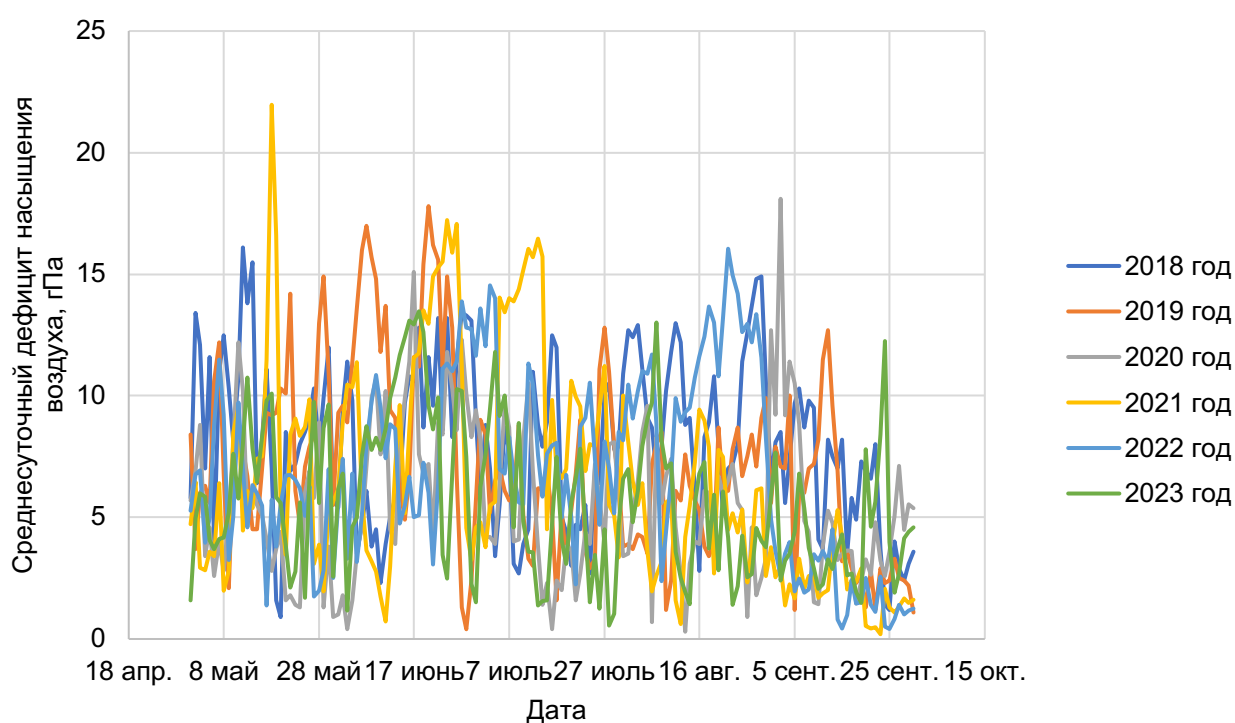


Рисунок 3.8. Динамика среднесуточного дефицита насыщения воздуха по годам исследований

Широкое применение для оценки влагообеспеченности территорий находит гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК) [Ионова с соавт., 2019; Дериглазова, Боева, 2020; Галеева с соавт., 2023]. Считается, что агроклиматические условия являются засушливыми при ГТК < 1,0. Среднемесячные значения гидротермического коэффициента по годам исследования показаны на рисунке 3.9. Многолетние усредненные значения по месяцам составили: в мае – 1,5, в июне – 1,5, в июле – 1,5, в августе – 1,5 и в

сентябре – 1,9. Анализ усредненных данных показывает, что за годы исследований в течение вегетационного периода наблюдается достаточное увлажнение. Но рассмотрение среднемесячного хода ГТК по отдельным годам показывает, что в отдельные месяцы наблюдается дефицит влаги, например, май 2018 года – 0,9, август 2022 года – 0,11, август 2018 года – 0,3, сентябрь 2023 года – 0,3.

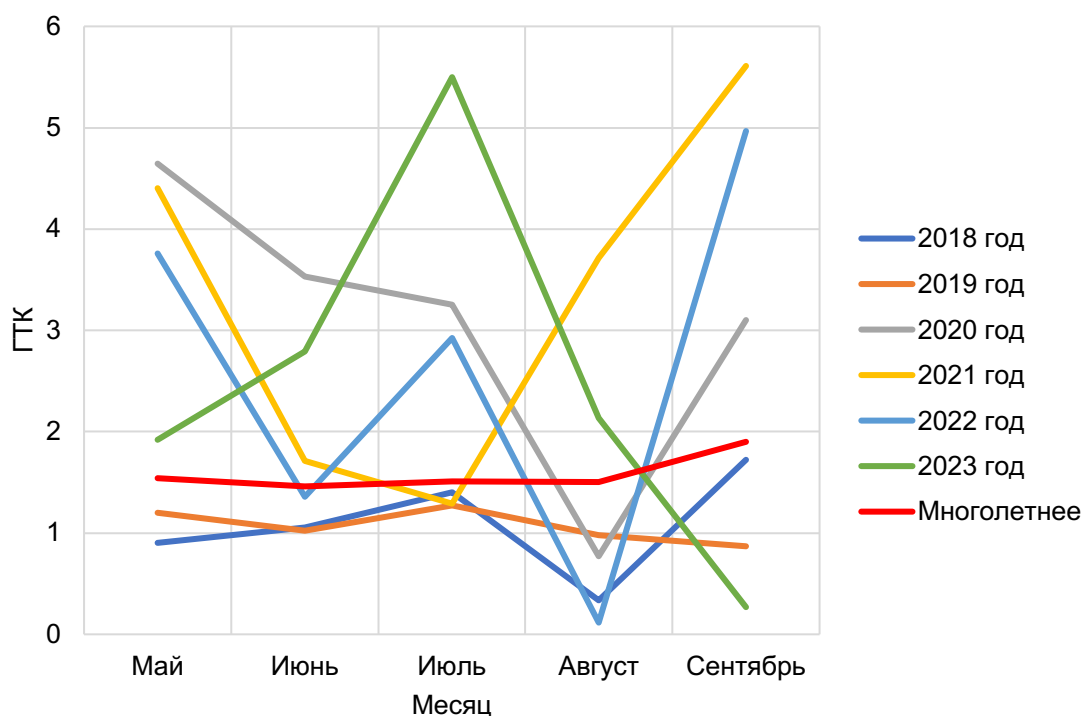


Рисунок 3.9. Среднемесячные значения гидротермического коэффициента Г.Т. Селянинова за вегетационный период по годам исследований

В качестве дополнительной оценки влагообеспеченности территорий применяется коэффициент естественной увлажненности территории (КУ), предложенный Д.И. Шашко [Мелиорация и водное хозяйство..., 1990]. Среднемесячные значения коэффициента увлажнения Д.И. Шашко за вегетационный период по годам исследований показаны на рисунке 3.10. Когда КУ < 0,5 возникает потребность в проведении дополнительного увлажнения путем проведения орошения. Средние многолетние значения КУ по месяцам составляют: май – 0,66, июнь – 0,86, июль – 0,88, август – 1,33 и сентябрь – 1,7. В ряду наблюдений имеются отдельные годы, в которые на протяжении всего вегетационного периода коэффициент увлажнения не превышает 0,5. Такими

годами являются 2018 год – средний за вегетационный период КУ составил 0,25 и 2019 год – средний за вегетационный период КУ – 0,25. В остальные годы имеются отдельные периоды, когда КУ понижается менее 0,5. Например, в 2022 году в августе – 0,02, в июле 2021 года – 0,29, в мае 2023 года – 0,41.

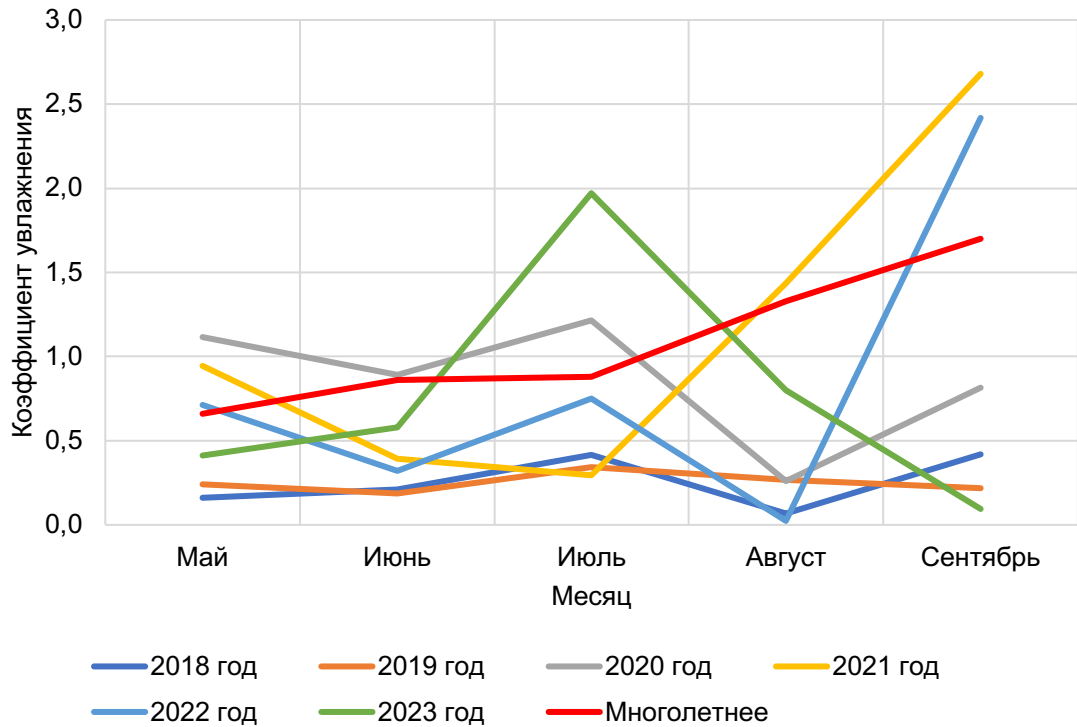


Рисунок 3.10. Среднемесячные значения коэффициента увлажнения Д.И. Шашко за вегетационный период по годам исследований

Анализ агроклиматических показателей (температура воздуха, количество осадков, относительная влажность воздуха, дефицит насыщения воздуха) как за годы исследований (2018-2023), так и многолетних показывает, что в течение вегетационного сезона имеются отдельные периоды, когда создаются условия с недостаточным количеством поступающей влаги на фоне высоких среднесуточных температур и продолжительного отсутствия продуктивных атмосферных осадков. Рассчитанные среднемесячные гидротермические коэффициенты Г.Т. Селянинова и коэффициенты увлажнения Д.И. Шашко также подтверждают наличие периодов с недостаточным увлажнением, когда требуется проведение оросительных мероприятий [Дубенок с соавт., 2023^д].

3.2. Оценка обеспеченности территории теплом и влагой

Для того, чтобы определить необходимость проведения оросительной мелиорации, нужно изучить вероятность появления засушливых и стрессовых условий, а также степень их влияния на индивидуальное развитие выращиваемой сельскохозяйственной или плодовой культуры. В рамках проводимого исследования частота наступления засушливых периодов оценивалась с применением вероятностного метода, который заключается в расчёте обеспеченности. Расчеты проводились за вегетационный период плодово-ягодных культур, то есть, когда фиксировались положительные значения среднесуточных температур воздуха. Во всех проводимых расчетах использовались данные наблюдений Метеорологической обсерватории имени В.А. Михельсона за 30 лет (период с 1993 по 2022 годы).

Сумма активных температур – показатель, характеризующий количество поступающего тепла. Для периода с мая по сентябрь 2023 года обеспеченность территориями активными температурами представлена на рисунке 3.11. Например, в литературе сообщается, что для плодоношения ранних сортов малины необходимо от 1179 до 1305 °С активных температур, а для поздних – от 1217 до 1433 °С [Антипенко, 2020]; для сливы начало листопада наступает при сумме активных температур 2400-2500 °С [Осипов, Осипова, 2011]. В 50 % случаев для опытного участка годы характеризуются суммой активных температур, превышающих 2650 °С, что является достаточным для выращивания плодово-ягодных культур в условиях центрального района Нечерноземной зоны России.

Обеспеченность территории осадками за вегетационный период (с мая по сентябрь) показана на рисунке 3.12. Осадки вегетационного периода являются важной составляющей водного баланса при выращивании сельскохозяйственных культур [Шабанов, Шершеев, 2009]. От количества выпадающих осадков в отдельные годы зависят такие характеристики режима орошения, как поливные нормы и повторяемость поливов. За 30-летний период метеорологических наблюдений наибольшее количество осадков составило 593 мм, а наименьшее –

198 мм. В целом годы, характеризующиеся количеством выпадающих осадков более 400 мм за вегетационный период, встречаются с вероятностью 35 %.

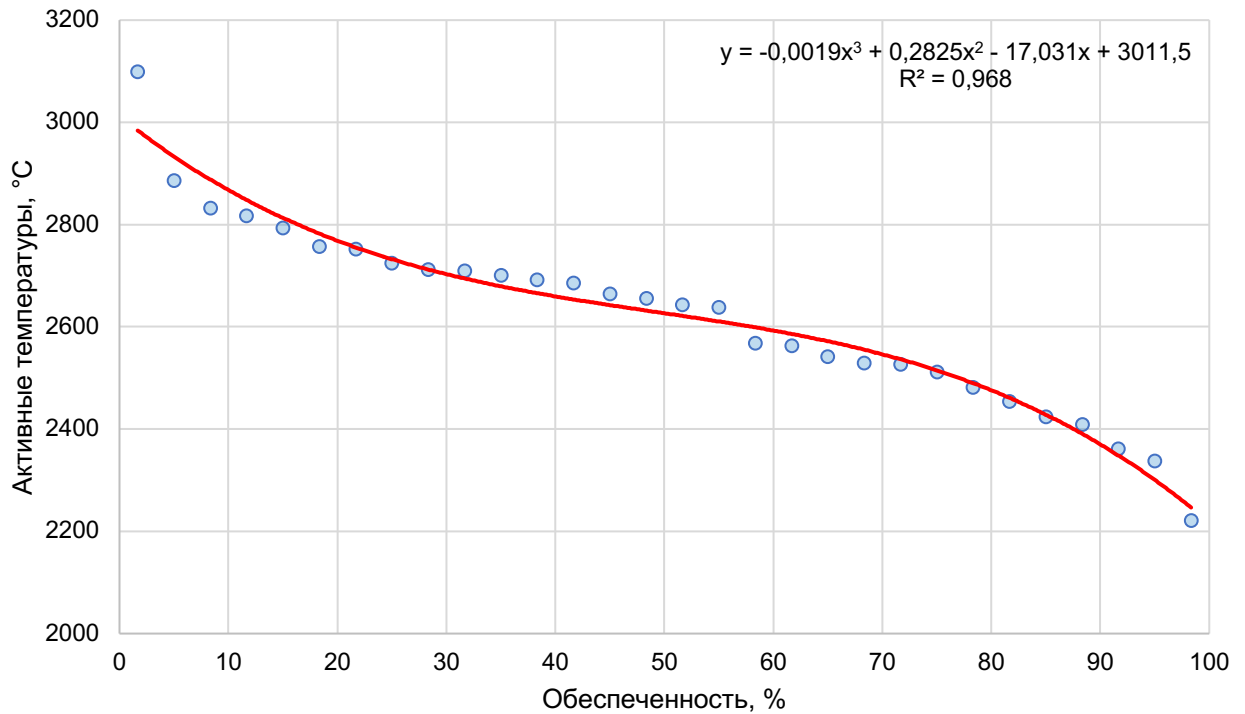


Рисунок 3.11. Обеспеченность активными температурами с 1993 по 2022 годы

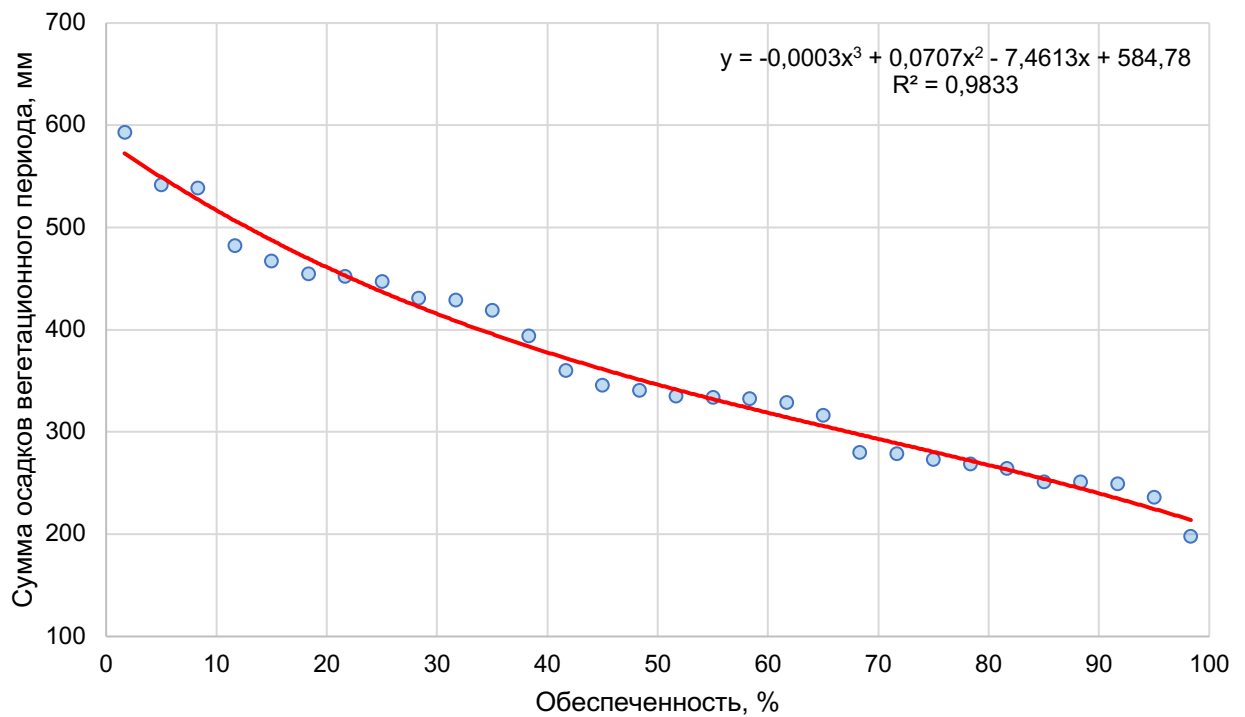


Рисунок 3.12. Обеспеченность осадками вегетационного периода (с мая по сентябрь) с 1993 по 2022 годы

Кривая обеспеченности территории влагой по разности суммы осадков и испарения за вегетационный период с 1993 по 2022 годы показана на рисунке 3.13. Согласно эмпирической кривой обеспеченности в 63 % случаев наблюдается дефицит влаги и только в 37 % случаев разность между суммой осадков и испарением имеет положительное значение. Считается, что потребность во влаге для роста и развития саженцев плодовых и ягодных культур является очень высокой, так как они имеют неглубокую корневую систему и нуждаются в устойчивом, хорошем увлажнении верхнего слоя почвы глубиной до 0,3-0,5 м [Дубенок с соавт., 2023^В].

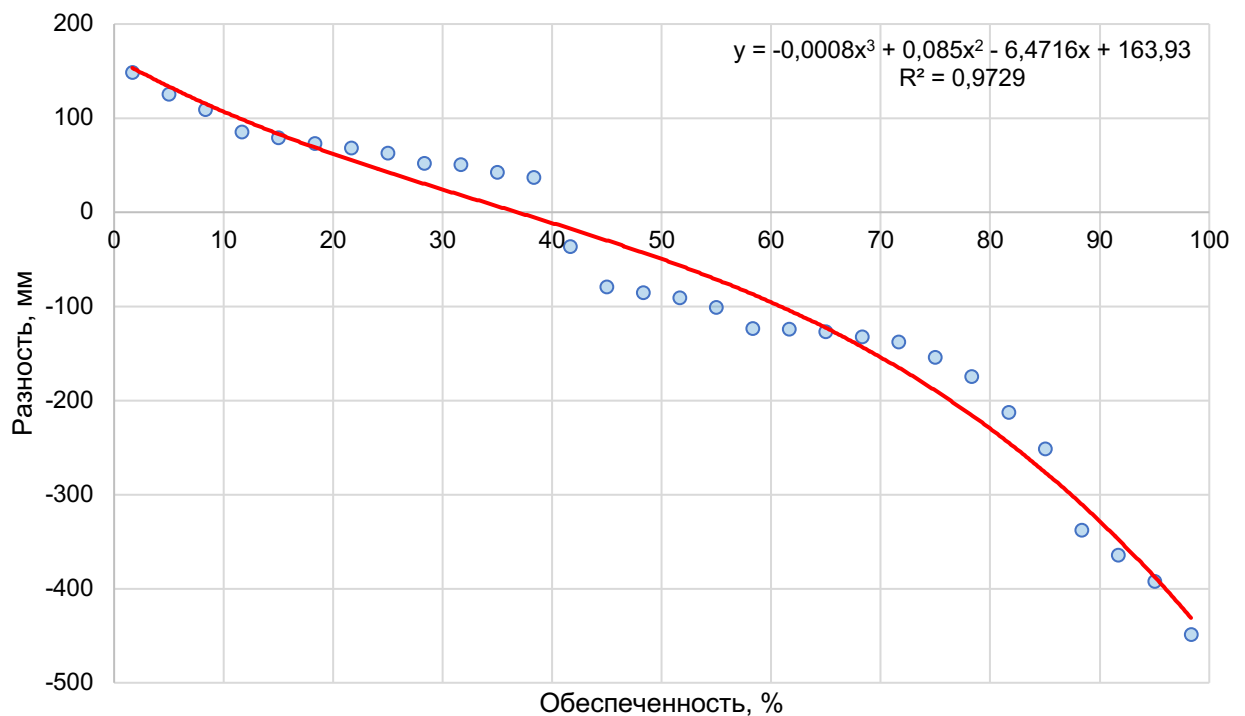


Рисунок 3.13. Обеспеченность влагой по разности суммы осадков и испарения (с мая по сентябрь) с 1993 по 2022 годы

Вероятностные характеристики обеспеченности территории Мичуринского сада теплом и влагой по гидротермическому коэффициенту Г.Т. Селянинова показаны на рисунке 3.14. За вегетационный период избыточное увлажнение ($ГТК > 1,3$) наблюдается в 48 % случаев, обеспеченное увлажнение ($1,0 < ГТК < 1,3$) – в 30 % случаев и засушливые условия – в 22 % случаев. ГТК является не единственным показателем, позволяющим оценивать обеспеченность территории

теплом и влагой, в сельском хозяйстве и садоводстве для принятия решения необходимо ориентироваться и на другие критерии.

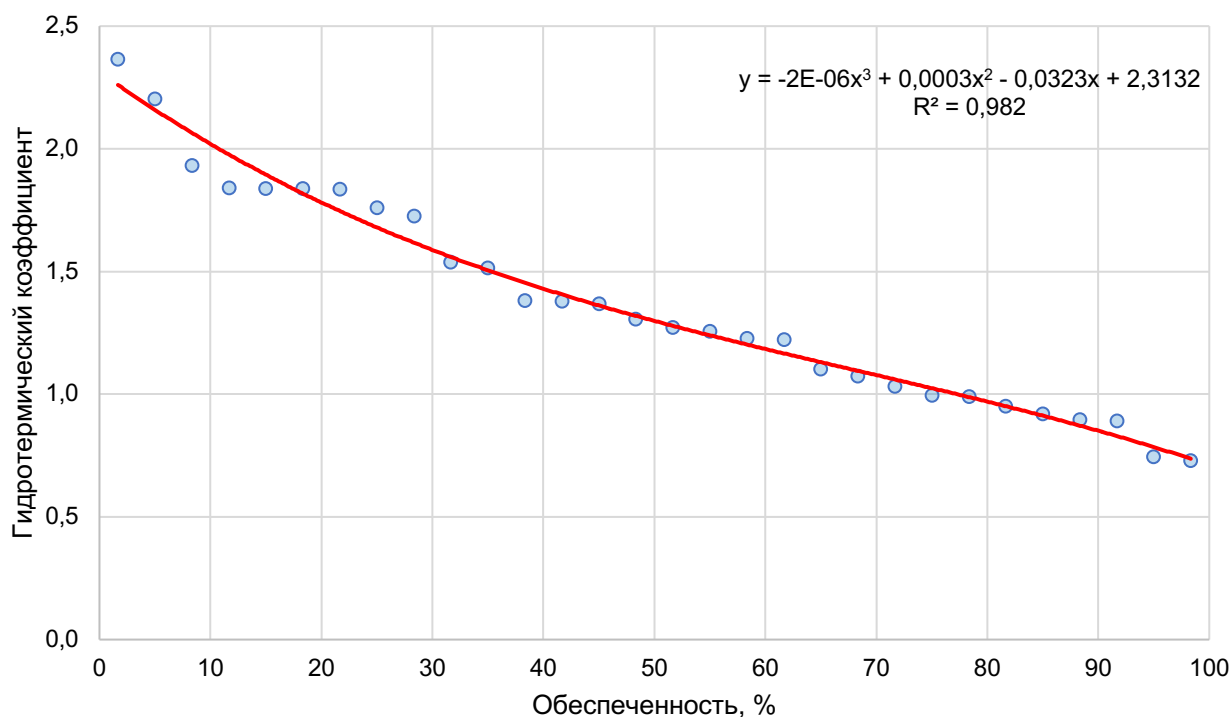


Рисунок 3.14. Обеспеченность влагой по гидротермическому коэффициенту Г.Т. Селянинова (с мая по сентябрь) с 1993 по 2022 годы

Обеспеченность территории влагой по коэффициенту естественного увлажнения Д.И. Шашко за вегетационный период показано на рисунке 3.15. Для рассмотренных вегетационных периодов в 92 % случаев они характеризуются избыточным увлажнением ($KУ > 0,6$), а в 8 % случаев – достаточным увлажнением ($0,6 < KУ < 0,45$). Усредненные за 30-летний период данные подекадной динамики коэффициента естественной увлажненности Д.И. Шашко показывают, что средние значения находятся в диапазоне от 0,5 до 1,5. При этом минимальные декадные значения коэффициента на протяжении всего вегетационного периода могут достигать нулевых значений, т.е. возникают максимально засушливые условия, когда необходимо проведение орошения. Такие периоды часто могут сопровождаться высокими значениями температуры атмосферного воздуха, когда ягодные культуры характеризуются наибольшим водопотреблением. Среднедекадные значения коэффициента естественной увлажненности

Д.И. Шашко за 30-летний ряд наблюдений имеют высокую изменчивость. Коэффициент вариации изменяется в пределах от 80 до 134 %.

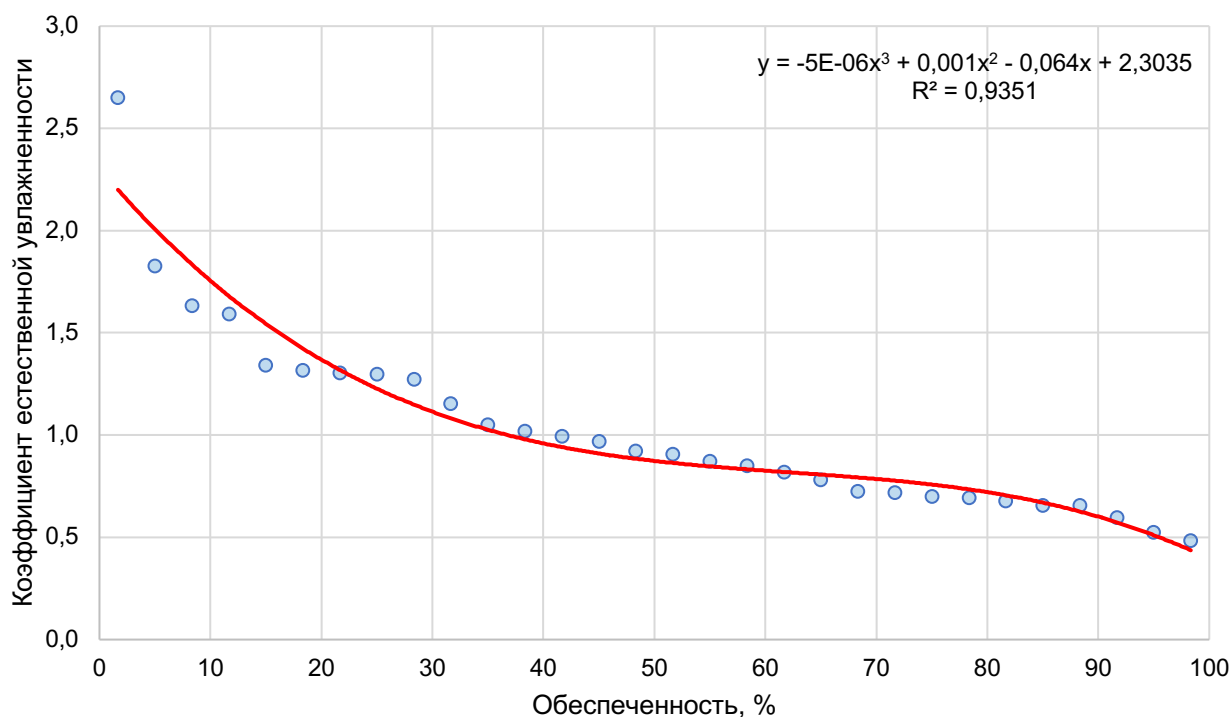


Рисунок 3.15. Обеспеченность влагой по коэффициенту естественной увлажненности Д.И. Шашко (с мая по сентябрь) с 1993 по 2022 годы

Проведенный анализ оценки влагообеспеченности территории Мичуринского сада РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева и отношение саженцев плодовых и ягодных культур к засухе демонстрируют необходимость увлажнения корнеобитаемого слоя почвы даже в зонах избыточного увлажнения, когда на протяжении вегетационного периода встречаются отдельные периоды с недостаточным и неравномерным атмосферным увлажнением.

Выводы по главе

1. Анализ агроклиматических показателей (температура воздуха, количество осадков, относительная влажность воздуха, дефицит насыщения воздуха) показывает, что в течение вегетационного сезона имеются отдельные периоды, когда создаются условия с недостаточным количеством поступающей влаги на фоне высоких среднесуточных температур, пониженной относительной

влажности воздуха и продолжительного отсутствия продуктивных атмосферных осадков. Рассчитанные среднемесячные гидротермические коэффициенты Г.Т. Селянинова и коэффициенты увлажнения Д.И. Шашко также подтверждают наличие периодов с недостаточным увлажнением, когда требуется проведение оросительных мероприятий.

2. Проведенный анализ оценки теплообеспеченности и влагообеспеченности территории и отношение саженцев плодовых и ягодных культур (слива, вишня, малина, груша и яблоня) к засухе демонстрируют необходимость увлажнения корнеобитаемого слоя почвы даже в зонах избыточного увлажнения, когда на протяжении вегетационного периода встречаются отдельные периоды с недостаточным и неустойчивым атмосферным увлажнением.

4. ТЕХНОЛОГИЯ ОРОШЕНИЯ И ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ САЖЕНЦЕВ ПЛОДОВЫХ И ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР ПРИ КАПЕЛЬНОМ ПОЛИВЕ

4.1. Режимы капельного орошения

Определение режима орошения при капельном поливе основывается на определении частоты проведения поливов и величины поливных норм, которые зависят от водно-физических свойств почвы, а также от биологических особенностей выращиваемых плодовых и ягодных культур. Параметры разработанных режимов капельного орошения (поливные и оросительные нормы, количество поливов и межполивной период) в соответствии со схемами опытов для плодовых и ягодных культур представлены в таблице 4.1. На значения всех параметров режимов капельного орошения во все годы проведения исследований оказывало влияние равномерность распределения осадков на протяжении вегетационного периода и глубина промачивания почвы при поливе.

Таблица 4.1. Параметры режимов капельного орошения саженцев плодовых и ягодных культур на дерново-подзолистых почвах

Вариант опыта	Год исследований	Оросительная норма, м ³ /га	Средняя поливная норма, м ³ /га	Число поливов	Межполивной период, дни
Слива					
60-80 % НВ	2018	705	37,1	19	6
	2019	593	45,6	13	9
	2020	460	51,1	9	13
	Среднее	586	44,6	14	9
70-90 % НВ	2018	893	38,8	23	5
	2019	816	45,3	19	6
	2020	697	53,6	13	9
	Среднее	802	45,9	18	7
80-100 % НВ	2018	952	38,1	25	5
	2019	960	45,7	21	6
	2020	903	53,1	17	7
	Среднее	938	45,6	21	6
Вишня					
60-80 % НВ	2021	818	39	22	5
	2022	349	43,6	9	13
	2023	613	47,2	14	9
	Среднее	593	43,3	15	8

Вариант опыта	Год исследований	Оросительная норма, м ³ /га	Средняя поливная норма, м ³ /га	Число поливов	Межполивной период, дни
70-90 % НВ	2021	1029	39,6	27	4
	2022	513	42,8	13	9
	2023	848	47,1	19	6
	Среднее	797	43,2	20	6
80-100 % НВ	2021	1183	39,4	31	4
	2022	568	43,7	14	9
	2023	1119	46,6	25	5
	Среднее	957	43,2	23	5
Малина					
60-80 % НВ	2020	598	35,2	17	7
	2021	828	41,4	20	6
	2022	510	42,5	12	10
	Среднее	645	39,7	16	8
70-90 % НВ	2020	697	36,7	19	6
	2021	1115	42,9	26	5
	2022	624	44,6	14	9
	Среднее	812	41,4	20	6
80-100 % НВ	2020	816	37,1	22	5
	2021	1422	43,1	33	4
	2022	623	44,5	14	9
	Среднее	954	41,6	23	5
Груша					
60-80 % НВ	2011	1162	32,4	34	3
	2012	842	33,7	25	4
	2013	717	39,8	18	6
	Среднее	907	35,3	26	4
70-90 % НВ	2011	1511	32,9	46	2
	2012	1305	37,3	35	3
	2013	1013	39,0	26	4
	Среднее	1276	36,4	36	3
80-100 % НВ	2011	2128	34,9	61	2
	2012	1847	39,3	47	2
	2013	1318	41,2	32	3
	Среднее	1764	38,5	47	2
Яблоня					
60-80 % НВ	2011	1362	41,3	33	3
	2012	731	45,7	16	5
	2013	748	57,5	13	7
	Среднее	947	48,2	21	5
70-90 % НВ	2011	1665	40,6	41	2
	2012	1481	49,4	30	3
	2013	1463	58,5	25	4
	Среднее	1536	49,5	32	3

Для сливы в варианте опыта с влажностью корнеобитаемого слоя почвы 60-80 % НВ в среднем оросительная норма составила 586 м³/га со средней поливной нормой 44,6 м³/га при проведении 14 поливов с межполивным периодом 6 дней. В варианте опыта 70-90 % НВ средняя оросительная норма – 802 м³/га, средняя поливная норма 45,9 м³/га, среднее количество поливов – 18, а межполивной период 7 дней. В самом увлажняемом варианте 80-100 % НВ средняя оросительная норма – 938 м³/га, поливная норма – 45,6 м³/га, среднее число поливов – 21 и межполивной период – 6 дней.

В опытах по капельному поливу вишни усредненные значения параметров орошения за три года исследований в варианте 60-80 % НВ составили: оросительная норма – 593 м³/га, поливная норма – 43,3 м³/га, количество поливов – 15, межполивной период – 8 дней. В варианте 70-90 % НВ оросительная норма составила 848 м³/га, поливная норма – 43,2 м³/га, количество поливов – 20 и межполивной период – 6 дней. В варианте 80-100 % НВ оросительная норма составила 957 м³/га, поливная норма – 43,2 м³/га, количество поливов – 23 и межполивной период – 5 дней.

При капельном орошении малины средние значения параметров за три года исследования составили: оросительная норма – 645 м³/га, поливная норма – 39,7 м³/га, количество поливов – 16, межполивной период – 8 дней. В варианте 70-90 % НВ оросительная норма составила 812 м³/га, поливная норма – 41,4 м³/га, количество поливов – 14 и межполивной период – 9 дней. В варианте 80-100 % НВ оросительная норма составила 954 м³/га, поливная норма – 41,6 м³/га, количество поливов – 23 и межполивной период – 5 дней.

Усредненные характеристики параметров режимов капельного орошения груши и яблони получены на основе данных Е.В. Еремина [2015] и А.Ю. Бурмистровой [2013] соответственно, проводивших исследования также на территории Мичуринского сада РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Для саженцев груши в варианте опыта 60-80 % НВ средние значения параметров капельного орошения за три года исследований составили: оросительная норма – 907 м³/га, поливная норма – 35,3 м³/га, количество поливов – 26, межполивной

период – 4 дня. В варианте 70-90 % НВ оросительная норма составила 1276 м³/га, поливная норма – 36,4 м³/га, количество поливов – 36 и межполивной период – 3 дня. В варианте 80-100 % НВ оросительная норма составила 1764 м³/га, поливная норма – 38,5 м³/га, количество поливов – 47 и межполивной период – 2 дня.

В опыте с капельным орошением саженцев яблони в варианте опыта с поддержанием влажности корнеобитаемого слоя в диапазоне 60-80 % НВ значения параметров за три года исследований составили: оросительная норма – 947 м³/га, поливная норма – 48,2 м³/га, количество поливов – 21, межполивной период – 5 дней. В варианте 70-90 % НВ оросительная норма составила 1536 м³/га, поливная норма – 49,5 м³/га, количество поливов – 32 и межполивной период – 3 дня.

Отдельные параметры режимов капельного орошения взаимосвязаны между собой. При увеличении количества поливов происходит закономерное снижение межполивного интервала. С увеличением поддерживаемой влажности корнеобитаемого слоя также увеличивается значение оросительной нормы, так как требуется большее количество воды. Также соответственно повышение поливной нормы и количества поливов приводит к увеличению значений оросительной нормы.

По сравнению с имеющимися рекомендациями по орошению плодовых культур дождеванием применение капельного орошения демонстрирует значительную экономию поливной воды и обеспечивает равномерность ее поступления к возделываемым растениям. При поливе плодовых питомников дождеванием растения испытывают двойной стресс от периодичности и цикличности увлажнения почвы. Сначала растения находятся в стрессовых условиях в начале межполивного периода по причине избыточного увлажнения нормой 300-350 м³/га, а потом из-за недостатка влаги в конце межполивного периода, так как он составляет 20-25 дней. Кроме того, рекомендуемый режим орошения предполагает проведение всего 5-6 поливов, что в особо засушливые годы не позволяет поддерживать влажность почвы в оптимальном для растения диапазоне и обеспечивать наибольшую продуктивность [Дубенок с соавт., 2023^В]. Рассматриваемые в работе режимы капельного орошения позволяют не только

сократить межполивной период в среднем до 2-9 дней в зависимости от предполивного порога и увлажненности вегетационного периода, но и обеспечить поддержание влажности корнеобитаемого слоя почвы в заданных диапазонах.

Разработанные режимы орошения, а также динамика влажности почвы, поливные нормы, атмосферные осадки, ход среднесуточных температур и влажность воздуха для каждого года исследования и варианта опыта капельного полива для сливы графически визуализированы (рисунки 4.1-4.12) [Дубенок с соавт., 2023^В]. Построенные графики изменения погодных характеристик и параметров режимов капельного орошения за вегетационный период 2018 года (рисунки 4.1-4.4) указывают на поддержание влажности почвы орошаемых вариантов в заданных условиями опыта пределах: 60-80 % НВ, 70-90 % НВ и 80-100 % НВ. В ряде случаев влажность почвы превышает заданные верхние пределы из-за выпадения осадков после проведения поливов. Небольшое количество продуктивных осадков, высокая температура атмосферного воздуха и низкая относительная влажность воздуха приводили к падению влажности почвы меньше 40 % НВ на контрольном варианте, где поливы не проводились. В отдельные периоды вегетационного сезона 2018 года на контроле в слое почвы 0-30 см влажность падала ниже влажности завядания. Основным фактором повышения влажности почвы в контрольном варианте опыта являлось выпадение продуктивных осадков.

В вариантах опыта с капельным орошением в вегетационном периоде 2018 года наибольшей интенсивностью поливов характеризовались конец мая – начало июня, третья декада июня, вторая декада июля и первая половина августа. Суточные поливные нормы по вариантам опыта принимали следующие значения: в варианте 60-80 % НВ – 30,1-40,2 м³/га, в варианте 70-90 % НВ – 34,2-53,5 м³/га и в варианте 80-100 % НВ – 36,7-54,8 м³/га. Вместе с тем наибольшие суточные поливные нормы получены в результате выполнения двух поливов в ранние утренние и вечерние часы. Необходимость проведения двух поливов была связана с высоким водопотреблением, что обусловлено засушливыми условиям в вегетационном периоде 2018 года [Дубенок с соавт., 2023^В].

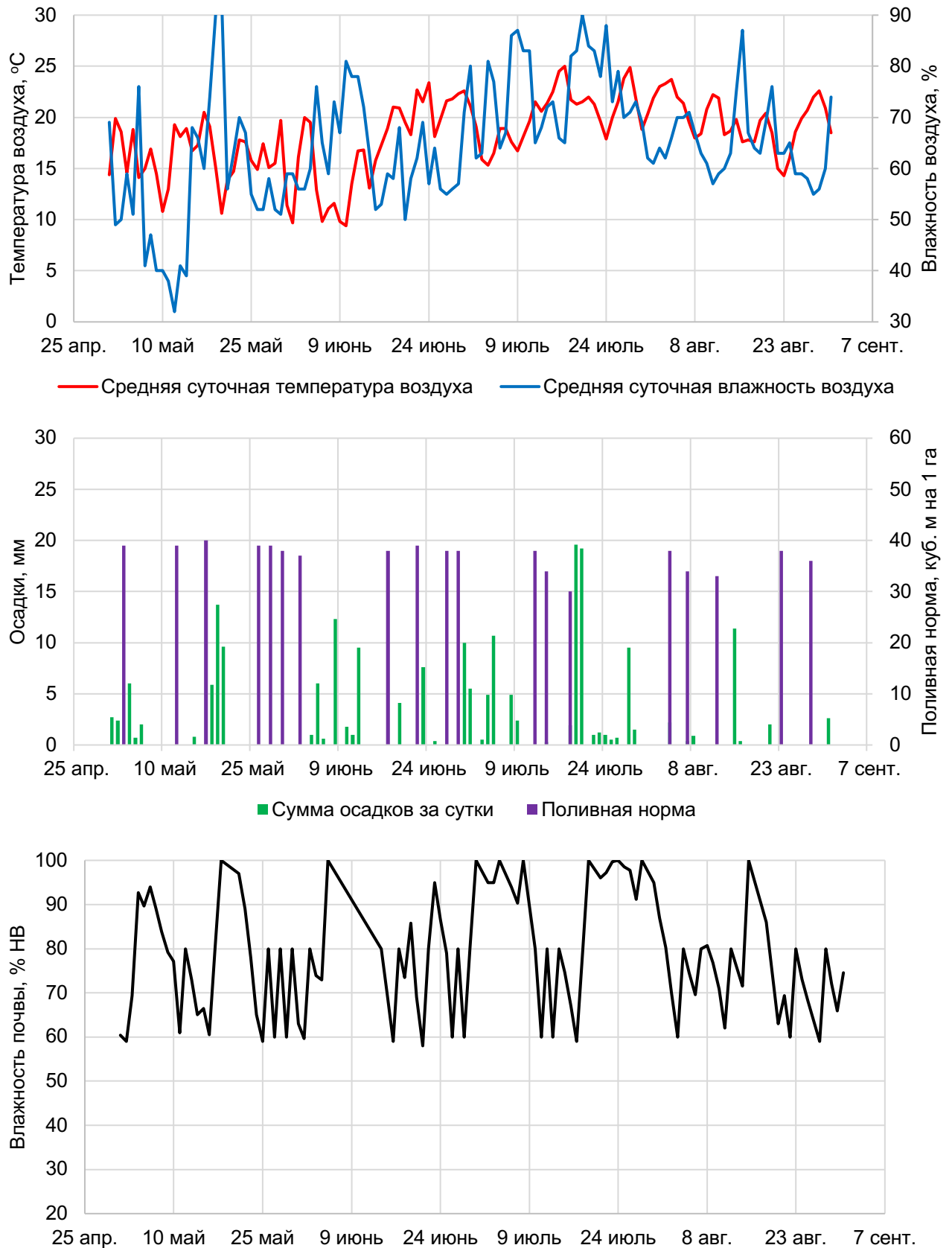


Рисунок 4.1. Динамика влажности почвы слоя 0-30 см и режим орошения однолетних саженцев сливы в I варианте опыта (60-80 % НВ), 2018 год

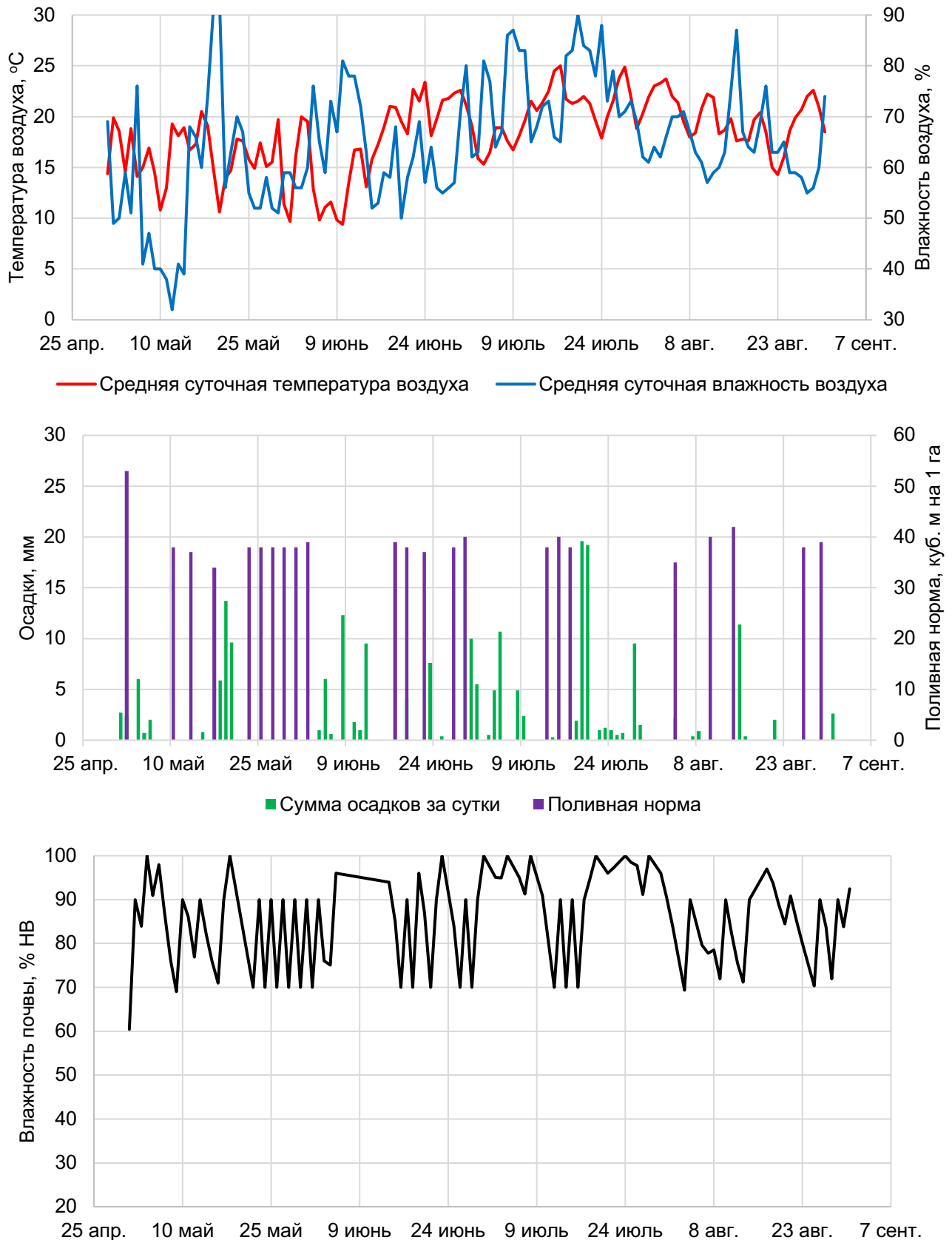


Рисунок 4.2. Динамика влажности почвы слоя 0-30 см и режим орошения однолетних саженцев сливы в II варианте опыта (70-90 % НВ), 2018 год

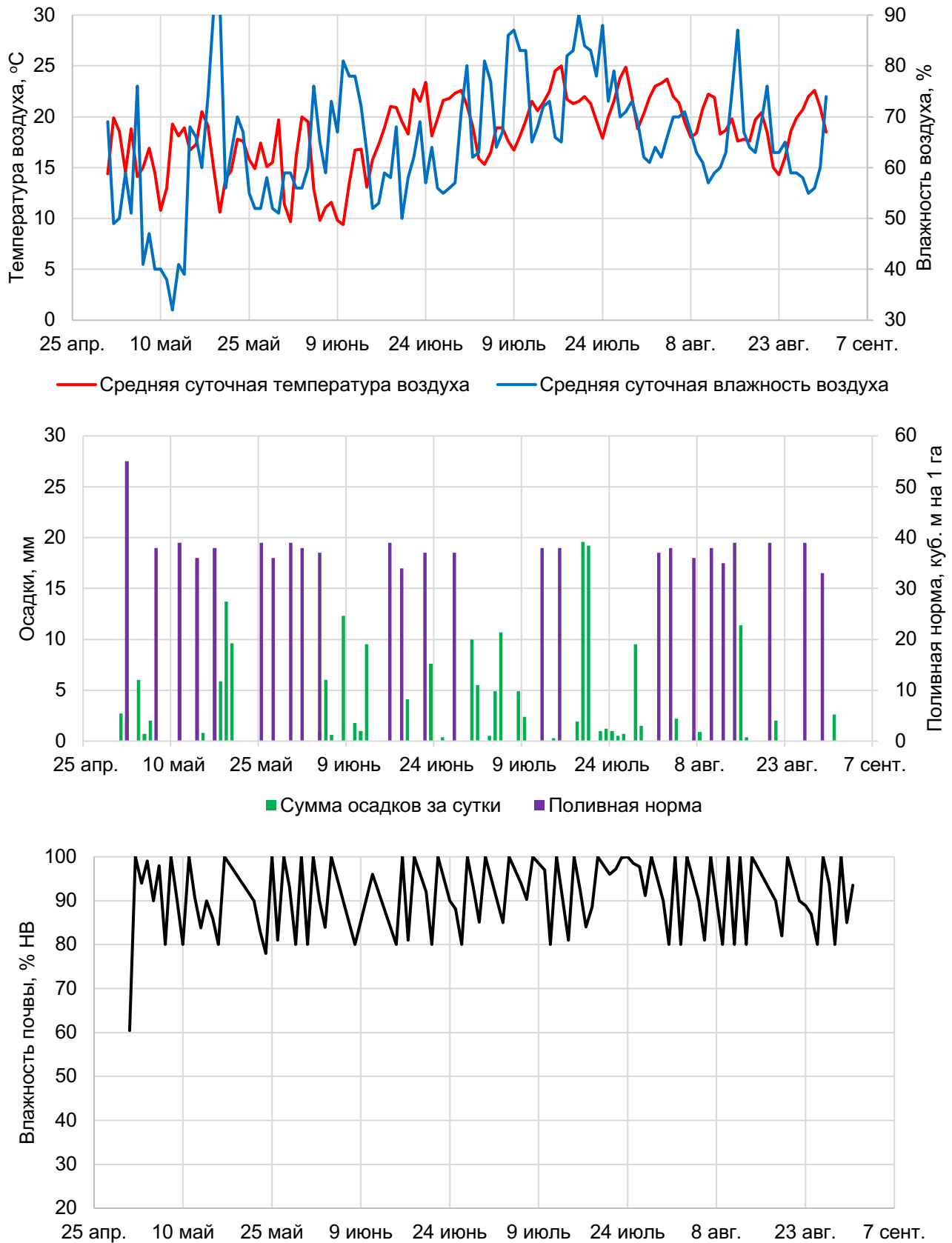


Рисунок 4.3. Динамика влажности почвы слоя 0-30 см и режим орошения однолетних саженцев сливы в III варианте опыта (80-100 % НВ), 2018 год

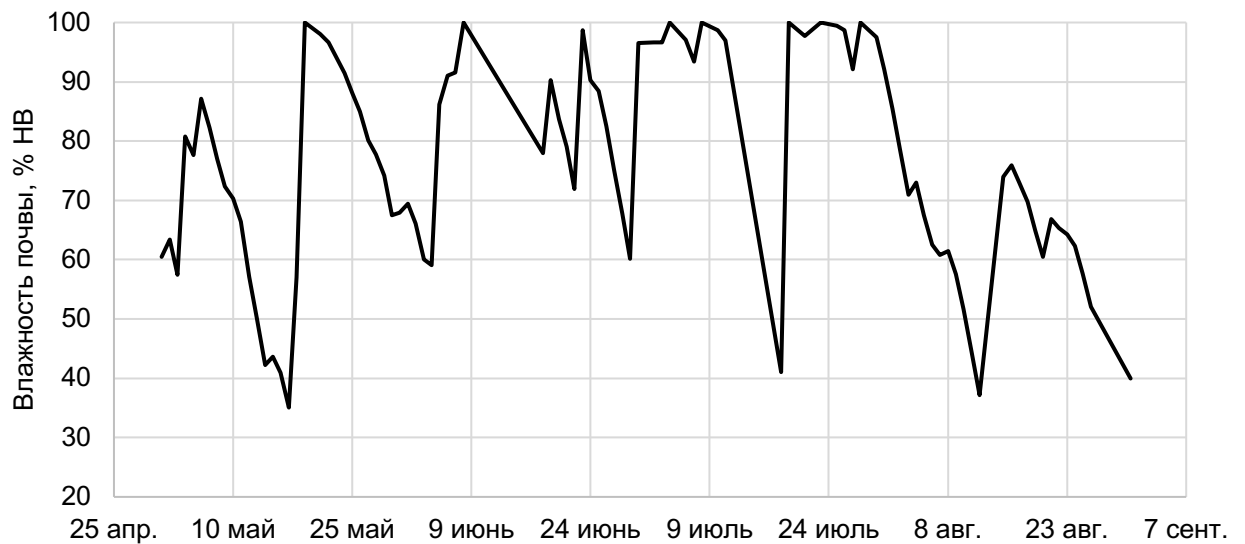
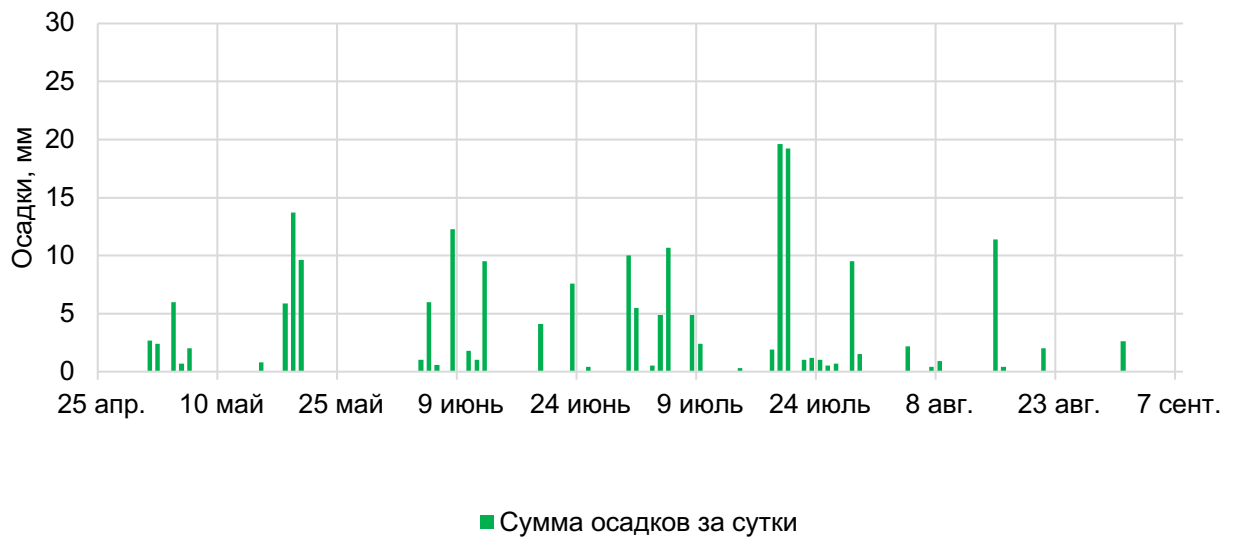
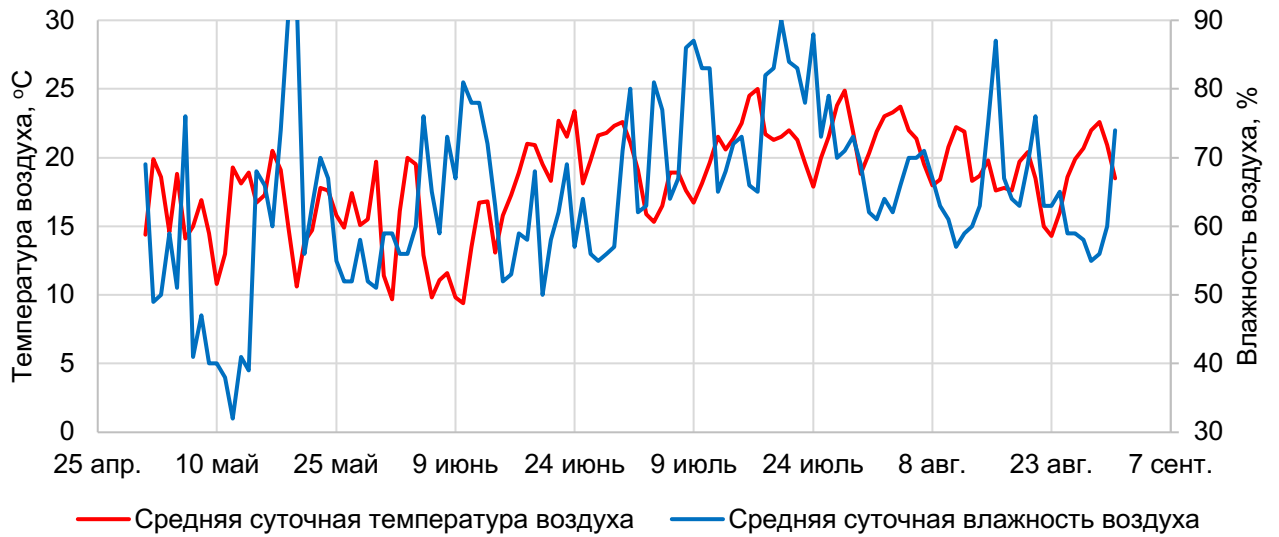


Рисунок 4.4. Динамика влажности почвы слоя 0-30 см и режим орошения однолетних саженцев сливы в IV варианте опыта (контроль без орошения), 2018 год

В конце августа во всех вариантах опыта с капельным орошением поливы полностью прекращались для подготовки саженцев к перезимовке. После прекращения поливов в течение сентября влажность почвы во всех вариантах опыта выравнивалась. Выравниванию влажности способствовали выпадающие в сентябре продуктивные атмосферные осадки.

Динамика основных погодных характеристик (среднесуточная температура атмосферного воздуха, количество осадков, относительная влажность воздуха) и параметров режимов капельного орошения для двухлетних саженцев сливы (2019 год) показаны на рисунках 4.5-4.8. По сравнению с 2018 годом в 2019 году вегетационный период был более влажным, поэтому количество проведенных поливов меньше. Наибольшим количеством поливов характеризуются третья декада мая, первая и третья декады июня на фоне высоких значения среднесуточных температур, низкой относительной влажности воздуха и отсутствия продуктивных осадков. Суточные значения поливных норм по вариантам опыта с капельным орошением имели следующие значения: в варианте 60-80 % НВ – 43,3-49,2 м³/га, в варианте 70-90 % НВ – 40,2-50,1 м³/га и в варианте 80-100 % НВ – 37,4-50,8 м³/га. На контрольном варианте опыта почва подвергалась сильному иссушению в периоды с конца мая по начало третьей декады июня и в начале первой декады августа. При этом сильному увлажнению на контроле почва подвергалась после выпадения ливневых осадков.

Сильные изменения влажности почвы, которые происходили на контрольном варианте опыта, проявляются в период интенсивного роста саженцев сливы в период с мая по июль. Чередование промежутков с иссушением почвы и ее чрезмерным переувлажнением оказывало существенное влияние на интенсивность и равномерность ростовых процессов растений сливы. На контроле влажность почвы ниже 40 % НВ понижалась в течение в третьей декаде мая, первой декаде июня и третьей декаде июня. В конце августа 2019 года поливы были прекращены для подготовки саженцев сливы к предстоящему зимнему периоду. На протяжении сентября (также как и в 2018 году) наблюдалось выравнивание влажности почвы по всем вариантам опыта: контроль, 60-80 % НВ, 70-90 % НВ и 80-100 % НВ.

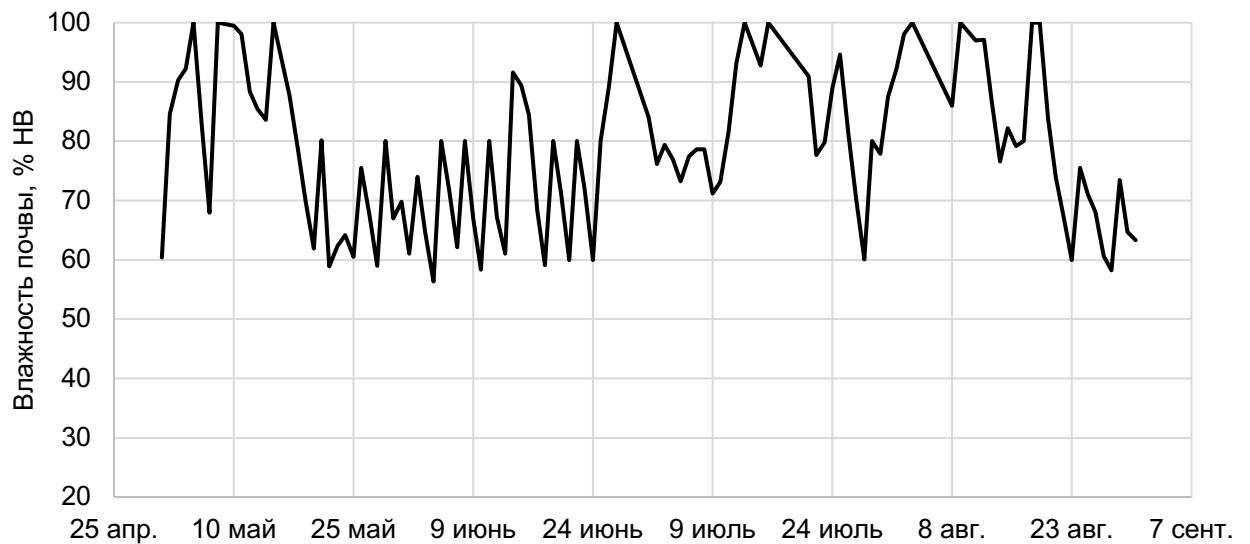
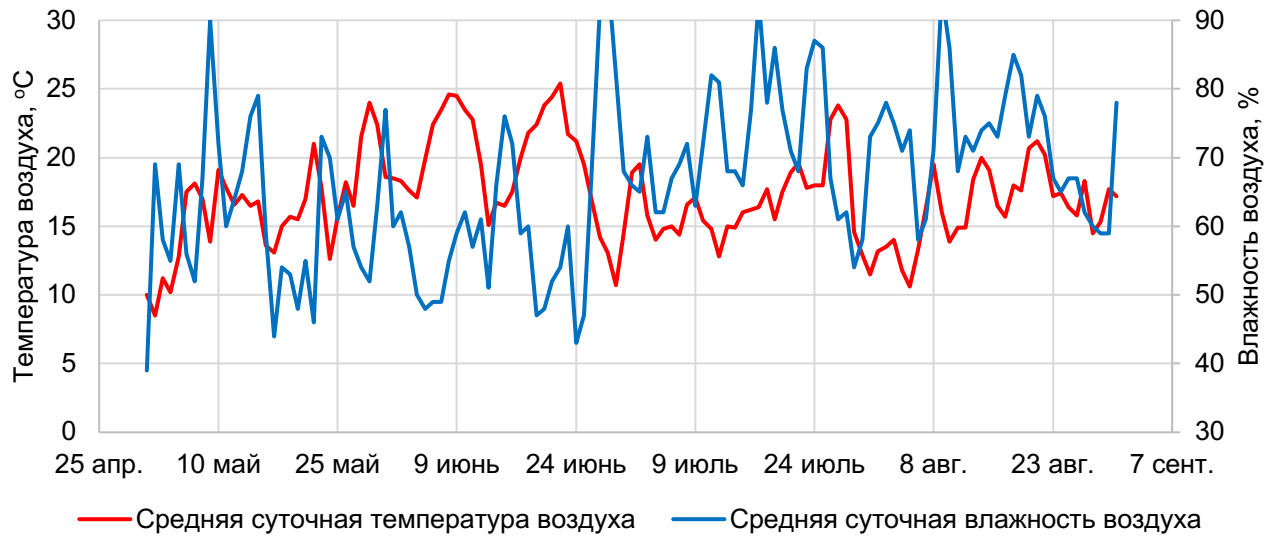


Рисунок 4.5. Динамика влажности почвы слоя 0-40 см и режим орошения двухлетних саженцев сливы в I варианте опыта (60-80 % НВ), 2019 год

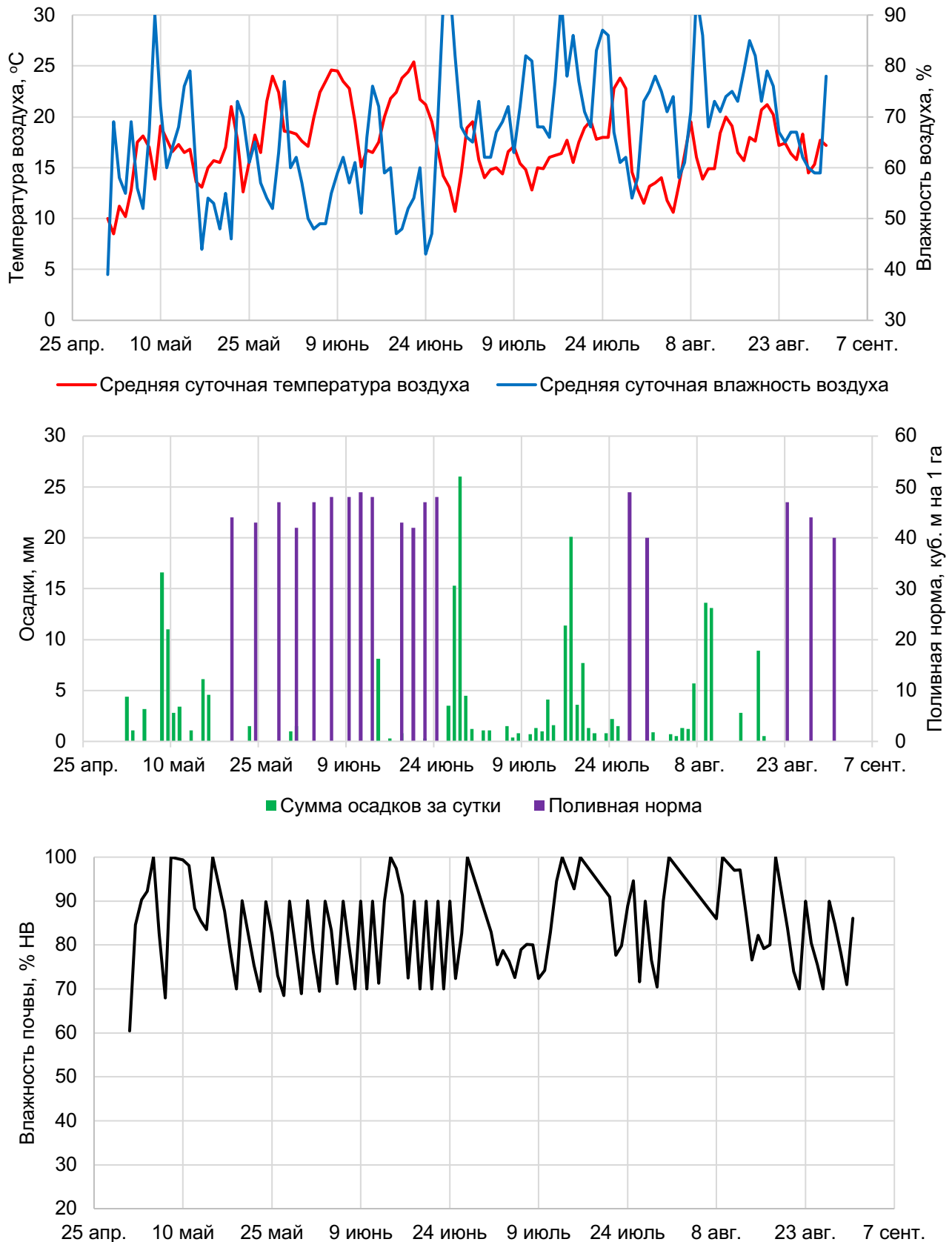


Рисунок 4.6. Динамика влажности почвы слоя 0-40 см и режим орошения двухлетних саженцев сливы в II варианте опыта (70-90 % НВ), 2019 год

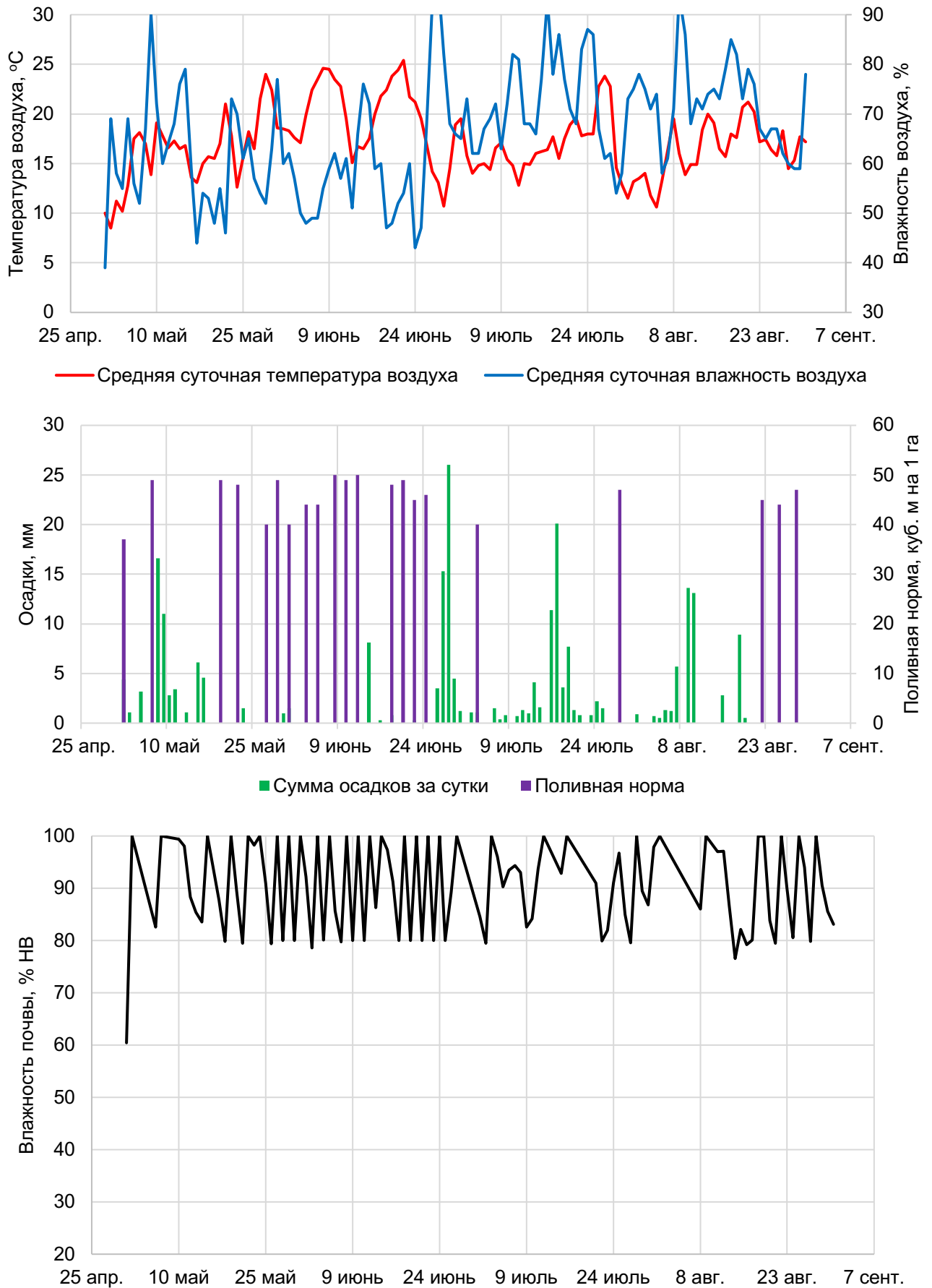


Рисунок 4.7. Динамика влажности почвы слоя 0-40 см и режим орошения двухлетних саженцев сливы в II варианте опыта (80-100 % НВ), 2019 год

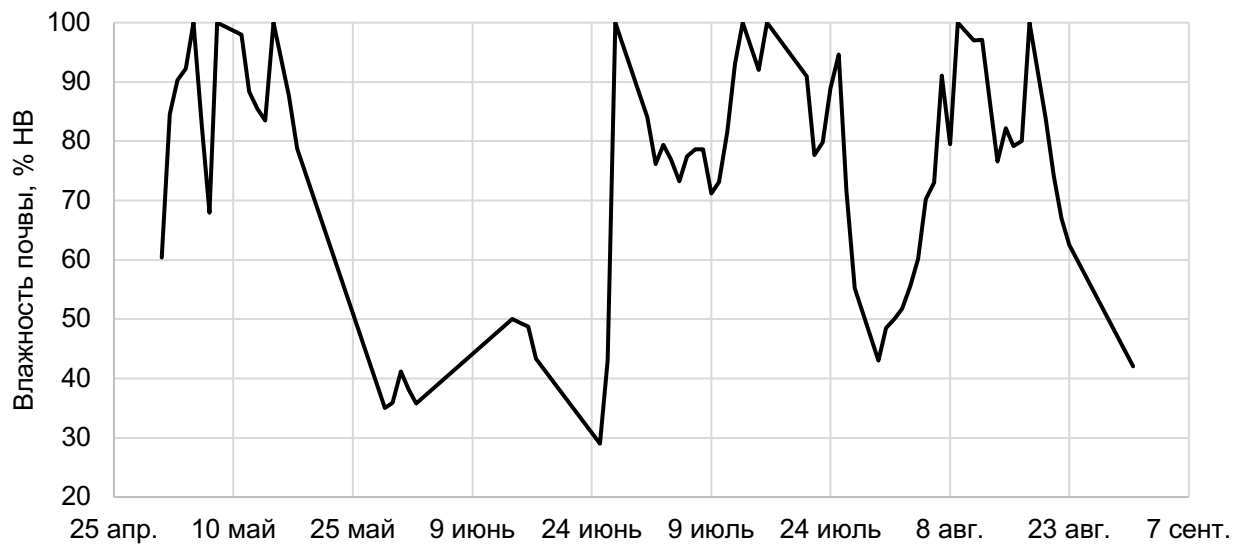
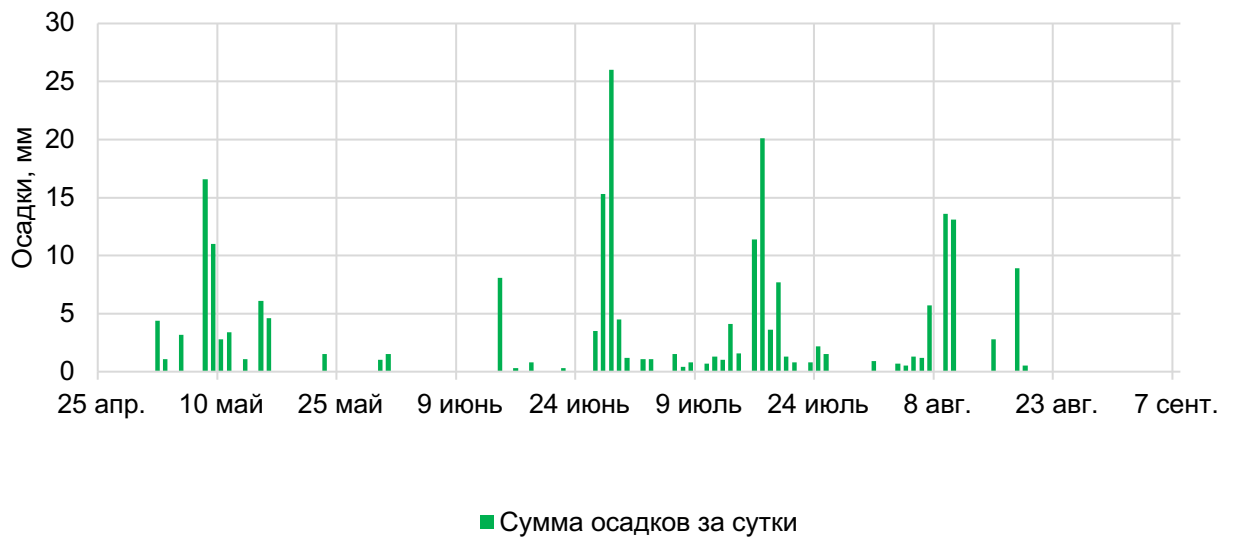
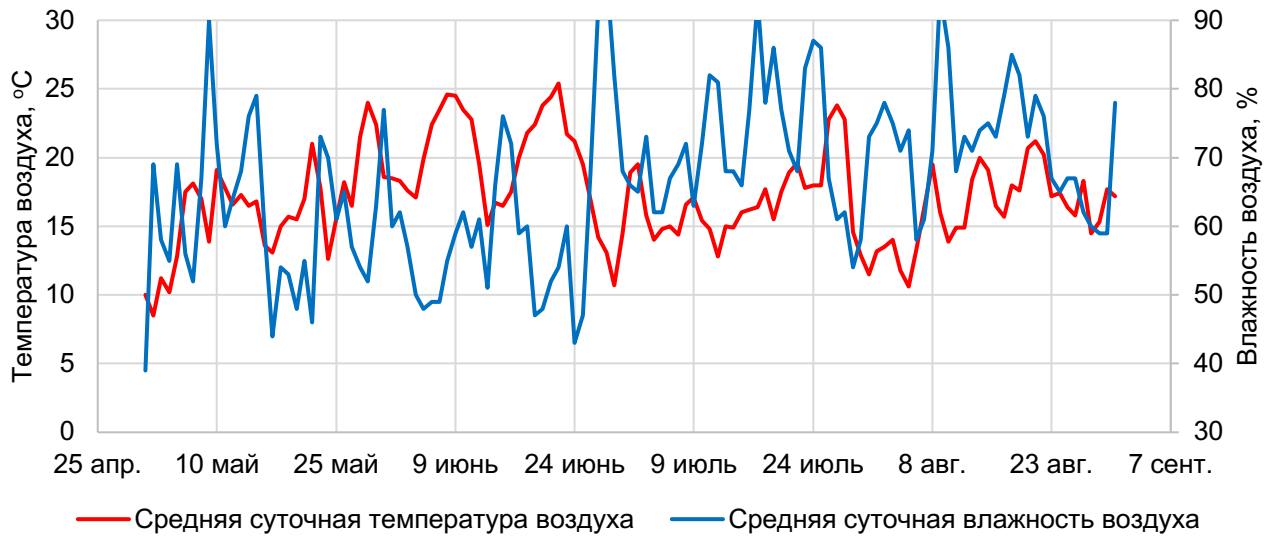


Рисунок 4.8. Динамика влажности почвы слоя 0-40 см и режим орошения двухлетних саженцев сливы в IV варианте опыта (контроль без орошения), 2019 год

Графические визуализации режимов орошения и метеорологических параметров по вариантам опыта выращивания трехлетних саженцев сливы в 2020 году представлены на рисунках 4.9-4.12. Глубина промачивания почвы в орошаемых вариантах для трехлетних саженцев составила 50 см. На контрольном варианте опыта (без орошения) влажность почвы понижалась меньше значения 40 % НВ один раз за вегетационный период (третья декада июня) на фоне отсутствия осадков и среднесуточных температур в диапазоне от +20 до +25 °С. Из-за частых выпадающих осадков на контроле влажность почвы достигала 100 % НВ практически на протяжении всех декад вегетационного периода.

В вариантах опыта с поддержанием влажности почвы корнеобитаемого слоя в диапазонах 60-80 % НВ, 70-90 % НВ и 80-100 % НВ влажность находилась в заданных диапазонах, кроме случаев, когда утренние поливы совпадали с выпадающими в дневное или вечернее время осадками. Суточные значения поливных норм по вариантам опыта составили: 60-80 % НВ – 47,2-53,4 м³/га, в варианте 70-90 % НВ – 46,1-63,3 м³/га и в варианте 80-100 % НВ – 45,8-68,7 м³/га. Наиболее часто поливы проводились в третьей декаде июне, когда среднесуточная температура воздуха была больше 20 °С, а относительная влажность воздуха менее 70 %, на фоне отсутствия выпадающих продуктивных атмосферных осадков.

Трехлетний полевой опыт показал, что проведение систематических поливов при капельном орошении дало возможность поддерживать влажность почвы на заданных условиями опыта уровнях (60-80 % НВ, 70-90 % НВ и 80-100 % НВ). Поддержание относительно стабильной влажности почвы способствовало снижению уровня влияния стрессовых условий, которым подвергаются растения в результате сильного колебания влажности почвы, ее периодического иссушения и увлажнения. Применение капельного полива позволило сократить межполивной период до 5-13 дней в зависимости от предполивного порога и увлажненности вегетационного периода, а также обеспечило поддержание влажности в необходимых диапазонах.

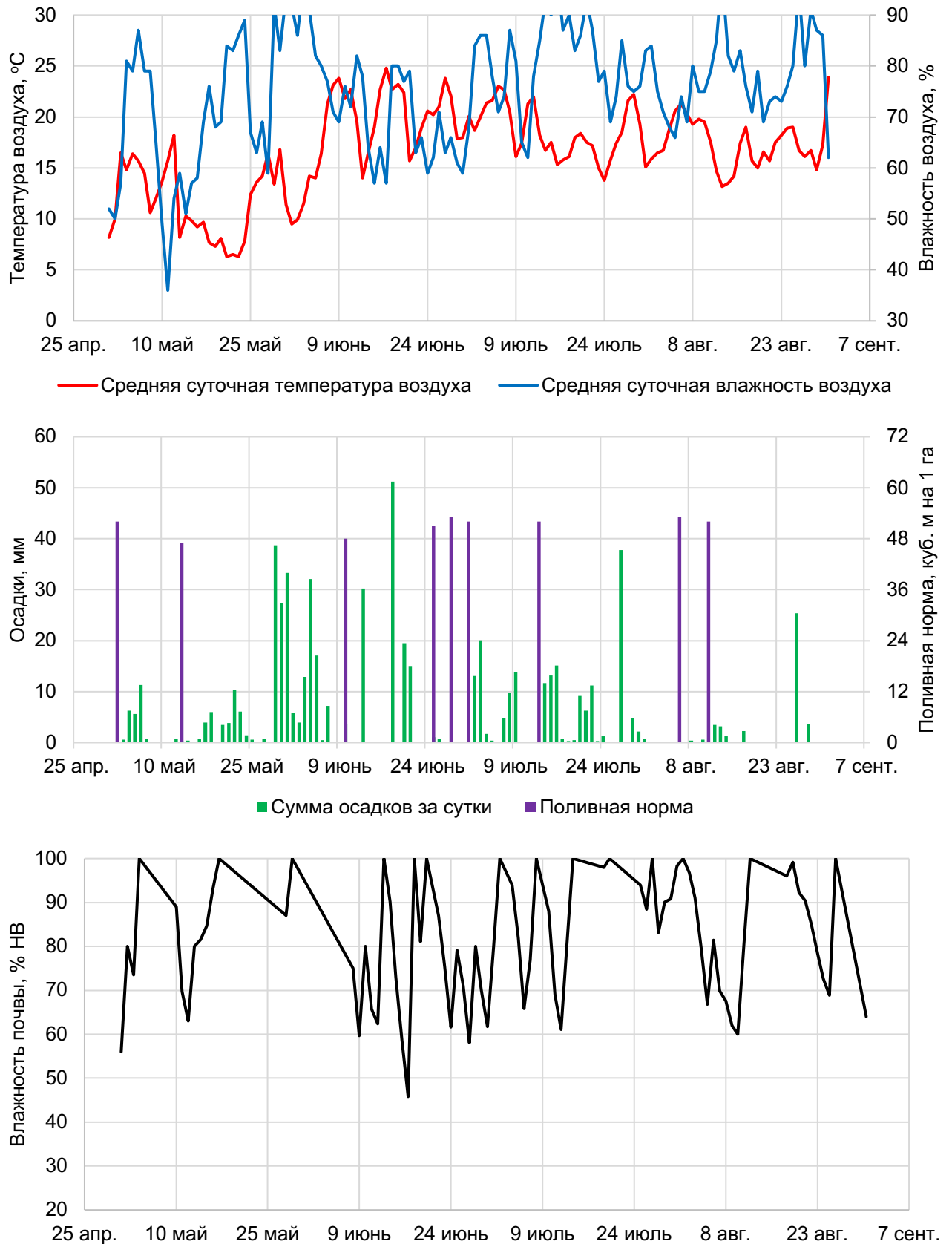


Рисунок 4.9. Динамика влажности почвы слоя 0-50 см и режим орошения трехлетних саженцев сливы в I варианте опыта (60-80 % НВ), 2020 год

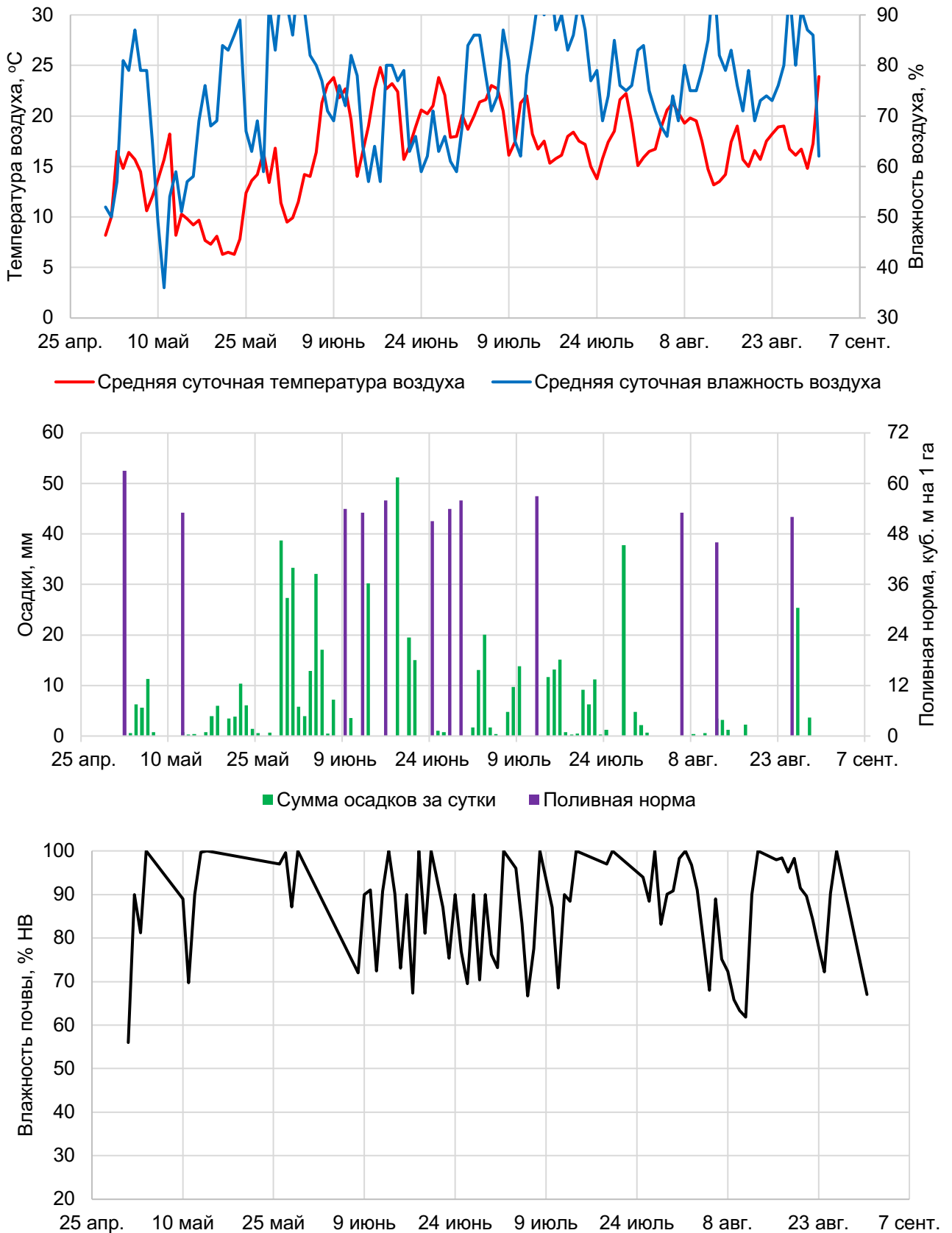


Рисунок 4.10. Динамика влажности почвы слоя 0-50 см и режим орошения трехлетних саженцев сливы в II варианте опыта (70-90 % НВ), 2020 год

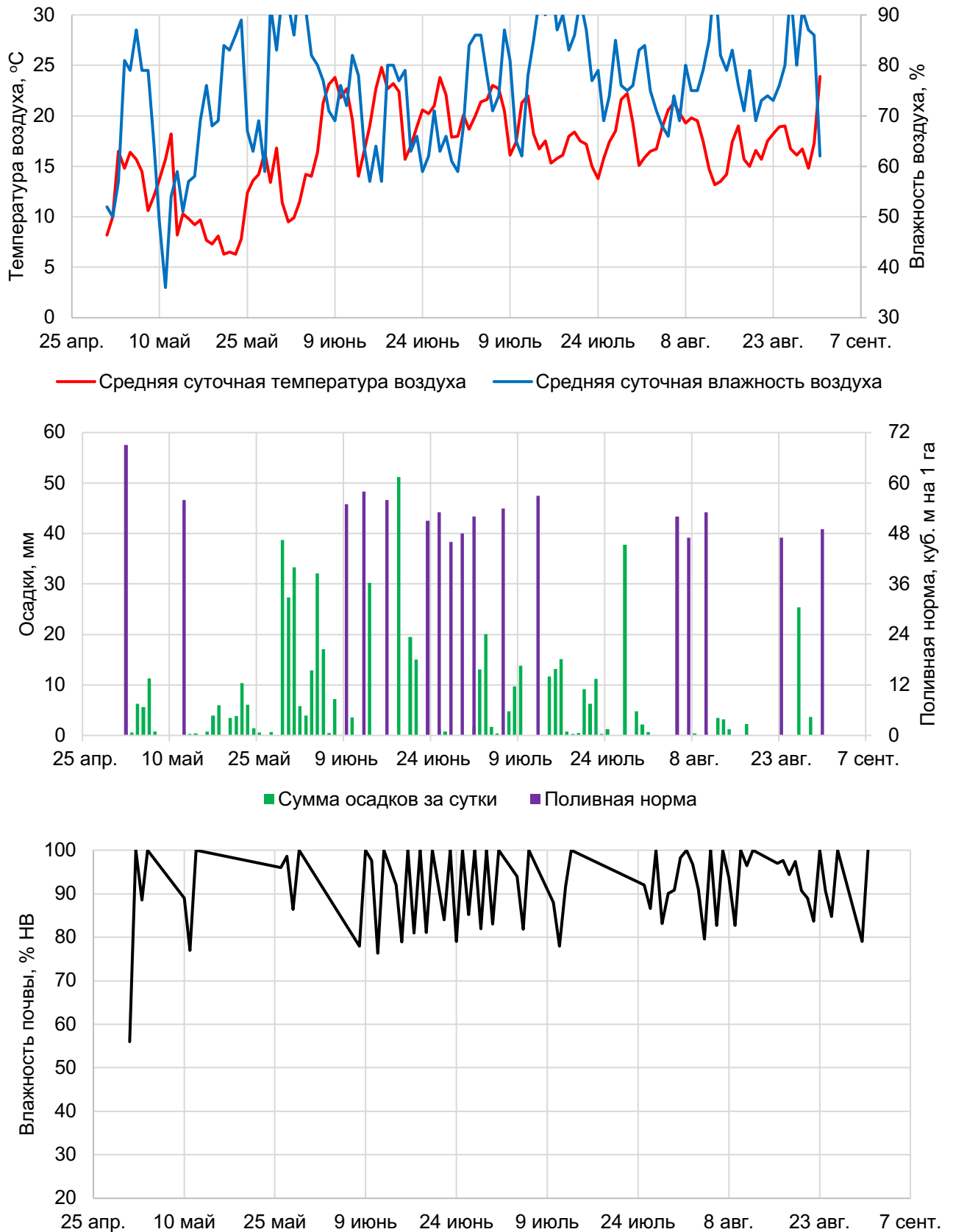


Рисунок 4.11. Динамика влажности почвы слоя 0-50 см и режим орошения трехлетних саженцев сливы в III варианте опыта (80-100 % НВ), 2020 год

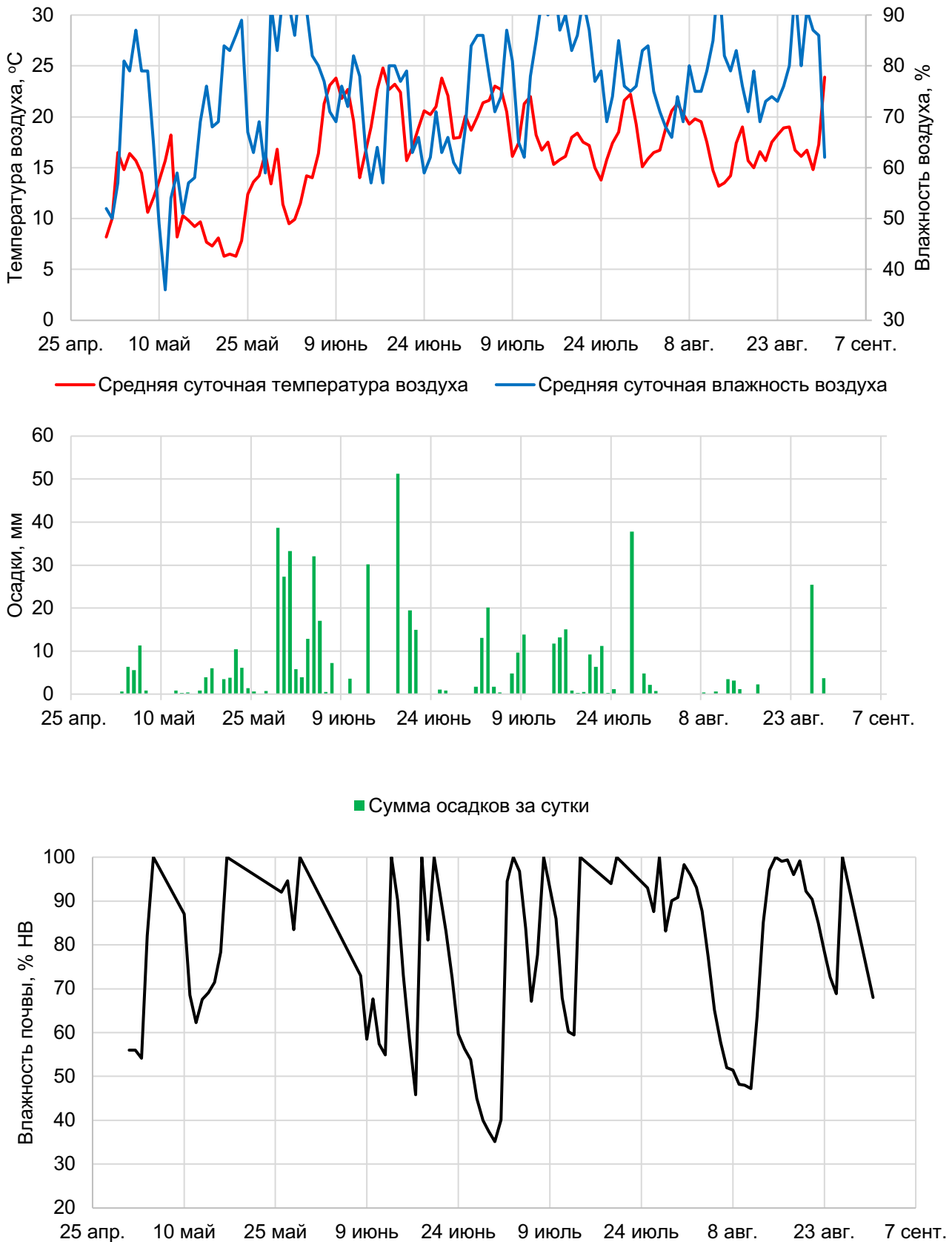


Рисунок 4.12. Динамика влажности почвы слоя 0-50 см и режим орошения трехлетних саженцев сливы в IV варианте опыта (контроль без орошения), 2020 год

Разработанные режимы орошения, а также динамика влажности почвы, поливные нормы, атмосферные осадки, ход среднесуточных температур и влажность воздуха для каждого года исследования и варианта опыта капельного полива для саженцев вишни графически визуализированы (рисунки 4.13-4.24). Построенные графики изменения погодных характеристик и параметров режимов капельного орошения за вегетационный период 2021 года (рисунки 4.13-4.16) указывают на поддержание влажности почвы орошаемых вариантов в заданных условиях опыта пределах: 60-80 % НВ, 70-90 % НВ и 80-100 % НВ. Глубина орошаемого слоя почвы для однолетних саженцев составляла 30 см. Также как и в опыте по капельному орошению саженцев сливы в некоторые периоды влажность почвы превышает заданные верхние пределы из-за выпадения осадков после проведения поливов. Например, в варианте с поддержанием влажности почвы в диапазоне 60-80 % НВ первую и третью декады мая, в первую и вторую декады августа.

Небольшое количество продуктивных осадков, высокая температура атмосферного воздуха и низкая относительная влажность воздуха приводили к падению влажности почвы меньше 40 % НВ на контрольном варианте, где поливы не проводились. Это наблюдается в третью декаду июня и вторую декаду июля. Одним из главных факторов, который способствовал повышению влажности почвы на контроле являлось выпадение продуктивных осадков (первая и третьи декады мая, вторая и третья декады июня, третья декада июля).

В вариантах опыта с капельным орошением в вегетационном периоде 2021 года наибольшей интенсивностью поливов характеризовались третья декада мая, третья декада июня, вторая и третья декады июля. Суточные поливные нормы по вариантам опыта принимали следующие значения: в варианте 60-80 % НВ – 32,3-44,1 м³/га, в варианте 70-90 % НВ – 32,4-43,1 м³/га и в варианте 80-100 % НВ – 31,3-44,4 м³/га. В начале вегетационного периода проводился однократный полив поливными нормами: в варианте 60-80 % НВ – 71,5 м³/га, в варианте 70-90 % НВ – 79,3 м³/га и в варианте 80-100 % НВ – 86,5 м³/га.

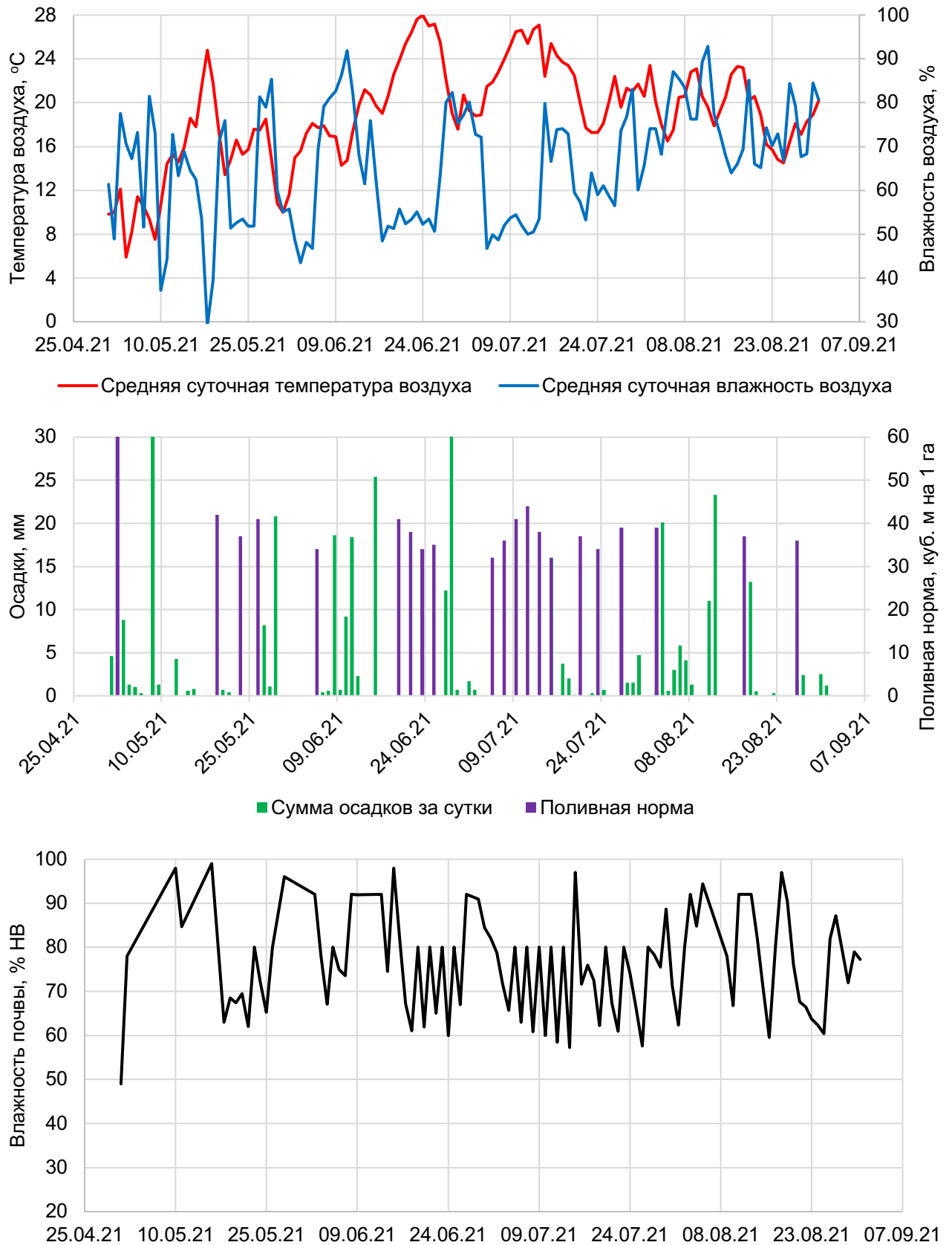


Рисунок 4.13. Динамика влажности почвы слоя 0-30 см и режим орошения однолетних саженцев вишни в I варианте опыта (60-80 % НВ), 2021 год

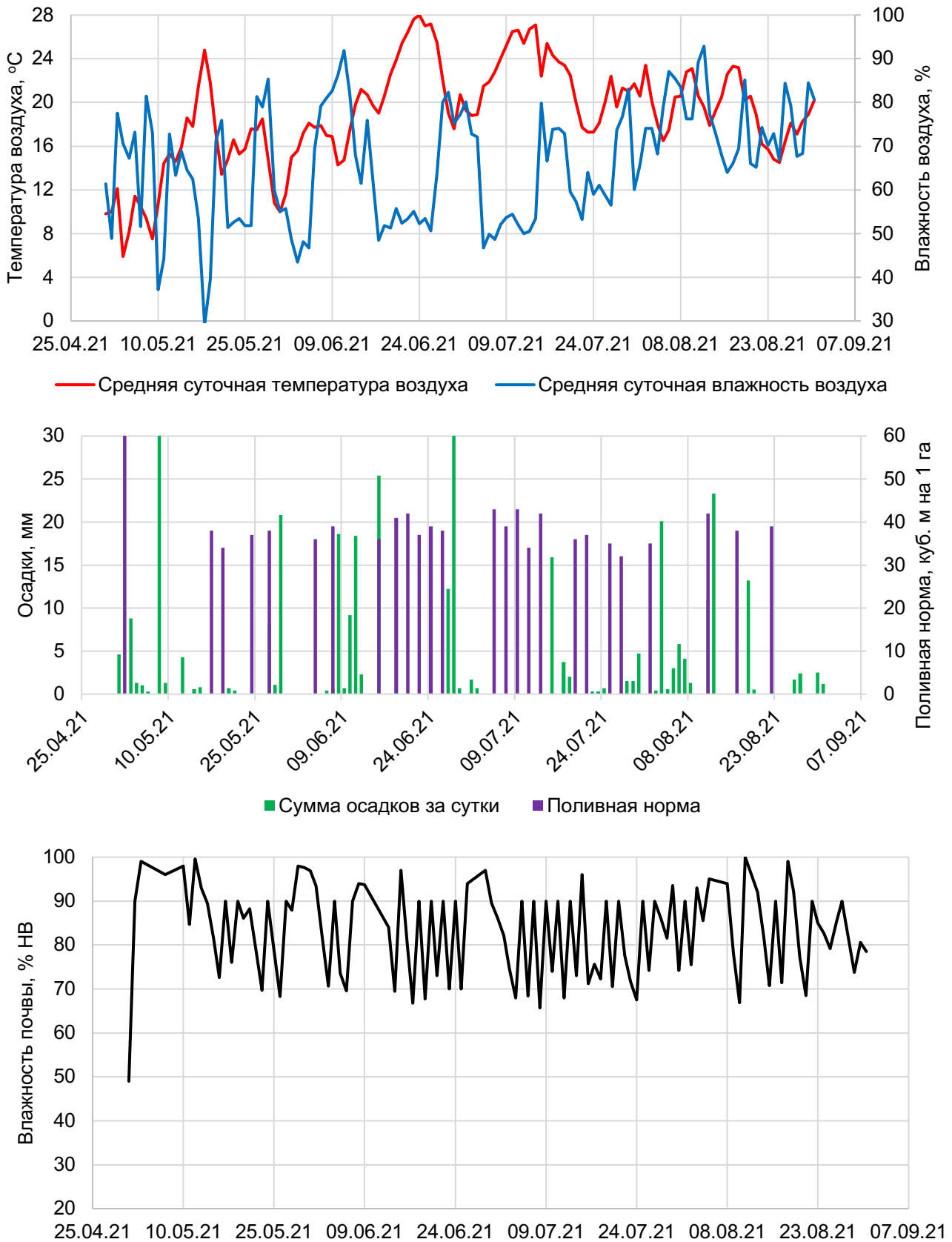


Рисунок 4.14. Динамика влажности почвы слоя 0-30 см и режим орошения однолетних саженцев вишни в II варианте опыта (70-90 % НВ), 2021 год

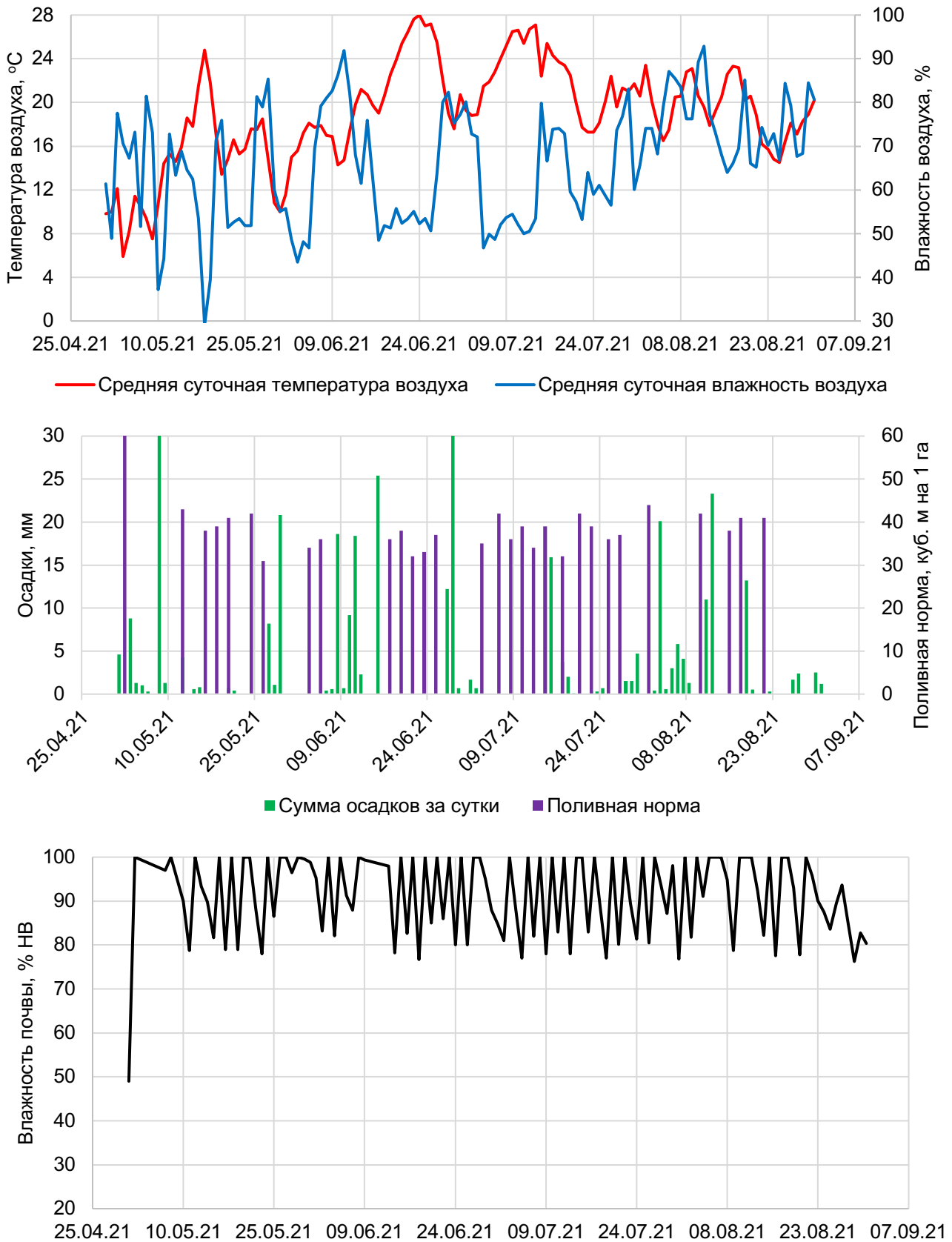


Рисунок 4.15. Динамика влажности почвы слоя 0-30 см и режим орошения однолетних саженцев вишни в III варианте опыта (80-100 % НВ), 2021 год

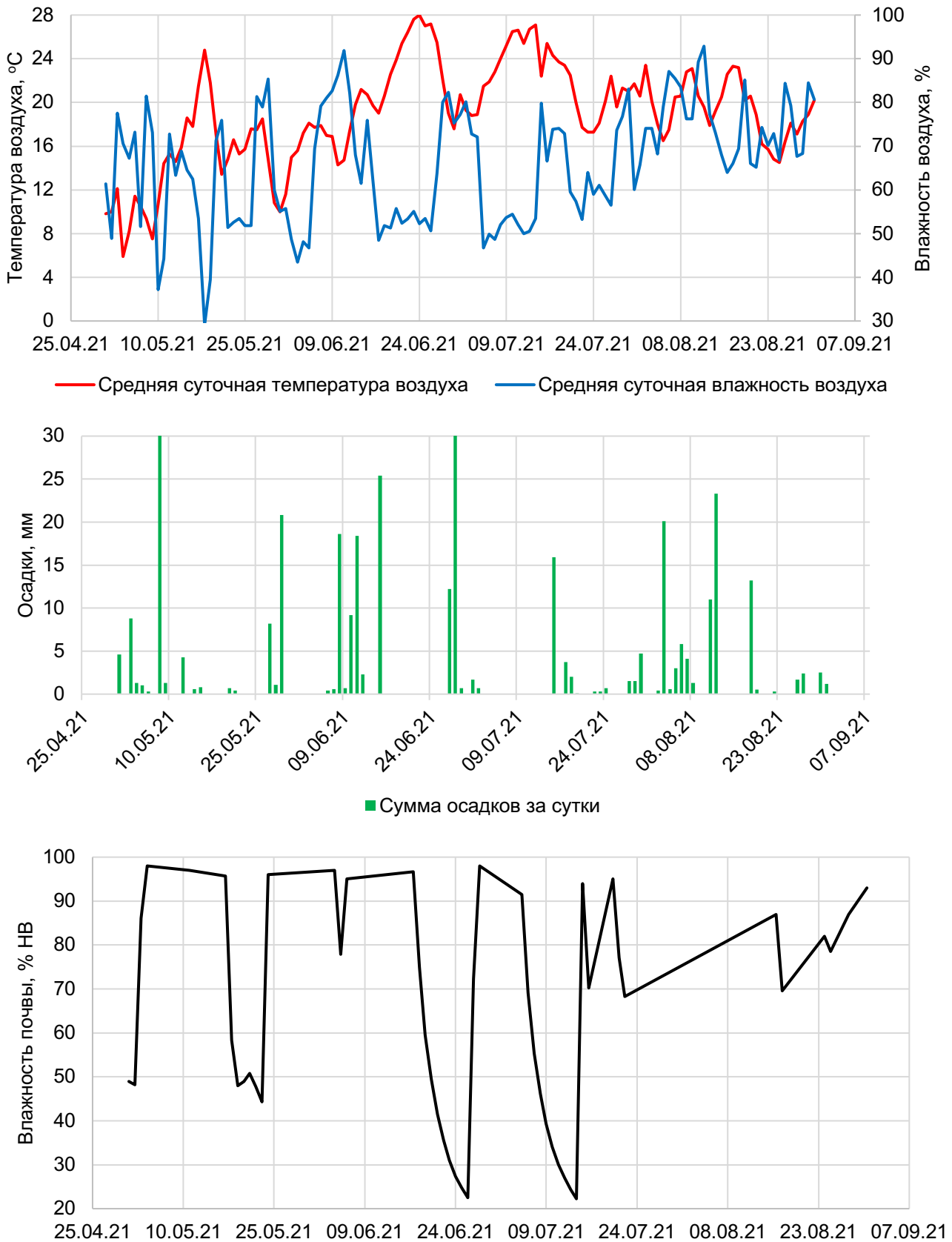


Рисунок 4.16. Динамика влажности почвы слоя 0-30 см и режим орошения однолетних саженцев вишни в IV варианте опыта (контроль без орошения), 2021 год

В конце августа во всех вариантах опыта с капельным орошением поливы полностью прекращались для подготовки саженцев вишни к перезимовке. После прекращения поливов в течение сентября влажность почвы во всех вариантах опыта выравнивалась. Выравниванию влажности происходило на фоне выпадающих в течение сентября продуктивных атмосферных осадков.

Динамика основных погодных характеристик (среднесуточная температура атмосферного воздуха, количество осадков, относительная влажность воздуха) и параметров режимов капельного орошения для двухлетних саженцев вишни (2019 год) показаны на рисунках 4.17-4.20. Глубина орошаемого слоя почвы составляла 40 см. На фоне высоких значений среднесуточных температур, низкой относительной влажности воздуха и отсутствия продуктивных осадков наибольшим количеством поливов характеризуются первая декада июля и третья декада августа. Суточные значения поливных норм по вариантам опыта с капельным орошением имели следующие значения: в варианте 60-80 % НВ – 38,1-48,3 м³/га, в варианте 70-90 % НВ – 35,7-58,4 м³/га и в варианте 80-100 % НВ – 34,2-71,6 м³/га.

На контрольном варианте опыта почва подвергалась сильному иссушению в первую декаду июля и вторую декаду августа. Влажность опускалось ниже значения 30 % НВ. Сильное увлажнение почвы на контроле происходило при частом выпадении атмосферных осадков, например, во второй и третьей декаде июня, второй декаде июля. Чередование промежутков с иссушением почвы и ее переувлажнением оказывало влияние на интенсивность и равномерность ростовых процессов саженцев вишни.

В конце августа 2022 года поливы были прекращены для подготовки саженцев вишни к предстоящему зимнему периоду. На протяжении сентября (также как и в 2021 году и также как в опыте по капельному орошению саженцев сливы) наблюдалось выравнивание влажности почвы по всем вариантам опыта: контроль, 60-80 % НВ, 70-90 % НВ и 80-100 % НВ.

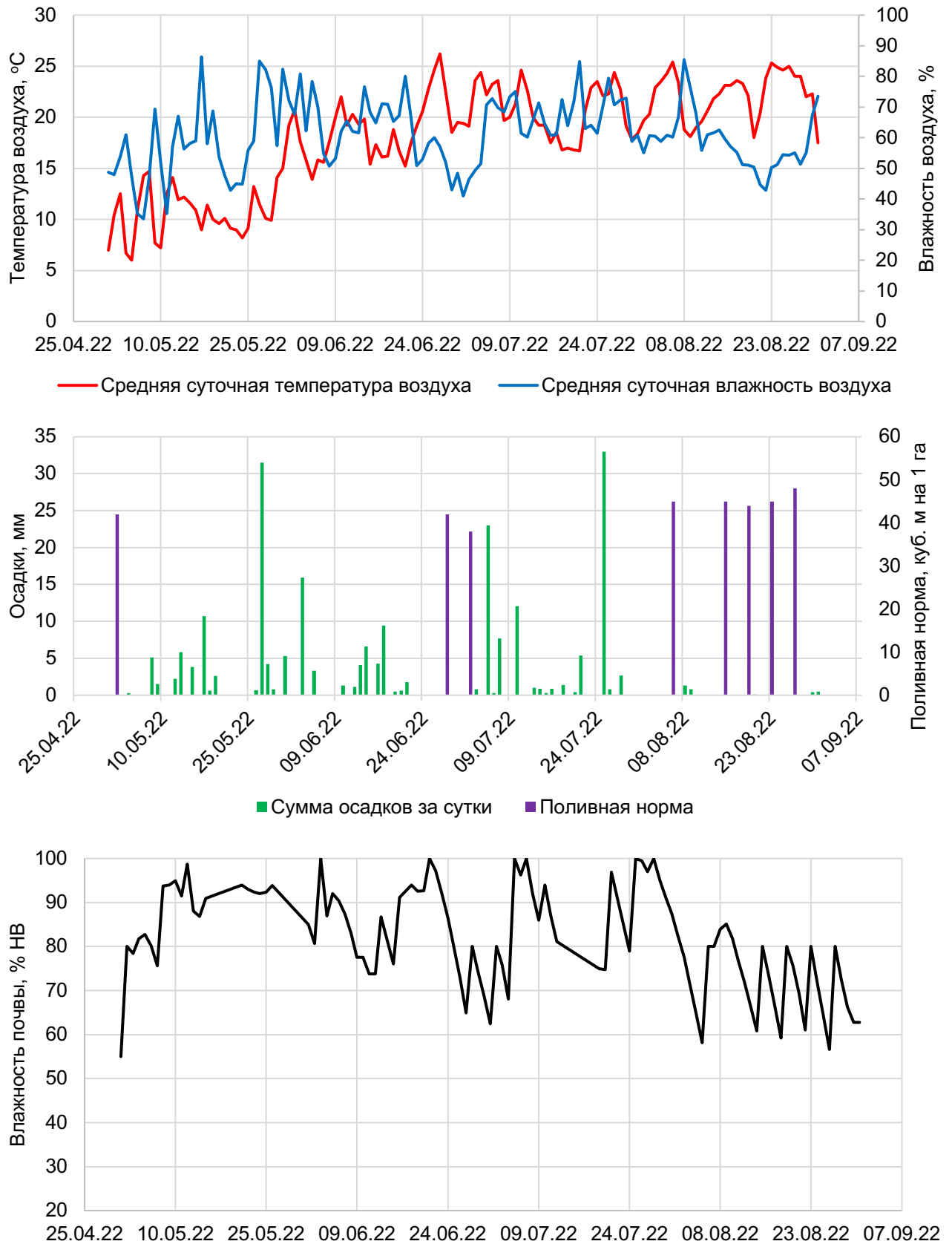


Рисунок 4.17. Динамика влажности почвы слоя 0-40 см и режим орошения двухлетних саженцев вишни в I варианте опыта (60-80 % НВ), 2022 год

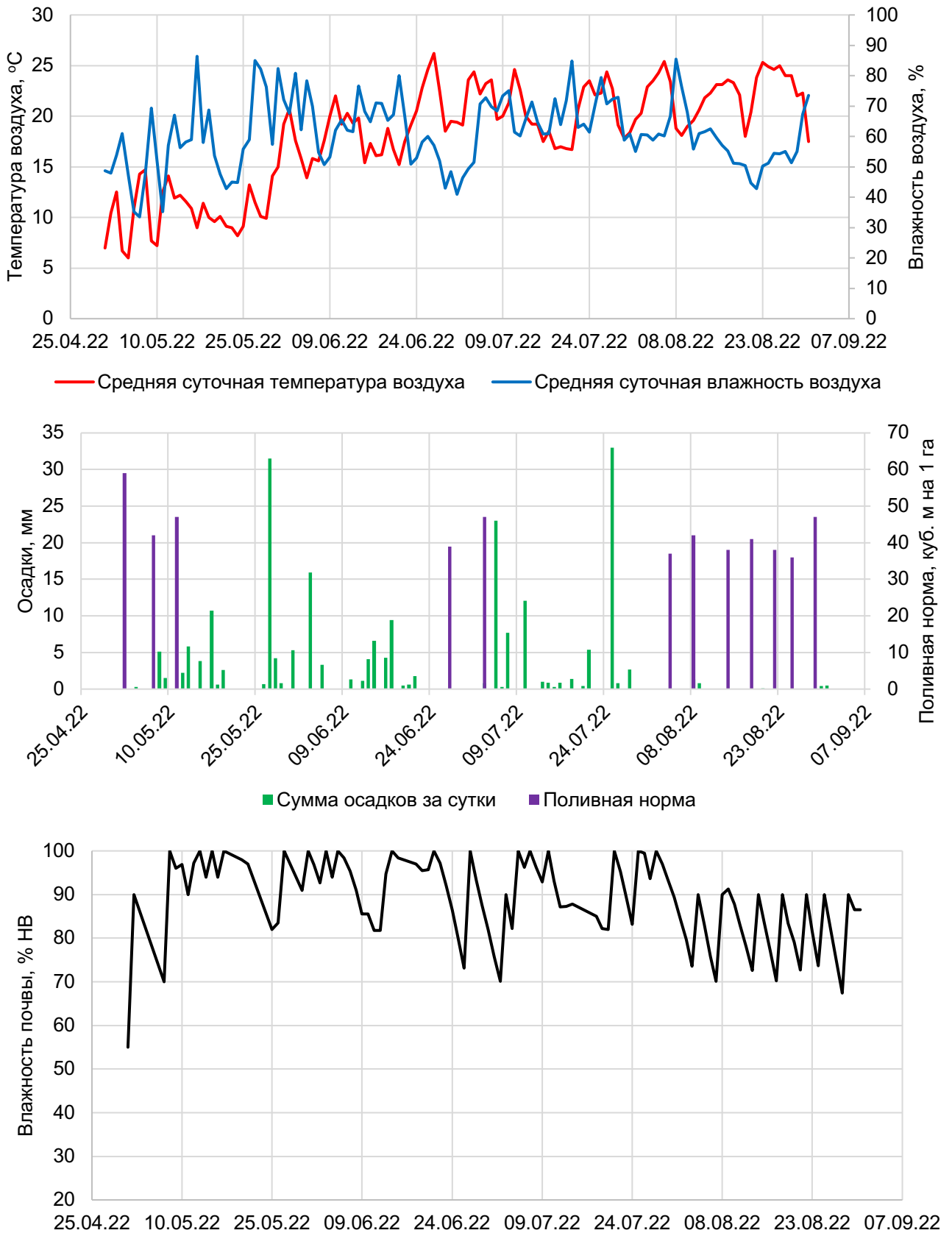


Рисунок 4.18. Динамика влажности почвы слоя 0-40 см и режим орошения двухлетних саженцев вишни в II варианте опыта (70-90 % НВ), 2022 год

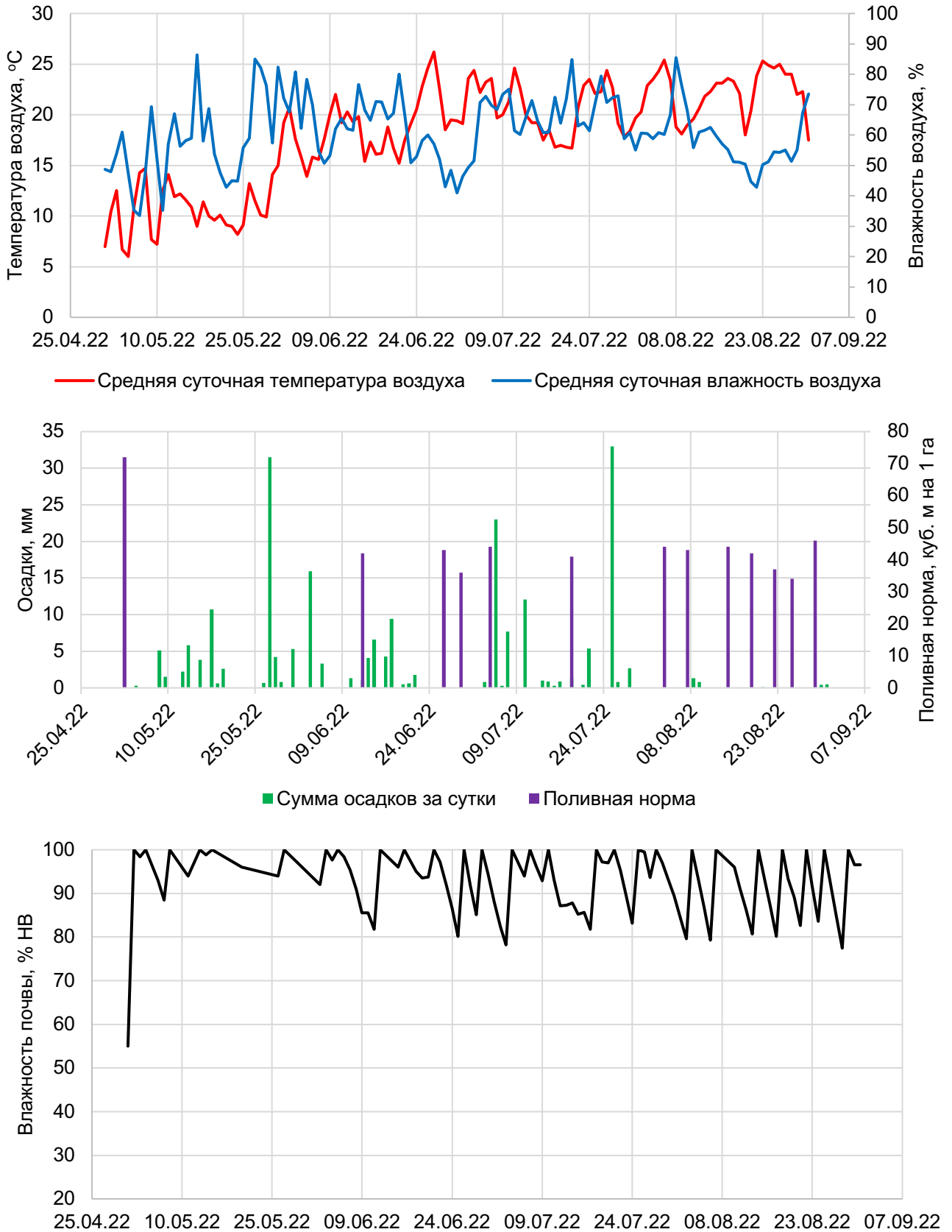


Рисунок 4.19. Динамика влажности почвы слоя 0-40 см и режим орошения двухлетних саженцев вишни в II варианте опыта (80-100 % НВ), 2022 год

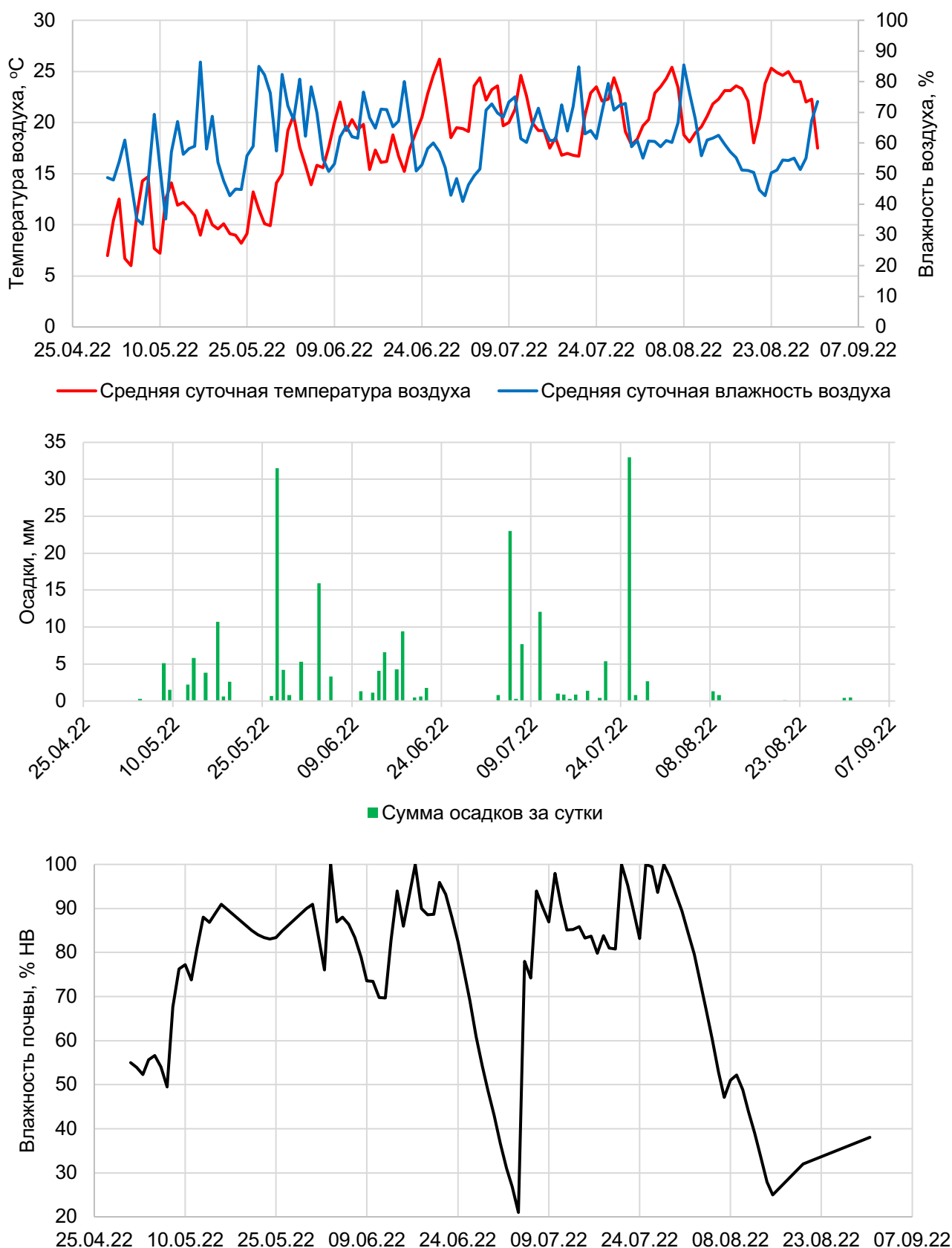


Рисунок 4.20. Динамика влажности почвы слоя 0-40 см и режим орошения двухлетних саженцев вишни в IV варианте опыта (контроль без орошения), 2022 год

Графические визуализации режимов орошения и метеорологических параметров по вариантам опыта выращивания трехлетних саженцев вишни в 2023 году представлены на рисунках 4.21-4.24. Глубина промачивания почвы в орошаемых вариантах для трехлетних саженцев составила 50 см. На контрольном варианте опыта (без орошения) влажность почвы понижалась меньше 30 % НВ два раза за вегетационный период (вторая декада июня, первая декада августа) на фоне отсутствия осадков, среднесуточных температур в диапазоне от +20 до +25 °С и низкой относительной влажности воздуха. Из-за частых выпадающих осадков на контроле влажность почвы достигала 100 % НВ в третью декаду мая, первую декаду июня, вторую декаду июля и третью декаду августа.

В вариантах опыта с поддержанием влажности почвы корнеобитаемого слоя в диапазонах 60-80 % НВ, 70-90 % НВ и 80-100 % НВ влажность находилась в заданных диапазонах, кроме случаев, когда утренние поливы совпадали с выпадающими в дневное или вечернее время осадками. Суточные значения поливных норм по вариантам опыта составили: 60-80 % НВ – 41,4-50,9 м³/га, в варианте 70-90 % НВ – 42,2-54,5 м³/га и в варианте 80-100 % НВ – 41,3-52,3 м³/га. Наиболее часто поливы проводились во второй декаде июне и в первой декаде августа, когда среднесуточная температура воздуха была больше 20 °С, а относительная влажность воздуха менее 70 %, на фоне отсутствия выпадающих продуктивных атмосферных осадков.

Трехлетний полевой опыт по капельному орошению саженцев вишни показал, что проведение систематичных поливов при капельном орошении дало возможность поддерживать влажность почвы на заданных условиях опыта уровнях (60-80 % НВ, 70-90 % НВ и 80-100 % НВ). Поддержание относительно стабильной влажности почвы, также как и в опыте по выращиванию саженцев сливы, способствует снижению влияния стрессовых условий на саженцы вишни в результате сильного колебания влажности почвы, ее периодического иссушения и увлажнения.

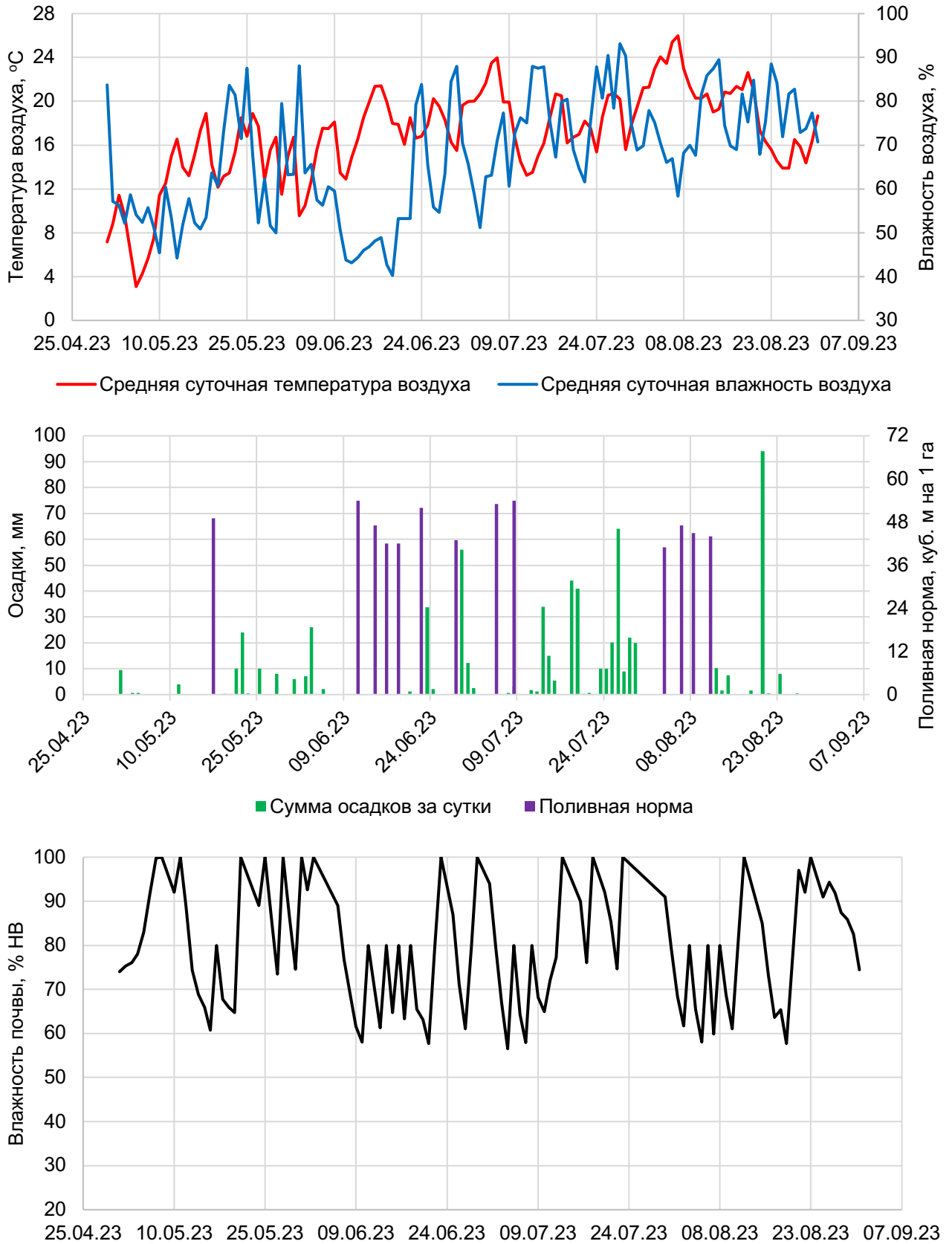


Рисунок 4.21. Динамика влажности почвы слоя 0-50 см и режим орошения трехлетних саженцев вишни в I варианте опыта (60-80 % НВ), 2023 год

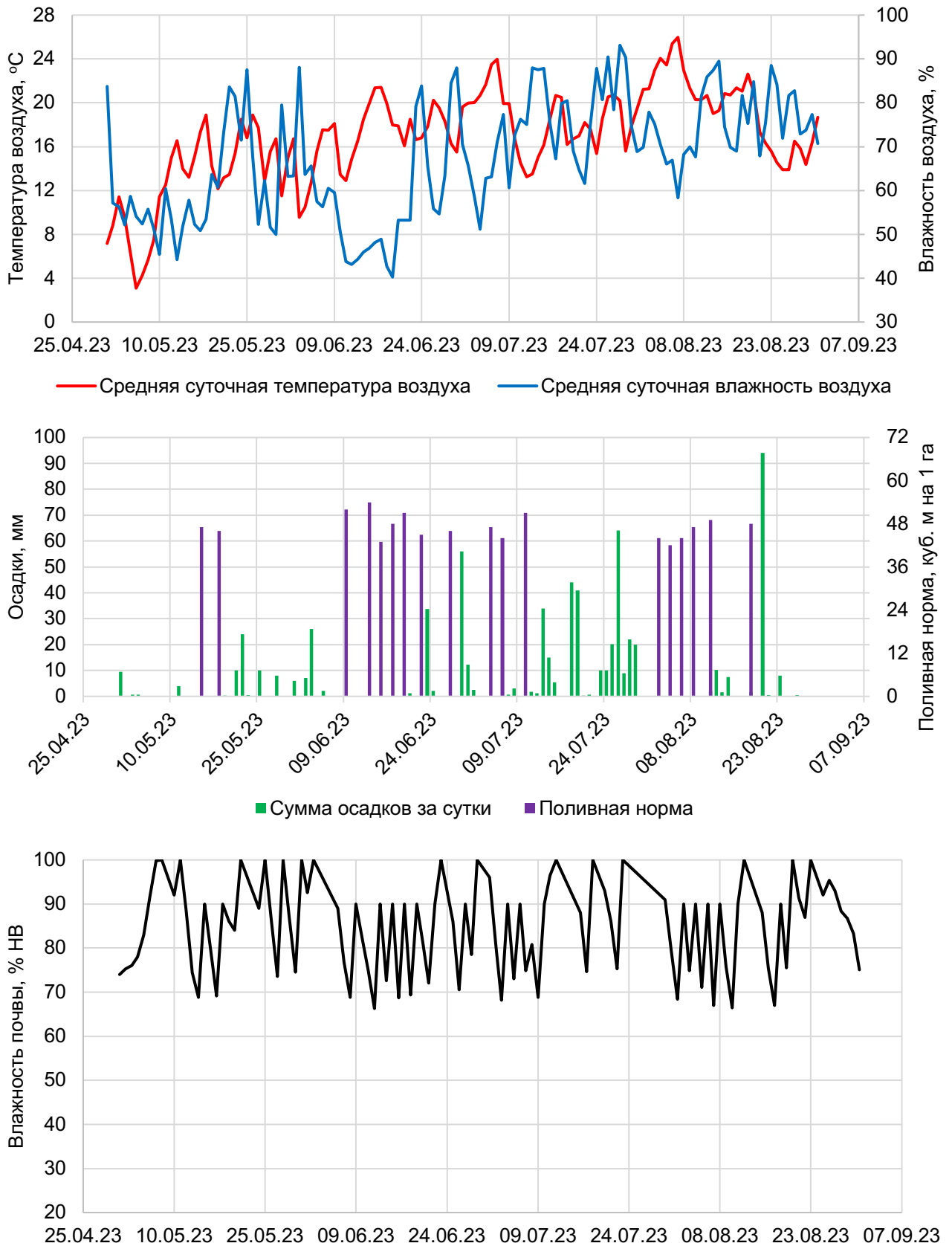


Рисунок 4.22. Динамика влажности почвы слоя 0-50 см и режим орошения трехлетних саженцев вишни в II варианте опыта (70-90 % НВ), 2023 год

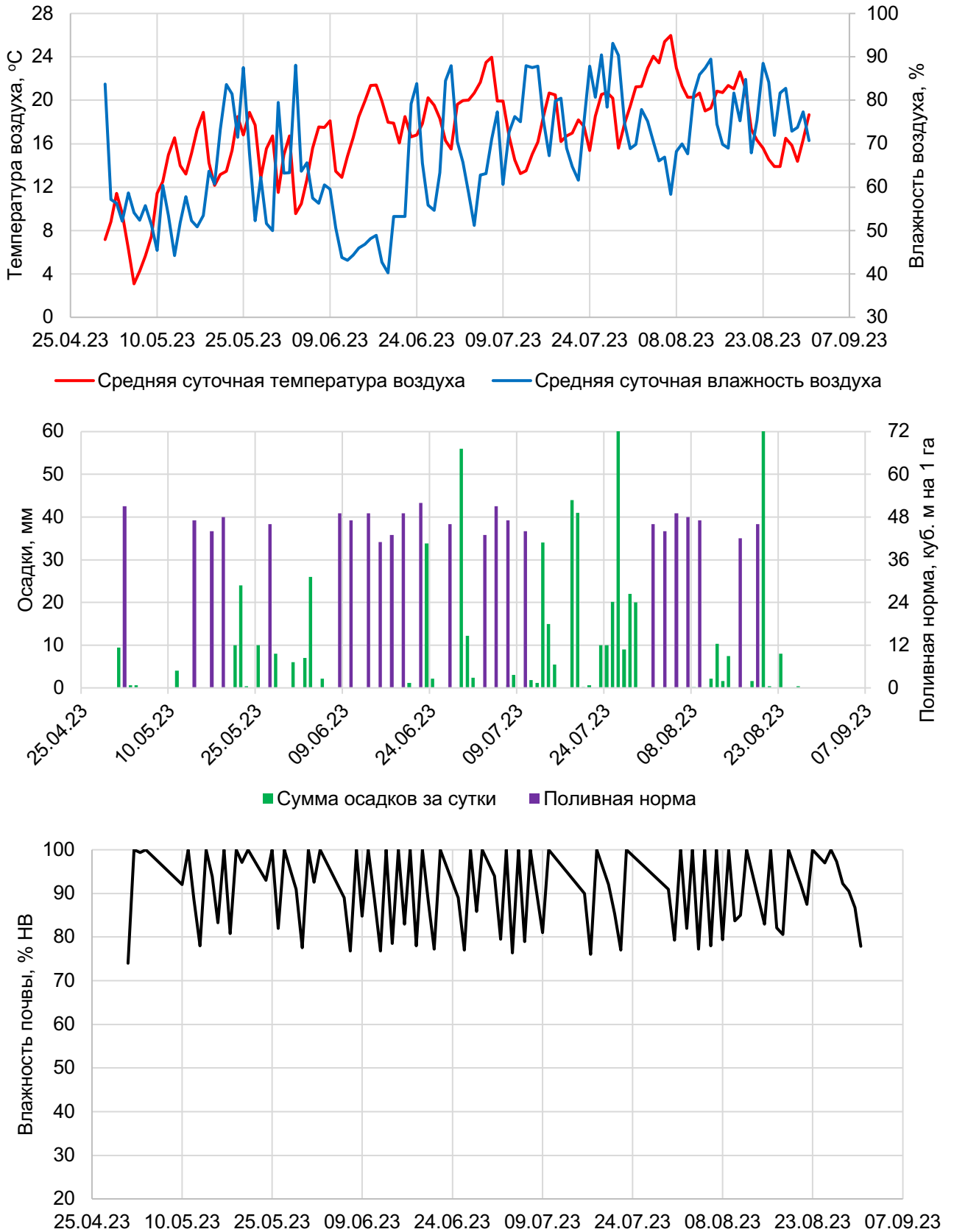


Рисунок 4.23. Динамика влажности почвы слоя 0-50 см и режим орошения трехлетних саженцев вишни в III варианте опыта (80-100 % НВ), 2023 год

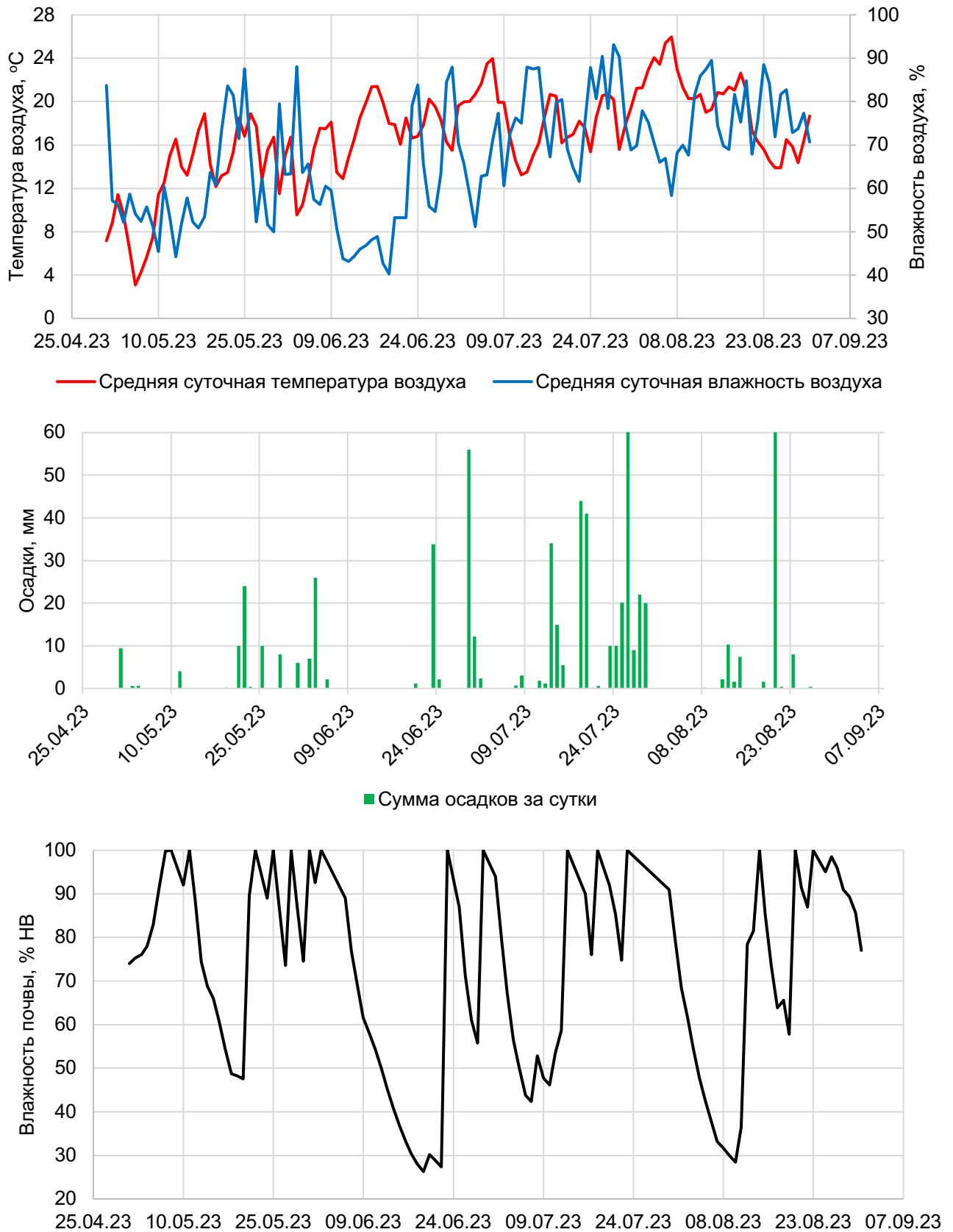


Рисунок 4.24. Динамика влажности почвы слоя 0-50 см и режим орошения трехлетних саженцев вишни в IV варианте опыта (контроль без орошения), 2023 год

Разработанные режимы орошения, а также динамика влажности почвы, поливные нормы, атмосферные осадки, ход среднесуточных температур и влажность воздуха для каждого года исследования и варианта опыта капельного полива для саженцев малины графически визуализированы (рисунки 4.25-4.36). Построенные графики изменения погодных характеристик и параметров режимов капельного орошения за вегетационный период 2020 года (рисунки 4.25-4.28) указывают на поддержание влажности почвы орошаемых вариантов в заданных условиях опыта пределах: 60-80 % НВ, 70-90 % НВ и 80-100 % НВ. Глубина орошаемого слоя почвы для однолетних саженцев составляла 30 см. Также как и в ранее рассмотренных опытах по капельному орошению саженцев косточковых культур (слива и вишня) в некоторые периоды влажность почвы превышала заданные верхние пределы из-за выпадения осадков после проведения поливов.

По причинам небольшого количества продуктивных осадков, высокой температуры атмосферного воздуха и низкой относительной влажности воздуха на контрольном варианте опыта происходило падению влажности почвы меньше 40 % НВ. Это наблюдается в третью декаду июня и в первую декаду августа. Значительное повышение влажности почвы на контроле происходило после выпадения продуктивных осадков (третья декада мая, первая и третья декады июля).

В вариантах опыта с капельным орошением саженцев вишни в вегетационном периоде 2020 года наибольшей интенсивностью поливов характеризовались вторая и третья декады июня и первая декада августа. Суточные поливные нормы по вариантам опыта принимали следующие значения: в варианте 60-80 % НВ – 27,3-47,6 м³/га, в варианте 70-90 % НВ – 24,2-44,4 м³/га и в варианте 80-100 % НВ – 27,8-58,6 м³/га. Проведение частых поливов малыми поливными нормами обеспечило поддержание влажности корнеобитаемого слоя почвы в заданных условиях опыта диапазонах, что способствовало предотвращению возникновения стрессовых для растений условий с иссушением и переувлажнением почвы.

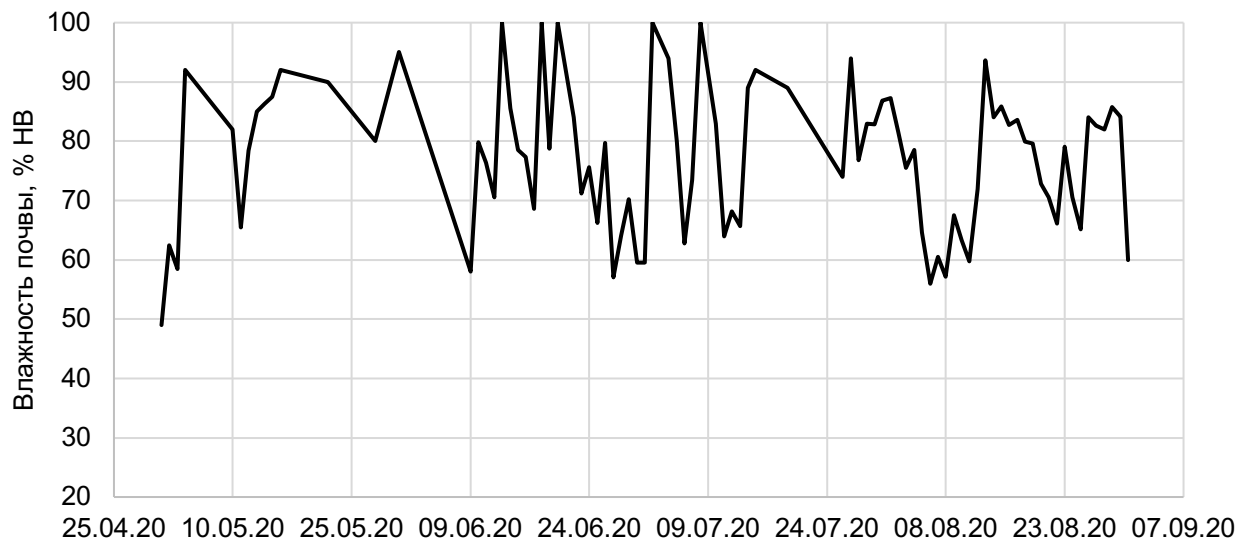
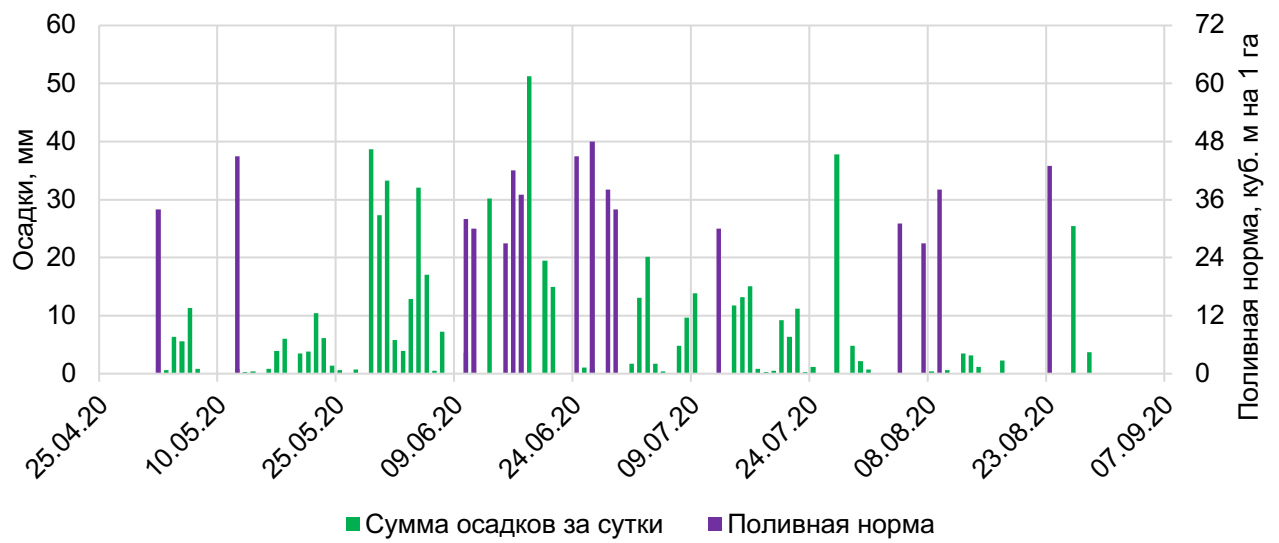


Рисунок 4.25. Динамика влажности почвы слоя 0-30 см и режим орошения однолетних саженцев малины в I варианте опыта (60-80 % НВ), 2020 год

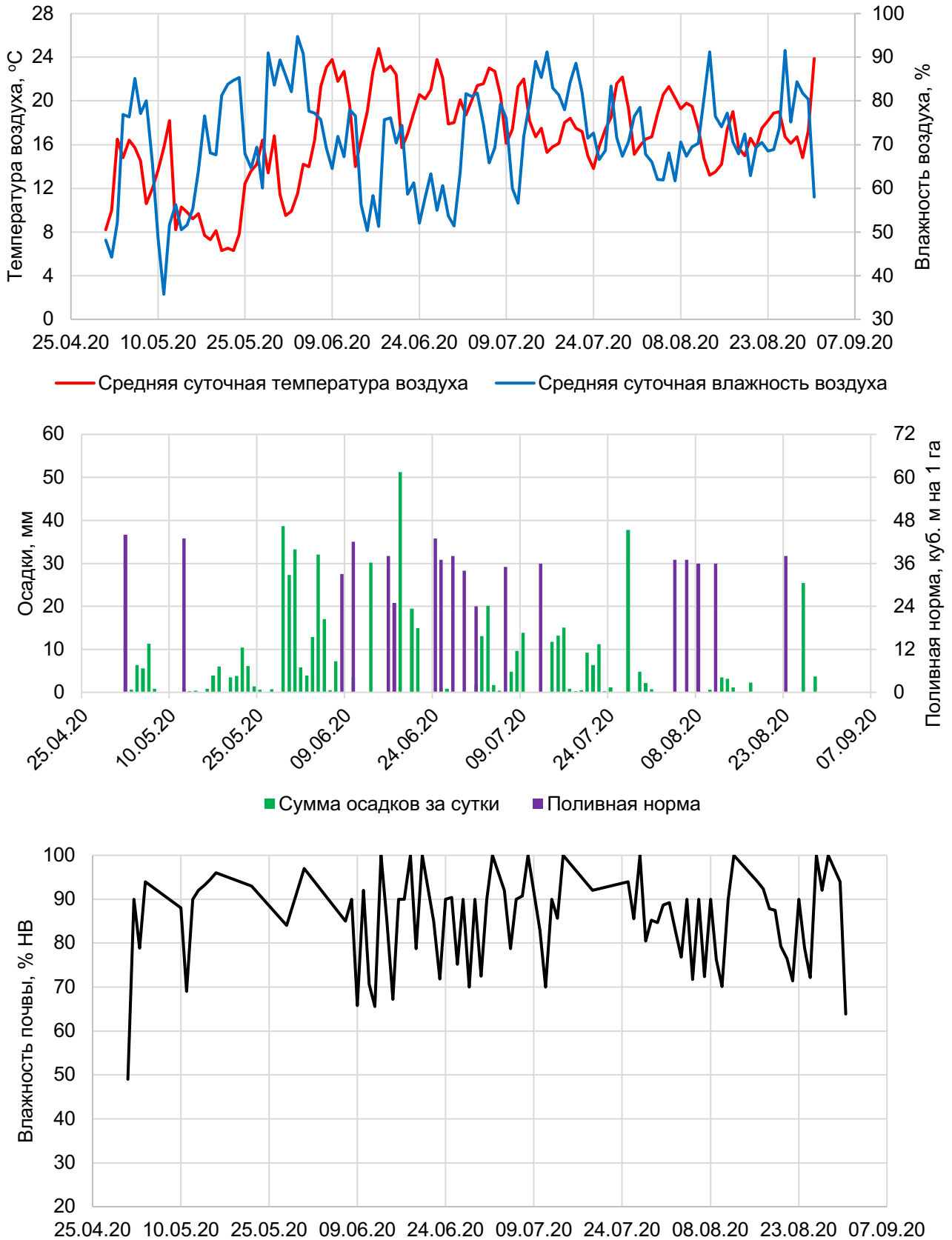


Рисунок 4.26. Динамика влажности почвы слоя 0-30 см и режим орошения однолетних саженцев малины в II варианте опыта (70-90 % НВ), 2020 год

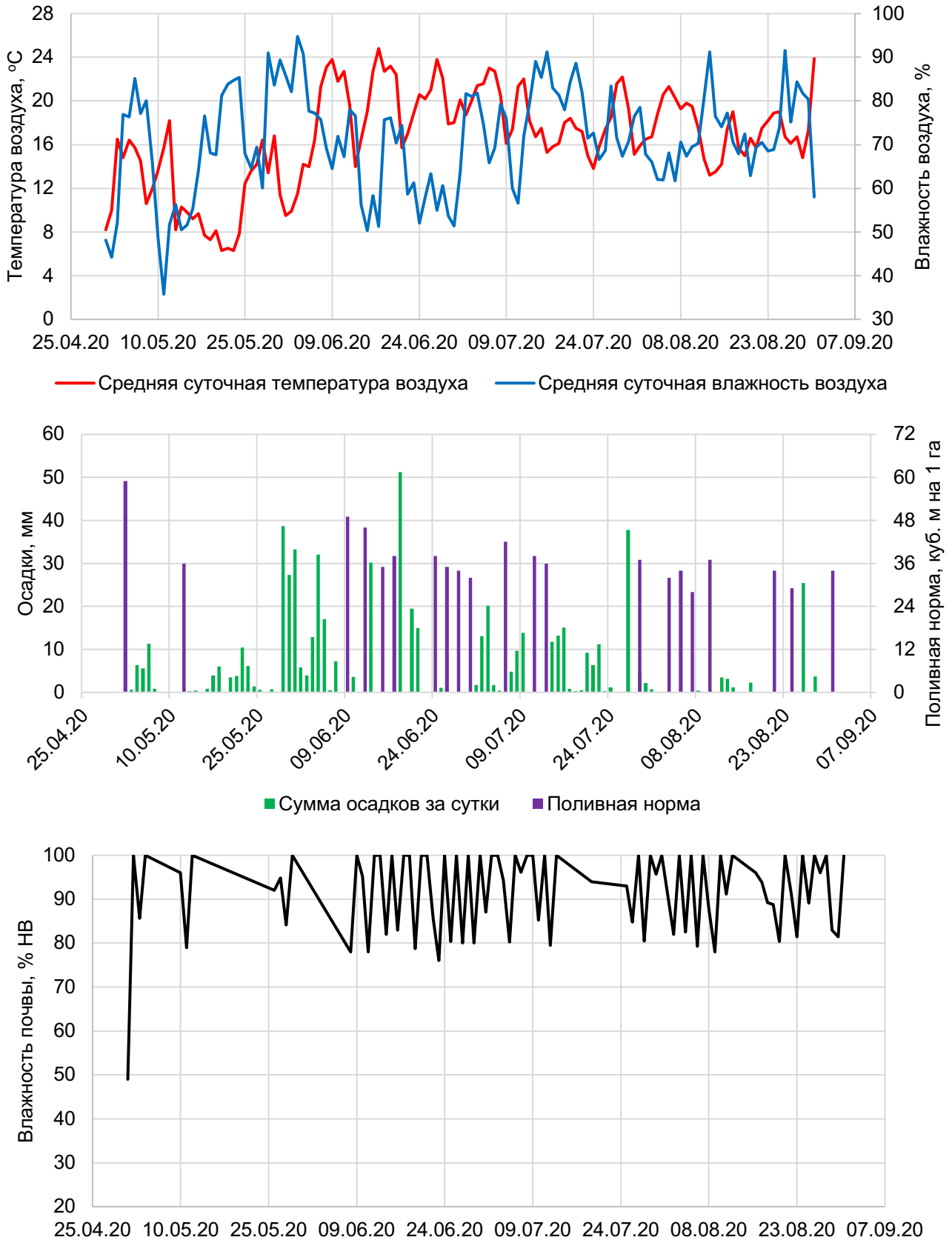


Рисунок 4.27. Динамика влажности почвы слоя 0-30 см и режим орошения однолетних саженцев малины в III варианте опыта (80-100 % НВ), 2020 год

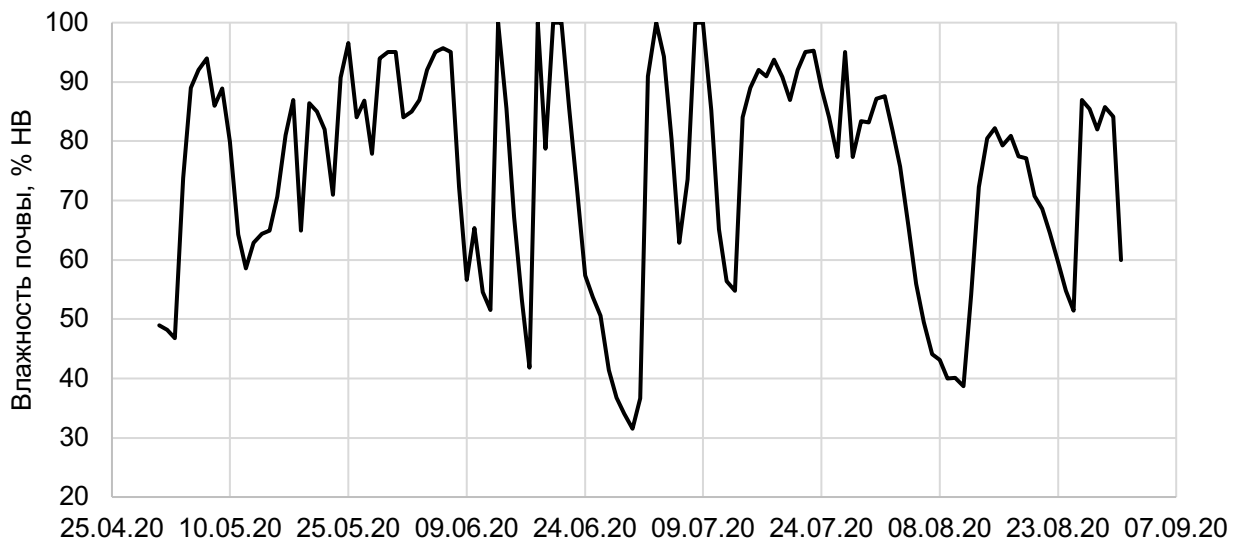
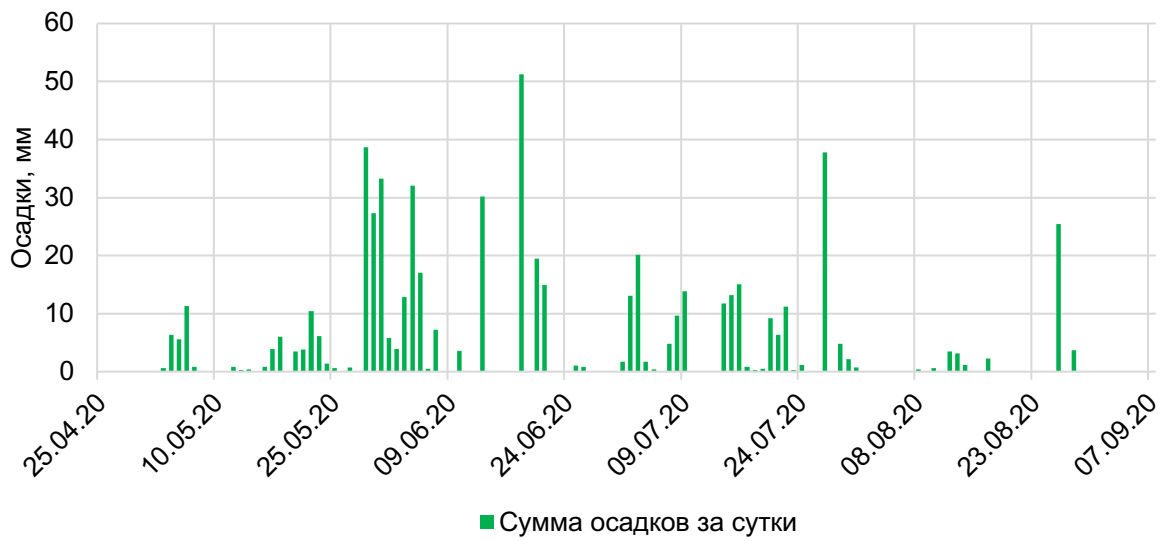


Рисунок 4.28. Динамика влажности почвы слоя 0-30 см и режим орошения однолетних саженцев малины в IV варианте опыта (контроль без орошения), 2020 год

В конце августа во всех орошаемых вариантах опыта поливы полностью прекращались с целью подготовки выращиваемых саженцев к перезимовке, так как избыточное увлажнение в конце вегетационного периода может приводить к плохой перезимовке малины [Hoppula, Salo, 2007]. После прекращения поливов в сентябре влажность почвы во всех вариантах опыта выравнивалась. Выравниванию влажности почвы способствовали выпадающие в сентябре продуктивные атмосферные осадки.

Динамика основных погодных характеристик (среднесуточная температура атмосферного воздуха, количество осадков, относительная влажность воздуха) и параметров режимов капельного орошения для двухлетних саженцев малины (2021 год) показаны на рисунках 4.29-4.32. Глубина орошаемого слоя почвы на второй год исследования составляла 40 см. Высокие значения среднесуточных температур, низкие значения относительной влажности воздуха и отсутствие продуктивных осадков привели к тому, что наиболее частые поливы проводились во второй декаде июня, второй и третьей декадах июля. Суточные значения поливных норм по вариантам опыта с капельным орошением принимали следующие значения: в варианте 60-80 % НВ – 36,5-45,4 м³/га, в варианте 70-90 % НВ – 29,8-51,2 м³/га и в варианте 80-100 % НВ – 32,9-59,4 м³/га.

На контрольном варианте сильное иссушение почвы с падением влажности меньше 30 % НВ происходило во вторую декаду мая, третью декаду июня, вторую и третью декады июля. Сильное увлажнение почвы на контроле происходило после выпадения атмосферных осадков, особенно частых и имеющих ливневой характер, например, в первую декаду мая, вторую декаду июня. Чередование на контрольном варианте опыта промежутков с иссушением почвы и ее переувлажнением влияло на интенсивность и равномерность ростовых процессов саженцев малины.

В конце августа 2021 года поливы прекращались с целью подготовки саженцев малины к зиме. На протяжении сентября происходило выравнивание влажности почвы по всем вариантам опыта: контроль, 60-80 % НВ, 70-90 % НВ и 80-100 % НВ.

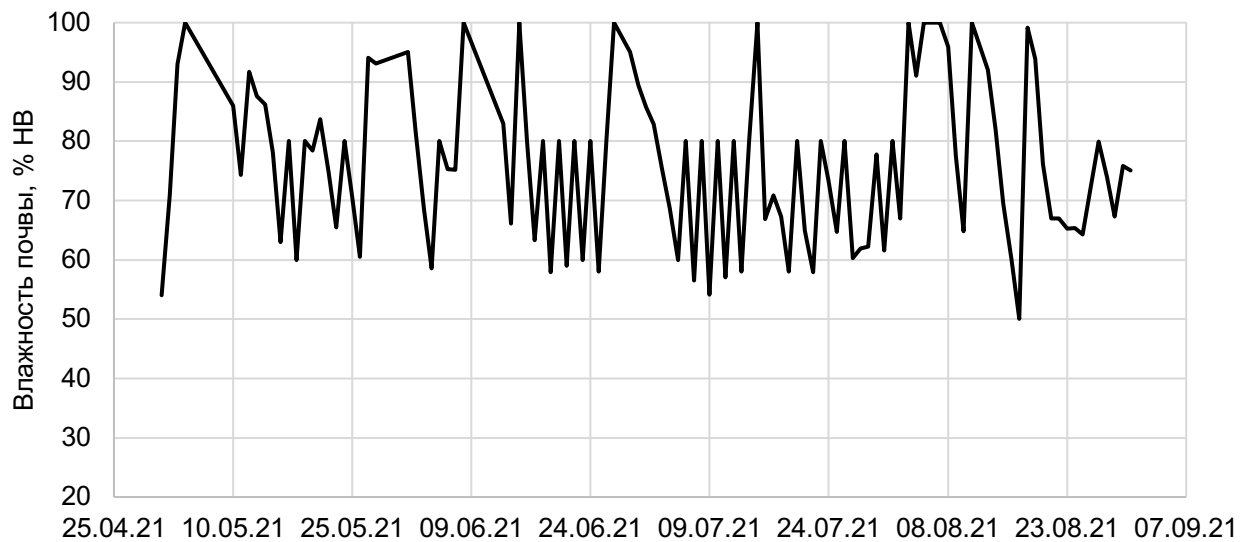


Рисунок 4.29. Динамика влажности почвы слоя 0-40 см и режим орошения двухлетних саженцев малины в I варианте опыта (60-80 % НВ), 2021 год

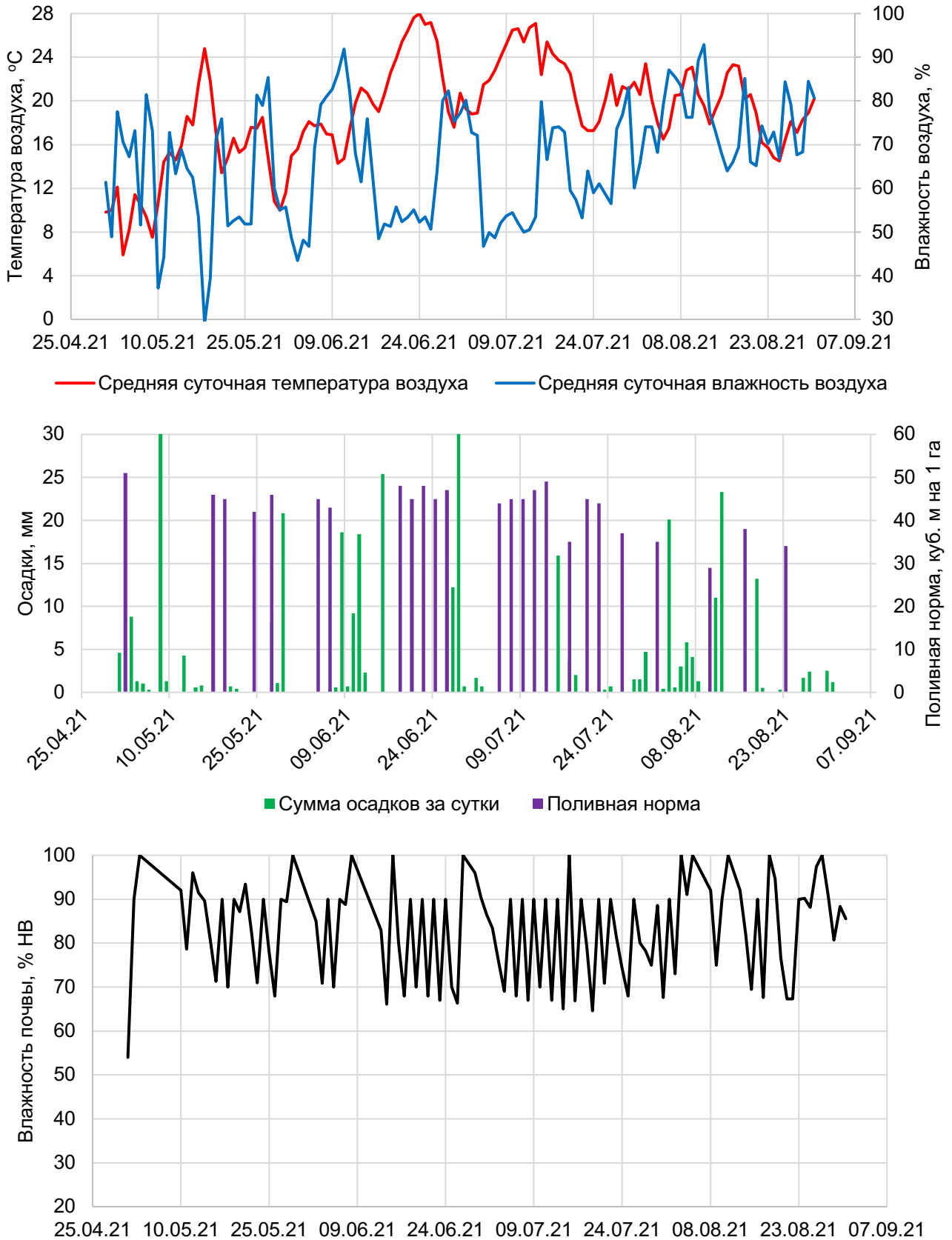


Рисунок 4.30. Динамика влажности почвы слоя 0-40 см и режим орошения двухлетних саженцев малины в II варианте опыта (70-90 % НВ), 2021 год

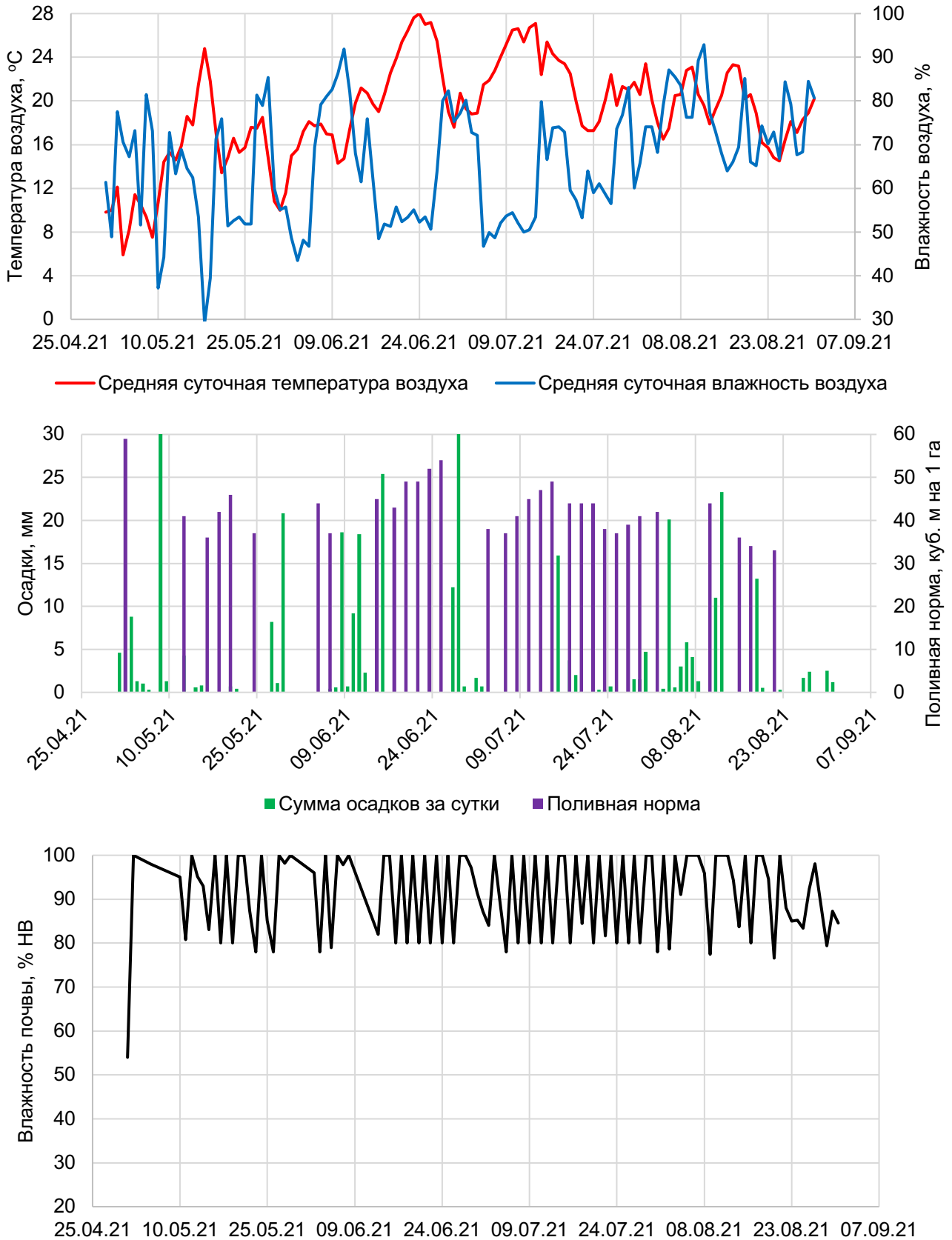


Рисунок 4.31. Динамика влажности почвы слоя 0-40 см и режим орошения двухлетних саженцев малины в II варианте опыта (80-100 % НВ), 2021 год

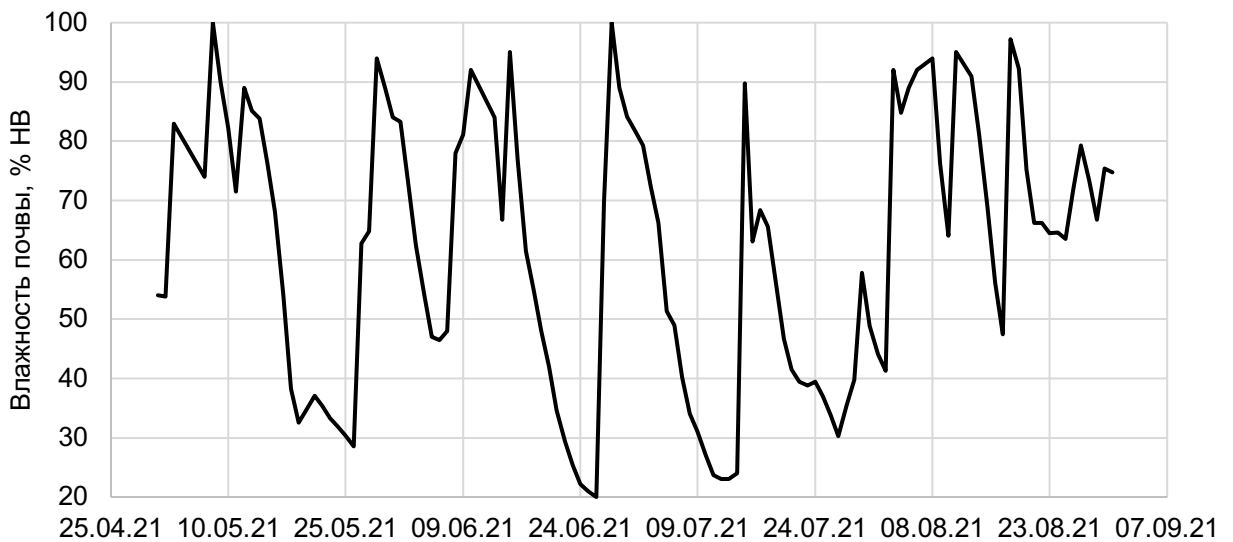


Рисунок 4.32. Динамика влажности почвы слоя 0-40 см и режим орошения двухлетних саженцев малины в IV варианте опыта (контроль без орошения), 2021 год

Режимы орошения и характеристика погодных условий вегетационного периода 2022 года показаны на рисунках 4.33-4.36. Этот год характеризовался наименьшим количеством выпавших осадков по сравнению с предыдущими вегетационными периодами (2020 и 2021 годы). Стоит отметить, что в августе 2022 года месячное количество выпавших осадков составило всего 3 мм. Поэтому наибольшим количеством поливов во всех орошаемых вариантах опыта характеризуется этот засушливый месяц. Суточные поливные нормы по вариантам опыта принимали следующие значения: в варианте 60-80 % НВ – 36,5-48,1 м³/га, в варианте 70-90 % НВ – 35,9-47,7 м³/га и в варианте 80-100 % НВ – 41,5-56,4 м³/га. Так же, как и вегетационные периоды 2020 и 2021 годов орошение было прекращено в конце августа.

На контрольном варианте опыта в результате продолжительного отсутствия продуктивных осадков влажность почвы понижалась менее 30 % НВ два раза за вегетационный период: в первой декаде июля и с первой по третью декады августа. Установившаяся в первой декаде августа жаркая погода при продолжительном отсутствии продуктивных осадков способствовала стремительному иссушению почвы. Проведение поливов саженцев малины согласно схеме опыта позволяло поддерживать влажность в корнеобитаемом слое почвы в соответствии с заданными диапазонами.

Результаты трехлетнего опыта по выращиванию саженцев малины при капельном поливе показывают, что проведение систематических поливов малыми нормами дало возможность поддерживать влажность почвы на заданных условиях опыта уровнях. Поддержание относительно стабильной влажности почвы способствовало снижению уровня влияния стрессовых условий, которым подвергаются растения малины в результате сильного колебания влажности почвы, ее периодического иссушения и увлажнения. При использовании капельного способа полива межполивной период составляет до 4-10 дней в зависимости от предполивного порога и увлажненности вегетационного периода.

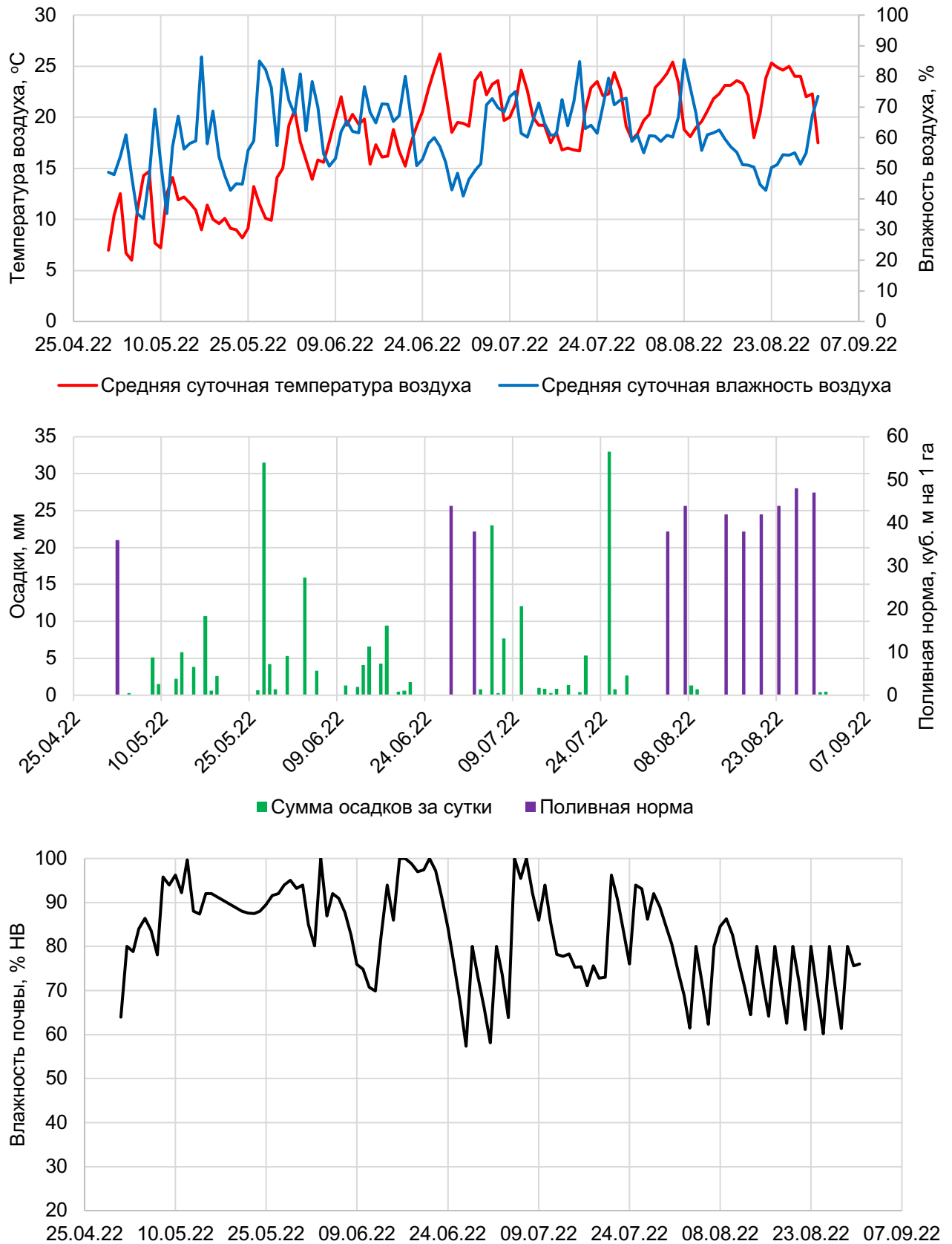


Рисунок 4.33. Динамика влажности почвы слоя 0-50 см и режим орошения трехлетних саженцев малины в I варианте опыта (60-80 % НВ), 2022 год

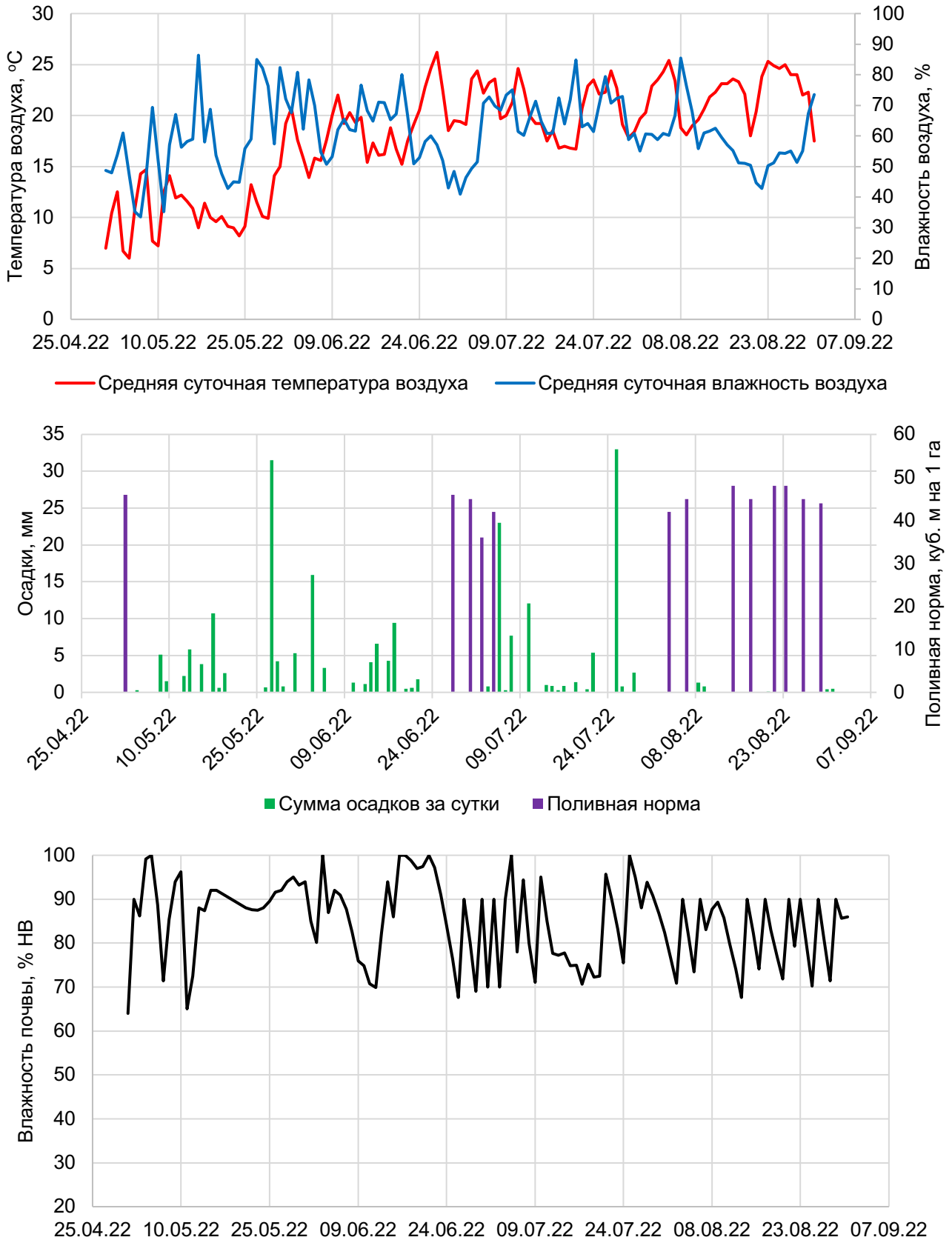


Рисунок 4.34. Динамика влажности почвы слоя 0-50 см и режим орошения трехлетних саженцев малины в II варианте опыта (70-90 % НВ), 2022 год

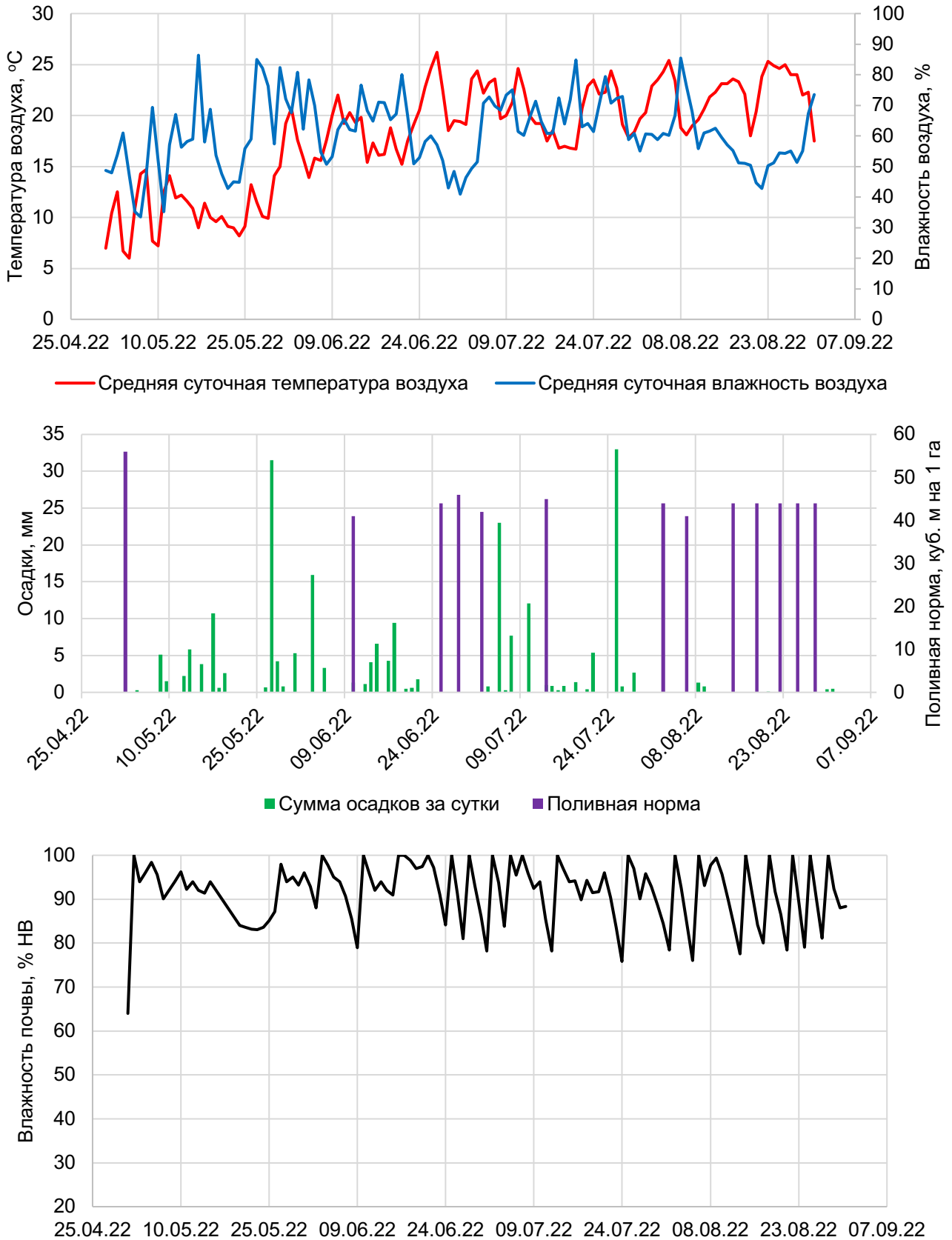


Рисунок 4.35. Динамика влажности почвы слоя 0-50 см и режим орошения трехлетних саженцев малины в III варианте опыта (80-100 % НВ), 2022 год

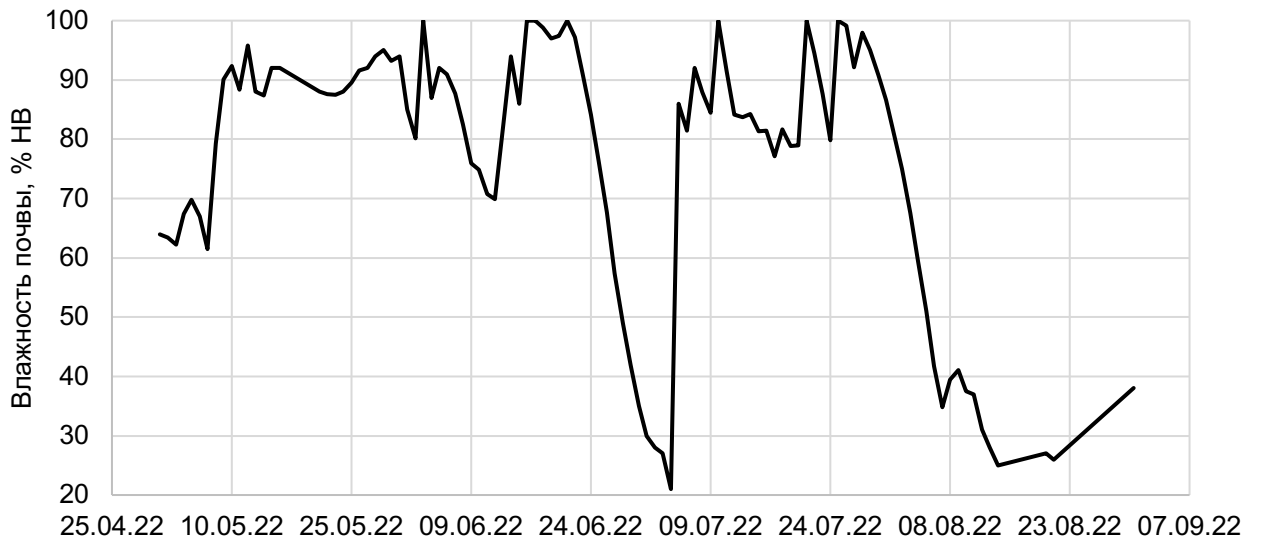


Рисунок 4.36. Динамика влажности почвы слоя 0-50 см и режим орошения трехлетних саженцев малины в IV варианте опыта (контроль без орошения), 2022 год

Характеристика режимов орошения саженцев груши и яблони в плодовом питомнике при капельном поливе приводится в работах Е.В. Еремина [2015] и А.Ю. Бурмистровой [2013] соответственно. Приведенные в них закономерности являются аналогичными выявленным для саженцев косточковых (слива и вишня), а также ягодных (малина) культур. Таким образом, разработанные режимы капельного орошения саженцев плодовых и ягодных культур в условиях Центральной Нечерноземной зоны России позволяют сократить межполивной период в среднем до 2-9 дней с поливом малыми нормами (в среднем 35,3-49,5 м³/га) в зависимости от предполивного порога и увлажненности вегетационного периода и обеспечивают поддержание влажности корнеобитаемого слоя почвы в заданных диапазонах, предотвращая резкие колебания влажности почвы из-за ее периодического иссушения и переувлажнения.

4.2. Связь параметров режимов капельного орошения с метеорологическими факторами

Как было показано в предыдущем разделе, метеорологические условия вегетационного периода оказывают влияние на количество поливов, их интенсивность и оросительную норму. Показателем, учитывающим количество поступившего тепла и влаги, является гидротермический коэффициент, который достаточно часто рассматривается в качестве фактора, влияющего на параметры режима орошения [Кременской, Иванютин, 2017; Байшоланов, 2020; Бочарникова, 2020]. Обработка данных полевых опытов позволила получить двухфакторные регрессионные зависимости оросительной нормы от предполивной влажности почвы (60, 70 и 80 % НВ) и гидротермического коэффициента вегетационного периода для саженцев сливы, вишни, малины, груши и яблони. Коэффициенты регрессионных уравнений для плодовых и ягодных культур приведены в таблице 4.2. Коэффициенты детерминации (R^2) уравнений составляют от 0,667 до 0,933, а стандартная ошибка – от 56,9 до 257,0.

Таблица 4.2. Зависимость оросительной нормы от предполивной влажности и гидротермического коэффициента вегетационного периода

Культура	Коэффициенты уравнения $y = a + bx + cx^2 + dz$				R^2	SE
	a	b	c	d		
Слива	-2266,668	73,383	-0,398	-66,960	0,933	56,93
Вишня	68,856	48,500	-0,217	-567,082	0,870	132,74
Малина	-1103,146	45,938	-0,219	-63,721	0,667	85,14
Груша	1767,964	-40,200	0,593	-338,390	0,932	148,63
Яблоня	-2279,776	58,933	-	-178,880	0,754	256,95

Примечание: x – предполивная влажность, % НВ; z – гидротермический коэффициент, см; R^2 – коэффициент детерминации; SE – стандартная ошибка.

Согласно полученному уравнению регрессии для саженцев сливы оросительная норма увеличивается при снижении значений ГТК вегетационного периода и с возрастанием предполивной влажности почвы в диапазоне вариантов опыта (рисунок 4.37). Например, при ГТК = 0,8 и предполивной влажности 60 % НВ оросительная норма составляет 649 м³/га, а при увеличении предполивной влажности до 80 % НВ возрастает 1001 м³/га.

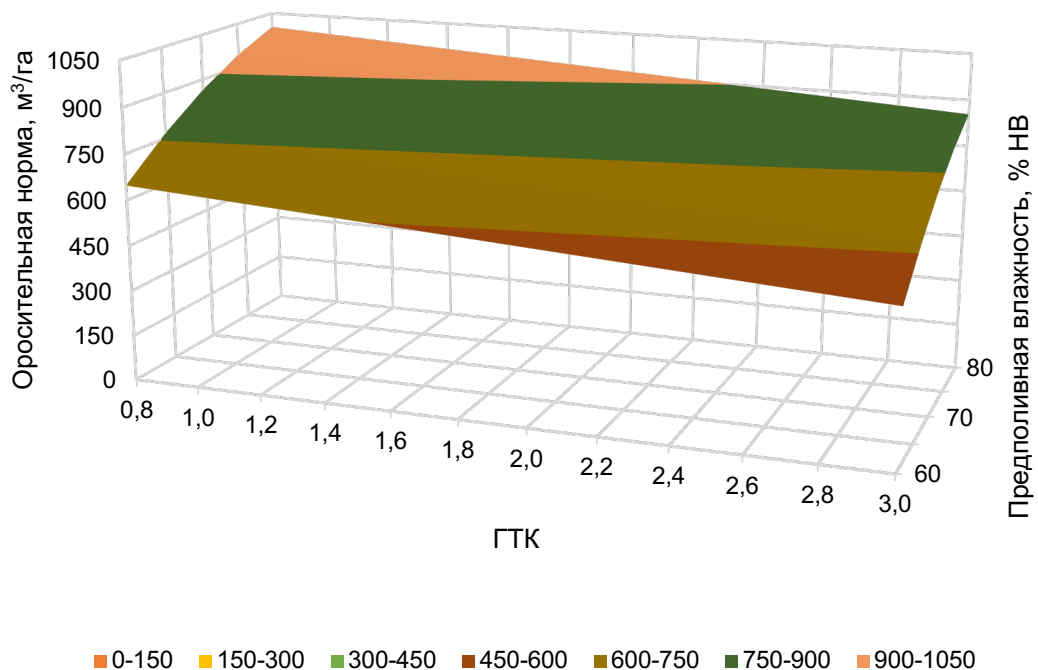


Рисунок 4.37. Зависимость оросительной нормы саженцев сливы от гидротермического коэффициента вегетационного периода и предполивной влажности почвы

Зависимость оросительной нормы саженцев вишни от гидротермического коэффициента вегетационного периода и предполивной влажности почвы показана на рисунке 4.38. В диапазоне значений ГТК при их увеличении наблюдается снижение оросительной нормы, а также ее повышение при увеличении предполивной влажности почвы. Например, при ГТК = 0,8 с предполивной влажностью 60 % НВ оросительная норма составляет 1745 м³/га, а при предполивной влажности 80 % НВ – 2108 м³/га. При ГТК = 2,0 с предполивной влажностью 60 % НВ оросительная норма составляет 1065 м³/га, а при предполивной влажности 80 % НВ – 1428 м³/га.

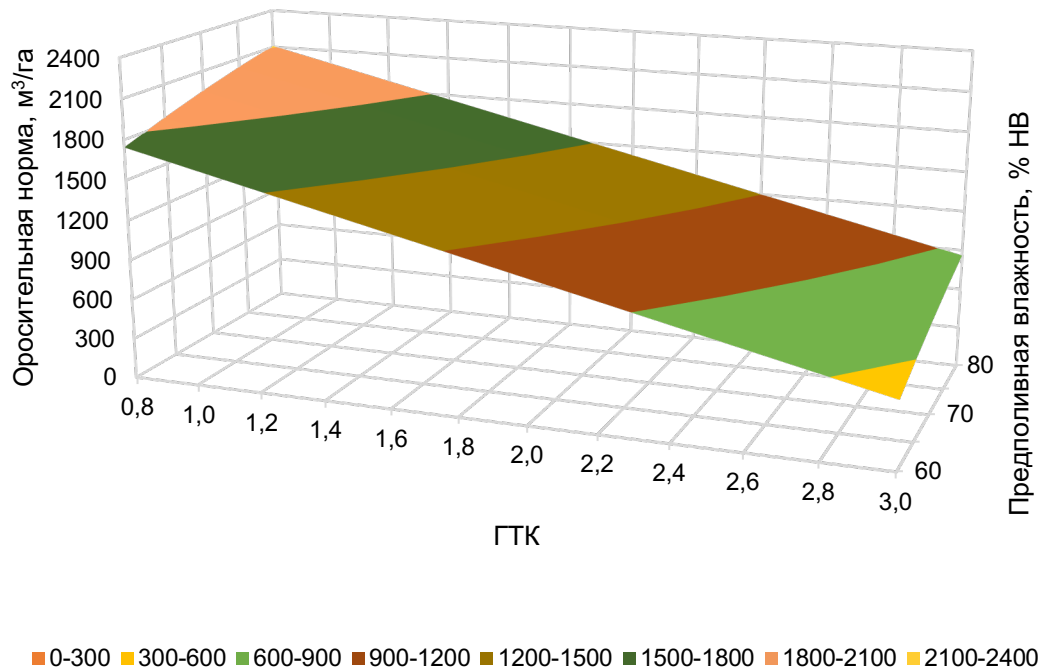


Рисунок 4.38. Зависимость оросительной нормы саженцев вишни от гидротермического коэффициента вегетационного периода и предполивной влажности почвы

Аналогичная саженцам косточковых культур закономерность влияния гидротермического коэффициента вегетационного периода и предполивной влажности почвы на оросительную норму характерна для саженцев малины (рисунок 4.39). Например, согласно расчетам по уравнению регрессии при ГТК = 0,8 с предполивной влажностью 60 % НВ оросительная норма составляет 815 м³/га,

а при предполивной влажности 80 % НВ – 1121 м³/га. При ГТК = 2,0 с предполивной влажностью 60 % НВ оросительная норма составляет 738 м³/га, а при предполивной влажности 80 % НВ – 1044 м³/га.

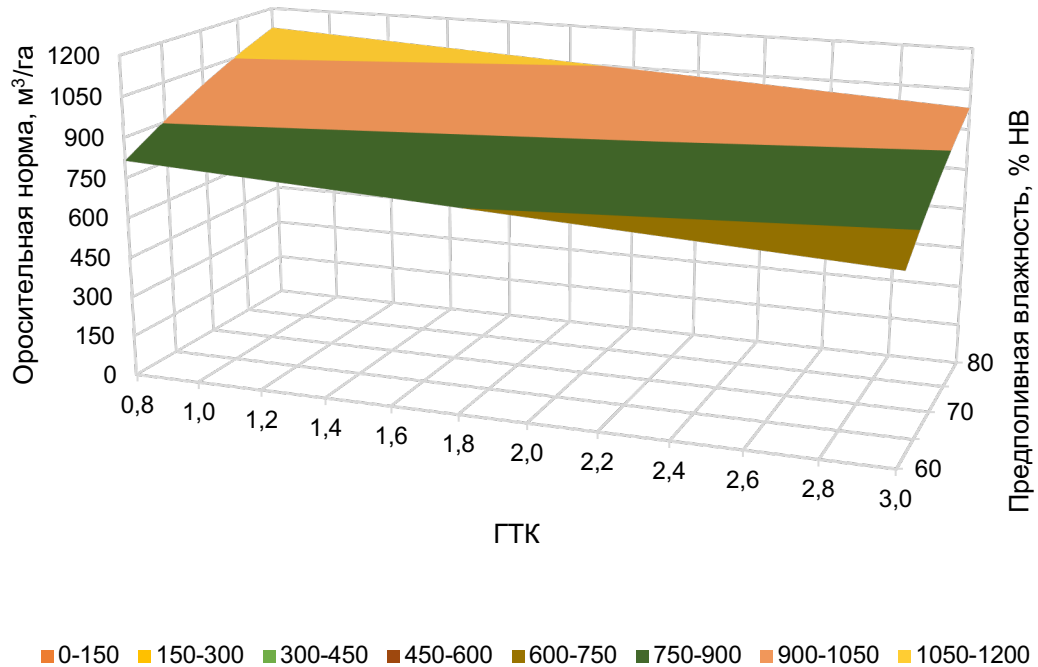


Рисунок 4.39. Зависимость оросительной нормы саженцев малины от гидротермического коэффициента вегетационного периода и предполивной влажности почвы

Для саженцев груши также выявлена закономерность увеличения оросительной нормы при снижении гидротермического коэффициента вегетационного периода и увеличении предполивной влажности почвы (рисунок 4.40). Например, по уравнению регрессии оросительная норма при ГТК = 0,8 с предполивной влажностью 60 % НВ составляет 1221 м³/га, а при предполивной влажности 80 % НВ – 2079 м³/га. При ГТК = 2,0 с предполивной влажностью 60 % НВ оросительная норма составляет 815 м³/га, а при предполивной влажности 80 % НВ – 1673 м³/га. Наибольшее значение оросительной нормы характерно для условий недостатка естественного увлажнения в течение вегетационного периода для режима орошения с поддержанием влажности корнеобитаемого слоя почвы в диапазоне 80-100 % НВ.

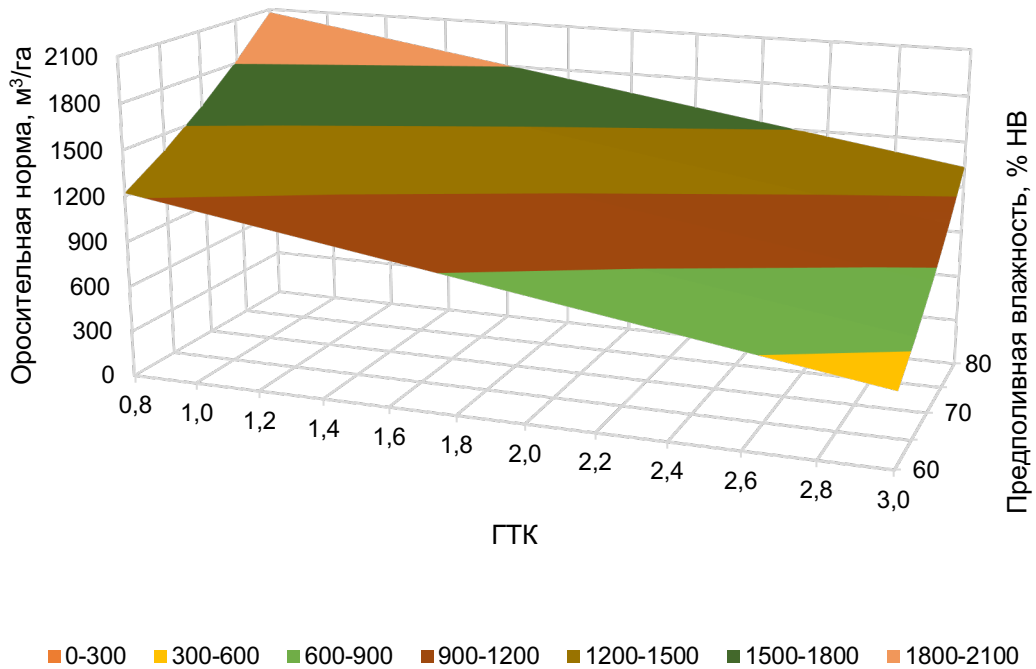


Рисунок 4.40. Зависимость оросительной нормы саженцев груши от гидротермического коэффициента вегетационного периода и предполивной влажности почвы

Для саженцев яблони общий характер зависимости оросительной нормы от гидротермического коэффициента вегетационного периода и предполивной влажности почвы остается аналогичным выявленной для саженцев других плодовых и ягодных культур (рисунок 4.41). Например, согласно расчетам, проведенным по полученному регрессионному уравнению, оросительная норма при ГТК = 0,8 с предполивной влажностью 60 % НВ составляет 1113 м³/га, а при предполивной влажности 80 % НВ – 2292 м³/га. При ГТК = 2,0 с предполивной влажностью 60 % НВ оросительная норма составляет 898 м³/га, а при предполивной влажности 80 % НВ – 2077 м³/га.

Таким образом, для саженцев плодовых и ягодных культур, выращиваемых в питомнике, характерна общая закономерность по влиянию гидротермического коэффициента вегетационного периода и предполивной влажности почвы на величину оросительной нормы. С увеличением предполивной влажности почвы и с увеличением дефицита естественного увлажнения от осадков на фоне высоких

температур атмосферного воздуха происходит повышение значений оросительной нормы. Полученные уравнения регрессии имеют высокие коэффициенты детерминации (R^2) от 0,667 до 0,933 и позволяют с высокой точностью прогнозировать оросительную норму.

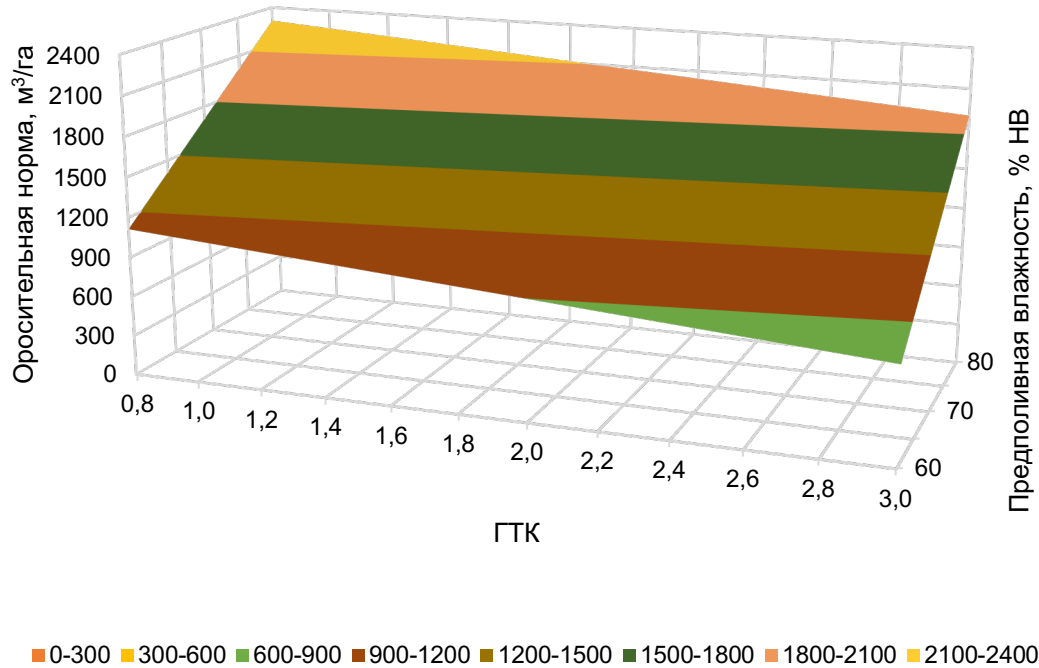


Рисунок 4.41. Зависимость оросительной нормы саженцев яблони от гидротермического коэффициента вегетационного периода и предполивной влажности почвы

Обработка данных полевых опытов позволила также получить двухфакторные регрессионные зависимости среднего количества поливов от предполивной влажности почвы (60, 70 и 80 % НВ) и гидротермического коэффициента вегетационного периода для саженцев сливы, вишни, малины, груши и яблони. Коэффициенты регрессионных уравнений для исследуемых плодовых и ягодных культур приведены в таблице 4.3. Коэффициенты детерминации (R^2) уравнений составляют от 0,682 до 0,980, а стандартная ошибка – от 2,52 до 7,15.

Таблица 4.3. Зависимость количества поливов от предполивной влажности и гидротермического коэффициента вегетационного периода

Культура	Коэффициенты уравнения $y = a + bx + cz$			R^2	SE
	a	b	c		
Слива	-1,892	0,367	-3,516	0,824	2,52
Вишня	3,510	0,313	-2,252	0,682	3,92
Малина	12,553	0,250	-3,175	0,728	4,87
Груша	-16,424	1,050	-12,192	0,890	5,09
Яблоня	-31,894	1,133	-8,931	0,725	7,15

Примечание: x – предполивная влажность, % НВ; z – гидротермический коэффициент, см; R^2 – коэффициент детерминации; SE – стандартная ошибка.

По полученному регрессионному уравнению для саженцев сливы количество поливов возрастает при снижении значений ГТК вегетационного периода и с возрастанием предполивной влажности почвы в диапазоне вариантов опыта (рисунок 4.42). Например, при ГТК = 0,8 и предполивной влажности 60 % НВ количество поливов в среднем составляет 17, а при увеличении предполивной влажности до 80 % НВ возрастает до 24.

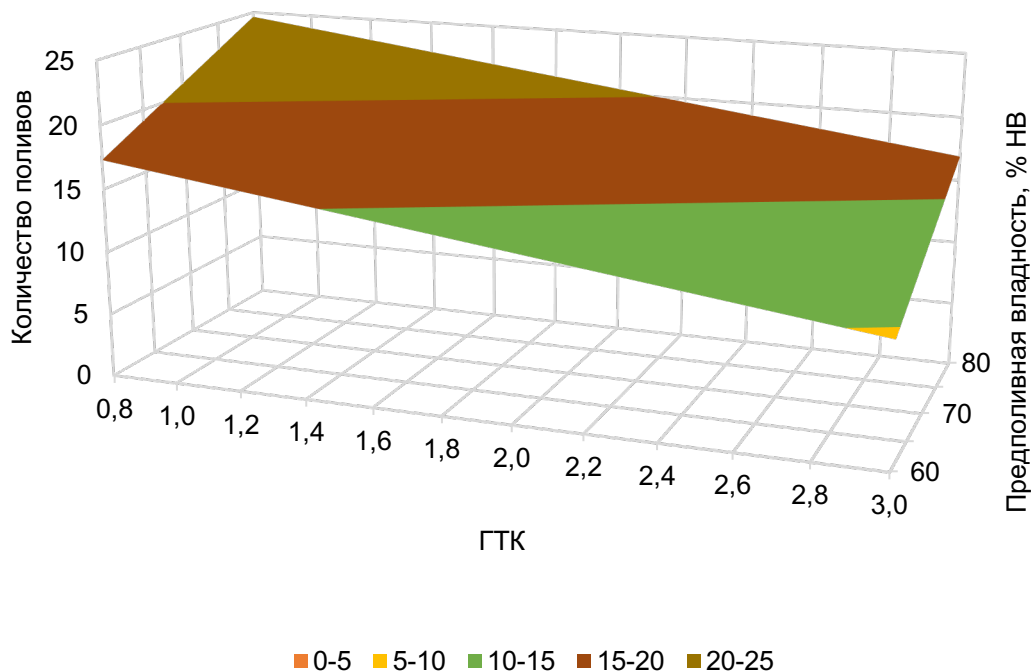


Рисунок 4.42. Зависимость количества поливов саженцев сливы от гидротермического коэффициента вегетационного периода и предполивной влажности почвы

Зависимость количества поливов саженцев вишни от гидротермического коэффициента вегетационного периода и предполивной влажности почвы показана на рисунке 4.43. В диапазоне значений ГТК при их увеличении наблюдается уменьшение количества поливов, а также их повышение при увеличении предполивной влажности почвы. Например, при ГТК = 0,8 с предполивной влажностью 60 % НВ количество поливов составляет 20, а при предполивной влажности 80 % НВ – 27. При ГТК = 2,0 с предполивной влажностью 60 % НВ количество поливов составляет 18, а при предполивной влажности 80 % НВ – 24.

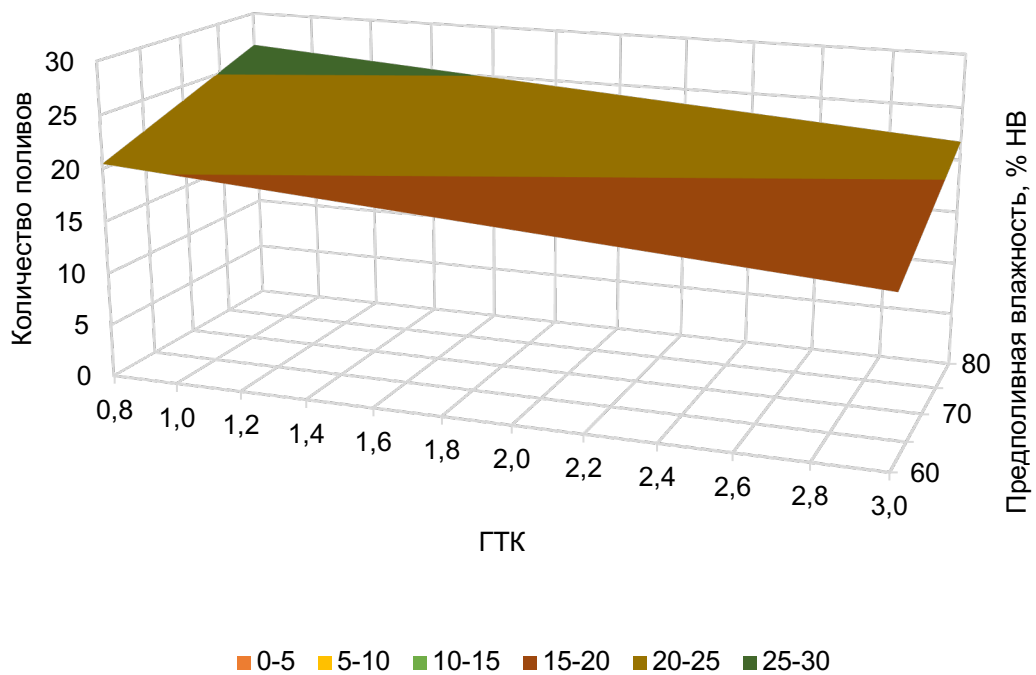


Рисунок 4.43. Зависимость количества поливов саженцев вишни от гидротермического коэффициента вегетационного периода и предполивной влажности почвы

Аналогичная саженцам косточковых культур (слива и вишня) закономерность влияния гидротермического коэффициента вегетационного периода и предполивной влажности почвы на количество проводимых поливов характерна для саженцев малины (рисунок 4.44). Например, согласно расчетам по уравнению регрессии при ГТК = 0,8 с предполивной влажностью 60 % НВ количество поливов составляет 25, а при предполивной влажности 80 % НВ – 30.

При ГТК = 2,0 с предполивной влажностью 60 % НВ количество проводимых поливов составляет 21, а при предполивной влажности 80 % НВ – 26.

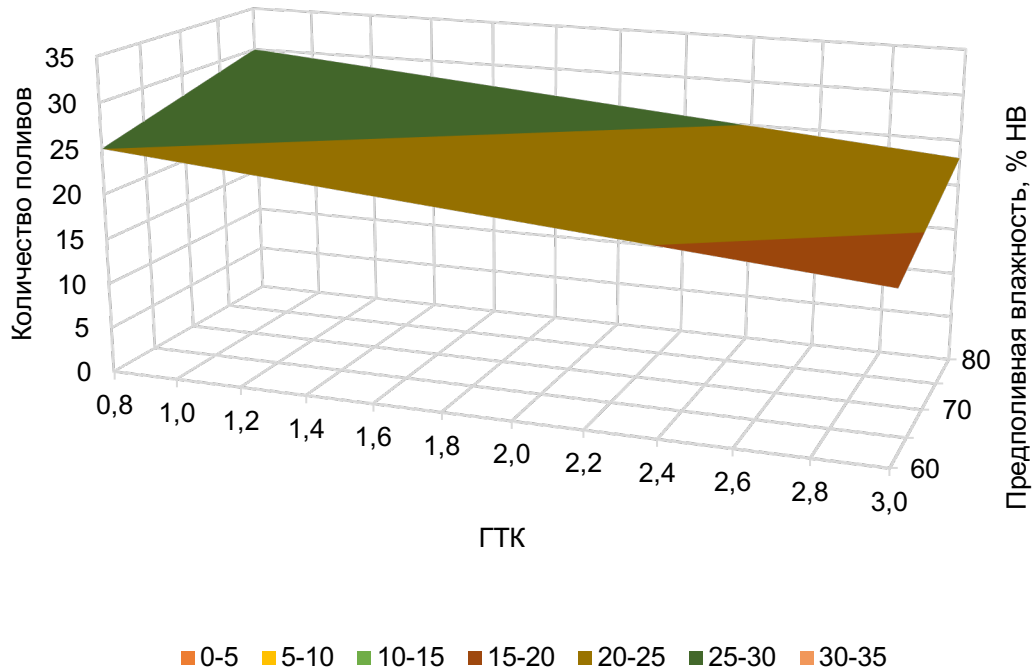


Рисунок 4.44. Зависимость количества поливов саженцев малины от гидротермического коэффициента вегетационного периода и предполивной влажности почвы

Для саженцев груши также выявлена закономерность увеличения количества проводимых поливов при снижении гидротермического коэффициента вегетационного периода и при увеличении предполивной влажности почвы (рисунок 4.45). Например, по уравнению регрессии количество проводимых поливов при ГТК = 0,8 с предполивной влажностью 60 % НВ составляет 37, а при предполивной влажности 80 % НВ – 58. При ГТК = 2,0 с предполивной влажностью 60 % НВ количество проводимых поливов составляет 22, а при предполивной влажности 80 % НВ – 43. Наибольшее значение количества поливов характерно для условий недостатка естественного увлажнения в течение вегетационного периода для режима орошения с поддержанием влажности корнеобитаемого слоя почвы в диапазоне 80-100 % НВ.

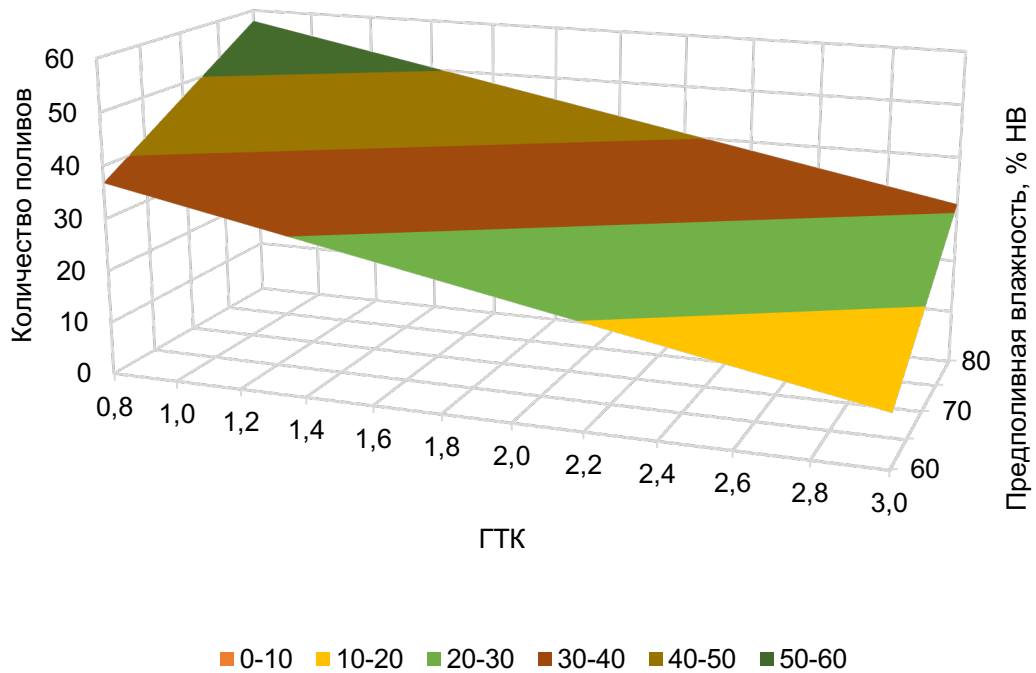


Рисунок 4.45. Зависимость количества поливов саженцев груши от гидротермического коэффициента вегетационного периода и предполивной влажности почвы

Для саженцев яблони общий характер зависимости количества поливов от гидротермического коэффициента вегетационного периода и предполивной влажности почвы остается аналогичным выявленной для саженцев других плодовых и ягодных культур (рисунок 4.46). Например, согласно расчетам, проведенным по полученному регрессионному уравнению, количество поливов при $ГТК = 0,8$ с предполивной влажностью 60 % НВ составляет 29, а при предполивной влажности 80 % НВ – 52. При $ГТК = 2,0$ с предполивной влажностью 60 % НВ оросительная норма составляет 18, а при предполивной влажности 80 % НВ – 41.

Таким образом, для саженцев плодовых и ягодных культур (слива, вишня, малина, яблоня и груша), выращиваемых в плодовом питомнике в условиях Центральной Нечерноземной зоны России, характерны схожие закономерности по влиянию гидротермического коэффициента вегетационного периода и предполивной влажности почвы на количество проводимых поливов. С

увеличением предполивной влажности почвы и с увеличением дефицита естественного увлажнения от осадков на фоне высоких температур атмосферного воздуха происходит увеличение количества поливов и соответственно их частоты. Полученные уравнения регрессии имеют высокие коэффициенты детерминации (R^2) от 0,682 до 0,980 и позволяют с высокой точностью прогнозировать необходимое количество проводимых поливов.

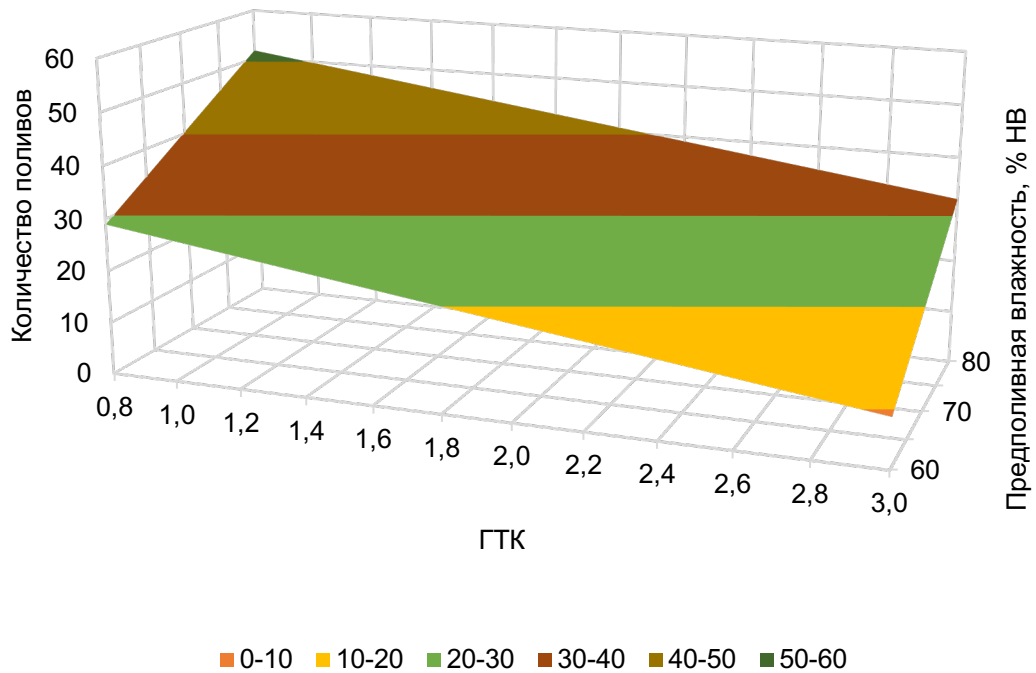


Рисунок 4.46. Зависимость количества поливов саженцев яблони от гидротермического коэффициента вегетационного периода и предполивной влажности почвы

Разработанные модели параметров режимов капельного орошения (оросительная норма и количество поливов) позволяют выполнять их прогнозирование в зависимости от значений гидротермического коэффициента вегетационного периода и предполивной влажности почвы (60, 70 и 80 % НВ) для саженцев косточковых (слива и вишня), семечковых (груша и яблоня) и ягодных (малина) культур в условиях Центральной Нечерноземной зоны. Для всех культур наблюдается схожие закономерности по увеличению оросительной нормы,

количества и частоты проводимых поливов при снижении ГТК и увеличении предполивной влажности почвы.

4.3. Водопотребление саженцев плодовых и ягодных культур

Суммарное водопотребление саженцев плодовых и ягодных культур оценивалось на основании следующих слагающих элементов водного баланса: приход влаги от осадков, использование почвенной влаги, подпитывание грунтовыми водами и оросительная норма. Обобщенные данные о структуре суммарного водопотребления саженцев приведены на рисунке 4.47. На контрольных вариантах опытов для всех плодовых и ягодных культур наибольший вклад в суммарное водопотребление вносит приход влаги от осадков: для сливы – 80 %, для вишни – 91 %, для малины – 91 %, для груши – 84 %. На орошаемых вариантах опытов приход влаги от осадков в среднем составляет 64 %. На вариантах опытов с капельным орошением вклад оросительной нормы в суммарное водопотребление повышается с увеличением предполивного уровня влажности почвы. По отдельным плодовых и ягодным культурам вклад оросительной нормы составляет: для сливы в варианте 60-80 % НВ – 32 %, 70-90 % НВ – 34 % и 80-100 % НВ – 36 %; для вишни в варианте 60-80 % НВ – 16 %, 70-90 % НВ – 21 % и 80-100 % НВ – 24 %; для малины в варианте 60-80 % НВ – 13 %, 70-90 % НВ – 16 % и 80-100 % НВ – 19 %; для груши в варианте 60-80 % НВ – 19 %, 70-90 % НВ – 25 % и 80-100 % НВ – 29 %. Подпитывание грунтовыми водами в среднем составляет 6 %, использование почвенной влаги – 6 %.

Таким образом, не зависимо от выращиваемых в питомниках Центральной Нечерноземной зоны России плодовых и ягодных культур основную долю в суммарном водопотреблении имеют приход влаги от осадков (в среднем 64 %) и оросительная норма (в среднем 24 %). Подпитывание грунтовыми водами (в среднем 6 %) и использование почвенной влаги (в среднем 6 %) вносят гораздо меньший вклад в суммарное водопотребление саженцев плодовых и ягодных культур.

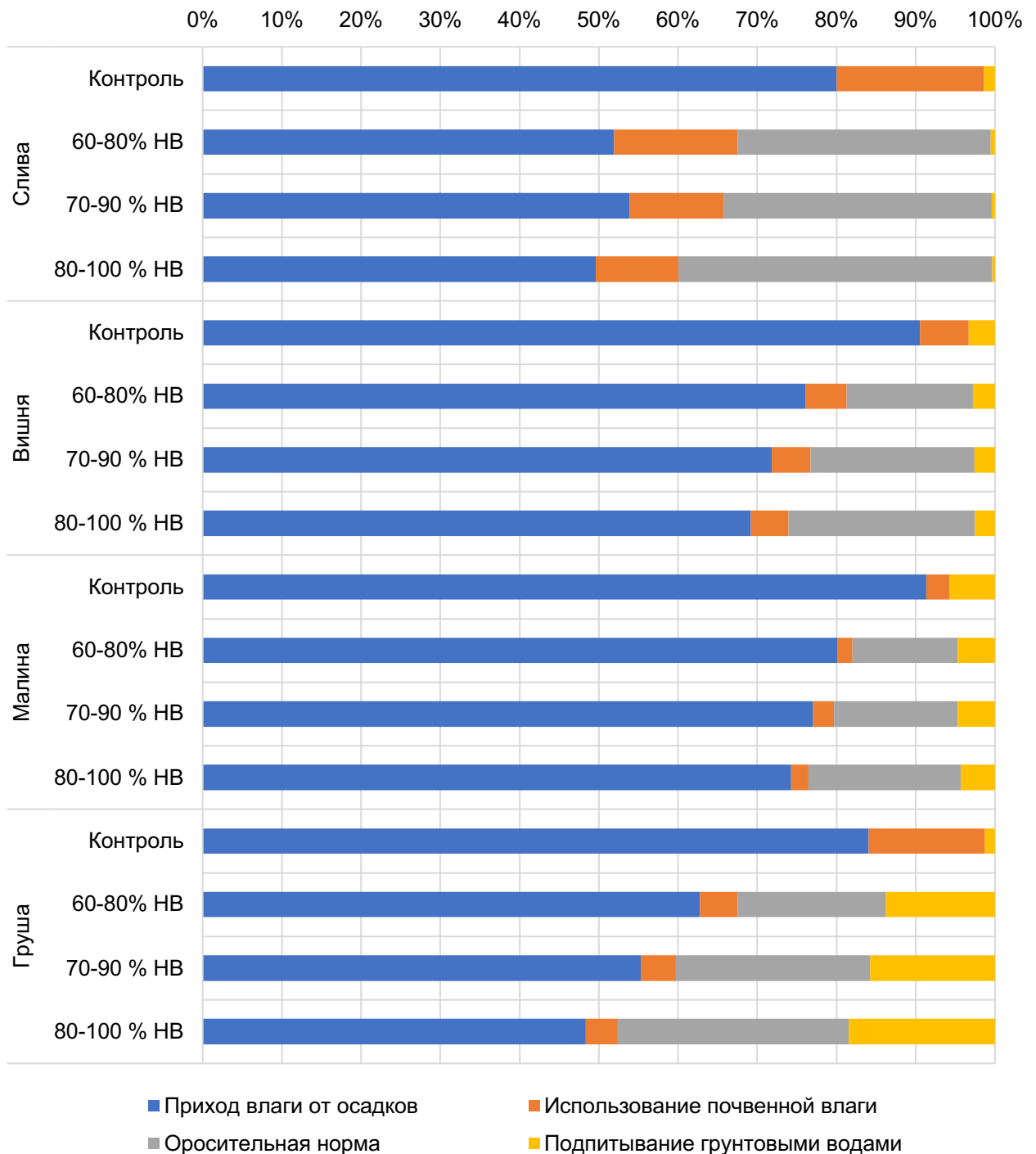


Рисунок 4.47. Структура суммарного водопотребления саженцев плодовых и ягодных культур

Обработка данных полевых опытов позволила получить двухфакторные регрессионные зависимости суммарного водопотребления саженцев за вегетационный период от предполивной влажности почвы (60, 70 и 80 % НВ) и накопленной суммы среднесуточных температур воздуха. Коэффициенты регрессионных уравнений для плодовых и ягодных культур (слива, вишня, малина,

груша и яблоня) приведены в таблице 4.4. Коэффициенты детерминации (R^2) уравнений составляют от 0,916 до 0,987, а стандартная ошибка – от 139,6 до 400,9.

По регрессионным уравнениям, представленным в таблице 4.4 суммарное водопотребление саженцев плодовых и ягодных культур увеличивается с ростом накопленных среднесуточных температур. Наибольшей интенсивностью оно характеризуется в первые декады вегетационного периода, снижаясь к его окончанию. Это связано с биологическими особенностями формирования и роста саженцев, так как наиболее интенсивным приростом саженцы характеризуются в период с конца мая по начало июля. Положительные коэффициенты в регрессионных уравнениях перед переменной предполивной влажности воздуха свидетельствуют об увеличении суммарного водопотребления с увеличением предполивной влажности почвы.

Таблица 4.4. Зависимость суммарного водопотребления саженцев за вегетационный период от предполивной влажности и суммы среднесуточных температур воздуха

Культура	Коэффициенты уравнения $y = a + bx + cx^2 + dz$				R^2	SE
	a	b	c	d		
Слива	-1590,27454	1,62871	-0,00012	17,05524	0,968	202,7
Вишня	-865,38095	2,14325	-0,00022	6,74335	0,928	361,9
Малина	-1254,72594	2,78731	-0,00042	8,25073	0,916	400,9
Груша	-1508,99131	1,86165	-0,00017	19,06288	0,987	139,6
Яблоня	-1899,27119	2,05024	-0,00027	27,52540	0,984	166,4

Примечание: x – сумма среднесуточных температур воздуха, °С; z – предполивная влажность, % НВ; R^2 – коэффициент детерминации; SE – стандартная ошибка.

По данным опытов получены двухфакторные регрессионные зависимости суммарного водопотребления саженцев за вегетационный период от предполивной влажности (60, 70 и 80 % НВ) и глубины орошаемого слоя почвы (30, 40 и 50 см). Связь зависимой переменной с независимыми в уравнении выражена в виде их линейной комбинации. Коэффициенты регрессионных уравнений для плодовых и ягодных культур (слива, вишня, малина, груша и яблоня) приведены в таблице 4.5. Коэффициенты детерминации (R^2) уравнений составляют от 0,591 до 0,994, а стандартная ошибка – от 35,8 до 254,1. Уравнения с наименьшим коэффициентом

детерминации и наибольшей стандартной ошибкой получено для саженцев малины, что связано с большой изменчивостью полевых данных.

Таблица 4.5. Зависимость суммарного водопотребления саженцев за вегетационный период от предполивной влажности и глубины орошаемого слоя почвы

Культура	Коэффициенты уравнения $y = a + bx + cz$			R^2	SE
	a	b	c		
Слива	-617,000	43,067	10,933	0,994	35,81
Вишня	1242,623	18,083	33,084	0,948	88,10
Малина	1695,889	15,767	26,267	0,591	254,09
Груша	565,500	42,217	1,733	0,849	178,22
Яблоня	-1513,333	62,633	25,875	0,860	215,31

Примечание: x – предполивная влажность, % НВ; z – глубина увлажнения, см; R^2 – коэффициент детерминации; SE – стандартная ошибка.

Поверхность зависимости суммарного водопотребления саженцев сливы за вегетационный период от предполивной влажности и глубины орошаемого слоя почвы, полученная по регрессионному уравнению показана на рисунке 4.48. Числовые коэффициенты перед переменными, входящие в уравнение, имеют положительные значения, поэтому с увеличением предполивной влажности и глубины орошаемого происходит увеличение суммарного водопотребления саженцев, которое наименьшим значением характеризуется при предполивной влажности 60 % НВ и глубине увлажнения 30 см (2295 м³/га), а наибольшим – при предполивной влажности 80 % НВ и глубине увлажнения 50 см (3375 м³/га).

Зависимость суммарного водопотребления саженцев вишни от предполивной влажности и глубины орошаемого слоя почвы при капельном поливе согласно проведенным расчетам по уравнению регрессии представлена на рисунке 4.49. Наименьшее суммарное водопотребление саженцев характерно для варианта с предполивной влажностью 60 % НВ и глубиной орошаемого слоя почвы 30 см (3320 м³/га), а наибольшее – для варианта с предполивной влажностью 80 % НВ и глубиной орошаемого слоя почвы 50 см (4343 м³/га). Таким образом, с увеличением предполивного порога и с увеличением глубины промачивания происходит увеличение суммарного водопотребления.

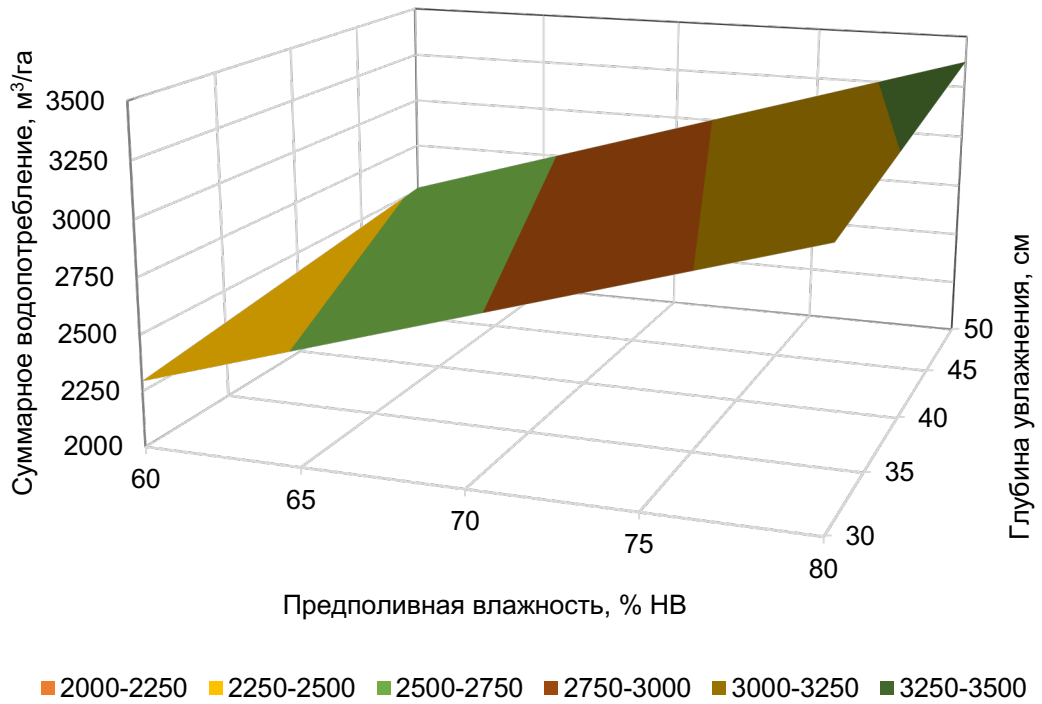


Рисунок 4.48. Зависимость суммарного водопотребления саженцев сливы от предполивной влажности и глубины орошаемого слоя почвы

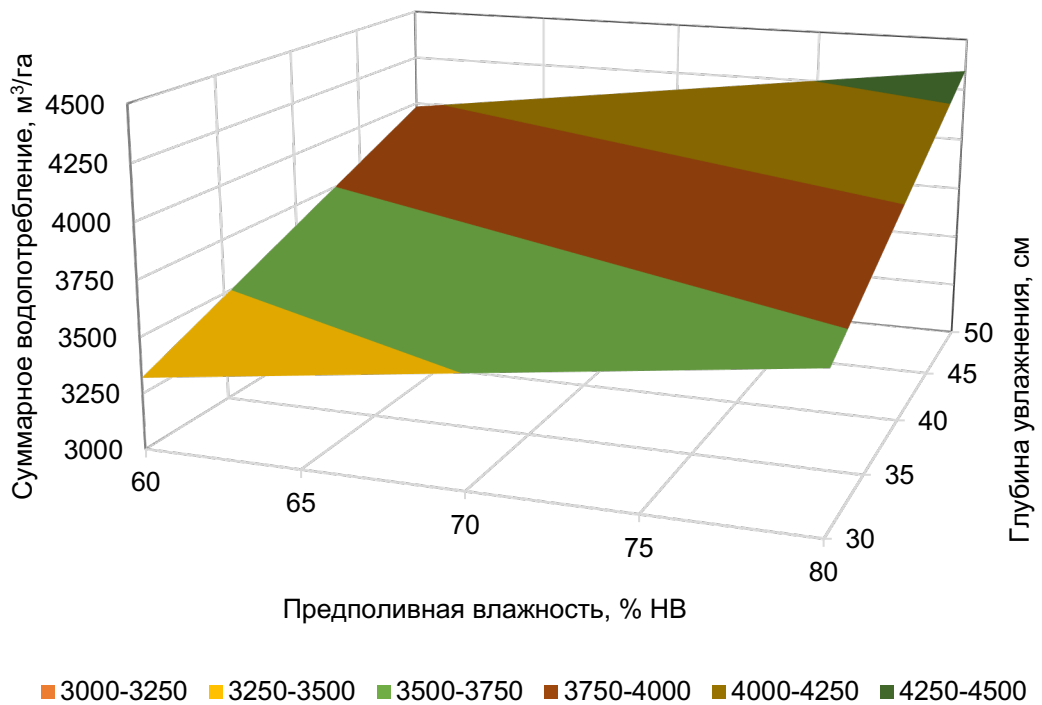


Рисунок 4.49. Зависимость суммарного водопотребления саженцев вишни от предполивной влажности и глубины орошаемого слоя почвы

Для саженцев малины в питомнике зависимость суммарного водопотребления от предполивной влажности и глубины орошаемого слоя почвы при капельном поливе по уравнению регрессии представлена на рисунке 4.50. Также как и для косточковых плодовых культур (слива и вишня) поверхность отклика зависимой переменной уравнения имеет восходящий тренд в сторону увеличения суммарного водопотребления при увеличении предполивной влажности и глубины увлажнения. Наименьшее суммарное водопотребление саженцев малины характерно для варианта с предполивной влажностью 60 % НВ и глубиной орошаемого слоя почвы 30 см (3430 м³/га), а наибольшее – для варианта с предполивной влажностью 80 % НВ и глубиной орошаемого слоя почвы 50 см (4271 м³/га).

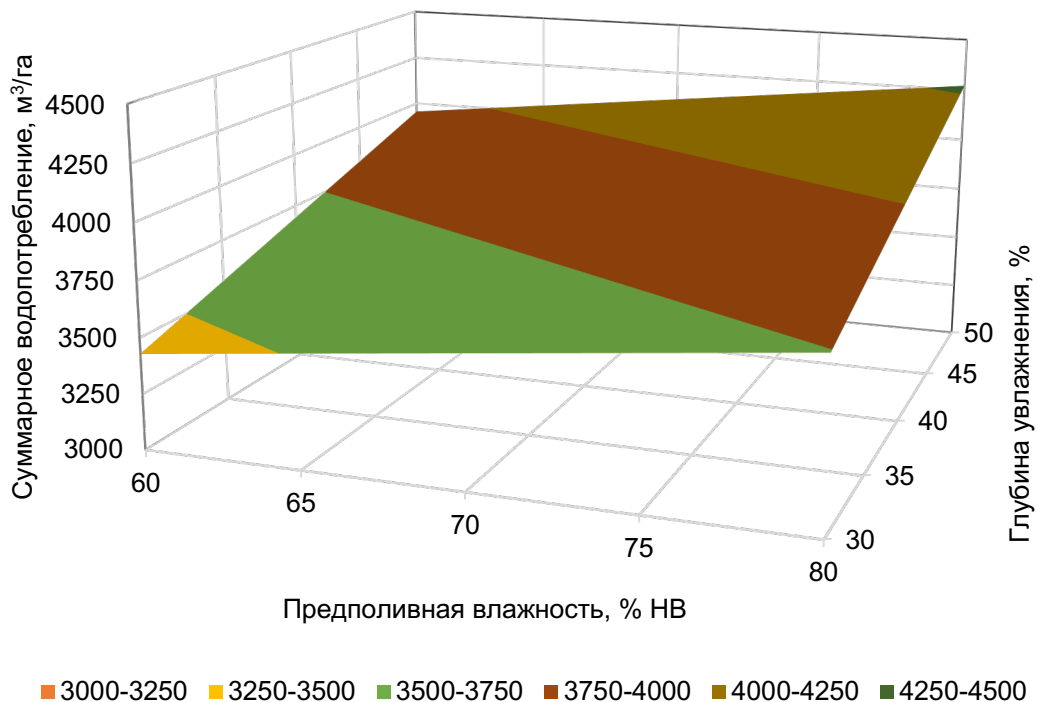


Рисунок 4.50. Зависимость суммарного водопотребления саженцев малины от предполивной влажности и глубины орошаемого слоя почвы

Для саженцев груши также выявлена закономерность увеличения суммарного водопотребления при повышении предполивной влажности почвы и глубины орошаемого слоя (рисунок 4.51). Согласно проведенным расчетам по полученному уравнению регрессионной зависимости, наименьшее суммарное

водопотребление саженцев груши характерно для варианта с предполивной влажностью 60 % НВ и глубиной орошаемого слоя почвы 30 см (3150 м³/га), а наибольшее – для варианта с предполивной влажностью 80 % НВ и глубиной орошаемого слоя почвы 50 см (4030 м³/га).

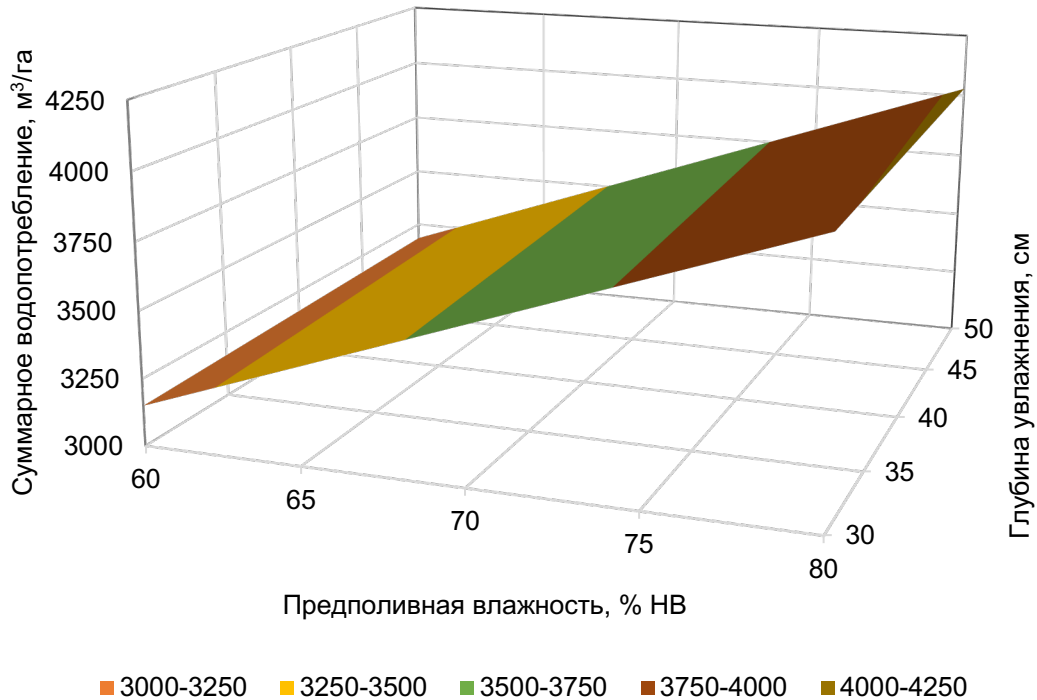


Рисунок 4.51. Зависимость суммарного водопотребления саженцев груши от предполивной влажности и глубины орошаемого слоя почвы

Для саженцев яблони общий характер зависимости суммарного водопотребления от предполивной влажности и глубины увлажняемого слоя остается аналогичным выявленной для саженцев других плодовых и ягодных культур (рисунок 4.52). Наименьшее суммарное водопотребление саженцев яблони в варианте с предполивной влажностью 60 % НВ и глубиной орошаемого слоя почвы 30 см (3021 м³/га), а наибольшее – для варианта с предполивной влажностью 80 % НВ и глубиной орошаемого слоя почвы 50 см (4791 м³/га).

Таким образом, для саженцев плодовых и ягодных культур (слива, вишня, малина, яблоня и груша), выращиваемых в плодовом питомнике при капельном орошении в условиях Центральной Нечерноземной зоны России, выявлены общие закономерности в суммарном водопотреблении. Получены регрессионные модели

зависимости суммарного водопотребления от суммы активных температур и от предполивной влажности почвы, а также от предполивной влажности почвы и глубины орошаемого слоя. Для всех рассматриваемых культур наблюдается увеличение суммарного водопотребления саженцев при увеличении накопленных активных температур, глубины орошаемого слоя и порога предполивной влажности почвы.

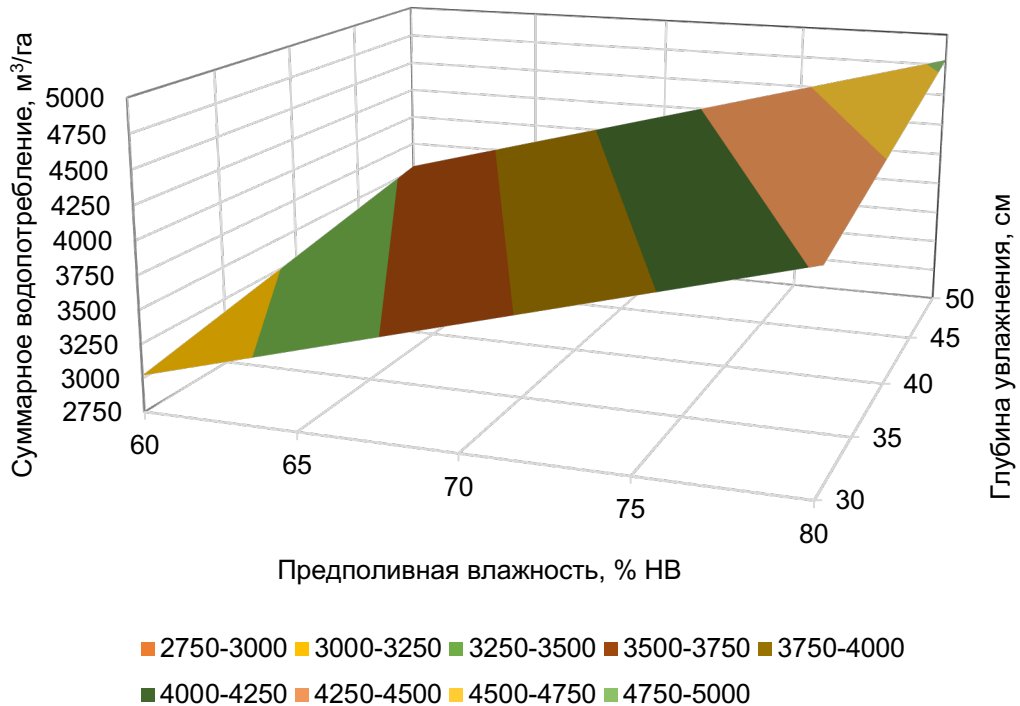


Рисунок 4.52. Зависимость суммарного водопотребления саженцев яблони от предполивной влажности и глубины орошаемого слоя почвы

Разработанные регрессионные модели позволяют выполнять прогноз суммарного водопотребления в зависимости от значений накопленных среднесуточных температур воздуха, предполивной влажности почвы (60, 70 и 80 % НВ) и глубины орошаемого слоя (30, 40 и 50 см) для саженцев косточковых (слива и вишня), семечковых (груша и яблоня) и ягодных (малина) культур в условиях Центральной Нечерноземной зоны. Значения коэффициентов детерминации и стандартных ошибок указывают на хорошую прогнозную способность моделей в диапазонах переменных, полученных в процессе проведения полевых опытов.

4.4. Биоклиматические коэффициенты саженцев плодовых и ягодных культур

Для определения водопотребления культур используются расчетные методы, основанные на корреляционных связях с метеорологическими параметрами вегетационного периода. Разработана большое количество расчетных методов, среди которых в нашей стране получили распространение [Алпатьев, 1969; Константинов с соавт., 1971; Никитин, 1984; Мелиорация и водное хозяйство..., 1990; Байшоланов, 2020]: метод И.А. Шарова, метод Г.К. Льгова, метод Н.В. Данильченко, метод А.М. Алпатьева и др. Наиболее распространенным агрометеорологическим показателем оценки суммарного водопотребления является сумма среднесуточных температур атмосферного воздуха. Исходя из формулы Г.К. Льгова, биоклиматический коэффициент определяется следующим образом:

$$K = \frac{E}{\sum t'}$$

где K – биоклиматический коэффициент, E – суммарное водопотребление культуры, $\sum t'$ – сумма среднесуточных температур атмосферного воздуха.

По разработанным в разделе 4.3 регрессионным зависимостям суммарного водопотребления от суммы среднесуточных температур атмосферного воздуха и предполивной влажности почвы, с учетом формулы Г.К. Льгова для оценки водопотребления, получены уравнения для расчета биоклиматических коэффициентов саженцев плодовых (слива, вишня, груша, яблоня) и ягодных (малина) культур для условий питомников Центральной Нечерноземной зоны России. Уравнения для расчета биоклиматических коэффициентов отдельно для каждой изучаемой культуры приведены в таблице 4.6. Численные оценки биоклиматических коэффициентов показывают на сколько изменяется суммарное водопотребление ($\text{м}^3/\text{га}$) при изменении суммы среднесуточных температур воздуха на 1°C .

Таблица 4.6. Уравнения зависимости биоклиматических коэффициентов саженцев от предполивной влажности почвы и суммы среднесуточных температур

Культура	Уравнение
Слива	$K = \frac{-1590,2 + 1,62T - 0,00012T^2 + 17,1W}{T}$
Вишня	$K = \frac{-865,4 + 2,14T - 0,00022T^2 + 6,7W}{T}$
Малина	$K = \frac{-1254,7 + 2,78T - 0,00042T^2 + 8,3W}{T}$
Груша	$K = \frac{-1509,0 + 1,86T - 0,00017T^2 + 19,1W}{T}$
Яблоня	$K = \frac{-1899,3 + 2,05T - 0,00027T^2 + 27,5W}{T}$

Примечание: K – биоклиматический коэффициент, T – сумма среднесуточных температур воздуха, °С; W – предполивная влажность, % НВ.

Графически зависимость биоклиматических коэффициентов саженцев сливы от суммы среднесуточных температур и предполивной влажности почвы (60, 70 и 80 % НВ) показана на рисунке 4.53. В варианте с поддержанием влажности почвы в диапазоне 60-80 % НВ биоклиматические коэффициенты изменяются от 0,61 до 1,10, в варианте 70-90 % НВ – от 0,89 до 1,16 и в варианте 80-100 % НВ – от 1,18 до 1,29. С увеличением уровня поддерживаемой влажности почвы наблюдается закономерное повышение значений биоклиматических коэффициентов, что связано с увеличивающимся суммарным водопотреблением. В зависимости от суммы среднесуточных температур биоклиматические коэффициенты изменяются по параболической зависимости. Имеют минимальные значения в начале вегетационного периода, достигают максимальных значений в период интенсивного роста саженцев и постепенно снижаются к концу вегетации.

Для саженцев вишни зависимость биоклиматических коэффициентов от суммы среднесуточных температур и предполивной влажности почвы показана на рисунке 4.54. В варианте с поддержанием влажности почвы в диапазоне 60-80 % НВ биоклиматические коэффициенты изменяются от 0,90 до 1,51, в варианте 70-90 % НВ – от 1,07 до 1,55 и в варианте 80-100 % НВ – от 1,24 до 1,61. Основные закономерности в изменении биоклиматических коэффициентов такие же, как и для саженцев сливы [Дубенок с соавт., 2024].

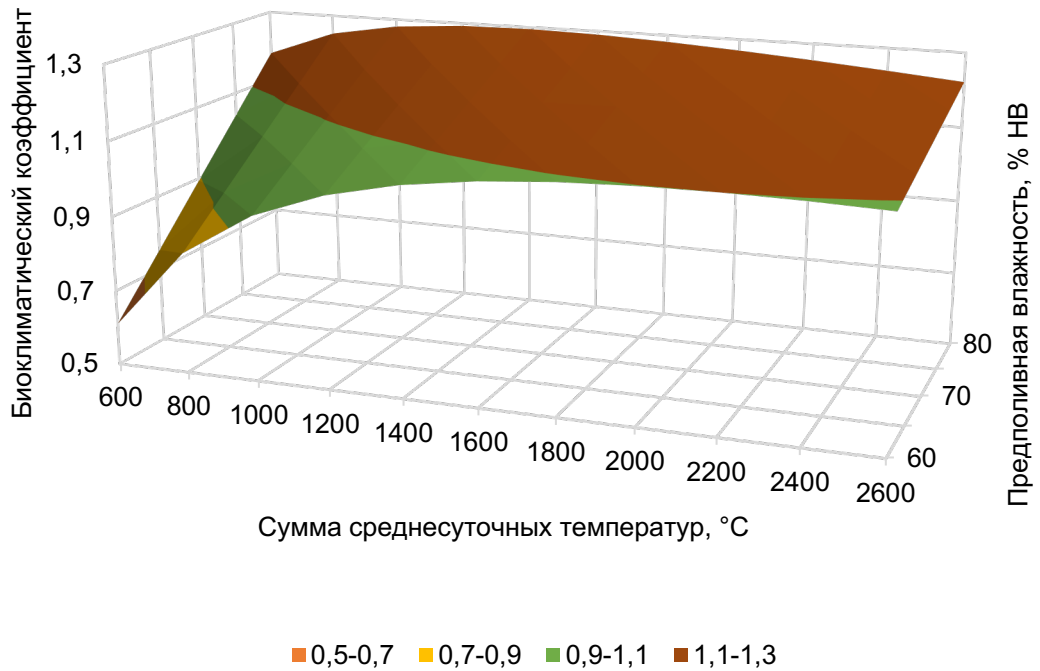


Рисунок 4.53. Зависимость биоклиматических коэффициентов саженцев сливы от суммы среднесуточных температур и предполивной влажности почвы

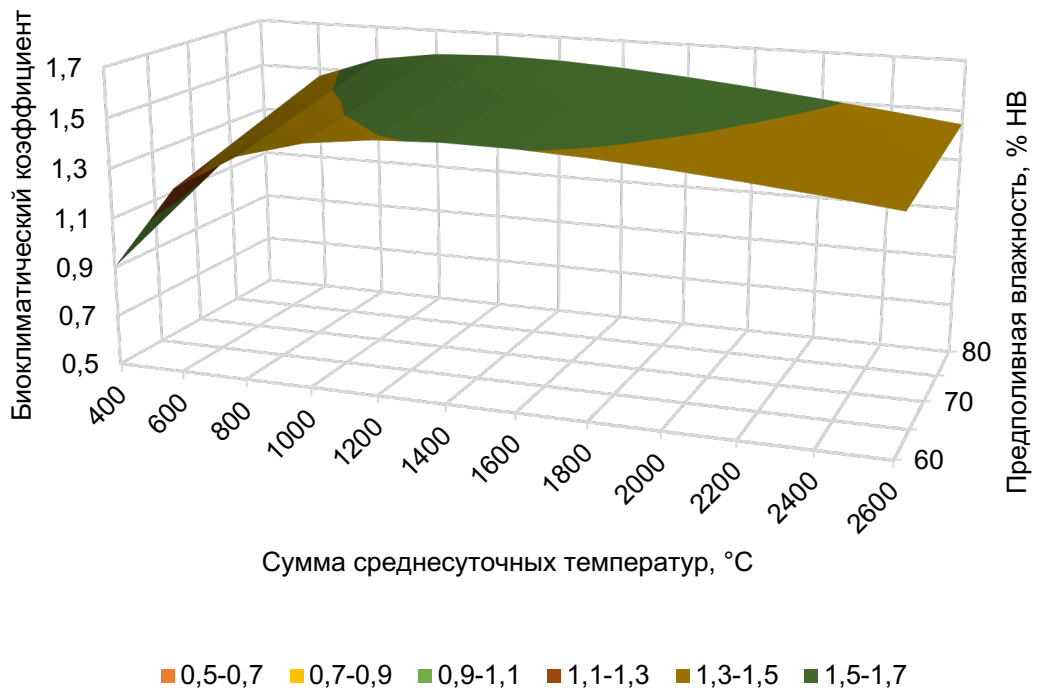


Рисунок 4.54. Зависимость биоклиматических коэффициентов саженцев вишни от суммы среднесуточных температур и предполивной влажности почвы

Графическое отображение модели биоклиматических коэффициентов саженцев малины от суммы среднесуточных температур атмосферного воздуха и предполивной влажности почвы показано на рисунке 4.55. В варианте с поддержанием влажности почвы в диапазоне 60-80 % НВ биоклиматические коэффициенты изменяются от 0,72 до 1,66, в варианте 70-90 % НВ – от 0,93 до 1,72 и в варианте 80-100 % НВ – от 1,13 до 1,79. Минимальные значения биоклиматических коэффициентов характерны для сумм среднесуточных температур от 400 до 600 °С, их максимальные значения достигаются при суммах среднесуточных температур от 1000 до 1200 °С. В конце вегетационного периода при суммах среднесуточных температур более 2000 °С прослеживается уменьшение биоклиматических коэффициентов, что связано со снижением водопотребления саженцев малины.

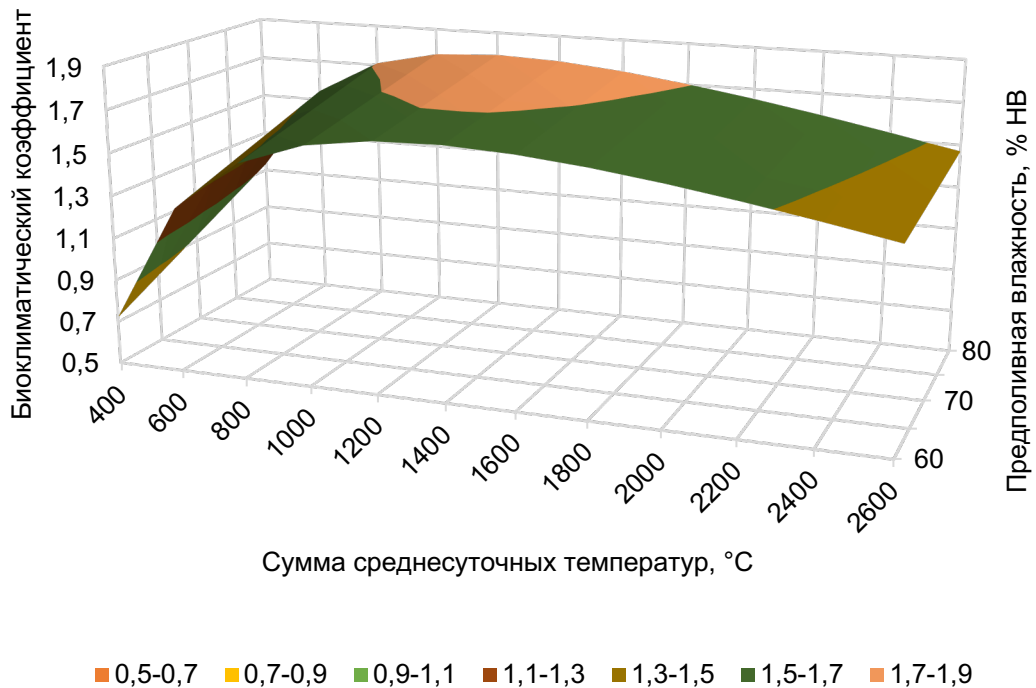


Рисунок 4.55. Зависимость биоклиматических коэффициентов саженцев малины от суммы среднесуточных температур и предполивной влажности почвы

Биоклиматические коэффициенты для саженцев груши в зависимости от суммы среднесуточных температур и предполивной влажности почвы показаны на рисунке 4.56. В варианте с поддержанием влажности почвы в диапазоне 60-80 %

НВ биоклиматические коэффициенты изменяются от 0,88 до 1,36, в варианте 70-90 % НВ – от 1,34 до 1,51 и в варианте 80-100 % НВ – от 1,42 до 1,83. С увеличением предполивной влажности почвы прослеживается закономерное увеличение значений биоклиматических коэффициентов.

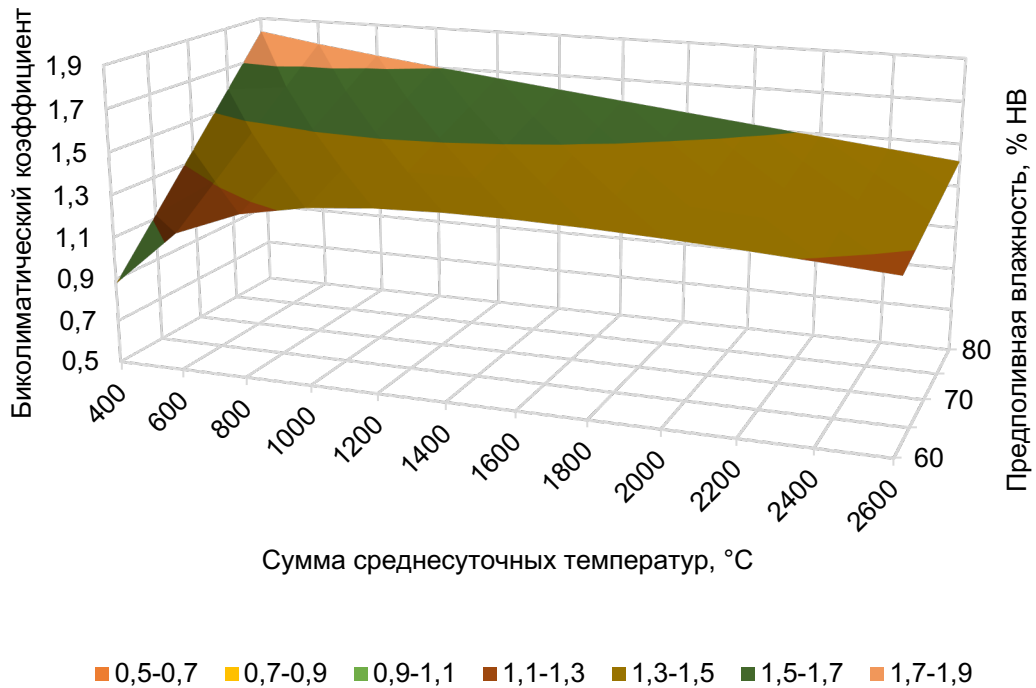


Рисунок 4.56. Зависимость биоклиматических коэффициентов саженцев груши от суммы среднесуточных температур и предполивной влажности почвы

Для саженцев яблони характерны схожие закономерности в изменении биоклиматических коэффициентов от суммы среднесуточных температур и предполивной влажности почвы, которые были выявлены для саженцев сливы, вишни, малины и яблони. Графическое отображение уравнение для расчета биоклиматических коэффициентов саженцев яблони показано на рисунке 4.57. В варианте с поддержанием влажности почвы в диапазоне 60-80 % НВ биоклиматические коэффициенты изменяются от 1,25 до 1,52, в варианте 70-90 % НВ – от 1,36 до 2,01 и в варианте 80-100 % НВ – от 1,46 до 2,70. Увеличение предполивной влажности почвы обеспечивает повышение оросительных норм, что приводит к более высоким значениям биоклиматических коэффициентов.

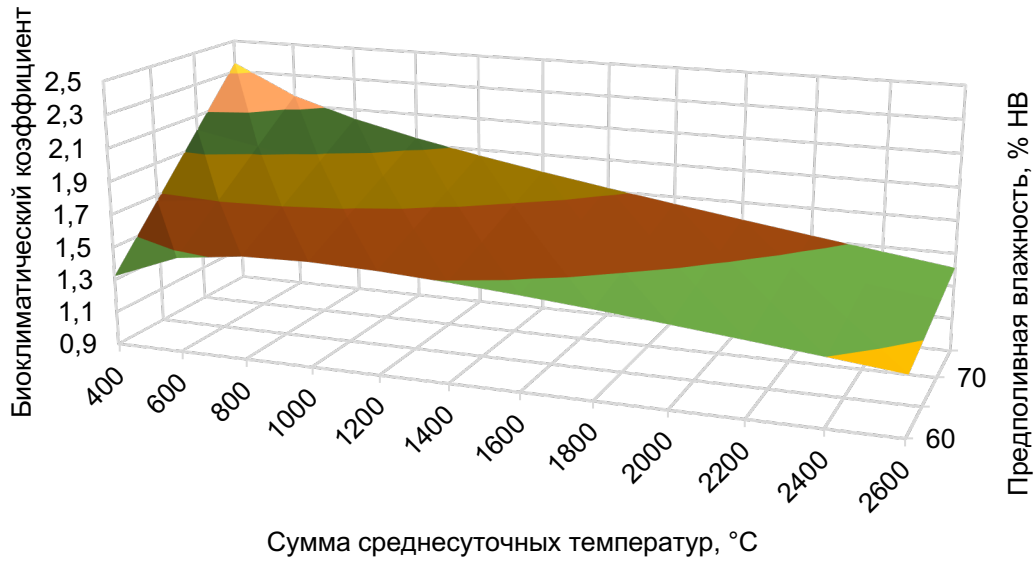


Рисунок 4.57. Зависимость биоклиматических коэффициентов саженцев яблони от суммы среднесуточных температур и предполивной влажности почвы

Полученные математико-статистические модели позволяют рассчитывать биоклиматические коэффициенты саженцев сливы, вишни, малины, груши и яблони в зависимости от предполивной влажности почвы и суммы среднесуточных температур для условий Центральной Нечерноземной зоны России. Для всех рассматриваемых плодовых и ягодных культур характерна общая закономерность, согласно которой в зависимости от суммы среднесуточных температур биоклиматические коэффициенты изменяются по параболической зависимости, при этом имеют минимальные значения в начале вегетационного периода, достигают максимальных значений в период интенсивного роста саженцев и постепенно снижаются к концу вегетации.

Выводы по главе

1. Разработаны режимы капельного орошения саженцев плодовых и ягодных культур для условий Центральной Нечерноземной зоны России, которые

позволяют сократить межполивной период в среднем до 2-9 дней с поливом малыми нормами (в среднем 35,3-49,5 м³/га) в зависимости от предполивного порога (60, 70 и 80 % НВ) и увлажненности вегетационного периода, а также обеспечивают поддержание влажности корнеобитаемого слоя почвы в заданных диапазонах, предотвращая резкие колебания влажности почвы из-за ее периодического иссушения и переувлажнения.

2. Разработанные модели параметров режимов капельного орошения (оросительная норма и количество поливов) позволяют выполнять их прогнозирование в зависимости от значений гидротермического коэффициента вегетационного периода и предполивной влажности почвы (60, 70 и 80 % НВ) для саженцев косточковых (слива и вишня), семечковых (груша и яблоня) и ягодных (малина) культур в условиях Центральной Нечерноземной зоны. Для всех культур наблюдается схожие закономерности по увеличению оросительной нормы, количества и частоты проводимых поливов при снижении ГТК и увеличении предполивной влажности почвы.
3. Для саженцев плодовых и ягодных культур в питомниках Центральной Нечерноземной зоны России при капельном поливе основную долю в суммарном водопотреблении имеют приход влаги от осадков (в среднем 64 %) и оросительная норма (в среднем 24 %). Подпитывание грунтовыми водами (в среднем 6 %) и использование почвенной влаги (в среднем 6 %) вносят гораздо меньший вклад в суммарное водопотребление саженцев плодовых и ягодных культур.
4. Разработанные регрессионные модели позволяют выполнять прогноз суммарного водопотребления в зависимости от значений накопленных среднесуточных температур воздуха, предполивной влажности почвы (60, 70 и 80 % НВ) и глубины орошаемого слоя (30, 40 и 50 см) для саженцев косточковых (слива и вишня), семечковых (груша и яблоня) и ягодных (малина) культур в условиях Центральной Нечерноземной зоны. Значения коэффициентов детерминации и стандартных ошибок указывают на хорошую прогнозную

способность моделей в диапазонах независимых переменных, полученных в процессе проведения полевых опытов.

5. Биоклиматические коэффициенты (изменение суммарного водопотребления на 1 °С суммы среднесуточных температур) для основных плодовых и ягодных культур принимают значения: слива – при 60-80 % НВ от 0,61 до 1,10, при 70-90 % НВ – от 0,89 до 1,16 и при 80-100 % НВ – от 1,18 до 1,29; вишня – при 60-80 % НВ от 0,90 до 1,51, при 70-90 % НВ – от 1,07 до 1,55 и при 80-100 % НВ – от 1,24 до 1,61; малина – при 60-80 % НВ от 0,72 до 1,66, при 70-90 % НВ – от 0,93 до 1,72 и при 80-100 % НВ – от 1,13 до 1,79; груша – при 60-80 % НВ от 0,88 до 1,36, при 70-90 % НВ – от 1,34 до 1,51 и при 80-100 % НВ – от 1,42 до 1,83; яблоня – при 60-80 % НВ от 1,25 до 1,52, при 70-90 % НВ – от 1,36 до 2,01 и при 80-100 % НВ – от 1,46 до 2,70.
6. Полученные математико-статистические модели позволяют рассчитывать биоклиматические коэффициенты саженцев сливы, вишни, малины, груши и яблони в зависимости от предполивной влажности почвы и суммы среднесуточных температур для условий Центральной Нечерноземной зоны России. Для всех рассматриваемых плодовых и ягодных культур характерна общая закономерность, что в зависимости от суммы среднесуточных температур биоклиматические коэффициенты изменяются по параболической зависимости, при этом имеют минимальные значения в начале вегетационного периода, достигают максимальных значений в период интенсивного роста саженцев и постепенно снижаются к концу вегетации.

5. АГРОХИМИЧЕСКИЕ И ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ПОЛИВЕ

5.1. Морфологическая характеристика почв

Капельное орошение на разных типах почв оказывает влияние на морфологические, агрохимические, водно-физические свойства [Пугачев, Кузин, 2019]. Данные о морфологических характеристиках почв до закладки полевого опыта и в конце третьего года проведения для варианта с поддержанием влажности корнеобитаемого слоя в диапазоне 80-100 % НВ получены на опытах с саженцами сливы (2018-2020 годы) и вишни (2021-2023 годы).

Почвенный покров опытного участка с саженцами сливы перед закладкой опыта был представлен дерново-среднеподзолистой, среднесуглинистой, глубоко пахотной, глееватой, окультуренной почвой на моренном (легком песчаном) суглинке, который на глубине 140–160 см подстиляется подморенными песками (таблица 5.1). Пахотный горизонт серый, среднесуглинистый, комковатый, рыхлый, с наличием включений в виде корней травянистых растений, железа и марганца, переход по цвету четкий. Для остальных почвенных горизонтов наблюдается постепенный переход по цвету. По гранулометрическому составу горизонты A_2 и A_2B – легкосуглинистые, а горизонты B , BC и C – среднесуглинистые. Все почвенные горизонты, расположенные ниже пахотного, характеризуются как плотные.


В таблице 5.2 приведена морфологическая характеристика почвы опытного участка за 2020 год. Стоит отметить ярко выраженную трансформацию почвенного профиля за отрезок времени 2018-2020 год. Миграция железо-гумусовых соединений, обусловленная наличием большого содержания органического вещества в горизонте $A_{\text{пах}}$, водным режимом, а также общими водно-физическими свойствами данной почвы поспособствовала тому, что текстурная дифференциация профиля по горизонтам стала менее выраженной. Внесение органического вещества в дозе 100 т на 1 га, привело к ослаблению интенсивности подзолистого

процесса и инициировало процессы накопления железо гумусовых соединений в горизонтах A₂B, B и BC, в особенности в нижней части, ряд морфологических признаков был видоизменен. В частности, это повлияло на общий вид почвенного профиля и косвенно на режимы почвенной системы.

Таблица 5.1. Морфологическая характеристика почвы опытного участка с саженцами сливы (2018 год) [Гемонов, 2021]

Вид профиля	Горизонт	Мощность, см	Характеристика
	A _{пах}	$\frac{0-29}{29}$	Серый, среднесуглинистый, комковатый, рыхлый, включения корней травянистых растений, железа и марганца, четкий переход по цвету
	A ₂	$\frac{29-50}{21}$	Белесовато-серый, комковато-пылеватый, легкосуглинистый, плотный, включения железа (железистые пятна), постепенный переход по цвету
	A ₂ B	$\frac{50-63}{13}$	Окрашен неоднородно, бурый с серыми белесыми пятнами языковидной формы, легкосуглинистый, плотный, комковато-призматический, марганцевые включения, переход постепенный по цвету и плотности
	B	$\frac{63-102}{39}$	Рыжевато-бурый, ореховато-призматический, опесчаненный средний суглинок, плотный, марганцевые включения, сизые глееватые затеки, переход постепенный
	BC	$\frac{102-127}{25}$	Рыжевато-бурый, призматический, опесчаненный средний суглинок, плотный, глинистые включения, переход постепенный
	C	127 и глубже	Рыжевато-бурый, бесструктурный, опесчаненный средний суглинок, плотный с включениями песчаных линз

Таблица 5.2. Морфологическая характеристика почвы опытного участка с саженцами сливы (2020 год) [Гемонов, 2021]

Вид профиля	Горизонт	Мощность, см	Характеристика
	A _{пах}	$\frac{0-30}{30}$	Тёмно-серого цвета, окраска неоднородная. Хорошо оструктурен. Структура комковатая, сложение – рыхлое. Включения в виде мелких корней растений. Нижняя граница затечная. Переход постепенный
	A _{2B}	$\frac{30-46}{16}$	Неоднородная, преимущественно светло-коричневая. Сложение - рыхлое, неоднородное. В нижней части - железисто-марганцевые конкреции. По граням структурных отдельностей - железистые пятна, а также пленки органических соединений. Нижняя граница языковатая. Переход ясный
	B	$\frac{46-85}{39}$	Оттенок неоднородный, в целом по горизонту от темно-палевого до охристого. Структура комковатая, характеризуется наличием сизой пленки по граням структурных отдельностей. Нижняя граница языковатая, переход постепенный
	BC	$\frac{85-127}{42}$	Цвет от темно-палевого до охристого. Сложение – плотное, неоднородное. Переход постепенный
	C	127 и глубже	Цвет охристый, неоднородный. Сложение плотное

Морфологическая характеристика почвенного профиля перед закладкой полевого опыта с саженцами вишни представлена в таблице 5.3. Почва – дерново-среднеподзолистая, среднесуглинистая, глубоко пахотная, глееватая, окультуренная на моренном (легком песчаном) суглинке, который на глубине 140–160 см подстилается подморенными песками. Морфологическая характеристика

почвенного профиля в конце третьего года проведения опыта (вариант 80-100 % НВ) с саженцами вишни представлена в таблице 5.4.

Таблица 5.3. Морфологическая характеристика почвы опытного участка с саженцами вишни (2020 год)



Вид профиля	Горизонт	Мощность, см	Характеристика
	A _{пах}	$\frac{0-27}{27}$	Агрогумусовый горизонт, темно-серого цвета окраска неоднородная. Структура комковатая, сложение – рыхлое. В профиле присутствуют включения в виде мелких корней растений. Нижняя граница затечная. Переход постепенный.
	A ₂	$\frac{27-35}{7}$	Характеризуется затеками органического вещества с вышележающего горизонта. Окраска неоднородная, преимущественно светло-коричневая. Сложение – рыхлое, неоднородное. По граням структурных отдельностей отмечается наличие железистых пятен, а также наличие пленок органических соединений. Нижняя граница языковатая. Переход постепенный.
	A _{2B}	$\frac{35-49}{14}$	Характеризуется затеками органического вещества, окраска неоднородная, преимущественно светло-коричневая. Структура – мелкокомковатая. Имеются новообразования в виде железисто-марганцевых конкреций. Нижняя граница языковатая. Переход ясный.
	B _g	$\frac{49-82}{33}$	Цвет обусловлен наличием большого количества железистых пленок, оттенок неоднородный. Структура комковатая, горизонт характеризуется наличием сизой пленки по граням структурных отдельностей, наличием большого количества новообразований. Нижняя граница языковатая. Переход постепенный.
	BC _g	82 и глубже	Оттенок неоднородный, в целом по горизонту от темно-палевого до охристого, местами рыжего, в нижней части более темный. Сложение – плотное, неоднородное.

Таблица 5.4. Морфологическая характеристика почвы опытного участка с саженцами вишни (2023 год)

Вид профиля	Горизонт	Мощность, см	Характеристика
	A _{пах}	$\frac{0-25}{25}$	Темно-серого цвета, окраска неоднородная, местами покрашен более интенсивно, в нижней части горизонта темная окраска более выражена. Хорошо оструктурен. Структура комковатая, сложение – рыхлое, в нижней части горизонт более плотный. В профиле присутствуют включения в виде мелких корней растений. Нижняя граница затечная. Переход постепенный
	A ₂	$\frac{25-31}{6}$	Характеризуется наличием небольшого количества кремнезема в локальных участках, а также затеками органического вещества с вышележащего горизонта, следствием этого является неоднородная, преимущественно светло-коричневая окраска. Сложение – рыхлое, неоднородное. Характеризуется наличием включений в виде мелких корней растений. По граням структурных отдельностей отмечается наличие железистых пятен, а также наличие пленок органических соединений. Нижняя граница языковатая. Переход постепенный.
	A _{2B}	$\frac{32-40}{8}$	Характеризуется наличием небольшого количества кремнезема в локальных участках, а также затеками органического вещества с вышележащего горизонта, окраска неоднородная, преимущественно светло-коричневая. Сложение – рыхлое. В нижней части встречаются железисто-марганцевые конкреции. Структура мелкокомковатая. По граням структурных отдельностей отмечается наличие железистых пятен, а также наличие пленок органических соединений. Нижняя граница языковатая. Переход ясный.
	B _g	40 и глубже	Оттенок неоднородный, в целом по горизонту от темно-палевого до охристого, местами рыжего цвета, в нижней части более темный. Более плотный чем вышележающие горизонты, по сложению – неоднороден, уплотнен, в местах наличия железистых конкреций, сильно переуплотнен. Структура комковатая, Нижняя граница языковатая, переход постепенный.

В орошаемом варианте после трех лет проведения исследований наблюдается трансформация почвенного профиля. Также как и на опытном участке с саженцами сливы происходил процесс миграции железо-гумусовых соединений в ниже залегающие почвенные горизонты, а текстурная дифференциация профиля по горизонтам стала менее выраженной (границы между верхними горизонтами приобрели затечный и языковатый характер). Внесение перед закладкой опыта органического вещества в дозе 100 т на 1 га, привело к ослаблению интенсивности подзолистого процесса и инициировало процессы накопления железо гумусовых соединений в горизонтах A_2B и Bg .

В целом на основании морфологических описаний почвы можно сделать вывод, что корнеобитаемый горизонт дерново-подзолистых почв Мичуринского сада является достаточно рыхлым, что обеспечивает благоприятный водный и воздушный режим почв при выращивании саженцев плодовых и ягодных культур. Также такая структура почвы имеет хорошую впитываемость влаги у верхних почвенных горизонтов и ее равномерную фильтрацию с учетом равномерного увеличения плотности почвы, что благоприятно сказывается на поглощении растениями почвенной влаги.

5.2. Агрохимические свойства почв при капельном орошении

Результаты определения агрохимических показателей дерново-подзолистой почвы опытного участка с саженцами сливы перед закладкой опыта и после трех лет исследований представлены в таблицах 5.5 и 5.6. Данные, представленные в таблице 5.5, показывают, что почва на опытном участке на момент закладки опыта в 2018 году является хорошо окультуренной, характеризуется мощным пахотным горизонтом ($A_{пах}$), а содержание гумуса в среднем достигает 2,8 %. Показатель емкости поглощения катионов в пахотном горизонте составляет 15,2 мг-экв / 100 г почвы. В элювиальном горизонте (A_2) наблюдается его снижение до 8,0 мг-экв / 100 г почвы, а в иллювиальном горизонте (B) он повышается до 13,7 мг-экв / 100 г

почвы. Своего максимального значения сумма обменных оснований достигает в пахотном горизонте ($A_{\text{пах}}$), и оно составляет 13,3 мг-экв / 100 г почвы.

Таблица 5.5. Агрохимические показатели почвы опытного участка с саженцами сливы (2018 год) [Гемонов, 2021]

Генетический горизонт, мощность, см	Гумус, %	pH_{KCl}	H_r	S	T	V, %	P_2O_5	K_2O	$N_{\text{лг}}$
			мг-экв / 100 г почвы				по Кирсанову, мг/кг почвы		по Тюрину и Кононовой мг/кг почвы
2018 год									
$A_{\text{пах}}$ (0–29)	2,84	5,7	1,8	13,3	15,2	87,83	261	169	82
A_2 (29–50)	0,59	5,2	3,3	4,9	8,0	59,75	131	111	45
A_2B (50–63)	0,41	4,6	3,7	5,5	9,4	59,94	96	104	32
B (63–102)	0,39	4,1	4,3	9,2	13,7	68,83	71	92	24
BC (102–127)	0,11	3,9	5,2	7,3	12,5	58,91	79	43	20
C (127 и глубже)	0,03	4,0	5,6	6,6	12,3	55,08	63	31	14

В нижележащих горизонтах значения суммы обменных оснований значительно меньше. Так как на опытном участке производится регулярное внесение больших доз навоза и систематическое известкование, то почва в пахотном горизонте ($A_{\text{пах}}$) характеризуется слабокислой реакцией ($pH_{\text{KCl}} = 5,7$). При движении вниз по почвенному профилю кислотность повышается, и, например, в иллювиальном горизонте (B) $pH_{\text{KCl}} = 3,9$. Данные о содержании в почве подвижного фосфора и обменного калия свидетельствуют, что она является хорошо ими обеспеченной. В пахотном горизонте почвы содержание легкогидролизуемого азота ($A_{\text{пах}}$) составляет 83 мг/кг почвы. В нижележащих горизонтах происходит его резкое снижение.

Сопоставление данных 2018 года с результатами определения агрохимических показателей по завершению опыта в 2020 году (таблица 5.6) показывает, что для почвенного разреза в варианте с поддержанием влажности в диапазоне 80-100 % НВ после трех исследований наблюдается повышение кислотности, снижение содержания P_2O_5 и увеличение содержания K_2O , а внесение органических удобрений перед закладкой опыта привело к повышению

содержания органического вещества в верхних почвенных горизонтах. В целом отмеченные различия могут быть связаны с мозаичностью почвенного покрова на опытном участке.

Таблица 5.6. Агрохимические показатели почвы опытного участка с саженцами сливы (2020 год) [Гемонов, 2021]

Генетический горизонт, мощность, см	pH _{KCl}	NH ₄ , мг/кг	NO ₃ , мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	Органическое вещество, %	MgO, %	CaO, %
A _{пах} (0-30)	4,52	24,3	5,41	285	384	7,1	0,9	0,78
A ₂ B (30-46)	3,84	8,1	7,49	182	293	2,2	0,69	0,68
B (46-85)	3,58	18,8	11,87	57	283	2,6	0,59	1,74
BC (85-127)	3,48	6,7	6,03	10,1	96,4	0,5	0,61	1,08
C (127 и глубже)	3,17	4,2	5,2	11,1	92,3	0,3	0,62	1,01

Сопоставление изменения по глубине почвенных профилей pH_{KCl}, P₂O₅ и K₂O показано на рисунках 5.1-5.3. За три года значения pH_{KCl} повысилось в среднем на 15-20 %. Значительные различия в содержании P₂O₅ наблюдаются для горизонтов, расположенных ниже 60 см. Здесь снижение достигает 50-70 %. Наоборот, повышение содержания K₂O наиболее сильно проявляется в верхних почвенных горизонтах на глубине до 80 см. Для них различия достигают более чем в 3 раза.

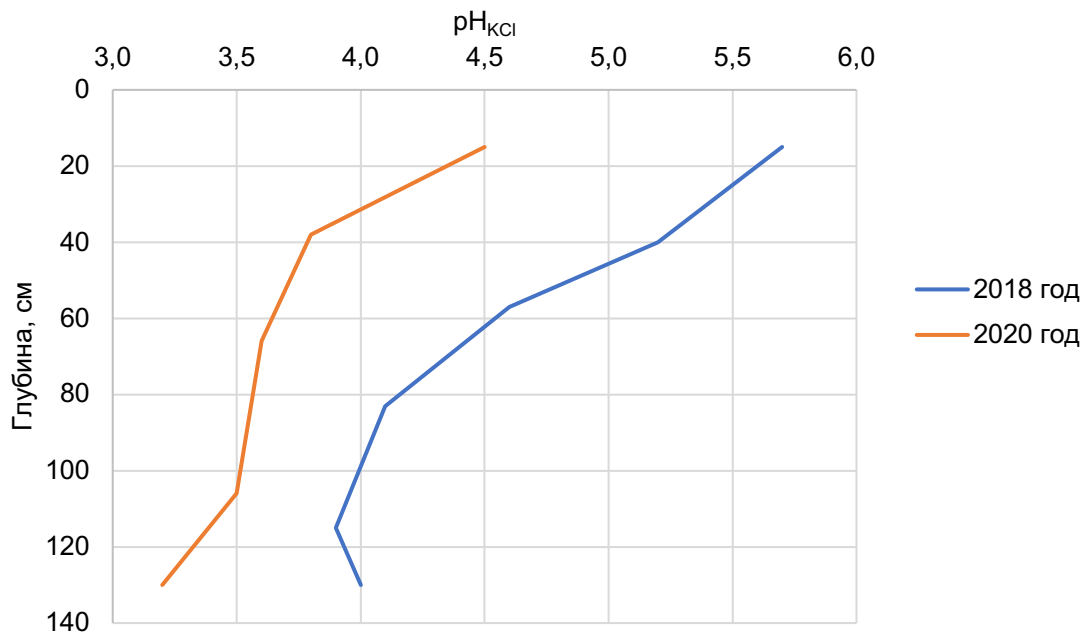


Рисунок 5.1. Изменение кислотности почвы (pH_{KCl}) по глубине почвенных профилей на участке с саженцами сливы

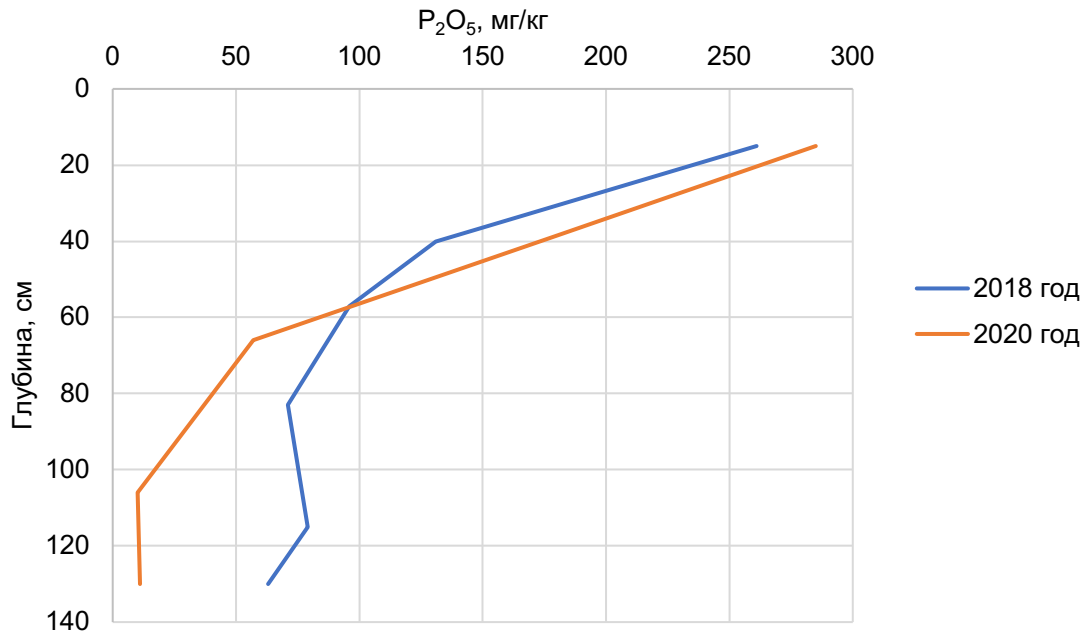


Рисунок 5.2. Изменение содержания P_2O_5 по глубине почвенных профилей на участке с саженцами сливы

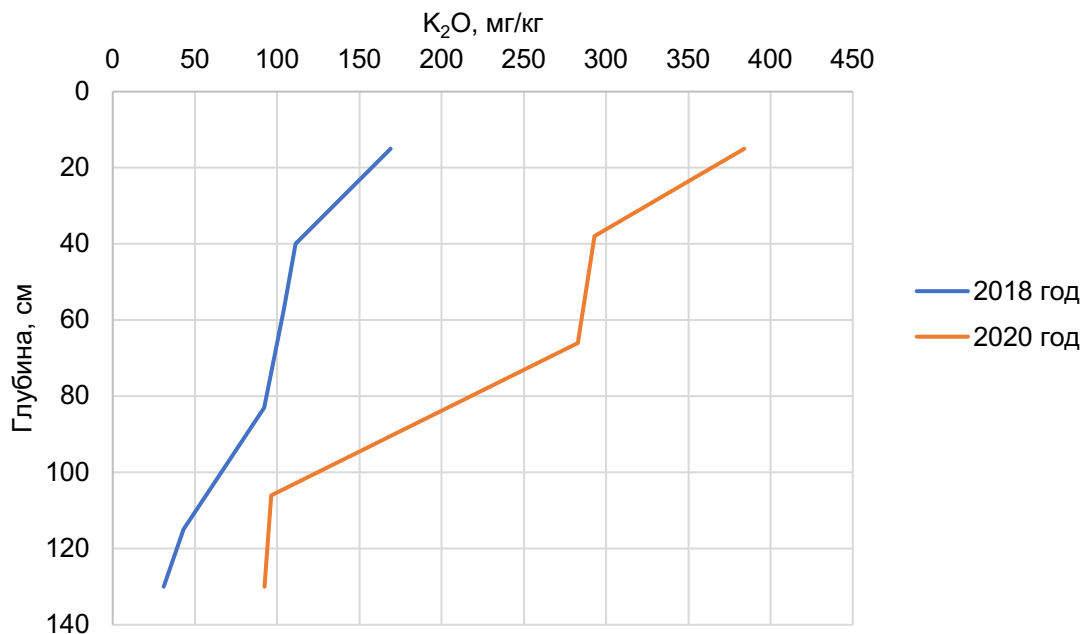


Рисунок 5.3. Изменение содержания K_2O по глубине почвенных профилей на участке с саженцами сливы

Результаты определения агрохимических показателей дерново-подзолистой почвы опытного участка с саженцами вишни перед закладкой опыта и после трех лет исследований представлены в таблицах 5.7 и 5.8. Данные, представленные в

таблице 5.7, показывают, что почва на опытном участке на момент закладки опыта в 2021 году является хорошо окультуренной, характеризуется мощным пахотным горизонтом ($A_{\text{пах}}$), а содержание гумуса в среднем достигает 3,5 %. Так как в месте расположения опытного участка производится регулярное внесение больших доз навоза и систематическое известкование, то почва в пахотном горизонте ($A_{\text{пах}}$) характеризуется слабокислой реакцией ($\text{pH}_{\text{KCl}} = 5,64$). При движении вниз по почвенному профилю кислотность повышается, и, например, в иллювиальном горизонте (B_g) $\text{pH}_{\text{KCl}} = 3,77$. Данные о содержании в почве подвижного фосфора и обменного калия свидетельствуют, что она является хорошо ими обеспеченной.

Таблица 5.7. Агрохимические показатели почвы опытного участка с саженцами вишни (2020 год)

Генетический горизонт, мощность, см	pH_{KCl}	Гумус, %	NO_3 , мг/кг	P_2O_5 , мг/кг	K_2O , мг/кг	NH_4 , мг/кг
2020 год						
$A_{\text{пах}}$ (0-27)	5,64	3,5	4,2	382	452,5	37,1
A_2 (27-35)	4,24	1,1	2,5	180	215	17,1
A_2B (35-49)	4,13	0,4	1,9	119	202	10,3
B_g (49-82)	3,77	0,3	1,3	21,3	190	4,4
BC_g (82 и глубже)	3,48	0,1	0,5	15,8	98,2	3,1

Сопоставление данных 2020 года с результатами определения агрохимических показателей по завершению опыта в 2023 году (таблица 5.8) показывает, что для почвенного разреза в варианте с поддержанием влажности в диапазоне 80-100 % НВ после трех исследований не наблюдается значительных изменений агрохимических показателей. Произошло снижение содержания гумуса, NO_3 и NH_4 в пахотном горизонте в среднем на 5-15 %, с накоплением в ниже расположенных горизонтах. Например, для горизонта A_2 повышение составило в среднем от 5 (NH_4) до 30 % (содержание гумуса). По содержанию P_2O_5 и K_2O сильных различий между двумя рассматриваемыми почвенными профилями (до закладки полевого опыта и после его завершения для варианта 80-100 % наименьшей влагоемкости почвы) не прослеживается.

Таблица 5.8. Агрохимические показатели почвы опытного участка с саженцами вишни (2023 год)

Генетический горизонт, мощность, см	pH _{KCl}	Гумус, %	NO ₃ , мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	NH ₄ , мг/кг
A _{пах} (0-25)	5,12	2,9	3,9	379	516	35,6
A ₂ (25-31)	4,46	1,4	2,7	168	239	18,4
A ₂ B (31-40)	4,17	0,2	2,1	152	184	9,8
B _g (40 и глубже)	3,95	0,15	1,1	20	165	5,2

Сопоставление изменения по глубине почвенных профилей на опытном участке с саженцами вишни pH_{KCl}, P₂O₅ и K₂O показано на рисунках 5.4-5.6. Кислотность почвы повышается при движении вниз по почвенному профилю. Для разреза 2023 года наблюдается повышение кислотности в пахотном горизонте. В 2020 года pH_{KCl} составлял 5,64, а в 2023 году 5,12. Содержание P₂O₅ при движении вниз по почвенному профилю снижается. Сравнение значений для 2020 и 2023 годов показывает, что заметных различий между ними не наблюдается. Содержание K₂O при движении вниз по почвенному профилю снижается. Значительные расхождения между кривыми, построенными для 2020 и 2023 годов, наблюдается для горизонтов почвы, расположенных ниже 30 см (в среднем 20 %).

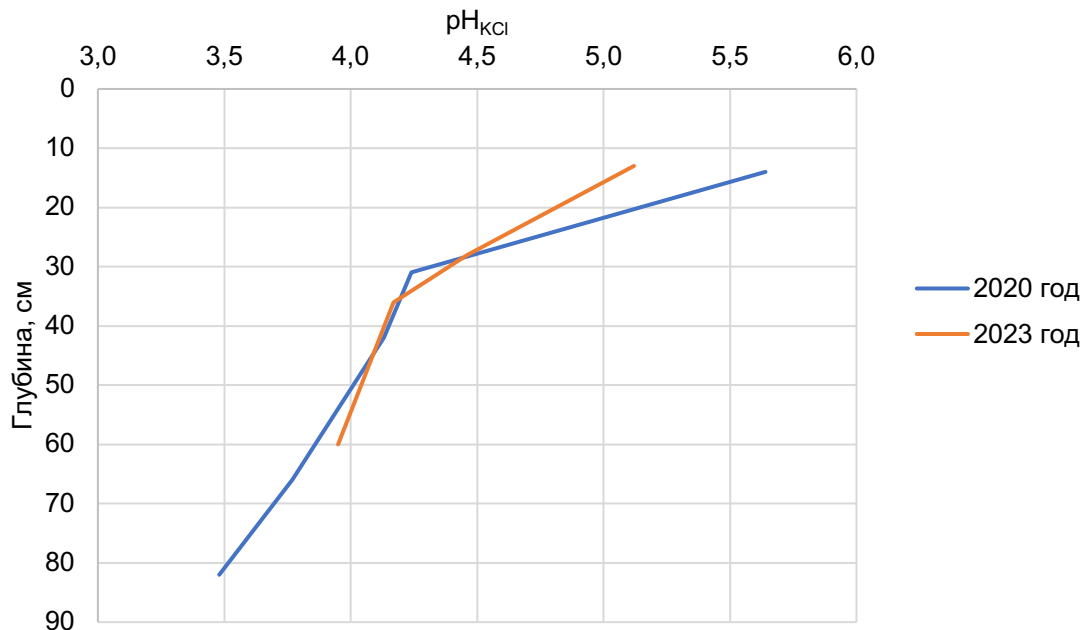


Рисунок 5.4. Изменение кислотности почвы (pH_{KCl}) по глубине почвенных профилей на участке с саженцами вишни

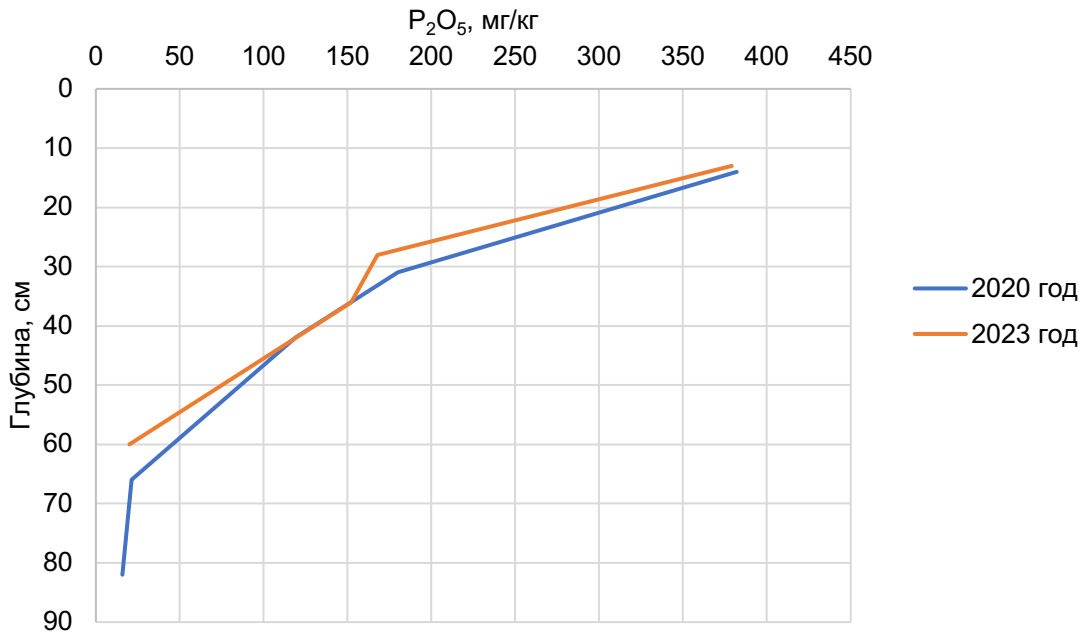


Рисунок 5.5. Изменение содержания P_2O_5 по глубине почвенных профилей на участке с саженцами вишни

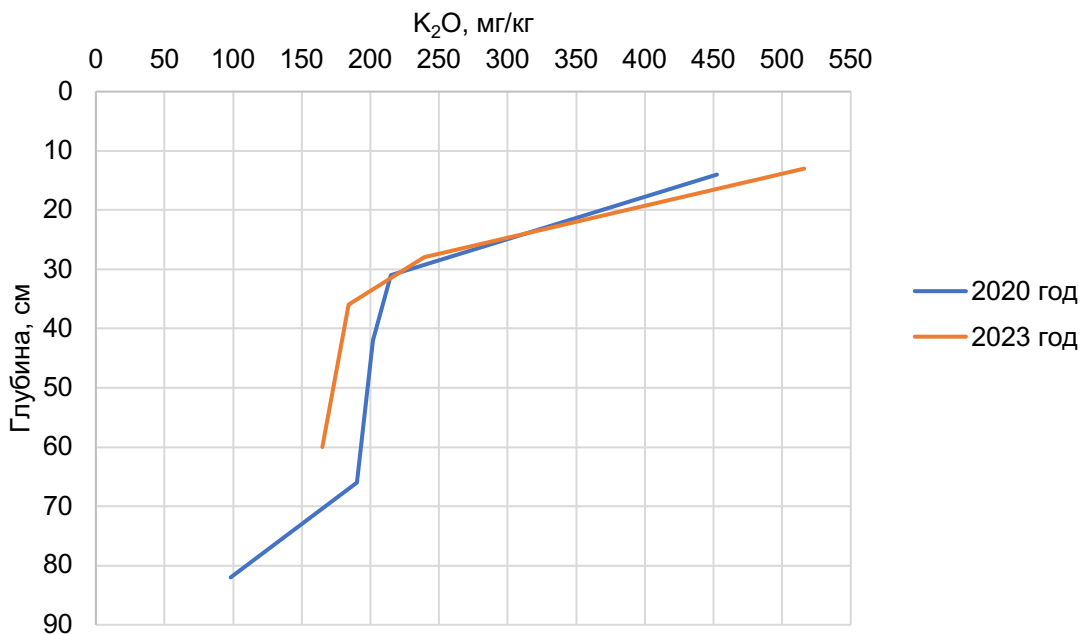


Рисунок 5.6. Изменение содержания K_2O по глубине почвенных профилей на участке с саженцами вишни

Таким образом, при использовании капельного орошения происходит подкисление пахотного горизонта почвы, а также происходит снижение подвижного фосфора и содержания гумуса в результате вымывания органического

вещества в нижележащие горизонты, что подтверждается ранее проводимыми исследованиями [Литвинович с соавт., 2020]. При проектировании плодовых питомников на дерново-подзолистых почвах необходимо проводить детальное почвенное обследование с целью моделирования прогнозирования изменения агрохимических показателей и организации рациональной системы подготовки и содержания почвы.

5.3. Водно-физические свойства почв при капельном орошении

Одним из важных свойств почвы, которое определяет режим орошения и способ ирригации, является водопроницаемость, характеризующая способность почвы пропускать через себя влагу. При проведении орошении одним из главных условий является, чтобы соответствовали скорость впитывания и скорость подачи поливной воды [Гемонов, 2021]. Со всех опытных участков (слива, вишня, малина, груша и яблоня) проводился отбор почвенных образцов для определения водопроницаемости. При проведении измерений начальная влажность почвы находилась в диапазоне от 60 до 65 % НВ. При проведении эксперимента температуры воды составляла 15 °С, а высота напора воды была 5 см. Вязкость воды находится в зависимости от температуры, поэтому были введены поправки, чтобы определить коэффициент впитывания и инфильтрации в пересчете на стандартную температуру 10 °С. Усредненная характеристика водопроницаемости почв представлена в виде кривой линии на рисунке 5.7.

Водопроницаемость почвы является динамичным показателем, который изменяется с течением времени. Для водопроницаемости можно выделить две стадии: 1) впитывание и 2) фильтрация. На этапе впитывания происходит проникновение воды в незаполненные или частично заполненные поры. В результате этого происходит распределение воды в почве. Когда происходит насыщение почвенных пор водой, а скорость впитывания принимает постоянное значение, наступает этап фильтрации. Так как коэффициент фильтрации

характеризуется стабильным значением, то он используется при проведении гидрологических расчетов [Гемонов, 2021].

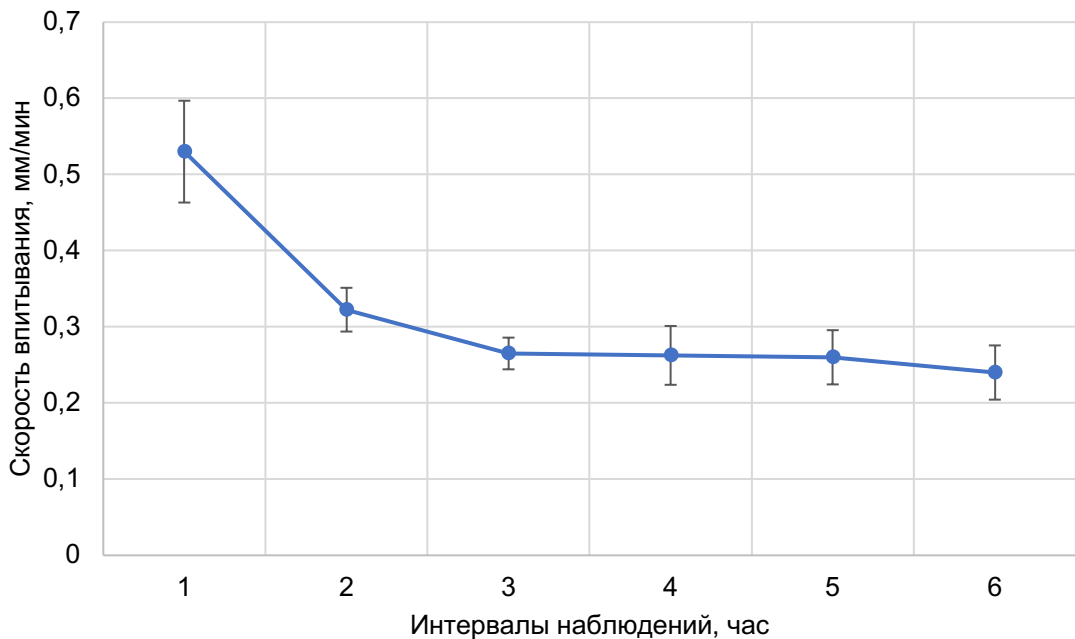


Рисунок 5.7. Усредненные показатели водопроницаемости почвы

Максимальные значения впитывания отмечаются в первые минуты, и с течением времени она снижалась. Имеющиеся моменты, в которые происходило увеличение или уменьшение скорости впитывания, объясняются почвенной неоднородностью, чередованием слоев различного гранулометрического состава. В среднем за первый час значение коэффициента впитывания составляет 0,53 см / мин. Через три часа после начала проведения испытаний устанавливалась относительно постоянная скорость движения водного потока со скоростью фильтрации, варьирующая от 0,23 до 0,26 см / мин.

По классификации С.В. Астапова [1958] почва опытного участка по среднему значению водопроницаемости можно отнести к I группе (значительно водопроницаемые – ≥ 15 см / ч). По градации почв по водопроницаемости, измеряемой при водном напоре 5 см и температуре воды 100 °С, которая была разработана Н.А. Качинским [1970], почва на опытном участке может быть отнесена к категории с наилучшей водопроницаемостью (в интервале от 500 мм до 100 мм).

Гранулометрический состав является важным критерием, который определяет многие водно-физические, физико-химические, биологические свойства почвы. Содержание частиц при размере фракций для почвенных разрезов на опытном участке со сливой (перед закладкой опыта и в конце третьего года для варианта 80-100 % НВ) по отдельным генетическим горизонтам представлено в таблице 5.9.

Анализ данных, представленных в таблице 5.9, позволяет судить о том, что почва исследуемого участка характеризуется легким гранулометрическим составом, а содержание в ней физической глины (т.е. частиц размером менее 0,01 мм) колеблется в зависимости от рассматриваемых почвенных горизонтов. Пахотный горизонт ($A_{\text{пах}}$) является по гранулометрическому составу среднесуглинистым, характеризуется мелкокомковатой структурой. Подзолистый горизонт (A_2) и переходный горизонт (A_2B) вместе с почвообразующей породой (С) и переходным горизонтом (BC) по составу фракций можно отнести к легким суглинкам. В горизонте вымывания (В) обнаружено повышенное содержание фракции физической глины, что позволяет его характеризовать как средний суглинок [Гемонов, 2021].

Таблица 5.9. Гранулометрический состав почвы опытного участка с саженцами

сливы

Генетический горизонт, мощность, см	Содержание частиц, %, при размере фракций, мм						
	1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001	< 0,01
2018 год							
$A_{\text{пах}}$ (0–29)	12,58	23,32	33,41	7,31	11,32	12,07	30,70
A_2 (29–50)	25,58	27,48	28,04	5,41	6,29	7,19	18,89
A_2B (50–63)	29,99	36,80	9,97	2,08	4,77	16,39	23,24
В (63–102)	11,85	38,27	15,04	4,18	7,38	23,28	34,84
BC (102–127)	13,67	39,73	19,16	3,25	5,28	18,91	27,44
С (127 и ниже)	15,68	43,33	19,69	2,21	4,34	14,76	21,31
2020 год							
$A_{\text{пах}}$ (0–30)	16,62	23,16	28,98	5,69	11,61	13,94	31,24
A_2B (30–46)	31,51	40,25	9,10	2,16	3,70	13,27	19,13
В (46–85)	13,81	35,94	15,66	6,05	6,68	21,86	34,59
BC (85–127)	20,39	32,88	18,09	3,53	7,26	17,85	28,64
С (127 и ниже)	14,22	51,22	15,52	2,05	3,34	13,66	19,05

За период с 2018 по 2020 год под воздействием капельного полива произошли некоторые изменения в гранулометрическом составе почв опытного участка с саженцами сливы. Наблюдается повышение содержания агрономически ценных агрегатов в пахотном горизонте. В 2018 году содержание частиц размером от 1,00 до 0,25 мм составляло 12,58 %, а в 2020 году 16,62 %.

Данные о гранулометрическом составе почвы опытного участка с саженцами вишни представлены в таблице 5.10. Почва этого участка также характеризуется легким гранулометрическим составом, а содержание в ней физической глины (т.е. частиц размером менее 0,01 мм) колеблется в зависимости от почвенных горизонтов. По завершению третьего года исследований в орошаемом варианте с поддержанием влажности корнеобитаемого слоя в диапазоне 80-100 % НВ произошло повышение содержания части размером от 1,00 до 0,25 мм в пахотном горизонте от 12,32 % до 20,71 %, повысилась структурность почвы.

Таблица 5.10. Гранулометрический состав почвы опытного участка с саженцами

ВИШНИ

Генетический горизонт, мощность, см	Содержание частиц, %, при размере фракций, мм						
	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	< 0,001	< 0,01
2020 год							
A _{пах} (0-27)	12,32	15,73	45,69	7,36	9,20	9,71	26,27
A ₂ (27-35)	22,40	31,86	24,56	9,08	4,66	7,45	21,18
A ₂ B (35-49)	30,44	28,38	15,91	4,02	9,50	11,75	25,27
B _g (49-82)	10,51	25,03	23,71	4,24	12,58	23,92	40,75
BC _g (82 и ниже)	13,75	41,27	22,14	4,06	6,53	12,26	22,85
2023 год							
A _{пах} (0-25)	20,71	16,57	33,29	6,35	9,80	13,28	29,43
A ₂ (25-31)	25,67	28,48	25,75	10,77	5,45	3,87	20,10
A ₂ B (31-40)	19,89	36,03	13,47	5,87	11,56	13,18	30,61
B _g (40 и ниже)	7,35	28,35	15,88	3,22	11,28	33,93	48,42

Основой для планирования и расчетов оросительных мероприятий являются водно-физические свойства почвы. Для ирригационной характеристики орошаемого участка особую важность имеют следующие показатели: гранулометрический состав почвы, плотность почвы, плотность твердой фазы, водопроницаемость и наименьшая влагоемкость почвы (НВ), максимальная гигроскопичность (МГ) и влажность завядания растений (ВЗ). Основные

характеристики водно-физических свойств почвы опытного участка с саженцами сливы приведены в таблицах 5.11 и 5.12.

Таблица 5.11. Водно-физические показатели почвы опытного участка с саженцами сливы (2018 год) [Гемонов, 2021]

Почвенный горизонт, см	Плотность, г/см ³	Плотность твердой фазы, г/см ³	Общая пористость, %	НВ	МГ	ВЗ
				% от массы почвы		
A _{пах} (0–29)	1,17	2,45	52,91	31,7	8,6	13,0
A ₂ (29–50)	1,30	2,63	45,04	26,3	3,6	5,7
A ₂ B (50–63)	1,52	2,69	43,64	21,4	4,3	6,4
B (63–102)	1,54	2,73	43,81	21,1	3,8	6,0
BC (102–127)	1,55	2,69	42,18	19,9	4,2	6,3
C (127 и ниже)	1,60	2,71	40,74	18,4	3,7	5,5

На момент закладки опыта самыми благоприятными условиями для роста и развития растений характеризуется пахотный горизонт (A_{пах}). Для него выявлена наименьшая плотность (1,17 г/см³) и наибольшая общая пористость (52,91 %). Наименьшая влагоемкость здесь составляет 31,7 % от сухой массы почвы, максимальная гигроскопичность – 8,6 % от сухой массы почвы и влажность завядания – 13,0 % от сухой массы почвы. При движении вниз по генетическим горизонтам почвенного профиля происходит увеличение плотности сложения и плотности твердой фазы, которые достигают своих максимальных значений в горизонте С (плотность – 1,60 г/см³ и плотность твердой фазы – 2,71 г/см³). Наряду с этим происходит снижение общей пористости, а также уменьшение значений наименьшей влагоемкости, максимальной гигроскопичности и влажности завядания. Такие же закономерности характерны для почвенного разреза 2020 года (таблица 5.12).

Таблица 5.12. Водно-физические показатели почвы опытного участка с саженцами сливы (2020 год) [Гемонов, 2021]

Почвенный горизонт, см	Плотность, г/см ³	Плотность твердой фазы, г/см ³	Общая пористость, %	НВ	МГ	ВЗ
				% от массы почвы		
A _{пах} (0–30)	1,21	2,41	49,3	29,2	7,3	12,7
A ₂ B (30–46)	1,34	2,58	46,4	26,9	4,2	8,6
B (46–85)	1,65	2,88	39,7	25,8	4,3	5,2
BC (85–127)	1,74	2,85	38,5	24,4	3,7	4,6
C (127 и ниже)	1,92	3,05	33,8	18,7	3,4	4,4

Изменение плотности и общей пористости почвы по генетическим горизонтам на момент перед закладкой полевого опыта с саженцами сливы и его завершения в 2020 году (для варианта поддержания влажности в диапазоне 80-100 % НВ) показано на рисунках 5.8 и 5.9.

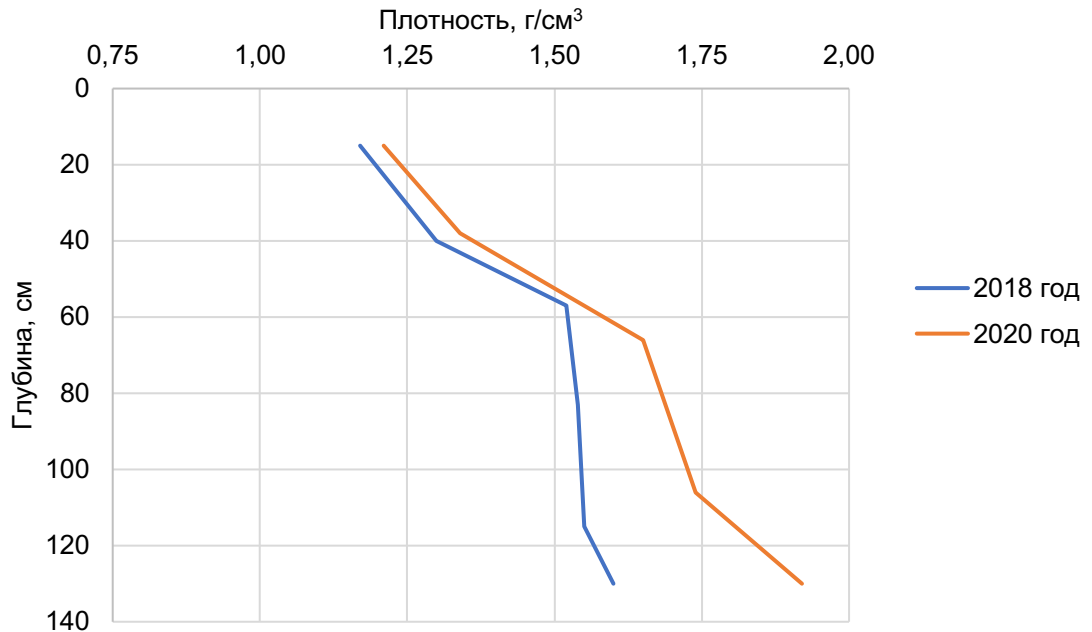


Рисунок 5.8. Изменение плотности почвы по глубине почвенных профилей на участке с саженцами сливы

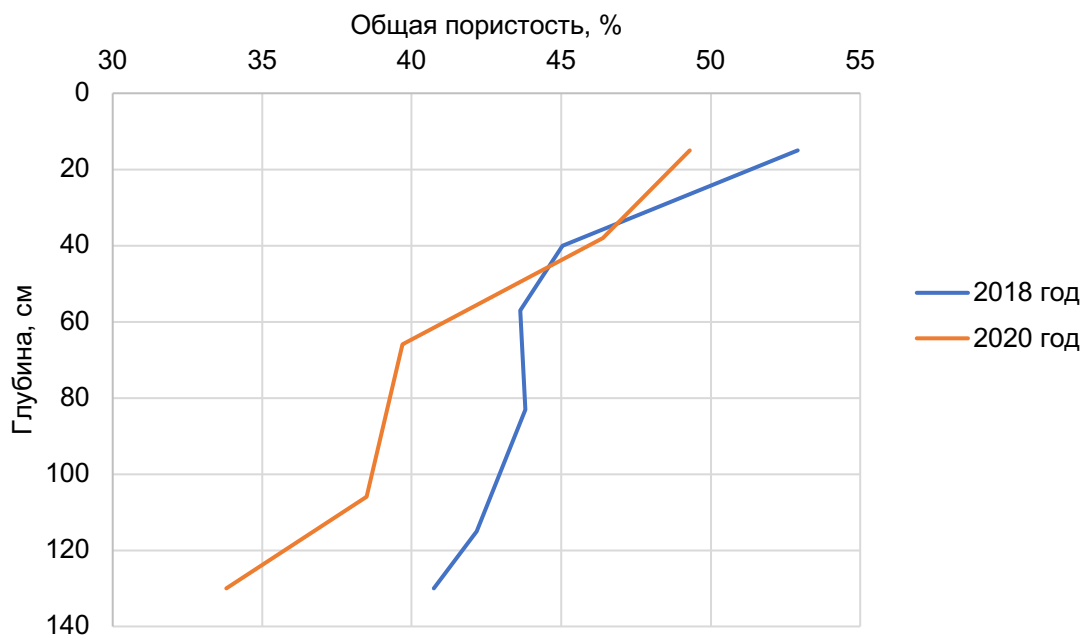


Рисунок 5.9. Изменение общей пористости почвы по глубине почвенных профилей на участке с саженцами сливы

Основные характеристики водно-физических свойств почвы опытного участка с саженцами вишни приведены в таблицах 5.13 и 5.14. Перед закладкой опыта осенью 2020 года наилучшими условиями для растений характеризовался пахотный горизонт, для которого плотность составляла 1,24 г/см³, плотность твердой фазы 2,28 г/см³ и общая пористости 51,7 %. Наименьшая влагоемкость составила 29,7 % от сухой массы почвы, максимальная гигроскопичность – 6,2 % от сухой массы почвы и влажность завядания – 11,3 % от сухой массы почвы. При движении вниз по генетическим горизонтам почвенного профиля происходит увеличение плотности сложения и плотности твердой фазы, а также снижение наименьшей влагоемкости, максимальной гигроскопичности и влажности завядания.

Таблица 5.13. Водно-физические показатели почвы опытного участка с саженцами вишни (2020 год)

Почвенный горизонт, см	Плотность, г/см ³	Плотность твердой фазы, г/см ³	Общая пористость, %	НВ	МГ	ВЗ
				% от массы почвы		
A _{пах} (0-27)	1,24	2,28	51,7	29,7	6,2	11,3
A ₂ (27-35)	1,29	2,42	47,8	27,9	5,8	10,4
A ₂ B (35-49)	1,38	2,64	46,8	26,8	5,0	8,5
B _g (49-82)	1,57	2,76	40,8	26,0	4,5	6,4
BC _g (82 и ниже)	1,67	2,97	39,5	23,5	3,9	5,3

После завершения третьего года исследований в варианте 80-100 % НВ (таблица 5.14) наилучшими условиями для растений продолжал характеризоваться пахотный горизонт, для которого плотность составляла 1,22 г/см³, плотность твердой фазы 2,43 г/см³ и общая пористости 49,2 %. Наименьшая влагоемкость составила 27,6 % от сухой массы почвы, максимальная гигроскопичность – 6,1 % от сухой массы почвы и влажность завядания – 9,9 % от сухой массы почвы. При движении вниз по почвенному профилю происходит увеличение плотности сложения и плотности твердой фазы и снижение наименьшей влагоемкости, максимальной гигроскопичности и влажности завядания.

Таблица 5.14. Водно-физические показатели почвы опытного участка с саженцами вишни (2023 год)

Почвенный горизонт, см	Плотность, г/см ³	Плотность твердой фазы, г/см ³	Общая пористость, %	НВ	МГ	ВЗ
				% от массы почвы		
A _{пах} (0-25)	1,22	2,43	49,2	27,6	6,1	9,9
A ₂ (25-31)	1,27	2,62	48,9	27,3	5,4	8,8
A ₂ B (31-40)	1,35	2,78	45,5	24,5	4,4	6,9
B _g (40 и ниже)	1,44	2,91	42,1	23,8	4,1	5,6

Изменение плотности и общей пористости почвы по генетическим горизонтам на момент перед закладкой полевого опыта с саженцами вишни и его завершения в 2020 году (для варианта поддержания влажности в диапазоне 80-100 % НВ) показано на рисунках 5.10 и 5.11.

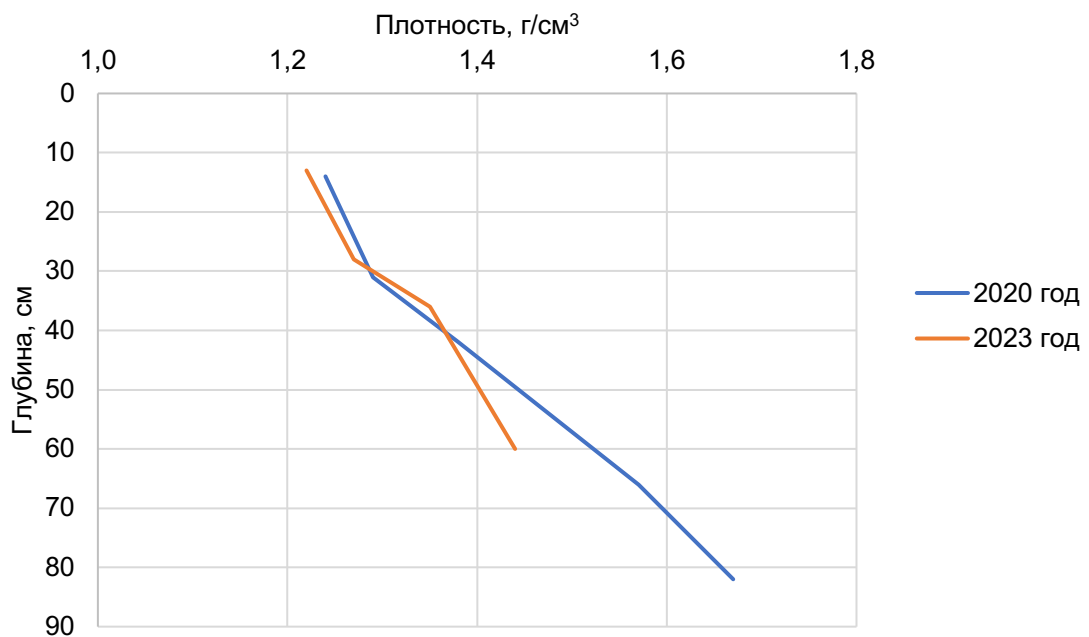


Рисунок 5.10. Изменение плотности почвы по глубине почвенных профилей на участке с саженцами вишни

Для выявления благоприятного режима орошения саженцев плодовых и ягодных культур при капельном орошении с оптимальным водно-воздушным балансом для каждого варианта опыта рассчитывались подекадные значения пористости аэрации в орошаемом слое почвы. Пористость аэрации считается общепризнанным критерием насыщенности почвы кислородом. Угнетение

физиологических процессов растений может наступать при пористости аэрации меньше 10-15 %, как показывают многочисленные исследования [Максимов, 1952; Carter, 1990; Grant, Dexter, 1990]. Принято, что оптимальная пористость аэрации должна находиться в пределах от 15 % до 20-25 %, а при проведении оросительных мероприятий до 30 % [Астапов, 1958; Мамонтов с соавт., 2006].

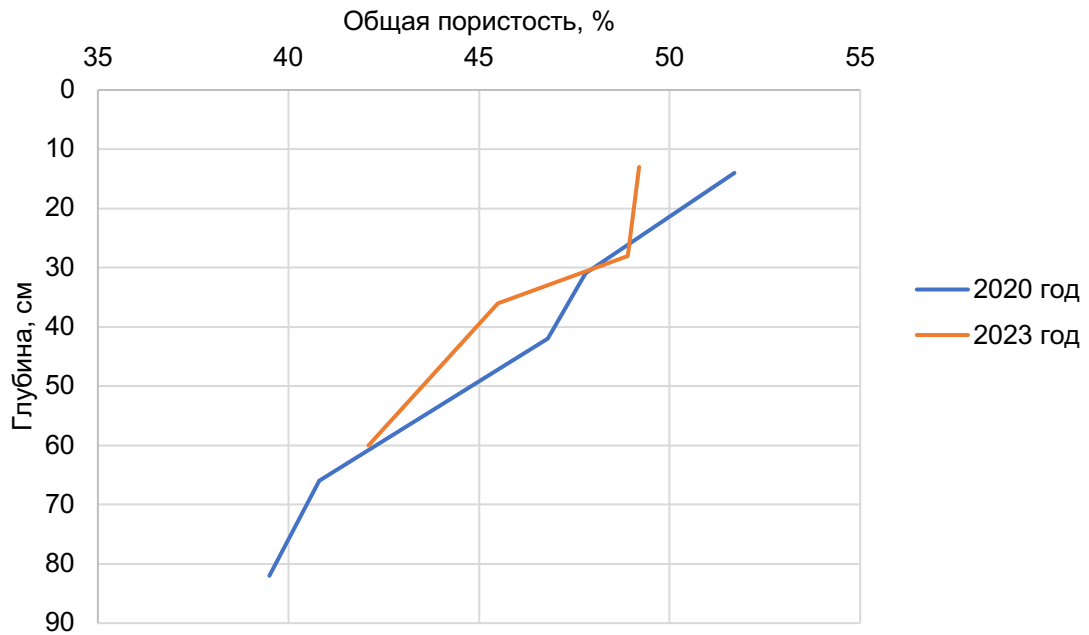


Рисунок 5.11. Изменение общей пористости почвы по глубине почвенных профилей на участке с саженцами вишни

На рисунке 5.12 показана динамика среднедекадных значений пористости аэрации орошаемого слоя почвы за вегетационные периоды трех лет исследований на опытном участке с саженцами сливы. Наиболее стабильными и близкими к оптимуму значения пористости аэрации наблюдались в вариантах опыта, где применялось капельное орошение. В них в среднем за вегетационные периоды этот показатель находился в диапазоне 13-24 %. На контроле пористость аэрации характеризуется наибольшей изменчивостью из-за наличия чередующихся периодов с избыточным увлажнением от ливневых осадков и засушливых периодов, когда наблюдалось недостаточное естественное увлажнение. Амплитуда значений пористости аэрации за вегетационный период составила от 15 до 37 %.

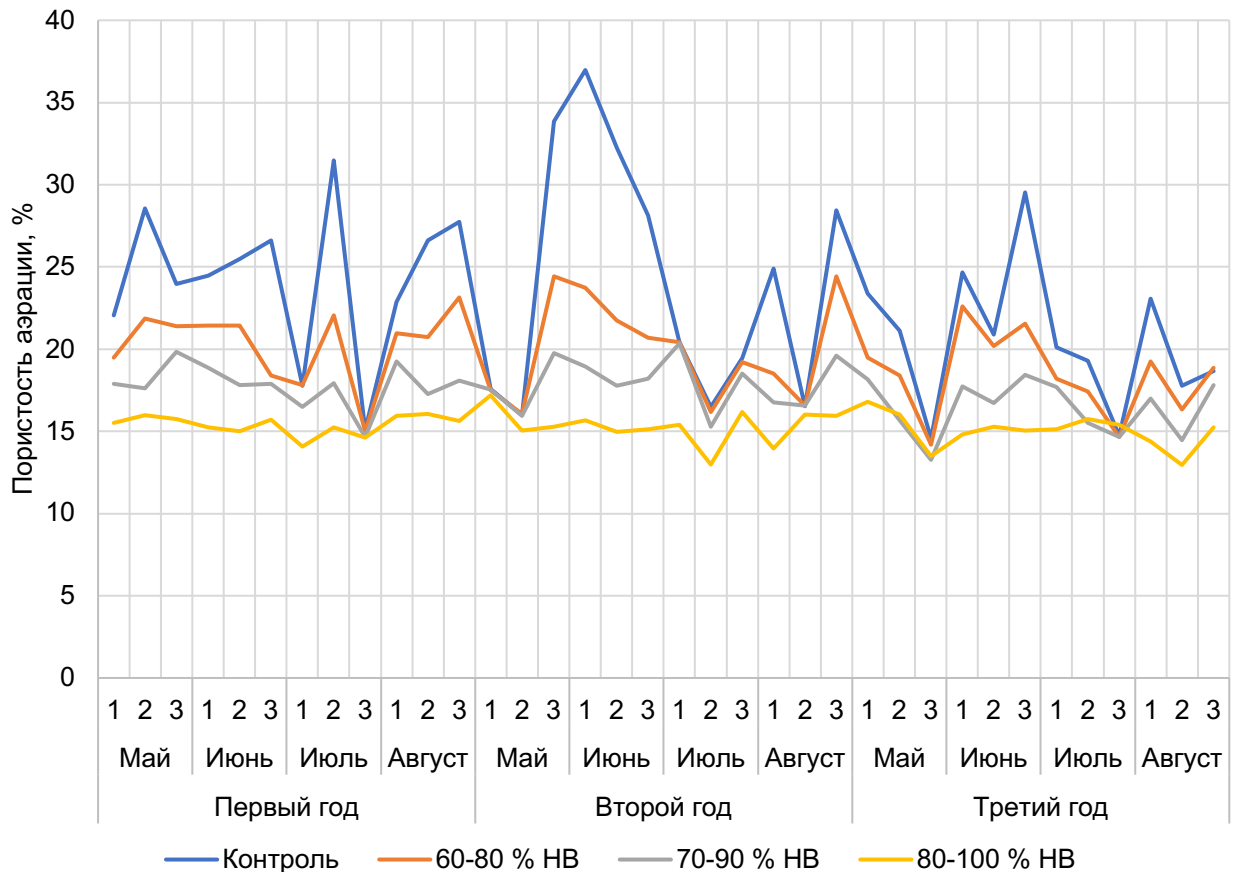


Рисунок 5.12. Динамика среднедекадной пористости аэрации почвы за три года исследований на опытном участке с саженцами сливы

На рисунке 5.13 показана динамика среднедекадных значений пористости аэрации орошаемого слоя почвы за вегетационные периоды трех лет исследований на опытном участке с саженцами вишни. С наименьшей изменчивостью и со стабильными значениями, близкими к оптимальным, пористость аэрации прослеживается в вариантах опыта, где применялось капельное орошение. В них в среднем за вегетационные периоды этот показатель находился в диапазоне 13-24 %, также как и на опытном участке с саженцами сливы. На контроле пористость аэрации характеризуется наибольшей изменчивостью из-за наличия чередующихся периодов с избыточным увлажнением от ливневых осадков и засушливых периодов, когда наблюдалось недостаточное естественное увлажнение. Амплитуда значений пористости аэрации за вегетационный период на контрольном варианте опыта составляла от 14 до 36 %.

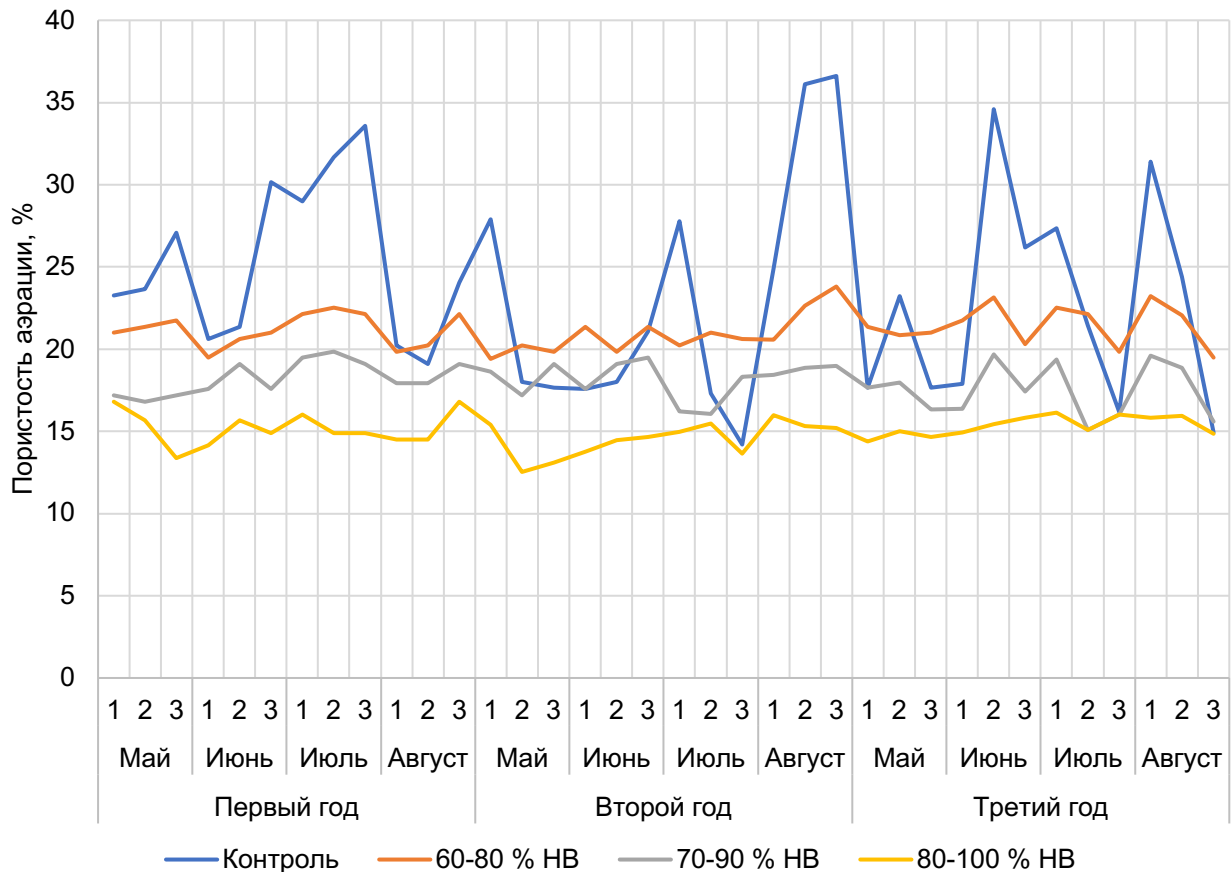


Рисунок 5.13. Динамика среднедекадной пористости аэрации почвы за три года исследований на опытном участке с саженцами вишни

Динамика среднедекадных значений пористости аэрации орошаемого слоя почвы за вегетационные периоды трех лет исследований на опытном участке с саженцами малины представлена на рисунке 5.14. Наименьшей изменчивостью и значениями, приближающимися к оптимальным, пористость аэрации прослеживается в вариантах опыта с применением капельного орошения. В них в среднем за вегетационные периоды этот показатель находился в диапазоне 12-23 %. На контрольном варианте опыта с естественным увлажнением пористость аэрации характеризуется наибольшей изменчивостью из-за наличия чередующихся периодов с избыточным увлажнением от ливневых осадков и засушливых периодов, когда наблюдалось недостаточное количество выпадающих осадков на фоне высоких среднесуточных температур атмосферного воздуха. Амплитуда значений пористости аэрации за вегетационный период на контрольном варианте опыта составляла от 15 до 40 %.

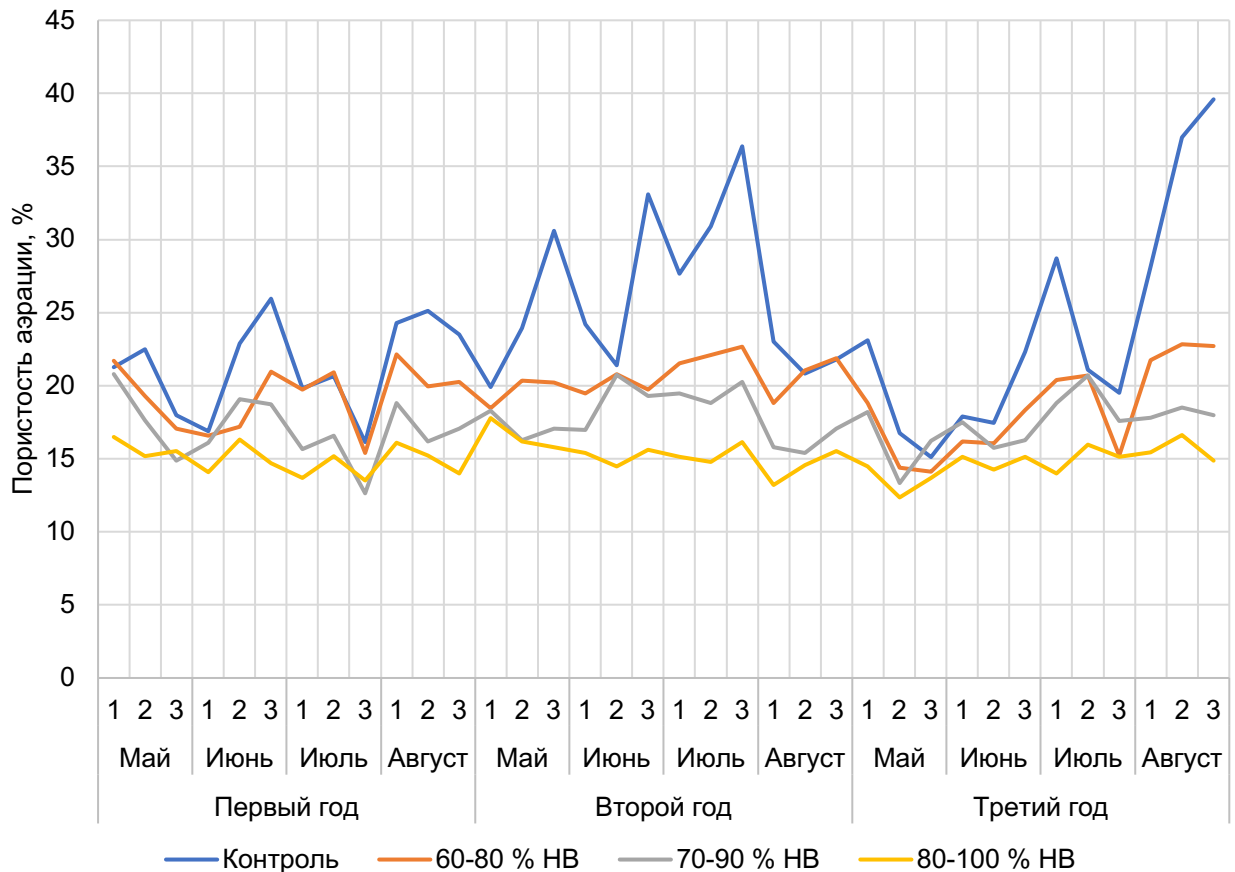


Рисунок 5.14. Динамика среднедекадной пористости аэрации почвы за три года исследований на опытном участке с саженцами малины

Динамика среднедекадных значений пористости аэрации орошаемого слоя почвы за вегетационные периоды трех лет исследований на опытном участке с саженцами груши представлена на рисунке 5.15. Наиболее стабильные и приближенные к оптимальным значения пористости аэрации получены в вариантах опыта с применением капельного орошения. В них в среднем за вегетационные периоды этот показатель находился в диапазоне 16-27 %. На контрольном варианте опыта с естественным увлажнением пористость аэрации характеризуется наибольшей изменчивостью из-за наличия чередующихся периодов с избыточным увлажнением от ливневых осадков и засушливых периодов, когда наблюдалось недостаточное количество выпадающих осадков на фоне высоких среднесуточных температур атмосферного воздуха. Амплитуда значений пористости аэрации за вегетационный период на контрольном варианте опыта составляла от 17 до 37 %.

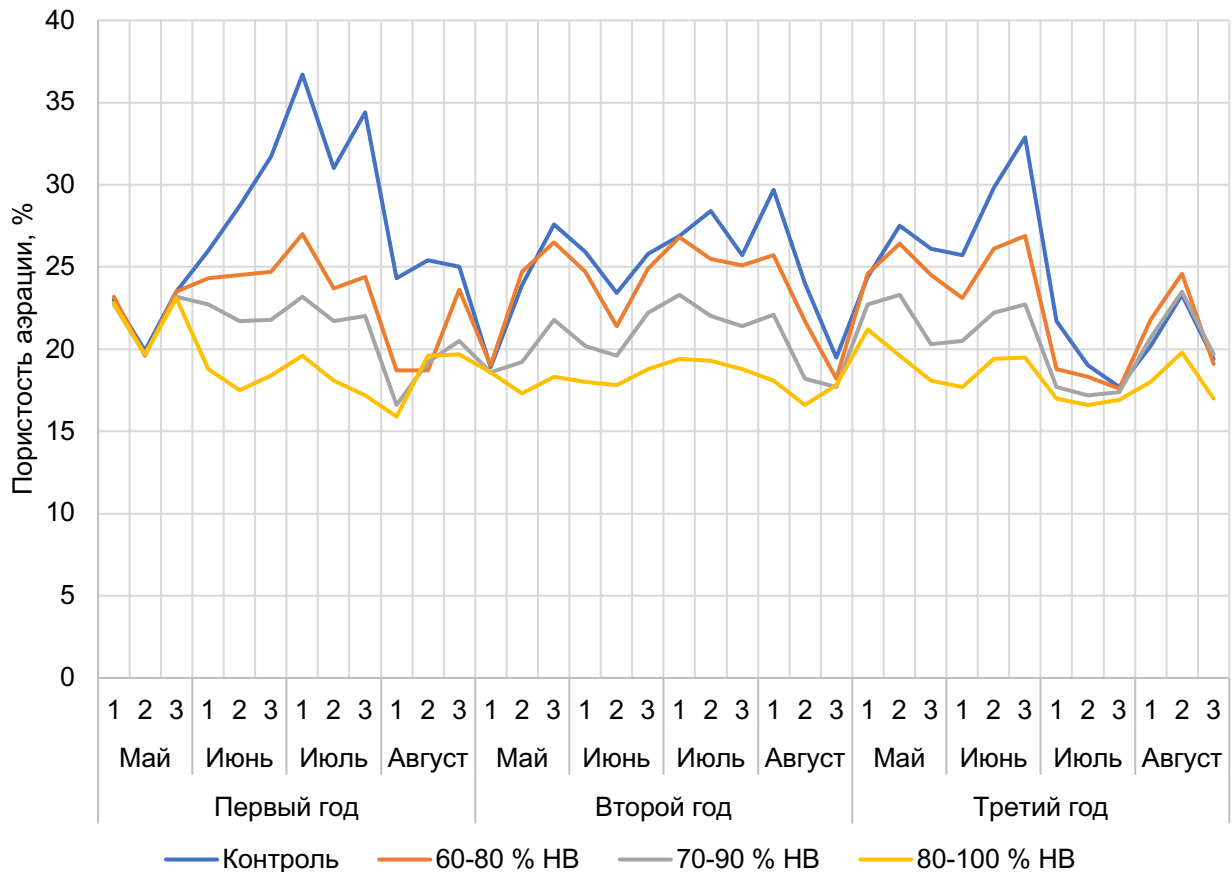


Рисунок 5.15. Динамика среднедекадной пористости аэрации почвы за три года исследований на опытном участке с саженцами груши (по данным Е.В. Еремина [2015])

На рисунке 5.16 показана динамика среднедекадных значений пористости аэрации орошаемого слоя почвы за вегетационные периоды трех лет исследований на опытном участке с саженцами яблони. Наиболее стабильными и близкими к оптимуму значения пористости аэрации наблюдались в вариантах опыта, где применялось капельное орошение. В них в среднем за вегетационные периоды этот показатель находился в диапазоне 15-27 %. На контроле пористость аэрации характеризуется наибольшей изменчивостью из-за наличия чередующихся периодов с избыточным увлажнением от ливневых осадков и засушливых периодов, когда наблюдалось недостаточное естественное увлажнение. Амплитуда значений пористости аэрации за вегетационный период составила от 15 до 37 %.

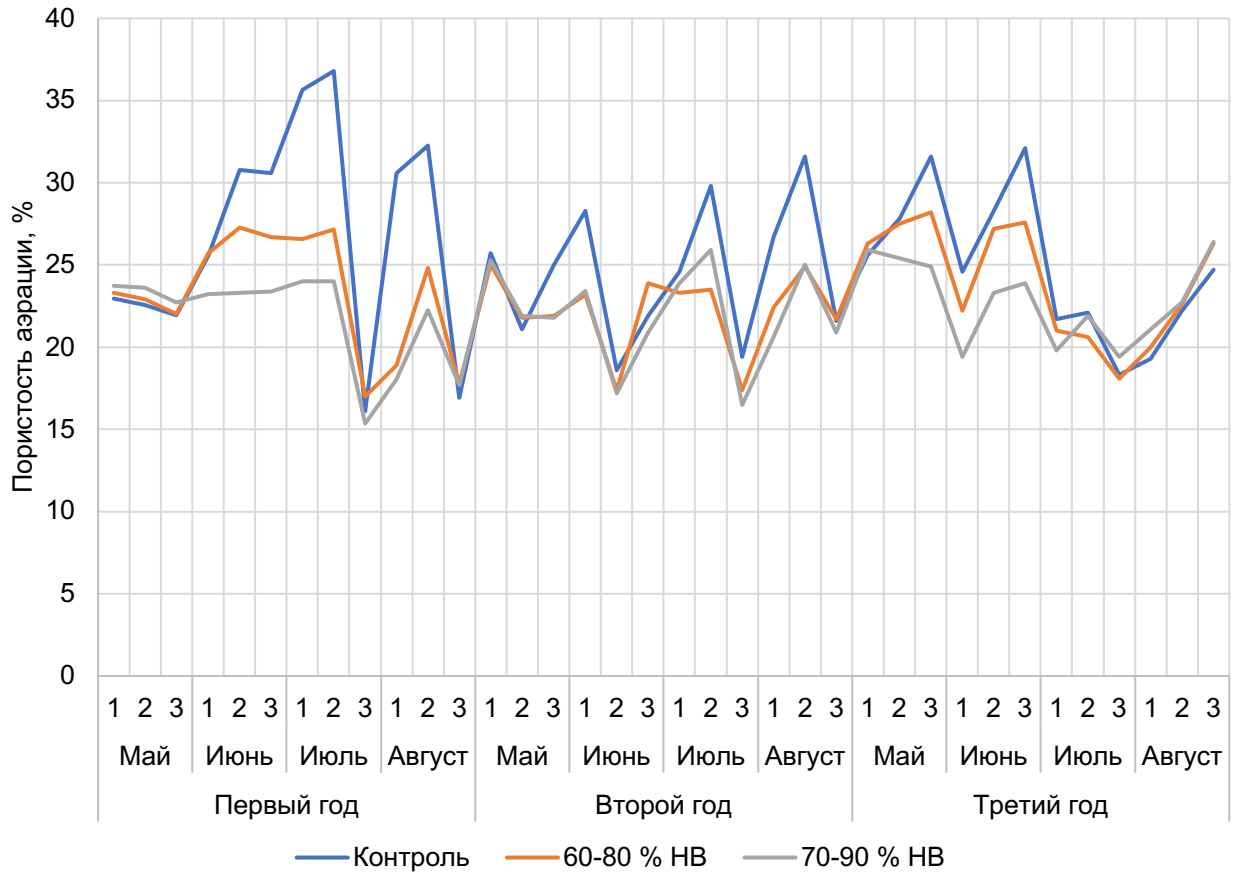


Рисунок 5.16. Динамика среднедекадной пористости аэрации почвы за три года исследований на опытном участке с саженцами яблони (по данным А.Ю. Бурмистровой [2013])

Описательные статистики рядов динамики среднедекадной пористости аэрации почвы представлены в таблице 5.15. Для всех рассматриваемых культур (слива, вишня, малина, груша и яблоня) изменчивость значения пористости аэрации убывает с увеличением поддерживаемой влажности в корнеобитаемом слое почвы. Например, для контрольных вариантов опыта коэффициент вариации составил от 17,4 до 25,7 %, а на вариантах опыта с поддержанием влажности корнеобитаемого слоя в диапазоне 80-100 % НВ коэффициент вариации составил 6,1-12,6 %. Средние значения пористости аэрации на контрольном варианте опыта являются наибольшими (от 21,2 до 25,6 %) по сравнению с орошаемыми вариантами опыта. Наименьшая средняя пористость аэрации получена для варианта опыта с

поддержанием влажности корнеобитаемого слоя почвы в диапазоне 80-100 % НВ (от 15,0 до 18,7 %).

Таблица 5.15. Описательные статистики рядов динамики среднедекадной пористости аэрации почвы, %

Культура	Вариант опыта	Средняя	Минимум	Максимум	Среднеквадратическое отклонение	Коэффициент вариации, %
Слива	Контроль	23,1	14,6	37,0	5,7	24,8
	60-80 % НВ	19,6	14,2	24,4	2,7	13,9
	70-90 % НВ	17,4	13,3	20,3	1,6	9,5
	80-100 % НВ	15,2	13,0	17,2	0,9	6,1
Вишня	Контроль	24,0	14,2	36,6	6,2	25,7
	60-80 % НВ	21,2	19,4	23,8	1,1	5,3
	70-90 % НВ	18,0	15,1	19,8	1,3	7,0
	80-100 % НВ	15,0	12,5	16,8	1,0	6,5
Малина	Контроль	23,4	15,1	37,0	5,5	23,3
	60-80 % НВ	19,3	14,1	22,8	2,4	12,6
	70-90 % НВ	17,4	12,6	20,8	2,0	11,2
	80-100 % НВ	15,0	12,4	17,8	1,1	7,3
Груша	Контроль	25,6	17,7	36,7	4,5	17,4
	60-80 % НВ	23,2	17,6	27,0	2,9	12,4
	70-90 % НВ	20,8	16,6	23,5	2,0	9,7
	80-100 % НВ	18,7	15,9	23,1	1,6	8,4
Яблоня	Контроль	25,4	16,1	36,8	5,3	20,7
	60-80 % НВ	23,2	17,0	28,2	3,3	14,2
	70-90 % НВ	22,2	15,3	26,4	2,8	12,6

Таким образом, можно сделать вывод, что исследуемые режимы капельного орошения позволили выровнять значения пористости аэрации в процессе их динамика за вегетационные периоды путем снижения амплитуды их колебания. Наиболее стабильные значения пористости аэрации для всех рассматриваемых культур получены в вариантах опыта с поддержанием влажности почвы в корнеобитаемом слое в диапазоне 80-100 % НВ и 70-90 % НВ. Во все годы проведения исследования на контроле выращиваемые саженцы подвергались стрессовым условиям из-за чередующихся периодов сильного иссушения и переувлажнения почвы, что отразилось на значениях пористости аэрации, которые часто выходили за границы оптимальных пределов.

Для каждого года исследований по вариантам опыта с капельным орошением и контроля проводилось определение наименьшей влагоемкости почвы по слоям 0-

10 см, 10-20 см, 20-30 см, 30-40 см и 40-50 см. Усредненные данные для опытного участка с саженцами сливы для трех лет исследований показаны на рисунке 5.17. Наименьшая влагоемкость имеет максимальные значения в пахотном горизонте почвы (в слое 0-30 см – 30-34 %). С увеличением глубины до 50 см происходит снижение наименьшей влагоемкости до 21-25 % массы сухой почвы. Между отдельными вариантами опыта и по годам исследований не наблюдается значимых различий между значениями наименьшей влагоемкости почвы.

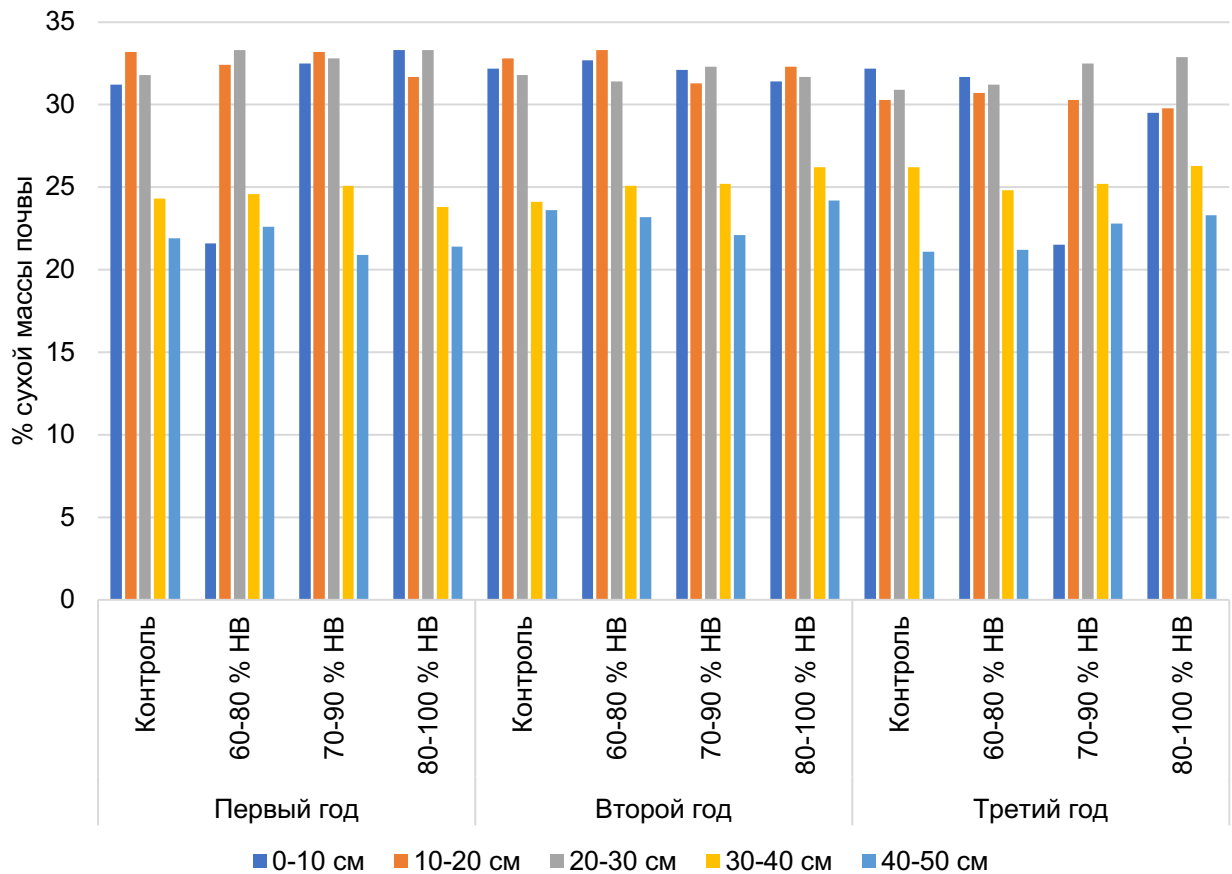


Рисунок 5.17. Наименьшая влагоемкость почвы по вариантам опыта, годам исследования и глубинам отбора почвенных образцов на опытном участке с саженцами сливы

Усредненные данные по наименьшей влагоемкости почвы для опытного участка с саженцами вишни для трех лет исследований показаны на рисунке 5.18. Наименьшая влагоемкость имеет максимальные значения в пахотном горизонте почвы (в слое 0-30 см – 30-33 %). С увеличением глубины до 50 см происходит снижение наименьшей влагоемкости до 25-28 % массы сухой почвы. Также как и

на опытном участке с саженцами сливы между отдельными вариантами опыта и по годам исследований не наблюдается значимых различий между значениями наименьшей влагоемкости почвы.

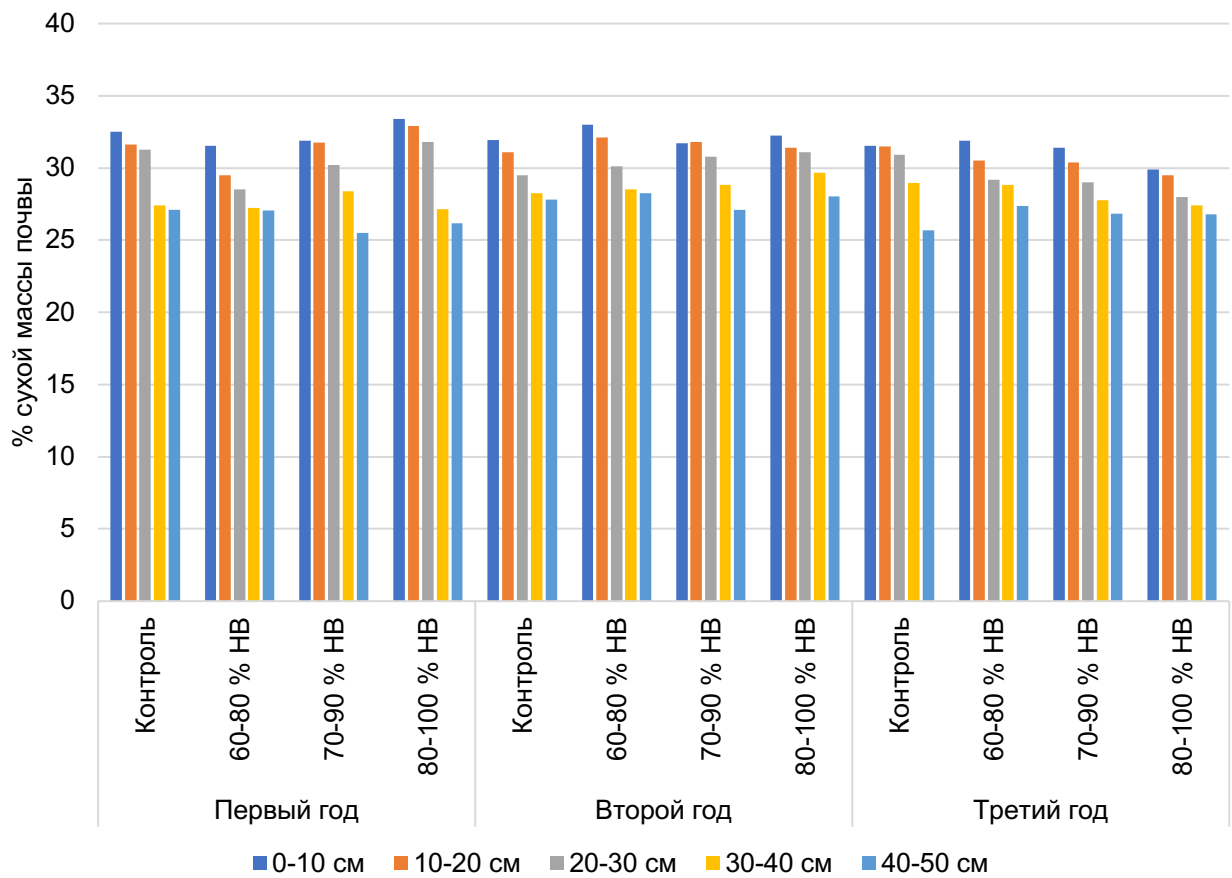


Рисунок 5.18. Наименьшая влагоемкость почвы по вариантам опыта, годам исследования и глубинам отбора почвенных образцов на опытном участке с саженцами вишни

Усредненные значения по наименьшей влагоемкости почвы для опытного участка с саженцами малины для трех лет исследований показаны на рисунке 5.19. Наименьшей влагоемкостью с максимальными значениями характеризуется пахотный горизонт почвы (слой 0-30 см), где значения в среднем составляют 30-34 %. При движении в низ по почвенному профилю до 50 см происходит снижение наименьшей влагоемкости до 26-29 % массы сухой почвы. Также как и на опытных участках с саженцами косточковых культур между отдельными вариантами опыта и по годам исследований не наблюдается значимых различий между значениями наименьшей влагоемкости почвы.

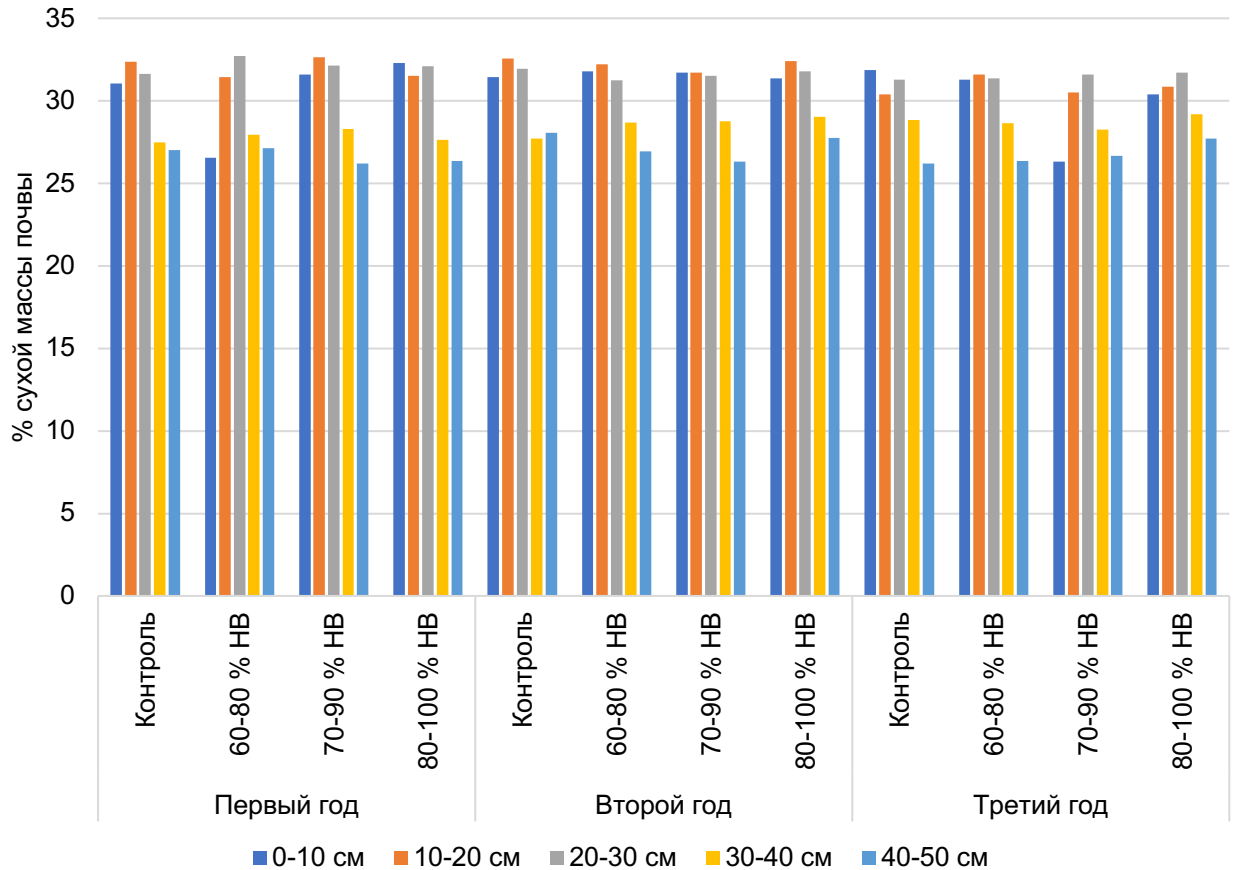


Рисунок 5.19. Наименьшая влагоемкость почвы по вариантам опыта, годам исследования и глубинам отбора почвенных образцов на опытном участке с саженцами малины

Усредненные значения по наименьшей влагоемкости почвы для опытного участка с саженцами груши для трех лет исследований показаны на рисунке 5.20. Наибольших значений наименьшая влагоемкость достигает в пахотном почвенном горизонте (слой 0-30 см), где значения в среднем составляют 31-34 %. При движении в низ по почвенному профилю до 50 см происходит снижение наименьшей влагоемкости до 23-26 % массы сухой почвы. Также как и на других опытных участках между отдельными вариантами опыта и по годам исследований не наблюдается значимых различий между значениями наименьшей влагоемкости почвы. Имеющиеся незначительные отклонения между отдельными вариантами опыта находятся в границах статистической погрешности определения соответствующих показателей.

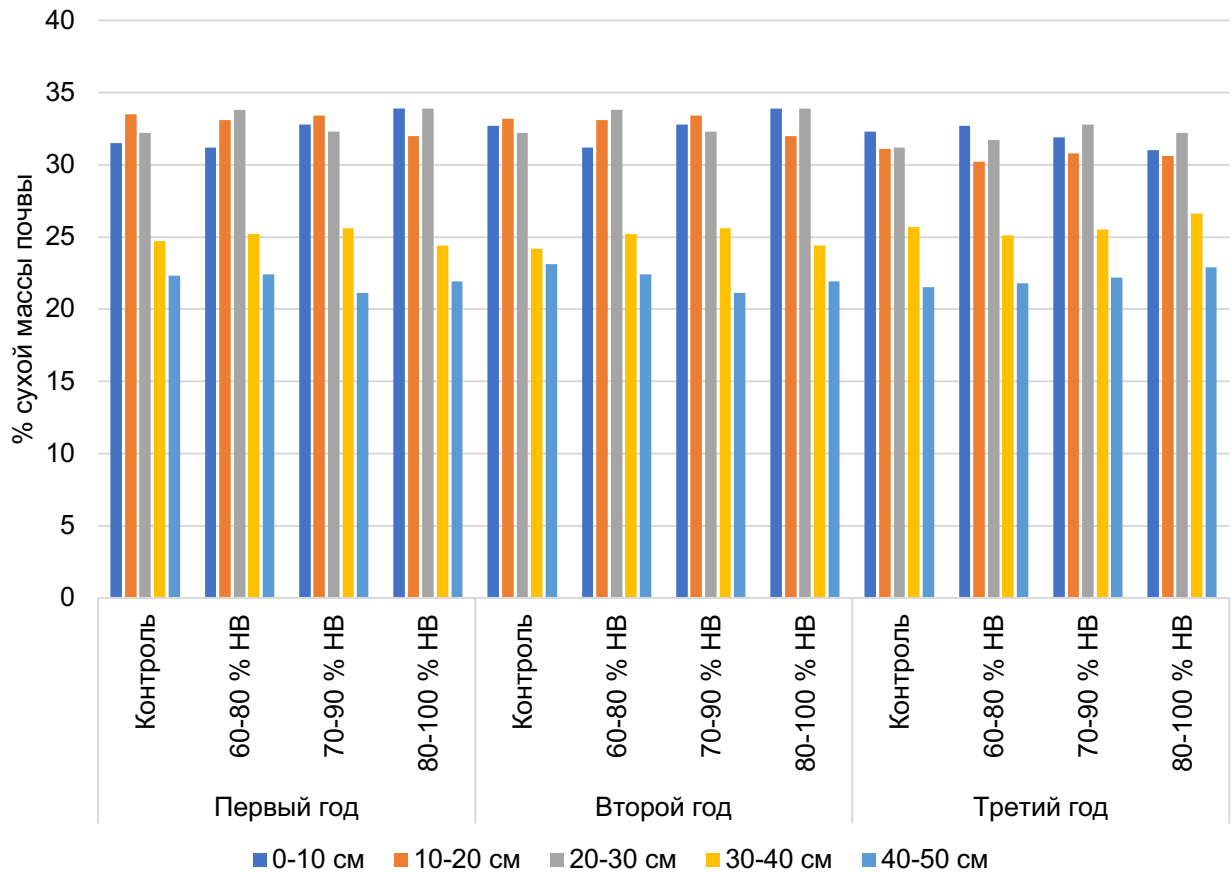


Рисунок 5.20. Наименьшая влагоемкость почвы по вариантам опыта, годам исследования и глубинам отбора почвенных образцов на опытном участке с саженцами груши (по данным Е.В. Еремина [2015])

Усредненные значения по наименьшей влагоемкости почвы для опытного участка с саженцами яблони для трех лет исследований показаны на рисунке 5.20. Наименьшая влагоемкость имеет максимальные значения в пахотном горизонте почвы (в слое 0-30 см – 31-35 %). С увеличением глубины до 50 см происходит снижение наименьшей влагоемкости до 21-26 % массы сухой почвы. Также как и на других опытных участках с саженцами сливы, вишни, малины и груши между отдельными вариантами опыта и по годам исследований не наблюдается значимых различий между значениями наименьшей влагоемкости почвы. В целом использование капельного полива не привело к существенным изменениям в значениях наименьшей влагоемкости почвы между отдельными вариантами опыта.

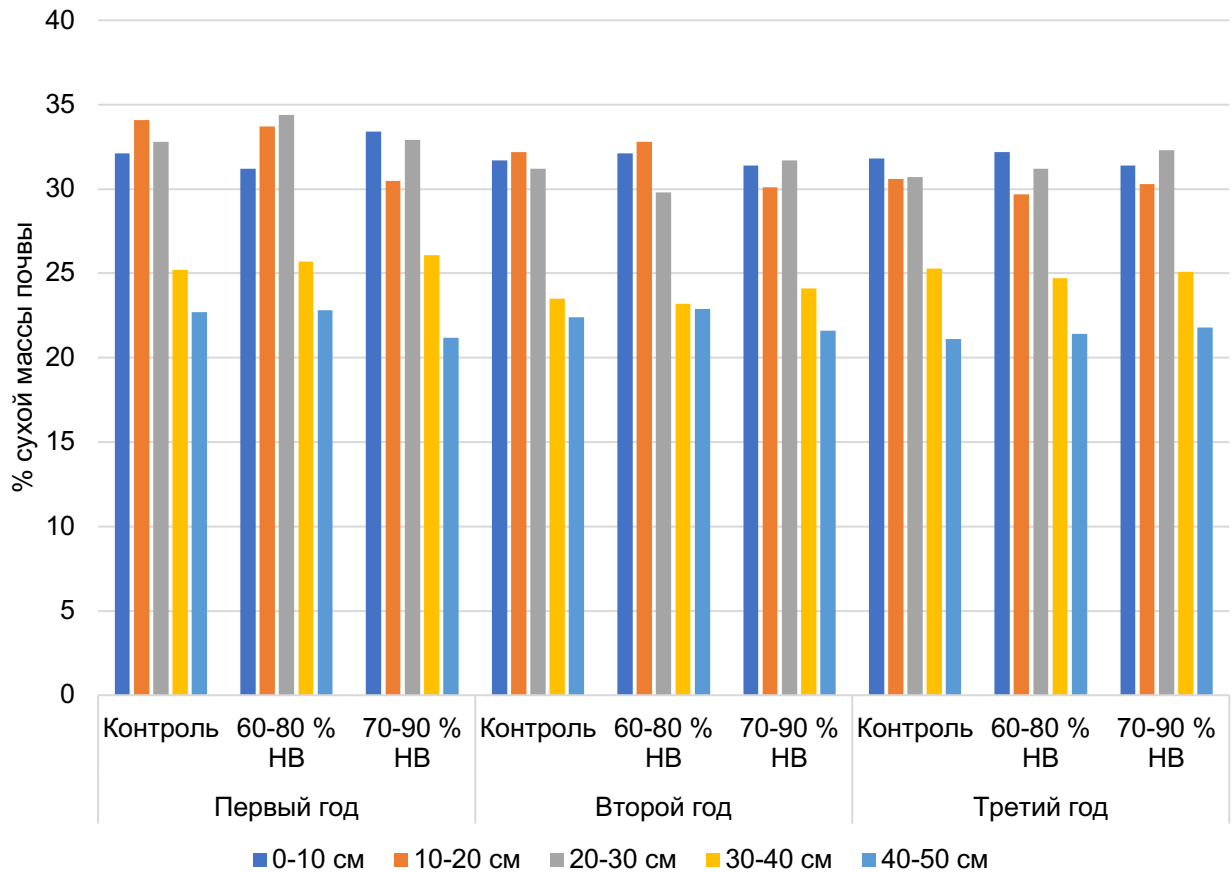


Рисунок 5.21. Наименьшая влагоемкость почвы по вариантам опыта, годам исследования и глубинам отбора почвенных образцов на опытном участке с саженцами яблони (по данным А.Ю. Бурмистровой [2013])

Таким образом, данные о динамике наименьшей влагоемкости почвы по трем годам для пяти полевых опытов с саженцами сливы, вишни, малины, груши и яблони показывают, что использование капельного полива не привело к существенным изменениям наименьшей влагоемкости почвы. Имеющиеся незначительные отклонения между отдельными вариантами опыта находятся в границах статистической погрешности определения соответствующих показателей.

5.4. Динамика запасов влаги в почве

Важным фактором в росте и развитии сельскохозяйственных культур является наличие доступной влаги в почве [Якушев с соавт., 2015]. Считается, что

недоступной для растений является та влага, которая удерживается в почве с силой, которая превышает сосущую силу корневой системы. При низком осмотическом давлении почвы, содержащаяся в ней влага, является более доступной для растений [Кауричев, 1975, 1989]. По классификации, предложенной А.Ф. Вадюниной и З.А. Корчагиной [1986], хорошими принято считать запасы продуктивной влаги в слое почвы 0-20 см, составляющие более 400 м³/га.

Динамика запасов продуктивной влаги по вариантам опыта с саженцами сливы за три года проведения полевых исследований показана на рисунке 5.22. За три года проведения исследований наибольшая разница в запасах продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы была получена между вариантом с поддержанием влажности в диапазоне 80-100 % НВ и контрольным вариантом с естественным увлажнением.

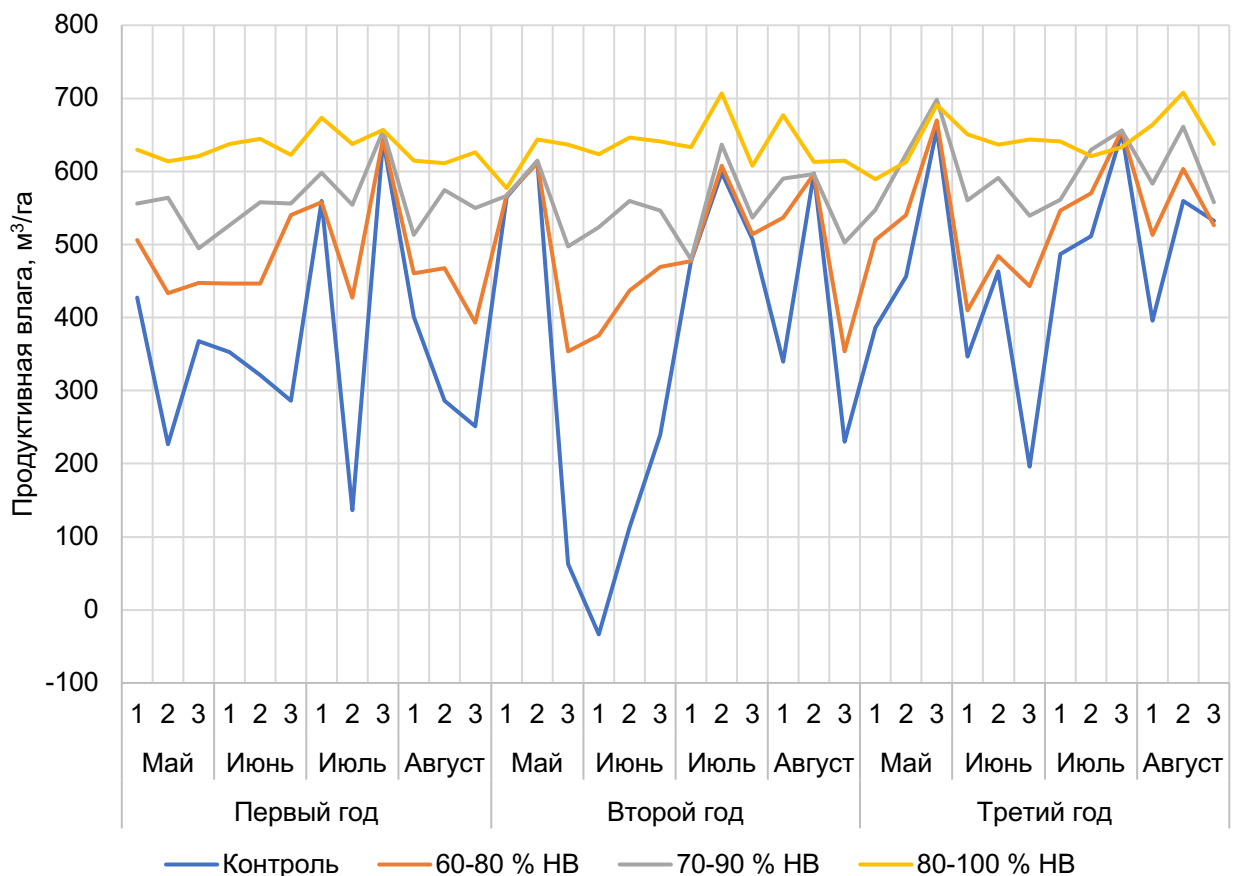


Рисунок 5.22. Динамика запасов продуктивной влаги в почве за три года исследований на опытном участке с саженцами сливы

Наиболее благоприятные условия увлажнения на опытном участке с саженцами сливы создавались в вариантах опыта с поддержанием влажности в корнеобитаемом слое почвы в диапазоне 80-100 % НВ и 70-90 % НВ, где запасы продуктивной влаги за весь период наблюдений не опускались ниже значения, равного 400 м³/га. Для варианта 80-100 % НВ амплитуда среднедекадных значений продуктивной влаги составила от 580 до 700 м³/га, а на контрольном варианте – от -34 до 660 м³/га.

Динамика запасов продуктивной влаги по вариантам опыта с саженцами вишни за три года проведения полевых исследований показана на рисунке 5.23. Лучшие условия увлажнения создавались в вариантах опыта с поддержанием влажности в диапазоне 80-100 % НВ и 70-90 % НВ, где запасы продуктивной влаги за весь период наблюдений не опускались ниже 400 м³/га. Для варианта 80-100 % НВ амплитуда среднедекадных значений продуктивной влаги составила от 590 до 710 м³/га, а на контрольном варианте – от -32 до 520 м³/га.

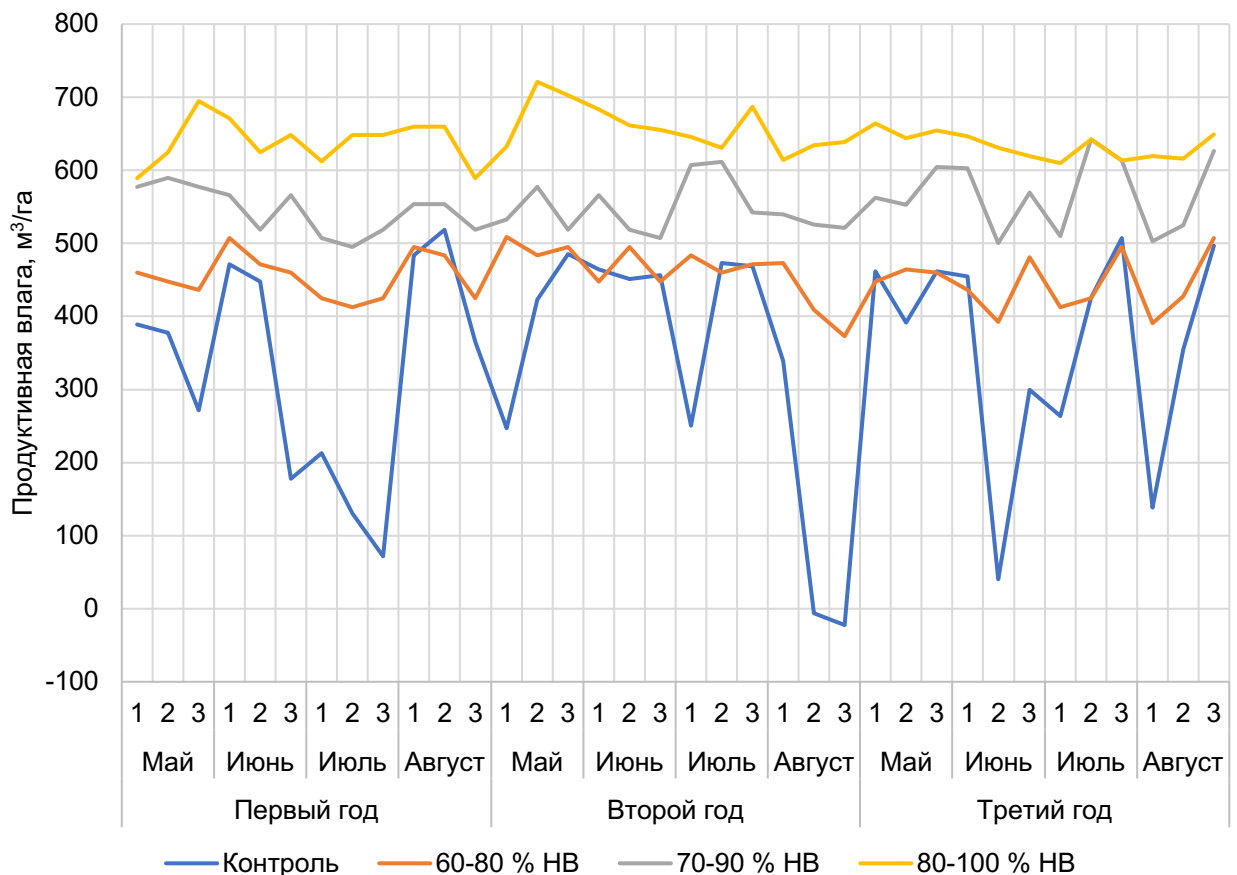


Рисунок 5.23. Динамика запасов продуктивной влаги в почве за три года исследований на опытном участке с саженцами вишни

Динамика запасов продуктивной влаги по вариантам опыта с саженцами малины за три года проведения полевых исследований показана на рисунке 5.24. Наиболее оптимальные условия по запасам почвенной влаги создавались в вариантах опыта с поддержанием влажности в диапазоне 80-100 % НВ и 70-90 % НВ, где запасы продуктивной влаги за весь период наблюдений не опускались ниже 400 м³/га. Также высокие значения продуктивной влаги достигались и в варианте 60-80 % НВ. Для варианта 80-100 % НВ амплитуда среднедекадных значений продуктивной влаги составила от 580 до 700 м³/га, а на контрольном варианте – от -77 до 630 м³/га.

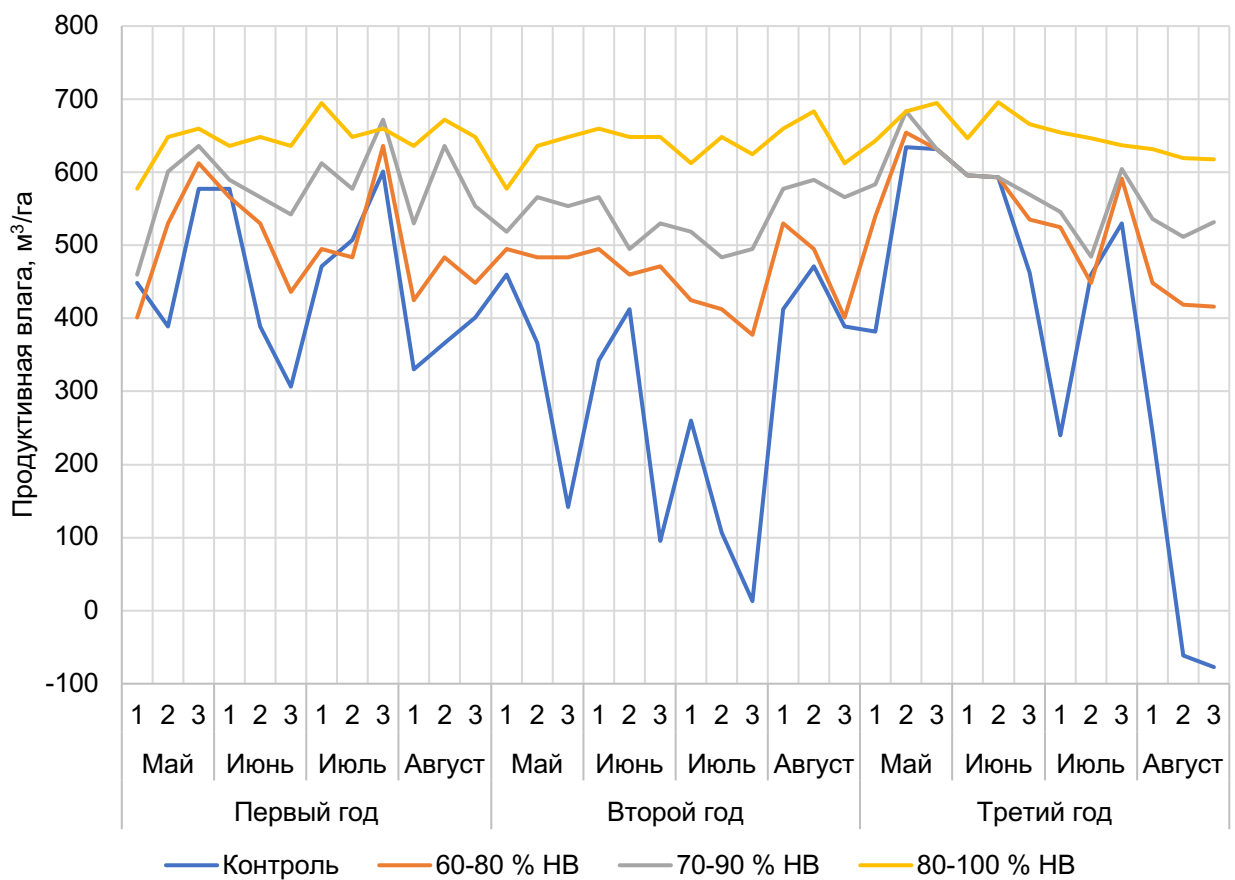


Рисунок 5.24. Динамика запасов продуктивной влаги в почве за три года исследований на опытном участке с саженцами малины

Динамика запасов продуктивной влаги по вариантам опыта с саженцами груши за три года проведения полевых исследований показана на рисунке 5.25. Наибольшие запасы почвенной влаги формируются в вариантах опыта с поддержанием влажности в диапазоне 80-100 % НВ и 70-90 % НВ, где запасы

продуктивной влаги за весь период наблюдений не опускались ниже 400 м³/га. Также высокие значения продуктивной влаги достигались и в варианте 60-80 % НВ, но в некоторые периоды наблюдалось снижение запасов продуктивной влаги до 310 м³/га. Для варианта 80-100 % НВ амплитуда среднедекадных значений продуктивной влаги составила от 430 до 640 м³/га, а на контрольном варианте – от 18 до 590 м³/га.

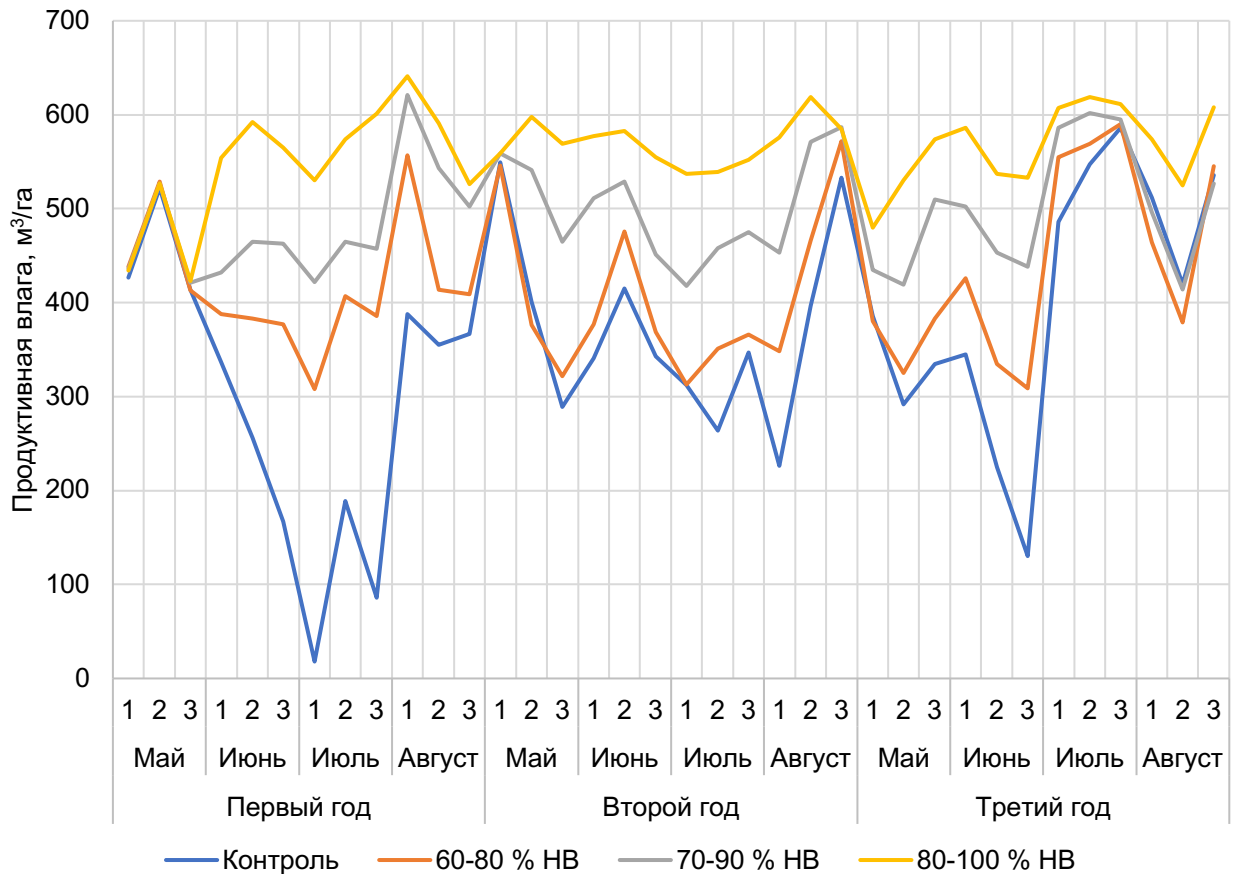


Рисунок 5.25. Динамика запасов продуктивной влаги в почве за три года исследований на опытном участке с саженцами груши (по данным Е.В. Еремина [2015])

Динамика запасов продуктивной влаги по вариантам опыта с саженцами яблони за три года проведения полевых исследований показана на рисунке 5.26. Наибольшие запасы почвенной влаги формируются в варианте опыта с поддержанием влажности в диапазоне 70-90 % НВ, где запасы продуктивной влаги за весь период наблюдений не опускались ниже 400 м³/га. Высокие значения продуктивной влаги достигались в варианте 60-80 % НВ, но в некоторые периоды

наблюдалось снижение запасов продуктивной влаги меньше $300 \text{ м}^3/\text{га}$. Для варианта 70-90 % НВ амплитуда среднедекадных значений продуктивной влаги составила от 390 до $650 \text{ м}^3/\text{га}$, а на контрольном варианте – от -18 до $600 \text{ м}^3/\text{га}$.

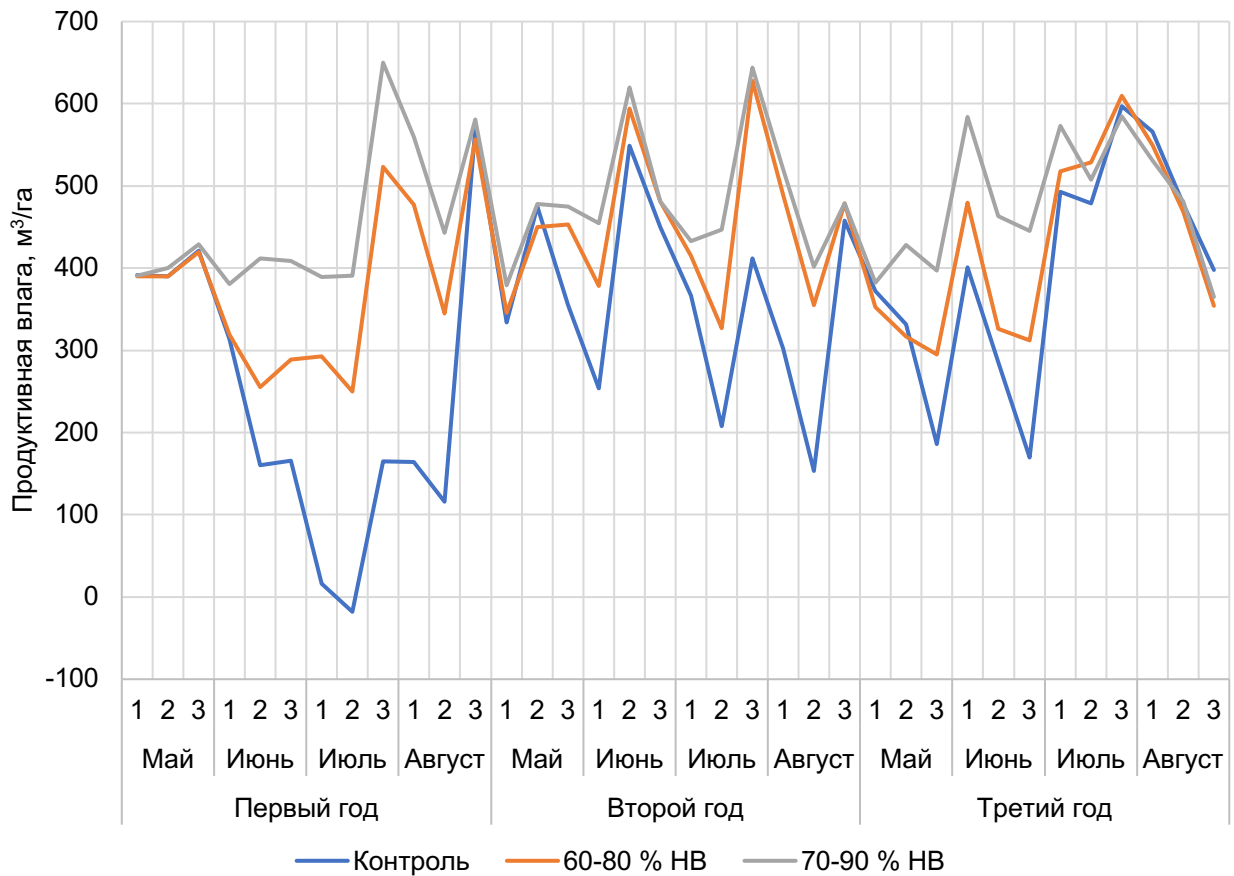


Рисунок 5.26. Динамика запасов продуктивной влаги в почве за три года исследований на опытном участке с саженцами яблони (по данным А.Ю. Бурмистровой [2013])

Описательные статистики рядов динамики среднедекадных запасов продуктивной влаги в орошаемом слое почвы представлены в таблице 5.16. Для всех рассматриваемых культур (слива, вишня, малина, груша и яблоня) изменчивость значений запасов продуктивной влаги убывает с увеличением поддерживаемой влажности в корнеобитаемом слое почвы. Например, для контрольных вариантов опыта коэффициент вариации составил от 38,5 до 47,5 %, а на вариантах опыта с поддержанием влажности корнеобитаемого слоя в диапазоне 80-100 % НВ коэффициент вариации составил 4,2-8,4 %. Средние значения запасов продуктивной влаги на контрольном варианте опыта являются

наименьшими (от 331 до 395 м³/га) по сравнению с орошаемыми вариантами опыта. Наибольшие средние значения запасов продуктивной влаги получены для варианта опытов с поддержанием влажности корнеобитаемого слоя почвы в диапазоне 80-100 % НВ (от 560 до 644 м³/га), что превышает контроль в 1,5-2,0 раза. Достижение минимумов запасов продуктивной влаги отрицательных значений на контрольном варианте опыта свидетельствует о наличии периодов с дефицитом почвенной влаги, доступной для растений.

Таблица 5.16. Описательные статистики рядов динамики среднедекадных запасов продуктивной влаги в почве

Культура	Вариант опыта	Средняя	Минимум	Максимум	Среднеквадратическое отклонение	Коэффициент вариации, %
Слива	Контроль	395	-34	658	177	44,9
	60-80 % НВ	504	354	670	84	16,6
	70-90 % НВ	571	480	698	51	8,9
	80-100 % НВ	637	577	708	29	4,5
Вишня	Контроль	336	-22	519	157	46,8
	60-80 % НВ	452	373	509	35	7,7
	70-90 % НВ	551	495	642	39	7,0
	80-100 % НВ	644	589	721	30	4,7
Малина	Контроль	387	-61	634	174	45,0
	60-80 % НВ	502	377	654	74	14,7
	70-90 % НВ	565	460	683	53	9,3
	80-100 % НВ	647	577	696	27	4,2
Груша	Контроль	349	18	586	134	38,5
	60-80 % НВ	417	308	590	84	20,1
	70-90 % НВ	492	414	621	61	12,4
	80-100 % НВ	560	423	641	47	8,4
Яблоня	Контроль	331	-18	597	157	47,5
	60-80 % НВ	417	250	628	105	25,1
	70-90 % НВ	472	365	650	82	17,3

Таким образом, можно сделать вывод, что исследуемые режимы капельного орошения позволили выровнять значения среднедекадных запасов продуктивной влаги в процессе их динамика за вегетационные периоды путем снижения амплитуды их колебания. Наиболее стабильные значения запасов продуктивной влаги для всех рассматриваемых культур получены в вариантах опыта с поддержанием влажности почвы в корнеобитаемом слое в диапазоне 80-100 % НВ и 70-90 % НВ. Во все годы проведения исследования на контроле выращиваемые

саженцы подвергались стрессовым условиям из-за чередующихся периодов сильного иссушения и переувлажнения почвы, что отразилось на значениях запасов продуктивной влаги, которые часто выходили за границы оптимальных пределов.

5.5. Параметры контуров увлажнения при капельном поливе

Особенностью капельного полива является подача воды в почву небольшими дозами. При проникновении в почву, вода проходит некоторое расстояние, при этом формируется контур увлажнения, параметры которого зависят от типа почвы, величины поливной нормы, конструктивных особенностей капельниц и их расхода [Ахмедов с соавт., 2010; Куприянов, Удовиченко, 2021; Штанько, Шкура, 2024]. Вопрос распределения влаги при капельном орошении в дерново-подзолистых почвах Нечерноземной зоны России в настоящее время является малоизученным. Поэтому с целью изучения параметров формирующихся контуров увлажнения были построены усредненные контуры увлажнения в зависимости от глубины орошаемого слоя почвы (рисунок 5.27).

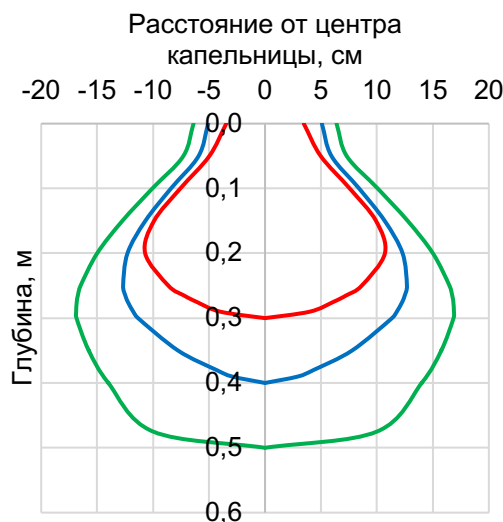


Рисунок 5.27. Формирование контуров увлажнения при разной глубине орошаемого слоя (красная линия – слой 0-30 см, синяя линия – слой 0-40 см, зеленая линия – слой 0-50 см)

Между глубиной промачивания и отдельными параметрами контуров орошения прослеживаются статистические взаимосвязи. На рисунке 5.28 показана зависимости диаметра контура увлажнения (y) от глубины промачивания (x). Зависимость выражается линейным уравнением $y = 0,625x + 6,8686$ с коэффициентом детерминации (R^2) 0,62. Согласно полученному уравнению регрессии с увеличением глубины промачивания на 1 см происходит увеличением диаметра контура увлажнения на 0,63 см. В среднем при глубине орошаемого слоя 30 см диаметр контура орошения будет составлять 25 см, а при глубине орошаемого слоя 50 см диаметр формирующегося контура орошения составит 37 см.

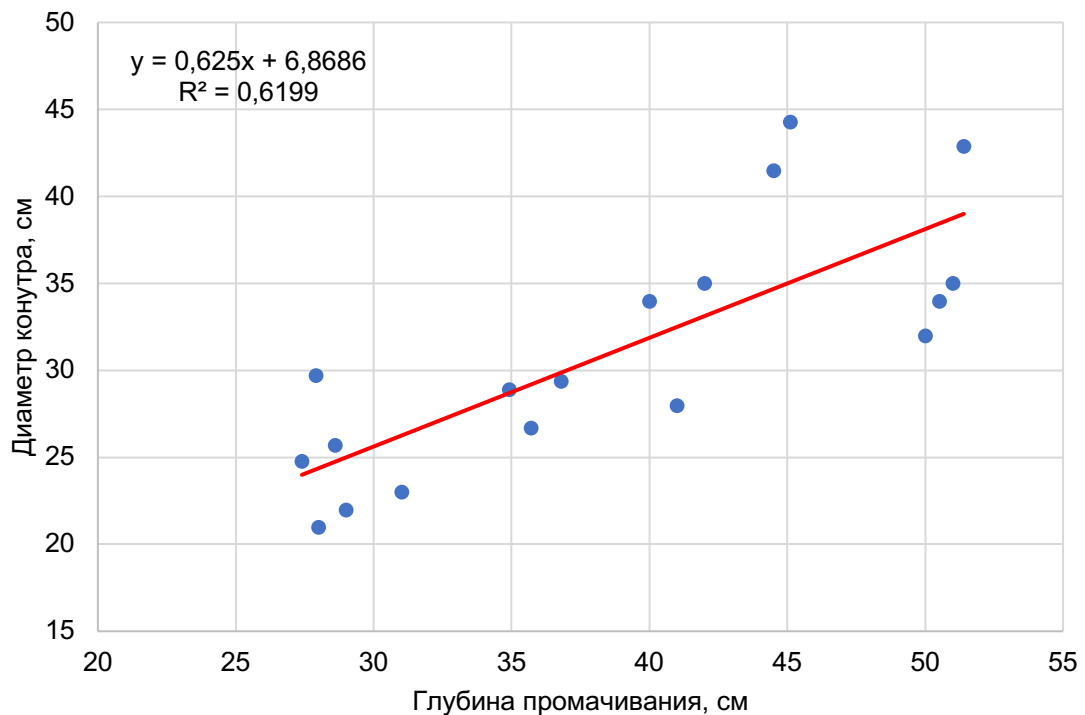


Рисунок 5.28. Зависимость диаметра контура орошения от глубины промачивания

На рисунке 5.29 показана зависимости площади контура увлажнения (y) от глубины промачивания (x). Зависимость выражается линейным уравнением $y = 39,429x - 515,35$ с коэффициентом детерминации (R^2) 0,57. Согласно полученному уравнению регрессии с увеличением глубины промачивания на 1 см происходит увеличением площади контура увлажнения на 39,429 см². В среднем при глубине орошаемого слоя 30 см площадь контура орошения будет составлять 600 см², а при

глубине орошаемого слоя 50 см площадь формирующегося контура орошения составит 1500 см².

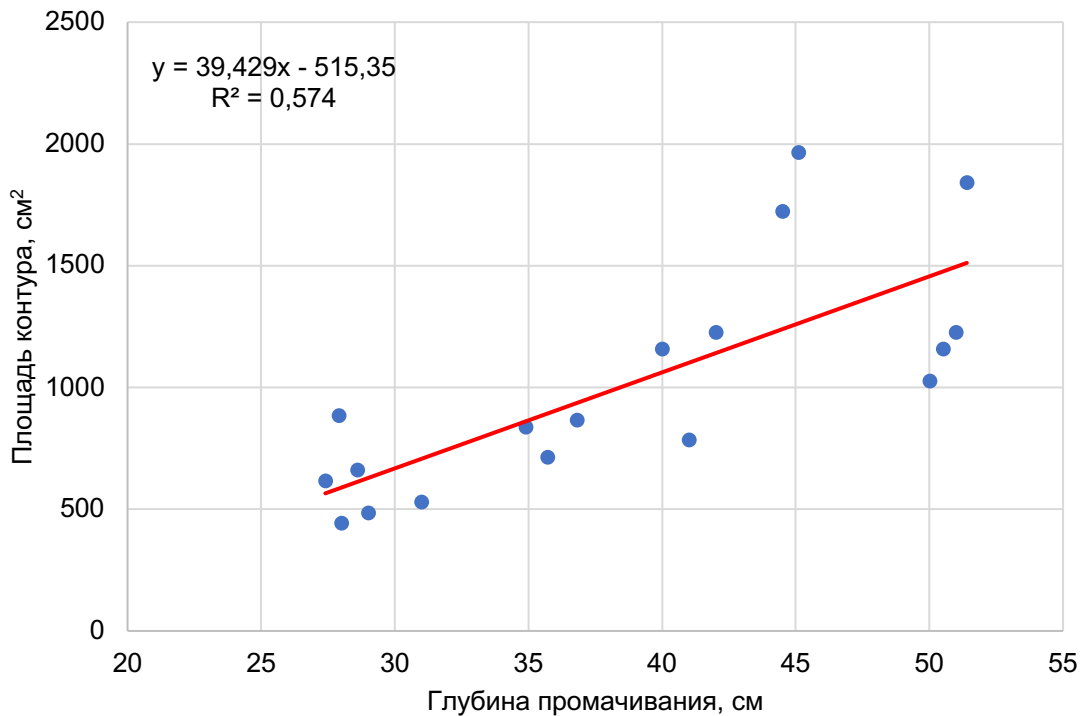


Рисунок 5.29. Зависимость площади контура орошения от глубины промачивания

На рисунке 5.30 показана зависимости объема контура увлажнения (y) от глубины промачивания (x). Зависимость выражается линейным уравнением $y = 0,0021x - 0,0488$ с коэффициентом детерминации (R^2) 0,74. Согласно полученному уравнению регрессии с увеличением глубины промачивания на 1 см происходит увеличением объема контура увлажнения на 0,0021 м³. В среднем при глубине орошаемого слоя 30 см объем контура орошения будет составлять 0,014 м³, а при глубине орошаемого слоя 50 см объем формирующегося контура орошения составит 0,056 м³.

При проектировании и эксплуатации систем капельного орошения необходимо выявлять очертания контуров увлажнения, формирующихся под капельницами. Полученные регрессионные уравнения зависимости параметров контура капельного орошения от глубины промачиваемого слоя дерново-подзолистой окультуренной почвы позволяют получать прогнозные значения

диаметра контура увлажнения, площади контура увлажнения и объема контура увлажнения.

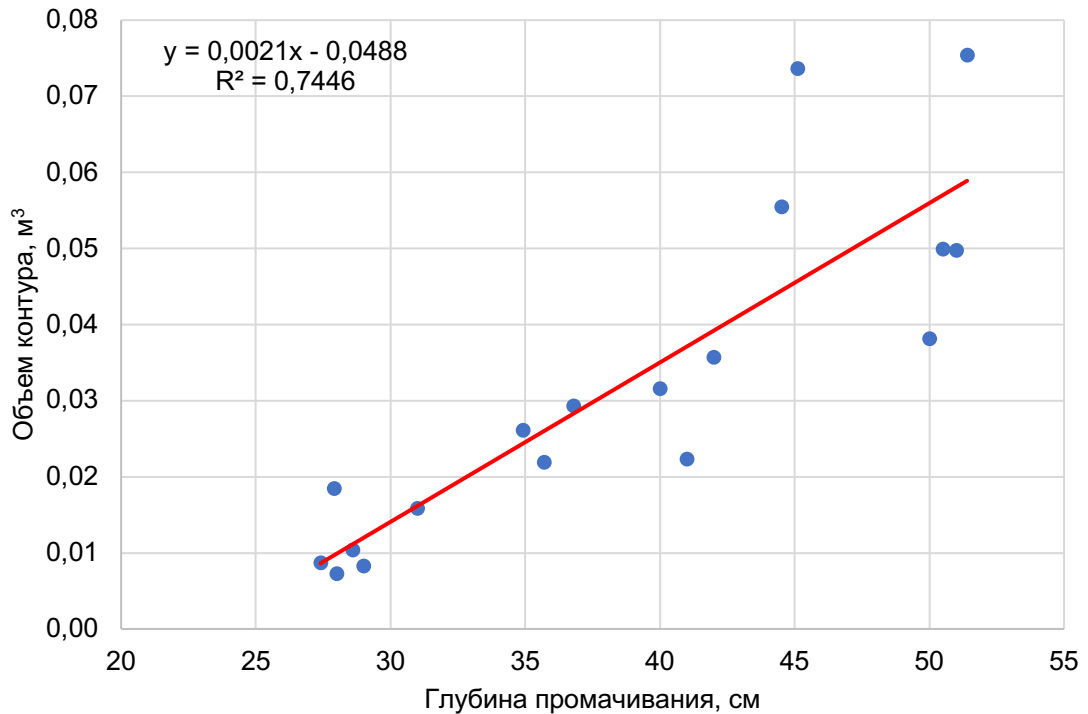


Рисунок 5.30. Зависимость объема контура увлажнения от глубины промачивания

Выводы по главе

1. В результате применения капельного орошения после трех лет наблюдается трансформация профиля дерново-подзолистых окультуренных почв. Происходит процесс миграции железо-гумусовых соединений в ниже залегающие почвенные горизонты, а текстурная дифференциация профиля по горизонтам становится менее выраженной (границы между верхними горизонтами приобретают затечный и языковатый характер). Внесение перед закладкой опытов органического вещества в дозе 100 т на 1 га привело к ослаблению интенсивности подзолистого процесса.
2. При использовании капельного орошения происходит подкисление пахотного горизонта почвы, а также снижение содержания подвижного фосфора и гумуса в результате вымывания органического вещества в нижележащие горизонты. При проектировании плодовых питомников на дерново-подзолистых почвах

необходимо проводить детальное почвенное обследование с целью моделирования прогнозирования изменения основных агрохимических показателей и организации рациональной системы подготовки и содержания почвы.

3. Применение капельного орошения способствует увеличению структурности почвы и повышению содержания агрономически ценных почвенных агрегатов в пахотном горизонте. Исследуемые режимы капельного орошения позволили выровнять значения пористости аэрации и запасов продуктивной влаги в процессе их динамика за вегетационные периоды путем снижения амплитуды их изменчивости. Наиболее стабильные значения пористости аэрации и запасов продуктивной влаги для всех рассматриваемых культур получены в вариантах опыта с поддержанием влажности почвы в корнеобитаемом слое в диапазоне 80-100 % НВ и 70-90 % НВ. Во все годы проведения исследования на контроле выращиваемые саженцы подвергались стрессовым условиям из-за чередующихся периодов сильного иссушения и переувлажнения почвы, что отразилось на значениях пористости аэрации и запасов продуктивной влаги, которые часто выходили за границы оптимальных пределов.
4. При проектировании и эксплуатации систем капельного орошения необходимо выявлять очертания контуров увлажнения, формирующихся под капельницами. Получены регрессионные уравнения зависимости параметров контура капельного орошения от глубины промачиваемого слоя дерново-подзолистой окультуренной почвы, которые позволяют получать прогнозные значения диаметра контура увлажнения, площади контура увлажнения и объема контура увлажнения.

6. БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ САЖЕНЦЕВ ПЛОДОВЫХ И ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ

6.1. Влияние режимов орошения на диаметр штамба

Диаметр штамба применяется в качестве одного из основных показателей для оценки качества выращиваемых саженцев в питомниках [Мережко, 1991; Ouellette, 1994; Рябцева, Гаджиев, 2005; Садовски с соавт., 2007]. Растения, имеющие больший диаметр штамба, в будущем обеспечивают формирование большего урожая [Мережко, 1991] и являются наиболее перспективными для закладки плодовых и ягодных насаждений. На рисунке 6.1 приводятся средние диаметры штамба саженцев сливы (однолетние, двухлетние и трехлетние) по вариантам опыта. Для саженцев разного возраста наименьшие значения диаметра штамба получены на контрольном варианте опыта, где формирование растения проходило в условиях естественного увлажнения. Для орошаемых однолетних саженцев сливы наименьший средний диаметр штамба получен в варианте поддержания влажности почвы в корнеобитаемом слое почвы в диапазоне 60-80 % НВ (сорт «Машенька» – 1,03 см, сорт «Утро» – 0,98 см), а наибольший в варианте 80-100 % НВ. Для двухлетних саженцев сливы наименьший диаметр штамба получен также в варианте 60-80 % НВ (сорт «Машенька» – 1,14 см, сорт «Утро» – 1,13 см), а наибольший в варианте 80-100 % НВ (сорт «Машенька» – 1,47 см, сорт «Утро» – 1,43 см). Аналогичная закономерность характерна и для саженцев третьего года выращивания. В варианте 60-80 % НВ для сорта «Машенька» средний диаметр штамба составил 1,34 см, для сорта «Утро» – 1,32 см, а в варианте 80-100 % НВ для сорта «Машенька» – 1,67 см и для сорта «Утро» – 1,64 см. Наименее выраженными являются различия в средних значениях диаметра штамба для вариантов 70-90 % НВ и 80-100 % НВ. Максимальные различия в средних для этих вариантов прослеживаются с вариантом 60-80 % НВ и контрольным, на котором орошение не проводилось. Таким образом, для саженцев сливы по показателю диаметра штамба благоприятные условия увлажнения формируются в вариантах опыта 70-90 % НВ

и 80-100 % НВ, где диаметр штамба в среднем в 1,5 раза превышает значения, полученные на контроле.

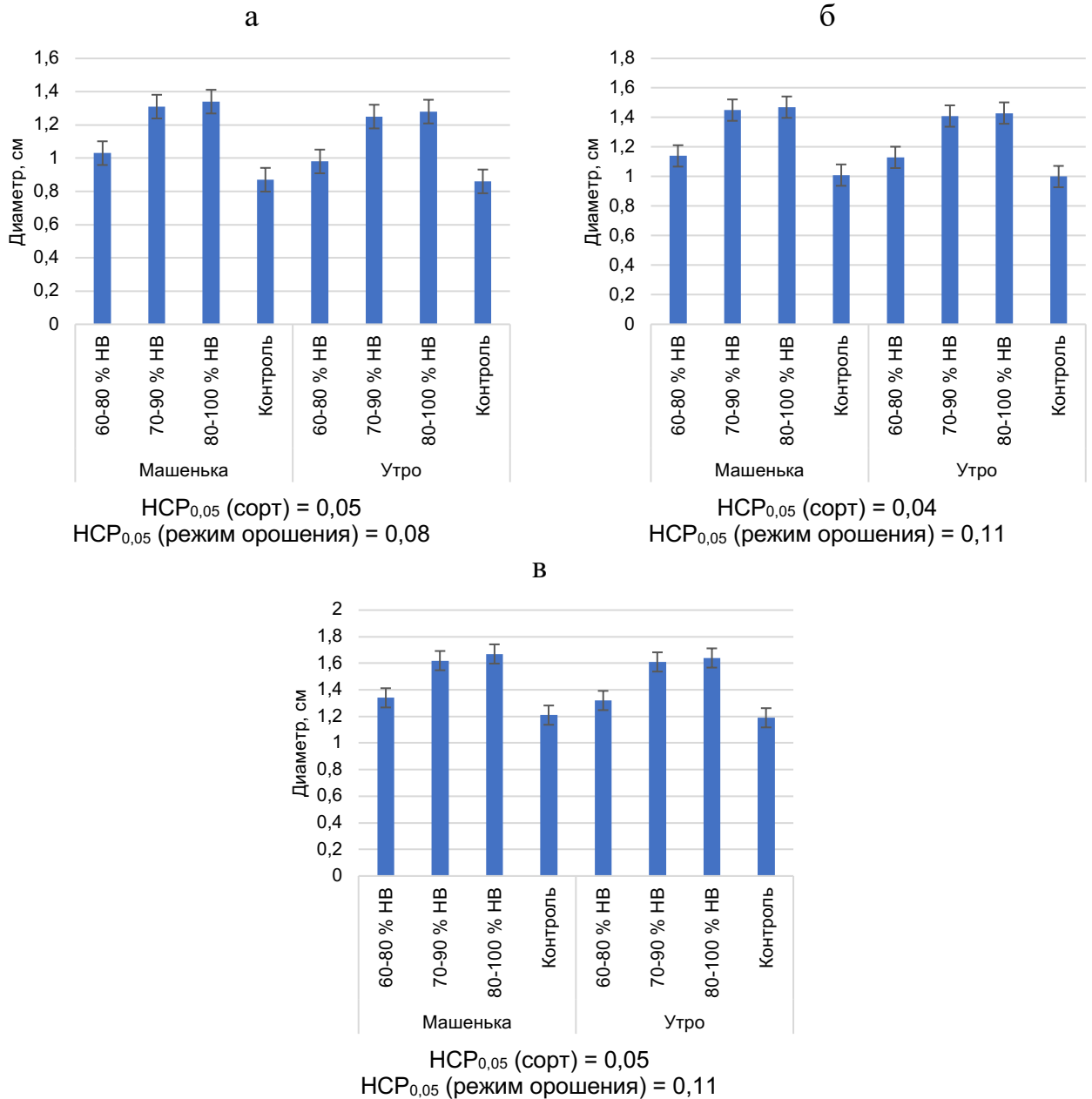


Рисунок 6.1. Средний диаметр штамба саженцев сливы по вариантам опыта:

а) однолетние, б) двухлетние, в) трехлетние

Средние диаметры штамба саженцев вишни по вариантам опыта показаны на рисунке 6.2. Минимальные значения среднего диаметра штамба саженцев характерны для контрольного варианта без орошения. Максимальных значений в орошаемых вариантах опыта средний диаметр штамба составляет при поддержании влажности корнеобитаемого слоя в диапазоне 70-90 % НВ. При

увеличении уровня влажности наблюдается снижение диаметра штамба растений. Для однолетних саженцев вишни в орошаемых вариантах опыта наименьшее значение среднего диаметра штамба достигается при поддерживаемой влажности 60-80 % НВ (сорт «Волочаевка» – 7,6 мм, сорт «Молодежная» – 7,5 мм). Максимальный диаметр штамба саженцев вишни в варианте опыта 70-90 % НВ (сорт «Волочаевка» – 8,2 мм, сорт «Молодежная» – 8,6 мм). Для двухлетних саженцев вишни также минимальный средний диаметр штамба характерен для варианта 60-80 % НВ (сорт «Волочаевка» – 9,9 мм, сорт «Молодежная» – 10,4 мм), а максимальный для варианта 70-90 % НВ (сорт «Волочаевка» – 11,5 мм, сорт «Молодежная» – 11,8 мм). Такая же закономерность характерна для трехлетних саженцев вишни. В варианте 60-80 % НВ средний диаметр штамба для сорта «Волочаевка» составил 12,3 мм, для сорта «Молодежная» – 13,3 мм; в варианте 70-90 % НВ для сорта «Волочаевка» – 15,0 мм и для сорта «Молодежная» – 14,7 мм. Исходя из полученных средних диаметров штамба для однолетних, двухлетних и трехлетних саженцев вишни сортов «Волочаевка» и «Молодежная», следует, что оптимальный режим увлажнения формируется при поддержании влажности корнеобитаемого слоя растений в диапазоне 70-90 % НВ, а снижение или увеличение влажности приводит к закономерному уменьшению диаметра штамба. В варианте 70-90 % НВ диаметр штамба в среднем в 1,2 раза превышает значения, полученные на контроле.

Усредненные результаты исследований диаметра саженцев малины по вариантам опыта показаны на рисунке 6.3. Наименьших значений диаметр саженцев во всех случаях достигает на контрольном варианте опыта. На вариантах с капельным орошением прослеживается закономерное увеличение диаметра при повышении поддерживаемой влажности почвы с 60-80 % НВ до 80-100 % НВ. В случае с однолетними саженцами в варианте 60-80 % НВ для сорта «Награда» диаметр составил 10,2 мм, для сорта «Солнышко» – 8,1 мм; в варианте 80-100 % НВ для сорта «Награда» – 12,1 мм, для сорта «Солнышко» – 10,3 мм. Для двухлетних саженцев сорта «Награда» в варианте 60-80 % НВ средний диаметр составил 10,4 мм, в варианте 80-100 % НВ – 12,3 мм; для сорта «Солнышко» в

варианте 60-80 % НВ – 8,2 мм и в варианте 80-100 % НВ – 10,4 мм. Трехлетние саженцы сорта «Награда» в варианте 60-80 % НВ характеризовались средним диаметром 10,7 мм, в варианте 80-100 % НВ – 12,6 мм; саженцы сорта «Солнышко» в варианте 60-80 % НВ – 8,4 мм, в варианте 80-100 % НВ – 10,7 мм. Полученные данные по диаметрам саженцев малины сортов «Награда» и «Солнышко» показывают, что наиболее развитые растения формируются в наиболее увлажняемом варианте опыта 80-100 % НВ. В варианте 80-100 % НВ диаметр штамба в среднем в 1,4 раза превышает значения, полученные на контроле.

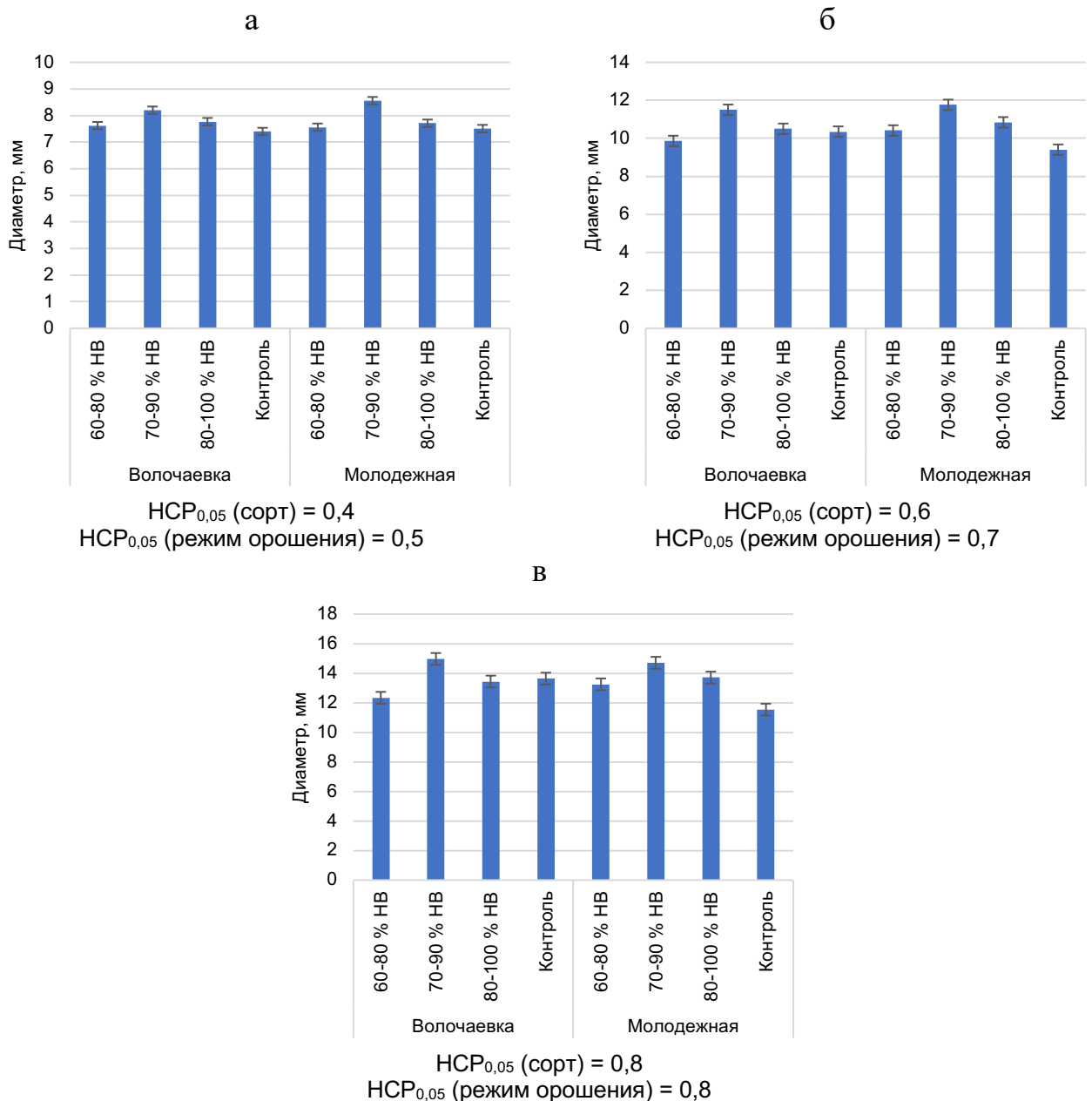


Рисунок 6.2. Средний диаметр штамба саженцев вишни по вариантам опыта:

а) однолетние, б) двухлетние, в) трехлетние

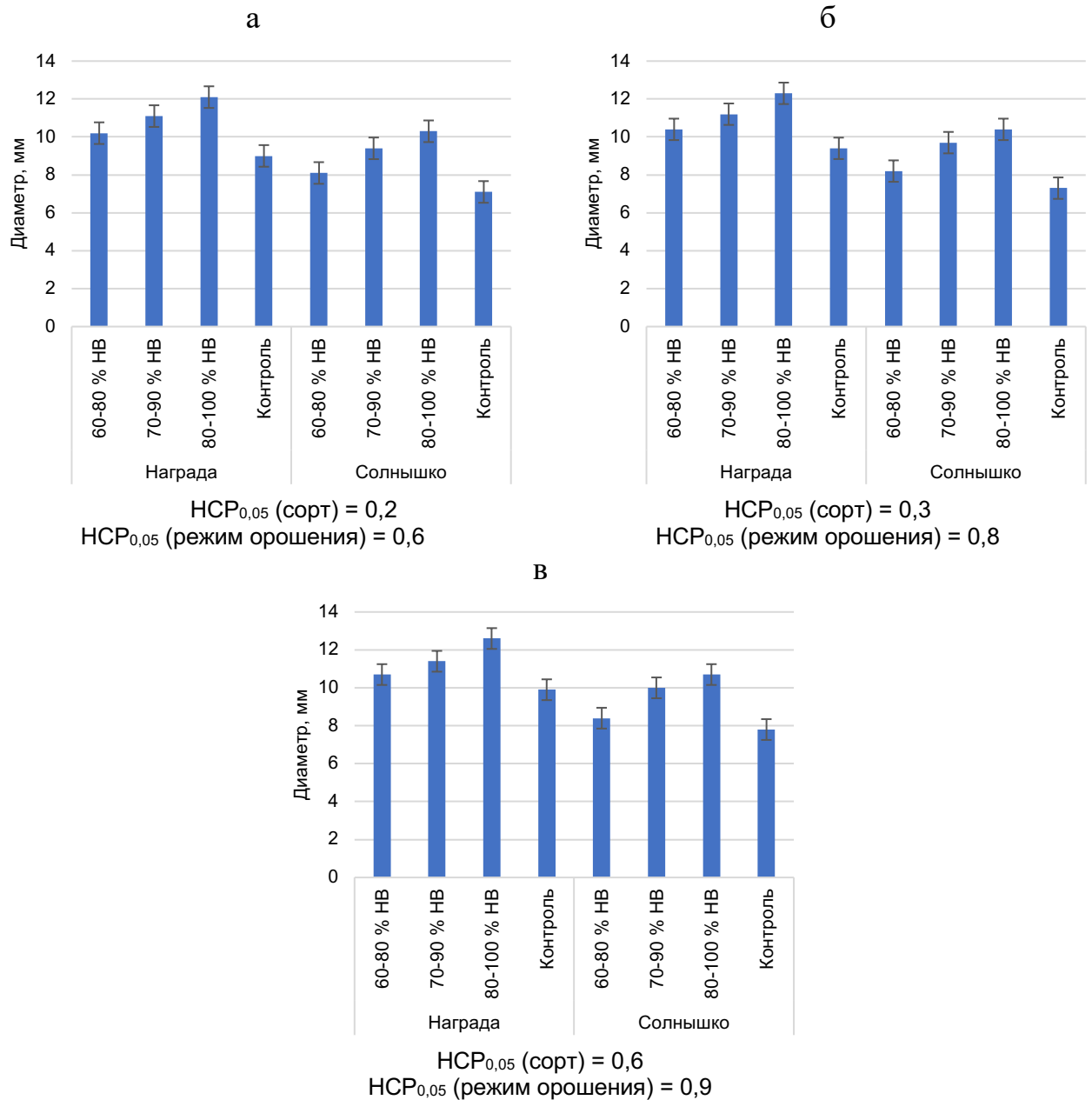


Рисунок 6.3. Средний диаметр саженцев малины по вариантам опыта:

а) однолетние, б) двухлетние, в) трехлетние

Для сопоставления с полученными результатами для сливы, вишни и малины были привлечены результаты опытов по саженцам семечковых культур по данным А.Ю. Бурмистровой [2013] и Е.В. Еремина [2015]. На рисунке 6.4 показаны средние значения диаметра штамба саженцев груши при капельном орошении. Изучались сорта «Памяти Яковлева», «Чижовская», «Осенняя Сусова». Для всех рассматриваемых сортов для однолетних, двухлетних и трехлетних саженцев прослеживается общая закономерность. Средний диаметр штамба имеет

минимальные значения на контрольном варианте опыта, где орошение не проводилось. На вариантах опыта с капельным орошением прослеживается повышение среднего диаметра штамба от варианта 60-80 % НВ к варианту 80-100 % НВ. Таким образом, средние значения диаметра штамба саженцев груши показывают, что оптимальным является режим орошения с поддержанием влажности корнеобитаемого слоя почвы в диапазоне 80-100 % НВ. В этом варианте диаметр штамба в среднем в 1,5 раза превышает значения, полученные на контроле.

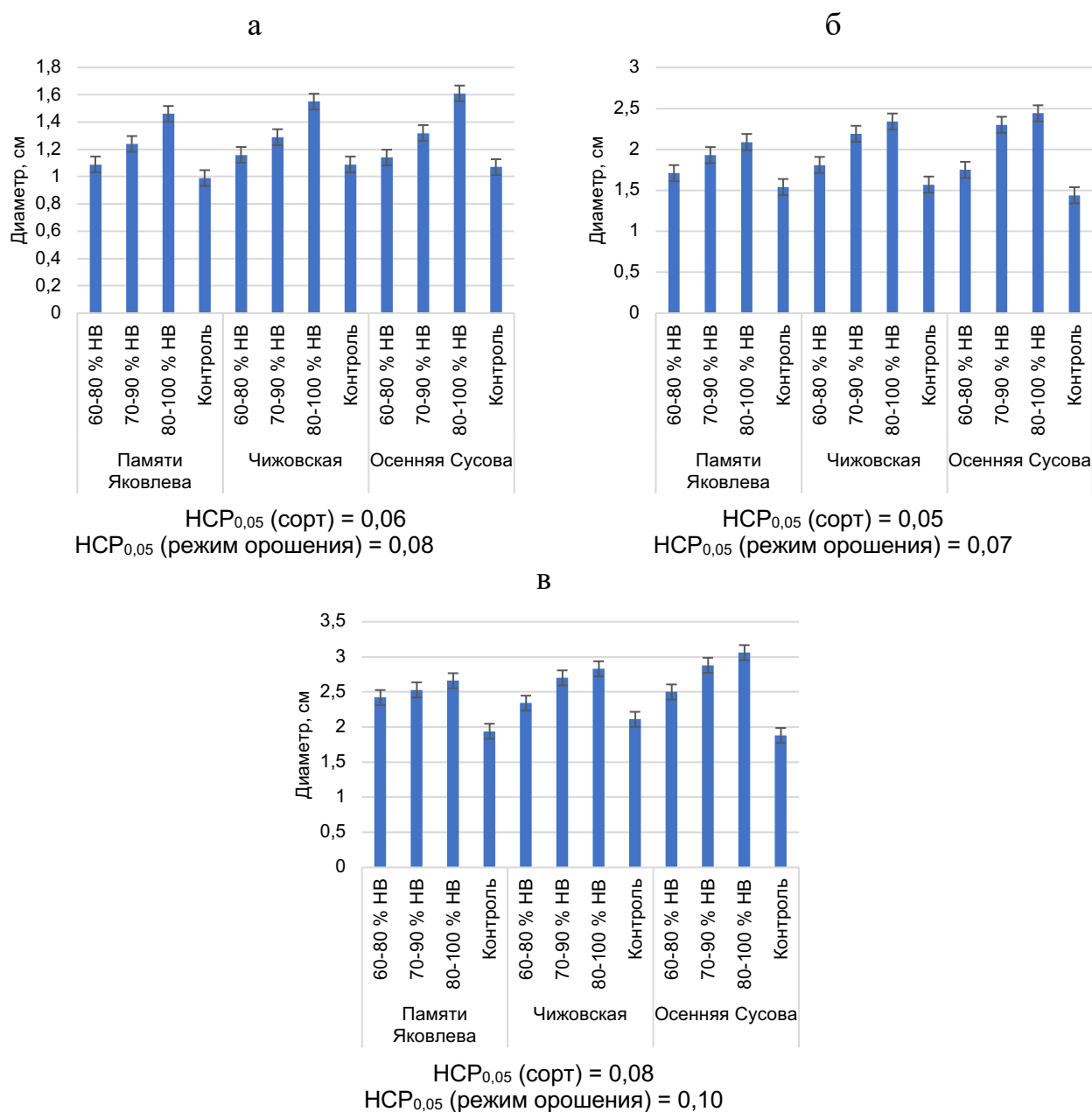


Рисунок 6.4. Средний диаметр штамба саженцев груши по вариантам опыта (по данным Е.В. Еремина [2015]): а) однолетние, б) двухлетние, в) трехлетние

На рисунке 6.5 показаны средние значения диаметра штамба саженцев яблони при капельном орошении. Изучались сорта «Белый налив» и «Медуница». Для всех рассматриваемых сортов для однолетних, двухлетних и трехлетних саженцев прослеживается общая закономерность. Средний диаметр штамба имеет минимальные значения на контрольном варианте опыта, где орошение не проводилось. На вариантах опыта с капельным орошением прослеживается повышение среднего диаметра штамба от варианта 60-80 % НВ к варианту 70-90 % НВ. В варианте 70-90 % НВ диаметр в среднем в 1,4 раза превышает контроль.

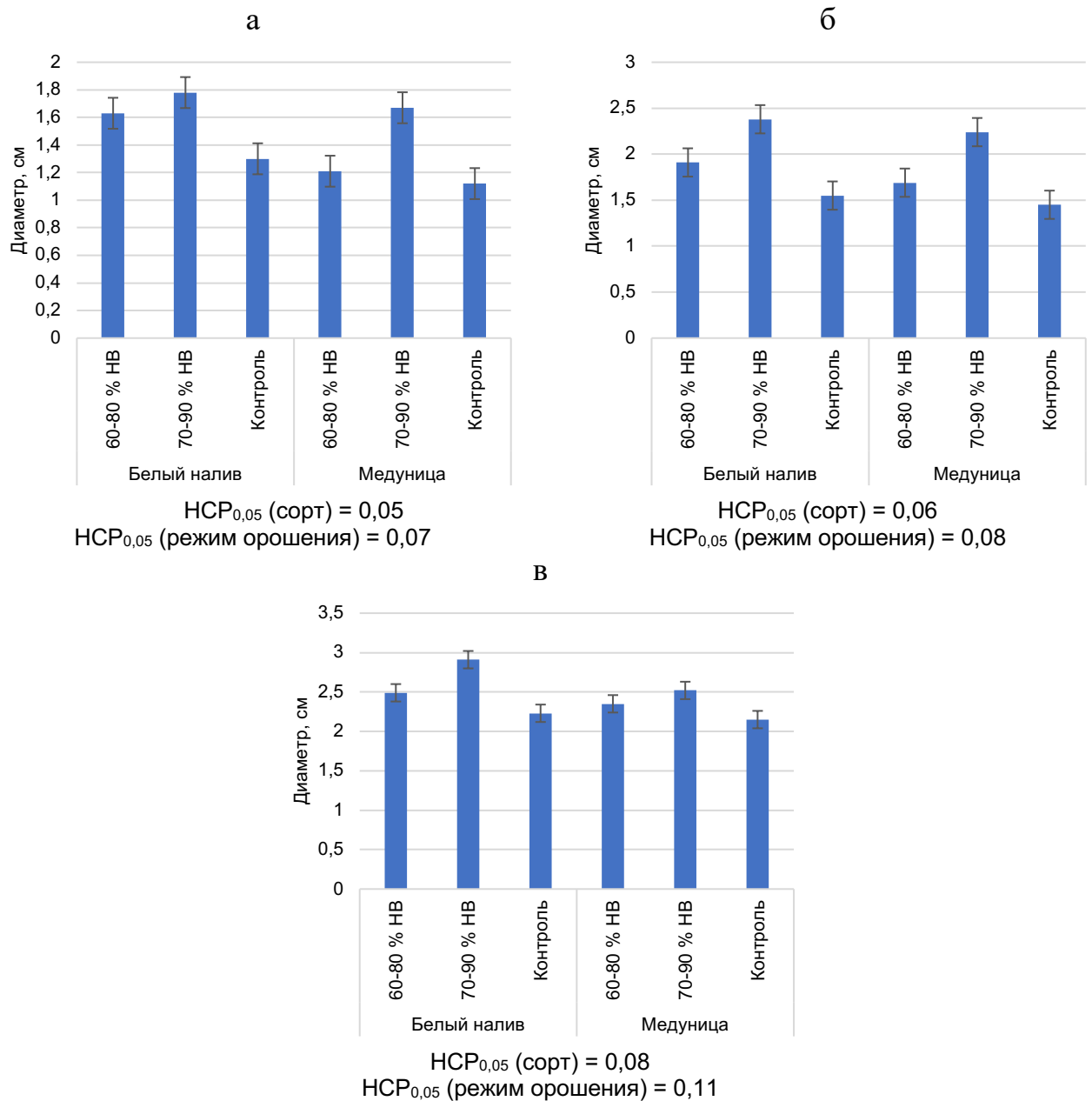


Рисунок 6.5. Средний диаметр штамба саженцев яблони по вариантам опыта (по данным А.Ю. Бурмистровой [2013]): а) однолетние, б) двухлетние, в) трехлетние

Изучение формирования диаметра штамба саженцев плодовых и ягодных культур, выращиваемых в питомнике при капельном орошении, позволило выявить наиболее благоприятные режимы капельного орошения: слива – 80-100 % НВ, вишня – 70-90 % НВ, малина – 80-100 % НВ, груша – 80-100 % НВ, яблоня – 70-90 % НВ. При этих режимах орошения диаметр штамба превышает значения контрольного варианта без полива: для сливы в 1,5 раза, для вишни в 1,4 раза, для малины в 1,4 раза, для груши в 1,5 раза и для яблони в 1,4 раза.

6.2. Влияние режимов орошения на высоту саженцев

Высота саженцев также является важным биометрическим показателем, позволяющим судить об эффективности применяемой технологии их возделывания [Дубенок с соавт., 2023^в]. На рисунке 6.6 приводятся средние высоты саженцев сливы (однолетние, двухлетние и трехлетние) по вариантам опыта. Для саженцев разного возраста наименьшие значения высоты достигнуты на контрольном варианте опыта, где формирование растения проходило в условиях естественного увлажнения. Для орошаемых однолетних саженцев сливы наименьшая средняя высота получена в варианте поддержания влажности почвы в корнеобитаемом слое почвы в диапазоне 60-80 % НВ (сорт «Машенька» – 101 см, сорт «Утро» – 94 см), а наибольший в варианте 80-100 % НВ (сорт «Машенька» – 117 см, сорт «Утро» – 108 см). Для двухлетних саженцев сливы наименьшая высота характерна также для варианта 60-80 % НВ (сорт «Машенька» – 142 см, сорт «Утро» – 133 см), а наибольший для варианта 80-100 % НВ (сорт «Машенька» – 175 см, сорт «Утро» – 160 см). Аналогичная закономерность характерна и для саженцев третьего года возделывания. В варианте 60-80 % НВ для сорта «Машенька» средняя высота составила 183 см, для сорта «Утро» – 170 см, а в варианте 80-100 % НВ для сорта «Машенька» – 225 см и для сорта «Утро» – 203 см. Наименее выраженными являются различия в средних значениях высот для вариантов 70-90 % НВ и 80-100 % НВ. Максимальные различия в средних для этих вариантов прослеживаются с вариантом 60-80 % НВ и контрольным, на котором орошение не проводилось, что

было характерно и для диаметра штамба. Таким образом, для сливы по показателю высоты саженцев благоприятные условия увлажнения формируются в вариантах опыта 70-90 % НВ и 80-100 % НВ, где высота в среднем в 1,2 раза превышает значения, полученные на контроле.

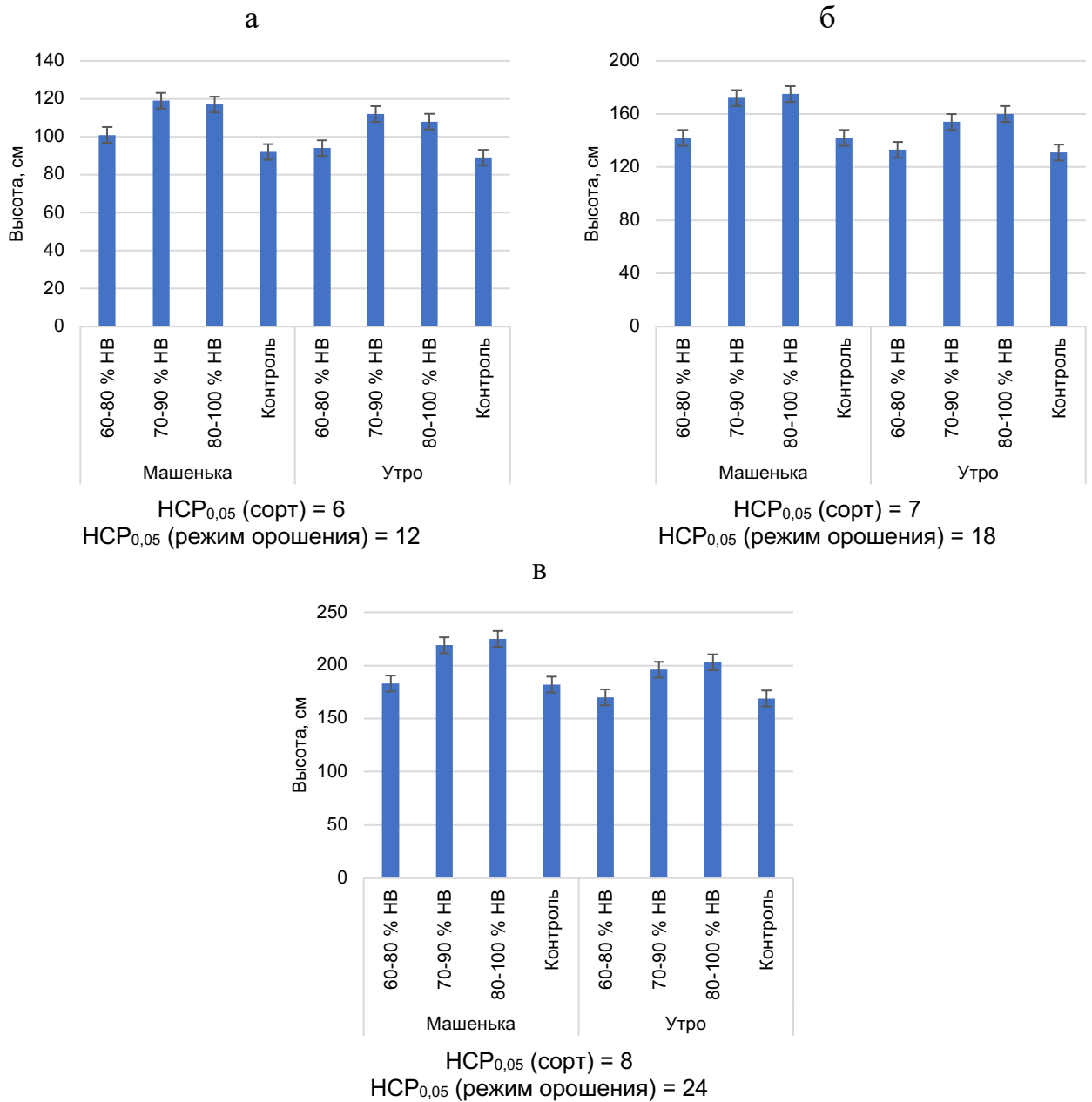


Рисунок 6.6. Средняя высота саженцев сливы по вариантам опыта:

а) однолетние, б) двухлетние, в) трехлетние

Средние высоты саженцев вишни по вариантам опыта показаны на рисунке 6.7. Минимальные значения высот саженцев характерны для контрольного варианта без орошения. Максимальных значений в орошаемых вариантах опыта средняя высота составляет при поддержании влажности корнеобитаемого слоя в

диапазоне 70-90 % НВ. При увеличении уровня влажности наблюдается некоторое снижение высоты растений. Для однолетних саженцев вишни в орошаемых вариантах опыта наименьшее значение средней высоты достигается при поддерживаемой влажности 60-80 % НВ (сорт «Волочаевка» – 65 см, сорт «Молодежная» – 64 см). Максимальная средняя высота саженцев вишни в варианте опыта 70-90 % НВ (сорт «Волочаевка» – 68 см, сорт «Молодежная» – 67 см). Для двухлетних саженцев вишни также минимальная средняя высота характерна для варианта 60-80 % НВ (сорт «Волочаевка» – 74 см, сорт «Молодежная» – 76 см), а максимальный для варианта 70-90 % НВ (сорт «Волочаевка» – 82 см, сорт «Молодежная» – 80 см). Такая же закономерность характерна для трехлетних саженцев вишни. В варианте 60-80 % НВ средняя высота для сорта «Волочаевка» составил 86 см, для сорта «Молодежная» – 90 см; в варианте 70-90 % НВ для сорта «Волочаевка» – 94 см и для сорта «Молодежная» – 94 см. Исходя из полученных средних высот для однолетних, двухлетних и трехлетних саженцев вишни сортов «Волочаевка» и «Молодежная», следует, что оптимальный режим увлажнения формируется при поддержании влажности корнеобитаемого слоя растений в диапазоне 70-90 % НВ, а снижение или увеличение влажности приводит к закономерному снижению высоты. В варианте 70-90 % НВ высота саженцев в среднем в 1,1 раза превышает значения, полученные на контроле.

Усредненные результаты исследований высоты саженцев малины по вариантам опыта показаны на рисунке 6.8. Наименьших значений средняя высота саженцев во всех случаях достигает на контрольном варианте опыта. На вариантах с капельным орошением прослеживается закономерное увеличение высоты при повышении поддерживаемой влажности почвы с 60-80 % НВ до 80-100 % НВ. В случае с однолетними саженцами в варианте 60-80 % НВ для сорта «Награда» средняя высота составила 158 см, для сорта «Солнышко» – 137 см; в варианте 80-100 % НВ для сорта «Награда» – 192 см, для сорта «Солнышко» – 179 см. Для двухлетних саженцев сорта «Награда» в варианте 60-80 % НВ средняя высота составила 171 см, в варианте 80-100 % НВ – 208 см; для сорта «Солнышко» в варианте 60-80 % НВ – 148 см и в варианте 80-100 % НВ – 193 см. Трехлетние

саженцы сорта «Награда» в варианте 60-80 % НВ характеризовались средней высотой 183 см, в варианте 80-100 % НВ – 222 см; саженцы сорта «Солнышко» в варианте 60-80 % НВ – 160 см, в варианте 80-100 % НВ – 207 см. Полученные данные по высоте саженцев малины сортов «Награда» и «Солнышко» показывают, что наиболее развитые растения формируются в наиболее увлажняемом варианте опыта 80-100 % НВ. В нем высота в среднем в 1,5 раза превышает значения, полученные на контроле.

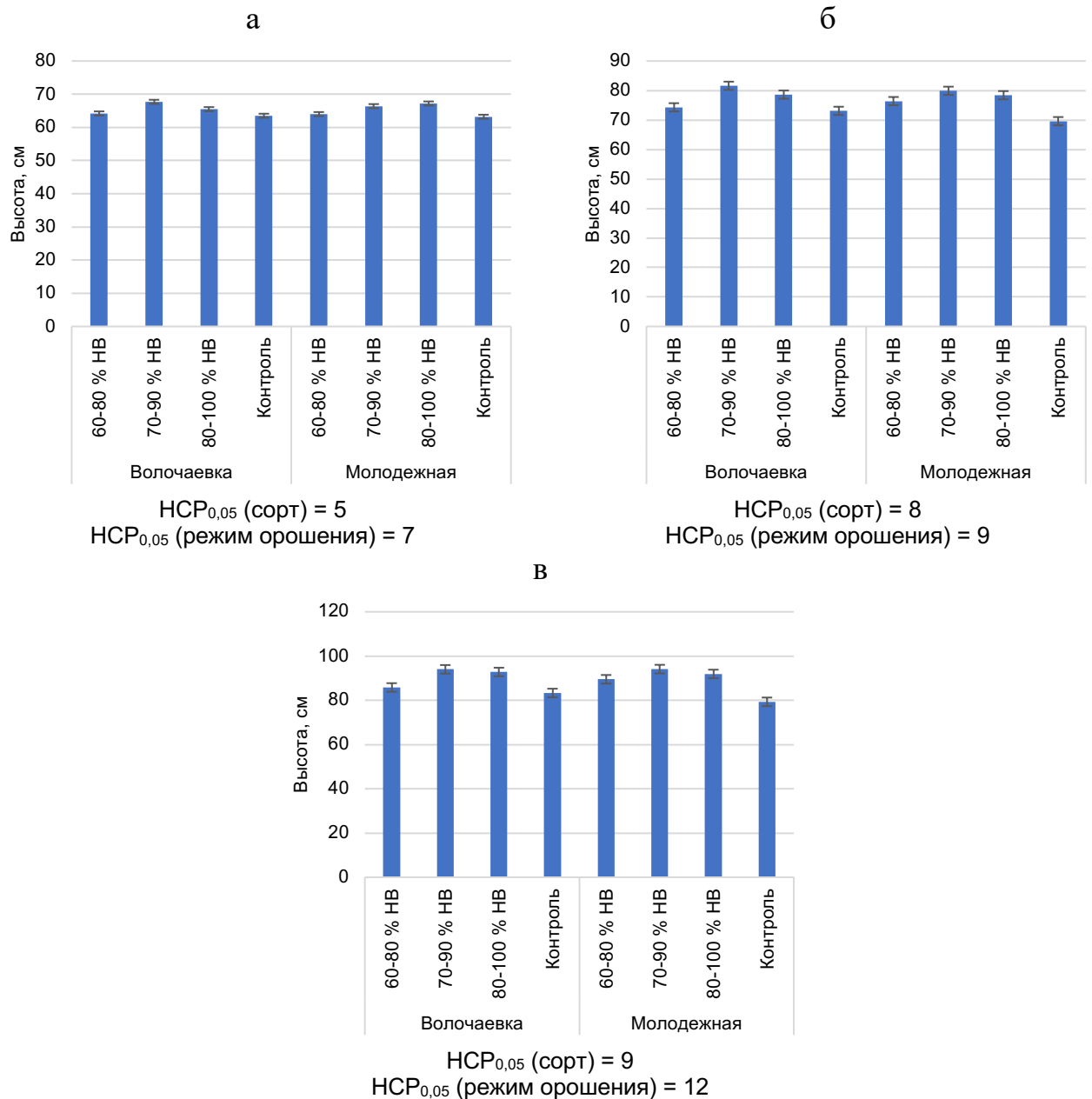


Рисунок 6.7. Средняя высота саженцев вишни по вариантам опыта:

а) однолетние, б) двухлетние, в) трехлетние

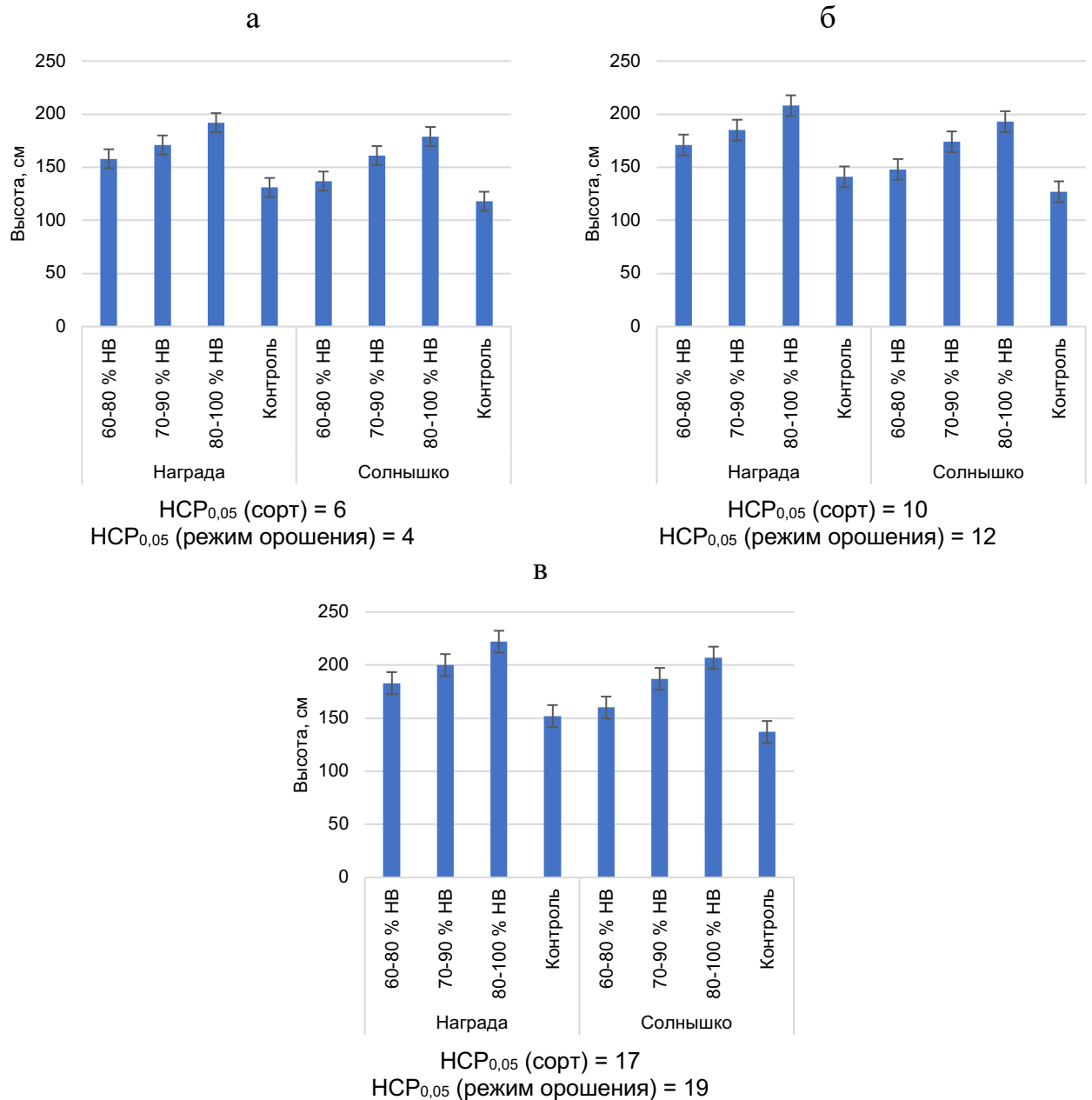


Рисунок 6.8. Средняя высота саженцев малины по вариантам опыта:

а) однолетние, б) двухлетние, в) трехлетние

На рисунке 6.9 показаны средние значения диаметра штамба саженцев груши при капельном орошении. Для всех рассматриваемых сортов для однолетних, двухлетних и трехлетних саженцев прослеживается общая закономерность. Средняя высота саженцев имеет минимальные значения на контрольном варианте опыта, где орошение не проводилось. На вариантах опыта с капельным орошением прослеживается повышение средней высоты от варианта 60-80 % НВ к варианту 80-100 % НВ. Таким образом, средние значения высоты саженцев груши

показывают, что оптимальным является режим орошения с поддержанием влажности корнеобитаемого слоя почвы в диапазоне 80-100 % НВ. В этом варианте высота саженцев в среднем в 1,3 раза превышает значения, полученные на контроле.

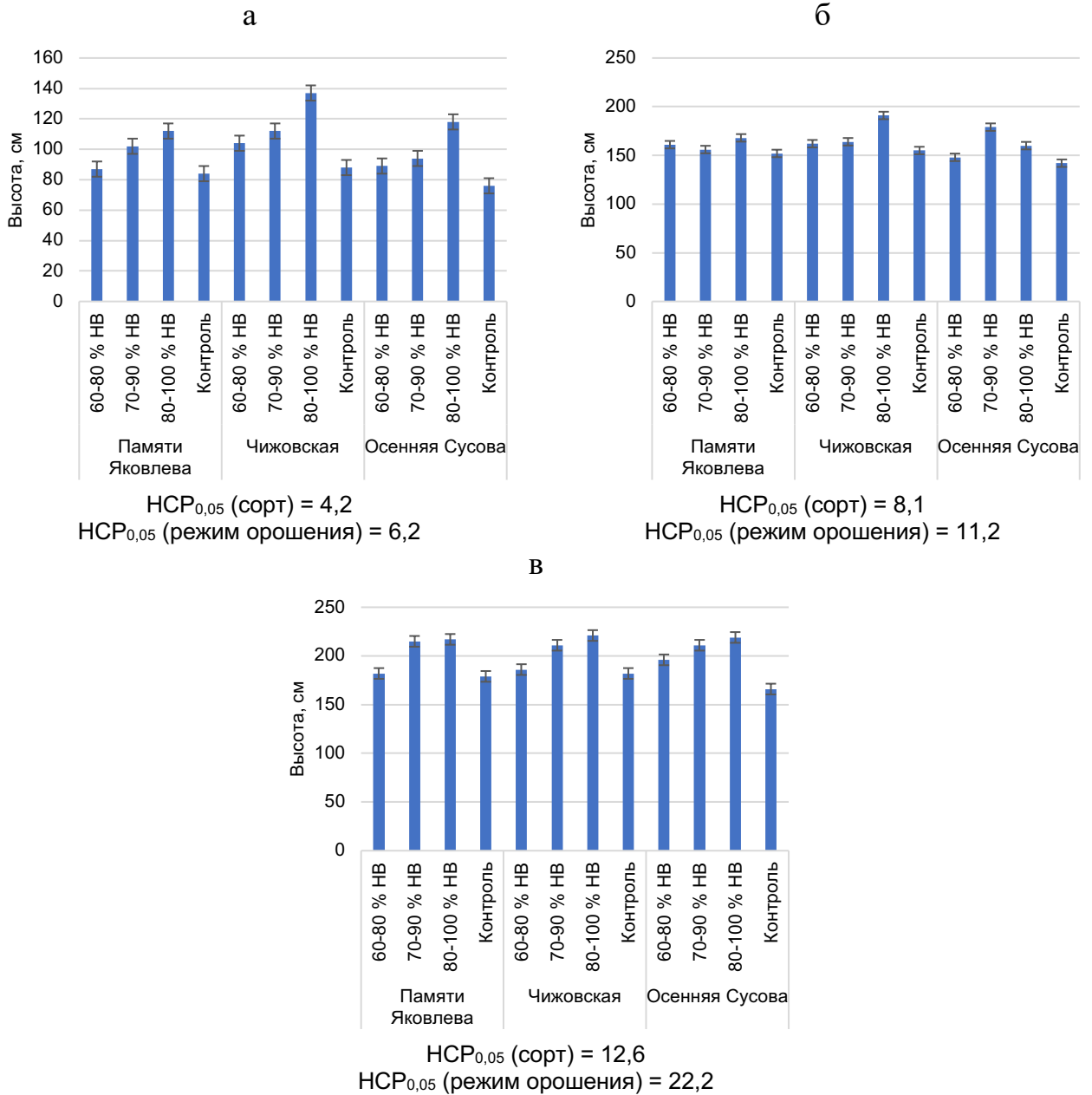


Рисунок 6.9. Средняя высота саженцев груши по вариантам опыта (по данным Е.В. Еремина [2015]): а) однолетние, б) двухлетние, в) трехлетние

На рисунке 6.10 показаны средние значения высот саженцев яблони при капельном орошении. Для всех рассматриваемых сортов для однолетних, двухлетних и трехлетних саженцев прослеживается общая закономерность.

Средняя высота имеет минимальные значения на контрольном варианте опыта, где орошение не проводилось. На вариантах опыта с капельным орошением прослеживается повышение средней высоты от варианта 60-80 % НВ к варианту 70-90 % НВ. В варианте 70-90 % НВ высота саженцев в среднем в 1,3 раза превышает контроль.

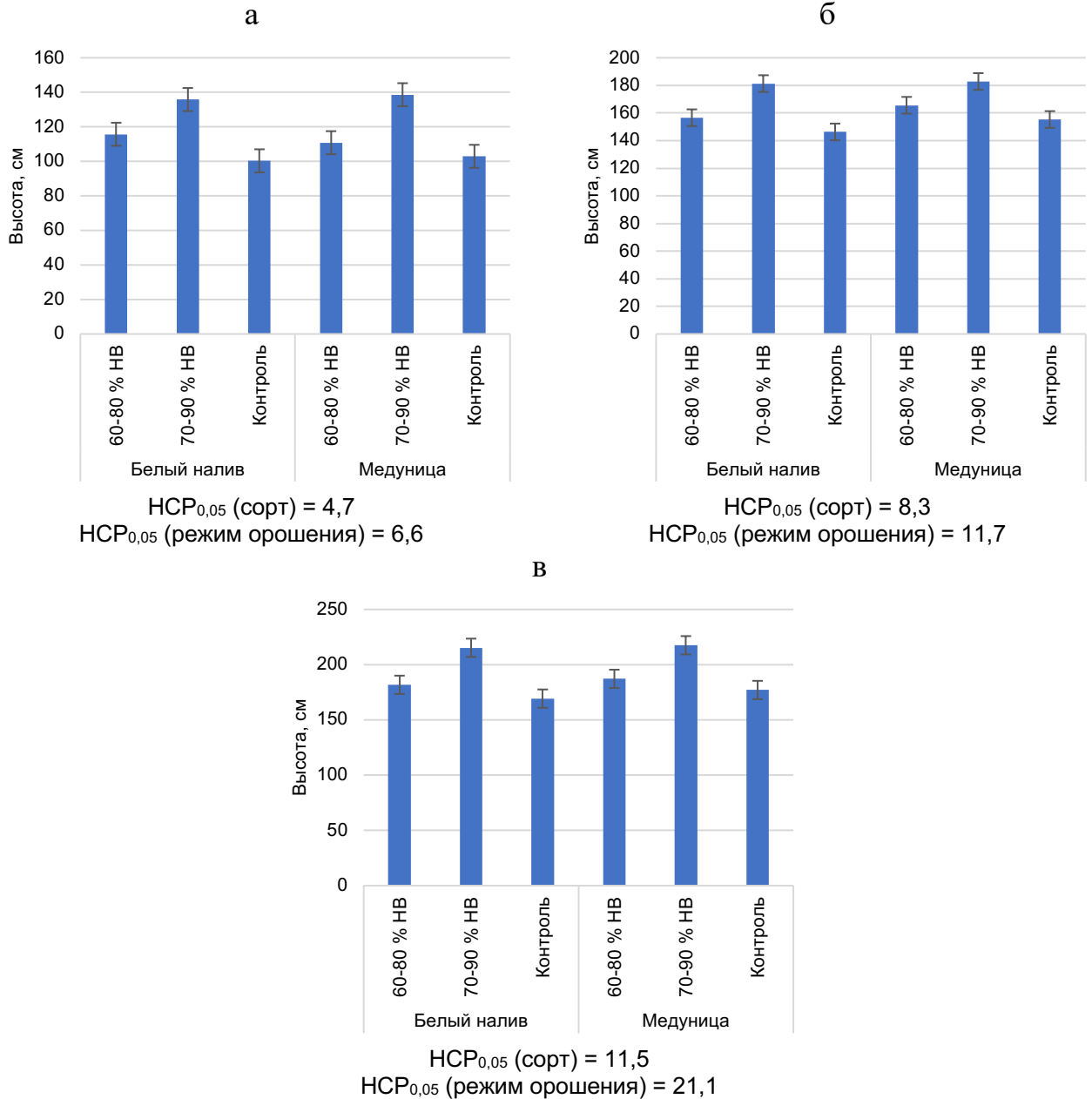


Рисунок 6.10. Средняя высота саженцев яблони по вариантам опыта (по данным А.Ю. Бурмистровой [2013]): а) однолетние, б) двухлетние, в) трехлетние

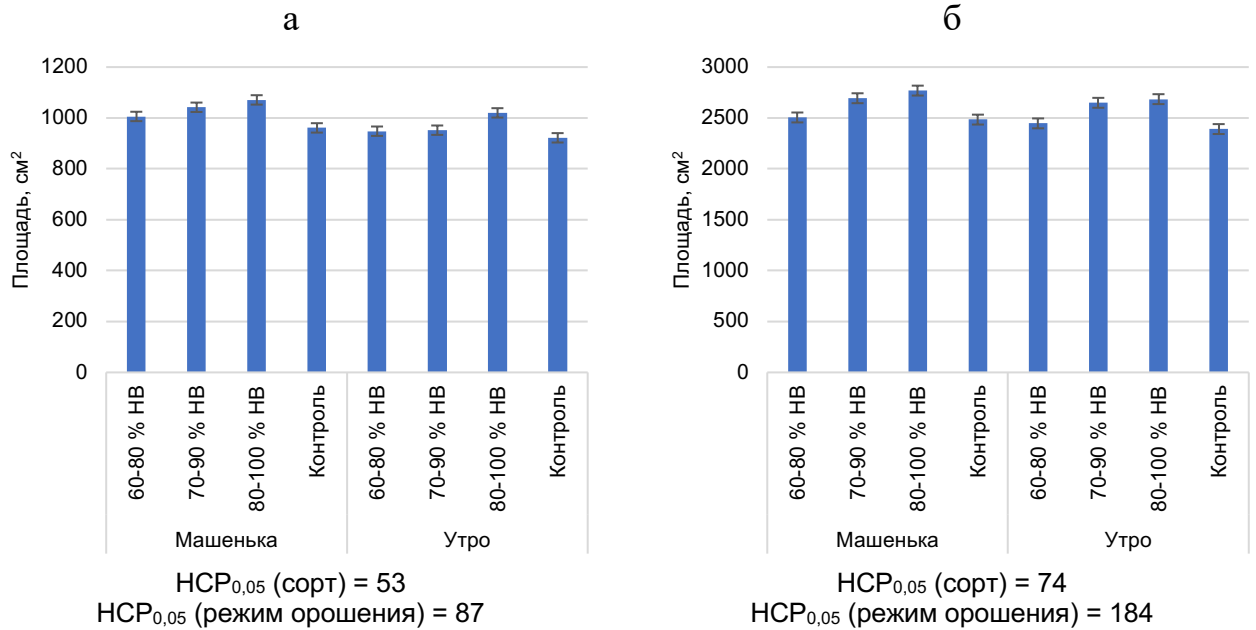
Изучение формирования высоты саженцев плодовых и ягодных культур, выращиваемых в питомнике при капельном орошении, позволило выявить

наиболее благоприятные режимы капельного орошения: слива – 80-100 % НВ, вишня – 70-90 % НВ, малина – 80-100 % НВ, груша – 80-100 % НВ, яблоня – 70-90 % НВ. При этих режимах орошения средняя высота превышает значения контрольного варианта без полива: для сливы в 1,2 раза, для вишни в 1,1 раза, для малины в 1,5 раза, для груши в 1,3 раза и для яблони в 1,3 раза.

6.3. Влияние режимов орошения на площадь листовой поверхности саженцев

Фотосинтетический потенциал саженцев определяется площадью листовой поверхности [Дубенок с соавт., 2023^в]. Средняя площадь листовой поверхности одного саженца сливы по вариантам опыта показана на рисунке 6.11. Наименьшая площадь листовой поверхности для саженцев первого, второго и третьего годов выращивания сортов «Машенька» и «Утро» в контрольном варианте опыта. Например, на контроле площадь листовой поверхности трехлетних саженцев сорта «Машенька» составила 5292 см², сорта «Утро» – 4933 см². На вариантах с капельным орошением наибольшие средние значения площади листовой поверхности достигнуты при поддержании предполивной влажности почвы в диапазоне 80-100 % НВ, а наименьшие – при 60-80 % НВ. Для однолетних саженцев сливы сорта «Машенька» при 60-80 % НВ средняя площадь листовой поверхности составила 1006 см², при 80-100 % НВ – 1071 см²; для двухлетних при 60-80 % НВ – 2505 см², при 80-100 % НВ – 2769 см²; для трехлетних при 60-80 % НВ – 5351 см², при 80-100 % НВ – 5575 см². Для однолетних саженцев сливы сорта «Утро» при 60-80 % НВ средняя площадь листовой поверхности составила 948 см², при 80-100 % НВ – 1020 см²; для двухлетних при 60-80 % НВ – 2447 см², при 80-100 % НВ – 2685 см²; для трехлетних при 60-80 % НВ – 4945 см², при 80-100 % НВ – 5356 см². Анализ средних значений площади листовой поверхности саженцев показывает, что наиболее благоприятные условия для их формирования создаются в варианте с поддержанием влажности корнеобитаемого слоя почва в диапазоне 80-100 % НВ.

В этом варианте средняя площадь листовой поверхности в среднем в 1,1 раза превышает контроль.



в

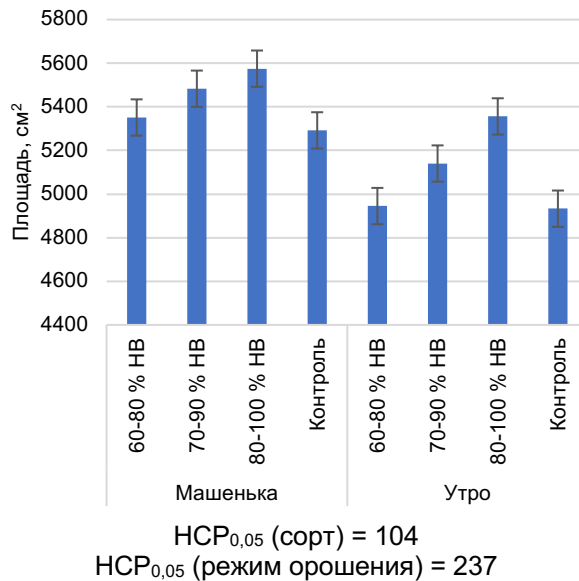


Рисунок 6.11. Средняя площадь листовой поверхности саженцев сливы по вариантам опыта: а) однолетние, б) двухлетние, в) трехлетние

Средняя площадь листовой поверхности одного саженца вишни по вариантам опыта показана на рисунке 6.12. Наименьшая площадь листовой поверхности для саженцев первого, второго и третьего годов выращивания сортов «Волочаевка» и «Молодежная» в контрольном варианте опыта. Например, на контроле площадь листовой поверхности трехлетних саженцев сорта «Волочаевка»

составила 606 см^2 , сорта «Молодежная» – 557 см^2 . На вариантах с капельным орошением наибольшие средние значения площади листовой поверхности достигнуты при поддержании предполивной влажности почвы в диапазоне 80-100 % НВ, а наименьшие – при 60-80 % НВ. Для однолетних саженцев вишни сорта «Волочаевка» при 60-80 % НВ средняя площадь листовой поверхности составила 520 см^2 , при 80-100 % НВ – 598 см^2 ; для двухлетних при 60-80 % НВ – 580 см^2 , при 80-100 % НВ – 678 см^2 ; для трехлетних при 60-80 % НВ – 652 см^2 , при 80-100 % НВ – 755 см^2 . Для однолетних саженцев вишни сорта «Молодежная» при 60-80 % НВ средняя площадь листовой поверхности составила 448 см^2 , при 80-100 % НВ – 505 см^2 ; для двухлетних при 60-80 % НВ – 496 см^2 , при 80-100 % НВ – 572 см^2 ; для трехлетних при 60-80 % НВ – 554 см^2 , при 80-100 % НВ – 626 см^2 . Анализ средних значений площади листовой поверхности саженцев вишни показывает, что наиболее благоприятные условия для их формирования, также как и для сливы, создаются в варианте с поддержанием влажности корнеобитаемого слоя почва в диапазоне 80-100 % НВ. Снижение предполивной влажности приводит к закономерному снижению площади листовой поверхности. В варианте 80-100 % НВ средняя площадь листовой поверхности в среднем в 1,3 раза превышает контроль.

Усредненные данные по средней площади листовой поверхности одного саженца малины по вариантам опыта показана на рисунке 6.13. Наименьшая площадь листовой поверхности для саженцев наблюдается на контрольном варианте. На вариантах с капельным орошением наибольшие средние значения площади листовой поверхности достигнуты при поддержании предполивной влажности почвы в диапазоне 80-100 % НВ, а наименьшие – при 60-80 % НВ. Для саженцев первого года выращивания сорта «Награда» при 60-80 % НВ средняя площадь листовой поверхности составила $4,03 \text{ м}^2$, при 80-100 % НВ – $5,83 \text{ м}^2$; для двухлетних при 60-80 % НВ – $3,87 \text{ м}^2$, при 80-100 % НВ – $6,73 \text{ м}^2$; для трехлетних при 60-80 % НВ – $4,05 \text{ м}^2$, при 80-100 % НВ – $5,81 \text{ м}^2$. Для однолетних саженцев малины сорта «Солнышко» при 60-80 % НВ средняя площадь листовой поверхности составила $2,86 \text{ м}^2$, при 80-100 % НВ – $5,23 \text{ м}^2$; для двухлетних при 60-

80 % НВ – 2,80 м², при 80-100 % НВ – 5,23 см²; для трехлетних при 60-80 % НВ – 2,91 м², при 80-100 % НВ – 5,38 см². Анализ средних значений площади листовой поверхности саженцев вишни показывает, что наиболее благоприятные условия для их формирования наблюдаются в варианте с поддержанием влажности корнеобитаемого слоя почва в диапазоне 80-100 % НВ. Снижение предполивной влажности, как и в случаях со сливой и вишней, приводит к закономерному снижению площади листовой поверхности. В варианте 80-100 % НВ средняя площадь листовой поверхности в среднем в 2,7 раза превышает контроль.

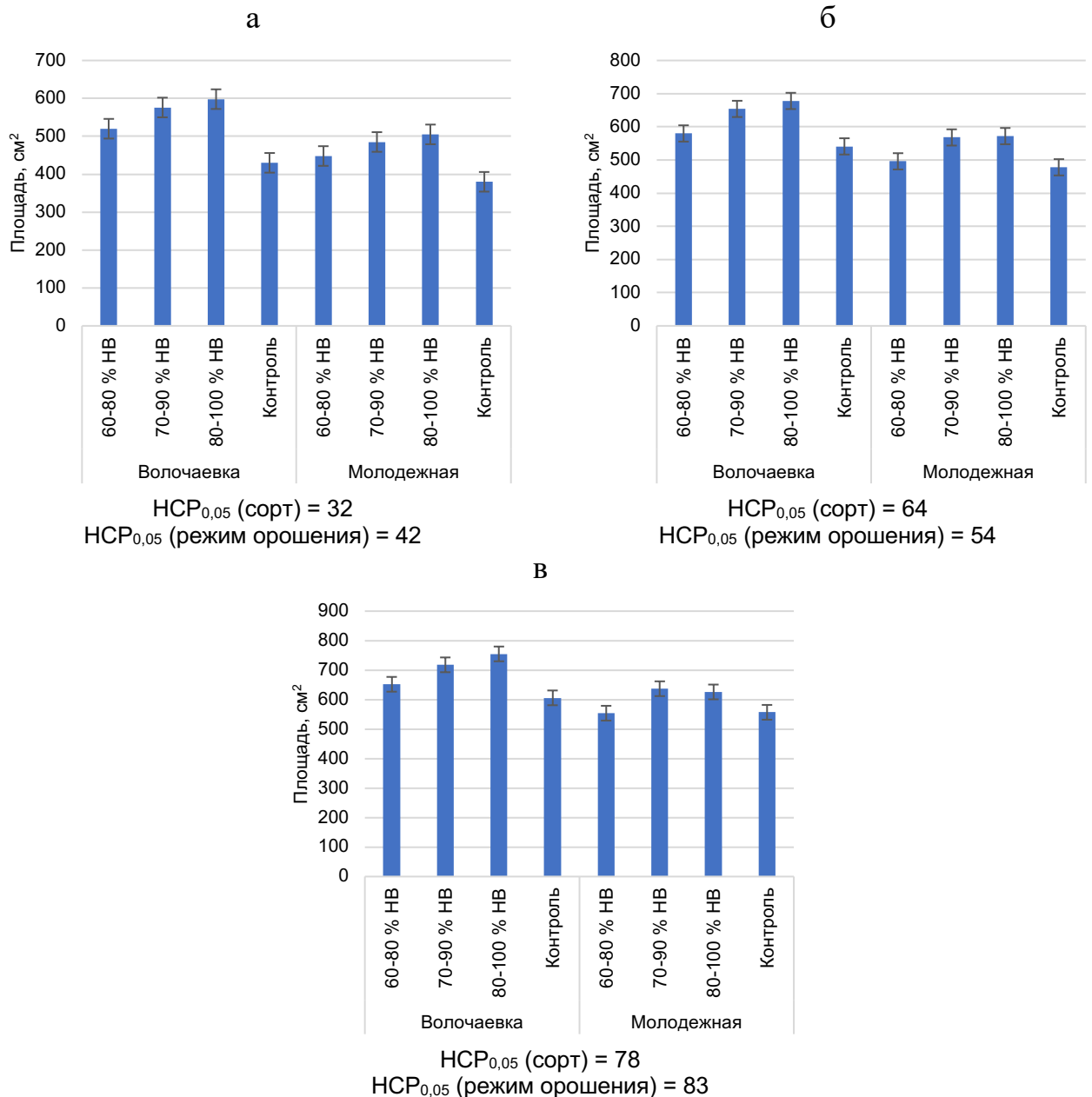


Рисунок 6.12. Средняя площадь листовой поверхности саженцев вишни по вариантам опыта: а) однолетние, б) двухлетние, в) трехлетние

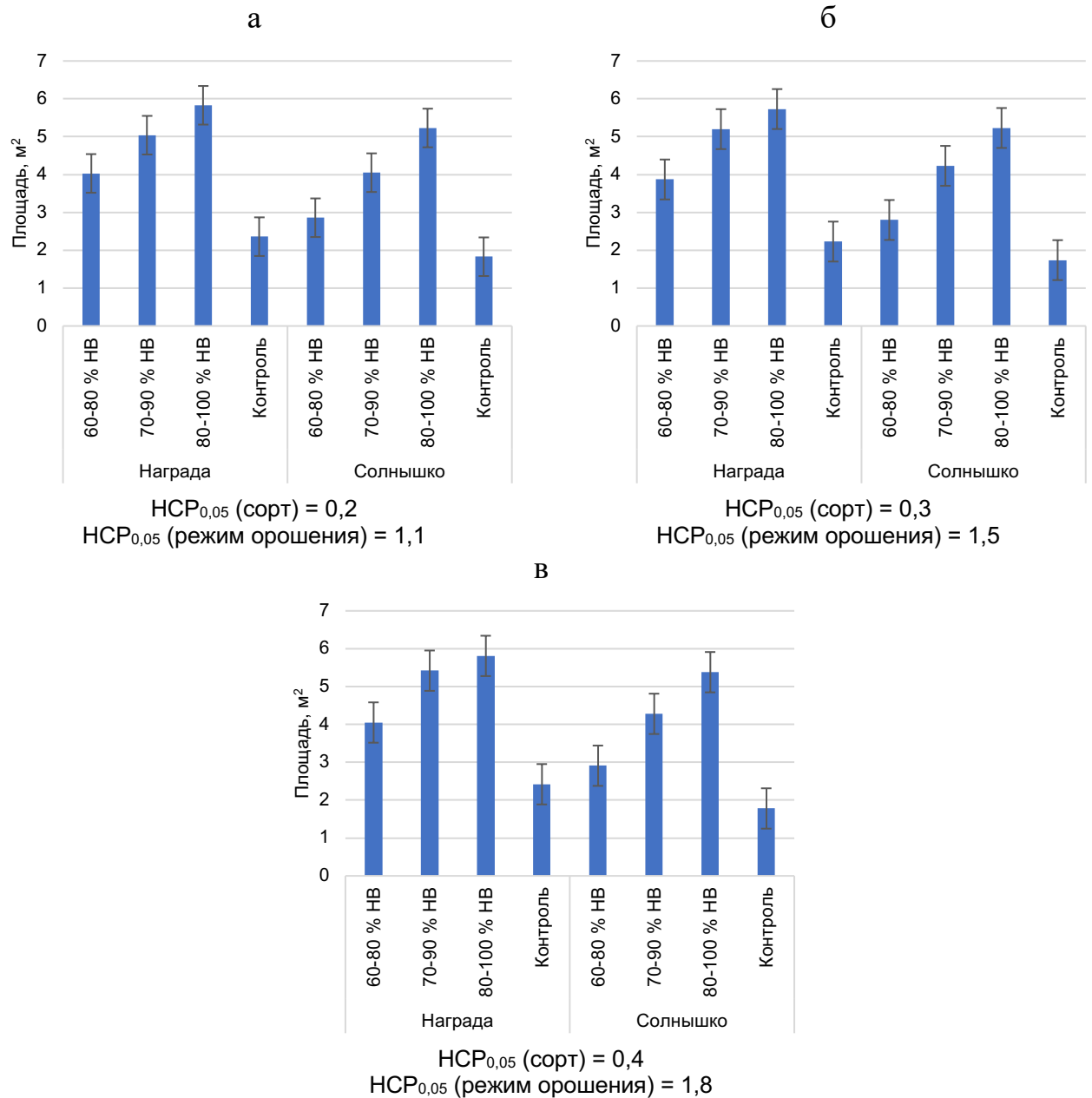
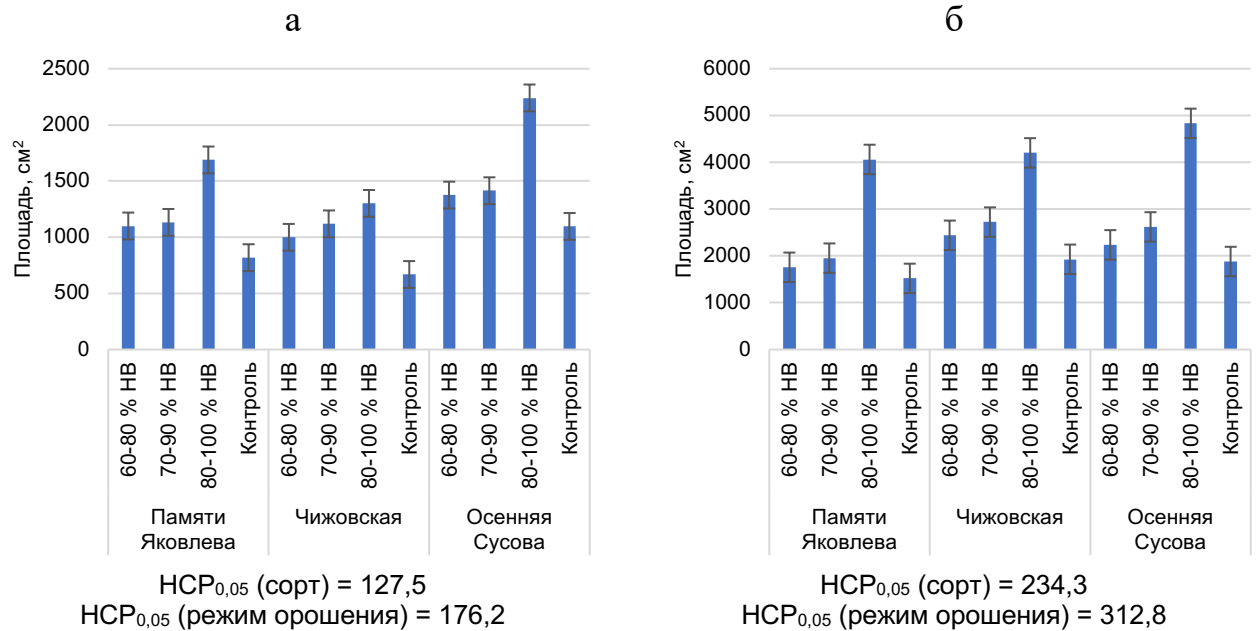


Рисунок 6.13. Средняя площадь листовой поверхности саженцев малины по вариантам опыта: а) однолетние, б) двухлетние, в) трехлетние

По влиянию капельного орошения на площадь листовой поверхности саженцев семечковых садовых культур (груша и яблоня) получены результаты, аналогичные косточковым культурам (слива и вишня) и малине. На рисунке 6.14 показаны средние значения листовой поверхности саженцев груши сортов «Памяти Яковлева», «Чижовская» и «Осенняя Сусова». Для саженцев всех рассматриваемых сортов первого, второго и третьего годов выращивания наименьшая площадь листовой поверхности характерна для контрольного варианта опыта без орошения.

На орошаемых вариантах происходит повышение средней площади листовой поверхности при увеличении влажности корнеобитаемого слоя саженцев с 60-80 % НВ до 80-100 % НВ. Таким образом, в варианте опыта с поддержанием влажности корнеобитаемого слоя в диапазоне 80-100 % НВ формируется самый развитый ассимиляционный аппарат у саженцев груши. В данном варианте средняя площадь листовой поверхности в среднем в 2,1 раза превышает контроль.



в

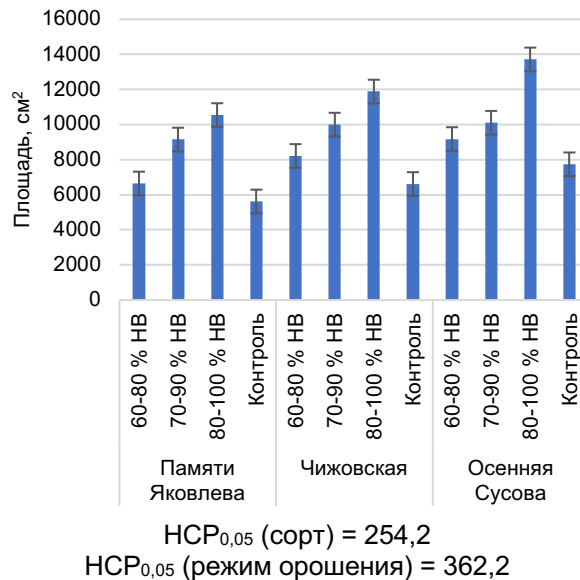


Рисунок 6.14. Средняя площадь листовой поверхности саженцев груши по вариантам опыта (по данным Е.В. Еремина [2015]): а) однолетние, б) двухлетние, в) трехлетние

Для саженцев яблони также наименьшая площадь листовой поверхности характерна контрольному варианту без полива. Среди вариантов с орошением (60-80 % НВ и 70-90 % НВ) наибольшая площадь листовой поверхности обоих изучаемых сортов присуща наиболее увлажняемому варианту. В среднем при поддержании влажности корнеобитаемого слоя в диапазоне 70-90 % НВ средняя площадь листовой поверхности в 1,5 раза больше, чем на контрольном варианте опыта без орошения.

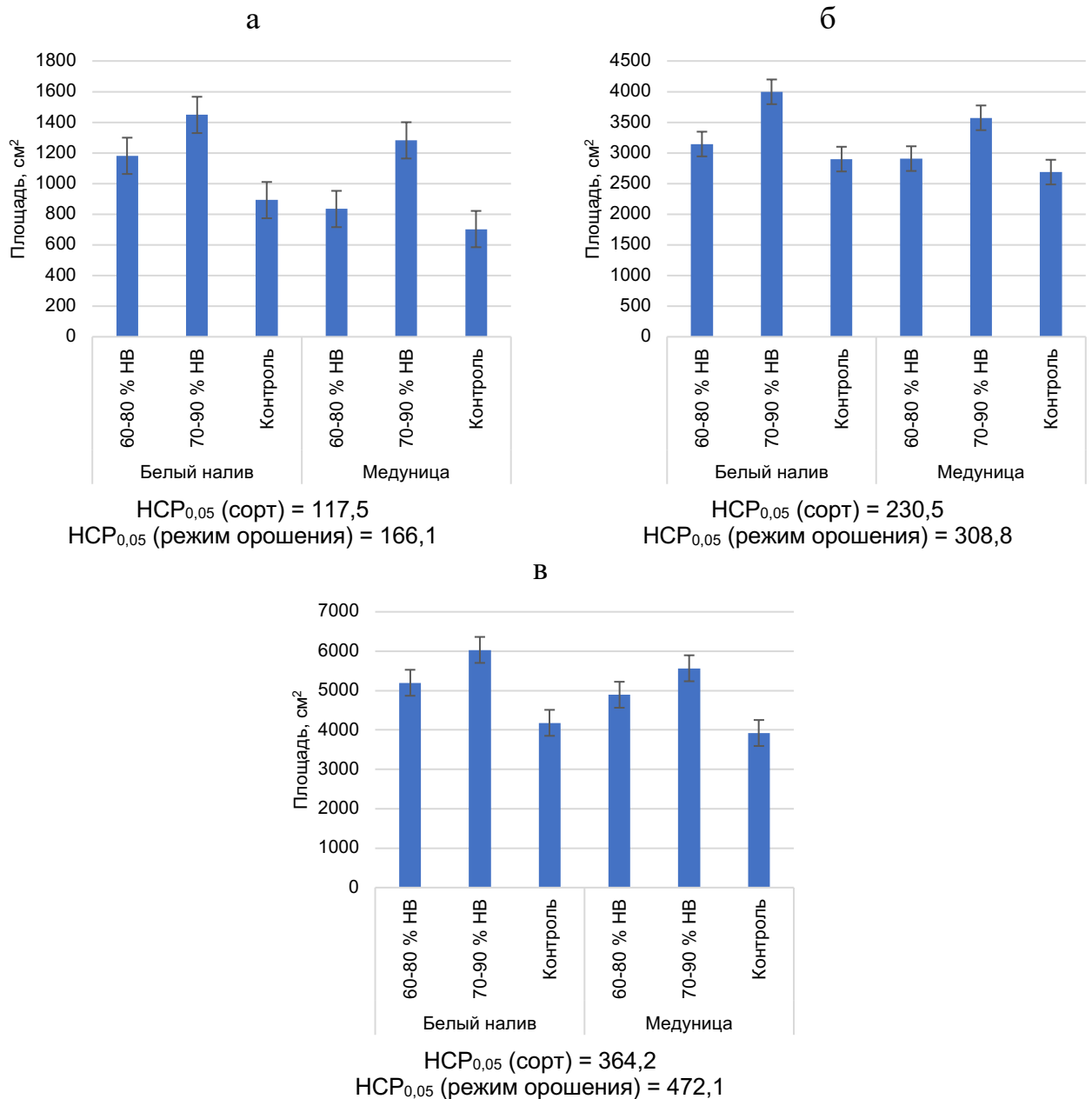


Рисунок 6.15. Средняя площадь листовой поверхности саженцев яблони по вариантам опыта (по данным А.Ю. Бурмистровой [2013]): а) однолетние, б) двухлетние, в) трехлетние

Изучение средней площади листовой поверхности саженцев плодовых и ягодных культур, выращиваемых в питомнике при капельном орошении, позволило выявить наиболее благоприятные режимы капельного орошения: слива – 80-100 % НВ, вишня – 80-100 % НВ, малина – 80-100 % НВ, груша – 80-100 % НВ, яблоня – 70-90 % НВ. При этих режимах орошения средняя площадь листовой поверхности превышает значения контрольного варианта без полива: для сливы в 1,1 раза, для вишни в 1,3 раза, для малины в 2,7 раза, для груши в 2,1 раза и для яблони в 1,5 раза.

6.4. Формирование корневой системы при разных режимах орошения

Степень развития корневой системы саженцев плодовых и ягодных культур является важным показателем при оценке растений в питомниках. В качестве показателя развития корневой системы в работе используется средний объем корневой системы саженцев (без учета сортовых особенностей). На рисунке 6.16 показаны усредненные данные по объему корневой системы саженцев сливы по вариантам капельного орошения. Наименьшим объемом корневые системы характеризуются на контрольном варианте без орошения: у однолетних саженцев – 63 мл, у двухлетних – 175 мл и у трехлетних – 502 мл. На орошаемых вариантах с увеличением поддерживаемой влажности корнеобитаемого слоя почвы наблюдается закономерное увеличение объема корневой системы. В варианте 60-80 % НВ средний объем корневой системы составил у однолетних саженцев 125 мл, у двухлетних – 398 мл и у трехлетних – 735 мл. В самом увлажненном варианте опыта 80-100 % НВ средний объем корневой системы составил у однолетних саженцев 186 мл, у двухлетних – 574 мл и у трехлетних – 934 мл. В варианте опыта с поддержанием влажности корнеобитаемого слоя почвы в диапазоне 80-100 % НВ средний объем корневой системы саженцев в среднем в 2,7 раза превышает контроль.

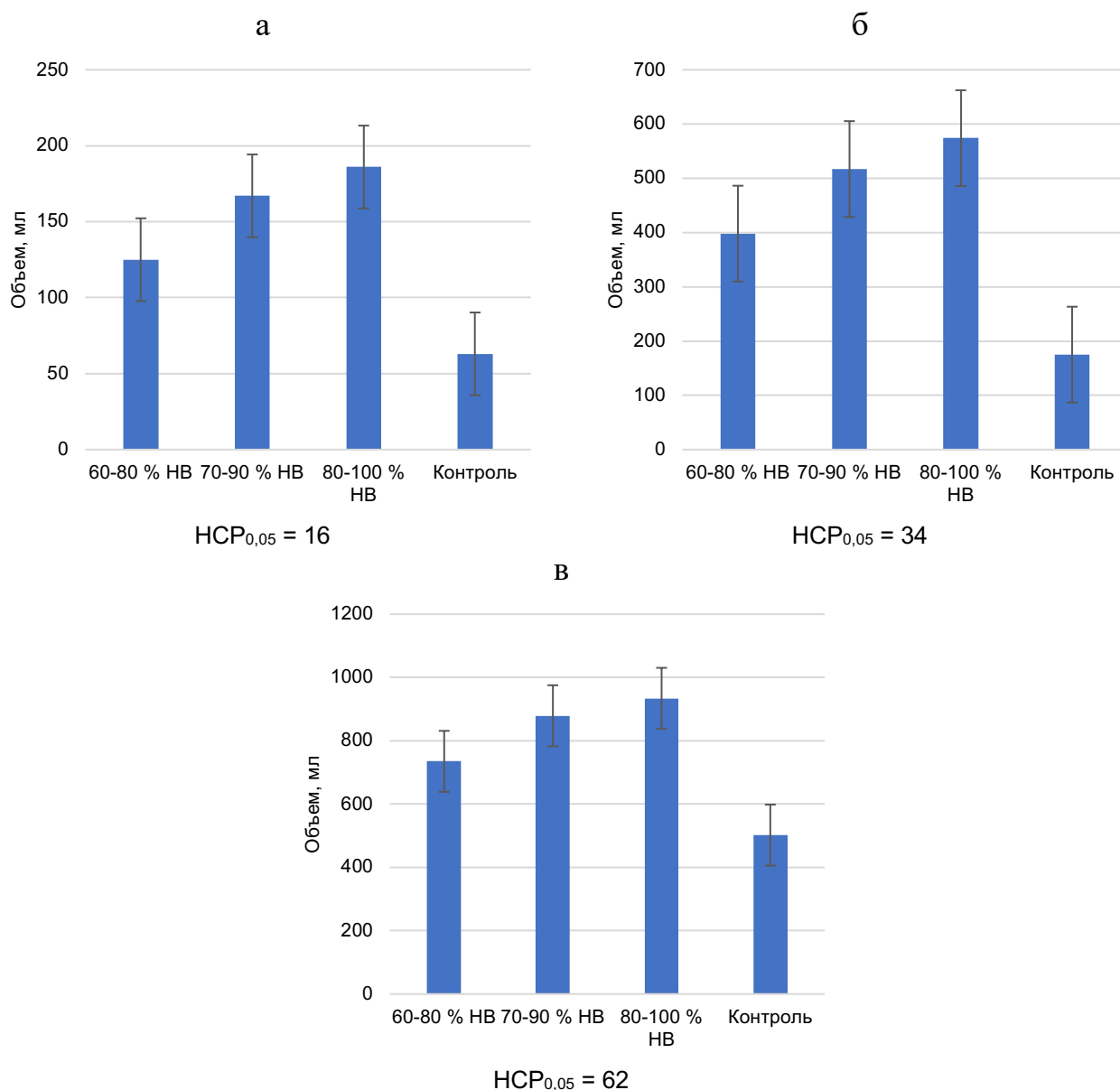


Рисунок 6.16. Средний объем корневой системы саженцев сливы по вариантам опыта: а) однолетние, б) двухлетние, в) трехлетние

На рисунке 6.17 показаны усредненные данные по объему корневой системы саженцев вишни по вариантам капельного орошения. Наименьшим объемом корневые системы характеризуются на контрольном варианте без орошения: у однолетних саженцев – 542 мл, у двухлетних – 625 мл и у трехлетних – 679 мл. На орошаемых вариантах с увеличением поддерживаемой влажности корнеобитаемого слоя почвы наблюдается закономерное увеличение объема корневой системы. В варианте 60-80 % HB средний объем корневой системы составил у однолетних саженцев 597 мл, у двухлетних – 785 мл и у трехлетних –

875 мл. В самом увлажненном варианте опыта 80-100 % НВ средний объем корневой системы составил у однолетних саженцев 698 мл, у двухлетних – 825 мл и у трехлетних – 1074 мл. Также как и для сливы оптимальным вариантом с точки зрения развития корневой системы для вишни стал вариант опыта с поддержанием влажности корнеобитаемого слоя почвы в диапазоне 80-100 % НВ, где средний объем корневой системы саженцев в среднем в 1,4 раза превышает контроль.

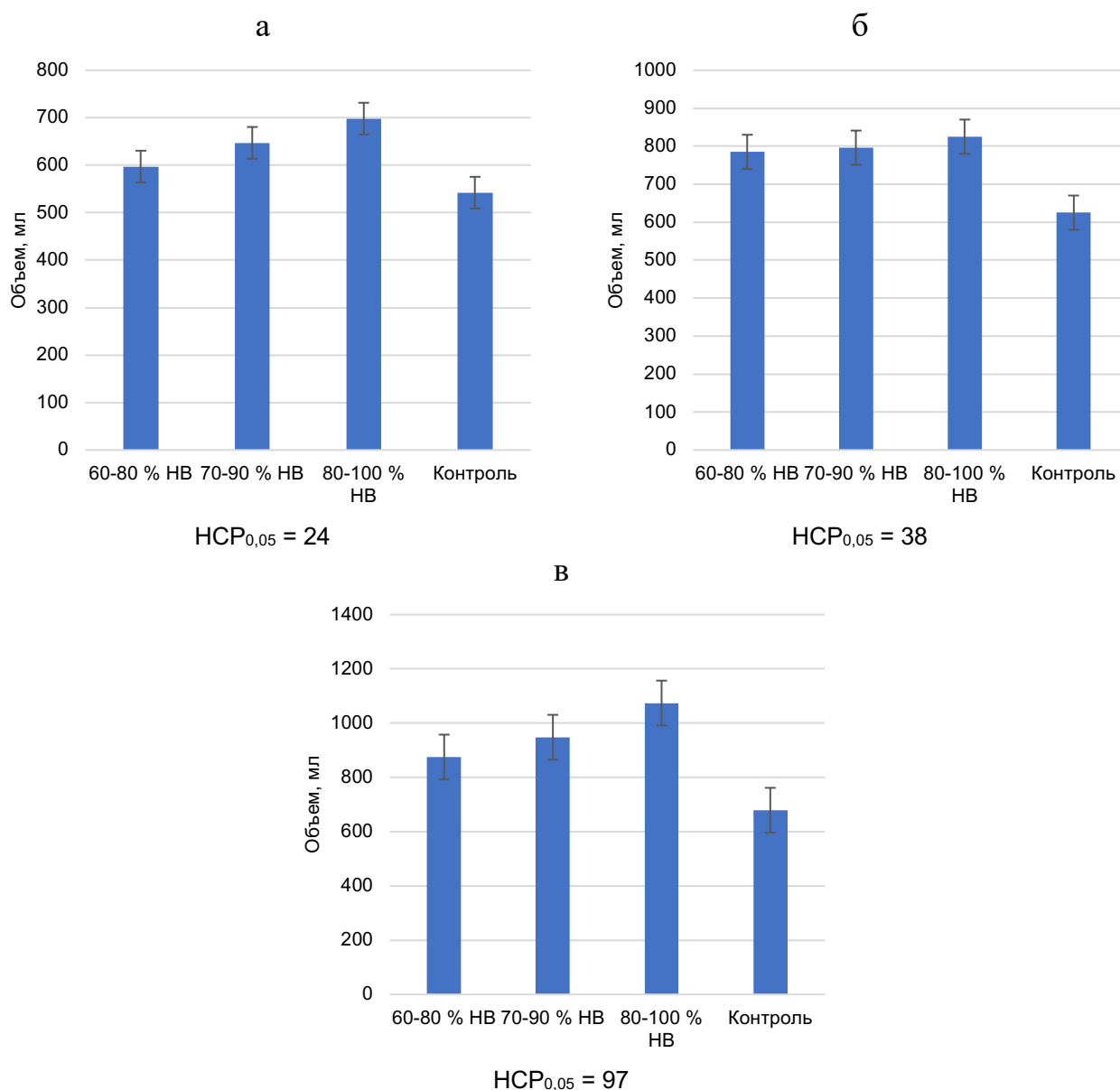


Рисунок 6.17. Средний объем корневой системы саженцев вишни по вариантам опыта: а) однолетние, б) двухлетние, в) трехлетние

Усредненные данные по объему корневой системы саженцев малины показаны на рисунке 6.18. Наименьшим объемом корневые системы

характеризуются на контрольном варианте без орошения: у однолетних саженцев – 39,1 мл, у двухлетних – 42,9 мл и у трехлетних – 46,6 мл. На орошаемых вариантах с увеличением поддерживаемой влажности корнеобитаемого слоя почвы наблюдается закономерное увеличение объема корневой системы. В варианте 60-80 % НВ средний объем корневой системы составил у однолетних саженцев 58,6 мл, у двухлетних – 67,6 мл и у трехлетних – 70,3 мл. В самом увлажненном варианте опыта 80-100 % НВ средний объем корневой системы составил у однолетних саженцев 90,7 мл, у двухлетних – 101,8 мл и у трехлетних – 106,9 мл, что в среднем превышает контроль в 2,3 раза.

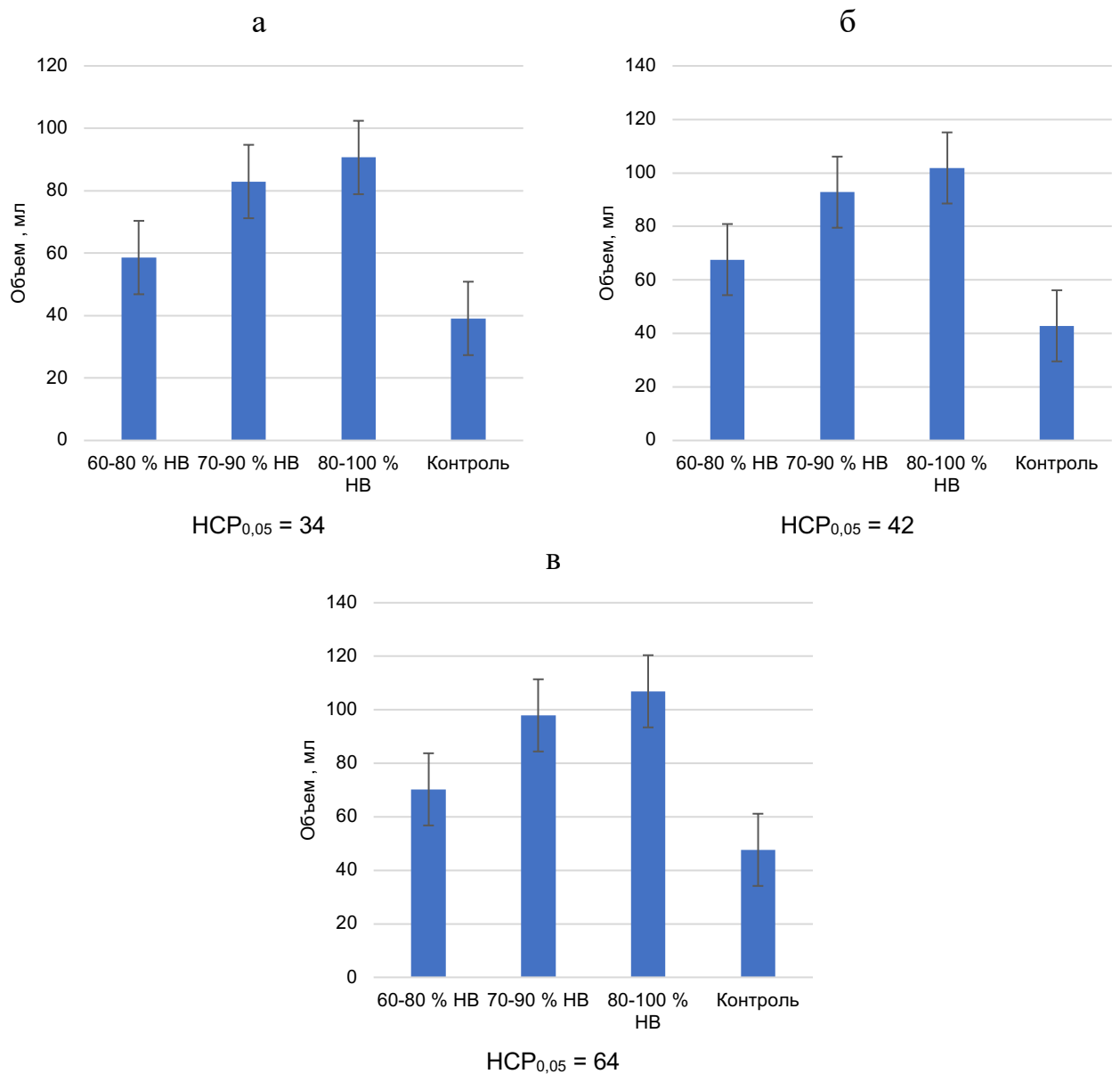


Рисунок 6.18. Средний объем корневой системы саженцев малины по вариантам опыта: а) однолетние, б) двухлетние, в) трехлетние

Средние значения объема корневой системы саженцев груши показаны на рисунке 6.19. Также как и для других культур в этом случае наименьший объем корневой системы в контрольном варианте опыта. С увеличением влажности корнеобитаемого слоя почвы происходит закономерное увеличение объема корневой системы, который достигает своего максимума в варианте 80-100 % НВ: для однолетних саженцев – 238 мл, для двухлетних – 775 мл и для трехлетних – 1268 мл. В самом увлажняемом варианте опыта средний объем корневой системы в 3,7 раза больше, чем на контроле.

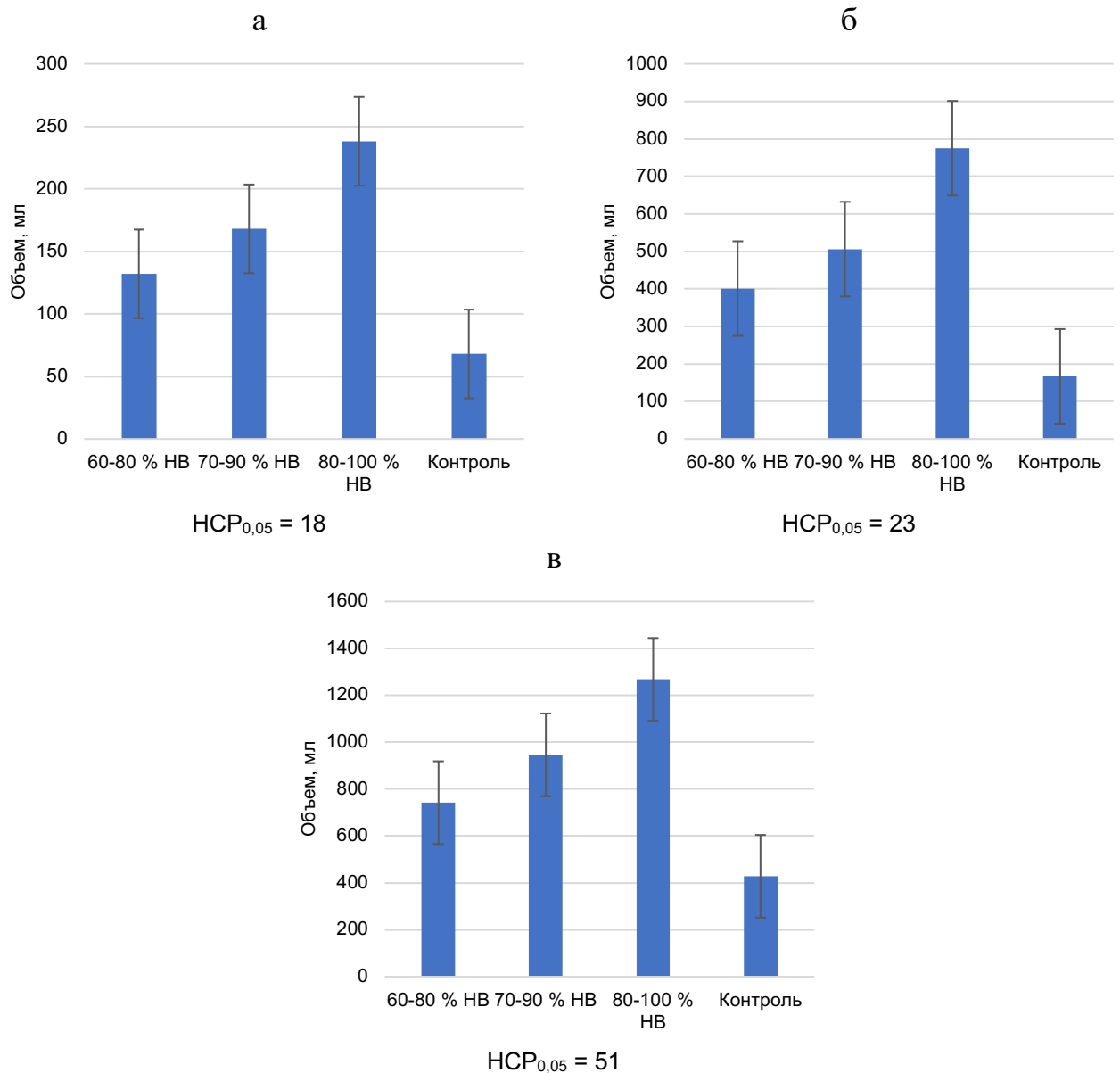


Рисунок 6.19. Средний объем корневой системы саженцев груши по вариантам опыта (по данным Е.В. Еремина [2015]): а) однолетние, б) двухлетние, в) трехлетние

Для яблони характерны такие же закономерности в изменении объема корневой системы по вариантам опыта, как и для груши (рисунок 6.20). Наименьший объем корневой системы – в контрольном варианте опыта без орошения. Среди двух вариантов с капельным орошением (60-80 % НВ и 80-100 % НВ) наибольший объем корневой системы в самом увлажняемом варианте (70-90 % НВ): у однолетних саженцев – 65 мл, у двухлетних – 213 мл и у трехлетних – 483 мл. В этом варианте объем корневой системы в среднем в 1,6 раза больше, чем на контроле.

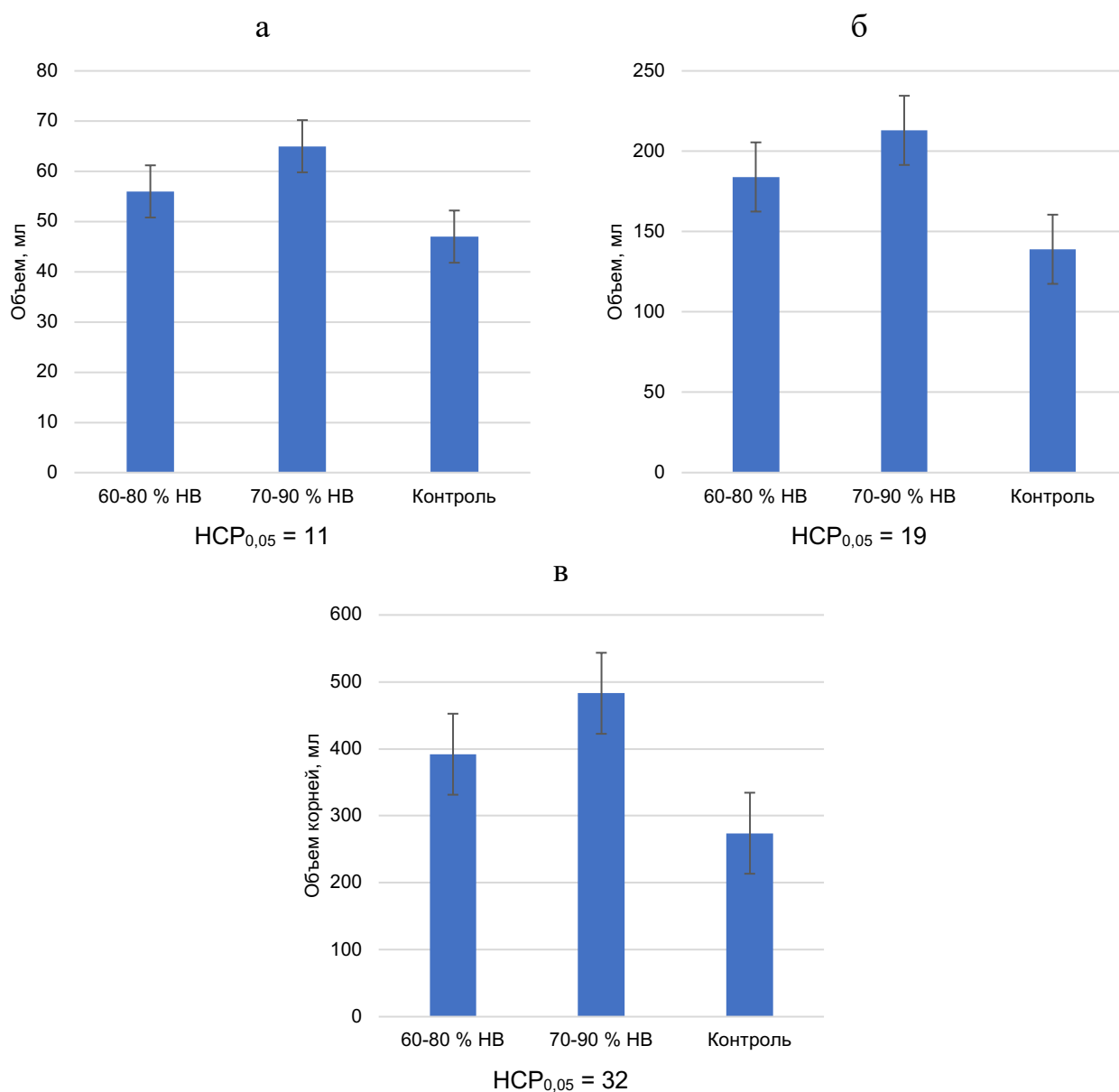


Рисунок 6.20. Средний объем корневой системы саженцев яблони по вариантам опыта (по данным А.Ю. Бурмистровой [2013]): а) однолетние, б) двухлетние, в) трехлетние

Анализ данных о среднем объеме корневой системы саженцев плодовых и ягодных культур, выращиваемых в питомнике при капельном орошении, позволил выявить наиболее благоприятные режимы капельного орошения: слива – 80-100 % НВ, вишня – 80-100 % НВ, малина – 80-100 % НВ, груша – 80-100 % НВ, яблоня – 70-90 % НВ. При этих режимах орошения средний объем корневой системы превышает значения контрольного варианта без полива: для сливы в 2,7 раза, для вишни в 1,4 раза, для малины в 2,3 раза, для груши в 3,7 раза и для яблони в 1,6 раза.

Изучение положения корневой системы саженцев косточковых, семечковых культур и малины в почве показало, что в вариантах опыта, где применялось капельное орошение, корни располагались в верхнем пахотном горизонте, где создается оптимальный воздушный режим и обеспеченность питательными веществами. Этот почвенный горизонт быстрее прогревается, и поэтому в нем создается благоприятный тепловой режим для роста и развития саженцев плодовых и ягодных культур. Основное количество корней сосредоточено около капельниц, что позволяет минимизировать их повреждение при пересадке саженцев из питомника. В контрольном варианте корневая система преимущественно формируется конусообразного вида, а корни уходят вглубь к более влажным горизонтам [Дубенок с соавт., 2023^в].

6.5. Выход стандартных саженцев при разных режимах орошения

Требования к посадочному материалу плодовых и ягодных культур, предназначенному для реализации и закладки маточных и многолетних насаждений установлены ГОСТ Р 59653-2021 «Материал посадочный плодовых и ягодных культур». Проверка саженцев на соответствие стандарту проводится по комплексу биометрических показателей (высота, диаметр, развитие корневой системы и др.) и фитосанитарному состоянию.

Выход однолетних, двухлетних и трехлетних стандартных саженцев первого и второго сортов по вариантам режимов капельного орошения для сливы, вишни,

малины, груши и яблони приведен в таблице 6.1. Наименьшая доля стандартных саженцев отмечается на контрольном варианте опыта. Для однолетних саженцев сливы – 42 %, вишни – 43 %, малины – 52 %, груши – 35 % и яблони – 39 %. Для двухлетних саженцев сливы – 37 %, вишни – 43 %, малины – 48 %, груши – 33 % и яблони – 37 %. Для трехлетних саженцев сливы – 37 %, вишни – 43 %, малины – 48 %, груши – 33 % и яблони – 37 %.

Таблица 6.1. Выход (в %) стандартных саженцев первого и второго сортов плодовых и ягодных культур по вариантам режимов капельного орошения

Культура	Вариант орошения	Однолетние		Двухлетние		Трехлетние	
		1 сорт	2 сорт	1 сорт	2 сорт	1 сорт	2 сорт
Слива	60-80 % НВ	47	16	45	14	45	14
	70-90 % НВ	63	15	60	12	60	12
	80-100 % НВ	65	14	63	11	63	11
	Контроль	24	18	20	17	20	17
Вишня	60-80 % НВ	51	25	48	21	48	20
	70-90 % НВ	56	26	51	23	51	23
	80-100 % НВ	71	23	68	24	65	21
	Контроль	23	21	21	22	21	22
Малина	60-80 % НВ	68	16	62	15	62	15
	70-90 % НВ	71	10	71	10	71	10
	80-100 % НВ	78	9	74	9	74	9
	Контроль	34	18	32	16	32	16
Груша	60-80 % НВ	26	28	28	23	30	21
	70-90 % НВ	42	25	43	21	43	21
	80-100 % НВ	62	19	61	18	62	17
	Контроль	7	28	11	22	14	19
Яблоня	60-80 % НВ	51	17	51	14	51	14
	70-90 % НВ	64	13	62	13	62	13
	Контроль	22	17	17	20	17	20

На вариантах с капельным орошением выход стандартных саженцев заметно выше по сравнению с контролем. Доля стандартизированных саженцев первого и второго сортов повышается при увеличении влажности корнеобитаемого слоя почвы. Таким образом, наибольшим выходом стандартных саженцев характеризуются наиболее увлажняемые варианты. Доля стандартных саженцев сливы (60-80 % НВ) первого года – 79 %, второго года – 74 % и третьего года – 74 %. Доля стандартных саженцев вишни (60-80 % НВ) первого года – 94 %, второго

года – 92 % и третьего года – 86 %. Доля стандартных саженцев малины (60-80 % НВ) первого года – 77 %, второго года – 83 % и третьего года – 83 %. Доля стандартных саженцев груши (60-80 % НВ) первого года – 81 %, второго года – 79 % и третьего года – 79 %. Доля стандартных саженцев яблони (70-90 % НВ) первого года – 77 %, второго года – 75 % и третьего года – 75 %.

Применение капельного орошения позволяет повысить эффективность плодового и ягодного питомниководства. На наиболее увлажненных вариантах по сравнению с контролем доля стандартизированных саженцев превышает контроль в среднем для сливы в 2,0 раза, для вишни в 2,1 раза, для малины в 1,7 раз, для груши в 2,4 раза и для яблони в 2,0 раза.

Выводы по главе

1. Формирование саженцев плодовых и ягодных культур с наибольшим диаметром происходит при следующих режимах капельного орошения: слива – поддержание влажности корнеобитаемого слоя почвы в диапазоне 80-100 % НВ, вишня – 70-90 % НВ, малина – 80-100 % НВ, груша – 80-100 % НВ, яблоня – 70-90 % НВ. При этих режимах орошения диаметр штамба превышает значения контрольного варианта без полива: для сливы в 1,5 раза, для вишни в 1,4 раза, для малины в 1,4 раза, для груши в 1,5 раза и для яблони в 1,4 раза.
2. Формирование саженцев плодовых и ягодных культур с наибольшей высотой происходит при следующих режимах капельного орошения: слива – поддержание влажности корнеобитаемого слоя почвы в диапазоне 80-100 % НВ, вишня – 70-90 % НВ, малина – 80-100 % НВ, груша – 80-100 % НВ, яблоня – 70-90 % НВ. При этих режимах орошения средняя высота саженцев превышает значения контрольного варианта без полива: для сливы в 1,2 раза, для вишни в 1,1 раза, для малины в 1,5 раза, для груши в 1,3 раза и для яблони в 1,3 раза.
3. Формирование саженцев плодовых и ягодных культур с наибольшей средней площадью листовой поверхности происходит при следующих режимах капельного орошения: слива – поддержание влажности корнеобитаемого слоя

почвы в диапазоне 80-100 % НВ, вишня – 80-100 % НВ, малина – 80-100 % НВ, груша – 80-100 % НВ, яблоня – 70-90 % НВ. При этих режимах орошения средняя площадь листовой поверхности превышает значения контрольного варианта без полива: для сливы в 1,1 раза, для вишни в 1,3 раза, для малины в 2,7 раза, для груши в 2,1 раза и для яблони в 1,5 раза.

4. Формирование саженцев плодовых и ягодных культур с наиболее развитой корневой системой происходит при следующих режимах капельного орошения: слива – поддержание влажности корнеобитаемого слоя почвы в диапазоне 80-100 % НВ, вишня – 80-100 % НВ, малина – 80-100 % НВ, груша – 80-100 % НВ, яблоня – 70-90 % НВ. При этих режимах орошения средний объем корневой системы саженцев превышает значения контрольного варианта без полива: для сливы в 2,7 раза, для вишни в 1,4 раза, для малины в 2,3 раза, для груши в 3,7 раза и для яблони в 1,6 раза.
5. На наиболее увлажненных вариантах по сравнению с контролем доля стандартизированных саженцев превышает контроль в среднем для сливы в 2,0 раза, для вишни в 2,1 раза, для малины в 1,7 раз, для груши в 2,4 раза и для яблони в 2,0 раза. По выходу стандартных саженцев оптимальными являются варианты капельного орошения: слива 80-100 % НВ (в среднем доля саженцев 76 %), вишня – 80-100 % НВ (91 %), малина – 80-100 % НВ (84 %), груша – 80-100 % НВ (80 %), яблоня – 70-90 % НВ (76 %).

7. ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ ПИТОМНИКОВ ПЛОДОВЫХ И ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР

7.1. Устройство для дистанционного управления системой капельного орошения

Известно устройство для автоматического управления поливом [Стрижак, Старших, 1986], включающее в себя датчики влажности на контрольных точках, пороговый блок оценки влажности, блок памяти с кольцевым и реверсивным счетчиками для запоминания суммарной длительности импульсного полива контрольного участка до достижения заданной влажности. Управление блоком памяти осуществляется за счет генератора, счетчика политых участков и блока управления исполнительными механизмами полива. Переключение на полив остальных участков поля выполняется одновибратором, логическими схемами «ИЛИ» и формирователем импульсов. Недостатком конструкции данной системы является то, что предложенное устройство имеет многоканальную, конструктивно сложную связь между элементами и не предназначено для одновременного капельного полива всех участков поля. Помимо этого, предложенная система не подразумевает ее использование одновременно при различных нормах орошения и не учитывает особенности рельефа.

Известен способ автоматического управления капельным поливом в теплице [Егоров с соавт., 2003], включающий измерение датчиком влажности почвы на контрольном участке, принятие решения о назначении и окончании полива при достижении нижней и верхней границ влажности почвы и последующий полив участков в соответствии с поливной нормой. Недостатком этого способа является то, что в нем не учитывается зависимость интенсивности испарения влаги из почвы от температуры и влажности воздуха, вследствие чего возможно назначение полива при достижении нижней границы влажности почвы при низкой температуре и повышенной влажности воздуха, существенно сдерживающих испарение, либо при пониженной влажности и высокой температуре воздуха,

достижение верхней границы заданной влажности почвы определит окончание полива несмотря на интенсивное испарение. Помимо этого, предложенная система не применима в условиях открытого грунта из-за отсутствия возможности приема и передачи сигналов от датчиков к пороговому блоку и реле включения поливной установки. Применение изолированного проводника в условиях орошения в открытом грунте также создаст определенные сложности при механизации.

Известно устройство полуавтоматического полива растений для приусадебного хозяйства [Андреев, 2001], содержащее размещенные на расстоянии друг от друга водоотводные каналы для полива растений, соединенные через распределительные вентили с водонапорным баком, снабженным трубопроводами для его заполнения от общественного или местного водопровода и устройством для автоматического регулирования подачи воды в водонапорный бак. К недостаткам устройства следует отнести неравномерность полива различных культур из-за отсутствия соответствующих средств регулирования режимами полива, а также средств объективного контроля влажности почвенного слоя на различных орошаемых участках.

Известен способ для управления и контроля автоматизированной системой полива [Чефонов, 1987], включающее измерение влажности почвы, наличия и интенсивности осадков, по результатам которых осуществляют включение и отключение оросительного оборудования. Основным недостатком способа являются особенности управления, допускающее, с одной стороны, переувлажнение почвы, и, как следствие, перерасход воды, с другой стороны, обезвоживание почвы. Отклонение влажности почвы на недопустимую величину при реализации известного способа объясняется тем, что этот способ не предусматривает учет температуры и влажности воздуха на орошаемом участке, а также тем, что не предусматривает передачу оператору совокупности данных с датчиков в режиме реального времени, что не только влияет на актуальность получаемой информации, но и не позволяет дистанционно управлять поливом.

Наиболее близким к изобретению по совокупности признаков относится устройство автоматического полива растений [Дубенок с соавт., 2008] (взятое за

прототип), содержащее средство для полива растений, соединенное трубопроводами через блок клапанного распределения с водонапорной установкой и блок управления режимами полива, снабженный датчиком, причем блок управления режимами полива выполнен с возможностью регулирования расхода воды с учетом показаний датчика, выход которого соединен с входом блока управления режимами полива. Недостатком такого устройства автоматического полива растений, снабженного датчиком, является невозможность определения необходимости полива в различных типах почвогрунта и для различных видов сельскохозяйственных растений.

Анализ известных технических решений показал, что технической проблемой в данной области является необходимость расширения арсенала технических средств, для удаленного управления системой капельного орошения и обеспечения качественного полива культур с разной нормой орошения, с различным рельефом местности и почвенной структурой с помощью комплексных измерительных приборов, современных средств связи и передачи информации.

Технический результат нового устройства – обеспечение качественного полива культур с разной нормой орошения, с различным рельефом местности и почвенной структурой при возможности одновременного осуществления полива всех участков поля.

Для решения указанной проблемы и достижения заявленного результата устройство для дистанционного управления системой капельного орошения, содержащее средство для полива растений, соединенное трубопроводами через блок клапанного распределения с водонапорной установкой и блок управления режимами полива, в котором блок управления режимами полива оснащен промежуточными Wi-Fi реле электроклапанов, промежуточным Wi-Fi реле насоса и GPRS-модулем, встроенным в автономные мобильные метеостанции, обеспечивающим измерение влажности почвы, интенсивности осадков, измерение температуры и влажности воздуха, а также температуры почвы, корректируя длительность полива и норму орошения на основе полученных данных в режиме реального времени.

Разработанное устройство оснащено промежуточными Wi-Fi реле электроклапанов, промежуточным Wi-Fi реле насоса и автономными мобильными метеостанциями со встроенным GPRS-модулем, позволяющими получать показатели датчиков в режиме реального времени, удаленно корректировать длительность полива в зависимости от метеорологических условий, производить одновременный полив различных по водопотреблению культур, а также учитывать особенности рельефа либо почвенной структуры орошаемых участков посредством увеличения количества мобильных метеостанций со встроенным GPRS -модулем.

Кроме того, важной отличительной особенностью предлагаемого устройства является простота в сборке и эксплуатации, отсутствие конструктивно сложных элементов, а также передача данных с датчиков и отправление команд на запуск и отключение полива без применения проводов, что позволяет упростить механизацию.

Система капельного орошения с дистанционным управлением состоит (рисунок 7.1) из источника орошения 1, насосной станции 2, системы фильтров 3, резервуара-накопителя 6 со встроенным впускным поплавковым клапаном для автоматического заполнения 4 и погружным насосом 5, системы фильтров тонкой очистки 7, магистрального трубопровода 9, монometра 8, запорных электроклапанов 10, распределительного трубопровода 11, редукторов давления 12, поливного трубопровода с интегрированными либо встраиваемыми капельницами 13, мобильными метеостанциями 14, электрощитовой 18 и источника электропитания 15.

Источник орошения 1 представляет собой канал, реку или водохранилище, из которого посредством насосной станции 2 производится забор воды в резервуар-накопитель 6 через систему фильтров 3. Резервуар оснащается впускным поплавковым клапаном 4, позволяющим исключить перелив. Из резервуара погружной насос 5 подает воду в магистральный трубопровод 9 через систему фильтров тонкой очистки 7. Магистральный трубопровод 9 оснащается монometром 8 для контроля давления в системе. Магистральный трубопровод сопряжен с распределительным трубопроводом 11, оснащенным запорными

электроклапанами 10. Распределительный трубопровод 11 сопрягается с поливным трубопроводом с интегрированными либо встраиваемыми капельницами 13. В месте сопряжения распределительного и поливного трубопроводов встраивается редуктор давления 12, позволяющий достичь оптимального давления для работы капельного орошения.

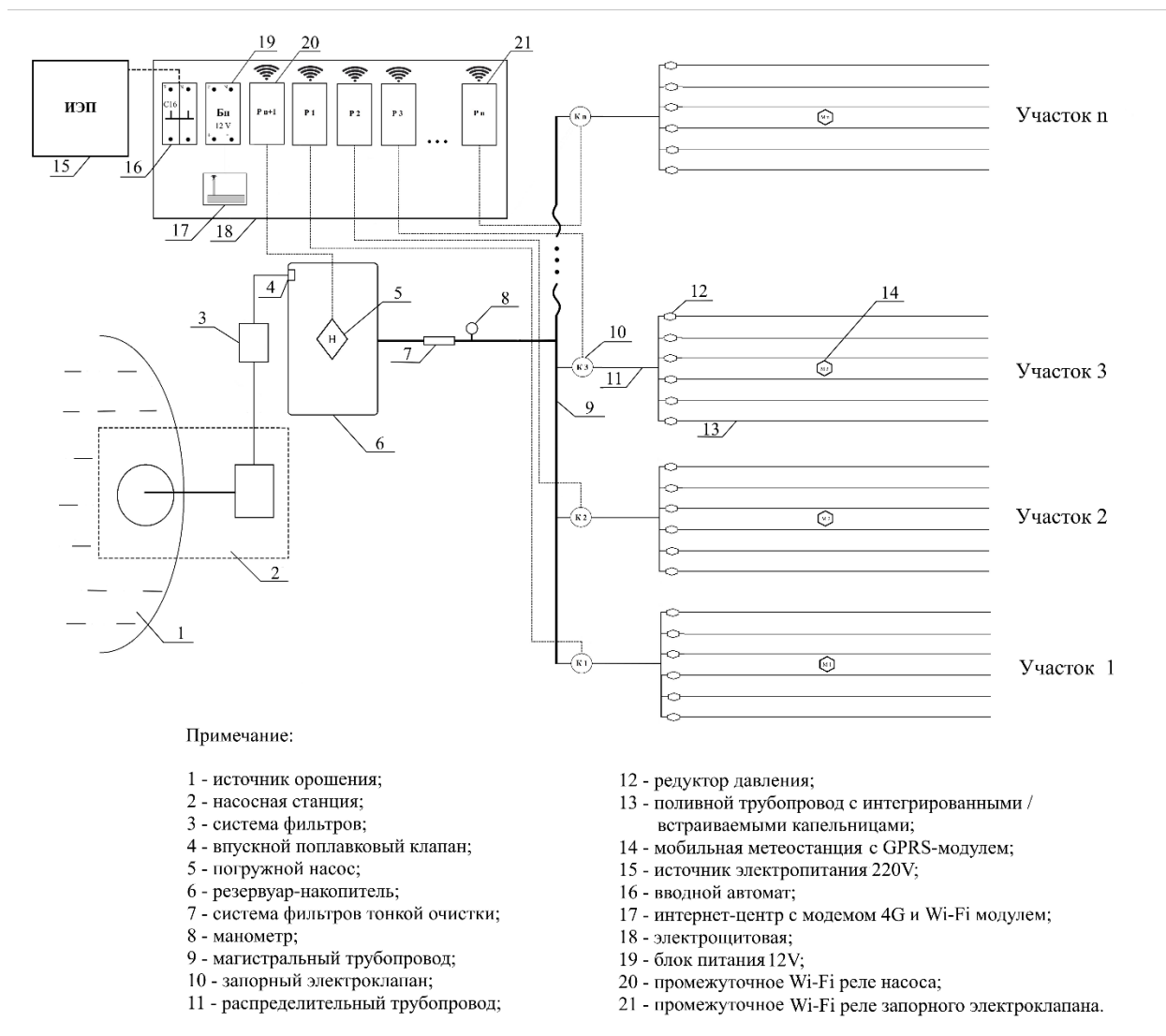


Рисунок 7.1. Принципиальная схема капельного орошения с дистанционным управлением (обозначения и пояснения в тексте)

Система электроснабжения автоматизированной системы полива (рисунок 7.2) состоит из источника электропитания 220V 15 и электрощитовой 18. Электрощитовая 18 включает в себя вводной автомат 16, блок питания 12V 19, интернет-центр с модемом 4G и Wi-Fi модулем 17, промежуточное реле насоса 20 и промежуточные реле запорных электроклапанов 21.

Источник электропитания 15 представляет собой источник переменного тока 220V, которым может служить линия электропередач, топливный генератор, фотоэлектрический или ветряной преобразователь. От источника электропитания 15 запитывается электрощитовая 18. В электрощитовой 18 кабель от источника электропитания 15 подключается к вводному автомату 16, от которого кабелями запитываются блок питания 12V 19; промежуточное Wi-Fi реле насоса 20; промежуточные Wi-Fi реле запорных электроклапанов 21. От блока питания 12V 19 отводится кабель, подключенный в разъем питания интернет-центра с модемом 4G и Wi-Fi модулем 17. От силового разъема промежуточного Wi-Fi реле насоса 20 подключается кабель к клеммам питания погружного насоса 5. От силовых разъемов промежуточных Wi-Fi реле запорных электроклапанов 21 подключаются кабели к клеммам питания запорных электроклапанов 10 в соответствии с рисунком 7.1.

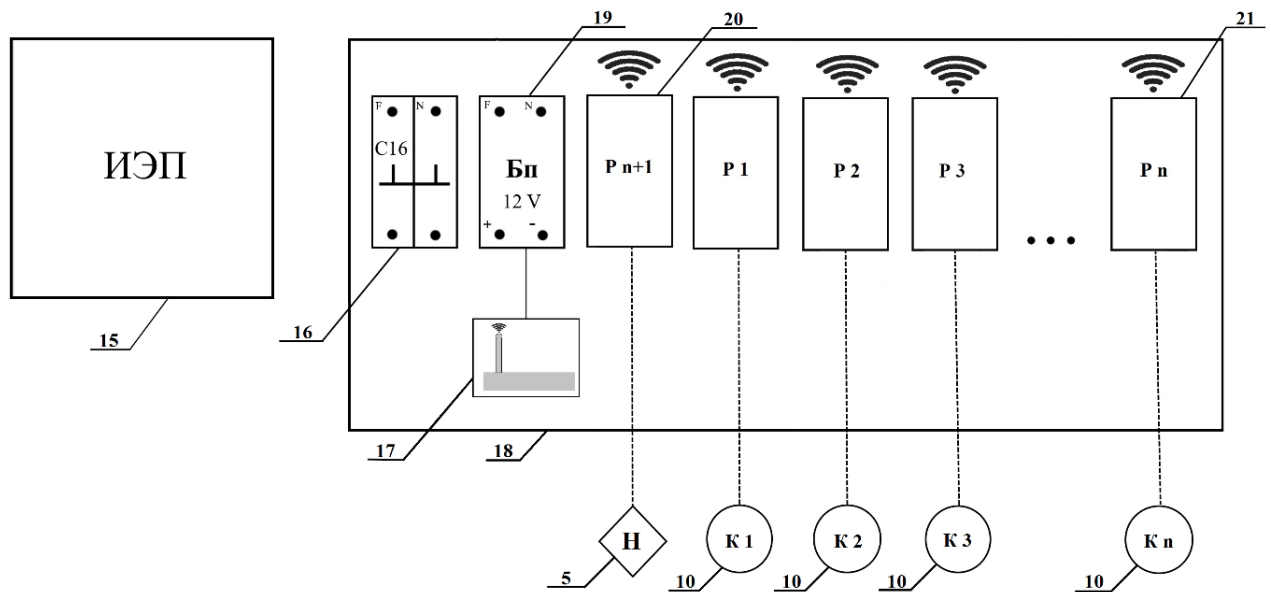


Рисунок 7.2. Принципиальное устройство электрощитовой (обозначения и пояснения в тексте)

Простейшая мобильная метеостанция с GPRS-модулем 14 (рисунок 7.3) является автономной системой снятия и передачи локальных показаний по

влажности и температуре почвы, а также показаний по влажности и температуре воздуха.

Базовая комплектация мобильной метеостанции включает в себя опорный шток 22, на котором размещаются солнечная панель 23, датчик температуры и влажности воздуха 27, датчик температуры почвы 29 и пять датчиков влажности почвы 30. Датчик температуры почвы 29 располагается по центру пахотного горизонта, а количество датчиков влажности почвы 30 выбирается исходя из глубины залегания основной концентрации корневой системы орошаемой культуры с шагом в 10 см.

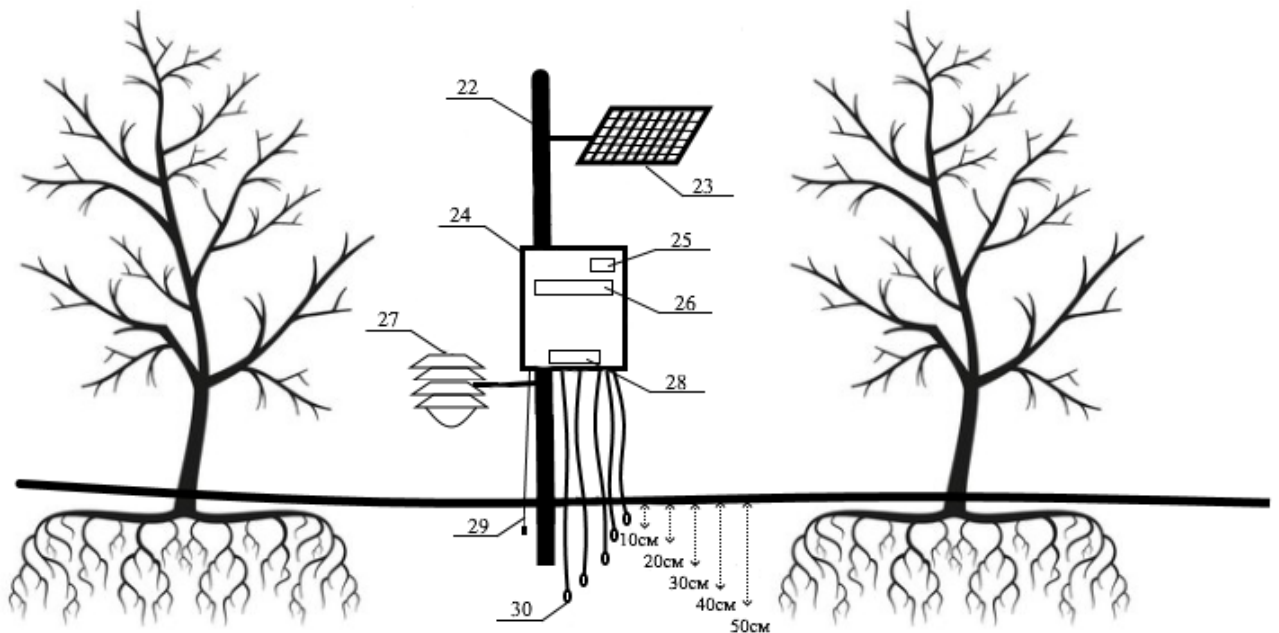


Рисунок 7.3. Базовая комплектация мобильной метеостанции и расположение считывающих показания почвы и воздуха датчиков (обозначения и пояснения в тексте)

Автономность станции обеспечивается наличием солнечной панели 23 и аккумулятора 28, расположенного вместе с электроплатой 26 и GPRS-модулем 25 в герметично закрывающемся боксе 24. Датчики подключаются к электроплате, производящей аналогово-цифровые преобразования показаний, формирующей пакет данных и отправляющей оператору с помощью GPRS-модуля 25.

Работает устройство следующим образом. Промежуточное Wi-Fi реле насоса 20 по протоколу связи Wi-Fi получает сигнал на запуск погружного насоса 5, и одновременно один из промежуточных Wi-Fi реле запорного электроклапана 21 получает сигнал на открытие сопредельного с ним запорного электроклапана 10. К блоку питания 12V 19 подключается интернет-центр с модемом 4G и Wi-Fi модулем 17, с помощью которого по каналу связи 4G принимаются сигналы оператора на срабатывания погружного насоса 5 и запорных электроклапанов 10, а также по протоколу связи Wi-Fi передаются команды запуска и отключения на промежуточное Wi-Fi реле насоса 20 и промежуточные Wi-Fi реле запорных электроклапанов 21. Мобильная метеостанция 14 получает показания с датчиков и передает их оператору с помощью GPRS-модуля, на основании анализа полученной информации оператор принимает решение о необходимости полива одного из участков, и отправляет сигналы на промежуточные Wi-Fi реле 20 и 21.

По сравнению с прототипом устройство позволяет проводить измерение влажности почвы на разных глубинах, интенсивности осадков, температуры и влажности воздуха и температуры почвы, позволяет корректировать норму орошения и длительность полива в зависимости от метеорологических условий, производить одновременный полив различных по водопотреблению культур, а также учитывать особенности рельефа либо почвенной структуры орошаемых участков посредством увеличения количества мобильных метеостанций со встроенным GRSМ-модулем. Устройство обеспечит качественный полив культур с разной нормой орошения, с различным рельефом местности и почвенной структурой с возможностью одновременного осуществления полива всех участков поля.

Таким образом, устройство для дистанционного управления системой капельного орошения, содержащее средство для полива растений, соединенное трубопроводами через блок клапанного распределения с водонапорной установкой отличается от известных аналогов тем, что дополняется устройством для дистанционного управления системой капельного орошения, включающим измерения влажности почвы, интенсивности осадков, измерение температуры и

влажности воздуха и температуры почвы, позволяющее корректировать длительность полива и норму орошения. Разработанное устройство оснащается промежуточными Wi-Fi реле электроклапанов, промежуточным Wi-Fi реле насоса и автономными мобильными метеостанциями со встроенным GPRS-модулем, позволяющими получать показатели датчиков в режиме реального времени, удаленно корректировать длительность полива в зависимости от метеорологических условий, производить одновременный полив различных по водопотреблению культур, а также учитывать особенности рельефа либо почвенной структуры орошаемых участков посредством увеличения количества мобильных метеостанций со встроенным GPRS-модулем. Важной отличительной особенностью предлагаемого устройства является простота в сборке и эксплуатации, отсутствие конструктивно сложных элементов, а также передача данных с датчиков и отправление команд на запуск и отключение полива без применения проводов, что позволяет упростить механизацию работ.

7.2. Способ дистанционного управления системой капельного орошения

Температура и влажность воздуха влияют на интенсивность испарения влаги. При выращивании плодовых, ягодных и овощных культур не редки случаи, когда влажность почвы достигла минимально допустимого значения, но из-за низкой температуры и высокой влажности воздуха испарение влаги из почвы будет происходить медленно. При этом оператор может самостоятельно принять решение о целесообразности запуска оросительного оборудования, не допуская переувлажнения почвы. Аналогично при достижении влажности почвы верхнего допустимого значения немедленное отключение оросительного оборудования может быть неоправданным, так как при повышенной температуре и пониженной влажности воздуха будет наблюдаться интенсивное испарение влаги из почвы, и, как следствие, ее иссушение.

Разработанный способ направлен на решение проблемы удаленного управления системой капельного орошения путем оперативного сбора и анализа полевых данных в режиме реального времени с помощью комплексных измерительных приборов, современных средств связи и передачи информации.

Технический результат предлагаемого изобретения – обеспечение качественного полива культур с разной нормой орошения, с различным рельефом местности и почвенной структурой. Оно позволяет учитывать зависимость интенсивности испарения влаги из почвы от температуры и влажности воздуха, позволяя оператору не допускать переувлажнения и иссушения почвы. Помимо этого, дополнение известных способов устройством для дистанционного управления капельным орошением позволяет производить агротехнические мероприятия на орошаемых участках, так как конструкция устройства не предполагает применение проводной системы передачи информации.

Для достижения заявленного результата в способе дистанционного управления системой капельного орошения, включающем измерение влажности почвы, наличие и интенсивности осадков, по результатам которых осуществляют включение и отключение оросительного оборудования, для этого систему капельного орошения оснащают устройством для дистанционного управления, включающем промежуточные Wi-Fi реле электроклапанов, промежуточное Wi-Fi реле насоса и GPRS-модуль, встроенный в автономные мобильные метеостанции, при этом дополнительно измеряют температуру и влажность воздуха, а также температуру почвы, на основе полученных данных в режиме реального времени корректируют длительность полива и норму орошения в зависимости от метеорологических условий, различных по водопотреблению возделываемых культур и особенностей рельефа орошаемых участков.

Предложенный способ дистанционного управления системой капельного полива, учитывает необходимые для рационально обоснованного орошения показатели, передаваемые оператору в режиме реального времени. При этом обеспечивает одновременный полив различных по водопотреблению культур, с учетом особенностей рельефа и почвенной структуры местности.

В соответствии со схемой, представленной на рисунке 7.1, промежуточное Wi-Fi реле насоса 20 по протоколу связи Wi-Fi получает сигнал на запуск погружного насоса 5, и одновременно один из промежуточных Wi-Fi реле запорного электроклапана 21 получает сигнал на открытие сопредельного с ним запорного электроклапана 10. К блоку питания 12V 19 подключается интернет-центр с модемом 4G и Wi-Fi модулем 17, с помощью которого по каналу связи 4G принимаются сигналы оператора на срабатывания погружного насоса 5 и запорных электроклапанов 10, а также по протоколу связи Wi-Fi передаются команды запуска и отключения на промежуточное Wi-Fi реле насоса 20 и промежуточные Wi-Fi реле запорных электроклапанов 21. Мобильная метеостанция 14 получает показания с датчиков и передает их оператору с помощью GPRS-модуля, на основании анализа полученной информации оператор принимает решение о необходимости полива одного из участков, и отправляет сигналы на промежуточные Wi-Fi реле 20 и 21.

Технические преимущества разработанного способа по сравнению с аналогами заключается в том, что способ дистанционного управления капельным орошением позволяет оператору производить одновременный полив культур с разной нормой орошения, орошать участки с различным рельефом и почвенной структурой при помощи разделения всего орошаемого поля на однотипные участки и установки на каждый участок мобильной метеостанции со встроенным GPRS-модулем.

Таким образом, способ дистанционного управления системой капельного орошения, включающий измерение влажности почвы, наличие и интенсивность осадков, по результатам которых осуществляют включение и отключение оросительного оборудования отличается от аналогов тем, что дополнительно предусмотрено измерение температуры и влажности воздуха и температуры почвы, позволяющее корректировать длительность полива. Способ предусматривает оснащение известной системы капельного орошения устройством для дистанционного управления, включающим промежуточные Wi-Fi реле электроклапанов, промежуточное Wi-Fi реле насоса и автономные мобильные

метеостанции со встроенным GPRS-модулем, позволяющие получать показатели датчиков в режиме реального времени, удаленно корректировать длительность полива в зависимости от метеорологических условий, производить одновременный полив различных по водопотреблению культур, а также учитывать особенности рельефа либо почвенной структуры орошаемых участков посредством увеличения количества мобильных метеостанций со встроенным GPRS -модулем

Выводы по главе

1. Разработано устройство, оснащенное промежуточными Wi-Fi реле электроклапанов, промежуточным Wi-Fi реле насоса и автономными мобильными метеостанциями со встроенным GPRS-модулем, что позволяет получать показатели датчиков в режиме реального времени, удаленно корректировать длительность полива в зависимости от метеорологических условий, производить одновременный полив различных по водопотреблению культур, а также учитывать особенности рельефа либо почвенной структуры орошаемых участков посредством увеличения количества мобильных метеостанций со встроенным GPRS-модулем. Важной отличительной особенностью предлагаемого устройства является простота в сборке и эксплуатации, отсутствие конструктивно сложных элементов, а также передача данных с датчиков и отправление команд на запуск и отключение полива без применения проводов, что позволяет упростить механизацию работ.
2. При разработанном способе дистанционного управления системой капельного орошения, включающим измерение влажности почвы, данные о наличии и интенсивности осадков, осуществляется включение и отключение оросительного оборудования. Отличием от аналогов является то, что дополнительно предусмотрено измерение температуры и влажности воздуха и температуры почвы, позволяющее корректировать длительность полива.

8. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ САЖЕНЦЕВ ПЛОДОВЫХ И ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ

8.1. Экономическая эффективность выращивания саженцев при разных режимах орошения

Основной целью применения оросительных систем в питомниководстве является повышение качества получаемой продукции при сохранении почвенного плодородия в агроценозах. На основании полученных на полевых опытах исходных данных о средних оросительных нормах, выходе стандартизированных саженцев выполнена оценка экономической эффективности применения капельного орошения. Использование современных технологий в сочетании с унификацией производственных процессов позволяет в значительной степени снизить капитальные и эксплуатационные затраты, тем самым обеспечивая снижение себестоимости производимой продукции.

Затраты на выращивание саженцев плодовых и ягодных культур составляют, во-первых, стоимость оборудования с учетом монтажа, а во-вторых, затраты на выращивание продукции (таблица 8.1). В качестве основного оборудования в расчеты были включены такие комплектующие оросительной системы, как магистральные рукава для систем капельного полива, магистральные шланги, капельные ленты и комплектующие (краны, манометры, соединители, расходомеры). В среднем для 1 га площади плодового питомника стоимость оборудования в ценах на начало 2024 года составила 159114,90 руб.

В затраты, связанные с выращиванием продукции, включена стоимость приобретения подвоя и черенков для прививки, стоимость поливной воды, зарплата сотрудника за вегетационный период (с апреля по октябрь) в ценах по г. Москва, а также налог на произведенную продукцию (20 %). В среднем за один год затраты на выращивание саженцев (без учета налога на продукцию) при средней оросительной норме составляют около 1819410,30 руб.

При оценке стоимости продажи произведенной продукции использовались цены на реализацию саженцев плодовых и ягодных культур Мичуринским садом РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в 2024 году. Цена однолетнего саженца косточковых культур составила 700 руб., двухлетнего – 1200 руб., трехлетнего – 2000 руб.; однолетнего саженца семечковых культур – 600 руб., двухлетнего – 1000 руб., трехлетнего – 1800 руб.; однолетнего саженца ягодных культур – 300 руб., двухлетнего – 500 руб., трехлетнего – 700 руб.

Таблица 8.1. Расчет затрат при выращивании саженцев плодовых и ягодных культур (на 1 га площади)

Показатели	Объем	Удельная стоимость	Источник данных	Стоимость, тыс. руб
Стоимость оборудования с НДС, включая затраты на монтаж				
Рукав магистральный для капельного полива Layflat	100 м	84,95 руб./м	https://agtmarket.ru/	8495,00
Магистральный шланг (Layflat), d 76 мм (3")	200 м	69,45 руб./м	https://agropoliprom.ru	12990,00
Капельная лента Tuboflex	5000 м	7,50 руб./м	https://growsvet.ru	37629,90
Комплекующие (краны, манометры, соединители, расходомеры и др.)	-	-	https://www.polivtorg.ru	100000,00
Итого				159114,90
Затраты на выращивание продукции				
Подвой	7500 шт.	20 руб./шт.	-	150000,00
Черенки для прививки	7500 шт.	100 руб./шт.	https://мичуринский-сад.рф	750000,00
Стоимость поливной воды (средняя оросительная норма за год), м ³	920 м ³	10,50 м ³	https://www.voduberegi.ru/	9660,00
Зарплата сотрудника с учетом НДФЛ	7 мес.	129964,30 руб./мес.	https://77.rosstat.gov.ru	909750,10
Итого				1819410,30

Экономическая эффективность выращивания саженцев сливы при капельном орошении приводится в таблице 8.2. Наибольшей прибылью характеризуется вариант опыта с поддержанием влажности корнеобитаемого слоя почвы в диапазоне 80-100 % НВ. Для однолетних саженцев она составила 1339286,00 руб., для двухлетних – 1529686,90 руб. и для трехлетних – 3262087,80 руб. Для

вариантов с поддержанием влажности в диапазонах 60-80 % НВ, 70-90 % НВ и 80-100 % НВ наибольший экономический эффект достигается при реализации трехлетних саженцев.

Таблица 8.2. Экономическая эффективность выращивания саженцев сливы (на 1 га площади)

Возраст саженцев	Статья расходов / доходов	Стоимость по вариантам опыта, руб.			
		Контроль	60-80 % НВ	70-90 % НВ	80-100 % НВ
Однолетние	Стоимость оборудования	-	159114,90	159114,90	159114,90
	Затраты на выращивание	1809750,10	1815903,10	1818171,10	1819599,10
	Налог на продукцию	441000,00	661500,00	819000,00	829500,00
	Стоимость продажи	2205000,00	3307500,00	4095000,00	4147500,00
	Прибыль	-45750,10	670982,00	1298714,00	1339286,00
Двухлетние	Стоимость оборудования	-	159114,90	159114,90	159114,90
	Затраты на выращивание	3619500,20	3631806,20	3636342,20	3639198,20
	Налог на продукцию	666000,00	1062000,00	1296000,00	1332000,00
	Стоимость продажи	3330000,00	5310000,00	6480000,00	6660000,00
	Прибыль	-955500,20	457078,90	1388542,90	1529686,90
Трехлетние	Стоимость оборудования	-	159114,90	159114,90	159114,90
	Затраты на выращивание	5429250,30	5447709,30	5454513,30	5458797,30
	Налог на продукцию	1110000,00	1770000,00	2160000,00	2220000,00
	Стоимость продажи	5550000,00	8850000,00	10800000,00	11100000,00
	Прибыль	-989250,30	1473175,80	3026371,80	3262087,80

Результаты оценки экономической эффективности выращивания саженцев вишни при капельном орошении приводятся в таблице 8.3. Наибольшей прибылью также характеризуется вариант опыта с поддержанием влажности корнеобитаемого слоя почвы в диапазоне 80-100 % НВ. Для однолетних саженцев она составила 2011086,50 руб., для двухлетних – 2825287,90 руб. и для трехлетних – 4701489,30 руб. Для вариантов с поддержанием влажности в диапазонах 60-80 % НВ, 70-90 % НВ и 80-100 % НВ наибольший экономический эффект достигается при реализации

трехлетних саженцев. На контрольном варианте опыта положительный экономический эффект достигается только в случае реализации однолетних саженцев (прибыль 38249,90 руб.).

Таблица 8.3. Экономическая эффективность выращивания саженцев вишни (на 1 га площади)

Возраст саженцев	Статья расходов / доходов	Стоимость по вариантам опыта, руб.			
		Контроль	60-80 % НВ	70-90 % НВ	80-100 % НВ
Однолетние	Стоимость оборудования	-	159114,90	159114,90	159114,90
	Затраты на выращивание	1809750,10	1815976,60	1818118,60	1819798,60
	Налог на продукцию	462000,00	798000,00	861000,00	997500,00
	Стоимость продажи	2310000,00	3990000,00	4305000,00	4987500,00
	Прибыль	38249,90	1216908,50	1466766,50	2011086,50
Двухлетние	Стоимость оборудования	-	159114,90	159114,90	159114,90
	Затраты на выращивание	3619500,20	3631953,20	3636237,20	3639597,20
	Налог на продукцию	774000,00	1242000,00	1332000,00	1656000,00
	Стоимость продажи	3870000,00	6210000,00	6660000,00	8280000,00
	Прибыль	-523500,20	1176931,90	1532647,90	2825287,90
Трехлетние	Стоимость оборудования	-	159114,90	159114,90	159114,90
	Затраты на выращивание	5429250,30	5447929,80	5454355,80	5459395,80
	Налог на продукцию	1290000,00	2040000,00	2220000,00	2580000,00
	Стоимость продажи	6450000,00	10200000,00	11100000,00	12900000,00
	Прибыль	-269250,30	2552955,30	3266529,30	4701489,30

Экономическая эффективность выращивания саженцев малины при капельном орошении приводится в таблице 8.4. Наибольшей прибылью характеризуется вариант опыта с поддержанием влажности корнеобитаемого слоя почвы в диапазоне 80-100 % НВ. Для однолетних саженцев она составила 337086,50 руб., для двухлетних – 191287,90 руб. и для трехлетних – 117583,80 руб. Для вариантов с поддержанием влажности в диапазонах 60-80 % НВ, 70-90 % НВ

и 80-100 % НВ наибольший экономический эффект достигается при реализации однолетних саженцев.

Таблица 8.4. Экономическая эффективность выращивания саженцев малины (на 1 га площади)

Возраст саженцев	Статья расходов / доходов	Стоимость по вариантам опыта, руб.			
		Контроль	60-80 % НВ	70-90 % НВ	80-100 % НВ
Однолетние	Стоимость оборудования	-	159114,90	159114,90	159114,90
	Затраты на выращивание	1059750,10	1065976,60	1068118,60	1069798,60
	Налог на продукцию	234000,00	378000,00	364500,00	391500,00
	Стоимость продажи	1170000,00	1890000,00	1822500,00	1957500,00
	Прибыль	-123750,10	286908,50	230766,50	337086,50
Двухлетние	Стоимость оборудования	-	159114,90	159114,90	159114,90
	Затраты на выращивание	2119500,20	2131953,20	2136237,20	2139597,20
	Налог на продукцию	360000,00	577500,00	607500,00	622500,00
	Стоимость продажи	1800000,00	2887500,00	3037500,00	3112500,00
	Прибыль	-679500,20	18931,90	134647,90	191287,90
Трехлетние	Стоимость оборудования	-	159114,90	159114,90	159114,90
	Затраты на выращивание	3179250,30	3199567,80	3204828,30	3209301,30
	Налог на продукцию	504000,00	808500,00	850500,00	871500,00
	Стоимость продажи	2520000,00	4042500,00	4252500,00	4357500,00
	Прибыль	-1163250,30	-124682,70	38056,80	117583,80

Результаты расчета экономической эффективности выращивания саженцев груши при капельном орошении приводятся в таблице 8.5. Анализ табличных данных показывает, что наибольшей прибылью характеризуется вариант опыта с поддержанием влажности корнеобитаемого слоя почвы в диапазоне 80-100 % НВ. Для однолетних саженцев она составила 937086,50 руб., для двухлетних – 941287,90 руб. и для трехлетних – 2888068,80 руб. Положительный экономический

эффект (стоимость продажи превышает все затраты) прослеживается только для вариантов 70-90 % НВ и 80-100 % НВ.

Таблица 8.5. Экономическая эффективность выращивания саженцев груши (на 1 га площади)

Возраст саженцев	Статья расходов / доходов	Стоимость по вариантам опыта, руб.			
		Контроль	60-80 % НВ	70-90 % НВ	80-100 % НВ
Однолетние	Стоимость оборудования	-	159114,90	159114,90	159114,90
	Затраты на выращивание	1809750,10	1815976,60	1818118,60	1819798,60
	Налог на продукцию	315000,00	486000,00	621000,00	729000,00
	Стоимость продажи	1575000,00	2430000,00	3105000,00	3645000,00
	Прибыль	-549750,10	-31091,50	506766,50	937086,50
Двухлетние	Стоимость оборудования	-	159114,90	159114,90	159114,90
	Затраты на выращивание	3619500,20	3631953,20	3636237,20	3639597,20
	Налог на продукцию	495000,00	765000,00	960000,00	1185000,00
	Стоимость продажи	2475000,00	3825000,00	4800000,00	5925000,00
	Прибыль	-1639500,20	-731068,10	44647,90	941287,90
Трехлетние	Стоимость оборудования	-	159114,90	159114,90	159114,90
	Затраты на выращивание	5429250,30	5457820,80	5469444,30	5484816,30
	Налог на продукцию	891000,00	1377000,00	1728000,00	2133000,00
	Стоимость продажи	4455000,00	6885000,00	8640000,00	10665000,00
	Прибыль	-1865250,30	-108935,70	1283440,80	2888068,80

Оценка экономической эффективности выращивания саженцев яблони при капельном орошении приводится в таблице 8.6. Анализируя представленные в таблице значения, можно сделать вывод, что на орошаемых вариантах наибольшая прибыль достигается в случае реализации трехлетних саженцев: для варианта 60-80 % НВ – 1401804,30 руб. и для варианта 70-90 % НВ – 2463250,80 руб. Повышение поддерживаемой влажности корнеобитаемого слоя до 70-90 % НВ в данном опыте способствовало значительному росту прибыли, которая для

однолетних саженцев составила 787007,00 руб., для двухлетних – 704647,90 руб., для трехлетних – 2463250,80 руб.

Таблица 8.6. Экономическая эффективность выращивания саженцев яблони (на 1 га площади)

Возраст саженцев	Статья расходов / доходов	Стоимость по вариантам опыта, руб.		
		Контроль	60-80 % НВ	70-90 % НВ
Однолетние	Стоимость оборудования	-	159114,90	159114,90
	Затраты на выращивание	1809750,10	1819693,60	1825878,10
	Налог на продукцию	351000,00	612000,00	693000,00
	Стоимость продажи	1755000,00	3060000,00	3465000,00
	Прибыль	-405750,10	469191,50	787007,00
Двухлетние	Стоимость оборудования	-	159114,90	159114,90
	Затраты на выращивание	3619500,20	3631953,20	3636237,20
	Налог на продукцию	555000,00	975000,00	1125000,00
	Стоимость продажи	2775000,00	4875000,00	5625000,00
	Прибыль	-1399500,20	108931,90	704647,90
Трехлетние	Стоимость оборудования	-	159114,90	159114,90
	Затраты на выращивание	5429250,30	5459080,80	5477634,30
	Налог на продукцию	999000,00	1755000,00	2025000,00
	Стоимость продажи	4995000,00	8775000,00	10125000,00
	Прибыль	-1433250,30	1401804,30	2463250,80

Сопоставление получаемой прибыли с 1 га площади при реализации однолетних, двухлетних и трехлетних саженцев сливы, вишни, малины, груши и яблони по вариантам капельного орошения представлено на рисунке 8.1. Наибольшей прибылью из всех изучаемых культур характеризуются косточковые (слива и вишня), что связано с более высокой ценой реализации саженцев по сравнению с другими культурами. Наименьшая прибыль достигается при реализации саженцев малины, но ее выращивание при более густой схеме посадки должно обеспечивать повышение рентабельности. С экономической точки зрения

наиболее эффективным является выращивание трехлетних саженцев вишни при 80-100 % НВ (прибыль с 1 га 4701489,30 руб.), трехлетних саженцев сливы при 80-100 % НВ (3262087,80 руб.), трехлетних саженцев груши (2888068,80 руб.), трехлетних саженцев яблони при 70-90 % НВ (2463250,80 руб.) и однолетних саженцев малины при 80-100 % НВ (337086,50 руб.).

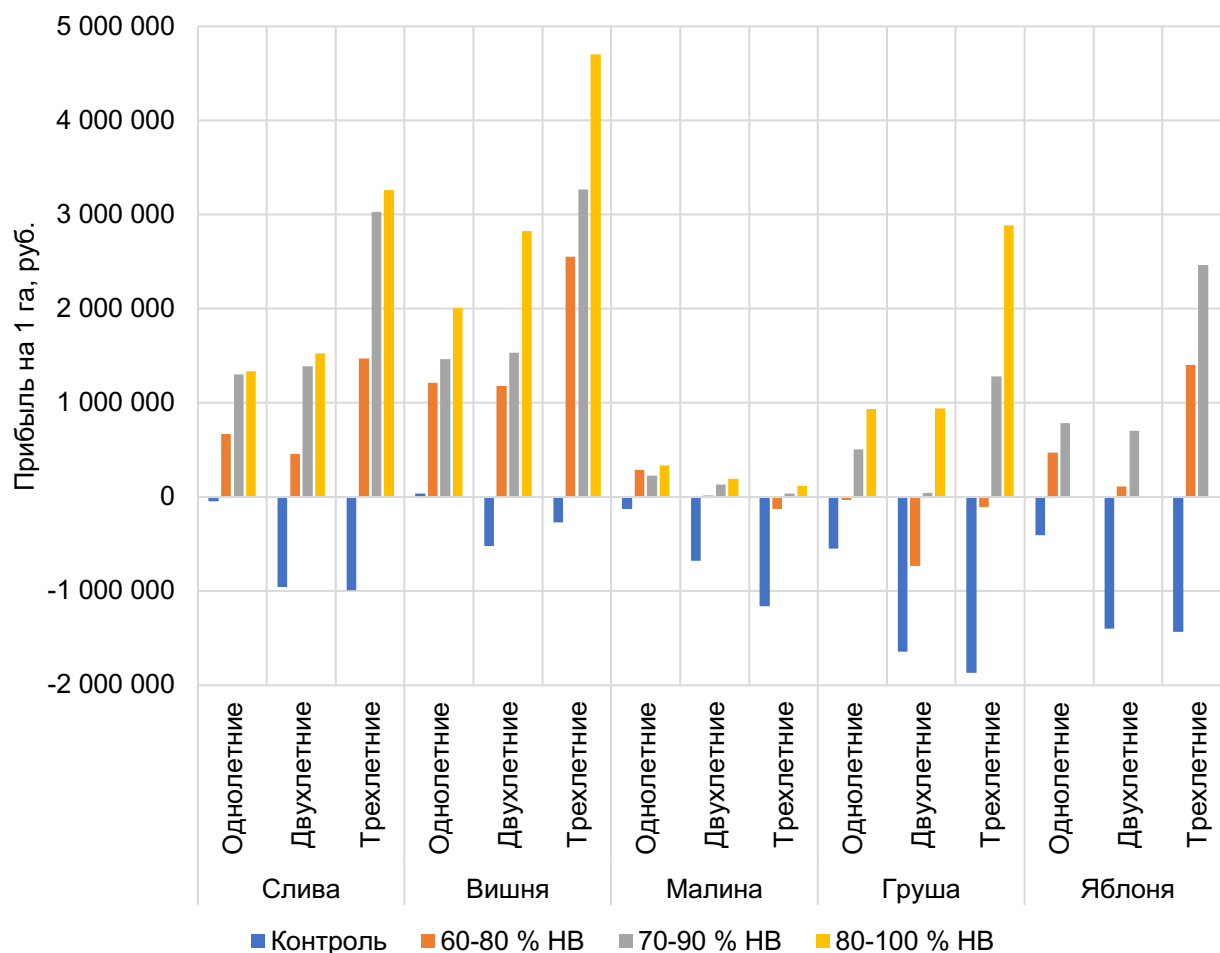


Рисунок 8.1. Прибыль на 1 га при выращивании саженцев плодовых и ягодных культур при капельном орошении

Таким образом, проведенная оценка экономической эффективности выращивания саженцев плодовых и ягодных культур в питомнике при капельном поливе показывает, что разработанные режимы орошения способствуют повышению рентабельности за счет увеличения выхода качественной продукции. Применение полученных результатов в практике питомниководства является достаточно перспективным направлением и наиболее оправданным способом

получения качественного посадочного материала в условиях Центрального Нечерноземья России.

Выводы по главе

1. Анализ экономической эффективности показал, что наиболее доходным является выращивание трехлетних саженцев вишни при 80-100 % НВ (прибыль с 1 га 4701489,30 руб.), трехлетних саженцев сливы при 80-100 % НВ (3262087,80 руб.), трехлетних саженцев груши (2888068,80 руб.), трехлетних саженцев яблони при 70-90 % НВ (2463250,80 руб.) и однолетних саженцев малины при 80-100 % НВ (337086,50 руб.).
2. Проведенная оценка экономической эффективности выращивания саженцев плодовых и ягодных культур в питомнике при капельном поливе показывает, что разработанные режимы орошения способствуют повышению рентабельности за счет увеличения выхода качественной продукции. Применение полученных результатов в практике питомниководства является перспективным направлением и наиболее оправданным способом получения качественного посадочного материала в условиях Центрального Нечерноземья России.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования разработана и обоснована технология управления мелиоративными режимами при капельном орошении саженцев плодовых культур в условиях Нечерноземной зоны Российской Федерации. Исходя из цели работы и решаемых задач можно сделать следующие **основные выводы:**

1. Анализ агроклиматических показателей (температура воздуха, количество осадков, относительная влажность воздуха, дефицит насыщения воздуха) показывает, что в течение вегетационного сезона имеются отдельные периоды, когда создаются условия с недостаточным количеством поступающей влаги на фоне высоких среднесуточных температур, пониженной относительной влажности воздуха и продолжительного отсутствия продуктивных атмосферных осадков. Отношение саженцев плодовых и ягодных культур (слива, вишня, малина, груша и яблоня) к засухе демонстрирует необходимость увлажнения корнеобитаемого слоя почвы в условиях Нечерноземной зоны России в течение вегетационного периода.
2. Разработанная технология капельного орошения саженцев плодовых и ягодных культур для условий Центральной Нечерноземной зоны России позволяют сократить межполивной период в среднем до 2-9 дней с поливом малыми нормами (в среднем 35,3-49,5 м³/га) в зависимости от предполивного порога (60, 70 и 80 % НВ) и увлажненности вегетационного периода, а также обеспечивают поддержание влажности корнеобитаемого слоя почвы в заданных диапазонах, предотвращая резкие колебания влажности почвы из-за ее периодического иссушения и переувлажнения.
3. Для саженцев плодовых и ягодных культур в питомниках Центральной Нечерноземной зоны России при капельном поливе основную долю в суммарном водопотреблении имеют приход влаги от осадков (в среднем 64 %) и оросительная норма (в среднем 24 %). Подпитывание грунтовыми водами (в среднем 6 %) и использование почвенной влаги (в среднем 6 %) вносят гораздо

меньший вклад в суммарное водопотребление саженцев плодовых и ягодных культур.

4. Разработаны регрессионные модели параметров режимов капельного орошения (оросительная норма и количество поливов) в зависимости от гидротермического коэффициента вегетационного периода и предполивной влажности почвы. Для саженцев плодовых и ягодных культур происходит увеличение оросительной нормы, количества и частоты проводимых поливов при снижении ГТК и увеличении предполивной влажности почвы.
5. Разработаны регрессионные модели прогнозирования суммарного водопотребления и биоклиматических коэффициентов в зависимости от значений накопленных среднесуточных температур воздуха, предполивной влажности почвы и глубины орошаемого слоя для саженцев косточковых (слива и вишня), семечковых (груша и яблоня) и ягодных (малина) культур в условиях Центральной Нечерноземной зоны. Биоклиматические коэффициенты саженцев плодовых и ягодных культур имеют минимальные значения в начале вегетационного периода, достигают максимальных значений в период интенсивного роста саженцев и постепенно снижаются к концу вегетации.
6. При проектировании и эксплуатации систем капельного орошения необходимо выявлять очертания контуров увлажнения, формирующихся под капельницами. Получены регрессионные уравнения зависимости параметров контура капельного орошения от глубины промачиваемого слоя дерново-подзолистой окультуренной почвы, которые позволяют получать прогнозные значения диаметра контура увлажнения, площади контура увлажнения и объема контура увлажнения.
7. Применение капельного полива в течение трех лет привело к трансформации профиля дерново-подзолистых окультуренных почв. Происходит процесс миграции железо-гумусовых соединений в ниже залегающие почвенные горизонты, а текстурная дифференциация профиля по горизонтам становится менее выраженной (границы между верхними горизонтами приобретают затечный и языковатый характер). Внесение перед закладкой опытов

органического вещества в дозе 100 т на 1 га привело к ослаблению интенсивности подзолистого процесса.

8. Капельное орошение приводит к подкислению пахотного горизонта дерново-подзолистых окультуренных почв, а также к снижению содержания подвижного фосфора и гумуса в результате вымывания органического вещества в нижележащие горизонты. При проектировании плодовых питомников на дерново-подзолистых почвах необходимо проводить детальное почвенное обследование с целью моделирования прогнозирования изменения основных агрохимических показателей и организации рациональной системы подготовки и содержания почвы.
9. Применение капельного полива способствует увеличению структурности почвы и повышению содержания агрономически ценных почвенных агрегатов в пахотном горизонте. Разработанная технология капельного орошения позволили выровнять значения пористости аэрации и запасов продуктивной влаги в процессе их динамика за вегетационные периоды путем снижения амплитуды их изменчивости. Наиболее стабильные значения пористости аэрации и запасов продуктивной влаги получены в вариантах опыта с поддержанием влажности почвы в корнеобитаемом слое в диапазоне 80-100 % НВ и 70-90 % НВ. Во все годы проведения исследований на контроле выращиваемые саженцы подвергались стрессовым условиям из-за чередующихся периодов сильного иссушения и переувлажнения почвы, что отразилось на значениях пористости аэрации и запасов продуктивной влаги, которые часто выходили за границы оптимальных пределов.
10. На наиболее увлажненных вариантах по сравнению с контролем доля стандартизированных саженцев превышает контроль в среднем для сливы в 2,0 раза, для вишни в 2,1 раза, для малины в 1,7 раз, для груши в 2,4 раза и для яблони в 2,0 раза. По выходу стандартных саженцев оптимальными являются варианты капельного орошения: слива 80-100 % НВ (в среднем доля саженцев 76 %), вишня – 80-100 % НВ (91 %), малина – 80-100 % НВ (84 %), груша – 80-100 % НВ (80 %), яблоня – 70-90 % НВ (76 %). В этих вариантах происходит

формирование саженцев, имеющих максимальные значения биометрических показателей (диаметр штамба, высота, площадь листовой поверхности, развитие объем корневой системы), превышающих контроль в 1,2-3,7 раза.

11. Разработано устройство, оснащенное промежуточными Wi-Fi реле электроклапанов, промежуточным Wi-Fi реле насоса и автономными мобильными метеостанциями со встроенным GPRS-модулем, что позволяет получать показатели датчиков в режиме реального времени, удаленно корректировать длительность полива в зависимости от метеорологических условий, производить одновременный полив различных по водопотреблению культур, а также учитывать особенности рельефа либо почвенной структуры орошаемых участков посредством увеличения количества мобильных метеостанций со встроенным GPRS-модулем. Устройство может использоваться для дистанционного управления и автоматизации систем капельного орошения в плодовых и ягодных питомниках.
12. Проведенная оценка экономической эффективности выращивания саженцев плодовых и ягодных культур в питомнике при капельном поливе показывает, что разработанная технология орошения способствует повышению рентабельности за счет увеличения выхода качественной продукции. С экономической точки зрения наиболее доходным является выращивание трехлетних саженцев вишни при 80-100 % НВ (прибыль с 1 га 4701489,30 руб.), трехлетних саженцев сливы при 80-100 % НВ (3262087,80 руб.), трехлетних саженцев груши при 80-100 % НВ (2888068,80 руб.), трехлетних саженцев яблони при 70-90 % НВ (2463250,80 руб.) и однолетних саженцев малины при 80-100 % НВ (337086,50 руб.).

Проведенные исследования позволяют дать следующие **практические рекомендации**:

1. С целью получения высокого выхода стандартизированных саженцев плодовых и ягодных культур в условиях дерново-подзолистых почв Центрального района Нечерноземной зоны необходимо использовать разработанную технологию

орошения с поддержанием влажности корнеобитаемого слоя почвы в диапазонах 70-90 и 80-100 % НВ.

2. Полученные статистические зависимости определения параметров режимов капельного орошения, суммарного водопотребления, биоклиматических коэффициентов рекомендуется применять при проектировании орошаемых участков, эксплуатационном регулировании параметров водного и энергетического режимов почв в условиях дерново-подзолистых почв Центрального района Нечерноземной зоны.
3. Для повышения эксплуатационной надежности, автоматизации процесса полива и эффективности систем капельного орошения рекомендуется использование разработанного устройства и способа для дистанционного управления системой капельного орошения в плодовых и ягодных питомниках Центрального района Нечерноземной зоны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдулгалимов М.М. Новое в технологии формирования систем внутрипочвенного орошения / М.М. Абдулгалимов // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 6. – С. 63-67. – DOI: 10.28983/asj.y2021i6pp63-67.
2. Абезин В.Г. Система капельного орошения с модулем активации оросительной воды / В.Г. Абезин, С.Я. Семенов, А.Л. Сальников, Н.А. Сальникова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – № 1(29). – С. 154-158.
3. Айдаров И.П. Мелиоративный режим орошаемых земель и пути его улучшения / И.П. Айдаров, А.И. Голованов // Гидротехника и мелиорация. – 1986. – № 8. – С. 44-47.
4. Айдаров И.П. Перспективы развития комплексных мелиораций в России: монография / И.П. Айдаров. – М.: МГУ Природообустройства, 2004. – 137 с.
5. Алиев З.Г. Изучение параметров и надежности системы малоинтенсивного орошения для работы в условиях горного земледелия в Азербайджане / З.Г. Алиев // Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – № 10-2. – С. 196-200.
6. Алпатьев А.М. Влагообороты в природе и их преобразование / А.М. Алпатьев. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 269 с.
7. Алпатьев С.М. Возрастные изменения испарения у растений и поливной режим / С.М. Алпатьев // Биологические основы орошаемого земледелия. – М.: Наука, 1966. – С. 57-68.
8. Алтухов А.И. Сельскохозяйственному производству страны необходима новая концепция размещения и специализации / А.И. Алтухов // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2019. – № 8. – С. 7-14. – DOI: 10.31442/0235-2494-2019-0-8-7-14.
9. Ангольд Е.В. Влияние технологии импульсного дождевания на продуктивность маточника вегетативно размножаемых подвоев / Е.В. Ангольд // Орошаемое земледелие. – 2023. – № 1(40). – С. 14-19. – DOI: 10.35809/2618-8279-2023-1-6.

10. Андреев А.М. Энциклопедия обустройства садовых и приусадебных участков / А.М. Андреев. – М.: «РИПОЛ КЛАССИК», 2001. – 525 С.
11. Апажев А.К. Инновационные технологии и техника орошения садов / А.К. Апажев, Ю.А. Шекихачев // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. – 2021. – № 1(31). – С. 73-79.
12. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М.: Изд. МГУ, 1961. – 340 с.
13. Астапов С.В. Мелиоративное почвоведение (практикум) / С.В. Астапов. – М.: СЕЛЬХОЗГИЗ, 1958. – 369 с.
14. Ахмедов А.Д. Надежность систем капельного орошения / А.Д. Ахмедов, А.А. Темерев Е.Ю. Галиуллина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и профессиональное образование. – 2010. – № 3 (19). – С. 84–89.
15. Ахмедов А.Д. Научно-экспериментальное обоснование техники и технологии внутрипочвенного орошения кормовых культур в условиях Юга России / А.Д. Ахмедов, Е.П. Боровой. – Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2014. – 336 с.
16. Ашраф Е.М.Е. Применение капельного орошения земляники на дерново-подзолистых почвах Московской области / Е.М.Е. Ашраф // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2010. – № 5. – С. 34-35.
17. Байшоланов С.С. Модель расчёта оросительной нормы сельскохозяйственных культур на основе метеорологических данных / С.С. Байшоланов // Гидрометеорология и экология. – 2020. – № 2(97). – С. 170-182.
18. Балабанов В.И. Дождевальные машины. Учебно-методическое пособие / В.И. Балабанов, Н.Б. Мартынова, А.А. Макаров. – М.: МЭСХ, 2021. – 84 с.
19. Балакай Г.Т. Урожайность сортов сои при поливе дождеванием и системами капельного орошения в условиях Ростовской области / Г.Т. Балакай, С.А. Селицкий // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2019. – № 3(35). – С. 80-97. – DOI 10.31774/2222-1816-2019-3-80-97.

20. Батманов А.В. Агрэкологический 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». Том Часть 1. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2014. – С. 24-30.
21. Белова И.В. Государственная поддержка развития садоводства и питомниководства в Российской Федерации / И.В. Белова // Садоводство и виноградарство. – 2018. – № 2. – С. 13-20. – DOI: 10.25556/VSTISP.2018.2.12298.
22. 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.
23. 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.
24. Борисова А.А. Инновационное развитие питомниководства России / А.А. Борисова // Плоды и овощи – основа структуры здорового питания человека, Мичуринск, 07–08 сентября 2012 года. – Мичуринск: ОАО "Издательский дом "Мичуринск", 2012. – С. 144-148.
25. Боровой Е.П. Капельное орошение как основа развития плодоводства на юге Российской Федерации / Е.П. Боровой, В.И. Кременской, Н.М. Иванютин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 4(44). – С. 246-255.
26. Бородычев В.В. Аэрозольное орошение сельскохозяйственных культур / В.В. Бородачев. – М.: Росагропомиздат, 1989. – 72 с.
27. Бородычев В.В. Инфологическая модель организации и хранения данных автоматизированной информационной системы мониторинга и управления

- орошением / В.В. Бородычев, М.Н. Лытов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2018. – № 1. – С. 30-32.
- 28.Бородычев В.В. Обоснование параметров системы капельного орошения и удобрений сахарной кукурузы / В.В. Бородычев, М.Н. Лытов, В.В. Брижак // Плодородие. – 2008. – № 2(41). – С. 28-29.
- 29.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: Наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – № 1(29). – С. 14-20.
- 30.Бородычев В.В. Система комбинированного орошения / В.В. Бородычев, М.Ю. Храбров, В.К. Губин, Н.Г. Колесова, Т.С. Акимова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 1(41). – С. 201-210.
- 31.Бочарникова О.В. Мелиоративное обоснование комплекса технологий и технических средств орошения сладкого перца: специальность 06.01.02 "Мелиорация, рекультивация и охрана земель": диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Бочарникова Олеся Владимировна, 2020. – 387 с.
- 32.Бунцевич Л.Л. Проблемы и пути развития питомниководства плодовых культур в Краснодарском крае / Л.Л. Бунцевич, А.Т. Киян, Е.Л. Тыщенко, Н.Н. Сергеева, М.А. Костюк // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 93. – С. 1021-1046.
- 33.Бурмистрова А.Ю. Регулирование водного режима почвы при капельном орошении плодовых питомников в Нечерноземной зоне: специальность 03.02.13 "Почвоведение", 06.01.02 "Мелиорация, рекультивация и охрана земель": диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Бурмистрова Анна Юрьевна. – Москва, 2013. – 229 с.

34. Вадюнина А.Ф. Методы исследования физических свойств почв: учеб. и учеб. пособия для высш. учеб. заведений / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
35. Вдовин Н.И. Расчет дефицита увлажнения почвы при капельном орошении // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1979. – № 12. – С. 142–148.
36. Велибекова Л.А. Новые тенденции в развитии промышленного садоводства Дагестана / Л.А. Велибекова // Экономика сельского хозяйства России. – 2020. – № 2. – С. 72-78. – DOI: 10.32651/202-73.
37. Велибекова Л.А. Обеспечение населения России отечественной плодово-ягодной продукцией / Л.А. Велибекова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2023. – Вып. 4. – С. 157-171. – DOI: 10.26897/0021-342X-2023-4-157-171.
38. Винтер М.А. Производство посадочного материала плодовых культур в России: проблемы и решения / М.А. Винтер, Н.А. Щербаков // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2018. – № 52 (4). – С. 42-49.
39. Войтюк М.М. Организация сельских питомников и выращивания посадочного материала декоративных и плодово-ягодных пород в личных подсобных и крестьянско-фермерских хозяйствах / М.М. Войтюк, И.И. Дроздов, В.И. Обыденников. – Вып. 1. – М.: ФГНХ «Росинформагротех», 2009. – 76 с.
40. 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 международной научно-практической конференции, Москва, 29–30 марта 2016 года. Том I. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, 2016. – С. 172-176.
41. Волчек А.А. Эффективность капельного орошения малины ремонтантной в условиях Юго-Западной части Беларуси / А.А. Волчек, Ю.Ф. Рой, Е.А. Санелина // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2015. – № 41. – С. 118-121.

42. Габибова Е.Н. Преимущества капельного полива и его применение при возделывании малины ремонтантной / Е.Н. Габибова, Д.И. Жиренко // Развитие аграрной науки и практики: состояние, проблемы и перспективы: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 115-летию агрономического факультета Донского ГАУ, п. Персиановский, 26 мая 2022 года. – Персиановский: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Донской государственный аграрный университет", 2022. – С. 12-15.
43. Галеева Э.М. Анализ изменения значений гидротермического коэффициента Г.Т. Селянинова в пределах Башкирского Зауралья / Э.М. Галеева, В.В. Баринов, Е.Н. Сайфуллина // Астраханский вестник экологического образования. – 2023. – № 2(74). – С. 71-77. – DOI: 10.36698/2304-5957-2023-2-71-77.
44. Галиуллина Е.Ю. Капельное орошение яблоневого сада в условиях сухостепной зоны Волгоградской области: диссертация ... кандидата технических наук: 06.01.02 / Галиуллина Екатерина Юрьевна; [Место защиты: Саратов. гос. аграр. ун-т им. Н.И. Вавилова]. – Волгоград, 2015. – 151 с.
45. Ганжара Н.Ф. Практикум по почвоведению: Учеб. пособие для студентов вузов по агр. спец. / Н.Ф. Ганжара, Б.А. Борисов, Р.Ф. Байбеков. – М.: Агроконсалт, 2002. – 279 с.
46. Гегечкори Б.С. Влияние различных приемов капельного орошения на продуктивность деревьев яблони и качество плодов / Б.С. Гегечкори, Л.Г. Рязанова, Ш. Вафа, М.К. Хиаманд // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. – 2019. – Т. 22. – С. 38-40.
47. Гемонов А.В. Биометрические показатели саженцев сливы в плодовом питомнике при капельном орошении / А.В. Гемонов // Материалы международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 160-летию В.А. Михельсона: сборник статей, Москва, 09–11 июня 2020 года. Том 1. – Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2020. – С. 245-248.

48. Гемонов А.В. Обоснование режима капельного орошения саженцев сливы в условиях Центрального Нечерноземья: специальность 06.01.02 "Мелиорация, рекультивация и охрана земель": диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Гемонов Александр Владимирович. – Москва, 2021. – 161 с.
49. Гемонов А.В. Суммарное водопотребление малины при капельном орошении в условиях Московского региона / А.В. Гемонов, А.В. Лебедев // Экология и природопользование: тенденции, модели, прогнозы, прикладные аспекты: Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 16 апреля 2023 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. – С. 61-65.
50. Гидромелиоративные системы нового поколения / Б.Б. Шумаков, С.Я. Безднина, Л.В. Кирейчева [и др.]. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 1997. – 109 с.
51. Голованов А.И. Мелиорация земель: учебник для вузов / А.И. Голованов, И.П. Айдаров, М.С. Григоров [и др.]. – СПб.: Изд-во «Лань», 2015. – 816 с.
52. Голованов А.И. Обоснование математической модели капельного увлажнения сада в условиях Подмосковья / А.И. Голованов, Д.Е. Кучер, А.В. Шуравилин // Природообустройство. – 2016. – № 1. – С. 44-51.
53. Голованов А.И. Особенности формирования водного режима почв при капельном орошении в условиях Египта / А.И. Голованов, М.М.А. Абдельазим // Природообустройство. – 2013. – № 1. – С. 29-31.
54. Горбунов Г.А. Мелиоративный комплекс: состояние и перспективы / Г.А. Горбунов, Н.Н. Дубенок // Экономика сельского хозяйства России. – 2011. – № 7. – С. 41-51.
55. Горюнов Н.С. Оценка технологических средств полива для плодовых и ягодных культур / Н.С. Горюнов, Н.И. Бездолный // Технология орошения интенсивных садов. – Мичуринск, 1981. – №33. – С. 98-102.
56. Григоров М.С. Основы внутрипочвенного орошения. – М.: МСХА, 1993. – 107 с.

57. Григоров М.С. Продуктивность использования влаги баклажанами при поливе дождеванием на светло-каштановых почвах Волгоградской области / М.С. Григоров, А.Д. Ахмедов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2010. – № 4(20). – С. 3-10.
58. Дериглазова Г.М. Динамика погодных условий Курской области за последние 50 лет / Г.М. Дериглазова, Н.Н. Боева // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 7. – С. 15-21.
59. Добренко И.Е. Современная отрасль садоводства России: анализ положения и перспективности / И.Е. Добренко // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2022. – № 4(41). – С. 12-23. – DOI: 10.35523/2307-5872-2022-41-4-12-23.
60. Дорохов А.С. Агроклиматическая характеристика регионов нечерноземной зоны Российской Федерации и оценка пригодности для возделывания современных раннеспелых сортов сои / А.С. Дорохов, М.Е. Бельшкіна // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 3(55). – С. 34-39. – DOI: 10.18286/1816-4501-2021-3-34-39.
61. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
62. Дубенок Н.Н. Биоклиматические коэффициенты саженцев плодовых и ягодных культур при капельном орошении в условиях Центрального Нечерноземья / Н.Н. Дубенок, А.В. Гемонов, А.В. Лебедев // Овощи России. – 2024. – № 3. – С. 5-10. – DOI: 10.18619/2072-9146-2024-3-5-10.
63. Дубенок Н.Н. Водопотребление малины при капельном орошении в условиях Центрального Нечерноземья / Н.Н. Дубенок, А.В. Гемонов, А.В. Лебедев // Природообустройство. – 2023^a. – № 2. – С. 6-14. – DOI: 10.26897/1997-6011-2023-2-6-14.
64. Дубенок Н.Н. Зависимость силы роста саженцев груши от режима увлажнения при капельном орошении / Н.Н. Дубенок, Е.В. Еремін // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2013^a. – № 4. – С. 35-38.

65. Дубенок Н.Н. Комбинированная гидромелиоративная система для орошения садовых насаждений / Н.Н. Дубенок, А.В. Майер // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 1(49). – С. 43-51. – DOI: 10.32786/2071-9485-2018-01-43-51.
66. Дубенок Н.Н. Малоинтенсивное дождевание картофеля в условиях юга России / Н.Н. Дубенок, В.В. Бородычев, Р.А. Чечко; под общей редакцией Н.Н. Дубенка; Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Проспект", 2017. – 176 с.
67. Дубенок Н.Н. Мелиорация земель – основа успешного развития агропромышленного комплекса / Н.Н. Дубенок // Мелиорация и водное хозяйство. – 2013. – № 3. – С. 7-9.
68. Дубенок Н.Н. Многолетние исследования гидротермического режима агроценозов и системы комбинированного орошения для его регулирования / Н.Н. Дубенок, А.В. Майер // Российская сельскохозяйственная наука. – 2022. – № 2. – С. 3-7. – DOI: 10.31857/S2500262722020016.
69. Дубенок Н.Н. Особенности водопотребления саженцев яблони при капельном орошении в зависимости от режимов увлажнения почвы / Н.Н. Дубенок, К.Б. Шумакова, А.Ю. Бурмистрова // Мелиорация и водное хозяйство. – 2013. – № 5. – С. 10-13.
70. Дубенок Н.Н. Особенности роста саженцев груши при капельном орошении в Центральном Нечерноземье / Н.Н. Дубенок, Е.В. Еремин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2013^б. – № 1. – С. 10-12.
71. Дубенок Н.Н. Особенности формирования саженцев малины при капельном орошении Центрального Нечерноземья / Н.Н. Дубенок, А.В. Гемонов, А.В. Лебедев, К.Ю. Ильченко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2023^б. – № 1. – С. 12-18. – DOI: 10.32962/0235-2524-2023-1-12-18.
72. Дубенок Н.Н. Параметры контуров увлажнения при капельном орошении саженцев сливы в плодовом питомнике / Н.Н. Дубенок, А.В. Гемонов //

- Мелиорация как драйвер модернизации АПК в условиях изменения климата: Материалы Международной научно-практической интернет-конференции, Новочеркасск, 13–20 июля 2020 года. – Новочеркасск: ООО "Лик", 2020^а. – С. 21-25.
73. Дубенок Н.Н. Потенциальная продуктивность лесов Московского региона в связи с климатическими изменениями / Н.Н. Дубенок, А.В. Лебедев, В.М. Градусов // Природообустройство. – 2023^г. – № 5. – С. 118-124. – DOI: 10.26897/1997601120235-118-124.
74. Дубенок Н.Н. Применение передвижных оросительных систем в условиях изменения климатических условий в Нечерноземной зоне / Н.Н. Дубенок, М.В. Климахина, Р.В. Калиниченко, А.В. Гемонов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2023^д. – № 5. – С. 38-42.
75. Дубенок Н.Н. Приоритеты научного обеспечения развития мелиорации / Н.Н. Дубенок // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 1. – С. 96-104.
76. Дубенок Н.Н. Система автоматического полива растений для приусадебного хозяйства / Н.Н. Дубенок, А.В. Евграфов, С.И. Харитонов, М.В. Климахина, А.В. Мялов. – Патент РФ на полезную модель № 78033. – № 2008126063/22: заявл. 27.06.2008; опубл. 20.11.2008. БИПМ № 32.
77. Дубенок Н.Н. Технология возделывания саженцев сливы в плодовом питомнике при капельном орошении в условиях Нечерноземной зоны России: монография / Н.Н. Дубенок, А.В. Гемонов, А.В. Лебедев. – Москва: Проспект, 2023^в. – 136 с.
78. Дубенок Н.Н. Урожайность и качество лука при капельном орошении в ранней культуре / Н.Н. Дубенок, М.П. Богданенко, В.В. Выборнов // Картофель и овощи. – 2011. – № 5. – С. 12.
79. Дубенок Н.Н. Формирование саженцев сливы при капельном орошении в питомнике в условиях Нечерноземной зоны России / Н.Н. Дубенок, А.В. Гемонов // Современные проблемы развития мелиорации и пути их решения (Костяковские чтения): Материалы международной научно-практической конференции, Москва, 25–26 марта 2020 года. Том II. – Москва:

- Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2020^б. – С. 45-48. – DOI: 10.37738/VNIIGiM.2020.48.90.009.
80. Дубовицкий А.А. Анализ современного состояния отрасли садоводства в России и перспективы развития на основе реализации рыночного потенциала / А.А. Дубовицкий, Э.А. Климентова, Л.В. Григорьева // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 15, № 4(75). – С. 124-138. – DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_4_124.
81. Егоров Е.А. Актуальные вопросы развития промышленного садоводства как основы экономического развития территориальных образований / Е.А. Егоров, Ж.А. Шадрина, Г.А. Кочьян // Селекция и сорторазведение садовых культур. – 2017. – Т. 4, № 1-2. – С. 38-40.
82. Егоров Е.А. Роль селекционно-питомниководческих центров в инновационном развитии отрасли садоводства / Е.А. Егоров, Ж.А. Шадрина, Г.А. Кочьян, И.М. Куликов, А.А. Борисова // Садоводство и виноградарство. – 2020. – № 4. – С. 49-57. – DOI: 10.31676/0235-2591-2020-4-49-57.
83. Егоров Ю.В. Способ автоматического управления капельным поливом в теплице и устройство для его осуществления / Ю.В. Егоров, С.С. Литвинов, В.И. Галицкий, Р.Д. Нурметов. – Патент № 2216930 Российская Федерация МПК А 01 С 25/16 (2000.01), А 01 С 9/00 (2000.01), А 01 С 9/02 (2000.01). – заявл. 26.12.2001; опубл. 27.11.2003. Бюл. № 33.
84. Епифанов В.В. Основные направления повышения эффективности развития садоводства // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2010. – № 2. – С. 171-173.
85. Еремин Е.В. Обоснование режима капельного орошения саженцев груши в условиях Московской области: специальность 06.01.02 "Мелиорация, рекультивация и охрана земель": диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Еремин Евгений Владимирович, 2015. – 220 с.

- 86.Еремина О.В. Строение корневой системы сорто-подвойных комбинаций черешни в условиях орошаемого сада / О.В. Еремина, Г.Н. Жуков, В.М. Кареник // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 76. – С. 838-850.
- 87.Ефремов И.А. Тенденции развития отрасли садоводства в России / И.А. Ефремов, Е.В. Иванова // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2020. – Т. 13, № 4(67). – С. 276-286. – DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.4.276.
- 88.Журавлева Е.В. О научном обеспечении развития питомниководства России / Е.В. Журавлева // Садоводство и виноградарство. – 2018. – № 2. – С. 5-7. – DOI: 10.25556/VSTISP.2018.2.12254.
- 89.Желязко В.И. Способы повышения качества дождевания при поливе машиной Bauer "Rainstar-61" / В.И. Желязко, В.М. Лукашевич // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 3. – С. 25-27.
- 90.Иволгин В.С. Оптимизация по критериям ресурсосбережения производственных процессов в плодово-ягодных питомниках: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01 / Иволгин Виктор Семенович. – М., 2002. – 19 с.
- 91.Ионова Е.В. Засуха и гидротермический коэффициент увлажнения как один из критериев оценки степени ее интенсивности (обзор литературы) / Е.В. Ионова, В.А. Лиховидова, И.А. Лобунская // Зерновое хозяйство России. – 2019. – № 6(66). – С. 18-22. – DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-18-22.
- 92.Исмагилова Х.Р. Технология мелкодисперсного (аэрозольного) орошения в условиях Апшерона Азербайджана / Х.Р. Исмагилова // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 3. – С. 5-13.
- 93.Ищенко Н.В. Вызовы и угрозы развития садоводства России / Н.В. Ищенко // Экономический обзор. – 2020. – № 9-10(9). – С. 3-6.
- 94.Казиев М.Р.А. Проблемы развития промышленного питомниководства Республики Дагестан / М.Р.А. Казиев, Л.А. Велибекова, С.Б. Батталов // Проблемы развития АПК региона. – 2021. – № 1(45). – С. 54-59. – DOI: 10.52671/20790996_2021_1_54.

95. Карпова О.В. Потери воды на испарение и унос ветром при поливе ДМ "Фрегат" с устройствами приповерхностного дождевания / О.В. Карпова, М.А. Ломакин // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 6. – С. 87-92. – DOI: 10.28983/asj.y2019i6pp87-92.
96. Карпушина М.В. Применение современных цифровых технологий в садоводстве / М.В. Карпушина, Д.Э. Руссо // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2019. – № 57(3). – С. 95-108. – DOI: 10.30679/2219-5335-2019-3-57-95-108.
97. Касторнов Н.П. Современное состояние и тенденции развития садоводства / Н.П. Касторнов, Д. Цюй // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2019. – № 1. – С. 136-138.
98. Касымбеков Р.А. Насосно-фильтрационная установка для технологии капельного орошения / Р.А. Касымбеков, Б.Ш. Айтуганов, С.Ж. Акматова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 8(202). – С. 97-102. – DOI: 10.53083/1996-4277-2021-202-08-97-102.
99. Кауречев И.С. Почвоведение / И.С. Кауречев. – М.: Колос, 1975. – 496 с.
100. Кауричев И.С. Агрономическая характеристика почв: Учеб. пособие / И.С. Кауричев. – М.: ТСХА, 1989. – 83 с.
101. Качинский Н.А. Физика почвы. Ч. 2. Водно-физические свойства и режимы почв / Н.А. Качинский. – М.: «Высшая школа», 1970. – 360 с.
102. Кирейчева Л.В. Влияние капельного орошения на рост и развитие саженцев яблонь на карликовых подвоях в условиях Жамбылской области / Л.В. Кирейчева, П.Н. Есенгельдиева, К.К. Мусабеков // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – № 2-2(56). – С. 70-72. – DOI: 10.23670/IRJ.2017.56.031.
103. Кирейчева Л.В. Формирование эволюционирующего мелиоративного режима на орошаемых землях / Л.В. Кирейчева, В.М. Яшин // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – № 6-1(96). – С. 140-144. – DOI: 10.23670/IRJ.2020.96.6.025.

104. Кириченко А.В. Эффективность возделывания яблони в садах промышленного типа / А.В. Кириченко, И.В. Макаров, Ж.В. Рощина // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2014. – № 1(13). – С. 180-188.
105. Коваленко Н.Я. Производство и эффективность плодово-ягодной продукции в регионе / Н.Я. Коваленко, Г.З. Ибиев // Экономика сельского хозяйства России. – 2019. – № 3. – С. 67-70. – DOI: 10.32651/193-67.
106. Колесников В.А. Корневая система плодовых и ягодных растений и методы ее изучения / В.А. Колесников, д-р с.-х. наук проф. – Москва: Сельхозиздат, 1962. – 191 с.
107. Колесников В.А. Методы изучения корневой систем древесных растений / В.А. Колесников. – М.: Лесная промышленность, 1972. – 152 с.
108. Комиссаров В.А. Методика постановки опытов с плодово-ягодными и цветочно-декоративными растениями / В.А. Комиссаров. – под ред. д.с.-х.н. В.А. Комиссарова. – М.: Просвещение, 1982. – 220 с.
109. Кондратьева О.В. Меры и инструменты поддержки развития питомниководства и садоводства / О.В. Кондратьева, А.Д. Федоров, О.В. Слинько, В.А. Войтюк // Техника и оборудование для села. – 2019. – № 9(267). – С. 41-47. – DOI: 10.33267/2072-9642-2019-9-41-47.
110. Кондратьева О.В. Развитие питомниководства – необходимое звено в производстве плодов и ягод / О.В. Кондратьева, А.Д. Федоров // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК Материалы XII Международной научно-практической интернет-конференции, п. Правдинский Московской области, 08–10 июня 2020 года. – п. Правдинский Московской области: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2020. – С. 63-66.
111. Константинов А.Р. Метод расчета испарения с сельскохозяйственных земель / А.Р. Константинов, Н.И. Астахова, А.А. Левенко. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 126 с.

112. Копылов В.И. Экономика, риски и перспективы развития отрасли плодовоговодства в Крыму / В.И. Копылов // Система садоводства Республики Крым / ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Академия биоресурсов и природопользования. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2016. – С. 55-75.
113. Костяков А.Н. Избранные труды / А.Н. Костяков. – М.: Сельхозгиз, 1961. – Т. 1, 2. – 743 с.
114. Костяков А.Н. Основы мелиорации / А.Н. Костяков. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 621 с.
115. Кравцов С.А. Роль государства в развитии садоводства России / С.А. Кравцов // Садоводство и виноградарство. – 2010. – № 5. – С. 14-19.
116. Красько М.А. Влияние способов капельного орошения на рост и продуктивность яблони в условиях зоны недостаточного увлажнения Ставропольского края / М.А. Красько // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2014. – № 30(6). – С. 95-105.
117. Кременской В.И. Развитие корневой системы яблони при внутрпочвенном и капельном орошении / В.И. Кременской, Н.М. Иванютин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 4(44). – С. 118-126.
118. Кружилин И.П. Особенности водопотребления саженцев черешни при капельном орошении с не смыкающимися контурами увлажнения / И.П. Кружилин, О.А. Никольская // Оптимизация сельскохозяйственного землепользования и усиление экспортного потенциала АПК РФ на основе конвергентных технологий: материалы Международной научно-практической конференции, проведенной в рамках Международного научно-практического форума, посвященного 75-летию Победы в Великой отечественной войне 1941-1945 гг., Волгоград, 29–31 января 2020 года. Том 3. – Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2020. – С. 7-15.

119. Кружилин И.П. Преимущества сочетания капельного орошения с ростостимулирующими подкормками при выращивании однолетних саженцев черешни / И.П. Кружилин, О.А. Никольская // Российская сельскохозяйственная наука. – 2022. – № 3. – С. 8-13. – DOI: 10.31857/S2500262722030024.
120. Кружилин И.П. Режим капельного орошения саженцев черешни на светлокаштановых почвах правобережья Волги / И.П. Кружилин, О.А. Никольская // Развитие АПК на основе принципов рационального природопользования и применения конвергентных технологий: Материалы Международной научно-практической конференции, проведенной в рамках Международного научно-практического форума, посвященного 75-летию образования Волгоградского государственного аграрного университета, Волгоград, 30 января – 01 2019 года. Том 3. – Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2019. – С. 42-47.
121. Кружилин И.П. Эффективность минеральных подкормок вегетирующих орошаемых саженцев черешни / И.П. Кружилин, О.А. Никольская // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2021. – № 2(62). – С. 14-22. – DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-01.
122. Кузичева Н.Ю. Развитие садоводства – шаг к повышению устойчивости сельских территорий / Н. Ю. Кузичева // Никоновские чтения. – 2019. – № 24. – С. 138-140.
123. Кузичева Н.Ю. Стратегические проблемы развития садоводства России / Н.Ю. Кузичева // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2023. – № 1(72). – С. 142-146.
124. Кузнецова А.П. Приоритетные направления развития современного питомниководства в связи с решением проблем импортозамещения / А.П. Кузнецова, Е.Л. Тыщенко // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2016. – № 41(5). – С. 74-86.
125. Кузнецов Ю.В. Особенности режима орошения вишни при капельном поливе на светлокаштановых почвах / Ю.В. Кузнецов, Н.В. Назарова // Научные основы

- природообустройства России: проблемы, современное состояние, шаги в будущее: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 55-летию эколого-мелиоративного факультета, Волгоград, 08 ноября 2019 года. – Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2020. – С. 63-69.
126. Куликов И.М. Актуальные проблемы питомниководства России / И.М. Куликов, А.А. Борисова, Т.А. Тумаева // Садоводство и виноградарство. – 2018. – № 2. – С. 33-38. – DOI: 10.25556/VSTISP.2018.2.12304.
127. 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.
128. Куликов И.М. Развитие садоводства в России: тенденции, проблемы, перспективы / И.М. Куликов, И.А. Минаков // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2017. – № 1 (56). – С. 9-15.
129. Куликов И.М. Создание селекционно-питомниководческих центров - главный этап в инновационном развитии садоводства и виноградо-винодельческой отрасли России / И.М. Куликов, А.А. Борисова // Русский виноград. – 2016. – Т. 4. – С. 67-73.
130. Куликов И.М. Стратегическое планирование пространственного развития садоводства в России / И.М. Куликов, И.А. Минаков, М.В. Азжеурова // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2019. – № 12(57). – С. 160-168. – DOI: 10.33938/1912-160.
131. Куприянов А.А. О влиянии почвенных и технологических условий на параметры зон увлажнения почвы, формируемых при капельном поливе древесно-плодовых культур / А.А. Куприянов, Я.Е. Удовидченко // Мелиорация и гидротехника. – 2021. – Т. 11, № 3. – С. 36-53. – DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-36-53.
132. Курапина Н.В. Влияние капельного орошения и удобрений на приживаемость и биометрические показатели саженцев черешни /

- Н.В. Курапина, О.А. Никольская // Плодоводство и ягодоводство России. – 2018. – Т. 55. – С. 226-230. – DOI: 10.31676/2073-4948-2018-55-226-230.
133. Кучер Д.Е. Технология капельного орошения яблоневого сада интенсивного типа на основе моделирования режимов увлажнения: диссертация ... кандидата технических наук: 06.01.02 / Кучер Дмитрий Евгеньевич; [Место защиты: Всерос. науч.-исслед. ин-т гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова]. – Москва, 2015. – 216 с.
134. Лаврищев А.В. Методические указания по выполнению физико-химического анализа почв: для студентов направления "Агрохимия и агропочвоведение" / А.В. Лаврищев, М.В. Шабанов, А.В. Литвинович. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2012. – 37 с.
135. Латков Н.Ю. Анализ и перспективы развития ягодного растениеводства в РФ / Н.Ю. Латков, А.В. Видякин, А.Б. Коржук, Е.В. Латкова // International Agricultural Journal. – 2020. – Т. 63, № 6. – С. 6. – DOI: 10.24411/2588-0209-2020-10231.
136. Литвинович А.В. Потери Ca, Mg, K, Na, Fe и F из орошаемой лугово-сероземной почвы в результате миграции. Эмпирические модели процесса элювиирования (по данным лабораторного опыта) / А.В. Литвинович, О.Ю. Павлова, А.В. Лаврищев, В.М. Буре // Агрохимия. – 2020. – № 1. – С. 58-69. – DOI: 10.31857/S0002188120010056.
137. Локощенко М.А. Климат Москвы и его современные изменения / М.А. Локощенко // Фундаментальные и прикладные исследования в гидрометеорологии: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры общего земледелия и гидрометеорологии Белорусского государственного университета, Минск, 11–13 октября 2023 года. – Минск: Белорусский государственный университет, 2023. – С. 73-79.
138. Льгов Г.К. Орошаемое земледелие / Г.К. Льгов. – М.: Колос, 1979. – 191 с.
139. Майер А.В. Разработка мелиоративной системы для малообъемных способов орошения при возделывании овощных и садовых культур / А.В. Майер,

- Р.И. Пенькова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 2(70). – С. 201-209. – DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-23.
140. Майер А.В. Разработка технических средств и метод определения интервала времени между увлажнениями в системе комбинированного орошения / А.В. Майер, В.С. Бочарников, Е.А. Долгополова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – № 1(25). – С. 150-155.
141. Майер А.В. Способ определения интервала времени между увлажнительными поливами при мелкодисперсном дождевании и вопрос автоматизации / А.В. Майер, Е.М. Жаринов, Е.В. Азаров // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – № 1(29). – С. 195-199.
142. Макартичян С.В. Информационный обмен в автоматизированной системе капельного орошения / С.В. Макартичян, А.Н. Филиппов, С.В. Ляпичев // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2018. – № 13(223). – С. 54-59.
143. Максимов Н.А. Водный режим и засухоустойчивость растений / Н.А. Максимов // Избранные труды по засухоустойчивости и зимостойкости растений. – М., 1952. – Т. 1. – 576 с.
144. Максимов С.А. Обоснование мелиорации и рекультивации земель на основе представлений о формировании барьерных свойств природных объектов: специальность 06.01.02 "Мелиорация, рекультивация и охрана земель": автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Максимов Сергей Алексеевич. – Москва, 2020. – 47 с.
145. Мамонтов В.Г. Общее почвоведение / В.Г. Мамонтов, Н.П. Панов, И.С. Кауричев, Н.Н. Игнатьев. – М.: КолосС, 2006. – 456 с.
146. Марков Ю.А. Программа и методика исследований по орошению плодовых и ягодных культур: методические рекомендации / Ю.А. Марков. – Мичуринск: ВНИИС, 1985. – 118 с.

147. Меделяева З.П. Развитие садоводства в условиях господдержки и его учетно-информационное обеспечение / З.П. Меделяева, В.Г. Ширококов // Теория и практика инновационных технологий в АПК: материалы национальной научно-практической конференции, Воронеж, 18–29 марта 2021 года. Часть III. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2021. – С. 113-120.
148. Мелиорация и водное хозяйство. Орошение: Справочник / под. ред. Б.Б. Шумакова. – М.: Агропромиздат, 1990. – 415 с.
149. Мелихова Е.В. Техника комбинированного орошения овощных культур / Е.В. Мелихова // Овощи России. – 2019. – № 2(46). – С. 84-87. – DOI: 10.18619/2072-9146-2019-2-84-87.
150. Мережко И.М. Качество посадочного материала и продуктивность плодовых насаждений / И.М. Мережко. – Киев: «Урожай», 1991. – 152 с.
151. Минаков И.А. Концепция развития садоводства в России / И. А. Минаков // Приоритетные направления развития садоводства (I Потаповские чтения): Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной 85-й годовщине со дня рождения профессора, доктора сельскохозяйственных наук, лауреата Государственной премии Потапова Виктора Александровича, Мичуринск, 11–13 декабря 2019 года / отв. ред. Григорьева Л.В. – Мичуринск: Мичуринский ГАУ, 2019. – С. 302-306.
152. Минаков И.А. Стратегия пространственного развития садоводства России / И.А. Минаков, М.В. Азжеурова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2019. – № 4(59). – С. 135-140.
153. Мирошниченко Ф.А. Значение выращивания оздоровленных подвоев в развитии отрасли питомниководства / Ф.А. Мирошниченко // В мире научных открытий: Материалы II Международной студенческой научной конференции, 23–24 мая 2018 года. Том I. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2018. – С. 115-117.

154. Можяев Е.Е. Инновационные стратегии развития регионального садоводства / Е.Е. Можяев, К.Г. Ясулов // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2009. – № 6(11). – С. 162.
155. Найденов А.А. Применение цифровых технологий в современном садоводстве / А.А. Найденов, А.Ю. Астапов // Наука и Образование. – 2021. – Т. 4, № 1. – С. 95-108.
156. Наумов В.Д. Структура почвенного покрова территории "Мичуринский сад" РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева / В.Д. Наумов, А.А. Гладков, Н.В. Минаев // Доклады ТСХА: Сборник статей, Москва, 02–04 декабря 2020 года. Том Выпуск 293, Часть IV. – Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2021. – С. 221-224.
157. Нелюбова Т.М. Влияние подкормки препаратами на качество двулетних саженцев облепихи и жимолости на участках с капельным орошением / Т.М. Нелюбова, А.А. Канарский, Е.С. Троско // Научные исследования для АПК в Сибири и Казахстане: сборник статей / Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий. – Барнаул: Новый формат, 2018. – С. 77-83.
158. Неуймин Д.С. Современное состояние рынка плодово-ягодной продукции / Д.С. Неуймин // Наука и Образование. – 2020. – Т. 3, № 3. – С. 100.
159. Никитин И.С. Водобалансовые методы расчета в мелиорации / И.С. Никитин. – М.: ЦНБТИ Минводхоза СССР, 1984. – 84 с.
160. Никольская О.А. Влияние орошения на выход саженцев первого сорта / О.А. Никольская, Е.Н. Киктева // Научно-агрономический журнал. – 2022. – № 1(116). – С. 11-14. – DOI: 10.34736/FNC.2022.116.1.002.
161. Никольская О.А. Особенности формирования корневой системы саженцев черешни при капельном орошении / О.А. Никольская, И.П. Кружилин, А.В. Солонкин // Лесная мелиорация и эколого-гидрологические проблемы Донского водосборного бассейна: материалы Национальной научной конференции, Волгоград, 29–30 октября 2020 года. – Волгоград: Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, 2020. – С. 271-275.

162. Новиков А.Е. Гидравлический расчет лент системы капельного орошения / А.Е. Новиков, М.И. Ламскова, В.А. Моторин, В.В. Некрасова // Природообустройство. – 2014. – № 2. – С. 29-33.
163. Новиков А.Е. Исследование потерь напора и равномерности расхода жидкостей в капельных трубопроводах / А.Е. Новиков, М.И. Ламскова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 2(34). – С. 203-209.
164. Овчинников А.С. Анализ эффективности работы фильтрующих загрузок при обезжелезивании воды из подземных водоисточников для систем капельного орошения / А.С. Овчинников, В.С. Бочарников, О.В. Бочарникова, Е.В. Пустовалов, М.А. Денисова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2021. – № 2(62). – С. 330-338. – DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-34.
165. Овчинников А.С. Влияние режимов капельного орошения на продуктивность интенсивного яблоневого сада на шпалерной опоре / А.С. Овчинников, Н.В. Рябичева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 2(38). – С. 40-46.
166. Овчинников А.С. Капельное орошение яблоневого сада интенсивного типа на дерново-подзолистых почвах Московской области / А.С. Овчинников, В.В. Бородычев, Д.Е. Кучер, А.В. Шуравилин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 2(42). – С. 211-220.
167. Овчинников А.С. Конструктивные особенности систем капельного и внутрипочвенного орошения / А.С. Овчинников, М.П. Мещеряков, В.С. Бочарников // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2007. – № 1(5). – С. 54-56.
168. Овчинников А.С. Новые технические решения повышения эффективности ресурсосберегающих способов полива / А.С. Овчинников, В.С. Бочарников //

- Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – № 1(25). – С. 119-124.
169. Овинников А.С. Перспективы развития виноградарства и виноделия в Нижневолжском регионе / А.С. Овчинников, В.В. Бородычев, М.Ю. Храбров, В.М. Гуренко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 1(37). – С. 6-13.
170. Овчинников А.С. Повышение эффективности комбинированных способов орошения / А.С. Овчинников, М.Ю. Храбров, Н.Г. Колесова, С.В. Бородычев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 1(53). – С. 231-241. – DOI: 10.32786/2071-9485-2019-01-31.
171. Овчинников А.С. Режим орошения и водопотребление земляники / А.С. Овчинников, А.В. Шуравилин, В.В. Бородычев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2011. – № 4(24). – С. 7-13.
172. Ожерельев В.Н. Результаты испытания системы капельного полива малины на склоне / В.Н. Ожерельев, В.А. Тарасенко // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2018. – № 1(17). – С. 82-88.
173. Ольгаренко Г.В. Техника экологически безопасного микроорошения многолетних насаждений / Г.В. Ольгаренко, Н.А. Мищенко // Природообустройство. – 2014. – № 1. – С. 13.
174. Ольгаренко Г.В. Технические средства для орошения плодово-ягодных насаждений / Г.В. Ольгаренко // Вестник Коломенского государственного педагогического института. – 2009. – № 1 (7). – С. 131-134.
175. Осипов Г.Е. Фенологические фазы вегетации сливы, терносливы и алычи в условиях Татарстана / Г.Е. Осипов, З.А. Осипова // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. – 2011. – Т. 153, № 1. – С. 180-189.
176. Патрушев В.Ю. Теплофизическое состояние дерново-подзолистых почв при возделывании земляники в условиях капельного орошения / В.Ю. Патрушев,

- С.В. Макарычев, А.В. Бойко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 5(199). – С. 43-49.
177. Пахомова О.И. Автоматизированная система орошения сельскохозяйственных культур посредством капельного полива / О.И. Пахомова, А.А. Жалилова // Modern Science. – 2020. – № 5-3. – С. 583-588.
178. Пигорев И.Я. Решение проблемы интенсификации садоводства / И.Я. Пигорев, Н.В. Долгополова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 5. – С. 52-55.
179. Плешаков В.Н. Методика полевого опыта в условиях орошения / В.Н. Плешаков. – Волгоград: ВНИИОЗ, 1983. – 148 с.
180. Помякшева Л.В. Влияние способов удобрения на питательный режим земляники садовой (*Fragaria x ananassa* Duch.) при выращивании с капельным поливом на дерново-подзолистых почвах: диссертация ... кандидата сельскохозяйственных наук: 06.01.01 / Помякшева Любовь Владимировна; [Место защиты: ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства»]. – Москва, 2022. – 205 с.
181. 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.
182. Попова В.П. Оценка влияния капельного орошения минерализованными водами на изменение свойств чернозема обыкновенного и состояние насаждений яблони / В.П. Попова, Т.Г. Фоменко, А.А. Макарова // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2021. – № 67(1). – С. 226-241. – DOI: 10.30679/2219-5335-2021-1-67-226-241.
183. Потапов В.А. Плодоводство / В.А. Потапов, В.В. Фаустов, Ф.Н. Пильщиков; под общ. ред. В.А. Потапов. – М.: Колос, 2000. – 432 с.
184. Попова В.П. Эффективность капельного орошения с применением минеральных удобрений в насаждениях яблони / В.П. Попова, Т.Г. Фоменко // Садоводство и виноградарство. – 2009. – № 2. – С. 2-5.

185. Протасова Л.Г. Состояние производства и качества плодоовощной продукции / Л.Г. Протасова, В.И. Набоков // Аграрный вестник Урала. – 2022. – № S13. – С. 70-79. – DOI: 10.32417/1997-4868-2022-228-13-70-79.
186. Пугачев Г.Н. Влияние капельного орошения на изменение агрофизических и агрохимических свойств почвы интенсивного сада / Г.Н. Пугачев, А.И. Кузин // Земледелие. – 2019. – № 6. – С. 5-8. – DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10601.
187. Пчелкин В.В. Обоснование мелиоративного режима осушаемых пойменных земель (на примере Московской области): специальность 06.01.02 "Мелиорация, рекультивация и охрана земель": автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Пчелкин Виктор Владимирович. – Москва, 2003. – 50 с.
188. Родин К.А. Продуктивность разных по спелости сортов риса при поливе дождеванием / К.А. Родин, А.Б. Невежина, В.Б. Нарушев // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 10. – С. 56-58. – DOI: 10.28983/asj.y2020i10pp56-58.
189. Рожков В.А. Физические и водно-физические свойства почв: Учеб.-метод. пособие для студентов спец. 260400 и 260500 / В.А. Рожков, А.Г. Бондарев, И.В. Кузнецова, Х.Р. Рахматуллоев. – М.: Моск. гос. ун-т леса, 2002. – 73 с.
190. Рожнов С.И. Разработка технологии капельного орошения саженцев яблони в условиях Нижнего Поволжья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.02 / Всерос. НИИ гидротехники и мелиорации им. А.Н.Костякова. – М., 2004. – 23 с.
191. Рыбалко О.Б. Режим орошения плодоносящего сада яблони в условиях Волго-Ахтубинской поймы: диссертация ... кандидата сельскохозяйственных наук: 06.01.02. – Волгоград, 1999. – 164 с.
192. Рыжова М.А. Качественные показатели саженцев жимолости после доращивания на участке с капельным орошением / М.А. Рыжова, Т.М. Нелюбова, А.А. Канарский, Е.И. Пантелеева, И.А. Косачев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 6(200). – С. 29-33.
193. Рыкова И.Н. Проблемы и перспективы развития садоводства и виноградарства в России / И.Н. Рыкова, С.С. Аксенов, Р.С. Губанов // Вестник

Института дружбы народов Кавказа (Теория экономики и управления народным хозяйством). Экономические науки. – 2019. – № 4(52). – С. 56-66.

194. Рылов Г.П. Груша в Белорусии / Г.П. Рылов. – Минск: Урожай, 1991. – 238 с.
195. Рябцева Т.В. Рост и начало плодоношения интенсивного сада яблони, заложеного двухлетними саженцами различного типа кронирования в питомнике / Т.В. Рябцева, С.А. Гаджиев // Плодоводство; Самохваловичи. – 2005. – Т. 17. Ч. 1. – С. 129-133.
196. Савченко И.В. Роль садоводства и овощеводства в обеспечении продовольственной безопасности России / И.В. Савченко // Садоводство и виноградарство. – 2010. – № 3. – С. 15-17.
197. Садовски А. Экономическая эффективность использования двухлетних саженцев яблони для закладки интенсивного сада / А. Садовски, Т. Жултовжки, Р. Дзюбан // Плодоводство: науч. тр.: РУП «Ин-т плодоводства». – Самохваловичи, 2007. – Т. 19. – С. 229-237.
198. Северин В.Ф. Питомниководство: учебное пособие / В.Ф. Северин. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2008. – 239 с.
199. Семененко С.Я. Особенности построения гидравлической модели системы капельного орошения с модулем электрохимической обработки воды / С.Я. Семененко, А.Н. Чушкин, М.Н. Лытов, Е.И. Чушкина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 3(51). – С. 317-323.
200. Слинько О.В. Самообеспеченность в садоводстве и питомниководстве / О.В. Слинько, О.В. Кондратьева, А.Д. Федоров, В.А. Войтюк // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: материалы XI Международной научно-практической интернет конференции, п. Правдинский, 05–07 июня 2019 года. – п. Правдинский: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2019. – С. 124-129.

201. Слюсаренко В.В. Потери воды на испарение и снос при поливе дождеванием и способы их снижения / В.В. Слюсаренко, Н.Ф. Рыжко // Нива Поволжья. – 2009. – № 1(10). – С. 43-46.
202. Соболин Г.В. Перспективы развития принципиально новых способов полива / Г.В. Соболин, И.В. Сатункин, А.А. Прядкин, А.И. Гуляев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2006. – № 4(12). – С. 65-68.
203. Соколов О.В. Размещение и развитие садоводства в России / О.В. Соколов, Д.И. Жиляков // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 7. – С. 103-111.
204. Соколов О.В. Роль малых предприятий в развитии садоводства Тамбовской области / О.В. Соколов // Наука и Образование. – 2022. – Т. 5, № 2.
205. Соколов О.В. Современный уровень интенсификации садоводства в сельскохозяйственных предприятиях Тамбовской области / О.В. Соколов // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2012. – № 4. – С. 125-129.
206. Соловьев Д.А. Модель интеллектуальной системы управления оросительным комплексом / Д.А. Соловьев, Г.Н. Камышова, Д.А. Колганов, Н.Н. Терехова // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 2. – С. 103-108. – DOI: 10.28983/asj.y2021i2pp103-108.
207. Соломахин М.А. Организационно-экономические аспекты развития садоводства в условиях импортозамещения / М.А. Соломахин, М.В. Левина, А.Н. Греков // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2022. – № 2(69). – С. 202-205.
208. Соломахин М.А. Стратегические аспекты развития питомниководства / М.А. Соломахин, Н.В. Бордейчук, М.П. Горностаева // Наука и Образование. – 2022. – Т. 5, № 1.
209. Спиваковский Н.Д. Программно-методические указания по агротехническим опытам с плодовыми и ягодными культурами / ВНИИС им. И.В. Мичурина; под ред. Н.Д. Спиваковского. – Мичуринск: ВНИИС, 1956. – 184 с.

210. Степанов С.Н. Плодовый питомник / С.Н. Степанов. – М.: Колос, 1981. – 255 с.
211. Стольникова Н.П. Водный режим дерново-подзолистой почвы при возделывании садовой земляники в условиях капельного орошения / Н.П. Стольникова, В.Ю. Патрушев, С.В. Макарычев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 2(196). – С. 33-39.
212. Сторчоус В.Н. Орошение плодового питомника / В. Н. Сторчоус // Система садоводства Республики Крым / ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Академия биоресурсов и природопользования. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2016. – С. 184-185.
213. Стрижак С.В. Способ автоматизированного полива и устройство для его осуществления / С.В. Стрижак, В.В. Старших. – Авторское свидетельство СССР № 1271456. – кл. А 01 G 25/16. – 1986.
214. Сухарев В.И. Водопотребление молодого яблоневого сада при капельном орошении / В.И. Сухарев // Инновационная деятельность науки и образования в агропромышленном производстве. – 2019. – Ч. 1. – С. 84-89.
215. Тарасенко Н.Л. Государственный плодовый питомник «Жиличи» / Н.Л. Тарасенко. – Минск: Госиздат БССР, 1956. – 16 с.
216. Тарасов В.М. Практикум по плодоводству / В.М. Тарасов, В.В. Фаустов, Т.Д. Никиточкина и др.: под. ред. В.М. Тарасова. – 2-е изд., перераб и доп. – М, Колос, 1981. – 335 с.
217. Тащилина А.В. Идентификация модели процесса планирования режимов капельного полива для управления автоматизированными системами капельного орошения / А.В. Тащилина // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2015. – № 1(17). – С. 41-60.
218. Терпигорев А.А. Технические средства и конструкция автоматизированной стационарно-сезонной системы надкранового увлажнительного дождевания / А.А. Терпигорев, С.А. Гжибовский // Таврический вестник аграрной науки. – 2017. – № 3(11). – С. 124-131.

219. Технология орошения садов, ягодников и питомников (рекомендации). – М.: Агропромиздат, 1987. – 61 с.
220. Торбовский В.И. Режим и техника капельного орошения малины: специальность 06.01.02 "Мелиорация, рекультивация и охрана земель": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Торбовский Василий Иванович. – Новочеркасск, 1992. – 24 с.
221. Трунов Ю.В. Современные тренды развития садоводства средней полосы России / Ю.В. Трунов, А.В. Соловьев // Наука и Образование. – 2021. – Т. 4, № 3.
222. Трухачев В.И. Анализ состояния отрасли питомниководства плодово-ягодных культур на юге России и перспективы ее развития / В.И. Трухачев, А.Н. Есаулко, Т.С. Айсанов // Проблемы развития АПК региона. – 2019. – № 2(38). – С. 164-170.
223. Тютюма Н.В. Агробиологическое изучение сортов картофеля на светло-каштановых почвах Астраханской области при поливе дождеванием / Н.В. Тютюма, Н.А. Щербакова // Овощи России. – 2016. – № 1(30). – С. 44-47.
224. Тютюма Н.В. Элементы агротехнологии возделывания кабачка в условиях капельного орошения / Н.В. Тютюма, А.Н. Бондаренко, О.В. Костыренко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – № 1(45). – С. 86-90.
225. Упадышева Г.Ю. Инновационная технология возделывания вишни // Плодоводство и ягодоводство России. – 2014. – № 2 (38). – С. 191-197.
226. Урусов Р.К. Влияние капельного орошения на урожай молодых яблонь в интенсивном насаждении / Р.К. Урусов, А.Р. Расулов, М.А. Расулов // Аграрный вестник Урала. – 2013. – № 5(111). – С. 47-48.
227. Федоренко В.Ф. Анализ состояния и перспективные направления развития питомниководства и садоводства: науч. аналит. обзор / В.Ф. Федоренко, Н.П. Мишуоров, О.В. Кондратьева, А.Д. Федоров, О.В. Слинько. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 88 с.

228. Фоменко Т.Г. Формирование контуров увлажнения почвы при локальных малообъемных способах орошения плодовых насаждений / Т.Г. Фоменко, В.П. Попова // Мелиорация и водное хозяйство. – 2016. – № 4. – С. 22-27.
229. Храбров М.Ю. Ресурсосберегающие технологии и технические средства орошения: дис. ... д.т.н.: 06.01.02 / Храбров Михаил Юрьевич. – Москва, 2008. – 269 с.
230. Храбров М.Ю. Системы комбинированного орошения для садовых и пропашных культур / М.Ю. Храбров, А.В. Майер // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 2(70). – С. 110-118. – DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-12.
231. Чефонов Н.Г. Способ управления и контроля автоматизированной системой полива / Н.Г. Чефонов, В.И. Коршунов, Т.А. Чефонова. – Авторское свидетельство № 1319803 СССР МПК А 01 С 25/16, А 01 С 27/00. – 3907113/30-15; заявл. 05.06.1985; опубл. 30.06.1987. Бюл. № 24.
232. Чутчева Ю.В. Интенсификация – как вектор развития отечественного садоводства / Ю.В. Чутчева, О.Е. Сорочинская // Экономика сельского хозяйства России. – 2019. – № 6. – С. 80-83. – DOI: 10.32651/196-80.
233. Шабанов В.В. Количественные методы обоснования необходимости и эффективности управления факторами жизни растений при комплексных мелиорациях: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук: 06.01.02 – Мелиорация и орошаемое земледелие / Шабанов Виталий Владимирович. – Москва, 1992. – 63 с.
234. Шабанов В.В. Методы и результаты обработки информации для моделирования процессов влагообмена в почве / В.В. Шабанов, Э.С. Шаршеев // Природообустройство. – 2009. – № 4. – С. 27-34.
235. Шабанов В.В. Некоторые аспекты точной мелиорации / В.В. Шабанов, А.И. Голованов // Природообустройство. – 2019. – № 1. – С. 92-96.
236. Шабанов В.В. Статистические параметры распределения осадков / В.В. Шабанов, Э.С. Шаршеев // Природообустройство. – 2009. – № 3. – С. 13-23.

237. Шабанов В.В. Элементы триединой системы точное земледелие – точная мелиорация - точное водное хозяйство / В. В. Шабанов, В. Н. Маркин // Доклады ТСХА: Сборник статей. Выпуск 293, Москва, 02–04 декабря 2020 года. Часть I. – Москва: РГАУ, 2021. – С. 107-110.
238. Шарипов У.Г. Режимы капельного орошения и их эффективность / У.Г. Шарипов, Н.Д. Рашидов, С.М. Гулов // Доклады Таджикской академии сельскохозяйственных наук. – 2022. – № 3(73). – С. 48-51.
239. Шарипов Ш.И. Состояние и направления государственного стимулирования развития плодового питомниководства в России / Ш.И. Шарипов, Г.У. Яхьяев, Б.Ш. Ибрагимова // Экономический анализ: теория и практика. – 2021. – Т. 20, № 1(508). – С. 25-41. – DOI: 10.24891/ea.20.1.25.
240. Шевченко В.А. Подкормка углекислым газом через систему капельного орошения / В.А. Шевченко, В.К. Губин, Л.В. Кудрявцева // Сельский механизатор. – 2021. – № 8. – С. 33-34. – DOI: 10.47336/0131-7393-2021-8-33-34-36.
241. Шидаков Р.С. Интенсификация садоводства на основе колонновидных сортов / Р.С. Шидаков, А.С. Шидакова, А.Х. Пшеноков, Б.Х. Халилов // Проблемы развития АПК региона. – 2022. – № 2(50). – С. 144-147. – DOI: 10.52671/20790996_2022_2_144.
242. Шкура В.Н. Капельное орошение яблони / В.Н. Шкура, Д.Л. Обумахов, А.Н. Рыжаков. – Новочеркасск: ООО "Лик", 2014. – 310 с.
243. Штанько А.С. Расчет поливной нормы при капельном орошении древесно-плодовых культур в садовых насаждениях / А.С. Штанько, В.Н. Шкура // Мелиорация и гидротехника. – 2024. – Т. 14, № 1. – С. 1-18. – DOI: 10.31774/2712-9357-2024-14-1-1-18.
244. Шумаков Б.Б. Аэрозольное орошение: технология и эффективность / Б.Б. Шумаков, В.В. Бородычев // Мелиорация и водное хозяйство. – 1988. – № 7. – С. 7-11.
245. Шумакова К.Б. Формирование саженцев яблони (*Malus domestica* Borkh.) в условиях разной влагообеспеченности почвы при капельном орошении в

- Московской области / К.Б. Шумакова, А.Ю. Бурмистрова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 1. – С. 20-28.
246. Шуравилин А.В. Влияние режимов капельного орошения на рост и плодоношение яблони в саду интенсивного типа / А.В. Шуравилин, В.В. Бородычев, А.А. Криволицкий // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агротомия и животноводство. – 2012. – № 4. – С. 49-55.
247. Шуравилин А.В. Мелиорация: учебное пособие / А.В. Шуравилин, А.И. Кибека. – М.: «ИКФ «ЭКМОС», 2006. – 944 с.
248. Шуравилин А.В. Режим орошения земляники при дождевании и капельном поливе / А.В. Шуравилин, М.Ю. Храбров // Науки о Земле. – 2011. – № 1. – С. 92-97.
249. Якушев В.П. Автоматизация принятия решений при орошении / В.П. Якушев, Л.В. Козырева, Ю.Р. Ситдикова, А.В. Доброхотов, А.Е. Ефимов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2015. – № 5. – С. 8-10.
250. Ясониди О.Е. Капельное орошение: монография / О.Е. Ясониди. – Новочеркасская гос. мелиор. академия. – Новочеркасск: Лик, 2011. – 322 с.
251. Ясониди О.Е. Локальное орошение плодово-ягодных культур на Северном Кавказе / О.Е. Ясониди, Д.П. Гостищев // Евразийское Научное Объединение. – 2016. – Т. 2, № 3(15). – С. 162-165.
252. Ясониди О.Е. Режим и техника капельного орошения малины / О.Е. Ясониди, В.И. Торбовский // Повышение эффективности использования водных ресурсов в сельском хозяйстве: тезисы конференции, Новочеркасск, 25–29 сентября 1989 года. Часть 2. – Новочеркасск: Южгипроводхоз (Южный государственный проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт по проектированию водохозяйственного и мелиоративного строительства), 1989. – С. 14-15.
253. Ястреб Г.В. Капельное орошение черешни / Г.В. Ястреб // Садоводство. – 1985. – №4. – С. 13-15.

254. Amini Najafabadi M. Effect of different managements with drip irrigation (tape) / M. Amini Najafabadi, R. Fatahi Nafchi, H. Salami, H. Raeisi Vanani, K. Ostad-Ali-Askari // *Applied Water Science*. – 2023. – Vol. 13. – article id 37. – DOI: 10.1007/s13201-022-01847-5.
255. Amundson R.G. Effects of irrigation on the chemical properties of a soil in the western San Joaquin Valley, California / R.G. Amundson, V.S. Smith // *Arid Soil Research and Rehabilitation*. – 1988. – Vol. 1(2). – 1988. – P. 1-17.
256. Babu D.V. Automatic Irrigation Systems for Efficient usage of Water using Embedded Control Systems / D.V. Babu, K.V. Shijin, N.S. Sreejith, A.V. Sureshababu, C. Karthikeyan // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. – 2020. – № 993. – article id 012077. – DOI: 10.1088/1757-899X/993/1/012077.
257. Blazkova J., Cultivar and rootstock response to drip irrigation in sweet cherry tree vigour and start of bearing during the first three years after planting / J. Blazkova, I. Hlusickova // *Hortic. Sci.* – 2008. – Vol. 35. – P. 72–82. – DOI: 10.17221/641-HORTSCI.
258. Cai Y. Subsurface irrigation with ceramic emitters: An effective method to improve apple yield and irrigation water use efficiency in the semiarid Loess Plateau / Y. Cai, P. Wu, D. Zhu, L. Zhang, X. Zhao, X. Gao, M. Ge, X. Song, Y. Wu, Z. Dai // *Agric. Ecosyst. Environ.* – 2021. – № 313. – article id 107404. – DOI: 10.1016/j.agee.2021.107404.
259. Carter D.L. Soil Erosion on Irrigated Lands / D.L. Carter // *Irrigation of Agricultural Crops – Agronomy Monograph*. – 1990. – № 30 – P. 143-171.
260. Cartika I. Drip irrigation system: useful technique to improve chili production / I. Cartika, R. Murtiningsih, A. Sembiring, N.W.H. Sulastiningsih, T.K. Moekasan, L. Prabaningrum, W. Setiawatii, A. Hasyim // *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* – 2023. – Vol. 1183. – article id 012010. – DOI: 10.1088/1755-1315/1183/1/012010.
261. Chenafi A. Influence of irrigation strategies on productivity, fruit quality and soil-plant water status of subsurface drip-irrigated apple trees / A. Chenafi, P. Monney, E. Arrigoni, A. Boudoukha, C. Carlen // *Fruits*. – 2016. – Vol. 71(2). – P. 69-78. – DOI: 10.1051/fruits/2015048.

262. Cojocaru P. Drip irrigation system for *Hippophae rhamnoides* on a slope terrain from central Moldavian plateau / P. Cojocaru, F. Statescu, G. Biali // Scientific Papers. Series E. Land Reclamation, Earth Observation & Surveying, Environmental Engineering. – 2015. – Vol. IV. – P. 29-34.
263. Daugovish O. Increasing Number of Drip Irrigation Lines for Water Conservation during Strawberry Establishment / O. Daugovish, B. Faber, M. Cahn, S. Dara // International Journal of Fruit Science. – 2016. – № 1. – P. 108-117. – DOI: 10.1080/15538362.2016.1199997.
264. Dehghanisanij H. Effects of deficit irrigation and fertilizer use on vegetative growth of drip irrigated cherry trees / H. Dehghanisanij, A. Naseri, H. Anyoji, A.E. Eneji // J. Plant Nutr. – 2007. – Vol. 30. – P. 411–425. – DOI: 10.1080/01904160601171694.
265. Dubenok N.N. Formation of plum seedlings under drip irrigation in Central Non-Black soil region of Russia / N.N. Dubenok, A.V. Gemonov, A.V. Lebedev, E.V. Glushenkova // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. – 2019. – Vol. 14, No. 1. – P. 40-48. – DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-1-40-48.
266. Ehret D.L. Effects of Drip Irrigation Configuration and Rate on Yield and Fruit Quality of Young Highbush Blueberry Plants / D.L. Ehret, B. Frey, T. Forge, T. Helmer, D.R. Bryla // HortScience horts. – 2012. – Vol. 47(3). – P. 414-421. – DOI: 10.21273/HORTSCI.47.3.414.
267. Ferrarezi R.S. Smart System for Automated Irrigation Using Internet of Things Devices / R.S. Ferrarezi, T.W. Peng // HortTechnology. – 2021. – Vol. 31, Is. 6. – P. 642-649. – DOI: 10.21273/HORTTECH04860-21
268. Gavilán P. Improvement of Strawberry Irrigation Sustainability in Southern Spain Using FAO Methodology / P. Gavilán, N. Ruiz, L. Miranda, E. Martínez-Ferri, J.I. Contreras, R. Baeza, D. Lozano // Water. – 2021. – № 13. – P. 833. – DOI: 10.3390/w13060833.
269. Grant C.D. Air entrapment and differential swelling as factors in the mellowing of molded soil during rapid wetting / C.D. Grant, A.R. Dexter // Australian Journal of Soil Research. – 1990. – № 28 (3). – P. 361-369.

270. Guo J. Meta-Analysis of the Effect of Subsurface Irrigation on Crop Yield and Water Productivity / J. Guo, L. Zheng, J. Ma, X. Li, R. Chen // *Sustainability*. – 2023. – № 15(22). – article id 15716. – DOI: 10.3390/su152215716.
271. Guo X. Simulation of the water dynamics and root water uptake of winter wheat in irrigation at different soil depths / X. Guo, X. Sun, J. Ma, T. Lei, L. Zheng, P. Wang // *Water*. – 2018. – № 10. – article id 1033. – DOI: 10.3390/w10081033.
272. Holzapfel E. Evaluation of a micro-sprinkler irrigation system at an apple farm in the central valley of Chile / E. Holzapfel, J. Jara, G. Martínez // *Acta Hortic.* – 2011. – Vol. 889. – P. 499-506. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2011.889.63.
273. 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*. – 2004. – Vol. 56, is. 1. – P. 60-64. – DOI: 10.1080/09064710510029015.
274. Iglesias I. Orchard Cooling with Overtree Sprinkler Irrigation to Improve Fruit Color of 'Delicious' Apples / I. Iglesias, J. Graell, G. Echeverría, M. Vendrell // *HortScience*. – 2000. – Vol. 35, Is. 7. – P. 1207-1208. – DOI: 10.21273/HORTSCI.35.7.1207.
275. Jiang H. Investigation of Effective Irrigation Strategies for High-Density Apple Orchards in Pennsylvania / H. Jiang, L. He // *Agronomy*. – 2021. – Vol. 11(4). – article id 732. – DOI: 10.3390/agronomy11040732.
276. Kalandarov P. Automated control system of drip irrigation and mathematical modeling / P. Kalandarov, Zh. Kutlimurotov, G. Eshchanova, A. Mustafakulov // *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* – 2023. – Vol. 1142. – article id 012052. – DOI: 10.1088/1755-1315/1142/1/012052.
277. Kagawa K. Effect of Hot Water Drip Irrigation Treatment of Continuous Cropping Soil Before Replanting on Growth and Yields of Young Japanese Pear Trees / K. Kagawa, T. Gonai, H. Ichige, Y. Fujita, I. Terakado, A. Shimizu, T. Iimura // *The Horticulture Journal*. – 2022. – Vol. 91(4). – P. 501-507. – DOI: 10.2503/hortj.UTD-362.

278. Kireva R. Technological and economic aspects of drip irrigation of raspberries / R. Kireva, M. Mihov // *Mechanization in agriculture & Conserving of the resource.* – 2018. – Vol. 64, is. 6. – P. 208-210.
279. Khodiakov E.A. Water-saving technologies for drip irrigation of cotton in the south of Russia / E.A. Khodiakov, E.P. Borovoy, N.V. Kuznetsova, S.G. Milovanov, K.V. Bondarenko // *Journal of Agriculture and Environment.* – 2022. – No. 4(24). – DOI: 10.23649/jae.2022.4.24.01.
280. Klein I. Drip nitrogen fertigation of ‘Starking Delicious’ apple trees / I. Klein, I. Levin, B. Bar-Yosef, R. Assaf, A. Berkovitz // *Plant Soil.* – 1989. – Vol. 119. – P. 305–314. – DOI: 10.1007/BF02370423.
281. Kruzhilin I.P. The Advantages of Combining Drip Irrigation with Growth-Stimulating Fertilizing When Growing Annual Cherry Seedlings / I.P. Kruzhilin, O.A. Nikolskaya // *Russ. Agricult. Sci.* – 2022. – Vol. 48. – P. 232–238. – DOI: 10.3103/S1068367422040085.
282. Li P. Evaluation of Water Uptake and Root Distribution of Cherry Trees under Different Irrigation Methods / P. Li, H. Tan, J. Wang, X. Cao, P. Yang // *Water.* – 2019. – Vol. 11(3). – article id 495. – DOI: 10.3390/w11030495.
283. Liu S. Efficient agricultural drip irrigation inspired by fig leaf morphology / S. Liu, C. Zhang, T. Shen, Z. Zhan, J. Peng, C. Yu, L. Jiang, Z. Dong // *Nature Communications.* – 2023. – Vol. 14. – article id 5934. – DOI: 10.1038/s41467-023-41673-0.
284. Millán S. Automated irrigation scheduling for drip-irrigated plum trees / S. Millán, C. Campillo, J. Casadesús, M.J. Moñino, A. Vivas, M.H. Prieto // *Precision agriculture.* – 2019. – P. 951-957. – DOI: 10.3920/978-90-8686-888-9_117.
285. Niskanen R. The effect of irrigation on shoot growth in black and red currants / R. Niskanen, V. Matala, I. Voipio // *Acta Hort.* – 1993. – Vol. 352. – P. 65-70. – DOI: 10.17660/ActaHortic.1993.352.8.
286. Nowakowski T. Effects of drip irrigation on the yield of strawberry plants grown under arable conditions / T. Nowakowski, J. Chlebowski, A. Grzybowska // *Agronomy Research.* – 2019. – № 17(3). – P. 761-770. – DOI: 10.15159/AR.19.049.

287. Ortega-Farias S. Effects of four irrigation regimes on yield, fruit quality, plant water status, and water productivity in a furrow-irrigated red raspberry orchard / S. Ortega-Farias, S.E. Meza, R. López-Olivari, M. Araya-Alman, M. Carrasco-Benavides // *Agricultural Water Management*. – 2022. – Vol. 273. – P. 107885. – DOI: 10.1016/j.agwat.2022.107885.
288. Ostermann J. Effects of Drip-irrigation on Yield Components of Black Currants (*Ribes nigrum*) / J. Ostermann, P. Hansen // *Acta Agriculturae Scandinavica*. – 1988. – Vol. 38, is. 2. – P. 171-176. – DOI: 10.1080/00015128809438481.
289. Ouellette D.R. Branch inducement in apple stoolbed shoots by summer leaf removal and tipping / D.R. Ouellette, E. Young // *Hort Science*. – 1994. – № 29 (12). – P. 1478-1480.
290. Parra M. Effects of Drip Irrigation Design on a Lemon and a Young Persimmon Orchard in Semi-Arid Conditions / M. Parra, D. Hortelano, F. García-Sánchez, D.S. Intrigliolo, J.S. Rubio-Asensio // *Water*. – 2021. – Vol. 13. – article id 1795. – DOI: 10.3390/w13131795.
291. Pruteanu S.I. Study about Continuous Drip Irrigation in Cherry Summary 2020 / S.I. Pruteanu, D. Bucur // *Research Journal of Agricultural Science*. – 2021. – Vol. 53, Is. 2. – P. 193-197.
292. Rambabu G.V. Design and development of a drip irrigation system / G.V. Rambabu, P. Bridjesh, N. Prabhu Kishore, N. Shiva Sai // *Materials Today: Proceedings*. – 2023. – DOI: 10.1016/j.matpr.2023.06.349.
293. Rendon D. Drip and Overhead Sprinkler Irrigation in Blueberry as Cultural Control for *Drosophila suzukii* (*Diptera: Drosophilidae*) in Northwestern United States / D. Rendon, V.M. Walton // *Journal of Economic Entomology*. – 2019. – Vol. 112, is. 2. P. 745–752. – DOI: 10.1093/jee/toy395.
294. Requena A. Water use by drip irrigated one-year old pear trees / A. Requena, G. Nordenström, E. Castillo // *Acta Horti*. – 2011. – Vol. 909. – P. 339-343. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2011.909.38.
295. Robles J.M. Subsurface drip irrigation affects trunk diameter fluctuations in lemon trees, in comparison with surface drip irrigation / J.M. Robles, P. Botía, J.G Pérez-

- Pérez // *Agricultural Water Management*. – 2016. – Vol. 165. – P. 11-21. – DOI: 10.1016/j.agwat.2015.11.008.
296. Romero R. Research on automatic irrigation control: State of the art and recent results / R. Romero, J.L. Muriel, I. García, D. Muñoz de la Peña // *Agricultural Water Management*. – 2012. – Vol. 114. – P. 59-66. – DOI: 10.1016/j.agwat.2012.06.026.
297. Shareef T. Essentials of Drip Irrigation System for Saving Water and Nutrients to Plant Roots: As a Guide for Growers / T. Shareef, Z. Ma, B. Zhao // *Journal of Water Resource and Protection*. – 2019. – Vol. 11. – P. 1129-1145. – DOI: 10.4236/jwarp.2019.119066.
298. Silveira L.K. Deficit irrigation effect on fruit yield, quality and water use efficiency: A long-term study on Pêra-IAC sweet orange / L.K. Silveira, G.C. Pavão, C.T. dos Santos Dias, J.A. Quaggio, R.C. de Matos Pires // *Agricultural Water Management*. – 2010. – Vol. 231. – article id 106019. – DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106019.
299. Sokalska D.I. Spatial root distribution of mature apple trees under drip irrigation system / D.I. Sokalska, D.Z. Haman, A. Szewczuk, J. Sobota, D. Dereń // *Agricultural Water Management*. – 2009. – Vol. 96, Is. 6. – P. 917-924. – DOI: 10.1016/j.agwat.2008.12.003.
300. Svoboda P. The Effect of Drip Irrigation on the Length and Distribution of Apple Tree Roots / P. Svoboda, J. Haberle, M. Moulik, I. Raimanová, G. Kurešová, M. Mészáros // *Horticulturae*. – 2023. – Vol. 9(3). – article id 405. – DOI: 10.3390/horticulturae9030405.
301. Treder W. The influence of irrigation on growth and yield of plum trees cv. Valor grafted on Myrobalan and Wangenheim Prune / W. Treder, Z. Grzyb, E. Rozpara // *Acta Agrobotanica*. – 1999. – № 1-2 (52). – P. 95-101.
302. Utkhede R.S. Influence of drip, microjet and sprinkler irrigation systems on the severity of crown and root rot of M. 26 apple rootstock trees in clay soil / R.S. Utkhede // *Australasian Plant Pathology*. – 1999. – № 28. – P. 254–259. – DOI: 10.1071/AP9904.

303. Vosnjak M. The Effect of Water Supply on Sweet Cherry Phytochemicals in Bud, Leaf and Fruit / M. Vosnjak, D. Mrzlic, M. Hudina, V. Usenik // *Plants (Basel)*. – 2021. – № 10(6). – article id 1131. – DOI: 10.3390/plants10061131.
304. Wang L. Effects of different drip irrigation modes on water use efficiency of pear trees in Northern China / L. Wang, W. Wu, J. Xiao, Q. Huang, Y. Hu // *Agricultural Water Management*. – 2021. – Vol. 245. – article id 106660. – DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106660.
305. Wang Y. Effect of Drip Irrigation on Soil Water Balance and Water Use Efficiency of Maize in Northwest China / Y. Wang, S. Li, Y. Cui, S. Qin, H. Guo, D. Yang, C. Wang // *Water*. – 2021. – Vol. 13. – article id 217. – DOI: 10.3390/w13020217.
306. Yang P. Review on Drip Irrigation: Impact on Crop Yield, Quality, and Water Productivity in China / P. Yang, L. Wu, M. Cheng, J. Fan, S. Li, H. Wang, L. Qian // *Water*. – 2023. – Vol. 15. – article id 1733. – DOI: 10.3390/w15091733.
307. Yuan B.Z. Effect of Drip Irrigation on Strawberry Growth and Yield inside a Plastic Greenhouse / B.Z. Yuan, J. Sun, S. Nishiyama // *Biosystems Engineering*. – 2004. – Vol. 87, is. 2. – P. 237-245. – DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2003.10.014.
308. Youssef E.A. Effect of some irrigation systems on water stress levels of Washington navel orange trees / E.A. Youssef, T.A. Mahmoud, M.A.M. Abo-Eid // *Bull Natl Res Cent*. – 2023. – Vol. 47. – article id. – DOI: 10.1186/s42269-023-01140-8.
309. Zapata-Sierra A.J. Controlled deficit irrigation for orange trees in Mediterranean countries / A.J. Zapata-Sierra, F. Manzano-Agugliaro // *Journal of Cleaner Production*. – 2017. – Vol. 162. – P. 130-140. – DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.05.208.
310. Zhao F. Development of an Automatic Irrigation Method Using an Image-Based Irrigation System for High-Quality Tomato Production / F. Zhao, H. Yoshida, E. Goto, S. Hikosaka // *Agronomy*. – 2022. – Vol. 12, Is. 1. – article id 106. – DOI: 10.3390/agronomy12010106.
311. Zhao Z. Yield and Water Use Efficiency of Pear Trees under Drip Irrigation with Different Surface Wetted Percentages / Z. Zhao, W. Wang, Y. Wu, X. Huang // *International Journal of Agriculture & Biology*. – 2012. – Vol. 14. – P. 887-893.

ПРИЛОЖЕНИЯ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2822771

Система капельного орошения с дистанционным управлением

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева" (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева) (RU)*

Авторы: *Дубенок Николай Николаевич (RU), Гемонов Александр Владимирович (RU), Лебедев Александр Вячеславович (RU), Шумакова Ксения Борисовна (RU), Кузина Оксана Михайловна (RU), Калмыкова Екатерина Сергеевна (RU)*

Заявка № 2023127533

Приоритет изобретения 26 октября 2023 г.

Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 12 июля 2024 г.

Срок действия исключительного права на изобретение истекает 26 октября 2043 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат 429b6a0fe3853164ba196f83b73b4aa7
Владелец **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 10.05.2023 по 02.08.2024

Ю.С. Зубов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2822774

**Способ дистанционного управления системой
капельного орошения**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева" (ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева) (RU)*

Авторы: *Дубенок Николай Николаевич (RU), Гемонов Александр Владимирович (RU), Лебедев Александр Вячеславович (RU), Шумакова Ксения Борисовна (RU), Кузина Оксана Михайловна (RU), Калмыкова Екатерина Сергеевна (RU)*

Заявка № 2023127531

Приоритет изобретения **26 октября 2023 г.**

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации **12 июля 2024 г.**

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает **26 октября 2043 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат 429b5a0fe3953164ba196f83b73b4aa7
Владелец **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 10.05.2023 по 02.08.2024

Ю.С. Зубов

