На правах рукописи

Потанин Дмитрий Валериевич

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЦИФРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ АДАПТИВНОГО САДОВОДСТВА

4.1.4. – Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени

доктора сельскохозяйственных наук

Ялта – 2023

Диссертационная работа выполнена в Институте «Агротехнологическая академия» (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского» (г. Симферополь).

Научный консультант	**Иванченко Вячеслав Иосифович,** доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Заслуженный деятель науки и техники АР Крым, Заслуженный деятель науки и техники Украины, профессор кафедры плодоовощеводства и виноградарства Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»
Официальные оппоненты	**Еремин Виктор Геннадьевич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор Крымской опытно-селекционной станции – Филиала Федерального государственного Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова»
	Горина Валентина Милентьевна, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник. Ведущий научный сотрудник лаборатории южных плодовых и орехоплодных культур Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад — Национальный научный центр РАН»
	Юшков Андрей Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий Селекционно-генетическим центром Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр им. И. В. Мичурина»
Ведущая организация	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет»

Защита диссертации состоится «07» декабря 2023 г. в 10:00 часов на заседании диссертационного совета 24.1.018.01 Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН» по адресу: 298600, Российская Федерация, Республика Крым, г. Ялта, ул. Кирова, д. 31, E-mail: dis@magarach-institut.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБУН «ВННИИВиВ «Магарач» РАН» по адресу: 298600, Российская Федерация, Республика Крым, г. Ялта, ул. Кирова, д. 31; адрес сайта http://magarach-institut.ru.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенных печатью организации, с указанием почтового адреса, телефона, электронной почты, сайта организации, фамилии, имени, отчества, должности лица, подготовившего отзыв, просим направлять учёному секретарю диссертационного совета по адресу: 298600, Российская Федерация, Республика Крым, г. Ялта, ул. Кирова, 31; тел./факс +7 (3654) 23-40-96; E-mail: dis@magarach-institute.ru.

Автореферат разослан «___» _____ 20___ г.

Ученый секретарь диссертационного совета, доктор технических наук, доцент Аникина Надежда Станиславовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Развитие отрасли садоводства России является важным и приоритетным вопросом, обеспечивающим принцип импортозамещения в производстве сельскохозяйственной продукции. Традиционно, садоводство России локализовано в южных регионах страны, которые отличаются высоким уровнем вовлечённости в сельское хозяйство. Однако, несмотря на оптимизацию размещения плодовых культур, их потенциал продуктивности не раскрывается в полной мере. Не учитываются особенности требований культур и их отдельных сортов к условиям окружающей среды. Внедрение новых, ранее не применявшихся в местном садоводстве сортов может привести не к ожидаемому увеличению продуктивности насаждений, а, наоборот – к существенной потере урожая вследствие низкой адаптивности к почвенным и климатическим условиям.

Становится важным применить современные технологические подходы, повышающие уровень устойчивости растений к стрессу и гарантирующие получение высоких урожаев. Кроме этого, необходимо учитывать весь биологический потенциал каждого сорта или группы сортов, а также подвоев, применяемых для закладки насаждений, с целью более полного раскрытия биологического потенциала растений и интенсификации производства.

Степень разработанности темы. В направлении изучения влияния абиотических факторов окружающей среды на развитие и продуктивность насаждений плодовых культур в России работали Драгавцева И.А. и созданная ею научная школа, Гущин М.Ю., Ахматова З.П., Алёхина Е.М. и другие. За рубежом - Wang и Wallace, Puffer и Turrell, Mills, Krewer и другие исследователи. В Крыму, по определению экологических требований плодовых культур к почвенным и климатическим особенностям выполнялись в Государственном Никитском ботаническом саду (НБС ННЦ) Ивановым В.Ф., Рябовым В.А., Опанасенко Н.Е., Смыковым А.В., а также другими исследователями. Были найдены критерии устойчивости многолетних культур, а также их отдельных групп сортов в низким зимним температурам, требования к суммам температур для прохождения фенологических фаз развития в течении вегетации, определены почвенные показатели, способные оказывать влияние на продуктивность и стабильность плодоношения насаждений. Однако, в их работах в основном определялись только зоны оптимального размещения плодовых и ягодных культур без внедрения подбора сортов, обладающих сортовой пластичностью к условиям выращивания совместно с дополнительными элементами технологии выращивания, позволяющими снизить влияние негативных абиотических факторов окружающие среды. С внедрением цифровых технологий, а также требований производства к разработке прогностических моделей, становится вопрос в разработке систем автоматических, программных продуктов для вычислительной техники, позволяющих осуществлять автоматизированный анализ сложившихся условий на территории, проводить сопоставление

факторов окружающей среды с экологическими требованиями культур, а также рассчитывать перспективный подбор технологий их выращивания с учётом внедрения элементов адаптивного садоводства.

Цель исследований: разработка устойчивых математических зависимостей адаптивного садоводства в системе «растение-среда» с учетом уровня их экологизации, для цифрового моделирования влияния природных факторов на рост, развитие и стабильность плодоношения плодовых и ягодных культур на примере условий различных почвенно-климатических зон Крыма.

Задачи:

1. Систематизировать экологические требования плодовых и ягодных культур к условиям внешней среды в пригодных для расчёта и математического анализа показателях;
2. Создать базу данных по анализу и учёту климатических параметров по метеостанциям, расположенным на территории Республики Крым;
3. Провести сравнительный анализ критических для выращивания плодовых культур показателей с обеспеченностью территории;
4. Определить корректность подбора подвоев для привитых культур по критериям критичных для них содержаний уровней карбонатов в корнеобитаемом слое почвы;
5. Провести анализ влияния отдельных агротехнологических мероприятий на снижение воздействия неблагоприятных абиотических факторов окружающей среды;
6. Разработать систему автоматизации подбора сортов и технологий выращивания плодовых и ягодных культур с возможным расчётом затрат ресурсов материалов, труда работников, а также экономической эффективности производства;
7. Разработать рекомендации на основе проведённого анализа по корректировке технологий со всеми возможными сценариями, пригодными для внедрения в современное производство;
8. Провести экономическую оценку предлагаемых технологий, способных повысить продуктивность насаждений плодовый и ягодных культур в каждых конкретных условиях;
9. Разработать систему картирования территории Республики Крым по пригодности её территории к выращиванию культур на основе обработки климатических данных и экологических требований культур.

Научная новизна исследований заключается в теоретическом обосновании и разработке экологических основ подбора адаптивных технологий выращивания садовых культур на основе цифрового моделирования.

Получены новые знания по методологическим подходам дистанционного картирования пригодности территории к выращиванию плодовых культур, их экологических требований к теплообеспеченности территории, минимальным температурам в период покоя растений, сроков

наступления поздневесенних заморозков и их интенсивности, водному балансу на основе обработки климатических данных.

Впервые для адаптивного садоводства разработаны компьютерные программы автоматического расчёта затрат на закладку, выращивание и производство плодовой продукции; математические модели, определяющие влияние отдельных почвенно-климатических факторов на рост и развитие плодовых культур; новые подходы в статистической обработке климатических показателей для определения критических факторов эколого-генетической адаптивности плодовых культур.

Впервые разработаны алгоритмы программного выбора технологии выращивания плодовых культур на основе логического подбора адаптивных элементов технологии выращивания многолетних насаждений с использованием методов цифрового расчёта влияния ограничивающих факторов для получения экономически обоснованных урожаев; алгоритм автоматизированной программы расчёта оросительной нормы исходя из баланса влаги, коэффициента используемой площади сада, а также учёта поливного периода.

Теоретическая и практическая значимость. Научно обоснованы математические зависимости в системе «растение-среда» с учетом уровня экологизации для цифрового моделирования влияния природных факторов на рост, развитие и стабильность плодоношения садовых культур в условиях различных почвенно-климатических зон.

Создана база данных по автоматическому анализу и учёту климатических параметров по метеостанциям, расположенным на территории Республики Крым. Разработана система картирования территории Крыма по пригодности к выращиванию плодовых и ягодных культур на основе почвенно-климатических показателей и экологических требований культур.

Определены оптимальные элементы технологических процессов, позволяющих обеспечить снижение прогнозного срока окупаемости вложенных инвестиций с 9 до 6 лет от момента посадки сада, сокращение срока окупаемости определяется более высоким уровнем интенсивности производства.

Получен патент «Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020663040 Российская Федерация. Специализированная программа анализа экономической эффективности подбора технологии выращивания сельскохозяйственных культур».

Подготовлен и опубликован «Агроклиматический атлас Республики Крым. Пригодность территории для выращивания плодовых, ягодных культур и винограда» (2023), позволяющий определять прогностическое размещение садовых культур в соответствии с возможными зонами возделывания.

Результаты исследований внедрены в производство:

- усовершенствованный подход к подбору адаптивных технологий при разработке проектов на закладку многолетних насаждений (ФГБУ «Центр агрохимической службы «Крымский»);

- концепция организации сельскохозяйственного предприятия (ООО «Грушевские сады», ГО Судак на площади 403,1911 га), обеспечивающая высокой продуктивности многолетних насаждений;

- используются кафедрой плодоовощеводства и виноградарства Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского» в образовательном процессе при обучении по направлениям подготовки: 35.03.05 – «Садоводство» (бакалавриат), 35.04.05 – «Садоводство» (магистратура), а также 35.06.01 – плодоводство, виноградарство (аспирантура);

- используется Министерством сельского хозяйства Республики Крым при подборе оптимальных технологий выращивания плодовых культур для получения стабильного плодоношения в многолетних насаждениях.

Методология и методы исследования

Для решения поставленной цели и задач исследований применялся полный комплекс методологий, связанных с изучением климата, особенностей почвенного питания плодовых культур, определения их экологических требований к условиям внешней среды. Использовано наложение опытов на существующие промышленные насаждения плодовых культур, выращиваемых в различных агроклиматических зонах Республики Крым, проводились полевые исследования по определению биометрических параметров надземной части растений и их корневых систем, осуществлялась систематизация изменений климата в каждой зоне исследуемого региона с последующим сравнительным анализом пригодности для садоводства. Применён метод прогноза эффективности производственной деятельности с использованием разработанной полезной программы. Для определения достоверности результатов исследования все результаты экспериментов и наблюдения подвергались статистической обработке данных (вариационным методом параметрических данных, однофакторными и многофакторными дисперсионными анализами, однофакторным и многофакторным регрессионным анализом).

Положения, выносимые на защиту

1. Методология исследований в системе «растение-среда» адаптивного садоводства и сравнительной оценки пригодности климатических и почвенных факторов территории для размещения плодовых и ягодных культур.

2. Теоретическое обоснование алгоритмизации формирования размещения и технологии выращивания плодовых и ягодных культур в зависимости от степени пригодности территории выращивания по основным агроклиматическим показателям.

3. Оценка экономической эффективности технологий выращивания плодовых культур в зависимости от интенсификации уровня адаптивности насаждений.

Личное участие соискателя. Научные исследования выполнялись автором лично на всех этапах сбора, обработки и интерпретации

экспериментального материала, написания диссертации. Результаты проведённых исследований, учётов и наблюдений, статистической и экономической оценки данных, описание, публикации результатов исследований, рекомендаций производству проводились лично соискателем. Личное участие соискателя в публикациях составляет около 85 %.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность полученных результатов подтверждена большим массивом данных, полученных климатических наблюдений, обработки многолетних полевых и лабораторных опытов, обработанных методами математической статистики на персональном компьютере в программах MSExcel, Statistika 6,0. Экономические показатели, а также эффективность производства при внедрении различных элементов технологии адаптивного садоводства осуществлялась применением разработанной и запатентованной полезной программой.

Апробация результатов и публикации по теме научно-квалификационной работы.

Результаты исследований регулярно докладывались на заседаниях кафедры плодоовощеводства и виноградарства Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский Федеральный Университет им. В.И. Вернадского», а также освещались на 14 конференциях. В том числе:

- Международных: Симферополь, 2013 г.; Воронеж, 2015 г.; Ялта 2015, 2022 гг.; Новосибирск, 2016 г. (2), 2017 (2), 2018 (2); Санкт-Петербург, 2017 г.; Мичуринск-наукоград, 2019 г.;
- конференциях, организованных ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» 2015 и 2016 гг.

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 38 научных работ, из них 12 статей в научных изданиях, рекомендуемых ВАК при Минобрнауки России, 4 монографии, получен 1 патент.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа содержит 335 страниц общего текста, 196 страниц основного текста, 21 таблицу, 43 иллюстрации, 60 приложений, 425 использованных библиографических источников в списке использованных источников, в том числе латиницей – 206.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **Введении** сформулированы актуальность выбранного направления исследований, основные научные проблемы, цель и задачи исследований, научная новизна, теоретическое и практическое значение результатов.

Раздел 1 Основные тенденции адаптивного садоводства в мире

В обзоре литературы представлен анализ тенденций развития технологий промышленного производства плодовой продукции в

направлении повышения уровня адаптивного подхода реализации экологических требований культур и их отдельных групп сортов с целью реализации биологического потенциала продуктивности. Рассмотрены вопросы цифровизации и автоматизации подбора и контроля технологических процессов при выборе отдельных элементов адаптивного садоводства. Особое внимание уделяется возможности подбора технологических решений, способных снизить негативное влияние абиотических и биотических факторов окружающей среды на продуктивность насаждений. Поставлены задачи для поиска комплексных подходов решения вопросов внедрения цифровизации подбора элементов технологий для повышения эффективности производства плодовой продукции с учётом почвенных, климатических факторов, а также экологических требований культур и отдельных групп сортов при реализации биологического потенциала продуктивности.

Раздел 2 Условия, объекты и методы исследований

Исследования проводились в соответствии с программой кафедры плодоовощеводства и виноградарства Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского» – «Научное обеспечение отрасли плодоводства и дальнейшее совершенствование технологических приемов производства, хранения и переработки плодов» в период с 2007 по 2022 гг. Проведение исследований состояло из нескольких этапов, в каждом из которых применялись отдельные методологические подходы, для решения поставленных задач на широком спектре плодовых и ягодных культур с учетом климатических факторов по данным всех метеостанций Крыма.

Для решения поставленных в работе задач, исследования были условно поделены на четыре логических этапа.

На первом этапе, проводилось изучение обеспеченности территории Крыма важными для плодовых и ягодных культур отдельными факторами окружающей среды как абиотическое влияние в системе «растение-среда», которыми являются: средние, минимальные, максимальные температуры воздуха, относительная влажность воздуха и водный баланс, взятые по 21 метеостанциям, расположенным на Крымском полуострове в период с 2005 по 2022 гг. (17 лет) как посуточные данные.

На втором этапе изучения системы «растение-среда», который проводился параллельно с первым, осуществлялся поиск биотических критериев агроэкологических требований садовых культур (яблоня, груша, слива, черешня, персик, миндаль, орех грецкий и др.) к условиям выращивания: суммы температур воздуха для прохождения фенологии, морозостойкость групп сортов, устойчивость к морозам в период глубокого покоя, а также интенсивности заморозков в зависимости от фенологической фазы развития.

Завершением первого и второго этапов является сравнительный анализ критических для выращивания плодовых культур показателей с обеспеченностью территории с использованием методов цифровизации на основе анализа и синтеза полученных данных.

На третьем этапе (изучение влияния антропогенного воздействия на систему «растение-среда») проведён ряд экспериментов с наложением сетки опытов (6 опытов) на существующие промышленные насаждения, с целью подтверждения их эффективности и выдвинутых рабочих гипотез. в опытах изучались продуктивность насаждений, степень развития корневых систем, активность фотосинтетического аппарата растений. При обработке полученных результатов данные полевых исследований подвергали многофакторному дисперсионному, регрессионным и корреляционным анализам. При проведении статистической обработки данных, все результаты проверялись на достоверность методами t-критерия и критерия Фишера на уровне доверительной значимости p = 0,95. Многомерные регрессионные модели создавались с использованием многоитерационного подхода с удалением факторов, имеющих низкий (R <0,3) коэффициент единичной корреляции. При построении многомерных регрессионных моделей объем выборки составляет от 500 до 1200 позиций. При изучении фенологических фаз развития сортов плодовых культур включён сортимент, насчитывающий 64 сорта с изучением в период с 2007 по 2020 гг. (13 лет).

На четвёртом, итоговом этапе, проведено формирование базы данных пригодности территории к выращиванию плодовых культур и их отдельных групп сортов на территории Крыма с последующим картированием, разработка программ расчёта потребностей в оросительной воде, удобрений, систем защиты растений от вредителей и болезней для производства плодовой продукции (3 компьютерных программы), а также Специализированной программы анализа экономической эффективности подбора технологии выращивания сельскохозяйственных культур (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020663040).

Раздел 3 Изучение почвенно-климатических факторов, влияющих на развитие плодовых и ягодных культур в различных зонах Крыма

3.1 Влияние химических мелиорантов на структуру почв и повышение их пригодности для закладки и эксплуатации плодовых и ягодных культур

Для изучения влияния мелиорантов на свойства высококарбонатного чернозёма южного, с общим содержанием активной извести до 36 %, изучался эффект от внесения гранулированной серы (1 т/га) на глубину плантажированного горизонта. Другими вариантами являлся контроль (без внесения мелиоранта), фосфогипс в количестве 20 т/га. Также изучалось последействие серы при последующем высеве в междурядьях сада горчицы с последующим дискованием. Установлено, что наибольшее подкисляющее

действие на карбонатные почвы оказало внесение гранулированной серы. На этом фоне подкисляющее действие фосфогипса не отмечено.

Доказано, что внесение серы имеет значительное продолжительное действие, поскольку тенденция на снижение pH продолжается даже спустя два года после внесения препарата.

Установлено, что применение в качестве мелиоранта серы делает менее доступной только два основных элемента – железа и бора, в то время, как применение фосфогипса в значительной степени связывает или делает менее доступными целый спектр макро- и микроэлементов – кальция, железа, бора, калия др. Следует отметить, что внесение фосфогипса не увеличивает доступность фосфорных соединений. Это связано с тем, что ненасыщенные соединения ортофосфорной кислоты при попадании в высококарбонатную почву связываются дополнительным количеством ионов кальция и становятся полностью замещённым соединением трёхзамещённой солью ортофосфорной кислоты.

Внесение мелиорантов проводилось за полгода до посадки сада, который закладывался саженцами типа «Книп-баум» в 2015 году. Поэтому все деревья в изучаемых вариантах цвели и дали первый урожай в первую вегетацию жизни сада. По уровню урожайности в первую вегетацию деревья практически не имели отличия ни по сортам, ни по вариантам и дали в среднем 34 ц/га. То есть, в первую вегетацию был получен первый промышленный урожай. Однако, вследствие влияния почвенных условий, на следующую вегетацию урожайность имела существенную изменчивость (таблица 1).

Представленные данные показывают, что использование в качестве химического мелиоранта гранулированной серы практически вдвое увеличивает продуктивность насаждений на четвёртый год, и почти в три раза для варианта с последующим высевом горчицы в междурядьях как сидеральной культуры. При этом использование фосфогипса как мелиоранта также положительно влияет на продуктивность насаждений, на 35%.

Был проведен регрессионный анализ с целью определения влияния доли изучаемых факторов в виде единичных корреляционных связей, а также создания математической модели прогноза урожайности в зависимости от возраста насаждений, условий года по теплообеспеченности, а также реакции почвенного раствора и концентрации активной извести.

Полученная регрессионная модель имеет коэффициент множественной корреляции R=0,9335 с тесной связью, а формула представлена в виде:

$$X1 = -489{,}76 - \frac{432{,}33}{X2} + \frac{5758{,}55}{X3} - \frac{1419{,}67}{X4} + \frac{1014934{,}23}{X5}, \qquad (1)$$

где:

X1 – урожайность, ц/га;

X2 – возраст деревьев, полных лет;

X3 – pH почвы;

X4 – содержание активной извести, %;

X5 – теплообеспеченность, сумма температур выше 10 ^{0}C.

Таблица 1 – Урожайность (ц/га) насаждений яблони в зависимости от внесения химических мелиорантов при закладке сада. Посадка сада 2015 г. (весна)

Сорт	вариант	Год				Среднее по варианту
		2015	2016	2017	2018	
Голден Делишес	Без внесения мелиорантов	34,0	140,0	173,6	184,8	133,10
	Гранулированная сера, 1 т/га	36,0	274,0	356,2	361,7	256,97
	Гранулированная сера, 1 т/га с посевом горчицы в междурядьях сада	37,0	310,0	406,1	418,5	292,90
	Фосфогипс, 20 т/га	34,0	213,0	270,5	276,9	198,60
	Среднее по сорту	35,25	234,25	301,60	310,5	220,39
Чемпион	Без внесения мелиорантов	33,0	160,0	198,4	211,2	150,65
	Гранулированная сера, 1 т/га	36,0	273,0	354,9	360,4	256,07
	Гранулированная сера, 1 т/га с посевом горчицы в междурядьях сада	36,5	326,0	427,1	440,1	307,42
	Фосфогипс, 20 т/га	34,0	227,0	288,3	295,1	211,10
	Среднее по сорту	34,88	246,50	317,16	326,7	231,31
Гранни Смитт	Без внесения мелиорантов	32,0	184,0	228,2	242,9	171,76
	Гранулированная сера, 1 т/га	33,0	239,0	310,7	315,5	224,55
	Гранулированная сера, 1 т/га с посевом горчицы в междурядьях сада	34,0	356,0	466,4	480,6	334,24
	Фосфогипс, 20 т/га	32,0	217,0	275,6	282,1	201,67
	Среднее по сорту	32,75	249,00	320,20	330,27	233,05
Среднее за год		34,29	243,25	312,99	322,48	228,25
$НСР_{05}$(В - мелиорант) = 44,44; $НСР_{05}$(С – условия года) = 44,44; $НСР_{05}$(взаимод. ВС и АВС) = 76,98; $НСР_{05}$(для частных различий) = 153,96						

При этом единичные коэффициенты корреляции показывают прямое влияние возраста деревьев яблони на уровень урожайности (0,771). Условия года, в виде теплообеспеченности по суммам активирующих температур оказывают также положительную коррелятивную связь с теснотой 0,671. Влияние реакции почвенного раствора на продуктивность насаждений, наоборот, имеет обратную связь с теснотой корреляции равной минус 0,3. Это объясняет, что внесение мелиорантов, снижающих pH, влияет положительно на увеличение продуктивности.

Помимо применения мелиорации можно также использовать генетические особенности самих растений по снижению неблагоприятного воздействия отдельных факторов почвы. Для этого необходимо выбрать подвой, способный нивелировать негативное воздействие отдельных почвенных условий.

Наиболее низкой карбонатостойкостью отличаются современные подвои для груши. Так, известно, что айва Анжерская, используемая в качестве подвоя для груши способна выдерживать до 12 % активной извести,

в то же время как один из наиболее распространённых подвоев айва ВА-29 до 18, а зачастую до 21 % без явных признаков карбонатного хлороза.

Опыт, проводимый в промышленном саду груши, выращиваемом на чернозёмах южных мицелярно-карбонатных с содержанием активной извести в концентрации 26 %, на подвоях Айва Анжерская (МА) и ВА-29, показал различные механизмы устойчивости самих корневых систем растений к карбонатности.

В модельном опыте в период с 2008 по 2018 годы подвой МА проявлял хлоротичность в течение всей вегетации. При этом ВА-29 не хлорозил и при изучении активности фотосинтетического аппарата методом Каутского (аппаратом Флора-тест 2) не наблюдалось органических изменений в фотосистемах 2 и 1.

Полученные данные по изучению содержания макро- и микроэлементов в листьях деревьев груши, привитых на изучаемые подвои, показывают, что в фазе интенсивного роста на деревьях всех подвоев, концентрация кальция в листьях превышала эталонные показатели более чем в три раза. Отмечено превышение калия в растительных образцах. Превышение концентрации в листьях ионов кальция, в дальнейшем препятствует усвоению ионов железа, серы, магния и бора. Другие элементы в начале роста были с меньшими концентрациями, относительно эталонных параметров оптимальных концентраций. Эти особенности необходимо учитывать при подборе подвоев при закладке высокопродуктивных садов интенсивного типа.

3.2 Изучение устойчивости подвоев к дефициту влаги в почве

Было изучено влияние внешних факторов окружающей среды, при выращивании яблони, привитых на различные по силе роста подвои на особенности роста и развития их корневых систем.

Исследования проводились в опытном яблоневом саду Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского» в период с 2007 по 2010 гг. Деревья, привитые на различные по силе роста подвои (сильнорослый сеянцевый подвой, среднерослый – ММ.106, полукарликовый – М.26, и карликовый – М.9), в сопоставимых агротехнических условиях (междурядья с залужением при парующих проекциях ряда под гербицидным паром). Схемы посадки для деревьев на подвое М.9 – 4,0 х 1,0 м, М.26 – 4,0 х 2,0 м, ММ.106 – 5,0 х 2,5 м, на сеянцевом подвое – 6,0 х 5,0 м. В качестве привойного сорта деревьев яблони взят сорт Голден Делишес.

С возрастом насаждений проявляются особенности развития подвоев в зависимости от его силы роста. Установлено, что на момент проведения раскопок (сад 6-и летнего возраста, ноябрь 2013 г.), общий объём корневой системы у клоновых подвоев, в большей части залегает в слое 0…40 см. Так, у подвоя М.9 в этом слое накопилось 85 % объёма корней, у полукарликового М.26 – 75 %, а у среднерослого ММ.106 – 60 %. Наблюдается тенденция снижения удельного объёма корневой системы в верхних слоях почвы и постепенное их проникновение на большие глубины, чем изначальная

толщина корнеобитаемого слоя была у деревьев при посадке сада. При этом подвои с большей силой роста проявляют большую активность в распространении своих корневых систем в более глубокие слои почвы. Так, уже в конце третей вегетации деревья яблони сорта Голден Делишес, привитые на сеянцы культурных сортов формируют корневую систему, значительно (на 40 % своего объёма) растущую глубже окультуренного плантажной обработкой почвы слоя.

С увеличением возраста насаждений, изменяется глубина проникновения корневых систем растений, а также удельный объём размещения корневой системы деревьев на различных по силе роста подвоях. В конце шестой вегетации жизни сада, после получения первого промышленного урожая для всех сорто-подвойных комбинаций, проведённые раскопки корневых систем показали, что у деревьев с карликовым подвоем корни не проникали глубже окультуренного плантажированного слоя (0…60 см) и равномерно размещены по почвенному профилю.

Остальные подвои формируют более глубоко проникающую корневую систему и постепенно переносят всасывающие корни в нижние горизонты. Так, в подплантажном горизонте у полукарликового подвоя М.26 к концу шестой вегетации находятся уже 45 % объёма корней, у среднерослого ММ.106 – 65 %. При этом ММ.106 продолжает развитие корней не только освоением занятых к третьей вегетации почвенных горизонтов, но и продолжает заглубляться. За три года корневая система освоила дополнительно 20 см глубины, опустившись своей всасывающей системой. Корни деревьев, привитых на сеянцевом подвое, имеют большую глубину заложения корней и формируют всасывающие корни (46 % объёма корней) в слое почвы 100…140 см.

В ходе исследования было установлено (таблица 2), что наименьшая масса корней отмечена у деревьев на карликовом подвое М.9, а наибольшая, превышая карликовые деревья в 7 раз – у сеянцевых подвоев.

Таблица 2 – Масса корней (в кг) у деревьев яблони сорта Голден Делишес, привитых на различных подвоях. Деревья шестилетнего возраста. Результаты 2013 года

Глубина почвенного горизонта, см	Подвой			
	М.9	М.26	ММ.106	Сеянцевый подвой
0…20	7,5	9,0	5,2	8,7
21…40	8,8	10,8	13,0	12,2
41…60	8,8	12,6	18,2	26,1
61…80	-	3,6	13,0	47,0
81…100	-	-	-	34,8
101…120	-	-	-	26,1
121…140	-	-	-	19,1
Всего масса корней	25,1	36,0	49,4	174,0

В верхнем слое 0…20 см у карликового подвоя размещаются практически все типы корней – от скелетных до всасывающих. У среднерослого ММ.106 и сильнорослого сеянцевого подвоя в этом слое, а также до 40 см отмечается формирование исключительно скелетных корней первого порядка ветвления.

Полукарликовый подвой М.26 имел в верхнем слое скелетные корни различных порядков ветвления (до третьего), а с глубины 20 см отмечено развитие всех типов корней (скелетных, проводящих и всасывающих).

Заглубление всасывающих корней деревьев является важным фактором для насаждений в регионах, в которых наблюдается дефицит влаги в течении вегетации. Более глубоко проникающая корневая система, а также большая площадь водосбора растений позволяет использовать влагу, накопленную в течении зимнего покоя растений и опустившуюся в нижние горизонты, которые недоступны для корней других растений.

3.3 Расчёт теплообеспеченности (по суммам температур выше 10 ^{0}С) почвенно-климатических зон Крыма, определяющей развитие плодовых и ягодных культур

Каждая культура предъявляет требования к окружающей среде, в которой может выращиваться. Чем более благоприятные условия, в том числе и теплообеспеченность территории, тем больше возможностей культуры для достижения высокой и стабильной продуктивности.

На рисунке 1 приведены результаты изучения фенологических фаз развития сортов яблони зимнего срока созревания в условиях учебно-опытного сада Института «Агротехнологическая академия», которые показали, что сортам требуется разный период для подготовки к глубокому (органическому) покою.

Наиболее длительный он у сорта Пинк Леди. Ему, для окончания вегетации необходимы значительно большая теплообеспеченность территории, чем 3653 ^{0}С, которую обеспечивает территория Симферопольского района. Другие сорта яблони схожего срока созревания, являются менее требовательными к суммам накопленных температур.

При изучении вопроса влияния сумм температур установлено, что для нормального развития плодовых культур существуют критерии, минимальной и оптимальной обеспеченности теплом. Также установлены температуры стрессового превышения тепла, при которых растения не могут нормально пройти стадию вегетации, в случае, если они не выведены в конкретных или совпадающих с условиями места выращивания климата.

На основе этих критериев, а также проведения сравнительного анализа климатических условий, сложившихся в отдельных районах Крыма можно провести картирование территории на пригодность её к выращиванию каждой отдельной культуры.

На основе проведённой систематизации данных проведён анализ поэтапного сравнения теплообеспеченности, сложившейся на территории Крыма с экологическими требованиями культур.

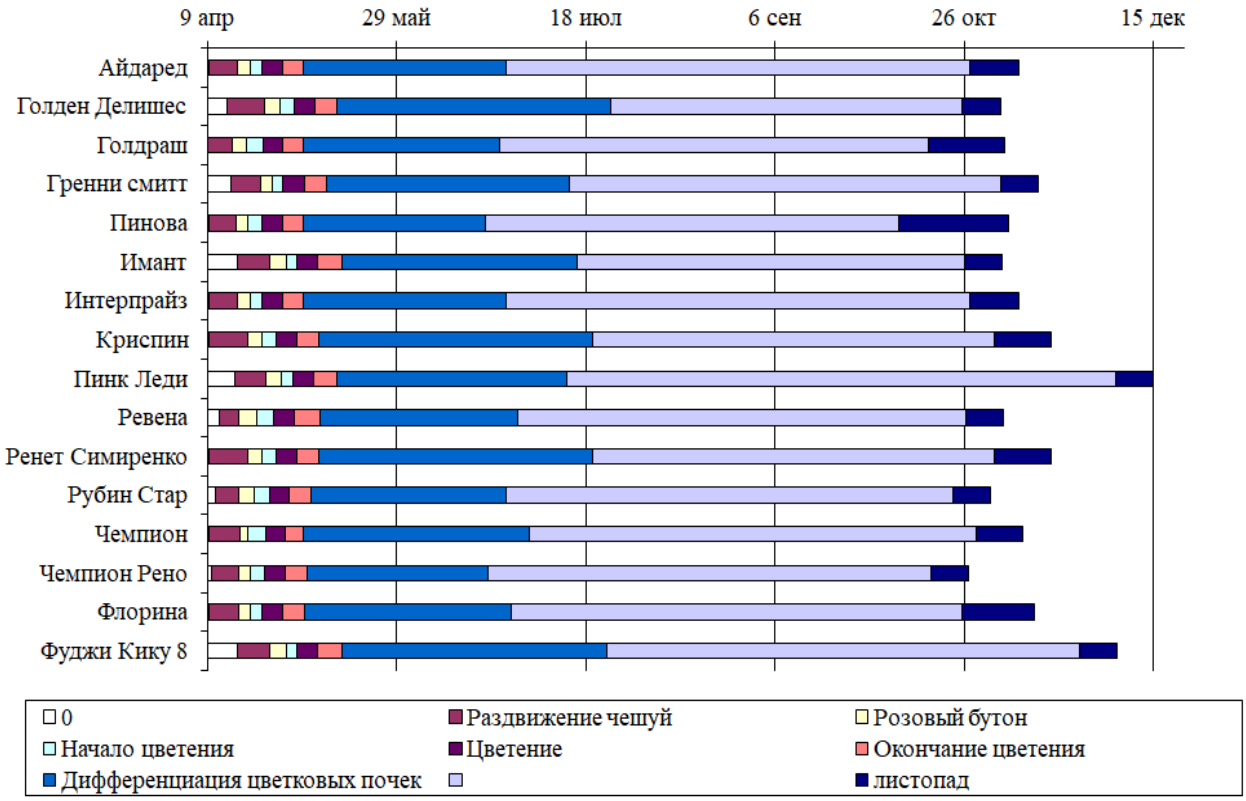

Рисунок 1 - Даты прохождения фенологических фаз развития деревьев сортов яблони зимнего срока созревания (средние данные за период с 2007 по 2020 гг.)

На первом этапе осуществлялась выборка данных по суммам накопившихся температур выше 10 ^{0}С в период с 2005 по 2022 гг. Имея данные по суммам температур, можно их сопоставить с экологической потребностью отдельных культур к теплообеспеченности.

Установлено, что наиболее теплообеспеченными (сумма температур выше 10 ^{0}С превышает показатель 4000 ^{0}С) являются зона Южного берега Крыма, Городской Округ (далее ГО) Севастополь, ГО Судак, Сакский район, а также Ленинский район. Во всех остальных районах суммы температур выше 10 ^{0}С не превышали 4000 ^{0}С и колебались в пределах – 3546…3990 ^{0}С. Имея данные по суммам температур можно их сопоставить с экологической потребностью отдельных культур к теплообеспеченности. Таким же образом можно разработать карты для каждой отдельной культуры. Легенда такой карты, поскольку в целом известны критерии температур минимальных, оптимальных и избытка тепла могут создаваться с выбором гаммы от зелёного цвета (для оптимальности территории) до красного (территория по теплообеспеченности не пригодна для выращивания в естественных условиях открытого грунта). Поскольку установлены минимумы сумм температур необходимые для прохождения вегетации, которые не в полной мере обеспечивают биологический потенциал культуры, но могут корректироваться подбором элементов технологии выращивания данный показатель выделяется желтым цветом. Избыток сумм температуры, как

способный привести к стрессу у растений выделен розовым цветом (близость к красному цвету угрозы и ограничения возможностей свободы выращивания) (рисунок 2).

Так, избыток тепла на территории Крыма отмечается для сортов: яблони летнего, осеннего и зимнего сроков созревания, груши летнего и осеннего сроков, вишни, черешни, сливы, абрикоса.

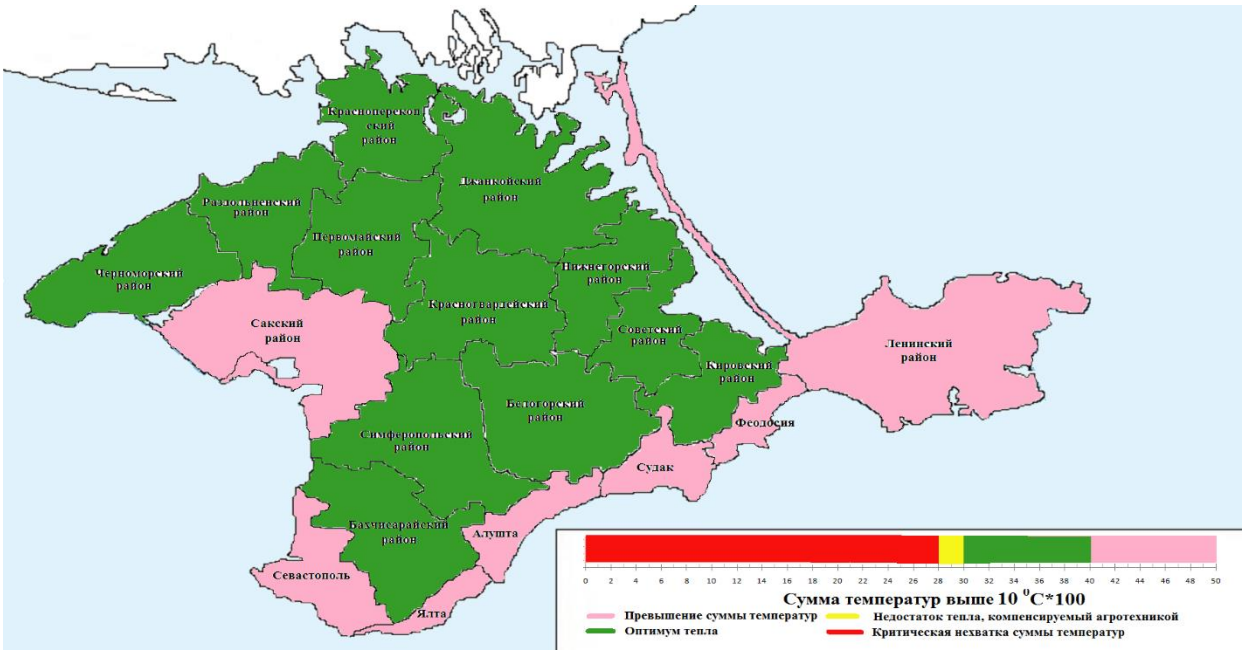

Рисунок 2 – Оптимизация размещения сортов яблони позднезимнего срока созревания и груши зимнего срока созревания по сумме температур выше 10 ^{0}С

Это не означает, что в данном регионе невозможно выращивание этих культур. Однако необходимо при выборе сортового состава насаждений ориентироваться на выбор растений, выведенных либо для данной местности, либо, по происхождению, приблизительно совпадающему по климату.

Для миндаля территория Крыма является в целом оптимальной по обеспечению потребностей культуры к теплу.

Однако для других культур и их отдельных групп сортов имеются различия по оптимальности размещения. Так, для сортов яблони позднезимнего срока созревания, а также груши зимнего срока, степная, восточная и западная части Крыма в целом будут обеспечивать растениям нормальное прохождение вегетации и подготовку их к зимнему периоду. При этом Сакский район, ГО Евпатория, ГО Севастополь, Южный берег Крыма, Феодосия и Ленинский район имеют превышение теплообеспеченности и для них необходимо подбирать сорта соответствующего климата.

Оптимальность размещения персика и алычи по требовательности к теплу приблизительно совпадают. Подавляющее большинство территории соответствует потребностям культур. Превышение суммы температур

относительно требований растений будет отмечаться только на территории ГО Севастополь, Южному берегу Крыма, а также Ленинскому району.

3.4 Расчёт вероятностей влияния минимальных температур в почвенно-климатических зонах Крыма на развитие плодовых и ягодных культур

Как отдельный элемент экологической пластичности развития растений морозостойкость описывается минимальными температурами, которые растения способны выдержать в состоянии покоя. Причём, следует отметить, что морозостойкость в различные стадии покоя может в значительной степени изменяться. Наибольшая морозостойкость у растений наблюдается в период глубокого (органического) покоя.

Исходя из того, что годовой цикл соответствует среднему ходу температур, можно предположить, что на каждый календарный день можно вывести размах вероятных колебаний температуры.

Был создан массив данных по ходу минимальных температур воздуха начиная с 2005 года. На каждую конкретную дату годового цикла условно может наблюдаться ход температур, который из года в год варьируют относительно определённого показателя, свойственного только условиям климата и местности. Если использовать такой подход можно определить размах варьирования изменения минимальных температур воздуха с различными долями вероятностей на доверительном уровне в 95 %, как максимально вероятный и присущий мягким зимам, а также 5 % – как вероятный экстремальный минимум, который может проявляться в данных условиях.

На рисунке 3 приведён графический пример оценки суммарности вероятностей уровня повреждения морозами сортов сливы, различных по степени морозостойкости в Нижнегорском и Советском районах.

На графике вероятностей проведены две линии: первая на уровне температуры минус 19 ^{0}С, а вторая – минус 30 ^{0}С. Эти линии соответствуют уровням устойчивости двух групп морозостойкости – для первой – сортов южного происхождения, второй – морозостойких. Проведя анализ можно сделать вывод, что критической вероятности повреждения сортов сливы отрицательными температурами не наблюдается – кривая вероятностей (95 %) снижения температур воздух не пересекают граничные показатели. Однако абсолютные снижения температуры (вероятность 5 %) пересекают уровень минус 19 ^{0}С – 21 раз, а уровень минус 30 ^{0}С – два раза. Это показывает, сколько дней минимальные температуры могут привести к повреждению генеративных образований сливы различных групп по морозостойкости.

Установлено, что на большей части Крыма может наблюдаться повреждение генеративных органов южных сортов сливы. В Крыму подобные сорта практически не используются, а применяются более устойчивые сорта, которые являются гибридами между южными и более морозостойкими формами. При этом для них совершенно непригодной может являться

территория Белогорского, Нижнегорского и Советского районов, поскольку вероятность повреждения урожая зимой превышает 91 %.

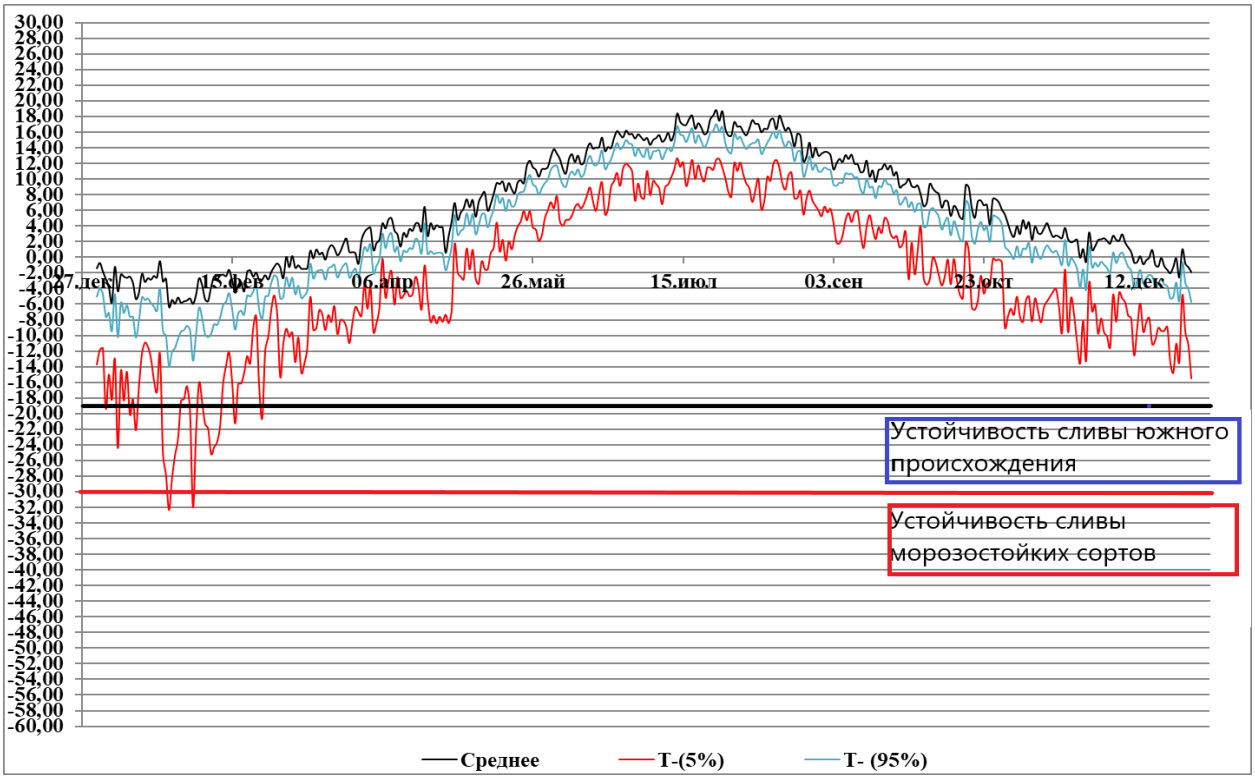

Рисунок 3 – Расчёт вероятностей повреждения сортов сливы, различных по степени морозостойкости, низкими зимними температурами в Нижнегорском и Советском районах Республики Крым

То есть, нормальный урожай в данных районах не получится практически ежегодно в силу повреждения генеративных образований. В то же самое время, простым подбором более морозостойких сортов, с граничным уровнем повреждения цветковых почек при температуре минус 30 ^{0}С, практически вся территория Крыма становится полностью пригодной для получения стабильного урожая (рисунок 4).

Проведение данного картирования вероятностей повреждения зимними морозами пород и сортов предлагается в качестве подбора оптимального их размещения при выборе адаптивной технологии выращивания.

На основе данного методологического принципа разработаны карты по размещению групп сортов плодовых культур, которые имеют ограничения по степени повреждения. По абрикосам морозостойким, алычи (морозостойкие и относительно морозостойкие сорта), вишни войлочной, вишни, груши морозостойких сортов, персика сортов украинской селекции и НБС ННЦ, черешни морозостойких сортов и яблони ограничений по выращиванию на территории Крыма повреждения зимними морозами потери урожая не будет.

3.5 Расчёт вероятностей проявления заморозков, влияющих на продуктивность промышленных насаждений плодовых культур

Весенние заморозки в значительной мере влияют на формирование урожая. В период начала вегетации генеративные органы существенно снижают свою устойчивость к низким температурам.

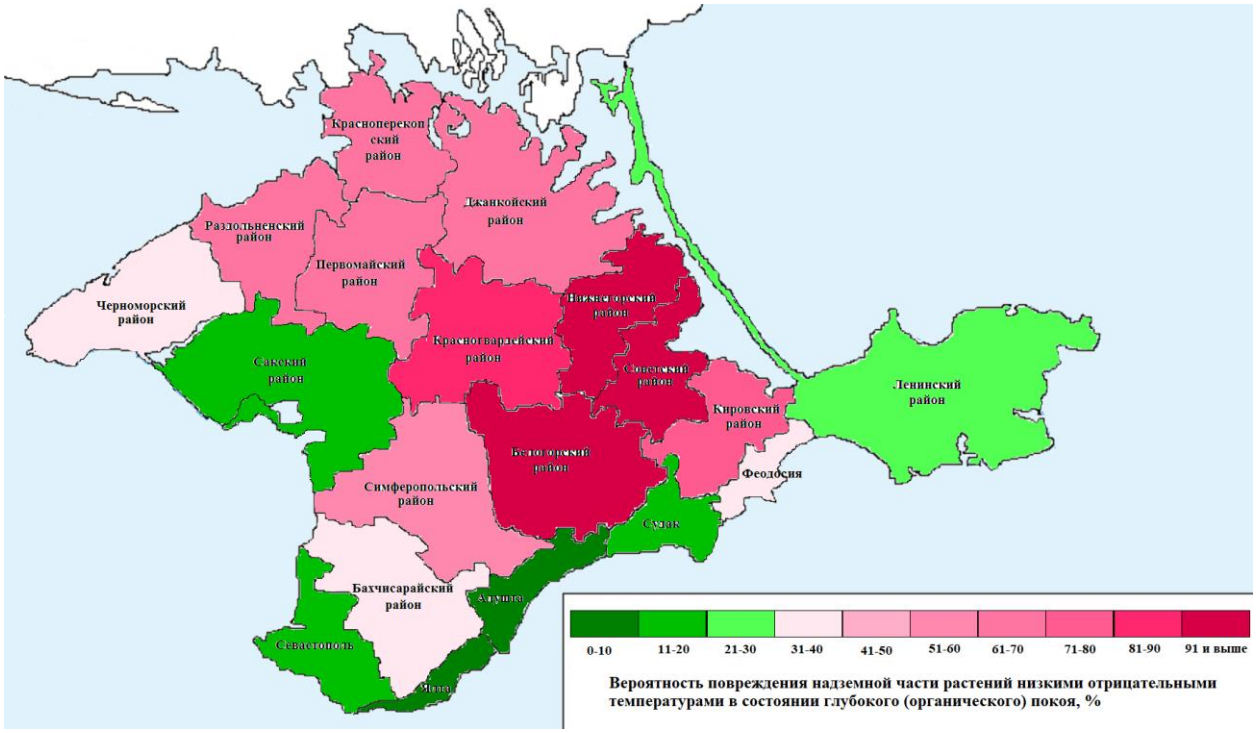

Рисунок 4 – Вероятность повреждения сливы сортов южного происхождения морозами в зимний период на территории Крыма

Применяя методы параметрического вариационного анализа предложен прогноз крайних (поздних) даты проявления вероятностей прохождения заморозков, способных привести к потере урожая. Используя разработанную базу данных можно, для выявления критичных дат заморозков включить в автоматизацию поиска логическую формулу взаимосвязи с переходом среднесуточных температур выше 0 ^{0}С. В случае, если критические температуры повреждения генеративных органов в каждую конкретную фенологическую фазу развития могут проявляться на фоне нарастания активных температур, то вероятность повреждения существует. Ели же подобные температуры проявятся в период до начала вегетации, они не принимаются в расчёт, и компьютерная программа их отсекает, выводя значение «нет».

Используя вероятностный расчёт методом вариационной статистики, с установленной 5-и и 95-и процентной точностью, определяются не только крайние даты, но также и частот события. Так, дата, установленная с вероятностью 95 % будет проявляться ежегодно, что свидетельствует о угрозе потери урожая. В то же время, событие, рассчитанное при вероятности 5 % может происходить лишь в отдельные годы.

Установлено, что в Симферопольском районе нет угрозы ежегодного повреждения генеративных органов весенними заморозками (таблица 3).

Однако, если фаза окончания цветения может наступить до 23 апреля, то в отдельные годы возможна потеря урожая. Это объясняется тем, то в данную фазу 90 % потери генеративных образований будет наблюдаться при температуре минус 4,3 ^{0}С, а подобная температура при вероятности события 5% может наблюдаться до 23 апреля.

Таблица 3 – Вероятные даты повреждения генеративных органов основных плодовых пород в зависимости от фенофазы развития в Симферополе (WMO_ID=33946)

Культура	Фаза	10 % повреждения			90 % повреждения		
		Т, ^{0}С	Дата		Т, ^{0}С	Дата	
			95 %	5 %		95 %	5 %
Яблоня	Обособление бутонов	-3,9	нет	23 апр.	-7,9	нет	нет
	Начало розового бутона	-2,8	нет	24 апр.	-5,9	нет	нет
	Полный розовый бутон	-2,7	нет	24 апр.	-4,6	нет	23 апр.
	Начало цветения	-2,3	нет	3 май	-3,9	нет	23 апр.
	Полное цветение	-2,9	нет	24 апр.	-4,7	нет	23 апр.
	Завязывание плодов	-1,9	нет	3 май	-3,0	нет	24 апр.
Персик (Эльберта)	Красный бутон (обособление цветков)	-4,8	нет	23 апр.	-14,2	нет	нет
	Розовый бутон	-4,1	нет	23 апр.	-9,2	нет	нет
	Начало цветения	-3,3	нет	24 апр.	-5,9	нет	нет
	Массовое цветение	-2,7	нет	24 апр.	-4,9	нет	23 апр.
	Окончание цветения	-2,5	нет	3 май	-3,9	нет	23 апр.
Слива (Итальянская)	Разрыхление бутонов	-4,0	нет	23 апр.	-7,9	нет	нет
	Начало цветения	-4,3	нет	23 апр.	-8,2	нет	нет
	Массовое цветение	-3,1	нет	24 апр.	-6,0	нет	нет
	Окончание цветения	-2,6	нет	26 апр.	-4,3	нет	23 апр.

Частичная потеря урожая сливы (до 10 % генеративных образований) может наблюдаться в Симферопольском районе до 26 апреля (температура начала повреждения минус 2,6 ^{0}С). После этой даты вероятности проявления пагубного влияния минимальные и могут происходить лишь в комплексе с другими неблагоприятными факторами окружающей среды.

Выполнены подобные расчёты для всех районов, на территории которых находятся официальные метеостанции.

Для точности определения вероятности повреждения генеративных органов каждой конкретной культуры и сорта заморозками необходимо

провести сравнение расчётных дат со сроками прохождения каждой отдельной фенологической фазы у растений.

Так, при изучении прохождения фенологических фаз у сорта сливы Стенлей в период с 2013 по 2018 гг., установлено, что размах начала вегетации (набухание почек) на опытном участке в Симферопольском районе (учебно-опытный сад Института «Агротехнологическая академия») составляет 16…17 дней. При этом вероятность повреждения могла быть только в 2013 году. Во все остальные годы исследований температуры в период заморозков не достигали критических для растений значений.

Раздел 4 Алгоритмизация технологических процессов в садоводстве

4.1 Разработка алгоритмов автоматизированной системы базовых технологий производства продукции многолетних насаждений

Любая технология выращивания сельскохозяйственных культур включает в себя уход за растением, а также обеспечение агротехнических условий бесконкурентного роста и развития культуры в агробиоценозе.

В первую очередь, это элементы или группы элементов, не меняющиеся в зависимости от условий и зоны выращивания. Считаем, что укрупнённые звенья базовой технологии это: уход за почвой, уход за растением (деревом/кустом), организация защиты растений от вредителей и болезней, а также организация уборки урожая.

Внутри каждого звена технологии может в свою очередь, в зависимости от предпочтений и возможностей производителя подбираться отдельный элемент, удовлетворяющий поставленным задачам. Правильный подбор элементов базовой технологии отображает интенсивность самих насаждений, их продуктивность и, как следствие, эффективность хозяйственной деятельности.

Общий блок базовой технологии и принципы его составления не меняются в зависимости от культуры. Изменения и модификации элементов технологии могут способствовать корректировке продуктивности насаждений и эффективности производства. Производитель, выбирая необходимые элементы технологии в условиях бесстрессовости внешних агробиоценотических условий может рассчитывать на получение наибольших урожаев с максимальным выходом качественных плодов.

Блок агротехнических мероприятий по уходу за деревом зависит от выбранной интенсивной технологии и ожидаемому получению урожая.

В простых загущенных насаждениях деревья выращиваются при относительно небольшом воздействии на растение с применением лишь обрезки (формирующей, санитарной и нагружающей). В таких типах насаждений не применяется установка шпалеры, а, следовательно, и последующие ремонтные работы. С другой стороны, интенсивные насаждения с высокой плотностью посадки, требуют больше ухода за кроной дерева, а также установки шпалеры, форма и конструкционные особенности которой

могут в значительной мере варьировать в зависимости от выбранной культуры, особенностей роста и плодоношения сорта, а также предпочтений агронома (по цене конструкции в зависимости от выбранных материалов).

В зависимости от формы кроны дерева, наличия шпалеры и возраста насаждений может существенно меняться способ применяемой обрезки. Это необходимо учитывать изначально в технологическом цикле, поскольку напрямую влияет на производительность труда в саду. Обрезки, которые на сегодня применяются могут осуществляться по общепринятым регламентам с использованием секатора, садовой ножовки, а в случаях большой высоты дерева с применением стремянок или садовых лестниц. Для интенсификации обрезки может использоваться современное вспомогательное оборудование. Так, в ходе полевых испытаний на базе Института «Агротехнологическая академия» установлено, что применение двуручных сучкорезов при обрезке сада, которые способны срезать ветви до 45 мм увеличивает выработку работников на 210…250 %. Использование платформ для обрезки сада, которые применяются, позволяет дополнительно исключить затраты рабочего времени на переноску лестниц, их установку и подъём-спуск работников, что также дополнительно увеличивает выработку на 35…45 %. Причём, комплексное применение вспомогательной техники показывает, что увеличение выработки может суммироваться (таблица 4).

Таблица 4 – Прогнозный расчёт затрат труда при обрезке сада (чел.-час/га) в зависимости от применения способов обрезки и конструкции насаждений на примере сада сливы

Конструкция сада	Обрезка классическая (секатор+ножовка)	Применение сучкореза двуручного, 45 мм	Применение платформы + классическая обрезка	Применение платформы + сучкорез 45 мм
Загущенный сад (разреженно-ярусная форма), 6х4м	133,0	63,3	86,5	41,2
Уплощённый сад (Полуплоская Кужеленко), 6х4 м	157,0	62,8	86,4	34,5
Загущенно-строчный сад (веретеновидная форма), 4х1м	100,0	43,5	60,0	26,1

Использование другой вспомогательной техники, которая появляется в последнее время всё больше, может также приводить к существенному снижению затрат на уход за кроной дерева. Из таких видов оборудования следует отметить использование пневматических и электрических секаторов, а также контурных обрезчиков. Однако каждый вид такого вспомогательного оборудования имеет особенности по применению. Так, пневматический секатор используется исключительно в комплекте с компрессором, который

устанавливается на платформу. Сам компрессор способен обслуживать 6 обрезчиков. То есть, данный вид оборудования уже изначально требует использования платформы, а также поточного способа обрезки деревьев.

Подобный принцип расчёта распространяется и на другие блоки базовой технологии выращивания культур.

4.2 Подбор адаптивных элементов технологии выращивания многолетних насаждений с использованием методов цифрового расчёта влияния ограничивающих факторов

Тенденция снижения негативного влияния факторов окружающей среды на продуктивность насаждений появилась лишь в последние десятилетия и связана с повышением ресурсоёмкости производственного процесса. При этом учитываются основные риски, которые напрямую влияют на состояние растений и не позволяют получать ожидаемый результат.

Основными абиотическими факторами являются системы почвенных и климатических условий. Использование систем удобрений и подкормок в течение жизненного цикла растений позволяет решить ряд вопросов с обеспечением элементами питания.

При этом необходимо учитывать не только эффект от внесения удобрений, но и их взаимодействие по увеличению или уменьшению поглотительной способности важных для культуры элементов питания.

Для каждого элемента питания должны приниматься во внимание также и формы самих удобрений.

Для адаптивного учёта всех почвенных параметров необходимо применять дифференцированный подход. Подобные схемы адаптивного расчёта системы удобрений проводятся в разработанной соискателем автоматической компьютерной программой. На основе программы можно осуществлять расчёты систем, норм удобрений, и определять их потребность в течении сезона. В данных системах удобрений учитываются основные взаимодействия между собой препаративных форм макро- и микроудобрений, а также возможность антагонистического действия в системе почва-удобрение-растение. В итоге применение таких количеств, форм удобрений и сроков их внесение позволило организации достигнуть желаемых результатов по производству продукции, а также обеспечению нормального развития деревьев.

В блоке с почвенными условиями также учитывается возможность или необходимость применения орошения. В последние годы орошение для интенсивных насаждений считается обязательным не зависимо от того, насколько благоприятны климатические и почвенные условия выращивания. Орошение в интенсивном садоводстве выполняет не только функцию улучшения водного питания растений. Оно также позволяет быстро и при меньших затратах ресурсов доставить легко доступные элементы питания к каждому растению.

Обеспечение водного питания деревьев с учётом естественно приходящей влаги и орошения возможно с учётом баланса влаги между

приходом и её расходом. Если принять во внимание, что в корнеобитаемой зоне деревьев других конкурентов по перехвату оросительной воды нет, то применим расчёт не по насыщению почвенного профиля влагой, то можно рассчитать оросительную норму с относительно новым подходом.

При расчёте норм орошения учитывается поливной период – начало и завершения полива, водный баланс территории по месяцам, коэффициент использования площади сада под непосредственно деревьями, а также оптимальная насыщенность влагой почвы (ППВ).

Формула расчёта для каждого отдельного месяца имеет вид:

$$m = \mathrm{P} \times 10 \times (-1) \times \left(\frac{L}{M}\right) \qquad (2)$$

где: m – поливная норма (м^3/га); P – водный баланс территории (мм); 10 – коэффициент перевода водного баланса в м^3/га; L – расстояние между растениями в ряду (м); M – расстояние между рядами (м).

Разработан алгоритм расчёта оросительной нормы и нормы орошения исходя из баланса влаги на территории, коэффициента используемой площади сада, занятой непосредственно под проекцией растения (площади питания), а также учёта поливного периода. Внешний вид данного расчёта на примере расчёта орошения интенсивных насаждений сливы (схема посадки 4,0 х 1,5 м) в Симферопольском районе приведён в таблице 5.

Таблица 5 – Водопотребление насаждений сливы за вегетационный период в зависимости от технологии выращивания. Расчётные данные по районам Крыма, в м^3/га

Административные районы и Городские округа Крыма	Элементы технологии выращивания		
	Сильнорослые, 6,0х4,0 м	Среднерослые, 5,0х3,0 м	Карликовые, 4,0х1,5 м
Алуштинский ГО	3744,4	3370,0	2106,2
Бахчисарайский район	2519,2	2267,3	1417,1
Белогорский район	2346,0	2111,4	1319,6
Джанкойский район	2756,5	2480,9	1550,6
Евпаторийский ГО, Сакский район	2958,0	2662,2	1663,9
Кировский район	2793,0	2513,7	1571,1
Красногвардейский район	2781,3	2503,1	1564,5
Красноперекопский, Первомайский, Раздольненский районы	3036,7	2733,1	1708,2
Ленинский район	3062,8	2756,5	1722,8
Нижнегорский, Советский районы	2613,8	2352,4	1470,2
ГО Севастополь	2615,1	2353,6	1471,0
Симферопольский район	2696,7	2427,0	1516,9
ГО Судак	3418,2	3076,3	1922,7
ГО Феодосия	3315,4	2983,9	1864,9
Черноморский район	2313,4	2082,0	1301,3
ГО Ялта	3496,4	3146,8	1966,7

Подобные расчёты могут проводиться для всех культур и применимы для вычисления лимитов водопотребления практически всех сельскохозяйственных культур.

4.3 Разработка алгоритмов автоматизированного подбора адаптивной технологии выращивания плодовых культур

С учётом интенсивности возделывания культуры, а также налагая определённые элементы адаптивности, становится возможным получить общий алгоритм выбора технологии. Алгоритм воспроизводится как элемент синтетической работы возможных сценариев, которые доступны и могут в целом применяться в производстве.

Все элементы, в базовой технологии выращивания многолетних растений, структурированы по отдельным комплексам работ. Свободный выбор невзаимосвязанных между собой блоков позволяет провести подсчёт сценариев технологии (рисунок 5), которых для сливы со всеми возможными вариациями насчитывается 6561 шт. При выращивании яблони по современным технологиям загущенно-строчного сада – 864 сценария. При выращивании черешни в загущенных садах – 432 сценария.

Рисунок 5 – Алгоритм подбора технологии выращивания сливы

В алгоритм включены технологии, которые в разной степени либо применялись, или применяются сейчас на территории Крыма.

Раздел 5 Разработка системы зонального картирования территории Республики Крым на пригодность к выращиванию культур с выбором технологий, обеспечивающих максимальное раскрытие их биологического потенциала

Анализ обеспеченности такими ресурсами внешней среды, как комплекс почвенных и климатических условий, а также экологических возможностей культуры с возможностью снижения неблагоприятных факторов применяемыми агротехническими мероприятиями, позволяет определить степень пригодности территории с учётом технологий возделывания для плодовых культур.

Проводя синтез имеющихся данных по сливе с учётом алгоритмизации технологии выращивания была составлена карта выбора адаптивной к местным условиям технологии выращивания плодовых культур (рисунок 6).

При составлении карты использовалось легендирование, учитывая максимальное большинство выбора возможностей реализации биологического потенциала, даже с учётом вероятностей, которые непосредственно не могут встречаться в Крыму.

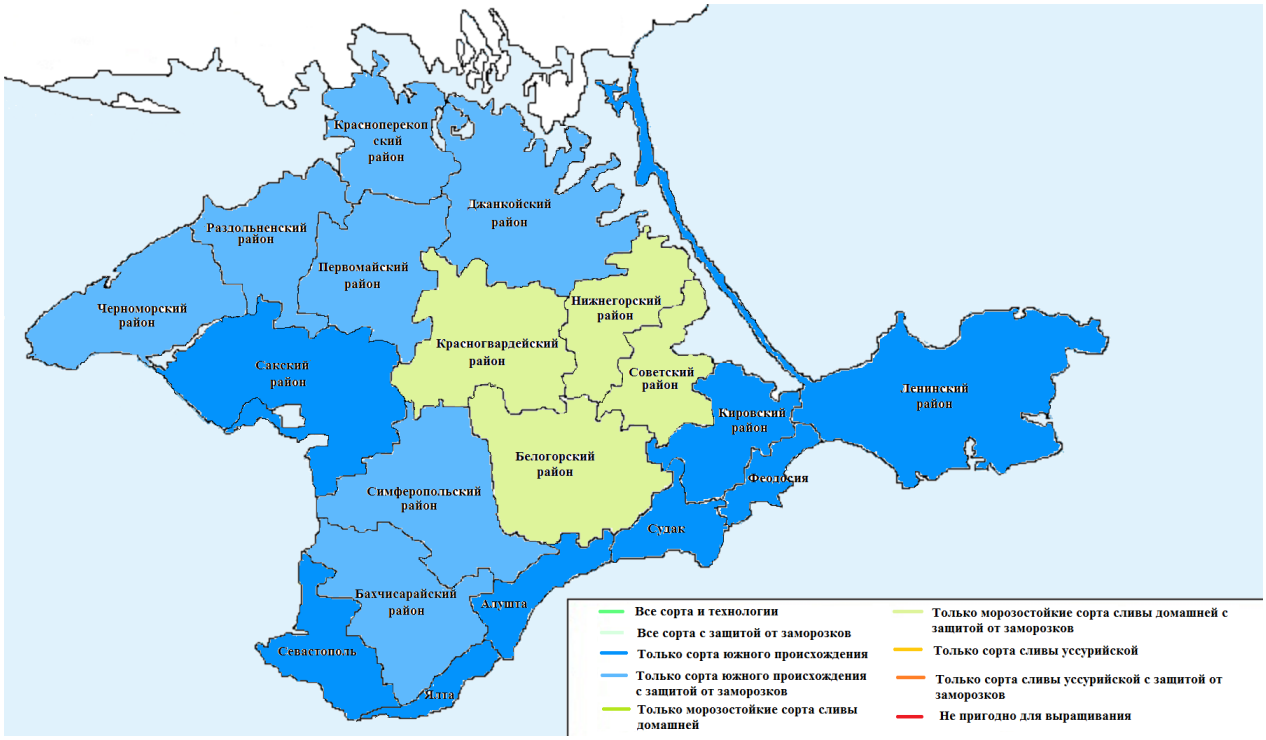

Рисунок 6 – Карта Крыма выбора технологии выращивания сливы, адаптированной к территории

На рисунке 6 в легенде представлены возможные варианты развития подбора технологии. Крайними факторами выбрано варианты от максимально возможного использования любых технологий без специального адаптирования элементов до невозможности выращивания сливы в открытом грунте.

При этом учитывалась теплообеспеченность территории, морозостойкости сортов в зависимости от вероятности повреждения генеративных органов растений в зимний период, а также необходимость применения защитных мероприятий от весенних заморозков.

Таким образом, для сливы Крымский полуостров условно делится на три агроклиматических зоны. В каждой из них по-разному будет реализован биологический потенциал продуктивности культуры для получения урожая. Так, вся территория Крыма, по суммам температур выше 10 ^{0}С существенно превышает потенциал нормальной потребности в тепле для сливы. Это требует подбора сортов южного происхождения. Для развития насаждений этими сортами без угрозы потери продуктивности из-за заморозков и зимних морозов отличаются: Южное побережье Крыма, ГО Севастополь, Кировский, Ленинский, Сакский районы, ГО Судак и ГО Феодосия. В этих районах и городских округах возможен выбор всех технологий для выращивания сортов южного происхождения.

Больших дополнительных агротехнологических мероприятий необходимо использовать при выращивании сливы в Бахчисарайском, Симферопольском, Черноморском, Раздольненском, Первомайском, Красноперекопском и Джанкойском районах. Помимо подбора сортов южного происхождения, также необходимо подобрать комплекс мероприятий по защите насаждений от заморозков. Это существенно влияет на дополнительные затраты, а также создаёт определённую угрозу потери или снижении продуктивности насаждений в отдельные годы.

Наибольшее количество ограничивающих факторов будет влиять на насаждения сливы в Белогорском, Красногвардейском, Нижнегорском и Советском районах. Помимо необходимости выбора сортов южного происхождения, способных выдерживать избыток теплообеспеченности в период вегетации, подбираемые для этих районов сорта должны обладать повышенной морозостойкостью, свойственной морозостойким сортам сливы домашней, а также защищать насаждения от весенних заморозков. Это существенно сужает возможность свободной закладки насаждений из-за ограниченного выбора сортов, обеспечивающих стабильность плодоношения в данных районах в течении всего продуктивного периода жизни насаждений.

Раздел 6 Расчёт экономической эффективности внедрения элементов адаптивного садоводства, рассчитанных с применением автоматических технологических карт

Экономическая эффективность производства является основным комплексным показателем, отображающим целесообразность производства в сложившихся обстоятельствах и условиях. Для многолетних насаждений важным является не только уровень рентабельности производства в каждый конкретный год, но и срок окупаемости первоначальных инвестиций. Зачастую высокий уровень рентабельности, который получается в ходе

расчёта производства плодов в конкретный год с высокими урожаями, не отображает общую картину по возврату капитальных вложений.

Разработана «Специализированная программа анализа экономической эффективности подбора технологии выращивания сельскохозяйственных культур», зарегистрированная Федеральной службой по интеллектуальной собственности как программа для ЭВМ (Номер регистрации (свидетельства) – 2020663040, дата регистрации 22.10.2020).

В зависимости от плотности посадки и типов насаждений, будет существенно меняться срок их вступления в период полного промышленного плодоношения, а также урожайность насаждений.

Результаты расчёта сценариев показывают, что в годовом отношении, все варианты производства плодов сливы являются эффективными с использованием более плотных схем посадки, снижения высоты крон деревьев, влечёт за собой и большую эффективность выполнения работ, уровень доходности существенно возрастает.

При увеличении капитальных вложений на 59 % в сравнении между садом сливы на сильнорослом подвое и карликовом, на которых не применяется система защиты от заморозков, уровень доходности в денежных единицах возрастает в 3,4 раза. Такой уровень доходности, а также и быстрота нарастания урожайности у интенсивных насаждений приводит к более быстрой окупаемости насаждений как таковых. Сад сливы на сильнорослом подвое окупается за счёт производства продукции только на 8 год после посадки, а с учётом дисконтирования на уровне 8 % лишь на 9-й, что свидетельствует о том, что данные насаждения могут иметь срок окупаемости менее интересные для продолжительных инвестиций, и, вероятно, потребуют государственной поддержки. Окупаемость таких насаждений, в случае применения на них системы защиты от заморозков различной интенсивности лишь за счёт увеличения затрат на оросительную воду, а также увеличения на три обработки от болезней, которые могут проявляться при избыточном увлажнении деревьев, увеличивает простой срок их окупаемости до девяти лет, а дисконтированный, соответственно, до десяти лет, что делает защиту в таких насаждениях невыгодной для инвестиционного проекта.

Заключение

На основании многолетних исследований (2007-2022 гг.) по научному обоснованию цифрового моделирования адаптивного садоводства с целью получения высоких и устойчивых урожаев в Республике Крым получены следующие научные результаты:

1. Разработана методология исследований в системе «растение-среда» адаптивного садоводства и сравнительной оценки пригодности климатических и почвенных факторов территории для размещения плодовых и ягодных культур.

2. На основе созданных банков климатических баз данных по теплообеспеченности территорий, минимальным температурам воздуха в период покоя растений, срокам наступления заморозков и их интенсивности, водному балансу, предложены адаптивные технологии возделывания садовых культур с разработкой системы зонального картирования территории Республики Крым, обеспечивающие максимальную продуктивность насаждений.

3. Научно обосновано, что при расчёте сумм температур, активирующих онтогенез растений для каждой отдельной культуры следует учитывать период от начала вегетации до завершения вегетационного цикла. Применение вариационного анализа параметрических данных в массиве посуточных погодных наблюдений позволяет прогнозировать вероятность прохождения критических для садовых культур температурных показателей с точностью 95 %.

4. Экспериментально доказано, что эффективное снижение активной карбонатности в почвах на 12…16 % обеспечивает применение 1 т/га гранулированной серы с последующим посевом горчицы в междурядьях сада. Насаждения при этом обеспечивают прирост урожайности в сравнении с контролем на 105 %.

5. Теоретически обоснована алгоритмизация формирования размещения и технологии выращивания плодовых и ягодных культур в зависимости от степени пригодности территории выращивания по основным агроклиматическим показателям.

6. Предложены алгоритмы выбора технологий выращивания яблони, сливы и черешни с использованием невзаимосвязанных между собой блоков, что позволяет выбрать оптимальный набор агротехнологических приемов в зависимости от экономических возможностей субъекта хозяйственной деятельности.

7. Разработаны компьютерные программы по расчёту внесения удобрений в зависимости от уровней их доступности в почве, способов подкормок, а также общехозяйственной потребности с учётом выноса макро- и микроэлементов с хозяйственным урожаем, а также расчёта орошения, с учетом баланса влаги, позволяющие автоматизировать эти процессы.

8. Проведенная алгоритмизация применения современных механизмов и приспособлений при работе с кроной деревьев показала, что комплексное использование вспомогательной техники позволяет увеличить производительность труда в 3,6 раза в сравнении с использованием стандартного рабочего инструмента.

9. Установлено, что интенсификация процессов уборочных технологий приводит к сокращению затрат рабочего времени до 0,25 чел.-час/га. При использовании полной механизации уборки затраты снижаются в 4,77 раза.

10. Показано, что при внедрении инновационных элементов адаптивного садоводства снижается срок окупаемости вложенных инвестиций

с 9 до 6 лет от момента посадки сада. Тенденция увеличения окупаемости тем больше, чем ниже уровень интенсивности производства (ООО «Грушевские сады» ГО Судак (403,1911 га), ФГБУ «Центр агрохимической службы «Крымский», кафедра плодоовощеводства и виноградарства Института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»).

Рекомендации производству

Для оптимального размещения многолетних насаждений по территории Республики Крым перед закладкой следует определять уровень экологической адаптивности культур и сортов к агроклиматическим условиям зоны выращивания, используя разработанную базу данных климатических факторов и «Агроклиматический атлас Республики Крым. Пригодность территории для выращивания плодовых, ягодных культур и винограда» и разработанную систему картирования с учётом основных агроклиматических показателей.

При подборе адаптивной технологии выращивания необходимо учитывать влияние отдельных агротехнических мероприятий на снижение негативных абиотических и биотических факторов окружающей среды, в том числе: уровней интенсивности заморозков, дефицита влагообеспеченности территории, максимальных и минимальных температур воздуха в период вегетации и покоя плодовых и ягодных культур, концентрации токсичных для растений соединений в почве.

В Белогорском, Красногвардейском, Нижнегорском и Советском районах Крыма при подборе сортов сливы следует учитывать теплообеспеченность территории в период вегетации, высокую устойчивость к зимним морозам. Необходимо обеспечивать защиту насаждений от влияния заморозков всех типов, применяя специализированные агротехнические мероприятия.

При внедрении в производство подвойных форм/сортов следует определять уровни устойчивости к дефициту влаги в почве, а также к подвижным соединениям, способным негативно влиять на физиологическое состояние растений и при высоком уровне карбонатности почв применять мелиоранты в виде серы с последующей посадкой горчицы в междурядьях.

При закладке и реставрации лесополос рекомендуется использовать ажурную схему посадки.

Рекомендации для научного процесса

При разработке элементов адаптивного садоводства необходимо изучение климатических особенностей территории выращивания, что обеспечивает возможность определения путей селекционного процесса по выведению новых, устойчивых к условиям выращивания

высокопродуктивных сортов, основываясь на учёте экстремальных параметров окружающей среды.

При изучении сортов плодовых и ягодных культур предложено использовать разработанные алгоритмы для определения цифровых параметров основных агрономически значимых факторов (уровни накопления активных температур для наступления отдельных фенологических фаз развития растений, их морозоустойчивости, температуры повреждения заморозками генеративных образования в зависимости от фаз их развития, а также оптимальные концентрации элементов питания в тканях для формирования урожая).

Рекомендуется применять разработанные алгоритмы и систему цифровизации при изучении способности агротехнических мероприятий к снижению влияния негативных факторов на продуктивность и стабильность получения урожая в насаждениях плодовых и ягодных культур.

Для статистической обработки полученных результатов использовать предложенную систему оценки климатических факторов.

Основные опубликованные работы по теме диссертации:

Научные статьи в журналах, включенных в перечень ВАК при Минобрнауки России:

1. **Потанин Д. В.**, Иванова М. И. Архитектоника корневых систем и потенциальная засухоустойчивость деревьев яблони, привитых на различные по силе роста подвои [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2023. № 82(4). С. 12–27. URL: https://journalkubansad.ru/pdf/23/04/02.pdf DOI 10.30679/2219-5335-2023-4-82-12-27.

2. **Потанин Д.В.,** Иванова М.И. Автоматизация расчёта систем удобрений в промышленных многолетних насаждениях // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2023;25(2):163-169. DOI 10.34919/IM.2023.25.2.009.

3. **Потанин Д. В.**, Иванова М. И., Иванченко В. И. Применение химических мелиорантов на высококарбонатных почвах, как элемент адаптивных технологий при выращивании многолетних насаждений [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2023. № 81(3). С. 261–278. URL: http://journalkubansad.ru/pdf/23/03/17.pdf. DOI: 10.30679/2219-5335-2023-3-81-261-278

4. **Потанин, Д. В.** Особенности прохождения органогенеза сортов яблони в зависимости от условий года по теплообеспеченности / Д. В. Потанин, М. И. Иванова // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2023. – № 146. – С. 30-39. – DOI 10.36305/0513-1634-2023-146-30-39. – EDN CGJSAQ.

5. **Потанин Д.В.**, Иванова М.И. Изучение архитектоники корневых систем груши в зависимости от подвоя // Проблемы развития АПК региона. – 2023. - №1(53). – С. 72-80. – DOI 10.52671/20790996_2023_1_72.

6. **Потанин Д.В.**, Иванова М.И., Иванченко В.И., Маслич Е.А., Замета О.Г., Михайлов С.В. Эффективность производства продукции многолетних насаждений при выборе технологии уборочной кампании// «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2023;25(1):57-64. DOI 10.34919/IM.2023.25.1.008.

7. **Потанин Д.В.,** Иванова М.И. Подбор элементов адаптивного садоводства в зависимости от климатического потенциала территории // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2022;24(3):254-262. DOI 10.34919/IM.2022.24.3.009.

8. Прогнозирование вероятности повреждения заморозками плодовых культур и винограда на основе климатических баз данных / М. И. Иванова, **Д. В. Потанин**, В. И. Иванченко [и др.] // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2022. – № 31(194). – С. 35-51. – EDN KZWAPB.

9. Адаптивный метод подбора сортов плодовых культур и винограда по морозостойкости для обеспечения стабильного плодоношения многолетних насаждений / **Д. В. Потанин**, М. И. Иванова, В. И. Иванченко, К. В. Иванченко // Известия Дагестанского ГАУ. – 2022. – № 4(16). – С. 102-110. – DOI 10.52671/26867591_2022_4_102. – EDN RWHKJT.

10. **Потанин, Д. В.** Адаптация элементов технологии эксплуатации насаждений плодовых и ягодных культур к климатическим особенностям региона выращивания / Д. В. Потанин, С. Н. Гунько // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2017. – № 9(172). – С. 16-23. – EDN ZIWDGZ.

11. **Потанин, Д. В.** Оценка пригодности агроклиматических условий Республики Крым для выращивания садовых культур / Д. В. Потанин // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2016. – № 5(168). – С. 17-24. – EDN YKQQAD.

12. **Потанин, Д. В.** Адаптирование элементов технологии эксплуатации насаждений плодовых и ягодных культур к климатическим особенностям Крыма / **Д. В. Потанин** // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 5(55). – С. 178-181. – EDN UZBYNL.

Патент на изобретение:

13. Иванова М.И., **Потанин Д.В.** Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020663040 Российская Федерация. Специализированная программа анализа экономической эффективности подбора технологии выращивания сельскохозяйственных культур: № 2020617787: заявл. 16.07.2020: опубл. 22.10.2020 / М. И. Иванова, **Д.В. Потанин**.

Монографии:

14. **Потанин Д. В.** Инновационные технологии в садоводстве : монография / Д. В. Потанин. – Дюссельдорф : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. – 452 с. – ISBN 978-3-330-01534-0.

15. Система садоводства Республики Крым / Копылов В.И., Балыкина Е.Б., Беренштейн И.Б., Бурлак В.А., Валеева Н.Г., Корниенко Н.Я., Опанасенко Н.Е., **Потанин Д.В.**, Пичугин А.М., Рябов В.А., Скляр С.И., Сторчоус В.Н., Стрюкова Н.М., Сычевский М.Е.; ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Академия биоресурсов и природопользования. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2016. – 288 с. – ISBN 978-5-906813-71-8. – EDN WZOZBR.

16. Хургин Ю.В., **Потанин Д.В.**, Праля И.И., Полунин А.А. Передовые технологии выращивания груши и яблони. – Житомир : Рута, 2021. – 308 с. ISBN 978-816-581-486-4.

17. **Потанин Д. В.,** Иванова М. И., Даниленко В. Я. Агроклиматический атлас Республики Крым. Пригодность территории для выращивания плодовых, ягодных культур и винограда. – Симферополь, ПОЛИПРИНТ: 2023. – 306 с. ISBN 978-5-6048939-7-5

Научные статьи в журналах, сборниках:

18. Иванова, М. И., **Д. В. Потанин** Применение автоматических технологических карт при подборе эффективной технологии выращивания виноградных саженцев / М. И. Иванова, Д. В. Потанин // Агропродовольственная экономика. – 2020. – № 3. – С. 73-77.

19. Корниенко, П. С. Фитосанитарное состояние ореха грецкого в Республике Крым и России / П. С. Корниенко, **Д. В. Потанин** // Вопросы технических наук в свете современных исследований: Сборник статей по материалам V-VI международной научно-практической конференции. Том 1 (4): Ассоциация научных сотрудников "Сибирская академическая книга", 2018. – С. 75-80. – EDN YPXCZJ.

20. Малетич, Г. К. Изучение эффективности новых приемов ухода за кроной яблони / Г. К. Малетич, **Д. В. Потанин** // Промышленность, сельское хозяйство, энергетика и инфраструктура: проблемы и векторы развития: Сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 25 сентября 2017 года. – Санкт-Петербург: Научная общественная организация "Профессиональная наука", 2017. – С. 190-202. – EDN ZJJZTR.

21. Малетич, Г. К. Изучение эффективности использования нагружающей обрезки в интенсивных насаждениях яблони / Г. К. Малетич, **Д. В. Потанин** // ДНИ НАУКИ КФУ им. В.И. ВЕРНАДСКОГО: сборник тезисов участников, Симферополь, 01–03 ноября 2017 года. Том 1. – Симферополь: Без издательства, 2017. – С. 27-29. – EDN VRXKHR.

22. Иванова, М. И. Перспективы внедрения модели прогнозирования развития болезней винограда с применением ГИС для усовершенствования комплекса мероприятий по защите насаждений / М. И. Иванова, **Д. В. Потанин** // Инновационные технологии в области сельскохозяйственных наук: сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции, Хабаровск, 25 августа 2017 года. Том Выпуск II. – Хабаровск:

Федеральный центр науки и образования Эвенсис, 2017. – С. 5-9. – EDN ZHITJV.

23. Корниенко, П. С. Перспективы выращивания ореха грецкого в Республике Крым и России / П. С. Корниенко, **Д. В. Потанин** // Наука вчера, сегодня, завтра: сб. ст. по матер. XLII междунар. науч.-практ. конф. № 1(35). – Новосибирск: СибАК, 2017. – С. 77-92. – EDN XQVCTD.

24. **Потанин, Д. В.** Влияние обрезки деревьев на характер роста и плодоношения сортов яблони Голден Делишес, Айдаред и Ренет Симиренко в условиях предгорного Крыма / **Д. В. Потанин**, А. А. Харченко, С. Н. Гунько // Наука вчера, сегодня, завтра: сб. ст. по матер. XLIII междунар. науч.-практ. конф. № 2(36). – Новосибирск: СибАК, 2017. – С. 78-87. – EDN XVGUDB.

25. **Потанин, Д. В.** Хозяйственная оценка новых иммунных сортов яблони в зоне предгорного Крыма / **Д. В. Потанин**, Г. В. Завирюха // Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского: Сборник тезисов участников II научной конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых, Симферополь, 24–28 октября 2016 года. Том 1. – Симферополь: ООО "Актива", 2016. – С. 17-18. – EDN XVXFLV.

26. **Потанин, Д. В.** Алгоритмизация технологических процессов адаптивного виноградарства / **Д. В. Потанин**, В. И. Иванченко, И. В. Замета // Технические науки - от теории к практике: сб. ст. по матер. LXV междунар. науч.-практ. конф. № 12(60). – Новосибирск: СибАК, 2016. – С. 78-87. – EDN XHWDUT.

27. Даниленко В.Я., **Потанин Д.В.** Перспективы внедрения адаптивных технологий при выращивании кизила на территории республики Крым // Инновации в науке: сб. ст. по матер. LXII междунар. науч.-практ. конф. № 10(59). – Новосибирск: СибАК, 2016. – С. 145-157. – EDN WXTKRD.

28. **Потанин, Д. В.** Оценка пригодности агроклиматических условий для выращивания плодовых и ягодных культур / **Д. В. Потанин** // Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского: Сборник тезисов участников I научной конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых, Симферополь, 26–30 октября 2015 года. Том 5. – Симферополь: ООО "Актива", 2015. – С. 23-25. – EDN WQQYBP.

29. **Потанин, Д. В.** Подбор технологии выращивания абрикоса на территории Республики Крым в зависимости от климатических условий / **Д. В. Потанин** // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3, № 1(12). – С. 161-166. – DOI 10.12737/10616. – EDN TPGWFR.

30. **Потанин, Д.В.** Оценка пригодности агроклиматических условий для выращивания плодовых культур // НИР: грант № 14-47-01560. РФФИ. 2014. – EDN UVPGYB.

31. **Potanin, D. V.** Efficiency of the using the garden putties for recovering the plantings to apple trees, damaged at winter period / **D. V. Potanin** // Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины "Крымский агротехнологический

университет". Серия: Сельскохозяйственные науки. – 2013. – No. 157. – P. 146-151. – EDN SCAMRP.

32. **Потанін Д.В.**, Каширіна Д.А. Вивчення адаптивності нових зимових сортів яблуні (Malus domestica Borkh.) української селекції в умовах передгірного Криму // Садівництво. Міжвідомчий тематичний збірник. – 2013. - Вип. 67. – С. 36-42.

33. **Потанін Д.В.** Оцінка придатності агрокліматичних умов до вирощування плодових і ягідних культур //Напрямок і підсумки співробітників науки і АПК. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції (15-17 травня 2013 р.). – Сімферополь. ВД «Аріал», 2013. – С. 46-47.

34. Подшивалов, Ю.М., **Потанін Д.В.** Продуктивність сортів суниці у зв'язку з адаптивністю до несприятливих умов Південного степу України / **Д.В. Потанін**, Ю.М. Подшивалов // Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України. - Випуск 16. – Київ, 2012. – С. 254-257.

35. Визначення адаптивності сортів малини (RUBUS L.) до сприятливих умов південного степу України / **Д.В. Потанін**, Ю.М. Подшивалов // збірник «Наукові праці Південного філіалу «Кримський агротехнологічний університет» Національного аграрного університету. Сільскогосподарськи науки». Випуск 130. – Сімферополь, 2010. – С. 88 – 92.

36. **Потанин Д.В.**, Полюхович О.А., Подшивалов Ю.М. Инновационный подход к технологированию создания сада // Наукові праці Південного філіалу Національного університету біоресурсів і природокористування «Кримський агротехнологічний університет». – Вип. 121. – Сімферополь, 2009. - С. 127-131.

37. Подшивалов, Ю.Н.; **Потанин, Д.В.** Экологическая пластичность сортов земляники в неблагоприятных условиях южной степи Украины / Ю.Н. Подшивалов, **Д.В. Потанин** // Совершенствование сортимента плодов., ягодн. культур и винограда в соврем. условиях хозяйствования: материалы междунар., науч.-практ. конф. (пос. Самохваловичи, 28-30 августа 2007 г.). - Минск, 2007. - С. 243-247.

38. Посухостійкість суниці в умовах південного степу України / **Д.В. Потанін**, Ю.М. Подшивалов // сборник «Наукові праці Південного філіалу «Кримський агротехнологічний університет» Національного аграрного університету. Сільскогосподарськи науки». Випуск 104. – Сімферополь, 2007. – С. 104 – 109.

Потанин Дмитрий Валериевич

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
доктора сельскохозяйственных наук

Подписано в печать _____20__ г.
Печать трафаретная. Формат 60x84 1/16.
Гарнитура «Times New Roman». Объем 2 усл. печ. л.
Тираж 100 экз. Заказ №
Отпечатано в _____