

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИНФОРМАЦИИ
И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ИНЖЕНЕРНО-
ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА»
(ФГБНУ «РОСИНФОРМАГРОТЕХ»)

УДК 631.347.8:634.1

№ регистрации

AAAA-A20-120101490041-9

УТВЕРЖДАЮ

Врио директора

ФГБНУ «Росинформагротех»,

канд. юрид. наук



П.А. Подьяблонский

« 10 » декабря 2020 г.

**ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ**

**Исследование и разработка технологии и технических средств
подпочвенного очагового воздействия на корневую систему растений
при выращивании многолетних насаждений**

Задание 2.1.4 Проведение исследований и научно-информационное обеспечение перехода к высокопродуктивному экологически чистому агро- и аквахозяйству, разработки и внедрения систем рационального применения средств химической и биологической защиты сельскохозяйственных растений, создание безопасных и качественных, в том числе функциональных, продуктов питания

Тема 2.1.4.10 Проведение исследований и разработка технологии управления минеральным питанием многолетних насаждений

Первый заместитель –
заместитель директора
по научной работе,
канд. техн. наук

Н.П. Мишуров

Начальник НИЦ
«Агротехнология»,
канд. техн. наук

В.Г. Селиванов

Правдинский 2020

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы,
начальник НИЦ
«Агротехнология»,
канд. техн. наук



В.Г. Селиванов
(введение,
разделы 1-3,
заключение)

Исполнитель:
Вед. науч. сотр.,
канд. техн. наук



Н.Н. Краховецкий
(разделы 1-3)

Соисполнитель:
Зав. исследовательским
центром, д-р с.-х. наук, проф.
(ВСТИСП)



В.Ф. Воробьев
(разделы 1-3)

Нормоконтроль



А.Д. Федоров

РЕФЕРАТ

Отчет 42 с., 19 рис., 3 табл., 22 источн.

ПОЧВЕННЫЙ ПОЛИВ, ПРИКОРНЕВАЯ ЗОНА, МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ, ВОДНО-ВОЗДУШНЫЙ РЕЖИМ, БИОПОЛИМЕРЫ, БИОМЕТРИЯ РАСТЕНИЙ

Цель исследования – разработка технологии подпочвенного воздействия на корневую систему многолетних садовых насаждений с отработкой режимов работы технических средств, позволяющих осуществлять минеральное питание прикорневой зоны растений с последующим введением гидро- и порошковых гелей.

Объектом исследования являются технология и технические средства для подпочвенного питания прикорневой зоны с одновременным внесением питательного раствора и гидро- и порошкового гелей.

В процессе исследовательской работы использовался разработанный и изготовленный полевой стенд для реализации подпочвенного питания прикорневой зоны насаждений молодого яблоневого сада с использованием гидро- и порошкового гелей.

В результате исследований, основанных на биометрических замерах растений на опытных и контрольных участках, установлена эффективность применения технологии подпочвенного питания прикорневой зоны растений с применением гидрогеля.

При выполнении работы завершено оформление патентоспособного решения – получено решение Федеральной службы по интеллектуальной собственности (Роспатент) о выдаче патента на изобретение № 2019109993/10 (019187) «Пневмогидробур».

СОДЕРЖАНИЕ

Термины и определения.....	5
Введение.....	6
1 Анализ, изучение и развитие направления подпочвенного минерального питания многолетних садовых насаждений с использованием аграрных гелей. Цель и задачи исследований.....	8
2 Программа и методика исследований технологии и технических средств подпочвенного питания растений с использованием аграрных гелей.....	13
2.1 Программа исследований.....	13
2.2 Методика исследований.....	15
3 Результаты исследований технологии с техническими средствами при подпочвенном минеральном питании растений с использованием гидро- и порошкового гелей	24
Заключение.....	37
Список использованных источников.....	40

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящем отчете о научно-исследовательской работе применяют следующие основные термины с соответствующими определениями.

Абсолютная влажность –	количество влаги, содержащейся в одном кубометре воздуха.
Атмосферная влага –	вода, содержащаяся в атмосферном воздухе в виде водяного пара или взвешенных продуктов конденсации.
Биометрия растений –	оценка динамики изменения (роста) элементов растений в определенный период.
Водно-воздушный режим –	технологические операции, обеспечивающие прикорневую зону растений необходимым количеством влаги и создание условий для движения в почве потоков воздуха.
Гидрогель –	химическое вещество, полимер, способный поглощать, удерживать и возвращать поглощенную воду или питательный раствор.
Интенсивные сады –	сады с ранним вступлением в плодоношение (на 5-6 год), ежегодная урожайность 15-20 т/га, высокое качество плодов и эффективность агротехнических мероприятий.
Подпочвенный полив –	обеспечение растений водой или питательным раствором непосредственно в прикорневой зоне.
Транспирация –	испарение воды растением.

ВВЕДЕНИЕ

Государственной программой развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы предусмотрено доведение ежегодной площади закладки садов до 1,5 тыс. га, из которых не менее 70% общей площади должны занимать сады интенсивного типа [1-3].

На современном этапе развития садоводства переход к возделыванию садов интенсивного типа является основополагающим направлением.

В Нечерноземной зоне интенсивными можно считать сады, обеспечивающие ежегодную стабильную урожайность 15-20 т/га. Кроме того, интенсивные сады должны обеспечивать ранее начало плодоношения (на 5-6 год), быстрое нарастание урожайности до стабилизации на запланированном уровне, полную окупаемость капитальных вложений первыми полноценными урожаями и высокую отдачу затрачиваемых средств на уход за садом, качество плодов должно соответствовать государственному стандарту, а себестоимость их производства составлять 15-20 % цен реализации.

Основные предпосылки создания интенсивных садов – выбор благоприятного местоположения, подбор наиболее продуктивных и наиболее надежных привойно-подвойных комбинаций, рациональное размещение сортов и деревьев в пределах квартала в сочетании с созданием и поддержанием оптимальной конструкции сада. Для реализации потенциальных возможностей интенсивного сада необходима система мероприятий, направленных на постоянное поддержание динамического равновесия между ростом и плодоношением путем оптимизации светового и питательного режимов, а также сохранения высокой активности надземной и корневой систем растения [4-8].

Отсюда, внедрение в практику агротехнических мероприятий технологии подпочвенного воздействия на корневую систему растений, обеспечивая минеральным питанием прикорневую зону с применением гидро- и порошковых гелей, улучшая при этом, в совокупности, климат почвы, является актуальной задачей.

В процессе исследовательской работы будет изучена эффективность различных способов и режимов глубинного локального пневмогидроинжектирования питательного раствора и биополимеров в прикорневую зону плодовых растений, выращиваемых на дерново-подзолистой почве тяжелого гранулометрического состава, исследовано их влияние на водный, воздушный, питательный режимы почв, на показатели адаптивности, рост и развитие садовых растений [9-13].

Работа является продолжением исследований, выполненной в 2019 году. Основанием для выполнения исследований является тематический план НИОКТР на 2020 год, выполняемый ФГБНУ «Росинформагротех» по государственному заданию Минсельхоза России за счет средств федерального бюджета.

1 Анализ, изучение и развитие направления подпочвенного минерального питания многолетних садовых насаждений с использованием аграрных гелей. Цель и задачи исследований

На предыдущих этапах выполнения научных исследований в практике агротехнических мероприятий по формированию микроклимата почвы в прикорневой зоне многолетних садовых насаждений была разработана технология посадки, полива и минерального питания многолетних насаждений с использованием гидробуров и пневмогидробуров [14].

Результаты исследований показали эффективность разработанной технологии как на посадке, так и на выращивании подвоев яблони.

Переход на возделывание садов интенсивного типа предусматривает обязательное соблюдение водно-воздушного баланса и минерального питания корневой системы растений [15].

В условиях Нечерноземной зоны, где периоды с переувлажнением почвы чередуются с засушливыми периодами, такой полимер как аграрный гель должен способствовать аккумулярованию влаги, питательных веществ в прикорневой зоне растений и осуществлять авторегулирование баланса влагосодержания почвы.

Изучение и развитие этого направления должно привести к внедрению новых инновационных технологий в практику целого ряда мероприятий, связанных с облагораживанием (оздоровлением) почвы с использованием гидрогеля.

Гидрогель – это химическое вещество, полимер с уникальной способностью поглощать и удерживать при набухании количество воды, во много раз превышающее его вес. Полимерные цепочки, изначально находящиеся в «свернутом» состоянии, при добавлении воды расходятся и вода проникает внутрь. Происходит набухание гранул с образованием гидрогеля. Причем процесс поглощения и отдачи воды может происходить многократно.

Полимер способен удерживать большое количество воды, а также водорастворимые удобрения. Один грамм сухого препарата поглощает до 0,2-

0,3 л воды.

Гели нетоксичны. Они сохраняют свойства при высоких и низких температурах в почве до пяти лет. Основные сферы применения геля в сельском хозяйстве: удержания влаги в почве, улучшения структуры почвы, регуляция водного обмена почвы.

Функции гидрогеля – удерживать воду и питательные элементы. При их наличии в почве растения не страдают от засухи. Можно значительно (в 2-6 раз) увеличить интервалы между поливами.

Гранулы геля удерживают удобрения, препятствуя их вымыванию. При избытке воды гранулы впитывают ее в себя, освобождая воздухопроводящие поры. Корни растений нормально дышат и не страдают от застоя влаги.

Основной принцип работы гидрогеля – оптимизация режимов увлажнения и питания. Внесение гидрогеля в почву защищает растения от пересыхания или, наоборот, застоя воды, значительно улучшает состав почвы. Если внести гранулы гидрогеля возле корней растения, то средство будет подпитывать его влагой в нужном объеме. При пересыхании грунта гидрогель отдает влагу, а при переувлажнении – впитывает. И поскольку растение находится в оптимальных условиях, у него возрастает устойчивость к заболеваниям. Постоянный источник воды и питательных элементов, препятствует коркообразованию и появлению микротрещин, повреждающих корневые волоски. Разбухание – сжатие гранул улучшает структуру почв, оптимизирует условия аэрации и впитывания влаги, снижает переувлажнение в корневой зоне.

Снижение переувлажнения в корневой зоне – очень востребованное свойство гидрогеля. Избыток влаги в почве оказывает крайне неблагоприятное влияние на растения. Высокое влагосодержание почвы нарушает кислородный режим в корнеобитаемой зоне. Доступ кислорода к корням растений затрудняется (гипоксия) или совсем прекращается (аноксия). Обычно корни поглощают кислород, необходимый для дыхания, прямо из почвы. Хорошо структурированные почвы богаты кислородом. Но в плохо дренированных почвах при больших дождях или при нарушении поливных норм поры за-

полняются водой, воздух вытесняется.

Гидрогель задерживает в корневой зоне только то количество влаги, которое требуется растению и защищает почву от переувлажнения. С помощью гидрогеля можно сбалансировать не только доступ к влаге, но и доступ к питанию растений удобрениями и другими питательными веществами. Самый простой пример: растения не способны использовать удобрения «в сухом виде», поэтому при недостатке влаги происходит нарушение нормального потребления элементов питания. Растение «сидит на голодном пайке», хотя удобрения были внесены в почву. И в этом случае применение гидрогеля, как постоянно действующего источника влаги, обеспечивает растению нормальные условия развития и роста.

Развитие и выживание растений в любых условиях гораздо сильнее зависит от доступности воды, чем от какого-либо иного фактора внешней среды. Считалось, что в пересыхающей почве вода доступна растениям до тех пор, пока в почве остается только недоступная растению вода. Согласно этой точке зрения физиологические процессы, рост и развитие растений на почве, подвергающейся иссушению, протекают нормально до достижения начала завядания растений. Однако накоплено много данных, показывающих, что на обмен веществ, а следовательно, на рост и развитие растений влияет даже слабый водный дефицит. Такой внутренний водный дефицит возникает в тканях задолго до того, как содержание влаги в почве приблизится к критическому уровню. Растения, перенесшие только однократную сильную кратковременную засуху, так и не возвращаются к нормальному обмену веществ. Поэтому внесение в почву гидрогеля, как средства поддержания водного баланса почвы в засушливый период, является эффективной технологической процедурой, крайне полезной и востребованной.

Гидрогель не является «химией» (в общепринятом выражении), так как не выделяет никаких веществ в почвенный раствор (не растворяется и ничего не вымывается из его матрицы). Поэтому он не оказывает влияния на химический состав растений. По окончании срока действия он полностью разлага-

ется самой обычной почвенной микрофлорой. Продукты разложения абсолютно безопасны: аммоний, CO_2 и вода.

Общие принципы действия гелей на водный режим почвы состоят в том, что при его равномерном внесении в почвенный корнеобитаемый слой, кристаллы полимера, при поступлении влаги, набухают, обеспечивая тем самым прирост влажности, по сравнению с необработанной почвой. При этом создаются благоприятные условия для роста и развития растений.

Помимо использования синтетических полимеров в качестве геля можно предложить студни органического происхождения, например желатин. Действие таких студней относительно кратковременное. Они могут выполнить основную задачу – выступить в качестве источника пролонгированного воздействия на режим увлажнения почвы в корневой области. Однако действие органических гелей ограничено во времени, так как они достаточно быстро разлагаются под действием микрофлоры почвы.

Положительным фактором можно считать и то, что органические гели сами являются удобрениями.

Очевидно, что использование гелей, как составной части почвы, может привести к положительным результатам. Но есть ряд технических вопросов, без решения которых КПД практических мероприятий по внесению геля в почву может оставаться невысоким. Да и задача равномерного распределения геля в корнеобитаемой зоне, нуждается в разработке и реализации новых технологических приемов. В особенности это касается технологии работы с плодово-ягодными культурами.

С учетом изложенного, рассматриваемая НИР является актуальной со следующей целью и задачами исследований.

Цель исследования – разработка технологии подпочвенного воздействия на корневую систему многолетних садовых насаждений с отработкой режимов работы технических средств, позволяющих осуществлять минеральное питание прикорневой зоны растений с последующим введением гидро- и порошкового гелей.

В соответствии с поставленной целью необходимо решение следующих задач исследования:

- разработка и изготовление мобильного лабораторно-полевого стенда для хозяйственной реализации исследовательской работы;
- обоснование и техническая реализация параметров и режимов работы применяемых технологических материалов – аграрных гелей;
- оценка эффективности исследуемой технологии.

2 Программа и методика исследований технологии и технических средств подпочвенного питания растений с использованием аграрных гелей

2.1 Программа исследований

В сравнении с поверхностным орошением внутрипочвенное орошение имеет очевидные преимущества: возможность поддерживать влажность активного слоя почвы на уровне капиллярной влагоемкости; структура пахотного горизонта не разрушается поливами, не образуется корка, испарение с поверхности почвы меньше и запасы воды в почве сохраняются дольше, чем при поливе дождеванием, нет препятствий для механизации всех сельскохозяйственных работ, так как отсутствует временная оросительная и поливная сеть.

В последнее время среди малообъемных способов орошения находит применение внутрипочвенный полив и мелкоструйчатое орошение [16-17].

Однако, эти современные системы орошения многолетних насаждений являются стационарными, затратными и полностью не решают основную задачу подпочвенного полива – точную и строго дозированную подачу воды или питательного раствора к корневой системе растений.

На наш взгляд реализация поставленной задачи при возделывании многолетних садовых насаждений возможна при внедрении подпочвенного орошения с использованием гидро- и пневмогидробуров.

Применение этих инструментов позволяет производить активное глубинное воздействие на почву в области корневой системы растений, с целью увеличения влажности почвы, создания в почве каналов и улучшения ее структуры, повышения коэффициента аэрации.

С их применением становится разрешимой задача глубинной подкормки растений, при котором подача питательных веществ происходит непосредственно в зону активной деятельности корневой системы [18-19].

Эффективность очаговой глубинной подкормки многолетних садовых насаждений с использованием пневмогидробуров подтвердили исследования в 2019 году на посадках и подкормке питательным раствором подвоев яблони. При этом необходимо отметить, что наряду с обеспечением минеральным

питанием корневой системы, важной составляющей эффективного роста и развития растения, является сохранение на определенный период водно-питательного баланса в прикорневой зоне.

Как основа новых нетрадиционных подходов в решении этого важного элемента заслуживают внимания влагонабухающие полимеры – гидрогели.

Сильнонабухающие (влагонабухающие) полимерные гидрогели (СПГ) представляют собой редкосшитый гидрофильный полимерный материал акрилатной природы. Молекулярная структура сетки и наличие в ней ионогенных групп обеспечивает огромный масштаб равновесного набухания СПГ, лежащий в большинстве случаев в интервале 300-3000 мл/г.

Это ключевое качество СПГ открывает возможность их использования как эффективных влагоабсорбентов в различных задачах, требующих аккумуляции, связывания воды или водных растворов. При этом в указанном масштабе набухания вода практически не изменяет своих свойств, кроме физической подвижности.

Общие принципы действия СПГ на водный режим почвы в том, что при внесении в почвенный корнеобитаемый слой, например, при равномерном распределении в слое частицы СПГ располагаются в межагрегатном пространстве, и при поступлении влаги набухают, обеспечивая тем самым прирост влажности по сравнению с необработанной почвой и тем самым создаются благоприятные условия для роста и развития растений – в этом принцип влагообеспеченности растений.

При высыхании, абсорбент принимает свой первоначальный вид – кристаллический и готов к новому циклу при последующем увлажнении.

Эта редкая способность циклично поглощать и отдавать влагу на протяжении нескольких лет, при однократном внесении, присуща абсорбентам акрилатного типа, поэтому применение этих абсорбентов является наиболее оправданным вариантом при проведении сельскохозяйственных мероприятий. При использовании суперабсорбентов вода и удобрения запасаются в зоне корневой системы растений и питают их.

Применение гидрогеля будет способствовать удержанию влаги в почве, что приводит к лучшему развитию корневой системы, росту растений и соответственно приведет к получению более высоких урожаев и улучшению качества сельскохозяйственной продукции.

Учитывая изложенное, программой исследования предусмотрена:

- разработка и изготовление универсального пневмогидробура для внесения порошкового геля;
- обоснование и техническая реализация режимов работы пневмогидробура по расходу порошкового геля, гидрогеля, воды и воздуха;
- разработка и изготовление стенда для транспортирования гидрогеля через пневмогидробур к прикорневой зоне растений;
- хозяйственное исследование технологии очагового воздействия на корневую систему растений в молодом яблоневом саду с применением питательного раствора и гидро- и порошкового гелей.

2.2 Методика исследований

Методика исследований рассматривает режимы и технологию использования технологических материалов, а также технические параметры средств, разработанных и изготовленных в рамках решения задач, поставленных в данной работе.

Для реализации запланированных исследований на первом этапе были разработаны универсальный пневмогидробур и стенд для отработки режимов его работы (рис. 1 и 2).

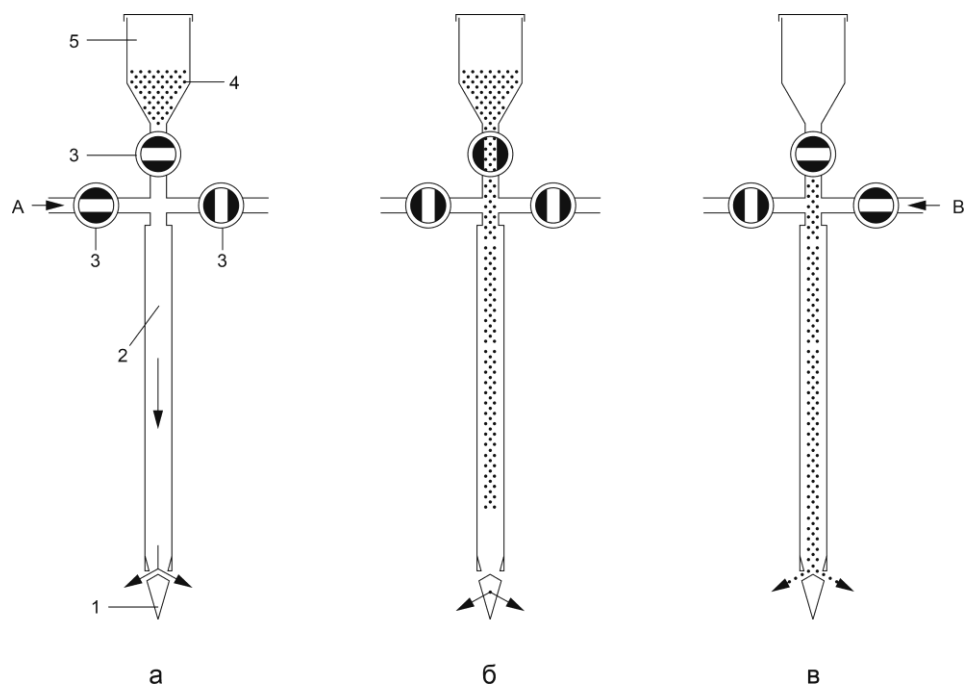


Рисунок 1 – Конструкция и схема работы универсального пневмогидробура:
 а – внесение гидрогеля в почву; б) подача порошкового геля в ствол пневмогидробура; в) внесение порошкового геля воздушным потоком в почву

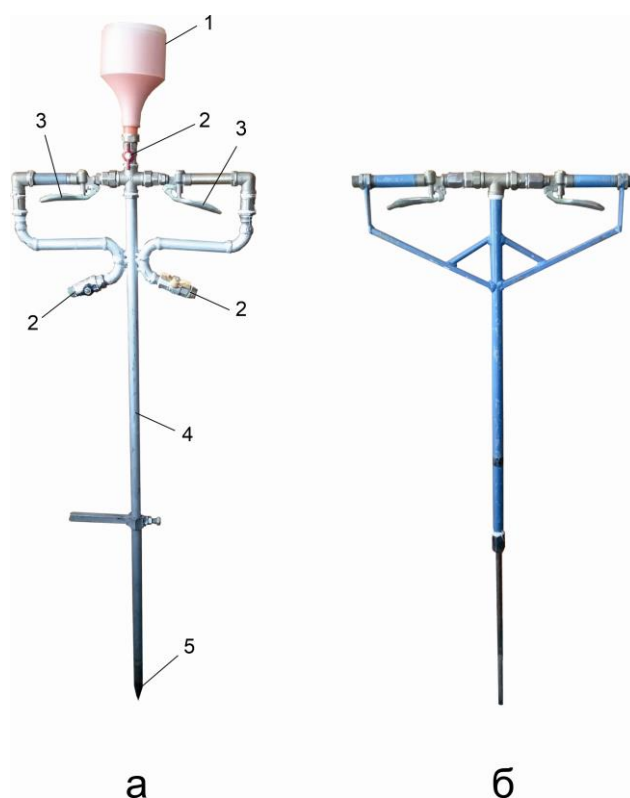


Рисунок 2 – Пневмогидробуры:

- а) универсальный пневмогидробур для подачи гидро- и порошкового гелей:
 1 – емкость для порошкового геля; 2 – шаровые краны; 3 – клапан ручной;
 4 – ствол; 5 – наконечник
 б) пневмогидробур для подачи гидрогеля

Универсальный пневмогидробур предназначен для подачи гидро- и порошковых гелей в прикорневую зону растений.

При подаче гидрогеля (рис. 1) технологический материал из бака через насосную станцию подается непосредственно в ствол пневмогидробура и далее через отверстие в наконечниках – в прикорневую зону растения. При этом каналы подачи воздуха и порошкового геля закрыты шаровыми кранами.

Подача порошкового геля производится в три этапа.

Первый этап: дозированная масса порошкового геля засыпается в емкость (рис. 1б), открывается шаровой кран и порошок попадает в ствол пневмогидробура. Шаровые краны подачи гидрогеля и воздуха при этом закрыты.

Второй этап: открывается шаровой кран подачи воздуха (рис. 1в) и порошковый гель воздушным потоком через отверстия в наконечнике пневмогидробура доставляется в прикорневую зону растения.

Третий этап: открывается шаровой кран подачи жидкости (рис. 1а) и дозированный объем воды доставляется в место нахождения порошкового геля, где происходит реакция смешивания порошка с водой и его набухание.

Отработка режимов работы универсального пневмогидробура производилась на разработанном и изготовленном стенде (рис. 3).

Стенд состоит из пневмогидробура с основным стволом **1** и сменными наконечниками с отверстиями **2**. Ствол соединен с крестовиной, к которой с трех сторон монтируются шаровые краны **3**. К верхнему входу крестовины крепится бункер для сухого геля **4**. К боковому входу присоединен трубопровод для подачи гидрогеля **А**, а ко второму – шланг **В** для подачи воздуха от компрессора.

Перед кранами в трубопроводы вмонтированы: датчик расхода жидкости **5** и датчик расхода воздуха **6**. Датчики связаны с цифровыми индикаторами: расхода воздуха **7** и расхода жидкости **8**. Питание индикаторов **7** и **8** осуществляется от блоков питания **13**.

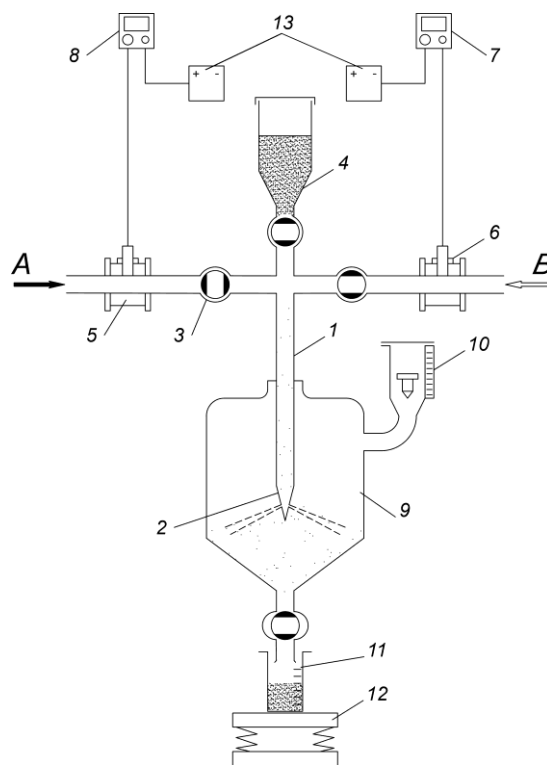


Рисунок 3 – Стенд для отработки режимов работы универсального пневмогидробура с гидро- и порошковым гелями

Ствол бура встроен в накопительную емкость, объемом 20 л. Емкость имеет конусное днище, на выходе из которого установлен шаровой кран, а в верхней части смонтирован воздушный ротаметр поплавкового типа **10**. Гель из расширительной емкости подается в пробоотборники **11**. Масса проб определяется с помощью лабораторных весов **12**.

Порошковидный гель получали путем измельчения гранул. После просеивания и взвешивания, порции порошка засыпали в бункер **4**. При открытии шарового крана, порошок из бункера просыпался в крестовину и далее в ствол **1**. Затем, с задержкой в 1 с, открывался кран и сжатый воздух поступал в ствол **1**, далее воздух с порошком выдувался через отверстия наконечника **2** и улавливался в накопительной емкости. Воздух через верхнее отверстие и ротаметр выходил наружу. При этом происходил замер расхода воздуха датчиком расхода воздуха **6** и фиксировался на индикаторе **7**. Параллельно фиксировался расход воздуха на выходном ротаметре **10**.

После отключения подачи воздуха порошок из емкости **9** ссыпался в

пробоотборник и взвешивался на лабораторных весах.

При подаче гидрогеля по трубопроводу *A*, с помощью датчика расхода жидкости *5* и индикатора *8* фиксировался минутный расход. Улавливаемый в накопительной емкости *9* гидрогель переливался в пробоотборник *11* и взвешивался на весах *12*.

Таким образом, на измерительном стенде отрабатывались следующие параметры гидро-воздушных режимов подачи гидрогеля и порошкового геля с последующей подачей воды.

1. Давление подачи воздуха от компрессора в ствол универсального пневмогидробура, обеспечивающего полную подачу дозированного порошкового геля через отверстия наконечника. В результате эмпирических замеров определено давление в 4,5 атм. Дальнейшее увеличение давления приводило к забросу порошка в горизонтальные элементы пневмогидробура, уменьшение – к неполной подаче порошка через отверстия наконечника.

2. Время подачи трех и полутора литров гидрогеля через отверстия наконечника при рабочем давлении подачи гидрогеля в 4 атм. (10 с/1 л).

3. Диаметр и количество отверстий в сменных наконечниках. В результате экспериментальных исследований определен универсальный наконечник с тремя отверстиями диаметром 3 мм каждый и ориентированными в направлении исследуемого объекта – корневой системы растений.

Отработка исследуемой технологии в хозяйственных условиях предусматривала следующие технологические операции:

- минеральное питание растений в прикорневой зоне и поверхностным способом;

- внесение гидро- и порошкового гелей в прикорневую зону растений.

Для осуществления минерального питания растений молодого яблоневых сада был использован стенд, изготовленный в 2019 году для посадки и минерального питания подвоев яблони (рис. 7).

Для подачи в прикорневую зону растений гидрогеля был дополнительно разработан и изготовлен стенд (насосная станция) (рис. 4). Гидрогель, при

этом, готовился непосредственно в баке станда. Порошковый гель из расчета 10 г на 1 л воды постепенно (малыми дозами) засыпался в бак с дозированным количеством воды при постоянном перемешивании готовившегося раствора гидромешалкой станда.

Поскольку технологический материал (гидрогель) представляет собой желеобразную массу, для его транспортирования был подобран и использован в станде роликовый насос фирмы «HYPRO», Италия (рис. 5). Производительности насоса достаточно как для перемешивания необходимого количества раствора в пневмогидробуре, так и для его постоянного перемешивания в баке.

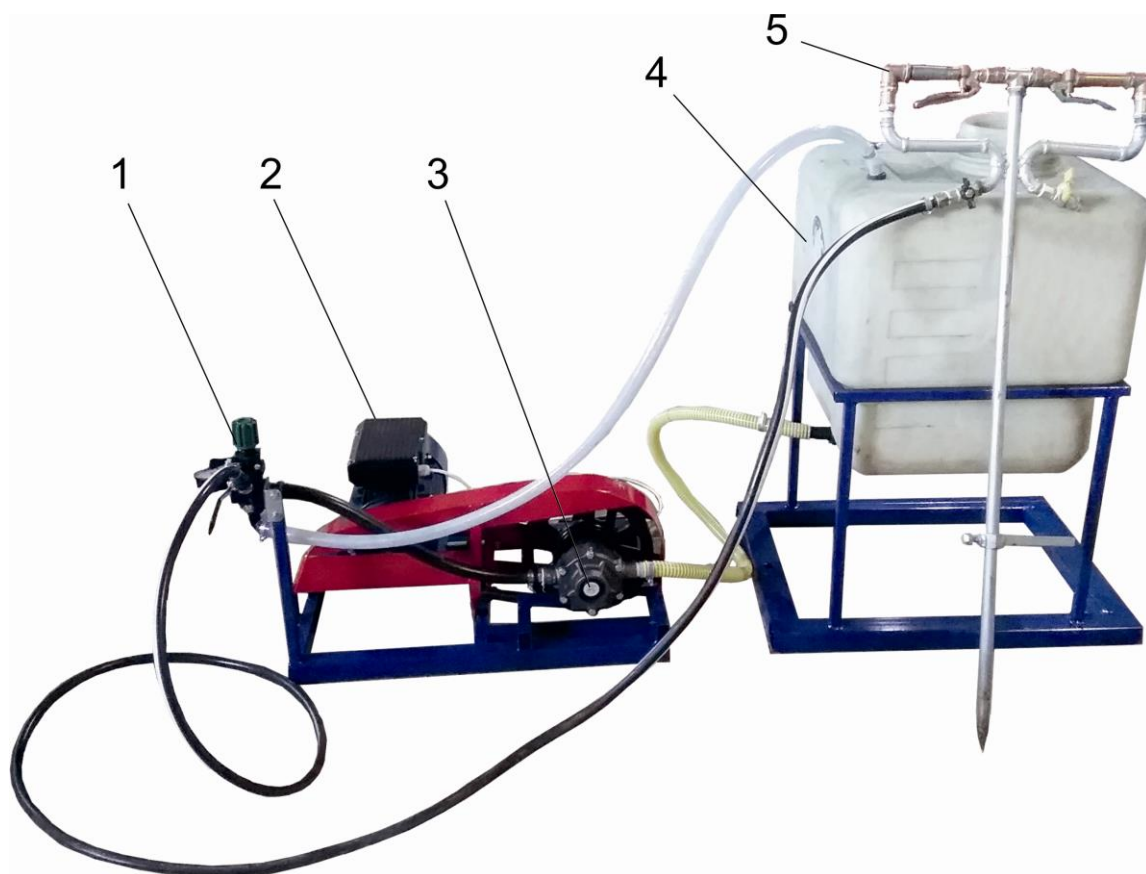


Рисунок 4 – Стенд (насосная станция) для подачи гидрогеля:
1 – регулятор-распределитель; 2 – электрический двигатель (220В);
3 – роликовый насос; 4 – бак для гидрогеля; 5 – пневмогидробур

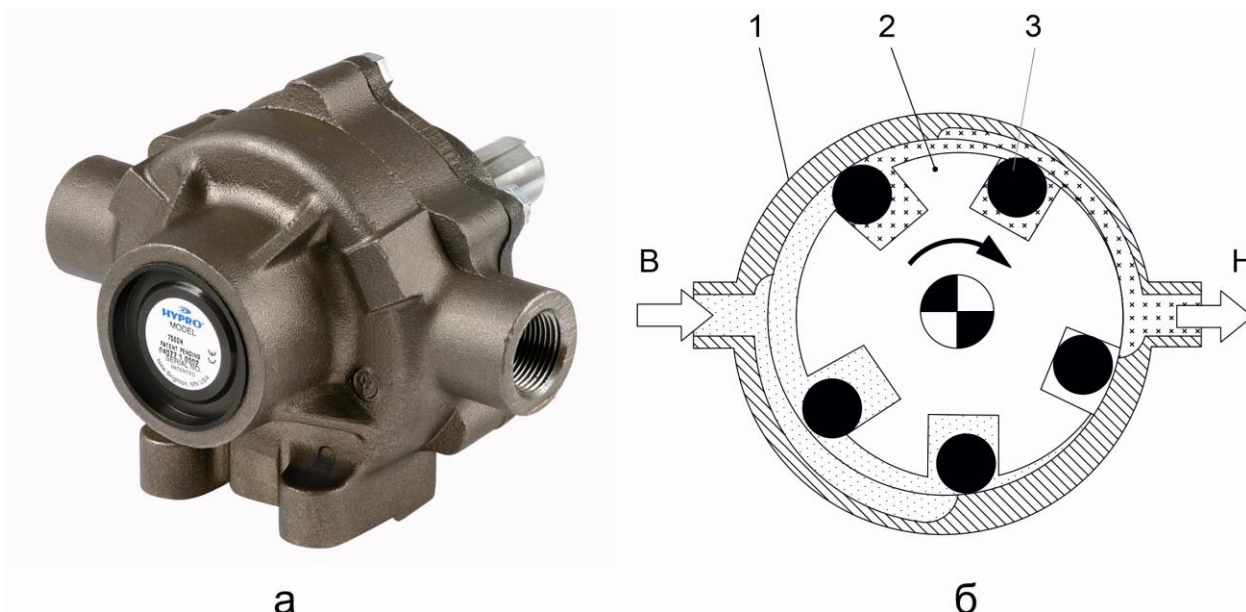


Рисунок 5 – Роликовый насос:

а) общий вид; б) Схема работы и элементы насоса:

В – всасывание рабочего раствора; Н – нагнетание рабочего раствора

1 – корпус; 2 – ротор; 3 – ролики

Для комплексного исследования внедряемой технологии – минеральное питание растений, обеспечение прикорневой зоны растений гидро- и порошковыми гелями был разработан, изготовлен и смонтирован на бортовой платформе автомобиля мобильный лабораторно-полевой стенд (рис. 6, 7).

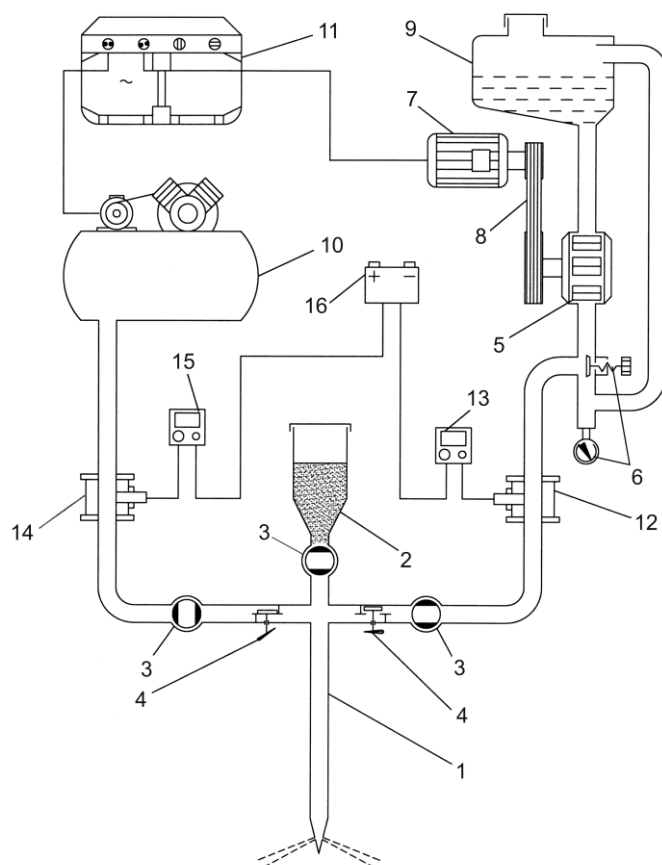


Рисунок 6 – Технологическая схема лабораторно-полевого стенда для исследования пневмогидробуров:

- 1 – трехканальный пневмогидробур; 2 – бункер для порошкового геля;
 3 – кран шаровой; 4 – клапан ручной; 5 – насос роликовый; 6 – регулятор
 расходо-мавомером; 7 – электродвигатель привода насоса; 8 – клиноременная передача привода; 9 – бак для гидрогеля; 10 – компрессор с ресивером;
 11 – генератор электрический 220 В; 12 – расходомер жидкостный; 13 – блок управления расходомером; 14 – расходомер воздушный;
 15 – блок управления; 16 – источник постоянного тока 12 В

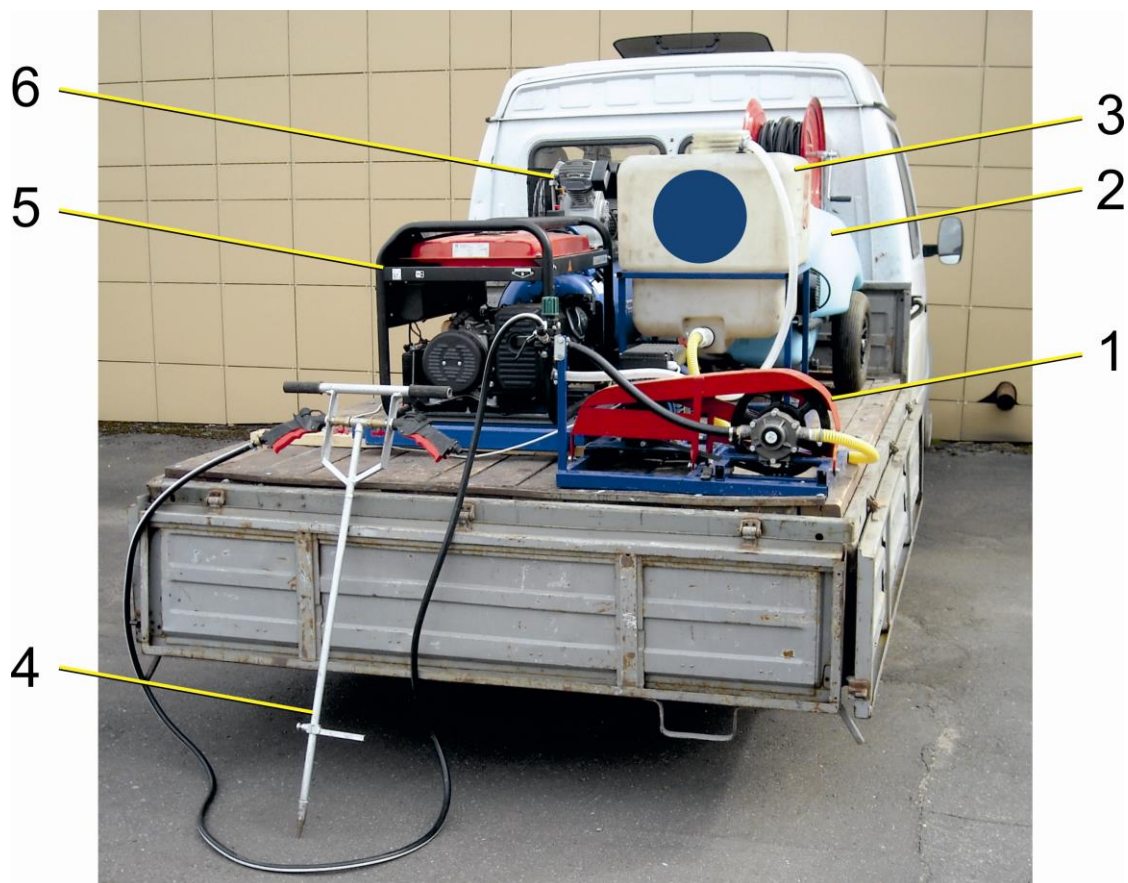


Рисунок 7 – Мобильный лабораторно-полевой стенд для отработки технологии минерального питания с внесением гидро- и порошкового гелей в прикорневую зону многолетних насаждений:

- 1 – насосная станция для внесения гидрогеля; 2 – насосная станция для внесения минерального раствора и воды; 3 – бак для гидрогеля;
 4 – пневмогидробур; 5 – генератор электрический (220 В);
 6 – компрессор с ресивером

Стенд обеспечивал выполнение всех элементов технологии, предусмотренной программой и методикой исследования.

3 Результаты исследований технологии с техническими средствами при подпочвенном минеральном питании растений с использованием гидро- и порошкового гелей

Хозяйственные исследования разработанной технологии с техническими средствами для минерального питания и внесения гидро- и порошкового гелей в прикорневую зону растений проводились на лабораторном участке Центра испытаний инновационных технологий ФГБНУ ВСТИСП.

Объект исследования – молодой яблоневый сад 2017 года посадки, площадью 0,5 га со схемой посадки 5 м × 2 м.

Для отработки технологии были выбраны 2 ряда по 42 растения в каждом сорта «Болотовское», из них: 1-й ряд для исследуемой технологии, 2-ой ряд – контрольный вариант (рис. 12).

Предварительно как по исследуемому, так и по контрольному вариантам, было проведено минеральное питание растений. В качестве удобрений использован азофоску с содержанием азота 16%, фосфора 16%, калия 16% в концентрации 600 г на 120 л воды.

По исследуемой технологии подкормка производилась из расчета трех литров питательного раствора под каждое растение с использованием пневмогидробура на глубину 20 см.

В контрольном варианте – из расчета трех литров питательного раствора под каждое растение поверхностным поливом.

Для хозяйственной проверки общих принципов воздействия гелей на водный режим почвы в исследуемой технологии были заложены следующие варианты опытов [20-21].

Опыт № 1. Объект исследования – 20 яблонь. Введение трех литров гидрогеля под каждое растение с использованием пневмогидробура на глубину 30 см.

Гидрогель готовился в баке насосной станции (рис. 4) из расчета 10 г порошкового геля на 1 л воды.

Опыт № 2. Объект исследования – 10 яблонь – поэтапное введение 30 г

порошкового геля, далее трех литров воды универсальным пневмогидробуром на глубину 30 см (рис. 1).

Опыт № 3. Объект исследования – 10 яблонь – поэтапное введение 15 г порошкового геля, далее полутора литров воды универсальным пневмогидробуром на глубину 30 см.

В качестве действующего вещества – полимера – использовался полиакриловый абсорбент на основе соли калия – порошковый гель «Аквасин».

Разница в форме обеспечения прикорневой зоны растений гидрогелем или порошковым гелем, а также уменьшение дозы внесения порошкового геля рассматривалась как оценка технологичности внесения разных форм гелей с одной стороны, так и оценкой эффективности форм и объемов внесения гелей.

Оценка эффективности исследуемой технологии в сравнении с контролем осуществлялась по двум оценочным показателям:

- динамики изменения влажности почвы с применением гидро- и порошкового гелей в сравнении с контролем;
- динамики изменения биометрических данных растений с применением гидро- и порошковых гелей в сравнении с контролем.

Анализируя метеоданные за вегетационный период 2020 года (табл. 1) отмечается превышение среднесуточных данных по количеству осадков на 7,7% и среднесуточной температуры на 2,6°C. При этом необходимо отметить, что пиковые превышения по количеству осадков приходятся на май-июнь, косвенно влияющие на результаты опытов, которые закладывались с конца июня.

Таблица 1 – Результирующие метеоданные за вегетационный период 2020 г.

Месяц	Декада	Осадки, мм			Среднесуточная температура воздуха, °С			Среднесуточная относительная влажность воздуха, %		
		средне-многолетн.	2020	% к многолетн.	средне-многолетн.	2020	откл. от многолетн.	средне-многолетн.	2020	откл. от многолетн.
Апрель	1		0,1			4,7			56,7	
	2		15,5			4,1			70,4	
	3		3,1			6,5			52,2	
За месяц			18,7			5,1			59,8	
Май	1	14,0	19,7	140,7	9,6	13,8	4,2	63,5	66,4	2,9
	2	17,0	17,5	102,9	11,5	10,5	-1,0	62,0	61,5	-0,5
	3	19,0	55,4	291,6	14,1	11,7	-2,4	62,5	78,6	16,1
За месяц		50,0	92,6	185,2	11,7	12,0	0,2	62,7	68,9	6,2
Июнь	1	20,0	54,3	271,5	14,4	16,9	2,5	59,5	79,7	20,2
	2	21,0	27,9	132,9	15,4	20,8	5,4	60,0	68,6	8,6
	3	24,0	16,3	67,9	16,4	19,2	2,8	61,5	63,6	2,1
За месяц		65,0	98,5	151,5	15,4	19,0	3,6	60,3	70,6	10,3
Июль	1	26,0	30,6	117,7	17,4	20,8	3,4	64,0	74,7	10,7
	2	27,0	19,9	73,7	17,8	18,6	0,8	65,5	79,3	13,8
	3	27,0	25,0	92,6	17,7	18,2	0,5	67,0	74,2	7,2
За месяц		80,0	75,5	94,4	17,6	19,2	1,6	65,5	76,1	10,6
Август	1	25,0	12,3	49,2	17,1	19,4	2,3	69,0	69,0	0,0
	2	23,0	7,7	33,5	15,9	16,0	0,1	70,5	73,8	3,3
	3	22,0	15,3	69,5	14,4	18,0	3,6	72,5	77,1	4,6
За месяц		70,0	35,3	50,4	15,8	17,8	2,0	70,7	73,3	2,6
Сентябрь	1	20,0	24,5	122,5	12,5	16,3	3,8	74,0	70,5	-3,5
	2	18,0	26,8	148,9	10,8	12,1	1,3	78,0	74,7	-3,3
	3	17,0	2,0	11,8	8,1	13,6	5,5	78,0	67,6	-10,4
За месяц		55,0	53,3	96,9	10,5	14,0	3,5	76,7	70,9	-5,8
Октябрь	1	15,0	7,0	46,7	6,0	12,4	6,4	79,0	63,6	-15,4
	2	15,0	21,0	140,0	4,0	8,0	4,0	80,0	83,3	3,3
	3	16,0	11,0	68,8	3,5	6,8	3,3	80,0	84,3	4,3
За месяц		46,0	39,0	84,8	4,5	9,1	4,6	79,7	77,1	-2,6
За 05-10 месяц		366,0	394,2	107,7	12,6	15,2	2,6	69,3	72,8	3,6



Рисунок 8 – Метеоданные за май-июль 2020 г.

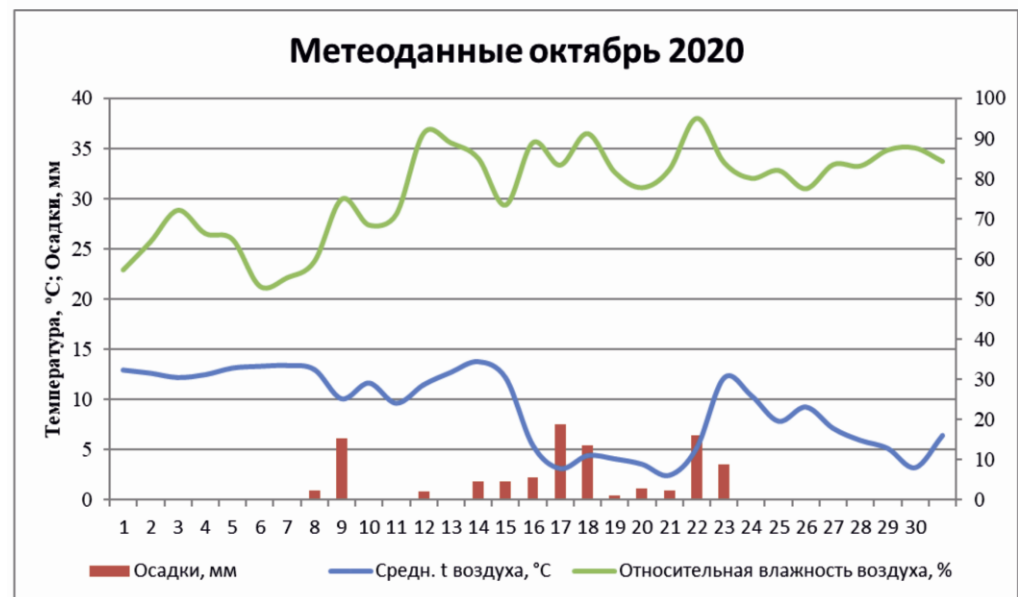
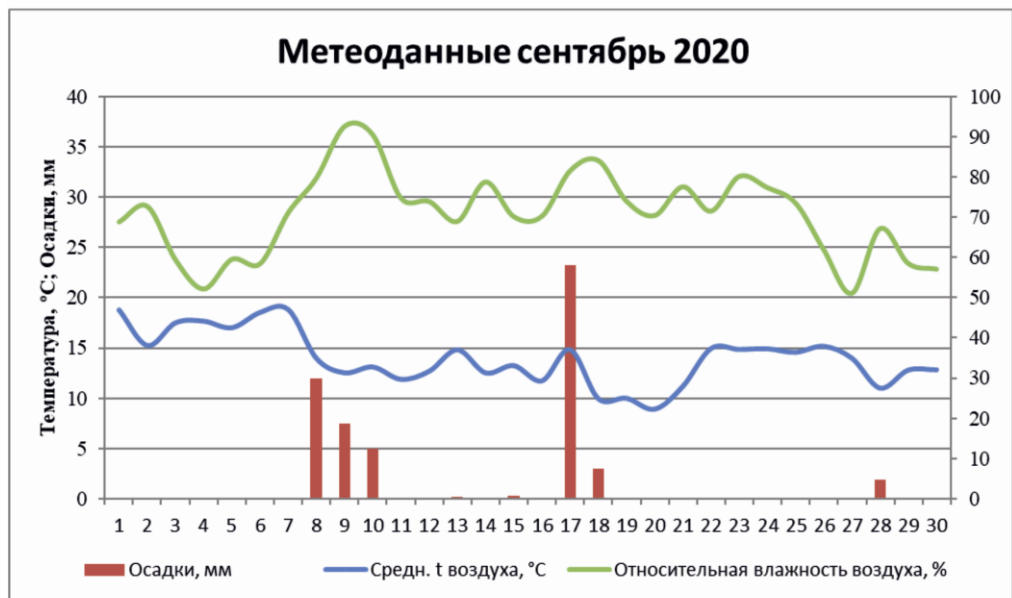


Рисунок 9 – Метеоданные за август-октябрь 2020 г.

Динамика изменения влажности почвы по испытываемой и сравниваемой технологиям определялась в соответствии с Международным стандартом ГОСТ 5180-2015 «Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик».

Забор проб грунта производился пробоотборником (рис. 10, 11) на глубинах 10, 20, 30, 40, 50 см по каждому из вариантов опытов.

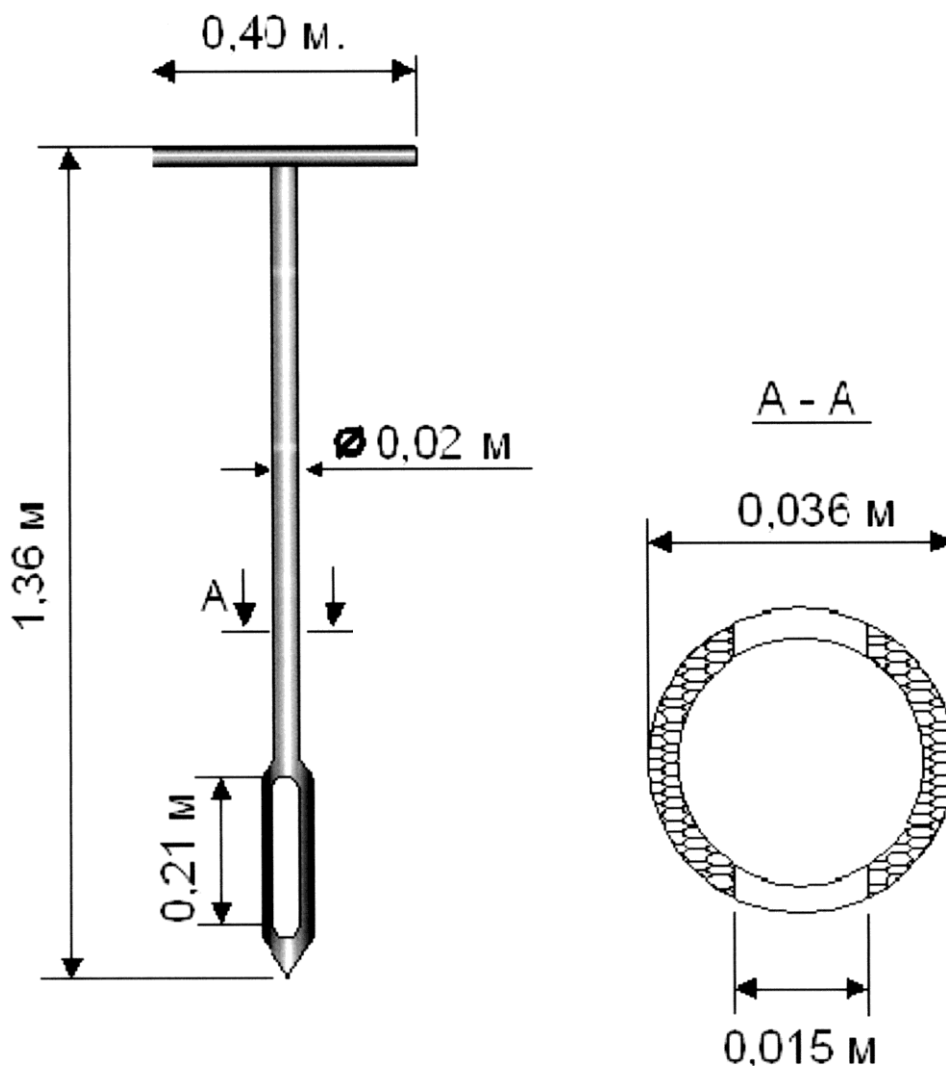


Рисунок 10 – Эскиз специализированного пробоотборника



Рисунок 11 – Отбор пробы почвы

При этом, 30 июня – исходный забор проб – в междурядье исследуемого и сравниваемого рядов яблонь (рис. 12).



Рисунок 12 – Лабораторный участок ВСТИСП:
исследуемый (1) и сравниваемый (2) ряды яблонь

Последующие – 22 июля, 25 августа и 8 октября – в приствольной зоне растений исследуемого и сравниваемого рядов яблонь.

Пробы грунта помещались в герметичные металлические бьюксы, транспортировались в учреждение, где производилось высушивание (рис. 13), взвешивание и расчет влажности грунтов.

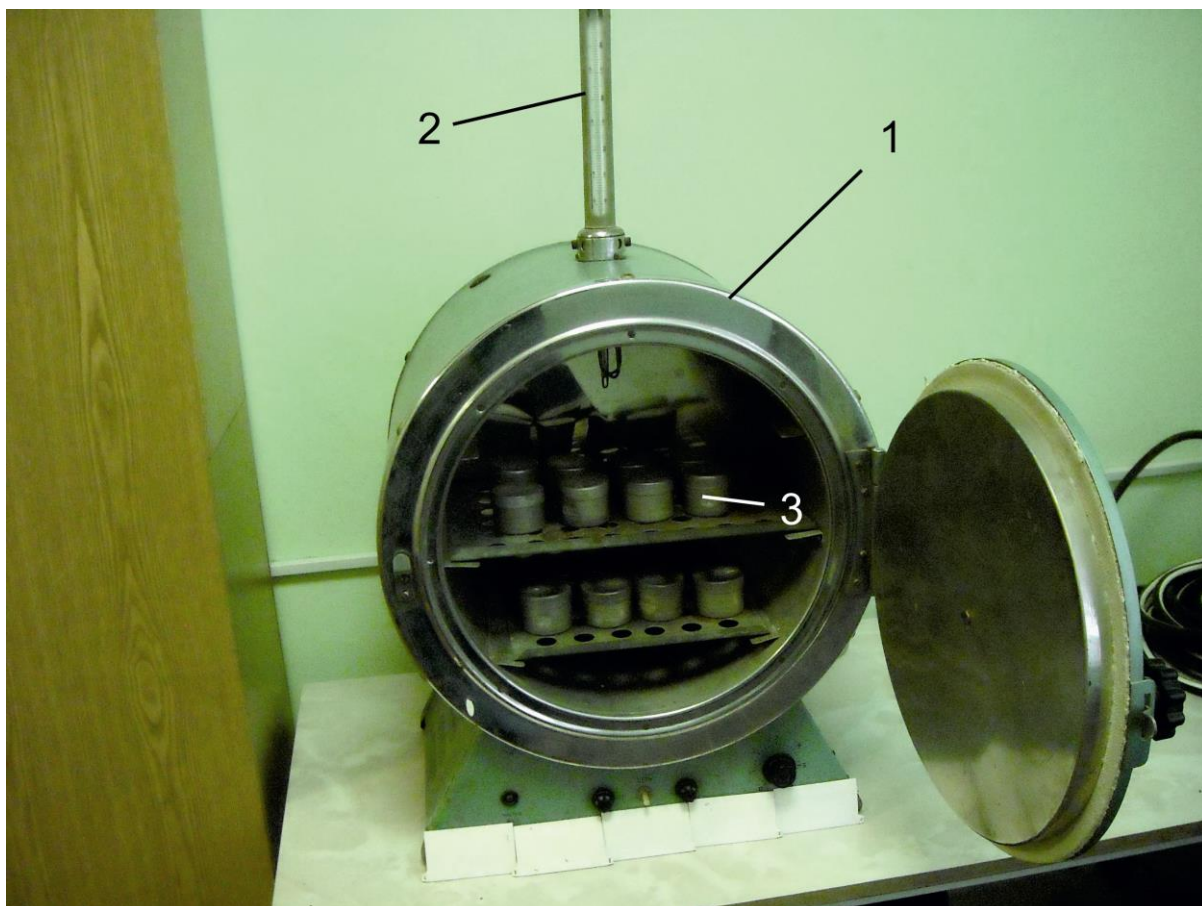


Рисунок 13 – Сушильный шкаф:
1 – корпус; 2 – бьюксы с пробами грунта; 3 – термометр

Воздействие на корневую систему растений через введение гидро- и порошкового гелей осуществлялось с применением мобильного лабораторного стенда (рис. 7). Автомобиль, на платформе которого смонтирован стенд, передвигался вдоль междурядья исследуемых рядов яблонь и позиционно, в радиусе досягаемости шлангов (25 м), производилось внедрение гидро- и порошкового гелей в прикорневую зону растений (рис. 14)



Рисунок 14 – Лабораторный участок ВСТИСП.
Внесение гидро- и порошкового гелей в прикорневую зону растений

При внедрении гидрогеля в почву использовался пневмогидробур, применяемый в исследованиях 2019 года. При внедрении в почву порошкового геля был разработан и изготовлен универсальный трехканальный пневмогидробур (рис. 1, 2), который позволяет на первом этапе доставлять порошок геля в ствол пневмогидробура, а затем воздушным потоком – в прикорневую зону растений.

Динамика изменения биометрических данных растений определялась в соответствии с программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и ореховых культур [22].

По результатам хозяйственных исследований разработанной технологии с техническими средствами получены следующие результаты.

1. Динамика изменения влажности с применением гидро- и порошкового гелей в сравнении с контролем.

Таблица 2 – Показатели влажности почвы по вариантам опытов

Варианты опытов	30.06	22.07	25.08	08.10
Дата				
Влажность почвы, %				
Опыт № 1	22,2	20,76	18,48	18,42
Контроль		16,54	15,29	16,75
Опыт № 2	23,14	20,01	16,22	16,35
Контроль		18,36	16,07	16,05
Опыт № 3	24,48	20,64	14,07	16,05
Контроль		18,08	16,57	16,95

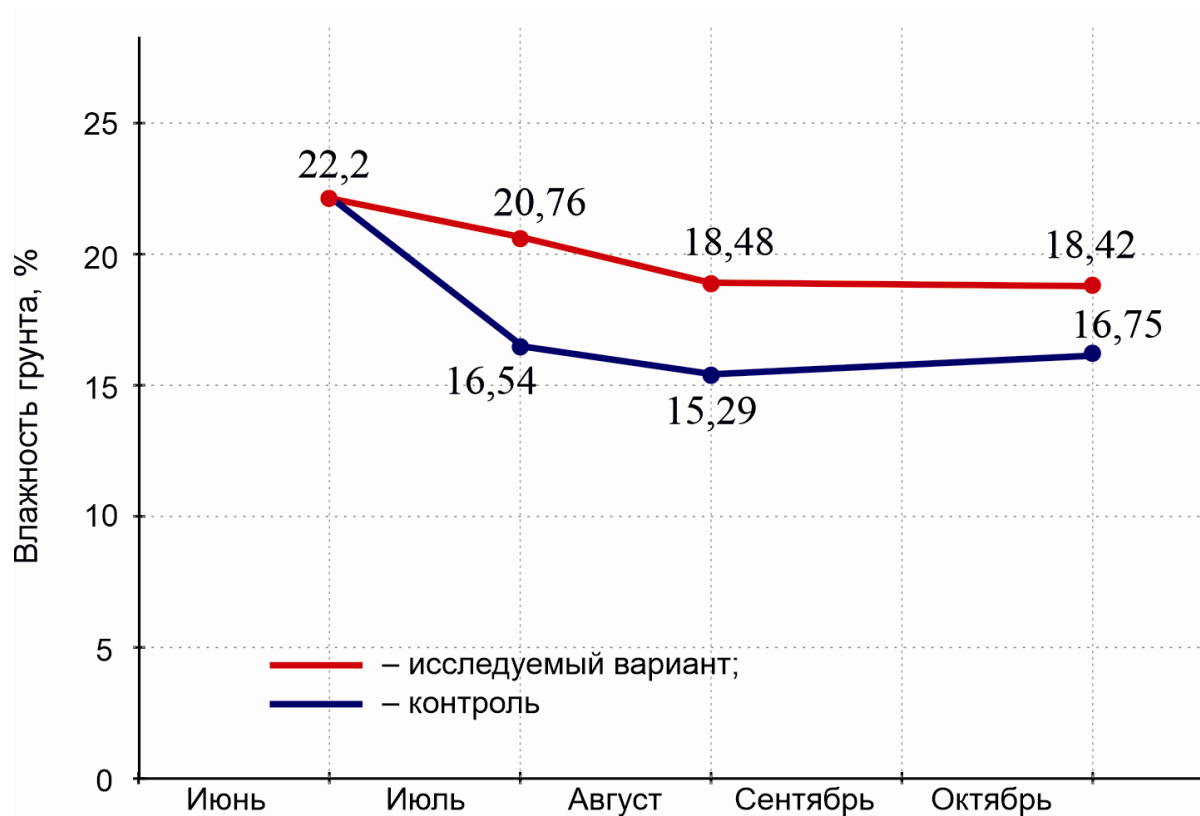


Рисунок 15 – Динамика изменения влажности грунта (опыт № 1)

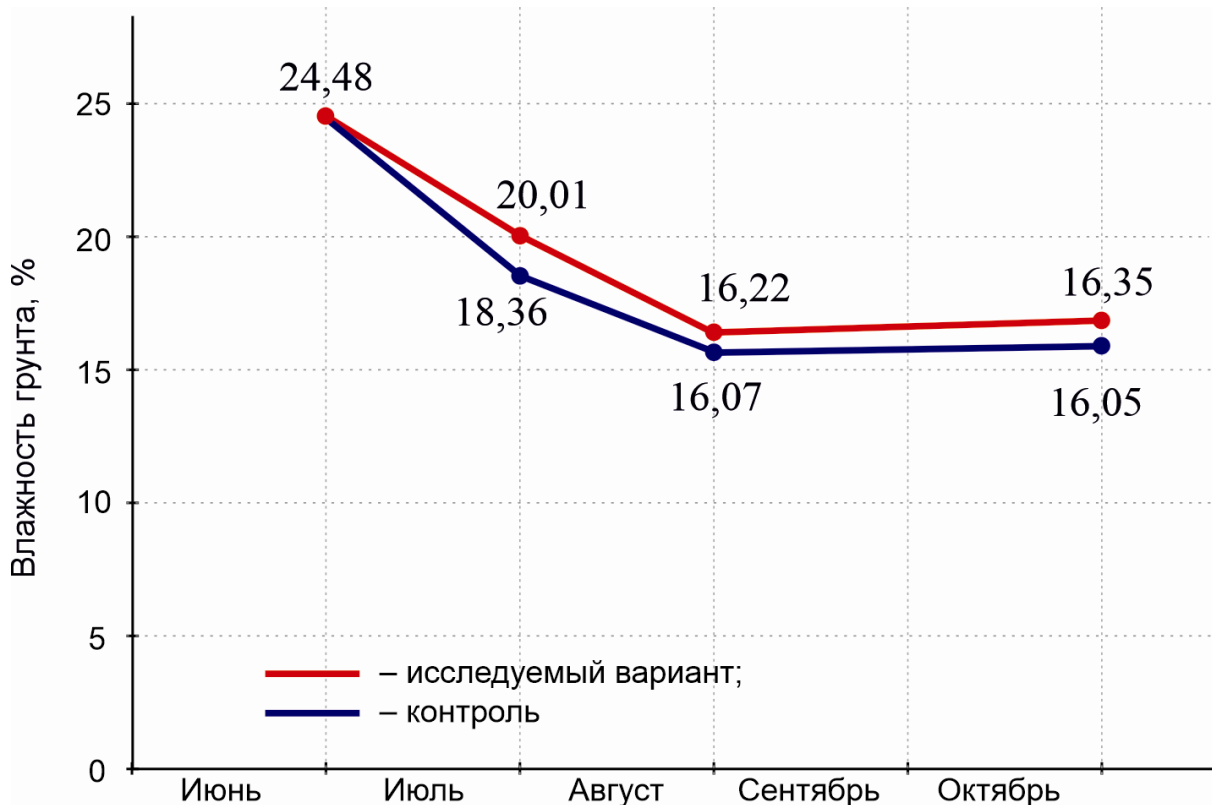


Рисунок 16 – Динамика изменения влажности грунта (опыт № 2)

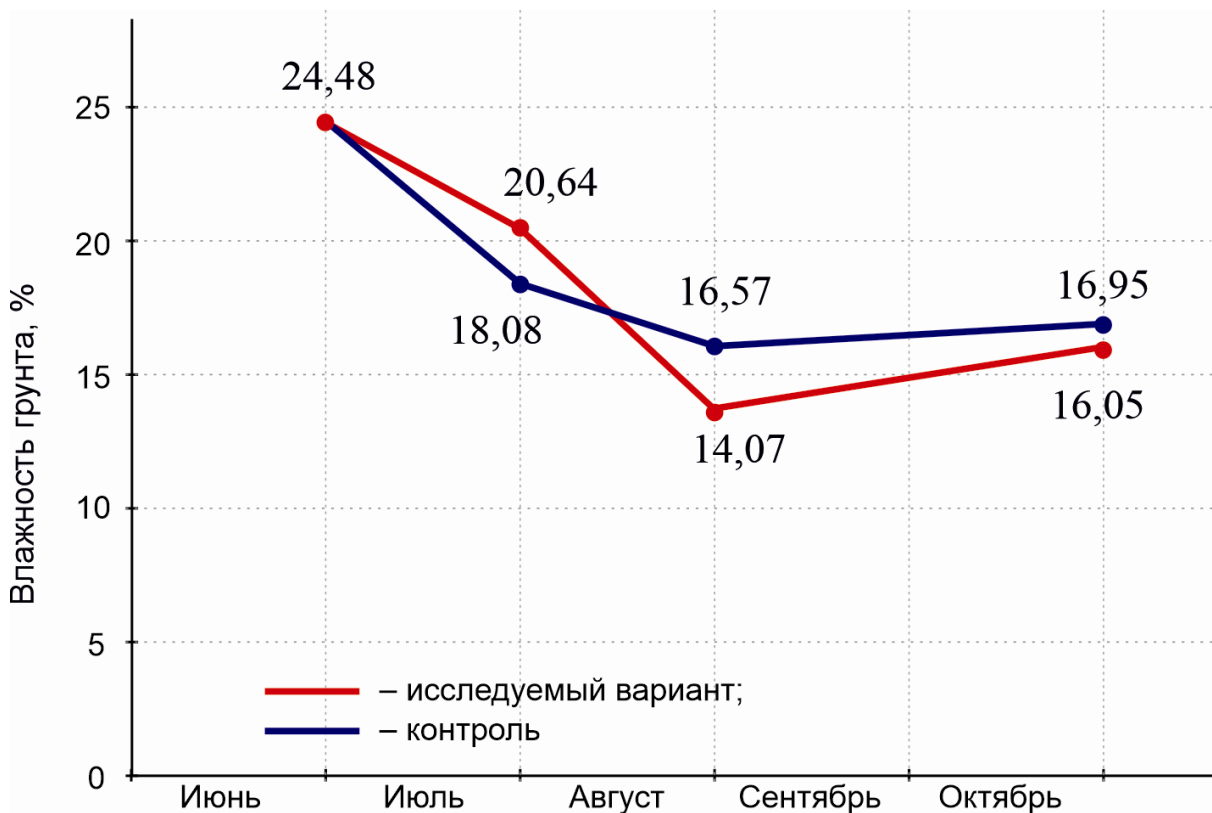


Рисунок 17 – Динамика изменения влажности грунта (опыт № 3)

Таблица 3. Биометрические данные растений по вариантам опытов

Варианты опытов Прирост побегов	Средний прирост центрального побега на одно дерево, см	Средний прирост боковых побегов на одно дерево, см
Опыт № 1	16,72	27,4
Контроль	10,15	19,4
Опыт № 2	12,15	19,6
Контроль	10,0	14,5
Опыт № 3	12,35	18,0
Контроль	9,6	12,4

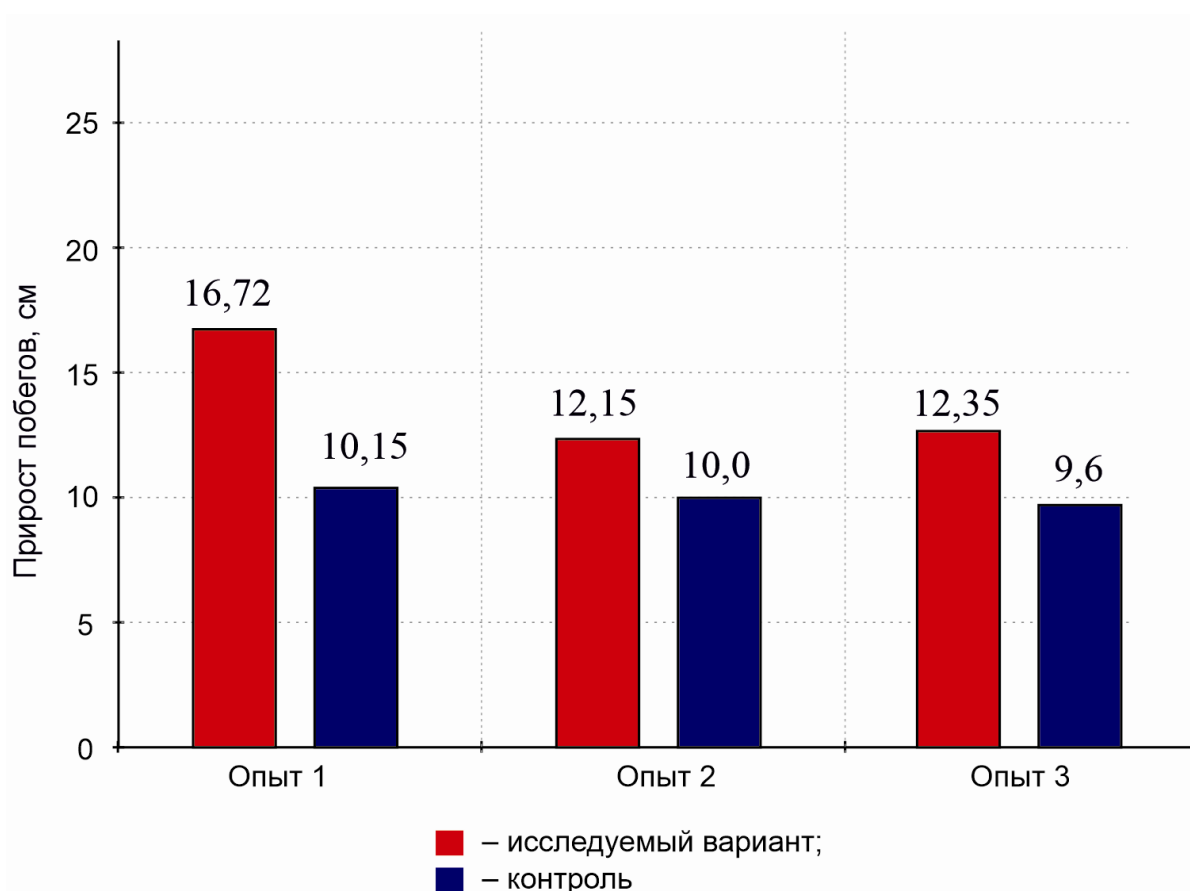


Рисунок 18 – Динамика прироста центрального побега на одно дерево

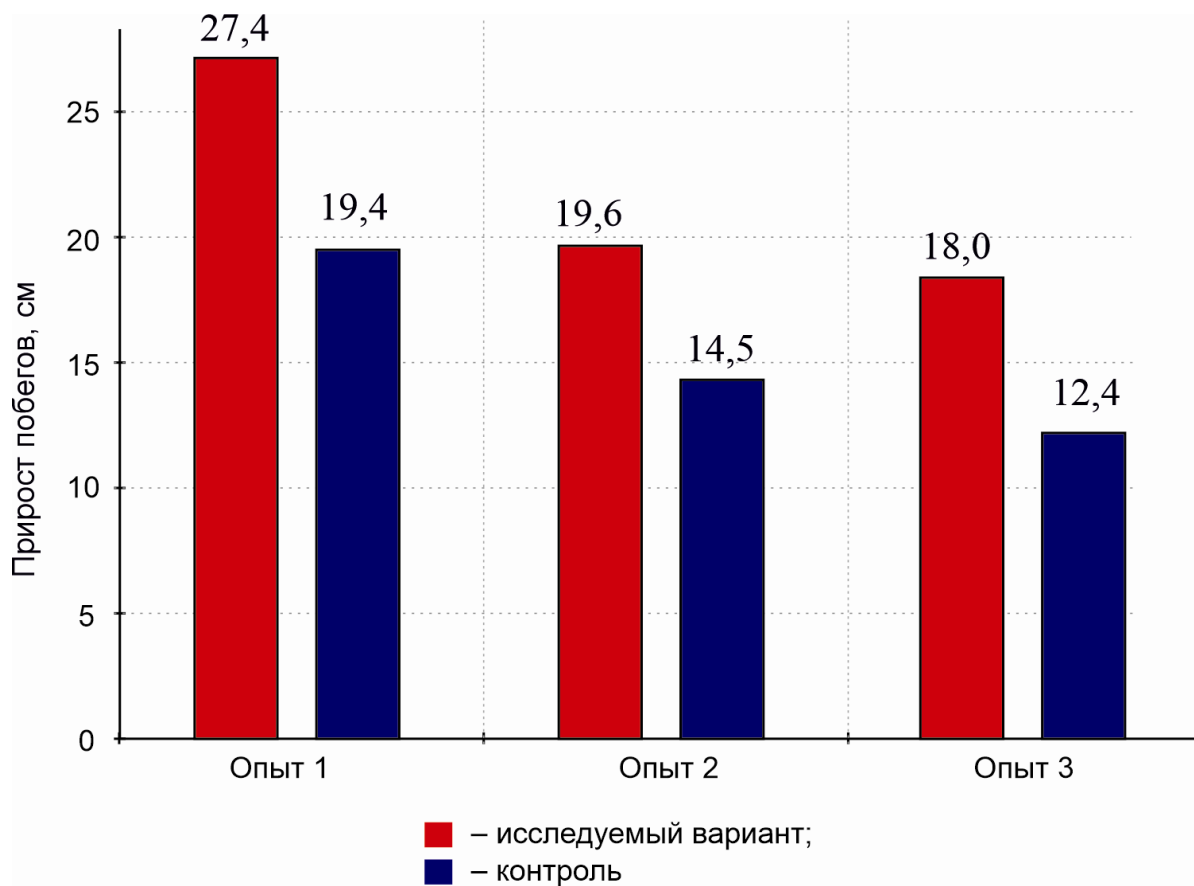


Рисунок 19 – Динамика прироста боковых побегов на одно дерево

Анализ полученных результатов показывает, что наибольшая эффективность получена в опыте № 1 – с применением гидрогеля.

В сравнении с контролем влажности почвы во временном отрезке наблюдений 22.07 – 25.08 – 08.10 получена выше на 4,31% – 3,19% – 1,67% соответственно.

Применение порошкового геля из расчета 30 г на 1 растение показало более низкую эффективность, а применение порошкового геля из расчета 15 г на 1 растений – эффект отсутствует.

2. Динамика изменения биометрических данных растений.

Результаты измерения биометрических данных также подтвердили наибольшую эффективность при применении гидрогеля.

Прирост центрального побега (высота растения) получена на 6,6 см больше, чем на контроле.

Прирост боковых побегов получен на 8,0 см больше, чем на контроле.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предыдущие этапы исследований подтвердили эффективность внутрипочвенного воздействия на корневую систему растений с использованием разработанных нами инструментов – пневмогидробуров и стендового оборудования.

Результаты внедрения разработанной технологии с техническими средствами на посадке и минеральном питании подвоев яблони показали, что по эффективности динамики роста основных элементов растений – прирост центрального побега (высота растения), боковых побегов, диаметр штамба – с большой долей вероятности можно говорить о возможном сокращении времени выращивания подвоя – саженца в питомнике на 1 год.

Программой исследований 2020 года впервые в практике промышленного садоводства предусмотрена разработка технологии с техническими средствами воздействия на прикорневую зону растений через введение питательного раствора и аграрного геля.

Априори, применение гидрогелей в агрономии даст возможность контролировать водно-физические свойства почвы.

Гидрогель задерживает в корневой зоне только то количество влаги, которое требуется растению и защищает почву от недостатка влаги или переувлажнения. С помощью гидрогеля можно сбалансировать не только доступ к влаге, и доступ к питанию растений удобрениями и другими питательным веществам.

Внесенный в почву гидрогель будет в течение нескольких лет впитывать влагу.

Он способен многократно увеличивать свой объем в результате набухания, обладают высокой водосорбирующей способностью, обеспечивая более рациональное использование минеральных удобрений, а также способен значительно повысить экологическую чистоту сельскохозяйственного производства.

Аграрный гель производят либо в виде порошка, либо в виде порошко-

вых гранул.

В научной литературе его рекомендуют использовать в желеобразном состоянии (растворенный в воде порошок).

Поэтому направление исследований было сосредоточено на разработке технических средств для реализации технологии внесения в прикорневую зону растений как порошкового, так и гидрогеля.

Для этого в сезоне 2020 года были разработаны и изготовлены универсальный пневмогидробур для подачи в прикорневую зону порошкового геля и насосная станция с оригинальным роликовым насосом – для подачи гидрогеля.

Эффективность исследуемой технологии проверялась по двум оценочным показателям:

- динамики изменения влажности в прикорневой зоне в сравнении с контролем;
- динамики изменения биометрических данных растений в сравнении с контролем.

Результаты хозяйственных исследований в молодом саду ФГБНУ «ВСТИСП» показали следующее.

1. Наибольший эффект от внедрения исследуемой технологии получен при воздействии на корневую систему гидрогелем. Кроме того, использование порошкового геля сопряжено с технологическими трудностями:

- разовым порционным дозированием порошка под каждое растение;
- поскольку второй этап использования порошкового геля связан с доставкой порции воды в зону порошкового геля, то для повторной операции необходима продувка (высушивание) ствола и наконечника универсального пневмогидробура для исключения налипания порошка на элементы пневмогидробура.

2. Динамика изменения (сохранения) влажности почвы в прикорневых зонах растений в периоды проведения замеров – 22.07 – 25.08 – 08.10 на 4,31% – 3,19% – 1,67% выше, чем на контроле.

3. Динамика изменения биометрических показателей по приросту центрального побега (высота растения) на 6,6 см выше, чем на контроле, боковых побегов – на 8,0 см.

Учитывая, что наибольший эффект разработанной технологии от использования водно-физических свойств гидрогеля с одновременным прикорневным питанием растений может быть получен в районах с недостаточным увлажнением почвы, учреждение заключило договор о научном сотрудничестве на 2021 год с ФГБУН НИИСХ Крыма по отработке технологии возделывания эфиромасличных культур (лаванда, роза и др.) в условиях Крыма. Это должно стать дополнительным направлением в исследовании и внедрении представленной технологии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 г. № 717 «О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия». [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/70210644/> (дата обращения: 17.11.2020).

2. Воробьев В.Ф., Косякин А.С., Бычков В.В., Борисова А.А., Никитин А.В., Егоров Е.А., Трунов Ю.В., Хроменко В.В., Коновалов С.Н., Упадышев М.Т., Павлова А.Ю. Стратегия развития садоводства и питомниководства Российской Федерации на период до 2020 года. – М.: Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства, 2012. – 88 с.

3. Косякин А.С., Воробьев В.Ф., Борисова А.А., Бычков В.В., Трунов Ю.В., Егоров Е.А., Усенко В.И. Концепция развития садоводства Российской Федерации на период до 2025 года. – М.: Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства РАСХН, 2010. – 48 с.

4. Кузнецова Е.И., Закабунина Е.Н., Снопич Ю.Ф. Орошаемое земледелие: учеб. пособие. – М.: ФГБОУ ВПО РГАЗУ, 2012. – 117 с.

5. Основные преимущества и недостатки существующих способов автоматического полива [Электронный ресурс]. URL: <https://умныйполив.рфstati/dlja-chego-avtopoliv/osnovnye-preimuschestva-i-nedostatki-suschestvujuschih-sposobov-avtomaticheskogo-poliva.html> (дата обращения: 20.11.2020).

6. Использование орошаемых земель в степных зонах. Подпочвенное орошение [Электронный ресурс]. URL: <http://www.comodity.ru/agriculturalplants/irrigatedlandssteppe/35.html> (дата обращения: 10.11.2020).

7. Штепа Б.Г. Технический прогресс в мелиорации. – М.: Колос, 1983. – 237 с.

8. Родг А.А. Методы изучения водного режима почв. – М.: Издательство АН СССР, 1960. – 224 с.
9. Станков Н.В. Корневая система полевых культур. – М.: Колос, 1964. – 280 с.
10. Щедрин В.Н. Стратегия использования орошаемых земель в современных условиях // Мелиорация и водное хозяйство. – 2003. – № 3. – С. 45-51.
11. Волков А.С., Тульверт В.Ф., Фиалковский П.Г. Сравнительная оценка методов расчета испарения при орошении // Мелиорация и водное хозяйство. – 1999. – № 4. – С. 30-32.
12. Маслов Б.С. Комплексная мелиорация: становление и развитие. – М.: РАСХН, 1998. – 280 с.
13. Устройство для гидробурения: авт. свид. 1165253 SU: А 01 С 5/04; Е 21 В 7/18 / Абрамов В.Г., Фарбер В.С., Церуашвили Г.Е., Рафаэлян Л.Р.; заявитель Грузинский научно-исследовательский институт защиты растений. № 3639128 30-15; заявл. 26.08.83; опубл. 07.07.85. Бюл. № 25. 3 с.
14. Куликов И.М., Воробьев В.Ф., Головин С.Е., Хроменко В.В., Павлова А.Ю., Джура Н.Ю., Туть Е.А., Шевкун В.А., Кадыкало Г.И., Лисина А.В., Майстренко А.Н., Рябчун И.О., Толоков Н.Р., Гусейнов Ш.Н., Дорощенко Н.П., Павлюченко Н.Г., Маркин Ю.П., Моногарова О.А., Селиванов В.Г., Юдина С.Н. Технологии и технические средства по выращиванию посадочного материала и закладка интенсивных насаждений плодовых, ягодных культур и винограда: метод. указ. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 172 с.
15. Ковда В.А. Основы учения о почвах. – М.: Наука, 1973. – 447 с.
16. Маслов Б.С., Минаев И.В., Губер К.В. Справочник по мелиорации. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 384 с.
17. Носовский В.С. Экономика мелиорации: теория, практика и стратегия. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2006. – 300 с.
18. Куликов И.М., Воробьев В.Ф., Хроменко В.В., Коновалов С.Н., Ка-

дыкало Г.И., Павлова А.Ю, Джура Н.Ю., Лисина А.В., Селиванов В.Г. Основные направления инновационного развития садоводства и питомниководства в России: науч. изд. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – 132 с.

19. Коновалов С.Н. Влияние удобрения на минеральное питание, рост, развитие и плодоношение яблони колонновидной // Плодоводство и виноградарство юга России. – 2011. – № 11 (5). – С. 56-67.

20. Юдин Ф.А. Методика агрохимических исследований. – М.: Колос, 1980. – 305 с.

21. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 350 с.

22. Лобанов Г. А., Заец В. К., Степанов С. Н. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Мичуринск: ВНИИС им. И.П. Мичурина, 1973. – 495 с.