

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 631.347.2:633.8(047)(477.75)
Рег. № НИОКТР 121071300036-6

УТВЕРЖДАЮ

Врио директора
ФГБНУ «Росинформагротех»,
канд. юрид. наук



П.А. Подъяблонский

« 22 » декабря 2021 г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Исследование и разработка технических параметров и режимов работы
пневмогидробуров при возделывании эфиромасличных культур
в условиях Крыма

по теме:

2.1.7 ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ И НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ РАЦИОНАЛЬНОГО
ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ХИМИЧЕСКОЙ И ИНТЕГРИРОВАННОЙ
ЗАЩИТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ
(заключительный)

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

Н.П. Мишуров

Правдинский 2021

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

ФГБНУ «Росинформагротех»:
руководитель темы:
научный руководитель, д-р техн.
наук, проф., акад. РАН



В.Ф. Федоренко
(методическое
руководство)

Отв. исполнитель,
вед. науч. сотр.,
канд. физ.-мат. наук



Э.Г. Аристов
(введение, разделы
1-3, заключение)

Исполнители:

Вед. науч. сотр., канд. техн. наук



Н.Н. Краховецкий
(разделы 1, 3,
заключение)

Нормоконтроль



А.Д. Федоров

РЕФЕРАТ

Отчет 61 с., 19 рис., 16 табл., 22 источн.

ЭФИРОМАСЛИЧНАЯ КУЛЬТУРА, ПОДПОЧВЕННЫЙ ПОЛИВ, ПНЕВМОГИДРОБУР, ГИДРОГЕЛЬ, ПОДКОРМКА, ЗАЩИТА РАСТЕНИЯ

Объектом исследования являются технологии и оборудование для посадки и возделывания эфиромасличных культур.

Цель работы – разработка основных технических параметров и режимов работы пневмогидробуров при возделывании эфиромасличных культур в условиях Крыма.

При проведении экспериментальных исследований использовались полевые и лабораторные (биохимические) методы исследования, статистическая обработка данных. Биохимический анализ содержания эфирного масла в растениях выполнен в соответствии с разработанными методиками. Анализ компонентного состава эфирных масел проводился методом газожидкостной хроматографии на газовом хроматографе модели Кристалл 5000.2.

Разработан и изготовлен комплект оборудования для внутрпочвенного очагового полива, посадки, подпочвенного внесения в корневую систему удобрений и средств защиты эфиромасличных культур на основе использования пневмогидробуров (в 2021 г. на пневмогидробур получен патент РФ №2740805). Получены выражения для определения расхода жидкости и воздуха в зависимости от диаметра отверстия сопла и давления в системе, которые использовались для инженерных расчетов параметров и режимов работы пневмогидробура. Установлена высокая эффективность технологии посадки эфиромасличных культур с использованием пневмогидробура и гидрогеля.

Комплект оборудования рекомендуется использовать для внутрпочвенного очагового полива, посадки, подпочвенного внесения в корневую систему удобрений и средств защиты эфиромасличных культур.

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	5
ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ. ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ, ПРОГРАММА И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	8
1.1 Обоснование направления исследований.....	9
1.2 Цель, задачи, программа и методы проведения исследований.....	15
1.3 Физико-географические условия района проведения исследований	24
2 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ, ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПНЕВМОГИДРОБУРА.....	28
3 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПНЕВМОГИДРОБУРОВ	41
4 ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РАСШИРЕНИЮ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ПНЕВМОГИДРОБУРОВ....	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	55
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	59

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

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

Гидробур –	устройство нагнетающее в почву воду (раствор) под давлением
Пневмогидробур –	усовершенствованный вариант гидробура, дающий возможность воздействовать на подпочвенные горизонты, помимо воды, сжатым воздухом
Подпочвенный полив –	внесение поливочной воды непосредственно в область корневой системы
Гидрогель –	полимерное соединение, способное многократно впитывать в себя большое количество воды, а также водорастворимые удобрения

ВВЕДЕНИЕ

Проблема глобального потепления стала одной из главных в XXI веке. Участвовавшие засухи оказывают существенное и, в основном, негативное влияние на окружающую среду, и особенно на сельское хозяйство. В этих условиях важно соблюдение одного из основных принципов ведения земледелия, который заключается в эффективном использовании влаги.

Такие широко применяемые способы полива, как поверхностное орошение и дождевание, имеют существенные недостатки: разрушается структура почвы, много влаги испаряется, создаются условия для возникновения болезней, на последующую обработку почвы затрачивается много труда и ресурсов. При поверхностном поливе сильно переувлажняется верхний слой почвы, что приводит к прекращению доступа воздуха в нижние слои и снижению полезной деятельности микроорганизмов. Для развития же сорняков и вредителей такой полив создает особо благоприятные условия. На поверхности почвы откладываются вредные соли и образуется корка, а потом, когда рыхлят почву, ухудшается ее структура, повреждаются корни.

Подпочвенное внесение поливочной воды и сжатого воздуха непосредственно в корневую систему растения – новый, перспективный способ активного воздействия на подпочвенные горизонты в области корневой системы растений, обеспечивающий высокую эффективность орошения, обогащение кислородом и улучшение климата почвы. Его цель состоит в том, чтобы обеспечить максимальную влажность в почве и оптимальную концентрацию воздуха, чтобы позволить растению пополнять свои потребности в воде и кислороде, и поставлять минералы и другие органические соединения в надземную часть растения.

При подпочвенном орошении вода поступает непосредственно к корневой системе растений. Ее запасы равномерно распределяются в нижних слоях почвы, защищенных от испарения, и долго сохраняются. Поэтому снижается

количество воды, подаваемой на орошение, повышается коэффициент ее полезного использования.

В проведенных ранее исследованиях нами впервые было предложено дополнительно вместе с водой использовать сжатый воздух [1, 2], был разработан и запатентован новый инструмент для подпочвенного орошения – пневмогидробур (в 2021 г. на пневмогидробур получен патент РФ №2740805) [3], получила развитие идея стимулирования подпочвенной конденсации атмосферной влаги [4]. Исследования выполнялись при посадке и внутрипочвенном поливе плодовых культур. С учетом того, что наибольший эффект от технологии внутрипочвенного полива может быть получен в районах с недостаточным увлажнением почвы, отработка технологии возделывания эфиромасличных культур с использованием пневмогидробура в условиях Крыма является перспективным направлением исследований.

Цель работы – разработка основных технических параметров и режимов работы пневмогидробуров при возделывании эфиромасличных культур в условиях Крыма.

Задачи, которые были решены для реализации поставленной цели:

разработка и изготовление комплекта оборудования для внутрипочвенного очагового полива, посадки, подпочвенного внесения в корневую систему удобрений и средств защиты эфиромасличных культур на основе использования гидробуров и пневмогидробуров;

проведение экспериментальных исследований по использованию гидробуров и пневмогидробуров для внутрипочвенного очагового полива эфиромасличных культур (розы и лаванды);

исследование влияния внутрипочвенного очагового полива с использованием гидробуров и пневмогидробуров на состояние почвы в области корневой системы, а также фенологические, биологические, морфологические, продуктивные и качественные показатели развития эфиромасличных культур

розы и лаванды.

В результате проведенных в настоящей работе исследований был разработан и изготовлен многофункциональный комплект оборудования с набором сменного периферийного инструмента, который обеспечивает выполнение подпочвенного полива, посадки, очаговой подпочвенной подкормки, подпочвенного внесения в корневую систему удобрений и средств защиты растений (в 2021 г. на пневмогидробур получен патент РФ №2740805). Такие возможности делают комплект оборудования универсальной машиной для возделывания многолетних сельскохозяйственных насаждений.

В результате экспериментальных исследований было установлено влияние способов воздействия на почву в области корневой системы на фенологические, биологические, морфологические показатели развития розы и лаванды, а также изучены показатели их продуктивности (урожайность и сбор эфирного масла) и качества эфирного масла.

Тема соответствует приоритетному направлению Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации: пункт 20 подпункт г) переход к высокопродуктивному и экологически чистому агро- и аквахозяйству, разработку и внедрение систем рационального применения средств химической и биологической защиты сельскохозяйственных растений и животных, хранение и эффективную переработку сельскохозяйственной продукции, создание безопасных и качественных, в том числе функциональных, продуктов питания.

1 Обоснование направления исследований. Цель, задачи и методы исследований

Основанием для проведения научно-исследовательской работы является тематический план на 2021 г. научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ (НИОКТР), выполняемых федеральным государственным бюджетным научным учреждением «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-

экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса» (ФГБНУ «Росинформагротех») по государственному заданию Минсельхоза России № 082-00220-21-00 за счет средств федерального бюджета.

1.1 Обоснование направления исследований

Влажность почвы – один из главных факторов, влияющих на плодородие грунта [5]. Она реализует такие задачи, как:

- обогащение сельскохозяйственных культур водой;
- влияние на количество воздуха, уровень солей, а также наличие вредных компонентов;
- обеспечение пластичной и плотной структурой земли;
- влияние на температуру и теплоемкость;
- снижение выветривания грунтов;
- способность почвы к агротехническим процессам.

Для полноценной жизнедеятельности растительного организма его клеткам и тканям следует в достаточном объеме получать воду, в частности, во время активации жизненных процессов. Дефицит влаги часто является лимитирующим фактором повышения урожайности. Он сопровождается отставанием растений в росте, нарушением физиологических реакций [6].

Оптимальная влажность грунта – это такая влажность, когда корни культуры не имеют нехватки жидкости, нужной для развития и роста.

До недавнего времени основной целью орошения было повышение влажности почвы до уровня, благоприятного для роста и развития растений. В последние годы орошение начинают рассматривать как прием более широкого и глубокого воздействия на условия произрастания растений.

С учетом этого, главными требованиями, предъявляемыми к способам орошения и технике полива, должны быть обеспечение водно-воздушного

режима почв, эффективное и экономичное использование воды для полива, сохранение и повышение плодородия почвы, улучшение ее структуры.

На сегодняшний день в хозяйствах наиболее используемыми видами орошения являются дождевание, поверхностное орошение и капельный полив. Однако поверхностные способы полива имеют существенные недостатки: разрушается структура почвы, много воды уходит на испарение, создаются условия для возникновения болезней, на последующую обработку почвы затрачивается много труда и средств. Кроме того, поверхностному поливу сопутствует ряд отрицательных моментов, в результате чего нарушается жизнедеятельность растения; сильно переувлажняется верхний слой и в то же время прекращается доступ воздуха в нижние слои почвы, снижается полезная деятельность микроорганизмов [7]. Для развития же сорняков и вредителей такой полив создает особо благоприятные условия. На поверхности почвы откладываются вредные соли, образуется корка, а при последующем рыхлении почвы, ухудшается ее структура, повреждаются корни растений. Помимо всего, теряется много воды на испарение и фильтрацию [8, 9].

Подпочвенное орошение, как один из перспективных способов полива, привлекает все большее внимание исследователей еще по той причине, что оно открывает широкие возможности для подпочвенного внесения в корневую систему растений удобрений и средств защиты.

Данные ученых многих стран говорят о высокой эффективности подпочвенного орошения [10].

Вода, поступающая под давлением в почву, проникает во все существующие поры и микроканалы, одновременно увлажняя и расширяя их. Почва становится более рыхлой, структурированной, коэффициент аэрации увеличивается, возрастает кислородный баланс, образуется развитая сеть каналов.

Абсолютное большинство культурных растений для формирования

высокого урожая требует хорошо аэрированной почвы. Аэрация почвы – один из показателей плодородия, поскольку она способствует росту растений. В значительной степени аэрация почвы зависит от степени ее разрыхления.

Основой аэрации является диффузия – перемещение газов в почвенном воздухе или в атмосфере от участков с высоким парциальным давлением к участкам с более низким давлением. При хорошем контакте почвенного и атмосферного воздуха диффузия газов происходит непрерывно. В естественных условиях через 1 см² почвы толщиной в 1 см каждую секунду проходит до 1 литра и более воздуха. С точки зрения агрономии наиболее благоприятный воздушный режим наблюдается в рыхлых аморфных почвах с хорошей структурой. В верхних горизонтах этих почв содержание воздуха во время вегетации растений находится на уровне 20-25% от объема почвы. Агротехнические мероприятия должны быть направлены на улучшение сложения почвы, увеличение общего объема ее пор и пор аэрации, что способствует усилению газообмена между почвенным воздухом и атмосферой и соответственно уменьшению содержания в почве диоксида углерода и увеличению концентрации кислорода. При этом чем лучше структурное состояние почвы, тем выше ее воздухопроницаемость.

Таким образом, при возделывании многолетних насаждений наиболее целесообразно применение подпочвенного орошения с использованием гидро- и пневмогидробуров [11]. 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 и защиты растений, при котором подача питательных веществ и средств защиты происходит непосредственно в зону активной деятельности корневой системы.

Внутрипочвенное очаговое воздействие в зону корневой системы не

ограничивается только поливом. Учеными и практиками доказано, что удобрения и средства защиты многолетних насаждений лучше вносить не поверхностно, а в зону расположения основной массы корней. При этом уменьшается потеря рабочих растворов на испарение, растения быстрее и эффективнее используют вносимые растворы, меньше повреждаются корни растений.

Локальное внесение удобрений и средств защиты растений позволяет производить их заделку на заданную глубину, в результате чего появляется возможность размещать удобрения в пределах слоя почвы, где располагаются корни, что делает их легкодоступными для усвоения. Таким образом, при помощи локального внесения удобрений создаются благоприятные условия для поглощения питательных веществ растениями из удобрений и их передвижения. Локально вносить удобрения экономно и рационально. Внутрипочвенное локальное внесение удобрений разделяется на следующие виды: рядковое, основное (ленточное), гнездовое внесение, междурядную, корневую подкормку, локально-объемный способ и т. д.

При локальном внесении питательные элементы и средства защиты растений не перемешиваются с почвой, находятся ближе к питающей части корневой системы и используются более эффективно. Так, коэффициент использования растениями азота из удобрений возрастает на 10-15%, фосфора – на 5-10%, калия – на 10-12% по сравнению с разбросным внесением. Есть сведения о том, что локальный способ внесения удобрений активизирует микробиологическую деятельность сильнее, чем разбросной. В обогащенных питательными элементами зонах лучше развивается корневая система растений.

В настоящее время при внутрипочвенном орошении сельскохозяйственных растений находят применение гидрогели. Гидрогель – это полимерное соединение, способное многократно впитывать в себя большое количество воды, а также водорастворимые удобрения, 1 г сухого препарата

поглощает до 0,2-0,3 л воды.

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 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. 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. Избыток влаги в почве оказывает крайне неблагоприятное влияние на растения. Снижение переувлажнения в корневой зоне – очень востребованное свойство гидрогеля. 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 заполняются 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. Изменения влажности и нарушения нормального режима питания приводят к

тому, что растения слабо цветут, быстро стареют и вянут. 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 не остается только недоступная растению вода. Согласно этой точке зрения физиологические процессы, рост и развитие растений на почве, подвергающейся иссушению, протекают нормально до достижения коэффициента завядания. 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 уровню коэффициента завядания. 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.

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

Основные сферы применения геля в сельском хозяйстве: удержание влаги в почве; улучшение структуры почвы; регуляция водного обмена почвы.

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

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

С учетом вышеизложенного разработка технологий и оборудования на основе гидropневмобуров и с использованием гидрогелей для возделывания эфиромасличных культур в засушливых условиях Крыма является перспективным направлением исследований.

1.2 Цель, задачи, программа и методы проведения исследований

Цель работы – разработка основных технических параметров и режимов работы пневмогидробуров при возделывании эфиромасличных культур в условиях Крыма.

Задачи, которые необходимо решить для достижения поставленной цели:
разработка и изготовление комплекта оборудования для внутрипочвенного очагового полива, посадки, подпочвенного внесения в корневую систему удобрений и средств защиты эфиромасличных культур на основе использования гидробуров и пневмогидробуров;

проведение экспериментальных исследований по использованию гидробуров и пневмогидробуров для внутрипочвенного очагового полива эфиромасличных культур (розы и лаванды);

исследование влияния внутрипочвенного очагового полива с использованием гидробуров и пневмогидробуров на состояние почвы в области корневой системы, а также на фенологические, биологические, морфологические, продуктивные и качественные показатели развития эфиромасличных культур розы и лаванды;

разработка предложений по использованию гидробуров и пневмогидробуров при возделывании эфиромасличных культур.

Программа и объекты исследования.

В ходе экспериментальным исследований запланировано изучение и

анализ фенологических, биологических, морфологических показателей развития эфиромасличных культур розы и лаванды, а также изучение показателей продуктивности (урожайность, сбор эфирного масла) и качество эфирного масла.

Объектами исследований являлись:

лаванда узколистная 1-го года посадки;

лаванда узколистная 3-го года жизни (2019 года посадки);

роза эфиромасличная 9-го года жизни (2012 года посадки).

Роза эфиромасличная. Для проведения полевого опыта на экспериментальном участке ФГБУН «НИИСХ Крыма» в отделе эфиромасличных и лекарственных культур в с. Крымская роза Белогорского района имеются растения розы эфиромасличной сорта Лада 9-го года жизни (2012 года посадки), в количестве 45 шт. (рисунок 1). При условии проведения всех необходимых анализов в одном варианте опыта необходимо иметь не менее пяти растений, Таким образом, с учетом трех повторностей, исследования проводились по следующей схеме опыта:

контроль	- 5 раст.×3 повт. = 15растений
гидрогель	- 5 раст.×3 повт. = 15растений
вода + воздух	- 5 раст.×3 повт. = 15растений



Рисунок 1 – посадки розы эфиромасличной сорта Лада

В данных исследованиях:

«контроль» – контрольный участок, на котором развитие эфиромасличных культур протекает в естественных условиях без какого-либо вмешательства;

«гидрогель» – подпочвенное внесение при посадке или уходе за эфиромасличными культурами раствора сухого вещества (гидрогеля) в воде в соотношении 1/100 под давлением 2 бар в количестве 5 л. В экспериментальных исследованиях использовался суперабсорбент «Аквасин» ТУ 2219-017-74584703-2011.;

«вода + воздух» – последовательное подпочвенное внесение воды в объеме 5 л с последующим введением воздуха в течение 15 сек. под давлением 2 бар.

Глубина внесения раствора, воды и воздуха – 0,4 м.

Сорт Лада. (Авторы: Л.Г.Назаренко, Л.А.Грищенко). *Гибрид от*

скрещивания (Rosa alba L.x Мичуринка (R.damascena Mill.x Rosa gallica L.). По данным конкурсного сортоиспытания, урожайность цветков – 53,6 ц/га, массовая доля декантированного эфирного масла – 0,032%, сбор декантированного эфирного масла – 1,76 кг/га. Цветки махровые бледно-бледно-розовые. Сорт Лада – зимостойкий, устойчив к поражению ржавчиной, имеет высокую бутанообразовательную способность, способен образовывать репродуктивные побеги из боковых почек в случае гибели центральной. Переработка цветков возможна как методом гидродистиляции, так и экстракции.

Лаванда узколистная. Для проведения полевого опыта на экспериментальном участке ФГБУН «НИИСХ Крыма» в отделе эфиромасличных и лекарственных культур в с. Крымская роза Белогорского в марте 2021 г. был заложен участок лаванды узколистной сорта Синева (рисунок 2), где изучалось приживаемость растений после посадки с помощью пневмогидробура, дальнейшее их развитие и показатели продуктивности.

Исследования проводились по следующей схеме:

контроль	- 10 раст.×3 повт. = 30 растений
гидрогель	- 10 раст.×3 повт. = 30 растений
вода + воздух	- 10 раст.×3 повт. = 30 растений

В данных исследованиях:

«контроль» – контрольный участок, на котором развитие эфиромасличных культур протекает в естественных условиях без какого-либо вмешательства;

«гидрогель» – подпочвенное внесение при посадке или уходе за эфиромасличными культурами раствора сухого вещества (гидрогеля) в воде в соотношении 1/100 под давлением 2 бар в количестве 2 л;

«вода + воздух» – последовательное подпочвенное внесение воды в объеме 2 л с последующим введением воздуха в течение 15 сек. под давлением 2 бар.

Глубина внесения раствора, воды и воздуха – 0,4 м.

На контрольном участке развитие растений протекает естественным образом.



Рисунок 2 – Саженцы лаванды сорта Синева

Сорт Синева. Сорт создан методом индивидуального отбора в потомстве от свободного переопыления сортов Рекорд, Степная, Горная, Народная, Советская (синтетическая популяция). Сорт позднеспелый, зимостойкий. По данным конкурсного сортоиспытания, урожайность соцветий – 89,5 ц/га, массовая доля эфирного масла – 1,85%, содержание сложных эфиров в масле – 56,7%, сбор эфирного масла – 165,7 кг/га. Высота куста – 65-70 см, окраска венчика – фиолетовая.

Лаванда узколистная сорта Вдала. Участок лаванды узколистной сорта Вдала (третьего года жизни, рисунок 3) заложен в 2019 г.

Исследования проводились по следующей схеме:

контроль	- 10 раст.×3 повт. = 30 растений
гидрогель	- 10 раст.×3 повт. = 30растений
вода + воздух	- 10 раст.×3 повт. = 30растений



Рисунок

В данных исследованиях.

«контроль» – контрольный участок, на котором развитие эфиромасличных культур протекает в естественных условиях без какого-либо вмешательства;

«гидрогель» – подпочвенное внесение при посадке или уходе за эфиромасличными культурами раствора сухого вещества (гидрогеля) в воде в соотношении 1/100 под давлением 2 бар в количестве 3 л;

«вода + воздух» – последовательное подпочвенное внесение воды в объеме 3 л с последующим введением воздуха в течение 15 сек. под давлением 2 бар.

Глубина внесения раствора, воды и воздуха – 0,4 м.

Сорт Вдала. Сорт создан методом индивидуально-клонового отбора в потомстве от насыщающих скрещиваний источника стерильности клона С-336 с сортом Хемус, [(60-3) × Хемус].

По данным конкурсного сортоиспытания, урожайность соцветий – 37,1 ц/га, массовая доля эфирного масла – 2,35%, содержание сложных эфиров в масле – 39,6%, сбор эфирного масла – 83,6 кг/га. Высота куста – 55-60 см, окраска венчика – фиолетовая.

Измерение влажности почвы проводилось с начала закладки опыта до августа месяца с периодичностью в 15 дней.

Методы проведения исследований.

Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом. Для этого использовались следующие инструменты и принадлежности:

бур для забора проб (рисунок 4);

термостойкие стаканчики (бюксы), обычно алюминиевые, которые предварительно взвешивают и наносят пустой вес на крышку;

весы с ценой деления 0,1 г (или 0,01 г) и максимальным измеряемым весом не менее 200 г;

сушильный шкаф-термостат с температурой сушки 105°C.

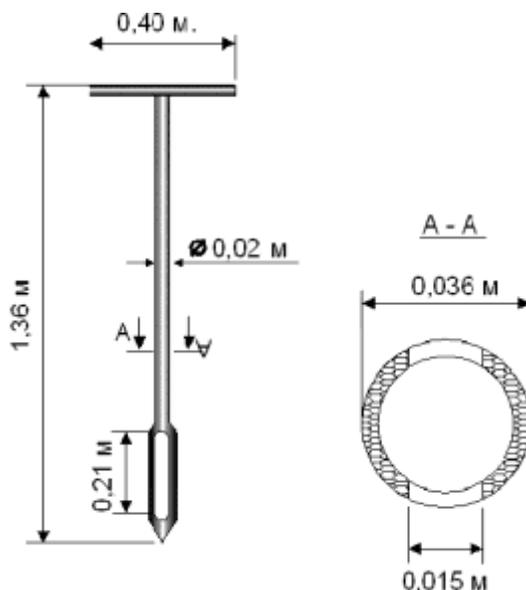


Рисунок 4 – Специализированный пробоотборник

Температура почвы на разных горизонтах измерялась специальным почвенным термометром (рисунок 5).



Рисунок 5 – Измерение температуры почвы

При проведении экспериментальных исследований руководствовались методическими указаниями, разработанными для работы с эфиромасличными культурами [12]. Использовались следующие методы исследования: полевые, лабораторные (биохимические), статистическая обработка данных. Биохимический анализ содержания эфирного масла в растениях выполнен в соответствии с разработанными методиками [13, 14].

Анализ компонентного состава эфирных масел проводился методом газожидкостной хроматографии на газовом хроматографе модели Кристалл 5000.2 при следующих технических условиях: газ-носитель – гелий марки А; тип детектора – пламенно-ионизационный; колонка капиллярная CR-WAXms размером 30 м × 0,32 мм; толщина слоя неподвижной фазы – 0,5 мкм; температура детектора – 250°C; температура испарителя – 230°C; расход газ-носителя – 1,9 мл/мин. Начальная температура колонки – 75°C с выдержкой в 1 минуту; скорость нагрева – 4°C/мин; конечная температура колонки – 220°C без выдержки; длительность анализа – 37,3 мин; деление потока 1:20 [15].

Идентификация компонентов проведена путем сравнения хроматографических профилей эфирного масла (метод «fingerprints») после предварительного проведения анализа образцов на хромато-масс-спектрометре Agilent Technologies 6890N с масс-селективным детектором Agilent 5973N и на хроматографе Кристалл 5000.2 при одинаковых условиях хроматографирования [16, 17].

Статистическая обработка полученных данных проведена согласно методике полевого опыта с использованием стандартного пакета программ, Microsoft Office Excel 2007. Для оценки диапазона изменчивости признаков проводили однофакторный дисперсионный анализ. Проверка нулевой гипотезы осуществляли при помощи F-критерия (Критерия Фишера), который используется как общий критерий, подтверждающий или опровергающий значимое влияние фактора на общую вариацию признака. На первом этапе обработки данных часто возникает необходимость в их группировке. Группировка позволяет представить первичные данные в компактном виде, выявить закономерности варьирования изучаемого признака [18, 19, 20].

При оформлении результатов исследований использовалась следующая нормативная документация:

ГОСТ 7.32-2017 Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления;

ГОСТ 7.60-2003 Издания. Основные виды, термины и определения;

ГОСТ 7.89-2005 СИБИБД. Оригиналы текстовые авторские и издательские. Общие требования;

Требования к авторским оригиналам, поступающим в ФГБНУ «Росинформагротех» (утв. 11 марта 2013 г.);

Приказ ФГБНУ «Росинформагротех» от 15.05.2019 г. №37 «О проверке работ учреждения на объем заимствования, и выявления неправомерных заимствований».

1.3 Физико-географические условия района проведения исследований

Исследования проводили в научном севообороте отдела эфиромасличных и лекарственных культур ФГБУН «НИИСХ Крыма» (с. Крымская Роза Белогорского района Республики Крым). Данный регион, расположенный в восточной предгорной части Крыма, относится к одному из пяти агроклиматических районов – верхнему предгорному, теплому, недостаточно влажному (северный подрайон с умеренно мягкой зимой) (таблица 1).

Таблица 1 – Почвенно-климатические условия района проведения исследований

Наименование показателя	Значение показателя
Тип климата	умеренно-континентальный
Годовая сумма эффективных температур, °С	3200-3400
Годовая сумма осадков, мм	450-500
Средняя годовая испаряемость с поверхности, мм	460-484
Гидротермический коэффициент увлажнения (Г.Т. Селянинова)	0,92
Суммарная годовая солнечная радиация, ккал/см ²	112-128
Средняя суточная температура самого теплого месяца, °С	+22,3 (июль)
Средняя суточная температура самого холодного месяца, °С	-0,8 (январь)
Продолжительность периода со среднесуточной температурой > 0°С, дн.	292
Тип почвы	южные карбонатные черноземы
Гранулометрический состав почв	тяжелые суглинки
Кислотность, рН	8,0

Климат территории – умеренно-континентальный [21]. Десять месяцев в году средняя температура воздуха составляет +10°С. Средняя температура самого холодного месяца (январь) – (-0,8°С), а температура самого теплого

(июль) – (+21°C). В третьей декаде июля – первой декаде августа на глубине 5 см прогревание грунта может достигать +27°C, а на глубине 20 см – +22,4-23,4°C. Среднегодовая температура составляет +10°C.

Летом максимальная температура воздуха достигает +40°C и выше. В зимний период среднемноголетний минимум температуры -18°C, а в отдельные годы доходит до -26–27°C. Теплый период продолжается, в среднем, 292 дня. Холодный период может продолжаться более 3-х месяцев. Продолжительность безморозного периода в воздухе, в среднем, составляет 194 дня, на поверхности почвы – 167 дней. Наиболее сухие месяцы – февраль (33 мм) и сентябрь (37 мм), самый влажный – июнь (58 мм).

Гидротермический коэффициент (ГТК) = 0,9, что свидетельствует об умеренно-засушливых агроклиматических условиях в период вегетации. Среднегодовая относительная влажность воздуха – 72-73 %. В летние месяцы она снижается до 50-60 %, а в отдельные дни до 25-30% и ниже.

Среднегодовая сумма осадков составляет 540 мм с максимумом 67 мм в июне. Сумма активных температур выше 10°C – 2800-3300°C. Безморозный период в воздухе длится 194 дня, на поверхности почвы – 167 дней. Последний заморозок весной в воздухе, в среднем, отмечается 11 апреля, на почве – 15 апреля, иногда раньше – в третьей декаде марта, или позже – в первой декаде мая. Среднее количество дней с суховеями достигает 52, максимальная сила ветра – 28 м/с [22].

В Предгорной зоне Крыма период активной вегетации (с температурой воздуха 10°C и выше) длится более полугода: приблизительно с 13 апреля до 20 октября. За этот период выпадает 287 мм осадков. Осадки холодного периода года составляют большую долю в накоплении почвенной влаги.

Почва в месте проведения исследований – южный карбонатный, тяжелый суглинистый чернозем (рН – 7,0-7,2, содержание гумуса в пахотном слое – 2,7-3,0%, общего азота – 0,12%, фосфора – 0,10%, калия – 1,0%).

В целом погодные условия в районе исследований относительно стабильны. В разные годы могут наблюдаться некоторые отклонения от средних многолетних показателей, что сказывается на особенностях развития растений, возделываемых в данной местности.

Закладка опыта на многолетних эфиромасличных культурах была проведена 22-23 апреля 2021 г. Отборы образцов почвенных проб на влажность проводились 22 и 26 апреля, 5 и 20 мая и 3 июня, в связи с этим за период с 20 апреля по 31 мая приведены более подробные погодные условия данного периода времени с учетом влажности воздуха в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристика метеоусловий с 20.04.2021 по 31.05.2021

Дата	Температура, °С			Количество осадков, мм	Среднесуточная влажность воздуха, %
	минимум	максимум	средняя		
20.04.21	7,9	15,4	10,3	2,8	83,1
21.04.21	7,6	15,0	10,8	0,0	73,7
22.04.21	5,2	16,8	11,3	0,0	65,1
23.04.21	4,0	18,7	12,6	0,0	56,2
24.04.21	5,4	13,1	9,4	0,0	66,7
25.04.21	2,0	12,6	7,7	0,0	58,1
26.04.21	1,8	15,8	8,8	0,0	56,8
27.04.21	2,8	17,7	10,7	0,0	62,7
28.04.21	6,2	15,3	10,1	0,0	72,5
29.04.21	7,1	18,6	12,3	0,0	69,6
30.04.21	7,2	21,2	15,2	0,0	64,0
01.05.21	10,8	23,8	17,4	0,0	65,3
02.05.21	11,4	28,9	20,8	0,0	47,6
03.05.21	13,6	26,3	19,9	0,0	58,9
04.05.21	7,4	17,3	13,0	0,0	55,1
05.05.21	3,2	19,9	12,2	0,0	53,6
06.05.21	4,3	20,9	13,6	0,0	53,7
07.05.21	8,6	22,8	15,9	0,0	55,8
08.05.21	9,8	27,2	18,3	1,0	53,1
09.05.21	5,2	13,4	9,3	0,0	65,1
10.05.21	5,8	16,9	11,0	0,0	61,9
11.05.21	7,4	16,5	11,7	0,0	70,6
12.05.21	3,1	18,1	11,6	0,0	64,7
13.05.21	4,7	24,3	14,9	0,0	60,5
14.05.21	10,0	26,1	19,0	0,0	52,0
15.05.21	11,6	25,9	18,8	0,0	55,7
16.05.21	11,6	25,2	18,6	0,0	63,3

17.05.21	13,3	18,3	15,9	0,0	78,3
18.05.21	10,2	21,2	16,1	2,2	69,1
19.05.21	12,2	17,8	14,4	0,2	72,8
20.05.21	12,0	26,3	18,9	0,0	52,0
21.05.21	13,1	21,7	16,9	0,0	68,6
22.05.21	11,3	20,8	15,8	1,2	73,7
23.05.21	11,7	24,6	17,7	0,0	62,3
24.05.21	9,7	24,4	17,7	0,0	63,5
25.05.21	9,8	22,7	15,8	0,0	72,1
26.05.21	9,1	26,2	18,2	0,0	61,6
27.05.21	10,1	26,7	19,3	0,0	57,3
28.05.21	12,9	27,3	20,4	0,0	61,8
29.05.21	13,2	27,3	18,7	0,0	73,8
30.05.21	13,6	23,8	18,6	0,0	74,9
31.05.21	11,5	21,4	15,9	1,8	79,7

Характеристика погодных условий 2021 г. по месяцам приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристика метеоусловий 2021 г. по месяцам

Месяц	Температура, °С					Осадки			
	минимум	максимум	средняя	норма	отклонение от нормы	число дней	мм	норма	% от нормы
Январь	-17,4	17,3	3,8	-0,8	4,6	12,0	25,4	41,2	61,7
Февраль	-15,9	17,4	1,5	0,0	1,5	13,0	19,2	32,9	58,4
Март	-8,4	17,5	3,1	3,2	-0,1	11,0	21,8	41,6	52,4
Апрель	-0,1	21,2	8,8	10,0	-1,2	8,0	21,1	39,2	53,8
Май	3,1	28,9	16,3	14,9	1,4	5,0	6,4	47,4	13,5
Июнь	11,2	30,4	19,6	18,5	1,1	12,0	80,2	68,5	117,1
Июль	12,7	35,9	24,4	22,3	2,1	60,0	52,0	53,4	97,4
Август	14,7	35,3	23,5	20,2	3,3	7,0	64,6	47,9	134,9

Весенние месяцы текущего года характеризовались небольшим количеством выпавших осадков: в марте и апреле выпало всего чуть более половины нормы для данного региона, а в мае всего 13,5% от нормы осадков, летние месяцы были достаточно влажными. Температура воздуха, начиная с мая превышала средние многолетние показатели. Таким образом, весенняя засуха, летняя жара и последующие обильные дожди не благоприятствовали формированию урожая соцветий лаванды.

2 Разработка конструкции, параметров и режимов работы пневмогидробура

Применение пневмогидробуров для подпочвенного орошения и доставке воды, смеси воды и воздуха в почву является актуальным для эффективного использования влаги при внедрении орошаемого земледелия.

Активное глубинное воздействие на почвенные горизонты в области коневой системы посредством применения пневмогидробура может иметь достаточно широкий диапазон возможностей:

- подпочвенный полив;
- внесение удобрений и средств защиты растений;
- подпочвенное внесение гидрогеля;
- воздействие на структуру почвы.

И это только основные функции, которые можно реализовать, используя потенциальные возможности пневмогидробура.

Решающую роль в определении урожайности сельскохозяйственных культур занимают вопросы питания растений и структуры пахотного слоя, через посредство которого происходит воздушный и тепловой обмен, активизация или подавление микробиологической жизни в почве.

Регулируя плотность и структуру почвы, можно либо сохранить водно-воздушный режим в почве, либо изменить его в требуемом направлении.

С точки зрения агрономии наиболее благоприятный воздушный режим наблюдается в рыхлых аморфных почвах с хорошей структурой. В верхних горизонтах этих почв содержание воздуха во время вегетации растений находится на уровне 20-25% от объема почвы. К сожалению, многие почвы такими условиями не обладают.

Агротехнические мероприятия должны быть направлены на улучшение сложения почвы, увеличение общего объема ее пор и пор аэрации, что

способствует усилению газообмена между почвенным воздухом и атмосферой и соответственно уменьшению содержания в почве диоксида углерода и увеличению концентрации кислорода.

Основой аэрации является диффузия, под которой понимают перемещение газов в почвенном воздухе или в атмосфере от участков с высоким парциальным давлением к участкам с более низким давлением. При хорошем контакте почвенного и атмосферного воздуха диффузия газов происходит непрерывно, что объясняется различным газовым составом воздушной фазы почвы и атмосферы. Однако диффузия газов внутри почвы протекает медленнее, чем в атмосферном воздухе. Воздухопроницаемость зависит от гранулометрического состава почвы, ее структурного состояния и сложения, и в конечном итоге – от размера пор аэрации. Чем они крупнее и чем их больше, тем лучше проницаемость почвы для воздуха.

В естественных условиях через 1 см^2 почвы толщиной в 1 см каждую секунду проходит до 1 л и более воздуха, при этом в структурных почвах значение данного показателя гораздо выше, чем в бесструктурных.

Значимым показателем является содержание в почвенном воздухе кислорода и углекислого газа. Весьма важен кислород, поскольку он обеспечивает дыхание корней. Его недостаток вызывает нарушение деятельности корневых систем и называется гипоксией, а при полном угнетении растений – аноксией. Кроме того, аэрация почвы оказывает мощное воздействие на различные почвенные микроорганизмы и на процесс преобразования питательных веществ. Абсолютное большинство культурных растений для формирования высокого урожая требует хорошо аэрированной почвы. Аэрация почвы – один из показателей плодородия, поскольку она способствует росту растений. В значительной степени аэрация почвы зависит от степени ее разрыхления.

С учетом вышеизложенного, предложение о расширении функциональных

возможностей гидробура за счет использования сжатого воздуха и создании нового сельскохозяйственного инструмента – пневмогидробура, может найти широкое применение. Пневмогидробуром можно очагово создавать в почве развитую систему каналов с большой удельной поверхностью, т.е. управлять процессом аэрации (кислородным балансом) в прикорневой зоне. Эффект воздействия можно усилить, вводя в воздушный поток требуемые химические реагенты в виде жидкого или порошкообразного аэрозоля. Используя относительно теплый влажный воздух (насыщенный или даже пересыщенный) можно при определенных внешних условиях (температуре и относительной влажности воздуха) запустить конденсационные процессы в почве – подпочвенный дождь.

Наиболее перспективным может считаться комбинированный метод подпочвенного воздействия – вода+воздух. Причем в разных комбинациях, в разные временные периоды развития сельскохозяйственных культур.

Конструктивное исполнение разработанного гидробура приведено на рисунке 5. Через кран, установленный на рукоятке, в гидробур под давлением подается вода. Другой конец рукоятки заглушен. Через шток вода под давлением поступает в наконечник, гидробур заглубляется в почву на глубину, лимитированную ограничителем. Ограничитель глубины может быть установлен на требуемую высоту вдоль всей длины штока. Сменные наконечники различаются диаметром отверстий и их количеством. Выбор того или иного наконечника обусловлен планируемым расходом подаваемой жидкости и ее давлением в системе.

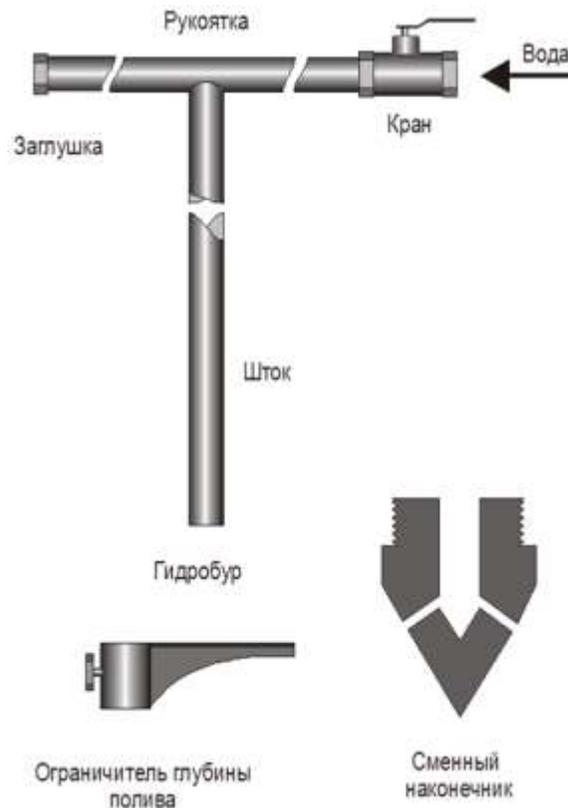


Рисунок 5 – Основные составные части гидробура

Создавать в почве развитую систему каналов с большой удельной поверхностью можно не только путем введения воды через гидробур, но и введением в почву сжатого воздуха.

С практической точки зрения наиболее перспективным представляется комбинированный инструмент, который получил название пневмогидробур (в 2021 г. на пневмогидробур получен патент РФ №2740805).

Конструкция пневмогидробура приведена на рисунке 6. Раздельная подача воды и воздуха позволяет использовать инструмент, как гидробур, как пневмобур или при использовании комбинированного наконечника осуществлять одновременную подачу и воды, и воздуха, причем в требуемых пропорциях.

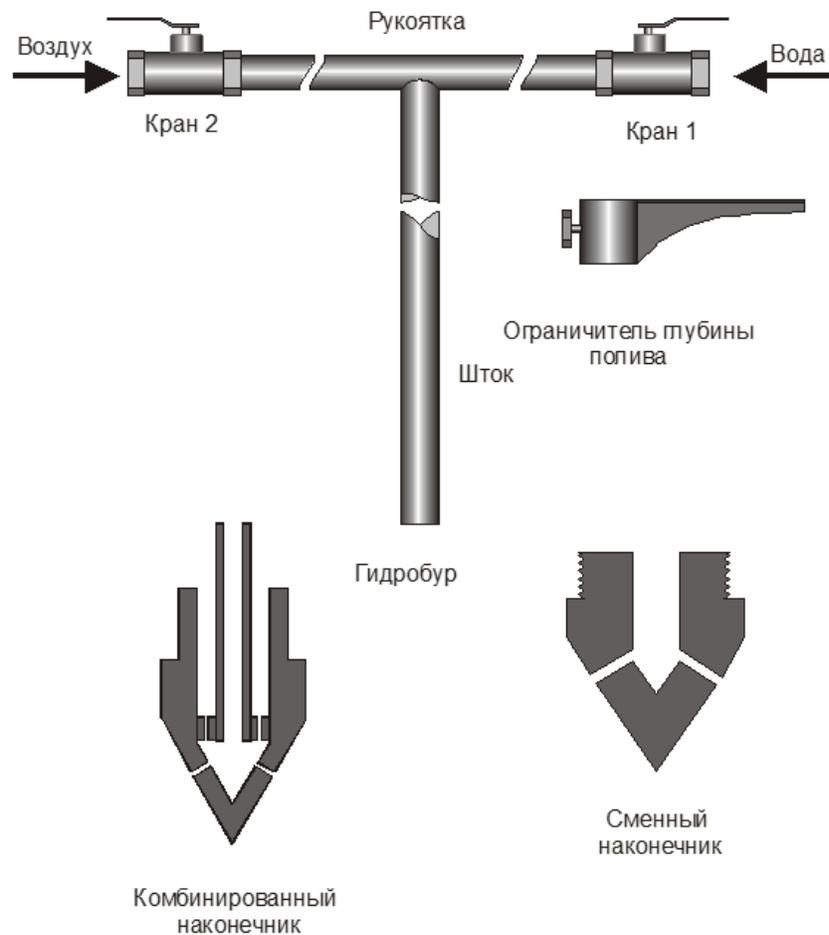


Рисунок 6 – Основные составные части пневмогидробура

С практической точки зрения наиболее перспективным представляется комбинированный способ внутрипочвенного полива, когда при введении в почву сжатого воздуха в него добавляют небольшое количество воды – от нескольких десятков миллилитров до полутора литров. Причем эту воду можно подавать пульверизационным способом, вводя прямо в воздушный поток на выходе из сопла.

Количество подаваемой воды регулируется в зависимости от внешних условий, чтобы обеспечить полное увлажнение поверхности каналов.

Следует помнить, что давление воздуха, как и давление воды при внутрипочвенном внесении, не должно превышать 1,5-2 атм. В противном

случае в области полива может быть серьезно нарушена структура почвы, а это приведет к отрицательному эффекту.

Общий вид пневмогидробура представлен на рисунке 7.



Рисунок 7 – Общий вид пневмогидробура

Все буры снабжены быстросъёмными резьбовыми соединениями со шлангами с внутренним диаметром 10 мм и 13 мм.

Для автономной работы пневмогидробура нами была разработана и смонтирована насосная станция на передвижной раме (рисунок 8).

Насосная станция укомплектована следующими узлами и агрегатами:

ёмкостью полиэтиленовой объемом 130 л;

насосным агрегатом с электродвигателем, мощностью 1,5 кВт и рабочим напряжением 220 Вт;

фильтром всасывающим пропускной способностью до 100 л/мин;

барабаном для намотки шланга, с внутренним диаметром 8 мм и длиной 20 м.

Был использован роликовый насос, обеспечивающий расход воды до 19,5 л/мин и давление до 20 бар (рисунок 9).

На насосе установлен штатный регулятор давления с переключателем потока – бай-pass, который обеспечивает устойчивый расход при давлении от 3,5 до 20 бар.



Рисунок 8 – Насосная станция

Были изготовлены две сменные головки с различными диаметром отверстий и их количеством, которые поочередно устанавливались на гидробур и проливались водой и раствором гидрогеля при различном давлении: 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3 бар.

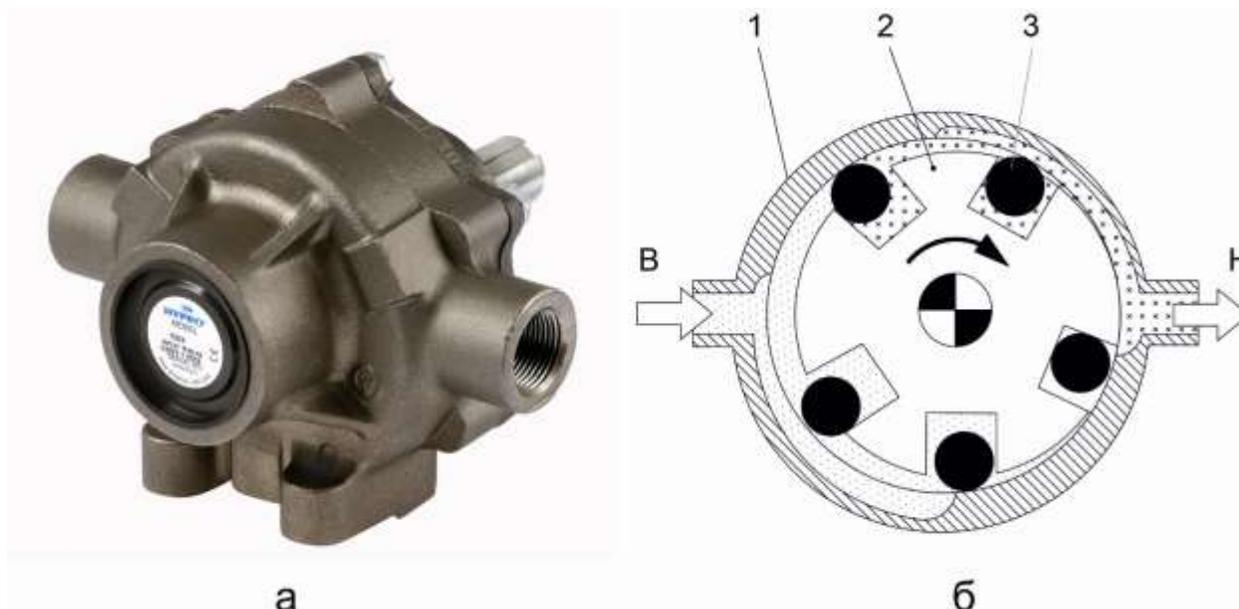


Рисунок 9 – Роликовый насос:

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

В – всасывание рабочего раствора; Н – нагнетание рабочего раствора

1 – корпус; 2 – ротор; 3 – ролики

На диаграмме (рисунок 10) представлены результаты натурного измерения расхода воды, при ее проливке через наконечники гидробура с соплами разного диаметра и при различном давлении.

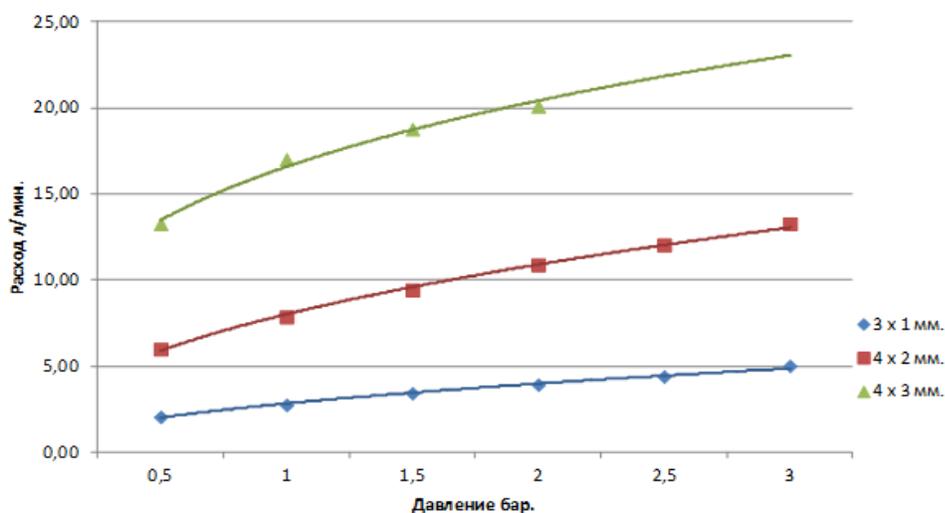


Рисунок 10 – Зависимость расхода жидкости наконечником от диаметра отверстий сопла и давления

Наконечники гидробура имеют разное количество отверстий. Наконечник № 1 с диаметром отверстий 1 мм имеет 3 отверстия. Наконечники № 2 и № 3 имеют по 4 отверстия диаметрами 2 и 3 мм соответственно. Наконечник № 3 использовался при работе с гидрогелем, вязкость которого выше чем вязкость чистой воды.

На основе экспериментальных данных и проведенных расчетов составлены уравнения расхода воды в зависимости от диаметра сопла при давлении:

$$0,5 \text{ бар} \quad - \quad M_v = 0,31 e^{0,79d}$$

$$1 \text{ бар} \quad - \quad M_v = 0,42 e^{0,768d}$$

$$1,5 \text{ бар} \quad - \quad M_v = 0,567 e^{0,707d}$$

$$2 \text{ бар} \quad - \quad M_v = 0,68 e^{0,67d}$$

где: M_v – расход воды, d – диаметр сопла мм.

Рассчитанные по этим формулам значения расхода жидкости в зависимости от диаметра отверстия сопла для ряда постоянных значений давления представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Расход жидкости пневмогидробуром в зависимости от размера сопла и давления в системе

Диаметр отверстия сопла, мм	Расход жидкости (л/мин.) при её давлении в пневмогидробуре (бар)			
	0,5	1	1,5	2
0,5	0,46	0,62	0,81	0,95
0,8	0,58	0,78	1,00	1,17
1	0,68	0,91	1,15	1,33
1,5	1,01	1,34	1,64	1,87
2	1,50	1,97	2,33	2,61
2,5	2,23	2,89	3,32	3,66
3	3,31	4,25	4,72	5,13
3,5	4,92	6,23	6,72	7,18

Уравнения расхода воды в зависимости от диаметра сопла при различном давлении и данные таблицы 4 использовались для выбора технических параметров наконечников пневмогидробура и режима работы оборудования.

Наконечники пневмогидробура, рассчитанные под воздушную струю, конструктивно не отличаются от наконечников гидробура, но диаметр отверстий и их количество меньше, чем у гидробура.

Значения расхода воздуха в зависимости от диаметра отверстия при различных давлениях в системе представлены в таблице 5 и на рисунке 11.

Таблица 5 – Расход воздуха в зависимости от диаметра отверстия при различных давлениях в системе

Давление, бар	Диаметр отверстия, мм				
	0,5	1	1,5	2	2,5
	Расход воздуха, л/мин				
1	5	19	42	73	117
2	7	28	63	109	175
3	9	37	84	146	234
4	12	47	106	182	292

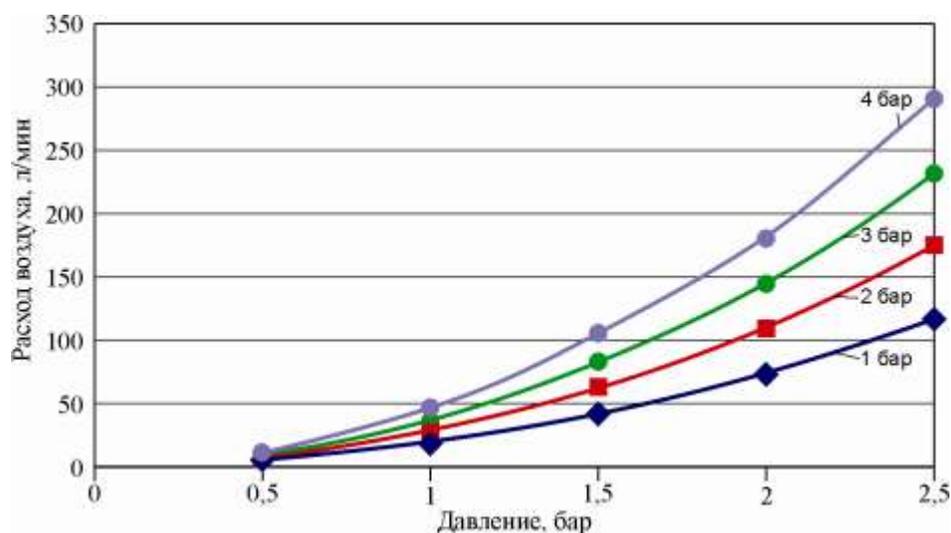


Рисунок 11 – Расход воздуха в зависимости от диаметра отверстия сопла для различных значений давления в системе

Аналогичным образом, используя экспериментальные данные, были выведены уравнения для определения расхода воздуха в зависимости от диаметра отверстий при постоянном давлении:

$$1 \text{ бар} - M_{\text{воз}}=4,86d^2-11,06 d+8;$$

$$2 \text{ бар} - M_{\text{воз}}=7,21d^2-16,01d+10,6;$$

$$3 \text{ бар} - M_{\text{воз}}=9,64d^2-21,24d+13,4;$$

$$4 \text{ бар} - M_{\text{воз}}=11,93d^2-25,93d+16,8;$$

где: $M_{\text{воз}}$ – расход воздуха, d – диаметр сопла мм.

Также были получены параметры расхода приготовленного раствора гидрогеля, при его проливке через наконечник пневмогидробура с четырьмя отверстиями и диаметром каждого из них 3 мм:

Давление в системе, бар	Время проливки, с	Расход, л/мин.
2	30	6,76
3	30	7,912
4	15	10,884
5	15	12,9

В дальнейшем, полученные зависимости и экспериментальные данные были использованы для инженерных расчетов параметров и режимов работы гидравлических и пневматических узлов пневмогидробуров.

Конструктивное исполнение разработанного пневмогидробура позволяет осуществлять равномерное внесение гидрогеля в корневую область многолетних насаждений в следующей последовательности:

подготовки почвы для внесения геля (продувка сжатым воздухом);

внесение геля;

подпочвенное внесение воды в количестве, достаточном для текущего полива и для формирования запаса влаги в кристаллах гидрогеля.

Ввиду того, что гидрогель химически нейтрален в его состав можно ввести раствор химических реагентов (удобрения и средства защиты растений).

Применение гидробура не ограничивается только поливом почвы. В течение нескольких секунд гидробуром пробуривается скважина определенной глубины. В ней образуется земляная жижа, в которую погружается саженец или черенок. Гидробурная посадка – это еще и одновременный предпосадочный полив, да и дополнительную стартовую подкормку легко и логично подать с гидробурной водой. Просто, надежно и высокопроизводительно. При этом стоимость посадки многолетних растений с помощью пневмогидробура обходится примерно в 4 раза дешевле, а посаженные таким образом растения приживаются лучше. Посаженное в ямку растение оказывается фактически помещенным в большой горшок с рыхлой землей, но с плотными, труднопроницаемыми для корней стенками. Первые два-три года саженцы будут развиваться нормально, а затем предлагается использовать пневмогидробур для подачи сжатого воздуха, который позволит локально разрыхлять почву в требуемом объеме. Воздействие воздушной струей можно проводить как в процессе бурения лунки, так и через год или два. Такая технология является инновационной и ее внедрение в существующую практику посадки многолетних насаждений позволит получить достаточно высокий положительный эффект.

С учетом этого, для применения при посадке многолетних насаждений конструкция пневмогидробура (рисунок 12) была усовершенствована применительно к этим видам работ:

добавлена специальная деталь, которая удерживает от размывания и отвала комков грунта стенки лунки, уплотняет стенки лунки и обеспечивает ее цилиндричность;

подача жидкости осуществляется по двум контурам на разной высоте и под разным углом, что позволяет вымывать лунку бутылкообразной формы;

осуществляется введение в сферическую часть лунки соответствующих препаратов (удобрений и средств защиты растений) и тем самым стимулируется развитие корневой системы, а, следовательно, увеличение продуктивности растения;

специальная форма лунки позволяет устранить необходимость короткой подрезки корней.

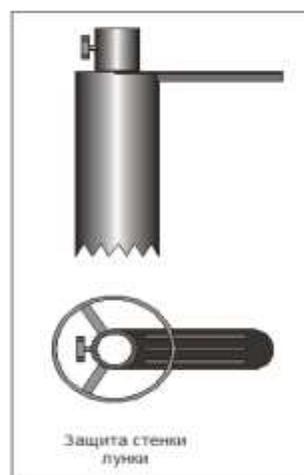
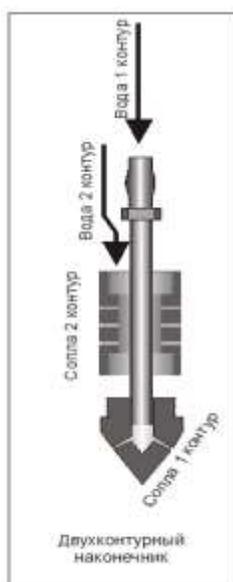
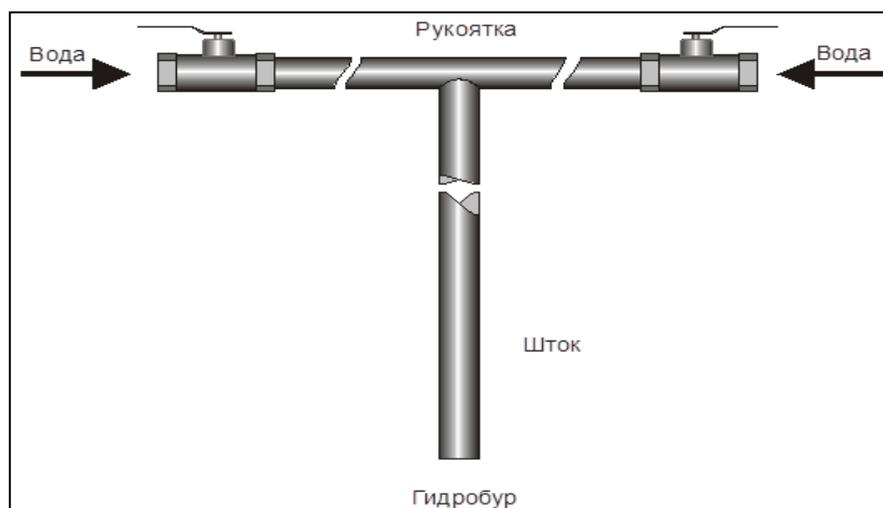


Рисунок 12 – Конструкция посадочного пневмогидробура

3 Результаты экспериментальных исследований пневмогидробуров

В ходе проведения экспериментов в соответствии с программой исследований изучались и анализировались фенологические, биологические, морфологические показатели развития эфиромасличных культур розы и лаванды, а также изучались показатели продуктивности (урожайность, сбор эфирного масла) и качество эфирного масла.

В таблицах 5-7 приведены результаты экспериментальных исследований по определению влажности почвы по различным вариантам опыта.

Таблица 5 – Результаты определения влажности почвы посадок розы эфиромасличной сорта Лада на глубине 45-50 см

Вариант опыта	Влажность почвы по датам проведения отбора проб, %				
	22.04.21*	26.04.21	5.05.21	20.05.21	3.06.21
Контроль	22,97±0,27	20,95±0,88	24,39±0,32	24,46±0,76	19,91±1,28
Воздух+вода	23,49±0,68	23,73±0,83	24,51±0,25	23,70±0,32	19,59±0,30
Гидрогель	23,44±0,86	21,15±1,60	24,20±0,57	24,73±0,30	19,51±0,51
средняя	23,30±0,34	21,94±0,73	24,36±0,21	24,30±0,29	19,67±0,41
Диапазон изменчивости	21,84-24,84	18,58-25,18	23,06-25,02	23,18-25,81	18,28-22,43

*- влажность определяли перед закладкой опыта

Таблица 6 – Определение влажности почвы посадок лаванды узколистной сорта Синева на глубине 45-50 см

Вариант опыта	Влажность почвы, %				
	Дата проведения отборов				
	22.04.21*	26.04.21	5.05.21	20.05.21	3.06.21
Контроль	19,93±0,31	20,88±1,19	20,40±1,21	19,37±0,22	17,51±0,58
Воздух+вода	20,64±0,02	22,29±1,53	20,04±0,55	20,08±0,78	16,93±0,31
Гидрогель	20,94±0,57	21,61±1,20	20,26±0,45	20,53±0,82	17,37±0,50
средняя	20,50±0,24	21,60±0,70	20,23±0,41	20,00±0,37	17,21±0,25
Диапазон изменчивости	19,31-21,91	19,48-24,74	18,95-22,82	18,93-21,64	16,40-18,37

*- влажность определяли перед закладкой опыта

Таблица 7 – Определение влажности почвы посадок лаванды узколистной сорта Вдала на глубине 45-50 см

Вариант опыта	Влажность почвы, %				
	Дата проведения отбора проб почвы				
	22.04.21*	26.04.21	5.05.21	20.05.21	3.06.21
Контроль	20,48±0,59	21,15±1,79	20,30±0,34	18,37±0,62	15,16±0,86
Воздух+вода	20,72±0,51	21,25±2,23	20,63±0,48	18,74±0,66	16,23±0,77
Гидрогель	20,17±0,67	19,55±0,36	20,66±0,44	18,86±1,06	15,54±0,33
средняя	20,46±0,31	20,65±0,88	20,53±0,22	18,66±0,41	15,64±0,38
Диапазон изменчивости	19,17- 21,66	17,71- 25,36	19,69- 21,26	17,47- 20,95	14,14-17,63

*- влажность определяли перед закладкой опыта

Анализируя показатели влажности почвы в зоне корневой системы нужно отметить, что значимых различий по вариантам опыта не наблюдалось.

В таблицах 8-10 приведены показатели биометрические и продуктивности розы сорта Лада, а также состав эфирного масла.

Таблица 8 – Биометрические показатели розы сорта Лада (сентябрь)

Варианты опыта	Высота куста, см	Ширина куста, см
Контроль	111,0±1,5	125,7±9,4
Воздух+вода	114,0±10,8	123,3±11,7
Гидрогель	113,0±7,4	125,7±6,1
Среднее	112,7±3,8	124,9±4,7

Таблица 9 – Показатели продуктивности розы сорта Лада

Варианты опыта	Масса цветка, г	Количество лепестков, шт.	Урожай, ц/га	МДЭМ, %	Сбор эфирного масла, г
Контроль	3,41±0,02	50,7±2,4	25,3±3,7	0,013±0	0,368±0,049
Воздух+ вода	3,46±0,036	53,5±1,7	25,5±4,4	0,012±0,001	0,320±0,069
Гидрогель	3,30±0,09	52,3±1,8	24,4±3,5	0,012±0,001	0,297±0,047
Среднее	3,39±0,38	52,2±1,1	25,1±1,9	0,012±0,001	0,320±0,031

Как следует из приведенных в таблицах 8 и 9 данных, по силе роста (по высоте и ширине куста), массе цветка и количеству лепестков в цветке значимых различий по вариантам опыта не наблюдалось. Наиболее важными являются показатели продуктивности, в частности урожайность. По полученным данным по урожайности цветков розы также значимых различий не наблюдалось. Анализ массовой доли эфирного масла показал, что в среднем она составила $0,012 \pm 0,001$ и не имеет значимых различий по вариантам опыта. Соответственно и такой показатель как сбор эфирного масла также не имеет значимых различий по вариантам опыта.

Таблица 10 – Компонентный состав эфирного масла розы эфиромасличной

Варианты опыта	Основные компоненты, %		
	цитронеллол	нерол	гераниол
Контроль	$7,859 \pm 0,310$	$9,801 \pm 0,406$	$36,297 \pm 2,755$
Воздух+вода	$5,361 \pm 0,154$	$9,178 \pm 0,584$	$35,178 \pm 1,719$
Гидрогель	$6,209 \pm 0,227$	$9,628 \pm 0,867$	$35,442 \pm 0,299$
Среднее	$6,476 \pm 0,476$	$9,535 \pm 0,312$	$35,639 \pm 0,869$

Анализируя компонентный состав эфирного масла розы, полученного при подпочвенном внесении поливной воды в смеси с воздухом и гидрогеля по сравнению с контролем можно отметить, что на качестве масла это никак не отразилось, все основные показатели (терпеновые спирты), т. е. их количество, находились в одинаковых пределах. Таким образом, можно сделать вывод, что подпочвенное внесение гидрогеля в количестве пяти литров на одно растение и поливной воды в количестве пяти литров в смеси с воздухом в зону корневой системы розы эфиромасличной сорта Лада не привело к увеличению урожая по сравнению с контрольным участком и никак не повлияло на качество конечного продукта – эфирного масла.

В таблицах 11-13 приведены показатели биометрические и продуктивности лаванды сорта Синева, а также состав эфирного масла.

Таблица 11 – Биометрические показатели лаванды сорта Синева

Варианты опыта	Длина цветоноса, см	Длина соцветия, см	Количество мутовок, шт.	Количество цветков в мутовке, шт.
Контроль	7,8±0,7	5,6±0,6	4,6±0,1	5,6±0,3
Воздух+вода	7,8±0,2	6,4±0,1	5,0±0,1	5,7±0,2
Гидрогель	7,9±0,3	5,9±0,5	4,8±0,1	5,8±0,2
Среднее	7,8±0,2	6,0±0,2	4,8±0,1	5,7±0,1

Таблица 12 – Показатели продуктивности лаванды сорта Синева

Варианты опыта	Урожай с делянки, г	МДЭМ, %		Сбор эфирного масла, г
		сырой вес	абсолютно сухой вес	
Контроль	29,0±9,5	1,538±0,112	4,383±0,321	0,32±0,54
Воздух+вода	33,3±7,3	1,500±0,137	4,311±0,392	0,51±0,23
Гидрогель	60,0±12,6	1,525±0,175	4,347±0,499	0,77±0,18
Среднее	40,8±6,9	1,525±0,065	4,347±0,189	0,52±0,12

Таблица 13 – Компонентный состав эфирного масла лаванды узколистной сорта Синева

Варианты опыта	Основные компоненты, %		
	линалоол	линалилацетат	гераниол
Контроль	56,298±0,674	21,207±0,653	0,554±0,083
Воздух+вода	55,868±1,368	20,761±1,872	0,624±0,077
Гидрогель	55,423±1,641	20,958±1,727	0,591±0,083
Среднее	55,863±0,600	20,975±0,684	0,589±0,038

Анализ данных, приведенных в таблицах 11-13, свидетельствует о том, что в результате проведенного эксперимента с применением пневмогидробура в различных вариантах опыта на лаванде сорта Синева значимых различий по биометрическим показателям и качеству эфирного масла не наблюдалось. Однако стоит отметить, что подпочвенное внесение гидрогеля в количестве 2 литров на одно растение сразу после посадки лаванды положительно отразилось на урожайности соцветий (таблица 9), это объясняется тем, что все растения на делянках с применением гидрогеля зацвели в первый год вегетации, в отличие

от других вариантов опыта.

Таким образом, показатели по урожайности и сбору эфирного масла лаванды узколистной сорта Синева первого года вегетации в вариантах опыта, где при посадке с помощью пневмогидробура в зону корневой системы были внесены поливная вода в смеси с воздухом в количестве 2 литров на одно растение и гидрогель в таком же количестве значительно превышают контроль. В варианте с внесением вода+воздух превышение над контролем по урожайности составило 4,3 г с деланки, или на 14,8%, а по сбору эфирного масла – 0,19 г с деланки, или на 68,5%. В варианте опыта с внесением гидрогеля превышение над контролем по урожайности составило 31,0 г с деланки, или на 106,8 %, а по сбору эфирного масла – на 0,45 г с деланки, или на 154,9%.

В таблицах 14-16 приведены показатели биометрические и продуктивности лаванды сорта Вдала, а также состав эфирного масла.

Таблица 14 – Биометрические показатели лаванды сорта Вдала

Варианты опыта	Длина цветоноса, см	Длина соцветия, см	Количество мутовок, шт.	Количество цветков в мутовке, шт.
Контроль	12,9±0,3	9,4±0,3	5,7±0,1	8,6±0,2
Воздух+вода	12,7±0,1	9,3±0,1	6,0±0,1	9,8±0,4
Гидрогель	13,0±0,6	9,2±0,6	6,0±0,1	10,1±0,3
Среднее	12,8±0,2	9,3±0,2	5,9±0,1	9,6±0,3

Таблица 15 – Показатели продуктивности лаванды сорта Вдала

Варианты опыта	Урожай с деланки, г	МДЭМ,%		Сбор эфирного масла, г
		с.в	а.с.в.	
Контроль	850,0±14,4	1,617±0,017	4,414±0,046	13,73±0,13
Воздух+вода	983,3±58,3	1,500±0	4,095±0	14,75±0,88
Гидрогель	883,0±36,3	1,600±0,050	4,368±0,137	14,16±0,95
Среднее	905,6±28,5	1,572±0,024	4,292±0,065	14,22±0,41

Таблица 16 – Компонентный состав эфирного масла лаванды узколистной сорта Вдала

Варианты опыта	Основные компоненты		
	линалоол	линалилацетат	гераниол
Контроль	54,718±0,369	21,962±0,761	0,566±0,019
Воздух+вода	55,018±0,282	22,477±0,303	0,576±0,029
Гель	54,317±0,884	22,832±0,272	0,590±0,039
Среднее	54,683±0,305	22,424±0,279	0,577±0,015

Анализ данных, приведенных в таблицах 14-16, свидетельствует о том, что так же, как и на розе, подпочвенное внесение гидрогеля в количестве 3 литров на одно растение и поливной воды в количестве 3 литров в смеси с воздухом в зону корневой системы лаванды узколистной сорта Вдала не привело к увеличению урожая и никак не повлияло на качество конечного продукта – эфирного масла.

В результате изучения приемов подпочвенного орошения и внесения гидрогеля в зону расположения корневой системы с помощью пневмогидробура на многолетних эфиромасличных культурах (розе эфиромасличной девятилетнего возраста и лаванде узколистной трехлетнего возраста) установлено, что биометрические показатели и показатели продуктивности данных культур, а также показатели качества масла не имели значимых различий по сравнению с контрольным вариантом опыта.

Установлено, что изменчивость была значительной по урожайности соцветий лаванды узколистной сорта Синева первого года вегетации, где урожайность и соответственно сбор эфирного масла были выше в варианте с применением внесения с помощью пневмогидробура при посадке двух литров гидрогеля. На рисунке 13 представлен график изменения урожайности и количества лавандового масла в граммах в результате изменения условий посадки саженцев.

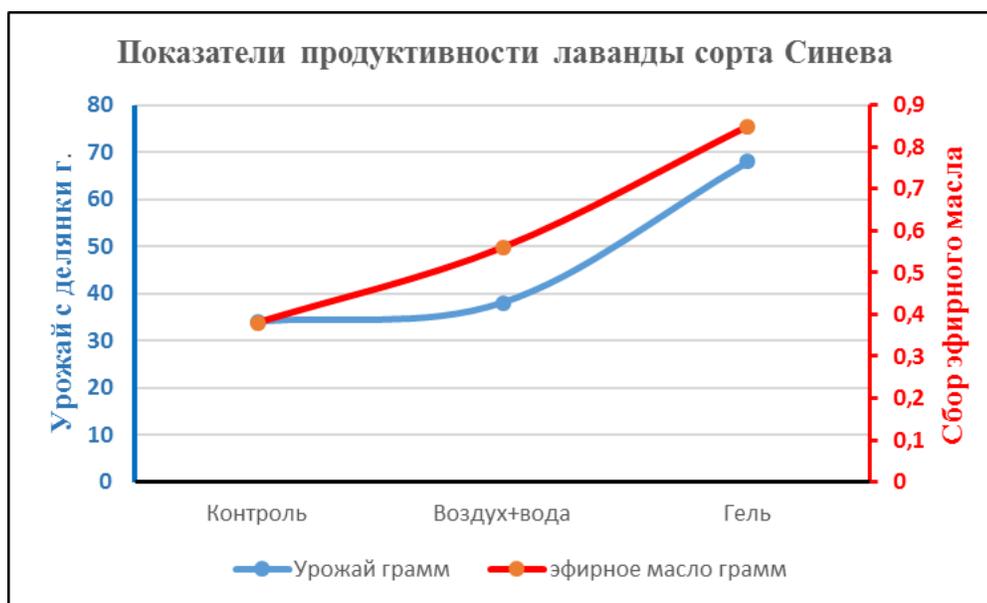


Рисунок 13 – Изменения показателей продуктивности лаванды сорта Синева

Отсутствие значимых различий по фенологическим и биометрическим показателям, а также продуктивности и качеству эфирного масла при возделывании посадок лаванды (3 года жизни) и розы (9 года жизни) объясняется тем, что экстремальные погодные условия (обильные дожди) не благоприятствовали формированию урожая соцветий лаванды и розы.

В то же время, полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности инновационной технологии посадки с внесением с помощью пневмогидробура гидрогеля в область корневой системы растений. Это происходит, в том числе и по причине того, что работа пневмогидробура положительно влияет на развитие растения изначально проектируя «архитектуру» его корневой системы.

4. Предложения по расширению функциональных возможностей универсальных пневмогидробуров

Составной пневмогидробур. В ряде случаев плотность почвы, ее состав и структура таковы, что приходится прилагать большие усилия для того, чтобы ввести бур в землю. В этой связи был изготовлен бур с диаметром ствола 16 мм, что значительно облегчило работы на плотных почвах. С учетом этого было предложено изготовить сменные стволы разного диаметра.

Конструкция составного бура представлена на рисунке 14 и включает стандартный базовый элемент пневмогидробура с укороченным стволом **1**. В конце ствола нарезана резьба для крепления требуемых насадок. Сменные стволы **2** могут иметь различный диаметр и разную длину в зависимости от вида выполняемых работ. Сменные наконечники **3** имеют разное число отверстий различного диаметра и разный угол заточки.

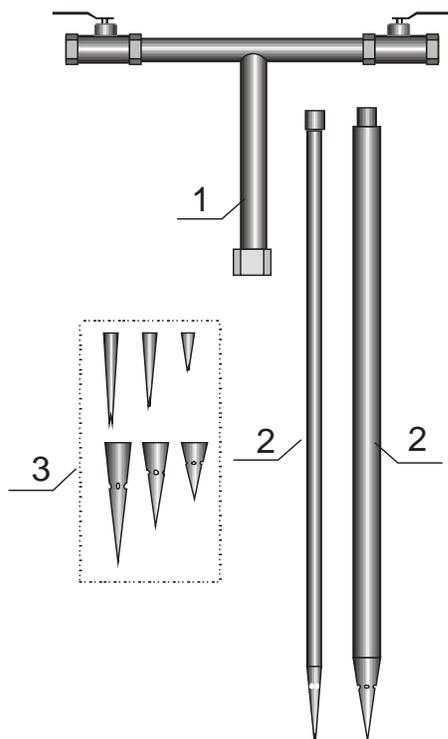


Рисунок 14 – Составной пневмогидробур

Функциональные возможности базового элемента можно расширить,

добавив линию для подачи раствора (рисунок 15).

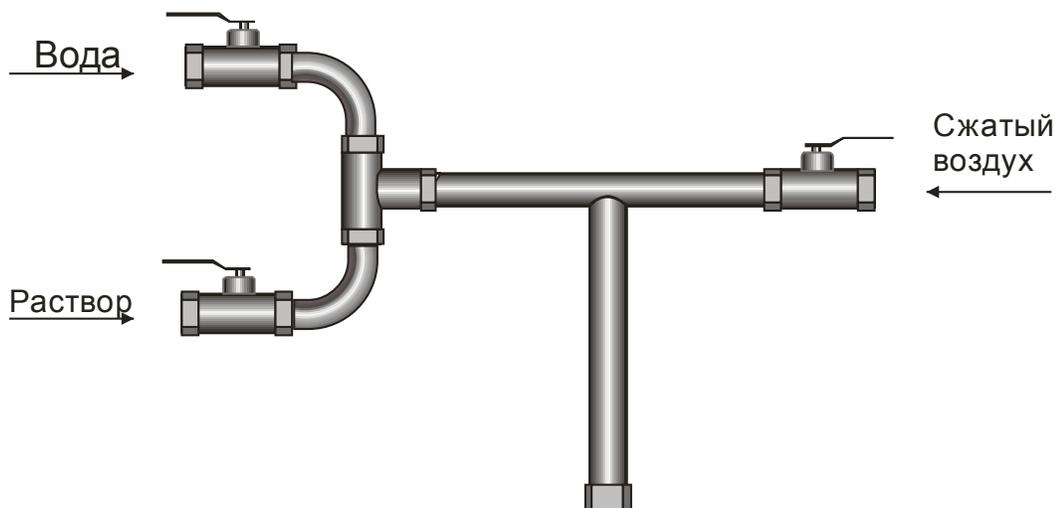


Рисунок 15 – Базовый элемент с расширенными возможностями

Подача воды, раствора (удобрений и средств защиты растений) и сжатого воздуха может производиться, как отдельно, так и одновременно. Предлагаемый режим работы пневмогидробура следующий: заглубления бура в почву производится путем подачи воды под давлением. Затем подача воды отключается и производится подача требуемого количества раствора. После прекращения подачи раствора включается компрессор и сжатый воздух распределяет раствор по всей корневой зоне.

Посадочные пневмогидробуры для бурения лунок большого диаметра. В ряде случаев при проведении посадочных работ требуется пробурить лунку большого диаметра. Для этого можно применить пневмогидробур, эскиз которого приведен на рисунке 16.

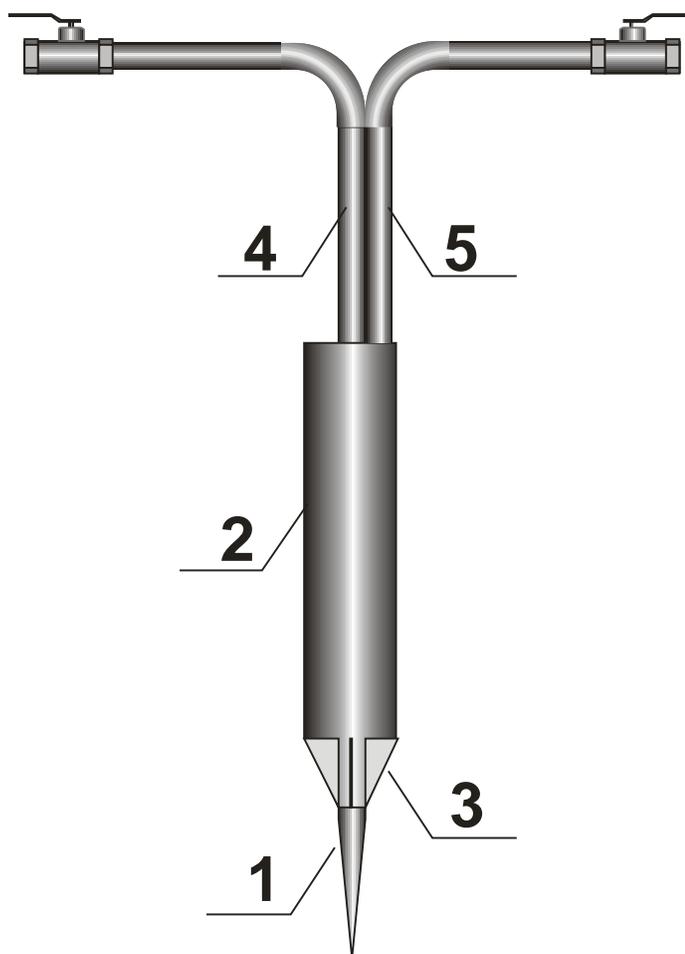


Рисунок 16 – Пневмогидробур для бурения лунок большого диаметра

Ствол малого диаметра **1** проходит внутри ствола большого диаметра **2**. Процесс заглубления начинается ствол **1** и после полного заглубления наконечника ствола **1**, начинает работать ствол **2**. Он расширяет отверстие лунки, образовавшееся при работе ствола **1**. В дальнейшем оба ствола работают сообща. Ножи **3** подрезают почву и корни, если они встречаются на пути бура. Вода (или сжатый воздух) подаются в буры через краны на рукоятках **4** и **5**.

Многоствольный пневмогидробур. Образовать лунку большого диаметра можно многоствольным (четырёхствольный) буром (рисунок 17).

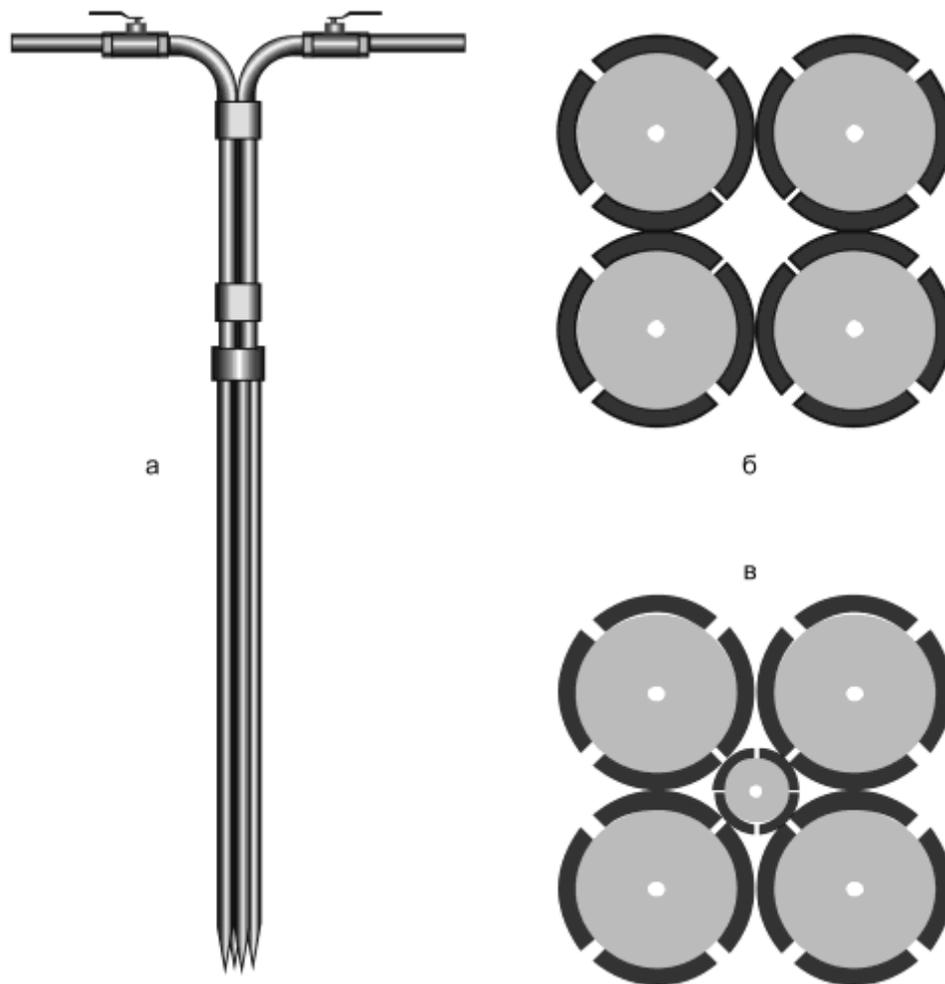


Рисунок 17 – Многоствольный пневмогидробур

Схема расположения стволов приведена на рисунке 17б. Обращает на себя внимание несимметричное расположение отверстий. Причем отверстия различаются и по диаметру. Это сделано для того что бы подача воды равномерно осуществлялась по всему периметру пневмогидробура. Подача воды, раствора или воздуха осуществляется по двум направлениям независимо одного от другого.

Заслуживает внимания вариант, когда дополнительно в конструкции присутствует независимый ствол малого диаметра для подачи сжатого воздуха (рисунок 17в).

Управляемый пневмогидробур. Работа с пневмогидробурами, рассчитанными на бурение посадочных лунок большого диаметра, может потребовать больших физических усилий. Предлагается использование пневмоцилиндров, которые при сравнительно небольшом давлении воздуха (5-8 бар) позволяют развить усилия до 100 кг.

Схематически управляемый пневмогидробур представлен на рисунке 18.

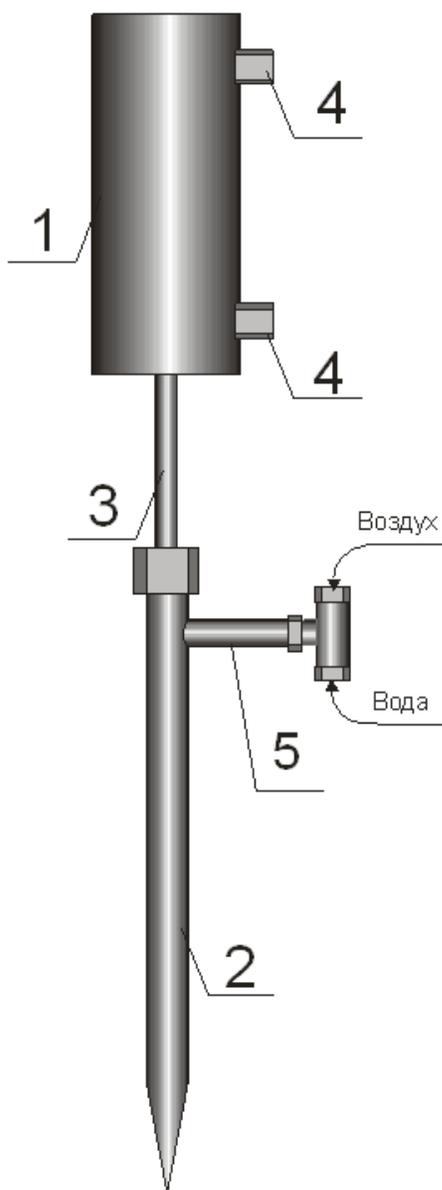


Рисунок 18 – Управляемый пневмогидробур

Принцип работы управляемого пневмогидробура достаточно прост. Ствол

бура **2** жестко связан со штоком пневмоцилиндра **3**. Управление пневмоцилиндра **1** осуществляется через штуцеры **4**. Через них же регулируется скорость выдвижения штока. Развиваемое усилие определяется давлением воздуха в системе.

Бур для внесения жидких органических удобрений. По мнению специалистов, внесение органических удобрений непосредственно в область корневой системы многолетних насаждений приведет к максимальному эффекту. И было бы желательно использовать для этой цели пневмогидробур. Однако, учитывая, что жидкие удобрения могут содержать достаточно крупные частицы органики, подавать их через отверстия небольшого диаметра в наконечнике бура не представляется возможным.

На рисунке 19 представлена конструкция бура, способного вносить в корневую область растений жидкие органические удобрения. Вода и удобрения подаются раздельно. Вода подается под давлением и выполняет свою основную задачу – вводит бур в почву на нужную глубину. После того как бур проникнет в почву на нужную глубину подача воды прекращается и включается подача органики. Удобрения подаются по трубе достаточного диаметра. Открывается заслонка и удобрения попадают в почву, распространяясь по каналам, образованным действием воды.

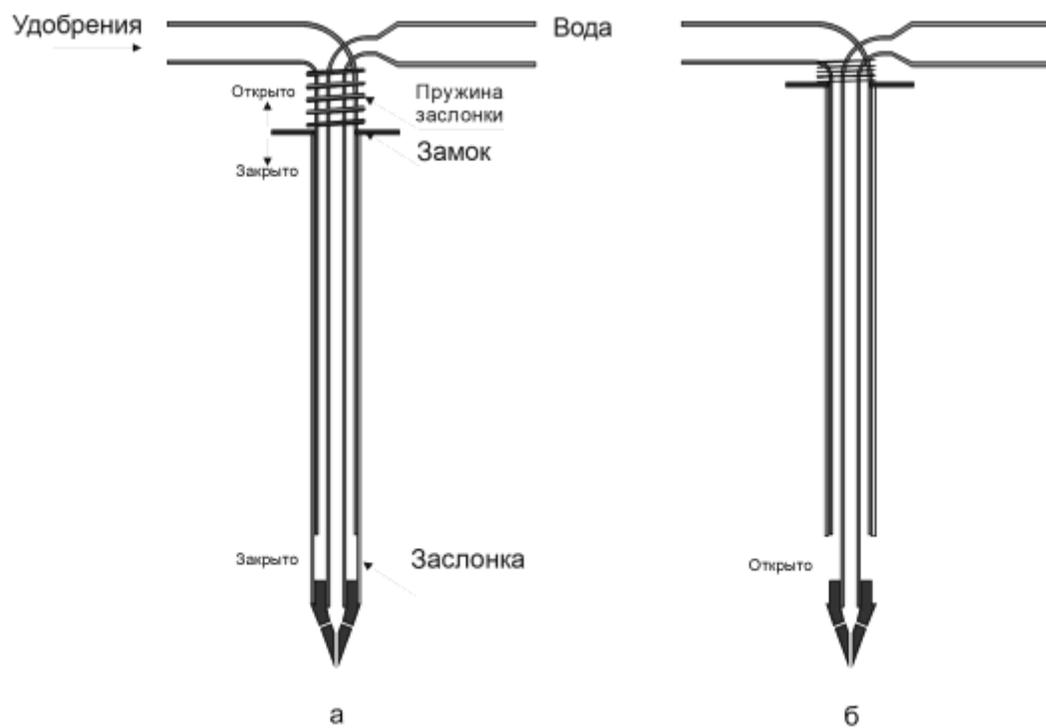


Рисунок 19 – Бур для внесения жидких органических удобрений:
а – закрытая заслонка; *б* – открытая заслонка

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что при возделывании многолетних насаждений наиболее целесообразно применение подпочвенного орошения с использованием 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 и защиты растений, так как подача питательных веществ и средств защиты происходит непосредственно в зону активной деятельности корневой системы растений.

В настоящее время при внутрипочвенном орошении сельскохозяйственных растений все больше находят применение гидрогели. Гидрогель – это полимерное соединение, способное многократно впитывать в себя большое количество воды, а также водорастворимые удобрения и средства защиты растений.

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. 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. Избыток влаги в почве оказывает крайне неблагоприятное влияние на растения. Снижение переувлажнения в корневой зоне – очень востребованное свойство гидрогеля. 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 заполняются 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. Изменения влажности и нарушения нормального режима питания приводят к тому, что растения слабо цветут, быстро стареют и вянут. И в этом случае применение гидрогеля, как постоянно действующего источника влаги, обеспечивает растению нормальные условия развития и роста.

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

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

С учетом имеющегося у исполнителей научного и производственного задела, был разработан и изготовлен многофункциональный комплект оборудования с набором сменного периферийного инструмента на основе пневмогидробура, который обеспечивает выполнение подпочвенного полива, посадки, подпочвенного внесения в корневую систему удобрений и средств защиты растений (в 2021 г. на пневмогидробур получен патент РФ №2740805). Такие возможности делают комплект оборудования универсальной машиной для возделывания многолетних сельскохозяйственных насаждений.

В результате проведенных в настоящей работе исследований и математической обработки экспериментальных данных получены выражения для определения количественных показателей расхода жидкости и воздуха в зависимости от диаметра отверстия сопла и давления в системе. Данные экспериментальные выражения использовались для подбора наконечников пневмогидробуров с техническими параметрами и определения режима работы оборудования с целью обеспечения внутрпочвенного внесения установленного количества жидкости и воздуха в почву.

В соответствии с программой исследований были изучены и проанализированы фенологические, биологические и морфологические показатели развития эфиромасличных культур розы и лаванды, а также показатели их продуктивности (урожайность, сбор эфирного масла) и качество эфирного масла при использовании гидропневмобура для их возделывания.

В результате изучения приемов подпочвенного орошения и внесения гидрогеля в зону расположения корневой системы с помощью пневмогидробура на многолетних эфиромасличных культурах (розе эфиромасличной девятилетнего возраста и лаванде узколистной трехлетнего возраста) установлено, что биометрические показатели и показатели продуктивности данных культур, а также показатели качества масла не имели значимых различий по сравнению с контрольным вариантом опыта. Это обстоятельство объясняется тем, что экстремальные погодные условия (обильные дожди) не благоприятствовали формированию урожая соцветий лаванды и розы.

В то же время, показатели продуктивности по урожайности и сбору эфирного масла лаванды узколистной сорта Синева первого года вегетации в вариантах опыта, где при посадке с помощью пневмогидробура в зону корневой системы были внесены поливная вода в смеси с воздухом в количестве 2 л на одно растение и 2 л гидрогеля под давлением 2 бар, значительно превышают контроль. В варианте с внесением вода+воздух превышение над контролем по

урожайности составило 4,3 г с делянки, или на 14,8%, а по сбору эфирного масла – 0,19 г с делянки, или на 68,5%. В варианте опыта с внесением гидрогеля превышение над контролем по урожайности составило 31,0 г с делянки, или на 106,8 %, а по сбору эфирного масла – на 0,45 г с делянки, или на 154,9%.

Таким образом, достоверно установлена высокая эффективность технологии посадки эфиромасличных культур с использованием пневмогидробура и гидрогеля.

Разработаны предложения по дальнейшему расширению функциональных возможностей универсальных пневмогидробуров. Так, при работе с плотными почвами предлагается использовать составной пневмогидробур. Разработаны конструктивные схемы посадочного пневмогидробура для бурения лунок большого диаметра. Для подготовки посадочной лунки большого размера разработан многоствольный (четырёхствольный) пневмогидробур. При бурении посадочных лунок большого диаметра, где могут потребоваться большие физические усилия рекомендуется применять управляемый пневмогидробур, в конструкцию которого используется пневмоцилиндр, который при сравнительно небольшом давлении воздуха (5-8 бар) позволяют развивать усилия до 100 кг. С учетом того, что по мнению специалистов, внесение органических удобрений непосредственно в область корневой системы многолетних насаждений приведет к максимальному эффекту, разработана конструкция пневмогидробура для внесения жидких органических удобрений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Разработка инновационной технологии ультра- и малообъемного полива при возделывании виноградников и плодово-ягодных культур: отчет о НИР (заключит.) / ФГБНУ «Росинформагротех»; рук. Федоренко В.Ф.; исполн. Селиванов В.Г., Аристов Э.Г., Краховецкий Н.Н. Правдинский, 2018. 48 с.
2. Исследование и разработка технологии и технических средств для реализации инновационного метода ультрамалообъемного полива виноградников и плодово-ягодных культур: отчет о НИР (заключит.) / ФГБНУ «Росинформагротех»; рук. Федоренко В.Ф.; исполн. Селиванов В.Г., Аристов Э.Г., Краховецкий Н.Н. Правдинский, 2019. 51 с.
3. Пневмогидробур: пат. 2740805 Рос. Федерация: МПК А01С 23/02 / Федоренко В.Ф., Аристов Э.Г., Краховецкий Н.Н., Селиванов В.Г.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ «Росинформагротех». № 2019109993; заявл. 04.04.2019; опубл. 21.01.2021 Бюл. № 3. 8 с.
4. К вопросу о возможности использования атмосферной влаги в хозяйственной деятельности // Труды КАН, 2020. – 115 с.
5. Штепа Б.Г. Технический прогресс в мелиорации. – М.: Колос, 1983. – 237 с.
6. Родг А.А. Методы изучения водного режима почв. – М.: Издательство АН СССР, 1960. – 224 с.
7. Станков Н.В. Корневая система полевых культур. – М.: Колос, 1964. – 280 с.
8. Щедрин В.Н. Стратегия использования орошаемых земель в современных условиях // Мелиорация и водное хозяйство. – 2003. – № 3. – С. 45-51.
9. Волков А.С. и др. Сравнительная оценка методов расчета испарения при орошении // Мелиорация и водное хозяйство. – 1999. – № 4.

10. Маслов Б.С. Комплексная мелиорация: становление и развитие / РАСХН. – М., 1998. – 280 с.

11. 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.

12. Селекция эфиромасличных культур: методические указания / под ред. А.И. Аринштейн / Науч.-произв. объединение по эфирномасличным культурам и маслам. Всесоюз. науч.-исслед. ин-т эфиромасличных культур. – Симферополь. 1977. – 151 с.

13. Исиков В.П., Работягов В.Д., Хлыпенко Л.А., Логвиненко И.Е., Логвиненко Л.А., Кутько С.П., Бакова Н.Н., Марко Н.В. Интродукция и селекция ароматических и лекарственных растений // Методологические и методические аспекты. – Ялта: Никитский ботанический сад, 2009. – 110 с.

14. Биохимические методы анализа эфиромасличных растений и эфирных масел: [Сборник науч. трудов] / сост. А.Н. Карпачева, К.Г. Персидская, Л.Н. Лиштванова / М-во сельск. хоз-ва СССР. Науч.-произв. объединение по эфиромасличным культурам и маслам. Всесоюз. науч.-исслед. ин-т эфиромасличных культур. – Симферополь, 1972. – 107 с.

15. ГОСТ ISO 7609-2014 Масла эфирные. Анализ методом газовой хроматографии на капиллярных колонках. Общий метод [Электронный ресурс]. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/58112/> (дата обращения: 08.01.2019).

16. Зенкевич И.Г., Пименов А.И., Пожарицкая О.Н., Шиков А.Н., Макаров В.Г. Сравнение хроматографических профилей как метод идентификации компонентов лекарственного растительного сырья в комплексных препаратах // Растительные ресурсы. – 2003. – Т. 39. – Вып. 3. – С. 143-152.

17. Леонтьев В.Н., Шутова А.Г., Коваленко Н.А., Супиченко Г.Н., Спиридович Е.В. Газохроматографическая идентификация эфирных масел //

Труды Белорусского государственного университета. – 2006. – Т. 1. – Ч. 1. – С. 261-267.

18. Методика полевых опытов по агротехнике эфирномасличных культур: сборник науч. трудов. – Симферополь: ВНИИЭМК, 1972. – 150 с.

19. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Книга по требованию, 2012. – 352 с.

20. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1990. – 350 с.

21. Агроклиматический справочник по Крымской области. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. – 136 с.

22. Савчук Л.П. Климат предгорной зоны Крыма и эфирносы. – Симферополь: ЧП «Эльиньо», 2006. – 76 с.