

На правах рукописи

АХМЕТОВА ЛИЛИЯ РАФИСОВНА

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КЛОНАЛЬНОГО
МИКРОРАЗМНОЖЕНИЯ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *HYDRANGEA* L.**

Специальность: 4.1.4. Садоводство, овощеводство, виноградарство
и лекарственные культуры

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Москва – 2024

Работа выполнена на кафедре декоративного садоводства и газоноведения института садоводства и ландшафтной архитектуры ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

Научный руководитель: **Раджабов Агамагомед Курбанович,**
профессор, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры плодового садоводства, виноградарства и виноделия ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

Официальные оппоненты: **Сорокопудов Владимир Николаевич,**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории Ботанический сад ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений»

Муратова Светлана Александровна,
кандидат биологических наук, профессор кафедры садоводства, биотехнологий и селекции сельскохозяйственных культур, ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»

Ведущая организация: ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук»

Защита диссертации состоится «30» августа 2024 г. в 11-00 ч. на заседании диссертационного совета 35.2.030.02 на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» по адресу 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 19., тел: 8(499) 976-17-14.

Юридический адрес для отправки почтовой корреспонденции (отзывов): 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке имени Н.И. Железнова ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева и на сайте университета: <http://www.timacad.ru>.

Автореферат разослан «__» _____ 2024 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета 35.2.030.02
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

А.В. Константинович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. В настоящее время правительство Российской Федерации создает условия для устойчивого развития агропромышленного комплекса страны. Это является особенно актуальным в связи со сложившейся экономической ситуацией и реализацией принятой концепции импортозамещения. Действующая Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017 - 2025 годы затрагивает, в том числе, и отрасль декоративного питомниководства. При этом для ее эффективного развития основополагающим фактором является правильный подбор ассортимента декоративных растений, которые должны быть востребованы в системе озеленения урбанизированных территорий.

Гортензия входит в группу широко известных цветочно-декоративных многолетников и является одной из наиболее востребованных культур в озеленении и часто используемых в составе ландшафтных композиций декоративных кустарников.

Культура гортензии положительно зарекомендовала себя на отечественном рынке посадочного материала. Поэтому возникает объективная необходимость получения большого количества высококачественных саженцев. Клональное микроразмножение является одним из основных современных методов решения этой проблемы для большинства представителей растительного мира. Виды и сорта гортензии не являются исключением, поскольку применение традиционных методов вегетативного размножения может обеспечить получение существенно меньшего количества саженцев, а генеративный способ актуален исключительно при размножении видовых форм. Таким образом, для повышения эффективности производства большого количества генетически однородного высококачественного посадочного материала в течение всего года не теряет актуальности совершенствование основных этапов технологии размножения сортов *Hydrangea* в условиях *in vitro*.

Степень разработанности темы. Вопросам производства высококачественного посадочного материала представителей рода *Hydrangea* L. уделяется большое внимание как отечественными, так и зарубежными исследователями. В 1987 году Т.К. Sebastian и С.В. Neuser впервые разработали протокол микроразмножения *Hydrangea quercifolia* Bart. J. Adelberg и Šiško M. в 2006 году изучали особенности получения асептической культуры *Hydrangea macrophylla*. Особенности культивирования гортензии в условиях *in vitro* были изучены следующими учеными: Леонардом Штольцом, Abou Dahab, L. Voccon-Gibod, E. Sacco, В.И. Маляровской, J. Xiao. Сортоизучение и селекция осуществляли ученые: S.M. Reed, T.A. Rinehart, N. Kudo, Y. Niimi, Y. Kitamura, M. A. Dirr, J. Renault, T. G. Ranney, A. Schoemaker, К. Максимович.

Вместе с тем, в настоящее время вопросы клонального микроразмножения освещены не в полной мере. Технология требует совершенствования и доработки, особенно на этапах собственно микроразмножения и адаптации. Изучение этапа адаптации растений- регенерантов к нестерильным условиям

требует особого внимания, так как от этого этапа зависит выход жизнеспособного качественного посадочного материала. Разработка способов сохранения растений в культуре *in vitro* позволит поддерживать генетический банк растений для дальнейшего изучения культуры. Совершенствование элементов технологии производства посадочного материала гортензии методом клонального микроразмножения с последующей адаптацией и доращиванием саженцев имеет важное значение для производства качественного посадочного материала в больших количествах.

Цель исследований - оптимизация элементов технологии клонального микроразмножения современных перспективных сортов различных видов гортензии для увеличения объемов производства посадочного материала.

Задачи исследований:

1. Оптимизировать составы питательных сред на этапах собственно микроразмножения и укоренения при культивировании в условиях *in vitro* представителей рода *Hydrangea* L.;
2. Изучить возможность длительного хранения микрорастений гортензии в условиях замедленного роста с использованием ретардантов;
3. Разработать способы повышения эффективности этапа адаптации для регенерантов представителей рода *Hydrangea* L. с применением гидропоники;
4. Изучить влияние дополнительного освещения светом на некоторые биохимические и морфологические показатели листьев регенерантов и последствие этого приема на повышение зимостойкости *Hydrangea macrophylla* Thunb.;
5. Дать оценку экономической эффективности приема адаптации посадочного материала, выращенного способом клонального микроразмножения.

Научная новизна исследований. Впервые на основе выявления особенностей влияния различного состава питательных сред установлены оптимальные из них для реализации морфогенетического потенциала сортов гортензии и увеличения выхода посадочного материала. Впервые установлены особенности влияния дополнительного освещения узкоспектральным светом на биохимические и морфологические показатели листьев растений- регенерантов и выявлено последствие этого приема на зимостойкость растений гортензии крупнолистной в условиях открытого грунта. Впервые установлены особенности влияния применения гидропонной установки при адаптации растений- регенерантов гортензии к нестерильным условиям.

Теоретическая и практическая значимость исследовательской работы. В ходе исследований установлены особенности производства посадочного материала методом клонального микроразмножения сортов *Hydrangea macrophylla* Thunb., *Hydrangea paniculata* Siebold, *Hydrangea arborescens* L. Подобраны виды стерилизующих агентов и их длительность экспозиции. Выявлены оптимальный минеральный и гормональный составы питательных сред на этапах собственно микроразмножения и укоренения. Изучены особенности адаптации исследуемых объектов к нестерильным

условиям с применением гидропонной установки. Изучены особенности гормонального аспекта влияния узкоспектрального состава света на устойчивость представителей рода *Hydrangea* L. к кратковременному охлаждению в условиях *in vitro*. Показана возможность применения депонирования в условиях *in vitro* представителей рода *Hydrangea* L. с использованием ретардантов. Доказана высокая экономическая эффективность разработанных приемов при производстве высококачественного посадочного материала гортензии.

Полученные результаты могут быть использованы в учебном процессе в качестве дополнительного материала по теме: «Способы вегетативного размножения декоративных растений», а также в учебном процессе при проведении лекционных и лабораторно-практических занятий по дисциплинам: «Декоративное питомниководство», «Технологии размножения декоративных растений».

Методология и методы исследований. В исследованиях использовали методику биотехнологических исследований культуры изолированных тканей и органов растений, основываясь на общепринятых классических приемах (Бутенко, 1999). Исследования проводили на базе РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, изучение способов клонального микроразмножения осуществляли в лаборатории биотехнологии растений ФГБУН ГБС им. Н.В. Цицина РАН. Изучение влияния досветки на развитие регенерантов проводили совместно с лабораторией физиологии и иммунитета растений ГБС РАН. Рабочие гипотезы (научные предположения) были сформулированы, исходя из анализа источников литературы, опыта лабораторных и полевых исследований.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Усовершенствованная технология получения посадочного материала методом клонального микроразмножения на этапах введения в культуру, собственно микроразмножения, укоренения микропобегов, адаптации к нестерильным условиям;
2. Применение дополнительного освещения растений-регенерантов светом различного спектрального состава с целью повышения зимостойкости гортензии крупнолистной;
3. Оптимизированный способ адаптации растений-регенерантов в условиях гидропоники.

Степень достоверности экспериментальных данных. Степень достоверности экспериментальных данных подтверждается многолетними многократными опытами и их результатами. Статистическая обработка результатов исследований проведена согласно методике Б.А. Доспехова (Доспехов, 2011) и А.В. Исачкина (Исачкин и Крючкова, 2019). Полученные результаты обработаны с помощью программного обеспечения Microsoft Office Excel 2017, программ PAST 4.0 (PAleontological STatistics) и Teledyne Lumenera Infinity Analyze-7.

Апробация работы. Основные положения диссертации доложены, обсуждены и одобрены на конференциях: Второй международной научной

конференции «Цветоводство: теоретические и практические аспекты» (г. Ялта, 2020 г.); Международной научной конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 135- летию со дня рождения А. Н. Костякова, (г. Москва, 2022 г.); Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 180-летию со дня рождения К.А. Тимирязева (г. Москва, 2023г.); Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы биологии, селекции и агротехники садовых культур» в честь 100-летия со дня рождения академика Г. И. Тараканова (г. Москва, 2023г.); Всероссийской с международным участием научной конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 155- летию со дня рождения Н.Н. Худякова (г. Москва, 2021 г.); Всероссийской научно- практической конференции «Биотехнологические исследования на современном этапе развития сельскохозяйственной науки и практики: новые подходы, направления, методы и технологии» (г. Москва, 2019 г.); Всероссийской научно- практической конференции с международным участием «Ботанические сады в XXI веке: сохранение биоразнообразия, стратегия развития и инновационные решения», посвященная 20- летию образования Ботанического сада НИУ «БелГУ» (г. Белгород, 2019 г.).

Публикации результатов исследований. По материалам диссертационного исследования опубликовано 10 печатных работ, в том числе 2 публикации в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

Личный вклад автора. Автором лично проведены все исследования, анализ и статистическая обработка экспериментальных данных, подготовка научных публикаций и докладов, написание диссертационной работы.

Структура и объём диссертации. Диссертация изложена на 144 страницах, состоит из введения, основной части, содержащей 18 таблиц, 70 рисунков, заключения, списка литературы, включающего 169 источников, в том числе 120 на иностранном языке.

МАТЕРИАЛЫ, МЕТОДИКА И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА

Исследования проводили на кафедре декоративного садоводства и газоноведения РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, в лаборатории биотехнологии растений и в лаборатории физиологии и иммунитета растений Федерального государственного бюджетного учреждения науки Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина Российской академии наук (ГБС РАН) в период 2020- 2024 гг.

Объекты исследований: сорта различных видов гортензии: *Hydrangea paniculata* Siebold (*H. paniculata*): 'Candlelight', 'Magical Candle', 'Magical Starlight', 'Polar Bear', 'Praecox', 'Strawberry Blossom', 'Wim's Red'; *Hydrangea arborescens* L. (*H. arborescens*): 'Annabelle', 'Bella Anna', 'Sterilis'; *Hydrangea macrophylla* Thunb. (*H. macrophylla*): 'Forever & Ever Pink', 'Forever & Ever Blue', 'Peppermint', 'You and Me «Miss Saori»', 'Bodensee', 'Magical Crystal', 'You and Me Forever'.

Методика исследований. В работе использовали методику биотехнологических исследований культуры изолированных тканей и органов растений, основываясь на общепринятых классических приемах (Бутенко, 1999).

Подбор стерилизующих агентов при введении в стерильную культуру *in vitro* представителей рода *Hydrangea* L. В качестве первичных эксплантов использовали узловые сегменты побегов текущего года с одним междоузлием. Микрочеренки обрабатывали в растворе фунгицида системного «Чистоцвет» (2%), растворе этанола (C₂H₆O) (70%), растворе гипохлорита кальция Ca(ClO)₂ (7%), растворе дезинфицирующего средства «Лизоформин 3000» (действующее вещество хлорид дидецилдиметиламмония) в различных экспозициях и модификациях. Затем микропобеги помещали на питательную среду MS (Murashige & Skoog, 1962), содержащую (мг/л): тиамин (B1), пиридоксин (B6), никотиновая кислота (PP) – по 0, 25; мезоинозитол – 100; сахароза – 30000, агар-агар – 7000. Контроль- обработка эксплантов фунгицидом системного действия «Чистоцвет». Регенеранты культивировали в условиях световой комнаты при освещении 2000 – 3000 ЛК и фотопериоде 16/8 часов, при температуре +23...+25°C. Учет стерильных эксплантов проводили на 30 сутки субкультивирования. Повторность опыта 3-х кратная по 20 эксплантов в повторности.

Подбор оптимального минерального состава питательных сред на этапе собственно микроразмножения. На этапе собственно микроразмножения использовали питательные среды QL (Quorin, Lepoivre, 1977), MS (Murashige & Skoog, 1962), WPM (McCown, 1981) и B5 (Gamborg et al., 1968). В качестве источника цитокинина использовали 6-бензиламинопурин (6-БАП) в концентрации 0,5 мг/л. Контроль- питательная среда MS, дополненная 6- БАП. По истечении 30 суток измеряли высоту микропобегов и подсчитывали коэффициент размножения исследуемых сортов. Повторность опыта 3-х кратная по 15 эксплантов в повторности.

Подбор оптимальной концентрации 6- БАП на этапе собственно микроразмножения. На этапе собственно микроразмножения использовали питательную среду MS. В качестве регуляторов роста использовали 6-БАП в концентрациях 0,5 мг/л, 1 мг/л и 2 мг/л. Контроль- питательная среда без содержания гормона. По истечении 30 суток измеряли высоту микропобегов и подсчитывали коэффициент размножения исследуемых сортов. Повторность опыта 3-х кратная по 15 эксплантов в повторности.

Влияние источника углеводного питания на морфогенетический потенциал при применении на этапе собственно- микроразмножения. Использовали модифицированную питательную среду с минеральной основой MS, дополненную цитокинином 6-БАП в концентрации 0,5 мг/л с добавлением различных углеводов: сахароза- 30 г/л, глюкоза 30 г/л. По истечении 30 суток измеряли высоту микропобегов и подсчитывали коэффициент размножения исследуемых сортов. Повторность опыта 3-х кратная по 20 эксплантов в повторности.

Определение условий длительного депонирования представителей рода *Hydrangea* L. Изучали технологию длительного хранения в условиях *in vitro* сорта *H. paniculata* 'Magical Candle'. Для культивирования регенерантов в условиях длительного хранения при низких положительных температурах применяли методику И. В. Митрофановой (2018 г.). Для длительного хранения (депонирования) использовали микропобеги, состоящие из 1 междоузлия. Экспланты помещали в питательную среду $\frac{1}{2}$ MS, дополненную 6-БАП в концентрации 0,1 мг/л и ретардантами хлорхолинхлоридом (ССС) и паклобутразолом (ПБЗ) в двух концентрациях каждый: 0,2 мг/л и 0,4 мг/л каждый. Контролем являлась питательная среда без содержания ингибиторов роста. Часть эксплантов культивировали в условиях световой комнаты при освещении 2000 – 3000 ЛК и фотопериоде 16/8 часов, при температуре +23...+25°C. Другую часть помещали в холодильные камеры марки LIEBHERR FKvs1 4113 (Австрия), интенсивность освещения холодильной камеры составляла 1,25-3,75 мкМ м⁻²с⁻¹, температура +15°C. Результаты фиксировали через 1, 3, 6 месяцев субкультивирования. Учитывали жизнеспособность эксплантов, высоту микропобега. Повторность опыта 2-х кратная по 30 эксплантов в повторности.

Изучение влияния типа и концентрации ауксинов в составе питательной среды на этапе ризогенеза. После этапа собственно микроразмножения микрочеренки размером 1 см помещали на питательную среду для укоренения. Использовали модифицированную питательную среду с минеральной основой $\frac{1}{2}$ MS, содержащую индол-3-уксусную кислоту (ИУК) и индолил-3-масляную кислоту (ИМК) в концентрациях 0,5- 2 мг/л. В качестве контроля использовали питательную среду MS без добавления ауксинов. По истечении 14 суток проводили учет укоренившихся растений. Повторность опыта 3-х кратная по 10 эксплантов в повторности.

Подбор оптимального состава субстрата для адаптации микрорастений к нестерильным условиям в помещении фитотрона. В эксперименте использовали растения с двумя и более листьями и хорошо развитой корневой системой. Растения высаживали в рассадные кассеты 3×2 высотой ячейки 5,5 см. Изучали 2 варианта почвосмеси: 1) смесь верхового торфа с агроперлитом в соотношении 1:1; 2) верховой торф без содержания агроперлита. По истечении 30 дней подсчитали выход жизнеспособных адаптированных растений. Повторность опыта 2-х кратная по 15 растений в повторности.

Подбор субстрата для адаптации микрорастений с использованием гидропонной установки. Использовали гидропонную систему периодического затопления корневой зоны растений питательным раствором «AirCube Ebb & Flow». Стеллажи системы оснащены светодиодными лампами LED bar 42W bloom. Регенеранты пересаживали в кассеты гидропонной установки, заполненные различными субстратами: минеральная вата (производитель «Эковер» плотность 0,1 г/ см³), агроперлит (фракция 1,25 мм) и кокосовый субстрат (фракция 1 мм). В качестве контроля использовали субстрат

минеральную вату. Кассеты с регенерантами помещали в культивационное помещение при температуре воздуха +22 °С, температуре раствора +20 °С, влажности воздуха – 85 %, рН раствора- 5,8, электропроводность (Е.С.)- 0,9 мС/см. Адаптацию микрочеренков проводили в питательном растворе на основе комплексных удобрений фирмы «Буйские удобрения». Питательный раствор подавали 2 раз в сутки, в течение 15 минут затопления. На протяжении всей вегетации (30 суток) растения выращивали при 16-часовом световом периоде при освещении 3000 ЛК. Каждые 15 суток проводили учет жизнеспособных растений и фиксировали их морфометрические показатели (число листьев, среднюю высоту растений, среднюю длину корней). Повторность опыта 2-х кратная по 12 растений в повторности.

Изучение влияния досветки узкоспектральным светом на некоторые биохимические и морфологические показатели листьев регенерантов гортензии. В качестве объекта исследования использовали сорт *H. macrophylla* 'Bodensee'. Досветку проводили в условиях *in vitro* на этапе ризогенеза. Применяли следующие источники света: 1) красный и синий свет - светодиодные панели «АгроLux», производящие 85% красного света 630нм и 15% синего света 460нм (пр-во КНР); 2) белый свет - фитолампы «White full», производящие 60% красного света 640нм, 15% синего света 460нм, 15% зеленого света 520нм, 10% дальний красный 740нм. Контролем служили люминесцентные линейные лампы ЛЛ-26/ 36Вт G13 6500К ИЕК со световым потоком 2250 лм. Досветку проводили в течение 30 дней по 12 часов в день в дополнение к основному освещению (контроль). По окончании досветки растения подвергали низкотемпературному стрессу в течение 24 часов при температуре +2 °С. Далее определяли содержание фенолкарбоновых кислот (ФКК) (хлорогеновой, кофейной, феруловой) и абсцизовой кислоты (АБК). Идентификацию и количественное определение ФКК и АБК проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на изократической системе приборов Стайер, колонка RP-18 с обращенной фазой, по внешнему стандарту. Суммы фенольных соединений с реактивом Фолина-Чокальтеу определяли на спектрофотометре «Sprekol 300», содержание хлорофиллов и каротиноидов определяли в спиртовом растворе. Исследование морфометрических и анатомических показателей листьев выполнено на поперечных срезах под микроскопом СХ-43 в светлом поле при увеличении объектива х20. Измерения проводили в программе Teledyne Lumenera Infinity Analyze-7 с учетом масштаба изображения. Повторность опыта 3-х кратная биологическая и 5-кратная аналитическая для биохимических показателей, 3-кратная - для морфологических показателей.

Оценка зимостойкости гортензии крупнолистной после досветки различными спектрами света в условиях *in vitro*. Оценивали зимостойкость побегов *H. macrophylla* 'Bodensee' после прохождения этапа адаптации регенерантов к нестерильным условиям и доращивания растений в открытом грунте. Предварительно на этапе ризогенеза в условиях *in vitro* досвечивали растения- регенеранты светом различного спектрального состава. Часть растений укрывали нетканым материалом - лутрасилом плотностью 60 г/м²,

другую часть - оставляли на зиму без укрытия. Состояние растений после зимовки оценивали по проценту жизнеспособных побегов, числу пробудившихся вегетативных и генеративных почек. В качестве контроля служили растения, выращенные в условиях *in vitro* под люминесцентными линейными лампами ЛЛ-26/ 36Вт G13 6500К IEK со световым потоком 2250 лм, адаптированные и высаженные в условия открытого грунта с укрытием на зимний период. Повторность опыта 2-х кратная по 10 растений в повторности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Подбор стерилизующих агентов при введении в стерильную культуру *in vitro* представителей рода *Hydrangea* L.

Применение различных дезинфицирующих агентов совместно с раствором фунгицида системного действия «Чистоцвет» (2%) показало положительный эффект. Доля стерильных жизнеспособных эксплантов в контрольном варианте обработки (фунгицид системного действия «Чистоцвет») составила 5%. При двухступенчатой стерилизации раствором фунгицида системного действия «Чистоцвет» (2%) в экспозиции 15 минут и раствором C₂H₅OH (70%) в экспозиции 2 минуты доля жизнеспособных эксплантов составила 25%. При применении трёхступенчатой обработки регенерантов растворами: фунгицида системного действия «Чистоцвет» (2 %) в экспозиции 15 минут, C₂H₅OH (70 %) в экспозиции 2 минуты, Ca(ClO)₂ (7%) в экспозиции 7 минут было получено 30% жизнеспособных стерильных эксплантов.

В результате исследований было выявлено, что для всех исследуемых объектов наиболее эффективной является обработка эксплантов раствором фунгицида системного действия «Чистоцвет» (2%) в экспозиции 15 минут и раствором дезинфицирующего препарата «Лизоформин 3000» (3%) в экспозиции 3 минуты. Выход жизнеспособных стерильных эксплантов составил 83%.

2. Совершенствование элементов технологии клонального микроразмножения растений рода *Hydrangea* L. на этапе собственно микроразмножения

2.1 Подбор оптимального минерального состава питательных сред

С точки зрения увеличения объемов производства посадочного материала методом *in vitro* большое значение имеет коэффициент размножения. В результате исследований выявлено, что на коэффициент размножения существенное влияние оказывает минеральная основа питательной среды. Относительно высокий уровень этого показателя получен при культивировании регенерантов на питательных средах QL (4,9) и MS (4,6), наименьший - при культивировании на питательной среде WPM (2,7) (рисунок 1).

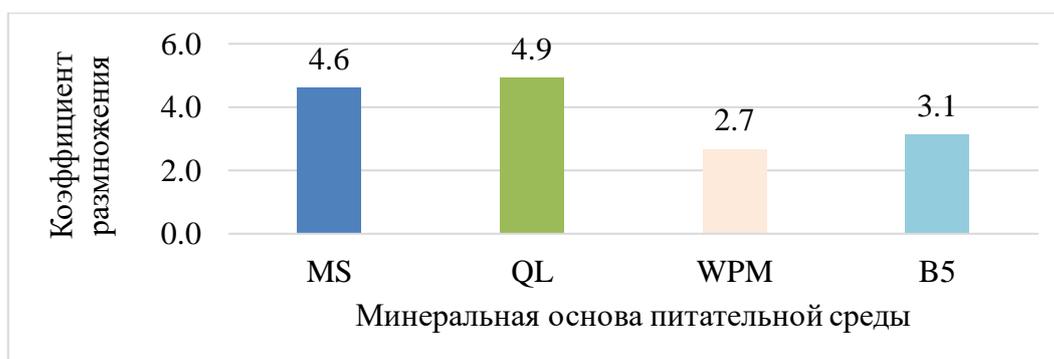


Рисунок 1- Влияние минеральной основы питательной среды на коэффициент размножения представителей рода *Hydrangea* L. ($HCP_{05} = 0,47$)

В результате сравнительной оценки эффективности размножения отдельных видов установлено, что при культивировании на питательной среде QL наибольшим коэффициентом размножения среди исследуемых видов гортензии характеризуется *H. macrophylla* (6,6), наименьшим - *H. arborescens* при культивировании на питательной среде WPM (2,0).

Наибольшую высоту микропобегов среди исследуемых объектов наблюдали у сортов *H. arborescens* при культивировании на питательной среде MS ($2,4 \pm 0,2$ см), наименьшая высота микропобегов зафиксирована при культивировании *H. arborescens* на питательной среде B5 ($1,5 \pm 0,1$ см). Высота микропобегов сортов *H. macrophylla* и *H. paniculata* отличалась незначительно при культивировании на исследуемых питательных средах (таблица 1).

Таблица 1- Влияние минеральной основы питательной среды на высоту микропобегов представителей рода *Hydrangea* L.

Вид	Высота микропобегов гортензии в зависимости от минеральной основы питательной среды, см			
	MS	QL	WPM	B5
<i>H. paniculata</i>	$1,2 \pm 0,10^*$	$1,3 \pm 0,10$	$1,1 \pm 0,10$	$1,2 \pm 0,07$
<i>H. arborescens</i>	$2,4 \pm 0,20$	$2,3 \pm 0,20$	$2,1 \pm 0,10$	$1,5 \pm 0,10$
<i>H. macrophylla</i>	$1,2 \pm 0,07$	$1,4 \pm 0,10$	$1,1 \pm 0,07$	$1,4 \pm 0,07$

* результаты выражены как среднее значение \pm среднеквадратическое отклонение

Таким образом, оптимальными питательными средами при культивировании в условиях *in vitro* представителей рода *Hydrangea* L. оказались среды QL и MS (коэффициенты размножения 4,9 и 4,6, соответственно). Наименьший коэффициент размножения получен при использовании питательных сред WPM и B5 (коэффициенты размножения 2,7 и 3,1, соответственно).

2.2 Выявление оптимальной концентрации цитокинина 6-БАП

Изучали влияние цитокинина 6-БАП на коэффициент размножения и высоту микропобегов представителей рода *Hydrangea* L. Коэффициент размножения сортов *H. macrophylla* варьировал от 3,8 до 4,6 (рисунок 2).

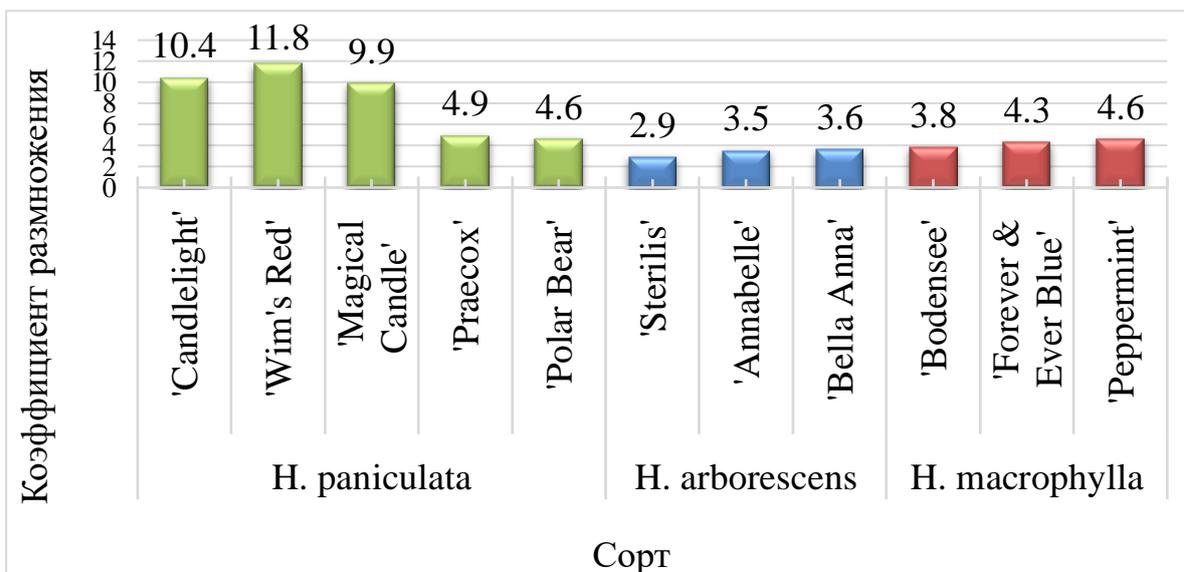


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента размножения представителей рода *Hydrangea* L. от сорта при применении 6- БАП (НСР₀₅=1,3)

Наибольший коэффициент размножения наблюдали у исследуемых сортов *H. paniculata*- 8,3, наименьший - у сортов *H. arborescens*- 3,3, у сортов вида *H. macrophylla* коэффициент размножения составил 4,2.

В результате двухфакторного дисперсионного анализа установлено, что наибольший коэффициент размножения был получен при применении 6-БАП в концентрации 1 мг/л (6,9); наименьший- при культивировании на безгормональной питательной среде (3,1). У ряда сортов рода *Hydrangea* L. наблюдали тенденцию к увеличению коэффициента размножения с повышением концентрации цитокинина. Установлено, что регенеранты *H. paniculata* развиваются более активно на стадии микроразмножения по сравнению с регенерантами *H. macrophylla* и *H. arborescens*.

Высота микроробегов *H. arborescens* варьировала от 1,84±0,05 см до 3,27±0,07 см. Представители *H. macrophylla* отличались наименьшей высотой регенерантов среди всех исследуемых сортов: их высота варьировала от 0,22±0,03 см до 1,23±0,05 см.

Таким образом, наибольшей высотой растений- регенерантов характеризовались сорта вида *H. arborescens*, самыми низкими показателями высоты- сорта вида *H. macrophylla*, что говорит о видовой и сортовой специфичности изучаемых объектов по отношению к этому показателю. Установлено, что регенеранты *H. paniculata* развиваются более активно на стадии микроразмножения по сравнению с регенерантами *H. macrophylla* и *H. arborescens*. Это коррелирует с энергией роста вышеупомянутых видов в природных условиях.

2.3 Изучение морфогенетического потенциала представителей рода *Hydrangea* L. при применении различных источников углеводного питания

Нами было изучено влияние типа углеводного питания в составе питательной среды на морфогенетический потенциал сортов различных видов

гортензии. Наиболее эффективным оказалось применение в составе питательной среды сахарозы: коэффициент размножения среди всех исследуемых сортов составил 5,49. При изучении зависимости коэффициента размножения от типа углеводного питания выявлено, что оптимальным источником углевода для *H. paniculata* и *H. arborescens* является сахароза (коэффициенты размножения составили 5,7 и 6,5, соответственно). Низкая эффективность по отношению к показателю коэффициента размножения выявлена при культивировании на питательной среде, содержащей глюкозу. Коэффициент размножения сортов *H. macrophylla* достигал максимума при культивировании на питательной среде, содержащей глюкозу, низкие показатели наблюдали у регенерантов, культивируемых на питательной среде с добавлением сахарозы.

Изучено влияние типа углеводного питания на высоту микропобегов гортензии. Наименьшую высоту микропобегов наблюдали у сортов *H. paniculata* при культивировании на питательной среде, содержащей глюкозу, наибольшую - на питательной среде, содержащей сахарозу.

Таким образом, наиболее эффективной при культивировании в условиях *in vitro* сортов *H. paniculata* и *H. arborescens* с применением различных источников углеводного питания оказалась питательная среда MS, содержащая 30 г/л сахарозы и 6-БАП в концентрации 0,5 мг/л. Для представителей *H. macrophylla* наиболее эффективной являлась среда MS, содержащая 30 г/л глюкозы.

2.4 Определение условий длительного депонирования представителей рода *Hydrangea* L.

2.4.1 Депонирование при низких положительных температурах

Проведены исследования по изучению влияния типа ретардантов и их концентрации на жизнеспособность регенерантов *Hydrangea* L. при длительном депонировании в условиях +15° С. После первого месяца депонирования при +15° С жизнеспособность эксплантов составила 87 %, после трёх месяцев культивирования выход жизнеспособных эксплантов составил 75 %, на шестой месяц депонирования - 30 % (рисунок 3). Добавление в питательную среду ретардантов способствовало замедлению ростовых процессов регенерантов при депонировании в условиях +15° С. Наибольший процент жизнеспособных регенерантов через 6 месяцев культивирования наблюдали при применении в составе питательной среды ПБЗ в концентрации 0,4 мг/л (43 % жизнеспособных регенерантов), наименьший - при культивировании на питательной среде без добавления ретардантов (10 % жизнеспособных регенерантов).

Установлено, что при применении ССС и ПБЗ при +15° С выход жизнеспособных регенерантов с третьего по шестой месяц субкультивирования сократился в 4 раза. После шести месяцев культивирования жизнеспособность регенерантов значительно снизилась, поэтому проведение более длительного депонирования гортензии в условиях климатической камеры при температуре +15° С нецелесообразно.

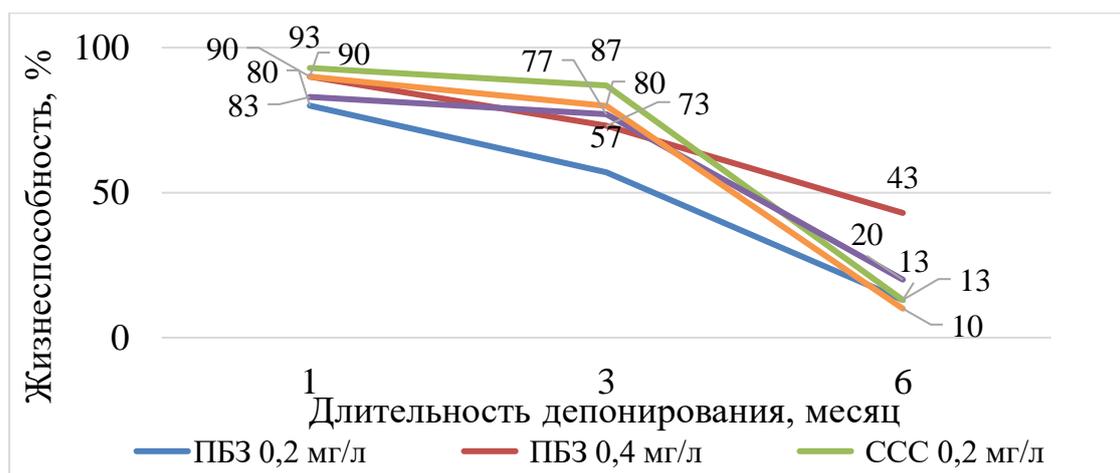


Рисунок 3- Влияние ретардантов на динамику изменения жизнеспособности регенерантов гортензии в процессе депонирования при +15° С, %

Таким образом, в результате проведенных исследований выявлено, что при депонировании в условиях климатической камеры с третьего по шестой месяц выход жизнеспособных регенерантов сократился в 4 раза. Добавление в питательную среду ПБЗ в концентрации 0,4 мг/л способствовало максимальному сохранению жизнеспособности регенерантов после шести месяцев депонирования при +15° С, наименьшую эффективность наблюдали на питательной среде без добавления ретардантов.

2.4.2 Депонирование в условиях световой комнаты при +23° С

Жизнеспособность регенерантов после шести месяцев депонирования в условиях при +23°С сохранялась на уровне 100% во всех вариантах опыта. Значительная интенсивность роста с третьего по шестой месяц депонирования в условиях +23° С была отмечена при применении ПБЗ в концентрации 0,4 мг/л (прирост составил 180 % относительно величины прироста после трех месяцев депонирования). Установлено, что наибольшее ингибирующее влияние на высоту микропобегов (в период с третьего по шестой месяц) оказывало наличие в составе питательной среды ССС в концентрации 0,2 мг/л (таблица 2)..

Таблица 2 – Влияние ретардантов на высоту микропобегов гортензии при длительном депонировании в условиях +23° С, см

Ретардант	Высота регенерантов, см		
	3 месяца депонирования	6 месяцев депонирования	Прирост, %
ПБЗ 0, 2	0,60± 0,09*	1,14± 0,15	90
ПБЗ 0, 4	0,50± 0,08	1,40± 0,25	180
ССС 0, 2	0,87± 0,09	1,26± 0,15	45
ССС 0, 4	1,03± 0,12	1,81± 0,19	76
контроль	0,65± 0,06	1,09± 0,10	67

* результаты выражены как среднее значение ± среднее квадратическое отклонение

Таким образом, культивирование при +23° С с применением ретардантов способствовало сохранению 100 % регенерантов на протяжении шести месяцев. Наибольший ингибирующий эффект от применения ретардантов был получен при культивировании на питательной среде с добавлением ССС в концентрации 0,2 мг/л, наименьший - при добавлении в питательную среду ПБЗ в концентрации 0,4 мг/л.

3. Изучение влияния типа и концентрации ауксинов в составе питательной среды на этапе ризогенеза представителей рода *Hydrangea* L.

Проведены исследования по изучению особенностей влияния ИУК и ИМК на ризогенез *in vitro* микропочек представителей рода *Hydrangea* L. В результате исследований выявлено, что для сортов *H. paniculata* оптимальной для укоренения является питательная среда, содержащая ИМК в концентрации 2 мг/л (72% укорененных микропочек). Наименьший процент укорененных микропочек *H. paniculata* наблюдали на безгормональной питательной среде и при применении ИУК и ИМК в концентрациях 0,5 мг/л (по 44% укорененных микропочек). Высокий процент укорененных растений наблюдали при культивировании *H. macrophylla* на питательной среде, дополненной ИУК и ИМК в концентрациях 2 мг/л каждый (процент укорененных растений составил 90% и 87%, соответственно). Высокий выход укорененных растений *H. arborescens* наблюдали при добавлении в питательную среду ИМК в концентрации 2 мг/л и ИУК в концентрации 1 мг/л.

Таким образом, среди исследуемых видов наибольшей корнеобразовательной способностью отличались *H. macrophylla* (76 % укорененных микропочек) и *H. arborescens* (73% укорененных микропочек), наименьшей - *H. paniculata* (53%). Наибольшей корнеобразовательной способностью среди изучаемых объектов характеризовались сорта *H. macrophylla* и *H. arborescens*, наименьшей - *H. paniculata*.

4. Совершенствование элементов технологии клонального микроразмножения растений рода *Hydrangea* L. на этапе адаптации к условиям *ex vitro*

4.1 Подбор оптимального состава субстрата для адаптации микрорастений к нестерильным условиям

Проведены исследования эффективности применения различных почвосмесей на приживаемость микропочек и их морфометрические показатели через месяц адаптации в условиях фитотрона (таблица 3). Установлено, что для представителей видов *H. paniculata* и *H. arborescens* средняя длина корней при адаптации в почвосмеси была максимальной. При изучении сортов *H. macrophylla* в вариантах без агроперлита в составе почвосмеси показатели были значительно ниже, чем при применении агроперлита - 3,85 и 4,15, соответственно.

Показано, что все сорта исследуемых видов имели тенденцию к увеличению показателей при выращивании регенерантов в почвосмеси,

содержащей агроперлит. Добавление в почвосмесь агроперлита также положительно влияло на образование новых листьев. Исследуемые сорта в основном характеризовались увеличением числа новых листьев, исключение составили сорта *H. macrophylla* 'Forever & Ever Blue' и *H. arborescens* 'Bella Anna', что подтверждает их сортоспецифичность по отношению к составу субстрата.

Таблица 3- Морфометрические показатели растений гортензии при адаптации в условиях фитотрона в зависимости от состава субстрата, вида и сорта гортензии

Вид	Сорт	Вариант почвосмеси	Число образовавшихся листьев, шт.	Длина корней, см	Высота растений, см
<i>H. paniculata</i>	'Candlelight'	T _в *: П** - 1:1	13,4±0,51***	4,6±0,45	4,6±0,43
		T _в	11,9±0,74	4,8±0,44	4,2±0,48
	'Wim's Red'	T _в : П - 1:1	11,5±0,63	4,5±0,43	3,8±0,41
		T _в	11,2±0,72	4,1±0,31	3,1±0,30
<i>H. arborescens</i>	'Sterilis'	T _в : П - 1:1	7,0±0,52	4,7±0,21	5,3±0,25
		T _в	6,8±0,61	4,3±0,12	4,9±0,26
	'Bella Anna'	T _в : П - 1:1	4,5±0,31	4,4±0,20	5,0±0,33
		T _в	6,8±0,67	3,6±0,36	3,9±0,31
<i>H. macrophylla</i>	'Forever & Ever Blue'	T _в : П - 1:1	11,8±0,56	3,9±0,23	4,4±0,38
		T _в	12,5±0,52	3,3±0,22	4,3±0,26
	'Bodensee'	T _в : П - 1:1	14,3±0,61	4,4±0,28	5,7±0,27
		T _в	14,0±0,63	4,2±0,40	4,9±0,32

T_в* – торф верховой, П** - перлит, *** результаты выражены как среднее значение ± среднеквадратическое отклонение

Таким образом, добавление агроперлита в грунт для адаптации регенерантов к нестерильным условиям благоприятно влияет на рост и развитие исследуемых сортов гортензии. При адаптации в условиях фитотрона наибольший процент прижившихся растений на всех вариантах опыта отмечен у сортов *H. arborescens* (79%), наименьший у сортов *H. paniculata* (65%). Выход жизнеспособных растений *H. macrophylla* составил 70%.

4.2 Подбор субстрата для адаптации растений гортензии с использованием гидропонной установки

Изучали эффективность применения различных субстратов для адаптации растений гортензии в условиях гидропоники (рисунок 4). Установлено, что приживаемость растений- регенерантов через 30 дней после высадки в условия *ex vitro* составила в среднем 93% при применении в качестве субстрата агроперлита. Наименьший выход жизнеспособных эксплантов получен при использовании минеральной ваты - в среднем 67%. При применении кокосового субстрата жизнеспособность адаптированных растений в среднем составила

73%. Отмечено, что у исследуемых сортов *H. arborescens* выход жизнеспособных растений максимальный и не зависит от состава субстрата.

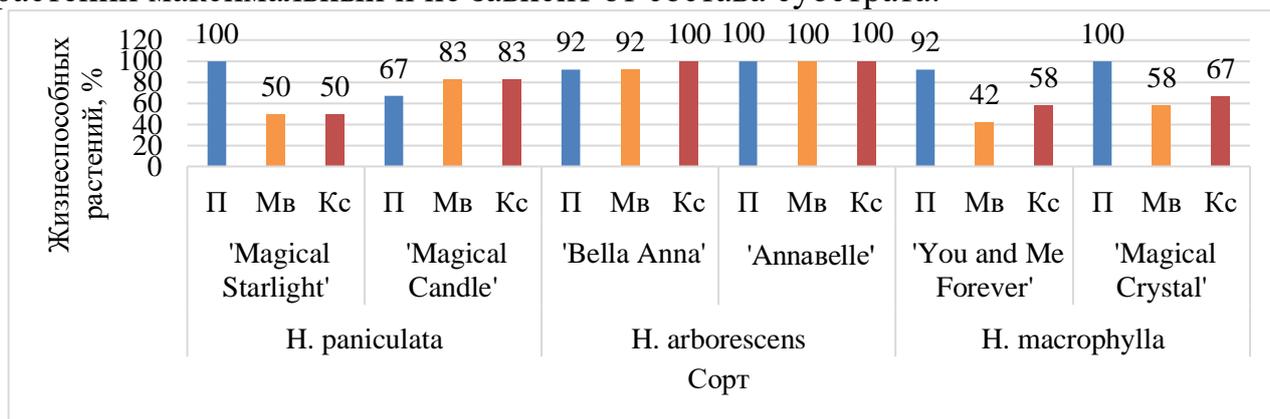


Рисунок 4 - Приживаемость растений- регенерантов сортов гортензии через 30 дней адаптации в гидропонной установке, %

Изучена вариабельность морфометрических показателей микрочеренков через 30 дней культивирования в условиях гидропоники (таблица 4).

Таблица 4 - Влияние типа субстрата на морфометрические показатели растений- регенерантов при адаптации в условиях гидропоники на 30-й день культивирования в зависимости от сорта гортензии

Вид	Сорт	Субстрат	Высота растений, см	Длина корней, см
<i>H. paniculata</i>	'Magical Starlight'	П*	7,39±0,52****	9,3±0,31
		МВ**	1,22±0,42	2,11±0,13
		Кс***	1,55±0,58	5,2±0,22
	'Magical Candle'	П	5,74±0,70	6,4±0,20
		МВ	3,32±0,21	5,34±0,30
		Кс	4,89±0,34	7,8±0,23
<i>H. arborescens</i>	'Bella Anna'	П	6,47±0,59	4,75±0,36
		МВ	7,65±0,55	2,05±0,31
		Кс	4,17±0,82	8,56±0,76
	'Annabelle'	П	14,6±0,83	6,05±0,69
		МВ	7,98±0,79	4,6±0,15
		Кс	10,78±0,93	3,6±0,17
<i>H. macrophylla</i>	'You and Me Forever'	П	3,54±0,42	2,77±0,15
		МВ	1,8±0,13	0,9±0,07
		Кс	2,4±0,27	2,4±0,19
<i>H. macrophylla</i>	'Magical Crystal'	П	3,81±0,25	6,57±0,21
		МВ	2,57±0,79	2,42±0,21
		Кс	1,11±0,25	4,3±0,16

П*- агроперлит, МВ**- минеральная вата, Кс***- кокосовый субстрат, **** результаты выражены как среднее значение ± среднеквадратическое отклонение

Установлено, что среди всех исследуемых субстратов наиболее эффективным для развития корневой системы и надземной части регенерантов изученных сортов оказался агроперлит, наименее эффективным- кокосовый субстрат (рисунок 5).



Рисунок 5- Растения- регенеранты *H. arborescens* 'Bella Anna', культивируемые в различных субстратах с использованием гидропонной установки через 15 дней адаптации (слева) и 30 дней адаптации (справа)

Таким образом, в результате изучения адаптационной способности растений гортензии при культивировании в условиях гидропоники выявлено, что наиболее эффективным субстратом является агроперлит фракции 1,25 мм. Использование гидропонной установки при адаптации растений- регенерантов к нестерильным условиям дает возможность получения посадочного материала гортензии с развитой надземной частью и корневой системой за более короткий срок, чем при адаптации в условиях фитотрона.

5. Изучение действия досветки узкоспектральным светом на растения - регенеранты представителей рода *Hydrangea* L.

5.1 Влияние досветки на биохимические и морфометрические показатели листьев растений-регенерантов

Изучено влияние спектрального состава света на морфометрические показатели листьев гортензии. Выявлено, что при дополнительном освещении фитолампами «White full» (контроль + белый свет) уменьшалось число устьиц. Досветка красным и синим спектрами света способствовала увеличению числа устьиц по сравнению с контролем на 23% (рисунок 6).

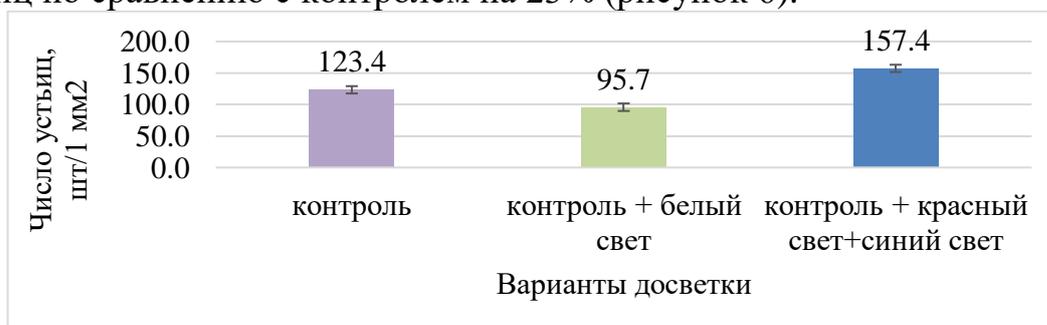


Рисунок 6- Влияние различных вариантов дополнительного освещения на число устьиц растений- регенерантов, шт/ мм²

Дополнительное освещение красным и синим светом также способствовало увеличению толщины листа и толщины эпидермиса, что является потенциальным свидетельством повышения интенсивности поглощения углекислого газа, соответственно, интенсивности фотосинтеза (рисунок 7).

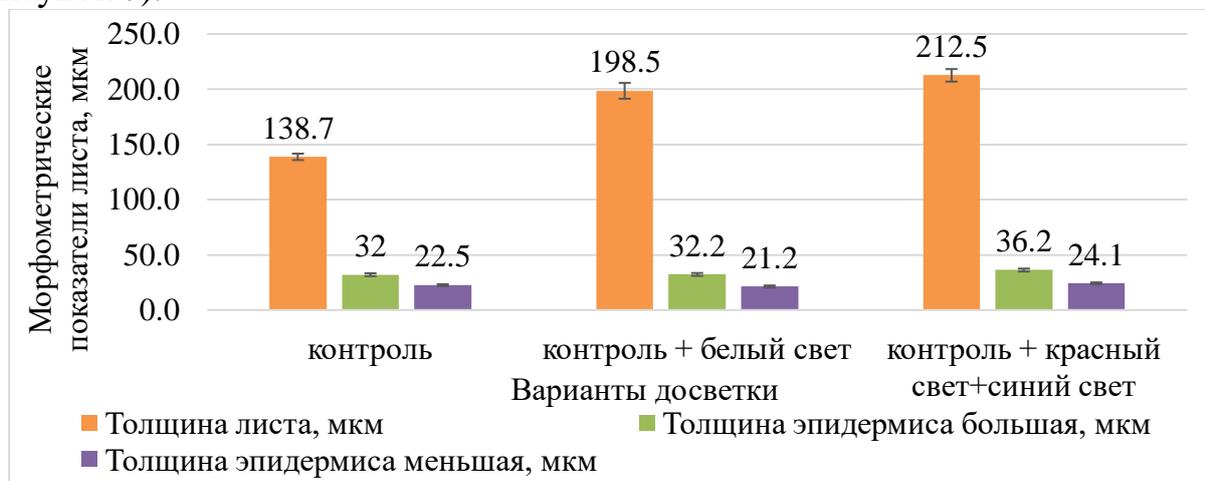


Рисунок 7 – Морфометрические показатели листьев гортензии при различных вариантах досветки

Увеличение интенсивности фотосинтеза также подтверждается увеличением количества фотосинтетических пигментов - хлорофиллов и каротиноидов в обоих вариантах дополнительного освещения по сравнению с контролем (таблица 5).

Таблица 5 - Влияние различных вариантов дополнительного освещения на содержание и состав фотосинтетических пигментов листьев *H. macrophylla* 'Bodensee', мг/г сырого веса* (P < 0, 05)

Этапы опыта	Варианты опыта	Сумма хлорофиллов	Каротиноиды	% после охлаждения	
				Хлорофиллы	Каротиноиды
До охлаждения	Контроль	0,648	0,073	-	-
	Контроль+ белый свет	0,252	0,042	-	-
	Контроль+ красный свет+синий свет	0,358	0,045	-	-
После охлаждения	Контроль	0,572	0,075	88	104
	Контроль+ белый свет	0,325	0,045	129	106
	Контроль+ красный свет+синий свет	0,405	0,062	113	138
исходный		0,489	0,101	-	-

Проведено измерение уровня фенольных соединений, в частности фенолкарбоновых кислот (ФКК) и абсцизовой кислоты (АБК) в тканях эксплантов.

Суточный стресс-тест на устойчивость к охлаждению выявил снижение на ~ 30% количества флавоноидов в листьях растений по сравнению с контролем, это свидетельствует о включении защитной реакции регенерантов. Снижение количества хлорофиллов в контроле и увеличение в обоих вариантах дополнительного освещения также является результатом реализации защитных механизмов действия флавоноидов. Сумма каротиноидов, являющихся предшественниками биосинтеза многих стресс-адаптивных компонентов жизнедеятельности растения, увеличилась в варианте досветки красным и синим светом почти на 40% по сравнению с контролем и досветкой полным белым светом.

После окончания дополнительного освещения в тканях регенерантов отмечено снижение уровня хлорогеновой кислоты, но при этом в вариантах с досветкой идентифицировано наличие кофейной кислоты, которая наиболее активна при реализации протекторных программ. В связи с этим проведена оценка резистентности растений после дополнительного освещения по соотношению КК/ХК. В контрольных растениях отмечены незначительные следы КК (таблица 6).

Таблица 6 - Влияние различных вариантов дополнительного освещения на содержание фенолкарбоновых кислот в тканях регенерантов *H. macrophylla* 'Bodensee', мкг/г сырого вещества (P < 0, 05)

Вариант опыта	ФКК	До начала досветки	После окончания досветки	После охлаждения
Контроль	Хлорогеновая	146,7 ± 24,50*	52,84 ± 12,93	541,7 ± 38,77
	Кофейная	-	следы	-
	Феруловая	2,85 ± 0,22	1,0 ± 0,20	2,73 ± 0,59
Контроль+ белый свет	Хлорогеновая	146,7 ± 24,5	45,28 ± 8,35	729,9 ± 38,85
	Кофейная	-	16,42 ± 4,11	-
	Феруловая	2,85 ± 0,22	3,03 ± 0,68	3,81 ± 0,91
Контроль+ красный свет+синий свет	Хлорогеновая	146,7 ± 24,5	38,41 ± 9,37	430 ± 18,60
	Кофейная	-	18,17 ± 4,63	-
	Феруловая	2,85 ± 0,22	1,24 ± 0,11	следы

* результаты выражены как среднее значение ± среднее квадратическое отклонение

Существует предположение, что протекторные механизмы начинают работать уже на этапе дополнительного освещения, которая может восприниматься растением как щадящий стрессовый фактор. На это указывает и появление в клетках кофейной кислоты, и динамика содержания АБК в тканях растений (таблица 7). После окончания досветки уровень АБК возрастает во всех вариантах и максимален (более чем в 40 раз) в варианте дополнительного

освещения красным светом + белым светом. После охлаждения содержание АБК снижается, благодаря ее триггерной функции и наибольшее снижение (более чем в 11 раз) отмечено в варианте досветки красным светом + белым светом. В контроле наблюдается снижение в 6 раз, т.е. адаптационная система работает и в контроле, но метаболические процессы перестройки обмена веществ протекают медленнее.

Таблица 7 - Содержание АБК в тканях регенерантов *H. macrophylla* 'Bodensee' в зависимости от вариантов дополнительного освещения, мкг/г сырого вещества ($P < 0,05$)

Вариант опыта	До начала досветки	После окончания досветки	После охлаждения
Контроль	1,37 ± 0,66*	49,47 ± 4,08	7,97 ± 0,17
Контроль + белый свет	1,37 ± 0,66	45,5 ± 4,70	8,09 ± 0,64
Контроль+ красный свет+синий свет	1,37 ± 0,66	56 ± 1,78	4,81 ± 0,90

* результаты выражены как среднее значение ± среднее квадратическое отклонение

Таким образом, в результате исследований было выявлено, что дополнительное освещение красным и синим светом оказывает положительное влияние на процессы развития растений и адаптацию к воздействию низких положительных температур, что является существенным для данной культуры.

5.2 Последствие досветки на зимостойкость гортензии крупнолистной в условиях открытого грунта

Проведены исследования по оценке зимостойкости растений *H. macrophylla* 'Bodensee' после досветки различными спектрами света и кратковременного охлаждения на стадии ризогенеза в условиях *in vitro*. Оценивали жизнеспособность побегов после зимы 2023-2024 гг. (таблица 8).

Таблица 8 - Последствие дополнительного освещения растений-регенерантов различными спектрами света на перезимовку *H. macrophylla* 'Bodensee'

Вариант опыта	Количество вегетативных почек, шт.		Количество генеративных почек, шт.	
	С укрытием	Без укрытия	С укрытием	Без укрытия
Контроль	13,90±1,2	6,47±0,36	3,80±0,20	1,80±0,10
Контроль+белый свет	11,20±0,63	6,33±0,54	4,00±0,29	1,73±0,30
Контроль+красный свет+синий свет	15,93±0,89	10,51±0,40	6,93±0,33	4,87±0,32

* результаты выражены как среднее значение ± среднее квадратическое отклонение

При сравнении количества пробудившихся вегетативных и генеративных почек *H. macrophylla* выявлено, что при укрытии лутрасилом почки растений

меньше повреждались морозами. Наибольшее количество вегетативных почек без укрытия растений на зиму наблюдали при варианте дополнительного освещения микропобегов красным и синим светом ($10,51 \pm 0,40$). Подобные результаты были получены без укрытия растений на зиму при подсчете генеративных почек. Количество генеративных почек при досветке растений красным и синим светом в 2,7 раз превышало показатели при выращивании растений-регенерантов в контрольном варианте опыта.

Таким образом, при проведении сравнительного анализа состояния *H. macrophylla* 'Bodensee' после зимовки в условиях средней полосы России выявлено, что для сохранения жизнеспособности растений и их защиты от воздействия неблагоприятных факторов следует применять укрытие. Наиболее устойчивыми к зимовке без укрытия оказались растения, для которых в условиях *in vitro* применяли досвечивание светом красного и синего спектрального состава. Полученные данные могут найти применение в качестве рекомендации для увеличения формирования цветочных почек сортов гортензии крупнолистной и, как следствие, ее декоративного потенциала.

6. Экономическая эффективность адаптации посадочного материала представителей рода *Hydrangea* L. в условиях гидропонной установки

В результате исследований установлено, что адаптация в условиях гидропонной установки способствует увеличению высоты растений-регенерантов, лучшему развитию корневой системы, что делает эту технологию конкурентоспособной относительно адаптации в условиях помещения фитотрона.

Расчеты по адаптации посадочного материала производили, исходя из площади 10 м^2 под высадку растений в гидропонной установке (таблица 9). Площадь в 10 м^2 помещает многоярусные стеллажи с 40 поддонами- это 8000 растений. Адаптация в условиях гидропонной установки проводится на протяжении месяца. Для получения адаптированного посадочного материала во второй декаде мая, высадку растений на адаптацию необходимо начинать со второй декады апреля. Расходы на потребление электроэнергии, тепловой энергии и водоснабжения учитывали в региональном аспекте (г. Москва). Субстрат для выращивания растений выбрали из расчета приживаемости различных сортов гортензии: агроперлит- 70%, минеральная вата- 30%, кокосовый субстрат- 10%. Стоимость 1 замены бакового раствора обходится 6,81 рублей.

Таблица 9 – Экономическая эффективность адаптации регенерантов с применением гидропонной установки

Показатели	Затраты, руб.
Потребление электроэнергии, тепловой энергии и водоснабжения для помещения адаптационной	11308,24

Продолжение таблицы 9

Затраты на покупку субстрата и кассет для посадки 8000 растений		19731,00
Реактивы для рабочего раствора гидропонной установки на 8000 растений		136,24
Затраты труда на выращивание в условиях гидропоники		178000,00
Затраты на выращивание в условиях гидропоники	всего	209175,48
	на 1 шт.	33,9
Затраты на выращивание микрорастений <i>in vitro</i>	всего	128000,00
	на 1 шт.	16
Себестоимость саженцев	всего	337175,48
	на 1 шт.	49,9
Выручка от реализации продукции стандартных саженцев		877800
Выручка от реализации продукции нестандартных саженцев		30800,00
Выручка всего, руб		908600,00
Уровень рентабельности, %		169

На основании полученных результатов можно сделать выводы, что производство саженцев по усовершенствованной технологии клонального микроразмножения является высокорентабельной, уровень рентабельности составляет 169%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено, что для максимальной реализации морфогенетического потенциала изученных представителей рода *Hydrangea* L. оптимальными являются питательные среды с минеральными основами MS и QL.

2. Показано, что на этапе собственно микроразмножения для культивирования гортензии эффективно использование в составе питательной среды 6-БАП в концентрации 1 мг/л. Коэффициент размножения при этом варьировал от 2,9 до 11,8 в зависимости от сорта.

3. Установлено, что оптимальным источником углеводного питания для представителей *H. paniculata* и *H. arborescens* является сахароза в концентрации 30 г/л, а для *H. macrophylla*- глюкоза в концентрации 30 г/л.

4. Выявлено, что в условиях длительного депонирования представителей рода *Hydrangea* L. в течение шести месяцев субкультивирования при +15 °С применение препарата ПБЗ в концентрации 0,4 мг/л обеспечивает сохранение максимальной жизнеспособности регенерантов. В условиях световой комнаты при +23 °С сохранность регенерантов не зависит от типа и концентрации ретардантов.

5. Установлено, что дополнительная досветка красным и синим спектрами света способствовала изменению морфометрических параметров листа и биохимического состава в тканях регенерантов, оказала положительное

воздействие на процесс адаптации растений к воздействию низких положительных температур в условиях *in vitro*. В дальнейшем при выращивании растений в открытом грунте наблюдали положительное последствие досветки. В результате жизнеспособность вегетативных и генеративных почек увеличилась по сравнению с контролем в 3 раза.

6. Выявлено, что при адаптации укорененных регенерантов в условиях гидропоники наиболее эффективным субстратом является агроперлит фракции 1,25 мм. Использование гидропонной установки при адаптации растений-регенерантов к нестерильным условиям дает возможность получения посадочного материала гортензии с развитой надземной частью и корневой системой за более короткий срок, чем при адаптации в условиях фитотрона.

7. Доказано, что производство саженцев по усовершенствованной технологии клонального микроразмножения является высокопродуктивной: уровень рентабельности составляет 169%.

Рекомендации производству

Для получения посадочного материала представителей рода *Hydrangea* L. в промышленных масштабах рекомендуется использовать способ клонального микроразмножения. Для достижения максимального коэффициента размножения на этапе собственно микроразмножения следует применять питательные среды MS и QL. Для сортов видов *H. paniculata* и *H. arborescens* в качестве источника углеводного питания рекомендуется использовать сахарозу, для сортов *H. macrophylla*- глюкозу. В качестве источника цитокинина наиболее эффективным является 6-БАП в концентрации 1 мг/л. Для повышения эффективности этапа адаптации представителей рода *Hydrangea* L. рекомендуется применение гидропонной установки, в качестве субстрата следует применять агроперлит и кокосовый субстрат. Для повышения зимостойкости *H. macrophylla* рекомендуется применение досветки регенерантов красным (85%) и синим (15%) спектрами света в условиях *in vitro*, а также применение лутрасила в качестве укрывного материала в условиях открытого грунта.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ:

1. Ахметова, Л. Р. Влияние применения гибберелловой кислоты на морфогенез представителей рода *Hydrangea* L. / Л. Р. Ахметова, О. И. Молканова, А. К. Раджабов // Плодоводство и ягодоводство России. – 2023. – Т. 75. – С. 36-47.
2. Ахметова, Л. Р. Адаптация растений-регенерантов представителей рода *Hydrangea* L. с использованием гидропонной установки / Л. Р. Ахметова, О. И. Молканова, А. К. Раджабов // Плодоводство и ягодоводство России. –2024. – Т. 77. –С. 49- 59.

Публикации в сборниках научных трудов, материалах конференций:

3. Крахмалева, И. Л. Влияние источника углеродного питания на морфогенетический потенциал представителей рода *Hydrangea* L. в культуре

- in vitro* / И. Л. Крахмалева, Л. Р. Ахметова, О. И. Молканова // Тенденции развития науки и образования. – 2019. – № 50-3. – С. 44-47.
4. Ахметова, Л. Р. Биотехнологические методы размножения декоративных сортов представителей рода *Hydrangea* L. / Л. Р. Ахметова, И. Л. Крахмалева, О. И. Молканова // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34, № 11. – С. 79-82.
 5. Ахметова, Л. Р. Некоторые аспекты размножения декоративных сортов представителей рода *Hydrangea* L. / Л. Р. Ахметова, О. И. Молканова // Цветоводство: теоретические и практические аспекты: Тезисы Второй Международной научной конференции, Ялта, 09–13 ноября 2020 года. – Ялта: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2020. – С. 4.
 6. Оценка состояния некоторых сортов *Hydrangea macrophylla* (Thunb.) Ser. после зимовки в условиях средней полосы России / Л. Р. Ахметова, Д. А. Семенова, О. И. Молканова, Х. В. Шарафутдинов // АгроЭкоИнфо. – 2021. – № 6(48).
 7. Воронкова, Т. В. Влияние спектрального состава света на некоторые биохимические и морфологические показатели листьев регенерантов представителей рода *Hydrangea* L. в культуре *in vitro* / Т. В. Воронкова, В. В. Кондратьева, Л. С. Олехнович [и др.] // АгроЭкоИнфо. – 2022. – № 5(53).
 8. Ахметова, Л. Р. Биоразнообразие представителей рода *Hydrangea* L. в коллекции РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева и ГБС им. Н. В. Цицина РАН / Л. Р. Ахметова, Х. В. Шарафутдинов // Материалы Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 135-летию со дня рождения А.Н. Костякова: сборник статей, Москва, 06–08 июня 2022 года. Том 2. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 276-278.
 9. Ахметова, Л. Р. Некоторые аспекты клонального микроразмножения декоративных культур на примере *Rosa* L. и *Hydrangea* L. / Л. Р. Ахметова, Е. В. Соболева, Х. В. Шарафутдинов // Перспективы развития садоводства и садово-паркового строительства. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Мегаполис", 2022. – С. 205-219.
 10. Ахметова, Л. Р. Опыт клонального микроразмножения *Hydrangea macrophylla* Thunb / Л. Р. Ахметова, А. К. Раджабов // Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 180-летию со дня рождения К.А. Тимирязева: Сборник статей, Москва, 05–07 июня 2023 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2023. – С. 20-25.