



005054175

На правах рукописи

Иванова Любовь Андреевна

ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
КОВДОРСКОГО ВЕРМИКУЛИТА В ГИДРОПОННОМ РАСТЕНИЕВОДСТВЕ
В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

03.02.08 – экология

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук

- 1 НОЯ 2012

Петрозаводск
2012

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Полярный альпийском ботаническом саду-институте им. Н.А. Аврорина Кольского научного центра Российской академии наук

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук, профессор
Марковская Евгения Федоровна

доктор биологических наук, профессор
Калелькина Людмила Павловна

доктор биологических наук, доцент
Сысоева Марина Ивановна

Ведущее учреждение: ФГАОУ ВПО Белгородский государственный национальный исследовательский университет

Защита состоится "07" ноября 2012 г. в 14 час. на заседании диссертационного совета Д.212.190.01 при Петрозаводском государственном университете по адресу: 185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33, эколого-биологический факультет ауд. 326 теоретического корпуса.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Петрозаводского государственного университета, на сайте: www.petrso.ru.

Автореферат разослан " " октября 2012 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат биологических наук:

Лябина С.Н.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. В современных условиях растениеводства важен поиск и применение новых эффективных способов выращивания растений, которые бы гарантировали оптимальный рост растений, обеспечивали человечество питанием и не нарушали экологического равновесия на Земле (Гэлстон и др., 1983).

По оценкам экологов и экономистов мира, в ближайшее время в связи с глобальными изменениями климата на планете, ростом цен на энергоносители, загрязнением и оскудением почв, предназначенных для растениеводства, ведущим способом культивирования станет гидропонное выращивание растений. Оно позволит переориентироваться на создание индустриального растениеводства нового типа и современных биотехнологий производства высококачественной растениеводческой продукции в условиях строгого соблюдения основных требований охраны естественных ресурсов природы (Русаков, Русакова, 1980).

В настоящее время в России и за рубежом в производственных условиях достигнуты значительные успехи при выращивании растений на искусственных субстратах. Однако, обладая рядом важных агрофизических свойств, они не способны выдержать многолетнюю эксплуатацию в тропическом производстве. Это приводит к их химическому и биогенному вырождению, изменению характеристик и созданию неразрешимых экологических проблем, связанных с утилизацией отходов (Мад, 1981). Проблема поиска более совершенных гидропонных субстратов, которые могут заменить сложную природную среду, как почва, и обеспечить безотходное производство высококачественной сельскохозяйственной продукции, остается актуальной.

Все северные территории мира отличаются дефицитом почвенных ресурсов и их бедностью, а также трудоемкостью и дорогостоящей мероприятиями, направленных на повышение плодородия местных почв (Берсон, 1979). Однако только на Кольском Севере открыто и разрабатывается богатейшее в мире вадорское месторождение вермикулита (Доклад о состоянии и охране..., 2008). Среди первооткрывателей естественного происхождения субстраты на основе глинистого минерала вермикулита привлекают особое внимание растениеводов. Этот минерал как гидропонный субстрат интенсивно изучался в 1960-1970-е годы, и доказана перспективность использования вермикулита Наткрунтского месторождения (Африка), Потанинского (Россия, Урал) и Кокшаровского (Россия, Дальний Восток) месторождений для выращивания растений (Бенгли, 1965; Логинов, 1970; Бойко и др., 1979). Для вадорского вермикулита характерна высокая изменчивость физико-химических свойств, что требовало специального дифференцированного подхода к разработке технологии его применения в растениеводстве. Большие запасы на Кольском Севере вермикулитовых руд, недостаточная изученность вермикулита как субстрата для гидропонного выращивания растений предопределили актуальность исследований.

Цель работы – разработать научные основы экологически безопасного гидропонного растениеводства для условий Крайнего Севера с использованием вермикулита Ковдорского месторождения.

Задачи исследования:

1. Изучить физико-химические аспекты трансформации ковдорского вермикулита в процессе выщелачивания и многолетней эксплуатации субстратов в гидропонике.

2. Разработать специализированное инновационное оборудование для получения современных вермикулитовых субстратов (электрообжиговой агрегат) и организации высокоэффективного беспочвенного выращивания растений в защищенном грунте (гидропоником).

3. Изучить особенности минерального питания декоративных и овощных культур в условиях вермикулитопоники с целью создания максимальных урожаев качественной продукции.

4. Изучить особенности роста, развития и продуктивности растений в зависимости от продолжительности использования вермикулитового субстрата в условиях защищенного грунта Кольском Севере.

5. Разработать и апробировать научно обоснованные технологии выращивания декоративных овощных культур на вермикулитовом субстрате в защищенном грунте.

6. Разработать и апробировать инновационные гидропонные экспресс-технологии создания высокоустойчивого растительного покрова для озеленения и рекультивации техногенно-нарушенных территорий.

7. Оценить экономическую эффективность гидропонного растениеводства для условий Крайнего Севера с использованием вермикулита Ковдорского месторождения.

Основные положения, выносимые на защиту. Вермикулитовые гидропонные субстраты, созданные из гидрослоя Ковдорского месторождения по инновационной запатентованной технологии являются эффективными природными минеральными почвозаменителями, способными в условиях рискованного земледелия совместно с разработанным тепличным оборудованием служить основой организации безотходного производства высококачественной растениеводческой продукции.

Гидропонное выращивание растений на вермикулитовых субстратах в условиях защищенного грунта Кольского Севера в сочетании со сбалансированным минеральным питанием, применением инновационных агротехнических приемов культивирования является современным высокоэффективным, наиболее управляемым и научно регулируемым способом выращивания растений.

Вермикулитопоника – один из способов сохранения естественных природных комплексов при возвращении в природную среду, ранее изъятых ее фрагментов (минерала вермикулита) в нетоксичном состоянии.

Научная новизна. Впервые дано эколого-биологическое обоснование использования ковдорского вермикулита для создания высокопродуктивного гидропонного растениеводства в условиях Кольского Севера.

На основании исследований физико-химических свойств ковдорского вермикулита впервые разработаны субстраты, по всем параметрам соответствующие современным требованиям гидропонного растениеводства.

Разработана дифференцированная система минерального питания для культивирования растений в условиях северного гидропонного растениеводства.

Впервые разработана, апробирована и внедрена безотходная технология полного использования вермикулита в растениеводстве.

Разработана инновационная технология «Ускоренное формирование растительного покрова отходах обогащения апатитовых руд» (вошла в «Важнейшие результаты исследований РАН в 2011 г.» отмечена Почетным дипломом за научные достижения).

Практическая значимость. Впервые разработана и внедрена в производство инновационная лезная модель – трубчатая наклонная печь (пат. № 55110) для создания на ней высококачественных дифидированных гидропонных субстратов нового поколения марки Випон (с. № 329074) из минерала здорского месторождения (Россия).

Впервые разработан, апробирован и внедрен инновационный подход к формированию высококачественных растительных сообществ для оптимизации и оздоровления окружающей среды (подшафтов) запатентованными экспресс-способами: настилем ковровой травяной дернины (пат. № 3665), прямым посевом (№: WO/2011/084079), применением многокомпонентной озеленительной минерально-растительной смеси (заявка 2011127455/13(040621), основанными на комплексном использовании вермикулитового субстрата и местных популяций многолетних травянистых растений.

Определены и экономически обоснованы с учетом регионального аспекта принципы создания логически безопасного, высокопродуктивного, адаптированного для вермикулитовых субстратов, курентоспособного гидропонного производства сельскохозяйственной продукции.

Полученные результаты использованы:

- в комплексных опытно-промышленных испытаниях при рекультивации различных категорий нарушенных земель;
- в оранжереях производственных и ведомственных предприятий Мурманской области, что подтверждено Актами о внедрении.
- при создании зонального ассортимента оранжерейно-срезочных и комнатных растений для круглогодичного получения цветочной продукции в условиях Заполярья (Приложение 24);
- в работе многофункциональных малых предприятий – ООО «ВИПОН» (2004-2009 гг.) и ООО АБРУС» (2010-2012 гг.) в России, «Wikin Gress» (2012 г.) в Норвегии;
- в проекте по освоению месторождения металлов платиновой группы (Федоровы тундры) (2008 г.);
- при разработке инновационной технологии производства биокапсулированных семян кукурузы озска, предприятие «Моссельхоз», 2006).

Для практики северного растениеводства издано 2 препринта, выпущено 13 Информационных листов Мурманского межотраслевого территориального ЦНТИ с практическими рекомендациями и технологиями по беспочвенному выращиванию растений.

Личный вклад автора состоит в разработке программы и определении основных направлений исследования, организации и личном участии в проведении экспериментов, анализе и обобщении полученных результатов, разработке зонального ассортимента оранжерейно-срезочных культур, новационных технологий выращивания растений и предложений по их практической реализации.

Исследования выполнялись по 6 плановым государственным тематикам НИР Федерального ударственного бюджетного учреждения науки Полярно-альпийского ботанического сада-института . Н.А. Аврорина Кольского научного центра РАН (ФГБУН ПАБСИ КНЦ). Полученные результаты использовались при проведении ряда хозяйственных договоров. Часть экспериментов и публикаций полнена при финансовой поддержке Отделения общей биологии РАН, Президиума РАН, Программы ездидума РАН № 44 «Биологическое разнообразие», Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, ОАО «Кольская горно-металлургическая компания», ООО иптон», ООО «Сабрус», ООО «Системы промышленной безопасности».

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на VIII симпозиуме «Биологические проблемы Севера» (Апатиты, 1979), совещании агрокомитета при правительстве Мурманской области «Перспективы развития производства вермикулитового концентрата и его применения в сельском хозяйстве области» (Мурманск, 1987), Международной конференции «Цветоводство - сегодня и завтра» (Москва, 1998), IV Международной конференции «Проблемы цветоводства и декоративного садоводства» (Ялта, 2000), Международной конференции «Экология северных территорий России. Проблемы, прогноз ситуации, пути развития» (Архангельск, 2001), Международном совещании «Технопарки. Организация. Развитие. Проблемы», проводившемся по NMCP (Netherlands Management Cooperation Program) и при поддержке «Содействие развитию инновационных МСП в Балтийском регионе РФ» (Швеция, 2002), Международной научной конференции «Биологическое разнообразие. Интродукция растений» (Санкт-Петербург, 2007), Международной конференции «Экологическая ответственность бизнеса как основа сохранения благоприятной окружающей среды и инвестиционной привлекательности Санкт-Петербурга и Ленинградской области» (Санкт-Петербург, 2007), I Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Фундаментальные достижения в почвоведении, экологии сельского хозяйства на пути к инновациям» (Москва, 2008), Всероссийской конференции с международным участием «Северные территории России: проблемы и перспективы развития» (Архангельск, 2008), II Всероссийской конференции «Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира» (Волгоград, 2008), Международной научно-практической конференции «Ботанические сады в XXI веке: сохранение биоразнообразия, стратегия развития инновационные решения» (Белгород, 2009), XXII, XXIII международных научно-практических конференциях «Проблемы озеленения крупных городов» (Москва, 2009, 2010), European Geoscientific Union General Assembly (Vienna, Austria, 2009, 2010), Российско-Нидерландском бизнес-семинаре (Россия, Мурманск, 2009), I, II международных Мурманских инвестиционных форумах (Мурманск, 2009, 2010), The 8th Conference of the Society for Ecological Restoration – Europe (SER) (České Budějovice, 2012), VI съезде Общества почвоведов им. В.В. Докучаева (Петрозаводск, 2012).

Отдельные результаты исследований были представлены в экспозициях ВДНХ СССР: «Наука и промышленному цветоводству» (1976), «Наука – производству» (1979), где отмечены 2 бронзовыми медалями, а также на ежегодных всероссийских выставках отечественных товаров «Имандра» (Апатиты, 2003-2008), всемирной выставке "Copenmind – 2008", (Копенгаген) региональной выставке «Мурманская область: вчера, сегодня, завтра» (Мурманск, 2008).

Инновационная продукция: проект «Виплон» – победитель Всероссийского конкурса «Старт-2004» (Санкт-Петербург, 2004); проект «Экспериментальная рекультивация нефтезагрязненных грунтов земель в условиях Крайнего Севера с применением технологии рулонных газонных покрытий на основе субстрата Виплон», представленный на Международном конкурсе инновационных проектов в рамках Международной программы «Golden Galaxy», награжден золотой медалью «Innovations for investing the future» (2009) Американско-Российского центра международного делового сотрудничества (ARBU).

Публикации. По теме диссертации опубликовано более 100 работ. Наиболее значительные приведены в автореферате, в том числе в рекомендованных ВАК изданиях (12 статей в центральных

налах, 6 патентов и 2 свидетельства, 6 работ, депонированных в ВИНИТИ, 22 статьи в Материалах российских и международных конференций и симпозиумов), 5 монографий.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, восьми глав, заключения, одов, списка литературы и 36 приложений. Она изложена на 386 стр., включает 90 табл., 79 рис. сок литературы составляют 699 источников, среди которых 85 иностранных.

Благодарности. Автор глубоко признателен своему первому учителю, инициатору японного выращивания декоративных растений в Заполярье Ж.Ф. Онохиной, научному консультанту, академику РАСХН, профессору Б.А. Ягодину, выражает особую благодарность за активную поддержку, внимание и помощь д.б.н. В.И. Костюку, к.х.н. В.Г. Кременецкому и к.т.н. И.П. менецкой. Автор искренне признателен с.н.с. В.А. Коспиной за определение дикорастущих видов лиственных растений.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Глава 1. Обзор литературы

доставлены данные по истории становления и развития беспочвенного способа выращивания сений начиная с XVI века и до настоящего времени, приведена современная классификация одов гидропонного выращивания растений (Берсон, 1964; Чичев, Микая, 1983; Иригашия..., б). Отмечено, что стимулом в развитии отечественной гидропонике послужило открытие в 0-е годы месторождений вермикулита (Климашевский и др., 1969). Приведена характеристика дорского вермикулита, отмечены особенности его использования в гидропонике (Переверзев, 5; Ахтямов и др., 1969; Боровиков, 1969). Сделан анализ литературы по биологии, юенностям выращивания, ассортименту декоративно-цветочных и овощных растений, юенных в настоящую работу (Котовщикова, 1975; Сааков, 1983; Звиргдыня, 1984; Кочнева, 9). Рассмотрены возможности управления процессами роста и развития этих видов для анизации высокоэффективного северного гидропонного растениеводства (Артюшенко, 1970; eils, 1977; Hurka, 1986; Klinkan, 1990). Проанализировано современное состояние и проблемы ропогенно-трансформированных земель на Кольском полуострове, опыт озеленительных и рекультивационных работ (Любимова, Медведев, 1970; Переверзев, Подлесная, 1986). явлены основные проблемы в области северного растениеводства защищенного грунта, становления нарушенных территорий и современные пути их решения (Мантрова, 1981; юкимова и др., 2010).

Глава 2. Условия, объекты и методы исследований

2.1 Агроклиматические условия

Исследования проводились в период с 1975 по 2011 гг. в Мурманской области (67°30' – 69°57' . и 33°40' – 41°26' в.д.) в гидропонных теплицах ПАБСИ КНЦ РАН, на модельных опытных шадках, находящихся в Хибинском горном массиве, на опытных площадках около городов Кировск, ппты, Мурманск.

Агроклиматические условия Мурманской области характеризуются коротким вегетационным периодом, низкими среднемесячными температурами, краткостью безморозного периода, возможно заморозков даже в июле, бедностью местных почв питательными веществами. Заполярное положение региона определяет колебания продолжительности дня от 0 (полярная ночь зимой) до 24 часов (полярный день летом) (Барановская и др., 1969; Головкин, 1973; Зюзин, 2006). Это создает неблагоприятные условия для культивирования растений, как в открытом, так и защищенном грунте.

Теплицы ПАБСИ (типовой проект Гипроиссельпрома) оснащены гидропонными установками специально разработанными для использования искусственных субстратов. Для освещения используются ртутные люминесцентные лампы марки ДРЛ-450, температура воздуха в теплицах поддерживается при помощи центрального отопления (сентябрь-май) или электрообогрева (июнь-август). Влажность воздуха регулируется увлажнением дорожек и опрыскиванием растений водой.

2.2 Объекты исследования

В работе использован минерал вермикулит Ковдорского месторождения. Исследования выполнены на 7 видах вермикулитового субстрата: обожженном в год исследования, после 5, 15 лет использования 4 модификациях вермикулитовых субстратов марки Вилон (Вилон-1, 2, 3, 4); на верховом сфагновом торфе и почвенной смеси (дерновая земля, торф, опилки, песок в объемном соотношении 2:2:2:1).

В защищенном грунте исследованы 7 видов (27 сортов и гибридов) растений: многолетние декоративно-цветочные культуры – альстремерия гибридная (*Alstroemeria hybrida hort.*) 3 сорта (Регина, Староза, Ставита), гербера гибридная (*Gerbera hybrida hort.*) 8 сортов (Лелса, Зелтенс, Милл, Яутрите, Айме, Томс, Айра, Дарта), гиппеаструм гибридный (*Hyppaeastrum hybridum hort.*), зантеде эфиопская (*Zantedeschia aethiopica (L.) Spreng.*) 4 сорта (Николай, Штутгартская жемчужина, Джам, Гигант), кринум Мура (*Crinum moorei Hook. f.*); овощные культуры – огурец посевной (*Cucumis sativus L.*) 9 партенокарпических гибридов (ТСХА 379, 805, 138, 40, 98, 194, Арбента, Вирента, Золотой томат обыкновенный (*Lycopersicon esculentum Mill.*) 5 индетерминантных высоко- и среднерослых гибридов (Русич, Верлиока, Портленд, Тортилла, Рококо).

В экспериментах в условиях открытого грунта использовались 12 видов травянистых растений: мятлик луговой (*Poa pratensis L.*), овсяница красная (*Festuca rubra L.*), райграс пастбищный (пятилетний) (*Lolium perenne L.*), волоснец песчаный (*Leumus arenarius (L.) Hochst., Elymus arenarius* клевер белый (ползучий) (*Trifolium alba L.*), клевер луговой красный (*Trifolium repens L.*), фестолю изумрудный (*Festulolium smaragdinum*), кострец безостый (*Bromus inermis Leyss.*), тимофеевка луговая (*Phleum pratense L.*), мать-и-мачеха (*Tussilago farfara L.*), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale Web. ex Wig.*), Иван-чай (*Chamaenerion angustifolium (L.) Scop.*).

Работы по рекультивации выполнены на локальных нарушенных территориях Мурманской области: действующем апатитонепелиновом хвостохранилище АНОФ-2 ОАО «Апатит», модели нефтезагрязненных участках экспериментального полигона ООО «ОРКО-ИНВЕСТ».

2.3 Методы исследования

Аналитическая работа выполнена в специализированных аккредитованных лабораториях ФГБНЦ РАН и ОАО «Кольский геологический информационный лабораторный центр» (г. Апатит, Мурманская область), в ФГУ «Центр лабораторного анализа и технических измерений по Мурманской области» (г. Мурманск). Показатели анализировались в соответствии с действующими ГОСТами и ОСТ

Радиационные методы. Исследования выполнялись радиометрическим, гамма-кроматрическим методами с использованием общепринятых стандартных методик.

Физико-химические методы. При изучении физико-химических характеристик вермикулита применяли рентгенофазовый анализ (РФА) на аппарате ДРОН-2.0, термогравиметрические исследования проводили на дериватографе системы "Наулик, Паулик, Эрден". Обжиг вермикулита проводили в муфельных печах Nabertherm, модель L9/S (Германия). Валовый химический состав вермикулита определяли методом полуколичественного спектрального анализа, химический анализ титров выполнен на приборе АAnalist 400, остальные показатели получены по стандартным методикам, в том числе насыпная плотность – по ГОСТ 8269.0-77. Химические элементы в растениях, почвах и питательных растворах определяли методами атомно-абсорбционной спектроскопии и флуориметрии, pH – потенциометрическим методом.

Физиологические методы. Использовали методы создания системы удобрений (Журбицкий, 1983) и функциональной диагностики (Ягодин, Плещков, 1988).

Полевые исследования включали геоботанические описания (Шенников, 1964; Кучеров, Гвоздева, 1995), фенологические наблюдения (Шульц, 1981; Фенологические наблюдения..., 2010), биометрические измерения (линейные размеры, биомасса) и инновационные экспресс-методы исследования растительного покрова (Иванова, 2010).

Камеральные исследования. Биоморфологический метод (Артюшенко, 1970; Скрипчинский и др., 1970; Седова, 1976). Для морфологического анализа луковичных растений использовали ювелирную лупу МБС-6, микроскоп JSM-6390 LA (Jeol, Nippon). Морфологическое описание вегетативных и генеративных органов растений проводилось с применением терминологии, введенной в «Атласе по описательной морфологии...» (Федоров и др., 1979). Характеристика побегов луковичных дана по Ф.М. Куперман (1977), анализ жизненных форм – по И.Г. Лебедевой (1962, 1964), М.В. Марковой (1972), В.В. Никитину (1983), номенклатура таксонов семейств и родов – А.Л. Тахтаджяну (1987), названия сосудистых растений – по С.К. Черепанову (1995), мохообразных – по М.С. Игнатову, О.М. Афонинной (1992).

Статистические методы. Обработка данных, расчеты и графические материалы выполнялись с использованием методов описательной статистики и однофакторного дисперсионного анализа (Снедекор, 1965), а также специализированного программного обеспечения Microsoft Excel 2007.

Глава 3. Физико-химическая трансформация ковдорского вермикулита. Технология получения и применения субстратов для гидропонного выращивания растений

3.1 Изменение физико-химических свойств ковдорского вермикулита при обжиге в процессе многолетней эксплуатации в гидропонике

Методами рентгенофазового и термогравиметрического анализа исследованы исходный сырой и отработанный в течение 15 лет в гидропонике образцы вермикулита, а также указанные образцы после их обжига при температуре 625°C, определено содержание доступных макрокомпонентов тяжелых металлов, измерены показатели, характеризующие влияние вермикулита на водный и воздушный режимы почвенного субстрата. Установлено отсутствие существенной трансформации кристаллической структуры вермикулита в процессе эксплуатации. В частности, по сравнению с

характерным базальным рефлексом исходного вермикулита ($d=14.4 \text{ \AA}$) у отработавшего в гидропон вермикулита наблюдается некоторое изменение величины этого отражения в результате протекания процессов ионного обмена ($d=13.2 \text{ \AA}$) и упорядочения в переслаивании флогопитовых и вермикулитов пакетов ($d=12.0-12.4 \text{ \AA}$), что не может оказывать заметного влияния на эксплуатационные свойства субстрата. В то же время технологические свойства термовермикулита после 15-летней эксплуатации защищенного грунта претерпевают изменения: насыпная плотность термовермикулита увеличивается в 2 раза, а влагоемкость снижается в 2 раза (табл.1). Данные изменения обусловлены в меньшей степени механическим истиранием ($\approx 80\%$ увеличения плотности) и в большей степени регидратацией ($\approx 200\%$). Субстрат дает усадку, в нем накапливается большое количество трудноизвлекаемых растительных остатков, в связи с чем требуется его замена.

Таблица 1 – Технологические характеристики образцов вермикулита

Номер образца*	Насыпная плотность, г/см^3	Коэффициент вспучивания	ППП, %	Водопоглощение, %	Гигроскопичность %
1	0.65	5.9	17.4	13	1.5
2	0.11	5.9	8.3	209	6.0
3	0.40	2.2	12.4	93	5.6
4	0.18	2.2	8.0	130	5.0

Примечания. 1 – минерал вермикулит, 2 – «термовермикулит» (вермикулит после обжига), 3 «термовермикулит» после 15-летнего использования в гидропонике (отработавший), 4 – отработавший гидропонике «термовермикулит» после повторного вспучивания.

Отработавший вермикулит обладает способностью повторно вспучиваться (коэффициент вспучивания 2.2), что закономерно меньше по сравнению с исходным вермикулитом (коэффициент вспучивания 5.9). Потери при прокаливании при 1000°C вспученных образцов различно незначительно (8.3 и 8.0%), это свидетельствует о сохранении структуры трехслойных талькоподобных слоев. Существенного изменения химического состава в процессе эксплуатации не происходит. Естественный химический состав и структурированность отработавшего вермикулита дает возможность дальнейшего его использования в качестве разрыхлителя почвы.

Следует отметить, что характеристики образцов вермикулита соответствуют либо близки нормативным требованиям по содержанию тяжелых металлов (ТМ). По сравнению с другими образцами концентрация ТМ в доступной форме несколько выше в отработавшем вермикулите, которого наблюдается незначительное превышение нормы по никелю (5 мг/кг) и хрому (7 мг/кг) существенное – по цинку (35 мг/кг). После обжига в образце уменьшается концентрация доступных кислоторастворимых форм цинка и никеля, что можно объяснить выгоранием органических примесей растительных остатков, содержащих данные компоненты. Содержание углерода в образце 3 составило 0.66%, в образце 4 – 0.05%, что подтверждает высказанное выше предположение. Содержание меди и кобальта в образцах меньше предела обнаружения (5 мг/г).

Таким образом, полученные результаты изучения физико-химических свойств коворокс вермикулита в процессе многолетней эксплуатации в гидропонике позволяют говорить об относительной инертности термовермикулита, о возможности его применения для создания сбалансированного минерального питания при длительном выращивании растений. Вермикулитом

страт, не пригодный для дальнейшего использования в защищенном грунте, но обладающий кальным комплексом физико-химических и биологических свойств, может быть возвращен в ридродную среду в качестве нетоксичного материала, улучшающего структуру почвы. Это дает ование считать гидропонную технологию с использованием вермикулита безотходной и логически безопасной (рис. 1).

3.2 Создание вермикулитовых субстратов нового поколения марки Випон

Качество вермикулитового субстрата определяется исходными свойствами слюды и режимом сжига (Теннер, 1969). Для производства вермикулитовых субстратов с высокими качественными азателями (хорошей вступчиваемостью, высокой механической прочностью, благоприятным для ацивания растений уровнем рН водных суспензий) важно знать оптимальный режим обжига миккулита.

Вступчиваемость вермикулита. В связи с тем, что слюды различной степени гидратации учиваются неодинаково, оценку качества получаемого в результате обжига термовермикулита водили не по изменению толщины его пластинок, а на основании выявления изменений насыщенно сема проб вермикулита до и после их обжига (Бойко и др., 1976). Этот показатель позволяет выбрать тот им обжига, который приводит к получению термовермикулита с достаточно низким объемным весом. ледование влияния разных температурных (от 300 до 1000°C) и временных (от 2 до 6 мин) режимов на изменения объемного веса вермикулита разного фракционного состава выявило наиболее четкую кмность степени их вступчиваемости от времени воздействия температур до 500-550°C (с повышением пературы и времени обжига уменьшается объемный вес вермикулита). При дальнейшем повышении пературы обжига фактор времени не оказывает четкого влияния. Наименьшая объемная масса у разных кций вермикулита достигалась у крупнофракционированных партий (КВК-8, КВК-16) при температуре -700°C, у мелкофракционированных (КВК-2, КВК-4) — при 650°C.

Хрупкость термовермикулита. Для определения качества гидропонного субстрата важно еделать тот режим обжига, при котором достаточная вступчиваемость сочеталась бы с наиболее чной структурой минерала. С этой целью изучали изменение степени хрупкости пластин мовермикулита в зависимости от разных режимов обжига, полученные образцы подвергали действию искусственно имитированной нагрузки, приблизительно соответствующей действию геней на вермикулитовый субстрат в период вегетации и разрушающей его гранулы (Кутенкова, 4). Затем определяли диапазон температур, соответствующий наименьшей степени хрупкости стенок вермикулита. У всех использованных фракций вермикулита хрупкость пластинок возрастала величением температуры и времени ее воздействия в интервале температур от 300 до 700°C. уктура более крупных фракций менее подвержена воздействию высокотемпературного обжига. ксимальная величина хрупкости отмечается при температуре 700°C, поэтому для сохранения чности термовермикулита его обжиг следует проводить при более низкой температуре. оставление полученных данных о влиянии различных режимов обжига на вступчиваемость и степень пкости пластинок разных фракций ковдорского вермикулита позволили заключить, что для учения термовермикулита с наименьшим объемным весом и наиболее прочной структурой обжиг ерала следует проводить при температуре 500-650°C.

Уровень pH термовермикулита. Главным недостатком гидропонных субстратов, приготовленных из ковдорского вермикулита, является крайне высокий показатель pH водных суспензий (от 8.0 до 10.0). В проведении исследований по определению оптимального температурного режима обжиг фракционированного вермикулита с целью получения термовермикулита с низким объемным весом степенью хрупкости гранул, а также благоприятным для выращивания растений уровнем pH вермикулитовые образцы подвергали обжигу в муфельной печи в диапазоне температур 500-700. Установленные изменения pH водных суспензий разных фракций вермикулита показали, что pH благоприятный (6.5-7.1) для выращивания растений, термовермикулит приобретает при обжиге 550-650. Выявленные закономерности изменения физико-химических свойств ковдорского вермикулита, происходящие под воздействием высокотемпературного обжига, были использованы при разработке инновационной полезной модели «Трубчатая наклонная печь для обжига вспучивающихся материалов» (патент № 55110) и технологии производства на ней высококачественных вермикулитовых субстратов марки Випон в 4 модификациях, а также технических условий (ТУ № 5722-00171890440-1) и технических инструкций (ТИ № 5722-00171890440-06) и рекомендаций по их применению в растениеводстве.

Субстраты Випон создавались с учетом экологических, агрохимических, технологических и экономических требований. Содержание химических элементов в субстратах, в зависимости от фракции, составляет, %: Mg – 14.7-15.6, Fe – 3.4-3.7, Ca – 0.2-0.3, K – 0.2-0.3, P – до 0.05, Mn, Ni, Cx – 0.05, Zn – 0.007-0.01, Cu – 0.001, Mo, Cd, Pb – <0.001, As – <0.005, HgO – 0.00048. Они универсальны экологичны (стерильны, не радиоактивны, в них отсутствует канцерогенный компонент – асбест), легки (0.15-0.55 г/см³), характеризуются гармоничным сочетанием полезных для выращивания растений свойств, выгодно отличающих их от других современных гидропонных субстратов и почвы: высокая воздухо- и влагоемкость, буферность, механическая прочность, относительная химическая инертность не требующая специальной обработки, оптимальная для выращивания растений величина pH (6.5-7). Эти свойства обеспечивают успешную замену почвы и других типов субстратов, устойчивость к длительной эксплуатации, сокращение расхода воды для полива, дозированное и полное использование минеральных элементов.

3.3 Особенности использования вермикулитовых субстратов в гидропонике

С развитием технического прогресса и гидропонике в мире множится число разнообразных конструктивно отличных друг от друга гидропонных установок (гидропонникумов). Среди них имеются небольшие для частного использования и крупные, промышленного назначения. Для эксплуатации вермикулитовых субстратов в соответствии с его особенностями разработана специализированная универсальная многомодульная установка, работающая в полуавтоматическом режиме, простая в изготовлении и обслуживании. Она может применяться в разных типах теплиц, в том числе предназначенных для современной многоярусной узкостеллажной гидропоники. В ее основе ирригационная (методом подопления) система орошения. Достоинство гидропонникума заключается в его экологичности, позволяющей применять ежедневно приготовленный объем питательного раствора полностью, без выброса неиспользованных остатков в канализацию, свойственного другим видам гидропонике и нарушающего природную среду.

Химико-физическая трансформация минерала вермикулита в субстрат-наполнитель для многолетнего гидропонного выращивания растений

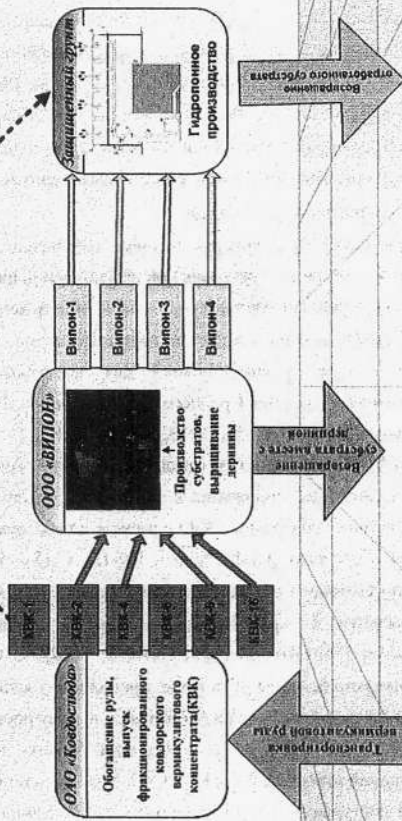


Рисунок 1 – Схема полного цикла использования ковдорского вермикулита в северном растениеводстве

Глава 4. Онтогенетические аспекты минерального питания растений в условиях гидропоники

4.1 Изучение потребности декоративных и овощных растений в элементах минерального питания при выращивании на вермикулите

Потребность растений в определенном количестве и сочетании питательных элементов обуславливается их природой, наследственностью и изменяется в зависимости от условий выращивания (Прянишников, 1952). Исследовали изменения потребности растений в питании в течение онтогена при разной величине продуктивности. Для этого определяли два показателя: количественный (интенсивность потребления каждого питательного элемента растением в единицу времени) и качественный (соотношения потребляемых растениями элементов питания) в динамике для всего периода роста растений. Варьируя этими показателями, можно управлять ростом и развитием растений для получения более раннего и качественного урожая (Авдонин, 1941; Журбицкий, 1963) в конкретных производственных условиях (Егорова, 1969; Бабурин, 1980). Такой подход был взят за основу и составлении дифференцированных по этапам онтогенеза питательных растворов для изучаемых культур как способ увеличения их продуктивности в условиях вермикулитопоники.

4.1.1 Декоративно-цветочные растения

Зантедеския эфиопская. Подчеркивая наличие специфики в питании каждого растения, Д. Прянишников (1952) считал, что разные растения при выращивании на одинаковом растворе или на одной той же почве обнаруживают разный состав золь, хотя и подверженный некоторым колебаниям, но каждого типа растений сохраняющей известные типичные черты. В качестве исходного питательного раствора использовали раствор, рекомендуемый для выращивания зантедескии на вермикулитопоники Потанинского месторождения в условиях Среднего Урала (Логнов, 1975), со следующим соотношением основных питательных элементов, %: $N:P_2O_5:K_2O:CaO:MgO = 18:32:50:10:6$ (сумма $N+P_2O_5+K_2O$ принята за 100%, CaO и MgO вычислены по отношению к этой сумме). Выявлено, что, как и в условиях Среднего Урала, в Заполярье доминирующее положение в спектре поглощенных зантедескией элементов питания принадлежит калию. В растениях содержание K_2O в расчете на абсолютную сухую массу может достигать 17%, в то время как N колеблется в пределах 3.5-4.7, P_2O_5 – 0.9-1.7, CaO – 1.2-2.4, MgO – от 0.7 до 1.2%. При естественном сокращении светового дня концентрация калия в растениях в отличие от других элементов повышается, что согласуется с зарубежными данными о роли калия в адаптации растений к неблагоприятным условиям (Nowakowski, 1971; Jerhold, 1982). В балансе потребленных зантедескией основных питательных веществ ведущая роль также принадлежит калию. Его вынос превышает суммарное потребление растениями азота и фосфора. Уже в начальную фазу роста и развития зантедескии потребление калия в 3.5 раза больше, чем фосфора, и в 1.5 раза больше, чем азота. Была изучена динамика количественных соотношений между N, P_2O_5 , K_2O , CaO, MgO в растениях в течение вегетации. Выявлены изменения соотношений поступающих в растения элементов питания позволили сделать вывод о том, что питание зантедескии необходимо проводить дифференцированно, в растворе поддерживать следующие соотношения основных питательных элементов: в фазу начала роста – 33:13:54:12:9, активного роста – 25:11:64:8:7, бутонизации и цветения – 28:17:55:9:8. Применение сбалансированного питания на всех этапах развития способствовало увеличению продуктивности зантедескии, которая, при высоких показате-

ства продукции, составила 69.3 ± 3.5 соцветий/м², что соответствует репродуктивному потенциалу этого вида (Котовщикова, 1975).

Гербера гибридная при соблюдении правильной агротехники и системы питания может обильно цвести на протяжении 4-5 лет (Мантрова, 1988). Она отличается высокой требовательностью к питательным элементам и считается культурой преимущественно азотно-калийного питания (Звиргдзыня, 1984; Якобсон, 1984). В качестве исходного питательного раствора использовался раствор (10:50:15:8), рекомендуемый для выращивания герберы в условиях Латвии (Гутмане, 1977). В составе основных питательных веществ, усвоенных герберой за определенный промежуток времени, ведущая роль принадлежит также калию, его вынос превышает суммарное потребление растением азота и фосфора. Лишь в начале своего развития гербера поглощает преимущественно азот и несколько больше калий. Кальция в это время растению требуется в 2.8 раза, магния – в 4, фосфора в 6.5 раза больше, чем азота и калия. В фазу активного роста растение герберы накапливает питательных элементов меньше, чем в начале вегетации. Максимум потребления питательных элементов падает во время бутонизации и цветения, когда возрастает потребность растения в азоте и калии и снижается – в магнии: одно растение может потреблять до 1.5 г N, 0.4 г P, 1.2 г K, 0.7 г Ca и 0.3 г Mg.

Анализ полученных результатов позволил заключить, что при выращивании на вермикулите в питательном растворе следует придерживаться следующего соотношения элементов питания: в период активного роста – 49:7:45:16:10, в фазу активного роста – 32:6:60:20:15, во время бутонизации и цветения – 1:53:22:9. При таком уровне питания продуктивность одного растения герберы в эксперименте составила 10.6 соцветий в год и соответствовала ее потенциальной продуктивности (Звиргдзыня, 1984).

Альстремерия гибридная. При изучении потребности растений в элементах питания при выращивании в условиях вермикулитопоники для ряда изучаемых видов была проведена только ректификация исходного питательного раствора методом функциональной диагностики. Так, например, при выращивании альстремерии гибридной рекомендуется поддерживать в питательной среде следующее соотношение основных элементов питания – 17:32:51:9:11 (Матвеев, 1985; Лукина, 1989). В соответствии с результатами проведенной диагностики, при ее культивировании на вермикулите в почвах защищенного грунта Заполярья потребовалось увеличение концентрации N, P, Ca, уменьшение – K и Mg. В результате оптимальное соотношение элементов составило – 24:35:41:15:5. Изменение питания растений позволило увеличить продуктивность культуры до 207 ± 6.9 соцветий/м² в

Гиппеаструм гибридный, кринум Мура. При выращивании в более южных регионах России гиппеаструм удобряют по аналогии с другими луковичными культурами, а подкормки и дозы анализируют эмпирическим путем (Рутите, 1976). Данные об удобрении кринума в литературе отсутствуют. Оба вида относятся к семейству амариллисовых. За основу при изучении их потребности в питании были взяты рекомендации немецких исследователей – соотношения в питательной среде, равные 38:40:16:6 (ГДР. Гиппеаструм..., 1985). Согласно результатам проведенной функциональной диагностики при выращивании гиппеаструма и кринума на вермикулите эти параметры были изменены – 34:31:17:6, т.е. увеличено содержание азота и кальция, уменьшено – калия и фосфора. Применение питательной смеси способствовало значительной интенсификации жизненных процессов у растений – формированию большего, чем в природных условиях Юго-Восточной Африки и при

традиционном культивировании, количества составляющих стебель листьев и циклов цветения, позволило максимально повысить продуктивность гшпеаструма до 3, крипума - до 5 высококачественных соцветий/1 растения в год.

4.1.2 Овощные растения

Огурец (гибриды селекции ТСХА – Арбента, Виренда, Зозуля). В качестве исходного питательного раствора использован состав – $N:P_2O_5:K_2O:CaO:MgO$ (31:19:50:50:11), разработанный для гидропоники выращивания огурца в северных широтах (Чесноков, Базырина, 1960). Исходя из результата функциональной диагностики о потребности растений в питательных элементах при выращивании вермикулите данный состав был дифференцирован по фазам роста, %: начало роста – 56:8:36:11:7, начало цветения и бутонизация – 34:21:44:7:8, цветение и плодоношение – 33:7:60:6:6. Сбалансированное питание огурца (гибридов Виренда и Арбента) на вермикулите позволило увеличить их урожайность до $56.7 \pm 3.51.3 \text{ кг/м}^2$, продуктивность одного растения до 9.5 ± 0.7 и $8.6 \pm 0.6 \text{ кг/растения}$ соответственно.

Томат (гибриды селекции ТСХА – Русич, Верлюка, Портленд, Торпила, Рококо). В результате проведенной функциональной диагностики по определению потребности томатов в питательных элементах при выращивании на вермикулите исходный состав питательного раствора – 31:19:50:50 (Чесноков, Базырина, 1960) был дифференцирован по фазам роста и развития, %: начало роста 24:15:61:5:6, начало цветения и бутонизация – 55:9:36:11:7, цветение и плодоношение – 34:7:59:4. Сбалансированное питание индетерминантных гибридов Портленд и Верлюка на вермикулите позволило увеличить их урожайность до 32.0 ± 2.7 и $26.4 \pm 2.1 \text{ кг/м}^2$ за 2 месяца плодоношения, продуктивно одного растения до 5.3 ± 0.5 и $4.4 \pm 0.2 \text{ кг}$ соответственно.

Таким образом, дифференцированный подход к изучению минерального питания декоративных и овощных растений в условиях вермикулитопоники показал различия в их потребности в элементах питания во время вегетации. Эти исследования позволили оптимизировать дозы и соотношения питательных элементов в разрабатываемых питательных смесях и обеспечить сбалансированное питание согласованное с условиями теплиц. Величина продуктивности (качество и количество цветочной/овощной продукции) для каждого исследованного вида растений в условиях Крайнего Севера достигли своих максимальных значений – потенциальных для сорта.

4.2 Поглощение элементов минерального питания, продуктивность растений при выращивании на разных субстратах

Вопрос о роли субстратов при выращивании растений в условиях защищенного грунта остается актуальным. Их сопоставление дает представление о вкладе этой составляющей в разрабатываемую технологию.

Зантедесия эфиопская. В соответствии с результатами предыдущего эксперимента в опыте применяли ранее разработанный состав питательного раствора ($N:P_2O_5:K_2O:CaO:MgO = 28:17:55:9$). Наблюдения показали, что растения, выращиваемые методом гидропоники на верховом сфагновом торфе вермикулите пятилетнего использования, в сравнении с традиционным способом возделывания (почвосмесь), имели лучшую облиственность, большую ассимиляционную поверхность листьев, более мощную корневую систему и отличались ускоренным развитием. Все это сочеталось с более интенсивным накоплением ими сухого вещества. Однако концентрация элементов питания в различных органах зантедесии слабо зависела от типа субстрата. Основная роль в формировании минерального статуса

тенной принадлежала калию и в меньшей степени азоту, фосфору, кальцию и магнию. Потребление питательных элементов происходило соответственно накоплению ими сухой массы и изменению ее минерального состава в процессе роста. В фазу роста, бутонизации и цветения растениям требовались максимальное их количество. Общая величина потребления питательных веществ одним растением в этот период составляла: при выращивании на вермикулите 5-летнего использования 5.0 г, на верховом агновом торфе – 3.0 г и на почвенной смеси – 1.6 г. Установлено, что соотношение элементов питания, длительно сохраняемое в питательном растворе при проведении опыта, соответствовало потребностям растений во всех вариантах опыта, тем самым способствуя увеличению их продуктивности до 105.0±5.3 высококачественных соцветий с 1 м² за год. Анализ данных по урожайности культуры, полученных в полевом эксперименте, показал, что наиболее перспективным субстратом для гидропонного выращивания зантедесии эфиопской является вермикулит (табл. 2), а период эксплуатации искусственных субстратов в гидропонике может быть увеличен: вермикулита – до 10 лет, торфа – до 5 лет без замены.

Таблица 2 – Продуктивность зантедесии эфиопской при выращивании на разных субстратах, количество соцветий/м²

Год выращивания	Почвосмесь (контроль)	Вермикулит 5 лет использования	Верховой сфагновый торф	НСР ₀₅
первый	88.0±1.4	105.0±2.5	89.0±3.4	3.8
второй	75.5±1.7	95.0±1.8	90.0±2.7	3.1
третий	56.0±3.6	68.0±1.0	66.0±2.1	5.2
сумме за 3 года	219.5±5.7	268.0±5.6	245.0±3.3	9.1

Альстремерия гибридная. Наблюдения за ростом и развитием альстремерии при ее выращивании на вермикулите, торфе и почвосмеси в условиях защищенного грунта Мурманской области показали, что независимо от используемого субстрата формирование растения происходит непрерывно в течение года и во многом зависит от температурных и световых условий. При снижении интенсивности освещения и повышении температуры воздуха более +20°C побегообразование альстремерии замедляется, стебли ослабевают, вытягиваются, искривляются, засыхают; прекращается рост, утрачивается тургор. Независимо от варианта, максимальное количество побегов (до 15-35 шт/1 м² площади) формируется в фазу активного роста. Наиболее интенсивный рост растений, побегообразование отмечены при гидропонном культивировании: высота растений на вермикулите в течение вегетационного периода варьирует в пределах 120.3±6.3-170.1±8.9 см (отдельные побеги могут превышать отметку в 2 м), соответственно на торфе – 100.3±5.4-160.2±7.9, на почвосмеси – 90.2±5.2-100.3±7.4 см. Количество листьев на 1 побеге альстремерии в варианте с использованием вермикулита составляет 30-70, торфа – 28-73, почвосмеси (контроль) – 20-60 шт. Во все годы исследования наибольший урожай соцветий был получен в варианте с использованием вермикулита, на третий год культивирования он достигал максимальных значений 207.0 соцветий/год, что соответствует генеральной продуктивности этого вида (Alstroemerien in Holland, 1983) (рис.2).



Рисунок 2 – Продуктивность альстремерии гибридной сорта Регина при выращивании на разных субстратах

■ Почвосмесь □ Верховой торф ▨ Вермикулит

Кринум Мура. Двухгодичные растения кринума были высажены в январе с полным сохранением корневого кома по 4 шт/м² в стеллажи в почвосмесь (контроль) и вермикулит. До марта в обоих вариантах отмечено интенсивное развитие растений (увеличение окружности луковицы, количество листьев, роста растений), а затем его замедление, вызванное началом цветения. В опытном варианте первые соцветия появились в апреле, в контрольном – в мае. Данные по урожайности культуры имеют существенные различия: на вермикулите продуктивность 1 растения составила 2.6 и у 25% отмечено появление 2 соцветий одновременно, а на почвосмеси – 1.2 соцветия. Качественные показатели цветочной продукции (общее количество и одновременно распустившихся цветков в соцветии, длина цветоноса, длительность сохранения декоративных качеств в срезке) были высокими в обоих вариантах опыта. После завершения первой волны цветения рост и развитие растений усилились. В начале августа высота растений на вермикулите достигала в среднем 87.3, на почвосмеси – 80.2 см, количество листьев на растении 25.0 и 21.2 шт. соответственно. За 2 последующих месяца эти показатели резко ухудшились, но полного отмирания листьев не было зафиксировано. Окружность луковицы у растений обоих вариантов продолжала увеличиваться вплоть до ноября – начала второго цветения кринума. Продуктивность 1 растения в осенний период цветения в опытном варианте составила 1.9, контрольном – 0.8, общая за год 3.9 и 2.5 соответственно, а максимальная на отдельных растениях – 5 и 3.0 соцветия. Полученные данные позволили сделать вывод о том, что использован вермикулитового субстрата для выращивания кринума Мура позволяет повысить продуктивность одного 3-летнего растения до потенциально возможных значений – 5 высококачественных соцветий/год.

Глава 5. Управление ростом, развитием, продуктивностью и качеством продукции декоративно-цветочных растений в условиях вермикулитопоники

5.1 Семенное и вегетативное размножение растений

Зантедесия эфиопская. Вегетативный способ размножения. Органом вегетативного размножения зантедесии является подземное корневище, на котором ежегодно образуется от 10 до 30 почек-деток, отличающихся высокой жизнеспособностью и энергией развития (Котовщикова, 1975). В опыте использовались детки разных размеров (0.5-1.0, 1.1-1.5, 1.6-2.0, 2.1-3.0, 3.1-4.0, 4.1-5.0, 5.1-7.0 см), которые высаживали в 4 срока (весенний, летний, осенний и зимний) в вермикулит по 150 шт. в каждом варианте. Лучшая всхожесть была отмечена у деток размером 3.1-7.0 см. Выращенный из них посадочный материал характеризовался более интенсивным ростом и развитием. Оптимальным сроком посадки для размножения является зимний, позволяющий получить первый урожай соцветий зантедесии на 4

раньше и сместить пик цветения на осенне-зимний период. Недостаточное количество деток таких сров может быть пополнено из фонда хранящихся в вермикулитовом субстрате в холоде.

Герберы гибридная. Генеративный способ размножения. Одной из особенностей этого вида ется быстрое падение всхожести семян, поэтому изучали влияние разных субстратов и предпосевной ботки семян герберы 0.02 %-м раствором $KMnO_4$ на их всхожесть. Выявлено, что обработка семян обтует увеличению их всхожести от 14 до 40% в зависимости от субстрата. Процент всхожести ботанных семян на вермикулите был наивысшим – 76%, на песке возшло 64, торфе – 54, почвосмеси % семян. Оптимальным сроком посева семян герберы является весна, при котором уже в июле же года возможно получение первых соцветий.

Вегетативный способ размножения. Вегетативно герберу размножают зелеными черенками, рые можно получить от взрослого растения (Smith, 1967; Звирздыля, 1984). В условиях Заполярья с го 2-летнего растения можно получить до 20 шт. черенков. Их укоренение проводим в марте в осмеси, торфе и вермикулите. Во всех вариантах опыта отмечено 100%-е укоренение. Субстрат и влияние на качественные показатели посадочного материала. Высота растений, укорененных на икулите, составила 39.2 ± 2.0 см, количество листьев на растении – 8.8 ± 0.5 шт., на торфе – 27.6 ± 1.5 см ± 0.2 шт., на почвосмеси – 22.4 ± 1.3 см и 4.0 ± 0.2 шт. соответственно. Лучшая приживаемость рассады пересадке на постоянное место отмечена также у растений, выращенных на вермикулите, а первая очная продукция у этого варианта была получена на 8 дней раньше, чем на торфе и на почвосмеси.

Гиппеаструм гибридный. Генеративный способ размножения гиппеаструма используется для чения большого количества однородного, здорового посадочного материала и позволяет ичивать эффективность размножения луковичных растений в 10-20 раз (Давыдова, Козлова, 1983; обченко, 1993). В опыте использовали семена собственного сбора. Наряду с самоопылением юднили перекрестное опыление растений. Выявлено, что завязывание семян гиппеаструма проходит чение 7, период созревания – 40-60 дней; в одной семенной коробочке образуется 120-160 семян.

посеве в вермикулит свежесобранные семена обладают 100%-й всхожестью, значительно рется рост и развитие проростков и улучшаются качественные показатели посадочного материала: к концу второго года выращивания диаметр луковиц достигает 5.5 ± 0.4 см и появляются первые етия. По литературным данным (Артюшенко, 1979), ко 2-3-му году в луковицах гиппеаструма ко начинают закладываться репродуктивные органы.

5.2 Рост, развитие и регуляция сроков цветения растений в разные сезоны года

Гиппеаструм гибридный и кринум Мура. Вопросы соотношения внутри- и внепочечного ов развития побегов растений до сих пор остаются слабо изученными (Комарова, 1986; Шилова,), хотя и имеют большое значение для практики цветоводства. В течение нескольких лет юднили наблюдения за появлением и ростом листьев и соцветий у данных видов, а также иарировали их луковицы для выявления особенностей органобразования на апексе побега. ашвание гиппеаструма и кринума в условиях вермикулитопоники с использованием ранее аботанной для растений сем. *Amaryllidaceae* питательной смеси выявило возможность ительной интенсификации жизненных процессов у данных видов. Их цветение может южаться несколько месяцев, при этом последовательно формируется у гиппеаструма до 3, у ума до 5 цветочных стрелок. Увеличивается зеленая масса растений как за счет роста растений в

высоту, так и большего количества составляющих стебель листьев (свыше 10 листьев у гиппеаструма и более 40 – у кринума). У гиппеаструма при интенсивном выращивании можно добиться 3, кринума – 5 циклов развития в год по сравнению с 1-2 в природных условиях или при традиционном культивировании. Исследование опровергает предположение о постоянном и равномерном органогенезе у растений рода *Crinum* (Артюшенко, 1970), а также выявляет возможности регулируемого выращивания растений в контролируемых условиях. Показателем, по которому можно судить о продуктивности данных видов, служит количество листьев, сформированное за вегетационным периодом на одном растении. У растений гиппеаструма с 12 и более ассимилирующими листьями она максимальна – 3 соцветия в год. Для обеспечения продуктивности растения кринума, равной двум соцветиям в год, оно должно превышать 16 листьев, трем – 24, четырем – 32, пяти – 40 листьев соответственно.

Альстремерия гибридная. Из литературы известно, что период массового цветения альстремерии приходится на апрель-июль (Комиссарова, 1982; Poweil, Bunt, 1984; Fisek, 1986), а потребность в этой высокопродуктивной культуре в Заполярье более высока в зимнее время. Согласно данным, цветение альстремерии можно вызвать снижением температуры (Lin, 1984). Для индукции генеративного развития рекомендуется снизить температуру воздуха в теплице до 5-15°C (Hurko, 1986). Растения альстремерии были высажены в 2 гидропонные вермикулитовые теплицы в марте и до сентября включительно выдерживались в одинаковых условиях. С октября в теплице № 1 в течение 3 мес. (с октября по декабрь) поддерживали температуру воздуха на уровне 5-10°C (опыт), в теплице № 2 – 18°C (контроль). Появление первых единичных соцветий у растений опытного варианта отмечено в конце декабря, то есть спустя 3 мес. с момента низкотемпературной обработки растений; цветение растений длилось до октября следующего года, а максимальный выход соцветий пришелся на февраль-август (рис.3). В контрольном варианте появление первого цветения отмечено только в конце апреля во второй год эксперимента и продолжалось до октября. Урожайность растений в контроле составила 124±6.9, в опытном варианте – 197±10.5 соцветий/м² за период цветения. Вся цветочная продукция имела высокие качественные показатели. Однако в опытном варианте во время зимнего цветения (декабрь-февраль) соцветия имели менее интенсивно окрашенные цветки, меньший диаметр и количество цветков в зонтике по сравнению с весенним сроком цветения.

Вариант	1993 г.				1994 г.														
	IX	X	IX	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	XI	XII					
Опытный																			
Контрольный																			

 - период воздействия низких температур

 - период цветения

Рисунок 3 - Динамика цветения альстремерии гибридной сорта Регина в разных условиях выращивания

Полученные результаты позволили заключить, что снижение температуры воздуха в теплице с 5-10°C в течение 3 мес. (октябрь-декабрь) при выращивании альстремери гибридной способствует лучению соцветий в зимнее время и увеличению продолжительности цветения растений.

Гиппеаструм гибридный. При разработке зональной технологии выращивания гиппеаструма важно изучение возможности регулирования сроков цветения (Былов, Зайцева, 1990). Переходу генеративное состояние и повышению его продуктивности способствуют температурная индукция периода покоя и последующее высокотемпературное воздействие (Червченко, 1977; Klinkan, 1990). этой целью сроки и продолжительность индукции осуществлялись таким образом, чтобы запланируемые пики цветения гиппеаструма приходились на периоды, когда в Заполярье особенно остро ощущается дефицит срезки (табл.3).

Растения гиппеаструма высотой 18 см с 3 листьями и диаметром луковицы 5.0 см были высажены в марте 1995 г. в 3 изолированных друг от друга гидропонных теплицах в вермикулитовый субстрат по 49 шт/м².

Таблица 3 – Схема опыта по регулированию сроков цветения гиппеаструма в разные сезоны года при выращивании на вермикулите

Вариант	Планируемый пик цветения	Сроки и продолжительность индукции		
		покоя	высокотемпературное воздействие	вегетативного роста (возобновления поливов)
-й	25.XII-10.I	10.X-10.XII	11.XII-18.XII	19.XII-9.X
-й	20.II-15.III	10.XII-10.I	11.II-18.II	19.II-9.XII
-й	25.IV-15.V	10.II-10.IV	11.IV-18.IV	19.IV-9.II

В период покоя температуру воздуха в теплице снижали до 7-15°C, полностью прекращали полив и подкормки растений. В следующем периоде температуру воздуха резко поднимали до 25-27°C, что провоцировало массовое появление цветочных стрелок. Третий период начинался постепенного возобновления полива, повышая температуру воздуха до 18-20°C, что вызывало появление листьев. В результате максимальный выход соцветий был получен в запланированное время. При осенне-зимнем сроке выгонки отмечены наивысшие качественные и количественные показатели цветочной продукции: в первый год продуктивность растений составила 2.0±0.1, во второй - 2.0±0.4 цветков/1 растения; 52% растений имели по 4, 15% – по 5, около 9% растений – по 6 цветков соцветия. При более поздних сроках выгонки выход соцветий и качество соцветий были ниже: в первый год зимне-весеннего периода продуктивность растений составила 1.8±0.1, весенне-летнего – 1.9±0.1, во второй год – 1.6±0.2 и 1.4±0.1 цветков/м² соответственно. Таким образом, при выращивании на вермикулите цветочная продуктивность гиппеаструма может достигать высоких значений и его можно управлять, планируя получение соцветий в разные сезоны года.

5.3 Влияние густоты посадки на продуктивность растений

Зантедеския эфритская. Благоприятные условия водоснабжения и минерального питания при гидропонном выращивании растений на искусственных субстратах создают возможность загущения посадок (Баггли, 1965). Схема опыта включала 5 вариантов размещения растений от 4 до 54 шт/м² при

формировании растений в 1 и 3 побега. Наблюдения показали, что загущенность посадок оказала влияние на рост растений, побего- и листообразование, нарастание ассимиляционной поверхности листьев и не было негативного влияния на качество цветочной продукции; во всех вариантах эксперимента она имела высокие качественные показатели. Оптимальной плотностью посадки было признано размещение на 1 м^2 27 растений, сформированных в 1 стебель. На протяжении всего исследования в данном варианте отмечалось равномерное развитие всех 27 побегов, наибольшее нарастание ассимиляционной поверхности листьев и максимальная продуктивность культуры. Во второй год выращивания она была наивысшей и составила 115.2 ± 5.4 соцветий/ м^2 (рис.4). По сравнению с контролем (4 растения без формирования стебля) такое загущение посадок позволило увеличить выход соцветий зантадешии на 40.5%.

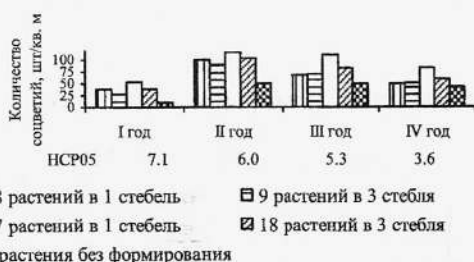


Рисунок 4 – Влияние загущенности посадок зантадешии эфиопской сорта Штутгартская жемчужина на ее урожайность

Гербера гибридная. При выращивании герберы традиционным способом рекомендуется высаживать не более 9 растений на 1 м^2 (Рихтер, 1973). Схема эксперимента включала 4 варианта загущения: 1-й – 9 (контроль), 2-й – 16, 3-й – 20, 4-й – 25 растений/ м^2 . Анализ полученных результатов показал, что увеличение плотности растений до 25 растений/ м^2 не оказывает существенного влияния на рост растений, сроки получения первой цветочной продукции и качественные показатели соцветий, но приводит к уменьшению количества листьев на растении (с 18.0 ± 1.3 шт. – в контроле до 13 ± 0.8 – в самых загущенных посадках), отрицательно сказывается на продуктивности культуры. Наибольший урожай соцветий герберы был получен при загущении посадок до 16 растений/ м^2 – 57.2 ± 2.4 соцветий/ м^2 год. По сравнению с контролем прибавка урожая в этом варианте составила 45.5, в 3-м варианте – 36.4, 4-м – 22.7%. В связи с тем, что максимум цветочной продукции герберы гибридной в эксперименте был получен в варианте с размещением 16 растений/ м^2 , а более загущенные посадки естественным образом сократились до такой же плотности, был сделан вывод о том, что она является оптимальной для выращивания герберы гибридной на вермикулитовом субстрате в условиях защищенного грунта Мурманской области.

Альстремерия гибридная. Изучали 5 вариантов загущения – 2 (контрольный), 3, 4, 5 и 6 растений/ м^2 . Урожайность растений по вариантам имела следующую зависимость: увеличение загущенности с 2 до 4 растений способствовало повышению их урожайности в первый год выращивания с 30.1 ± 1.2 до 61.2 ± 3.4 , во второй год – с 68.2 ± 4.0 до 94.3 ± 5.1 и в третий год – с 138.2 ± 6.4 до 215.4 ± 8.9 соцветий с 1 м^2 . Более плотные посадки альстремерии (5 растений/ м^2), в особенности 6 растений, привели

снижению урожайности культуры, что, вероятно, обусловлено ухудшением условий освещенности посадках в результате образования большого количества (порой свыше 200 шт.) вегетативных побегов 1 м^2 . Наибольшее количество соцветий было получено при размещении 4 растений/ м^2 , где на третий год выращивания растений урожайность культуры была максимальной и составила 215.4 ± 8.9 соцветий/ м^2 , что на 55.8 % превысило урожайность контрольных растений. Анализ полученных данных показал, что оптимальной густотой посадки альстремерии гибридной на вермикулите в условиях защищенного грунта Мурманской области, обеспечивающей максимальный (более 200 соцветий/ м^2 в год) выход высококачественных соцветий, является размещение 4 растений/ м^2 .

Глава 6. Изучение продуктивности различных сортов декоративных и овощных растений при выращивании на ковдорском вермикулите в условиях Заполярья

Одним из основных условий, определяющих нормальное развитие отрасли растениеводства, является правильный выбор сорта (Квасников, 1959). Особенно велика роль сорта при интенсивных технологиях (Вески, 1966).

Зантедешия эфиопская. В опыте использовали 4 сорта: Николай, Штутгартская жемчужина, тл Джем, Гигант. Первые соцветия были получены у сорта Штутгартская жемчужина – на 1 мес. раньше, чем у сорта Николай, на 2.5 мес., чем у сорта Литл Джем, и на 3 мес., чем у сорта Гигант. Качественная продукция зантедешии у всех сортов имела высокие качественные показатели и по сортности носилась к высшим разрядам. Во многом декоративность зантедешии эфиопской зависит от размеров кривала соцветия. У сортов Гигант, Штутгартская жемчужина, Николай максимальный диаметр кривала достигал 20.0 ± 0.9 , у Литл Джем – 15.3 ± 0.6 см. У всех сортов декоративность соцветий резко была высокой и сохранялась в течение 10-16 дней. Наибольший выход цветочной продукции отмечен у сорта Штутгартская жемчужина, несколько меньший – у Николай и Гигант (табл. 4).

Таблица 4 – Урожайность различных сортов зантедешии эфиопской при выращивании на вермикулите

год выращивания	Урожайность, соцветий/ м^2 за год				НСР ₀₅
	Штутгартская жемчужина	Николай	Гигант	Литл Джем	
1-й	104.5 ± 1.3	79.0 ± 1.8	67.0 ± 1.8	28.5 ± 1.3	6.9
2-й	82.0 ± 1.8	60.0 ± 1.8	57.0 ± 1.6	25.0 ± 1.8	2.8
3-й	80.0 ± 1.3	58.0 ± 1.6	53.0 ± 1.2	20.0 ± 0.8	1.1
сумме за 3 года	266.5 ± 3.3	197.0 ± 3.8	177.0 ± 2.5	73.5 ± 2.6	5.0

При оценке хозяйственной ценности того или иного сорта зантедешии важным показателем является габитус растения, во многом определяющий их площадь питания. Поэтому при выращивании сортовых растений на срез бывают хозяйственно невыгодными сорта с широко раскидистым стелом и крупными листьями. Таковыми в опыте оказались растения сортов Гигант и Николай, высота которых достигала 150.2 ± 6.5 и 130.0 ± 7.1 см соответственно, а ассимиляционная поверхность более 1 м^2 , т. е. в 1.5-2.0 раза превышала площадь листьев у растений сортов Штутгартская жемчужина, тл Джем. Анализ исследуемых показателей показал, что наиболее перспективными являются сорта зантедешии сорта Штутгартская жемчужина, обеспечивающие получение цветочной

продукции в более ранние сроки с высокими декоративными качествами и в количестве свыше 100 соцветий/м² за год.

Гербера гибридная. Сорты герберы сильно различаются по продуктивности (Harding, 1981). Усил селекционеров направлены на получение качественных соцветий: диаметр 10-14 см, длина цветоноса 40-см с продолжительностью сохранения в срезке не менее 7 дней и продуктивности 1 растения не менее 15 соцветий в год (Грибова, 1984). В эксперименте использовали растения гербер гибридной 8 сортов латвийской селекции. Наблюдения показали, что при выращивании в Заполярье вермикулите опытные растения четко реагируют на комплекс экологических факторов; их развитие завис от температуры и условий освещенности. Наиболее требовательные в этом отношении сорта Томс, Айв Минус, Дарта погибли в первый год (август-декабрь), Айра, Яутрите – во второй год исследования (сентябрь-октябрь). Оставшиеся два сорта Лелде и Зелтене отличались высокой продуктивностью - 16,0 и 21,0±0,5 соцветия с 1 растения соответственно и качеством соцветий на протяжении всего периода цветения. Параметры их сортовых характеристик, имевшие место в условиях гидропонного выращивания вермикулите в Заполярье, были гораздо выше, чем в Латвии. Результаты опыта позволили заключить, что 8 опытных сортов герберы гибридной перспективны для гидропонного выращивания на срез в условиях закрытого грунта Заполярья являются Лелде и Зелтене; использование вермикулита для их выращивания обеспечивает получение высокого урожая высококачественных соцветий.

Альстремерия гибридная. При оценке хозяйственной ценности сортов альстремерии наряду с продуктивностью важными показателями являются высота растений, качество соцветий и побегов определяющие длину и облиственность цветоноса (Комиссарова, 1982). В эксперименте использовали наиболее популярные в России и различные по окраске цветков сорта Регина, Староза и Ставита. При посадке в вермикулитовый субстрат отмечено их интенсивное развитие. К концу первого года выращивания высота побегов у сортов Регина и Староза превышала 100±4,8, у сорта Ставита достигала 80±3,9. Облиственность побегов у растений всех вариантов опыта была высокой. Однако растения сорта Ставита были менее декоративны, отличались довольно тонкими, хрупкими и, в большинстве своем, искривленными побегами. Наиболее существенным показателем, позволившим судить о целесообразности культивирования того или иного сорта альстремерии, явилось общее количество соцветий, получаемое с 1 м² в течение года. На протяжении всего эксперимента самая высокая урожайность отмечена у альстремерии сортов Регина Староза (табл.5). На четвертый год выращивания она была максимальной у обоих сортов - до 140 соцветий/м². Ежегодный выход цветочной продукции у сорта Ставита был очень низким: в 1-й год 14±0,4, во 2-й - 13±0,2, в 3-й - 19±0,7, в 4-й - 13±0,3 соцветий/м².

При сравнении качественных показателей соцветий на протяжении всего опыта лучшие результаты отмечались у сортов Регина (диаметр цветков достигал 5,1±0,2 см, их количество в соцветии - 9,2±0,4 шт.) и Староза (3,5±0,4 см и 8,1±0,2 шт.). Соцветия сорта Ставита в среднем имели 3,5± цветков диаметром 3,0±0,1 см и отличались меньшей декоративностью. Наиболее перспективными для культивирования в условиях защищенного грунта Заполярья признаны сорта Регина и Староза отличающиеся лучшими декоративными качествами и большей продуктивностью.

Таблица 5 – Продуктивность различных сортов алыстремерии гибридной
в разные годы выращивания на вермикулите

Сорт	Количество соцветий, шт/м ²			
	1-й год	2-й год	3-й год	4-й год
Резина	40±2.1	53.3±2.9	121±2.1	160±4.1
Староза	37±3.2	49±4.7	106±2.5	159±5.3
Лавита	14±3.2	13±0.8	19±3.2	13±2.5
КСР ₀₅	6.8	9.2	9.1	13.4

Озвуч. При подборе ассортимента огурца для выращивания на вермикулите в весенне-летнем обороте использовали партенокарпические гибриды селекции овощной станции ТСХА им. В.И. Едлыштейна (г. Москва): ТСХА 379, 805, 138, 40, 98, 194, Арбента, Вирента, Зозуля, характеризующиеся быстрыми темпами нарастания листовой поверхности, высокой насыщенностью желтыми цветками, интенсивной прибавкой урожая, устойчивостью к вирусам. Растения выращивали садовым методом. Готовая рассада в 30-дневном возрасте имела 5 настоящих листьев, высоту 20-23 см, 3-5 хорошо сформированных завязей, мощную корневую систему. За 2 месяца плодоношения оживленность культуры при выращивании на вермикулитовом субстрате в весенне-летнем обороте была высокой и составила в зависимости от гибрида от 23.6±2.3 до 56.7±3.5 кг с 1 м² (табл.6). Наибольшая дача урожая отмечена в первый месяц плодоношения.

Максимальный урожай высококачественных плодов был получен у растений гибридов Вирента Арбента – 56.7±3.5 и 51.3±3.1 кг/м² или 9.5±0.7 и 8.6±0.6 кг соответственно с одного растения (при размещении 6 растений на 1 м²). Они были рекомендованы для выращивания в весенне-летнем обороте вермикулитовом субстрате в условиях защищенного грунта Мурманской области.

Таблица 6 – Показатели продуктивности гибридов огурца при выращивании
на вермикулитовом субстрате в условиях весенне-летнего оборота

Гибрид F ₁	Продуктивность			Масса 1 плода, г	Период плодоношения
	1 растения, кг	за 2 месяца плодоношения, кг/м ²	за 1-й месяц плодоношения, кг/м ²		
СХА-379	7.5±0.4	45.1±4.0	27.0±1.9	457.3±12.1	26.05-27.07
СХА-805	8.0±0.4	24.7±3.0	12.9±1.1	335.2±9.7	01.06-23.07
СХА-138	3.9±0.2	23.6±2.3	12.8±1.2	354.1±15.4	01.06-24.07
СХА-40	5.4±0.3	32.6±2.6	20.8±2.0	331.1±9.8	25.06-23.07
СХА-98	6.1±0.5	36.7±3.0	18.6±1.5	337.4±11.1	28.05-24.07
СХА-194	5.9±0.5	35.7±2.8	19.5±1.7	354.1±10.3	26.05-27.07
Арбента	8.6±0.6	51.3±3.1	26.2±2.0	374.5±15.6	26.05-27.07
Вирента	9.5±0.7	56.7±3.5	27.7±2.2	360.3±16.1	26.05-26.07
Зозуля	5.2±0.3	31.1±3.0	18.4±1.5	379.2±12.9	01.06-24.07

Томат. В эксперименте использовали индетерминантные высоко- и среднерослые раннеспелые гибриды селекции овощной станции ТСХА им. В.И. Едлыштейна для зимне-весеннего оборота: Русич, Мюна, Портленд, Тортила, Рококо. Томаты выращивали рассадным методом использовавшем разработанных агротехнических мероприятий. В зависимости от сорта и условий

выращивания урожайность томатов на вермикулите в культуре зимне-весеннего продленного оборота составила от 21,2±1,8 до 32,0±2,7 кг/м² (табл.7).

Максимальный урожай высококачественных плодов был получен у растений гибридов Портленд и Верлиока – 32,0±2,7 и 26,4±2,1 кг/м² или 5,3±0,5 и 4,4±0,2 кг соответственно с одного растения (при размещении 6 растений на 1 м²). Они были рекомендованы для выращивания в зимне-весеннем продленном обороте на вермикулитовом субстрате в условиях защищенного грунта Мурманско области.

Таблица 7 – Показатели продуктивности гибридов томата селекции ТСХА при выращивании на вермикулитовом субстрате в условиях зимне-весеннего продленного оборота

Гибрид F	Продуктивность		Выход нестандартных плодов, %	Масса 1 плода, г
	1 растения, кг	общая за 2 мес. плодоношения, кг/м ²		
Верлиока	4,4±0,2	26,4±2,1	3,0	124,2±7,3
Портленд	5,3±0,5	32,0±2,7	2,2	150,2±7,3
Русич	3,9±0,2	23,8±2,1	4,0	86,4±6,7
Тортила	3,8±0,3	23,0±2,0	3,7	142,3±10,5
Рококо	3,5±0,2	21,2±1,8	4,1	110,4±8,9

Глава 7. Инновационный подход к созданию и использованию высококачественных фитоценозов для оздоровления окружающей среды на Кольском Севере.

7.1 Создание инновационных гидропонных экспресс-способов формирования высококачественных растительных сообществ на основе применения ковдорского вермикулита

В 2004-2011 гг. были разработаны 3 инновационных запатентованных гидропонных экспресс-способа создания высококачественных растительных сообществ, которые значительно расширили возможности ускоренного формирования газонных фитоценозов в Заполярье. В их основе концепты прорастания семян (Обручева, Антипова, 1997), согласно которой воздушно-сухое семя способно быстро переходить в состояние активного метаболизма, инициирующего рост осевых органов проростка, толь при благоприятных режимах влажности, температуры и аэрации в среде прорастания. Оптимизирова эти условия можно было бы с помощью идеального субстрата, в который высеваются семена.

Способ ускоренного создания высококачественной ковровой газонной дернины. Для ее разработки в условиях теплицы изучалось влияние разных видов субстратов (Випон-1, верхово-сфагнового торфа и почвосмеси) на прорастание семян, рост осевых органов проростков и формирование одновидовой ковровой травяной дернины. Субстраты насыпали слоем 1 см в пластиковые ящики размером 50×50×5 см и напityвали питательным раствором 0,1%-й концентрации, мг/л: N – 170, P – 90, K – 90, Ca – 100, Mg – 30, Fe – 4, B – 0,5, Mn – 0,5, Zn – 0,05, Cu – 0,05, Co – 0,03, Mo – 0,02. Семена овсяницы красной, мятлики лугового, райграса пастбищного высевались по отдельности из расчета 1 г/м². Посевы увлажнялись водой и укрывались полиэтиленовой пленкой до появления зеленых всходов.

Независимо от вида растений лучшие результаты по всем качественным показателям выращенной в эксперименте дернины были получены на вермикулите (табл.8). Так, одновидовый травостой этого варианта имели в 2 раза большую плотность сложения, чем на почвосмеси, и поч

3 раза, чем на торфе. Общая биомасса дернины, выращенной из овсяницы красной на вермикулите, 3.7 раза превосходила этот показатель на торфе и в 2.5 раза на почвосмеси, из мятлика – в 3.7 и в 4.3 за, из райграса – в 3.2 и в 9 раз соответственно. Сварчиваемость дернины в рулон была отмечена лишь в вариантах с применением вермикулита. Следовательно, обладая высокой воздухо- и влагоемкостью, вермикулитовый субстрат способствовал поддержанию наиболее благоприятных условий среде прорастания высших видов семян, обеспечивая тем самым более быстрое и качественное, по сравнению с почвой и торфом, их прорастание.

Далее было изучено влияние вида посева (одновидового и смешанного) на формирование ковровой авяной дернины на основе вермикулитового субстрата. Анализ полученных результатов показал, что независимо от вида посева появление первых всходов было отмечено на 4-й день эксперимента. Появление сосовых всходов и дальнейшее формирование травяной дернины шло с опережением на 1-2 дня в варианте использованием райграса и смеси семян. Однако лучшие качественные показатели выращенной на вермикулите ковровой дернины были отмечены у смешанных травостоев (табл.9).

На основании полученных результатов была разработана гидропонная технология создания ковровой травяной дернины в открытом грунте, которая заключается в следующем. На полиэтиленовой пленке, постеленной на ровной поверхности, формируют слой (1 см) из мелкофракционированного вермикулита. Навлаживают его 0.1%-м раствором комплексных удобрений, по поверхности субстрата высевают семена газонных трав и покрывают полиэтиленовой пленкой до массового появления зеленых всходов, после чего укрывную пленку убирают и выращивают травостой до подрасти, затем сворачивают в рулон. При благоприятном интервале температур (10-18°C) этот способ позволяет в условиях открытого грунта выращивать ковровую дернину в течение 14 дней, при нижних температурах (2-10°C) – 3 недели.

Таблица 8 – Влияние субстратов на качественные показатели ковровой дернины
(в стадии готовности к сварчиваемости)

Вариант	Плотность травостоя, особей/дм ²	Вид	Высота растений, см	Длина корней, см	Вес 50 растений, г		Сварчиваемость
					надземной части	корней	
Почвосмесь (контроль)	660.4±21.3	Овсяница красная	7.4±1.0	5.1±1.5	0.35±0.01	0.10±0.02	Нет
	590.3±20.1	Мятлик луговой	2.3±0.4	1.6±0.3	0.10±0.01	0.03±0.005	То же
	603.3±25.4	Райграс пастбищный	8.0±3.7	5.5±0.9	0.82±0.02	0.27±0.02	"
Вермикулит	1322.2±89.3	Овсяница красная	10.3±2.3	8.6±1.9	0.30±0.01	0.11±0.01	Да
	1909.2±91.4	Мятлик луговой	2.5±0.3	1.9±0.6	0.09±0.01	0.03±0.004	То же
	1762.7±85.9	Райграс пастбищный	10.8±2.3	9.1±2.3	0.75±0.06	0.25±0.03	"
Торф	453.2±34.1	Овсяница красная	6.0±1.4	3.2±2.3	0.25±0.01	0.07±0.001	Нет
	701.5±34.1	Мятлик луговой	1.9±0.3	1.0±0.2	0.05±0.01	0.01±0.001	То же
	873.2±56.0	Райграс пастбищный	7.4±1.0	5.1±1.5	0.35±0.01	0.10±0.02	"

Таблица 9 – Влияние разных видов посева газонных трав на сроки получения и качество ковровой дернины

Вид	Дата				Высота травостоя, см	Плотность травостоя, особей/дм ²
	посева	появления всходов		окончания опыта		
		первых	массовых			
Райграс пастбищный	02.07	06.07	08.07	12.07	6,4±0,2	1854,3±95,4
Овсяница красная	02.07	06.07	09.07	14.07	5,0±0,1	2421,4±98,5
Мятлик луговой	02.07	06.07	10.07	15.07	4,7±0,1	2600,7±156,3
Смесь 3 видов	02.07	06.07	08.07	12.07	7,0±0,3	2001,2±134,2

Способ ускоренного создания высококачественного растительного покрова методом прямого посева. Практика использования инновационного способа создания ковровой газонной дернины в озеленительных и рекультивационных работах показала, что вырастить большое количество ковров одномоментно сложно. В связи с этим была изучена возможность ускоренного формирования газонного фитоценоза, при котором бы посев семян производился непосредственно на месте озеленения в 1-сантиметровый слой вермикулитового субстрата, нанесенного на озеленяемую поверхность. В исследованиях использовали защитную смесь семян (овсяница красная – 44,4%, овсяница луговая – 11,1%, костреч безостый – 33,4%, фестулолиум изумрудный – 11,1% рекомендуемую для рекультивации нарушенных территорий в районах Крайнего Севера; 1 г этой смеси включал 724±31 шт. семян, всхожесть составляла – 73±0,6%). В результате при норме высева 120 г семян на 1 м² плотность сложения выращенного этим способом травостоя составила 759,0±12,2 растений/дм². Выявленные различия в росте трав, длине корней, накоплении фитомассы и фазе развития определялись особенностями вида. Из 4 видов слагающих данный травостой, лидировали фестулолиум изумрудный и костреч безостый; совсем немного им уступали овсяница луговая и красная. Достоинством этого способа создания посева фитоценозов явилась скорость создания растительного покрова – 7-10 дней.

Способ ускоренного формирования/ремонта газонов на основе использования многокомпонентной озеленительной (минерально-растительной) смеси позволяет создавать высококачественный растительный покров за 10 дней. В его основе вермикулитовый субстрат. Перед началом реставрационных работ определяется видовой состав травосмеси газона подлежащего созданию или ремонту, плотность его травостоя и площадь поврежденных участков согласно которым рассчитывается необходимое количество семян и вермикулитового субстрата. Суть метода заключается в следующем: семена перемешиваются с вермикулитом, помещают в полиэтиленовый пакет, увлажняются водой из расчета 1 л воды на 2 л смеси и в таком виде содержатся до стадии «проклюнувшись». Результаты опытов показали, что трое суток оптимальный срок для достижения семенами данной кондиции. Подготовленная таким образом минерально-растительная смесь наносится на поврежденный участок слоем в 1 см, укрывается для сохранения влаги полиэтиленовой пленкой. В течение 7 дней семена прорастают в грунт, образуют качественный растительный покров.

7.2 Использование различных разработанных подходов к озеленению и фиторекультивации техногенно-нарушенных и загрязненных территорий

7.2.1 Озеленение урбанизированных территорий

На протяжении 2005–2012 гг. инновационный экспресс-способ создания коврового газонного покрытия многократно использовался для создания декоративных газонов и озеленения интерьеров. Самые изумрудно-зеленые, плотные (700–2600 растений/м²) травяные ковры размером 2 м², весом 10–14 выращивались в открытом или защищенном грунте в течение 2–3 недель. При сравнении ковровой оной дернины, выращенной гидропонным экспресс-способом на вермикулите и традиционным методом эрновки норвежской фирмой «Vieland Ferdigplant», была дана высокая оценка инновационному способу (устойчивость, универсальность), определены достоинства производимой растительной продукции: гармоничное сочетание качества, цены и скорости формирования растительного покрова широкого спектра назначения, дового состава и плотности, способного без использования дефицитных почвогрунтов быстро и естественно прорастать в грунт и создавать высококачественный растительный покров, в том числе на территориях, имеющих сложный рельеф. Среди главных достоинств газонной дернины нового типа отмечены экологичность, легкость, короткий срок выращивания, пластичность, высокая жизнеспособность и быстро создаваемый эффект.

7.2.2 Фиторекультивация техногенно-нарушенных и загрязненных территорий

Инновационные экспресс-способы формирования фитоценозов были многократно апробированы антропогенно-нарушенных территориях (хвостохранилищах и участках, загрязненных нефтепродуктами).

Апатитонепелиновое хвостохранилище. Флора техногенного субстрата отходов обогащательной фабрики, в сравнении с естественной флорой Мурманской области, характеризуется низким видовым разнообразием (21 вид), упрощенной таксономической структурой (2 вида – мохообразные из 2 родов семейств, 19 – сосудистые из 15 родов 9 семейств), а также высокой долей ведущих семейств Asteraceae (*Senecio dubitabilis* C. Jeffrey et Y.L. Chen, *Senecio vulgaris* L., *Achillea millefolium* L., *Solidago lapponica* Thunb., *Tussilago farfara* L.), Poaceae (*Deschampsia cespitosa* (L.) Beauv., *Leymus arenarius* (L.) Hochst., *Poa gigantea* Roth., *Agrostis tenuis* Sibth., *Puccinellia distans* (Jacq.) Parl.) и преобладанием одновидовых родов. Доминирующей жизненной формой являются травянистые растения (76.2%), среди которых злаки представлены 5 видами (23.8%), разнотравье – 11 (52.4%). Кустарники насчитывают 1 вид (4.8%), деревья – 1 вид (4.8%), мхи – 2 вида (9.5%). По отношению к увлажнению преобладают мезофиты (52.4%), ксеромезофиты и гидрофиты составляют по 23.8% каждый. Среди многоценотических групп наибольшим разнообразием отличается группа луговых растений (*Achillea millefolium* L., *Cerastium holosteoides* Fries *Equisetum arvense* L., *Deschampsia cespitosa* (L.) Beauv., *Agrostis arvensis* Roth., *A. tenuis* Sibth., *Rumex acetosella* L., *Linaria vulgaris* L.) – 38.1%, затем следуют рудералы (*Senecio dubitabilis*, *S. vulgaris*, *Dicranella schreberiana* (Hedw.) Hülp. Ex Crum & Anderson, *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid., *Puccinellia distans* (Jacq.) Parl., *Rumex crispus* L.) – 28.6%, эрозифильные (*Tussilago farfara*, *Leymus arenarius* (L.) Hochst., *Salix caprea* L., *S. phylicifolia* L. – 19.0%, лугово-лесные (*Achillea millefolium*, *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.) – 9.5%, лесные (*Pinus sylvestris* L.) – 4.8%.

На модельном экспериментальном участке (склон северо-западной экспозиции с уклоном 45°) растительность полностью отсутствовала. Для создания на нем искусственного фитоценоза в конце лета 2006 г. ковровая травяная дернина общей площадью 100 м², состоящая из 8 видов (*Festuca rubra*,

Poa pratensis, *Lolium perenne*, *Leymus arenarius*, *Chamaenerion angustifolium*, *Tussilago farfara*, *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*), имеющая травостой высотой 7 см, плотностью 2000.4±102.2 особей/дм² бы постелена поперек склона зигзагообразными шевронами шириной 0.5, длиной 10 м с интервалом между ними 0.5 м. Отмечено быстрое (в течение недели) и качественное ее прирастание к песчаной поверхности хвостоотвалов. В результате, через 1.5 мес. на лишенном растительного и почвенного покрова модельном откосе без проведения плазирования поверхности, выполаживания и землячества было сформировано примитивное, состоящее из 8 составляющих ковровую дернину видов, растительное сообщество с 50% проективным покрытием поверхности. В процессе дальнейшего развития его структура и состав постепенно усложнялись путем естественной колонизации инерционной растительности и за счет принесенных с дерниной видов. Созданный искусственный фитоценоз способствовал ускоренной восстановительной сукцессии на отходах обогащения, индуцировал быстрое зарастание внутренних оголенных межполосных участков *Poa pratensis*, *Chamaenerion angustifolium*, *Tussilago farfara*, *Trifolium pratense*, *Achillea millefolium*, *Senecio dubitabilis*, *S. Vulgaris*, *Solidago lapponica* Wither., *Cerastium holosteoides* Fries, *Dicranella schreberiana*, *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid., *Deschampsia cespitosa* (L. Beauv., *Puccinella distans*, *Rumex acetosella* L., *Rhinanthus serotinus* (Schoenh.) Oborny) (табл. 10).

К концу 3-летнего эксперимента общее число видов на экспериментальном участке увеличилось до 20. Большая часть адвентивных видов принадлежала к луговому (50%) и рудеральному (35%) ценопиту и образовывала сообщества популяций, обладающих интенсивным ростом и развитием, мощной корневой системой, высокой продуктивностью, обеспечивающих 100%-е проективное покрытие модельного склона.

Таблица 10 – Показатели развития искусственного фитоценоза

Год эксперимента	Плотность травостоя, шт/дм ²	Высота травостоя, см	Длина корней, см	Общее число видов*	Проективное покрытие, %
2006 (1.5 мес.)	2000.4±102.2	23.7±0.2	12.3±0.3	8 (8; 0)	50.3±3.0
2007	1900.4±94.2	25.4±5.2	22.7±4.3	9 (8; 4)	70.4±4.6
2008	1901.0±102.2	65.4±3.0	52.2±3.4	20 (14; 15)	100.2±23.1

Примечание – в скобках указано число видов внутри травяно-дернового ковра и в межполосных пространствах.

На данном этапе развития искусственно созданного фитоценоза отмечено внедрение естественных видов и возникновение элементов естественных фитоценозов, свойственных зональному типу растительного покрова: высокое сходство (12 общих видов) и близкие общие показатели систематического разнообразия флор рассматриваемых фитоценозов (среднее число видов в роде составило соответственно 1.20 и 1.25, видов в семействе – 2.0 и 2.5 и родов в семействе – 1.6 и 2.0). Это позволяет характеризовать искусственно созданное растительное сообщество как экологически устойчивое, имеющее перспективы самостоятельного существования и дальнейшего развития (Третькова, Мухомов, 2001), а использованную в эксперименте ковровую дернину – как эффективный метод ускоренного создания высокоустойчивого растительного покрова в экстремальных условиях Крайнего Севера.

Нефтезагрязненные участки. Эксперименты проводились в 4-кратной повторности на специализированной экспериментальной площадке, выполненной в виде 87 деревянных коробов высотой 0.5 м, площадью 1 м², в которые внесены техногенные субстраты с разной степенью загрязнения. Высота их загрузки 0.4 м.

В предварительном эксперименте исследовалась возможность создания растительного покрова годом настила ковровой травяной дернины на техногенный субстрат, состоящий из смеси нефтешлама и песка (2:1) (содержание НП-16%) и отличающийся неровной (комковатой) поверхностью. Для этого в августе 2009 г. многовидовые травяные коври из тимфеевки луговой (25%), стреца безостого (25%), овсяницы красной (20%), райграса пастбищного (20%), мятлика лугового 9%) размером 1×1 м были постелены на техногенный субстрат. Через 7 дней эксперимента было фиксировано фрагментарное (исключительно в местах соприкосновения) прирастание дернины субстрату. На данном этапе проективное покрытие составило 30-40, а к концу вегетационного периода ю 60%. Сформированный травостой имел высоту 13.7±0.2 см, корни растений, выстилались вдоль поверхности комков нефтешлама, местами проникая на глубину 12.3±0.3 см. Выпад растений после зимовки составил 90%. Однако сохранившийся вермикультурный субстрат, пронизанный корнями гибших растений, продолжал служить основой для поселения и развития на нем заносных видов мых растений (мать-и-мачехи, иван-чая), формированию из них плотных куртин высотой до 10.6 см, личению проективного покрытия с 1-2% (после перезимовки) до 20% – к концу вегетационного жода 2010 г. Основные причины гибели ковровой дернины в данном эксперименте – высокая центрация НП и неровная комковатая поверхность техногенного субстрата, из-за которых данный ооб формирования растительного покрова на нем не может быть использован.

В связи с этим в исследованиях 2010 г. для создания растительного покрова на участках, рязненных мазутом (содержание НП 4.7%), применили экспресс-способ прямого посева. Изучали яние биопрепарата-деструктора углеводов Микрозим (tm) «ПЕТРО ТРИТ» на качество рмируемого данным способом растительного покрова. Для посева использовалась та же, что и в льдущем эксперименте, травосмесь. Во всех вариантах опыта отмечено быстрое и дружное растание семян. На 6-й день эксперимента был сформирован плотный зеленый растительный покров проростков высотой 5-7 см, в котором были представлены все использованные виды трав, среди них иривала тимфеевка луговая. Анализ полученных результатов показал, что использованный в перименте биопрепарат Микрозим способствует существенному улучшению качества рмированного в эксперименте растительного покрова (табл. 11). Применение способа прямого посева ин в вермикультурный субстрат, нанесенный на нефтезагрязненную минеральную почву, позволяет в ювиях Заполярья в течение одного вегетационного периода формировать фитоценозы с устойчивым к ртезагрязнению видовым составом, поэтому данный способ может быть рекомендован в качестве спективного приема фиторекультивации нефтезагрязненных земель.

блиц 11 – Влияние препарата Микрозим на качественные показатели фитоценоза, сформированного инновационным способом прямого посева на участках, загрязненных мазутом

Вариант	Высота травостоя, см	Длина корней, см	Плотность травостоя, шт/дм ²	Биомасса, г/м ²	Проективное покрытие, %
итроль	22.3±1.6	19.7±3.2	686.4±31.2	610.0±31.0	70.4±6.2
ытный	34.6±2.4	22.0±1.5	1019.7±70.9	883.4±35.4	80.6±3.5
Р ₀				13.4	

Глава 8. Экономическая эффективность гидропонного выращивания растений на ковдорском вермикулите (на примере огурца) и стратегии модернизация тепл в условиях Мурманской области

В настоящее время в Мурманской области сложилась ситуация, когда более 90% овощной декоративно-цветочной продукции импортируется из других регионов страны и из-за рубежа. Исхе из этого, для создания конкурентоспособного северного тепличного производ сельскохозяйственной продукции необходим поиск и применение более эффективных тепличн технологий, обеспечивающих круглогодичное получение максимального урожая высококачественн продукции с единицы площади при минимуме затрат. На наш взгляд, это может быть осуществлен помощью комбинации некоторых теплично-конструкционных решений, элементов современн технологий многоярусной узкостеллажной гидропоники (Met meet..., 1996; Шарупич и др., 2005; Fe logistica..., 2006) и собственных технологий выращивания растений с применением ковдорск вермикулита.

С этой целью в качестве модельного объекта для модернизации и переоснащен в современную, адаптированную для вермикулитовых субстратов гидропонную теплицу бы использована серийная теплица размером 90×12 м, высотой в коньке 4,5 м, боковой стороны 2,7 м. Базовой культурой при этом служила культура огурца сорта Виреппа, как наиболее продуктивн ($56,7 \text{ кг/м}^2$), из испытанных ранее партенокарпических гибридов. Результаты предварител проведенных поисковых опытов показали возможность в условиях Заполярья круглогодичн получения продукции данного гибрида. Показано, что для получения максимальной экономическ эффективности при его культивировании необходимо проведение оптимизация: конструкци модельной теплицы (предусмотрено покрытие ячеистым поликарбонатом, разделение внутренн пространства на 3 независимых сектора, оснащение 7 двухъярусными гидропонными установка) позволяющими осуществлять ирригационный способ полива и организацию загущенных посадок растения/пог. м); системы дополнительного облучения растений (использование ламп ДНаЗ-(Reflacs/super и ДРИ-3-400 с целью получения урожаев в условиях «полярной почв производственного процесса по принципу «зеленого конвейера» (разработана схема круглогодичн получения продукции огурца с пиками в зимний сезон в период максимальных цен на свеж продукцию).

Показано, что при таком подходе затраты на реконструкцию модельной теплиц (с включением затрат на проведение монтажных и строительных работ) составят 4,5 млн руб. Дохо и расходы предприятия можно заранее планировать; его доходная часть становится непрерывн в течение всего года, а конкурентоспособность существенно увеличивается (табл.12).

Следовательно, при затратах на реконструкцию теплицы, равных 4,5 млн. руб., хозяйствен может получить доход по итогам года 4,8 млн. Это позволяет говорить о том, что реконструк тепличных хозяйств Мурманской области и переход на гидропонное выращивание овощных кулк выгодны. Разработанные технологии гидропонного выращивания овощных растений, основанн на применении вермикулита Ковдорского месторождения, принципы совершенствования тепличн сооружений и организации экологически чистого и высокопродуктивного гидропонного производ

высококачественной сельскохозяйственной продукции делают прибыльным и конкурентоспособным гидропонное овощеводство в условиях защищенного грунта Крайнего Севера.

Таблица 12 – Урожайность* и переменные затраты для узкостеллажной огуречной гидропонной теплицы

Месяц	Затраты, тыс. руб.	Урожайность, кг/теплицы	Цена на рынке, руб.	Доход, тыс. руб.	Доход-расход, тыс. руб.	Конкурентоспособность
июнь	135	0	30	0	-135	
июль	135	6450	30	193,5	58,5	Низкая (перенасыщение рынка отечественной привозной продукцией)
август	135	12900	30	387	252	
сентябрь	285	12900	30	387	102	
октябрь	434	12900	50	645	211	
ноябрь	434	12900	70	903	469	Высокая (учитываются высокие затраты на доставку импортной продукции)
декабрь	434	12900	100	1290	856	
январь	434	12900	100	1290	856	
февраль	434	12900	100	1290	856	
март	434	12900	50	645	211	
апрель	285	12900	50	645	360	
май	135	12900	50	645	510	
июнь (новый цикл)	135	12900	30	387	252	Низкая
итого	3849			8707,5	4858,5	

Примечание – в расчетах за основу взята продуктивность огурца, равная 2,4 кг/растения за 1 мес. урожайность культуры (4,4 кг/м² за 1 мес. плодоношения). Урожайность теплицы рассчитывали исходя из количества растений только в 2 секторах, так как 3-м секторе растения в этот момент находятся в рассадном периоде.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время районы Крайнего Севера привлекают внимание большим ресурсным потенциалом. Это приводит к росту экологических проблем, связанных с большой уязвимостью северной природы. В результате настоящего исследования разработаны научные основы гидропонного растениеводства для условий Заполярья с использованием вермикулита Ковдорского месторождения, что позволило решить и ряд важных экологических проблем на уровне северного региона. Прежде всего, это проблема поиска оптимального субстрата для выращивания растений (Берсон, 1979). Ковдорский вермикулит содержит многие необходимые для питания растений элементы. Однако по величине pH дных суспензий он относится к «сильнощелочным» (pH 8.0-10.0) формам этого минерала, не пригодным для гидропонии, поэтому требует предварительных исследований для лучшей его подготовки, химической и физиологической оценки как субстрата-наполнителя. Качество вермикулитового субстрата определяется режимом обжига и исходными свойствами слюды (Теннер, 1969). Подбирая режим обжига вермикулита, можно добиться гармоничного сочетания полезных для растениеводства свойств. Установлено, что обжиг ковдорского вермикулита следует проводить при температурах 550-650°C в течение 5 мин. С этой целью была разработана инновационная конструкция обжигочной печи, которая позволила производить выпуск высококачественных фракционированных гидропонных субстратов нового поколения марки Випон. Они обладают рядом ценных для выращивания растений свойств, выгодно отличающих их от

других известных гидропонных субстратов и почвы: стерильность, хорошая вступчивость, достаточно высокая механическая прочность, слабая химическая реактивность и благоприятные для роста растений значения pH 6,5-7,0. Для использования в защищенном грунте была разработана специализированная универсальная многомодульная гидропонная установка, позволяющая осуществлять безотходный ирригационный метод орошения растений, сокращать объем запрачиваемой воды, оптимизировать схему использования минеральных удобрений.

В процессе многолетней (более 10 лет) эксплуатации в гидропонике ковдорский вермикул претерпевает слабые физико-химические изменения, не оказывающие заметного влияния на эксплуатационные свойства субстрата, обеспечивая хорошие условия аэрации, буферность, возможность полива питательным раствором 1 раз в 10-14 дней. Вследствие указанных особенностей он может служить полноценным корневым субстратом в гидропонике в течение первых 15 л без замены, а затем в полевых условиях как нетоксичный материал, улучшающий структуру почв. Разработанная схема использования данного минерала позволяет изъять его из природной эксплуатации до состояния начала разрушения структуры и в безопасном состоянии вернуть для участия этих элементов в природных системах круговорота.

При выращивании растений на правильно обожженном для целей гидропонии вермикули легко осуществима целенаправленная регуляция минерального питания, позволяющая управлять процессами роста, развития и сроками цветения растений, получением высококачественных урожаев. Модификация имеющихся технологий и авторские разработки с учетом специфических условий освещенности, ограниченных возможностей контроля температурного фактора и влажности в экспериментальных теплицах позволили разработать технологии, обеспечивающие получение цветочной и овощной продукции в условиях защищенного грунта Заполярья на современном уровне продуктивности, что соответствует мировым достижениям (Гербер в ГДР, 1981; Skalska, 1983; Klin 1990; Lots, 1990; Финские альстремери, 1997; Шарупич и др., 2005).

Очень важные с точки зрения практики северного растениеводства результаты получены изучением возможности использования вермикулита для озеленения и фиторекультивации техногенно трансформированных территорий. Благодаря уникальным свойствам вермикулитового субстрата, травы, выращенные на вермикулитовом субстрате по инновационным экспресс-технологиям, имеют высокие темпы роста на ранних этапах онтогенеза. Как показали исследования, это ускорение в развитии сохраняется и на этапе их прорастания в грунт, что обеспечивает успешность последующего роста и развития формируемого фитоценоза. Вермикулит как идеальный субстрат для прорастания семян в сочетании с биопрепаратом Микрозим (tm) «ПЕТРО ТРИТ» является перспективным для рекультивации территорий, загрязненных НП. Это направление только начинает разрабатываться, но имеет большие перспективы в условиях Крайнего Севера.

Таким образом, полученные результаты показали, что гидропоника на вермикулитовом субстрате является перспективным экологически чистым высокопродуктивным производством. Представленные экспериментальные данные обеспечили научную основу организации технологического производства, при разработке которого решены различные вопросы охраны природы. Приведенные в работе результаты экономической эффективности использования ковдорского вермикулита в овощеводстве свидетельствуют о рентабельности этого направления хозяйствен

тельности в условиях Заполярья и позволяют предполагать, что в скором времени гидропоника (и ее разновидность – вермикулитопоника) прочно войдет в северное растениеводство как один из наиболее химически управляемых и научно регулируемых методов выращивания растений.

ВЫВОДЫ

1. На основании результатов многолетних исследований по выращиванию растений на ковдорском вермикулите, верховом сфагновом торфе и почвосмеси в условиях защищенного грунта Крайнего Севера установлена перспективность гидропонного культивирования растений на вермикулите.

2. В результате изучения физико-химической трансформации ковдорского вермикулита при обжиге и в процессе многолетней эксплуатации в гидропонике в качестве субстрата для выращивания растений существенных изменений, оказывающих заметное влияние на эксплуатационные свойства субстрата, не выявлено. Обоснована экологическая безопасность выращивания растений на вермикулитовом субстрате в течение 15 лет без его замены и разработаны предложения по его повторному использованию в гидропонном растениеводстве.

3. Разработано специализированное оборудование (трубчатая наклонная печь для обжига пучивающихся материалов и универсальная многомодульная установка) для организации гидропонного производства в условиях Крайнего Севера на базе ковдорского вермикулита.

4. Оптимальным режимом обжига ковдорского вермикулита для целей гидропоники является обжиг при температуре 550-650°С в течение 2-6 мин. Он позволяет создавать высококачественные кондиционированные субстраты, отвечающие требованиям современного гидропонного растениеводства.

5. В ходе проведения исследований изучены рост и развитие декоративных и овощных культур, особенности их минерального питания на разных стадиях развития, разработаны оптимальные составы удобрений для гидропонного выращивания изученных видов растений, позволяющие получать высокие урожаи в условиях Заполярья.

6. Показано, что, благодаря уникальным свойствам, вермикулитовый субстрат способствует оптимизации условий, обеспечивающих интенсивный рост и развитие растений разных сортов и гибридов в онтогенезе, в том числе, на ранних стадиях развития, инициируя рост и развитие осевых органов проростков семян, получение высококачественного посадочного материала, способного к прорастанию в более ранние, по сравнению с применением торфа и почвосмеси, сроки.

7. Относительная инертность термовермикулита в сочетании с разработанными для 7 культур защищенного грунта и дифференцированными по фазам роста и развития растений питательными растворами позволяют в условиях вермикулитопоники вести загущенные посадки, осуществлять целенаправленную регуляцию минерального питания, что обеспечивает более интенсивный рост, корневое развитие и более высокую продуктивность растений по сравнению с культивированием почво- и торфогрунтах.

8. Показано, что, варьируя минеральным питанием при частичной регуляции внешних факторов (температура, освещенность, влажность), можно управлять процессами роста, развития растений и сроками получения продукции в разные сезоны года.

9. Разработан зональный ассортимент оранжерейно-срезочных растений для вермикулитопоники, включающий 5 исследуемых в работе культур (зантадешия эфиопская, альстремерия, гербера и гиппеаструм

гибридные, кринум Мура), обеспечивающей круглогодичное получение цветочной продукции в условиях Заполярья.

10. На основании полученных результатов разработаны и проверены на практике научно обоснованные технологии выращивания на вермикулитовом субстрате 5 декоративно-цветочных и 2 видов овощных растений защищенного грунта.

11. Разработаны и проверены на практике инновационные гидропонные способы ускоренного создания искусственных фитоценозов методами настила ковровой растительной дернины, прямого посева применения минерально-растительной смеси на основе ковдорского вермикулита и местных популяций многолетних травянистых растений для озеленения и биорекультивации техногенно-нарушенных территорий в условиях Кольского Севера.

12. Показано, что вермикулитопоника как способ культивирования растений на ковдоре вермикулите способствует максимальной реализации потенциальных возможностей растений и получению высоких урожаев высококачественной продукции, сопоставимых с мировыми лидерами в области растениеводства (Голландия, Германия, Франция, Польша).

13. Предлагаемые в настоящей работе для широкого использования гидропонные вермикулитовые субстраты марки Витон в комплексе с разработанными научно обоснованными технологиями выращивания на них растений и приемами организации экологического производства сельскохозяйственной продукции делают прибыльным и конкурентоспособным северное гидропонное растениеводство.

I. Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК России:

Статьи:

1. Иванова Л.А., Соколова Л.К. Новый субстрат для гидропонии // Цветоводство. 1991. № 1. С. 16.
2. Иванова Л.А. Культивирование гиппеаструма гибридного в Мурманской области // Бюллетень Главного Ботанического Сада РАН, 2002. Вып. 183. С. 107-113
3. Иванова Л.А., Котельников В.В., Быкова А.Е. Физико-химическая трансформация минерала вермикулита в субстрат для выращивания растений // Вестник МГТУ, 2006. Т. С. 885-891.
4. Иванова Л.А. Биологические особенности выращивания *Alstroemeria hybr.* (Alstroemeriaceae) на срез в условиях защищенного грунта Мурманской области // Вестник Поморского университета, 2006. Т. 2 (10). С. 53-59.
5. Иванова Л.А., Виравча Л.Л., Кузнецова Е.В. Орхидные в коллекции Поля альпийского ботанического сада // Вестник Тверского государственного университета. № 7(35), 2007. ПИ : 0914. Серия «Биология и экология». С. 166-170.
6. Иванова Л.А., Катомина А.П. Гиппеаструм в Заполярье // Цветоводство. 2009. № 1. С. 23.
7. Иванова Л.А., Костина В.А., Кременецкая М.В., Иноземцева Е.С. Ускоренное формирование противозернистых травостоев на техногенно-нарушенных территориях Заполярья // Вестник Мурманского государственного технического университета. 2010. Т. 13. № 4-2. С. 1-983.
8. Иванова Л.А. Зантедесия эфиопская в Заполярье // Цветоводство. 2009. № 4. С. 13-14.
9. Иванова Л.А., Катомина А.П. Особенности выращивания кринума в Заполярье // Цветоводство. 2009. № 6. С. 2-3.
10. Иванова Л.А., Иноземцева Е.С. Перспективные субстраты для гидропонного выращивания овощей // Гавриш, №3, 2010. С. 16-21.

Иванова Л.А., Иноземцева Е.С. Выращиваем лилии в Заполярье // Цветоводство, 2011. № С. 18-19.

Иванова Л.А., Иноземцева Е.С. Перспективы выращивания огурца и томата в закрытом унте Заполярья методом гидропоники на влагоемких субстратах // Картофель и овощи, №7, 09, с. 17-19.

Патенты, свидетельства:

Иванова Л.А., Котельников В.А. Полезная модель «Трубчатая наклонная печь для обжига тужигающихся материалов»: Пат. № 55110, заявка № 2006105085, зарегистрировано в среестре полезных моделей РФ 27 июля 2006 г. РФ // Б.И. 2006. № 21.

Иванова Л.А., Котельников В.А. Свидетельство на торговую марку Вилон № 329074, 2006.

Иванова Л.А., Котельников В.А. Способ создания экологически чистого покрытия и тательная среда для его выращивания: Пат. № 2393665, заявка № 2007126884, зарегистрировано осреестре изобретений РФ 10 июля 2010 г. РФ//20.01.2009. Бюл. №2

Иванова Л.А., Котельников В.А. Свидетельство на торговую марку «Сабрус» № 39727982, 06.11.2009 г.

Kotelnikov V.A., Ivanova L.A. (en) Method for biologically recultivating industrial wastelands.) procédé de remise en culture biologique de terres appauvries sur le plan technogène. (ru) Способ ологической рекультивации техногенно-нарушенных земель. Pub. No.: WO/2011/084079. ernational Application No.:PCT/RU2010/000001. Publication Date: 14.07.2011. International Filing te: 11.01.2010. IPC: A01B 79/02 (2006.01), A01G 1/00 (2006.01), A01G 31/00 (2006.01).

Иванова Л.А., Кременецкая М.В., Иноземцева Е.С., Горбачева Т.Т., Корытная О.П. «Способ андания почвенно-растительного покрова при рекультивации нарушенных земель». истрационный номер заявки № 2011127453, 2011 г.

Иванова Л.А., Иноземцева Е.С., Кременецкая М.В. « Способ создания газонной дернины оргово-минеральной основе: заявка 2011127457/13(040623) Российская. Федерация; 04.07.2011.

Иванова Л.А., Иноземцева Е.С., Кременецкая М.В. « Способ ускоренного формирования еомонта газонов на основе использования многокомпонентной озеленительной (минерально- тительной) смеси: заявка 2011127455/13(040621) Российской Федерация; 04.07.20011.

Работы, депонированные в ВИНИТИ:

Иванова Л.А. Подбор перспективных сортов зантедеший для выращивания на тропнике // М.: ВИНИТИ, 2007. № 95-132007. 10 с.

Иванова Л.А. Биологические особенности выращивания *Gerbera hybrida* (Asteraceae mont.) на срез в условиях защищенного грунта Мурманской области // М.: ВИНИТИ, 2007. 98-132007. 26 с.

Иванова Л.А. Оптимальная густота посадки каллы эфиопской при гидропонном ьтивировании на срез // М.: ВИНИТИ, 2007. № 235-В2007. 13 с.

Иванова Л.А. Биологические особенности выращивания кринума крупноцветкового срез в условиях защищенного грунта Мурманской области // М.: ВИНИТИ, 2007. № 122-007. 22 с.

Иванова Л.А. Биологические особенности выращивания *Zantedeschia aethiopica* L. (aceae) на срез в условиях защищенного грунта Мурманской области // М.: ВИНИТИ, 2007. № 1-В2007. 26 с.

Иванова Л.А., Виравчева Л.Л. Тропические и субтропические растения закрытого грунта в лекции Полярно-альпийского ботанического сада КНЦ РАН // М.: ВИНИТИ, 2007. № 123-007. 16 с.

Материалы всероссийских и международных конференций и симпозиумов:

Кузнецова Е.В., Иванова Л.А., Виравчева Л.Л. Проблемы сохранения биоразнообразия и еное строительство в Мурманской области // Материалы Междунар. науч. конф. «Жизнь в монии: Ботанические сады и общество» Тверь: Изд. ООО «ГЕРС», 2004. С. 107.

Литвинова С.В., Иванова Л.А., Жиров В.К. Возрастные особенности взаимоотношений тьев и луковец гилластрума гибридного // Сборник статей участников V научной

- конференции Беломорской биологической станции им. Н.А. Перцова, МГУ им. М.В. Ломоно-
(10-11 августа 2000 г.). М.: "Русский университет", 2001. С. 121-124.
3. **Иванова Л.А.** Оптимизация минерального питания герберы гибридной // Материаль-
Международной научной конференции «Биологическое разнообразие. Интродукция растений:
8 июня 2007 г. БИИ. Санкт-Петербург, 2007. С. 266-267.
 4. **Иванова Л.А.** Особенности размножения *Zantedechia aethiopica* (L.) Spreng. Вегетатив-
способом в условиях Заполярья // Материалы IV Международной научной конферен-
«Биологическое разнообразие. Интродукция растений». Санкт-Петербург, 2007. С. 563-564.
 5. **Иванова Л.А.,** Вирачева Л.А. Интродукция тропических и субтропических растений
Полярно-альпийском ботаническом саду // Эколого-популяционный анализ полезных расте-
интродукция, воспроизводство, использование: Материалы X Международного симпози-
(Сыктывкар, Республика Коми, Россия, 4-8 августа 2008 г.). Сыктывкар, 2008. С.70-71.
 6. **Gorbacheva T.T., Ivanova L.A., Kikuchi R, Gerardo R.** Rolled lawn as tool for industrial ba-
remediation // Geophysical Research Abstracts, Vol. 11, EGU 2009-2814, 2009 EGU General Asses-
2009.
 7. **Иванова Л.А.** Развитие цветоводства на Крайнем Севере // Международная нау-
конференция «Актуальные проблемы сохранения биоразнообразия в экстремальных усло-
северного климата». Апатиты, 2008. С. 31-34.
 8. **T.T. Gorbacheva, L.A. Ivanova, R. Kikuchi and R. Gerardo.** Quartz sand as "blank" compou-
rehabilitation experience of industrial barren // Geophysical Research Abstracts. Vol. 12, EGU2010-
2010. EGU General Assembly 2010.
 9. **Иванова Л.А.,** Котельников В.А. Создание экологического газон-
покрытия//Материалы Международной научно-практической конференции «Современ-
проблемы фитодизайна». Белгород, 2007. С. 69-74.
 10. **Иванова Л.А.,** Котельников В.А. Экологические аспекты использования ковдор-
вермикулита в северном растениеводстве // Северные территории России: проблемы
перспективы развития // Материалы Всероссийской конференции с международным участ-
Архангельск: ИЭПС УрО РАН, 2008. С. 517-520.
 11. **Иванова Л.А.,** Котельников В.А. Гидропонный способ устройства газонов в усло-
Мурманской области // Флора и фауна северных городов: Сборник статей Междунаро-
научно-практической конференции, Мурманск, 24-26 апреля 2008 г./Мурман-
государственный педагогический университет, Мурманск, 2008. С. 178-181.
 12. **Иванова Л.А.,** Котельников В.А. Универсальная инновационная технология
озеленения и восстановления нарушенных земель // Фундаментальные достижения
почвоведении, экологии, сельском хозяйстве на пути к инновациям: I Всероссийская нау-
практическая конференция с международным участием; 23-25 апреля 2008 г.; Москва, МГУ
М.В. Ломоносова, факультет почвоведения / Сост. Макаров О.А., Кулачкова С.А. - М.: М.
Пресс, 2008. С. 131.
 13. **Иванова Л.А.** Субстрат для культивирования растений-регенерантов
микроразнообразии // Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообр-
растительного мира: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции. Волго-
19-21 августа 2008 г. / Под ред. А.С. Демидова; Отд. Биолог. Наук РАН, Сов. Бот. Садов Рос
Белгород: Изд-во БелГУ, 2008. С. 171-174.
 14. **Иванова Л.А.,** Кочмарева З.С. Особенности устройства зимних садов в условиях Край-
Севера // Биологически активные соединения природного происхождения: фитотера-
фармацевтический маркетинг, фармацевтическая технология, фармакология, ботаника:
международной научно-практической конференции. Белгород, 30 июня-3 июля 2008 г. /
редакция проф. В.Н. Сорокопудова – Белгород: ПолитекраЮ. 2008. С. 147-151.
 15. **Иванова Л.А.** Развитие цветоводства на Крайнем Севере // Актуальные проб-
сохранения биоразнообразия в экстремальных условиях северного климата: Матери-
Международной научной конференции. Апатиты-Кировск, 29-30 сентября 2008 г. Апат-
«K&M», 2008. С. 31-34.

Кременецкая И.П., Лашук В.В., Слуковская М.В., Дрогобужская С.В., Иванова Л.А., очковская Е.Ю. Комплексная технология ремедиации природно-антропогенных водных экотон Мюнхенской техногенной пустоши // Материалы III Всероссийской научной конференции с международным участием "Экологический риск и экологическая безопасность", улск, 24-27 апреля 2012 г. - Иркутск, Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2. Т. 2. С. 261 - 263.

Иванова Л.А., Иноземцева Е.С., Кременецкая М.В. К вопросу о формировании экокачественных газонов в условиях Крайнего Севера // Проблемы озеленения крупных городов: Материалы XII Международной научно-практической конференции/Под редакцией д-ра п. наук, профессора Х.Г. Якубова. Москва, ЗАО «ОП ВВЦ «Цветоводство и озеленение», 2009. 8-101.

Иванова Л.А., Иноземцева Е.С., Кременецкая М.В. Особенности ускоренного мирования высококачественного газонного покрытия нового типа в условиях Крайнего Севера проблемы озеленения крупных городов: Материалы XIII Международной научно-практической ференции / Под редакцией д-ра биол. наук, профессора Х.Г. Якубова. Москва, ЗАО «ОП ВВЦ етоводство и озеленение», 2010. С. 186-190.

Катомина А.П., Иванова Л.А. Формирование и рост побегов *Crinum moorei* в оранжереях арно-альпийского ботанического сада // Проблемы сохранения биоразнообразия в северных юнах: тезисы докладов Всероссийской научной конференции с международным участием, титы-Кировск, 1-3 октября 2010 г. / Сост. О.Б. Гонтарь – Апатиты, «КМ», 2010. 51 с.

Слуковская М.В., Иванова Л.А., Горбачева Т.Т., Иноземцева Е.С. Опыт биологической льятивации техногенной пустоши на Крайнем Севере / Сахаровские чтения 2012 года: логические проблемы XXI века: Материалы 12-й Междунар. науч. конф., 17-18 мая 2012 г., г. иск, Республика Беларусь / под ред. С.П. Кундаса, С.С. Позняка. - Минск: МГЭУ им. А.Д. рова, 2012. С. 397.

Слуковская М.В., Горбачева Т.Т., Иванова Л.А., Иноземцева Е.С. Применение алуллита, серпентинита и карбонатита при рекультивации техногенных месторождений. логия и стратегические полезные ископаемые Кольского региона. Труды IX Всероссийской (с дународным участием) Фермановской научной сессии, посвященной 60-летию логического института КНЦ РАН. Апатиты, 2-3 апреля 2012 г. / Ред. Ю.Л. Войтеховский. - титы: Изд-во К&М, 2012. – 380 с. С. 363-366.

Горбачева Т.Т., Иванова Л.А., Слуковская М.В., Кременецкая И.П., Иноземцева Е.С. льятивация техногенно-нарушенных территорий на основе использования комплексной геологии в условиях действующих производств на Крайнем Севере. VI съезд Общества воевдов им. В. В. Докучаева. Петрозаводск, 13-17 августа 2012 г.

II. Монографии, статьи, препринты:

Иванова Л.А. Декоративно-цветочные растения на искусственных субстратах в Заполярье. титы: Изд. КНЦ АН СССР, 1991. 68 с.

Вирачева Л.Л., Иванова Л.А., Кунакбаева О.И. Оранжерейные тропические и ропические растения Полярно-альпийского ботанического сада. Апатиты: Изд. МУП лиграф». 2001. 97 с.

Иванова Л.А., Святковская Е.А., Тростенюк Н.Н. Северное цветоводство. Апатиты: Изд-во I РАН, 2003. 193 с.

Иванова Л.А., Котельников В.А. Перспективы гидропонного выращивания растений в анской области. Апатиты: Изд. КНЦ АН СССР, 2006. 106 с.

Kikuchi R., Gorbacheva T.T. and Ivanova L.A. Ecological Restoration in Boreal Forest agement: application of rolled lawn in an area currently suffering from pollution // Advances in onmental Research // NY: Nova Science Publishers. V.5.2011. pp. 269-281.

Иванова Л.А., Иноземцева Е.С., Слуковская М.В. Новые биотехнологии в озеленении / омник, частный сад, 2012. № 3. С. 14-19.

Иванова Л.А. Гидропоника на вермикулите в Заполярье // Приусадебное хозяйство, 1998. 1. С. 26.

2. **Иванова Л.А.** Гидропонное выращивание декоративно-цветочных растений использованием вермикулита ковдорского месторождения (практические рекомендац. Апатиты: Изд. КНЦ АН СССР, 1989. 16 с.
1. **Иванова Л.А., Кунакбаева О.И.** Выращивание декоративно-цветочных растений помещениях и зимних садах в условиях Мурманской области (практические рекомендации). Апатиты: Изд. КНЦ АН СССР, 2000. 43 с.
2. **Иванова Л.А., Жиров В.К., Литвинова С.В.** Возрастные зависимости продуктивности гингсеструма гибридного: новый подход в технологии выращивания // Бюл. Никит. ботан. с. 2001. Вып. 83. С. 67-69.
3. **Иванова Л. А.** Гидропонное выращивание декоративно-цветочных растений использованием вермикулита ковдорского месторождения: Препр. Апатиты, 1989.16 с.

Отпечатано в типографии ООО «КазМ»
184200, Мурманская область, г. Апатиты, ул. Ферсмана, 17а,
тел./факс (81555) 7-73-29, www.km-print.ru

Тираж 100 экз.