

**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

Петрозаводск - 2012

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Полярно-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

Капелькина Людмила Павловна

доктор биологических наук, профессор

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, тел., факс – 8(8142)763864.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Петрозаводского государственного университета, с авторефератом ( на сайте [www.petrso.ru](http://www.petrso.ru)).

Автореферат разослан " " октября 2012 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,

кандидат биологических наук: Лябзина 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, гидропонное выращивание растений станет ведущим способом культивирования, позволяющим переориентироваться на создание индустриального растениеводства нового типа и современных биотехнологий производства высококачественной растениеводческой продукции в условиях строгого соблюдения основных требований охраны естественных ресурсов природы (Рождественский, 1965; Русаков, Русакова, 1980).

Уже сегодня в России и за рубежом в производственных условиях достигнуты значительные успехи при выращивании растений на искусственных субстратах, которые, обладая рядом ценных агрофизических свойств, не способны выдержать многолетнюю эксплуатацию в

гидропонном производстве. Это приводит к их химическому и биогенному вырождению, изменению характеристик и созданию неразрешимых экологических проблем, связанных с утилизацией отходов (Рамад, 1981). Проблема поиска более совершенных гидропонных субстратов, которые могут заменить такую 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 дороговизной мероприятий, направленных на повышение плодородия местных почв (Берсон, 1979). Однако только на Кольском Севере открыто и разрабатывается богатейшее в мире Ковдорское месторождение вермикулита (Доклад о состоянии и охране..., 2008). Среди почвозаменителей 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 Наткруитского (Южная Африка), Потанинского (Россия, Урал) и Кокшаровского (Россия, Дальний Восток) месторождений для выращивания растений (Бентли, 1965; Логинов, 1970; Бойко и др., 1979). Для ковдорского вермикулита характерна высокая вариабельность физико-химических свойств, что потребовало 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 экологического гидропонного растениеводства для условий Крайнего Севера с использованием вермикулита Ковдорского месторождения.

#### Задачи исследования:

Изучить физико-химические аспекты трансформации ковдорского вермикулита в процессе создания и эксплуатации гидропонных субстратов.

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

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

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

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

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

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

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

Гидропонное выращивание растений на вермикулитовых субстратах в условиях защищенного грунта Кольского Севера в сочетании со сбалансированным минеральным питанием, рядом инновационных агротехнических приемов выращивания является современным

высокоэффективным, наиболее управляемым и научно регулируемым способом выращивания растений.

Вермикулитопоника – один из способов сохранения естественных природных комплексов путем возвращения в природную среду, ранее изъятую ее фрагмента (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 требованиям гидропонного растениеводства.

Разработана дифференцированная система минерального питания для вермикулитопоники в условиях северного растениеводства.

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

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

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

Впервые разработан, апробирован и внедрен инновационный подход к формированию высококачественных растительных сообществ для оптимизации и оздоровления окружающей среды (ландшафтов) запатентованными экспресс-способами: настилем ковровой травяной дернины (пат. № 2393665), прямым посевом (Pub. No.: WO/2011/084079. International Application No.: PCT/RU2010/000001), применением многокомпонентной озеленительной (минерально-растительной) смеси (заявка № 2011127457), основанными на комплексном использовании вермикулитового субстрата и местных популяций многолетних травянистых растений.

Определены и экономически обоснованы с учетом регионального аспекта принципы создания экологически чистого, высокопродуктивного, адаптированного для вермикулитовых субстратов, конкурентоспособного 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 (Приложения 32-40);
- при создании зонального ассортимента оранжерейно-срезочных и комнатных растений для круглогодичного получения цветочной продукции в условиях Заполярья (Приложение 41);
- в работе многофункциональных малых предприятий – ООО «ВИПОН» (2004-2009 гг.) и ООО «САБРУС» (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 (Москва, предприятие «Моссельхоз», 2006).

Для практики северного растениеводства издано 2 препринта, выпущено 13 Информационных листков 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, инновационных технологий выращивания растений и предложений по их практической реализации.

Исследования выполнялись по 6 плановым госбюджетным тематикам НИР Федерального государственного бюджетного учреждения науки Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н.А. Аврорина Кольского научного центра РАН (ФГБУН ПАБСИ КНЦ). Полученные результаты использовались при проведении ряда хозяйственных договоров. Часть экспериментов и публикаций выполнена при финансовой поддержке Отделения общей биологии РАН, Президиума РАН, Программы Президиума РАН № 44 «Биологическое разнообразие», Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, ОАО «Кольская горно-металлургическая компания», ООО «Випон», 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), III 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, решения» (Архангельск, 2001), Международном совещании «Технопарки. Организация. Развитие. Проблемы», проводившемся по NMCP (Netherlands Management Cooperation Program) и проекту «Содействие развитию инновационных МСП в Балтийском регионе РФ» (Швеция, 2002), IV 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, сельском хозяйстве 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 и инновационные решения» (Белгород, 2009), XXII, XXIII международных научно-практических конференциях «Проблемы озеленения крупных городов» (Москва, 2009, 2010), European Geosciences 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) (Pardubice, 2012), VI съезде Общества почвоведов им. В.В. Докучаева (Петрозаводск, 2012).

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

Инновационная продукция: проект «Випон» – победитель Всероссийского конкурса «СТАРТ-04» (Санкт-Петербург, 2004); проект «Экспериментальная рекультивация нефтезагрязненных грунтов и земель в условиях Крайнего Севера с применением технологии рулонных газонных покрытий на основе субстрата Випон», представленный на Международном конкурсе инновационных проектов в рамках Международной программы «Golden Galaxy», награжден золотой медалью «Innovations for investment to the future» (2009) Американско-Российского центра международного делового сотрудничества (ARBU).

Публикации. По теме диссертации опубликовано более 100 работ. Наиболее значимые приведены в автореферате, в том числе в рекомендованных ВАК изданиях (12 статей в центральных журналах, 6 патентов и 2 свидетельства, 6 работ, депонированных в ВИНТИ, 22

статьи в Материалах всероссийских и международных конференций и симпозиумов), 5 монографий.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, восьми глав, заключения, выводов, списка литературы и 42 приложений. Она изложена на 380 стр., включает 83 табл., 79 рис. Список литературы составляют 699 источников наименования, среди которых 84 иностранных.

Благодарности. Автор глубоко признателен своему первому учителю, инициатору гидропонного выращивания декоративных растений в Заполярье Ж.Ф. Онохиной, научному консультанту, академику РАН, профессору Б.А. Ягодину, выражает особую благодарность за оказанную поддержку, внимание и помощь д.б.н. В.И. Костюку. Автор искренне признателен с.н.с. В.А. Костиной за определение дикорастущих видов сосудистых растений.

## СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

### Глава 1. Обзор литературы

Представлены данные по истории становления и развития беспочвенного способа выращивания растений начиная с XVI века и до настоящего времени, приведена современная классификация методов гидропонного выращивания растений (Берсон, 1964; Чичев, Микая, 1983; Ирригация..., 2006). Отмечено, что стимулом в развитии отечественной гидропоники послужило открытие в 1960-е годы месторождений вермикулита (Климашевский и др., 1969). Приведена характеристика ковдорского вермикулита, отмечены особенности его использования в гидропонике (Переверзев, 1965; Ахтямов и др., 1969; Боровиков, 1969). Сделан анализ литературы по биологии, особенностям выращивания, ассортименту декоративно-цветочных и овощных растений, включенных в настоящую работу (Котовщикова, 1975; Сааков, 1983; Звиргздыня, 1984; Кочнева, 1979). Рассмотрены возможности управления процессами роста и развития этих видов для организации высокоэффективного северного гидропонного растениеводства (Артюшенко, 1970; Samels, 1977; Hurka, 1986; Klinkan, 1990). Проанализировано современное состояние и проблемы антропогенно-трансформированных земель на Кольском полуострове, опыт озеленительных и биорекультивационных работ (Любимова, Медведев, 1970; Переверзев, Подлесная, 1986). Выявлены основные проблемы в области северного растениеводства защищенного грунта, восстановления нарушенных территорий и современные пути их решения (Мантрова, 1981; Евдокимова 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' с.ш. и 33°40' – 41°26' в.д.) в гидропонных теплицах ПАБСИ КНЦ РАН, на модельных опытных площадках, находящихся в Хибинском горном массиве, на опытных площадках около городов Кировск, Апатиты, Мончегорск, Мурманск.

Агроклиматические условия Мурманской области характеризуются коротким вегетационным периодом, низкими среднемесячными температурами, краткостью безморозного периода, возможностью 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 Гипронисельпрома) оснащены гидропонными установками, специально разработанными для использования искусственных субстратов. Для освещения используются дуговые 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 и

4 модификациях вермикулитовых субстратов марки Випон (Випон-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 (Лелде, Зелтене, Микус, Яутрите, Айме, Томс, Айра, Дарта), гиппеаструм гибридный (*Hippeastrum hybridum hort.*), зантедешия эфиопская (*Zantedeschia aethiopica (L.) Spreng.*) 4 сорта (Николаи, Штутгартская жемчужина, Литл Джем, Гигант), кринум Мура (*Crinum moorei*); овощные культуры – огурец посевной (*Cucumis sativus L.*) 9 партенокарпических гибридов (ТСХА 379, 805, 138, 40, 98, 194, Арбента, Вирента, Зозуля), томат обыкновенный (*Lycopersicon esculentum Mill.*) 5 индетерминантных высоко- и среднерослых раннеспелых гибридов (Русич, Верлиока, Портленд, Тортилла, Рококо).

В экспериментах в условиях открытого грунта использовалось 12 видов травянистых растений (мятлик луговой (*Poa pratensis L.*), овсяница красная (*Festuca rubra L.*), райграс пастбищный (плевел многолетний) (*Lolium perenne L.*), волоснец песчаный (*Leumus arenarius (L.) Hochst., Elymus arenarius L.*), клевер белый (ползучий) (*Trifolium alba L.*), клевер луговой красный (*Trifolium repens L.*), фестулолиум изумрудный (*Festulolium smaragdinum*), кострец безостый (*Bromus inermis Leyss.*), тимофеевка луговая ([HYPERLINK "http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Phleum\\_pratense&action=edit&redlink=1"](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Phleum_pratense&action=edit&redlink=1) \o "Phleum pratense (страница отсутствует)" *Phleum pratense*), 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 апатитонелефиновом хвостохранилище АНОФ-2 ОАО «Апатит», модельных нефтезагрязненных участках экспериментального полигона ООО «ОРКО-ИНВЕСТ».

## 2.3 Методы исследования

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

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

Физико-химические методы. При изучении физико-химических характеристик вермикулита применяли рентгенофазовый анализ (РФА) на аппарате ДРОН-2.0 при  $\text{Cu K}\alpha$ -излучении, термогравиметрические исследования проводили на дериватографе системы "Паулик, Паулик, Эрдеи". Валовый химический состав вермикулита определяли методом полуколичественного спектрального анализа, химический анализ растворов 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, субстратах и питательных растворах определяли методами атомно-абсорбционной спектрометрии и фотометрии, pH – потенциометрическим методом.

Физиологические методы. Использовали методы создания системы удобрений (Журбицкий, 1963) и функциональной диагностики (Ягодин, Плешков, 1988).

Полевые исследования включали геоботанические описания (Шенников, 1964; Кучеров, Паянская-Гвоздева, 1995), фенологические наблюдения (Шульц, 1981; Фенологические наблюдения..., 1982), биометрические измерения (линейные размеры, биомасса) и инновационные методы создания ковровой растительной дернины (Иванова, 2010).

Камеральные исследования. Биоморфологический метод (Артюшенко, 1970; Скрипчинский и др. 1970; Седова, 1976). Для морфологического анализа луковичных растений использовали бинокулярную лупу МБС-6, микроскоп JSM-6390 LA (Jeol, Hitachu). Морфологическое описание вегетативных и генеративных органов растений проводилось с применением терминологии, приведенной в «Атласе по описательной морфологии...» (Федоров и др., 1979). Характеристика развития побегов луковичных дана по Ф.М. Куперман (1977), анализ жизненных форм – по И.Г. Серебряковой (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. Афониной (1992).

Статистические методы. Обработка данных, расчеты и графические материалы выполнялись с использованием методов описательной статистики и однофакторного дисперсионного анализа (Доспехов, 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 и в процессе многолетней эксплуатации в гидропонике

Методами рентгенофазового и термогравиметрического анализа исследованы исходный природный 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 и 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 ( $d=14.4$  А) у отработанного вермикулита наблюдается некоторое изменение величины этого отражения в результате протекания процессов ионного обмена ( $d=13.2$  А) и упорядочения в переслаивании флогопитовых и вермикулитовых пакетов ( $d=12.0-12.4$  А), что не может оказывать заметного влияния на эксплуатационные свойства субстрата. В то же время технологические свойства термовермикулита после 15-летней эксплуатации в защищенном грунте претерпевают изменения: насыпная плотность термовермикулита увеличивается в 3.5 раза, а влагоемкость снижается в 2 раза (табл.1). Данные изменения обусловлены в меньшей степени механическим истиранием ((80% увеличения плотности) и в большей степени регидратацией (еще (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<sup>3</sup> 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, 4 – оработанный в гидропонике «термовермикулит» после повторного вспучивания.

Отработанный 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 отличаются 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 отработанного вермикулита дают возможность дальнейшего его использования в качестве разрыхлителя почвы.

Следует отметить, что характеристики образцов вермикулита соответствуют либо близки к нормативным требованиям по содержанию тяжелых металлов (ТМ). По сравнению с другими образцами концентрация ТМ в доступной форме несколько выше в отработанном вермикулите, для которого наблюдается незначительное превышение нормы по никелю (5 мг/кг) и хрому (7 мг/кг) и существенное – по цинку (35 мг/кг). После обжига в образце уменьшается концентрация доступных и кислоторастворимых форм цинка и никеля, что можно объяснить выгоранием органических примесей – растительных остатков, содержащих данные компоненты. Содержание углерода в образце 3 составляет 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 ковдорского 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. Вермикулитовый субстрат, не пригодный для дальнейшего использования в защищенном грунте, но обладающий уникальным комплексом физико-химических и биологических свойств, может быть возвращен в природную среду в качестве нетоксичного материала, улучшающего структуру почвы. Это дает основание считать гидропонную технологию с использованием вермикулита безотходной и экологически безопасной (рис.1).

### 3.2 Создание вермикулитовых субстратов нового поколения марки Випон

Для производства вермикулитовых субстратов с высокими качественными показателями (хорошей вспучиваемостью, высокой механической прочностью, благоприятным для выращивания растений уровнем рН водных суспензий) важно знать оптимальный режим обжига вермикулита.

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

Хрупкость термовермикулита. Для определения качества гидропонного субстрата важно определить тот режим обжига, при котором достаточная вспучиваемость сочеталась бы с наиболее прочной структурой минерала. С этой целью изучали изменение степени хрупкости пластин термовермикулита в зависимости от разных режимов обжига, полученные образцы подвергали воздействию искусственно имитированной нагрузки, приблизительно соответствующей действию растений на вермикулитовый субстрат в период вегетации и



разрушающей его гранулы (Кутенкова, 1974). Затем определяли диапазон температур, соответствующий наименьшей степени хрупкости пластинок вермикулита. Сопоставление полученных данных о влиянии различных режимов обжига на вспучиваемость и степень хрупкости пластинок разных фракций ковдорского вермикулита позволили заключить, что для получения термовермикулита с наименьшим объемным весом и наиболее прочной структурой обжиг минерала следует проводить при температуре 500-700°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). При проведении исследований по определению оптимального температурного режима обжига фракционированного вермикулита с целью получения термовермикулита с низким объемным весом и степенью хрупкости гранул, а также благоприятным для выращивания растений уровнем pH, вермикулитовые образцы подвергали обжигу в муфельной печи в диапазоне температур 500-700°C. 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°C.

Выявленные закономерности изменения физико-химических свойств ковдорского вермикулита, происходящие под воздействием высокотемпературного обжига, были использованы нами при разработке инновационной полезной модели «Трубчатая наклонная печь для обжига вспучивающихся материалов» (патент № 55110) и технологии производства на ней высококачественных сертифицированных вермикулитовых субстратов марки Випон в 4 модификациях, а также технических условий (ТУ № 5722-00171890440-06), 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, Co – 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/м<sup>3</sup>), 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 (6.5-7.0). Эти свойства обеспечивают успешную замену других типов субстратов, устойчивость при 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 гидропоники в мире множится число разнообразных, конструктивно отличных друг от друга гидропонных установок (гидропоникумов). Среди них имеются небольшие для частного использования и крупные, промышленного назначения. Для эксплуатации вермикулитовых субстратов в соответствии с его особенностями нами 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 подтопления) система орошения. Достоинство разработки заключается в ее экологичности, позволяющей использовать единожды приготовленный объем питательного раствора полностью, без выброса неиспользованных остатков в канализацию, свойственного другим видам гидропоники и нарушающего природную среду.

## 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

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

количественного (интенсивность потребления каждого питательного элемента растением в единицу времени) и качественного (соотношения потребляемых растениями элементов питания) в динамике для всего периода роста растения. 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 при составлении дифференцированных по этапам онтогенеза питательных растворов для изучаемых культур как способ увеличения их продуктивности в условиях вермикулитопоники.

#### 4.1.1 Декоративно-цветочные растения

Зантедешия эфиопская. Подчеркивая наличие специфики в питании каждого растения, Д.Н. Прянишников (1952) считал, что разные растения при выращивании на одинаковом растворе или на одной и той же почве обнаруживают разный состав золы, хотя и подверженный некоторым колебаниям, но для каждого типа растений сохраняющий известные типичные черты. В качестве исходного питательного раствора использовали раствор, рекомендуемый для выращивания зантедешии на вермикулите Потанинского месторождения в условиях Среднего Урала (Логинов, 1975), со следующим соотношением в нем 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 Урала, в Заполярье доминирующее положение в спектре поглощенных зантедешией элементов питания принадлежит калию. В растении содержание  $K_2O$  в расчете на абс. 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 зантедешией основных питательных веществ ведущая роль также принадлежит калию. Его вынос превышает суммарное потребление растениями азота и фосфора. Уже в начальную фазу роста и развития зантедешия потребляет 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. Выявленные изменения соотношений поступающих в растения элементов питания позволили сделать вывод о том, что питание зантедешии 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 зантедешии, которая, при высоких показателях качества продукции, составила  $69.3 \pm 3.5$  соцветий/м<sup>2</sup>, 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 (Звиргздыня, 1984; Якобсон, 1984). В качестве исходного питательного раствора использовался раствор (40:10:50:15:8), рекомендуемый для выращивания герберы в условиях Латвии (Гутмане, 1977). В балансе 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 меньше калий. Кальция в это время растению требуется в 2.8 раза, магния – в 4, фосфора в 6.5 раза меньше, чем азота и калия. В фазу активного роста растение герберы накапливает питательных элементов меньше, чем в начале вегетации. Максимум потребления питательных элементов наблюдается во время бутонизации и цветения, когда возрастает потребность растения в азоте и калии и уменьшается – 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 начального роста – 49:7:45:16:10, в фазу активного роста – 32:6:60:20:15, во время бутонизации и цветения – 38:9:53:22:9. При таком уровне питания продуктивность одного растения герберы в эксперименте составила  $18.8 \pm 0.6$  соцветий в год и соответствовала потенциальной ее продуктивности (Звиргздыня, 1984).

Альстремерия гибридная. При изучении потребности растений в элементах питания при выращивании в условиях вермикулитопоники для ряда изучаемых видов была проведена только корректировка исходного питательного раствора. 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 функциональной диагностики, при ее культивировании на вермикулите в условиях защищенного грунта Заполярья потребовалось увеличение концентрации N, P, Ca, уменьшение – K и Mg. В результате оптимальное соотношение элементов – 24:35:41:15:5. Изменение питания растений позволило увеличить продуктивность культуры до  $207 \pm 6.9$  соцветий/м<sup>2</sup> в год.

Гиппеаструм гибридный, кринум Мура. При выращивании в более южных регионах России гиппеаструм удобряют по аналогии с другими луковичными культурами, а подкормки и дозы устанавливаются эмпирическим путем (Ругите, 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 22:38:40:16:6 (ГДР. Гиппеаструм..., 1985). Согласно результатам проведенной функциональной диагностики при выращивании гиппеаструма и кринума на вермикулите эти параметры были изменены – 35:34:31:17:6, т.е. увеличилось содержание N и Ca, уменьшилось – K и P. Применение данной 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, что позволило максимально повысить продуктивность гиппеаструма – до 3, кринума до 5 высококачественных соцветий/1 растения в год.

#### 4.1.2 Овощные растения

Огурец (гибриды селекции ТСХА – Арбента, Вирента, Зозуля). В качестве исходного питательного раствора использован состав – N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O:CaO:MgO (31:19:50:50:11), разработанный для гидропонного выращивания огурца в северных широтах (Чесноков, Базырина, 1960). Исходя из результатов функциональной диагностики о потребности растений в питательных элементах при выращивании на 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 Вирента и Арбента) на вермикулите позволило увеличить их урожайность до 56.7 и 51.3 кг/м<sup>2</sup>, продуктивность одного растения до 9.5 и 8.6 кг/растения соответственно.

Томаты (гибриды селекции ТСХА – Русич, Верлиока, Портленд, Тортилла, Рококо). В результате проведенной функциональной диагностики по определению потребности томатов в питательных элементах при выращивании на вермикулите исходный состав питательного раствора – 31:19:50:50:11 (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 – 34:7:59:6:6. Сбалансированное питание индетерминантных гибридов Портленд и Верлиока на вермикулите позволило увеличить их урожайность до 32.0 и 26.4 кг/м<sup>2</sup> за 2 месяца плодоношения, продуктивность одного растения до 5.3 и 4.4 кг соответственно.

Таким образом, дифференцированный подход к изучению минерального питания декоративно-цветочных 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 и 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 (вермикулит, верховой сфагновый торф, почвосмесь) и в зависимости от срока их использования

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

Зантедешия эфиопская. В соответствии с результатами предыдущего эксперимента в опыте применяли ранее разработанный состав питательного раствора ( $N:P_2O_5:K_2O:CaO:MgO = 28:17:55:9:8$ ). Наблюдения показали, что растения, выращиваемые методом гидропоники на верховом сфагновом торфе и 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 зантедешии слабо зависела от типа субстрата. Основная роль в формировании минерального статуса растений 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 сфагновом торфе – 3.0 г и на почвенной смеси – 1.6 г. Установлено, что соотношение элементов питания, поддерживаемое в питательном растворе при проведении опыта, соответствовало потребностям растений во всех вариантах опыта, тем самым способствуя увеличению их продуктивности до  $105.0 \pm 5.3$  высококачественных соцветий с 1 м<sup>2</sup> за год. Анализ данных по урожайности культуры, полученных в пятилетнем эксперименте, показал, что наиболее перспективным субстратом для гидропонного выращивания зантедешии 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 зантедешии эфиопской при выращивании на разных субстратах

Год выращивания Количество соцветий/м<sup>2</sup> за год НСР05

Почвосмесь (контроль) Вермикулит 5 лет использования Верховой сфагновый торф

3-й 88.0 105.0 91.5 3.8

4-й 75.7 95.0 90.0 3.1

5-й 56.0 68.0 66.0 5.2

В сумме за 3 года 219.7 268.0 247.5 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 +20оС побегообразование альстремерии замедляется, стебли ослабевают, вытягиваются,

искривляются, засыхают; прекращается рост, утрачивается тургор. Независимо от варианта, максимальное количество побегов (до 15-35 шт/1 растения) формируется в фазу активного роста. Наиболее интенсивный рост растений, листо- и 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±5.2-150.3±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 210 соцветий/год, что соответствует потенциальной продуктивности этого вида (Alstroemerien in Holland, 1983) (рис.2).

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

Кринум Мура. Двухгодичные растения кринума были высажены в январе с полным сохранением корневого кома по 4 шт/м<sup>2</sup> в стеллажи в почвосмесь (контроль) и вермикулит. До марта в обоих вариантах отмечено интенсивное развитие растений (увеличение окружности луковицы, количества 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 имели 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, на почвосмеси – 80 см, количество листьев на растении 25 и 21 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, в контрольном – 0.8, общая за год 3.9 и 2.5 соответственно, а максимальная на отдельных растениях – 5 и 3 соцветия. Полученные данные позволили сделать вывод о том, что использование 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

Зантедешия эфиопская. Вегетативный способ размножения. Органом вегетативного размножения зантедешии 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 деток на размножение является зимний, позволяющий получить первый урожай соцветий зантедешии на 4-6 мес. раньше и сместить пик цветения на осенне-зимний период. Недостающее количество деток таких размеров может быть пополнено из фонда хранящихся в вермикулитовом субстрате в холоде.

Гербера гибридная. Генеративный способ размножения. Одной из особенностей этого вида является быстрое падение всхожести семян, поэтому изучали влияние разных субстратов и предпосевной обработки семян герберы 0.02 %-м раствором KMnO<sub>4</sub> на их всхожесть. Выявлено,

что обработка семян способствует увеличению их всхожести от 14 до 40% в зависимости от субстрата. Процент всхожести обработанных семян на вермикулите был наивысшим – 76%, на песке взошло 64, торфе – 54, почвосмеси – 36% семян. Оптимальным сроком посева семян герберы является весенний, при котором уже в июле того же года возможно получение первых соцветий. Вегетативный способ размножения. Вегетативно герберу размножают зелеными черенками, которые можно получить от взрослого растения (Smith, 1967; Звиргздыня, 1984). В условиях Заполярья с одного 2-летнего растения можно получить до 20 шт. черенков. Их укоренение проводили в марте в почвосмеси, торфе и вермикулите. Во всех вариантах опыта отмечено 100%-е укоренение. Субстрат оказал влияние на качественные показатели посадочного материала. Высота растений, укорененных на вермикулите, составила  $39.2 \pm 2.0$  см, количество листьев на растении –  $8.8 \pm 0.5$  шт., на торфе –  $27.6 \pm 1.5$  см и  $3.6 \pm 0.2$  шт., на почвосмеси –  $22.4 \pm 1.3$  см и  $4.0 \pm 0.2$  шт. соответственно. Лучшая приживаемость рассады при пересадке на постоянное место отмечена также у растений, выращенных на вермикулите, а первая цветочная продукция у этого варианта была получена на 8 дней раньше, чем на торфе и на почвосмеси.

Гиппеаструм гибридный. Генеративный способ размножения гиппеаструма используется для получения большого количества однородного, здорового посадочного материала и позволяет увеличивать эффективность размножения луковичных растений в 10-20 раз (Давыдова, Козлова, 1983; Коробченко, 1993). В опыте использовали семена собственного сбора. Наряду с самоопылением проводили перекрестное опыление растений. Выявлено, что завязывание семян гиппеаструма проходит в течение 7, период созревания – 40-60 дней; в одной семенной коробочке образуется 120-160 семян. При посеве в вермикулит свежесобранные семена обладают 100%-й всхожестью, значительно ускоряется рост и развитие проростков и улучшаются качественные показатели посадочного материала: уже к концу второго года выращивания диаметр луковиц достигает  $5.5 \pm 0.4$  см и появляются первые соцветия. По литературным данным (Артюшенко, 1979), ко 2-3-му году в луковицах гиппеаструма только 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 этапов развития побегов растений до сих пор остаются слабо изученными (Комарова, 1986; Шилова, 1988), хотя и имеют большое значение для практики цветоводства. В течение нескольких лет проводили наблюдения за появлением и ростом листьев и соцветий у данных видов, а также препарировали их луковицы для выявления особенностей органообразования на апексе побега. Выращивание гиппеаструма и кринума в условиях вермикулитопоники с использованием ранее разработанной для растений сем. Amaryllidaceae питательной смеси выявило возможность значительной интенсификации жизненных процессов у данных видов. Их цветение может продолжаться несколько месяцев, при этом последовательно формируется у гиппеаструма до 3, у кринума 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), а также 3-5 циклов появления зачатков соцветия в год по сравнению с 1-2 в природных условиях (Юго-Восточная Африка) или при традиционном культивировании. Исследование опровергает предположение о постоянном и равномерном органогенезе у растений рода *Crinum* (Артюшенко, 1970), а также выявляет возможности для регулируемого выращивания растений в контролируемых условиях (выгонка). Показателем, по которому можно судить о продуктивности данных видов, служит количество листьев, сформированное за вегетацию на одном растении. У растений гиппеаструма с 12 и более ассимилирующими листьями она максимальна – 3 соцветия/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; Fiseher, 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 снижать 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 – 15-18°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  $124 \pm 6.9$ , в опытном варианте –  $197 \pm 9.0$  соцветий/м<sup>2</sup> 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.

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

Полученные результаты позволили заключить, что снижение температуры воздуха в теплице до 5-10°C в течение 3 мес. при выращивании альстремерии гибридной способствует получению 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 в генеративное состояние и повышению его продуктивности способствуют температурная индукция периода покоя и последующее высокотемпературное воздействие (Черевченко, 1977; Klinkan, 1990).

С этой целью сроки и продолжительность индукции осуществлялись таким образом, чтобы планируемые 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/м<sup>2</sup>.

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

Вариант	Планируемый пик цветения	Сроки и продолжительность индукции	Высокотемпературное воздействие	вегетативного роста (возобновления поливов)
1-й	25.XII-10.I	10.X-10.XII	11.XII-18.XII	19.XII-9.X
2-й	20.II-15.III	10.XII-10.II	11.II-18.II	19.II-9.XII
3-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 с постепенного возобновления полива, повышения температуры 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  $2.0 \pm 0.1$ , во второй -  $2.0 \pm 0.4$  соцветий/1 растения; 52% растений имели по 4, 15% – по 5, около 9% растений – по 6 цветков в соцветии. При более поздних сроках выгонки выход соцветий был ниже: в первый год зимне-весеннего периода он составил  $1.8 \pm 0.1$ , весенне-летнего –  $1.9 \pm 0.1$ ,

во второй год –  $1.6 \pm 0.2$  и  $1.4 \pm 0.1$  соцветия/м<sup>2</sup> соответственно. Наилучшие показатели получены в зимнюю выгонку. Таким образом, при выращивании на вермикулите цветочная продуктивность гиппеаструма может достигать высоких значений и ею можно управлять, планируя получение соцветий в разные сезоны года.

### 5.3 Влияние густоты посадки на продуктивность растений

условия водоснабжения и минерального питания при гидропонном выращивании растений на искусственных субстратах создают возможность загущения посадок (Бентли, 1965). Схема опыта включала 5 вариантов размещения растений от 4 до 54 шт/м<sup>2</sup> 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<sup>2</sup> 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 соцветий/м<sup>2</sup> (рис.4). По сравнению с контролем (4 растения без формирования стебля) такое загущение посадок позволило увеличить выход соцветий зантедешии на 40.5%.

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

Гербера гибридная. При выращивании герберы традиционным способом рекомендуется высаживать не более 9 растений на 1 м<sup>2</sup> (Рихтер, 1973). Схема эксперимента включала 4 варианта загущения: 1-й – 9 (контроль), 2-й – 16, 3-й – 20, 4-й – 25 растений/м<sup>2</sup>. Анализ полученных результатов показал, что увеличение плотности растений до 25 растений/м<sup>2</sup> 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  $18.0 \pm 1.3$  шт. – в контроле до  $13 \pm 0.8$  – в самых загущенных посадках), сказывается на продуктивности культуры. Наибольший урожай соцветий герберы был получен при загущении посадок до 16 растений/м<sup>2</sup>. 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<sup>2</sup>, 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<sup>2</sup>. Урожайность растений по вариантам имела следующую зависимость: увеличение загущенности с 2 до 4 растений способствовало повышению их урожайности в первый год выращивания с  $30.1 \pm 1.2$  до  $61.2 \pm 3.4$ , во второй год – с  $68.2 \pm 4.0$  до  $94.3 \pm 5.1$  и в третий год – с  $138.2 \pm 6.4$  до  $215.4 \pm 8.9$  соцветий с 1 м<sup>2</sup>. Более плотные посадки альстремерии (5 растений/м<sup>2</sup>), в особенности 6 растений, привели к снижению урожайности культуры, что, вероятно, обусловлено ухудшением условий освещенности в посадках в результате образования большого количества (порой свыше 200 шт.) вегетативных побегов на 1 м<sup>2</sup>. Наибольшее количество соцветий было получено при размещении 4 растений/м<sup>2</sup>, где на третий год выращивания растений урожайность культуры была максимальной и составила  $215 \pm 8.9$  соцветий/м<sup>2</sup> в год, 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<sup>2</sup> в год) выход высококачественных соцветий, является размещение 4 растений/м<sup>2</sup>.



## 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: Николаи, Штутгартская жемчужина, Литл Джем, Гигант. Первые соцветия были получены у сорта Штутгартская жемчужина – на 1 мес. раньше, чем у сорта Николаи, на 2.5 мес., чем у сорта Литл Джем, и на 3 мес., чем у сорта Гигант. Цветочная продукция зантедешии у всех сортов имела высокие качественные показатели и по сортности относилась к высшим разрядам. Во многом декоративность зантедешии эфиопской зависит от размеров покрывала соцветия. У сортов Гигант, Штутгартская жемчужина, Николаи максимальный диаметр покрывала достигал  $20.0 \pm 0.9$ , у Литл Джем –  $15.3 \pm 0.6$  см. У всех сортов декоративность соцветий в срезке была высокой и сохранялась в течение 10-16 дней. Наибольший выход цветочной продукции отмечен у сорта Штутгартская жемчужина, несколько меньший – у Николаи и Гигант (табл. 4).

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

Год выращивания Урожайность, соцветий/м<sup>2</sup> за год НСР05

Штутгартская жемчужина Николаи Гигант Литл Джем

1-й 104.5 79.0 67.0 28.5 6.9

2-й 82.0 60.0 57.0 25.0 2.8

3-й 80.0 58.0 53.0 20.0 1.1

В сумме за 3 года 266.5 197.0 177.0 73.5 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 декоративных растений на срез бывают хозяйственно невыгодными сорта с широко раскидистым кустом и крупными листьями. Таковыми в опыте оказались растения сортов Гигант и Николаи, высота которых достигала  $150.2 \pm 6.5$  и  $130.0 \pm 7.1$  см соответственно, а ассимиляционная поверхность более 60 дм<sup>2</sup>, т. е. в 1.5-2.0 раза превышала площадь листьев у растений сортов Штутгартская жемчужина, Литл Джем. Анализ исследуемых показателей показал, что наиболее перспективными являются растения зантедешии сорта Штутгартская жемчужина, обеспечивающие получение цветочной продукции в более ранние сроки с высокими декоративными качествами и в количестве свыше 100 соцветий/м<sup>2</sup> за год.

Гербера гибридная. Сорта герберы сильно различаются по продуктивности (Harding, 1981). Усилия селекционеров направлены на получение качественных соцветий: диаметр 10-14 см, длина цветоноса 40-50 см с продолжительностью сохранения в срезке не менее 7 дней и продуктивностью 1 растения не менее 15 соцветий в год (Грибова, 1984). В эксперименте использовали растения герберы гибридной 8 сортов латвийской селекции. Наблюдения показали, что при выращивании в Заполярье на вермикулите опытные растения четко реагируют на комплекс экологических факторов; их развитие зависит от температуры и условий освещенности. Наиболее требовательные в этом отношении сорта Томс, Айме, Микус, Дарта погибли в первый (август-декабрь), Айра, Яутрите – во второй годы исследования (сентябрь-октябрь). Оставшиеся два сорта Лелде и Зелтене отличались высокой продуктивностью –  $16.0 \pm 0.7$  и  $21.0 \pm 0.5$  соцветия с 1 растения соответственно и качеством соцветий на протяжении всего периода цветения. Параметры их сортовых характеристик, имевшие место в условиях гидропонного выращивания на

вермикулите в Заполярье, были гораздо выше, чем в Латвии. Результаты опыта позволили заключить, что из 8 опытных сортов герберы гибридной перспективными 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. После посадки в вермикулитовый субстрат отмечено их интенсивное развитие. К концу первого года выращивания высота побегов у сортов Регина и Староза превышала  $100 \pm 4.8$ , у сорта Ставита достигала  $80 \pm 3.9$  см. 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  $1 \text{ м}^2$  в течение года. На протяжении всего эксперимента самая высокая урожайность отмечена у альстремерии сортов Регина и Староза (табл.5). На четвертый год выращивания она была максимальной у обоих сортов – до  $140$  соцветий/ $\text{м}^2$ . Ежегодный выход цветочной продукции у сорта Ставита был очень низким: в 1-й год –  $14 \pm 0.4$ , во 2-й –  $13 \pm 0.2$ , в 3-й –  $19 \pm 0.7$ , в 4-й –  $13 \pm 0.3$  соцветий/ $\text{м}^2$ .

При сравнении качественных показателей соцветий на протяжении всего опыта лучшие результаты отмечались у сортов Регина (диаметр цветков достигал  $5.1 \pm 0.2$  см, их количество в соцветии –  $9.2 \pm 0.4$  шт.) и Староза ( $3.5 \pm 0.4$  см и  $8.1 \pm 0.2$  шт.). Соцветия сорта Ставита в среднем имели  $3.5 \pm 0.2$  цветков диаметром  $3.0 \pm 0.1$  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 альстремерии гибридной в разные годы выращивания на вермикулите Сорт Количество соцветий, шт/ $\text{м}^2$

	1-й год	2-й год	3-й год	4-й год
Регина	$40 \pm 2.1$	$53.3 \pm 2.9$	$121 \pm 2.1$	$160 \pm 4.1$
Староза	$37 \pm 3.2$	$49 \pm 4.7$	$106 \pm 2.5$	$159 \pm 5.3$
Ставита	$14 \pm 3.2$	$13 \pm 0.8$	$19 \pm 3.2$	$13 \pm 2.5$
НСР05	6.8	9.2	9.1	13.4

Огурец. При подборе ассортимента огурца для выращивания на вермикулите в весенне-летнем обороте использовали партенокарпические гибриды селекции овощной станции ТСХА им. В.И. Эдельштейна (г. Москва): ТСХА 379, 805, 138, 40, 98, 194, Арбента, Вирента, Зозуля, характеризующиеся быстрыми темпами нарастания листовой поверхности, высокой насыщенностью женскими цветками, интенсивной прибавкой урожая, устойчивостью к вирусам. Растения выращивали рассадным 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 урожайность культуры при выращивании на вермикулитовом субстрате в весенне-летнем обороте была высокой и составила в зависимости от гибрида от  $23.6 \pm 2.3$  до  $56.7 \pm 3.5$  кг с  $1 \text{ м}^2$  (табл.6). Наибольшая отдача урожая отмечена в первый месяц плодоношения.

Максимальный урожай высококачественных плодов был получен у растений гибридов Вирента и Арбента –  $56.7 \pm 3.5$  и  $51.3 \pm 3.1$  кг/м<sup>2</sup> или  $9.5 \pm 0.7$  и  $8.6 \pm 0.6$  кг соответственно с одного растения (при размещении 6 растений на 1 м<sup>2</sup>). Они были рекомендованы для выращивания в весенне-летнем обороте на 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 F1 Продуктивность Средняя масса плода, г Плодоношение средняя 1 растения, кг общая за 2 месяца плодоношения, кг/м<sup>2</sup> за 1-й месяц плодоношения, кг/м<sup>2</sup> начало конец

ТСХА-379  $7.5 \pm 0.4$   $45.1 \pm 4.0$   $27.0 \pm 1.9$  457 26.05 27.07

ТСХА-805  $8.0 \pm 0.4$   $24.7 \pm 3.0$   $12.9 \pm 1.1$  335 01.06 23.07

ТСХА-138  $3.9 \pm 0.2$   $23.6 \pm 2.3$   $12.8 \pm 1.2$  354 01.06 24.07

ТСХА-40  $5.4 \pm 0.3$   $32.6 \pm 2.6$   $20.8 \pm 2.0$  331 25.06 23.07

ТСХА-98  $6.1 \pm 0.5$   $36.7 \pm 3.0$   $18.6 \pm 1.5$  337 28.05 24.07

ТСХА-194  $5.9 \pm 0.5$   $35.7 \pm 2.8$   $19.5 \pm 1.7$  354 26.05 27.07

Арбента  $8.6 \pm 0.6$   $51.3 \pm 3.1$   $26.2 \pm 2.0$  374 26.05 27.07

Вирента  $9.5 \pm 0.7$   $56.7 \pm 3.5$   $27.7 \pm 2.2$  360 26.05 26.07

Зозуля  $5.2 \pm 0.3$   $31.1 \pm 3.0$   $18.4 \pm 1.5$  379 01.06 24.07

Томаты. В эксперименте использовали индетерминантные высоко- и среднерослые раннеспелые гибриды селекции овощной станции ТСХА им. В.И. Эдельштейна для зимне-весеннего оборота: Русич, Верлиока, Портленд, Тортила, Рококо. Томаты выращивали рассадным методом с использованием разработанных агротехнических мероприятий. В зависимости от сорта и условий выращивания урожайность томатов на вермикулите в культуре зимне-весеннего продленного оборота составила от  $21.2 \pm 1.8$  до  $32.0 \pm 2.7$  кг/м<sup>2</sup> (табл.7).

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, % Средняя масса плода, г 1 растения, кг общая за 2 мес. плодоношения, кг/м<sup>2</sup>

Верлиока  $4.4 \pm 0.2$   $26.4 \pm 2.1$  3.0 124

Портленд  $5.3 \pm 0.5$   $32.0 \pm 2.7$  2.2 150

Русич  $3.9 \pm 0.2$   $23.8 \pm 2.1$  4.0 86

Тортила  $3.8 \pm 0.3$   $23.0 \pm 2.0$  3.7 142

Рококо  $3.5 \pm 0.2$   $21.2 \pm 1.8$  4.1 110

## 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 ценозов в Заполярье. В их основе концепция прорастания семян (Обручева, Антипова, 1997), согласно которой воздушно-сухое семя способно быстро переходить в состояние активного метаболизма, инициирующего рост осевых органов проростка, только при благоприятных режимах влажности, температуры и аэрации в среде прорастания. Оптимизировать эти условия можно было бы с помощью идеального субстрата, в который высеваются семена.

Способ ускоренного создания высококачественной ковровой газонной дернины. Для его разработки в условиях теплицы изучалось влияние разных видов субстратов (Випон-1, верхового сфагнового торфа и почвосмеси) на прорастание семян, рост осевых органов проростков и формирование одновидовой ковровой травяной дернины. Субстраты насыпали слоем 1 см в пластиковые кюветы размером 50\*50\*5 см и напитывали питательным раствором 0,1%-й концентрации, мг/л: N – 170, P – 50,

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, мятлика лугового, райграса пастбищного высевались по отдельности из расчета 133 г/м<sup>2</sup>. 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, одновидовые травостои этого варианта имели в 2 раза большую плотность сложения, чем на почвосмеси, и почти в 3 раза, чем на торфе. Общая биомасса дернины, выращенной из овсяницы красной на вермикулите, в 3.7 раза превосходила этот показатель на торфе и в 2.5 раза на почвосмеси, из мятлика – в 3.7 и в 4.3 раза, из райграса – в 3.2 и в 9 раз соответственно. Сворачиваемость дернины в рулон была отмечена лишь в вариантах с применением вермикулита. Следовательно, обладая высокой воздухо- и влагоемкостью, вермикулитовый субстрат способствовал поддержанию наиболее благоприятных условий в среде прорастания высеянных 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 травяной 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 массовых всходов и дальнейшее формирование травяной дернины шло с опережением на 1-2 дня в варианте с 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 коврового травяно-дернового покрытия в открытом грунте, которая заключается в следующем. На полиэтиленовой пленке, постеленной на ровной поверхности, формируют слой (1 см) из мелкофракционированного термовермикулита. Напитывают 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 кондиции, 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 пониженных температурах (2-10°C) – 3 недели.

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

Вариант Плотность травостоя, особей/дм<sup>2</sup> Вид Высота растений, см Длина корней, см Вес 50 растений, г Сворачиваемость 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<sup>2</sup> посева появления всходов окончания опыта первых массовых

Райграс пастбищный 02.07 06.07 0.8.07 12.07 6.4 1854.3±95.4

Овсяница красная 02.07 06.07 09.07. 14.07 5.0 2421.4±98.5

Мятлик луговой 02.07 06.07 10.07. 15.07 4.7 2600.7±156.3

Смесь 3 видов 02.07 06.07 0.8.07 12.07 7.0 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 ценоза, 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%, кострец 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 м<sup>2</sup> плотность сложения выращенного этим способом травостоя составила 759.0±12.2 растений/дм<sup>2</sup>. 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 кострец безостый; совсем немного им уступали овсяница луговая и красная. Достоинством этого способа создания посевных 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, помещаются в полиэтиленовый пакет, увлажняются водой из расчета 1 л воды на 2 л смеси и в таком виде содержатся до стадии «проклюнувшиеся». 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, образуя 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 2005-2011 гг. инновационный экспресс-способ создания коврового газонного покрытия многократно использовался для создания декоративных газонов и озеленения интерьеров. Красивые изумрудно-зеленые, плотные (700-2600 растений/дм<sup>2</sup>) травяные ковры размером 2 м<sup>2</sup>, весом 10-14 кг выращивались в открытом или защищенном грунте в течение 2-3 недель. При сравнении ковровой газонной дернины, выращенной гидропонным экспресс-способом на вермикулите и традиционным методом одерновки норвежской фирмой «Vieland Ferdigplen», была дана высокая оценка инновационному способу (простота, универсальность), определены достоинства производимой растительной продукции: гармоничное сочетание качества, цены и скорости формирования растительного покрова широкого спектра назначения, видового состава и плотности, способного без использования дефицитных почвогрунтов быстро и качественно прорасти 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 жизненность и мгновенно создаваемый эффект.

### 7.2.2 Фиторекультивация техногенно-нарушенных и загрязненных территорий

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

Апатитнефелиновое хвостохранилище. Флора техногенного субстрата отходов обогатительной фабрики, в сравнении с естественной флорой Мурманской области, характеризуется низким видовым разнообразием (21 вид), упрощенной таксономической структурой (2 вида – мохообразные из 2 родов 2 семейств, 19 – сосудистые из 15 родов 9 семейств), а также высокой долей ведущих семейств Asteraceae (*Senecio dubitabilis* C. Joffrey et Y.L. Chen, *Senecio vulgaris* L., *Achillea millefolium* L., *Solidago lapponica* Wither., *Tussilago farfara* L.), Poaceae (*Deschampsia cespitosa* (L.) Beauv., *Leymus arenarius* (L.) Hochst., *Agrostis 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 2 вида (9.5%), деревья – 1 вид (4.8%), мхи – 2 вида (9.5%). По отношению к увлажнению преобладают виды группы мезофитов (52.4%), ксеромезофиты и гигрофиты составляют по 23.8% каждый. Среди эколого-ценотипических групп наибольшим разнообразием отличается группа луговых растений (*Achillea millefolium* L., *Cerastium holosteoides* Fries, *Equisetum arvense* L., *Deschampsia cespitosa* (L.) Beauv., *Agrostis gigantea* Roth., *A. tenuis* Sibth., *Rumex acetosella* L., *Linaria vulgaris* L.) – 38.1%, затем следуют рудералы (*Senecio dubitabilis*, *S. vulgaris*, *Dicranella schreberiana* (Hedw.) Hilp. Ex Crum & Anderson, *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid., *Puccinellia distans* (Jacq.) Parl., *Rumex crispus* L.) –

28.6%, эрозиофильные (*Tussilago farfara*, *Leymus arenarius* (L.) Hochst., *Salix caprea* L., *S. phylicifolia* L. - 19.0%, лугово-лесные (*Achillea millefolium*, *Chamaenerion anqustifolium* (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 августа 2006 г. ковровая травяная дернина общей площадью 100 м<sup>2</sup>, состоящая из 8 видов (*Festuca rubra*, *Poa pratensis*, *Lolium perenne*, *Leymus arenarius*, *Chamaenerion anqustifolium*, *Tussilago farfara*, *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*), имеющая травостой высотой 7 см, плотностью 2000.4±102.2 особей/дм<sup>2</sup> была 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 хвостотвалов. В результате, через 1.5 мес. на лишенном растительного и почвенного покрова модельном откосе без проведения планировки поверхности, выполаживания и землевания было сформировано примитивное, состоящее из 8 составляющих ковровую дернину видов, растительное сообщество с 50%-м проективным покрытием поверхности. В процессе дальнейшего развития его структура и состав постепенно усложнялись путем естественной колонизации пионерной растительности и за счет привнесенных с дерниной видов. Созданный искусственный фитоценоз способствовал ускорению восстановительной сукцессии на отходах обогащения, индуцировал быстрое зарастание внутренних оголенных межполосных участков *Poa pratensis*, *Chamaenerion anqustifolium*, *Tussilago farfara*, *Trifolium pratense*, *Achillea millefolium*, *Senecio dubitabilis*, *S. Vulgaris*, *Solidago lapponica* Wither., *Cerastium holosteoides* Fries, *Dicranelle 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%) ценотипам, 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 эксперимента Плотность травостоя, шт/дм<sup>2</sup> 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

2007 1900.4±94.2 25.4±5.2 22.7±4.3 9 (8; 4) 70

2008 1901.0±102.2 65.4±3.0 52.2±3.4 20 (14; 15) 100

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 к самостоятельному существованию и дальнейшему развитию (Третькова, Мухин, 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 м<sup>2</sup>, в которые внесены техногенные субстраты с разной степенью загрязнения. Высота их загрузки 0.4 м.

В предварительном эксперименте исследовалась возможность создания растительного покрова методом 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 ковры из тимофеевки луговой (25%), костреца безостого (25%), овсяницы красной (20%), райграса пастбищного (20%), мятлика лугового (10%) размером 1\*1 м были постелены на техногенный субстрат. Через 7 дней эксперимента было зафиксировано фрагментарное (исключительно в местах соприкосновения) прирастание дернины к субстрату. На данном этапе проективное покрытие составило 30-40, а к концу вегетационного периода – до 60%. Сформированный травостой имел высоту 13.7±0.2 см, однако корни растений, выстилались вдоль поверхности комков нефтешлама на глубину 12.3±0.3 см. Выпад растений после перезимовки составил 90%. Однако сохранившийся вермикулитовый субстрат, пронизанный корнями погибших растений, продолжал служить основой для поселения и развития на нем заносных видов сорных растений (мать-и-мачехи, иван-чая), формированию из них плотных куртин высотой до 10.6 см, увеличению проективного покрытия с 1-2% (после перезимовки) до 20% – к концу вегетационного периода 2010 г. Основные причины гибели ковровой дернины в данном эксперименте – высокая концентрация НП и неровная комковатая поверхность техногенного субстрата, из-за которых данный способ формирования растительного покрова на нем не может быть использован.

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

Таблица 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<sup>2</sup> Биомасса, г/м<sup>2</sup> Проективное покрытие, %

Контроль 22.3±1.6 19.7±3.2 686. 4±31.2 610.0±31.0 70±6.2

Опытный 34.6±2.4 22.0±1.5 1019.7±70.9 883.4±35.4 80±3.5

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

В настоящее время в Мурманской области сложилась ситуация, когда более 90% овощной и декоративно-цветочной продукции импортируется из других регионов страны и из-за рубежа. Исходя из этого для создания конкурентоспособного северного тепличного производства



сельскохозяйственной продукции необходим поиск и применение более эффективных тепличных технологий, обеспечивающих круглогодичное получение максимального урожая высококачественной продукции с единицы площади при минимуме затрат. На наш взгляд, это может быть осуществлено с помощью комбинации некоторых теплично-конструкционных решений, элементов современных технологий многоярусной узкостеллажной гидропоники (Met meer..., 1996; Шарупич и др., 2005; Fruit logistica..., 2006) и собственных технологий выращивания растений с применением ковдорского вермикулита.

С этой целью в качестве модельного объекта для модернизации и переоснащения в современную, адаптированную для вермикулитовых субстратов гидропонную теплицу была 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 Вирента, как наиболее продуктивного (56.7 кг/м<sup>2</sup>), из испытанных ранее партенокарпических гибридов. Результаты предварительно проведенных поисковых опытов показали возможность в условиях Заполярья круглогодичного получения продукции данного гибрида. Для получения максимальной экономической эффективности при его культивировании была проведена оптимизация: конструкции модельной теплицы (предусмотрено покрытие ячеистым поликарбонатом, разделение внутреннего пространства на 3 независимых сектора, оснащение 7 двухъярусными гидропонными установками, позволяющими осуществлять ирригационный способ полива и организацию загущенных посадок (4 растения/пог. м); системы дополнительного облучения растений (использование ламп ДНаЗ-600 Reflacs/super и ДРИ-3-400 с целью получения урожаев в условиях «полярной ночи»); производственного процесса по принципу «зеленого конвейера» (разработана схема круглогодичного получения продукции огурца с пиками в зимний сезон в период максимальных цен на свежую продукцию).

Показано, что при таком подходе затраты на реконструкцию модельной теплицы (с включением затрат на проведение монтажных и строительных работ) составят 4.5 млн руб. Доходы и расходы предприятия можно заранее планировать; его доходная часть становится непрерывной в течение всего года, а конкурентоспособность существенно увеличивается (табл.12).

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)

Всего 3849

8707,5 4858,5

Примечание – в расчетах за основу взята продуктивность огурца, равная 2.4 кг/растения за 1 мес. (урожайность культуры 14.4 кг/м<sup>2</sup> 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 фазе закладки бутонов и цветения.

Следовательно, при затратах на реконструкцию теплицы, равных 4.5 млн руб., хозяйственник получает доход по итогам года 4.8 млн. Это позволяет говорить о том, что реконструкция тепличных хозяйств Мурманской области и переход на гидропонное выращивание овощных культур выгодны. Разработанные технологии гидропонного выращивания овощных растений, основанные на применении вермикулита Ковдорского месторождения, принципы совершенствования тепличных сооружений и организации экологически чистого и высокопродуктивного гидропонного производства высококачественной сельскохозяйственной продукции делают прибыльным и конкурентоспособным гидропонное овощеводство в условиях защищенного грунта Крайнего Севера.

## 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 рН водных суспензий он относится к «сильнощелочным» (рН 8.0-10.0) формам этого минерала, не пригодным для гидропонии, поэтому требует предварительных исследований для лучшей его подготовки, агрохимической 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°С в течение 2-6 мин. С этой целью была разработана инновационная конструкция обжиговой печи, которая позволила организовать 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 вспучиваемость пластин, достаточно высокая механическая прочность, слабая химическая реактивность и благоприятные для роста растений значения рН 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 затрачиваемой воды и оптимизировать схему использования минеральных удобрений.

В процессе многолетней (более 10 лет) эксплуатации в гидропонике ковдорский вермикулит претерпевает слабые физико-химические изменения, не оказывающие заметного влияния на эксплуатационные свойства субстрата, обеспечивая хорошие условия аэрации, буферность, возможность поливов питательным раствором 1 раз в 10-14 дней. Вследствие указанных особенностей, он может служить полноценным корневым субстратом в гидропонике в течение первых 15 лет без замены, а затем в полевых условиях как нетоксичный материал, улучшающий структуру почвы. Разработанная схема использования данного минерала позволяет изъять его из природы, эксплуатировать 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 гидропоники вермикулите, 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 пределе продуктивности, что соответствует мировым достижениям (Гербер в ГДР, 1981; Skalska, 1983; Klinkan, 1990; Lots, 1990; Финские альстремери, 1997; Шарупич и др., 2005).

Очень важные с точки зрения практики северного растениеводства результаты получены по изучению 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 ремедиации 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 хозяйственной деятельности в условиях Заполярья и позволяют предполагать, что в скором времени гидропоника (и ее разновидность – вермикулитопоника) прочно войдет в северное растениеводство как один из наиболее технически управляемых и научно регулируемых методов выращивания растений.

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.

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 безотходному использованию в гидропонном растениеводстве.

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

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

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.

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, иницируя рост и развитие осевых органов проростков семян, получение высококачественного посадочного материала, способного к цветению в более ранние, по сравнению с применением торфа и почвосмеси, сроки,

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, ускоренное развитие и более высокую продуктивность растений по сравнению с культивированием на почво- и торфогрунтах.

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.

Разработан зональный ассортимент оранжерейно-срезочных растений для вермикулитопоники, включающий 5 исследуемых в работе культур (зантедешия эфиопская, альстремерия, гербера и гиппеаструм гибридные, кринум Мура), обеспечивающий круглогодичное получение цветочной продукции в условиях Заполярья.

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.

Разработаны и проверены на практике инновационные гидропонные способы ускоренного создания искусственных фитоценозов методами настила ковровой растительной дернины, прямого посева и 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.

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

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

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК России:

Статьи:

Иванова Л.А., Соколова Л.К. Новый субстрат для гидропоники // Цветоводство. 1991. № 6. С. 16.

Иванова Л.А. Культивирование гиппеаструма гибридного в Мурманской области // Бюллетень Главного Ботанического Сада РАН, 2002. Вып. 183. С. 107-113.

Иванова Л.А., Котельников В.В., Быкова А.Е. Физико-химическая трансформация минерала вермикулита в субстрат для выращивания растений // Вестник МГТУ, 2006. Т. 9. С. 885-891.

Иванова Л.А. Биологические особенности выращивания *Alstroemeria hybrida* (Alstroemeriaceae) на срез в условиях защищенного грунта Мурманской области // Вестник Поморского университета, 2006. Т. 2 (10). С. 53-59.

Иванова Л.А., Виравчева Л.Л., Кузнецова Е.В. Орхидные в коллекции Полярно-альпийского ботанического сада // Вестник Тверского государственного университета. № 7(35), 2007. ПИ №5-0914. Серия «Биология и экология». С. 166-170.

Иванова Л.А., Катомина А.П. Гиппеаструм в Заполярье // Цветоводство. 2009. № 1. С. 21-23.

Иванова Л.А., Костина В.А., Кременецкая М.В., Иноземцева Е.С. Ускоренное формирование противоэрозионных травостоев на техногенно-нарушенных территориях Заполярья // Вестник Мурманского государственного технического университета. 2010. Т. 13. № 4-2. С. 977-983.

Иванова Л.А. Зантедешия эфиопская в Заполярье // Цветоводство. 2009. № 4. С. 13-14.

Иванова Л.А., Катомина А.П. Особенности выращивания кринума в Заполярье // Цветоводство. 2009. № 6. С. 2-3.

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. № 1. С. 18-19.

Иванова Л.А., Иноземцева Е.С. Перспективы выращивания огурца и томата в закрытом грунте Заполярья методом гидропонии на влагоемких субстратах // Картофель и овощи, №7, 2009, с. 17-19.

#### Патенты, авторские свидетельства:

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

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

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

Иванова Л.А., Котельников В.А. Свидетельство на торговую марку «Сабрус» № 2009727982, 2009.

Kotelnikov V.A., Ivanova L.A. (en) Method for biologically recultivating industrial wastelands. (fr) procede de remise en culture biologique de terres appauvries sur le plan technogene. (ru) Способ биологической рекультивации техногенно-нарушенных земель. Pub. No.: WO/2011/084079. International Application No.: PCT/RU2010/000001. Publication Date: 14.07.2011. International Filing Date: 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 создания почвенно-растительного покрова при рекультивации нарушенных земель". Регистрационный номер заявки № 2011127453, 2011.

Иванова Л.А., Иноземцева Е.С., Кременецкая М.В. «Способ создания газонной дернины на органо-минеральной основе». Регистрационный номер заявки № 2011127455, 2011.

Иванова Л.А., Иноземцева Е.С., Кременецкая М.В. «Способ ускоренного формирования и ремонта газонов на основе использования многокомпонентной озеленительной (минерально-растительной) смеси». Регистрационный номер заявки № 2011127457, 2011.

#### Работы, депонированные в ВИНТИ:

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

Иванова Л.А. Биологические особенности выращивания *Gerbera hybrida* (Asteraceae Dumont.) на срез в условиях защищенного грунта Мурманской области // М.: ВИНТИ. 2007. № 98-132007. 26 с.

Иванова Л.А. Оптимальная густота посадки каллы эфиопской при гидропонном культивировании на срез // М.: ВИНТИ, 2007. № 235-B2007. 13 с.

Иванова Л.А. Биологические особенности выращивания кринума крупноцветкового на срез в условиях защищенного грунта Мурманской области // М.: ВИНТИ, 2007. № 122-B2007. 22 с.

Иванова Л.А. Биологические особенности выращивания *Zantedeschia aethiopica* L. (Araceae) на срез в условиях защищенного грунта Мурманской области // М.: ВИНТИ, 2007. № 213-B2007. 26 с.

Иванова Л.А., Виравчева Л.Л. Тропические и субтропические растения закрытого грунта в коллекции Полярно-альпийского ботанического сада КНЦ РАН // М.: ВИНТИ, 2007. № 123-B2007. 16 с.

Материалы всероссийских и международных конференций и симпозиумов:

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

Литвинова С.В., Иванова Л.А., Жиров В.К. Возрастные особенности взаимоотношений листьев и лукович гиппеаструма гибридного // Сборник статей участников V научной конференции Беломорской биологической станции им. Н.А. Перцова, МГУ им. М.В. Ломоносова (10-11 августа 2000 г.). М.: "Русский университет", 2001. С. 121-124.

Иванова Л.А. Оптимизация минерального питания герберы гибридной // Материалы IV Международной научной конференции «Биологическое разнообразие. Интродукция растений». 5-8 июня 2007 г. БИН. Санкт-Петербург, 2007. С. 266-267.

Иванова Л.А. Особенности размножения *Zantedeschia aethiopica* (L.) Spreng. вегетативным способом в условиях Заполярья // Материалы IV Международной научной конференции «Биологическое разнообразие. Интродукция растений». Санкт-Петербург, 2007. С. 563-564.

Иванова Л.А., Виравчева Л.А. Интродукция тропических и субтропических растений в Полярно-альпийском ботаническом саду // Эколого-популяционный анализ полезных растений: интродукция, воспроизводство, использование: Материалы X Международного симпозиума. (Сыктывкар, Республика Коми, Россия, 4-8 августа 2008 г.). Сыктывкар, 2008. С. 70-71.

Gorbacheva T.T., Ivanova L.A., Kikuchi R, Gerardo R. Rolled lawn as tool for industrial barren remediation // Geophysical Research Abstracts, Vol. 11, EGU 2009-2814, 2009 EGU General Assembly 2009.

Иванова Л.А. Развитие цветоводства на Крайнем Севере // Международная научная конференция «Актуальные проблемы сохранения биоразнообразия в экстремальных условиях северного климата». Апатиты, 2008. С. 31-34.

T.T. Gorbacheva, L.A. Ivanova, R. Kikuchi and R. Gerardo. Quartz sand as "blank" compound in rehabilitation experience of industrial barren // Geophysical Research Abstracts. Vol. 12, EGU2010-725, 2010. EGU General Assembly 2010.

Иванова Л.А., Котельников В.А. Создание экологического газонного покрытия // Материалы Международной научно-практической конференции «Современные проблемы фитодизайна». Белгород, 2007. С. 69-74.

Иванова Л.А., Котельников В.А. Экологические аспекты использования ковдорского вермикулита в северном растениеводстве // Северные территории России: проблемы и перспективы развития // Материалы Всероссийской конференции с международным участием. Архангельск: ИЭПС УрО РАН, 2008. С. 517-520.

Иванова Л.А., Котельников В.А. Гидропонный способ устройства газонов в условиях Мурманской области // Флора и фауна северных городов: Сборник статей Международной научно-практической конференции, Мурманск, 24-26 апреля 2008г. / Мурманский государственный педагогический университет. Мурманск, 2008. С. 178-181.

Иванова Л.А., Котельников В.А. Универсальная инновационная технология для озеленения и восстановления нарушенных земель // Фундаментальные достижения в почвоведении, экологии, сельском хозяйстве на пути к инновациям: I Всероссийская научно-практическая

конференция с международным участием; 23-25 апреля 2008 г.; Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова, факультет почвоведения / Сост. Макаров О.А., Кулачкова С.А. - М.: МАКС Пресс, 2008. С. 131.

Иванова Л.А. Субстрат для культивирования растений-регенерантов при микроклональном размножении // Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции. Волгоград, 19-21 августа 2008 г. / Под ред. А.С. Демидова; Отд. Биолог. Наук РАН, Сов. Бот. Садов России. Белгород: Изд-во БелГУ, 2008. С. 171-174.

Иванова Л.А., Кочмарева З.С. Особенности устройства зимних садов в условиях Крайнего Севера // Биологически активные соединения природного происхождения: фитотерапия, фармацевтический маркетинг, фармацевтическая технология, фармакология, ботаника: Мат. международной научно-практической конференции. Белгород, 30 июня-3 июля 2008 г. / Под редакцией проф. В.Н. Сорокопудова – Белгород: ПолитерраЮ. 2008. С. 147-151.

Иванова Л.А. Развитие цветоводства на Крайнем Севере // Актуальные проблемы сохранения биоразнообразия в экстремальных условиях северного климата: Материалы Международной научной конференции. Апатиты-Кировск, 29-30 сентября 2008 г. Апатиты: «К&М», 2008. С. 31-34.

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

Иванова Л.А., Иноземцева Е.С., Кременецкая М.В. К вопросу о формировании высококачественных газонов в условиях Крайнего Севера // Проблемы озеленения крупных городов: Материалы XII Международной научно-практической конференции / Под редакцией д-р биол. наук, профессора Х.Г. Якубова. Москва, ЗАО «ОП ВВЦ «Цветоводство и озеленение», 2009. С. 98-101.

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

Катомина А.П., Иванова Л.А. Формирование и рост побегов *Scirpus moorei* в оранжереях Полярно-альпийского ботанического сада // Проблемы сохранения биоразнообразия в северных регионах: тезисы докладов Всероссийской научной конференции с международным участием, Апатиты-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 рекультивации техногенной пустоши на Крайнем Севере / Сахаровские чтения 2012 года: Экологические проблемы XXI века: Материалы 12-й Междунар. науч. конф., 17-18 мая 2012 г., г. Минск, Республика Беларусь / под ред. С.П. Кундаса, С.С. Позняка. - Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2012. С. 397.

Слуковская М.В., Горбачева Т.Т., Иванова Л.А., Иноземцева Е.С. Применение вермикулита, серпентинита и карбонатита при рекультивации техногенных месторождений. Геология и стратегические полезные ископаемые Кольского региона. Труды IX Всероссийской (с международным участием) Ферсмановской научной сессии, посвящённой 60-летию Геологического института КНЦ РАН. Апатиты, 2-3 апреля 2012 г. / Ред. Ю.Л. Войтеховский. – Апатиты: 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. Рекультивация техногенно-нарушенных территорий на основе использования комплексной биотехнологии в условиях действующих производств на Крайнем Севере. VI съезд Общества почвоведов 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. Апатиты: Изд. КНЦ АН СССР, 1991. 68 с.

Виравчева Л.Л., Иванова Л.А., Кунакбаева О.И. Оранжерейные тропические и субтропические растения Полярно-альпийского ботанического сада. Апатиты: Изд. МУП «Полиграф». 2001. 97 с.

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

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

Kikuchi R., Gorbacheva T.T. and Ivanova L.A. Ecological Restoration in Boreal Forest Management: application of rolled lawn in an area currently suffering from pollution. In: Forest Vegetation: Ecological Process, Management strategy and Environmental Impacts. 2010. Nova Science publishers, Inc.

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

Иванова Л.А. Гидропоника на вермикулите в Заполярье // Приусадебное хозяйство, 1998. № 11. С. 26.

Иванова Л.А. Гидропонное выращивание декоративно-цветочных растений с использованием вермикулита ковдорского месторождения (практические рекомендации). Апатиты: Изд. КНЦ АН СССР, 1989. 16 с.

Иванова Л.А., Кунакбаева О.И. Выращивание декоративно-цветочных растений в помещениях и зимних садах в условиях Мурманской области (практические рекомендации). Апатиты: Изд. КНЦ АН СССР, 2000. 43 с.

Иванова Л.А., Жиров В.К., Литвинова С.В. Возрастные зависимости продуктивности гиппеаструма гибридного: новый подход в технологии выращивания // Бюл. Никит. ботан. сада. 2001. Вып. 83. С. 67-69.

Иванова Л. А. Гидропонное выращивание декоративно-цветочных растений с использованием вермикулита ковдорского месторождения: Препр. Апатиты, 1989. 16 с.