

Департамент образования и науки города Москвы
Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение города
Москвы «Школа № 507»
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «МИРЭА — Российский технологический
университет» Московский государственный университет тонких
химических технологий имени М.В. Ломоносова

Исследовательская работа на тему:

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ И НАКОПЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ
СОЕДИНЕНИЙ В ТРАВЕ КРЕСС-САЛАТА (LEPIDIUM SATIVUM L.)

Автор:

Ученица 10 Г класса ГБОУ г. Москвы
школа №507

Ковалева Екатерина Сергеевна

Научный руководитель:

учитель химии ГБОУ г. Москвы школа
№507 Соколова Юлия Алексеевна

учитель биологии ГБОУ г. Москвы
школа №507 Васенкова Надежда
Вячеславовна

Консультант:

старший преподаватель кафедры
биотехнологии и промышленной
фармации ИТХТ им. М.В. Ломоносова
РТУ МИРЭА

Золотарева Мария Сергеевна

Москва, 2023

Содержание

Аннотация	4
Введение.....	5
Глава 1. Обзор литературы.....	10
1.1. Современные удобрения: необходимость, положительные и отрицательные стороны применения	10
1.2. Характеристика биологических объектов – кресс-салата, рейнутрии японской и богемской.....	15
1.2.1. Характеристика кресс-салата	15
1.2.2. Характеристика рейнутрии японской и богемской	18
1.3. Выращивание растений на гидропонике	21
1.3.1. Положительные и отрицательные стороны выращивания растений на гидропонике	21
1.3.2. Растительные культуры, пригодные для выращивания на гидропонике.....	23
1.3.3. Виды гидропоники и установки	24
1.3.4. Субстраты для гидропоники	24
1.3.5. Питательные среды для гидропоники и методы их контроля	25
Выводы к главе 1	29
Глава 2. Экспериментальная часть.....	30
2.1. Объекты и методы исследования	30
2.2. Изучение влияния микробиологического удобрения и экстракта листьев рейнутрии японской на культуру кресс-салата (исследование 2021 г.).....	33
2.2.1. Анализ рынка микробиологических удобрений	33
2.2.2. Получение экологичной добавки из листьев рейнутрии японской для улучшения роста кресс-салата	34
2.2.3. Изучение влияния микробиологического удобрения и экстракта листьев рейнутрии японской на культуру кресс-салата.....	35
2.2.4. Изучение влияния экстракта листьев рейнутрии японской на биоту микробиологического удобрения «Байкал-ЭМ1»	38
2.3. Изучение культуры кресс-салата, выращенной с помощью гидропоники и	

почвенным методом	39
2.3.1. Характеристика растений кресс-салата, выращенных на гидропонике и почвенным методом	39
2.3.2. Контроль почвы и питательной среды.....	40
2.4. Изучение влияния экстракта листьев рейнутрии богемской (<i>Reynoutria × bohemica</i> (Chrtek et Chrtkov)) на накопление вторичных метаболитов в траве кресс-салата различных сортов и способов культивирования	43
2.4.1. Культивирование кресс-салата	43
2.4.2. Определение влажности в траве кресс-салата.	45
2.4.3. Сравнительное изучение содержания аскорбиновой кислоты, дубильных веществ и флавоноидов в траве кресс-салата, выращенной в выбранных условиях культивирования.	47
Выводы к главе 2	61
Выводы	63
Заключение	64
Список используемой литературы:	66
Приложение	83

Аннотация

Опустынивание, истощение и загрязнение пахотных земель вынуждают искать альтернативы имеющимся методам выращивания пищевых растений: применять эффективные микроорганизмы, стимуляторы растительного происхождения, внедрять гидропонику. Однако эти перспективные методы еще не используются повсеместно. Одной из причин является их недостаточная изученность, например, вопрос об эквивалентности биохимического состава культур, выращенных на почве и гидропонике, остается открытым. В работе изучено влияние микробиологического удобрения («Байкал-ЭМ1») и экстракта листьев рейнутрии японской (*Reynoutria japonica* (Houtt.), сем. гречишные (*Polygonaceae*)) на всхожесть и рост культуры кресс-салата (*Lepidium sativum* L., сем. капустные (*Brassicaceae*)) при культивировании на почве. Проведено сравнение морфометрических характеристик кресс-салата при выращивании на почве и гидропонике, установлено, что развитие растений гидропонной культуры проходило гораздо активнее, фитомасса была больше, чем на почве, однако биологически активных веществ (БАВ) в траве кресс-салата, выращенной на почве, в 2-3 раза больше, чем при выращивании на гидропонике. Проведено сравнительное изучение влияния предпосевной обработки семян 9 сортов кресс-салата экстрактом рейнутрии богемской (*Reynoutria × bohemica* (Chrtek et Chrtkova), сем. гречишные (*Polygonaceae*)) на рост культуры и накопление вторичных метаболитов (аскорбиновой кислоты, флавоноидов, дубильных веществ) при культивировании на почве и гидропонике. Обнаружено ее положительное влияние на рост и развитие растений и накопление сырьевой фитомассы при культивировании кресс-салата на гидропонике (особенно выражено) и на почве, но предпосевная обработка семян кресс-салата стимулятором из рейнутрии при посеве в почву повышает содержание в траве дубильных веществ, флавоноидов и аскорбиновой кислоты, а при использовании гидропонного способа выращивания растения растут слишком быстро и не успевают накопить БАВ, их содержание ниже.

Введение

Актуальность. Потребность населения нашей планеты в продуктах питания и лекарствах растет пропорционально увеличению его количества. И, к сожалению, не все люди Земли имеют в настоящее время достаточное количество пищи, не все обеспечены медицинской помощью и лекарствами. А те, кто в настоящее время обеспечен, понимают, что ресурсы не бесконечны, и что их потомки могут оказаться в очень тяжелых условиях. Поэтому страны всего мира под эгидой ООН разработали Цели Устойчивого Развития (ЦУР), достижение которых сможет обеспечить экономический рост и разрешить социальные проблемы, не нанося при этом вреда окружающей среде, а находя баланс между экономическим, экологическим и социальным развитием. Концепция устойчивого развития определяет и общенациональные задачи России.

Для обеспечения людей необходимым количеством пищи применяются различные методы и способы ведения сельского хозяйства. Тысячелетиями пищевые и лекарственные растения выращивались на земле, но, к сожалению, к началу XXI века гигантские площади плодородной земли во всем мире оказались истощены или отравлены, кроме того, глобальные изменения климата также вносят негативный вклад, разрушая в странах сложившиеся системы ведения сельского хозяйства. Поэтому выход представлялся в выращивании пищи в защищенном грунте, но это оказалось слишком дорогим, и был предложен беспочвенный метод выращивания растений – гидропоника. Метод имеет ряд несомненных плюсов (эффективность, относительная дешевизна, возможность выращивать в любых климатических поясах и практически все виды и др.), но вопрос об идентичности биохимического состава растений, выращенных с использованием гидропоники и на почве, остается открытым, а исследования этого вопроса являются **актуальными**. Также для увеличения урожайности сельскохозяйственных и лекарственных культур, наряду с другими мерами, используются различного вида удобрения. Известно, что наиболее перспективными и экологичными являются

микробиологические удобрения, которые не только не наносят вреда экологическому состоянию земель, а даже их восстанавливают. Однако, они еще не нашли широкого применения и активно изучаются. Для интенсификации производства растительных культур также считаются перспективными и экологичными стимуляторы растительного происхождения. Поэтому исследование влияния такого стимулятора (выделенного из листьев высокоинвазивного растения рейнутрии богемской (*Reynoutria* × *bohemica* (Chrtek et Chrtkova), сем. Гречишные (*Polygonaceae*) и микробиологического удобрения на выращивание рассады **актуально** и внесет свой вклад в сохранение экологии России. Наши исследования будут способствовать достижению ЦУР 2 «Ликвидация голода, обеспечение продовольственной безопасности и улучшение питания и содействие устойчивому развитию сельского хозяйства», ЦУР 3 «Обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте» - в части, касающейся снижения воздействия на организм человека токсических веществ, ЦУР 13 «Принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями» - в части повышения сопротивляемости и способности адаптироваться к опасным климатическим явлениям и стихийным бедствиям, ЦУР15 «Защита и восстановление экосистем суши и содействие их рациональному использованию, рациональное лесопользование, борьба с опустыниванием, прекращение и обращение вспять процесса деградации земель и прекращение процесса утраты биоразнообразия» - задачи 15.3 «... восстановить деградировавшие земли и почвы, ...стремиться к тому, чтобы во всем мире не ухудшалось состояние земель» и 15.8 «принять меры по предотвращению проникновения чужеродных инвазивных видов и по значительному уменьшению их воздействия на наземные и водные экосистемы...»

В современной фармацевтической науке одним из актуальных направлений является введение в медицинскую практику пищевых растений с установленным отсутствием токсического действия и доказанными в исследованиях фармакологическими свойствами. Одним из таких растений

является кресс-салат (*Lepidium sativum* L. (сем. капустные – Brassicaceae), трава которого обладает противовоспалительным, гипогликемическим, гепатопротекторным и др. видами действия. Кресс-салат пригоден для выращивания на гидропонике и сравнение количественного содержания некоторых групп биологически активных веществ, ответственных за данные эффекты, в траве, выращенной разными способами, является **актуальным** и будет способствовать достижению ЦУР 3 в части, касающейся «обеспечения всеобщего охвата услугами здравоохранения... и доступ к безопасным, эффективным, качественным и недорогим основным лекарственным средствам и вакцинам для всех».

Цель: Изучить влияние микробиологического удобрения и экстракта листьев рейнутрии богемской на всхожесть, рост и накопление биологически активных веществ в траве кресс-салата при культивировании на почве и гидропонике.

Задачи:

1. Провести информационно-аналитическое изучение доступной научной литературы по вопросам исследования.
2. Исследовать влияние способа внесения микробиологического удобрения и дезалкоголизированного спиртового экстракта листьев рейнутрии богемской на всхожесть и рост культуры кресс-салата.
3. Оценить эффективность гидропонного и почвенного метода выращивания по морфометрическим характеристикам растений и содержанию в них аскорбиновой кислоты, дубильных веществ и флавоноидов.
4. Оценить влияние стимулятора, выделенного из рейнутрии богемской, на накопление биологически активных веществ (флавоноидов, дубильных веществ и аскорбиновой кислоты) в траве кресс-салата разных сортов и способов культивирования.

Методы исследования: информационно-аналитический, наблюдение, химический, физико-химический.

Научная новизна: впервые изучено влияние способа внесения

микробиологического удобрения и природного стимулятора (дезалкоголизированного экстракта листьев рейнутрии богемской) на рост и развитие кресс-салата, впервые изучены сортовые особенности травы кресс-салата в части накопления флавоноидов, дубильных веществ и аскорбиновой кислоты; впервые проведена оценка влияния стимулятора, выделенного из рейнутрии богемской, на накопление вторичных метаболитов (флавоноидов, дубильных веществ и аскорбиновой кислоты) в траве кресс-салата.

Гипотеза исследования: Микробиологическое удобрение оказывает эффект в длительной перспективе, и он замечен не сразу после внесения, а эффект природного стимулятора замечен сразу. Кресс-салат, выращенный на гидропонике, будет иметь больше размер и массу, но по содержанию действующих веществ будет отличаться от выращенного на почве.

Объектом исследования служила трава кресс-салата (*Lepidium sativum* L. (сем. капустные – Brassicaceae)), выращенная на почве и на гидропонике.

Предметом исследования морфометрические характеристики травы кресс-салата и содержание в ней биологически активных веществ.

Практическая значимость. Данное исследование имеет прикладной характер, показано, что микробиологические удобрения не оказывают эффекта в краткосрочной перспективе, необходимо дать им время на реализацию эффекта, так же полученные данные помогут найти практическое применение инвазивному растению рейнутрии богемской, занесенному в «Черную книгу», расширены сведения о химическом составе потенциально лекарственного растения кресс-салата, выращенного на гидропонике и на почве. Полученные данные могут быть использованы при разработке условий выращивания кресс-салата в теплицах и при разработке нормативной документации на траву кресс-салата при введении его в медицинскую практику. Наши исследования будут способствовать достижению ЦУР 2, 3, 13, 15, принятых ООН и поддерживаемых РФ.

Структура работы: работа состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части, выводов и заключения, библиографии из 120

наименований и приложения.

База исследования: ГБОУ «Школа № 507» Южного административного округа города Москвы. Кафедра биотехнологии и промышленной фармации МИТХТ им. М.В. Ломоносова РТУ МИРЭА (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА — Российский технологический университет» Московский государственный университет тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова). Исследование проводилось в 2021-2023 гг.

Данное исследование разделено на три этапа: Сбор и анализ данных доступных информационных источников, изучение влияния способов внесения микробиологического удобрения и экстракта рейнутрии богемской на вегетацию кресс-салата – 2021 г, выращивание кресс-салата на почве и гидропонике и сравнение содержания аскорбиновой кислоты, дубильных веществ и флавоноидов в траве кресс-салата, выращенного разными способами, и формулирование выводов – 2022-23 г.

Результаты работы доложены на 6 конференциях (Приложение 8).

Глава 1. Обзор литературы

1.1. Современные удобрения: необходимость, положительные и отрицательные стороны применения

Удобрения, согласно БСЭ, - органические и неорганические вещества, содержащие элементы питания растений или мобилизующие питательные вещества почвы. В настоящее время используются 3 группы удобрений (схема 1, Приложение 1). [11]

Историческая справка:

Органические удобрения известны уже несколько тысяч лет. Минеральные удобрения начали производить в промышленности с начала XIX века. Одно из первых микробиологических удобрений – нитрагин. Впервые он был получен в 1896 году в Германии. [11]

Органические удобрения служат источником энергии и пищи для почвенных микроорганизмов, причем многие из них сами богаты микрофлорой. [12-18]

Сфера воздействия органических удобрений представлена на схеме 2, Приложение 1.

Действие **органических удобрений** на урожай культур сказывается в течение нескольких лет. Все органические удобрения характеризуются длительным действием, поэтому при определении агрономической и экономической эффективности суммируют достоверные прибавки урожаев за все годы, как минимум за 3-4 года. Но все-таки недостатки у органических удобрений есть – в их интенсивности, ведь интенсивность минерализации органических удобрений определяется их биогенностью. Так, навоз — биологически активное вещество; богат микроорганизмами, в одной тонне его содержится до 13 кг живых микробов. Торф, наоборот, беден микроорганизмами и поэтому в почве медленно подвергается разложению. Поэтому для ускорения процесса разложения добавляют биологически активные вещества, например навоз, навозную жижу, то есть готовят

органические компосты. А, следовательно, человеку потребуется больше сил на приготовление удобрения. [12-18]

Современное промышленное сельхозпроизводство ориентировано на использование **минеральных удобрений**. Основное их преимущество - высокая концентрация элементов питания. Минеральных удобрений нужно намного меньше, чем органических, вносить их технологически легче. В сочетании с хорошей растворимостью в воде и доступностью растениям, это позволяет получать быстрый эффект, точно рассчитать необходимое количество вносимых элементов, и, в итоге, снизить затраты на применение по сравнению с другими видами удобрений. Основным недостатком минеральных удобрений является высокая критичность к вносимым дозам. Неправильное применение минеральных удобрений, например избыточные дозы или плохая заделка, может привести к трагическим последствиям (схема 3, Приложение 1). [12-18]

Наиболее перспективными, эффективными и безопасными с точки зрения экологии являются микробиологические удобрения, полученные по технологии «эффективных микроорганизмов».

Основной принцип действия микробиологических удобрений. Применение удобрений на основе органики и бактерий повышает урожайность большинства сельскохозяйственных культур на 15–35%. Химические подкормки, например, универсальные азотно-фосфорно-калийные удобрения, дают более высокий результат (за счет прямых «поставок» готовых макроэлементов), но в экологическом плане полностью уступают органическим питательным веществам. Биопрепараты не содержат вредных химикатов и действуют путем восстановления естественной биологической активности почв – разлагают грунтовую органику (листовой/травяной опад, останки насекомых) до состояния минеральных растворов и формируют гумус, который легко усваивается растениями. Такой подход позволяет получить экологически чистый урожай с высоким содержанием белков, витаминов, микроэлементов и минимальной концентрацией нитратов. Кроме того, микроорганизмы

повышают пористость грунта и подавляют развитие мха – почва беспрепятственно насыщается влагой и воздухом, что способствует развитию здоровой и сильной корневой системы растений. [18]

При поиске эффективных штаммов микроорганизмов проводится изучение микробиоты почв, как окультуренных, так и целинных. Штаммы микроорганизмов выделяются из почв, изучается их влияние на микробиоту почвы, на состав почвы (способность к фиксации биогенных элементов, например азота, из воздуха и делиться ими с растениями, образовывать ризосферу), особенное внимание уделяется способности подавлять фитопатогенную микрофлору. Разумеется, такие микроорганизмы должны быть безопасны в применении, т.е. не вызывать болезней человека и животных, а также не выделять каких-то токсических веществ. [19-21]

В настоящее время разработано много консорциумов микроорганизмов (бактерий и грибов) для сельского хозяйства. Одни такие комбинации содержат один штамм микроорганизмов, другие – несколько, встречаются консорциумы бактерий и дрожжевых грибов. Разработчики таких удобрений обычно стараются охватить все сферы воздействия на повышение урожайности: улучшение и восстановление почвы, обогащение ее питательными веществами и повышение доступности питательных веществ для растений, защита культуры от фитопатогенов. Практически все такие разработки защищены патентами РФ, которых в настоящее время достаточно много.

В России некоторые такие разработки уже внедрены в производство. Например, предприятие «ЭМ-технология» при ВНИИ Сельскохозяйственной Микробиологии (г. Санкт-Петербург) выпускает следующие средства: «Азотобактерин» (препарат стимулирующего действия; основа препарата - штаммы *Azotobacter chroococcum*); «Флоритан» (препарат защитного и стимулирующего действия; основа препарата - штаммы *Pseudomonas fluorescens*); «Экстрасол» (препарат фунгицидно-стимулирующего действия; основа препарата - штаммы *Bacillus* различных видов). Недостатком

перечисленных биопрепаратов является ограниченный состав видов микроорганизмов.

ПО «ЭМ-Кооперация», (г. Москва) выпускает ЭМ-препарат «Байкал-ЭМ1» (Номер Государственной регистрации 05-9395 (9796-9799)-0369(0386)-1, ТУ 9291-001-50710575-00). Этот препарат содержит молочнокислые, фотосинтезирующие, азотфиксирующие бактерии, дрожжевые грибки. Он предназначен для восстановления плодородия почвы, а также в качестве биодобавки в корм животным и птицы. Данный препарат в настоящее время интенсивно изучается с целью расширения сферы использования. [22-26]

После глубокого анализа состава препарата «Байкал-ЭМ1» был разработан еще один состав. Биопрепарат состоит из смеси суспензий следующих штаммов, депонированных в ВКПМ: *Agrobacterium tumefaciens* B-4116, *Agrobacterium radiobacter* B-956, *Azotobacter chroococcum* B-2375, *Bacillus thurengiensis* B-2918, *Bacillus subtilis* B-6554, *Bacillus subtilis* B-4419, *Bacillus megaterium* B-4440, *Bacillus megaterium* B-200, *Bradyrhizobium japonicum* B-1978, *Ervinia ananas* B-5292, *Lactobacillus casei* B-3961, *Pseudomonas fluorescens* B-1138, *Rhodopseudomonas palustris* B-1620. Данный консорциум микроорганизмов восстанавливает плодородие почвы, улучшает ее структуру, увеличивает всхожесть семян, укрепляет иммунную систему растений, повышает сопротивляемость болезням и вредителям, что позволяет значительно увеличить урожай. [27]

Термин «эффективные микроорганизмы» или коротко «ЭМ» предложил и начал использовать на международном уровне с 1986 года японский ученый доктор Терио Хига. Им было изучено более 3000 микроорганизмов и установлено, что только 86 являются лидирующими регенеративными штаммами, обеспечивающими все аспекты жизнедеятельности растений, эти штаммы называли «эффективные микроорганизмы». Также ему удалось объединить «эффективные микроорганизмы» в одном препарате, что было очень сложно, т.к. все требовали различные условия для своего существования. Вместе с созданным д-ром Терио Хига ЭМ-препаратом родилась и новая

технология земледелия – ЭМ-технология. Растительные продукты, полученные с помощью данной технологии, отличаются замечательными вкусовыми качествами, очень долго хранятся и, самое главное, содержат увеличившееся количество полезных питательных веществ. Про некоторые культуры выяснилось, что они приобрели новые, лечебные свойства. [28-29]

Следует отметить, что д-р Терио Хига обращает внимание на то, что начав использовать ЭМ-технологии, мы не сразу получим резкое увеличение урожайности и пр. На восстановление микробиоты почвы нужно время. Но обязательно за 3-5 лет, практически полностью исключив применение химических удобрений и пестицидов, можно вернуть почвам естественное высочайшее плодородие и, в первую очередь, исключительное потребительское качество выращиваемой продукции, т.е. получать экологически безопасную продукцию. [28-29]

Через 10 лет в 1998 г. российский ученый Петр Аюшеевич Шаблин создал препарат «Байкал ЭМ-1», который по многим направлениям оказался не менее эффективным, чем японский, а в некоторых и превзошел своего предшественника. Между российским и японским препаратами много общего. Главное — они состоят из одних и тех же штаммов полезных микроорганизмов, хотя их процентное соотношение имеет отличия. Если в препарате Терио Хига основную роль играют фотосинтезирующие штаммы, то в препарате «Байкал ЭМ-1» — молочнокислые. Отсюда и некоторые отличия в результатах применения. Японский препарат несколько лучше влияет на непосредственный рост растений, российский же, как и было задумано автором, способствует более быстрой очистке почв от вредных веществ и патогенных микроорганизмов. Хотя, даже по вышеперечисленным критериям проводить жесткое разграничение между российским и японским препаратами было бы некорректно, ведь то, какая именно группа штаммов: молочнокислые, фотосинтезирующие, азотфиксирующие или любые другие, присутствующие в симбиозе, станут лидирующими, во многом зависит от конкретных условий, в которых происходит приготовление ЭМ-препарата из ЭМ-концентрата. [28-29]

1.2. Характеристика биологических объектов – кресс-салата, рейнутрии японской и богемской

1.2.1. Характеристика кресс-салата

Кресс-салат - *Lepidium sativum* L. относится к царству Plantae (Растения), отдел Magnoliophyta (Цветковые), класс Magnoliopsida, порядок: Brassicales (Капустоцветные), сем. Brassicaceae (капустные), род *Lepidium* (клоповник). Наиболее частые синонимы: *Arabis chinensis* Rottler ex Wight, *Cardamon sativum* (L.) Fourr., *Crucifera nasturtium* EHLKrause, *Lepia sativa* (L.) Desv., *Lepidium sativum* var. *spinescens* (DC.) Jafri, *Lepidium spinescens* DC., *Nasturtium crispum* Medik., *Nasturtium sativum* (L.) Moench, *Nasturtium spinescens* (DC.) Kuntze, *Thlaspi sativum* (L.) Crantz, *Thlaspidium sativum* (L.).

Кресс-салат представляет собой однолетнее (редко двулетнее) травянистое растение высотой до 60 см. Стебель прямостоячий, оканчивается соцветием кисть, несущим до 15 цветков примерно 5 мм в диаметре каждый. Нижние листья длинночерешковые, единожды- или дваждыперистораздельные, до 6 см длиной и до 6 мм шириной; средние листья триждыраздельные; верхние цельные, линейные, до 3 см длиной, сидячие. Видимое невооруженным глазом опушение отсутствует, заметен сизоватый налет.

Формула цветка $\text{Ч}_4\text{Л}_4\text{T}_{2+4}\text{П}_1$, лепестки венчика белые или розовые. Плод — широкоовальный стручочек, в верхней части по краю крылатый, на верхушке со столбиком, до 6 мм в диаметре. Цветоножки при стручках, прижатые к оси соцветия. Цветёт в июне – июле. Плоды созревают в июне – ноябре. [30]

Внешний вид растения представлен на рис. 1 Приложение 2 (фото автора)

В дикорастущем состоянии это растение не встречается нигде. Кресс-салат - настоящее культурное растение, неизвестны даже его дикие предки. Есть сведения, что кресс выращивали в Передней Азии за много веков до н. э. Культивировали его в Древнем Египте, Древней Греции, Древнем Риме. Места произрастания: Кресс-салат выращивают во многих странах Западной и Центральной Европы, Закавказья, Средней и Восточной Азии. Разводят его и в

Северной Америке. В России это овощное растение не получило заметного распространения, в основном выращивается любителями на огородах и дачных участках. Российские селекционеры вывели несколько хороших сортов кресс-салата. Есть основания полагать, что культура его получит развитие и у нас. [31]

Человеком у кресс-салата используются все части растения: трава, отдельно листья, корни (лечение сифилиса), семена. Наибольшее количество научных статей посвящено изучению именно семян кресс-салата, химический состав которых подробно изучен, показано большое число фармакологических эффектов (в том числе при астме (бронхорасширяющее), как обезболивающее и противовоспалительное средство при артритах и заболеваниях внутренних органов, антимикробное средство против метициллинрезистентного *Staphylococcus aureus*, противогрибковое, антитоксоплазмозное, антитрипаносомное, иммуномодулирующее, гепатопротекторное, гипохолестеринемическое, нефропротекторное и противоопухолевое (показано на разных моделях, разных видах опухолей), коррекция метаболического синдрома. [30, 33-44]

Проростки, свежая трава и листья кресс-салата обладают гипотензивным, моче- и желчегонным действием, улучшают работу желудочно-кишечного тракта, уменьшают реабсорбцию глюкозы в почках и оказывают гипогликемический эффект, и, кроме того, являются ценными пищевыми продуктами, витаминными при анемиях и авитаминозах. [30]

Выращивание

Кресс посевной - самая скороспелая холодостойкая культура. Высевают его рано весной. При благоприятной погоде всходы появляются через 2-5 дней после посева, а через 1-1,5 недели после появления всходов листья можно уже использовать. Собирают для питания только молодые листья, обычно 1- 2-недельные. Оптимальная температура для роста 10-15 °С, для успешного роста требуется много влаги, поэтому кресс хорошо отзывается на обильные частые поливы. Предпочитает слегка затененные участки огорода. Растения зацветают

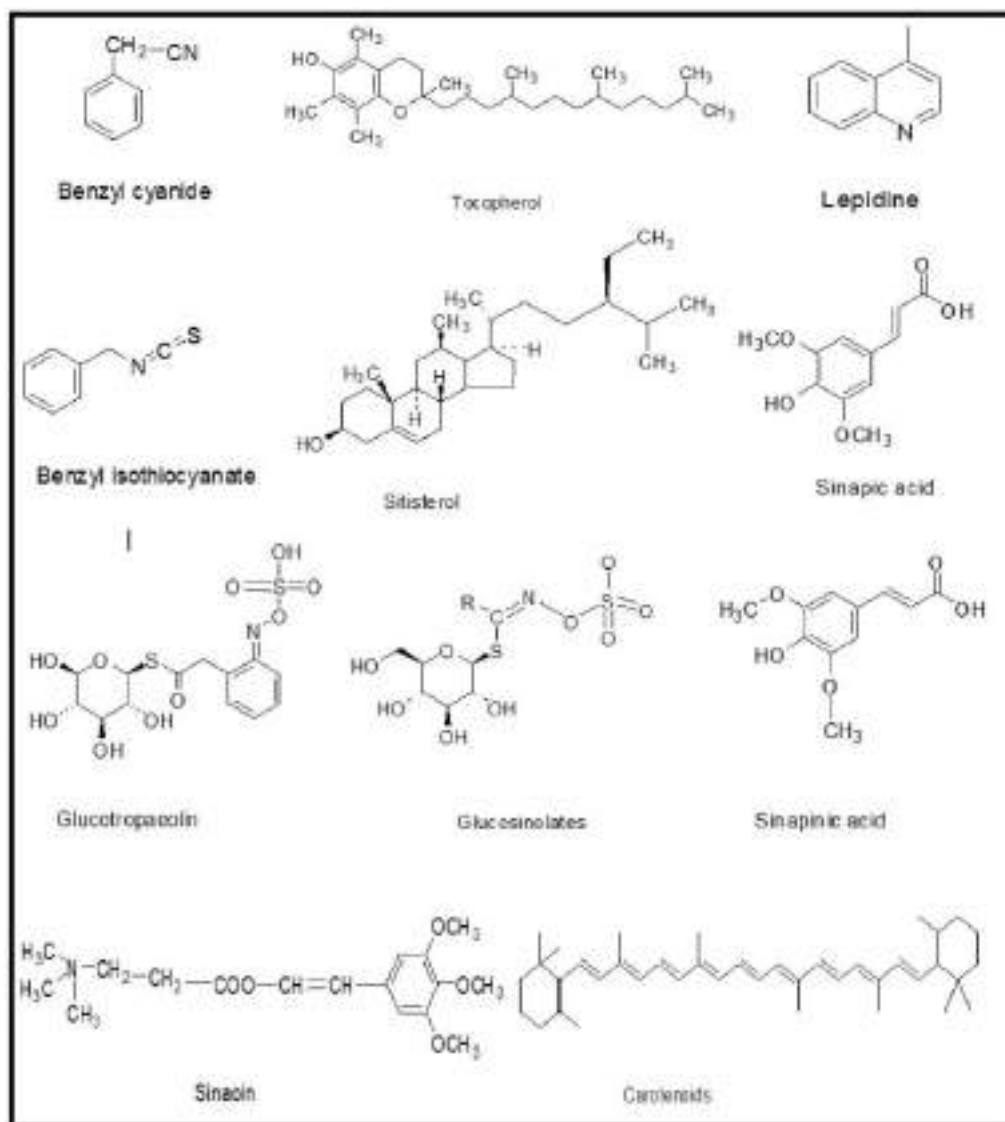
примерно через месяц после появления всходов, семена поспевают через месяц после начала цветения. Чтобы иметь свежие листья в течение всей весны и лета, обычно повторяют посевы кресс-салата через каждые 10-12 дней. Зимой его можно выращивать в ящиках и горшках на окнах. *Уборка урожая:* Через 2-3 недели, когда растения достигнут высоты 6-8 см, их срезают.

Используется как в народной медицине западных стран, так и в национальных медицинских системах стран Востока (аюрведе, унани и пр.): сок - мочегонное и при желчнокаменной болезни, для профилактики и лечения авитаминозов и при малокровии, при нарушении обмена веществ, при зубной боли закапать в ухо со стороны заболевшего зуба, антигельминтное действие, наружно при выпадении волос, для лечения золотухи, чесотки, гнойных ран. Листья при употреблении их в пищу оказывают мочегонное и успокаивающее действие, улучшают сон. [30, 32-34, 45, 46]

Химический состав семян кресс-салата изучен очень подробно: в семенах содержится до 60% жирного масла (ненасыщенные жирные кислоты), обнаружены, изучены и идентифицированы флавоноиды (кемпферол и др.) и изофлавоноиды, кумарины, оксикоричные кислоты, установлено наличие 7 алкалоидов имидазолового ряда, белки и аминокислоты, и пр.

Химический состав травы изучен менее подробно. Листья кресс-салата богаты витаминами С (аскорбиновая кислота), В₁ (тиамин), В₂ (рибофлавин), В₃ (ниацин, никотиновая кислота), В₆ (пиридоксин), до 165 мг/% аскорбиновой кислоты (витамина С) и до 3,8 мг/% каротина (провитамина А) содержат белки, липиды, углеводы, макро- и микроэлементы (фосфор, кальций, калий, железо, никель, кобальт, йод). Из вторичных метаболитов содержит флавоноиды (гликозиды кверцетина, кемпферола, изорамнетина), дубильные вещества (танин), сапонины, алкалоиды. Травя содержит горчичное эфирное масло. Запах салата объясняется наличием в листьях алилгорчичного эфирного масла. Все растение содержит кальмодулин, глюкотропеолин, 4-метоксиглюкобрассицин, эфиры кофейной кислоты, ситостерол, бензилцианид, глюкозид синапиновой кислоты, п-кумаровую, феруловую, хинную кислоты,

флавоноиды (полиметоксилированные). Некоторые соединения представлены ниже на схеме. [33, 34, 47-52]



1.2.2. Характеристика рейнутрии японской и богемской

Reynoutria × bohémica (Chrtek et Chrtkov) – относится к царству Plantae (Растения), отдел Magnoliophyta (Цветковые), класс Magnoliopsida, порядок Polygonales (Гвоздичноцветные) (Двудольные), семейство Polygonaceae (Гречишные). Род Рейнутрия был возведен Мартен Хауттёйн в 1777 г. для вида *R. japonica*. Он был назван в честь мецената герра фон Рейнутра, который, оказал большую услугу ботанике. [53-55].

Синонимы: *Fallopia × bohémica* (Chrtek et Chrtkova) J. P. Bailey;
Polygonum × bohemicum (Chrtek et Chrtkova) P. F. Zika et A. L. Jacobson.

Рейнутрия богемская является гибридом рейнутрии японской (*Reynoutria japonica* (Houtt.)) и рейнутрии сахалинской (*Reynoutria sachalinensis* (F.Schmidt) Nakai). Рейнутрия японская в РФ заносной вид, а рейнутрия сахалинская – аборигенный; оба вида в средней полосе встречаются крайне редко, в основном в культуре (как декоративные), имеются в коллекциях ботанических садов, но их гибрид является высокоинвазионным растением.

Рейнутрия японская – *Reynoutria japonica* (Houtt.)

Синонимы: *Fallopia japonica* (Houtt.) Ronse Decr.; *Polygonum cuspidatum* Siebold & Zucc.; *Tiniaria japonica* (Houtt.) Hedberg; *Fallopia japonica* var. *uzenensis* (Honda) Yonek. & H.Ohashi; *Pleuropterus cuspidatus* (Siebold & Zucc.) H.Gross; *Pleuropterus zuccarinii* (Small) Small; *Polygonum japonicum* (Houtt.) S.L.Welsh; *Polygonum reynoutria* Makino; *Polygonum sieboldii* Reinw. ex de Vries; *Polygonum zuccarinii* Small; *Reynoutria hastata* Nakai ex Ui; *Reynoutria henryi* Nakai; *Reynoutria japonica* var. *uzenensis* Honda; *Reynoutria japonica* var. *hastata* (Nakai ex Ui) Honda; *Reynoutria uzensis* (Honda) Honda; *Reynoutria yabeana* Honda. [53-55]

Рейнутрия богемская - многолетнее травянистое растение с полыми прямостоячими стеблями до 3 м высотой, с красновато-фиолетовыми пятнами, голое. Корневище деревянистое, утолщённое, ветвистое, с жёлто-оранжевой мякотью. Покрывается чешуевидными листьями. Листья с обеих сторон голые, 5-12×4-9 см, кожистые, яйцевидные или широкоэллиптические в очертании, с цельным краем, заострённой верхушкой, основание ширококлиновидное, усечённое или закруглённое. Черешок около 2 см длиной, с сосочками, исходит из стеблеобъемлющего раструба. Однодомное растение. Мужские цветки с 8 тычинками, выступающими из беловатого или зеленоватого пятидольчатого околоцветника. Внешние листочки околоцветника женских цветков килеватые, при плодоношении крылатые, не опадающие. Плод представлен сеянкой с тремя ребрами, 2-4 мм длиной, около 2 мм шириной, блестяще-чёрный или тёмно-коричневый. [53-55]

Фотография рейнутрии богемской представлена на рис. 2 Приложение 2.

Рейнутрия богемская отличается от рейнутрии сахалинской более широкими и кожистыми листьями, основание листа у рейнутрии сахалинской сердцевидное и опушенное по жилке с абаксиальной стороны листа, также отличаются соцветия. Сложнее отличить рейнутрию богемскую от рейнутрии японской из-за полиморфизма листьев, основными отличиями являются: основание листа – у богемской присутствуют черты от сердцевидного листа рейнутрии сахалинской, но это выражено очень слабо, опушение по жилкам – шершавоволосистые, а у японской голые, и соцветие у рейнутрии японской более редкое.

Родина рейнутрии японской – Япония, Китай и Корея. В Европу, предположительно, завезено в 1849 году, когда стало выращиваться Филиппом Зибольдом. В 1854 году впервые посажено в Великобритании, к 1880-м годам сбежало из культуры. Примерно в это же время появилось в садах в США. В начале XX века начало активно расселяться по Европе. Нативным ареалом растения считается Восточная Азия - охватывает юг Приморья, Южный Сахалин, Южные Курилы, Японию, Корею, большую часть Китая и Корейский полуостров. Естественный ареал рейнутрии японской нуждается в дополнительном изучении. [56]

Рейнутрия богемская – гибрид, который появился в Англии, расселился по Европе и попал также в нашу страну.

Рейнутрия сахалинская в РФ в настоящее время изучена достаточно подробно, из нее планируют получать лекарственные средства. Рейнутрия японская, произрастающая на территории Китая изучена очень подробно, используется в медицинской практике, а произрастающая на территории РФ – не изучена, несмотря на то, что растение обладает большой энергией роста. [56]

Есть данные, что из нее можно получать комплекс биологически активных веществ, оказывающих стимулирующее действие на рост и развитие других растений. Однако это требует дополнительных исследований, поскольку

рейнутрия японская, как высокоинвазивный вид, содержит также и вещества, которые подавляют рост других растений (например, катехины, эмодин). [56]

Химический состав листьев рейнутрии японской: дубильные вещества, катехин, эпикатехин, хлорогеновая кислота, эмодин, гиперозид, фисцион, пицеатаннол, полидатын, процианидин В3, кверцетин, ресвератрол, ресвератролозид. [57-60]

Рейнутрия богемская совершенно не изучена и рассматривается только как высокоинвазивный вид, с которым следует бороться. Однако есть информация, что по химическому составу она похожа на рейнутрию японскую. [56]

1.3. Выращивание растений на гидропонике

1.3.1. Положительные и отрицательные стороны выращивания растений на гидропонике

Растущее население Земли нуждается во все большем количестве пищи, в настоящее время уже не все обеспечены пищей в достаточном количестве. Поэтому приходится задумываться, как же ее вырастить? Общеизвестно отрицательное влияние на экологию интенсивного сельского хозяйства. При этом экстенсивное тоже не панацея, т.к. плодородные земли не безграничны, и под сельскохозяйственные посадки вырубаются ценные леса. Свой негативный вклад вносит и использование минеральных и, в меньшей степени, органических удобрений. Сейчас большое количество некогда плодородных земель или истощены, или заражены. На растения на полях воздействует большое количество экотоксикантов, в том числе пестициды, плоды растениеводства становятся опасными для человека. Климатические изменения и катаклизмы губят урожаи в целых областях. Какое-то время выходом из положения казалось выращивание растений в закрытом грунте – теплицах. Но это очень дорогой способ выращивания, т.к. нужно закрыть большие площади, обеспечить светом и поливом. В настоящее время гидропоника является одним из самых активно развивающихся направлений растениеводства. Это обусловлено несомненными положительными свойствами данного способа

выращивания культур. «Плюсами» гидропоники является использование точно рассчитанного количества питательных веществ и элементов, что является экономически выгодным, т.к. удобрения в поля вносятся менее точно, «по площадям», питательные элементы полностью поглощаются растениями и продукция отличается низким уровнем накопления нитратов, из-за отсутствия почвы можно использовать многоярусные установки и на одной и той же площади и одинаковых затратах на освещение иметь урожай в несколько раз больше, чем в теплице, нет проблемы с сорняками, не нужно рыхлить – снижаются трудозатраты, чистота в работе за счет отсутствия грунта, нет пыли и грязи; можно избавиться от насекомых и некоторых болезней, воды расходуется почти в 2 раза меньше. Соблюдение оптимальных условий ускоряет прорастание и всхожесть семян и, как следствие, сокращает вегетационный период развития растений. Также гидропоника очень интересна возможностью выращивать растения в любых климатических поясах, что очень актуально при освоении Арктики. И в космосе, на орбитальных станциях, и при колонизации Марса без гидропоники не обойтись. [61-63]

«Минусами» гидропоники на сегодняшний день, но «минусами» решаемыми с помощью научных исследований, является необходимость зачастую выводить новые специальные сорта, также не для всех растений подобраны условия для культивирования на гидропонике, сложность с опылением самоопыляющихся растений, ручной труд – все операции только вручную, механизация еще не разработана, и, самая главная проблема, растения, выращиваемые на гидропонике, не полностью идентичны по своей пищевой ценности и содержанию различных биологически активных веществ своим диким собратьям, или же выращенным в открытом грунте. Исследования по изучению этой проблемы и поискам решения, оптимизации питательных сред, сейчас широко ведутся во всем мире. [61-63]

Очень интересное направление гидропоники – аквапоника (Aquaponic): сочетание в одном производстве гидропоники и аквакультуры. Данная комбинация позволяет производить продукцию (рыбу и других водных

обитателей и растения) органического качества без использования антибиотиков, искусственных удобрений, гербицидов или пестицидов. Для получения питательной среды для гидропоники используются отработанные сливные воды аквакультуры, обычно содержащие большое количество аммонийных солей. Забирая азот себе для питания, растения «очищают» от него воду, которую можно использовать повторно в аквакультуре. Аквапоника представляет собой инновационный способ производства органических продуктов питания с точки зрения удовлетворения потребностей растущего населения. [64-70]

1.3.2. Растительные культуры, пригодные для выращивания на гидропонике

Выращивать на гидропонике можно практически все виды растений, не только общеизвестные зеленные и овощные культуры, но и даже деревья. Есть работы по выращиванию комнатных растений, кормов для сельскохозяйственных животных.

Данные мы обобщили в таблице 1 Приложение 4.

Согласно статистике, один житель России за год потребляет 100 кг овощей отечественного производства (из них всего 4,4 кг тепличных овощей), а по медицинским нормам необходимо 140-160 кг. Сегодня отечественная тепличная продукция занимает только 30 % российского рынка, что свидетельствует о необходимости развития данной отрасли. [85]

На гидропонике также очень хорошо растет микрозелень — молодые побеги растений с высоким содержанием полезных веществ. Микрозелень можно употреблять в пищу на 5–12 день после посадки семян [79]

Можно выращивать на гидропонике грибы [104]

Есть мнение, что для выращивания на гидропонике не годятся деревья, грибы, а также овощи с клубнями [120], однако много исследований и патентов это опровергает.

1.3.3. Виды гидропоники и установки

Согласно данным литературы, существует очень большое число разного вида гидропонных установок, но все они по своему техническому решению могут быть объединены в 6 группы. Краткая характеристика каждой группы с указанием пригодности для растительных культур приведена в таблице 2, Приложение 4.

Проводятся исследования по определению оптимальных конструкций для каждой растительной культуры, например, для многоярусных установок обнаружено, что содержание действующих веществ на различных ярусах различно [89]

Предложена концепция роторной гидропоники, данная технология ресурсосберегающая: растительный субстрат, расположенный вокруг источника света в форме цилиндра, и постоянно перемещается, для получения питательного раствора [111]

В гидропонике используется интерплантинг – одновременное выращивание взрослых и молодых растений, что позволяет иметь практически непрерывный цикл урожая в течение всего года. [88]

1.3.4. Субстраты для гидропоники

Особое внимание уделяют подбору субстрата, к которому предъявляется много требований. Субстрат должен быть дешевым, простым в использовании, на нем должны быть высокие урожаи, он должен быть прост и экологичен при утилизации. В литературе имеются сведения по изучению применимости природных и синтетических субстратов для выращивания различных культур, положительные и отрицательные стороны различных субстратов представлены в таблице 3, Приложение 4. Но следует отметить, что каждый вид субстрата имеет свои особенности, подробно описанные в литературе. Идеального субстрата нет, природные некоторые – непрочные, другие легко заселяются микрофлорой, синтетические сложно повторно использовать и экологично утилизировать. Кроме субстратов, приведенных в таблице, в качестве субстрата также может использоваться керамзит – созданный человеком из природного

материала (глины) [72,74,77,79]. Иногда используют моносубстрат, иногда смеси, например, органического и природного минерального [82]

Показано, что для томатов наилучшим образом подходят перлит, древесные опилки [72]

Разработана также без субстратная технология выращивания овощных культур в теплицах, которая обеспечивает: снижение затрат на доставку, оплату, раскладку и уборку матов, прорезывание щелей в местах для дренажа; снижает затраты за счет сокращения ряда технологических операций; экономии водорастворимых минеральных удобрений и поливной воды за счет исключения потерь с дренажем; экономии энергетических затрат за счет снижения потерь на подачу рабочих растворов. Кроме того, отсутствуют экологические проблемы, связанные с утилизацией отработанных матов из минеральной ваты. [80]

Для характеристики субстратов обычно описываются следующие водно-физические свойства: объемная масса, г/см³, удельная масса, г/см³, порозность, %, гигроскопическая влага, %, полная влагоемкость, %, капиллярная влагоемкость; после выращивания культур эти свойства меняются, в том числе и поэтому субстраты нельзя использовать бесконечное количество раз. [77]

Ведутся поиски новых субстратов. Например, изучался ламинарин, полученный из дальневосточного вида водоросли *Laminaria japonica* Agsch. В данном субстрате целый набор полезных для растений макро- и микроэлементов, но из-за вязкости и образования плотной желеобразной субстанции при взаимодействии с водой не пригоден для субстратного применения: нарушается естественная аэрация корневой системы и семенного материала, что, как следствие, приводит к гибели растений. [104]

1.3.5. Питательные среды для гидропоники и методы их контроля

В начале XIX века Юстус фон Либих показал, что химические элементы азот (N), фосфор (P) и калий (K) необходимы для роста растений, и что их они получают из почвы, и что углерод (C) и водород (H) растения получают из атмосферы и воды (H₂O). Известно, что в почве питательные элементы

содержатся в четырех формах: 1- прочно фиксированные почвой и недоступные для растений; 2- труднорастворимые неорганические соли; 3- адсорбированные на поверхности коллоидов и доступные для растений благодаря ионному обмену; 4- растворенные в воде и легко доступные для растений. [97]

Таким образом, из почвы растения могут получить только водорастворимые компоненты, а остальная часть почвы нужна для закрепления, определенного температурного и водного режима – эту роль может выполнять субстрат для гидропоники.

Питание растений при выращивании овощных культур на инертных субстратах происходит за счет прямой подачи питательного раствора к растению. Выращивание культур на гидропонике требует высокой культуры производства и специального оборудования для подготовки растворов. Необходимо контролировать состав, кислотность, чистоту раствора, подавать его к растению в заданном количестве и в соответствии с потребностью растения (учитывается временной фактор) [105, 106].

Разработано много вариантов питательных составов для гидропоники, однако все они включают указанные выше основные элементы - азот (N), фосфор (P) и калий (K), часто дополнительные элементы – железо, кальций, магний, могут быть добавлены и другие элементы в виде водорастворимых солей (цинк, серу, медь, марганец, молибден, бор). В зависимости от источника азота и фосфора, а именно соли этих элементов и определяют pH питательного раствора выделяют 3 группы: Сопряженные пары солей 1) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и KH_2PO_4 ; 2) KNO_3 и $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$; 3) NH_4NO_3 и CaHPO_4 или $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и KH_2PO_4 чаще всего используются в декоративном растениеводстве (химически кислой соли KH_2PO_4 противопоставляется физиологически щелочная соль $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$). К этому типу принадлежат составы Кнопа, Гельригеля, Хогланда, Тотингэма и Шайва и др. Раствор Кнопа также включает MgSO_4 , KCl , FeCl_3 , другие составы похожи, за исключением состава по Хогланду, данный состав включает 12 компонентов и обычно служит дополнением для других. [102]

В научных исследованиях при изучении биохимического состава

растительных культур выращивание часто проводят на многокомпонентной среде Мурасига-Скуга.

Отечественной промышленностью также выпускаются смеси для приготовления питательного раствора для гидропоники, эти смеси содержат примерно одинаковый набор все тех же макро и микроэлементов, например растворы марки «Растворин», «Унифлор». Очень часто эти растворы предназначены не только для гидропоники, но и могут использоваться как минеральные удобрения.

Для каждого растения оптимальным является свой набор элементов, поиску этого оптимума посвящено много исследований, имеются данные о выращивании огурцов с использованием «Растворина марки А» и раствора Кнопа, лапчатки белой на среде Мурасига-Скуга, микрозелени на «Унифлоре». Следует отметить, что в статьях очень часто не указывается состав питательной среды, на которой были выращены объекты исследования.

Кроме солей макро- и микроэлементов в растворы для гидропоники пытаются добавлять другие вещества, способные оказать положительное влияние на рост и развитие растительной культуры. Так, при исследовании влияния суспензии водоросли *Chlorella vulgaris* на биологические особенности огурца посевного при выращивании в условиях гидропоники, установлено стимулирующее воздействие суспензии хлореллы на биомассу корней. [83]

Изучена реакция на обработку семян природными иммуномодуляторами в условиях культивирования на гидропонике, показано, что эффект имеет зависимость от вида растения. Так флавоноидный гликозид линарозид из растений *Linaria vulgaris* Mill. L., стероидный гликозид молдстим из семян *Capsicum annuum* L. повышают всхожесть, высоту растений и массу надземной части у кориандра посевного и укропа огородного и сельдерея листового. [89]

При выращивании листового салата (зимние теплицы, проточная гидропоника) обнаружено, что при внесении при помощи полива в субстрат микробиологического препарата после пикировки надземная часть (листья) вырастают более мощные. [93]

Методы контроля питательных сред

Для анализа питательных сред разработано много методов, все они подробно описаны в литературе. [87]

Следует определять сухой остаток, электропроводность, pH, качественный и количественный состав элементов. Методики рекомендуется использовать те, которые включены в действующие ГОСТы на воду и почвы.

Основные элементы питательной среды и почвы и методы их контроля приведены в таблице 4, Приложение 4 (нами указаны компоненты, наличие которых заявили производители питательной среды и почвогрунта, используемых нами в данном исследовании).

Выводы к главе 1

1. В настоящее время применяются разные способы повышения урожайности растений разных путей использования. Наиболее широко распространено использование удобрений, среди которых микробиологические удобрения являются наиболее перспективными, эффективными и безопасными с точки зрения экологии и безопасности получаемого продукта. Перспективно также использование стимуляторов роста культур растительного происхождения, например, вытяжек из листьев рейнгутрии японской.
2. Кресс-салат содержит различные биологически активные вещества, оказывающие положительное влияние на организм человека, для разных частей растения установлен широкий спектр фармакологической активности, что говорит о перспективности введения кресс-салата в медицинскую практику, а не только использовании его в качестве пищевого растения с высокой питательной ценностью.
3. Использование гидропоники для выращивания растений, используемых с разными целями (пищевая, декоративная, лечебная, на корм животным) является перспективным направлением развития экологичного сельского хозяйства. Имеются разные технологические решения разработки гидропонных установок, однако принципиально разных видов гидропоники выделяют 6. Гидропоника требует очень четкого соблюдения условий выращивания растений, эти условия для разных видов культур могут очень отличаться, подбираются экспериментально. Контроль за производством обязательно включает контроль качественного и количественного состава питательной смеси, который осуществляется по методикам соответствующих ГОСТов или дополнительно разрабатывается производителем.
4. При разработке условий выращивания культур на гидропонике нужно обязательно изучать вопросы эквивалентности биохимического состава получаемой культуры с таковым у выращенных на почве.

Глава 2. Экспериментальная часть

2.1. Объекты и методы исследования

Исследование проводилось на базе ГБОУ г. Москвы «Школа № 507» и кафедры биотехнологии и промышленной фармации РТУ МИРЭА (МИТХТ им. М.В. Ломоносова), зав. каф. д.т.н., профессор Кедик С.А.

Объектом исследования служила трава кресс-салата (*Lepidium sativum* L. (сем. капустные – *Brassicaceae*)) выращенная на почве и на гидропонике. Для выращивания использовались:

Гидропонная установка «Домашний сад» белый с прозрачным бассейном.

Субстрат для гидроponики – перлит, производитель «Завод органических удобрений Органик+».

Семена кресс-салата - коммерчески доступные сорта:

«Курлед», семена «СеДеК», партия 7977; «Весенний», семена «СеДеК», партия 7555; «Пикант», семена «СеДеК», партия 7336; «Ажур», семена «Сортсемовощ», партия 20820; «Пучковый», семена «СеДеК», партия 10927; «Дукат», семена «Гавриш», партия 39150; «Широколистный», семена «Сембат», партия 7705; «Ванька кучерявый», семена «Аэлита», партия 22164.

Горшки для почвенного выращивания.

В 2021 году использовалась почва - «Цветочный натуральный почвогрунт», Северо-западная торфяная компания.

В 2022 г. - грунт для почвенного выращивания: коммерчески доступный почвогрунт «Добрый помощник» для рассады. Предназначен для выращивания рассады основных овощных культур защищенного грунта (в том числе томатов, огурцов, перцев, баклажанов), цветочных и зеленных культур. Подходит для выращивания всех видов рассады. Полностью готов к использованию. Произведен из чистого верхового торфа. Сбалансированный уровень кислотности и микроэлементов. Состав: верховой торф, природные минеральные компоненты, полный набор элементов питания: Азот (NH_4^+ NO_3^-), не менее: 130 мг/л, Фосфор (P_2O_5), не менее: 130 мг/л, Калий (K_2O), не

менее: 160 мг/л, pH солевой суспензии, не менее: 5,5, Массовая доля влаги, не более: 65%.

Состав исходного раствора для приготовления питательной среды для гидропоники: Азот общий (N) – 7,0 %, Фосфор (P_2O_5) – 4,0 %, Калий (K_2O) – 10,0 %, Кальций (CaO) – 4,0 %, Магний (MgO) – 1,5 %, Сера (SO_4^{2-}) – 2,0 %, Железо (Fe) – 0,1 %. Для приготовления питательной среды готовили 2 раствора, каждый раствор, согласно инструкции использовался 2 недели, а затем утилизировался. Для приготовления 1 раствора использовали 3 мл исходного раствора на 4,5 л воды, а для 2 раствора 6 мл на 4,5 л воды.

Микробиологическое удобрение (Байкал ЭМ-1, ООО «НПО ЭМ-ЦЕНТР»; культуральная жидкость (вода, меласса, соли гуминовых кислот, соли минеральные), бактерии (молочнокислые, азотфиксирующие, фотосинтезирующие), сахаромикеты; произведено 16.11.2020).

Получение экстрактов рейнутрии богемской и рейнутрии японской. В лабораторных условиях на первом этапе исследования использовались листья рейнутрии японской, заготовленные в Ботаническом саду ПМГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет) в 2020 г. (в сентябре, во время цветения) и высушенные воздушно-теневым способом. Далее, поскольку выяснилось, что рейнутрия японская не так широко распространена в средней полосе, как ее гибрид с рейнутрией сахалинской – рейнутрия богемская, которая к тому же очень сложно отличается от рейнутрии японской и часто ошибочно называется рейнутрией японской, мы стали изучать именно листья рейнутрии богемской как высокоинвазивного растения, и в 2021-2022 гг. заготавливали листья рейнутрии богемской, сушили так же воздушно-теневым способом. Сырье хранилось в бумажных пакетах, в сухом, защищенном от света месте, при комнатной температуре. Для приготовления экстракта листья рейнутрии измельчали до размера частиц 1 мм, 10,0 г измельченных листьев заливали 200 мл 70% этанола и нагревали на кипящей водяной бане с обратным холодильником 30 минут. Полученный спиртовой экстракт деалкоголизировали на кипящей водяной

бане, полученный сухой остаток растворяли в 200 мл воды и далее работали с водным раствором.

Оборудование/расходные материалы/реактивы для анализа показателей почвы и питательного раствора:

В почве и питательной среде определяли содержание ионов Ca^{2+} комплексонометрическим методом, указанным в ГОСТ (ГОСТ 26487-85 Почвы. Определение обменного (подвижного) кальция методом ЦИНАО) и ОФС.1.2.3.0015.15 «Комплексонометрическое титрование», pH – с помощью прибора «электронный pH метр, NOVA 5000».

Осветительные приборы, весы, измерительная линейка.

Реактивы, используемые при химическом анализе, готовили по методикам, указанным в ГФ XIV ОФС.1.3.0001.15 «Реактивы, индикаторы», ОФС.1.3.0002.15 «Титрованные растворы».

Определение содержания дубильных веществ проводили по методике ГФ XIV ОФС.1.5.3.0008.18 «Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах».

Определение содержания аскорбиновой кислоты проводили титриметрически по адаптированной методике ФС 2.5.0106.18 «Шиповника плоды».

Содержание флавоноидов определяли спектрофотометрически по адаптированной методике ГФ XIV ФС 2.5.0015.15 «Зверобоя трава». Спектрофотометрическое определение проводилось на приборе Varian CARY 4000. Визуализация результатов проводилась с помощью программного обеспечения CaryWin UV. Измерения проводились в диапазоне длин волн от 450 до 350 нм.

Статистическая обработка результатов исследования была проведена в соответствии с требованиями с требованиями ГФ XIV ОФС.1.1.0013.15 «Статистическая обработка результатов эксперимента», с использованием критерия Стьюдента и программы Microsoft Office Excel 2013 года.

2.2. Изучение влияния микробиологического удобрения и экстракта листьев рейнутрии японской на культуру кресс-салата (исследование 2021 г.)

2.2.1. Анализ рынка микробиологических удобрений

В настоящее время на рынке представлены следующие виды микробиологических удобрений:

Удобрение Азотовит микробиологическое универсальное.

Удобрение Фосфатовит микробиологическое универсальное.

Микробиологическое удобрение Восток ЭМ-1 ЭМ-БИО.

Микробиологическое удобрение «БиоАзот».

Микробиологическое Удобрение Сияние-1.

Микробиологическое удобрение Байкал ЭМ-1.

Удобрение микробиологическое Ургаса.

Удобрение микробиологическое Бокаши.

Микробиологическое Удобрение Сияние-3.

Микробиологическое удобрение "У", универсальное.

Микробиологическое удобрение "Эмгумат", универсальное.

Эмикс Микробиологическое удобрение "Э У", универсальное.

Удобрение микробиологическое универсальное Калийвит К50027.

Питательная среда ЭМ-патока.

Удобрение Ортон Биомикориза.

Удобрение Ваше хозяйство. Атлант бактерии-помощники. Супер улучшитель почвы. (<https://market.yandex.ru/>)

Все представленные удобрения находятся примерно в одном ценовом сегменте.

Термин «Эффективные микроорганизмы» или коротко «ЭМ» используют на международном уровне с 1986 года. В нашей стране, совместно с компанией EMRO (Япония), выпускается препарат «Восток ЭМ-1» (и другая ЭМ-продукция), содержащий фотосинтезирующие бактерии, молочнокислые бактерии, дрожжи, актиномицеты, грибы. [33-34]

Таким образом, в нашей стране разработано много составов микробиологических удобрений, изучение их влияния на культуры растений продолжается, в доступной литературе нет данных по влиянию «Байкал ЭМ-1» на культуру кресс-салата, что мы и решили изучить.

2.2.2. Получение экологичной добавки из листьев рейнутрии японской для улучшения роста кресс-салата

Одним из экологичных видов удобрений, и при этом безвредным для микробиоты почвы, также являются питательные вещества, получаемые из растений. Данные препараты не содержат ксенобиотиков, не загрязняют окружающую среду в процессе изготовления и использования, являются достаточно дешевым возобновляемым ресурсом. Имеются данные о предпосевной обработке семян экстрактом люцерны, водным раствором сока вязаеля пестрого, экстрактом растений рода *Juniperus* (можжевельник), экстрактом измельченных листьев горца сахалинского (*Reynoutria sachalinensis*). Однако, использование данных стимуляторов имеет ряд проблем, например, сложный технологический процесс получения экстракта. Известно также о предпосевной обработке семян водным раствором деалкоголизированного спиртового (70% этанол) экстракта рейнутрии японской (*Reynoutria japonica*) в течение 24 часов.

В листьях рейнутрии японской и богемской, кроме прочих биологически активных веществ (БАВ), содержится фитоалексин стильбен ресвератрол, который в основном и обуславливает стимулирующее действие экстракта на растения, т.к. защищает от фитопатогенов, и растение не расходует силы на борьбу с ними. Известно, что ресвератрол лучше всего растворяется в 70% спирте, поэтому и по данным литературы используется именно он, и мы также выбрали 70% этанол. Время экстракции мы сочли целесообразным сократить до 30 минут, так как обычно этого времени достаточно для истощения сырья, а длительная (3 часа) экстракция, как у авторов метода, требует излишнего расхода электричества, времени и ведет к

разрушению термолабильных БАВ. Но это, разумеется, требует дальнейших исследований.

2.2.3. Изучение влияния микробиологического удобрения и экстракта листьев рейнутрии японской на культуру кресс-салата

Проведено изучение влияния способа внесения микробиологического удобрения «Байкал-ЭМ1» на культуру кресс-салата.

Нами были произведены следующие виды внесения удобрения: предварительное замачивание семян, обработка почвы (за неделю до посадки), опрыскивание рассады, полив рассады, и различные комбинации этих способов. Использовался «Цветочный натуральный почвогрунт», Северо-западная торфяная компания.

Динамика роста культуры кресс-салата представлена в таблицах 1 и 3.

Таблица 1.

Влияние способа внесения удобрения «Байкал-ЭМ1» на культуру кресс-салата

	Прорастание семян, день	Появление семядолей, день	Первый настоящий лист, день	Цветение, день	Плодоношение, день
1. контроль	2	3	14	58	64
2. предварительное замачивание семян	2	3	16	60	68
3. обработка почвы	2	3	18	58	65
4. опрыскивание рассады	2	3	16	62	69
5. полив удобрением	2	3	15	58	64
2 и 3	2	3	16	59	65
2 и 4	2	3	15	60	67
2 и 5	2	3	15	59	66
3 и 4	2	3	16	61	68

3 и 5	2	3	15	58	64
4 и 5	2	3	14	58	65
1 и 2, и 3, и 4, и 5	2	3	14	61	69

Установлено, что такой способ внесения МБУ «Байкал-ЭМ1», как в почву за неделю до посадки, полив, опрыскивание, комбинирование данных способов не влияет на скорость прорастания и последующего развития кресс-салата, а предварительное замачивание семян оказывает положительный эффект, семена прорастают на сутки раньше (что для кресс-салата означает «в 2 раза быстрее»). Также всходы после предварительного замачивания семян были более дружные.

Одновременно, в параллельном опыте, нами было изучено влияние дезалкоголизированного экстракта листьев рейнутрии японской на рост культуры кресс-салата. Экстракт вносили в почву перед посевом семян в количестве 10 мл в горшочек. Микробиологическое удобрение «Байкал-ЭМ1» вносили по указанной выше схеме.

Описание эксперимента:

Во все горшочки посеяли по 7 семян и полили. Горшочки закрыли пленкой, чтобы не пересохла почва. Всходы семян появились во всех горшочках через 48 часов после посадки. Отличий контрольных и испытуемых образцов не было. Через 3 суток от момента посадки длина гипокотилы была 7 мм, было 2 семядольных листа. Далее растения в контрольных и испытуемых горшочках росли и развивались равномерно и одинаково до 14 дня. Через 14 дней в испытуемых горшочках у растений появилась 1 пара настоящих листьев (1 мм), а в контрольных горшочках на 3 дня позже. На 29 день опыта пара настоящих листьев в горшочках с экстрактом достигла 7 мм, а в контрольных 2 мм. Изучение корневой системы контрольных и испытуемых растений показало, что у интактных она чуть менее разветвленная.

Динамика роста культуры кресс-салата при использовании экстракта представлена в таблицах 2 и 3. В условиях опыта также не удалось обнаружить существенных различий.

Таблица 2

Влияние способа внесения удобрения «Байкал-ЭМ1» и экстракта листьев рейнутрии японской на культуру кресс-салата.

	Прорастание семян, день	Появление семядолей, день	Первый настоящий лист, день	Цветение, день	Плодоношение, день
1. контроль	2	3	18	54	62
2. предварительное замачивание семян	2	3	14	49	56
3. обработка почвы	2	3	14	49	56
4. опрыскивание рассады	2	3	14	50	58
5. полив удобрением	2	3	14	50	57
2 и 3	2	3	14	49	55
2 и 4	2	3	14	50	58
2 и 5	2	3	14	49	57
3 и 4	2	3	14	49	56
3 и 5	2	3	14	50	59
4 и 5	2	3	14	49	55
1 и 2, и 3, и 4, и 5	2	3	14	51	59

Таким образом, мы можем сделать вывод о положительном влиянии внесения в почву деалкоголизированного экстракта листьев рейнутрии японской на рост и развитие культуры кресс-салата. Полученные данные

помогут найти практическое применение инвазивному растению, занесенному в «Черную книгу».

Таблица 3

Изменение скорости прорастания и роста культуры кресс-салата

	Прорастание семян, день	Появление семядолей, день	Первый настоящий лист, день	Цветение, день	Плодоношение, день
1. контроль	0	0	-4	4	2
2. предварительное замачивание семян	0	0	2	11	12
3. обработка почвы	0	0	4	9	9
4. опрыскивание рассады	0	0	2	12	11
5. полив удобрением	0	0	1	8	7
2 и 3	0	0	2	10	10
2 и 4	0	0	1	10	9
2 и 5	0	0	1	10	9
3 и 4	0	0	2	12	12
3 и 5	0	0	1	8	5
4 и 5	0	0	0	9	10
1 и 2, и 3, и 4, и 5	0	0	0	10	10

2.2.4. Изучение влияния экстракта листьев рейнутрии японской на биоту микробиологического удобрения «Байкал-ЭМ1»

Известно, что экстракты растений очень часто обладают антимикробным действием, поэтому нами было изучено влияние дезалкоголизированного экстракта листьев рейнутрии японской на микроорганизмы МБУ «Байкал-ЭМ1»

Исследование проводилось на базе школы 2065. Для культивирования микроорганизмов были использованы 7 коммерчески доступных сред. Наименования и сфера их применения представлены на схеме 4 Приложение 5.

К сожалению, не удалось соблюсти стерильность во время эксперимента, это видно по контролю, но предварительные результаты показывают, что дезалкоголизированный экстракт листьев рейнутрии японской не оказал ингибирующего действия на микроорганизмы «Байкал-ЭМ1». Фотографии эксперимента представлены в Приложении 5.

2.3. Изучение культуры кресс-салата, выращенной с помощью гидропоники и почвенным методом

2.3.1. Характеристика растений кресс-салата, выращенных на гидропонике и почвенным методом

14 января 2022 года был произведен посев семян кресс-салата сорта «Курлед» в субстрат гидропонной установки и в почву. Всходы появились через 2 дня. Через неделю растения достигли 6 см. Следует отметить, что первый настоящий лист у гидропонной культуры появился через неделю, а у почвенной, несмотря на идентичный световой режим (было досвечивание), через 25 дней, растения остановились в росте на 7 см, а стержневой главный корешок был до 2 см и практически не имел придаточных корней. Масса 1 растения была 20 мг. Фото объектов представлены на рис. 4 в приложении 6.

Развитие растений гидропонной культуры проходило гораздо активнее, и к концу эксперимента (через 1 месяц) они имели по несколько листочков и развитую корневую систему, высота растений достигала 17 см, растения начали цветение. Масса 1 растения была 200-250 мг. Фотографии представлены на рис. 5-7 в приложении 7.

Таким образом, по визуальным наблюдениям, развитие растений на гидропонике проходило значительно быстрее, и было получено значительно больше фитомассы, чем при культивировании почвенным методом.

2.3.2. Контроль почвы и питательной среды.

Параметры процесса

В питательной среде и почве следует измерять pH и содержание основных элементов. Нами проводились ежедневные измерения pH питательной среды и почвы. В течение всего эксперимента не было отмечено значимых изменений pH. В ходе эксперимента контроль pH почвы и питательного раствора гидропоники проводился с помощью электронного pH-метра NOVA 5000.

pH свежеприготовленной питательной среды был 8,05, через неделю использования стал 8,14, а через 2 недели, когда пришло время заменять раствор, был определен 8,27.

В результате установлено незначительное изменение pH, но важно, что pH питательной среды был щелочной (8,05–8,27), а почвы – кислый (5,5–5,6), несмотря на то, что они обе предназначены для выращивания зеленных культур (и кресс-салата в том числе), отличия pH обязательно повлияют на вегетацию растений.

Микроэлементы очень важны для питания растений. В процессе эксперимента нами контролировалось содержание ионов Ca^{2+} комплексонометрическим методом. Также мы рекомендуем контролировать содержание других ионов и своевременно восполнять их, методики приведены в соответствующих ГОСТах (таблица 4 Приложение 4).

К сожалению, провести полное исследование элементов нам не позволило отсутствие приборной базы и реактивов. Однако, мы определили содержание Ca^{2+} методом комплексонометрического титрования. Титрование Ca^{2+} проводили по методикам ГОСТ 26487-85 Почвы. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО (с Поправкой).

Методика:

1. Приготовление вытяжки из почвы по ГОСТ 26483-85 – «Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО»

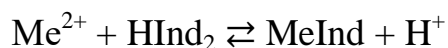
- Воздушно-сухие образцы почвы измельчали, просеивали через сито с круглыми отверстиями диаметром 1 мм и хранили в картонной коробке. Пробу на анализ из коробки отбирали ложкой или шпателем, предварительно перемешав почву на всю глубину коробки. Масса пробы - 30 г.

- Приготовление экстрагирующего раствора – раствора хлористого калия концентрации $c(\text{KCl}) = 1$ моль/л (1 н.) (рН 5,6-6,0). Раствор готовили из расчета 75 г хлористого калия, взвешенного с погрешностью не более 0,1 г, на 1000 мл раствора и измеряли рН. При необходимости заданное значение рН получали прибавлением раствора гидроокиси калия или раствора соляной кислоты.

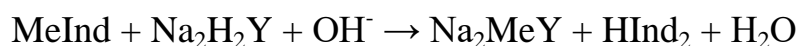
- Пробы почвы массой 30 г взвешивали с погрешностью не более 0,1 г и пересыпали в конические колбы. К пробам дозатором или цилиндром приливали по 75 мл экстрагирующего раствора. Почву с раствором перемешивали в течение 1 мин. и оставляли на 18-24 ч, затем перемешивали и фильтровали через бумажные фильтры. Первую мутную порцию фильтрата объемом 10-15 мл отбрасывали. Допускается вместо настаивания проб почв с раствором хлористого калия в течение 18-24 ч проводить перемешивание суспензий на встряхивателе или ротаторе в течение 1 ч., или использовать магнитную мешалку.

По ГОСТ для определения Ca^{2+} берут 5 или 10 мл фильтрата (если не насыщена почва ионами).

Уравнение реакции можно представить в следующем виде: заключительная стадия титрования ЭДТА протекает согласно уравнению:



синий красный



Для поддержания рН раствора на требуемом уровне обычно в титруемый раствор добавляют аммиачную буферную смесь.

Определение Ca^{2+}

10 мл фильтрата помещают в мерную колбу на 50 мл, приливают 5 мл NaOH ($C=1$ моль/л), сухой индикатор мурексид (на кончике шпателя) и доводят водой очищенной до метки. Полученный раствор тотчас оттитровывают раствором натрия эдетата 0,05 М до перехода красной окраски в сине-фиолетовую. Титрование следует начинать как можно быстрее после прибавления NaOH во избежание выпадения осадка.

1 мл натрия эдетата раствора 0,05 М соответствует 2,004 мг кальция.

Результаты исследования представлены в таблице 4.

Таблица 4.

Содержание Ca^{2+} в почве

	В начале опыта		Через 1 месяц	
	Объем, пошедший на титрование, мл	Содержание, % (г на 100 г почвы)	Объем, пошедший на титрование, мл	Содержание, % (г на 100 г почвы)
Ca^{2+}	3,0	0,182	13,5	0,820

При определении содержания Ca^{2+} в питательной среде для титрования брали 10 мл питательной среды. Результаты исследования представлены в таблицах 5 и 6.

Таблица 5.

Содержание Ca^{2+} в питательной среде

	В начале опыта		Через 2 недели	
	Объем, пошедший на титрование, мл	Содержание, %	Объем, пошедший на титрование, мл	Содержание, %
Ca^{2+} в 1 растворе	$1,3 \pm 0,05$	$0,027 \pm 0,001$ (расчетное по информации на упаковке - 0,0265)	$2,0 \pm 0,05$	$0,040 \pm 0,05$
Ca^{2+} во 2 растворе	$2,5 \pm 0,05$	$0,050 \pm 0,001$ (расчетное по информации на упаковке - 0,053)	$4,0 \pm 0,05$	$0,080 \pm 0,001$

Таким образом, в результате установлено, что содержание ионов Ca^{2+} в исходных питательных растворах соответствует заявленному на упаковке значению. В процессе культивирования кресс-салата на перлите содержание

ионов Ca^{2+} увеличивается, что можно объяснить использованием в качестве субстрата натурального минерала перлита, который содержит значительное количество данного элемента, также о перлите известно, что при добавлении в почву он может повышать pH, и что при использовании натуральных субстратов питательная среда обогащается соответствующими элементами.

Таблица 6.

Содержание Ca^{2+} в питательной среде и почве в ходе эксперимента, %

	Начало эксперимента	Через 2 недели	Через 4 недели
Питательный раствор			
Ca^{2+} в 1 растворе	0,027 ±0,001	0,040±0,001	
Ca^{2+} во 2 растворе	0,050±0,001	0,080±0,001	
Почва			
Ca^{2+}	0,182±0,005		0,820±0,008

Аналогично, обнаружено увеличение содержания ионов Ca^{2+} в почве, что можно объяснить повышением подвижности кальция под влиянием воды и микроорганизмов почвы. Так же есть вероятность привнесения кальция извне с водой для полива, в качестве которой использовалась вода из крана, обладающая значительной жесткостью.

2.4. Изучение влияния экстракта листьев рейнутрии богемской (*Reynoutria × bohemica* (Chrtek et Chrtkov)) на накопление вторичных метаболитов в траве кресс-салата различных сортов и способов культивирования

2.4.1. Культивирование кресс-салата

Семена выбранных сортов кресс-салата («Курлед», «Весенний», «Пикант», «Ажур», «Пучковый», «Дукат», «Широколистный», «Ванька кучерявый») перед посевом замачивали на 1 сутки в воде или дезалкоголизированном экстракте листьев рейнутрии богемской (ДЭРБ) (в этом случае перед посевом семена отмывали от экстракта водой очищенной,

поскольку в данном экстракте, согласно данным литературы, содержатся катехин и эмодин, которые угнетающе действуют на вегетацию растений - так реализуется аллелопатическое действие рейнутрии богемской). Посев проводили утром. В каждой пакетике содержится 1 г семян, у всех сортов они примерно одинаковые по размеру, таким образом мы высевали примерно одинаковое количество растений кресс-салата. Следует отметить, что у выбранных сортов кресс-салата наблюдалось разное развитие на почве и гидропонике. Как нами уже было ранее установлено на сорте "Курлед", на гидропонике растения вегетировали гораздо активнее и за 4 недели (время эксперимента) успевали дойти до фазы цветения, в то время как на почве только успевали дать первый настоящий лист. [102,103]

Фотографии представлены на рисунках 4-9 Приложения 4.

Величина сырьевой фитомассы при выращивании на гидропонике за одинаковый период была больше в 5-10 раз. Но не все сорта одинаково хорошо развивались на гидропонике: "Курлед" и с обработкой, и без обработки ДЭРБ - хорошо, "Ажур" - с обработкой ДЭРБ хорошо, а без обработки вообще не вырос, "Весенний" и "Пикант" - с обработкой в два раза лучше - больше в размере. Фотографии представлены на рисунках Приложения 5.

При посадке в почву семена, обработанные ДЭРБ, всходили немного позже, но всходы были более дружные и крепкие и развивались лучше. Фитомассы накопилось в 1,2 раза больше. Таким образом, если принять во внимание накопление фитомассы, то предварительная обработка семян кресс-салата выбранных сортов ДЭРБ имеет выраженный положительный эффект.

Один образец кресс-салата был нами выращен на гидрогеле ("Darit") по инструкции на упаковке. Согласно информации производителя, гидрогель не токсичен для растений и безопасен для человека, представляет собой пространственносшитый гель полиакриламида и полиакрилата калия. Семена на гидрогеле прорастали быстро, растения достигали примерно 3 см в высоту

и останавливались в развитии, очевидно, израсходовав запас питательных и минеральных веществ, находившихся в семенах.

2.4.2. Определение влажности в траве кресс-салата.

Определение влажности проводили в соответствии с требованиями Государственной Фармакопеи Российской Федерации XIV издания ОФС.1.5.3.0007.15 «Определение влажности лекарственного растительного сырья».

Аналитическую пробу высушенного лекарственного растительного сырья, предназначенную для определения влажности, предварительно измельчают любым подходящим способом до размера частиц не более 10 мм, в зависимости от морфологической группы лекарственного растительного сырья. Аналитическую пробу лекарственного растительного препарата или измельченного высушенного лекарственного растительного сырья перемешивают и берут две навески по 3 – 5 г, взвешенные с погрешностью $\pm 0,01$ г. Каждую навеску высушенного лекарственного растительного сырья/препарата помещают в предварительно высушенный до постоянной массы и взвешенный бюкс с крышкой и ставят в сушильный шкаф, нагретый до 100 – 105 °С. При этой же температуре осуществляют высушивание взятых навесок.

Высушивание лекарственного растительного сырья/препарата проводят в открытых бюксах вместе со снятыми крышками. При взвешивании бюксы должны быть закрыты. Первое взвешивание охлажденных в эксикаторе анализируемых образцов, представленных листьями, травами, цветками и порошком из лекарственного растительного сырья и препаратов, проводят через 2 ч; анализируемых образцов, представленных корнями, корневищами, корой, плодами, семенами и другими морфологическими группами лекарственного растительного сырья и препаратов, – через 3 ч. При определении влажности в свежем лекарственном растительном сырье аналитическую пробу анализируемого растительного объекта, предназначенную для определения влажности, предварительно измельчают

до размера частиц не более 10 мм, используя для этого соответствующее оборудование и приспособления (ножницы, мельницы различных типов, ступку и др.), что определяется морфологической группой лекарственного растительного сырья. Измельченную аналитическую пробу свежего лекарственного растительного сырья тщательно перемешивают и берут две навески по 3 – 5 г, взвешенные с погрешностью $\pm 0,01$ г. Каждую навеску свежего лекарственного растительного сырья помещают в предварительно высушенный и взвешенный бюкс с крышкой и ставят в сушильный шкаф, нагретый до 130 – 135 °С. При этой же температуре осуществляют высушивание взятых навесок. Высушивание свежего лекарственного растительного сырья проводят в открытых бюксах вместе со снятыми крышками. При взвешивании бюксы должны быть закрыты. Для свежего лекарственного растительного сырья, представленного листьями, травами, цветками и плодами, первое взвешивание охлажденных в эксикаторе анализируемых образцов проводят через 1 ч, анализируемых образцов, представленных другими более плотными по морфологической структуре видами сырья, – через 2 ч. Высушивание лекарственного растительного сырья/лекарственного растительного препарата проводят до постоянной массы. Постоянная масса считается достигнутой, если разница между двумя последовательными взвешиваниями после 30 мин дополнительного высушивания и 30 мин охлаждения в эксикаторе не превышает $\pm 0,01$ г. В этом случае имеется в виду влажность воздушно-сухого лекарственного растительного сырья/препарата. При определении абсолютной влажности, значение которой используется в формулах расчета количества действующих веществ в высушенном лекарственном растительном сырье/препарате, определение проводят в навесках 1 – 2 г (точная навеска), взятых из аналитической пробы, предназначенной для количественного определения действующих веществ и золы, вышеописанным методом, но при разнице между взвешиваниями, не превышающей $\pm 0,0005$ г. Влажность (W)

лекарственного растительного сырья/препарата в процентах вычисляют по формуле:

$$W = \frac{(m - m_1) \cdot 100}{m},$$

где m – масса до высушивания, г;

m_1 – масса после высушивания, г.

Результаты представлены в таблице 7.

Из результатов таблицы 7 видно, что влажность у травы кресс-салата, выращенной на гидропонике, была немного ниже, порядка 90%, чем у травы кресс-салата, выращенной на почве – порядка 92%, что можно объяснить разной фазой вегетации во время сбора.

Таблица 7

Влажность травы кресс-салата (при $P=0,95$, $t(95,5)=2,78$)

сорт	влажность, %
«Курлед» почва	92,01±2,03
«Курлед» гидропоника	90,02±1,74
«Весенний», гидропоника с рейнутрией	90,02±1,70
«Весенний», гидропоника без рейнутрии	90,01±3,10
«Весенний», почва без рейнутрии	91,99±3,41
«Весенний», почва с рейнутрией	92,00±3,63
«Пикант», гидропоника без рейнутрии	90,09±1,48
«Пикант», гидропоника с рейнутрией	89,99±1,52
«Пикант», почва без рейнутрии	92,01±1,75
«Пикант», почва с рейнутрией	91,99±2,44
«Ажур», гидропоника с рейнутрией	92,03±2,53
«Пучковый», почва без рейнутрии	92,02±1,13
«Дукат», почва без рейнутрии	92,01±1,48
гидрогель	92,01±2,59
«Широколистный», почва	92,02±3,51
«Ванька кучерявый», почва	92,05±1,64

2.4.3. Сравнительное изучение содержания аскорбиновой кислоты, дубильных веществ и флавоноидов в траве кресс-салата, выращенной в выбранных условиях культивирования.

Питательная и лечебная ценность растений определяется их

биохимическим составом. Известно, что качественное и количественное содержание первичных и вторичных метаболитов в растениях, выращенных на поле, теплице или гидропонике существенно отличается. Поскольку трава кресс-салата является не только пищевым продуктом, но и, согласно данным литературы, является перспективным лекарственным растительным сырьем, мы провели сравнительное изучение содержания некоторых биологически активных веществ, обладающих противовоспалительным, иммуностропным, антиоксидантным и некоторыми другими видами фармакологической активности, а именно аскорбиновой кислоты, дубильных веществ и флавоноидов в траве кресс-салата, выращенной в разных условиях. Пересчет вели на свежую траву кресс-салата, чтобы оценить пищевую ценность и на абсолютно сухое сырье для сопоставимости данных.

Исследования проводили по методикам, использующимся в анализе лекарственного растительного сырья, а именно методикам Государственной Фармакопеи XIV издания. Каждый эксперимент повторяли 5 раз, относительная ошибка определения не превысила 5%.

Определение количественного содержания дубильных веществ в траве кресс-салата было проведено перманганатометрически (ГФ XIV ОФС.1.5.3.0008.15 «Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах»).

Около 2 г (точная навеска) измельченного сырья, проходящего сквозь сито с отверстиями размером 3 мм, поместили в коническую колбу вместимостью 500 мл, залили 250 мл нагретой до кипения воды и кипятили с обратным холодильником на электрической плитке с закрытой спиралью в течение 30 мин при периодическом перемешивании. Полученное извлечение охладили до комнатной температуры и профильтровали через вату в мерную колбу вместимостью 250 мл так, чтобы частицы сырья не попали в колбу, довели объем раствора водой до метки и перемешали.

25 мл полученного по методике, указанной выше, водного извлечения поместили в коническую колбу вместимостью 1000 мл, прибавили 500 мл воды, 25 мл раствора индигосульфокислоты. Титровали при постоянном перемешивании раствором перманганата калия (0,02 моль/л) до золотисто-желтого окрашивания. Параллельно проводили контрольный опыт. Содержание дубильных веществ в пересчете на танин вычисляли по формуле:

$$X = \frac{(V - V_1) \cdot 0,004157 \cdot k \cdot 250 \cdot 100}{a \cdot 25}, \text{ где}$$

X - содержание дубильных веществ, %;

V - объем раствора перманганата калия (0,02 моль/л), израсходованного на титрование, мл;

V₁ - объем раствора перманганата калия (0,02 моль/л), израсходованного на титрование в контрольном опыте, мл;

k - поправочный коэффициент;

25 – объем извлечения, взятого для титрования;

0,004157 - количество дубильных веществ, соответствующее 1 мл раствора перманганата калия в пересчете на танин.

Результаты представлены в таблице 8 и диаграмме 1.

Таблица 8.

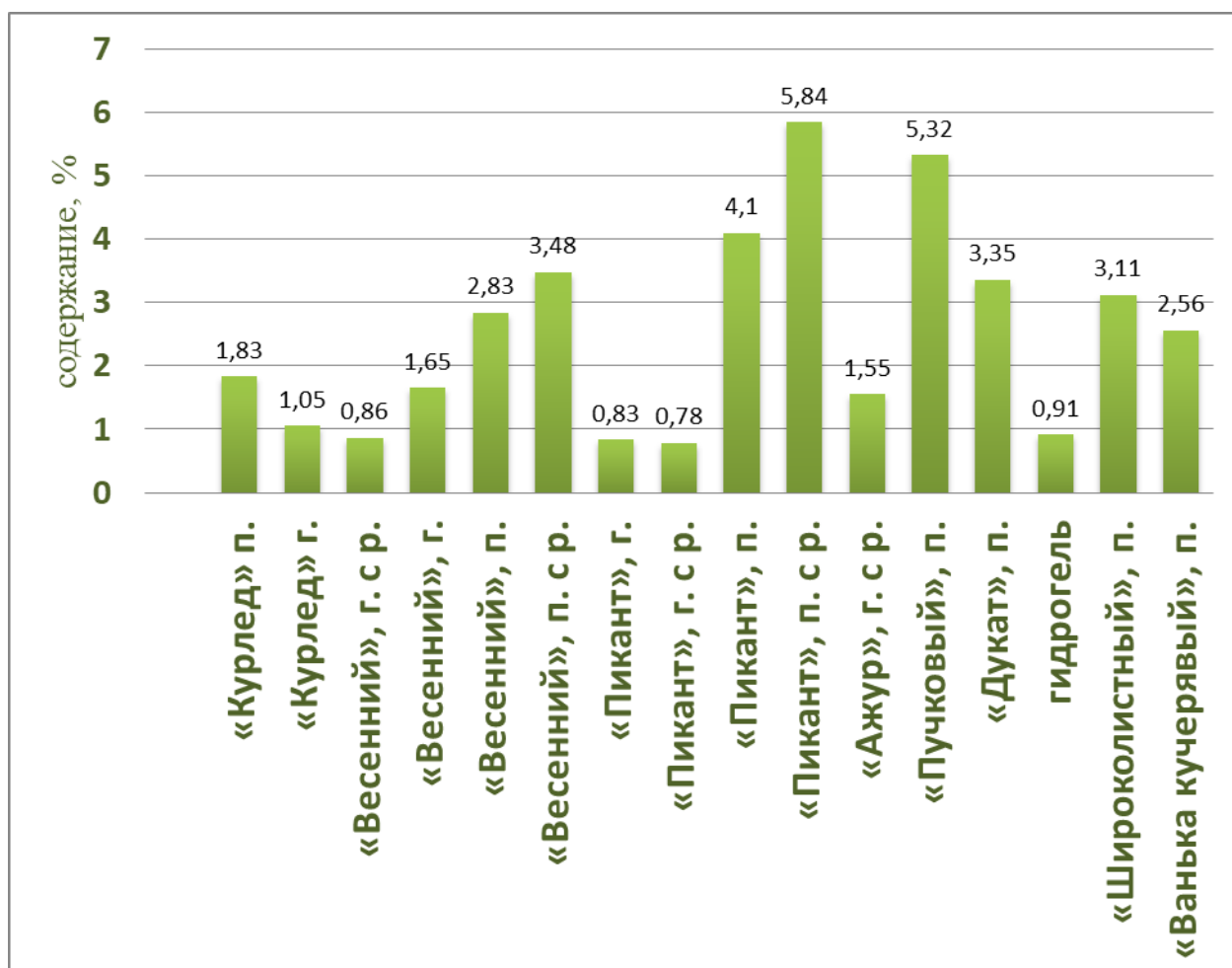
Содержание дубильных веществ в пересчете на танин в траве кресс-салата различных способов выращивания (при P=0,95, t(95,5)=2,78)

сорт	в пересчете на абсолютно сухое сырье, %	в пересчете на свежее сырье, %
«Курлед» почва	1,83±0,02	0,183±0,002
«Курлед» гидропоника	1,05±0,03	0,105±0,003
«Весенний», гидропоника с рейнутрией	0,86±0,01	0,086±0,001
«Весенний», гидропоника без рейнутрии	1,65±0,07	0,165±0,001
«Весенний», почва без рейнутрии	2,83±0,10	0,23±0,01
«Весенний», почва с рейнутрией	3,48±0,13	0,28±0,01
«Пикант», гидропоника без рейнутрии	0,83±0,04	0,083±0,001

«Пикант», гидропоника с рейнутрией	0,78±0,03	0,078±0,003
«Пикант», почва без рейнутрии	4,10±0,15	0,33±0,01
«Пикант», почва с рейнутрией	5,84±0,20	0,47±0,02
«Ажур», гидропоника с рейнутрией	1,55±0,01	0,155±0,001
«Пучковый», почва без рейнутрии	5,32±0,20	0,43±0,02
«Дукат», почва без рейнутрии	3,35±0,13	0,27±0,01
гидрогель	0,91±0,04	0,073±0,003
«Широколистный», почва	3,11±0,02	0,25±0,01
«Ванька кучерявый», почва	2,56±0,12	0,21±0,01

Диаграмма 1

Содержание дубильных веществ в пересчете на танин в траве кресс-салата различных способов выращивания в пересчете на абсолютно сухое сырье, %



Из приведенных выше данных следует, что количественное содержание дубильных веществ в пересчете на танин, определенное по данной методике, в образцах, выращенных на почве, почти в 2 раза больше, чем в образцах, выращенных на гидропонике. Кроме того, при культивировании на почве предпосевная обработка семян ДЭРБ оказывает положительный эффект: например, для сорта «Весенний» 2,83% без ДЭРБ и 3,48% с ДЭРБ, а для сорта «Пикант» - 4,10% и 5,84%, соответственно. А при культивировании на гидропонике – эффект обратный – дубильных веществ после обработки накапливается меньше, но фитомасса травы кресс-салата значительно больше.

При анализе результатов исследования видно, что содержание дубильных веществ также зависит от сортовых особенностей кресс-салата: при культивировании на почве максимальное количество наблюдалось в траве сорта «Пикант» (5,84%) и «Пучковый» (5,32%), меньше - у сортов «Весенний» и «Дукат» - 3,48% и 3,35%, соответственно. Другие сорта накапливали ещё меньше, но менее 1,5 % образцов не было. При культивировании на гидропонике очень мало дубильных веществ накопил сорт «Пикант» (0,83%), очевидно эти условия ему не подходят.

Определение содержания аскорбиновой кислоты проводили титриметрически по адаптированной методике ФС 2.5.0106.18 «Шиповника плоды».

20 г травы кресс-салата помещали в фарфоровую ступку, где тщательно растирали со стеклянным порошком (около 5 г), постепенно добавляя 300 мл воды, и настаивали 10 мин. Затем смесь размешивали и извлечение фильтровали. В коническую колбу вместимостью 100 мл вносили 1 мл полученного фильтрата, 1 мл 2% раствора хлористоводородной кислоты, 13 мл воды, перемешивали и титровали из микробюретки раствором 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия (0,001 моль/л) до появления розовой окраски, не исчезающей в течение 30-60 с. Титрование продолжали не более 2 мин.

Содержание аскорбиновой кислоты в пересчете на абсолютно сухое сырье в процентах (X) вычисляли по формуле:

$$X = \frac{V \cdot 0,000088 \cdot 300 \cdot K \cdot 100 \cdot 100}{a \cdot Va \cdot (100 - W)},$$

где 0,000088 - количество аскорбиновой кислоты, соответствующее 1 мл раствора 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия (0,001 моль/л), в граммах;

V - объем раствора 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия (0,001 моль/л), пошедшего на титрование, в миллилитрах;

t – масса сырья в граммах;

W - потеря в массе при высушивании сырья в процентах.

Результаты представлены в таблице 9 и диаграмме 2.

Таблица 9.

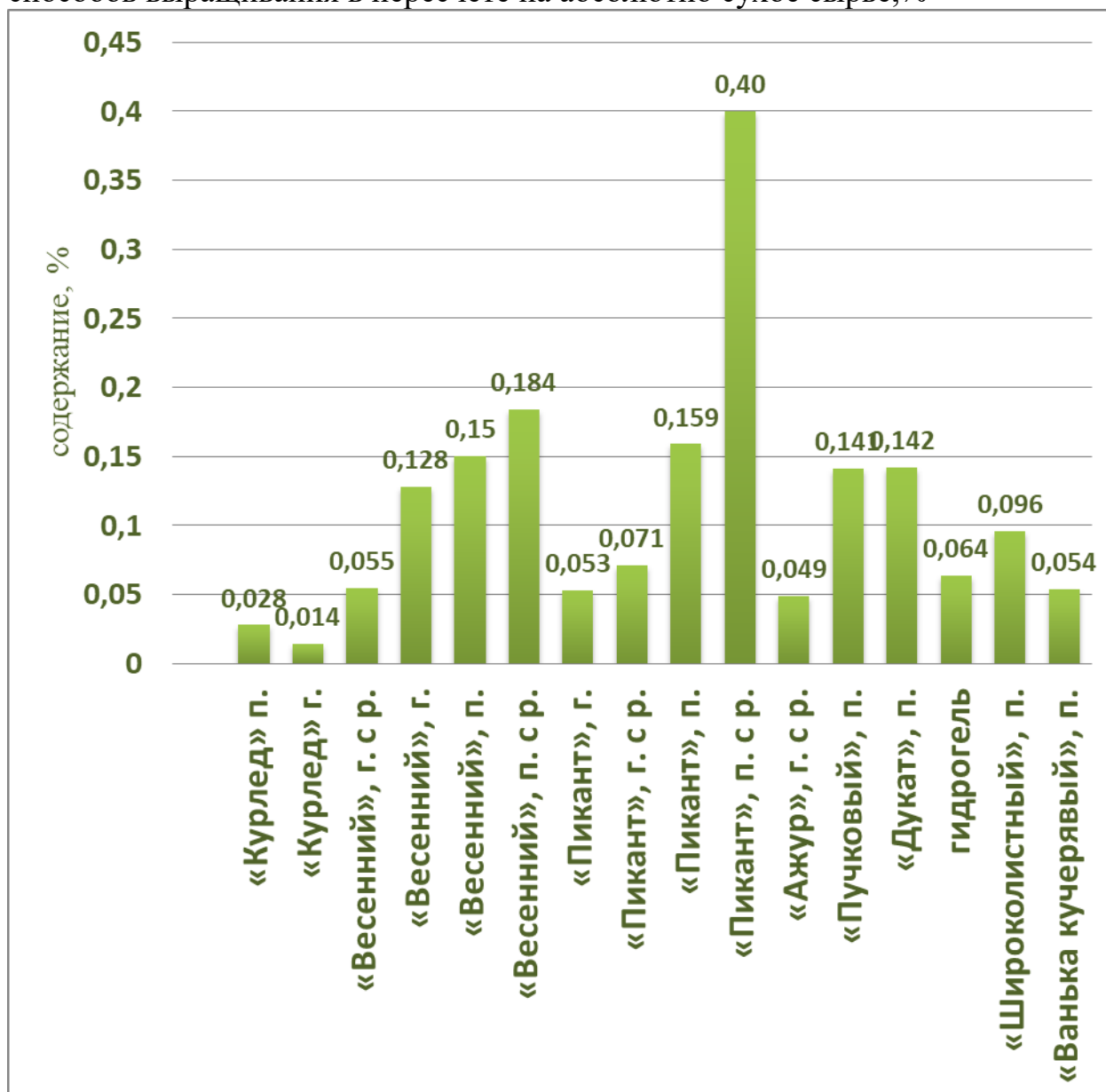
Содержание аскорбиновой кислоты в траве кресс-салата различных способов выращивания (при P=0,95, t(95,5)=2,78)

сорт	в пересчете на абсолютно сухое сырье, %	в пересчете на свежее сырье, %
«Курлед» почва	0,028±0,009	0,0028±0,0001
«Курлед» гидропоника	0,0140±0,0007	0,00140±0,00007
«Весенний», гидропоника с рейнутрией	0,055±0,003	0,0055±0,0001
«Весенний», гидропоника без рейнутрии	0,128±0,005	0,0128±0,0005
«Весенний», почва без рейнутрии	0,150±0,007	0,0120±0,0006
«Весенний», почва с рейнутрией	0,184±0,009	0,0148±0,0007
«Пикант», гидропоника без рейнутрии	0,053±0,003	0,0053±0,0003
«Пикант», гидропоника с рейнутрией	0,071±0,004	0,0071±0,0004
«Пикант», почва без рейнутрии	0,159±0,008	0,0127±0,0006
«Пикант», почва с рейнутрией	0,40±0,02	0,032±0,001
«Ажур», гидропоника с рейнутрией	0,049±0,002	0,0049±0,0002

«Пучковый», почва без рейнутрии	0,141±0,007	0,0113±0,0006
«Дукат», почва без рейнутрии	0,142±0,007	0,0113±0,0006
гидрогель	0,064±0,003	0,0051±0,0002
«Широколистный», почва	0,096±0,005	0,0077±0,0004
«Ванька кучерявый», почва	0,054±0,003	0,0043±0,0002

Диаграмма 2.

Содержание аскорбиновой кислоты в траве кресс-салата различных способов выращивания в пересчете на абсолютно сухое сырье, %



Таким образом, установлено, что содержание аскорбиновой кислоты в траве кресс-салата одного и того же сорта, выращенной на гидропонике,

ниже, чем в траве, выращенной на почве. Следует отметить, что в условиях эксперимента растению не удалось накопить значительное для кресс-салата количество аскорбиновой кислоты, поскольку по данным литературы известно, что содержание аскорбиновой кислоты в кресс-салате достигает 0,0471 % в свежей траве [48], значение близкое к этому только у сорта «Пикант» при культивировании на почве с предпосевной обработкой ДЭРБ, и это максимальное значение (0,40%).

При изучении сортовых особенностей накопления аскорбиновой кислоты в траве кресс-салата установлено, что, кроме «Пикант», сорта накапливают данного БАВ немного, побольше «Весенний», «Пучковый» и «Дукат» - 0,184%, 0,141% и 0,142%, соответственно. Меньше всего содержание было в сорте «Курлед» при выращивании на гидропонике – 0,0140%.

Флавоноиды являются группой природных биологически активных соединений, обладающей сильным антиоксидантным действием.

Содержание флавоноидов определяли спектрофотометрически по адаптированной методике ГФ XIV ФС 2.5.0015.15 «Зверобоя трава». Спектрофотометрическое определение проводилось на приборе Varian CARY 4000. Визуализация результатов проводилась с помощью программного обеспечения CaryWin UV. Измерения проводились в диапазоне длин волн от 450 до 350 нм.

Так как максимум спектра поглощения водноспиртового извлечения (70 % спирт) после реакции комплексообразования с хлоридом алюминия (рис.8) совпадает с максимумом комплекса рутина с хлоридом алюминия (рис.9), то пересчет суммарного содержания флавоноидов вели на рутин.

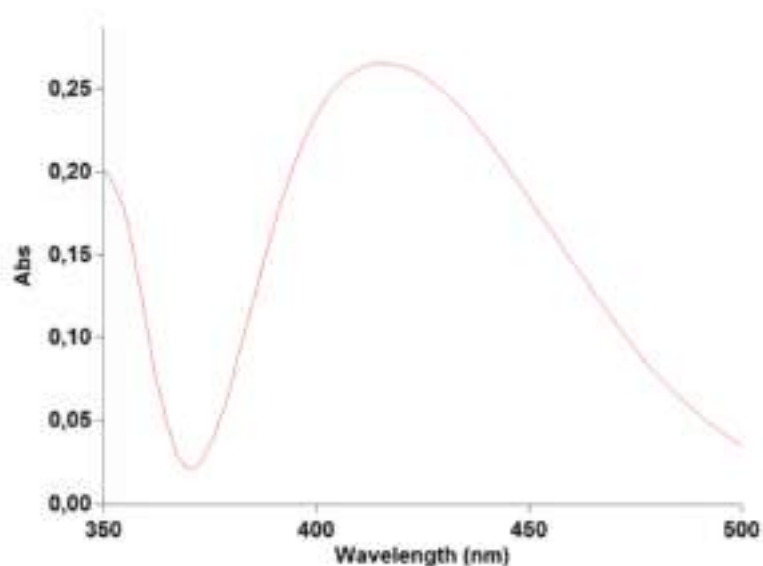


Рис.1. Спектр поглощения комплекса флавоноидов водноспиртового извлечения (70 % спирт).

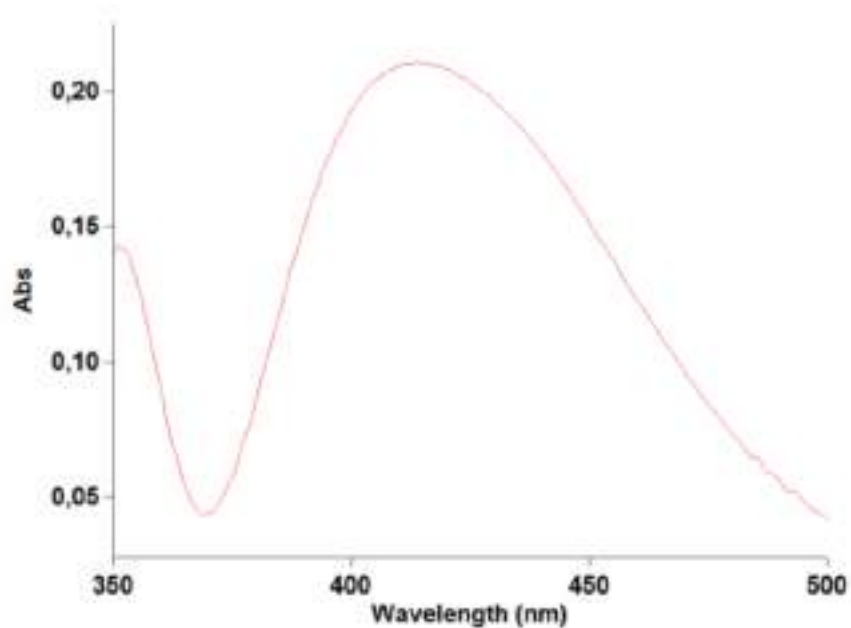


Рис.2. Спектр поглощения комплекса рутина с хлоридом алюминия.

Подготовка проб к анализу, приготовления растворов сравнения и раствора стандартного образца проводилась в соответствии с методикой Государственной Фармакопеи XIV ФС 2.5.0015.15 «Зверобоя трава», адаптированной к объекту исследования.

Определение содержания суммы флавоноидов в пересчете на рутин

Точную навеску измельченного сырья (около 1,0), поместили в коническую колбу с притертым горлом вместимостью 150 мл, прибавили 30 мл 70% спирта. Затем колбу соединили с обратным холодильником и нагрели на кипящей водяной бане в течение 30 мин, периодически встряхивая для захватывания частиц сырья со стенок. Фильтрацию горячего извлечения осуществлялось через ватный тампон в мерную колбу вместимостью 100 мл так, чтоб частицы сырья не попали на фильтр. Вата после фильтрования сбрасывалась обратно в колбу для экстрагирования. В эту же колбу прибавили 30 мл 70% спирта. Экстракция повторялась в общей сложности трижды в тех же условиях, фильтрат помещался в ту же мерную колбу. После охлаждения объем извлечения доводили до метки 70% спиртом (раствор А). В мерную колбу вместимостью 25 мл помещали 1 мл раствора алюминия хлорида в 95% спирте, 2 мл раствора А, 2-3 капли разведенной соляной кислоты и доводили объем раствора 95% спиртом до метки. Через 30 мин измеряли оптическую плотность раствора на спектрофотометре при длине волны 410 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм. В качестве раствора сравнения использовали раствор, состоящий из 2 мл извлечения, 2-3 капли разведенной соляной кислоты и доведенный 95 % спиртом до метки в мерной колбе вместимостью 25 мл. Параллельно измеряли оптическую плотность раствора стандартного образца (СО) рутина, приготовленного аналогично испытуемому раствору. Содержание суммы флавоноидов в пересчете на рутин в процентах (X) вычисляют по формуле:

$$X = \frac{A \cdot 100 \cdot 25}{A_{1\text{см}}^{1\%} \cdot a \cdot 2}, \text{ где}$$

A – оптическая плотность раствора Б испытуемого раствора;

$A_{1\text{см}}^{1\%}$ – удельный показатель поглощения комплекса рутина с алюминия хлоридом при длине волны 410 нм, равный 260;

2 – объем извлечения, мл;

a – навеска сырья, г;

Результаты определения представлены в таблице 10 и диаграмме 3.

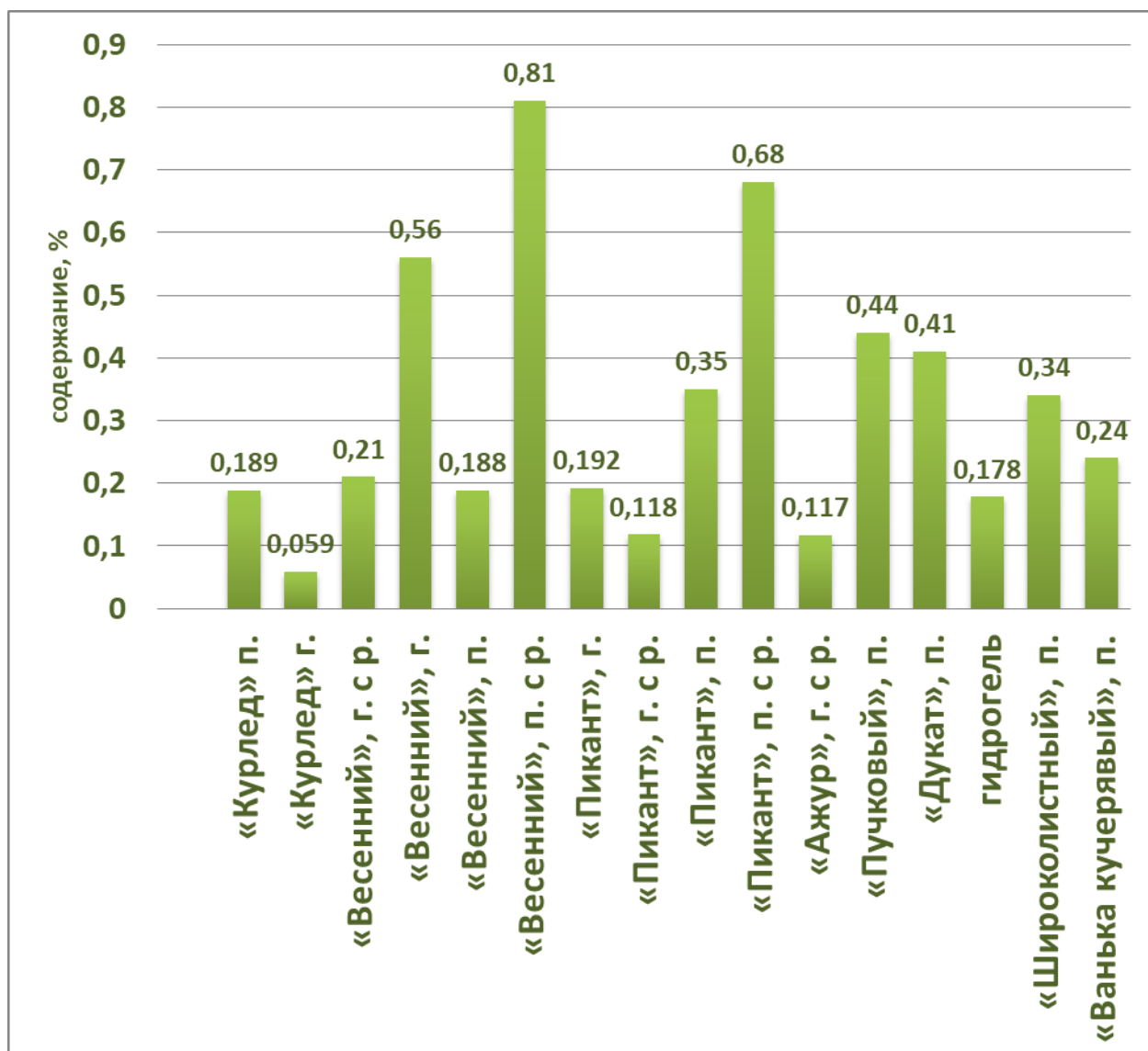
Таблица 10.

Содержание суммы флавоноидов в пересчете на рутин в траве кресс-салата различных способов выращивания (при $P=0,95$, $t(95,5)=2,78$)

сорт	в пересчете на абсолютно сухое сырье, %	в пересчете на свежее сырье, %
«Курлед» почва	$0,189 \pm 0,002$	$0,0189 \pm 0,0002$
«Курлед» гидропоника	$0,059 \pm 0,002$	$0,0059 \pm 0,0002$
«Весенний», гидропоника с рейнутрией	$0,21 \pm 0,01$	$0,021 \pm 0,001$
«Весенний», гидропоника без рейнутрии	$0,56 \pm 0,02$	$0,045 \pm 0,002$
«Весенний», почва без рейнутрии	$0,188 \pm 0,001$	$0,0150 \pm 0,0002$
«Весенний», почва с рейнутрией	$0,81 \pm 0,04$	$0,065 \pm 0,002$
«Пикант», гидропоника без рейнутрии	$0,192 \pm 0,007$	$0,0153 \pm 0,0007$
«Пикант», гидропоника с рейнутрией	$0,118 \pm 0,001$	$0,0095 \pm 0,0002$
«Пикант», почва без рейнутрии	$0,35 \pm 0,01$	$0,028 \pm 0,001$
«Пикант», почва с рейнутрией	$0,68 \pm 0,03$	$0,055 \pm 0,002$
«Ажур», гидропоника с рейнутрией	$0,117 \pm 0,005$	$0,093 \pm 0,001$
«Пучковый», почва без рейнутрии	$0,44 \pm 0,02$	$0,035 \pm 0,003$
«Дукат», почва без рейнутрии	$0,41 \pm 0,02$	$0,033 \pm 0,001$
гидрогель	$0,178 \pm 0,008$	$0,0142 \pm 0,0001$
«Широколистный», почва	$0,34 \pm 0,01$	$0,027 \pm 0,001$
«Ванька кучерявый», почва	$0,24 \pm 0,01$	$0,0189 \pm 0,0001$

Диаграмма 3

Содержание суммы флавоноидов в пересчете на рутин в траве кресс-салата в пересчете на абсолютно сухое сырье, %



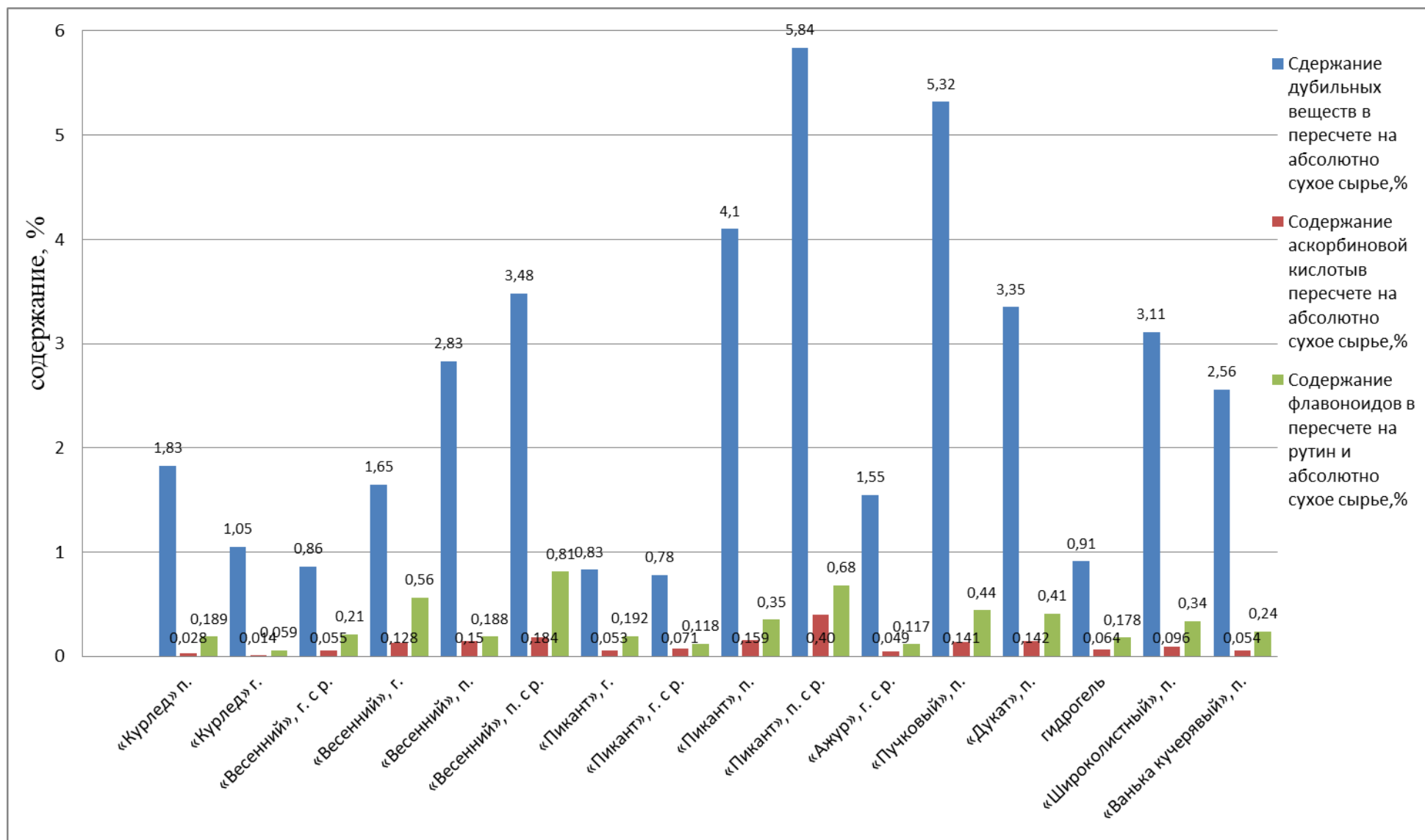
Результаты определения биологически активных веществ в траве кресс-салата (диаграмма 4) показали, что доминирующими в траве кресс-салата являются дубильные вещества, значительно меньше содержится флавоноидов и аскорбиновой кислоты. Установлено, что растения, произрастающие на почве, накапливают в несколько раз больше биологически активных веществ, чем выращиваемые на гидропонике, несмотря на большой объем фитомассы. Таким образом, можно сделать вывод, что требуются дальнейшие исследования по подбору оптимальных условий выращивания кресс-салата на гидропонике.

Для того, чтобы сделать вывод о нормировании дубильных веществ, аскорбиновой кислоты и флавоноидов в лекарственном растительном сырье трава кресс-салата, еще недостаточно данных, так как диапазон значений достаточно широк.

Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21 "Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации" (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 22 июля 2021 г.) рекомендуют для взрослых суточное потребление аскорбиновой кислоты 100 мг, флавонолов – 30 мг, танинов – 200 мг. Чтобы попытаться получить это количество аскорбиновой кислоты только из кресс-салата, необходимо употребить 1000 г свежей травы кресс-салата, а для нормы флавоноидов и дубильных достаточно 100-200 г. Поэтому исследования в содержания БАС травы кресс-салата актуальны не только с точки зрения лечебного эффекта растения, но и пищевого продукта, обогащенного если не аскорбиновой кислотой, то флавоноидами и танинами, что важно для поддержания здоровья и профилактики заболеваний.

Диаграмма 4

Содержание БАС в траве кресс-салата разных сортов и способов культивирования



Выводы к главе 2

1. Не установлено заметного влияния МБУ «Байкал-ЭМ1» на рост и развитие культуры кресс-салата, что объясняется малой длительностью наблюдения и подтверждает данные литературы о необходимости длительного и регулярного использования МБУ. Предварительные результаты микробиологического исследования показывают, что дезалкоголизированный экстракт листьев рейнутрии японской не оказал ингибирующего действия на микроорганизмы «Байкал-ЭМ1».
2. Обнаружено положительное влияние совместного использования дезалкоголизированного экстракта листьев рейнутрии японской и МБУ «Байкал-ЭМ1» на рост и развитие культуры кресс-салата. Полученные данные помогут найти практическое применение инвазивному растению, занесенному в «Черную книгу».
3. Рост и фенологическое развитие растений на гидропонике проходило значительно быстрее, и было получено значительно больше фитомассы, чем при культивировании почвенным методом.
4. Предпосевная обработка семян кресс-салата ДЭРБ положительно влияет на рост и развитие растений и накопление сырьевой фитомассы при культивировании кресс-салата на гидропонике (особенно выражено) и на почве. При сравнении количественного содержания дубильных веществ, флавоноидов и аскорбиновой кислоты в траве кресс-салата разных сортов установлено, что предпосевная обработка семян кресс-салата ДЭРБ при посеве в почву повышает содержание в траве дубильных веществ, флавоноидов и аскорбиновой кислоты, а при использовании гидропонного способа выращивания растения растут слишком быстро и не успевают накопить БАВ, их содержание ниже.
5. Полученные данные помогут найти практическое применение инвазивному растению – рейнутрии богемской, занесенной в «Черную книгу».

6. Влажность травы кресс-салата, выращенной на гидропонике была немного ниже, порядка 90%, чем у травы кресс-салата, выращенной на почве – порядка 92%, что можно объяснить разными фазами вегетации во время сбора.
7. Содержание дубильных веществ в пересчете на танин в изученных образцах травы кресс-салата составило от $0,78 \pm 0,03\%$ до $5,84 \pm 0,20\%$, аскорбиновой кислоты - от $0,0140 \pm 0,0007\%$ до $0,184 \pm 0,009\%$, суммы флавоноидов в пересчете на рутин - от $0,059 \pm 0,002\%$ до $0,81 \pm 0,04\%$.

Выводы

1. Для повышения урожайности растений наиболее перспективными, эффективными и безопасными являются микробиологические удобрения, стимуляторы роста культур растительного происхождения, использование гидропоники, но все они требуют тщательного изучения, для получения биохимически эквивалентных растений.
2. Установлено положительное влияние совместного использования деалкоголизированного экстракта листьев рейнутрии японской и МБУ «Байкал-ЭМ1» (которое не эффективно при краткосрочном использовании) на рост и развитие культуры кресс-салата. Полученные данные помогут найти практическое применение инвазивному растению, занесенному в «Черную книгу».
3. Рост и фенологическое развитие растений на гидропонике проходило значительно быстрее, и было получено значительно больше фитомассы, чем при культивировании почвенным методом.
4. Предпосевная обработка семян кресс-салата стимулятором из рейнутрии положительно влияет на рост и развитие растений и накопление сырьевой фитомассы при культивировании кресс-салата на гидропонике (особенно выражено) и на почве.
5. При сравнении количественного содержания дубильных веществ, флавоноидов и аскорбиновой кислоты в траве кресс-салата разных сортов установлено, что предпосевная обработка семян кресс-салата стимулятором из рейнутрии при посеве в почву повышает содержание в траве дубильных веществ, флавоноидов и аскорбиновой кислоты, а при использовании гидропонного способа выращивания растения растут слишком быстро и не успевают накопить БАС, их содержание ниже.

Заключение

В результате нашей работы не обнаружено заметного влияния на рост и развитие кресс-салата МБУ при краткосрочном использовании, было установлено положительное влияние экстракта листьев рейнутрии богемской при выращивании кресс-салата на почве, найдено, что содержание аскорбиновой кислоты, дубильных веществ и флавоноидов в траве кресс-салата, выращенной на гидропонике, в 2-3 раза меньше, чем в выращенной на почве, установлено, что выращивание культуры кресс-салата как на гидропонике, так и на почве имеет в каждом случае свои **преимущества и недостатки**. К **преимуществам** выращивания на гидропонике в лабораторных условиях можно отнести быстрый рост и фенологическое развитие растений, а в условиях промышленного производства еще и экономию ресурсов (питания и воды) и площадей, нет воздействия экотоксикантов. Вместе с тем в опытных условиях растения на гидропонике накапливали в несколько раз меньше биологически активных веществ, что в настоящее время является очень существенным **недостатком**, который можно преодолеть, подбирая условия культивирования. К недостаткам гидропоники также относится необходимость наличия специального оборудования, часто – специальных сортов, системы контроля питательной смеси. К **преимуществам** выращивания на почве относится большее накопление биологически активных веществ, однако важный **недостаток** – очень медленный рост и развитие растения, что, вероятно, можно исправить правильно подобранными удобрениями. Таким образом, можно сделать вывод, что гидропоника является экологичным и перспективным способом выращивания растения, но в настоящее время это развивающаяся отрасль, которая требует большого количества исследований, чтобы растения, выращенные на гидропонике и на почве, имели эквивалентный биохимический состав. Изучение сортовых особенностей кресс-салата и влияния экстракта рейнутрии богемской на накопление вторичных метаболитов в траве кресс-салата выявило положительное влияние экстракта

на накопление фитомассы при культивировании на почве и на накопление БАС при культивировании на почве. Активное использование надземной части инвазивного растения сократит его популяцию и создаст более благополучные условия (из-за отсутствия аллелопатического эффекта) для других растений фитоценоза, зараженного рейнутрией богемской. Наши исследования будут способствовать достижению ЦУР 3, 15.

Направления дальнейших исследований:

1. Изучить состав БАВ экстракта листьев рейнутрии богемской и выявить зависимость эффективности влияния экстракта на накопление вторичных метаболитов от состава БАВ.
2. Разработать оптимальную экономически выгодную технологию производства экстракта листьев рейнутрии богемской.
3. Продолжить изучение состава БАВ других сортов кресс-салата.
4. Изучить влияние экстракта листьев рейнутрии богемской на накопление других групп БАВ (например, полисахаридов) в различных сортах кресс-салата.

Список используемой литературы:

1. Государственная Фармакопея Российской Федерации XIV издания. [Электронный ресурс] URL: <http://www.femb.ru/femb/pharmacopea.php> (дата обращения 18.02.2022)
2. ГОСТ Р 58594-2019 Почвы. Метод определения обменной кислотности. М.: Стандартинформ, 2019. 9 с.
3. ГОСТ Р 58596-2019 Почвы. Методы определения общего азота. М.: Стандартинформ, 2020. 11 с.
4. ГОСТ Р 54650-2011 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. М.: Стандартинформ, 2011. 11 с.
5. ГОСТ 26204-91; Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО. М.: Стандартинформ, 1993. 8 с.
6. ГОСТ 26487-85 Почвы. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО (с Поправкой). М.: Стандартинформ, 1985. 14 с.
7. ГОСТ 26490-85 Почвы. Определение подвижной серы по методу ЦИНАО. М.: Стандартинформ, 1985.
8. Методика измерений валового содержания серы в почвах, грунтах, донных отложениях и отходах турбидиметрическим методом ПНД Ф 16.1:2:2.2:3.37-2002 (ФР.1.31.2007.03820) М. 2002 г. (издание 2011 г.). 18 с.
9. ГОСТ 27395-87 Почвы. Метод определения подвижных соединений двух- и трехвалентного железа по Веригиной-Аринушкиной. М.: Стандартинформ, 1987. 12 с.
10. ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО. М.: Стандартинформ, 1985. 6 с.
11. Большая Советская энциклопедия. [Электронный ресурс] URL: <http://bse.sci-lib.com/article076668.html> (дата обращения 20.02.2021).

- 12.Стадник С. Оптимизация использования удобрений / С. Стадник // Плодородие. — 2005. — № 6. — С. 12-14.
- 13.Сорокин И.Б., Титова Э.В., Калиниченко М.С. Влияние органических удобрений растительного происхождения на свойства серой оподзоленной почвы/Земледелие. 2007. № 6. С. 5-11.
- 14.Чуб М.П., Потатурина Н.В., Пронько В.В. Баланс гумуса при длительном применении минеральных и органических удобрений на южном черноземе засушливого Поволжья/Агрохимия. 2007. № 9. С. 10-17.
- 15.Кузнецов А.М., Иванникова Л.А., Семин В.Ю., Надежкин С.М., Семенов В.М. Влияние длительного применения удобрений на биологическое качество органического вещества выщелоченного чернозема /Агрохимия. 2007. № 11. С. 21-31.
- 16.Сорокин И. Б. Солома и зеленое удобрение на серых оподзоленных почвах // Агрохимический вестник. 2008. №4.
- 17.Завьялова Н. Е., Косолапова А. И., Ямалтдинова В. Р. Влияние длительного применения органических и минеральных удобрений на трансформацию органического вещества дерново-подзолистой почвы // Агрохимия, 2005, № 6. С. 5-10.
- 18.Завьялова Н.Е., Соснина И.Д. Состояние плодородия дерново-подзолистых почв в условиях интенсивного земледелия // Аграрная наука Евро-Северо-Востока, №4, 2003. С. 32-37.
- 19.Петров В. Б., Чеботарь В. К. Микробиологические препараты - базовый элемент современных интенсивных агротехнологий растениеводства // Достижения науки и техники АПК. 2011. №8. С. 11-15.
- 20.Глотов В. А. Опыт применения микробиологических удобрений серии км в производстве сельскохозяйственной продукции // Масличные культуры. 2006. №2 (135). С. 145-150.
- 21.Крадин К. Ю., Кириллова И. Г. Влияние штамма бактерии *Beijerinckia fluminensis* bf 2806 на физиологические процессы растения гороха при

- натрий-хлоридном засолении //Естественные и гуманитарные науки в современном мире. – 2019. – С. 58-61.
22. Забабурин В. А. Урожайность и качество картофеля в зависимости от применения препарата "Байкал ЭМ-1" // Вестник КрасГАУ. 2006. №11.
23. Юрина А.В., Кивелева Т.В., Мамонова, Л.Г., Зимина В.И., Костенко В.К. Результаты испытания микробиологического препарата "БАЙКАЛ ЭМ1" и удобрений на его основе "СИЛА ЭМ1" и "СИЛА ЭМ2" при выращивании томата и огурца в защищенном грунте /Гавриш. 2005. № 5. С. 15-18.
24. Гущина В.А., Никольская Е.О. Микробиологическая активность почвы и продуктивность эхинацеи пурпурной в зависимости от использования препарата «Байкал ЭМ-1» // Нива Поволжья. 2012. №2. С. 17-21.
25. Аллахвердиев С.Р., Расулова Д.А. Действие солей и удобрения «Байкал ЭМ1» на содержание нуклеиновых кислот в проростках сосны // Плодородие. 2008. №2. С. 23-24.
26. Газиев А.Т. Оценка действия солевого стресса и микробиологического удобрения «Байкал ЭМ1» на активность фотосистемы II и содержание хлорофилла в листьях пшеницы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 1-1. – С. 70-71;
27. Афанасьев Е.Н., Тюменцева И.С., Афанасьев Н.Е., Афанасьева Е.Е. Патент RU2322061C2 от 06.08.2007. Биопрепарат из эффективных микроорганизмов для деградации органических отходов.
28. Теория и практика применения препарата Байкал-ЭМ1. [Электронный ресурс] URL: <https://docplayer.ru/42358151-Teoriya-i-praktika-primeneniya-preparata-baykal-em-1.html> (дата обращения 20.02.2021).
29. Биопрепарат «Восток-ЭМ1» теория и практика. [Электронный ресурс] URL: <https://refdb.ru/look/2195006.html> (дата обращения 20.02.2021).
30. AL-SNAFI, ALI ESMAIL. CHEMICAL CONSTITUENTS AND PHARMACOLOGICAL EFFECTS OF LEPIDIUM SATIVUM - A

- REVIEW. International Journal of Current Pharmaceutical Research, (2019), 1–10. doi:10.22159/ijcpr.2019v11i6.36338).
31. *Lepidium sativum* L. // Плантариум. Растения и лишайники России и сопредельных стран: открытый онлайн атлас и определитель растений. [Электронный ресурс] URL: <https://www.plantarium.ru/page/view/item/22430.html> (дата обращения: 11.02.2022).
 32. Библиотека природы – информационный портал. [Электронный ресурс] URL: <http://www.golkom.ru/price/group/3921.html>, (дата обращения 20.02.2021).
 33. Kadam, P., K. Yadav, P. Shivatare, N. Narappanawar, A. Pande and M. Patil, 2012. *Lepidium sativum* Linn: An Ethnobotany and Phytopharmacological. International Journal of drug formulation and research. 3 (3), May-June.
 34. Кароматов, И. Д. Кресс-салат - применение в Древней, современной народной и научной медицине / И. Д. Кароматов, Х. Х. Тухтаева // Биология и интегративная медицина. – 2021. – № 3(50). – С. 236-251.
 35. Stefanowicz, A. M., Kapusta, P., Stanek, M., Frac, M., Oszust, K., Woch, M. W., & Zubek, S. (2021). Invasive plant *Reynoutria japonica* produces large amounts of phenolic compounds and reduces the biomass but not activity of soil microbial communities. *Science of The Total Environment*, 767, 145439. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.1454
 36. Ahmad A., Nabi R., Mishra A., Ahmad I.Z. A Panoramic Review on *Lepidium sativum* L. Bioactives as Prospective Therapeutics. //Drug Res (Stuttg). 2021, May, 71(5), 233-242. doi: 10.1055/a-1334-4101.
 37. Al-Otaibi M.S.A., Al-Quraishy S., Al-Malki E.S., Abdel-Baki A.S. Therapeutic potential of the methanolic extract of *Lepidium sativum* seeds on mice infected with *Trypanosoma evansi*. //Saudi J. Biol. Sci. 2019, Nov., 26(7), 1473-1477. doi: 10.1016/j.sjbs.2018.08.031.

38. Alqahtani F.Y., Aleanizy F.S., Mahmoud A.Z., Farshori N.N., Alfaraj R., Al-Sheddi E.S., Alsarra I.A. Chemical composition and antimicrobial, antioxidant, and anti-inflammatory activities of *Lepidium sativum* seed oil. // Saudi J. Biol. Sci. 2019, Jul., 26(5), 1089-1092. doi:10.1016/j.sjbs.2018.05.007.
39. Attia E.S., Amer A.H., Hasanein M.A. The hypoglycemic and antioxidant activities of garden cress (*Lepidium sativum* L.) seed on alloxan-induced diabetic male rats. // Nat. Prod. Res. 2019, Mar., 33(6), 901-905. doi: 10.1080/14786419.2017.1413564.
40. Basaiyye S.S., Kashyap S., Krishnamurthi K., Sivanesan S. Induction of apoptosis in leukemic cells by the alkaloid extract of garden cress (*Lepidium sativum* L.). // J. Integr. Med. 2019, May, 17(3), 221-228. doi: 10.1016/j.joim.2019.03.004.
- 41.19. Chen X., Yuan H., Shi F., Zhu Y. Effect of garden cress in reducing blood glucose, improving blood lipids, and reducing oxidative stress in a mouse model of diabetes induced by a high-fat diet and streptozotocin. // J. Sci. Food Agric. 2020, Mar 30, 100(5), 2074-2081. doi: 10.1002/jsfa.10230.
42. Gacemi S., Benarous K., Imperial S., Yousfi M. Lepidine B & E as New Target Inhibitors from *Lepidium Sativum* Seeds Against Four Enzymes of the Pathogen *Candida albicans*: In Vitro and In Silico Studies. // Endocr. Metab. Immune Disord. Drug Targets. 2020, 20(1), 127-138. doi: 10.2174/1871530319666190415141520.
43. L'hadj I., Azzi R., Lahfa F., Koceir E.A., Omari N. The nutraceutical potential of *Lepidium sativum* L. seed flavonoid-rich extract in managing metabolic syndrome components. // J. Food Biochem. 2019, Mar., 43(3), e12725. doi: 10.1111/jfbc.12725.
44. Montazeri M., Mirzaee F., Daryani A., Naeimayi R., Moradi Karimabad S., Khalilzadeh Arjmandi H., Esmaealzadeh N., Shahani S. Anti-Toxoplasma Activities of the Hydroalcoholic Extract of Some Brassicaceae Species. // Adv. Biomed. Res. 2020, Jan 21, 9, 5. doi: 10.4103/abr.abr_206_19.

- 45.Четина, О. А. Накопление аскорбиновой кислоты в кресс-салате как ответная реакция на совместное воздействие NaCl-засоления и щелочности корневой среды / О. А. Четина, А. К. Арисова, К. И. Боталова // Экспериментальная биология растений: фундаментальные и прикладные аспекты : Научная конференция и школа молодых ученых, Крым, Судак, 18–24 сентября 2017 года / Ответственный редактор В.В. Кузнецов. – Крым, Судак: АНО "Центр содействия научной, образовательной и просветительской деятельности "Соцветие", 2017. – С. 351.
- 46.Дианова, А. А. Особенности выращивания кресс-салата для правильного питания населения / А. А. Дианова // Современные научные исследования: теория и практика : материалы Международной (заочной) научно-практической конференции, София, 31 октября 2019 года. – София: Научно-издательский центр "Мир науки" (ИП Вострецов Александр Ильич), 2019. – С. 57-60.
- 47.Kadam, P., K. Yadav, P. Shivatare, N. Narappanawar, A. Pande and M. Patil, 2012. *Lepidium sativum* Linn: An Ethnobotany and Phytopharmacological. International Journal of drug formulation and research. 3 (3), May-June.
- 48.Shah, Mamta B., Vinisha A. Dudhat and Krupa V. Gadhvi. "Lepidium sativum: A potential functional food." *Journal of Ayurvedic and Herbal Medicine* (2021): n. pag.
- 49.Hekmatshoar, Yalda et al. "Evidence for health-promoting properties of *Lepidium sativum* L.: an updated comprehensive review." *Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences* (2021): n. pag.(Hekmatshoar, Y., Ozkan, T., & Saadat, Y.R. (2021). Evidence for health-promoting properties of *Lepidium sativum* L.: an updated comprehensive review. *Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences*.)

50. Basaiyye, S.S., Kashyap, S.K., Krishnamurthi, K., & Sivanesan, S. (2019). Induction of apoptosis in leukemic cells by the alkaloid extract of garden cress (*Lepidium sativum* L.). *Journal of integrative medicine*, 17 3, 221-228.
51. Al-Snafi, Ali Esmail. "Medicinal plants possess sedative and anxiolytic effect with emphasis on their mechanisms of action." *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 2021, 17(03), 061–077.
52. Sakshi Painuli, Cristina Quispe, Jesús Herrera-Bravo, Prabhakar Semwal, Miquel Martorell, Zainab M. Almarhoon, Ainur Seilkhan, Alibek Ydyrys, Javad Sharifi Rad, Mohammed M. Alshehri, Sevgi Durna Daştan, Yasaman Taheri, Daniela Calina, William C. Cho, "Nutraceutical Profiling, Bioactive Composition, and Biological Applications of *Lepidium sativum* L.", *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, vol. 2022, Article ID 2910411, 20 pages, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/2910411>.
53. Li A.R., Park C.W. *Flora of China: Reynoutria Houttuyn* // Missouri Botanical Garden Press, 2011. – Vol. 5. – 319 p.
54. Barney, J.N., Tharayil, N., DiTommaso, A., Bhowmik, P.C., 2006. The biology of invasive alien plants in Canada. 5. *Polygonum cuspidatum* Sieb. & Zucc. [= *Fallopia japonica* (Houtt.) Ronse Decr.]. *Can. J. Plant Sci.* 86, 887–905. <https://doi.org/10.4141/p05-170>.
55. Aguilera, A.G., Alpert, P., Dukes, J.S., Harrington, R., 2010. Impacts of the invasive plant *Fallopia japonica* (Houtt.) on plant communities and ecosystem processes. *Biol. Invasions* 12, 1243–1252. <https://doi.org/10.1007/s10530-009-9543-z>.
56. Зорикова О. Изучение Рейнютрии японской на объектах живого и растительного происхождения / О. Зорикова, С.П. Зорикова // *Известия Самарского научного центра РАН*, 2011. — Т.13, № 1 (4). — С.831-834.
57. Patočka, J.; Navrátilová, Z.; Ovando, M. Biologically active compounds of knotweed (*Reynoutria* Spp.). *Mil. Med. Sci. Lett.* 2018, 86, 17–31.
58. Vrchotova, N.; Sera, B.; Triska, J. The stilbene and catechin content of the spring sprouts. *Acta Chromatogr.* 2007, 19, 21–28.

59. Peng, W.; Qin, R.; Li, X.; Zhou, H. Botany, phytochemistry, pharmacology, and potential application of *Polygonum cuspidatum* Sieb. et Zucc.: A review. *J. Ethnopharmacol.* 2013, 148, 729–745.
60. Fan, P., Hay, A.E., Marston, A., Lou, H., Hostettmann, K., 2009. Chemical variability of the invasive neophytes *Polygonum cuspidatum* Sieb. and Zucc. and *Polygonum sachalinensis* F. Schmidt ex Maxim. *Biochem. Syst. Ecol.* 37, 24–34. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2008.11.018>.
61. Jain, A.; Kumari, N.; Jha, V. A review on hydroponic system: hope and hype. *Just agriculture.* 2019. Vol.2. 143-149.
62. Debangshi U. Hydroponics – An Overview. *Chronicle of Bioresource Management.* 2021. 5(3). 110-114.
63. Soujanya, B.; Kiran Kumar, A. Hydroponics a novel technology. *Just agriculture.* July 2021, DOI: 10.13140/RG.2.2.17556.63364
64. Maucieri C., Nicoletto C., Os E., Anseeuw D., Havermaet R.V., Junge R. (2019) Hydroponic Technologies. In: Goddek S., Joyce A., Kotzen B., Burnell G.M. (eds) *Aquaponics Food Production Systems*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15943-6_4
65. Yang, T.; Kim, H.J. Nutrient management regime affects water quality, crop growth, and nitrogen use efficiency of aquaponic systems. *Sci. Hortic.* 2019, 256.
66. Alcarraz, E.; Flores, M.; Tapia, M.L.; Bustamante, A.; Wacyk, J.; Escalona, V. Quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown in aquaponic and hydroponic systems. *Acta Hortic.* 2018, 31–38.
67. Roosta, H.R. Comparison of the vegetative growth, eco-physiological characteristics and mineral nutrient content of basil plants in different irrigation ratios of hydroponic: Aquaponic solutions. *J. Plant Nutr.* 2014, 37, 1782–1803.
68. Savidov, N.A.; Hutchings, E.; Rakocy, J.E. Fish and plant production in a recirculating aquaponic system: A new approach to sustainable agriculture in Canada. *Acta Hortic.* 2007, 209-221.

69. Wortman, S.E. Crop physiological response to nutrient solution electrical conductivity and pH in an ebb-and-flow hydroponic system. *Sci. Hortic.* 2015, 194, 34–42.
70. Rakocy, J.E.; Masser, M.P.; Losordo, T.M. Recirculating aquaculture tank production systems: Aquaponics-Integrating fish and plant culture. *SRAC Publ. South. Reg. Aquac. Cent. Publ.* 2006, 454, 1–16. Available online: <http://pods.dasnr.okstate.edu/docushare/dsweb/Get/Document-10215/SRAC-454web.pdf>
71. Калинина, К.А. Влияние субстрата на урожайность гибридов огурца при выращивании на малообъемной гидропонике/ К. А. Калинина, А. В. Юрина // Молодежь и наука. – 2018. – № 6. – С. 30.
72. Кусаинова, Г.С. Использование минеральных и органических субстратов при выращивании томата на малообъемной гидропонике/ Г. С. Кусаинова, Е. П. Петров // Аграрная наука - сельскому хозяйству : сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции: в 2 кн., Барнаул, 15–16 февраля 2018 года. – Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2018. – С. 340-342.
73. Инновационная технология возделывания томата: создание генетических ресурсов для многоярусной узкостеллажной гидроponики / И. Т. Балашова, С. М. Сирота, Е. Г. Козырь, Е. В. Пинчук // Инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Нечерноземье : Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 75-летию образования Владимирского НИИСХ Россельхозакадемии, Суздаль, 02–04 июля 2013 года / Владимирский НИИСХ. – Суздаль: ПресСто, 2013. – С. 105-111.
74. Васильева, М. О. Преимущество гидроponики перед традиционным способом / М. О. Васильева, С. В. Гусарова, В. С. Киротов // Научные исследования: теория, методика и практика: Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции, Чебоксары, 29 января 2018 года. – Чебоксары: Общество с ограниченной

- ответственностью "Центр научного сотрудничества "Интерактив плюс", 2018. – С. 171-172.
75. Способ получения лекарственного растительного сырья лапчатки белой (*Potentilla alba* L.) в условиях гидропоники / Л. И. Тихомирова, Н. Г. Базарнова, Т. Н. Ильичева, А. В. Сысоева // Химия растительного сырья. – 2016. – № 3. – С. 59-66.
76. Кирчанова, Г. В. Особенности выращивания картофеля на гидропонике / Г. В. Кирчанова, М. Ю. Карпухин // Вклад молодых ученых в развитие АПК: сборник тезисов, Екатеринбург, 17 марта 2021 года. – Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет, 2021. [Электронный ресурс] URL: <https://agrodom.com/advice/eksperiment-po-vyrashchivaniyu-kartofelya-na-gidroponike/> (дата обращения 19.02.2022).
77. Кусаинова, Г. С. Изменение водно-физических свойств субстратов при выращивании томата на малообъемной гидропонике / Г. С. Кусаинова, Е. П. Петров // Аграрная наука - сельскому хозяйству: сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции: в 2 кн., Барнаул, 15–16 февраля 2018 года. – Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2018. – С. 338-340.
78. Степанов, А. Ф. Интерплантинг - новая технология выращивания культуры огурца в зимних теплицах на малообъемной гидропонике / А. Ф. Степанов, А. С. Смитиенко // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2021. – № 1(41). – С. 61-68. – DOI 10.48136/2222-0364_2021_1_61.
79. Чи, Х. В. Гидропоника микрозелени в домашних условиях / Х. В. Чи // Forcipe. – 2020. – Т. 3. – № 5. – С. 430-431.
80. Калинина, К. А. Биологические особенности сортов огурца на малообъемной гидропонике / К. А. Калинина // Молодежь и наука. – 2020. – № 4. – С. 11.
81. Создание генетических ресурсов томата для многоярусной узкостеллажной гидропоники / В. Ф. Пивоваров, И. Т. Балашова, С. М.

- Сирота [и др.] // Плодоводство и ягодоводство России. – 2012. – Т. 34. – № 2. – С. 106-121.
- 82.Петров, Е. П. Влияние органо-минеральных субстратов на урожайность томата при малообъемной гидропонике / Е. П. Петров, Г. С. Кусаинова // Аграрная наука - сельскому хозяйству : сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции: в 2 кн., Барнаул, 15–16 февраля 2018 года. – Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2018. – С. 379-381.
- 83.Использование суспензии водоросли *Chlorellavulgaris* при выращивании огурца посевного методом гидропонике / Г. И. Вильданова, И. И. Минахметова, М. Ю. Порхун [и др.] // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы. – 2020. – № S1(54). – С. 20-24.
- 84.Карпухин М. Ю., Куимова В. А., Пакшинцева А. А. Сортоиспытание гибридов томата в условиях малообъемной гидропонике // Аграрное образование и наука. 2021. № 4. С. 1.
- 85.Ахмедова, П. М. Культура томата в зимне-весеннем обороте на малообъемной гидропонике в условиях Дагестана / П. М. Ахмедова, М. М. Дагужиева // Велес. – 2020. – № 3(81). – С. 80-88.
- 86.Ануфриева, И. В. Гидропоника как перспективный способ культивирования и ускорения процесса создания сортов сои / И. В. Ануфриева // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2019. – № 3(205). – С. 69-72. – DOI 10.25808/08697698.2019.205.3.012.
- 87.Чесноков В.А., Базырина Е.Н., Бушуева Т.М, Ильинская Н.Л. Выращивание растений без почвы. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1960. 171 с
- 88.Трегубова, Н. Е. Сравнение методов выращивания зелени традиционным способом и гидропонике в домашних условиях / Н. Е. Трегубова // Молодой ученый. – 2017. – № 33(167). – С. 68-71.

- 89.Биохимический состав ряда ароматических и лекарственных растений при культивации на многоярусных гидропонных конструкциях / И. Т. Балашова, Л. В. Беспалько, А. В. Молчанова [и др.] // Биология растений и садоводство: теория, инновации. – 2021. – № 4(161). – С. 67-77. – DOI 10.36305/2712-7788-2021-4-161-67-77.
- 90.Технологии будущего в овощеводстве защищённого грунта: многоярусная узкостеллажная гидропоника / И. Т. Балашова, С. М. Сирота, Е. Г. Козарь, Е. В. Пинчук // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2017. – № 3(66). – С. 71-74.
- 91.Кулага, М. О. Гидропоника как эффективная технология беспочвенного выращивания / М. О. Кулага // Передовые технологии и материалы будущего : Сборник статей IV Международной научно-технической конференции. В 3-х томах, Минск, 09 декабря 2021 года. – Минск: Белорусский государственный технологический университет, 2021. – С. 168-171.
- 92.Биохимический состав пряноароматических культур при выращивании на установке многоярусной узкостеллажной гидропонике в защищенном грунте / Л. В. Беспалько, А. В. Молчанова, Е. В. Пинчук [и др.] // Научный альманах. – 2017. – № 7-1(33). – С. 240-244. – DOI 10.17117/na.2017.07.01.240.
- 93.Козловская, И. П. Влияние микробиологического препарата на формирование листового аппарата растений салата при выращивании методом проточной гидропонике / И. П. Козловская, Е. А. Сакова // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК : Материалы XIV Международной научной конференции, Брянск, 24–26 мая 2017 года. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2017. – С. 338-342.
- 94.Мамбетов, Э. М. Гидропоника. Основные гидропонные системы / Э. М. Мамбетов // Прикаспийский международный молодежный научный форум агропромтехнологий и продовольственной безопасности 2021 :

материалы Прикаспийского международного форума, Астрахань, 01 января – 31 2021 года. – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2021. – С. 15-18.

- 95.Содержание антоцианов в плодах линий баклажана селекции ВНИИССОК в условиях малообъемной гидропоники / М. И. Мамедов, О. Н. Пышная, Н. А. Шмыкова, В. М. Вербa // Овощи России. – 2009. – № 3(5). – С. 37-42.
- 96.Бугаева, С. П. Продуктивность сортов мяты перечной (*mentariperita*) при выращивании *invitro* методом гидропоники / С. П. Бугаева, О. А. Киселева // Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения : Материалы IV Международной (74 Всероссийской) научно-практической конференции молодых ученых и студентов, Всероссийского форума медицинских и фармацевтических вузов, посвященные 100-летию со дня рождения ректора Свердловского государственного медицинского института, профессора Василия Николаевича Климова, Екатеринбург, 10–12 апреля 2019 года. – Екатеринбург: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Уральский государственный медицинский университет" Министерства здравоохранения Российской Федерации, 2019. – С. 390-393.
- 97.Курылева, Н. В. Гидропоника - как метод выращивания зеленых культур / Н. В. Курылева, А. В. Юрина // Молодежь и наука. – 2016. – № 5. – С. 69.
- 98.Иванов, Р. Г. Выращивание растений перца методом гидропоники с применением регуляторов роста растений / Р. Г. Иванов, О. С. Мишина // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 2. – С. 124.
- 99.Шкатула, А. С. Подбор сортов пряно-ароматических культур для выращивания на гидропонике / А. С. Шкатула // Педагогическое образование на Алтае. – 2014. – № 2. – С. 94.

100. Ракова, М. В. Влияние гидропоники на морфологический и химический состав свинины / М. В. Ракова, Н. А. Субботина // Молодежь и наука. – 2019. – № 4. – С. 43.
101. Патент № 2698657 С1 Российская Федерация, МПК А01G 31/00, А01G 2/30, А01G 22/05. Способ выращивания черешни на гидропонике : № 2018125770 : заявл. 02.11.2018 : опубл. 28.08.2019 / А. П. Коновалов.
102. Авторское свидетельство № 1711731 А1 СССР, МПК А01G 31/00. Способ выращивания рассады томата на гидропонике при пониженной температуре в зоне корней: № 4603694 : заявл. 28.09.1988 : опубл. 15.02.1992 / Р. К. Салаяев, Р. Н. Сабирова, Ю. А. Маркова [и др.] ; заявитель Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО АН СССР.
103. Малинина, Т. А. Основные виды используемых в гидропонике субстратов / Т. А. Малинина, М. С. Молоканова, И. В. Голядкина // Проблемы трансформации естественных ландшафтов в результате антропогенной деятельности и пути их решения : Сборник научных трудов по материалам Международной научной экологической конференции, посвященной Году науки и технологий, Краснодар, 29–31 марта 2021 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. – С. 184-186.
104. Гидропоника: практические исследования и перспективы развития / С. А. Берсенева, Е. Н. Демиденко, А. Ф. Темурзода, А. О. Маслова // Евразийское Научное Объединение. – 2020. – № 12-8(70). – С. 599-601.
105. Болтовский, С. Н. Плюсы и минусы гидропоники / С. Н. Болтовский, С. Р. Баймухамбетов, Е. В. Демчук // Новая наука: Современное состояние и пути развития. – 2016. – № 12-4. – С. 46-48.
106. Байдова, Н. В. Эффективность выращивания овощных культур с использованием малообъемной гидропоники / Н. В. Байдова // Материально-техническое обеспечение учреждений уголовно-исполнительной системы: современное состояние и перспективы

- развития : сборник материалов Всероссийского научно-практического круглого стола, Рязань, 14 декабря 2016 года. – Рязань: Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний, 2017. – С. 74-77.
107. Субботина, Н. А. Белковый спектр крови ремонтных свинок при скормливании гидропоники / Н. А. Субботина, М. Н. Ткаченко // Аграрная наука - сельскому хозяйству: сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции: в 2 кн., Барнаул, 15–16 февраля 2018 года / ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет». – Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2018. – С. 315-316.
108. Ценная овощная зелень на гидропонике для круглогодичного потребления / Е. В. Пинчук, Л. В. Беспалько, Е. Г. Козарь [и др.] // Овощи России. – 2019. – № 3(47). – С. 45-53. – DOI 10.18619/2072-9146-2019-3-45-53.
109. Старцева, В. И. Технологии будущего в овощеводстве закрытого грунта: многоярусная стеллажная гидропоника / В. И. Старцева, В. В. Моисеев // Вестник науки. – 2018. – Т. 2. – № 9(9). – С. 242-244.
110. Перспективы выращивания монарды лимонной на многоярусной узкостеллажной гидропонике / Л. В. Беспалько, В. А. Харченко, Е. Г. Козарь, Е. В. Пинчук // Вестник научных конференций. – 2016. – № 11-6(15). – С. 27-29.
111. Пальцев, Л. А. Ресурсосберегающие технологии выращивания растений методом роторной гидропоники / Л. А. Пальцев, А. И. Носков // Россия - Азия - Африка - Латинская Америка: экономика взаимного доверия : Материалы X Евразийского экономического форума молодежи, Екатеринбург, 16–19 апреля 2019 года. – Екатеринбург: Уральский государственный экономический университет, 2019. – С. 234-236.
112. Медведева, Н. В. Особенности малообъемной комнатной гидропоники / Н. В. Медведева, И. М. Синяева, П. Н. Медведев // Исследовательский потенциал молодых ученых: взгляд в будущее :

Сборник материалов XI Региональной научно-практической конференции аспирантов, соискателей, молодых ученых и магистрантов, Тула, 24–26 февраля 2015 года / Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого. – Тула: Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, 2015. – С. 215-218.

113. Комарова, А. О. Выращивание томатов на малообъемной гидропонике / А. О. Комарова, М. Ю. Карпухин // Молодежь и наука. – 2018. – № 7. – С. 6.
114. Седых, Т. В. Сравнительное изучение салата (*Lactuca sativa*) в зимних теплицах на малообъемной гидропонике / Т. В. Седых, М. И. Жилкина // Состояние и перспективы развития садоводства в Сибири : материалы II Национальной научно-практической конференции посвященной 85-летию плодового сада Омского ГАУ имени профессора А.Д. Кизюрина, Омск, 07–09 декабря 2016 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2016. – С. 102-105.
115. Гречушкина, К. С. Гидропоника как способ выращивания экологически безопасных овощей / К. С. Гречушкина // Материалы 69-й научно-практической конференции студентов и аспирантов: сборник научных статей: в 2 частях, Мичуринск, 21–23 марта 2017 года. – Мичуринск: Мичуринский государственный аграрный университет, 2017. – С. 109-111.
116. Мерзлякова, В. М. Выращивание культуры огурца на малообъемной гидропонике / В. М. Мерзлякова // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2009. – № 3-4(20-21). – С. 7-10.
117. Ильиничев, А. И. Повышение влагоудерживающих характеристик минеральной ваты как субстрата при выращивании растений методом гидропоники / А. И. Ильиничев // Базальтовые технологии. – 2013. – № 2. – С. 88-91.

118. Разумкова, Г. М. Выращивание овощей в малообъемной культуре на гидропонике / Г. М. Разумкова, А. С. Крылова // Наука и образование в жизни современного общества: сборник научных статей, посвященный памяти профессора М.В. Иванова, Санкт-Петербург, 17 декабря 2015 года / Ленинградский государственный университет, Лужский институт (филиал). – Санкт-Петербург: Ленинградский государственный университет им. А.С. Пушкина, 2015. – С. 69-73.
119. Разумкова, Г. М. Выращивание овощей в малообъемной культуре на гидропонике / Г. М. Разумкова, А. С. Крылова // Наука и образование в жизни современного общества : сборник научных статей, посвященный памяти профессора М.В. Иванова, Санкт-Петербург, 17 декабря 2015 года / Ленинградский государственный университет, Лужский институт (филиал). – Санкт-Петербург: Ленинградский государственный университет им. А.С. Пушкина, 2015. – С. 69-73.
120. Ямов, П. С. Гидропоника / П. С. Ямов // Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения: Сборник материалов LV Студенческой научно-практической конференции, Тюмень, 17–19 марта 2021 года. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. – С. 743-746.

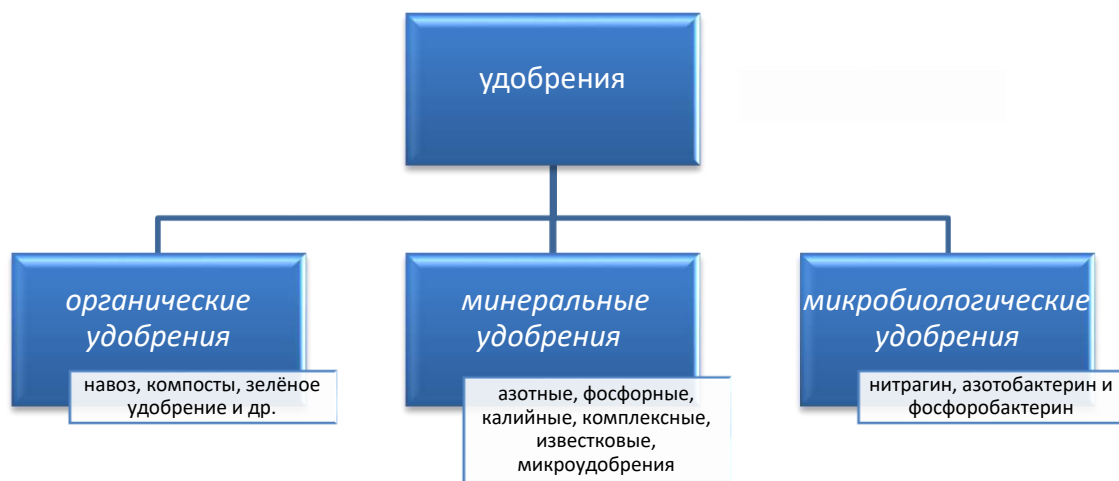


схема 1

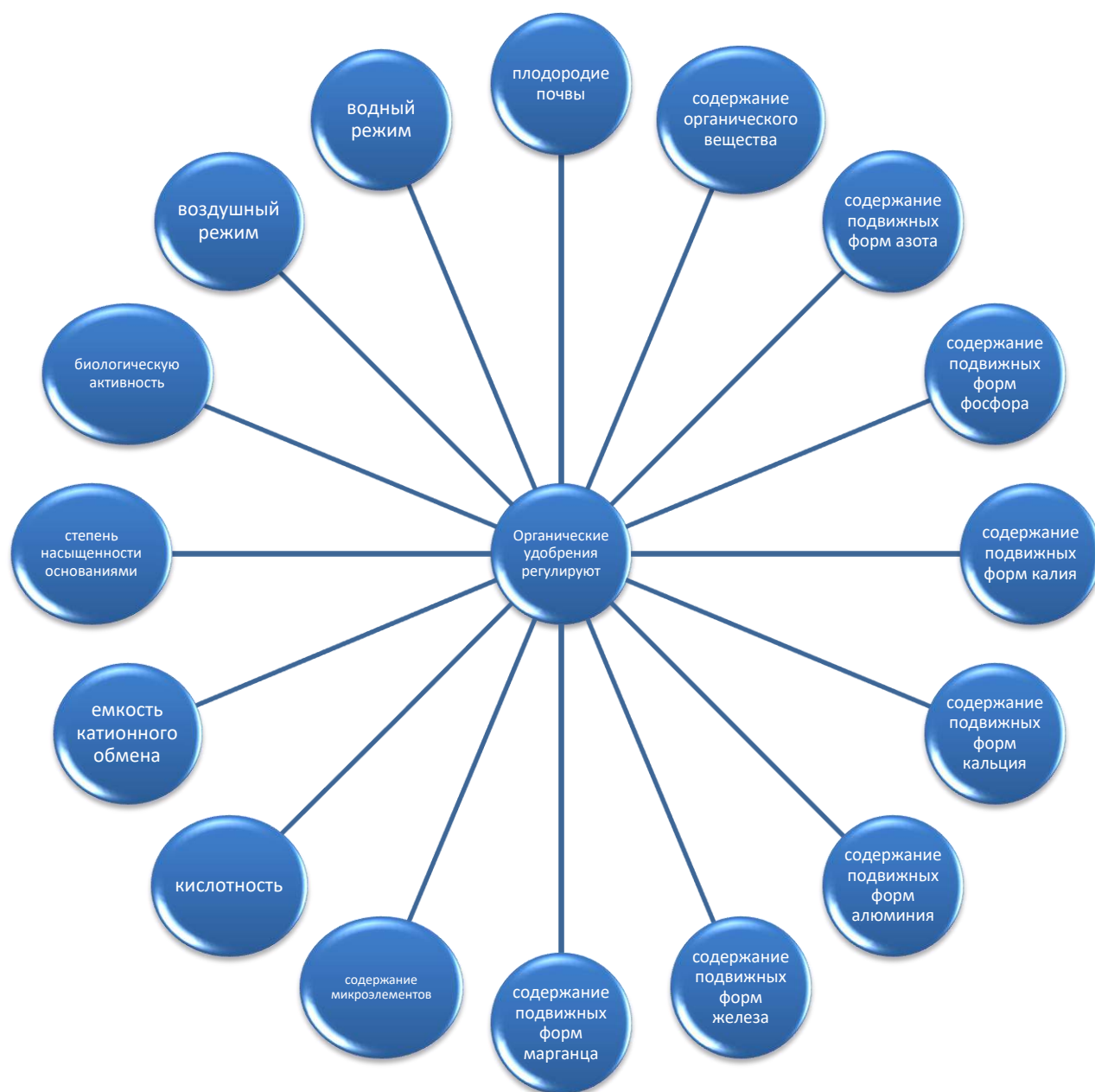


Схема 2



схема 3



А Б
Рис. 1 Кресс-салат. А – цветение, Б – плодоношение. Фото автора.



Рис. 2. Рейнутрия богемская. Цветущее растение. Фото автора.

Таблица 1.

Виды культур, пригодные для выращивания на гидропонике

		растительная культура	Литература
Пищевые травянистые растения	овощи	Огурцы (партенокарпические гибридов огурца: Грибовчанка F1, 27/16, 22/16, 20/16, 30/16, Раис F1, Мева F1, Заречье F1, Журавленок F1), томаты (гибрид тепличного томата F1 Кюеридо), перцы, баклажаны, соя, картофель, бобовые (горох, фасоль, маш, нут), кабачки, капуста	71-73, 77, 78, 80-86, 91, 98, 102, 104, 109, 113, 116, 120
	фрукты и ягоды	Земляника, клубника	90
	зелень	Микрозелень (<i>Brassica parobrassica</i> (капуста), <i>Raphanus sativus</i> (редька масличная), <i>Beta vulgaris</i> (свекла)), салатные и зеленные культуры (лук), индау посевной (руккола) (сорт Русалочка), горчица листовая (сорт Волнушка), кресс-салат (сорт Престиж), базилик обыкновенный, салат латук (различные сорта и гибриды), кервель, фенхель, орегано, эстрагон	79, 86, 88, 92, 93, 99, 104, 108, 109, 114
Деревья		Черешня	101
Лекарственные растения		Розоцветные (<i>Rosaceae</i>): Лапчатка белая (<i>Potentilla alba</i> L.), Яснотковые (<i>Lamiaceae</i>): монарда дудчатая и лимонная (<i>Monarda fistulosa</i> L. и <i>Monarda citriodora</i> Cerv. ex Lag. (сорт Симка)), котовник кошачий, кошачья мята (<i>Nepeta cataria</i> L.), мята перечная (<i>Mentha piperita</i> L.), мелисса лекарственная (<i>Melissa officinalis</i> L.), лаванда, майоран, душица, розмарин, шалфей, тимьян, Сельдерейные (<i>Apiaceae</i>): кориандр посевной (<i>Coriandrum sativum</i> L. (сорт Юбиляр)), укроп огородный (<i>Anethum graveolens</i> L. (сорт Русич)), Сельдерей пахучий (<i>Apium graveolens</i> L. (сорт Эликсир)), фенхель,	75, 89, 96, 110
Технические культуры		одуванчик Кок-сагыз (каучук)	86
Комнатные растения		Гвоздика, колонновидные и шаровидные цереусовые кактусы (<i>Cereoideae</i>), различные опунциевые кактусы (<i>Opuntioideae</i>), облиственные перескиевые (<i>Pereskioideae</i>), эпифитные кактусы и др., фиалка узамбарская (<i>Saintpaulia</i>) и ее гибриды - сенполия гибридная (<i>Saintpaulia hybrida</i>), тюльпан, камелии, нарцисс, гербера, пасифлора	103, 112, 120
Корма для сельскохозяйственных животных		люцерна, клевер, пророщенное зерно	86, 100, 107

Таблица 2.

Характеристика основных видов гидропоники

Название	Краткая характеристика	Литература
Система капельного полива: Малообъемная гидропоника (огурцы, томаты, перцы, баклажаны), многоярусная узкостеллажная гидропоника	Выращивание растений на малых объемах субстрата с использованием капельного полива, питательного раствора, высокой шпалеры и системы искусственного досвечивания.	71, 72, 73, 77, 78, 80, 85, 86, 89-91, 94, 95
Система глубоководных культур: Комнатная гидропоника	Резервуар с раствором закрыт крышкой с отверстием. В это отверстие помещается само растение, а его корни – в раствор внутри резервуара под крышкой. Внутри также находится насос, который доставляет корням кислород. Наилучшим образом подходит для лиственно-декоративных культур, считается достаточно универсальным, поскольку большинство растений при этой технологии развивает достаточную вегетативную массу, проходят все фазы развития и обильно продолжительно цветут.	79,91, 94, 112
Фитильная система гидропоники	Фитильная система – самая простая гидропонная система из всех существующих. Она работает по принципу «капиллярных сил» – питательный раствор поступает в субстрат и к корням по фитилям, обеспечивая растения всем необходимым. (фитиль размещается одним концом в емкости с раствором, а другим – в субстрате).	91, 94
Проточная гидропоника (салатные и зеленные культуры, томаты) Система питательного слоя	Конвейерное выращивание листовых овощей на горизонтальных желобах с постоянно циркулирующим раствором. Циклическая система, что обеспечивает экономию воды. Емкость, в которой находятся растения, закрепленные в горшках с отверстиями, располагается под наклоном. Чуть ниже находится другая – с питательным раствором. К ней подведен специальный насос, который направляет раствор из нижней емкости в верхнюю. В верхнем резервуаре жидкость течет под наклоном, одновременно затрагивая корни, а затем сливается в нижнюю емкость	86, 91, 93, 94, 99, 104

Таблица 2 (продолжение)

Название	Краткая характеристика	Литература
Система периодического затопления (салатные, зеленные, цветочные культуры, рассада овощных культур и декоративных растений)	Питание растений осуществляется путем подачи раствора в зону роста корневой системы методом подтопления. Режим подачи и концентрация питательного раствора меняются в зависимости от условий и фазы развития растений. Затопление и осушение прикорневой зоны растений. Для направления жидкости применяется насос с таймером, который подает раствор в резервуар с растениями, а после истечения времени на таймере влага стекает в нижний резервуар под действием силы тяжести.	86, 91, 92, 94
Аэропоника	растения выращиваются в воздушной среде (в подвешенном состоянии), а питательные вещества к корням доставляются при помощи распыления питательного раствора, при этом обеспечивается максимальное поступление кислорода. Очень высокая скорость роста растений.	91, 94

Таблица 3.

Характеристика основных видов субстратов.

природные		лит ерат ура	синтетические		ли те ра ту ра
<p><i>Минеральные:</i> перлит, вермикулит, гравий, гранитный щебень, каменноуголь ный шлак, пемза</p> <p><i>Органические:</i> кокосовая стружка (кокосовая койра), рисовую шелуху, древесные опилки и кора, торф, мох, коноплёвая костра</p>	<p>«+» минеральные: легкость, стерильность, химическая инертность, воздухоемкость, буферность, прочность, влагоемкость, долговечность использования, иногда источник питательных микроэлементов.</p> <p><i>Органические:</i> источник питательных микроэлементов</p>	72, 74, 77, 82, 96- 98, 103, 119	<p>минеральная вата: гравилен, гродан, культиен; коковит, иногда: полихлорвинил , вспененный полистирол, полиуретан, термопластичес кие полимеры, синтетические пенистые смолы, пенопласт, Ионитная смола (смесь катионов и анионов, которая содержит все необходимые растениям элементы питания)</p>	<p>«+» высокий урожай, поддерживает хорошее соотношение содержания воздуха и воды; химически инертна; структурно стабильна и имеет постоянство качества; не содержит патогенов; ее можно стерилизовать паром и использовать повторно.</p>	71, 72, 77, 78, 80, 82, 96, 97, 103 , 113 , 117
	<p>«-» <i>Минеральные</i> дорого, не всегда инертные, влияют на pH, иногда адсорбирую вещества</p> <p><i>Органические:</i> влияют на pH, подвергаются контаминации</p>			<p>«-» дорого, экологические проблемы, связанные с утилизацией отработанного, минеральная вата содержит много металла и при низких pH начинает растворяться, неравномерность пропитывания водой</p>	

Методы контроля содержания основных питательных элементов в
почве и среде для гидропоники

Питательная среда (исходный раствор)	Почвогрунт	Сущность метода	Действующий ГОСТ
рН	рН солевой суспензии, не менее: 5,5	Извлечение водорастворимых солей из почвы дистиллированной водой при отношении почвы к воде 1:5 и определении рН с помощью рН-метра.	ГОСТ Р 58594-2019 Почвы. Метод определения обменной кислотности от 10 октября 2019 г.
Азот общий (N) – 7,0 %	Азот ($\text{NH}_4 + \text{NO}_3$), не менее: 130 мг/л	Титриметрический метод и фотометрический метод "индофеноловой зелени" после термического разложения (озоления) почвы с использованием окислителей	ГОСТ Р 58596-2019 Почвы. Методы определения общего азота. ГОСТ от 1 января 2020 г.
Фосфор (P_2O_5) – 4,0 %	Фосфор (P_2O_5), не менее: 130 мг/л	1. Экстракция раствором хлористоводородной кислоты 0,2 моль/л. Фотометрирование после реакции со спец. реактивом (раствор молибденовокислого аммония, сурьмяновиннокислого калия и аскорбиновой кислоты)	1. ГОСТ Р 54650-2011 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО / ГОСТ Р от 13 декабря 2011 г. Или
Калий (K_2O) – 10,0 %	Калий (K_2O), не менее: 160 мг/л	2. Извлечение подвижных соединений фосфора и калия из почвы раствором уксусной кислоты концентрации и последующее определение фосфора в виде синего фосфорно-молибденового комплекса на фотоэлектроколориметре и калия - на пламенном фотометре.	2. ГОСТ 26204-91; Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО. От 1993-07-01

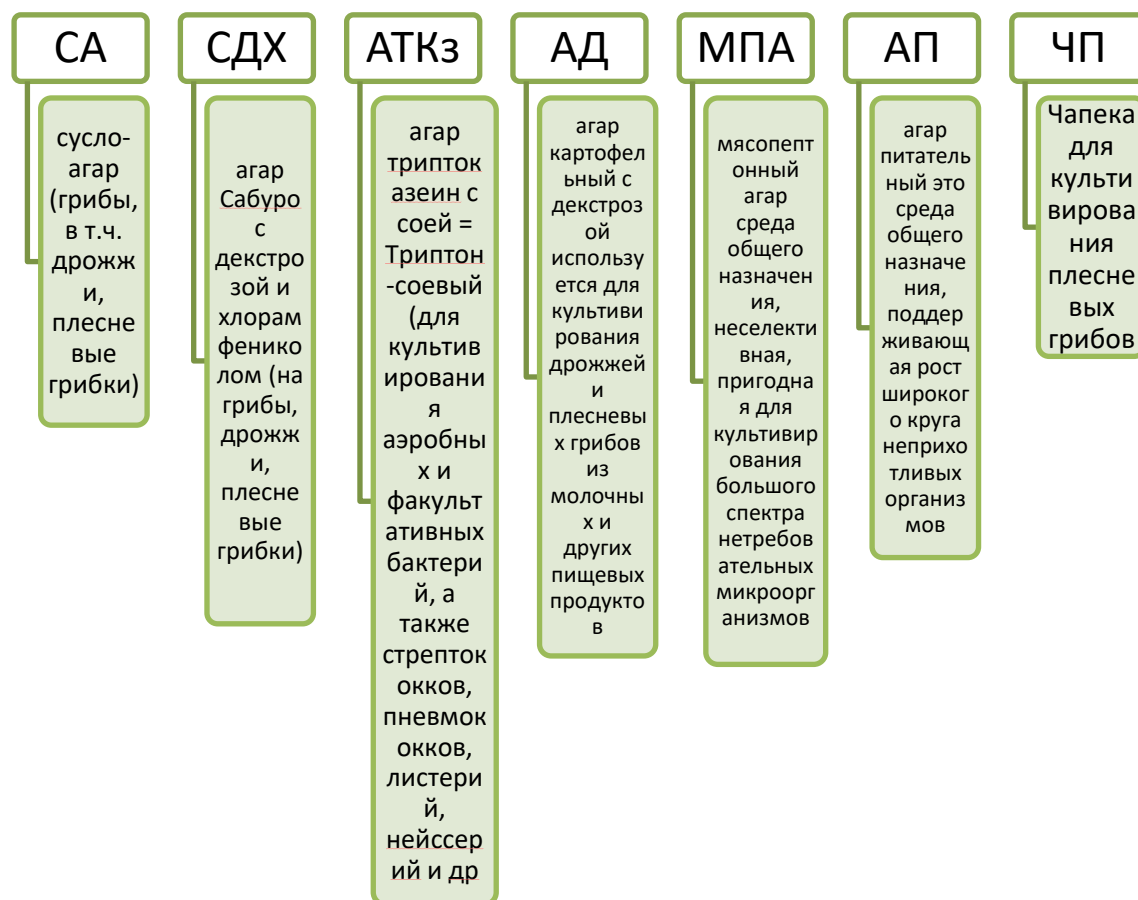
Таблица 4 (продолжение)

Питательная среда (исходный раствор)	Почвогрунт	Сущность метода	Действующий ГОСТ
Кальций (СаО) – 4,0 %	Не нормируется	атомно-абсорбционный и комплексонометрический метод извлечения обменного кальция и обменного (подвижного) магния из почвы раствором хлористого калия и последующем измерении поглощения света свободными атомами определяемых элементов, образующимися в пламени при введении в него анализируемого раствора. титровании кальция трилоном Б при рН 12,5-13,0 с использованием в качестве индикатора хрома кислотного темно-синего или мурексида и магния при рН около 10 с использованием в качестве индикатора хрома кислотного темно-синего	ГОСТ 26487-85 Почвы. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО (с Поправкой) / ГОСТ от 26 марта 1985 г.
Магний (MgO) – 1,5 %	Не нормируется	атомно-абсорбционный, комплексонометрический, фотометрический метод (извлечение обменного (подвижного) магния из почвы раствором хлористого калия, получение окрашенного соединения магния с титановым желтым в щелочной среде и последующее фотометрирование окрашенных растворов)	






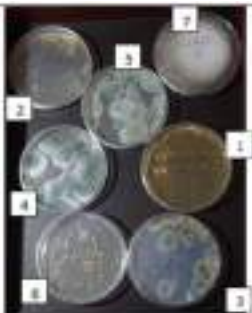

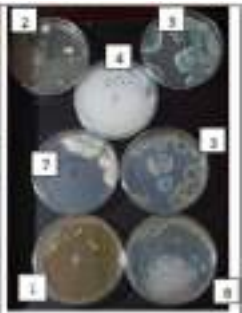
Таблица 4 (продолжение)

Питательная среда (исходный раствор)	Почвогрунт	Сущность метода	Действующий ГОСТ
Сера (SO_4^{2-}) – 2,0 %	Не нормируется	1. Извлечение подвижной серы из почвы раствором хлористого калия, осаждение сульфатов хлористым барием и последующем турбидиметрическом определении их в виде сульфата бария по оптической плотности взвеси. В качестве стабилизатора взвеси используется растворимый крахмал. 2. Извлечение и перевод в сульфаты содержащейся в грунте серы путем озоления её смесью азотной и хлорной кислот, осаждение сульфатов хлористым барием и турбидиметрическим определением их в виде взвеси сульфата бария при длине волны 490 нм. В качестве стабилизатора взвеси используется глицерин.	1. ГОСТ 26490-85 Почвы. Определение подвижной серы по методу ЦИНАО/ ГОСТ от 26 марта 1985 г. или 2. Методика измерений Валового содержания серы в почвах, грунтах, донных отложениях и отходах турбидиметрическим методом ПНД Ф 16.1:2.2.2:3.37-2002 (ФР.1.31.2007.03820) Методика допущена для целей государственного экологического контроля Москва 2002 г. (издание 2011 г.)
Железо (Fe) – 0,1 %	Не нормируется	Извлечение подвижных соединений двух- и трехвалентного железа из почвы раствором серной кислоты с последующим определением в вытяжках двухвалентного железа фотометрически с α, α -дипиридиллом или о-фенантролином и суммы двух- и трехвалентного железа фотометрическим или атомно-абсорбционным методом.	ГОСТ 27395-87 Почвы. Метод <i>определения</i> подвижных соединений двух- и трехвалентного <i>железа</i> по Веригиной-Аринушкиной / ГОСТ от 14 сентября 1987 г.

Питательные среды микробиологического исследования



Микробиологические исследования

Время наблюдения	1 - контроль	2 - удобрение 1 мл на 10 мл среды, в чашку 0,1 мл	3 – экстракт 1 мл на 10мл среды	4 - раствор удобрения 1мл + экстракт 1 мл на 10 мл среды
3 дня				
7 дней				



А



Б



В



Г

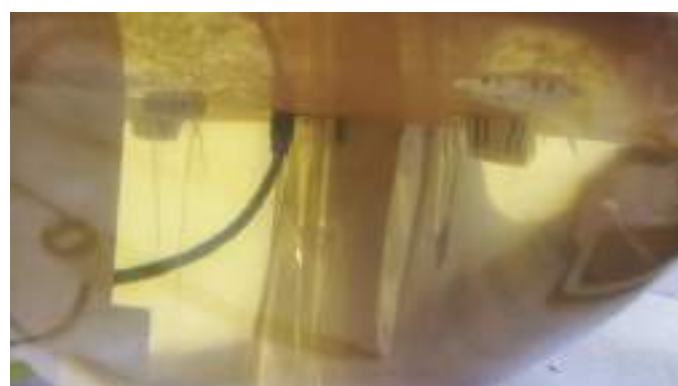
Рис. 3. Выращивание культуры кресс-салата почвенным способом. А – посев семян, Б – растения через 3 дня после посева, В и Г – растения через 4 недели выращивания.



Рис. 4. Выращивание культуры кресс-салата на гидропонике. Ростки через 3 дня после посева.



А



Б

Рис. 5. Выращивание культуры кресс-салата на гидропонике. Ростки (А) и их корни (Б) через 1 неделю после посева.

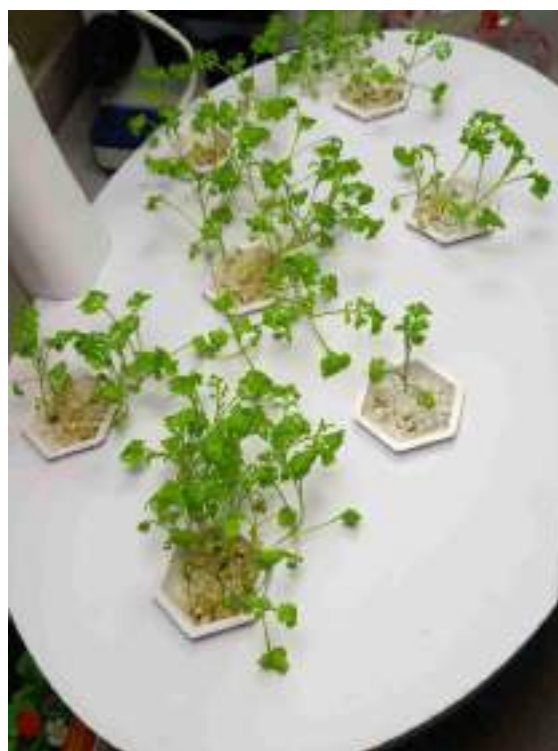


Рис. 6. Выращивание культуры кресс-салата на гидропонике. Ростки через 3 недели после посева.



А



Б



В



Г

Рис. 7. Выращивание культуры кресс-салата на гидропонике. Ростки через 4 недели после посева, завершение эксперимента. А и Б – надземная часть (цветущая), В и Г – корневая система.

Результаты работы были доложены на IV Международной (XVII Региональной) научной конференции «Техногенные системы и экологический риск» 19-20 апреля 2021 г. (школьная секция). Публикация: Ковалева, Е. С. Изучение влияния микробиологического удобрения «Байкал-ЭМ1» и экстракта листьев рейнутрии японской на культуру кресс-салата / Е. С. Ковалева, Л. В. Федорова, А. В. Гулина // Техногенные системы и экологический риск: Тезисы докладов IV Международной (XVII Региональной) научной конференции, Обнинск, 19–20 апреля 2021 года / Под общей редакцией А.А. Удаловой. – Обнинск: Обнинский институт атомной энергетики - филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ", 2021. – С. 486-488.

Результаты работы были доложены на XXII Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии и природопользования» 22-24 апреля 2021 г. (школьная секция). Публикация: Ковалева, Е.С. Изучение влияния экстракта листьев рейнутрии японской на рост культуры кресс-салата / Е. С. Ковалева, А. В. Гулина, Л. В. Федорова // Актуальные проблемы экологии и природопользования: Сборник научных трудов XXII Международной научно-практической конференции. В 3-х томах, Москва, 22–24 апреля 2021 года. – Москва: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2021. – С. 95-98.

Результаты работы были доложены на Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки РФ, профессора, доктора фармацевтических наук Д.А. Муравьевой «Актуальные вопросы современной фармакогнозии», 18-19 марта 2022 года, г. Пятигорск. (школьная секция). (https://www.pmedpharm.ru/science/_pharmacognosy_1/).

Результаты работы были доложены на III Научной школе «Кадровый резерв для биофармацевтической и химической промышленности», 30 мая 2022 г., Институт биохимической технологии и нанотехнологии Российский университет дружбы народов (РУДН): Зависимость содержания биологически активных веществ в траве кресс-салата (*Lepidium sativum* L.) от условий выращивания.

Результаты работы были доложены на VII научно-практической конференции «Международная интеграция в сфере химической и фармацевтической промышленности» ([Конференция «Международная интеграция в сфере химической и фармацевтической промышленности» — ИБХТН РУДН \(rudn.ru\)](#)). Влияние условий выращивания на морфометрические характеристики и накопление некоторых биологически активных соединений в траве кресс-салата (*Lepidium sativum* L.).

Результаты работы были доложены VII ежегодной научно-практической конференции школьников «БиоХим 2022».