

Муниципальное бюджетное учреждение дополнительного образования  
«Станция юных натуралистов» Асбестовского городского округа

**Номинация:** клеточная биология и биотехнологии

**«ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ И ИОНИТНОГО  
СУБСТРАТОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ЗЕЛЕННЫХ КУЛЬТУР»**

**Исполнитель:** Столярова Екатерина Денисовна,  
обучающаяся МБУДО СЮН АГО,  
творческое объединение «Мир вокруг нас»  
9 класс, 15 лет

**Руководитель:** Столярова Оксана  
Александровна, МБУДО «СЮН», педагог  
дополнительного образования,  
89043832799

Свердловская область, г.Асбест,  
2024 г.

## Содержание

Введение .....	3
Теоретическая часть .....	5
Минеральные субстраты для выращивания микрозелени .....	5
Ионитный субстрат .....	7
Методика проведения исследования .....	9
Результаты исследования и их обсуждение .....	13
Заключения.....	19
Список источников информации .....	21
Приложения .....	23

## Введение

Несколько лет назад в наше питание «вошла» микрозелень. Уже сложно кого – то удивить этим продуктом. Выращивание такой продукции позволяет получать растительную пищу, которая является одним из источников биологически активных веществ, обуславливающих оптимальное протекание процессов жизнедеятельности в организме человека, в короткие сроки и, что особенно важно, когда поступление таких овощей ограничено.

Существует огромное количество различных субстратов для выращивания зеленых культур в домашних условиях. Но чаще всего зелень в домашних условиях выращивают без использования почвенного грунта, используя специализированные готовые субстраты. Подбор субстратов является одним из наиболее важных аспектов. Выбор правильного субстрата позволяет получить качественный итоговый продукт. В то же время большинство используемых для выращивания зелени субстратов являются инертным материалом, не содержащим элементы минерального питания, а это может отрицательно сказаться на росте и развитии, а также качестве растительной продукции[9].

Помимо минеральных субстратов последнее время популярность набирают ионитные субстраты.

Поэтому мы решили оценить, как минеральные и ионитные субстраты влияют на рост развитие микрозелени. В ходе своего исследования мы дадим рекомендации по использованию минеральных и ионитных субстратов при выращивании зеленых культур в открытом и закрытом грунте. В этом и будет состоять **практическая значимость** нашей работы.

Перед проведением исследования мы выдвинули **гипотезу** – добавки минеральных или ионитных субстратов оказывают положительное влияние на рост и развитие растений.

**Объект исследования:** зеленые культуры (руккола, редис, горчица)

**Предмет исследования:** морфологические и химические параметры зеленых культур

**Цель:** оценить эффективность применения минеральных и ионитных субстратов при выращивании зеленых культур

Для достижения цели мы поставили перед собой **следующие задачи:**

1. приготовить экспериментальные субстраты
2. оценить физические свойства субстратов
3. вырастить зеленые культуры
4. оценить морфологические и химические свойства выращенной растительной продукции
5. дать рекомендации по применению минеральных и ионитных субстратов при выращивании зеленых культур

## Обзор литературы

### Минеральные субстраты для выращивания микрозелени

Наиболее распространенными субстратами для выращивания зелени являются почвенные смеси (классический вариант), кокосовый торф, джутовые коврики, агроволокно, минеральная вата и др.

Также существуют минеральные субстраты, производители которых уверяют нас, что можно использовать их в качестве грунта для выращивания зелени – это вермикулит и перлит.

*Агроперлит* – природный минеральный субстрат вулканического происхождения, применяемый самостоятельно или в составе почвенных смесей. Основа из агроперлита используется для проращивания семян, укоренения черенков, дополнительного дренажа комнатных растений, гидропоники. Обладает высокой износостойкостью (выдерживает до 20 циклов выращивания гидропонным методом), не имеет ограничений по сроку годности.

#### Особенности агроперлита:

- разрыхляет почву, повышает её воздухопроницаемость;
- хорошо удерживает влагу, сокращая частоту полива;
- равномерно увлажняет грунт, помогает избежать переувлажнения корней и пересыхания поверхности;
- термическая обработка при высоких температурах исключает наличие личинок насекомых и сорняков;
- препятствует комкованию, слёживанию грунта, образованию поверхностной корочки;
- медленно нагревается и остывает, предотвращая перегрев и промерзание растений;
- снижает кислотность почвы и препятствует ей засолению [1].

*Вермикулит* – это силикатная горная порода, близкий родственник слюды, от которой отличается высоким содержанием в кристаллической решетке молекул воды. В природном состоянии порода обладает высокой плотностью и твердостью, однако она достаточно легко расслаивается.

Чтобы расплавить вермикулит, требуется температура выше 1350 градусов. Однако при нагревании только до 900-1000 градусов с минералом происходят интересные преобразования: он разделяется на тонкие пластинки, которые вспучиваются, увеличиваясь при этом в размерах в 20-25 раз. В результате вермикулит распадается на частицы в виде очень пористых червеобразных столбиков, из чего он и получил своё название [3].

Вспученный вермикулит обладает хорошими тепло- и звукоизоляционными свойствами, термической и биологической стойкостью, химической инертностью [4].

Минерал не поддерживает горение и не гниет. У него нет специфического запаха. В составе минерала полезные для развития растений элементы: калий, железо, магний, кальций и др. Полностью безопасен и экологически чист.

Токсичных компонентов в составе нет [2]. Благодаря составу и физическим свойствам вермикулит широко используется в растениеводстве. Минерал не является удобрением, но его использование полезно для растений:

- улучшаются аэрационные свойства почвы и ее структура. Воздуху проще попасть в почвосмесь, отпадает необходимость частого рыхления.
- уменьшается количество поливов (гранулы впитывают в себя влагу, а затем постепенно выделяют ее в субстрат)
- вермикулит можно использовать в смеси с любыми грунтами, включая глинистые, суглинки и супеси. Возможно смешивание с разными типами минеральных удобрений, что уменьшает их расход и повышает эффективность.
- корневая система защищается от перегрева и вымерзания за счет того, что субстрат обладает теплоизоляционными свойствами.
- Используется в качестве субстрата для гидропоники и для черенкования
- снижается численность болезнетворных бактерий, уменьшается количество вредителей. Вермикулит угнетает их жизнедеятельность, не дает активно размножаться [2].

### **Ионитные субстраты**

В последнее время популярность набирают ионитные субстраты. Если ещё не так давно такие субстраты были доступны только для выращивания в промышленных масштабах, то в настоящее время ионитные субстраты доступны всем, их свободно можно приобрести в растениеводческих магазинах.

Одним из наиболее распространенных ионитных субстратов является субстрат ZION. Ионитный питательный субстрат ЦИОН (ZION) создан для выращивания растений по технологии ионитопоники. Технология разработана совместно с Институтом физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси.

ЦИОН обеспечивает интенсивный рост растений, развитие сильной корневой системы, повышает урожайность зеленых, овощных и плодово-ягодных культур, сокращает сроки созревания. Способствует раннему и длительному цветению садовых цветов. ЦИОН может использоваться как самостоятельно, так и в виде малых корректирующих добавок к любым основам (обеднённые и деградированные грунты, пески, перлит, вермикулит, разбалансированная почва любого состава и др.) [10].

Академик Солдатов сравнивает гранулы субстрата со своеобразным аккумулятором: каждая из них «заряжена» полным набором элементов питания растений, в том числе, азотом, калием, фосфором и серой, не считая микроэлементов, жизненно важных для растений. «Основные питательные элементы в связанной форме содержатся на функциональных группах субстрата, благодаря чему сохраняются в нем даже в случае обильных осадков или, наоборот, в периоды засухи, – отмечает академик. – Питание поступает в грунт в обмен на метаболиты, которые выделяет растение в процессе своего роста и развития. Выделение растением метаболитов можно

воспринимать как своеобразный запрос растения на конкретный питательный элемент».

Ионитный субстрат формирует саморегулируемую систему, где растение получает идеально сбалансированное питание – в нужный момент и в необходимом количестве. В отличие от традиционных минеральных удобрений, в процессе применения ионитного субстрата, исключены корневой ожог и передозировка.

В состав ионитных субстратов не входят нитраты, ускорители роста, фитогормоны, гербициды, пестициды и другая агрохимия. Использовать их можно на любом этапе жизненного цикла растений: при посадке семян, пересадке рассады в открытый грунт, а также в качестве подкормки для цветов, овощных, плодовых и ягодных культур, кустарников и деревьев.

По питательным свойствам ионитный субстрат многократно превосходит плодородную почву: элементов питания в нём примерно в 60 раз больше, чем в черноземе. Ионитный субстрат в почве полноценно выполняет свою функцию в течение двух-трех лет, и в течение этого времени дополнительных подкормок растению не требуется [5].

## Методика проведения исследования

Место проведения исследования – лаборатория МБУДО «Станция юных натуралистов» Асбестовского городского округа.

Вся работа проводилась в соответствии с планом проведения исследования (таблица №1).

Таблица №1. Планирование исследования

№ п/п	Этап исследования	Период проведения исследования
1	Приготовление субстратов	сентябрь 2023 года
2	Оценка физических свойств полученных субстратов	
3	Выращивание микрозелени	октябрь 2023 года
4	Оценка морфологических и химических показателей выращенной микрозелени	ноябрь 2023 года
5	Выращивание зеленых культур в открытом грунте	июнь – июль 2024 года

**Приготовление субстратов.** В качестве объектов исследования были выбраны редис, горчица и руккола (рис.14, приложение №3). Эти растения быстро растут и часто используются для получения микрозелени.

Исследование эффективности применения субстратов для выращивания зеленых культур проводилось в два этапа: в 2023 году – в домашних условиях, в 2024 году – в открытом грунте.

### Эксперимент 2023 года

Осенью 2023 в качестве контрольного субстрата в комнатных условиях использовался торф (рис.8, приложение №1), в качестве экспериментальных вариантов – минеральные и ионитный субстраты (рис.9 –рис.10, приложение №1), и их смесь с торфом (рис.11, приложение №1). Таким образом, в комнатных условиях в нашем эксперименте зеленые культуры выращивались на семи различных субстратах (таблица №2). Каждый вариант субстрата приготовили в двух повторностях (рис.12, приложение №1).

Таблица №2. Экспериментальные субстраты в домашних условиях и их состав

Вариант эксперимента	Состав экспериментального субстрата	Соотношение составляющих субстрата
<b>К1 (контроль)</b>	торф	100%
<b>В1 (П+Т)</b>	перлит и торф	30 г / 1кг
<b>В2 (В+Т)</b>	вермикулит и торф	30 г / 1кг
<b>В3 (Ц+Т)</b>	ионитный субстрат ZION и торф	30 г / 1кг
<b>В4 (П)</b>	перлит	100%
<b>В5 (В)</b>	вермикулит	100%
<b>В6 (Ц)</b>	ионитный субстрат ZION	100%

У всех субстратов оценили физические свойства: пористость, водопроницаемость и влагоемкость.

**Пористость** (пористость, скважность) почвы определяется общим объемом пор внутри почвенных частиц и между ними. В градуированный цилиндр вместимостью 100 мл наливают 50 мл воды. В сухой цилиндр объемом 50 мл насыпают почву (до метки), а затем пересыпают в первый цилиндр. После смешения воды с почвой отмечают общий объем [8].

Пористость определяют по формуле:

$$X = (a + b - c) / a * 100\%, \text{ где:}$$

a – объем взятой почвы, см<sup>3</sup>

b – объем воды, см<sup>3</sup>

c – объем смеси воды и почвы, см<sup>3</sup> [7].

**Водопроницаемость** почвы - способность её пропускать воду сверху вниз. Для определения водопроницаемости сухой измельченной почвы берут стеклянную трубку диаметром 3-4 см и длиной 25-30 см. (рис.13, приложение №2). Отмерив от нижнего конца ее 20 и 24 см, отмечают эти уровни на стекле. Затем обвязывают нижний конец трубы тонким полотном и при встряхивании наполняют ее исследуемой почвой до нижней черты (до высоты 20 см). Укрепив после этого трубку вертикально в штативе, подставляют под ее нижний конец воронку, а под последнюю помещают мерный цилиндр. Заметив время, осторожно наливают на поверхность почвы в трубке воды на 4 см, поддерживая все время этот уровень над почвой. Следят за появлением первой капли воды, прошедшей через слой почвы. Водопроницаемость при этом выражается двумя показателями: временем, в течение которого вода пройдет через слой почвы 20 см, и временем, которое потребуется, чтобы в мерном цилиндре одинаковой площади сечения с трубкой накопился слой воды в 1 см.

**Влагоемкость почвы** - способность ее удерживать в себе определенное количество воды. Для определения влагоёмкости берут стеклянный цилиндр с сетчатым дном и заполняют его 100 г воздушно-сухой почвы; затем взвешивают цилиндр с почвой, опускают его в воду и держат до появления ее в верхнем слое почвы. Вынимают цилиндр с почвой из воды, дают стечь влаге до последней капли, а затем вторично взвешивают. Разница в массе между первым и вторым взвешиванием по отношению к массе сухого образца покажет влагоемкость почвы [8].

**Выращивание микрозелени.** В каждый образец субстрата закладывалось по 20 семян выращиваемой культуры из одной партии (рис.15, приложение №3). Все экспериментальные образцы находились в одинаковых микроклиматических условиях. Полив растений во всех образцах производился в один день водопроводной водой.

### Эксперимент 2024 года

В июне 2024 году продолжили эксперимент – объекты исследования выращивались в открытом грунте. Учитывая результаты исследования 2023 года, а именно тот факт, что добавки в виде ионитных субстратов в домашних

условиях оказывали положительное влияние на рост и развитие растений, а минеральные добавки в виде перлита и вермикулита не показали особой эффективности, для выращивания растений в открытом грунте был выбран один экспериментальный вариант – добавление ионитного субстрата.

Ионитный субстрат добавлялся согласно инструкции в небольших количествах в предпосадочные лунки. Таким образом, в открытом грунте растения выращивались в двух субстратах: с добавлением ZION и без ионитной добавки (таблица №3).

**Таблица №3. Экспериментальные субстраты в открытом грунте и их состав**

<b>Вариант эксперимента</b>	<b>Состав экспериментального субстрата</b>	<b>Соотношение составляющих субстрата</b>
<b>К2 (контроль)</b>	субстрат посадочной гряды	100%
<b>В7 (С+Ц)</b>	субстрат посадочной гряды + ZION	добавление в предпосадочные бороздки

**Выращивание растений в экспериментах 2023 и 2024 года** проводилось в течении одного месяца. Сбор объектов исследования производился на 30 дней после посадки.

У выращенных образцов определили:

- массу надземной части
- содержание сахара в соке растений.

Массу надземной части измеряли с помощью электронных лабораторных весов (рис.22, приложение №4). Для определения в каждом варианте исследования отбиралось по 10 растений (рис.20, приложение №4), отсекали корень (рис.21, приложение №4) и взвешивали.

За окончательный результат массы надземной части принималось среднее арифметическое значение 10 параллельных измерений.

Определение концентрации сахара в соке выращенных растений проводили рефрактометрическим методом анализа. Перед проведением анализа из образцов каждого объекта исследования составлялась смешанная проба. Для этого с разных образцов отбирались небольшие пробы и соединялись в общую. Из общей пробы отмеряли 2 г сырья, растирали в ступке (рис.23, приложение №4). Полученный сок отфильтровывали. В пробирке к 2 см<sup>3</sup> фильтрата добавляли 2 см<sup>3</sup> дистиллированной воды (рис.24, приложение №4). В полученном растворе определяли концентрацию сахара с помощью рефрактометра (рис.25, приложение №4). в соответствии с руководством к прибору:

- открыть заслонку рефрактометра и поместить куплю раствора на призму прибора
- закрыть заслонку таким образом, чтобы на ней не было воздушных пузырей
- подождать 30 секунд для установления нужной температуры
- Оценить показания по шкале прибора, направленного на лучи света.

Учитывая, что фильтрат растений разбавлялся в два раза, значения шкалы рефрактометра умножали на коэффициент 2.

За окончательный результат концентрации сахара в соке выращенных растений принималось среднее арифметическое значение двух параллельных измерений.

## Результаты исследования и их обсуждение

У приготовленных субстратов в соответствии с методикой проведения исследования оценили физические свойства: расчет и значения пористости представлены в таблице №6 (приложение №2), значения водопроницаемости – в таблице №7 (приложение №2), показатели влагоемкости – в таблице №8 (приложение №2).

Средние значения физических свойств субстратов внесли в таблицу №4.

Таблица №4 Физические свойства экспериментальных субстратов

Вариант исследования	Пористость, %	Влагоемкость, %	Водопроницаемость образца, сек (как среднее арифметическое двух параллельных измерений), (время прохождения через слой почвы / время накопления слоя воды в 1 см)
<b>К (контроль)</b>	87	75	<b>11/27</b>
<b>В1 (П+Т)</b>	75	73	<b>10/28</b>
<b>В2 (В+Т)</b>	81	71	<b>10/29</b>
<b>В3 (Ц+Т)</b>	73	75	<b>9/27</b>
<b>В4 (П)</b>	71	42	<b>8/15</b>
<b>В5 (В)</b>	73	53	<b>6/14</b>
<b>В6 (Ц)</b>	32	8,0	<b>4/7</b>

Пористость экспериментальных субстратов варьирует от 32% до 87%, наибольший показатель пористости - у контрольного образца, наименьшее значение – у ионитного субстрата ZION (рис.1). Пористость ионитного субстрата в 2,7 раз ниже по сравнению с контрольным образцом. По таблице №4 и рис.1 видно, что добавление минеральных и ионитного субстратов к торфу изменяют показания пористости незначительно .

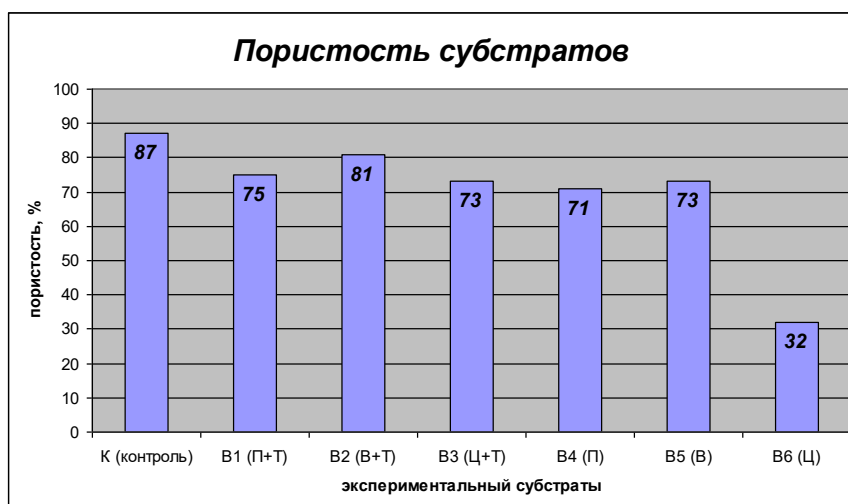


Рис. 1 Пористость экспериментальных субстратов

Показатели влагоемкости (рис.2) и водопроницаемости (рис.3) у экспериментальных субстратов различаются сильнее, чем показатели пористости:

- наибольшие значения влагоемкости и водопроницаемости у контрольного образца и экспериментальных субстратов с минеральными и ионитными добавками к торфу
- показатели влагоемкости и водопроницаемости у минеральных субстратов снижены в сравнении с контрольным образцом (у перлита – в 1,8 раз, у вермикулита – в 1,4 раза и 1,9 раз соответственно)
- у ионитного субстрата самые низкие значения водопроницаемости и влагоемкости, имеющие значительные различия от контрольных образцов (в 3,8 раз и в 9,4 раза соответственно)

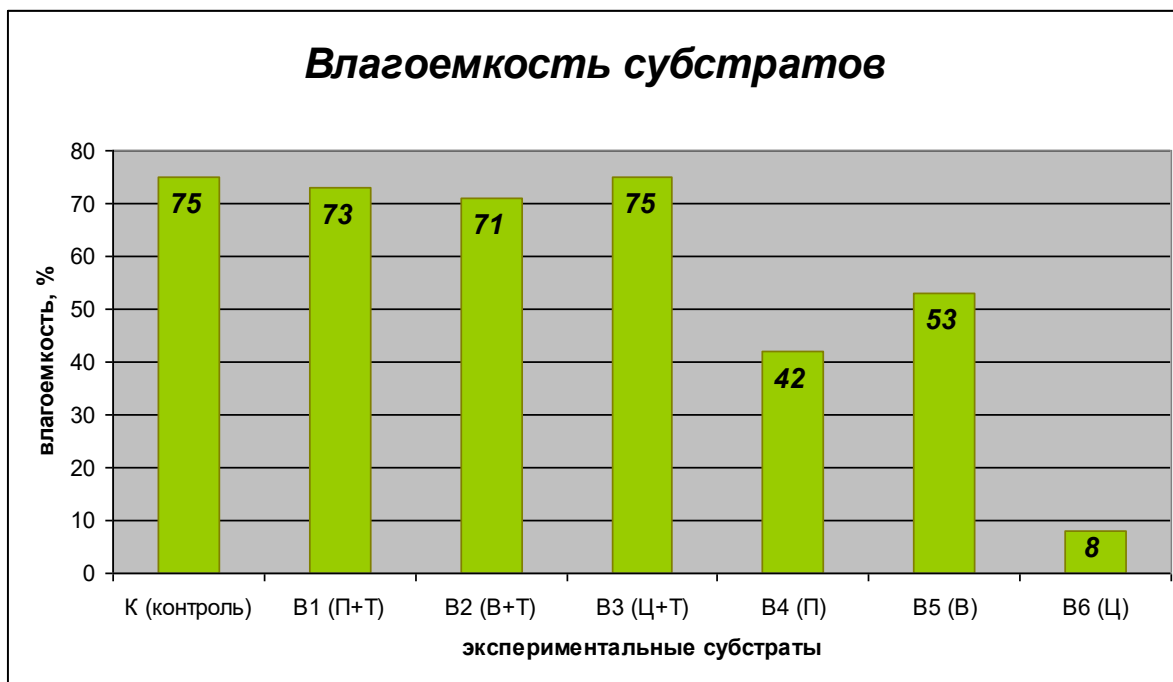


Рис. 2 Влагоемкость экспериментальных субстратов

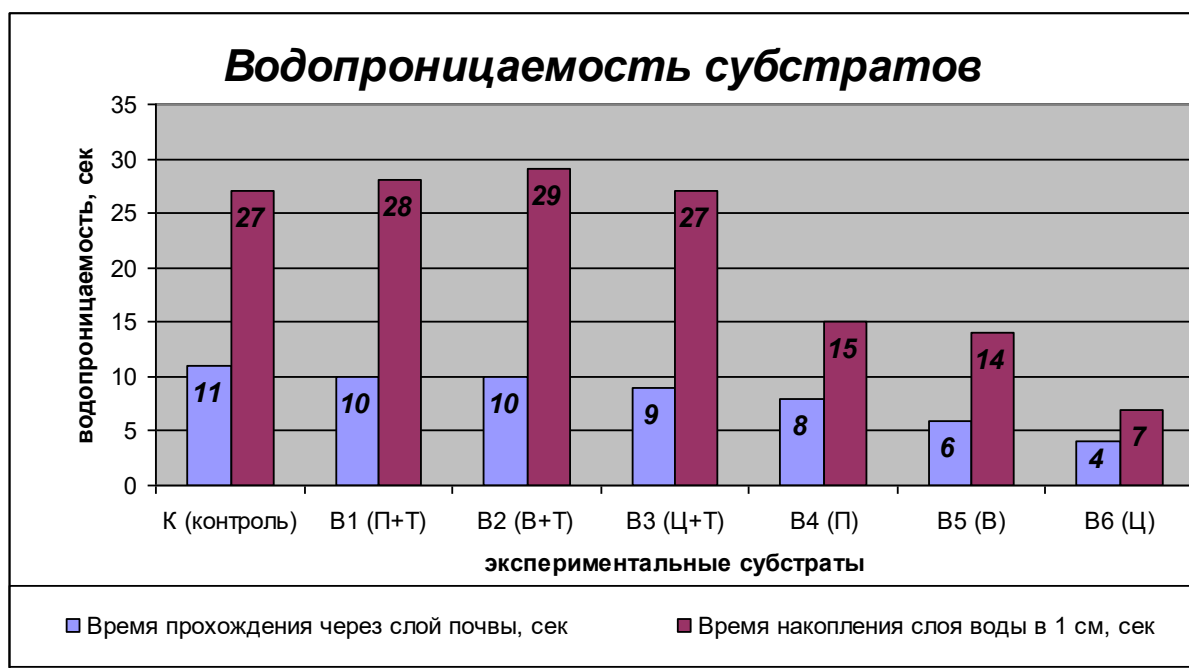


Рис.3 Водопроницаемость экспериментальных субстратов

Всходы всех объектов исследования в домашних условиях появились дружно на 3-4 день после посадки. Развитие растений в экспериментальных субстратах различалось:

- на субстратах, содержащих торф, растения развивались хорошо, быстро набирали вегетативную массу (**рис.16- рис.17, приложение №3**);
- на минеральных субстратах (вермикулит и перлит) горчица, редис и руккола заметно отставали в развитии в сравнении с контрольными образцами (**рис.18 – рис.19, приложение №3**);
- в ионитном субстрате ZION растения после появления всходов на стадии семядольных листьев погибли.

Такие результаты возможно объясняются физическими свойствами ионитного субстрата, а именно низкими значениями пористости и влагоемкости. От плотности почвы зависят поглощение влаги, воздухообмен, жизнедеятельность биоты и развитие корневых систем. Уплотнение субстратов приводит к резкому снижению урожайности культур. Сильно уплотненная почва в сухом состоянии угнетающе действует на развитие корневой системы растений, во влажном – характеризуется неблагоприятным соотношением воды и воздуха [6].

Через 30 дней после посадки семян у выращенных образцов редиса, горчицы и рукколы определили:

- массу надземной части
- содержание сахара в соке растений.

Результаты взвешивания надземной части растений представлены в **таблице №9 (приложение №4)**, результаты рефрактометрических измерений – в **таблице №10 (приложение №4)**.

Средние арифметические значений массы надземной части растений и концентрации сахара в листьях растений внесли в сводную таблицу результатов (**таблица №5**)

**Таблица №5 Сводная таблица результатов**

Вариант исследования	Объект исследования	Масса надземной части (среднее арифметическое значение), г	Концентрация сахара (среднее арифметическое значение), % Brix
<i>Комнатные условия (эксперимент 2023 года)</i>			
К (контроль)	руккола	0,32	5,5
	редис	0,88	4,0
	горчица	0,49	5,5
В1 (П+Т)	руккола	0,33	5,0
	редис	0,89	4,5
	горчица	0,54	5,5
В2 (В+Т)	руккола	0,30	5,5
	редис	0,83	4,5
	горчица	0,51	4,5

<b>В3 (Ц+Т)</b>	руккола	0,56	6,0
	редис	1,14	5,0
	горчица	0,66	5,0
<b>В4 (П)</b>	руккола	0,08	4,0
	редис	0,32	3,0
	горчица	0,13	4,0
<b>В5 (В)</b>	руккола	0,12	3,5
	редис	0,59	3,5
	горчица	0,21	4,0
<b>В6 (Ц)</b>	руккола	-	-
	редис	-	-
	горчица	-	-
<b>Открытый грунт (эксперимент 2024 года)</b>			
<b>Открытый грунт контроль</b>	руккола	4,29	2,0
	редис	9,05	4,5
	горчица	2,99	3,5
<b>В7 (открытый грунт +Ц)</b>	руккола	5,38	3,5
	редис	9,54	6,0
	горчица	3,79	6,0

По таблице №5 видно, что морфологические и химические параметры растений зависят от субстрата, на котором они выращивались.

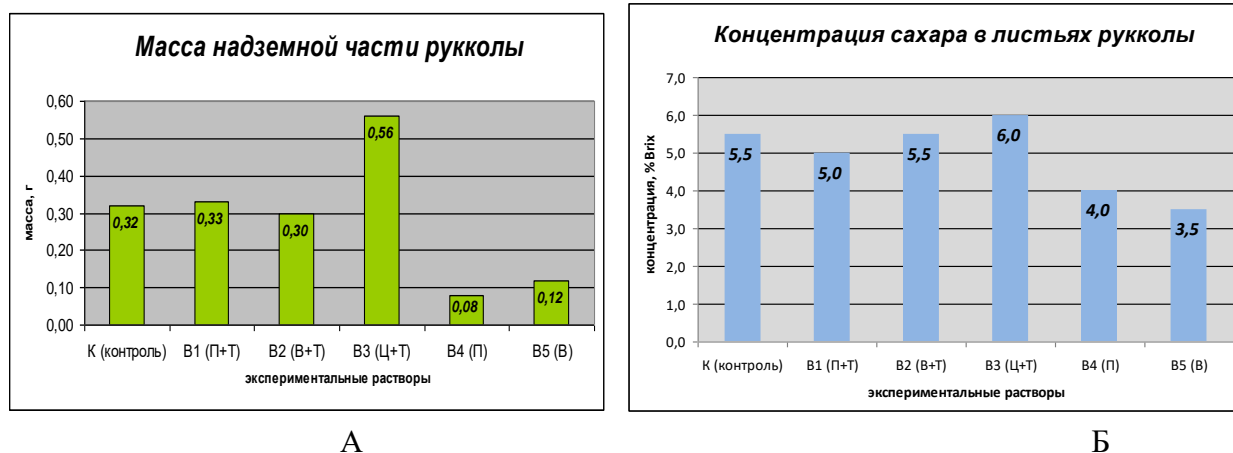
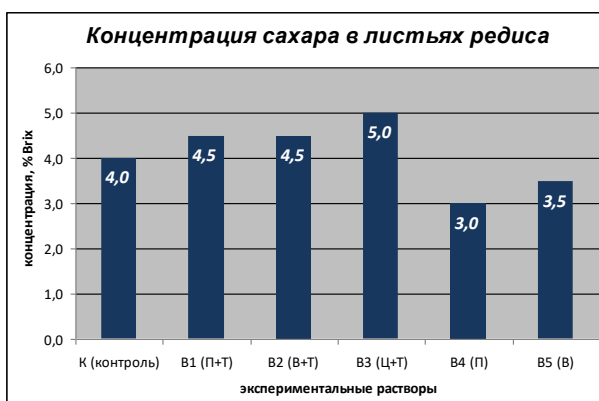


Рис.4 Морфологические и химические показатели рукколы, выращенной на разных субстратах в домашних условиях (А – масса надземной части, В – концентрация сахара )

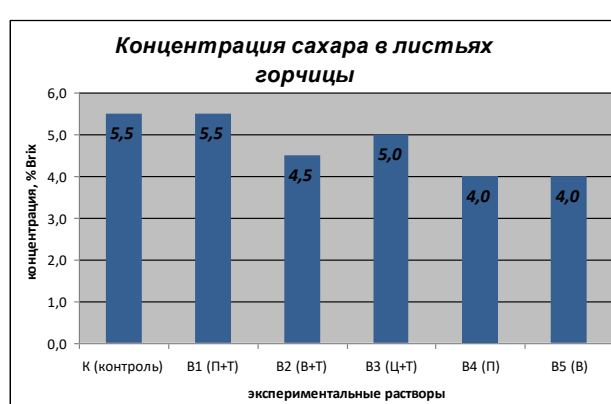
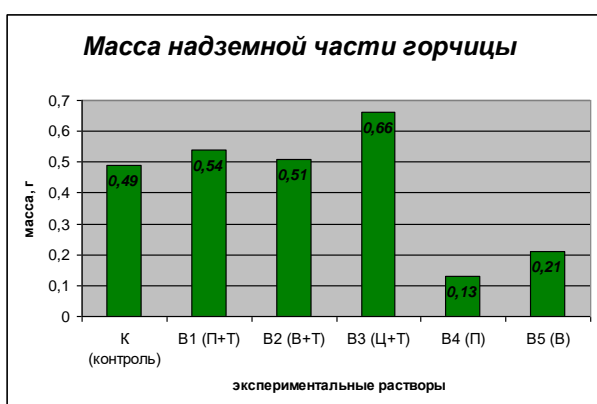
Масса надземной части растений (редиса, горчицы и рукколы), выращенных на субстратах с добавлением к торфу вермикулита и перлита, не отличается от массы надземной части контрольных образцов (либо различаются не значительно) (рис.4 – рис.6).



А

Б

Рис.5 Морфологические и химические показатели редиса, выращенного на разных субстратах в домашних условиях (А – масса надземной части, В – концентрация сахара)



А

Б

Рис.6 Морфологические и химические показатели горчицы, выращенной на разных субстратах в домашних условиях (А – масса надземной части, В – концентрация сахара)

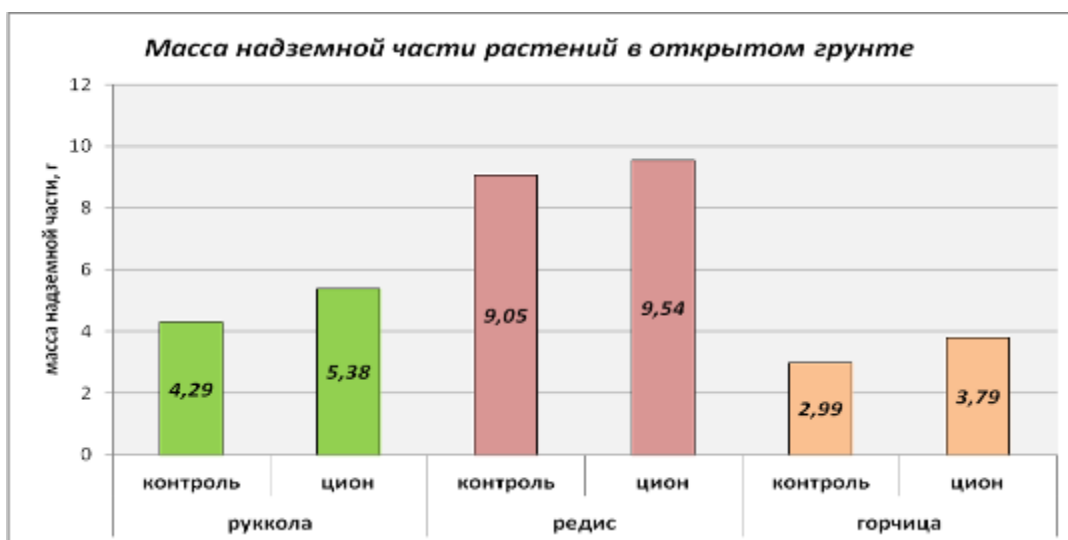
Самые низкие значения массы надземной части растений определены у объектов исследования, выращенных на минеральных субстратах, вермикулите и перлите. Масса надземной части растений, выращенных на вермикулите, в сравнении с контролем ниже в среднем в 2,2 раза (таблица №5). Более значительное отклонение от контрольных вариантов массы надземной части растений, выращенных на перлите (руккола - в 4,0 раза, у редиса – в 2,9 раз, у горчицы – в 3,8 раза). При этом слабое развитие растений на перлите определялось даже визуально (рис.18, приложение №3). Это единственный субстрат, на котором у растений были выражены признаки хлороза.

Растения, выращенные на субстрате с добавлением к торфу ионитного субстрата (в соотношении 30 г /1дм<sup>3</sup>), имели самые высокие значения массы надземной части (рис.4 – рис.6). Масса надземной части рукколы, выращенной на субстрате с добавлением ZION, выше в сравнении с контрольным образцом в 1,8 раз, редиса и горчицы - в 1,3 раза (таблица №5).

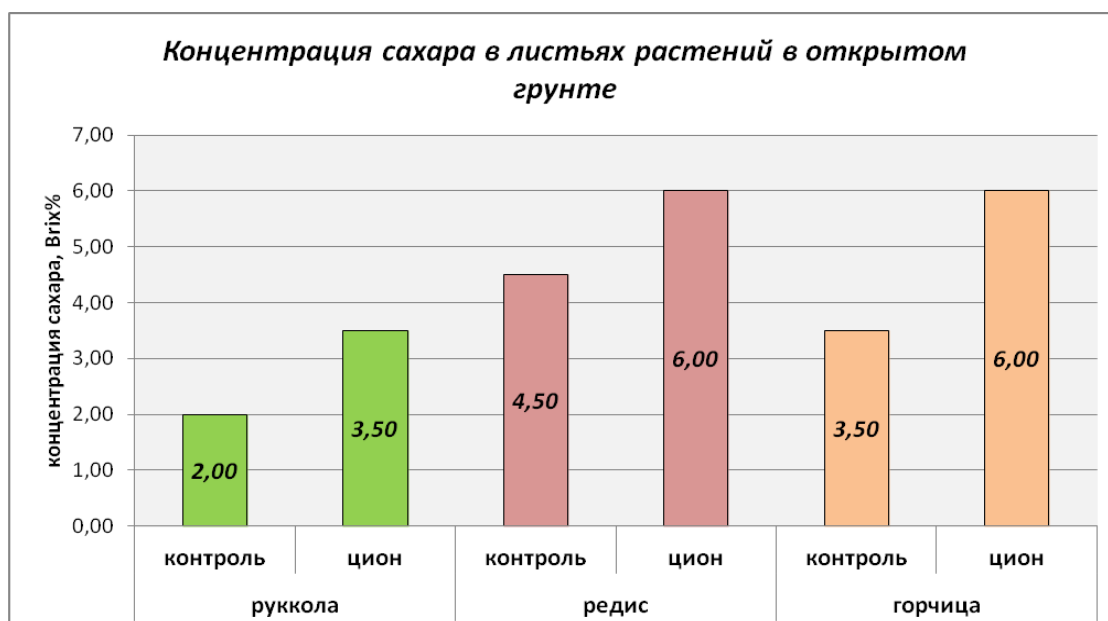
Подобная динамика наблюдается при определении концентрации сахара в листьях выращенных растений:

- концентрация одинакова (либо имеет незначительные различия) у растений, выращенных на субстратах с торфом
- концентрация снижена у растений, выращенных на минеральных субстратах (рис.4 – рис.6).

При выращивании зеленых культур в открытом грунте с добавлением ионитного субстрата растения также имели наиболее высокие значения массы надземной части и концентрации сахара в листьях в сравнении с контрольным образцом (без добавления ZION): масса наземной части в среднем выше в 1,2 раза, концентрация сахара – в 1,6 раза (рис.7).



**А**



**Б**

Рис.7 Морфологические и химические показатели культур, выращенных в открытом грунте (А – масса надземной части, В – концентрация сахара)

## Заключение

В ходе проведенного исследования вы достигли цели путем решения поставленных перед нами задач:

1. в домашних условиях и в открытом грунте приготовили экспериментальные субстратов (минеральные и ионитный субстрат и их смеси с торфом);
2. у приготовленных субстратов оценили физические свойства (пористость, влагоёмкость и водопроницаемость). По всем физическим свойствам ионитный субстрат ZION характеризуется наибольшими отличиями от других экспериментальных субстратов (самые низкие значения пористости, влагоемкости и водопроницаемости)
3. на субстратах в течение 30 дней в домашних условиях и в открытом грунте вырастили горчицу, редис и рукколу;
4. у выращенных растений определили концентрацию сахара в листьях и массу надземной части и установили:
  - выбор субстрата влияет на рост и развитие растений,
  - неэффективно выращивание растений на минеральных и ионитных субстратах (растения заметно отстают в росте и развитии)
  - самый продуктивный вариант в нашем эксперименте - добавление ZION к основному субстрату, именно на этих образцах (и в домашних условиях, и в открытом грунте) объекты исследования имели наибольшую массу надземной части и концентрации сахара в листьях растений, как в домашних условиях, так и в открытом грунте

Учитывая результаты исследования, мы можем дать следующие рекомендации - применять минеральные и ионитные субстраты только в качестве добавки к основному субстрату (например, торфу) в соответствии с инструкцией (30 г добавки на 1 кг основного субстрата). Добавление ионитного субстрату, действительно, способствует эффективному росту растений, то есть способствует увеличению урожайности, поэтому мы рекомендуем использовать его при выращивании зелени в домашних условиях и открытом грунте. Выращивание растений на минеральных и ионитных субстратах в силу их физических и химических параметров не позволит получить качественный растительный продукт питания.

Наша гипотеза подтвердилась частично - добавки в виде ионитных субстратов оказывают положительное влияние на рост и развитие растений, минеральные добавки не показали особой эффективности при выращивании зелени в нашем эксперименте.

В дальнейшем было бы интересно изучить влияние других концентраций ионитного субстрата при выращивании зеленых культур. А также эффективность применения ионитного субстрата при выращивании других культур, например на цветочных декоративных культур.

## Список источников информации

1. Агроперлит для растений, цветов, рассады, добавка к грунту [Электронный ресурс] // Growmicro URL: <https://www.growmicro.ru/catalog/agroperlit/?ysclid=lr7ljxro45584812853> (дата обращения: 15.01.2024 г.)
2. Вермикулит для растений: 9 способов применения [Электронный ресурс] // Идеи вашего дома URL: <https://www.ivd.ru/dacha-i-sad/dacnyj-ucastok/vermikulit-dlya-rastenij-9-sposobov-primeneniya-74071?ysclid=lt34z0igj1344157653> (дата обращения: 21.01.2024 г.)
3. Вермикулит: что это, как и для чего он применяется [Электронный ресурс] // m – strana.ru URL: <https://m-strana.ru/articles/vermikulit-chto-eto/> (дата обращения: 15.01.2024 г.)
4. Еремин Н.И., Чижикова Н.П. Вермикулит [Электронный ресурс] // Большая Российская энциклопедия URL: <https://old.bigenc.ru/geology/text/1908913?ysclid=lt34uw5afb779698816> (дата обращения: 21.01.2024 г.)
5. Ионитные субстраты для профессионального и любительского растениеводства [Электронный ресурс] // Своё фермерство URL: <https://svoefermerstvo.ru/svoemedia/articles/ionitnye-substraty-dlja-professionalnogo-i-ljubitel-skogo-rastenievodstva?ysclid=lr7m2d4n4971570925> (дата обращения: 28.10.2023 г.)
6. Марчик Т.П., Ефремов А.Л. Почвоведение с основами растениеводства [Электронный ресурс] // ebooks URL: [https://ebooks.grsu.by/pochva\\_s\\_osn\\_rast/glava-5-obshchie-fizicheskie-i-fiziko-mekhanicheskie-svoystva-pochv.htm](https://ebooks.grsu.by/pochva_s_osn_rast/glava-5-obshchie-fizicheskie-i-fiziko-mekhanicheskie-svoystva-pochv.htm) (дата обращения: 08.02.2024 г.)
7. Определение пористости почвы (общего объема пор) [Электронный ресурс] // MedDr URL: [https://www.meddr.ru/rukovodstvo\\_k\\_prakticheskim\\_zanyatijam\\_po\\_me/issledovani\\_e\\_pochvy/11115.html](https://www.meddr.ru/rukovodstvo_k_prakticheskim_zanyatijam_po_me/issledovani_e_pochvy/11115.html) (дата обращения: 08.10.2023 г.)
8. Определение физических свойств почвы [Электронный ресурс] // Lektsii URL: <https://lektsii.org/12-78929.html> (дата обращения: 08.10.2023 г.)
9. Терещенко С.А., Пухальская А.С. Возможности использования минеральных удобрений для получения экологически чистой продукции микрозелени мицуны [Электронный ресурс] // Cyberleninka URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnost-ispolzovaniya-mineralnyh-udobreniy-dlya-polucheniya-ekologicheskoi-chistoy-produktsii-mikrozeleni-mitsuny-brassica-rapa> (дата обращения: 26.11.2023 г.)
10. ЦИОН Ионитные субстраты [Электронный ресурс] // ZION URL: <https://zion-rus.com/?ysclid=lt3530cp5e837815932> (дата обращения: 21.10.2023 г.)

## Приложения

## Приложение №1

### Экспериментальные субстраты



Рис.8 Торф (контрольный вариант)



Рис.9 Минеральные субстраты



Рис.10 Ионитный субстрат  
ZION



Рис.11 Экспериментальные субстраты



Рис.12 Приготовление экспериментальных субстратов

Определение физических свойств экспериментальных субстратов



Рис.13 Определение водопроницаемости субстратов

Таблица №6 Определение пористости субстратов

Вариант субстрата	Объем субстрата, см <sup>3</sup>	Объем воды, см <sup>3</sup>	Объем смеси, см <sup>3</sup>	Пористость, %	Пористость субстрата (среднее арифметическое параллельных измерений), %
<b>Контроль</b>	50	50	58	84	<b>87</b>
	50	50	55	90	
<b>В1 (П+Т)</b>	50	50	63	74	<b>75</b>
	50	50	62	76	
<b>В2 (В+Т)</b>	50	50	60	80	<b>81</b>
	50	50	59	82	
<b>В3 (Ц+Т)</b>	50	50	61	78	<b>73</b>
	50	50	66	68	
<b>В4 (П)</b>	50	50	65	70	<b>71</b>
	50	50	64	72	
<b>В5 (В)</b>	50	50	65	70	<b>73</b>
	50	50	62	76	
<b>В6 (Ц)</b>	50	50	84	32	<b>32</b>
	50	50	84	32	

**Таблица №7 Водопроницаемость субстратов**

№ п/п	Субстрат	Номер параллельного измерения	Значение водопроницаемости, сек (время прохождения через слой почвы / время накопления слоя воды в 1 см)	Водопроницаемость образца, сек (как среднее арифметическое двух параллельных измерений), (время прохождения через слой почвы / время накопления слоя воды в 1 см)
1	<b>К (контроль)</b>	1	10/27	<b>11/27</b>
		2	11/26	
2	<b>В1 (П+Т)</b>	1	9/28	<b>10/28</b>
		2	10/27	
3	<b>В2 (В+Т)</b>	1	11/30	<b>10/29</b>
		2	9/28	
4	<b>В3 (Ц+Т)</b>	1	9/28	<b>9/27</b>
		2	9/26	
5	<b>В4 (П)</b>	1	8/14	<b>8/15</b>
		2	7/15	
6	<b>В5 (В)</b>	1	7/14	<b>6/14</b>
		2	6/14	
7	<b>В6 (Ц)</b>	1	4/7	<b>4/7</b>
		2	3/7	

**Таблица №8 Влагоемкость субстратов**

№ п/п	Субстрат	Номер параллельного измерения	Масса цилиндра с сухим субстратом, г, ( $m_1$ )	Масса цилиндра с субстратом, насыщенным водой, г, ( $m_2$ )	Значение влагоемкости ( $(m_2 - m_1) * 100 / m_1$ ), %	Влагоемкость образца, % (как среднее арифметическое двух параллельных измерений)
1	<b>К (контроль)</b>	1	74,25	130,5	75,8	<b>75</b>
		2	81,05	141,5	74,6	
2	<b>В1 (П+Т)</b>	1	72,80	126,4	73,6	<b>73</b>
		2	71,65	123,7	72,6	
3	<b>В2 (В+Т)</b>	1	67,45	116,5	72,7	<b>71</b>
		2	72,25	122,8	70,0	
4	<b>В3 (Ц+Т)</b>	1	78,15	137,3	75,7	<b>75</b>
		2	80,30	140,6	75,1	
5	<b>В4 (П)</b>	1	82,55	116,5	41,1	<b>42</b>
		2	77,60	110,5	42,4	
6	<b>В5 (В)</b>	1	102,5	155,5	52,0	<b>53</b>
		2	98,35	151,4	53,9	
7	<b>В6 (Ц)</b>	1	100,5	107,9	7,4	<b>8,0</b>
		2	103,0	111,3	8,1	

Объекты исследования



Рис.14 Семена растений



Рис.15 Семена растений на экспериментальных субстратах



Рис.16 Растения на субстрате торф + ZION



Рис.17 Растения на субстрате торф +вермикулит



Рис.18 Растения на перлит



Рис.19 Растения на субстрате вермикулит

Определение характеристик выращенных растений



Рис.20 Растения, извлеченные из субстрата



Рис.21 Надземная часть растений



Рис.22 Определение массы надземной части растений



Рис.23 Подготовка листьев растений к определению концентрации сахара



Рис.24 Экстракты для рефрактометрического анализа

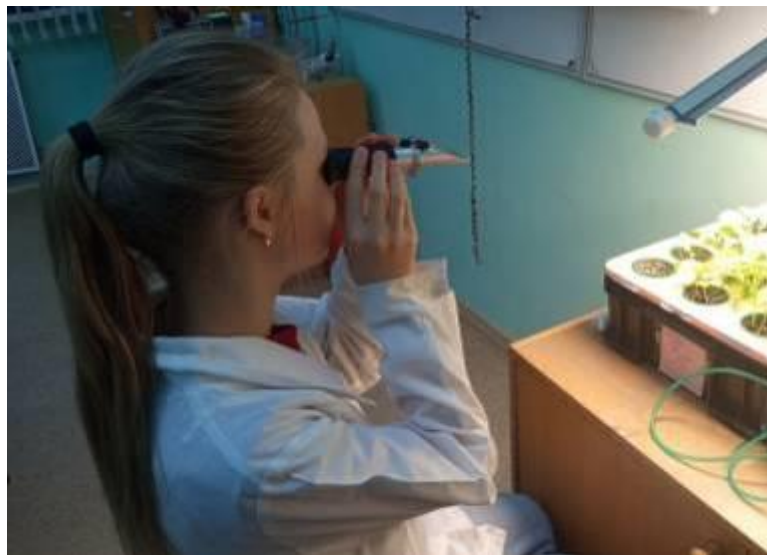


Рис.25 Работа с рефрактометром

**Таблица №9 Результаты взвешивания**

Образец	Номер повторности	Значение массы надземной части, г
Контроль руккола (торф)	1	0,435
	2	0,370
	3	0,225
	4	0,315
	5	0,445
	6	0,330
	7	0,220
	8	0,375
	9	0,215
	10	0,250
Контроль редис (торф)	1	1,005
	2	0,710
	3	0,990
	4	0,845
	5	0,770
	6	0,755
	7	1,015
	8	0,790
	9	0,940
	10	0,995
Контроль горчица (торф)	1	0,570
	2	0,440
	3	0,515
	4	0,495
	5	0,520
	6	0,385
	7	0,565
	8	0,405
	9	0,500
	10	0,465

Образец	Номер повторности	Значение массы надземной части, г
В1 руккола(перлит + торф)	1	0,315
	2	0,390
	3	0,330
	4	0,470
	5	0,305
	6	0,240
	7	0,235
	8	0,315
	9	0,325
	10	0,410
В1 редис (перлит + торф)	1	1,055
	2	0,855
	3	0,980
	4	0,995
	5	0,625
	6	1,070
	7	0,805
	8	0,855
	9	0,775
	10	0,895
В1 горчица (перлит + торф)	1	0,605
	2	0,590
	3	0,595
	4	0,580
	5	0,670
	6	0,510
	7	0,460
	8	0,600
	9	0,385
	10	0,415

Образец	Номер повторности	Значение массы надземной части, г
В2 руккола (вермикулит + торф)	1	0,315
	2	0,230
	3	0,365
	4	0,360
	5	0,370
	6	0,230
	7	0,275

Образец	Номер повторности	Значение массы надземной части, г
В3 руккола (зип + торф)	1	0,655
	2	0,695
	3	0,555
	4	0,405
	5	0,315
	6	0,450
	7	0,470

	8	0,255
	9	0,305
	10	0,290
В2 редис (вемикул ит + торф)	1	0,750
	2	0,770
	3	0,765
	4	0,785
	5	1,025
	6	0,900
	7	0,800
	8	0,770
	9	0,760
	10	0,965
В2 горчица (вермику лит + торф)	1	0,645
	2	0,500
	3	0,570
	4	0,475
	5	0,480
	6	0,410
	7	0,425
	8	0,480
	9	0,600
	10	0,465

	8	0,860
	9	0,395
	10	0,765
В3 горчица (zion + торф)	1	0,730
	2	0,575
	3	0,665
	4	0,630
	5	0,605
	6	0,755
	7	0,685
	8	0,735
	9	0,575
	10	0,600
В3 редис (zion + торф)	1	1,115
	2	1,140
	3	1,420
	4	1,075
	5	1,415
	6	0,915
	7	0,985
	8	1,150
	9	0,900
	10	1,275

Образец	Номер повторности	Значение массы надземной части, г
В4 руккола (перлит)	1	0,085
	2	0,080
	3	0,080
	4	0,080
	5	0,085
	6	0,075
	7	0,075
	8	0,070
	9	0,080
	10	0,065
В4 редис (перлит)	1	0,360
	2	0,325
	3	0,455
	4	0,225
	5	0,265
	6	0,350
	7	0,300
	8	0,325

Образец	Номер повторности	Значение массы надземной части, г
В5 руккола (вемикулит)	1	0,120
	2	0,100
	3	0,100
	4	0,145
	5	0,140
	6	0,105
	7	0,120
	8	0,125
	9	0,100
	10	0,115
В5 редис (вермикулит)	1	0,500
	2	0,620
	3	0,585
	4	0,690
	5	0,505
	6	0,670
	7	0,650
	8	0,660

	9	0,290
	10	0,280
В4 горчица (перлит)	1	0,180
	2	0,150
	3	0,170
	4	0,120
	5	0,090
	6	0,140
	7	0,135
	8	0,120
	9	0,095
	10	0,100

	9	0,665
	10	0,395
В5 горчица (вермикулит)	1	0,245
	2	0,260
	3	0,215
	4	0,235
	5	0,180
	6	0,215
	7	0,185
	8	0,230
	9	0,145
	10	0,205

Образец	Номер повторности	Значение массы надземной части, г
Контроль Открытый грунт (руккола)	1	5,37
	2	5,05
	3	3,21
	4	5,22
	5	5,63
	6	3,49
	7	3,52
	8	3,33
	9	4,08
	10	3,95
Контроль Открытый грунт (редис)	1	9,91
	2	8,07
	3	8,41
	4	7,62
	5	8,65
	6	10,38
	7	9,94
	8	10,11
	9	9,86
	10	7,53
Контроль Открытый грунт (горчица)	1	3,00
	2	2,34
	3	3,31
	4	3,33
	5	2,76
	6	2,85
	7	2,81
	8	3,64
	9	3,37

Образец	Номер повторности	Значение массы надземной части, г
Открытый грунт + ЦИОН (руккола)	1	4,50
	2	4,19
	3	4,49
	4	6,36
	5	6,74
	6	5,77
	7	5,90
	8	4,87
	9	5,03
	10	5,98
Открытый грунт + ЦИОН (редис)	1	11,41
	2	10,45
	3	10,57
	4	10,33
	5	8,29
	6	9,08
	7	7,95
	8	9,12
	9	8,81
	10	9,35
Открытый грунт + ЦИОН (горчица)	1	4,91
	2	3,52
	3	2,92
	4	3,76
	5	3,38
	6	3,49
	7	3,30
	8	4,01
	9	3,24

**Таблица №10 Результаты рефрактометрического анализа**

Образец	Номер повторности	Концентрация сахара в образце, %
Контроль руккола (торф)	1	5,00
	2	6,00
Контроль редис (торф)	1	4,00
	2	4,00
Контроль горчица (торф)	1	5,00
	2	6,00
В1 руккола(перлит + торф)	1	5,00
	2	5,00
В1 редис (перлит + торф)	1	4,00
	2	5,00
В1 горчица (перлит + торф)	1	5,00
	2	6,00
В2 руккола (вермикулит + торф)	1	5,00
	2	6,00
В2 редис (вермикулит + торф)	1	4,00
	2	5,00
В2 горчица (вермикулит + торф)	1	5,00
	2	4,00
В3 руккола (zion + торф)	1	6,00
	2	6,00
В3 горчица (zion + торф)	1	4,00
	2	6,00
В3 редис (zion + торф)	1	5,00
	2	5,00
В4 руккола (перлит)	1	4,00
	2	4,00
В4 редис (перлит)	1	3,00
	2	3,00
В4 горчица (перлит)	1	4,00
	2	4,00
В5 руккола (вермикулит)	1	4,00
	2	3,00
В5 редис (вермикулит)	1	4,00
	2	3,00
горчица (вермикулит)	1	4,00
	2	4,00
Контроль руккола (открытый грунт)	1	2,0
	2	2,0
Контроль редис (открытый грунт)	1	4,5
	2	4,5

<b>Контроль горчица (открытый грунт)</b>	1	3,0
	2	4,0
<b>Открытый грунт + ЦИОН руккола</b>	1	4,0
	2	3,0
<b>Открытый грунт + ЦИОН редис</b>	1	6,0
	2	6,0
<b>Открытый грунт + ЦИОН горчица</b>	1	6,0
	2	6,0