**ПРАВИТЕЛЬСТВО САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**

**КОМИТЕТ ПО ОБРАЗОВАНИЮ**

**Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение**

**средняя общеобразовательная школа №334 Невского района Санкт-Петербурга**

**192174, Санкт-Петербург, ул. Шелгунова д.23**

**Тел./факс 362-01-28**

Исследовательская работа

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОПОННОГО МЕТОДА**

**ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ГОРОХА**

**С ВНЕСЕНИЕМ МАКРОЭЛЕМЕНТОВ**

**Авторы работы:**

Кодомова Ирина Борисовна

Мирзамагомедова Хадижа Надировна

ученицы 7 «а» класса

**Руководители работы:**

Шкляева Анна Александровна

учитель биологии

Острецова Виктория Евгеньевна

учитель химии

Санкт-Петербург

2017

**СОДЕРЖАНИЕ**

|  |  |
| --- | --- |
| **ВВЕДЕНИЕ** | **3** |
| **ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ** |  |
| * 1. **Гидропонный метод выращивания растений** | **4** |
| * + 1. История гидропоники | 4 |
| * + 1. Сущность гидропонного метода | 6 |
| * 1. **Роль макроэлементов в жизни растений** | **9** |
| * 1. **Биологические особенности гороха посевного** | **12** |
| * + 1. Систематика | 12 |
| * + 1. Морфологические и физиологические особенности гороха посевного | 12 |
| * + 1. Фазы развития гороха | 13 |
|  |  |
| **ГЛАВА 2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ** |  |
| **2.1. Разработка схемы исследования** | **16** |
| **2.2. Объект исследования** | **16** |
| **2.3. Подготовка лабораторной посуды и оборудования для проведения опыта** | **17** |
| **2.4. Приготовление питательных растворов** | **18** |
| **2.5. Высадка проростков, отслеживание динамики роста** | **18** |
| **2.6. Регистрация результатов и методика их обработки** | **20** |
|  |  |
| **ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ** |  |
| **3.1. Анализ графика средних значений высоты растения по дням** | **22** |
| **3.2. Анализ графика средних значений количества листьев по дням** | **22** |
| **3.3. Анализ диаграммы веса растительной массы** | **23** |
| **3.4. Анализ средней длины корневой системы** | **24** |
|  |  |
| **ВЫВОДЫ** | **26** |
|  |  |
| **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ** | **27** |

**ВВЕДЕНИЕ**

Гидропоника – метод беспочвенного выращивания растений. Этот метод не новый. История гидропоники начинается еще в глубокой древности, научное же обоснование выращивания растений гидропонным методом было получено в XIX веке, когда было проведено тщательное изучение питания растений [7].

Актуальность изучения и применения гидропоники в современном мире не вызывает сомнения. При использовании данного метода отпадают трудоемкие работы по внесению удобрений, поливам, подкормкам, подсыпке почв, дезинфекции. Также открываются возможности более широкого применения автоматики, что сокращает трудовые затраты на выращивание овощей и способствует получению более ранних урожаев. Гидропоника позволяет выгодно использовать почвы, полностью разрушенные при добыче полезных ископаемых (например, при открытой добыче каменного угля), также становится возможным выращивание овощей в районах с отравленной, разрушенной или малоплодородной почвой.

**Целью** проведенного исследования является:

изучение отклонений в росте и развитии ростков гороха при выращивании гидропонным методом с внесением макроэлементов.

Для достижения цели исследования были поставлены следующие **задачи:**

1. Проследить динамику роста ростков гороха;
2. Проводить фиксацию и контроль морфологических признаков растений;
3. Сравнить показатели, полученные в опытах с внесением макроэлементов и в контрольных образцах.

**Объектом** исследования являются проростки гороха посевного (*Pisum sativum L).*.

**ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

* 1. **Гидропонный метод выращивания растений**
     1. **История гидропоники**

Гидропоника – это способ выращивания растений без почвы, при котором растение получает из раствора все необходимые питательные вещества в нужных количествах и точных пропорциях (что почти невозможно осуществить при почвенном выращивании). Слово гидропоника произошло от греч. υδρα – вода и πόνος – раствор, в итоге получаем «рабочий раствор» [1,7,11,18].

Первые упоминания о гидропонике появились в глубокой древности, когда люди начали заниматься выращиванием растений на искусственных средах. Однако, научное обоснование гидропоники появилось гораздо позже: в XVIII веке исследователи обнаружили, что растения поглощают необходимые минеральные вещества в виде неорганических ионов в воде. В естественных условиях почва действует как резервуар с минеральными питательными веществами, но сама почва не является необходимым условием для роста растений. Когда минеральные питательные вещества растворяются в воде, корни растений способны их поглощать[8].

В 1699 году натуралист и историк Джон Вудвард провел первый эксперимент, доказывающий, что растения получают питание из почвы и посредством воды. В своем опыте Вудвард продемонстрировал, что растения лучше растут в речной воде, чем в чистой, дистиллированной. Из этого он сделал вывод, что растения извлекают из воды нечто такое, что способствует их росту. Также он выращивал растения в воде, в которую добавлял различное количество почвы. Таким образом, Вудвард продемонстрировал, что чем больше в водной среде почвы, тем лучше рост растений и, следовательно, они получают из почвы нечто полезное[7,8,9].

После этого знания о физиологии растений развивались медленно. Понадобилось еще сто лет, чтобы другой ученый Джозеф Пристли продемонстрировал, что растения меняют состав воздуха вокруг себя. Впоследствии он показал, что растения поглощают углекислый газ и выделяют кислород. В 1779 году Ян Ингенхауз открыл, что для фотосинтеза растениям необходим свет. Итак, только на заре XIX века стали известны основные механизмы роста растений, однако какие именно элементы необходимы, оставалось непонятно[8].

В 1860 году немецкий ученый Юлиус фон Закс опубликовал формулу питательного раствора, который может быть растворен в воде и использован для выращивания растений. Вместе с агрохимиком Кнопом он заложил основы гидропоники. Также с этих самых пор, благодаря гидропонике, методом проб и ошибок, добавляя и подавляя элементы в питательном растворе, ученые смогли выяснить, какие элемент жизненно важны для роста растений, а какие нет[7].

Основателем современной гидропоники считается доктор Уильям Ф.Герик, который в 1920-1930 гг сделал большой вклад в развитие данного метода. Он первым вывел водную культуру из лаборатории и поставил на промышленную основу. Он также ввел термин «гидропоника». Его работа привлекла много внимания и имела большое значение[7,15].

В эти же годы Денис Р.Хогланд работал над питательными растворами для гидропонного выращивания растений. В 1933 году он обнародовал формулу своего питательного раствора, известного как «раствор Хогланда». Формула и по сей день остается эталонной для многих исследовательских лабораторий по растениеводству и применяется многими промышленными плантациями[7,15,16].

Наиболее крупная установка по выращиванию растений гидропонным методом была создана в советском институте под руководством проф. Д.Н. Прянишникова. Результаты работ этой значительной научной установки были практически реализованы советской полярной экспедицией уже в 1937 году. С 1936 года в СССР методом гидропоники начали выращивать овощные и цветочные растения в оранжереях. В Минске был разработан и успешно применялся метод аэропоники[8].

В 1940-1944 гг началось первое крупномасштабное применение гидропоники. На островах в Тихом океане армия США столкнулась с проблемой питания множества солдат, так как почва была там насыщена солью и неурожайна. Тогда прибегли к гидропонике и успешно использовали ее с 50-х гг [7,8].

Таким образом, с середины XX века было решено множество проблем, с которыми сталкивались при гидропонном выращивании растений. Сегодня гидропоника развивается быстрыми темпами и доступна как для коммерческого, так и для частного использования.

* + 1. **Сущность гидропонного метода**

При выращивании гидропонным методом растение питается корнями не в почве, а во влажно-воздушной, сильно аэрируемой водной, или твердой, но пористой влаго- и воздухоемкой среде, способствующей дыханию корней, и требующей сравнительно частого (или постоянно-капельного) полива рабочим раствором минеральных солей, приготовленным по потребностям этого растений. В качестве заменителей могут использоваться гравий, щебень, а также некоторые пористые материалы – керамзит, вермикулит, перлит и др[1,2,7,8,9].

В зависимости от того какой используется субстрат появились различные методы гидропоники[7]:

* Агрегатопоника - когда корни размещены в твердых инертных, неорганических субстратах – керамзите, перлите, щебне, песке, гравии и т.п.
* Хемопоника - субстратом служат мох, опилки, верховой торф и другие малодоступные для питания растений органические материалы;
* Ионитопоника субстрат из ионообменных материалов;
* Аэропоника - твердого субстрата нет, корни висят в воздухе затемненной камеры.

Итак, при выращивании гидропонным методом, корни растения находятся не в почве, а субстрате, заменителе почвы, который не имеет питательного значения, грубо говоря, субстрат просто создает опору развитию корневой системы. Преимущества гидропонного метода выращивания растений[8,9]:

* При применении настоящего способа существенно поднимается урожайность плодовых растений. Интенсивное цветение декоративных растений также доказывает положительное влияние гидропоники на их рост. Этот метод помогает снабдить растение всеми необходимыми ему полезными веществами. Оно растет крепким и здоровым, причем гораздо быстрее, чем в почве;
* Растение не накапливает вредных и пагубно влияющих на человеческий организм элементов, содержащихся в почве. Как правило, это ядовитые органические соединения, избыток нитратов, радионуклиды, тяжелые металлы и прочие. Особенно это актуально для плодовых растений. Ведь при использовании метода гидропоники растения получают только лишь полезные вещества;
* Растения не нуждаются в ежедневном поливе. И расход воды при гидропонике гораздо проще контролировать. Каждое растение требует исключительно индивидуального подхода. В зависимости от системы выращивания и объема емкости необходимо систематически доливать воду – одному растению раз в три дня, другому раз в месяц;
* При почвенном выращивании растения нередко страдают от пересыхания и недостатка кислорода, в случае переувлажнения. С применением способа гидропоники это совершенно исключено;
* Процедура пересаживания многолетних растений при использовании технологии гидропоники существенно облегчается. Ведь при пересадке их в почву корни в любом случае травмируются, в той или иной степени;
* Благодаря гидропонике можно избежать таких проблем, как вредители и всевозможные разновидности грибков и болезней, которые встречаются у растений, растущих в почве. Вопрос о применении ядохимикатов сам собой отпадает;
* Отпадает необходимость применения новой почвы, что значительно уменьшает затраты на процесс выращивания комнатных растений;
* С практической точки зрения за такими растениями легче ухаживать, нет грязи от земли, нет посторонних запахов, нет вредителей, которые могут завестись в почве, а потом распространиться и на помещение;

Минусы применения технологии гидропоники[8,9]:

* Изначально стоимость такого решения будет существенно выше, чем

приобретения обычного грунта;

* Нужно вложить много труда, чтобы самостоятельно собрать систему. Это займет немало времени и сил. А если приобрести уже готовую систему, то вам придется выложить определенную сумму. Плюс в том, что изначальные затраты и времени и денег окупятся с лихвой, поскольку растение начнет расти в несколько раз быстрее и ухаживать за ним будет намного легче.

Многие считают, то гидропоника это метод выращивания растений с применением химических удобрений, которые вредны для здоровья. Однако это ошибочное суждение, возникающее от незнания того, что такое гидропоника.

* 1. **Роль макроэлементов в жизни растений**

Элементы, количество которых в растениях составляет про­центы или десятые доли процента, называют макроэлементами. К ним относят азот, фосфор, серу, калий, магний и кальций; железо занимает промежуточное положение между макро- и микроэлементами[3,5,6].

**Азот.** Азот является одним из главнейших элементов корневого питания, так как входит в состав белков всех живых клеток (содержание азота в среднем 16-18%). Азот является составной частью нуклеиновых кислот (ДНК), входящих в состав ядра и являющихся но­сителями наследственности. Значение азота для растительной клетки определяется еще тем, что он является неотъемлемой частью хлорофилла — зеленого пигмента растений, от присут­ствия которого зависит фотосинтез; он входит в состав фермен­тов, которые регулируют реакции обмена веществ, и ряда вита­минов [3,5].

Азот необходим овощным растениям в течение всей жизни, так как они постоянно строят новые органы. Если растение испытывает недостаток в азоте, то это прежде всего сказывается на темпе роста. Новые побеги почти не образуются, размеры листьев уменьшаются. При отсутствии азота в старых листьях хлорофилл разрушается, вследствие чего листья принимают бледно-зеленую окраску, а затем желтеют и отмирают. При сильном голодании начинают желтеть листья средних ярусов, а верхние листья принимают бледно-зеленую окраску[3,5,6].

**Сера.** Сера входит также в состав ряда ферментов, белков, а также играет важную роль в обмене веществ и дыхании[3,5,6].

При отмирании корня в условиях, когда ему не хватает кислоро­да, серосодержащие соединения распадаются с образованием сероводорода, который ядовит для корня. Это одна из причин быстрой гибели корневой системы при затоплении ее и недостат­ке кислорода. Недостаток серы в питательном растворе наблю­дается редко. При недостатке серы, так же как и при недостатке азота, начинается разрушение хлорофилла, но первыми испыты­вают недостаток серы верхние листья[3,5,6,10].

**Фосфор.** Фосфор входит в состав сложных белков, а также в состав веществ, играющих большую роль в образовании мембран клетки. Фосфор также принимает участие и в таком важном процессе жизнедеятельности растений, как фотосинтез. Фосфор осо­бенно необходим в ранние периоды жизни растений. При отсут­ствии фосфора в начале жизни и при последующей подкормке растения фосфорными удобрениями листья растений некоторое время страдают из-за усиленного поступления фосфора и нарушенного в связи с этим азотного обмена. Вот почему особенно необхо­димо с первых дней жизни обеспечить растению хорошее усло­вие фосфорного питания[3,5,6,10,16].

**Калий.** Основная масса калия сосредоточена в клеточном соке. Калий участвует в образовании сложных веществ (крахмала, жиров, белков) из более простых. При недостатке калия на нижних листьях появляется краевой запал — края листовой, пластинки отмирают, листья приобретают характерную куполо­образную форму, на листьях появляются коричневые пятна. Об­разование коричневых пятен (некрозов) связано с нарушением азотного обмена и образованием в тканях трупного яда — путресцина [3,5,6].

### Кальций. Кальций поступает в растение в течение всей его жизни. Кальций содержится в цитоплазме и клеточном соке. Кальций входит в состав ядерного вещества, а потому играет большую роль в процессах деления клетки. Велика роль кальция и в образовании клеточ­ных оболочек, особенно в формировании стенок корневых воло­сков. При отсутствии кальция в питательном растворе очень быстро поражаются точки роста надземных частей и корня, так как кальций не передвигается из старых частей растения к молодым. Корни ослизняются, рост их почти прекращается или идет ненормально. В искусственной культуре на водопроводной воде обычно симптомы недостатка кальция не проявляются [3,5,6,10,15].

### Магний. Магний поступает в растения в меньших количест­вах, чем калий и кальций. Тем не менее, роль его в растении исключительна, так как магний входит в состав хлорофилла. Магний является чрезвычайно важным и для дыхательного об­мена. При недостатке маг­ния разрушается молекула хлорофилла, причем жилки листьев остаются зелеными, а участки тканей, расположенные между жилками, бледнеют. Это явление называется пятнистым хлоро­зом и очень характерно для недостатка магния [3,5,6,10].

### Железо. Железо принимает деятельное участие в образовании хлорофилла, а также входит в состав дыхательных ферментов. При недостатке же­леза развивается хлороз — хлорофилл не образуется, листья при­нимают характерную желтую окраску.

При недостатке железа изменяется не только окраска моло­дых листьев, но и фотосинтез; рост растений замедляется [3,5,6,10].

**1.3. Биологические особенности гороха посевного**

**1.3.1. Систематика**

Царство: Растения

Отдел: Цветковые

Класс: Двудольные

Порядок: Бобовоцветные

Семейство: Бобовые

Род: Горох

Вид: Горох посевной [14]

**1.3.2. Морфологические и физиологические особенности**

**гороха посевного**

Горох посевной – однолетнее травянистое вьющееся бобовое растение. Стебель полый, полегающий, высотой 40-250 см. Корневая система гороха стержневая, сильно разветвленная, глубоко проникающая в почву. Листья перистосложные, светло- или темно-зеленые, оканчиваются усиками. Прилистники крупные, сердцевидно-яйцевидные. Цветки обоеполые, самоопыляющиеся, мотыльковые. Цветет в июле-июне. Плод – боб длиной 3-15 см, в котором содержится от трех до 10 семян. Семена имеют разную форму, величину и окраску (желтая, розовая, зеленая). Масса 1000 семян колеблется от 40 до 400 г.

Горох достаточно холодостойкая культура, переносит заморозки до -4°C. Семена начинают прорастать при 1-2°C. Это позволяет выращивать его в самых северных районах, где еще возможно земледелие (до 68° северной широты). К тому же у него относительно короткий вегетационный период – от посева до созревания семян необходим срок от 65 до 140 суток. Наиболее благоприятная среднесуточная температура в период роста вегетативных органов составляет +12-16°C , при образовании генеративных органов оптимальная температура равна +16-20°C , при развитии и наливе семян +18-22°C . Горох светолюбивая культура. Для гороха необходимо много влаги, начиная от прорастания семян (для набухания требуется воды от 100 до 150% их массы) до образования плодов.

К почве горох очень требователен. Лучшие почвы для него – среднесвязаные суглинки и супеси, содержащие достаточное количество питательных веществ и извести. Малопригодны для гороха легкие песчаные и кислые почвы. По данным Д.Н. Прянишникова, оптимальные условия для роста и развития гороха складываются при pH 6-7 (нейтральная реакция почвы).

Эта культура обладает достаточно высоким потенциалом урожайности, который может достигать 5 т/га и более.

Семена гороха имеют высокую пищевую ценность, они легко усваиваются организмом человека. В них содержатся важные белки, витамины A, B1,B2, C и минеральные вещества. Также горох – ценная фуражная культура. Сельскохозяйственные животные хорошо поедают как семена гороха, так и силос, и соломенную резку и мякину[12,13,14].

**1.3.3. Фазы развития гороха посевного**

У растений гороха отмечают фазы всходов, бутонизации, цветения и созревания. Последние фазы отмечаются по ярусам, так как цветение и созревание происходят последовательно снизу вверх по стеблю. В одно и то же время генеративные органы, расположенные на разных ярусах, находятся на разных этапах органогенеза.

В вегетативном периоде гороха выделяют начальный и кончный этапы, когда фотосинтез отсутствует: первый этап – посев-всходы и второй - созревание, когда листья пожелтели и налив семян уже закончен, но содержание влаги в семенах еще высокое.

Первый период (от всходов до начала цветения) длится у гороха 30-45 дней, в зависимости от сорта и условий среды. В это время определяется густота растений. Вначале медленно, а затем все быстрее нарастает листовая поверхности, образуются и функционируют клубеньки.

Второй период (цветения и образования плодов) длится 14-20 дней. В это время быстро нарастают листовая поверхность и биомасса, продолжается, и концу периода завершается рост растений в высоту, одновременно происходят цветение и образование плодов. В конце этого периода отмечается максимальная площадь листьев и формируется основной показатель, определяющий будущий урожай, - число плодов в расчете на единицу площади. Это критический период в формировании урожая, когда из-за недостатка влаги, низкой активности симбиоза или других лимитирующих факторов может снизиться завязываемость плодов. С помощью последующих агротехнических мероприятий невозможно повысить урожай, если в этот период завязалось мало бобов. Чрезмерное разрастание вегетативной массы в это время неблагоприятно сказывается на формировании урожая семян.

В течение третьего периода происходит рост плодов, которые к его концу достигают максимальных размеров. В это время определяется число семян на единице площади. Суточные приросты биомассы высокие, как и во втором периоде. В конце третьего периода отмечается максимальный за вегетацию урожай зеленой массы.

В четвертом периоде происходит налив семян. Идет отток пластических веществ, особенно азота, из других органов в семена. Увеличение массы семян – главный процесс этого периода, завершающий образование урожая. В этот период определяется такой элемент продуктивности как масса 100 семян. Затем посев вступает в фазу созревания, когда влажность семян постепенно уменьшается[12,13].

Для нормального развития и получения высокого урожая гороха необходимо подкармливать его удобрениями, с высоким содержанием NPK. Кроме того, растению необходимы следующие элементы: магний, молибден, бор, медь, цинк, железо, сера, литий, никель[19].



Рис. Горох посевной

**ГЛАВА 2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ**

**2.1 Разработка схемы исследования**

Схема исследования разрабатывалась на основе изученных теоретических материалов о беспочвенном питании растений, особенностях данного объекта и влиянии на него макроэлементов.

1. Определение достаточного количества семян для проведения эксперимента, работа по их подготовке и проращиванию;
2. Подготовка лабораторной посуды и субстрата для проведения опыта;
3. Приготовление питательного раствора;
4. Высадка проростков, отслеживание динамики роста;
5. Замер и обработка растительных образцов;
6. Обработка и анализ результатов, построение графиков и диаграмм;
7. Выводы по исследованию.

**2.2. Объект исследования**

Семена гороха посевного (сорт ранний грибовский) для проведения исследования были приобретены в магазине. Фирма производитель «Аэлита», Москва.

При определении количества семян необходимых для опыта учитывалось:

1. Размер, форма, окраска семян;
2. Выращивание контрольных образцов и образцов с внесением макроэлементов;
3. Размещение ростков в индивидуальной таре;
4. Семена обладают разной всхожестью (временной и качественной).

Т.о. установленное количество семян по 10 штук в каждом опыте, всего для эксперимента – 20 штук. С учетом потерь при проращивании – 100 штук.

****

Подсчет и замачивание семян

**2.3. Подготовка лабораторной посуды и субстрата**

**для проведения опыта**

Для проращивания семян в качестве субстрата был выбран вермикулит (Пр-во СПб, Россия), а для выращивания ростков гороха – агроперлит (Пр-во Москва, Россия). Закладка семян производилась 3 октября, высадка в стаканы – 10 октября; опыт длился 21 день. Выращивание растений производилось в кабинете химии и биологии при естественном освещении.

Необходимое оборудование:

- стеклянные стаканы объемом 1000 мл – 10 шт;

- стеклянные стаканы объемом 100 мл – 10 шт;

- пластмассовые канистры объемом 5 л – 2 шт;

- пластиковые стаканы объемом 200 мл – 20 шт;

- стеклянные палочки для перемешивания жидкостей;

- воронки стеклянные – 5 шт;

- весы ученические;

- линейка.

**2.4. Приготовление питательных растворов**

Минеральные соли для приготовления растворов берутся в строго определенных количествах. Сначала их отвешивают в необходимом количестве и растворяют каждую отдельно в небольшом количестве воды.

В качестве питательного раствора (с содержанием макроэлементов) использовался известный раствор Кнопа.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Название солей** | **На 1 л** | **На 5 л** |
| Кальциевая селитра | 1 г | 5 г |
| Калийная селитра | 0,25 г | 1,25 г |
| Суперфосфат | 0,25 г | 1,25 г |
| Сульфат калия и магния | 0,25 г | 1,25 г |
| Хлористое железо | 0,0125 г | 0,0625 г |



Растворение веществ

**2.5. Высадка проростков, отслеживание динамики роста**

Выращивание проростков производилось в пластиковых стаканах разного цвета (согласно номеру опыта: №1 – синие, раствор с макроэлементами; №2 – желтые, водопроводная вода) объемом 200 мл.

Для высаживания были отобраны проростки одинаковой длины и высажены в стаканы с агроперлитом (по 20 г) и питательным раствором (объем питательного раствора 100 мл).

Ежедневно производился замер высоты растения от уровня субстрата и подсчет количества листьев у каждого экземпляра; фиксация показателей и фотографирование.

Раз в три дня производилось добавление питательного раствора по 50 мл.

На 12 день была установлена опора для каждого экземпляра.



Отбор растительных образцов



Подготовка субстрата и высадка гороха в агроперлит

**2.6. Регистрация результатов и методика их обработки**

Данные, полученные по ходу проведения эксперимента заносились в протокол.

Регистрации подлежат:

1. Дата;
2. Высота растений от уровня субстрата;
3. Количество листьев;
4. Вес растительной массы;
5. Максимальная длина корневой системы.

Полученные данные были использованы при построении сводного графика средних значений высоты растения по дням; графика среднего количества листьев; диаграммы среднего веса растительной массы и средней длины корневой системы.

В конце 21 дня эксперимента растения были извлечены из стаканчиков, помещены на чистый лист бумаги и произведено фотографирование образцов.

Произведен замер высоты ростков от семени и замер длины корней.

Растения каждого опыта взвешены, определена их общая масса и среднее значение.



Выращивание ростков гороха



Измерение высоты растений Измерение длины корней

**ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

* 1. **Анализ графика средних значений высоты растения по дням**

В целом динамика развития ростков в разных опытах схожая до 5 дня. Уровень роста растений во всех опытах примерно одинаков. С 5 дня растения в контрольном опыте стали отставать в росте, а растения опыта 1 с внесением макроэлементов имели некоторое преимущество.

В дальнейшем эта тенденция сохраняется до окончания опыта. К 21 дню среднее значение роста у растений в опыте 1 превышало среднее значение роста растений контрольного образца на 5%.

График средних значений высоты растений по дням

(синий цвет – опыт с внесением макроэлементов, желтый цвет – контрольный опыт)

* 1. **Анализ графика среднего значения количества листьев**

**по дням**

Подсчет количества листьев производился с 6 дня.

В целом растения обоих опытов приобрели 1,2,3 лист в течение первых 5 дней.

С 6 по 11 день тенденция к появлению листьев в обоих опытах была одинакова.

Начиная с 11 дня, контрольный образец показывает меньшее количество листьев по сравнению с опытом №1.

К концу проведения исследования среднее количество листьев у контрольного образца находится на уровне 5,4; у образцов с внесением макроэлементов среднее значение 6,3.

Кол-во листьев

График среднего количества листьев по дням

(синий цвет – опыт с внесением макроэлементов, желтый цвет – контрольный опыт)

* 1. **Анализ диаграммы веса растительной массы**

Вес вегетативной массы ростков (без корней) в опытах показывает наличие определенной зависимости от внесения макроэлементов.

В образцах с внесением макроэлементов наблюдается значительное превышение массы ростков в сравнении с контрольным образцом, которое составляет 61%.

Вес, г

Диаграмма веса растительной массы

(синий цвет – опыт с внесением макроэлементов, желтый цвет – контрольный опыт)

* 1. **Анализ диаграммы средней длины корневой системы**

При сравнении длины корневой системы прослеживается тенденция к увеличению длины корней в опыте с внесением макроэлементов. Разница в длине корней в опытах 1 и 2 составляет 27%.

Длина, мм

Диаграмма средней длины корневой системы

(синий цвет – опыт с внесением макроэлементов, желтый цвет – контрольный опыт)

**ВЫВОДЫ**

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Метод гидропоники является альтернативой методу выращивания растений в почве.
2. Морфологические признаки (высота растений, вес растений, длина корневой системы, количество листьев) зависят от внесения макроэлементов.
3. Выращивание с внесением макроэлементов является более эффективным.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Уильям Тексье. Гидропоника для всех. Mama editions. Paris, France. 2013.
2. Э. Зальцер. Гидропоника для любителей. М., Колос. 1965.
3. С.С. Медведев. Физиология растений. М.: Вече, 2004.
4. В.И. Фатьянов. Горох, фасоль, бобы. М.: Вече, 2005.
5. Н.И. Якушина, Е.Ю. Бахтенко. Физиология растений. М.: Владос, 2004.
6. <http://fizrast.ru/>
7. <http://gidroponika.com/>
8. <http://hydroponeast.com/>
9. <http://promgidroponica.ru/>
10. <http://agrodom.com/>
11. <http://www.ponics.ru/>
12. <http://selekcija.ru/>
13. <http://agronomiy.ru/>
14. <http://www.ecosystema.ru/>
15. <http://rastok.net/>
16. <http://floragrow.ru/>
17. http://.klub100let.ru/
18. <http://growsvet.ru>
19. <http://www.lib.ugsha.ru/>