

**НАУЧНО – ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНКУРС УЧАЩИХСЯ
«ОТКРЫТЫЙ МИР. СТАРТ В НАУКУ»**

Направление: «Инновационные технологии в агрономии»

Исследовательская работа

**«Влияние концентрации микроэлементов в
гидропонном растворе на содержание аскорбиновой
кислоты в листьях растений»**

Автор: Байбородова Елена Андреевна, 10 класс, 16 лет, обучающаяся
МБУДО «Станция юных натуралистов» Асбестовского городского округа

Научный руководитель: Столярова Оксана
Александровна, МБУДО «СЮН», педагог дополнительного образования, 1
КК, 89043832799, ok.stoliarova@yandex.ru

Образовательное учреждение: МБУДО «Станция юных натуралистов»
Асбестовского городского округа, Свердловская область, город Асбест,
проспект Ленина, 31/1, 83436570145, yunatasbest@list.ru

Свердловская область,

г. Асбест, 2023

Содержание

Введение	3
Введение	4
Теоретическая часть	6
Биологические свойства аскорбиновой кислоты.....	6
Зависимость содержания аскорбиновой кислоты от условий выращивания..	7
Гидропонная установка, её типы.....	8
Питательные растворы для гидропонных установок	10
Методика проведения исследования.....	12
Исследовательская часть	14
Заключение	19
Список источников информации	22
Приложения	25

Аннотация

Цель работы: оценить влияние микроэлементов марганца и бора в питательном растворе на концентрацию аскорбиновой кислоты в листьях растений в условиях гидропоники.

Объекты исследования (кресс-салат, базилик, горох) выращиваются на гидропонной системе по типу водной культуры. В качестве питательного гидропонного раствора используется раствор Кнопа.

Растения выращиваются на 7 экспериментальных растворах: контроль (раствор Кнопа), 3 раствора с добавлением разной концентрации марганца, 3 раствора с разной концентрацией бора.

Определение концентрации аскорбиновой кислоты проводится с помощью йодометрического метода количественного химического анализа.

В ходе проведения исследования определили, что добавление марганца в питательный гидропонный раствор оказывает стимулирующее действие на синтез аскорбиновой кислоты в листьях растений.

Определили рекомендуемую концентрацию внесения марганца в раствор Кнопа.

Эксперимент продолжается, на данном этапе растения кресс-салата, гороха и базилика выращиваются на питательной среде с добавлением разных концентраций бора.

Введение

Аскорбиновая кислота является одним из важнейших витаминов, который необходим человеку. Она принимает участие в огромном количестве биологических процессов. Значение аскорбиновой кислоты в организме человека переоценить невозможно. Однако витамин С не синтезируется в организме человека, а основным источником его поступления являются овощи и фрукты.

Но многочисленные исследования показывают, что за последние годы количество витаминов в овощах и фруктах, выращенных промышленным способом, резко снизилось.

Анализ показывает, что в среднем содержание витамина А в плодах снизилось на 18%, витамина С и железа на - 15%, фосфора - на 9%. В петрушке и укропе, например, стало на 30% меньше магния. А в капусте содержание кальция сократилось на 85% [16].

На синтез аскорбиновой кислоты в листьях растений влияют многие внешние факторы окружающей среды. А чтобы предупредить получение урожая с низким содержанием витаминов, нужно уметь регулировать и контролировать эти факторы. В этом и состоит **актуальность** нашего исследования. Ведь улучшение качества питания является одной из целью устойчивого развития РФ.

В прошлом учебном году мы установили, что на концентрацию аскорбиновой кислоты оказывают влияние агротехнические условия выращивания зеленых культур: температура и органоминеральное питание. Внесение комплексных удобрений способствовало увеличению концентрации витамина С в 1,5 раза. Мы решили определить, какие именно элементы стимулируют синтез аскорбиновой кислоты. Существуют литературные данные о том, что соли марганца и бора в субстрате увеличивают содержание аскорбиновой кислоты в листьях растений [6].

Поэтому мы решили определить концентрации марганца и бора, оказывающие наибольшее стимулирующее действие на синтез витамина С в листьях растений. В этом и заключается **практическая значимость** нашего исследования.

Гипотеза: мы предполагаем, что марганец и бор в питательном гидропонном растворе оказывают стимулирующее действие на синтез аскорбиновой кислоты в листьях растений.

Объект исследования: листья растений (кресс-салат, базилик, горох).

Предмет исследования: концентрация аскорбиновой кислоты в листьях растений.

Цель работы: оценить влияние микроэлементов марганца и бора в питательном растворе на концентрацию аскорбиновой кислоты в листьях растений в условиях гидропоники.

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

1. собрать гидропонную установку;
2. приготовить питательный раствор для гидропонной установки с добавлением марганца и бора в разных концентрациях;
3. вырастить объекты исследования (кресс-салат, базилик, горох) на приготовленных питательных растворах и провести контроль основных показателей гидропонной установки;
4. определить содержание аскорбиновой кислоты йодометрическим методом количественного химического анализа в листьях растений;
5. дать рекомендации о внесении микроэлементов (марганца и бора) в питательный гидропонный раствор.

Теоретическая часть

Биологические свойства аскорбиновой кислоты

Витамин С (аскорбиновая кислота) является одним из важнейших витаминов, который необходим человеку. Аскорбиновая кислота играет в организме человека фундаментальную биохимическую и физиологическую роль. Аскорбиновая кислота обнаружена во всех органах и тканях человека. Очень богаты ею ткани с интенсивным обменом, например, железы внутренней секреции [1]. Даже в небольших количествах витамин С может защитить основные молекулы в организме, такие как белки, липиды (жиры), углеводы, нуклеиновые кислоты (ДНК и РНК), от повреждения активными формами кислорода, которые возникают в процессе метаболизма, а также за счет воздействия токсинов и загрязняющих веществ [5].

Биологические свойства аскорбиновой кислоты в организме человека:

- *Антиоксидантные свойства.* Аскорбиновая кислота наряду с токоферолом, биофлаваноидами и ретинолом является биоантиоксидантом прямого действия [1].
- *Дезинтоксикационные свойства.* Аскорбиновая кислота обезвреживает множество ядовитых веществ, таких как тяжелые металлы, табачный дым, токсины возбудителей заболеваний и многие другие токсины [9].
- *Строительная.* Витамин С необходим для синтеза коллагена и проколлагена, которые необходимы для формирования соединительной ткани в организме человека [10].
- *Ферментные и гормональные свойства.* Аскорбиновая кислота необходима для синтеза многих ферментов и гормонов [9].
- *Защитные свойства.* Витамин С способствует улучшению иммунитета и противостоянию организма различным инфекциям, в том числе и вирусным [9].

- *Антиатеросклеротические свойства.* Аскорбиновая кислота предотвращает пероксидацию холестерина в составе липопротеинов низкой плотности и тем самым препятствует прогрессированию атеросклероза [1].

Зависимость содержания аскорбиновой кислоты от условий выращивания

Большее или меньшее содержание аскорбиновой кислоты зависит от видовых особенностей и возрастных изменений у растений, температуры и сроков хранения, способа кулинарной обработки и условий их выращивания. Еще в 30-х годах было установлено, что на Севере растения богаче витамином С.

Повышенное содержание этого витамина наблюдается и у растений, обитающих в горах. Это подтверждается специально поставленными опытами. Низкие температуры способствуют образованию витамина С. При относительно низких температурах витамин С образуется более энергично. При сравнительно высоких температурах идет и более энергичное разрушение этого витамина. Чем выше температура, тем меньше интенсивность его синтеза [6]. Повышение содержания аскорбиновой кислоты в растениях, произрастающих при пониженных температурах, имеет огромное биологическое значение, так как позволяет организму противостоять вредному действию низких температур [2].

На синтез витамина С оказывает влияние интенсивность света. Аскорбиновая кислота может образоваться при недостатке света и даже в темноте, но при хорошем освещении растений ее накапливается в тканях значительно больше.

Обеспеченность растений водой — не менее важный фактор, влияющий на синтез витаминов. В засушливых условиях, когда новообразование веществ в растениях замедлено, содержание в них витаминов также снижается.

Есть и другие методы воздействия, которыми тоже можно стимулировать образование витаминов в растениях. Это в первую очередь, конечно, воздействие через минеральное питание. Повышенные дозы азотных удобрений приводят к уменьшению в растениях витамина С. Наибольшее накопление этого витамина получается при внесении полного удобрения (азот, фосфор, калий, марганец, бор) [6].

Большую роль в биосинтезе витаминов играют микроэлементы. Многие опыты показывают, что подкормка растений бором, марганцем и другими микроэлементами стимулирует накопление витамина С в листьях и плодах. Марганец при этом активирует фермент, который принимает участие в образовании аскорбиновой кислоты [6].

Таким образом, температура, влага и свет — факторы, которыми можно влиять на витаминонакопление в растениях. То есть, регулируя данные факторы, мы можем влиять на синтез витаминов в выращиваемой продукции.

Гидропонная установка

Гидропонная установка представляет собой подобие емкости с питательной жидкостью, поверх которой устанавливается решетка или пенопласт с отверстиями для рассады. На решетке распределяется влажный субстрат (керамзит, торф, кокосовое волокно и др.), куда насыпают семена. Субстрат выбирают такой, чтобы не поддерживал размножение микроорганизмов, плесени и бактерий. Если вместо решетки применяется пенопласт, субстрат не нужен — в отверстия опускают корешки рассады, чтобы они касались воды [3].

Гидропоника классифицируется по способу подачи питательного раствора к растениям:

- **Фитильная система (рис.2, приложение №1).** Самый простой тип гидропонной системы. Система пассивна, это означает, что в ней нет движущихся частей. Питательный раствор из резервуара подается к растению при помощи фитилей [7].

- Система периодического затопления (**рис.3, приложение №1**). Метод также называют «методом притока и оттока». Многие системы, имеющиеся в продаже, имеют именно такой принцип работы. Работа системы периодического затопления осуществляется с помощью погруженного в воду насоса, соединённого с датчиком времени. Когда таймер приводит в действие насос, питательный раствор выталкивается в сосуд с растениями. Когда таймер выключает насос, раствор самотеком стекает обратно в резервуар [7].

- Система водной культуры (**рис. 4, приложение №1**). Самая простая из всех активных гидропонных систем. Поддерживающая растения платформа, обычно изготавливается из пенопласта и плавает прямо по поверхности питательного раствора. Воздушный насос с помощью пузырьков насыщает раствор кислородом, который растение поглощает с помощью корней в достаточном количестве [7].

- Система капельного полива (**рис.5, приложение №1**). Главный недостаток этой системы состоит в том, что при использовании некоторых наполнителей (гравий, керамзит, перлит) система становится чувствительна к отключению электроэнергии и неполадкам насоса или таймера [7].

- Техника питательного слоя (**рис.6, приложение №1**). В системах питательного слоя поток питательного раствора постоянен либо включается автоматически через короткие промежутки времени. Питательный раствор выталкивается к поддону с растениями (обычно в форме трубы либо короба) помпой или насосом, протекает по корням растений, а затем стекает обратно в резервуар. Как правило, растение содержится в небольшом пластиковом стаканчике, а корни касаются питательного раствора. Такие системы восприимчивы к отключениям электроэнергии, а также поломкам насоса.

- Аэропоника (**рис.7, приложение №1**). Аэропонная система, возможно, наиболее технологичный тип гидропонного садоводства. Как и в технике питательного слоя в системе под промежуточным слоем наполнителя находится воздух [7].

Изучив информацию о типах гидропонных систем, мы определили, что наша гидропонная установка по способу подачи питательного раствора относится к системе водной культуры.

Питательные растворы для гидропонной установки

Гидропонный питательный раствор представляет собой водный раствор удобрений и добавок стимулирующего и защитного действия. При этом как к удобрениям, так и к самой воде предъявляются весьма жесткие требования.

Важными параметрами качества воды являются уровень ее кислотности и электропроводность, характеризующая жесткость.

При повышенной жесткости в воде наблюдается слишком много ионов магния и кальция, которые будут блокировать усвоение других важных питательных веществ, впрочем, как если кислотность жидкости будет слишком высокой или слишком низкой [4].

Наиболее подходящий для развития растений диапазон кислотности находится между рН 5,5 и 6,5. При рН выше 6,5 железо, медь, цинк, бор и марганец перестают быть доступны растению. Бор усваивается растениями главным образом в виде борной кислоты, которая сохраняет свою молекулярную целостность приблизительно до рН 7,0. Таким образом, усвоение питательных элементов при рН 7,0 и выше может быть затруднено из-за выпадения ионов железа (Fe^{2+}), марганца (Mn^{2+}), фосфора (PO_3^{-4}), кальция (Ca^{2+}) и магния (Mg^{2+}) в виде нерастворимых и недоступных солей [15].

Оптимальный диапазон электропроводности от 1 до 6 мСм/см² [4].

Физиологически уравновешенными являются те растворы, количество и соотношение ионов в которых исключают их вредное влияние. Такие растворы обеспечивают нормальный рост, развитие и высокую продуктивность растений. Физиологическая уравновешенность раствора имеет особое значение в гидропонике, которая практически лишена буферных свойств твердой фазы почвы. При составлении физиологически

уравновешенных растворов необходимо учитывать разный характер взаимодействия ионов [8].

Гидропонный раствор состоит из воды и растворённых в ней питательных элементов. В зависимости от количества, в котором эти элементы требуются растениям, их условно подразделяют на две группы:

- *макроэлементы* (требуются растениям в больших количествах): азот (N), фосфор (P), калий (K), кальций (Ca), сера (S), магний (Mg), водород (H);
- *микроэлементы* (требуются растениям в крайне малых количествах): железо (Fe), хлор (Cl), марганец (Mn), бор (B), цинк (Zn), медь (Cu), молибден (Mo), никель (Ni).

В естественных природных условиях все эти элементы не существуют в чистом виде. Поэтому для изготовления питательного раствора они используются в составе водорастворимых соединений — простых солей и хелатов [15].

Для выращивания культур гидропонным методом в различных условиях существуют различные среды: раствор Кнопа, раствор Эллиса, раствор Геррике, Хогланда и др. (**приложение №2**) [11].

Раствор Кнопа является классическим, универсальным и популярным раствором для выращивания растений на гидропонике. Все питательные составляющие раствора находятся в такой форме, что легко усваиваются растениями. А кислотность такого раствора имеет показатель около 7,00 ед. [13].

Учитывая универсальные свойства питательного раствора Кнопа, а также наличие всех компонентов, необходимых для его приготовления, для проведения исследования выбрали именно этот питательный раствор

Методика проведения исследования

1. Собрать гидропонную установку
2. Приготовить питательную среду
3. Провести посадку семян
4. Вырастить объекты исследования и осуществлять контроль температуры, водородного показателя, электропроводности питательного раствора, и освещенности гидропонной установки
5. Определить содержание аскорбиновой кислоты в пробах кресс-салата, базилика и гороха, выращенных на питательных растворах с разным добавлением микроэлементов.

Приготовление питательной среды. Питательная среда Кнопа готовится в соответствии с **таблицей №1**. В среду добавляются микроэлементы марганца и бора в различных концентрациях.

Таблица №1 Состав питательной среды Кнопа [14]

№ п/п	Название соли	Концентрация соли, г/дм ³
1	Кальциевая селитра	1,0
2	Калия фосфат однозамещенный	0,25
3	Сульфат магния	0,25
4	Хлорид калия	0,125
5	Хлорид железа	0,125

Выращивание объектов исследования проводится в течении 1 месяца (30 дней) с соблюдением 16 – часового светового дня.

Смена питательного раствора производится 1 раз в неделю.

В течении всего периода выращивания необходимо не реже 1 раза в неделю с помощью датчиков цифровой лаборатории «Сенсор» проводить **контроль основных показателей работы гидропонной установки** (температура, водородный показатель, электропроводность питательного раствора, освещенность ламп).

Подготовка к анализу. Сбор объектов исследования производится на 30 дней после посадки. Перед проведением анализа срезать выращенные растения, из образцов каждого объекта исследования необходимо составить смешанную пробу. Для этого с разных образцов нужно отобрать небольшие пробы и соединить их.

Определение аскорбиновой кислоты проводится с помощью титриметрического (йодометрического) метода анализа (**Приложение №3**) [10].

Исследовательская часть

Всю работу проводили в соответствии с методикой проведения исследования.

Сбор гидропонной установки

В сентябре 2022 года мы собрали гидропонную установку (рис.8, приложение №3), в состав которой входит:

- каркас из труб ПП;
- ёмкость для воды (объёмом 10 литров);
- крышка с отверстиями для стаканчиков;
- светодиодные лампы 3000к
- таймер (для контроля светового дня);
- компрессор с распылителями.

Произвели настройку таймера на 16 часовой день. Время отключения – 00:00, время включения - 08:00.

Приготовление питательной среды

Для приготовления питательной среды Кнопа взвесили необходимое количество солей в соответствии с **таблицей №1** и растворили их в 8 литрах водопроводной воды.

Чтобы определиться с концентрацией марганца в питательном растворе, мы изучили состав формул других питательных гидропонных растворов [17]. Во многих из них отсутствует добавка в качестве солей марганца, но в некоторых - предполагается внесение марганца в разных концентрациях, от 0,25 до 0,8 мг/дм³. Мы остановили свой выбор на концентрации 0,8 мг/дм³ и экспериментально добавили ещё две концентрации - в два больше и в два раза меньше (**таблица №2**).

Таблица №2 Экспериментальные концентрация марганца и бора

№	Концентрация химического элемента в питательном растворе, мг/дм ³	
	Марганец (в составе MnSO ₄)	Бор (в составе H ₃ BO ₃)
1	B1 - 0,8	B4 - 0,3
2	B2 - 0,4	B5 - 0,15

3	B3 - 1,6	B6 - 0,6
---	----------	----------

Таким образом, в нашем исследовании представлены следующие варианты:

Контроль – раствор Кнопа.

B1 – раствор Кнопа + сульфат марганца (концентрация марганца в питательном растворе 0,8 мг/дм³)

B2 – раствор Кнопа + сульфат марганца (концентрация марганца в питательном растворе 0,4 мг/дм³)

B3 – раствор Кнопа + сульфат марганца (концентрация марганца в питательном растворе 1,6 мг/дм³)

B4 – раствор Кнопа + борная кислота (концентрация бора в питательном растворе 0,3 мг/дм³)

B5 – раствор Кнопа + борная кислота (концентрация бора в питательном растворе 0,15 мг/дм³)

B6 – раствор Кнопа + борная кислота (концентрация бора в питательном растворе 0,6 мг/дм³)

Учитывая ограниченное количество гидропонных установок (2 шт.), наш эксперимент разделен на четыре этапа:

- 1 этап – контроль и B1
- 2 этап – B2 и B3
- 3 этап – B4 и B5
- 4 этап – B6

Все этапы проводятся поочередно с соблюдением одинаковых микроклиматических условий.

Посадка семян

После сборки гидропонной установки и приготовления питательных растворов заполнили стаканчики торфом.

16 сентября 2022 года произвели посадку семян гороха, базилика и кресс-салата, по 5 стаканчиков каждого вида растений. Всходы растений появились на 3-4 день.

Контроль основных показателей питательного раствора (температура, водородный показатель, удельная электропроводность) проводился еженедельно. Результаты измерений представлены в **таблице №3**. В таблице указаны средние арифметические значения показателей за период выращивания объектов исследования.

Один раз в 7-10 дней проводили смену раствора.

Таблица №3 Контроль условий проведения эксперимента

Вариант эксперимента	Температура, °C	Водородный показатель, ед.рН	Удельная электропроводность, мСм/см	Освещенность, Лк
К	20,6	6,26	1720	7030
В1	20,8	6,25	1750	7045
В2	20,1	6,28	1761	7039
В3	20,2	6,23	1742	7028

Определение содержания аскорбиновой кислоты

Перед определением содержания аскорбиновой кислоты подготовили необходимые **реактивы (рис.9, приложение №3)**.

20 октября произвели срез растений, составили смешанную пробу. Для этого с разных образцов мы отобрали небольшие пробы и соединили их. Отмерили необходимую навеску объектов исследования с помощью электронных лабораторных весов **(рис.10, приложение №3)**. Данные взвешивания внесли в **таблицу №6 «Результаты титрования» (приложение №3)**. Измельченные в ступке образцы растений количественно перенесли в мерные колбы и отфильтровали полученный экстракт **(рис 11, приложение №3)**.

В соответствии с методикой проведения исследования провели определение аскорбиновой кислоты в образцах титриметрическим

(йодометрическим) методом количественного анализа (рис 12, приложение №3).

Результаты титрования отражены в таблице №6 (приложение №3). У всех образцов растений проводили параллельные измерения. За окончательный результат принималось среднее арифметическое значение двух полученных параллельных измерений. Расчёт концентрации аскорбиновой кислоты в исследуемых образцах представлен в таблице №4 «Расчёт концентрации аскорбиновой кислоты».

Таблица №4 Расчёт концентрации аскорбиновой кислоты

Вид растения	Параллель	Содержание аскорбиновой кислоты, мг%	Концентрации аскорбиновой кислоты (как ср. арифм. двух параллельных определение)
Контроль (базилик)	1	6,95	6,87
	2	6,78	
Контроль (горох)	1	58,67	56,2
	2	53,57	
Контроль (кресс-салат)	1	19,75	20,4
	2	21,05	
Вариант 1 (базилик) $C (Mn) = 0,8$ мг/дм ³	1	24,85	24,2
	2	23,61	
Вариант 1 (горох) $C (Mn) = 0,8$ мг/дм ³	1	84,51	85,9
	2	87,24	
Вариант 1 (кресс-салат) $C (Mn) = 0,8$ мг/дм ³	1	41,9	43,4
	2	44,9	
Вариант 2 (базилик) $C (Mn) = 0,4$ мг/дм ³	1	21,06	20,6
	2	20,06	
Вариант 2 (горох) $C (Mn) = 0,4$ мг/дм ³	1	73,3	76,0
	2	78,6	
Вариант 2 (кресс-салат) $C (Mn) = 0,4$ мг/дм ³	1	36,7	36,5
	2	36,3	
Вариант 3	1	26,70	25,5

(базилик) $C (Mn) = 1,6$ $мг/дм^3$	2	24,27	
Вариант 3 (горох) $C (Mn) = 1,6$ $мг/дм^3$	1	85,80	88,1
	2	90,31	
Вариант 3 (кресс-салат) $C (Mn) = 1,6$ $мг/дм^3$	1	45,90	44,8
	2	43,72	

Заключение

На данном этапе проведения исследования мы:

1. собрали две гидропонных установки, установили 16 часовой световой день

2. приготовили 4 питательных раствора (контрольный – раствор Кнопа, раствор Кнопа с добавлением марганца с концентрацией 0,4 мг/дм³, 0,8 мг/дм³ и 1,6 мг/дм³)

3. на приготовленных растворах вырастили три вида растений (базилик, горох, кресс-салат) с регулярным контролем основных параметров гидропонных установок. В период выращивания растений на разных этапах исследования параметры питательных растворов и гидропонных установок были одинаковы (таблица №3)

4. определили концентрацию аскорбиновой кислоты в листьях растений и сделали установили:

- добавление марганца в гидропонный питательный раствор оказывают стимулирующее действие на синтез аскорбиновой кислоты в листьях растений (рис.1)

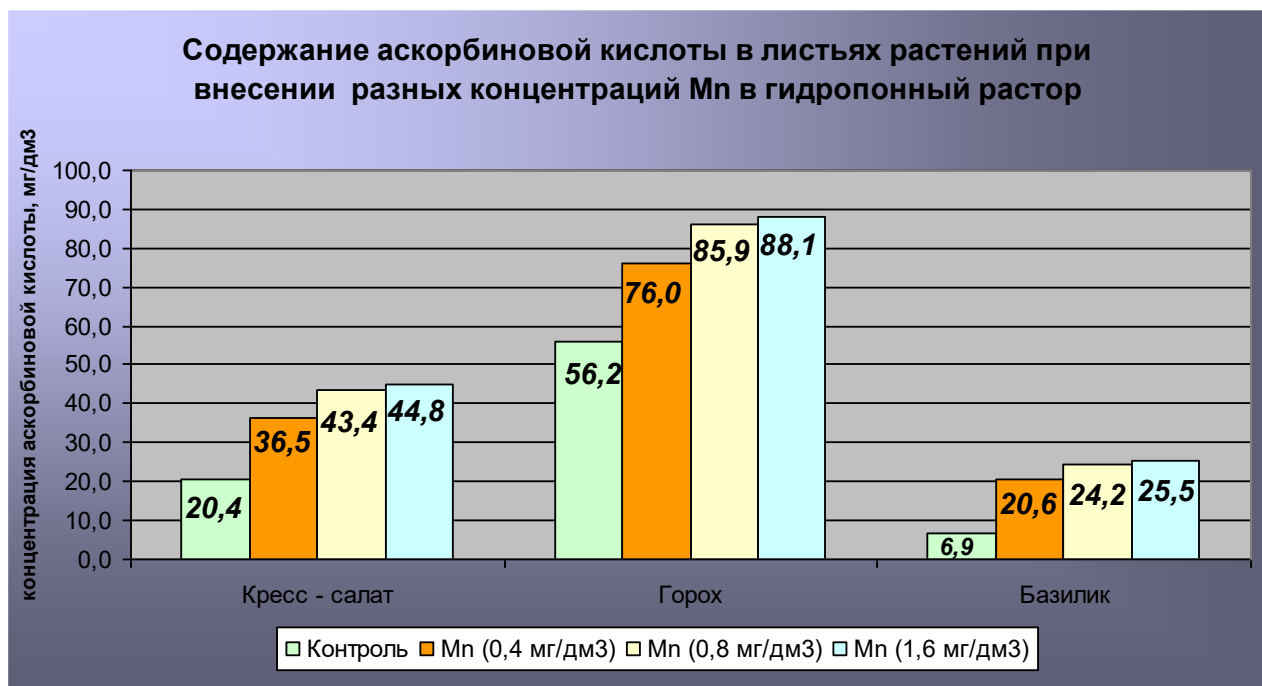


Рис.1 Содержание аскорбиновой кислоты в листьях растений, выращенных на гидропонном растворе с добавлением Mn в разных концентрациях

- однако с увеличением концентрации сульфата марганца в питательном гидропонном растворе различие в накоплении витамина С в листьях растений снижается (**таблица №5**). По таблице №5 видно, что при добавлении в питательный раствор марганца в концентрации 0,4 мг/дм³ концентрация аскорбиновой кислоты в листьях растений увеличивается в среднем в 2,1 раза (в листьях базилика – в 3 раза). Дальнейшее увеличение концентрации марганца в растворе в 2 и в 4 раза (0,8 мг/дм³ и 1,6 мг/дм³) приводит к незначительному увеличению концентрации витамина С в листьях растений с сравнении с меньшими концентрациями марганца

Таблица №5 Изменение концентрации аскорбиновой кислоты в листьях растений, выращенных на питательной среде с добавлением марганца, в сравнении с контрольным раствором

Объект исследования	Кратность увеличения концентрации аскорбиновой кислоты в листьях растений, выращенных на питательной среде с добавлением микроэлементов в разной концентрации, в сравнении с контрольным вариантом, <i>раз</i>		
	Mn (0,4 мг/дм³)	Mn (0,8 мг/дм³)	Mn (1,6 мг/дм³)
Кресс - салат	1,8	2,1	2,2
Горох	1,4	1,5	1,6
Базилик	3,0	3,5	3,7
Среднее значение	2,1	2,4	2,5

5. Учитывая полученные результаты, для увеличения содержания аскорбиновой кислоты в листьях растений в условиях гидропоники мы рекомендуем внесение марганца с концентрацией 0,4 мг/дм³

Наша гипотеза подтвердилась: добавление марганца в питательный гидропонный раствор оказывает стимулирующее действие на синтез аскорбиновой кислоты в листьях растений.

Эксперимент продолжается, на данном этапе растения кресс-салата, гороха и базилика выращиваются на питательной среде с добавлением разных концентраций бора.

В дальнейшем было бы интересно изучить:

- влияние других форм марганца (например, перманганат калия) на синтез витамина С
- влияние других микроэлементов и их соотношений на концентрацию аскорбиновой кислоты
- влияние микроэлементов на синтез других витаминов

Таким образом, регулируя факторы, влияющие на витаминизацию, а в частности, обогащая гидропонные растворы микроэлементами, можно предупредить получение урожаев с низким содержанием витаминов.

Список литературы и интернет-источников

1. Абдуллина Г.М., Кулагина И.Г., Тимирханова Г.А. Витамин С: классические представления и новые факты о механизмах биологического действия [Электронный источник] // Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vitamin-s-klassicheskie-predstavleniya-i-novye-fakty-o-mehanizmah-biologicheskogo-deystviya/viewer> (дата обращения: 06.12.2022 г.)
2. Бурченко Т.В. Зависимость содержания аскорбиновой кислоты в органах гравилата от ритма сезонного развития [Электронный источник] // Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» URL: [https://cyberleninka.ru/article/n/zavisimost-soderzhaniya-askorbinovoy-kisloty-v-organah-geum-urbanum-i-geum-rivale-geum-rosaceae-ot-ritma-sezonnogo-razvitiya/viewer](https://cyberleninka.ru/article/n/zavisimost-soderzhaniya-askorbinovoy-kisloty-v-organah-gravilata-ot-ritma-sezonnogo-razvitiya/viewer) (дата обращения: 26.12.2022 г.)
3. Гидропоника – что это и зачем применяется [Электронный источник] // Fertiliser Daily URL: <https://www.fertilizerdaily.ru/20200421-gidroponika-cto-eto-i-zachem-primenyaetsya/> (дата обращения: 01.02.2023 г.)
4. Как приготовить питательный раствор для гидропоники [Электронный источник] // Агро Дом URL: <https://agrodom.com/advice/kak-prigotovit-pitatelnyy-rastvor-dlya-gidroponiki/> (дата обращения: 08.09.2022 г.)
5. Махова А.А., Ших Е.В. Роль аскорбиновой кислоты и токоферола в профилактике и лечении заболеваний с точки зрения доказательной медицины [Электронный источник] // Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-askorbinovoy-kisloty-i-tokoferola-v-profilaktike-i-lechenii-zabolevaniy-s-tochki-zreniya-dokazatelnoy-medsiny/viewer> (дата обращения: 27.11.2022 г.)
6. Ничипорович А.А., Овчаров К.Е. Содержание витаминов в зависимости от условий [Электронный ресурс] // КПД зеленого листа, витамины в растениях URL: <https://lsdinfo.org/soderzhanie-vitaminov-v-zavisimosti-ot-uslovij/> (дата обращения: 05.11.2022 г.)

7. Основные типы гидропонных систем [Электронный источник] // Гидроном URL: <https://gidronom.ru/uroki/uroki-nachinaiushchego/1-osnovnye-tipy-gidroponnyh-sistem.html> (дата обращения: 27.11.2022 г.)
8. Особенности питания растений в беспочвенной культуре [Электронный источник] // Studfiles URL: <https://studfile.net/preview/5615013/page:18/> (дата обращения: 10.09.2022 г.)
9. Определение и свойства аскорбиновой кислоты [Электронный источник] // Studfiles URL: <https://studfile.net/preview/3557858/#2> (дата обращения: 05.10.2022 г.)
10. Определение аскорбиновой кислоты йодометрическим методом [Электронный ресурс] // Хелпикс URL: <https://helpiks.org/2-51114.html> (дата обращения: 24.09.2022 г.)
11. Питательный раствор для гидропоники: подробности и рекомендации [Электронный источник] // Гидроном URL: <https://gidronom.ru/uroki/uroki-nachinaiushchego/938-pitatelnyj-rastvor-dlja-gidroponiki.html> (дата обращения: 11.09.2022 г.)
12. Правила приготовления питательного раствора для гидропоники [Электронный источник] // Гидроном URL: <https://gidronom.ru/uroki/uroki-prodvinutogo/88-pravila-prigotovleniya-pitatelnogo-rastvora-dlya-gidroponiki.html> (дата обращения: 11.09.2022 г.)
13. Раствор Кнопа: особенности, приготовление и применение [Электронный источник] // MegaOgorod URL: <http://megaogorod.com/atricle/2767-kak-pravilno-prigotovit-rastvor-knopa> (дата обращения: 12.09.2022 г.)
14. Рыжак П. Рецепты питательных растворов [Электронный источник] // Гидропоника URL: <https://gidroponika.com/content/view/35/237/> (дата обращения: 09.09.2022 г.)

15. Токарев А. Гидропонный питательный раствор: теория в вопросах и ответах [Электронный источник] // Александр Токарев URL: https://alexandertokarev.ru/all/gidroponny-pitatelny-rastvor-voprosy-i-otvety/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F (дата обращения: 15.09.2022 г.)

16. Тотальный дефицит: почему в современных продуктах не хватает витаминов и минералов [Электронный источник] // Вятская губерния URL: <https://vg-media.ru/new-markets/totalnyi-defitsit-pochiemu-v-sovremiennykh-produktakh-nie-khvataet-vitaminov-i-mikroelementov> (дата обращения: 01.10.2022 г.)

17. Формулы питательных растворов для гидропоникм 1960 – 1993 года [Электронный источник] // Гидроном URL: [Формулы питательных растворов для гидропоники 1960-1993 года \(gidronom.ru\)](https://gidronom.ru/formuly-pitatelnykh-rastvorov-dlya-gidropioniki-1960-1993-goda) (дата обращения: 12.09.2022 г.)

Приложения

Приложение 1

Типы гидропонных установок [7]

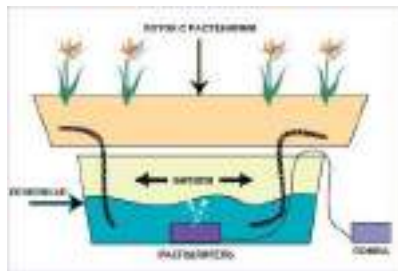


Рис. 2 Фитильная система



Рис. 3 Система периодического затопления

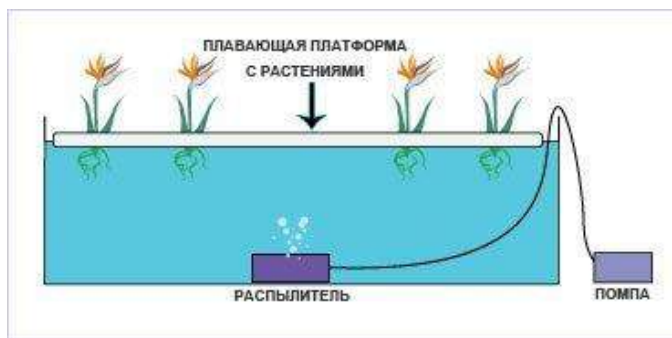


Рис. 4 Система водной культуры
полива

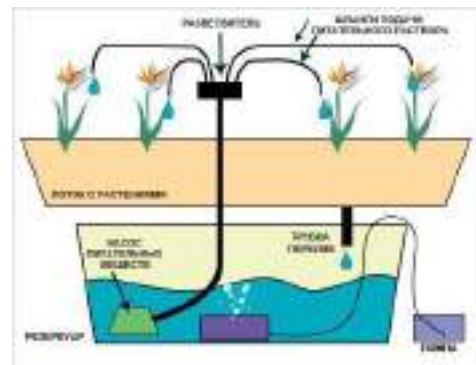


Рис. 5 Система капельного
полива

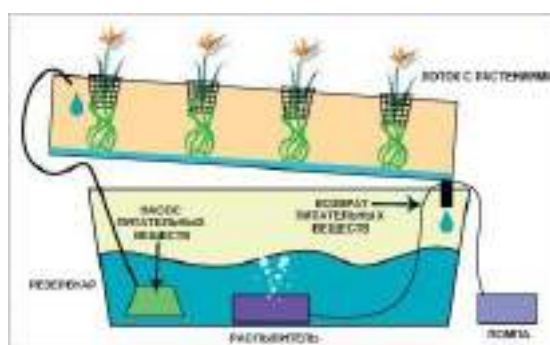


Рис.6 Техника питательного слоя

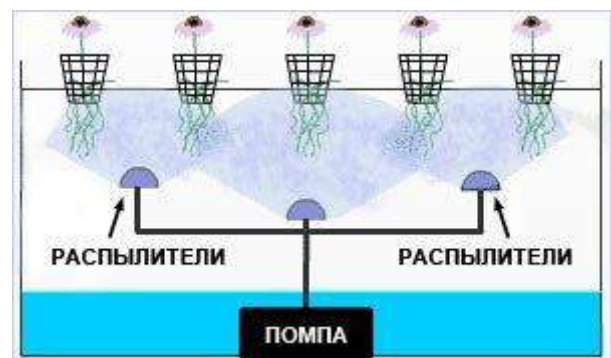


Рис.7 Аэропоника

Питательные растворы для гидропонных установок

Формула Кноппа (Knorr) 1865 год

Макроэлементы

pH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁼	Cl ⁻
-	244	24	-	168	-	206	57	32	-

Микроэлементы

Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo
немного	-	-	-	-	-

Формула Хогланда (Hoagland) 1919 год

Макроэлементы

pH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁼	Cl ⁻
6,8	200	99	12	284	-	158	44	125	18

Микроэлементы

Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo
по необход.	-	-	-	-	-

Формула Туманова (Tumanov) 1960 год

Макроэлементы

pH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁼	Cl ⁻
6-7	300	50	-	150	-	100	80	64	4

Микроэлементы

Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo
2	0,5	0,05	0,1	0,5	0,02

Формула Кидсона (Kidson)

Макроэлементы

pH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁼	Cl ⁻
5,5	340	54	35	234	-	208	57	114	75

Микроэлементы

Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo
2	0,25	0,05	0,05	0,5	0,1

Формула Пюрдье (Purdue)

Макроэлементы

pH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁼	Cl ⁻
-	200	96	-	390	28	70	63	607	-

Микроэлементы

Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo
20	0,3	0,02	0,05	0,5	-

Титриметрический метод определения концентрации аскорбиновой кислоты [10]

Необходимые реактивы и оборудование: 2 % раствор соляной кислоты, 1 % раствор йодида калия (KJ), 0,5 % раствор крахмала, 0,001 М раствор иодата калия (KJO₃), весы, микробюретки, пипетки на 1, 2, 5, 20 см³, мерные колбы вместимостью 100 см³, конические колбы вместимостью 250 см³, стаканы вместимостью 50 и 100 см³. воронки для фильтрования, бумажные фильтры, цилиндры мерные вместимостью 50 см³.

На технических весах взвешивают 10 г сырья, измельчают в ступке в течение 10 минут, затем количественно переносят в мерную колбу вместимостью 100 см³, доводят дистиллированной водой до метки, перемешивают и фильтруют через складчатый бумажный фильтр. В коническую колбу отбирают 20 см³ фильтрата, добавляют 1 см³ 2 % раствора соляной кислоты, 0,5 см³ 1 % раствора йодистого калия и 2 см³ 0,001 М раствором йодата калия до устойчивого синего окрашивания.

1 см³ 0,001 М раствора йодата калия соответствует 0,88 мг аскорбиновой кислоты. Содержание аскорбиновой кислоты рассчитывают по формуле:

$$X = (C_3 * 0,88 * C_1 * 100) / (H * C_2)$$

где X – содержание аскорбиновой кислоты, мг%;

C₁ – общий объем вытяжки, см³;

C₂ – объем вытяжки, взятый на титрование, см³;

C₃ – объем 0,001м раствора йодата калия, пошедшего на титрование опытного образца, см³;

H – масса навески, г.

Определение концентрации аскорбиновой кислоты в листьях растений



Рис.8 Объекты исследования



Рис.9 Необходимые реактивы



Рис.10 Пробоподготовка



Рис.11 Фильтрование экстракта



Рис.12 Титрование

Таблица №6 Результаты титрования

Объект исследования	Навеска, г	Параллельное измерение	Объём вытяжки взятой для анализа, см ³	Объём КЮз затраченный на титрование, см ³
Контроль (базилик)	9,50	1	20,0	0,15
		2	21,0	0,15
Контроль (горох)	5,00	1	19,5	0,65
		2	11,5	0,35
Контроль (кресс-салат)	9,90	1	18,0	0,40
		2	19,0	0,45
Вариант 1 (базилик) $C(Mn) = 0,8 \text{ мг/дм}^3$	4,66	1	19,0	0,25
		2	20,0	0,25
Вариант 1 (горох) $C(Mn) = 0,8 \text{ мг/дм}^3$	8,07	1	20,0	1,55
		2	20,0	1,60
Вариант 1 (кресс-салат) $C(Mn) = 0,8 \text{ мг/дм}^3$	7,35	1	20,0	0,70
		2	20,0	0,75
Вариант 2 (базилик) $C(Mn) = 0,4 \text{ мг/дм}^3$	9,40	1	20,0	0,45
		2	21,0	0,45
Вариант 2 (горох) $C(Mn) = 0,4 \text{ мг/дм}^3$	6,0	1	18,0	0,90
		2	14,0	0,75
Вариант 2 (кресс-салат) $C(Mn) = 0,4 \text{ мг/дм}^3$	9,69	1	23,5	0,95
		2	20,0	0,80
Вариант 3 (базилик) $C(Mn) = 1,6 \text{ мг/дм}^3$	8,24	1	18,0	0,45
		2	22,0	0,50
Вариант 3 (горох) $C(Mn) = 1,6 \text{ мг/дм}^3$	6,41	1	20,0	1,25
		2	19,0	1,25
Вариант 3 (кресс-салат) $C(Mn) = 1,6 \text{ мг/дм}^3$	6,71	1	20,0	0,70
		2	21,0	0,70