

Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение
«Средняя общеобразовательная школа №1 с. Александровское»
Экологический клуб «РостОк»
Томская область, Александровский район, с. Александровское,
ул. Советская, д. 32

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕД ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РАСТЕНИЙ МЕТОДАМИ ГИДРОПОНИКИ

Работу выполнили:

Воробьев Дмитрий Романович,
Когутяк Савелий Витальевич, 7 класс
Жданов Александр Иванович, 8 класс

Руководитель:

Жданова Ирина Гергардовна,
учитель биологии
МАОУ СОШ №1 с. Александровское

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Глава 1. Выбор и приготовление питательных растворов для эксперимента	5
1.1. Критерии выбора питательных растворов для выращивания растений.....	5
1.2. Расчет стоимости раствора и экономичность использования	6
Глава 2. Подготовка и проведение экспериментов по выращиванию растений на трех различных растворах	7
2.1. Разработка плана эксперимента	7
2.2. Подбор сортов растений для выращивания	7
2.3. Разработка эксперимента на основе изучения методик	8
2.4. Проведение первого эксперимента	8
2.5. Результаты проведения первого эксперимента	9
2.6. Вывод по первому эксперименту	14
2.7. Проведение второго эксперимента.....	14
2.8. Результаты проведения второго эксперимента	15
2.9. Вывод по второму эксперименту	17
Заключение.....	18
Список литературы и источников	19
Приложение 1	20
Приложение 2	25
Приложение 3	27

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования: гидропоника – технология выращивания растений на искусственных средах без почвы. Технологии гидропоники были открыты еще 20-х годах прошлого столетия (1920-30е годы доктор Уильям Герик – основатель современной гидропоники) [1], но стали как никогда актуальны в наше десятилетие, когда количество населения растет, а площадей, пригодных для выращивания здоровых культур становится все меньше и меньше.

Растения в гидропонике выращиваются на специальных растворах, которые содержат только необходимые растению макро и микроэлементы и ничего лишнего, в отличие от почвы, состав которой не всегда точно известен, а значит не безопасен.

В специализированных магазинах предлагаются уже многочисленные готовые питательные растворы, но их цена очень высока и экономически неэффективна, так как в итоге цена выращенной продукции в малых объемах будет заоблачной и вложения не окупятся. Дешевле научиться самим приготавливать растворы для растений, чем и занимаются многие гроверы – любители, которые часто не имеют даже базовых знаний химии и биологии. Сити- фермеры так же разрабатывают свои рецепты растворов, но удачные формулы держатся в строгом секрете или продаются за большие деньги. Найти удачную комбинацию раствора или готовый раствор, идеально подходящий для любого сорта растений – это залог успешности вашей сити – фермы.

Сравнение различных питательных растворов с точки зрения эффективности и экономичности использования актуально, так как позволит отработать собственную технологию выращивания в условиях помещения школы с помощью гидропоники и способствует дальнейшему развитию данной технологии в районе.

Проблема исследования: у гидропонного метода нет единой технологии, существует много вариантов питательных сред, разработанные различными учеными или компаниями в разные годы, но у каждого раствора есть как преимущества, так и недостатки, описанные в различных источниках как самими учеными, так и фермерами, которые их используют. Разобраться в эффективности какого-либо из них, выбрать подходящий среди готовых или разработать свой авторский состав, удовлетворяющий заданным условиям, возможно только экспериментальным путем.

Цель исследования: оценить возможность создания эффективного питательного раствора, подходящего для выращивания овощей и салатных культур методом сравнения, анализа и корректировки базового раствора.

Задачи:

1. Разработать критерии выбора питательных растворов для исследования;
2. Разработать состав экспериментального авторского раствора на основе имеющихся знаний и опыта для проведения исследования;
3. Разработать критерии, по которым будет произведена оценка эффективности растворов;
4. Разработать и провести эксперимент по выращиванию трех видов растений (огурцы, томаты и щавель) на трех различных средах;

5. Провести анализ полученных данных и сформулировать выводы, показывающие преимущество одного из видов питательного раствора в первом эксперименте;

6. Произвести корректировку в составе экспериментального авторского раствора (при необходимости) и провести повторный эксперимент по выращиванию тех же видов растений;

7. Определить раствор, имеющий лучшие показатели по большинству выбранных критериев и возможность использования авторского раствора для массового использования и расширения площади выращиваемых культур.

Объект исследования: особенности роста трех сортов растений, рекомендованные производителями для выращивания в закрытом грунте: томатов, огурцов и щавеля.

Предмет исследования: влияние различных питательных растворов на рост и развитие растений.

Гипотеза: предполагаем, что выращивая растения на различных растворах, сравнивая и анализируя показатели роста, возможно разработать недорогой раствор для гидропоники из доступных компонентов, не уступающий по эффективности дорогим зарубежным брендам, лидирующим на Российском рынке.

Оборудование: самодельные гидропонные установки технологии полного погружения, аэрационные компрессоры.

Использованные методы и их обоснование:

1. Сбор информации о растворах, применяемых для выращивания в гидропонных установках (изучение статей ученых, рекомендаций сити-фермеров, рейтинг популярности, составленный на основе опроса пользователей);

2. Метод культуры полного погружения – наиболее простой и недорогой в использовании и изготовлении;

3. Использование методики приготовления питательного раствора по Кнопу – является классическим методом приготовления раствора, подтвержденным и одобренным многими учеными и сити-фермерами;

4. Эмпирические методы:

– проведение эксперимента - вегетационным методом исследований. Этот метод позволяет детально расчлнить и выявить роль и значение отдельных факторов (в данном случае влияния раствора) на рост растений при регулируемых условиях (разработан Д. Н. Прянишниковым);

– наблюдение за процессами роста- ведение дневника наблюдений, куда вносятся данные по нескольким показателям роста с заданной периодичностью, а также дневника наблюдений за состоянием раствора и динамикой показателей ЕС, рН, ррМ;

– сравнительно-морфологический анализ результатов работы.

5. Математические методы – статистический, метод визуализации данных (графики, функции, таблицы).

Глава 1. Выбор и приготовление питательных растворов для эксперимента

Для исследования решено было выбрать два известных раствора, значительно отличающихся по стоимости, но зарекомендовавшим себя в гидропонике. Третий раствор решено составить самостоятельно с помощью калькулятора. При этом он должен состоять из доступных удобрений и соответствовать потребностям растений в основных питательных элементах.

1.1. Критерии выбора питательных растворов для выращивания растений

1. Известность автора или фирмы производителя;
2. Наличие исследований выращивания на данных растворах и большое количество отзывов и комментариев по результатам выращивания;
3. Стоимость раствора и экономичность использования (максимальная и минимальная);
4. Универсальность раствора – должен подходить для выращивания большинства культур.
5. Доступность информации о составе раствора.

Исследование информации на различных сайтах и блогах показало, что в России сложно найти исследования ученых по данному вопросу, зато предостаточно исследований блогеров, осуществляющих обзор данной темы и рекомендаций садоводов-любителей и сити-фермеров. По критериям высокой стоимости и малой экономичности был выбран состав фирмы (GHE) Tripart (Flora Series). Над ним работал американский химик Кэл Германн в 1970 г. Он получил задание НАСА создать раствор для выращивания растений в космосе без грунта. General Hydroponics Europe был основан в 1994 г во Франции. Генеральным директором компании является Уильям Тексье. GHE является крупнейшим производителем сельскохозяйственных культур, выращенных на искусственной питательной среде, без почвы. [2]

Второй раствор Кнопа является классическим раствором, созданным еще в 1865 году, на основе которого были созданы многие другие растворы. Решено было использовать его во -первых, как контрольный раствор, так как известны компоненты и их количество, в отличие от раствора Flora, где формулы веществ засекречены. Во- вторых, на базе раствора Кнопа решено было создать свой экспериментальный авторский раствор. Данный раствор был уже апробирован участниками проекта ранее, изучены его достоинства и недостатки в теории и на практике. Исследования, проведенные многими учеными, показали недостаток в растворе Кнопа микроэлементов [3] а также аммонийной формы азота, которая помогает поддерживать баланс pH (кислотности) раствора и повышает выработку энергии в растительных клетках. [4]

С исследованием выращивания растений на растворе Кнопа, проведенным клубом «РостОк» можно ознакомиться по ссылке https://disk.yandex.ru/i/gumZ5bLn3CIJ_g.

Третий раствор создан на основе контрольного раствора Кнопа с добавлением аммонийной формы азота (NH_4NO_3) и растворимого удобрения «Акварин» (буйские удобрения), содержащий необходимый набор

микроэлементов, который был выбран по рекомендациям сити-фермеров в различных сайтах и чатах. Состав раствора и механизм расчета приводится в *приложении 2*.

1.2. Расчет стоимости раствора и экономичность использования

Готовые растворы, предлагаемые различными фирмами для выращивания на гидропонных установках – это «дорогое удовольствие», которое не по карману учащимся школы, изучающим технологию. Большое влияние на увеличение стоимости оказывает известная торговая марка, поэтому значительно выгоднее будет создать собственное удобрение или использовать классический рецепт, находящийся в общем доступе. Все созданные удобрения содержат одни и те же основные химические элементы в схожих пропорциях и отличаются лишь по содержаниям микрокомпонентов. Учитывая отдаленность и труднодоступность региона, для составления растворов были выбраны компоненты, которые можно заказать в интернет-магазинах или купить в магазинах села. Сравнение показателей растворов, выбранных для проведения эксперимента представлено в таблице 1.

Таблица 1. Сравнение показателей растворов, выбранных для проведения эксперимента

№	Название раствора	Доступность информации о составе	Общая стоимость	Форма	Экономичность расхода
1	Flora Series	Только процентное содержание элементов	2500	(в наборе 3 бутылки по 0,5л)	250 л
2	Раствор Кнопа	Точный состав компонентов	1750	5 сухих компонентов в упаковках по 1 кг и 0,5 кг	1000 л
3	Экспериментальный раствор на основе Акварина	Точный состав компонентов, кроме Акварина – процентное содержание	1780	4 сухих компонента	1000 л

Из таблицы видно, что приготовление раствора Кнопа и экспериментального раствора гораздо дешевле приобретения готового известного. Это является одним из преимуществ самостоятельного создания питательных растворов. Но необходимо доказать его эффективность, иначе данный плюс не будет иметь весомого значения при выборе среды для выращивания.

Глава 2. Подготовка и проведение экспериментов по выращиванию растений на трех различных растворах

2.1. Разработка плана эксперимента

Изначально предполагалось, что в ходе эксперимента будут происходить корректировки, так как у команды недостаточно опыта для проведения исследований, а также следует учитывать разницу в скорости роста различных видов растений и влияние внешних абиотических и возможных биотических факторов, которые будут оказывать влияние на проведение эксперимента. Также возможны задержки с поставкой оборудования, так как логистика поставки в село Александровское постоянно дает сбой. Этапы работы представлены в таблице 2.

Таблица 2. Этапы работы

Этап	Время проведения	Ответственный
1.Подбор сортов растений для выращивания	Январь 2023г.	Жданов Александр
2.Изучение методик и разработка эксперимента	Январь 2023г.	Когутяк Савелий
3. Создание модели установок, расчет необходимого оборудования	Январь-февраль 2023г.	Воробьев Дмитрий
4. Выбор готового раствора и рецептов растворов для самостоятельного изготовления.	Январь 2023г.	Жданов Александр
5. Заказ необходимого оборудования и компонентов для изготовления растворов	Январь 2023г.	Жданов Александр
6. Подготовка рассады для эксперимента	Февраль 2023г.	Воробьев Дмитрий
7. Проведение 1 эксперимента,2 эксперимента 1) Контроль работы установки, ее санитарно-гигиенического состояния 2) Изготовление растворов, контроль их состояния, замена растворов. 3) Разработка параметров, измеряемых у растений, составления графика замеров, занесение данных в дневник наблюдений. 4) Проведение регулярных измерений, анализ показателей, наблюдение за ростом, своевременное выявление проблем и их решение	Январь-июнь Июль-декабрь 2023г.	Воробьев Дмитрий Жданов Александр Когутяк Савелий Все участники группы

2.2. Подбор сортов растений для выращивания

При выборе сортов растений для проведения эксперимента были использованы следующие критерии:

1. Невысокая цена пакета семян и доступность приобретения;
2. Известная фирма- производитель семян, зарекомендовавшая себя в России;
3. Растения, рекомендуемые к выращиванию на небольших пространствах или в закрытом грунте;
4. Партенокарпические сорта (самоопыляемые) – для огурцов и томатов;
5. Высокая энергия прорастания и всхожесть семян.

Виды семян для проведения экспериментов представлены в таблице 3

Таблица 3. «Выбор семян для проведения экспериментов»

Вид растения	1 эксперимент	2 эксперимент
1. Томат Lycopersicum Solanum	Балконный дуэт (черри) (фирма «Цветущий сад»)	Пазушные черенки от сорта Балконный дуэт
2. Огурец Cucumis sativus	Ванюша F1 – фирма «Аэлита»	Ванюша F1 – фирма «Аэлита»
3. Щавель Rumex acetosa	Бельвийский – фирма «Аэлита»	Бельвийский – фирма «Аэлита»

2.3. Разработка эксперимента на основе изучения методик

При подборе подходящих методик для проведения экспериментов было необходимо учесть несколько факторов:

1. Ограниченность средств для проведения эксперимента;
2. Наличие небольшого пространства, которое также является учебным помещением;
3. Различные параметры исследуемых растений и необходимую площадь каждому из них;
4. Необходимость использования трех видов растворов и разделения растений на группы.

Используя морфологические особенности каждого вида растений, на основе общепринятых методик были выбраны следующие показатели для измерений [6].

Измеряемые параметры, анализируемые для сравнения роста и развития растений:

Огурцы и томаты:

1 этап – рост.

1. Время появления первого, второго настоящего листа и появление остальных листьев с момента пересаживания на питательный раствор;
2. Длина стебля с периодичностью 1 раз в 7 дней;
3. Качество корневой системы;

2 этап – цветение и плодоношение

1. Время появления первых цветков и плодов;
2. Количество и масса плодов;
3. Содержание сахара в плодах.

Щавель:

1. Средний размер листьев;
2. Среднее количество листьев на 1 куст;
3. Качество корневой системы;

2.4. Проведение первого эксперимента




Сроки проведения: 20 января – 10 июля 2023 года.

Для эксперимента использовалась технология полного погружения (DWC). Раствор постоянно находился в контейнерах. Регулярно контролировался уровень pH и ppm, раствор корректировался согласно рекомендуемым показателям путем увеличения концентрации или разбавления дистиллированной водой. К каждому контейнеру подавался кислород через

систему аэрации. Технические составляющие эксперимента и дневник наблюдений приведены в *приложении 1*. Распределение растений в ходе проведения первого эксперимента представлены в таблице 4.

Таблица 4. Распределение растений в ходе проведения первого эксперимента

	Огурцы	Томаты	Щавель
Раствор Флора	6 растений в 2 контейнерах	9 растений в 9 контейнерах	12 сетчатых горшков по 3 растения на 1 установке
Раствор Кнопа	6 растений в 2 контейнерах	9 растений в 9 контейнерах	12 сетчатых горшков по 3 растения
Экспериментальный раствор	6 растений в 2 контейнерах	9 растений в 9 контейнерах	12 сетчатых горшков по 3 растения

	<p>Фото 1 – Постановка эксперимента - томаты</p>		<p>Фото 2 – Постановка эксперимента – огурцы</p>
		<p>Фото 3 – Постановка эксперимента - щавель</p>	

2.5. Результаты проведения первого эксперимента

В ходе роста возникали хлорозы растений, при чем на всех растениях, независимо от типа раствора, поэтому был сделан вывод, что на заболевания повлияли внешние факторы, а не состав раствора. Одной из причин является резкие перепады влажности от 40 до 80%, так как растения увлажнялись вручную. Вторая причина – недостаток света в зимнее время.

Щавель. Первые показатели принес щавель. Дав дружные всходы 16 января, к 16 февраля он уже полностью созрел. С каждой установки были взяты по 6 кустов из разных участков и составлены вариационные ряды. (*Приложение 1*)



Рисунок 1 – Средние показатели длины и количества листьев щавеля на выборке из 6 кустов

На графике видно, что самые длинные листья выросли у щавеля на растворе «Флора» - 13,3 см, а самые короткие на растворе «Кнопа» -10 см. Но при этом щавель, выросший на экспериментальном растворе, дал самое большое количество листьев со средним значением от восьми до трех сантиметров.

Вкус щавеля различался не сильно. Участникам исследования больше всего понравился щавель, выросший на растворе «Кнопа» - со средней кислинкой, в меру сочный. Вкус щавеля на экспериментальном растворе показался более пресным, но очень сочным. «Флора» понравился участникам меньше всего – самый пресный и не такой сочный, как остальные.

Огурцы. Семена огурцов были посажены 15 марта и показали всхожесть более 90%. Для эксперимента были отобраны самые сильные и 27 марта саженцы, имеющие по 1 настоящему листку, были высажены на установки с растворами. 3 апреля все растения имели по трем настоящим листьям. Несмотря на одинаковые исходные условия, растения развивались с разной скоростью даже на одном растворе и одинаковых условиях, что говорит о различных наследственных признаках.

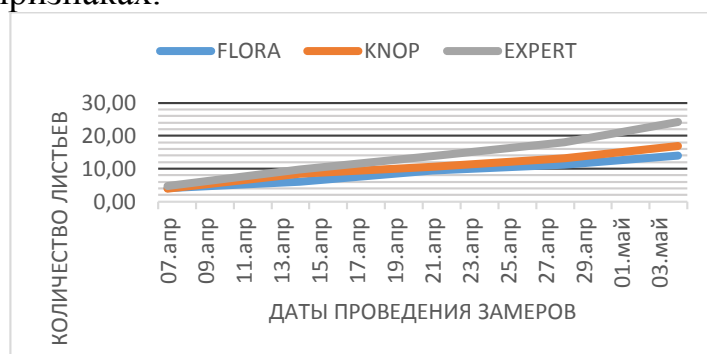


Рисунок 2 – Количество формирующихся листьев огурцов на растворах разного типа

На графике видно, что со временем огурцы, растущие на экспериментальном растворе, немного обгоняют другие по количеству листьев.

Оценка качества корневой системы показала, что лучше всего корни развивались на растворе «Кнопа» - 5 баллов из пяти, экспериментальный раствор получил 4 балла, а огурцы раствора «Флора» только 3 балла из-за того, что два из шести огурцов совсем прекратили рост и развитие и не выросли более метра, хотя цвели и пытались сформировать огурчики. Критерии оценки качества корневой системы приведены в *приложении 4*.

По количеству собранных плодов лидирует раствор «Кнопа». Огурцов, выросших на экспериментальном растворе, собрано в два раза меньше, а на «Флоре» выросло всего 285г огурчиков. Количество огурцов было замерено только на начальной стадии, оставалось еще много молодых плодов, но по техническим причинам эксперимент был прекращен (ремонт школы в летний период).

Общее число созревших плодов (корнишонов) на начальном этапе представлено в таблице 5.

Таблица 5. Общее число созревших плодов (корнишонов) на начальном этапе (май-начало июня), штук

FLORA	KNOP	EXPERT
7	52	37

Общий вес созревших плодов (корнишонов) на начальном этапе представлен в таблице 6

Таблица 6. Общий вес созревших плодов (корнишонов) на начальном этапе (май-начало июня), грамм

FLORA	KNOP	EXPERT
285	3570	1780

Так же был сделан замер количества сахара в плодах по шкале Brix (1 г сахарозы на 100 грамм водного раствора). Как видно из таблицы, самые сладкие – это огурцы, выросшие на экспериментальном растворе, а меньше всего сахара в растворе «Кнопа». Содержание сахара в плодах огурцов, по шкале Brix представлено в таблице 7.

Таблица 7. Содержание сахара в плодах огурцов, по шкале Brix

FLORA	KNOP	EXPERT
8,1	7,5	8,5

Томаты. Томаты были посажены на рождество, 7 января, очень долго прорастали и 20 января были помещены на растворы совсем маленькими ростками в общие емкости. 23 февраля окрепшие побеги были высажены в индивидуальные емкости (*приложение 1*). В течение двух месяцев (с февраля по март) томаты росли очень медленно, так как температура в помещении не поднималась выше 22 градусов, и только в апреле, с наступлением весны, рост побегов пошел в полную силу, что видно на графике. (*рисунок 3*) При этом скорость роста примерно одинаковая на всех трех растворах.

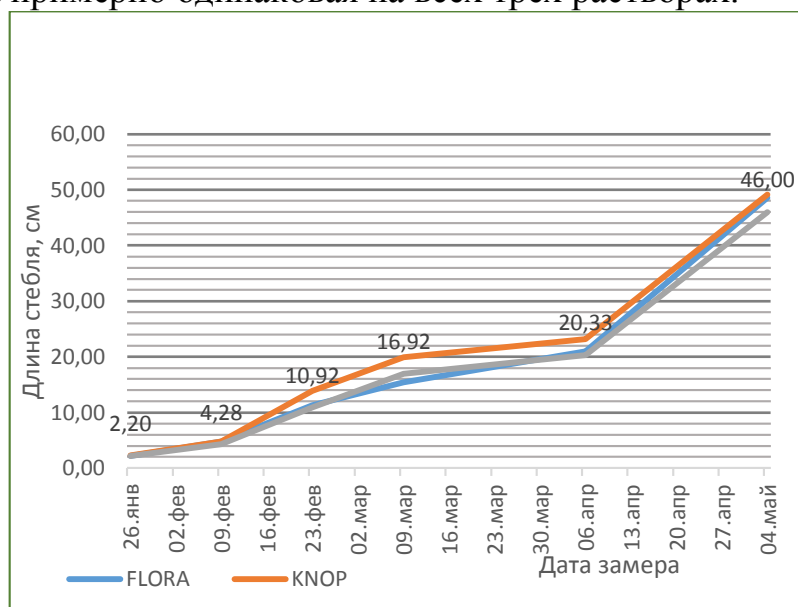


Рисунок 3 – Скорость роста стебля томата на разных растворах

Так же первые два месяца (февраль и март) формирование листьев шло примерно одинаково. До середины марта среднее число листьев 9 образцов каждого из трех растворов практически одинаково, но к концу апреля данный показатель начал сильно отличаться. (*рисунок 4*) Томаты, растущие на растворе «Кнопа» стали желтеть и терять листья. При этом они начали плодоносить раньше всех, но их рост прекратился уже в начале мая. Смена раствора, добавление азота и железа, как возможных причин межжилкового хлороза результатов не давали. К середине мая такая же ситуация постигла и томаты,

растущие на растворе «Флора», где раствор был сбалансирован производителями идеально. Томаты, растущие на экспериментальном растворе, наоборот, обладали яркой зеленой листвой, но опаздывали с плодоношением.

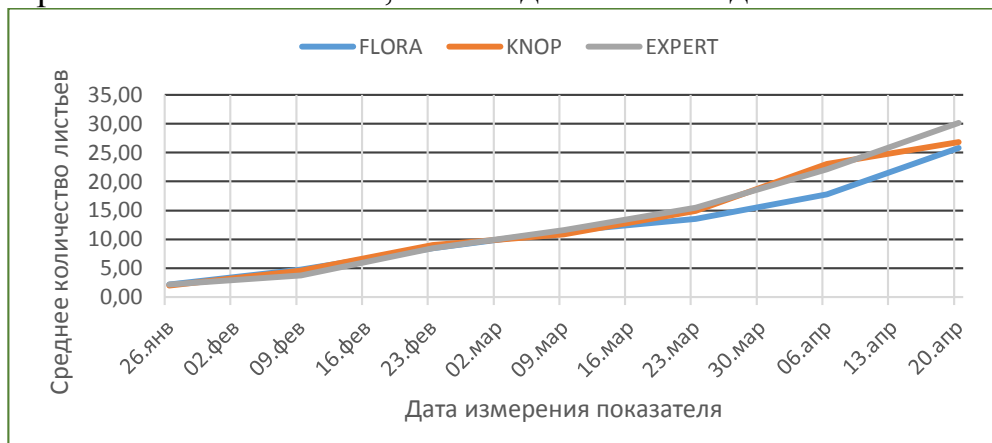


Рисунок 4 – Среднее количество листьев на томатах, растущих на разных растворах

На графике (рисунок 5) видно, что только пять кустов из девяти образуют плоды на растворе «Флора». Остальные остановились в развитии и наблюдается задержка в формировании плодов (фото 4).

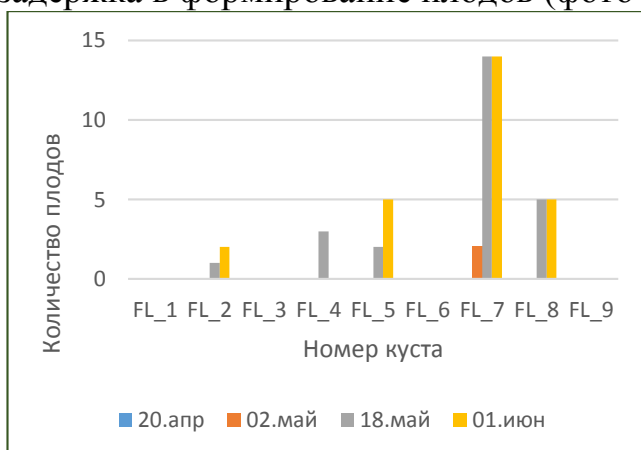


Рисунок 5 – Количество плодов томатов, выросших на растворе «Flora»



Фото 4 – Состояние томатов на растворе «Flora» на 1 июня 2023 года

Томаты на растворе Кнопа раньше всех начали формировать плоды. Уже 20 марта на кусте №3 появился первый плод, который созрел 24 апреля. Кусты номер 2,3,4 начали плодоносить раньше всех, но к началу июня, после созревания первых плодов, стали болеть, терять листья и новых плодов уже не дали. Кусты 5,8 и 9 остановились в развитии. (фото 5)

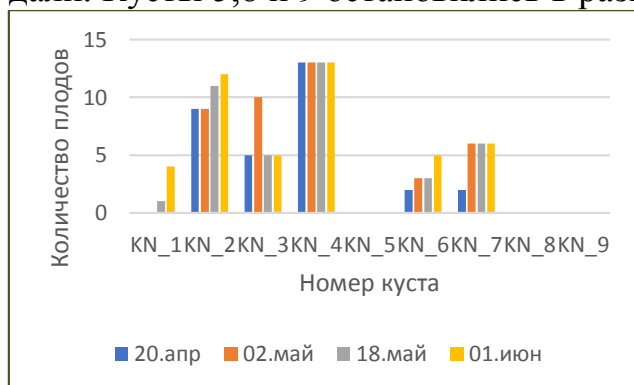


Рисунок 6 – Количество плодов томатов, выросших на растворе «Кноп»



Фото 5 – Состояние томатов на растворе «Кноп» на 1 июня 2023 года

Томаты на экспериментальном растворе начали образовывать плоды только в начале мая. Это связано с составом раствора. Разработанный раствор с большим содержанием двух форм азота (нитратный и аммонийный), способствовал росту зеленой массы, о чем говорит пышная зеленая листва). После доработки раствора, увеличения количества калия и фосфора томаты начали плодоносить. Как и в растворах «Флора» и «Кноп» были кусты с задержкой роста, которые так и не образовали плодов – это кусты 6 и 8. (рисунок 7) Но остальные томаты продолжали расти, развиваться, а позже и плодоносить и не подвергались болезням и угнетению. (фото 6)

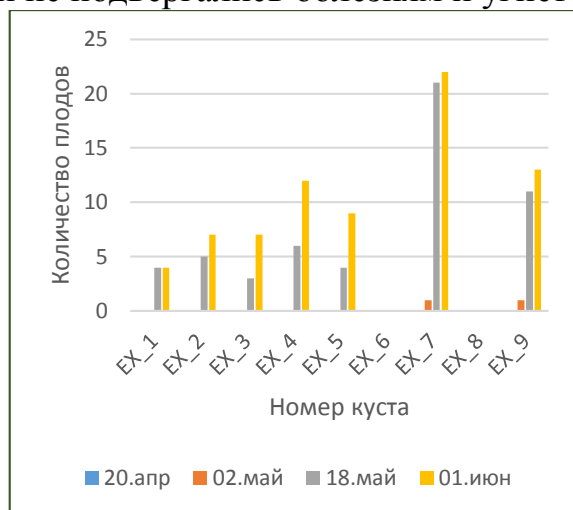


Рисунок 7 – Количество плодов томатов, выросших на экспериментальном растворе



Фото 6 – Состояние томатов на растворе «Expert» на 1 июня 2023 года

Результаты по окончанию эксперимента 19 июня 2023 года представлены в таблице 8.

Таблица 8. Основные показатели плодоношения томатов, выращенные на разных растворах

томаты	FLORA	KNOP	EXPERT
Общее количество плодов	26	45	84
Общий вес, грамм	72	245	602
Максимальный вес одного плода, грамм	4,6	7,2	8,1
Средний вес, грамм	2,6	3,0	6,9

Эксперимент был прекращен досрочно по техническим причинам (летний ремонт школы). Томаты, выросшие на экспериментальном растворе, были высажены в теплицу и прекрасно прижились в почве, продолжив плодоносить (фото7).



Фото 7 – Томаты, выросшие на экспериментальном растворе, адаптировались к почве в тепличных условиях

2.6. Вывод по первому эксперименту

Эксперимент показал, что питательный раствор, применяемый для выращивания растений методами гидропоники играет одну из ведущих ролей, однако и другие факторы имеют важное значение. Одним из таких факторов является наследственность. Этот фактор доказывает, что даже при создании абсолютно одинаковых условий, растения с разной наследственностью растут с различной интенсивностью.

В ходе эксперимента не выявлены явные отличия растворов, но были отмечены следующие особенности:

1. Flora series – подходит для выращивания зеленых листовых культур с быстрым сроком созревания. Не проявил себя при выращивании овощных культур, показав самые низкие результаты. Недостаток готового раствора в том, что он не содержит точных данных о концентрации того или иного элемента и не позволяет сделать выводы о его недостатке или избытке. Так как официальных данных по исследованию выращивания на данном растворе нет, то можно опираться только на мнения опытных ситифермеров, которые так же стараются не использовать раствор «Флора», а создавать собственный.

2. Классический раствор Кноп – имеет идеально сбалансированный состав макроэлементов, позволяющих растениям начать плодоносить раньше, чем на конкурентных растворах. Но в момент роста проявляется недостаток аммонийной формы азота, который проявляется в угасании фотосинтеза и пожелтении листьев. В момент плодоношения сказывается отсутствие микроэлементов в растворе, которые Кноп изначально не закладывал в состав раствора, поэтому образовав первые плоды, растения начинают слабеть и засыхать. Эксперимент подтвердил уже имеющиеся данные по применению данного раствора.

3. Экспериментальный раствор требует доработки. Была выявлена несбалансированность раствора в момент плодоношения. В целом, согласно результатам, раствор не уступает брендовому дорогому раствору Flora series, а на стадии вегетативного роста превосходит его, и превосходит раствор Кнопа в плане долгожительства растений, так как содержит комплекс микроэлементов.

Решено было доработать раствор, изготовить две его формы – одну для стадии вегетации с высоким содержанием азота, а вторую – для стадии плодоношения – с повышенным содержанием калия и фосфора. Эффективность измененного раствора проверить во 2 эксперименте.

2.7. Проведение второго эксперимента




Сроки проведения: *1 июля – 25 декабря 2023 г.*

Все условия проведения соответствуют условиям первого эксперимента. Изменения произошли в количестве горшочков щавеля и образцах томатов. Во втором эксперименте было решено взять для рассады пазушные побеги трех самых сильных томатов, выращенных на экспериментальном растворе, которые были пересажены с гидропонной установки в теплицу и успешно адаптировались. Остальные внешние факторы остались без изменений.

Распределение растений в ходе проведения второго эксперимента представлено в таблице 9.

Таблица 9 Распределение растений в ходе проведения второго эксперимента

	Огурцы	Томаты	Щавель
Раствор Flora	6 растений в 2 контейнерах	5 растений в 5 контейнерах	10 сетчатых горшков по 3 растения на 1 установке
Раствор Кнопа	6 растений в 2 контейнерах	5 растений в 5 контейнерах	10 сетчатых горшков по 3 растения
Экспериментальный раствор	6 растений в 2 контейнерах	5 растений в 5 контейнерах	10 сетчатых горшков по 3 растения

	 <p>Фото 9 – Постановка эксперимента – огурцы</p>
<p>Фото 8 – Постановка эксперимента - томаты</p>	 <p>Фото 10 – Постановка эксперимента - щавель</p>

2.8. Результаты проведения второго эксперимента

Щавель. Эксперимент по выращиванию щавеля был начат 22 июля. 26 июля щавель взошел практически 100%. 2 августа щавель проредили, оставив по 3 растения в горшке. Всего на каждой установке поместили по 10 горшочков, чтобы кустам было свободнее, оставили пустое пространство в центре. Таким образом можно будет проверить, как изменится количество листьев и их размер. Рост щавеля происходил быстро, образцы на всех установках практически не отличались друг от друга. 26 августа был собран второй урожай щавеля и составлены вариационные ряды (*приложение 1*).

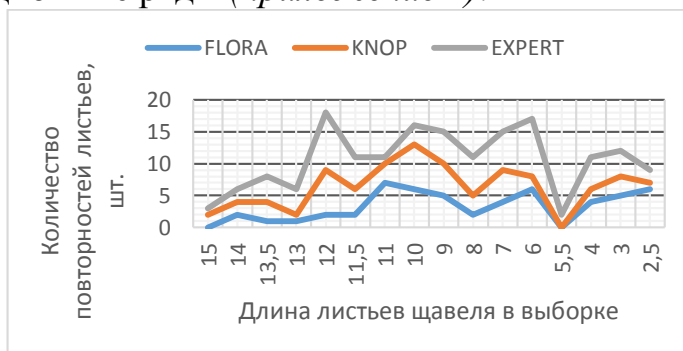


Рисунок 8 – Средние показатели длины листьев щавеля на выборке из 6 кустов

На графике видно, что длина листьев на трех растворах отличается незначительно, но вот повторность листьев у щавеля, выросшего на экспериментальном растворе гораздо выше. Это говорит о том, что этот щавель имел мощные кусты с большим количеством листьев, чему у конкурентных растворов.

Вкус щавеля на экспериментальном растворе также улучшил свои результаты, по сравнению с первым экспериментом. По мнению большинства участников он самый сочный и не слишком кислый. Щавель, выросший на растворе «Кноп» имеет пресный травянистый вкус и горькое послевкусие, а на растворе «Флора» самый кислый (приложение 3).

Огурцы были посажены 1 июля и дали 80% всхожест. Слабые образцы были удалены. При высаживании на раствор все образцы имели по одному настоящему листу.

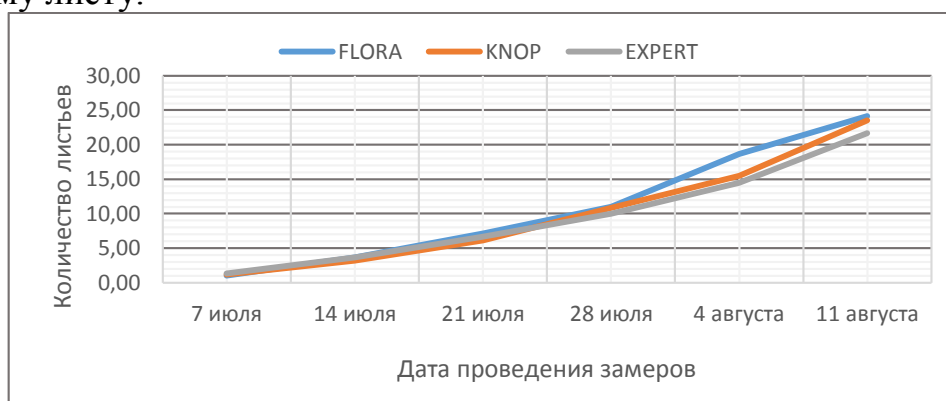


Рисунок 9 – Количество формирующихся листьев огурцов на растворах разного типа

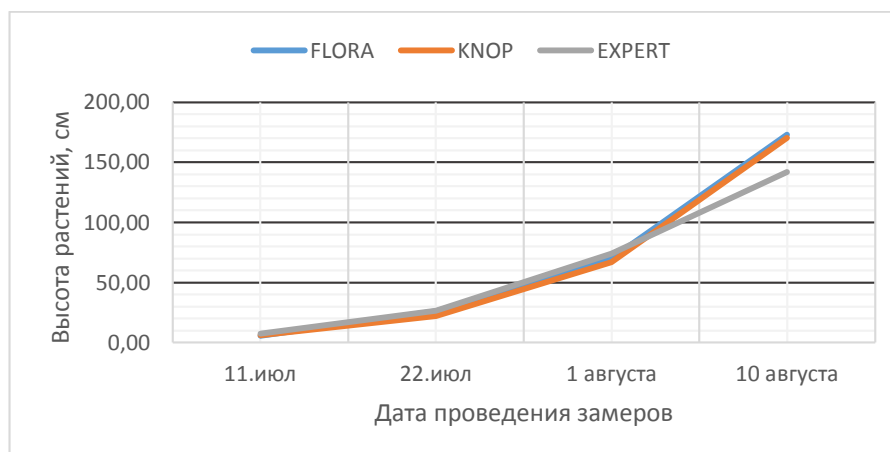


Рисунок 10 – Количество формирующихся листьев огурцов на растворах разного типа

На графиках (рисунки 9, 10) видно, что первый месяц все растения идут практически вровень, но на втором месяце роста огурцы на экспериментальном растворе начинают немного отставать по высоте и количеству листьев. Так как эксперимент еще не закончен, то пока рано говорить о результатах, но было замечено, что огурцы на растворе «Эксперимент» образовали по две полноценные ветви в отличие от конкурентов, которые формируют только по одной главной ветви. С этим и связано отставание в росте.

10 августа появились первые цветки сразу на всех трех растворах. Экспериментальный раствор для вегетации был заменен на раствор для плодоношения. 10 сентября все растения находятся в фазе цветения и плодоношения. Длина огурчиков составляет пока не более 3 см. Планируется получить полноценный урожай и сделать окончательные выводы об эффективности каждого раствора.

Томаты. В ходе эксперимента были усовершенствованы установки для томатов, ведра были покрашены в темный цвет, чтобы препятствовать развитию

водорослей. (приложение 1) Побеги томатов поместили во влажный субстрат для укоренения 3 августа, а 10 августа они уже образовали корневую систему. К сожалению, пока рано судить о результатах – все растения набирают массу.

Планируется получить полноценный урожай и сделать окончательные выводы об эффективности каждого раствора.

2.9. Вывод по второму эксперименту

Однозначный вывод можно сделать пока только по выращиванию щавеля. Повтор выращивания щавеля снова показал отсутствие существенной разницы между растворами при выращивании зеленых салатных культур с коротким сроком вегетации. Небольшое преимущество получил экспериментальный раствор. Количество листьев, а значит и масса щавеля больше, чем при выращивании на других растворах.

Основная разница использования различных растворов проявляется на более поздних сроках. На данный момент эксперимент продолжается и можно сделать только предварительные выводы.

Заключение




Наша гипотеза подтвердилась. Действительно, выращивая растения на различных растворах, сравнивая и анализируя показатели роста, возможно разработать недорогой раствор для гидропоники из доступных компонентов, не уступающий по эффективности дорогим зарубежным брендам, лидирующим на Российском рынке. Разработанный раствор состоит из недорогих компонентов, произведенных Российскими производителями, он приемлем по цене. Главное его преимущество – это возможность корректировки и постоянного улучшения, ведь все его компоненты известны. Проведенные эксперименты показали, что у созданного раствора есть преимущества и в наших силах довести его до совершенства. Он универсален, имеет две разные формы для вегетативного роста и плодоношения и работает при продолжительном сроке вегетации растения. Гидропонику можно удешевить, если проявить изобретательность и углубиться в данную отрасль биоинженерных технологий.

В планах закончить эксперимент и сформировать более точные выводы о возможности использования экспериментального раствора, как универсального.




Список литературы и источников


1. Тексье У. Гидропоника для всех // У. Тексье; пер. с англ. А. Оганян. – 2013. – 265 с.
2. Высоков А. Удобрения и растворы // . – [Б.м.], 2021. – URL: <https://dfermer.ru/gidroponika/udobreniya-i-rastvory/chto-predstavlyayet-soboj-udobrenie-flora-series.html>)
3. Ключковский В.М. Справочник химика 21// М : Изд-во Колос – 1967. – стр. 552-553.
4. Кулешова Т.Э. «Концентрационный элемент на основе электрогенных процессов в корнеобитаемой среде» / Т.Э Кулешова, Г.Г. Панова, Н.Р. Гааль, А.С. Галушко // статья – письма ЖТФ – 2022, том 48, выпуск 8. – стр. 30.
5. Бентли М. Промышленная гидропоника. / М. Бентли; пер. с англ. Т. Л. Чебанова – М.: Колос, 1965. – 188с.
6. Мышкин И.Ю. Экспериментальная биология и биотехнологии: экспериментальная физиология / И.Ю. Мышкин, О.А. Ботяжова, Н.Н. Тятенкова // Учебное пособие. — Ярославль: ЯрГУ – 2018. — 140 с.
7. Материалы лекций проекта подготовки наставников научно-исследовательских проектов фонда «Образования» и некоммерческого фонда Иннопрактика по направлению Биоинженерные технологии. – URL: <https://docs.google.com/document/d/11X6K5i8GnQSLjUTAEaHfoRBBZ4Eu7Rsa6GW3icpY6RI/edit?usp=sharing>




Фотодневник наблюдений за ростом и развитием растений
в сравнении двух экспериментов

1 эксперимент – Дата посадки 15.03.2023 ОГУРЦЫ		
		
Expert	Кноп	Flora
3 недели с момента высадки (9 апреля 2023)		





2 эксперимент – Дата посадки 01.07.2023	
	
2 недели с момента высадки (14 июля 2023)	

1 эксперимент – Дата посадки 15.03.2023		
		
Expert	Кноп	Flora
40 дней с момента высадки 25 апреля 2023		

2 эксперимент – Дата посадки 01.07.2023		
		
Expert	Кноп	Flora
40 дней с момента высадки 9 августа 2023		

		
Expert	Кноп	Flora
65 дней с момента высадки 18 мая 2023		
1 эксперимент – Дата посадки 15.03.2023		


		
Expert	Кноп	Flora
50 дней с момента высадки 19 августа		
2 эксперимент – Дата посадки 01.07.2023		

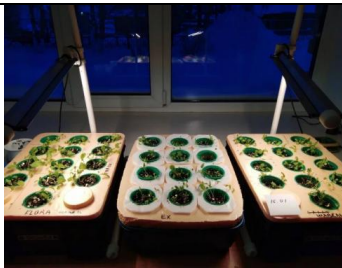

			
1 марта 2023	Эксперимент	Кноп	Флора
1 эксперимент – дата высадки на растворы 23 февраля 2023г. ТОМАТЫ			



		
1 апреля 2023	Кноп №3 -первый томат	
Эксперимент	Кноп	Флора
1 эксперимент – дата высадки на растворы 23 февраля 2023 г. 36 дней с момента высадки на растворы.		





		
		
1 мая 2023	 24 апреля – первый спелый томат Кноп №3	
Эксперимент	Кноп	Флора
1 эксперимент – дата высадки на растворы 23 февраля 2023г 66 дней с момента высадки на растворы.		

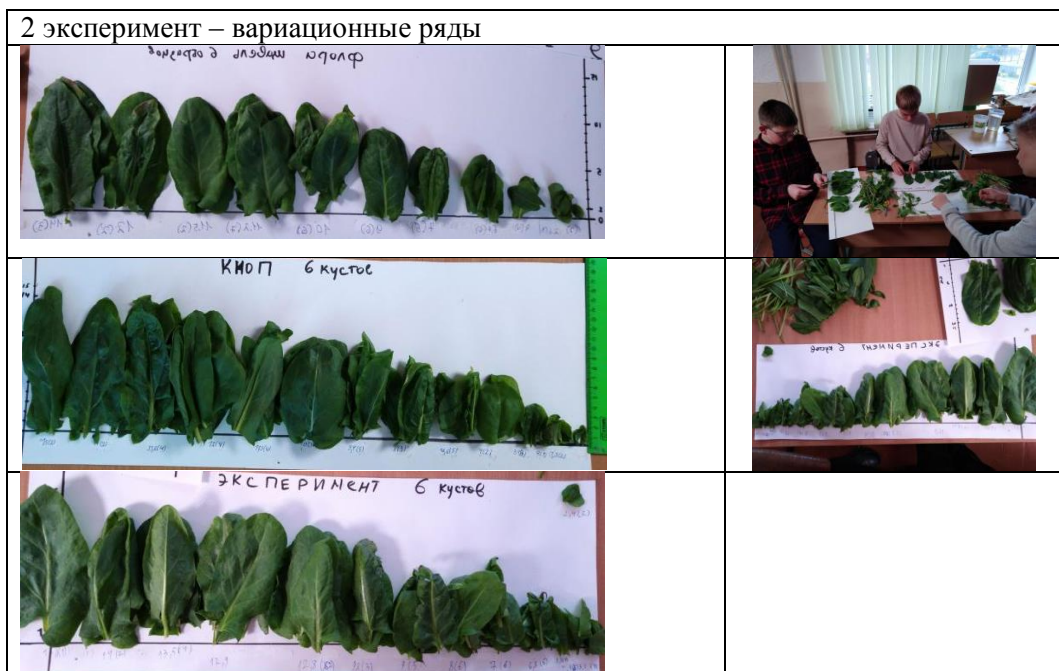
		
Эксперимент	Кноп	Флора
1 эксперимент – дата высадки на растворы 23 февраля 2023г 97 дней с момента высадки на растворы. – 1 июня 2023г.		

		
19 июня 2023- окончание эксперимента		
Эксперимент	Кноп	Флора
1 эксперимент – дата высадки на растворы 23 февраля 2023г. 125 дней с момента высадки на растворы.		

	
<p>ЩАВЕЛЬ 1 эксперимент 16 января 2023 (посадка 2 января 2023)</p>	
16 февраля 2023–окончание эксперимента	Кноп Эксперимент Флора

	
Кноп Эксперимент Флора	Кноп Эксперимент Флора
Сравнение качества корневой системы в 1 эксперименте	

	
Эксперимент Кноп Флора	Эксперимент Кноп Флора
<p>ЩАВЕЛЬ 2 эксперимент 10 августа 2023 (посадка 26 июля 2023)</p>	
	
Эксперимент Кноп Флора	Эксперимент Кноп Флора
26 августа 2023г. – окончание 2 эксперимента	Сравнение качества корневой системы во 2 эксперименте



Общий вид расположения растений в эксперименте 1 (май 2023г.)



Общий вид расположения растений в эксперименте 2 (август 2023г.)

Состав питательного раствора для огурцов, томатов и щавеля

Для расчета раствора использовались рекомендуемые показатели для выращивания методом гидропоники [5]

1. Рекомендуемые показатели применения раствора Flora grow

Помидоры	GROW	BLOOM	MICRO	EC	TDS
	мл/л	мл/л	мл/л	мСм/см	ppm
Рассада / черенки	0.2	0.2	0.2	0.4–0.6	200-300
Вегетативный рост	1.90	1.25	2.50	1.8–2.4	900-1200
Цветение и плодоношение	1.90	1.55	2.50	1.9–2.5	950-1250

Показатель pH	5.5–6.5
---------------	---------

Зелень	W-Green	MICRO	EC	TDS
	мл/л	мл/л	мСм/см	ppm
Прорастание	0	0	до 0.5	до 250
Рассада / черенки	1	1	0.6–1.2	300-600
Переходный период *	2	2	1.2–1.8	600-900
Вегетативный рост (прохладные месяцы)	3	3	1.8–2.2	900-1100
Вегетативный рост (жаркие месяцы)	2.4	2.4	1.6–1.8	800-900

Показатель pH	5.5–6.0
Температура воздуха	24 °С День 19 °С Ночь
Относительная влажность	50-70%

Огурцы	GROW	BLOOM	MICRO	EC	TDS
	мл/л	мл/л	мл/л	мСм/см	ppm
Рассада / черенки	0.2	0.2	0.2	0.4–0.6	200-300
Вегетативный рост	2.50	0.95	1.90	1.8–2.4	900-1200
Цветение и плодоношение	2.50	1.25	1.90	1.9–2.5	950-1250

Показатель pH	5.7–6.1
---------------	---------

2. Раствор Кнопа классический.

Вещество	Расчет в граммах на		
	1 литр	10 литров	100 литров
Кальциевая селитра (нитрат кальция) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	1	10	100
Фосфат калия однозамещенный KH_2PO_4	0,25	2,5	25
Сульфат магния MgSO_4	0,25	2,5	25
Хлорид калия (калийная соль) KCl	0,125	1,25	12,5
Хлорид железа FeCl_3 или железный купорос	0,0125	0,125	1,25

3. Экспериментальный расчетный раствор

1. Раствор для фазы роста и образования листьев.

<https://zrmnd.github.io/npkcalc/?rcpt=eyIxBjIjOjMTUsIjYjOjOjODAsIjMxIjoxODAsIjM0IjoxMTAsIjQzIjoxMn0>

<https://www.gidroponika.ru/gidroponika-teorija.html/pitatelnyj-rastvor/sootnosheniya-jelementov-v-pitatelnom-rastvore.html>

Соотношение элементов

<https://zrmnd.github.io/npkcalc/?rcpt=eyI1IjoxNDAsIjI0IjoxMDAsIjMxIjox1MDAsIjM0IjoxMDAsIjM4IjoxNzV9>

Рецепт для огурцов в период вегетации.

Результат	Значение
Соотношения [1]	N:K=1.02, K:Ca=1.4, K:Mg=5.41, P=117.5
Соотношения [2]	N:P:K = 1.45 : 1 : 1.42, K:Ca:Mg = 5.41 : 3.85 : 1
Соотношения [3]	N:P:K:Ca:Mg:S = 1 : 0.69 : 0.98 : 0.7 : 0.18 : 0.24
Формы азота	N(NH4+):N(NO3-)=1:3.2=0.311, N(NH4+):N(sum)=23.74%
ЕС расчетный, мСм/см	1.675
Для вставки в HPG	N=170.9 NO3=130.3 NH4=40.56 P=117.47 K=166.9 Ca=118.79 Mg=30.85 S=40.99 Cl=0 Fe=0.08 Mn=0.06 B=0.03 Zn=0.02 Cu=0.014 Mo=0.006 Co=0 Si=0

Расчет концентратов (бак А - кальций, аммоний и (часть) калий азотнокислые, бак Б - остальное)	
Объем раствора, л	<input type="text" value="30"/>
Степень концентрированности, 1 к:	<input type="text" value="0"/>
Объемы концентратов А, Б:	Infinityл + Infinityл
Рецепт	
Акварин 8 (19:6:20 1.5 1.4), г	4.2
Кальций азотнокислый четырехводный (Ca(NO3)2*4H2O), Ч, г	21
Калий фосфорнокислый 1-замещенный (монофосфат, KH2PO4), Ч, г	15
Магний сернокислый семиводный (MgSO4*7H2O), Ч, г	9
Аммоний азотнокислый (NH4NO3), Ч, г	5.3

ммоль/л вместо мг/л

4. Раствор для периода цветения и формирования плодов

Результат	Значение
Соотношения [1]	N:K=0.48, K:Ca=5.13, K:Mg=8.58, P=97.9
Соотношения [2]	N:P:K = 1.71 : 1 : 3.56, K:Ca:Mg = 8.58 : 1.67 : 1
Соотношения [3]	N:P:K:Ca:Mg:S = 1 : 0.58 : 2.08 : 0.41 : 0.24 : 0.31
Формы азота	N(NH4+):N(NO3-)=1:7.4=0.136, N(NH4+):N(sum)=11.94%
ЕС расчетный, мСм/см	1.81
Для вставки в HPG	N=167.4 NO3=147.44 NH4=20 P=97.89 K=348.01 Ca=67.88 Mg=40.54 S=52.53 Cl=0 Fe=3.29 Mn=0.42 B=0.2 Zn=0.14 Cu=0.1 Mo=0.04 Co=0 Si=0

Расчет концентратов (бак А - кальций, аммоний и (часть) калий азотнокислые, бак Б - остальное)	
Объем раствора, л	<input type="text" value="50"/>
Степень концентрированности, 1 к:	<input type="text" value="10"/>
Объемы концентратов А, Б:	2.5л + 2.5л
Рецепт	
Акварин 12 (12:12:35 1 0.7), г	50
Кальций азотнокислый четырехводный (Ca(NO3)2*4H2O), Ч, г	20
Калий фосфорнокислый 1-замещенный (монофосфат, KH2PO4), Ч, г	10
Магний сернокислый семиводный (MgSO4*7H2O), Ч, г	17.5
Хелат железа DTPA (FeDTPA), Fe 11%, г	1.3

Раствор составлен на калькуляторе и доступен по ссылке:
<https://zrmnd.github.io/npkcalc/?rcpt=eyI5IjoxMDAwLCIyNCI6NDAsIjMxIjox1MDAsIjM0IjoxMDAsIjM4IjoxNzV9>

Оценка степени развития корневой системы в баллах

- 0 – нет видимых корней
- 1 – Корневая система плохо развита, боковых корней нет
- 2 – Корневая система развита слабо, боковых корней мало, в большей степени темная, много поврежденных участков
- 3 – Корневая система развита, боковых корней немного, встречаются темные, поврежденные участки
- 4 – Корневая система хорошо развита, светлая, боковых корней немного, могут встречаться единичные повреждения
- 5 – Корневая система здоровая, хорошо развита, светлая, мощная, боковых корней много