

Калининградская область
Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
Правдинского муниципального округа
«Средняя школа п. Домново»

**Сравнительный анализ эффективности выращивания микрозелени в
вертикальной гидропонной ферме "Собирай урожай" и
робототехническом комплексе "Умная гидропоника" (НАУРОБО)**

Автор: Чупин Александр Владимирович, ученик 8 класса

Организация: Средняя школа п. Домново

Руководитель: Иванова Галина Михайловна,
учитель химии и биологии

Домново

2025 г.

Оглавление

Введение.....	3
Глава 1 Теоретическая часть.....	5
1.1 Понятие и ценность микрозелени.....	5
1.2 Современные технологии выращивания растений.....	5
1.3 Подробное описание исследуемых систем.....	6
1.4 Агротехнические особенности выращивания микрозелени.....	7
Глава 2 Методика исследования.....	8
2.1. Проведение исследования.....	8
2.2. Методы наблюдения и измерения параметров.....	8
2.3. Результаты исследования.....	9
Заключение.....	10
Приложения.....	12
Список используемой литературы.....	15

Введение

Актуальность исследования: в современных условиях развития сельского хозяйства и образовательного процесса особую актуальность приобретает внедрение эффективных технологий выращивания сельскохозяйственных культур. Особое значение это имеет для сельских школ, где сочетание образовательных задач и практической ориентированности позволяет готовить кадры для агропромышленного комплекса.

Микрозелень как объект исследования представляет особый интерес по нескольким причинам:

- Короткий цикл выращивания (7-14 дней) позволяет проводить эксперименты в течение учебного года
- Высокая питательная ценность: содержание витаминов и антиоксидантов в 4-40 раз превышает показатели зрелых растений
- Компактность производства: возможность размещения в ограниченных пространствах учебных помещений
- Практическая направленность: возможность организации школьного предпринимательского проекта
- Экологическая безопасность: минимальное использование пестицидов и гербицидов

Для образовательного учреждения посёлка Домново данное исследование особенно значимо, так как позволяет сочетать учебные задачи с решением практических вопросов развития сельского хозяйства в регионе.

Цель работы: провести комплексный сравнительный анализ двух систем для выращивания микрозелени и определить наиболее эффективную для использования в условиях школьного агрокласса с учетом экономических, технологических и образовательных критериев.

Задачи:

1. Изучить технические характеристики и функциональные возможности вертикальной гидропонной фермы "Собирай урожай" и робототехнического комплекса "Умная гидропоника"
2. Разработать методику сравнительного эксперимента по выращиванию микрозелени с контролем ключевых параметров
3. Проанализировать экономическую эффективность обеих систем с расчетом капитальных и операционных затрат
4. Оценить образовательный потенциал каждой системы для использования в учебном процессе агрокласса
5. Разработать практические рекомендации по внедрению оптимальной системы в образовательный процесс

Объект исследования: Процесс выращивания микрозелени в условиях контролируемой среды.

Предмет исследования: Сравнительная эффективность технологий выращивания микрозелени, реализованных в вертикальной гидропонной ферме "Собирай урожай" и робототехническом комплексе "Умная гидропоника".

Гипотеза исследования: Мы предполагаем, что при сопоставимой стоимости оборудования робототехнический комплекс "Умная гидропоника" продемонстрирует лучшую экономическую эффективность благодаря более высокой степени автоматизации процессов, что выразится в снижении операционных затрат и увеличении производительности системы.

Глава 1. Теоретическая часть

1.1. Понятие и ценность микрозелени.

Микрозелень (microgreens) - это молодые побеги овощных или корнеплодных культур, реже злаковых, в стадии, когда появляются первые листья. Высотой они бывают не более 5–15 см, урожай собирается не позднее, чем через 12 дней после посева, в зависимости от сорта и вида растения. В отличие от проростков, микрозелень имеет развитые фотосинтезирующие листья и более богатый профиль.

Пищевая ценность микрозелени заключается в её высокой питательной способности. Исследования показывают, что содержание витаминов, минералов и антиоксидантов в молодых растениях значительно превышает аналогичные показатели зрелых овощей. Например, микрозелень редиса содержит в 40 раз больше витамина Е, чем взрослый корнеплод, а шпинатная микрозелень богата витамином С, каротиноидами и фолиевой кислотой.

Преимущества для образовательного процесса:

1. Быстрая смена поколений растений позволяет изучать полный цикл развития
2. Наглядность наблюдений за ростом и развитием
3. Простота ухода и минимальные требования к площадям
4. Высокая продуктивность на малой площади
5. Возможность изучения влияния различных факторов на рост растений

1.2. Современные технологии выращивания растений.

В современном растениеводстве используются инновационные технологии, которые позволяют выращивать растения без почвы, в воздушной среде или с капельным орошением, а также роботизированные системы. Эти методы направлены на повышение эффективности сельскохозяйственного производства, особенно в условиях ограниченного пространства и неблагоприятных климатических условий.

Гидропоника

Корни растений погружены в специализированный питательный раствор без использования почвы. Некоторые виды гидропонных систем:

1. Питательная плёночная культура (NFT) — тонкий слой питательного раствора непрерывно циркулирует вокруг корней растений.
2. Система периодического затопления — растения в контейнерах устанавливаются в специальные поддоны, с помощью насоса корни поочередно затопляются питательным раствором, а затем осушаются, чтобы обеспечить доступ воздуха.

Преимущества:

1. Экономия воды по сравнению с традиционными методами выращивания;
2. Ускоренный рост растений — обеспечивается точное поступление питательных веществ, что позволяет сократить вегетационный период.

Аэропоника

Корни растений находятся в воздушной среде и периодически орошаются питательным раствором в виде мелкодисперсного тумана.

Преимущества:

1. Экономия воды, что особенно важно в регионах с дефицитом водных ресурсов;
2. Высокая урожайность благодаря оптимальному снабжению кислородом и питательными веществами.

Капельное орошение

Вода (часто вместе с питательными элементами) вносится малыми дозами непосредственно в прикорневую зону. Некоторые особенности капельного орошения:

1. Равномерность — позволяет избежать переувлажнения одних участков и недоувлажнения других.
2. Автоматизация — при подключении таймера запускать полив можно по расписанию, система сама остановит подачу воды через выбранный промежуток времени.

Роботизация

Роботы и автоматизированные системы выполняют задачи, связанные с выращиванием растений: посев, уход за посевами, мониторинг состояния посевов.

1. Посевные машины — используют сенсорные датчики для точного размещения семян и рассады, оснащены навигаторами и системами дозирования семян.
2. Роботы для ухода за посевами — находят и уничтожают сорняки лазером или механическим способом, вносят удобрения и пестициды — только туда и столько, сколько нужно конкретному растению.
3. Роботы для мониторинга — коптеры сканируют поля с воздуха, выявляя проблемы по спектральным изображениям ещё до того, как они станут видны человеческому глазу.

1.3. Подробное описание исследуемых систем.

Вертикальная гидропонная ферма "Собирай урожай"

Технические характеристики:

1. Многоярусная конструкция (4-5 ярусов)
2. Система капельного полива с рециркуляцией питательного раствора
3. Светодиодное освещение с программируемым таймером
4. Пластиковые лотки с кокосовым субстратом
5. Нержавеющий бак для питательного раствора объемом 50 л
6. Габаритные размеры: 1.2×0.6×2.0 м
7. Мощность системы освещения: 240 Вт

Функциональные возможности:

1. Ручной контроль параметров питательного раствора
2. Механическая регулировка высоты светильников
3. Визуальный мониторинг состояния растений
4. Ручная корректировка режимов полива и освещения

Робототехнический комплекс "Умная гидропоника"

Технические характеристики:

1. Закрытая камера выращивания с системой климат-контроля
2. Автоматическая система мониторинга параметров:
3. Датчики pH и EC с автоматической корректировкой
4. Контроль температуры и влажности воздуха
5. Датчики освещенности и CO₂
6. Система компьютерного зрения для мониторинга роста
7. Программируемая система освещения полного спектра
8. Автоматическая подача питательных веществ
9. Мобильное приложение для удаленного управления

Функциональные возможности:

1. Полная автоматизация процессов выращивания
2. Удаленный мониторинг и управление через мобильное приложение
3. Автоматическое ведение журнала параметров
4. Система оповещений об отклонениях параметров
5. Аналитика и прогнозирование урожайности

1.4. Агротехнические особенности выращивания микрозелени.

Агротехнические особенности выращивания микрозелени заключаются в поддержании оптимальных условий освещения, температуры, влажности и правильном поливе с использованием субстрата или без него. А также в выращивании подходящих культур.

Оптимальные условия выращивания:

1. Температура 18-24°C
2. Относительная влажность 40-55%
3. Продолжительность светового дня 12-16 часов
4. рН питательного раствора 5,5-6,5
5. Освещённость 100-150 мкмоль/м²/с
6. ЕС (электрическая проводимость) питательного раствора 1,2-1,5 мсм/см

Подходящие культуры для выращивания:

1. Листовая зелень: кресс-салат, шпинат, руккола
2. Травы: базилик, мята, укроп, петрушка
3. Овощи: томаты, огурцы, болгарский перец, баклажаны
4. Ягоды: клубника, земляника

Глава 2. Методика исследования.

2.1. Проведение исследования.

Исследования проводились в кабинете химии и биологии Средней школы п. Домново в период с 10 сентября по 10 октября. Для обеспечения чистоты эксперимента были созданы идентичные условия для обеих систем. Температура в помещении варьировалась $20 \pm 2^\circ\text{C}$. Использовалась стандартная питательная смесь для гидропоники Flora Series (GHE) и поддерживался стабильный режим вентиляции.

Для посева были выбраны семена кресс-салата. Плотность посева 30 г/м².

2.2. Методы наблюдения и измерения параметров.

Биометрические показатели:

1. Ежедневные измерения высоты растений (выборочно, 10 растений с каждой системы)
2. Визуальная оценка качества по 5-балльной шкале (цвет, тургор, наличие дефектов)
3. Фотографирование для документирования динамики роста
4. Оценка однородности стояния растений

Экономические показатели:

1. Стоимость оборудования и монтажа
2. Эксплуатационные расходы (электроэнергия, вода, удобрения)
3. Расчет себестоимости продукции
4. Оценка трудозатрат
5. Расчет срока окупаемости

Технические параметры:

1. Потребляемая мощность (измерение ваттметром)
2. Суточный расход воды (мерный цилиндр)
3. Расход питательного раствора и удобрений
4. Время обслуживания (фиксация по секундомеру)
5. Количество операций по регулировке параметров

2.3. Результаты исследования.

Система "Умная гидропоника" показала статистически значимое преимущество по всем основным показателям роста и развития растений. Наиболее существенные различия наблюдались во всхожести семян (на 6% выше), массе готовой продукции (на 15% выше) и сокращении длительности цикла выращивания. Эти различия объясняются более точным поддержанием оптимальных параметров среды в автоматизированной системе (Приложение 1)

Проведя анализ экономической эффективности, сравнив трудозатраты и удобства использования пришли к выводу, что система "Собирай урожай" предоставляет больше возможностей для обучения основам гидропоники и физиологии растений, даёт возможность непосредственно участвовать во всех процессах, но требует постоянного внимания учащихся. А система "Умная гидропоника" позволяет сосредоточиться на изучении принципов автоматизации, робототехники, позволяет изучать основы программирования и анализа статистических данных. (Приложение 2)

Обе системы производили продукцию высокого качества, но было отмечено, что микрозелень из системы «Умная гидропоника» имела более однородный цвет и размер, срок хранения продукции был на 15-20% выше, а продукция из системы «Собирай урожай» отличалась более выраженным ароматом. Вкусовые характеристики были одинаковы для обеих систем.

Заключение

Проведенное исследование показало, что современные технологии выращивания микрозелени доступны и могут быть успешно внедрены в условиях сельской школы. Реализация проекта с использованием робототехнического комплекса соответствует задачам современного образования и позволяет учащимся агрокласса получить уникальные компетенции в области агробототехники и автоматизированных систем управления.

Данный проект может стать основой для создания в поселке Домново центра компетенций в области точного земледелия и сможет служить примером успешного внедрения современных технологий в сельской школе. Полученные результаты могут быть использованы другими образовательными учреждениями при выборе оборудования для агроклассов и организации учебно-производственной деятельности.

Выводы:

1. Робототехнический комплекс демонстрирует статистически значимое преимущество в стабильности параметров и однородности продукции. Превышение по ключевым показателям составляет 6-15%.
2. Несмотря на более высокую общую стоимость, система "Умная гидропоника" имеет срок окупаемости на 23% меньше благодаря более высокой производительности и эксплуатационным расходам.
3. Обе системы обладают значительным образовательным потенциалом, но ориентированы на формирование разных компетенций. Система "Собирай урожай" лучше подходит для изучения основ растениеводства, тогда как система "Умная гидропоника" - для знакомства с современными технологиями.
4. Для условий сельской школы с ограниченным бюджетом и кадровыми ресурсами система "Умная гидропоника" является более предпочтительной, в связи с меньшей трудоёмкостью и возможностью удаленного управления.

В результате нашего исследования были разработаны практические рекомендации для школы.

Рекомендуемая система: "Умная гидропоника"

Обоснование выбора:

1. **Экономическое:** более быстрая окупаемость и низкие эксплуатационные расходы
2. **Технологическое:** обеспечивает стабильно высокое качество продукции и воспроизводимость результатов

3. **Образовательное:** позволяет изучать современные технологии автоматизации и робототехники
4. **Практическое:** минимальные трудозатраты на обслуживание

План внедрения:

1. Финансирование:

- Школьный бюджет: 150 000 руб
- Грантовая поддержка: 100 000 руб
- Спонсорская помощь местных предприятий: 85 000 руб

2. Образовательная программа:

- Разработка курса "Основы автоматизации в сельском хозяйстве"
- Создание лаборатории точного земледелия
- Организация профориентационных мероприятий в области агробототехники
- Проведение мастер-классов для учащихся других школ

3. Производственный план:

- Выход на полную мощность через 3 месяца
- Ежемесячное производство 25-30 кг микрозелени
- Потенциальный доход 45 000-50 000 руб/месяц
- Направление прибыли на развитие материальной базы агрокласса

Таблица 1. Показатели роста микрозелени кресс-салата

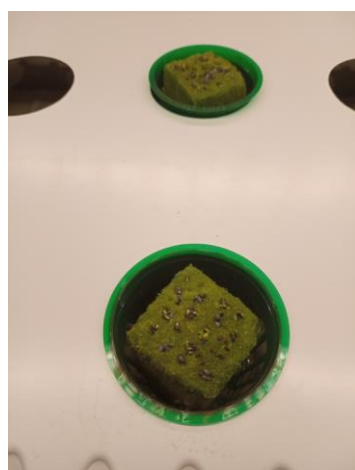
Параметр	«Собирай урожай»	«Умная гидропоника»
Высота растений на 7-й день, см	4,2	4,8
Всхожесть семян, %	88	94
Масса урожая, г	450	520
Длительность цикла, дней	10	8
Однородность роста, балл	3,8	4,9
Индекс жизнеспособности	82,5	91,5



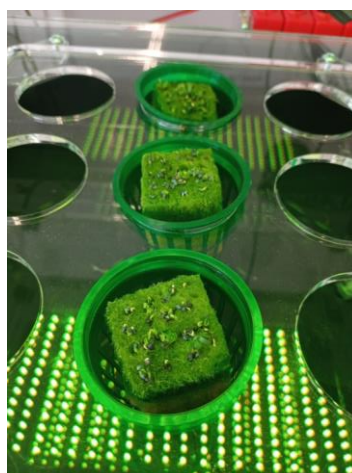
1 день эксперимента
«Собирай урожай»



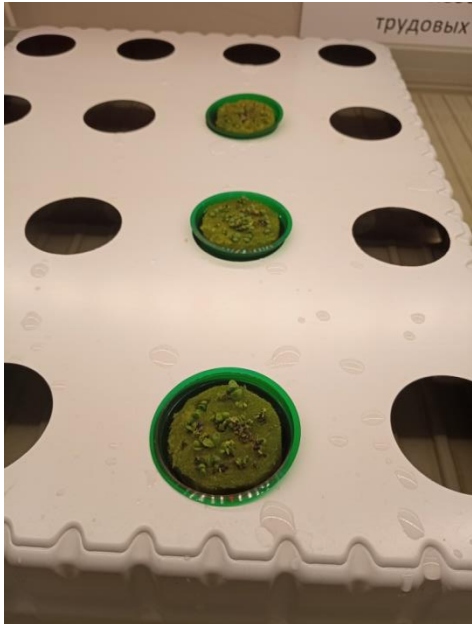
1 день эксперимента
«Умная гидропоника»



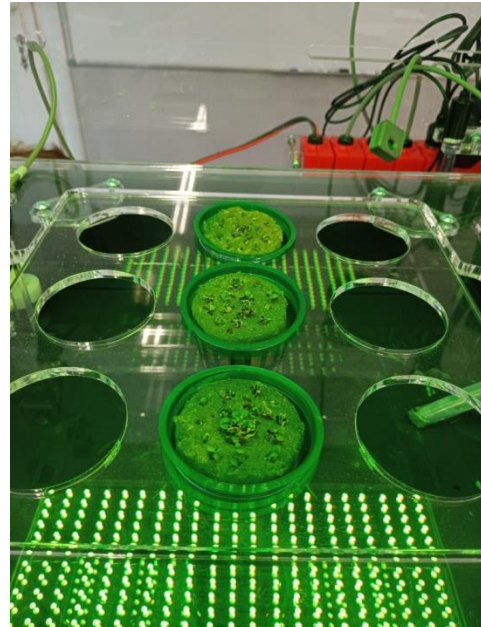
3 день эксперимента
«Собирай урожай»



3 день эксперимента
«Умная гидропоника»



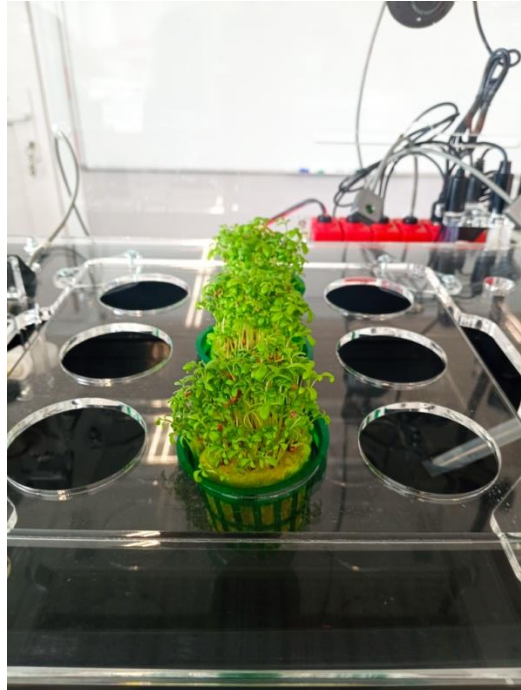
6 день эксперимента
«Собирай урожай»



6 день эксперимента
«Умная гидропоника»



10 день эксперимента
«Собирай урожай»



10 день эксперимента
«Умная гидропоника»

Таблица 2. Экономический анализ систем

Показатель	«Собирай урожай»	«Умная гидропоника»
Стоимость оборудования, руб	300000	270000
Стоимость ноутбука для управления, руб	-	65000
Эксплуатационные расходы в месяц, руб	3500	2800
Время обслуживания в день, мин	30	10
Стоимость электроэнергии в месяц, руб	850	650
Себестоимость 100 г продукции, руб	38	32
Количество циклов в месяц	2,5	3,2
Производительность, кг/месяц	11,2	16,6
Окупаемость, месяцев	24-26	18-20

Таблица 3. Трудозатраты на обслуживание

«Собирай урожай»	«Умная гидропоника»
Ручная проверка pH и ЕС	Автоматический мониторинг параметров
Визуальная оценка состояния растений	Самостоятельная корректировка питательного раствора
Регулировка режимов полива и освещения	Система оповещений о необходимости вмешательства
Санитарная обработка оборудования	Удалённый контроль через мобильное приложение

Список используемой литературы.

1. Ресурсосберегающие технологии в растениеводстве/ Под редакцией И.М. Духаниной. — СПб.: Профи-Информ, 2023. — 320 с.
2. Гидропоника для начинающих: практическое руководство / А.В. Петров. — М.: КолосС, 2022. — 168 с.
3. Микрозелень: nutritional ценность и технологии выращивания / Н.А. Семенова // Плодоовощное хозяйство. 2023 — № 4. — С. 34-38.
4. Вертикальные фермы: перспективы для малого бизнеса / К.Д. Воронов // Агроиндустрия. 2024 — № 1. — С. 45-49.
5. Техническая документация "Вертикальная гидропонная ферма 'Собирай урожай'". 2023. — 45 с.
6. Руководство по эксплуатации "Робототехнический комплекс 'Умная гидропоника'". НАУРОБО, 2024. — 128 с.
7. Методы статистической обработки в агрономических исследованиях / Л.П. Козлова. М.: Агропромиздат, 2022. — 264 с.
8. Автоматизация процессов в сельском хозяйстве / В.Г. Сидоров. — М.: Агроинженерия, 2023. — 198 с.