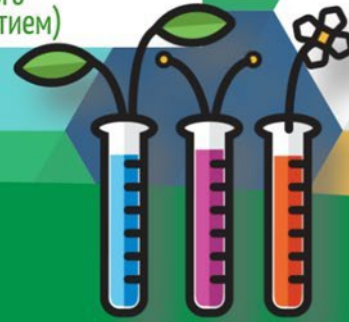


# ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС

Юных исследователей окружающей среды  
имени Б.В. Всесвятского  
(с международным участием)



**Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
города Ульяновска  
«Средняя школа №48 имени Героя России Д.С. Кожемякина»**

**НОМИНАЦИЯ: КЛЕТОЧНАЯ БИОЛОГИЯ, ГЕНЕТИКА**

**МИКРОБНАЯ ДЕГРАДАЦИЯ ГЕРБИЦИДОВ: СКРИНИНГ И  
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АКТИВНЫХ ШТАММОВ ДЛЯ  
БИОРЕМЕДИАЦИИ ПОЧВ**

**Автор:** Иванова Ирина Вячеславовна, 10 класс

**Руководитель:** Вихирева Светлана Владимировна, педагог ДО, учитель биологии

**г. Ульяновск  
2025 год**

## Оглавление

1. Введение	
1.1. Проблема и ее анализ .....	3
1.2. Обзор литературы по проблеме исследования	
1.2.1. Использование гербицидов в сельском хозяйстве .....	4
1.2.2. Негативное воздействие гербицидов на почву и организм человек .	5
1.2.3. Способы снижения последствий применения гербицидов .....	6
1.2.4. Гербицид-деструкторы .....	7
1.2.5. Применение гербицидов в Ульяновской области .....	7
2. Методики проведенных исследований	
2.1 Методика отбора почвы для химического анализа .....	8
3. Результаты исследований и их обсуждение	
3.1 Отбор почвы для химического анализа .....	9
3.2. Приготовление первичной среды .....	11
3.3. Создание почвенной суспензии .....	11
3.4. Посев суспензии на первичную среду .....	12
3.5. Приготовление скрининговой системы и пересев колоний .....	13
3.6. Биотестирование	
3.6.1. Оценка степени загрязнения почвы гербицидами .....	15
3.6.2. Оценка безопасности гербицид-деструкторов.....	17
3.6.3 Оценка влияния гербицидов на сельскохозяйственные культуры...	18
4. Выводы .....	19
5. Заключение .....	20
6. Список использованной литературы.....	21
7. Приложение .....	23

## 1. Введение

### 1.1. Проблема и ее анализ

**Актуальность.** Использование гербицидов в сельском хозяйстве является распространенной практикой для борьбы с сорняками. Однако, несмотря на свою эффективность, гербициды могут оказывать негативное воздействие на окружающую среду. Загрязнение почвы гербицидами приводит к снижению ее плодородия, нарушению микробиологического баланса и накоплению токсичных веществ. В связи с этим, актуальным является поиск и разработка методов снижения негативного воздействия гербицидов на окружающую среду и здоровье человека, а также поиск альтернативных способов борьбы с сорняками. (Ходжамухаммедова, 2024)

**Проблема.** Несмотря на широкое применение гербицидов в сельском хозяйстве, их негативное воздействие на почву и здоровье человека остается серьезной проблемой. Существующие методы снижения этого воздействия не всегда эффективны и требуют дополнительных исследований. Необходимо найти более экологичные и безопасные способы.

**Существующие решения.** Для снижения гербицидной нагрузки в настоящее время наиболее распространенным способом является последовательная детоксикация, нейтрализация и реабилитация почв. Минусом данного метода является его продолжительность. Процесс восстановления занимает от 1 до 3 лет в зависимости от степени загрязнения и типа почвы.

**Альтернативные решения.** Для решения этой задачи мы предлагаем технологию биоремедиации почв: использование живых организмов, таких как бактерии, грибы, растения или ферменты, для очистки загрязненных сред (почвы, воды, воздуха) от загрязняющих веществ без ущерба для почвенного плодородия.

**Новизна** нашего исследования состоит в изучении гербицид-деструкторов, уникальных для нашего региона. Гербицид-деструкторы, полученные в этой работе, могут использоваться и в других регионах, но именно эти гербицид-деструкторы будут выявлены в Ульяновской области.

**Цель.** Предложить альтернативные методы снижения негативного воздействия гербицидов на окружающую среду: исследовать способность микроорганизмов – гербицид-деструкторов к биоремедиации почв.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

1. Изучить теоретические основы применения гербицидов в сельском хозяйстве и их воздействие на почву и здоровье человека.
2. Провести анализ использования гербицидов в Ульяновской области.
3. Оценить степень загрязнения почвы гербицидами на различных сельскохозяйственных участках.
4. Получить штаммы микроорганизмов, способных к биоремедиации.
5. Оценить безопасность гербицид-деструкторов для сельскохозяйственных культур.

**Объект исследования.** Гербицид-деструкторы.

**Предмет исследования.** Способность гербицид-деструкторов к ремедиации почв.

**Гипотеза.** В сельскохозяйственных почвах независимо от вида культуры всегда есть микроорганизмы – гербицид-деструкторы.

**Практическая значимость.**

1. Экологическая безопасность: Разработка и внедрение методов биоремедиации позволяет очищать загрязненные гербицидами почвы. Это снижает негативное воздействие на окружающую среду, сохраняет структуру и плодородие почвы.

2. Восстановление плодородия почв.

3. Снижение концентрации гербицидов в почвах напрямую влияет на их отсутствие или минимальное содержание в сельскохозяйственной продукции.

4. Экономическая эффективность: Биоремедиация, как правило, является более экономически выгодным методом очистки по сравнению с традиционными физико-химическими подходами, особенно при масштабных загрязнениях. В долгосрочной перспективе это позволяет экономить средства на восстановлении земель.

6. Внедрение методов биоремедиации в сельскохозяйственную практику способствует переходу к более устойчивым и экологически чистым моделям земледелия, снижая зависимость от химических методов борьбы с сорняками и последствий их применения.

7. Решение проблемы стойких загрязнителей.

**1.2. Обзор литературы по проблеме исследования**

**1.2.1. Использование гербицидов в сельском хозяйстве**

Пестициды — это химические вещества, предназначенные для уничтожения или подавления вредных организмов, которые могут нанести ущерб сельскохозяйственным культурам.

Они воздействуют на различные группы вредителей: насекомых, клещей, нематод, грызунов, сорняков и болезнетворных микроорганизмов.

Разновидностью пестицидов являются гербициды.

Гербициды (от лат. *herba* — трава и *caedo* — убиваю) — химические вещества, применяемые для уничтожения растительности. По характеру воздействия делятся на гербициды сплошного действия, убивающие все виды растений, и гербициды избирательного (селективного) действия, поражающие одни виды и не повреждающие другие.

Степень вреда на культурные растения гербицидами сплошного действия зависит от нескольких факторов:

- Вид культурного растения
- Дозировка и способ применения
- Фаза развития растений

Применение гербицидов:

- Сельское хозяйство. Гербициды используют для борьбы с сорняками на полях и плантациях, в садах и питомниках.
- Ландшафтный дизайн. Гербициды помогают избавиться от нежелательной растительности.

- Управление растительностью на больших территориях. Например, гербициды применяют для уничтожения растительности вокруг промышленных объектов, на дорогах и железнодорожных путях.

В мировом сообществе оправдывают применение гербицидов тем, что они играют важнейшую роль в современном сельском хозяйстве, поскольку позволяют бороться с сорняками и обеспечивают устойчивую продуктивность сельскохозяйственных культур.

Джанесси Л.П. в статье «Растущее значение гербицидов в мировом растениеводстве» утверждает, что использование гербицидов становится всё более распространённым явлением во всём мире. Гербициды намного дешевле и доступнее, чем рабочая сила для прополки вручную. Ручная прополка никогда не была эффективным методом борьбы с сорняками. Использование гербицидов снижает эрозию, расход топлива, выбросы парниковых газов и сток питательных веществ, а также экономит воду.» (Джанесси, 2013)

Мамиев Д.М., Абаев А.А., Кумсиев Е.И., Шалыгина А.А., Оказова З.П. считают, что использование гербицидов является неотъемлемой частью современного сельского хозяйства. Одной из актуальных задач повышения продуктивности сельскохозяйственных культур является борьба с сорняками. Их вредоносность не ограничивается конкуренцией с культурой за свет, влагу и питательные вещества, ведь они являются переносчиками различных инфекционных заболеваний. Учитывая, что в условиях рыночной экономики научно обоснованному севообороту сплошь и рядом противопоставляют укороченный плодосмен, а цены на энергоносители, сельскохозяйственную технику, минеральные удобрения и другие сырьевые ресурсы постоянно растут, гербицидам нет альтернативы по уровню целесообразности среди мероприятий по борьбе с сорной растительностью. Использование современных высокоэффективных гербицидов является обязательным элементом технологии возделывания сельскохозяйственных культур. (Мамиев, 2015)

### **1.2.2. Негативное воздействие гербицидов на почву и организм человек**

Гербициды могут негативно воздействовать на почву и организм человека. Это связано с токсичностью гербицидов, которые могут накапливаться в почве.

Степанова С.А. утверждает, что в большинстве случаев гербициды являются трудно разложимыми соединениями, у которых по назначению используется только от 4-5% внесённого вещества, а остальная масса сохраняется в почве, переходя из неё в другие системы (траву, природные источники воды), создавая сложные экологические проблемы.» (Степанова, 2020)

Демиденко Г.А. установил, что использование гербицидов способствует снижению общей биогенности почвы и численности актиномицетов, которые являются чувствительными индикаторами, реагирующими на химическое загрязнение почвы. Применение гербицидов оказывает определенное воздействие на микробиологический состав почвы и ее ферментативную активность, что обуславливает необходимость всестороннего изучения их последствий на почвенный покров. (Демиденко, 2013)

Смирнова П.С. выявила, что загрязнение почвы пестицидами относится к основным проблемам, которые требуют от современного общества решений. Причиной загрязнения является широкое применение в сельском хозяйстве различных видов пестицидов и ядохимикатов, которое обеспечивает защиту культурных растений от вредителей и способствует гибели сорных растений, препятствующих развитию корневой системы, предотвращает заболевание растений, что позволяет повысить сохранность урожая и позволяет улучшить урожайность на 30 %. (Смирнова, 2023)

Иванцова Е.А. рассматривает отрицательные последствия, вызываемые пестицидами, связанные с разрушением биогеоценозов, в которых само существование и численность отдельных видов живых организмов тесно связаны между собой. При этом возрастает вероятность отдаленных последствий, связанных с патологическим и генетическим действием ряда препаратов на биоту. Остаточные количества пестицидов аккумулируются и биоконцентрируются в пищевых (трофических) цепях. Имеет место вынос остаточных количеств пестицидов за пределы обрабатываемой территории. (Иванцова, 2008)

Соловьев Н.В. задаётся вопросом о токсическом действии веществ, которые попадают в организм человека из-за нарастающего загрязнения окружающей среды. (Соловьев, 2017)

Муркамилов И.Т. исследовал неуклонный рост частоты аллергических и респираторных заболеваний в условиях пестицидной нагрузки на почвы. (Муркамилов, 2024)

Олискевич В.В. дает оценку эффективности ремедиации почвы при использовании различных технологий и определяет скорость деградации пестицида при их использовании. (Олискевич, 2013)

Поддымкина Л.М. заявляет, что фитотоксичность почвы является одним из показателей ее загрязненности ксенобиотиками, в частности пестицидами и другими токсикантами. **В связи с интенсификацией отечественного сельского хозяйства и увеличением объемов внесения подобных препаратов актуально исследование этого вопроса.** (Поддымкина, 2022)

Гербициды также могут вредить и культурным растениям:

- Гербицид может нарушать процессы фотосинтеза, дыхания, роста и развития растений.
- Задержка роста и развития.
- Повреждение листьев и стеблей.
- Снижение устойчивости к болезням и вредителям.
- Накопление гербицидов в плодах и зерне.

### **1.2.3. Способы снижения последствий применения гербицидов**

Для восстановления почвы после загрязнения гербицидами можно предпринять следующие шаги:

- Провести комплексную оценку состояния почвы. Это позволит определить степень загрязнения и выбрать наиболее эффективные методы реабилитации.
- Провести первичную детоксикацию.

- Провести химическую нейтрализацию.
- Провести биологическую реабилитацию. Для этого вносят биопрепараты с полезной микрофлорой, высевают сидераты и вносят органические удобрения.

Процесс восстановления занимает от 1 до 3 лет в зависимости от степени загрязнения и типа почвы.

Чтобы минимизировать необходимость восстановительных работ, важно соблюдать профилактические меры:

1. Правильно подбирать тип и дозировку гербицидов;
2. Строго следовать инструкции по применению;
3. Чередовать различные методы борьбы с сорняками;
4. Регулярно проводить анализы почвы.

#### **1.2.4. Гербицид-деструкторы**

Гербициды-деструкторы — это специальные препараты, предназначенные для ускорения разложения остаточных количеств гербицидов в почве. Они становятся всё более популярными в современном сельском хозяйстве из-за интенсификации применения химии и проблемы «последствия».

Многие современные гербициды обладают длительным периодом распада. Если после их применения наступает засуха или почва имеет специфический pH, гербицид не успевает разложиться до посева следующей культуры, следовательно, результатом является угнетение или гибель последующей культуры в севообороте.

- Естественные деструкторы (микроорганизмы) всегда присутствуют в почве.
- Их активность и эффективность в разложении гербицидов зависят от комплекса условий: влаги, температуры, аэрации, pH, наличия органического вещества и от свойств самого гербицида.

Плюсы использования:

1. Снимаются ограничения на высеv чувствительных культур.
2. Восстановление микрофлоры, подавленной жесткой химией.
3. Прибавка урожая за счет снятия фитотоксического стресса с растений.

Минусы и нюансы:

- Условия работы: Биодеструкторы — это живые организмы. Им нужны влага и определенная температура. В мерзлой или абсолютно сухой почве они не работают.
- Время: Деструкция не происходит мгновенно. Обычно требуется от 2 недель до нескольких месяцев.

#### **1.2.5. Применение гербицидов в Ульяновской области**

Для гербицидной обработки в Ульяновске используют различные виды препаратов в зависимости от задачи:

1. Гербициды сплошного действия. Применяются для полного уничтожения всей растительности на участке. Используются на промышленных объектах, при расчистке запущенных территорий, перед строительством.

2. Гербициды селективного действия. Позволяют уничтожать сорные травы, не затрагивая культурные растения. Оптимальны для приусадебных и сельскохозяйственных участков.

В аграрном секторе Ульяновской области ведется постоянный и усиленный контроль за безопасным обращением с пестицидами и агрохимикатами. Мониторинг является ключевым условием для обеспечения высокого качества сельскохозяйственной продукции, защиты здоровья потребителей, а также предотвращения негативного воздействия интенсивного земледелия на окружающую среду. Надзорные органы региона регулярно проводят комплексные мероприятия по проверке соблюдения установленных законом требований в области защиты растений.

Также в Ульяновской области есть большое количество служб, специализирующихся на обработке участков гербицидами, разных ценовых сегментов. Поэтому стоит доверять обработку своих земель специалистам, а не выполнять всё самостоятельно, ведь риск превысить дозу раствора гербицидов возрастает.

## **2. Методики проведенных исследований**

### **2.1. Методика отбора почвы для химического анализа (ГОСТ 17.4.4.02-84, переиздание 2008)**

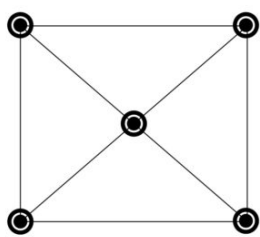
Отбор проб проводят для оценки качественного состояния почв естественного и нарушенного сложения.

Пробы почвы, в зависимости от необходимости проведения тех или иных определений, отбирают в стеклянные (пластиковые) емкости или полиэтиленовые пакеты.

Необходимым условием отбора проб почв является их предохранение от вторичного загрязнения (в том числе атмосферными осадками) на всех этапах отбора проб.

Для отбора проб почвы необходимо использовать инвентарь, изготовленный из металла (нержавеющая сталь), керамики, пластмассы и т.п. Все рабочие поверхности должны быть тщательно очищенными от загрязнений и не иметь признаков коррозии и ржавчины.

1. Разместить участок по принципу «конверта» для отбора 5 точечных проб почвы: по одной из 4 углов и 1 из центра.



Метод конверта (ГОСТ Р 58586-2019) Метод, при котором из точек контролируемой площадки берут 5 почвенных проб. При этом точки должны быть расположены так, чтобы мысленно соединенные прямыми линиями, давали рисунок запечатанного конверта.

2. Подготовить кусок чистого полиэтилена размером приблизительно 50х50 см.

3. Удалить растительный слой методом срезания или соскабливания.

4. В каждой точке с глубины 0-20 см провести отбор проб почвы массой от 0,5 до 1 кг (точечные пробы) и высыпать ее на полиэтилен.

5. Составить объединенную пробу путем смешивания 5 точечных проб, отобранных на одной пробной площадке.

6. Полученную объединенную пробу массой не менее 1 кг необходимо поместить в заготовленную для нее емкость и плотно закрыть.

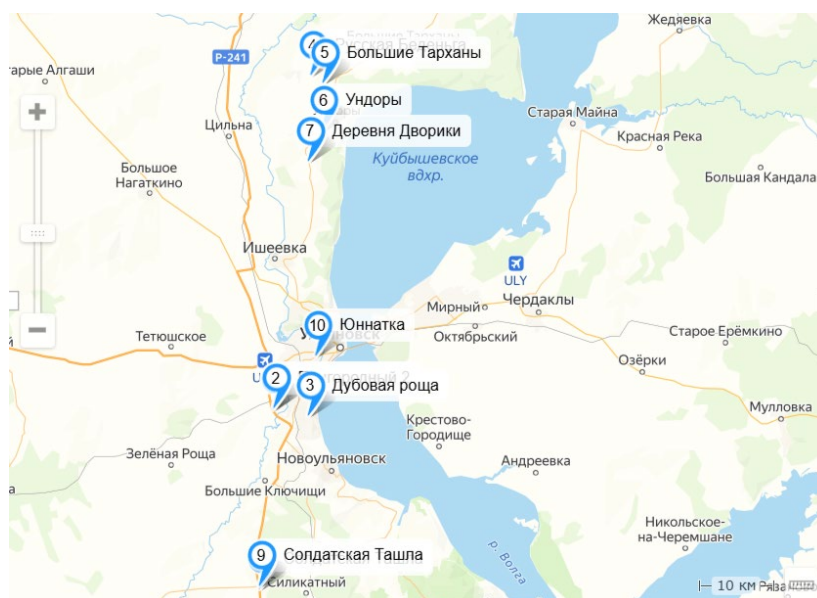
7. Пробу необходимо доставить в лабораторию в течение суток. До доставки пробы ее необходимо хранить в темном и прохладном месте.

### 3. Результаты исследования и их обсуждение

#### 3.1. Отбор почвы для химического анализа

Сбор почвенных образцов мы проводили на землях сельхозназначения.

Места сбора обозначены на карте.



<https://yandex.ru/maps/?um=constructor%3A582e02e67859ea7ac6d6513a612e44efd376686c5298778c2824ac829fa14c71&source=constructorLink>

Рис. 1. Карта сбора почвенных образцов


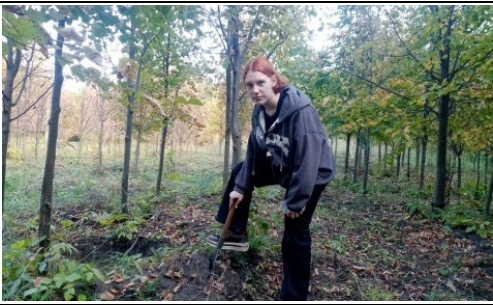




Почвенные образцы собраны с 10 пробных площадок. Прикопку делали на глубину до 15 см, расстояние между точками забора составило 1 м.



Забор почв произведен под различными культурами: подсолнечник, кукуруза, пшеница озимая, рожь озимая. Выбор культур обусловлен их сельскохозяйственной значимостью для нашего региона.

В качестве контроля взяты образцы №3 (плодовые посадки) и №10 (компост), так как на данных участках гербицидная обработка не проводилась.

Таблица 1. Забор почвенных образцов

Образец №	Локация	Фотография
№1	Пригородный 1. Посадка подсолнечников	

<p>№2</p>	<p>Пригородный 2. Посадка подсолнечников</p>	
<p>№3 КОНТРОЛЬ</p>	<p>Дубовая роща. Плодовые посадки</p>	
<p>№4</p>	<p>Русская Беденьга. Посадка подсолнечников</p>	
<p>№5</p>	<p>Большие Тарханы. Озимые посевы (пшеница)</p>	
<p>№6</p>	<p>Ундоры. Кукурузное поле</p>	
<p>№7</p>	<p>Деревня Дворики. Озимые посевы (рожь)</p>	

№8	Солдатская Ташла 1. Посадка кукурузы.	
№9	Солдатская Ташла. Посадка кукурузы	
№10 КОНТРОЛЬ	Юннатка (Эколого-биологический центр). Компост	

### 3.2. Приготовление первичной среды

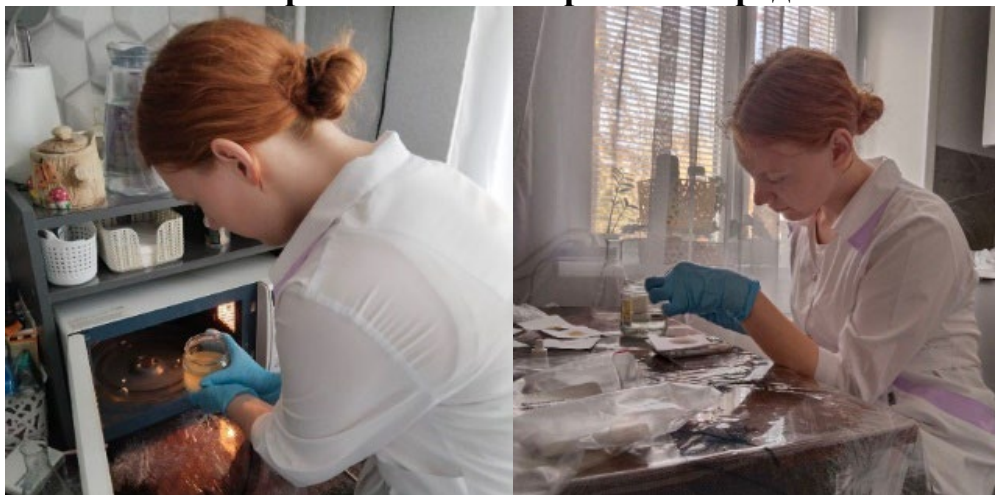


Рис. 2-3. Приготовление первичной среды

Первичная среда относительно бедная, неселективная. Используется для первичного выявления микроорганизмов, способных существовать в неблагоприятных условиях.

### 3.3. Создание почвенной суспензии

Для проведения эксперимента готовятся водные почвенные суспензии исследуемых образцов.

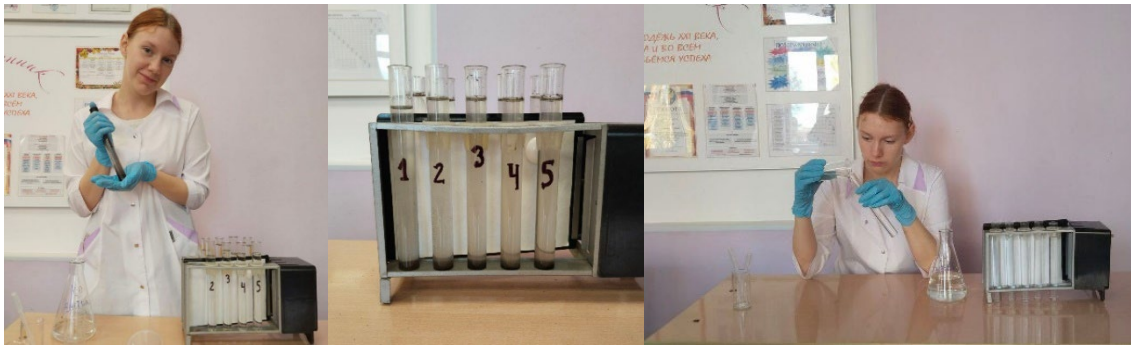


Рис. 4-6. Приготовление почвенной суспензии

### 3.4. Посев суспензии на первичную среду

При посеве суспензии на первичную среду мы наблюдали образование колоний в образцах №№1-3, 6.

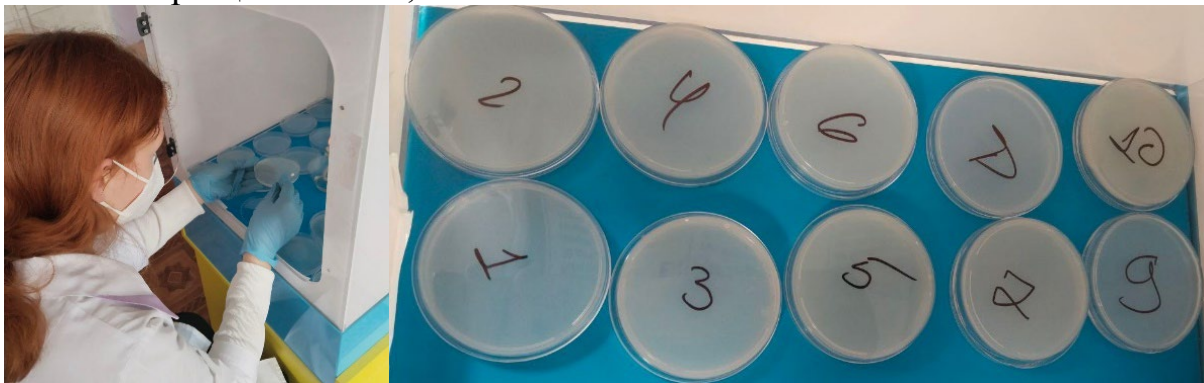
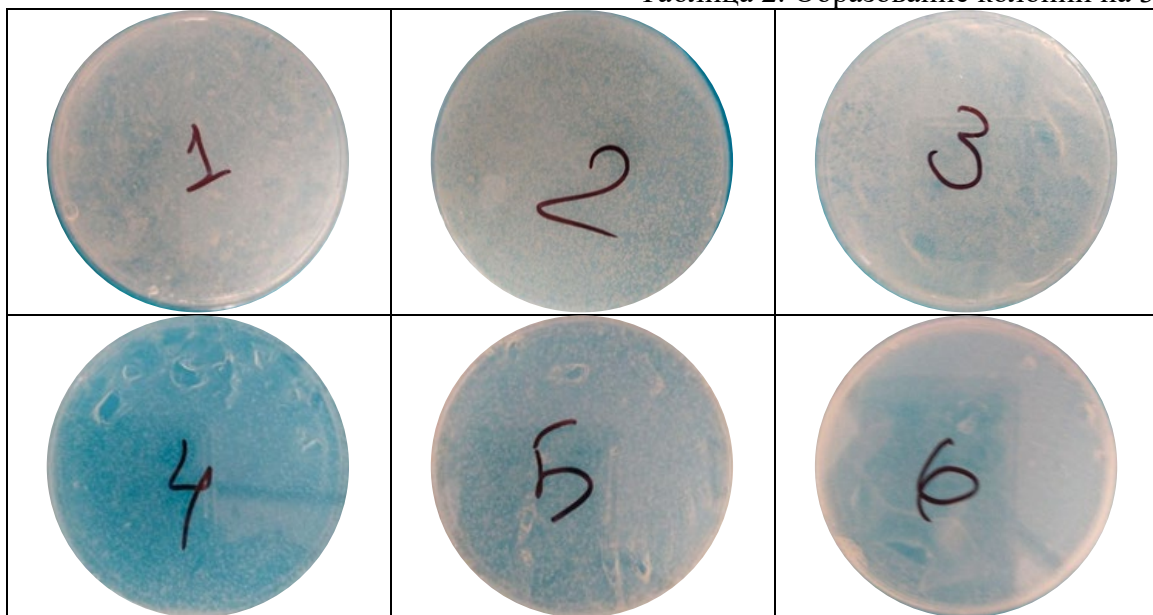


Рис. 7-8. Посев на первичную среду

На третий день колонии образовались во всех образцах, кроме №8. Данный образец не пригоден для дальнейшего исследования.

Таблица 2. Образование колоний на 3 день





Результаты наблюдений внесены в таблицу. Приложение 1

Таблица 3. Результаты первичного посева

Образец, №	Изменения		
	2 день	3 день	4 день
№1	Появление большого количества однотипных молодых колонии	Появились белые отдельно стоящие колонии и крупные скопления	Нет видимых изменений
№2	Появление разнообразных пигментированных колоний жёлтого цвета	Развитие уже существующих колоний	Нет видимых изменений
№3	Появление малого количества похожих колоний	Нет новых колоний, разрастание уже существующих	Нет видимых изменений
№4	Нет видимых изменений	Появление молодых колоний	Развитие колоний
№5	Нет видимых изменений	Появление большого количества молодых и слизистых колоний	Развитие существующих колоний
№6	Появление малого количества колоний	Рост колоний	Нет видимых изменений
№7	Нет видимых изменений	Появление удалённых друг от друга молодых колоний	Развитие колоний
№8	Появление молодых колоний	Появление ещё большего количества молодых колоний	Рост колоний
№9	Нет видимых изменений	Появление молодых и слизистых колоний	Развитие существующих колоний
№10	Нет видимых изменений	Появление маленьких сильно удалённых друг от друга колоний	Развитие колоний

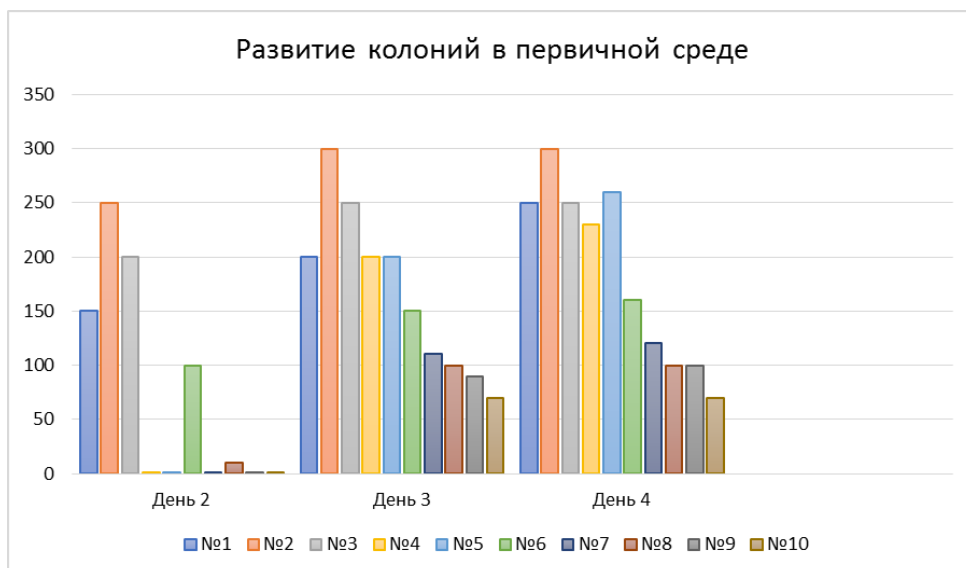


Рис.9. Динамика первичного посева

### 3.5. Приготовление скрининговой системы и пересев колоний

Скрининговая среда в данной работе необходима для выявления гербицид-деструкторов. Для посева в скрининговую среду отбирались бактерии по следующим критериям:

- размеры по отношению к другим колониям;
- форма по отношению к другим колониям;
- цвет.

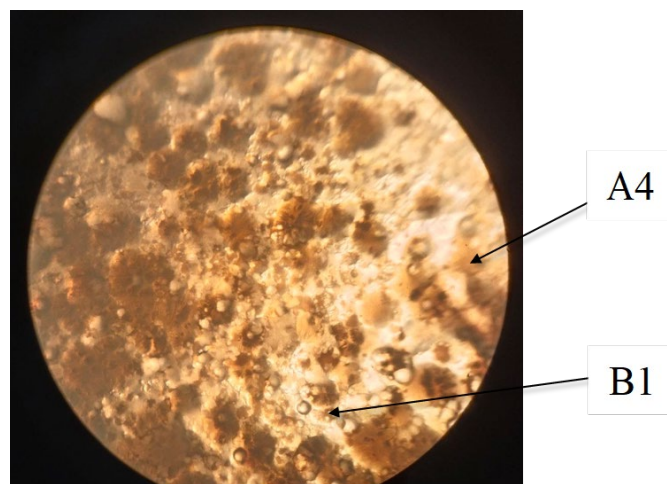


Рис.10. Отбор колоний для скрининга



Рис.11-14. Посев в скрининговую среду

Скрининговая среда в данной работе необходима для выявления гербицид-деструкторов. В ходе работы (после пересадки колоний) мы можем заметить, что

в отдельных образцах в месте проникновения зубочистки образуются жёлтые пятна. Это колонии гербицид-деструкторов.

Вывод: в образцах №1,2,5,7 обнаружены гербицид – деструкторы.

В образцах №3,4,6,8,9,10 среда остается синей, гербицид – деструкторы не обнаружены.

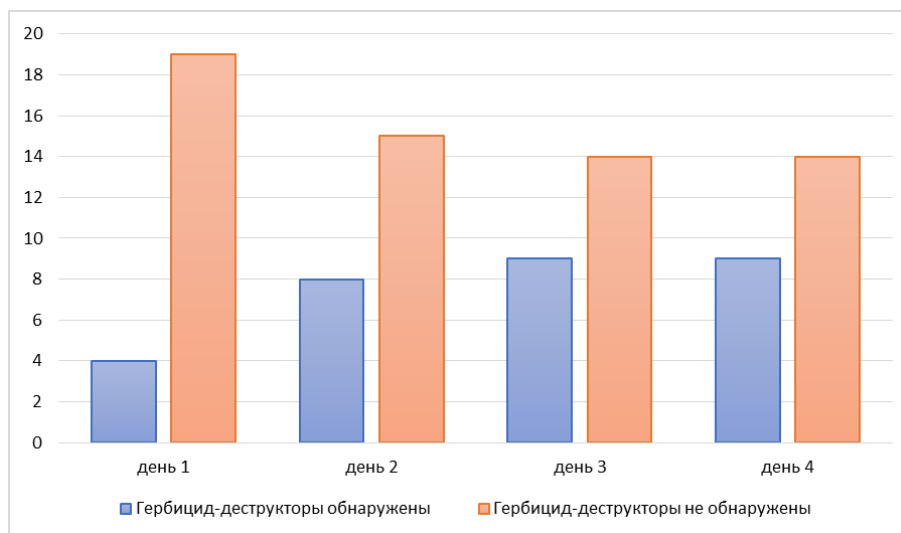


Рис.15. Динамика образования гербицид-деструкторов

### 3.6. Биотестирование

#### 3.6.1. Оценка степени загрязнения почвы гербицидами

Мы оценили степень загрязнения почвы гербицидами на различных сельскохозяйственных участках с помощью метода биотестирования.

В качестве тест-объекта взят овёс посевной, важнейшая сельскохозяйственная культура. Мы используем именно эту культуру, ведь она обладает высокой чувствительностью и распространена в сельском хозяйстве.

Мы высадили по 10 семян овса в каждый из образцов почвы.

Через несколько дней всходы составили в образцах №1,2,3,4,6,10 80-100%. В образцах №5,7,8,9 всходы были меньшими 20-50%.

Во второй выборке, результаты на 11 день составили: только в образце №10 всходы составили 100%, в образцах №1,3 всходы составили 70%, в образцах №2,6,7,9 – 50-60%, в образцах №4,5,8 – 30%.

Это доказывает, что в образцах 1,2,5,7 присутствуют гербицид-деструкторы, повышающие плодородие почвы. В образцах 4,6,8,9 возможно недостаточное количество гербицид-деструкторов или их низкая активность.

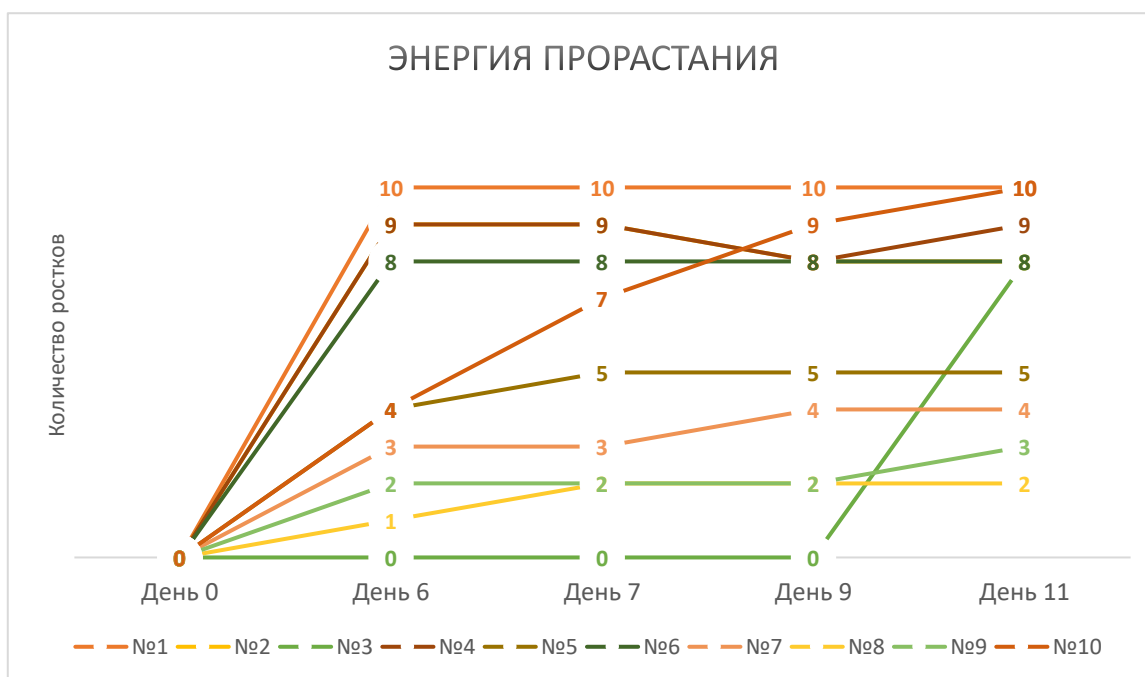


Рис.16. Количество ростков в образцах

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА.

Я провела **Дисперсный анализ** для того, чтобы выявить, существуют ли статистически значимые различия между средними значениями зависимой переменной в разных группах, сформированных по уровням фактора.

Во время двух повторений биотестирования, я измеряла рост ростков на протяжении нескольких дней. Я нашла среднее значение данных измерений на 11 день для обоих повторений по формуле:  $m = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$ , где  $m$  – среднее арифметическое,  $x$  – размеры ростков,  $n$  – количество ростков. Для дальнейших измерений мной были выбраны образцы почв №1 (13,1 и 12,6), №9 (13 и 8,2), №10 (11,7 и 7,2). №1 был выбран из-за того, что различия в средних значениях первого и второго повторения минимальны, относительно других образцов (0,5), №9 – различия были максимальны для других образцов (4,8), №10 – контроль (4,5).

Дисперсный анализ:

Формула:  $S^2 = \frac{(x_1 - m)^2 + (x_2 - m)^2 + \dots + (x_n - m)^2}{n}$ , где  $m$  – среднее арифметическое,  $x_1, x_2, x_n$  – размеры ростков,  $n$  – количество ростков.

Результата: для образца №1 дисперсный анализ показал для первой выборки 2,022, для второй 2,82, для образца №9 – 7,12 и 1,91, контроль – 4,76 и 2,18. Результаты выявили, что между контролем и образцами, имеющими меньшее и наибольшее различия средних значений, нет больших различий, следовательно, дисперсный анализ выявил, что между средними значениями переменных нет статистической значимости, следовательно, все измерения выполнены верно.

Я выявила **коэффициент Стьюдента** для определения статистической значимости различий средних величин.

Для коэффициента Стьюдента необходимо было внести в таблицу показатели двух выборок: Показания размеров ростков образцов №1, №9, №10 на 11 день в двух повторениях.

В первый раз я ввела значения двух повторений образца №1, для получения 1 коэффициента, во второй раз – образца №9, для получения 2 коэффициенты, в третий – образца №10.

Результаты:

1 коэффициент  $(t) = 0.342223$ , а Уровень значимости  $(p) = 2.227507$ , коэффициент меньше уровня значимости больше, чем на 0,05, следовательно, статистической значимости нет, следовательно, результаты наших измерений верны, и нулевая гипотеза не может быть опровергнута, но для получения более точного результата, необходимо провести ещё одну выборку.

2 коэффициент  $(t) = 0.936894$ , а Уровень значимости  $(p) = 0.441896$ , коэффициент меньше уровня значимости больше, чем на 0,05, следовательно, статистической значимости нет, следовательно, результаты наших измерений верны, и нулевая гипотеза не может быть опровергнута, но для получения более точного результата, необходимо провести ещё одну выборку.

3 коэффициент  $(t) = 2.578666$ , а Уровень значимости  $(p) = 2.166944$ , коэффициент меньше уровня значимости менее, чем на 0,05, следовательно, статистическая значимость есть, следовательно, нулевая гипотеза может быть опровергнута.

### **3.6.2. Оценка безопасности гербицид-деструкторов**

Цель эксперимента. Проверить влияние полученных штаммов на прорастание и рост культурных растений, таким образом, оценить безопасность гербицид-деструкторов для сельскохозяйственных культур.

Ожидаемые результаты. Хорошие штаммы не должны угнетать, а желательно стимулировать рост растений.

В качестве тест-объектов выбраны: двудольное растение – фасоль и однодольное – пшеница. Выбор обусловлен тем, что это быстрорастущие, распространённые сельскохозяйственные культуры. Поэтому выявление различных факторов, влияющих на развитие, является актуальным.

Исследуемые штаммы – суспензии гербицид-деструкторов №1,2,5,7. Контроль – дистиллированная вода.

Результат. Образцы №1,2,4 показали всхожесть 73,3-93,3%, ростки и корешки выглядят здоровыми, данные штаммы стимулировали рост растений, так как всходы в контрольном образце №5 (вода) составили 60%. А образец №3 негативно сказался на состоянии семян, некоторые семена потеряли свою первоначальную форму и превратились в пюре – разрушились.

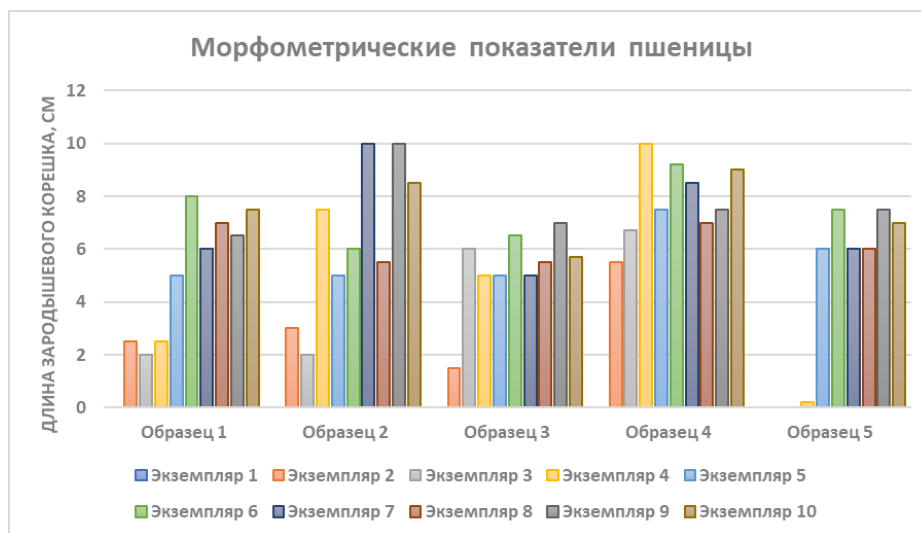


Рис.17. Морфометрические показатели пшеницы

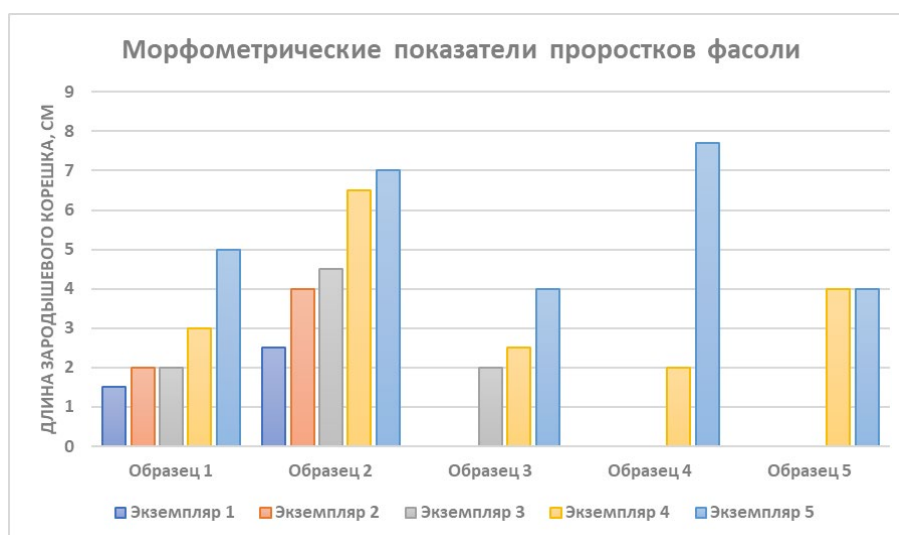


Рис.18. Морфометрические показатели фасоли

В образцах №1 и №2 всхожесть однодольных составила 90%, двудольных – 100%. В образце №4 всхожесть двудольных лишь 40%, а однодольных проросло 90%. В образце №3 в отношении однодольных и двудольных всходы были лучше (90% и 60%), чем в образце №5 (70% и 40%), но образец №3 пагубно повлиял на состояние бобов, некоторые из их в ходе эксперимента потеряли свою первоначальную форму и консистенцию.

### 3.6.3. Оценка влияния гербицидов на сельскохозяйственные культуры

Цель эксперимента. Проверить влияние гербицидов сплошного и селективного действия на сельскохозяйственные культуры.

Ожидаемые результаты. Гербицид селекционного действия не должен угнетать сельскохозяйственные культуры.

Для исследования взят образец почвы №3 (плодовые посадки, гербицидная обработка на этом участке ранее не проводилась). Тест-объект – овес.

В первый экспериментальный образец добавлен гербицид сплошного действия, во-второй образец добавлен гербицид селекционного действия, в третий - контроль.

**Результат.** В результате первой выборки в первом образце низкая всхожесть (30%) и нездоровые ростки голубоватого оттенка, во втором образце всхожесть составила 60%, а в третьем - 80%, в обоих случаях ростки имели здоровый зелёный цвет.

В результате второй выборки результаты были лучше: в образце с гербицидом сплошного действия всхожесть 60%, но ростки всё такие же маленькие, а также всходы появились лишь на 8 день, в образце с гербицидом селекционного действия всхожесть 80%, а в контроле 90%, ростки здоровые и высокие. Результаты были лучше, потому что перед второй выборкой гербициды не вносились в почву.

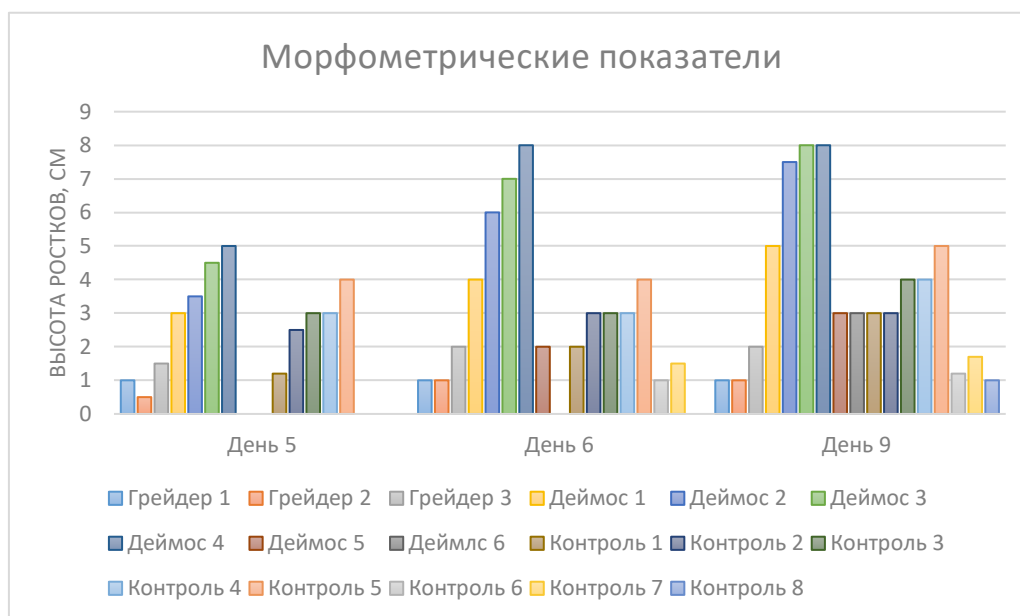


Рис.19. Морфометрические показатели

#### 4. Выводы

В результате проделанной работы исследована способность микроорганизмов – гербицид-деструкторов к биоремедиации почв.

1. Изучены теоретические основы применения гербицидов в сельском хозяйстве и их воздействие на почву и здоровье человека.

Гербициды широко применяются в сельском хозяйстве для уничтожения сорной растительности, они борются с сорняками, которые конкурируют с культурными растениями за питательные вещества, влагу и свет. Но загрязнение почвы гербицидами приводит к снижению ее плодородия, нарушению микробиологического баланса и накоплению токсичных веществ.

2. Проведен анализ использования гербицидов в Ульяновской области.

В Ульяновской области широко применяют гербициды как сплошного действия, так и селективного.

3. Оценена степень загрязнения почвы гербицидами на различных сельскохозяйственных участках.

Методом биотестирования в 40% образцов почв не обнаружено снижения плодородия вследствие загрязнения гербицидами, что указывает на высокую активность гербицид-деструкторов.

4. Получены штаммы микроорганизмов, способных к биоремедиации.

В 40% исследуемых почв обнаружены гербицид-деструкторы.

Таким образом, гипотеза «**В сельскохозяйственных почвах независимо от вида культуры всегда есть микроорганизмы – гербицид-деструкторы**» не подтвердилась. В образцах почвы на кукурузных полях не обнаружены гербицид-деструкторы, которые образуются в почвах с излишним количеством гербицидов. На данной культуре применяют особую технологию применения гербицидов, так как стебли и листья кукурузы после уборки урожая используют для приготовления силоса - корма для сельскохозяйственных животных. (Гвоздов, 2021). Содержание гербицид-деструкторов, возможно, незначительно, их количество недостаточно для выявления.

5. Оценили безопасность гербицид-деструкторов для сельскохозяйственных культур. Образцы №1 и №2 стали самыми полезными и безопасными и для однодольных, и для двудольных. Образец №4 можно рекомендовать для стимуляции, но всходы будут меньшими для двудольных. Образец №3 пагубно повлиял на состояние бобов, не может быть рекомендован для биоремедиации.

**Общий вывод.** Почва образцов №1, 2 (Пригородный 1, Пригородный 2. Посадка подсолнечников) содержит гербицид-деструкторы, которые необходимо идентифицировать и использовать в сельском хозяйстве для деградации гербицидов.

Повторность экспериментов трехкратная, что повышает достоверность результатов. Размер выборки – 10 образцов. Оценка надёжности результатов экспериментов подтверждена подсчетом коэффициента Стьюдента, результат находится в зоне значимости.

Обобщенные результаты представлены в Сводной таблице исследования.  
*Приложение 1.*

**Я являюсь участником Всероссийского проекта «Гражданская наука и генетические технологии для сельского хозяйства».** Цели данного проекта: исследовать активность бактерий в важных сельскохозяйственных отраслях и собрать коллекцию потенциальных производственных штаммов. Результаты проведенных исследований внесены в единую сетевую электронную базу данных проекта «Всероссийский атлас почвенных микроорганизмов» ([atlas.niboch.nsc.ru](http://atlas.niboch.nsc.ru)). Полученные образцы штаммов гербицид-деструкторов отправлены для идентификации в ИХБФМ СО РАН.

### **Перспективы**

1. Идентифицировать штаммы перспективных гербицид-деструкторов, полученных в результате исследования.
2. Провести экспериментальное исследование эффективности предложенного метода биоремедиации.
3. Предложить рекомендации по снижению негативного воздействия гербицидов на окружающую среду и здоровье человека.

### **5. Заключение**

Использование гербицидов в сельском хозяйстве является эффективным способом борьбы с сорняками и повышения урожайности. Однако, они могут

оказывать негативное воздействие на окружающую среду, в частности, на почву и здоровье человека.

Загрязнение почвы гербицидами приводит к снижению ее плодородия, нарушению микробиологического баланса и накоплению токсичных веществ.

В Ульяновской области ведется контроль за использованием гербицидов, однако необходимы дальнейшие усилия по внедрению экологически безопасных методов борьбы с сорняками и восстановлению загрязненных почв.

Существующие методы снижения негативного воздействия гербицидов не всегда эффективны, поэтому необходим поиск и разработка альтернативных, более экологичных и безопасных способов борьбы с сорняками и восстановления загрязненных почв.

Предложенный метод биоремедиации с использованием бактерий, способных к деградации пестицидов, является перспективным подходом к восстановлению почв, загрязненных гербицидами.

Для минимизации негативного воздействия гербицидов необходимо строго соблюдать правила их применения, проводить регулярный мониторинг состояния почвы и использовать профилактические меры, такие как севооборот и органическое земледелие.

#### **6. Список использованной литературы**

1. Гвоздов, А.П. Влияние гербицидов и сроков их внесения на засоренность посевов и продуктивность кукурузы / А.П. Гвоздов, Л.А. Булавин, С.А. Пынтиков, М.А. Белановская, В.Д. Кранцевич // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-gerbitsidov-i-srokov-ih-vneseniya-na-zasorennost-posevov-i-produktivnost-kukuruzy>.
2. Демиденко, Г.А. Оценка влияния гербицидов на почвенную микрофлору / Г.А. Демиденко, Н.В. Фомина // Вестник КрасГАУ. 2013. №8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-vliyaniya-gerbitsidov-na-pochvennuyu-mikrofloru>.
3. Джанесси, Л.П. Растущее значение гербицидов в мировом растениеводстве. *Pest Manag Sci*. 2013 Oct;69(10):1099-105. doi: 10.1002/ps.3598. Опубликовано 9 августа 2013 г. PMID: 23794176. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23794176/>
4. Дорожкина, Л. А. Применение гербицидов и регуляторов роста в защите растений : Учебное пособие / Л.А. Дорожкина, Л.М. Поддымкина. – Москва : Редакция журнала "Механизация и электрификация сельского хозяйства", 2021. – 206 с. – ISBN 978-5-6046184-3-1. – EDN DVDDUQ.
5. Иванцова, Е. А. Экологические проблемы применения пестицидов / Е.А. Иванцова, Ю.В. Калуженкова // Известия НВ АУК. 2008. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskie-problemy-primeneniya-pestitsidov>.
6. Мамиев, Д.М. Эффективность различных гербицидов и доз удобрений при выращивании сельскохозяйственных культур / Д.М. Мамиев, А.А. Абаев, Е.И. Кумсиев, А.А. Шалыгина, З.П. Оказова // Современные проблемы

- науки и образования. – 2015. – № 2 (часть 1) – С. 749-749. URL: <https://science-education.ru/en/article/view?id=21237>
7. Муркамилов, И.Т. Поражения легких при воздействии пестицидов и гербицидов (обзор литературы и описание клинического случая) / И.Т. Муркамилов, К.А. Айтбаев, Ф.А. Юсупов, З.Р. Райимжанов, З.Ф. Юсупова, Т.Ф. Юсупова, Ш.Ш. Хакимов, Т.А. Нурматов, Ж.И. Солижонов, Д.С. Ыманкулов // Бюллетень науки и практики. 2024. №8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/porazheniya-legkih-pri-vozdeystvii-pestitsidov-i-gerbitsidov-obzor-literatury-i-opisanie-klinicheskogo-sluchaya>.
  8. Олискевич, В.В. Оптимизация технологии биоремедиации сельскохозяйственных земель, загрязненных гербицидом «Гезагард» / В.В. Олискевич, Н.М. Талаловская, С.Е. Третьякова, Е.А. Барышникова, О.Ю. Ксеонофонтова, В.А. Гребенщикова, И.Ю. Андрюхина, Е.В. Басова, М.И. Правдивцева, Ю.А. Живайкина, Е.В. Иванова // Изв. Саратов. ун-та Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2013. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-tehnologii-bioremediatsii-selskohozyaystvennyh-zemel-zagryaznennyh-gerbitsidom-gezagard>.
  9. Поддымкина, Л.М. Точка угнетения / Л.М. Поддымкина, П.В. Шафикова, Д.С. Усачев, А.В. Коротеев // Агробизнес. – 2022. – № 4(76). – С. 48-49. – EDN PYNHCK.
  10. Смирнова, П.С. Проблема загрязнения почвы пестицидами и пути ее решения / П.С. Смирнова, В.В. Тихомирова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2023. – № 3. – С. 37-41. – DOI 10.17513/mjpf.13519. – EDN WKEARE.
  11. Соловьев, Н.В. Отравления гербицидами как проблема экологии // Международный студенческий научный вестник. 2017. № 4 (часть 3) С. 285-288 URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=17519>
  12. Степанова, С.А. Оценка изменения концентрации гербицидов в почве / С.А. Степанова, Г.В. Симонова // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2020. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-izmeneniya-kontsentratsii-gerbitsidov-v-pochve>.
  13. Ходжамухаммедова, М. Меры по защите труда и природы при работе с гербицидами / М. Ходжамухаммедова, М. Ислегбердиева, Г. Довлетмырадова // Символ науки. 2024. №11-1-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mery-po-zaschite-truda-i-prirody-pri-rabote-s-gerbitsidami>.

## 7. Приложение

Таблица 4. Сводная таблица исследования

№	Описание	pH	Биотестирование	Безопасность гербицид деструкторов	Выделение чистых культур	Общий вывод
1	Пригородный 1. Посадка подсолнечников	7,40	Всходы составили 100%. Первые всходы появились на 4 день. Почва содержит гербицид – деструкторы. Ростки здоровые, больших размеров.	Образец 1. Всходы составили 93,3%. Полезны и безопасны и для однодольных, и для двудольных. Можно использовать для стимуляции роста растений.	Колонии занимают 80% площади чашки Петри. Они слизистые, белого цвета, имеют плотное строение, также имеются округлые формы, вокруг штрихов, нанесённых на среду.	Всхожесть высокая. Ростки здоровые и большие. Почва содержит гербицид-деструкторы, которые необходимо идентифицировать и использовать в сельском хозяйстве для деградации гербицидов.
2	Пригородный 2. Посадка подсолнечников	7,69	Всходы составили 80%. Первые всходы появились на 5 день. Почва содержит гербицид – деструкторы. Ростки выглядят здоровыми, но меньших размеров.	Образец 2. Всходы составили 93,3%. Самые полезные и безопасные для однодольных и двудольных. Следует использовать для стимуляции роста и развития растений. Ростки и корни больше, чем у 1 образца.	Колонии занимают 80% площади чашки Петри. Они желтоватого цвета, имеют плотное строение на концах и интересный рисунок, тянущийся от начала чашки, до середины, также имеются округлые формы, вокруг штрихов, нанесённых на среду.	Всхожесть высокая. Ростки большие и здоровые. Почва содержит гербицид-деструкторы, которые необходимо идентифицировать и использовать в сельском хозяйстве для деградации гербицидов.
3	Дубовая роща. Плодовые посадки	7,77	Всходы составили 80%. Первые всходы появились только на 11 день. Почва оказалась не пригодной для прорастания однодольных. Ростки маленькие.	-	Колонии занимают 35% площади чашки Петри. Они белого цвета, плоские, также имеются округлые формы, вокруг штрихов, нанесённых на среду. Присутствуют	Всхожесть высокая, но поздняя, из-за чего ростки на фоне других маленькие. Это контроль, в котором не содержатся ни гербициды, ни гербицид-деструкторы.

					пигментные пятна жёлтого цвета.	
4	Русская Беденьга. Посадка подсолнечников	7,82	Всходы составили 90%. Первые всходы появились на 4 день. Возможно наличие гербицид-деструкторов. Ростки здоровые, больших размеров.	-	Колонии занимают 35% площади чашки Петри. Они белого цвета, плоского строения. Также имеются пигментные пятна.	Всходы высокие, здоровые и большие. Возможно наличие гербицид-деструкторов.
5	Большие Тарханы. Озимые посевы (пшеница)	7,76	Всходы составили 50%. Первые всходы появились на 5 день. Возможное остаточное действие гербицидов. Ростки не отличаются размерами.	Образец 3. Всходы составили 80%. Но данный гербицид-деструктор пагубно повлиял на сельскохозяйственные культуры. Поэтому его не рекомендуется использовать.	Колонии занимают 70% площади чашки Петри. Они белого цвета, имеют плотное строение на концах, также имеются округлые формы, вокруг штрихов, нанесённых на среду.	Всхожесть средняя, не все ростки здоровы. Почва содержит гербицид-деструкторы, которые можно идентифицировать, но не стоит использовать в сельском хозяйстве.
6	Ундоры. Кукурузное поле	7,84	Всходы составили 80%. Первые всходы появились на 4 день. Ростки не отличаются размерами.	-	Колонии занимают 50% площади чашки Петри Они имеют бежевый цвет, они слизистые и блестящие, а также имеются округлые формы, вокруг штрихов, нанесённых на среду.	Всхожесть высокая, ростки здоровы и средних размеров. Почва не содержит гербицид-деструкторов.
7	Деревня Дворики Озимые посевы (рожь)	7,70	Всходы составили 40%. Первые всходы появились на 6 день. Возможно остаточное действие гербицидов. Ростки не отличаются размерами.	Образец 4. Всходы составили 73,3%. Можно рекомендовать для стимуляции, но для двудольных всходы будет меньшими. Ростки и корни	Колонии занимают 80 % площади чашки Петри. Они белого цвета, также имеются округлые формы вокруг штрихов, нанесённых на среду.	Всхожесть средняя, ростки здоровые и средних размеров. Почва содержит гербицид-деструкторы, которые необходимо идентифицировать и

				здоровые.		использовать в сельском хозяйстве для деградации гербицидов.
8	Солдатская Ташла 1. Посадка кукурузы.	7,52	Всходы составили 20%. Первые всходы появились на 6 день. Почва не подходит для проращивания однодольных. Ростки маленькие.	-	Колонии занимают 30% площади чашки Петри. Они имеют белый цвет, а также плотное, пузырчатое строение.	Всхожесть минимальная, почва не подходит для однодольных, ростки маленькие, здоровые. Почва не содержит гербицид-деструкторов.
9	Солдатская Ташла 2. Посадка кукурузы	7,42	Всходы составили 30%. Первые всходы появились на 6 день. Почва не подходит для проращивания однодольных. Ростки маленькие.	-	Колонии занимают 95% площади чашки Петри. Они белого цвета, плотного строения, также имеются округлые формы, вокруг штрихов, нанесённых на среду.	Всхожесть минимальная, почва не подходит для однодольных, ростки маленькие, здоровые. Почва не содержит гербицид-деструкторов.
10	Юннатка (Эколого-биологический центр). Компостная куча	7,25	Всходы составили 100%. Всходы появились на 3 день. Компост благоприятно повлиял на рост и развитие ростков, они большие и здоровые.	-	Колонии занимают 20-25% площади чашки Петри. Они имеют белый цвет, плоское строение.	Всхожесть высокая, ростки большие и здоровые. Это контроль, в котором не содержатся не гербициды, не гербицид-деструкторы. Эта почва из-за своего состава благоприятно влияет на рост и развитие растений.