

**ОТКРЫТЫЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ КОНКУРС ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ
И ПРОЕКТНЫХ РАБОТ ШКОЛЬНИКОВ
«ВЫСШИЙ ПИЛОТАЖ - Пенза»**

Секция биологии «Авангард»

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОБНЫХ УДОБРЕНИЙ
В ЛАБОРАТОРНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ
ВЫРАЩИВАНИЯ ПШЕНИЦЫ НА ПОЧВАХ ООПТ «КАЙСАРОВСКИЙ СОЛОНЕЦ» КОЛЫШЛЕЙСКОГО
РАЙОНА ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Автор работы:

ученик 7 «Г» класса

МБОУ «СОШ № 220»

Соловьев Егор Вячеславович.

Научные руководители:

Плюснина Л.А.

учитель биологии и экологии;

Середенина О.Ю.,

учитель географии

МБОУ «СОШ № 220»

г. Заречного Пензенской области.

ПЕНЗА - 2026г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	1
ГЛАВА 1. СТЕПЕНЬ РАЗРАБОТАННОСТИ ВОПРОСА	2
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА.....	5
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	8
ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ	13
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНТЕРНЕТ - ИСТОЧНИКОВ.....	14
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	15
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	20

ВВЕДЕНИЕ

Данное исследование является частью программы «Всероссийский атлас почвенных микроорганизмов как основа для поиска новых противомикробных продуцентов и ферментов с уникальными свойствами», реализуемой в рамках Федеральной научно-технической программы развития генетических технологий на 2019-2027 годы при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ. Для продуктивной работы в сотрудничестве с институтом химической биологии и фундаментальной медицины Сибирского отделения РАН была создана киберфизическая платформа навыков будущего «Synsworld», присоединившись к ней, мы стали научными волонтерами и соавторами. Три года школьники всей России собирали коллекцию почвенных микроорганизмов. Мы также принимаем участие в этом проекте третий год.

Применение микробных препаратов при выращивании сельскохозяйственных культур позволяет повысить биологическую активность почвы, что предполагает улучшение обеспеченности питанием в системе почва-растение за счет интенсификации биохимических процессов.

Эта часть исследования посвящена изучению влияния микробных удобрений на рост пшеницы в условиях засоления. Избыток соли в почве может быть вызван различными причинами, включая засоление грунтовых вод и неправильное орошение. Это может привести к снижению урожайности сельскохозяйственных культур до 50 %. Есть ли смысл в распашке засоленных участков? Можно ли распахивать территории рядом с солонцами? В ответах на эти вопросы мы видим **актуальность** выбранного направления исследования.

Объектом исследования выступает почва ООПТ «Кайсаровский солонец», а **предметом**, соответственно, эффективность внесения микробных удобрений в почву на примере роста и развития яровой пшеницы.

Возможно, внесение микробных удобрений не окажет существенного влияния на урожай яровой пшеницы на засоленных участках ООПТ «Кайсаровский солонец». Такова выдвинутая нами **гипотеза исследования**.

В связи с этим **целью работы** является изучение эффективности микробных удобрений на рост и развитие яровой пшеницы в условиях засоления в лабораторном опыте на почвах ООПТ «Кайсаровский солонец» Колышлейского района Пензенской области. **Задачи:**

➤ изучить физико-географическое положение и дать описание флоры объекта, познакомиться с историей его использования;

- провести первичный скрининг¹ почвенных образцов 6 точек в трех повторностях до начала и после эксперимента;
- осуществить эксперимент, проверив гипотезу, сделать морфометрический учет проростков яровой пшеницы;
- установить наличие или отсутствие штаммов Азотобактера² в почвенных образцах до начала и произвести посев и учет скорости обрастания почвенных комочков на среде Эшби после использования микробных удобрений в конце эксперимента;
- составить карту участков засоления ООПТ «Кайсаровский солонец» (с учетом координат точек взятия образцов);

Исследование выбранного объекта в условиях лаборатории с применением микробных удобрений проводится впервые. В этом состоит **научная новизна** данного исследования.

В настоящий момент территорию окружают поля с подсолнечником, вплитык примыкая к границам охраняемой области. Очень важно изучить реакцию почвы на микробные удобрения, чтобы убедиться в целесообразности или нецелесообразности распашки земель, подвергшихся засолению, а также почв, окружающих охраняемую территорию. Возможно, необходимо создать буферную зону вокруг охраняемого участка. В этом состоит **практическое значение данного исследования**.

ГЛАВА 1. СТЕПЕНЬ РАЗРАБОТАННОСТИ ВОПРОСА

Памятник природы «Кайсаровский солонец» находится в Колышлейском районе в 400 м к западу от плотины водохранилища на ручье Каменка и урочища Заречье, 3,7 км южнее д. Кайсаровка и найден А.И. Ивановым в 2006 г.

Границы памятника природы определены в системах координат МСК-58, зона N 2, и WGS-84. Координаты характерных (поворотных) точек границ памятника природы регионального значения "Кайсаровский солонец". Северо-западная граница памятника природы от поворотной точки 1 до точки 2 проходит по пастбищу, северо-восточная граница от точки 2 до точки 18 проходит по береговому уступу русла ручья Каменка, юго-восточная граница от точки 18 до точки 19 - по сенокосу, юго-западная граница от точки 19 до точки 1 проходит по придорожной полосе полевой дороги, ведущей от д. Кайсаровка Колышлейского района Пензенской области к урочищу Заречье и водохранилищу на ручье Каменка (таблица №1, приложение 1).

Площадь памятника природы составляет 55,64 гектара. До 2020 года территория солонца не относилась к охраняемым, неоднократно предлагались проекты по распашке этих земель (со слов жителей деревни Кайсаровки) под сельскохозяйственные культуры, что нанесло бы непоправимый ущерб не только флоре, но и всему биогеоценозу[15]. «Кайсаровский солонец» получил статус памятника природы регионального значения в 2020 г. постановлением Правительства Пензенской области № 704-пП. «О памятнике природы регионального значения «Кайсаровский солонец» от 07.10.2020[10].

¹ определить гранулометрический состав, водородный показатель, агрегатный состав и наличие карбонатов.

² Азотобактер (Azotobacter), род аэробных грамотрицательных бактерий. Они способны к фиксации молекулярного азота (N₂) атмосферы. Впервые этот род выделен в чистой культуре голландским ученым М. Бейеринком в 1901 году. Представители этого рода чаще всего обитают в нейтральных и слабощелочных почвах, нередко образуют симбиотическую связь с растениями. Бактерии способны расти и осуществлять фиксацию азота в диапазоне pH от 4,8 до 8,5, а оптимальным для жизнедеятельности данных организмов считается диапазон pH 7,0-7,5.

Цель образования памятника природы - сохранение природных комплексов и объектов, в том числе: ландшафта; древесной, кустарниковой и травянистой растительности; видового разнообразия флоры и фауны; редких и находящихся под угрозой исчезновения видов растений, животных и грибов. На территории обеспечивается режим особой охраны и экологический мониторинг памятника природы;

"Кайсаровский солонец" - это уникальный природный объект, на территории которого находятся редкие для Пензенской области типы почв - солонцы луговые и лугово-болотные с произрастанием на них растительных сообществ лугово-степных и лугово-болотных солонцов.

Особую ценность с природоохранной точки зрения имеют приуроченные к блюдцевидным понижениям рельефа ассоциации галофитов: одуванчика бессарабского, полыни сантонинной и кермека опушенного и приуроченная к лугово-болотному солонцу ассоциация камыша Табернемонтана.

Флора на данном участке изучена[9]. Она изучалась длительное время и особенно подробно – в 2018 г.[3]. Растительный покров изучаемой территории имеет довольно сложный характер. Он определяется рельефом, увлажнением и содержанием солей в почве. Галофитная растительность этих участков составляет 85,6%, причем преобладают галофитные степи (53,2%) над галофитными лугами (32,4%). Остальную площадь (14,4%) занимает негалофитная растительность, которая представлена степями (7,8%) и лугами (6,6%). Степная растительность состоит исключительно из луговых степей, а луговая – из остепненных (4,2%) и настоящих (2,4%) лугов[9].

На территории памятника природы произрастают 9 видов редких растений, занесенных в Красную книгу Пензенской области: ирис солончаковый, кермек опушенный, ковыль перистый, козелец малый, крестовник эруколистный, морковник обыкновенный, полынь сантонинная, солонечник обыкновенный, подорожник Корнута.

Изучаемая территория находится в среднем (с. Кайсаровка) течении р. Колышлей – левого притока р. Хопер (Донской бассейн). Описание почвеннорастительного покрова солонцов содержится в работе А.А. Чистяковой и Г.Р. Дюковой в 2010 г.[12].

Почвенный покров представляет сочетание черноземов глинисто-иллювиальных (черноземов выщелоченных, в соответствии с «Классификацией и диагностикой почв СССР», 1977) и солонцов [7]. Они характеризуются сложной мозаикой почвенно-растительного покрова, обусловленной особенностями микрорельефа. При этом наиболее ксерофитными являются засоленные бровки блюдца (галофитные степи), а наиболее мезофитными – днища блюдца (галофитные луга).

Климат характеризуется как умеренно континентальный, с тёплым летом и умеренно холодной продолжительной зимой. Средняя температура воздуха самого холодного месяца (января) составляет $-13,2$ °С; самого тёплого месяца (июля) — 17 °С. Годовое количество атмосферных осадков — 600 мм, из которых большая часть выпадает в тёплый период[8].

Пензенская область входит в зону территорий с высоким процентом земель сельскохозяйственного назначения (70,8%). Анализ информации за 2018 год показывает, что состояние качества земель фактически во всех административных районах области ухудшается[5]. В большинстве из них почвенный покров, особенно сельскохозяйственных угодий, подвержен деградации и загрязнению, теряет устойчивость к разрушению, способность к восстановлению свойств, воспроизводству плодородия. В Пензенской области отмечается

проявление следующих негативных процессов: дегумификация и истощение почв; эрозия почв; переувлажнение почв и их подкисление[6].

Колышлейский район вместе с тремя другими (Тамалинский, Бековский, Малосердобинский) имеют продуктивные земли. Эти районы и являются передовыми в производстве сельскохозяйственной продукции [4]. На основе материалов о земельном фонде было выделено 4 кластера сельскохозяйственных земель по их эколого-хозяйственному состоянию [1].

4 кластер – центральная часть района обладает низкой устойчивостью и значительной нарушенностью – это холмисто-увалистые равнины с бобово-разнотравно-злаковыми лугами на дерново-глубокоподзоленных обычно поверхностнооглеенных почвах, поймы супесчано-суглинистые с разнотравно-злаковыми и осоково-злаковыми лугами на луговых, дерново-слабоподзолистых, лугово-болотных почвах [1]. Именно к этому кластеру и относится территория ООПТ «Кайсаровский солонец».

Многолетний опыт земледелия подтверждает, что растения легче всего усваивают питательные вещества, находящиеся в почве с показателем рН в пределах 6,5 – 7 единиц. Особенно это существенно для молодых растений[14]. Кислотный оптимум для пшеницы лежит в пределах значений рН 6–7,5. Эта культура требовательна к кислотности почвы[17].

Засоленные почвы – это группа почв разного происхождения и свойств, имеющих такое количество легкорастворимых солей, которое ухудшает плодородие почв и отрицательно влияет на рост и развитие большинства растений[13]. По степени засоления почвы делятся на: слабозасоленные, средnezасоленные, сильнозасоленные, очень сильнозасоленные. Одна из распространенных солей участвующих в засолении - хлорид натрия. Это вещество токсично из-за его физиологической активности и высокой растворимости[2].

Засоленные почвы — это своеобразные природные экосистемы, в которых высокие концентрации солей и недостаток влаги создают особую среду для существования живых организмов, здесь формируются специфические микро биоценозы [16].

Микроорганизмы, обитающие в засоленных экосистемах, способны проявлять максимальный рост в условиях пониженной водной активности, что обусловлено высоким осмотическим давлением почвенных растворов, которое создается в результате растворения больших количеств солей. Такие условия способствует отбору специфических толерантных к соли бактерий [16]. Например, *Azotobacter chroococcum*³ дает группы с разным осмотическим давлением в клетках в зависимости от местообитания. Описанный Н.Н. Сушкиной для засоленных почв вид *Azotobacter galophilium* представляет собой солеустойчивую форму *Az. Chroococcum* [17].

Засоление почвы может влиять на уровень рН следующим образом: при нейтральном засолении (рН < 8,5) рН не меняется (хлоридное, сульфатно-хлоридное, хлоридно-сульфатное, сульфатное). При щелочном засолении (рН > 8,5) рН повышается. Засоление может возникать в двух случаях. Первичное – накопление солей в почве вследствие испарения грунтовых вод, солености материнских пород. Вторичное – возникает в результате искусственного изменения водного режима (например, при неправильном орошении)[16].

³ *Azotobacter chroococcum* (лат.) — типовой вид бактерий рода азотобактер, первый известный вид азотфиксирующих бактерий. Открыт в 1901 году известным немецким микробиологом Марином Бейеринком. Обитает в условиях с повышенным содержанием CO₂, способен фиксировать азот в аэробных условиях. Азотобактер (лат. *Azotobacter*) — род бактерий, живущих в почве и способных в результате процесса азотфиксации переводить газообразный азот в растворимую форму, доступную для усваивания растениями.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА






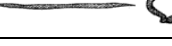
Материалом выступают образцы почвы, взятые в трех повторностях, с верхнего горизонта, согласно ГОСТ Р 58595-2019⁴) в августе 2024 года (приложение 5). Почвенные образцы были промаркированы на месте сбора. Образцы почвы с точек №1,2 и 6 собраны с засоленных участков, а №3-5 с прилегающих луговых. Точки были выбраны с учетом мозаичности растительного покрова и засоленных участков, чтобы охватить всю площадь солонца и прилегающей территории (приложение 5). Пшеница яровая отборная алтайская была выбрана, как сельскохозяйственная культура со средней устойчивостью к засолению[11,17].

2.1. Первичный скрининг

Для определения группы **почв по гранулометрическому составу** использовался *мокрый метод*. Сухой метод использовать для засоленных почв не удалось из-за очень большой глыбистости материала.

Образец растертой почвы увлажняли и перемешивали до тестообразного состояния, при котором почвы становились наиболее пластичными. Из подготовленной почвы на ладони скатывали шарик и раскатывали его в шнур, затем свертывали в кольцо (фото №8-10, приложение 2). После этого с помощью таблицы определяли механический состав образца (табл. №1).

Гранулометрический состав. Таблица №1

Механический состав	Вид образца на бумаге после раскатывания
Шнур не образуется — песок	
Зачатки шнура — супесь	
Шнур дробится при раскатывании — легкий суглинок	
Шнур сплошной, кольцо при свертывании распадается — средний суглинок	
Шнур сплошной, кольцо с трещинами — тяжелый суглинок	
Шнур сплошной, кольцо цельное — глина	

Для **определения кислотности** образцов почвы мы использовали прибор «Мегеон-35280» с нанесенной на него шкалой. Прибор точно показывал pH почвы через минуту, после помещения его чувствительных частей в стакан с почвой (фото №15, приложение 2). Измерения проводились в каждом образце в трех повторностях, брали среднее значение. Чувствительная часть прибора погружалась в почву на всю глубину стакана.

Агрегированность⁵ почвенных образцов определяли с помощью сита с диаметром ячейки 0,2-0,5мм. Высушенный образец взвешивался на весах в пластиковом стакане, после чего высыпался в сито. После нескольких встряхивающих движений, исключая протирку, оставшиеся комочки возвращались назад в стакан и взвешивались заново (фото №11-14, приложение 2). Высчитывался % агрегированности методом составления пропорции.

⁴ Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 58595-2019 "Почвы. Отбор проб" (утв. и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 октября 2019 г. N 954-ст).

⁵ Способность почвы распадаться на структурные элементы различной формы и величины под влиянием механических воздействий.

Для агрономической оценки структуры использовали классификацию, предложенную Н.И. Саввиновым. Согласно этой классификации, к агрономически ценным относятся агрегаты размером от 0,25 до 10мм, более крупные почвенные отдельности считаются глыбистой частью, а более мелкие - рассыпчатой. Истинные агрегаты, как правило, водопрочные, что напрямую зависит от содержания гумусовых соединений. По содержанию таких агрегатов, размерами 10 - 0,25 мм выделяют три типа почвы (Таблица №2).

Оценка почвы по агрегатному состоянию. Таблица №2

%	Агрегатное состояние
более 60%	отличное состояние
60-40%	хорошее
менее 40%	неудовлетворительное

Для **определения наличия карбонатов в почве** мы воспользовались раствором 10% HCl и столовой ложкой. Соблюдая технику безопасности (работали в резиновых перчатках), капали на ложку с образцом почвы несколько капель 1М раствора соляной кислоты с помощью пипетки Пастера. Наблюдали за реакцией («вскипание») или ее отсутствием. После чего делали вывод о наличии или отсутствии карбонатов в данном образце. Реакция качественная.

2.2. Эксперимент

В Алтайском крае ранним сроком посева для яровой пшеницы считается 15 -19 мая, средним - 20-25 мая и поздним - до 31 мая [11]. Мы сажали 2 сентября. Образцы почвы с каждой повторности всех шести точек мы помещали в два одинаковых стакана, один из которых являлся контролем и не поливался раствором микробных удобрений. Каждому образцу присваивался свой номер, который наносили на стакан перманентным маркером (фото №1-4, приложение2). В стаканах снизу сделали отверстия для дренажа.

Первые 18 стаканов (6 точек по 3 повторности) являлись контрольными образцами, с 19 по 36 – экспериментальными (Таблица №2, приложение 1). В каждый стакан помещали по 5 семян пшеницы яровой, поливали кипяченой водой (фото№4, приложение 2). Удобрением поливали экспериментальные образцы по определенным дням. Ввели дневник наблюдений. Эксперимент длился месяц.

Приготовление бактериальной суспензии производилось из пробирки с готовым микробным удобрением⁶. Пробирку тщательно встряхивали, и содержимое выливали в колбу с 50мл воды и 0,5 г. поваренной соли. Инкубация длилась 24 часа, после чего раствор доводили до 2 литров с добавлением поваренной соли 19,5 г. (фото №5-7, приложение 2). Полив производили из расчета 25мл в один стакан (повторность) (фото№7-а, приложение 2). Хранение раствора осуществляли в холодильнике не более одной недели.

2.3. Посев и наблюдение за ростом колоний азотфиксирующих бактерий

1) Каждую крышку от чашки Петри предварительно промаркировали, согласно присвоенным номерам образцов.

⁶ *Lelliottia amnigena*. Эта бактерия обитает в почве, воде и сточных водах, используя нитраты для своего роста. Гены, связанные с усвоением нитратов, внесли свой вклад в этот процесс. Эти гены могут преобразовывать нитрат (NO₃⁻) в нитрит (NO₂⁻), затем нитрит в аммоний (NH₄⁺).

2) Приготовили вспомогательный раствор солей для среды Эшби и саму среду. Данная среда является селективной, на ней могут расти только бактерии, фиксирующие азот, поэтому она безопасна с точки зрения возможных появлений на ней патогенных микроорганизмов.

В банку объемом один литр налили 400мл дистиллированной воды, высыпали в банку навески солей (K_2HPO_4 -0,2 гр.; NaCl-0,2 гр.; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ -0,2гр.; K_2SO_4 -0,1 гр.) и перемешали взвесь. Довели объем раствора до 1 литра.

На весах подготовили навески $CaCO_3$, агар-агара и глюкозы. В стакан налили вспомогательного раствора, добавили навески, перемешали смесь до однородности. Смесь вскипятили на водяной бане до максимального растворения компонентов среды Эшби. Охладили смесь до 50-60°C и заполнили ей чашки Петри, так, чтобы смесь полностью покрывала дно. В качестве контроля сделали пробу воздуха на этой питательной среде (фото №20, приложение 2).

3) Подготовили почву для анализа (увлажненную дистиллированной водой почву, тщательно перемешали до пастообразной массы с помощью зубочистки) и произвели посев комочков каждого образца (фото № 19-21, приложение 2).

4) Каждую чашку Петри накрыли промаркированной крышкой и поставили в теплое место.

5) Рост колоний, согласно методике, контролировали на 4,7 и 10 день. Чашки Петри фотографировали, подсчитывали количество колоний, описывали их цвет.

2.4. Микроскопическое исследование образцов проводили на 10 день после посева культуры бактерий.

Оборудование: предметные стекла; пипетка Пастера; зубочистки; красители фуксин Циля и тушь; спиртовые салфетки; микроскоп.

Протирали предметные стекла спиртовой салфеткой. Отбирали пробу колоний и с помощью зубочистки наносили некоторое количество биомассы на предметное стекло (фото №35, приложение 2). Затем краем чистого стекла делали мазок одним движением. Подсушивали препарат на воздухе.

На предметное стекло с помощью пипетки наносили каплю фуксина Циля, не допуская растекания, оставляли окрашиваться на 1 минуту (фото №36, приложение 2).

Наносили каплю туши на край стекла и с помощью зубочистки проводили тонкую дорожку для смещения красителей до получения грязно-розового цвета.

Препарат высушивали на воздухе и рассматривали под микроскопом при малом и большом увеличении.

С помощью смартфона фотографировали (при малом и большом увеличении микроскопа) культуру Азотобактера через окуляр (фото №37, приложение 2).

2.5. Морфометрия проростков яровой пшеницы

Проростки вынимались из стаканов, с помощью сантиметровой ленты измеряли длину каждого проростка в стакане и длину корневой системы, подсчитывали количество листьев. По этим двум показателям делали выводы.

Массу побегов и корней определили по отдельности. Биомассу высушили при 60°C в течение 5 часов. Произвели повторное взвешивание. Расчет прироста в % произвели по формуле:

$$X_1 = \frac{(B_1 - B_2) * 100}{B_1}$$

где X_1 -% к зеленой биомассе; B_1 -масса образца до высушивания, г; B_2 -масса образца после высушивания, г.

Нами также использовался метод фотофиксации всех этапов и результатов исследования (фото №1-37, приложение 2).

Нами составлена карта по точным координатам точек, откуда брались образцы (Карты №1, приложение 1).

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Первичный скрининг

Определение гранулометрического состава почвы показало наличие тяжелых суглинков на всех точках отбора.

До начала эксперимента рН почвы 8, после эксперимента снижается как во всех образцах луговых почв без засоления, так и в образцах с применением удобрений, и в контроле. В экспериментальных образцах тенденция сохраняется. После эксперимента во всех повторностях экспериментальных образцов рН=7, нейтральная.

Считаем, что частый полив контрольных образцов кипяченой водой осуществил промывание всего почвенного горизонта по всей высоте стакана при хорошем дренаже, в то время как экспериментальные образцы поливались раствором с микробным удобрением и хлоридом натрия. Этим мы объясняем снижение рН с 8 до 6 во второй точке эксперимента с самым низким засолением и в других точках также мы наблюдаем снижение рН в экспериментальных образцах. На засоленных участках тенденция к снижению сохраняется и во второй точке после эксперимента с добавлением удобрения рН= 6. Разница с рН до начала эксперимента составляет 2 единицы. В контрольных образцах тенденция сохраняется, но разница составляет от одной до полутора единиц. Только в 6 точке выявленная тенденция нарушена в контроле. Этот вопрос требует дальнейшего изучения (диаграмма №1-3, приложение 1).

Качественной реакции с соляной кислотой не наблюдалось ни в одном из образцов. Карбонаты не обнаружены.

Анализируя агрономически ценные агрегаты, мы видим, что точки с засолением имеют агрегированность более 60%, что свидетельствует об отличном состоянии. На внешний вид эта почва очень плотная, имеет глыбы и очень трудно вскапывается, что также препятствует развитию корневой системы.

При выворачивании глыбистых образований на глубине 10-15см почва увлажнена, что видно по цвету. Этот факт подтверждает, что агрегаты держат воду. Хотя осадков не наблюдалось в этом месте более 2 месяцев. На поверхности видны выделения соли.

В точках №3-5, где засоление отсутствует, агрегированность колеблется от 52 до 36%, что соответствует хорошему и неудовлетворительному состоянию. Почва сухая.

Внешне это почва легко копается, пересыпается, в ней очень много обнаружено муравейников, которые выглядят как горки.

Наблюдение за ростом колоний азотфиксирующих бактерий Таблица №3

Точка повторность	Кол-во образцов на 4 день	%	Кол-во образцов на 7 день	%	Кол-во образцов на 10 день	%
Образцы контроля без удобрений						
E1 (T1, П1-П3)	4	15,38	10	41,67	17	68
E2 (T2, П1-П3)	23	92,0	26	100	26	100

Е3 (Т3, П1-П3)	7	36,84	11	55	16	80
Е4 (Т4, П1-П3)	24	88,88	26	100	26	100
Е5 (Т5, П1-П3)	3	9,09	4	12,12	6	19,35
Е6 (Т6, П1-П3)	3	9,09	22	68,75	30	93,75

Экспериментальные образцы с удобрением						
Е7 (Т1, П1-П3)	2	6,89	8	28,57	10	34,48
Е8 (Т2, П1-П3)	27	96,42	28	100	28	100
Е9 (Т3, П1-П3)	11	35,48	30	100	30	100
Е10 (Т4, П1-П3)	7	23,33	28	100	28	100
Е11(Т5, П1-П3)	1	3,70	6	23,07	10	27,77
Е12 (Т6, П1-П3)	21	61,76	34	100	34	100
Почва контроль (до проведения эксперимента)						
Е13 (Т1, Т2, Т6 смесь повторностей)	5	15,15	30	100	30	100
Е14 (Т3, Т4, Т5 смесь повторностей)	8	19,51	33	100	33	100

Данные полученные в ходе эксперимента на 4 день роста колоний показывают, что в двух образцах (Т₁П₁ и Т₃П₂), где не выросло ни одно растение, отсутствует Азотобактер или его очень мало. На 7 и 10 дни изменения незначительны.

Возможно, отсутствие проростков в этих образцах связано, в том числе, и с отсутствием достаточного количества Азотобактера.

В остальных образцах количество бактерий росло до 10 дня (окончание эксперимента). Уже на 7 день эксперимента в половине образцов мы видим 100% обрастания (Таблица№3).


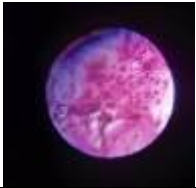





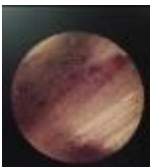


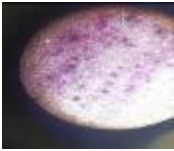





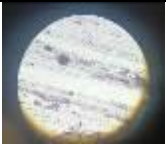







К концу эксперимента почва с места отбора проб (в смешанных повторностях) дала также 100% обрастания. В экспериментальных образцах количество бактерий максимально в точках №2,3,4,6. В контроле больше всего колоний мы наблюдаем в точках №2(слабое засоление) и 4 (луговая почва). Потемнение до коричневого, изначально молочного цвета колоний, даёт основание предполагать, что бактерии относятся к виду *Azotobacter chroococcum*. В контроле почвы показали достаточное количество Азотобактера (на 7 день мы видим 100% обрастания в образцах до проведения эксперимента).

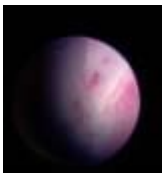


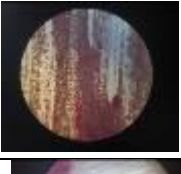




















В эксперименте с этого дня видно, что 100% обрастаний больше в 2 раза, это и понятно, к существующим микроорганизмам почвы добавили еще микроорганизмы с удобрением. Азотобактер оптимально развивается в почвах с рН от 7,2-8,2, поэтому в образцах почвы до эксперимента данная бактерия представлена в большом количестве, о чем свидетельствуют 100%

обрастания уже 7 дню эксперимента (E13-засоление и E14-луговые почвы). По всей видимости, в E13 имеются солеустойчивые модификации вида *Azotobacter chroococcum*.

Микроскопическое исследование образцов Таблица №4

Фото под микроскопом колоний азотобактера

Маркировка	Увеличение в 400 раз	Увеличение в 1000 раз	Фото чашек Петри на 10 день
E1			
E2			
E3			
E4			
E5			
E6			
E7			
E8			

E9			
E10			
E11			
E12			
E13			
E14			
T1П2			
T3П2			

Микроскопическое исследование образцов показало наличие Азотобактера во всех исследуемых образцах. Присутствует самый распространённый вид *Azotobacter chroococcum*, который выдает себя коричневой окраской в обрастаниях, также присутствуют и другие виды, молочного цвета, среди них есть и солеустойчивый *Azotobacter galophilum*, как разновидность *Az.chroococcum*. Эти бактерии находились в почве

Возможно и присутствие бактерий из удобрения⁷. (*Lelliottia amnigena*, *Burkholderia contaminans*, *Stenotrophomonas indicatrix*, *Rahnella aquatilis*, *Rothia*), но в меньшей степени.

Морфометрия проростков (диаграмма №4, приложение 1). Таблица №5

⁷ Полный состав микробного удобрения.

№	Количество проростков	Количество листьев	Длина листьев в см	Длина корней в см	Прирост в %	
					стебля	корня
Контрольные образцы						
1	0	0	0	0	0	0
2	1	5	15,5	6	<0,1	<0,1
3	2	3;3	10,5;3,5	3;3	<0,1	<0,1
Среднее по 1 точке	1	3,66	9,83	4	<0,1	<0,1
4	5	5;5;5;4;5	28;30;27;31;28	11;10;8;10;10	<0,1	<0,1
5	1	4	32	10	<0,1	<0,1
6	4	4;4;5;4	23,5;32;33; 42	15;27;3;24	50	<0,1
Среднее по 2 точке	3,33	4,5	27,95	12,8	16,66	<0,1
7	5	5;5;5;5;5	45;42;46;46;45	28;26;28; 34;25	35	20
8	3	4;2;4	17;23;10	7;7;6,5	50	<0,1
9	3	5;5;5	40;35;38	43;27;17	23,08	<0,1
Среднее по 3 точке	3,66	4,54	35,18	23	36,02	6,66
10	5	5;5;5;5;5	43;36;41;50;44	30;21;20; 27;33	27,28	33,34
11	2	5;5	40;39	25;47	28,58	<0,1
12	2	7;5 кушение	41;42	20;19	20	<0,1
Среднее по 4 точке	3	5,22	37,44	26,88	25,28	11,11
13	5	5;5;5;5;4	41;41;40;38;20	59;30;26; 41;19	44,45	<0,1
14	4	5;5;5;5	47;44;43;45	29;44;31; 32	25	66,67
15	3	4;5;5	43;43;42	19;20;16	17,65	<0,1
Среднее по 5 точке	4	4,83	40,58	30,5	29,03	22,22
16	2	3;2	13;11	6;4	<0,1	<0,1
17	4	3;4;3;4	17;11;12;11	7;2;3;3	50	<0,1
18	5	5;5;4;4;4	38;27;30;33;15	14;8;13;12;9	20	<0,1
Среднее по 6 точке	3,66	3,72	17,45	7,36	23,33	<0,1
Экспериментальные образцы						
19	1	1	1,5	0,2	<0,1	<0,1
20	1	6	16	12	<0,1	<0,1
21	5	4;4;2;4;4	13;17;8;8;13	4;5;3;4;4	50	<0,1
Среднее по 1 точке	2,33	3,57	10,92	4,6	16,66	<0,1
22	5	5;3;4;4;4	28;24;26;26;33	12;8;13;11;12	33,34	<0,1
23	3	4;5;5	40;40;41	25;14;25	36,37	<0,1
24	3	4;5;5	35;18;33	34;12;35	33,34	<0,1
Среднее по 2 точке	3,66	4,36	30,45	22,36	34,35	<0,1
25	5	5;5;5;5;5	38;39;41;44;45	39;24;35; 38;32	30	66,67
26	0	0	0	0	0	0
27	3	5;9;7 кушение	29;43;40	25;26;27	31,25	<0,1
Среднее по 3 точке	2,66	5,75	39,87	30,75	20,41	22,22
28	4	5;5;5;5	39;39;38;37	34;38;50;	40	50

				33		
29	1	5	35	30	33,34	<0,1
30	3	5;5;7 кушение	43;41;42	32;28;24	20	66,67
Среднее по 4 точке	2,66	5,25	39,25	33,62	31,11	38,89
31	5	4;5;5;5;5	23;41;44;45;36	17;33;49;44;17	33,34	50
32	4	5;5;5;5	35;38;37;41	35;33;35;33	30,77	50
33	1	5	45	21	14,29	<0,1
Среднее по 5 точке	3,33	4,9	38,5	31,7	26,13	33,33
34	3	4;4;4	16;21;18	7;7;8	<0,1	<0,1
35	2	3;4	5;15	1,5;4	<0,1	<0,1
36	4	4;4;5;4	28;31;32;32	16;10;15;10	28,58	<0,1
Среднее по 6 точке	3	4	22	8,72	9,52	<0,1

В целом, количество Азотобактера коррелирует с развитием проростков прямо пропорционально (диаграмма №5, приложение 1). Прирост зеленой массы и корней наибольший на луговых участках (точки 3-5) как в контроле, так и в экспериментальных образцах. Этот прирост обеспечили бактерии из удобрения.

Анализируя диаграмму №6 и №7 приложения 1, мы видим, что микробные удобрения незначительно влияют на прорастание семян яровой пшеницы на засоленных почвах. Количество листьев также незначительно отличается от контроля.

В дальнейшем, длина корней и зеленой части в экспериментальных образцах немного больше, чем в контроле при явном преимуществе эффекта от удобрений на луговых почвах. На луговых почвах удобрение повлияло на прирост корней в большей степени, чем на прирост зеленой массы, что видно из таблицы №9, в то время как, на засоленных почвах эффект от удобрений выразился в большем накоплении воды в проростках. Проростки на засоленных участках отзываются на удобрения только при условии хорошего полива и дренажа, что в естественных условиях невозможно.

Самый большой прирост стеблей и корней наблюдается на луговых почвах, в то время как на засоленных участках есть почва, на которой в условиях лаборатории не вырос ни один проросток. В образцах, где яровая пшеница дала всходы, корневая система проростков ничтожно мала, как в контроле, так и в эксперименте (точки №1,2,6).

ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведя исследование, мы пришли к следующим выводам:

➤ «Кайсаровский солонец» - пока единственный в Пензенской области охраняемый участок с богатым комплексом галофильных видов растений, располагающихся мозаично по всей территории. В ближайших окрестностях находятся и иные участки, вне охраны, с подобной же почвой и растительностью;

➤ количество осадков в данном месте не достаточное, чтобы обеспечивать промывку верхнего горизонта от соли, и вторичное засоление возникает именно из-за неправильного орошения. Лучше оставить эти почвы под естественной растительностью, с учетом наличия редких видов, нельзя допускать перевыпаса скота;

- почвы «Кайсаровского солонца» по механическому составу представляют собой тяжелые суглинки, в которых не содержатся карбонаты;
 - первичный скрининг показал влияние уровня рН на проростки. Использование удобрений на основе *Lelliottia amnigena* приводит к снижению уровня рН во всех образцах. В 6 точке выявленная тенденция нарушена в контроле. Этот вопрос требует дальнейшего изучения;
 - почвенные агрегаты лучше представлены в почвах с засолением, такая почва считается отличной. Имеется и глыбистая часть. В луговых почвах агрегированность колеблется от хорошей, до неудовлетворительной;
 - в почвах данной территории достаточное количество естественного Азотобактера, с учетом солеустойчивых видов. Почвы не нуждаются в микробиологических удобрениях, тем более что их эффективность проявляется в большей степени на луговых участках. **Гипотеза подтвердилась частично.** Нами установлена корреляционная зависимость естественного прироста зеленой массы и корней от количества азотобактера. На луговых почвах микробное удобрение повлияло на прирост корней в большей степени, чем на прирост зеленой массы, в то время как, на засоленных почвах эффект от удобрений выразился в большем накоплении воды в проростках;
 - бесполезно использовать засоленные земли для выращивания с-х культур.
- Морфометрия проростков доказала состоятельность данного вывода.

Мы изучили почвы ООПТ «Кайсаровский солонец», где с 2020 года любая хозяйственная деятельность запрещена. Необходимо создать буферную зону, свободную от распашки вокруг охраняемой территории, желательнее оформить ее как часть ООПТ и использовать для рекреации в просветительских целях.

Особую благодарность мы выражаем Горбушиной Татьяне Викторовне, кандидату сельскохозяйственных наук за помощь и организацию полевых выездов и экспедиционных маршрутов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНТЕРНЕТ - ИСТОЧНИКОВ

1. Акимова М.С. Денисова Е.С. Букин С.Н. КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПО ИХ ЭКОЛОГО-ХОЗЯЙСТВЕННОМУ СОСТОЯНИЮ НА ПРИМЕРЕ КОЛЫШЛЕЙСКОГО РАЙОНА ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ <https://cyberleninka.ru/article/n/klasterizatsiya-zemel-selskohozyaystvennogo-naznacheniya-po-ih-ekologo-hozyaystvennomu-sostoyaniyu-na-primere-kolyshleyskogo-rayona-1/viewer>
2. Бабьева И.П., Зенова Г. Н., Биология почв – М.: Изд Московского университета, 1983.
3. Васюков В.М., Новикова Л.А., Горбушина Т.В. О флоре засоленных местообитаний Колышлейского района Пензенской области // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии: всерос. научн. конф. «Актуальные проблемы особо охраняемых природных территорий» (г. Тольятти, 17-18 сентября 2020 г). 2020. Т. 29. № 3. С. 120-125. DOI 10.24411/2073-1035-2020-10339
4. Денисова Е.С. Ступникова М.С. СОСТОЯНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСОБО ЦЕННЫХ ПРОДУКТИВНЫХ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ В ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-i-ispolzovanie-osobo-tsennyh-produktivnyh-zemel-selskohozyaystvennogo-naznacheniya-v-penzenskoy-oblasti/viewer>
5. Доклад о состоянии и использовании земель в Пензенской области в 2015–2018 гг. / Управление Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Пензенской области // [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://rosreestr.ru/site/about/struct/territorialnye-organy/upravlenie-rosreestra-po-penzenskoy-oblasti/>

6. Ефремова Е. В. Особенности территориального развития и организация использования земельного фонда Пензенской области / Е. В. Ефремова, О. А. Ткачук. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2020. — № 36 (326). — С. 50-54. — URL: <https://moluch.ru/archive/326/73468/> (дата обращения: 16.09.2024).
7. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 223 с.
8. Лопатовская О.Г. Мелиорация почв. Засоленные почвы.: учеб. пособие /О.Г. Лопатовская, А.А. Сугаченко. – Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2010, 123с.
9. Новикова Л.А. Васюков В.М. Михеева В.А. Галофитная растительность Кольшлейского района Пензенской области.
10. ПОСТАНОВЛЕНИЕ от 7 октября 2020 года N 704-пП О памятнике природы регионального значения "Кайсаровский солонец" (с изменениями на 24 июля 2023 года) (в ред. Постановления Правительства Пензенской области от 24.07.2023 N 621-пП)
11. Ученые рекомендуют: <https://direct.farm/post/naskolko-rano-mozhno-poseyat-yarovuyu-pshenitsu-3193> 17.08.2021 <https://knc.ru/tatniva/1396/>
12. Чистякова, А.А., Дюкова Г.Р. Структура почвенно-растительного покрова засоленных степных блюдеч лесостепи // Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского. 2010. № 17 (21). С. 32-38.
13. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
14. Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов <https://docs.cntd.ru/document/570966080>
15. [https://ru.ruwiki.ru/wiki/Кайсаровка_\(Пензенская_область\)](https://ru.ruwiki.ru/wiki/Кайсаровка_(Пензенская_область))
16. https://vk.com/wall-141281624_109891
17. <https://direct.farm/post/ozimaya-pshenitsa-tekhnologiya-vozdelyvaniya-ot-poseva-doborki-3151>

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Координаты точек границ памятника природы регионального значения "Кайсаровский солонец". Таблица №1

Обозначение характерных точек границ	Координаты характерных точек границ в системе МСК-58 ⁸		Координаты характерных точек границ в системе WGS-84 ⁹	
	X, м	Y, м	долгота	широта
1	2	3	4	5
1	321309,81	1404637,43	44,594247	52,6425346
2	321611,33	1405137,3	44,6017248	52,6451467
3	321546,72	1405142,05	44,6017744	52,6445654
4	321548,78	1405202,16	44,6026628	52,6445723
5	321500,58	1405224,82	44,6029821	52,6441349
6	321493,74	1405261,82	44,6035263	52,6440663
7	321464,41	1405272,02	44,6036676	52,6438009
8	321387,73	1405340,07	44,6046482	52,6430989
9	321379,24	1405393,66	44,6054369	52,6430122
10	321235,31	1405495,82	44,6068997	52,6416995
11	321061,86	1405521,63	44,6072255	52,6401363

⁸ Параметры местной системы координат МСК-58 применяются на территории Пензенской области для проведения кадастровых работ и ведения Единого государственного реестра недвижимости, а так же рекомендуются для проведения отраслевых геодезических и кадастровых работ.

⁹ Географические координаты объекта на основе картографических сервисов Google или Yandex.

12	320977,33	1405547,77	44,6075845	52,6393719
13	320938,2	1405575,9	44,6079874	52,639015
14	320830,37	1405629,2	44,60874	52,638036
15	320757,73	1405691,64	44,6096388	52,6373713
16	320711,4	1405705,79	44,6098329	52,6369524
17	320677,88	1405752,64	44,610514	52,6366422
18	320654,58	1405766,75	44,6107149	52,6364301
19	320371,73	1405630,21	44,6086085	52,6339158
20	320862,13	1405135,7	44,601463	52,6384169
1	321309,81	1404637,43	44,594247	52,6425346

Маркировка почвенных образцов для эксперимента. Таблица №2

Номера стаканов, контрольных образцов без применения удобрений	Точки	Номера стаканов экспериментальных образцов с применением микробных удобрений
1	Точка 1, повторность 1(засоление)	19
2	Точка 1, повторность 2(засоление)	20
3	Точка 1, повторность 3(засоление)	21
4	Точка 2, повторность 1(засоление)	22
5	Точка 2, повторность 2(засоление)	23
6	Точка 2, повторность 3(засоление)	24
7	Точка 3, повторность 1(нет засоления)	25
8	Точка 3, повторность 2(нет засоления)	26
9	Точка 3, повторность 3(нет засоления)	27
10	Точка 4, повторность 1(нет засоления)	28
11	Точка 4, повторность 2(нет засоления)	29
12	Точка 4, повторность 3(нет засоления)	30
13	Точка 5, повторность 1(нет засоления)	31
14	Точка 5, повторность 2(нет засоления)	32
15	Точка 5, повторность 3(нет засоления)	33
16	Точка 6, повторность 1(засоление)	34
17	Точка 6, повторность 2(засоление)	35
18	Точка 6, повторность 3(засоление)	36

Диаграмма №1. pH почвенных образцов до и после эксперимента

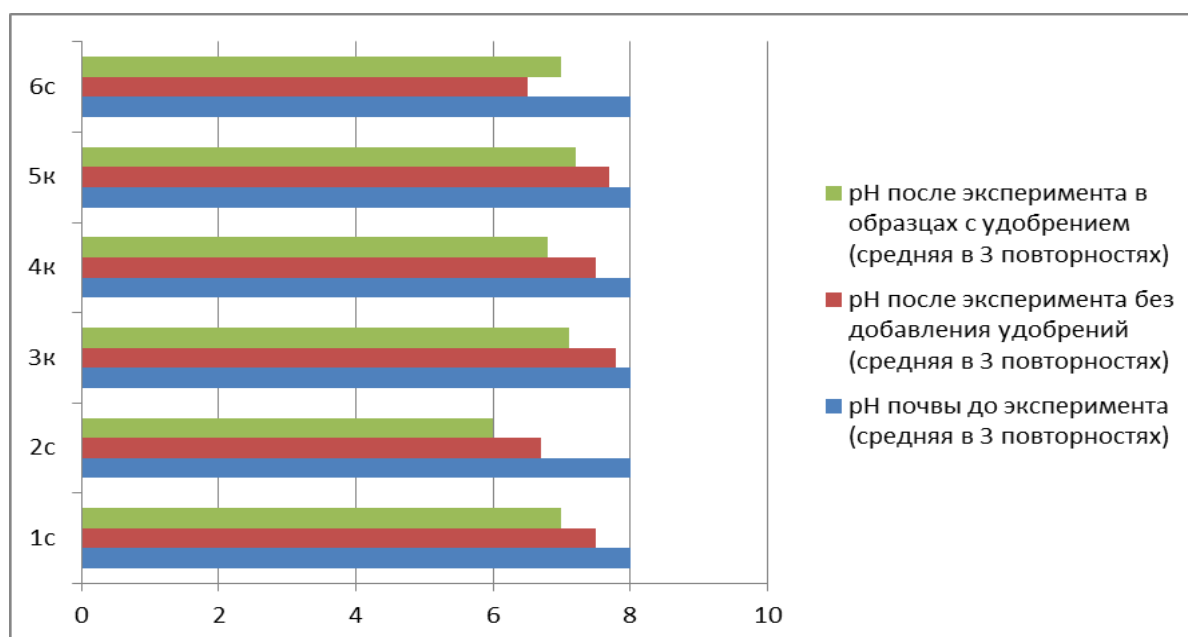


Диаграмма №2. рН почвенных образцов на участках засоления

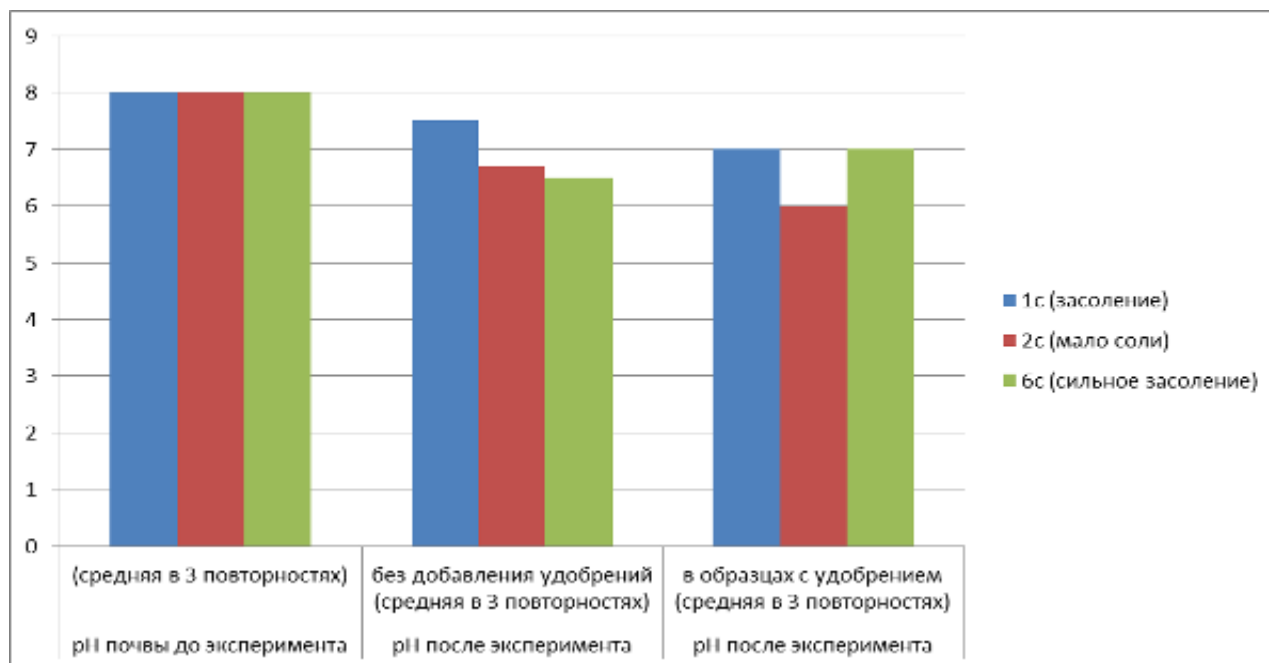


Диаграмма №3. рН почвенных образцов на луговых участках

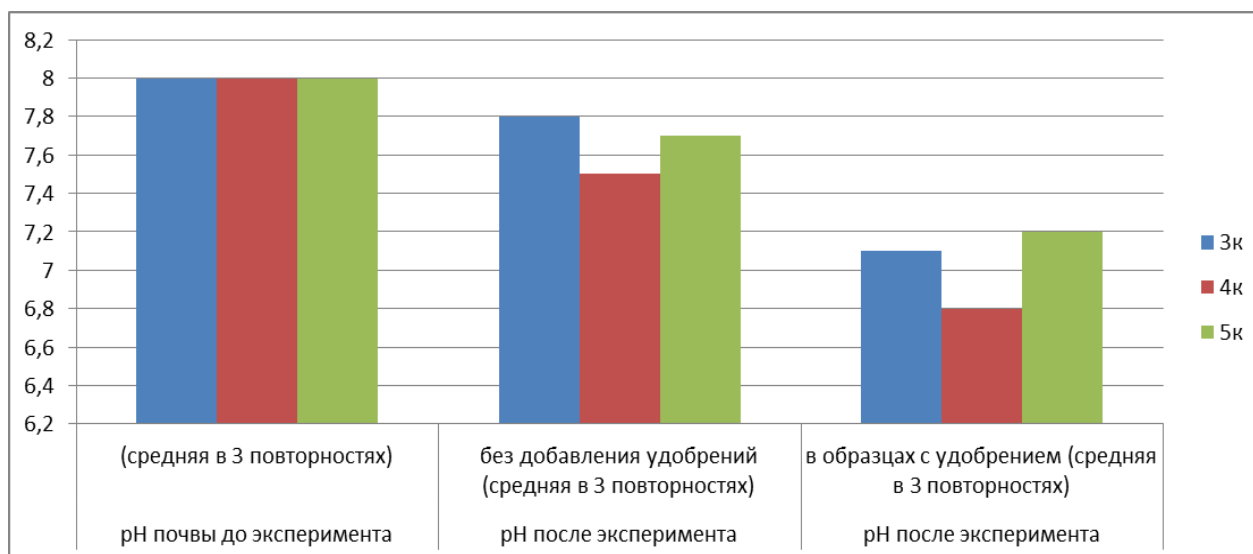


Диаграмма №4. Морфометрия проростков

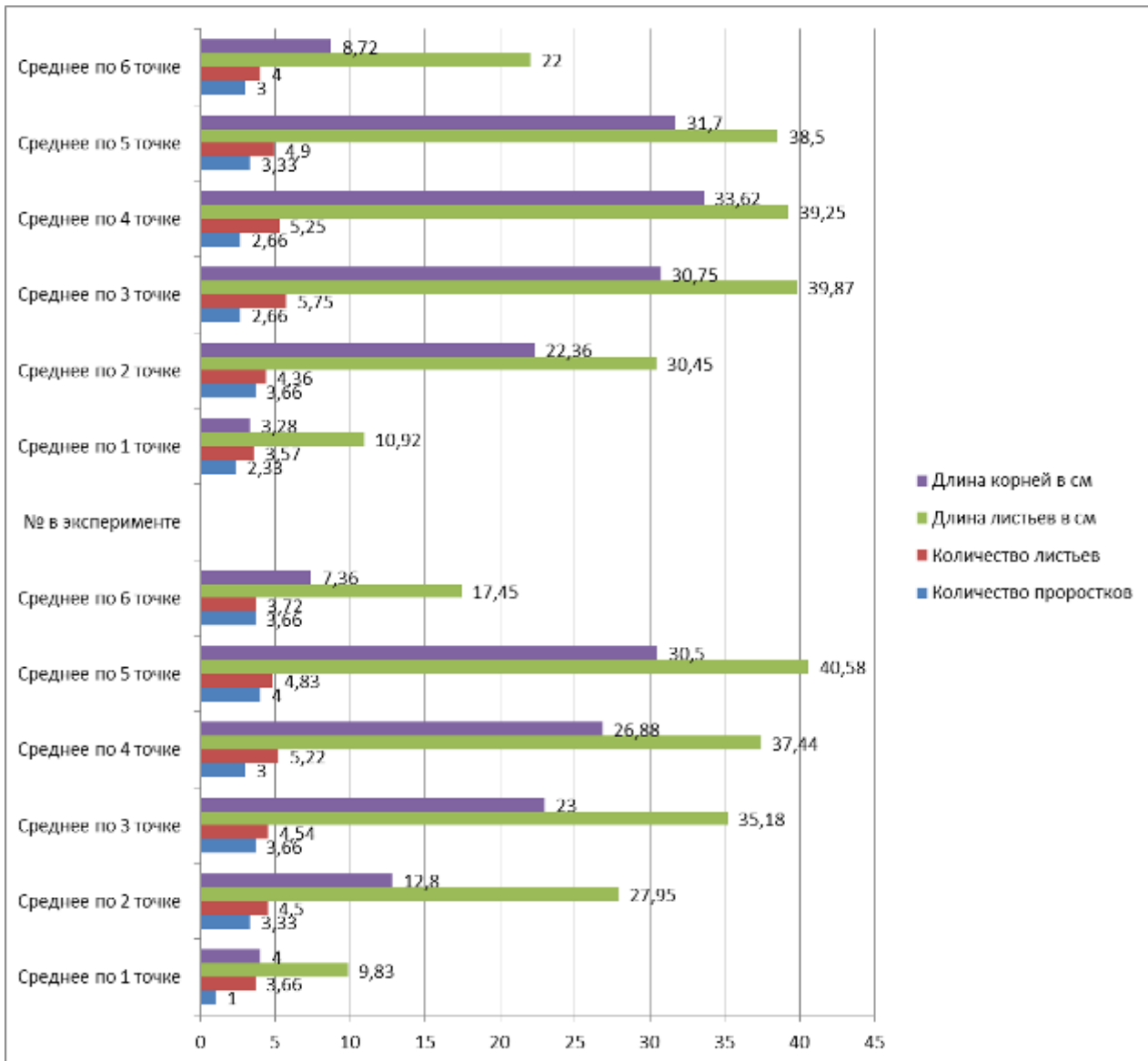


Диаграмма №5. Корреляция показателей роста и развития проростков с количеством Азотобактера

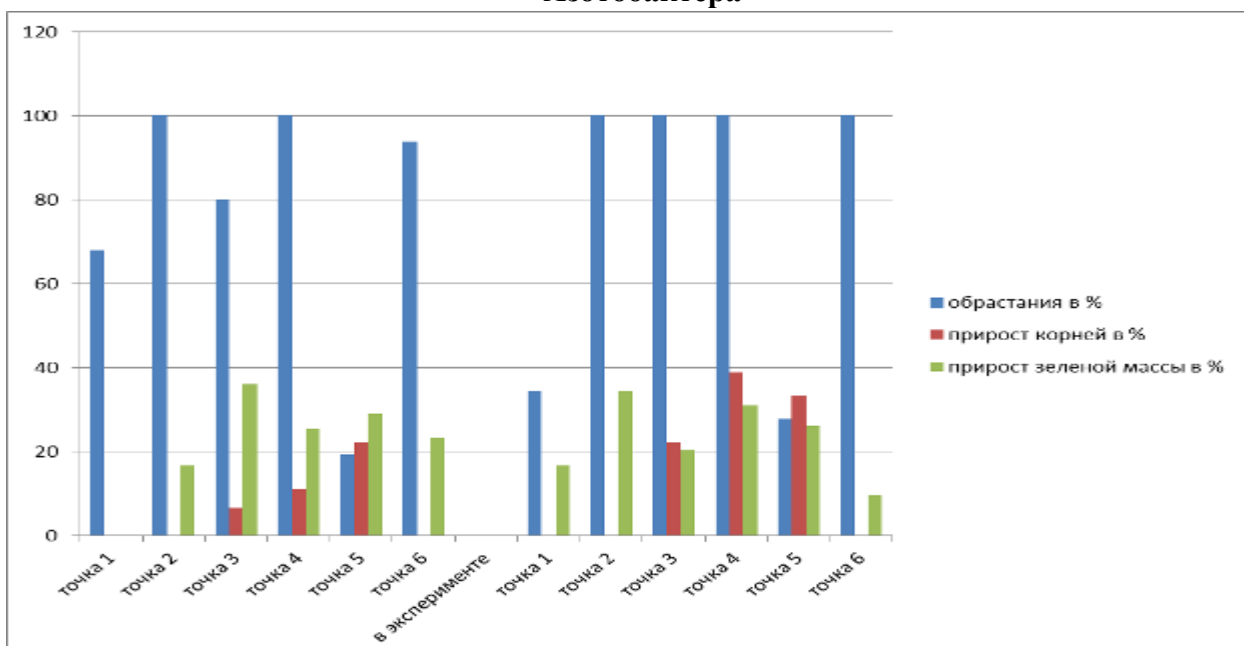


Диаграмма №6. Влияние полива бактериальным удобрением на рост растений на луговых почвах

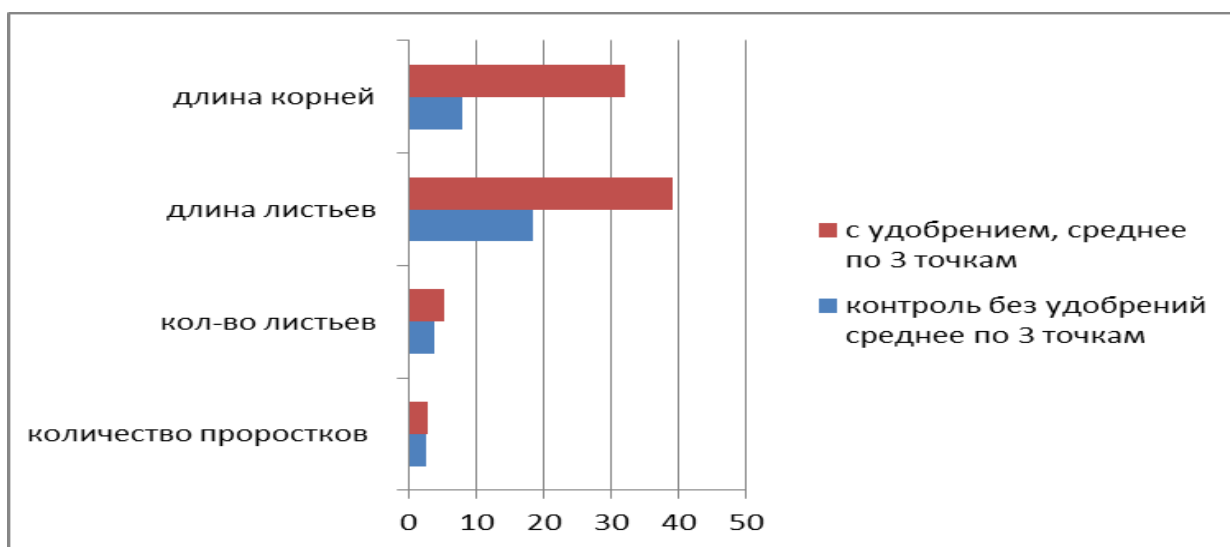
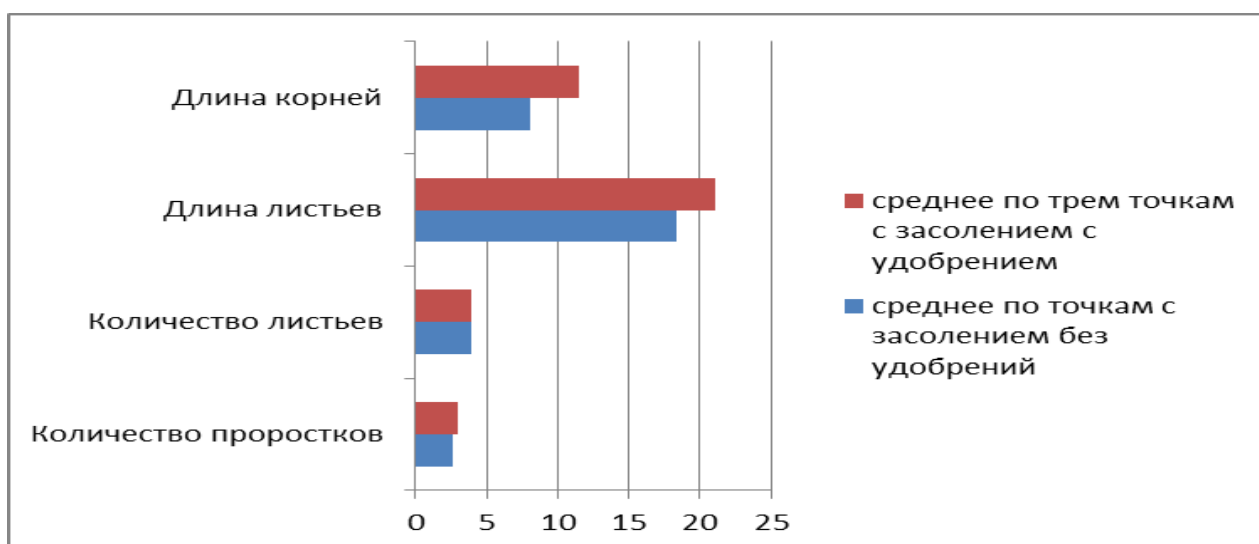


Диаграмма №7. Влияние полива бактериальным удобрением на рост растений на сильно засоленных почвах



Карта №1. «Кайсаровский солонец» (увеличено) по координатам точек. Звездочками показаны места отбора проб. Цифры-номера точек. Синим цветом-засоленные участки, белым - луговые. Зеленые метки - расположение редких растений. МСШ в 1см-100м.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2



Фото №1-4. Подготовка материала к посадке, маркировка стаканов.

Фото №5-7. Разведение микробного удобрения.



Фото №8-10. Определение механического состава почвы



Фото №7-а. Полив удобрением, в каждый стакан по 250мл раствора.



Фото №15. Определение pH почвы прибором «Мегеон-35280».

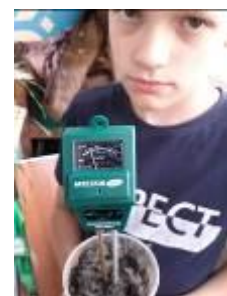


Фото №11-14. Определение агрегированности почвы.



Фото №16-18. Ежедневные учеты.

Фото №19-21. Посев комочков почвы на среду Эшби.

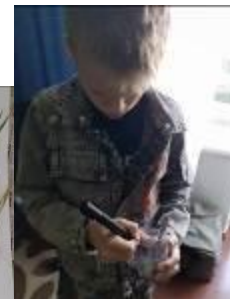


Фото №22-28. Морфометрия проростков по парам, сравнивали контроль с экспериментальными образцами.



Фото №29-30.
Измерение длины корней.



Фото №31-34. Взвешивание биомассы до и после высушивания, расчет % прироста, стебли обрабатываются отдельно от корней.



Фото №35-36. Взятие мазков с колонии бактерий для микроскопического анализа, окрашивание фуксином Циля и тушью.

Фото №37. Рассматривание Азотобактера под микроскопом, фотографирование через окуляр микроскопа.

РЕЦЕНЗИЯ НА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ РАБОТУ

**«ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОБНЫХ УДОБРЕНИЙ
В ЛАБОРАТОРНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ
ВЫРАЩИВАНИЯ ПШЕНИЦЫ НА ПОЧВАХ ООПТ «КАЙСАРОВСКИЙ СОЛОНЕЦ»
КОЛЫШЛЕЙСКОГО РАЙОНА ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ»**

СОЛОВЬЕВА ЕГОРА ВЯЧЕСЛАВОВИЧА

обучающегося 7 «Г» класса

«МБОУ СОШ №220» г. Заречного Пензенской области

Исследование Соловьева Егора Вячеславовича посвящено одной из важных и актуальных в современной биологии и экологии тем: исследованию влияния микробных удобрений на рост пшеницы в условиях засоления.

Данное исследование является частью программы «Всероссийский атлас почвенных микроорганизмов как основа для поиска новых противомикробных продуцентов и

ферментов с уникальными свойствами», реализуемой в рамках Федеральной научно-технической программы развития генетических технологий на 2019-2027 годы при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ.

Егор последовательно решает ряд исследовательских задач: проведена серьезная, вдумчивая работа по сбору и хранению образцов почвы, изучен методический контент, предложенный учеными из НГУ, проведена практическая часть работы.

Вызывает уважение и сам процесс взаимодействия ученика со своими преподавателями: корректные вопросы, смелые предположения при постановке гипотезы, логичные выводы при анализе результатов.

Исследование Соловьева Егора отличает продуманность, цельность концепции, наличие взвешенных, объективных выводов, самостоятельность, научный стиль изложения проблемы. Необходимо отметить, что с поставленными во введении задачами автор успешно справился.

Особую научную, практическую значимость работе придает отсутствие научных трудов по заявленной теме. Автор продемонстрировал все необходимые навыки при выполнении практической части исследования: работать с микроскопом и микробиологическими объектами, показал умение делать выводы и проводить аналогии, устанавливать причинно-следственные связи между предметами. Успешное выступление перед учеными из НГУ наилучшее тому подтверждение.

В силу вышесказанного считаю, что исследование Соловьева Егора Вячеславовича заслуживает высокой оценки. Хотелось бы порекомендовать автору продолжить необходимую на сегодняшний день работу по изучению бактериальных удобрений, поиска уникальных штаммов.

Рецензент:

Учитель предметов естественно-научного цикла Плюснина Л.А.

МБОУ «СОШ №220»г. Заречного Пензенской области.

Плюснина Л.А. /

