

Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение средняя общеобразовательная школа № 33 имени кавалера ордена «За личное мужество» С. А. Вотрина городского округа Сызрань Самарской области

Тема проекта: Экологический мониторинг почв дачных участков путем биотестирования

Ф.И.О. Корнилова Анастасия
Михайловна
Класс: 11

Руководитель:
Ф.И.О. Романенко Светлана
Вячеславовна,
учитель высшей квалификационной
категории

Сызрань 2025 год

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Материалы и методы.....	6
1.1. Обзор литературных источников.....	6
1.1.1. Описание территорий для дачных участков.....	6
1.1.2. Виды биоиндикации.....	7
1.1.3. Методы биотестирования почв.....	8
1.2. Объекты исследования.....	10
1.3. Методы исследования.....	11
2. Результаты исследований.....	13
3. Обсуждение результатов.....	16
Заключение.....	17
Выводы.....	17
Список литературы.....	18
Приложение 1.....	20
Приложение 2.....	21
Приложение 3.....	31

ВВЕДЕНИЕ

Сызрань относится к городам, где наличие дачных участков не ушло в прошлое. Жители предпочитают до сих пор выращивать многие овощи и фрукты сами, а те, кто не имеет такой возможности, приобретать местную продукцию. Исторически сложилось (с 2001 года) проводить в городе праздник «Сызранский помидор», на который съезжаются люди со всей Самарской области». Все хотят получить экологически чистую продукцию. При проведении опроса жителей города, большинство (78%) хотели бы жить поближе к природе или иметь дачный участок (см. Приложение 1). Ведущие позиции при опросе заняли поселения: село Уваровка Сызранского района и поселок Сердовино.

Самарская область относится к регионам с развитой промышленностью и сельским хозяйством. На территории региона проходят важные транспортные коммуникации, связывающие запад и восток страны. Для почв региона в техногенном плане характерно загрязнение целым рядом тяжелых металлов, среди которых особенно выделяется железо, медь, марганец, титан и ряд других. Немаловажную роль играет загрязнение почв нефтью и нефтепродуктами. Ареалы их максимальных концентраций характерны для транспортных коммуникаций (автомобильных и железных дорог), в местах утечек с трубопроводов, а также городских почв. [4] Особенно много почв, загрязненных тяжелыми металлами, в Волжском, Кинельском, Ставропольском, Красноярском, Сергиевском, Сызранском и некоторых других районах. [7] В 2020 году было проведено исследование уровня загрязнения атмосферного воздуха Самарской области и установлено, что около 600 тысяч вредных веществ ежегодно попадает в атмосферу. [5]

Почва, как известно, депонирует вещества из атмосферного воздуха.

Проблема экологического состояния почв в городе с такой историей особенно актуальна. В своем исследовании мы решили выяснить, в каком же состоянии находятся почва посёлка Сердовино и села Уваровка, которые предпочитают горожане для дачных участков. Актуальность темы данной работы определяется и увеличением интенсивности антропогенного воздействия и ростом загрязнения окружающей среды. Методы биотестирования все чаще используются для определения токсических свойств окружающих нас сред: воздуха, воды, почвы, промышленных отходов, материалов и т. д. Они позволяют без специального дорогостоящего оборудования, приборов и реактивов изучить состояние природных сред и объектов.

Объект исследования: почва.

Предмет исследования: определение фитотоксичности почвы по ростовым показатели кресс-салата, одуванчика лекарственного.

Гипотеза: если почва на территориях дачных участков загрязнена антропогенным воздействием, то это отразится на угнетении ростовых показателей кресс – салата, одуванчика лекарственного.

Цель работы: выявление наиболее экологически благополучной территории для дачных участков путем оценки загрязнения почв с помощью кресс-салата и одуванчика лекарственного.

Задачи:

1. Изучить географическое положение и особенности территорий для дачных участков;
2. Определить ростовые показатели кресс-салата и одуванчика лекарственного в пробах почв из разных территорий;
3. Сравнить ростовые показатели кресс-салата и одуванчика лекарственного в различных пробах почв и сделать вывод о фитотоксичности почвы в данных территориях.

Методы: анализ литературных источников, обработка статистических данных, эксперимент.

Теоретическая и практическая значимость: основные положения работы могут стать базовыми для дальнейших исследований в данном направлении. Также оказать содействие жителям города в выборе более экологически благополучной территории для дачных участков. Работа размещена на школьном сайте <https://school33s3r.ru/proektnaya-deyatelnost-2/>

1. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

1.1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1.1.1. Описание поселений

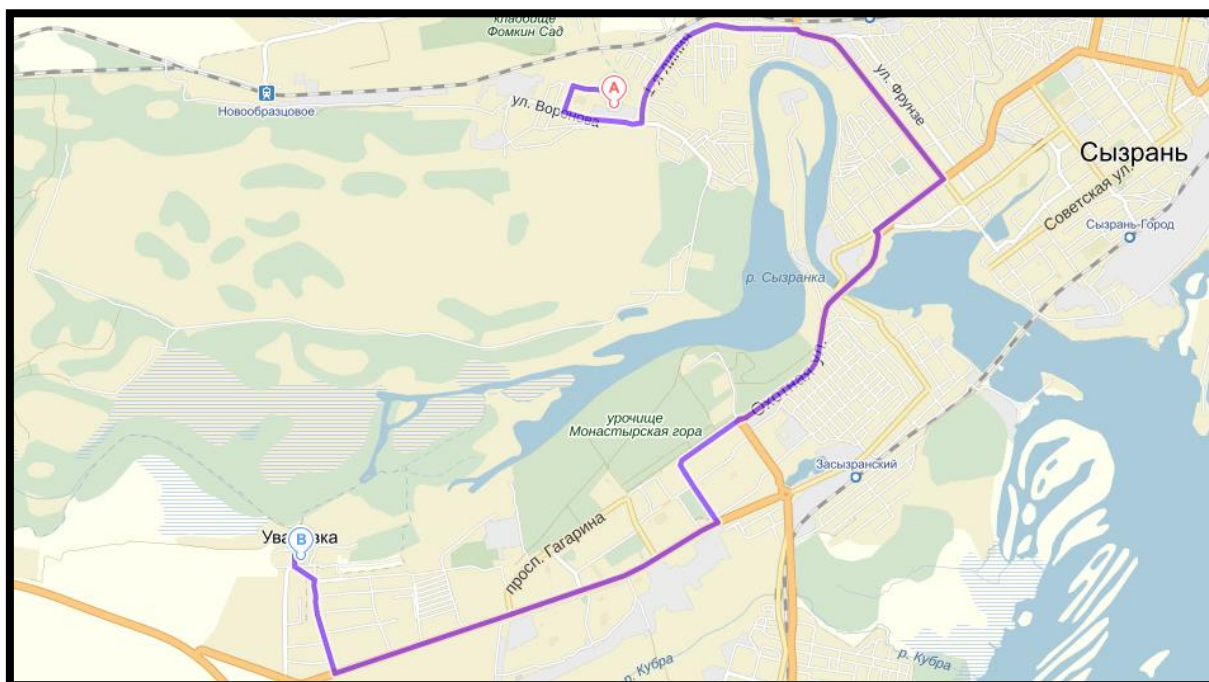


Рис.1.1.1.1. Географическое положение (А – поселок Сердовино, Б – село Уваровка).

В поселке Сердовино городского округа Сызрань располагается второй по величине в России склад боеприпасов. В хранилищах, наполовину заглубленных в землю, главное ракетно-артиллерийское управление Министерства обороны хранит сотни тысяч тонн снарядов, гранат, мин, тротильных шашек, патронов и других взрывающихся предметов вооружения. Свою историю сердовинский арсенал отсчитывает с 1 апреля 1917 года, когда князь Георгий Львов, тогда председатель Совета министров, а впоследствии первый премьер министр Временного правительства, подписал документ о создании артиллерийского склада.

Сердовино - колоритный поселок Сызрани, который пришелся по душе людям нашего города. Хвойный лес, река, пруд, чистый воздух...Все это привлекает горожан, несмотря на опасное «соседство».

Село Уваровка основано в конце XVIII - первой половине XIX века. Названо по фамилии владельцев помещиков Уваровых. Всего в 2 км от города. Лес, река, удивительная природа... И все это рядом... Единственная неприятность – близость ОАО «СНПЗ».

1.1.2. Виды биоиндикации

По современным представлениям биоиндикаторы — организмы, присутствие, количество или особенности, развития которых служат показателями естественных процессов, условий или антропогенных изменений среды обитания. Биоиндикация — метод, который позволяет судить о состоянии окружающей среды по факту встречи, отсутствия, особенностям развития организмов — биоиндикаторов. [1]

Методы биоиндикации подразделяются на два вида: регистрирующая биоиндикация и биоиндикация по аккумуляции. Регистрирующая биоиндикация позволяет судить о воздействии факторов среды по состоянию особей вида или популяции, а биоиндикация по аккумуляции использует свойство растений и животных накапливать те или иные химические вещества (например, содержание свинца в печени рыб, находящихся на конце пищевой цепочки, может достигать 100-300 ПДК). В соответствии с этими методами различают регистрирующие и накапливающие индикаторы.

Регистрирующие индикаторы реагируют на изменения состояния окружающей среды изменением численности, фенооблика, повреждением тканей, соматическими проявлениями (в том числе уродливостью), изменением скорости роста и другими хорошо заметными признаками. В качестве примера регистрирующих биоиндикаторов не всегда возможно установить причины изменений, то есть факторы, определявшие

численность, распространение, конечный облик или форму биоиндикатора. Это один из основных недостатков биоиндикации, поскольку наблюдаемый эффект может порождаться разными причинами или их комплексом. [1]

Накапливающие индикаторы концентрируют загрязняющие вещества в своих тканях, определенных органах и частях тела, которые в последующем используются для выяснения степени загрязнения окружающей среды при помощи химического анализа. Примером подобных индикаторов могут служить хитиновые панцири ракообразных и личинок насекомых, обитающих в воде, мозг, почки, селезенка, печень млекопитающих, раковины моллюсков, мхи.

Мониторинг с применением накапливающих биоиндикаторов зачастую требует применения сложных и дорогостоящих приборов, оборудования, трудоемких методик, что под силу только специальным лабораториям. Но в основном методы биоиндикации не требуют значительных затрат труда, сложного и дорогостоящего оборудования, а поэтому могут широко использоваться в школьном экомониторинге. Методы биоиндикации, позволяющие изучать влияние техногенных загрязнителей на растительные и животные организмы на неживую природу являются наиболее доступными [1]. Биоиндикация основана на тесной взаимосвязи живых организмов с условиями среды, в которой они обитают.

1.1.3. Методы биотестирования почв

Биотестирование (bioassay) – процедура установления токсичности среды с помощью тест-объектов, сигнализирующих об опасности независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают изменения жизненно важных функций у тест-объектов, т.е. использования в контролируемых условиях биологических объектов в качестве средства выявления суммарной токсичности среды. Биотестирование представляет собой методический прием, основанный на оценке действия фактора среды, в том числе и

токсического, на организм, его отдельную функцию или систему органов и тканей. [3]

Для того чтобы быть пригодными для решения комплекса современных задач, методы биотестирования, используемые для оценки среды, должны соответствовать следующим требованиям:

- быть применимыми для оценки любых экологических изменений среды обитания живых организмов;
- характеризовать наиболее общие и важные параметры жизнедеятельности биоты;
- быть достаточно чувствительными для выявления даже начальных обратимых экологических изменений;
- быть адекватными для любого вида живых существ и любого типа воздействия;
- быть удобными не только для лабораторного моделирования, но также и для исследований в природе;
- быть достаточно простыми и не слишком дорогостоящими для широкого использования.

Применение биотестирования почвы имеет ряд преимуществ перед физико-химическим анализом, средствами которого часто не удается обнаружить неустойчивые соединения или количественно определить ультрамалые концентрации экотоксикантов. В отличие от биоиндикаторов, одним из основных требований к которым является толерантность, тест-объекты обычно выбирают среди наиболее чувствительных к загрязняющим компонентам видов.

Другое важное требование заключается в том, что воздействие на тест-объект токсиканта должно вызывать ответную реакцию, аналогичную или близкую к реакциям лабораторных животных.

Биотестирование почв с помощью проростков (А.М. Гродзинский) .

предлагает проводить в вариантах:

А) Методом водной вытяжки;

Б) Прямое биотестирование почвы.

В своих исследованиях мы предпочли прямое биотестирование почвы, посчитав его более достоверным. Данный метод широко используется учеными, например, фитотестирование городской почвы на территории дендропарка МГУ им. Ломоносова с использованием фитотестов салата *Latuca sativa* и пшеницы *Triticum aestivum*. Почвы данного участка были трансформированы в ходе строительства здания МГУ и перекрыты привозным грунтом. [8]

1. 2. Объекты исследования

- Кресс-салат – однолетнее овощное растение, обладающее повышенной чувствительностью к загрязнению почвы тяжелыми металлами, а также к загрязнению воздуха газообразными выбросами автотранспорта. Этот биоиндикатор отличается быстрым прорастанием семян и почти стопроцентной всхожестью, которая заметно уменьшается в присутствии загрязнителей. [2]

Кроме того, побеги и корни этого растения под действием загрязнителей подвергаются заметным морфологическим изменениям. Задержка роста и искривление побегов, уменьшение длины и массы корней, а также числа и массы семян.

Кресс-салат как биоиндикатор удобен еще и тем, что действие стрессов можно изучать одновременно на большом числе растений при небольшой площади рабочего места. Привлекательны также и весьма короткие сроки эксперимента. Семена кресс- салата прорастают уже на третий день, и на большинство вопросов эксперимента можно получить в течение 10-15 суток.

Определить всхожесть семян кресс-салата и длину главного корня в пробах из разных территорий;

- Одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* L.) выбран в качестве биоиндикатора ввиду повсеместной распространенности и хорошей изученности. *Taraxacum officinale* активно применяется в экологическом мониторинге, особенно часто его используют в качестве индикатора тяжелых металлов. [6]

1.3. Методы исследования

- **Оценка уровня загрязнения и фитотоксичности почв с помощью тест-культуры кресс-салата. [2]**

На прорастание кресс-салата может влиять кислотность почвы.

Лабораторная работа 1.

Определение pH почвы

(с помощью универсального индикатора)

Ход работы:

Готовилась почвенная вытяжка в соотношении 2:5 (20 г почвы и 50 мл воды), взбалтывалась, фильтровалась с помощью складчатого фильтра и определялось pH с помощью универсального индикатора [5].

Лабораторная работа 2.

Определение всхожести семян.

50 граммов почвы помещали в чашку Петри (пластиковый поддон, кювет), увлажняли дистиллированной водой до водяного зеркала. Выравнивали шпателем, сверху помещали фильтровальную бумагу, на которую сажали 20 семян кресс-салата, потом до краев заполняли емкость землей, увлажнив дистиллированной водой. Было взято 3 пробы по каждому образцу почв, контроль – субстрат дистиллированная вода (5мл).

Лабораторная работа 3.

Биотестирование почвы по проросткам кресс-салата.

Ход работы:

50 граммов почвы помещали в чашку Петри (пластиковый поддон, кювет), увлажняли дистиллированной водой до водяного зеркала. Выравнивали шпателем, сверху помещали фильтровальную бумагу, на которую сажали пророщенные семена кресс-салата на сутки. Было взято 3 пробы по 20 семян по каждому образцу почв, контроль – субстрат дистиллированная вода.

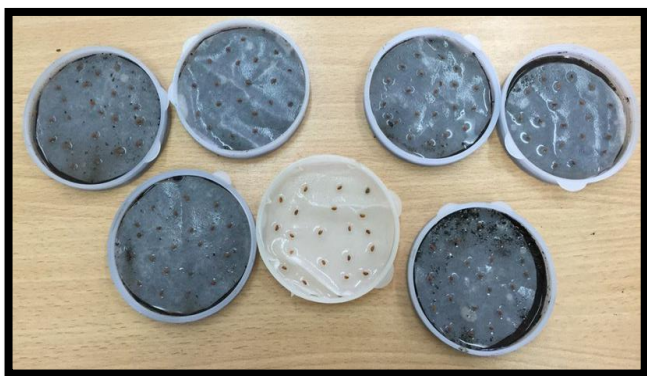


Рис.1.2.1. Закладка опыта.

Фитотоксичность почвы определяли по формуле:

$$x = a/b * 100\%, \text{ где}$$

x - % фитотоксичности почвы;

a - средняя длина проростков опытного образца;

b – средняя длина проростков контроля.

- В качестве методики для проведения биотестирования с использованием одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale*) нами был выбран метод определения фитотоксичности по ингибированию прорастания семян и роста проростков. [2] В используемом методе для развернутой оценки влияния

загрязнения почвы учитывались показатели: всхожесть, энергия прорастания, дружность прорастания и скорость прорастания.

Энергия прорастания – число семян, проросших за первые трое суток, выраженное в процентах от общего количества семян, взятых для проращивания.

Дружность прорастания – средний процент семян, проросших за первые сутки прорастания: $D = P/A$, где D – дружность прорастания; P – полная всхожесть; A – число дней прорастания.

Скорость прорастания – сумма средних чисел семян, прорастающих ежедневно: $C = a + b/2 + v/3 + r/4 + \dots$, где C – скорость прорастания; a – число семян, проросших за первые сутки; b – число семян, проросших за вторые сутки; v – число семян, проросших за третьи сутки; r – число семян, проросших за четвертые сутки.

Было взято 3 пробы по 20 семян по каждому образцу почв, контроль – субстрат дистиллированная вода.

2. Результаты исследований

После выполнения лабораторной работы № 1 выяснили, что кислотность среды на обоих участках одинаковая. Значит, этот фактор не повлияет на прорастание семян.

Таблица 2.1.

Определение рН почвы

№ п/п	Поселение	Слабокислая (6)	Нейтральная (7)
1.	Село Уваровка		+
2.	Поселок Сердовино		+

Всхожесть семян в контрольном образце – 100%

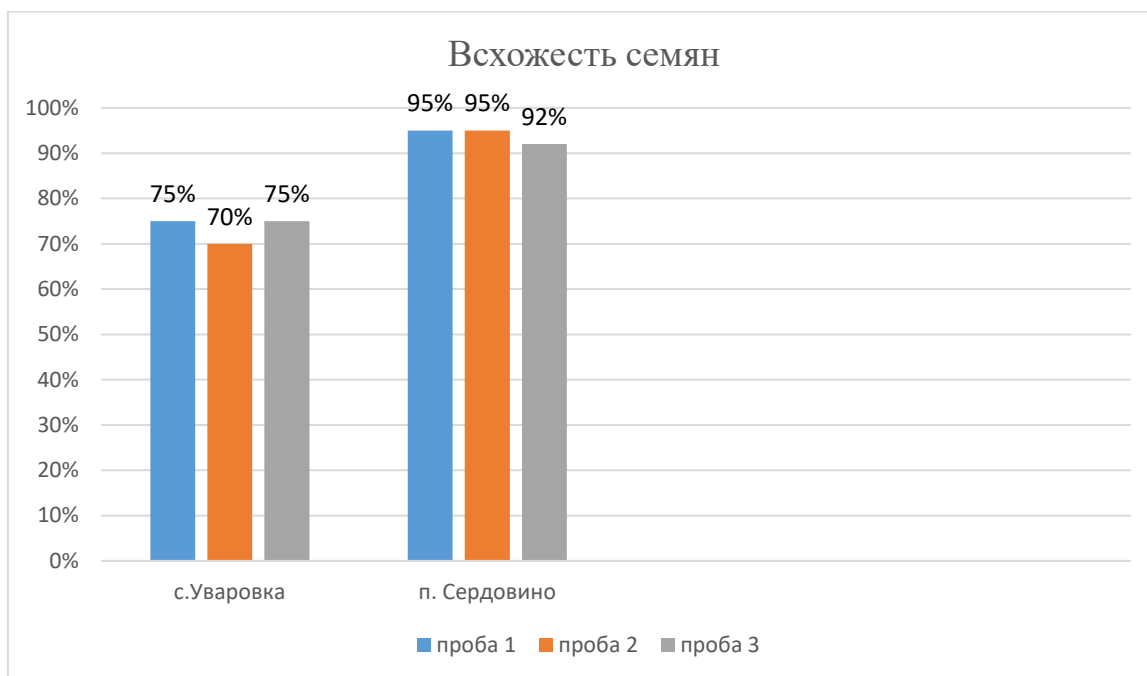


Рис. 2.1. Всхожесть семян.

Принимали следующую **градацию** (Федорова А.И., Никольская А.Н., 2000):

90-100% - нет токсичности;

80-90% - очень слабая токсичность;

60-80% - слабая,

40-60% - средняя;

20-40% - высокая токсичность;

0-20% - очень высокая токсичность.

Всхожесть семян в п. Сердовино показала отсутствие токсичности почвы (94%), а в с. Уваровка – слабая токсичность (73%).



Рис.2.2. Проростки кресс-салата.

Табл.2.2. Измерение длины главного корня (мм).

Территория	Проба 1	Проба 2	Проба 3	Контроль	Среднее значение
Село Уваровка	9,8±0,69	10,2±0,66	9,1±0,45	10,1±	9,7±0,32
Поселок Сердовино	16,7±0,68	17,1±1,23	18,3±1,09	10,1±	17,17±0,64
% токсичности	97/165	101/169	90/181	-----	-----

Табл.2.3. Показатели развернутой оценки влияния загрязнения почвы на проращение семян одуванчика лекарственного

Показатель	с.Уваровка	п. Сердовино	Контроль
Всхожесть семян	78 %	85 %	98 %
Энергия проращения семян	65 %	80 %	85 %
Дружность проращения семян	18 %	25 %	30 %
Скорость проращения семян	4,7 %	5,2 %	6 %

В поселке Сердовино, по результатам эксперимента, загрязнение отсутствует. Проростки в образцах почв села Уваровка слабее, но незначительно по сравнению с контролем, что может свидетельствовать об очень слабом загрязнении.

3. Обсуждение результатов

Определив кислотность почвы, мы исключили влияние этого фактора на прорастание семян для достоверности дальнейших исследований.

Близость возможных очагов загрязнения в данных территориях поставило под вопрос экологическую безопасность урожая, что подтвердило практическую значимость нашего исследования.

Наша гипотеза подтвердилась полностью, так как тест-объекты в одинаковых условиях постановки эксперимента реагировали различными ростовыми показателями в опытных образцах почв, что позволило оценить степень загрязнения почв на исследуемых территориях.

Результаты исследования стали во многом неожиданными, так как жители города предпочитали для дач постройки села Уваровка, считая его наиболее экологически чистым. Горожане не могут забыть взрывы на подземных складах в Сердовино в 2002 году. Мы доказали надуманность и беспочвенность этих опасений, так как в ходе наших исследований не обнаружили следов токсического загрязнения в почве.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы полностью достигли цели своего исследования, определив наиболее экологически чистую территорию для дачников по результатам эксперимента – это п. Сердовино. В целом, экологический мониторинг почв показал, что обе территории достаточно экологически благополучны и сызранцы могут там смело выращивать любимые томаты и не только...

ВЫВОДЫ

- Изучив географическое положение и особенности поселений, выявили близость источников загрязнения в обоих поселениях, а также их природную привлекательность (близость леса, реки);
- Всхожесть семян в п. Сердовино показала отсутствие токсичности почвы (кресс -салат -94%, одуванчик лекарственный – 92%), а в с. Уваровка – слабая токсичность (кресс -салат -73%, одуванчик лекарственный – 78%). Измерение длины главного корня кресс-салата (17,17 мм в п. Сердовино против 9,7мм в с.Уваровка), энергия прорастания (80% в п. Сердовино против 65% в с.Уваровка), дружность прорастания (25% в п. Сердовино против 18% в с.Уваровка), скорость прорастания (5,2% в п. Сердовино против 4,7% в с.Уваровка) семян одуванчика лекарственного подтверждают отсутствие токсичности почвы в п. Сердовино.
- Сравнив ростовые показатели кресс-салата и одуванчика лекарственного в различных пробах почв пришли к выводу о небольшом загрязнении почвы в с.Уваровка (фитотоксичность – 96%) и отсутствии загрязнения почвы в п.Сердовино (фитотоксичность -171,7%).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / О.П. Мелехова, Е.И. Егорова, Т.И. Евсева; под ред. О.П. Мелеховой и Е.И. Егоровой. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – С. 33-54.
2. Биологические методы оценки качества объектов окружающей среды : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 2. Методы биотестирования / С. М. Чеснокова, Н. В. Чугай ; Владим. гос. ун-т. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2008. – 92 с.
3. Кавеленова Л.М., Кведер Л.В. Методы контроля за состоянием окружающей среды: учебное пособие/ Кавеленова Л.М., Кведер Л.В - Самара: Издательство «Самарский университет», 2006 – 100с.
4. Казанцев И.В., Ибрагимова С.А. Экологическая характеристика почв Самарской области // Таврический научный обозреватель, 2016. № 4 (9). С. 260-263.
5. Макарова Н.В., Баженова А.А. Анализ экологического состояния Самарской области с точки зрения влияния на экономику региона // Экономика и бизнес: теория и практика. 2021. № 12-2. С. 81-86.
6. Онистратенко Н. В., Рубанова К. И. Одуванчик лекарственный *Taraxacum officinale* L. как перспективный инструмент биодиагностики состояния городской среды // Природные системы и ресурсы. 2021. Т. 11, № 3. С. 14–21.
7. Прохорова Н.В., Матвеев Н.М. Территориальные особенности распределения тяжелых металлов в почвах Самарской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2000. Т. 2, № 2. С. 306-310.
8. Столбова В.В., Агапкина Г.И., Берегела Д.В. Использование стандартных фитотестов для оценки токсичности городских почв со сложным

ксенобиотическим профилем // Вестник Московского университета. Серия
17. Почвоведение. 2012. № 2. С. 14-19.

Опрос жителей города.

В опросе участвовали 100 респондентов.

1. Хотели ли бы Вы иметь дом или дачу поближе к природе?

- да (78 %)
- нет (22%)

2. В каком районе Вы хотели бы поселиться?

- село Уваровка (32 чел.)
- поселок Сердовино (24 чел.)
- село Рамено (8 чел.)
- другое (4 чел.)

3. Обоснуйте свой выбор.

- близко к работе (42 чел.)
- экологически чисто (19 чел.)
- другое (17 чел.)

Статистическая обработка данных с помощью критерия Стьюдента.

1) **Контроль**

Проросло – 20

Длины: 10, 9, 8, 5, 13, 9, 15, 8, 10, 13, 15, 11, 9, 6, 13, 8, 10, 10, 10, 10

а) Среднее арифметическое

$$x_{cp} = (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n) / n = \frac{\sum x_i}{n}$$

где $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ – варианты выборки, n – объём выборки;

$$x_{cp} = 202 / 20 = \mathbf{10,1}$$

б) Среднеквадратичное отклонение

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x_{cp})^2}{n-1}}$$

Итак, найдём сначала отклонения измеренных длин главного корня от их среднего значения: 0,1; 1,1; 2,1; 5,1; -2,9; 1,1; -4,9; 2,1; 0,1; -2,9; -4,9; -0,9; 1,1; 4,1; -2,9; 2,1; 0,1; 0,1; 0,1; 0,1.

Вычислим сумму квадратов этих отклонений. Она равна 133,8.

Дисперсия – это среднее значение квадрата отклонения величины от её среднего значения. Эта величина характеризует степень разброса данных. При вычислении дисперсии выборки сумму квадратов делят не на n , а на $n-1$.

Находим дисперсию выборки $D = 133,8 / 19 = 7,04$.

Квадратный корень из дисперсии называется среднеквадратичным отклонением и обозначается греческой буквой σ («сигма»).

$$\sigma = \sqrt{D} = \mathbf{2,65 \text{ мм}}$$

в) Ошибка среднего арифметического

$$m_x = \sigma / \sqrt{n}$$

$$m_x = 2,65 / \sqrt{20} = \mathbf{0,59 \text{ мм}}$$

Тогда среднее значение длины главного корня примет вид:

$$h = 10,1 \pm 0,59$$

г) Критерий достоверности (фактический)

$$t_{\phi} = \frac{x_{cp}}{m_x}$$

$$t_{\phi} = 10,1 / 0,59 = \mathbf{17,12}$$

Сравнивают его со значением критерия Стьюдента (стандартного) $t_{ст}$, которое находят в таблице (см. Приложение 3) для числа степеней свободы $K = n - 1$ и доверительных вероятностей $P = 0,95; 0,99$ и $0,999$ (или уровней значимости соответственно $0,05; 0,01$ и $0,001$).

$t_{\phi} > t_{ст}$, следовательно значение средней арифметической $x_{ср}$ достоверно (значимо).

2) Сердовино 1

Проросло – 19

Длины: 16, 16, 19, 15, 16, 11, 20, 13, 17, 20, 20, 14, 16, 23, 13, 17, 15, 18, 19

а) Среднее арифметическое

$$x_{ср} = (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n) / n = \frac{\sum x_i}{n}$$

где $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ – варианты выборки, n – объём выборки;

$$x_{ср} = 318 / 19 = \mathbf{16,7}$$

б) Среднеквадратичное отклонение

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x_{ср})^2}{n-1}}$$

Итак, найдём сначала отклонения измеренных длин главного корня от их среднего значения: 0,7; 0,7; -2,3; 1,7; 0,7; 5,7; -3,3; 3,7; -0,3; -3,3; -3,3; 2,7; 0,7; -6,3; 3,7; -0,3; 1,7; -1,3; -2,3.

Вычислим сумму квадратов этих отклонений. Она равна 159,71.

Дисперсия – это среднее значение квадрата отклонения величины от её среднего значения. Эта величина характеризует степень разброса данных. При вычислении дисперсии выборки сумму квадратов делят не на n , а на $n-1$.

Находим дисперсию выборки $D = 159,71 / 18 = 8,87$.

Квадратный корень из дисперсии называется среднеквадратичным отклонением и обозначается греческой буквой σ («сигма»).

$$\sigma = \sqrt{D} = \mathbf{2,98 \text{ мм}}$$

в) Ошибка среднего арифметического

$$m_x = \sigma / \sqrt{n}$$

$$m_x = 2,98 / \sqrt{19} = \mathbf{0,68 \text{ мм}}$$

Тогда среднее значение длины главного корня примет вид:

$$h = 16,7 \pm 0,68$$

г) Критерий достоверности (фактический)

$$t_{\phi} = \frac{x_{ср}}{m_x}$$

$$t_{\phi} = 16,7 / 0,68 = \mathbf{24,56}$$

Сравнивают его со значением критерия Стьюдента (стандартного) $t_{ст}$, которое находят в таблице (см. Приложение 3) для числа степеней свободы $K = n - 1$ и доверительных вероятностей $P = 0,95; 0,99$ и $0,999$ (или уровней значимости соответственно $0,05; 0,01$ и $0,001$).

$t_{\phi} > t_{ст}$, следовательно значение средней арифметической $x_{ср}$ достоверно (значимо).

3) Сердовино 2

Проросло – 19

Длины:

а) Среднее арифметическое

$$x_{ср} = (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n) / n = \frac{\sum x_i}{n}$$

где $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ – варианты выборки, n – объём выборки;

$$x_{ср} = 324 / 19 = \mathbf{17,1}$$

б) Среднеквадратичное отклонение

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x_{ср})^2}{n-1}}$$

Итак, найдём сначала отклонения измеренных длин главного корня от их среднего значения: -2,9; -7,9; -0,9; 0,1; -8,9; 6,1; 2,1; 4,1; 3,1; 4,1; -2,9; -3,9; -1,9; 11,1; 7,1; -3,9; 4,1; -0,9; -6,9.

Вычислим сумму квадратов этих отклонений. Она равна 516,99.

Дисперсия – это среднее значение квадрата отклонения величины от её среднего значения. Эта величина характеризует степень разброса данных. При вычислении дисперсии выборки сумму квадратов делят не на n , а на $n-1$.

Находим дисперсию выборки $D = 516,99 / 18 = 28,72$.

Квадратный корень из дисперсии называется среднеквадратичным отклонением и обозначается греческой буквой σ («сигма»).

$$\sigma = \sqrt{D} = \mathbf{5,36 \text{ мм}}$$

в) Ошибка среднего арифметического

$$m_x = \sigma / \sqrt{n}$$

$$m_x = 5,36 / \sqrt{19} = \mathbf{1,23 \text{ мм}}$$

Тогда среднее значение длины главного корня примет вид:

$$h = 17,1 \pm 1,23$$

г) Критерий достоверности (фактический)

$$t_{\phi} = \frac{x_{ср}}{m_x}$$

$$t_{\phi} = 17,1 / 1,23 = \mathbf{13,9}$$

Сравнивают его со значением критерия Стьюдента (стандартного) $t_{ст}$, которое находят в таблице (см. Приложение 3) для числа степеней свободы $K = n - 1$ и доверительных вероятностей $P = 0,95; 0,99$ и $0,999$ (или уровней значимости соответственно $0,05; 0,01$ и $0,001$).

$t_{\phi} > t_{ст}$, следовательно значение средней арифметической $x_{ср}$ достоверно (значимо).

4) Сердовино 3

Проросло – 19

Длины: 15, 14, 29, 25, 22, 17, 21, 17, 27, 18, 13, 12, 16, 17, 15, 13, 19, 19, 19.

а) Среднее арифметическое

$$x_{ср} = (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n) / n = \frac{\sum x_i}{n}$$

где $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ – варианты выборки, n – объём выборки;

$$x_{ср} = 348 / 19 = \mathbf{18,3}$$

б) Среднеквадратичное отклонение

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x_{ср})^2}{n-1}}$$

Итак, найдём сначала отклонения измеренных длин главного корня от их среднего значения: 3,3; 4,3; -10,7; -6,7; -3,7; 1,3; -2,7; 1,3; -8,7; 0,3; 5,3; 6,3; 2,3; 1,3; 3,3; 5,3; -0,7; -0,7; -0,7.

Вычислим сумму квадратов этих отклонений. Она равна 404,11.

Дисперсия – это среднее значение квадрата отклонения величины от её среднего значения. Эта величина характеризует степень разброса данных. При вычислении дисперсии выборки сумму квадратов делят не на n , а на $n-1$.

Находим дисперсию выборки $D = 404,11 / 18 = 22,45$.

Квадратный корень из дисперсии называется среднеквадратичным отклонением и обозначается греческой буквой σ («сигма»).

$$\sigma = \sqrt{D} = \mathbf{4,74 \text{ мм}}$$

в) Ошибка среднего арифметического

$$m_x = \sigma / \sqrt{n} .$$

$$m_x = 4,74 / \sqrt{19} = \mathbf{1,09 \text{ мм}}$$

Тогда среднее значение длины главного корня примет вид:

$$h = 18,3 \pm 1,09$$

г) Критерий достоверности (фактический)

$$t_{\phi} = \frac{x_{ср}}{m_x}$$

$$t_{\phi} = 18,3 / 1,09 = \mathbf{16,79}$$

Сравнивают его со значением критерия Стьюдента (стандартного) $t_{ст}$,

которое находят в таблице (см. Приложение 3) для числа степеней свободы $K = n - 1$ и доверительных вероятностей $P = 0,95; 0,99$ и $0,999$ (или уровней значимости соответственно $0,05; 0,01$ и $0,001$).

$t_{\phi} > t_{ст}$, следовательно значение средней арифметической $x_{ср}$ достоверно (значимо).

5) Уваровка 1

Проросло – 15

Длины: 9, 7, 8, 9, 13, 9, 17, 9, 12, 7, 9, 11, 7, 11, 9.

а) Среднее арифметическое

$$x_{ср} = (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n) / n = \frac{\sum x_i}{n}$$

где $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ – варианты выборки, n – объём выборки;

$$x_{ср} = 147 / 15 = \mathbf{9,8}$$

б) Среднеквадратичное отклонение

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x_{ср})^2}{n-1}}$$

Итак, найдём сначала отклонения измеренных длин главного корня от их среднего значения: 0,8; 2,8; 1,8; 0,8; -3,2; 0,8; -7,2; 0,8; -2,2; 2,8; 0,8; -1,2; 2,8; -1,2; 0,8.

Вычислим сумму квадратов этих отклонений. Она равна 100,4.

Дисперсия – это среднее значение квадрата отклонения величины от её среднего значения. Эта величина характеризует степень разброса данных. При вычислении дисперсии выборки сумму квадратов делят не на n , а на $n-1$.

Находим дисперсию выборки $D = 100,4 / 14 = 7,17$.

Квадратный корень из дисперсии называется среднеквадратичным отклонением и обозначается греческой буквой σ («сигма»).

$$\sigma = \sqrt{D} = \mathbf{2,68 \text{ мм}}$$

в) Ошибка среднего арифметического

$$m_x = \sigma / \sqrt{n} .$$

$$m_x = 2,68 / \sqrt{15} = \mathbf{0,69 \text{ мм}}$$

Тогда среднее значение длины главного корня примет вид:

$$h = 9,8 \pm 0,69$$

г) Критерий достоверности (фактический)

$$t_{\phi} = \frac{x_{ср}}{m_x}$$

$$t_{\phi} = 9,8 / 0,69 = \mathbf{14,2}$$

Сравнивают его со значением критерия Стьюдента (стандартного) $t_{ст}$,

которое находят в таблице (см. Приложение 3) для числа степеней свободы $K = n - 1$ и доверительных вероятностей $P = 0,95; 0,99$ и $0,999$ (или уровней значимости соответственно $0,05; 0,01$ и $0,001$).

$t_{\phi} > t_{ст}$, следовательно значение средней арифметической $x_{ср}$ достоверно (значимо).

б) Уваровка 2

Проросло – 14

Длины: 14, 12, 7, 12, 9, 11, 8, 9, 10, 11, 10, 7, 8, 15.

а) Среднее арифметическое

$$x_{ср} = (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n) / n = \frac{\sum x_i}{n}$$

где $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ – варианты выборки, n – объём выборки;

$$x_{ср} = 143 / 14 = \mathbf{10,2}$$

б) Среднеквадратичное отклонение

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x_{ср})^2}{n-1}}$$

Итак, найдём сначала отклонения измеренных длин главного корня от их среднего значения: -3,8; -1,8; 3,2; -1,8; 1,2; -0,8; 2,2; 1,2; 0,2; -0,8; 0,2; 3,2; 2,2; -4,8.

Вычислим сумму квадратов этих отклонений. Она равна 78,36.

Дисперсия – это среднее значение квадрата отклонения величины от её среднего значения. Эта величина характеризует степень разброса данных. При вычислении дисперсии выборки сумму квадратов делят не на n , а на $n-1$.

Находим дисперсию выборки $D = 78,36 / 13 = 6,03$.

Квадратный корень из дисперсии называется среднеквадратичным отклонением и обозначается греческой буквой σ («сигма»).

$$\sigma = \sqrt{D} = \mathbf{2,46 \text{ мм}}$$

в) Ошибка среднего арифметического

$$m_x = \sigma / \sqrt{n}$$

$$m_x = 2,46 / \sqrt{14} = \mathbf{0,66 \text{ мм}}$$

Тогда среднее значение длины главного корня примет вид:

$$h = 10,2 \pm 0,66$$

г) Критерий достоверности (фактический)

$$t_{\phi} = \frac{x_{ср}}{m_x}$$

$$t_{\phi} = 10,2 / 0,66 = \mathbf{15,45}$$

Сравнивают его со значением критерия Стьюдента (стандартного) $t_{ст}$,

которое находят в прилагаемой ниже таблице для числа степеней свободы $K = n - 1$ и доверительных вероятностей $P = 0,95; 0,99$ и $0,999$ (или уровней значимости соответственно $0,05; 0,01$ и $0,001$).
 $t_{\phi} > t_{ст}$, следовательно значение средней арифметической $x_{ср}$ достоверно (значимо).

7) Уваровка 3

Проросло – 15

Длины: 7, 8, 10, 11, 8, 8, 11, 9, 9, 10, 7, 9, 12, 6, 11.

а) Среднее арифметическое

$$x_{ср} = (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n) / n = \frac{\sum x_i}{n}$$

где $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ – варианты выборки, n – объём выборки;

$$x_{ср} = 136 / 15 = \mathbf{9,1}$$

б) Среднеквадратичное отклонение

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x_{ср})^2}{n-1}}$$

Итак, найдём сначала отклонения измеренных длин главного корня от их среднего значения: 2,1; 1,1; -0,9; -1,9; 1,1; 1,1; -1,9; 0,1; 0,1; -0,9; 2,1; 0,1; -2,9; 3,1; -1,9.

Вычислим сумму квадратов этих отклонений. Она равна 42,95.

Дисперсия – это среднее значение квадрата отклонения величины от её среднего значения. Эта величина характеризует степень разброса данных. При вычислении дисперсии выборки сумму квадратов делят не на n , а на $n-1$.

Находим дисперсию выборки $D = 42,95 / 14 = 3,07$.

Квадратный корень из дисперсии называется среднеквадратичным отклонением и обозначается греческой буквой σ («сигма»).

$$\sigma = \sqrt{D} = \mathbf{1,75 \text{ мм}}$$

в) Ошибка среднего арифметического

$$m_x = \sigma / \sqrt{n}$$

$$m_x = 1,75 / \sqrt{15} = \mathbf{0,45 \text{ мм}}$$

Тогда среднее значение длины главного корня примет вид:

$$h = 9,1 \pm 0,45$$

г) Критерий достоверности (фактический)

$$t_{\phi} = \frac{x_{ср}}{m_x}$$

$$t_{\phi} = 9,1 / 0,45 = \mathbf{20,22}$$

Сравнивают его со значением критерия Стьюдента (стандартного) $t_{ст}$,

которое находят в таблице (см. Приложение 3) для числа степеней свободы $K = n - 1$ и доверительных вероятностей $P = 0,95; 0,99$ и $0,999$ (или уровней значимости соответственно $0,05; 0,01$ и $0,001$).

$t_{\phi} > t_{ст}$, следовательно значение средней арифметической $x_{ср}$ достоверно (значимо).

8) Сердовино

Количество– 3

Длины: 16,1; 17,1; 18,3.

а) Среднее арифметическое

$$x_{ср} = (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n) / n = \frac{\sum x_i}{n}$$

где $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ – варианты выборки, n – объём выборки;

$$x_{ср} = 51,5 / 3 = \mathbf{17,17}$$

б) Среднеквадратичное отклонение

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x_{ср})^2}{n-1}}$$

Итак, найдём сначала отклонения измеренных длин главного корня от их среднего значения: 1,07; 0,07; -1,13.

Вычислим сумму квадратов этих отклонений. Она равна 2,43.

Дисперсия – это среднее значение квадрата отклонения величины от её среднего значения. Эта величина характеризует степень разброса данных. При вычислении дисперсии выборки сумму квадратов делят не на n , а на $n-1$.

Находим дисперсию выборки $D = 2,43 / 2 = 1,215$.

Квадратный корень из дисперсии называется среднеквадратичным отклонением и обозначается греческой буквой σ («сигма»).

$$\sigma = \sqrt{D} = \mathbf{1,102 \text{ мм}}$$

в) Ошибка среднего арифметического

$$m_x = \sigma / \sqrt{n} .$$

$$m_x = 1,102 / \sqrt{3} = \mathbf{0,64 \text{ мм}}$$

Тогда среднее значение длины главного корня примет вид:

$$h = 17,17 \pm 0,64$$

г) Критерий достоверности (фактический)

$$t_{\phi} = \frac{x_{ср}}{m_x}$$

$$t_{\phi} = 17,17 / 0,64 = \mathbf{26,83}$$

Сравнивают его со значением критерия Стьюдента (стандартного) $t_{ст}$,

которое находят в таблице (см. Приложение 3) для числа степеней свободы $K = n - 1$ и доверительных вероятностей $P = 0,95; 0,99$ и $0,999$ (или уровней значимости соответственно $0,05; 0,01$ и $0,001$).

$t_{\phi} > t_{ст}$, следовательно значение средней арифметической $x_{ср}$ достоверно (значимо).

9) Уваровка

Количество – 3

Длины: 9,8; 10,2; 9,1.

а) Среднее арифметическое

$$x_{ср} = (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n) / n = \frac{\sum x_i}{n}$$

где $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ – варианты выборки, n – объём выборки;

$$x_{ср} = 29,1 / 3 = \mathbf{9,7}$$

б) Среднеквадратичное отклонение

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x_{ср})^2}{n-1}}$$

Итак, найдём сначала отклонения измеренных длин главного корня от их среднего значения: -0,1; -0,5; 0,6.

Вычислим сумму квадратов этих отклонений. Она равна 0,62.

Дисперсия – это среднее значение квадрата отклонения величины от её среднего значения. Эта величина характеризует степень разброса данных.

При вычислении дисперсии выборки сумму квадратов делят не на n , а на $n-1$.

Находим дисперсию выборки $D = 0,62 / 2 = 0,31$.

Квадратный корень из дисперсии называется среднеквадратичным отклонением и обозначается греческой буквой σ («сигма»).

$$\sigma = \sqrt{D} = \mathbf{0,56 \text{ мм}}$$

в) Ошибка среднего арифметического

$$m_x = \sigma / \sqrt{n}$$

$$m_x = 0,56 / \sqrt{3} = \mathbf{0,32 \text{ мм}}$$

Тогда среднее значение длины главного корня примет вид:

$$h = 9,7 \pm 0,32$$

г) Критерий достоверности (фактический)

$$t_{\phi} = \frac{x_{ср}}{m_x}$$

$$t_{\phi} = 9,7 / 0,32 = \mathbf{30,31}$$

Сравнивают его со значением критерия Стьюдента (стандартного) $t_{ст}$,

которое находят в таблице (см. Приложение 3) для числа степеней свободы $K = n - 1$ и доверительных вероятностей $P = 0,95; 0,99$ и $0,999$ (или уровней значимости соответственно $0,05; 0,01$ и $0,001$).

$t_{\text{ф}} > t_{\text{ст}}$, следовательно значение средней арифметической $\bar{x}_{\text{ср}}$ достоверно (значимо).

Значения критерия Стьюдента (t_{α})							
Число степеней свободы (К)	Доверительные вероятности (Р)			Число степеней свободы (К)	Доверительные вероятности (Р)		
	0,05	0,01	0,001		0,05	0,01	0,001
1	12,71	63,66	636,62	18	2,10	2,88	3,92
2	4,30	9,92	31,60	19	2,09	2,86	3,88
3	3,18	5,84	12,92	20	2,09	2,85	3,85
4	2,78	4,60	8,61	21	2,08	2,83	3,82
5	2,57	4,03	6,87	22	2,07	2,82	3,79
6	2,45	3,71	5,96	23	2,07	2,81	3,77
7	2,37	3,50	5,41	24	2,06	2,80	3,75
8	2,31	3,36	5,04	25	2,06	2,79	3,73
9	2,26	3,25	4,78	26	2,06	2,78	3,71
10	2,23	3,17	4,59	27	2,05	2,77	3,69
11	2,20	3,11	4,44	28	2,05	2,76	3,67
12	2,18	3,05	4,32	29	2,05	2,76	3,66
13	2,16	3,01	4,22	30	2,04	2,75	3,65
14	2,14	2,98	4,14	40	2,02	2,70	3,55
15	2,13	2,95	4,07	60	2,00	2,66	3,46
16	2,12	2,92	4,02	120	1,98	2,62	3,37
17	2,11	2,90	3,97	∞	1,96	2,58	3,29

