ВСЕРОССИЙСКИЙ МОЛОДЕЖНЫЙ КОНКУРС ПО ПРОБЛЕМАМ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ, ЭКОЛОГИИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

«ЮНЭКО»

Направление: Биология

Тема: Оценка фитонцидной активности самшита вечнозелёного, произрастающего на территории Детского ботанического сада Липецкой Экостанции

Соискатель: Фурсова Елизавета Игоревна

Научный руководитель: Бондаренко Ангелина Александровна

Место выполнения работы: г. Липецк

2025

Аннотация

В настоящее время проблема защиты воздушного бассейна от загрязнений становится одной из важных и сложных задач, стоящих перед человечеством. Одним из аспектов её решения является использование биологических свойств растительности в осаждении пыли, поглощении и нейтрализации токсичных газов, очистки от микробиологического загрязнения.

Современный подход к озеленению урбанизированных территорий и интерьеров помещений подразумевает сочетание эстетического восприятия красоты формы, окраски цветов и листьев растений с другой, полезной функцией – живые растения служат уникальным биофильтром вредных веществ, которому не требуется дополнительное очищение. Деревья и кустарники в процессе жизнедеятельности выделяют в воздух антибактериальные и фунгицидные летучие органические вещества – фитонциды.

В рамках исследовательской работы была поставлена цель: изучить вопрос о фитонцидной активности самшита вечнозелёного, произрастающего на территории Детского ботанического сада Липецкой Экостанции.

А также выдвинута гипотеза о том, что фитонцидная активность растений может изменяться в зависимости от времени года.

В ходе исследовательской работы успешно апробирована методика контактного воздействия на простейшие микроорганизмы, разработанная советским учёным-биологом Б.П. Токиным.

В ходе исследовательской работы сделаны следующие выводы:

1. Успешно апробирована методика контактного воздействия на простейшие микроорганизмы, разработанная советским учёным-биологом Б.П. Токиным, где определяется активность фитонцидов, входящих в состав тканевого сока растений.

2. Получены данные о степени фитонцидной активности самшита вечнозелёного: с помощью культивированных простейших микроорганизмов было установлено, что большей фитонцидной активностью обладает самшит вечнозелёный весенней обрезки (25%), а самшит вечнозелёный осенней обрезки обладает меньшей фитонцидной активностью (18,2%).

3. На примере самшита вечнозелёного, произрастающего на территории Детского ботанического сада Липецкой Экостанци было установлено, что обрезка растений в разное время года оказывает различное по интенсивности воздействие на простейшие микроорганизмы. Тем самым подтвердилась гипотеза исследования.

4. Результаты проведённого исследования могут быть использованы в качестве рекомендаций при разработке ландшафтных проектов по озеленению интерьеров помещений и территорий образовательных организаций с целью улучшения качества воздуха, что подтверждает практическую значимость выбранной темы.

Оглавление

Стр.

Введение……..4

Глава 1. Обзор источников информации……..5

1.1. Фитонцидные свойства растений……5

1.2. Химическая природа фитонцидов……..5

1.3. Механизм действия фитонцидов……5

1.4. Влияние фитонцидов на организм человека……..6

1.5. Самшит вечнозелёный: биологические особенности и полезные свойства……...7

Глава 1. Результаты исследования и их обсуждение……...8

2.1. Материалы и методика исследования……8

2.2. Оценка фитонцидной активности самшита вечнозелёного, произрастающего на территории Детского ботанического сада Липецкой Экостанции……..9

2.3. Анализ полученных результатов……9

Выводы……...10

Заключение……10

Список использованных источников информации……...11

Приложение……...12

Введение

В настоящее время проблема защиты воздушного бассейна от загрязнений становится одной из важных и сложных задач, стоящих перед человечеством. Одним из аспектов её решения является использование биологических свойств растительности в осаждении пыли, поглощении и нейтрализации токсичных газов, очистки от микробиологического загрязнения.

Современный подход к озеленению урбанизированных территорий и интерьеров помещений подразумевает сочетание эстетического восприятия красоты формы, окраски цветов и листьев растений с другой, полезной функцией – живые растения служат уникальным биофильтром вредных веществ, которому не требуется дополнительное очищение. Деревья и кустарники в процессе жизнедеятельности выделяют в воздух антибактериальные и фунгицидные летучие органические вещества – фитонциды. Фитонциды – это особые летучие биологически активные вещества, подавляющие рост и развитие болезнетворных вирусов и микробов [2].

Приступая к исследовательской работе была поставлена цель: изучить вопрос о фитонцидной активности самшита вечнозелёного, произрастающего на территории Детского ботанического сада Липецкой Экостанции.

Для достижения указанной цели были поставлены следующие задачи:

- ✓ изучить литературные источники по теме исследования;
- ✓ подобрать материалы и методику исследования;
- ✓ определить фитонцидную активность самшита вечнозелёного, произрастающего на территории Детского ботанического сада Липецкой Экостанции;
- ✓ проанализировать результаты исследований и сделать выводы.

В рамках темы исследования была выдвинута гипотеза о том, что фитонцидная активность растений может изменяться в зависимости от времени года.

Исследовательская работа проводилась в период с ноября 2024 года по май 2025 года на базе Детского ботанического сада Липецкой Экостанции (структурного подразделения ГБУ ДО ЦДО «ЭкоМир» ЛО).

В ходе исследовательской работы были использованы следующие методы:

- ✓ теоретический (изучение и анализ литературных источников и интернет-ресурсов);
- ✓ экспериментальный (постановка опытов);
- ✓ эмпирический (наблюдение с фотофиксацией, измерение и сравнение, анализ и описание полученных результатов).

Практическая значимость исследования заключается в том, что полученные данные о степени фитонцидной активности самшита вечнозелёного, произрастающего на территории Детского ботанического сада Липецкой Экостанции, могут быть использованы в качестве рекомендаций при разработке ландшафтных проектов по озеленению интерьеров помещений и территорий образовательных организаций с целью улучшения качества воздуха.

Глава 1. Обзор источников литературы

1.1. Фитонцидные свойства растений

Фитонцидные свойства растений были открыты в 1929 году видным советским исследователем профессором Б.П. Токиным. Учёный измельчал свежие листья различных деревьев, смешивал их с водой и наблюдал под микроскопом, как ведут себя бактерии и простейшие, живущие в этой воде. Они на глазах меняли характер своего движения, форму тела и наконец погибали. Так было открыто действие фитонцидов растений. Впоследствии же выяснилось, что фитонциды обладают не только губительным воздействием на бактерии и простейшие организмы, но и целым рядом других функций.

Фитонцидная активность – своеобразный иммунитет растений. Это впервые было отмечено Б.П. Токиным и наиболее полно раскрыто Д.Д. Вердеревским. Впоследствии учёные установили, что фитонциды не только имеют иммунологическое значение, но и служат регуляторами роста и развития, принимают участие в жизненных процессах растений [6].

В настоящее время известно, что фитонцидная активность присуща всему растительному миру. Любое растение продуцирует фитонциды, от водоросли до цветковых растений.

Фитонцидная активность увеличивается при поранениях растений (механических травмах, внедрении микро- и макропаразитов и т.д.), носит ясно выраженный сезонный характер: в фазе бутонизации и цветения растения проявляют большую фитонцидную активность, чем в конце вегетационного периода. Установлено, что фитонцидообразование является динамическим процессом и зависит от многих факторов внешней среды: а) выделение летучих веществ в жаркую погоду усиливается, с понижением температуры – уменьшается, б) увеличение влажности воздуха отрицательно влияет на бактериальную и фунгицидную активность растений [4].

1.2. Химическая природа фитонцидов

Растения в целях самозащиты выделяют специальное противомикробные летучие вещества, которые называются фитонциды. Фитонциды (от лат. «убиваю») – особые летучие биологически активные вещества, образуемые растениями, убивающие или подавляющие рост и развитие других организмов (главным образом микробов).

С помощью кропотливых опытов учёные выяснили, что фитонциды различных растений это не одно какое-либо вещество, а набор веществ, особый для каждого растения. С химической точки зрения фитонциды – это комплекс газообразных и легко испаряющихся соединений. В составе летучих веществ и в конденсате транспирационной влаги как хвойных, так и лиственных пород обнаружены эфирные масла, спирты, органические кислоты, альдегиды, сложные эфиры, а также непредельные углеводороды (ацетилен, этилен и др.). В тканях растений фитонциды распределены неравномерно. Многие из них были выделены в чистом виде, и установлена их химическая природа [5].

Указанный перечень химических веществ для каждого вида не является исчерпывающим и даёт лишь частичное представление о сложном комплексе химических соединений, выделяемых древесными растениями в окружающую среду.

1.3. Механизм действия фитонцидов

Изучив литературу по данной теме, мы узнали, что благодаря разному химическому составу фитонциды специфично действуют на разные группы микроорганизмов. Даже в небольших дозах они могут задерживать рост одних микроорганизмов и стимулировать рост других, тем самым играют большую роль в изменении состава микрофлоры, воздуха, воды и почвы.

Механизм действия летучих фитонцидов заключается в том, что они вызывают разнообразные изменения в микробной клетке: растворяют поверхностные слои и составные части протоплазмы, подавляют дыхание, снижают скорость ферментативных реакций и др.

В ходе длительной эволюции растений возникали новые способы защиты растений от микроорганизмов, и таким образом, в целом выделения фитонцидов обуславливали взаимоотношения растений с другими организмами в сообществах [7].

Все фитонциды по биологическому назначению можно объединить в три большие группы:

1. Фитонциды сенсорного действия: аттрактанты – летучие вещества, привлекающие животных (эфирные масла, терпены и др.), и реппеленты – летучие вещества, отпугивающие животных.
2. Фитонциды, влияющие на рост и развитие организмов (непредельные углеводороды, органические кислоты, альдегиды и др.).
3. Фитонциды, участвующие в пищевых целях – атмовитамины (витамины, аминокислоты, сложные эфиры, спирты и др.).

Однако следует отметить, что деление фитонцидов по биологическому назначению условное, поскольку, например, эфирные масла привлекают насекомых к цветкам (аттрактант), защищают растения от микробов и поедания животными (токсин), используются некоторыми микроорганизмами в качестве пищи (атмовитамины) [4].

В лесу в период вегетации трудно найти дерево или кустарник с полностью неповрежденными листовым аппаратом, побегами или другими органами. Повреждения наносятся млекопитающими, птицами, насекомыми, грибами, микроорганизмами, а также при ветровале и буреломе, при рубках ухода и главного пользования, подсочке леса и т.д. В связи с этим в лесном воздухе присутствуют фитонциды. Другими словами, фитонциды леса представляют собой сложную смесь органических веществ.

Летучие фитонциды способны оказывать своё действие на расстоянии: фитонциды листьев дуба, эвкалипта, сосны и др. Сила и спектр антимикробного действия фитонцидов весьма разнообразны. Растения постоянно выделяют фитонциды, которые очищают воздух от микробов. Вокруг многих растений имеются бактерицидная и противомикробная зона. Так, 1 га можжевельника выделяет в сутки 30 кг летучих веществ; около 20 кг выделяют сосна и ель. Известно, что в 1 м^3 лесного воздуха микроорганизмов в 150-300 раз меньше, чем в том же объёме городского воздуха [8].

1.4. Влияние фитонцидов на организм человека

Все растения по уровню фитонцидной активности делятся на несколько групп:

Первая группа – растения, фитонциды которых обладают антибактериальной, противовирусной, антигрибковой активностью.

Вторая группа – растения, фитонциды которых улучшают умственную и сердечную деятельность, повышают иммунитет, успокаивающе действуют на нервную систему.

Третья группа – растения биофильтры.

Рекордсменами по выделению фитонцидов являются хвойные деревья и кустарники. Примечательно, что фитонциды в изобилии обнаружены не только в зелёных иголках, а также в шишках и стволе хвойных растений.

При вдыхании летучих фитонцидов хвойных растений повышается устойчивость эритроцитов к недостатку кислорода, почти в два раза увеличивают срок их жизни, положительно влияют на функцию всей кровеносной системы. Не случайно люди, живущие в лесных районах,

гораздо меньше подвержены заболеваниям верхних дыхательных путей по сравнению с горожанами [3].

В рамках данной исследовательской работы проведена сравнительная оценка фитонцидной активности самшита вечнозелёного весенней и осенней обрезки, произрастающего на территории Детского ботанического сада Липецкой Экостанции.

1.5. Самшит вечнозелёный: биологические особенности и полезные свойства

САМШИТ (лат. Búxus) – род растений семейства Самшитовые. Вечнозелёное, реликтовое растение, сохраняющее свою первоначальную форму и свойства уже около 30 миллионов лет. Этот долгожитель растительного мира нередко перешагивает рубеж в 500-600 лет.

Размеры. Высотой эта медленнорастущая древесная или кустарниковая культура бывает от 2 до 10-12 м. Годовой прирост – не более 5-7 см.

Крона и кора. Компактная и очень плотная, состоящая из четырехгранных, крепких и упругих веток, которые покрыты трещинистой коричневатой корой у старых деревьев и желтовато-серой – у молодых. .

Побеги. Желтовато-коричневые или оранжево-коричневые, голые, жёсткие.

Листья. Мелкие, кожистые, нарядные и блестящие, глубокого темно-зеленого оттенка, цельнокрайние, округлые или удлиненные, сидящие супротивно.

Цветы. Невзрачные, крошечные, однополые, составленные в небольшие рыхлые пазушные соцветия, раскрываются в феврале-апреле и расточают довольно сильный приятный медовый аромат. На их месте формируются трёхгнёздные коробочки, растрескивающиеся и далеко выстреливающие вызревшие блестящие чёрные семена.

Распространение и экология. Это весьма неприхотливые растения: они растут на каменистых осыпях, на опушках лесов, в кустарниковых зарослях и тёмных лиственных лесах. Очень теневыносливы, но и теплолюбивы. В природе обитают на слабокислых почвах.

Происхождение. Существуют три крупных ареала: африканский – в лесах и лесостепях к югу от экваториальной Африки и на Мадагаскаре; центрально-американский – в тропиках и субтропиках к югу от северной части Мексики и на Кубе; евро-азиатский – от Британских островов через Южную Европу, Закавказье, Малую и Переднюю Азию, Китай до Японии и Суматры.

Полезные свойства. Даже не цветущий самшит распространяет вокруг себя характерный резковатый запах, обусловленный наличием в зелени специфичных эфирных масел. Летучие фитонциды, активно выделяясь, обеззараживают окружающее воздушное пространство. Все части самшита, особенно листья и кора, содержат большое количество алкалоидов (буксин, циклобуксин, буксипин, винкристин и пр.) и считаются ядовитыми.

Уникальный состав ценных элементов объясняет широкое применение культуры для лечения различных недугов. К примеру, биофлавониды влияют на активность ферментов и обновление клеток. Эфирные масла и смолы имеют противомикробные свойства. Дубильные вещества, обнаруженные в коре и листве самшита, используют как антисептик. Фитонциды, которые выделяет листва самшита, используют для уничтожения вредоносных вирусов. Очищенный воздух вокруг дома – это чудесное место для отдыха [1].

Глава 2. Результаты исследования и их обсуждение

2.1. Материалы и методика исследования

В рамках темы исследования основная задача заключалась в проведении опытнической работы по определению фитонцидной активности самшита вечнозелёного весенней и осенней обрезки.

С этой целью мы решили апробировать методику контактного воздействия на простейшие микроорганизмы, разработанную советским учёным-биологом Б.П. Токиным. Подробно данная методика описана А.И. Федоровой и А.Н. Никольской в практикуме по экологии и охране окружающей среды как проба с простейшими микроорганизмами. В данном случае определяется активность фитонцидов, входящих в состав тканевого сока растений.

Для постановки опыта по данной методике нужно иметь для исследований культуру простейших микроорганизмов. Для этого мы взяли пробу воды из кашпо с комнатными цветами с разлагающимися растительными остатками. Однако концентрация простейших микроорганизмов в такой пробе была недостаточно высокой, поэтому в ёмкость с пробой мы добавили древесные опилки и банановую кожуру. Настой неделю выдерживали при комнатной температуре 22-24 C^0. В результате исследования пробы мы обнаружили свободно плавающие инфузории – простейшие микроорганизмы [6].

В таблице 1 представлен список материалов, используемых для постановки опыта.

Таблица 1.

Основные материалы для постановки опыта

№	Название	Количество	Краткое описание назначения
1.	Цифровой микроскоп «Альтами»	1 шт	для наблюдения
2.	Предметное стекло	3 шт	для работы с микроскопом
3.	Пластиковый контейнер с крышкой	1 шт	для сбора вегетативных частей растений
4.	Вегетативные части самшита вечнозелёного (сезонной обрезки)	по 1 веточке	для проведения опыта
5.	Контейнер для анализа	1 шт	для культивирования простейших микроорганизмов
6.	Ножницы	1 шт	для измельчения растительного сырья
7.	Фарфоровая ступка с пестиком	1 шт	для измельчения растительного сырья
8.	Пипетка Пастера, 2 мл	3 шт	для проведения опыта
9.	Перчатки резиновые	1 пара	для работы над опытом
10.	Таблица наблюдений, ручка	по 1 шт	для записей наблюдений
11.	Смартфон	1 шт	для фотографирования

При постановке опыта был выполнен следующий алгоритм действий:

Шаг 1. Брали растительное сырьё, мелко измельчали с помощью ножниц.

Шаг 2. Измельчённое растительное сырьё перетирали в фарфоровой ступке с помощью пестика до получения сочной гомогенной смеси.

Шаг 3. На предметное стекло наносили каплю воды с культурой простейших микроорганизмов, рядом помещали частицу гомогенной смеси, соединяли их водяным мостиком и наблюдали за изменением активности простейших микроорганизмов.

Шаг 4. С помощью секундомера фиксировали время повышения активности простейших микроорганизмов, время замедления движения и время их гибели.

Шаг 5. Фитонцидная активность растений рассчитывалась по формуле: А = 100:Т, где А – фитонцидная активность (в процентах), Т – время гибели микроорганизмов (в минутах).

Фотоотчёт о постановке опыта по определению фитонцидной активности самшита вечнозелёного при контактном воздействии на простейшие микроорганизмы представлен на Фото 1-4 Приложения.

2.2. Оценка фитонцидной активности самшита вечнозелёного, произрастающего на территории Детского ботанического сада Липецкой Экостанции

Фитонцидную активность самшита вечнозелёного определяли для растений, произрастающих на территории Детского ботанического сада Липецкой Экостанции. Постановка опыта проходила согласно методике, описанной в разделе 2.1. «Материалы и методика исследования».

Результаты исследовательской работы по оценке фитонцидной активности самшита вечнозелёного весенней и осенней обрезки представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Оценка фитонцидной активности самшита вечнозелёного

№	Вид растения	Время повышения активности простейших, мин	Время замедления движения простейших, мин	Время гибели простейших, Т, мин	Фитонцидная активность растений, А, %
1.	Самшит вечнозелёный весенняя обрезка (20 мая)	1	2	4	25
2.	Самшит вечнозелёный осенняя обрезка (16 ноября)	1	3	5,5	18,2

2.3. Анализ полученных результатов

Цель, поставленная нами в рамках темы исследования – изучить вопрос о фитонцидной активности самшита вечнозелёного – была достигнута. В ходе исследовательской работы мы оценили степень фитонцидной активности самшита вечнозелёного, произрастающего на территории Детского ботанического сада Липецкой Экостанции. Полученные данные могут быть использованы в качестве рекомендаций при разработке ландшафтных проектов по озеленению интерьеров помещений и территорий образовательных организаций с целью улучшения качества воздуха.

Анализ результатов исследовательской работы показал:

- ✓ На примере самшита вечнозелёного, произрастающего на территории Детского ботанического сада Липецкой Экостанции было установлено, что обрезка растений в разное время года оказывает различное по интенсивности воздействие на простейшие микроорганизмы.
- ✓ С помощью культивированных простейших микроорганизмов было установлено, что большей фитонцидной активностью обладает самшит вечнозелёный весенней обрезки (25%), а самшит вечнозелёный осенней обрезки обладает меньшей фитонцидной активностью (18,2%).

В ходе исследовательской работы была успешно апробирована методика контактного воздействия на простейшие микроорганизмы, разработанная советским учёным-биологом Б.П. Токиным.

Выводы

В ходе исследовательской работы были сделаны следующие выводы:

1. Успешно апробирована методика контактного воздействия на простейшие микроорганизмы, разработанная советским учёным-биологом Б.П. Токиным, где определяется активность фитонцидов, входящих в состав тканевого сока растений.
2. Получены данные о степени фитонцидной активности самшита вечнозелёного: с помощью культивированных простейших микроорганизмов было установлено, что большей фитонцидной активностью обладает самшит вечнозелёный весенней обрезки (25%), а самшит вечнозелёный осенней обрезки обладает меньшей фитонцидной активностью (18,2%).
3. На примере самшита вечнозелёного, произрастающего на территории Детского ботанического сада Липецкой Экостанци было установлено, что обрезка растений в разное время года оказывает различное по интенсивности воздействие на простейшие микроорганизмы. Тем самым подтвердилась гипотеза исследования.
4. Результаты проведённого исследования могут быть использованы в качестве рекомендаций при разработке ландшафтных проектов по озеленению интерьеров помещений и территорий образовательных организаций с целью улучшения качества воздуха, что подтверждает практическую значимость выбранной темы.

Таким образом, в ходе исследовательской работы удалось решить все поставленные задачи и достичь основной цели – изучить вопрос о фитонцидной активности самшита вечнозелёного, произрастающего на территории Детского ботанического сада Липецкой Экостанции.

Заключение

Среди компонентов городской среды наиболее существенным фактором нейтрализации загрязнения атмосферного воздуха является растительность. Растения – постоянные спутники человека, которые служат уникальным биофильтром вредных веществ, которому не требуется дополнительное очищение. Деревья и кустарники в процессе жизнедеятельности выделяют в воздух антибактериальные и фунгицидные летучие органические вещества – фитонциды [2].

Изучив литературу, мы выяснили, что фитонциды, которые выделяет листва самшита вечнозелёного, используют для уничтожения вредоносных вирусов. Очищенный воздух вокруг дома – это чудесное место для отдыха. Поэтому ценность самшита вечнозелёного, используемого в озеленении городов и населённых мест, определяется не только его всесезонными декоративными качествами, но и способностью выделять фитонциды.

В ходе исследовательской работы мы определили степень фитонцидной активности самшита вечнозелёного, произрастающего на территории Детского ботанического сада Липецкой Экостанции с помощью методики контактного воздействия на простейшие микроорганизмы, разработанной советским учёным-биологом Б.П. Токиным. Гипотеза исследования подтвердилась – что фитонцидная активность растений может изменяться в зависимости от времени года.

Список использованной литературы

1. Власова З.А. Биология «Справочник школьника». – М.: Филологическое общество «СЛОВО», 1995. – 576 с.

2. Губанкова А.А. Фитонциды и их роль в городской среде. [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://min.urgau.ru/images/2022/10-2022/8-10-2022.pdf – Дата обращения: 13.12.2024 г.

3. Растительные антибиотики – фитонциды. [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://givoyles.ru/articles/lyudi-i-derevya/rastitelnye-antibiotiki-fitoncidy/ – Дата обращения: 31.05.2025 г.

4. Токин Б.П. О роли фитонцидов в природе. [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://real-aroma.ru/Tokin/tokin_bibl/57_fiton/rol1957.htm – Дата обращения: 13.12.2024 г.

5. Токин Б.П. Целебные яды растений. Повесть о фитонцидах. Изд. 3-е, испр. и доп. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1980. – 280 с.

6. Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды. – М.: Владос, 2001. – 288 с.

7. Фитонциды – мощное оружие растений. [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://givoyles.ru/articles/nauka/fitoncidy-moshhnoe-oruzhie-rastenii/ – Дата обращения: 26.01.2025 г.

8. Я познаю мир: Дет. энцикл.: Растения / Сост. Л.А. Багрова; Худож. А.В. Кардашук, О.М. Войтенко; Под общ. ред. О.Г. Хинн. – М.: ООО «Фирма «Издательство АСТ», 1999. – 512 с.

Приложение

Определение фитонцидной активности самшита вечнозелёного

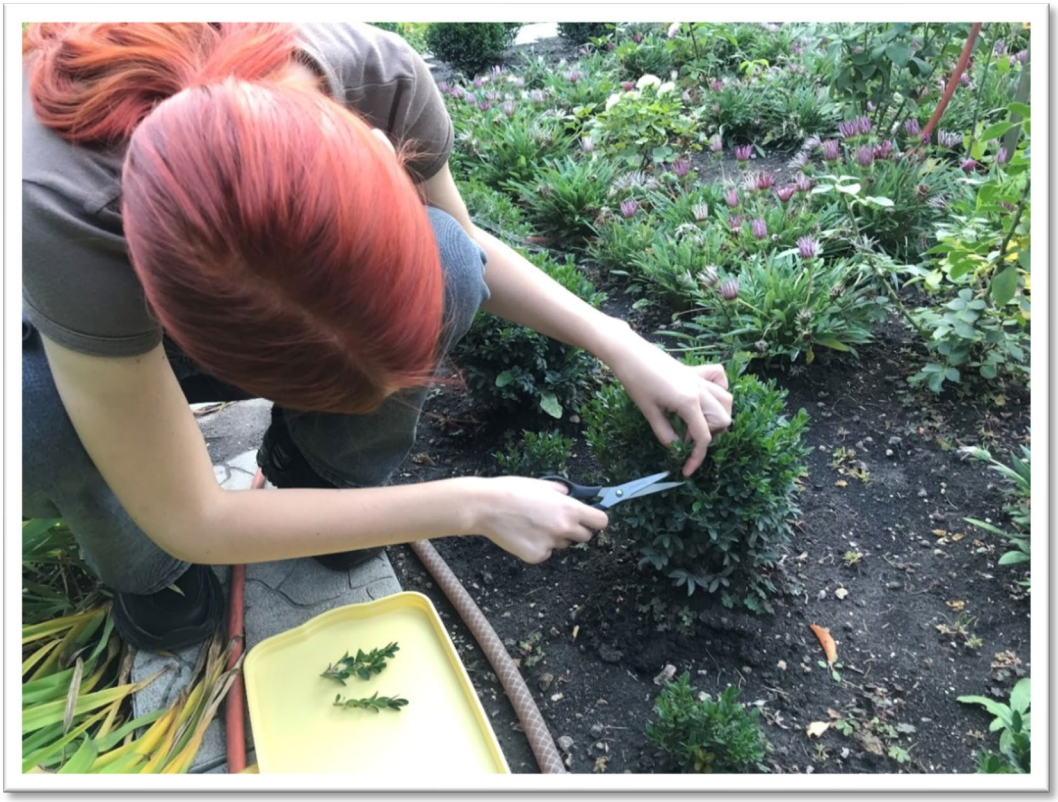

Фото 1. Осенняя обрезка (16 ноября) самшита вечнозелёного

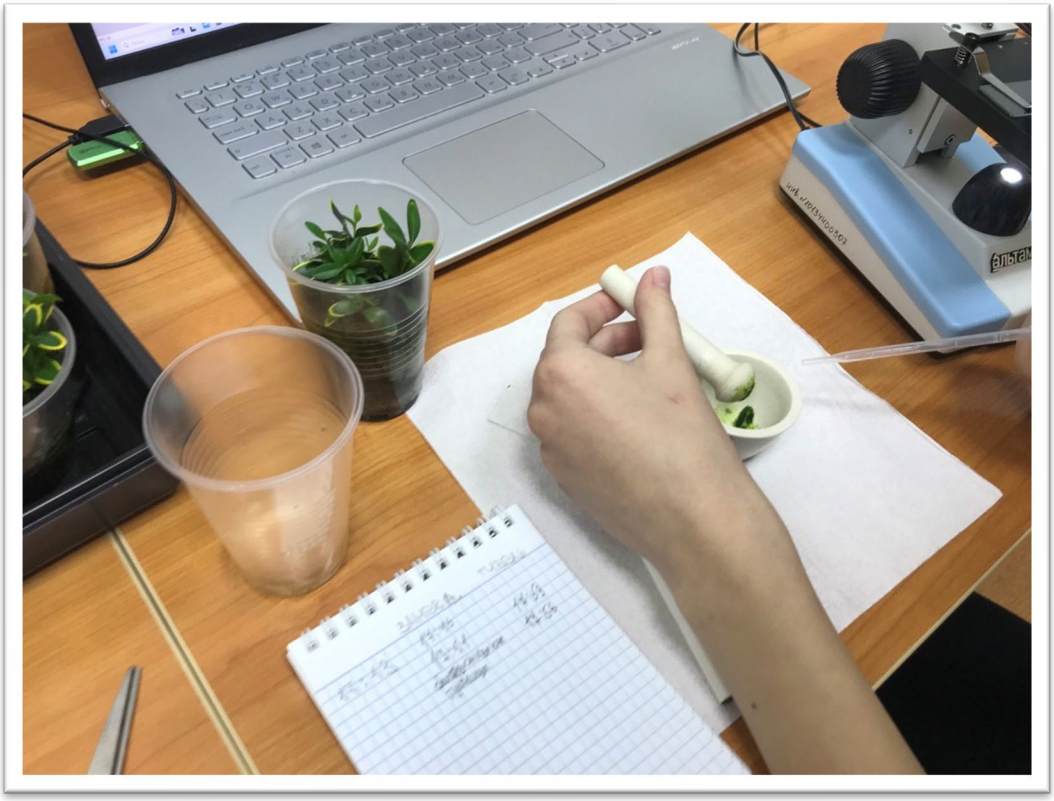

Фото 2. Процесс измельчения растительного сырья – самшита вечнозелёного

Фото 3. Процесс измельчения растительного сырья – самшита вечнозелёного

Фото 4. Наблюдение за активностью простейших микроорганизмов