

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
"Михайловская средняя общеобразовательная школа
имени Лугинина Анатолия Касьяновича"
Нижнегорского района Республики Крым
Республиканский этап Всероссийского конкурса
школьных лесничеств им. Г.Ф. Морозова

Номинация: Жизнь леса

**«Биологические особенности и экологические аспекты
сосны крымской – представителя лесной флоры Крыма»**

Исследовательскую работу выполнила:
Мисик Екатерина Анатольевна,
учащаяся 7 класса
Муниципального бюджетного
общеобразовательного учреждения «Михайловская
средняя общеобразовательная школа имени
Лугинина Анатолия Касьяновича» Нижнегорского
района Республики Крым

Научный руководитель:

Зезина Татьяна Ивановна,
учитель биологии и химии
высшей категории
Муниципального бюджетного
общеобразовательного учреждения «Михайловская
средняя общеобразовательная школа имени
Лугинина Анатолия Касьяновича» Нижнегорского
района Республики Крым

Оглавление

РАЗДЕЛ 1	4
СОСНА КРЫМСКАЯ – ПРЕДСТАВИТЕЛЬ ФЛОРЫ КРЫМСКОГО ЛЕСА.....	4
1.1 Характеристика лесных формаций Крыма	4
1.2 Биологические особенности сосны крымской.....	4
1.3 Биоиндикация загрязнения атмосферного воздуха по состоянию хвои сосны	7
1.4 Кислотность почв в сосновом лесу	8
РАЗДЕЛ 2	9
ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	9
2.1 Организация и методы исследования	9
2.2 Изучение морфологического строения побегов сосны крымской	9
2.3 Изготовление временного микропрепарата с поперечным срезом листа	10
2.4 Определение состояния хвои сосны крымской для оценки загрязненности атмосферного воздуха	10
2.5 Определение кислотности почв в сосновом лесу и на пришкольном участке ...	12
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	13
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	14
ПРИЛОЖЕНИЕ – А	15
ПРИЛОЖЕНИЕ - Б	16

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования: Изучение лесов является особенно важным для понимания функционирования экосистем, которые они предоставляют: чистый воздух, поддержание биоразнообразия и сохранение водных ресурсов. Осознание роли лесов в борьбе с изменением климата помогает в развитии устойчивых методов их управления и сохранения. Это способствует формированию экологической ответственности и повышению осведомленности общества о важности лесов для будущих поколений.

Цель работы – исследовать морфологические, анатомические характеристики и экологические особенности сосны крымской, являющейся представителем лесной флоры Крыма.

Объект исследования: сосна крымская, **предмет исследования:** биологические и экологические особенности растения.

Задачи исследования:

1. Провести анализ источников информации, обобщив материал;
2. Исследовать морфологическое и анатомическое строение побега, проанализировать полученные данные и сформулировать выводы;
3. Изучить методику и техники изготовления временных микропрепаратов на примере поперечного среза хвоинки сосны крымской;
4. Провести лабораторное исследование по определению состояния хвои сосны крымской для оценки загрязненности атмосферного воздуха;
5. С помощью метода индикации определить кислотность почв в сосновом лесу, на пришкольном участке и зафиксировать полученные данные;
6. Обобщить и проанализировать полученные данные.

Методы исследования:

- анализ литературных источников,
- наблюдение и измерение,
- сравнение объектов,
- микроскопия и макросъемка,
- изготовление временных микропрепаратов,
- эксперимент,
- статистический.

Практическая значимость состоит в том, что были проанализированы морфологические и анатомические характеристики строения крымской сосны – представителя лесной флоры Крымского полуострова, освоена методика создания временных микропрепаратов. Эти умения применили на практике, изготовив поперечный срез хвоинки.

Провели исследование состояния атмосферного воздуха в лесу и на пришкольном участке с помощью метода биоиндикации. Научились определять уровень кислотности почв, используя универсальный индикатор, при этом обобщили и проанализировали полученные результаты.

Наша работа может быть использована в процессе изучения курса ботаники на уроках биологии, экологии и внеурочной деятельности.

РАЗДЕЛ 1

СОСНА КРЫМСКАЯ – ПРЕДСТАВИТЕЛЬ ФЛОРЫ КРЫМСКОГО ЛЕСА

1.1 Характеристика лесных формаций Крыма

Крымские леса играют важную роль в регулировании потоков дождевой и талой воды, оберегая горные склоны от эрозии, а возделанные земли в речных долинах – от разрушительных селей. Без сомнения, отсутствие лесного покрова Бабуган-яйлы, Чатырдага и других горных массивов превратило бы живописное побережье Крыма, привлекающее туристов буйной растительностью, в безжизненную каменную пустыню.

Однако горные леса Крыма более уязвимы, чем равнинные, и нуждаются в более бережном управлении. Не зря в западноевропейских странах индустриальная вырубка в первую очередь уничтожила именно горные леса.

Лесные массивы Крымского полуострова занимают 340 тысяч гектаров (19% территории Крыма) и включают в себя три основные формации: дубовые, буковые и сосновые леса.

Дубовые леса Крыма на протяжении многих веков служили источником востребованного в регионе виноградного дубового кола и мелкой поделочной древесины. Однако длительное использование порослевого способа воспроизводства приводит к постепенному ухудшению состояния леса. Лес становится низкорослым, малопродуктивным, а ключевой проблемой является раннее появление суховершинности. В некоторых лесных хозяйствах Крыма, где уже отмечают массовое усыхание дуба, стали переходить на замену дубовых насаждений сосной.

Для Крыма характерно более успешное произрастание сосны, благодаря чему формируется более продуктивный лес, но этот вид сильно повышает риск возникновения лесных пожаров.

Хвойные леса Крыма, охватывающие 17% всей лесной территории, считаются наиболее подверженными пожарам. Среди хвойных пород доминирует крымская сосна, на втором месте по распространённости находится сосна обыкновенная, а сосна судакская встречается в естественных условиях лишь в незначительных количествах. Естественные сосновые леса преимущественно размещены в центральной зоне южного склона главной горной гряды.

Буковые леса размещаются в зоне мягкого приморского климата с достаточно высокой влажностью. Встречаясь в полосе буковых лесов Крыма, в этих местах ежегодное количество осадков достигает от 800 до 1100 мм. Недостаток почвенной и атмосферной влаги в регионе влияет на внешний вид буковых лесов, в особенности затрагивая процессы образования нового поколения деревьев.

В перестроенных буковых лесах подрост отсутствует — то есть молодняк, который должен заменить стареющие деревья, не появляется.

1.2 Биологические особенности сосны крымской

Сосна крымская или сосна Палласа (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) - вечнозелёное дерево, подвид вида сосна чёрная (*Pinus nigra*). Это дерево достигает высоты от 20 до 30 метров. У него широкая, пирамидальная крона, которая у зрелых экземпляров становится более плоской и зонтикообразной.

Ветви располагаются горизонтально и имеют побеги, загнутые вверх. Древесина этого дерева отличается четко выраженными годичными кольцами и смоляными ходами. Кора может быть черной или темно-бурой, с трещинами и глубокими бороздками, в верхней части ствола она часто имеет красноватый оттенок. Молодые побеги имеют желто-бурый блеск. Почki округлой формы, с прямыми, отогнутыми назад чешуями.

Хвоя обладает темно-зеленым цветом, отличается плотностью и колючестью. Длина иголок достигает 14-18 см, при толщине до 2 мм. Они растут попарно на ветвях и могут сохраняться до 5 лет.

Цветение крымской сосны происходит в мае. Молодые побеги окрашены в фиолетово-синий цвет, их длина составляет 10 см. Шишки могут встречаться как поодиночке, так и в группах по 2-4 штуки. Семена имеют размеры 5-7 мм, их цвет темно-серый с черными пятнышками. Все сосны являются однодомными растениями.

Ареал роста крымской сосны охватывает Крым и Кавказ, где она может жить 500—600 лет.

Крымская сосна известна своей неприхотливостью к условиям окружающей среды, однако наилучшие результаты демонстрирует на тяжелых и глубоких известняковых суглинках. Это среднерослое дерево показывает умеренно быстрый прирост в течение первых 30–40 лет, достигая высоты около 40 метров и диаметра ствола до 1 метра.



Рис.1.1 Сосна крымская

Кроме этого, сосна способна расти на почвах, которые бедны зольными компонентами.

По данным Г.Ф. Морозова (1949 г.) – такие породы, как дуб, ясень и бук для образования листовой, требуют, по сравнению с сосной крымской, в 30 раз больше зольных веществ, в 3 раза больше калия, в 60 раз – извести и в 5 раз фосфорной кислоты.

Способность сосны крымской мириться с бедностью почв объясняется и наличием у нее пластичной корневой системы. Она имеет хорошо развитый мощный стержневой корень, способный пробить слой горных пород. На голых известковых и сланцевых обнажениях развивается поверхностная корневая система.

Минимальная потребность сосны в зольных веществах и исключительная пластичность корневой системы относят ее к числу малотребовательных к почве и позволяют ей произрастать и давать сомкнутые насаждения на каменистых почвах.

В условиях юга, где имеются неограниченные запасы солнечного тепла, вопрос о правильном подборе пород имеет большое значение, так как древесные породы отличаются различной требовательностью к влаге. В этом отношении большой интерес представляет сосна крымская.

Располагая древесные породы в ряд, начиная с пород более требовательных к влаге, лесоводы давно относят сосну крымскую на самое крайнее место, как породу наименее требовательную.

Она имеет малую поверхность хвои, по сравнению с лиственными породами и очень выгодную анатомическую структуру. Ботаники отмечают, что важной характерной особенностью сосны крымской является мощность слоев гиподермиса и эпидермиса у ее хвои. Кисти эпидермиса у нее значительно крупнее и более толстостенны, чем у сосны обыкновенной (*Pinus silvestus*). На всей поверхности непосредственно под клетками эпидермиса наблюдается 3-4 ряда клеток гиподермы, представляющих собой толстые механические волокна, что придает прочность покровным тканям ее хвои и является важным фактором, предохраняющим ассимиляционную ткань от излишнего испарения.

По данным Е.Д. Годнева, после засухи хвоя сосны крымской была свежей и ярко-зеленой, когда хвоя у сосны обыкновенной пожелтела. Толщина тканей эпидермы от общей толщины хвои составляет у сосны крымской 23,2%, а у сосны обыкновенной 14,7%. Это имеет большое значение для понижения транспирации в сухую жаркую погоду, когда во время дневного закрытия устьиц, транспирация идет непосредственно через клетки кожицы.

Исследования, проведенные по этому вопросу, показали, что сосна крымская выгодно отличается от других пород в вопросе испарения (табл.1.1)

Таблица 1.1
Транспирация некоторых видов древесных пород

<i>Породы</i>	<i>Первоначальное количество влаги в оторванных листьях</i>	<i>Количество влаги, которое листья испаряют в течение часа % от первоначального веса</i>
Вяз	52	19,3
Дуб черешчатый	51	9,6
Сосна обыкновенная	50	2,1
Сосна крымская	52	0,7

Из представленных данных видно, что крымская сосна испаряет значительно меньше влаги по сравнению с другими породами, даже среди хвойных деревьев.

Стоит подчеркнуть, что наиболее благоприятное строение ветвления и размещение иголок на побегах обуславливает то, что хвоя крымской сосны затеняет сама себя и хуже поддается проветриванию, чем хвоя обыкновенной сосны.

У крымской сосны иголки плотно прилегают к побегу, накрывая расположенные выше пучки хвои. В отличие от этого, у сосны обыкновенной хвоя растёт почти под прямым углом к ветвям. Такое строение хвои на побегах крымской сосны лучше защищает её от высушивающего воздействия ветров в засушливых условиях, чем у обыкновенной сосны.

1.3 Биоиндикация загрязнения атмосферного воздуха по состоянию сосны

Растительные сообщества сильно страдают от влияния загрязнителей в атмосфере, включающих диоксид серы, оксиды азота, углеводороды и прочие соединения.

Наиболее характерным из них считается диоксид серы, образующийся при сжигании топлива, содержащего серу (деятельность предприятий теплоэнергетики, котельных, отопительных печей у населения, а также транспортных средств, особенно дизельных), приводит к загрязнению воздуха.

Среди хвойных растений особенно восприимчивы к такому загрязнению сосновые леса. Это объясняет выбор сосны в качестве основного индикатора антропогенного воздействия. Для оценки техногенного загрязнения важны морфологические и анатомические изменения, а также длительность жизни хвои сосны.

В лесных экосистемах без загрязнений большая часть хвои сосны здорова, не повреждена, и только незначительная доля иголок содержит светло-зеленые пятна и некротические точки микроскопического масштаба, равномерно распределённые по всей поверхности. При загрязнении воздуха появляются повреждения, и сокращается срок жизни хвои сосны.

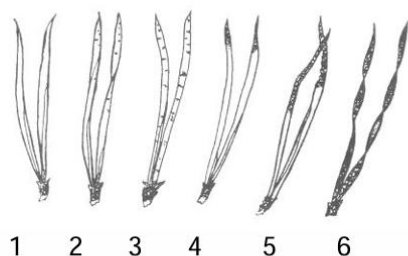


Рис.1.2 Повреждение и усыхание хвои сосны

На рисунке 1.2 показано, какой внешний вид имеют здоровая хвоя (1), желтые и чёрные пятна (2,3), а также усыхание хвои (4-6).

Методика индикации чистоты атмосферного воздуха по хвое сосны состоит из следующих пунктов:

1. Выбираются площади в местах, которые отличаются по интенсивности загрязнения воздуха. Например, участок леса, удаленного от оживленных автомобильных и железных дорог, промышленных объектов. Это будет

контрольный участок. Второй участок выбирается в населенном пункте или вдоль дороги (экспериментальный участок).

2. На каждом из участков с нескольких боковых побегов со всех сторон отбирают определённое количество пар хвоинок второго и третьего года жизни. Каждую пробу помещают в 2 пакета из полиэтилена с этикетками места и даты отбора проб.

3. Производится анализ проб в лаборатории, при этом вся хвоя делится на три категории: неповреждённая хвоя, хвоя с пятнами, хвоя с усыханиями. Далее проводится подсчёт хвоинок в каждой группе.

4. Оформляется план исследуемой территории с расположением массивов пробных площадей относительно друг друга и источников загрязнения воздуха. По возможности указывается роза ветров.

5. Результаты анализа хвои заносятся в таблицу, обобщенные результаты представляются в виде графиков и диаграмм.

Результаты, полученные на пробных площадях, сравниваются между собой и с данными контрольной площадки по относительным показателям, что позволяет сделать вывод о степени загрязнения воздуха на разных участках исследуемой территории.

Для сравнения можно применять такие показатели, как процент иголок с пятнами, процент иголок с усыханием или процент неповреждённых (здоровых) иголок.

Чем выше доля здоровых иголок, тем чище воздух в данной зоне.

1.4 Кислотность почв в сосновом лесу

Впервые вещества, способные менять цвет в зависимости от окружающей среды, были выявлены английским химиком и физиком Робертом Бойлем в XVII веке.

Индикаторы представляют собой вещества, меняющие цвет в зависимости от среды раствора. При помощи индикаторов можно качественно определить тип реакции среды.

Кислотность почвы отражает долю ионов водорода, присутствующих в почве. Показатель pH почвенного раствора относится к числу факторов, влияющих на способность данного растения выживать на конкретной почве.

Оптимальная кислотность для сосны - pH 5,5 – 6,2. Очень кислая или щелочная среды угнетают растения, способствуют развитию инфекции.

РАЗДЕЛ 2 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Организация и методы исследования

Исследование проводила учащаяся 7 класса Мисик Екатерина Анатольевна на базе МБОУ «Михайловская СОШ» Нижнегорского района Республики Крым в 2025-2026 учебном году.

Для этого использовались следующие методы:

1. Сбор гербарного материала, фотографирование (см. ПРИЛОЖЕНИЕ-А, Б);
2. Изготовление микропрепарата с поперечным срезом листьев сосны крымской и фиксация полученных данных;
3. Освоение методики и отбор проб хвои сосны крымской для оценки загрязненности атмосферы методом биоиндикации;
4. Проведение лабораторного исследования по определению кислотности почв в сосновом лесу и на пришкольном участке, где растёт сосна крымская;
5. Обобщение и анализ полученных данных.

2.2 Изучение морфологического строения побегов сосны крымской

Для изучения морфологии сосны крымской, мы взяли небольшие веточки с листьями и шишками первого, второго и третьего года.



Рис. 2.1 Внешнее строение побегов сосны крымской

В классе рассмотрели экземпляры данного растения более подробно, проведя измерения. Результаты наблюдений занесли в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

Морфологические особенности сосны крымской

№	Орган растения	Показатели
1	Цвет коры	Черная
2	Длина листа, см	14-15
3	Цвет листа	Темно-зеленый
4	Форма листа	игольчатая

5	Жесткость листа	жесткие
6	Расположение листьев	В пучках по две иголки
7	Где находятся семена	шишка
8	Особенности семян	Семя с крылаткой, распространяется ветром

Проведя исследование морфологического строения побегов сосны крымской, пришли к выводу: рассмотренные нами экземпляры соответствуют ботаническому описанию.

2.3 Изготовление временного микропрепарата с поперечным срезом листа у сосны крымской

При изготовлении временных микропрепаратов мы соблюдали следующую последовательность операций:

- Вымыли и тщательно протёрли салфеткой предметное и покровное стекла.
- Нанесли на предметное стекло пипеткой каплю воды.
- Сделали срез изучаемого органа при помощи лезвия. Лезвие взяли очень острое, чтобы срезы были максимально тонкими. Режущий предмет и объект должны быть все время смоченными.
- Срезанный микропрепарат положили на предметное стекло в каплю воды.
- Закрыли срез покровным стеклом так, чтобы в него не попал воздух.
- Лишнюю жидкость, которая вытекает из-под покровного стекла, удалили при помощи фильтровальной бумаги.
- Изготовленный микропрепарат рассмотрели в микроскоп и сделали фотоснимки макросъемкой.



Рис.2.1 Микропрепарат «Поперечный срез листа сосны крымской»

Изучив микропрепарат поперечного среза сосны крымской, пришли к выводу, что внутреннее строение и форма листа связаны с приспособленностью к недостатку влаги и низким температурам.

2.4 Определение состояния хвои сосны крымской для оценки загрязненности атмосферного воздуха

Для определения загрязненности атмосферного воздуха, мы использовали хвою сосны крымской как биоиндикатор.

Ход работы:

1. Для проведения исследования мы выбрали два участка, где растут деревья сосны крымской. Первый – участок леса, расположенного в Белогорском районе. Это – контрольный участок. На втором участке взяли пробы из сосен, произрастающих в селе Михайловка, Нижнегорского района. Этот участок – экспериментальный.
2. На каждом из участков с нескольких боковых побегов сосны со всех сторон отобрали по 25 пар хвоинок второго и третьего года жизни. Каждую пробу поместили в 2 пакета из полиэтилена.
3. Мы провели анализ проб: хвою поделили на несколько категорий: неповреждённая хвоя, хвоя с пятнами, хвоя с усыханиями. Далее провели подсчёт хвоинок в каждой группе.
4. Полученные данные занесли в таблицу 2.2 и диаграмму 2.1.

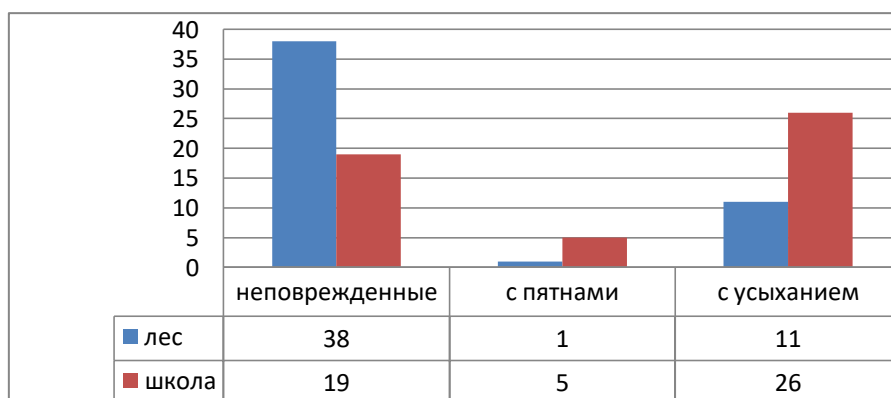
Таблица 2.2

Определение состояния хвои сосны для оценки загрязненности атмосферного воздуха

Характеристики хвои	Участок	
	Контрольный	Экспериментальный
Общее число хвоинок, штук	50	50
Количество неповреждённых, штук	38	19
% неповреждённых	76	38
Количество с пятнами, штук	1	5
% с пятнами	2	10
Количество с усыханиями	11	26
% с усыханиями	22	52
Дата отбора проб	08.10.2025	09.10.2025

Диаграмма 2.1

Определение состояние хвои сосны крымской для оценки загрязненности атмосферного воздуха



Результаты, полученные на экспериментальном участке, сравнили с данными контрольного участка по всем параметрам, что позволило нам сделать вывод о степени загрязнения воздуха на исследуемых участках территории.

Таким образом, по наибольшему количеству неповреждённых хвоинок, наименьшему количеству хвои с пятнами и усыханием мы наблюдали на участке в лесу. На территории села Михайловки результат был обратным: много хвоинок с усыханиями, имеются некоторое количество хвои с пятнами, а неповрежденных – 38%.

Чем выше доля здоровых иголок, тем чище воздух, поэтому можно сделать вывод: состояние атмосферного воздуха в лесу лучше, чем в населенном пункте. На состояние хвоинок на пришкольном участке влияют выхлопы автотранспорта и школьная котельная.

2.5 Определение кислотности почв в сосновом лесу и на пришкольном участке

Для определения кислотности почв в лабораторных условиях, нами проведены следующие опыты:

Определение кислотности проб почв с помощью универсального индикатора

Ход работы:

1. На весах отвешиваем навеску почвы 10 г, переносим ее в стеклянный стакан. К навеске прибавляем 25 мл дистиллированной воды (соотношение почва: раствор = 1:2,5). В течение 5 минут перемешиваем стеклянной палочкой и даем раствору отстояться. После чего фильтруем его, используя при этом воронку, фильтровальную бумагу и стеклянный стакан.

2. Определяем значение рН: возьмем несколько капель раствора универсального индикатора и капнем несколько капель в вытяжку, сравним полученную окраску раствора со шкалой значений рН, определим тип образца почвы (кислая, щелочная, нейтральная).

Наблюдение: цвет индикатора в обоих стаканах изменился.

Вывод: в пробе №1 (пришкольный участок) – цвет раствора стал зеленым, что соответствует рН=8, а проба №2 (сосновый лес) – цвет стал жёлтым, по шкале соответствует рН=5.

Таким образом, мы пришли к выводу, что в сосновом лесу кислотность почвы – слабокислая, а на пришкольном участке – слабощелочная.

Сравнивая показания, полученные в ходе опыта, с данными таблицы 1.2 *Интервалы рН, соответствующие успешному росту древесных пород*, можем сказать, что показатель почвенной водной вытяжки в обеих пробах имеют крайние минимальное и максимальное значения, что в дальнейшем может приведёт к угнетению роста растений и способствует развитию инфекций.



Рис.2.2 Определение кислотности почвенной вытяжки с помощью универсального индикатора

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лес является важнейшим видом растительности на планете. Он представлен богатым разнообразием форм жизни, где доминируют деревья и кустарники, а травы, полукустарники, мхи и лишайники играют вспомогательную роль.

Главная черта леса – взаимосвязь всех его составляющих, как между собой, так и с окружающей природой. В лесных сообществах кроны деревьев поглощают основную часть солнечной энергии, необходимой для фотосинтеза, в результате чего накапливается органическое вещество. Значительная доля солнечного света отражается от кроны и почвы на открытых участках, уходя обратно в атмосферу и лишь небольшая часть тратится на процесс транспирации.

В данном исследовании рассмотрены морфологические и анатомические особенности крымской сосны – представителя растительного мира Крымского полуострова. Специалисты в области ботаники выделяют значимую отличительную черту этого дерева – более толстый слой гиподермиса и эпидермиса на её хвое, а также её длину, достигающую 14-18 см. Кора на стволах имеет чёрный оттенок. Эти особенности мы увидели в ходе исследования.

Проведя исследование морфологического строения побегов сосны крымской, пришли к выводу: рассмотренные нами экземпляры соответствуют ботаническому описанию. Крымская сосна славится своей неприхотливостью к окружающей среде и способностью произрастать на почвах с низким содержанием гумуса.

Изучив микропрепарат поперечного среза сосны крымской, пришли к выводу, что внутреннее строение и форма листа связаны с приспособленностью к недостатку влаги, низким и высоким температурам.

Все перечисленные адаптации позволяют этим растениям выживать в условиях ограниченной влаги и повышенных температур летом.

Провели исследование состояния атмосферного воздуха в лесу и на пришкольном участке с помощью метода биоиндикации. Чем выше доля здоровых иголок, тем чище воздух, поэтому можно сделать вывод: состояние атмосферного воздуха в лесу лучше, чем в населенном пункте. На состояние хвоинок на пришкольном участке влияют выхлопы автотранспорта и школьная котельная.

Научились определять уровень кислотности почв, используя универсальный индикатор, при этом выявили, что показатель почвенной водной вытяжки в обеих пробах имеют крайние минимальное и максимальное значения, что в дальнейшем может привести к угнетению роста растений и способствует развитию инфекций.

Наша работа может быть использована в процессе изучения курса ботаники на уроках биологии, экологии и внеурочной деятельности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Берсенева, С.А. Лабораторный практикум по ботанике. Часть 1: Анатомия и морфология растений [Электронный ресурс]: / С.А. Берсенева; – ФГБОУ ВПО ПГСХА. – Электрон. текст. дан. - Уссурийск: ПГСХА, 2015. – 242 с.
2. Иванов, А.Ф. Рост древесных растений и кислотность почв. Минск, 1970. 218 с.
3. Назарова, Т.С, Грабецкий, А.А. «Химический эксперимент в школе» М.: 1987 г.
4. Муравьев, А.Г., Каррычев, Б.Б., Ляндзберг, А.Р. Оценка экологического состояния почвы. Практическое руководство, вып. V. Санкт - Петербург: Крисмос+, 2000. – 164с
5. Орлов, Д.С., Садовникова, Л.К., Суханова, Н.И. Химия почв. М.: Высшая школа, 2005. – 558с.
6. Шенников, А.П. Экология растений. М.: 1950.-375 с.
7. Школьный экологический мониторинг: учебно-методическое пособие / под ред. Т.Я. Ашихминой. – М.: Агар, 2000. – 387 с.
8. Экологический мониторинг: учебное пособие / под ред. Т.Я.Ашихминой. - М.: Академический Проспект, 2005. – 416 с.
9. Яковлев, Г. П. Ботаника: учеб. для фармац. институтов и фармац. фак мед. вузов./ Г. П. Яковлев, В. А. Челомбитько; под ред. И. В. Грушвицкого. – М.: Высш. шк., 1990. – 367 с.
10. <http://www.pro-rasteniya.ru/kopilka-znaniy/kislotnost-pochvi-i-ee-znachenie-tablitsa-kislotnosti-pochvi-rasteniya-indikator-opredelenie-rn-i-izmenenie-kislotnosti>
11. <https://greendacha.com/garden/sovety-dachniku/kislotnost-pochvy>
12. <https://dachadecor.ru/discussions/chto-delat-esli-pochva-slishkom-shchelohnaya>

ПРИЛОЖЕНИЕ – А

Фото 1. Участок леса



Фото 2. Сосна у школы



Фото 3. Пробы почвы



Фото 4. Взвешивание почвы

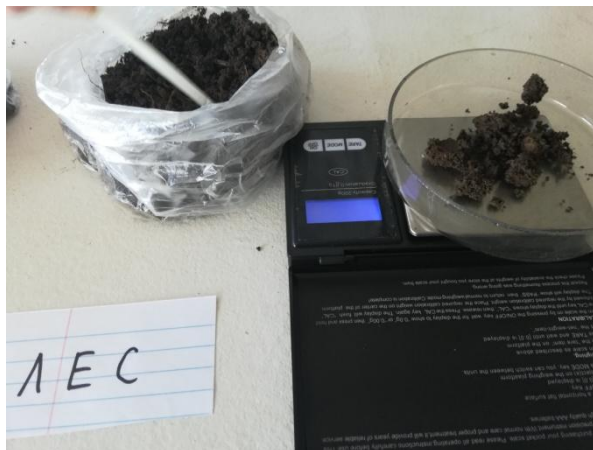
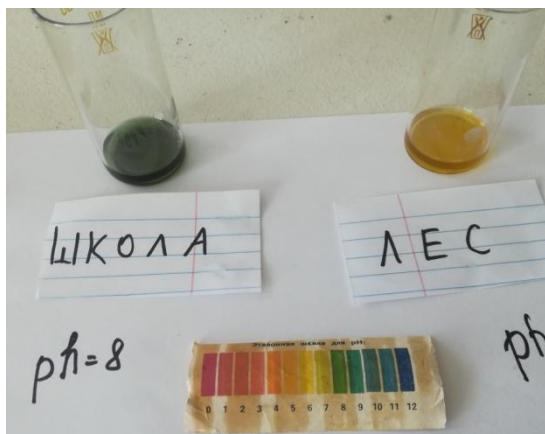


Фото 5. Приготовление вытяжки



Фото 6. Результаты анализа кислотности почвы



ПРИЛОЖЕНИЕ – Б

Фото 7. Хвоя сосны в лесу



Фото 8. Хвоя сосны у школы



Фото 9. Строение побега сосны крымской



Фото 10. Измерение длины листа

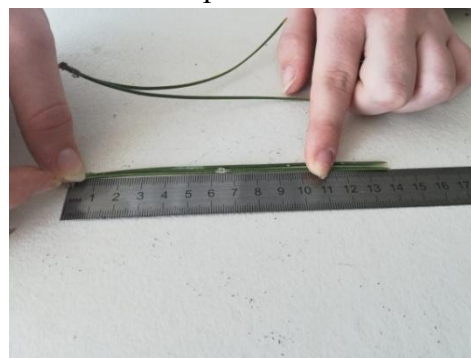


Фото 11. Продольный срез хвои сосны

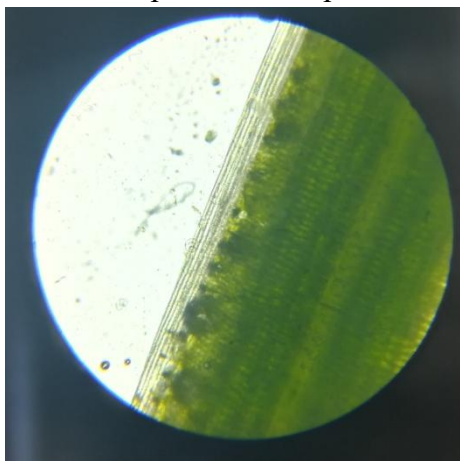


Фото 12. Поперечный срез хвои сосны

