

МБОУ Калачеевская СОШ № 1

Воронежская область г. Калач

НОУ «Олимп»

***Исследование состояния атмосферного воздуха
с использованием листового опада***

Автор:

**Богачева Анастасия Алексеевна,
ученица 11 класса**

Руководитель:

**Петрова Вера Ивановна,
тьютор, учитель биологии
МБОУ Калачеевская СОШ № 1**

2021 г.

Оглавление

Введение.....	3
1. Основные источники загрязнения атмосферы.....	4
2. Биоиндикация как исследовательский метод	5
2.1. Биоиндикация и биотестирование	5
2.2. Листовой опад как тест-объект.....	6
3. Биологическая роль листового опада	7
4. Определение чистоты воздуха с использованием листового опада...8	
4.1. Материал и точки исследования.....	8
4.2. Методика определения чистоты атмосферного воздуха	9
4.3. Результаты исследования.....	10
5. Заключение. Выводы.....	11
6. Используемые источники информации.....	13
Приложения.....	14

Введение

Атмосферный воздух занимает особое положение среди компонентов биосферы. Значение его для всего живого невозможно переоценить. Человек может находиться без пищи пять недель, без воды - 3-5 дней, а без кислорода, компонента воздуха, всего лишь пять минут. Основное назначение воздуха в биосфере - это обеспечение дыхания живых организмов. Также атмосфера выполняет защитную функцию, предохраняя Землю от холодного космоса и губительного потока излучений. В ней формируются климат, погода, задерживается губительный поток излучений. Атмосфера является одним из основных средообразующих компонентов [3].

Исходя из этого, большое значение имеет оценка состояния этой уникальной геологической оболочки, биохимическое загрязнение которой негативно сказывается на состоянии живых организмов. Это говорит об актуальности наших исследований. К числу наиболее используемых методов мониторинга атмосферы экологи относят биоиндикацию. Существует множество видов биоиндикационных исследований. Часть из них члены НОУ «Олимп» использовали в своих исследованиях.

Ссылаясь на информацию, почерпнутую нами из литературных источников [1; 7], мы выдвинули гипотезу: лиственный опад может выступать в роли биоиндикатора, реагирующего на изменение состояния атмосферного воздуха.

Цель: Установить степень загрязненности приземного слоя атмосферы в микрорайоне школы по фитотоксичности листового опада.

Объект исследования: приземный слой атмосферы.

Предмет исследования: экологическое состояние воздушного бассейна в микрорайоне школы.

Задачи исследования: 1. Освоить новый метод биоиндикации с использованием листового опада.

2. Установить степень загрязненности приземного слоя атмосферы в микрорайоне школы (г. Калач) методом биоиндикации.

3. Провести сравнительный анализ фитотоксичности листьев разных пород деревьев, широко используемых при озеленении улиц города.

4. По итогам исследования сделать вывод о практической значимости полученных результатов.

Методы исследования: 1. Библиографический. 2. Экспериментальный. 3. Биоиндикация и биотестирование. 4. Наблюдение. 5. Биометрический. 6. Методы статистической и графической обработки первичного материала.

Точка исследования - микрорайон школы № 1 г. Калач: улицы Советская, Борцов революции, Коммунистическая.

Период исследования: октябрь 2020 г.- март 2021 г.

Исследований, посвященных данной проблеме, в нашей стране имеется немного. Проведены работы по выявлению влияния листового опада тополя бальзамического на семена культурных и сорных растений. Изучалось

действие листового опада древесных растений на развитие травянистых растений биоценоза. Выявлено влияние химического состава листового опада видов рода орех на их биологическую активность [6; 7].

Авторы научных статей использовали для этого водную вытяжку, а мы взяли лиственный опад в качестве субстрата для выращивания кресс-салата. В этом и заключается новизна проделанной нами работы.

Наше исследование актуально. Оно позволит дать ответ на дискуссионные вопросы: «Стоит ли убирать опавшую листву в черте города? Можно ли использовать ее на приусадебном участке?» Знания о химическом составе листового опада конкретной территории помогут решить локальную экологическую проблему загрязнения окружающей среды в г. Калач и будут способствовать сохранению здоровья горожан. Это свидетельствует о практической значимости нашей работы.

Данный проект является пересечением предыдущих моих исследований (Приложение 1). В 3 классе я использовала кресс-салат в качестве тест-объекта при изучении загрязненности снега в разных точках города. С 4 класса в течение 3 лет вела наблюдения за листопадом. В 8 классе нами была выявлена связь между степенью загрязнения приземного слоя атмосферы и развитием мухомора красного (*Amanita Muscaria*) в лесном массиве микрорайона Агротехникум.

Литературный обзор: Информацию об основных источниках загрязнения воздушного пространства мы почерпнули из ряда источников: учебного пособия В. В. Пасечника «Экология» [3], словаря - справочника Ю. В. Новикова «Природопользование» [4], сайта Экологического центра «Экосистема» [9]. Ряд ученых - Т.Я. Ашихмина [1], Н.Ф. Реймерс [5], Е.А. Тимофеева [6] рекомендуют использовать в качестве метода мониторинга биоиндикацию.

Характеристика опада как тест - объекта дана в научной статье Е. Г. Крыловой и Э.В. Горина [7], учебно-методическом пособии Т.Я. Ашихминой «Экологический мониторинг» [1]. Здесь же подробно изложена методика исследования, использованная нами. Понятие аллелопатии – воздействия одних растений на развитие других в доступной форме раскрыто в «Биологическом энциклопедическом словаре» [2].

О биологической роли листового опада в жизни экосистем мы узнали из материалов Интернет- сайтов [8; 9].

1. Основные источники загрязнения атмосферы

Воздух должен иметь определённую чистоту, любое отклонение от нормы отражается на состоянии живых организмов. Существует два основных источника загрязнения атмосферы: естественный и антропогенный. Деятельность человека по своим масштабам намного превосходит природное загрязнение атмосферного воздуха.

В настоящее время автомобильный транспорт является главным источником загрязнения атмосферного воздуха. Загрязнение происходит по нескольким направлениям: отработанные выхлопные газы, картерные газы, испарение топлива, пыль, образующаяся при стирании шин и потока воздуха. Общее количество пыли, поступающей в атмосферу за год, оценивается в 2 млрд. т., при этом антропогенные аэрозоли составляют 10- 20% [4].

В составе отработанных газов автомобилей содержится более 200 токсичных веществ. Наибольший вклад в загрязнение атмосферы по валовому выбросу вносят углерод оксида -74, 2% и диоксид азота 18,33%, почвы - свинец и цинк, попадающие в окружающую среду при стирании шин [3]. По данным ВОЗ, тяжелые металлы уже сейчас занимают второе место по степени опасности, уступая пестицидам, значительно опережая такие известные загрязнители, как диоксиды углерода и серы [3].

В условиях города до 40 % общего движения транспорта составляют режимы разгона и торможения, с чем связано увеличение расхода топлива и выбросов в атмосферу. При интенсивном движении 1500 машин и более в час (этот показатель характерен для центральных улиц нашего города в часы пик) создаются опасные условия для загрязнения воздуха. По санитарным требованиям по уровню загрязнения допускается поток транспорта в жилой зоне не более 200 автомашин в час (Сан. Пин 2.2.0.555-96) [9]. Особый вред наносят автомобили, технические параметры которых не соответствуют нормам.

Рост автомобильного парка района в последние годы неизбежно влечет за собой возрастание объемов сжигаемого топлива и валового выброса вредных веществ в окружающую среду, что отражено в моей предыдущей исследовательской работе по с. Заброды – окраине г. Калач (Приложение 1).

Страдают в первую очередь зеленые насаждения и обитатели почвы, в которой эти выбросы накапливаются. На листьях деревьев и кустарников, растущих вдоль дорог, оседает до 72% взвешенных частиц пыли и до 60% диоксида серы [4]. Зеленые насаждения в значительной мере регулируют микроклимат города, снижают городской шум, очищают воздух от взвешенных в нем жидких и твердых частиц (аэрозолей). Например, сернистый газ хорошо поглощается листьями тополя, липы, клена, конского каштана, фенолы - сирени, шелковицы, бузины [6].

Атмосфера обладает способностью к самоочищению, но в современных условиях высокой антропогенной нагрузки возможности природных систем самоочищения подорваны [9].

2. Биоиндикация как исследовательский метод

2.1. Биоиндикация и биотестирование

К числу наиболее используемых методов мониторинга экологии относят биоиндикацию [1; 5; 6]. Она получила широкое распространение благодаря относительной дешевизне и быстроте исследования. Немаловажное значение

имеет многообразие видов живых организмов, которые могут быть использованы для наблюдения за изменением тех или иных компонентов окружающей среды. Такие организмы называют биоиндикаторами. Согласно определению Н.Ф. Реймерса [5]: «Биоиндикатор - это группа особей одного вида или сообщество, по наличию, состоянию и поведению которых судят об изменениях в среде, в том числе о присутствии и концентрации загрязнителей». Они должны соответствовать целому ряду условий: быть широко распространенными, легко определяемыми, демонстрировать однозначную реакцию всех особей на изменение определенного параметра окружающей среды.

Исходя из этого, для мониторинга состояния атмосферы чаще всего используют оценку состояния сосны обыкновенной, лихеоиндикацию и флуктуирующую асимметрию листовых пластин тополя, березы, липы, о содержании токсичных веществ в почве, воде судят по всхожести семян кресс-салата. Живыми индикаторами – показателями загрязнения воздуха являются деревья, которые накапливают в листьях различные вещества – загрязнители. Использование в качестве объекта биоиндикации листового опада менее известно, несмотря на повсеместное его распространение [1].

Биотестирование и биоиндикация – это два важных исследовательских метода, при которых о качестве среды судят по выживаемости, физиологическим процессам, продуктивности, поведению живых организмов. Биотестирование подразумевает использование живых организмов в лабораторных условиях, специально помещаемых в данную среду. При биоиндикации для этих целей используют организмы, непосредственно обитающие в исследуемой среде. Живой организм, по реакциям которого судят о качестве среды, называют еще тест-объектом [6].

Живыми индикаторами загрязнения воздуха могут быть деревья, которые накапливают в листьях различные вещества – загрязнители. В связи с этим в своей работе мы использовали методику определения загрязненности воздуха по фитотоксичности листового опада, взяв его в качестве субстрата для выращивания растений. В качестве тест – объекта использовали кресс-салат [1]. Таким образом, в наших исследованиях произошло параллельное использование методов биоиндикации и биотестирования. Листья взяты из природы, фитотоксичность они приобрели в окружающей среде, ее влияние на развитие кресс-салата мы рассматриваем в лабораторных условиях.

2.2. Листовой опад как тест-объект

Растительный опад – один из факторов, влияющих на формирование подстилки растительных сообществ. Большую часть (72.6 %) растительного опада формирует активная фракция - листовая опад. Он образован листьями, хвоей, почечными чешуями, семенами и соцветиями древесных растений. Шишки, ветки и кора, относящиеся к неактивной части древесного опада,

составляют 27.4 %. В летне-осенний период на поверхность почвы поступает в два раза больше растительных остатков, чем зимой и весной [7].

Исследуя источники информации, мы выявили, что максимальную аллелопатическую активность по сравнению с другими органами растений имеют листья. Это обусловлено высоким уровнем их обмена веществ и аккумуляцией различных веществ в процессе вегетации [1; 7]. В стареющих листьях в процессе подготовки к листопаду происходит накопление соединений, прежде всего фенольных производных, обладающих свойствами природных ингибиторов. В связи с этим можно говорить о влиянии листового опада на прорастание семян и развитие проростков различных растений, в том числе кресс-салата, т.е. об аллелопатии.

Аллелопатическая активность - производное от слова аллелопатия. Аллелопатией, от греческого «allelon» – «взаимно» и «pathos» – «страдание», ученые называют характер взаимоотношений между растениями. «Иногда аллелопатию определяют только как вредное влияние одних растений на другие, в более широком понимании, как отрицательное, так и положительное взаимодействие растений друг с другом путём выделения химических веществ» [2].

Городские зеленые насаждения получают целый комплекс загрязнителей, которые проникают в растения из воздуха, загрязненных почв и воды. При этом листовая опад обладает сорбционными свойствами, основу которых составляют лигнин и целлюлоза. Благодаря сорбционным свойствам листья древесных растений можно использовать для биоиндикации состояния окружающей среды, в том числе и для индикации и мониторинга загрязнения городов тяжелыми металлами [6; 9]. Из окружающего воздуха тяжёлые металлы попадают на листья в составе аэрозолей и пыли и удерживаются на них. Хорошими индикаторами являются листья деревьев с поглотительными свойствами – липа, ясень, сирень, тополь, береза [9].

3. Биологическая роль листового опада

Биологическая роль листового опада в жизни любой экосистемы велика. Она подробно изложена в ряде источников информации [1; 8; 9]. Листовой опад состоит из органического вещества и зольных элементов - тех, которые остаются после удаления органических веществ. Это наиболее богатые зольными веществами и азотом части растений. Элементы, накопленные растением в процессе жизнедеятельности, возвращаются в биологический круговорот вместе с опадом. Опад - основной материал для образования лесной подстилки и гумуса. От его количества, состава зависит во многом формирование почвы.

Листья, опадающие осенью с деревьев, – не мусор. Разлагаясь, они добавляют в почву минеральные и органические вещества, накопленные за лето. Медленно разлагающиеся части листа (жилки, черешки) формируют структуру почвы, улучшая ее качество. Постепенная деструкция опавшей листвы создает условия для развития почвенной микрофлоры и фауны,

Зеленые насаждения, растущие вдоль дорог и на городских улицах, получают целый комплекс загрязнителей из воздуха, затем из почвы, которые проникают в листья.

Автотранспорт исправно снабжает городскую среду нефтепродуктами и тяжелыми металлами. Листовой опад в районах, вблизи которых находятся котельные, автодороги, кольцевые развязки, ведется строительство, содержит ионы свинца. Использование такого листового опада в качестве органического удобрения или его сжигание недопустимо. Его требуется вывозить на свалки, с последующей утилизацией на специально отведенных территориях

Основными экологическими проблемами, связанными с листовым опадом, являются а) истощение почвы в результате изъятия органического вещества при уборке листьев; б) поступление в экосистему загрязняющих веществ, накопленных листьями в течение сезона, если не производить уборку листового опада в местах сильного загрязнения.

4. Определение чистоты воздуха с использованием листового опада

4.1. Материал и точки исследования

Как говорят ученые, состав опада зависит от видовой принадлежности растений, условий их произрастания, включая антропогенный фактор [6]. Это легло в основу наших исследований.

Для изучения экологического состояния приземного слоя атмосферы в г. Калач был выбран центр города, микрорайон Рынок, где находится МБОУ Калачеевская СОШ № 1. На исследуемой территории выбрали три точки - № 1, № 2, № 3 (Приложение 2). В октябре, в сухую погоду был произведен забор опавших листьев березы повислой (*Betula pendula Roth.*), клена остролистного (*Acer platanoides L.*), тополя пирамидального (*Populus nigra f. pyramidalis*). Выбор данных древесных пород объясняется тем, что они широко используются для озеленения улиц, упоминаются в источниках информации по данной теме [1;4; 6].

Точки забора материала

1. Точка № 1- улица Советская (в районе пищекомбината). Одна из самых загруженных транспортом улиц с выездом из города на дорогу федерального значения. Антропогенная нагрузка высокая.

2. Точка № 2 - улица Борцов революции. Также одна из оживленных улиц города, протянувшаяся от Центрального рынка города на север. Рядом – ветлечебница, 2 школы, в том числе наша, ряд торговых точек, организаций, рынок. Антропогенная нагрузка здесь выше средней.

3. Точка № 3 - улица Коммунистическая, школьный двор. Улица со средней транспортной нагрузкой. Сбор листьев производился в глубине двора, движение транспорта здесь ограничено.

Для взятия проб была выбрана территория, где три исследуемые породы произрастают на одном участке и взяты из точек одного микрорайона.

Следовательно, влияние почвообразующих пород и климатических условий нивелировано. Собранные листья помещались в пронумерованные пакеты. Подготовка образцов опада заключалась в его высушивании до сухого состояния в помещении.

4.2. Методика определения чистоты атмосферного воздуха

Исследование проведено по методике Т. Я. Ашихминой [1]. Все этапы зафиксированы на фото приложений.

Подготовительный этап работы

1. Осенью произвели забор проб листового опада березы повислой, тополя пирамидального, клена остролистного в трех точках исследуемой территории (Приложение 3).
2. Пробы листового опада измельчили (каждый отдельно по видовой принадлежности), поместили в отдельные пронумерованные пакеты с указанием точки сбора и вида дерева.

Экспериментальная часть

Цель: Установить методом биотестирования степень фитотоксичности листового опада березы повислой, тополя пирамидального, клена остролистного в точках исследования с разной транспортной нагрузкой.

1. 10 см³ молотого листового опада из 3 точек поместили в пронумерованные чашки Петри в такой последовательности: 16.01. 2021 г.- листья березы повислой → 23.01.2021 г.- тополя пирамидального → 03.02.2021 г. - клена остролистного.
2. Опад залили 20 мл дистиллированной воды, накрыли фильтровальной бумагой, сверху – тонкий слой разноцветных салфеток для лучшей фиксации результатов.
3. Отсчитали по 30 семян кресс-салата (Т. Я. Ашихмина рекомендует 10 семян [1]). Мы посчитали, что чем больше семян, тем выше результативность. Поместили их в чашки Петри, накрыли и выставили на подоконник.
4. По методике Ашихминой [1] в качестве контроля (чашка «К») использовали артезианскую воду - водопроводную, так как у нас в городе водоснабжение осуществляется из артезианских скважин.
5. На 3 и 5 день фиксировали число проросших семян, на 5 день – длину корешков и наличие проростков по каждому виду листового опада. Данные заносили в сводную таблицу.
6. Вычислили средний результат по точкам исследования.
7. Определили процент всхожести семян на разных площадках по следующей формуле: % всх. = (количество проросших семян):(общее количество семян в чашке) x100%.
8. Вычислили коэффициент К, равный отношению всхожести семян в контроле к всхожести семян в пробе.
9. По таблице 1 провели ранжирование, сделав вывод о состоянии приземного слоя атмосферы в исследуемых точках.

Определение степени загрязнения воздуха [1]

№ п/п	К (коэффициент)	% всхожести семян	Состояние атмосферы
1	1–1,1	>80 %	Воздух относительно чистый
2	1,1–2	79% - 51%	Слабая степень загрязнения
3	2–4	50% - 30%	Средняя степень загрязнения
4	> 4	Менее 30%	Сильная степень загрязнения

4.3. Результаты исследования

Данные биотестирования, полученные на трех этапах исследования, тщательно фиксировались и заносились в сводную таблицу, данную в приложениях 4- 6. Рассчитанный средний результат указан в таблице 2.

Таблица 2

Средние результаты биоиндикации

Критерии	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Контроль
Посеяно семян	30	30	30	30
Число проросших семян на 3-й день	2	2	12	25
Число проросших семян на 5-й день	4	5	16	27
Процент всхожести семян	13,3 %	16,7 %	53, 3 %	90 %
Длина корешков (мм)	1, 7 мм	2, 7 мм	4,7 мм	10 мм
Количество проростков	0	0	6	25
Состояние проростков	нет	нет	Слабые, бледные	Вертикальные, зеленые

Анализ данных таблиц показывает, что всхожесть и развитие семян кресс-салата на субстрате, взятом в точках с разной транспортной нагрузкой, различаются (Приложения 7- 8). Наиболее низкие показатели отмечаются в точках № 1, № 2 – улицы Советская и Борцов революции, где наблюдается оживленное транспортное движение. Самую низкую всхожесть на 5 день показали семена на площадке № 1: 3,3 % - береза, 6,6 % - тополь. На субстрате из листового опада, собранного в школьном дворе - точка № 3, отмечена высокая всхожесть семян – 46,6% (береза, тополь), 70% (клен) и формирование проростков.

Говорить о высокой степени чистоты воздуха в этой точке не следует: полученные ростки кресс-салата слабые, листья бледно-зеленого цвета с пожелтевшими краями, число их невелико (Приложение 6). Продолжительность жизни ниже контрольной пробы на 3 дня, что указывает на наличие загрязнения.

Наглядно прослеживается ухудшение всхожести семян, развития проростков по мере приближения забора листьев к улицам с оживленным автомобильным движением.

Результаты эксперимента свидетельствуют о том, что лиственной опад различных видов деревьев обладает различной фитотоксичностью: низкая - у березы повислой, тополя пирамидального, самая высокая - у клена остролистного. На субстрате из его листьев выше процент всхожести семян, сформировалось 14 проростков кресс-салата (Приложение 9). Исходя из этого, можно сделать вывод, что листья березы повислой и тополя пирамидального обладают высокой поглощающей способностью и последующим накоплением вредных веществ, поступающих из атмосферы. В итоге они проявляют ярко выраженное аллелопатическое воздействие на кресс-салат, которое заметно ниже у клена остролистного.

Используя полученные данные по развитию кресс-салата, вычислили коэффициент всхожести семян - К, процент всхожести семян, которые приведены в таблице 4. По их результатам провели ранжирование состояния атмосферы в микрорайоне школы (центральная часть г. Калач).

Таблица 3

Показатели, определяющие состояние атмосферы

Точки	К (коэффициент)	% всхожести семян	Состояние атмосферы
Точка № 1	6,7	13,3	Сильная степень загрязнения
Точка № 2	5,4	16,7	Сильная степень загрязнения
Точка № 3	1,7	53,3	Слабая степень загрязнения, ближе к средней

Анализ полученных данных показал, что наиболее загрязненный воздух в точках № 1, № 2, что связано с интенсивным движением автотранспорта. Самым чистым оказался воздух в глубине школьного двора, но все же он загрязнен, что связано с перемещением воздушных масс.

5. Заключение. Выводы

Листовой опад может накапливать химические элементы, которые не безопасны для живых организмов, в том числе, и человека. Элементы, накопленные растением в процессе жизнедеятельности, возвращаются в биологический круговорот вместе с опадом и попадают в тела живых организмов, передаваясь по цепям питания.

1. Проведенный эксперимент доказал, что листья деревьев являются мощными аккумуляторами загрязнителей атмосферы.
2. Выявили, что наименьшей фитотоксичностью обладает лиственной опад клена остролистного, более высокой - березы повислой и тополя пирамидального. Именно эти виды деревьев следует использовать для озеленения улиц с целью очищения воздуха от вредных веществ.
3. Методом биотестирования установили: чем выше транспортный поток на городской улице, чем ближе располагается к этому потоку точка исследования, тем больше в лиственной опаде загрязняющих веществ, аккумулированных из окружающей среды.

4. Ранжирование показало: состояние атмосферного воздуха в точках № 1 и № 2, соответствующим оживленным улицам, является неблагоприятным, с сильной степенью загрязненности из-за их загруженности автотранспортным потоком.

5. Убедились, что движение воздушных масс способствует загрязнению среды в точках, удаленных от транспортного потока: точка № 3- в глубине школьного двора имеет степень загрязненности, близкую к средней.

6. Считаем, что основным источником загрязнения приземного слоя атмосферы в микрорайоне школы является автотранспорт, так как промышленные предприятия вблизи отсутствуют.

7. Гипотеза о том, что лиственный опад может выступать в роли биоиндикатора, реагирующего на изменение качества атмосферного воздуха, подтвердилась.

В ходе исследования мы пришли к следующим заключениям:

1. Ежегодная уборка листового опада в городе является нерациональной, так как из круговорота веществ в природе бесцельно изымается большое количество органики, что нарушает процессы почвообразования.

2. Нельзя использовать лиственный опад городской среды с высокой транспортной нагрузкой или собранный вблизи трассы для мульчи или приготовления компоста [8; 9].

3. Знания о химическом составе листового опада конкретной территории, помогут найти ответ на дискуссионный вопрос, убирать листву или нет.

В этом состоит практическое значение наших исследований.

Рекомендации по снижению загрязнения атмосферы в городе

1. Для снижения выбросов в атмосферу необходимо ограничить движение транзитного транспорта через город.

2. Основные транспортные потоки вывести за пределы города на объездную трассу и разгрузить центр города за счет организации параллельного движения машин по другим улицам.

3. Обратит внимание на организацию движения транспорта в городе и пригородах для уменьшения частой смены режимов работы двигателей.

4. Запретить передвижение большегрузных машин в черте города.

5. Изменить ситуацию поможет замена двигателей внутреннего сгорания на электрические.

6. Провести акции по озеленению города. Для этого необходимо использовать древесные породы, листья которых обладают высокими сорбционными свойствами, например, тополь, березу, ясень, кустарники.

В перспективе планируем провести сравнительный анализ загрязнения атмосферного воздуха в крупном (г. Воронеж) и малом городе (г. Калач) с использованием листового опада. В качестве сопоставления будет взят опад лесного массива Третьяк с. Серяково, отдаленного от города на 20 км. Природный материал для этого собран. Помощь в этом мне оказали мой брат Владислав - студент ВГМУ им. Бурденко и дедушка Богачев В.Г.

Использованные источники информации

1. Ашихмина Т. Я. Экологический мониторинг: учебно-методическое пособие. - Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2012. – 95 с.
2. Биологический энциклопедический словарь. Гл. ред. М. С. Гиляров. - М.: Сов. энциклопедия, 1986. - 831с.
3. Криксунов Е.А. Пасечник В.В. Экология. 10 (11) класс: учеб. для общеобраз. учреждений. -11 изд.- М. : Дрофа, 2015. – с. 251
4. Новиков Ю. В. Природа и человек. - М.: Просвещение, 1991.- 223 с.
5. Реймерс Н. Ф. Природопользование. - М.: Мысль, 1990. - 637 с.
6. Тимофеева Е. А. Состав водных вытяжек опада различных древесных пород. - М.: МГУ, 2018. - 29 с.
7. Крылова Е. Г., Гарин Э. В. Оценка аллелопатического влияния листового опада на начальные этапы онтогенеза частухи подорожниковой // Научное обозрение. Биологические науки.-2019.-№1.-41-45с.
URL: <https://science-biology.ru> (дата обращения 23.10. 2020)
8. Тихонова Н.А. Мульча, перегной и земля из листьев.
URL : [https:// www.gardening.hittens. - wordl. ru](https://www.gardening.hittens.ru) (дата обращения 24.10. 2020)
9. Экологический центр «Экосистема». URL: [https:// www.ecosystema. ru](https://www.ecosystema.ru) (дата обращения 05.11. 2020)

Комплекс исследований

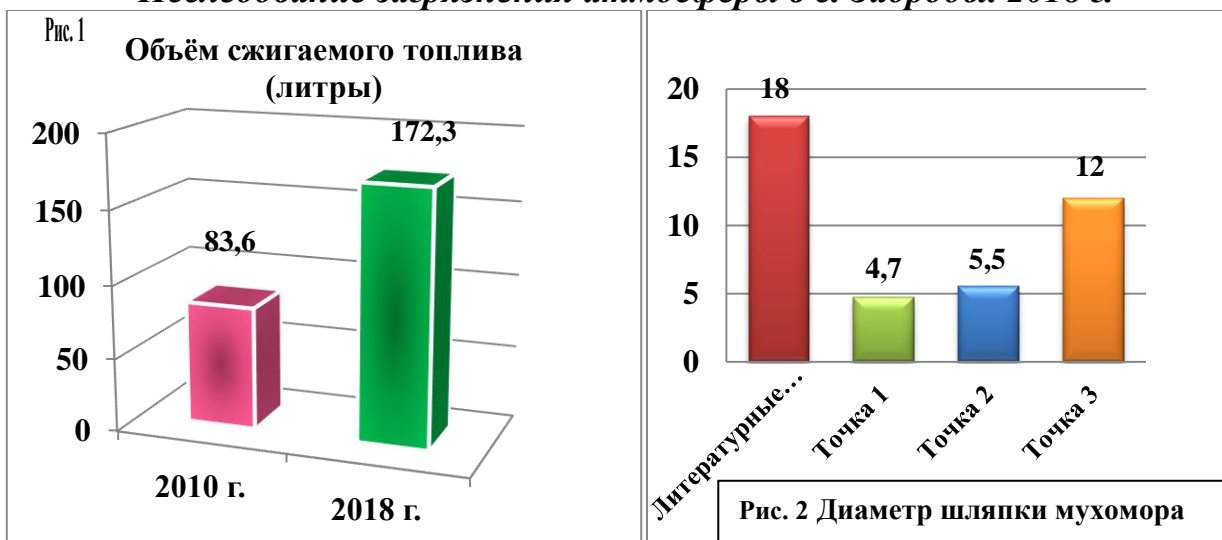


Исследование снега методом биоиндикации 13. 02. 2015 г.

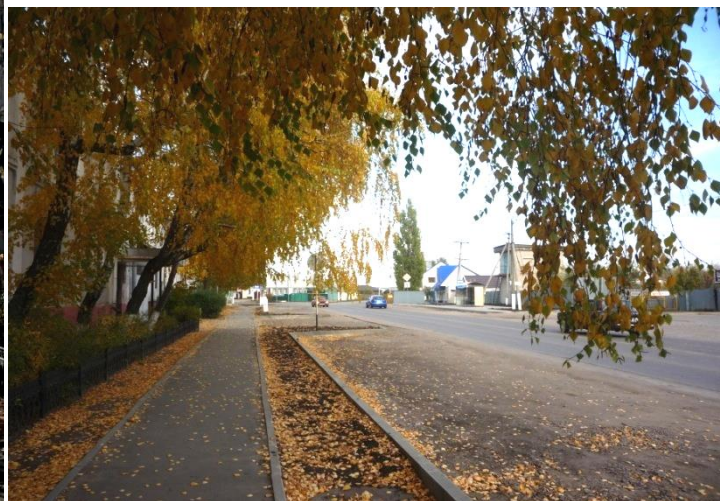


Изучение фаз листопада 09.2016 г.

Исследование загрязнения атмосферы в с. Заброды. 2018 г.



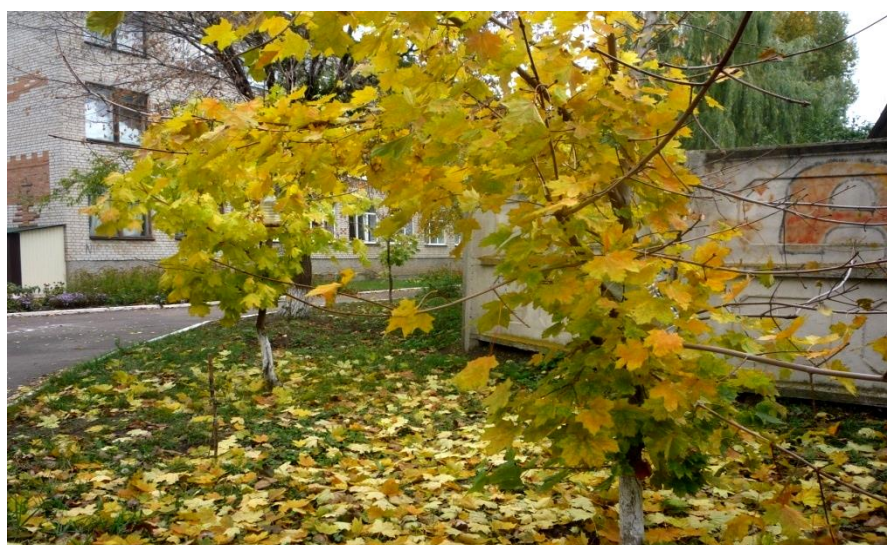
Точки исследования (октябрь 2020 г.)



Точка № 1- улица Советская



Точка № 2 - улица Борцов революции



Точка № 3 - улица Коммунистическая. Школьный двор

Забор материала – листового опада (октябрь 2020 г.)



Точка № 3 - школьный двор. *Клен остролистный*



Точка № 2- улица Борцов революции. *Береза повислая*



Точка № 3 - школьный двор. *Тополь пирамидальный*

Постановка эксперимента № 1



**Субстрат - лиственный опад березы повислой. Посев 16.01.21
№ 1,2,3- точки исследования, красный фон- контроль**



Проращение семян кресс-салата. 18.01. 21 г.

**Развитие проростков
кресс-салата. 20.01.21 г.**

Результаты биоиндикации

Таблица 1

Критерии	Дата	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Контроль
<i>Эксперимент № 1- лиственный опад березы повислой</i>					
Посеяно семян	16. 01.21	30	30	30	30
Число проросших семян на 3-й день	18. 01.21	1	1	9	21
Число проросших семян на 5-й день	20. 01.21	1	2	14	26
Процент всхожести		3,3 %	6,6 %	46,6 %	83 %
Длина корешков (мм)	20. 01.21	1 мм	1мм	2 мм	9 мм
Наличие проростков, их состояние, размер	20. 01.21	нет	нет	нет	22, зеленые, размер 8-10 мм

Постановка эксперимента № 2



Субстрат - лиственной опад тополя пирамидального. Посев 23. 01. 2021



Развитие проростков кресс-салата 27. 01. 2021

Результаты биоиндикации

Таблица 2

<i>Эксперимент № 2 - лиственной опад тополя пирамидального</i>					
Посеяно семян	23. 01.21	30	30	30	30
Число проросших семян на 3-й день	25. 01.21	2	2	11	25
Число проросших семян на 5-й день	27. 01.21	2	2	14	27
Процент всхожести		6,6 %	6,6 %	46,6 %	90 %
Длина корешков (мм)	27. 01.21	1 мм	3 мм	4 мм	10 мм
Наличие проростков, их состояние, размер	27. 01.21	нет	нет	3, бледные, размер 2-3мм	25, зеленые, размер 13-15мм

Постановка эксперимента № 3



Субстрат - лиственный опад клена остролистного. Посев 03.02.21



Проращение семян кресс-салата. 05.02. 21

Развитие проростков. 07.02. 21

Результаты биоиндикации

Таблица 3

<i>Эксперимент № 3 - лиственный опад клена остролистного</i>					
Посеяно семян	03. 02.21	30	30	30	30
Число проросших семян на 3-й день	05. 02.21	4	4	17	29
Число проросших семян на 5-й день	07. 02.21	8	12	21	30
Процент всхожести		26,6 %	40 %	70 %	100 %
Длина корешков (мм)	07. 02.21	3 мм	4 мм	8 мм	10 мм
Наличие проростков, их состояние, размер	07. 02.21	нет	нет	14, бледные, размер 7 мм	27, зеленые, размер 25 мм
Продолжительность жизни всходов (дней)	начало увядания	4	4	6	9

Влияние фитотоксичности листьев на всхожесть семян

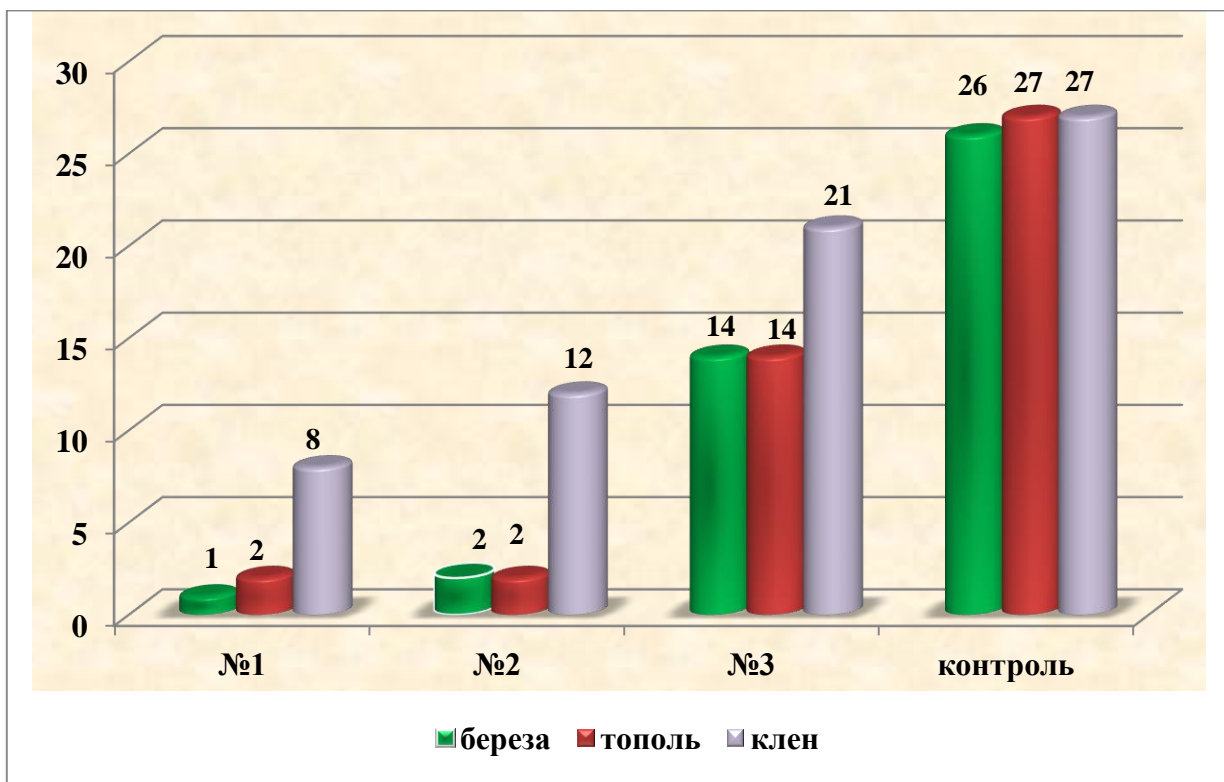


Рис. 3 Прорастание семян (шт.)

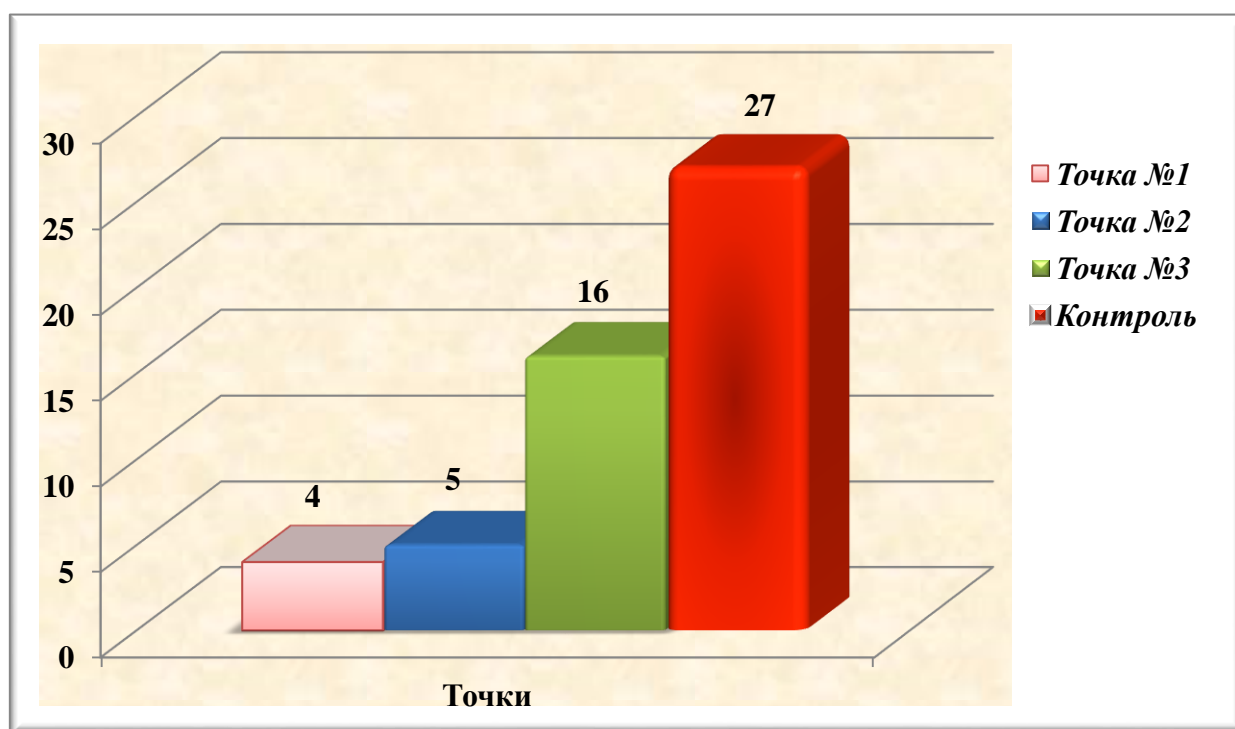


Рис. 4 Средний показатель всхожести семян по точкам исследования (шт.)

Влияние фитотоксичности листьев на развитие корешков кресс-салата

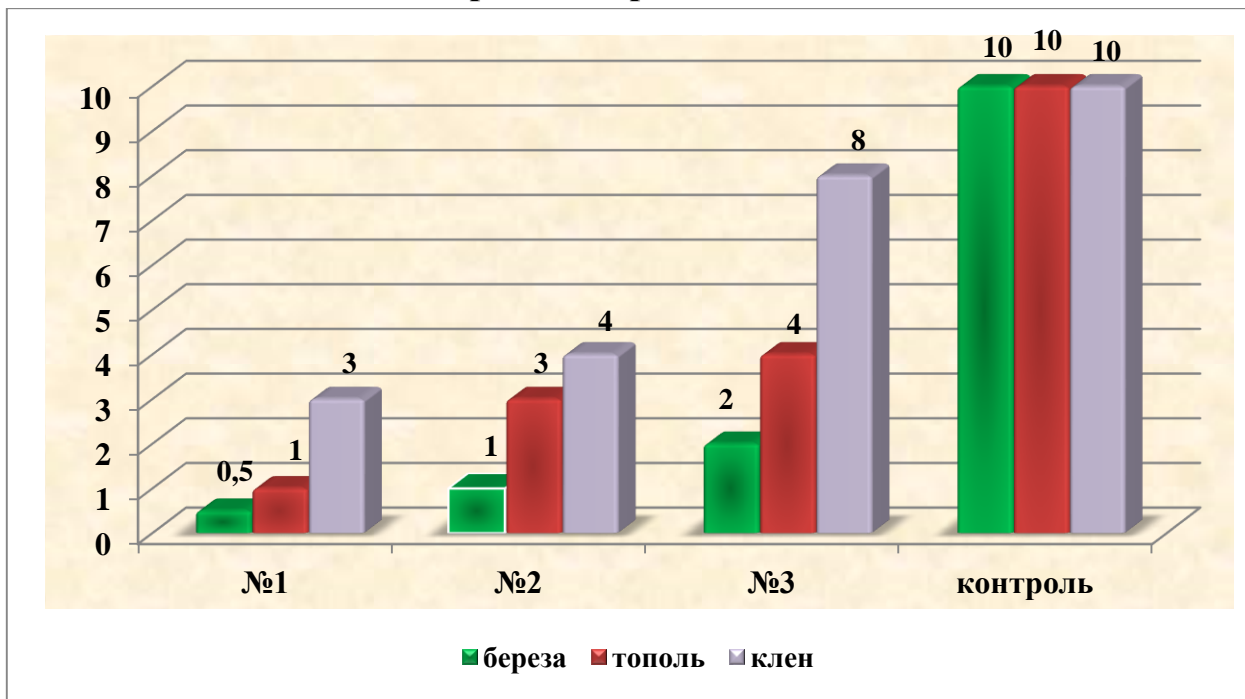


Рис. 5 Развитие корешков (длина в мм)

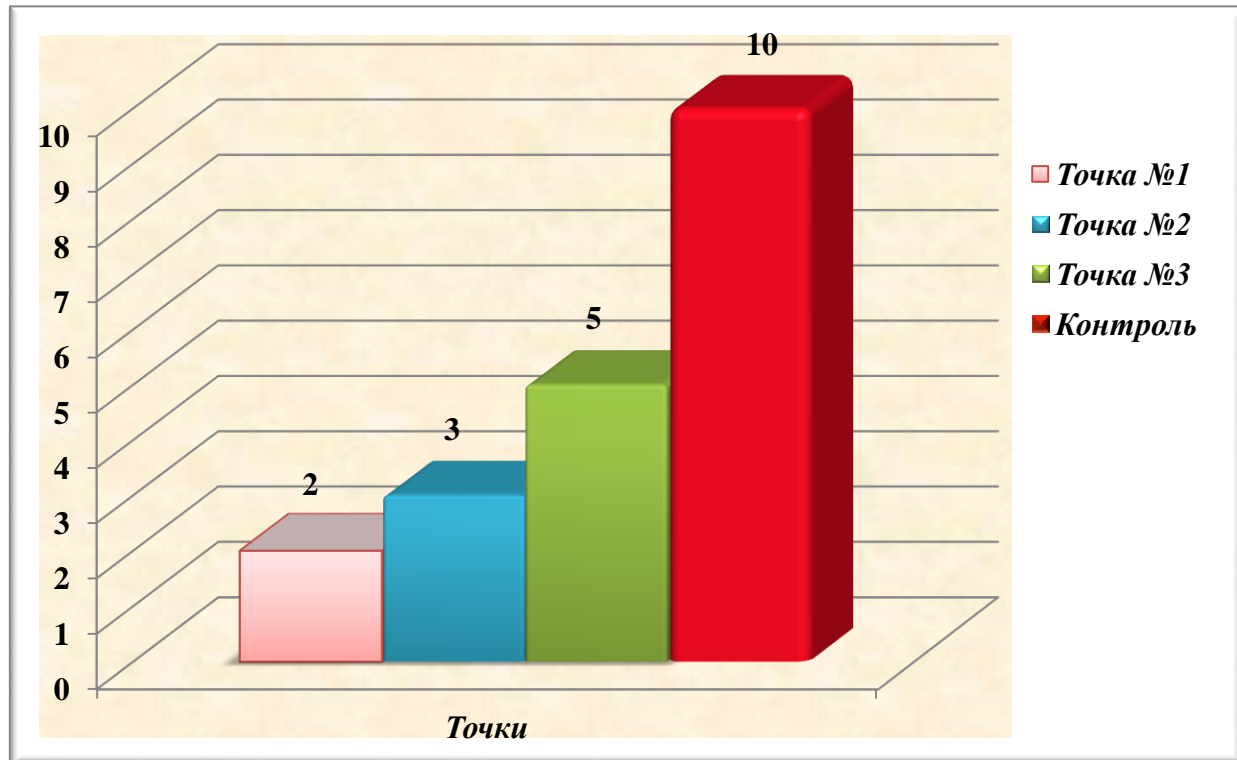


Рис. 6 Средний показатель развития корешков по точкам исследования (мм)

Средний показатель развития проростков

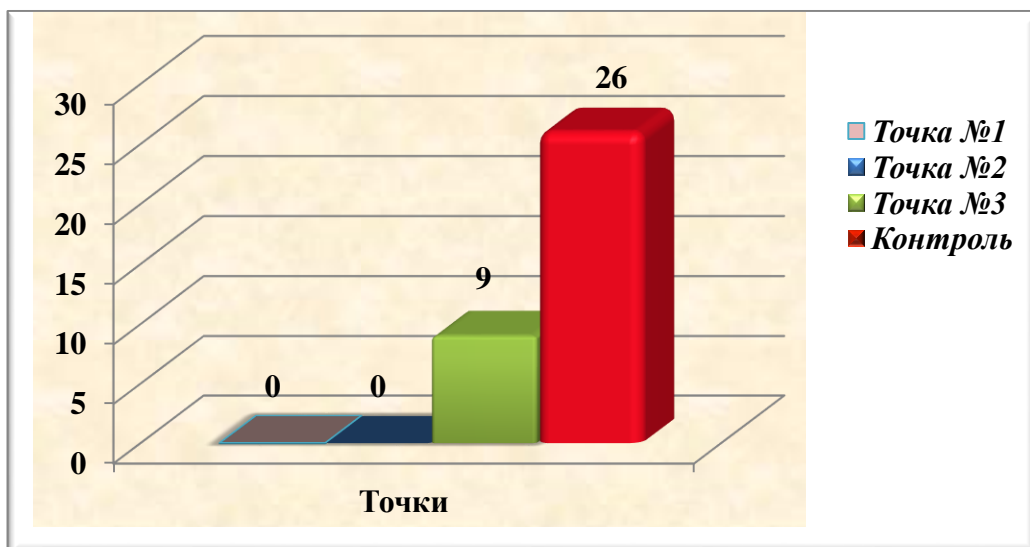


Рис. 7 Среднее число проростков (шт.)



Биометрические исследования проростков кресс-салата 27.01. 2021 г.

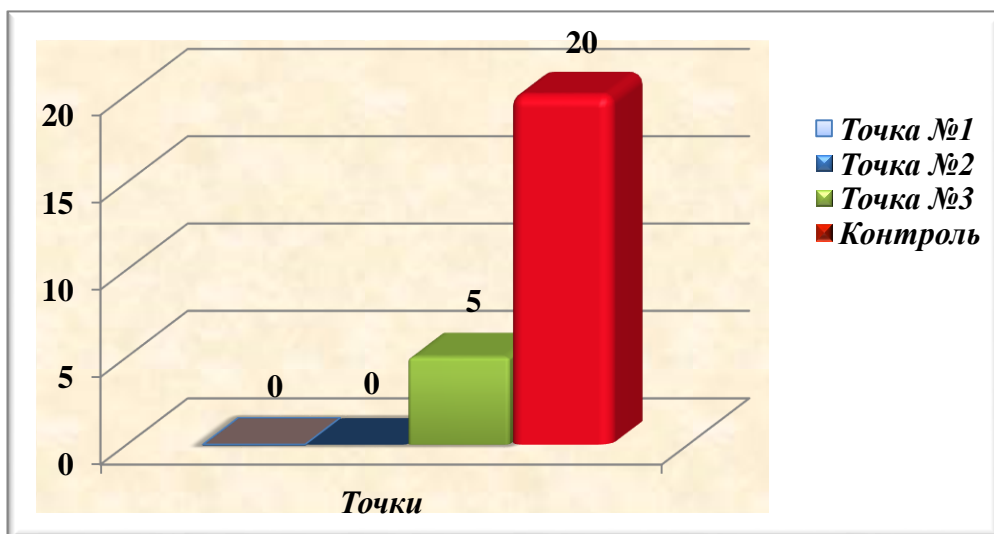


Рис. 8 Средние размеры проростков (мм)