Влияние атмосферных загрязнений автомототранспортом на растения березы бородавчатой

ОГЛАВЛЕНИЕ

АННОТАЦИЯ

ВВЕДЕНИЕ

Глава 1. ВЛИЯНИЕ АТМОСФЕРНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ АВТОМОТОТРАНСПОРТОМ НА РАСТЕНИЯ БЕРЕЗЫ БОРОДАВЧАТОЙ

ВЫВОДЫ

ЛИТЕРАТУРА

АННОТАЦИЯ

Исследование выполнялась в 2005-2007 году в условиях города. В работе дан анализ влияния окружающей среды и подтверждены литературные данные об отрицательном воздействии автомототранспорта на рост и развитие на растения.

Объектом исследования стала береза бородавчатая или повислая (Betula pendula) широко применяемая в озеленении г. Ленинска-Кузнецкого.

Изучалась величина прироста побега за вегетационный период, длина и количество жилок в листе, длина черешка листа, размер почек и женского соплодия, ширина и длина листа, наличие различных повреждений листа, качество пыльцевых зерен. Для оценки точности и достоверности полученных результатов проводилась статистическая обработка данных.

Исследовательская работа имеет практическое значение для школьников, стремящихся овладеть методами научного поиска, жителей города, учителей биологии и экологии как практическое руководство по овладению методами биологического мониторинга.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема загрязнения атмосферного воздуха – одна из наиболее острых экологических проблем Кемеровской области, так как основная часть населения проживает в районах, где концентрация загрязняющих веществ регулярно превышает ПДК. Загрязнение атмосферы в Кемеровской области является результатом чрезвычайно высокой концентрации различных производств и большого числа передвижных источников (включая автомобильный, железнодорожный и воздушный транспорт). По данным Комитета по охране окружающей среды Кемеровской области выбросы от передвижных источников составляют 237,423 тыс. тонн (19,2%), в том числе: автомобильный транспорт – 225,116 тыс. тонн [3]. Таким образом, доля автотранспорта в выбросах от передвижных источников составляет 94,8%. За последние годы происходит увеличение выбросов от автомототранспорта в среднем на 2,8% (6,408 тыс. тонн) в год в связи с увеличением количества единиц автотранспортных средств. Транспортные средства, особенно автотранспорт, являются источником комплексного воздействия на объекты окружающей среды. Происходит загрязнение атмосферного воздуха продуктами сгорания моторного топлива, водные объекты принимают талые воды снеговых отвалов, ливневых смывов с дорог, почва загрязняется и захламляется отходами, образующимися в результате эксплуатации автомобилей: шинами, аккумуляторами, кузовным ломом, продуктами сгорания моторного топлива. Воздушное, водное и почвенное загрязнение автомототранспортом неизбежно оказывает прямое или косвенное влияние на растительность города.

Уровень загрязнения воздуха в г. Ленинске-Кузнецком и районе оценивается как высокий [3,9]. Для ослабления шума, защиты от пыли и отработанных газов в городе вдоль транспортных магистралей устраивают защитные зеленые полосы. Они позволяют улучшить санитарно-гигиеническую обстановку на улицах города. Культивирование растений позволяет людям приблизить к себе мир живой природы, тягу к которому все в большей мере испытывают горожане. Природная красота была и остается вечной ценностью человеческого бытия.

Растения считаются надежными индикаторами загрязнения природной среды различными токсическими веществами в связи с тем, что они не могут уйти от стрессового воздействия, и вынуждены адаптироваться к нему с помощью физиолого-биохимических и анатомо-морфологических перестроек организма. Фиксация и оценка этих изменений дают достоверную картину условий места произрастания растений и отражают состояние городской среды.

Для защитных полос вдоль магистралей необходимо применять более долговечные виды растений, устойчивые к воздействию выхлопных газов автомобилей. Возникает проблема выяснения степени устойчивости растений, используемых в озеленении нашего города к действию атмосферных токсикантов.

Объектом исследования стала береза бородавчатая (Betula pendula) из семейства березовых (Betulaceae), распространенная по всей лесной и лесостепной зоне Западной Сибири. Предмет исследования: рост и развитие однолетнего побега березы за вегетационный период.

Цель работы: выявление особенностей роста и развития березы под влиянием воздушного загрязнения автомототранспортом.

Решаемые задачи:

* Изучить необходимую для работы литературу;
* Овладеть научными методами исследования;
* Выявить параметры роста и развития березы, позволяющие тестировать наличие атмосферных токсикантов.
* Определить возможность использования березы бородавчатой для мониторинга окружающей среды и озеленения улиц города.

Изучение некоторых морфологических характеристик березы осуществлялось в 2005-2007 году. Выполненная работа позволяет определить возможности использования березы в озеленении улиц города и для мониторинга качества окружающей среды.

Ознакомление с литературой показало, что многие авторы (Е.И. Князева, В.С. Николаевский) и исследовательские институты (КГУ г.Кемерово, ЦСБС СО АН РФ г. Новосибирск) активно занимаются проблемой устойчивости растений к воздушному загрязнению. Под устойчивостью растений к действию газообразных токсикантов понимают их способность благодаря анатомо-морфологическим, физиологическим и биохимическим особенностям выдерживать значительные концентрации токсических газов без снижения роста и развития (Культиасов, 1982).

Результаты исследований ряда авторов убеждают в существовании глубоких структурных и физиолого-биохимических различий у растений, произрастающих в различных по антропогенному воздействию зонах (Красинский, 1950; Кулагин, 1974; Культиасов, 1982; Рубин, 1976).

## Глава 1. ВЛИЯНИЕ АТМОСФЕРНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ АВТОМОТОТРАНСПОРТОМ НА РАСТЕНИЯ БЕРЕЗЫ БОРОДАВЧАТОЙ

Береза бородавчатая (Betula pendula) из семейства березовых (Betulaceae) образует частые насаждения и входит в состав смешанного леса. Береза является важнейшей лесообразующей породой, преобладающей в 60% лиственных и хвойно-лиственных лесов. Она прекрасно приспособлена к перенесению низких температур, не страдает от весенних заморозков [4]. Характерная особенность Б. бородавчатой – маленькие бугорки на молодых побегах. Продолжительность жизни от 40 до 120-150 лет.

Корневая система мощная, кора белая, гладкая. Листья очередные, с перистонервным жилкованием, с более или менее длинными черешками, с пильчатым или зубчатым краем. Цветет береза одновременно с распусканием листьев. Пыльца разносится ветром. После пыления мужские соцветия усыхают и отваливаются, женские развиваются, увеличиваются во много раз, видоизменяются и превращаются в соплодия.

В основу изучения взяты программа и методика сортоизучения плодовых и орехоплодных культур [10], методическое руководство ВИР им. Н.И. Вавилова [5], учебно-методическое пособие «Школьный экологический мониторинг» [14].

Наблюдения осуществлялись в трех точках: 1 – растения зеленой полосы вдоль улиц Энгельса и Мусохранова (опыт 1), 2 – на расстоянии 100 метров от дороги (опыт 2), 3 – в глубине парковой зоны отдыха - 900-1000 метров от дороги (контроль). Элементы учета: длина прироста основного и боковых побегов березы за вегетационный период, размер боковых и верхушечных почек, площадь листовой пластинки, длина и количество жилок в листе, длина черешка листа, длина женского соплодия, виды повреждений листа, качество пыльцевых зерен.

Возраст растений, используемых для наблюдения примерно одинаков, все пробы были взяты на одной высоте от поверхности земли. Измерение длины и ширины учетных объектов осуществлялось сантиметровой лентой, изучение площади листовой пластинки проводилось на аналогах листьев, переведенных на миллиметровую бумагу, что облегчило подсчет площади листа. Методика анализа качества пыльцы заключается в определении процента ненормальных (абортивных) пыльцевых зерен.

Взятие проб осуществлялось один раз в вегетационный период: май 2006, 2007 г.г. – пыльца; сентябрь 2005, 2007 г.г. – побеги березы бородавчатой. Повторность шестикратная.

При наблюдениях и измерениях проводилась статистическая обработка полученных результатов. Это позволило оценить точность и достоверность полученных результатов, избежать ошибочных выводов.

По литературным данным [3,9] в выбросах автомототранспорта преобладают свинец, сажа, оксид азота, оксид углерода, углеводороды, диоксид серы, иногда превышающие ПДК в несколько раз. Наибольшую опасность для растений представляет сернистый ангидрит (SO2), соединения фтора (HF, FSi4), хлористый водород (HCl), оксиды азота (NO, NO2), пылевые частицы, содержащие абсорбированные газы и оксиды различных металлов.

Выбросы автомототранспорта – это комплекс различных инградиентов. Суммарное действие этих веществ на растения иное, чем каждого газа в отдельности.

В первую очередь, отрицательное воздействие воздушного загрязнения сказывается на листьях растений. Листва задерживает городскую пыль, очищает воздух. Химическое действие пыли определяется составом, количеством и токсичность для данного растения. Физическое действие пыли проявляется, прежде всего, в образовании чехла, препятствующего нормальному тепло- и влагообмену листа с атмосферой и уменьшающего интенсивность доступного для растений света. Температура листа повышается на 8-10єС, соответственно увеличивается скорость транспирации. При сплошном покрытии листьев пылью испарение воды прекращается, и растения погибают. Иногда физиологические повреждения не сопровождаются внешними изменениями, но обычно признаки поражения растений токсикантами выражаются в некрозах края листа, побурении листьев, уродливых формах листа («смятые листья»), скручивании, «ожогах», а в тяжелейших случаях – засыхании и опадании листьев, отмирании растений [2].

Сильное повреждение листового аппарата не всегда приводит к гибели растения. Благодаря регенерационной способности растения восстанавливают новые листья и побеги взамен поврежденных.

В изученной нами литературе имеются данные о различной степени устойчивости растений к загрязнению окружающей среды [1, 9, 12, 13].

При озеленении улиц города необходимо учитывать способность растений концентрировать и накапливать из атмосферы вещества антропогенного происхождения, которые могут оказывать негативное воздействие, как на растение, так и на здоровье человека. Все растения способны очищать атмосферу, различия возникают только в эффективности процесса. По данным сотрудников ЦБС АН Белоруссии наибольшей емкостью поглощения (за вегетацию) обладают тополь бальзамический, тополь лентовидный, ива белая, а из хвойных пород – пихта одноцветная, ель колючая, ель голубая [2]. Высокая газопоглотительная способность у бирючины обыкновенной, тополя китайского, боярышника колючего (всего около 30 видов).

Для озеленения городов и населенных пунктов в Кемеровской области Центральным Сибирским ботаническим садом СО АН РФ г. Новосибирска рекомендован ассортимент местных и интродуцированных древесных и кустарниковых растений, включающий в себя 158 видов. Из них древесные растения составляют 47 видов, а кустарниковые – 111 видов (см. приложение).

В озеленении г. Ленинска-Кузнецкого повсеместно используется несколько пород. Это – тополь сибирский, клен ясенелистный, карагач, акация желтая, сирень обыкновенная. За последние годы в посадки стали вводить новые растения: березу бородавчатую, липу мелколистную, лиственницу сибирскую, рябину сибирскую, клен татарский, лох серебристый, сирень венгерскую и др.

При создании зеленого наряда г.Ленска-Кузнецкого необходимо учитывать морозо- и газоустойчивость деревьев и кустарников. По данным А.П. Баранник наибольшей морозоустойчивостью и газоустойчивостью обладают: ива белая, сибирские виды рябины, тополя, лиственницы, боярышник, кизильник черноплодный, береза бородавчатая, вяз гладкий, карагач, сирень обыкновенная, роза морщинистая, ясень зеленый и другие. Хвойные виды менее устойчивые к воздействию промышленных выбросов в озеленении используют реже.

В ассортименте растений, рекомендованных ЦСБС СО АН РФ г. Новосибирска, береза отнесена к растениям неустойчивым к действию воздушных загрязнителей (приложение 1).

Для защитных полос автомагистралей необходимо применять более долговечные виды растений, устойчивые к воздействию выхлопных газов автомобилей. Работа, выполненная мной, позволяет выявить влияние атмосферного загрязнения автомототранспортом на березу бородавчатую и определить возможности использования ее в озеленении улиц города Ленинска-Кузнецкого.

Загрязнение атмосферы приводит к различным нарушениям развития растений, вызывая сокращение сроков вегетации, уменьшение площади ассимилирующих органов, торможение процессов развития [9]. Осевшая на растениях пыль тормозит рост растений.

Наблюдения за состоянием побега осуществляли на живом растении, без отделения побега от основного растения. При измерении длины побега пользовались сантиметровой лентой. Из полученных измерений произвольно взяли каждое пятое измерение. Таким образом, n = 50. Затем провели статистическую обработку данных (приложение 2, табл.1).

При анализе полученных данных была установлена достоверность в различиях длины основного однолетнего побега в опыте и контроле. В условиях сильного атмосферного загрязнения происходит снижение величины прироста однолетнего побега березы бородавчатой за вегетационный период (диаграмма 1)

Диаграмма 1. Средняя величина однолетнего побега березы



Разница в длине побега в зоне сильного загрязнения составляет: основного – 31,4 %, бокового – 42,3 %. В сравнении с 2005 годом происходит снижение средней длины побега в среднем на 1 %. Это может быть связано с увеличением количества загрязняющих веществ в воздухе или с климатическими условиями вегетационного периода, (сравнительный анализ не производился). Изучая данные по встречаемости побегов различной длины, было отмечено, что в опыте чаще всего встречаются побеги с длиной 21-23 см, а у контрольных растений – 25-35 см. диаграмма 2)

Диаграмма 2 Длина побега, см.



В процессе приспособления к условиям загрязненной атмосферы у растений появляется мелкоклеточность, утолщение клеточных оболочек, уменьшение площади листовой пластинки, увеличение жилкования и количества устьиц [7].

Анализируя длину листовой пластинки у растений произрастающих в зоне загрязнения и условно чистом по воздушному загрязнению регионе, мной было обнаружено, что в опыте происходит значительное снижение величины признака (диаграмма 3).

Диаграмма 3. Средняя длина листовой пластинки, мм



При статистической обработке данных в 2005 году опыт был признан недостоверным, хотя полученное значение t = 1,93 очень близко к достоверному (t = 2). Это позволило предположить, что загрязнение воздуха оказывает влияния на рост листа в длину (приложение 2, табл.2), а недостоверность опыта вызвана неточностью измерений.

При изучении зависимости ширины листа от величины атмосферного загрязнения было установлено, что растения вдоль автотрассы имеют более узкие листья (диаграмма 4).

Диаграмма 4.Средняя ширина листа, мм



Статистическая обработка данных и определение достоверности полученных результатов говорит о высокой точности опыта (приложение 2, табл.3).

Полученные данные позволяют утверждать об отрицательном воздействии автомобильного транспорта на ширину листовой пластинки березы бородавчатой.

Анализируя длину черешка листовой пластинки у растений разных участков произрастания (опыт и контроль) я получила следующие результаты: у растений, произрастающих в придорожной зоне, происходит уменьшение длины черешка листа (диаграмма 5).

Диаграмма 5. Длина черешка листовой пластинки, мм



При сравнительной характеристике длины черешка листьев, произрастающих в разных условиях загрязнения воздуха, было отмечено, что у опытных растений чаще встречаются листья с черешком длиной 21-22 мм., а у контрольных растений с черешком длиной 25-30 мм. (диаграмма 6).

Диаграмма 6. Длина черешка листовой пластинки, мм



Достоверность опыта высокая, что позволяет говорить о прямой зависимости длины черешка от количества загрязняющих веществ в воздухе (приложение 2, табл. 4).

Изучение площади листовой пластинки проводилось на аналогах листьев, переведенных на миллиметровую бумагу, что позволило с большей точностью высчитать их поверхность.

Анализ полученных данных и статистическая обработка результатов позволили установить зависимость между площадью листа и экологическими условиями произрастания (приложение 2, табл. 5).

Сильная загазованность атмосферного воздуха вызывает резкое снижение площади листовой пластинки (диаграмма 7). Этот признак хорошо прослеживается, доступен для изучения, легко просчитывается, что позволяет использовать его как показатель загрязнения воздушной среды.

Диаграмма 7.Средняя площадь листовой пластинки, см2



При изучении количества жилок в листе, величины боковых и верхушечных почек не получено достоверных различий в результатах между данными опыта и контроля, что говорит о возможной устойчивости данных показателей к автомобильному загрязнению воздуха.

Действующая на растения двуокись азота вызывает периферическое повреждение листьев, скручивание их вовнутрь, появление коричневой окраски на завершающем этапе развития листьев. Присутствие в атмосфере NO2 задерживает рост и развитие овощных культур, снижают их урожайность и качество продукции [7, 9, 14].

Большую опасность для растений представляют фтористые соединения, оказывающие фитотоксическое действие в небольших концентрациях (менее 0,6 мкг/ м3). Фтор не является необходимым для развития растений элементом и не участвует в обмене веществ. Поэтому и не происходит его детоксикация в растительной клетке. Фтор накапливается в растениях, создавая опасность для здоровья животных и человека при употреблении растений на корм или в пищу [7,9]. Большая часть фтора в виде пыли, осевшей на поверхности растений, смывается осадками и не проникает внутрь растений.

Появление симптомов повреждений связано с перемещением фторидов, поглощенных из воздуха к верхушкам и краям листьев. В начале на листьях образуются хлоротические пятна, сопровождающиеся некрозами и иссушением тканей. Листья покрываются пятнами светло-коричневого и бурого цвета. Газообразные токсиканты начинают оказывать влияние на растение с момента контакта с покровными тканями. Важную роль в проявлении устойчивости растений играет устьичный аппарат листьев, как механизм, с участием которого происходит проникновение газов внутрь листа [6].

Сернистый газ, повреждая растения, способствует ослаблению их устойчивости к различным факторам среды, болезням, вредителям. Признаки повреждения растений сероводородом – потеря тургора, появление светло-желтых и буро-черных пятен, ожогов преимущественно в середине листовой пластинки. В основе патологических изменений лежит нарушение структуры цитоплазматических мембран, падение интенсивности фотосинтеза и дыхания листьев растений. Молодые листья сильнее поглощают сернистый газ и больше страдают. Наряду со снижением количества хлорофилла сернистый газ вызывает сдвиги в структуре мембран хлоропластов. Они становятся неправильной формы, происходит утоньшение их мембран. Под действием значительных концентраций вредных газов, особенно двуокиси серы и фтора, клетки мезофилла сплющиваются, сама клетка деформируется, разрушаются хлоропласты, и происходит падение интенсивности фотосинтеза [7, 9, 12].

Реакция растительного организма на газообразные токсиканты определяется химической природой токсиканта (реакционностью, концентрацией, продолжительностью взаимодействия с растением), а также индивидуальными особенностями растений (интенсивностью газообмена, способностью нейтрализовать токсикант и регенерировать частично нарушенные клеточные органеллы и функциональные системы) (7,9).

Под влиянием различных веществ, содержащихся в выхлопных газах, происходит видимое повреждение листьев. В процессе изучения поверхности листа было выявлено 5 типов повреждений: точечный и пятнистый некроз, мертвый край листа и мертвая верхушка, изменение формы листа. Распределение этих повреждений показано на диаграммах 8,9,10,11.

Диаграмма 8 Точечный некроз листьев березы, %



Диаграмма 9.Пятнистый некроз листьев березы, %



Количество некрозов листа в 2007 году возросло в среднем на 17,75 %, что говорит о повышении количества соединений серы в воздухе.

# Диаграмма 10.Мертвый край листа, %



# Диаграмма 11**.** Мертвая верхушка листа, %



На приведенных диаграммах видно, что с 2005 года произошло увеличение количества листьев березы с отмирающими, в процессе вегетации, краем и верхушкой листа. Рост составил в среднем 16,65 %. Можно предположить, что это вызвано возросшим количеством соединений азота и фтора в воздухе вдоль автомагистралей.

Наблюдая за изменением формы листа, было обнаружено увеличение деформированных листьев у растений вдоль дорог в сравнении с контрольными березами в парке (диаграмма 12).

Диаграмма 12. Изменения формы листовой пластинки, %

# 



Известно, что деформация листа связана с действием этилена, содержащегося в выхлопных газах автомобиля. Небольшое уменьшение количества деформированных листьев в 2007 году можно объяснить погрешностью опыта.

По степени видимых повреждений листа можно установить интенсивность атмосферного загрязнения. Чем выше количество атмосферных токсикантов, тем больше степень различных повреждений вегетирующих органов. Разница между опытными и контрольными растениями составила 95, 34 %.

От уровня физического и химического загрязнения среды в большой степени зависит качество пыльцевых зерен. Пыльца отличается высокой чувствительностью к действию отрицательных факторов и может являться индикатором загрязнения среды генетически активными компонентами. У плодовых культур затормаживаются процессы созревания пыльцы, повреждаются рыльца пестиков в цветках, вследствие чего снижается плодоношение, ухудшается качество продукции растениеводства, снижается урожайность [9]. Генетически активные факторы среды нарушают процесс образования пыльцы, доводя до полного отсутствия в пыльниках нормальных пыльцевых зерен.

Загрязнение окружающей среды вызывают снижение количества нормальных пыльцевых зерен в цветках березы. Эта закономерность четко прослеживается при исследовании проб пыльцы, взятых у дороги и в глубине парковой зоны (диаграмма 13).

# Диаграмма 13. Качество пыльцевых зерен, %



Количество нормальных пыльцевых зерен уменьшается в придорожной зоне на 39 %, одновременно возрастает количество абортивных пыльцевых зерен в пробах растений этой зоны на 46,6 %, что говорит о высоком фоне загрязнения среды.

Длина женского соплодия у березы позволяет, предположительно, выяснить количество образующихся семян, но такой зависимости я не изучала. Анализируя полученные данные о длине соплодия за два года наблюдений, можно утверждать о зависимости длины соплодия от экологических условий произрастания (диаграмма 14).

# Диаграмма 14. Длина женского соплодия, мм



При статистической обработке данных получена высокая достоверность данных, т.о. наблюдаем прямое влияние среды на длину женского соплодия (приложение 2, табл. 6).

Изучение встречаемости различной длины женского соплодия показало, что величина женского соплодия варьирует от 20 до 25 мм. (опыт) и от 24 до 34 мм. (контроль). У контрольных растений чаще всего встречаются соплодия с длиной 26 мм., а у опытных растений с длиной 23-24 мм. (диаграмма 15)

Диаграмма 15**.** Длина женского соплодия, мм.



В процессе изучения признака было обнаружено уменьшение средней длины женского соплодия в опыте, примерно на 32,17 %, что говорит о значительном влиянии загазованности на развитие женской сережки.

Растения, подвергшиеся в течение вегетационного периода действию токсикантов, становятся менее устойчивыми к другим неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам (засухе, низким температурам, вредителям и болезням и др.) [7].

Наблюдая процессы роста и развития березы, было отмечено, что у растений произрастающих в придорожной зоне количество вредителей молодого побега больше, чем на контрольных растениях в парковой зоне. Точный количественный и качественный учет вредителей не осуществлялся, но визуальные наблюдения над внешним обликом березы позволяют утверждать о снижении сопротивляемости растений нашествию вредителей.

ВЫВОДЫ

Подводя итоги выполненной работы можно сказать, что имеющиеся литературные данные об отрицательном воздействии автомототранспорта на рост и развитие растений были подтверждены результатами исследовательской работы. Проведя разовые наблюдения над растениями березы бородавчатой, произрастающей в трех точках с различным уровнем воздушного загрязнения, я смогла сделать следующие выводы:

* Береза бородавчатая может быть использована для мониторинга качества окружающей среды;
* В зоне сильного воздействия выхлопных газов автомототранспорта происходит нарушение роста и развития растения (уменьшение величины прироста побега, размеров и площади листа, увеличивается количество нарушений поверхности листовой пластинки и качества пыльцевых зерен);
* Не получено достоверных различий между количеством жилок в листе и величиной верхушечных и боковых почек в результатах опыта и контроля, что говорит о возможной устойчивости данных показателей к атмосферному загрязнению;
* Критерием, используемым для выявления загрязнения атмосферы автомототранспортом, можно считать: площадь листовой пластинки, наличие некрозов и отмерших частей листа, длина черешка листа, количество абортивных пыльцевых зерен в цветках березы;
* Возможно использование березы для озеленения города, при условии контроля над наличием вредителей и болезнями растения.

##### ЛИТЕРАТУРА

1. Баранник А.П. Озеленение городов Кузбасса, Кемерово, 1984, 88 с.
2. Горышина Т.К. Экология растений, М., Высшая школа, 1979
3. Доклад о состоянии окружающей среды Кемеровской области в 1998 году. Материалы Государственного Комитета РФ по охране окружающей среды, Кемерово, 1999
4. Жизнь растений, т. 5. Цветковые растения (под ред. А.Л. Тахтаджяна)- М.: Просвещение, 1980, с. 314-320
5. Изучение динамики роста побегов, формирования почек и цветков у плодовых растений, Метод. Руководство под ред. В.Л. Витковского, Л., 1979
6. Красинский Н.П., Теоретические основы построения ассортиментов газоустойчивых растений. В кн.: Дымоустойчивость растений и дымоустойчивые ассортименты, М.: 1950
7. Кулагин Ю.З. Древесные растения и промышленная среда, М., 1974
8. Культиасов И.М. Экология растений, М., изд-во МГУ, 1982
9. Природа и экологические проблемы Кузбасса, Кемерово, ИУУ, 1983, 120с.
10. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур, Мичуринск, 1973
11. Опыт и методы экологического мониторинга, Пущино, 1978
12. Растения и чистота природной среды, сб.ст.; Минск, 1983, 90 с.
13. Рубин Б.А. Курс физиологии растений, М., Высшая школа, 1976, с. 157-167
14. Школьный экологический мониторинг, Учебно-метод. пособие под ред. Т.Я. Ашихминой.- М.: АГАР, 2000