

Министерство сельского хозяйства РФ
Департамент научно-технологической политики и образования
ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет
имени А.А.Ежевского
Кафедра агроэкологии и агрохимии, физиологии и защиты растений

Биоиндикация природных экосистем

методические указания для выполнения лабораторно-практических работ

по дисциплине «Экология»

для бакалавров направлений:

35.03.03-«Агрохимия и агропочвоведение»,

35.03.04- «Агрономия»,

21.03.02-«Землеустройство и кадастры»,

13.03.01- «Теплоэнергетика и теплотехника»,

13.03.02-«Электроэнергетика и электротехника»,

23.03.03- «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»

Утверждено научно-методической комиссией агрономического факультета «___»_____2017г протокол №_____

Составители: к.б.н. Дмитриева Е.Ш., к.б.н. Матвеева Н.В.

Методические указания предназначены для самостоятельного проведения лабораторных работ по дисциплине «Экология»

бакалавра направлений:

35.03.03-«Агрохимия и агропочвоведение»,

35.03.03- «Агрономия»,

21.03.02-«Землеустройство и кадастры»,

13.03.01- «Теплоэнергетика и теплотехника»,

13.03.02-«Электроэнергетика и электротехника»,

23.03.03- «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»

Рецензент:

доцент кафедры земледелия и растениеводства, к.б.н., Рябина О.В.

Биологические индикаторы (биоиндикаторы) – виды, группы видов или сообщества живых организмов, по наличию, степени развития, изменению морфологических, генетических, биохимических и других признаков которых судят о состоянии, специфических особенностях и свойствах окружающей природной среды и ее компонентов, об антропогенных изменениях среды.

Биоиндикация заключается в оценке качества среды обитания и ее отдельных характеристик по состоянию ее биоты в природных условиях, что позволяет оценить состояние окружающей среды и выявить наличие в ее компонентах каких-либо загрязняющих веществ

В основу метода биоиндикации положена зависимость живых организмов от условий окружающей среды. Ещё в древности это заметили в отношении растений. Учение о растительных индикаторах развилось в самостоятельную ветвь науки — фитоиндикацию. Фитоиндикаторы — это растения, растительные сообщества или их особенности, указывающие на какие-то конкретные условия среды их обитания.

Таблица 1. Растения биоиндикаторы

| Показатели загрязнения | Растения- индикаторы |
|--|---------------------------------------|
| Общее загрязнение | Лишайники и мхи |
| Тяжелые металлы | Слива, фасоль обыкновенная |
| Диоксид серы (SO ₂) | Ель, люцерна |
| Фтористый водород (HF) | Косточковые плоды, гладиолус |
| Хлористый водород (HCl) | Береза бородавчатая, земляника лесная |
| Аммиак (NH ₃) | Подсолнечник, конский каштан |
| Сероводород (H ₂ S) | Шпинат, горох |
| Фотосмог | Крапива, табак |
| Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) | Соя, недотрога обыкновенная |

Различают прямые и косвенные индикаторы.

Прямые индикаторы непосредственно связаны с объектом индикации, т.е. с конкретным условием среды и зависят от него. Например, крапива двудомная может произрастать только на плодородных почвах, содержащих достаточное количество азота, а растения-фреатофиты успешно произрастают в засушливых зонах (верблюжья колючка и солодка). Их длинная корневая система показывает глубину залегания грунтовых вод, направление их движения и степень минерализации воды.

Косвенные индикаторы напрямую не связаны с объектом индикации, но они указывают на условия, сближенные с интересующим человека объектом. Так, в ореоле рассеяния урановых месторождений лепестки кипрея узколистного (иван-чая) вместо розовых становятся белыми.

Растущие в тех же условиях астрагалы являются прямыми индикаторами селена. Но обычно селен приурочен к урановым рудам, поэтому астрагалы— косвенные индикаторы последних.

Для практических целей важно знать эффективность фитоиндикаторов, поэтому их характеризуют по степени достоверности и по значимости.

Абсолютно достоверным индикатором считается тот, которому в 100% случаев соответствует объект индикации. Процентное отношение участков наблюдения, где индикатор и объект индикации встречаются вместе, к тем участкам, где индикатор присутствует один, служит показателем достоверности индикатора. Индикатор надежен, если это отношение 90%, а показатель больше 9. Если показатель в пределах 3-9, — это удовлетворительный индикатор, 1,5-3 — сомнительный, меньше 1,5 — индикация невозможна.

Признаки, посредством которых растения свидетельствуют об условиях окружающей среды, Б.В.Виноградов разделил на флористические, физиологические, морфологические и фитоценотические. В современном понимании — это уровни биоиндикации.

Флористические признаки (флористический уровень) — это различия в составе растительности. Индикационное значение имеет как присутствие, так и

отсутствие вида.

К физиологическим и биохимическим признакам (физиологическому и биохимическому уровню) относятся обменные процессы и химический состав растений: например, содержание белков, пигментов (хлорофиллов и каротиноидов), водоудерживающая способность, баланс фитогормонов и минеральных веществ и др.

Анатомо-морфологическими признаками (морфологическим уровнем) служат особенности внешнего и внутреннего строения. Это ширина годичных колец деревьев, особенности строения проводящей ткани, различного рода аномалии. Эти уровни биоиндикации могут быть использованы при проведении учебных практических работ.

К фитоценоотическому уровню относятся особенности структуры растительного покрова— обилие тех или иных видов, ярусность, степень сомкнутости. Этот уровень биоиндикации в своем развитии прошел несколько этапов. Первоначально в качестве индикатора использовали растительные сообщества, а теперь— и изменения в ландшафте.

Ландшафтная индикация проводится в основном аэрометодами. Она позволяет сравнить естественные процессы в природе и процессы, являющиеся результатом техногенеза.

В настоящее время проводят комплексный мониторинг окружающей среды, составной частью которой служит биологический, осуществляемый на комплексных станциях и включающий систему растений-индикаторов. Биологический мониторинг не подменяет и не вытесняет физико-химические методы исследования природной среды. Он позволяет точнее прогнозировать изменения в экологической обстановке.

Успешное применение биоиндикации связано с двумя моментами:

- 1) с оценкой физических и химических параметров загрязненности атмосферы, воды и почвы (эта оценка затратна и требует специальных приборов или химических реактивов);
- 2) с методами мониторинга, которыми выявляют и определяют

концентрацию одного или двух токсических веществ, при этом живые организмы воздействует целый комплекс токсикантов. Неопасная концентрация, фиксируемая приборами для одного загрязнителя, благодаря синергизму с другим, может быть угрожающей для организма. Этот синергизм обязательно выявляется при использовании биоиндикации.

В индикаторных свойствах деревьев можно убедиться, оценивая их состояние в городе. Здесь растения подвергаются действию выхлопных газов и задымленного воздуха. Среди веществ, загрязняющих воздух, наибольшее значение имеют сернистый газ, соединения галогенов, озон, оксиды азота, оксиды углерода, сероводород, сероуглерод, аммиак, бенз(а)пирен, копоть, пепел, частицы пыли и др. Довольно велико и количество веществ, загрязняющих гидросферу. Конечным накопителем токсических веществ служит почва, на которой произрастают растения.

Существуют специфическая и неспецифическая биоиндикации. В первом случае это реакция только на один фактор.

При неспецифической индикации одна и та же реакция наблюдается под воздействием многих загрязнителей. Фитотоксическое действие атмосферных загрязнителей чаще всего обнаруживается путем наблюдения за морфологическими изменениями дикорастущих и культурных растений. Основой для этого является незначительные затраты труда при наблюдении и оценке наблюдаемых явлений. Измерения могут проводиться без специальных лабораторий и обученного персонала.

Морфологические изменения — это изменения формы и размеров листовой пластинки, появление асимметрии, хлорозы, некрозы, снижение радианного и линейного прироста, уменьшение жизни хвои. В нормальных условиях хвоя сосны опадает через 3-4 года, а поблизости от предприятий и дорог — значительно раньше. У деревьев редет и уродуется крона, преждевременно сбрасываются листья, они рано стареют.

О состоянии природной среды можно судить по показателям продуктивности растений. Изменения в экологической обстановке сказываются на

круговороте веществ и потоках энергии в сообществах.

Среди методов биологического мониторинга на важном месте — учет содержания загрязнителя в живых организмах. Дисбаланс важных химических компонентов растений и другие метаболические нарушения регистрируются непосредственно с помощью методов химического анализа. По величине накопления фитотоксиканта в листьях довольно точно можно определить среднее содержание загрязнителя в окружающем воздухе.

В порядке уменьшения чувствительности к загрязнениям природной среды растения можно расположить в следующий ряд: грибы, лишайники, хвойные, листопадные деревья. Среди сельскохозяйственных культур к наиболее чувствительным видам относятся салат, люцерна, злаковые, крестоцветные, к нечувствительным — кукуруза, виноград, розоцветные, подорожник.

Для индикации веществ-загрязнителей можно использовать в качестве тест-объектов и животных. Например, воздействие сернистого газа угнетает хвойные деревья, что перестраивает весь биоценоз. При этом значительно уменьшается количество насекомых-фитофагов. Они в данном случае служат косвенными индикаторами чистого воздуха.

В последние годы активно изучают возможности использования микроорганизмов в качестве биоиндикаторов загрязнения. Микроорганизмы чувствуют чрезвычайно малые концентрации вредных веществ, поступающих с промышленными стоками, атмосферными осадками и т.д. Например, применяемые в сельскохозяйственной практике анилиновые гербициды и производные триазина (симазин и др.) сильно ингибируют деятельность азотфиксирующих бактерий рода *Rhizobium* в клубеньках бобовых. Пестициды определенным образом меняют состав микробоценозов почв и водоемов. По этим изменениям судят о степени антропогенной нагрузки.

Биотехнологическим путем ученые создают штаммы микроорганизмов, которые концентрируют в своем теле вредные вещества, и если это касается пестицидов, трансформируют их.

По реакции на действие токсикантов различают пять типов

чувствительности тест-организмов:

I – биоиндикатор проявляет внезапную и сильную реакцию, продолжающуюся некоторое время, после чего перестаёт реагировать на загрязняющее вещество;

II – биоиндикатор в течение длительного времени линейно реагирует на воздействие возрастающей концентрации загрязняющего вещества;

III – после немедленной сильной реакции биоиндикатора на загрязняющее вещество наблюдается её затухание, сначала резкое, затем постепенное;

IV – под влиянием загрязняющего вещества реакция биоиндикатора постепенно становится более интенсивной, однако достигнув максимума, постепенно затухает;

V – реакция и типы чувствительности неоднократно повторяются, возникает осцилляция биоиндикаторных параметров.

В последние годы биоиндикацию успешно сочетают с аэро- и космосъемкой в различных лучах спектра, телевизионной аппаратурой и вычислительной техникой. В нашей стране этими методами оценивают агроресурсы, в частности, состояние посевов. Эта информация дает возможность разработать конкретные рекомендации по корректировке сроков подкормки и поливов растений, борьбы с вредителями и сорняками.

В настоящее время определены основные требования, предъявляемые к биоиндикаторам:

- широкий ареал;
- эвритопность;
- оседлость;
- антисинантропность;
- совмещение высокой чувствительности и толерантности к токсиканту;
- стабильная численность и достаточная биомасса;
- простота добычи и учета;

- изученность видов и внутривидовых таксонов.

Занятие 1. Биомониторинг состояния окружающей среды по лишайникам

Оценка состояния воздуха по разнообразию видов лишайников и их обилию носит название лихеноиндикации.

Лишайники — это симбиоз водоросли и гриба. Тело лишайника носит название таллом.

Обилие лишайников свидетельствует об отсутствии в воздушной среде вредных примесей (особенно сернистого газа и соединений свинца)

Лишайники очень неприхотливы, могут селиться на голых скалах, очень бедной почве, стволах деревьев, кустарниках. Растут лишайники уже при 0°C, а иногда и более низкой температуре. Но при этом они нуждаются в очень чистом воздухе. При повышении степени загрязненности воздуха первыми исчезают из города лишайники. Во многих промышленно развитых зонах формируется так называемая «лишайниковая пустыня». Чувствительность лишайников к загрязнению окружающего воздуха связана с тем, что все нужное им для жизни, они получают аэралью. У них нет плотной кутикулы, как у высших растений, поэтому в газообмене участвует вся поверхность лишайника. Этой поверхностью он впитывает дождевую воду с растворенными в ней оксидами.

К тому же лишайникам не присуще избавление от пораженных токсикантами частей тела, как это происходит у листопадных деревьев.

Установлено, что на них губительно действуют прежде всего вещества, увеличивающие кислотность среды, ускоряющие окислительные процессы. В первую очередь это сернистый газ (SO₂), затем фтористый водород (HF), хлористый водород (HCl), оксиды азота, озон.

Сернистый газ накапливается в атмосфере в результате переработки и горения органических веществ, при производстве и использовании серной

кислоты, плавке серосодержащих руд. Его выбрасывают тепловые электростанции, предприятия черной и цветной металлургии, заводы по производству синтетических волокон, аммиака, целлюлозы. Сернистый газ очень важен как объект индикации для сельскохозяйственных растений пригородных зон, поскольку он токсичен для люцерны, пшеницы, капусты, ячменя, овса, шпината, редьки посевной и других культур. В растениях, подвергшихся воздействию SO_2 , падает содержание хлорофилла, что снижает их продуктивность, ослабляет устойчивость к возбудителям болезней и другим стрессовым факторам.

Чем выше уровень загрязнения воздуха сернистым газом, тем больше серы содержится в слоевищах лишайников. Если в городской зоне нет ни одного лишайника, это означает, что концентрация двуокиси серы в воздухе превышает 0,3 мг/м. Присутствие накипных, корковых лишайников говорит о концентрации сернистого газа в пределах 0,05-0,20 мг/м.

При обследовании территории обращают внимание на анаптическиреснитчатую (*Anapthychiaciliaris*). Её пепельно- или коричневатое-серое слоевище имеет вид слегка приподнимающихся кустиков на придорожных деревьях.

Ксантория настенная (*Xanthoriariparietina*) — окрашенный вид, один из самых обычных лишайников. Слоевище имеет вид оранжево-желтых розеток, при затенении оно становится серовато-зеленым. Встречается на коре деревьев, например, осин, на скалах и камнях.

На придорожных и парковых деревьях растет фисция припудренная (*Physciapulverulenta*). Слоевище в форме розетки с диаметром около 15 см, двухцветное: сверху оливково-вокоричневое, снизу темное.

Присутствие кустистых лишайников — свидетельство содержания двуокиси серы не более 0,05 мг/м³.

На березах чаще всего встречается пармелия оливковая (*Paraieliaolivacea*), образующая блестящие, розетковидные слоевища, свисающие в виде бород или низких кустиков, слоевища рода алектория (*Alectoria*).

В лесу бородами свисает уснея (*Usnea*), которая является наиболее

чувствительным видом и растет в лесах только с чистой атмосферой.

С помощью лишайников можно вести биоиндикационный мониторинг двух видов: пассивный и активный.

Пассивный мониторинг включает учет и отклонения от нормы в талломах для эпифитных (растущих на коре деревьев и кустарников) видов.

Активный мониторинг предполагает использование тест-объектов, иногда специально выращенных и привнесенных в изучаемую среду. Для индикации загрязненности воздуха в определенных зонах с помощью лишайников последние срезают вместе с корой деревьев в незагрязненных районах, помещают на специальные стенды и выставляют в обследуемых местах.

Скорость отмирания слоевища регистрируется фотографированием через определенное время.

Самая чувствительная часть в симбиотрофе лишайника — водоросль. Путем микроскопирования определяют процент поврежденных клеток водорослей в теле тестируемого образца. Если это необходимо, определяют содержание хлорофилла.

Таким образом осуществляется контроль над состоянием воздуха и выявляются границы загрязненной территории. Подобные исследования могут проводиться как специальная научная работа, а не только практическое занятие для студентов.

На практическом занятии предлагается метод картирования эпифитных лишайников на территории, разбитой на квадраты определенного размера в зависимости от изучаемой площади. Согласно эмпирически установленным критериям выделяют зоны с разной степенью загрязнения.

Описание задания

I. Перпендикулярно к промышленному объекту или автотрассе через массивы деревьев разместить трансекту длиной до 2 км. На трансекте в удалении от объекта в 100 м, 300 м, 500 м, 1000 м, 2000 м заложить учетные площадки (20x20 м) или большей площади в зависимости от разреженности насаждений.

П. На площадках учитывают:

а) число эпифитных видов или число жизненных форм согласно Д. Меннингу и У.Ф. Фереду (1985):

накипные— порошкообразные, слабо структурированные;

корковые— коркообразные, могут иметь мало корковой ткани, плотно прилегают к субстрату;

чешуйчатые — коркообразные, края приподнятые;

пластинчатые — коркообразные, края бороздчатые и образуют лопасти;

листоватые — таллом листообразный с четкой нижней коркой;

кустистые — прямые волосовидные или кустарниковой формы;

б) определяют площадь покрытия слоевищем каждого дерева (затем суммируется);

в) математически определяют частоту встречаемости каждого вида (жизненной формы) на учетных площадках.

Ш. Вывод: распределяют учетные площадки в соответствующую зону загрязнения (по Федоровой А.И., Никольской А.Н., 1997) (таб. 1).

Для иллюстрации степени загрязнения в зонах в таллуме лишайников можно определить концентрацию серы.

Если наблюдения за состоянием лишайников ведутся на одном древесном массиве из года в год, можно полученные результаты использовать для суждения об изменении качества атмосферы от прошлого к настоящему

Таблица 2. Влияние загрязнения среды на встречаемость лишайников

| Зона загрязне | Оценка встречаемости лишайников | Загрязнение воздуха | Оценка загрязнения |
|------------------|---|--------------------------|------------------------|
| 1 | Лишайники на деревьях и камнях отсутствуют | Меньше 0,5 Больше 0,3 | Сильное загрязнение |

| | | | |
|---|---|-------------------|---------------------|
| 2 | Лишайники отсутствуют. На северной стороне деревьев и затененных местах встречается зеленоватый налет водоросли | Около 0,3 | Довольно сильное |
| 3 | Появление на стволах и у основания деревьев серо-зеленоватых накипных лишайников (фисции, леканоры) | От 0,05 до 0,2 | Среднее |
| 4 | Развитие накипных лишайников, водоросли плеврококкуса, появление листовых лишайников (пармелия) | Не превышает 0,05 | Небольшое |
| 5 | Появление кустистых лишайников | Малое содержание | Воздух очень чистый |

Примечание: в районах с сильной антропогенной нагрузкой зоны 1 и 2 могут быть не выражены.



Пармелия

гипогимния

Занятие 2. Индикация состояния окружающей среды по древесным растениям

Цель: обследовать посадки древесных растений на крупных магистралях города и вблизи предприятий химической промышленности и ТЭЦ.

Работу проводят в начале осени, когда четко видны повреждения на листьях листопадных деревьев. Сравнивают состояние древесных растений в разных по выбросам условиях. В качестве контроля обследуют дворовые посадки или скверы, окруженные плотной застройкой без гаражей и автостоянок, а также загородные парки.

Оснащение занятия: секатор садовый со штангой для подъема его в крону деревьев, бумажные пакеты большого размера.

Описание заданий

I. Характеристика обследуемого участка.

1.1 По карте оценить местонахождение улицы, её направление в соответствии со сторонами света.

1.2 Оценить ширину улицы и наличие высоких домов по её сторонам.

1.3 Определить в течение 30 минут тип транспорта на улице (легковой, автобусы, дизельный, грузовой легкий или средний) и интенсивность движения согласно ГОСТ – 17.2.2.03 – 77:

Низкая интенсивность движения – 2,7 – 3,6 тыс автомобилей в сутки, средняя – 8 – 17 тыс., высокая -18 -27 тыс.

1.4 Отметить близость перекрестка и его положение относительно розы ветров; наличие и условную ширину проходов между домами. Это важно, так как при наличии плотной застройки поток газов концентрируется вдоль домов и сильно вредит зеленым насаждениям. При приближении к

перекрестку автотранспорт замедляет движение и работает на холостом ходу, что сопровождается неполным сгоранием топлива и усиленным выбросом токсических продуктов сгорания.

1.5 Отметить наличие автостоянок, остановок транспорта, светофоров.

1.6 Оценить близость зеленых насаждений к дороге, удаленность, число рядов, номер ряда

1.7 Вид насаждения: уличная 1, 2, 3-рядная посадка, парк, сквер, двор.

1.8 Описать виды древесных пород.

II. Обследование состояния листопадных насаждений.

(Изучить по 15 экземпляров одной породы)

2.1 Отметить фенофазу древесных растений. Различают следующие фенофазы:

Зимний покой. Он начинается осенью, когда у всех листьев изменилась летняя окраска и сформировались почки.

Начало весеннегосокодвижения (весенний плач у берез). После прокола коры в эту фазу появляются капельки сока.

Набухание почек.

Почки заметно увеличиваются в размерах, кроющие чешуйки расходятся.

Распускание почек.

В это время появляются кончики первых листьев или хвоинок.

Развертывание листьев.

Появляются маленькие светлоокрашенные листочки.

Рост побегов.

У сосны — до появления хвоинок; у березы, ольхи, лиственницы — после появления первых листьев; у липы, тополя — после прироста листьев.

Летняя вегетация. Листья приобретают характерную для летнего периода окраску и размер.

Осеннее расцветивание листьев.

Начинается со времени появления первых по-осеннему окрашенных листьев. Первым признаком служит появление в кроне деревьев отдельных веток с полным пожелтением листьев. У хвойных в эту фазу начинается отмирание самых старых листьев — хвои.

Осеннее опадание листьев.

Обычно начинается одновременно с расцветиванием листьев. У тополевых и ольховых — со времени опадания первых зеленых листьев (Елагин, Лобанов, 1979).

Обычно за наступление фенофазы принято считать момент, когда около 40-50% взятой для наблюдения популяции вступило в данную фазу.

2.2 Оценить изменение пигментации листьев.

Изменение окраски листьев в большинстве случаев — неспецифическая реакция на различные стрессоры.

Хлороз — бледная окраска листьев между жилками, появление окрашенных в бледные цвета точек, пожелтение краев или определенных участков листьев. Возникает под воздействием повышенной концентрации тяжелых металлов в почве, различных вредных газов, в том числе фотохимического смога в воздухе, под влиянием хлоридов.

Побурение или побронзовение — у лиственных деревьев часто начальная стадия тяжелых некротических повреждений, у елей и сосен — показатель зоны дымовых повреждений.

Некрозы — отмирание ограниченных участков ткани. Различают точечные, пятнистые, межжилковые, краевые и верхушечные некрозы (рис. 1).

При развитии некрозов сначала изменяется окраска, а затем после гибели клеток пораженные участки высыхают и за счет действия дубильных веществ окрашиваются в бурый цвет у деревьев, а у однодольных выцветают до беловатой окраски.

В этой части работы следует установить не только наличие изменения окраски листьев, но и визуальный приблизительный процент изменений.

3. Учесть наличие поражений вредителями и болезнями. Обычно в условиях специфического микроклимата города при общем снижении иммунитета растений наличие специфических повреждений листьев живыми организмами служит хорошим сравнительным показателем общего состояния зеленых насаждений.

К повреждениям ассимилирующей поверхности листьев и хвои относятся:

*выгрызание — беспорядочное грубое объедание листьев и хвои;

*скелетирование — своеобразное выедание листа с оставлением нетронутой всей сети жилок или только главных, наиболее толстых жилок, иногда, кроме жилок, остается прозрачная пленка эпидермиса;

*частичное объедание: фигурное, дырчатое, изъязвление;

*прокалывание и высасывание листьев и хвои, морфологическими признаками которых служит искривление, скручивание листьев, появление наростов, образование из листьев зимующих гнезд, выедание листьев и хвои под покровом паутины, появление так называемых галлов — опухолевидных образований, вызываемых насекомыми, а также клещами и нематодами, обитающими в растениях. Форма галла настолько характерна для вызывающего образование галла насекомого, клеща или нематоды, что по галлу можно точно определить, каким вредителем вызвано его образование. Насекомое развивается внутри галла и при вскрытии последнего можно обнаружить вредителя в какой-то фазе его развития или следы его пребывания.

*минирование листьев или хвои гусеницами бабочек, личинками мух, некоторых жуков. Так называется повреждение, при котором насекомое выгрызает ходы внутри какого-нибудь органа растений, не выходя наружу (миной называется скрытый ход-подкоп). Мины, как и галлы, имеют разные

размеры, форму, отличаются также расположением экскрементов. Минирующих насекомых определяют чаще всего по минам. Если в задачи исследования включено распознавание вредных растениемядных насекомых, то можно использовать определители по повреждениям (С. Яковлев, 1974).

Мониторинг на уровне практического занятия предполагает констатацию обнаружения на деревьях (листьях) специфических организмов, вступивших во взаимоотношения с питающим их растением.

III. Обследование в зоне промышленных предприятий.

Состояние зеленых насаждений оценить согласно разделу II. Дополнительно собирать информацию о: характере деятельности предприятия, качественном и количественном составе его выбросов, высоте труб, возможной длительности разноса в связи со временем года, розой ветров, климатом и др.

Во время обследования садовым секатором со штангой собрать по 50 листьев для последующей лабораторной работы.

IV. Обобщение результатов обследования.

Группа студентов после обследования разных участков по заданию преподавателя обменивается информацией и описывает картину повреждения древесных пород в тех или иных экологических условиях, обосновывая причины различия в повреждениях, характеризует повреждения разных пород деревьев и выясняет степень устойчивости пород к загрязнению окружающей среды.

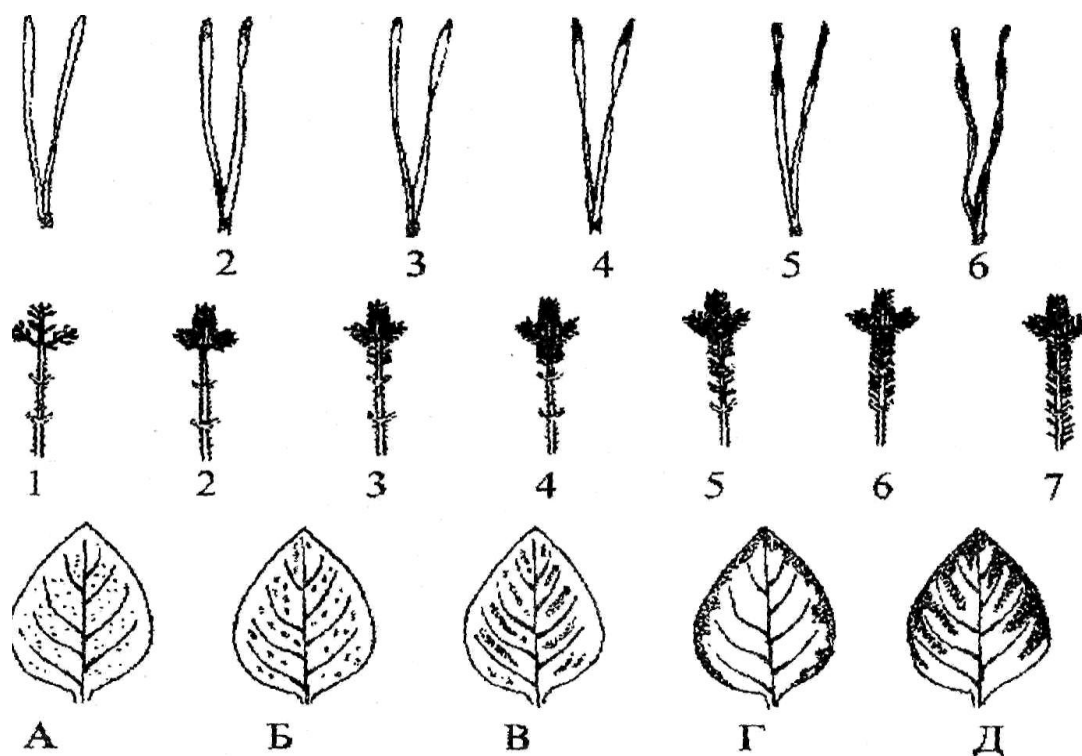


Рис. 1. Бонитировочная шкала некрозов на хвое и листьях (по Jager, 1980) и формы некрозов на листьях двудольных:

- а) шкала развития верхушечных некрозов хвои;
- б) шкала продолжительности жизни сосновой хвои, лет;
- в) шкала развития некрозов на листьях: А — точечные некрозы, Б — пятнистые некрозы, В — межжилковые некрозы, Г — краевые некрозы, Д — тип «рыбьего» скелета

Занятие 3. Определение площади листьев у лиственных деревьев в разных по чистоте воздуха ареалах

Растения являются первоисточником существования и развития жизни на Земле в первую очередь благодаря фотосинтезу. Но в прямой зависимости от растений находится и формирование газового состава атмосферного воздуха, что определяет жизнь всех гетеротрофов-аэробов, в том числе и человека. Зеленые растения в процессе фотосинтеза выделяют около $50-10^{11}$ т свободного кислорода в год. Кроме этого, растения разными способами осуществляют детоксикацию вредных веществ. Некоторые из вредных веществ подвергаются превращению в клетках растений до нетоксических продуктов, другие необратимо связываются в органоидах клеток. Поэтому роль растений в городской экосистеме с этой точки зрения имеет огромное значение. Биосинтетические процессы в растениях определяются благоприятным сочетанием влагоснабжения, светового и почвенного питания. Но их продуктивность в наибольшей мере зависит от того ресурса, который недостаточен или который находится в избытке. Такой ресурс называется лимитирующим (т.е. ограничивающим) фактором. Для описания ответной реакции фотосинтеза на внешние условия, в том числе на наличие загрязняющих веществ в атмосфере и почве городской экосистемы, можно измерять газообмен. Но гораздо проще для характеристики роста и чистой продуктивности растений определить величину их ассимилирующей системы по площади листьев. Для такого простейшего анализа нужны весы, бумага и калькулятор.

Площадь поверхности листьев определяют с помощью светочувствительной бумаги, миллиметровой бумаги и планиметрически. Подсчитывают ассимилирующую поверхность и весовым методом.

Весовой метод, модифицированный Л.В. Дорогань(1994), положен в основу данной практической работы.

Рост и размеры листьев подчиняются закону вариационного ряда. Чтобы

избежать ненужного варьирования размеров листа в зависимости от возраста, освещенности, почвенно-микrokлиматических и других условий, частота измерений и размеры выборки при отборе образцов должны быть большими.

Оснащение занятий: гербарные сетки, секатор со штангой для сбора листьев с деревьев, листы тетрадной бумаги в клетку, линейка, ножницы, бумажные пакеты, аналитические весы.

Описание задания

а) В сентябре следует собрать листья тополей и берез, растущих в промышленных, парковых и пригородных зонах города.

Срезать по 50 листьев с каждого учетного участка примерно на высоте 2 м на разных деревьях.

В лабораторных условиях листья засушить, написать этикетки и оставить для работы зимой.

б) Работа основана на предварительном вычислении переводного коэффициента для площади листьев каждого вида древесных растений.

При вычислении переводного коэффициента массу квадрата бумаги сравнить с массой листочка, имеющего ту же длину и ширину. Вначале следует взять лист тетрадной бумаги и на него приложить листочек дерева так, чтобы центральная жилка располагалась по диагонали. Контуры обрисовать и очертить квадрат, равный длине и ширине взятого листочка.

Квадрат бумаги вырезать, взвесить и вычислить его площадь. Из квадрата вырезать контур листа и также взвесить. Вычислить переводной коэффициент по формуле:

$$K = Sл/Sкв$$

$$Sл = Pл * Sкв / Pкв,$$

где Pл — масса квадрата бумаги или листочка;

S — площадь квадрата или листочка

Чтобы вычислить переводной коэффициент, пригодный для средних расчетов, необходимо измерить 8-10 листьев.

Для березы, по данным автора методики, $K = 0,64$ для тополей — от 0,60 до 0,66.

в) Затем у оставшихся 40 листьев измерить длину (А) и ширину (Б) и определить площадь (S_i):

$$S_i = A * B * K.$$

г) Полученный ряд разбить на группы по размеру площади (6-8 групп).

Определить частоту встречаемости листьев для каждой группы площади и построить график. По горизонтальной оси откладывать встречаемость (шт.), по вертикальной – соответствующую площадь ($см^2$).

Данные усреднить, сравнив кривые сделать вывод об условиях произрастания растений в черте города и за его пределами.

Занятие 4. Определение обводненности хвои как индикационного признака состояния городских экосистем

Одним из показателей напряженности физиологического режима растений является обводненность тканей и фотосинтезирующих органов. Так, количество удерживания воды в хвое в целом отражает состояние водного режима древесных растений.

Как известно, все живые и проводящие ткани связаны между собой порами, мембранами и плазмодесмами и образуют единую систему с локально разными потенциалами давления. В этой системе вода играет определяющую роль. Гидратируя белки и нуклеопротеиды с помощью водородных связей, вода становится частью протоплазмы и составляет примерно 75-85% от её сухой массы, т.е. свободная вода превращается в «структурированную». Воду, молекулы которой сцепляются только между собой, называют свободной. Она более подвижна, способна совершать работу и покидать растения в процессе суммарного испарения. «Структурированная» вода— это та связанная вода, которая сопротивляется свободной диффузии и транспирации. Эта вода сохраняет нуклеопротеиды и эндоплазматическую сеть от воздействия неблагоприятных факторов среды.

Обводненность тканей — важнейший показатель физиологической устойчивости растения, его способности адаптироваться к изменяющимся условиям среды. Для поддержания гомеостаза на уровне с удовлетворенной гидратацией тканей хвойные адаптируются, используя оригинальные морфофизиологические и термодинамические особенности — восковой покров на хвое, способность к адсорбции атмосферной влаги и др. (Чернышев, 1996).

На годичную динамику и кратковременные колебания величин обводненности тканей, особенно на количество свободной воды, существенно влияют внешние условия. Растения, особенно хвойные, вынуждены сопротивляться обезвоживанию на «два фронта»: растение-воздух и растение-

почва. Критический период в обводненности тканей хвои длится около 2 месяцев — с мая по июнь. Но заметное падение содержания воды в хвое начинается уже с конца марта. Особенно опасен водный дефицит в июне. Виды, обладающие высокой морозоустойчивостью, наиболее чувствительны к водному дефициту.

Влияние неблагоприятных экологических факторов среды на ткани хвои в сочетании с их обезвоженностью в марте — июне чаще приводит к физиологическому ослаблению хвойных видов, чем в зимнее время, когда в хвое наблюдается высокое содержание воды. Подобное влияние в этот период может способствовать усыханию хвойных древостоев.

Снимки в инфракрасных лучах, полученные со спутников, наглядно демонстрируют в городах, особенно в центральных частях, наличие «теплых островов». Поверхность, которая покрыта асфальтом или бетоном, поглощает и удерживает тепло лучше, чем почва и растительность, и медленнее отдает его в ночное время.

Играет роль и еще один фактор: выброс тепла в окружающее пространство от кондиционеров воздуха и утечка тепла из различных строений и жилых зданий. Загрязнение атмосферы над трассами тоже вносит свой вклад, поскольку двуокись углерода, водяной пар и различные аэрозольные частицы поглощают и переизлучают часть длинноволнового излучения. Поэтому в центральной части любого города создаются зоны, где температура воздуха на несколько градусов выше, чем в открытой части города, а относительная влажность ниже.

На асфальтированных улицах и в условиях утрамбованного грунта выпадающие осадки стекают, что способствует недостаточному увлажнению корневых систем древесных растений. В условиях повышенных температур и низкой влажности поступившая из корней влага быстро транспирируется. Кроме этого, от потока проходящего автотранспорта наблюдается сильная запыленность. В связи с этим в хвое меняется тургор и наблюдается обезвоживание клеток.

В данной лабораторно-практической работе предлагается оценить простой, но надежный показатель — содержание воды в хвое в разных экологических условиях

как индикационный признак состояния городских экосистем.

Оснащение задания: секатор с длиной ручкой до 2м, весы с разновесами, сушильный шкаф, полиэтиленовые и бумажные пакеты.

Описание задания

Студентам предлагается обследовать посадки хвойных деревьев 1-2 пород, часто встречающихся среди уличных посадок, в разных экологических условиях.

а) Образцы хвои следует отбирать у нормально развитых экземпляров подроста высотой около 2 м. Желательно использовать хвою второго года вегетации, чтобы исключить анатомический эффект, четко проявляющийся у молодой, активно растущей хвои. Число повторностей с одного места учета— не менее 3. Отобранную хвою поместить в полиэтиленовые пакеты.

В лаборатории образец хвои переложить в бумажные пакеты, подписать и взвесить вместе с пакетом.

б) Хвою следует высушить в электротермостате (сушильном шкафу) при температуре 105°C до постоянной массы, перенести пакеты в эксикатор с хлоридом кальция, где они будут храниться до следующего практического занятия.

в) Студентам необходимо взвесить хвою вместе с бумажным пакетом, затем хвою убрать и взвесить пустой пакет. Результаты занести в табл. 2.

Таблица 3. Схема записи

| Место взятия образца | Масса пакета с сырой хвоей, г | Масса пакета с сухой хвоей, г | Масса пустого пакета, г |
|-------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| | | | |

Вычислить влажность хвои в процентах: $X = a * 100 / b$,

где X — влажность хвои; a — масса испарившейся влаги; b — масса сухой хвои.

Данная методика вполне приемлема для сравнительного определения содержания остаточной влаги в листовых органах после *их сушки*.

г) На основании обмена полученными данными между группами студентов сделать заключение о состоянии окружающей среды в местах взятия образцов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исидоров В.А. Введение в химическую экотоксикологию. – СПб.: Химиздат. – 1999.-
2. Наплекова Н.Н., Коробова Л.Н., Тепляков Б.И. Экология для практических занятий в ВУЗах: учебное пособие. – Новосибирск. – 1999. – 180с.
3. Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды. – М: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС. -2001. – 288с.
4. Черников В.А., Чекерес А.И. Агрэкология. – М.: КолосС. – 2004. – 400с.

Дмитриева Е.Ш. Матвеева Н.В. Методические указания по выполнению лабораторных работ по курсу «Экология» для бакалавров направлений:

35.03.03-«Агрохимия и агропочвоведение»,

35.03.03- «Агрономия»,

21.03.02-«Землеустройство и кадастры»,

13.03.01- «Теплоэнергетика и теплотехника»,

13.03.02-«Электроэнергетика и электротехника»,

23.03.03- «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»

Лицензия на издательскую деятельность

ЛР №070444 от 11.03.98 г.

Изд. №102

Заказ №

Тираж 80экз

Издательство ИркутскийГАУ,
664038, Иркутская область, Иркутский район,
пос. Молодежный