

## ФИТОИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ УРБОСИСТЕМ

Е. В. Рассадина, кандидат биологических наук, доцент кафедры общей экологии  
Ульяновский государственный университет

**Ключевые слова:** экосистема, урбоэкосистема, оценка состояния окружающей среды, растения-индикаторы.

**Key words:** *ecosistem, urboecosistem, estimation of the condition surrounding ambience, plants-indicators.*

---

В статье рассматриваются вопросы оценки состояния урбосистем с помощью растений-индикаторов.

---

Антропогенное воздействие на окружающую среду с каждым годом возрастает не только по масштабам, но и по видам воздействий. В природную среду поступает огромное количество веществ, которые продолжают свою самостоятельную «жизнь», образуя соединения с другими веществами, зачастую усиливая за счет этого воздействие на окружающую среду. Это имеет отношение и к химическим соединениям, физическим полям и возмущениям в информационной сфере. Наладить аналитический контроль за отдельными видами воздействий дорогостоящее занятие, и тем более сложно наладить такой контроль за жизненным циклом воздействий в окружающей среде.

Для получения объективной картины состояния природной среды необходимо исследование в двух направлениях. Во-первых, должны совершенствоваться методы инструментального химического анализа, во-вторых, целесообразно более широкое использование метода оценки абиотических и биотических факторов местообитания при помощи биологических систем. Такой метод называется биоиндикацией.

Биоиндикация - это обнаружение и определение биологически и экологически значимых антропогенных нагрузок на основе реакций на них живых организмов и их сообществ [3].

Биологические методы позволяют получать сведения о непосредственной реакции организмов, сообществ или эко-

систем на естественные или антропогенные изменения, поскольку биота реагирует даже на незначительные изменения внешних условий.

Методы биологической индикации, т.е. оценки состояния окружающей среды по реакциям живых организмов, являются одними из самых актуальных и интенсивно разрабатываемых в промышленно развитых странах.

Биоиндикация качества наземных экосистем возможна по различным видам и сообществам растений и животных. В наших исследованиях удовлетворительные результаты были получены при изучении высших растений.

У растительного организма органогенез происходит в процессе непрерывного взаимодействия генома и экологических факторов внешней среды через систему биохимических реакций. Именно благодаря этому оказывается возможным феномен биоиндикации и фитоиндикации, в частности.

Биоиндикатор (от лат. *Indicator* – указатель) – группа особей одного вида или сообщества, по наличию или по состоянию которых, а также по их поведению судят о естественных и антропогенных изменениях в среде [4].

В качестве биоиндикаторов используются животные, растения, бактерии, вирусы.

Среди растений наиболее распространены биоиндикаторы: белая горчица (*Sinapis alba* L.), озимая и яровая пшеница (*Triticum aestivum* L.), овес

(*Avena L.*), гречиха (*Fagopyrum L.*), огурец (*Cucumis L.*), кресс-салат (*Lepidium sativum L.*), соя (*Glycine L.*), лен (*Linum L.*), ежа сборная (*Dactylis glomerata L.*)

Если говорить о древесных породах, то следует отметить, что в условиях городских экосистем при большой нагрузке автотранспорта на улицы наиболее сильно реагируют на антропогенные воздействия такие древесные породы, как клен платановидный, все виды лип, ель обыкновенная и сосна обыкновенная. Они могут служить биоиндикаторами, хотя на ряд антропогенных факторов реагируют в той или иной степени все виды.

Изучение механизмов ответных реакций растений на действие промышленных отходов – одна из возможностей диагностики различных стадий развития патологических процессов, а также долгосрочного прогноза повреждений растительности в условиях техногенного загрязнения.

Реакция биоты на антропогенное воздействие определяется по совокупности морфометрических, физиологических, биохимических и других признаков, характеризующих ее состояние. Сообщества и экосистемы реагируют на внешние факторы изменением пространственной и видовой структуры, которое может быть выражено количественными показателями. В качестве наиболее чувствительных показателей нарушений экологического равновесия и устойчивости экосистем следует использовать биометрические показатели, которые позволяют проводить раннее выявление неблагоприятных экологических воздействий и принимать своевременные меры по ограничению антропогенных нагрузок на экосистемы задолго до возникновения критических, необратимых ситуаций.

Биоиндикация позволяет выявить суммарный эффект, учитывающий явления синергизма, эмерджентности, ингибирования, биологического накопления.

Биоиндикация имеет существенные преимущества перед инструментальными методами тестирования: она позволя-

ет наглядно определять результат реакции живого организма на экологическую нагрузку в конкретной точке окружающего пространства.

В наших исследованиях в качестве биоиндикаторов использовались два растения – кресс-салат (*L. sativum L.*) и липа сердцевидная (*Tilia cordata L.*)

**Цель работы:** определение степени антропогенной нагрузки на территорию методами фитоиндикации.

Кресс-салат – однолетнее овощное растение, весьма чувствительное к загрязнению среды тяжелыми металлами и выбросами автотранспорта. Под влиянием загрязнителей могут изменяться корни и побеги этого растения, нарушается всхожесть семян. Ввиду простоты выращивания и биоиндикационного использования кресс-салат весьма удобный объект биомониторинга [2].

**Материалы и методы исследования.** Вначале предварительно проверили семена кресс-салата на всхожесть. За четверо суток проросло 93% семян, при этом норма - 90-95%.

Затем провели оценку загрязнения субстрата. Пробы почв были взяты: контрольная проба - в парке «Прибрежный» (Новый город), анализируемая проба - возле автодороги по улице Гончарова (центр города Ульяновска). Образцы почв поместили в одинаковые емкости. Исследование почв проводили параллельно. Для работы были отобраны 100 семян кресс-салата, по 50 в каждую емкость. Семена сажали на одинаковую глубину и расстояние друг от друга. Длительность эксперимента составила 15 дней. В течение этих дней наблюдали за прорастанием семян, поддерживая влажность субстрата на одном уровне. Уже на третий день после посадки были зафиксированы ровные всходы. По окончании эксперимента было подсчитано количество растений кресс-салата в каждой пробе и исследованы морфологические признаки каждого растения (длина корня, длина стебля, количество листьев, длина среднего листа, длина боковых листьев,

количество корневых отростков). Для большей точности опыта была проведена вторая повторность.

Для исследований были также взяты листья липы вдоль дорожных трасс в центре города по улице Гончарова. В качестве контроля взяты листья в парке «Прибрежный» Заволжского района, который находится на окраине города, и где нет дорожных трасс (было собрано по 20 листьев с 20 деревьев).

Некроз листьев липы, березы тесно связан с загрязнением от соли, применяемой для таяния льда, с действием выхлопных газов автомобилей. Листья собирали в июле-августе вдоль автомагистралей, а затем рассматривали и зарисовывали.

Липа весьма чувствительна к загрязнению почвы солями, попадающими сюда вместе с песком в зимний период. Показателем реакции является краевой хлороз на листьях, поэтому по величине повреждения листовых пластинок липы можно судить о степени засоления газонов.

При выполнении работы были внимательно осмотрены листья лип, растущих вдоль улицы Гончарова и в парке «Прибрежный», зафиксированы все повреждения листовой пластинки по следующей шкале:

- На крае листа имеется узкая желтая полоска – первая степень загрязнения почвы (в почве отмечаются следы соли),
- Сильный хлороз проявляется в виде широкой краевой полосы – вторая степень загрязнения почвы (в почве наблюдается среднее количество соли),
- Обширный краевой некроз с желтой пограничной полоской – третья степень загрязнения,
- Большая часть листовой пластинки отмирает – четвертая степень загрязнения (количество соли в почве крайне велико и граничит с пределами выносливости вида).

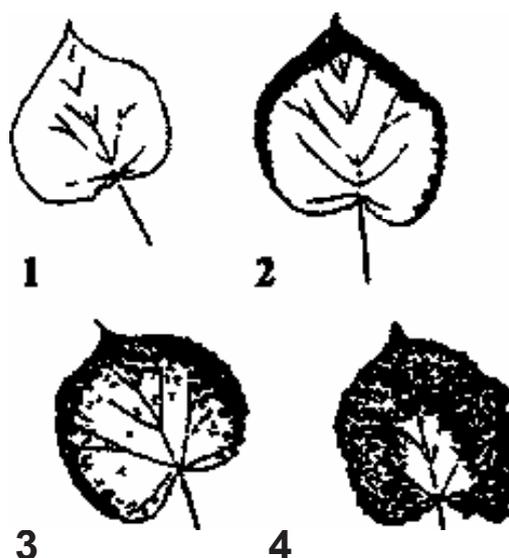


Рис. Краевые некрозы листьев: 1 – поврежденный нет; 2 - хлороз по краю листовой пластинки; 3 – краевой некроз листовой пластинки; 4 - обширный некроз с последующим отмиранием листа

Кроме того, использовался числовой способ для определения асимметрии вершины простого цельного листа. Особенность его заключается в том, что в верхней части листа левый край листовой пластинки соединяют с осью листовой пластинки отрезком длиной в 1/3 часть ширины листовой пластинки, располагая отрезок перпендикулярно оси листа. То же делают с правой стороны листа. Затем определяют расстояние на оси листа между точками соединения указанных отрезков с осью листа, рассчитывают отношение полученной величины к ширине листовой пластинки и используют его в качестве коэффициента асимметрии ( $K_a$ ) вершины листа.

$$K_a = b/X,$$

где:  $b$  – расстояние между точками соединения двух отрезков, равных каждый 1/3 ширины листовой пластинки, с осью листа и расположенных в верхней части листовой пластинки слева и справа от оси листа перпендикулярно к оси листа и контактирующих своими концами с одной стороны с осью листа, а с другой стороны с левым и правым краями листовой пластинки;  $X$  – ширина листа [1].

*Сравнение параметров листьев липы, собранных на участках с разной степенью антропогенной нагрузки*

Места сбора проб	Встречаемость хлорозов, %	Встречаемость некрозов, %	Дефолиация, %	Изменение жизненной формы растений, %
ул. Гончарова	78	46	15	2
парк «Прибрежный»	-	-	-	-

**Результаты исследований.**

Исследования почвы по морфологическим изменениям кресс-салата показали следующее. В первой повторности всхожесть семян в контрольной пробе составила 85%, во второй повторности - 92%. Среднее значение – 88,5%. Это означает, что почва, взятая в парке «Прибрежный», не имеет загрязнения.

Всхожесть семян в анализируемой пробе в двух повторностях составила 48% и 62%. Среднее значение - 55%. Это уже свидетельствует о наличии среднего загрязнения (почва, взятая в сквере возле автодороги по улице Гончарова).

Что касается морфологических признаков, то здесь нами тоже были обнаружены различия. Длина стебля в анализируемой пробе в обеих повторностях оказалась в среднем меньше в 1,2 раза по сравнению с контрольной, различия достоверны. А вот длина корня в анализируемой пробе оказалась больше в среднем в 1,5 раза, различия достоверны. Количество листьев одинаково в обеих пробах (см. таблицу).

На листьях липы (улица Гончарова) наблюдался обширный краевой некроз с желтой пограничной полоской.

Были отмечены также краевые некрозы. Пожелтение участков листьев характерно для лиственных деревьев при засолении почвы хлоридами.

Наблюдалось и явление дефолиации. Происходит опадение листвы от избыточного загрязнения почвы солями для таяния льда.

Кроме того, отмечалось изменение формы и количества органов, а также изменение положения органов.

В единичных случаях регистрировалось явление изменения жизненной фор-

мы растения. Кустовидная или подушечная форма роста свойственна деревьям, особенно липе, при сильном устойчивом загрязнении воздуха.

Отмечалось изменение жизнедеятельности. Обычно это сопровождается изреживанием кроны и уменьшением прироста.

Кроме того, отмечалась и бледная окраска листьев.

Для листьев липы контрольной группы (парк «Прибрежный») была характерна яркая окраска. Отсутствовали пожелтение, дефолиация, изменение формы, количества и положения органов. Жизненные формы органов и жизнедеятельность растений в целом находились в пределах нормы.

Еще одним показателем неблагоприятной экологической обстановки является наличие деревьев с двумя стволами (дихотомии), в норме таких деревьев должно быть не более 20%, на центральных улицах города количество таких деревьев достигает 70%.

Исследуя характер повреждения листьев в центре города на улице Гончарова, и сравнив их с листьями парка «Прибрежный», можно сделать вывод, что, в целом характер повреждений листьев лип, растущих на улице Гончарова, свидетельствует о третьей степени загрязнения почв.

Что касается методики определения коэффициента асимметрии вершины листа, то следует отметить, что у лип, растущих в парке «Прибрежный»  $K_a=1,355\pm 0,5$  (мм), а у лип, растущих на улице Гончарова –  $K_a=1,940\pm 0,6$  (мм), т.е. коэффициент асимметрии вершины листа выше у лип, растущих на улице Гончарова, разница статистически досто-

верна.

Можно сделать заключение, что биоиндикация - это очень простой, доступный и в тоже время точный метод определения уровня загрязнения субстрата. Таким образом, использование организмов, реагирующих на загрязнение среды обитания изменением визуальных признаков, имеет ряд преимуществ. Оно позволяет существенно сократить или даже исключить применение дорогостоящих и трудоемких физико-химических методов анализа. Биоиндикаторы интегрируют биологически значимые эффекты загрязнения. Они позволяют определять скорость происходящих изменений, пути и места скопления в экосистемах различных токсикантов, делать выводы о степени опасности для человека и полезной биоты конкретных веществ или их сочетаний.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Фитоиндикационное исследование почвы с помощью кресс-салата показало, что почва парка «Прибрежный» может быть отнесена к категории «отсутствие загрязнения», а почва, взятая на улице Гончарова, – «средняя степень загрязнения».

2. Характер повреждений листьев лип, растущих на улице Гончарова, свидетельствует о третьей степени загрязнения почв.

3. Методика оценки солевого загрязнения почв городских газонов по ли-

стьям липы проста и доступна, поэтому ее можно использовать при проведении летних учебных практик по экологии, использовать для оценки состояния среды на особо охраняемых природных территориях и т.д.

4. Благодаря своей чувствительности к загрязнениям липа является ценным биоиндикационным видом, но это же ее свойство значительно снижает декоративность липы при посадках в городских парках, поэтому при озеленении городских улиц лучше использовать тополя, как более устойчивые к загрязнению виды.

5. Коэффициент асимметрии вершины листа выше у лип, растущих на улице Гончарова, разница статистически достоверна.

#### *Литература:*

1. Андреева М.В. Изменение морфологического строения листьев у деревьев в районах с различным уровнем загрязнения атмосферы // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Сб. докл. молодых ученых. – Вып. 13. – СПб.: СпбЛТА, 2007. – С. 13-14.

2. Климентова Е.Г., Громов Л.М. Биодиагностика и биоиндикация почв: Учебно-методич. пособие – Ульяновск: УлГУ, 2004. - 64 с.

3. Криволуцкий Д.А. Почвенная фауна в экологическом контроле / Д.А. Криволуцкий – М.: Наука, 1994 – 256 с.

4. Шуберт Р. Биоиндикация загрязнения наземных экосистем - М.: Мир, 1988.- 346 с.