

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СРЕДЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ МЕТОДОМ ДЕНДРОИНДИКАЦИИ

Порожняк Л.А.¹, Жадан О.О.¹

¹ФГОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», Белгород, Россия (308012, Белгород, ул. Костюкова, 46), e-mail: lporzhenyuk@yandex.ru.

Комплекс действия неблагоприятных экологических факторов на живые организмы можно оценить методами биодиагностики. Такими методами являются, в частности, дендроиндикация по флуктуирующей асимметрии листовой пластины растения и изменение содержания растительного пигмента хлорофилла. Биоиндикационным показателем качества среды также может стать содержание тяжелых металлов в вегетативных частях растения. Объектом исследования выбрана береза повислая, имеющая широкий ареал распространения и являющаяся типичным представителем флоры изучаемой территории. Отборы проб вегетативных частей растения производили в сельской и городской местностях в условно «чистой» и «грязной» зонах. Результаты исследования показали существование определенной зависимости между загрязнением среды и тест-реакциями организма.

Ключевые слова: техногенное загрязнение, биоиндикация, дендроиндикация, флуктуирующая асимметрия, хлорофилл, компонентный состав, фотометрия, рентгено-флуоресцентный анализ.

ASSESSMENT OF ENVIRONMENT CONDITION OF THE URBANIZED AREAS BY METHOD OF DENDROINDICATION

Porozhnyuk L.A.¹, Zhadan O.O.¹

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia (308012, Belgorod, street Kostjukov, 46) , e-mail: lporzhenyuk@yandex.ru

The complex of impacts of adverse ecological factors on living organisms can be assessed by methods of biodiagnosics. Among such methods there are dendroindication by the fluctuating asymmetry of the lamina of a plant and alteration of the plant pigment (chlorophyll) content. The content of heavy metals in the vegetative parts of plants can also be a bioindicative marker of environmental quality. As an object of research there was chosen drooping birch which has a wide habitat and is a typical representative of the territory under study. Samples of vegetative parts of plants were selected both in rural and urban areas in conditionally clean and conditionally contaminated zones. The findings of the research have shown certain dependence between the environmental pollution and test reactions of an organism.

Keyword: technogenic pollution, bioindication, dendroindication, fluctuating asymmetry, chlorophyll, composition, photometry, X-ray fluorescence analysis.

Методы ранней биодиагностики техногенно загрязненных территорий позволяют достаточно достоверно оценить весь комплекс действия неблагоприятных экологических факторов [3]. Для получения достоверных результатов в ходе исследования необходимо использовать большую выборку тест-объекта, и, следуя правилу «методы разные – результат один», применять разные способы исследования.

Одной из перспективных методик оценки качества среды является дендроиндикация по флуктуирующей асимметрии листовой пластины древесных насаждений [4]. Флуктуирующая асимметрия – это различия между правой и левой сторонами морфологических структур. Такие различия обычно являются ответной реакцией растительного организма на изменения экологических факторов.

Оценка флуктуирующей асимметрии хорошо зарекомендовала себя при определении общего уровня техногенного воздействия. Растения, произрастающие в течение всей жизни на определенной территории, ассимилируют весь комплекс стрессовых факторов: от климатических до воздействия химических загрязнителей [2].

Загрязнение среды, и, прежде всего, атмосферы, сказывается и на фотосинтетической способности растений. Это позволяет при оценке экологического состояния среды использовать такой биоиндикационный показатель как изменение содержания растительного пигмента хлорофилла, наиболее распространенного в двух молекулярных формах (хлорофилл «*a*» и хлорофилл «*b*»). Показано, что произрастание на загрязненной территории сопровождается понижением концентрации пигментов в листьях независимо от степени чувствительности растения, но у устойчивых видов степень снижения меньше [5].

Растения могут поглощать из окружающей среды и накапливать загрязнители различной химической природы, в том числе и тяжелые металлы. Поглощение может происходить не только посредством корневой системы, но и при участии вегетативных органов. Содержание тяжелых металлов в вегетативных частях растения также может стать биоиндикационным показателем качества среды.

Методы исследования. В качестве объекта исследования использовались листья берёзы повислой (*Betula pendula* Roth.) с четкими и удобно учитываемыми признаками вида-биоиндикатора качества среды.

Отбор проб вегетативных органов Березы повислой производили в городской и сельской местности в условно «чистой» и условно «грязной» зонах. К «грязным зонам» были отнесены промышленный район западной части г. Белгорода и район арматурного завода поселка Ракитное Белгородской области. Условно «чистыми» являлись парковая зона БГТУ им. В.Г. Шухова и парк поселка Ракитное Белгородской области [1]. В каждой зоне выбиралось по 10 деревьев на равноудаленном расстоянии друг от друга. От каждого дерева отбирали по 5 листьев с разных сторон света.

Перед анализом листья промывали водопроводной, а затем дистиллированной водой для смыва внешних загрязнений и подсушивали.

Для выявления флуктуирующей асимметрии устанавливали ненаправленные различия между правой и левой (*R - L*) сторонами различных морфологических структур, в норме обладающих билатеральной симметрией: ширина половинки листа (1), длина 2-й жилки второго порядка от основания листа (2); расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка (3); расстояние между концами этих жилок (4); угол между главной жилкой и второй от основания жилкой второго порядка (5) [1].

Суммарное содержание хлорофиллов «*a*» и «*b*» определяли в спиртовой вытяжке с

дальнейшим колориметрированием на «ФЭК-2» с красным светофильтром и с использованием кюветы шириной 1 см. Для построения калибровочной прямой в качестве стандартного использовали раствор Гетри, который по светопропусканию колориметрически эквивалентен раствору хлорофилла. Раствор сравнения представлял собой этиловый спирт с концентрацией 96%. Суммарное содержание хлорофилла (a+b), выраженное в мг/г сырой массы, рассчитывали по формуле:

$$C_{xl} = \frac{C_{кал} \cdot V}{m},$$

где C_{xl} – концентрация хлорофилла, мг/г; $C_{кал}$ – концентрация хлорофилла, найденная по калибровочному графику, мг/л; V – объем экстракта, мл; m – масса навески листьев, г.

Минеральный компонентный состав листьев изучали методом волнового рентгенофлуоресцентного анализа на спектрометре ARL 9900. Пробы предварительно высушивали, затем озоляли сухим способом в муфельной печи при температуре 900°C.

Результаты исследований. На основании проведенных замеров параметров листьев, отобранных в разных зонах городской и сельской местности, были определены средние арифметические значения для расчета коэффициентов флуктуирующей асимметрии (табл. 1).

Таблица 1

Средние арифметические значения показателей флуктуирующей асимметрии

Показатель асимметрии	Парк поселка Ракитное	Арматурный завод поселка Ракитное	Парк БГТУ им. В.Г. Шухова	Белгородский цементный завод
Y, относительная величина асимметрии по каждому листу для данного признака левого и правого сектора листа	7,012	9,678	8,098	5,06
Z, среднее значение показателя асимметрии листа по пяти признакам.	0,7981	1,066	6,0379	0,774
A, среднее арифметическое всех величин асимметрии	0,01	0,079	0,056	0,077

Полученные средние арифметические значения сравнивали с нормативными и модифицированными величинами (табл. 2).

Установлено, что «чистая» зона сельской местности характеризуется условно-нормальным состоянием среды. В то время как в аналогичной зоне урбанизированной территории, где наблюдается совместное влияние автотранспорта и промышленных предприятий, отмечаются существенные отклонения от нормального состояния среды.

Таблица 2

Показатели флуктуирующей асимметрии листовой пластины Берёзы повислой в различных зонах

Исследуемый участок	Среднее значение коэффициента ФА	Нормативная величина коэффициента ФА	Модифицированная величина коэффициента ФА	Балл	Состояние среды
Условно «чистая» зона					
Парк поселка Ракитное	0,010	<0,040	<0,025	I	Условно нормальное
Парковая зона БГТУ им. В.Г. Шухова	0,056	0,050 – 0,054	0,060 – 0,080	IV	Существенные отклонения
Условно «грязная» зона					
Арматурный завод поселка Ракитное	0,079	>0,054	>0,080	V	Критическое состояние
Цементный завод г. Белгорода	0,077	>0,054	>0,080	V	Критическое состояние

Зоны, подвергаемые воздействию промышленных предприятий, как в сельской, так и городской местности, характеризуются критическим состоянием.

Техногенное воздействие загрязняющих веществ находит отклик не только в изменении морфологических признаков растений, но отражается, прежде всего, на биохимических процессах в клетках. В этом случае чувствительной тест-реакцией на воздействие может стать биосинтез и, как следствие, содержание молекул хлорофилла в растительной биомассе. Результаты по определению содержания хлорофилла в листьях Берёзы повислой приведены в табл. 3. Отмечается значительное снижение концентрации хлорофилла в условно «грязных» зонах относительно «чистых» в 1,6 для сельской местности и 4,9 раза для городской местности.

Таблица 3

Содержание хлорофилла в листьях

Исследуемая территория	Содержание хлорофилла, мг/л	
	Условно «чистая» зона	Условно «грязная» зона
Поселок Ракитное	0,85	0,52
Город Белгород	0,78	0,16

Уменьшение содержания хлорофилла может быть обусловлено, в том числе техногенным загрязнением среды тяжелыми металлами, которые, согласно литературным данным, ингибируют процессы фотосинтеза, нарушая синтез фотосинтетических ферментов. Среди металлов, вызывающих наиболее тяжелые нарушения синтеза фотосинтетических ферментов, отмечают кадмий, медь, свинец. В табл. 4 приведены значения по процентному

содержанию некоторых металлов в пробах листьев *Betula pendula* Roth, отобранных в различных зонах.

Таблица 4

Содержание металлов в биомассе растений исследуемых зон

Наименование металлов	Содержание металлов в биомассе растений исследуемых зон, %			
	Условно «чистая»		Условно «грязная»	
	Парк поселка Ракитное	Парковая зона БГТУ им. В.Г. Шухова	Арматурный завод поселка Ракитное	Цементный завод г. Белгорода
Ca	47.40±0,25	58.88±0,25	58.70±0,25	59,48±0,25
Mg	2,78± 0,08	6,29± 0,12	7,02 ± 0,13	11,81± 0,16
K	40,38±0,25	20,92±0,20	18,40±0,19	10,86±0,16
Zn	0,132± 0,007	5,03± 0,11	2,54 ±0,08	7,08 ± 0,13
Mn	0,176± 0,009	0,309± 0,015	0,414± 0,021	0,611± 0,030
Al	0,336±0,17	0,580±0,029	0,603±0,030	0,627±0,031
Fe	0,847± 0,042	0,820± 0,041	1,28±0,06	0,417± 0,021
Pb	0,0168±0,0033	0,0365± 0,0052	0,0446±0,0065	0,0799±0,0097
Ni	-	-	0,0124±0,0052	-

Анализируя данные можно отметить высокий уровень содержания кальция во всех растительных пробах, что обусловлено, вероятно, особенностями почв Белгородской области, представленными широким спектром от черноземов типичных до карбонатных и остаточно карбонатных (меловых) пород. Такие элементы как Zn, Mn, Al, Fe, Pb, Ni являются для растений физиологически необходимыми. Но увеличение их содержания в растительных пробах «грязных» зон по сравнению с условно «чистыми» отражает возрастающий характер техногенного воздействия промышленного производства.

Заключение. Полученные результаты позволяют утверждать существование определенной зависимости между загрязнением среды и такими биоиндикационными показателями как содержание хлорофилла в растительной биомассе и флуктуирующей асимметрии листовой пластинки. Одной из составляющих причин отклонения биоиндикационных показателей от нормы может стать повышенный уровень тяжелых металлов в условно «грязных» зонах. Наиболее сильное угнетение испытывает экосистема урбанизированных территорий находящаяся в зоне прямого техногенного воздействия.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012-2016 г.г. (№2011-ПР-146).

Список литературы

1. Жадан О.О., Порожнюк Л.А. Исследования качества окружающей среды методом биоиндикации / КАЗАНТИП-ЭКО-2014. Инновационные пути решения актуальных

проблем базовых отраслей, экологии, энерго- и ресурсосбережения: сб. трудов XXII Междунар. науч.-практ. конф. Харьков, июнь 2014 г. В 2 т. Т. 1 / ГП «УкрНТЦ «Энергосталь». – Х. : НТМТ, 2014. С. 184–187.

2. Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Захаров В.М. Анализ стабильности развития берёзы повислой в условиях химического загрязнения // Экология. 1996. №6. С.441–444.

3. Пендюрин Е.А., Латыпова М.М., Смоленская Л.М. Экологическое состояние почв Белгородской области // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2004. № 8. С. 109–111.

4. Распоряжение Росэкологии от 16.10.2003 № 460-р «Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур)». М: Министерство природных ресурсов Российской Федерации. 2003. –25с.

5. Шуберт Р. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем. М.: Мир. 1988. 155с.

Рецензенты:

Павленко В.И., д.т.н., профессор, директор института строительного материаловедения и техносферной безопасности Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова», г.Белгород;

Лопанов А.Н., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой Безопасность жизнедеятельности Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова», г.Белгород.