УДК 502.05

Е.А.ЕРОФЕЕВА, *канд. биол. наук, доцент,* ele77785674@yandex.ru
Нижегородский государственный университет им. Н.И.Лобачевского

E.A.EROFEEVA, *PhD in biol. sc, associate professor, ele77785674@yandex.ru*
Nizhniy Novgorod State University of N.I.Lobachevsky

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ ПО ИНТЕНСИВНОСТИ ЛИПОПЕРОКСИДАЦИИ И ВЕЛИЧИНЕ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЛИСТА BETULA PENDULA ROTH.

Установлено, что оценка качества окружающей среды урбанизированной территории по интенсивности липопероксидации и величине флуктуирующей асимметрии листа березы повислой дает сходный результат. В то же время интенсивность липопероксидации является более чувствительным показателем уровня промышленного загрязнения.

***Ключевые слова*:** Betula pendula Roth., лист, липопероксидация, флуктуирующая асимметрия, промышленное загрязнение.

ESTIMATION OF ENVIRONMENTAL QUALITYOF URBAN TERRITORY ON THE LIPID PEROXIDATION INTENSITY AND FLUCTUATION ASYMMETRY OF BETULA PENDULA ROTH. LEAF

It was revealed that lipid peroxidation intensity and fluctuating asymmetry value of Betula pendula Roth. leaf gives the similar estimation of environmental quality on urbanized territory. At the same time the lipid peroxidation is more sensitive indicator of the level of industrial pollution.

***Key words*:** Betula pendula Roth., leaf, lipid peroxidation, fluctuating asymmetry, industrial pollution.

В настоящее время величина флуктуирующей асимметрии билатеральных морфологических структур листа березы повислой широко используется для оценки уровня загрязнения окружающей среды, в том числе и предприятиями минерально-сырьевого комплекса [1]. Флуктуирующая асимметрия представляет собой случайные незначительные отклонения от симметричного состояния билатеральных морфологических структур, обусловленные стохастичностью молекулярных процессов, лежащих в основе экспрессии генов (онтогенетическим шумом). Величина флуктуирующей асимметрии возрастает при действии любых стрессовых факторов среды, которые приводят к усилению онтогенетического шума, нарушению стабильности морфогенеза листа, и как следствие, увеличению его асимметрии [1, 2].

В то же время известно, что при стрессе любой природы происходит изменение не только морфогенетических показателей, но и физиолого-биохимических, особенно тех, которые непосредственно связаны с процессом фенотипической адаптации. К таким показателям относится интенсивность перекисного окисления липидов (липопероксидации) – свободнорадикального окисления полиненасыщенных жирных кислот липидов (преимущественно липидов биомембран).

К настоящему времени накоплен огромный фактический материал, позволяющий заключить, что усиление липопероксидации является универсальной клеточной реакцией на воздействие различных по своей природе стрессовых факторов, как у животных, так и у растений [3]. При этом повышенный уровень липопероксидации наблюдается и при хроническом действии антропогенных стресс-факторов на растительные объекты [4]. Показано, что увеличение интенсивности данного процесса при стрессе является не только следствием нарушения перекисного гомеостаза, а приставляет собой важный компонент адаптации. В частности известно, что такой продукт липопероксидации, как малоновый диальдегид, обладает биологической активностью и может влиять на экспрессию генов, функции белков [3, 5]. Все это объясняет интерес исследователей к липопероксидации в плане использования показателей интенсивности этого процесса в фитоиндикации. В то же время вопрос о том, как соотносится изменение перекисного гомеостаза растений с оценкой состояния ценопопуляций, полученной с помощью характеристик стабильности развития (флуктуирующей асимметрии), до сих пор остается открытым.

Целью исследования было проведение сравнительного анализа оценки качества окружающей среды в различных орографических частях Нижнего Новгорода, характеризующихся разным уровнем промышленного загрязнения, в том числе и предприятиями минерально-сырьевого комплекса, по интенсивности липопероксидации и величине флуктуирующей асимметрии листа березы повислой.

Объектом исследования являлась береза повислая (Betula pendula Roth.), произрастающая на территории десяти рекреационных зон г. Нижнего Новгорода, из которых четыре располагались в нагорной, а шесть в заречной части города. В нагорных районах города отсутствуют крупные стационарные источники загрязнения, и выбросы автотранспорта вносят основной вклад в ухудшение состояния окружающей среды. В заречной части сконцентрированы промышленные предприятия, в том числе и минерально-сырьевого комплекса, которые наряду с автотранспортом обуславливают уровень загрязнения [6].

Сбор материала и определение исследованных показателей проводили в третьей декаде июля (2004-2006 гг.), когда большинство листьев достигает зрелого состояния. Листовые пластинки березы собирали на высоте 2-4 м с укороченных побегов не затененных участков нижней части кроны деревьев генеративного возраста.

Для оценки величины флуктуирующей асимметрии листа в каждой рекреационной зоне собирали по 10 листьев с каждого из 10 деревьев ($n = 100$). Измеряли стандартный набор из пяти морфологических признаков листовой пластинки. Расчет интегрального показателя флуктуирующей асимметрии комплекса морфологических признаков листовой пластинки проводили с использованием алгоритма нормированной разности [1]:

$$\overline{A} = \frac{1}{mn}\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\frac{\left|L_{ij} - R_{ij}\right|}{(L_{ij} + R_{ij})},$$

где L_{ij} и R_{ij} – значение j-го признака у i-го листа соответственно слева и справа от плоскости симметрии; m – количество анализируемых признаков; n – объем выборки листьев. По бальной шкале для интегрального показателя величины флуктуирующей асимметрии листа березы определяли уровень загрязнения окружающей среды [1].

Для изучения интенсивности липопероксидации в листе березы в объединенной выборке из 30-35 листовых пластинок для каждого из 10 деревьев рекреационной зоны определяли содержание ТБК-реагирующих продуктов, из которых наиболее массовым является малоновый диальдегид ($n = 10$). Использовали стандартную методику, основанную на образовании окрашенного триметинового комплекса с максимумом поглощения 532 нм при взаимодействии данных соединений с тиобарбитуровой кислотой (ТБК) [7].

Статистическую обработку данных проводили с помощью программ БИОСТАТИСТИКА 4.03 и STADIA 6.2., используя t-критерий Стьюдента.

Качество окружающей среды в заречной и нагорной частях Нижнего Новгорода, оцениваемое по интенсивности липопероксидации и величине флуктуирующей асимметрии листа березы повислой

Год	Нагорная часть			Заречная часть		
	Интегральный показатель флуктуирующей асимметрии	Балл	ТБК-регирующие продукты липопероксидации, отн. ед.	Интегральный показатель флуктуирующей асимметрии	Балл	ТБК-регирующие продукты липопероксидации, отн. ед.
2004	0,054±0,003	5	0,524±0,036	0,057±0,002	5	0,656±0,022
2005	0,058±0,003	5	0,772±0,037	0,057±0,003	5	0,790±0,027
2006	0,048±0,002	4	0,606±0,030	0,056±0,003*	5	0,709±0,025*

* По данному показателю выявлены статистически значимые различия ($p < 0,05$) между заречной и нагорной частями города.

В 2004 и 2006 гг. интенсивность липопероксидации была статистически значимо выше в листе березы, произрастающей в заречных районах города по сравнению с аналогичным показателем деревьев нагорной части (см. таблицу). Данный факт свидетельствовал о более значительном нарушении перекисного гомеостаза древесных растений в заречных районах, обусловленном промышленным загрязнением окружающей среды. В то же время более значительное нарушение стабильности развития березы в рекреационных зонах заречной части Нижнего Новгорода, выражавшееся в увеличении флуктуирующей асимметрии листа, было выявлено лишь в 2006 г. При этом качество окружающей среды в заречной части города оценивалось пятым баллом (критическое состояние), а в нагорной – соответствовало четвертому баллу (существенное отклонение качества среды от нормы).

Величина флуктуирующей асимметрии листа, как правило, имеет достаточно большой разброс значений, что связано со значительным варьированием микроусловий развития каждого отдельного листа. В связи с этим было проведено удаление «выскакивающих» значений с помощью 5-й и 95-й процентилей [8]. После данной процедуры удалось выявить более высокий уровень флуктуирующей асимметрии листа у деревьев заречной части города и в 2004 г. При этом балльная оценка качества окружающей среды в различных орографических частях г. Нижнего Новгорода также различалась и была аналогична ситуации 2006 г.

Таким образом, использование морфологических (флуктуирующая асимметрия) и биохимических (интенсивность липопероксидации) показателей уровня средового стресса у березы повислой дало сходную оценку качества окружающей среды в нагорной и заречной частях Нижнего Новгорода. При этом интенсивность перекисного окисления липидов в листе березы была более чувствительным показателем по сравнению со стабильностью развития морфологических структур листовой пластинки. По-видимому, данный факт связан с высокой пластичностью биохимических параметров растения, что является необходимым условием выживания в меняющихся условиях среды. В то же время формирование флуктуирующей асимметрии листа преимущественно происходит во время его роста и соответственно ограничено условиями этого периода.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гланц С.* Медико-биологическая статистика. М., 1999.

2. Здоровье среды: Практика оценки / В.М.Захаров, А.Т.Чубинишвили, С.Г.Дмитриев, А.С.Баранов. М., 2000.

3. *Полесская О.Г.* Растительная клетка и активные формы кислорода. М., 2007.

4. *Савинов А.Б.* Интенсивность перекисного окисления липидов у Taraxacum Officinale Wigg.и Vicia Cracca L. в биотопах с разным уровнем загрязнения почв тяжелыми металлами / А.Б.Савинов, Л.Н.Курганова, Ю.И.Шекунов // Экология. 2007. № 3.

5. Экологическое состояние водных объектов города Нижнего Новгорода / Д.Б.Гелашвили, А.Г.Охапкин, А.И.Доронина, В.И.Колкутин, Е.Ф.Иванов. Нижний Новгород, 2005.

6. *Heath R.L., Packer L.* Photoperoxidation in isolated chloroplast I. Kinetic and stoichiometry of fatty acid peroxidation // Arch. Biochem. Biophys. 1968. Vol.125.

7. *Larry J., Leamy 1., Klingenberg C.P.* The genetics and evolution of fluctuation asymmetry // Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. 2005. Vol.36.

8. *Weber H., Chetelat A., Reymond P., Farmer E.* Selective and powerful stress gene expression in Arabidopsis in response to malondialdehyde // The Plant Journal. 2004. Vol.37.

REFERENCES

1.*Glants S.* Medical and biological statistics. Moscow, 1999.

2. Environmental health: Practice of estimation // V.M.Zaharov, A.T.Chubinishvily, S.G.Dmitriev, A.S.Baranov. Moscow, 2000.

3. *Polesskaja O.G.* Plant cell and reactive oxygen species. Moscow, 2007.

4. *Savinov A.B., Kurganova L.N., Shekunov U.I.* Lipid peroxidation intensity of Taraxacum Officinale Wigg. and Vicia Cracca L. in biotops with different level of heavy metal pollution // Ecology. 2007. N 3.

5. Ecological condition of water objects in Nizhniy Novgorod // D.B.Gelashvivly, A.G.Ohapkin, A.I.Doronina, V.I.Kolkutin, E.F.Ivanov. Nizhniy Novgorod, 2005.

6. *Heath R.L., Packer L.* Photoperoxidation in isolated chloroplast I. Kinetic and stoichiometry of fatty acid peroxidation // Arch. Biochem. Biophys. 1968. Vol.125.

7. *Larry J., Leamy 1., Klingenberg C.P.* The genetics and evolution of fluctuation asymmetry // Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. 2005. Vol.36.

8. *Weber H., Chetelat A., Reymond P., Farmer E.* Selective and powerful stress gene expression in Arabidopsis in response to malondialdehyde // The Plant Journal. 2004. Vol.37.