

СИРЕНЬ ВЕНГЕРСКАЯ – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ БИОИНДИКАТОР ДЛЯ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Проведено сравнительное исследование величины показателя флуктуирующей асимметрии листовых пластинок сирени венгерской и березы повислой, произрастающих в различных по степени загрязнения участках города Красноярска. Установлено, что степень варьирования ширины правой и левой половин листьев сирени может выступать чувствительным показателем при сравнительной оценке антропогенной нагрузки на городскую среду.

Ключевые слова: сирень *Syringa josikaea* Jacq., береза *Betula pendula* Roth, лист, ярус, ширина, асимметрия, загрязнение среды, город.

V.I. Polonskiy, I.S. Polyakova

HUNGARIAN LILAC – THE PERSPECTIVE BIOINDICATOR FOR COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE URBAN ENVIRONMENT POLLUTION DEGREE

The comparative research of the fluctuating asymmetry indicator size of the leaf plates of the Hungarian lilac and the drooping birch, growing in various pollution degree sites of Krasnoyarsk is conducted. It is established that the variation degree of the width of the right and left lilac leaf halves can act as a sensitive indicator in the comparative assessment of anthropogenous load on the urban environment.

Key words: *Syringa josikaea* Jacq lilac. *Betula pendula* Roth birch, leaf, circle, width, asymmetry, environment pollution, city.

Введение. Одним из перспективных подходов к интегральной характеристике качества окружающей среды может служить оценка состояния растительных организмов по стабильности их развития. Последняя характеризуется уровнем флуктуирующей асимметрии (ФА) морфологических структур листовых пластинок. В настоящее время величина ФА билатерально симметричных структур выступает в качестве критерия или индикатора общего негативного воздействия различных экологических факторов на растения. Показано, что ФА регистрируется на листе тем отчетливее, чем сильнее действует внешний стрессор [3,5,16].

Сегодня исследования степени общего загрязнения городской среды на основе нарушения стабильности развития растений по значению показателей флуктуирующей асимметрии выполняются как на древесных, так и травянистых видах. К первой группе растений нужно отнести *Betula pendula* Roth. [1, 2, 8], *Betula pubescens* Ehrh. [4, 14], *Betula platyphylla* Sukacz. [6], *Salix alba* L. [18], *Acer platanoides* L. [8], *Tilia cordata* L. [8, 9], *Pinus sylvestris* L. [16], *Platanus acerifolia* [19]. Среди представителей травянистых видов следует упомянуть *Taraxacum officinalis* L. [12], *Ipomoea pandurata* [13], *Plantago lanceolata* L. [15], *Plantago Major* L. [17].

Беспорным лидером среди перечисленных выше видов является береза повислая (*Betula pendula* Roth.), для применения которой в практической оценке уровня загрязнения окружающей среды по значению ФА листьев написаны специальные методические руководства [3, 5, 11]. Однако необходимо заметить о существовании некоторых минусов в использовании березы повислой в качестве индикатора общего загрязнения городской среды по показателю ФА листьев. К ним относятся следующие моменты: малое распространение вида в городских насаждениях (что препятствует широкому внедрению метода), небольшие размеры листьев и наличие зубцов по краю листьев (что увеличивает относительную ошибку измерения). Кроме того, в литературе приводятся примеры низкой чувствительности березы повислой по уровню ФА листьев на антропогенные воздействия, в частности специфические стресс-факторы промышленных городов [4, 10].

Отсюда актуальным является поиск более чувствительного и удобного для оценки качества городской среды по величине ФА листьев вида растений. Для решения задачи следует обратить внимание на сирень венгерскую (*Syringa josikaea* Jacq.). Она представляет собой листопадный кустарник с широкоэллиптическими, продолговато-эллиптическими, суженными на конце листьями длиной до 12 см и широко распространена в городских и поселковых зеленых насаждениях нашей страны. Этот вид сирени характеризуется повышенной газоустойчивостью и морозоустойчивостью, не требователен к почвенным условиям [7].

Цель исследований. Анализ возможности выполнения оценки степени загрязнения среды городской территории по показателям ФА листьев сирени венгерской.

Объект и методы исследований. В работе была проведено определение индекса асимметрии листовых пластинок сирени венгерской (*Syringa josikaea Jacq.*) в сравнении с широко используемым для этой цели видом березой повислой (*Betula pendula Roth.*), произрастающих в условиях г. Красноярск. Участки, подвергавшиеся обследованию, были представлены, во-первых, относительно чистыми, условно фоновыми территориями, с отсутствием промышленных объектов и очень низкой интенсивностью движения автотранспорта (Академгородок и микрорайон Ветлужанка) и, во-вторых, относительно загрязненными в основном выхлопными газами автотранспорта Советским (проспект Metallургов), Ленинским (район КрасТЭЦ), Железнодорожным (Красная площадь), Октябрьским районами (проспект Свободный). Следуя известной методике [3, 5], в каждом исследуемом участке города для анализа реакции растений отбирали в среднем по 250 шт. листьев (табл. 1). Эту операцию выполняли на нижней части кроны не менее чем с 10 растений сирени и березы для каждого выбранного участка. Листья разных ярусов (пар) на однолетнем побеге сирени собирали и анализировали отдельно. Под первым ярусом в работе подразумевается самый верхний на побеге лист. На листовых пластинках делали промеры одного из пяти стандартных [3, 5] метрических билатеральных признаков – ширины левой и правой сторон листа. Измерения выполняли линейкой с точностью 0,5 мм. Для этого, согласно стандартной методике [3, 5], на листовой пластинке ровно посередине делали сгиб и в этом месте измеряли ширину правой и левой половин листа. Исследования были выполнены на полностью сформированных листьях сирени и березы в сентябре 2013 года.

Результаты исследований и их обсуждение. Как следует из данных, приведенных в таблице 1, у листьев сирени и березы наблюдалась асимметрия в ширине двух половин листа. Результаты свидетельствуют о достоверных различиях в значении индекса ФА листьев сирени между условным фоном (территория Академгородка) и всеми исследуемыми участками Красноярск, характеризующимися повышенным уровнем общего загрязнения. Исключение составил микрорайон Ветлужанка (с относительно низким движением автотранспорта), для которого было отмечено такое же значение индекса ФА, как и для других загрязненных территорий города.

Таблица 1

Показатели флуктуирующей асимметрии (ФА) листьев сирени венгерской и березы повислой, произрастающих в различных по уровню загрязнения районах г. Красноярск

Место произрастания растения	Количество листьев, взятых для измерения*	Индекс ФА листьев сирени		Индекс ФА листьев березы	
		Средняя величина и ее ошибка**	Стандартное отклонение	Средняя величина и ее ошибка**	Стандартное отклонение
Академгородок	324/193	0,024± 0,001 а	0,025	0,033± 0,003 а	0,037
Микрорайон Ветлужанка	512/207	0,033± 0,002 б	0,037	0,036± 0,002 а	0,030
Красная площадь	256/142	0,030± 0,001 б	0,016	0,031± 0,002 а	0,025
КрасТЭЦ	206	0,031± 0,002 б	0,024	-	-
Проспект Свободный	282/154	0,035± 0,003 б	0,056	0,031± 0,005 а	0,066
Проспект Metallургов	164	0,032± 0,002 б	0,026	-	-

* – числитель – количество листьев сирени, знаменатель – количество листьев березы; ** – значения в строках с разными буквами различаются достоверно между собой в пределах каждой колонки при $p \leq 0,05$; прочерк означает отсутствие данных.

Следует заметить, что недавно в литературе также было зарегистрировано высокое значение индекса ФА (на листьях березы повислой) для городского участка Ветлужанка и высказано предположение, что данный факт связан с негативным влиянием почвенного фактора [10]. Что касается ответной реакции березы, то, напротив, величины индекса ФА листьев этого древесного вида, определенные для всех исследованных в работе участков Красноярск, практически не различались между собой (табл. 1). Все это говорит в пользу того, что сирень венгерская проявила себя как более чувствительный к загрязнению внешней среды вид, чем береза повислая.

Для того чтобы оптимизировать процесс определения индекса ФА листьев сирени, измеряли ширину обеих сторон листьев для каждого яруса. Дело в том, что на однолетнем побеге сирени венгерской обычно сформированы листья трех-четырех ярусов. Данные по величине индекса ФА, определенные у различных ярусов листьев сирени, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Показатели флуктуирующей асимметрии (ФА) листьев разных ярусов сирени венгерской, произрастающей в различных по уровню загрязнения районах г. Красноярск

Место произрастания растений	Индекс ФА листьев сирени по ярусам (сверху)		
	1	2	3
Академгородок	0,021±0,002 а	0,023±0,002 а	0,026±0,003 а
Микрорайон Ветлужанка	0,030±0,002 б	0,038±0,004 б	0,032±0,003 аб
Красная площадь	0,032±0,002 б	0,030±0,002 б	0,029±0,002 аб
КрасТЭЦ	0,031±0,002 б	0,033±0,003 б	0,026±0,002 а
Проспект Свободный	0,028±0,003 аб	0,038±0,006 б	0,042±0,012 аб
Проспект Metallургов	0,034±0,004 б	0,028±0,004 аб	0,037±0,004 б

* – значения в строках с разными буквами различаются достоверно между собой (в пределах одной колонки) при $p \leq 0,05$.

Можно видеть, что индекс ФА в пределах каждого варианта исследования по ярусам листа различался недостоверно. Более того, четкой закономерности в изменении индекса ФА у листьев разных ярусов не наблюдалось вовсе. Что касается сравнения величин индекса ФА листьев сирени фонового участка Красноярск (Академгородок) с загрязненными городскими территориями, то существенные отличия между ними были характерны для листьев 1-го и 2-го ярусов. В случае измерения ширины 3-го яруса листьев фон различался достоверно лишь с одним вариантом – проспектом Metallургов. Следовательно, можно предположить, что при выполнении оценки относительного уровня загрязненности городской среды по показателю ФА листовых пластинок сирени целесообразно использовать для измерения ширины листа 1-го или 2-го яруса.

Таблица 3

Стандартное отклонение флуктуирующей асимметрии (ФА) листьев разных ярусов сирени венгерской, произрастающей в различных по уровню загрязнения районах г. Красноярск

Место произрастания растений	Стандартное отклонение ФА листьев по ярусам (сверху) / количество листьев, взятых для анализа		
	1	2	3
Академгородок	0,020/104	0,021/98	0,026/76
Микрорайон Ветлужанка	0,026/144	0,055/144	0,032/130
Красная площадь	0,016/88	0,015/86	0,017/68
КрасТЭЦ	0,018/84	0,030/77	0,017/43
Проспект Свободный	0,028/108	0,057/102	0,089/56
Проспект Metallургов	0,031/58	0,018/58	0,032/36

Судя по полученным результатам (табл. 1, 3), максимальная величина стандартного отклонения для индекса ФА листьев, как сирени, так и березы, отмечалась для проспекта Свободный. На основании данных литературы [6] указанный факт сильного варьирования разности ширины двух сторон листа березы, регистрируемый по значению стандартного отклонения, может свидетельствовать о наиболее сильном уровне общего загрязнения данного участка территории Красноярск. По мысли авторов [6], степень такого варьирования является следствием воздействий на растения внешних стресс-факторов антропогенного характера, в результате чего повышается разнообразие морфологических структур листьев.

Выводы. Степень варьирования ширины правой и левой половин листьев сирени венгерской может выступать более чувствительным показателем при оценке антропогенной нагрузки на городскую среду по сравнению с березой повислой. При выполнении оценки относительного уровня загрязненности городской среды по показателю ФА листовых пластинок сирени целесообразно использовать для измерения листа 1-го или 2-го яруса на однолетнем побеге.

Литература

1. Гуртяк А.А., Углеv В.В. Оценка состояния среды городской территории с использованием березы повислой в качестве биоиндикатора // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т. 317. – № 1. – С. 200–204.
2. Ерофеева Е.А., Наумова М.М. Сезонная динамика морфофизиологических показателей листа *Betula pendula* (Betulaceae) при автотранспортном загрязнении // Растительные ресурсы. – 2012. – Т. 48. – № 1. – С. 59–70.
3. Здоровье среды: методика оценки / В.М. Захаров, А.С. Баранов, В.И. Борисов [и др.]. – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 66 с.
4. Зорина А.А., Коросов А.В. Характеристика флуктуирующей асимметрии листа двух видов берез в Карелии // Экология. Экспериментальная генетика и физиология: тр. Карел. науч. центра РАН. – 2007. – Вып. 11. – С. 28–36.
5. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ: распоряжение Росэкологии от 16 октября 2003 г. № 460-р. – М., 2003. – 24 с.
6. Низкий С.Е., Сергеева А.С. Флуктуирующая асимметрия листьев березы плосколистной в качестве индикатора экологического состояния селитебной территории // Вестник КрасГАУ. – 2012. – № 5. – С. 221–223.
7. Попова О.С., Попов В.П., Харахонова Г.У. Древесные растения лесных, защитных и зеленых насаждений. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2005. – 159 с.
8. Хикматуллина Г.Р. Сравнительный анализ морфологических параметров листьев древесных растений в условиях урбанизированной среды: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Казань, 2013. – 24 с.
9. Хузина Г.Р. Характеристика флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков листа липы мелколистной (*Tilia cordata* L.) // Вестник Удмурт. ун-та. Биология. Науки о земле. – 2011. – Вып. 3. – С. 47–52.
10. Шабалина О.М., Демьяненко Т.Н. Оценка влияния загрязнения среды и почвенных факторов на показатели флуктуирующей асимметрии листа березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в г. Красноярске // Вестник КрасГАУ. – 2011. – № 12. – С. 134–139.
11. Шестакова Г.А., Стрельцов А.Б., Константинов Е.Л. Методика сбора и обработки материала для оценки качества среды (по берёзе повислой – *Betula pendula* Roth.) // Очерк экологии города Калуги. – Калуга: Изд-во Калуж. гос. пед. ун-та, 2000. – С. 378–385.
12. Biomonitoring of urban habitat quality by anatomical and chemical leaf characteristics / B.L. Balasooriya, R. Samson, F. Mbikwa [et al.] // Environmental and Experimental Botany. – 2009. – Vol. 65. – № 2. – P. 386–394.
13. Leaf fluctuating asymmetry, soil disturbance and plant stress: a multiple year comparison using two herbs, *Ipomoea pandurata* and *Cnidioscolus stimulosus* / D.C. Freeman, M. L. Brown, J.J. Duda [et al.] // Ecological Indicators. – 2005. – Vol. 5. – № 1. – P. 85–95.
14. Fluctuating Asymmetry as an Indicator of Elevation Stress and Distribution Limits in Mountain Birch (*Betula pubescens*) / S.B. Hagen, R.A. Ims, N.G. Yoccoz [et al.] // Plant Ecology. – 2008. – Vol. 195. – № 2. – P. 157–163.
15. Assessing urban habitat quality based on specific leaf area and stomatal characteristics of *Plantago lanceolata* L. / F. Kardel, K. Wuyts, M. Babanezhad [et al.] // Environmental Pollution. – 2010. – Vol. 158. – № 4. – P. 788–794.
16. Kozlov M.V., Niemela P., Junttila J. Needle fluctuating asymmetry is a sensitive indicator of pollution impact on Scots pine (*Pinus sylvestris*) // Ecological Indicators. – 2002. – Vol. 1. – № 4. – P. 271–275.
17. Velickovic M., Savic T. Developmental Stability and Morphological Differences in *Plantago Major* L. Leaves Under Contrasting Environmental Conditions // Plant Biosystems. – 2010. – Vol. 144. – № 3. – P. 692–702.
18. The effect of air pollution and other environmental stressors on leaf fluctuating asymmetry and specific leaf area of *Salix alba* L. / T. Wuytack, K. Wuyts, S. Van Dongen [et al.] // Environmental Pollution. – 2011. – Vol. 159. – № 10. – P. 2405–2411.
19. Zhang H., Wang X. Leaf developmental stability of *Platanus acerifolia* under urban environmental stress and its implication as an environmental indicator // Frontiers of Biology in China. – 2006. – Vol. 1. – № 4. – P. 411–417.