

Литература

1. Воробьев В.В., Деревянко А.П. Амурская область. Опыт энциклопедического словаря / общ.ред. Н.К. Шульман. – Благовещенск: Хабаров. кн. изд-во, Амурское отделение. 1989. – 414 с.
2. Бреховских В.Ф. Гидрофизические факторы формирования кислородного режима водоемов. – М.: Наука, 1988. – 168 с.
3. Левишина С.И. Содержание и динамика органического вещества в водах Амура и Сунгари // География и природные ресурсы. – 2007. – № 2. – С. 44–51.
4. Методы исследования качества воды / под ред. А.Г. Шицковой. – М.: Медицина, 1990. – 400 с.
5. Позднякова А.Н. Биохимическое потребление кислорода // Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – С. 335–340.
6. Суйков Н.В. Инженерные методы улучшения качества воды // Экология урбанизированных территорий. – 2006. – № 4. – С. 58–62.
7. Харина С.Г., Царькова М.Ф. Оценка экологического состояния водоемов агроландшафтов среднего Приамурья // Проблемы региональной экологии. – 2007. – № 3. – С. 13–20.



УДК 582.632.1:574.24

В.И. Полонский, И.С. Полякова

**МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЛИСТЬЕВ SYRINGA JOSIKAEAE JACQ.
В ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ**

*Проведено сравнительное исследование величины морфометрических параметров листовых пластинок сирени венгерской *Syringajosikaeae Jacq.*, произрастающей в различных по степени загрязнения участках города Красноярск. Установлено, что безразмерный показатель отношения ширины листьев к их толщине может выступать чувствительным критерием в сравнительной оценке антропогенной нагрузки на городскую среду.*

Ключевые слова: сирень *Syringajosikaeae Jacq.*, лист, ширина, толщина, загрязнение среды, город.

V.I. Polonskiy, I.S. Polyakova

**MORPHOMETRIC PARAMETERS OF SYRINGA JOSIKAEAE JACQ. LEAVES
IN THE URBAN ENVIRONMENT QUALITY ASSESSMENT**

*The comparative research on the lamina morphometric parameters of the Hungarian lilac *Syringajosikaeae Jacq.* growing in various on the pollution degree areas of Krasnoyarsk city is conducted. It is established that the dimensionless indicator of the leaf width to their thickness can be a sensitive criterion in the comparative assessment of the anthropogenic load on the urban environment.*

Key words: lilac *Syringa josikaeae Jacq.*, leaf, width, thickness, environment pollution, city.

Введение. Сегодня проблема загрязнения атмосферы и почвы на планете все еще далека от ее разрешения. Особенно это актуально для городских территорий, где техногенный пресс на окружающую среду в последнее время не ослабевает [3]. Источниками такого загрязнения являются как промышленные объекты, так и автотранспорт. При этом роль последнего в ухудшении качества городской среды постоянно увеличивается [20].

Для принятия эффективных управленческих решений необходима информация о степени загрязнения конкретных городских территорий. Такие данные могут быть получены с помощью приборного слежения за содержанием тех или иных опасных химических веществ в атмосфере (почве) либо с применением методов биоиндикации. Второй подход к мониторингу качества окружающей среды, особенно с привлечением растений, является во многом предпочтительнее. В этом плане по своей оперативности, низкой трудоемкости и простоте следует выделить способ оценки состояния среды на основе морфометрических параметров листьев растений.

В литературе экспериментально найдены зависимости линейных размеров листьев – длины [1, 11, 13, 29], ширины [1, 7, 11, 17, 18, 22], толщины [1, 11, 22, 30], величины площади листьев [1, 29], их геометриче-

ской формы [21, 24], удельной площади [26], длины жилок листьев [1, 21], флуктуирующей асимметрии листьев [4–6, 8], длины черешка [1] от уровня загрязненности окружающей среды. Из перечисленных морфометрических показателей для целей биоиндикации наиболее удобными являются длина, ширина и толщина листьев. Их можно легко и непосредственно измерить с помощью простейших приборов, они не требуют последующих громоздких вычислений, при этом не происходит повреждения и тем более уничтожения листьев. Однако в литературе встречается противоречивая информация о направленности изменения рассматриваемых морфометрических параметров листа в условиях загрязнения окружающей среды. Так, одни авторы [2, 22] нашли, что при увеличении антропогенной нагрузки на растения толщина листа падает, другие в таких условиях продемонстрировали ее рост [11, 12]. Кроме того, отмечена недостаточная чувствительность в ответ на действие стресс-факторов длины листа [1, 24] или его площади [16].

Цель исследований. Анализ возможности выполнения мониторинга качества городской среды по показателям ширины и толщины листьев сирени венгерской.

Объект и методы исследований. В работе измеряли морфометрические параметры листовых пластинок сирени венгерской (*Syringa josikaea* Jacq.), произрастающей в условиях г. Красноярск. Этот вид растений широко распространен в городских и поселковых зеленых насаждениях нашей страны [15]. Участки, подвергавшиеся обследованию, были представлены, во-первых, относительно чистой, условно фоновой территорией с отсутствием промышленных объектов и очень низкой интенсивностью движения автотранспорта, расположенной на окраине города вблизи лесного массива (микрорайон Академгородок [14, 19, 23]) и, во-вторых, территориями с высоким общим уровнем загрязнения – в основном выхлопными газами автотранспорта – Железнодорожным районом (Красная площадь [14, 24]) и Октябрьским районом (проспект Свободный [9, 14, 24]). В каждом исследуемом участке города для анализа реакции растений сирени венгерской отбирали не менее чем по 100 шт. листьев (табл.). Эту операцию выполняли в нижней части кроны в среднем с 10 растений для каждого выбранного участка. Собранные листья помещали в полиэтиленовые пакеты и сразу доставляли в лабораторию, где на листовых пластинках делали промеры ширины и толщины листа. Измерения ширины выполняли линейкой с точностью 1,0 мм, а толщины – с помощью прибора Тургоромер-1, точность определения – 0,01 мм [10]. Для этого на листовой пластинке ровно посередине делали сгиб и в этом месте измеряли ширину листа и толщину правой и левой половин листа. Показатель толщины листа представлял собой среднюю арифметическую измерений обеих половин листа. Исследования были выполнены на полностью сформированных листьях сирени в сентябре 2013 года.

Результаты исследований и их обсуждение. Из данных, приведенных в таблице 1, можно видеть, что максимальные значения ширины и минимальные значения толщины листьев зарегистрированы у сирени, произрастающей на территории микрорайона Академгородок. Различия в величине рассматриваемых морфометрических параметров листьев между растениями из этого фонового участка и двух исследуемых загрязненных территорий г. Красноярск были существенными ($p \leq 0,05$). Минимальное значение ширины листьев было отмечено для растений, произрастающих на городской территории Красная площадь, что может косвенно свидетельствовать о наибольшей степени загрязнения среды в этом участке. При этом взятые для анализа из насаждений участков Красной площади и проспекта Свободного листья сирени отличались между собой достоверно по ширине, но по толщине между ними различия не зарегистрированы.

Показатели ширины и толщины листьев сирени венгерской, произрастающей в различных по уровню загрязнения участках территории г. Красноярск

Место произрастания растений	Количество листьев	Ширина, мм	Толщина, мм	Ширина/толщина	Относительная величина к фону, %		
					Ширина	Толщина	Ширина/толщина
Академгородок (фон)	324** 258***	73±1 а*	0,14± 0,01 а	521	100	100	100
Красная площадь	256** 156***	52±1 б	0,20± 0,01 б	260	71	143	50
Проспект Свободный	158** 158***	61±1 в	0,20± 0,01 б	305	84	143	58
Среднее к фону, %		-	-	-	78	143	54

* – значения в строках с разными буквами различаются достоверно между собой в пределах каждой колонки по t-критерию при $p \leq 0,05$; ** – количество листьев, взятых для измерения ширины, *** – количество листьев, взятых для измерения толщины.

Относительные значения ширины листьев растений, произрастающих на загрязненных территориях, уменьшились по сравнению с фоновым участком в среднем на 22 %, а значения толщины листьев возросли на 43 %. Величина безразмерного коэффициента, показывающего отношение ширины листа к его толщине (мм/мм), снизилась в условиях техногенного загрязнения по сравнению с фоном почти вдвое, а именно на 85 %.

В иностранной литературе при изучении реакции растений на загрязнение окружающей среды часто используется показатель удельной площади листа (specific leaf area, SLA) [26 и др.], который представляет собой отношение площади листа к его сухой массе (см²/г) или, другими словами, площадь единицы массы листа. Этот параметр обычно возрастает при затенении растений (адаптивная реакция на ухудшение условий облучения, проявляющаяся в росте листовой поверхности и снижении толщины листа) и уменьшается при увеличении концентрации в атмосфере некоторых загрязнителей (защитная реакция, выражающаяся в сокращении поверхности листа и повышении плотности его тканей) [30–32]. Как показано на нескольких сельскохозяйственных видах, листья растений, выращенных в более благоприятных (лабораторных или тепличных) условиях, характеризуются большей величиной удельной площади листа по сравнению с полевыми растениями [25, 27, 28].

В нашей работе в качестве критерия оценки степени загрязнения городской среды использовалось отношение ширины листа к его толщине. Априори известно, что площадь листа связана положительной зависимостью с его шириной, а на массу листа положительно влияет его толщина. Поэтому можно заключить, что два морфометрических параметра – удельная площадь листа и отношение ширины листа к его толщине – являются близкими, однотипными показателями и должны проявлять сходную ответную реакцию на действие стресс-факторов. Как было показано выше, в работе был зарегистрирован факт значительного снижения отношения ширины листа к его толщине у растений сирени венгерской, произрастающей в загрязненных районах г. Красноярск, по сравнению с относительно чистой городской территорией, что совпадает с данными по удельной площади листьев, опубликованными в литературе [32 и др.].

Заключение. Итак, в работе показана реакция листьев сирени венгерской на загрязнение городской среды (участки Красной площади, проспекта Свободного г. Красноярск по сравнению с фоновой территорией – микрорайоном Академгородок), выражающаяся в закономерном уменьшении ширины листа и увеличении его толщины. Толщина листьев реагировала на условия загрязнения среды относительно вдвое сильнее, чем их ширина. Продемонстрировано, что величина отношения ширины листьев к их толщине является чувствительным показателем состояния растений, произрастающих на загрязненных участках г. Красноярск, и может быть использована для оценки качества окружающей среды.

Литература

1. *Бойко А.А.* Дендрозокологическая характеристика березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в условиях смешанного типа загрязнения окружающей среды (Уфимский промышленный центр): автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Оренбург: Изд-во Оренб. гос. пед. ун-та, 2005. – 20 с.
2. *Бородулина Т.С., Полонский В.И.* Влияние нефтезагрязнения почвы на физиологические характеристики растений пшеницы // Вестник КрасГАУ. – 2010. – № 5. – С. 50–55.
3. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Красноярского края в 2010 году». – Красноярск, 2011. – 232 с.
4. *Гуртяк А.А., Углев В.В.* Оценка состояния среды городской территории с использованием березы повислой в качестве биоиндикатора // Известия Том. политехн. ун-та. – 2010. – Т. 317. – № 1. – С. 200–204.
5. Здоровье среды: методика оценки / *В.М. Захаров, А.С. Баранов, В.И. Борисов* [и др.]. – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 66 с.
6. *Звягинцева О.Ю.* Оценка качества атмосферного воздуха по величине флуктуирующей асимметрии *Betula pendula* Roth // Ученые записки ЗабГГПУ. Естественные науки. – 2012. – № 1. – С. 87–91.
7. Влияние промышленного загрязнения почвы тяжелыми металлами на морфологические признаки растений *Phleum pratense* L. / *Н.М. Казнина, А.Ф. Тутов, Г.Ф. Лайдинен* [и др.] // Труды Карельского научного центра РАН. – 2009. – № 3. – С. 50–55.
8. Биоиндикация загрязнения районов г. Воронежа по величине флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой / *В.Н. Калаев, И.В. Игнатова, В.В. Третьякова* [и др.] // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер. Химия, биология, фармацевтика. – 2011. – № 2. – С. 168–175.
9. *Кригер Н.В., Козлов М.А., Баранов Е.С.* Биоиндикация урбоэкосистем по морфофизиологическим признакам хвойных древесных растений // Вестник КрасГАУ. – 2013. – № 11. – С. 166–168.
10. Экспресс-методы диагностики жаро- и засухоустойчивости и сроков полива растений / *М.Д. Кушниренко, Г.П. Курчатова, А.А. Штефьурце* [и др.]. – Кишинев: Штиинца, 1986. – 37 с.
11. *Лукина Ю.М.* Влияние техногенного загрязнения комбината «Североникель» на рост и развитие древесных растений (на примере *Betula czerepanovii* Orlova): автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Петро-заводск, 2011. – 20 с.

12. Половникова М.Г. Эколого-физиологические особенности газонных растений на разных этапах онтогенеза в условиях городской среды: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Н.Новгород, 2007. – 24 с.
13. Полонский В.И., Полонская Д.Е. Реакция растений на низкие уровни нефтезагрязнения почвы // Сиб. вестник с.-х. науки. – 2009. – № 8. – С. 18–22.
14. Полонский В.И., Полякова И.С. Сирень венгерская – перспективный биоиндикатор для сравнительной оценки степени загрязнения городской среды // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 2. – С. 89–92.
15. Попова О.С., Попов В.П., Харахонова Г.У. Древесные растения лесных, защитных и зеленых насаждений. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2005. – 159 с.
16. Поспелова О.А., Ткаченко Я.Д. Влияние антропогенной нагрузки на сроки прохождения фенологических фаз и морфометрические показатели листьев древесных растений // Вестник АПК Ставрополя. – 2012. – Т. 6. – № 2. – С. 90–92.
17. Влияние городского техногенного загрязнения на морфологические, биохимические характеристики и семенную продуктивность ромашки аптечной / И.А. Прокопьев, Г.В. Филиппова, А.А. Шейн [и др.] // Экология. – 2014. – № 1. – С. 22–29.
18. Савинцева Л.С., Егошина Т.Л., Ширяев В.В. Оценка качества урбано среды г. Кирова на основе анализа флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой (*Betula pendula* Roth.) // Вестник Удмуртск. ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. – 2012. – Вып. 2. – С. 31–34.
19. Скрипальщикова Л.Н., Стасова В.В., Пляшечник М.А. Оценка экологического состояния сосны обыкновенной на урбанизированных территориях Красноярской лесостепи // Вестник КрасГАУ. – 2013. – № 11. – С. 176–181.
20. Ставникова Л.В., Степень Р.А. Оценка агрессивности атмосферных выбросов г. Красноярска // Вестник КрасГАУ. – 2011. – № 6. – С. 82–85.
21. Тутаюк В.Х. Анатомия и морфология растений. – М.: Высш. шк., 1980. – 317 с.
22. Убаева Р.Ш. Влияние загрязнения воздушной среды на структуру листа клена остролистного (*Acer platanoides* L.) в условиях г. Грозного. – URL: http://vernadsky.tstu.ru/pdf/2009/03/rus_03_2009_3.pdf.
23. Черных Е.П., Первышина Г.Г., Гоголева О.В. Оценка экологического благополучия территории г. Красноярска с использованием черемухи обыкновенной в качестве биоиндикатора // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 1. – С. 96–100.
24. 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.
25. Andrade A., Wolfe D.W., Fereres E. Leaf expansion, photosynthesis and water relations of sunflower plants grown in compacted soil // Plant Soil. – 1993. – V. 149. – № 1. – P. 175–184.
26. 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. – V. 158. – № 3. – P. 788–794.
27. Poorter H., De Jong R. A comparison of specific leaf area chemical composition and leaf construction costs of field plants from 15 habitats differing in productivity // New Phytologist. – 1999. – V. 143. – № 1. – P. 163–176.
28. Genotypic variation in specific leaf area for genetic improvement of early vigour in wheat / G.J. Rebetzke, T.L. Botwright, C.S. Moore [et al.] // Field Crops Research. – 2004. – V. 88. – № 1. – P. 179–189.
29. Small artificial ecosystems: response to variation of environmental factors (CO₂ enrichment) / L.A. Somova, N.S. Pechurkin, A.B. Sarangova [et al.] // Life support & biosphere science. – 1999. – V. 6. – № 3. – P. 215–220.
30. Tiwari S., Agrawal M., Marshall F.M. Evaluation of ambient air pollution impact on carrot plants at a sub urban site using open top chambers // Environmental Monitoring and Assessment. – 2006. – V. 119. – № 1. – P. 15–30.
31. Wen D., Kuang Y., Zhou G. Sensitivity analyses of woody species exposed to air pollution based on eco-physiological measurements // Environmental Science and Pollution Research. – 2004. – V. 11. – № 1. – P. 165–170.
32. 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. – V. 159. – № 10. – P. 2405–2411.

