

ФЛУКТУИРУЮЩАЯ АСИММЕТРИЯ ЛИСТОВЫХ ПЛАСТИНОК КЛЕНА ОСТРОЛИСТНОГО (*ACER PLATANOIDES* L.) КАК ТЕСТ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПАРКОЦЕНОЗОВ ГОРОДСКОЙ ЗОНЫ

Г.М. Мелькумов, Д.Э. Волков

Воронежский государственный университет, Россия

Поступила в редакцию 13 февраля 2014 г.

Аннотация: В статье приведены результаты статистической обработки листовых пластинок клена остролистного в городских парковых зонах.

Ключевые слова: флуктуирующая асимметрия, листовая пластинка, парковые зоны.

Abstract: The article presents the results of statistical processing of maple *platanoides* leaves in urban park areas.

Key words: fluctuating asymmetry, lamina, park zones.

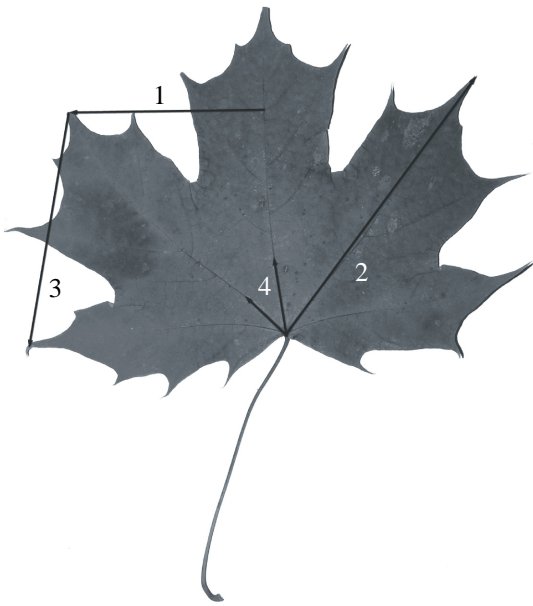
В связи с ростом антропогенной нагрузки последних десятилетий (увеличение количества выхлопных газов в приземные слои атмосферы, реакционной нагрузки и др.) резистентность древесных растений к абиогенным стрессорам существенно снижается, что приводит к анатомо-морфологическим флуктуациям их вегетативных и генеративных органов [12, 13, 14]. Поэтому изучение флуктуационной асимметрии (ненаправленных различий между правой и левой сторонами различных морфологических структур, в норме обладающих билатеральной симметрией) [11, 19] выступает важным и перспективным критерием в определении экологического состояния паркоценозов городской среды.

Ряд авторов в качестве биоиндикационного вида древесных растений в различных биотопах использует березу повислую (*Betula pendula* Roth.) [1, 2, 3, 7, 8, 15, 16, 17, 18 и др.], однако мы предлагаем использовать в качестве объекта клен остролистный (*Acer platanoides* L.), широко распространенный в парковых зонах города Воронежа.

Вот почему объектом исследования был выбран клен остролистный, произрастающий в 8-ми парковых зонах г. Воронежа: скверах «Платонова», «Кольцовский», «Петровский», им. Пушкина, им. Бунина, парках «Орленок», «Технологический» и Первомайском саду. Сбор и анализ материала проводился в вегетационный период 2010-2013 годов. Для

анализа использовались только средневозрастные растения *A. platanoides* без учета молодых и старых экземпляров. Листья в количестве 10 штук отбирались из нижней части кроны на расстоянии вытянутой руки и только с укороченных побегов. С каждого листа снимались показатели по 4-м параметрам с левой и правой стороны листа по общепринятым методикам [2, 6] (рис. 1):

Первые три параметра измерялись при помощи линейки с четкими миллиметровыми делениями. Угол между жилками измерялся транспортиром. Величина асимметрии оценивалась с помощью интегрального показателя – величины среднего относительного различия на признак (средняя арифметическая отношения разности к сумме промеров листа слева и справа, отнесенная к числу признаков) [2]. Относительная величина между значениями признака слева и справа (Y) находили по формуле: $Y = (X_l - X_n) / (X_l + X_n)$, среднее относительное различие между сторонами в соотношении к признаку каждого листа (Z) – $Z = (Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4) / N$, где N – число признаков. Среднее относительное различие, деленное на признак для всей выборки (X), определялось по формуле: $X = Z/n = (Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n) / n$, где n – число значений Z , т.е. число листьев. Полученный показатель характеризует степень асимметричности листьев клена, для определения данного показателя принята пятибалльная шкала отклонения от нормы, предложенная Захаровым с соавтора-



- 1 – ширина половинки листовой пластинки от главной жилки до конца второй жилки;
- 2 – длина второй жилки первого порядка от основания листа;
- 3 – расстояния между концами первой и второй жилки;
- 4 – угол между главной жилкой и второй от основания жилки первого порядка.

Рис. 1. Параметры листа клена остролистного

ми (2000) [5], с небольшими дополнениями и изменениями, согласно которой 1 балл – условная норма, а 5 – критическое состояние. В качестве контрольной точки рассматривали листья клена остролистного, собранные с деревьев, произрастающих в естественном биотопе на удалении от города и дорог на территории Воронежского государственного биосферного заповедника (ВГБЗ). Величина интегрального показателя в контрольной точке составила 0,015.

Древесные зеленые насаждения являются важнейшим компонентом городского ландшафта, значительно очищающие городскую среду от различ-

ного типа загрязнения, играющие ведущую санитарно-гигиеническую, почвообразующую, водорегулирующую и средообразующую роль [4, 9, 10] и тем самым способствующие созданию комфортных условий для населения. Находясь под постоянным прессингом различных агрессивных факторов городской среды, древесные растения стали чаще характеризоваться флуктуационной асимметрией листовых пластинок.

В результате проведенного исследования рассчитаны различные морфологические показатели листовых пластинок клена остролистного в паркоценозах г. Воронежа.

Анализ показал, что в первом действии, отражающим относительное различие между значениями признака слева и справа (Y) для каждого показателя, высоким значением различия в ширине половинок листа (1 признак) обладают клены в Первомайском саду (0,155), низким – в сквере «Кольцовский» (-0,084), в сквере им. Пушкина произрастают клены, характеризующиеся максимальным и минимальным значениями данного показателя, что соответствует 0,167 и -0,085. Различия в длине 2-ой жилки (2 признак) колебались в пределах от 0,082 (парки «Платонова» и «Орленок») до -0,159 (Первомайский сад). При замерах расстояния между концами 1-ой и 2-ой жилок (3 признак) установлено, что максимальная и минимальная разница в значениях этих измерений проявлялась у образцов *A. platanoides* в сквере им. Пушкина, которая составляла 0,508 и -0,740 соответственно. Угол между центральной и 2-ой жилкой первого порядка (4 признак) изменялся в интервале от 0,108 (сквер «Петровский») до -0,176 (парк «Технологический»).

Во втором действии определялось значение среднего относительного различия между сторонами на признак каждого листа (Z). Высокое значение этого показателя выявлено в скверах им. Пушкина (0,128) и им. Бунина (0,109), наименьшее значение отмечено в сквере «Кольцовский» (-0,069).

Таблица

Шкала отклонения от нормы

Балл	Значение показателя асимметричности
1 балл – условная норма	< 0,015
2 балла	0,016– 0,025
3 балла	0,026 – 0,035
4 балла	0,036 – 0,045
5 баллов	0,046 – 0,055
Критическое состояние	> 0,056

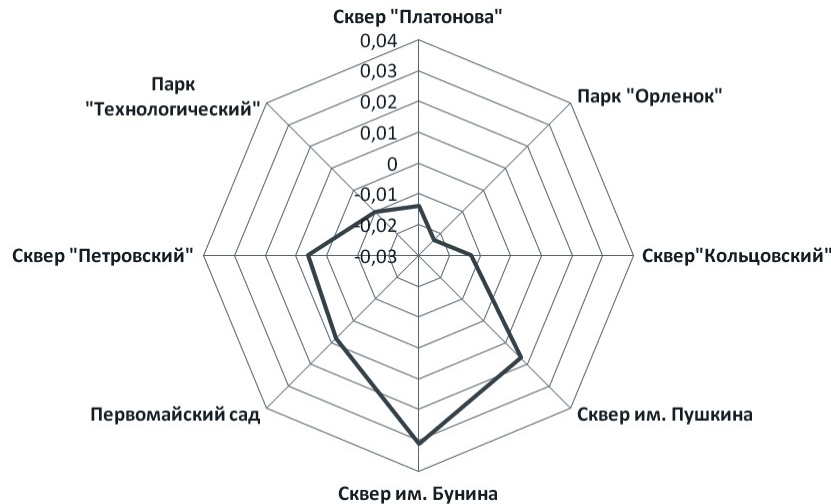


Рис. 2. Проявление уровня асимметричности листовых пластинок клена остролистного в различных парковых зонах г. Воронежа

В остальных парковых зонах признак варьировал в пределах от $-0,033$ до $-0,065$.

Полученные данные позволили предложить пятибалльную шкалу отклонения от нормы (таблица) и графически показать распределение данного показателя в парковых зонах города Воронежа (рис. 2).

При вычислении среднего относительного различия на признак для всей выборки (X) (таблица, рис. 2) установлено, что по сравнению с контрольной точкой (ВГЗБ) (0015), относительные нарушения стабильности развития отмечены у деревьев, произрастающих в скверах им. Бунина (3 балл отклонения от нормы; $0,031$) и им. Пушкина (2 балл; $0,017$), а в остальных паркоценозах данный показатель приближен к норме (1 балл), что, вероятно, связано с относительно благоприятными экологическими условиями рассматриваемой территории.

В целом ситуация загрязнения в парковых зонах такова, что проявляются различия. Анализируемые образцы клена остролистного, произрастающие в парковых зонах г. Воронежа, выявили незначительные отличия в размерах листовых пластинок, обусловленные экологическими условиями произрастания и особенностями адаптации к ним исследованного вида. Показатель ФА, определяющий экологическое состояние зеленых насаждений в паркоценозах, варьировал в пределах от $-0,023$ до $0,031$ и превышал условную норму ($<0,015$) на двух исследуемых территориях.

Детальный анализ влияния абиогенных стрессоров (выхлопные газы автотранспорта и другие) и большая выборка листьев клена в паркоценозах

позволит сделать более глубокий диагноз зеленых насаждений, составить корреляционные связи между флуктуационной симметрией листьев и уровнем загрязненности улиц вокруг парковых зон городской среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биоиндикация загрязнения районов г. Воронежа по величине флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой / В. Н. Калаев [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Химия. Биология. Фармация. – 2011. – № 2. – С. 168-175.
2. Боголюбов А. С. Оценка экологического состояния леса по асимметрии листьев / А. С. Боголюбов. – Москва : Экосистема, 2002. – 10 с.
3. Гуртяк А. А. Оценка состояния среды городской территории с использованием березы повислой в качестве биоиндикатора / А. А. Гуртяк, В. В. Углев // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т. 37, № 1. – С. 200-204.
4. Дероян Г. В. Состояние древесных насаждений в промышленном центре в связи с загрязнением его атмосферы / Г. В. Дероян. – Известия АН АрмССР. – 1957. – Т. 10, № 5. – С. 57-64.
5. Захаров В. М. Здоровье среды: методика оценки / В. М. Захаров, Ю. А. Буйлов, М. В. Кравченко. – Москва : Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.
6. Захаров В. М. Онтогенез и популяция (стабильность развития и популяционная изменчивость) / В. М. Захарова // Экология. – Екатеринбург, 2002. – № 3. – С. 164-168.
7. Зорина А. А. Характеристика флуктуирующей асимметрии листа двух видов берез в Карелии / А. А. Зорина, А. В. Коросов // Экология. Экспериментальная генетика и физиология : труды Карельского научного центра РАН. – Петрозаводск, 2007. – Вып. 11. – С. 28-36.

8. Иванов В. П. Использование асимметрии площадей листовых пластинок *Betula pendula* в качестве индикатора экологического состояния природной среды / В. П. Иванов, С. И. Марченко, Н. В. Акименко // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер. Лес. Экология. Природопользование. – 2009. – № 3. – С. 68-74.

9. Кузьмичев Е. П. Инфекционные болезни городских насаждений и меры борьбы с ними : учебное пособие / Е. П. Кузьмичев, Э. С. Соколова, Е. Г. Куликова. – Москва : Московский государственный университет леса, 2002. – 87 с.

10. Кузьмичев Е. П. Болезни древесных растений. Болезни и вредители в лесах России / Е. П. Кузьмичев, Э. С. Соколова, Е. Г. Мозолева. – Москва : Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, 2004. – Т. 1. – 122 с.

11. Луцкан Е. Г. Биоиндикационная оценка состояния окружающей среды города Алдана на основе флуктуирующей асимметрии березы плосколистной / Е. Г. Луцкан, Е. Г. Шандрина // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 8. – С. 139-141.

12. Мелькумов Г. М. Влияние экологических факторов на древесный компонент паркоценозов города Воронежа / Г. М. Мелькумов, В. А. Агафонов // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. География. Геоэкология. – 2010. – № 2. – С. 140-143.

13. Мелькумов Г. М. Зависимость состояния древесных растений парковой зоны города Воронежа от уровня загруженности улиц автотранспортом / Г. М. Мелькумов, В. А. Агафонов // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Химия. Биология. Фармация. – 2012. – № 1. – С. 116-120.

14. Мелькумов Г. М. Экологический мониторинг состояния древесных растений парковых зон города Воронежа / Г. М. Мелькумов // Актуальные вопросы экологии : материалы 8 межрегиональной научно-практической конференции, 24 мая 2012 года / Администрация городского округа город Воронеж; Управление по охране окружающей среды департамента общественной безопасности. – Воронеж, 2012. – С. 231-233.

15. Пчелинцева Н. М. Фитоиндикационная оценка качества городской среды по цветочным культурам : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Н. М. Пчелинцева. – Саратов, 2004. – 22 с.

16. Савинцева Л. С. Оценка качества асимметрии листовой пластинки березы повислой (*Betula pendula* Roth) / Л. С. Савинцева, Т. Л. Егонина, В. В. Ширяев // Вестник Удмурского университета. Биология. Науки о земле. – 2012. – Вып. 2. – С. 31-37.

17. Хикматуллина Г. Р. Сравнение морфологических признаков листа *Betula pendula* в условиях урбано-среды / Г. Р. Хикматуллина // Вестник Удмурского университета. Биология. Науки о земле. – 2013. – Вып. 2. – С. 48-56.

18. Franiel J. Fluctuating asymmetry of *Betula pendula* Roth. Leaves - an index of environment quality / J. Franiel // Biodiv. Ros. Conserv. – 2008. – Vol. 9-10. – P. 7-10.

19. Palmer A. R. Fluctuating asymmetry as a measure of developmental stability : implications of non-normal distributions and power of statistical tests / A. R. Palmer, C. Strobeck // Acta Zool. Fenn. – 1992. – Vol. 191. – P. 57-72.

Мелькумов Гавриил Михайлович
кандидат биологических наук, ассистент кафедры ботаники и микологии Воронежского государственного университета, г. Воронеж, т. 89515642799, E-mail: agaricbim86@mail.ru

Волков Денис Эдуардович
студент 3 курса кафедры ботаники и микологии Воронежского государственного университета, г. Воронеж, т. 89518770845, E-mail: Hiphop9393@mail.ru

Mel'kumov Gavriil Mikhailovitch
Candidate of Biological Sciences, assistant of the chair of botany and mycology, Voronezh State University, Voronezh, tel. 89515642799, E-mail: agaricbim86@mail.ru

Volkov Denis Eduardovitch
Student of the chair of botany and mycology, Voronezh State University, Voronezh, tel. 89518770845, E-mail: Hiphop9393@mail.ru