

УДК 574.2

ПОКАЗАТЕЛИ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ *BETULA PENDULA* ROTH. В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ (НА ПРИМЕРЕ Г.О. ТОЛЬЯТТИ)

© 2013 Ю.В. Беляева

Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти

Поступила 07.11.2013

Ухудшение состояния насаждений на парковых объектах озеленения г.о. Тольятти, а так же остальных урбанизированных территориях, связано с отрицательным влиянием техногенного загрязнения и с обострением экологической ситуации в городе в целом. Одним из перспективных методов интегральной оценки качества среды и жизнедеятельности древесных растений является оценка состояния живых организмов по стабильности развития, которая характеризуется уровнем флуктуирующей асимметрии морфологических структур. На основе полученных данных, можно говорить о нарушении стабильности развития у древесных растений под воздействием различных антропогенных факторов и в том числе биотических и абиотических факторов.

Ключевые слова: флуктуирующая асимметрия, *Betula pendula* Roth., стабильность развития, антропогенные, биотические и абиотические факторы.

ВВЕДЕНИЕ

Древесные растения в городе выполняют важные средообразующие и средозащитные функции: выделение кислорода и фитонцидов, ионизация воздуха, формирование микроклимата, служат фильтром для пыли и других загрязнителей воздуха, рассеивают слишком яркий свет, сглаживают экстремальную положительную температуру. Но в условиях современного города зеленые насаждения испытывают на себе высокое антропогенное воздействие и воздействие биотических и абиотических факторов. Растения (деревья, кустарники и т.д.) в городских насаждениях можно рассматривать как объекты для получения информации о физиологических, анатомо-морфологических проявлениях адаптивных реакций этих растений по отношению к антропогенной среде обитания и техногенному загрязнению. Возникшая на базе биологического мониторинга, система фитомониторинга техногенного загрязнения городской среды рассматривает возможность использования высших растений в контроле качества городской среды. В такую систему входит оценка среды на основе наблюдений за жизненным состоянием, составом и численностью видов растений – фитоиндикация. С помощью фитоиндикации можно оценить уровень конкретного экологического фактора косвенным путем, не прибегая к трудоемким экспериментам, и дать объективную оценку экологической ситуации в городе, а так же прогнозировать дальнейшее влияние различных факторов. Выявление влияния техногенного загрязнения, производится путем сравнения исследуемых городских сообществ с природными аналогами. Выделяются наиболее

удобные для индикации виды и признаки, учитывается уровень отклонения условий в данном климате от оптимума за счет видов-интродуцентов [4-8,12,13]. Одним из перспективных и удобных методов оценки интенсивности антропогенного воздействия и интегральной оценки качества среды и жизнедеятельности древесных растений является оценка состояния живых организмов по стабильности развития, которая характеризуется уровнем флуктуирующей асимметрии (ФА) морфологических структур. Методика привлекательна тем, что идет работа по признакам, характеризующим общие морфологические особенности листа путем промеров листа у растений с билатерально симметричными листьями [1].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Объектом исследования является *Betula pendula* Roth. – вид растений рода Берёза (*Betula*), семейства Берёзовые (*Betulaceae*). Это одна из наиболее быстрорастущих древесных пород [2]. При благоприятных условиях данный вид достигает 25-30 м в высоту и до 80 см в диаметре. Очень светолюбива, ее крона ажурна, пропускает много света. *Betula pendula* Roth. средне – требовательна к плодородию почвы. Корневая система *Betula pendula* Roth. сильно развита, но проникает в почву неглубоко. Сравнительно недолговечна, живёт до 120 лет, реже до более взрослого возраста [3].

Предметом исследования является наиболее доступная и широко применяемая морфогенетическая мера нарушения стабильности развития – флуктуирующая асимметрия листа как результат неспособности организма развиваться по точно определенным путям. Под флуктуирующей асимметрией понимают мелкие ненаправленные отклонения от симметричного состояния [1,4]. Данная методика опробована для *Betula pendula* Roth.,

Беляева Юлия Витальевна, ассистент,
woodik007@yandex.ru

произрастающей в условиях различных природных ценозов и внутригородских территорий городского округа Тольятти, Самарская область.

Исследования проводились в 2013 г. Место исследования - город Тольятти, который расположен на левом берегу Волги напротив Жигулей. Расположен в лесостепной зоне, климат умеренно-континентальный, лето нередко засушливое. Были выбраны пять точек сбора материала: Узюковский лес (контроль), Лес пригородный, Парк Победы, улица Банькина, Промзона (табл.1). В качестве контроля были выбраны насаждения *Betula pendula* Roth., произрастающие в лесу в двадцати пяти километрах от города. Сбор материала производился в июне (так как конец июня, начало июля прекращение роста листьев), июле и в августе. Каждая выборка состояла из 100 листьев (по 10 листьев с одного дерева), которые были взяты из нижней части кроны дерева, на уровне поднятой руки и выше, с максимального количества доступных веток, направленных условно на север, запад, восток и юг, относительно равномерно вокруг дерева. Далее производили анализ по каждому растению. Всего было обработано 1500 листьев. Отбирались средневозрастные, относительно здоровые деревья, произрастающие в

сходных экологических условиях. В полевых условиях оценка жизненного состояния производилась визуальным способом, учитывая описанные в литературе диагностические показатели, фотографии и шкалу категорий жизненного состояния деревьев. За основу была взята методика В.А.Алексеева с соавторами (1989-1990 гг.) [14].

Для оценки величины флуктуирующей асимметрии выбирались признаки, характеризующие общие морфологические особенности листа. С одного листа снимались показатели по пяти параметрам с левой и правой стороны листа, а так же были учтены данные по форме макушки листа. В общей сложности было снято 16500 показателей для статистической обработки. Величина асимметрии у каждой особи определяется по различию числа структур слева и справа. Популяционная оценка выражалась средней арифметической этой величины. Для пластического признака величина асимметрии у особи рассчитывалась как различие в промерах слева и справа отнесенная к сумме промеров на двух сторонах. Использование такой относительной величины необходимо было для того, чтобы нивелировать зависимость величины асимметрии от величины самого признака.

Таблица 1. Характеристики точек сбора листьев *Betula pendula* Roth. лето 2013 г.

№ вы-борки	Место выборки	Характеристика точки сбора	Источник техногенного воздействия
№ 1	Узюковский бор (контроль)	Естественные насаждения. Смешанный хвойно-лиственный лес за пределами города (двадцать пять километров от города).	Источника техногенного загрязнения нет.
№ 2	Лес пригородный (Тольяттинское лесничество)	Естественные насаждения. Смешанный хвойно-лиственный лес за пределами города (один километр от города).	Источника техногенного загрязнения нет.
№ 3	Парк Победы (Автозаводской район)	Искусственные насаждения. Дворец спорта «Волгарь», стадион «Торпедо», спортивный комплекс «Олимп», АЗС «ТНК».	Густая сеть автодорог, три остановки вокруг парка, четыре перекрестка, пропускной поток: 1600-1900 единиц разнотипных транспортных средств в час в одну сторону.
№ 4	Улица Банькина (Центральный район)	Искусственные насаждения. Спидвейный трек «СТК им.Степанова», плавательный бассейн «Старт», Центральный автовокзал, ТГУ, Мэрия г.о.Тольятти, спортивный комплекс «Кристалл».	Густая сеть автодорог, 4 остановки с местом сбора, один перекресток, пропускной поток: 1000-1700 единиц разнотипных транспортных средств в час в одну сторону. Спидвейный трек «СТК им. Степанова».
№5	Промышленная зона (Автозаводской район)	Искусственные насаждения. ЗЖБК ЗАО «Завод железобетонных конструкций», Железнодорожный вокзал, мастерская по ремонту электродвигателей.	Густая сеть автодорог, пропускной поток: 1500-1900 единиц транспортных средств (преобладание грузовых машин, 70-80 %) в час в одну сторону. Наружные силовые кабели, троллейбусные линии – источники электромагнитных полей.

Система пластических признаков *Betula pendula* Roth., используемая для оценки показателя флуктуирующей асимметрии, следующая: параметр 1 - ширина левой и правой половинок лис-

та (для измерения лист складывали пополам, совмещали верхушку с основанием листовой пластинки, потом разгибали лист и по образовавшейся складке производили измерения: измеряется

расстояние от границы центральной жилки до края листа); параметр 2 – расстояние от основания до конца жилки второго порядка, второй от основания листа; параметр 3 – расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка; параметр 4 – расстояние между концами первой и второй жилок второго порядка; параметр 5 – угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка. Промеры 1-4 снимались циркулем-измерителем, угол между жилками 5 измерялся прозрачным транспортиром (с точностью до 1 градуса).

Величина флуктуирующей асимметрии различных, даже нескоррелированных между собой признаков часто показывает согласованные изменения. Таким образом, информация, получаемая в отношении лишь ограниченного набора морфологических признаков, позволяет охарактеризовать уровень стабильности развития организма в целом. Чем выше уровень значений этого показателя, тем ниже уровень гомеостаза развития. Для оценки степени нарушения стабильности развития (отклонений состояния) организма использовалась пятибалльная шкала, разработанная для *Betula pendula* Roth. в европейской части России [1,4]. Для занесения и хранения числовых значе-

ний измерений использовалось компьютерное программное обеспечение Microsoft Excel. При статистической обработке материала использовались общепринятые параметры [7-9].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Величина интегрального показателя стабильности развития - среднего относительного различия между сторонами на признак изменялась по месяцам (июнь, июль, август): выборка № 1 составила от 0,034 до 0,035, соответствует одному баллу; выборка № 2 составила от 0,040 до 0,039, соответствует от одного до двух баллов; выборка № 3 составила от 0,046 до 0,042, соответствует от двух до трех баллов; выборка № 4 составила от 0,046 до 0,044, соответствует от двух до трех баллов; выборка № 5 составила от 0,054 до 0,057, соответствует от четырех до пяти баллов. Среднее относительное различие на признак для всей выборки за летний период – изменялось в выборках от 0,035 до 0,056, что составило от одного до пяти балла в 2013 г. Обобщенные результаты измерений по всем выборкам за летний период 2013 г. можно увидеть в таблице № 2, диаграммах 1 и 2.

Таблица 2. Обобщенные результаты измерений по всем выборкам за летний период 2013 г.

Выборка	Наименование	2013 г.				Балл
		Интегральный показатель на июнь	Интегральный показатель на июль	Интегральный показатель на август	Интегральный показатель на лето	
1	Узюковский бор	0,034	0,035	0,035	0,035	1
2	Лес пригородный	0,040	0,040	0,039	0,040	2
3	Парк Победы	0,046	0,046	0,042	0,045	3
4	Банькина улица	0,046	0,044	0,044	0,045	3
5	Пром. Зона	0,056	0,054	0,057	0,056	5

Анализ полученных результатов в 2013 г. свидетельствует, что величина асимметрии признака зависит от расположения выборки исследования по отношению к объектам загрязнения. На выборке № 5 (Промышленная зона Автозаводского района, улица Коммунальная) показатель асимметричности составил 0,056 - соответствует критическому состоянию среды (5 баллов). Существенными нарушениями от нормального состояния обладают улица Банькина (Центральный район) и Парк Победы (Автозаводской район) по показателю асимметрии, соответствуют 3 баллам (загрязнено, «тревога»). Такие значения наблюдаются в неблагоприятных условиях, растение находится в угнетенном состоянии. На территории леса (расположенным за пределами города) показатель асимметрии соответствует 2 баллам, что соответствует относительно чистому состоянию среды («норма»). И наконец, контрольная выборка №1 (Узюковский бор, двадцать пять километров от

города) показала асимметрию 0,035 – соответствует 1 баллу, это значит «чисто».

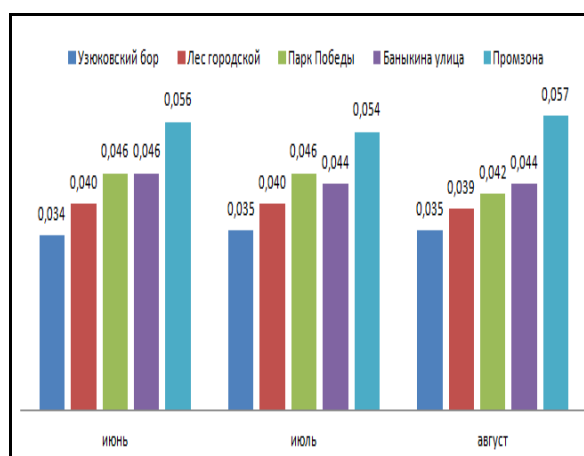


Рис. 1. Сравнение величины показателя ФА *Betula pendula* Roth. по летним месяцам 2013 г.



Рис. 2. Сравнение показателя ФА *Betula pendula* Roth. с нормативными показателями за лето 2013 г.

Сравнивая результаты июня, июля и августа 2013 г., можно данные выборки отнести к четырем точкам:

Точка критического значения – где максимальный показатель флуктуирующей асимметрии в 0,056 даже вышел за пределы критического состояния (0,055) – это Промышленная зона Автозаводского района. Здесь наблюдаются вредные неблагоприятные условия. **Точка загрязнения** – показатель флуктуирующей асимметрии 0,045 говорит о загрязненных районах – это Парк Победы Автозаводского района и улица Баныкина Центрального района. **Точка относительной чистоты** – показатель флуктуирующей асимметрии 0,040 свидетельствует о незначительных нарушениях гомеостаза развития и об относительно благоприятной экологической обстановке – Лесгородской. Растения испытывают слабое влияние неблагоприятных факторов. **Точка условной нормы** – показатель флуктуирующей асимметрии 0,035 свидетельствует о чистой, благоприятной обстановке – Узюковский бор. Сходный уровень показателя флуктуирующей асимметрии на территории Узюковского леса в 25 км от города и показателей в литературных источниках, позволяет использовать в качестве условного контроля именно этот район.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показатель асимметрии указывает на наличие в среде обитания живых организмов негативного фактора. Это могут быть абиотические (затенение, бедная почва, погода года, климат), биотические (обитание биологического объекта на краю ареала) и антропогенные (урбанизация, автотранспорт, загрязнение вредными веществами) факторы. Показатель откликается повышением на изменение фактора и стабилен при адаптации к имеющимся условиям. Таким образом, на основании периодического вычисления показателя мож-

но проследить изменения условий обитания объекта и состояния самого объекта.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает глубокую благодарность и искреннюю признательность своему научному руководителю С.В. Саксонову (ИЭВБ РАН, Тольятти) за понимание, поддержку и ценные советы, В.Н. Козловскому (ПВГУС, Тольятти) за направление на путь истинный и неоценимую поддержку, О.В. Козловской (ПВГУС, Тольятти) за личный пример и неоценимую поддержку, А.В. Гребенкину (РГГУ, Тольятти-Москва) и А.С. Мычкиной (ВЭГУ, Тольятти-Уфа) за помощь в полевых сборах материала и дружескую поддержку, М.Н. Степанову (ТГУ, Тольятти) за помощь при статистической обработке материала, В.М. Васюкову (ИЭВБ РАН, Тольятти) и А.В. Ивановой (ИЭВБ РАН, Тольятти) за ценные советы и доброе отношение. Особая благодарность за понимание и терпение моей дорогой маме Л.В. Беляевой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И. и др. Здоровье среды: методы оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000. 68 с.
2. Булыгин Н.Е., Ярмишко В.Т. Дендрология: учебник/2-е изд. стер. М.: МГУЛ, 2003. 528 с.
3. Гроздова Н.Б., Некрасов В.И., Глоба-Михайленко Д.А. Деревья, кустарники и лианы. М: Лесная промышленность, 1986.
4. Захаров Е.М., Чубинишвили А.Т., Дмитриев С.Г. и др. Здоровье среды: практика оценки. М.: Центр экологической политики России, 2006. 68 с.
5. Егорова Е.И., Белолипецкая В.И. Биотестирование и биоиндикация окружающей среды. Обнинск, 2000. 80 с.
6. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем. Москва, Мир, 1988.
7. Кавеленова Л.М. Экологические основы и принципы построения системы фитомониторинга урбосреды в лесостепи // Вестник Сам. ГУ, 2 спец. выпуск. Самара, 2003. С. 182-191.
8. Кавеленова Л.М. Проблемы организации системы фитомониторинга городской среды в условиях лесостепи. Самара: Изд-во «Универс групп», 2006. 223 с.
9. Кавеленова Л.М., Прохорова Н.В. Растения в биоиндикации окружающей среды. Учебное пособие. Самара, 2009.
10. Татарнинова Т.А. Морфофизиологические особенности состояния древесных растений в городских экосистемах / Международная межвузовская школа-семинар по экологии, Москва, 17-21 апр., 2000. Материалы семинара. М., 2000. С. 38-39.
11. Макеева Т.И., Никонова Г.Н. Оценка антропогенной нагрузки на территории по показателям стабильности развития растений // Проблемы и пути их решения: научно-практическая конференция, Москва, 30-31 окт., 2002. Материалы конференции. М., 2002. С. 201-207.
12. Неверова О.А. Биоэкологическая оценка загрязнения атмосферного воздуха по состоянию древесных растений. Новосибирск: Наука, 2001.

13. MacFarlena G.R. Leaf biochemical parameters in *Avicennia marina* (Forsk) Vierh as potential biomarkers of heavy metal stress in estuarine ecosystems // *Mar. Pollut. Bull.*, 2002 . 44, N 3. С. 244-256.
14. Алексеев, В.А Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л.: Наука, 1990. 197 с.

INDICATORS FLUCTUATING ASYMMETRY BETULA PENDULA ROTH. IN THE CONDITIONS OF ANTHROPOGENIC IMPACT (ILLUSTRATED TOGLIATTI)

© 2013 Yu.V. Belyaeva

Volga Region State University of Service

The deterioration of the plants on park facilities landscaping Togliatti, as well as other urban areas, due to the negative influence of man-made pollution and worsening of the ecological situation in the city as a whole. One of the promising methods for integrated assessment of environmental quality and life of trees is to assess the state of the living organisms on sustainable development, which is characterized by a level of fluctuating asymmetry of morphological structures. Based on these results, we can talk about the violation of stability in woody plants under the influence of various anthropogenic factors, including biotic and abiotic factors.

Key words: fluctuating asymmetry, *betula pendula*, the stability of development, anthropogenic, biotic and abiotic factors.