

Динамика флуктуирующей асимметрии растений-интродуцентов г. Орехова-Зуева

Н.А. Савельева, аспирантка,

А.А. Колонцов, д.б.н., Московский ГОГИ;

С.Л. Белопухов, д.с.-х.н., профессор,

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева;

А.В. Филиппова, д.б.н., профессор, Оренбургский ГАУ

В настоящее время крайне актуален вопрос оптимизации городской среды. Для этого используются древесные растения, основная роль которых сводится к их способности нивелировать неблагоприятные для человека факторы природного и техногенного происхождения. Однако высокая степень воздействия негативных антропогенных факторов, присущая урбанизированным территориям, закономерно приводит к ослаблению растительности, преждевременному старению, снижению продуктивности и т.п. Древесные растения, оказавшиеся в городских условиях, начинают отставать в росте и развитии, у них рано изреживается крона. Таким образом, наравне с вопросом озеленения города на первый план также ставится проблема способов выявления оценки стрессового воздействия на растения.

Наиболее чувствительным органом растения является зелёный лист. Угнетение роста листьев находится в прямой зависимости от степени стрессового воздействия на растение, что особенно сказывается на тех из них, которые были переселены в местность, где раньше не существовали. Их толерантность к стрессовым факторам снижена. Основным последствием воздействия негативных факторов является функциональное расстройство с изменением ряда происходящих в растении биологических процессов в неблагоприятном направлении, преждевременное его старение и т.п.

При рассматривании стабильности развития, оцениваемой по флуктуирующей асимметрии, речь идёт об «ошибках» в развитии, которые будут минимальны при оптимальных условиях и максимальны при неоптимальных. С этих позиций анализ флуктуирующей асимметрии позволяет получить интегральную оценку состояния организма при всём комплексе возможных воздействий, включая антропогенное загрязнение среды.

В связи с этим изучали стабильность развития интродуцентов в различных районах г. Орехова-Зуева на протяжении нескольких лет — с 2005 по 2011 г. по показателям флуктуирующей асимметрии листовой пластинки.

Объекты и методика исследований. Сбор биоматериала проводили в городском парке 1 Мая (пробная площадка № 1), на ул. 1905 года (пробная площадка № 2), в центре города — на Привокзальной площади и Центральном бульваре (пробная площадка № 3). **Парк 1 Мая** — старый

дендропарк. В настоящее время посадки загущены большим количеством подроста, много сухостоя. Сомкнутость крон деревьев в среднем по парку составляет 50%. Парк не ухожен, много лет в нём не производилась обрезка деревьев и кустарников, не убирается лиственный опад. Парк расположен вдали от промышленных предприятий, почвы дерново-подзолистые, суглинистые, ближе к нейтральным (рН 6,8).

Улица 1905 года — район многоэтажной застройки. Кустарники расположены вдоль автотрасс и непосредственно вокруг домов, образуя живые изгороди. Преобладают следующие виды: акация жёлтая, акация белая, дерен белый, сирень обыкновенная, роза морщинистая, спирея калинолистная. Почвы дерново-подзолистые, малоплодородные (содержание гумуса — 0,33%), нейтральные (7,0).

Центр города (Привокзальная площадь, Центральный бульвар). Значительно варьирует степень озеленённости отдельных участков района. Во дворах современных многоэтажных домов, вблизи административных зданий и фабрик растительность слабо развита и испытывает сильное антропогенное воздействие. Здесь преобладают газоны, цветочные клумбы, вазоны и кустарниковые насаждения. Во дворах старых построек, а также вдоль центральной улицы сохранились старые посадки тополя бальзамического, тополя серебристого, клёна остролистного, берёзы бородавчатой, ивы белой. Высокая степень застройки характеризуется высокой транспортной нагрузкой. Почвы участка дерново-подзолистые лёгкие суглинки, нейтральные (рН 6,9), малоплодородные (содержание гумуса — 0,46%).

В качестве **объектов** древесной флоры использовали акацию белую (*Robinia pseudoacacia* L.), лох узколистный (*Elaeagnus angustifolia* L.), клён американский (*Acer negundo* L.). На пробных площадях были обследованы по десять деревьев каждого вида. У акации белой и клёна американского оценивали длину центральных жилок первых листочков (метрический признак), у лоха узколистного — мером подвигалась ширина половинки листовой пластинки справа и слева от центральной жилки [1].

Для обработки результатов использовали методику оценки флуктуирующей асимметрии листовой пластинки, а также характера распределения *L-R* (левая сторона минус правая сторона) в зависимости от частоты встречаемости этой величины (*Palmer A.R., Strobeck C.*; Колонцов и др., 2012).

Результаты и обсуждение. При изучении динамики флуктуирующей асимметрии акации белой (биоматериала, собранного с 2006 по 2011 г.) оценивали асимметрию центральных жилок первых листочков. Результаты анализа представлены

в таблице 1. По тесту Колмогорова–Смирнова распределение отличалось от нормального, кроме распределения 2010 г. Поэтому в качестве показателя направленной асимметрии использовали критерий Уилкоксона. По значению критерия Уилкоксона $p > 0,05$ нет направленной асимметрии. По значению эксцесса можно судить об отсутствии антисимметрии.

В качестве индекса асимметрии использовали индекс $F_1 = |L - R|$ для измерений биоматериала в 2006 г., 2008–2011 гг., представляющий собой модуль разности значений параметра на левой и правой половине листа.

В качестве индекса асимметрии для измерений 2007 г. использовали $F_2 = 2|L - R| / (L + R)$. Данные индексы были выбраны на основании результатов теста Спирмена и Кендалла, показавшего в пяти случаях из шести отсутствие зависимости величины асимметрии от величины параметра. Помимо индексов асимметрии в каждой группе растений рассчитывали процент симметричных объектов как отношение числа объектов с нулевым индексом асимметрии к общему числу объектов. Судя по индексам асимметрии, наблюдалось снижение асимметричности объектов с 2006 до 2009 г. и последующее увеличение к 2011 г. Сходную тенденцию показал и процент симметричных объектов. Максимальный процент симметричных объектов зарегистрирован в 2007 г. Однако статистически достоверные различия влияния фактора время обнаруживаются только на уровне значимости $p = 0.05$. (Рокитский). Для уровня значимости $p = 0.01$ влияние не доказано.

Результаты оценки параметров листьев лоха узколистного (наблюдения за 2005–2011 гг.) представлены в таблице 2.

Судя по индексам асимметрии, происходит снижение данного показателя. Повышение уровня имело место лишь в 2010 г. Однако процент симметричных объектов не коррелировал с индексом асимметрии. Возможно, это связано с выявленной направленной симметрией листьев лоха узколистного. В этой серии опытов для асимметрии половины ширины листа критерий Колмогорова – Смирнова показал отсутствие нормального распределения. Критерий Уилкоксона не выявил направленной асимметрии у листьев, собранных в 2005, 2006 и 2010 гг., в остальных случаях выявлена направленная асимметрия. Во всех случаях величина эксцесса свидетельствовала об отсутствии антисимметрии. Тест Спирмена и Кендалла показал зависимость величины асимметрии от величины параметра, за исключением листьев растений, собранных в 2010 г. Учитывая данные статистического анализа, для сравнения асимметрии листьев, собранных в разные годы (фактор время), применяли дисперсионный анализ, в качестве индекса флуктуирующей асимметрии использовали индекс F_2 (для 2010 г. – F_1). Обработка результатов методом дисперсионного анализа показала, что фактор время значимо влияет на асимметрию листьев лоха узколистного.

Результаты оценки параметров листьев клёна американского (наблюдения за 2007–2011 гг.) представлены в таблице 3.

Критерий Колмогорова–Смирнова показал нормальное распределение, поэтому о наличии

1. Результаты измерения акации белой

Показатель	Год					
	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Индекс асимметрии	2,47	0,044	1,82	1,61	2,27	1,97
% симметричных объектов	3	32	26	30	6	10
Индекс модальности (MI)	0,19	1,94	1,73	1,71	0,36	1,03
Тест Колмогорова – Смирнова на нормальность распределения ($p > 0.05$)	0,026	0,001	0,003	0,000	0,148	0,001
Асимметрия (skew)	–1,925	1,015	0,820	1,929	0,118	–3,086
Эксцесс (kurtosis)	10,949	13,076	7,028	14,898	0,726	15,778
Критические значения эксцесса ($p < 0.05$)	0,869	0,869	0,869	0,869	0,869	0,869

2. Асимметрия листьев лоха узколистного

Показатель	Год						
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Индекс асимметрии	0,133	0,11	0,064	0,12	0,10	0,76	0,096
% симметричных объектов	27	7	44	36	37	35	25
Индекс модальности (MI)	1,42	0,19	2,05	1,6	1,45	1,23	1,04
Тест Колмогорова – Смирнова на нормальность распределения ($p > 0.05$)	0,025	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,006
Асимметрия (skew)	–0,072	–0,850	–0,166	0,371	0,191	0,286	0,492
Эксцесс (kurtosis)	–0,441	1,494	–0,355	0,204	–0,332	–0,533	1,234
Критические значения эксцесса ($p < 0.05$)	–0,631	0,869	–0,631	0,869	–0,631	–0,631	0,869

3. Асимметрия листьев клёна американского.

Показатель	Год				
	2007	2008	2009	2010	2011
Индекс асимметрии	0,073	6,35	7,08	5,02	7,17
% симметричных объектов	12	4	9	9	2
Индекс модальности (MI)	1,85	1,14	3,6	2,25	0,36
Тест Колмогорова-Смирнова на нормальность распределения ($p>0.05$)	0,321	0,550	0,892	0,787	0,847
Асимметрия (skew)	-0,193	-0,231	0,018	0,166	0,012
Экссесс (kurtosis)	0,244	0,079	0,181	0,173	0,287
Критические значения эксцесса ($p<0.05$)	0,869	0,869	0,869	0,869	0,869

направленной асимметрии судили по одновыборочному t-критерию, который показал отсутствие последней. По значениям эксцесса можно также судить об отсутствии антисимметрии. Тест Спирмена—Кендалла показал отсутствие значимости величины асимметрии от величины параметра, за исключением листьев растений, собранных в 2007 г., поэтому в качестве индекса асимметрии использовали индекс F_1 (кроме 2007 — F_2). Судя по индексам асимметрии, наблюдалась тенденция увеличения данного показателя, кроме 2010 г. Процент симметричных объектов, наоборот, снижался, что свидетельствует об увеличении асимметричности изучаемых объектов. По результатам проведённого дисперсионного анализа зависимости асимметрии листьев от фактора время можно считать, что данный фактор значимо влияет на асимметрию листьев клёна американского, хотя для уровня значимости $p=0,01$ влияние не доказано.

Вывод. Исследование флуктуирующей асимметрии растений-интродуцентов г. Орехова-Зуева

позволило выявить разную степень нарушения стабильности развития, что может указывать на разную степень устойчивости растений к загрязнению окружающей среды в условиях урбанизированных территорий [2]. По полученным данным можно судить о большей устойчивости к загрязнению в условиях города клёна американского. Об этой особенности косвенно может свидетельствовать широкая распространённость клёна американского в исследуемой климатической зоне. Наиболее подходящим объектом для изучения стрессового воздействия среди выбранных видов, на основании полученных данных, может служить лох узколистный.

Литература

1. Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И. и др. Здоровье среды: методика оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000. С. 27–35.
2. Кавлёнова Л.М. К оценке экологического дискомфорта древесных видов-интродуцентов в городских насаждениях // Известия вузов. Лесной журнал Издательство: Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова (Архангельск). 2006. № 3. С. 25–30.