

УДК 581.522.5

**ФИТОИНДИКАЦИОННАЯ ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
МОРФОЛОГО-АНАТОМИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ПОБЕГОВ *PLATANUS ORIENTALIS* L. В УСЛОВИЯХ ГОРОДА МАХАЧКАЛЫ**© 2012 З.М. Асадулаев¹, З.Р. Рамазанова²¹ Горный ботанический сад Дагестанского научного центра РАН² Дагестанский государственный педагогический университет, г. Махачкала

Поступила в редакцию 06.05.2012

В статье проведена сравнительная оценка адаптивных анатомических и морфологических изменений побегов и листьев *Platanus orientalis* L. в зависимости от места произрастания в г. Махачкале. Выявлены наиболее чувствительные к действию загрязнителей признаки, которые можно использовать в качестве индикаторов окружающей среды.

Ключевые слова: адаптация, побег, лист, морфологический признак, анатомический признак, *Platanus orientalis* L., городские условия

Древесные растения в городской среде адаптируются к стрессовому воздействию, вырабатывая структурные анатомо-морфологические приспособления [7, 13]. Для изучения степени устойчивости и адаптационных возможностей растений многие исследователи, прежде всего в качестве индикатора называют лист в связи с основными его функциями – фотосинтезом и транспирацией [7, 8].

Цель работы: выявление адаптивных анатомо-морфологических изменений побеговых систем платана восточного в условиях г. Махачкалы.

Методы и объекты. Для изучения отобраны деревья *Platanus orientalis* L. одинакового возрастного состояния (средне генеративное состояние – g₂), произрастающие в разных экологических условиях г. Махачкалы (парк и улица). Побеги с листьями (N=10) собирали с северной стороны кроны деревьев на уровне 1,5 м от земли. В качестве модельного был определен четвертый от основания лист ростового побега после полного его формирования в соответствующих условиях. Листья фиксировали в растворе 70% спирта с добавлением глицерина. Работа проводилась в лаборатории интродукции и генетических ресурсов древесных растений ГорБС ДНЦ РАН с использованием микроскопа ЛОМО-АТ 054 при увеличении 10х40.

Исследовано 9 морфологических и 19 анатомических признаков. Количество клеток, устьиц, трихом определяли в трех повторностях (N=30) с пересчетом на 1 мм² поверхности эпидермы. Метрические измерения проводили в 10-кратной повторности (N=100). Статистическую обработку полученных данных выполняли с использованием

прикладной компьютерной программы Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение. Показатели, характеризующие ростовую активность побегов и листьев *P. orientalis* в условиях с различной экологической нагрузкой отражены в таблице 1.

Годичный прирост в контроле по сравнению с загрязненной точкой в 1,3 раза выше. Варьирование этого признака в пределах крон (от 9,5 см до 48,5 см) показывает большой размах фенотипического реагирования на условия среды в силу физиологической координации процессов роста. Диаметр побега также больше в контроле на 0,1 см. Соответственно достоверно больше и количество листьев, что показывает на уменьшение длины прироста, диаметра побегов и количества листьев у растений платана восточного, произрастающих вблизи улицы.

Анализ морфометрических параметров листа в зависимости от мест произрастания деревьев показывает более сложную картину. При этом длина листа несколько выше в загрязненной точке (17,9 см), а ширина – в контрольной (20,9 см), хотя эти различия статистически не подтверждены. Длина листовой пластинки в контроле колеблется в более широких пределах от 8,8 см до 20,2 см, чем в загрязненной – от 16,5 см до 19 см. Биометрические показатели других структурных элементов листьев деревьев, произрастающих в парке, также несколько выше. У диаметра черешка эти различия подтверждены статистически на 0,01% уровне значимости.

Уменьшение в целом линейных размеров листа в стрессовых условиях многими исследователями рассматривается как адаптивный показатель [4, 10], и объясняется подавлением стадии растяжения из-за недостатка ассимилянтов [1] и нарушением гормональной регуляции роста вследствие воздействия загрязняющих веществ [2, 10]. В то же

Асадулаев Загирбег Магомедович, доктор биологических наук, профессор, директор. E-mail: asgorbs@mail.ru
Рамазанова Зулфира Рамазановна, старший преподаватель кафедры безопасности жизнедеятельности. E-mail: zulfiraram@mail.ru

время в своей работе В.К. Жиров и др. [2] указывают на стимулирование ростовых процессов при среднем уровне загрязнения среды тяжелыми металлами. Такое объяснение в нашем случае может

быть применено при интерпретации некоторого увеличения длины листовой пластинки у деревьев, произрастающих вблизи проезжей части.

Таблица 1. Характеристика морфологических параметров ростовых побегов и листьев *P. orientalis*

Признаки, N=10	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$		CV, %	
	контроль	опыт	контроль	опыт
длина побега, см	33,3 $\pm$ 2,36	26,4 $\pm$ 3,34	22,4	40,0
диаметр побега, см	0,5 $\pm$ 0,03*	0,4 $\pm$ 0,03*	23,9	22,1
количество листьев, шт.	9,2 $\pm$ 0,42**	7,3 $\pm$ 0,42**	14,3	18,3
длина листовой пластинки, см	16,7 $\pm$ 1,00	17,3 $\pm$ 0,23	18,9	4,2
ширина листовой пластинки, см	20,9 $\pm$ 1,28	20,2 $\pm$ 0,39	19,3	6,2
длина правой жилки, см	15,1 $\pm$ 0,89	14,1 $\pm$ 0,25	18,7	5,5
длина левой жилки, см	15,9 $\pm$ 0,95	13,9 $\pm$ 0,31	20,0	6,9
длина черешка, см	5,9 $\pm$ 0,33	5,8 $\pm$ 0,14	17,7	7,7
диаметр черешка, мм	0,20 $\pm$ 0,01**	0,23 $\pm$ 0,01**	11,8	12,4

Примечание: отличия достоверны в сравнении с контролем при: * - $P>0,95$, ** - $P>0,99$, *** - $P>0,999$.

Естественно, что степень проявления тех или иных изменений в морфолого-анатомическом строении фотосинтезирующих органов зависит от концентрации и токсичности загрязняющих веществ, продолжительности их действия, чувствительности к ним тех или иных видов. Из морфологических признаков побега, проанализированных нами, «длина побега» в загрязненной точке является наиболее изменчивой (CV=40,0%), два других признака «диаметр побега» и «количество листьев» имеют среднюю изменчивость (22,1% – 18,3%). Остальные признаки имеют устойчивые показатели с колебанием в пределах 4,2-7,7%. В условно чистой точке у большинства признаков средний уровень изменчивости (17,7-23,9%). Незначительный (11,8-14,3%) CV у признаков «количество листьев» и «диаметр черешка».

Отмечено, что изменения на микроскопическом уровне, в том числе и при воздействии негативного фактора, проявляются раньше, чем на макроскопическом [2]. Такая реакция приводит, прежде всего, к изменению числа клеток и устьиц на единицу поверхности листа [1-3]. Количественные показатели анатомического строения листьев *P. orientalis* L., произрастающих в разных экологических условиях г. Махачкалы, представлены в таблице 2. Так, количество клеток верхней эпидермы в загрязненной точке статистически существенно меньше (на 66,7 шт.), чем в условно чистой. Наиболее важным здесь

является факт наличия устьиц, хотя и крайне редко (1,8 шт. на 1 мм²), которые в контроле не обнаружены. Листья платана восточного с южной части кроны ранее [11] нами описывались как гипостоматные. В данном случае (северная часть кроны) встречаются как гипостоматные, так и амфистоматные листья. Также достоверно меньше количество клеток и на нижней эпидерме (1453,6 шт. на 1 мм²), однако количество устьиц и трихом на нижней эпидерме, в загрязненном районе больше, чем в контроле.

Варьирование анатомических признаков эпидермы листа имеет широкий размах: очень высокий CV у признака «количество устьиц на верхней эпидерме» в опытной точке – 265,2%, что может быть объяснено неспецифичным и фрагментарным проявлением этого признака в силу влияния загрязняющих веществ и стрессовых компенсационных проявлений. Повышенная изменчивость наблюдается у признака «количество трихом на верхней эпидерме» в обеих точках. Возможно, такая количественная характеристика этого признака есть результат неравномерности опушения листовой пластинки и большей приуроченности трихом к жилкам. Средний уровень изменчивости проявляет признак «количество трихом на нижней эпидерме» в контроле и опыте, а для остальных признаков (количество клеток верхней и нижней эпидермы, количество устьиц нижней эпидермы) характерна низкая или незначительная вариация значений.

Таблица 2. Количественные показатели анатомических признаков эпидермы листа *P. orientalis*

Поверхность листа	Количественные показатели на 1 мм ² , шт.	Контроль		Опыт	
		$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	CV, %	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	CV, %
верхняя эпидерма	клеток	907,4 $\pm$ 13,90**	5,3	840,7 $\pm$ 17,04**	7,02
	устьиц	0	0	1,8 $\pm$ 1,38	265,2
	трихом	6,4 $\pm$ 0,93	49,9	5,5 $\pm$ 0,68	42,9
нижняя эпидерма	клеток	1594,4 $\pm$ 38,69**	8,4	1453,6 $\pm$ 25,29**	6,0
	устьиц	249,0 $\pm$ 7,91	11,0	268,4 $\pm$ 9,28	11,9
	трихом	20,3 $\pm$ 1,85*	31,5	27,2 $\pm$ 2,10*	26,7

Примечание: отличия достоверны в сравнении с контролем при: * - $P>0,95$, ** - $P>0,99$, *** - $P>0,999$

Прежде всего, представляет интерес выявленные достоверные различия в количестве эпидермальных клеток на единице площади, как на нижней, так и на верхней стороне листьев. Эти различия связаны с размерами клеток эпидермы, которые у листьев деревьев, произрастающих вдоль городских дорог больше. Увеличение размеров клеток в условиях загрязнения, видимо, обусловлено изменением водного режима растительного организма. Установлено, что в таких условиях наблюдается увеличение количества связанной воды и водоудерживающей способности [12]. Т.е. обводненность клеток повышается, и соответственно увеличиваются их размеры по сравнению с контролем (табл. 3). На фоне увеличения размеров клеток и уменьшения их количества на единицу поверхности, функционально

важным, требующим особого внимания является факт увеличения числа устьичных комплексов. Кроме того, у листьев опытных деревьев и на верхней эпидерме встречаются устьица, что, несомненно, является одним из элементов защитного механизма на негативное действие загрязняющих веществ. Так, большее количество устьиц у мезофитов в худших условиях обитания и появление устьиц на верхней эпидерме объясняется необходимостью усиления транспирации, в том числе и для ослабления перегрева, поэтому возрастание их количества является следствием функциональной адаптации и положительным признаком в строении мезофитных интродуцентов в достаточно сложных условиях городской среды [5].

Таблица 3. Морфометрические показатели структурных элементов покровной ткани листа *P. orientalis*

Признаки, мкм	Контроль		Опыт	
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	CV, %	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	CV, %
длина клеток верхней эпидермы	47,9±1,52*	20,0	52,8±1,75*	20,9
ширина клеток верхней эпидермы	32,5±1,13*	22,0	36,3±1,47*	25,7
длина клеток верхней эпидермы над жилками	65,5±2,91	28,1	62,3±1,97	19,9
ширина клеток верхней эпидермы над жилками	15,4±0,42	17,2	14,5±0,39	17,1
длина клеток нижней эпидермы	30,8±1,17	23,9	33,6±1,58	29,8
ширина клеток нижней эпидермы	20,0±0,76	23,8	20,6±0,82	25,2
длина клеток нижней эпидермы над жилками	64,1±2,37	23,3	61,9±2,25	22,9
ширина клеток нижней эпидермы над жилками	13,4±0,33	15,6	14,3±0,54	23,9
длина устьиц верхней эпидермы	0	0	40,3±0,35	5,5
ширина устьиц верхней эпидермы	0	0	33,6±0,45	8,4
длина устьиц нижней эпидермы	37,4±0,62	10,5	35,9±0,69	12,2
ширина устьиц нижней эпидермы	28,9±0,51	11,2	29,1±0,48	10,4
индекс формы устьиц нижней эпидермы	1,3		1,2	

Примечание: отличия достоверны в сравнении с контролем при: * - $P>0,95$, ** - $P>0,99$, *** - $P>0,999$

Плотность устьиц на единицу площади листовой поверхности связана также с регулированием оптимальной продуктивности фотосинтеза растений в соответствующих условиях [9]. Указанные выше изменения обеспечивают и газостойчивость растений; число устьиц увеличивается, а их линейные размеры уменьшаются [8], т.е. с числом устьиц может быть связано поглощение токсичных веществ в зависимости от степени их открытости и расположения относительно поверхности листовой пластинки. Действительно, длина устьиц абаксиальной эпидермы в загрязненной точке принимают несколько меньшее значение, чем в контроле (табл. 3), хотя эти различия статистически не доказаны.

В зависимости от условий среды могут меняться не только общие размерные характеристики клеток и самих устьичных комплексов листа, но и их индексные характеристики, связанные с ростовыми тенденциями самих клеток и, в целом, «популяций» клеток листа. Прежде всего, речь идет об индексе формы устьиц, отражающий отношение длины устьица к ширине и характеризующий специфику дыхательной активности. Этот показатель у листьев платана

восточного принимает следующие значения: в загрязненной точке – 1,2; в условно чистой точке – 1,3. Как видим, данные показатели дыхательного аппарата листа мало отличаются у изученных растений. Хотя, существует мнение, что даже незначительное уменьшение индекса формы устьиц способствует более эффективному процессу транспирации в различных экологических условиях [6].

Выводы: к морфологическим приспособлениям, позволяющим платану восточному переносить отрицательное воздействие техногенных факторов, можно отнести уменьшение диаметра побега и количества листьев на побеге, увеличение диаметра черешка листа. Из анатомических приспособлений листовой пластинки можно назвать уменьшение количества клеток верхней и нижней эпидермы, увеличение количества трихом на нижней эпидерме, увеличение количества устьичных комплексов на абаксиальной эпидерме и появление их на адаксиальной. Вышеперечисленные признаки наиболее чувствительны к действию загрязнителей и их можно использовать в качестве индикаторов. Адаптивные изменения в строении листьев позволяют

растениям, произрастающим в сложных экологических условиях, проявлять устойчивость к неблагоприятным факторам среды для реализации своей онтогенетической программы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Василевская, В.К. Формирование листа засухоустойчивых растений. – Ашхабад: Изд-во АН ТССР, 1954. 183 с.
2. Жиров, В.К. Структурно-функциональные изменения растительности в условиях техногенного загрязнения на Крайнем Севере. Монография / В.К. Жиров, Е.И. Голубева, А.Ф. Говорова, А.Х. Хаитбеков. – М.: Наука, 2007. 166 с.
3. Заленский, В.Р. Материалы к количественной анатомии различных листьев одних и тех же растений // Известия Киевского политехнического ин-та. Киев. 1904. Т. IV. Кн.1. 112 с.
4. Злобин, Ю.А. О неравноценности особей в ценопопуляциях растений // Ботанический журнал. 1980. Т. 65. № 3. С. 311-322.
5. Крохмаль, И.И. Анатомо-морфологические характеристики листа некоторых видов рода *Sampanula* L. при интродукции в условиях юго-востока Украины // Ученые зап. Таврического нац. ун-та им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». Т. 24 (63). 2011. № 1. С. 97-108.
6. Митина, Л.В. Особенности строения эпидермиса листьев *Berberis vulgaris* L. в различных регионах Украины // Промышленная ботаника. Сб. науч.тр. 2007. вып. 7. С. 226-229.
7. Неверова, О.А. Применение фитоиндикации в оценке загрязнения окружающей среды // Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера». 2009. Т.1. № 1. С. 82-92.
8. Николаевский, В.С. Биологические основы газоустойчивости растений. – Новосибирск: Наука, 1979. 280 с.
9. Пирогова, Д.В. Анализ особенностей анатомо-морфологического строения листьев некоторых древесных растений / Д.В. Пирогова, Л.Н. Сунцова, Е.М. Иншаков // Сельскохозяйственная биология. 2008. № 1. С. 116-122.
10. Половникова, М.Г. Эколого-физиологические особенности газонных растений на разных этапах онтогенеза в условиях городской среды. Диссер. канд. биол. наук, Йошкар-Ола, 2007. 32 с.
11. Рамазанова, З.Р. Адаптивные особенности анатомической структуры листьев *Platanus orientalis* L., *Quercus robur* L., *Ulmus pumila* L. в условиях г. Махачкалы / З.Р. Рамазанова, З.М. Асадулаев, Б.М. Магомедова // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2011. № 3 (16). С. 54-60.
12. Тарабрин, В.П. Водный режим и устойчивость древесных растений к промышленным загрязнениям // Газоустойчивость растений. сб. науч. тр.; отв. ред. В.С. Николаевский. – М.: Изд-во «Наука», 1980. С. 18-29.
13. Хузина, Г.Р. Влияние урбаносферы на морфометрические показатели листа березы повислой (*Betula pendula* Roth) // Вестник Удмуртского университета. 2010. Вып. 3. С. 53-57.

PHYTOINDICATOR ESTIMATION OF THE MAIN PARAMETERS OF MORPHOLOGICAL AND ANATOMICAL INDICATORS OF *PLATANUS ORIENTALIS* L. OUTGROWTHS IN THE CONDITIONS OF MAKHACHKALA CITY

© 2012 Z.M. Asadulayev¹, Z.R. Ramazanova²

¹ Mountain Botanical Garden of Dagestan Scientific Center RAS

² Dagestan State Pedagogical University, Makhachkala

In article the comparative estimation of adaptive anatomic and morphological changes of *Platanus orientalis* L. outgrowths and leaves depending on a growth place in Makhachkala city is carried out. The most sensing indicators to action of pollutants are revealed, which can be used as indicators of the environment.

Key words: adaptation, outgrowth, leaf, morphological indicator, anatomic indicator, *Platanus orientalis* L., city conditions

Zagirbek Asadulaev, Doctor of Biology, Professor, Director.

E-mail: asgorbs@mail.ru

Zulfira Ramazanova, Senior Teacher at the Department of Life Ability Safety. E-mail: zulfiraram@mail.ru