

позволит покрыть поверхность шламонакопителя за 3–4 года и не нарушить зыбкое равновесие, сложившееся в природно-техногенной экосистеме в долине Северского Донца.

З. Р. Рамазанова¹, З. М. Асадулаев²

¹Дагестанский государственный педагогический университет, Махачкала, Россия; ²Горный ботанический сад Дагестанского научного центра РАН, Махачкала, Россия

Морфолого-анатомические показатели побеговых систем *Celtis caucasica* Willd. в условиях города Махачкалы

Цель и методика исследований. Особое значение в улучшении качества городской среды имеют древесно-кустарниковые растения, обладающие декоративными, санитарно-гигиеническими свойствами и одновременно устойчивостью к выбросам автотранспорта [1].

Устойчивость растений к различного рода воздействиям как комплексное проявление является результатом множества различных комбинаций приспособительных реакций. Эти реакции формируются на различных уровнях организации древесных растений и имеют, прежде всего, преадаптивную природу, которые в дальнейшем могут быть преобразованы отбором в соответствующие адаптации [2].

Целью настоящей работы является выявление адаптивных анатомо-морфологических изменений побеговых систем каркаса кавказского (*Celtis caucasica* Willd.) в условиях г. Махачкалы.

Для изучения отобраны деревья каркаса кавказского одинакового возрастного состояния, произрастающие в разных экологических условиях г. Махачкалы (парк и улица). Побеги с листьями 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. Статистическую обработку полученных данных выполняли с использованием прикладной компьютерной программы Microsoft Excel.

Результаты исследований. Морфометрические показатели побегов каркаса кавказского больше в условиях парка и достоверно различаются по всем признакам (табл. 1).

Таблица 1

Морфологические признаки побегов и листьев каркаса кавказского в условиях различного техногенного воздействия (N = 10)

Признаки	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$		Cv, %	
	Парк	Улица	Парк	Улица
Длина побега, см	11,7 ± 1,18***	4,5 ± 0,25***	31,9	17,8
Диаметр побега, см	0,2 ± 0,02***	0,1 ± 0,00***	38,3	7,9
Количество листьев, шт.	8,4 ± 0,49***	5,9 ± 0,23***	18,9	12,5
Длина листовой пластинки, см	6,3 ± 0,32*	5,5 ± 0,15*	16,3	8,7
Ширина листовой пластинки, см	3,8 ± 0,21**	3,1 ± 0,09**	17,3	8,9
Длина черешка, см	1,3 ± 0,08***	0,9 ± 0,04***	18,9	14,6
Диаметр черешка, мм	0,1 ± 0,007*	0,09 ± 0,004*	17,7	8,3

Примечание: Уровень статистической значимости различий

* — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$; *** — $p < 0,001$.

Годичный прирост у растений, произрастающих вдоль улицы, в 2,6 раз меньше. В силу этого ниже и варьирование данного признака (17,8 % и 31,9 %). Это указывает на широкий диапазон длины побега в более благоприятных условиях. Диаметр побега (на 0,1 см) и количество листьев (на 2,5 шт.), соответственно, достоверно больше в условно чистой точке. Таким образом, в загрязненных условиях города каркас кавказский приобретает ксероморфные черты как результат приспособительной реакции.

Из признаков листьев длина пластинки у растений в парке колеблется в пределах от 4,7 см до 7,7 см, а у растений вдоль улицы — от 4,4 см до 6,1 см и больше на 0,8 см, ширина пластинки — на 0,7 см и длина черешка — на 0,4 см.

Видимо, наблюдаемое достоверное снижение параметров всех признаков побегов и листьев у деревьев, произрастающих вдоль улицы, связано с сокращением периода их формирования. По мнению В. К. Василевской [3], в неблагоприятных условиях среды происходит редукция площади листовой пластинки и развитие плотного мезофилла, проявление которых у устойчивых видов считается преадаптивной реакцией [4, 5].

Последствия влияния условий улицы на количественные показатели анатомических признаков покровной ткани листа каркаса кавказского представлены в табл. 2. На единицу площади верхней эпидермы листа число клеток больше в загрязненной точке (на 49,9 шт.), на нижней эпидерме больше (на 333,4 шт.) в парке. Во втором случае различия статистически существенны.

Таблица 2

Количественные показатели анатомических признаков эпидермы листа каркаса кавказского (N = 30)

Поверхность листа	Количественные показатели на 1 мм ² , шт.	Парк		Улица	
		$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	Cv, %	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	Cv, %
Верхняя эпидерма	клеток	987,0 ± 28,74	5,8	1036,9 ± 54,51	10,5
	трихом	14,1 ± 0,63*	8,9	11,1 ± 0,83*	15,1
Нижняя эпидерма	клеток	3120,3 ± 112,67*	7,2	2786,9 ± 35,04*	2,5
	устьиц	549,9 ± 44,37	16,1	688,9 ± 19,34	5,6
	трихом	6,1 ± 0,91	30,3	6,0 ± 1,22	40,8

Примечание: Уровень статистической значимости различий

* — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$; *** — $p < 0,001$

Для объяснения имеющихся различий необходимо исходить из того, что количество устьиц на единице площади листовой

поверхности связано с регулированием газообмена и транспирации и отражается на оптимальной продуктивности фотосинтеза растений в соответствующих условиях [6]. В связи с этим увеличение признака «количество устьиц» у мезофитов считается адаптивным признаком, тогда как у ксерофитов такое изменение не наблюдается [3, 7].

В нашем случае увеличение числа устьиц на единицу площади нижней эпидермы у ксерофита каркаса кавказского в загрязненных условиях статистически не достоверно и наблюдается при более низком значении числа эпидермальных клеток. Количество трихом на верхней эпидерме больше в парке, а на нижней эпидерме различия не значительны.

Коэффициент вариации большинства признаков покровной ткани листовой пластинки в обеих точках незначительный (2,5–5,8 %) и низкий (7,2–15,1 %). Средний уровень вариации наблюдается у признака количество устьиц нижней эпидермы (16,1 %). Количество трихом нижней эпидермы имеет в контрольной точке повышенный (30,3 %), а в опытной — высокий (40,8 %) C_v . Возможно, в нашем случае такая характеристика данного признака есть результат больше средней, чем генетической детерминированности.

Анатомические показатели мезофилла листа каркаса кавказского, произрастающего в загрязненных условиях, достоверно отличаются от показателей этих же элементов контрольных растений меньшими значениями толщины (табл. 3). Толщина верхней кутикулы колеблется в обеих точках от 2,5 до 5 мкм. Нижняя кутикула достоверно толще на 0,3 мкм в загрязненной, чем в условно чистой точке.

Можно предположить, что данный признак в сочетании с большим количеством устьиц меньшего размера способствует уменьшению транспирации и носит адаптивный характер. В условно чистой точке клетки верхней эпидермы больше на 1 мкм, нижней — на 4,9 мкм. Достоверно больше и толщина столбчатого (на 18,6 мкм) и губчатого (на 24,3 мкм) мезофилла. Соответственно больше коэффициент палисадности и общая толщина

листовой пластинки. При этом необходимо указать на высокую сомкнутость клеток губчатой ткани в листьях растений с улицы. Это можно рассматривать как приспособление к ограничению транспирации и аэрации внутренних тканей [8], что может иметь защитное значение в техногенных условиях.

Таблица 3

**Показатели анатомических структурных элементов мезофилла
листа каркаса кавказского (поперечный срез) (N = 100)**

Структурный элемент, мкм	Парк		Улица	
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$C_v, \%$	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$C_v, \%$
Кутикула верхняя	$3,4 \pm 0,12$	22,5	$3,2 \pm 0,10$	21,9
Кутикула нижняя	$2,3 \pm 0,05^{***}$	15,6	$2,6 \pm 0,04^{***}$	10,8
Эпидерма верхняя	$19,3 \pm 0,45^*$	14,7	$18,3 \pm 0,37^*$	12,9
Эпидерма нижняя	$16,6 \pm 0,36^{***}$	13,9	$11,7 \pm 0,32^{***}$	17,0
Мезофилл столбчатый	$71,0 \pm 3,58^{***}$	31,9	$52,4 \pm 1,49^{***}$	18,1
Мезофилл губчатый	$82,8 \pm 1,23^{***}$	9,5	$58,5 \pm 1,22^{***}$	13,2
Толщина листа	$195,4 \pm 4,19^{***}$	13,3	$146,7 \pm 2,13^{***}$	8,9
Коэффициент палисадности, %	35,6		34,8	

Примечание: Уровень статистической значимости различий

* — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$; *** — $p < 0,001$

Выводы. Таким образом, в загрязненных условиях г. Махачкалы у каркаса кавказского вырабатываются следующие адаптации: на морфологическом уровне — уменьшение размеров побегов и листьев; на анатомическом уровне — увеличение количества клеток верхней эпидермы на единицу площади листа, толщины нижней кутикулы, уменьшение толщины листа за счет уменьшения межклетного пространства и приобретения клетками губчатой ткани формы, схожей с клетками палисадной ткани.

Список использованной литературы

1. Федорова А. И., Михеева М. А. Древесные растения г. Воронежа (биоразнообразии и устойчивость) : учеб. пособ. для вузов. Воронеж : Изд-во ВГУ, 2008. 100 с.
2. Цит. по: Жиров В. К., Голубева Е. И., Говорова А. Ф., Хаитбеков А. Х. Структурно-функциональные изменения растительности в условиях техногенного загрязнения на Крайнем Севере ; Полярно-альп. ботан. сад — Ин-т КНЦ РАН. М. : Наука, 2007. 166 с.
3. Василевская В. К. Формирование листа засухоустойчивых растений. Ашхабад : Изд-во АН ТССР, 1954. 183 с.
4. Кулагин Ю. З. Индустриальная дендрозология и прогнозирование. М. : Наука, 1985. 117 с.
5. Хузина Г. Р. Влияние урбаносферы на морфометрические показатели листа березы повислой (*Betula pendula* Roth) // Вестник Удмуртского университета. 2010. Вып. 3. С. 53–57.
6. Пирогова Д. В., Сунцова Л. Н., Иншаков Е. М. Анализ особенностей анатомо-морфологического строения листьев некоторых древесных растений // Сельскохозяйственная биология. 2008. № 1. С. 116–122.
7. Митина Л. В. Особенности строения эпидермиса листьев *Berberis vulgaris* L. в различных регионах Украины // Промышленная ботаника : сб. науч. тр. Донецкий ботанический Сад НАН Украины. Донецк, 2007. Вып. 7. С. 226 — 229.
8. Цит. по: Василевская В. К. Формирование листа засухоустойчивых растений. Ашхабад : Изд-во АН ТССР, 1954. 183 с.