

ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ

УДК 581.4:581.5

doi:10.31360/2225-3068-2021-77-120-131

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЛИСТОВОЙ ПЛАСТИНКИ, КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВИДОВ РАСТЕНИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ГОРОДСКОМ ОЗЕЛЕНЕНИИ

Кунина В. А., Белоус О. Г., Коннов Н. А.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Федеральный исследовательский центр
«Субтропический научный центр Российской академии наук»,
Сочи, Россия, e-mail: oksana191962@mail.ru*

Проведена эколого-физиологическая оценка состояния растений, используемых в городском озеленении, из числа лидирующих структурообразующих видов по анализу листового аппарата. У растений в городской среде наблюдается ухудшение морфометрических характеристик растений. Отмечено варьирование показателей в течение вегетации ($V = 2-14\%$) в зависимости от вида и места произрастания. Коэффициент флуктуирующей асимметрии листьев из зоны условного контроля соответствуют первому баллу; в зоне стрессового воздействия экологическая обстановка варьирует от относительно чистой до грязной. В листьях наблюдается некоторое повышение плотности устьиц и существенно изменяется их длина у видов, произрастающих на участках магистральных посадок.

Ключевые слова: лидирующие структурообразующие виды; городская среда; толщина листа; площадь; флуктуирующая асимметрия; устьица.

Изучению состояния древесных растений в городах и их экологическому значению посвящены исследования многих известных учёных [1, 2, 6, 16, 18]. Древесные породы региона хорошо изучены и в дендрологическом отношении [8, 9]. Однако важные характеристики растений, отражающие особенности их адаптации к окружающим условиям, в том числе, и ассимиляционная активность, изучены не в полной мере и требуют более детального исследования.

В практике ландшафтного строительства региона использование тех или иных пород во многом носит случайный характер, а не основывается на результатах их научного изучения [9, 23]. Между тем, древесные растения в современных городских условиях, помимо их фитоценотической значимости для нормального существования урбоэкосистем, являются

одним из наиболее эффективных средств повышения комфортности и качества жизни городских жителей [1, 6]. Высаживаемые на городских территориях деревья и кустарники, помимо декоративно-планировочной и рекреационной функций, выполняют важную фитосанитарную роль, оптимизируя окружающую среду [15, 16, 25]. Зелёные насаждения в значительной степени обеспечивают устойчивость, инерционность природных систем, сглаживают их внутренние реакции на внешние воздействия [3–5].

Как известно, структурные параметры листа являются основой, которая обеспечивает протекание физиологических процессов и реакций [6, 22]. Такие структурные показатели, как анатомическое строение листьев, толщина листа, его площадь и т. д., тесно связаны с функциональными процессами, в первую очередь, с фотосинтезом. Так, рядом исследователей показано, что изменение анатомической структуры листа является одним из путей регуляции фотосинтеза [17]. У растений в городской среде наблюдается снижение фотосинтетических функций ассимиляционного аппарата. Снижение фотосинтетической способности вызывает ухудшение морфометрических характеристик растений: уменьшается число листьев, их площадь, толщина и масса.

Большинство исследований, посвященных структурно-функциональной характеристике листьев, сосредоточено на изучении параметров целого листа – площадь и толщина листовой пластинки, удельная поверхностная плотность листа, содержание сухого вещества в листе [10, 18]. Наиболее часто используемыми в исследованиях структурными параметрами, имеющими тесную связь с фотосинтезом, ростом и продуктивностью растений, является толщина листовой пластинки. Это не случайно, так как толщина листа связана с механизмами поглощения и использования ресурсов растением.

Обогащение флоры городов Краснодарского края экологически эффективными, устойчивыми и эстетически привлекательными зелёными насаждениями весьма актуально. Изучение ассортимента городских зелёных насаждений (как аборигенных, так и интродуцированных видов) с оценкой характера их роста и развития в местных условиях, устойчивости к комплексу стресс-факторов городской среды имеют важное научное и практическое значение. На базе ФИЦ СЦ РАН (ранее ВНИИЦиСК) с 2006 г. проводился флористический анализ пород, применяемых в озеленении города [8, 11], который показал, что прослеживается неоднородность в распределении древесно-кустарниковой растительности по территориальным объектам. Улицы, на которых отмечался достаточный уровень озеленения, практически не подвергались конструктивным изменениям, застройка

на них сложилась в 70–90-ые годы прошлого века. При этом часть древесно-кустарниковых растений расположены в непосредственной близости жилых домов и частично были посажены местными жителями без учёта каких-либо экологических требований [9, 12]. Наши исследования [11, 13] позволили выявить необходимость углублённого изучения отдельных проблем, связанных с особенностями растений, используемых в озеленении города.

В связи с постоянным активным пополнением выращиваемого в городе ассортимента интродуцированными видами, изучение древесных растений в составе инфраструктуры урбанизированных территорий – актуальная задача современности, требующая своего решения. В ходе обследования городских насаждений, относящихся к различным био-хозяйственным группам, нами была выбрана группа растений (основные лидирующие структурообразующие виды) для дальнейшего углубленного изучения. Тем более что в Сочи комплексных исследований эколого-биологических особенностей древесных культур ранее не проводилось.

Материалы и методы. Исследования выполнены в полевых условиях на территории Центрального и Лазаревского районов г. Сочи и в лаборатории физиологии и биохимии растений ФГБНУ ВНИИЦиСК с 2014 по 2019 гг. в рамках плана НИР № 0683-2019-0002.

Объектами исследования являлись растения следующих основных лидирующих структурообразующих видов: *Magnolia grandiflora* L., *Laurus nobilis* L., *Aucuba japonica* Thunb., *Prunus laurocerasus* L., *Cinnamomum camphora* (L.) J. Presl, *Nerium oleander* L., *Jasminum mesnyi* Hance и *Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl. Выбор насаждений проведён с учётом зонирования озеленённых территорий города: посадки вдоль дорог и парковые зоны. Сбор растительного материала проводили маршрутным методом с отбором срединных ассимилирующих листьев годичных побегов с четырёх сторон экспозиции растений. Повторность отбора листьев и лабораторных анализов трёхкратная. Общее количество образцов – 60 штук листьев с повторения.

Толщину листьев измеряли прибором Тургоромер-1 с измерительной головкой системы ТН10-60Т и ценой деления 0,01 мм непосредственно на растении, показания даны в мкм [11]. Определение площади листьев проводили с применением компьютерного сканирования в программе ImageJ. Площадь листьев рассчитывали по формуле (1)

$$Y = X \cdot 6,45 \quad (1)$$

где:

X – квадратные дюймы,

Y – искомая площадь, см²,

6,45 – рассчитанный коэффициент.

При измерении флуктуирующей асимметрии листа выбрана технология Марченко [16]. Степень изменчивости морфологических признаков оценивали по величине коэффициента вариации. Сравнительный анализ количества устьиц на единицу поверхности листа и их метрические параметры проведены цитологическим методом с использованием микроскопа Carl Zeiss Imager M2.

Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась с использованием пакета ANOVA в STATGRAPHICS Centurion XV (версия 15.1.02, StatPoint Technologies) и MS Excel 2007. Статистический анализ включал одномерный дисперсионный анализ (метод сравнения средних с использованием дисперсионного анализа, t-критерий). Статистически значимой принята значимость различия между средними значениями при $p < 0,05$. Все эксперименты проводили в 6-кратной повторности. Различия между повторностями оценивались с помощью непарного t-теста. Результаты исследования выражены в виде средней арифметической величины со стандартным отклонением и расчётом наименьшей существенной разницы.

Результаты исследований и их обсуждение. В связи с тем, что факторы среды активно влияют на биометрические параметры листа, нами проведены исследования морфометрических параметров листьев у изучаемых видов в различающихся по экологическим критериям районов города. В качестве зон условного контроля (ЗУК) мы остановили свой выбор на территориях Субтропического Ботанического сада Кубани (СБСК) и парка «Дендрарий». Территория Субтропического Ботанического сада Кубани является не только ЗУК, но и «фоном», так как здесь отмечается минимальное антропогенное воздействие, более мягкий микроклимат, обеспечиваются необходимые агротехнические мероприятия.

Исследования показали, что толщина листа изученных видов (рис. 1) находилась в пределах от $14,27 \pm 1,94$ мкм (*Jasminum mesnyi*) до $36,56 \pm 1,58$ мкм (*Nerium oleander*). При этом наблюдалось варьирование показателя в течение вегетации, коэффициент вариации составлял 2–14 % в зависимости от вида и места произрастания. В итоге, все изученные нами виды по варьированию толщины листа на территории СБСК располагаются в следующей последовательности: *Nerium oleander*, *Cinnamomum camphora* > *Prunus laurocerasus* > *Magnolia grandiflora*, *Eriobotrya japonica*, *Laurus nobilis* > *Aucuba japonica* > *Jasminum mesnyi*.

На территории Курортного проспекта последовательность несколько иная: *Eriobotrya japonica* > *Aucuba japonica*, *Laurus nobilis* > *Nerium oleander* > *Magnolia grandiflora*, *Prunus laurocerasus* > *Jasminum mesnyi*, *Cinnamomum camphora*. Эти различия говорят о том, что процесс нарастания толщины листовой пластинки зависит от факторов городской среды, т. е. зависит от места расположения растений – зоны условного контроля или территории стресса.

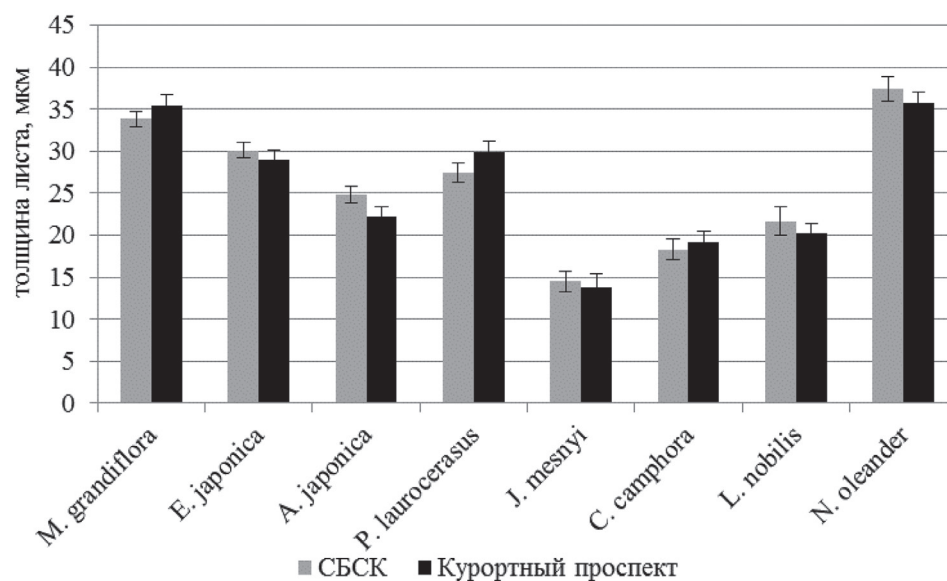


Рис. 1. Толщина листовой пластинки лидирующих структурообразующих пород

Нами отмечено, что у большинства видов толщина листа в стрессовых условиях (Курортный проспект) больше, чем у растений в «зоне условного контроля» (СБСК), что можно объяснить неспецифичной адаптацией к неблагоприятным факторам городской среды (рис. 1).

Помимо толщины листа, нами проводилось измерение такого морфологического показателя, как площадь листовой пластины. В данном случае выбран метод, позволяющий использовать компьютерные технологии, который основан на применении оптического сканера и последующей обработке данных на компьютере в программе ImageJ [16, 17, 24].

Наблюдения показали, что, как и в случае с толщиной листа, показатель площади листовой пластинки существенно изменяется под влиянием антропогенных факторов, что отразилось в различиях площади у растений, произрастающих в зоне условного контроля (СБСК) и вдоль магистральных линий (табл. 1).

Таблица 1

**Площадь листовой пластинки
лидирующих структурообразующих пород**

Вид	СБСК	Курортный проспект	НСР ($p \leq 0,05$)	V, %	
<i>M. grandiflora</i>	220,0 ±11,5	177,5 ±13,5	17,0	5	8
<i>E. japonica</i>	1007,8 ±185,8	277,7 ±19,6	327,1	7	18
<i>A. japonica</i>	121,9 ±17,7	82,0 ±3,2	8,9	4	14
<i>P. laurocerasus</i>	166,9 ±22,7	77,8 ±16,6	36,2	14	21
<i>J. mesnyi</i>	53,7 ±5,4	38,4 ±1,5	4,3	4	10
<i>C. camphora</i>	120,2 ±17,8	74,5 ±20,9	12,4	15	28
<i>L. nobilis</i>	165,0 ±21,4	66,5 ±19,1	35,3	13	29
<i>N. oleander</i>	126,1 ±15,9	98,3 ±12,7	13,4	13	13
<i>L. lucidum</i>	93,0 ±9,1	73,2 ±6,7	7,9	9	10
НСР ($p \leq 0,05$)	68,1		–	–	–

При этом различия обусловлены не только антропогенным воздействием, но и видоспецифичны. Так у большинства изученных видов площадь листа изменяется незначительно (в пределах от 1,2 до 1,6 раза). В то время как у *Laurus nobilis* и *Prunus laurocerasus* различия составили 2,1–2,5 раза, а у *Eriobotrya japonica* площадь листьев в зоне условного контроля (СБСК) в 3,6 раза больше, чем в зоне стресса (Курортный проспект).

Кроме того, мы обращали особое внимание не только на площадь листа, но и на асимметрию листовой пластинки, как своеобразный элемент биотестирования качества среды обитания [20, 22]. В данном случае лучшим вегетативным индикаторным органом растения, в том числе и древесного, считается лист. В листьях, при антропогенных воздействиях, происходят морфологические изменения (уменьшение площади листовой пластины, появление асимметрии). По мере накопления неблагоприятных стрессоров (автомобильные газы, пыль и т. д.) при формировании листовой пластины, происходит торможение ростовых процессов и деформация листа. На деревьях, испытывающих антропогенную нагрузку, при окончательном формировании листовых пластин их площади меньше, чем на деревьях, произрастающих в более благоприятных экологических условиях (табл. 1). Чтобы оценить функциональное состояние лидирующих структурообразующих пород в различных условиях произрастания (зона условного контроля

и зона стресса) нами был выбран метод флуктуирующей асимметрии листа и применена технология, разработанная Марченко. Им предложена следующая схема: сканирование листового материала; доработка сканированных изображений, разделение листовых пластинок на левую и правую половинки вдоль центральной жилки, измерение площади в программе ImageJ и обработка результатов измерений в программе Microsoft Excel.

Наблюдения ряда исследователей показывают, что получаемые значения по абсолютной величине несколько меньше величины флуктуирующей асимметрии (за счёт производимого «разреза»), рассчитанной с использованием стандартной методики, но они имеют сходную закономерность и довольно высокие коэффициенты корреляции между собой на популяционном уровне [16, 20].

Ряд авторов считает [7, 20], что флуктуирующую асимметрию (ФА) представляют случайные незначительные отклонения от симметричного состояния билатеральных морфологических структур, обусловленных стохастичностью молекулярных процессов, лежащих в основе экспрессии генов (онтогенетическим шумом). При действии любых стрессовых факторов, происходит усиление онтогенетического шума, нарушается стабильность морфогенеза листа, и как следствие, наблюдается увеличение его асимметрии, т. е. возрастает величина флуктуирующей асимметрии [7]. Флуктуирующая асимметрия позволяет оценить нестабильность развития организма. Большинство авторов предлагает считать определение ФА одним из морфологических методов оценки состояния биосистем, а сам показатель флуктуирующей асимметрии является индексом стабильности развития организма. Для оценки степени нарушения стабильности развития растений разработана 5-балльная шкала последствий [7, 20]. При балльной оценке используется таблица соответствия баллов качества среды значениям коэффициентов асимметрии, в которой диапазон интегрального показателя стабильности развития до 0,040 соответствует первому баллу (чисто), от 0,040 до 0,044 – второму баллу, от 0,045 до 0,049 – третьему баллу, от 0,050 до 0,054 – четвёртому баллу, от 0,054 и выше – пятому баллу (критическое состояние, очень грязно, нагрузка велика). Значения интегрального показателя асимметрии, соответствующие первому баллу, наблюдаются обычно у растений из благоприятных условий произрастания, например, из природных заповедников. Пятый балл – критическое значение, такие значения показателя асимметрии наблюдаются в крайне неблагоприятных условиях, когда растения находятся в условиях активного антропогенного воздействия, в нашем случае, это увеличение количества автотранспорта и пылевой составляющей.

Проведенный анализ ФА показал, что антропогенное воздействие и различия в режиме увлажнения оказывают несомненное влияние на морфометрические показатели листа. Коэффициент флуктуирующей асимметрии (КФА) варьирует в пределах 0,0081–0,0495 (табл. 2). На основании значений коэффициента флуктуирующей асимметрии можно оценить качество состояния окружающей среды в районе города Сочи. Так, пределы от 0,0081–0,0139 у листьев из зоны условного контроля (СБСК) соответствуют первому баллу (чисто), который обычно наблюдается у растений из благоприятных условий произрастания. В данном случае это положительный факт, учитывая, что окрестности Сочинского ботанического сада Кубани являются парковой зоной пансионата «Белые ночи», т. е. рекреационной территорией.

Таблица 2

Средние значения коэффициента флуктуирующей асимметрии (уровень значимости $(p) < 0,05$)

Вид	СБСК	Курортный проспект	V, %	
<i>M. grandiflora</i>	0,0139 ± 0,0086	0,0216 ± 0,0014	62	7
<i>E. japonica</i>	0,0113 ± 0,0044	0,0491 ± 0,0139	39	49
<i>A. japonica</i>	0,0081 ± 0,0013	0,0281 ± 0,0089	55	32
<i>P. laurocerasus</i>	0,0068 ± 0,0014	0,0260 ± 0,0077	5	3
<i>J. mesnyi</i>	0,0058 ± 0,0020	0,0383 ± 0,0147	77	38
<i>C. camphora</i>	0,0081 ± 0,0019	0,0373 ± 0,0099	74	82
<i>L. nobilis</i>	0,0054 ± 0,0014	0,0254 ± 0,0077	70	54
<i>N. oleander</i>	0,0072 ± 0,0016	0,0300 ± 0,0096	50	45
<i>L. lucidum</i>	0,0067 ± 0,0010	0,0323 ± 0,0104	75	32

Коэффициенты ФА листьев зоны стрессового воздействия (Курортный проспект) соответствуют баллам 2 и 3, т. е. экологическая обстановка на данной территории варьирует от относительно чистой до грязной. По нашему мнению, это зависит не только от транспортной нагрузки, но и от видовой устойчивости. Оценка стабильности развития листового аппарата лидирующих структурообразующих видов по показателю коэффициента флуктуирующей асимметрии показала, что условия произрастания в зоне условного контроля достаточно благоприятны. Но и в условиях регулируемой транспортной нагрузки растения вполне способны противостоять антропогенным стрессорам.

Исследование устьичного аппарата показало, что в листьях модельных растений (рис. 2) наблюдается некоторое повышение плотности устьиц у видов, произрастающих на участках магистральных посадок Курортного проспекта по сравнению с зоной условного контроля (58,33 на мм²).

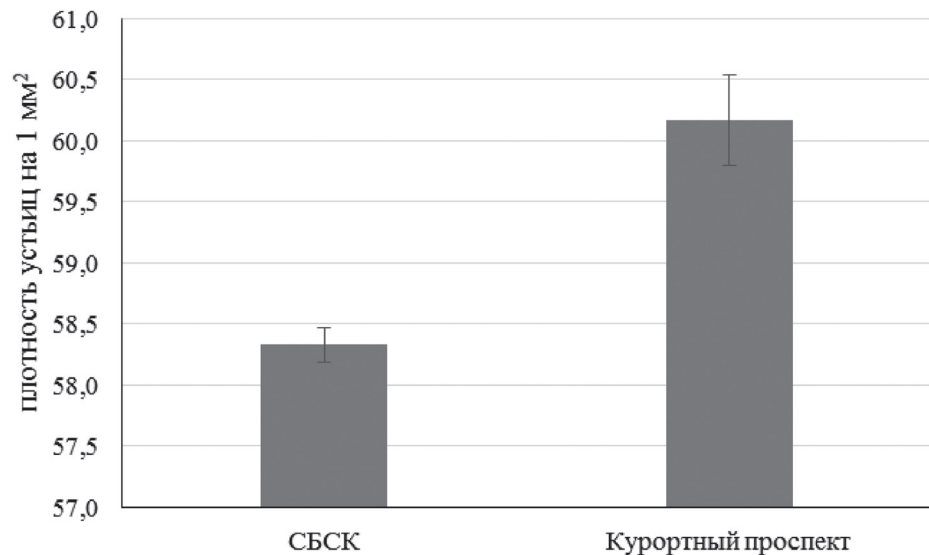


Рис. 2. Плотность устьиц листьев растений из различных участков магистральных посадок (на примере *Prunus laurocerasus*)

При этом существенно ($НСР_{05} = 1,27$) изменяется длина устьиц у листьев на стрессовых участках (34,67 мм при 37,77 мм в зоне условного контроля), что подтверждает информацию ряда исследователей о наличии морфолого-анатомического механизма реакции на неблагоприятные условия урбосреды. Таким образом, можно говорить о том, что виды, растущие в условиях магистральных посадок, находятся в стрессовых условиях культивирования, что проявляется в изменении таких анатомо-морфологических параметров листа, как характеристики устьичного аппарата.

Заключение. Показано, что процесс нарастания толщины листовой пластинки зависит от факторов городской среды: у большинства видов толщина листа в стрессовых условиях больше, чем у растений в «зоне условного контроля». Выявлено, что показатель площади листовой пластинки существенно изменяется под влиянием антропогенных факторов, что проявляется в различиях площади у растений, произрастающих в зоне условного контроля и вдоль магистральных линий. Расчёт

коэффициента флуктуирующей асимметрии листьев показал, что зона условного контроля (СБСК) соответствуют благоприятным условиям произрастания, в то время как экологическая обстановка в зоне стрессового воздействия (Курортный проспект) варьирует от относительно чистой до грязной, что связано с большой транспортной нагрузкой. Отмечено, что в листьях модельных растений произрастающих на участках стрессовых магистральных посадок, по сравнению с растениями из зоны условного контроля, наблюдается повышение плотности устьиц.

В Сочи стабильность развития листьев лидирующих структурообразующих видов определяется уровнем агротехники, вытаптыванием почвенного покрова и расположением вблизи автомагистралей.

Публикация подготовлена в рамках реализации
ГЗ ФИЦ СЦ РАН №0492-2021-0007

Библиографический список

1. Авдеева Е.В. Зелёные насаждения в мониторинге окружающей среды крупного промышленного города (на примере г. Красноярска): автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Красноярск, 2008. – 32 с.
2. Белоус О.Г. Растения в городе зимней олимпиады: экологический взгляд на проблему // Вестник СИМБиП. – 2013. – С. 201-204.
3. Белоус О.Г., Андряниченко М.В., Сеферян АС, Косачева П.А. Действие антропогенного фактора на состояние растений // Сохранение биоразнообразия растений в природе и при интродукции: матер. Междунар. науч. конф. (Сухум, 15-20 октября 2006 г.). – Краснодар: ЗАО «Краснодарагропроект-Плюс», 2006. – С. 14-16. – ISBN 5-93730-017-3.
4. Белоус О.Г., Белоус А.А. Оценка физиолого-экологического состояния растений олеандра // Сохранение биоразнообразия растений в природе и при интродукции: матер. междунар. науч. конф. (Сухум, 15-20 октября 2006 г.). – Краснодар: ЗАО «Краснодарагропроект-Плюс», 2006. – С. 38-40. – ISBN 5-93730-017-3.
5. Белоус О.Г., Маляровская В.И. Оценка адаптивности красивоцветущих растений к стресс-факторам субтропиков России // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2016. – № 121. – С. 39-47. – ISSN 0513-1634.
6. Бухарина И.Л., Поварничина Т.М., Ведерников К.Е. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2007. – 216 с. – ISBN 978-5-9620-0098-5.
7. Ибрагимов Э.Э. Влияние техногенного химического загрязнения на величину флуктуирующей асимметрии листовой пластинки *Armeniaca vulgaris* L. // Учёные записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2010. – Т. 23(62). – № 3. – С. 62-67.
8. Карпун Ю.Н., Кунина В.А. Флористический анализ древесных растений, применяемых в озеленении улиц Сочи // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2015. – Вып. 52. – С. 84-94. – ISSN 2225-3068.
9. Карпун Ю.Н., Кунина В.А. Особенности породного состава декоративных древесных растений, массово распространённых в районе Сочи // Садоводство и виноградарство. – 2014. – № 5. – С. 43-48. – ISSN 0235-2591.

10. Кузьмин А.В., Жиров В.К., Исаков В.Н. Статистические закономерности морфогенеза листа в условиях неоднородности среды // Экология. – 1989. – № 5. – С. 68-70. – ISSN 0367-0597.
11. Кунина В.А. Анализ состава древесных насаждений г. Сочи // Учёные записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2014. – Т. 1. – С. 129. – ISSN 0451-5838.
12. Кунина В.А. Современное состояние городского озеленения г. Сочи // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2015. – Вып. 55. – С. 182-188. – ISSN 2225-3068.
13. Кунина В.А. Особенности современного состояния городского озеленения на примере Центрального района города-курорта Сочи // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2018. – Т. 147. – С. 220-222. – ISSN 0201-7997
14. Кушниренко Д.М., Курчатова Г.П., Штефырце А.А. Экспресс-методы диагностики жаро-, засухоустойчивости и сроков полива растений. – АН МССР, 1986. – 39 с.
15. Литвинова Л.И. Роль летучих фитонцидов растений в очищении атмосферного воздуха от некоторых токсичных выбросов предприятий и автотранспорта // Гигиена и санитария. – 1982. – № 4. – С. 13-16. – ISSN 0016-9900.
16. Марченко С.И. Методика определения величины асимметрии площадей половинок листьев с использованием компьютерных технологий // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2009. – № 22. – С. 123-127. – ISSN 2310-9335.
17. Мыщик А.В. Использование программы ImageJ для автоматической морфометрии в гистологических исследованиях // Омский научный вестник. Приборы, машины и технологии. – 2011. – № 2. – С. 187-189. – ISSN 1813-8225.
18. Неверова О.А. Поглощительная способность древесных растений как средство оптимизации среды промышленного города // Экология промышленного производства. – 2002. – № 1. – С. 2-8. – ISSN 2073-2589.
19. Николаевский В.С. Биологические основы газоустойчивости растений. – Новосибирск: Наука, 1979. – 213 с.
20. Соколова Г.Г., Камалтдинова Г.Т. Флуктуирующая асимметрия листовой пластинки клевера ползучего при оценке стабильности развития // Известия Алтайского государственного университета. – 2011. – Вып. 3-1(7). – С. 40-43. – ISSN 1561-9443.
21. Тарабрин В.П. Природа устойчивости древесных растений к промышленным экгалатам // Адаптация древесных растений к экстремальным условиям среды: сборник статей. – Петрозаводск: КФ АН СССР, 1984. – С. 90-97.
22. Шуберт Р., Вайнерт Э., Вальтер Р., Ветцель Т. Биоиндикация загрязнителей наземных экосистем. – М.: Мир, 1998. – 348 с. – ISBN 5-03-000016-X.
23. Belous O. Landscaping of Sochi in aspect of the Olympic games-2014 // Международный научно-исследовательский журнал. – 2014. – №11-3(30). – P. 94-96. – ISSN 2303-9868.
24. Collins T. ImageJ for microscopy // BioTechniques. – 2007. – Vol. 43(1) – P. 25-30. – doi: 10.2144/000112517.
25. Darral N.M. The effect of air pollutants on physiological processes in plants // Plant. Cell and Environment. – 1989. – Vol. 12. – P. 1-30. – doi: 10.1111/j.1365-3040.1989.tb01913.x.

**LEAF MORPHOLOGICAL PARAMETERS
AS AN INDICATOR OF FUNCTIONAL STATE
OF PLANT SPECIES USED IN URBAN LANDSCAPING**

Kunina V. A., Belous O. G., Konnov N. A.

Federal Research Centre
the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences,
Sochi, Russia, e-mail: ryndina.v@mail.ru

The paper presents an ecological and physiological assessment of plants used in urban landscaping, among the leading structure-forming species by the analysis of the leaf apparatus. Plants growing in urban environments were recorded to have deterioration in the morphometric characteristics. There was a variation in indicators during the growing season ($V = 2-14\%$), depending on the type and place of growth. The coefficient of fluctuating asymmetry in leaves from the conditional control zone corresponds to the first score; in the stress zone, the environmental situation varies from relatively clean to dirty. In the leaves, there is a slight increase in the stomata density and their length changes significantly in species growing in the areas of main plantings.

Key words: leading structure-forming species; urban environment; leaf thickness; area; fluctuating asymmetry; stomata.

УДК 633.72:581.19

doi: 10.31360/2225-3068-2021-77-131-141

РОЛЬ ОТДЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ ЧАЯ (*CAMELLIA SI- NENSIS* (L.) O. KUNTZE) В АДАПТАЦИИ К СТРЕССОРАМ АБИОТИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ

Платонова Н. Б.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Федеральный исследовательский центр
«Субтропический научный центр Российской академии наук»,
г. Сочи, Россия, e-mail: natali1875@bk.ru

В работе приведены многолетние данные по определению содержания основных антиоксидантов в 3-листной флешки чая. Выявлено, что наибольшее содержание теафлавинов обнаружено у форм 582, 855 и 2264 (0,12 мг/г, 0,11 мг/г и 0,11 мг/г), теарубигинов (1,60 мг/г, 1,35 мг/г и 1,35 мг/г, соответственно). Анализ данных показал, что наибольшим количеством антоцианов отличаются формы 855 (268,7 г/100 г) и 2 264 (265,2 г/100 г). Идентифицировано 11 аминокислот, в содержании которых прослеживается высокая динамичность и сортовые различия. Наиболее богаты аминокислотами сорт 'Сочи' (2 272 мг/г) и форма 582 (1 904 мг/г). Для более полной характеристики изучаемых объектов нами определено содержание общих полифенолов. Высоким содержанием фенолов отличается форма 582 (17,50 мг/г). Исследования показали, что изучаемые формы значительно превосходят по накоплению основных антиоксидантов контрольный сорт 'Колхида'.

Ключевые слова: чай, антиоксиданты, флавоноиды, аминокислоты, аскорбиновая кислота, общие полифенолы, устойчивость.