

ХАРАКТЕРИСТИКА УСТЬИЧНОГО АППАРАТА *QUERCUS ROBUR* L. В КОНТРАСТНЫХ УСЛОВИЯХ ПРОИЗРАСТАНИЯ

В. В. Соколова, В. В. Гревцова, Л. И. Савостьянова

Главный ботанический сад им. Н. В. Цицина РАН, Москва, Россия,
e-mail: soka22@mail.ru

CHARACTERISTICS OF THE STOMATAL APPARATUS OF *QUERCUS ROBUR* L. IN CONTRASTING GROWING CONDITIONS

V. V. Sokolova, V. V. Grevcova, L. I. Savostianova

Аннотация. Проведено сравнение устьичного аппарата деревьев *Quercus robur* L. из пригородного леса (70 км от МКАД) и произрастающих вблизи Ленинградского шоссе в г. Москве. Под влиянием воздействия городской среды у *Q. robur*, по сравнению с контрольными условиями, площадь устьиц незначительно увеличивается — в 1,03 раза (с $474,5 \pm 3,5$ мкм² до $486,8 \pm 3,0$ мкм²), плотность устьиц возрастает в 1,2 раза (с $345,3 \pm 7,3$ шт./мм² до $410,0 \pm 7,8$ шт./мм²). Относительная площадь транспирации возрастает в 1,2 раза (с 16,1 % до 20,0 %), что свидетельствует о приспособлении растений к условиям городской среды. Полученные результаты показывают возможность использования признаков анатомической структуры устьиц для более точной диагностики степени антропогенной нагрузки на различные типы зеленых насаждений.

Ключевые слова: *Quercus robur* L., устьица, городская среда, антропогенная нагрузка, Москва

Abstract. The stomatal apparatus of *Quercus robur* L. trees from the suburban forest (70 km from the Moscow Ring Road) and those growing near the Leningradskoye highway in Moscow was compared. Under the influence of the urban environment in *Q. robur*, compared with control conditions, the stomata area slightly increases — by 1,03 times (from $474,5 \pm 3,5$ mm² to $486,8 \pm 3,0$ mm²), the stomata density increases by 1,2 times (from $345,3 \pm 7,3$ pcs/mm² to $410,0 \pm 7,8$ pcs/mm²). The relative transpiration area increases by 1,2 times (from 16,1 % to 20,0 %), which indicates the adaptation of plants to urban conditions. The results obtained show the possibility of using features of the anatomical structure of stomata for a more accurate diagnosis of the degree of anthropogenic stress on various types of green spaces.

Keywords: *Quercus robur* L., stomata, urban environment, anthropogenic load, Moscow

Многочисленными исследованиями установлено влияние условий произрастания на формирование устьичного аппарата растений [Нехайченко, 2014; Смирнова, 2012]. Адаптация к условиям техногенного загрязнения городской среды проявляется в ксерофитизации листьев, которая сопровождается увеличением числа устьиц, изменением размеров клеток, толщины эпидермиса, мезофилла [Беляева, 2015; Кириллов, 2015; Николаевский, 1963; Сунцова, 2023].

Изучение количественных характеристик устьичного аппарата растений относят к одному из наиболее информативных, наглядных и простых в применении в практике мониторинговых исследований [Вашкевич, 2019; Окаева, 2013].

Целью исследования было сравнение устьичного аппарата *Quercus robur* L., произрастающего в условиях высокой техногенной нагрузки и в естественных условиях для использования показателей анатомической структуры устьиц в диагностике степени антропогенной нагрузки.

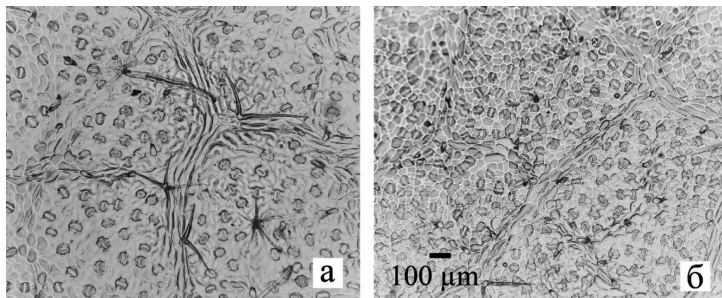
Объектом исследования были 3 средневозрастных дерева *Quercus robur*, растущие вдоль Ленинградского шоссе в г. Москве (Ленинградское ш., д. 61 с. 4; 55.859419, 37.466890). В качестве контроля были использованы 3 средневозрастных дерева *Q. robur*, произрастающих в лесу, расположенном рядом с деревней Надеждино Дмитровского района Московской области (70 км от МКАД; 56.471787, 37.430104).

Для анализа собирали по 10 полностью завершивших рост листовых пластинок из нижней части кроны каждого дерева на уровне поднятой руки. Определение числа устьиц производили в 5 полях зрения для каждого образца при увеличении 400×. Число измерений площади устьиц для каждого образца соответствовало 50. Для изучения устьиц применяли метод отпечатков (реплик), в качестве вещества, образующего пленку, использовали бесцветный лак. Реплики фотографировали под микроскопом Armed XZS-2101, затем в программе AutoCAD измеряли площадь устьиц и число устьиц в полях зрения. Общую транспирационную площадь ($S_{\text{общ}}$) каждого вида вычисляли путем умножения средней площади одного устьица на число устьиц во всех полях зрения микроскопа. Относительную площадь транспирации вычисляли по формуле: $S_{\text{отн}} = S_{\text{общ}} / \sum S \cdot 100 \%$, где $\sum S$ — сумма площадей всех исследованных полей зрения. Статистический анализ данных (среднее значение и его ошибка) выполнен в программе Past.

Наблюдения за модельными растениями позволили даже по внешнему виду кроны установить существенное ослабление жиз-

ненного состояния деревьев на Ленинградском шоссе, проявляющееся в образовании многочисленных ведьминых метел.

Листья у изученных деревьев гипостоматические (устыща располагаются только на абаксильной (нижней) стороне листа). Тип устьичного аппарата — аномоцитный, устьица одиночные, редко — двойные, форма устьиц — эллиптическая, реже округлая, устьичные щели ориентированы в различных направлениях (см. рисунок).



Устьичный аппарат *Quercus robur* L.:
а — произрастающий в лесу; б — вдоль шоссе

Анализ полученных данных показал, что с возрастанием отрицательного воздействия факторов среды площадь устьиц у *Q. robur* незначительно увеличивается — в 1,03 раза, плотность устьиц (число устьиц на единицу поверхности) возрастает в 1,2 раза. Относительная площадь транспирации возрастает в 1,2 раза (см. таблицу), что говорит об адаптации дуба в условиях антропогенного загрязнения.

**МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АБАКСИАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ
ЛИСТЬЕВ *QUERCUS ROBUR* L., ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО ПРИ ВЫСОКОЙ
ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКЕ И В КОНТРОЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ**

Место произрастания	Площадь одного устьица, мкм ²	Число устьиц на 1 мм ² , шт.	Относительная площадь транспирации, %
Лес	$\frac{474,5 \pm 3,5}{161-880}$	$\frac{345,3 \pm 7,3}{188-517}$	16,1
Шоссе	$\frac{486,8 \pm 3,0}{213-765}$	$\frac{410,0 \pm 7,8}{265-667}$	20,0

Примечание. В числителе — среднее значение и его ошибка, в знаменателе — амплитуда изменчивости.

Работа выполнена в рамках госзадания ГБС РАН «Биологическое разнообразие природной и культурной флоры: фундаментальные и прикладные вопросы изучения и сохранения» (№122042700002-6).

ЛИТЕРАТУРА

- Нехайченко Д. В., Кокшеева И. М., Кислов Д. Е. Изменчивость эпидермальных структур листа *Hydrangea paniculata* (Hydrangeaceae) в условиях культуры // Вестник КрасГАУ, 2014. № 12. С. 52–57.
- Смирнова Н. И., Ваганов Е. А., Павлов И. Н., Калинина Е. В., Коротков А. А. Исследование связи строения ксилемы ствола с характеристикой устьичного аппарата на примере дуба монгольского и дуба черешчатого в контрастных условиях произрастания // Хвойные бореальной зоны, 2012. № 3–4 (XXX). С. 277–283.
- Беляева Ю. В. Оценка количества устьиц листовых пластинок *Betula pendula* Roth, как один из методов анализа морфометрической особенности рода (Тольятти, Самарская область) // История ботаники в России. К 100-летию юбилею РБО: сборн. статей Междунар. науч. конф. Тольятти, 2015. Т. 3. С. 33–37.
- Кириллов П. С. Состояние липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) в условиях техногенной среды города Кириши // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика, 2015. № 6 (17). С. 194–198.
- Николаевский В. С. О показателях газоустойчивости растений // Труды Института биологии УФАН, 1963. Вып. 31. С. 59–79.
- Сунцова Л. Н., Суслина М. А., Иншаков Е. М. Биоиндикация состояния окружающей среды г. Красноярска по реакции устьичного аппарата *Sorbus aucuparia* // Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства: сборн. статей X Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участ. Красноярск, 2023. С. 176–178.
- Вашкевич М. Н., Белый П. Н. Количественные характеристики устьичного аппарата березы повислой (*Betula pendula*) в зоне влияния выбросов щелочного типа // Веснік Магілёўскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя А. А. Куляшова. Серыя В. Прыродазнаўчыя навукі: матэматыка, фізіка, біялогія, 2019. № 1 (53). С. 87–96.
- Окаева К. П., Дорджиева В. И., Очирова К. С. Анатомия листа лекарственных растений Asteraceae L. флоры Калмыкии // Естественные науки, 2013. № 4 (45). С. 31–41.