

АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛИСТА
ROSA RUGOSA THUNB. В РАЗНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

V.N. Sorokopudov, T.A. Kuznetsova, S.N. Shlapakova,
A.O. Filippovskaya, E.S. Lukashov

ANATOMICAL AND MORPHOLOGICAL FEATURES OF A LEAF
ROSA RUGOSA THUNB. IN DIFFERENT CLIMATIC CONDITIONS

Сорокопудов В.Н. – д-р с.-х. наук, проф., зав. центром генетики, селекции и интродукции садовых культур Всероссийского селекционно-технологического института садоводства и питомниководства, г. Москва. E-mail: sorokopud2301@mail.ru

Кузнецова Т.А. – канд. биол. наук, доц. Высшей школы биотехнологии и пищевых биотехнологий Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург. E-mail: tano_lovely@mail.ru

Шлапакова С.Н. – канд. биол. наук, доц., зав. каф. ландшафтной архитектуры и садово-паркового строительства Брянского государственного инженерно-технологического университета, г. Брянск. E-mail: shla-svetlana@yandex.ru

Филипповская А.О. – асп. каф. ландшафтной архитектуры и садово-паркового строительства Брянского государственного инженерно-технологического университета, г. Брянск. E-mail: filippovskaya2012@yandex.ru

Лукашов Е.С. – асп. каф. ландшафтной архитектуры и садово-паркового строительства Брянского государственного инженерно-технологического университета, г. Брянск. E-mail: gren7@yandex.ru

Sorokopudov V.N. – Dr. Agr. Sci., Prof., Head, Center of Genetics, Selection and Introduction of Garden Cultures, All-Russia Selection and Technology Institute of Horticulture and Nursery, Moscow. E-mail: sorokopud2301@mail.ru

Kuznetsova T.A. – Cand. Biol. Sci., Assoc. Prof., Higher School of Biotechnology and Food Biotechnologies, Peter the Great St. Petersburg Polytechnical University, St. Petersburg. E-mail: tano_lovely@mail.ru

Shlapakova S.N. – Cand. Biol. Sci., Assoc. Prof., Chair of Landscape Architecture and Landscape Gardening Construction, Bryansk State Engineering and Technological University, Bryansk. E-mail: shla-svetlana@yandex.ru

Filippovskaya A.O. – Post-Graduate Student, Chair of Landscape Architecture and Landscape Gardening Construction, Bryansk State Engineering and Technological University, Bryansk. E-mail: filippovskaya2012@yandex.ru

Lukashov E.S. – Post-Graduate Student, Chair of Landscape Architecture and Landscape Gardening Construction, Bryansk State Engineering and Technological University, Bryansk, Bryansk. E-mail: gren7@yandex.ru

Цель исследования – оценка способности адаптироваться *R. rugosa* к разным климатическим условиям; выявление наиболее информативных ксероморфных признаков, которые можно использовать в селекционной работе. Задачи исследования – провести морфо-анатомическое исследование адаксиального и абаксиального эпидермиса листа, исследовать водный режим и определить степень засухоустойчивости растений и способность их к адаптации. Исследования проводились в Белгороде в 2009 г., в Брянске и Санкт-Петербурге – в 2014 г. в фенофазу «формирование плодов». Материал отбирался по общепринятой методике с учетом возраста растений и морфологического адреса, изучение эпидермиса и его структур проводилось с помощью СМ Levenhuk

320, видеокамеры Levenhuk С310 NG, окуляр-микрометра МОВ-1-15×У4,2, РЭМ Quanta 200 3D, вычисляли коэффициент извилистости антиклинальных стенок. Для исследования водного режима растений использовалась методика Никитского ботанического сада. Определена оводненность, водный дефицит и водоудерживающая способность листа. Проведено морфо-анатомическое исследование адаксиального и абаксиального эпидермиса листа. В условиях Белгорода и Брянска концентрация устьиц на единицу поверхности абаксиальной поверхности листа существенно меньше, чем у листьев, сформированных в условиях Санкт-Петербурга. Водоудерживающая способность листьев, сформированных в условиях засухи, недостаточна, что ведет к необратимым из-

менениям в тканях листа после шестичасового увядания. В условиях Белгорода у основных клеток адаксиального эпидермиса коэффициент извилистости антиклинальных клеток существенно выше, чем на других объектах. Влагодерживающая способность листьев, сформированных в условиях засухи, недостаточна, что ведет к необратимым изменениям в тканях листа после шестичасового увядания. Увеличение СОУ в условиях Белгорода способствует повышению транспирации и уменьшению влагодерживающей способности. В условиях Белгорода наблюдается проявление ксероморфности в строении листовой пластинки. *R. rugosa* в большей степени адаптирована к условиям Санкт-Петербурга, чем Белгорода и Брянска.

Ключевые слова: *R. rugosa*, лист, водный режим, адаптация, ксероморфные признаки, основные клетки эпидермиса, устьица, трихомы.

The aim of the study was to assess the ability to adapt *R. rugosa* to different climatic conditions and to identify the most informative xeromorphic features that can be used in the selective work. The objectives of the study were to conduct morpho-anatomical analysis of adaxial and abaxial epidermis of the leaf, to study water regime and to determine the degree of drought resistance of plants and their ability to be adapted. The studies were carried out in phenological stage of "fruit formation" in Belgorod in 2009, and in Bryansk and Saint-Petersburg in 2014. The material was selected according to conventional method taking into account the age of plants and morphological address, the study of the epidermis and its structures was carried out using CM Levenhuk 320, video camera Levenhuk C310 NG, eyepiece micrometer MOB-1-15×U4,2, SEM Quanta 200 3D, calculating hereby the coefficient of tortuosity of anticlinal walls. The technique of Nikitsky Botanical garden was used to study water regime of plants. Water content, water deficit and water-holding capacity of the leaf were determined. Morpho-anatomical study of adaxial and abaxial leaf epidermis was carried out. In the conditions of Belgorod and Bryansk stomata concentration per unit surface of abaxial leaf surface was significantly less than that of the leaves formed in the conditions of St. Petersburg. Water-holding capacity of leaves formed in drought conditions was insufficient, which led to irreversible changes in leaf tissues after six hours of withering. In the conditions of Belgorod the coefficient of anticlinal cells tortuosity in the main cells of adaxial epidermis was significantly higher than in other objects. Water-holding capacity of the leaves formed in drought conditions was insufficient, which led to irre-

versible changes in leaf tissues after six hours of withering. The increase of the degree of stomata opening in the conditions of Belgorod promoted the transpiration increase, and the decrease in water-holding ability. In the conditions of Belgorod there occurred visualization of xeromorphism in the leaf blade structure. *R. rugosa* to a greater extent was adapted to the conditions of Saint Petersburg than that of Belgorod and Bryansk.

Keywords: *R. rugosa*, leaf, water regime, adaptation, xeromorphic features, the main cells of the epidermis, stomata, trichomes.

Введение. Высокая устойчивость растений к различным факторам среды – залог хорошего урожая. Исследование путей адаптации растений к разным климатическим условиям позволяет оценить их потенциал приспособления, зону оптимума воздействия факторов. Выявленные признаки устойчивости можно использовать в селекционной работе для отбора наиболее перспективных растений, устойчивых к неблагоприятным факторам среды.

Rosa rugosa является интродуцированным видом в Белгородской области и Санкт-Петербурге. Ареал – Дальний Восток России (Камчатка, Приморье, Сахалин), Китай, Япония и Корея. Плоды шиповника обладают фитонцидным и мощным бактерицидным свойством, содержат большое количество антиоксидантов [6].

Цель исследования: оценка способности адаптироваться *R. rugosa* к разным климатическим условиям; выявление наиболее информативных ксероморфных признаков, которые можно использовать в селекционной работе.

Задачи исследования: провести морфо-анатомическое исследование адаксиального и абаксиального эпидермиса листа, исследовать водный режим и определить степень засухоустойчивости растений и способность их к адаптации.

В 2009 г. в Белгороде наблюдались резкие колебания температуры, засуха; сумма положительных среднесуточных температур за вегетационный период – 3 460 °С, сумма осадков – 249 мм. В Санкт-Петербурге в 2014 г. сумма положительных среднесуточных температур за вегетационный период – 2 440 °С, сумма осадков – 388 мм. В Брянске в 2014 г. сумма положительных среднесуточных температур за вегетационный период – 2 648 °С, сумма осадков – 268 мм.

Исследование проводилось в фенофазу «формирование плодов», учитывались также погодные условия. Материал отбирался по общепринятой методике с учетом возраста растений и морфологического адреса [6]. В Белгороде исследование проводили в 2009 г., в Санкт-Петербурге и Брянске – в

2014 г. Изучение эпидермиса и его структур проводилось с помощью SM Levenhuk 320, видеокамеры Levenhuk C310 NG, окуляр-микрометра МОВ-1-15×У4,2, РЭМ Quanta 200 3D. Подсчет числа устьиц, вычисление степени открытости устьиц проводилось по общепринятым методикам, вычисляли коэффициент извилистости антиклинальных стенок [5]. Для исследования водного режима растений использовалась методика Никитского ботанического сада [2].

Общее содержание воды в листовой пластинке (учитывался водный дефицит), сформированной в условиях Белгорода и Брянска – низкое, в условиях Санкт-Петербурга – высокое (табл. 1). Вододерживающая способность растений, определенная в ходе шестичасового увядания, в условиях Санкт-Петербурга средняя и достоверно выше, чем в условиях Белгорода и Брянска, где она низкая.

Таблица 1

Характеристика водного режима листьев *R. rugosa* в разных климатических условиях

Место произрастания	Общая вода, %	Часы увядания				M, %	W, %	D _w , %
		2	4	6	8			
Санкт-Петербург	71,00± 0,576**	18,36± 0,666	26,79± 0,897	34,59± 0,999	43,41± 1,790	2,30± 0,559	95,00± 2,51**	0
Белгород	57,05± 2,33*	29,51± 5,35	47,17± 8,35	56,61± 8,06	-	36,27± 11,84	79,65± 8,99*	5,16± 2,04
Брянск	58,05± 1,35**	29,87± 4,39	48,26± 5,85	57,55± 5,32	-	35,68± 9,98	78,92± 7,98*	5,08± 3,25

Примечание: M – процент повреждения; W – процент восстановления; D_w – водный дефицит; здесь и далее: *достоверные отличия при уровне вероятности 0,95; **при уровне вероятности 0,99 (контроль – показатели 2015 г.);

После шестичасового увядания в условиях Белгорода и Брянска наблюдается мацерация тканей листовой пластинки (до 36 % от всей площади), в условиях Санкт-Петербурга даже после восьмичасового увядания мацерация тканей не превышает 2–3 % площади листовой пластинки. Эти данные согласуются с низким процентом восстановления оводненности тканей в условиях Белгорода и Брянска, в Санкт-Петербурге этот показатель в среднем составляет 95 %.

По данным исследования водного режима, у 12 видов рода *Rosa* в условиях Белгорода и 6 видов в Брянске в фенофазу «формирования плодов» *R. rugosa* отнесена к группе растений со средней степенью засухоустойчивости. Одним из критериев было низкое содержание связанной воды в тканях листа [4].

Анализ данных настоящего исследования позволяет сделать вывод, что к климатическим условиям Санкт-Петербурга *R. rugosa* более адаптирована, чем к засушливым условиям Белгорода и Брянска. Влагодерживающая способность листьев, сформированных в условиях засухи, недостаточна, что ве-

дет к необратимым изменениям в тканях листа после шестичасового увядания.

Физиологические функции растительного организма тесно связаны с его морфологическими и анатомическими признаками.

Корреляционный анализ позволил предположить, что основная роль в потере влаги при транспирации принадлежит устьицам. Коэффициент корреляции между степенью открытости устьиц (СОУ) и потерей влаги при шестичасовом увядании достоверной средней силы ($r = 0,577$), между числом устьиц на единицу поверхности и потерей влаги при шестичасовом увядании также достоверной средней силы ($r = 0,591$). Ранее была найдена сильная обратная зависимость между размерами устьиц и их числом ($r = 0,874$) [5].

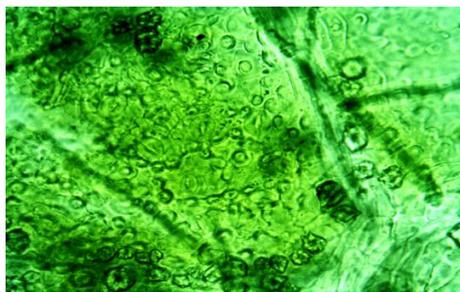
С увеличением ксероморфности строения листовой пластинки отмечается уменьшение размеров устьиц [1]. Однако в нашем исследовании в засушливых условиях Белгорода формируются листья с более крупными устьицами (табл. 2).

Устьица погруженные. Замыкающие клетки по периферии прикрыты основными клетками эпидермиса (рис. 1, А).

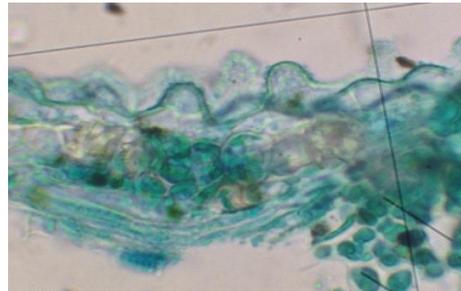
Характеристика устьичного аппарата *R. rugosa* в разных климатических условиях

Место произрастания	СОУ, %	K_y	S, мкм ²	N, шт/мм ²
Санкт-Петербург	7,68±0,314**	1,06±0,0184**	303,84±5,96**	164,30±5,23**
Брянск	20,41±0,359*	1,12±0,011*	311,11±6,16*	144,52±6,11*
Белгород	21,61±0,529*	1,14±0,021*	315,06±9,13*	133,66±8,74*

Примечание: СОУ – степень открытости устьиц, %; K_y – коэффициент удлиненности устьиц; S – площадь устьица, мкм²; N – число устьиц, шт/мм².



А



Б

Рис. 1. Абаксиальный эпидермис листовой пластинки *R. rugosa* (Санкт-Петербург): А – поверхность эпидермиса; Б – срез эпидермиса

В условиях Белгорода и Брянска концентрация устьиц на единицу поверхности абаксиальной поверхности листа существенно меньше, чем у листьев, сформированных в условиях Санкт-Петербурга. По литературным данным с повышением ксероморфности листьев число устьиц на единицу поверхности снижается [2].

Степень открытости устьиц в условиях Белгорода достоверно выше, чем у листьев, сформированных в условиях избыточного увлажнения Санкт-Петербурга, что объясняет высокую потерю влаги при шестичасовом увядании (табл. 3).

Таблица 3

Морфо-анатомическая характеристика основных клеток эпидермиса *R. rugosa* в разных климатических условиях

Место произрастания	Адаксиальный эпидермис			Абаксиальный эпидермис		
	$S_{ок}$, мкм ²	K_i	T, мкм	$S_{ок}$, мкм ²	K_i	T, мкм
Санкт-Петербург	526,84± 20,51*	3,28± 0,749*	18,90± 0,571*	266,05± 9,84*	3,89± 0,159*	13,60± 1,09*
Белгород	1290,34± 28,54*	12,95± 0,325*	16,58± 0,956*	653,12± 14,86*	13,99± 0,352*	14,38± 1,29*
Брянск	1212,56± 25,32*	11,75± 0,227*	17,09± 0,611*	611,34± 12,44*	12,99± 0,321*	14,22± 1,11*

Примечание: $S_{ок}$ – площадь основных клеток эпидермиса, мкм²; K_i – коэффициент извилистости антиклинальных стенок основных клеток эпидермиса, мкм; T – толщина эпидермиса, мкм.

Очертания основных клеток эпидермы листа варьируют от прямолинейных до волнистых и извилистых. Степень волнистости стенок основных эпидермальных клеток зависит от условий произрастания растений [5]. В условиях Белгорода у основных клеток адаксиального эпидермиса коэффициент

извилистости антиклинальных клеток существенно выше, чем у листьев, сформированных в условиях Санкт-Петербурга.

Размеры и форма основных клеток связаны между собой компенсаторными корреляциями, обеспечивающими согласованное изменение пло-

щадей верхней и нижней эпидермы листовой пластинки, которое является важным условием поддержания ее плоской формы [3]. Основные клетки абаксиального эпидермиса имеют выросты, которые в условиях Санкт-Петербурга достигают $13,30 \pm 0,774$ мкм (рис. 2, А).

Площадь основных клеток абаксиального и адаксиального эпидермиса достоверно ниже в условиях Санкт-Петербурга. Однако большие выросты основ-

ных клеток абаксиального эпидермиса создают дополнительную поверхность для увеличения транспирации.

Лист *R. rugosa* в условиях Белгорода имеет на абаксиальной и адаксиальной поверхности три типа трихом: кроющие одноклеточные трихомы, железистые головчатые трихомы на ножке, пельтатные трихомы (единичные) [5].

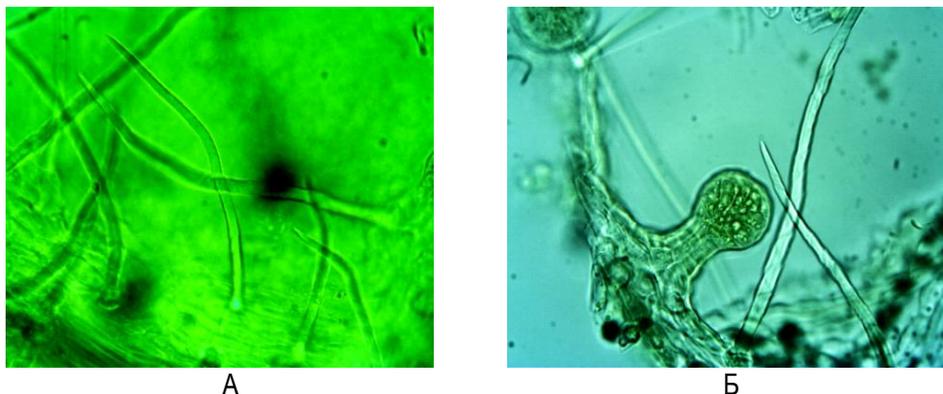


Рис. 2. Классификация трихом *R. rugosa* на поверхности листовой пластинки (Санкт-Петербург): А – простые кроющие трихомы; Б – головчатые трихомы

В условиях Санкт-Петербурга трихомы обнаружены только на абаксиальной поверхности, пельтатные железки не обнаружены.

В условиях Белгорода листовые пластинки *R. rugosa* более опушенные, число одноклеточных

кроющих трихом в условиях Белгорода – 1378–1550 шт. на 1 мм^2 , их длина – $58,60 \pm 4,44$ мкм (рис. 2). Основные клетки эпидермиса, прилегающие к основанию одноклеточного волоска, имеют трапециевидную форму.

Таблица 4

Характеристика головчатых трихом *R. rugosa* в разных климатических условиях

Место произрастания	Длина ножки, мкм	Ширина ножки, мкм	Диаметр головки, мкм	$N_{\text{гт}}$, шт/мм ²
Санкт-Петербург	$5,49 \pm 0,376^{**}$	$4,12 \pm 0,176$	$5,89 \pm 0,198$ (8–10 клеток)	$8,397 \pm 0,924^{**}$
Белгород	$19,61 \pm 2,69^*$	–	(9–10 клеток)	$199,80 \pm 21,67^*$
Брянск	$18,23 \pm 2,14^*$	–	–	$178,46 \pm 12,31^*$

Примечание: $N_{\text{гт}}$ – число головчатых трихом на 1 мм^2 площади листовой пластинки, шт/мм².

В условиях Санкт-Петербурга на абаксиальной поверхности обнаружены головчатые и простые кроющие трихомы, концентрирующиеся на жилках. Головчатые трихомы имеют в головке 8–10 клеток, в ножке – 2 клетки в ширину и 2 клетки в длину. В условиях Белгорода головчатые трихомы достоверно более крупные, их число на единицу поверхности больше, чем в Санкт-Петербурге.

Выводы

R. rugosa в большей степени адаптирована к условиям Санкт-Петербурга, чем Белгорода и Брян-

ска. Влагодерживающая способность листьев, сформированных в условиях засухи, недостаточна, что ведет к необратимым изменениям в тканях листа после шестичасового увядания. Увеличение СОУ в условиях Белгорода (в Брянске он немного меньше) способствует повышению транспирации и уменьшению влагудерживающей способности.

В условиях Белгорода наблюдается проявление ксероморфности в строении листовой пластинки: уменьшение числа устьиц на единицу поверхности, увеличение извилистости антиклинальных стенок основных клеток эпидермиса, увеличение опушенности листовой пластинки, более крупные трихомы.

Литература

1. Васильев Б.Р. Строение листа древесных растений различных климатических зон / под ред. В.М. Шмидта. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1988. – 208 с.
2. Кушниренко М.Д. Физиология водообмена и засухоустойчивости растений. – Кишинев: Штиинца, 1991. – 307 с.
3. Паутов А.А., Васильева В.А. Роль формы основных клеток эпидермы в морфогенезе листа представителей *Hamamelidaceae* // Ботанический журнал. – 2010. – Т. 95. – № 3. – С. 338–345.
4. Резанова Т.А., Сорокопудов В.Н., Свиначев Е.Н. и др. Адаптация видов рода *Rosa* L. в условиях Белгородской области // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 11–2. – С. 309–312.
5. Резанова Т.А., Сорокопудов В.Н., Свиначев Е.Н. Особенности анатомического строения листа у видов рода *Rósa* L. (*Rosaceae* Juss.) // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. «Естественные науки». – 2011. – № 9 (104), Вып. 15/1. – С. 337–347.
6. Сорокопудов В.Н., Нетребенко Н.Н., Евтухова М.В. и др. Морфо-анатомические аспекты некоторых представителей рода *Rosa* L. // Вестн. КрасГАУ. – 2009. – № 11. – С. 50–54.

Literatura

1. Vasil'ev B.R. Stroenie lista drevesnyh ras-tenij razlichnyh klimaticeskikh zon / pod red. V.M. Shmidta. – L.: Izd-vo LGU, 1988. – 208 s.
2. Kushnirenko M.D. Fiziologija vodoobmena i zasuhoustojchivosti rastenij. – Kishinev: Shtiinca, 1991. – 307 s.
3. Pautov A.A., Vasil'eva V.A. Rol' formy os-novnyh kletok jepidermy v morfogeneze lista predstavitelej Hamamelidaceae // Botaniche-skij zhurnal. – 2010. – T. 95. – № 3. – S. 338–345.
4. Rezanova T.A., Sorokopudov V.N., Svinarev E.N. i dr. Adaptacija vidov roda Rosa L. v us-lovijah Bel-gorodskoj oblasti // Fundamental'nye issledovaniya. – 2012. – № 11–2. – S. 309–312.
5. Rezanova T.A., Sorokopudov V.N., Svinarev E.N. Osobennosti anatomicheskogo stroenija lista u vidov roda Rósa L. (*Rosaceae* Juss.) // Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarst-vennogo uni-versiteta. Ser. «Estestvennye nauki». – 2011. – № 9 (104), Vyp. 15/1. – S. 337–347.
6. Sorokopudov V.N., Netrebenko N.N., Ev-tuhova M.V. i dr. Morfo-anatomicheskie aspekty nekotoryh predstavitelej roda Rosa L. // Vestn. KrasGAU. – 2009. – № 11. – S. 50–54.

