



## ОСОБЕННОСТИ АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ЛИСТЬЕВ ДЕНДРОКУЛЬТУР, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

В.А. Иванов, студент 4-го курса,  
e-mail: iwanovvadim39@gmail.com

А.В. Богачёв, студент 4-го курса,  
e-mail: andrey\_bogachev\_ag@mail.ru

А.С. Гуревич, канд. биол. наук, доц.,  
e-mail: gurevitch.gur1959@yandex.ru  
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный  
технический университет»

Изучены особенности адаптации кустарников к условиям фронтальной части прибрежной зоны Балтийского моря. Обнаружено, что у прибрежных растений, в сравнении с произрастающими в Калининграде, уменьшена площадь листовой пластинки и увеличена ширина основания черешка. Кроме того, параметры структуры мезофилла листа прибрежных растений превышают таковые растений, произрастающих в Калининграде.

*сирень обыкновенная, роза морщинистая, прибрежная зона, фотосинтетический аппарат, адаптация*

### Введение

Развитие туристической инфраструктуры в Калининградской области влечет за собой активное рекреационное освоение прибрежных территорий Балтийского моря. Вместе с тем на этих территориях складываются неблагоприятные экологические условия для культивирования декоративных растений, в частности, декоративных деревьев и кустарников, играющих существенную роль в формировании растительной компоненты ландшафтного комплекса [1]. Так, во фронтальной части прибрежной зоны Балтийского моря преобладают бедные почвы, в тоже время широко распространены аллювиальные песчаные материнские породы с низкой водоудерживающей способностью. Повышен уровень солнечной радиации в связи с отражением солнечных лучей от поверхности моря. Скорость ветра выше, чем на удаленных от моря территориях. Влияние Балтийского моря, играющего роль аккумулятора тепловой энергии, приводит к сокращению вегетационного периода [2 – 7].

При этом особенности адаптации декоративных культур к условиям произрастания на прибрежных территориях, адаптивный потенциал различных таксонов остаются изученными крайне слабо, что не позволяет оптимально формировать ассортимент декоративных насаждений и должным образом корректировать технологию их культивирования.

В связи с вышесказанным целью настоящего исследования стало: изучение особенностей морфологического строения и структуры мезофилла листьев декоративных дендрокультур в прибрежной зоне Балтийского моря в качестве одного из механизмов адаптации к неблагоприятным экологическим факторам.

Для выполнения данной цели необходимо:

1. Осуществить сравнительное изучение морфометрических параметров листьев сирени обыкновенной и розы морщинистой, произрастающих в прибрежной зоне Балтийского моря и на удаленных от моря территориях.

2. Осуществить сравнительное изучение структуры мезофилла листьев сирени обыкновенной и розы морщинистой, произрастающих в прибрежной зоне Балтийского моря и на удаленных от моря территориях.

## Материалы и методы исследований

Эксперименты проводились в 2017- 2018 гг. В опытах использовались несортные растения сирени обыкновенной (*Syringa vulgaris*), достигшие характерного для вида габитуса (высота 5 м., диаметр кроны 2 – 2,5 м), и розы морщинистой (*Rosa rugosa*) высотой 1 – 1,5 м и диаметром кроны 1 – 1,5 м. Исследовались растения, произрастающие в прибрежной зоне Балтийского моря в пос. городского типа Янтарном, и растения, произрастающие в некультивируемых зарослях в г. Калининграде на пустыре в районе ул. Славянской.

Для исследования брались полностью сформировавшиеся листья сирени третьей пары с боковых побегов второго порядка пятого горизонта и третий полностью сформировавшийся лист розы морщинистой с боковых побегов первого порядка третьего горизонта как наиболее освещенные и активно фотосинтезирующие.

Площадь листьев определялась весовым методом [8]. Длина и ширина черешка измерялась мерной нитью и линейкой.

Структура мезофилла листьев изучалась на прижизненных срезах с помощью светового микроскопа. Измерения были проведены окулярным микрометром «МОВ- 1-15X». Измерена толщина слоев палисадной и губчатой паренхимы, подсчитано количество хлоропластов в палисадных и губчатых клетках.

Мощность слоя палисадной паренхимы рассчитывалась в % от толщины всего мезофилла. Объем палисадных клеток определялся по формуле и выражался в тысячах мкм<sup>3</sup>:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot L \cdot K, \quad (1)$$

где  $V$  – объем, тыс. мкм<sup>3</sup>;

$\pi = 3,14$ ;

$r$  – ширина палисадной клетки, мкм;

$L$  – высота клетки, мкм;

$K$  – поправочный коэффициент, величина которого меняется в зависимости от отношения  $r/L$ .

Эти коэффициенты эмпирически найдены Ю.Л. Цельникер [9].

Для вычисления количества хлоропластов палисадной паренхимы в единице площади листа рассчитывалась средняя площадь поперечного сечения палисадной клетки по формуле площади круга:  $S = \pi \cdot r^2$  и среднее количество хлоропластов в палисадной клетке. Отсюда рассчитывалось количество хлоропластов в единице площади листа:

$$N = \frac{n}{S_c}, \quad (2)$$

где  $N$  – количество хлоропластов в единице площади, млн. шт./см<sup>2</sup>;

$n$  – количество хлоропластов в палисадной клетке, млн. шт.;

$S_c$  – площадь сечения палисадной клетки, см<sup>2</sup>.

## Результаты и обсуждение

Как показали измерения, проведенные в 2017 г., (табл. 1) площадь листовой пластинки у растений сирени обыкновенной, произрастающих в Калининграде, оказалась достоверно больше, чем площадь листовой пластинки у растений, произрастающих во фронтальной части прибрежной зоны Балтийского моря. Вероятно, этот феномен представляет собой приспособление к сильным ветрам прибрежной зоны. Уменьшение площади листа снижает его парусность, что позволяет успешно противостоять ветру.

Вопреки ожиданиям, длина черешка листьев растений сирени, произрастающих в Калининграде, практически не отличалась от таковой растений, произрастающих во фронталь-

ной части прибрежной зоны Балтийского моря. Вместе с тем, основание черешка листьев прибрежных растений оказалось заметно шире, чем у листьев растений, произрастающих в Калининграде (табл. 1). Это, как следует полагать, повышает прочность прикрепления листа к стеблю и также служит приспособлением к произрастанию в условиях частых сильных ветров.

Таблица 1 – Морфометрические параметры листьев сирени обыкновенной в зависимости от места произрастания. Данные 2017 г.

Вариант	Длина черешка, мм	Ширина основания черешка, мм	Площадь листовой пластинки, см <sup>2</sup>
Прибрежная территория	31,3±3,26	3,4±0,51*	47,3±6,57*
Калининград	31,2±3,49	3,0±0,25	61,3±11,79

\* – разность средних достоверна

Измерения, осуществленные в 2018 г., (табл. 2) подтвердили данные 2017 г. в части уменьшения площади листовой пластинки у растений сирени обыкновенной, произрастающих во фронтальной части прибрежной зоны Балтийского моря. Вместе с тем, достоверных различий ширины основания черешка у прибрежных растений и растений, произрастающих в Калининграде, не было зафиксировано.

Таблица 2 – Морфометрические параметры листьев сирени обыкновенной в зависимости от места произрастания. Данные 2018 г.

Вариант	Длина черешка, мм	Ширина основания черешка, мм	Площадь листовой пластинки, см <sup>2</sup>
Прибрежная территория	28,3±3,48	2,9±0,73	42,7±12,84*
Калининград	28,1±3,65	2,8±0,80	59,4±16,53

\* – разность средних достоверна

Данные, полученные в процессе изучения морфологического строения листьев розы морщинистой, существенно отличались от результатов исследования листьев сирени обыкновенной (табл. 3). Ни по одному из изученных параметров разности средних у прибрежных растений и растений, произрастающих в Калининграде, не были достоверными. Такие результаты, вероятно, можно объяснить особенностями строения непарноперистосложных листьев розы. Лист розы морщинистой, состоящий из нескольких листовых пластинок небольшой площади (2 – 3 см<sup>2</sup>), имеет значительно меньшую парусность в сравнении с листом сирени. Кроме того, механическая ткань листьев розы морщинистой особенно развита [10, 11], что способствует повышению ветроустойчивости. В итоге снижается биологическая необходимость уменьшения площади листовой пластинки.

Таблица 3 – Морфометрические параметры листьев розы морщинистой в зависимости от места произрастания. Данные 2018 г.

Вариант	Длина черешка, мм	Ширина основания черешка, мм	Площадь листочков, см <sup>2</sup>
Прибрежная территория	7,8±1,14	2,2±0,29	61,4±15,43
Калининград	8,0±0,81	2,2±0,23	61,4±8,09

Известно, что продуктивность растений в значительной мере зависит от количества хлоропластов, приходящихся на единицу фотосинтезирующей поверхности, что в свою очередь определяется структурой мезофилла листа [12]. Вместе с тем, основной фотосинтезирующей тканью является палисадная паренхима листа [13-15]. В связи с этим, особое внима-

ние в настоящем исследовании было уделено изучению структуры мезофилла листьев растений, и прежде всего – особенностей палисадной паренхимы.

В отношении анатомического строения листьев изученных растений были получены следующие данные. Как следует из табл. 4 и 5, параметры структуры мезофилла листа: мощность слоя палисадной паренхимы, количество хлоропластов в клетках палисадной и губчатой паренхимы, объем палисадной клетки, объем палисадной клетки в расчете на один хлоропласт, количество хлоропластов палисадной паренхимы в единице фотосинтезирующей поверхности у прибрежных растений существенно превышали аналогичные параметры у растений, произрастающих в Калининграде. Причем, сходные результаты были получены при изучении и сирени обыкновенной, и розы морщинистой.

Таблица 4 – Структура мезофилла листьев сирени обыкновенной в зависимости от места произрастания. Данные 2018 г.

Вариант	Мощность слоя палисадной паренхимы, %	Количество хлоропластов в клетках губчатой паренхимы, шт.	Количество хлоропластов в клетках палисадной паренхимы, шт.	Объем палисадной клетки, тыс. мкм <sup>3</sup>	Объем палисадной клетки на 1 хлоропласт, тыс. мкм <sup>3</sup>	Количество хлоропластов палисадной паренхимы в единице фотосинтезирующей поверхности, млн. шт./см <sup>2</sup>
Прибрежная территория	65,8±2,17*	17,8±0,42*	24,2±0,51*	17,9±3,28	0,75±0,168	1,2±0,14*
Калининград	59,0±3,52	14,6±1,19	18,0±0,50	18,6±5,01	1,03±0,343	0,8±0,17*

\* – разность средних достоверна

Таблица 5 – Структура мезофилла листьев розы морщинистой в зависимости от места произрастания. Данные 2018 г.

Вариант	Мощность слоя палисадной паренхимы, %	Количество хлоропластов в клетках губчатой паренхимы, шт.	Количество хлоропластов в клетках палисадной паренхимы, шт.	Объем палисадной клетки, тыс. мкм <sup>3</sup>	Объем палисадной клетки на 1 хлоропласт, тыс. мкм <sup>3</sup>	Количество хлоропластов палисадной паренхимы в единице фотосинтезирующей поверхности, млн. шт./см <sup>2</sup>
Прибрежная территория	76,8±3,22*	9,2±0,24*	23,5±0,66*	4,1±0,85	0,17±0,081	143,7±12,8*
Калининград	70,2±4,52	7,3±0,54	16,9±0,95	4,4±1,00	0,26±0,097	89,0±7,53

\* – разность средних достоверна

Таким образом, исследования показали, что растения, произрастающие во фронтальной части прибрежной зоны Балтийского моря, обладают более высоким уровнем анатомической структурированности фотосинтетического аппарата, чем растения, произрастающие в Калининграде. Это служит предпосылкой повышения продуктивности фотосинтеза и, вероятно, способствует повышению адаптивности дендрокультур в неблагоприятных экологических условиях.

## Выводы

Полученные данные позволяют сделать следующие выводы:

1. В ходе исследований у прибрежных растений проявилась тенденция к уменьшению площади листовых пластинок и увеличению ширины основания черешка листа.
2. Параметры структуры мезофилла листа у растений сирени обыкновенной и розы морщинистой, произрастающих во фронтальной части прибрежной зоны Балтийского моря, существенно превышают аналогичные параметры растений, произрастающих в Калининграде.
3. Обнаруженные в ходе исследований особенности анатомо-морфологического строения листьев растений, произрастающих на прибрежных территориях Балтийского моря, вероятно, носят адаптивный характер.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булыгин, Н. Е. Дендрология / Н. Е. Булыгин, В. Т. Ярмишко. – Москва: МГУЛ, 2001. – 528 с.
2. Silva, G. Influence de quelques défauts externes sur la stabilité des arbres face à une simulation mécanique de l'action du vent / G. Silva, J.-C. Ruel, M. Samson, D. Pin // *Canad. J. Forest Res.*, 1998. Vol.28, N 1. – P. 123 – 131.
3. Martin-Alcon, S. Wind and snow damage in the Pyrenees pine forests: effect of stand attributes and location / S. Martin-Alcon, J.R. Gonzalez-Olabarria, L. Coll // *Silva fenn.*, 2010. Vol. 44, № 3. P. 399 – 410.
4. Thompson, D. The influence of shelter and weeds on early growth of Sitka spruce and Kodgepole pine / D. Thompson // *Forestry*, 1984. Т. 57, № 1. P. 1 – 16.
5. Гуревич, А.С. Фенологические особенности декоративных дендрокультур, произрастающих во фронтальной части прибрежной зоны Балтийского моря / А.С. Гуревич // *Инновации в науке, образовании и предпринимательстве – 2018 : XVI Междунар. науч. конф.: тез. докл.* – Калининград: КГТУ, 2018. – С. 264-269.
6. Горкин, А.П. География. Современная иллюстрированная энциклопедия / А.П. Горкин. – Москва: Росмэн-Пресс, 2006. – 624 с.
7. Конспект дендрофлоры Калининградской области / М.А. Бице, Д.А. Кнапе, Г.Г. Кученева и др.; Отв. ред. Р.Е. Циновскис. – Рига: Зинатне, 1983. – 162 с.
8. Ничипорович, А.А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах / А.А. Ничипорович, С.Н. Чмора, М.П. Власова, Л.Е. Строганова – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 135 с.
9. Мокроносов, А.Т. Методика количественной оценки структуры и функциональной активности фотосинтезирующих тканей и органов / А.Т. Мокроносов, Р.А. Борзенкова // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции* – Ленинград, 1978. – Т. 61, В. 3. – С. 119- 133.
10. Алексеев, Ю.Е. Деревья и кустарники / Ю.Е. Алексеев, П.Ю. Жмылев, Е.А. Карпухина. – Москва: АБФ, 1997. – 589 с.
11. Колесников, А.И. Декоративная дендрология / А.И. Колесников – Москва: Лесная промышленность, 1974. – 745 с.
12. Мокроносов, А.Т. Мезоструктура и функциональная активность фотосинтетического аппарата / А.Т. Мокроносов – Свердловск: УрГУ, 1978. – 147 с.
13. Outlaw, W.H. Compartmentation in vicia fada leaves. III. Photosynthesis in the spongy and palisade parenchima / W.H. Outlaw, D.B. Fihel // *Austral. J. Plant. Physiol.* – 1975. – V. 2, № 5. – P. 435 – 439.
14. Цельникер, Ю.Л. Ритмы роста тканей, хлоропластов и детерминация признаков световой и теневой структуры листа у клена остролистного / Ю.Л. Цельникер // *Физиология растений.* – 1973. – Т. 20, №6. – С. 1182 – 1190.
15. Цельникер, Ю.Л. Ритм роста палисадной паренхимы листа *Acer platanoides* L. (*Aceracene*) / Ю.Л. Цельникер, Р.Г. Хлебопрос, П.Я. Грабарник – Красноярск: КрасГУ, 1991. – 20 с.

ANATOMY-MORPHOLOGICAL STRUCTURE OF  
LEAVES OF DENRO PLANTS GROWING AT THE COASTAL AREA OF THE  
BALTIC SEA

V.A. Ivanov, student,  
e-mail: iwanovvadim39@gmail.com

A.V. Bogachev, student,  
e-mail: andrey\_bogachev\_ag@mail.ru

A.S. Gurevitch, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,  
e-mail: gurevitch.gur1959@yandex.ru  
Kaliningrad State Technical University

Studied the adaptation of shrubs to the conditions of the frontal part of the coastal zone of the Baltic Sea. It was found that plants of the coastal zone has reduced area of the leaf blade and the width of the base of the petiole is increased. In addition the structural parameters of the leaf mesophyll of plants at coastal area exceed those of plants growing in Kaliningrad.

*syringa vulgaris, rosa rugosa, coastal zone, photosynthetic apparatus, adaptation*