

6. Зиновьев Е.А., Мандрица С.А. Методы исследования пресноводных рыб: учеб. пособие – Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2003. – 115 с.
7. Рыбы в заповедниках России: в 2 т. / Ю. С. Решетников [и др.]; под ред. Ю.С. Решетникова. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2010. – Т. 1. – 627 с.
8. Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. – М.: Наука, 1982. – 288 с.
9. Лебедева Н.В., Криволицкий Д.А. Биологическое разнообразие и методы его оценки // География и мониторинг биоразнообразия. – М.: Изд-во науч. метод. центра, 2002. – С. 13–142.
10. Залепухин В.В. Теоретические аспекты биоразнообразия: учеб. пособие. – Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2003. – 192 с.
11. Захаров В.М., Кларк Д.М. Биотест: интегральная оценка здоровья экосистем и отдельных видов. – М.: Моск. отд-ние Междунар. фонда «Биотест», 1993. – 68 с.
12. Здоровье среды: методика оценки / В.М. Захаров, А.С. Баранов, В.И. Борисов [и др.]. – М.: Центр экол. политики России, 2000. – 68 с.
13. Захаров В.М., Чубинишвили А.Т. Мониторинг здоровья среды на охраняемых природных территориях. – М.: Центр экол. политики России, 2001. – 78 с.
14. Доклад об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре в 2012 году / Департамент экологии Ханты-Мансийского автономного округа – Югры: ООО «Печатное дело», 2013. – 178 с.
15. Павленко А.Л. Распределение рыб в окрестностях деревни Юган // Наука и инновации XXI / Т. II. Биология, экология, медицина, физическая культура, психология и педагогика: мат-лы I Всерос. конф. молодых учёных. – Сургут: Дефис, 2012. – С. 35–38.



УДК 582.948.2:581.174/176

Е.В. Бурковская, Ю.А. Хроленко

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРУКТУРЫ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА
МЕРТЕНЗИИ ПРИМОРСКОЙ *MERTENSIA MARITIMA* (BORAGINACEAE)
ИЗ РАЗНЫХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ЛОКАЛЬНОСТЕЙ**

В статье представлены результаты изучения характеристик фотосинтетического и устьичного аппаратов листьев растений мертензии приморской из континентальной и островной популяций. Показано, что растения имеют как общие черты строения листа, так и специфические, связанные с географической приуроченностью.

Ключевые слова: галофиты, мертензия приморская (*Mertensia maritima*), Приморский край, о. Сахалин, фотосинтетический аппарат, мезоструктура, устьица.

E.V. Burkovskaya, Yu.A. Khrolenko

**ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE PHOTOSYNTHETIC APPARATUS STRUCTURE
OF *MERTENSIA MARITIMA* (BORAGINACEAE) FROM DIFFERENT GEOGRAPHICAL LOCATIONS**

The article presents the research results on the leaf photosynthetic and stomatal apparatus of *Mertensia maritima* plants from the mainland and the island populations. It is shown that plants have both common features of the leaf structure and the specific features associated with the geographical confinement.

Key words: halophytes, *Mertensia maritima*, Primorsky region, Sakhalin Island, photosynthetic apparatus, mesostructure, stomata.

Введение. На территории Дальнего Востока Российской Федерации огромную протяженность имеют морские побережья, на которых под влиянием муссонов сформировался уникальный прибрежно-морской флористический комплекс, интереснейшей и наиболее уязвимой частью которого является флора супралиторали [1]. Огромную роль в адаптации растений к нестабильным условиям среды играет фотосинтетический аппарат [2]. Подобные исследования проводились ранее с авторским участием для ряда видов супралиторальной флоры региона [3–6]. Однако в них рассматривались аспекты приспособленности в группах галофитов либо связанные с обитанием на разных широтах. Исследований же мезоструктуры галофитов в популяциях, удаленных друг от друга, но находящихся на одной широте, т.е. в схожих климатических условиях, на Дальнем Востоке России ранее не проводилось.

Цель работы. Изучение характеристик ассимиляционного и устьичного аппаратов листьев широко распространенного на супралиторали морских побережий Дальнего Востока вида сосудистых растений из континентальной и островной популяций.

Объектом наших исследований является мертензия приморская *Mertensia maritima* (L.) S. F. Gray. (*Pulmonaria maritima* L., *Pneumaria maritima* (L.), *Mertensia simplicissima* (Ledeb.) G. Don fil., *M. maritima* subsp. *asiatica* Takeda, *M. asiatica* (Takeda) Macbr.) из сем. Boraginaceae [7]. Мертензия приморская – циркумполярный литоральный вид, единственный представитель из рода *Mertensia* Roth, распространенный на побережьях всех океанов в северном полушарии [8], травянистый многолетник, покрытый сизым восковым налетом, с восходящими и лежащими густооблиственными стеблями и шнуровидным корневищем. Растет на песчаных берегах и галечниках морского берега. Листья до 3 см в длину, лопчато-продолговатые, мясистые, сидячие. Соцветие многоцветковое. Цветки с трубчато-воронковидным венчиком, поникающие, во время цветения меняют окраску от ярко-розовых до ярко-голубых. Плоды гладкие, вздутые орешки. Изучение сборов этого вида в гербариях страны показало, что внешний облик *Mertensia maritima* постоянен, иногда встречаются растения с белой окраской венчика [7]. Декоративна, рекомендуется для оформления в групповых посадках горных садов [9]. Съедобна и является традиционным растительным компонентом кухни народов севера. Давно известны ее лекарственные свойства: трава использовалась в качестве отхаркивающего средства. В народной медицине отвар корней применяется при болезнях желудка; отвар цветков – как жаропонижающее, потогонное, улучшающее пищеварение, а также при злокачественных опухолях груди [10]. В настоящее время получена каллусная культура с увеличенным по сравнению с нативными растениями содержанием аллантаина, рабдозиина, розмариновой кислоты [11].

Методы исследований. Растительный материал был собран в Приморском крае на песчано-галечной супралиторали континентальной части побережья Японского моря в районе п. Светлая и на о. Сахалин на побережье зал. Терпения в устье р. Найба (разница по долготе составляет 4°) в августе 2010 года. Расположение на одной широте (около 47° с.ш.) обоих местообитаний предопределяет сходные климатические условия существования популяций [12–15]. Листья были отобраны с генеративных особей, находящихся в фазе цветения.

Количественные показатели мезофилла листа определялись согласно модифицированной методике мезоструктурного анализа [2,16]. Толщина листа определялась с двадцатикратной повторностью, а линейные размеры клеток и пластид для вычисления их объемов – с пятидесятикратной. Изучение устьиц проводили методом отпечатков по Полаччи [17]. Слепки эпидермы предварительно просматривали под микроскопом Leica DMLS (Leica Microsystems, Germany), затем фотографировали под микроскопом Axioskop-40 с помощью встроенной видеокамеры AxioCam HRc (Zeiss, Germany). Исследовали два признака: длину замыкающих клеток устьиц и число устьиц на 1 см² листа. Определение количества устьиц в эпидермисе листа известной площади и длины замыкающих клеток устьиц производили в 20-кратной повторности для каждого образца. Вычисления производились при помощи модулей Statistica версии 10.0 для Windows.

Результаты исследований и их обсуждение. Исследование анатомического строения листа показало, что листья растений дорзовентральные, амфистоматные, сами устьица анамоцитного типа. Листья имеют характерный восковой налет, за счет чего они кажутся сизыми. У мертензии

ярко выражены приспособления, которые защищают ее листья от иссушающего действия соленой воды, ветра и солнца, – это восковые железки (рис.1). Эти образования расположены только с адаксиальной стороны листа и представляют собой комплексы из вытянутых эпидермальных клеток радиально сходящихся к основанию восковых камер. Эпидерма однослойная, антиклинальные стенки ее клеток с верхней стороны листа прямые или слегка извилистые, а с нижней – сильно извилистые.



Рис.1. Восковая железка

Мезофилл листа состоит из двух слоев палисадной и 7–8 слоев губчатой паренхимы, что характерно для растений хорошо освещенных местообитаний. Толщина листа растений с о. Сахалин оказалась значительно ниже, что обусловлено двукратным уменьшением размеров клеток мезофилла (табл.).

Количественные показатели ассимиляционного аппарата листа

Параметр	Приморский край	о. Сахалин
Толщина листа, мкм	550, 46 ± 13,26	471, 34 ± 7,71
Объем палисадной клетки, тыс. мкм ³	59, 93 ± 1,4	32, 15 ± 0,86
Объем губчатой клетки, тыс. мкм ³	36,04 ± 1,03	17,83 ± 1,05
Объем хлоропласта, мкм ³	129, 63 ± 2,36	171,42 ± 2,82
Число устьиц, шт/см ²	1,5 ± 0,22	3,25 ± 0,31
Длина замыкающих клеток устьиц, мкм	29,43 ± 0,88	24,89 ± 0,5

Объем хлоропластов в этой популяции более чем в 2 раза ниже, чем в континентальной. В большинстве случаев подобная картина может быть обусловлена различием в освещенности, однако из-за расположения выборок практически на одной долготе наблюдается одинаковый приход солнечной радиации [14, 16]. Еще одной причиной может быть разный хромосомный набор у островных и материковых растений. Подобное явление было описано ранее, например для прибрежно-морского вида *Scrophularia grajana* Maxim. ex Kom. (*Scrophularia seae*), у которого известны два

различных числа хромосом, соответствующие разным уровням пloidности: в популяциях с о. Итуруп и о. Монерон $2n=20$, а в популяции с юга Приморского края $2n=40$ [18]. Наше предположение подкрепляется и наблюдаемой у растений из разных популяций почти двукратной разницей в объемах клеток мезофилла (табл.). Подобные изменения обнаруживались ранее другими авторами при сравнении полиплоидных рядов у разнoплоидных форм и сортов в пределах одного вида. Ими показано, что увеличение пloidности, как правило, ведет к закономерному росту объемов клеток, которые увеличиваются почти кратно числу хромосом, от гаплоидного до тетраплоидного (иногда гексаплоидного) уровней [19].

Зачастую в цитологии для быстрого выявления полиплоидных цитотипов используют показатели устьичного аппарата листьев (величина замыкающих клеток устьиц и число устьиц на 1 см^2 листа) [20–22]. Этот подход является методически наиболее доступным и удобным, особенно в отсутствии семенного материала. Хорошо известно, что диплоидные цитотипы в сравнении с тетраплоидными имеют большее число устьиц на единицу листовой поверхности, меньшие размеры клеток эпидермы и мезофилла [20]. В нашем случае при сравнении эпидермы оказалось, что отличие размеров замыкающих клеток устьиц у мертензии из разных географических локальностей достоверно (табл.). Кроме того, нами обнаружена отрицательная корреляция между их частотой расположения и длиной, показанная ранее для различных видов [23]. Замыкающие клетки устьиц листьев мертензии у островной популяции меньше по размерам, чем у континентальной (рис. 2). Подобное явление наблюдалось ранее среди растений *Cypripedium macranthon*, где по размерам эпидермальных клеток выделяется популяция с о. Беринга, которая произрастает у берега моря на песчаных дюнах и отличается от камчатских и приморско-приамурских популяций набором хромосом [24, 25].

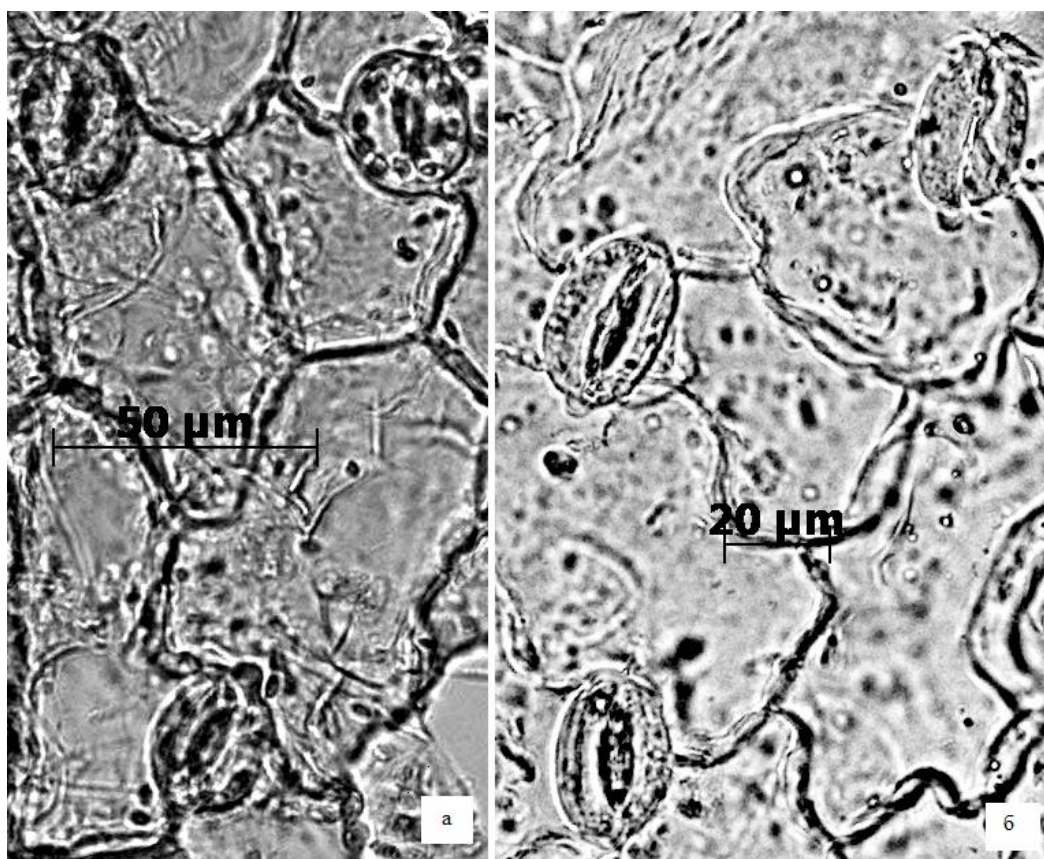


Рис. 2. Устьица с абаксиальной стороны листа у растений разных популяций: а – о. Сахалин; б – Приморский край; при одинаковых условиях съемки

Выводы. Исследование анатомической структуры листа растений из разных популяций показало как наличие общего для них строения мезофилла (дорзовенрального типа), так и определенную его специфику, связанную с географической приуроченностью. Это в совокупности с показателями устьичного аппарата дает основание предположить, что островная популяция *M. maritima* отличается набором хромосом от континентальной. Однако, чтобы это утверждать, нужны дополнительные исследования кариотипов.

Литература

1. Пробатова Н.С., Селедец В.П. Сосудистые растения в контактной зоне «континент-океан» // Вестник ДВО РАН. – 1999. – № 3. – С. 80–92.
2. Горышина Т.К. Фотосинтетический аппарат растений и условия среды. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1989. – 203 с.
3. Бурковская Е.В. Мезоструктура листа сосудистых растений супралиторали Японского моря // Вестник КрасГАУ. – 2008. – № 2. – С. 107–112.
4. Бурковская Е.В. Мезоструктура фотосинтетического аппарата *Mertensia maritima* (L.) S.F. Gray на разных широтах Дальнего Востока России // Вестник КрасГАУ. – 2009. – № 10. – С. 50–53.
5. Бурковская Е.В. Мезоструктура фотосинтетического аппарата *Senecio pseudoarnica* Less. на разных широтах Дальнего Востока России // Вестник КрасГАУ. – 2011. – № 1. – С. 104–108.
6. Воронкова Н.М., Бурковская Е.В., Безделева Т.А. Морфологические и биологические особенности растений в связи с их адаптацией к условиям морских побережий // Экология. – 2008. – Т. 39. – № 1. – С. 3–9.
7. Сосудистые растения советского Дальнего Востока: в 8 т. / отв. ред. С.С. Харкевич. – Л.: Наука, 1991. – Т. 5. – 390 с.
8. Флора СССР. – М.; Л.: Изд-во Акад. наук СССР, 1953. – 750 с.
9. Егорова Е.М. Дикорастущие декоративные растения Сахалина и Курильских островов. – М.: Наука, 1977. – 254 с.
10. Шретер А.И. Лекарственная флора советского Дальнего Востока. – М.: Медицина, 1975. – 328 с.
11. Fedoreev S.A., Inyshkina Y.V., Bulgakov V.P. Production of allantoin, rabdosiin and rosmarinic acid in callus cultures of the seacoast plant *Mertensia maritima* (Boraginaceae) // Plant cell Tiss Organ Cult. – 2012. – V. 100. – P. 183–188.
12. Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние: справ. по климату СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – Вып. 34. – 62 с.
13. Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние: справ. по климату СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – Вып. 26. – 77 с.
14. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров: справ. по климату СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – Вып. 34. – 170 с.
15. Научно-прикладной справочник по климату СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – Сер. 3. – Ч. 1–6. – Вып. 26. – 416 с.
16. Мокроносов А.Т., Борзенкова Р.А. Методика количественной оценки структуры и функциональной активности фотосинтезирующих тканей и органов // Тр. по прикладной ботанике, генетике селекции. – Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1978. – С. 5–30.
17. Практикум по физиологии растений / под ред. И.И. Гунара. – М.: Колос, 1972. – 168 с.
18. Пробатова Н.С., Баркалов В.Ю., Рудыка Э.Г. Кариология флоры Сахалина и Курильских островов. Числа хромосом, таксономические и фитогеографические комментарии. – Владивосток: Дальнаука, 2007. – 390 с.
19. Мокроносов А.Т., Федосеева Г.П. Структурно-функциональные изменения фотосинтетического аппарата при полиплоидии // Популяционно-генетические аспекты продуктивности растений / под ред. С.И. Малецкого. – Новосибирск: Наука, 1982. – С. 65–77.

20. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. – М.: Агропромиздат, 1974. – 279 с.
21. Бакулин В.Т. Некоторые морфологические и анатомические особенности индуцированных тетраплоидов тополя // Нетрадиционные методы в исследованиях растительности Сибири / под ред. А.А. Горшковой, В.П. Седельникова. – Новосибирск: Наука, 1982. – С. 88–104.
22. Oliveira V.M., Forni-Martins E.R., Magalhães P.M. Chromosomal and morphological studies of diploid and polyploid cytotypes of *Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni (Eupatorieae, Asteraceae) // Genetics and molecular biology. – 2004. – V. 27. – P. 215–222.
23. Jones H.G., Farquar G.D., Cowan I.R. Breeding for stomatal characters // Stomatal function. Stanford (CA): Stanford University Press. – 1987. – P. 431–443.
24. Волкова С.А., Горовой П.Г., Ткаченко К.Г. Числа хромосом представителей некоторых семейств флоры Командорских островов // Ботан. журн. – 2003. – Т. 88. – № 8. – С. 115–116.
25. Салохин А.В., Волкова С.А., Горовой П.Г. Стоматография листьев короткокорневищных видов *Cypripedium* (Orchidaceae) Восточной Сибири и Дальнего Востока // Turczaninowia. – 2005. – Т. 8. – № 2. – С. 69–74.



УДК 571.511+ 631.48

Л.В. Карпенко

ПОЧВЫ ПЛАТО ПУТОРАНА В ОКРЕСТНОСТЯХ ОЗЕРА ЛАМА

Приведены результаты обследования горных почв плато Путорана в окрестностях озера Лама, находящихся в зоне слабого воздействия эмиссий предприятий Норильского промышленного района.

Ключевые слова: плато Путорана, грануземы, подбурсы, физико-химические свойства почв, аэротехногенные поллютанты, фоновые почвы.

L.V. Karpenko

THE PUTORAN PLATEAU SOILS IN THE LAMA LAKE VICINITY

The surveying results of the Putoran plateau mountain soils in the Lama lake vicinity that are in the zone of the emission weak impact of Norilsk industrial region enterprises are given.

Key words: the Putoran plateau, granuzems, podburs, physical and chemical properties of soils, aerotechnogenic pollutants, background soils.

Введение. Предприятия медно-никелевого производства, являясь источниками аэротехногенных выбросов тяжелых металлов и диоксида серы, вносят значительный дисбаланс в природные циклы массообмена регионов, на которых они расположены [1, 2]. К таким предприятиям относится и компания «Норильский никель», в которой, несмотря на модернизацию производства, выбросы загрязняющих веществ в атмосферу все еще существенно превышают предельно допустимые нормы, принятые в России и в сопредельных государствах [3, 4].

Несмотря на имеющиеся публикации, посвященные почвам Среднесибирского плоскогорья [5–10 и др.], почвы плато Путорана в окрестностях оз. Лама совершенно не исследованы. Поэтому **целью** нашей работы являлось выявление специфики экологических факторов почвообразования этого района, изучение морфологии и физико-химических свойств почв, определение степени загрязнения их приоритетными поллютантами НПР – медью, никелем, кобальтом, свинцом и серой.

В данной статье приводятся результаты обследования почв западного макросклона плато Путорана на ключевом участке (к.у.) с условным названием «Лама». Он находится на расстоянии