

15 июня 2023 г.

ВЫПИСКА

из протокола
Ученого совета

№ 03/1.1-03-6

Биологического факультета
Санкт-Петербургского государственного университета

Подлинник протокола находится в делах Ученого совета

Председатель Ученого совета: Декан, академик РАН И.А.Тихонович

Ученый секретарь: доцент А.В.Баскаков

Приняли участие в голосовании 16 (из 20) членов Ученого совета

РАССМАТРИВАЛИ: о выдвижении доктора биологических наук, профессора, заведующего Кафедрой ботаники СПбГУ **ПАУТОВА Анатолия Александровича** на соискание Премии им. В.Л.Комарова РАН - за выдающиеся работы в области ботаники, систематики, анатомии и морфологии растений, ботанической географии и палеоботаники за серию работ по структурно-функциональной организации эпидермы листа цветковых растений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: рекомендовать Ученому совету СПбГУ выдвинуть доктора биологических наук, профессора, заведующего Кафедрой ботаники СПбГУ **ПАУТОВА Анатолия Александровича** на соискание Премии им. В.Л.Комарова РАН - за выдающиеся работы в области ботаники, систематики, анатомии и морфологии растений, ботанической географии и палеоботаники за серию работ по структурно-функциональной организации эпидермы листа цветковых растений.

Результаты голосования:

участвовали в голосовании – 16 чел.

голосовали «за» – 16 чел.

голосовали «против» – нет

воздержались – нет

Ученый секретарь



А.В.Баскаков

УЧЕНЫЙ СОВЕТ
Биологического факультета
Санкт-Петербургского государственного университета

15 июня 2023 г.

протокол № 03/1.1-03-6

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ

доктора биологических наук, профессора, заведующего
кафедрой ботаники СПбГУ ПАУТОВА Анатолия Александровича
на соискание Премии им. В.Л.Комарова РАН - за выдающиеся работы в области
ботаники, систематики, анатомии и морфологии растений, ботанической географии
и палеоботаники за серию работ по структурно-функциональной организации
эпидермы листа цветковых растений

Ученый Совет Биологического факультета СПбГУ ходатайствует о выдвижении доктора биологических наук, профессора, заведующего Кафедрой ботаники СПбГУ **ПАУТОВА Анатолия Александровича** на соискание Премии им. В.Л.Комарова РАН - за выдающиеся работы в области ботаники, систематики, анатомии и морфологии растений, ботанической географии и палеоботаники за серию из более 30 работ по структурно-функциональной организации эпидермы листа цветковых растений.

В этих работах научным коллективом под руководством А.А.Паутова было рассмотрено возникновение в процессе эволюции морфологического разнообразия основных клеток эпидермы, структурно-функциональная организация устьичных комплексов, типология микрорельефа поверхности листьев цветковых растений и его влияние на устьичные движения, положение признаков эпидермы в корреляционной и координационной системах листа.

Использование при изучении эпидермы листьев *Idesia polycarpa* Maxim., (Salicaceae) и представителей сем. Hamamelidaceae многомерного анализа показало, что возникновение в эволюции морфологического разнообразия форм основных клеток эпидермы могло происходить не только в результате адапциогенеза к внешним условиям, но и быть следствием процессов коадаптации. По этой причине интерпретация их прямой адаптивной нагрузки по отношению к факторам внешней среды, например, опушения, вызывает в ряде случаев затруднение. Сделан вывод, что преобразования формы основных клеток эпидермы нередко сами по себе нейтральны или даже не соответствуют общей стратегии адаптации к внешним условиям. В то же время они могут оказаться преадаптивными к тем или иным условиям среды.

Изучены корреляции между признаками эпидермы растущего листа *Populus tremula* L. (Salicaceae). Сопоставление параметров роста клеток эпидермы на разных фазах роста листа показало, что одной из причин гетеростоматности, т. е. наличия на листовой пластинке устьичных комплексов разного типа, может быть изменение в ходе гистогенеза данной ткани согласованности в скорости роста замыкающих и околоустьичных клеток. Согласованность отсутствует на начальных этапах развития листа, возникает и постепенно увеличивается в ходе второй фазы роста. Как результат, устьичные комплексы, развивающиеся на первой, второй и третьей фазах роста листа, существенно отличаются по своему строению.

В процессе изучения эпидермы листьев в роде *Populus* L. рассмотрены структуры, наличие которых способно компенсировать слабое развитие покровов листовых зачатков и предохранить их от обезвоживания. Сделан вывод, что такую функцию может выполнять гиподерма. Предложена концепция, согласно которой гиподерма листьев могла возникнуть в эволюции как ценогенез, т.е. как эмбриональное приспособление.

Характерная черта ее клеток – образование крупных автолитических вакуолей. Остановка процессов деструкции на более поздних этапах формирования листьев и возобновление деления пластид завершается развитием из клеток гиподермы типичной хлоренхимы. В некоторых группах растений имел место пedomорфоз. Его результатом стало сохранение в дефинитивном листе гиподермы, выполняющей водозапасающую и экранирующую функции в аридных условиях.

Вопреки сложившимся представлениям об отсутствии в эпидерме сформированных листьев цветковых растений крупных липидных капель, показано, что такие капли занимают значительный объем в побочных клетках устьичных комплексов части вечнозеленых растений. Они обычны, например, для *Acokanthera oblongifolia* (Hochst.) Codd (Aporocynaceae), *Exbucklandia populnea* (R.Br. ex Griff.) R.W. Brown (Hamamelidaceae), *Trochodendron aralioides* Siebold & Zucc. (Trochodendraceae) и *Viburnum suspensum* Lindl. (Caprifoliaceae). Высказано предположение, что благодаря такому строению побочных клеток снижается вероятность резкого гидропассивного открывания устьиц, повышается стабильность работы устьичных комплексов при дефиците воды.

В ходе изучения дневной динамики ультраструктуры и устьичной проводимости *Fagraea ceilanica* Tunb. (Gentianaceae) было обнаружено ежесуточное образование и разрушение в замыкающих клетках крупных липидных капель. Образование капель коррелировало с открыванием устьиц. Таким образом, впервые получены данные, свидетельствующие о том, что у некоторых видов цветковых растений давление в замыкающих клетках может зависеть от содержания в них липидных капель. Клетки устьичных комплексов *F. ceilanica* имеют ряд структурных особенностей. В частности, в замыкающих клетках отсутствуют типичные хлоропласты, а митохондрии демонстрируют сложную форму. В свою очередь побочные клетки содержат многочисленные хлоропласты с хорошо развитыми гранами. Обнаружена низкая скорость реакции устьиц данного строения при дефиците воды. В качестве компенсаторной реакции листья *F. ceilanica* обладают рядом приспособлений, предохраняющих их от неконтролируемых потерь воды. Главное из них - образование слизи из компонентов, обращенных к подустьичной полости стенок клеток губчатой ткани.

Проведено скрининговое исследование более 950 видов цветковых растений с девятью разными структурными типами устьиц (анизоцитным, аномоцитным, аллелоцитным, геликоцитным, парацитным, тетрацитным, ставроцитным, энциклоцитным, латероцитным). Для 38 видов цветковых растений, относящихся к 20 родам и 17 семействам и представляющих различные группы APG IV (eudicots (Proteales), rosids (Vitales), fabids (Rosales, Malpighiales, Cucurbitales), campanulids (Apiales, Aquifoliales), lamiids (Gentianales)), отобранных на основании этого скрининга, методами сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии описаны детали рельефа поверхности клеток устьичного комплекса, включая структурное разнообразие устьичных и перистоматических колец. На основе серий полутонких срезов устьичных комплексов была осуществлена трехмерная реконструкция устьиц и осуществлено моделирование устьичных движений методом конечных элементов в программном комплексе ANSYS. Показано, что как крупные наружные устьичные выступы, так и краевые устьичные кольца влияют на деформацию замыкающих клеток при увеличении в них тургорного давления, величину открытой устьичной щели и ее положение относительно поверхности листа. Сочетание огромной выборки растений, различающихся по систематическому положению и экологической приуроченности с методами световой, трансмиссионной и сканирующей электронной микроскопии, а также математическим моделированием, позволило убедительно показать, что не только перистоматические, но и устьичные кольца возникали в эволюции цветковых растений неоднократно. В свою очередь, наличие возле устьиц латерально отходящих от них складок, может, согласно результатам моделирования, снижать вероятность гидропассивных устьичных движений, обусловленных изменением оводненности околоустьичных клеток.

Изучение координаций признаков строения листа в роде *Populus* показало, что высокий уровень интеграции свойствен признаком эпидермы: величине ее клеток и числу их генераций, устьичному индексу и коэффициенту гипостоматности. Таким образом, эволюционные перестройки тканей листа тополей сопровождались регулярными и значительными изменениями его эпидермы. Отмечены стандартные для цветковых растений координации, в частности, распределение устьиц между верхней и нижней эпидермой листовой пластинки скоординировано со строением мезофилла, плотность размещения устьиц в эпидерме – с величиной ее основных клеток и устьичным индексом. Рассмотрение эпидермы представителей рода *Gnetum* L. (Gnetaceae) обнаружило, что в эволюции семенных растений возник еще один вариант регуляции числа устьиц в эпидерме. Судя по полученным данным, в ходе гистогенеза данной ткани у видов *Gnetum* закладывается большое число устьиц, но возможность их окончательной дифференциации скоррелирована с развитием других тканей листа, в частности, водопроводящей. Часть устьиц остаются абортированными. На примере *Acacia melanoxylon* R. Br. (Fabaceae) установлено, что при метаморфозе листьев в филлодии происходит не только изменение строения этого органа, но и корреляций между его тканями и их структурными элементами, а также уровня их интегрированности. В значительной степени это касается признаков эпидермы.

Исследованиями были охвачены виды, занимающие разное положение в системе APG IV, относящиеся к разным жизненным формам и произрастающие в различных биомах. Серия данных работ имеет большое фундаментальное значение для понимания механики устьичных движений, согласованности и разнообразия структурно-функциональных преобразований происходивших в эволюции растений и позволяет оценить спектр структурных адаптаций растений к разным условиям обитания. Результаты этих исследований были представлены на 25 всероссийских и международных конференциях по структурной ботанике и биомеханике. Исследования Анатолия Александровича Паутова вызывают большой интерес в научном сообществе, о чем можно судить по их высокой цитируемости (более 300 цитирований по e-library), поддержке его исследований грантами РФФИ (04-04-48999; 17-04-01213) и РНФ (22-24-00572).

Монография

Паутов А.А. 2002. Структура листа в эволюции тополей. Труды Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей. Сер. 3, Т. 78. СПб, СПбГУ. 164 с. ISBN 5-288-02415-4

Статьи

1. **Паутов А.А.,** Крылова Е.Г., Сапач Ю.О., Яковлева О.В., Ахметгалеева К.А. Паутова И.А. **2023.** О возможности влияния рельефа поверхности клеток на устьичные движения // Ботанический журнал, — Т. 108, — № 3, — С. 248–256
2. **Паутов А.А.,** Сапач Ю.О., Трухманова Г.Р., Яковлева О. В., Крылова Е.Г., Паутова И.А. **2022.** Структурное разнообразие устьичных и перистоматических колец // Ботанический журнал. — Т.: 107, — №: 9, — С. 869-884.
3. **Pautov A.,** Koteyeva N., Yakovleva O., Ivanova A., Krylova E., Tarasova M., Trukhmanova G., Pautova I., **2022.** Large lipid droplets of the guard cells are dynamic organelles of the functioning stomata of *Fagraea ceilanica* // Flora, — Vol. 297, — 152182.
4. **Pautov A.,** Bauer S., Ivanova O., Krylova E., Yakovleva O., Sapach Yu., Pautova I. **2021.** Stomatal rings: structure, functions and origin. // Botanical Journal of the Linnean Society, — vol. 195, — P. 357–379.
5. **Паутов А.А.,** Яковлева О.В., Крылова Е.Г., Трухманова Г.Р., Паутова И.А. **2019.** Симпластические связи клеток эпидермы листа *Trochodendron aralioides* (Trochodendraceae) // Ботанический журнал. — Т. 104. — №4. — С. 617–625.

6. **Pautov A.**, Bauer S., Ivanova O., Krylova E., Yakovleva O., Sapach Yu., Pautova I. **2019**. Influence of stomatal rings on movements of guard cells // *Trees*. — V. 33. — №5. — P. 1459-1474.
7. **Anatoly Pautov**, Olga Yakovleva, Elena Krylova, Irina Pautova, Galina Gussarova. **2018**. Structural changes of large lipid droplets in stomatal complex of *Trochodendron aralioides* and their possible functional significance // *Flora*, — Vol. 242, — P. 146-154.
8. **A.A. Pautov**, S.M. Bauer, O.V. Ivanova, Y.O. Sapach, E.G. Krylova. **2018**. Stomatal movements in laurophyllous plants // *AIP Conference Proceedings*, — Vol. 1958, — № 1. P. 090007.
9. **Anatoly Pautov**, Svetlana Bauer, Olga Ivanova, Elena Krylova, Yulia Sapach, Galina Gussarova. **2017**. Role of the outer stomatal ledges in the mechanics of guard cell movements // *Trees - Structure and Function*. — Vol. 31, — № 1. — P. 125–135.
10. **А.А. Паутов**, Г.Р. Трухманова, О.В. Яковлева, Е.Г. Крылова. **2017**. Крупные липидные капли и белковые включения в клетках устьичных комплексов *Raphiolepis* Lindl. (Rosaceae) // *Ботанический журнал*. — Vol. 102, — № 11. — P. 1519-1526.
11. **Pautov A.**, O. Yakovleva, Elena Krylova, G. Gussarova. **2016**. Large lipid droplets in leaf epidermis of angiosperms // *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*. — T. 219. — С. 62-67.
12. **Паутов А.А.**, Васильева В.А., Крылова Е.Г. **2015**. Полиморфизм устьиц в эпидерме листа *Exbucklandia populnea* (Hamamelidaceae) и его возможное значение// *Ботанический журнал*. — Т. 100. — № 5. — С. 540–549.
13. **Паутов А.А.**, Пагода Я.О. **2015**. Структурное разнообразие эпидермы листьев в роде *Gnetum* (Gnetaceae) // *Ботанический журнал*. — Т. 100. — № 2. — С. 171–177.
14. **Паутов А.А.**, Сапач Ю.О., Иванова О.В., Крылова Е.Г. **2014**. Микрорельеф поверхности листьев цветковых растений: устьичные кольца и выступы // *Ботанический журнал*, — Т. 99, — № 6. — С. 625-640.
15. **Паутов А.А.**, Пагода Я.О. **2013**. Распределение абортированных устьиц в эпидерме листа *Gnetum gnemon* (Gnetaceae) // *Вестник С.-Петербургского ун-та. Серия 3: Биология*, — № 4. — С. 26-33.
16. **Паутов А.А.**, Пагода Я.О., Крылова Е.Г. **2012**. Строение листа *Gnetum gnemon* (Gnetaceae) // *Ботанический журнал*, — Vol. 97, — № 12. — P. 1497-1505.
17. Бауэр С.М., Иванова О.В., Крылова Е.Г., **Паутов А.А.**, Сапач Ю.О. **2011**. Роль перистоматических колец в работе устьичного аппарата // *Российский журнал биомеханики*, — Т. 15, — № 4. — С. 94-101.
18. **Паутов А.А.** **2011**. Расположение складок микрорельефа на побочных клетках устьиц *Hydrangea macrophylla* (Thunb.) Ser. (*Hydrangeaceae*) // *Вестник СПб. Серия 3. Биология*. — В. 2. — С. 39-45.
19. **Паутов А.А.**, Васильева В.А. **2010**. Роль формы основных клеток эпидермы в морфогенезе листа представителей *Hamamelidaceae* // *Бот. Журн.* — Т. 95. — № 3. — С. 338–345.
20. **Паутов А.А.**, Мельникова А.Н., Яковлева О.В. **2010**. Два направления эволюции листа акаций в аридных условиях // *Вестн. СПбГУ*. — Сер. 3. — Вып. 2. — С. 92 – 99.
21. **Паутов А.А.** **2009**. Роль морфогенетических корреляций в возникновении гетеростоматности // *Бот. журн.* — Т. 94. — №6. — С. 785-792.
22. **Паутов А.А.**, Сапач Ю.О. **2007**. Строение листьев цветковых растений, имеющих перистоматические кольца // *Вестн. СПбГУ. Сер. 3. — Вып. 2. — С. 34-41*
23. **Паутов А.А.**, Сапач Ю.О., Паутова З.А. **2006**. Строение эпидермы с перистоматическими кольцами у листьев цветковых растений // *Вестн. СПбГУ. Сер. биол.* — Вып. 2. — С. 3-9

24. **Pautov A.A.,** Laberche J.-C., Jakovleva O.V., Pautova Z.A., Sapach Yu.O. **2006.** Lower epidermis structure in leaves of *Trochodendron aralioides* Siebold et Zucc. // *Revue de Cytologie et Biologie vegetales – Le Botaniste.* — Т. 29, — F. 1/2. — P. 23-29.
25. **Паутов А.А.,** Скоринова Ю.В. Роль папиллообразования в морфогенезе листа *Idesia polycarpa* (Flacourtiaceae) // *Ботан. журнал,* 2006. — Т. 91. — № 2. — С. 193-200
26. **Паутов А.А.,** Крылова Е.Г., Васильева В.А., Паутова З.А. **2005.** Этапы формирования складчатого микрорельефа поверхности листа *Populus tremula* L. (*Salicaceae* Mirb.) // *Вестн. СПбГУ. Сер. 3, — Вып. 4.* — С. 3-8.
27. **Паутов А.А.,** Мельникова А.Н., Крылова Е.Г. **2004.** Строение листа и филлодия у *Acacia melanoxylon* (Fabaceae) // *Ботан. журн.* — Т. 89. — № 8. — С. 1294-1301.
28. **Паутов А.А.,** Яковлева О.В., Гордиенко Ю.В. **2003.** О сходстве строения эпидермы листа представителей семейств *Flacourtiaceae* и *Salicaceae* // *Ботан. журн.,* — Т. 88. — № 2. — С. 84-88.
29. **Pautov A.A.,** Laberche J.C., Kolodjzhnii S.F., Sapach Yu.O. **2002.** Microrelief of the flowering plants leaf surface and stomatal interactions // *Revue de Cytologie et Biologie vegetales – Le Botaniste.* — Т. 25, — F. 1/2. — P. 17-20.
30. **Паутов А.А. 2002.** О многослойной эпидерме листьев у тополей // *Вестн. СПбГУ. Сер. биол. Вып. 1. — № 3.* — С. 54-60.
31. **Паутов А.А.** Яковлева О.В., Колодяжный С.Ф. **2002.** Микрорельеф поверхности листьев у *Populus* (*Salicaceae*) // *Ботан. журн.,* — Т. 87. — № 1. — С. 63-70.
32. **Pautov A.A.,** Yakovleva O.V., Laberche J.-C. **2000.** Cell wall structure of the leaf upper epidermis of *Populus talassica* Kom. (*Salicaceae*) // *Revue de Cytologie et Biologie vegetales – Le Botaniste.* — Т. 23, — F. 1/2. — P. 35-39.

Считаем, что фундаментальная значимость результатов данной серии работ Анатолия Александровича Паутова полностью удовлетворяет требованиям к кандидатам, выдвигаемым на Премию им. В.Л.Комарова РАН.

Ученый Совет Биологического факультета Санкт-Петербургского государственного университета рекомендует доктора биологических наук, профессора, заведующего Кафедрой ботаники СПбГУ **ПАУТОВА Анатолия Александровича** на соискание Премии им. В.Л.Комарова РАН - за выдающиеся работы в области ботаники, систематики, анатомии и морфологии растений, ботанической географии и палеоботаники за серию из более 30 работ по структурно-функциональной организации эпидермы листа цветковых растений, на основании чего выступает с настоящим Представлением в Ученый совет Санкт-Петербургского государственного университета.

Председатель Ученого совета
Биологического факультета
СПбГУ



И.А.Тихонович