

КУТИКУЛЯРНАЯ СТРУКТУРА ЭПИДЕРМИСА НЕКОТОРЫХ ВИДОВ СЕМЕЙСТВА FABACEAE

Научная статья

Бембеева О.Г.^{1,*}, Джапова Р.Р.², Аюшева Е.Ч.³, Джапова В.В.⁴, Бурдаева Б.М.⁵, Мередов Х.⁶¹ORCID : 0000-0003-0715-8794;²ORCID : 0000-0002-2197-5451;¹Институт комплексных исследований аридных территорий, Элиста, Российская Федерация^{2, 3, 4, 5, 6}Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова, Элиста, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (bembeeve_og[at]mail.ru)

Аннотация

Кутикула растений – это защитный слой на поверхности растений, лежащий поверх слоя эпидермальных клеток. Состоит из мембраны, покрытой и пропитанной растворимыми восками, один из которых – полиэстерный полимер кутин. Кутикула выполняет функцию водонепроницаемого барьера, препятствующего испарению воды с поверхности эпидермиса, а также проникновению вирусных частиц, бактериальных клеток, спор и гифов грибов. Особенностью внутренней поверхности кутикулы является то, что на ней отпечатывается орнамент поверхности эпидермальных клеток, который видоспецифичен и не изменяется даже под воздействием пищеварительных энзимов в желудочно-кишечном тракте животных.

В данной статье представлены анатомические особенности кутикулярной структуры эпидермиса, а также эксклюзивные эталонные микрофотографии рисунка кутикулы 8 видов растений из семейства Бобовые (Fabaceae), широко распространенные на территории Республики Калмыкия.

Ключевые слова: кутикулярная структура, эпидермальные клетки, микрогистологический кутикулярный копрологический анализ.

CUTANEOUS STRUCTURE OF EPIDERMIS OF SOME SPECIES OF THE FAMILY FABACEAE

Research article

Bembeeve O.G.^{1,*}, Dzhapova R.R.², Ayusheva Y.C.³, Dzhapova V.V.⁴, Burdaeva B.M.⁵, Meredov K.⁶¹ORCID : 0000-0003-0715-8794;²ORCID : 0000-0002-2197-5451;¹The Institute of Complex Research of Arid Areas, Elista, Russian Federation^{2, 3, 4, 5, 6}Kalmyk State University named after B.B.Gorodovikov, Elista, Russian Federation

* Corresponding author (bembeeve_og[at]mail.ru)

Abstract

The plant cuticle is a protective layer on the plant surface, lying on top of the epidermal cell layer. It consists of a membrane coated and impregnated with soluble waxes, one of which is the polyester polymer cutin. The cuticle acts as a water permeable barrier, preventing the evaporation of water from the epidermal surface and the penetration of viral particles, bacterial cells, spores and fungal hyphae. The feature of the inner surface of the cuticle is that it is imprinted with the epidermal cell surface pattern, which is species-specific and does not change even under the influence of digestive enzymes in the gastrointestinal tract of animals.

This article presents the anatomical specific features of the cutaneous structure of the epidermis, as well as exclusive sample microphotographs of the cutaneous pattern of 8 plant species of the legume family (Fabaceae), widely spread in the territory of the Republic of Kalmykia.

Keywords: cutaneous structure, epidermal cells, microhistological cutaneous coprological analysis.

Введение

Исследования по кутикулярной структуре эпидермиса растений проводятся на базе кафедры ботаники, зоологии и экологии Калмыцкого государственного университета с 2017 года. Создана и дополняется по настоящее время база данных эталонных препаратов рисунка кутикулы, насчитывающая более 100 видов высших растений [1]. Фотографии, представленные в базе данных, можно использовать для изучения рационов растительноядных животных методом микрогистологического кутикулярного копрологического анализа [2], [3], [4]. Этот метод позволяет определить качественный и количественный состав кормов растительноядных животных по фрагментам растений. Такое исследование позволяет понять причины сокращения численности одних видов на фоне активного возрастания численности других, выявить причины деградации кормовых местообитаний и трансформации растительных сообществ [5]. Метод микрогистологического кутикулярного копрологического анализа признан наиболее оптимальным для оценки рациона растительноядных животных [6], [7], [8], [9].

Методы и принципы исследования

Для приготовления эталонных образцов кутикулу отслаивали из частей растения способом мацерации [1]. Фрагменты растений размером 5-10 мм помещали в фарфоровый тигль с 3-4 каплями концентрированной азотной кислоты и нагревали в течение 2-3 минут на спиртовке под вытяжкой до тех пор, пока их зеленый цвет не становился оранжевым. Содержимое тигля переносили в емкость с водой. Затем фрагменты кутикулы помещали на предметное стекло и рассматривали под световым микроскопом Микромед С-1 (LED). Фрагменты, состоящие из нескольких рядов клеток, фотографировали, используя микроскоп Nikon Eclipse E 200 с 500-кратным увеличением. Для дальнейшей

обработки фотографий использовали программы Microsoft Office Picture Manager 2010 и Power Point 2010. Латинские названия видов растений приведены по С.К. Черепанову [10].

Основные результаты

В статье приведен анализ структуры кутикулы 8 видов семейства Бобовые: астрагал длиннолистный (*Astragalus dolichophyllus* Pall.), верблюжья колючка обыкновенная (*Alhagi pseudalhagi* (Bieb.) Fisch.), горошек мышиный (*Vicia cracca* L.), клевер пашенный (*Trifolium arvense* L.), люцерна румынская (*Medicago romanica* Prodan), л. серповидная (*M. falcata* L.), пажитник пряморогий (*Trigonella orthoceras* Kar. & Kir.), чина луговая (*Lathyrus pratensis* (L.) Doll).

Обсуждение

При идентификации фрагментов кутикулы имеют значение типы основоположных клеток, форма устьиц, размеры и форма трихом.

Основоположные клетки по характеру пограничных стенок делятся на два клана: прямолинейный и криволинейный [11]. Для описываемых видов характерны основоположные клетки обоих кланов.

К прямолинейному клану относятся клетки эпидермы, которые имеют более или менее прямолинейные оболочки. Прямолинейный клан подразделяется на типы – прямолинейный и гнутостеночный. Форма клеток в каждом типе является специфичной с минимальными отклонениями.

Эпидерма пяти исследованных видов – верблюжьей колючки обыкновенной, астрагала длиннолистного, клевера пашенного, люцерны румынской и л. серповидной относится к прямолинейному клану, но разным типам. Верблюжья колючка обыкновенная относится к прямолинейному типу (название типа одноименное с названием клана), стенки паренхимных клеток этого вида преимущественно строго прямолинейные (рис.1). Форма многоугольная, межклетники отсутствуют.

Рисунок 1 - Кутикулярная структура эпидермиса листа эталонного препарата верблюжьей колючки обыкновенной (*Alhagi pseudalhagi* (Bieb.) Fisch.)

К гнутостеночному типу относятся клетки эпидермы астрагала длиннолистного, клевера пашенного, люцерны румынской и л. серповидной (рис. 2-5). Стенки их паренхимных клеток более или менее изогнутые. Форма многоугольная, межклетников нет.

Рисунок 2 - Кутикулярная структура эпидермиса листа эталонного препарата астрагала длиннолистного (*Astragalus dolichophyllus* Pall.)

Рисунок 3 - Кутикулярная структура эпидермиса листа эталонного препарата клевера пашенного (*Trifolium arvense* L.)

Рисунок 4 - Кутикулярная структура эпидермиса стебля эталонного препарата люцерны румынской (*Medicago romanica* Prodan)

Рисунок 5 - Кутикулярная структура эпидермиса стебля эталонного препарата люцерны серповидной (*Medicago falcata* L.)

Криволинейный клан объединяет эпидермы, имеющие оболочку клеток различной степени извилистости. Форма клеток также специфична с минимальными отклонениями. Клан делится на две группы: нестрочную и строчную. В строчной группе клетки располагаются рядами, а в нестрочной ряды не прослеживаются. Каждая из групп подразделяется на типы. Типы различаются количеством вершин и формой клеток.

Эпидерма горошка мышиного, пажитника пряморогого и чины луговой относится к криволинейному клану (оболочка клеток имеет извилистость), нестрочной группе (ряды клеток не прослеживаются). Эпидерма горошка мышиного относится к кривостеночному типу – стенки паренхимных клеток кривые, их углы острые (рис. 6).

Рисунок 6 - Кутикулярная структура эпидермиса листа эталонного препарата горошка мышиного (*Vicia cracca* L.)

Пажитник пряморогий и чина луговая имеют эпидермальные клетки кривостеночного типа 1-го порядка – пограничные клетки паренхимных клеток преимущественно извилистые с одной вершиной (рис. 7-8).

Рисунок 7 - Кутикулярная структура эпидермиса листа эталонного препарата пажитника пряморогого (*Trigonella orthoceras* Kar. & Kir.)

Рисунок 8 - Кутикулярная структура эпидермиса листа эталонного препарата чины луговой (*Lathyrus pratensis* (L.) Doll)

Устьичные клетки имеют специфичные для каждого вида растений неравномерные утолщения оболочек, что обеспечивает открытие устьичной щели при повышении давления внутри клетки и закрытие щели – при понижении. Устьица характеризуются своеобразными формами и строением. У изученных видов семейства Бобовые тип устьиц одинаков – чечевицевидные равноутолщенные: две одинаковые полулуночной формы клетки расположены симметрично, щель веретеновидная. Такой тип устьиц характерен для большинства двудольных растений.

Специфическим признаком для определения семейств, родов и даже видов растений являются трихомы – производные эпидермальных клеток в виде выростов, отличающихся по форме и строению. Трихомы исследованных видов растений одноклеточные и относятся к группе одноклеточно-прямых трихом. Эта группа входит в нитчатовидный клан, объединяющий одноклеточные и многоклеточные длинные, прямые или извилистые волоски. Трихомы верблюжьей колючки обыкновенной отличаются более короткими трихомами с узким основанием, верхняя часть трихомы чаще притуплена, но иногда имеет острую верхушку.

Заключение

Выявленные особенности кутикулярной структуры эпидермиса некоторых видов семейства Бобовые позволяют идентифицировать эти виды при использовании метода микрогистологического кутикулярного копрологического анализа для оценки рациона растительноядных животных. Основоположные клетки исследованных видов семейства Бобовые как прямолинейного, так и криволинейного очертания. К прямолинейному клану прямолинейного типа относятся основоположные клетки *Alhagi pseudalhagi*; к гнутостеночному типу *Astragalus dolichophyllus*, *Trifolium arvense*, *Medicago falcata*, *M. romanica*. Основоположные клетки трех исследованных видов относятся к криволинейному клану, нестрочной группе. У *Vicia cracca* кривостеночный тип паренхимных клеток, у *Trigonella orthoceras* и *Lathyrus pratensis* – кривостеночный тип 1-го порядка.

Устьичные клетки всех видов семейства одинаковы – чечевицевидные равноутолщенные.

Трихомы исследованных видов растений относятся к нитчатовидному клану.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Рецензия

Ефременко Е.С., Омский государственный медицинский университет, кафедра биохимии, заведующий кафедрой, Омск, Российская Федерация

Review

Efremenko E.S., Omsk State Medical University, Omsk, Russian Federation

Список литературы / References

1. Джапова Р.Р. Атлас эталонных образцов кутикулярной структуры эпидермиса различных видов растений степной и пустынной зон / Р.Р. Джапова, Е.Ч. Аюшева, О.Г. Бембеева и др. – Элиста : Изд-во Калм. ун-та, 2019. – 94с.
2. Абатуров Б.Д. Сравнительная оценка рациона свободнопасающегося сайгака (*Saigatatarica*) микроскопическим анализом растительных остатков в фекалиях и визуальным подсчетом поедаемых растений / Б.Д. Абатуров, Б.И. Петрищев // Зоологический журнал. – 1998. – Т. 77. – № 8. – С. 964-970.
3. Джапова Р.Р. Оценка рациона растительноядных животных методом микрогистологического кутикулярного копрологического анализа / Р.Р. Джапова, О.Г. Бембеева, Е.Ч. Аюшева и др. – Элиста : Изд-во Калм. ун-та, 2020. – 82 с.
4. Скопин А.Е. Кормовая избирательность общественной полевки *Microtus socialis* (Pallas, 1773) на северо-западе Прикаспийской низменности / А.Е. Скопин, В.В. Джапова, О.Г. Бембеева и др. // Russian journal of theriology. – 2020. – Vol. 19. – № 2. – P. 136-148.
5. Mattocks J.G. Goose feeding and cellulose digestion / J.G. Mattocks // J. Wildl. – 1971. – Vol. 22. – P. 107-113.
6. Mohammad A.G. Comparison of fecal analysis and rumen evacuation techniques for sampling diet botanical composition of grazing cattle / A.G. Mohammad, R.D. Pieper, J.D. Wallace et al. // J. Range Manage. – 1995. – № 48. – P. 202-205.
7. Ларионов К.О. Питание сайгаков (*Saigatatarica*) на пастбищах Черных земель Калмыкии в условиях восстановительной смены растительности и остепнения / К.О. Ларионов, Р.Р. Джапова, С.Б. Розенфельд и др. // Зоологический журнал. – 2008. – С. 1155-1280.
8. Розенфельд С.Б. Атлас микрофотографий кутикулярной структуры эпидермиса кормовых растений позвоночных фитофагов тундровой и степной зон Евразии / С.Б. Розенфельд. – М. : КМК, 2011.
9. Dzhapova V.V. Forage Selectivity of Semi-Free-Roaming Bison (*Bison bison*) in Sod-Forming Cereal Steppes in the Western Manych River Valley (Web of Science и SCOPUS) / V.V. Dzhapova, O.G. Bembeeva, E.Ch. Ayusheva et al. // Arid Ecosystems. – 2020. – Vol. 10. – № 4. – P. 305–311.

10. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С.К. Черепанов. – Л. : Наука, 1995. – 990 с.

11. Анели Н.А. Атлас эпидермы листа / Н.А. Анели. – Тбилиси : Мецниереба, 1975. – 109 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Dzhapova R.R. Atlas jetalonnih obrazcov kutikuljarnoj struktury jepidermisa razlichnyh vidov rastenij stepnoj i pustynnoj zon [Atlas of reference samples of cuticular structure of epidermis of different plant species of steppe and desert zones] / R.R. Dzhapova, E.Ch. Ajusheva, O.G. Bembeeva et al. – Elista : Kalmyk University Publishing house, 2019. – 94 p. [in Russian]

2. Abaturov B.D. Sravnitel'naja ocenka racionalnogo svobodnopol'noj saigaka (Saigatatarica) mikroskopicheskim analizom rastitel'nyh ostatkov v fekalijah i vizual'nym podschetom poedaemyh rastenij [Comparative assessment of the diet of free-ranging saiga antelope (Saigatatarica) by microscopic analysis of plant residues in feces and visual counts of plants eaten] / B.D. Abaturov, B.I. Petrishhev // Zoologicheskij zhurnal [Zoological Journal]. – 1998. – Vol. 77. – № 8. – P. 964-970. [in Russian]

3. Dzhapova R.R. Ocenka racionalnogo rastitel'nojadnyh zhivotnyh metodom mikrogistologicheskogokutikuljarnogo koprologicheskogo analiza [Assessment of herbivore diets by microhistological cuticular coprological analysis] / R.R. Dzhapova, O.G. Bembeeva, E.Ch. Ajusheva et al. – Elista : Kalmyk University Publishing house, 2020. – 82 p. [in Russian]

4. Skopin A.E. Kormovaja izbiratel'nost' obshhestvennoj polevki *Microtus socialis* (Pallas, 1773) na severo-zapade Prikaspijskoj nizmennosti [Feeding selectivity of the social vole *Microtus socialis* (Pallas, 1773) in the northwestern Caspian lowland] / A.E. Skopin, V.V. Dzhapova, O.G. Bembeeva et al. // Russian journal of theriology. – 2020. – Vol. 19. – № 2. – P. 136-148. [in Russian]

5. Mattocks J.G. Goose feeding and cellulose digestion / J.G. Mattocks // J. Wildl. – 1971. – Vol. 22. – P. 107-113.

6. Mohammad A.G. Comparison of fecal analysis and rumen evacuation techniques for sampling diet botanical composition of grazing cattle / A.G. Mohammad, R.D. Pieper, J.D. Wallace et al. // J. Range Manage. – 1995. – № 48. – P. 202-205.

7. Larionov K.O. Pitaniye saigakov (Saigatatarica) na pastbishhah Chernyh zemel' Kalmykii v usloviyah vosstanovitel'noj smeny rastitel'nosti i ostepneniya [Nutrition of saigas (Saigatatarica) in Kalmykia's Black Earth pastures under conditions of vegetation regeneration and steppification] / K.O. Larionov, R.R. Dzhapova, S.B. Rozenfel'd et al. // Zoologicheskij zhurnal [Zoological Journal]. – 2008. – P. 1155-1280. [in Russian]

8. Rozenfel'd S.B. Atlas mikrofotohrafij kutikuljarnoj struktury jepidermisa kormovyh rastenij pozvonochnyh fitofagov tundrovoj i stepnoj zon Evrazii [Atlas of microphotographs of the cuticular structure of epidermis of forage plants of vertebrate phytophages of the tundra and steppe zones of Eurasia] / S.B. Rosenfield. – M. : KMK, 2011. [in Russian]

9. Dzhapova V.V. Forage Selectivity of Semi-Free-Roaming Bison (*Bison bison*) in Sod-Forming Cereal Steppes in the Western Manych River Valley (Web of Science и SCOPUS) / V.V. Dzhapova, O.G. Bembeeva, E.Ch. Ayusheva et al. // Arid Ecosystems. – 2020. – Vol. 10. – № 4. – P. 305–311.

10. Cherepanov S.K. Sosudistye rastenija Rossii i sopredel'nyh gosudarstv (v predelah byvshego SSSR) [Vascular plants of Russia and neighboring states (within the former USSR)] / S.K. Cherepanov. – L. : Nauka, 1995. – 990 p. [in Russian]

11. Aneli N.A. Atlas jepidermy lista [Atlas of leaf epidermis] / N.A. Aneli. – Tbilisi : Mecniereba, 1975. – 109 p. [in Russian]