

фитоперифитона, что говорит об нарастающих процессах эвтрофикации от верховья реки к низовью.

**Заключение.** Весенне-летнюю альгофлору на «экспериментальных» искусственных субстратах реки Свислочь можно охарактеризовать как диатомово-зеленый комплекс с заметным участием синезеленых (*Bacillariophyta* составляли ядро альгофлоры в оба периода наблюдения). Наиболее богатый по таксономическому составу фитоперифитон развивается на поликарбонате – более 50% видов, что может быть связано это с рыхлой и ячеистой структурой тест-образца. В меньшей степени таксономический состав фитоперифитона представлен на стекле – около 10% видов. Предварительно экологическое состояние водоема определено, как  $\beta$ -мезасапробный водоём – умеренно загрязненные воды

Однако, объективные выводы, об особенностях формирования и развития видового разнообразия альгофлоры перифитона на искусственных субстратах, делать рано. Необходимо наблюдение и изучение полного цикла вегетационного периода.

#### Библиографические ссылки

1. Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды / Тель-Авив: Piles Studio, 2006.
2. Водоросли: справочник / С.П. Вассер [и др.]. Киев: Навукова думка, 1989.
3. Голлербах М.М., Полянский В.И. Пресноводные водоросли и их изучение. Вып. 1. М.: Сов. наука, 1951.
4. Михеева Т. М. Альгофлора Беларуси. Таксономический каталог. Мн.: БГУ, 1999.
5. Голлербах М.М., Коссинская Е.К., Полянский В.И. Определитель пресноводных водорослей СССР. Выпуск 2. Синезеленые водоросли. М.: Советская наука, 1953.
6. Определитель пресноводных водорослей СССР. Выпуск 4. Диатомовые водоросли / М.М. Забелина [и др.]. М.: Наука, 1951.
7. Дедусенко-Щеголева Н.Т., Матвиенко А.М., Шкорбатов Л.А. Определитель пресноводных водорослей СССР. Выпуск 8: Зеленые водоросли. Класс вольвоксовые М.: Изд. Академии наук СССР, 1959.
8. Мошкова Н.А., Голлербах М. М. Определитель пресноводных водорослей СССР. Выпуск 10(1): Зеленые водоросли. Класс улотриксковые. М.: Изд. Наука, 1986.
9. Паламарь-Мордвинцева Г.М. Определитель пресноводных водорослей СССР. Выпуск 11(2): Зеленые водоросли. Класс конъюгаты. М: Наука, 1982.

## **СЛИЗИ, ФЛАВОНОИДЫ, ТАННИДЫ В ЛИСТЬЯХ СУККУЛЕНТОВ: СОДЕРЖАНИЕ И ЛОКАЛИЗАЦИЯ**

В.В. Карпук, В.Д. Поликсенова, О.А. Шевелева, М.И. Асинова,  
А.В. Иванова

Белорусский государственный университет,  
г. Минск, Республика Беларусь. VKarpuK@tut.by

Исследованы морфолого-анатомические особенности листьев культивируемых и естественно произрастающих в Беларуси видов растений-суккулентов – алоэ

древовидного, каланхоэ дегремона, родиолы розовой, очитка едкого и о. шестирядного, а также содержание биологически активных веществ [БАВ] – слизи, флавоноидов и таннидов (дубильных веществ) и распределение их по тканям и клеткам листа. Анатомическая структура листьев изученных суккулентных растений, несмотря на различия систематического положения и произрастания, оказалась в определенной мере аналогична: под эпидермой находятся плотно уложенные клетки паренхимы, тогда как в центре – более крупные рыхлосвязанные клетки. Как правило, слизи выявлялись в субэпидермальных и крупных слизевых клетках паренхимы, флавоноиды – в эпидермальных и прилегающих паренхимных клетках, танниды – в клетках паренхимы, особенно вблизи сосудистого пучка. Содержание биологически активных веществ (в % на единицу массы сухого сырья) было в листьях: очитков (*S. acre* / *S. sexangulare*) – слизь 5,4 / 3,4, флавоноиды 1,2 / 2,0, дубильные вещества 36,4 / 24,7; *A. arborescens* – слизь 15,7, флавоноиды 6,7, дубильные вещества 18,8; *K. daigremontiana* – слизь 5,8, флавоноиды 6,2, дубильные вещества 6,7; *R. rosea* – слизь 11,1, флавоноиды 3,4, дубильные вещества 11,2.

**Ключевые слова:** растения-суккуленты; биологически активные вещества; слизи; флавоноиды; танниды; содержание; локализация

## MUCUS, FLAVONOIDS, TANNIDS IN THE LEAVES OF SUCCULENTS: CONTENT AND LOCALIZATION

V. V. Karpuk, V. D. Poliksenova, O. A. Sheveleva, M. I. Asinova, A. V. Ivanova

Belarusian State University,  
Minsk, Republic of Belarus; e-mail VKarpuk@tut.by

The content of mucus (slime), flavonoids and tannids (tannins), as well as their distribution in tissues and cells in the leaves of succulents growing in Belarus and cultivated plants of family *Crassulaceae* – *Sedum acre* L. and *S. sexangulare* L., *Aloe arborescens* Mill., *Kalanchoe daigremontiana* Raym.-Hamet a. H.Perrier, *Rhodiola rosea* L. The anatomical structure of the leaves of these plants despite the differences in the systematic position and places of growth, turned out to be largely similar: under the epidermis are densely packed parenchyma cells, while in the center – larger loosely located cells. Mucus found in subepidermal and large parenchymal cells, flavonoids – in epidermal and adjacent parenchymal cells, tannids – in parenchymal cells, especially near the vascular bundle. The content of biologically active substances (in % per unit mass of dry raw materials) was in the leaves: of stonecrops (*S. acre* / *S. sexangulare*) – mucus 5,4 / 3,4, flavonoids 1,2 / 2,0, tannids 36,4 / 24,7; *A. arborescens* – slime 15,7, flavonoids 6,7, tannids 18,8; *K. daigremontiana* – mucus 5,8, flavonoids 6,2, tannids 6,7; *R. rosea* – mucus 11,1, flavonoids 3,4, tannids 11,2.

**Keywords:** succulent plants; biologically active substances; mucus; flavonoids; tannids; content; localization

Объектами исследования являлись естественно произрастающие в Беларуси и культивируемые растения суккулентного морфотипа, характеризующегося наличием водозапасающих тканей в листьях: очитка едкого и о. шестирядного (*Sedum acre* L. и *S. sexangulare* L.), алоэ древовидного (*Aloe arborescens* Mill.), каланхоэ дегремона (*Kalanchoe daigremontiana* Raym.-Hamet a. H.Perrier), родиолы розовой (*Rhodiola rosea*

L.). Эти растения относятся к сем. Толстянковые (*Crassulaceae*) и характеризуются наличием САМ-фотосинтеза (от англ. *Crassulaceae Acid Metabolism*), который позволяет экономить воду. Он оправдан при стрессоустойчивой жизненной стратегии. Эти растения образуют и содержат в соке клеток большое количество витаминов, аминокислот, слизей, флавоноидов, фенольных веществ и иных биологически активных веществ (БАВ), которые могут найти применение в медицине, ликероводочной, пищевой, косметической и иных отраслях промышленности. Однако терапевтическое применение в настоящее время имеют только листья алоэ древовидного и каланхоэ перистого, а также корневища родиолы розовой [1]. Другие части этих растений и близкородственных к ним видов (такие как листья р. розовой, к. дегремона) исследованы недостаточно, сведений об их химическом составе и возможности использования немного. В связи с этим, представлялось интересным и важным получить данные о местах преимущественной аккумуляции слизей, флавоноидов и таннидов в листьях очитков, алоэ, к. дегремона и р. розовой и содержании в них БАВ. Для достижения этой цели требовалось решить задачи:

- исследовать морфолого-анатомические особенности листьев этих растений, наличие и локализацию в них слизей, флавоноидов и дубильных веществ;

- исследовать фитохимический состав листьев очитка едкого и о. шестирядного, а. древовидного, к. дегремона и р. розовой на уровне содержания в них слизей, флавоноидов и таннидов.

Растения очитков собирали в лесах в окрестностях Минска. Растения алоэ и каланхоэ выращивали в цветочных горшках с почвой из смеси листовой земли (1 ч.), перегноя (1 ч.), песка (1/2 ч.) на подоконниках на солнечной стороне. Многолетние корневищные растения родиолы произрастали на участке ботанического сада биофака БГУ на суглинистой почве. Материалом для анатомо-гистохимических исследований служили свежие листья. Для фитохимических опытов использовали сухое растительное сырье, для чего собранные листья высушивали при 75-80 °С.

Препараты снятого эпидермиса и поперечных бритвенных срезов листьев просматривали под микроскопом и фотографировали. Снимки использовали для получения схематических рисунков. При проведении исследований использовали общепринятые методы Государственной Фармакопеи СССР XI издания [2, 3], практические руководства по фармакогнозии и химическому анализу растений [4]. Эксперименты выполнялись на кафедре ботаники биологического факультета БГУ, физиолого-биохимические показатели снимались на приборах кафедры клеточной биологии и биоинженерии растений. В результатах приведены средние значения трех повторностей опытов.

В эпидермисе листьев видов очитка (а также алоэ, каланхоэ, родиолы) устьица анизоцитные. Мезофилл под эпидермисом состоит из мелких

тесно контактирующих клеток, а внутри листа клетки крупнее и расположены рыхло.

В листьях очитков гистохимические опыты не выявили особых мест накопления слизи – окрашивание наблюдали по всей поверхности срезов. В основном отмечалась пристеночная локализация слизи. Флавоноиды с  $Pb(CH_3COO)_2$  выявлялись в вакуолях (рис. 1а). При добавлении 3 %-го раствора  $FeCl_3$  обнаружено, что окраска (таннины) наблюдается в пристеночном слое (апопласте). По результатам реакции с  $K_2Cr_2O_7$  окраска на таннины выявлена в вакуолях (рис. 1б).

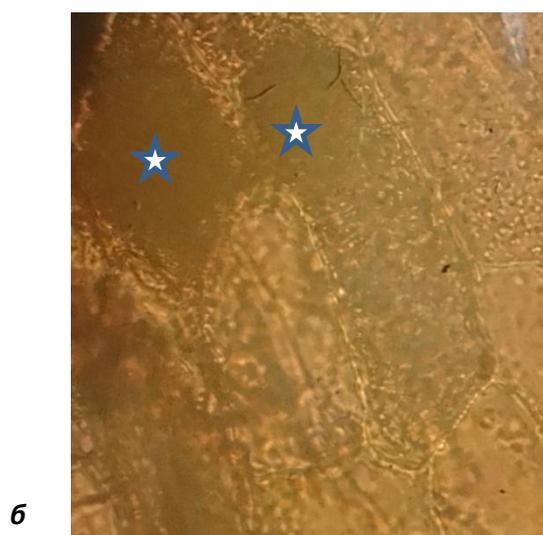
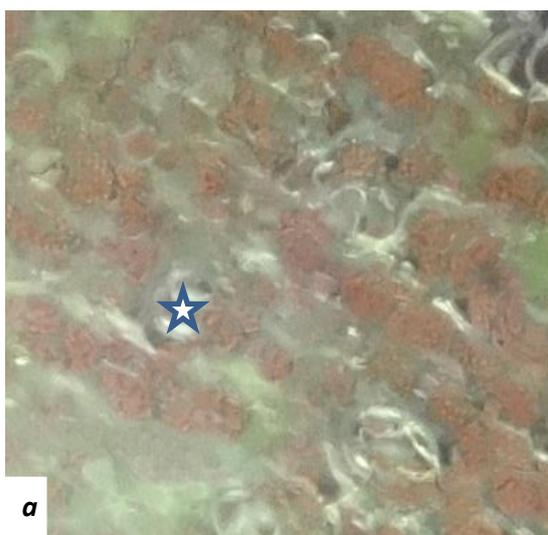


Рисунок 1 – Микрофотография участка листа очитка едкого: гистохимическая реакция на флавоноиды – *а* и таннины – *б*: окрашены вакуоли клеток (★).

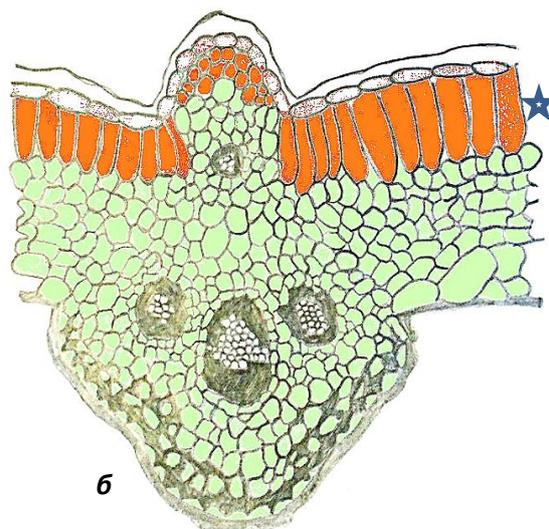
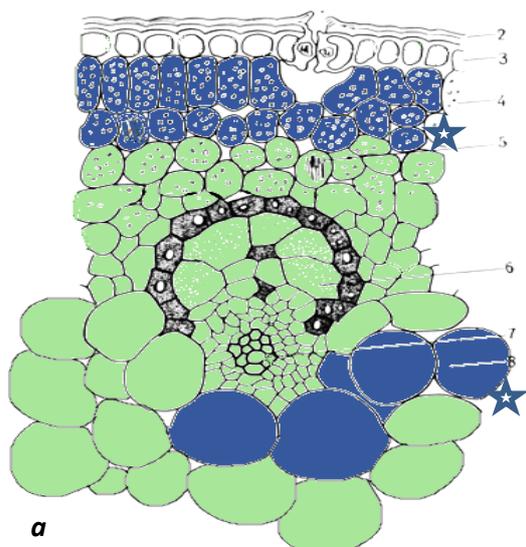


Рисунок 2 – Схематическое изображение участка листа алоэ древовидного, гистохимическая реакция на слизи – *а* и каланхоэ дегремона, гистохимическая реакция на флавоноиды – *б*: 2 – кутикула, 3 – эпидермис, 4 – палисадная ткань (паренхима), 5 – рафиды, 6 – алоиновые клетки, 7 – проводящий пучок; 8 – рыхлая паренхима; отмечены окрашенные клетки (★).

В листьях алоэ слизи найдены в мелких клетках периферической паренхимы и крупных паренхимных клетках в центре (рис. 2а).

Флавоноиды обнаружены как в эпидермальных клетках, так и субэпидермальных паренхимных клетках. Таниды на срезах листьев алоэ обнаруживались в паренхимных клетках под эпидермисом.

В листьях каланхоэ слизи находили в клетках субэпидермальной паренхимы и крупных слизевых паренхимных клетках. Флавоноиды найдены в клетках эпидермы и субэпидермальной паренхимы (рис. 2б). Таниды окрашивались в паренхимных клетках под эпидермисом.

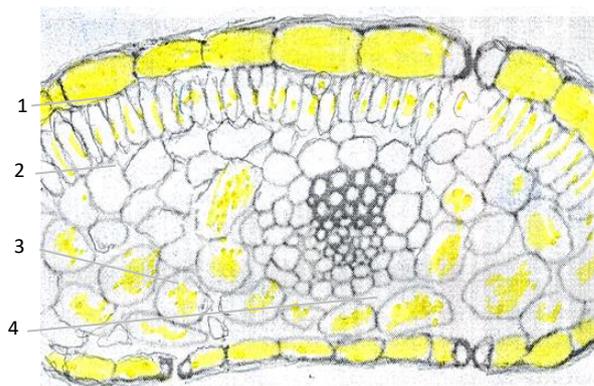


Рисунок 3 – Схематическое изображение участка листа родиолы розовой, гистохимическая реакция на флавоноиды (окрашено желтым): 1 – эпидермис, 2 – палисадная паренхима, 3 – рыхлая паренхима, 4 – сосудистый пучок.

В листьях родиолы окраску на слизи наблюдали в крупных клетках рыхлой паренхимы и иногда в клетках палисадной паренхимы. Окраску на флавоноиды (с NaOH) и таниды (с  $K_2Cr_2O_7$ ) давали клетки субэпидермальной паренхимы и некоторые клетки мезофилла (в основном около сосудистого пучка) (рис. 3).

#### Библиографические ссылки

1. Карпук В.В. Фармакогнозия. Учебное пособие. Минск: БГУ, 2011.
2. Государственная фармакопея СССР. 11-е изд., вып. 1. М.: Медицина, 1987.
2. Государственная фармакопея СССР. 11-е изд., вып. 2. М.: Медицина, 1990.
4. Гринкевич Н.И., Сафронич Л.Н. Химический анализ лекарственных растений / Под ред. Н.И. Гринкевич. М.: Высш. школа, 1983.