



ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Экология растений / Ecology of plants

Оригинальная статья / Original article

УДК 58.086, 582.948.25

DOI: 10.18470/1992-1098-2018-3-31-41

МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЭПИДЕРМЫ И ГИСТОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ВТОРИЧНЫХ МЕТАБОЛИТОВ В ЛИСТЬЯХ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА *BORAGINACEAE*

Аида Я. Тамахина*, Амина А. Ахкубекова

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет,
Нальчик, Россия, aida17032007@yandex.ru

Резюме. Цель. В официальной медицине виды семейства *Boraginaceae* не используют в связи со слабой изученностью продуктов вторичного метаболизма и отсутствием сведений о многих видах. Нами исследованы микроморфологические признаки эпидермы и гистохимический анализ продуктов вторичного метаболизма в листьях *Pulmonaria mollis* Wulfen ex Hornem., *Echium vulgare* L., *Symphytum asperum* Lerech. и *S. caucasicum* M. Bieb. **Методы.** Микроморфологический анализ включал изучение формы основных клеток эпидермиса, строения трихом и устьиц. Количество устьиц и трихом рассчитывали на 1 мм². Для выявления продуктов вторичного метаболизма применяли общеизвестные гистохимические реакции. **Результаты.** Для изученных видов характерны бифациальный тип листьев, многочисленные трихомы, в том числе длинные волоски с розеткой из эпидермальных клеток. Аномоцитный тип устьиц характерен для *P. mollis* и *E. vulgare*, аномоцитный и анизомитный – для *S. asperum* и *S. caucasicum*. Листья *P. mollis*, *E. vulgare* и *S. caucasicum* являются амфистоматическими, *S. asperum* – гипостоматическими. Отношение количества нежелезистых и железистых трихом межжилковых зон нижней эпидермы к верхней у *P. mollis* составило соответственно 1,08 и 1,83, у *S. caucasicum* 1,61 и 2,67, у *S. asperum* 7,21 и 2,50, у *E. vulgare* 1,65 (железистые трихомы в межжилковых зонах отсутствуют). В листьях изученных видов продукты вторичного метаболизма (дубильные вещества, алкалоиды, эфирные масла, антраценпроизводные и слизи) локализованы в основаниях нежелезистых трихом, в железистых трихомах, жилках и основных клетках эпидермиса. **Выводы.** Родовыми признаками эпидермы листьев *Boraginaceae* являются строение и расположение трихом. Видовые различия обусловлены расположением устьиц, железистых трихом, формой основных эпидермальных клеток. Интенсивность окрашивания вторичных метаболитов зависит от их содержания в листьях. Наличие биологически активных субстанций в листьях *P. mollis*, *S. caucasicum*, *S. asperum* и *E. vulgare* определяет ценность данных видов в создании новых фитопрепаратов.

Ключевые слова: *Pulmonaria mollis*, *Echium vulgare*, *Symphytum asperum*, *Symphytum caucasicum*, лист, эпидерма, трихомы, вторичные метаболиты.

Формат цитирования: Тамахина А.Я., Ахкубекова А.А. Микроморфологические особенности эпидермы и гистохимические методы идентификации вторичных метаболитов в листьях травянистых растений семейства *Boraginaceae* // Юг России: экология, развитие. 2018. Т.13, №3. С.31-41. DOI: 10.18470/1992-1098-2018-3-31-41



MICROMORPHOLOGICAL FEATURES OF THE EPIDERMIS AND HISTOCHEMICAL TECHNIQUE OF IDENTIFICATION OF SECONDARY METABOLITES IN THE LEAVES OF *BORAGINACEAE* HERBACEOUS PLANTS

*Aida Ya. Tamakhina**, *Amina A. Akhkubekova*
Kabardino-Balkarian State Agricultural University,
Nalchik, Russia, aida17032007@yandex.ru

Abstract. Aim. In conventional medicine, the species of the *Boraginaceae* family are not used due to the poor scientific knowledge of the products of secondary metabolism and the lack of information about most of the species. We investigated micromorphological features of the epidermis and conducted histochemical analysis of the products of secondary metabolism in the leaves of *Pulmonaria mollis* Wulfen ex Hornem., *Echium vulgare* L., *Symphytum asperum* Lepech. and *S. caucasicum* M. Bieb. **Methods.** Micromorphological analysis included the study of the shape of the main cells of the epidermis, the structure of trichomes and stomata. The number of stomata and trichomes was calculated per 1 mm². Were used the histochemical reactions in order to identify the products of secondary metabolism. **Results.** The studied species are characterized by the bifacial type of leaves, numerous trichomes, including long leaf fuzz with a rosette of epidermal cells. The anomocytic type of stomata is characteristic for *P. mollis* and *E. vulgare*, anomocytic and anisocytic for *S. asperum* and *S. caucasicum*. The leaves of *P. mollis*, *E. vulgare* and *S. caucasicum* are amphistomatic while *S. asperum* is hypostomatic. The ratio of the non-glandular and glandular trichomes of the intercostal zones of the lower epidermis to the upper in *P. mollis* was 1.08 and 1.83, respectively, in *S. caucasicum* 1.61 and 2.67, in *S. asperum* 7.21 and 2.50, in *E. vulgare* 1.65 (glandular trichomes in the interstitial zones are absent). In the leaves of the studied species, the products of secondary metabolism (tannins, alkaloids, essential oils, anthracene derivatives and mucus) are localized in bases of non-glandular, glandular trichomes, veins and the main cells of the epidermis. **Conclusions.** Genus signs of the epidermis of leaves of *Boraginaceae* are the structure and location of trichomes. Species differences are due to the location of stomata, glandular trichomes and shape of the main epidermal cells. The intensity of staining of secondary metabolites depends on their content in the leaves. The presence of biologically active substances in the leaves of *P. mollis*, *S. caucasicum*, *S. asperum* and *E. vulgare* determines the value of these species in the creation of new phytopreparations.

Keywords: *Pulmonaria mollis*, *Echium vulgare*, *Symphytum asperum*, *S. caucasicum*, leaf, epidermis, trichomes, secondary metabolites.

For citation: Tamakhina A.Ya., Akhkubekova A.A. Micromorphological features of the epidermis and histochemical technique of identification of secondary metabolites in the leaves of *Boraginaceae* herbaceous plants. *South of Russia: ecology, development*. 2018, vol. 13, no. 3, pp. 31-41. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2018-3-31-41

ВВЕДЕНИЕ

В поисках новых источников лекарственного растительного сырья возрос интерес к химическим и фармакогностическим исследованиям дикорастущих видов местных флор, не включённых в официальные списки лекарственных растений. Перспективным в этом плане является семейство *Boraginaceae* Juss., включающее 155 родов и 2686 видов [1], многие из которых обладают выраженным фармакологическим действием и биологической активностью, широко применяются в народной медицине,

пищевой промышленности, являются ценными медоносами [2].

Одним из методов фармакогностических исследований является микроморфологический и гистохимический анализ, позволяющий выявить локализацию продуктов вторичного метаболизма и подтвердить биологическую активность тканей и органов растений. К настоящему времени накоплена определённая информация относительно микроморфологических особенностей листьев семейства *Boraginaceae* [3-5] и



отдельных родов (*Symphytum*, *Pulmonaria*, *Echium*) [6-10].

Наличие густого опушения на обеих поверхностях листовой пластинки, а также необходимость просветления и обесцвечивания листьев перед проведением микроморфологического и гистохимического анализа, в результате чего ряд вторичных метаболитов разрушается, создаёт определённые трудности при работе с листьями бурачниковых. Поэтому в большинстве случаев при

описании листьев ограничиваются микроморфологическим анализом растительного сырья без конкретизации мест локализации продуктов вторичного метаболизма.

В связи с вышеизложенным, *целью* исследования стало изучение микроморфологических признаков эпидермы и уточнение возможностей гистохимического экспресс-анализа продуктов вторичного метаболизма в листьях представителей семейства *Boraginaceae*.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования стали медуница мягкая (*Pulmonaria mollis* Wulfen ex Hornem.), синяк обыкновенный (*Echium vulgare* L.), окопники шершавый (*Symphytum asperum* Lerech.) и кавказский (*S. caucasicum* M. Vieb.) в местах их естественного произрастания на территории Кабардино-Балкарской Республики: медуница мягкая – буковый лес в окрестностях (окр.) с. Хасанья, окопник кавказский – буково-грабовый лес в окр. с. Лечинкай, окопник шершавый – грабово-буковый лес в окр. г. Нальчика, синяк обыкновенный – каменистая пойма р. Черек в окр. с. Аушигер. Экотопы типичных мест произрастания медуницы и окопников характеризуются влажнолесолуговым, а синяка обыкновенного – сухостепным увлажнением. Листья срединной части побегов (по 10 шт.) отбирали у растений в генеративном состоянии (по 5 особей каждого вида). Материал просветляли и обесцвечивали вод-

ным раствором гипохлорита натрия в течение 10-12 часов, затем промывали водопроводной водой. Микроморфологический анализ эпидермиса нижней (абаксиальной) и верхней (адаксиальной) поверхностей листовой пластинки проводили на неокрашенных и окрашенных листьях (0,01% вод. р-р метиленового синего) в 5-7 полях зрения для каждого листа при увеличении светового микроскопа 15 x 8. Количество устьиц, железистых и нежелезистых трихом в поле зрения (0,785 мм²) пересчитывали на 1 мм². Для выявления продуктов вторичного метаболизма (эфирные масла, дубильные вещества, алкалоиды, антраценпроизводные, слизи) применяли общеизвестные гистохимические цветные реакции с метиленовым синим, хлоридом железа, суданом III, CuSO₄ и KOH (50% водный р-р), HCl (разбавл.) и H₂SO₄ (конц.) [11; 12].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основные клетки эпидермиса листьев *P. mollis* тонкостенные, покрыты тонкой кутикулой. Клетки абаксиальной эпидермы извилистостенные, а адаксиальной – округлые или округло-извилистостенные. Устьица аномоцитные, находятся вровень с поверхностью листа или приподняты над ней. Листья с обеих сторон бархатисто-опушенные. Адаксиальная поверхность покрыта длинными и короткими агранулярными волосками. В отдельных местах межжилковых зон отмечена плотная локализация железистых трихом (16-20 шт.). На эпидерме абаксиальной поверхности листа агранулярные (большой частью короткие) и железистые трихомы расположены более равномерно. Волоски разнообразны по размеру и строению. Более

часто встречаются простые одноклеточные волоски конической формы длиной 45-87 мкм. Между ними размещаются простые одноклеточные волоски конической формы длиной 196-312 мкм, вокруг мест прикрепления которых расположены клетки эпидермиса с почти прямыми стенками и радиальной складчатостью кутикулы, образуя розетку. Железистые трихомы представлены одно-двухклеточными волосками с приподнятым над поверхностью эпидермы куполообразным основанием, головчатыми волосками с одноклеточной ножкой и шаровидной одноклеточной головкой, головчатыми волосками с 3-4-клеточной однорядной ножкой и сфероидальной 1-3-клеточной головкой. Головчатые железистые волоски локализируются вдоль центральной жилки, в



межджилковой зоне и по краю листа. Центральная жилка покрыта короткими кроющими трихомами. Друзы оксалата кальция формируются в неспециализированных клетках мезофилла по краям листа и в межджилковой зоне. Полученные результаты согласуются с данными других авторов [7; 8].

Основные клетки адаксиального эпидермиса листа *E. vulgare* овально-прямоугольные или многоугольные округлые, а абаксиального – сильно извилистые. Устьица аномоцитного типа с четырьмя (реже с пятью) околоустьичными клетками, выступающие. Нижняя и верхняя эпидерма листьев покрыта кроющими трихомами двух типов: одноклеточные конусовидные волоски длиной 0,12-0,18 мкм; нитевидные волоски длиной 0,67-1,12 мкм на короткой одноклеточной ножке. Вокруг мест прикрепления длинных агранулярных трихом клетки эпидермиса образуют розетку с круглым валиком. Волоски расположены на главной жилке, в межджилковых зонах и по краю листа. Железистые трихомы с одноклеточной шаровидной головкой на 1-4-клеточной ножке отмечены на жилке и по краю листа. Друзы оксалата кальция расположены преимущественно в межджилковых зонах.

Верхняя и нижняя поверхности листовой пластинки *S. asperum* и *S. caucasicum* покрыты однослойным эпидермисом. Основные клетки адаксиального эпидермиса листа овально-прямоугольные или многоугольные округлые, а абаксиального – сильно извилистые. Устьичный аппарат аномоцитного (4-5 околоустьичных клеток) и анизоцитного (3 околоустьичные клетки) типов. Устьица листьев *S. asperum* расположены только на абаксиальной поверхности, а *S. caucasicum* – на обеих поверхностях листовой пластинки. Нижняя и верхняя эпидерма листьев покрыта нежелезистыми и железистыми трихомами. Кроющие трихомы представлены одноклеточными крючковидными волосками, простыми одно- и двухклеточными волосками с розеткой из эпидермальных клеток с валиком в месте прикрепления волосков. Железистые трихомы представляют собой головчатые волоски с одноклеточной головкой и одноклеточной или многоклеточной ножкой. На абаксиальной поверхности листа в межджилковых зонах локализованы

крючковидные волоски, а на поверхности жилок – трихомы всех типов. На адаксиальной поверхности и по краю листьев опушение формируется простыми одно- и двухклеточными волосками с расширенным основанием, а также железистыми трихомами. Друзы оксалата кальция расположены в межджилковых зонах и по краю листа. Полученные данные согласуются с литературными источниками, в соответствии с которыми общими анатомическими признаками рода *Symphytum* являются простые однорядные трихомы, более плотно расположенные на нижнем эпидермисе; наличие головчатых железистых трихом и разнообразных нежелезистых трихом (простые, короткие, длинные, одноклеточные или многоклеточные, тонкие или толстые) [6]. Между тем, наличие устьиц на верхней эпидерме листьев *S. caucasicum*, не исследованного ранее, отличает данный вид от *S. asperum*, *S. sylvaticum* и *S. ibericum* с характерным расположением устьиц на абаксиальной поверхности листьев [6].

По данным микроморфологического анализа установлено сходство строения эпидермы изученных видов бурачниковых: бифациальный тип листьев, аномоцитные устьица, многочисленные нежелезистые и железистые трихомы, длинные волоски с розеткой из эпидермальных клеток, в центре которой в месте прикрепления волосков образуется валик. Родовые различия в строении эпидермы листьев обусловлены типом устьиц (у медуницы и синяка – аномоцитного типа, у окопников – аномоцитного и анизоцитного типов), строением и расположением железистых трихом (у медуницы преобладают головчатые трихомы на 3-4-клеточной ножке, расположенные на обеих поверхностях листа в межджилковой зоне; у окопников – головчатые трихомы с одноклеточной головкой и 1-4-клеточной ножкой, расположенные в межджилковых зонах и на жилках абаксиальной поверхности листа; у синяка – головчатые на 4-клеточной ножке трихомы расположены по краю листа и на жилке), строением нежелезистых трихом и особенностями расположения их на листьях (для окопников характерны крючковидные волоски на абаксиальной поверхности листовой пластинки). Видовые различия строения эпидермы листьев обусловлены расположением устьиц (*S. asperum* – устьица рас-

положены только на абаксиальной поверхности листа), железистых трихом (*E. vulgare* – железистые трихомы отсутствуют в межжилковых зонах), формой основных эпидермальных клеток адаксиальной поверхности листа (*P. mollis* – основные клетки эпидермиса округлые), типом опушения (шелковистое опушение листьев *P. mollis* формируется прямыми, тонкими, прижатыми к поверхности волосками, шерстистое опушение *S. asperum* и *S. caucasicum* – короткими простыми волосками, отстоящими от поверхности, щетинистое опушение *E. vulgare* – толстостенными твёрдыми волосками). Сходство и различия микроморфологического строения эпидермы листьев исследованных видов представлены в таблице 1.

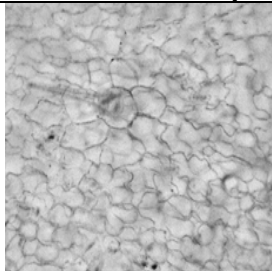
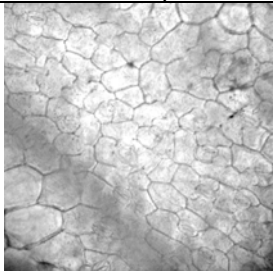
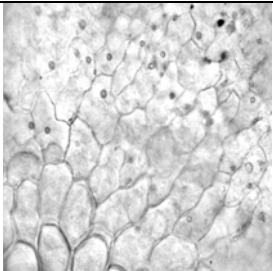
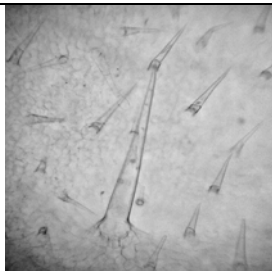
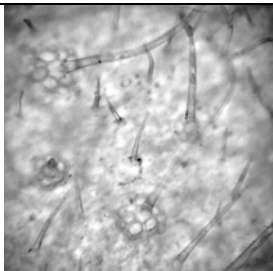
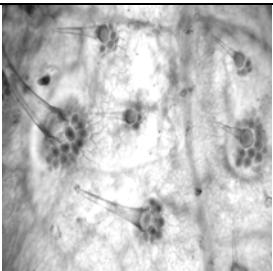
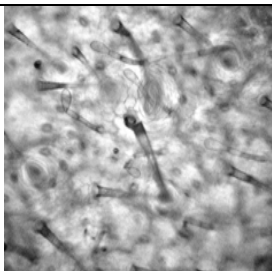
По данным морфомерического анализа листья *P. mollis*, *E. vulgare* и *S. caucasicum* являются амфистоматическими, *S. asperum* – гипостоматическими. Отношение количества нежелезистых трихом межжилковых зон нижней эпидермы к верхней у медуницы составило 1,08, у окопника кавказского – 1,61, у окопника шершавого – 7,21, у синяка обыкновенного – 1,65 (табл. 2). Железистые трихомы более плотно расположены на абаксиальной поверхности листьев. При этом отношение числа железистых трихом межжилковых зон нижней эпидермы к аналогичному показателю верхней составило 1,83 у медуницы, 2,67 – у окопника кавказского, 2,50 – у окопника шершавого.

Таблица 1

Микроморфологические особенности эпидермы листьев травянистых растений рода *Boraginaceae*

Table 1

Micromorphological features of the epidermis of leaves of herbaceous plants of the genus *Boraginaceae*

Признаки Features	<i>Pulmonaria mollis</i>	<i>Echium vulgare</i>	<i>Symphytum asperum</i> , <i>S. caucasicum</i>
Эпидермис адаксиальной поверхности листа / The epidermis of the adaxial leaf surface			
Основные клетки эпидермиса Primary cells of the epidermis			
Кроющие волоски Coating fuzz			
Железистые трихомы Glandular trichomes		Не обнаружены Not detected	Не обнаружены Not detected



Эпидермис абаксиальной поверхности листа / The epidermis of the abaxial leaf surface			
Основные клетки эпидермиса Primary cells of the epidermis			
Крошащие волоски Coating fuzz			
Железистые трихомы в межжилковой зоне Glandular trichomes in the interveinal zone		Не обнаружены Not detected	
Центральная жилка Central vein			
Край листа Edge of leaf			

Соотношение числа волосков на обеих поверхностях листовой пластинки для ряда видов является специфическим признаком. Так, по данным Д.С. Круглова и М.А. Ханиной [7] значение данного показателя для *Pulmonaria officinalis* и *P. obscura* равно 0,1, для *P. angustifolia* – 0,35, для *P. mollis* –

1,0. Для видов *Myosotis alpestris* F.W. Schmidt, *M. arvensis* (L.) Hill и *M. sparsiflora* Pohl (собственные исследования) относительный индекс опушения составляет соответственно 1,72; 2,15 и 1,28.

Очевидно, что количество устьиц и трихом, играющих важную роль в регулиро-



вании интенсивности транспирации зависит, в первую очередь, от условий почвенного увлажнения, так как по другим экологическим факторам (температура, солевой режим, кислотность и богатство почв азотом, освещённость, переменность увлажнения почв) изучаемые виды занимают примерно одинаковые экологические позиции. В исследуемых экотопах увлажнение почв соответствует экологической позиции видов.

Адаптация листьев к увлажнению, выходящему за пределы экологической позиции, приводит к изменению количества устьиц и трихом. Так, у растений *E. vulgare* в условиях сыровато-лесолугового увлажнения (14 баллов) отмечены увеличение размера листьев, снижение числа кроющих трихом на обеих сторонах листовой пластинки и повышение устьичного индекса [9].

Таблица 2

Морфометрические показатели верхнего (В) и нижнего (Н) эпидермиса листа

Table 2

Morphometric indexes top (T) and the lower (L) epidermis of a leaf

Показатель Index	<i>P. mollis</i>		<i>S. caucasicum</i>		<i>S. asperum</i>		<i>E. vulgare</i>	
	В / Т	Н / L	В / Т	Н / L	В / Т	Н / L	В / Т	Н / L
Устьица, шт./мм ² Stomata, pcs/mm ²	374±8	397±6	167±7	459±8	–	158±8	138±4	255±9
Количество трихом в межжилковой зоне, шт./мм ² , в т.ч.: Number of trichomes in the interveinal zone, pcs/mm ² , including:	81±5	94±8	16±3	29±4	18±5	111±11	26±5	43±6
нежелезистые трихомы non-glandular trichomes	76±4	82±6	13±3	21±5	14±4	101±9	26±5	43±6
железистые трихомы granular trichomes	6±2	11±3	3±1	8±2	4±1	10±3	–	–
Экологическая позиция по шкале увлажнения почв, баллы* Ecological position according to soil moistening scale, scale*	10–14		10–21		10–16		5–13	
Увлажнение почв экотопа, баллы Humidification of ecotope soils, scale	13		13		13		7**	

Примечание: *10-14 – сублесолуговая – сыроватолесолуговая; 10-21 – сублесолуговая – прибрежноводная; 10-16 – сублесолуговая – мокролесолуговая; 5-13 – субстепная – влажнолесолуговая [13]. **7 – среднестепная.

Note: *10-14 – subforest meadow – dampforest meadow; 10-21 – subforest meadow – coastal water; 10-16 – subforest meadow – forest wet meadow; 5-13 – sub steppe – forest wet meadow [13].

**7 – medium steppe.

Окрашивание метиленовым синим эпидермальных клеток оснований и содержимого нежелезистых волосков обеих по-

верхностей листа *S. caucasicum*, *S. asperum* и *E. vulgare* свидетельствует о локализации здесь базофильной слизи, в состав которой



входят полисахариды с высокой молекулярной массой, терпеноиды и алкалоиды. Аналогичная особенность выделительной системы характерна для *S. officinale* L., у которого в составе полисахаридной слизи обнаружены алкалоиды симфитин и эхимидин [14]. В листьях *S. caucasicum*, *S. asperum* и *E. vulgare* гистохимическим методом выявлены алкалоиды в клетках межжилковых зон и эпидермальной розетки агранулярных волосков. В клетках оснований волосков (преимущественно адаксиальной поверхности листа) у этих же видов локализованы дубильные вещества. Таннины обнаружены и в

цитоплазме эпидермальных клеток проводящих пучков. Эфирные масла локализуются преимущественно в железистых волосках, а жиры (*P. mollis*, *E. vulgare*) в клетках эпидермы и в жилках листа. Антраценпроизводные, представленные восстановленными формами (антрон, оксиантрон, антранол и их производные), обнаружены в клетках оснований волосков. Гистохимические экспресс-реакции для выявления продуктов вторичного метаболизма применимы ко всем видам бурачниковых, но их чувствительность зависит от содержания биологически активных веществ (табл. 3).

Таблица 3
Качественное обнаружение продуктов вторичного метаболизма в листьях

Table 3

Qualitation of products of secondary metabolism in leaves

Вторичные метаболиты Secondary metabolites		<i>P. mollis</i>	<i>E. vulgare</i>	<i>S. caucasicum</i>	<i>S. asperum</i>
Дубильные вещества Tannins	Интенсивность окрашивания* Staining intensity*	++	-	+	++
	Содержание, % Content, %	10,39 [17]	2,11-7,22 [15]	Нет данных No information	24,94 [16]
Эфирные масла Essential oils	Интенсивность окрашивания* Staining intensity*	+	++	+	+
	Содержание, % Content, %	Сл. [17]	0,002 [18]	Нет данных No information	Сл. [2]
Алкалоиды Alkaloids	Интенсивность окрашивания* Staining intensity*	++	-	+	+
	Содержание, % Content, %	0,35 [22]	Сл. [19]	0,31 [20]	0,13-0,20 [21]
Антраценпроизводные Anthracene derivatives	Интенсивность окрашивания* Staining intensity*	++	+	+	++
	Содержание, % Content, %	0,60 [17]	0,316 [16]	Нет данных No information	0,228-0,711 [16]
Слизи Mucus	Интенсивность окрашивания* Staining intensity*	+	+	+	+

*Интенсивность окрашивания: «-» – отсутствует, «+» – слабое, «++» – сильное.

*Staining intensity: “-” – absent, “+” – weak, “++” – strong.

Как видим, гистохимические реакции позволяют выявлять наличие и локализацию дубильных веществ при их содержании в листьях более 8-10%, а алкалоидов –

более 0,1%. Высокая чувствительность гистохимических реакций отмечена для эфирных масел, антраценпроизводных и слизей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По данным микроморфологического анализа установлено сходство строения эпидермы листьев *P. mollis*, *S. caucasicum*, *S.*

asperum и *E. vulgare*: бифациальный тип листьев, многочисленные нежелезистые и железистые трихомы, длинные волоски с ро-



зеткой из эпидермальных клеток. Аномоцитный тип устьиц характерен для медуницы и синяка, аномоцитный и анизоцитный – для окопников. Строение и расположение трихом является родоспецифическим признаком. У *P. mollis* преобладают головчатые трихомы на 3-4-клеточной ножке, расположенные на обеих поверхностях листа в межжилковой зоне. У видов окопника головчатые трихомы с одноклеточной головкой и 1-4-клеточной ножкой расположены в межжилковых зонах и на жилках абаксиальной поверхности листа. У *E. vulgare* головчатые трихомы на 4-клеточной ножке расположены по краю листа и на жилках. Для рода *Symphytum* характерны крючковидные волоски, покрывающие абаксиальную поверхность листа. Видовые различия в строении эпидермы листьев бурачниковых обусловлены расположением устьиц (*S. asperum* – устьица расположены только на абаксиальной поверхности листа), железистых трихом (*E. vulgare* – железистые трихомы отсутствуют в межжилковых зонах), формой основных эпидермальных клеток адаксиаль-

ной поверхности листа (*P. mollis* – основные клетки эпидермиса округлые), типом опушения (шелковистое опушение *P. mollis*, шерстистое – *S. asperum* и *S. caucasicum*, щетинистое – *E. vulgare*). Гистохимическими реакциями в листьях изученных видов бурачниковых выявлены дубильные вещества, алкалоиды, эфирные масла, антраценпроизводные и слизи. Интенсивность окрашивания вторичных метаболитов зависит от их содержания в органах растений. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности применения микроморфологического исследования в комплексе с гистохимическим анализом вторичных метаболитов для ориентировочной оценки содержания фармакологически активных веществ в видах *Boraginaceae*, неисследованных ранее или произрастающих в определенных экотопах. Наличие биологически активных субстанций в листьях *P. mollis*, *S. caucasicum*, *S. asperum* и *E. vulgare* определяет ценность данных видов в создании новых фитопрепаратов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Boraginaceae* // The Plant List. 2013. Version 1.1. URL: <http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Boraginaceae/> (дата обращения 20.04.2018)
2. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование; Семейства *Caprifoliaceae-Plantaginaceae*. Л.: Наука, 1990. 328 с.
3. Metcalfe C.R., Chalk L. Anatomy of Dicotyledons. 2nd Edition. V. 1. London: Oxford University Press, 1979. 276 p.
4. Özörgücü B., Gemici Y., Turkan I. Karşılaştırmalı Bitki Anatomisi (Comparative Plant Anatomy). Izmir: Ege Univ., 1991. N 129. 127 p.
5. Watson L., Dallwitz M.J. The families of angiosperm: automated descriptions, with interactive identification and information retrieval // Australian Syst. Bot. 1991. V. 4. Iss. 4. P. 681-695. DOI: 10.1071/SB9910681
6. Akcin O.E., Baki H. Micromorphology and anatomy of three *Symphytum* (*Boraginaceae*) taxa from Turkey // Bangladesh J. Bot. 2007. V. 36. Iss. 2. P. 93-103. Doi: 10.3329/bjb.v36i2.1496/
7. Круглов Д.С., Ханина М.А. Морфологический анализ наиболее распространённых видов рода *Pulmonaria* // Современные наукоёмкие технологии. 2005. N10. С. 96-97.
8. Бубенчикова В.Н., Казакова В.С. Определение показателей качества сырья «Медуницы лист» // I Российский фитотерапевтический съезд: сборник научных трудов. М.: Изд-во Профессиональной ассоциации натуропевтов, 2008. С. 234-236.
9. Тамахина А.Я., Шершова И.С. Анатомо-гистологическое исследование листьев *Symphytum asperum* L. // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2017. N 4. С. 51-55.
10. Тамахина А.Я., Ахкубекова А.А. Изменчивость строения листьев у синяка обыкновенного (*Echium vulgare* L.) (*Boraginaceae*) // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. N6 (68). С. 233-237.
11. Пролина М.Н. Ботаническая микротехника. М.: ВШ, 1960. 206 с.
12. Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятков А.Г. и др. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы. М.: Изд-во МГУ, 2004. 312 с.
13. Цыганов Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 198 с.
14. Couet C.E., Crews C., Hanley A.B. Analysis, separation, and bioassay of pyrrolizidine alkaloids from comfrey (*Symphytum officinale*) // Nat. Toxins. 1996. V. 4. Iss. 4. P. 163-167.
15. Круглов Д.С. Исследование температурно-временного режима экстрагирования биологически активных соединений из травы медуницы // Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции: сб. науч. тр. Пятигорск: Пятигорская ГФА, 2010. Вып. 65. С. 199-202.



16. Тютюнников А.И., Цугкиев Б.Г. Химический состав нетрадиционных кормовых и лекарственных растений: Справочное пособие. М.: РАСХН; Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 1996. 135 с.
17. Кайтмазов Т.Б., Гагиева Л.Ч., Цугкиев Б.Г. Содержание биологически активных веществ в эфиромасличных растениях, произрастающих в РСО-Алания // Известия Горского государственного аграрного университета. 2014. Т. 51. N 2. С. 289-294.
18. Ефремов Е.А., Зыкова И.Д., Ефремов А.А. Компонентный состав эфирного масла некоторых экстрактивных веществ *Pulmonaria mollis* Hornem // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). 2013. Т. 122. N7. С. 125-128.
19. Маланкина Е. «Монпасье» на медунице // Приусадебное хозяйство. 2005. N 5. С. 86-87.

20. Манько И.В., Мелькумова З.В., Малышева В.Ф. Накопление алкалоидов в различных органах *Symphytum caucasicum* Bieb. // Растительные ресурсы. 1972. Т. 8. Вып. 4. С. 538-541.
21. Манько И.В., Котовский Б.К., Денисов Ю.Г. Содержание алкалоидов в *Symphytum asperum* Lerech. в зависимости от фазы развития растения // Растительные ресурсы. 1970. Т. 6. Вып. 4. С. 582-583.
22. Lucchetti M.A., Glauser G., Kilchenmann V., Dübbecke A., Beckh G., Praz C., Kast C. Pyrrolizidine Alkaloids from *Echium vulgare* in Honey Originate Primarily from Floral Nectar // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2016, V. 64. Iss. 25. P. 5267-5273. Doi: 10.1021/acs.jafc.6b02320

REFERENCES

1. *Boraginaceae*. The Plant List (2013). Version 1.1. Available at: <http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Boraginaceae/> (accessed 20.04.2018)
2. *Rastitel'nye resursy SSSR: Tsvetkovye rasteniya, ikh khimicheskii sostav, ispol'zovanie; Semeistva Caprifoliaceae-Plantaginaceae* [Plant resources of the USSR: Flowering plants, their chemical composition, use; *Caprifoliaceae-Plantaginaceae*]. Leningrad, Nauka Publ., 1990, 328 p. (In Russian)
3. Metcalfe C.R., Chalk L. Anatomy of Dicotyledons. 2nd Edition. V. 1. London, Oxford University Press, 1979, 276 p.
4. Özörgücü B., Gemici Y., Turkan I. Karşılaştırmalı Bitki Anatomisi (Comparative Plant Anatomy). Izmir, Ege Univ., 1991, no. 129, 127 p.
5. Watson L., Dallwitz M.J. The families of angiosperm: automated descriptions, with interactive identification and information retrieval. *Australian Syst. Bot.*, 1991, vol. 4, iss. 4, pp. 681-695. DOI: 10.1071/SB9910681
6. Akcin O.E., Baki H. Micromorphology and anatomy of three *Symphytum* (*Boraginaceae*) taxa from Turkey. *Bangladesh J. Bot.*, 2007, vol. 36, iss. 2, pp. 93-103. DOI: 10.3329/bjb.v36i2.1496/
7. Kruglov D.S., Hanina M.A. The morphological analysis of the most widespread species of genus *pulmonaria*. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii* [Modern high technology]. 2005, no. 10, pp. 96-97. (In Russian)
8. Bubenchikova V.N., Kazakova V.S. Determination of raw material quality indicators "Lungwort leaf". In: *I Rossiiskii fitoterapevticheskii s'ezd: sbornik nauchnykh trudov* [I Russian Phytotherapeutic Congress: a collection of scientific papers]. Moscow, Professional Association of Naturopathians Publ., 2008, pp. 234-236. (In Russian)
9. Tamakhina A.Ya., Shershova I.S. Anatomical and histological study the leaves of *Symphytum asperum* L. *Groznenskii estestvennonauchnyi byulleten'* [Grozny Natural Science Bulletin]. 2017, no. 4, pp. 51-55. (In Russian)
10. Tamakhina A.Ya., Akhkubekova A.A. Variability of leaves structure in the blueweed plant (*Echium vulgare* L.) (*Boraginaceae*). *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Izvestia Orenburg State Agrarian University]. 2017, no. 6 (68), pp. 233-237. (In Russian)
11. Prozina M.N. *Botanicheskaya mikrotekhnika* [Botanical microtechnology]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1960, 206 p. (In Russian)
12. Barykina R.P., Veselova T.D., Devyatov A.G. *Spravochnik po botanicheskoi mikrotekhnike. Osnovy i metody* [Handbook of Botanical microtechnology. Basics and methods]. Moscow, Moscow state University Publ., 2004, 312 p. (In Russian)
13. Tsyganov D.N. *Fitoindikatsiya ekologicheskikh rezhimov v podzone khvoino-shirokolistvennykh lesov* [Phytoindication of ecological regimes in the subzone of coniferous and deciduous forests]. Moscow, Nauka Publ., 1983, 198 p. (In Russian)
14. Couet C.E., Crews C., Hanley A.B. Analysis, separation, and bioassay of pyrrolizidine alkaloids from comfrey (*Symphytum officinale*). *Nat. Toxins*. 1996, vol. 4, iss. 4, pp. 163-167.
15. Kruglov D.S. Investigation of the temperature-time regime of extraction of biologically active compounds from the herb of Lungwort. In: *Razrabotka, issledovanie i marketing novoi farmatsevticheskoi produktsii: sbornik nauchnykh trudov* [Development, research and marketing of new pharmaceutical products: collection of scientific works]. Pyatigorsk, Pyatigorsk State pharmaceutical Academy Publ., 2010, vol. 65, pp. 199-202. (In Russian)
16. Tyutyunnikov A.I., Tsugkiev B.G. *Khimicheskii sostav netraditsionnykh kormovykh i lekarstvennykh rastenii: Spravochnoe posobie* [Chemical composition of non-traditional fodder and medicinal plants: Reference guide]. Moscow, Russian Academy of agriculture



Publ.; Vladikavkaz, Gorsky state agrarian University Publ., 1996, 135 p. (In Russian)

17. Kaitmazov T.B., Gagieva L.Ch., Tsugkiev B.G. The content of biologically active substances in aromatic plants growing in North Ossetia-Alania. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of Gorsk State Agrarian University]. 2014, vol. 51, no. 2, pp. 289-294. (In Russian)

18. Efremov E.A., Zykova I.D., Efremov A.A. Chemical composition of essential oil and some extractive substances from *Pulmonaria mollis* Hornem. *Sibirskij Medicinskij Zurnal (Irkutsk)* [Siberian medical journal (Irkutsk)]. 2013, vol. 122, no. 7, pp. 125-128. (In Russian)

19. Malankina E. "Carlo" on the Lungwort. *Prisadebnoe khozyaistvo* [Homestead farm]. 2005, no. 5, pp. 86-87. (In Russian)

20. Man'ko I.V., Mel'kumova Z.V., Malysheva V.F. The accumulation of alkaloids in different organs of *Symphytum caucasicum* Bieb. *Rastitel'nye resursy* [Plant resources]. 1972, vol. 8, iss. 4, pp. 538-541. (In Russian)

21. Man'ko I.V., Kotovskii B.K., Denisov Yu.G. The contents of alkaloids in *Symphytum asperum* Lepech. depending on the phase of plant development. *Rastitel'nye resursy* [Plant resources]. 1970, vol. 6, iss. 4, pp. 582-583. (In Russian)

22. Lucchetti M.A., Glauser G., Kilchenmann V., Dübecke A., Beckh G., Praz C., Kast C. Pyrrolizidine Alkaloids from *Echium vulgare* in Honey Originate Primarily from Floral Nectar. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2016, vol. 64, iss. 25, pp. 5267-5273. DOI: 10.1021/acs.jafc.6b02320

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Аида Я. Тамахина* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры товароведения и туризма, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет, тел. +7(8662)40-41-07, 360030, пр. Ленина, 1 в, г. Нальчик, Россия, e-mail: aida17032007@yandex.ru

Амина А. Ахкубекова – аспирант кафедры товароведения и туризма, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет, г. Нальчик, Россия.

Критерии авторства

Аида Я. Тамахина проанализировала данные, написала рукопись; Амина А. Ахкубекова собрала флористический материал, провела морфологический, морфометрический и гистохимический анализ. Все авторы несут ответственность за плагиат и самоплагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 07.05.2018

Принята в печать 11.06.2018

AUTHORS INFORMATION

Affiliation

Aida Ya. Tamakhina* – doctor of agricultural Sciences, Professor of Department of commodity science and tourism, Kabardino-Balkarian State Agricultural University, tel. + 7 (8662) 40-41-07, 360030, Lenina Ave., 1 v, Nalchik, Russia, e-mail: aida17032007@yandex.ru

Amina A. Akhkubekova – postgraduate student, Department of commodity science and tourism, Kabardino-Balkarian State Agricultural University, Nalchik, Russia.

Contribution

Aida Ya. Tamakhina analyzed the data, wrote the manuscript; Amina A. Akhkubekova collected floristic material, carried out morphological, morphometric and histochemical analysis. All authors are equally responsible for avoiding the plagiarism and self-plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests

Received 07.05.2018

Accepted for publication 11.06.2018