

Микроморфологическое строение надземных органов *Phacelia tanacetifolia* (Benth.)

Micromorphological structure of *Phacelia tanacetifolia* (Benth.) aboveground organs

Круглов Д. С., Величко В. В., Лосоногова В. А.

Kruglov D. S., Velichko V. V., Losonogova V. A.

Новосибирский государственный медицинский университет, г. Новосибирск, Россия. E-mail: kruglov_ds@mail.ru
Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia

Реферат. Род фацелия – *Phacelia* Juss. в современной классификации был включён в состав Boraginaceae как подсемейство *Hydrophyllloideae*. Однако внутри семейства Boraginaceae представители рода *Phacelia* морфологически и анатомически резко отличаются от видов других родов и, прежде всего, – по признакам морфогенеза, что подчёркивает эволюционную изолированность рода в рамках семейства. Целью настоящей работы являлось исследование микроморфологии эпидермы надземных органов и *Phacelia tanacetifolia* Benth., а также выявление структурных особенностей. В результате было установлено, что лист имеет гипостоматическое строение с устьичным аппаратом анамоцитного типа; опушение представлено волосками 3-х типов: простыми прямыми одноклеточными волосками с расширенным основанием по всей листовой пластинке, простыми ретортвидными волосками по краю листа и редкими головчатыми волосками с двухклеточной ножкой. Особенности строения является обильное опушение чашелистиков простыми прямыми и изогнутыми волосками и обильное включение в мезофилл друз. Установлено наличие друз и в мезофилле лепестков, которые опушены простыми тонкостенными изогнутыми волосками, кроме того, выявлены характерные сосочковидные выросты по краю лепестка. В сравнении с аналогичными органами растений семейства Boraginaceae следует отметить принципиальное наличие друз в лепестках и их обильное опушение, характерное для исследуемого растения, что резко отличает его от других растений этого семейства и в общем подтверждает отнесение *P. tanacetifolia* как минимум в отдельное подсемейство.

Ключевые слова. Друзы, лепестки, микроморфология листа, опушение, сосочковидные выросты, фацелия, Boraginaceae.

Summary. The genus *Phacelia* Juss. was included to the Boraginaceae family as a subfamily *Hydrophyllloideae* according to the modern classification. However, within the Boraginaceae family, plants of the genus *Phacelia* are morphologically very different from species of the other genera, which emphasizes the evolutionary isolation of the genus within the family. The aim of the work was to study the epidermis micromorphology of the above-ground organs of *Phacelia tanacetifolia* Benth. and to identify structural features. As a result, it was established that the leaf has a hypostomatic structure with an anamocytic stomatal apparatus; pubescence is represented by 3 types of trichomes: simple straight unicellular trichomes with an expanded base, simple retort-shaped trichomes along the leaf edge and rare capitate trichomes with a two-celled stem. The structural features include abundant pubescence of the sepals with simple straight and curved trichomes and abundant inclusion of druses in the mesophyll. The presence of druses in the mesophyll of the petals, pubescent with simple thin-walled curved trichomes, as well as characteristic papillary outgrowths along the edge of the petal, is established. It should be noted the fundamental presence of druses in the petals and their abundant pubescence, characteristic of the studied plant, which sharply distinguishes it from the other plants of this family and generally confirms the allocation of *P. tanacetifolia*, at least, to a separate subfamily.

Key words. Boraginaceae, druses, leaf micromorphology, papillary outgrowth, petals, *Phacelia*, pubescence.

Введение. Род фацелия – *Phacelia* Juss. – традиционно находился в составе семейства Hydrophyllaceae, но начиная с классификации (APG IV, 2016), этот таксон был включён в состав Boraginaceae как подсемейство *Hydrophyllloideae*. Следует отметить, что систематическое положение рода *Phacelia* долгое время оставалось предметом дискуссий. И на настоящий момент ряд исследо-

вателей сохраняет род *Phacelia* на уровне отдельного семейства, и рассматривает как близкую, но независимую линию от Boraginaceae (Cohen, 2014). Вместе с тем, молекулярно-филогенетические данные (Weigend et al., 2014) показали, что Hydrophyllaceae является парафилетическим относительно Boraginaceae: при сохранении её отдельного статуса род *Phacelia* оказывается филогенетически внутри Boraginaceae. Подсемейство *Hydrophyloideae* включает около 20 родов, в т. ч. и род *Phacelia* (Luebert et al., 2016).

Однако внутри семейства Boraginaceae представители рода *Phacelia* морфологически и анатомически резко отличаются от видов таких родов, как *Pulmonaria* L., *Nonea* Medik и *Onosma* L., прежде всего, по признакам морфогенеза, что подчёркивает эволюционную изолированность рода в рамках семейства.

Одним из наиболее распространённых представителей рода является фацелия пижмолистная – *Phacelia tanacetifolia* Benth. – интродуцированный вид североамериканского происхождения, широко культивируемый в России как сидерат, кормовое и медоносное растение. В последние десятилетия отмечается его натурализация в ряде регионов Сибири, особенно в южных и юго-западных районах (Флора Сибири, 1997), что поднимает вопросы об эколого-ценотической пластичности и способности к распространению в условиях резко континентального климата.

Актуальность исследованию *P. tanacetifolia* придаёт выявленный фармацевтический потенциал представителей рода *Phacelia*, связанный с присутствием фенольных соединений – флавоноидов, кумаринов и других биологически активных веществ (Шейхмагомедова, Попова, 2022). Вместе с тем, микроморфологическая организация эпидермальных структур, как и анатомическая архитектура вегетативных органов, остаются малоизученными. Известно, что тип опушения, строение проводящих тканей и устьичного аппарата, могут служить не только параметрами, важными для систематики растений, но и диагностическими признаками подлинности сырья в фармации.

Анатомо-морфологические исследования *P. tanacetifolia* в контексте её филогенетического положения ограничены по числу и глубине проработки. В работе (Попов и др., 2021) рассмотрены отдельные анатомические признаки, однако полученные результаты не сопоставляются с филогенетически близкими родами, что могло бы повысить диагностический потенциал признаков в рамках семейства Boraginaceae. Кроме того, исследование ограничено культивируемым материалом из одного региона и, конечно, выявленные признаки могут быть другими для растений, натурализованных в Сибири. Другое исследование (Чернявских и др., 2018), также посвящённое морфо-биологическим признакам, имеет прикладной уклон – тестирование на различимость, однородность и стабильность (Distinctness, Uniformity and Stability – DUS анализ) – что ограничивает их значение только оценкой новых сортов растений.

Изучение анатомо-микроморфологических адаптаций, в том числе структуры листа, стебля и трихом, приобретает значение для понимания механизмов устойчивости этого вида к абиотическим стрессам. Кроме того, перспективность растения как источника фармацевтически значимых субстанций требует уточнения морфологических и анатомических признаков, в том числе на микроскопическом уровне.

Таким образом, комплексное исследование микроморфологии и анатомии надземных органов *P. tanacetifolia* с учетом её филогенетического положения, экологической пластичности в условиях Сибири и потенциальной фармакологической значимости представляется актуальной задачей ботанической и фармацевтической науки.

Целью настоящей работы являлось исследование микроморфологии эпидермы надземных органов и анатомического строения стебля *P. tanacetifolia*, а также выявление структурных особенностей, которые могут иметь значение для идентификации изучаемых растений.

В качестве объектов исследования были использованы надземные органы *P. tanacetifolia*, собранные на остепнённом участке (окраина вдоль обочины автодороги в 3 км на северо-запад от пос. Посевная Черепановского района Новосибирской области – 54°32' с. ш. и 83°28' в. д.) в фазе цветения. После сбора собранное сырьё доводили до воздушно-сухого состояния в помещении при комнатной температуре.

Для исследования строения эпидермы надземных органов проводили предварительное размачивание объектов путем кипячения в течение одной минуты в 5%-м водном растворе натрия гидроксида для зеленых частей растения или в воде очищенной – для лепестков. Стебли предварительно

размягчали путем выдерживания в течении 30-ти дней в смеси вода : глицерин : 95%-й этанол в соотношении 1 : 1 : 1. В качестве просветляющей жидкости использовали смесь воды и глицерина в соотношении 1 : 1. Микроскопическое исследование проводили с использованием цифровой фотографии на микроскопе «Axioskop 2 Plus» при увеличениях до 400× в проходящем свете.

В результате анализа полученных данных было установлено, что стебель имеет типичное переходное строение, коровая часть представлена слоем гиподермы и 3–5 рядами клеток рыхлой колленхимы (рис. 1). Лист имеет гипостоматическое строение с устьичным аппаратом анамоцитного типа (рис. 2а).

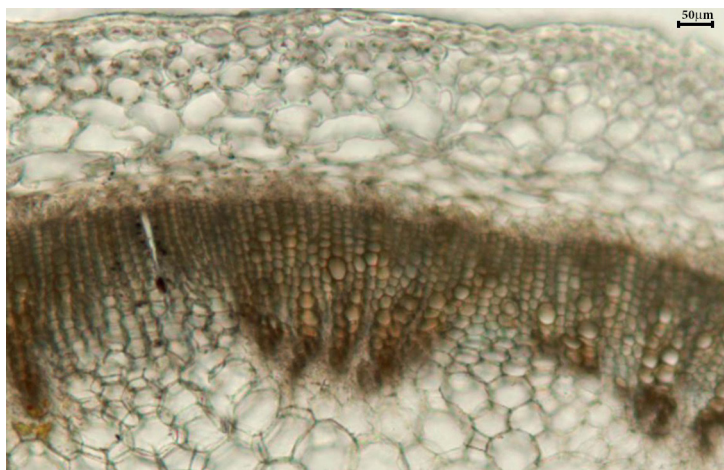


Рис. 1. Поперечный срез стебля *Phacelia tanacetifolia*.

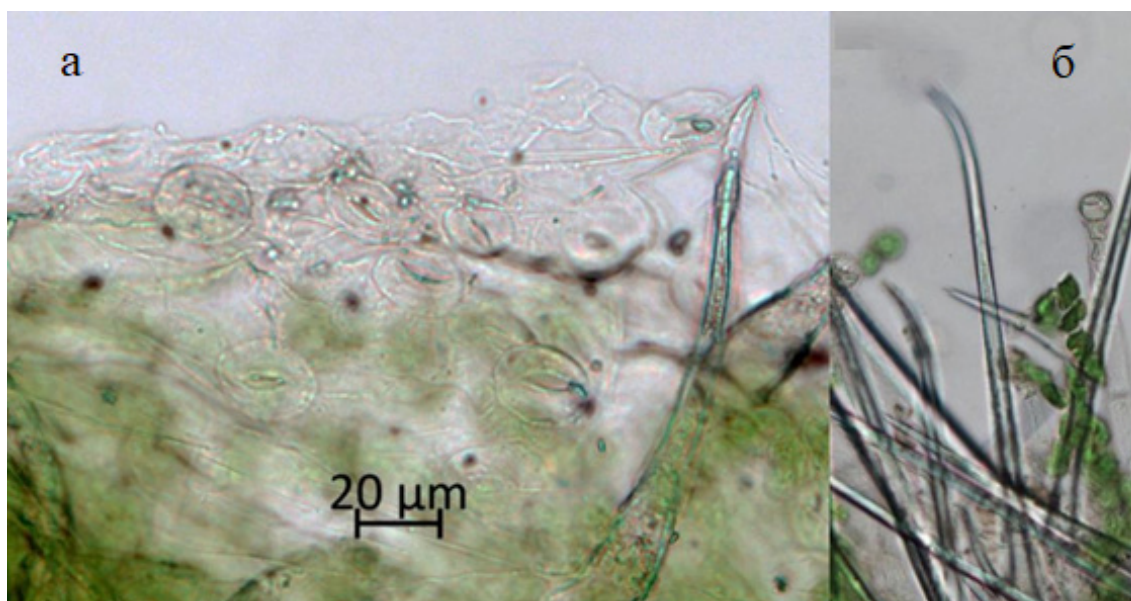


Рис. 2. Устьичный аппарат анамоцитного типа (а) и простые и головчатые волоски (б).

Опушение листовой пластинки представлено волосками 3-х типов (рис 2б, рис. 3):

- простыми прямыми одноклеточными волосками с расширенным основанием по всей листовой пластинке;
- простыми ретортовидными волосками по краю листа;
- редкими головчатыми волосками с двухклеточной ножкой.

Особенностями строения является обильное опушение чашелистиков простыми прямыми и изогнутыми волосками и обильное включение в мезофил друз (рис. 4).

Не менее интересно и наличие друз в мезофилле лепестков, которые также опушены простыми тонкостенными изогнутыми волосками, кроме того, выявлены характерные сосочковидные выросты по краю лепестка (рис. 5).

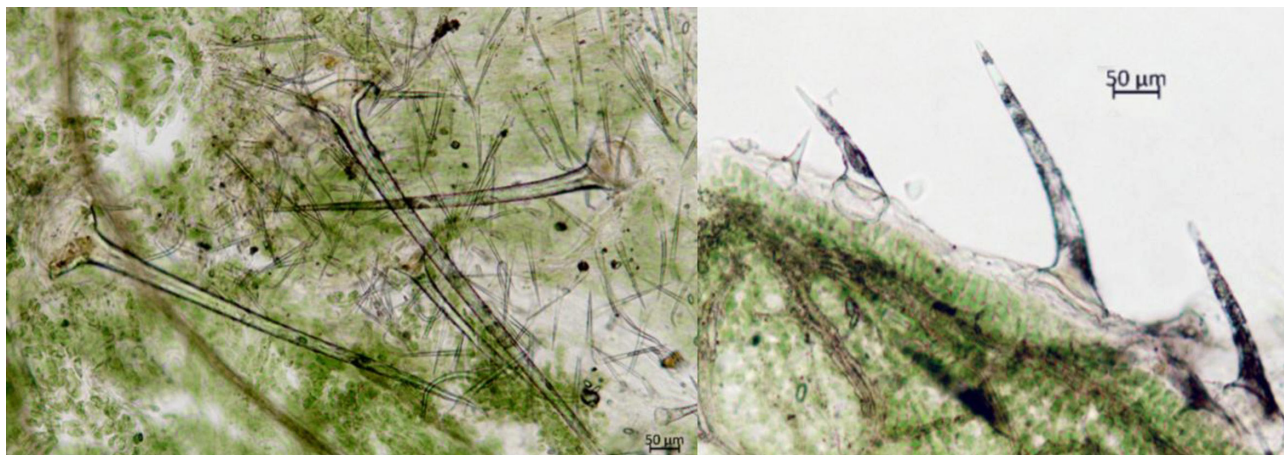


Рис. 3. Простые прямые и ретортовидные волоски *Phacelia tanacetifolia*.



Рис. 4. Опушение чашелистиков и друзы в мезофилле *Phacelia tanacetifolia*.



Рис. 5. Микроморфология лепестка *Phacelia tanacetifolia*.

В сравнении с аналогичными органами растений семейства Boraginaceae, такими, как *Pulmonaria mollis* Wulf. ex Horn., *Nonea rossica* Stev. (Круглов, Величко, 2023) и *Onosma simplicissima* L. (Круглов, 2024), следует отметить наличие друз в лепестках и их обильное опушение, характерное для исследуемого растения, что резко отличает его от других растений этого семейства и в общем подтверждает отнесение *P. tanacetifolia* как минимум в отдельное подсемейство.

ЛИТЕРАТУРА

- Круглов Д. С., Величко В. В.** Микроморфология листовых пластинок некоторых растений семейства Boraginaceae // Российская ботаника в меняющемся мире: Тезисы докладов XV Делегатского съезда Русского ботанического общества и конф. «Российская ботаника в меняющемся мире», посвященной 300-летию Российской академии наук (г. Санкт-Петербург, 10–13 сентября 2023 г.). – СПб: Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, 2023. – С. 45–46.
- Круглов Д. С., Величко В. В., Олешко Е. Д.** Фармакогностическое исследование и диагностические признаки травы оносмы простейшей // Journal of Siberian Medical Sciences. 2024. – Т. 8(3). – С. 115–126. <https://doi.org/10.31549/2542-1174-2024-8-3-115-126>
- Попов И. В., Шейхмагомедова П. А., Попова О. И.** Морфолого-анатомическое изучение травы фацелии пижмолистной (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация, 2021. – № 2. – С. 120–127.
- Флора Сибири.** Т. 11: Ryolaceae – Lamiaceae (Labiatae) / Сост. В. М. Доронькин, Н. К. Ковтонюк, В. В. Зуев и др.: В 14 т. – Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1997. – 290 с.
- Чернявских В. И., Думачева Е. В., Бойко Е. С.** Изучение морфо-биологических признаков *Phacelia tanacetifolia* Benth. как критериев отличимости, однородности и стабильности // Известия Горского государственного аграрного университета, 2018. – Т. 55, № 2. – С. 162–168.
- Шейхмагомедова П. А., Попова О. И.** Идентификация фенольных соединений и разработка методики количественного определения суммы фенолкарбоновых кислот в траве фацелии пижмолистной (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии, 2022. – Т. 25(12). – С. 44–50. <https://doi.org/10.29296/25877313-2022-12-07>
- APG IV.** An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants // Botanical Journal of the Linnean Society, 2016. – Vol. 181, iss. 1. – P. 1–20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- Cohen J. I.** A phylogenetic analysis of morphological and molecular characters of Boraginaceae: evolutionary relationships, taxonomy, and patterns of character evolution // Cladistics, 2014. – Vol. 30(2). – P. 139–169. <https://doi.org/10.1111/cla.12036>
- Luebert F., Cecchi L., Frohlich M. W. et al.** Familial classification of the Boraginales // Taxon, 2016. – Vol. 65, № 3. – P. 502–522. <https://doi.org/10.12705/653.5>
- Weigend, M., Luebert, F., Gottschling, M., Couvreur, T. L. P., Hilger, H. H., Miller J. S.** From capsules to nutlets – Phylogenetic relationships in the Boraginales // Cladistics, 2014. – Vol. 30. – P. 508–518. <https://doi.org/10.1111/cla.12061>