

АНАТОМИЯ И МОРФОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

УДК 581.48:582.675.1

DOI: 10.15372/RMAR20210403

**СТРОЕНИЕ СЕМЕННЫХ ПОКРОВОВ
НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РОДА *TROLLIUS***

Л.В. Буглова, А.С. Гусар

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН,
630090, Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101, Россия; astro11@rambler.ru

Впервые описана структура спермодермы у *Trollius apertus* Perfil. ex Igoschina секц. *Trollius*, *T. ranunculinus* (Sm.) Stearn секц. *Trollius* Doroz., *T. sibiricus* Schipcz. секц. *Longipetala* Doroz, *T. riederianus* Fisch. et C.A. Mey. секц. *Insulaetrollius* Doroz. Семенная кожура гладкая, экзотестальная с образованием аэренхимы внутренними слоями наружного интегумента и тегменом, образованным внутренним интегументом. Толщина экзотесты на поперечных срезах составляет 28–40 мкм, остальные слои к полному созреванию семян сминаются и уплощаются. Толщина аэренхимы на выпуклых сторонах семян 5–8 мкм, тегмен 4–7 мкм толщиной. На основании многолетних данных проведен анализ изменчивости признаков семенной кожуры у 13 образцов *T. asiaticus* L. секц. *Longipetala* Doroz. из различных частей ареала. Поверхность спермодермы при просмотре с помощью СЭМ представлена первичной скульптурой у видов *T. apertus*, *T. ranunculinus*. У близких видов *T. asiaticus* и *T. sibiricus* имеется третичная скульптура в виде прерывистого воскового налета, у *T. riederianus* сплошное покрытие поверхности. У всех изученных видов восковой налет не скрывает признаки первичной скульптуры. Вторичная скульптура семенной кожуры у всех представителей рода *Trollius* не выражена. Уточнена терминология для описания семенной кожуры видов *Trollius* и выявлены общие закономерности, характерные для всего рода. Установлен существенный полиморфизм признаков строения семенной кожуры у растений *T. asiaticus* из разных регионов, выполнена оценка их изменчивости в выборках за 2017–2020 гг. По результатам изучения семян из природных популяций юга Республики Саха и Республики Алтай можно сделать вывод, что растения, произрастающие в наиболее географически удаленных регионах, имеют наибольшие различия по совокупности этих признаков, которые достигают максимума на границах ареала вида. Большинство признаков строения семенной кожуры оказываются весьма пластичными и не подходят для диагностики видов.

Ключевые слова: *Trollius*, семена, семенная кожура, экзотеста, клетки.

Для цитирования: Буглова Л.В., Гусар А.С. Строение семенных покровов некоторых видов рода *Trollius*. Раст. мир Азиатской России. 2021;14(4):284–292. DOI 10.15372/RMAR20210403.

ВВЕДЕНИЕ

Род Купальница – *Trollius* L. (сем. Ranunculaceae Juss.) включает около 30 видов, распространенных преимущественно в холодных и умеренных областях Северного полушария (Doroszewska, 1974). Этот сравнительно небольшой род является довольно проблематичным в таксономическом отношении. В результате изучения морфологии видов *Trollius* установлены слабые межвидовые и межсекционные различия внутри рода, а также большая роль гибридизации при видообразовании (Шипчинский, 1937; Малышев, 1965; Сипливинский, 1972; Зиман, 1985). Обработывая комплекс видов в северной и восточной частях Азии, В.Н. Сипливинский (1972) отметил высокое расовое разнообразие и неопределенность причин его возникновения. Поэтому поиск дополнительных диагностических признаков для дифференциации

представителей этого рода актуален. Спермодерма обладает комплексом морфологических признаков, которые могут быть использованы для установления родственных связей купальниц, облегчая процесс классификации таксономических групп. Из-за недостаточного применения современных методов изучения строения семенной кожуры (с помощью СЭМ, светового микроскопирования продольных и поперечных срезов) ряд важных признаков не получил должной оценки. Сведения о строении семенной кожуры *Trollius* фрагментарны (Карапетян, 1978; Берестецкая, 1984; Jang, Neo, 2005; Antkowiak et al., 2010).

Форма семян при анализе поперечных срезов *T. altaicus* и *T. riederianus* описана как угловатобрестистая, клетки экзотесты вытянуты в радиальном направлении (Воронкова, Холина, 2010).

Анализ срезов семенной кожуры растений из близкого к *Trollius* таксона – *Megaleranthis* (*M. sani-*

culifolia Ohwi) выполнен с использованием методов светового и сканирующего электронного микроскопирования, но без описания скульптуры поверхности семян (Jang, Neo, 2005). Семенная кожура этого вида описана как состоящая из палисадной экзотесты, мезотесты с раздробленными клетками и эндотесты.

Семенная кожура у видов *T. asiaticus* L., *T. chinensis* Bunge, *T. europaeus* L. проанализирована Т.Б. Берестецкой (1984) с учетом утолщений клеточных стенок.

Изучение скульптуры поверхности семян растений *T. europaeus* и *T. altissimus* Crantz из природных популяций было выполнено с использованием СЭМ для поиска признаков, дифференцирующих эти виды (Antkowiak et al., 2010). Авторы описали форму клеток и их антиклинальных стенок. Наружная периклиальная стенка может иметь следующие формы: плоская, вогнутая, выпуклая или с куполообразным вздутием в центре. Были установлены значительные различия скульптуры спермодермы на популяционном и внутривидовом уровнях в отношении микроорнаментации поверхности семенных покровов и биометрических признаков семян. Признаки семенной кожуры, дифференцирующие эти два близких вида, не были выявлены.

Морфология семенной кожуры была проанализирована нами изначально для восьми видов *Trollius* из природной флоры Сибири, произраста-

ющих на момент исследования в Центральном сибирском ботаническом саду: *T. altaicus*, *T. asiaticus*, *T. chinensis*, *T. europaeus*, *T. ledebourii* Reichenb. *T. sp. (kytmanovii)*, *T. lilacinus*, *T. pumilus* D. Don. С помощью СЭМ и световой микроскопии было описано и выделено два типа строения поверхности семенной кожуры по форме клеток: с более крупными (изодиаметрическими в основной массе) клетками и с более мелкими, в основном вытянутыми вдоль оси семени (Буглова, 2013).

Целью данной работы является сравнительное изучение спермодермы представителей трех секций рода *Trollius* и уточнение терминологического аппарата, используемого при описании структуры их семенной кожуры.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектами исследования были семена пяти видов *Trollius*: *T. apertus* Perfil. ex Igoschina, *T. ranunculinus* секц. *Trollius* Doroz., *T. asiaticus*, *T. sibiricus* секц. *Longipetala* Doroz, *T. riederianus* Fisch. et C.A. Mey. секц. *Insulaetrollius* Doroz. (секции приводятся по (А. Doroszevska, 1974)). Сбор семян проводился с растений из природных популяций или произрастающих в биоресурсной научной коллекции ЦСБС СО РАН USU № 440534. Учитывая обширный ареал и высокий полиморфизм *T. asiaticus*, материал по этому виду был собран из семи природных популяций (см. таблицу). Растения *T. asiaticus* (образец № 5) интродуцированы из

Места сбора образцов семян и происхождение изучаемых растений

The origin and locations of seed samples collection

№ п/п	Вид	Место произрастания изучаемых растений	Год сбора	Коллектор
Коллекция USU № 440534, Центральный сибирский ботанический сад СО РАН				
1	<i>T. apertus</i> Perfil. ex Igoschina	Семена получены из коллекции "Природная флора растений Полярного Урала", Ботанический сад г. Кировск	2015	"Delectus seminum"
4	<i>T. riederianus</i> Fisch. et C.A. Mey.	Семена собраны на о. Кунашир, Дальний Восток	2014	Ю.В. Овчинников
Семена, собранные из природных популяций				
2	<i>T. ranunculinus</i> (Sm.) Stearn	Севастопольский край, окр. г. Кисловодск; лесной луг	2014	Н.К. Ковтонюк
3	<i>T. sibiricus</i> Schipcz.	Республика Саха, Якутский ботанический сад, коллекция растений природной флоры	2018	Д.Н. Андросова, И.Г. Трофимова
5	<i>T. asiaticus</i> L.	Новосибирская обл., окр. Центрального сибирского ботанического сада СО РАН; орляково-снытевый сосново-березовый лес	2017–2020	Л.В. Буглова
6	<i>T. asiaticus</i> L.	Юго-запад Республики Саха (Якутия), Ленский р-н; лесной луг	2014	И.Г. Трофимова
7	<i>T. asiaticus</i> L.	Республика Алтай, окр. пос. Камлак; разнотравно-березово-сосновый лес	2017	Л.В. Буглова
8	<i>T. asiaticus</i> L.	Кемеровская обл., окр. пос. Шерегеш; лесной луг	2015	О.Ю. Васильева
9	<i>T. asiaticus</i> L.	Томская область, окр. г. Томск; лесной луг	2018	О.Ю. Васильева
10	<i>T. asiaticus</i> L.	Республика Алтай, Каракольские озера; альпийский луг, 1740 м	2018	А.С. Гусар
11	<i>T. asiaticus</i> L.	Красноярский край, Ермаковский р-н, парк "Ергаки"; разнотравно-злаковый лесной луг, 1315 м	2009	Л.В. Буглова

популяции, наиболее близкой к условиям произрастания растений в коллекции. Видовая принадлежность растений, полученных по “*Delectus seminum*”, подтверждена. Анализировали не менее десяти хорошо выполненных семян (со слабо выраженной ребристостью) из каждой выборки.

Скульптуру поверхности изучали методом сканирующей электронной микроскопии на микроскопе модели Carl Zeiss EVO MA 10 с увеличением в 2000 раз. Для более точного анализа семенной кожуры семени просматривали в сухом состоянии, а также после обработки смесью растворителей для удаления кутикулы (хлороформ-ксилол-толуол в соотношении 1:1:1 в течение 20 часов). Оптимальное время обработки растворителями установлено нами эмпирически: его увеличение приводит к разрушению клеточной стенки, а уменьшение до 10 часов – к неполному удалению воскового налета. В работе приведены фотографии поверхности семян без удаления воскового налета. Для выявления особенностей строения семенной кожуры, которые невозможно обнаружить с помощью СЭМ, готовили поперечные и продольные срезы семян по стандартной методике (Дженсен, 1965) на санном микротоме МС-2 с термоохлаждающим столиком ТОС-II. Препараты просматривали на световом микроскопе Carl Zeiss Axio Scope A1. Описание скульптуры семенной кожуры проводили по W. Barthlott (1981).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Форма семян изучаемых здесь четырех видов *Trollius*, полученных из различных природных местообитаний на территории Сибири, совпадает с описанной нами ранее у других видов (Буглова,

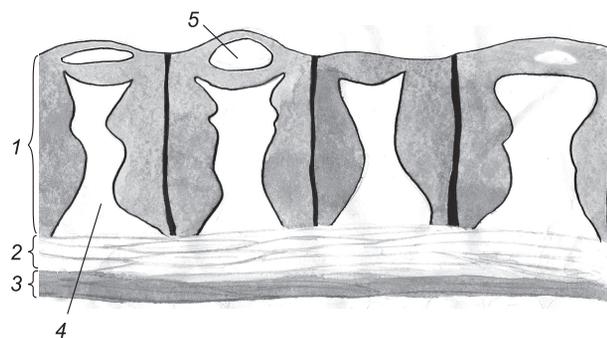


Рис. 1. Схема поперечного среза семенной кожуры *Trollius*.

1 – экзотеста, 2 – аэренхима, 3 – тегмен, 4 – воздушная полость, 5 – воздушный пузырек.

Fig. 1. Cross section of *Trollius* seed coat.

1 – exotesta, 2 – aerenchyma, 3 – tegmen, 4 – air bubble, 5 – air bubble.

2013). Семена угловатые, ребристо-ямчатые, форма клеток три-гексаэдрическая, однотипная, антиклинальные стенки прямые. Семенная кожура экзотестальная с образованием аэренхимы внутренними слоями наружного интегумента и тегменом, образованным внутренним интегументом. Восковая кутикула выражена в разной степени, частично скрывая первичную скульптуру поверхности семян. Только у одного вида (*T. lilacinus*) отмечено образование рельефной третичной скульптуры семян.

Таким образом, строение семенной кожуры, включая ранее опубликованные материалы, изучено у 12 видов (более трети видового состава), которые входят в 5 из 7 секций, что позволяет нам экстраполировать ее общие закономерности на весь род *Trollius*.

Семенная кожура всех видов рода образована двумя интегументами. Крупные клетки эпидермального слоя наружного интегумента (экзотесты) являются структурной единицей семенной кожуры. Морфологическая изменчивость структурных элементов по форме и размеру весьма высокая, тем не менее, они имеют один тип строения по всей поверхности семени. Форма клеток экзотесты бывает изодиаметрической или слегка вытянутой. Ее изменчивость зависит от степени ребристости семян.

Вдоль ребер клетки мельче, более вытянутые в аксиальном направлении. В связи с чем при описании формы клеток экзотесты видов *Trollius* с помощью СЭМ рекомендуем анализировать только выпуклые, без складок, поверхности семян. Клетки на такой поверхности не подвергаются деформации по мере проявления ребристости семян при созревании.

Склерификации подвергаются антиклинальные стенки клеток экзотесты, утолщение происходит центробежно. На поперечных срезах зрелых семян по центру клеток наблюдается свободная вертикальная полость, толщиной 2–5 мкм в наиболее узких местах, которая заполняется воздухом по мере отмирания клеточного протопласта (рис. 1, 4; 2, 1). В работе Т.Б. Берестецкой (1984, с. 7) она описана как “кувшинообразная полость клеток”. Интенсивность утолщения клеточных стенок неравномерная, что обеспечивает разную форму и кривизну образующихся воздушных полостей. Хотя форма полостей сильно варьирует в пределах одного семени, все же можно визуальным выделить различия по извилистости их внутренних антиклинальных границ. Толщина экзотесты на поперечных срезах у разных видов составляет 28–40 мкм.

Наружная периклиальная стенка клеток экзотесты тоже подвергается склерификации, но в ее толще по центру обычно образуется воздушный пузырек (см. рис. 1, 5). Он залегает ближе к внешней стороне стенки клетки, вызывая ее выпячивание. Чем крупнее воздушный пузырек, тем более выпуклым будет центр клетки при просмотре поверхности семени с помощью СЭМ (рис. 3, а, с). Ровная наружная периклиальная стенка при отсутствии воздушного пузырька на фотографиях СЭМ выглядит как темное пятно в центре структурного элемента, наблюдается у *T. asiaticus* из Республики Саха, *T. sibiricus* (см. рис. 3, b; 4, a, b). Выпуклая или более-менее ровная внешняя периклиальная стенка клеток экзотесты над воздушной полостью без выраженного воздушного пузырька не образует видимого пятна в центре. Встречаются промежуточные варианты со слабо выраженным воздушным пузырьком, но без выпуклости по центру наружной периклиальной стенки. В этом случае, при просмотре с помощью СЭМ, можно видеть слабо выраженное светлое пятно с радиальным темным контуром в центре структурного элемента, такая скульптура просматривается у *T. riederianus* (см. рис. 4, c, d).

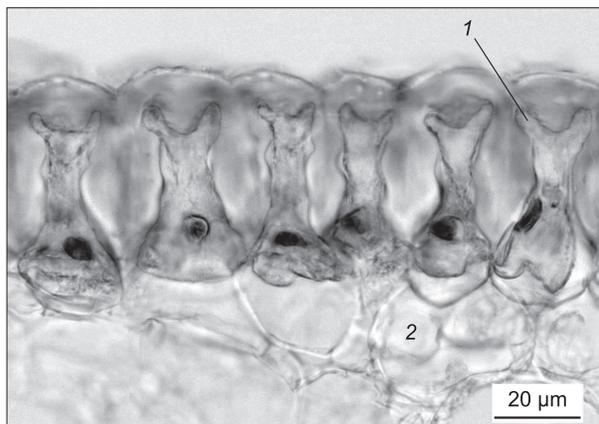


Рис. 2. Поперечный срез экзотесты на стадии молочновосковой спелости семян.

1 – цитоплазма эпидермальных клеток наружного интегумента (экзотесты), 2 – клетки внутренних слоев наружного интегумента (аэренхимы).

Fig. 2. Exotesta cross section of the seed when milky-wax ripeness.

1 – the epidermal cells of the outer integument (exotesta) cytoplasm, 2 – the cells of the outer integument inner layers (aerenchyme).

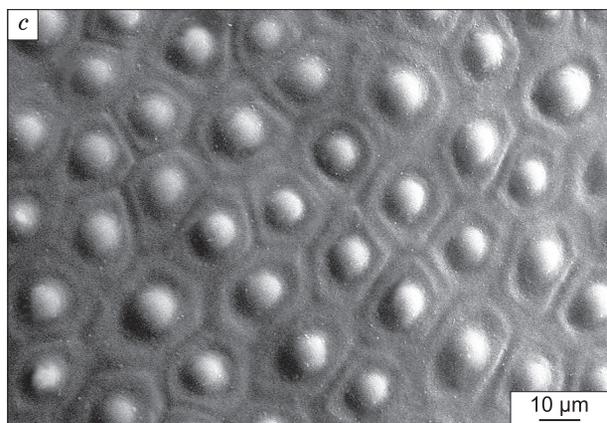
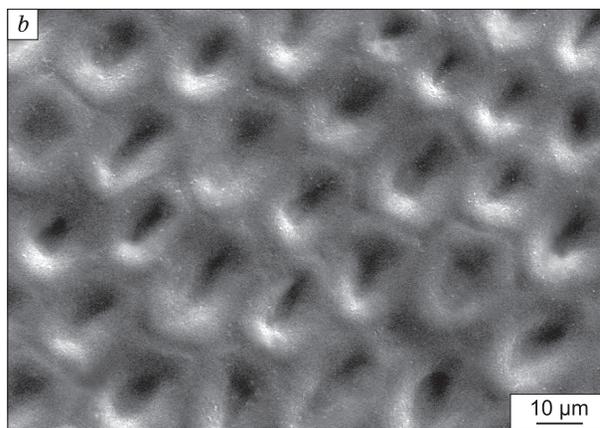
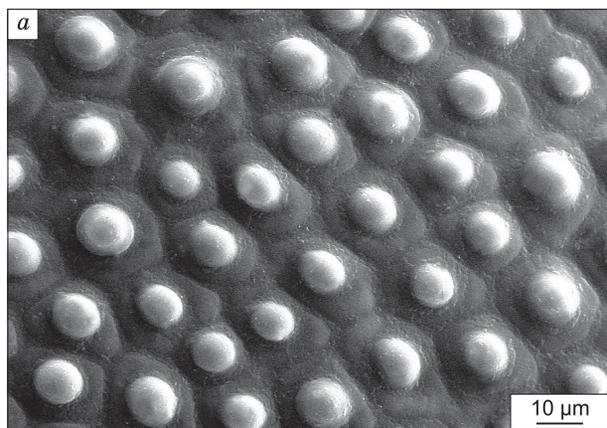


Рис. 3. Поверхность семенной кожуры *T. altaicus* и *T. asiaticus* из различных местообитаний.

a – *T. altaicus* (Горный Алтай, Онгудайский р-н), b – *T. asiaticus* (Ленский р-н, Республика Саха), c – *T. asiaticus* (Горный Алтай, Онгудайский р-н).

Fig. 3. Seed coat surface of *T. altaicus* and *T. asiaticus* from different habitats.

a – *T. altaicus* from Altai Mountains, Ongudaysky region, b – *T. asiaticus* from Lensky region, Republic of the Sakha, c – *T. asiaticus* Altai Mountains, Ongudaysky region.

Внутренняя периклиальная стенка экзотесты остается тонкой. По мере склерификации остальных стенок, цитоплазма экзотестальных клеток частично выдавливается в полость аэренхимы, внутренняя периклиальная стенка при этом прогибается (см. рис. 2, 1). Клетки экзотесты остаются живыми до стадии восковой спелости семян, после чего протопласты разрушаются. Нижняя часть воздушной полости клеток экзотесты конусовидно расширена и соединяется с аэренхимой, образованной внутренними слоями клеток наружного интегумента (см. рис. 1, 2). Клетки аэренхимы отмирают на стадии молочной спелости семян – ранее всех остальных, слагающих стенку семенной кожуры, но аэренхима остается массивной весь период созревания. Ее сжатие с уплощением клеточных оболочек происходит на последних этапах созревания семян. В зрелых семенах ширина аэренхимы существенно варьирует в пределах семени и зависит от степени его ребристости. В районе ребер клетки аэренхимы менее сжаты, она остается наиболее массивной. Под выпуклой без изгибов поверхностью семени аэренхима максимально сжата и заполнена волокнистыми остатками клеточных стенок, ее толщина составляет всего 5–8 мкм.

Тегмен в зрелых семенах толщиной 4–7 мкм, представлен двумя слоями сильно сжатых клеток (см. рис. 1, 3). Он фактически не меняется на всем протяжении созревания семян.

Рельеф первичной скульптуры у изученных видов *Trollius* слабо выражен, на срезах высота между углублениями и возвышениями составляет всего 2–3 мкм. Поэтому признаки кривизны наружной периклиальной клеточной стенки, которые в литературе предлагаются как диагностические (Barthlott, 1981, с. 347), у представителей *Trollius* отсутствуют. Ранее (Буглова, 2013) антиклинальные клеточные стенки описывались нами как “каналы”, однако на поверхности семенной кожуры нет борозд-углублений, поэтому данный термин применительно к скульптуре спермодермы *Trollius* использовать не рекомендуем. Антиклинальные клеточные стенки у представителей *Trollius* выглядят прямыми при просмотре и с помощью СЭМ, и под световым микроскопом.

Вторичная скульптура, описанная в литературе (Barthlott, 1981, с. 347) как микроорнамент, у представителей *Trollius* не выявлена, поверхность семенной кожуры гладкая.

Третичная структура пяти изученных здесь видов наиболее выражена у *T. riederianus*. Восковой налет у этого вида сплошной, но не образует собственного рисунка и не скрывает первичную

скульптуру. У *T. ranunculinus*, *T. apertus*, *T. sibiricus* восковой налет неравномерный, собственного рисунка не образует, что совпадает с некоторыми образцами *T. asiaticus* из природных популяций. У *T. asiaticus* из природной популяции, произрастающей в окрестностях ЦСБС (см. таблицу), восковой налет отсутствует.

При анализе семенной кожуры *T. asiaticus* в условиях интродукции в 2017–2020 гг. наиболее пластичными признаками оказались степень выраженности радиальных кругов вокруг центра структурного элемента и кривизна границ воздушной полости клеток экзотесты.

Были выявлены признаки, стабильные вне зависимости от климатических условий конкретного года сбора семян и от переноса из природы в культуру. Мы предлагаем использовать их для морфологической характеристики семенной кожуры у видов *Trollius*.

Для описания скульптуры поверхности с помощью сканирующей микроскопии:

1. Выраженность кутикулы (третичная структура):

а) восковой налет полностью покрывает поверхность семян и образует орнамент (встречается у *T. lilacinus*);

б) образует тонкий или более утолщенный, но прерывистый налет без собственного орнамента (см. рис. 4, g);

в) образует белесоватый налет, под которым хорошо просматривается первичная скульптура.

2. Наличие или отсутствие осевых тяжей из групп структурных элементов на ровной (выпуклой, не ребристой) поверхности семени.

3. Выпуклость центра структурного элемента, выявляется с помощью СЭМ в виде степени выраженности центра клеток экзотесты. Может быть явно выраженной (см. рис. 3, a, c), слабо выраженной – периклиальная стенка ровная или имеет слабо выраженный светлый центр с темным радиальным кольцом (см. рис. 4, c). Однотонный цвет центра периклиальной стенки без радиальных колец или темный центр структурного элемента в данном исследовании характерен для *T. sibiricus*, *T. apertus* и *T. ranunculinus* (см. рис. 4, a, e, g).

Для описания поперечных срезов:

4. Форма границ воздушных полостей:

а) с волнистыми краями (см. рис. 4, d);

б) с прямыми краями (см. рис. 4, b, h).

В целом, изучая изменчивость этих признаков у *T. asiaticus* из разных географически удаленных регионов произрастания, мы установили существенный полиморфизм формы границ воздушных полостей и степени выраженности воскового

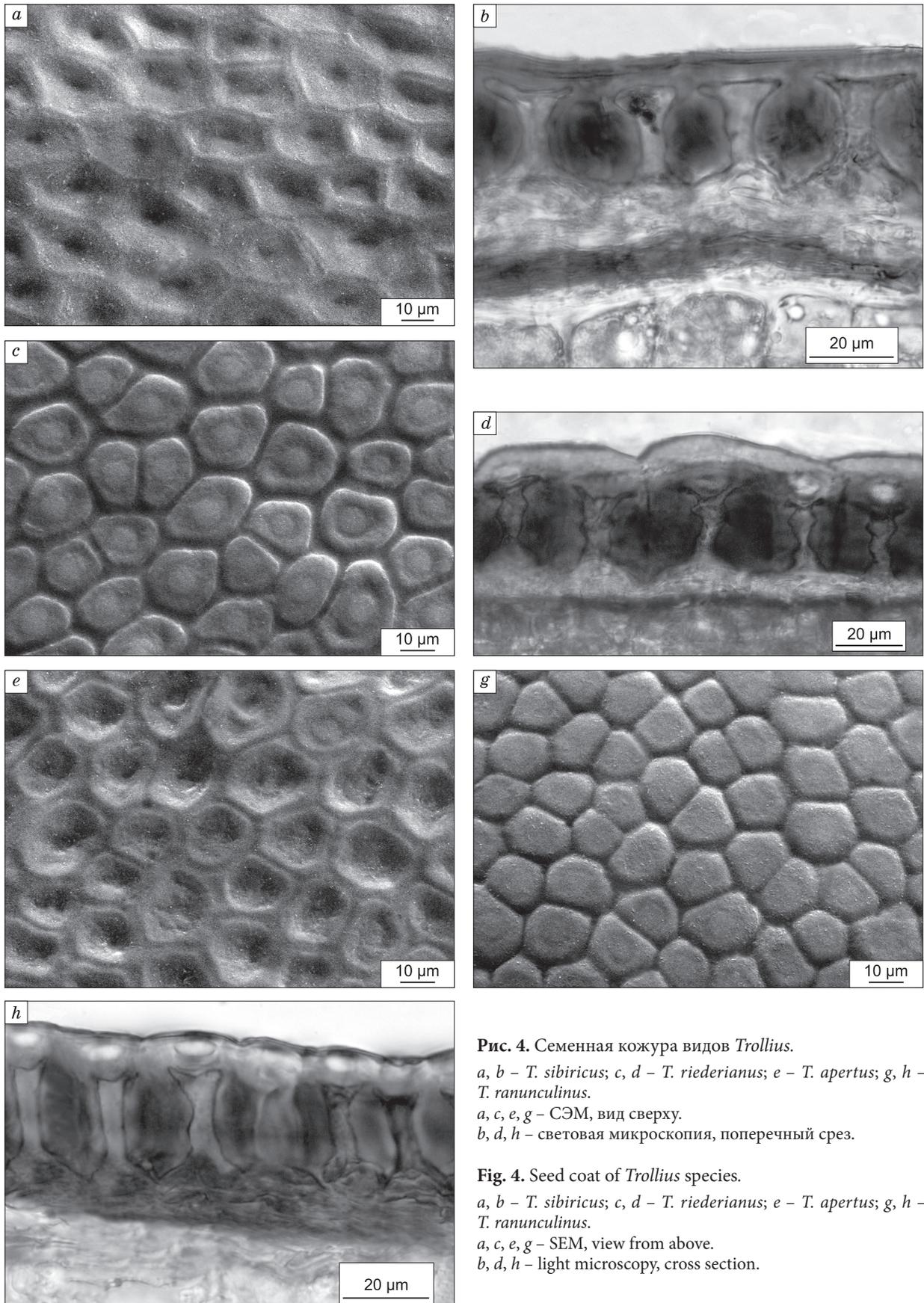


Рис. 4. Семенная кожура видов *Trollius*.

a, b – *T. sibiricus*; *c, d* – *T. riederianus*; *e* – *T. apertus*; *g, h* – *T. ranunculinus*.

a, c, e, g – СЭМ, вид сверху.

b, d, h – световая микроскопия, поперечный срез.

Fig. 4. Seed coat of *Trollius* species.

a, b – *T. sibiricus*; *c, d* – *T. riederianus*; *e* – *T. apertus*; *g, h* – *T. ranunculinus*.

a, c, e, g – SEM, view from above.

b, d, h – light microscopy, cross section.

налета. Восковые выделения ни в одном из исследованных здесь образцов не становились настолько массивными, чтобы полностью скрыть первичную скульптуру и выпуклость центра периклиальной клетки экзотесты. У форм из наиболее географически удаленных регионов наблюдаются наибольшие различия по совокупности этих признаков, они достигают максимума на границах ареала вида (см. рис. 3, b, c). Большинство растений из среднеширотных популяций (образцы из Новосибирской, Томской, Кемеровской областей и Республики Алтай) имеют схожую скульптуру поверхности семенной кожуры, периклиальные стенки структурных клеток со слабо выраженным светлым пятном в центре и темным радиальным кольцом (см. рис. 3, c; 4, c). Семенная кожура *T. asiaticus* из Республики Саха близка к *T. sibiricus*, а из природных сборов Горного Алтая и Тывы близка к таковой у *T. altaicus*. Поскольку в литературе описана возможность гибридизации между *T. asiaticus* и другими видами рода на границе пересечения ареалов (Малышев, 1965; Сипливинский, 1972), мы полагаем, что такое сходство представляет собой результат интрогрессии.

Структура поверхности семенной кожуры *T. apertus* весьма полиморфна, встречаются семена с неравномерными микроутолщениями воскового налета, частично скрывающими первичную скульптуру, центры клеток экзотесты у этих видов светлые или темные (см. рис. 4, e).

Таким образом, большинство признаков строения семенной кожуры оказываются весьма пластичными и не подходят для диагностики видов. Наличие третичной скульптуры и толщина воскового налета являются нестабильными признаками. К более постоянным можно отнести: выпуклость центра клеток экзотесты, их вытянутость вдоль оси семени на выпуклой части поверхности, наличие или отсутствие волнистости границ воздушных полостей. Эти признаки требуют дальнейшего анализа как перспективные для дифференциации видов *Trollius*.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания ЦСБС СО РАН № АААА-А21-121011290025-2. Авторы выражают благодарность сотрудникам ЦСБС СО РАН, ЯБС и ИБПК СО РАН – О.Ю. Васильевой, И.А. Горбуновой, Н.К. Ковтонюк, Ю.В. Овчинникову, И.Г. Трофимовой, Д.Н. Андросовой за предоставленные для изучения семена, А.А. Красникову за ценные рекомендации. В статье использовался материал Биоресурсной научной коллекции ЦСБС СО РАН “Гербарий высших сосудистых растений, лишайников и грибов (NS, NSK)”, УНУ № USU 440537.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

- Берестецкая Т.Б.** Сравнительно-морфологический анализ спермодермы и перикарпия представителей семейства Ranunculaceae Juss.: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Киев, 1984. 22 с.
[Berestetskaya T.B. Comparative morphological analysis of spermoderm and pericarp of the Ranunculaceae Juss. family species [Sravnitel'no-morfologicheskii analiz spermodermi i perikarpiya predstaviteley semeystva Ranunculaceae Juss.]: Abstr. ... Diss. Cand. Sci. Kiev, 1984. 22 p. (In Russian)]
- Буглова Л.В.** Структура семенной кожуры у азиатских видов *Trollius* (Ranunculaceae). *Бот. журн.* 2013. (3):315-321.
[Buglova L.V. The spermoderm structure in asian species of *Trollius* (Ranunculaceae). *Botanicheskij Zhurnal = Botanical Journal*. 2013. (3):315-321. (In Russian)]
- Воронкова Н.М., Холина А.Б.** Морфология, биология прорастания и криорезистентность семян представителей флоры острова Сахалин. *Вестник КрасГАУ. Растениеводство*. 2010. (4):30-36.
[Voronkova N.M., Kholina A.B. Morphology, germination biology and cryotolerance of the seeds that are the representatives of the Sakhalin island flora. *Vestnik KrasGAU. Rastenievodstvo = The Bulletin of KrasGAU*. 2010. (4):30-36. (In Russian)]
- Дженсен У.** Ботаническая гистохимия. М., 1965. 380 с.
[Dzhensen U. Botanical histochemistry. Moscow, 1965. 380 p. (In Russian)]
- Зиман С.Н.** Морфология и филогения семейства лютиковых. Киев, 1985. 248 с.
[Ziman S.N. Morphology and phylogeny of the buttercup family. Kiev, 1985. 248 p. (In Russian)]
- Карапетян Н.А.** Сравнительная анатомия спермодермы ряда родов подсемейства Helleborodoidae сем. Ranunculaceae. *Биологический журнал Армении*. 1978. XXXI(10):1052-1059.
[Karapetyan N.A. Comparative spermoderm anatomy of several genera of the Helleborodoidae subfamily, Ranunculaceae family. *Biologicheskij zhurnal Armenii = Biol. Journ. of Armenia*. 1978. XXXI(10):1052-1059. (In Russian)]
- Малышев Л.И.** Высокогорная флора Восточного Саяна: обзор сосудистых растений, особенности состава и флорогенезис. М.; Л., 1965. 368 с.
[Malyshev L.I. High-mountain flora of the Eastern Sayan: vascular plants overview, composition specificities and florogenesis. Moscow-Leningrad, 1965. 368 p. (In Russian)]
- Сипливинский В.Н.** Род *Trollius* L. на севере и востоке Азии. *Новости сист. высш. раст.* 1972. 9:163-182.
[Siplivinskiy V.N. The genus *Trollius* L. in northern and eastern Asia *Novosti Sistematiki Vysshikh Ras-*

- tenii* = *Novit. Syst. Plant. Vasc.* 1972. 9:163-182. (In Russian)]
- Шипчинский Н.В.** Купальница – *Trollius* L. В: Флора СССР. 1937. Т. 7. С. 42-53.
[Shipchinskiy N.V. *Trollius* L. = Kupaľ'nitsa – *Trollius* L. In: Flora SSSR. 1937. Vol. 7. P.42-53. (In Russian)]
- Antkowiak W., Maciejewska-Rutkowska I., Jagodzinski A.M., Kayzer D., Klimko M.** Variation of seed morphology of *Trollius europaeus* L. and *Trollius altissimus* crantz (Ranunculaceae). *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. 2010. 79(2):117-123. <https://doi.org/10.5586/asbp.2010.016>
- Barthlott W.** Epidermal and seed surface characters of plants: systematic applicability and some evolutionary aspects. *Nord. J. Bot.* 1981. 1(3):345-355. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.1981.tb00704.x>
- Doroszevska A.** The genus *Trollius* L. A taxonomical study. *Monographiae botanicae*. 1974. 41:1-184.
- Jang M.Y., Heo K.** Reproductive morphology of *Megaleranthis saniculifolia* Ohwi (Ranunculaceae) and its systematic implications. *J. Plant Biol.* 2005. 48(1):128-135.

Информация об авторах:

Буглова Любовь Викторовна – канд. биол. наук, с.н.с. лаборатории интродукции декоративных растений, Центральный сибирский ботанический сад СО РАН (630090, Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101, Россия)

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-9978-1569>

e-mail: astro11@rambler.ru

Анастасия Станиславовна Гусар – аспирант, Центральный сибирский ботанический сад СО РАН (630090, Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101, Россия)

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-4426-9795>

e-mail: gusara663@gmail.com

THE STRUCTURE OF THE SEED COOTS OF SOME SPECIES OF THE GENUS *TROLLIUS***L.V. Buglova, A.S. Gusar**

Central Siberian Botanical Garden, SB RAS,
101, Zolotodolinskaya str., Novosibirsk, 630090, Russia; astro11@rambler.ru

The seed coat structure or exotesta was first studied in the following species *Trollius apertus* Perf. ex Igoschina, *T. ranunculinus* (Sm.) Stearn (section *Trollius* Doroz.), *T. sibiricus* Schipcz. (section *Longipetala* Doroz) and *T. riederianus* Fisch. et C.A. Mey. (section *Insulaetrollius* Doroz.). In the paper, there is presented the analysis of our long-term data on seed coat structure variability in 13 samples of *T. asiaticus* L. (section *Longipetala* Doroz.) collected in different parts of the area.

The seeds are angular, ribbed-scribulate with cell of the same tri-hexahedral shape and straight anticlinal walls. The seed coat is smooth, exotestal; aerenchyma is formed by inner layers of the outer integument, while tegmen is formed by inner integument. In the cross-section, the aerenchyma is 28–40 µm thick; other layers get squished and flatten by full ripeness. At the convex side of seeds, aerenchyma is 5–8 µm thick and tegmen – 4–7 µm.

Cross-section of ripe seeds shows a vertical hollow in the center of each exotesta cell. The hollow is 2–5 µm wide in its narrowest part and air fills it in the process of cellular protoplast withering away, which takes place usually at the wax ripeness stage. The spermoderm analysis by electron microscopy was conducted in longitudinal section as well.

The description of seed coat sculpture by scanning electron microscopy (SEM) was carried out according to W. Barthlott (1981). Additionally, there are described cross-sections and the average scheme of the structure is given.

The spermoderm surface morphology is represented by the primary sculpture in *T. apertus* and *T. ranunculinus* species. The tertiary sculpture is observed as a discontinuous wax coating in *T. asiaticus* and *T. sibiricus*, and as a complete one in *T. riederianus*. In all the species under the study, wax coating does not obscure the primary sculpture traits.

In all *Trollius* genus representatives, the seed coat secondary sculpture is not expressed. We have refined the specific terms which describe the seed coat of *Trollius* species. The common consistent patterns of the genus have also been revealed. Significant polymorphy of seed coat structure characters was established in *T. asiaticus* plants from different regions; and their variability was evaluated in samples collected from the same populations in 2017–2020 years. The study of seeds from natural populations of the Sakha Republic and the Altay Republic allows to conclude that plants growing in the most remote from each other geographic regions range mostly in the entirety of the characters. The difference is found maximum in plants from the edges of the species area. Most seed coat

structure characters appear to possess rather high plasticity not only within population sampling but even in one single seed, thus they cannot be applied for species diagnostics. SEM shows the form of exotesta cells as the most variable. It depends on the seed ribbing, so we recommend to describe the cells of the convex surface only. To characterise the seed coat in *Trollius* species we highlight more or less stable traits which demand further study in other representatives of the genus. Relatively constant characters of the spermoderm surface are presence or absence of axial strands formed by exotesta cells due to their flattening in one direction, and the colour and budge of the structural element center. By the cross-section there should be checked the shape of the air hollow and the air bubble presence above it.

Key words: *Trollius*, seeds, seed coat, exotesta, cells, SEM.

For citation: Buglova L.V., Gusar A.S. The structure of the seed coats of some species of the genus *Trollius*. *Rastitel'nyj Mir Aziatskoj Rossii* = Flora and Vegetation of Asian Russia. 2021;14(4):284-292. DOI 10.15372/RMAR20210403.

Acknowledgements. *The research was conducted according to the State Assignment of CSBG SB RAS No. AAAA-A21-121011290025-2. The authors would like to express gratitude to O.Y. Vasilyeva, I.A. Gorbunova, N.K. Kovtonyuk, Y.V. Ovchinnikov, I.G. Trofimova, D.N. Androsova for providing the seeds for the study and A.A. Krasnikov for valuable consultations (CSBG SB RAS, YBG, IBPC SB RAS). In the paper the material of biore-source scientific collection of CSBG RAS "Herbarium of vascular plants, lichens and mushrooms (NS, NSK)" USU 440537 was used.*

Authors info:

Lyubov V. Buglova, PhD in Biology, Senior Researcher, of the laboratory of ornamental plants introduction, Central Siberian Botanical Garden, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (101, Zolotodolinskaya str., Novosibirsk, 630090, Russia)

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-9978-1569>

e-mail: astro11@rambler.ru

Anastasiya S. Gusar, PhD student, Central Siberian Botanical Garden, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (101, Zolotodolinskaya str., Novosibirsk, 630090, Russia)

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-4426-9795>

e-mail: gusara663@gmail.com

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию / Received by the editors 17.05.2021

Принята к публикации / Accepted for publication 11.09.2021