

УДК 581.4:582.912.42 (571.6)

И.М. Кокшеева¹
Н.Н. Нарышкина²I.M. Koksheeva
N.N. Naryshkina**МОРФОЛОГИЯ ПЫЛЬЦЫ И СЕМЯН НЕКОТОРЫХ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ ВИДОВ
ПОДСЕКЦИИ *RHODORASTRUM* РОДА *RHODODENDRON* (ERICACEAE)****POLLEN AND SEED SURFACE MORFOLOGY IN SOME REPRESENTATIVES
OF THE GENUS *RHODODENDRON* SUBSECT. *RHODORASTRUM* (ERICACEAE)
IN THE RUSSIAN FAR EAST**

Аннотация. Методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) проведено сравнительное исследование морфологии пыльцы и семян 3 видов рода *Rhododendron* L. подсемейства *Rhodorastrum* (Maxim.) Cullen: *Rh. dauricum* L., *Rh. mucronulatum* Turcz., *Rh. sichotense* Pojark. Результаты дискриминантного анализа морфометрических признаков пыльцы и семян доказали обособленность видов *Rh. sichotense*, *Rh. dauricum* и *Rh. mucronulatum*. На уровне пыльцы виды различаются по типу скульптуры (гранулярная, морщинистая, мелкоморщинистая) в области апокольпума, мезокольпума, апертур, и по диаметру тетрады. Для семян исследованных видов выделен таксономически значимый морфометрический признак – коэффициент вытянутости клеток экзотесты.

Ключевые слова: *Rhododendron*, пыльца, семена, морфология, СЭМ.

Summary. Comparative study of pollen and seed morphology of three species of *Rhododendron* L. subsect. *Rhodorastrum* (Maxim.) Cullen (*Rh. dauricum* L., *Rh. mucronulatum* Turcz., *Rh. sichotense* Pojark.) is performed. Results of discriminant analysis of the total of morphometric characters of pollen and seeds have proved the distinctness of all three species from each other. Differences of pollen are observed in the type of sculpture (granulate, rugulate, microrugulate) and in the diameter of tetrads. The coefficient of elongation of the exotesta cells is established as a valuable morphometric character.

Key words: *Rhododendron*, pollen, seed, morphology, SEM.

Введение. Представители рода *Rhododendron* L. в пределах России встречаются только в Сибири и на территории российского Дальнего Востока. При этом виды, произрастающие в Сибири, в большинстве являются общими с видами российского Дальнего Востока. Представители рода *Rhododendron* известны своим полиморфизмом, в результате чего данные о видовом составе рода для флоры российского Дальнего Востока существенно разнятся, насчитывая от 9 до 15 видов (Александрова, 1975; Ворошилов 1966; Коропачинский, Встовская, 2002; Мазуренко, 1980; Мазуренко, Хохряков, 1991; Недолужко, 1995).

В сводке “Сосудистые растения советского Дальнего Востока” (Мазуренко, Хохряков, 1991) род *Rhododendron* представлен 13 видами. Особый интерес представляют виды из подсемейства *Rhodorastrum* (Maxim.) Cullen секции *Rhododendron*. Представители подсемейства *Rho-*

dorastrum характеризуются наличием конвергентных морфологических признаков в связи, с чем одни авторы (Ворошилов 1982; Недолужко, 1995) *Rh. sichotense* и *Rh. mucronulatum* относят к подвидам *Rh. dauricum*, а другие (Мазуренко, Хохряков, 1991) выделяют *Rh. dauricum* и *Rh. mucronulatum* как самостоятельные виды. Однако большинство исследователей (Александрова, 1975; Воробьев и др., 1966; Ворошилов, 1966; Пояркова, 1952) рассматривают *Rh. sichotense*, *Rh. dauricum* и *Rh. mucronulatum* как три самостоятельных вида.

Долгое время считалось, что на Дальнем Востоке произрастает два близких между собой вида: *Rh. dauricum* и *Rh. mucronulatum*. При обработке рода *Rhododendron* для “Флоры СССР” А.И. Пояркова в 1952 году описала *Rh. sichotense*, а также пришла к заключению, что настоящий *Rh. mucronulatum* произрастает только на юге Приморского края. По данным А.И. По-

¹Ботанический сад-институт ДВО РАН, ул. Маковского, 142; 690024, Владивосток, Россия; e-mail: koksheeva@yandex.ru

²Биолого-почвенный институт ДВО РАН, пр-т 100 лет Владивостоку, 159; 690024, Владивосток, Россия; e-mail: naryshkina.natali@gmail.com

¹Botanical Garden-Institute FEBRAS, Makovsky str., 142; 690024, Vladivostok, Russia

²Biology and Soil Science FEBRAS, 100 let Vladovostoku ave.; 690024, Vladivostok, Russia

ярковой (1952), *Rh. mucronulatum* отличается от *Rh. dauricum* более крупными цветками с менее открытым отгибом, надрезанным до середины на широкие округлые лопасти, перекрывающие друг друга, более крупными коробочками, сидячими на более длинных ножках, и остроконечными листьями. По форме цветка и величине коробочки *Rh. sichotense* близок к *Rh. mucronulatum*, отличаясь от него широкими тупо-вершинными темно-зелеными сверху и бурными снизу, зимующими листьями, всегда лишенными щетинистого опушения. Общие признаки видов, такие как размер растения, листьев и цветков, по нашему мнению, являются полиморфными и находятся в зависимости от экологических условий произрастания. По данным М.Т. Мазуренко (1980), *Rh. mucronulatum* на юге Приморского края находится на северной границе своего ареала. *Rhododendron dauricum* распространен на Дальнем Востоке в Амурской области, Хабаровском крае, северной части Приморского края, за исключением восточных склонов Сихотэ-Алиня, где он замещается близким эндемичным видом *Rh. sichotense*.

Для решения проблем систематики в последние годы большое внимание уделяют изучению морфологии пыльцы, спор, семян и плодов с использованием сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) (Алексеева и др., 2011; Ваганов и др., 2011; Ковтонюк, 2011; Колдаева, Гончарова, 2005; Шалимов и др., 2011; Barthott, 1981; Ding et al., 2000; Gontcharova et al., 2009; Wang et al., 2006, 2007; Yang et al., 2003). Исследование скульптуры поверхности спородермы пыльцевых зерен с помощью СЭМ позволяет выявлять таксономически значимые признаки субмикроскопического строения. Эти признаки важны для видовой диагностики современных и фоссильных пыльцевых зерен, а также для решения вопросов систематики и филогении семенных растений. Использование СЭМ при исследовании пыльцы видов рода *Rhododendron* показало, что тип скульптуры имеет важное систематическое значение при выделении секционных и подсекционных групп в пределах рода (Park, Song, 2010; Sarwar, 2007; Wang et al., 2006; Zetter, Hesse, 2009; Zhang et al., 2009). Yue-Jiao Zhang с соавторами (2009) при рассмотрении систематики подрода *Tsutsusi* (Sweet) Pojark. показали, что распределение видов по скульптуре пыльцы согласуется с дифференциацией видов внутри подрода. Признаки семенной кожуры стабильны и консервативны, почти не поддаются воздействию внешней среды, что придает им

высокое таксономическое значение, поэтому для выявления таксономически значимых признаков и путей эволюции используют морфологию семян рододендронов (Ding et al., 1995; Wang et al., 2006).

Несмотря на довольно хорошую изученность морфологии пыльцы и семян представителей рода *Rhododendron* в целом (Ding et al., 1995; Yang et al., 2003; Wang et al., 2006; Zhang et al., 2009), виды российского Дальнего Востока остались не исследованы. В связи с этим наша работа направлена на изучение морфологии пыльцы и семян *Rh. sichotense*, *Rh. dauricum* и *Rh. mucronulatum* с целью выявления систематически значимых признаков.

Материалы и методы. Материалом для данного исследования послужили образцы пыльцы и семян 3 видов рода *Rhododendron* L. Пыльца была собрана в период цветения с растений, культивируемых в Ботаническом саду-институте ДВО РАН (БСИ ДВО РАН), привезенных из мест естественного произрастания видов: *Rh. dauricum* L. – окр. г. Иркутска, *Rh. mucronulatum* Turcz. – окр. г. Владивостока, *Rh. sichotense* Pojark. – окр. г. Дальнегорск. Семена были отобраны с гербарного материала БСИ ДВО РАН (VBGI) и, для подтверждения стабильности исследуемых признаков, с культивируемых растений.

Пыльцу и семена исследовали в центре коллективного пользования Биолого-почвенного института ДВО РАН с помощью сканирующего электронного микроскопа ZEISS EVO 40. Образцы пыльцы и семян наносилась на двухсторонний скотч, крепились на предметные металлические столики диаметром 10 мм. Сканирование образцов проводилось при увеличении от 90 до 10000 раз. Измерение параметров пыльцы и семян проводили в 50-кратной повторности.

Для видовой характеристики пыльцевых зерен были использованы следующие стандартные параметры: диаметр тетрады (D), полярная ось (P), экваториальная ось (E (d)). Форма тетрады и пыльцевого зерна (коэффициент вытянутости) устанавливался соотношением диаметра тетрады и экваториальной оси (D/d) и длин полярной оси и экваториального диаметра (P/E). При описании морфологии пыльцевых зерен использовалась стандартная терминология (Кремп, 1967; Мейер-Меликян, 1987; Punt et al., 2007).

При описании ультраскульптуры семян использовали общепринятую терминологию (Barthott, 1981). Определяли размер семени (длина, ширина), общее очертание клеток экзотесты, форму наружных периклиальных и

антиклинальных стенок. Для учета соотношения длины (D) периклинальных клеток к их ширине (H) был введен коэффициент вытянутости (P). Коэффициент вытянутости клеток экзотесты определяли по формуле: $P=D/H$ по результатам 10 замеров в центральной части каждого семени.

Статистический анализ данных выполнен в программе Statistica 6 и PAST.

Результаты электронно-микроскопического исследования.

Описание пыльцы.

Rhododendron dauricum L. – Рододендрон даурский (рис. 1 а-б; 2 а-б).

Пыльцевые зерна соединены в округло-треугольные тетраэдрические тетрады. Отдельные пыльцевые зерна трехбороздно-оровые, в очертании округло-трехлопастные, сфероидальные, сплюснuto-сфероидальные. $P/E = 0,71$. Размер тетрады 42,10–48,57 (44,95) мкм. Длина

полярной оси 17,92–23,52 (20,15) мкм. Экваториальный диаметр 23,77–31,21 (28,23) мкм. Коэффициент $D/d = 1,59$. Апертуры сложные, длина борозд 12,77–22,51 (16,45) мкм, ширина около 5 мкм, ора поперечно вытянутая. Утолщение около апертур отсутствует. Скульптура на апокольпиуме гранулярная, в области мезокольпиума гранулы образуют крупные сближенные морщины. Скульптура около апертурного пространства гранулярная.

Rhododendron mucronulatum Turcz. – Р. остроконечный (рис. 1 в-г; 2 в-г).

Пыльцевые зерна соединены в округло-треугольные тетраэдрические тетрады. Отдельные пыльцевые зерна трехбороздно-оровые, в очертании округло-трехлопастные, сфероидальные, сплюснuto-сфероидальные. $P/E = 0,68$. Размер тетрады 33,75–40,90 (36,78) мкм. Длина полярной оси 15,09–19,68 (17,65) мкм. Эква-

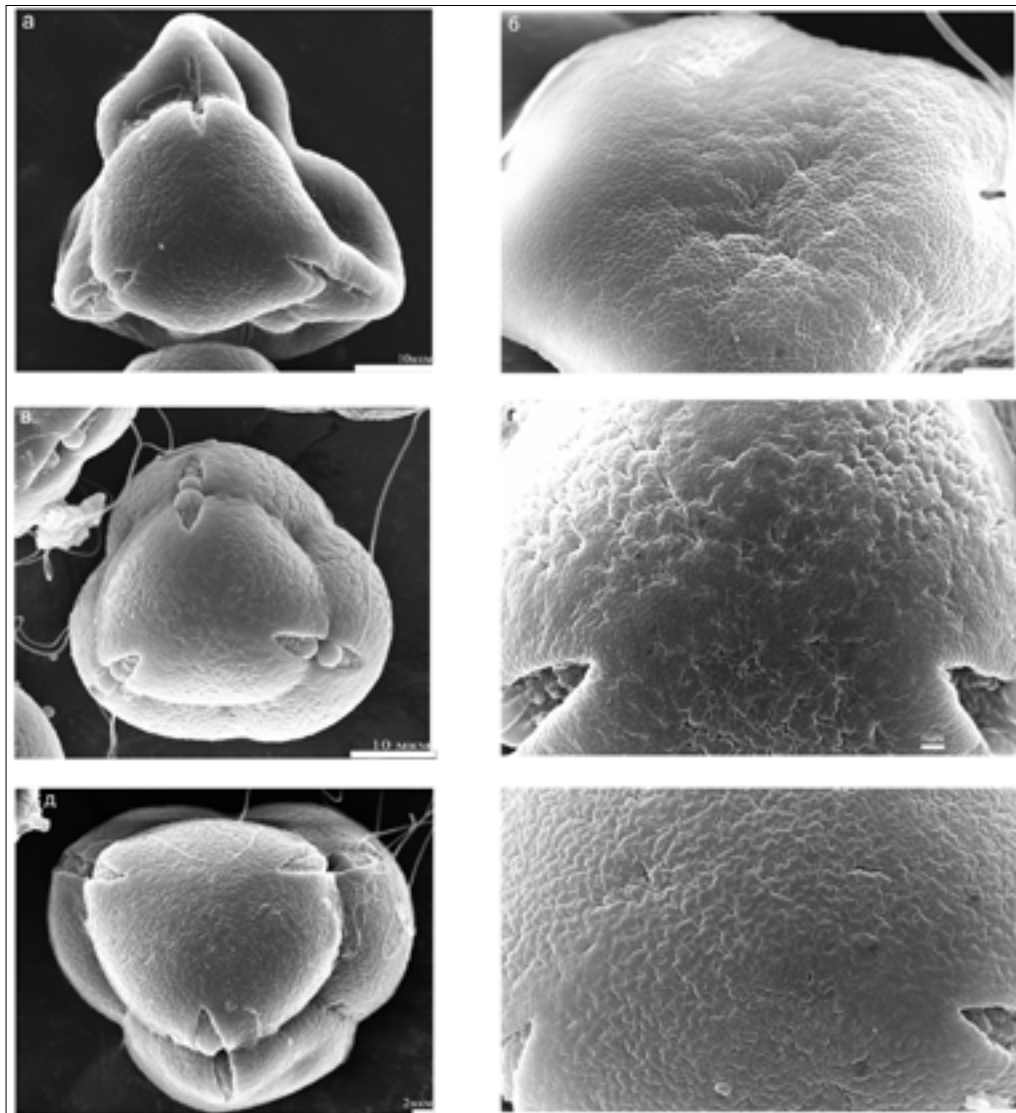


Рис. 1. Пыльцевые зерна (СЭМ): *Rh. dauricum* (а – тетрада, $\times 1580$; б – скульптура апокольпиума, $\times 5000$); *Rh. mucronulatum* (в – тетрада, $\times 1800$; г – скульптура апокольпиума, $\times 5000$); *Rh. sichotense*: (д – тетрада, $\times 1950$; е – скульптура апокольпиума, $\times 5000$).

ториальный диаметр 22,78–29,77 (25,58) мкм. Коэффициент $D/d = 1,43$. Апертуры сложные, длина борозд 11,49–17,52 (14,37) мкм, ширина 1,20–4,00 (2,50) мкм, ора поперечно вытянута. Утолщение около апертур отсутствует. Скульптура на апокольпиуме микроморщинистая, в области мезокольпиума крупноморщинистая, морщины расположены на расстоянии друг от друга. Скульптура около апертурного пространства микроморщинистая, морщины образованы мелкими гранулами и палочками.

Rhododendron sichotense Rojark. – Р. сихотинский (рис. 1 д-е; 2 д-е).

Пыльцевые зерна соединены в округло-треугольные тетраэдрические тетрады. Отдельные пыльцевые зерна трехбороздно-оровые, в очертании округло-трехлопастные, сфероидальные, сплюснута-сфероидальные. $P/E = 0,6$. Размер тетрады 37,80–47,52 (41,73) мкм. Длина

полярной оси 13,29–20,78 (15,94) мкм. Экваториальный диаметр 23,31–32,45 (28,43) мкм. Коэффициент $D/d = 1,46$. Апертуры сложные, длина борозд 13,29–20,78 (15,94) мкм, ширина 2,10–4,00 (2,93) мкм, ора поперечно вытянута. Около апертур имеется утолщения. Скульптура морщинистая в области апокольпиума и мезокольпиума. Скульптура около апертурной области сглаженно-морщинистая.

Описание семян.

Rhododendron dauricum (рис. 3 а-в).

Семена мелкие, 7,5–11,4 мм дл., 2,5–5,4 мм шир., продолговатые, без крыловидных придатков, уплощенные, коричневого цвета. Клетки экзотесты полигональные, вытянуты вдоль продольной оси семени и имеют прямолинейные очертания, наружные периклиальные стенки вогнутые, антиклинальные стенки выступающие, утолщенные, клеточные границы не вы-

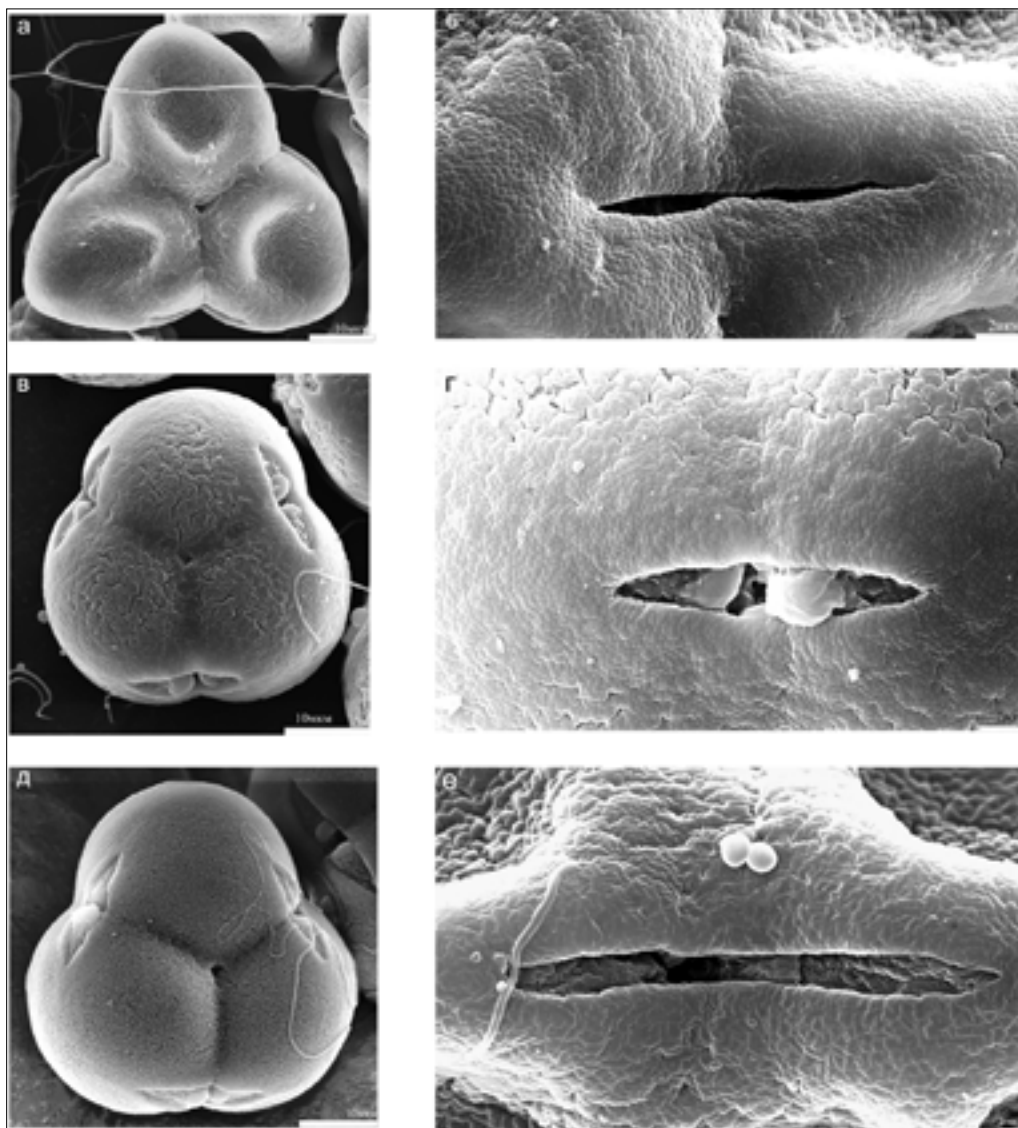


Рис. 2. Пыльцевые зерна (СЭМ): *Rh. dauricum* (а – тетрада, $\times 1500$; б – апертура, $\times 5000$); *Rh. mucronolatum* (в – тетрада, $\times 1800$; г – апертура, $\times 5000$); *Rh. sichotense* (д – тетрада, $\times 1950$; е – апертура, $\times 5000$).

ражены. Коэффициент вытянутости клеток составляет 7,5. Скульптура экзотесты сетчатая.

Rhododendron mucronulatum (рис. 3 г-е).

Семена мелкие, 9,0–14,6 мм дл., 3,3–5,8 мм шир., продолговатые, без крыловидных придатков, уплощенные, коричневого цвета. Клетки экзотесты полигональные, вытянуты вдоль продольной оси семени и имеют прямолинейные очертания, наружные периклиальные стенки вогнутые, антиклинальные стенки выступающие, утолщенные, клеточные границы не выражены. Коэффициент вытянутости клеток составляет 11,8. Скульптура экзотесты сетчатая.

Rhododendron sichotense (рис. 3 ж-и).

Семена мелкие, 9,0–14,1 мм дл., 3,2–5,8 мм шир., продолговатые, без крыловидных придатков, уплощенные, коричневого цвета. Клетки экзотесты полигональные, вытянуты вдоль продольной оси семени и имеют округлые очертания, наружные периклиальные стенки вогнутые, антиклинальные стенки выступающие, утолщенные, клеточные границы углубленные. Коэффициент вытянутости клеток составляет 4,5. Скульптура экзотесты сетчатая.

Обсуждение результатов. Пыльцевые зерна *Rh. sichotense*, *Rh. dauricum* и *Rh. mucronulatum* представлены округло-тетраэдрическими тетрадами. Отдельные пыльцевые зерна трехбороздно-оровые, в очертании округло-трехлопастные, сфероидальные или сплюснuto-сфероидальные. Диаметр тетрад от 33,75 до 48,57 мкм, из них самые крупные у *Rh. dauricum*, а мелкие у *Rh. mucronulatum*. Изучение скульптуры поверхности спородермы с помощью СЭМ показало, что тип скульптуры в пределах одного пыльцевого зерна неоднороден, и различия между видами наблюдаются на уровне типа, локализации и размера скульптурных элементов. Для пыльцевых зерен исследуемых видов в области апокольпиума выделено два типа скульптуры: гранулярная (*Rh. dauricum*) и морщинистая (*Rh. sichotense*, *Rh. mucronulatum*) (рис. 1 б, г, е). Различия между *Rh. sichotense* и *Rh. mucronulatum* наблюдаются на уровне размера скульптурных элементов, у последнего вида они мельче. Тип скульптурных элементов, выделенных на апокольпиуме, распространяется и на околоапертурные пространства (рис. 2 б, г, е). Инте-

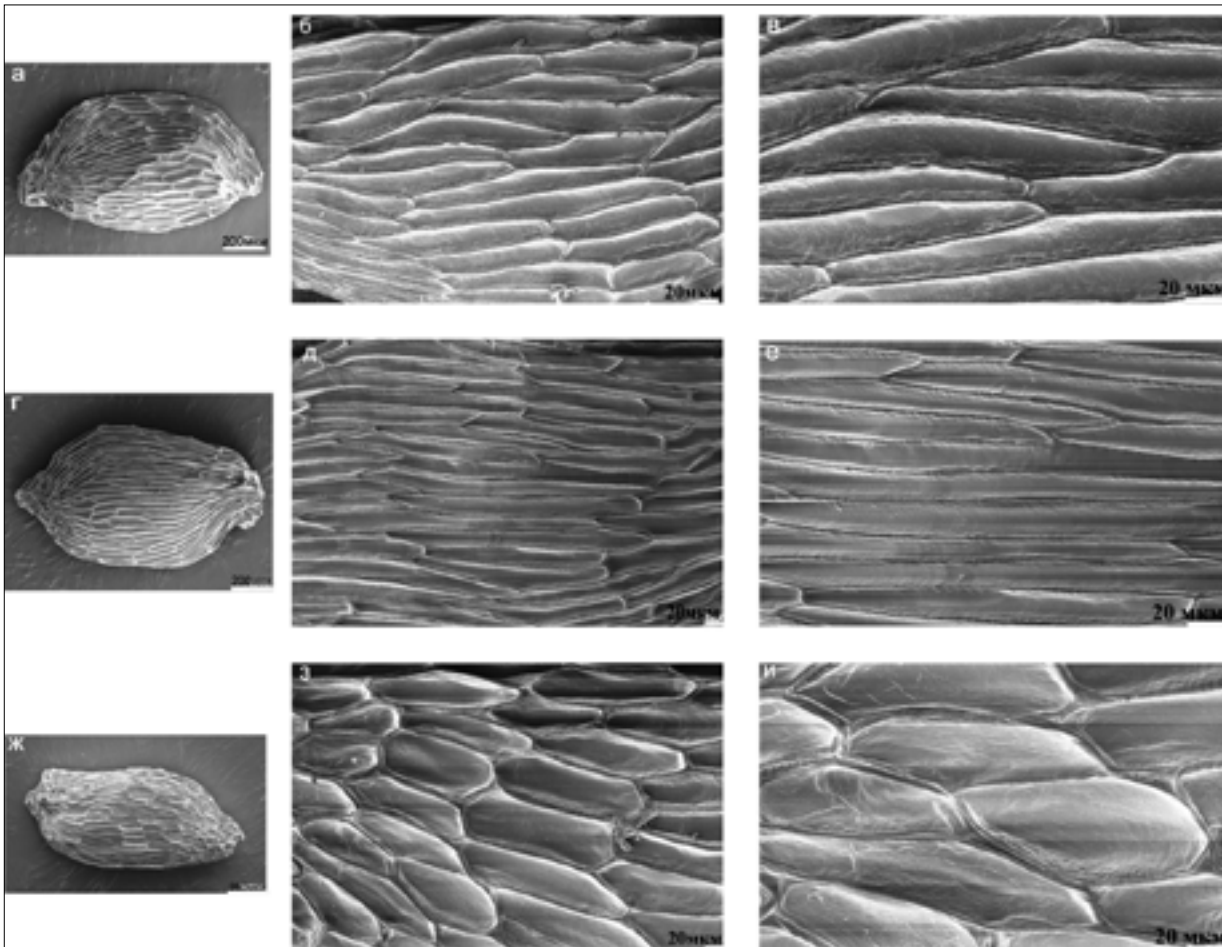


Рис. 3. Скульптура поверхности семян (СЭМ): *Rh. dauricum* (а – общий вид, $\times 90$; б – $\times 250$, в – $\times 500$); *Rh. mucronulatum* (г – общий вид, $\times 90$; д – $\times 250$, е – $\times 500$); *Rh. sichotense* (ж – общий вид, $\times 90$; з – $\times 250$, и – $\times 500$).

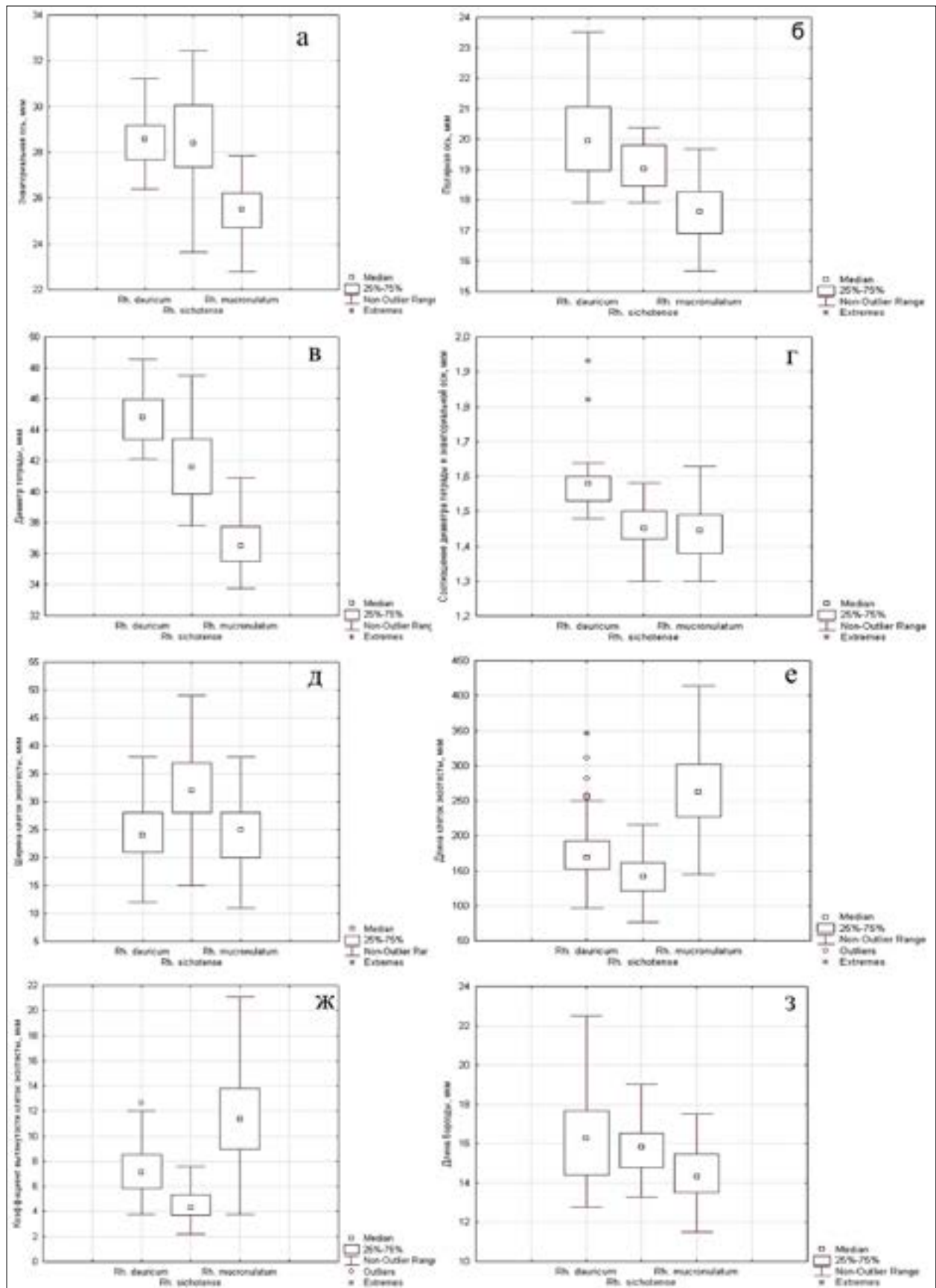


Рис. 4. Сравнительный анализ средних величин морфометрических показателей пыльцы и семян (мкм) *Rh. dauricum*, *Rh. mucronatum*, *Rh. sichotense*. Пыльца (а – экваториальная ось; б – полярная ось; в – диаметр тетрады; г – соотношение диаметра тетрады и экваториальной оси; з – длина борозды). Семена (д – ширина клеток экзотесты; е – длина клеток экзотесты; ж – коэффициент вытянутости клеток экзотесты).

рес представляет и скульптура в области мезокольпиума, характерная для каждого вида: *Rh. sichotense* – мелкоморщинистая, *Rh. dauricum* – крупноморщинистая, морщины сближены, *Rh. mucronulatum* – крупноморщинистая, морщины расположены на расстоянии друг от друга (рис. 2 а, б, д). Анализ морфометрических признаков пыльцы показал, что *Rh. sichotense*, *Rh. dauricum* и *Rh. mucronulatum* отличаются по диаметру тетрады (D) (рис. 4 в). По длине экваториальной (d) и полярной осей *Rh. mucronulatum* отличается от двух других исследуемых видов, а по соотношению D/d *Rh. dauricum* занимает обособленное положение (рис. 4 а, б, г). Такой признак, как длина борозды оказался неинформативным (рис. 4 з).

Семена всех исследованных видов очень мелкие, продолговатые, без крыловидных придатков, уплощенные. Размер семян 0,75–1,46 мм дл., 0,25–0,58 мм шир., однако у *Rh. dauricum* они мельче (0,75–1,14 мм дл., 0,25–0,54 мм шир.). Форма исследуемых семян зависит от их положения внутри коробочки, степени их сдавливания другими семенами и не является диагностическим признаком для видов подсекции *Rhodorastrum* (рис. 5). Микропилярная часть семени, как правило, расширена, а халазальная сужена. Зрелые семена имеют блестящую поверхность и окраску различных оттенков коричневого цвета. Скульптура поверхности семян оказалась довольно однообразной (сетчатой). Клетки экзотесты *Rh. dauricum* и *Rh. mucronulatum* полигональные, вытянуты вдоль продольной оси семени и

имеют прямолинейные очертания, наружные периклиальные стенки вогнутые, антиклиальные стенки выступающие, утолщенные, клеточные границы не выражены. Округлые очертания клеток экзотесты и углубленные клеточные границы отличают *Rh. sichotense* от двух других исследуемых видов (рис. 3 и). Сравнительный анализ морфометрических признаков клеток экзотесты показал, что *Rh. sichotense* отличается от *Rh. dauricum* и *Rh. mucronulatum* по ширине клеток экзотесты, а по длине клеток экзотесты *Rh. mucronulatum* занимает обособленное положение (рис. 4 д, е). Использование соотношения длины клеток экзотесты к ширине позволило выделить дополнительный диагностический признак – коэффициент вытянутости клеток. Размер и форма клеток экзотесты в различных частях семени неодинакова, поэтому замеры клеток проводили в центральной части семени, где хорошо прослеживается данный признак. Результаты исследований показали, что наименьший коэффициент вытянутости клеток экзотесты (4,5) характерен для *Rh. sichotense*. Выявленный коэффициент вытянутости оказался постоянным как для семян, полученных из естественных условий произрастания (п. Ковалерово, п. Ольга), так и для семян, полученных в условиях культуры. Коэффициент вытянутости клеток экзотесты у *Rh. dauricum* (7,5) тоже является постоянным как для семян, полученных из естественных условий произрастания (окр. г. Хабаровск и г. Благовещенск), так и для семян, полученных в условиях культуры.

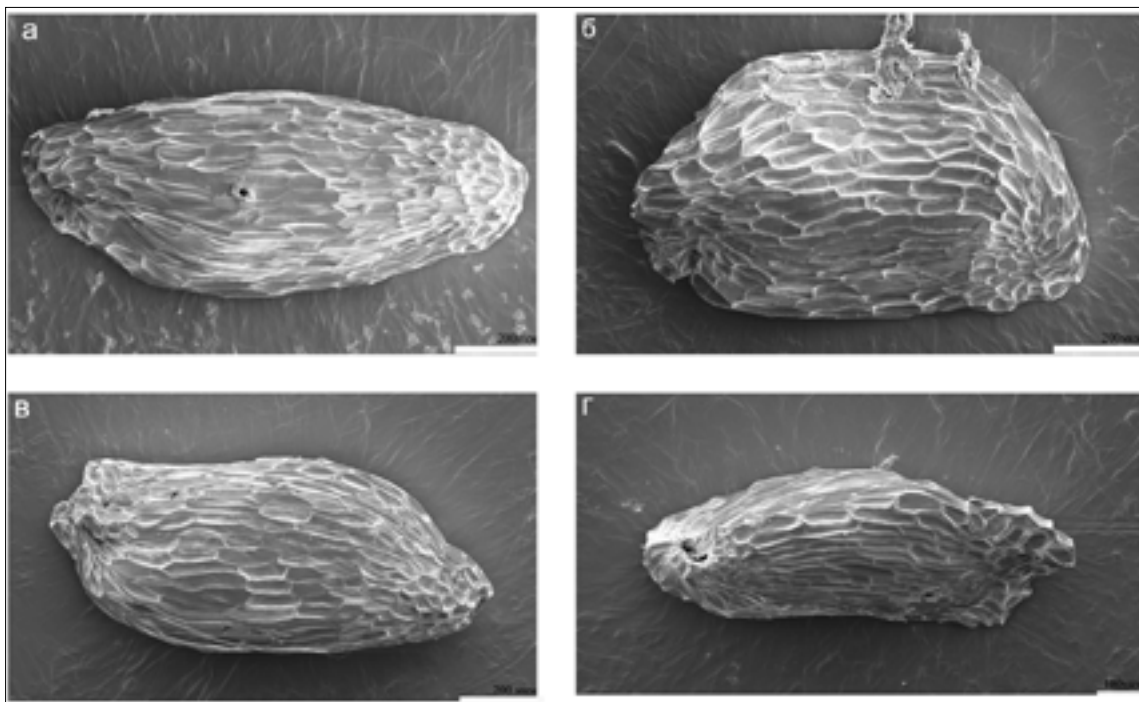


Рис. 5. Разнообразие форм семян *Rh. sichotense* (СЭМ).

Самый высокий (11,8) и вариабельный коэффициент вытянутости клеток экзотесты выявлен у *Rh. mucronulatum*.

Дискриминантный анализ по совокупности морфометрических признаков пыльцы и семян показал, что облака рассеивания видов лежат в разных плоскостях, и подтверждает обособленность *Rh. sichotense*, *Rh. dauricum* и *Rh. mucronulatum* (рис. 6).

Результаты исследования морфологических и морфометрических признаков пыльцы и семян видов подсекции *Rhodorastrum* рода *Rhododendron* с использованием метода СЭМ и

статистического анализа доказали обособленность видов *Rh. sichotense*, *Rh. dauricum* и *Rh. mucronulatum*. На уровне пыльцы виды различаются по типу скульптуры (гранулярная, морщинистая, мелкоморщинистая) в области апокольпиума, мезокольпиума, апертур, и по диаметру тетрады. Для семян исследованных видов выделен таксономически значимый морфометрический признак – коэффициент вытянутости клеток экзотесты (рис. 5 ж).

Исследования поддержаны Президиумом РАН и ДВО РАН (проект 12-I-П28-01).

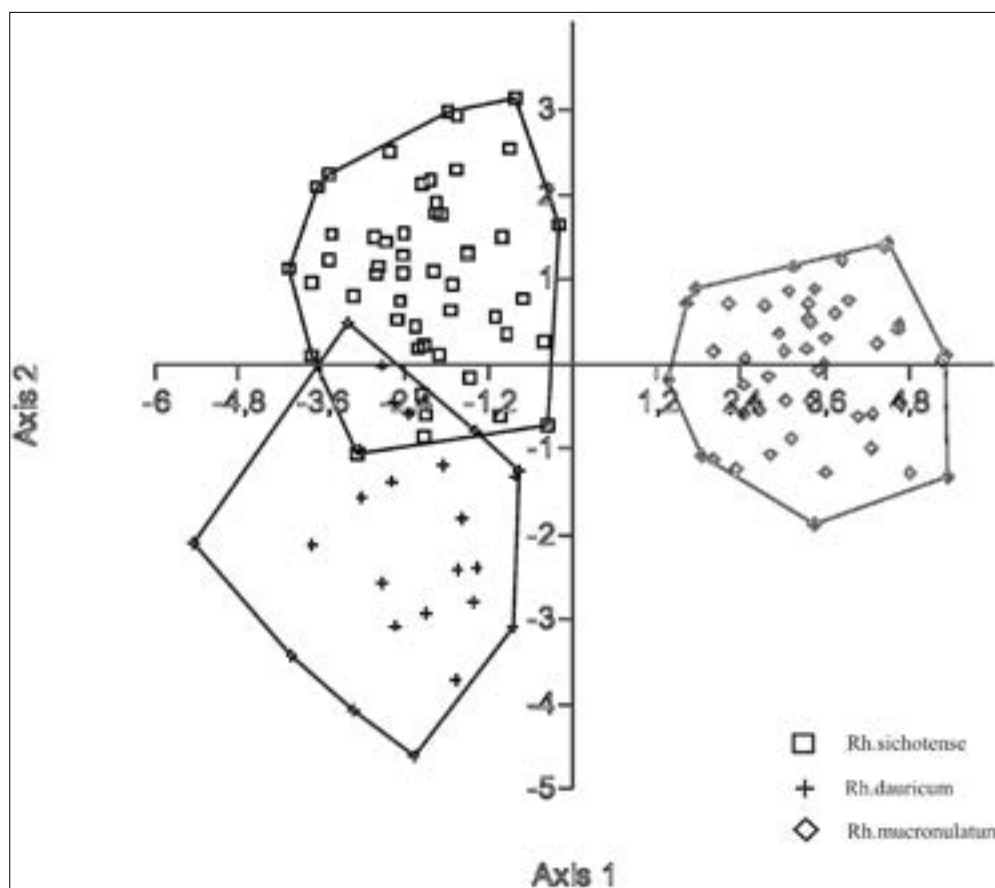


Рис. 6. Результаты дискриминантного анализа по суммарным морфометрическим показателям пыльцы и семян *Rh. dauricum*, *Rh. mucronulatum*, *Rh. sichotense*.

ЛИТЕРАТУРА

- Александрова М.С.* Рододендроны природной флоры СССР. – М.: Наука, 1975. – 112 с.
- Алексеева Н.Б., Болтенков Е.В., Миронова Л.Н.* Некоторые особенности морфологии семян дальневосточных видов рода *Iris* (Iridaceae) // Бот. журн., 2011. – Т. 96, № 7. – С. 851–857.
- Воробьев Д.П., Ворошилов В.Н., Горовой П.Г., Шретер А.И.* Определитель растений Приморья и Приамурья. – М.: Наука, 1966. – 500 с.
- Ворошилов В.Н.* Флора Советского Дальнего Востока. – М.: Наука, 1966. – 478 с.
- Ворошилов В.Н.* Определитель растений советского Дальнего Востока. – М.: Наука, 1982. – 672 с.
- Ваганов А.В., Кузнецов А.А., Шмаков А.И.* Систематика и морфология *Llavea cordifolia* Lag. (Caryophyllaceae) // Turczaninowia, 2011. – Т. 14, вып. 1. – С. 17–20.
- Ковтонюк Н.К.* К систематике секции *Cortusoides* рода *Primula* (Primulaceae) во флоре России // Бот. журн., 2011. – Т. 96, № 7. – С. 953–966.

- Колдаева М.Н., Гончарова С.Б.** Морфолого-анатомическая характеристика семян представителей семейства Sedoideae (Crassulaceae) флоры российского Дальнего Востока // Бот. журн., 2005. – Т. 90, № 11. – С. 1733–1744.
- Коропачинский И.Ю., Встовская Т.Н.** Древесные растения Азиатской России. – Новосибирск: СО РАН, 2002. – 707 с.
- Кремн Г.О.** Палинологическая энциклопедия. – М.: Мир, 1967. – 412 с.
- Мазуренко М.Т.** Рододендроны Дальнего Востока. – М.: Наука, 1980. – 230 с.
- Мазуренко М.Т., Хохряков А.П.** Семейство Ericaceae Juss. // Сосудистые растения советского Дальнего Востока. – СПб.: Наука, 1991. – Т. 5. – С. 119–166.
- Мейер-Меликян Н.Р.** Морфология спор и пыльцы / Методические аспекты палинологии. – М.: Недра, 1987. – С. 17–40.
- Недолужко В.А.** Конспект дендрофлоры российского Дальнего Востока. – Владивосток: Дальнаука, 1995. – 208 с.
- Пояркова А.И.** Род *Rhododendron* L. // Флора СССР. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1952. – Т. 18. – С. 31–61.
- Шалимов А.П., Ваганов А.В., Шмаков А.И.** Морфология спор российских видов рода *Polypodium* L. (Polypodiaceae J. Presl & C. Presl) // Turczaninowia, 2011. – Т. 14, вып. 2. – С. 5–14.
- Barthott W.** Epidermal and seed surface characters of plants: systematic applicability and some evolutionary aspects // Nord. J. Bot., 1981. – Vol. 1, № 3. – P. 345–354.
- Ding B.-Y., Hu H.-X., Zhang H.-M., Fang Y.-Y.** Seed morphology of *Rhododendron* L. (Ericaceae) from Zhejiang and its taxonomic significance // Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 1995. – Vol. 15 (6). – P. 36–42.
- Ding B.-Y., Sheng S.-Y., Miao J., Wu H.-X.** Studies on the correlativity of fruit morphology and seed number for 12 species of *Rhododendron* L. from Zhejiang province // Scientia Silvae Sinicae, 2000. – Vol. 4. – P. 102–105.
- Gontcharova S.B., Gontcharov A.A., Yakubov V.V.** Seed surface morphology in some representatives of the genus *Rhodiola* sect. *Rhodiola* (Crassulaceae) in the Russian Far East // Flora, 2009. – Vol. 204. – P. 17–24.
- Park J., Song U.** Pollen morphology of the genus *Rhododendron* (Ericaceae) of Korea // Journal of Korea Forest Society, 2010. – Vol. 99, № 5. – P. 665–672.
- Punt W., Hoen P.P., Blackmore S., Nilsson S., Thomas A. Le.** Glossary of pollen and spore terminology // Rev. Palaeobot. Palynol., 2007. – Vol. 143 – P. 1–81.
- Sarwar A.K.M. Golam.** Pollen morphology and its systematic significance in the Ericaceae: A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy. – Sapporo, 2007. – 302 p. <<http://eprints.lib.hokudai.ac.jp/dspace/bitstream/2115/46925/1/sarwar.pdf>>
- Yang R.-L., Wei X.-Z., Bi R.-C.** A study on the leaf epidermis and the pollen morphology of *Rhododendron micranthum* // Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2003. – Vol. 23. – P. 806–810.
- Zhang Y.-J., Jin X.-F., Ding B.-Y., Zxu J.-P.** Pollen morphology of *Rhododendron* subgen. *Tsutsusi* and its systematic implications // Journal of Systematics and Evolution, 2009. – Vol. 47, № 2. – P. 123–138.
- Wang Y.-G., Li G.-Z., Ou Z.-L.** Pollen morphology of *Rhododendron* and its taxonomic implication // Guihaia, 2006. – Vol. 2. – P. 113–119.
- Wang Y.-G., Li G.-Z., Zhang W.-J., You J., Chen J.-K.** A systematic study of the genus *Rhododendron* (Ericaceae) using micromorphological characters of fruit surface and seed coat // Acta Phytotaxonomica Sinica, 2007. – Vol. 45, № 1. – P. 21–38.
- Zetter R., Hesse M.** The morphology of pollen tetrads and viscin thread in some Tertiary, *Rhododendron*-like Ericaceae // Grana, 1996. – Vol. 35, № 5. – P. 285–294.