

МОРФОЛОГИЯ ПЫЛЬЦЫ НЕКОТОРЫХ МЕДОНОСНЫХ ВИДОВ СЕМЕЙСТВА ROSACEAE ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2023 г. А. Д. Скомаха^{1, 2}, В. В. Григорьева¹, Н. А. Медведева^{1, 2, *}, Д. А. Брицкий¹

¹Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

²Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург, Россия

*e-mail: namedvedeva@mail.ru

Поступила в редакцию 31.07.2023 г.

После доработки 03.08.2023 г.

Принята к публикации 03.10.2023 г.

С помощью светового и сканирующего электронного микроскопов изучена морфология пыльцы 11 дикорастущих и интродуцированных медоносных видов растений, широко распространенных в Ленинградской области и относящихся к 9 родам семейства Rosaceae. Установлено, что пыльцевые зерна всех исследованных видов средних размеров, 25–40 мкм, изредка немного меньше, у большинства 3-бороздно-оровые, у *Sanguisorba officinalis* L. 6-бороздно-оровые, со струйчатой или производной от нее скульптурой. В дисперсном состоянии пыльца легко определяется до семейства и часто до рода. Однако представители родов *Rosa* и *Rubus* по пыльце различаются плохо. Полученные данные позволят упростить производителям меда ботаническое определение пыльцы представителей семейства Rosaceae в тестируемых образцах меда.

Ключевые слова: Rosaceae, медоносные растения, пыльцевые зерна, палиноморфология, Ленинградская область

DOI: 10.31857/S0033994623040106, EDN: XXSLUC

Растения, продуцирующие много нектара и часто посещаемые медоносными пчелами, принято называть медоносными растениями или медоносами. Рацион пчел основан на меде и ферментированной пыльце. Пыльца медоносных растений является основным источником белков, липидов, витаминов и минералов для медоносных пчел. Питание колонии медоносных пчел, и как следствие состав и количество пыльцы в меде, напрямую зависят от состава и количества растений, произрастающих рядом с пасеками. Не все растения дают одинаково питательную пыльцу или одинаковое количество нектара и пыльцы. Многие представители сем. Rosaceae признаны хорошими медоносами. В Ленинградской области известно 120 видов этого семейства, относящихся к 29 родам, большинство из них являются медоносными [1].

Пыльца является важным инструментом при анализе качества меда. Определение ботанического происхождения пыльцы, содержащейся в меде, в настоящее время является обязательным требованием ГОСТа РФ 19792-2017 [2]. Точные данные о видовой принадлежности пыльцы указывают на источники, используемые пчелами для производства меда. Эта информация имеет также важное значение, поскольку позволяет выявить в

меде пыльцу лекарственных и аллергенных растений, наличие которых может существенно сказаться на качестве меда. Палинологический анализ меда также позволяет выявить пыльцу растений, способную вызывать заболевания самих пчел, что важно для производителя меда. Кроме того, идентифицируя видовую принадлежность и определяя количество пыльцы определенного вида растений в меде, можно установить географическое происхождения продукта.

Палиноморфологии сем. Rosaceae в целом посвящено достаточно большое количество исследований [3–5]. Активно изучается морфология пыльцы отдельных родов, в том числе и представленных в данной работе: *Crataegus* [6–9], *Geum* [10], *Potentilla* [11], *Rosa* [11, 13, 14], *Rubus* [15], *Sanguisorba* [16], *Sorbus* [17], *Spirea* [18, 19].

Несмотря на большое число работ, посвященных палиноморфологии, многие виды до сих пор изучены недостаточно полно или совсем не изучены. Это затрудняет использование признаков пыльцы, как для уточнения вопросов систематики сем. Rosaceae и его отдельных родов, так и для определения дисперсной пыльцы в палиномах разного происхождения, в том числе и в меде.

Цель исследования — оценка таксономической значимости палиноморфологических при-

знаков изученных родов медоносных растений из сем. Rosaceae флоры Ленинградской области.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования послужили зрелые пыльцевые зерна 11 видов дикорастущих и интродуцированных видов из 9 родов сем. Rosaceae, произрастающих на территории Ленинградской обл. Пыльцевой материал брали с гербарных образцов, собранных в мае–июне 2021 г. Для изучения были выбраны виды, широко распространенные на территории Ленинградской области и наиболее доступные для пчел в этом регионе: *Crataegus sanguinea* Pall., *Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb., *Geum rivale* L., *Potentilla erecta* (L.) Raeusch., *Rosa majalis* Herrm., *Rosa rugosa* Thunb., *Rubus caesius* L., *Rubus odoratus* L., *Sanguisorba officinalis* L., *Sorbus aucuparia* L., *Spiraea chamaedryfolia* L.

Морфологию пыльцы изучали с помощью светового (СМ) и сканирующего электронного микроскопов (СЭМ). Для светооптического исследования применяли классический ацетолитный метод Эрдмана [20]. Детали строения поверхности пыльцевых зерен уточняли на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM-6390 в центре коллективного пользования Ботанического института им. В.Л. Комарова. Для исследования предварительно обработанную ацетолитной смесью пыльцу закрепляли на специальном столике с помощью двусторонней липкой ленты, затем напыляли сплав золота и палладия в вакуумной установке.

Изучение пыльцы проводили по общепринятой схеме, учитывали: тип и число апертур, форму и очертания пыльцевых зерен, размеры полярной оси и экваториального диаметра, особенности строения борозд и межапертурных участков, толщину экзины и особенности скульптуры [21, 22].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Описания пыльцевых зерен

***Crataegus sanguinea* (Lindl.) Torr. ex A. Gray** (рис. 1, 1–6). Пыльцевые зерна 3-бороздно-оровые, почти сфероидальные или широкоэллипсоидальные (Р/Е 0.85–1.0). В очертании с экватора почти сферические, с полюса 3-лопастные, контур зерна часто неровный. Полярная ось – 35.7–41.0 мкм, экваториальный диаметр – 37.9–44.9 мкм. Борозды длинные, широкие, с неровными краями и острыми, плохо заметными концами, оры крупные, крыловидные, почти не заходят за края борозды. Мезокольпиум в экваториальном положении имеет ромбические очертания. Экзина 1.5–1.9 мкм толщиной, слои и столбики не просматриваются. Скульптура на СМ неясная.

СЭМ: скульптура струйчатая, струи очень короткие (2–3 мкм длиной), неширокие (около 0.5 мкм шириной), плотно прилегают друг к другу.

Примечания. В препаратах обнаружено 26% деформированных пыльцевых зерен, а также единичные пыльцевые зерна с 6-апертурами (4-борозды + 2 бороздки) и синкольпатные (со сливающимися на полюсах бороздами) зерна.

***Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb.** (рис. 1, 7–10). Пыльцевые зерна 3-бороздно-оровые, эллипсоидальные (Р/Е 1.1–1.2). В очертании с экватора эллиптические, с полюса округлотреугольные. Полярная ось – 24–26.8 мкм, экваториальный диаметр – 21.5–23.0 мкм. Борозды длинные с более или менее ровными краями и острыми концами. Оры экваториально вытянутые в форме “бантика”. Край борозд в области ор сильно утолщены и образуют замок над орой. Борозда прикрыта хорошо развитым оперкулюмом. Скульптура на СМ не просматривается. Экзина 1.5–1.8 мкм толщиной.

СЭМ: шипиковато-струйчатая. Струи тонкие длинные, меридионально направленные, с равномерно расположенным рядом микроскопических шипиков по всей длине каждой струи. Расстояние между струями заметно больше ширины струй.

***Geum rivale* L.** (рис. 1, 11–14). Пыльцевые зерна 3-бороздно-оровые, эллипсоидальные (Р/Е 1.25–1.37). В очертании с экватора эллиптические, с полюса округло-3-лопастные. Полярная ось – 34.3–38.2 мкм, экваториальный диаметр – 26.0–30.0 мкм. Борозды длинные, с более-менее ровными краями и острыми концами. Оры экваториально вытянутые, с нечеткими слегка расширенными концами, заметно выходят за края борозд. Край борозд над орами разрастаются и образуют хорошо выраженный замок, прикрывающий зону оры. Борозды почти параллельны друг другу. Экзина около 1.5 мкм. Скульптура под СМ неясно струйчатая.

СЭМ: струи длинные, узкие, с гладкой поверхностью, скульптура на СМ не просматривается, слегка извиваются и плотно прилегают друг к другу.

***Potentilla erecta* (L.) Raeusch.** (рис. 1, 15–18). Пыльцевые зерна 3-бороздно-оровые, эллипсоидальные (Р/Е 1.1–1.2). В очертании с экватора эллиптические, с полюса округло-3-лопастные. Полярная ось – 18.0–25.2 мкм, экваториальный диаметр – 18.0–21.6 мкм. Борозды длинные, часто с неровными краями и острыми концами. Оры крупные, вытянуты по полярной оси, почти не заходят за края борозд. Край борозд над орами куполообразно приподняты и образуют замок, прикрывающий зону оры. Борозды дугообразно изогнуты, очертание мезокольпиума в экваториальном положении близко к эллиптическому.

Экзина около 1.7 мкм. Скульптура под СМ неясно струйчатая.

СЭМ: скульптура струйчатая. Струи длинные, очень узкие, с гладкой поверхностью, меридионально направленные. Расстояние между струями заметно больше ширины струй.

Rosa majalis Herrm. (рис. 1, 19, рис. 2, 1–4). Пыльцевые зерна 3-бороздно-оровые, эллипсоидальные или почти округлые (P/E 1.0–1.2). В очертании с экватора эллиптические или почти округлые, с полюса почти округлые или округло-слабо-3-лопастные. Полярная ось — 37.3–44.4 мкм, экваториальный диаметр — 31.6–40.0 мкм. Борозды длинные, с более-менее ровными краями и острыми концами. Оры крупные, крыловидные, заметно выходят за края борозд, с неровными концами. Края борозд над орами разрастаются и образуют замок, прикрывающий зону оры. Борозды дугообразно изогнуты, очертание мезокольпума в экваториальном положении близко к эллиптическому. Экзина 1.5–1.7 мкм. Скульптура под СМ неясно струйчатая.

СЭМ: скульптура струйчатая с редкими мелкими перфорациями между струями. Струи длинные, очень узкие, с гладкой поверхностью, меридионально направленные, довольно плотно прилегают друг к другу.

Rosa rugosa Thunb. (рис. 2, 5–8). Пыльцевые зерна 3-бороздно-оровые, эллипсоидальные (P/E 1.2–1.3). В очертании с экватора эллиптические, с полюса почти округлые или округло-слабо-3-лопастные. Полярная ось — 33.7–39.2 мкм, экваториальный диаметр — 27.4–30.7 мкм. Борозды длинные, с более-менее ровными краями и острыми концами. Оры крупные, крыловидные, заметно выходят за края борозд, с неровными концами. Края борозд над орами разрастаются и образуют замок, прикрывающий зону оры. Борозды дугообразно изогнуты, очертание мезокольпума в экваториальном положении близко к эллиптическому. Экзина 1.5–1.7 мкм. Скульптура под СМ неясно струйчатая.

СЭМ: скульптура перфорированно-струйчатая. Струи длинные, узкие, с гладкой поверхностью, меридионально направленные, довольно плотно прилегают друг к другу. Между струями многочисленные мелкие перфорации.

Rubus caesius L. (рис. 2, 9–12). Пыльцевые зерна 3-бороздно-оровые, эллипсоидальные или почти округлые (P/E 1.1–1.2). В очертании с экватора эллиптические или почти округлые, с полюса округло-3-лопастные. Полярная ось — 32.4–33.8 мкм, экваториальный диаметр — 28.0–31.4 мкм. Борозды длинные, с более-менее ровными краями и острыми концами. Оры крупные, крыловидные, заметно выходят за края борозд, с неровными концами. Края борозд над орами разрастаются и образуют замок, прикрывающий зону оры. Борозды дугообразно изогнуты, очертание мезокольпума в экваториальном положении близко к эллиптическому. Экзина около 1.5–2 мкм. Скульптура под СМ неясно струйчатая.

СЭМ: скульптура перфорированно-струйчатая. Струи длинные, очень узкие, с гладкой поверхностью, меридионально направленные, извиваются и образуют петли. Между струями многочисленные мелкие перфорации.

Rubus odoratus L. (рис. 2, 13–15). Пыльцевые зерна 3-бороздно-оровые, эллипсоидальные или почти округлые (P/E 0.9–1.2). В очертании с экватора эллиптические или почти округлые, с полюса округло-3-лопастные. Полярная ось — 20.8–25.0 мкм, экваториальный диаметр — 17.0–23.0 мкм. Борозды длинные, с более-менее ровными краями и острыми концами. Оры крупные, крыловидные, заметно выходят за края борозд, с неровными концами. Края борозд над орами разрастаются и образуют замок, прикрывающий зону оры. Борозды дугообразно изогнуты, очертание мезокольпума в экваториальном положении близко к эллиптическому. Экзина около 1.5 мкм. Скульптура под СМ неясная.

СЭМ: скульптура перфорированно-складчатая, образована мелкими, короткими складками с микроскопическим шипиком на поверхности каждой из них. В промежутках между складками микроскопические перфорации.

Sanguisorba officinalis L. (рис. 2, 16–19). Пыльцевые зерна 6-бороздно-оровые, широкоэллипсоидальные в очертании с экватора широкоэллиптические, с полюса 6-лопастные. Полярная ось — 28.8–36.0 мкм, экваториальный диаметр — 26.0–30.0 мкм. Борозды длинные, узкие с острыми часто загнутыми концами. Оры с нечеткими контурами, слегка вытянуты по экваториальной

Рис. 1. Морфология пыльца некоторых медоносных видов Rosaceae.

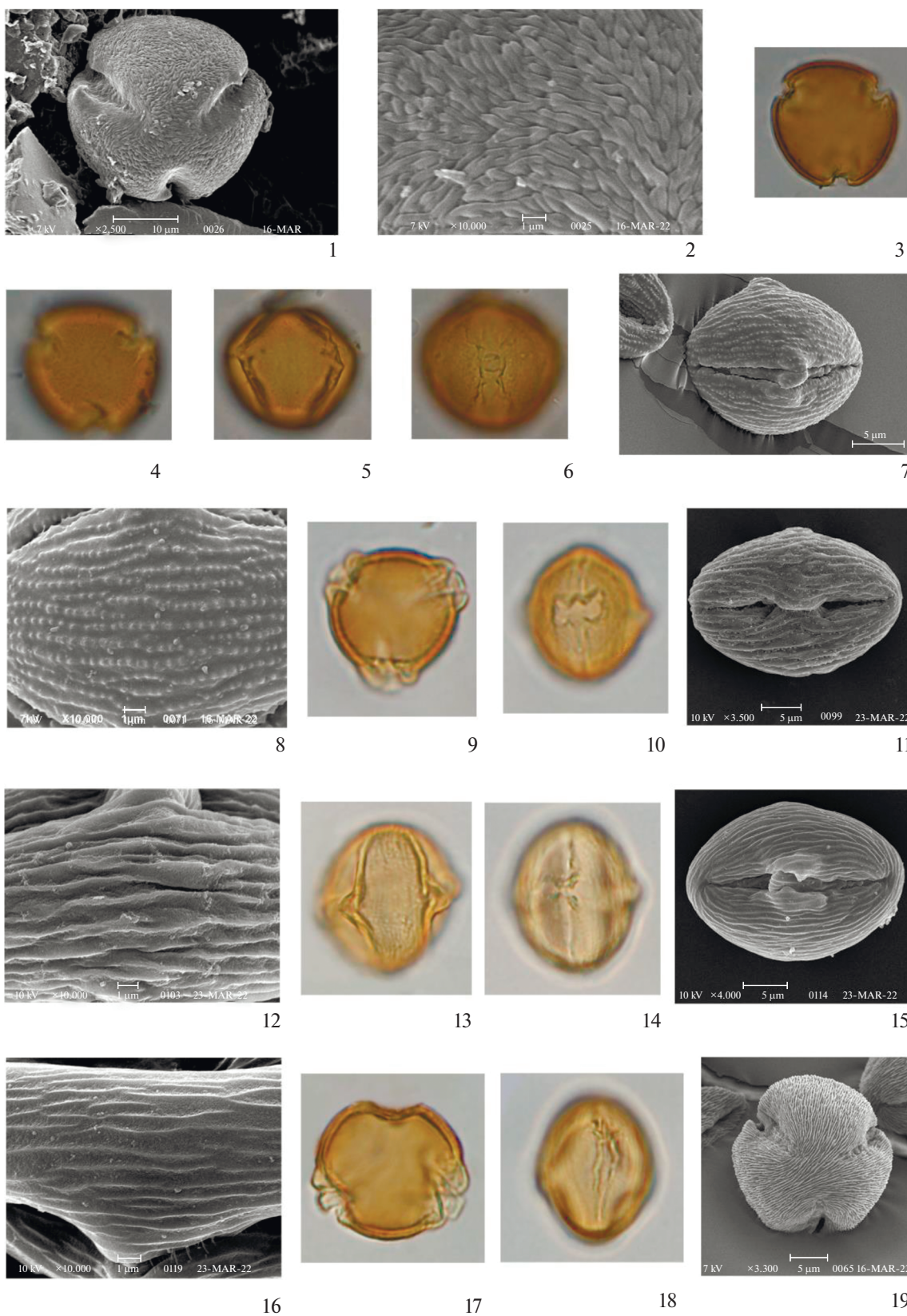
1–6 — *Crataegus sanguinea*; 7–10 — *Dasiphora fruticosa*; 11–14 — *Geum rivale*; 15–18 — *Potentilla erecta*; 19 — *Rosa majalis*. 5–7, 10, 11, 13–15, 18 — общий вид пыльцевого зерна с экватора. 2, 8, 12, 16 — скульптура поверхности. 1, 3, 4, 9, 17, 19 — общий вид пыльцевого зерна с полюса. 1, 2, 7, 8, 11, 12, 15, 16, 19 — СЭМ; 3–6, 9, 10, 13, 14, 17, 18 — СМ.

Условные обозначения: СЭМ — сканирующий электронный микроскоп, СМ — светооптический микроскоп.

Fig. 1. Pollen morphology of some melliferous species of Rosaceae.

1–6 — *Crataegus sanguinea*; 7–10 — *Dasiphora fruticosa*; 11–14 — *Geum rivale*; 15–18 — *Potentilla erecta*; 19 — *Rosa majalis*. 5–7, 10, 11, 13–15, 18 — equatorial view of pollen grain. 2, 8, 12, 16 — detail of ornamentation. 1, 3, 4, 9, 17, 19 — polar view of pollen grain. 1, 2, 7, 8, 11, 12, 15, 16, 19 — SEM; 3–6, 9, 10, 13, 14, 17, 18 — LM.

Symbols: SEM — scanning electron microscope, LM — light microscope.



оси с неясными концами. Эскина толстая, около 2 мкм толщиной. Скульптура на СМ неясная.

СЭМ: скульптура гранулярно-струйчатая, образована мелкими округлыми гранулами, которые объединяются в короткие разнонаправленные цепочки. Между цепочками гранул очень мелкие перфорации.

***Sorbus aucuparia* L.** (рис. 2, 20–23). Пыльцевые зерна 3-бороздно-оровые, эллипсоидальные или почти округлые (P/E 0.97–1.1). В очертании с экватора эллиптические или почти округлые, с полюса округло-3-лопастные. Полярная ось – 30.4–36.0 мкм, экваториальный диаметр – 30.0–33.2 мкм. Борозды длинные, с более-менее ровными краями и нечеткими концами. Оры крупные, крыловидные, заметно выходят за края борозд, с зубчатыми концами. Края борозд над орами немного утолщены и смыкаются в зоне оры. Борозды слегка изогнуты, очертание мезокольпума в экваториальном положении близко к округло-прямоугольному. Эскина около 1.5 мкм. Скульптура под СМ неясная.

СЭМ: скульптура перфорировано-струйчатая. Струи узкие, гладкие, часто образуют группы, в которых изгибаются и образуют петли.

***Spiraea chamaedryfolia* L.** (рис. 2, 24–27). Пыльцевые зерна 3-бороздно-оровые, почти сфероидальные (P/E 0.9–1.0), в очертании с экватора почти округлые или широкоэллиптические, с полюса 3-лопастные. Полярная ось – 15.5–21.0 мкм, экваториальный диаметр – 16.0–20.0 мкм. Борозды широкие, с более или менее ровными краями и острыми концами. Края борозд в области оры утолщены, куполообразно приподняты и образуют замок над орой. Очертание мезокольпума в экваториальном положении зерна близко к ромбическому. Оры нечеткие. Толщина эскины около 1 мкм. Скульптура на СМ не ясная.

СЭМ: скульптура перфорировано-струйчатая. Струи неширокие, расстояние между ними меньше их ширины, между струями немногочисленные перфорации.

Анализ палиноморфологических признаков

Размеры. По классификации размеров пыльцевых зерен, предложенной G. Erdtman [20] пыльца большинства изученных видов относится к классу средних размеров (> 25 мкм). Самые крупные пыльцевые зерна были обнаружены у *Crataegus sanguinea* до 44.9 мкм по экваториальному диаметру (37.9–44.9 мкм) и *Rosa majalis* до 44.4 мкм по полярной оси (37.3–44.4 мкм). Пограничное положение занимают 2 вида, у которых пыльцевые зерна чуть меньше или больше 25 мкм: *Potentilla erecta* (18.0–25.2 × 18.0–21.6 мкм) и *Dasiphora fruticosa* (24–26.8 × 21.5–23.0 мкм). И только у одного вида *Spiraea chamaedryfolia* пыльцевые зерна мелкие (15.5–21.0 × 16.0–20.0 мкм). В пределах вида размеры пыльцевых зерен варьируют незначительно, разница между самыми мелкими и самыми крупными составляет не более 5 мкм. Только у *Rosa majalis* эта разница достигает 7 мкм. Полученные данные вполне соответствуют данным, приведенным в литературных источниках [14, 15, 17, 23]. Анализ полученных и литературных данных показывает, что размеры имеют важное диагностическое значение при определении дисперсной пыльцы представителей сем. Rosaceae.

Форма и очертания. Форма пыльцевого зерна определяется соотношением длины полярной оси к длине экваториального диаметра (P/E). У изученных видов преобладает эллипсоидальная форма пыльцевых зерен: длина полярной оси превышает длину экваториального диаметра (P/E > 1). Это соотношение у пыльцы разных видов неодинаковое. Максимально вытянутые пыльцевые зерна характерны для *Geum rivale*. Минимальные значения P/E (0.85–1.0) характерны для пыльцы *Crataegus sanguinea*.

У ряда изученных видов (*Dasiphora fruticosa*, *Geum rivale*, *Potentilla erecta*, *Rosa rugosa*) форма пыльцевого зерна постоянная, у других (*Rosa majalis*, *Rubus caesius*, *Rubus odoratus*, *Sorbus aucuparia*) наряду с эллипсоидальными встречается и почти сфероидальные пыльцевые зерна, а у *Crataegus sanguinea* наряду с почти сфероидальными обнаружены широкоэллипсоидальные (P/E < 1). Несмотря на некоторые вариации формы зерен в

Рис. 2. Морфология пыльцы некоторых медоносных видов Rosaceae.

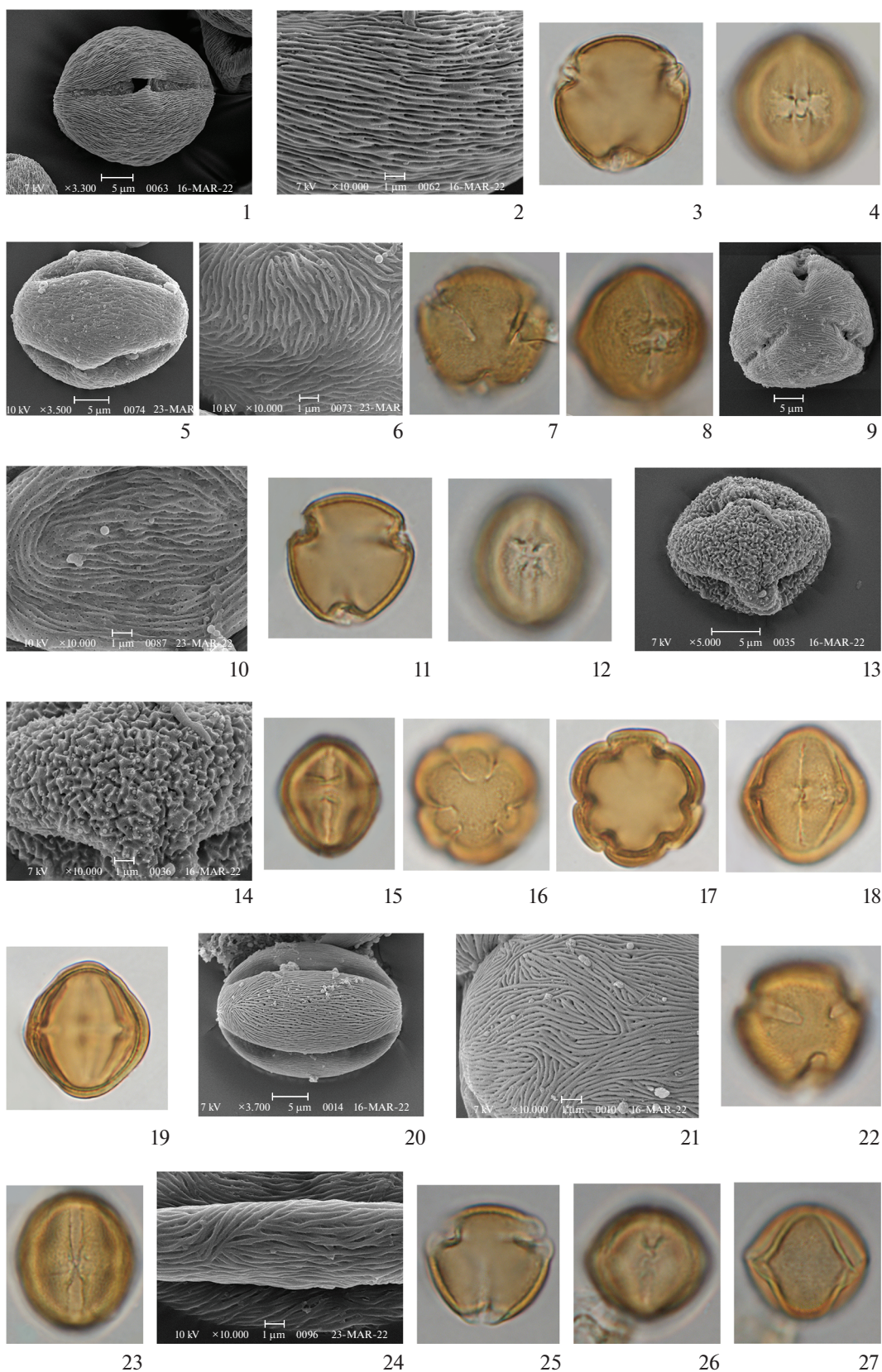
1–4 – *Rosa majalis*; 5–8 – *Rosa rugosa*; 9–12 – *Rubus caesius*; 13–15 – *Rubus odoratus*; 16–19 – *Sanguisorba officinalis*; 20–23 – *Sorbus aucuparia*; 24–27 – *Spiraea chamaedryfolia*. 1, 4, 5, 8, 12, 15, 18, 19, 20, 23 – общий вид пыльцевого зерна с экватора. 2, 6, 10, 14, 21, 24 – скульптура поверхности. 3, 7, 9, 11, 16, 17, 22, 25 – общий вид пыльцевого зерна с полюса. 1, 2, 5, 6, 9, 10, 14, 20, 21, 24 – СЭМ. 3, 4, 7, 8, 11, 12, 15, 16, 19, 22, 23, 25–27 – СМ.

Условные обозначения: СЭМ – сканирующий электронный микроскоп; СМ – светоптический микроскоп.

Fig. 2. Pollen morphology of some melliferous species of Rosaceae.

1–4 – *Rosa majalis*; 5–8 – *Rosa rugosa*; 9–12 – *Rubus caesius*; 13–15 – *Rubus odoratus*; 16–19 – *Sanguisorba officinalis*; 20–23 – *Sorbus aucuparia*; 24–27 – *Spiraea chamaedryfolia*. 1, 4, 5, 8, 12, 15, 18, 19, 20, 23 – equatorial view of pollen grain. 2, 6, 10, 14, 21, 24 – detail of ornamentation. 3, 7, 9, 11, 16, 17, 22, 25 – polar view of pollen grain. 1, 2, 5, 6, 9, 10, 14, 20, 21, 24 – SEM. 3, 4, 7, 8, 11, 12, 15, 16, 19, 22, 23, 25–27 – LM.

Symbols: SEM – scanning electron microscope; LM – light microscope.



пределах одного вида, она является важным признаком при определении пыльцевых зерен в меде.

Апертуры. У всех изученных видов пыльца характеризуется сложными апертурами. Внешняя апертура представлена бороздой, внутренняя — орой. У пыльцы всех изученных видов борозды длинные и довольно широкие. Самые широкие борозды характерны для пыльцевых зерен *Crataegus sanguinea*, самые узкие наблюдаются у пыльцы *Sanguisorba officinalis*. Л.А. Куприянова [22] описала зерна этого вида как 3-бороздно-оровые с очень широкими бороздами, покрытыми широким оперкулюмом или крышечкой, который оставляет только очень узкие просветы по краям борозд. Однако наши наблюдения подтверждают точку зрения других исследователей [16, 24], которые описывают пыльцу этого вида как 6-бороздно-оровую. При исследовании при помощи СМ видно, что концы соседних борозд отклоняются в сторону друг друга, но никогда не сливаются, чего следовало ожидать в случае единой широкой борозды. СЭМ также наглядно подтверждает самостоятельность всех 6 борозд.

Концы у пыльцевых зерен всех изученных видов острые и только у пыльцы *Sorbus aucuparia* слегка закругленные. Края борозд почти ровные или извилистые. Важной характеристикой пыльцы представителей сем. Rosaceae является утолщение края борозды в области оры и образование в этом месте разрастания — замка. Степень выраженности замка может быть различной и даже может немного варьировать у пыльцевых зерен одного растения. Однако у пыльцы *Dasiphora fruticosa* и *Potentilla erecta* замок сильно развит, отчетливо видно сильное утолщение экзины по краям борозды в области апертуры, что делает это признак диагностически важным на уровне рода.

Морфологической особенностью пыльцы многих видов сем. Rosaceae является наличие крышечки или оперкулюма, прикрывающего мембрану борозды. Этот признак у пыльцы большинства представителей семейства очень сильно варьирует в пределах вида, вплоть до полного его отсутствия. Однако у *Dasiphora fruticosa* и *Potentilla erecta* оперкулюм хорошо развит, заметно приподнимается над поверхностью борозд, что отчетливо видно в полярном положении зерна при исследовании с помощью светооптического микроскопа.

Оры у разных видов различаются очертаниями и размерами. У пыльцы большинства видов оры хорошо просматриваются в экваториальном положении зерна. Самым распространенным видом ор можно считать так называемые крыловидные оры, которые вытянуты по экваториальной оси, заметно заходят за края борозды, расширяются к концам и имеют зубчатые края. У большинства пыльцевых зерен одного вида такие оры широкие, но встречаются и зерна с менее широкими

крыловидными апертурами. Плохо просматриваются экваториально вытянутые оры у пыльцевых зерен *Sorbus aucuparia*, *Spiraea chamaedryfolia*. У *Potentilla erecta* пыльцевые зерна характеризуются нечеткой, вытянутой по полярной оси орой, края которой не заходят за края борозды. Очень незначительно концы ор заходят за края борозд у пыльцы *Crataegus sanguinea* и *Sanguisorba officinalis*.

У большинства изученных видов пыльцевые зерна 3-бороздно-оровые, только у *Sanguisorba officinalis* — 6-бороздно-оровые. У *Crataegus sanguinea* и *Sorbus aucuparia* наряду с типичными (представляющими подавляющее большинство зерен) встречаются нетипичные зерна с другим числом и расположением апертур. У обоих видов обнаружено 2 варианта нетипичных зерен: с одной кольцевой апертурой и 6-апертурные. У *Crataegus sanguinea* нетипичные зерна единичные, а у *Sorbus aucuparia* выявлено 2% зерен с кольцевой апертурой и 0.5% 6-апертурных зерен. Наличие нетипичных зерен не является уникальным явлением, не специфично для таксонов, они могут встречаться, а могут отсутствовать у разных растений одного и того же вида [25–29]. Причина появления таких пыльцевых зерен остается неясной. Такие нетипичные зерна могут попадать в мед и их необходимо учитывать при определении.

Скульптура. Скульптура поверхности пыльцевых зерен изученных видов на СМ не просматривается или выглядит неясной. Изучение поверхности пыльцевых зерен с помощью СЭМ показало, что почти у всех изученных видов поверхность пыльцы струйчатая. По мелким деталям ornamentации можно выделить несколько вариантов струйчатой скульптуры.

1. Тип *Crataegus* включает один вид *C. sanguinea*. Струи короткие (не более 3 мкм длиной), довольно широкие (около 0.4 мкм шириной), плотно прилегающие друг к другу.

2. Тип *Sanguisorba* включает один вид *Sanguisorba officinalis*. Струи разнонаправленные, очень короткие, едва намеченные, с одним рядом микроскопических гранул (по 3–5 гранул на одну струю).

3. Тип *Dasiphora* с единственным видом *Dasiphora fruticosa*. Струи длинные, меридионально направленные, почти параллельны друг другу, на поверхности каждой струи на одинаковом расстоянии друг от друга располагаются округлые гранулы.

4. Тип *Rubus odoratus* характерен только для одноименного вида. Скульптура мелкоскладчатая с микроскопическими шипиками. Чаше шипик один на верхушке треугольнообразной складки, реже шипиков 2 или чуть больше. Складки короткие, плотно прилегают друг к другу.

5. Тип *Rosa*. Характерен для пыльцы большинства изученных видов. Струи длинные, неширо-

кие, меридионально направленные. У разных таксонов варьируют размеры (в первую очередь ширина), расстояние между ними и наличие перфораций в промежутках между ними.

Скульптура экзины самый консервативный признак пыльцы для большинства цветковых растений. Никакой достоверной изменчивости этого признака у пыльцевых зерен исследованных видов сем. Rosaceae также не было выявлено.

Таксономическое значение палинологических признаков.

Сравнительный морфологический анализ пыльцы изученных видов показал, что в целом основные палиноморфологические признаки достаточно стабильны, что по комплексу признаков позволяет выделить 2 палинологические группы и несколько подгрупп.

1. Палиногруппа *Sanguisorba*. Пыльцевые зерна в очертании с полюса 6-лопастные. Оры экваториально вытянутые, сливаются концами и образуют экваториальный пояс. Включает род *Sanguisorba*.

2. Палиногруппа 3-бороздно-оровые со струйчатой скульптурой.

2.1. п/т *Dasiphora*. По всей длине струй расположен ряд мелких гранул на одинаковом расстоянии друг от друга. Включает род *Dasiphora*.

2.2. п/т *Crataegus*. Оры не четкие. Скульптура струйчатая, но струи короткие, плотно прилегающие друг к другу. Включает род *Crataegus*.

2.3. п/т *Rosa*. Преобладает. Роды по пыльце практически не различаются. Пыльцевые зерна мелких и средних размеров. Оры нечеткие или округлые, не заходят за края борозд, скульптура на СМ неясно струйчатая. Включает роды *Sorbus*, *Spiraea*, *Geum*, *Potentilla*, *Rosa* и *Rubus* (*Rubus odoratus* L. отличается от всего рода бородавчатой скульптурой с мелкими перфорациями).

3. Ключ для определения пыльцы представителей сем. Rosaceae:

1. Пыльцевые зерна с полюса 3-лопастные — 2.
— Пыльцевые зерна с полюса 6-лопастные — *Sanguisorba officinalis* L.

2. Скульптура на СМ просматривается — 3.
— Скульптура на СМ неясная, не видна — 5.

3. Скульптура на СЭМ струйчатая, струи длинные, расположены далеко друг от друга — *Potentilla erecta* (L.) Raeusch.

— расположены близко друг к другу — 4.

4. Есть перфорации, ширина струй одинаковая — *Rubus caesius* L.

— Перфораций нет, канавки между струями очень глубокие, скульптура напоминает складки, струи различной ширины — *Geum rivale* L.

5. Скульптура на СЭМ струйчатая — 6.

— Скульптура на СЭМ бородавчатая с мелкими перфорациями — *Rubus odoratus* L.

6. Струи длинные — 7.

— Струи короткие, плотно прилегающие друг к другу — *Crataegus sanguinea* Pall.

7. По всей длине струй расположен ряд мелких гранул на одинаковом расстоянии друг от друга — *Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb.

— Струи без гранул — 8.

8. Оры неотчетливые — 9.

— Оры отчетливые — 10.

9. Очертание с полюса сферическое, размеры пыльцевых зерен (по Эрдману) на границе между мелкими и средними — *Sorbus aucuparia* L.

— Очертание с полюса трехлопастное, размеры пыльцевых зерен (по Эрдману) мелкие, не больше 14 мкм — *Spiraea chamaedryfolia* L.

10. Скульптура на СЭМ струйчато-перфорированная, струи длинные, на мезокольпие в основном располагаются параллельно бороздам — *Rosa majalis* Herrm.

— Скульптура на СЭМ струйчато-перфорированная, струи менее длинные, на мезокольпие струи располагаются в различных направлениях — *Rosa rugosa* Thunb.

Возможность создания ключа для определения родовой или видовой принадлежности пыльцы свидетельствует о возможном применении признаков пыльцы при решении вопросов систематики сем. Rosaceae в качестве дополнительных признаков. Однако с определением дисперсной пыльцы в образцах меда дело обстоит сложнее. Трудности в определении дисперсной пыльцы обусловлены, с одной стороны, вариативностью признаков внутри одного вида и большим сходством пыльцы разных таксонов сем. Rosaceae.

По комплексу палинологических признаков легко определяется 6-бороздно-оровая пыльца *Sanguisorba officinalis*. Из исследованных видов по форме, контуру пыльцевого зерна и коротким струям на поверхности экзины хорошо определяется пыльца *Crataegus sanguinea*. Сильное разрастание экзины по краям борозд и наличие заметно выступающего над поверхностью борозды оперкулюма позволяют отличать пыльцевые зерна *Potentilla erecta* и *Dasiphora fruticosa*. Пыльца этих видов хорошо различается особенностями скульптуры. У пыльцы *Potentilla erecta* поверхность струй гладкая, а у *Dasiphora fruticosa* с мелкими гранулами. Поскольку гранулы при светооптическом исследовании не просматриваются, при рутинном исследовании пыльцы этих видов в меде различить проблематично. Правильнее при определении указать тип *Potentilla*. Закругленные концы борозд являются важным диагностическим признаком для пыльцы *Sorbus*. Мелкие размеры и

широкоэллипсоидальная форма пыльцевых зерен позволяют отличать зерна *Spiraea chamaedryfolia*. Пыльца *Geum* довольно легко определяется по правильной эллипсоидальной форме и более или менее заметной струйчатости при исследовании с помощью светооптического микроскопа. Сложную для определения пыльцы группу образуют роды *Rubus* и *Rosa*. При исследовании меда из-за вариативности признаков внутри видов и из-за пересечения признаков у разных видов этих родов достоверно определить пыльцу даже до рода не представляется возможным.

ными диагностическими признаками не только для семейства в целом, но и для отдельных его родов, а иногда и отдельных видов. В дисперсном состоянии пыльцу Rosaceae по комплексу признаков можно определить до семейства. Легко до рода определяется пыльца родов *Sanguisorba*, *Potentilla* (включая *Dasiphora*), *Sorbus*, *Spirea* и *Geum*. Сложность для определения представляет дисперсная пыльца видов родов *Rosa* и *Rubus*.

БЛАГОДАРНОСТИ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Характеристики пыльцевых зерен (форма, признаки борозд и ор, скульптура) являются важ-

Работа выполнена в рамках государственного задания (ААА-А19-119031290052-1) Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иллюстрированный определитель растений Ленинградской области*. 2006. М. 799с.
2. ГОСТ РФ 19792-2017 “Мед натуральный. Технические условия”. 17 с.
3. *Reitsma Tj.* 1966. Pollen morphology of some European Rosaceae. — *Acta Bot. Neerl.* 15(2): 290–307. <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1966.tb00234.x>
4. *Eide F.* 1981. Key of Northwest European Rosaceae pollen. — *Grana.* 20: 101–118.
5. *Hebda R.J., Chinnappa C.C.* 1990. Studies on pollen morphology of Rosaceae in Canada. — *Rev Palaeobot Palynol.* 64: 103–108. [https://doi.org/10.1016/0034-6667\(90\)90123-Z](https://doi.org/10.1016/0034-6667(90)90123-Z)
6. *Byatt J.I.* 1976. Pollen morphology of some European species of *Crataegus* L. and of *Mespilus germanica* L. (Rosaceae). — *Pollen et Spores.* 18: 335–349.
7. *Федорчук Н.М., Савицкий В.Д.* 1985. Палиноморфологическое изучение украинских видов рода *Crataegus* (Rosaceae). — *Бот. журн.* 70(9): 1190–1196. http://arch.botjournal.ru/?t=issues&id=19850909&rid=pdf_0005214
8. *Dönmez E.O.* 2008. Pollen morphology in Turkish *Crataegus* (Rosaceae). — *Bot. Helv.* 118(1): 59–70. <https://doi.org/10.1007/s00035-008-0823-5>
9. *Wrońska-Pilarek D., Bocianowski J., Jagodziński A.M.* 2013. Comparison of pollen grain morphological features of selected species of the genus *Crataegus* (Rosaceae) and their spontaneous hybrids. — *Bot. J. Linn. Soc.* 172(4): 555–571. <https://doi.org/10.1111/boj.12033>
10. *Hebda R.J., Chinnappa C.C.* 1990. Pollen morphology of the Rosaceae of western Canada. III. *Geum*. — *Canad. J. Bot.* 68(6): 5–55. <https://doi.org/10.1139/b90-175>
11. *Sánchez Agudo J.A., Rico E., Sánchez Sánchez J.* 1998. Palynological study of *Potentilla* subgen. *Potentilla* (Rosaceae) in the Western Mediterranean. — *Grana.* 37(5): 276–284. <https://doi.org/10.1080/00173139809362679>
12. *Wrońska-Pilarek D.* 2011. Pollen morphology of Polish native species of the *Rosa* genus (Rosaceae) and its relation to systematics. — *Acta Soc. Bot. Pol.* 80(3): 221–232. <https://doi.org/10.5586/asbp.2011.031>
13. *Wrońska-Pilarek D., Jagodziński A.M.* 2011. Systematic importance of pollen morphological features of selected species from the genus *Rosa* (Rosaceae). — *Plant Syst. Evol.* 295(1): 55–72. <https://doi.org/10.1007/s00606-011-0462-y>
14. *Григорьева В.В., Капелян А.И., Гаврилова О.А., Брицкий Д.А., Ткаченко К.Г.* 2022. Морфология пыльцевых зерен некоторых видов *Rosa* (Rosaceae) из коллекции Ботанического сада Петра Великого. — *Бот. журн.* 107(12): 1200–1215. <https://elibrary.ru/item.asp?id=49937814>
15. *Lechowicz K., Bocianowski J., Wrońska-Pilarek D.* 2021. Pollen morphology and variability of species from the genus *Rubus* L. (Rosaceae) alien and invasive in Poland. — *Webbia.* 76(1): 109–121. <https://doi.org/10.36253/jopt-10355>

16. Chung K.S., Elisens W.J., Skvarla J.J. 2010. Pollen morphology and its phylogenetic significance in tribe *Sanguisorbeae* (Rosaceae). — Plant Syst. Evol. 285(3–4): 139–148.
<https://doi.org/10.1007/s00606-009-0262-9>
17. Qiu Z., Zhao Y., Qian Y., Tan C., Tang C., Chen X. 2023. Seed and pollen morphology in nine native Chinese species of *Sorbus* (Rosaceae). — Int. J. Fruit Sci. 23(1): 87–101.
<https://doi.org/10.1080/15538362.2023.2212057>
18. Полякова Т.А., Гатаулина Г.Н. 2008. Морфология и изменчивость пыльцы рода *Spiraea* L. (Rosaceae) Сибири и Дальнего Востока. — Сибирский экологический журн. 15(4): 545–551.
<https://elibrary.ru/item.asp?id=11515839>
19. Wrońska-Pilarek D., Sowelo M., Antkowiak W., Bocianowski J., Lechowicz K. 2022. Pollen morphology and variability of native and alien, including invasive, species of the genus *Spiraea* L. (Rosaceae) in Poland. — PLoS One. 17(8): e0273743
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0273743>
20. Erdtman G. 1952. Pollen morphology and taxonomy. Angiosperms. Stockholm. 539 p.
21. Куприянова Л.А., Алешина Л.А. 1967. Палинологическая терминология покрытосеменных растений. Л. 84 с.
22. Куприянова Л.А., Алешина Л.А. 1972. Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР. Т. 1. Л. С. 48–51.
23. Куприянова Л.А., Алешина Л.А. 1978. Пыльца двудольных растений флоры европейской части СССР. Т. 2. Л. 184 с.
24. Lee S., Heo K., Cho J., Lee C., Chen W., Kim S.C. 2011. New insights into pollen morphology and its implications in the phylogeny of *Sanguisorba* L. (Rosaceae; Sanguisorbeae). — Plant Syst. Evol. 291(3–4): 227–242.
25. Pozhidaev A.E. 1993. Polymorphism of pollen in the genus *Acer* (Aceraceae). Isomorphism of deviate forms of Angiosperm pollen. — Grana. 32(2): 79–85.
<https://doi.org/10.1080/00173139309429457>
26. Pozhidaev A.E. 1995. Pollen morphology of the genus *Aesculus* (Hippocastanaceae). Patterns in the variety of morphological characteristics. — Grana. 34(1): 10–20.
<https://doi.org/10.1080/00173139509429028>
27. Pozhidaev A.E. 1998. Hypothetical way of pollen aperture patterning. 1. Formation of 3-colpate patterns and endoaperture geometry. — Rev. Paleobot. Palynol. 104(1): 67–83.
[https://doi.org/10.1016/S0034-6667\(98\)00045-1](https://doi.org/10.1016/S0034-6667(98)00045-1)
28. Дзюба О.Ф. 2006. Палиноиндикация качества окружающей среды. СПб. 197 с.
29. Шелудякова М.Б., Григорьева В.В., Пожидяев А.Е. 2017. Морфология пыльцевых зерен представителей рода *Scrophularia* (Scrophulariaceae). — Бот. журн. 102(3): 361–379.
<https://doi.org/10.1134/S0006813617030061>

Pollen Morphology of Some Melliferous Rosaceae Species of the Leningrad Region

A. D. Skomakha^{a, b}, V. V. Grigorjeva^a, N. A. Medvedeva^{a, b, *}, D. A. Britski^a

^aKomarov Botanical Institute, St. Petersburg, Russia

^bHerzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, Russia

*e-mail: namedvedeva@mail.ru

Abstract—Using light and scanning electron microscopes, the pollen morphology of 11 wild and introduced melliferous species widely distributed in the Leningrad Region and belonging to 9 genera of the Rosaceae family was studied. It was found that pollen grains of all the studied species are of medium size, 25–40 microns, occasionally slightly smaller, most of them are 3-furrowed, in *Sanguisorba officinalis* L. 6-furrowed, with a striate or derived from it sculpture. In the dispersed state, pollen is easily determined to the family, and often to the genus. However, species of *Rosa* and *Rubus* are poorly distinguished by pollen. The data obtained can help honey producers to simplify the botanical identification of Rosaceae pollen in tested honey samples.

Keyword: Rosaceae, honey plants, pollen grains, palynomorphology, the Leningrad Region

ACKNOWLEDGMENTS

This work was performed as a part of State Assignment (AAA-A19-119031290052-1) of the Komarov Botanical Institute, Russian Academy of Sciences.

REFERENCE

1. [Illustrated guide to plants of the Leningrad Region]. 2006. Moscow. 799 p. (In Russian)
2. GOST RF 19792–2017 [“Natural honey. Technical conditions”]. 17 p.
3. Reitsma Tj. 1966. Pollen morphology of some European Rosaceae. — Acta Bot. Neerl. 15(2): 290–307.
<https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1966.tb00234.x>
4. Eide F. 1981. Key of Northwest European Rosaceae pollen. — Grana. 20: 101–118.
5. Hebda R.J., Chinnappa C.C. 1990. Pollen morphology of Rosaceae in Canada. — Rev. Palaeobot. Palynol. 64(1–4): 103–108.
[https://doi.org/10.1016/0034-6667\(90\)90123-Z](https://doi.org/10.1016/0034-6667(90)90123-Z)
6. Byatt J.I. 1976. Pollen morphology of some European species of *Crataegus* L. and of *Mespilus germanica* L. (Rosaceae). — Pollen et Spores. 18: 335–349.
7. Fedoronchuk N.M., Savitsky V.D. 1985. Palynomorphological study of the Ukrainian species of the genus *Crataegus* (Rosaceae). — Botanicheskii Zhurnal. 70(9): 1190–1196. (In Russian)
http://arch.botjournal.ru/?t=issues&id=19850909&rid=pdf_0005214
8. Dönmez E.O. 2008. Pollen morphology in Turkish *Crataegus* (Rosaceae). — Bot. Helv. 118(1): 59–70.
<https://doi.org/10.1007/s00035-008-0823-5>
9. Wrońska-Pilarek D., Bocianowski J., Jagodziński A.M. 2013. Comparison of pollen grain morphological features of selected species of the genus *Crataegus* (Rosaceae) and their spontaneous hybrids. — Bot. J. Linn. Soc. 172(4): 555–571.
<https://doi.org/10.1111/boj.12033>
10. Hebda R.J., Chinnappa C.C. 1990. Pollen morphology of the Rosaceae of western Canada. III. *Geum*. — Canad. J. Bot. 68(6): 5–55.
<https://doi.org/10.1139/b90-175>
11. Sánchez Agudo J.A., Rico E., Sánchez Sánchez J. 1998. Palynological study of *Potentilla* subgen. *Potentilla* (Rosaceae) in the Western Mediterranean. — Grana. 37(5): 276–284.
<https://doi.org/10.1080/00173139809362679>
12. Wrońska-Pilarek D. 2011. Pollen morphology of Polish native species of the *Rosa* genus (Rosaceae) and its relation to systematics. — Acta Soc. Bot. Pol. 80(3): 221–232.
<https://doi.org/10.5586/asbp.2011.031>
13. Wrońska-Pilarek D., Jagodziński A.M. 2011. Systematic importance of pollen morphological features of selected species from the genus *Rosa* (Rosaceae). — Plant Syst. Evol. 295(1): 55–72.
<https://doi.org/10.1007/s00606-011-0462-y>
14. Grigorieva V.V., Kapelyan A.I., Gavrilova O.A., Britski D.A., Tkachenko K.G. 2022. Pollen grain morphology of some *Rosa* species (Rosaceae) from the collection of Saint-Petersburg Botanical Garden. — Botanicheskii zhurnal. 107(12): 1200–1215.
<https://elibrary.ru/item.asp?id=49937814> (In Russian)
15. Lechowicz K., Bocianowski J., Wrońska-Pilarek D. 2021. Pollen morphology and variability of species from the genus *Rubus* L. (Rosaceae) alien and invasive in Poland. — Webbia. 76(1): 109–121.
<https://doi.org/10.36253/jopt-10355>
16. Chung K.S., Elisens W.J., Skvarla J.J. 2010. Pollen morphology and its phylogenetic significance in tribe *Sanguisorbeae* (Rosaceae). — Plant Syst. Evol. 285(3–4): 139–148.
<https://doi.org/10.1007/s00606-009-0262-9>
17. Qiu Z., Zhao Y., Qian Y., Tan C., Tang C., Chen X. 2023. Seed and pollen morphology in nine native Chinese species of *Sorbus* (Rosaceae). — Int. J. Fruit Sci. 23(1): 87–101.
<https://doi.org/10.1080/15538362.2023.2212057>
18. Polyakova T.A., Gataulina G.N. 2008. Morphology and variability of pollen of the genus *Spiraea* L. (Rosaceae) in Siberia and the Far East. — Contemp. Probl. Ecol. 1(4): 420–424.
<https://doi.org/10.1134/S199542550804005X>
19. Wrońska-Pilarek D., Sowelo M., Antkowiak W., Bocianowski J., Lechowicz K. 2022. Pollen morphology and variability of native and alien, including invasive, species of the genus *Spiraea* L. (Rosaceae) in Poland. — PLoS One. 17(8): e0273743
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0273743>
20. Erdtman G. 1952. Pollen morphology and taxonomy. Angiosperms. Stockholm. 539 p.
21. Kupriyanova L.A., Aleshina L.A. 1967. [Palynological terminology of angiosperms]. Leningrad. 84 p. (In Russian).
22. Kupriyanova L.A., Aleshina L.A. 1972. [Pollen and spores of plants from the flora of the European part of the USSR. Vol. I]. Leningrad. P. 48–51. (In Russian)
23. Kupriyanova L.A., Aleshina L.A. 1978. [Pollen of dicotyledons from the flora of the European part of the USSR. Vol. 2]. Leningrad. 184 p. (In Russian)

24. Lee S., Heo K., Cho J., Lee C., Chen W., Kim S.C. 2011. New insights into pollen morphology and its implications in the phylogeny of *Sanguisorba* L. (Rosaceae; Sanguisorbeae). — Plant Syst. Evol. 291(3–4): 227–242.
25. Pozhidaev A.E. 1993. Polymorphism of pollen in the genus *Acer* (Aceraceae). Isomorphism of deviate forms of Angiosperm pollen. — Grana. 32(2): 79–85.
<https://doi.org/10.1080/00173139309429457>
26. Pozhidaev A.E. 1995. Pollen morphology of the genus *Aesculus* (Hippocastanaceae). Patterns in the variety of morphological characteristics. — Grana. 34(1): 10–20.
<https://doi.org/10.1080/00173139509429028>
27. Pozhidaev A.E. 1998. Hypothetical way of pollen aperture patterning. 1. Formation of 3-colpate patterns and endoaperture geometry. — Rev. Paleobot. Palynol. 104(1): 67–83.
[https://doi.org/10.1016/S0034-6667\(98\)00045-1](https://doi.org/10.1016/S0034-6667(98)00045-1)
28. Dzyuba O.F. 2006. [Palinoindication of environmental quality]. St. Petersburg. 197 p.
29. Sheludyakova M.B., Grigorjeva V.V., Pozhidaev A.E. 2017. Pollen morphology of some species of the genus *Scrophularia* (Scrophulariaceae). — Botanicheskii zhurnal. 102(3): 361–379.
<https://doi.org/10.1134/S0006813617030061>