

部分花楸属植物的花粉形态特征及聚类分析

杨利欢, 吴雨涵, 裴鑫, 关雪莲^①, 郑健^①

(北京农学院园林学院 北京林果业生态环境功能提升协同创新中心, 北京 102206)

摘要: 采用扫描电子显微镜 (SEM) 对 13 种花楸属 (*Sorbus* Linn.) 植物的花粉形态特征 (包括形状、大小、萌发孔沟和外壁纹饰) 进行了观察和分析, 并在此基础上进行了聚类分析。结果表明: 13 种花楸属植物花粉均为单粒花粉, 呈长球状或超长球状, 极面观呈三角形, 赤道面观呈长椭圆形; 极轴长 28.94~39.03 μm , 赤道轴长 14.50~20.16 μm ; 赤道面具 3 条萌发孔沟, 根据萌发孔沟特点, 花粉属于 $\text{N}_3\text{P}_4\text{C}_5$ 型; 外壁纹饰以条纹状为主, 还有条网状和穴状, 部分种类具穿孔。聚类分析结果显示: 石灰花楸 [*S. folgneri* (C. K. Schneid.) Rehd.]、大果花楸 (*S. megalocarpa* Rehd.)、秦岭花楸 (*S. tsinlingensis* C. L. Tang) 和水榆花楸 [*S. alnifolia* (Sieb. et Zucc.) K. Koch] 首先聚在一起, 随后与北京花楸 [*S. discolor* (Maxim.) Maxim.] 和太白花楸 (*S. tapashana* Schneid.) 聚在一起, 湖北花楸 (*S. hupehensis* Schneid.)、华西花楸 (*S. wilsoniana* Schneid.) 和陕甘花楸 (*S. koehneana* Schneid.) 也聚在一起, 而欧洲花楸 (*S. aucuparia* Linn.)、朝鲜花楸 (*S. commixta* Hedl.)、西伯利亚花楸 (*S. sibirica* Hedl.) 和花楸树 [*S. pohuashanensis* (Hance) Hedl.] 聚在一起。研究结果显示: 花楸属植物的花粉形态特征可作为其种间分类的依据。

关键词: 花楸属; 花粉形态; 扫描电子显微镜; 聚类分析; 种间分类

中图分类号: Q944.571 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2019)03-0084-07

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2019.03.11

Pollen morphological characteristics and cluster analysis on some species in *Sorbus* Linn. YANG Lihuan, WU Yuhan, PEI Xin, GUAN Xuelian^①, ZHENG Jian^① (Beijing Collaborative Innovation Center for Eco-environmental Improvement with Forestry and Fruit Trees, College of Landscape Architecture, Beijing University of Agriculture, Beijing 102206, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2019, 28(3): 84-90

Abstract: Pollen morphological characteristics (including shape, size, germinal aperture, and exine ornamentation) of 13 species in *Sorbus* Linn. were observed and analyzed by scanning electron microscope (SEM), and on the basis, the cluster analysis was carried out. The results show that the pollens of 13 species in *Sorbus* are all single-grain pollens, which appear long spherical or super long spherical with triangular on the polar view and long elliptical on the equatorial view. The length of polar axis is 28.94-39.03 μm , that of equatorial axis is 14.50-20.16 μm . There are 3 germinal apertures on the equatorial view, and according to characteristics of germination apertures, the pollen belongs to $\text{N}_3\text{P}_4\text{C}_5$ type. The exine ornamentation is mainly striped, also has striped-reticulate and foveolate, and some species have perforations. The cluster analysis result shows that *S. folgneri* (C. K. Schneid.) Rehd., *S. megalocarpa* Rehd., *S. tsinlingensis* C. L. Tang, and *S. alnifolia* (Sieb. et Zucc.) K. Koch are clustered together at first, then clustered together with *S. discolor* (Maxim.) Maxim. and *S. tapashana* Schneid., *S. hupehensis* Schneid., *S. wilsoniana* Schneid., and *S. koehneana* Schneid. are also clustered together, while *S. aucuparia* Linn., *S. commixta* Hedl., *S. sibirica* Hedl., and *S. pohuashanensis* (Hance) Hedl. are clustered together. It is suggested that pollen morphological characteristics of species in *Sorbus* can be used as the basis of their interspecific taxonomy.

收稿日期: 2019-01-02

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (31770369); 北京市农委新型生产经营主体科技能力提升工程项目 (20170202); 城乡生态环境北京实验室建设项目 (PXM2015_014207_000014)

作者简介: 杨利欢 (1993—), 女, 河北石家庄人, 硕士研究生, 主要从事林木种质资源与育种研究。

^①通信作者 E-mail: guanxl3152@sina.com; buazhengjian708@126.com

Key words: *Sorbus* Linn.; pollen morphology; scanning electron microscope; cluster analysis; interspecific taxonomy

花楸属(*Sorbus* Linn.)具有高度变异性,占据苹果亚科(Maloideae)较原始的中心地位^[1]。花楸属许多种类具有花繁、色美、枝秀、叶茂和芳香等特点,被广泛用于园林建设。中国是花楸属植物的分化和分布中心^[2],该属植物因经济、环保且具有园林观赏价值而受到广大学者的广泛关注。目前,关于花楸属植物的研究主要包括繁育技术^[3]、药用价值^[4]和引种驯化^[5]等方面,然而该属的分类地位尚未清楚,有学者认为全世界花楸属植物约有80种,主要分布在北半球的亚洲、欧洲和北美洲,中国花楸属植物有50余种^[6]²⁸³⁻³⁴³,还有学者认为全世界花楸属植物超过100种,遍布亚洲、欧洲和北美洲,中国花楸属植物有67种(含43个特有种)^[7]。明确花楸属植物分类能够为该属植物的演化趋势及亲缘关系研究提供参考依据,并为该属植物的深入研究奠定基础。

花粉是一种高度简化的雄配子体,其体积较小但遗传信息丰富;并且,花粉是植物个体发育的产物,属于生殖器官的一部分,具有很高的遗传保守性,不易受环境因子的影响^[8]¹⁻²,因此,利用花粉探讨植物的系统演化问题具有重要的学术价值。研究花楸属植物的花粉形态可为该属植物分类提供参考依据,并为明确该属植物的分类地位提供基础数据,然而,目前关于花楸属植物花粉形态的研究尚属空白。

鉴于此,作者利用扫描电子显微镜(SEM)对13

种花楸属植物的花粉形态特征(包括形状、大小、萌发孔沟和外壁纹饰)进行了观察和统计分析,在此基础上对供试13种花楸属植物进行了聚类分析,以期深入了解花楸属不同种类的花粉形态特征差异,为花楸属植物种间分类研究提供基础数据,并为花楸属植物的种间亲缘关系研究提供可靠依据,同时为该属植物的深入研究和全面开发利用奠定研究基础。

1 材料和方法

1.1 材料

供试13种花楸属植物包括落萼组(Sect. *Micromeles*)种类秦岭花楸(*S. tsinlingensis* C. L. Tang)、石灰花楸(*S. folgneri* (C. K. Schneid.) Rehd.)和水榆花楸(*S. alnifolia* (Sieb. et Zucc.) K. Koch),冠萼组(Sect. *Aria*)种类大果花楸(*S. megalocarpa* Rehd.)以及复叶组(Sect. *Sorbus*)种类陕甘花楸(*S. koehneana* Schneid.)、北京花楸(*S. discolor* (Maxim.) Maxim.)、太白花楸(*S. tapashana* Schneid.)、西伯利亚花楸(*S. sibirica* Hedl.)、欧洲花楸(*S. aucuparia* Linn.)、朝鲜花楸(*S. commixta* Hedl.)、花楸树(*S. pohuashanensis* (Hance) Hedl.)、湖北花楸(*S. hupehensis* Schneid.)和华西花楸(*S. wilsoniana* Schneid.)。上述13种花楸属植物花粉的采集信息见表1。

表1 供试13种花楸属植物花粉的采集信息
Table 1 Collection information of 13 species in *Sorbus* Linn. tested

种类 Species	采集地 Collection site	采集人 Collector	采集日期 Collection date (CCYY-MM-DD)
秦岭花楸 <i>S. tsinlingensis</i>	太白山 Taibai Mountain	杨利欢,吴雨涵 YANG Lihuan, WU Yuhan	2017-05-07
石灰花楸 <i>S. folgneri</i>	太白山 Taibai Mountain	杨利欢,吴雨涵 YANG Lihuan, WU Yuhan	2017-05-07
水榆花楸 <i>S. alnifolia</i>	太白山 Taibai Mountain	杨利欢,吴雨涵 YANG Lihuan, WU Yuhan	2017-05-07
大果花楸 <i>S. megalocarpa</i>	梵净山 Fanjing Mountain	杨利欢,裴鑫 YANG Lihuan, PEI Xin	2018-04-26
陕甘花楸 <i>S. koehneana</i>	太白山 Taibai Mountain	杨利欢,吴雨涵 YANG Lihuan, WU Yuhan	2017-06-12
北京花楸 <i>S. discolor</i>	太白山 Taibai Mountain	杨利欢,吴雨涵 YANG Lihuan, WU Yuhan	2017-06-12
太白花楸 <i>S. tapashana</i>	太白山 Taibai Mountain	杨利欢,吴雨涵 YANG Lihuan, WU Yuhan	2017-06-18
西伯利亚花楸 <i>S. sibirica</i>	中俄合作园区 China-Russia Cooperation Park	杨利欢,吴雨涵 YANG Lihuan, WU Yuhan	2018-05-23
欧洲花楸 <i>S. aucuparia</i>	黑龙江植物园 Heilongjiang Botanical Garden	杨利欢,吴雨涵 YANG Lihuan, WU Yuhan	2018-05-22
朝鲜花楸 <i>S. commixta</i>	黑龙江植物园 Heilongjiang Botanical Garden	杨利欢,吴雨涵 YANG Lihuan, WU Yuhan	2018-05-22
花楸树 <i>S. pohuashanensis</i>	黑龙江植物园 Heilongjiang Botanical Garden	杨利欢,吴雨涵 YANG Lihuan, WU Yuhan	2018-05-22
湖北花楸 <i>S. hupehensis</i>	梵净山 Fanjing Mountain	杨利欢,裴鑫 YANG Lihuan, PEI Xin	2018-04-26
华西花楸 <i>S. wilsoniana</i>	梵净山 Fanjing Mountain	杨利欢,裴鑫 YANG Lihuan, PEI Xin	2018-04-26

1.2 方法

1.2.1 花粉采集 参照彭向永等^[9]的方法,在采集当日 9:00 至 12:00 选取自然开放且开放程度基本一致的花序,放入塑封袋中带回;除去花瓣,将花粉装入硫酸纸袋中,置于玻璃干燥器中自然干燥。每个种类随机选取 3 株植株,每株采集 5~6 个花序。

1.2.2 花粉形态观察 使用导电胶带将干燥的花粉固定在扫描电子显微镜样品台上;使用 EM SCD050 高级冷溅射镀膜仪(德国 Leica 公司)镀膜,并采用 Quanta 450 钨灯丝环境扫描电子显微镜(美国 FEI 公司)对典型花粉进行观察和拍照。每个种类随机选取 20 粒花粉,使用 SMILE VIEW 软件测量花粉的极轴长(P)和赤道轴长(E),并计算极赤比(P/E)。参照《中国木本植物花粉电镜扫描图志》^{[8]1-2},根据 P/E 值判断各种类的花粉形状。P/E>2.00,花粉为超长球状;1.33<P/E≤2.00,花粉为长球状;1.14<P/E≤1.33,花粉为近长球状;0.88<P/E≤1.14,花粉为圆球状。参照《中国木本植物花粉电镜扫描图志》^{[8]6-11}描述花粉的外壁纹饰。

1.3 数据分析

利用 EXCEL 2007 和 SPSS 19.0 软件对相关实验数据进行统计分析;利用 SPSS 19.0 软件中的系统聚类法对 13 个种类进行聚类分析,并采用组间联接法绘制聚类图。聚类分析以 P 值、E 值、P/E 值和外壁纹饰类型为指标,并对各外壁纹饰类型进行赋值。条纹状、具穿孔赋值为“1”,条纹状、无穿孔赋值为“2”,条纹状、模糊、具穿孔赋值为“3”,条网状、具穿孔赋值为“4”,穴状赋值为“5”。

2 结果和分析

2.1 部分花楸属植物的花粉形态特征

2.1.1 花粉的形状和大小 扫描电子显微镜观察结果(图版 I 和图版 II)表明:供试 13 种花楸属植物的花粉均为单粒花粉,极面观呈三角形,赤道面观呈长椭圆形。根据不同种类花粉的 P/E 值统计结果(表 2),石灰花楸、大果花楸、西伯利亚花楸、欧洲花楸、朝鲜花楸和花楸树的花粉为超长球状,而秦岭花楸、水榆花楸、陕甘花楸、北京花楸、太白花楸、湖北花楸和华西花楸的花粉为长球状。

由表 2 可见:13 种花楸属植物的花粉极轴长 28.94~39.03 μm,赤道轴长 14.50~20.16 μm。总体来看,秦岭花楸、石灰花楸、水榆花楸、大果花楸、北京花楸、太白花楸、西伯利亚花楸、欧洲花楸、朝鲜花楸和花楸树 10 个种类花粉的极轴和赤道轴均较长,极轴长 34.09~39.03 μm,赤道轴长大多在 17.00 μm 以上;而陕甘花楸、湖北花楸和华西花楸 3 个种类花粉的极轴和赤道轴均较短,极轴长 28.94~30.92 μm,赤道轴长均在 17.00 μm 以下。比较而言,陕甘花楸、湖北花楸和华西花楸花粉偏小,其余 10 个种类的花粉偏大。

2.1.2 花粉的萌发孔沟 扫描电子显微镜观察结果(图版 I 和图版 II)表明:供试 13 种花楸属植物的花粉均具 3 条萌发孔沟,且萌发孔沟闭合并直达花粉的两端。在赤道面上,3 条萌发孔沟并没有交汇,且边缘较整齐。

表 2 供试 13 种花楸属植物的花粉形态特征($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

Table 2 Pollen morphological characteristics of 13 species in *Sorbus* Linn. tested ($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

种类 Species	P/μm	E/μm	P/E	外壁纹饰 Exine ornamentation
秦岭花楸 <i>S. tsinlingensis</i>	37.00±4.15	19.77±2.50	1.87±0.08	条纹状、具穿孔 Striped with perforations
石灰花楸 <i>S. folgneri</i>	39.03±5.95	19.56±3.25	2.01±0.07	条网状、具穿孔 Striped-reticulate with perforations
水榆花楸 <i>S. alnifolia</i>	36.46±8.40	20.16±2.50	1.81±0.22	条纹状、无穿孔 Striped without perforation
大果花楸 <i>S. megalocarpa</i>	38.33±2.70	18.92±1.40	2.03±0.05	条网状、具穿孔 Striped-reticulate with perforations
陕甘花楸 <i>S. koehneana</i>	30.92±3.55	16.92±4.05	1.84±0.13	条纹状、模糊、具穿孔 Striped and fuzzy with perforations
北京花楸 <i>S. discolor</i>	36.94±3.95	19.80±2.65	1.87±0.07	穴状 Foveolate
太白花楸 <i>S. tapashana</i>	36.03±5.10	19.16±1.95	1.88±0.11	条纹状、模糊、具穿孔 Striped and fuzzy with perforations
西伯利亚花楸 <i>S. sibirica</i>	34.49±2.15	16.89±2.00	2.05±0.12	条纹状、无穿孔 Striped without perforation
欧洲花楸 <i>S. aucuparia</i>	34.09±2.80	16.78±2.10	2.04±0.09	条纹状、具穿孔 Striped with perforations
朝鲜花楸 <i>S. commixta</i>	34.86±3.00	16.48±1.00	2.12±0.06	条纹状、具穿孔 Striped with perforations
花楸树 <i>S. pohuashanensis</i>	35.83±3.15	17.21±2.90	2.09±0.17	条纹状、具穿孔 Striped with perforations
湖北花楸 <i>S. hupehensis</i>	28.94±6.00	14.50±2.70	2.00±0.15	条纹状、具穿孔 Striped with perforations
华西花楸 <i>S. wilsoniana</i>	29.95±3.90	16.00±1.40	1.88±0.13	条纹状、具穿孔 Striped with perforations

¹⁾P: 极轴长 Polar axis length; E: 赤道轴长 Equatorial axis length.

2.1.3 花粉的外壁纹饰 扫描电子显微镜观察和统计结果(图版 I、图版 II 和表 2)表明:供试 13 种花楸属植物花粉的外壁纹饰有 5 种类型,分别为条纹状、具穿孔,条纹状、无穿孔,条纹状、模糊、具穿孔,条网状、具穿孔以及穴状。其中,秦岭花楸、欧洲花楸、朝鲜花楸、花楸树、湖北花楸和华西花楸 6 个种类花粉的外壁纹饰属于条纹状、具穿孔类型,水榆花楸和西伯利亚花楸 2 个种类花粉的外壁纹饰属于条纹状、无穿孔类型,陕甘花楸和太白花楸 2 个种类花粉的外壁纹饰属于条纹状、模糊、具穿孔类型,石灰花楸和大果花楸 2 个种类花粉的外壁纹饰属于条网状、具穿孔类型,仅北京花楸花粉的外壁纹饰属于穴状类型。

2.2 部分花楸属植物的聚类分析

聚类分析结果(图 1)表明:在组间距离 15.0 处,供试 13 种花楸属植物被分成 2 类,第 1 类包含西伯利亚花楸、欧洲花楸、朝鲜花楸、花楸树、北京花楸、太白花楸、石灰花楸、大果花楸、秦岭花楸和水榆花楸 10 个种类,第 2 类包含湖北花楸、华西花楸和陕甘花楸 3 个种类。结合花粉的形态特征,第 1 类中各种类

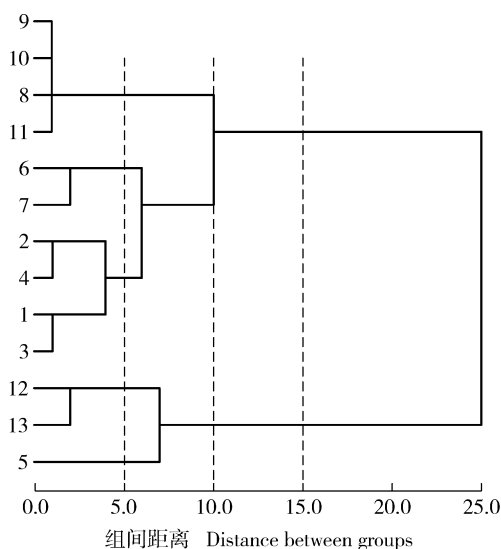
花粉的极轴长、赤道轴长和 P/E 值总体上大于第 2 类,说明第 1 类中各种类的花粉更长、更大。在组间距离 10.0 处,第 1 类中各种类进一步分成 2 个亚类,其中,西伯利亚花楸、欧洲花楸、朝鲜花楸和花楸树为第 1 亚类,北京花楸、太白花楸、石灰花楸、大果花楸、秦岭花楸和水榆花楸为第 2 亚类。结合花粉的形态特征,第 1 亚类中各种类花粉的外壁纹饰及形状相近,第 2 亚类中各种类花粉的极轴长相近。

由图 1 还可见:在组间距离 5.0 处,供试 13 种花楸属植物被分成 5 类,第 1 类包括西伯利亚花楸、欧洲花楸、朝鲜花楸和花楸树,第 2 类包括北京花楸和太白花楸,第 3 类包括石灰花楸、大果花楸、秦岭花楸和水榆花楸,第 4 类包括湖北花楸和华西花楸,第 5 类仅陕甘花楸。结合花粉的形态特征和地理分布,第 1 类中的各种类均属于复叶组且花粉的外壁纹饰及形状相近,第 2 类中的各种类也属于复叶组且均采自太白山,第 3 类中的各种类均属于落萼组和冠萼组,第 4 类中的各种类也属于复叶组且均采自梵净山,第 5 类中的种类属于复叶组且采自太白山。

3 讨论和结论

利用表型性状研究植物的亲缘关系简便易行,能够为植物的鉴别和分类提供依据^[10]。观察结果显示:供试 13 种花楸属植物花粉均为单粒花粉,呈长球状或超长球状,极面观呈三角形,赤道面观呈长椭圆形;极轴长 28.94 ~ 39.03 μm ,赤道轴长 14.50 ~ 20.16 μm ,属于小至中型花粉;外壁纹饰以条纹状为主,还有条网状和穴状,部分种类具穿孔;赤道面具 3 条萌发孔沟,萌发孔沟均为沟孔形,根据 NPC 分类系统^[11],供试 13 种花楸属植物花粉均属于 $\text{N}_3\text{P}_4\text{C}_5$ 型,与梨属 (*Pyrus* Linn.)^[12]、苹果属 (*Malus* Mill.)^[13] 及山楂属 (*Crataegus* Linn.)^[14] 的花粉类型一致。杜婉^[15]认为前人早就意识到花楸属与梨属、苹果属和山楂属关系密切,本研究结果也表明 13 种花楸属植物的花粉形态和类型与梨属、苹果属和山楂属花粉的形态和类型较接近。

本研究结果显示:供试 13 种花楸属植物的花粉形状差异较小,但各种间的花粉大小和表面纹饰存在一定差异,可作为种间分类的重要依据。《中国植物志》^{[6]283}根据花楸属的单叶或复叶情况及单叶类果实是否具宿存萼片分为冠萼组、落萼组和复叶组



1: 秦岭花楸 *S. tsinlingensis* C. L. Tang; 2: 石灰花楸 *S. folgneri* (C. K. Schneid.) Rehd.; 3: 水榆花楸 *S. alnifolia* (Sieb. et Zucc.) K. Koch; 4: 大果花楸 *S. megalocarpa* Rehd.; 5: 陕甘花楸 *S. koehneana* Schneid.; 6: 北京花楸 *S. discolor* (Maxim.) Maxim.; 7: 太白花楸 *S. tapashana* Schneid.; 8: 西伯利亚花楸 *S. sibirica* Hedl.; 9: 欧洲花楸 *S. aucuparia* Linn.; 10: 朝鲜花楸 *S. commixta* Hedl.; 11: 花楸树 *S. pohuashanensis* (Hance) Hedl.; 12: 湖北花楸 *S. hupehensis* Schneid.; 13: 华西花楸 *S. wilsoniana* Schneid.

图 1 基于花粉形态特征的 13 种花楸属植物的聚类图
Fig. 1 Cluster diagram of 13 species in *Sorbus* Linn. based on pollen morphological characteristics

3组,其中,前2组为单叶类群,后1组为复叶类群。聚类分析结果表明:石灰花楸、大果花楸、秦岭花楸和水榆花楸首先聚在一起,这些种类均属于单叶类群;随后,这4个种类又与北京花楸和太白花楸聚在一起,说明这4个种类与复叶类群的北京花楸和太白花楸亲缘关系较近;湖北花楸、华西花楸和陕甘花楸也聚在一起,说明这3个种类的亲缘关系也较近,且花粉均偏小;而欧洲花楸、朝鲜花楸和西伯利亚花楸3个外来种的花粉粒较大,与花楸树的亲缘关系较近。然而,值得注意的是,陕甘花楸的花粉形态与《中国木本植物花粉电镜扫描图志》^{[8]283}存在差异,这可能与种内不同个体间差异或取样有关,具体原因有待进一步研究。

综上所述,花楸属植物的花粉形态特征可作为其种间分类的依据,对探讨其种间亲缘关系具有一定的研究意义。

参考文献:

- [1] 陈丹. 7种花楸属植物核型和种子形态学研究[D]. 南京: 南京林业大学生物与环境学院, 2014: 1-2.
- [2] 刘亚辉, 李佳兴, 周良云, 等. 花楸属植物的研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志, 2019, 25(11): 195-205.
- [3] 魏文财. 天山花楸硬枝扦插育苗试验[J]. 青海农林科技, 2015(1): 60-62.
- [4] KHALIL M N A, BEUERLE T, MÜLLER A, et al. Biosynthesis of the biphenyl phytoalexin aucuparin in *Sorbus aucuparia* cell cultures treated with *Venturia inaequalis* [J]. Phytochemistry, 2013, 96(6): 101-109.
- [5] 张军, 朱力国. 西伯利亚花楸在黑龙江黑河的引种表现[J]. 防护林科技, 2018(4): 39-40.
- [6] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第三十六卷[M]. 北京: 科学出版社, 1974.
- [7] WU Z Y, RAVEN P H, HONG D Y. Flora of China: Vol. 9[M]. Beijing: Science Press, 2003: 144-170.
- [8] 李天庆, 曹慧娟, 康木生, 等. 中国木本植物花粉电镜扫描图志[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [9] 彭向永, 赵利清, 毛金梅, 等. 北京地区蒿柳的开花物候期及单花序开放过程中花粉活力和柱头可授性变化[J]. 植物资源与环境学报, 2017, 26(1): 110-112.
- [10] 颀刚刚, 欧阳丽婷, 谢军, 等. 新疆地区欧洲李叶片表型性状多样性及亲缘关系分析[J]. 植物资源与环境学报, 2018, 27(3): 72-78.
- [11] ERDTMAN G. 孢粉学手册[M]. 中国科学院植物研究所古生物研究室孢粉组, 译. 北京: 科学出版社, 1978: 13-26.
- [12] 张演义, 张全军, 徐颖洁, 等. 10个农家品种梨花粉形态扫描电镜观察[J]. 西南农业学报, 2014, 27(5): 2119-2123.
- [13] 王大江, 王昆, 高源, 等. 苹果地方品种花粉形态分类及聚类研究[J]. 植物遗传资源学报, 2016, 17(1): 84-91.
- [14] 刘欢, 廖康, 孙琪, 等. 新疆3种野生山楂花器官形态特征研究[J]. 新疆农业大学学报, 2014, 37(4): 293-297.
- [15] 杜婉. 花楸属部分植物次生构造和亲缘关系研究[D]. 南京: 南京林业大学生物与环境学院, 2016: 1-3.

(责任编辑: 佟金凤)

图版说明 Explanation of Plates

图版 I 1-4: 秦岭花楸; 5-8: 石灰花楸; 9-12: 水榆花楸; 13-16: 大果花楸; 17-20: 陕甘花楸; 21-24: 北京花楸; 25-28: 太白花楸.

Plate I 1-4: *Sorbus tsinlingensis* C. L. Tang; 5-8: *S. folgneri* (C. K. Schneid.) Rehd.; 9-12: *S. alnifolia* (Sieb. et Zucc.) K. Koch; 13-16: *S. megalocarpa* Rehd.; 17-20: *S. koehneana* Schneid.; 21-24: *S. discolor* (Maxim.) Maxim.; 25-28: *S. tapashana* Schneid.

图版 II 1-4: 西伯利亚花楸; 5-8: 欧洲花楸; 9-12: 朝鲜花楸; 13-16: 花楸树; 17-20: 湖北花楸; 21-24: 华西花楸.

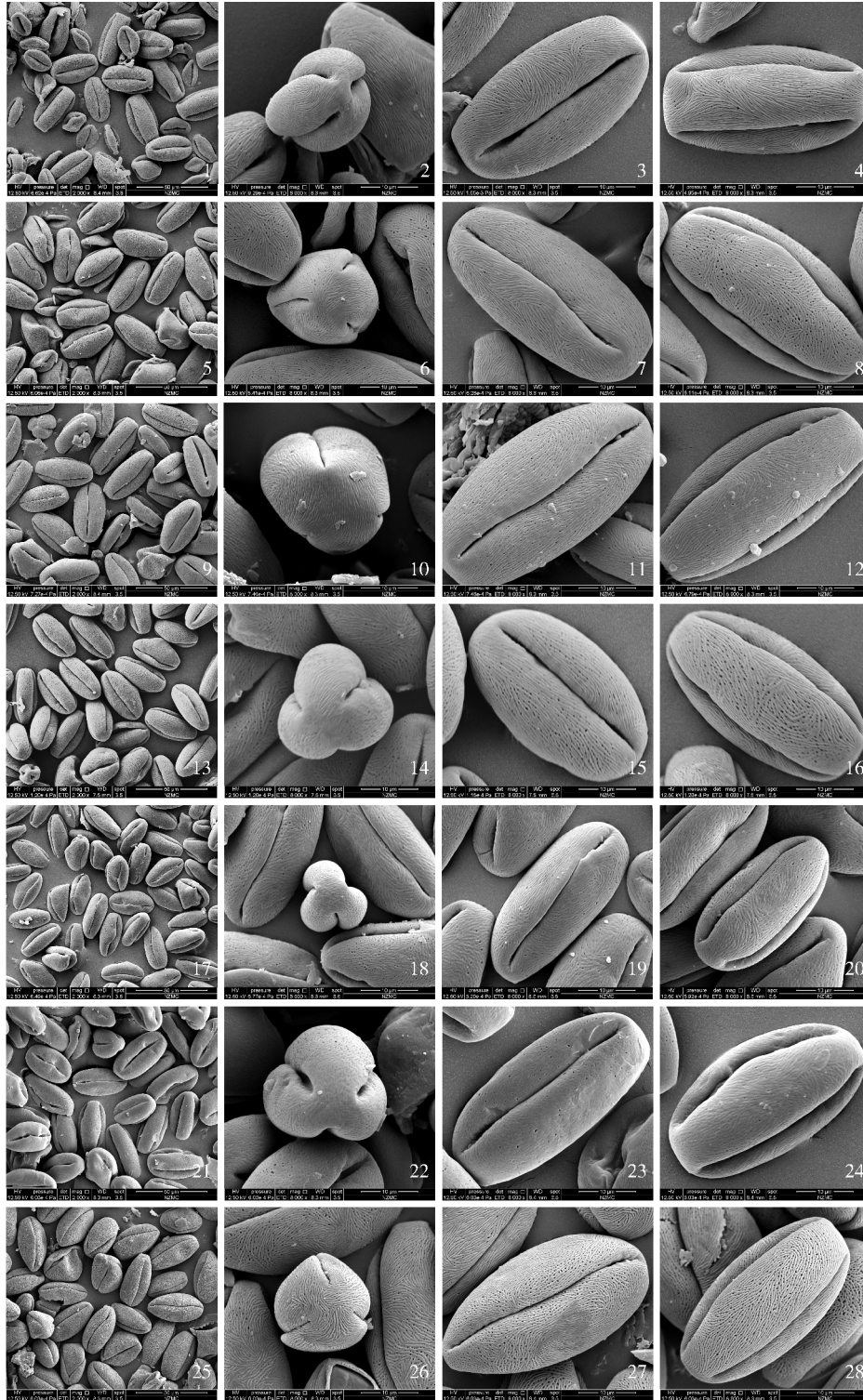
Plate II 1-4: *Sorbus sibirica* Hedl.; 5-8: *S. aucuparia* Linn.; 9-12: *S. commixta* Hedl.; 13-16: *S. pohuashanensis* (Hance) Hedl.; 17-20: *S. hupehensis* Schneid.; 21-24: *S. wilsoniana* Schneid.

杨利欢, 等: 部分花楸属植物的花粉形态特征及聚类分析

图版 I

YANG Lihuan, et al: Pollen morphological characteristics and cluster analysis on some species in *Sorbus* Linn.

Plate I



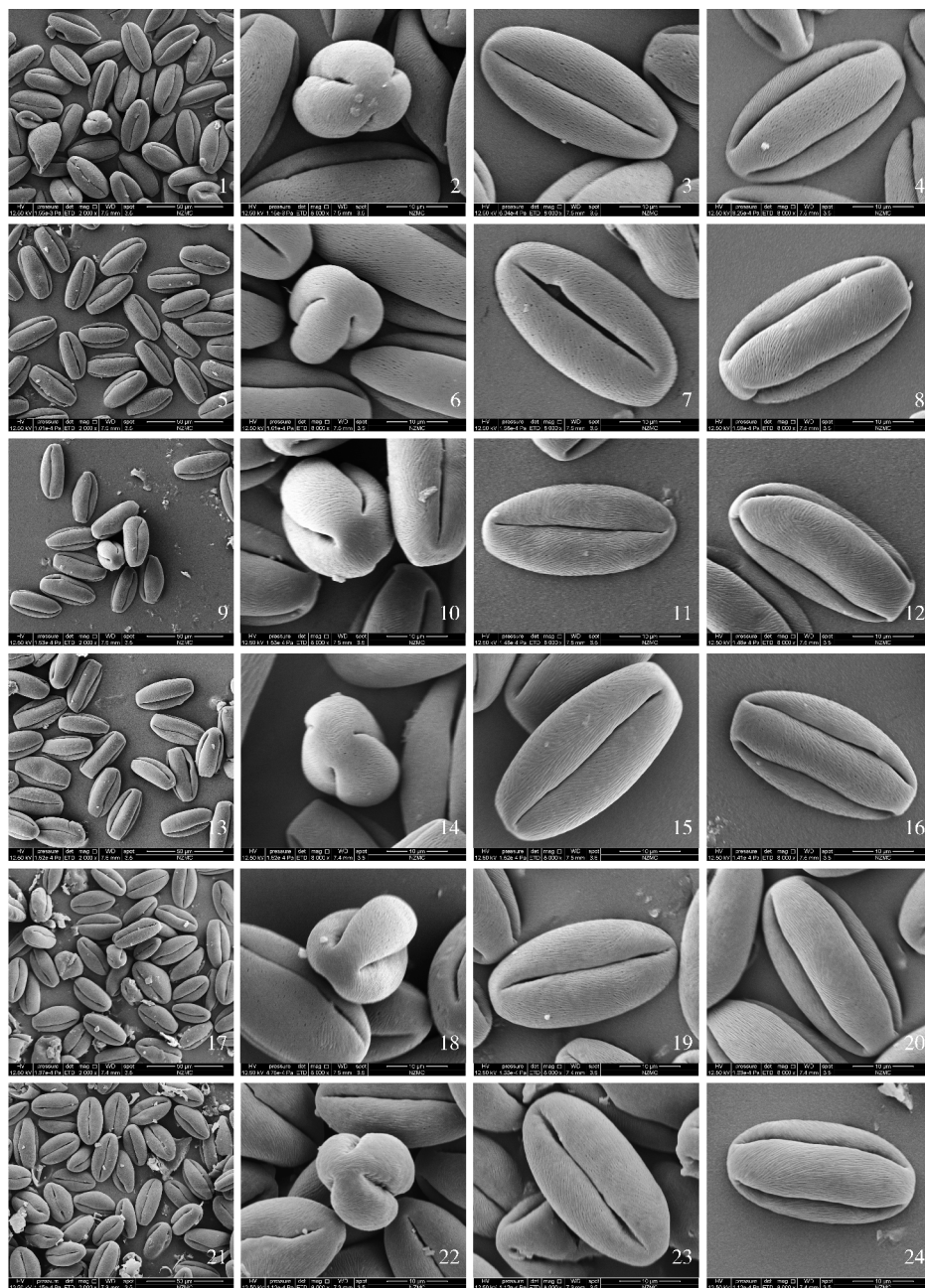
See the explanation at the end of the text

杨利欢, 等: 部分花楸属植物的花粉形态特征及聚类分析

图版 II

YANG Lihuan, et al: Pollen morphological characteristics and cluster analysis on some species in *Sorbus* Linn.

Plate II



See the explanation at the end of the text