

# 皖南山区杉山林场春季木本植物花粉形态特征分析

周非<sup>1,2</sup>, 韩飞园<sup>1,2</sup>, 杨春蕾<sup>1,2</sup>, 龙聪<sup>1,2</sup>, 闵运江<sup>1,3</sup>, 周忠泽<sup>2,①</sup>

(1. 安徽大学资源与环境工程学院, 安徽 合肥 230601; 2. 安徽省生态工程与生物技术重点实验室, 安徽 合肥 230601;  
3. 皖西学院化学与生命科学系, 安徽 六安 237012)

**摘要:**应用光学显微镜和扫描电子显微镜对皖南山区杉山林场春季开花的16科25属25种5变种木本植物的花粉形态特征进行了观察,并对花粉形状、赤道面和极面形状及轴长、P/E值、萌发孔及外壁纹饰类型等特征进行了描述,在此基础上探讨了花粉形态特征的科学意义。供试的25种5变种植物的花粉类型以近球形和扁球形为主,分别占43.3%和33.3%,还有少量为长球形。萌发孔以3孔沟为主,占73.4%;还有3拟孔沟、3(4)孔沟、2孔、3孔和多孔等类型。外壁纹饰以细网状、颗粒状及条纹-穿孔状为主,分别占26.7%、23.3%和20.0%。安息香科(Styracaceae)与山矾科(Symplocaceae)种类的花粉在网孔直径上具有一定的差异。这些花粉的形态特征体现了该地区的中亚热带及北亚热带交汇的植被区系特征,并为第四纪地层孢粉研究提供现代孢粉学依据;其中,华东野核桃(*Juglans cathayensis* var. *formosana* (Hayata) A. M. Lu et R. H. Chang)、中华猕猴桃(*Actinidia chinensis* Planch.)、华千金榆(*Carpinus cordata* var. *chinensis* Franch.)、小叶白辛树(*Pterostyrax corymbosus* Sieb. et Zucc.)、银色山矾(*Symplocos subconnata* Hand. -Mazz.)和水马桑(*Weigela japonica* var. *sinica* (Rehd.) Bailey)的花粉特征可作为相应气候环境的代用指标。

**关键词:**皖南山区;杉山林场;春季;花粉特征;外壁纹饰

中图分类号: Q944.58 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2012)04-0016-13

**Analysis on pollen morphological characteristics of spring woody plants from Shanshan Forest Farm in the mountain areas of South Anhui** ZHOU Fei<sup>1,2</sup>, HAN Fei-yuan<sup>1,2</sup>, YANG Chun-lei<sup>1,2</sup>, LONG Cong<sup>1,2</sup>, MIN Yun-jiang<sup>1,3</sup>, ZHOU Zhong-ze<sup>2,①</sup> (1. School of Resources and Environmental Engineering, Anhui University, Hefei 230601, China; 2. Anhui Key Laboratory of Ecological Engineering and Biotechnology, Hefei 230601, China; 3. Department of Chemistry and Life Science, West Anhui University, Lu'an 237012, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2012, **21**(4): 16-28

**Abstract:** Pollen morphological characteristics of wood plants (flowering in spring) of 25 species and 5 varieties of 25 genera belonging to 16 families from Shanshan Forest Farm in the mountain areas of South Anhui were observed by light microscope (LM) and scanning electron microscope (SEM), and some pollen characteristics, such as pollen shape, shape and axis length of polar and equatorial planes, P/E value, types of aperture and exine ornamentation, were also described. On these bases, the scientific significance of these pollen morphological characteristics was discussed. Pollen types of 25 species and 5 varieties tested are mainly subsphaeroidal and flat sphere with the percentages of 43.3% and 33.3%, respectively, and a few are prolate. Aperture type is mainly 3-colporate with a percentage of 73.4%, and also contains 3-colporoidate, 3(4)-colporate, 2-porate, 3-porate and stephanoporate types. Exine ornamentation is mostly fine reticulate, granulate and striate-perforate with the percentages of 26.7%, 23.3% and 20.0%, respectively. Pollens of Styracaceae and Symplocaceae have a certain difference in lumina diameter. Morphological characteristics of these pollens reflect the vegetation flora characteristics of intersection of Middle Subtropics and North Subtropics in South Anhui, and provide the modern palynological basis for pollen research of the Quaternary Strata. In which, pollen characteristics

收稿日期: 2011-12-02

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41072251); 安徽省自然科学基金资助项目(090415202); 现代古生物学和地层学国家重点实验室开放课题(113106)

作者简介: 周非(1985—),男,江苏镇江人,硕士研究生,主要研究方向为生物地理学与生物多样性保护。

①通信作者 E-mail: zhzz@ahu.edu.cn

of *Juglans cathayensis* var. *formosana* (Hayata) A. M. Lu et R. H. Chang, *Actinidia chinensis* Planch., *Carpinus cordata* var. *chinensis* Franch., *Pterostyrax corymbosus* Sieb. et Zucc., *Symplocos subconnata* Hand. -Mazz. and *Weigela japonica* var. *sinica* (Rehd.) Bailey can be used as substitutive indexes of corresponding climate environment.

**Key words:** mountain areas of South Anhui; Shanshan Forest Farm; spring; pollen characteristics; exine ornamentation

孢粉分析是利用地层中的孢粉组合直接恢复古植被、间接恢复古气候的技术。与其他环境代用指标相比,孢粉分析具有直观性和准确性的优势,是研究古植被、古气候和古地理的重要手段之一。随第四纪研究的不断深入,孢粉分析日益受到环境考古界的重视。运用孢粉资料可以恢复各种不同地貌单元上的植被、重建古气候,从而推论古气候的演变规律,还可以研究海陆变迁、地壳运动以及人地环境相互影响等问题<sup>[1-2]</sup>。

据推测,现代植物有20多万种,但仅有数万种的花粉得到研究,所占比例十分微小<sup>[2]</sup>。因此,在对地层中的一些花粉或孢子进行属种鉴定时仍然缺少现代植物花粉形态的标准对照图谱。由于第四纪植物花粉与现代植物花粉在形态上具有较高的一致性<sup>[3]</sup>,因此,采用光学显微镜与扫描电子显微镜相结合的方法对现代植物花粉形态进行研究,有利于化石花粉的正确鉴定、古植被的恢复以及古地理环境的再造,尤其是对第四纪以来古植被和古环境变化的研究具有重要意义。

作者利用光学显微镜和扫描电子显微镜,对分布于安徽省皖南山区石台县杉山林场中春季开花的16科25属25种5变种植物的花粉形态进行了观察和分析,并整理出供试植物花粉的形态特征,以期为第四纪地层孢粉分析和古植被恢复以及植物地理学研究提供现代植物花粉标准图谱。

## 1 研究区自然概况和研究方法

### 1.1 研究区自然概况

杉山林场位于安徽省皖南山区石台县境内,地处贵池区宵坑村和石台县矾汤村之间,隶属于九华山山系,海拔300~900 m;具体地理坐标为东经117°39'~117°48'、北纬30°19'~30°27'。该区域属中亚热带季风气候,年均日照时数1 967.6 h,活动积温4 500 °C;年均气温16.0 °C,日最高气温42.0 °C,日最低气温

-13.0 °C;年均降水量1 655 mm,雨量充沛;年均无霜期227 d,多雾;年均空气相对湿度80%。该地区温凉潮湿,光照和雨量都很充足,非常有利于植被发育。地带性土壤为黄红壤,母岩为石灰岩。

研究区地带性植被类型为常绿阔叶林,主要常绿阔叶树种有青冈栎 [*Cyclobalanopsis glauca* (Thunb.) Oerst.]、青栲 [*C. myrsinaefolia* (Bl.) Oerst.]、苦槠 [*Castanopsis sclperophylla* (Lindl. ex Paxt.) Schott.]、甜槠 [*C. eyrei* (Champ. ex Benth.) Tutch.]、石栎 [*Lithocarpus glaber* (Thunb.) Nakai]、绵槠 (*L. henryi* Rehd. et Wils.)、樟树 [*Cinnamomum camphora* (L.) Presl]、紫楠 [*Phoebe shearereri* (Hemsl.) Gamble]、红楠 (*Machilus thunbergii* Sieb. et Zucc.)、豺皮樟 [*Litsea coreana* var. *sinensis* (Allen) Yang et P. H. Huang]、厚皮香 [*Ternstroemia gymnanthera* (Wight et Arn.) Bedd.]和木荷 (*Schima superba* Gardn. et Champ.)等多种壳斗科 (Fagaceae)、樟科 (Lauraceae) 和山茶科 (Theaceae) 植物,其中壳斗科植物是杉山林场天然次生林的主要建群种。常绿阔叶林中常混生有锥栗 [*Castanea henryi* (Skan) Rehd. et Wils.]、短柄枹 [*Quercus glandulifera* var. *brevipetiolata* (A. DC.) Nakai]、白栎 (*Q. fabri* Hance)、槲树 (*Q. dentata* Thunb.)、华东野核桃 [*Juglans cathayensis* var. *formosana* (Hayata) A. M. Lu et R. H. Chang]、青钱柳 [*Cyclocarya paliurus* (Batal.) Iljinsk.]、化香 (*Platycarya strobilacea* Sieb. et Zucc.)、枫杨 (*Pterocarya stenoptera* C. DC.)、华千金榆 (*Carpinus cordata* var. *chinensis* Franch.)、江南桤木 (*Alnus trabeculosa* Hand. -Mazz.)、枫香 (*Liquidambar formosana* Hance)、香果树 (*Emmenopterys henryi* Oliv.) 和小叶白辛树 (*Pterostyrax corymbosus* Sieb. et Zucc.) 等落叶阔叶树种。主要灌木树种为杜鹃 (*Rhododendron simsii* Planch.)、马银花 [*R. ovatum* (Lindl.) Planch. ex Maxim.]、乌饭树 (*Vaccinium bracteatum* Thunb.)、银色山矾 (*Symplocos subconnata* Hand. -Mazz.)、山胡椒

[*Lindera glauca* (Sieb. et Zucc.) Bl.] 和 柃木 (*Eurya japonica* Thunb.) 等。该林场人工林树种主要有杉木 [*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.]、毛竹 [*Phyllostachys edulis* (Carr.) H. de Lehaie] 和茶树 [*Camellia sinensis* (L.) O. Ktze]。

## 1.2 材料

供试花粉于2011年4月1日至3日采自杉山林场,样地海拔470~750 m。凭证标本及花粉玻片凭证标本保存于安徽大学生物系植物标本室(ANU)。

## 1.3 方法

参照杨春蕾等<sup>[4]</sup>的方法,采用 Erdtman 醋酸酐分解法处理花粉,并用石蜡封片,制成永久制片;用 OLYMPUS BX53 型光学显微镜(日本 OLYMPUS 公司生产)对花粉进行观察和测量,每种花粉检测 20 粒,结果取平均值。

参照杨春蕾等<sup>[4]</sup>的方法对花粉进行预处理,然后放置于黏有金属箔纸的铜台上,置于干燥器中用硅胶干燥,然后用真空镀膜机喷金。用日立 S-4800 型扫描电子显微镜(日本日立公司生产)对花粉进行观察、拍照并记录。

花粉描述术语参照文献[5],物种分布地区及适生环境的表述参照《中国植物志》中各种类的相应表述,并根据文献[6]计算 P/E 值(极轴与赤道轴长度的比值)。

## 2 结果和分析

光学显微镜下供试的 16 科 25 属 25 种 5 变种植物的花粉形态特征见图版 I 和 II,扫描电镜下花粉形态特征及表面纹饰见图版 III 和 IV。对花粉形态特征的描述如下:

1) 华东野核桃 [*Juglans cathayensis* var. *formosana* (Hayata) A. M. Lu et R. H. Chang] 隶属于胡桃科 (Juglandaceae) 胡桃属 (*Juglans* L.); 主要产于华东及台湾,生于山谷或山坡林中;凭证标本号 Z. F. 0413; 其花粉形态特征见图版 I-1 和 III-1。花粉粒呈近球形, P/E=0.99 (0.97~1.03); 赤道面观多边形,极面观阔椭圆形。极轴长 38.7 (36.0~41.0)  $\mu\text{m}$ , 赤道轴长 39.1 (38.0~42.0)  $\mu\text{m}$ 。具 8~9 孔,散孔,内径 2.0  $\mu\text{m}$ ,圆形,边缘稍微突出。外壁厚 1.5  $\mu\text{m}$ ,外层与内层等厚。外壁纹饰在光镜下为模糊的颗粒状,在扫描电镜下为明显的颗粒状。

2) 紫柳 (*Salix wilsonii* Seem.) 隶属于杨柳科 (Salicaceae) 柳属 (*Salix* L.); 主要产于湖北、湖南、安徽、江苏、江西和浙江等省,生于平原及低山地区的水边堤岸上;凭证标本号 Z. F. 0406; 其花粉形态特征见图版 I-2,3 和 III-2。花粉粒呈长球形, P/E=1.25 (1.12~1.43); 赤道面观椭圆形,极面观三裂圆形。极轴长 19.4 (18.0~21.5)  $\mu\text{m}$ , 赤道轴长 15.6 (14.0~17.0)  $\mu\text{m}$ 。具 3 (拟孔) 沟,沟细而长,几达两极。外壁厚 1.0  $\mu\text{m}$ ,外层与内层近等厚,柱状层基柱发达。外壁纹饰在光镜下为细网状,在扫描电镜下为明显的粗网状,沟边的网眼较小。

3) 华千金榆 (*Carpinus cordata* var. *chinensis* Franch.) 隶属于桦木科 (Betulaceae) 鹅耳枥属 (*Carpinus* L.); 主要产于华东及湖北和四川,生于海拔 500~2 500 m 较湿润的阴山坡或山谷杂木林中,朝鲜和日本也有分布;凭证标本号 Z. F. 0401; 其花粉形态特征见图版 I-4 和 III-3。花粉粒呈扁球形, P/E=0.81 (0.77~0.85); 赤道面观扁圆形,极面观圆三角形。极轴长 22.0 (20.0~23.0)  $\mu\text{m}$ , 赤道轴长 27.2 (25.0~29.0)  $\mu\text{m}$ 。具 3 孔,孔的外壁外层不加厚,稍升高;内层不加厚而中断。外壁厚 1.0  $\mu\text{m}$ ,外层比内层略厚,柱状层基柱不明显。外壁纹饰在光镜下为模糊的颗粒状,在扫描电镜下为明显的颗粒状。

4) 短尾鹅耳枥 (*Carpinus londoniana* H. Winkl.) 隶属于桦木科鹅耳枥属; 主要产于云南、四川西部和西南部、贵州东南部、湖南、广西、广东、福建、江西、浙江和安徽,生于海拔 300~1 500 m 潮湿山坡或山谷的杂木林中,越南、老挝、泰国北部及缅甸东南部也有分布;凭证标本号 Z. F. 0402; 其花粉形态特征见图版 I-5,6 和 III-4。花粉粒呈扁球形, P/E=0.96 (0.87~1.04); 赤道面观扁圆形,极面观圆形。极轴长 28.1 (25.0~30.0)  $\mu\text{m}$ , 赤道轴长 29.3 (26.0~31.0)  $\mu\text{m}$ 。具 3 孔,孔的外壁外层不加厚,稍升高,内层不加厚而中断。外壁厚 1.0  $\mu\text{m}$ ,外层比内层略厚,柱状层基柱不明显。外壁纹饰在光镜下为较模糊的颗粒状,在扫描电镜下为明显的颗粒状。

5) 短柄栲 [*Quercus glandulifera* var. *brevipetiolata* (A. DC.) Nakai] 隶属于壳斗科麻栎属 (*Quercus* L.); 主要产于华东和华中以及山西、陕西、甘肃、广东、广西、四川、贵州、辽宁南部和台湾等省区,生于海拔 20~2 000 m 的山地;凭证标本号 Z. F. 0415; 其花粉形态特征见图版 I-7 和 III-5。花粉粒呈近球形,

$P/E=1.11(1.02\sim1.24)$ ;赤道面观椭圆形,极面观三裂圆形。极轴长 $28.3(26.0\sim30.0)\mu\text{m}$ ,赤道轴长 $25.4(21.0\sim28.0)\mu\text{m}$ 。具3孔沟,沟细而长,几达两极。外壁厚 $1.0\mu\text{m}$ ,外层与内层近等厚,柱状层基柱不明显。外壁纹饰在光镜下为模糊的颗粒状,在扫描电镜下为明显的颗粒状。

6)青冈栎(*Cyclobalanopsis glauca* (Thunb.) Oerst.) 隶属于壳斗科青冈栎属(*Cyclobalanopsis* Oerst.);本种是该属在中国分布最广的树种之一,主要产于华东和华中及台湾、陕西、甘肃、广东、广西等省区以及西南诸省区,生于海拔 $60\sim2\ 600\text{ m}$ 山坡或沟谷的常绿阔叶林或常绿阔叶与落叶阔叶混交林中,朝鲜、日本和印度也有分布;凭证标本号 Z. F. 0432;其花粉形态特征见图版 I-8 和 III-6。花粉粒呈长球形, $P/E=1.38(1.25\sim1.54)$ ;赤道面观椭圆形,极面观三裂圆形。极轴长 $18.6(16.5\sim21.5)\mu\text{m}$ ,赤道轴长 $13.5(12.5\sim14.5)\mu\text{m}$ 。具3孔沟,沟细而长,几达两极,内孔横长环带状,孔径约 $2.0\mu\text{m}$ 。外壁厚约 $1.0\mu\text{m}$ ,外层与内层近等厚,柱状层基柱不明显。外壁纹饰在光镜下为模糊的细网状,在扫描电镜下为条纹-细网状。

7)白栎(*Quercus fabri* Hance) 隶属于壳斗科麻栎属;主要产于华东和华中及陕西(南部)、广东、广西、四川、贵州和云南等省区,生于海拔 $50\sim1\ 900\text{ m}$ 的丘陵和山地杂木林中;凭证标本号 Z. F. 0439;其花粉形态特征见图版 I-9 和 III-7。花粉粒呈近长球形, $P/E=1.18(1.00\sim1.34)$ ;赤道面观椭圆形,极面观三裂圆形。极轴长 $27.2(23.5\sim29.0)\mu\text{m}$ ,赤道轴长 $23.1(17.5\sim24.5)\mu\text{m}$ 。具3孔沟,沟细而长,几达两极。外壁厚 $1.0\mu\text{m}$ ,外层与内层近等厚,柱状层基柱不明显。外壁纹饰在光镜下为颗粒状,在扫描电镜下为明显的颗粒状。

8)槲树(*Quercus dentata* Thunb.) 隶属于壳斗科麻栎属;主要产于东北、华中和华东及台湾、河北、山西、陕西、甘肃、四川、贵州和云南等省,生于海拔 $50\sim2\ 700\text{ m}$ 的杂木林或松林中,朝鲜和日本也有分布;凭证标本号 Z. F. 0440;其花粉形态特征见图版 I-10 和 III-8。花粉粒呈扁球形, $P/E=0.90(0.80\sim1.00)$ ;赤道面观扁椭圆形,极面观圆形。极轴长 $22.3(20.0\sim25.0)\mu\text{m}$ ,赤道轴长 $24.8(23.0\sim27.0)\mu\text{m}$ 。具3孔沟,沟细而长,几达两极。外壁厚 $1.0\mu\text{m}$ ,外层比内层略厚。外壁纹饰在光镜下为颗粒状,在扫描

电镜下为明显的颗粒状。

9)小构树(*Broussonetia kazinoki* Sieb. et Zucc.) 隶属于桑科(Moraceae)构树属(*Broussonetia* L'Her ex Vent.);主产于华中、华南和西南各省区及台湾,生于中海拔以下的低山地区山坡林缘、沟边和住宅近旁,日本和朝鲜也有分布;凭证标本号 Z. F. 0414;其花粉形态特征见图版 I-11 和 III-9。花粉粒呈近球形, $P/E=1.09(1.01\sim1.15)$ ;赤道面观近圆形,极面观圆形。极轴长 $14.5(14.0\sim16.0)\mu\text{m}$ ,赤道轴长 $13.3(13.0\sim14.0)\mu\text{m}$ 。具2孔,孔小,圆形,孔边稍加厚。外壁薄,厚度 $0.5\mu\text{m}$ ,层次不明显。外壁纹饰在光镜下为微弱的颗粒状,在扫描电镜下具微刺。

10)牡丹(*Paeonia suffruticosa* Andr.) 隶属于芍药科(Paeoniaceae)芍药属(*Paeonia* L.);在全国各地广泛栽培;凭证标本号 Z. F. 0418;其花粉形态特征见图版 I-12 和 III-10,11。花粉粒呈近球形, $P/E=0.93(0.86\sim1.00)$ ;赤道面观扁圆形,极面观三裂圆形。极轴长 $29.5(24.0\sim32.0)\mu\text{m}$ ,赤道轴长 $31.7(26.0\sim34.0)\mu\text{m}$ 。具3孔沟,沟长,末端较尖,内孔横长,常不明显。外壁厚 $2.0\mu\text{m}$ ,外层厚于内层。外壁纹饰在光镜下为显著的细网状,在扫描电镜下为细网状。

11)中华猕猴桃(*Actinidia chinensis* Planch.) 隶属于猕猴桃科(Actinidiaceae)猕猴桃属(*Actinidia* Lindl.);主要产于华东和华中以及陕西(南端)、广东(北部)和广西(北部)等省区,生于海拔 $200\sim600\text{ m}$ 低山区山林的高草灌丛、灌木林或次生疏林中,在较北地区则喜生于温暖湿润、背风向阳的环境中;凭证标本号 Z. F. 0436;其花粉形态特征见图版 I-13,14 和 III-12。花粉粒呈近球形, $P/E=1.08(1.06\sim1.18)$ ;赤道面观椭圆形,极面观三裂圆形。极轴长 $19.4(18.0\sim20.0)\mu\text{m}$ ,赤道轴长 $18.0(17.0\sim19.0)\mu\text{m}$ 。具3孔沟,沟长,几达两极。外壁厚约 $1.5\mu\text{m}$ ,外层与内层近等厚,柱状层基柱不明显。光镜下外壁光滑,扫描电镜下具穿孔。

12)细齿稠李(*Padus obtusata* (Koehne) Yu et Ku) 隶属于蔷薇科(Rosaceae)稠李属(*Padus* Mill.);主要产于华东和华中以及台湾、陕西、甘肃、贵州、四川和云南等省,生于海拔 $840\sim3\ 600\text{ m}$ 山坡杂木林、密林或疏林下以及山谷、沟底和溪边等处;凭证标本号 Z. F. 0405;其花粉形态特征见图版 I-15,16 和 III-13,14。花粉粒呈近球形, $P/E=1.01(0.96\sim$

1.10);赤道面观椭圆形,极面观三裂圆形。极轴长 21.6(20.0~23.0)  $\mu\text{m}$ ,赤道轴长 21.3(20.0~23.0)  $\mu\text{m}$ 。具3孔沟,孔径为 3.5  $\mu\text{m}$ ,圆形。外壁厚 1.2  $\mu\text{m}$ ,外层与内层近等厚。外壁纹饰在光镜和扫描电镜下均为条纹-穿孔状。

13) 绣球绣线菊(*Spiraea blumei* G. Don) 隶属于蔷薇科绣线菊属(*Spiraea* L.);主产于华东以及辽宁、内蒙古、河北、河南、山西、陕西、湖北、甘肃、四川、广东和广西等省区,生于海拔 500~2 000 m 的向阳山坡、杂木林内或路旁,日本和朝鲜也有分布;凭证标本号 Z. F. 0407;其花粉形态特征见图版 I-17 和 III-15。花粉粒呈近球形,花粉小, P/E=1.07(1.00~1.20);赤道面观椭圆形,极面观三裂圆形。极轴长 15.3(14.0~18.0)  $\mu\text{m}$ ,赤道轴长 14.3(13.0~15.5)  $\mu\text{m}$ 。具3孔沟,内孔横长。外壁厚 1.2  $\mu\text{m}$ ,外层与内层近等厚,柱状层基柱明显。外壁纹饰在光镜和扫描电镜下均为条纹-穿孔状。

14) 蓬蘽(*Rubus hirsutus* Thunb.) 隶属于蔷薇科悬钩子属(*Rubus* L.);主产于华东以及河南、广东和台湾,生于海拔 1 500 m 的山坡路旁、阴湿处或灌木丛中,朝鲜和日本也有分布;凭证标本号 Z. F. 0416;其花粉形态特征见图版 I-18 和 III-16。花粉粒呈近球形, P/E=1.09(1.01~1.18),赤道面观椭圆形,极面观三裂圆形。极轴长 20.1(18.0~22.0)  $\mu\text{m}$ ,赤道轴长 18.5(17.0~20.0)  $\mu\text{m}$ 。具3孔沟,沟细而长,几达两极。外壁厚 2.0  $\mu\text{m}$ ,外层与内层近等厚,柱状层基柱明显。外壁纹饰在光镜和扫描电镜下均为条纹-穿孔状。

15) 山莓(*Rubus corchorifolius* L. f.) 隶属于蔷薇科悬钩子属;除东北、新疆、青海、甘肃和西藏外,全国其他地区均产,普遍生于海拔 200~2 200 m 的向阳山坡溪边、山谷、荒地和疏密灌丛中的潮湿处,朝鲜、日本、缅甸及越南也有分布;凭证标本号 Z. F. 0417;其花粉形态特征见图版 I-19 和 III-17。花粉粒呈长球形, P/E=1.20(1.12~1.27);赤道面观椭圆形,极面观三裂圆形。极轴长 19.6(18.0~21.0)  $\mu\text{m}$ ,赤道轴长 16.3(15.0~18.0)  $\mu\text{m}$ 。具3孔沟,沟细而长,几达两极。外壁厚约 1.5  $\mu\text{m}$ ,外层与内层近等厚,柱状层基柱明显。外壁纹饰在光镜和扫描电镜下均为条纹-穿孔状。

16) 掌叶覆盆子(*Rubus chingii* Hu) 隶属于蔷薇科悬钩子属;主要产于江苏、安徽、浙江、江西、福建和

广西,生于低海拔至中海拔地区的山坡、路边向阳处或背阴处的灌木丛中,日本也有分布;凭证标本号 Z. F. 0422;其花粉形态特征见图版 I-20 和 III-18。花粉粒呈近球形, P/E=1.13(1.04~1.20);赤道面观椭圆形,极面观三裂圆形。极轴长 23.4(22.0~25.0)  $\mu\text{m}$ ,赤道轴长 20.7(20.0~22.0)  $\mu\text{m}$ 。具3孔沟,沟细而长,几达两极。外壁厚 2.0  $\mu\text{m}$ ,外层比内层略厚。外壁纹饰在光镜和扫描电镜下均为条纹-穿孔状。

17) 金樱子(*Rosa laevigata* Michx.) 隶属于蔷薇科蔷薇属(*Rosa* L.);主要产于华东以及台湾、陕西、湖北、湖南、广东、广西、四川、云南和贵州等省区,生于海拔 200~1 600 m 的向阳山野、田边、溪畔灌木丛中;凭证标本号 Z. F. 0437;其花粉形态特征见图版 II-1, 2 和 IV-1, 2。花粉粒呈近长球形, P/E=1.12(1.04~1.22);赤道面观椭圆形,极面观三裂圆形。极轴长 28.3(26.0~32.0)  $\mu\text{m}$ ,赤道轴长 25.7(23.0~28.0)  $\mu\text{m}$ 。具3孔沟,沟细而长,几达两极。外壁厚 1.5  $\mu\text{m}$ ,外层比内层略厚。外壁纹饰在光镜和扫描电镜下均为条纹-穿孔状。

18) 紫藤[*Wisteria sinensis* (Sims) Sweet] 隶属于豆科(Leguminosae)紫藤属(*Wisteria* Nutt.);主要产于河北以南的黄河和长江流域及陕西、河南、广西、贵州和云南等省区;凭证标本号 Z. F. 0403;其花粉形态特征见图版 II-3, 4 和 IV-3。花粉粒呈扁球形, P/E=0.84(0.71~1.00);赤道面观宽椭圆形,极面观三裂圆形。极轴长 25.4(23.0~28.5)  $\mu\text{m}$ ,赤道轴长 29.5(28.0~32.0)  $\mu\text{m}$ 。具3孔沟,沟细而长,几达两极,内孔大而明显,圆形,孔径约为 4.0  $\mu\text{m}$ 。外壁厚 2.0  $\mu\text{m}$ ,明显分成2层,外层与内层近等厚,柱状层基柱明显。外壁纹饰在光镜和扫描电镜下均为细网状。

19) 云实[*Caesalpinia decapetala* (Roth) Alston] 隶属于豆科云实属(*Caesalpinia* L.);主要产于华东以及广东、广西、云南、四川、贵州、湖南、湖北、河南、河北、陕西和甘肃等省区,生于山坡灌丛中及平原、丘陵、河旁等,亚热带和温带地区也有分布;凭证标本号 Z. F. 0434;其花粉形态特征见图版 II-5, 6 和 IV-4, 5。花粉粒呈扁球形, P/E=0.80(0.76~0.84);赤道面观扁圆形,极面观3个拟沟与3个沟间区交错,拟沟末端钝圆,达极区。极轴长 36.4(34.0~39.0)  $\mu\text{m}$ ,赤道轴长 45.6(42.0~49.0)  $\mu\text{m}$ 。沟间区外壁具有明显的网状雕纹,拟沟上具细网状雕纹。具3孔沟,内

孔纵长,纵孔径 $9.5\ \mu\text{m}$ 、横孔径 $2.5\ \mu\text{m}$ ,在极面观凸出轮廓线外。外壁厚 $3.0\ \mu\text{m}$ ,外层比内层略厚,外层基柱发达。外壁纹饰在光镜和扫描电镜下均为细网状。

20) 瓜子金(*Polygala japonica* Houtt.) 隶属于远志科(Polygalaceae)远志属(*Polygala* L.);全国各地均有分布,主要生长于海拔 $1\ 100\sim 3\ 300$ ( $\sim 4\ 300$ ) m的沙质土、石砾和石灰岩山地灌丛、林缘或草地中;凭证标本号 Z. F. 0419;其花粉形态特征见图版 II-7 和 IV-6。花粉粒呈近球形, $P/E=1.10$ ( $1.03\sim 1.18$ );赤道面观扁圆形,极面观圆形。极轴长 $31.8$ ( $20.0\sim 35.0$ )  $\mu\text{m}$ ,赤道轴长 $28.9$ ( $16.0\sim 33.0$ )  $\mu\text{m}$ 。具 $14\sim 18$ 孔沟,内孔联接,在赤道面上形成1个孔环,孔径 $6.5\ \mu\text{m}$ 。外壁厚 $2.0\ \mu\text{m}$ ,外层与内层等厚。在光镜和扫描电镜下外壁均光滑。

21) 省沽油(*Staphylea bumalda* DC.) 隶属于省沽油科(Staphyleaceae)省沽油属(*Staphylea* L.);主要产于东北以及河北、山西、陕西、浙江、湖北、安徽、江苏和四川,生于路旁、山地或丛林中;凭证标本号 Z. F. 0411;其花粉形态特征见图版 II-8,9 和 IV-7。花粉粒呈扁球形, $P/E=0.90$ ( $0.82\sim 0.99$ );赤道面观椭圆形,极面观为三裂圆形或钝三角形。极轴长 $36.7$ ( $34.0\sim 38.0$ )  $\mu\text{m}$ ,赤道轴长 $40.9$ ( $37.5\sim 44.0$ )  $\mu\text{m}$ 。具3孔沟,沟细而长,几达两极;内孔横长,椭圆形,横孔径约 $8.0\ \mu\text{m}$ 、纵孔径约 $5.0\ \mu\text{m}$ 。外壁厚约 $2.5\ \mu\text{m}$ ,外层厚度至少为内层厚度的2倍,柱状层基柱发达。外壁纹饰在光镜和扫描电镜下均为粗网状。

22) 青莢叶 [*Helwingia japonica* (Thunb.) Dietr.] 隶属于山茱萸科(Cornaceae)青莢叶属(*Helwingia* Willd.);主要产于黄河流域以南各省区,生于海拔 $3\ 300$  m以下的林分中且喜阴湿及肥沃的土壤,日本、缅甸北部和印度北部也有分布;凭证标本号 Z. F. 0426;其花粉形态特征见图版 II-10 和 IV-8。花粉粒呈长球形, $P/E=1.19$ ( $1.09\sim 1.32$ );赤道面观扁圆形,极面观三裂圆形。极轴长 $25.9$ ( $24.0\sim 28.0$ )  $\mu\text{m}$ ,赤道轴长 $21.7$ ( $20.0\sim 24.0$ )  $\mu\text{m}$ 。具3拟孔沟,内孔不明显。外壁厚 $2.0\ \mu\text{m}$ ,外层与内层等厚,柱状层基柱明显。外壁纹饰在光镜和扫描电镜下均为细网状。

23) 灯台树(*Cornus controversa* Hemsl.) 隶属于山茱萸科灯台树属(*Cornus* L.);主要产于华东以及辽宁、河北、陕西、甘肃、台湾、河南、广东、广西及长江以

南各省区,生于海拔 $250\sim 2\ 600$  m的常绿阔叶林或针阔叶混交林中,朝鲜、日本、印度北部、尼泊尔、锡金和不丹也有分布;凭证标本号 Z. F. 0433;其花粉形态特征见图版 II-11,12 和 IV-9。花粉粒呈近球形, $P/E=1.08$ ( $1.00\sim 1.16$ );赤道面观椭圆形,极面观钝三角形,萌发孔位于角上。极轴长 $37.5$ ( $35.0\sim 40.5$ )  $\mu\text{m}$ ,赤道轴长 $34.7$ ( $32.0\sim 39.0$ )  $\mu\text{m}$ 。具3孔沟,内孔横长。外壁厚约 $2.0\ \mu\text{m}$ ,内层比外层略厚,柱状层基柱不明显。外壁纹饰在光镜下为微刺状,在扫描电镜下具微刺。

24) 马银花 [*Rhododendron ovatum* (Lindl.) Planch. ex Maxim.] 隶属于杜鹃花科(Ericaceae)杜鹃花属(*Rhododendron* L.);主产于华东以及台湾、湖北、湖南、广东、广西、四川和贵州,生于海拔 $1\ 000$  m以下的灌丛中;凭证标本号 Z. F. 0421;其花粉形态特征见图版 II-13,14 和 IV-10。花粉为复合体,形成四合花粉,四面体形,四合体直径 $56.1$ ( $53.0\sim 62.0$ )  $\mu\text{m}$ 。具3孔沟,沟边明显加厚。外壁厚 $1.5\ \mu\text{m}$ ,分为2层,外层与内层近等厚。外壁纹饰在光镜下为细网状,在扫描电镜下为粗颗粒状。

25) 小叶白辛树(*Pterostyrax corymbosus* Sieb. et Zucc.) 隶属于安息香科(Styracaceae)白辛树属(*Pterostyrax* Sieb. et Zucc.);主要产于江苏以及浙江、江西、湖南、福建和广东的部分地区,生于海拔 $400\sim 1\ 600$  m的山区河边以及山坡低凹而湿润处,日本也有分布;凭证标本号 Z. F. 0410;其花粉形态特征见图版 II-15 和 IV-11。花粉粒呈扁球形, $P/E=0.88$ ( $0.78\sim 0.94$ );赤道面观扁圆形,极面观钝三角形。极轴长 $30.7$ ( $28.0\sim 34.0$ )  $\mu\text{m}$ ,赤道轴长 $34.8$ ( $33.0\sim 38.0$ )  $\mu\text{m}$ 。具3孔沟,沟细而长,几达两极。外壁厚 $2.0\ \mu\text{m}$ ,外层比内层略厚,柱状层基柱明显。外壁纹饰在光镜和扫描电镜下均为细网状。

26) 赤杨叶 [*Alniphyllum fortunei* (Hemsl.) Makino] 隶属于安息香科赤杨叶属(*Alniphyllum* Matsum.);本种分布较广,适应性较强,生长迅速,为阳性树种,常与壳斗科和山茶科植物混生;主产于华东及湖南、湖北、台湾、广东、广西、贵州、四川和云南等省区,生于海拔 $200\sim 2\ 200$  m的常绿阔叶林中,印度、越南和缅甸也有分布;凭证标本号 Z. F. 0424;其花粉形态特征见图版 II-16 和 IV-12。花粉粒呈扁球形, $P/E=0.86$ ( $0.81\sim 0.92$ );赤道面观扁圆形,极面观钝三角形。极轴长 $27.5$ ( $26.0\sim 29.0$ )  $\mu\text{m}$ ,赤道轴

长 32.2 (32.0 ~ 33.0)  $\mu\text{m}$ 。具 3 孔沟, 沟细而长, 几达两极, 内孔横长。外壁厚 2.0  $\mu\text{m}$ , 外层与内层近等厚。外壁纹饰在光镜和扫描电镜下均为细网状。

27) 银色山矾 (*Symplocos subconnata* Hand. -Mazz.) 隶属于山矾科 (Symplocaceae) 山矾属 (*Symplocos* Jacq.); 主要产于安徽南部的休宁 (岭南和黄土坑) 和广德 (横山) 以及四川、贵州、广西北部、广东北部、湖南、江西、福建和浙江, 生于海拔 130 ~ 800 m 的山谷、溪旁、灌丛或杂木林中; 凭证标本号 Z. F. 0435; 其花粉形态特征见图版 II-17 和 IV-13。花粉粒呈扁球形, P/E=0.85 (0.80 ~ 0.91); 赤道面观扁圆形, 极面观圆三角形。极轴长 20.6 (20.0 ~ 21.0)  $\mu\text{m}$ , 赤道轴长 24.2 (22.0 ~ 25.0)  $\mu\text{m}$ 。具 3 孔沟, 沟细而长, 几达两极, 内孔大而显著, 孔径 4.0  $\mu\text{m}$ 。外壁厚 2.0  $\mu\text{m}$ , 外层与内层近等厚, 柱状层基柱发达。外壁纹饰在光镜和扫描电镜下均为细网状。

28) 下江忍冬 (*Lonicera modesta* Rehd.) 隶属于忍冬科 (Caprifoliaceae) 忍冬属 (*Lonicera* L.); 主产于安徽南部和西部大别山区及浙江、江西北部 and 东部 (宜黄)、湖北东部 (罗田和长阳) 及湖南东部 (衡山南岳), 生于海拔 500 ~ 1 300 m 的杂木林下或灌丛中; 凭证标本号 Z. F. 0408; 其花粉形态特征见图版 II-18 和 IV-14。花粉粒呈近球形, P/E=0.99 (0.89 ~ 1.12); 赤道面观扁圆形, 极面观圆形。极轴长 59.2 (53.0 ~ 65.0)  $\mu\text{m}$ , 赤道轴长 59.6 (53.0 ~ 66.0)  $\mu\text{m}$ 。具 3 孔沟。外壁厚 2.0  $\mu\text{m}$ , 外层与内层等厚, 柱状层基柱明显。外壁纹饰在光镜下具小刺 (刺长 1.5  $\mu\text{m}$ ), 在扫描电镜下为小刺状。

29) 沟核茶茱萸 (*Viburnum setigerum* var. *sulcatum* Hsu) 隶属于忍冬科茱萸属 (*Viburnum* L.); 主要产于江苏南部、安徽南部和西部、浙江西北部、江西、福建西部、湖北 (武昌) 及四川, 生于海拔 200 ~ 900 m 的山坡丛林或灌丛中; 凭证标本号 Z. F. 0409; 其花粉形态特征见图版 II-19 和 IV-15, 16。花粉粒呈近球形, P/E=0.97 (0.95 ~ 1.05); 赤道面观宽椭圆形, 极面观三裂圆形。极轴长 20.1 (19.0 ~ 21.0)  $\mu\text{m}$ , 赤道轴长 20.7 (19.0 ~ 22.0)  $\mu\text{m}$ 。具 3 孔沟, 沟细而长, 几达两极, 内孔横长。外壁厚 2.0  $\mu\text{m}$ , 外层比内层略厚, 柱状层基柱发达。外壁纹饰在光镜下为细网状, 在扫描电镜下为粗网状 (网眼中具颗粒)。

30) 水马桑 [*Weigela japonica* var. *sinica* (Rehd.) Bailey] 隶属于忍冬科锦带花属 (*Weigela* Thunb.);

产于安徽、浙江、江西、福建、湖北、湖南、广东、广西、四川及贵州等省区, 生于海拔 450 ~ 1 800 m 的山坡林下、山顶灌丛中和沟边等处; 凭证标本号 Z. F. 0429; 其花粉形态特征见图版 II-20 和 IV-17。花粉粒呈扁球形, P/E=0.94 (0.84 ~ 1.00); 赤道面观扁圆形, 极面观圆形。极轴长 45.4 (34.0 ~ 54.0)  $\mu\text{m}$ , 赤道轴长 48.2 (38.0 ~ 57.0)  $\mu\text{m}$ 。具 3 (4) 孔沟, 沟短, 不明显, 内孔圆而大, 周围加厚并向外突出。外壁厚 2.0  $\mu\text{m}$ , 外层比内层略厚。外壁纹饰在光镜下具小刺 (刺长约 7  $\mu\text{m}$ ), 在扫描电镜下为明显刺状。

### 3 讨论和结论

对上述花粉形态特征观察结果进行统计分析, 结果表明: 在供试的皖南杉山林场 4 月开花的 16 科, 25 属 25 种 5 变种木本植物中, 花粉类型以近球形和扁球形为主, 分别占 43.3% 和 33.3%, 还有少量花粉呈长球形; 花粉萌发孔以 3 孔沟为主, 占 73.4%, 还有少量的为 3 拟孔沟, 3 (4) 孔沟, 2 孔, 3 孔和多孔等类型; 外壁纹饰以细网状、颗粒状及条纹-穿孔状为主, 其中, 细网状占 26.7%, 颗粒状占 23.3%, 条纹-穿孔状占 20.0%, 还有少量的为粗网状、具刺、光滑等纹饰类型。

胡桃科植物主要分布在北半球热带到温带, 中国有 7 属 27 种 1 变种, 多分布于长江以南地区; 供试的胡桃科植物华东野核桃生于山谷或山坡林中<sup>[7]35</sup>, 其花粉可作为中亚热带北部至北亚热带温暖湿润气候的代用指标。猕猴桃科植物主要产于热带和亚热带及美洲热带, 中国有 4 属 96 种以上, 主产区为长江流域、珠江流域和西南地区; 供试的猕猴桃科植物中华猕猴桃生于海拔 200 ~ 600 m 的低山、高草灌丛、灌木林中<sup>[8]</sup>, 其花粉可作为北亚热带至中亚热带暖湿气候的代用指标, 同时也可指示温暖湿润的中低山环境。桦木科主要分布于北温带, 中国有 6 属约 70 种, 多为北温带森林的重要组成树种; 供试的桦木科植物华千金榆生于海拔 500 ~ 2 500 m 较湿润的阴山坡或山谷杂木林中<sup>[7]64</sup>, 其花粉可作为北温带温凉阴湿气候的代用指标, 同时也可指示温凉阴湿的亚热带高山环境。安息香科在中国有 9 属 50 种 9 变种, 包含特有种 33 种; 供试的安息香科植物小叶白辛树为落叶阔叶树, 生于海拔 400 ~ 1 600 m 的山谷河边及低凹湿润处<sup>[9]140-141</sup>, 其花粉可作为温暖湿润的中亚热带中低山

区气候的代用指标;另外,由于安息香科大多数属在花粉形态上较难区分<sup>[10]</sup>,因此作者获得的小叶白辛树花粉的光镜和扫描电镜照片可为安息香科种类花粉的鉴定提供对照资料。山矾科仅1属,广布于亚洲、大洋洲和美洲的热带和亚热带地区,中国有77种,主要分布于西南部至东南部;供试的山矾科植物银色山矾生于海拔130~800m的山坡疏林及山谷溪旁,仅分布于广东、广西北部至湖北、皖南、浙江之间的狭窄地区<sup>[9]25-26</sup>,据此分析,银色山矾花粉应可作为温暖湿润的中亚热带低山丘陵气候的代用指标。忍冬科主要分布于北温带和热带高海拔山地,中国有12属200余种,大多分布于华中和西南各省区;供试的忍冬科植物水马桑(锦带花)生于海拔450~1800m的山坡林下、山顶灌丛和沟边等地<sup>[11]</sup>,其花粉可作为中亚热带温暖湿润气候的代用指标。

山矾科与安息香科原同属于安息香科<sup>[12]</sup>,其花粉具有一定的相似性,萌发孔均为3孔沟、外壁纹饰均为网状,但是作者的观察结果显示在扫描电镜下供试的山矾科植物银色山矾与安息香科植物小叶白辛树和赤杨叶的花粉有明显差异,即银色山矾花粉的网孔直径大,而小叶白辛树和赤杨叶花粉的网孔直径小,这一区别特征可为山矾科与安息香科植物花粉的鉴定提供对照资料。

研究地杉山林场所在的安徽皖南山区地处中国的长江中下游,属中亚热带和北亚热带交汇处,植物种类十分丰富,各种植物的分布区有一定的相似性但也存在明显的差异性。在供试的25种5变种植物中,榲桲和省沽油的分布区为中温带至中亚热带,短柄枹和青冈栎的分布区为南温带至亚热带,下江忍冬的分布区为北亚热带至中亚热带北部,华东野核桃和中华猕猴桃的分布区为北亚热带至中亚热带,白栎和水马桑的分布区为北亚热带至亚热带,沟核茶茱萸的分布区主要位于中亚热带北部及四川盆地,银色山矾分布区位于中亚热带,小构树的分布区为中亚热带至亚热带,短尾鹅耳枥的分布区为中亚热带至北温带。根据这些种类的主要分布区范围,可以确定供试的这些种类均在中亚热带有分布,绝大多数种类在北亚热带有分布,主要差异仅为分布区范围的大小。如银色山矾仅分布于中亚热带部分区域;而榲桲则从东北直到云贵川均有分布,短柄枹从辽宁南部到两广地区均有分布,牡丹为全国广泛种植的种类。表明各植物种类的分布区范围差异较大但又相互重叠,这一

现象充分反映了皖南地区光照充足、雨量充沛、温暖湿润的气候特征适宜众多常绿和落叶阔叶种类生存。该地区植被类型与地理环境相适应,多以北亚热带或中亚热带分布种类为主。

植被是自然界中对气候变化最敏感的指示物,利用植物花粉形态特征,尤其是地带性植被建群种和特征指示种的花粉形态特征,通过种类及数量的统计分析、花粉粒活性分析和生态因子比较等手段,可以间接得到花粉-气候之间的数量关系,建立花粉-气候转换函数,为建立“花粉-气候”模型提供现代花粉的基础数据<sup>[13]</sup>。在充分考虑花粉组合中主要成分生态特征的前提下,在供试的25种5变种植物中,华东野核桃和华千金榆花粉可作为温凉阴湿的北温带气候的代用指标,同时指示温凉阴湿的亚热带中高山环境;中华猕猴桃花粉可作为北亚热带至中亚热带暖湿气候的代用指标,同时指示温暖湿润的中低山环境;以小叶白辛树为代表的白辛树属植物的花粉可作为温暖湿润的中亚热带中低山区气候的代用指标;银色山矾花粉可作为温暖湿润的中亚热带低山丘陵气候的代用指标;水马桑花粉可作为中亚热带温暖湿润气候的代用指标。

地层中的孢粉是当时植物界的缩影。对某个地层中所包含的孢粉进行分类及数量统计,就可以大体上恢复古植物界的面貌;加之与现代气候及其他地质资料进行对比,可大致推测出当时的生态环境和气候变迁。第四纪植物花粉与现代植物花粉在形态上具有较高的一致性。因此,本研究所获得的植物花粉特征对于解释第四纪地层花粉组合与气候的关系具有重要参考价值。

#### 参考文献:

- [1] 唐领余,沈才明,李春海,等. 花粉记录的青藏高原中部中全新世以来植被与环境[J]. 中国科学: D辑, 2009, 39(5): 615-625.
- [2] 杨振京,徐建明. 孢粉-植被-气候关系研究进展[J]. 植物生态学报, 2002, 26(S1): 73-81.
- [3] 王开发. 孢粉学概论[M]. 北京: 北京大学出版社, 1983: 47-69.
- [4] 杨春蕾,周忠泽,周非,等. 皖南山区肖坑林场秋季植物花粉形态特征分析[J]. 植物资源与环境学报, 2012, 21(2): 1-12.
- [5] 王伏雄,钱南芬,张玉龙,等. 中国植物花粉形态[M]. 北京: 科学出版社, 1995: 1-437.
- [6] 唐领余,张小平,邵剑文,等. 北极巴罗地区2种灌木植物及其花粉形态[J]. 植物资源与环境学报, 2005, 14(2): 23-28.

- [7] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第二十一卷 [M]. 北京: 科学出版社, 1979.
- [8] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第四十九卷第二分册[M]. 北京: 科学出版社, 1984: 260-261.
- [9] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第六十卷第二分册[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [10] 梁元徽, 喻诚鸿. 安息香科的花粉形态研究及其在分类上的意义[J]. 植物分类学报, 1985, 23(2): 81-90.
- [11] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第七十二卷 [M]. 北京: 科学出版社, 1988: 133-134.
- [12] 陈涛, 陈忠毅. 安息香科植物地理分布研究[J]. 植物研究, 1996, 16(1): 57-66.
- [13] 宋长青, 孙湘君. 中国第四纪孢粉学研究进展[J]. 地球科学进展, 1999, 14(4): 401-405.

(责任编辑: 佟金凤)

### 图版说明 Explanation of Plates

**图版 I** 光学显微镜下的花粉形态: 1. 华东野核桃; 2-3. 紫柳; 4. 华千金榆; 5-6. 短尾鹅耳枥; 7. 短柄枹; 8. 青冈栎; 9. 白栎; 10. 榭树; 11. 小构树; 12. 牡丹; 13-14. 中华猕猴桃; 15-16. 细齿稠李; 17. 绣球绣线菊; 18. 蓬蘽; 19. 山莓; 20. 掌叶覆盆子.

**Plate I** Pollen morphology under light microscope: 1. *Juglans cathayensis* var. *formosana* (Hayata) A. M. Lu et R. H. Chang; 2-3. *Salix wilsonii* Seem.; 4. *Carpinus cordata* var. *chinensis* Franch.; 5-6. *Carpinus londoniana* H. Winkl.; 7. *Quercus glandulifera* var. *brevipetiolata* (A. DC.) Nakai; 8. *Cyclobalanopsis glauca* (Thunb.) Oerst.; 9. *Quercus fabri* Hance; 10. *Quercus dentata* Thunb.; 11. *Broussonetia kazinoki* Sieb. et Zucc.; 12. *Paeonia suffruticosa* Andr.; 13-14. *Actinidia chinensis* Planch.; 15-16. *Padus obtusata* (Koehne) Yu et Ku; 17. *Spiraea blumei* G. Don; 18. *Rubus hirsutus* Thunb.; 19. *Rubus corchorifolius* L. f.; 20. *Rubus chingii* Hu.

**图版 II** 光学显微镜下的花粉形态: 1-2. 金樱子; 3-4. 紫藤; 5-6. 云实; 7. 瓜子金; 8-9. 省沽油; 10. 青菜叶; 11-12. 灯台树; 13-14. 马银花; 15. 小叶白辛树; 16. 赤杨叶; 17. 银色山矾; 18. 下江忍冬; 19. 沟核茶茱萸; 20. 水马桑.

**Plate II** Pollen morphology under light microscope: 1-2. *Rosa laevigata* Michx.; 3-4. *Wisteria sinensis* (Sims) Sweet; 5-6. *Caesalpinia decapetala* (Roth) Alston; 7. *Polygala japonica* Houtt.; 8-9. *Staphylea bumalda* DC.; 10. *Helwingia japonica* (Thunb.) Dietr.; 11-12. *Cornus controversa* Hemsl.; 13-14. *Rhododendron ovatum* (Lindl.) Planch. ex Maxim.; 15. *Pterostyrax corymbosus* Sieb. et Zucc.; 16. *Alniphyllum fortunei* (Hemsl.) Makino; 17. *Symplocos subconnata* Hand. -Mazz.; 18. *Lonicera modesta* Rehd.; 19. *Viburnum setigerum* var. *sulcatum* Hsu; 20. *Weigela japonica* var. *sinica* (Rehd.) Bailey.

**图版 III** 扫描电镜下的花粉形态: 1. 华东野核桃; 2. 紫柳; 3. 华千金榆; 4. 短尾鹅耳枥; 5. 短柄枹; 6. 青冈栎; 7. 白栎; 8. 榭树; 9. 小构树; 10-11. 牡丹; 12. 中华猕猴桃; 13-14. 细齿稠李; 15. 绣球绣线菊; 16. 蓬蘽; 17. 山莓; 18. 掌叶覆盆子.

**Plate III** Pollen morphology under scanning electron microscope: 1. *Juglans cathayensis* var. *formosana* (Hayata) A. M. Lu et R. H. Chang; 2. *Salix wilsonii* Seem.; 3. *Carpinus cordata* var. *chinensis* Franch.; 4. *Carpinus londoniana* H. Winkl.; 5. *Quercus glandulifera* var. *brevipetiolata* (A. DC.) Nakai; 6. *Cyclobalanopsis glauca* (Thunb.) Oerst.; 7. *Quercus fabri* Hance; 8. *Quercus dentata* Thunb.; 9. *Broussonetia kazinoki* Sieb. et Zucc.; 10-11. *Paeonia suffruticosa* Andr.; 12. *Actinidia chinensis* Planch.; 13-14. *Padus obtusata* (Koehne) Yu et Ku; 15. *Spiraea blumei* G. Don; 16. *Rubus hirsutus* Thunb.; 17. *Rubus corchorifolius* L. f.; 18. *Rubus chingii* Hu.

**图版 IV** 扫描电镜下的花粉形态: 1-2. 金樱子; 3. 紫藤; 4-5. 云实; 6. 瓜子金; 7. 省沽油; 8. 青菜叶; 9. 灯台树; 10. 马银花; 11. 小叶白辛树; 12. 赤杨叶; 13. 银色山矾; 14. 下江忍冬; 15-16. 沟核茶茱萸; 17. 水马桑.

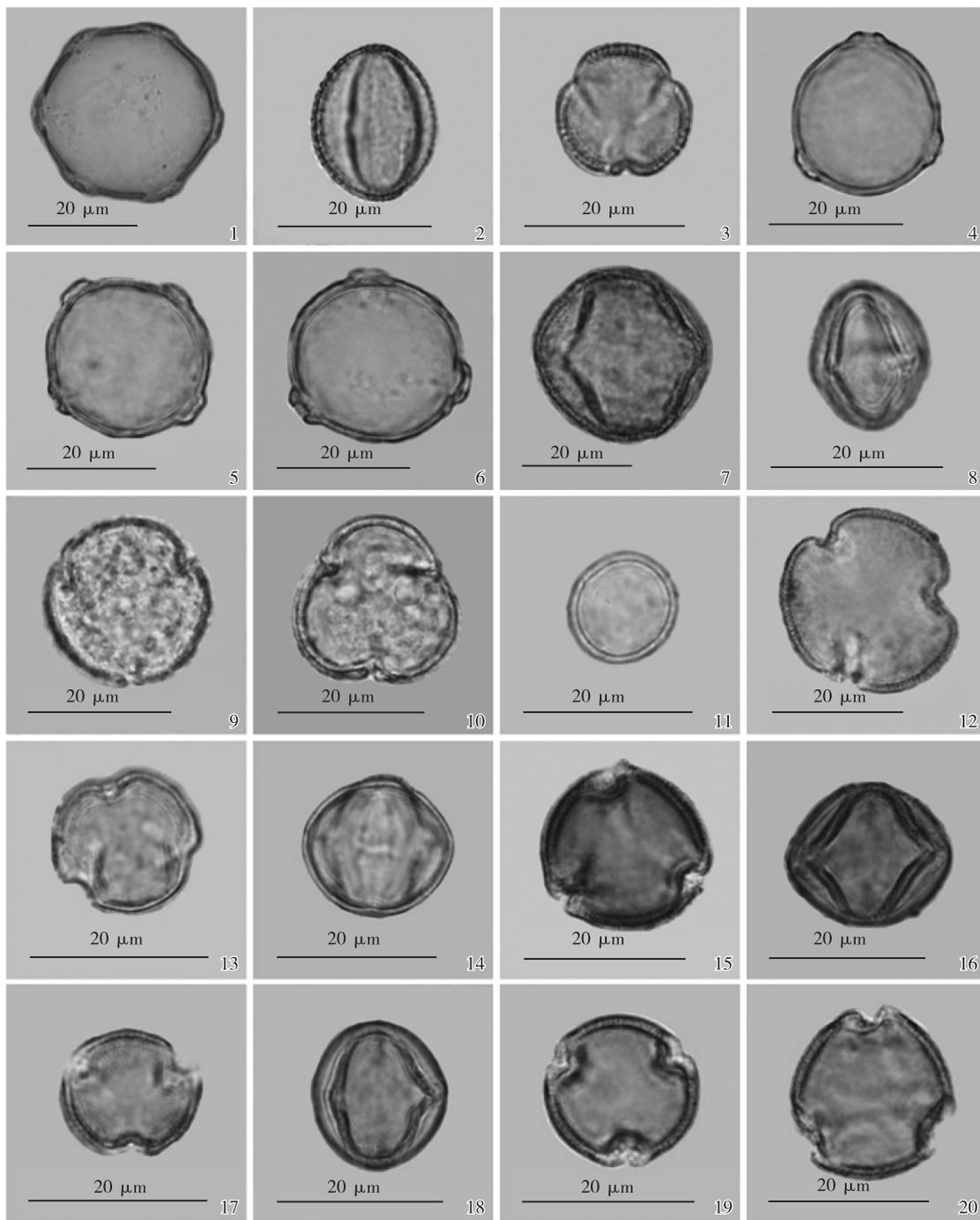
**Plate IV** Pollen morphology under scanning electron microscope: 1-2. *Rosa laevigata* Michx.; 3. *Wisteria sinensis* (Sims) Sweet; 4-5. *Caesalpinia decapetala* (Roth) Alston; 6. *Polygala japonica* Houtt.; 7. *Staphylea bumalda* DC.; 8. *Helwingia japonica* (Thunb.) Dietr.; 9. *Cornus controversa* Hemsl.; 10. *Rhododendron ovatum* (Lindl.) Planch. ex Maxim.; 11. *Pterostyrax corymbosus* Sieb. et Zucc.; 12. *Alniphyllum fortunei* (Hemsl.) Makino; 13. *Symplocos subconnata* Hand. -Mazz.; 14. *Lonicera modesta* Rehd.; 15-16. *Viburnum setigerum* var. *sulcatum* Hsu; 17. *Weigela japonica* var. *sinica* (Rehd.) Bailey.

周 非, 等: 皖南山区杉山林场春季木本植物花粉形态特征分析

图版 I

ZHOU Fei, et al: Analysis on pollen morphological characteristics of spring woody plants from Shanshan Forest Farm in the mountain areas of South Anhui

Plate I



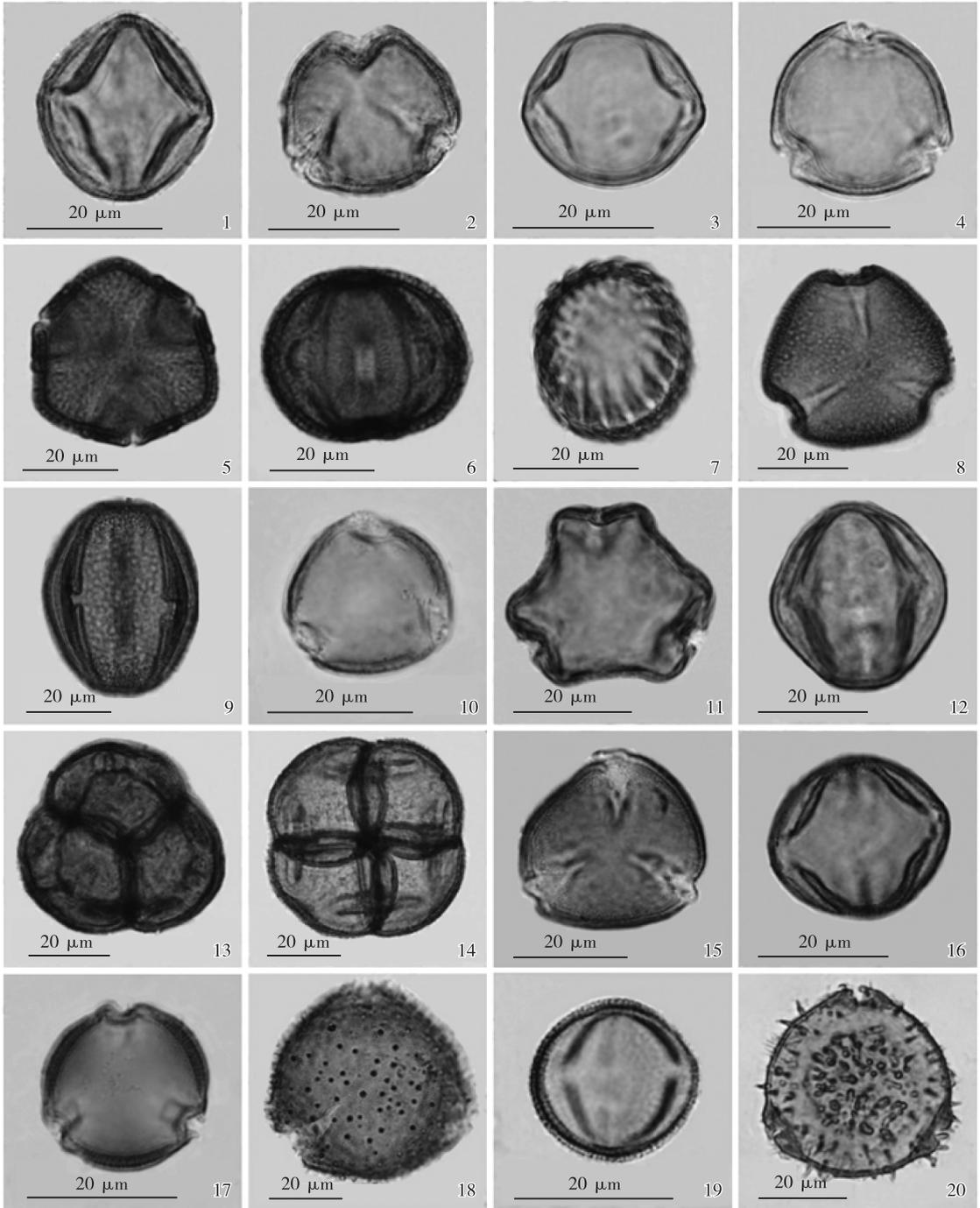
See the explanation of the end of the text

周 非, 等: 皖南山区杉山林场春季木本植物花粉形态特征分析

图版 II

ZHOU Fei, et al: Analysis on pollen morphological characteristics of spring woody plants from Shanshan Forest Farm in the mountain areas of South Anhui

Plate II



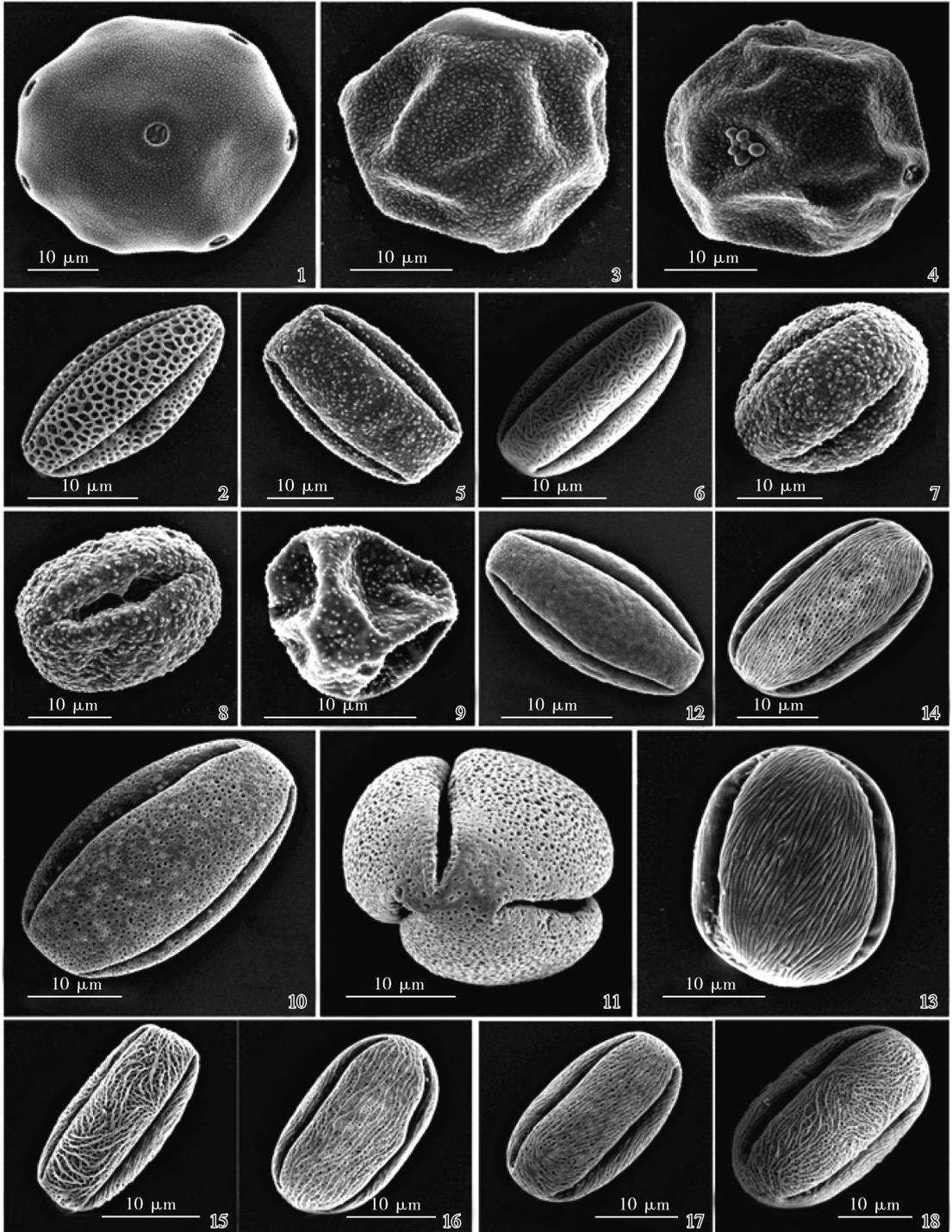
See the explanation of the end of the text

周非,等:皖南山区杉山林场春季木本植物花粉形态特征分析

图版 III

ZHOU Fei, et al: Analysis on pollen morphological characteristics of spring woody plants from Shanshan Forest Farm in the mountain areas of South Anhui

Plate III

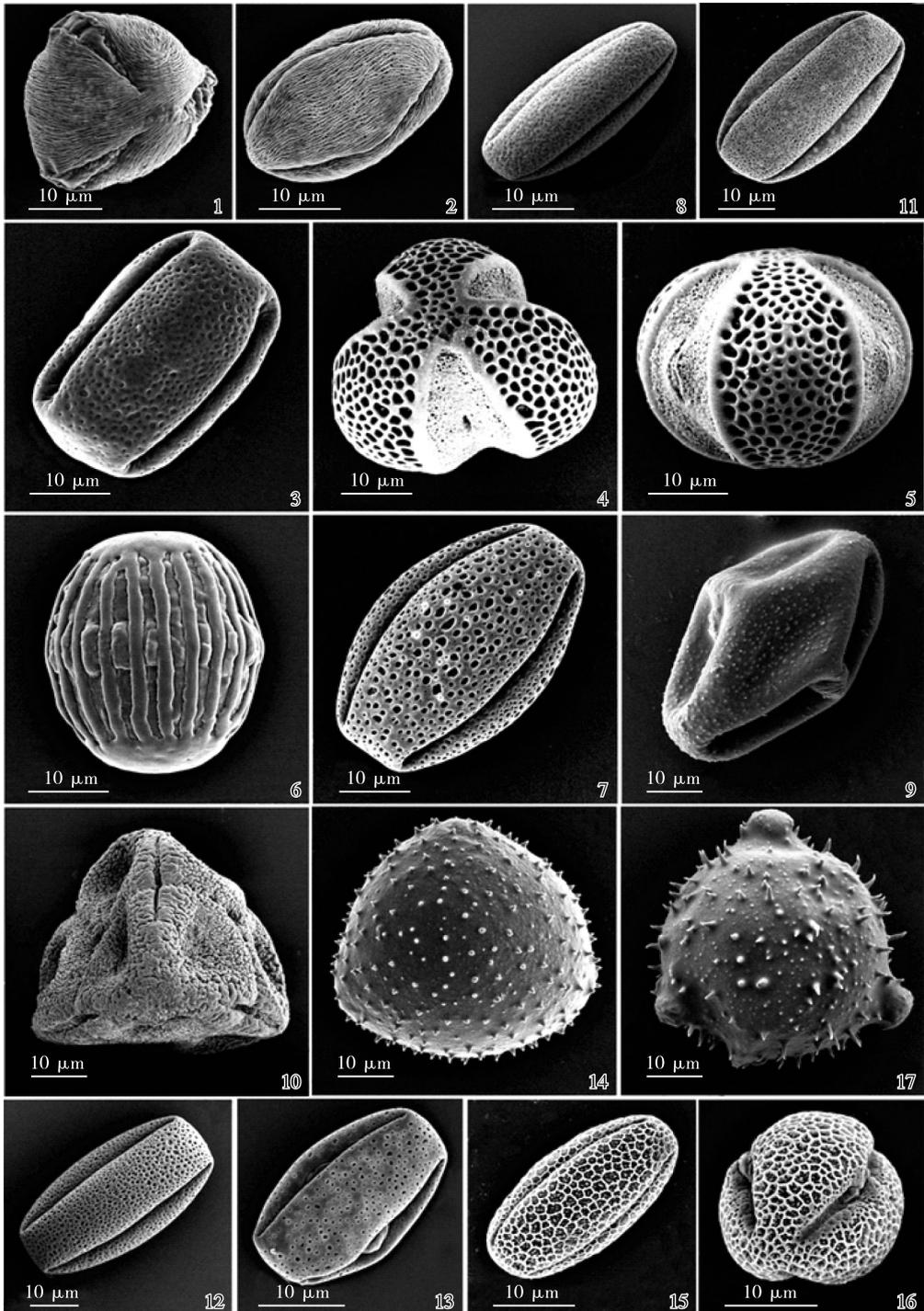


See the explanation of the end of the text

周 非, 等: 皖南山区杉山林场春季木本植物花粉形态特征分析  
ZHOU Fei, et al: Analysis on pollen morphological characteristics of spring woody  
plants from Shanshan Forest Farm in the mountain areas of South Anhui

图版 IV

Plate IV



See the explanation of the end of the text