

文章编号: 1001-1498(2008)04-0456-08

马尾松等松属树种花粉形态研究*

何玉友¹, 秦国峰², 高爱新¹, 王舟莲¹

(1. 中国林业科学研究院松花粉研究开发中心, 浙江 富阳 311400; 2. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400)

摘要:通过对成熟花粉扫描电镜观察, 探明了马尾松等 12 个松属树种 (含 3 个变种) 花粉的基本形态特征, 各树种花粉由本体与气囊组成的轮廓形态基本一致, 是属于具气囊的“松型”花粉类型。各松种花粉气囊具网纹, 本体帽壁外表具有形态各异的雕纹。花粉粒大小存在差异, 各树种花粉粒全长平均大的达 54.3 μm, 小的为 41.5 μm; 单粒花粉全长最大为 67 μm, 最小为 35 μm。花粉粒大小与雕纹形态性状较稳定, 可以用于各松种之间鉴别不同花粉的主要依据。

关键词: 马尾松; 松属树种; 花粉形态; 扫描电镜

中图分类号: S791.248 文献标识码: A

Study on the Pollen Morphology of Masson Pine and Other Pine Species and Varieties

HE Yu-you¹, QIN Guo-feng², GAO Ai-xin¹, WANG Zhou-lian¹

(1. Research and Development Center of Pine Pollen, CAF, Fuyang 311400, Zhejiang, China;

2. Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang 311400, Zhejiang, China)

Abstract: Observations through scanning electron microscope showed that the pollen of 9 pine species and 3 varieties including masson pine were consist of a main body and two air-sacs. The air-sac was the basic morphological characteristic of these pollen. The air-sac had net-like texture and the exine of proximal face of pollen had unique sculptural texture. The pollen of different species and varieties were different in sizes: the longest was 54.3 μm and 41.5 μm as the shortest in average. As to individual pollen grains, the longest was 67 μm and the shortest 35 μm. The size and sculptural texture was stable, which could be used to identify the pollen of different species.

Key words: masson pine; *Pinus* species and varieties; pollen morphology; scanning electron microscope

马尾松 (*Pinus massoniana* Lamb.) 为我国主要造林树种, 具有多林种的功能和多用途的效益, 但长期以来对其利用则以木质产品为主, 多种多样的非木质产品未能充分得到开发利用。特别是松花粉, 富含人体所必需的多种营养物质, 被称为“微型营养库”^[1], 1997年卫生部确认松花粉为新资源食品^[2]。近 10 多年来, 以松花粉为原料食疗兼备的健身养颜保健品, 甚受消费者尤其是老年人群的欢迎。中国

林科院松花粉研究开发中心是科研型的国营企业, 为使松花粉产品质量不断得到提升, 特设置科研课题, 对松花粉林经营、花粉生产、花粉形态、花粉营养成分等开展研究^[3]。裸子植物花粉显微形态作为孢粉学的研究内容, 国内外已有相关文献介绍^[4-11]。本文主要对马尾松等 12 个松属 (*Pinus* L.) 树种及变种的花粉形态开展了研究, 其目的在于: 一是对松花粉形态特征有个比较全面的了解; 二是探明不同

收稿日期: 2007-02-25

基金项目: 2006 年浙江省重点科技项目“马尾松花粉专用林经营技术研究”(2006C22G3030020)部分内容

作者简介: 何玉友 (1967—), 男, 浙江富阳人, 工程师。

* 本项研究承蒙浙江大学 (华家池校区) 测试分析中心电镜室何黎平先生悉心指导与热诚支持, 特此致谢!

松种间花粉形态的差异,为扩大可利用花粉资源的选择提供依据;三是以形态特征为标识对花粉质量以及能否作为食疗制品的原料进行鉴别。现将近 2 年的研究结果予以总结,供有关方面研究、应用参考。

1 材料与方 法

1.1 材料来源

根据目前我国已开发利用的花粉树种和将来可被扩大采集花粉的树种,将 12 个松属树种(含 3 个变种)作为观测研究材料,其中国产与引进的松树各 6 种。

(1)马尾松,花粉采自浙江淳安姥山林场。

(2)黄山松(*P. taiwanensis* Hayata),花粉由浙江天台华顶林场提供。

(3)云南松(*P. yunnanensis* Franch.),花粉采自云南曲靖沾益县炎方乡马雄山。

(4)地盘松(*P. yunnanensis* Franch var *pygmaea* (Hsueh) Hsueh),系云南松的一个变种^[12],花粉采集地点同云南松。

(5)油松(*P. tabulaeformis* Carr),花粉由内蒙古宁城黑里河林场提供。

(6)彰武松(*P. densiflora* Sieb et Zucc var *zhangwuensis*),系赤松的新变种^[13],花粉由辽宁省固沙造林研究所提供。

(7)火炬松(*P. taeda* Linn),花粉由杭州余杭长乐林场提供。我国引种火炬松已有 60 余年历史,在亚热带及热带地区生长良好^[14]。

(8)湿地松(*P. ellittii* Engelm),花粉由杭州余杭长乐林场提供。我国引种湿地松基本情况同火炬松。

(9)晚松(*P. rigida* Miller var *serotina* (Michx.) Loud ex Hoopes),花粉由杭州余杭长乐林场提供。我国引种晚松已有 30 多年历史,在南方引种区生长良好^[15]。

(10)班克松(*P. banksiana* Lamb),花粉由辽宁省固沙造林研究所提供。我国引种班克松已有 70 多年历史,在北方引种区生长良好^[15]。

(11)加勒比松(*P. caribaea* Morelet),花粉由广东遂溪县林木良种场提供。我国引种加勒比松已有 30~40 年历史,在华南引种地区生长良好^[15]。

(12)洪都拉斯加勒比松(*P. caribaea* var *hondurensis*),系加勒比松变种^[14],花粉由海南澄迈县林

场提供。引种基本情况同加勒比松。

1.2 电镜观测

(1)样品制备:将干燥花粉样品均匀洒在贴有导电胶带的样品台上,用日本 EIKO 公司 B-5 型离子溅射仪进行铂离子镀膜,在 PHILIPS 公司 XL30-ESEM 扫描电子显微镜下观察。

(2)图片摄制:在扫描电子显微镜下,根据花粉不同形态部位要求,选择适当的观察面拍摄图片。按图片显示的花粉显微形态结构进行描述。

1.3 统计分析

依据图片比例标尺,测量、计算花粉粒全长与体长,进行数据统计与方差分析,比较不同松树间花粉粒大小差异。另选取马尾松幼林(6 年生)、成林(22 年生)和海拔高度 120、550、750 m(3 个高度不同的山地林分)5 个不同的林分,采集花粉测试比较同一树种内花粉粒大小差异。

2 结果与分析

2.1 松属树种花粉的基本形态

裸子植物的花粉多种多样,根据气囊的有无,萌发孔的形状和结构,以及外壁的构造等特征,可分为松型、苏铁型、杉型、柏型、麻黄型 5 种主要类型,松属树种的花粉属于松型^[6]。根据松科(Pinaceae)树种花粉气囊的有无分为具气囊、具皱边和不具气囊皱边 3 个主要类型,松属树种的花粉属于具气囊类型^[7]。本研究分别从 3 个观察面描述 12 个松属树种花粉共同的基本形态特征:(1)近极面(背面):近极面观即花粉粒的背面,很像一个飞蝶形的圆盘盖,中间略高、周围稍低斜,可称为“花粉帽”,周边称为“帽缘”。“花粉帽”可形象地称为“蘑菇帽”,其表面具有形状各异的雕纹,有的似云朵状,有的似绉波状,有的似蠕虫状等,雕纹条块大小与凹凸深浅不一,或呈不规则块片,或相连不断,“帽缘”为不均匀的特别加厚部分。近极面观还可看到气囊超出“帽缘”的部分。(2)远极面(腹面):远极面即花粉的腹面,很像一对肾状椭圆形芒果放于盘中,这就是花粉粒本体下部的两个大气囊。气囊壁很薄,其表面水湿时光滑,干燥时较粗糙。两个气囊相接处有条缝称为“远极沟”,花粉萌发时于此长出花粉管,故又称之“萌发沟”。(3)赤道面(侧面):赤道面即花粉的侧面,好似一个帽盖罩着两个相对称的圆球,上方两侧气囊与“帽缘”相接处称为“近极基”,下方在“远极沟”相邻处,气囊与花粉本体相接的位置为

“远极基”。在扫描电镜下观察,对未破壁的松花粉,只能见到气囊壁外表面隐约的网状纹理,网眼不规则;对已破壁的松花粉,可观察到气囊内表面类似蜂窝状,具不规则的多孔形结构。气囊内这一结构状况,可以很好地解释气囊壁外表面呈现网状纹理的原因^[2,8]。通过透射电镜观察说明,松科树种花粉气囊内部,有的树种(如油杉(*Keteleeria fortunei* (Murr) Carr)、云杉(*Picea asperata* Mast))具有较发达的网状结构,有的树种(如雪松(*Cedrus deodara* (Roxburgh) G Don))花粉气囊不发达,内部为实心网^[7]。松属树种花粉都具有发达的气囊,破壁花粉电镜观察到松花粉气囊内部网状结构比较

发达。

本文观测的 12 个松属树种的花粉,与有关文献报道^[9]的松属树种花粉结构示意图有所不同(图 1)。左图是文献报道的花粉结构,本体下部两个花粉气囊是分开的,可以标明“远极基”与“远极沟”(萌发沟)的位置。右图是本文 12 种松树花粉观察到的结构,本体下部两个花粉囊相互紧靠在一起,没有显露“远极基”与“远极沟”的位置。造成两个花粉囊紧靠在一起的原因,主要是花粉样品没有进行有效的保鲜处理,花粉(测试用干燥花粉)处于干燥状态时,“远极沟”薄壁组织区域的细胞收缩,因而两个花粉囊紧靠在一起,使花粉粒成为一个球形^[15]。

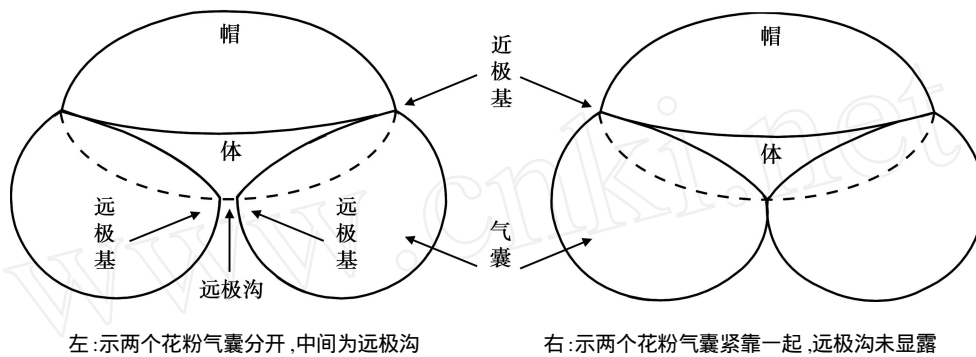


图 1 松属树种花粉形态结构示意图

2.2 松属树种花粉主要形态特征

根据扫描电镜下拍摄的花粉形态结构图片(图版 -1、-2),对马尾松等 12 种松属树种的花粉形态特征分别从花粉粒侧面观形态、远极面观形态、近极面观外壁雕纹形态 3 个方面进行观测描述。每个树种花粉形态描述内容相同,如马尾松按 1-01(侧面观 800 ×)、1-02(腹面观 800 ×)、1-03(背面观 3 000 ×) 3 个方面叙述,其余类推。为避免叙述文字重复,以下仅写前面 3 个编号,括号内的文字内容从略。

2.2.1 马尾松 1-01:花粉粒较大,全长 49.6 μm,体长 34.8 μm;体下两侧气囊呈圆形或卵圆形,侧面观花粉本体与气囊形成凹角;气囊表面较平滑,有针孔状凹穴,网纹较细密,有的清晰,有的不很清晰。1-02:两个气囊为超半圆形,对称排列,表面网纹可辨。1-03:云朵雕纹大,深浅凹凸明显,是典型的大朵雕纹。

2.2.2 黄山松 2-01:花粉粒较小,全长 41.5 μm,体长 29.9 μm;体下两侧气囊近圆形,侧面观花粉本体与气囊形成凹角;气囊网纹较细密,表面较平滑,有针孔状凹穴。2-02:两个气囊呈肾状半圆形,表面

网纹可辨、网眼较大。2-03:云朵雕纹块片较大,雕纹凹凸明显,是典型的小朵雕纹。

2.2.3 云南松 3-01:花粉粒大,全长 52.1 μm,体长 36.5 μm;体下两侧气囊呈长圆形,侧面观有的花粉本体与气囊形成凹角;气囊表面较平滑,网纹较细密。3-02:两个气囊为超半圆形,对称排列;气囊平滑,网纹不清晰。3-03:云朵雕纹较大,形状如同云朵涌动。据相关的研究,云南松除一般具两个正常气囊的花粉粒外,还观察到气囊不发育,具 1 个气囊、2 个异形气囊、三四个气囊的花粉粒^[8]。

2.2.4 地盘松 4-01:花粉粒较大,全长 47.3 μm,体长 33.4 μm;体下两侧气囊呈圆形或卵圆形,侧面观有的花粉本体与气囊形成凹角;气囊网纹较细密。4-02:两个气囊为椭圆形,表面较平滑,网纹清晰可辨。4-03:云朵雕纹较大,形状如同云朵涌动。

2.2.5 油松 5-01:花粉粒较大,全长 46.6 μm,体长 34.2 μm;体下两侧气囊为圆形,侧面观有的花粉本体与气囊形成凹角;气囊表面较平滑,网纹不太明显。5-02:两侧气囊为肾状半圆形;气囊表面较平滑,网眼较明显。5-03:云朵雕纹块片大,如同条块

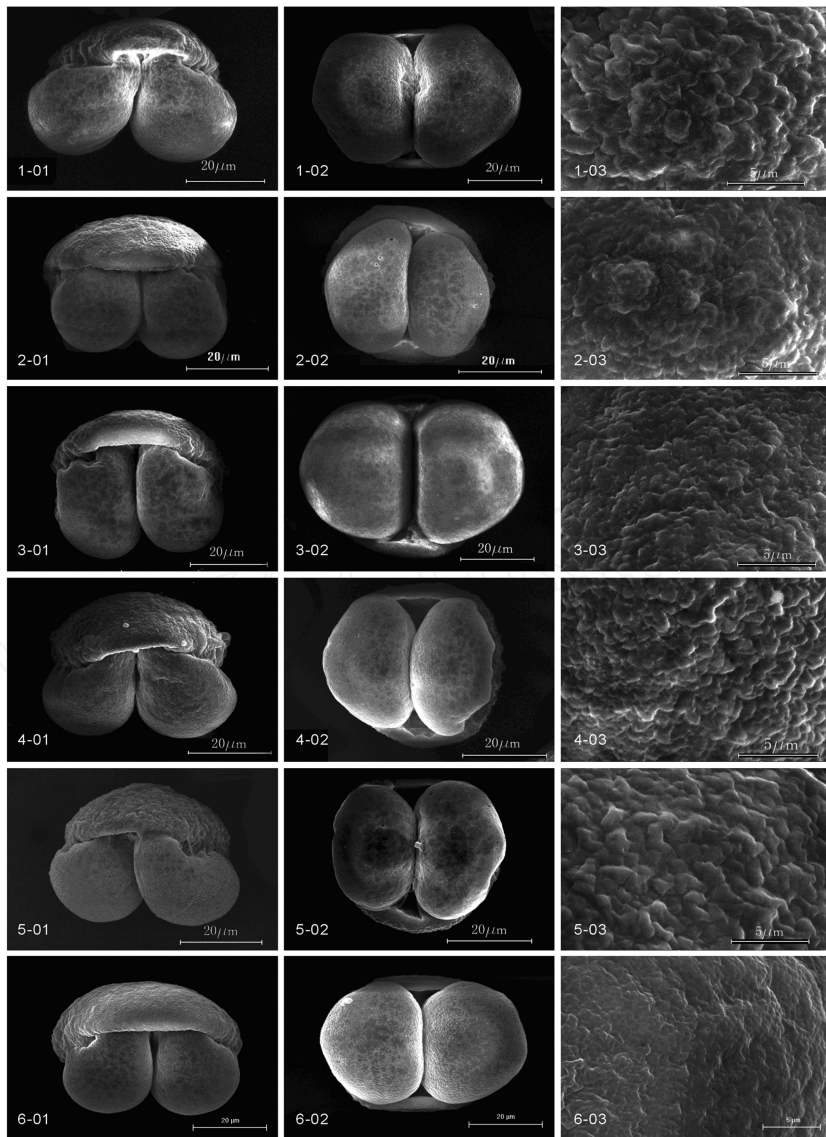
状相互拼接,是典型的块状雕纹。

2 2 6 彰武松 6-01:花粉粒较大,全长 49.7 μm,体长 36.0 μm;体下两侧气囊为圆形,侧面观有的花粉本

体与气囊形成凹角;气囊表面较平滑,网纹清晰可辨。

6-02:两侧气囊为超半圆形;气囊网纹的网眼较明显。

6-03:云朵雕纹较细密,块片相连呈浓密状。



1 马尾松 2 黄山松 3 云南松 4 地盘松 5 油松 6 彰武松

01 侧面观 (800 ×) 02 腹面观 (800 ×) 03 背面观 (云朵雕纹 3 000 ×)

图版 -1 松属树种花粉显微形态结构

2 2 7 火炬松 7-01:花粉粒大,全长 54.3 μm,体长 38.3 μm;体下两侧气囊为圆形,侧面观花粉本体与气囊形成凹角,有的凹角不明显;气囊较平滑,具网纹。7-02:两侧气囊为超半圆形;气囊网纹的网眼较明显。7-03:云朵雕纹细密,块片小相互连成团。

2 2 8 湿地松 8-01:花粉粒大,全长 52.0 μm,体长 36.2 μm;体下两侧气囊为卵圆形或长圆形,侧面

观花粉本体与气囊形成凹角,有的凹角不明显;气囊表面较平滑,具网纹,网眼大而明显。8-02:两侧气囊为肾形或半圆形;气囊网纹的网眼较明显。8-03:云朵雕纹细密,块片呈小圆粒状、相互紧密相连。

2 2 9 晚松 9-01:花粉粒大,全长 54.2 μm,体长 38.0 μm;体下两侧气囊为圆形,侧面观花粉本体与气囊形成凹角,有的凹角不明显;气囊较平滑,具网纹。9-02:两侧气囊为卵圆形或卵状半圆形;气囊网纹的网

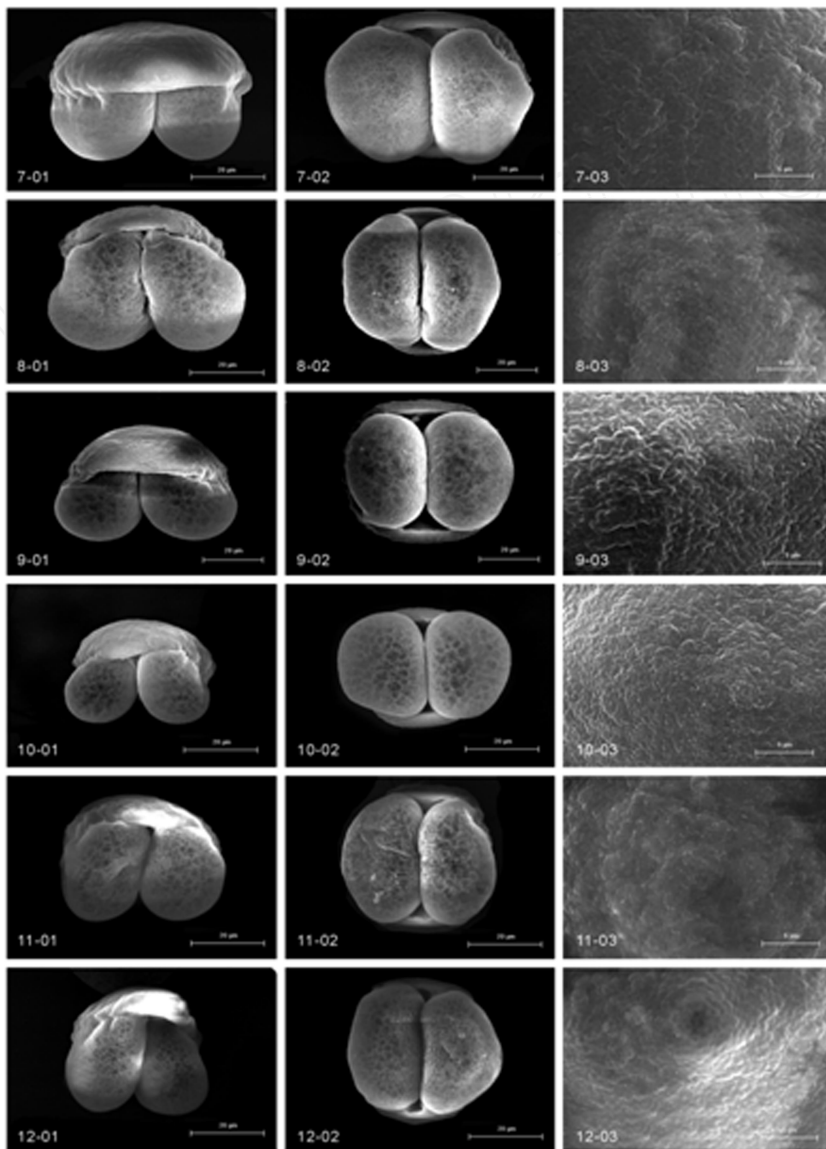
眼较明显。9-03:云朵雕纹较小,呈波纹状相连。

2 2 10 班克松 10-01:花粉粒小,全长 $42.6 \mu\text{m}$,体长 $29.6 \mu\text{m}$;体下两侧气囊为圆形,侧面观花粉本体与气囊形成凹角,有的凹角不明显;气囊表面较平滑,具网纹。10-02:两气囊为超半圆形;气囊网纹的网眼较明显。10-03:云朵雕纹细密,相互连接呈涌动云状,是典型的细密雕纹。

2 2 11 加勒比松 11-01:花粉粒小,全长 $43.3 \mu\text{m}$,体长 $32.7 \mu\text{m}$;体下两侧气囊呈卵圆形或长圆形,侧面观花粉本体与气囊形成凹角,有的本体与气囊愈生密接、凹角不明显;气囊表面较平滑,网纹明显。11-

02:两侧气囊为肾形或长半圆形;气囊网纹的网眼明显。11-03:云朵雕纹较细密,相互簇拥成团状。

2 2 12 洪都拉斯加勒比松 12-01:花粉粒较大,全长 $46.9 \mu\text{m}$,体长 $35.0 \mu\text{m}$;体下两侧气囊呈长圆形,侧面观本体与气囊形成凹角、或愈生一体凹角不明显;气囊表面平滑,网纹清晰。12-02:两侧气囊呈半圆形或长圆形;气囊网纹的网眼小但清晰可辨。12-03:云朵雕纹较细密,呈鳞状波纹。如同植物界没有完全相同的叶片一样,也很难找到形态特征完全一致的花粉(包括孢子)^[10]。12种松树花粉电镜观察表明,其形态各不相同,存在差异。



7 火炬松 8 湿地松 9 晚松 10 班克松 11 加勒比松 12 洪都拉斯加勒比松
01 侧面观 (800 ×) 02 腹面观 (800 ×) 03 背面观 (云朵雕纹 3 000 ×)

图版 2 松属树种花粉显微形态结构

2.3 各树种花粉粒大小差异比较

为了比较各树种花粉粒的大小,将电镜扫描图片易于量测的花粉粒全长(侧面观两个气囊外缘间的长度)与花粉粒体长(即花粉两个“近极

基”之间的长度)作为测试分析指标,每个树种选取形态较为标准的 20 个花粉粒进行量测和统计分析,测试结果按树种花粉粒全长的测值由大到小列于表 1。

表 1 12种松树花粉粒的全长与体长比较

树种	火炬松	晚松	云南松	湿地松	彰武松	马尾松	地盘松	洪都拉斯加勒比松	油松	加勒比松	班克松	黄山松
全长	54.3	54.2	52.1	52.0	49.7	49.6	47.3	46.9	46.6	43.3	42.6	41.5
体长	38.3	38.0	36.5	36.2	36.0	34.8	33.4	35.0	34.2	32.7	29.6	29.9

注:表中各种松树花粉粒测定数据是平均数

各松种花粉粒最大值与最小值相差都很大,如花粉粒大的湿地松,花粉全长平均 52.0 μm,而最大的 67 μm,最小的 44 μm,两者相差 23 μm;又如花粉粒小的班克松,花粉粒平均全长 42.6

μm,最大的 49 μm,最小的 36 μm,两者相差 13 μm。但 12 种松树花粉粒的平均大小存在明显差异,经方差分析,花粉粒全长与体长的差异均达极显著水平(表 2)。

表 2 12种松树花粉粒大小方差分析

项目	变异来源	自由度	平方和	均方	F	Pr>F
全长	树种间	11	4 265.450 000	387.768 182	16.41**	<0.000 1
	机误	225	5 316.116 667	23.627 185		
	总和	239	9 596.650 000			
体长	树种间	11	1 716.550 000	156.050 000	11.09**	<0.000 1
	机误	225	3 165.783 333	14.070 148		
	总和	239	4 941.850 000			

注: **表示差异极显著。

表 2 方差分析结果只是说明树种间花粉粒大小的差异水平,还不能说明同一树种内有何差别。马尾松 5 个不同的林分花粉粒全长与体长的测试数据和方差分析结果显示,马尾松不同林分间花粉粒全长差异不显著,体长差异达显著水平,但两者均未达到极显著差异水平。这说明同

一树种内不同林分或个体的花粉粒大小变异小、且较稳定,据此可将花粉粒大小作为不同松种花粉鉴别的性状。

2.4 各松种花粉粒大小与多重比较

为了说明不同松种花粉粒的大小,分别将平均值、最大值、最小值 3 项测值列于表 3。

表 3 12种松树花粉粒大小测值及分级

分级	树种	全长 /μm			体长 /μm		
		平均	最大	最小	平均	最大	最小
大粒花粉	火炬松	54.3	62	42	38.3	44	31
	晚松	54.2	62	44	38.0	47	31
	云南松	52.1	64	40	36.5	44	31
	湿地松	52.0	67	44	36.2	47	29
	(平均值)	53.2	63.8	42.5	37.3	45.5	30.5
中粒花粉	彰武松	49.7	58	42	36.0	44	31
	马尾松	49.6	60	41	34.8	42	29
	地盘松	47.3	58	35	33.4	44	26
	洪都拉斯加勒比松	46.9	55	38	35.0	40	33
	油松	46.6	56	40	34.2	38	31
小粒花粉	(平均值)	48.0	57.4	39.2	34.7	41.6	30.0
	加勒比松	43.3	50	38	32.7	40	28
	班克松	42.6	49	36	29.6	36	24
	黄山松	41.5	53	36	29.9	36	27
	(平均值)	42.5	50.7	36.7	30.7	37.3	26.3

按表 3 各松种花粉粒大小的测值进行多重比较,在属内可将 12 种松树花粉按大小划分为 3 个等级:一是大粒花粉,有火炬松、晚松、云南松、湿地松 4 种,花粉平均全长 $53.2 \mu\text{m}$,最大 $63.8 \mu\text{m}$,最小 $42.5 \mu\text{m}$;平均体长 $37.3 \mu\text{m}$,最大 $45.5 \mu\text{m}$,最小 $30.5 \mu\text{m}$ 。二是中粒花粉,有彰武松、马尾松、地盘松、洪都拉斯加勒比松、油松 5 种,花粉平均全长 $48.0 \mu\text{m}$,最大 $57.4 \mu\text{m}$,最小 $39.2 \mu\text{m}$;平均体长 $34.7 \mu\text{m}$,最大 $41.6 \mu\text{m}$,最小 $30.0 \mu\text{m}$ 。三是小粒花粉,有加勒比松、班克松、黄山松 3 种,花粉平均全长 $42.5 \mu\text{m}$,最大 $50.7 \mu\text{m}$,最小 $36.7 \mu\text{m}$;平均体长 $30.7 \mu\text{m}$,最大 $37.3 \mu\text{m}$,最小 $26.3 \mu\text{m}$ 。

3 结论与讨论

(1) 裸子植物花粉按外部形态分为 5 个类型,马尾松等 12 个松属树种(变种)花粉粒形态类型为松型,或属于具气囊类型,轮廓形态特征基本一致。花粉粒结构主要由本体(中央体)与气囊两部分组成。本体为实体,上部(背面)形似“蘑菇帽”,外壁表面具云朵状雕纹;腹面为两个相对称的半圆形气囊,两个气囊中间呈缝隙状为“远极沟”(萌发沟);本体下方着生两个圆球形气囊,侧面观本体与气囊形成凹角,囊壁薄较平滑,具有网纹,气囊内也有较发达的网络结构。

(2) 从花粉粒的赤道面(侧面)、近极面(背面)、远极面(腹面)3 个面观察,裸子植物花粉各类型都有各自标志性的特征。马尾松等 12 个松属树种花粉的标志特征是本体下面具有两个大气囊。两个气囊之间“远极沟”部位是薄壁组织,具有伸缩性,当花粉潮湿时即伸胀致两个气囊呈八字形分开,当花粉干燥时即收缩使气囊合拢紧靠一起,可起到调节平衡花粉内部水分的作用。不论气囊分开还是合拢都具有气球似的浮力,可使花粉远程飘飞,实现松花粉风媒传粉。

(3) 各种松树花粉基本形态很相近,但也存在一定的差异。这些差异体现在花粉粒大小、花粉囊形状、本体背面雕纹式样等方面。各松种之间花粉形态有差异,同一松种的植株之间也有所差别,如何有效分析这些微细差异尚待进一步探索研究^[11]。

花粉粒大小。这是肉眼难以区分的,但借助电镜观察技术,可以应用花粉粒大小性状作为区分不同松种的花粉。同一松种花粉的大小虽也有差异,但还比较稳定。从不同山地 5 个马尾松林分测试得

知,与不同树种间花粉粒大小相比,同一树种内的花粉形态差异不显著或差异较小。花粉囊形状。文献报道常见的有:侧面观花粉粒,上部为“蘑菇帽”,下部两侧是气囊,气囊基本上是圆形;如是腹面观,两个气囊基本上是半圆形。实际上花粉囊不完全是圆形与半圆形,各树种间或不同植株间都会有差异。在 12 个松属树种的花粉中,侧面观有圆形、卵圆形、长圆形等形状,腹面观有半圆形、超半圆形、长半圆形、肾形等形态。“花粉帽”外壁纹饰。在花粉的形状、大小、萌发孔类型和花粉外壁纹饰等诸多特征中,以花粉的外壁纹饰特征最为重要。由于花粉外壁纹饰不易随时间推移与外界环境变化而发生变异,是鉴别不同植物花粉的重要依据,在植物分类及系统演化上具有较大的意义^[10-11]。松花粉的外壁纹饰是指花粉“蘑菇帽”外表的纹饰,花粉外壁粗糙不平,纹饰好似雕刻而成故称其为“雕纹”。所见文献资料对此雕纹形状没有统一的描述,有的称短条纹状,有的称蠕虫状,还有称皱波状或皱网状等。作者根据对 12 种松树花粉外壁雕纹的观察,认为用云朵状来形容外壁雕纹形状,称其为“云朵雕纹”更为形象。为便于比较表述,可根据云朵雕纹形状与大小,分为大朵雕纹、小朵雕纹和细密雕纹、块状雕纹。

(4) 松属树种花粉具有共同的基本形态特征,但不同松种之间的花粉形态存在明显差异。同一树种的花粉形态,特别是花粉粒大小与帽壁外表雕纹,差异较小而且比较稳定,这对于松属树种花粉形态鉴别与花粉利用都是有意义的,值得重视和研究。

参考文献:

- [1] 知识经济杂志社. 松花粉是最好的医药 [M]. 北京:中国戏剧出版社, 2005
- [2] 徐科,汪洪捷,曹振,等. 破壁松花粉的扫描电镜和 X 射线能谱研究 [J]. 中国卫生工程学, 2000, 43(1): 34 - 35
- [3] 高爱新,秦国峰,王培蒂,等. 马尾松雄球花生生长发育特性及花粉采收特点 [J]. 林业科学研究, 2007, 20(3): 437 - 441
- [4] Bagnall C R, Species identification among pollen grains of *Abies*, *Pinus*, and *Pinus* in the Rocky Mountain (A scanning electron microscope study) [J]. Rev Palaeobotany Palynology, 1975, 19: 203 - 220
- [5] Xi Yi-zhen, Wang Fu-xiong. Pollen exine ultrastructure of the extant Chinese Gymnospermae [J]. Cathaya, 1989, 1: 119 - 142
- [6] 中国科学院植物研究所形态室孢粉组. 中国植物花粉形态 [M]. 北京:科学出版社, 1960
- [7] 张金谈. 中国松科花粉形态研究 [J]. 植物研究, 1989, 9(3): 87 - 95

- [8] 赵霖, 鲍善芬. 松花粉破壁前后显微形态和营养成分的研究 [J]. 营养学报, 2001, 23(2): 153 - 156
- [9] 杨彩云, 杨貌仙. 云南松花粉形态研究 [J]. 云南植物研究, 1989, 11(1): 71 - 74
- [10] 韦仲新. 种子植物花粉电镜图志 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 2003
- [11] 陈祖铿, 席以珍. 花粉壁的分化、功能和演化意义 [J]. 植物杂志, 1990, 17(4): 6 - 8
- [12] 郑万钧. 中国树木志 (第 1 卷) [M]. 北京: 中国林业出版社, 1983
- [13] 张树杰, 黎承湘, 袁晓颖. 赤松——新变种 [J]. 植物研究, 1995, 15(3): 338 - 341
- [14] 潘志刚, 游应天. 湿地松、火炬松、加勒比松引种栽培 [M]. 北京: 北京科学技术出版社, 1991
- [15] 潘志刚. 外来树种引种研究 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1991

《中国虫脩目昆虫》(陈树椿、何允恒著)

虫脩目昆虫(竹节虫)全世界已知 3 000 余种,我国已记载有 300 多种,它以天然的保护色与惊人的拟态著称于世,有些种类由于形态奇特或珍稀等原因,已被列入《国家保护的有益的或者有重要经济、科学研究价值的陆生野生动物名录》中。近年,更有些种类严重危害农、林业,已引起有关部门重视。本书图文并茂,为我国当今该目昆虫研究的系统总结,共记述了虫脩目昆虫 5 科 65 属 336 种(其中包括 5 新属 76 新种),系统全面地叙述了该目的分类概况、形态特征、生物学特性、种类及地理分布、采集及饲养、发生与防控等内容;在各论中,分别编有科、亚科、族、属、种的检索表和较详细的形态特征描述,如模式标本及存放地点、鉴别特征、地理分布和寄主等。全书共有 900 余幅黑白特征图与部分整体图,12 个彩版。本书可供植保工作者、昆虫学研究人员及大专院校有关师生参考使用。

本书已于 2008 年 4 月由中国林业出版社出版。16 开本,全书 750 千字,书价 220 元。有需要者请与中国林业出版社联系;地址:北京市西城区刘海胡同 7 号;邮编:100009;电话:(010) 66162880; E-mail: forest@163.com。