

含笑属(木兰科)植物花粉形态及其系统学意义

张新华^{1,2}, 夏念和^{1*}

(1. 中国科学院 华南植物园, 广州 510650; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100049)

摘要: 利用扫描电子显微镜对含笑属 12 个分类群的花粉形态进行了观察和研究。花粉粒椭圆形, 两侧对称, 异极, 具远极单萌发沟, 中等大小; 形成一较为自然的分类群。虽然花粉粒的大小和表面雕纹不同种间具有一定的差异, 但不足以作为现有的属下分类系统提供足够的证据。

关键词: 含笑属; 花粉形态; 系统学意义

中图分类号: Q944 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2008)03-0311-06

Pollen morphology of *Michelia* and its systematic significanceZHANG Xin-Hua^{1,2}, XIA Nian-He^{1*}

(1. South China Botanical Garden, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China; 2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Pollen morphology of 12 taxa of *Michelia* was investigated with scanning electron microscopy(SEM). The pollen grains are bilateral symmetric, heteropolar, monocolpate, broadly elliptical in polar view, boat-shaped in equatorial view, and medium size. The genus is in a natural group. Some pollen morphological characters, such as the size and sculpture can be used to identify species in *Michelia*, but it has limit value in infrageneric classification of the genus.

Key words: *Michelia*; pollen morphology; systematic significance

木兰科植物全世界有 16 属约 300 种, 主要分布于亚洲东部及东南部、北美洲东南部、中美洲及南美洲。我国产 11 属约 160 种, 从西南至南部及其近邻地区是木兰科的现代分布中心和多样性保存中心。木兰科是现存被子植物中最原始的类群之一, 无论在理论研究和实际利用上都有重要价值。理论研究上, 它作为多心皮类(原始类群)的典型代表, 是探索被子植物起源、发展演化和建立被子植物自然系统不可缺少的材料; 实际应用上, 它既是亚热带常绿阔叶林的重要组成成分, 又是举世闻名的园林观赏、工业用材、药材和香原料树种。由于木兰科植物各属间形态特征重叠, 至今, 木兰科的分类系统仍存在较大的争议(Dandy, 1927, 1950, 1978; Nooteboom, 1985,

2000; 刘玉壶, 1984, 1996, 2000; Chen & Nooteboom 等, 1993; 龚洵等, 2003; Figlar & Nooteboom 等, 2004; 孙卫邦等, 2004)。

含笑属(*Michelia*)以其花腋生、花药侧向开裂、雌蕊群具明显的雌蕊群柄等较为进化的特征, 被从木兰属中分出来, 是木兰科中的第二大属; 约有 80 种, 分布于亚洲热带及亚热带, 我国约有 70 种, 主要产于西南部至东部, 以西南部较多(刘玉壶, 1996, 2004)。虽然该属植物是木兰科比较特化的分类群, 但是, 大量的形态学研究表明, 原始性状和进化性状往往交织出现, 以及地理分布的不同和受环境条件的影响, 整个属的范畴、属下等级的划分和种的处理上存在较大的争议。含笑属属下的主要分类系统:

收稿日期: 2006-12-11 修回日期: 2007-07-25

基金项目: 国家自然科学基金(30270100); 中国科学院生物科学和生物技术研究特别支费(STI-01-35)[Supported by the National Natural Science Foundation of China(30270100); Special Fund of Biology Sciences and Technique of the Chinese Academy of Sciences(STZ-01-35)]

作者简介: 张新华(1978-), 女, 甘肃临洮县人, 博士, 从事系统与演化植物学研究。

* 通讯作者(Author for correspondence)

Chen & Nooteboom(1993)系统和刘玉壶(1996)系统。在 Chen & Nooteboom(1993)系统中,合果木属(*Paramichelia*)和观光木属(*Tsoongiodendron*)被并入含笑属,并将含笑属分为 6 组:含笑组(sect. *Michelia*),肖含笑组(sect. *Micheliopsis*),双被组(sect. *Dichlamys*),异被组(sect. *Anioschlamys*),合果木组(sect. *Paramichelia*),观光木组(sect. *Tsoongiodendron*)。后者,将含笑属分为 2 亚属:含笑亚属(subgen. *Michelia*)和后生含笑亚属(subgen. *Metamichelia*),4 组:含笑组,肖含笑组,双被组,异被组(不包括合果木属和观光木属)。两种分类系统的主要不同在于刘玉壶将 Chen & Nooteboom(1993)系统中含笑组中许多无托叶痕的种放在异被组。

17 世纪末显微镜的发明,为孢粉学的发展奠定了基础。随着孢粉学的发展,大量的花粉资料显示,花粉形态是进行被子植物系统分类的重要依据,尤其在科至种等各个分类阶层都有很好的分类价值。有关木兰科植物花粉形态的研究,国内外已有较多的报道(Maneval, 1914; Farr, 1918; Erdtman, 1952, 1969; Canright, 1953; Takhtajan, 1959; Dahl & Rowley, 1965; Wodehouse, 1965; Agababian, 1972; Praglowski, 1974; 徐凤霞等, 1995, 1998, 1999, 2002, 2003, 2004a, b; 韦仲新等, 1993, 2003; 孔红, 1999; 郭春兰等, 1996; 林新春等, 2003)。本文对含笑属 12 个分类群的花粉进行了扫描电镜的观察和研究,为木兰科的系统学研究提供孢粉学证据;结合前人的研究结果,从孢粉学角度探讨含笑属及属下的系统分类学关系。

1 材料与方法

实验材料均采自华南植物园活体植物的新鲜花粉。凭证标本见表 1。扫描电镜下观察:直接将新鲜的花粉滴于双面胶的铜台上,晾干后用 SPI-MODLE 喷金镀膜,用 JEOL JSM-6360 LV 扫描电子显微镜进行观察并拍照。每种花粉均测量 20 粒,取其最大和最小值,计算平均值。术语采用 Erdtman (1952)和 Praglowski(1974)。

2 观察结果

2.1 含笑属植物花粉的一般特征

含笑属植物花粉粒为两侧对称,异极,具 1 远极

单沟萌发孔,沟长几乎达两端;极面观为椭圆形,赤道面观船形;花粉粒中等大小, $E_1 \times E_2 = 39.8 \times 15.5 \mu\text{m}$ 到 $55.0 \times 23.6 \mu\text{m}$ (E_1 = 最长赤道轴长; E_2 = 最短赤道轴长。下同);外壁表面光滑或较粗糙,具小穿孔、小穴状、皱波状或网状等雕纹(图 1-3)。

2.2 不同种的花粉形态描述

含笑属植物花粉形态也与其它形态特征一样,无论花粉的大小和纹饰等方面,不同种间具有一定的差异,详见表 2。

表 1 孢粉学研究材料及凭证标本
Table 1 Source of materials for palynological studies in *Michelia*

分类群 Taxon	原产地 Origin	凭证标本 Voucher
白兰 <i>M. alba</i>	马来西亚	张新华 028
柏林苦梓 <i>M. balina</i>	云南文山州	张新华 030
雅致含笑 <i>M. elegans</i>	广东	张新华 032
含笑 <i>M. figo</i>	广东广州	张新华 033
多花含笑 <i>M. floribunda</i>	湖南新宁	张新华 042
金叶含笑 <i>M. foveolata</i>	广东乳源	张新华 034
灰毛含笑 <i>M. foveolata</i> var. <i>cinerascens</i>	福建武夷山	张新华 035
广西含笑 <i>M. guangxiensis</i>	广西苗儿山	张新华 036
醉香含笑 <i>M. macclurei</i>	广西十万大山	张新华 043
石碌含笑 <i>M. shiluensis</i>	海南石碌	张新华 037
绿瓣含笑 <i>M. viritepala</i>	云南文山	张新华 039
云南含笑 <i>M. yunnanensis</i>	云南昆明	张新华 041

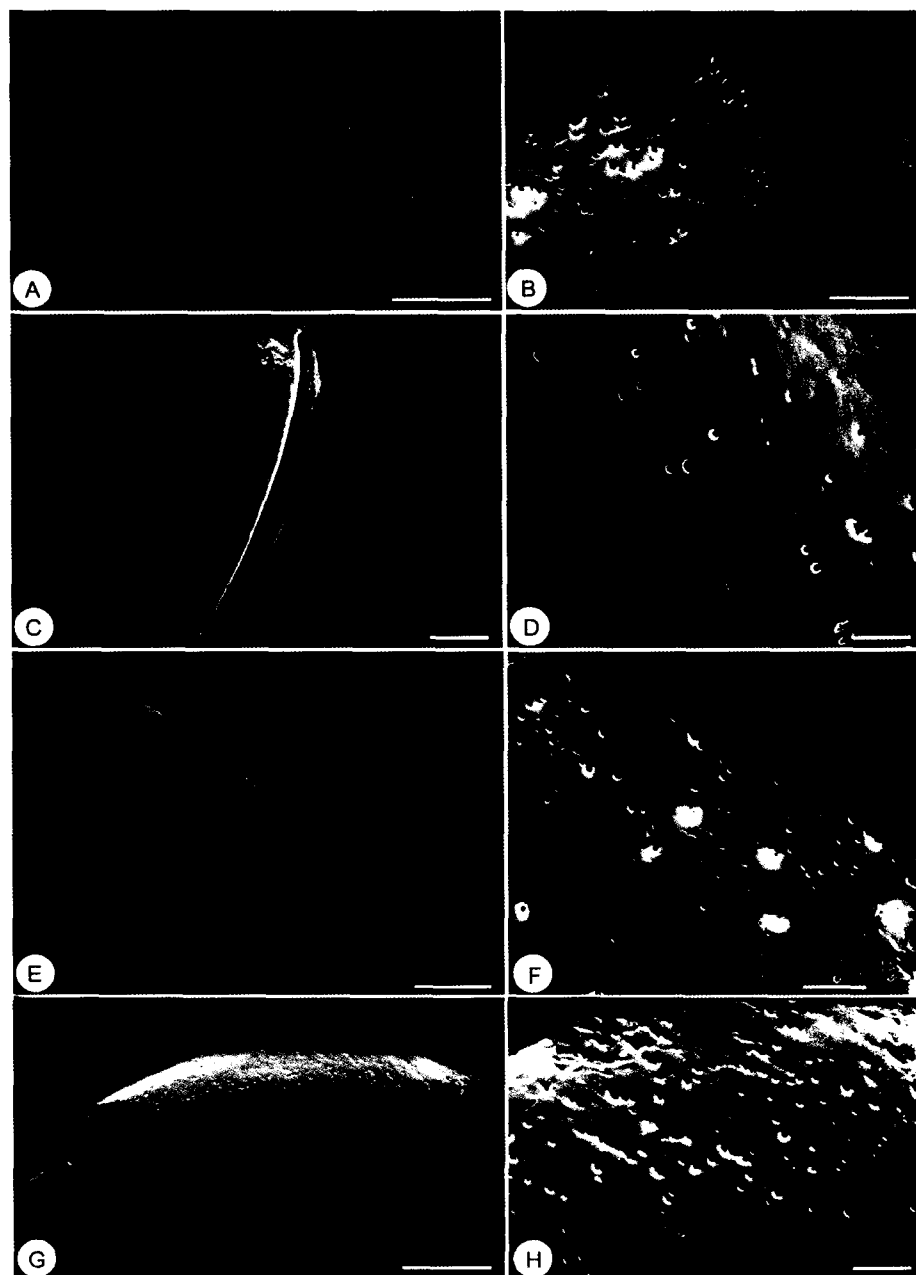
3 分析与讨论

3.1 花粉粒大小

根据 Walker(1976)对花粉粒大小等级的划分,大的花粉(最长轴 $50 \sim 99 \mu\text{m}$)属于较原始的类型,它可以演化出中等大小的花粉(最长轴 $25 \sim 49 \mu\text{m}$)和很大的花粉(最长轴 $100 \sim 199 \mu\text{m}$)。本研究中,所测得含笑属植物花粉大小在 $39.8 \sim 55.0 \mu\text{m}$ 之间,属中等大小的花粉,说明含笑属植物为较进化的分类群。已报道木兰科中几个较大属,木莲属、木兰属、盖裂木属等植物花粉粒较大(Agababian, 1972; Praglowski, 1974; 徐凤霞等, 1999, 2002, 2003, 2004a, b),属于大型花粉,这进一步说明含笑属植物较其它木兰亚科各属植物进化。这种演化趋势与从外部形态上将含笑属分立成属,并且认为是木兰科中比较进化的类群,得到了可靠的孢粉学依据。

3.2 花粉形态在种间的分类学意义

所观察含笑属植物花粉形态特征相似,花粉粒



图版 I 扫描电镜下含笑属植物花粉形态 A, C, E, G: 花粉粒形状; B, D, F, H: 外壁雕纹; A, B: 白兰; C, D: 柏林苦梓; E, F: 灰毛含笑; G, H: 绿瓣含笑。标尺=10 μm ; A, C, E, G: 2 μm ; B, D, F, H。

Plate I SEM micrographs of *Michelia* pollen A, C, E, G: Shape of the pollen grains; B, D, F, H: Sculpture under SEM; A, B: *M. alba*; C, D: *M. balina*; E, F: *M. foveolata* var. *cinerascens*; G, H: *M. viritepala*. Scale bar=10 μm ; A, C, E, G: 2 μm ; B, D, F, H.

均为两侧对称, 异极, 具 1 远极单沟萌发孔, 属中等大小的花粉, 形成较为自然的分类群。但是, 花粉粒的大小和外壁纹饰不同种间存在差异, 在某种程度上能够反映种的特异性, 并具有一定的分类学意义。

3.3 花粉形态在含笑属属下等级划分上的应用

Praglowksi(1974)(按 Dandy1974 系统)观察了含笑属 4 组中的 3 组, 即含笑组(12 种), 肖含笑组(1 种)和双被组。他认为 sect. *Michelia* 的花粉粒与另两

组的相比, 通常较小且有光滑的覆盖层, 而 sect. *Micheliopsis* 的花粉粒则具微皱和较粗的雕纹。徐凤霞(1999)观察了含笑属四组(按刘玉壶(1996)系统)各一种, 其中的代表种黄兰(*M. champaca*)(sect. *Michelia*)的花粉粒表面最光滑, 野含笑(*M. skinneriana*)(sect. *Micheliopsis*)的花粉粒表面雕纹为细皱纹, 较粗糙, 并且认为与 Praglowksi 的观察结果一致。在本研究中, 作者观察到含笑组的花粉粒较小, 这与他

表 2 含笑属植物花粉形态特征

Table 2 Pollen morphological data of all taxa examined based on scanning electron microscopic investigation

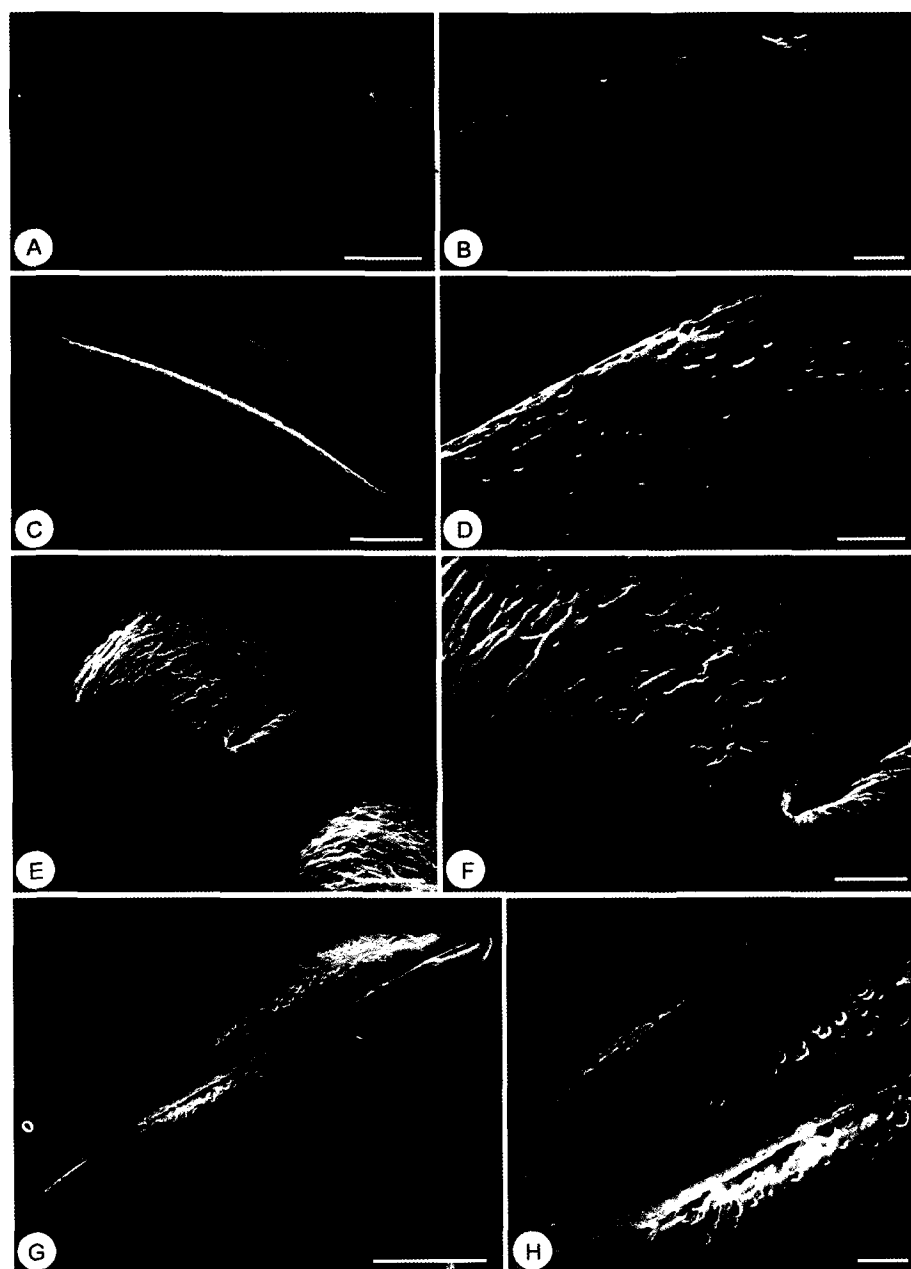
分类群 Taxon	赤道轴长 E		极面观 PV		侧面观 LV	外壁纹饰 Exine ornamentation	图版 I-III
	E ₁ (μm)	E ₂ (μm)	E ₁ : E ₂	Pt/R	CD		
含笑组 sect. <i>Michelia</i>							
白兰 <i>M. alba</i>	37-(41.6)-48	16-(17.2)-19	2.41	Pt	—	Foveolata with a few of perforations distributed sparsely	I; A, B
多花含笑 <i>M. floribunda</i>	31-(39.8)-43	13-(15.5)-17	2.57	Pt, R	+	Foveolata with a few of perforations distributed sparsely	III; G, H
异被组 sect. <i>Anisochlamys</i>							
石碌含笑 <i>M. shiluensis</i>	52-(55.0)-61	21-(23.6)-27	2.33	Pt, R	—	Foveolata	II; C, D
雅致含笑 <i>M. elegans</i>	50-(52.3)-54	20-(22.7)-25	2.31	Pt	+	Tectum surface rough with regular protrosive ridges	II; E, F
醉香含笑 <i>M. macclurei</i>	34-(43.0)-47	15-(20.2)-24	2.13	Pt	—	Foveolata	III; C, D
金叶含笑 <i>M. foveolata</i>	42-(48.6)-53	18-(18.3)-20	2.65	Pt, R	—	Foveolata with a few of perforations distributed sparsely	II; G, H
灰毛含笑 <i>M. foveolata</i> var. <i>cinerascens</i>	44-(50.6)-52	19-(21.2)-23	2.39	Pt	—	Foveolata with a few perforations distributed sparsely	I; E, F
肖含笑组 sect. <i>Micheliopsis</i>							
含笑 <i>M. figo</i>	51-(54.2)-58	18-(22.0)-25	2.46	Pt	+	Foveolata	II; A, B
广西含笑 <i>M. guangxiensis</i>	49-(52.7)-55	19-(21.0)-23	2.51	R	+	Foveolata	III; A, B
绿瓣含笑 <i>M. viritepala</i>	50-(53.4)-58	23-(20.1)-26	2.33	Pt	+	Microfoveolata with a few of perforations distributed sparsely	I; G, H
云南含笑 <i>M. yunnanensis</i>	50-(51.8)-55	22-(19.9)-24	2.34	Pt	—	Elaborate projections or reticulate sculpturing	III; E, F
双被组 sect. <i>Dichlamys</i>							
柏林苦梓 <i>M. balina</i>	50-(53.8)-57	19-(19.2)-19	2.81	Pt, R	—	Foveolata with a few of perforations distributed sparsely	I; C, D

E-Equatorial axis, E₁-longest axis, E₂-shortest axis; PV-Polar view, LV-Lateral view; shape of ends of pollen grain in polar view and ratio E₁ : E₂. Pt-slightly pointed; R-rounded; Curvature of the distal face(CD); "+"markedly convex, "—"usually slightly convex. * Taxonomic treatment follows Law (1996).

们的观察结果相同。但是,在所观察的种中,除云南含笑和雅致含笑花粉粒表面较粗糙外,其他的花粉外壁较光滑,雕纹为小穴状或分散地分布着少量的小穿孔。所以,我们不能笼统地认为肖含笑组的花粉粒具微皱和较粗的雕纹。已有的含笑属花粉资料表明,花粉形态特征在种间具有分类学意义,但不足以为该属下分类系统提供足够的孢粉学证据。不过,有必要对更多的样品进行进一步的研究。

参考文献:

- 韦仲新. 2003. 种子植物花粉电镜图志[M]. 昆明:云南科学技术出版社:12-14
- 刘玉莹. 1996. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社,30(1):147-149
- Agababian V S. 1972. Pollen morphology of the family Magnoliaceae[J]. *Grana*, 12:166-176
- Canright J E. 1953. The comparative morphology and relationships of Magnoliaceae. II. Significance of the pollen[J]. *Phytomorphology*, 3:355-365
- Chen BL, Nootboom H P. 1993. Notes on Magnoliaceae III; The Magnoliaceae of China[J]. *Ann Missouri Bot Gard*, 80(4):999-1004
- Chun WY(陈焕镛). 1963. Genus speciesque novae Magnoliacearum sinensium[J]. *Acta Phytotax Sin*(植物分类学报), 8:281-288
- Dahl A O, Rowley J R. 1965. Pollen of *Degeneria vitiensis*[J]. *J Arn Arb*, 46:308-323
- Dandy J E. 1927. The genera of Magnoliaceae[J]. *Kew Bull*, 257-264
- Dandy J E. 1950. A survey of the genus *Magnolia* with *Michelia* and *Manglietia*[M]//PM Syngae(Ed). *Camellias and Magnolias*. Report of the conference held by the Royal Horticultural Society. London, UK: Royal Horticultural Society
- Dandy J E. 1978. A revised survey of the genus *Magnolia* together with *Manglietia* and *Michelia* [M]//NG Treseder (Ed). *Magnolias*. London: Fabet and Faber:29-37
- Erdtman G. 1962. Pollen Morphology and Plant Taxonomy[M]. Beijing: Science Press
- Erdtman G. 1969. Handbook of palynology[M]. Munksgaard, Copenhagen
- Farr C H. 1918. Cell division by furrowing in *Magnolia*[J]. *Amer J Bot*, 5:379-395
- Figlar R B, Nootboom H P. 2004. Notes on Magnoliaceae IV[J]. *Blumea*, 49:87-100
- Gong X(龚洵), Shi SH(施苏华), Pan YZ(潘跃芝), et al. 2003. An observation on the main taxonomic characters of subfamily Magnolioideae in China(中国木兰亚科植物的主要分类形状观察)[J]. *Acta Bot Yunnan*(云南植物研究), 25:447-456



图版 II 扫描电镜下含笑属植物花粉形态 A,C,E,G:花粉粒形状; B,D,F,H:外壁雕纹; A,B:含笑; C,D:石碌含笑; E,F:雅致含笑; G,H:金叶含笑。标尺=10 μm ; A,C,G:5 μm ; E:2 μm ; B,D,F,H。

Plate II SEM micrographs of *Michelia* pollen A,C,E,G: Shape of the pollen grains; B,D,F,H: Sculpture under SEM; A,B: *M. figo*; C,D: *M. shiluensis*; E,F: *M. elegans*; G,H: *M. foveolata*. Scale bar=10 μm ; A,C,G:5 μm ; E:2 μm ; B,D,F,H.

Guo CL(郭春兰), Huang LL(黄蕾蕾). 1996. SEM studies of pollen grain and anther morphology of the genus *Magnolia*(木兰属几种药用植物花粉粒形态扫描电镜观察)[J]. *J Wuhan Bot Res*, 14: 204—206

Hu HH(胡先骕). 1940. A new genus of Magnoliaceae[J]. *Sun-yatsenia*, 4: 142—145

Institute of Botany, South China Institute of Botany, Academia Sinica. 1982. Angiosperm Pollen Flora of Tropic and Subtropic China[M]. Beijing: Science Press: 199—200

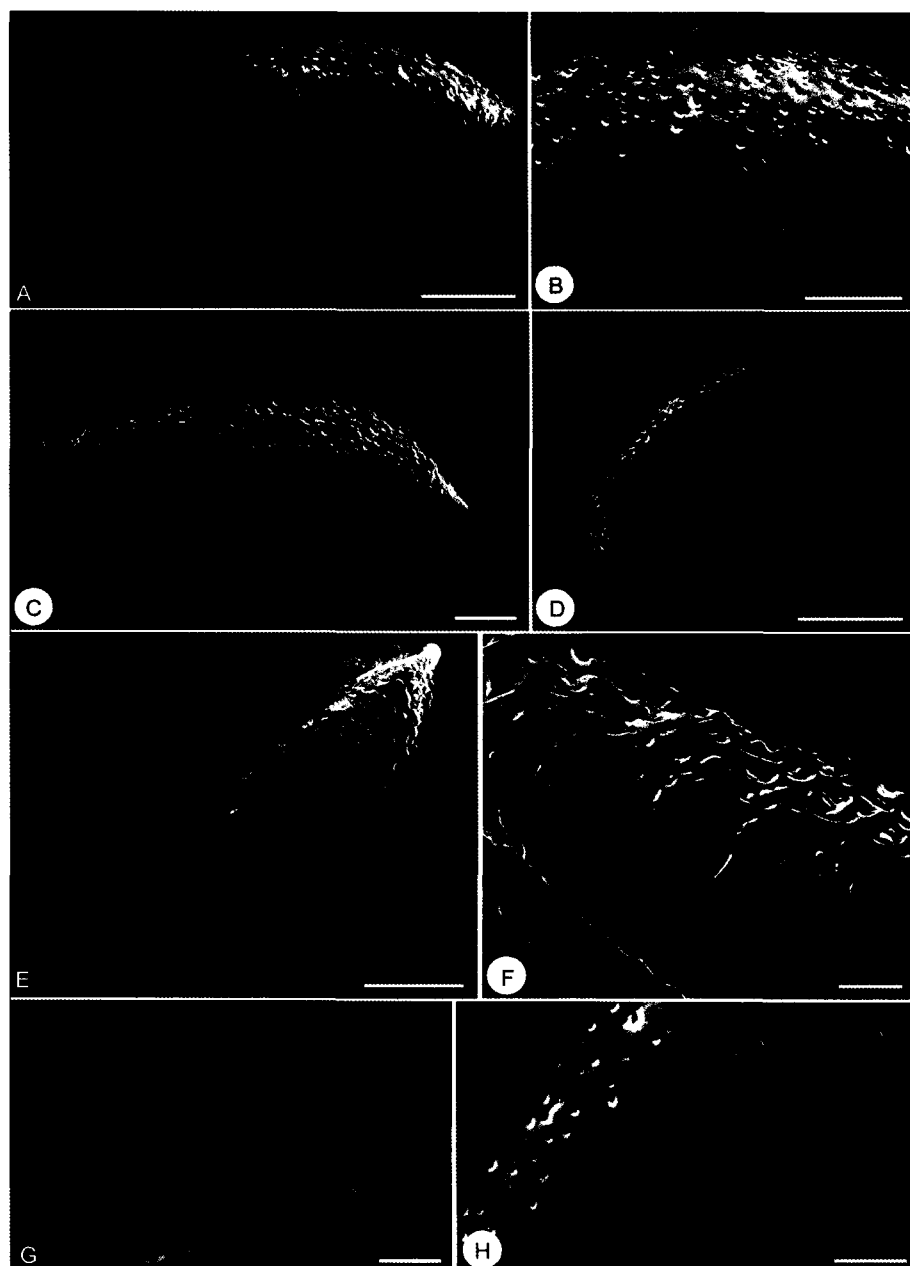
Kong H(孔红). 1999. Study on pollen morphology of 3 species of

Magnolia(木兰属 3 种植物花粉形态研究)[J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*(西北植物学报), 19(60): 206—208

Law YW(刘玉壶). 1984. A preliminary study on the taxonomy of the family Magnoliaceae(木兰科分类系统的初步研究)[J]. *Acta Phytotax Sin*(植物分类学报), 22(2): 89—109

Liu YH(刘玉壶). 2000. Studies on the phylogeny of Magnoliaceae[M]//YH Law, HM Fan, ZY Chen(Eds). Proceedings of the international Symposium on the family Magnoliaceae. Beijing: Science Press: 3—13

Liu YH(刘玉壶). 2004. *Magnolias of China*[M]. Beijing: Science



图版 III 扫描电镜下含笑属植物花粉形态 A, C, E, G: 花粉粒形状; B, D, F, H: 外壁雕纹; A, B: 广西含笑; C, D: 醉香含笑; E, F: 云南含笑; G, H: 多花含笑。标尺 = 10 μm ; A, D, E; 5 μm ; B, C, G; 2 μm ; F, H。

Plate III SEM micrographs of *Michelia* pollen A, C, E, G: Shape of the pollen grains; B, D, F, H: Sculpture under SEM; A, B: *M. guangxiensis*; C, D: *M. macclurei*; E, F: *M. yunnanensis*; G, H: *M. floribunda*. Scale bar = 10 μm ; A, D, E; 5 μm ; B, C, G; 2 μm ; F, H.

& Technology Press

Lin XC(林新春), Yu ZX(愈志雄). 2003. Pollen morphology of 9 species from Magnoliaceae(9 种木兰科植物的花粉形态观察)[J]. *J Zhejiang Fore Coll*(浙江林学院学报), 20(4): 353—356

Maneval W E. 1914. The development of *Magnolia* and *Liriodendron*, including a discussion of the primitiveness of the Magnoliaceae[J]. *Bot Gaz*, 57, 1—31

Nootboom H P. 1985. Notes on Magnoliaceae, with a revision of *Pachylarnax* and *Elmerrillia* and the Malaysian species of *Man-glietia* and *Michelia*[J]. *Blumea*, 31, 65—121

Nootboom HP. 2000. Different looks at the classification of the Magnoliaceae[M]//YH Law, HM Fan, ZY Chen(Eds). Proceedings of the International Symposium of the family Magnoliaceae. Beijing: Science Press: 26—37

Praglowksi J. 1974. World Pollen and Spore Flora[M]. Stockholm: Almqvist & Wiksell, 3: 1—44

Sun WB(孙卫邦), Zhou J(周俊). 2004. A new proposal on generic division of the Chinese Magnoliaceae(中国木兰科植物分属的新建议)[J]. *Acta Bot Yunnan*(云南植物研究), 26: 139—147

(下转第 291 页 Continue on page 291)

阳朔小花苣苔 新变种

新变种与原变种的主要区别在于叶较小，叶上面中脉与侧脉多具银白色脉纹；叶柄、花序梗、花梗、苞片和花萼不具紫色腺体。花期 6~7 月，晚于原变种花期。

Chiritopsis glandulosa D. Fang, L. Zeng et D. H. Qin var. *yangshuoensis* Fang Wen, Yue Wang, & Q. X. Zhang, var. nov.

A type differt foliis minoribus, supra nervis et eis secundariis argenteo-albis volgo praeditis; petioles, pedunculis, pedicellis, bracteis, et sepalis non atropurpureo-glandulosis. Fl. Jun. -Jul. et late type.

China. Guangxi (广西): Yangshuo (阳朔), Yulonghe (遇龙河), on moist shady cliffs of limestone in valleys and hills from 110 to 140 m elevation, cultivated in the greenhouse of College of Landscape Architecture in Beijing Forestry University, at 45 m. 2006-11-04, Wenfang (温放) 2006-06-24, 06062401 (holotype BIFC).

致谢 承蒙张启翔教授指导,陈心启研究员审阅文稿,李振宇研究员、韦毅刚副研究员审核标本并审阅文稿,谨致谢意!

参考文献:

- 王文采. 1990. 中国植物志(第 69 卷). 小花苣苔属 [M]. 北京: 科学出版社, 69: 409—418
- 李振宇, 王印政. 2004. 中国苦苣苔科植物 [M]. 郑州: 河南科学技术出版社
- Fang D(方鼎), Qin DH(覃德海), Zeng L(曾玲). 1993. New plants of Gesneriaceae from China(中国苦苣苔科植物新资料) [J]. *Acta Phytotax Sin*(植物分类学报), 31: 463—471
- Liu XL(刘晓龙), Guo XH(郭新弧). 1989. A new species of *Chiriotopsis* from Anhui(安徽小花苣苔属一新种) [J]. *Bull Bot Res*(植物研究), 9(3): 51—54
- Liu Y(刘演), Wei YG(韦毅刚), Tang SC(唐赛春). 2006. *Chiriotopsis lingchuanensis* Yan Liu & Y. G. Wei, a new species of Gesneriaceae from Guangxi, China(中国广西苦苣苔科一新种——灵川小花苣苔) [J]. *Acta Phytotax Sin*(植物分类学报), 44(3): 340—344
- Wang WT(王文采). 1981. *Quinque genera nova Gesneriaceae Sina* (苦苣苔科五新属) [J]. *Bull Bot Res*(植物研究), 1(3): 21—51
- Wang WT(王文采). 1982. *Notulae de Gesneriaceis sinensis* (IV)(中国苦苣苔科的研究(四)) [J]. *Bull Bot Res*(植物研究), 2(4): 37—64
- Wang WT(王文采). 1986. *Notulae de Gesneriaceis sinensis* (VII)(中国苦苣苔科植物的研究(七)) [J]. *Guihaia*(广西植物), 6: 6—11
- Wang WT(王文采). 1992. *Notulae de Gesneriaceis sinensis* (X)(中国苦苣苔科植物的研究(十)) [J]. *Guihaia*(广西植物), 12: 296—300

(上接第 316 页 Continue from page 316)

- Takhtajan A. 1959. Die evolution der angiospermen[M]. Fisher Verlag, Jena, 344
- Walker JW. 1976. Comparative pollen morphology and phylogeny of the Ranalean complex[M]//CB Beck(Ed.), Origin and Early Evolution of Angiosperms. New York: Columbia Univ Press; 241—299
- Walker JW. 1974. Evolution of exine structure in pollen of primitive angiosperms[J]. *Amer J Bot*, **61**:891—902
- Wei ZX(韦仲新), Wu ZY(吴征镒). 1993. Pollen ultrastructure of *Liriodendron* and its systematic significance(鹅掌楸属花粉的超微结构及其系统学意义)[J]. *Acta Bot Yunnan*(云南植物研究), **15**(2):163—166
- Wodehouse R P. 1965. Pollen grains. Their Structure, Identification and Significance in Science and Medicine[M]. New York and London: Hafner Publishing Co.; 574
- Xu FX(徐凤霞), Wu QG(吴七根). 1995. Pollen morphology of *Paremicelia* and *Tsoongiodendron* from China(合果木属和观光木属的花粉形态)[J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*(西北植物学报), **15**(6):47—49
- Xu FX(徐凤霞). 1998. Study on pollen morphology of *Kmeria* (单性木兰属花粉形态观察)[J]. *Guihaia*(广西植物), **18**(1): 29—31
- Xu FX(徐凤霞). 1999. Pollen morphology of several species from *Michelia*(Magnoliaceae)(几种含笑属(木兰科)植物的花粉形态)[J]. *J Wuhan Bot Res*(武汉植物学研究), **17**(4):303—306
- Xu FX(徐凤霞). 2002. Study on pollen morphology of *Parakmeria lotungensis*(乐东拟单性木兰花粉形态观察)[J]. *Guihaia* (广西植物), **22**(2):157—159
- Xu FX(徐凤霞), Gong X(龚询). 2003. Study on pollen morphology of *Alcimandra cathcartii*(长蕊木兰花粉形态观察)[J]. *Guihaia*(广西植物), **23**(4):321—322
- Xu FX(徐凤霞), Hu XY(胡晓颖), Xu XL(徐信兰). 2004a. Pollen morphology of five species of *Manglietia*(Magnoliaceae)(木莲属(木兰科)5种植物的花粉形态)[J]. *J Trop Subtrop Bot* (热带亚热带植物学报), **12**(4):313—317
- Xu FX(徐凤霞), Xu XL(徐信兰), Hu XY(胡晓颖). 2004b. Pollen morphology of five species from *Magnolia*(五种木兰属植物的花粉形态)[J]. *Acta Bot Yunnan*(云南植物研究), **26** (1):83—88