

143-153

20642(6)

云南植物研究 1997; 19(2): 143~153
Acta Botanica Yunnanica

山茶科花粉超微结构及其系统学意义*

韦仲新

(中国科学院昆明植物研究所, 昆明 650204)

Q949.758.4

A

摘要 借助光学显微镜、扫描电镜及透射电镜对分布于亚洲、北美洲及中南美洲山茶科 17 属约 50 种植物的花粉进行了系统的观察研究。本科花粉为 3 孔沟或 3 (拟) 孔沟, 近扁球形至近球形, 少数近长球形。大小从 $13\sim 50\ \mu\text{m}$ (极轴) $\times 13\sim 55.3\ \mu\text{m}$ (赤道轴)。表面纹饰可分为皱波状 (或皱块状)、颗粒状、疣状、钝刺状、网状、穴网状及近乎光滑等类型。在皱波状纹饰中, 其皱脊的组成分子又可分为颗粒、念珠状结构。外壁为具复盖-柱状层结构 (tectate-columellate), 复盖层-穿孔 (tectate-perforate) 或不穿孔 (tectate-imperforate)。其复盖层、柱状层、基层及外壁内层层次分明, 但各层次的厚度及比例随不同属种而异。孢粉学资料完全支持把山茶科划分为两个亚科即山茶亚科 (Theoideae) 及厚皮香亚科 (Ternstroemioidae)。其区别表现在花粉大小和外壁纹饰两方面。山茶亚科花粉最长轴直径从 $25\sim 55\ \mu\text{m}$, 并且以 $35\sim 45\ \mu\text{m}$ 为常见; 外壁纹饰多种多样; 外壁结构为复盖层-穿孔, 极个别为不穿孔 (圆仔荷属 *Apterosperma*)。后一亚科花粉大小为 $13\sim 20\ \mu\text{m}$, 多为 $15\sim 18\ \mu\text{m}$, 外壁纹饰很微弱, 表面几乎近光滑, 仅具稀疏分布的小穴, 外壁结构为复盖层-不穿孔。根据花粉特征, 讨论了核果茶属 (*Pyrenaria*) 和拟核果茶属 (*Parapyrenaria*), 以及大头茶属 (*Gordonia*)、*Polyspora* 属、*Laplacea* 属及圆仔荷属之间的系统学关系。最后从山茶科花粉的演化趋势并结合化石记录讨论了山茶科的系统关系及演化。

关键词 山茶科, 花粉形态, 系统学意义

POLLEN ULTRASTRUCTURE OF THEACEAE AND ITS
SYSTEMATIC SIGNIFICANCE

Wei Zhongxin

(Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650204)

Abstract The pollen of 50 or so species representing 17 genera of Theaceae was examined by light microscope, scanning electron microscope and transmission electron microscope for the purpose to elucidate the systematic relationships of the family. The examination indicates that the pollen grains are 3-colporate basically, suboblate to spheroidal and a few to subprolate in shape, with size from $13\sim 50\ \mu\text{m}$ (polar axis) $\times 13\sim 55\ \mu\text{m}$ (equatorial axis). The pollen sculpture can be divided into rugulate, granulate, reticulate, foveolate, spinulate, verrucate and psilate types etc. The exine consists of tectum, columellae, foot layer and endexine. The thickness of exine and the ratios of tectum to columellae and extexine to endexine are more or less different in

*国家自然科学基金资助项目 39370047

1996-08-20 收稿, 1997-01-15 接受发表

different genera. Pollen morphology supports to divide the family into two subfamilies, i.e. Theioideae and Ternstroemioidae, the former's pollen grains are medium-sized, with diameter from 25~55 μm , the sculpture can be divided into rugulate, granulate, reticulate, verrucate and spinulate or papillate types, but rugulate and reticulate types are two ordinary ones. In the latter, the pollen grains are small, with polar diameter from 13~20 μm , the surface of the pollen grains is nearly smooth, only a few foveae can be seen in parts of the surface. Therefore the two subfamilies can be recognized easily by the pollen size and sculpture. The pollen morphology indicates that the genera *Pyrenaria* and *Parapyrenaria* are indistinctive each other both in pollen size and sculpture, which supports to merge *Parapyrenaria* into *Pyrenaria*. In addition, the systematic relationships among *Gordonia*, *Polyspora*, *Laplacea* and *Apterosperma* are discussed. Pollen morphological data support to merge the genus *Polyspora* into *Gordonia*. At last, from the comparison of pollen grains among different genera within Theaceae, an evolutionary trend of pollen morphology of Theaceae was summarized as follows: (1) size: from medium to small; (2) shape: from oblate→suboblate→subspheroidal→spheroidal; (3) sculpture: from rugulate→reticulate→foveolate→psilate. Based on the evolutionary trend of pollen morphology and incorporated with fossil data of Theaceae, we suggest that there are two main branches in the evolution of Theaceae, one is from *Camellia*→*Pyrenaria*(including *Parapyrenaria*) and *Tutcheria*; the second from *Gordonia*→*Schima*→*Hartia*, *Stewartia* and *Apterosperma*, and possibly from *Stewartia* or *Hartia*→Ternstroemioidae, or from *Pyrenaria* to Ternstroemioidae.

Key words Theaceae, Pollen morphology, Systematic significance.

山茶科 Theaceae 为主要分布于热带和亚热带的乔灌木,以亚洲为主,少数分布到北美洲、中、南美洲、大洋洲和非洲。不同学者对该科的范围和亚科的划分持不同观点,有分为4个亚科的(Cronquist, 1981),即 Theioideae, Ternstroemioidae, Bonnetioidae 及 Asteropeioidae, 包括40属约600种。但大多数学者(Airy Shaw, 1973; 中国科学院植物研究所, 1979; Goldberg, 1986; 侯宽昭, 1982)则把山茶科分为两个亚科即 Theioideae 和 Ternstroemioidae, 17~20属约500种。把 Arthur Cronquist 系统中 Bonnetioidae 亚科和 Asteropeioidae 亚科从山茶科分出并独立成科。Bonnetiaceae 科有3个属22种, *Bonnetia* 属分布于热带美洲(17种)和西印度群岛(1种); *Ploiarium* 属分布于东南亚、马来西亚西部、摩鹿加群岛及新几内亚,共3种; *Archytaea* 属分布于巴西及圭亚那,2种。而 Asteropeiaceae 科仅一属 *Asteropeia*, 分布于马达加斯加,7种。本文采用大多数学者的观点,把山茶科的范围限于17~20属,不包括 Bonnetioidae 亚科和 Asteropeioidae 亚科。仅含山茶亚科和厚皮香亚科。本文对产于亚洲的14属和美洲的3属共17属约50种的花粉进行了全面的研究,着重从纹饰特征及外壁结构进行比较,期望从孢粉学角度对该科内争议较大的某些属的分类及系统关系问题提出我们的意见,并从花粉纹饰特征及外壁的演化规律,结合化石记录和其它学科的资料,探讨山茶科的属间关系及其演化。

山茶科花粉形态的研究,过去有过不少零星报道(Erdtman, 1952; 中科院植物所等, 1960, 1982; 张芝玉, 1987; Huang Tseng-Chieng, 1972; 叶创兴, 1990a; 韦仲新等, 1992; Javada 等, 1993)。但这些研究仅以某些属或几个属为代表或多以光学显微镜观察为主,对于整个科的全面研究尚未报道过。故本文的研究不仅是迄今为止最全面最系统的,而且是借助最先进的办法——花粉壁超微结构的研究去进行,花粉材料不仅有取自中国的,而且有菲律宾、美国、巴西及西印度群岛。除产于非洲的 *Visnea* (Canaries, 1种)和 *Balthasaria* (2~3种)及产于哥伦比亚的 *Patascocya* (1种)和 *Symplocarpon* 属(产墨西哥至哥伦比亚, 9种)外,世界各地的属均有代表。无疑本研究将为后人深入研究山茶科的系统分类提供丰富的资

料。

1 材料与方 法

花粉材料分别采用中国科学院昆明植物研究所标本馆(KUN)、英国皇家植物园 Kew 标本馆(K)及美国佛罗里达大学自然史博物馆标本馆(FLAS)。

花粉按额尔特曼醋酸酐分解法分解后, 制片观察, 大小测定以 20 粒花粉为准。电镜样品制备过程如下: 把经醋酸酐处理过的花粉水洗后, 进行酒精逐级脱水, 最后把经过酒精脱水的花粉置于样品台上, 镀膜和观察照相。透射电镜样品的制备过程为: 把经过醋酸酐处理的花粉用 1% 琼脂进行预处理, 用 30%~100% 酒精系列逐级脱水, 后再用 100% 丙酮脱水 2~3 次。经此处理过的花粉琼脂混合物用 Spurr 低粘度树脂进行渗透和包埋, 制成包埋块, 置于 70℃ 烤箱中烘 8 h, 使之聚合与固化。包埋块经修整后进行超薄切片和染色。在 H-600 透射电镜上观察和照相。

2 观察结果

表 1 列出山茶科各属种的花粉形态主要特征。其顺序按 1979 年版“中国高等植物科属检索表”中各族的先后描述。

山茶亚科 Theoideae Melch.

山茶族 Theaceae Melch. 包括山茶属 *Camellia* L. 及石笔木属 *Tutcheria* Dunn.

山茶属 *Camellia* L. 该属据不同学者包括 100~200 种, 分布于印度至东亚, 中国产绝大部分种类。

花粉粒为近扁球形至近球形, 少数近长球形, 其中以近扁球形居多。极面观多为 3 裂圆形, 3 孔沟或 3 (拟) 孔沟 (极少数), 内孔圆或近圆, 明显或不甚明显; 孔膜易被醋酸酐破坏。大小 30~45 (-50) × 33~50 (-55) μm, 外壁纹饰有皱颗粒状、皱波 (块) 状、颗粒状及网状等类型, 只有 *C. lanceolata* 为疣状。皱脊有呈念珠状或不规则形状的分枝组成。外壁结构可明显地分为厚的复盖层、单一或分枝的柱状层、薄的基层和外壁内层。本属共观察 27 种(韦仲新等, 1992), 本文仅列出其中部分种类作比较(表 1, 图版 I、IV)。

石笔木属 *Tutcheria* Dunn: 约 20 种, 产中国南部和西南部。

花粉近球形至近长球形, 极面观 3 裂圆形, 3 孔沟, 内孔圆; 大小 32~43 × 28~40 μm; 花粉表面为复合皱网状纹饰, 上面为粗网脊组成的上网, 网内又有若干细网, 其网脊仅为粗网脊的 1/3 左右, 网眼特别小, 呈穴状。在外壁结构上则呈现出高低错落、很不规则的复盖层, 柱状层很零乱, 小柱不明显, 形成节块状甚至颗粒状。观察 2 种, 即 *T. pubiceolata* (图版 I: 17; 图版 II: 1; 图版 IV: 16), *T. championi* (图版 II: 2~3)。

核果茶族 *Pyrenariae* H.T.Chang, 包括核果茶属 *Pyrenaria* Bl. 和拟果茶属 *Parapyrenaria* H. T. Chang.

核果茶属 *Pyrenaria* Bl. 约 20 种, 分布于东南亚和马来西亚, 中国 8 种, 产云南和广西。本属是 C.L.Blume 于 1828 年根据爪哇产的 *Pyrenaria serrata* 建立的。它与山茶属所不同的是果为核果状而不是蒴果, 而且其果为 5 室, 每室有 2 个小坚果。

花粉近球形至近长球形, 极面观圆三角形至 3 裂圆形, 3 孔沟, 大小 32~42 × 30~40 μm, 花粉表面为皱网状纹饰至不甚明显的复合皱网状纹饰。脊粗细不一。沟膜上有形状和大小不一的小瘤状突起。观察 2 种: *P. oblongicarpa* (图版 II: 4~6) 和 *P. garrettiana* (图版 II: 7~9)。其形状大小和纹饰很相似。

表1 山茶科花粉形态学资料

Table 1 Pollen morphological data of Theaceae

分类群 taxa	P/E	大小范围(极轴) range of size(μm)	纹饰 Sculpture	凭证标本 voucher
<i>Camellia luopingensis</i>	0.8	43.8~50	皱颗粒状	孙航 479, 云南
<i>C. kwangnanica</i>	0.9	43.8~46.9	皱波状	武全安 9818, 云南
<i>C. mairei</i>	0.8	45~52.1	皱波状	王启无 86350, 云南
<i>C. oleifera</i>	0.9	43.3~50	皱波状	孙航 0138, 云南
<i>C. henryana</i>	0.9	40.6~45.7	皱波状	许潮桂 3538, 云南
<i>C. sinensis</i>	0.9	40.6~53.1	皱波状	李延辉 5125, 云南
<i>C. kisti</i>	1.0	34.3~36	皱波状	陈介 748, 云南
<i>C. japonica</i>	0.9	45.5~53.2	皱波状	余少林 900506, 广西
<i>C. hekouensis</i>	1.1	34.4~40.6	皱波状	王从胶等 904, 云南
<i>C. tsingpiensis</i>	1.0	46.9~50	皱波状	武全安 62-196, 云南
<i>C. indochinensis</i>	0.9	34.4~42.4	皱波状	黔南队 287, 贵州
<i>C. pitardi</i>	0.9	43.8~53.2	皱波-皱网状	杨竞生 63-2452, 云南
<i>C. chrysantha</i>	0.9	43.8~46.9	皱波状	谢立山 901, 广西
<i>C. xylocarpa</i>	0.9	40.6~46.9	皱波-皱网状	俞德俊 16021, 云南
<i>C. wardii</i>	1.0	34.4~40.6	网状	陶国达 13007, 云南
<i>C. parchyandra</i>	1.1	21.9~26.6	网状	张芳魁 002, 云南
<i>C. gilbertii</i>	1.0	23.4~28.1	颗粒状	河口队 68, 云南
<i>C. lanceolata</i>	1.0	35~37	疣状	Elmer 14282, 菲律宾
<i>Tutcheria pubiceolata</i>	1.1	32~40	皱网状	峨山队 86-261, 云南
<i>T. championi</i>	1.1	34~43	皱网状	杨世雄 92001, 云南
<i>Pyrenaria oblongicarpa</i>	1.1	34~40	皱网状	云大生物系 1128, 云南
<i>P. garrettiana</i>	1.1	32~42	皱网状	杨世雄 92004, 云南
<i>Parapyrenaria multise-pala</i>	1.1	34~45	皱网状	谢立山等 640, 海南
<i>Schima bambusifolia</i>	1.1	32~40	网状	叶创兴(无号)云南
<i>S. paracrenata</i>	1.1	32~40	网状	毛品一 533, 云南
<i>Gordonia chrysantra</i>	1.1	40~48	皱网状	杨增宏 101680, 产地(?)
<i>G. lasianthus</i>	1.1	35~43	网状	韦仲新 95-9, 美国
<i>Laplacea obovata</i>	1.1	25~31	钝刺-乳突状	Phoe. 5790, 巴西
<i>Apterosperma oblata</i>	0.9	28~34	光滑, 具穴	叶创兴, 无号, 广东
<i>Hartia sinensis</i>	1.0	25~34	穴网状	林芹 770492, 云南
<i>Franklinia alatamaha</i>	1.1	35~46	网状	Meyer 16252, 美国
<i>Stewartia malacodendron</i>	1.1	28~36	穴网状	Ray Gillis(无号), 美国
<i>S. sinensis</i>	1.1	28~34	穴网状	浙博 2848, 浙江
<i>Ternstroemia gymnanthera(1)</i>	1.1	16~22	近光滑	苑淑秀 2, 昆明植物园
<i>T. gymnanthera(2)</i>	1.1	16~20	近光滑	Perkins 636, 美国
<i>Adinandra milletii</i>	1.0	15~22	近光滑, 具穴	广西队 2843, 广西
<i>A. bockiana</i> var. <i>acutifolia</i>	1.0	15~20	近光滑, 具穴	简焯焯等 50802, 贵州
<i>Cleyera theaeoides</i>	1.0	15~20	近光滑, 具穴	Walter S. 5356, 牙买加
<i>C. albopunctata</i>	1.0	15~22	近光滑, 具穴	Howard 16820, 波多黎各
<i>Eurya japonica</i>	1.0	14~20	近光滑	Murata 9501, 日本
<i>Anneslea fragrans</i>	1.0	15~20	近光滑, 具穴	朱太平 0418, 云南
<i>Freziera undulata</i>	1.0	12~15	表面粗糙	Wilbur 8081, 多米尼加

拟核果茶属 *Parapyrenaria* H.T.Chang 该属为张宏达于1963年建立。以其花顶生,苞片脱落,萼片及花瓣数目较多,子房3室,花柱单一,柱头3裂,顶部扩大为其特征。仅一种,产中国海南省,即 *Parapyrenaria multise-pala*。

花粉近球形,极面观圆三角形至3裂圆形,3孔沟,大小 $34\sim 45\times 32\sim 43\mu\text{m}$ 。外壁表面为皱网状纹饰,网脊有粗细两种类型,从而形成类似于石笔木属花粉的复合纹饰结构。(图版II:10,11)

大头茶族 *Gordonieae* Melchior。该族的范围各学者意见不一,一般认为包括大头茶属(*Gordonia* Ellis),木荷属(*Schima* Reinw. ex Bl.), *Laplacea* Kunth.属和圆仔荷属(*Apterosperma* H.T.Chang)。如果把产于亚洲的大头茶属种类独立为 *Polyspora* Sweed 属,则该属亦置于本族内。但本文作者从孢粉学角度考虑认为把 *Polyspora* 属作为 *Gordonia* 属的亚洲种类似乎更恰当,故在此一并讨论。

大头茶属 *Gordonia* Ellis 约50种,从亚洲东南部至美国东部和东南部均有分布。该属是 John Ellis 于1771年根据北美东南部的 *G. lasianthus* (L.) Ellis 建立的并一直被采用,但属的范围大小各学者有不同看法(将在后面部分详细讨论)。

花粉近球形至近长球形,极面观圆三角形,3孔沟,内孔圆,大小 $35\sim 48\times 32\sim 44\mu\text{m}$ 。外壁纹饰为网状至皱网状。外壁分层清楚,复盖层较厚而发达,柱状层短,小柱不分枝,基层薄,外壁内层稍厚,但结构疏松。观察2种,即产于亚洲的 *G. chrysantra* (= *Polyspora chrysantra*) (图版III:2~3,图版IV:13)和北美的 *G. lasianthus* (图版III:4)。两者在大小和外壁纹饰上稍有不同,前者较大,具皱网状纹饰,脊由念珠状结构组成;后者较小,具网状纹饰。(表1,图版III:2~4)。据叶(1990)记载,产于亚洲的另一些种类具有从粗颗粒状至皱波状及网状等纹饰。作者仔细检查了叶在该文的图版,认为均属皱网状纹饰。

木荷属 *Schima* Reinw. ex Bl. 约30种,分布于印度、马来西亚和中国西南至东部。中国产19种。

花粉近球形至近长球形,极面观3裂圆形,3孔沟;大小 $32\sim 40\times 30\sim 38\mu\text{m}$ 。外壁表面为网状纹饰,网眼大小和形状不一,极区网眼小而密,分布均匀,沟间区网眼大而形态多变。外壁复盖层较薄,柱状层较高,基层和外壁内层相对较厚。观察2种, *S. bambusifolia* (图版II:12~14;图版IV:17)和 *S. paracrenata* (图版III:1;图版IV:18)两者很相似,仅网眼大小上稍有不同。

圆仔荷 *Apterosperma* H. T. Chang。本属为张宏达于1976年建立。仅一种, *A. oblata*。产广东阳春。

花粉近扁球形,极面观3裂圆形,3孔沟,大小 $28\sim 34\times 30\sim 36\mu\text{m}$ 。外壁表面近光滑,仅见很微弱的小穴。外壁复盖层不穿孔,连续而厚,其厚度几乎等于其它各层的总和,柱状层很短,小柱不明显,基层薄,外壁内层稍厚,尤其萌发孔区几乎全为外壁内层。这在整个山茶亚科中较为特殊的一种外壁结构类型。易于与其它属相区别(图版III:6;图版IV:20~21)。

***Laplacea* Kunth**。该属是以产于厄瓜加尔的 *L. speciosa* 建立,约32种,其中22种产于中、南美洲和西印度群岛,10种产于马来西亚。

花粉近球形,极面观近圆三角形,3(拟)孔沟,大小 $25\sim 31\times 24\sim 28\mu\text{m}$ 。外壁表面具钝刺或乳头突起。其基部表面则为穴状。观察2种,即 *L. obovata* (图版III:5)和 *L. fucosa*。其形状和纹饰很相似,只是 *L. fucosa* 稍大些。

紫茎族 *Stewartieae* (Airy Shaw) H. T. Chang。包括紫茎属 *Stewartia* L. 和折柄茶属 *Hartia* Dunn。

紫茎属 *Stewartia* L. 约11种,分布于东亚和北美,中国产6种,西南部至东部。

花粉近球形至近长球形,极面观3裂圆形,3孔沟,内孔小,大小 $28\sim 36\times 27\sim 34\mu\text{m}$ 。外壁表面穴网状至细网状纹饰,网眼从沟间区向沟缘处逐渐变小。观察2种,中国产的 *S. sinensis* (图版IV:1)和北美的 *S. malacodendron* (图版III:12~13)。两者很类似,仅前者网眼较小,后者网眼稍大。

折柄茶属 *Hartia* Dunn 本属14种,产东亚,中国有13种,分布于西南部至东部。

花粉近球形,极面观3裂圆形,3孔沟,内孔较大,大小 $25\sim 34\mu\text{m}$ (直径)。外壁表面为网状纹

饰, 沟间区网眼大而明显, 沟边缘及两极网眼小甚至光滑。仅观察一种 *H. sinensis* (图版Ⅲ: 7~9) 其花粉特征同属中描述。

本属花粉与紫茎属花粉不同之处在于其网眼较大, 形状和大小不一; 紫茎属花粉网眼很小, 分布均匀。

Franklinia Mars. 本属仅 1 种 *F. alatamaha*, 产北美东南部。

花粉近长球形, 极面观 3 裂圆形, 3 孔沟, 大小 (35~46) 42×38 (32~40) μm 。外壁表面为网状纹饰, 网眼较大, 形状不一, 网脊节状, (图版Ⅲ: 10~11)。从纹饰看, 本属花粉与木荷属较类似。

厚皮香亚科 Ternstroemiaceae Melch. 该亚科包括 3 个族 5 个属。

厚皮香族 Ternstroemiaceae Melch. 仅厚皮香一属。

厚皮香属 Ternstroemia Mutis ex L.f. 约 100 种, 分布范围很广, 从亚洲到非洲直至南美洲。中国有 20 种, 产西南部至台湾。

花粉近球形, 极面观近圆形至 3 裂圆形, 3 孔沟, 大小 $16 \sim 22 \times 15 \sim 20 \mu\text{m}$ 。外壁表面从几乎光滑到具小穴。观察 1 种, 即 *T. gymnanthera*, 一产北美东部 (图版Ⅳ: 2~3), 另一产中国 (图版Ⅳ: 4)。其花粉形状和纹饰不完全相同, 产北美的花粉近长球形, 极面观 3 裂圆形, 外壁表面近光滑; 而产中国的花粉近球形, 外壁具小穴。

据 Airy Shaw (1973) 记载, 本属仅分布于亚洲、非洲、大洋洲及南美洲。但作者从美国佛罗里达大学标本馆得知, 该州 Alachua 县亦有分布, 本种花粉则采自该县植物标本。

杨桐族 Adinandreae Melch. 包括杨桐属 *Adinandra* Jack., 红淡比属 *Cleyera* Thunb., 柃属 *Eurya* Thunb. 及猪血木属 *Euryodendron* H. T. Chang。

杨桐属 Adinandra Jack. 约 80 种, 分布于亚洲和非洲热带、亚热带。中国产 20 多种。

花粉球形, 极面观 3 裂圆形, 3 孔沟, 大小 $15 \sim 22 \mu\text{m}$ (直径)。外壁表面为细穴状纹饰至几乎光滑。观察 2 种: *A. milletii* (图版Ⅳ: 5~6) 和 *A. bockiana* var. *acutifolia* (图版Ⅳ: 7)。两者在形状上相似, 只是大小和纹饰上略有不同。前者较后者稍大, 其小穴分布多限于极面, 赤道面几乎光滑; 后者则较小, 整个花粉表面均有小穴分布。

红淡比属 Cleyera Thunb. 约 17 种, 分于热带及温带广大地区, 从喜马拉雅至日本, 从墨西哥到巴拿马均有分布。中国产 6 种, 从西南部到东南部。

花粉球形, 极面观 3 裂圆形, 3 孔沟, 大小 $15 \sim 20 \mu\text{m}$ (直径)。外壁表面为微弱的穴状纹饰, 近沟缘几乎光滑。观察 2 种, *C. theaeoides* (图版Ⅳ: 8) 和 *C. albopunctata* (图版Ⅳ: 9)。两者很类似。

柃属 Eurya Thunb. 130 多种, 主产东南亚。中国有近 80 种, 分布于西南部至台湾。

花粉球形, 极面观 3 裂圆形, 3 孔沟, 大小 $14 \sim 20 \mu\text{m}$ (直径)。外壁表面从几乎光滑到粗糙。观察 2 种, 即 *E. japonica* (图版Ⅳ: 10~11) 和 *E. yunnanensis*。前者外壁表面几乎光滑, 后者表面粗糙。

茶梨族 Annesleae H.T.Chang. 仅茶梨属。

茶梨属 Anneslea Wall. 6 种, 产印度、马来西亚至中国西南部。中国全产。

花粉近球形, 极面观 3 裂圆形, 3 孔沟, 孔膜突出。大小 $15 \sim 20 \mu\text{m}$ (直径)。外壁表面在沟间区近光滑, 而极面则为穴状纹饰。仅观察 *A. fragrans* 一种 (图版Ⅳ: 12~13)。

Freziera SW. ex Willd. 约 38 种, 分布于热带美洲至西印度群岛。

花粉球形, 极面观 3 裂圆形, 3 孔沟, 大小 $12 \sim 15 \mu\text{m}$ (直径)。花粉表面粗糙至具皱波状纹饰。仅观察 *F. undulata* 一种 (图版Ⅳ: 14~15)。其纹饰特征与上述各属的颇为不同, 在厚皮香亚科中属较为特殊的类型。

3 问题与讨论

3.1 花粉形态与系统学

3.1.1 花粉形态特征在亚科划分上的意义

正如前面所述, 当前大多数学者将山茶科分为两个亚科, 即山茶亚科和厚皮香亚科。其主要区别在于前者的花为两性, 较大, 常在 2~10 cm (直径); 雄蕊多轮, 稀 2 轮, 花药大多丁字着生; 果为室背开裂的蒴果, 罕为核果; 胚为直立胚 (或胚根弯)。而后者花两性或单性, 小, 常小于 2 cm; 雄蕊 1~2 轮, 花药大多数非丁字着生; 果为浆果或闭果; 胚马蹄形, 罕见直立胚。花粉形态的研究不仅支持两个亚科的划分, 而且进一步揭示了其花粉特征的区别。表现在山茶亚科花粉较大, 常在 25~50 μm , 属中等类型; 外壁表面纹饰多种多样, 其中以皱波状和网状 (穴-网状) 为主; 外壁复盖层穿孔。而厚皮香亚科花粉小, 常 20 μm 以下, 外壁表面几乎光滑或局部具穴状纹饰; 外壁复盖层不穿孔。其特征可综合为:

山茶亚科 Theoideae	厚皮香亚科 Ternstroemioideae
1) 花两性, 较大, 多在 2~10 cm (直径)	1) 花两性或单性, 小, 常小于 2 cm
2) 雄蕊多轮, 稀 2 轮, 花药大多数丁字着生	2) 雄蕊 1~2 轮, 花药大多数非丁字着生
3) 花粉中等大小, 多数在 25~50 μm , 外壁表面纹饰明显, 以皱波状及网状为主	3) 花粉小, 常在 20 μm 以下, 外壁表面几乎光滑或局部具穴状纹饰
4) 果为室背开裂的蒴果, 罕为核果	4) 果为浆果或闭果
5) 胚为直立胚	5) 胚为马蹄形, 罕见直立胚

3.1.2 从花粉形态特征探讨大头茶属 *Gordonia* 和 *Polyspora* 属的关系以及大头茶族 *Gordonieae* 的范围

大头茶属 *Gordonia* Ellis 是 1771 年以北美东南部的 *G. lasianthus* (L.) Ellis 建立的。该植物具有长的花梗, 3~4 枚早落小苞片, 5 数的花萼和花瓣, 雄蕊多数, 不规则连合以及 5 裂的柱头等特征。对该属的范围至今仍然有所争论。如有主张把产于北美的种作为该属的唯一现存种, 而把产于亚洲的种类从 *Gordonia* 属中独立成 *Polyspora* 属 (Grote *et al.*, 1992; 叶创兴, 1990b; Gregor, 1978a, b; Kvacek *et al.*, 1984)。也有把产于北美和亚洲的种类并为 *Gordonia* 属 (侯宽昭, 1982; Airy Shaw, 1973; Keng, 1984, 1980; Kobusk, 1951, 1950, 1949; Melchior, 1925)。更有甚者, 把 *Gordonia*, *Polyspora*, *Laplacea* 3 属合并 (Keng, 1980)。

我们对产于北美的 *G. lasianthus* 和亚洲的 *G. chrysantra* (= *Polyspora chrysantra*) 花粉作了详细的比较, 同时参考了叶创兴 (1990) 所描述的几种 *Polyspora* 植物的花粉形态和图片。认为上述几种植物的花粉无论形状和大小均较类似, 仅在纹饰的细微特征上略有不同。如 *G. chrysantra* 和其它亚洲 *Polyspora* 种类花粉均为皱网状纹饰, 而北美种 *G. lasianthus* 的则为网状纹饰。但鉴于这两种纹饰在山茶属中普遍存在而且呈连续变异, 甚至在同一种内也存在从皱网状到明显网状的情况 (*Camellia pachyandra*)。故我们认为, 从花粉形态特征上看, 这两个属同属一个类型。与其说把亚洲种独立成 *Polyspora* 属, 倒不如作为间断分布于东亚和北美的 *Gordonia* 属处理更妥。在北美和欧洲所发现的大量化石材料很有说服力地支持这一见解。如据 Grote 等人 (1989) 报道, 华盛顿州和爱达荷州中新世地层中曾发现 *Gordonia hesperia* 的叶、果及种子化石。Berry 和 Keng 甚至认为其种子与现代亚洲所产的 *Gordonia* (= *Polyspora*) 种子相比, 其相似性程度较北美 *G. lasianthus* 的还大, 并认为, 从其种子的其它特征看, 该种类最亲缘分子可能是中国南部所产的 *Gordonia axillaris* (= *Polyspora axillaris*)。在欧洲, 一些第三纪的果实和叶化石如 *G. truncata* 和 *G. minima* 发现于英国和德国始新世地层; *Polyspora* (*Gordonia*) *obovata* 的果化石发现于德国上始新世; 一种被命名为 *Polyspora* (*Gordonia*) *europaca* 的蒴果发现于中新世。这种蒴果与现在中国西南部、

海南和越南所产的 *Polyspora balansae* (Pitard) Hu (= *Gordonia balansae* Pitard) 的蒴果几乎 100% 的一致性。又如发现于德国上新世的 *Polyspora* (*Gordonia*) *kilpperi* 的果化石, Gregor 认为可以与中国中部和南部产的 *P. axillaris* (= *G. axillaris*) 的果相比。此外, Kvacek 和 Walther 根据欧洲第三纪叶化石的表皮结构和粗形态学研究, 描述了 4 种 *Polyspora* 植物, 即 *P.* (*Gordonia*) *saxonica*, *P.* (*Gordonia*) *knauensis* (均发现于德国和捷克上新世地层), *P.* (*Gordonia*) *hradkensis* (同上地点下中新世地层), 该种与东南亚产的 *P.* (*Gordonia*) *balansae* 几乎具有完全一致的叶表皮结构, 还有一种未定名的 *Polyspora* sp. 的叶化石, 它与苏门答腊所产的当代种类 *Gordonia densifolia* Ridl. 在叶表皮结构上几乎一样。以上资料表明, 无论是北美的还是欧洲的化石种类, 它们都与现代亚洲所产的 *Polyspora* (*Gordonia*) 种类很相似, 而且难以区分究竟是 *Polyspora* 属还是 *Gordonia* 属, 故作者支持把 *Polyspora* 并入 *Gordonia* 属并作为一个间断分布于东亚和北美的属的观点(吴征镒, 1991)。

至于 *Laplacea* 属, 虽有学者主张与 *Gordonia* 合并, 但从花粉形态看, 它与 *Gordonia* 属有较大的差异, 其外壁表面具钝刺或乳状突起, 很为特殊。并且作为这个属的命名种 *L. speciosa*, 具有短而粗壮的花梗, 缺乏小苞片, 雄蕊除基部外均分离, 子房具 5 个分离的花柱。这些与 *Gordonia* 属不同。其分布以中南美洲及西印度群岛为主(22 种)。亚洲除马来西亚(10 种)外未见报道。故我们认为 *Laplacea* 不宜与 *Gordonia* 合并。当然, 个别种类如 *L. grandis* 也具长的花梗, 2~3 枚早落小苞片, 连合的雄蕊, 与 *Gordonia lasianthus* 类似。但这种过渡类型的存在只能说明两个属的密切关系。正因如此, 两者置于同一族内。

大头茶族 *Gordoniaceae* 的范围, 各学者看法不一。Keng (1962) 认为包括 *Gordonia*, *Laplacea*, *Schima* 和 *Franklinia*。张宏达(1979)把 *Apterosperma* 置于其内。至于更早的著作, 有包括 *Gordonia* 和 *Stewartia* 的(De Candolle, 1824); 也有 9 个属(Bentham & Hooker, 1861), 甚至设立亚族 *Gordoniinae* 等。

作者对上述属的花粉进行了认真的对比, 认为 *Gordonia* (包括 *Polyspora*), *Franklinia* 和 *Schima* 属花粉无疑具有较多的相似性。除了形状和大小类似外, 其外壁纹饰均为网状或皱网状, 故孢粉学支持它们置于同一族。而 *Laplacea* 属, 上面已谈过, 尽管花粉纹饰有不同, 但从其花部及果实的特征看, 与 *Gordonia* 属有较多的相似性, 如 *L. grandis* 果实为长卵形蒴果, 花梗较长等。故支持把 *Laplacea* 属放在大头茶族内。而 *Apterosperma* 属的花粉却与该族其它属的花粉有较大的差异, 其花粉表面几乎近光滑, 只隐约可见小的纹孔, 而且其外壁复盖层特别厚, 不穿孔。故孢粉学上不支持把该属放在大头茶族内, 可考虑另立一族。

3.1.3 石笔木属 *Tutcheria* Dunn 与核果茶属 *Pyrenaria* Bl. 及拟核果茶属 *Parapyrenaria* H. T. Chang 的系统学关系

石笔木属建立于 1908 年, 被置于山茶族内(1979)。而核果茶属和拟核果茶属则放在核果茶族。然而, 花粉形态的比较发现, 这 3 属花粉不仅在形状大小上而且在纹饰特征上很相似。如均具皱网状纹饰, 网脊粗而隆起, 石笔木属和拟核果茶属的花粉还形成复合网结构(图版 I: 9, 图版 II: 1~11)。在外壁结构上, 复盖层厚度不一, 柱状层短, 甚至形成颗粒状, 这些都与山茶属花粉有较大的差异(图版 I)。故认为石笔木属宜与核果茶属和拟核果茶属同族, 不宜与山茶属同族。研究还发现, 核果茶属与拟核果茶属花粉从形状大小到纹饰特征都非常相类似(图版 II: 4~11)。杨世雄等(1995)从胚胎学、孢粉学及叶表皮等作综合研究后提出把上述 3 属合并为一属的意见。作者虽不完全同意其观点, 但认为把拟核果茶属合并到核果茶属内是值得考虑的, 孢粉学给予支持。石笔木属由于果实为 3~4 裂的球形蒴果, 与其它 2 属的核果不同, 故认为保留石笔木属仍有可取之处。

3.2 山茶科花粉形态特征的演化趋向及属间系统关系

Keng(1980)曾对山茶科中山茶亚科的系统学关系提出二条主要演化系列和其它的可能趋向。一是从具有这样的花: 其小苞片众多, 苞片自下而上逐渐变大从而一部分苞片萼片化, 甚至变为花瓣, 最后演化出其小苞片, 花萼和花瓣分别为 2, 5, 5 固定数目的花; 二是从具有 5 条分离花柱的花到花柱基部单一但有 5 个分枝的花, 最后进化为花柱连合仅有 5 裂柱头的类型。此外, 其它一些可能趋向是从雄蕊分离到花丝不

同程度连合或不同程度与花冠贴生; 子房室和胚珠的数目从多到少, 如子房室从 5 到 3, 每室胚珠由多枚到 2 枚; 花梗从长到短等。然而, 事实上这些性状的变化并没有截然分开的界限, 如山茶属内既有原始的小苞片和花被分化不明显的种类, 又有小苞片、花蕊和花瓣固定数目的进化类型, 甚至可找到这些性状进化的不同组合。又如核果茶属, 既有花柱完全分离的, 又有花柱不同程度连合的, 甚至花柱上部分为若干叉的。可见, 要从上述性状的演化去阐明山茶科的系统关系尚有不足之处。叶创兴(1990)曾根据生殖器官的性状特征对山茶亚科的系统演化提出过系统树处理意见。

本文在前人工作的基础上, 仅从孢粉学角度, 即从花粉形态特征的演化趋向对山茶科的属间关系试作探讨。既然大多数学者认为山茶属是该科的原始代表, 那么我们就以该属与比较进化的厚皮香亚科任何一属(如厚皮香属)花粉进行比较, 找出其原始与进化特征在花粉形态上的表现, 然后再对其它各属或族进行分析比较, 进而找出花粉特征在整个科的演化趋向。

如前部分所述, 山茶属的花粉多为近扁球形, 大小在 $30\sim 40(\sim 50)\times 35\sim 50(\sim 55)\mu\text{m}$, 按大小分级属中等类型。外壁纹饰虽多种多样, 但以皱波状和皱网状为主。厚皮香属花粉则为近球形甚至球形, 大小仅 $16\sim 20\mu\text{m}$ (直径), 属小型花粉, 其外壁纹饰很弱, 表面几乎光滑, 仅有稀疏分布的小纹孔。而这些特征在厚皮香亚科中普遍存在。在这些特征中, 尤其以外壁纹饰具有最为重要的系统学意义, 花粉大小则次之。从上述的比较, 不难看出, 花粉具皱波状和皱网状纹饰的种类基本上代表山茶科中的原始类群, 而花粉外壁表面纹饰弱并近乎光滑的种类则代表较进化的类群, 其总的演化趋势为: 皱波状(或皱网状)→中间类型(网状、网穴状或穴网状)→花粉表面近光滑。在山茶亚科中, 核果茶属、拟核果茶属和石笔木属的花粉纹饰较类似于山茶属的花粉纹饰, 为皱网状, 但形成复合结构, 说明它们既有密切的关系又有一定的差异。大头茶属中产东亚的种类具有皱网状纹饰, 北美种为网状纹饰, 表明皱网状和网状纹饰彼此密切相关, 并且与山茶属密切相联系, 尤其具皱网状纹饰的东亚种关系更密切。至于具网状纹饰的木荷属和北美的 *Franklinia* 属, 很可能是在皱网状纹饰的基础上, 网脊变细, 结构简化, 从而形成网脊平滑、粗细相对较一致的网状结构, 它们与大头茶属可能更为密切。而紫茎属和折柄茶属具穴-网状纹饰, 其花粉表面相对平滑, 下凹的部分(穴或网眼)所占据的比例变少, 这表明它们既与具网状或皱网状纹饰的大头茶这一类群有较密切的联系, 又与纹饰相类似的厚皮香亚科有着密切的关系, 因为该亚科的花粉尽管表面几乎光滑, 但仍存在或多或少的孔穴, 甚至它们有可能作为这两个亚科的连接桥梁。而圆仔荷属的花粉则具几乎平坦而光滑的表面, 其孔穴浅而稀少, 与厚皮香亚科的花粉纹饰很类似, 说明它们之间有较密切的关系。但从圆仔荷属的分布看, 其范围很窄, 而且仅发现一种, 难以解释由它演化出厚皮香亚科的相应类群。至于 *Laplace* 属, 其花粉纹饰为钝刺状或乳突状, 较为特殊, 但在其乳突或钝刺的基部广大表面仍可看到皱波状或皱网状结构, 这表明该属有可能是从大头茶属演化而来的一特殊类群。在厚皮香亚科各属之间, 不论是花粉形状、大小和纹饰特征等都较类似(详见表 1 和有关图版), 故很难从花粉形态去推断其原始与进化类群, 只能从其它形态特征并结合不同的学科去分析和推断。

通过上面分析, 我们得出山茶科花粉形态的演化趋势为: 花粉形状从扁球形→近扁球形→球形; 花粉大小从中等类型→小型; 花粉纹饰从皱波状或皱网状→网状→穴网状→表面光滑。而山茶科的演化则有可能分为两大分枝, 一是以山茶属为代表的分枝, 由它演化出石笔木属和核果茶属(包括拟核果茶属); 另一分枝是大头茶属, 由它演化出 *Franklinia*, *Laplacea* 属, 木荷属, 折柄茶属, 紫茎属和圆仔荷属等, 并有可能由紫茎属或折柄茶属演化出厚皮香亚科。当然从果实特征考虑, 厚皮香亚科的果为浆果或闭果(不裂), 而核果茶属的果实为核果, 故也有可能从核果茶类群演化出厚皮香亚科。从现代山茶科的分布看, 山茶属这一分枝的类群以东亚和东南亚为主; 而大头茶属这一分枝的类群除了在东亚和东南亚分布外, 还广泛分布到北美洲和美洲热带, 范围很广。化石资料(Grote 等, 1989, 1992)表明, 在欧亚大陆尚未分离之前, 山茶科植物就已广泛出现。如亚洲、欧洲、北美洲和非洲北部。欧洲第三纪的化石既有现代亚洲分布的木荷属, 折柄茶属和桫属, 又有当代东亚北美间断分布的大头茶属和紫茎属以及现在北美仅有的 *Franklinia* 属。如

木荷属的果实和种子化石发现于欧洲第三纪,大头茶属、折柄茶属和紫茎茶属果实和种子化石发现于法国和瑞典,桤属种子发现于欧洲更新世到上新世, *Franklinia* 属发现于上新世(欧洲和亚洲西部)。在北美上白垩纪地层也发现过许多山茶科化石,如大头茶属, *Freziera* 属, 桤属, 核果茶属(?)和山茶属, 尤其东部和西部。北非的埃及, 一种与木荷相当的木化石-*Schimoxyton dachelense* 曾在上白垩纪地层发现。在亚洲, 由于古植物学研究开展较晚, 不够深入, 发现的化石种类有限, 日本曾报道过始新世地层发现山茶属和厚皮香属叶化石, 渐新世发现大头茶属叶化石, 晚第三纪则有紫茎属化石等。台湾亦有红淡比属发现于中新世的报道(Grote, 1992)。作为山茶科属数最多和现代山茶科的多样性中心的东南亚和中国南部, 仅有一种与木荷相类似的 *Schimoxyton gordonoides* 及可能为红淡比属化石被发现。以上化石记录充分说明山茶科植物早在晚白垩纪(甚至更早)就已广泛存在并朝不同方向演化出相关的属。化石记录还表明, 作为山茶科两大演化分枝之一的大头茶这一类群, 其演化速度和扩散速度似乎较山茶属这一类群更快, 分布范围也更广。但后来, 由于冰期气候的影响, 欧洲和亚洲西部种类消失, 逐渐形成今天的分布格局, 只出现于热带和亚热带地区。

致谢 本研究材料采自昆明植物研究所标本馆(KUN), 美国佛罗里达大学标本馆(FLAS)和英国皇家植物园标本馆(K); 闵天禄教授提供大量花粉样品并提出有益的意见; 佛罗里达大学 Bijan Dehgan 教授为本研究提供部分设施和方便; 杨世雄先生和叶创兴教授提供部分花粉照片; 本所电镜室樊照错先生协助拍摄部分照片。

参 考 文 献

- 韦仲新, Zavada, 闵天禄, 1992. 山茶属的花粉形态及其分类学意义. 云南植物研究, 14(3): 275~282
- 中国科学院植物研究所, 1979. 中国高等植物科属检索表. 北京: 科学出版社, 278~283
- 中国科学院植物研究所古植物室, 华南植物研究所, 1982. 中国热带亚热带被子植物花粉形态. 北京: 科学出版社, 368
- 叶创兴, 1990a. 山茶亚科属间亲缘关系的探讨. 中山大学学报(自然科学版), 29(1): 74~81
- 叶创兴, 1990b. 大头茶族的范围及族内属的界限. 广西植物, 10(2): 99~103
- 吴征镒, 1991. 中国种子植物属的分布区类型. 云南植物研究, 增刊 IV: 62
- 李捷, 1996. 山茶科紫茎属和折柄茶属的系统学研究. 植物分类学报, 34(1): 48~67
- 张宏达, 1963. 华南山茶科植物一新属. 植物分类学报, 8(4): 287~289
- 张宏达, 1976. 圆仔荷属——山茶科一新属. 中山大学学报(自然科学版), (2): 90~92
- 杨世雄, 闵天禄, 1995. 山茶科核果茶属、石笔木属和拟核果茶属的分类学位置. 云南植物研究, 17(2): 192~196
- 张芝玉, 1987. 猕猴桃科的花粉形态及其系统位置的探讨. 植物分类学报, 25(1): 9~23
- 侯宽昭(吴德邻等修订), 1982. 中国种子植物科属词典. 北京: 科学出版社, 485
- Airy Shaw H K, 1973. A Dictionary of the Flowering Plants and Ferns(8th. ed). Cambridge: The University Press, 1144
- Cronquist A, 1981. An integrated system of Classification of flowering plants: Columbia University Press, 320~323
- Erdtman G. (王伏雄等译), 1962. 花粉形态与植物分类. 北京: 科学出版社, 361~363
- Goldberg A, 1986. Classification, evolution and phylogeny of the families of dicotyledons. Smithsonian contribution to botany. No. 58: 106
- Gregor H J, 1978a. Die miozänen Frucht- und Samen-Flora der Oberpfälzer Braunkohle. I. Funde aus den sandigen Zwischenmitteln. *Palaeontographica Abteilung, B* 167: 8~103
- Gregor H J, 1978b. Neue Pflanzenfossilien aus der niederrheinischen Braunkohle. II. *Polyspora külpperi* nova spec. (Theaceae) aus dem Obermiozän des Tagesbaues Zukunft-West bei Eschweiler / Rhld. *Paläontologische Zeitschrift*,

52: 198~204

- Grote P J, David L. 1989. Investigation of Angiosperms from the Eocene of North America: A new genus of Theaceae based on fruit and seed remains. *Bot Gaz*, 150(2): 190~206
- Grote P J, David L, Dicher, 1992. Fruits and Seeds of Tribe Gordoniaeae from the Eocene of N. Amer. *Amer J Bot*, 79(7): 744~753
- Huang Tsengchieng, 1972. Pollen flora of Taiwan. National Taiwan University. Botany Department Press. 231~233
- Keng H, 1980. On the unification of Laplacea and Gordonia (Theaceae). *Garden's Bulletin Singapore*. 33: 303~311.
- Keng H, 1984. Florae Malesianae Precursores LVII, part two. The Genus *Gordonia* (Theaceae) in Malesia. *Garden's Bulletin Singapore*, 37: 1~47
- Kobuski C E, 1949. Studies in the Theaceae X V III. The West Indian species of *Laplacea*. *J Arnold Arbor*, 30: 166~186
- Kobuski C E, 1950. Studies in the Theaceae X X. Notes on the South and Central American species of *Laplacea*. *J Arnold Arbor*, 31: 405~429
- Kobuski C E, 1951. Studies in the Theaceae X X I. The species of Theaceae indigenous to the United States. *J Arnold Arbor*, 32: 123~139
- Kvacke Z, Walther H, 1984. Nachweis tertiärer Theaceen Mitteleuropas nach blatt-epidermalen Untersuchungen. II. Teil-Bestimmung fossiler Theaceen-Sippen. *Feddes Repertorium*, 95: 331~346
- Melchior H, 1975. Theaceae Nat. Pflanzenfam. 2nd. ed. 21: 109~154
- Michael S Zavada, Zhongxin Wei, 1993. A contribution to the pollen morphology of *Camellia* (Theaceae). *Grana*, 32(4~5): 233~242.

图版说明(Explanation of Plates)

图版 I: 1,4. *Camellia luopingensis*, 4×6 667; 2,5. *C. sinensis*; 5×5 333; 3,6. *C. tsingpiensis*, 6×8 000; 7,9. *C. chrysantha*, 7×5 333; 8,10. *C. indochinensis*, 10×5 333; 11,13. *C. wardii*, 13×6 667; 12,14. *C. pachyandra*, 14×11 333; 15,16. *C. lanceolata*; 17. *Tutcheria pubiceotata*.

图版 II: 1. *Tutcheria pubiceotata*; 2~3. *T. championi*; 4~6. *Pyrenaria oblongicarpa*; 7~9. *P. garrettiana*; 10~11. *Parapyrenaria multise-pala*; 12~14. *Schima bambusi-folia*.

图版 III: 1. *Schima paracrenata*; 2~3. *Gordonia chrysandra*; 4. *G. lasianthus*; 5. *Laplacea obovata*, ×1,200; 6. *Apterosperma oblata*; 7~9. *Hartia sinensis*; 10~11. *Franklinia alatamaha*; 12~13. *Stewartia malachodendron*.

图版 IV: 1. *Stewartia sinensis*; 2~3. *Ternstroemia gymnanthera*(1); 4. *T. gymnanthera*(2); 5~6. *Adinandra millettii*; 7. *A. bockiana* var. *acutifolia*; 8. *Cleyera theaeoides*; 9. *C. albopunctata*; 10~11. *Eurya japonica*; 12~13. *Anneslea fragrans*; 14~15. *Freziera undulata*; 16. *Tutcheria pubiceotata*, ×4 000; 17. *Schima bambusi-folia*, ×3 333; 18. *S. paracrenata*, ×2 667; 19. *Gordonia chrysandra*, ×6 667; 20,21. *Apterosperma oblata*, ×4 000.