

桉属植物种子微形态特征及其系统学意义

石祥刚, 李凯凯, 宋晓虹, 叶创兴*

(中山大学生命科学学院, 广州 510275)

摘要: 利用扫描电镜对 35 种 1 变种桉属 (*Eurya*) 植物种子的微形态特征进行了研究, 并采用相对大小 (长 × 宽) RS 值和种皮表面纹饰作为种子形态比较的特征参数。结果显示, 桉属种子根据相对大小 RS 值可划分为小型 ($RS < 1.0$), 中型 ($1.0 < RS < 3.0$) 和大型 ($RS > 3.0$) 三个等级, 最小的种子相对大小不足 0.5, 最大的种子相对大小超过 10; 种皮表面纹饰分为负网纹和网纹两种类型, 网纹类型在网眼的方向性、网眼形状、网眼深度、网脊特点等方面呈现出种间多样性, 可用于类群的比较和鉴别。文中同时还探讨了种子大小及种皮微形态在属内的系统发育关系, 推测了种皮表面纹饰的演化路线, 研究结果表明种子的微形态特征对本属植物系统分类及进化研究具有重要意义, 可为属内一些关键种系统位置的分析提供重要佐证。

关键词: 桉属; 种皮; 微形态特征; 系统学意义

中图分类号: Q949.758.4; Q944

文献标识码: A

文章编号: 2095-0837(2012)02-0107-09

Seed Micromorphological Characteristics of *Eurya* and Their Systematic Implications

SHI Xiang-Gang, LI Kai-Kai, SONG Xiao-Hong, YE Chuang-Xing*

(School of Life Sciences, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: The seed micromorphology of 36 taxa (including 35 species and one variety) from *Eurya* was investigated using scanning electron microscopy (SEM). Micromorphological characters, including seed relative size (length × width, RS) and ornamentation of the seed-coat were investigated. Three seed sizes were recognized: (i) mini type ($RS < 1.0$), (ii) middle type ($1.0 < RS < 3.0$), and (iii) large type ($RS > 3.0$). The relative sizes of the smallest seeds were less than 0.5 mm^2 and the largest seeds were more than 10 mm^2 . Two types of ornamentation of the seed-coat were described: (i) reticulate grain and (ii) negative net grain. The orientation, shape and depth of lumina, and the characters of muri varied among different species, which could be used to identify species. The systematic and phylogenetic implications of seed size and seed-coat micromorphology in the genus *Eurya* are discussed based on our results. The evolutionary route of seed-coat ornamentation is also conjectured. Our study showed that seed micromorphological characters provided useful data for studying the evolution of *Eurya* and formulating the phylogenetic positions of several key species in this genus.

Key words: *Eurya*; Seed coat; Micromorphological characters; Systematic implications

桉属 (*Eurya*) 为山茶科中第二大属, 共约 130 余种, 主要分布于亚洲热带和亚热带地区及西南太平洋各岛屿。我国有 84 种 14 变种, 分布于长江以南各省区, 是常绿阔叶林下常见树种^[1-3]。桉属植

物因其具单性花且雌雄异株而明显不同于山茶科其他各属, 但由于其花细小, 结构差异不显著, 各种器官在形态上的变化大, 种间鉴别非常困难, 野外工作时常引起混乱。种子作为繁殖器官具有相对稳定

收稿日期: 2011-10-25, 修回日期: 2012-01-04。

基金项目: 广东省教育厅项目 (LYM10006); 中山大学青年教师基金。

作者简介: 石祥刚 (1978 -), 男, 博士, 讲师, 主要从事植物系统分类与植物资源学研究 (E-mail: lssxg@mail.sysu.edu.cn)。

* 通讯作者 (Author for correspondence. E-mail: lssycx@mail.sysu.edu.cn)。

性,其形态特征对分类学的重要性很早就被植物学家所认识,近年来在不同类群中的相关研究陆续见有报道,成功解决了一些分类学问题^[4-9]。桉属植物种皮多数具网纹结构,种皮微形态具有丰富的分类学信息,但由于其种子相对细小,一直未引起足够重视,相关研究迄今为止未见报道。鉴于此,我们选取了桉属植物 35 种 1 变种的成熟种子材料作为研究对象,对其种子电镜微形态特征进行比较研究,旨在挖掘种子微形态潜在的分类价值,讨论其系统学意义,以期为该属植物的系统发育与进化研究提供更丰富的形态学证据。

1 材料与方法

1.1 研究材料

本研究所用材料部分种类取自中国科学院华南植物园标本馆(SCBI)和中山大学植物标本室(SYS)的馆藏标本,其余种类由笔者采自野外,该部分标本现存于中山大学标本室。研究材料共 35 种 1 变种,涵盖国产桉属(*Eurya*)植物关键代表类群,研究材料来源详见表 1。

1.2 研究方法

取干燥成熟果实,破碎后,在解剖镜下选取发育正常的种子,95%酒精清洗,自然干燥后,用导电胶粘贴在样品台上,经喷金镀膜后,移入 Hitachi S-520 扫描电镜下观察并拍照,种皮扫描部位为侧面中央部分。

2 研究结果

扫描电镜下观察了 36 个样品的种子形态及种皮纹饰。结果表明,桉属植物种子形状多为圆肾形、近球形、或不规则三角形,大小变化范围较大,最大种子长径达 3 mm 以上,最小种子长径不足 0.8 mm。种皮表面纹饰少数种类为负网纹型,多数种类为网纹型,网纹类型在网眼的方向性、网眼形状和大小、网眼深度、网脊特点等方面呈现多样性,具体每个样品种子形态、大小、种皮微形态特征描述见下文,部分描述术语参照李艳等^[10]。为便于讨论,本研究仅采用长×宽来表示种子的相对大小(relative size, RS)。

(1) 华南毛桉 *E. ciliata*: 肾形, $944.4 \times 666.7 \mu\text{m}$

(图版 I: 1), RS 值 0.63; 种皮纹饰为负网纹型,无一定方向性,网眼底部凸出不明显,大小较一致,形状不规则,表面有条纹(图版 I: 2)。

(2) 长毛桉 *E. patentipila*: 椭球形, $916.7 \times 666.7 \mu\text{m}$ (图版 I: 3), RS 值 0.61; 种皮纹饰为网纹型,有一定方向性,网眼凹陷成浅穴状,大小一致,形状规则,网壁突起明显,脊线稍弯曲(图版 I: 4)。

(3) 耳叶桉 *E. auriformis*: 三角状卵形, $850 \times 725 \mu\text{m}$ (图版 I: 5), RS 值 0.61; 种皮纹饰为网纹型,具方向性,网眼深陷呈蜂窝状,大小一致,形状规则多边形,网壁突起明显,脊线近平直(图版 I: 6)。

(4) 秃耳桉 *E. disticha*: 扁卵形, $875 \times 550 \mu\text{m}$ (图版 I: 7), RS 值 0.48; 种皮纹饰为网纹型,具方向性,网眼深陷呈蜂窝状,大小一致,形状为规则多边形,网脊明显,平直(图版 I: 8)。

(5) 毛果桉 *E. trichocarpa*: 三角球形, $1129.4 \times 1023.5 \mu\text{m}$ (图版 I: 9), RS 值 1.16; 种皮纹饰为网纹型,无方向性,网眼较宽浅,大小不一致,形状不规则,表面近平滑,网壁突起不明显,脊线稍弯曲(图版 I: 10)。

(6) 尖萼毛桉 *E. acutisepala*: 圆肾形, $752.9 \times 588.2 \mu\text{m}$ (图版 I: 11), RS 值 0.44; 种皮纹饰为网纹型,具一定方向性,网眼形状不规则,较宽浅,网壁突起明显,脊线弯曲呈强索状(图版 I: 12)。

(7) 尖叶毛桉 *E. acuminatissima*: 三角球形, $729.4 \times 729.4 \mu\text{m}$ (图版 I: 13), RS 值 0.53; 种皮纹饰为网纹型,无方向性,网眼较宽浅,表面平滑,形状不规则,大小不一致,网壁突起不明显,脊线近平直(图版 I: 14)。

(8) 腺叶毛桉 *E. phaeosticta*: 近卵形, $1722.2 \times 1166 \mu\text{m}$ (图版 I: 15), RS 值 2.0; 种皮纹饰为网纹型,具方向性,网眼较浅,大小较一致,形状为规则多边形,网脊明显(图版 I: 16)。

(9) 披针叶毛桉 *E. henryi*: 近圆球形, $917.6 \times 800 \mu\text{m}$ (图版 I: 17), RS 值 0.73; 种皮纹饰为网纹型,具一定方向性,网眼近圆形,较宽浅,大小近一致,脊线不明显(图版 I: 18)。

(10) 微心叶毛桉 *E. subcordata*: 近圆球形, $1040 \times 840 \mu\text{m}$ (图版 I: 19), RS 值 0.87; 种皮纹饰网纹型,无一定方向性,网眼较浅,形状不规则,大

表 1 种子材料来源
Table 1 Sources of seeds observed

类群 Taxon	凭证标本 Voucher	采集地 Locality
格药桫欏组 Sect. Meristocheca		
华南毛桫 <i>Eurya ciliata</i> Merr.	Fung Hom 20184(SYS)	海南陵水 Lingshui, Hainan
长毛桫 <i>E. patentipila</i> Chun	Zhu ZS 60659(SCBI)	广东连南 Liannan, Guangdong
耳叶桫 <i>E. auriformis</i> Chang	78 级实习队 78Exercitation team 120(SYS)	广东龙门 Longmen, Guangdong
秃小耳桫 <i>E. disticha</i> Chun	南植地 NZD 4179(SCBI)	广东信宜 Xinyi, Guangdong
毛果桫 <i>E. trichocarpa</i> Korthals	石祥刚 Shi XG 3155(SYS)	云南贡山 Gongsan, Yunnan
尖萼毛桫 <i>E. acutisepala</i> Hu et Ling	曾怀德 Tsang WT 27914(SYS)	广西灵川 Lingchuan, Guangxi
尖叶毛桫 <i>E. acuminatissima</i> Merr. et Chun	曾怀德 Tsang WT 22342(SYS)	广西上思 Shangsi, Guangxi
腺叶毛桫 <i>E. phaeosticta</i> Ye et Shi	石祥刚 Shi XG 3187(SYS)	云南金平 Jinping, Yunnan
披针叶毛桫 <i>E. henryi</i> Hemsl.	石祥刚 Shi XG 3067(SYS)	云南马关 Maguan, Yunnan
微心叶毛桫 <i>E. subcordata</i> Hu et Ling	石祥刚 Shi XG 3180(SYS)	云南马关 Maguan, Yunnan
大花桫 <i>E. magniflora</i> Mao	石祥刚 Shi XG 3186(SYS)	云南马关 Maguan, Yunnan
坚桃叶桫 <i>E. persicaefolia</i> Gagnep.	石祥刚 Shi XG 3179(SYS)	云南屏边 Pingbian, Yunnan
景东桫 <i>E. jintungensis</i> Hu et Ling	石祥刚 Shi XG 3168(SYS)	云南景东 Jingdong, Yunnan
四角桫 <i>E. tetragonoclada</i> Merr. et Chun	袁淑芬 Yuan SF 5397(SCBI)	广西临桂 Lingui, Guangxi
凹脉桫 <i>E. impressinervis</i> Kobuski	曾沛 Zeng P 13713(SYS)	广东省 Guangdong
格药桫 <i>E. muricata</i> Dunn	岳俊三 Yue JS 1405(SCBI)	江西大余 Dayu, Jiangxi
滨桫 <i>E. emarginata</i> (Thunb.) Makino	Yang TY 8619(SCBI)	台湾台东 Taidong, Taiwan
光桫 <i>E. glaberrima</i> Hayata	王秋美 Wang CM 2779(SCBI)	台湾台中 Taizhong, Taiwan
真桫组 Sect. Eurya		
岗桫 <i>E. groffii</i> Merr.	石祥刚 Shi XG 3013(SYS)	云南金屏 Jinping, Yunnan
细枝桫 <i>E. loquaxana</i> Dunn	石祥刚 Shi XG 3187(SYS)	云南马关 Maguan, Yunnan
川黔尖叶桫 <i>E. acuminoides</i> Hu et Ling	凡强 Fan Q 8409(SYS)	四川屏山 Pingshan, Sichuan
镇边桫 <i>E. tsingpingensis</i> Hu	石祥刚 Shi XG 3035(SYS)	云南屏边 Pingbian, Yunnan
大叶五室桫 <i>E. quinquelocularis</i> Kobuski	石祥刚 Shi XG 3185(SYS)	云南屏边 Pingbian, Yunnan
偏心叶桫 <i>E. inaequalis</i> Hsu	石祥刚 Shi XG 3178(SYS)	云南屏边 Pingbian, Yunnan
斜基叶桫 <i>E. obliquifolia</i> Hemsl.	石祥刚 Shi XG 3170(SYS)	云南景东 Jingdong, Yunnan
海南桫 <i>E. hainanensis</i> (Kobuski) Chang	李泽贤 Li ZX 3839(SCBI)	海南昌江 Changjiang, Hainan
楔叶桫 <i>E. cuneata</i> Kobuski	刘心折 Liu XQ 27252(SCBI)	海南乐东 Ledong, Hainan
米碎花 <i>E. chinensis</i> R. Br.	黄志 Huang Z 41905(SCBI)	广东阳春 Yangchun, Guangdong
细齿叶桫 <i>E. nitida</i> Korthals	石祥刚 Shi XG 3195(SYS)	广东珠海 Zhuhai, Guangdong
台湾桫 <i>E. hayatai</i> Yamamoto	无号 Sn(SYS)	台湾省 Taiwan
桫木 <i>E. japonica</i> Thunb.	J. Murata 15832(SCBI)	日本 Japan
窄叶桫 <i>E. stenophylla</i> Merr.	石祥刚 Shi XG 3096(SYS)	广西融水 Rongshui, Guangxi
黑桫 <i>E. macartneyi</i> Champ.	石祥刚 Shi XG 1228(SYS)	广东封开 Fengkal, Guangdong
矩圆叶桫 <i>E. oblonga</i> Yang	杨光桦 Yang GH 56005	四川峨边 Eshan, Sichuan
红褐桫 <i>E. rubiginosa</i> Chang	粤-74 队 Kwangtung 74 team 5062(SCBI)	广东封开 Fengkal, Guangdong
窄基红褐桫 <i>E. rubiginosa</i> var. <i>attenuata</i> Chang	广福林区调查队 GF team 1000(SCBI)	广西龙胜 Longsheng, Guangxi

小一致, 网壁突起不明显, 网脊稍弯曲(图版 I: 20)。 917.6 μm(图版 I: 21), RS 值 1.07; 种皮纹饰为网纹型, 无一定方向性, 网眼较浅, 形状不规则, 网壁突起明显, 网脊弯曲呈强索状(图版 I: 22)。

(11) 大花桫 *E. magniflora*: 卵球形, 1164.7 ×

(12) 坚桃叶铃 *E. persicaefolia*: 圆肾形, $1111.1 \times 861.1 \mu\text{m}$ (图版 I: 23), RS 值 1.01; 种皮纹饰为网纹型, 具方向性, 网眼大小不一致, 形状为多边形到近四方形, 网壁突起明显, 网脊平直 (图版 I: 24)。

(13) 景东铃 *E. jintungensis*: 扁球形, $1235.3 \times 1164.7 \mu\text{m}$ (图版 II: 1), RS 值 1.44; 种皮纹饰为网纹型, 具方向性, 网眼为规则多边形, 较宽浅, 表面平滑, 大小一致, 网脊近平直 (图版 II: 2)。

(14) 四角铃 *E. tetragonoclada*: 椭球形, $3157.9 \times 1789.5 \mu\text{m}$ (图版 II: 3), RS 值 5.65; 种皮纹饰为网纹型, 具方向性, 网眼为规则多边形, 表面具条纹, 大小一致, 网脊平直 (图版 II: 4)。

(15) 凹脉铃 *E. impressinervis*: 扁球形, $1466.7 \times 1066.7 \mu\text{m}$ (图版 II: 5), RS 值 1.56; 种皮纹饰为网纹型, 具方向性, 网眼为规则多边形, 较宽浅, 表面近平滑, 大小一致, 网脊纵横近垂直 (图版 II: 6)。

(16) 格药铃 *E. muricata*: 宽卵形, $1645.7 \times 1377.8 \mu\text{m}$ (图版 II: 7), RS 值 2.27; 种皮纹饰为负网纹型, 具方向性, 网眼为正六边形, 较宽浅, 表面近平滑, 大小一致, 不同网眼间具明显沟槽, 脊线平直 (图版 II: 8)。

(17) 滨铃 *E. emarginata*: 椭球形, $1833.3 \times 1166.7 \mu\text{m}$ (图版 II: 9), RS 值 2.14; 种皮纹饰为网纹型, 无方向性, 网眼形状不规则, 较浅, 表面具条纹, 网壁突起不明显, 网脊稍弯曲 (图版 II: 10)。

(18) 光铃 *E. glaberrima*: 近球形, $1062.8 \times 822.8 \mu\text{m}$ (图版 II: 11), RS 值 0.87; 种皮纹饰为网纹型, 具方向性, 网眼为多边形, 较宽浅, 大小一致, 网壁突起明显, 网脊平直 (图版 II: 12)。

(19) 岗铃 *E. groffii*: 近球形, $1164.7 \times 1058.8 \mu\text{m}$ (图版 II: 13), RS 值 1.23; 种皮纹饰为网纹型, 具方向性, 网眼近圆形, 大小一致, 较浅, 网脊稍弯曲 (图版 II: 14)。

(20) 细枝铃 *E. loquaiana*: 圆肾形, $875 \times 650 \mu\text{m}$ (图版 II: 15), RS 值 0.57; 种皮纹饰为网纹型, 具方向性, 网眼近四方形, 大小一致, 较宽浅, 网脊纵横近垂直 (图版 II: 16)。

(21) 川黔尖叶铃 *E. acuminoides*: 三角球形,

$1722.2 \times 1388.9 \mu\text{m}$ (图版 II: 17), RS 值 2.39; 种皮纹饰为网纹型, 具方向性, 网眼较宽大, 形状不规则, 近平浅, 网壁突起不明显, 网脊稍弯曲 (图版 II: 18)。

(22) 镇边铃 *E. tsingpiensis*: 近球形, $1083.3 \times 805.6 \mu\text{m}$ (图版 II: 19), RS 值 0.87; 种皮纹饰为网纹型, 具方向性, 网眼呈鱼鳞状排列, 较宽浅, 表面具条纹, 网脊稍弯曲 (图版 II: 20)。

(23) 五室铃 *E. quinquelocularis*: 椭球形, $1240 \times 800 \mu\text{m}$ (图版 II: 21), RS 值 0.99; 种皮纹饰为网纹型, 具方向性, 网眼近四边形, 较宽浅, 表面平滑, 大小一致, 网脊稍弯曲 (图版 II: 22)。

(24) 偏心叶铃 *E. inaequalis*: 近卵形, $888.9 \times 638.9 \mu\text{m}$ (图版 II: 23), RS 值 0.57; 种皮纹饰为网纹型, 无方向性, 网眼形状为不规则多边形或近圆形, 大小不一致, 网壁突起明显, 脊线稍弯曲 (图版 II: 24)。

(25) 斜基叶铃 *E. obliquifolia*: 近球形, $1280 \times 1240 \mu\text{m}$ (图版 III: 1), RS 值 1.59; 种皮纹饰为网纹型, 具方向性, 网眼近四边形, 大小一致, 排列整齐, 较宽浅, 网脊平直 (图版 III: 2)。

(26) 海南铃 *E. hainanensis*: 扁球形, $2275.9 \times 1655.2 \mu\text{m}$ (图版 III: 3), RS 值 3.77; 种皮纹饰为负网纹型, 具方向性, 网眼为规则多边形, 表面有条纹, 大小一致 (图版 III: 4)。

(27) 楔叶铃 *E. cuneata*: 卵球形, $814.3 \times 621.4 \mu\text{m}$ (图版 III: 5), RS 值 0.50; 种皮纹饰为网纹型, 具方向性, 网眼深陷呈蜂窝状, 大小一致, 形状为规则多边形, 网脊纵横近垂直 (图版 III: 6)。

(28) 米碎花 *E. chinensis*: 椭球形, $1552.9 \times 1129.4 \mu\text{m}$ (图版 III: 7), RS 值 1.75; 种皮纹饰为网纹型, 具方向性, 网眼为不规则多边形, 大小一致, 较宽浅, 表面近平滑, 网脊稍弯曲 (图版 III: 8)。

(29) 细齿叶铃 *E. nitida*: 扁圆球形, $3666.7 \times 2888.9 \mu\text{m}$ (图版 III: 9), RS 值 10.59; 种皮纹饰为负网纹型, 具方向性, 网眼为不规则多边形, 表面近平滑, 网眼大小一致 (图版 III: 10)。

(30) 台湾铃 *E. hayatai*: 近卵球形, $3333.3 \times 2333.3 \mu\text{m}$ (图版 III: 11), RS 值 7.78; 种皮纹饰为网纹型, 具方向性, 网眼为规则多边形, 深陷呈蜂窝

状,大小近一致,网脊近平直(图版Ⅲ: 12)。

(31) 桉木 *E. japonica*: 近卵球形, $3263.2 \times 2421.0 \mu\text{m}$ (图版Ⅲ: 13), RS 值 7.9; 种皮纹饰为负网纹型,无一定方向性,网眼形状不规则,表面近平滑,大小不一致(图版Ⅲ: 14)。

(32) 窄叶桉 *E. stenophylla*: 卵球形, $2000 \times 1166.7 \mu\text{m}$ (图版Ⅲ: 15), RS 值 2.33; 种皮纹饰为网纹型,具方向性,网眼为规则多边形,较宽浅,表面近平滑,网壁突起明显,网脊平直(图版Ⅲ: 16)。

(33) 黑桉 *E. macartneyi*: 三角球形, $1140 \times 1120 \mu\text{m}$ (图版Ⅲ: 17), RS 值 1.27; 种皮纹饰为网纹型,具方向性,网眼为规则多边形,较宽浅,表面近平滑,大小一致,网壁突起不明显,网脊平直(图版Ⅲ: 18)。

(34) 矩圆桉 *E. oblonga*: 三角球形, $1200 \times 1160 \mu\text{m}$ (图版Ⅲ: 19), RS 值 1.39; 种皮纹饰为网纹型,具方向性,网眼为不规则多边形,深陷呈蜂窝状,大小不一致,网脊较粗(图版Ⅲ: 20)。

(35) 红褐桉 *E. rubiginosa*: 肾形, $1240 \times 1000 \mu\text{m}$ (图版Ⅲ: 21), RS 值 1.24; 种皮纹饰为网纹型,无一定方向性,网眼较宽浅,多边形,网脊稍弯曲(图版Ⅲ: 22)。

(36) 窄基红褐桉 *E. rubiginosa* var. *attenuata*: 扁肾形, $1152.9 \times 1233.5 \mu\text{m}$ (图版Ⅲ: 23), RS 值 1.42; 种皮纹饰为网纹型,具方向性,网眼为多边形,较宽浅,网壁突起明显,网脊稍弯曲(图版Ⅲ: 24)。

3 讨论

3.1 种子微形态特征的系统学意义

通过对 36 个桉属植物样品的种子观察发现,桉属植物种子存在肾形、球形、卵形、椭圆形等多种形状,多为不规则的几何体,且大小相差悬殊,由于种子在发育过程中存在彼此挤压现象,种子的整体形状在桉属植物分类应用方面是不大可靠的,但种子的大小应具有重要的分类学意义。研究表明,根据种子相对大小的 RS 值,桉属植物种子可分为小型、中型和大型三个等级,小型种子 RS 值小于 1,如长毛桉、耳叶桉、秃小耳桉、尖萼毛桉等种,其中最小的种子长径不足 $800 \mu\text{m}$, RS 值约为 0.5(尖叶毛

桉); 大型种子 RS 值大于 3,如细齿叶桉、台湾桉、桉木等种,其中最大者长径则超过 $3000 \mu\text{m}$, RS 值超过 10(细齿叶桉),其余大部分种类种子为中型,大小介于二者之间。由于桉属植物果实的大小大致相近,所以种子细小的类群无疑是胚珠多数种类的代表。在所研究的 36 个样品中,种子最多的可达百枚之多,主要存在于子房具毛、花药具分格的一些类群,如长毛桉、尖萼毛桉等种; 最少的仅 5~6 枚,存在于子房无毛、花药无分格的种类,如细齿叶桉、桉木等种。鉴于桉属内子房具毛、花药具分格、胚珠多数的种类为原始类群^[11],提示在桉属内种子的大小变化可能代表着桉属内部的演化,种子细小为原始性状,随着演化的进行,种子有逐渐变大的趋势,这一规律与同科山茶属中大型种子多存在于相对原始类群中相反^[12]。对此,我们认为,不同属植物的种子大小演化路线不完全一致,甚至是相反的,这可能与植物适应不同的繁殖策略有关。

桉属的种皮微形态特征表现为高度种间多样性,其纹饰主要分为负网纹和网纹两大类型,负网纹型种类很少,仅有 5 种,分别为华南毛桉、格药桉、海南桉、细齿叶桉、桉木。网纹类型又可根据网眼及网脊等方面特征分为两种类型: I. 粗网纹型: 该类型网眼多深陷,在外型上呈现为蜂窝状,网壁突起明显,网脊较粗,如耳叶桉、秃小耳桉、楔叶桉等种; II. 细网纹型: 该类型网眼多宽浅,网壁不明显或明显,网脊多纤细,桉属植物大部分种类种皮特征属此类型,如毛果桉、坚桃叶桉、镇边桉等种。细网纹类型的种类在网眼形状、大小、排列方向等方面最为复杂多样,可作为分类的重要依据,如毛果桉、尖萼毛桉、尖叶毛桉是极易混淆的三个近缘种,比较其种皮网纹类型可知,毛果桉网眼最宽浅,尖萼毛桉网眼相对较深,有一定方向性,而尖叶毛桉网壁的脊线则较平直,三者之间存在明显差异,可据此分开。

3.2 种皮特征与花形态演化的相关性

值得注意的是,桉属内种皮特征的进化并没有与花的进化同步进行,在具同一类型花的种类中常具不同的种皮纹饰,如在雌花子房具毛或无毛的种类中同时具有负网纹、细网纹和粗网纹的存在,同样在雄花具格或无格的种类中亦能发现这三类纹饰的同时存在,简言之,种子的进化与花的进化并不呈现

正相关,象这类情况在植物界不乏其例^[13]。因此,在探讨种皮纹饰的进化时应全面考虑多种因素,且应选取相近种类来进行比较。本研究在结合相关形态学证据的基础上,对格药柃组的华南毛柃、尖萼毛柃、秃小耳柃的种皮特征进行了比较分析,结果显示在柃属植物内负网纹型纹饰可能是最原始的,其次为细网纹型,粗网纹型为该属种皮纹饰最进化代表。其中细网纹型纹饰最为复杂多样,所含种类亦是最多,似乎表明该纹饰是本属植物演化最为活跃的代表,是演化的主干。Comer认为,种子表面纹饰简单的是原始特征,种子表面复杂的为次生特征^[13],而纵观柃属植物种皮纹饰的复杂程度,负网纹和粗网纹其结构与细网纹相比都相对简单得多,对此笔者认为,在柃属内种皮的纹饰可能是沿着简单到复杂再特化到简单这一路线进化的,这种进化方式在植物界中比较常见。柃属种子表面纹饰的主要演化特征具体可概括为:网眼形状不规则较规则原始,负网纹结构较网纹结构原始,网脊突起不明显较网脊明显原始,网眼较浅比网眼较深原始。

3.3 种子结构微形态在种级水平上的分类学意义

诚如上述,在柃属植物中,种子的进化与花的进化并不呈现正相关,因此,种皮的微形态特征在探讨本属植物组间系统发育方面的作用是不明显的,但其在种级水平上差异显著,这些差异在对种间区别、探讨类群之间的亲缘关系、解决系统位置不明的种类等方面具有一定的分类学意义。如海南柃其系统位置是不甚明确的,林来官曾根据花柱的长度将其放入长柱柃系^[1,11],与岗柃、细枝柃等种近缘,但种子大小及种皮微形态显示,海南柃与真柃系的细齿叶柃之间有着较近的亲缘关系,种子均为大型且种皮均为负网纹型,其分类位置应予调整;同样的现象也存在于滨柃及米碎花这两个小型叶近缘类群中,这些结果也在分子系统学研究方面得到证实^[14]。

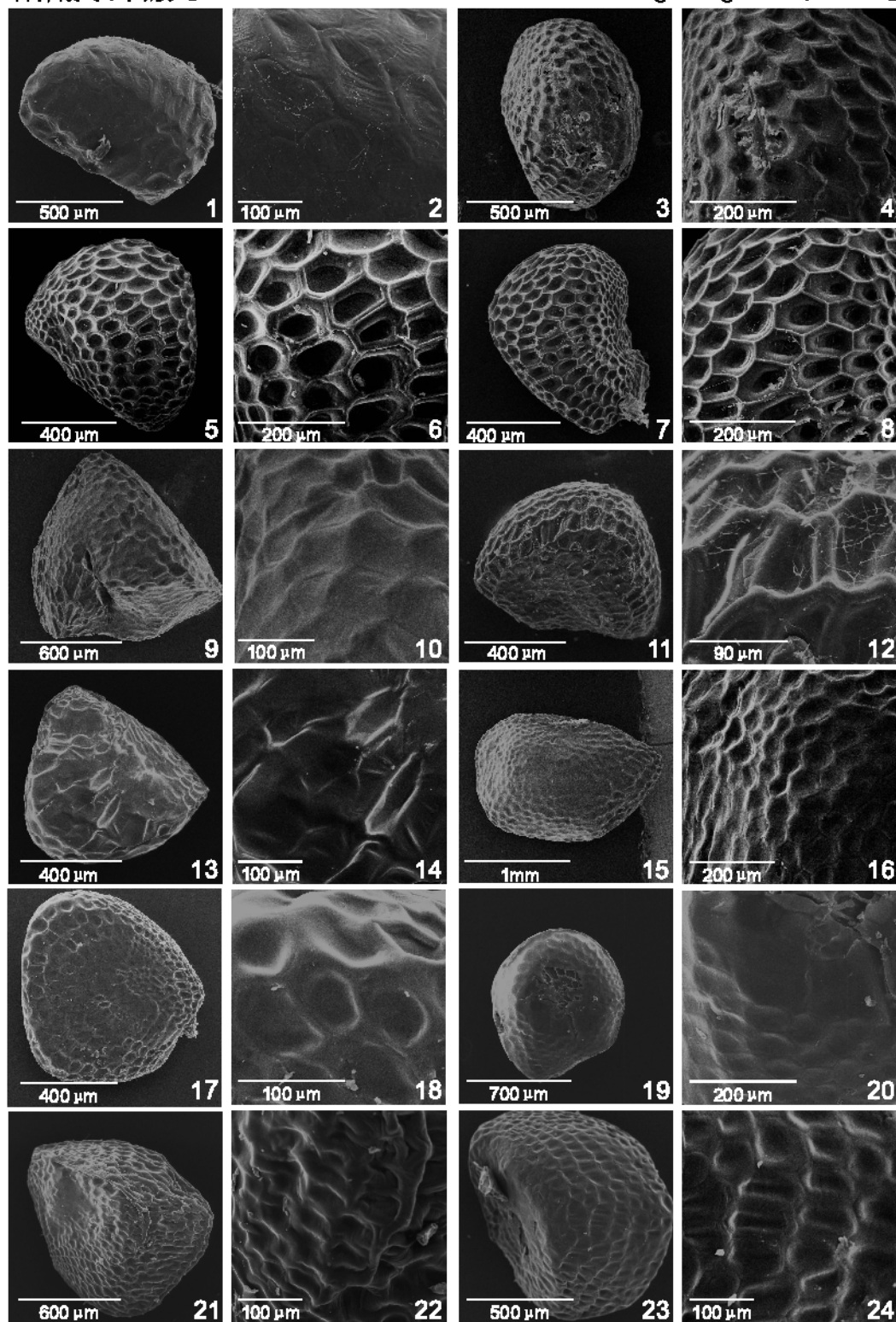
我们在野外调查中发现,柃属植物果期要明显长于花期,很多类群甚至长年挂果,鉴于本属种皮微形态的丰富变化,提供了重要的分类信息。因此,种子微形态特征在柃属分类学研究中值得给予足够重视。当然,在对同一类群进行比较研究时,选择发育良好、形态特征具有代表性的种子同一部位观察

比较是必要的。

参考文献:

- [1] 林来官. 山茶科(二): 厚皮香亚科[M]//中国植物志: 第50卷. 北京: 科学出版社, 1998.
- [2] Ming T L, Bartholomew B. Theaceae[M]//Wu Z Y, Raven P H. Flora of China: Vol. 12. Beijing: Science Press, St. Louis: Missouri Botanical Garden Press, 2007.
- [3] Shi X G, Huang Y L, Ye C X. *Eurya phaeosticta* (Theaceae), a new species from Yunnan, China [J]. *Ann Bot Fenn*, 2008, 45(5): 372-374.
- [4] 陈士超, 赛尼, 傅承新. 茛菪科种皮微结构特征及其分类学意义[J]. 植物分类学报, 2007, 45(1): 52-68.
- [5] 孙成仁. 五味子属植物种子形态特征及其分类学意义[J]. 云南植物研究, 2006, 28(4): 383-393.
- [6] 王玉国, 李光照, 张文驹, 尤佳, 陈家宽. 果皮和种皮微形态特征在杜鹃花属系统学研究中的应用[J]. 植物分类学报, 2007, 45(2): 21-38.
- [7] 师丽花, 李艳, 刘全儒. 中国卫矛属种皮微形态特征及其系统学意义[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2008, 44(2): 193-197.
- [8] 邵剑文, 张小平, 朱国萍. 珍珠菜属植物种皮微形态特征及其系统学意义[J]. 云南植物研究, 2006, 28(4): 378-382.
- [9] 侯元同, 许崇海, 曲锡游, 巴晓革, 鲁法军, 李法曾. 中国蓼属篇蓄组植物果实形态的研究[J]. 植物分类学报, 2007, 45(4): 523-537.
- [10] 李艳, 刘全儒, 陈旭波. 卫矛属冬青卫矛组种皮和假种皮微形态研究[J]. 武汉植物学研究, 2008, 26(4): 350-356.
- [11] 林来官. 中国柃属植物的订正[J]. 植物分类学报, 1966, 11(3): 263-342.
- [12] 张宏达. 山茶科(一): 山茶亚科[M]//中国植物志: 第49卷, 第3分册. 北京: 科学出版社, 1998.
- [13] Comer E J H. The Seeds of Dicotyledons [M]. London: Cambridge University Press, 1976.
- [14] Wu C C, Hsu Z F, Tso C H. Phylogeny and taxonomy of *Eurya* (Ternstroemiaceae) from Taiwan, as inferred from ITS sequence data [J]. *Bot Stud*, 2007, 48: 97-116.

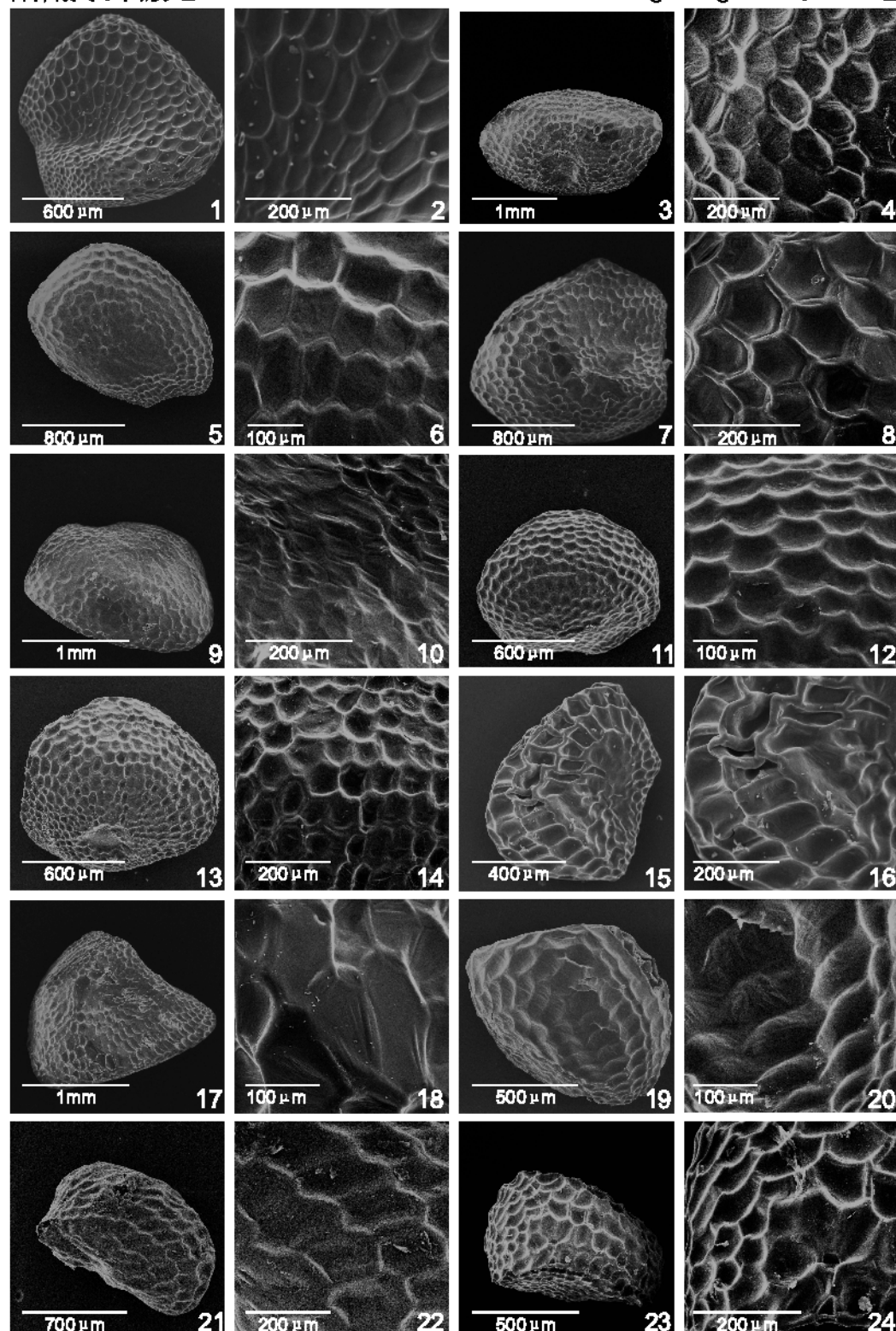
石祥刚等: 图版 I

SHI Xiang-Gang *et al.*: Plate I

扫描电镜下桧属种子形态及种皮微形态。1,2. 华南毛桧; 3,4. 长毛桧; 5,6. 耳叶桧; 7,8. 秃小耳桧; 9,10. 毛果桧; 11,12. 尖萼毛桧; 13,14. 尖叶毛桧; 15,16. 腺叶毛桧; 17,18. 披针叶毛桧; 19,20. 微心叶毛桧; 21,22. 大花桧; 23,24. 坚桃叶桧。

Micromorphological features of the seeds and seed coats of *Eurya* under SEM. 1,2. *E. ciliata*; 3,4. *E. patentipla*; 5,6. *E. auriformis*; 7,8. *E. disticha*; 9,10. *E. trichocarpa*; 11,12. *E. acutisepala*; 13,14. *E. acuminatissima*; 15,16. *E. phaeosticta*; 17,18. *E. henryi*; 19,20. *E. subcordata*; 21,22. *E. magniflora*; 23,24. *E. persicaefolia*.

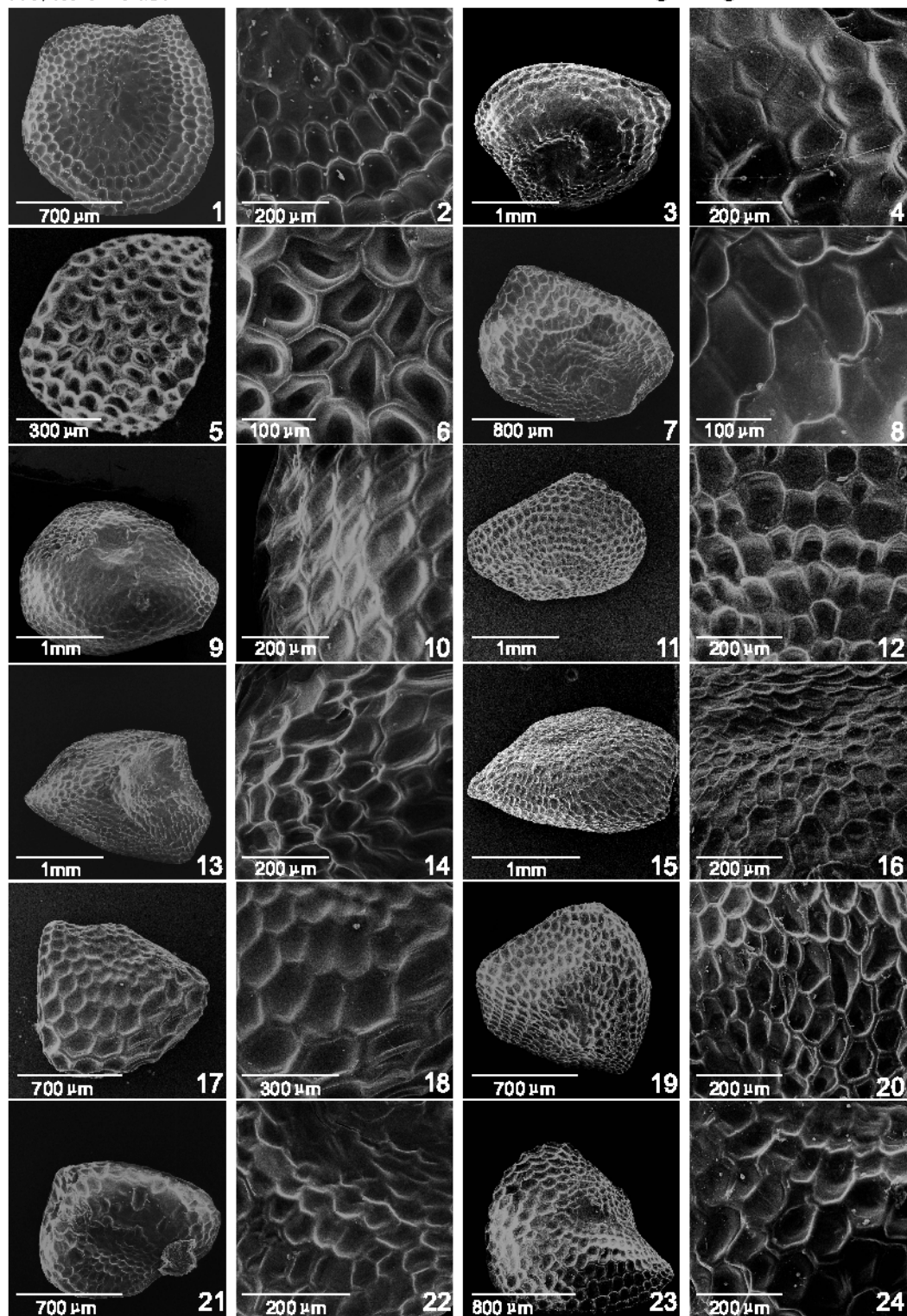
石祥刚等: 图版 II

SHI Xiang-Gang *et al.*: Plate II

扫描电镜下桉属种子形态及种皮微形态。1,2. 景东桉; 3,4. 四角桉; 5,6. 凹脉桉; 7,8. 格药桉; 9,10. 滨桉; 11,12. 光桉; 13,14. 岗桉; 15,16. 细枝桉; 17,18. 川黔尖叶桉; 19,20. 镇边桉; 21,22. 大叶五室桉; 23,24. 偏心叶桉。

Micromorphological features of the seeds and seed coats of *Eurya* under SEM. 1, 2. *E. jingdongensis*; 3, 4. *E. tetragonoclada*; 5, 6. *E. impressinervis*; 7, 8. *E. muticata*; 9, 10. *E. emarginata*; 11, 12. *E. glaberrima*; 13, 14. *E. groffii*; 15, 16. *E. loquax*; 17, 18. *E. acuminoides*; 19, 20. *E. tsingpingensis*; 21, 22. *E. quinquelocularis*; 23, 24. *E. inaequalis*.

石祥刚等: 图版 III

SHI Xiang-Gang *et al.*: Plate III

扫描电镜下桉属种子形态及种皮微形态。1,2. 斜基叶桉; 3,4. 海南桉; 5,6. 楔叶桉; 7,8. 米碎花; 9,10. 细齿叶桉; 11,12. 台湾桉; 13,14. 桉木; 15,16. 窄叶桉; 17,18. 黑桉; 19,20. 矩圆叶桉; 21,22. 红褐桉; 23,24. 窄基红褐桉。

Micromorphological features of the seeds and seedcoats of *Eurya* under SEM. 1,2. *E. obliquifolia*; 3,4. *E. hainanensis*; 5,6. *E. cuneata*; 7,8. *E. chinensis*; 9,10. *E. nitida*; 11,12. *E. hayatai*; 13,14. *E. japonica*; 15,16. *E. stenophylla*; 17,18. *E. macartneyi*; 19,20. *E. oblonga*; 21,22. *E. rubiginosa*; 23,24. *E. rubiginosa* var. *attenuata*.