

安息香科的系统学研究进展

邓云飞

(中国科学院华南植物园, 中国科学院植物资源保护与可持续利用重点实验室, 华南植物迁地保护与
利用国家林业和草原局重点实验室, 广东 广州 510650)

摘要: 回顾安息香科(*Styracaceae*)植物系统分类学的研究历史。分析安息香科系统学研究的多学科证据,发现叶片脉序结构、形态解剖、花粉形态、染色体数目、数量分类学和分子系统学研究等证据对安息香科的范围和属的界定具有重要价值。安息香属(*Styrax*)的染色体基数是8,白辛树属(*Halesia*)、北美银钟花属(*Pterostyrax*)、秤锤树属(*Changiostyrax*)和长果安息香属(*Sinojackia*)的染色体基数是12。分子系统学的研究表明,安息香科可以分为4个分支:安息香属和山茱萸属(*Huodendron*)分别构成基部的2个分支,赤杨叶属(*Alniphyllum*)和歧序安息香属(*Bruinsmia*)构成一支,而安息香科其他各属构成一支。根据这些证据提出了安息香科的一个新分类系统:安息香科可分为4个族,即安息香族(*Styraceae*)、山茱萸族(*Huodendreae*)、赤杨叶族(*Alniphyllae*)和银钟花族(*Halesieae*);其中安息香族包括安息香属,山茱萸族包括山茱萸属,赤杨叶族包括赤杨叶属和歧序安息香属,而银钟花族包含了其他各属;从白辛树属分出一新属——万钧安息香属(*Chengiostyrax*)。

关键词: 安息香科;系统学;分类学;形态学;分子系统学

中图分类号:S718.49

文献标志码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

文章编号:1000-2006(2024)03-0027-09



Review on the systematics of the family Styracaceae

DENG Yunfei

(Key Laboratory of Plant Resources Conservation and Sustainable Utilization, South China Botanical Garden,
Chinese Academy of Sciences, Key Laboratory of National Forestry and Grassland Administration on
Plant Conservation and Utilization in Southern China, Guangzhou 510650, China)

Abstract: The history of the systematic of the family Styracaceae is reviewed. The multidisciplinary evidences of Styracaceae systematics was censused and it was found that leaf architecture, anatomy, pollen morphology, cytology, chromosome number and molecular systematics are of great value for the circumscription of the family and genus. The basal chromosome number (n) of *Styrax* is 8 while $n=12$ in *Halesia*, *Pterostyrax*, *Changiostyrax* and *Sinojackia*. The molecular evidences indicate that the family Styracaceae can be divided into four clades, *Styrax* and *Huodendron* are two basal divergent clade, *Alniphyllum* and *Bruinsmia* form sister groups, and all other genera form a clade. According to these evidences, a new infrafamilial classification of the family is proposed. The family is divided into four tribes, viz., Styraceae, Huodendreae, Alniphyllae and Halesieae. Styraceae include *Styrax*, Huodendreae include *Huodendron*, Alniphyllae include *Alniphyllum* and *Bruinsmia*, while Halesieae include all other genera; Additionally, *Chengiostyrax*, a new genus is separated from *Pterostyrax*.

Keywords: Styracaceae; systematics; classification; anatomy; molecular systematics

安息香科植物具有重要的药用、观赏和经济价值。从该科一些种类的种子油或树脂中提炼的“白花油”或“安息香”,是珍贵的药用成分和制造

高级芳香油的原料;一些种类具有洁白芬芳的花朵或色艳形奇的果实,是珍稀的观赏植物;一些乔木种类速生杆直,纤维细长,是木材和造纸工业的优

收稿日期 Received: 2024-05-12

修回日期 Accepted: 2024-05-16

基金项目: 广东省基础与应用基础研究旗舰项目(2023B0303050001)。

第一作者: 邓云飞(yfdeng@scbg.ac.cn), 研究员。

引文格式: 邓云飞. 安息香科的系统学研究进展[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2024, 48(3): 27-35. DENG Y F. Review on the systematics of the family Styracaceae[J]. Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition), 2024, 48(3): 27-35. DOI: 10.12302/j.issn.1000-2006.202405011.

良原料。笔者对安息香科的分类学研究进展进行回顾,并在前人研究的基础上提出安息香科新的分类系统。

1 安息香科的分类历史

安息香科(Styracaceae)由 De Candolle 和 Sprengel^[1]于 1821 年建立,模式是 *Styrax* L.

历史研究中,对安息香科的范畴存在不同意见。但目前安息香科的分类范畴已基本明确,包括安息香属(*Styrax* L.)(1753)、北美银钟花属(*Halesia* Ellis ex L.)(1759)、花弄蝶属(*Pamphilia* Mart.)(1837)、蜂巢安息香属(*Foveolaria* Ruiz & Pav.)(1794)、歧序安息香属(*Bruinsmia* Boerl. & Koord.)(1893)、赤杨叶属(*Alniphyllum* Matsum.)(1901)、白辛树属(*Pterostyrax* Siebold & Zucc.)(1901)、茉莉果属(*Parastyrax* W.W. Sm.)(1911)、陀螺果属(*Melioidendron* Hand.-Mazz.)(1922)、秤锤树属(*Sinojackia* Hu)(1928)、山茉莉属(*Huodeodron* Rehder)(1935)、木瓜红属(*Rehderodendron* Hu)(1935)、长果安息香属(*Changiosyrax* C. T. Chen)(1995)、银钟花属(*Perkinsiodendron* P. W. Fritsch)(2015)等属。山矾属(*Symplocos* L.)(1760)、尖药树属(*Lissocarpa* Benth.)(1876)、蒜味树属(*Hua* Pierre ex Wild.)(1906)、非洲安息香属(*Afrostryax* Perkins & Gilg)(1788)和 *Diclidanthera* Mart.(1827)等也曾被置于安息香科中^[2-6],但是,它们现已被从安息香科中分出为独立的科或转移到其他科中。

Desfontaines^[7]为山矾属建立了山矾科(*Symplocaceae*),后被 De Candolle^[8]作为一个族置于安息香科中。Gurke^[9]将山矾属从安息香科中分离出来为独立的科,并得到广泛支持^[10-13]。

Diclidanthera 有约 8 种,分布于南美洲热带地区,对其归属曾有多种意见,曾先后被置于安息香科、柿树科(*Ebenaceae*)、山榄科(*Sapotaceae*)、刺果藤科(*Byttneriaceae*)和远志科(*Polygalaceae*)等科中^[14]。Endlicher^[2]将其归入安息香科,后被许多学者所接受^[3-4]; Perkins^[5]认为该属应从安息香科移出,但她未给出具体的归属建议。Engler 和 Gilg^[6](1924)将其从安息香科分出为独立的科 *Diclidantheraceae*。然而,他们并未注意到 Agardh^[15](1858)已为其建立了一个新科,这一处理后被不少学者所接受。Miquel 和 Martius^[16]认为该属与远志科关系密切,后被归入远志科,并处理为一个族 *Diclidanthereae*^[14, 17-20]。

De Wildeman^[21]在发表蒜味树属(*Hua* Pierre ex Wild.)时将其置于梧桐科。Chevalier^[22]将蒜味树属独立为蒜味树科(*Huaceae*),并得到了广泛支持^[11-13, 22-25]。非洲安息香属在发表时虽然被置于安息香科,但作为一个独立的亚科——非洲安息香亚科(*Afrostryacoideae*)^[26]。Mildbraed^[27]指出非洲安息香属与蒜味树属之间关系密切。Melchior^[28]将非洲安息香属转移至蒜味树科中。Cronquist^[11]将其置于堇菜目(*Violales*)。蒜味树科与安息香科的关系较为疏远,现被认为是酢酱草目(*Oxidalidales*)的成员^[13-14]。

Bentham^[3]在发表尖药树属时将其置于安息香科中,并被 Gurke^[4]接受。Engler 和 Gilg^[6]将其从安息香科中分出来为独立的尖药树科(*Lissocarpaceae*),并得到广泛接受^[11-12, 29-33]。Ng^[31]和 De Franceschi^[33]指出尖药树科与柿树科关系密切,但未做处理。Oliver^[34]曾将尖药树属处理为柿树科的成员,但长期被忽视。直至 100 年后, Gentry^[35]和 Vásquez^[36]将其正式置于柿树科中,这一处理才被广泛接受。后来,Wallnöfer^[37]将其处理为柿树科的一个亚科——尖药树亚科(*Lissocarpoideae*)。

至此,安息香科的范畴得以稳定下来。但是,花弄蝶属和蜂巢安息香属被并入安息香属中^[38-40]。现在安息香科接受 12 属。但是对安息香科的科下分类系统鲜见报道。

De Candolle^[8]将安息香科当时已知的 5 属分为 3 个族,即山矾族(*Symploceae*)、安息香族(*Styraceae*)和花弄蝶族(*Pamphilieae*)。山矾族包括山矾属一属,安息香族包括安息香属和北美银钟花属,花弄蝶族包括花弄蝶属和蜂巢安息香属。山矾族现已独立为山矾科,而花弄蝶族的两个属已与安息香属归并^[38-40]。

胡先骕在 20 世纪 60 年代,曾建立了安息香科的一个分类系统。但文章未发表,直到最近被收录在《胡先骕全集》^[41]中,才得以被人知晓。他主要根据子房位置、果实是否开裂和种子是否具翅等特征将安息香科分为安息香族(*Styraceae*)、银钟花族(*Halesieae*)和赤杨叶族(*Alphilleae*)等 3 族,并进一步将银钟花族分为秤锤树亚族(*Sinojackinae*)和银钟花亚族(*Halesinae*)。他是至今唯一一个建立安息香科科下分类系统的学者,其分类系统如下:

安息香科 *Styracaceae* DC. & Spreng.

安息香族 *Styraceae* Rich. ex Duby

安息香属 *Styrax* L.

花弄蝶属 *Pamphilia* Ruiz & Pav.

歧序安息香属 *Bruinsmia* Boerl. & Koord.
 银钟花族 *Haliseae* Horan.
 秤锤树亚族 *Sinojackinae* Hu
 秤锤树属 *Sinojackia* Hu
 银钟花亚族 *Halesinae* Hu
 北美银钟花属 *Halesia* L.
 白辛树属 *Pterostyrax* Siebold & Zucc.
 陀螺果属 *Melliodendron* Hand.-Mazz.
 茉莉果属 *Parastyrax* W.W. Sm.
 木瓜红属 *Rehderodendron* Hu
 赤杨叶族 *Alniphyllae* Hu
 赤杨叶属 *Alniphyllum* Matsum.
 山茉莉属 *Huodendron* Rehder

安息香科系统位置较为稳定,历史上长期被置于柿树目(*Ebenales*)^[11-12, 28, 42-43],而在最近的现代植物分类学系统(APG)系统中,安息香科则被置于杜鹃花目(*Ericales*)中^[13]。

2 安息香科实验分类学研究进展

长期以来,安息香科植物的分类学研究主要基于形态学。但是,随着研究的深入,微形态学、细胞学及分子系统学等各种研究方法的应用,为安息香科系统分类提供了多学科的证据。

2.1 叶片脉序结构

Yu等^[44]和陈泽濂等^[45]研究了安息香科9属45种的脉序结构,认为脉序结构在属的界定上具有价值,可以作为分属的依据,并编制了分属和分种检索表。杨庆锋等^[46]对秤锤树属5种植物的叶脉脉序进行了研究,根据三级脉的不同支持将长果秤锤树(*Sinojackia dolichocarpa* C.J. Qi)从秤锤树属中分出建立长果安息香属(*Changiostyrax* Tao Chen)^[47]。长果安息香属与秤锤树属的区别在于花4数,雄蕊8等长,果实具8条纵棱,基部下延成长柄^[48]。

2.2 解剖学结构

Schadel和Dickison^[49]研究了安息香科以及蒜味树科和尖药树科12属82种植物的叶片解剖结构。研究结果支持将非洲安息香属和蒜味树属从安息香科分出建立蒜味树科。蒜味树科与安息香科的区别特征包括平列型气孔器,发育完全且呈矩形的叶脉间区域,托叶早落,以及流苏状的边缘末端叶脉序。尖药树属与狭义安息香科的区别在于叶柄和叶肉中弥散分布的囊状石细胞,叶柄的维管束系统具有端部向外弯曲的弧形结构,以及叶边缘呈流苏状的末端脉序,应从安息香科中分出。在狭义安息香科内,赤杨叶属和白辛树属与安息香属的

关系密切,银钟花属与茉莉果属、木瓜红属、秤锤树属和陀螺果属的关系较为密切。

Dickison和Phend^[50]研究了安息香科11属40种的木材解剖结构,支持将蒜味树属、非洲安息香属和尖药树属从安息香科中分出。Dickison^[51]还研究了安息香科11属19种植物的花部形态及解剖学特征,也支持将蒜味树属、非洲安息香属和尖药树属等从安息香科中分出

2.3 花粉形态

Sharma和Cupta^[52]描述了5种印度产安息香科植物的花粉形态。Baas^[23]报道了曾置于安息香科的蒜味树属和非洲安息香属的花粉形态。梁元徽和喻诚鸿^[53]系统研究了安息香科植物的花粉形态,共观察了13属93种植物的花粉形态,其中包括曾置于安息香科的非洲安息香属和山矾属。Morton和Dickison^[54]分析了安息香科11属23种植物的花粉形态。这些研究揭示花粉形态特征在进行科的界定上具有重要价值。

安息香科植物的花粉粒近球形,具3孔沟,沟长纺锤形,长度可超过极轴长的2/3,花粉外壁纹饰穴状或网状;山矾属的花粉粒扁球形,具3/4孔沟或3/4/5孔,沟短,长不及极轴的1/2;外壁纹饰多型;尖药树属与之前报道的非洲安息香属和蒜味树属的花粉粒为扁球形,具3孔(稀2孔),孔不规则长椭圆形至卵圆形。因此花粉形态学证据支持将山矾属、尖药树属、蒜味树属和非洲安息香属从安息香科中分出。但花粉形态特征对于安息香科内属的界定的利用价值比较有限,山茉莉属的花粉粒较小,纹饰为网状,孔位于沟内与其他属区别较为明显^[22, 52-53]。

2.4 染色体数目

染色体数目在属或较高等级的分类群界定上具有一定的价值。到目前为止,仅有安息香属、白辛树属、秤锤树属、长果安息香属和北美银钟花属等5属有染色体数目的报道。安息香属中除日本安息香(*Styrax japonicus* Siebold & Zucc.)和大花野茉莉(*S. grandifolius* Griff.)的染色体数目分别报道为 $2n=40$ ^[55-56]和 $2n=32$ ^[57]外,其余各种的染色体数目均为 $2n=16$ ^[55, 57-60]。据此,可以推测安息香属的染色体基数 $n=8$,存在多倍化现象^[57-58]。白辛树属^[55, 61]、秤锤树属^[62-64]、长果安息香属^[47]和北美银钟花属^[55, 65]的染色体数目均为 $2n=24$ 。Morawetz^[58]认为安息香科的染色体基数 $n=8$,安息香属为二倍体,而其他各属的染色体数目为 $2n=24$,可解释为稳定的三倍体。而徐炳声等^[62]则认

为染色体数目为 $2n=24$ 的秤锤树属等的染色体基数为 $n=12$, 可能由 $n=8$ 经多倍化起源而来。山矾属的染色体基数是 $n=11$ ^[59, 66], 支持山矾属从安息香科分出。而非洲安息香属、尖药树属、蒜味树属和 *Diclidanthera* 等属则未见染色体数目的报道。

2.5 数量分类学

樊国盛^[67]选取 28 个分类学性状, 利用聚类分析的最短距离法、最长距离法、中间距离法、重心法和类平均法对亚洲安息香科进行了分类。支持将亚洲安息香科分为 11 个属, 其中歧序安息香属的两个种分别聚在不同的两支, 建议处理为两个不同的属。歧序安息香 (*Bruinsmia polysperma* Steenis) 与马来歧序安息香 (*B. styracoides* Boerl. & Koord.) 的区别在于果实为核果, 内果皮骨质, 花萼具 5 个萼片和花冠白色, 并因此拟发表一新属——新野茉莉属 (*Neostyrax* G.S. Fan)。但因未提供拉丁文描述, 属名 *Neostyrax* 未被合格发表。而且, 这一建议也未得到后来的分子系统学研究的验证。

Fritsch^[39]基于 34 个形态特征对安息香属的系统发育关系进行了分析, 结果支持将花弄蝶属和蜂巢安息香属并入安息香属, 并提出了一个新的属下分类系统。

2.6 分子系统学

20 世纪 90 年代起开始, 分子数据广泛应用到被子植物系统发育研究, 经历了由单基因、多基因到基因组分析的发展历程。近年来, 随着高通量测序技术和生物信息学的快速发展, 大量基因组数据不断产生, 并被广泛应用到植物的系统发育推断与进化研究中。这些研究从各个尺度上提供了可靠的基因组水平证据, 使植物分子系统学研究进入了系统发育基因组学时代。分子生物学证据的应用使得安息香科系统学研究取得了一些新的进展。

Fritsch 等^[68]是首先利用 3 个 DNA 序列数据对安息香科开展系统学研究的学者, 其研究结果表明, 安息香科可分为 3 支, 安息香属与山茉莉属构成一支, 与安息香科其他类群构成姐妹群, 然后是赤杨叶属和歧序安息香属构成一支, 再与其他各属形成姐妹群, 剩余各属之间的关系未能得到解决。这一结果并不支持胡先骕^[41]的分类系统。

Fritsch^[69]利用 3 个叶绿体基因和 ITS 序列对安息香属的系统发育关系进行了研究, 支持将花弄蝶属和蜂巢安息香属并入安息香属中, 但是, 他基于形态特征建立的安息香属的属下系统并未得到很好的支持。

Yao 等^[70]利用 4 个基因 (*trnL*、*rps4*、*trnS-trnG*

和 *atpB-rbcL*) 对秤锤树属的系统发育关系进行了研究, 结果发现, 长果秤锤树并不与秤锤树属的各种聚为一支, 支持长果安息香属的建立^[47]。同时, 还发现白辛树属和银钟花属并非单系, 但支持率不高。

Fritsch 等^[71]利用 3 个片段 (*nrITS*、*rbcL* 和 *trnL-trnF*) 对安息香科的系统发育关系再次进行研究, 与 Fritsch 等^[68]之前的结果不同之处在于银钟花属和白辛树属并非单系类群。产于东亚的银钟花 (*H. macgregorii* Chun) 与木瓜红属构成姐妹群, 而北美的两个种则处于较为疏远的位置, 与白辛树属的 *Pterostyrax hispidus* Siebold & Zucc. 聚为一支。据此, 他们将亚洲的银钟花处理为独立的属——*Perkinsiodendron* P.W.Fritsch。

Yan 等^[72]基于 11 属 19 种的叶绿体基因组对安息香科的系统发育关系进行研究, 结果表明安息香科可分为 4 支。该研究也不支持胡先骕^[41]的分类系统。与 Fritsch 等^[68]的研究结果不同之处在于安息香属与山茉莉属并不聚为一支, 安息香属首先分出, 与安息香科的其余各属构成姐妹群, 而山茉莉属再与其余各属构成姐妹群。另外, 广义银钟花属和白辛树属并非单系。银钟花属的 3 个种分别处于 3 个不同的分支中, 东亚的银钟花与木瓜红属构成姐妹群, 而北美的两个种处于较为疏远的位置。*Halesia diptera* J. Ellis 单独构成一支, 与除安息香属、山茉莉属、歧序安息香属和赤杨叶属外的其他各属构成姐妹群。银钟花的属名模式 *H. carolina* L. 与白辛树属的 *Pterostyrax hispidus* 构成姐妹群。白辛树属的两个种白辛树 (*P. psilophyllus* Diels ex. Perkins) 和小叶白辛树 (*P. corymbosus* Siebold & Zucc.) 聚在一起。*P. hispidus* 与白辛树属另外两个种的区别在于雄蕊近等长, 花丝基部近离生。

Cai 等^[73]再次利用叶绿体基因组数据对安息香科的系统发育关系进行了研究, 支持安息香科各属的建立, 与 Yan 等^[72]的研究结果基本一致; 但略有不同的是, 白辛树属构成单系类群, *Pterostyrax hispidus* 与白辛树属的其余种构成姐妹群关系。由于缺少之前研究的与 *P. hispidus* 聚为一支的 *Halesia carolina* L., 白辛树属的单系性仍有待进一步确认。

3 一个新的安息香科分类系统

最近 100 年来, 安息香科的范围已经稳定, 曾经置于安息香科的山矾属、尖药树属、蒜味树属、非

洲安息香属和 *Diellanthra* 等已经从安息香科转移至其他科。但是,长期以来,对安息香科的研究主要集中在属的划分上,而对于科下分类系统的建立较少关注。到目前为止,仅胡先骕^[41] 建立了一个科下分类系统。

在胡先骕建立安息香科分类系统时主要采用子房位置、果实开裂与否及是否具棱或翅,以及种子是否具翅等特征。安息香族包括安息香属和歧序安息香属,它们均为子房上位,果实不开裂,不具棱或翅。但是安息香属种子不具翅,而歧序安息香属的种子具翅,二者可以明显分开。而种子具翅又是赤杨叶族的重要特征。银钟花族包括了除安息香属、歧序安息香属、赤杨叶属和山茉莉属之外的所有属,主要特征是子房半下位、果实具棱或翅。赤杨叶族包括山茉莉属和赤杨叶属等2个属,主要特征是蒴果开裂和种子锯齿。赤杨叶属子房上位和种子具翅等特征与歧序安息香属类似,山茉莉属子房半下位又与银钟花属接近。安息香族和赤杨叶族的花粉并未得到分子系统学研究的支持^[68-73]。安息香属的染色体基数 $n=8$,其他属的染色体基数则为 $n=12$ 。

分子生物学的研究结果支持将安息香科分为4支。安息香属为首先分出的一个分支,该属以子房上位、果实不开裂、无翅或棱以及种子无翅等特征与其他分支明显区别。山茉莉属为第2支,它以子房半下位、果实开裂、无翅或棱以及种子具翅与其他各分支明显区别。在 Fritsch 等^[68-69] 早期基于数个基因片段的研究中,安息香属和山茉莉属构成姐妹群,但分辨率不高,而之后基于叶绿体全基因组的研究中,二者构成不同的分支,且支持率较高。在所有的分子系统学研究中,赤杨叶属和歧序安息香属均聚为一支,它们以子房上位、果实无棱或翅以及种子具翅而区别于其他各分支。其他各属聚为一支,得到了所有分子系统学研究结果的支持^[68-73],它们以子房半下位、果实核果状、具(稀无)棱或翅与其他分支区别。

花瓣数目及合生程度、雄蕊数目、花丝合生程度、子房位置、果实开裂与否和是否具翅或棱以及种子是否具齿是安息香科内划分属的重要特征。

因此,笔者对安息香科系统与分类学研究的进展进行了总结,并在此基础上提出一个新的分类系统。具体如下:

安息香科

Styracaceae DC. & Spreng., Elem. Philos. Pl.: 140. 1821, "Styracaceae", nom. cons. Type: *Styrax* L.

(1753).

13 属,约 150 种,主要分布于亚洲和南北美洲的热带地区,少数种类分布于地中海沿岸。

分属检索表

- 1a.果实与宿存花萼分离或仅基部稍合生;子房上位。
 - 2a.子房幼时3室,后变为1室;种子1或2,无翅,两端圆;花梗不具关节。(I.安息香族 Styraceae) 1. 安息香属 *Styrax*
 - 2b.子房5(或6)室,种子多数,两端具翅或钝;花梗具关节。(III.赤杨叶族 Alniphyllae)
 - 3a.花丝基部合生或稍合生;果实核果状,不开裂,梨形;种子两端尖 3. 歧序安息香属 *Bruinsmia*
 - 3b.花丝至少合生至中部;果实为蒴果,裂成5瓣;种子两端具翅 4. 赤杨叶属 *Alniphyllum*
 - 1b.果实的一部分或大部分与宿存花萼合生;子房下位。
 - 4a.果实成熟时室背3~4瓣开裂;种子的种皮延伸成流苏状翅;花瓣开始基部靠合,以后分离,花后反卷;药隔延伸成2~3齿。(II.山茉莉族 Huodendreae) 2. 山茉莉属 *Huodendron*
 - 4b.果实不开裂;种子无翅;花瓣基部联合成管,以后不分离,花后不反卷;药隔如延伸绝不成为2~3齿。(IV.银钟花族 Halesieae)
 - 5a.果实无棱或翅 5. 茉莉果属 *Parastyrax*
 - 5b.果实具棱或翅。
 - 6a.花冠4裂。
 - 7a.花萼平截,果实无翅,喙长4.0~5.5 cm 6. 长果安息香属 *Changiostyrax*
 - 7b.花萼具4齿;果实具翅,喙短于1.5 cm。
 - 8a.雄蕊8,排列成2轮,不等长,花丝无毛 7. 银钟花属 *Perkinsiodendron*
 - 8b.雄蕊7或16,近等长,花丝被毛 8. 北美银钟花属 *Halesia*
 - 6b.花冠5裂。
 - 9a.树干常具刺;花丝被毛;胚珠全部倒生 9. 秤锤树属 *Sinojackia*
 - 9b.树干无刺;花丝被毛不明显;胚珠上面2枚倒生,下部2枚直立。
 - 10a.花多数,排列成圆锥花序,分枝常偏向1侧,花冠仅基部合生。
 - 11a.雄蕊不等长,基部合生成管状 10. 白辛树属 *Pterostyrax*
 - 11b.雄蕊等长,基部近离生 11. 万钧安息香属 *Chengiopanax*
 - 10b.花1~10朵,簇生或排列成总状。
 - 12a.花1或2朵簇生;花丝等长 12. 陀螺果属 *Meliiodendron*
 - 12b.花排列成总状,花丝5长5短 13. 木瓜红属 *Rehderodendron*

3.1 安息香族

Styraceae Rich. ex Duby, Bot. Gall. 1: 320.

1828. Type: *Styrax* L.

Styracoideae Eaton, Bot. Dict., ed. 4: 40.

1836, "Styraceae". Type: *Styrax* L.

Pamphilieae A. DC., Prodr. 8: 270. 1844.

Type: *Pamphilia* Mart. ex A. DC.

1 属约 130 种, 主要分布于亚洲和南北美洲的热带地区, 少数种类分布于地中海沿岸。

3.1.1 安息香属

Styrax L., Sp. Pl. 1: 444. 1753. Type: *Styrax officinalis* L.

Strigilia Cav., Diss. 7: 358, t. 201. 1789.

Type: *Strigilia racemosa* Cav. [= *Styrax racemosus* (Cav.) A. DC.].

Cyrta Lour., Fl. Cochinch. 1: 278. 1790. = *Styrax* ser. *Cyrta* (Lour.) P. W. Fritsch, Syst. Bot. 24 (3): 373. 1999. Type: *Cyrta agrestis* Lour. [= *Styrax agrestis* (Lour.) G. Don].

Foveolaria Ruiz & Pav., Fl. Peruv. Prodr. 57, t. 9. 1794. = *Styrax* sect. *Foveolaria* (Ruiz & Pav.) Perkins, Pflanzenreich IV. 241 (Heft 30): 27. 1907. = *Styrax* subser. *Foveolaria* (Ruiz & Pav.) P. W. Fritsch, Syst. Bot. 40 (4): 1091. 2015. Type: *Foveolaria ferruginea* Ruiz & Pav. (= *Styrax foveolaria* Perkins)

Epigenia Vell., Fl. flumin. 183. 1829. Type (designated by Fritsch, Syst. Bot. 24 (3): 374. 1999): *Epigenia integerrima* Vell. (= *Styrax glabratus* Schott).

Benzoin Hayne, Getreue Darstell. Gew. 11, t. 24. 1830. = *Plagiospermum* Pierre, Fl. forest. cochinch. t. 260. 1892. = *Styrax* ser. *Benzoin* (Hayne) P. W. Fritsch, Syst. Bot. 24 (3): 374. 1999. Type: *Benzoin officinalis* Hayne (= *Styrax benzoin* Dryand.).

Pamphilia Mart. ex A. DC., Prodr. 8: 271. 1844. = *Styrax* sect. *Pamphilia* (Mart. ex A. DC.) B. Walln., Ann. Naturhist. Mus. Wien, B 99: 696. 1997. Type (designated by Hutchinson, Gen. Fl. Pl. 2: 39. 1967): *Pamphilia aurea* Mart. ex A. DC.

Anthostyrax Pierre, Fl. Forest. Cochinch. 4: t. 260. 1892. Type: *Anthostyrax tonkinensis* Pierre [= *Styrax tonkinensis* (Pierre) Craib ex Hartwi.]

约 130 种, 主要分布于亚洲和南北美洲的热带

地区, 少数种类分布于地中海沿岸。

3.2 山茉莉族

Huodendreae Y. F. Deng, trib. nov. Type: *Huodendron* Rehder

Diagnosis: Petals 5, free; ovary inferior; fruit capsular, ovoid, 1/3~2/3 surrounded by calyx, dehiscent loculicidally by 3 valves; seeds winged at both ends.

花瓣 5, 离生; 子房下位; 果实蒴果状, 1/3~2/3 与宿存花萼合生, 纵裂成 3 瓣; 种子两端具翅。

1 属 4 种, 分布于中国、越南、缅甸和泰国。

3.2.1 山茉莉属

Huodendron Rehder, J. Arnold Arbor. 16: 341. 1935. Type: *Huodendron tibeticum* (J. Anthony) Rehder (= *Styrax tibeticus* J. Anthony)

4 种, 分布于中国、越南、缅甸和泰国。

3.3 赤杨叶族

Alniphyllae Hu, H. H. Hu Complete Works 1: 503. 2024. Type: *Alniphyllum* Matsum.

Alniphyllaceae Hayata, J. Coll. Sci. Univ. Tokyo 22: 234. 1906. Type: *Alniphyllum* Matsum.

2 属 5 种, 分布于东南亚。

3.3.1 歧序安息香属

Bruinsmia Boerl. & Koord., Natuurk. Tijdschr. Ned.-Indië 53 (1): 68. 1893. Type: *Bruinsmia styra-coides* Boerl. & Koord.

2 种, 分布于东南亚地区。

樊国盛^[67]建议将歧序安息香(*B. polysperma* Steenis)从本属分出建立新野茉莉属(*Neostyrax* G. S. Fan)。但是, 因未提供拉丁文描述, 属名 *Neostyrax* 未被合格发表。该观点也有待进一步研究验证。

3.3.2 赤杨叶属

Alniphyllum Matsum., Bot. Mag. (Tokyo) 15: 67. 1901. Type: *Alniphyllum pterospermum* Matsum.

3 种, 分布于东亚。

3.4 银钟花族

Halesieae Horan., Char. Ess. Fam.: 102. 1847. Type: *Halesia* J. Ellis ex L., nom. cons.

Halesiaceae D. Don, Edinburgh New Philos. J. 6: 49. 1828, nom. cons. Type: *Halesia* J. Ellis ex L., nom. cons.

9 属 25 种, 分布于亚洲和北美洲。

3.4.1 茉莉果属

Parastyrax W. W. Sm., Notes Roy. Bot. Gard.

Edinburgh. 12: 231. 1920. Type: *Parastyrax lacei* W.W.Sm.

1种,分布于中国与缅甸。

原发表在茉莉果属的大叶茉莉果(*P. macrophyllus* C. Y. Wu et K. M. Feng)已被转移至木瓜红属为大叶木瓜红(*Rehderodendron macrophyllum* (C. Y. Wu & K.M.Feng) W.Y.Zhao, P.W.Fritsch & W. B.Liao)^[72]。

3.4.2 长果安息香属

Changiostyrax C. T. Chen, Guihaia 15 (4): 290. 1995. Type: *Changiostyrax dolichocarpus* (C.J. Qi) Tao Chen (= *Sinojackia dolichocarpus* C.J.Qi)

1种,中国特有。

3.4.3 银钟花属

Perkinsiodendron P. W. Fritsch, J. Bot. Res. Inst. Texas 10 (1): 115. 2016. Type: *Perkinsiodendron macgregorii* (Chun) P. W. Fritsch (= *Halesia macgregorii* Chun).

1种,中国特有。

3.4.4 北美银钟花属

Halesia J. Ellis ex L., Syst. Nat. ed. 10, 1044. 1759, nom. cons., non *Halesia* P. Browne, Civ. Nat. Hist. Jamaica 205. 1756, nom. rej. = *Hillia* Boehmer, Def. Gen. ed. 3. 71. 1760. = *Carlomohria* E. L. Greene, Erythea 1: 236. 1893. = *Mohria* N. L. Britton, Gard. & Forest 6: 434. 1893, nom. illeg., non *Mohria* Sw., Syn. Fil. 6: 159. 1806. = *Mohrodendron* N. L. Britton, Gard. & Forest 6: 463. 8 Nov 1893, nom. illeg. Type: *Halesia carolina* L.

2种,分布于北美洲。

之前的分子系统学研究结果表明,本属2种可能应处理为不同的属^[70-72],需要进一步的研究。

3.4.5 秤锤树属

Sinojackia Hu, Contr. Biol. Lab. Chin. Assoc. Advancem. Sci., Sect. Bot. 4(1): 1. 1928. Type: *Sinojackia xylocarpa* Hu

5种,中国特有。

3.4.6 白辛树属

Pterostyrax Siebold & Zucc., Fl. Jap. 1: 94. 1839. Type: *Pterostyrax corymbosum* Siebold & Zucc.

3种,分布于中国和日本。

分布于缅甸的缅甸白辛树(*Pterostyrax burmanicus* W.W.Sm. & Farrer),实为木瓜红属植物缅甸木瓜红(*Rehderodendron burmanicum* (W. W. Sm. & Farrer) W.Y.Zhao, P.W.Fritsch & W.B.Liao)^[74]。

因此,白辛树属不产缅甸,仅分布于中国和日本。

3.4.7 万钧安息香属

Chengiostyrax Y. F. Deng, gen. nov. Type: *Chengiostyrax hispidus* (Siebold & Zucc.) Y.F. Deng.

Diagnosis: The new genus differs from *Pterostyrax* in its stamens nearly free, filaments subequal.

乔木或灌木;冬芽裸露。叶互生,具叶柄,边缘具锯齿。伞房状圆锥花序,顶生或生于小枝上部叶腋,花有短梗;花梗与花萼之间有关节;花萼钟状,5脉,顶端5齿,萼管全部贴生于子房上;花冠5,裂片基部稍合生,花蕾时覆瓦状排列;雄蕊10枚,近等长,伸出,花丝扁平,近离生,花药长圆形或卵形,药室内向,纵裂,花柱棒状,延伸,柱头不明显3裂,子房近下位,3室,胚珠每室4颗,生于中轴胎座上,在上部的向上,在下部的下垂。核果纺锤形,几全部为宿存的花萼所包围,并与其合生,不开裂,有10棱,外果皮薄,脆壳质,内果皮近木质,有种子1~2颗。

1种,日本特有。

本新属与白辛树属的区别在于雄蕊基部几离生,花丝仅等长。

今年是著名树木分类学家郑万钧先生(1904年6月24日—1983年7月25日)诞辰120周年,谨以此属名纪念先生在树木分类学研究上做出的卓越贡献。

万钧安息香

Chengiostyrax hispidus (Siebold & Zucc.) Y. F. Deng, comb. nov. Baionym: *Pterostyrax hispidus* Siebold & Zucc., Abh. Math.-Phys. Cl. Königl. Bayer. Akad. Wiss. 4(3): 132. 1846. Type: Japan: Siebold s.n. (lectotype designated by Akiyama et al., J. Jap. Bot. 91(5): 269. 2016: L [L0005862])

3.4.8 陀螺果属

Melliodendron Hand.-Maz., Anz. Akad. Wiss. Wien., Math.-Naturwiss. Kl. 59: 109. 1922. Type: *Melliodendron xylocarpum* Hand.-Mazz.

1种,中国特有。

3.4.9 木瓜红属

Rehderodendron Hu, Sinensia 2: 109. 1932. Type: *Rehderodendron kweichowense* Hu

约10种,分布于中国、越南和缅甸。

4 结 语

随着多学科研究手段特别是分子生物学证据

在植物系统与分类学研究中得到广泛应用,植物系统与分类学研究得到了长足发展。这些研究手段的应用,使安息香科的范围也得以稳定,对于属的划分也趋于合理。笔者回顾了安息香科系统与分类学的研究历史,对仅有的胡先骕分类系统进行了评估。在此基础上,利用已有的分子系统研究结果,提出了一个新的安息香科分类系统,将安息香科分为安息香族、山茉莉族、赤杨叶族和银钟花族等4个族。

虽然安息香科植物系统发育的框架已经基本形成,但是,仍有一些问题需要解决。①银钟花族所含属数较多,但包含的种类不多,对族内各属间的系统发育关系仍需深入研究。北美银钟花属仅有2种,在之前的分子系统学研究中,二者不聚为一支,对其分类需要进一步研究。②安息香属是安息香科内最大的属,约有130种,分布范围广,但迄今为止,除 Perkins^[5]于1907年发表的工作外,缺乏全面的分类学修订。而且,在已有的分类系统研究中所包含的种类也很少,对属内分类系统的建立仍需进一步研究。③安息香科中除安息香属外,其他各属所含种类不多,而且主要分布于东亚,我国是其分布中心,对各属内物种分化等研究缺乏。④安息香科内形态学方面的研究仍不够系统和深入。

致谢 胡先骕和郑万钧二位前辈是我国树木分类学的开拓者,且合作发表了不少树木新属和新种。谨以此文对二位前辈致以深切怀念。感谢《南京林业大学学报(自然科学版)》邀请为纪念郑万钧先生诞辰120周年专题撰稿。

参考文献(reference):

- [1] DE CANDOLLE A P, SPRENGEL K. Elements of the philosophy of plants [M]. Edinburgh: W Black wood, 1821.
- [2] ENDLICHER S L. Genera Plantarum [M]. Wien: Fr Beck, 1839.
- [3] BENTHAM G, HOOKER J D. Genera Plantarum vol. 2 [M]. London: Lovell Reeve & Co, 1876.
- [4] GURKE M. Styracaceae [M] // ENGLER A, PRANTL K. Die natürlichen Pflanzenfamilien IV/1. Leipzig: Verlag von Wilhelm Engelmann, 1891: 172-180.
- [5] PERKINS J. Styracaceae [M] // ENGLER A. Pflanzenreich Heft 30. Leipzig: Verlag von Wilhelm Engelmann, 1907: 1-111.
- [6] ENGLER A, GILG E. Syllabus der Pflanzenfamilien [M]. 9 & 10th ed. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1924.
- [7] DESFONTAINES R L. Symplocaceae [J]. Mém Mus Hist Nat 1820, 6: 9.
- [8] DE CANDOLLE A P. Styracaceae [M] // Prodromus Systematis Naturalis Regni Vegetabilis Tom. 8. Paris: Masson, 1844: 244-272.
- [9] GURKE M. Symplocaceae [M] // ENGLER A, PRANTL K. Die natürlichen Pflanzenfamilien IV/1. Leipzig: Verlag von Wilhelm Engelmann, 1891: 165-171.
- [10] HUTCHINSON J. The families of flowering plants. I. dicotyledons [J]. Sci Issues Lett, 1926, 8(270): 10. DOI: 10.2307/3901895.
- [11] CRONQUIST A. An integrated system of classification of Flowering Plants [M]. New York: Columbia University Press, 1981.
- [12] TAKHTADZHIAN A L. Diversity and classification of Flowering Plants [M]. New York: Columbia University Press, 1997.
- [13] GROUP T A P. An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV [J]. Bot J Linn Soc, 2016, 181(1): 1-20. DOI: 10.1111/boj.12385.
- [14] STYER C H. Comparative anatomy and systematics of Moutabeae (Polygalaceae) [J]. J Arnold Arbor, 1977, 58: 109-145. DOI: 10.5962/bhl.part.29237.
- [15] AGARDH J G. Theoria Systematis Plantarum [M]. Lund: C W K Gleerup, 1858.
- [16] MIQUEL F A G, MARTIUS C F P. Ebenaceae. In: Martius CFP von. Flora Brasiliensis [J]. München & Leipzig: F Fleischer von, 1856, 7: 1-20.
- [17] ERIKSEN B. Phylogeny of the polygalaceae and its taxonomic implications [J]. Plant Syst Evol, 1993, 186(1): 33-55. DOI: 10.1007/BF00937712.
- [18] PERSSON C. Phylogenetic relationships in Polygalaceae based on plastid DNA sequences from the trnL-F region [J]. TAXON, 2001, 50(3): 763-779. DOI: 10.2307/1223706.
- [19] ERIKSEN B, PERSSON C. Polygalaceae [M] // KUBITZKI K. The families and genera of vascular plants vol. 9. Berlin: Springer, 2007: 345-363.
- [20] BANKS H, KLITGAARD B B, CLAXTON F, et al. Pollen morphology of the family Polygalaceae (Fabales) [J]. Bot J Linn Soc, 2008, 156(2): 253-289. DOI: 10.1111/j.1095-8339.2007.00723.x.
- [21] DE WILDEMAN E. Etudes de systématique et de géographie botaniques sur la flore du Bas-et du Moyen-Congo [M]. Bruxelles: Par ordre du Secrétaire d'Etats, 1903. DOI: 10.5962/bhl.title.118672.
- [22] CHEVALIER A. La famille des Huaceae et ses affinités [J]. Rev Intl Bot Appl Agric Trop 1947, 27: 26-29.
- [23] BAAS P. Anatomical contributions to plant taxonomy II. The affinities of *Hua* Pierre and *Afrostryax* Perkins et Gilg [J]. Blumea, 1972, 20: 161-192.
- [24] BAYE C. Huaceae [M] // KUBITZKI K. The Families and Genera of Vascular Plants vol. 6. Berlin: Springer, 2004: 191-193.
- [25] ZHANG L B, SIMMONS M P. Phylogeny and delimitation of the Celastrales inferred from nuclear and plastid genes [J]. Syst Bot, 2006, 31(1): 122-137. DOI: 10.1600/036364406775971778.
- [26] HARMS H. Eine neue gattung der Leguminosae aus dem tropischen afrika, *Haplormosia* Harms [J]. Repert Nov Specierum Regni Veg, 15: 22-24. DOI: 10.1002/FEDR.19170150107.
- [27] MILDBRAED J. Über die Gattungen *Afrostryax* Perk. et Gilg und *Hua* Pierre und die "Knoblauch-Rinden" Westafrikas [J]. Bot Jahrb Syst 1913, 49: 552-559.
- [28] MELCHIOR H. Syllabus der Pflanzendamilien, Bd. 2 [M]. 12 aufl. Borntraeger: Vollständig Neubearbeitete Aufl, 1964.
- [29] HUTCHINSON J. The families of flowering plants [M]. 2nd ed. Oxford: Clarendon Press, 1959.
- [30] HUTCHINSON J. The genera of flowering plants (Angiospermae). Dicotylédones. Vol. 2 [M]. Oxford: Clarendon Press, 1969.
- [31] NG F S P. The relationships of the Sapotaceae within the Ebenales [M] // PENNINGTON T D. The genera of Sapotaceae. Kew: Royal Botanic Gardens & New York: New York Botanical Garden, 1991: 1-13.
- [32] WHITE F. Lissocarpaceae [J]. Mem New York Bot Gard, 1981, 32: 329-330.
- [33] DE FRANCESCHI D. Phylogénie des Ebénales: analyse de l'ordre et origine biogéographique des espèces indiennes [J]. Publ Départ Ecol, Inst Franç Pondichery, 1993, 33: 1-153.
- [34] OLIVER D. Lissocarpa benthamii GURKE [J]. Hooker's Icon PI, 1895, 25: 2413.
- [35] GENTRY A H. A field guide to the families and genera of woody plants of northwest South America (Colombia, Ecuador, Peru), with supplementary notes on herbaceous taxa [M]. Washington DC: Conservation International, 1993.

- [36] VÁSQUEZ M R. Flórula de las Réservas Biológicas de Iquitos, Perú [J]. Monogr Syst Bot Missouri Bot Gard, 1997, 63: 1–1046.
- [37] WALLNÖFER B. A revision of *Lissocarpa* Benth. (Ebenaceae subfam. Lissocarpoideae (Gilg in Engler) B. Walln.) [J]. Ann Nat Mus Wien Ser B, 2003, 105: 515–564.
- [38] FRITSCH P W. Styracaceae [M]//KUBITZKI K. The families and genera of vascular plants vol. 6. Berlin: Springer, 2004: 434–442.
- [39] FRITSCH P W. Phylogeny of *Styrax* based on morphological characters, with implications for biogeography and infrageneric classification [J]. Syst Bot, 1999, 24 (3): 356. DOI: 10.2307/2419695.
- [40] WALLNÖFER B. A revision of *Styrax* L. section *Pamphilia* (MART, ex A.DC.) B.WALLN. (Styracaceae) [J]. Ann Nat Mus Wien Ser B, 1997, 99: 681–720.
- [41] 胡先骕. 关于安息香科的分类系统与地理分布 [M]//胡晓江. 胡先骕全集 1. 南昌: 江西人民出版社, 2024: 499–508. HU H H. On the systematics and phytogeography of Styracaceae. [M]//HU X J. H. H. HU: complete works 1. Nanchang: Jiangxi People's Publishing House, 2024: 499–508.
- [42] THORNE R F. The classification and geography of the flowering plants: dicotyledons of the class Angiospermae [J]. Bot Rev, 2000, 66(4): 441–647. DOI: 10.1007/BF02869011.
- [43] DAHLGREN R M T. A revised system of classification of the angiosperms [J]. Bot J Linn Soc, 1980, 80(2): 91–124. DOI: 10.1111/j.1095–8339.1980.tb01661.x.
- [44] YU C, CHEN Z L. Leaf architecture of the woody dicotyledons from tropical and subtropical China [M]. Beijing: International Academic Publishers, 1991.
- [45] 陈泽瀛, 喻诚鸿. 华南木本双子叶植物叶的宏观结构资料 II, 安息香科 [J]. 中国科学院华南植物研究所集刊, 1986, 2: 99–109. CHEN Z L, YU C H. Leaf architecture of the woody Dicotyledons from South China. II. Styracaceae [J]. Acta Bot Austr Sin 1986, 2: 99–109.
- [46] 杨庆峰, 蔡雪珍, 陈涛. 长果安息香属和秤锤树属植物叶片脉序研究 [J]. 广西植物, 1997, 17(2): 145–148. YANG Q F, CAI X Z, CHEN T. Study on vein sequence of leaves of *Styrax* and *Cynanchum* [J]. Guihaia, 1997, 17(2): 145–148.
- [47] 陈涛. 中国安息香科一新属: 长果安息香属 [J]. 广西植物, 1995, 15(4): 289–292. CHEN T. A new genus of *Styrax* from China: *Styrax* [J]. Guihaia, 1995, 15(4): 289–292.
- [48] 祁承经. 湖南安息香科一新种 [J]. 植物分类学报, 1981, 19(4): 526–528. QI C J. A new species of Styracaceae from Hunan [J]. Acta Phytotax Sin, 1981, 19(4): 526–528.
- [49] SCHADEL W E, DICKISON W C. Leaf anatomy and venation patterns of the Styracaceae [J]. J Arnold Arbor, 1979, 60(1): 8–37. DOI: 10.5962/p.185880.
- [50] DICKISON W C, PHEND K D. Wood anatomy of the Styracaceae: Evolutionary and ecological considerations [J]. IAWA Bull, NS, 1985, 6: 3–22.
- [51] DICKISON W C. Floral anatomy of the Styracaceae, including observations on intra-ovarian trichomes [J]. Bot J Linn Soc, 1993, 112(3): 223–255. DOI: 10.1111/j.1095–8339.1993.tb00318.x.
- [52] SHARMA C, GUPTA H P. Pollen morphology and interspecific delimitation of Indian species of the genus *Styrax* L. [J]. Geophytology, 1978, 8: 43–48.
- [53] 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. LIANG Y H, YU C H. Pollen morphology of Styracaceae and its taxonomic significance [J]. Acta Phytotax Sin, 1985, 23(2): 81–90.
- [54] MORTON C M, DICKISON W C. Comparative pollen morphology of the Styracaceae [J]. Grana, 1992, 31(1): 1–15. DOI: 10.1080/00173139209427822.
- [55] MANSHARD E. Chromosome numbers in *Styrax* [J]. Planta, 1936, 25: 364.
- [56] BARANEC T, MURÍN A. Karyological analyses of some Korean woody plants [J]. Biol Sect Bot, 2003, 58(4): 797–804.
- [57] GONSOULIN G J. A revision of *Styrax* (Styracaceae) in North America, Central America, and the Caribbean [J]. Sida, 1974, 5(4): 191–258.
- [58] MORAWETZ W. The karyology of some Neotropical Styracaceae [J]. Plant Syst Evol, 1991, 177(1): 111–115. DOI: 10.1007/BF00937831.
- [59] MEHRA P N, BAWA K S. Chromosomal evolution in tropical hardwoods [J]. Evolution, 1969, 23(3): 466–481. DOI: 10.1111/j.1558–5646.1969.tb03529.x.
- [60] 石从广, 高燕会, 柳新红, 等. 3 种安息香属植物的根尖染色体核型分析 [J]. 浙江林业科技, 2017, 37(3): 23–27. SHI C G, GAO Y H, LIU X H, et al. Karyotype analysis of root chromosome in three species of *Styrax* [J]. J Zhejiang For Sci Technol, 2017, 37(3): 23–27. DOI: 10.3969/j.issn.1001–3776.2017.03.004.
- [61] HANSON L, BROWN R L, BOYD A, et al. First nuclear DNA C-values for 28 angiosperm Genera [J]. Ann Bot, 2003, 91(1): 31–38. DOI: 10.1093/aob/mcg005.
- [62] 徐炳声, 翁若芬, 栗田子郎. 东亚植物区系中若干双子叶植物的染色体新计数及其系统学和进化意义 [J]. 植物分类学报, 1994, 32(5): 411–418. HSU P S, WENG R F, KURITA S. New chromosome counts of some dicots in the Sino-Japanese region and their systematics and evolutionary significance [J]. Acta Phytotax Sin, 1994, 32(5): 411–418.
- [63] 伏秦超, 张西玉, 吴三林, 等. 肉果秤锤树染色体核型分析 [J]. 乐山师范学院学报, 2011, 26(12): 23–24. FU Q C, ZHANG X Y, WU S L, et al. Chromosome karyotype analysis of *Pistacia chinensis* [J]. J Leshan Norm Univ, 2011, 26(12): 23–24. DOI: 10.3969/j.issn.1009–8666.2011.12.009.
- [64] 王恒昌, 何子灿, 李建强, 等. 秤锤树的核型研究及其减数分裂过程的观察 [J]. 武汉植物学研究, 2003, 21(3): 198–202. WANG H C, HE Z C, LI J Q, et al. Studies on karyotype of *Sinojackia xylocarpa* hu and observations on its meiosis of pollen mother cell [J]. J Wuhan Bot Res, 2003, 21(3): 198–202.
- [65] LÖVE Å. Chromosome number reports lxix [J]. Taxon, 1980, 29(5/6): 703–730. DOI: 10.1002/j.1996–8175.1980.tb00708.x.
- [66] NOOTEBOOM H P. Revision of the Symplocaceae of the Old World. New Caledonia excepted [J]. Leiden Bot Ser, 1975, 1(1): 3–335. DOI: 10.1163/9789004628038.
- [67] 樊国盛. 亚洲野茉莉科属的数量分类学研究 [J]. 广西植物, 1996, 16(4): 305–307. FAN G S. Generic numerical taxonomy of Styracaceae from Asia [J]. Guihaia, 1996, 16(4): 305–307.
- [68] FRITSCH P W, MORTON C M, CHEN T, et al. Phylogeny and biogeography of the Styracaceae [J]. Int J Plant Sci, 2001, 162(S6): S95–S116. DOI: 10.1086/323418.
- [69] FRITSCH P W. Phylogeny and biogeography of the flowering plant genus *Styrax* (Styracaceae) based on chloroplast DNA restriction sites and DNA sequences of the internal transcribed spacer region [J]. Mol Phylogenet Evol, 2001, 19(3): 387–408. DOI: 10.1006/mpev.2001.0933.
- [70] YAO X H, YE Q G, FRITSCH P W, et al. Phylogeny of *Sinojackia* (Styracaceae) based on DNA sequence and microsatellite data: implications for taxonomy and conservation [J]. Ann Bot, 2008, 101(5): 651–659. DOI: 10.1093/aob/mcm332.
- [71] FRITSCH P W, YAO X H, SIMISON W B, et al. *Perkinsiodendron*, a new genus in the Styracaceae based on morphology and DNA sequences [J]. J Bot Resh Inst Texas, 2016, 10: 109–117.
- [72] YAN M H, FRITSCH P W, MOORE M J, et al. Plastid phylogenomics resolves infrafamilial relationships of the Styracaceae and sheds light on the backbone relationships of the Ericales [J]. Mol Phylogenet Evol, 2018, 121: 198–211. DOI: 10.1016/j.ympev.2018.01.004.
- [73] CAI X L, LANDIS J B, WANG H X, et al. Plastome structure and phylogenetic relationships of Styracaceae (Ericales) [J]. BMC Ecol Evol, 2021, 21(1): 103. DOI: 10.1186/s12862–021–01827–4.
- [74] ZHAO W Y, FRITSCH P W, LIU Z C, et al. New combinations and synonyms in *Rehderodendron* (Styracaceae) [J]. Phyto Keys, 2020, 161: 79–88. DOI: 10.3897/phytokeys.161.54970.

(责任编辑 吴祝华)