

大戟科植物分类的数值分析

徐增莱^{1,2}, 余伯阳¹, 徐珞珊¹

(1. 中国药科大学, 江苏 南京 210038; 2. 江苏省中国科学院植物研究所, 江苏 南京 210014)

摘要: 根据大戟科 216 个分类性状的分布, 采用欧氏距离系数 - 类平均法对 Webster(1994) 广义大戟科 49 个族或亚族进行聚类分析。结果表明, 现行的大戟科分类系统中, 大多数族和亚族水平的分类基本合理, 而 Galearicae 族的系统位置和五月茶族 Antidesmeae 等亚族的划分出现较大矛盾。该系统中未包含的方鼎木属 *Archileptopus*, 应与叶下珠族的 *Pseudolachnostylidinae* 亚族接近。

关键词: 大戟科; 数量分类; 聚类分析

中图分类号: Q949.753.509

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2004)05-0399-06

Numerical Analysis of the Euphorbiaceae

XU Zeng-lai^{1,2}, YU Bo-yang¹, XU Luo-shan¹

(1. China Pharmaceutical University, Nanjing 210038, China; 2. Institute of Botany, Jiangsu Province & the Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014, China)

Abstract: This paper reports the cluster analysis of Euphorbiaceae by using Euclidean distance-UPGMA method according to 216 taxonomic characters. The result shows that the combinations of most tribes or subtribes are basically rational, but the position of tribes, such as Galearicae, and some subtribes, such as the subtribe of Antidesmeae, can not be clustered together. Furthermore, the result of cluster does not support Webster's system at subfamily level. According to the result, a new genus *Archileptopus* which was not included in Webster's system, is closer to subtribe *Pseudolachnostylidinae* (Phyllanthae) than to *Andrachanae*.

Key words: Euphorbiaceae; Numerical taxonomy; Cluster analysis

大戟科是被子植物中的大科, 是热带植物区系中的重要成分, 有橡胶 *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Muell. Arg.、木薯 *Manihot esculenta* Crantz.、油桐 *Vernicia fordii* (Hemsl.) Airy Shaw 等重要的粮食、经济植物和巴豆 *Croton tiglium* L.、大戟 *Euphorbia pекinensis* Rupr.、余甘子 *Phyllanthus emblica* L. 等药用植物, 是一个具有重要经济价值的植物类群。大戟科也是被子植物中分类极为困难的类群之一。20 世纪的许多植物系统学家不同意广义大戟科的概念, 更倾向于将它分为多个较小的科, 持狭义大戟科观点的学者将广义大戟科分为十余个较小的科, 包括根据 *Antidesma* 建立的 *Stilaginaceae* (Agardh, 1825), 根据 *Aporosa* 和 *Hymenocadia* 建立的 *Scpaceae* (Lindley, 1836), 根

据 *Putranjiva* 建立的 *Putranjiveae* (Endlicher, 1837), 根据 *Pera* 建立的 *Prosopidoclineae* (即 *Peraceae*)^[1]。

历史上大戟科分类最重要的成果有: Adrien de Jussieu (1824) 建立了大致与目前的亚科相对应的主要的属的系列; 1858 年 Baillon 出版了 *Étude Générale du Groupe des Euphorbiacées*, 建立了许多新属和新组, 重新界定了科的范围 (将黄杨科 *Buxaceae* 分出)。但是, 与林奈的阶层系统不同, Baillon 建立了 14 个“Sieries”, 每个属常以与先定的属的区别而定, 未得到多数分类学家的认同^[2]。

1866 年 Mueller 首次提出了基本完整的亚科, 族和亚族的分类, 此系统部分地起源于早期在亲缘关系上失败的 Baillon (1858) 系统^[3]; Bentham (1880) 和 Pax (1890) 的系统基本上接受

了 Mueller 的总体框架并有小的调整。1884 年 Pax 提出了以解剖学性状为依据的最初分类,将所有二胚珠类群放入叶下珠亚科 Phyllthoideae, 单胚珠类群置于 Crotonoideae 亚科,但在 Das Pflanzenreich 第六版(Pax & Hoffmann, 1919)中, Pax 很大程度上又回到 Mueller 系统, 重新接受以萼片卷叠式作为第一级区别性状^[4]。Hurusawa 于 1954 年发表了一个狭义的大戟科分类系统, 但他的 Antidesmataceae, Euphorbiaceae, Porantheraceae 和 Ricinocarpaceae, 仅仅是将 Pax 的 4 个亚科提升到科的等级, 没有多少新意, 但建立了 3 个具双胚珠的亚科 (Briedelioideae, Antidesmatiodae 和 Phyllanthoideae) 和 4 个单胚珠的亚科 (Euphorboideae, Acalyphoideae, Crotonoideae 和 Sapioidae)^[5]。除了对少数类群的处理作了较大改动外, Pax 和 Hoffmann(1931) 的修订和 Hurusawa (1954) 系统, 仍然反映了 Mueller 的最初思想。Hutchinson(1969)提出了一个全然不同的新系统, 亚科等级被放弃, 将属组合为 40 个族, 其中许多是新的^[6]。Hutchinson 系统和他的被子植物分类系统一样, 过于依赖生活型和花形态特征, 对解剖学、细胞学或孢粉学性状缺乏足够的重视。以研究热带亚洲和澳大利亚大戟科为主的 A. K. Airy Shaw 也讨论过大戟科的界限问题, 他认为若限定狭义的大戟科, 几个独立的小科应该承认: Androstachydeae, Bischofiaceae, Hymenocardiaceae, Pandaceae, Peraceae, Picrodendraceae, Stilaginaceae, Uapacaceae^[7-13]。

Webster 则一直坚持广义的大戟科概念, 除了对分出 Pandaceae 予以有限度的认可外, Webster 不赞同任何将大戟科分离的观点, 并发表了迄今为止最为完整的大戟科分类系统^[14, 15], 将大戟科的 317 个属组成 49 族, 分 5 个亚科, 部分族又分了亚族。

近年来“被子植物系统发育小组”采用分子标记和分支系统学方法, 赞同 Pandaceae 成立, 还将广义的大戟科分为双胚珠的 Phyllanthaceae、Picrodendraceae、Putrajivaceae 和单胚珠的 Euphorbiaceae 4 个科, 置于真双子叶植物 (eudicot) 类群中^[16-18]。

一直以来, 对大戟科分类处理争议众多, 以 Muell. Arg. Benthem、Webster 为代表的广义观点和以 Airy Shaw、Hurusawa 为代表的狭义观点都有一定的证据。该类群植物种类极多, 至今还有许多仍了解甚少, 实验研究很不充分。因此目前的分类从总体而言, 还是建立在形态学基础之上, 对类群的

划分还是经验性的。本文试图利用对全科主要分类性状的数值分析, 以探讨该科的一些分类问题。

1 性状的选择与编码

根据广义大戟科概念的完整系统—Webster (1994)系统, 选取大戟科 310 属的主要分类性状 (少数属除了原始发表时的描述外无法得到更多的资料, 不能取得可用于分析的足够数据, 故舍去)^[1, 3, 4, 15, 19-29]。用于分析的性状共 10 类 216 个 (表 1)。

1.1 性状选择的根据

由于大戟科大多数类群未进行足够的研究, 本文主要选择形态学性状, 特别是各个类群的主要区别性特征。

质量性状: 如单叶、复叶, 叶全缘、叶分裂等, 直接选取。

数量性状: 有二类, 一类如叶的大小、叶柄长度等连续型多态性状, 通常用于属以下水平分类的性状, 在属之间进行比较是无意义的, 一律不选; 一类如花被数、萼片数、雄蕊数等离散型多态性状, 直接以数目计入原始数据矩阵。

1.2 性状的编码

根据性状来源的特点, 一律采用二元数据进行分析, 有序多态性状和无序多态性状均分解为二态性状, 进行编码。萼片数、花被数、雄蕊数、子房室数等数量性状, 根据全科的性状分布状况, 分解为萼片数 1-2-3、萼片数 4-5、萼片数 ≥ 6 和雄蕊数 ≤ 3 、雄蕊数 4-10、雄蕊数 ≥ 10 、雄蕊多数等不同水平, 进行二值化编码, 得到用于计算的数据矩阵。

2 分析方法

2.1 聚类单位

Webster(1994)系统将大戟科分为 49 个族, 部分族还划分了亚族(表 2), 未划分亚族的, 直接以族为 OTU, 划分了亚族的类群, 以亚族为 OTU, 我国学者李秉滔发表的方鼎木属 (*Archleptopus* Li) (Webster 1994 系统未包括) 也作为 OTU 参与计算。

2.2 聚类方法

先后尝试了多种度量系数和聚类策略, 经比较后, 以欧氏距离系数-类平均法 (Euclidean Distance-UPGMA) 进行聚类分析。

表 1 用于分析的分类性状
Table 1 Characters used for analysis

生活型	乔木、灌木、草本、藤本、雌雄同株 / 异株
叶	互生、对生、轮生, 单叶、复叶, 叶全缘、具齿、叶分裂、羽状脉、掌状脉、离基三出脉、石楠状; 具叶腺体、具叶柄腺体、具托叶、托叶脱落 / 宿存, 托叶在叶柄内、托叶与叶柄合生, 托叶合生、托叶大、具小托叶、托叶腺体状
毛被	单毛、腺毛、星状毛、鳞片毛、螫毛、金虎尾型毛被
茎	内生初皮部有 / 无、乳汁管有 / 无、乳管有 / 无节
花序	花序两性, 花序腋生、花序顶生、花序与叶对生、花序茎生, 具总苞, 总苞增大、苞片明显、具腺体、总苞数 4、5 或其它, 腺体数少于 4、4 或 5 枚、5 枚以上, 腺体合生、花梗贴生叶柄; 花单生、簇生或团伞花序、聚伞花序、聚伞圆锥花序、头状花序、总状花序、圆锥花序、穗状花序、二歧聚伞花序、大戟花序、菜萸花序、雌花顶生
雄花	雄花萼覆瓦状排列、镊合状排列、外向镊合状、交叉十字形; 花萼螺旋、具腺体、萼片具毛、在芽中闭合、萼宿存、萼合生; 萼片数 1-2-3、萼片数 4-5、萼片数 ≥ 6 ; 雄花被覆瓦状、镊合状、外向镊合状排列; 花被合生、花被全缘、花被具毛; 花被数、假花盘有无、雄花盘有无、全缘、分裂, 在雄蕊外方、在雄蕊内方, 花盘增大、花丝合生, 雄蕊数 ≤ 3 、雄蕊数 4-10、雄蕊数 ≥ 10 、雄蕊多数, 二列或二轮排列, 雄蕊内向、雄蕊外向、雄蕊向边、雄蕊反折; 花丝短于花药, 有退化花药, 花药基着、丁字形、花药下垂, 花药纵裂、花药平裂, 药室合生, 药室 3-4, 药隔增大, 药隔合生, 药隔具毛, 贴生药隔, 花药尖, 花粉 2 核, 花粉 3 核; 花粉壁全覆、花粉壁半覆, 覆盖层具孔; 无萌发孔、具萌发孔、具萌发沟、具孔沟, 具环型内口, 萌发孔数 3、萌发孔数 ≥ 4 ; 花粉外壁网状、具带纹、具脊、皱纹、斑点、刺突或疣、具孔、凹点、蠕回、巴豆型、顶盖具腺; 具退化雌蕊, 退化雌蕊增大
雌花	雌花萼覆瓦状排列、镊合状、外向镊合状, 花期开放、早落、增大; 萼片数 1-2、萼片数 3-4、萼片数 5、萼片数 > 5 , 花萼合生、花萼裂片全缘, 花期反折、具腺体; 花梗肉质, 雌花盘杯状、环状、分裂、腺体、被毛、多角; 雌花被覆瓦状排列、镊合状; 花被合生, 具退化雌蕊; 心皮数 3、心皮为其它数; 花柱雄蕊状, 花柱细、花柱粗, 花柱 2 裂、2 或多次 2 裂、花柱不裂、花柱多裂, 花柱合生、花柱撕裂状, 花柱伸长, 花柱具疣, 柱头扩大, 花柱弯曲, 具蜜腺, 花柱侧生
子房	子房室数 1-2、子房室数 3、子房室数 ≥ 4 ; 胚珠 2、胚珠 1, 胚珠倒生、胚珠横生、胚珠直生
果实	开裂蒴果、不裂蒴果; 浆果、核果、翅果; 蒴果中轴宿存, 室间开裂, 外果皮木质、肉质, 外果皮加厚、内果皮加厚、内果皮骨质; 果具毛或刺、瘤等附属物
种子	无 / 有种阜, 每室种子数 1、每室种子数 2、每室种子数 > 3 ; 种皮干 / 肉质, 种皮光滑 / 具雕纹, 有 / 无胚乳; 胚乳含油; 子叶平直, 子叶 / 胚根长 ($2+ / < 2$)、子叶 / 胚根宽 ($2+ / < 2$)

表 2 亚族的划分情况

Table 2 Tribes and subtribes of Euphorbiaceae in Webster G. L. (1994)

族 Tribe	亚族 Subtribe
4. Tribe Phyllanthae	4a. Subtribe Asterocasiinae 4b. Subtribe Leptopinae 4c. Subtribe Pseudolachnostylidinae 4d. Subtribe Securineginae 4e. Subtribe Andrachninae 4f. Subtribe Flueggeinae
6. Tribe Antidesmeae	6a. Subtribe Spondianthinae 6b. Subtribe Uapacinae 6c. Subtribe Scepinae 6d. Subtribe Antidesminae 6e. Subtribe Porantherinae
10. Tribe Podocalyceae	10a. Subtribe Podocalycinae 10b. Subtribe Tetracoccinae 10c. Subtribe Paradrypetinae
11. Tribe Caletiae	11a. Subtribe Hyaenanchinae 11b. Subtribe Dissilarinae 11c. Subtribe Petalostigmatinae 11d. Subtribe Pseudanthinae
12. Tribe Picrodendreae	12a. Subtribe Picrodendrinae 12b. Subtribe Paivaesulinae 12c. Subtribe Mischodontinae
23. Tribe Chrozophoreae	23a. Subtribe Speranskiinae 23b. Subtribe Ditaxinae 23c. Subtribe Doryxylinae 23d. Subtribe Chrozophorinae
26. Tribe Pycnocomeeae	26a. Subtribe Pycnocominae 26b. Subtribe Blumendendrinae
27. Tribe Epiptineae	27a. Subtribe Epiptinae 27b. Subtribe Cephalomappinae
29. Tribe Alchorneae	29a. Subtribe Alchorneinae 29b. Subtribe Concevebiniae
30. Tribe Acalyphaeae	30a. Subtribe Ricininae 30b. Subtribe Adrianinae 30c. Subtribe Mercurialinae 30d. Subtribe Dysopsidinae 30e. Subtribe Cleidiinae 30f. Subtribe Macaranginae 30g. Subtribe Claoxylinae 30h. Subtribe Lobaniliinae 30i. Subtribe Rottlerinae 30j. Subtribe Acalyphinae 30k. Subtribe Lasiococcinae
31. Tribe Plukenetiae	31a. Subtribe Plukenetiinae 31b. Subtribe Tragiinae 31c. Subtribe Dalechampiinae
33. Tribe Micrandreae	33a. Subtribe Micrandrinae 33b. Subtribe Heveinae
35. Tribe Adenoclineae	35a. Subtribe Adenoclininae 35b. Subtribe Endosperminae
41. Tribe Ricinocarpeae	41a. Subtribe Ricinocarpiinae 41b. Subtribe Bertyiinae
44. Tribe Aleuritideae	44a. Subtribe Aleurtiinae 44b. Subtribe Garciinae 44c. Subtribe Grosserinae 44d. Subtribe Crotonogyninae 44e. Subtribe Neoboutoninae
45. Tribe Stomatocalyceae	45a. Subtribe Stomatocalycinae 45b. Subtribe Hamiecoinae
46. Tribe Hippomaneae	46a. Subtribe Mabeinae 46b. Subtribe Carumbiinae 46c. Subtribe Hippomaninae
49. Tribe Euphorbieae	49a. Subtribe Anthosteminae 49b. Subtribe Neoguillaumininae 49c. Subtribe Euphorbiinae

3 结果分析和讨论

聚类分析的结果见图 1。

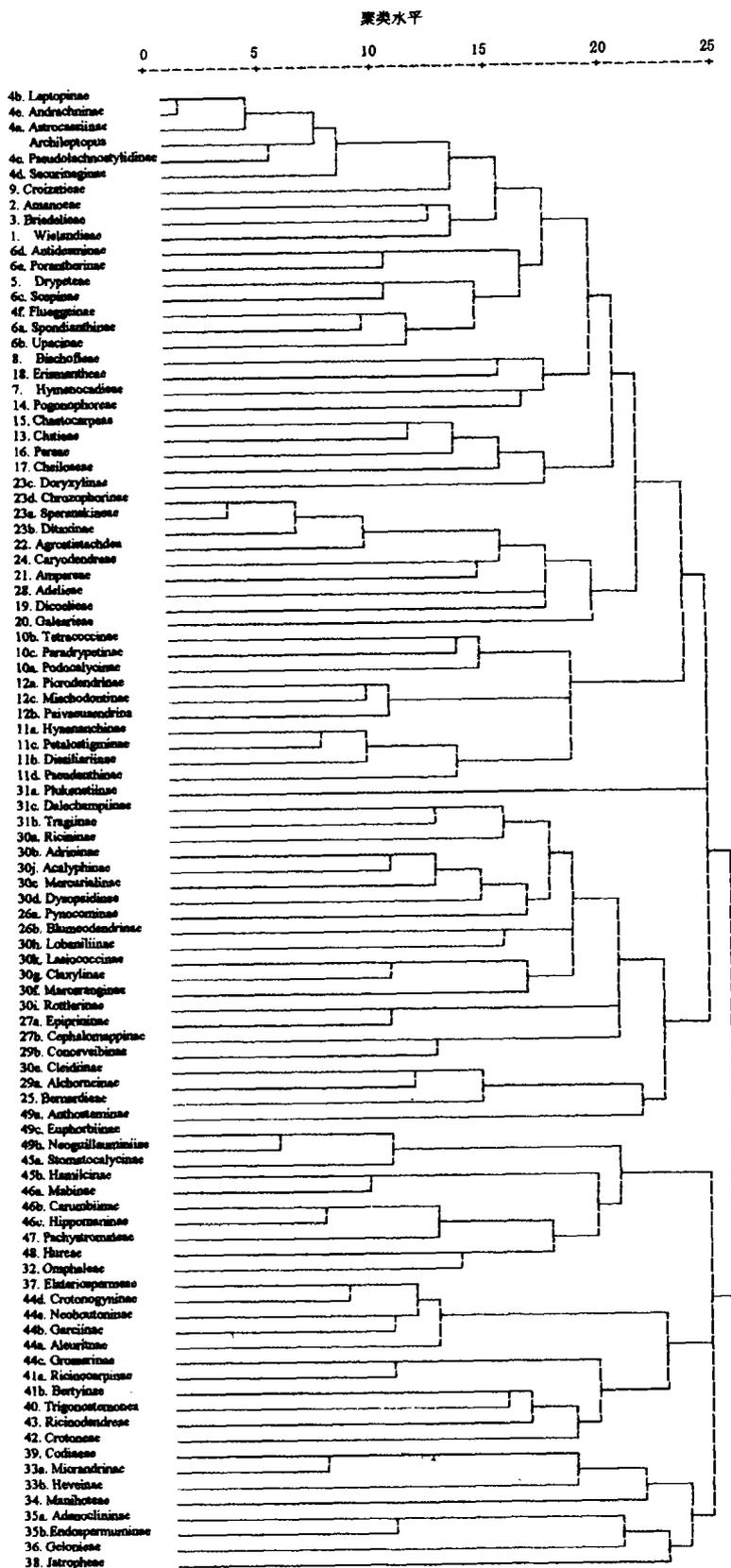


图 1 大戟科分族和亚族聚类分析结果

Fig. 1 Cluster analysis of tribes and subtribes of Euphorbiaceae

由聚类图可以看出, 许多族和亚族的划分基本上支持 Webster (1994) 系统的分类。该系统中许多排列较近的族或亚族能够聚合在一起, 如 Tribe Wielandiae、花蝶木族 Tribe Amanoeae、土蜜树族 Tribe Briedelieae 3 个最原始的族, 叶下珠族 Tribe Phyllanthae 的 5 个亚族、东京桐族 Tribe Chrozophoreae、Tribe Caletiae、Tribe Picrodendreae、Tribe Plukenetiae 等类群的亚族也能聚在一起。

聚类分析的结果表明, Webster (1994) 广义大戟科系统的 5 亚科分类存在很大的问题。各类群在聚合为两类之前, 先聚合为 6 类, 而此 6 类与前一次聚合为 8 类时的聚合水平近且差距很小, 而聚为 8 类与其前一级聚为 13 类时的聚类水平有更大的差异, 即可能将大戟科分为 8 个科下类群更合理。但大戟科应如何划分亚科, 在充分探讨大戟科多种性状的分类价值后才能解决。本研究涉及的主要都是形态学性状, 可见形态性状对探讨大戟科分类还是远远不够的。

聚类图中几处非二元分支充分地表明, Webster (1994) 大戟科分类系统在族之间的亲缘关系上仍存在诸多矛盾, 如 Tribe Galeariae、Tribe Croizatiae 等类群的位置, 表明它们现在的系统位置是不合理的。五月茶族 Tribe Antidesmeae、铁苋菜族 Tribe Acalyphae、Tribe Plukenetiae、Tribe Picrodendreae、Tribe Microdreae 等族的亚族不能聚合, 在铁苋菜亚科和巴豆亚科尤为突出。

叶下珠亚科中叶下珠族 Phyllanthae 的 Leptopinae、Andrachninae、Astrocassiinae、Pseudolachnostylidinae 和 Securineginae 能聚合在一起, 但白饭树亚族 Flueggeinae 却与五月茶族 Tribe Antidesmeae 的 Scopiniae 亚族、核果木族 Tribe Drypetae 聚合; 秋枫族 Tribe Bischofia 先与铁苋菜亚科 Acalyphoideae 的轴花木族 Tribe Erismantaeae 聚合, 再与 Tribe Hymenocadiaceae 聚合。

Oldfieldoideae 亚科的情况较好, 除了 Tribe Croizatiae 与叶下珠族的主要类群聚合, 与本亚科其它类群相距较远外, Tribe Podocalyceae、Tribe Picrodendreae 和 Tribe Caletiae 都能很好地聚合。

铁苋菜亚科 Acalyphoideae 的 Tribe Clutiae、Tribe Pogonophoreae、Tribe Chaetocarpeae、Tribe Pereae、Tribe Cheiloseae 聚合为一支, 支持 Webster (1994) 系统; Tribe Dicoelieae、Tribe Galeariae、Tribe Ampereae、Tribe Agrostistachdea、Tribe Chrozophoreae、Tribe Caryodendreae、Tribe Adeliae

等也聚为一支, 但聚类水平和聚合次序与 Webster 系统的等级和相互关系有所不同。Tribe Bernardiae 与山麻杆族 Tribe Alchorneae 的山麻杆亚族 Subtribe Alchorneinae 聚合, Tribe Plukenetiae 和 Tribe Pycnocomae 的亚族聚合并与山麻杆族的蓖麻亚族 Subtribe Ricininae 和 Subtribe Adrianinae 聚合, Tribe Omphaleae 的位置很特殊, 与巴豆亚科 Crotonoideae 的 Tribe Elateriospermeae 聚合。最为混乱的是山麻杆族 Tribe Alchorneae 和铁苋菜族 Tribe Acalyphae, 亚族分别聚为数支。

巴豆亚科 Crotonoideae 的 Tribe Adenoclineae、Tribe Geloniae、Tribe Jatrophae 聚合, Tribe Micrandreae、Tribe Manihoteae、Tribe Codiaeae 等聚合, Tribe Aleuritidae 的亚族也能聚合。

大戟亚科 Euphorbioideae 的各族和亚族聚类总体上较好。

方鼎木属在发表时, 李秉滔先生根据 Webster (1975) 的系统, 将方鼎木属置于雀舌木族 (Anrachanae), 并认为它最接近于雀舌木属 (*Leptopus*), 而本文聚类分析的结果表明, 方鼎木属最接近叶下珠族的 *Pseudolachnostylidinae*。

“被子植物系统发育小组”根据 *rbcL* 基因的 DNA 序列, 支持 Pandaceae 独立 (测试了小盘木属 *Microdesmis* 和 *Galearia* 两个属), 认为 Webster 的大戟科应分为双胚珠的 Phyllanthaceae (*Gonatogyne*、*Heywoodia*、*Lachnostylis*、蓝子木属 *Margaritaria*、叶下珠属 *Phyllanthus* 5 属 5 种)、Picrodendraceae (*Androstachys*、*Hyaenanche*、*Micranthemum*、*Stachystemon* 4 属 4 种)、Putrajivaceae (*Putrajiva*、核果木属 *Drypetes*) 和单胚珠的 Euphorbiaceae (测试了 *Bernardia*、*Blumeodendron*、肥牛树属 *Cephalomappa*、*Dysopsis*、黄桐属 *Endospermum*、大戟属 *Euphorbia*、海漆属 *Excoecaria*、*Joannesia*、白茶树属 *Koiloceras*、*Maprounea*、*Micrandra*、*Micrococca*、*Neoscortechinia*、澳杨属 *Omalanthus*、叶轮木属 *Ostodes*、*Pimelodendron* 16 属 16 种) 4 个科^[10]。这些分子系统学研究只涉及了广义大戟科不足十分之一的属, 比较 *rbcL* 基因的系统树与本文的聚类结果不难看出, 根据分子标记从广义大戟科中分出的科与形态性状聚类结果还有较大差距, 有理由相信, 广义的大戟科被分成若干小科将是必然的。

Webster (1994) 系统中属于大戟科, 也被许多学者从大戟科分出的 Pandaceae 类群, 我国有 1 种, 即

小盘木 *Microdesmis caseariaefolia* Planch. ex Hook. 《海南植物志》^[30]和《海南及广东沿海岛屿植物名录》^[31]均有记载,而《中国植物志》中未载,系一遗漏类群。

参考文献

- [1] Li P T (李秉滔). Euphorbiaceae. In: Flora Reip. Popul. Sin., Tomus 44(1)[M]. Beijing: Science Press, 1994. 1-3. (in Chinese)
- [2] Bentham G. Euphorbiaceae [A]. In: Bentham G, Hooker J D. Genera Plantarum ad Exemplaria Imprimis in Herbariis Kewensibus Servata Definita Vol. 3 [M]. London: Lovell Reeve & Co, 1880. 239-340.
- [3] Mueller J. Euphorbiaceae [A]. In: DC., Prodromus Vol. 15(2) [M]. 1866. 189-1261.
- [4] Pax F, Hoffmann K. Euphorbiaceae Plukenetiinae [A]. In: Engler A. Das Pflanzenreich IV. 147. IX. (Heft 68) [M]. 1919. 1-108.
- [5] Hurusawa I. Eine nochmalige Durchsicht des herkömmlichen systems der Euphorbiaceen im weiteren Sinne [J]. J Faculty Sci, 1954, 6:209-342.
- [6] Hutchinson J. Tribalism in the family Euphorbiaceae [J]. Amer J Bot, 1969, 56:738-758.
- [7] Airy Shaw H K. Diagnoses of new families, new names, etc. for the seventh edition of Willis's "Dictionary" [J]. Kew Bull, 1965, 18:249-273.
- [8] Airy Shaw H K. A Dictionary of the Flowering Plants and Ferns [M]. 7th ed. Cambridge: University Press, 1966.
- [9] Airy Shaw H K. The Euphorbiaceae of Siam [J]. Kew Bull, 1972, 26:191-363.
- [10] Airy Shaw H K. The Euphorbiaceae of Borneo [J]. Kew Bull Add Ser, 1975, 4:1-245.
- [11] Airy Shaw H K. The Euphorbiaceae of New Guinea [J]. Kew Bull Add Ser, 1980, 8:1-253.
- [12] Airy Shaw H K. The Euphorbiaceae Platylabeae of Australia [J]. Kew Bull, 1980, 35:577-700.
- [13] Airy Shaw H K. The Euphorbiaceae of Sumatra [J]. Kew Bull, 1982, 36:239-374.
- [14] Webster G L. Conspectus of a new classification of the Euphorbiaceae [J]. Taxon, 1975, 24:593-601.
- [15] Webster G L. Synopsis of the genera and suprageneric taxa of Euphorbiaceae [J]. Ann Mo Bot Gard, 1994, 81:33-144.
- [16] Savolainen S, Fay M F, Albach D C, et al. Phylogeny of the eudicots: a nearly complete familial analysis based on *rbcl* gene sequences [J]. Kew Bull, 2000, 55:257-309.
- [17] Chase M W, Zmartaty S, Lledó M D, et al. When in doubt, put it in Floacourtiaceae: molecular phylogenetic analysis based on plastid *rbcl* DNA sequences [J]. Kew Bull, 2002, 57:141-181.
- [18] The Angiosperm Phylogeny Group. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II [J]. Bot J Linn Soc, 2003, 141:399-436.
- [19] Qiu H X (丘华兴). Flora Reip. Popul. Sin., Tomus 44 (2) [M]. Beijing: Science Press, 1996. (in Chinese)
- [20] Ma J S (马金双). Flora Reip. Popul. Sin., Tomus 44 (3) [M]. Beijing: Science Press, 1997. (in Chinese)
- [21] Li P T (李秉滔). A new genus of Euphorbiaceae and some new nomenclatural combination of the Asclepiadaceae [J]. J South China Agri Univ (华南农业大学学报), 1991, 12(3):38-42. (in Chinese)
- [22] Pax F. Euphorbiaceae [A]. In: Engler A, Prantl K. Die Natürlichen Pflanzenfamilien, ed. Vol. 1, 3(5) [M]. 1890. 1-119.
- [23] Pax F. Euphorbiaceae-Jatropheae [A]. In: Engler A. Das Pflanzenreich IV. 147. [I] (Heft 42) [M]. 1910. 1-148.
- [24] Pax F. Die Phylogenie der Euphorbiaceae [J]. Bot Jahrb, 1924, 59: 129-182.
- [25] Pax F, Hoffmann K. Euphorbiaceae Cluytieae [A]. In: Engler A. Das Pflanzenreich IV. 147. III (Heft 47) [M]. 1911. 1-124.
- [26] Pax F, Hoffmann K. Euphorbiaceae-Gelonieae, Hippomaneae [A]. In: Engler A. Das Pflanzenreich IV. 147. V. (Heft 52) [M]. 1912. 1-41, 1-319.
- [27] Pax F, Hoffmann K. Euphorbiaceae-Acalyphae-Mercurialinae [A]. In: Engler A. Das Pflanzenreich IV. 147. VII (Heft 63) [M]. 1914. 1-473.
- [28] Pax F, Hoffmann K. Euphorbiaceae-Phyllanthaeae [A]. In: Engler A. Das Pflanzenreich IV. 147. XV. (Heft 81) [M]. 1922. 1-349.
- [29] Pax F, Hoffmann K. Euphorbiaceae [A]. In: Engler A, Prantl K. Die Natürlichen Pflanzenfamilien ed. 2, 19c [M]. 1931. 11-233.
- [30] Chun W Y (陈焕镛). Flora of Hainan, Vol. 2 [M]. Beijing: Science Press, 1964. 174-175. (in Chinese)
- [31] Wu T L (吴德邻). A Checklist of Flowering Plants of Islands and Reefs of Hainan and Guangdong Province [M]. Beijing: Science Press, 1994. 76-87. (in Chinese)