

五味子科几个分类学问题探讨

史刚荣

(淮北煤炭师范学院 资源植物生物学安徽省重点实验室, 安徽 淮北 235000)

摘 要: 基于近年来的研究成果,对五味子科的分类地位和系统关系、五味子属和南五味子属之间的关系及其分类系统等问题进行了讨论。五味子科和八角科不仅亲缘关系较近,而且是现存被子植物中最早分化出来的类群,把它们同置于八角目是合理的。五味子科的两个属——五味子属和南五味子属,可能源于同一祖先并沿两条不同演化路线平行演化。目前,关于南五味子属的分类系统的意见比较一致,但对五味子属分类系统的分歧却很大。

关键词: 五味子科; 五味子属; 南五味子属; 分类系统; 系统学

中图分类号: Q949.751.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2007)05-0706-06

Several taxonomical problems of Schisandraceae

SHI Gang-Rong

(Key Laboratory of Resource Plant Biology, Huaibei Coal Industry Teachers' College, Huaibei 235000, China)

Abstract: Based on the references concerned to Schisandraceae, several taxonomical problems, such as systematical position of Schisandraceae, relationship between *Schisandra* and *Kadsura*, and their system were discussed. The results showed that Schisandraceae and Illiciaceae not only closely correlated systematically, but also be one of the earliest differentiated taxa in the extant angiosperm, it was reasonable to place the two families in Illiciales. *Schisandra* and *Kadsura*, the two genus of Schisandraceae, maybe originated from common ancestor, and evolved parallelly in different ways. Compared to the genus *Kadsura*, of which the system has come to an agreement, it shows a great difference in system of *Schisandra* taxonomically.

Key words: Schisandraceae; *Schisandra*; *Kadsura*; system; systematics

五味子科(Schisandraceae)包括南五味子属(*Kadsura*)和五味子属(*Schisandra*)2属,约39种,分布于亚洲东南部和北美东南部。我国约29种,分布于中南部和西南部,北部及东北部较少见(刘玉壶,1996)。自1831年Don建立五味子科以来(Smith 1947),许多学者对其系统学进行了研究,但主要集中在该科与木兰科(Magnoliaceae)和八角科(Illiciaceae)的关系上(Mclaughlin, 1933; Whitaker, 1933; Kapil 等, 1964; Stone, 1965, 1968; Jalan, 1968; 徐凤霞, 2000),近年来,五味子科的系统发育研究也取得了一定的进展,但对其综合研究却未见报道。本文基于新的研究成果,对五味子科的分类地位、五味子属和南五味

子属之间的关系及其分类系统等问题进行了讨论,以期后续研究提供基础资料。

1 五味子科的分类地位

五味子科最初由Blume(1830)以Schizandreae为名发表,其下设五味子属和南五味子属,并指出它与木兰科Magnoliaceae近缘。Don(1831)将该名称改为Schizandraceae, Smith(1947)则将它改为Schisandraceae。后经国际植物学会讨论,确定Blume为五味子科的创始人,科名为Schisandraceae。

长期以来,不同学者对五味子科系统位置的处理

收稿日期: 2005-09-16 修回日期: 2006-12-20

基金项目: 安徽省教育厅自然科学基金(2003kj189)[Supported by Natural Science Foundation of Education Department of Anhui Province(2003kj189)]

作者简介: 史刚荣(1968-),男,副教授,硕士,研究方向为植物生态与物种生物学, (E-mail)swsgr@sohu.com。

不尽相同。Bentham 等(1862)、Walper(1868)、Hook 等(1872)、King(1891)、Matsuda(1893)、Gray(1895)、Nakai(1933)、Engler(1936)等将五味子科作为族(Schisandreae)置于木兰科中,Dippel(1893)、Kochne(1893)、Harm(1897)、Scheider(1905)等将它作为亚科(Schisandroideae)置于木兰科中,De Candolle(1824)、Spach(1839)等将它作为族置于防己科(Menispermaceae)中,Koch(1869)、Lauche(1880)等将它作为亚科置于防己科中,Engler(1964)、Hutchinson(1964,1973)将该科置于木兰目(Magnoliales)中。胡先骕(1950)以花粉为 3 沟型、叶有油腺这 2 个性状将八角科(Illiciaceae)与五味子科放在一起建立八角目(Illiciales),此观点被 Takhtajan(1969,1980,1987,1996)、Heywood(1971)、Dahlgren(1980)、Cronquist(1981,1988)和张宏达(1986)等学者采用。刘玉壶(2002a)依据花托延长状态,雄蕊雌蕊的形态、排列、数目,果实类型等性状,将五味子科提升为五味子目。

传统分类学认为,五味子科是木兰类的一员,属于最原始类群中进化程度较高的类群(Dahlgren, 1989; Cronquist, 1988; Takhtajan, 1996; Thorne, 1992)。然而,越来越多的证据表明,五味子科与八角科之间的关系远较木兰科密切。细胞学研究发现,尽管五味子科和八角科在核型上存在一定的差异,但它们的染色体基数都为 $n=14$,这与木兰科($n=19,38$)不同(Stone, 1965, 1968; Whitaker, 1933)。染色体的数目与节的解剖学类型似乎相关,染色体基数为 19 的类群以三叶隙和多叶隙节为特征,染色体基数为 14 的类群则以单叶隙节为特征(Bailey, 1954; Whitaker, 1933)。

Hayashiy(1963)根据胚胎学研究,发现东亚五味子(*S. repanda*)、日本南五味子(*K. japonica*)的胚胎发育与 *Illicium anisatum* 类似,同属紫菀型。孢粉学研究表明,八角属全为 3 沟型,五味子科为 3 沟和 6 沟型,且花粉外壁具半覆盖层,明显有别于木兰类常有的具全覆盖层的单沟花粉。在叶表皮形态上,八角属、五味子属和南五味子属的主要特征一致,均具分泌细胞,平列型和侧列型气孔器,脊状角质条纹(文香英等, 2000)。对八角科(Heslop 等, 1997)和五味子科(段林东等, 2004; Heslop 等, 1997; 刘忠等, 1999; Toker 等, 1994)植物柱头的研究表明,它们的柱头形态一致,均为无乳突光滑型钻状柱头。从种皮构造上,五味子科和八角科都为具外种皮种子(extotestal seeds),其外种皮均为脆壳

质,光滑,棕色或黄色,而且形状、大小相近,与木兰科植物的具外种皮种子差异很大(徐凤霞, 2000)。

分子系统学无论是根据叶绿体 *rbcL* 基因,还是核 18S rRNA 基因,抑或是综合了植物体全部 3 个基因组所做的工作,五味子科总是和八角科聚在一起,均位于系统树的基部,说明五味子科和八角科不仅亲缘关系较近,而且是现存被子植物中最早分化出来的类群的一个分支(Qiu 等, 1993, 1999; Soltis 等, 1997)。王彦涵等(2003b)以广玉兰(*Magnolia grandiflora*),蝙蝠葛(*Menispermum dauricum*),牡丹(*Paeonia suffruticosa*)和 *Illicium parviflorum* 为外类群,对五味子科的叶绿体 *rbcL* 基因进行序列分析表明,五味子科为一单系类群,与八角科关系最近,与木兰科关系较远。由此可见,胡先骕将南五味子属和五味子属置于五味子科中,八角属置于八角科中,这二科同置于八角目中的观点是合理的。

2 五味子属和南五味子属的关系

五味子科包含五味子属和南五味子属,已得到普遍认同。其分属主要依据是五味子属果实成熟时果托伸长,南五味子属不伸长,二者之间的界限非常清楚。不过,陈道峰等(2003)通过系统分析五味子科植物木脂素类成分的结构类型和分布规律,提出了建立以红花五味子(*S. rubriflora*)为模式种,至少包括五味子(*S. chinensis*)的新属华夏五味子属(*Proschisandra*)的观点。

关于五味子属和南五味子属的系统发育关系也有争议。Smith(1947)将五味子属的位置放在南五味子属之前;刘玉壶(1996)认为南五味子属的果保存着多数蓇葖,聚合果紧密排列,雄花托顶端具附属体和药隔的顶端的宽阔等都是比较原始的特征,南五味子属系统位置应在五味子属之前,这一观点得到 Saunders(1997)的认同。孢粉学研究发现,五味子属中除了大花五味子(*S. grandiflora*)、红花五味子、球蕊五味子(*S. sphaerandra*)为 3 沟型外,其余均是 6 沟型,南五味子属中全是 6 沟型花粉(孙成仁, 2000)。由此认为,五味子属和南五味子属可能是源于同一祖先且沿两条不同演化路线平行演化的 2 个近缘类群。

雄花发育研究表明,五味子属雄花的形态建成有柱托型、平托型和球托型 3 种类型,其中,柱托型是原始类型,平托型和球托型是衍生类型,南五味子雄花

的形态建成式样也属于柱托型,只是雄蕊在雄花发育的后期变成轮状排列,由此推测五味子属和南五味子属起源于同一柱托型的原始类群(刘忠等,2000)。

在种子表面微形态特征上,*Schisandra* 具全部 4 个类型,而 *Kadsura* 只具其中的两个类型(Ⅲ,Ⅳ型)。*Kadsura* 种子表面微形态的总体演化水平高于 *Schisandra*,两属之间在 sect. *Maximowiczia* 和 sect. *Sphaerostema* 等类群交叉(或相似)。表明两属可能起源于共同祖先,沿不同路线演化(孙成仁,2002)。

ITS 区序列分析结果也显示:五味子属中的东亚五味子总是和南五味子属聚在一起,说明南五味子属和五味子属之间关系非常密切,南五味子属很有可能是从五味子属中起源分化出来的(刘忠等,2001)。从 *rbcL* 序列分析的结果来看,五味子科植物在分支图上分为两大支,五味子属的多蕊五味子亚属——少蕊五味子亚属——中华五味子亚属聚为一支;五味子属的团蕊五味子亚属、重瓣五味子亚属始终是与南五味子属聚在一起,同样表明两属之间存在交叉和重叠,关系密切,五味子属和南五味子属可能起源于共同的祖先(王彦涵等,2003b)。

综上所述,可以看出,尽管对五味子科的分属及五味子属和南五味子属关系尚存在分歧,但许多证据表明,五味子属和南五味子属可能源于同一祖先,并沿两条不同演化路线平行演化。

3 五味子属分类系统

1803 年 Michaux 建立五味子属,1947 年 Smith 对该属进行全面研究并发表五味子属专著。五味子属植物雌花的形态比较一致,而雄花的形态却表现出高度的多样性分化。分类学家常常将雄花的变异作为该属划分组或亚属的主要依据。全属植物成熟雄花的形态存在 6 种类型,相应的植物类群分别为华中五味子群(*sphenanthera* group)、大花五味子群(*grandiflora* group)、少蕊五味子群(*maximowiczia* group)、五味子群(*schisandra* group)、团蕊五味子群(*propinqua* group)和重瓣五味子群(*plena* group)。

Smith(1947)认为华中五味子群和大花五味子群具有较近的亲缘关系,将二者置于同一个组内,并认为团蕊五味子群和重瓣五味子群也属于同一个组。这样 Smith(1947)将五味子属分为 4 个组:多蕊五味子组(包括华中五味子群和大花五味子群)、少蕊五味子组、五味子组、团蕊五味子组(包括团蕊

五味子群和重瓣五味子群)。此后,陆续有人进行系统分类工作(孙成仁,1988,1992,1994;刘玉壶,1996,2002b;Saunders,1997,2000;林祁,2000;陈道峰等,2003),其中以刘玉壶(1996)和 Saunders(1997)发表的分类系统具有一定的代表性。与 Smith 的系统相比较,刘玉壶系统的变化主要体现在将组的等级升至亚属,将华中五味子群与大花五味子群分开,分置多蕊五味子亚属和中华五味子亚属,将团蕊五味子群和重瓣五味子群分开而各自成立团蕊五味子亚属和重瓣五味子亚属。Saunders 系统的变化主要体现在设亚属和组两个属下等级,将华中五味子群与大花五味子群分开,分置多蕊五味子亚属和中华五味子亚属,保留 Smith 系统的少蕊五味子组、五味子组和团蕊五味子组,并将其置于五味子亚属之中(表 1)。从这 3 个分类系统来看,它们的主要分歧在于:(1)如何处理大花五味子群与华中五味子群之间的系统关系;(2)如何处理团蕊五味子群与重瓣五味子群的系统关系;(3)分类等级能否体现出五味子属的进化历程和进化层次。

长期以来,五味子由于其雄蕊数目减少至 5(6)枚,各主要分类系统在进行属下分类时,均将它作为一个单独类群来处理。Smith(1947)将它作为一个组;刘玉壶(1996)将组提升为亚属;Saunders 将它处理为少蕊五味子组,但是将它和团蕊五味子组、五味子组一起归并在五味子亚属中。王彦涵等(2003b)*rbcL* 基因序列分析的结果显示,五味子单独聚为一支,五味子是多蕊五味子亚属支和中华五味子亚属支的基出支,表明五味子是五味子属中最先分化出来的,是五味子属中的原始类群,因而支持五味子作为一个单独类群的处理。这得到了来自形态学、解剖学、孢粉学和化学分析的支持。从雄花形态发生来看,五味子属原始的柱托型(刘忠等,2001);导管分子都是以原始的梯状穿孔板为主(王彦涵等,2003a)。虽是 6 沟型花粉,但网眼粗大(孙成仁,2000);仅含有五味子科植物 5 类木脂素成分中较为原始的 2 类(陈道峰等,2003)。这些特征都显示出五味子的原始性。但是五味子雄蕊数目减至最少为 5 枚,又是属于进化的特征。因此,五味子应该是一个保留有原始性状的特化类群。

对于五味子属的大花五味子群与华中五味子群,不同的分类系统有不同的分类处理。Smith 将它们合在一起,作为多蕊五味子组处理;刘玉壶(1996)和 Saunders(1997)则将它们分开作为 2 个

亚属处理。形态特征和孢粉特征都显示,多蕊五味子亚属作为五味子属原始类群的系统学地位。*rbcL* 基因分析表明,红花五味子为单独的一支,是中华五味子亚属的基出支(王彦涵等,2003b)。此外,其导管分子以梯状穿孔板为主(王彦涵等,2003a),含有的木脂素成分类型较少(陈道峰等,2003),这些特征

都显示出红花五味子是五味子属中的原始类群,与中华五味子亚属特征明显不同。因而支持将这 2 个类群分开作为 2 个亚属的处理。但刘忠等(2001)发现大花五味子群和华中五味子群雄花形态发生式样基本一致,表明它们之间有很近的亲缘关系,并认为把它们分开而且各自置于亚属的等级,似有不妥。

表 1 五味子属种上分类系统比较表(引自 Saunders,2000)
Table 1 Comparison of supraspecific classification of *Schisandra*

鉴别特征 Diagnostic features	Smith(1947)	刘玉壶(1996)	Saunders(2000)
雄蕊多数,离生,雄蕊群先端无头状体或盾状体;三沟花粉;种皮光滑 Androecium numerous, free stamens, lacking fused stamens at apex; pollen tricolpate; testa smooth	多蕊五味子组 sect. <i>Pleioстема</i>	多蕊五味子亚属 subg. <i>Pleioстема</i>	多蕊五味子亚属 subg. <i>Pleioстема</i>
雄蕊多数,离生,雄蕊群先端具头状或盾状体;六沟花粉;种皮具皱纹 Androecium numerous, free stamens, with fused stamens at apex; pollen hexacolpate; testa rugulose	—	中华五味子亚属 subg. <i>Sinoschisandra</i>	中华五味子亚属 subg. <i>Sinoschisandra</i>
雄蕊 5 枚,五角星状排列;六沟花粉;种皮具皱纹或瘤状突起 Androecium 5, arranged pentagram; pollen hexacolpate; testa rugulose to tuberculate	五味子组 sect. <i>Schisandra</i> (<i>Euschisandra</i>)	五味子亚属 subg. <i>Schisandra</i>	五味子亚属;五味子组 subg. <i>Schisandra</i> ; sect. <i>Schisandra</i>
雄蕊 4~6 枚,离生;六沟花粉;种皮光滑 Androecium reduced to 4~6, free stamens; pollen hexacolpate; testa smooth	少蕊五味子组 sect. <i>Maxomowiczia</i>	少蕊五味子亚属 subg. <i>Maxomowiczia</i>	五味子亚属;少蕊五味子组 subg. <i>Schisandra</i> ; sect. <i>Maxomowiczia</i>
雄蕊群近球形;花丝极短;六沟花粉;种皮光滑 Androecium nearly sphericity; filaments shorter; pollen hexacolpate; testa smooth	团蕊五味子组 sect. <i>Sphaerostema</i>	团蕊五味子亚属 subg. <i>Sphaerostema</i>	五味子亚属;团蕊五味子组 subg. <i>Schisandra</i> ; sect. <i>Sphaerostema</i>
雄蕊群卵球形;无花丝;六沟花粉;种皮光滑 Androecium ovoid; filaments lacked; pollen hexacolpate; testa smooth	—	重瓣五味子亚属 subg. <i>Plena</i>	

关于团蕊五味子群与重瓣五味子群的分类处理,分歧也很大。Smith(1947)将它们合在一起,作为团蕊五味子组处理;刘玉壶(1996)则将它们分开作为 2 个亚属处理;Saunders(1997)却认同 Smith(1947)的意见,并将之置于五味子亚属之中。孙成仁(2002)对种子表面微形态特征的研究结果,不支持刘玉壶(1996)将重瓣五味子和团蕊五味子分在两个亚属的处理,因为这两个种的种子表面微形态特征属于同一类型——IV 型。刘忠等(2001)对雄花形态发生的研究亦表明,铁箍散(*S. propinqua* var. *sinensis*)和重瓣五味子的雄花形态发生式样相同,并认为它们之间具有很近的亲缘关系而应归于同一类群。此外,孢粉学、分子系统学研究表明,团蕊五味子群与重瓣五味子群可能是五味子属中比较特殊的类群,它们与南五味子属之间的亲缘关系较近(孙成仁,2000;王彦涵等,2003b)。

4 南五味子属分类系统

南五味子属由 Jussiru 于 1810 年有效发表,一

直被认为是自然的类群。前人以雄花的形态差异作为分组或亚属的主要依据,提出不同观点。Smith(1947)首次对世界性南五味子属做了分类学修订,他根据雄蕊与花托的愈合程度、有无退化雄蕊和雄蕊的形态差异将南五味子属分为离蕊南五味子组、南五味子组和南洋南五味子组,建立起含 3 组 22 种的分类系统;刘玉壶(1996)将 Smith 的前 2 个组提升为离蕊南五味子亚属和南五味子亚属;Saunders(1998)赞同刘玉壶关于 2 个亚属的划分,并在后 1 个亚属中保留 Smith 的 2 个组,在南五味子属中建立起含 2 亚属(离蕊南五味子亚属与南五味子亚属)2 组(含南五味子组和南洋南五味子组)16 种的分类系统(表 2)。此后,刘玉壶(2002a)亦采用了 Saunders 的观点。林祁(2002)赞同 Saunders(1998)关于南五味子属种上分类单元的设置。南五味子属的分类系统亦得到段林东等(2004)关于花器官发育研究结果的支持。可见,目前对南五味子属的属下分类的意见已趋向统一。

然而,对离蕊南五味子亚属与南五味子亚属的系统关系却出现互相矛盾的结果。从演化来看,前者较

原始,后者较进化。但 *rbcl* 基因分析表明,毛南五味子(*K. induta*,南五味子亚属)和黑老虎(*K. coccinea*,

离蕊南五味子亚属)聚在一起(支持率为 51%),与南五味子亚属其他类群构成姊妹群,这与形态学是矛

表 2 南五味子属的次级划分比较表
Table 2 Comparison of subdivisions of *Kadsura*

鉴别特征 Diagnostic features	A. C. Smith(1947)	刘玉壶(1996)	Saunders(1998)
雄蕊不聚生,花丝细长,药隔窄,花托圆锥形,有退化雄蕊 Androecium not appressed; filaments thin and long; connectives narrow; torus conoid; staminodes present	离蕊南五味子组 sect. <i>Cosbaea</i>	离蕊南五味子 亚属 subg. <i>Cosbaea</i>	南五味子亚属 subg. <i>Cosbaea</i>
雄蕊紧密地聚生,花丝极短,药隔宽大于厚,花托椭圆形,无退化雄蕊 Androecium closely appressed; filaments shorter; connectives broader than thick; torus spheroidicity; staminodes absent	sect. <i>Kadsura</i>	南五味子亚属 subg. <i>Kadsura</i>	南五味子亚属 subg. <i>Kadsura</i> , sect. <i>Kadsura</i>
雄蕊紧密地聚生,花丝极短,药隔宽等于厚,花托椭圆形,无退化雄蕊 Androecium closely appressed; filaments shorter; connectives as broad as thick; torus spheroidicity; staminodes absent	南洋南五味子组 sect. <i>Sarcocarpon</i>	南五味子亚属 subg. <i>Kadsura</i>	南五味子亚属 subg. <i>Kadsura</i> , 南洋南五味子组 sect. <i>Sarcocarpon</i>

盾的(王彦涵等,2003b)。种皮微形态研究也表明,离蕊南五味子亚属仅有的黑老虎这个种,种皮纹饰为负网纹型,表面有凹点,属较进化的性状,这与雄蕊群特征的演化趋势不相吻合(毕海燕等,2002)。

5 小结

传统分类学认为,五味子科是木兰类的一员,属最原始类群中进化程度较高的类群。然而,来自形态学、细胞学、孢粉学、胚胎学及分子系统学等证据表明,五味子科与八角科之间的关系远较木兰科密切。五味子科和八角科被认为是现存被子植物中最早分化出来的类群的一个分支。这些证据支持胡先骕将五味子科和八角科置于八角目中的处理意见。

五味子科包含五味子属和南五味子属,已得到普遍认同。尽管关于五味子属和南五味子属的系统发育关系尚存在争议,但孢粉学、雄花发育、种子表面微形态及分子证据表明,五味子属和南五味子属可能是源于同一祖先,且沿两条不同演化路线平行演化的 2 个近缘类群。

关于五味子属的分类系统,分歧很大。主要表现在:(1)如何处理大花五味子群与华中五味子群之间的系统关系;(2)如何处理团蕊五味子群与重瓣五味子群的系统关系;(3)分类等级能否体现出五味子属的进化历程和进化层次。尽管前人已从形态学、细胞学、孢粉学及分子系统学等方面积累了一些资料,但大多零碎不全,特别是木材解剖学、细胞学、胚胎学、酶学标记等方面资料奇缺,而这些资料对全面理解分类群的系统与进化极其重要,应引起重视。

南五味子属一直被认为是自然的类群。关于南

五味子属的属下分类,分类学家一致赞同 Saunders (1998)的分类系统。但属下类群的系统关系,不同研究得出的结论尚存在分歧。看来,要使之成为一个真正的自然分类系统,须从形态学、胚胎学、孢粉学、细胞学、分子系统学以及生态学等方面进行综合研究。

参考文献:

- 刘玉壶. 1996. 木兰科. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社,30 (1):231-269
- Bailey I W. 1954. Contribution to Plant Anatomy[M]. Chronica Botanica Co. Waltham, Mass
- Bi HY(毕海燕), Lin Q(林祁), Liu CJ(刘长江), et al. 2002. Seed morphology of *Kadsura* Juss. (Schisandraceae) in relation to its taxonomic significance(南五味子属(五味子科)的种子形态及其分类学意义)[J]. *Acta Phytotax Sin*(植物分类学报),40(6):501-510
- Chen DF, Wang YH, Gao JP, et al. 2003. Chemotaxonomy of Schisandraceae[C]//Zhou RH. Plant Chemotaxonomy. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers
- Cronquist A. 1988. The Evolution and Classification of Flowering Plants[M]. 2nd ed. New York: The New York Botanical Garden
- Cronquist A. 1981. An Intergrated System of Classification of Flowering Plants[M]. New York: Columbia Univ Press
- Dahlgren G. 1989. The last Dahlgrenogram. System of classification of dicotyledons. [M]//Kit Tan. The Davis and Hedge Festschrift. Edinburgh: University Press, 249-260
- Dahlgren R. 1980. A revised system of classification of the angiosperms[J]. *Bot J Linn Soc*,80(2):91-124
- Duan LD(段林东), Lin Q(林祁), Yuan Q(袁琼). 2004. Floral morphology of *Kadsura* in relation to its systematic significance (南五味子属花的形态及其系统学意义)[J]. *Bull Bot Res*(植物研究),24(1):87-92
- Hayashi Y. 1963. The embryology of the family Magnoliaceae sens. Lat. II Megasporogenesis, female gametophyte and embryo heny of *Schisandra repanda* Radlkofer and *Kadsura japonica* Dunal[J]. *Sci Rep Tohoku Univ Ser IV(Biol)*,29:403-411
- Heslop Harrison Y, Shivanna KR. 1997. The receptive surface of the angiosperm stigma[J]. *Ann Bot*,41:1 233-1 258
- Heywood VH. 1971. Flowering Plants of the World[M]. Oxford:

- Oxford University Press
- Hu HH. 1950. A polyphyletic system of classification of angiosperms[J]. *Sci Record (Peking)*, **3**(2—4):221—230
- Hutchinson J. 1964. The Genera of Flowering Plants[M]. Oxford: Oxford Univ Press
- Hutchinson J. 1973. The Families of Flowering Plants[M]. 3ed. Oxford:Oxford Univ Press
- Jalan S. 1968. Observation on the crystalliferous sclereida of some Schisandraceae[J]. *Beitr Biol Pflanze*, **44**:277—288
- Kapil RN, Jalan S. 1964. Schisandra Michaux. Its embryology and systematic position[J]. *Botaniska Notiser*, **117**:285—306
- Law YW(刘玉壶). 2002a. Study on systematics and evolution of the family Schisandraceae I. Foundation of Schisandrales and system of Kadsur(五味子科的分类系统与演化趋势I. 五味子目的建立及南五味子属的分类系统)[J]. *Acta Sci Nat Univ Sun Yatseni*(中山大学学报), **41**(5):77—82
- Law YW(刘玉壶). 2002b. Study on systematics and evolution of the family Schisandraceae II. System of Schisandra and evolution of Schisandraceae(五味子科的分类系统与演化趋势II. 五味子属的分类系统及五味子科的演化趋势)[J]. *Acta Sci Nat Univ Sun Yatseni*(中山大学学报), **41**(6):67—72
- Lin Q(林祁). 2000. Taxonomic notes on the genus Schisandra Michx(五味子属植物的分类学订正)[J]. *Acta Phytotax Sin*(植物分类学报), **38**(6):532—550
- Lin Q(林祁). 2002. Taxonomic notes on some species of Kadsura (Schisandraceae)(南五味子属五味子科一些种类的分类学订正)[J]. *Bull Bot Res*(植物研究), **22**(4):399—411
- Liu Z(刘忠), Wang XQ(汪小全), Chen ZD(陈之端), et al. 2000. The phylogeny of Schisandraceae inferred from sequence analysis of the nrDNA ITS region(五味子科的系统发育核糖体 DNAITS 区序列证据)[J]. *Acta Bot Sin*(植物学报), **42**(7):758—761
- Liu Z(刘忠), Lu AM(路安民), Lin Q(林祁), et al. 2001. Organogenesis of staminate flowers in the genus Schisandra and its systematic significance(五味子属雄花的形态发生及其系统学意义)[J]. *Acta Bot Sin*(植物学报), **43**(2):169—177
- Liu Z(刘忠), Lu AM(路安民). 1999. Ontogeny of staminate and carpellate flowers of Schisandra sphenanthera (Schisandraceae)(华中五味子五味子科雄花和雌花的形态发生)[J]. *Acta Bot Sin*(植物学报), **41**:1 255—1 258
- McLaughlin RP. 1933. Systematic anatomy of the woods of the Magnoliales[J]. *Trop Woods*, **34**:3—39
- Qiu YL, Chase MW, Les DH, et al. 1993. Molecular phylogenetics of the Magnoliidae: cladistic analysis of nucleotide sequences of the plastid gene *rbcL*[J]. *Ann M O Bot Gard*, **80**:587—606
- Qiu YL, Lee J, Bernasconi-Quadroni F, et al. 1999. The earliest angiosperms: evidence from mitochondrial, plastid and nuclear genomes[J]. *Nature*, **402**:404—407
- Saunders R M K. 2000. Monograph of Schisandra[J]. *Systematic Bot Monographs*, **58**:1—137
- Saunders R M K. 1997. Schisandraceae. In: Flora Malesiana, ser I [M]. Leiden:Rijksherbarium Hortus Botanicus, **13**:185—207
- Saunders R M K. 1998. Monograph of Kadsura (Schisandraceae) [J]. *Syst Bot Monogr*, **54**:1—106
- Smith A C. 1947. The families Illiciaceae and Schisandraceae[J]. *Sargentia*, **7**:1—244
- Soltis D E, Soltis P S, Nickrent D L, et al. 1997. Angiosperm phylogeny inferred from 18S ribosomal DNA sequences[J]. *Ann M O Bot Gard*, **84**:1—49
- Stone D E. 1965. In Documented chromosome numbers of plants[J]. *Madrono*, **18**:126
- Stone D E. 1968. Cytological and morphological notes on the south-eastern endemic, Schisandra glabra (Schisandraceae) [J]. *J Elisha Mitchell Sci Soc*, **84**:351—356
- Sun CR(孙成仁). 1988. A little progress of the study on Schisandra(五味子属研究的新进展)[J]. *J Nanchong Teacher's Coll*(南充师范学院学报), **9**(1):20—26
- Sun CR(孙成仁). 1992. The subsection Extrorsae of section Pleiostema of Schisandra(五味子属多蕊组外向药亚组)[J]. *J Sichuan Teacher's Coll*(四川师范学院学报), **13**(3):181—185
- Sun CR(孙成仁). 1994. The subsection Introrsae of section Pleiostema of Schisandra(五味子属多蕊组内向药亚组)[J]. *J Sichuan Teacher's Coll*(四川师范学院学报), **15**(1):57—70
- Sun CR(孙成仁). 2002. Micromorphological features of the seed surface of Schisandraceae and their systematic significance(五味子科植物种子表面微形态及其系统学意义)[J]. *Acta phytotax Sin*(植物分类学报), **40**(2):97—109
- Sun CR(孙成仁). 2000. Pollen morphology of the Schisandraceae and its systematic significance(五味子科植物花粉形态及其系统学意义)[J]. *Acta Phytotax Sin*(植物分类学报), **38**(5):437—445
- Takhtajan A. 1980. Outline of the classification of flowering plants (Magnoliophyta)[J]. *Bot Rev*, **46**(3):225—359
- Takhtajan A. 1996. Diversity and Classification of Flowering Plants [M]. New York:Columbia University Press
- Takhtajan A. 1969. Flowering plants, origin and dispersal[M]. Edinburgh:Oliver & Boyd
- Takhtajan A. 1987. Systema Magnoliophytorum[M]. Nauka, Leningrad(in Russ)
- Thorne R F. 1992. Classification and geography of the flowering plants[J]. *Bot Rev*, **58**:225—348
- Tuker S C, Bourland J A. 1994. Ontogene of staminate and carpellate flowers of Schisandra galbra (Schisandra)[J]. *Pl Syst Evol (Suppl)*, **8**:137—158
- Wang YH(王彦涵), Gao JP(高建平), Qiao CF(乔春峰), et al. 2003a. Comparative anatomical study on the structure of vessel elements in Chinese Schisandraceae(国产五味子科植物导管分子的比较解剖)[J]. *Guihaia*(广西植物), **23**(3):226—230
- Wang YH(王彦涵), Zhang SZ(张寿州), Gao JP(高建平), et al. 2003b. Phylogeny of Schisandraceae based on the cpDNA *rbcL* sequences(从叶绿体 DNA *rbcL* 序列分析探讨五味子科的系统发育)[J]. *J Fudan Univ (Nat Sci)*(复旦学报(自然科学版)), **42**(4):550—554
- Wen XY(文香英), Lin Q(林祁). 2000. Study on the leaf epidermis of the genus Schisandra in China(中国五味子属植物叶表皮研究)[J]. *Life Sci Res*(生命科学研究), **4**(1):41—47
- Whitaker T W. 1933. Chromosome number and relationship in the Magnoliales[J]. *J Arnold Arb*, **14**:376—385
- Xu FX(徐凤霞). 2000. Morphology of chalazal region on endotesta in the seeds of Magnoliaceae and those of related families(木兰科及其近缘科种子内种皮合点区形态)[J]. *Subtrop Plant Res Comm*(亚热带植物通讯), **29**(2):5—10
- Zhang HD(张宏达). 1986. Outline of spermatophyta classification (种子植物系统分类提纲)[J]. *Acta Sci Nat Univ Sun Yatseni*(中山大学学报), **35**(1):1—13