

中国木兰科11属40种植物的核形态研究

¹孟爱平* ¹王恒昌* ¹李建强** ²司马永康

¹(中国科学院武汉植物园 武汉 430074)

²(云南省林业科学院 昆明 650204)

A karyomorphological study of 40 species in 11 genera of the Magnoliaceae from China

¹MENG Ai-Ping* ¹WANG Heng-Chang* ¹LI Jian-Qiang** ²SIMA Yong-Kang

¹(Wuhan Botanical Garden, the Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430074, China)

²(Yunnan Academy of Forestry, Kunming 650204, China)

Abstract In this paper, 40 species in 11 genera of the Magnoliaceae from China were karyomorphologically investigated for a better understanding of the intergeneric relationships in the family and the systematic positions of some species, particularly those in the genus *Manglietia*. The 20 *Manglietia* species studied are all diploid with $2n=38$, indicating that in this genus the speciation may have taken place predominantly at the diploid level and that minor structural changes of chromosomes may have resulted in distinct morphological divergence. In the genus *Magnolia*, cytotypes with various ploidy levels from $2x$ to $6x$ have been found, which may be, at least to some degree, associated with the wide distributional range and complex gross-morphological variation of the genus. Our results indicate that *Manglietia* should be an independent genus from *Magnolia* and do not support the treatment of merging them as a genus. All the *Michelia* species already with chromosome numbers are diploid with $2n=38$, while most of the species in *Magnolia* subgen. *Yulania* are polyploid, suggesting that *Michelia* is not closely allied with *Yulania* and that the two groups should not be merged as a genus. All *Parakmeria* members are polyploid. It is noteworthy that cytological evidence is generally less informative in clarifying the intergeneric relationships of the Magnoliaceae than the interspecific relationships within a given genus of the family because reticulate evolution may have extensively occurred in this family. Systematic positions of some species in *Manglietia* are discussed based on evidence from cytology, morphology and geographical distribution.

Key words Magnoliaceae, karyotype, karyomorphology, chromosome number, China.

摘要 为了探讨木兰科属间系统学关系和一些种的分类学地位, 对中国木兰科11属40种进行了核形态研究。所研究的20种木莲属植物都为二倍体, 表明木莲属植物主要是在二倍体水平上进化的, 不同的种类具有各自的遗传组成, 细微的染色体结构变异可能导致种间形态发生了明显的变化。木兰属的染色体数目具多样性, 表明属内存在着不同倍性水平上的进化, 说明木兰属分布广泛、形态复杂多样有其细胞学基础。细胞学证据支持木莲属应为独立的属, 不宜于归并到木兰属。已观察的含笑属都为二倍体, 而木兰属玉兰亚属的大多数种类为多倍体。我们认为维持现有的含笑属的分类地位和范围是恰

2004-08-06 收稿, 2005-11-22 收修改稿。

基金项目: 中国科学院方向性项目(KSCX2-SW-104); 国家重点基础研究发展规划项目(G2000046806); 中国科学院武汉植物园项目(01035123, 01035108) (Supported by grants from the Chinese Academy of Sciences (KSCX2-SW-104), the State Key Basic Research and Development Plan of P. R. China (G2000046806), and the Wuhan Botanical Garden, the Chinese Academy Sciences (01035123, 01035108).)

* 同等贡献作者(Authors contribute equally to the work).

** 通讯作者(Author for correspondence. E-mail: lijq@rose.whiob.ac.cn).

当的,不支持将含笑属和玉兰亚属合并为一属。拟单性木兰属都是多倍体。木兰科植物形态特征重叠,性状呈网状进化,细胞学证据在探讨一些大属属下种的分类地位时具有一定价值,但论及整个科的分类系统和属间亲缘关系时,作用比较微弱。本文在细胞学基础上,结合形态和地理分布,重点对木莲属一些种类的分类地位进行了讨论。

关键词 木兰科;核型;核形态;染色体数目;中国

木兰科Magnoliaceae是现存被子植物中最原始的类群之一,对研究有花植物的起源和系统发育有重要价值。木兰科属间内部结构和外部形态特征上有很多重叠,不同的学者在对木兰科分类系统及亲缘关系的认识上存在着分歧,在属的界定上意见不一。国内外学者用形态解剖学(Canright, 1955; Baranova, 1972; Tucker, 1977; 吴树明, 1989; 蔡霞, 胡正海, 2000; 张冰, 2001)、细胞学(Jakani, 1952; Goldblatt, 1984, 1988, 1990, 1991; 陈瑞阳等, 1985, 1989, 2003; 陈忠毅等, 1989, 1990; 李秀兰等, 1997, 1998a, b, c; 孟爱平等, 2004; 王亚玲等, 2005)、孢粉学(Agababian, 1972; Praglowski, 1974; 韦仲新, 2003)、繁殖生物学(Figlar, 2000; 龚洵等, 2001)、分支系统学(李捷, 1997b; 徐凤霞等, 2000; Li & Conran, 2003)、分子系统学(RAPD、RFLP、cpDNA序列测定)(Azuma et al., 2000, 2001; Kunihiro et al., 2000; Shi et al., 2000; Zeng, 2000; Kim et al., 2001; 王亚玲等, 2003)等手段,进行了许多分类学和系统学方面的工作。近来, Figlar和Nooteboom(2004)综合分子系统学和形态学的研究文献,提出了一个木兰科木兰亚科Magnolioideae新的分类系统。其中木兰亚科只包含木兰属*Magnolia* L.一个属,属下又分不同的亚属和组。显然他们采用了大属的概念。这个系统是否合理有待植物分类和系统学家的实践和验证。简言之,迄今为止木兰科分类问题依然是许多学者争论的热点。

染色体研究可以为植物进化和系统发育研究提供有价值的信息(Stebbins, 1971; 洪德元, 1990; Stace, 2000)。木兰科的细胞学研究,国内外有一些报道(如前所述),除李秀兰等(1997, 1998a, b, c), 陈瑞阳等(2003), 孟爱平等(2004)做了部分种的核型比较外,其他大部分仅为染色体数目报道。本文以木莲属*Manglietia* Bl.的核型研究为重点,对中国木兰科11属40种的核型和数目进行了报道,旨在通过对形态学性状、地理分布和细胞学证据的综合分析,对中国木兰科一些属种的分类学地位和亲缘关系进行探讨。

1 材料和方法

所有植物材料采自植物园栽培植物,原产地见表1,凭证标本存于中国科学院武汉植物园标本馆(HIB)。

取生长旺盛的幼芽用饱和对二氯苯溶液预处理2-3 h,水洗3遍,固定液固定(0-4的冰水中),70%的乙醇硬化,水洗3次,用1 mol/L的HCl解离(60 的水浴锅)。水洗,卡宝品红染色,制片镜检。每个物种观察3-5个中期分裂相。染色体间期核、前期的判定参照Tanaka(1971, 1977)的标准。核型分析方法参考李懋学和陈瑞阳(1985)的标准,核型不对称性依据Stebbins(1971)的分类标准。

表1 木兰科11属40种的染色体数目和核型

Table 1 Chromosomal numbers and karyotypes of 40 species in 11 genera in the Magnoliaceae

分类群 Taxon	产地 Provenance	核型公式 Karyotype formula	核型分类 Karyotype classification	凭证标本* Voucher*	图号 Figure
大叶木莲 <i>Manglietia megaphylla</i> Hu & Cheng	云南西畴 Xichou, Yunnan	$2n=38=30m+8sm$	2B	孟爱平(A. P. Meng) 019	3
锈毛木莲 <i>Manglietia rufibarbata</i> Dandy	云南西畴 Xichou, Yunnan	$2n=38=22m+14sm$ $+2sm(sat)$	2B	孟爱平(A. P. Meng) 016	4
大果木莲 <i>Manglietia grandis</i> Hu & Cheng	云南西畴 Xichou, Yunnan	$2n=38=20m+16sm$ $+2sm(sat)$	2B	孟爱平(A. P. Meng) 006	6
粗梗木莲 <i>Manglietia crassipes</i> Law	广西金秀 Jinxiu, Guangxi	$2n=38=22m+16sm$	2B	孟爱平(A. P. Meng) 008	7
毛桃木莲 <i>Manglietia moto</i> Dandy	广东北江 Beijing, Guangdong	$2n=38=26m+12sm$	2A	孟爱平(A. P. Meng) 018	5
桂南木莲 <i>Manglietia chingii</i> Dandy	云南屏边 Pingbian, Yunnan	$2n=38=22m+14sm$ $+2st$	2A	孟爱平(A. P. Meng) 004	8
香木莲 <i>Manglietia aromatica</i> Dandy	云南麻栗坡 Malipo, Yunnan	$2n=38=16m+22sm$	2B	孟爱平(A. P. Meng) 020	9
中緬木莲 <i>Manglietia hookeri</i> Cubitt & Smith	云南景东 Jingdong, Yunnan	$2n=38=34m+4sm$	2B	孟爱平(A. P. Meng) 002	10
川滇木莲 <i>Manglietia duclouxii</i> Finet & Gagnep.	云南盐津 Yanjin, Yunnan	$2n=38=20m+18sm$	2B	孟爱平(A. P. Meng) 034	11
红色木莲 <i>Manglietia insignis</i> (Wall.) Blume	湘西南, 具体地点不详 Without precise locality, Southwestern Hunan	$2n=38=32m+4sm$ $+2sm(sat)$	2B	何子灿(Z. C. He) 003	14
乳源木莲 <i>Manglietia yuyuanensis</i> Law	广东乳源 Ruyuan, Guangdong	$2n=38=32m+2m$ $(sat)+4sm$	2B	何子灿(Z. C. He) 001	15
巴东木莲 <i>Manglietia patungensis</i> Hu	湖北巴东 Badong, Hubei	$2n=38=32m+2m$ $(sat)+4sm$	2B	何子灿(Z. C. He) 002	12
滇桂木莲 <i>Manglietia forrestii</i> W. W. Smith ex Dandy	滇西南, 具体地点不详 Without precise locality, Southwestern Yunnan	$2n=38=18m+20sm$	2B	孟爱平(A. P. Meng) 003	16
木莲 <i>Manglietia fordiana</i> Oliv.	云南, 具体地点不详 Without precise locality, Yunnan	$2n=38=16m+22sm$	2B	孟爱平(A. P. Meng) 030	17
球果木莲 <i>Manglietia conifera</i> Dandy	广东信宜 Xinyi, Guangdong	$2n=38=34m+4sm$	1A	王恒昌(H. C. Wang) 035	18
灰木莲 <i>Manglietia glauca</i> Blume	印度尼西亚, 具体地点 不详 Without precise locality, Indonesia	$2n=38=22m+10sm$ $+6st$	2B	孟爱平(A. P. Meng) 014	19
卵果木莲 <i>Manglietia ovoidea</i> Chang & B. L. Chen	云南马关 Maguan, Yunnan	$2n=38=20m+16sm$ $+2sm(sat)$	2A	孟爱平(A. P. Meng) 022	20
落叶木莲 <i>Manglietia decidua</i> Q. Y. Zing	江西宜春 Yichun, Jiangxi	$2n=38=16m+22sm$	2B	孟爱平(A. P. Meng) 033	21

表1 (续) Table 1 (continued)

分类群 Taxon	产地 Provenance	核型公式 Karyotype formula	核型分类 Karyotype classification	凭证标本* Voucher*	图号 Figure
马关木莲 <i>Manglietia maguanica</i> Chang & B. L. Chen	云南马关 Maguan, Yunnan	$2n=38=2m+14sm$ $+2sm(sat)$	2B	孟爱平(A. P. Meng) 029	22
厚叶木莲 <i>Manglietia pachyphylla</i> H. T. Chang	广东从化 Conghua, Guangdong	$2n=38=26m+12sm$	2A	王恒昌 (H.C. Wang) 011	13
华盖木 <i>Manglietiastrum sinicum</i> Law	云南西畴 Xichou, Yunnan	$2n=38=12m+26sm$	2A	孟爱平(A. P. Meng) 010	23
三瓣木兰 <i>Magnolia tripetala</i> (L.) L.	美国东部, 具体地点不详 Without precise locality, Eastern USA	$2n=38=22m+2m$ $(sat)+14sm$	2B	孟爱平(A. P. Meng) 036	24
越南木兰 <i>Magnolia fistulosa</i> Dandy	滇东南, 具体地点不详 Without precise locality, Southeastern Yunnan	$2n=38=20m+18sm$	2B	孟爱平(A. P. Meng) 037	25
馨香玉兰 <i>Magnolia odoratissima</i> Law & R. Z. Zhou	云南广南 Guangnan, Yunnan	$2n=38=16m+20sm$ $+2st$	2B	孟爱平(A. P. Meng) 038	26
山玉兰 <i>Magnolia delavayi</i> Franch.	云南腾冲 Tengchong, Yunnan	$2n=38=30m+8sm$	2B	孟爱平(A. P. Meng) 039	27
滇藏木兰 <i>Magnolia campbellii</i> Hook. f. & Thoms.	云南维西 Weixi, Yunnan	$2n = 6x = 114$	-	孟爱平(A. P. Meng) 040	28
盖裂木 <i>Talauma hodgsoni</i> Hook. f. & Thoms.	西藏南部, 具体地点不详 Without precise locality, Southern Xizang	$2n=38=26m+12sm$	2A	王恒昌(H. C. Wang) 032	29
云南拟单性木兰 <i>Parakmeria yunnanensis</i> Hu	云南屏边 Pingbian, Yunnan	$2n = 6x = 114$	-	孟爱平(A. P. Meng) 005	30
乐东拟单性木兰 <i>Parakmeria lotungensis</i> (Chun & C. Tsoong) Law	广东乳源 Ruyuan, Guangdong	$2n = 6x = 114$	-	孟爱平(A. P. Meng) 007	31
单性木兰 <i>Kmeria septentrionalis</i> Dandy	广西罗城 Luocheng, Guangxi	$2n=38=24m+12sm$ $+2sm(sat)$	2B	孟爱平(A. P. Meng) 024	32
长蕊木兰 <i>Alcimandra cathcartii</i> (Hook. f. & Thoms.) Dandy	滇东南, 具体地点不详 Without precise locality, Southeastern Yunnan	$2n=38=26m+12sm$	2B	孟爱平(A. P. Meng) 040	33
黄花含笑 <i>Michelia xanthantha</i> C. Y. Wu ex Law & Y. F. Wu	云南勐海 Menghai, Yunnan	$2n=38=30m+8sm$	2B	孟爱平(A. P. Meng) 003	34
深山含笑 <i>Michelia maudiae</i> Dunn.	贵州, 具体地点不详 Without precise locality, Guizhou	$2n=38=28m+10sm$	2B	孟爱平(A. P. Meng) 042	35
壮丽含笑 <i>Michelia lacei</i> W. W. Smith	云南泸西 Luxi, Yunnan	$2n=38=2M+20m+$ $16sm$	2B	孟爱平(A. P. Meng) 017	36

表1 (续) Table 1 (continued)

分类群 Taxon	产地 Provenance	核型公式 Karyotype formula	核型分类 Karyotype classification	凭证标本* Voucher*	图号 Figure
云南含笑 <i>Michelia yunnanensis</i> Franch. ex Finet & Gagnep.	滇中, 具体地点不详 Without precise locality, Central Yunnan	$2n=38=20m+18sm$	2A	孟爱平(A. P. Meng) 043	37
显脉含笑 <i>Michelia coriacea</i> Chang & B. L. Chen	滇东南, 具体地点不详 Without precise locality, Southeastern Yunnan	$2n=38=20m+16sm$ +2st	2B	孟爱平(A. P. Meng) 031	39
南亚含笑 <i>Michelia doltsopa</i> Buch.-Ham. ex DC.	云南贡山 Gongshan, Yunnan	$2n=38=32m+6sm$	1A	孟爱平(A. P. Meng) 028	38
合果木 <i>Paramichelia baillonii</i> (Pierre) Hu	云南元江 Yuanjiang, Yunnan	$2n=38=24m+12sm$ +2st	2B	孟爱平(A. P. Meng) 044	40
观光木 <i>Tsoongiodendron</i> <i>odorum</i> Chun	滇东南, 具体地点不详 Without precise locality, Southeastern Yunnan	$2n=38=22m+16sm$	2B	孟爱平(A. P. Meng) 012	41
鹅掌楸 <i>Liriodendron chinense</i> (Hemsl.) Sargent	云南麻栗坡 Malipo, Yunnan	$2n=38=16m+20sm$ +2st	2A	孟爱平(A. P. Meng) 045	42

*所有标本均保存于中国科学院武汉植物园标本馆内。

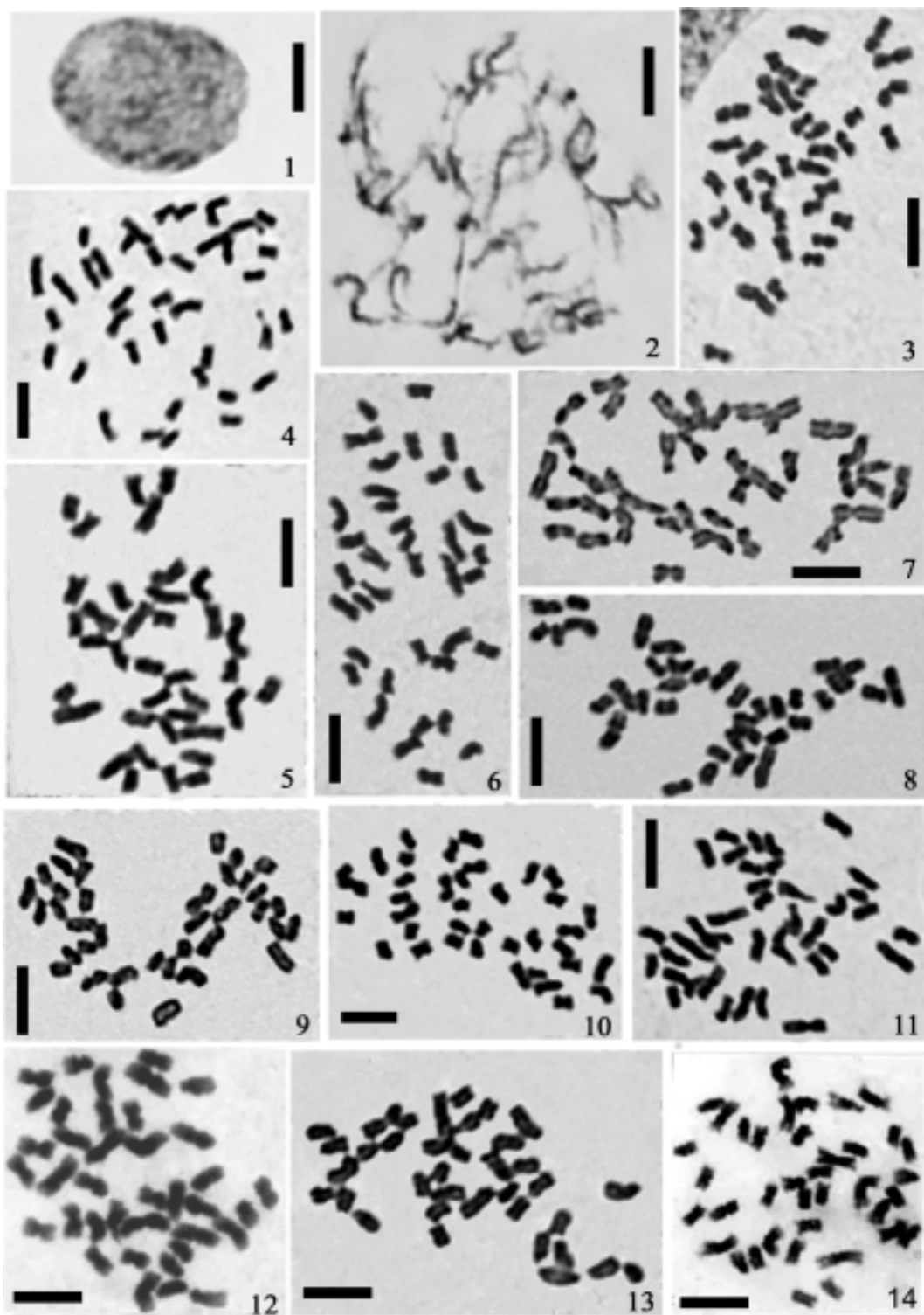
*All vouchers are kept in the Herbarium of Wuhan Botanical Garden, the Chinese Academy of Sciences (HIB).

2 结果

木兰科11属40种植物的间期核和前期染色体的形态特征比较一致。在间期核中(图1), 异染色质形成很多染色较深、形状不规则、扩散分布全核的染色中央微粒, 根据Tanaka (1971) 的分类标准, 这种间期核属于复杂染色中心型(complex chromocenter type)。前期染色体由深浅不一的节段相间排列而成(图2)。根据Tanaka(1971, 1977)的分类标准, 这种前期染色体属于中间型(interstitial type)。中期染色体核型参数特征见表1。染色体中期见图3-40。

3 讨论

在木兰科的15个属中, 木莲属是相对原始且种类较多的一个属(刘玉壶, 1996)。本属主要分布在亚洲的热带和亚热带地区, 中国西南部和南部为其主要分布中心。属的特征主要表现在每心皮具4枚以上多数胚珠, 而其近缘属木兰属每心皮仅2枚胚珠。Baillon(1866)认为, 仅仅依靠每心皮的胚珠数目来划分木莲属和木兰属是不自然的, 他提议将木莲属归并到木兰属, Praglowski(1974)也指出两者在花粉形态上的相似性, 而且龚洵等(1999)在个别木兰属中发现了多胚珠现象。然而, 木莲属具备很多特殊的形态学特征(Baranova, 1972; Tucker, 1977), 刘玉壶(1984)、刘玉壶等(1995)和Law(2000)认为木莲属植物具有综合的形态学特征和特殊的地理分布式样, 支持Dandy (1927, 1964)木莲属独立



成属的观点, 而不支持Baillon(1866)、Canright(1955)和Keng(1978)等的大属概念。尽管取样不够全面, *ndhF*和*matK*等序列研究结果表明木莲属为单系类群(Azuma et al., 2000, 2001; Shi et al., 2000; Kim et al., 2001)。

中国木莲属的范围在国内外不同的系统中存在差异。Chen和Nooteboom(1993)主要采用Nooteboom(1985)的系统梗概, 认为全世界共有木莲属植物25种, 其中中国18种。刘玉壶(1996)认为全世界木莲属有30多种, 中国22种。Froding和Govaerts(1996)认为全世界木莲属有29种5变种, 中国22种3变种。加之一些新种或新名称陆续发表(韦发南, 1993; 郑庆衍, 1995; 税玉民, 陈文红, 2003), 可以看出木莲属的种的数目一直在发生变化。

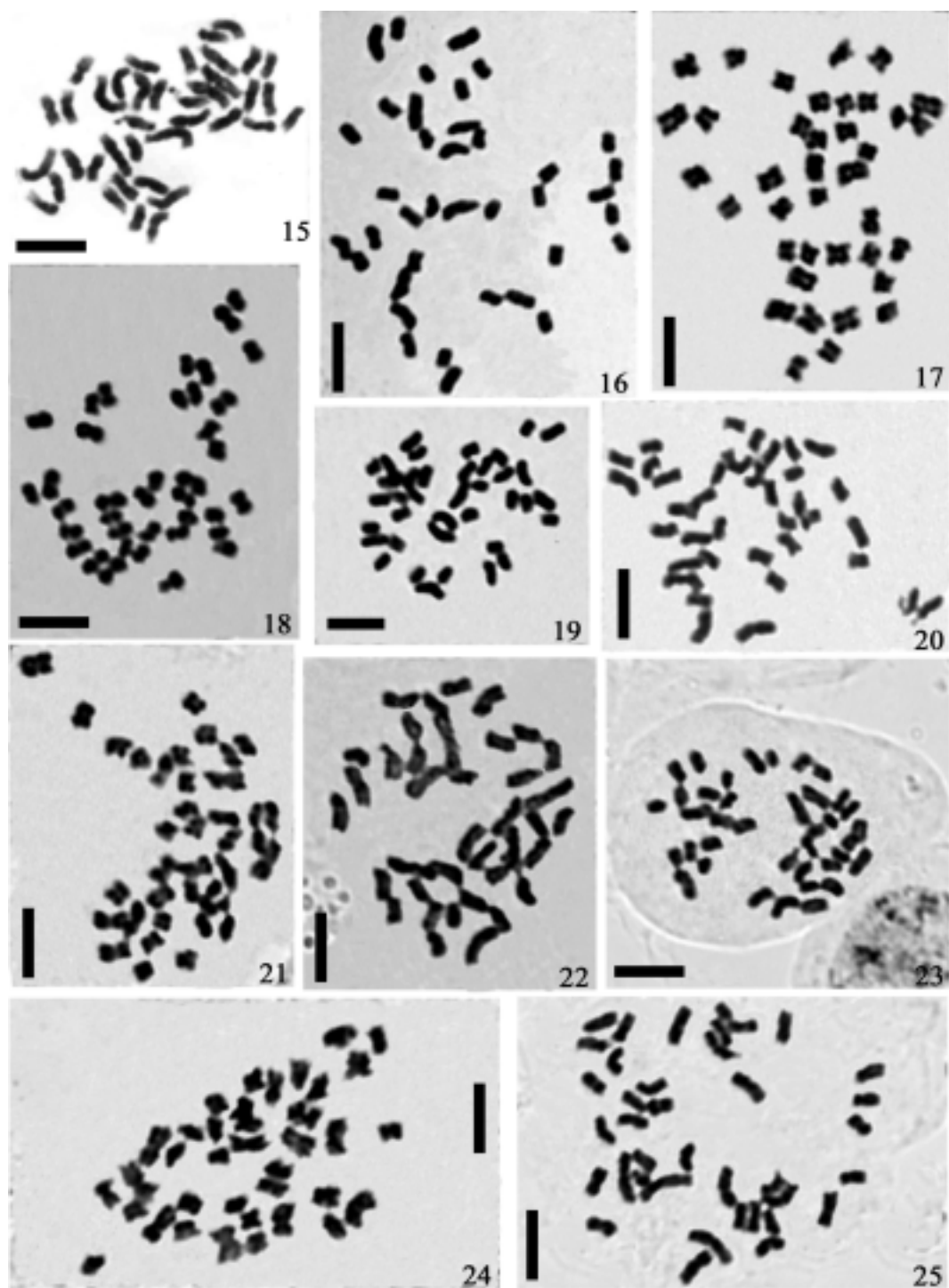
如表1所示, 所观察的20种木莲都为二倍体($2n=2x=38$)。尽管每个种染色体的形态、大小不一, 其绝对长度基本小于 $5\ \mu\text{m}$, 属于中小型染色体, 染色体由大到小逐渐变化。20个种最长与最短染色体的比值范围为1.72–2.50, 核型不对称性指数范围为57.2%–65.4%。核型主要属2B型, 较少为2A型, 个别为1A型。中部着丝粒染色体(m染色体)、近中部着丝粒染色体(sm染色体)为染色体主要组成成分, 近端着丝粒染色体(st染色体)较少或缺无。表明木莲属植物总的来说核型特征比较对称。在不同的种间, 一些具体的特征如核型公式, m、sm和st染色体的数量组成、最长与最短染色体的比值, 以及随体的有无等存在差异。每个种的不同个体其核型参数基本相似, 显示出木莲属核型比较稳定。结果表明木莲属植物可能主要是在二倍体水平上进化的, 但不同的种类具有各自的遗传组成。细微的染色体结构变异导致物种发生了明显的形态学变化。

在修订中国木兰科植物时, Chen和Nooteboom(1993)曾对木莲属的某些类群作了如下处理: 将巴东木莲和马关木莲归并到红色木莲; 桂南木莲和卵果木莲归并到球果木莲; 乳源木莲归并到木莲, 认为滇桂木莲是木莲的一个变种; 认为粗梗木莲和厚叶木莲是同一个种; 认为锈毛木莲在中国可能没有分布, 它可能实际上是毛桃木莲。

孟爱平等(2004)指出巴东木莲和红色木莲在形态、分布和核型方面的差别, 认为不宜将巴东木莲并入红色木莲。本研究支持这一观点。野生状态下, 红色木莲叶革质, 巴东木莲叶质地更厚, 两者易于区别。作者同时认为马关木莲在分类学上也是一个好种。与红色木莲比较, 马关木莲叶较大、薄革质、幼嫩部分或多或少被白粉; 红色木莲叶较小、叶革质、幼嫩部分微被毛或无毛, 两者核型参数有较大区别(表1)。

图1, 2 红色木莲有丝分裂间期和前期染色体显微照片 1. 间期。2. 前期。 图3–14 木兰科12个种有丝分裂中间染色体显微照片 3. 大叶木莲($2n=38$)。4. 锈毛木莲($2n=38$)。5. 毛桃木莲($2n=38$)。6. 大果木莲($2n=38$)。7. 粗梗木莲($2n=38$)。8. 桂南木莲($2n=38$)。9. 香木莲($2n=38$)。10. 中缅木莲($2n=38$)。11. 川滇木莲($2n=38$)。12. 巴东木莲($2n=38$)。13. 厚叶木莲($2n=38$)。14. 红色木莲($2n=38$)。

Figs. 1, 2. Micrographs of interphase and prophase chromosomes of *Manglietia insignis* (Wall.) Blume. 1. Interphase. 2. Prophase. Figs. 3–14. Micrographs of somatic chromosomes at metaphase of 12 taxa in the family Magnoliaceae. 3. *Manglietia megaphylla* ($2n=38$). 4. *Manglietia rufibarata* ($2n=38$). 5. *Manglietia moto* ($2n=38$). 6. *Manglietia grandis* ($2n=38$). 7. *Manglietia crassipes* ($2n=38$). 8. *Manglietia chingii* ($2n=38$). 9. *Manglietia aromatica* ($2n=38$). 10. *Manglietia hookeri* ($2n=38$). 11. *Manglietia duclouxii* ($2n=38$). 12. *Manglietia patungensis* ($2n=38$). 13. *Manglietia pachyphylla* ($2n=38$). 14. *Manglietia insignis* ($2n=38$). Scale bar = $5\ \mu\text{m}$.



Chen和Nootboom(1993)认为桂南木莲和球果木莲两个种基本上是同域分布的,并将前者归并到后者。李捷(1997a)认为他们在形态方面将球果木莲处理得过于广泛。在观察了大量的标本后,他发现在整个球果木莲分布区的东面和西面分别存在两种生态型,即处于分布区西面的种类果梗长于4 cm,而东面的种类果梗短于4 cm,且这个性状比较稳定。于是他建议将分布区西面的类群处理为球果木莲的亚种,即*Manglietia conifera* ssp. *chingii* J. Li, 作者支持这一观点。从细胞学特征看(表1),两者有较大不同。我们认为卵果木莲也不宜归并,除了与球果木莲细胞学特征上的差异,形态上两者也可区别,归纳起来约有4点:卵果木莲花梗约1 cm,花序梗粗壮,短于3 cm,花和果直立;球果木莲则花梗缺,花序梗纤细,长于3 cm,花和果下垂。

通过标本和野外观察,作者发现乳源木莲和木莲易于区别。它们有两个较为稳定的特征,即乳源木莲嫩枝和叶无毛,花序梗和花梗总长小于1.5 cm,而木莲嫩枝和叶被红褐色毛,花序梗和花梗总长大于1.5 cm。两者核型特征区别也明显(表1)。因此我们不支持Chen和Nootboom(1993)对乳源木莲的处理。但滇桂木莲和木莲形态比较相似,从核型上看,除臂比值大于2的染色体数目存在差异外,其他参数比较一致,我们同意Chen和Nootboom(1993)将滇桂木莲处理为木莲变种的意见。

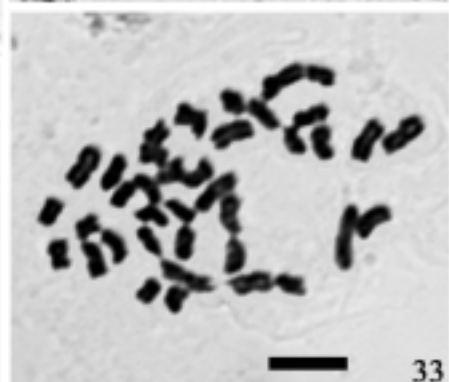
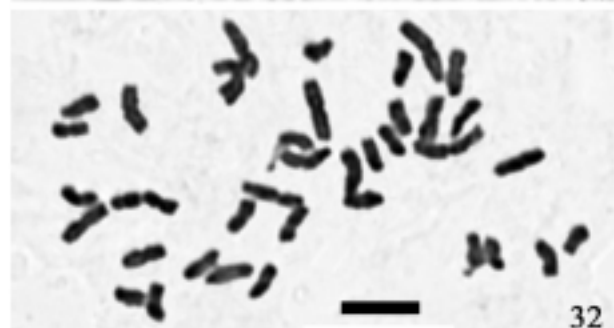
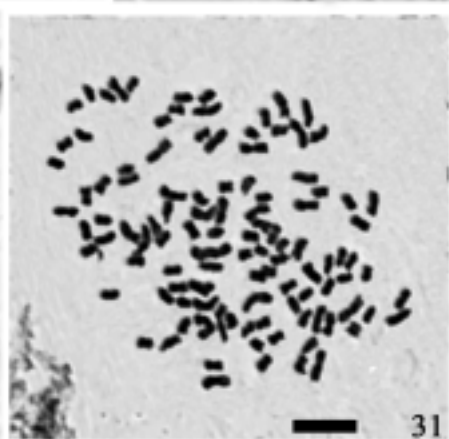
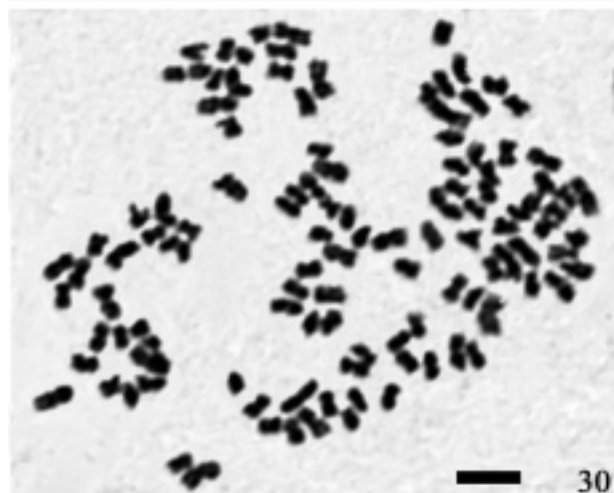
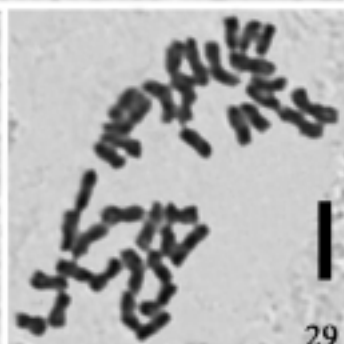
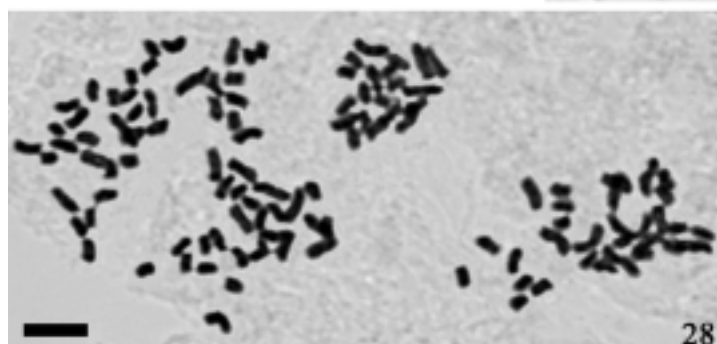
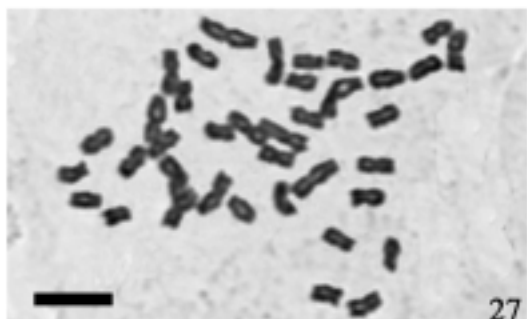
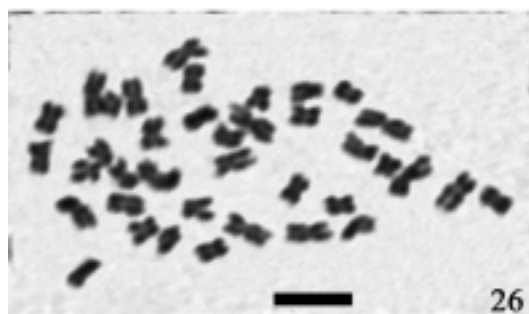
粗梗木莲产广西金秀。Chen和Nootboom(1993)在没有看到模式标本的情况下,根据该种发表时的描述及对所采集标本的考证,认为粗梗木莲和厚叶木莲是同一个种。刘玉壶(1996)认为,粗梗木莲区别于厚叶木莲的特征是,粗梗木莲的芽小枝和叶背被白粉,网脉两面突起;花被片较小,长2–4 cm,宽2–2.5 cm;聚合果长5–6 cm,直径4–5 cm。从核型上看,两者区别较大(表1)。作者认为粗梗木莲应为独立的种。

锈毛木莲分布在我国云南东南部和越南北部。Chen和Nootboom(1993)认为本种可能最初从越南采集,中国并没有记录,除了粗壮的果梗和果实上被褐色毛,其他特征与毛桃木莲非常近似。由于没有看到充足的锈毛木莲标本,他们没有进行大的处理,依然保留该种。但李捷(1997a)发现有很多采集材料证明锈毛木莲产于云南东南部。他指出Chen和Nootboom(1993)把锈毛木莲的某些标本错误地鉴定为*Manglietia dandyi* (Gagnep.) Dandy。作者在野外考察时发现我国云南西畴和麻栗坡等县确有锈毛木莲分布,它与毛桃木莲并非同一种。核型分析也显示两者有较大区别(表1)。

图15–25 木兰科11个种有丝分裂中期染色体显微照片 15. 乳源木莲(2n=38)。16. 滇桂木莲(2n=38)。17. 木莲(2n=38)。18. 球果木莲(2n=38)。19. 灰木莲(2n=38)。20. 卵果木莲(2n=38)。21. 落叶木莲(2n=38)。22. 马关木莲(2n=38)。23. 华盖木(2n=38)。24. 三瓣木兰(2n=38)。25. 越南木兰(2n=38)。

Figs. 15–25. Micrographs of somatic chromosomes at metaphase of 11 taxa in the family Magnoliaceae. 15. *Manglietia yuyuanensis* (2n=38). 16. *Manglietia forrestii* (2n=38). 17. *Manglietia fordiana* (2n=38). 18. *Manglietia conifera* (2n=38). 19. *Manglietia glauca* (2n=38). 20. *Manglietia ovoidea* (2n=38). 21. *Manglietia decidua* (2n=38). 22. *Manglietia maguanica* (2n=38). 23. *Manglietiastrum sinicum* (2n=38). 24. *Magnolia tripetala* (2n=38). 25. *Magnolia fistulosa* (2n=38).

Scale bar=5 μm.



尽管在其他研究中, 某些类群的不同居群, 甚至同一居群中不同的个体其核型参数都存在较大区别, 但我们观察到木兰科植物的核型比较稳定一致, 差异主要表现在种与种之间。在形态学比较的基础上, 细胞学数据也是物种界定的重要证据。我们对以上讨论的物种的处理意见是建立在大量的野外观察、标本记录和实验数据上的。作者认为分类学家在归并物种时应持更为谨慎的态度。

木兰属是木兰科中种类最多、分类最复杂的一个属。前人对本属国内外的类群作了大量染色体数目报道。李秀兰等(1998a)、陈瑞阳等(2003)报道了中国部分木兰属的核型。本研究在有限的条件下观察了山玉兰等5种木兰属植物的染色体, 除滇藏木兰的染色体数目和山玉兰的核型外, 其余3种(表1)为首次报道。综合其他方面的资料, 我们得出如下结论。

木兰属的染色体数目具多样性, 除了最常见的二倍体外, 还有三倍体、四倍体、五倍体、六倍体等多倍体类型。这本身就表明木兰属分类系统复杂, 形态多样有其细胞学的基础。另一方面说明木兰属分布广泛, 适应性强, 可能存在着不同倍性水平上的进化, 而杂交渐渗作用可能在木兰属多倍体的物种形成中起到了重要作用(李建强, 何子灿, 2003)。

木兰属的核型比较一致, 基本为2B型, 但其中最长与最短染色体比率总的说来比木莲属的大, 且不具2A和1A核型, 这基本支持Dandy(1964)、Chen和Nootboom(1993)、刘玉壶(1996)等系统对木莲属和木兰属的系统关系的处理, 即相对木兰属而言, 木莲属是比较原始的类群。

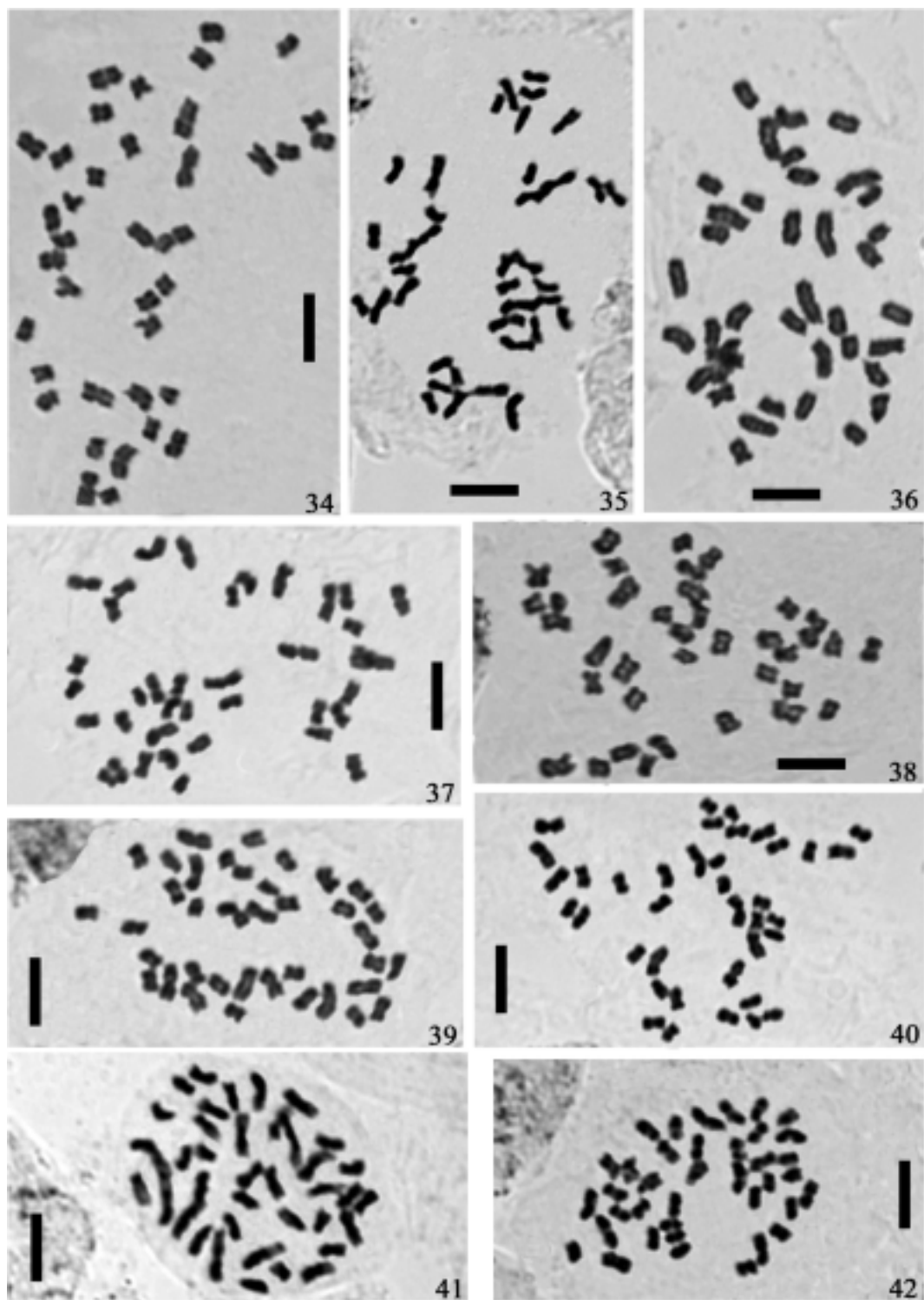
除了上面的木莲属和木兰属外, 含笑属 *Michelia* L. 植物在我国分布广泛, 其分类和范围也十分复杂。一些学者指出, 含笑属的腋生花其实质为顶生花(Nootboom, 1985; 李捷, 1997a; 龚洵等, 2003)。Figlar(2000)观察发现, 木兰科植物幼枝生长式样可分为同生分枝和预生分枝两类, 而含笑属和玉兰亚属 subgen. *Yulania* 植物的侧枝皆为预生分枝, 即由上一年形成的休眠芽上长出。而木兰属其他类群皆为同生分枝。据此, 他主张将含笑属并入木兰属。分子证据似乎也表明含笑属与木兰属的玉兰亚属关系较近(Qiu et al., 1995; Qiu & Chase, 1995; 金虹等, 1999; Shi et al., 2000; Ueda et al., 2000; Kim et al., 2001)。本研究在有限的条件下, 观察了6种含笑属植物, 除云南含笑外, 其他为首次报道(表1)。综合其他方面的资料, 我们得出如下结论:

←

图26-33 木兰科8个种有丝分裂中期染色体显微照片 26. 馨香玉兰($2n=38$)。27. 山玉兰($2n=38$)。28. 滇藏木兰($2n=114$)。29. 盖裂木($2n=38$)。30. 云南拟单性木兰($2n=114$)。31. 乐东拟单性木兰($2n=114$)。32. 单性木兰($2n=38$)。33. 长蕊木兰($2n=38$)。

Figs. 26-33. Micrographs of somatic chromosomes at metaphase of 8 taxa in the family Magnoliaceae. 26. *Magnolia odoratissima* ($2n=38$). 27. *Magnolia delavayi* ($2n=38$). 28. *Magnolia campbellii* ($2n=114$). 29. *Talauma hodgsoni* ($2n=38$). 30. *Parakmeria yunnanensis* ($2n=114$); 31. *Parakmeria lotungensis* ($2n=114$). 32. *Kmeria septentrionalis* ($2n=38$). 33. *Alcimandra cathcartii* ($2n=38$).

Scale bar=5 μ m.



已有的研究表明含笑属都为二倍体, 而玉兰亚属中除了天目木兰等少数类群为二倍体外, 凹叶木兰 *Magnolia sargentiana* Rehd. & Wils. (六倍体)、滇藏木兰 *M. campbellii* Hook. f. & Thoms. (六倍体), 玉兰 *M. denudata* Desr. (四倍体, 六倍体)、紫玉兰 *M. liliflora* Desr. (四倍体)、望春玉兰 *M. biondii* Pampan. (四倍体) 和二乔木兰 *M. × soulangeana* Soul.-Bod. (四倍体) 等很多种类为多倍体 (陈瑞阳, 1985, 1989)。显然含笑属和玉兰亚属在染色体的倍性上差异很大。我们认为在已有的对木兰科的分子系统学分析中, 取样往往严重不足, 结果并非十分可靠。而且在野外, 凭借综合的形态学差异, 含笑属植物可以同木兰属很好地区别。据此我们认为维持现有的含笑属的分类地位和范围是恰当的, 不支持将含笑属和木兰属玉兰亚属合并为一个属。

刘玉壶 (1996) 将含笑属分为 2 亚属 4 组, 本实验所观察的 6 种植物分别隶属于 4 个组。南亚含笑为含笑亚属含笑组; 云南含笑为含笑亚属肖含笑组; 黄花含笑和显脉含笑为后生含笑亚属双被组; 深山含笑、壮丽含笑为后生含笑亚属异被组。从核型特征看 (表 1), 6 个种表现出一定的从原始到进化的规律, 南亚含笑为 1A 型, 云南含笑为 2A 型, 其他为 2B 型。而且在 4 个组间, 其他核型参数如最长与最短染色体比率等也呈对称型向不对称型过渡的趋势。从这一点看, 本研究的结果比较支持刘玉壶 (1996) 分类系统对含笑属中的分组处理。由于材料和时间的限制, 研究尚需要进一步的深入。

以上我们结合形态地理和染色体资料对分布于我国的木兰科的 3 个比较大的属的分类学问题进行了讨论。本科在中国分布的其他 8 属的种类的数目相对较少, 本文也进行了细胞学观察研究。华盖木属 *Manglietiastrum* Law 仅华盖木 1 种。Nooteboom (1985) 将其置入木兰属, Chen 和 Nooteboom (1993) 将其又转到木莲属。分支分析 (徐凤霞等, 2000; Li & Conran, 2003) 和分子证据 (施苏华等, 2000; Kim et al., 2001) 似乎表明华盖木属和拟单性木兰属 *Parakmeria* Hu & Cheng 及厚壁木属 *Pachylarnax* Dandy 具有较近的亲缘。司马永康等 (2001) 在观察和分析了木兰科幼叶的卷叠式样后, 认为华盖木属、拟单性木兰属和厚壁木属为姊妹群。华盖木核型为 2A 型, 相对来说比较原始。这与李捷的观点是一致的, 即华盖木属由于其蓇葖果腹缝开裂是一较原始类群 (李捷, 1997b)。尽管如此, 仅凭细胞学证据尚不能认定华盖木属的归属问题。

拟单性木兰属约 5 种, 分布于我国西南部至东南部。陈瑞阳 (1985) 曾报道峨眉拟单性木兰 *Parakmeria omeiensis* Cheng 为四倍体 ($2n=76$), 张国莉等 (2002) 曾报道乐东拟单性木兰为六倍体 ($2n=114$)。我们发现云南拟单性木兰和乐东拟单性木兰均为六倍体。拟单性

图 34-42 木兰科 9 个种有丝分裂中期染色体显微照片 34. 黄花含笑 ($2n=38$)。35. 深山含笑 ($2n=38$)。36. 壮丽含笑 ($2n=38$)。37. 云南含笑 ($2n=38$)。38. 南亚含笑 ($2n=38$)。39. 显脉含笑 ($2n=38$)。40. 合果木 ($2n=38$)。41. 观光木 ($2n=38$)。42. 鹅掌楸 ($2n=38$)。

Figs. 34-42. Micrographs of somatic chromosomes at metaphase of 9 taxa in the family Magnoliaceae. 34. *Michelia xanthantha* ($2n=38$). 35. *Michelia maudiae* ($2n=38$). 36. *Michelia lacei* ($2n=38$). 37. *Michelia yunnanensis* ($2n=38$). 38. *Michelia doltsopa* ($2n=38$). 39. *Michelia coriacea* ($2n=38$). 40. *Paramichelia baillonii* ($2n=38$). 41. *Tsoongiodendron odorum* ($2n=38$). 42. *Liriodendron chinense* ($2n=38$).

Scale bar=5 μ m.

木兰被认为是两性花向单性花的过渡类群。刘玉壶(1984)认为拟单性木兰不同于木兰的形态特征是经过长期系统发育的较进化的特征,足以作为分属的依据。他认为胡先骕和郑万钧(1951)建立的拟单性木兰属和它的种均应恢复。尽管木兰属中也存在多倍化现象,已观察到的拟单性木兰全为多倍体似乎表明多倍化是本属的一个重要特征。

盖裂木属 *Talauma* Juss. 为热带间断分布类群, 主要分布于东亚至东南亚和中美洲、南美洲的热带与亚热带地区, 全球约60余种。我国仅盖裂木1种。一般而言, 木兰属形态变化较大, 其分布区更向北延伸, 如日本厚朴 *Magnolia hypoleuca* Sieb. & Zucc., 分布达北纬46°的千岛群岛; 而盖裂木属仅盖裂木1种产北纬30°以南, 西藏墨脱为其分布最北边缘。Dandy(1964)和刘玉壶(1995)主张盖裂木属和木兰属是不同的两个属, Nooteboom(1985)、Chen和Nooteboom(1993)则将盖裂木属归并到木兰属。盖裂木核型为2A型, 而已观察到的木兰属植物的核型均为2B型。尽管如此, 由于所研究种类太少, 国外本属的细胞学报道非常有限, 因此有待于进一步研究。

单性木兰属 *Kmeria* Dandy 约2-3种, 主要分布于我国南部、柬埔寨及泰国热带及亚热带地区, 是极稀有的常绿树种。我国仅单性木兰1种。刘玉壶认为本属从两性花进化为单性花; 花较小, 花的各部数目亦相应较少; 这在系统进化中是较进化的特征。单性木兰核型为2B型。长蕊木兰属 *Alcimandra* Dandy 仅长蕊木兰1种, 分布于云南西南部至东南部、西藏南部和东南部; 印度东北部、锡金、不丹、缅甸北部和越南北部也有分布。本研究发现其核型为2B型。合果木属 *Paramichelia* Hu 约3种, 分布于亚洲东南部的热带及亚热带, 从我国西南部、印度北部, 经中南半岛、马来半岛至苏门答腊。我国仅合果木1种。本研究发现其核型为2B型。观光木属 *Tsoongiodendron* Chun 为我国特有属, 仅观光木1种, 产云南东南部、广西、广东、江西和福建, 越南北部也有分布。本研究发现其核型为2B型。鹅掌楸属2种, 是著名的东亚北美间断分布属。本属被认为是木兰科中最早分化出来的形态比较特化的类群。本研究发现其核型为2A型。

按刘玉壶系统(1996), 中国虽然有木兰科11属, 但除了木莲属、木兰属和含笑属外, 其他8属为少种属或在中国分布极少。李秀兰等(1998c)曾对中国木兰科8属8种进行了核型比较, 本研究与其结果大体一致。木兰科植物往往形态特征十分重叠, 性状呈网状进化, 植物的核型特征在探讨一些属下种的分类地位时具有一定参考作用, 但论及整个科的分类系统和属间亲缘关系时, 这种作用非常微弱。要全面阐明木兰科的分类和系统学问题, 需要各个学科的深入和综合。

致谢 感谢中国科学院昆明植物研究所龚洵研究员、岳中枢高级工程师, 中国科学院华南植物园夏念和研究员、邓云飞博士和武汉植物园张炳坤高级工程师在实验材料获取中提供的巨大帮助。感谢中国科学院昆明植物研究所顾志建研究员提供实验便利和技术指导。

参 考 文 献

- Agababian V S. 1972. Pollen morphology of the family Magnoliaceae. Grana 12: 16-176.
Azuma H, Thien L B, Kawano S. 2000. Molecular phylogeny of *Magnolia* based on chloroplast DNA sequence data (*trnK* intron, *psbA-trnH* and *atpB-rbcL* intergenic space regions) and floral scent chemistry. In: Liu Y-H, Fan H-M, Chen Z-Y, Wu Q-G, Zeng Q-W eds. Proceedings of the International

- Symposium on the Family Magnoliaceae. Beijing: Science Press. 205–209.
- Azuma H, Garcia-Franco J G, Rico-Gray V, Thien L B. 2001. Molecular phylogeny of the Magnoliaceae: the biogeography of tropical and temperate disjunctions. *American Journal of Botany* 88: 2275–2285.
- Baranova M. 1972. Systematic anatomy of the epidermis in the Magnoliaceae and some related families. *Taxon* 21: 447–467.
- Baillon H E. 1866. Sur la famille des Magnoliaceae. *Adasonia* 1: 133–192.
- Cai X (蔡霞), Hu Z-H (胡正海). 2000. Comparative studies on leaf structure and oil cells of the Magnoliaceae in China. *Acta Phytotaxonomica Sinica (植物分类学报)* 38: 218–230.
- Canright J E. 1955. The comparative morphology and relationships of the Magnoliaceae, IV. Wood and nodal anatomy. *Journal of Arnold Arboretum* 36: 119–140.
- Chen B L, Nootboom H P. 1993. Notes on Magnoliaceae III: the Magnoliaceae of China. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 80: 999–1104.
- Chen R-Y (陈瑞阳), Chen Z-G (陈祖耕), Li X-L (李秀兰), Song W-Q (宋文芹). 1985. Chromosome numbers of some species in the family Magnoliaceae in China. *Acta Phytotaxonomica Sinica (植物分类学报)* 23: 103–105.
- Chen R-Y (陈瑞阳), Zhang W (张炜), Wu Q-A (武全安). 1989. Chromosome numbers of some species in the family Magnoliaceae in Yunnan of China. *Acta Botanica Yunnanica (云南植物研究)* 11: 234–238.
- Chen R-Y (陈瑞阳), Song W-Q (宋文芹), Li X-L (李秀兰), Li M-X (李懋学), Liang G-L (梁国鲁), An Z-P (安祝平), Chen C-B (陈成彬), Qi Z-X (齐仲夏), Sun Y-Z (孙雨珍). 2003. Chromosome Atlas of Major Economic Plants Genome in China. Beijing: Science Press. 3: 395–406.
- Chen Z-Y (陈忠毅), Law Y-W (刘玉壶), Chen S-J (陈升振), Huang S-F (黄少甫). 1989. The chromosome numbers of Magnoliaceae. *Acta Botanica Austro Sinica (中国科学院华南植物研究所集刊)* 4: 67–74.
- Chen Z-Y (陈忠毅), Law Y-W (刘玉壶), Chen S-J (陈升振), Huang X-X (黄向旭). 1990. Chromosome data of some Chinese magnoliaceous plants. *Acta Botanica Austro Sinica (中国科学院华南植物研究所集刊)* 6: 50–53.
- Dandy J E. 1927. The genera of Magnoliaceae. *Kew Bulletin* 7: 257–263.
- Dandy J E. 1964. Magnoliaceae. In: Hutchinson J ed. *The Genera of Flowering Plants*. Oxford: Clarendon Press. 1: 50–57.
- Figlar R B. 2000. Proleptic branch initiation in *Michelia* and *Magnolia* subgenus *Yulania* provides basis for combination in subfamily Magnolioideae. In: Liu Y-H, Fan H-M, Chen Z-Y, Wu Q-G, Zeng Q-W eds. *Proceedings of the International Symposium on the Family Magnoliaceae*. Beijing: Science Press. 14–25.
- Figlar R B, Nootboom H P. 2004. Notes on Magnoliaceae IV. *Blumea* 49: 87–100.
- Frodin D G, Govaerts R. 1996. *World Checklist and Bibliography of Magnoliaceae*. Great Britain: Whitstable Litho Printer Ltd. 24–49.
- Goldblatt P. 1984. *Index to Plant Chromosome Numbers 1979–1981*. Missouri: Missouri Botanical Garden 240–241.
- Goldblatt P. 1988. *Index to Plant Chromosome Numbers 1984–1985*. Missouri: Missouri Botanical Garden 142–143.
- Goldblatt P. 1990. *Index to Plant Chromosome Numbers 1986–1987*. Missouri: Missouri Botanical Garden 122–123.
- Goldblatt P. 1991. *Index to Plant Chromosome Numbers 1988–1989*. Missouri: Missouri Botanical Garden 131–132.
- Gong X (龚洵), Lu Y-X (鲁元学), Zhang Y-P (张彦萍), Wu Q-A (武全安), Yue Z-S (岳中枢). 1999. Discovery of 3–7 ovules in one carpel of *Magnolia delavayi*. *Acta Botanica Yunnanica (云南植物研究)* 21: 173–176.
- Gong X (龚洵), Pan Y-Z (潘跃芝), Yang Z-Y (杨志云). 2001. The cross-compatibility of Magnoliaceae. *Acta Botanica Yunnanica (云南植物研究)* 23: 339–344.
- Gong X (龚洵), Shi S-H (施苏华), Pan Y-Z (潘跃芝), Huang Y-L (黄椰林), Yin Q (尹擎). 2003. An observation on the main taxonomic characters of subfamily Magnolioideae in China. *Acta Botanica Yunnanica (云南植物研究)* 25: 447–456.
- Hong D-Y (洪德元). 1990. *Plant Cytotaxonomy*. Beijing: Science Press.
- Hu H-H (胡先骕), Cheng W-C (郑万钧). 1951. *Parakmeria*, a new genus of Magnoliaceae of southwestern China. *Acta Phytotaxonomica Sinica (植物分类学报)* 1: 1–3.
- Janaki Ammal E K. 1952. The race history of *Magnolia*. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding* 12:

- 82–92.
- Keng H. 1978. The delimitation of the genus *Magnolia* (Magnoliaceae). Garden's Bulletin, Singapore 31: 127–131.
- Kim S, Park C W, Kim Y D, Suh Y. 2001. Phylogenetic relationships in family Magnoliaceae inferred from *ndhF* sequences. American Journal of Botany 88: 717–728.
- Kunihiko U, Jun Y, Minoru N T. 2000. Molecular phylogeny of the Magnoliaceae. In: Liu Y-H, Fan H-M, Chen Z-Y, Wu Q-G, Zeng Q-W eds. Proceedings of the International Symposium on the Family Magnoliaceae. Beijing: Science Press. 205–209.
- Law Y-W (刘玉壶). 1984. A preliminary study on the taxonomy of the family Magnoliaceae. Acta Phytotaxonomica Sinica (植物分类学报) 22: 89–109.
- Law Y-W (刘玉壶). 1996. Magnoliaceae. In: Flora Reipublicae Popularis Sinicae (中国植物志). Beijing: Science Press. 30 (1): 82–199.
- Law Y-W. 2000. Studies on the phylogeny of Magnoliaceae. In: Liu Y-H, Fan H-M, Chen Z-Y, Wu Q-G, Zeng Q-W eds. Proceedings of the International Symposium on the Family Magnoliaceae. Beijing: Science Press. 3–13.
- Law Y-W (刘玉壶), Xia N-H (夏念和), Yang H-Q (杨惠秋). 1995. The origin, evolution and phytogeography of Magnoliaceae. Journal of Tropical and Subtropical Botany (热带亚热带植物学报) 3: 1–12.
- Li J (李捷). 1997a. Some notes on Magnoliaceae from Yunnan. Acta Botanica Yunnanica (云南植物研究) 19: 131–138.
- Li J (李捷). 1997b. A cladistic analysis of Magnoliaceae. Acta Botanica Yunnanica (云南植物研究) 19: 342–356.
- Li J, Conran J G. 2003. Phylogenetic relationships in Magnoliaceae subfamily Magnolioideae: a morphological cladistic analysis. Plant Systematics and Evolution 242: 33–47.
- Li J-Q (李建强), He Z-C (何子灿). 2003. Meiosis observation and chromosome configuration analysis of *Magnolia denudata*. Acta Phytotaxonomica Sinica (植物分类学报) 41: 362–368.
- Li M-X (李懋学), Chen R-Y (陈瑞阳). 1985. A suggestion on the standardization of karyotype analysis in plants. Journal of Wuhan Botanical Research (武汉植物学研究) 3: 297–302.
- Li X-L (李秀兰), Song W-Q (宋文芹), An Z-P (安祝平), Chen R-Y (陈瑞阳). 1997. The karyotype comparison among some species of *Manglietia* in China. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Nankaiensis (南开大学学报自然科学版) 30 (4): 109–112.
- Li X-L (李秀兰), Song W-Q (宋文芹), An Z-P (安祝平), Chen R-Y (陈瑞阳). 1998a. Karyotype analysis of some species of *Magnolia* in China. Acta Botanica Yunnanica (云南植物研究) 20: 204–206.
- Li X-L (李秀兰), Song W-Q (宋文芹), An Z-P (安祝平), Chen R-Y (陈瑞阳). 1998b. The karyotype analysis of *Michelia* (Magnoliaceae) in China. Acta Phytotaxonomica Sinica (植物分类学报) 36: 145–149.
- Li X-L (李秀兰), Song W-Q (宋文芹), An Z-P (安祝平), Chen R-Y (陈瑞阳). 1998c. Karyotype comparison between genera in Magnoliaceae. Acta Phytotaxonomica Sinica (植物分类学报) 36: 232–237.
- Meng A-P (孟爱平), He Z-C (何子灿), Li J-Q (李建强), Wang H-C (王恒昌). 2004. Karyomorphology of three *Manglietia* (Magnoliaceae) species. Acta Botanica Yunnanica (云南植物研究) 26: 317–320.
- Nooteboom H P. 1985. Notes on Magnoliaceae. Blumea 31: 65–121.
- Pragowski J. 1974. World Pollen and Spore Flora. Stockholm: Almqvist & Wiksell. 3: 1–44.
- Qiu Y L, Chase M W, Parks C R. 1995. A chloroplast DNA phylogenetic study of the eastern Asia-eastern North America disjunct section *Rytidospermum* of *Magnolia* (Magnoliaceae). American Journal of Botany 82: 1582–1588.
- Qiu Y L, Chase M W. 1995. Molecular divergence in the eastern Asia-eastern North America disjunct section *Rytidospermum* of *Magnolia* (Magnoliaceae). American Journal of Botany 82: 1589–1598.
- Shi S-H, Huang Y-L, Pan H-C, Zhang Q, Chen T, Chang H-T. 2000. Preliminary study on the phylogeny of Magnoliaceae inferred from sequences of the *matK* gene of chloroplast DNA. In: Liu Y-H, Fan H-M, Chen Z-Y, Wu Q-G, Zeng Q-W eds. Proceedings of the International Symposium on the Family Magnoliaceae. Beijing: Science Press. 215–218.
- Shui Y-M (税玉民), Chen W-H (陈文红). 2003. A new species of *Manglietia* (Magnoliaceae) from SE Yunnan in China. Bulletin of Botanical Research (植物研究) 23: 129–130.
- Sima Y-K (司马永康), Wang J (王炯), Cao L-M (曹丽敏), Wang B-Y (王兵益), Wang Y-H (王跃华). 2001. Prefoliation features of the Magnoliaceae and their systematic significance. Journal of Yunnan University Natural Sciences (云南大学学报自然科学版) 23: 71–78.

- Stace C A. 2000. Cytology and cytogenetics as a fundamental taxonomic resource for the 20th and 21st centuries. *Taxon* 49: 451–477.
- Stebbins G L. 1971. *Chromosomal Evolution in Higher Plants*. London: Edward Arnold Ltd.
- Tanaka R. 1971. Types of resting nuclei in Orchidaceae. *Botanical Magazine (Tokyo)*. 84: 118–122.
- Tanaka R. 1977. Recent karyotype studies. In: Ogawa K, Kurosumi I, Koike S, Sato M eds. *Plant Cytology*. Tokyo: Asakura Shoten. 293–326.
- Tucker S C. 1977. Foliar sclereids in the Magnoliaceae. *Botanical Journal of the Linnean Society* 75: 325–356.
- Ueda K, Yamashita J, Tamura M N. 2000. Molecular phylogeny of the Magnoliaceae. In: Liu Y-H, Fan H-M, Chen Z-Y, Wu Q-G, Zeng Q-W eds. *Proceedings of the International Symposium on the Family Magnoliaceae*. Beijing: Science Press. 205–209.
- Wang Y-L (王亚玲), Zhang S-Z (张寿洲), Cui T-C (崔铁成). 2003. The utility of *trnL* and *trnL-trnF* IGS in phylogenetic analysis of Magnoliaceae. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica (西北植物学报)* 23: 247–252.
- Wang Y-L (王亚玲), Zhang S-Z (张寿洲), Li Y (李勇), Zhang W-H (张文辉). 2005. Chromosome numbers of 13 taxa and 12 crossing combinations in Magnoliaceae. *Acta Phytotaxonomica Sinica (植物分类学报)* 43: 545–551.
- Wei F-N (韦发南). 1993. A new species of *Manglietia* Bl. from Guangxi. *Guihaia (广西植物)* 13: 5–6.
- Wei Z-X (韦仲新). 2003. *Pollen Flora of Seed Plants (种子植物花粉电镜图志)*. Kunming: Yunnan Science & Technology Press. 12–14.
- Wu S-M (吴树明), Li Z-L (李正理). 1989. Spiral thickenings of vessel elements in Magnoliaceae in China. *Acta Botanica Sinica (植物学报)* 31: 280–284.
- Xu F-X (徐凤霞), Chen Z-Y (陈忠毅), Zhang D-X (张奠湘). 2000. A cladistic analysis of Magnoliaceae. *Journal of Tropical and Subtropical Botany (热带亚热带植物学报)* 8: 207–214.
- Zhang B (张冰). 2001. Systematic development of *Magnolia*. *Guihaia (广西植物)* 21: 195–197.
- Zhang G-L (张国莉), Gong X (龚洵), Yue Z-S (岳中枢). 2002. The application of cytological early identification in cross breeding of Magnoliaceae. *Acta Botanica Yunnanica (云南植物研究)* 24: 659–662.
- Zheng Q-Y (郑庆衍). 1995. A new specific name of *Manglietia*. *Acta Phytotaxonomica Sinica (植物分类学报)* 33: 180.
- Zeng Q-W. 2000. RAPD analysis on phylogeny of subtribe Michelineae. In: Liu Y-H, Fan H-M, Chen Z-Y, Wu Q-G, Zeng Q-W eds. *Proceedings of the International Symposium on the Family Magnoliaceae*. Beijing: Science Press. 228–234.