

木兰科植物的人工杂交

王亚玲^{1,2}, 李勇², 张寿洲², 崔铁成¹, 巫锡良²

(1 西安植物园, 西安 710061; 2 深圳仙湖植物园, 深圳 518004)

摘要: 采用常规人工杂交方法, 在木兰科中进行了 68 个组合杂交试验。结果表明: 花粉活力随种类不同有很大差异, 人工授粉后结实率很高, 小孢子败育不是木兰科植物自然结实率普遍低的主要原因。木兰亚属种间杂交均表现为亲和, 含笑属有些种间杂交不亲和; 属间杂交多不亲和, 但红元宝二乔玉兰与金叶含笑和云南含笑的杂交完全亲和, 结实率高达 80%~100%, 表明玉兰亚属和含笑属间有较近的亲缘关系; 观光木与金叶含笑、云南含笑虽有较高的杂交结实率, 但杂交种子不能萌发, 支持观光木属成立。

关键词: 木兰科; 杂交; 杂交亲和性

中图分类号: Q949.747.1; Q32

文献标识码: A

文章编号: 1000-470X(2003)06-0508-07

The Crossing Result of Magnoliaceae

WANG Ya-Ling^{1,2}, LI Yong², ZHANG Shou-Zhou², CUI Tie-Cheng¹, WU Xi-Liang²

(1 Xi'an Botanical Garden, Xi'an 710061, China; 2 Shenzhen Fairy Lake Botanical Garden, Shenzhen 518004, China)

Abstract: Crossing experiments of 68 combinations within and between genera of Magnoliaceae were made in the Fairy Lake Botanical Garden based on the conventional methods of hybridization. Results revealed that the pollen vigor was various among different species. The low rate of pollen germination was not an important factor responsible for the low fruit set since owning a large number of pollens and having a high fruit set after manual crossing. The cross-compatibility commonly existed in the same genus of Magnoliaceae, except genus *Magnolia* (between subgenus *Magnolia* and *Yulania*). Furthermore, reproductive isolation between some species of *Michelia* was found. Subgenus *Yulania* and genus *Michelia* had a very close relationship, for their crossing being highly compatible and the hybrids being vigorous. Since it had reproductive isolation with *Michelia*, genus *Tsoongiodendron* should be accepted.

Key words: Magnoliaceae; Hybridization; Cross-compatibility

木兰科(Magnoliaceae)各属植物的内部结构和外部形态有很多交叉,使其系统学研究存在诸多争议,属间关系是争论的焦点之一^[1]。随着分子生物学技术的发展,RFLP、RAPD及cpDNA基因序列测定(*psbA-trnH*、*atpB-rbdL*、*trnL*、*trnL-trnF*、*matK*、*ndhF*)等分子标记手段应用于木兰科植物系统学研究中,在验证许多解剖学、形态学观点的同时,也提出了许多与形态学分类系统不相同的木兰科植物系统发育树,提供了一些新的分类思路,但很多系统关系缺乏形态学性状的支持^[2-10]。

两个亲本之间亲缘关系越远,其形态、组织和生理上的差异就越大,人工杂交亲和性和杂种可育性就越低,甚至完全不结实。种、属间遗传基础差异的程度不同,生殖隔离的程度也就不同^[11,12]。本试验通过在木兰科内进行广泛的人工杂交,探讨以杂交亲和性的高低来反映种间乃至属间亲缘关系的可行性。

1 材料与方法

采用常规杂交育种方法,进行人工杂交。杂交试验在深圳仙湖植物园木兰园进行,同时进行正交和反

收稿日期: 2003-05-15, 修回日期: 2003-09-23。

基金项目: 深圳市仙湖植物园科研基金资助。

作者简介: 王亚玲(1971-),女,硕士,助研,主要从事木兰科植物引种驯化和新品种选育的研究工作。

交试验。用点滴法测定花粉活力, 用 TCC 法测定柱头活力, 确定最佳的授粉时机^[12]。

通过杂交结实率和 F₁ 代活力来判断亲本间的杂交亲和性, 得到杂交种子后进行播种, 观察出苗和长势情况

2 结果与分析

2 1 柱头的活力

多数种类在开花前 1~2 天, 雌蕊表现出较强的生理活性, 是授粉的最佳时机; 开花后, 雌蕊活力下降或完全丧失。外观表现为: 有活性的柱头向外向下弯曲, 表面有明显分泌物; 失活的柱头紧贴雌蕊群柱, 并会有褐化现象^[13]。

2 2 花粉萌发实验结果

花粉活力及常温下活力保持时间在种间、个体间

以及同一个体不同花间差异很大。活力高的表现为: 花粉量大, 萌发快, 花粉管长; 活力低表现为: 花粉量少或结块, 不萌发或花粉管伸长短或不伸长, 花粉管多变形破碎等。

2 3 人工杂交试验结果

本次试验共进行了 68 个组合, 582 朵花, 涉及木兰属(*M anglietia*) 4 种, 含笑属(*M ichelia*) 6 种, 观光木属(*T soong iodend ron*) 1 种, 木兰亚属 (Subgenus *M agnolia*) 7 种 1 变种, 玉兰亚属 (Subgenus *Y ulania*) 4 种 3 品种。杂交结果见表 1 及表 2。

木兰属的木兰亚属与玉兰亚属杂交没有结实。玉兰亚属种间杂交亲和。木兰亚属常绿木兰组 (Sect *Gw illim ia*) 和荷花玉兰组 (Sect *Theorhodon*) 组内, 组间杂交结实率为 10%~100%, F₁ 代种子都生长良好。这与龚洵等的杂交结果相同^[14]。

表 1 木兰科植物属内杂交
Table 1 Intragenetic crossing of M agnoliaceae

杂交组合 Hybridized combinations	种子数/结果数 /授粉花数 Seeds/fruits/ flowers	种子外观质量 Seed quality	杂种生长情况 Grow th of hybridization	亲和性 Compat ibility	备注 A nnotation
木兰亚属内杂交 Crossing within subgenus M agnolia					
馨香木兰×馨香木兰 <i>M. odoratissima</i> × <i>M. odoratissima</i>	44/5/5	饱满 p lump	良好 good	亲和 compat ible	
馨香木兰×香港木兰 <i>M. odoratissima</i> × <i>M. championii</i>	139/6/9	饱满 p lump	优 very good	亲和 compat ible	
香港木兰×馨香木兰 <i>M. championii</i> × <i>M. odoratissima</i>	22/1/10	饱满 p lump	优 very good	亲和 compat ible	
馨香木兰×大叶木兰 <i>M. odoratissima</i> × <i>M. henryi</i>	80/4/23	饱满 p lump	优 very good	亲和 compat ible	
馨香木兰×山玉兰 <i>M. odoratissima</i> × <i>M. delavayi</i>	29/3/23	饱满 p lump	优 very good	亲和 compat ible	
馨香木兰×荷花玉兰 <i>M. odoratissima</i> × <i>M. grandiflora</i>	79/6/11	饱满 p lump	良好 good	亲和 compat ible	
夜合花×馨香木兰 <i>M. coco</i> × <i>M. odoratissima</i>	28/1/2	饱满 p lump	良好 good	亲和 compat ible	
夜合花×荷花玉兰 <i>M. coco</i> × <i>M. grandiflora</i>	32/3/35	饱满 p lump	良好 good	亲和 compat ible	
香木兰×大叶木兰 <i>M. guangnanensis</i> × <i>M. henryi</i>	39/2/4	饱满 p lump	优 very good	亲和 compat ible	
香木兰×荷花玉兰 <i>M. guangnanensis</i> × <i>M. grandiflora</i>	157/5/6	饱满 p lump	良好 good	亲和 compat ible	
香港木兰×夜合花 <i>M. championii</i> × <i>M. coco</i>	4/1/10	饱满 p lump	优 very good	亲和 compat ible	
香港木兰×红花山玉兰 <i>M. championii</i> × <i>M. delavayi</i>	7/1/6	饱满 p lump	优 very good	亲和 compat ible	
红花山玉兰×荷花玉兰 <i>M. delavayi</i> × <i>M. grandiflora</i>	138/3/8	饱满 p lump	优 very good	亲和 compat ible	

续表 1

杂 交 组 合 Hybridized combinations	种子数/结果数 /授粉花数 Seeds/fruits/ flow ers	种子外观质量 Seed quality	杂种生长情况 Grow th of hybridization	亲和性 Compat ibility	备注 A nnotation
玉兰亚属内杂交 Crossing within subgenus Yulania					
白玉兰×紫玉兰 <i>M. denudata</i> × <i>M. lilif lora</i>	62/3/4	饱满 p lump	良好 good	亲和 comp atible	花粉活力极低 low vigor pollen
白玉兰×二乔玉兰 <i>M. denudata</i> × <i>M. ×soulangeana</i>	53/3/5	饱满 p lump	良好 good	亲和 comp atible	
二乔玉兰×白玉兰 <i>M. ×soulangeana</i> × <i>M. denudata</i>	32/5/5	饱满 p lump	良好 good	亲和 comp atible	
白玉兰×天目木兰 <i>M. denudata</i> × <i>M. am oena</i>	48/5/6	饱满 p lump	良好 good	亲和 comp atible	
黄山木兰×白玉兰 <i>M. cylindrica</i> × <i>M. denudata</i>	58/5/5	饱满 p lump	良好 good	亲和 comp atible	
白玉兰×黄山木兰 <i>M. denudata</i> × <i>M. cylindrica</i>	76/5/5	饱满 p lump	良好 good	亲和 comp atible	
含笑属内杂交 Crossing within M ichelia					
云南含笑×海南苦梓 <i>M. yunnanensis</i> × <i>M. balanse a</i>	195/9/14	饱满 p lump	优 very good	亲和 comp atible	被人为破坏 dam aged
台湾含笑×金叶含笑 <i>M. camp ressa</i> × <i>M. foveolata</i>	1/1/6	饱满 p lump	良好 good	亲和 comp atible	
台湾含笑×云南含笑 <i>M. camp ressa</i> × <i>M. yunnanensis</i>	4/1/5	饱满 p lump	良好 good	亲和 comp atible	
海南苦梓×金叶含笑 <i>M. balanse a</i> × <i>M. foveolata</i>	153/5/11	饱满 p lump	优 very good	亲和 comp atible	
海南苦梓×含笑 <i>M. balanse a</i> × <i>M. figo</i>	26/4/5	饱满 p lump	优 very good	亲和 comp atible	
紫花含笑×含笑 <i>M. crassipes</i> × <i>M. figo</i>	108/3/5	饱满 p lump	优 very good	亲和 comp atible	
紫花含笑×金叶含笑 <i>M. crassipes</i> × <i>M. foveolata</i>	0/0/7			不亲和 incomp atible	
紫花含笑×云南含笑 <i>M. crassipes</i> × <i>M. yunnanensis</i>	0/0/5			不亲和 incomp atible	
云南含笑×紫花含笑 <i>M. yunnanensis</i> × <i>M. crassipes</i>	- /4/4				
云南含笑×金叶含笑 <i>M. yunnanensis</i> × <i>M. foveolata</i>	22/12/19	饱满 p lump	未出苗 no gem ination	不亲和 incomp atible	
木兰亚属和玉兰亚属属间杂交 Crossing between subgenus M agnolia and Yulania					
红元宝×馨香木兰 <i>M. soulangeana</i> cv. ‘Hongyuanbao’× <i>M. odoratissim a</i>	0/0/7			不亲和 incomp atible	花粉活力极低 low vigor pollen
馨香木兰×红元宝 <i>M. odoratissim a</i> × <i>M. soulangeana</i> cv. ‘Hongyuanbao’	0/0/5			不亲和 incomp atible	
红运玉兰×馨香木兰 <i>M. soulangeana</i> cv. ‘Hongyun’× <i>M. odoratissim a</i>	0/0/6			不亲和 incomp atible	
馨香木兰×红运玉兰 <i>M. odoratissim a</i> × <i>M. soulangeana</i> cv. ‘Hongyun’	0/0/5			不亲和 incomp atible	

表 2 木兰科植物属间杂交

Table 2 Intergeneric crossing of Magnoliaceae

含笑属和观光木属属间杂交 Crossing between <i>M. ichelia</i> and <i>T. soongiodendron</i>	种子数/结果数 授粉花数 Seeds/fruits /flowers	种子外观质量 Seed quality	杂种生长情况 Growth of hybridization	亲和性 Compatibility	备注 Annotation
金叶含笑×观光木 <i>M. foveolata</i> × <i>T. odorum</i>	41/4/5	多瘪粒 empty	未出苗 no germination	不亲和 incompatible	
云南含笑×观光木 <i>M. yunnanensis</i> × <i>T. odorum</i>	40/10/14	饱满 plump	未出苗 no germination	不亲和 incompatible	
观光木×云南含笑 <i>T. odorum</i> × <i>M. yunnanensis</i>	3/2/4	饱满 plump	未出苗 no germination	不亲和 incompatible	
观光木×金叶含笑 <i>T. odorum</i> × <i>M. foveolata</i>	0/0/7			不亲和 incompatible	
木莲属与木兰属属间杂交 Crossing between <i>M. anglietia</i> and <i>M. agnolia</i>					
荷花木莲×山玉兰 <i>M. anglietia</i> sp. × <i>M. delavayi</i>	0/0/6			不亲和 incompatible	
荷花木莲×大叶木兰 <i>M. anglietia</i> sp. × <i>M. henryi</i>	15/3/12	多瘪粒 empty	未出苗 no germination	不亲和 incompatible	
南方木莲×馨香木兰 <i>M. anglietia</i> sp. × <i>M. odoratissima</i>	0/0/3			不亲和 incompatible	
马关木莲×大叶木兰 <i>M. maguanica</i> × <i>M. henryi</i>	0/0/4			不亲和 incompatible	
馨香木兰×荷花木莲 <i>M. odoratissima</i> × <i>M. anglietia</i> sp.	12/1/5		未出苗 no germination	不亲和 incompatible	
木兰亚属与含笑属属间的杂交 Crossing between subg. <i>M. agnolia</i> and <i>M. ichelia</i>					
馨香木兰×金叶含笑 <i>M. odoratissima</i> × <i>M. foveolata</i>	0/0/8			不亲和 incompatible	
馨香木兰×紫花含笑 <i>M. odoratissima</i> × <i>M. crassipes</i>	0/0/5			不亲和 incompatible	
紫花含笑×馨香木兰 <i>M. crassipes</i> × <i>M. odoratissima</i>	0/0/6			不亲和 incompatible	
紫花含笑×大叶木兰 <i>M. crassipes</i> × <i>M. henryi</i>	0/0/3			不亲和 incompatible	
金叶含笑×夜合花 <i>M. foveolata</i> × <i>M. coco</i>	0/0/2			不亲和 incompatible	
云南含笑×馨香木兰 <i>M. yunnanensis</i> × <i>M. odoratissima</i>	0/0/6			不亲和 incompatible	
玉兰亚属与含笑属属间的杂交 Crossing between subg. <i>Yulania</i> and <i>M. ichelia</i>					
二乔玉兰×金叶含笑 <i>M. soulangeana</i> × <i>M. foveolata</i>	0/0/35			不亲和 incompatible	
金叶含笑×二乔玉兰 <i>M. foveolata</i> × <i>M. soulangeana</i>	0/0/2			不亲和 incompatible	花粉活力极低 low vigor pollen
二乔玉兰×含笑 <i>M. soulangeana</i> × <i>M. figo</i>	0/0/4			不亲和 incompatible	
红元宝×云南含笑 <i>M. soulangeana</i> cv. 'Hongyuanbao' × <i>M. yunnanensis</i>	32/5/5	饱满 plump	良好 good	亲和 compatible	

续表 2

含笑属和观光木属属间杂交 Crossing between <i>M ichelia</i> and <i>T soong iodend ron</i>	种子数/结果数 授粉花数 Seeds/fruits /flow ers	种子外观质量 Seed quality	杂种生长情况 Grow th of hybridization	亲和性 Compat ible	备注 A nnotation
云南含笑×红元宝 <i>M. yunnanensis</i> × <i>M. soulangeana</i> cv. ‘Hongyuanbao’	0/0/5			不亲和 incompat ible	花粉活力极低 low vigor pollen
红元宝×金叶含笑 <i>M. soulangeana</i> cv. ‘Hongyuanbao’ × <i>M. f oveolata</i>	115/13/16	饱满 p lump	优 very good	亲和 compat ible	
金叶含笑×红元宝 <i>M. f oveolata</i> × <i>M. soulangeana</i> cv. ‘Hongyuanbao’	0/0/4			不亲和 incompat ible	花粉活力极低 low vigor pollen
紫玉兰×金叶含笑 <i>M. lilif lora</i> × <i>M. f oveolata</i>	12/3/4	饱满 p lump	优 very good	亲和 compat ible	
紫玉兰×紫花含笑 <i>M. lilif lora</i> × <i>M. crassipes</i>	0/0/3			不亲和 incompat ible	
红运玉兰×金叶含笑 <i>M. soulangeana</i> cv. ‘Hongyun’ × <i>M. f oveolata</i>	0/0/4			不亲和 incompat ible	
木莲属和含笑属属间的杂交 Crossing between <i>M anglietia</i> and <i>M ichelia</i>					
云南含笑×荷花木莲 <i>M. yunnanensis</i> × <i>M anglietia</i> sp.	0/0/4			不亲和 incompat ible	
海南苦梓×荷花木莲 <i>M. balanseae</i> × <i>M anglietia</i> sp.	0/0/4			不亲和 incompat ible	
紫花含笑×荷花木莲 <i>M. crassipes</i> × <i>M anglietia</i> sp.	0/0/8			不亲和 incompat ible	
紫花含笑×南方木莲 <i>M. crassipes</i> × <i>M anglietia</i> sp.	0/0/3			不亲和 incompat ible	
荷花木莲×紫花含笑 <i>M anglietia</i> sp. × <i>M. crassipes</i>	18/1/6	瘪粒 empty	未出苗 no gem ination	不亲和 incompat ible	
荷花木莲×金叶含笑 <i>M anglietia</i> sp. × <i>M. f oveolata</i>	6/1/4	瘪粒 empty	未出苗 no gem ination	不亲和 incompat ible	
灰木莲×金叶含笑 <i>M. glauca</i> × <i>M. f oveolata</i>	0/0/4			不亲和 incompat ible	
南方木莲×金叶含笑 <i>M anglietia</i> sp. × <i>M. f oveolata</i>	6/1/4	瘪粒 empty	未出苗 no gem ination	不亲和 incompat ible	

含笑属的后生含笑亚属 (Subgenus *M etam ichelia*) 和含笑亚属 (Subgenus *M ichelia*) 之间具很高的杂交亲和性, 杂交结实率为 10%~ 100%, 杂种后代可健康生长。但紫花含笑 (*M ichelia crassipes*) 仅与含笑 (*M. f igo*) 杂交表现为亲和, 与金叶含笑 (*M. f oveolata*)、云南含笑 (*M. yunnanensis*) 的正交均无结实。

金叶含笑、云南含笑与观光木属的观光木 (*T soong iodend ron odorum*) 正交结实率为 80% 和 71%, 云南含笑与观光木反交结实率为 50%, 观光木×金叶含笑没有结实。但不论正反交杂交种子, 均不萌发, 表明观光木属和含笑属存在着杂交不亲和性。

木兰亚属与木莲属杂交多不能结实, 或种子不能萌发 (荷花木莲 *M anglietia* sp. × 大叶木兰 *M agnolia*

henry i), 或杂交苗长势很弱, 最终死亡 (馨香木兰 *M. odoratissim a* × 荷花木莲)。两个属间杂交不亲和, 亲缘关系较远。

木兰亚属与含笑属亲缘关系很远, 杂交均不能结实。

玉兰亚属的红元宝二乔玉兰 (*M. soulangeana* cv. ‘Hongyuanbao’)、紫玉兰 (*M. lilif lora*) 与云南含笑、金叶含笑杂交表现了很高的杂交亲和性, 结实率高达 100% 和 81%, 且杂交后代生长健康, 表现出一定的杂种活力。但另外两个二乔品种与含笑属杂交未能结实。

木莲属和含笑属杂交不能结实, 或种子不能萌发。

3 讨论

3.1 杂交亲和性

根据花腋生和顶生的不同, 玉兰亚属和含笑属被分到木兰族 (Tribe Magnolieae Law) 和含笑族 (Tribe Micheliaceae Law)^[11]。Nootboom 提出“含笑属的腋生单花是顶生于侧生短枝上, 其实质也是顶生”观点^[15]; Figlar (1998) 认为两属均具顶生分枝、顶生花蕾、集中开花、花药侧向开裂、果实柱状等性状, 提出将两个类群合并^[16]; RFLP、*matK*、*ndhF* 等序列分析结果也支持含笑属与玉兰亚属 (*Yulania*) 为一个单系类群^[2~6]。

Savage 报道了二乔玉兰 (*M. soulangeana*) 与南亚含笑 (*M. doltsopa*)、*M. acuminata* var. *subcordata* 与含笑杂交成功^[17, 18]。本次试验中, 含笑属的金叶含笑、云南含笑与红元宝二乔玉兰、紫玉兰均表现出高亲和性, 结实率分别为 81% 和 100%, 杂交后代生长健壮。支持含笑属和玉兰亚属有较近的亲缘关系。

观光木属仅观光木一种, 其幼叶在芽中直立对折, 雄蕊群超出雌蕊群之上, 花丝与花药分化明显, 聚合果肉质, 核果状构造等均有别于含笑属, 但其木材解剖形态、花粉大小、形状和雕纹又与含笑属相近^[19, 20]。Dandy 和刘玉壶认为该属成立^[21, 11], Nootboom 将该属并入含笑属^[15], 李捷基于 27 个性状的分支分析结果也支持合并^[22]。RAPD 及 *matK*、*ndhF* 序列分析支持观光木与含笑属其他种类成为一个单系^[8, 9, 2]。但杂交试验表明, 尽管金叶含笑、云南含笑与观光木有很高的结实率, 然而杂交后代不能萌发, 说明两个属间虽然有一定的亲缘关系, 杂交不亲和的结果却支持观光木属成立。

在龚洵等的杂交试验中, 含笑属的几个种杂交完全亲和^[14]。本次杂交结果显示, 含笑属有些种间存在着杂交不亲和性, 而且反映的亲疏关系与形态学分类系统不同: 同为含笑亚属肖含笑组 (Sect. *Micheliopsis*) 的云南含笑与紫花含笑杂交不亲和, 而与后生含笑亚属的海南苦梓 (*M. balansae*)、金叶含笑、台湾含笑 (*M. campressa*) 有很高的杂交亲和性。金叶含笑、云南含笑、海南苦梓、含笑等种间具较高的杂交亲和性。紫花含笑与含笑之间除花色、叶形略有差异外, 外部形态很相似, 内种皮纹饰也相同。David 将紫花含笑 (*M. crassipes*) 作为含笑的变种 (*M. figo* var. *crassipes*) 处理^[23]。

木兰亚属的 8 个种中, 荷花玉兰组的荷花玉兰 (*M. grandiflora*) 原产于北美, 常绿组的几个种分布

于中国云南或东亚地区, 但地理隔离并没使它们之间产生杂交不亲和。分子系统学结果也表明, 常绿组和荷花玉兰组是木兰亚属亲缘关系最近的 2 个类群^[2~4]。

木兰亚属与玉兰亚属的杂交不亲和, 支持 Nootboom 和 Figlar 的观点: 在系统演化上, 木兰亚属和玉兰亚属是 2 个亲缘关系较远的类群, 玉兰亚属与含笑属的亲缘关系更近^[24, 16]。

Dandy 以木莲属具 4 枚以上胚珠为由将其从木兰属 (具 2 枚胚珠) 中分出来。2 个属的木材解剖、花粉形态 (外壁雕纹和外壁结构) 特征很相似^[19~21], 且木兰属的长叶木兰 (*M. paeneta lauma*)、山玉兰 (*M. delavayi*) 也存在着多胚珠现象 (2~7 枚)^[25]。但杂交试验显示木莲属与木兰属间杂交不亲和, 亲缘关系较远。分子系统学结果也支持木莲属为单系类群, 木莲属可以成立^[2~4]。

3.2 木兰科植物濒危原因探讨

在自然生境中, 木兰科植物的结实率很低, 甚至不结果, 且种子空瘪粒多, 萌发率低, 再加上动物的危害, 使林下小苗少见^[26, 27]。有效结实率低是导致木兰科濒危的主要原因之一。

木兰科植物的花粉量很大是该科植物的原始特征之一。花粉的萌发率在不同种类间差异很大, 鹅掌楸、金叶含笑、观光木等可达 90% 以上。一些种类的花粉萌发率虽很低, 但花粉量大, 如红花木莲的萌发率只有 14.7%, 但可萌发花粉与胚珠之比 (P/O) 达 1 005, 因此小孢子发生及雄配子体发育不是影响红花木莲结实率低的主要因素^[28]。从本次试验结果也可看出, 馨香木兰的花粉萌发率虽有 30%~50%, 但在深圳自然状态下未见结实, 人工授粉后结实率可达 100%; 金叶含笑的花粉活力可达 80%~99%, 自然状态下, 虽有结实, 但每个果实仅有蓇葖 1~2 个, 且空瘪粒达 80% 之多, 人工授粉后, 蓇葖数可达 30~40 个之多, 种子饱满。因此, 导致木兰科植物结实率低的主要原因可能是缺乏有效的传粉媒介。

4 结论

Treseder (1978) 提出木兰科植物在栽培的条件下很易杂交, 由杂交结果推断种间关系需慎重^[29]。但在探讨亚洲、美洲间断分布的木兰属皱种组的亲缘关系时, 分子系统学结果得到人工杂交试验的支持^[4]。本次杂交试验表明形态分类学系统中的属内杂交多为亲和, 属间杂交多不亲和。而玉兰亚属和含笑属的杂交亲和性又一次验证了分子序列分支分析

的结果,即两个属有很近的亲缘关系,证明了杂交亲和性在木兰科系统研究中有一定的可靠性。

致谢:深圳仙湖植物园余兴生同志和谢友朋同志参加了部分实验工作,在此深表谢意。

参考文献

- [1] 刘玉壶 木兰科分类系统的初步研究[J] 植物分类学报, 1984, 22(2): 89—109
- [2] Kim S, Park C W, Kim Y D, *et al* Phylogenetic relationships in family Magnoliaceae inferred from *ndhF* sequences[J] *Am J Bot*, 2001, 88(4): 717—728
- [3] 王亚玲, 张寿洲, 崔铁成 *trnL* 内含子及 *trnL-trnF* 间隔序列在木兰科系统发育研究中的应用[J] 西北植物学报, 2003, 23(2): 247—252
- [4] Shi S H, Jin H. Preliminary study on the phylogeny of Magnoliaceae—inferred from sequences of the *matK* gene of chloroplast DNA [A] In: Liu Y H ed Proc Internat Symp Fam Magnoliaceae [C] Beijing: Science Press, 2000 215—218
- [5] Qiu Y L, Chase M W, Parks C R. A chloroplast DNA phylogenetic study of the eastern Asia-eastern North America Disjunct section *Rytidospermon* of *Magnolia* (Magnoliaceae) [J] *Am J Bot*, 1995, 82: 1582—1588
- [6] Azuma H, Thien L B, Kawano S. Molecular phylogeny of *Magnolia* based on chloroplast DNA sequence data (*trnK* intron, *psbA-trnH* and *atpB-rbdL* intergenic spacer regions) and floral scent chemistry [A] In: Liu Y H ed Proc Internat Symp Fam Magnoliaceae [C] Beijing: Science Press, 2000 219—227
- [7] Kunihiko Ueda, Jun Yamashita, Minoru N Tamura. Molecular phylogeny of the Magnoliaceae [A] In: Liu Y H ed Proc Internat Symp Fam Magnoliaceae [C] Beijing: Science Press, 2000 205—209
- [8] Zeng Q W. RAPD analysis on phylogeny of subtribe *Micheliinae* [A] In: Liu Y H ed Proc Internat Symp Fam Magnoliaceae [C] Beijing: Science Press, 2000 228—234
- [9] 金虹, 施苏华, 潘恒昶, 等 含笑亚族及其近缘植物 *matK* 基因序列分析[J] 中山大学学报, 1999, 38(1): 93—97
- [10] Hiroshi Azuma, Jose G Garcia-Franco, Victor Rico-Gray, *et al* Molecular phylogeny of the Magnoliaceae: the biogeography of tropical and temperate disjunctions [J] *Am J Bot*, 2001, 88(12): 2275—2285
- [11] 叶创兴, 廖文波, 戴水连, 等 植物学 [M] 广州: 中山大学出版社, 2000
- [12] 黑龙江佳木斯农业学校 蔬菜遗传育种和良种繁育学 [M] 北京: 农业出版社, 1980
- [13] Wang Y L, Yang T D. The breeding works on *Magnolia* [A] In: Liu Y H ed Proc Internat Symp Fam Magnoliaceae [C] Beijing: Science Press, 2000 294—296
- [14] 龚洵, 潘跃芝, 杨志云 木兰科植物的杂交亲和性 [J] 云南植物研究, 2001, 23(3): 339—344
- [15] Nooteboom H P. Notes on Magnoliaceae I [J] *Bumlea*, 1985, 31(1): 65—121
- [16] Figar R B. Proleptic branch initiation in *Michelia* and *Magnolia* subgenus *Yulania* provides basis for combinations in subfamily Magnolioideae [A] In: Liu Y H ed Proc Internat Symp Fam Magnoliaceae [C] Beijing: Science Press, 2000 14—25
- [17] Savage P J. Let's not neglect *Michelia* [J] *J Magnolia Soc*, 1973, 9(2): 5—20
- [18] Savage P J. *Magnolias* in Michigan: Part IV [J] *J Magnolia Soc*, 1989, 24(2): 10
- [19] 唐耀 木兰科云南热带材和亚热带材 [M] 北京: 科学出版社, 1973 148—156
- [20] Pragowski J. World Pollen and Spore Flora (Vol 3) [M] Stockholm: Almqvist & Widsell, 1974 1—44
- [21] Dandy J E, Magnoliaceae [A] In: Hutchinson J ed The Genera of Flowering Plants Dicotyledons [C] Oxford: Clarendon Press, 1964, 1: 50—57
- [22] 李捷 木兰科植物的分支分析 [J] 云南植物研究, 1997, 19(4): 342—356
- [23] David G F, Rafael G World Checklist and Bibliography of Magnoliaceae [M] London: ISBN, 1996 24—49
- [24] Nooteboom H P. Different looks at the classification of the Magnoliaceae [A] In: Liu Y H ed Proc Internat Symp Fam Magnoliaceae [C] Beijing: Science Press, 2000 26—37
- [25] 龚洵, 鲁元学, 张彦萍, 等 山玉兰中 3~7 个胚珠的发现 [J] 云南植物研究, 1999, 21(2): 173—176
- [26] 曾庆文, 周仁章, 刘银至, 等 濒危植物厚叶木莲的群落学特征及其保护 [J] 热带亚热带植物学报, 1999, 7(2): 109—119
- [27] 朱晓琴, 马建霞, 姚青菊, 等 鹅掌楸遗传多样性的等位酶论证 [J] 植物资源与环境, 1995, 4(3): 9—14
- [28] 潘跃芝, 龚洵, 梁汉兴 濒危植物红花木莲小孢子发生及雄配子体发育的研究 [J] 云南植物研究, 2001, 23(1): 85—90
- [29] Treseder N G. *Magnolias* [M] London: Faber and Faber, 1978