木兰科植物杂交育种研究进展

王晶[1],王先磊[2],赵强民[1*],宋晓薇[1],严丹峰[1]　(1. 棕榈园林股份有限公司,广东广州 510627;2. 昆山科腾生物科技有限公司,江苏昆山 215341)

摘要　简述了木兰科植物的种质资源和杂交育种的意义,重点总结了近年来国内外木兰科植物杂交育种的进展,分析了木兰科植物之间杂交亲和性,并对今后木兰科植物杂交育种进行了展望。

关键词　木兰科植物;杂交育种;杂交亲和性

中图分类号　S188　　**文献标识码**　A　　**文章编号**　0517 - 6611(2014)16 - 05084 - 04

Research Advance in Magnoliaceae Crossbreeding

WANG Jing, ZHAO Qiang-min et al　(Palm Garden Co. Ltd., Guangzhou, Guangdong 510627)

Abstract　The significance of Magnoliaceae germplasm and crossbreeding, were elaborated, the progress on Magnoliaceae crossbreeding at home and abroad and the analysis of Magnoliaceae cross-compatibility were summarized, and the prospect of Magnoliaceae crossbreeding was forecasted.

Key words　Magnoliaceae; Crossbreeding; Cross-compatibility

木兰科植物是一类观赏价值极高的园林绿化树种,其种类繁多,是少数具有满树繁花又香气袭人的树种之一。其中不乏一些奇特树种,如极富特色、叶片形似马褂的鹅掌楸,微带奶黄色、透着股香蕉香味的含笑,以及叶表面青翠欲滴、叶背面却金灿灿的广东含笑等[1]。但是总的来说木兰科植物的花朵色系少,花型单一,花期相对较短,红花常绿品种基本空白,且许多种的分布范围狭小,适应性和抗逆性较差,再加上移栽困难,极大地限制了其在园林上的应用。数年来,育种工作者以改进株型、花色、花型、花期等性状为目标,使木兰科植物的观赏价值得到提升,但是目前取得的成就还远远不能满足现代园林的需求。笔者对木兰科植物杂交育种的研究进展进行综述,以期为木兰科植物的新品种研发提供相应的理论与应用参考。

1　木兰科植物的种质资源

1.1　木兰科植物的生物学性状　乔木或灌木;树皮、叶、花有香气;叶互生、簇生或近轮生,单叶不分裂或罕分裂。花顶生、腋生,罕成为 2 ~ 3 朵的聚伞花序。花被片通常花瓣状;雄蕊多数,子房上位,心皮多数,离生,罕合生,虫媒传粉,胚珠着生于腹缝线,胚小、胚乳丰富;果实为聚合果,背缝开裂,稀为翅果或浆果[2]。

1.2　木兰科植物的生物习性　木兰科植物普遍喜光,半阴树种较少,但幼年生长需阴,往后喜光性逐渐增强;喜温暖或冷凉的山地气候,较耐寒,不耐干热;喜干燥、肥沃、排水良好而带微酸性的砂质土壤,在弱碱性的土壤上亦可生长。木兰科植物为深根性、肉质根,对水分的要求比较严格,忌低湿,栽植地积水易烂根;耐一定的干旱瘠薄;对有害气体,尤其对二氧化硫和氯气的抗性较强,是很好的防污染绿化树种[3]。

1.3　木兰科植物的分布现状　木兰科植物在全世界共有 16 属 300 余种,主要分布于亚洲东部及东南部、北美洲东南部、中美洲及南美洲。我国是木兰科植物资源最丰富的国家,有 12 属 160 余种,分别占全科总属数的 75% 和总种数的 53%,其中 80 多种为特有种。我国木兰科植物集中分布在云南、广西和广东 3 省,其他地区也有零星分布。众多的特有类群和原始种以及反映木兰科系统发育不同阶段的类型足以表明我国是木兰科植物的现代分布中心、分化中心和保存中心,也可能是起源中心[4]。木兰科植物不少种群个体数量较少,历代的战乱、生态环境恶化和人为的破坏造成这些种群生境质量日益降低,再加上其自身的繁殖能力下降,木兰科植物中有不少种类已趋濒危。在《中国物种红色名录》中,我国重点保护的珍稀濒危木兰科植物就有 24 种[5]。木兰科植物已成为被子植物中生存受严重威胁种类最多的类群之一。

2　木兰科植物杂交育种研究进展

木兰科植物种质资源丰富,可用于新品种培育的优良观赏特性丰富。目前,国内外在木兰科植物杂交育种方面取得了不少可喜的进展和成就。木兰科植物具有很好的经济价值和观赏价值,但就育种方面而言,人们更注重它的观赏价值,因此在育种工作中多以提高其观赏价值为目标。

2.1　国外木兰科植物杂交育种研究进展

2.1.1　法国。19 世纪,法国外交官 Etiene Soulange Bodin 利用从中国引种而来的紫玉兰和白玉兰作亲本进行有性杂交,成功培育出了抗性更强的杂种二乔玉兰,该杂交种花色、花期介于双亲之间,具有生长快、适应性强及花色鲜艳等优良特性[6]。目前,经世界上许多国家和地区广泛引种栽培并进一步选育出了上百个二乔玉兰品种,花色从白色到深紫色,至今仍广泛应用于园林绿化中[7]。

2.1.2　英国。1907 年英国利用原产中国的滇藏木兰(*Magnolia campbellii*)和玉兰杂交育成杂种维氏玉兰(*Magnolia* × *veitehii*)。维氏玉兰是一个品种系列,它的花色介于两亲本之间,白至粉红,花被 9 片,树姿强健,适应性强,耐霜。目前常见品种有维奇、伊卡维奇、彼得维齐等。

2.1.3　新西兰。新西兰学者 Felix Jury 在 20 世纪 60 年代早期开始木兰的杂交育种。1990 年,他以滇藏木兰 × 紫玉兰为

作者简介　王晶(1985 -),女,湖南岳阳人,硕士,从事生物技术与花卉育种研究。*通讯作者,硕士,中级工程师,从事新优园林植物的研究与应用工作。

收稿日期　2014-05-08

亲本,培育出了‘Pat′s Delight’,‘Red Lion’,‘Star Wars’等一系列杂交种。

2.1.4 美国。美国一直以来都非常重视木兰属植物的引种和育种工作,在木兰育种方面取得了很大成就,远远领先于其他国家。数年来,美国通过引种、选择和杂交相结合的方法培育出了上千个品种。1937 年,Freeman 将弗吉尼亚木兰(*M. virginiana*,$2n=38$)与荷花玉兰(*M. grandiflora*,$2n=114$)杂交,得到的杂交种为四倍体,各类性状与父本相似,后来经子一代与弗吉尼亚木兰回交,得到了介于两亲本之间的后代。1955 年,William 在美国国立树木园用紫玉兰和日本辛夷(*M. stellata*)进行杂交,从可育的三倍体中选育出 8 个抗寒性优于亲本的红色到紫色的品种,这些杂交种均为三倍体($3n=57$),自身不育,但易扦插等营养繁殖,花期较亲本玉兰推迟 2 周,在寒冷地区可避免早春霜冻对花蕾的伤害。10 年后,她以 8 位女孩的名字命名进行推广,即‘Ann’,‘Betty’,‘Judy’,‘Randy’,‘Rick’,‘Susan’,‘Pinkie’,‘Jane’,至今国内仍有不少单位和植物园进行栽培。随后,她又以紫玉兰‘Nigra’和武当玉兰‘Diva’为亲本,杂交培育出了 *Magnolia* ‘spectrum’,此品种系乔木型,抗性强,生长速度较快,花中至大型,深粉红色,内侧浅色,先花后叶,偶尔夏季可再度开花,较著名的有‘Galaxy’和‘Spectrum’[8]。

每年 4 月,纽约布鲁克林植物园(Brooklyn Botanical Garden)中有多个经典木兰品种在这里散发着它们的芳香。1954 年,Evamaria Sperber 利用尖头木兰(*M. acuminata*)×紫玉兰培育出 *M.* ×*brooklynensis*,其花型类似木兰,花期 5 月中下旬至 6 月中旬,该杂种的后代花色非常丰富。后来,用布鲁克林杂种玉兰与渐尖玉兰回交得到多个黄花品种,如‘Yelow Bird’、‘Evamaria’、‘Woodsma-n’,‘Gold Star’等,都深受育种者的喜爱,现在各个苗圃和植物园都有栽培,其中‘Elizabeth’是现有的第 1 个早熟、抗性强的黄色花品种[9-11]。

Savage Philip 是木兰协会的创始人之一,是一位出色的木兰育种专家。从 1968 年开始,他一直以玉兰亚属的各品种为亲本,致力于晚花和抗寒的落叶品种的培育。他以渐尖玉兰和玉兰(*M. denudata* ‘Sawada′s Cream’)为亲本进行杂交,培育出了著名的‘Butterflies’,此品种非常抗寒,而且花色较其他黄色品系更深,落叶也较其他品种早[12-13]。Gresham 为了培育既有滇藏木兰花型,又能提前开花、营养生长时间短的品种,在 Santa Cruz 公司以木兰、二乔玉兰、滇藏木兰、维氏玉兰及其一系列优良品种作为亲本,共进行了 580 多个组合的杂交,得到了 15 500株杂交苗,培育出了一系列优良品种,例如具有浓郁芳香气味的“天堂香”(‘Heaven Scent’),花浅黄色、花瓣有纹理的“满族扇”(‘Manchu Fan’),还有‘Crimson Stipple’,‘Cup Cake’,‘Royal Flush’等优良园艺品种。

2.2 国内木兰科植物杂交育种研究进展 公元 7 世纪,我国已经开始培育木兰,但木兰科植物育种工作在我国尚处于起步阶段。到目前为止,我国已经通过杂交育种自主培育了一些木兰科植物新品种。

我国木兰科植物杂交育种最早要追溯到 20 世纪 60 年代,南京林业大学的叶培忠教授以我国庐山种源的马褂木[*Lirioclendron chinense*(Hemsl.)Sarg.]与明孝陵的 1 株原产北美而种源不详的北美鹅掌楸(*L. tulipifera* Linn)进行正反交试验培育成了杂种马褂木(*Liriodendron chinese* × *L. rulipifera*),该杂种在适应性、速生型、抗逆性和观赏性方面都表现出了很大的优势[14]。

中国林业科学研究院亚热带林业研究所自 20 世纪 80 年代以来开始木兰科树种的引种栽培试验,建立了木兰引种园。姜景民等[15]对其中木兰科植物的杂交授粉技术有过初步的研究。北京林业大学胡挺进从 1990 年便开始了广玉兰的引种和杂交试验。2003 年他和彭春生以狭叶广玉兰(*Magnolia grandiflora* Iinn. var. 1anceolata Ait.)作母本,以紫二乔玉兰(*M. liliiflora* Desr.)为父本成功培育出了京玉兰(*Magnolia pekingnesis*),京玉兰外形酷似父本,但花色暗紫,从 3 月底到 9 月初开花不断,是北京重要的夏花品种之一[16]。

云南是我国木兰分布最集中的地方,具有丰富的木兰种质资源,云南农业大学和中国科学院昆明植物研究所数年来已经培育出了不少木兰科植物新品种。2002 年,龚洵等[17]以云南含笑(*M. yunnanensis*)为母本,灰岩含笑(*M. calcicola*)为父本培育出了“雏菊”含笑和“春月”含笑,2 个新品种较之亲本花朵更大,自然结实率也较高。2003 年,龚洵等又以紫花含笑(*M. crassipes*)和云南含笑为亲本培育出了郁金含笑、丹芯含笑和沁芳含笑[18]等品种,以云南含笑和南亚含笑杂交培育出“云霞”、“云馨”和“云星”含笑,以云南含笑和南亚含笑的杂交后代为母本,以深山含笑为父本杂交培育出“云瑞”含笑。其下属单位昆明植物园孙卫邦研究组则以紫花含笑(母本)与灰岩含笑(父本)进行人工杂交获得杂种 F1 代,从 F1 代单株中选育出“端紫”含笑、“缘紫”含笑、“玉馨”含笑、“瓣蕊”含笑和“朱芯”含笑等 5 个新品种,同时在一系列表型变异极为丰富的杂交 F1 代植株中选育出点绛唇、胭脂醉、赤龙爪、妃子笑和玉馨 5 个含笑新品种。2009 年,毛常丽等又从以球花含笑(*M. sphaerantha*)为母本,云南含笑为父本的人工杂交群体中选育出了新品种“晚春”含笑。同时,通过多年努力,对木兰的杂交育种已经摸索出了基本完整的方案,如木兰花粉的收集期和收藏方法,尤其是木兰科植物柱头可授期的分辨方法以及延长柱头可授期等杂交试验方法[19]。

一直以来,西北农林科技大学、西安植物园和仙湖植物园均在木兰育种方面做了不少工作。仙湖植物园从 1991 年就开始筹建木兰园,经过 10 余年的辛勤努力,共收集木兰科植物 10 属,137 种和变种 27 个。为了利用仙湖植物园丰富的木兰科植物资源,2001 年张寿洲博士及其指导的研究生王亚玲,在木兰科属内属间进行了广泛的人工杂交试验,前后进行了数百个组合。到 2011 年,“绿星”玉兰、“清心”多瓣天女花、“红金星”、“红玉”玉兰、“红寿星”、“红笑星”等多个木兰新品种陆续问世。目前这些新品种表现非常好,观赏价值高、性状突出且稳定,已渐渐被推入市场。其中“红金星”、“红笑星”等在北方达到了半常绿的效果,绿叶期明显长于其他落叶树种,增加了北方城市植物多样性[20]。

湖南邵阳农业科学研究所和新宁县林业科学研究所也对木兰育种进行过探索。新宁县林业科学研究所自建所以来,一直致力于木兰科植物的引种驯化和杂交育种工作。20多年来,从全国各地收集木兰科树种共 10 属 92 种,包括辽宁的天女花,广东的石碌含笑,海南岛的绿楠,广西的长蕊含笑、醉香含笑,云南的华盖木和拟单性木兰、澳大利亚的绒叶含笑等。为了有效利用资源,该所还积极开展木兰科杂交育种试验研究,在含笑属中进行的 19 个有性杂交组合中取得 5 个组合的 355 粒种子,并成功培育苗木 319 株。

2.3 木兰科植物杂交亲和性分析 杂交亲和性是指由于物种间亲缘关系远近的不同所造成的杂交难易程度的不同,也就是说,杂交亲和性的高低能反映物种间亲缘关系。一直以来,木兰科科下系统研究一直没有得到很好的解决,特别是属的划分以及属间的关系。木兰科各属植物的内部结构和外部形态有很多重叠,有的不同属之间存在着杂交的亲和性,同时在同属内又存在着杂交不亲和性。因此,除鹅掌楸属外的其余属与木兰属的界限均有很多争议,以下主要是对近年木兰科植物杂交亲和性研究的总结,希望能为木兰杂交育种提供依据。

多位学者研究发现,木兰科下属除木兰属的木兰亚属和玉兰亚属之间没有杂交亲和性、有较强生殖隔离外,木兰科其他属内都有杂交亲和性,而且木兰亚属内的种间表现出了很高的亲和性。龚洵研究的山玉兰与乐东拟单性木兰(*Parakmeria lotungensis*)杂交的结实率高达 90%,证明木兰属的木兰亚属与拟单性木兰属间表现出了较强的杂交亲和性。Savage 得到了二乔玉兰(*M. soulangeana*)与南亚含笑(*M. doltsopa*)、渐尖玉兰与含笑的杂交种。王亚玲等成功培育出金叶含笑(*M. foveolata*)、云南含笑与红元宝玉兰、紫玉兰杂交后代。龚洵还在研究中证明玉兰亚属的紫玉兰与含笑属的云南含笑具有杂交亲和性,不存在生殖隔离,这些都说明含笑属和玉兰亚属有较近的亲缘关系。同时,其试验还发现,木兰亚属与含笑属的球花含笑没有杂交亲和性,含笑属与木兰亚属之间存在生殖隔离。木兰属植物与木莲属(*Manglietia*)、观光木属(*Tsoongiodendron*)等其他木兰科植物并无杂交亲和性。

含笑属内大部分种都具很高的杂交亲和性,但王亚玲等发现紫花含笑仅与含笑杂交表现为亲和,与金叶含笑、云南含笑的正交均无结实。这说明在含笑属内一些植物间存在着生殖隔离。另外,除玉兰亚属,含笑属植物与其他属植物之间并未发现杂交亲和性。

Dandy 等以具 4 枚以上胚珠将木莲属与木兰属(具 2 枚胚珠)分开,人工杂交试验也证明木莲属属内杂交亲和,但与木兰属之间不具有杂交亲和性,存在着生殖隔离。盖裂木属、南美盖裂木属、香木兰属、拟单性木兰属、华盖木属、合果木属和观光木属这些寡种属和单种属还处在开发利用的原始时期,国内外研究还很少,属间的亲和性还有待进一步探讨。

另外,Treseder 等提出,木兰本来自然结实率就不高,而在栽培的条件下很容易杂交,单以杂交结果来推断木兰科植物的亲和性不太科学,希望能有更科学的方法来证明木兰科植物各属的亲和性。

3 木兰科植物杂交育种目前存在的问题

3.1 重要性状空白多,制约育种工作的进一步发展

3.1.1 花色花型单一,不同品种间也是大同小异。木兰科植物花朵色系少,花型单一。色系一般以白色、粉红和紫红色系居多,虽然也有复色、绿色品种,但其他色系空白,红色系也不够鲜艳,而且新花色的品种也不多。木兰科植物花型也较为单一,不同品种间大同小异。随着人们生活质量和节奏的提高,单调的花色、单一的花型很难满足人们的要求,因此应通过杂交育种和一些辅助方法培育出色彩繁多、花型新颖的新型木兰品种。

3.1.2 常绿有色品种非常少,花叶均赏品种几乎没有。木兰科植物有色花朵主要集中在落叶树种,常绿品种花的观赏特性相对较差,花朵色系较为单一,多为白色,即使有色也大多不深或不纯。培育常绿有色品种是杂交育种上的重要方向。彩叶木兰品种极少,国外已经出现彩叶广玉兰,但是花量很少,抗性较差,国内也有一些花叶均赏的原种,但是白花居多,这些将是培育花叶皆赏木兰品种的重要种质资源。

3.1.3 花期短而集中。木兰科植物花期相对较短,大多集中在春天到初夏,花期在 10~15 d。盛花期繁花满树、极尽壮观。经过研究者的努力,不少能在夏季开花的木兰品种被选育出来,但是二次花花期不稳定、花小、花色淡,花朵畸形等现象一直存在。应通过杂交育种培育出具有较长花期同时又兼备优良观赏特性的新品种,以满足人们的观赏要求。

3.1.4 抗逆性较差,不耐移栽。木兰科植物喜温暖湿润气候,多数不耐旱也不耐水湿,其常绿树种不耐寒,落叶树种在南方则花期不明,花量少;其自然分布范围狭小,对于气候的适应性较差,为肉质根系,伤口愈合慢,移栽上又有很大的局限性。虽然可利用提前断根、修剪或培育容器苗等方法来解决移栽问题,但远远不能满足园林需求。星花木兰、黄山木兰等原种可作为重要亲本培育耐水湿木兰新品种。通过杂交育种可以得到适应性和抗逆性均较强、耐移栽的新品种。

3.2 木兰科植物品种濒危意味着较多育种材料面临缺失 资料显示,我国重点保护的珍稀濒危木兰科植物已有 24 种,这些木兰科植物均能提供优良的植物材料,如关于天女木兰的生物多样性研究对培育抗寒木兰新品种有重要指导意义,大叶木兰则是培育抗高温木兰新品种的重要材料之一等[21]。

3.3 现代生物技术在木兰科植物远缘杂交育种上的运用还远远不够 近年来,以细胞工程、基因工程、分子标记辅助育种为核心的现代生物技术在植物育种中已得到广泛应用。木兰科植物的育种也糅合了部分现代生物技术如分子标记等作为理论指导,进步空间非常大。生物技术中细胞工程、基因工程还能使木兰科植物育种逐渐发展成为可控制的定向育种。但是现代生物技术育种系统是没有发展成熟的,它只能作为常规杂交育种的延伸和补充,所以加强现代生物技术在木兰科植物远缘杂交育种上的运用,促进属间杂交种的更快产生是木兰科植物杂交育种的重要方向。

3.4 全国统一的木兰科植物分类系统没有建立 很多寡种

属、单种属和新发现的种(或变种)的分类、鉴定和系统地位存在着争论,无法为杂交亲本的确定和最优组合的选择提供理论指导,这在一定程度上使育种工作者走了较多弯路。

4　加速木兰科植物杂交育种进程的建议

(1)加大木兰科植物的保护力度。我国木兰科植物资源是非常丰富的,但是历代的战乱及各地森林遭到破坏,使其失去所要求的生境,加之其自身繁殖力衰退,竞争不过其他种类,以致许多木兰科植物生存受到严重的威胁,因此要加大木兰科植物的保护力度,尤其对珍稀濒危木兰科植物采取适当的保护措施,以保证育种资源的可持续利用。

(2)充分开发利用我国丰富的木兰资源,同时适当引进国外木兰资源。我国真正用于杂交育种的木兰科植物资源相对较少,基本集中于几种观赏特性较好的品种,很多野生的木兰科植物具有很好的观赏特性和优良的抗性,但仍未被人所利用。另外可将国内外优良品种相互结合培育出具有更好观赏价值的新品种。

(3)加大跨地域种(或品种)杂交育种力度,培养观赏性佳的耐高温玉兰亚属品种和耐寒木兰亚属、含笑属和木莲属等抗性品种。我国幅员辽阔,南北差异较大,木兰科植物生活的环境也不相同,南北杂交培育出适合不同环境气候的优良品种也是今后研究的重点。

(4)加大木兰科植物远缘杂交力度。玉兰亚属植物花大色艳,色系较多,耐寒,但是没有常绿品种,而木兰亚属、含笑属等虽常绿,但是花色单一,不耐寒。它们各自具有不同的优良性状,二者杂交可能培育出具有各自优良性状的新优品种。因此应该多进行远缘杂交,将更多更好的优良性状聚集到新优品种中。

参考文献

[1] 张庆宝,申亚梅,范义荣. 木兰属(*Magnolia*)观赏植物育种现状及育种策略[J]. 江苏林业科技,2008(6):46－48.
[2] 刘玉壶,罗献瑞,吴容芳,等. 中国植物志(第 30 卷,第 1 分册)[M]. 北京:科学出版社,1996.
[3] 姜景明. 木兰科植物种质资源评价和乐昌含笑品种选育研究[D]. 北京:中国林业科学研究院,2006.
[4] 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):89－107.
[5] 傅立国,金鉴明. 中国植物红皮书(第一册)[M]. 北京:科学出版社,1992.
[6] CALLAWAY D J. The world of Magnolias[M]. Portland Oregan:Timber Press,1994.
[7] 包志毅. 世界园林乔灌木[M]. 北京:中国林业出版社,2004.
[8] DUDIEY T R,WILLIAM E K. Eight new hybid Magnolia cultivars[J]. Bulletin of the Morris Arboretum,1968,19(2):26－29.
[9] THOMAS P. Magnoliaś golden future[J]. Garden,2003,128(4):248,250－251.
[10] JANAKI AMMAL E K. The race history of Magnolias[J]. Indian Journal of Genetics and Plant Breeding,1952,12(2):182－192.
[11] MCDANIEL,JOSEPH C. Get in on the ground floor of magnolia hybridizing[J]. Journal of the Magnolia Society,1974,10(2):13－14.
[12] SAVAGE PHILIP J. Gatheringgold dust[J]. Journal of the Magnolia Society,1978,14(1):11－18.
[13] SAVAGE PHILIPJ. Magnolias in Michigan:Part Ⅳ[J]. Journal of the Magnolia Society,1989,23(1):5－10.
[14] 南京林产工业学院林学系育种组. 亚美杂种马褂木的育成[J]. 林业科技通讯,1973(12):10－11.
[15] 姜景民,李霞,盛能荣. 木兰科木兰属、含笑属植物杂交授粉技术的初步研究[J]. 林业科学研究,1999,12(2):214－217.
[16] 胡挺进,彭春生. "京玉兰"的育种研究[J]. 湖北林业科技,2003(3):1－5.
[17] 龚洵,张国莉,潘跃芝,等. 含笑新品种——雏菊含笑和春月含笑[J]. 园艺学报,2003,30(2):251.
[18] 龚洵,张国莉,潘跃芝,等. 含笑新品种——郁金含笑、丹芯含笑和沁芳含笑[J]. 园艺学报,2003,30(1):123.
[19] 龚洵,张国莉,潘跃芝,等. 云南含笑花粉萌发研究[J]. 武汉植物学研究,2003,21(4):346－350.
[20] 李勇. 玉兰图谱 1[J]. 仙湖,2009,29(3):36－39.
[21] 李芸瑛,窦新永,彭长连. 三种濒危木兰植物幼树光合特性对高温的响应[J]. 生态学报,2008(8):3789－3797.

(上接第 5083 页)

系长度上表现最好,为 22.56 cm。

(2)不同的容器规格对降香黄檀的苗高、地径及冠幅具有显著的影响,对根系长度的影响不显著,其中容器规格为 40 cm×50 cm 的最好。

(3)不同的基质配比对降香黄檀的苗高、地径、根系长及冠幅具有显著的影响,其中基质最佳配比为椰糠:蔗糠:大田土 = 1:1:1。

(4)不同的肥料对降香黄檀的苗高、根系长及冠幅具有显著的影响,其中施加含 N 为 3% 的复合肥对苗高及冠幅的影响最大,而对根系长度影响最大的为含 N 为 3% 的有机肥。

参考文献

[1] 杨曾奖,徐大平,张宁南,等. 降香黄檀嫁接技术研究[J]. 林业科学研究,2011,24(5):674－676.
[2] 吴银星. 不同抚育方式对降香黄檀生长的影响[J]. 安徽农学通报,2011,17(15):173－174.
[3] 伍慧雄,庄雪影,温秀军,等. 降香黄檀病虫害调查[J]. 广东林业科技,2009,25(6):86－88.
[4] MEXALA J G,CUEVAS RANGEL R A,NEGREROS-CASTILLOC P. Nursery production practices affect survival and growth of tropical hardwoods in Quintana Roo,Mexico[J]. Forest Ecology Management,2002,168:125－133.
[5] 严丰成,石长宏. 西宁地区温室容器育苗中播种时间对针叶树生长量的影响[J]. 青海农林科技,2008(1):91－92.
[6] 余琳,余新娟,余忠敏,等. 阔叶树种容器育苗配套技术试验[J]. 浙江林业科技,2005,25(4):35－38.
[7] 何琴飞,彭玉华,曹艳云,等. 降香黄檀容器育苗基质试验[J]. 技术开发,2012,26(6):92－95.
[8] HERRERA F,CASTILLO J E,LOPEZ-BELLIDO R J,et al. Replacement of a peat－lite medium with municipal solid waste compost for growing melon (*Cucumis melo*) transplant seedlings[J]. Compost Science & Utilization,2009,17(1):31－39.
[9] 吴元彬,王品,李思经,等. 林木工厂化育苗新技术[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2007.
[10] 陈慧玲,李爱华,邓华平,等. 不同肥料对樟控根容器苗生长的影响[J]. 湖北林业科技,2007(5):22－24.