

鹅掌楸属 (*Liriodendron* L.) 种质‘优酉’ 的遗传背景研究

於朝广, 殷云龙, 徐建华, 孙醉君, 舒 璞

(江苏省·中国科学院植物研究所(南京中山植物园), 江苏 南京 210014)

摘要: 应用光学显微镜和扫描电子显微镜, 以鹅掌楸 [*Liriodendron chinense* (Hemsl.) Sarg.]、北美鹅掌楸 (*L. tulipifera* L.) 及杂种鹅掌楸 (*L. chinense* × *L. tulipifera*) 为对照, 对重庆酉阳鹅掌楸 (*Liriodendron* sp.) 种源‘优酉’ (‘Youyou’) 的外部形态特征、叶表皮微形态结构特征和花粉形态特征进行观察比较, 并利用 RAPD 标记技术对‘优酉’的遗传关系进行了分析。结果表明, 鹅掌楸属各树种在外部形态上存在差别, 但在叶表皮和花粉形态特征上表现出明显的一致性, ‘优酉’的各形态特征与鹅掌楸有较多相似性。RAPD 标记分析结果表明, ‘优酉’的遗传距离与鹅掌楸和北美鹅掌楸较远, 但与鹅掌楸的遗传关系相对较近。推测‘优酉’可能是由较原始的鹅掌楸向较进化的北美鹅掌楸过渡的 1 个中间类型。‘优酉’生长速度快、观赏价值高, 可直接用于园林绿化及林木种植。

关键词: 鹅掌楸属; 种质资源; 叶表皮结构; 花粉形态; RAPD

中图分类号: S792.21.01; Q943; Q944 文献标志码: A 文章编号: 1004-0978(2008)03-0001-09

Study on genetic background of ‘Youyou’ of *Liriodendron* L. YU Chao-guang, YIN Yun-long, XU Jian-hua, SUN Zui-jun, SHU Pu (Institute of Botany, Jiangsu Province and the Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2008, 17(3): 1-9

Abstract: Using LM and SEM, the external morphological characters, micro-morphological structure of leaf epidermis and pollen morphological features of ‘Youyou’ (*Liriodendron* sp.) from Youyang of Chongqing were observed and compared with *L. chinense* (Hemsl.) Sarg., *L. tulipifera* L. and *L. chinense* × *L. tulipifera*. And the genetic relationship of ‘Youyou’ was analyzed by RAPD marker technology. The results show that the external morphological structure has some differences among the germplasm resources of *Liriodendron* L., but the leaf epidermis structure and pollen morphological features are obviously identical. ‘Youyou’ is more similar to *L. chinense* in all morphological characters. The RAPD analysis result suggests that ‘Youyou’ is farther from *L. chinense* and *L. tulipifera*, while the genetic relationship between ‘Youyou’ and *L. chinense* is relatively closer. It is concluded that ‘Youyou’ may be an intermediate type evolving from more primitive species of *L. chinense* to more evolutionary species of *L. tulipifera*. And ‘Youyou’ can be applied in gardening and forest industry for its fast growing speed and high ornamental value.

Key words: *Liriodendron* L.; germplasm resources; leaf epidermis structure; pollen morphology; RAPD

木兰科 (Magnoliaceae) 鹅掌楸属 (*Liriodendron* L.) 植物属于被子植物中较原始而古老的种类, 在第三纪广布于北半球。现存鹅掌楸属种类呈现洲际间断分布, 东亚分布的是鹅掌楸 [*L. chinense* (Hemsl.) Sarg.], 北美分布的为北美鹅掌楸 (*L. tulipifera* L.)。鹅掌楸是原产中国的残遗树种, 现存种群自然分布于中国 11 个省(区)84 个点^[1]。依地理特征可分为“一带五岛”的分布形式, 但无论是分

布“带”还是分布“岛”, 其种群都是彼此孤立、相互隔离的, 呈岛状星散分布。这种分割孤立、隔离过程一方面导致生境的变化和植株数量的减少, 另一方

收稿日期: 2007-07-05

基金项目: 江苏省技术储备重点项目“鹅掌楸属遗传资源的利用和优良无性系产业化技术研究”(2001 年)

作者简介: 於朝广(1975—), 男, 江苏海安人, 硕士, 助理研究员, 主要从事树木种质资源利用研究。

面也可能导致自然选择过程中的遗传变异,形成丰富的遗传多样性。北美鹅掌楸广泛分布于北美东部平原地区,其生境条件远没有鹅掌楸复杂。

由于鹅掌楸具有树冠高大、树干通直、叶形奇特、生长迅速、木材用途广、观赏价值高等特点而逐渐受到人们的关注。20世纪50年代中期,南京中山植物园开始从庐山将鹅掌楸引入南京,到20世纪60年代初,这批引入的鹅掌楸已开花结实。已故林木育种学家叶培忠教授曾在1963年首次利用这些鹅掌楸(母本)与北美鹅掌楸进行人工杂交,获得了有明显杂种优势的杂种鹅掌楸^[2]。

20世纪80年代后,鹅掌楸的引种区域不断扩大,研究领域也从杂交、杂种优势利用和繁殖育苗扩展到地理分布、种源选择、生殖能力及遗传多样性分析等方面。随着鹅掌楸分布和种质资源调查的深入,贺善安等人发现,在重庆酉阳的鹅掌楸种群中存在数个明显的变异类型,在酉阳海拔1250m处发现的1个变异类型(为胸径50cm、树高14m、冠幅7m×8m的大树)在植株形态、同工酶谱和花粉超微结构上都与一般鹅掌楸有明显差异^[3]。

20世纪80年代末,江苏省·中国科学院植物研究所从酉阳引入一批鹅掌楸实生苗,10余年后发现其中有2株(暂名为‘优西’,即‘Youyou’)植株外部形态和粗生长速度上明显不同于其他同龄苗木,而这2株实生苗的外观几乎相同。为了进一步了解这个变异类型,作者以鹅掌楸、北美鹅掌楸以及杂种鹅掌楸为对照,对‘优西’的外部形态特征、叶表皮微形态结构特征和花粉微形态特征进行了观察及新杂种识别,并利用RAPD标记技术探求它们之间的遗传关系,以期挖掘鹅掌楸新的遗传种质资源提供基础资料。

1 材料和方法

1.1 材料

供试的‘优西’为1988年由重庆酉阳引入,经育苗后栽植于南京中山植物园老果园内,至2007年树龄达到20a,其中‘优西’1号树高12.4m,胸径21.3cm;‘优西’2号树高12.5m,胸径23.9cm。供试的鹅掌楸也由重庆酉阳引入,1988年育苗,1990年定植于南京中山植物园新果园内,至2007年树龄达到20a,树高10.8m,胸径18.8cm。供试

的北美鹅掌楸为1988年由美国北卡罗莱那州引入的1年生苗,栽植于南京中山植物园新果园内,至2007年树龄为21a,树高12.3m,胸径27.1cm。供试的杂种鹅掌楸(*L. chinense* × *L. tulipifera*)为1963年杂交育种成功的苗木,栽植于南京中山植物园系统园内,至2007年树龄达到44a,其中1~4号树的树高分别为18.2、18.3、18.7和19.7m,胸径分别为41.4、30.9、33.1和37.6cm。

1.2 方法

1.2.1 外部形态观察和测量 用肉眼观察描述各树木的小枝和主干色泽、花朵颜色及聚合果顶端形状;测量花的直径、聚合果的宽度和长度。由于鹅掌楸叶片两侧通常各具1裂,而北美鹅掌楸叶片两侧为1~2裂,因而通过对叶片的观察,统计两侧具2裂叶片的百分率。

1.2.2 叶表皮微形态结构观察 取成熟新鲜叶片,自然干燥,在叶片主脉1/2处取带主脉和二级主脉的叶肉叶片,超声振荡清洗后脱水,将样品直接粘在金属样台上进行金箔镀膜,然后置于AMRAY-1840型扫描电子显微镜(美国AMRAY公司生产)下观察、照相和描述。

1.2.3 花粉微形态特征观察 取新鲜花粉,自然干燥,将花粉直接挑在专用金属台上,喷金镀膜约4~5min后,置于AMRAY-1840型扫描电子显微镜下观察并照相。

1.2.4 RAPD标记分析 于2007年12月从供试树木上采集休眠芽,参照Doyle^[4]的方法提取总DNA,提取液中加入体积分数5%的PVP和体积分数2%的β-巯基乙醇。提取出的总DNA用含EB(溴化乙锭)的琼脂糖凝胶电泳进行浓度检测。

随机选取Operon公司出品的280个随机引物,用8个样株的DNA样品进行PCR扩增,经过初筛和复筛,筛选出25个多态性较好且扩增条带清晰、明亮的随机引物用于RAPD标记分析。

PCR扩增反应在Perkin-Elmer 9600型PCR仪上进行。反应体系总体积20μL,包括2.0μL 10×PCR Buffer、1.6μL 25mmol·L⁻¹ MgCl₂、1.6μL 2.5mmol·L⁻¹ dNTPs、0.5μL 10μmol·L⁻¹ 随机引物、约50ng模板DNA和1U Taq DNA聚合酶。

扩增程序为:94℃预变性2min;随后于94℃变性30s、40℃退火30s、72℃延伸1.5min,38个循环;72℃延伸7min后转入4℃条件下保存。

获得的 PCR 扩增产物用含有 EB 的质量体积分数 1.0% 的琼脂糖凝胶在 $1 \times$ TBE 缓冲液中进行电泳分离,并在紫外灯下用 MP4 - Polaroid 摄像系统进行观察和照相,记录实验结果。

1.2.5 杂种苗的生长比较 于 2004 年 5 月初,通过去雄、套袋和人工授粉等操作进行‘优西’ \times 北美鹅掌楸、北美鹅掌楸 \times ‘优西’和鹅掌楸 \times 北美鹅掌楸杂交实验,同年 10 月初采集杂交种子并进行沙藏。于 2005 年春,将采集的杂交种子播种于江苏省·中国科学院植物研究所实验苗圃内,2006 年底测量杂种苗的株高和地径。

1.3 数据处理

对 RAPD 扩增产物的电泳结果进行量化,有谱带记为“1”,无谱带记为“0”,统计多态性位点,采用 POPGENE 1.32 软件计算样株间的遗传相似系数和遗传距离,并采用 UPGMA 方法构建系统树。

2 结果和分析

2.1 外部形态特征的比较

供试各树种的外部形态有一定差异,‘优西’和杂种鹅掌楸的小枝均为浅棕褐色,鹅掌楸和北美鹅

掌楸的小枝则分别为灰褐色和棕褐色;除北美鹅掌楸主干呈灰褐色外,其他树种的主干均为灰色;各树种的花色略有不同(图 1),鹅掌楸的花瓣为淡绿色且橙黄色条带不明显,而北美鹅掌楸、‘优西’和杂种鹅掌楸的花瓣均具有橙黄色条带,并且前者的条带较窄,后两者较宽。

‘优西’及鹅掌楸、北美鹅掌楸和杂种鹅掌楸的其他外部形态指标见表 1。由表 1 可见,‘优西’每侧具 2 裂的叶片数占叶片总数的百分率(32.1%)近似于杂种鹅掌楸(30.1%);‘优西’主干的色泽与鹅掌楸相同,而小枝的颜色则介于鹅掌楸和北美鹅掌楸之间;‘优西’的花朵较大,花瓣的橙黄色条带颜色较深、面积较大,花瓣形状介于鹅掌楸和北美鹅掌楸之间。此外,‘优西’的小枝色泽和每侧具 2 裂叶片的百分率与杂种鹅掌楸极为相近。北美鹅掌楸的聚合果短而粗,翅状小坚果顶端急尖;鹅掌楸的聚合果则细而长,小坚果顶端较钝;‘优西’的聚合果则粗且较长,小坚果顶端形状介于北美鹅掌楸和鹅掌楸之间。

2.2 叶表皮微形态结构特征的比较

利用光学和扫描电子显微镜对鹅掌楸、北美鹅掌楸、杂种鹅掌楸及‘优西’的叶表皮结构特征进行



图 1 鹅掌楸属植物花和花瓣形态的比较
Fig. 1 Comparison of morphological features of flower and petal of *Liriodendron* L.

表 1 鹅掌楸属植物的外部形态特征比较
Table 1 Comparison of external morphological characters of *Liriodendron* L.

树种 Tree species	小坚果顶端形状 Tip shape of aliform nutlet	PL/% ¹⁾	花直径/cm Flower diameter	聚合果宽度/cm Width of aggregate fruit	聚合果长度/cm Length of aggregate fruit
鹅掌楸 <i>L. chinense</i>	钝 Obtuse	0.0	3.6 - 4.8	1.38	6.68
北美鹅掌楸 <i>L. tulipifera</i>	急尖 Acute cuspidal	38.6	5.0 - 7.0	1.65	4.61
‘优西’ ‘Youyou’	渐钝尖 Acuminate cuspidal	32.1	5.0 - 6.0	1.60	6.57
杂种鹅掌楸 <i>L. chinense</i> \times <i>L. tulipifera</i>	-	30.1	4.0 - 6.0	-	-

¹⁾ PL: 每侧具 2 裂的叶片百分率 Percentage of leaf with two lobes on each side.

了较全面的观察。结果表明,叶表皮细胞的角质层呈多边形或无规则形,角质层垂周壁形状为平直多边形或弯曲的不规则形状(龟田状);叶下表皮角质层具有拟脑纹状的菱形隆起结构,呈网状或条波状弯曲排列,平周壁表面具簇晶状和颗粒状附属物;气孔器分布在叶片下表皮上,气孔器类型为平列型和无规则型,气孔器外拱盖内缘通常为浅波状或近光滑;表皮毛为单细胞型非腺毛或无毛。研究结果表明,叶下表皮细胞表皮毛的有无、叶表皮角质层形状、垂周壁弯曲程度和平周壁附属物形状在鹅掌楸

属不同种间的特征较为一致,但仍有一定的差异(图版 I),各树种的叶表皮特征见表2。由表2可见,鹅掌楸与北美鹅掌楸的叶表皮特征差异较大,其中,差别最明显的特征是北美鹅掌楸具有稀少单细胞非腺毛。‘优酉’和杂种鹅掌楸的叶表皮均无毛,角质层菱形隆起的排列形状为点状条纹或点状稀网状纹饰,垂周壁多边形或无规则形状及平周壁具颗粒状、簇晶状附属物等特征均具有鹅掌楸和北美鹅掌楸的部分特征,但更接近于鹅掌楸。

表2 鹅掌楸属植物叶表皮微形态结构特征比较¹⁾

Table 2 Comparison of micro-morphological structure of leaf epidermis of *Liriodendron* L.¹⁾

树种 Tree species	表皮毛特征 Character of trichome	AF	Nr	Sa	AS	气孔器特征 Character of stomatal apparatus
鹅掌楸 <i>L. chinense</i>	无毛 Glabrous	网状 Reticulate	31	多边形 Polygon	簇晶状 Crystal	气孔器大,外拱盖内缘光滑 Stomatal apparatus big, inner margin of outer stomatal ledge smooth
北美鹅掌楸 <i>L. tulipifera</i>	单细胞非腺毛 Unicellular non-glandular trichome	点状条纹 Punctiform striated	18	多边形 Polygon	颗粒状 Granular	气孔器大,外拱盖内缘波浪状 Stomatal apparatus big, inner margin of outer stomatal ledge waviness
‘优酉’ ‘Youyou’	无毛 Glabrous	点状条纹 Punctiform striated	15	多边形 Polygon	颗粒状 Granular	气孔器大,外拱盖内缘波浪状 Stomatal apparatus big, inner margin of outer stomatal ledge waviness
杂种鹅掌楸 <i>L. chinense</i> × <i>L. tulipifera</i>	无毛 Glabrous	点状稀网状 Punctiform reticulate	15	无规则 Anomocytic	簇晶状 Crystal	气孔器小,外拱盖内缘浅波状 Stomatal apparatus small, inner margin of outer stomatal ledge sinuate

¹⁾ AF: 菱状隆起的排列形状 Arrangement form of rhombic uplift; Nr: 菱状隆起数 Number of rhombic uplift; Sa: 垂周壁形状 Shape of anticlinal wall; AS: 平周壁附属物形状 Attachment shape of periclinal wall.

2.3 花粉形态特征的比较

鹅掌楸属植物的基本花粉形态特征为花粉粒表面轮廓呈波浪形,两侧对称、异极、具远极单萌发沟,沟宽凹陷,花粉粒较大;赤道面观椭圆形或近椭圆形,异极,两端尖或圆,左右对称,外壁2层,外层大于内层。花粉粒极面观具单沟(远极沟),呈船形或圆形。扫描电子显微镜下花粉粒的远极沟宽窄不一、明显达两端;外壁纹饰在光学显微镜下一般为粗网状纹饰,扫描电子显微镜下呈明显的穴网状(疣状)纹饰和脑纹网状(皱波疣状),具穿孔(小穴),穿孔大小与疏密程度变化较大;花粉粒两端具明显细皱褶(图版 II)。

2.3.1 北美鹅掌楸花粉粒的形态特征 花粉粒极面观钝三角形或圆形(图版 II - 1),异极;赤道面观椭圆形(图版 II - 5),两端尖,左右对称;花粉粒较大;外壁2层,外层大于内层,具远极沟,沟宽外凸达两极,沟皱波平,表面纹饰形成块状不明显,脑纹为疣状皱波。花粉粒上有穿孔,外壁轮廓呈波浪形。

2.3.2 鹅掌楸花粉粒的形态特征 花粉粒远极单沟(图版 II - 2),异极;赤道面观狭长椭圆形(图版 II - 6),沟短而宽、凹陷,左右对称;外壁2层,外层大于内层,表面具网状纹饰,鱼鳞状排列,网底浅,网脊圆滑,粗细一致,轮廓(较细)波浪。

2.3.3 ‘优酉’花粉粒的形态特征 花粉粒远极单沟(图版 II - 3),异极;赤道面观椭圆形(图版 II - 7),沟宽几达两极且凹陷;花粉粒较北美鹅掌楸和鹅掌楸的略大;外壁2层,外层大于内层,表面具网状纹饰,网眼大小不一,光滑,网脊宽窄不一,形成皱波。

2.3.4 杂种鹅掌楸花粉粒的形态特征 4株杂种鹅掌楸单株(杂种1号、2号、3号、4号)的花粉粒形态特征分别为:杂种1号的花粉粒具远极单沟(图版 II - 4),异极;赤道面观椭圆形(图版 II - 8),二端尖,沟宽外凸;外壁2层,外层大于内层,表面具脑纹网状(皱波状)纹饰;网眼大小不一,波浪;网脊宽大小不一,形成隆起,呈皱波脑纹状纹饰。

杂种2号的花粉粒具远极单沟, 异极; 赤道面观椭圆形, 二端尖, 沟宽达两极、凸起; 外壁2层, 外层大于内层, 表面具脑纹网状纹饰; 带穿孔, 网眼大小一致; 网嵴宽窄不一。

杂种3号的花粉粒具远极单沟, 异极; 赤道面观椭圆形, 二端尖, 沟宽、凸起, 左右对称; 外壁2层, 外层大于内层, 表面具皱波网状纹饰; 带穿孔。

杂种4号的花粉粒具远极单沟, 异极; 赤道面观椭圆形, 二端尖, 沟宽达两极、凸起; 外壁2层, 外层大于内层, 表面具皱波网状纹饰; 网眼大小不一; 网嵴宽窄形成形状不一的隆起, 呈皱波脑纹网状纹饰。

观察结果表明, 4株杂种鹅掌楸单株的花粉粒形态特征略有差异, 但基本特征一致。

根据花粉形态特征可以看出, ‘优西’的花粉粒形态具有北美鹅掌楸和鹅掌楸的特征, 与4个杂种鹅掌楸单株的花粉形态特征比较近似: 花粉粒较大, 似北美鹅掌楸; 沟宽凹陷, 则似鹅掌楸; 花粉外壁纹饰介于北美鹅掌楸和鹅掌楸之间, 网状纹饰、网眼大小不一, 外壁形成不明显皱波。此外, 鹅掌楸属花粉粒外壁纹饰呈网状并有皱波, 与木兰科植物花粉“外壁纹饰光滑或具穿孔”的特征明显不同, 与木兰科的其他属有明显差异。

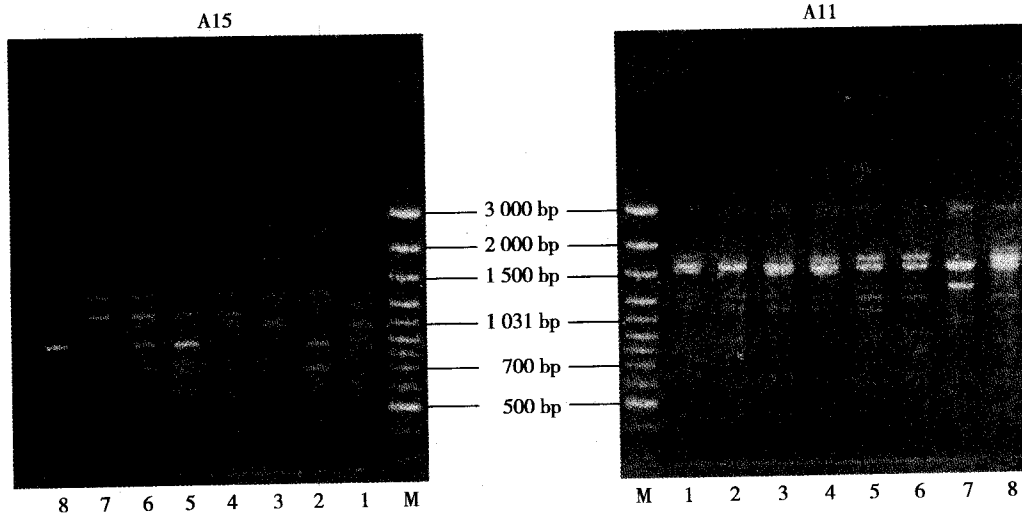
2.4 RAPD 标记分析及聚类分析结果

利用 RAPD 标记分析技术研究了‘优西’与杂种

鹅掌楸、北美鹅掌楸和鹅掌楸的遗传关系, 其中部分引物的扩增结果见图2。由图2可见, ‘优西’和杂种鹅掌楸的扩增条带特征介于鹅掌楸和北美鹅掌楸之间。聚类分析结果表明(图3), ‘优西’1号和‘优西’2号与杂种鹅掌楸4个单株的遗传距离最近, 表明它们之间的亲缘关系较近, 这与形态学的比较结果十分相似。‘优西’与鹅掌楸和北美鹅掌楸的遗传距离较远, 但更接近鹅掌楸; 北美鹅掌楸与其他树种的遗传距离较远, 区别明显。此外, ‘优西’1号和‘优西’2号在聚类图上聚在一起, 遗传距离较近, 说明它们的亲缘关系很近。

2.5 ‘优西’的形态特征比较

将‘优西’1号和‘优西’2号与原产酉阳的1个鹅掌楸自然变异植株(大树)进行比较, 发现它们在叶形、花色和花粉亚显微结构上都具有较多的相似性, 即它们都具有下列特征: 每侧具2裂的叶片数约占叶片总数的1/3; 花直径都在5~7 cm, 花瓣均有较宽的橙黄色带, 鲜艳美观; 聚合果的长度和宽度分别为6.6~7.7 cm和1.6~1.7 cm; 花粉均具大小不一的网眼, 花粉表面呈皱波状, 网嵴形成宽窄不一的纹饰。可见, ‘优西’与原产酉阳的这株鹅掌楸自然变异植株在内部结构与外部形态特征上有重叠现象, 具有更多的遗传相似性。



M: Marker; 1. 鹅掌楸 *Liriodendron chinense* (Hemsl.) Sarg.; 2. 北美鹅掌楸 *L. tulipifera* L.; 3. ‘优西’1号 No.1 of ‘Youyou’; 4. ‘优西’2号 No.2 of ‘Youyou’; 5. 杂种鹅掌楸1号 No.1 of *L. chinense* × *L. tulipifera*; 6. 杂种鹅掌楸2号 No.2 of *L. chinense* × *L. tulipifera*; 7. 杂种鹅掌楸3号 No.3 of *L. chinense* × *L. tulipifera*; 8. 杂种鹅掌楸4号 No.4 of *L. chinense* × *L. tulipifera*.

图2 引物 A15 及 A11 对鹅掌楸属植物总 DNA 的 RAPD 扩增图谱

Fig. 2 The RAPD patterns of total DNA from *Liriodendron* L. amplified by primers A15 and A11

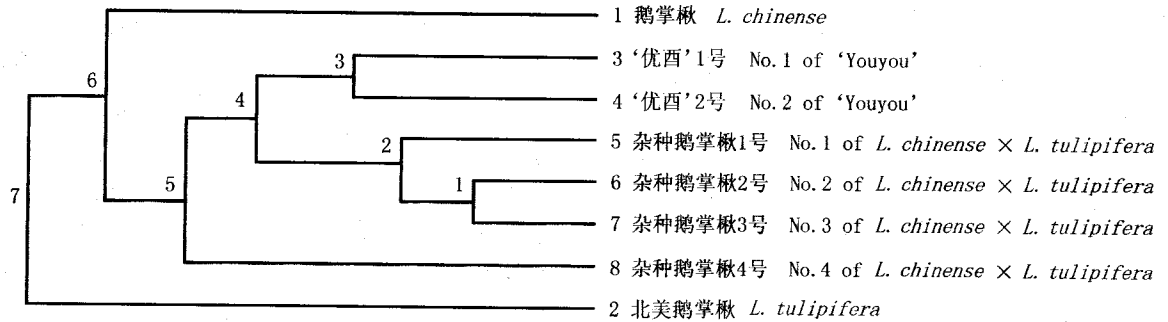


图3 基于RAPD标记分析的鹅掌楸属植物的UPGMA聚类图
Fig. 3 UPGMA dendrogram of *Liriodendron L.* based on RAPD marker analysis

另外,通过杂交实验可以看出,‘优西’与北美鹅掌楸正反交后所获得的2年生杂种苗的优势不及鹅掌楸×北美鹅掌楸的杂种苗(表3),苗高和地径生长均比后者差。

表3 2年生鹅掌楸杂种苗的生长性状比较
Table 3 Comparison of growth traits of two year-old hybrid seedlings of *Liriodendron L.*

杂交组合 Cross combination		苗高/cm Height	地径/cm Ground diameter
母本 Female parent	父本 Male parent		
‘优西’ ‘Youyou’	北美鹅掌楸 <i>L. tulipifera</i>	68.5	1.67
北美鹅掌楸 <i>L. tulipifera</i>	‘优西’ ‘Youyou’	114.2	1.49
鹅掌楸 <i>L. chinense</i>	北美鹅掌楸 <i>L. tulipifera</i>	139.0	1.70

3 结论和讨论

3.1 ‘优西’的遗传稳定性

RAPD标记分析结果显示,‘优西’的某些遗传性状与其原产地的1个自然变异类型极其相似,可以认为‘优西’是鹅掌楸自然演化过程中的中间类型之一,并成为变异类型的后代,通过实生繁殖得以延续,预示着鹅掌楸较复杂的遗传基础。‘优西’具有性状稳定、生长快、花大且色艳等特点,这些指标可作为挖掘新的遗传种质资源时的形态指标,这些性状的稳定性均有利于林业生产和园林绿化。

3.2 ‘优西’的基因分化

‘优西’的一些性状变异介于鹅掌楸与北美鹅掌楸之间,且存在明显的形态差别,在亲缘关系上更接近于鹅掌楸,反映出其遗传分化的现状和进程,由此推测此种变异类型很可能是由比较原始的鹅掌楸向

比较进化的北美鹅掌楸过渡的1个中间类型。另外,形态特征和孢粉学特征以及RAPD标记技术分析的结果均显示‘优西’与鹅掌楸和北美鹅掌楸的人工杂交后代具有很大的相似性。由此可以推测,在第四纪冰川期前中国可能也分布有北美鹅掌楸或其近缘种,当时即已产生此种遗传变异类型,使各自的遗传特征均较好地保留下来并延续至今,当然这需要有更多的研究证据加以证实。

3.3 ‘优西’种质资源的利用

‘优西’1号和‘优西’2号生长健壮,长势强于鹅掌楸,特别是粗生长的速度比较快,15年生植株的胸径就达到了17 cm,树干直径较同龄鹅掌楸粗70%;花大美观、色泽艳丽,可作为新种质资源直接用于林业生产和景观绿化。但目前‘优西’的实生苗数量极少,且多与鹅掌楸混杂。建议在原产地对该变异类型的大树进行就地保护,单独采种繁殖,扩大种群规模,以解除其濒危状态。虽然鹅掌楸目前已处于濒危状态^[5],但由于鹅掌楸个体数目较少,能保持较好的遗传性状,因此在适宜的生态条件下可充分挖掘其优良的遗传性状,为鹅掌楸优良类型的育种提供遗传基础。

3.4 变异类型的潜力

关于鹅掌楸遗传变异的研究大多是针对地理遗传变异即种源间的差异以及不同种源栽植于同一地点后一些主要经济性状包括造林死亡率、植株枯死亡率、侧枝形成分叉干率、树干通直度、树干圆满度、树高、胸径、枝下高、冠幅和木材基本密度等的变异^[6]所进行的;但也有研究者发现,不同种源鹅掌楸在生长性状上存在显著的遗传变异^[7];不同地点的自然居群中存在花部数量和自然结实率方面的明显差

异^[8];等位酶分析结果表明,鹅掌楸的遗传变异79.4%分布在种群内^[5]。因此,在鹅掌楸自然分布比较集中的地区,可通过选育优良类型,挖掘新的种质资源。

综上所述,应用宏观和微观的形态观察、分子标记等研究方法对鹅掌楸进行综合研究,寻找不同性状之间的相关性和内在联系,对于评价鹅掌楸属新遗传种质资源有重要指导意义。虽然鹅掌楸属植物具有一定的遗传稳定性,但仍存在一定的遗传变异类型,因此,建议在鹅掌楸分布较集中的区域和群体较大的产地进行调查分析,以期能挖掘出更多更新的种质资源。

致谢:江苏省·中国科学院植物研究所伍寿彭先生、潘金杨先生和贺善安研究员以及南京农业大学郝日明教授在鹅掌楸属种源收集方面做了大量的前期工作,在此一并表示诚挚的谢意!

参考文献:

- [1] 郝日明,贺善安,汤诗杰,等. 鹅掌楸在中国的自然分布及其特点[J]. 植物资源与环境, 1995, 4(1): 1-6.
- [2] 朱晓琴,马建霞,姚青菊,等. 鹅掌楸(*Liriodendron chinense*)遗传多样性的等位酶论证[J]. 植物资源与环境, 1995, 4(3): 9-14.
- [3] He S A, Yang Z B, Gu Y, et al. *Ex-situ* Conservation in Nanjing Botanical Garden [C] // He S A, Heywood V H, Ashton P S. Proceedings of the International Symposium on Botanical Gardens. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Publishing House, 1990: 63-70.
- [4] Doyle J J, Doyle J L. Isolation of plant DNA from fresh tissue[J]. Focus, 1990, 12: 13-14.
- [5] 周岐,王章荣. 中国马褂木的研究现状[J]. 林业科技开发, 2000, 14(6): 3-6.
- [6] 李建民. 马褂木地理遗传变异和优良种源选择[J]. 林业科学, 2001, 37(4): 41-49.
- [7] 李斌,顾万春,夏良放,等. 鹅掌楸种源遗传变异和选择评价[J]. 林业科学研究, 2001, 14(3): 237-244.
- [8] 黄双全,郭友好,吴艳,等. 鹅掌楸的花部数量变异与结实率[J]. 植物学报, 1998, 40(1): 22-27.

图版说明 Explanation of Plates

图版 I 1. 鹅掌楸叶表皮微形态特征; 2. 北美鹅掌楸叶表皮微形态特征; 3. ‘优西’叶表皮微形态特征; 4. 杂种鹅掌楸叶表皮微形态特征; 5. 鹅掌楸叶下表皮气孔形态; 6. 北美鹅掌楸叶下表皮气孔形态; 7. ‘优西’叶下表皮气孔形态; 8. 杂种鹅掌楸叶下表皮气孔形态。

图版 II 1. 北美鹅掌楸花粉粒极面观; 2. 鹅掌楸花粉粒极面观; 3. ‘优西’花粉粒极面观; 4. 杂种鹅掌楸花粉粒极面观; 5. 北美鹅掌楸花粉粒赤道面观; 6. 鹅掌楸花粉粒赤道面观; 7. ‘优西’花粉粒赤道面观; 8. 杂种鹅掌楸花粉粒赤道面观。

Plate I 1. Micro-morphological feature of leaf epidermis of *Liriodendron chinense* (Hemsl.) Sarg.; 2. Micro-morphological feature of leaf epidermis of *L. tulipifera* L.; 3. Micro-morphological feature of leaf epidermis of ‘Youyou’; 4. Micro-morphological feature of leaf epidermis of *L. chinense* × *L. tulipifera*; 5. Stomatal morphology of leaf lower epidermis of *L. chinense*; 6. Stomatal morphology of leaf lower epidermis of *L. tulipifera*; 7. Stomatal morphology of leaf lower epidermis of ‘Youyou’; 8. Stomatal morphology of leaf lower epidermis of *L. chinense* × *L. tulipifera*.

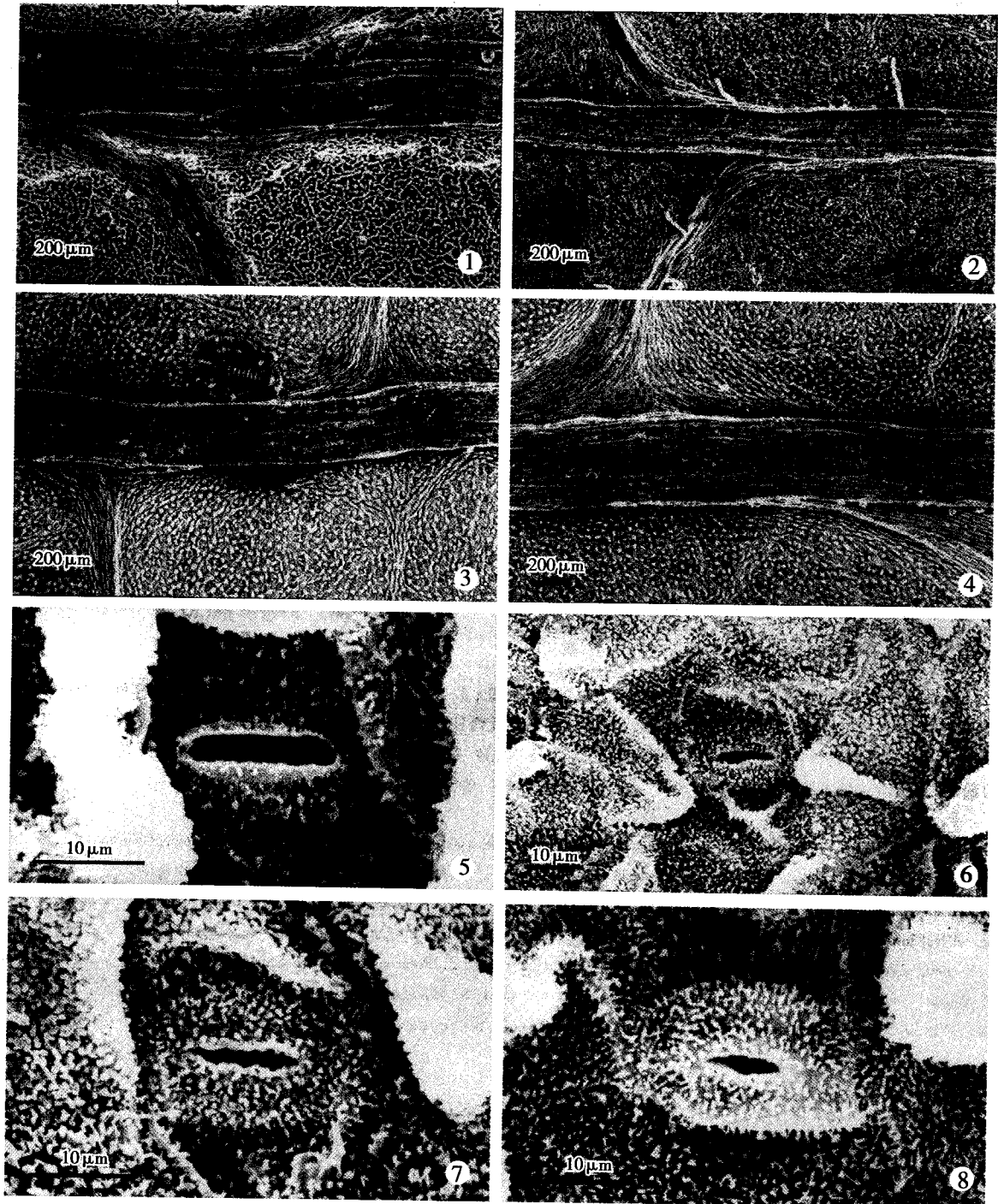
Plate II 1. Polar view of pollen grain of *Liriodendron tulipifera* (Hemsl.) Sarg.; 2. Polar view of pollen grain of *L. chinense* L.; 3. Polar view of pollen grain of ‘Youyou’; 4. Polar view of pollen grain of *L. chinense* × *L. tulipifera*; 5. Equatorial view of pollen grain of *L. tulipifera*; 6. Equatorial view of pollen grain of *L. chinense*; 7. Equatorial view of pollen grain of ‘Youyou’; 8. Equatorial view of pollen grain of *L. chinense* × *L. tulipifera*.

於朝广, 等: 鹅掌楸属(*Liriodendron* L.) 种质‘优西’的遗传背景研究

图版 I

YU Chao-guang, et al. Study on genetic background of ‘Youyou’ of *Liriodendron* L.

Plate I



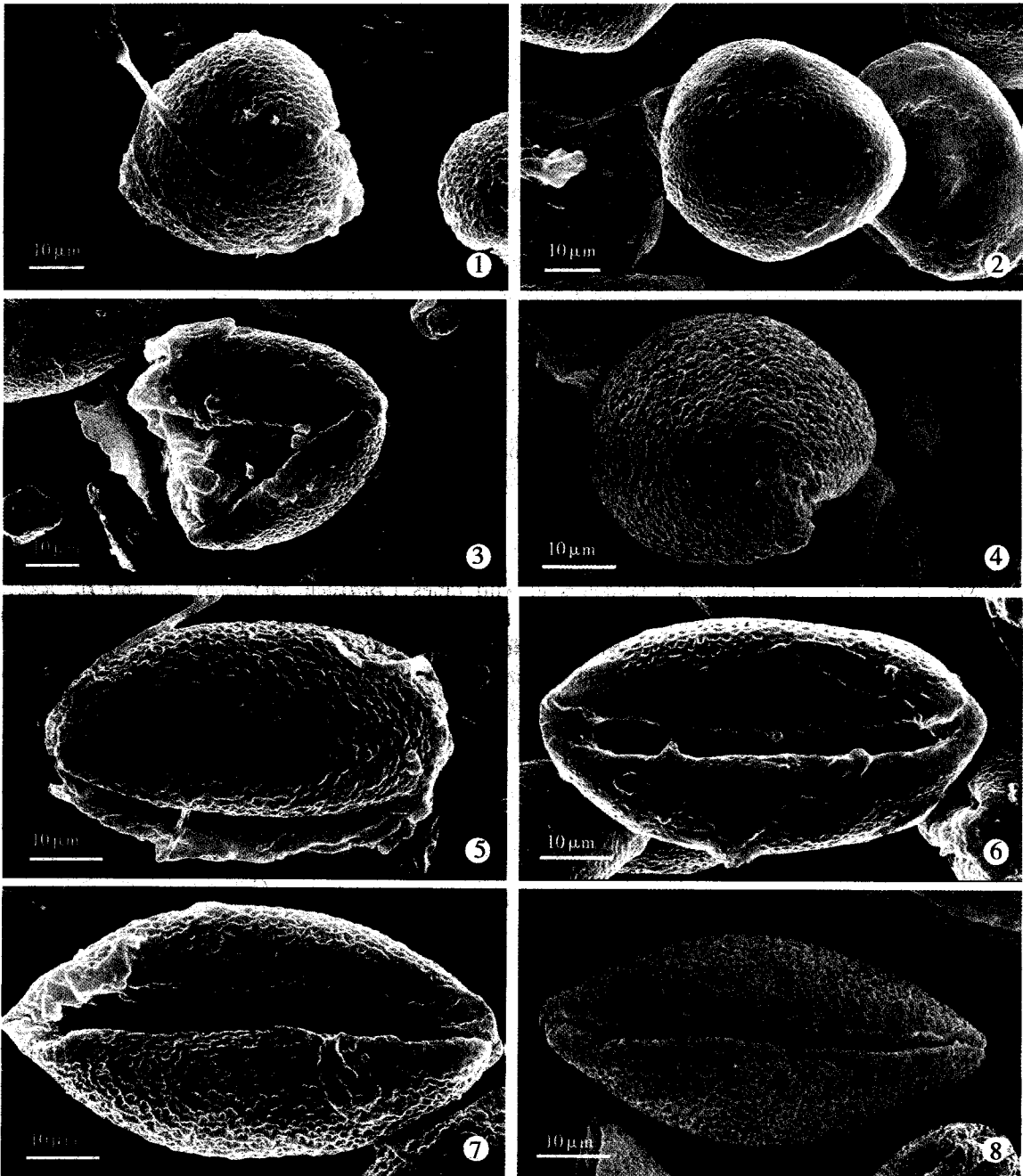
See explanation of the end of text

於朝广, 等: 鹅掌楸属(*Liriodendron* L.)种质‘优酉’的遗传背景研究

图版 II

YU Chao-guang, et al. Study on genetic background of ‘Youyou’ of *Liriodendron* L.

Plate II



See explanation of the end of text