

文章编号: 1001-1498(2005)01-0041-06

# 泡桐杂种花的形态变异分析

茹广欣<sup>1</sup>, 袁金玲<sup>2</sup>, 明军<sup>3</sup>, 郝邵菊<sup>1</sup>, 王豁然<sup>4</sup>

(1. 河南农业大学林学院, 河南 郑州 450002; 2. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400;  
3. 湖北农学院园艺系, 湖北 荆州 434103; 4. 中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091)

**摘要:** 对泡桐不同种间杂交后代花的性状进行了研究, 多数性状在不同杂种间差异显著, 花序长、花序宽及花序分枝角度等诸多性状受遗传控制较强。花序形状、花冠内斑点的疏密度及斑点大小等性状受多个基因控制, 杂交后分化程度较高。萼裂的浅对深、总梗的长对短在遗传上表现为显性。多数性状之间存在着显著的相关性, 主成分分析表明花序和果实特征在整体表现上占主导作用, 可以作为泡桐杂种分析的主要因素, 在进行杂种定向选择与培养时应兼顾相关性状的表达。

**关键词:** 泡桐; 杂种; 花; 变异

中图分类号: S718.46

文献标识码: A

## Analysis on Flowers of Morphology Variation of Paulownia Hybrid

*RU Guangxin*<sup>1</sup>, *YUAN Jinling*<sup>2</sup>, *MING Jun*<sup>3</sup>, *HAO Shaoru*<sup>1</sup>, *WANG Huoran*<sup>4</sup>

(1. Forest and Horticulture College of Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, Henan, China;

2. Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang 311400, Zhejiang, China;

3. Department of Horticulture, Hubei Agricultural College, Jingzhou 434103, Hubei, China;

4. Research Institute of Forestry, CAF, Beijing 100091, China)

**Abstract:** Taking thirty-two single cross and eighteen multi-parents hybridization of paulownia in twelve years as trial material, genetic and variation of many characters were studied. The results were as follows: all these characters demonstrate embulent variations among different crosses, and many of their difference reached a high level, heredity ability of main quantitative characters all reached a high level such as length of anthotaxy, width of anthotaxy, angle of anthotaxy tresses, length of flower stalk, length of flower, width of flower, length of fruit, width of fruit, and parents excessed heredity was discovered on angle of anthotaxy tresses. Split degree of calyces and length of bennet were controlled by a few alleles, and shallow was dominant to deep in split degree of calyces and long was dominant to short in length of bennet. In the aspect of flower color, white were homogeneous unit in gene, and purple was incomplete dominant to white. The shape of anthotaxy, density and size of spot in crown, and shape of fruit are all qualitative characters and controlled by several genes, they had a great change in exhibition along with gene's re-organization and chang during the process of cross.

Principal component analysis indicated that angle of anthotaxy tresses, length of anthotaxy, width of anthotaxy could act as the first principal component, and thickness of fruit may act as the second principal component. Correlation analysis showed that many of these characters were greatly correlated, so when selection for certain aims the correlation of correlated character should be concerned.

**Key words:** paulownia; hybrid; flower; variation

收稿日期: 2004-01-23

基金项目: 河南省林业厅项目办“泡桐工业用材优良品种的选育与改良”, 编号: 00300812

作者简介: 茹广欣(1963-), 男, 博士, 副教授。主要从事林木遗传育种与林木资源保护。

泡桐(*Paulownia*)在我国分布广泛,生长迅速,全国 20 多个省、自治区有自然分布或人工栽培。我国泡桐种类齐全,资源丰富,种间很少有生殖隔离现象,加上花期长、杂交技术简便、种子数量多、容易无性繁殖等特点,因此采用杂交育种方法是泡桐优良品种选育、加速实现良种化的有效途径<sup>[1]</sup>。自 20 世纪 70 年代以来,全国各地在泡桐的杂交育种方面做了许多工作<sup>[2]</sup>,中国林科院、河南、陕西、江苏、山东等先后开始进行了杂交育种试验,取得了较大的成就,并推出了一系列优良的杂交组合和优良无性系应用于生产实践<sup>[3]</sup>。

泡桐的杂交育种工作虽然已经取得了很大的成就,但是前期的泡桐杂交育种研究多限于白花泡桐(*P. fortunei* (Seem.) Hemsl.)、毛泡桐(*P. tomentosa* Thunb. Steud.)、兰考泡桐(*P. dongate* S. Y. Hu)等少数几个亲本间,杂交方式也比较简单,多为单交组合,所以其遗传基础十分有限,对泡桐杂种后代花性状变异及分化情况知之甚少<sup>[4]</sup>,迄今为止未见有关泡桐杂种后代花性状变异的研究报道,而花部特征与植物传粉和繁殖多样性关系密切<sup>[5]</sup>。鉴于此,本研究对泡桐属 9 个种及变种的 50 个单交、三交、双杂交及回交组合的花、果、生长性状的遗传变异进行了研究,希望了解杂种后代在花性状上的分化和差异,为泡桐属不同种间亲缘关系及遗传规律的研究提供理论依据,并为泡桐良种繁育提供优良的育种材料。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验地概况

试验地设在河南省扶沟江村林场,该场地处豫东平原,为黄泛区腹地,地理位置为 34°20' N, 114°28' E,海拔 60 m,年平均气温 14.4 °C,极端最高温度 42.7 °C,≥10 °C 的积温 3 500~ 4 000 °C,年平均无霜期 215 d,年平均日照 2 361 h,年平均降水量 678.5 mm。土壤属青沙土,地下水位 3.5 m, pH 值 7,肥力中等。

### 1.2 试验材料

试验材料为 12 年生的泡桐杂种试验林,包括白花泡桐、成都泡桐(*P. albiphloea* var. *chengtuensis* Z. H. Zhu)、川泡桐(*P. fargesii* Franch)、兰考泡桐、毛泡桐、鄂川泡桐(*P. albiphloea* Z. H. Zhu)、南方泡桐(*P. australis* Gong Tong)、台湾泡桐(*P. kawakamii* Ito)、山明泡桐(*P. lamprophylla* Z. X. Chang et S. L. Shi)、楸

叶泡桐(*P. catalpifolia* Gong Tong)等泡桐的种、变种以及种间的 50 个组合的正交、反交、三交和回交后代,根据参与的亲本个数,将其分为 32 个单交组合和 18 个复交组合,试验林采用随机区组设计,1989 年定植,6 株小区,4 次重复,株行距 5 m × 10 m。

### 1.3 数据采集

2001 年和 2002 年在泡桐杂交种试验林中每木调查各杂种的花序长、花序宽、花序枝分枝角度、花柄长、花长、花宽、萼裂深浅、总梗长短、花序形状、花色、花冠内斑点疏密度、斑点大小等性状,每株性状调查 5 朵花,并计算花序长宽比和花长宽比、果实形状、果长、果宽、果厚、果长宽比等性状。萼裂深浅按萼裂深度与花萼长度之比进行划分,萼裂超过花萼 1/2 为深裂,不足 1/2 为浅裂。

## 2 结果分析

### 2.1 杂种花的数量性状变异

32 个泡桐单交组合杂种后代在花序长、花序宽、花序长宽比、花序枝分枝角度、花柄长、花长、花宽、花长宽比、果长、果宽、果长宽比、果厚方面均表现存在一系列的过渡类型。其平均值变异幅度分别为 15.3~ 41.55 cm, 6.11~ 36.65 cm, 1.13~ 2.57, 45~ 99.77°, 0.77~ 1.8 cm, 6.58~ 9.9 cm, 5.18~ 7.51 cm, 1.15~ 1.39, 2.79~ 6.68 mm, 1.64~ 2.89 mm, 0.68~ 2.62, 0.76~ 2.54 mm, 其极大值分别是极小值的 2.72, 6.00, 2.27, 2.22, 2.34, 1.50, 1.45, 1.21, 2.39, 1.76, 3.85, 3.34 倍。且在花序枝分枝角度的表现上,单交组合的 9、20 号的子代表现为大于 90° 钝角类型,但其亲本毛泡桐、白花毛泡桐在花序枝分枝角度上均表现为小于 90° 的类型,因此这两个组合子代在花序枝分枝角度的表现上与亲本大不一样,属超亲变异。

在 32 个单交组合的花序表现上,花序长较大的组合有 22、20、13、25、32 号,花序宽最大的组合有 22、13、20、25、32 号,在花序枝分枝角度上表现最大的组合有 20、9、22、13、25 号,因此,在花序的长、宽和分枝角上表现均较大的为 22、13、20 号等组合,称之为大花序组合。同样,在花序长、花序宽和分枝角上均表现较小的组合为 6、26、4 号等,称之为小花序组合。在花长和花宽上表现均较大的组合有 6、4、28、16、26 号,表现均较小的组合有 32、13、25、27、30 号等。在果实的长、宽及厚度上,表现较大的组合为 19、7、6 号等,较小的组合为 22、25 号等。

32 个杂种在花序、花、果等性状上的变异表现与其亲本的表现是一致的, 从以上分析可以看出, 花序最小的组合如 6、26 号等其亲本多为白花泡桐、兰考泡桐等花序较小的类型; 而 22、13、20 号等花序最大的组合其亲本多为台湾泡桐、毛泡桐等花序较大的种。

18 个复交组合的花序长、花序宽、花序长宽比、花序枝分枝角度、花柄长、花长、花宽、花长宽比、果长、果宽、果长宽比、果厚等性状也表现为一系列的过渡类型, 其变异幅度分别为 13.55~ 45.88 cm, 4.75~ 33.88 cm, 1.33~ 2.9, 46.48~ 88.75°, 0.89~ 1.59 cm, 7.19~ 9.86 cm, 4.8~ 7.25 cm, 1.24~ 1.52, 3.65

~ 6.6 mm, 1.88~ 2.68 mm, 1.89~ 2.67, 0.97~ 4.08 mm, 其极大值分别是极小值的 3.39, 7.13, 2.18, 1.91, 1.79, 1.37, 1.51, 1.23, 1.81, 1.43, 1.41, 4.21 倍。复交组合后代在花序长、花序宽、花序枝分枝角度上表现最大的组合有 13、16 等, 表现最小的组合有 1、4、2 号等。在花长和花宽上表现最大的组合为 1 和 17 号, 最小的组合为 16 和 12 号。在果实的长度、宽度及厚度上表现最大的组合为 1 号, 最小的有 18、11 号。单交组合和复交组合的后代在这些性状上的丰富变异为泡桐的进一步定向选择提供了丰富的变异群体。

表 1 单交组合与复交组合后代性状均值

序号	花序长/ cm	花序宽/ cm	花序 长宽比	花序枝分枝 角度/°	花柄长/ cm	花长/ cm	花宽/ cm	花长 宽比	果长/ mm	果宽/ mm	果长 宽比	果厚/ mm
单交	26.44	17.00	1.67	66.60	1.1	8.20	6.38	1.29	4.45	2.20	1.62	1.65
复交	20.21	10.66	2.12	59.33	1.1	8.48	6.18	1.38	4.96	2.27	2.18	1.92

由表 1 可以看出, 单交杂种在花序长、花序宽及花序枝分枝角度上均大于复交杂种, 但在花序长宽比上小于复交后代, 因此表明单交后代在花序上大于复交后代; 在花柄长上表现完全一样, 在花长、花宽、花长宽比上差别不大, 表明这些性状在遗传上比较稳定, 在单交与复交后代变异不大; 在果长、果宽、果厚方面, 单交后代杂种小于复交组合后代, 表明复交后代在果实大小上有增大趋势。

为研究泡桐杂种后代性状表现的差异性, 对 32 个泡桐单交杂种的花序长、花序宽、花序长宽比、花序枝分枝角度、花柄长、花长、花宽、花长宽比、果长、果宽、果长宽比、果厚等进行方差分析, 可以看出, 花序长、花序宽、花序长宽比、花序枝分枝角度、花柄长、花长、花宽、果长、果宽、果长宽比、果厚等 11 个性状在不同的杂交组合间均达到了极显著的水平, 仅有花长宽比在不同的杂交组合间差异不大。因此表明, 不同的杂交组合对杂种后代的性状表现有很大影响, 针对不同性状进行改良选择不同的亲本显得尤为重要。

## 2.2 花的质量性状变异

泡桐杂种在花序形状、花色、花冠内斑点疏密度、斑点大小、萼裂深浅、总梗长短、果实形状等 7 个性状的表现如表 2、表 3 所示。复交后代杂种的性状比单交后代表现出更丰富的变异类型。同一单交组合的后代在花序形状上多数表现为圆锥状这一种类型, 仅有少数组合后代出现圆柱状或窄圆锥状, 而同一

复交组合的后代往往会同时出现圆锥状、圆柱状和窄圆锥状等多种形状; 同样, 在花冠内斑点疏密度和斑点大小的表现上, 复交组合子代较之单交组合子代也表现出更加丰富的分离类型。在果实形状的表现上, 单交组合后代以卵形和卵圆形居多, 而复交后代则在卵形和卵圆形的基础上又出现了较多的长卵形和椭圆形。花序形状、花冠内斑点疏密度、斑点大小、果实形状等性状在单交和复交后代间的不同表现表明, 这些性状可能受多个基因控制, 随着复交过程中基因的重组以及交换机率的增加从而在表型上表现出更大的变异。

在萼裂深浅上, 由于白花泡桐、成都泡桐、鄂川泡桐、山明泡桐、兰考泡桐、白花兰考泡桐和南方泡桐为表现浅裂的亲本, 毛泡桐、白花毛泡桐、台湾泡桐和川泡桐为表现深裂的亲本, 这些亲本在 32 个杂种子代的表现如表 4。由表 4 可以看出, 双亲为浅裂的杂交子代全部表现为浅裂, 单亲为浅裂的子代在表现上以浅裂为主, 仅有极少数表现为深裂, 双亲均为深裂的子代几乎全表现为深裂(仅 15 组合除外), 由此可以推断, 萼裂深浅表现是受少数等位基因控制的, 浅裂对深裂表现为显性, 且表现深裂性状的基因是同质结合的。这一结果还可以在复交组合的结果中得到验证, 如复交组合表 3 中的 8、12、14、15 等组合的母本为单交组合的表现为浅裂的杂种, 它们与表现为深裂的亲本再杂交后, 结果出现了深、浅两种表现型, 因此表明杂质结合的亲

本与隐性同质结合的亲本杂交出现分离。至于结果中出现的少数个别例外,可能是由于某些亲本为天然杂种,本身是一种杂质结合,所以在子代表现上会出现偶然情况。

表 2 泡桐单交杂种的后代表现

序号	组合	花序形状	花色	花冠内斑点疏密度	斑点大小	萼裂深浅	总梗长短	果实形状
1	白×成	圆锥、窄圆锥	紫、淡紫	密	大、中	浅	短	卵
2	白×川	圆锥	紫、淡紫	密、稀	小、中	浅	短	卵
3	白×兰	圆锥、圆柱	紫、淡紫	密(线)	中	浅	长	卵圆
4	白兰×白	窄圆锥	白、近白	密	大、小	浅	短	卵圆、卵
5	白兰×白毛	圆锥	淡紫	稀(线)	小	浅	长	卵圆、卵
6	白兰×兰	圆锥、圆柱	白、淡紫	密	中、大	浅	短	卵
7	白×毛	圆锥	紫、淡紫	密	小、中、大	浅	短	卵圆、卵
8	白毛×白	圆锥	淡紫	密(线)	小	浅	长	卵
9	白毛×毛	圆锥	紫	线、无	小	深	长	卵圆、卵
10	川×白	圆锥	淡紫	密	中、小	浅	短	卵圆、卵
11	川×鄂	圆锥	紫	密	小	浅	短	长卵
12	川×兰	圆锥、圆柱	紫、淡紫	密	小	浅	长	卵圆、卵
13	川×毛	圆锥	紫	稀(线)	小	深	短	卵
14	川×南	圆锥	紫、淡紫	密	小、中	深	短	卵
15	川×台	圆锥	淡紫	密	小	浅	长	卵
16	兰×白	圆锥	紫、淡紫	密	大、中	浅	短	卵圆
17	兰×毛	圆锥、圆柱	紫、淡紫	密、稀	大、中	浅	长	卵圆、卵
18	兰×台	圆锥	紫、淡紫	线(密)	中、小	深	长	卵、卵圆
19	毛×白	圆锥	紫、淡紫	密	中	浅	短	卵
20	毛×白毛	圆锥	紫、淡紫	线	小	深	长	卵圆
21	毛×成	圆锥、窄圆锥	紫、淡紫	无、密、线	中、小	浅	长	卵
22	毛×川	圆锥	紫	无、稀(线)	小	深	长	卵
23	毛×鄂	圆锥	紫、淡紫	线	小	浅	短	卵圆、卵
24	毛×兰	圆锥、圆柱	紫、淡紫	线	小	浅	短	卵圆、卵
25	毛×台	圆锥	紫、淡紫	无、稀线	小	深	短	卵
26	南×白	圆锥、圆柱	紫、淡紫	密	大、中	浅	短	卵
27	南×川	圆锥	紫	密、稀	中、小	浅	短	卵、卵圆
28	南×鄂	圆锥、窄圆锥	淡紫	密	大	浅	短	长卵
29	南×兰	圆锥、窄圆锥	紫	密、稀	中、小	浅	短	卵
30	南×毛	圆锥	紫、淡紫	密、无	中	深	短	卵
31	山×毛	圆锥、圆柱	紫、淡紫	密、无	中	深	长	卵、卵圆
32	台×毛	圆锥、圆柱	紫、淡紫	密、线	小	深	短	卵

表 3 泡桐复交杂种后代的性状表现

序号	组合	花序形状	花色	花冠内斑点疏密度	斑点大小	萼裂深浅	总梗长短	果实形状
1	白×(毛×白)	宽圆锥	白、淡紫	特密	分离	浅	长	长卵、卵
2	(白×兰)×白	宽圆锥	分离	密	分离	浅	短	长卵
3	(白×兰)×毛	圆锥	淡紫、紫	稀	中(线)	深	短	卵、卵圆
4	(兰×白)×白	圆锥	近白、淡紫	稀、密	大	浅	长	卵
5	(兰×白)×(白×兰)	圆锥	近白、淡紫	密、稀	大(线)	浅	长	长卵、卵
6	(兰×白)×兰	圆锥	近白、淡紫	密、稀	分离(线)	浅	短	椭圆、长卵
7	(兰×白)×(兰×白)	三种	分离	密	分离(线)	浅	短	卵圆
8	(兰×白)×毛	三种	深紫、紫	稀	分离(线)	浅、深	长	卵、卵圆
9	(兰×白)×(毛×白)	圆锥	近白、淡紫	密	分离	浅	长	椭圆、卵圆
10	(毛×白)×白	圆锥	近白、淡紫	密、稀	中、分离	浅	短	椭圆、长卵
11	(毛×白)×(白×兰)	宽圆锥、圆锥	紫	特密、密	大、中	深	长	卵、卵圆
12	(毛×白)×毛	圆锥、宽圆锥	分离	特密、密	分离	浅、深	短	椭圆、卵圆
13	(毛×白)×(毛×白)	宽圆锥、圆锥	淡紫、紫	密、稀	中、小	浅	长	长卵、卵
14	(毛×白)×(毛×兰)	宽圆锥、圆锥	分离	密	中、小(线)	浅、深	长	卵
15	(毛×兰)×白	三种	近白、淡紫	密、稀	分离	浅、深	短	卵
16	(毛×兰)×(兰×白)	圆锥、宽圆锥	淡紫、紫	密	小(线)	深	长	卵
17	(毛×兰)×(毛×白)	圆锥	淡紫、近白	稀、密	大、中(线)	浅	长	椭圆
18	(毛×兰)×(毛×兰)	三种	近白、淡紫、紫	密	小(线)	深	短	卵、卵圆

注:花序形状中的“三种”指宽圆锥、圆锥、圆柱。花色中的“分离”指白色、近白、淡紫、紫、深紫。

斑点大小中的“分离”指大、中、小、线条状、点状。

表 4 萼裂深浅在 32 个单交后代的表现统计

亲本表现	后代表现	杂交组合序号									
浅×浅	浅	1	3	4	6	8	16	26	28	29	
浅×深	浅	2	5	7	10	11	12	17	19	27	
深×浅	浅	21	23	24							
浅×深	深	14	18	30	31						
深×深	深	9	13	20	22	25	32				
深×深	浅	15									

在总梗长短的表现上, 亲本白花泡桐、鄂川泡桐、成都泡桐、山明泡桐、兰考泡桐、白花兰考泡桐、毛泡桐和白花毛泡桐均表现为长的类型, 而南方泡桐、台湾泡桐、川泡桐表现为极短类型, 这些亲本经杂交所得 32 个杂交后代的表现如表 5, 由表 5 可知, 总梗长的亲本之间杂交后, 子代出现分离, 有 10 个组合表现为总梗长, 8 个组合表现为总梗短。总梗长与总梗短的组合也多数表现为长梗类型, 少数出现短梗类型, 而短梗类型的亲本杂交均表现为短梗类型, 由此可知总梗长短的表现受少数等位基因控制, 长梗对短梗表现为显性, 表现为短梗的类型为同质结合。

表 5 总梗长短在 32 个单交后代的表现

亲本表现	后代表现	杂交组合序号									
长×长	长	3	5	8	9	15	16	17	20	21	31
长×长	短	1	4	6	7	13	19	23	24		
长×短	长	11	12	18	22	26	28	29			
长×短	短	2	10	25	30	32					
短×短	短	27	14								

在花色表现上, 白花亲本与其它花色为紫色或淡紫色亲本单交的子代, 绝大多数表现为紫色、淡紫色等, 只有极少数组合出现白色和近白色, 而复交后代的同一组合后代常常会出现丰富的类型, 从白色、近白、淡紫、紫色直到深紫色。由此可以推断, 控制花色的基因紫色对白色呈不完全显性。

表 6 泡桐杂种性状前 6 个主成分的特征向量

性状	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4	主成分 5	主成分 6
花序长	0.400 178	- 0.160 863	0.558 321	0.693 059	0.100 014	- 0.029 958
花序宽	0.409 354	- 0.180 966	0.540 669	- 0.697 948	0.012 187	0.102 244
花序长宽比	- 0.015 666	0.006 300	- 0.013 253	0.068 477	0.028 858	0.109 896
花序枝分枝角度	0.759 624	- 0.193 690	- 0.619 675	0.016 709	0.003 695	0.005 663
花柄长	0.007 089	0.001 454	- 0.024 124	0.073 594	0.034 431	0.086 250
花长	- 0.037 103	0.027 544	- 0.054 468	- 0.000 808	0.230 306	0.709 220
花宽	- 0.023 692	0.014 009	- 0.007 949	0.089 096	0.180 886	0.613 881
花长宽比	- 0.000 968	0.001 460	- 0.007 198	- 0.017 065	- 0.001 694	- 0.012 566
果长	- 0.028 114	0.027 990	- 0.043 843	- 0.100 713	0.913 780	- 0.286 032
果宽	- 0.008 905	0.005 817	- 0.020 191	0.023 169	0.243 298	- 0.046 756
果长宽比	0.011 521	- 0.017 013	- 0.016 975	- 0.055 637	- 0.086 512	0.071 238
果厚	0.303 350	0.949 607	0.074 165	- 0.012 198	- 0.019 546	- 0.004 911

## 2.3 性状的相关分析

为研究不同性状间的相关程度, 对 32 个泡桐单交杂种的 12 个性状进行皮尔逊相关分析可知, 不同性状间的相关性是不同的, 呈极显著正相关的性状有: 花序长与花序宽、花序枝分枝角度与果长宽比; 花序宽与花序枝分枝角度、果长宽比; 花序长宽比与花宽、果长、果宽; 花序枝分枝角度与花柄长、果长宽比; 花长与花宽、果长、果宽; 花宽与果长、果宽; 果长与果宽; 呈极显著负相关的性状有: 花序长与花序长宽比、花长、花宽、花长宽比、果长、果宽; 花序宽与花序长宽比、花长、花宽、花长宽比、果长、果宽; 花序长宽比与花序枝分枝角度、果长宽比; 花序枝分枝角度与花长、花宽; 且花长与果长宽比, 花宽与果长宽比, 果长与果长宽比, 果厚与果长宽比均呈现显著的负相关。鉴于这些性状间的相关性, 在定向育种的过程中要综合考虑各性状之间的关系。如要选择培育花序大的品种, 则其花长、花宽必然为表现较小的类型; 若培育花大、果大的品种, 在选择时应从花序上选择较小的类型, 反之则相反。

## 2.4 泡桐杂种性状的主成分分析

从样本的多指标中构造少量新的综合指标, 为提高多目标育种的亲本选配效果, 提高育种水平获得若干重要信息有重要作用。由于本次试验过程中泡桐的形态指标较多, 而且这些指标间往往存在一定的相关性, 为避免各性状在选择时对后代性状的表现上出现重复信息, 将众多的形态指标转化为较少的新指标, 确定众多杂种性状中的主导因子, 对泡桐 32 个单交组合的杂种的花序长、花序宽、花序长宽比、花序枝分枝角度、花柄长、花长、花宽、花长宽比、果长、果宽、果长宽比、果厚等 12 个性状进行了主成分分析, 泡桐杂种性状的特征根、贡献率、累计贡献率以及特征向量如表 6。

由表 6 各成分所占的方差比例可以看出, 第一个特征值解释的方差为 52.75%, 第二特征值解释是方差累计为 42.46%, 后面 13 个成分对方差的累计贡献率小于 5%, 因此, 前两个特征值解释是方差累计为 95.2%, 可以取第一、第二成分作为泡桐杂种性状的主成分。

由表 6 可以看出, 花序枝分枝角度、花序长、花序宽对第一主成分具有较强的正负荷, 因此可以称为花序因子。第二主成分中果实厚度占有较大的正负荷, 可以称为果实因子。由此可见, 在所有研究的形态性状中, 花序和果实的特征在整体表现上占据主导作用, 可以作为泡桐杂种形态性状的主导因素。

### 3 结论与讨论

(1) 杂种 F1 在花序、花、果等性状上的变异表现与其亲本的表现一致, 花序长、分枝角等性状在不同杂交组合间的差异达到极显著水平, 个别杂种在花序枝分枝角上的表现与亲本相差较大, 表明在泡桐杂交育种时, 除注意选择一般配合力较高的组合外, 还应注意特殊配合力高的组合。

(2) 在单花花长、花宽等性状上, 单交杂种与复交杂种后代差别不大, 但在花序长、宽及花序枝分枝角等性状上, 单交杂种要大于复交杂种, 而在果长、果宽、果厚等方面, 单交杂种要小于复交杂种。表明杂种 F1 作为亲本进一步杂交后性状分化开始加大。在多世代育种中可以被有目的地利用。

(3) 泡桐花的形态特征在单交组合后代上表现比较单一, 而复交后代在多数性状如花序枝的长和宽及形状、花色、花冠内斑点的大小及疏密度上表现出十分丰富的变异类型, 对萼裂深浅和总梗长短的

研究, 发现萼裂的浅对深、总梗的长对短为显性, 花色上紫色对白色为不完全显性作用, 花序枝分枝角度出现超亲遗传现象。花序形状、花冠内斑点的疏密度及斑点大小、果实形状等性状受多基因控制, 随着杂交过程中基因的重组、交换而在后代表现变异较大。

(4) 相关分析表明多数形态性状间存在极显著或显著的正相关或负相关, 在定向选择时应综合考虑相关性状的表达。例如定向培育大花的品种或类型, 则必须选择花序小的类型, 反之则相反。若定向培育花色优美的深紫色园林绿化或行道树种, 则在复交后代中进行选择效果较好。

(5) 主成分分析表明不同杂种在花果诸多形态性状中, 花序和果实在分析中起主要作用。不同杂种之间在花序枝分枝角度、果实厚度等方面差别极大, 从泡桐杂种性状的表现可看出很多来自于亲本遗传, 这为泡桐种的认定具有很好的指导意义。

### 参考文献:

- [1] 蒋建平. 泡桐栽培学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1990: 174~ 198
- [2] 竺肇华, 徐光远, 蒋建平. 泡桐 7 个优良无性系的选育与推广(总报告)[J]. 泡桐与农用林业, 1989(2): 1~ 17
- [3] 茹广欣, 袁金玲, 冯胜, 等. 泡桐不同无性系生长性状及抗病性分析[J]. 河南农业大学学报, 2001, 35(1): 53~ 56
- [4] Kurihara T, Kikuchi M. Studies on the constituents of flowers. VIII. On the components of the flower of *Paulownia tomentosa* Steudel[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1978, 98(4): 541~ 544
- [5] Barent S C H, Harder L D, Worley A C. The comparative biology of pollination and mating in flowering plants[J]. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B——Biological Sciences, 1996, 351: 1271~ 1280