

毛泡桐与白花泡桐正反交 F_1 无性系自然接干性状遗传变异的比较研究

叶金山, 孟 伟, 谢 青, 胡伟华, 杨文萍

(国家林业局 泡桐研究开发中心, 河南 郑州, 450003)

摘 要:本文从树木遗传学的角度进行了毛泡桐×白花泡桐和白花泡桐×毛泡桐正反交 F_1 无性系自然接干性状遗传变异的比较研究。结果表明:(1)毛泡桐×白花泡桐和白花泡桐×毛泡桐正反交 F_1 无性系自然接干性状的遗传变异在变异系数、变异模式、自然接干类型、自然接干优劣性、变异差异性、主成分结构、主成分贡献率、生长杂种优势、速生性、广义遗传力和遗传增益上都完全相同或基本相似而无本质差别。(2)接干高性状在影响和决定毛泡桐×白花泡桐和白花泡桐×毛泡桐正反交 F_1 无性系自然接干性状的总体表现和最终状况上起着重要作用,而通直度性状是泡桐自然接干性状遗传改良的关键性状。(3)毛泡桐×白花泡桐和白花泡桐×毛泡桐正反交具有同等重要的杂交育种意义。(4)在泡桐的杂交育种、无性系育种、自然接干性状的遗传改良和多世代遗传改良中必须同等对待毛泡桐×白花泡桐和白花泡桐×毛泡桐而纠正过去长期只重视毛泡桐×白花泡桐而忽视白花泡桐×毛泡桐的杂交育种倾向。

关键词:毛泡桐×白花泡桐;白花泡桐×毛泡桐;自然接干性状;遗传变异;比较研究

中图分类号:S792.430.4 文献标识码:A 文章编号:1001-7461(2009)01-0066-05

Comparative Study of Natural Stem-join Character Genetic Variation of *P. tomentosa* (Thunb.) Steud. × *P. fortunei* (Seem.) Hemsl. and *P. fortunei* (Seem.) Hemsl. × *P. tomentosa* (Thunb.) Steud. Reciprocal Cross F_1 Clones

YE Jin-shan, MENG Wei, XIE Qing, HU Wei-hua, YANG Wen-ping

(*Paulownia Research and Development Center of State Forestry Administration, Zhengzhou, Henan 450003, China*)

Abstract: A comparative study was carried out from tree genetics on natural stem-join character genetic variation of *P. tomentosa* (Thunb.) Steud. × *P. fortunei* (Seem.) Hemsl. and *P. fortunei* (Seem.) Hemsl. × *P. tomentosa* (Thunb.) Steud. reciprocal cross F_1 clones. The results were as follows: (1) The genetic variation of natural stem-join characters of *P. tomentosa* (Thunb.) Steud. × *P. fortunei* (Seem.) Hemsl. and *P. fortunei* (Seem.) Hemsl. × *P. tomentosa* (Thunb.) Steud. reciprocal cross F_1 clones was completely identical or broadly similar and had no essential distinction in coefficient of variation, variation model, natural stem-join type, superiority and inferiority of natural stem-join effects, variation difference characteristics, the structure of principal component, the contribution ratio of principal component, growth heterosis fast-growing properties, heritability in the broad sense (h_b^2) and genetic gain (ΔG). (2) Height of stem-join played an important role in affecting and determining total display and ultimate condition of natural stem-join characters. Straightness of stem was a key character in genetic improvement of *Paulownia* natural stem-join characters. (3) *P. tomentosa* (Thunb.) Steud. × *P. fortunei* (Seem.) Hemsl. and *P. fortunei* (Seem.) Hemsl. × *P. tomentosa* (Thunb.) Steud. reciprocal cross had identically significant

收稿日期:2008-04-11 修回日期:2008-04-30
基金项目: 河南省自然科学基金项目(0611032600)
作者简介:叶金山,男,博士,副研究员,主要从事泡桐遗传育种研究。

cross breeding meaning in *Paulownia* cross breeding. (4) *P. tomentosa* (Thunb.) Steud. \times *P. fortunei* (Seem.) Hemsl. and *P. fortunei* (Seem.) Hemsl. \times *P. tomentosa* (Thunb.) Steud. reciprocal cross must be treated with equal importance in *Paulownia* cross breeding, *Paulownia* clone breeding, genetic improvement of *Paulownia* natural stem-join character and multiple generation genetic improvement of paulownia. Furthermore, the paper reminded Paulownia hybridologist to correct the cross breeding tendencies of neglecting *P. fortunei* (Seem.) Hemsl. \times *P. tomentosa* (Thunb.) Steud. for a long time.

Key words: *P. tomentosa* (Thunb.) Steud. \times *P. fortunei* (Seem.) Hemsl. ; *P. fortunei* (Seem.) Hemsl. \times *P. tomentosa* (Thunb.) Steud. ; natural stem-join character; genetic variation; comparative study

我国的泡桐遗传育种研究始终是围绕着毛泡桐 \times 白花泡桐(*P. tomentosa* (Thunb.) Steud. \times *P. fortunei* (Seem.) Hemsl. ,简称毛 \times 白)的杂交育种进行的,并按此种间杂交组合选育出了 20 多个优良毛 \times 白 F₁ 无性系,而对毛 \times 白 F₁ 无性系的遗传学基础研究做得很少^[1~5]。同时在泡桐造林研究上对人工接干和干形培育的研究非常深入而对自然接干的研究却很薄弱^[6~12]。泡桐研究者迄今为止尚不清楚毛 \times 白和白 \times 毛正反交 F₁ 无性系自然接干性状遗传变异的表现形式、基本规律和相互关系。蓬勃发展的泡桐的杂交育种、无性系育种、自然接干性状的遗传改良和多世代遗传改良都迫切需要改变这种长期缺乏毛 \times 白杂种无性系基本遗传学信息的局面,而探讨毛 \times 白和白 \times 毛正反交 F₁ 无性系自然接干性状遗传变异的表现形式、基本规律和相互关系无疑可以极大地促进泡桐遗传育种事业的深入发展。本文从树木遗传学的角度初步研究了毛 \times 白和白 \times 毛正反交 F₁ 无性系自然接干性状遗传变异的表现形式和基本规律上的异同,以期对认识毛 \times 白和白 \times 毛的自然接干性和杂交育种重要性提供有用资料。

1 材料与方法

1.1 试验材料

规定毛 \times 白为正交。6 个正交 F₁ 无性系和 5 个反交 F₁ 无性系 12 a 生试验林随机区组设计,6 株小区 4 次重复,株行距 5 m \times 10 m。试验林位于豫东平原黄泛区腹地,约为 34°20'E,114°28'E,海拔 60 m,年均降水量 678.5 mm,年平均气温 14.4℃。林地土壤为黄河冲积土中的沙壤土,pH=7.0,地下水位 3.5 m,肥力中等。

1.2 研究方法

(1)性状测定:每木测量和计算无性系试验林的 22 个自然接干性状,即树高、主干高、接干高、全干高、胸径、主干基径、主干 1/2 径、主干端径、接干 1/2 径、主干材积、接干材积、全干材积、主干材积/全干材积、接干材积/全干材积、主干形数、接干形数、主干形率、接干形率、主干平均削度、通直度(L)、冠

幅、丛枝病等级。采用 4 级通直度分类标准。(2)统计分析:按中央直径法计算主干材积和接干材积,并令主干材积+接干材积=全干材积;以东西、南北冠幅的平均值代表冠幅性状值;以胸径为比较直径计算主干形率和接干形率;以胸高断面积和全干高为标准计算主干形数和接干形数;用长度除两头直径之差法计算平均削度;按随机区组固定模型进行以单株性状值为单位的一元和多元方差分析;多重比较用 Duncan 法;同时还进行了主成分分析。

各性状的数据统计按完全随机区组模型进行分析,其线性统计模型为:

$$Y_{ij} = u + A_i + B_j + E_{ij}$$

其中:Y_{ij}—j 区组 i 无性系的性状测定值;u—总体平均值;A_i—i 无性系效应;B_j—j 区组(重复)效应;E_{ij}—机误。

所有统计分析均采用 SAS 软件。本文因受制于篇幅而省略了一些统计分析表格。

2 结果与分析

2.1 毛 \times 白和白 \times 毛 F₁ 无性系自然接干性状遗传变异的比较

表 1 表明毛 \times 白和白 \times 毛正反交 F₁ 无性系的自然接干性状具有广泛和巨大的遗传变异性,而按变异系数 CV 的大小可将毛 \times 白和白 \times 毛正反交 F₁ 无性系的性状变异性划分为高度变异型(CV \geq 30)、中度变异型(15 \leq CV<30)和低度变异型(CV<15)3 种变异类型。从表 1 可知:(1)毛 \times 白和白 \times 毛正反交 F₁ 无性系有 7 个自然接干性状,即接干高、全干高、接干材积、全干材积、接干材积/全干材积、通直度、丛枝病等级属于高度变异型。其正交和反交的 CV 变幅分别为 30.64~125.02 和 38.28~82.35。(2)毛 \times 白和白 \times 毛正反交 F₁ 无性系有 6 个自然接干性状,即主干高、接干 1/2 径、主干材积、主干材积/全干材积、接干形数、主干平均削度属于中度变异型,其正交和反交的 CV 变幅分别为 15.16~27.19 和 19.42~29.57。(3)毛 \times 白和白 \times 毛正反交 F₁ 无性系有 9 个自然接干性状,即树高、胸径、主干基径、主干 1/2 径、主干端径、主干形数、主干形

率、接干形率、冠幅属于低度变异型,其正交和反交的 CV 变幅分别为 1.95~12.34 和 1.99~14.16。

表 1 毛×白和白×毛 F₁ 无性系自然接干性状变异系数的比较

Table 1 Comparison of coefficient of variation of natural stem-join characters in *P. tomentosa*×*P. fortunei* and *P. fortunei*×*P. tomentosa* F₁ clones

变异类型	毛 × 白	白 × 毛
高度变异型 (CV≥30)	接干高(39.46)	接干高(38.28)
	全干高(30.64)	全干高(40.56)
	接干材积(79.87)	接干材积(82.35)
	全干材积(31.21)	全干材积(40.63)
	接干材积/全干材积(86.45)	接干材积/全干材积(77.87)
	通直度(43.16)	通直度(46.75)
中度变异型 (15≤CV<30)	丛枝病等级(125.02)	丛枝病等级(70.31)
	主干高(16.78)	主干高(19.85)
	接干 1/2 径(15.16)	接干 1/2 径(19.42)
	主干材积(27.19)	主干材积(28.96)
	主干材积/全干材积(22.94)	主干材积/全干材积(29.57)
	接干形数(23.18)	接干形数(26.80)
	主干平均削度(24.31)	主干平均削度(25.89)
	树高(8.11)	树高(9.65)
低度变异型 (CV<15)	胸径(9.64)	胸径(11.54)
	主干基径(9.84)	主干基径(11.82)
	主干 1/2 径(9.67)	主干 1/2 径(11.61)
	主干端径(10.28)	主干端径(12.19)
	主干形数(3.84)	主干形数(3.96)
	主干形率(1.95)	主干形率(1.99)
	接干形率(12.34)	接干形率(14.16)
	冠幅(10.09)	冠幅(12.76)

从表 1 中的各种变异类型都包含完全相同的自然接干性状的事实上可以看出毛×白和白×毛正反交 F₁ 无性系的自然接干性状表现无明显的正反交效应。我们目前的初步研究尚不知道这种根据有限事实发现的无显著正反交效应的现象和规律是否普遍存在于更大的毛×白和白×毛正反交 F₁ 无性系群体中,也不明白支配这种现象的遗传学机理,而全面阐明这些复杂问题有待于做更深入的研究。

分析表 1 中毛×白和白×毛 F₁ 无性系高度变异型自然接干性状的种类组成和相互关系可以发现接干高性状在影响和决定毛×白和白×毛正反交 F₁ 无性系自然接干性状的总体表现和最终状况上起着重要作用。其原因有三:(1)接干高性状的变异直接引起了全干高、接干材积、全干材积、接干材积/全干材积、接干形数和接干形率的变异。(2)接干高性状通过着生其上枝叶的光合作用直接影响了其它自然接干性状的表现和变异。(3)所有自然接干性状的存在和发展都离不开接干高性状的生长发育。

一般而言,以顶芽自然接干的树木通常都能形成通直的树干即通直度 $L=1$,而以侧芽自然接干的树木必然存在着“接成通直树干($L=1$)”和“接成不通直树干($L\neq 1$)”的情况。毫无疑问,以假二叉分枝侧芽进行自然接干的泡桐树木也必然存在着 $L=1$ 和 $L\neq 1$ 的情形,而消除了 $L\neq 1$ 也就实现了泡桐自然接干性状遗传改良的最终目标($L=1$)。由此可见在泡桐的杂交育种、无性系育种、自然接干性状

的遗传改良和多世代遗传改良中必须深入研究通直度性状的遗传变异性,而毛×白和白×毛当然也不例外。

2.2 毛×白和白×毛 F₁ 无性系自然接干类型的比较

按是否逐年都接干的特性可将泡桐的自然接干类型划分为连续接干型和间断接干型。由于间断接干型(又称徒长枝接干型)在主干与接干之间、各级接干相互之间的连接上存在着“粗细不均匀连接”和“错位连接”,从而增大了树干削度并在干形和桐材利用上产生了“二节材”、“分段造材”和“分段利用”的缺陷,而连续接干型只有“接成不通直树干($L\neq 1$)”的缺陷而没有间断接干型的“粗细不均匀连接”的缺陷,因此在桐材作为板材、家具材和胶合板材用途时,连续接干型的自然接干效果必然优越于间断接干型。由于毛×白和白×毛正反交 F₁ 无性系的自然接干类型都为连续接干型,因此二者都实现了自然接干类型遗传改良上的一步到位。

2.3 毛×白和白×毛 F₁ 无性系的自然接干优劣性比较

表 2 和表 3 挑选了 6 个最能反映自然接干一般状况的自然接干性状(胸径、树高、接干高、接干材积、接干材积/全干材积、通直度)的平均值而描述和比较了毛×白和白×毛正反交 F₁ 无性系的自然接干优劣性。从表 2 和表 3 所列的数据上可以看出毛×白和白×毛正反交 F₁ 无性系在相应的自然接干性状的平均值上都非常接近,从而证明了毛×白和

白×毛正反交 F₁ 无性系在自然接干优劣性上无高低之分。由此可见在泡桐的杂交育种、无性系育种、自然接干性状的遗传改良和多世代遗传改良中必须同等重视毛×白和白×毛。

表 2 毛×白和白×毛 F₁ 无性系 6 个自然接干性状的平均值

Table 2 Mean of 6 characters of *P. tomentosa*×*P. fortunei* and *P. fortunei*×*P. tomentosa* F₁ clones

杂 种	自然接干类型	性状平均值					
		胸径	树高	接干高	接干材积	接干材积/全干材积比	通直度
毛×白	连续接干型	33.2	16.2	4.5	0.23	0.41	1.75
白×毛	连续接干型	33.1	16.3	4.5	0.24	0.42	1.74

表 3 毛×白和白×毛 F₁ 无性系通直度性状的分级比例

Table 3 Classification percentage of straightness of *P. tomentosa*×*P. fortunei* and *P. fortunei*×*P. tomentosa* F₁ clones

杂 种	自然接干类型	性状平均值/%			
		1 级	2 级	3 级	4 级
毛×白	连续接干型	12.1	41.8	40.3	5.8
白×毛	连续接干型	11.9	40.5	42.2	5.4

2.4 毛×白和白×毛 F₁ 无性系自然接干性状的变异差异性比较

表 4 的一元方差分析证明毛×白 F₁ 无性系除了通直度和丛枝病等级具有显著性差异外,其余 20 个自然接干性状都有极显著性差异,而白×毛 F₁ 无

性系除了通直度性状无显著性差异外,其余 21 个自然接干性状都有极显著差异。

多元方差分析证明自然接干性状在毛×白和白×毛正反交 F₁ 无性系间存在极显著性差异,而两组无性系无显著性差异。

表 4 毛×白和白×毛 F₁ 无性系自然接干性状的一元方差分析

Table 4 Monofactorial analysis of variation of characters in *P. tomentosa*×*P. fortunei* and *P. fortunei*×*P. tomentosa* F₁ clones

无性系	F 值差异性水平		
	极显著差异($P<0.0001$)	显著差异($0.01<P<0.05$)	无显著性差异($P>0.05$)
毛×白	树高(13.72),主干高(12.26), 接干高(9.54),全干高(10.80), 胸径(16.74),主干基径(14.11), 主干 1/2 径(14.99), 主干端径(18.18), 接干 1/2 径(7.31), 主干材积(14.19), 接干材积(18.16), 全干材积(11.85), 主干材积/全干材积(11.36), 接干材积/全干材积(11.84), 主干形数(12.68),接干形数(5.38), 主干形率(14.25),接干形率(5.31), 主干平均削度(3.36),冠幅(15.34),	通直度(2.71) 丛枝病等级(2.38)	
白×毛	树高(6.09),主干高(6.01), 接干高(8.86),全干高(4.91), 胸径(5.75),主干基径(6.17), 主干 1/2 径(5.81), 主干端径(6.34), 接干 1/2 径(9.43), 主干材积(10.42), 接干材积(3.75), 全干材积(16.01), 主干材积/全干材积(1.81), 接干材积/全干材积(9.10), 主干形数(3.69),接干形数(7.43), 主干形率(3.68),接干形率(8.13), 主干平均削度(3.06),冠幅(4.35), 丛枝病等级(9.27)		通直度(1.78)

Duncan 分析证明自然接干性状在毛×白和白×毛正反交 F₁ 无性系间无显著性差异。由于毛×白 F₁ 无性系的生长杂种优势和速生性都很明显, Duncan 分析也同时证明了白×毛 F₁ 无性系在生长杂种优势和速生性上与毛×白 F₁ 无性系没有显著性差异, 从而表明毛×白和白×毛正反交在泡桐的杂交育种、无性系育种、自然接干性状的遗传改良和多世代遗传改良中具有同等重要的杂交育种意义。

表 5 的主成分分析表明毛×白和白×毛正反交

表 5 毛×白和白×毛 F₁ 无性系自然接干性状的主成分分析

Table 5 Principal component analysis of characters in *P. tomentosa*×*P. fortunei* and *P. fortunei*×*P. tomentosa* F₁ clones

无性系	第一主成分		第二主成分		第三主成分		累计贡献率 /%
	性状	贡献率/%	性状	贡献率/%	性状	贡献率/%	
毛×白	接干材积因子, 接干材积/全干材积, 接干材积, 接干 1/2 径, 接干高	54.13	主干材积因子 主干材积	18.35	主干圆满度因子 主干平均削度	7.38	79.86
白×毛	接干材积因子, 接干材积/全干材积, 接干材积, 接干 1/2 径, 接干高	53.69	主干材积因子 主干材积	18.02	主干圆满度因子 主干平均削度	8.01	79.72

表 6 估算了毛×白和白×毛正反交 F₁ 无性系的接干材积、主干材积和主干平均削度的广义遗传力和遗传增益; 揭示了毛×白和白×毛正反交 F₁ 无性系在这些自然接干性状上的广义遗传力和遗传增益都很相近, 从而表明白×毛具有与毛×白同等重

F₁ 无性系的前 3 个主成分种类相同而贡献率相近, 即第一主成分都是接干材积因子(接干材积/全干材积、接干材积、接干 1/2 径、接干高), 其贡献率分别为 54.13%和 53.69%; 第二主成分都是主干材积因子(主干材积), 贡献率分别为 18.35%和 18.02%; 第三主成分都是主干圆满度因子(主干平均削度), 其贡献率分别为 7.38%和 8.01%; 毛×白和白×毛 F₁ 无性系前 3 个主成分的累积贡献率分别为 79.86 %和 79.72 %。

要的杂交育种意义, 而选育白×毛 F₁ 无性系既可为泡桐的杂交育种、无性系育种、自然接干性状的遗传改良和多世代遗传改良增加新的种间杂交组合又可拓宽新的遗传改良方向。

表 6 毛×白和白×毛 F₁ 无性系重要自然接干性状的广义遗传力和遗传增益

Table 6 Heritability in the broad sense(h^2_B) and genetic gain(ΔG) of important characters of *P. tomentosa*×*P. fortunei* and *P. fortunei*×*P. tomentosa* F₁ clones

无性系	接干材积		主干材积		主干平均削度		/%
	广义遗传力 h^2_B	遗传增益 ΔG	广义遗传力 h^2_B	遗传增益 ΔG	广义遗传力 h^2_B	遗传增益 ΔG	
毛×白	76.02	106.45	74.05	19.14	68.21	13.24	
白×毛	75.89	108.03	73.89	18.96	68.34	13.19	

3 结论

毛×白和白×毛正反交 F₁ 无性系有 7 个自然接干性状(接干高、全干高、接干材积、全干材积、接干材积/全干材积、通直度、丛枝病等级)属于高度变异型($CV\geq 30$), 有 6 个自然接干性状(主干高、接干 1/2 径、主干材积、主干材积/全干材积、接干形数、主干平均削度)属于中度变异型($15\leq CV<30$), 有 9 个自然接干性状(树高、胸径、主干基径、主干 1/2 径、主干端径、主干形数、主干形率、接干形率、冠幅)属于低度变异型($CV<15$)

毛×白和白×毛正反交 F₁ 无性系的自然接干性状表现无明显的正反交效应。接干高性状在影响

和决定毛×白和白×毛正反交 F₁ 无性系自然接干性状的总体表现上起着重要作用, 而通直度性状是泡桐自然接干性状遗传改良的关键性状。

毛×白和白×毛正反交 F₁ 无性系在自然接干类型上相同并在自然接干优劣性上相近。

一元方差分析证明毛×白 F₁ 无性系除了通直度和丛枝病等级具有显著性差异外, 其余 20 个自然接干性状都有极显著性差异, 而白×毛 F₁ 无性系除了通直度性状无显著性差异外, 其余 21 个自然接干性状都有极显著差异。多元方差分析证明自然接干性状在毛×白和白×毛正反交 F₁ 无性系间存在极显著性差异, 而两组无性系无显著性差异。

叶片大,蒸腾量大,扦插后芽先萌发成叶,进而生根,未覆盖塑料膜时,许多插条在萌叶以后或嫩枝长至 6~8 cm 时萎蔫,插条慢慢干枯,维持一定时期内叶不萎蔫对成活至关重要。

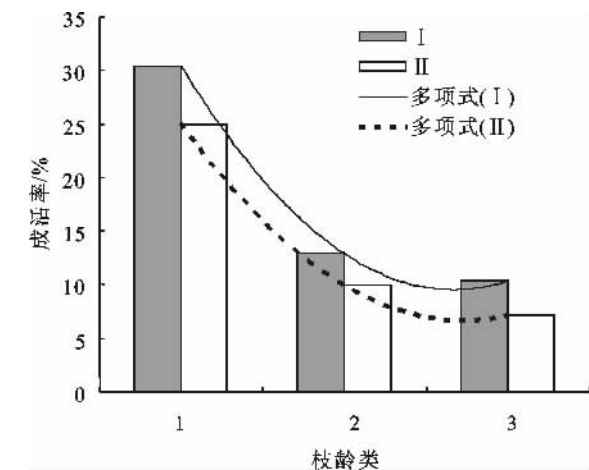


图 1 I、II 试验成活率比较
Fig.1 The survival rate comparison

3 结论及讨论

庙台槭具有优良的园林观赏特性。树形上表现为大树挺拔威武,小树端庄浑厚,加之萌芽力、成枝力强的特点使用其在园林应用中具有广阔的前景,独植或丛植于场、院,还可植于道旁、水旁,可以是树体高大的主干形树,也可整形为突出枝条的丛状;枝栓、肩状叶、平展的翅果皆为独特的形状,加之目前还无园林应用,能充分体现园林观赏中的奇、特效果,观赏价值高。

庙台槭在年均温 10.7℃、平均年降雨量 530mm、

空气湿度 70%、全光照、黄土条件下完全能够正常生长,可在相似环境条件区域栽培。人工栽植试验与自然分布区环境相比较,主要在土壤种类、气温、空气湿度、降雨量、光照等因子上存在差异,从分析可知,庙台槭对非森林环境条件的适应性较好,尤其是在年均温比原产地升高 2.5℃、年降雨量减少 150 mm 左右,空气湿度降低,土壤种类完全改变的情况下能够健康生长,通过全光照栽培试验及在原生境中的生长可看出,庙台槭具有较强的光照要求。在栽培地环境条件与试验地条件差异较大时,需进行特定地域的栽植试验。

庙台槭可以插枝繁殖。庙台槭分布稀少,结果树极少,通过几年的调查表明,在小陇山林区,饱满果实只占 3%,且萌发困难,采用实生繁殖达不到扩繁的目的。枝插生根较困难,但采用 1 年生枝做插穗、耕种土腐殖质土混合土(1:1)、塑料膜加遮荫网保护等措施后,可使成活率达到 30%,因庙台槭成枝力强,枝条量较大,可以达到扩繁的目的。

庙台槭属珍稀濒危树种,资源量极少,目前还未被合理利用,试验研究证明,庙台槭良好的观赏特征、较好的环境适应性及可人工扩繁使其具备了园林利用的可行性,很有必要进行开发利用。

参考文献:

[1] 李昂,葛颂.植物保护遗传学研究进展[J].生物多样性,2002,10(1):61-71.
[2] 赵淑清,方精云,雷光春.全球 200:确定大尺度生物多样性优先保护的一种方法[J].生物多样性,2000,8(4):435-440.
[3] 杨兆芬.保护生物学在中国的发展[J].武夷科学,2003,19:205-206.
[5] 中国林业科学院泡桐组,河南省商丘地区林业局.泡桐研究[M].北京:中国林业出版社,1982.
[6] 侯元凯,瞿明普.泡桐干形培育研究进展[J].林业科学,1999,35(3):76-83.
[7] 侯元凯,瞿明普,姜季松,等.兰考泡桐不定芽自然接干规律研究[J].北京林业大学学报,1999,21(3):14-19.
[8] 蒋建平,范国强,李培玉,等.泡桐主干与树冠生长相关关系的研究[J].河南农业大学学报,2000,34(2):127-129.
[9] 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.
[10] 崔永兰,吕国政,石俊阁.泡桐接干类型划分及干形相关性状的分析[J].河南农业大学学报,2001,35(1):70-73.
[11] 刘震,毕会涛,蒋建平,等.泡桐侧芽萌发成枝接干规律[J].林业科学,2005,41(4):42-47.
[12] 刘震,耿晓东,秦素玲,等.泡桐下侧芽萌发成枝与上侧芽萌发接干间关系[J].北京林业大学学报,2005,27(5):65-69.

(上接第 70 页)

Duncan 分析既证明了自然接干性状在毛×白和白×毛正反交 F₁ 无性系间无显著性差异,也同时证明了毛×白和白×毛正反交 F₁ 无性系在生长杂种优势和速生性上没有显著性差异。主成分分析揭示毛×白和白×毛正反交 F₁ 无性系的前三个主成分种类相同和贡献率相近。

毛×白和白×毛正反交 F₁ 无性系的接干材积、主干材积和主干平均削度的广义遗传力和遗传增益差异很小。

参考文献:

[1] 蒋建平.泡桐栽培学[M].北京:中国林业出版社,1990.
[2] 熊耀国.泡桐遗传改良[M].北京:中国科学技术出版社,1995.
[3] 倪善庆.泡桐[M].南京:江苏科学技术出版社,1986.
[4] 河南省《泡桐》编写组.泡桐[M].北京:科学出版社,1978.