

白花泡桐树冠结构、生长性状的选择 对干形改良的影响*

赵丹宁 熊耀国 宋露露 王华 曾旭 徐作华

摘要 为了改良白花泡桐的干形,对树冠结构、生长性状与干形的遗传相关进行了剖析和通径分析,计算出主要树冠性状、生长性状对干形的63个选择指数方程。结果表明,胸径、小枝数、分枝总长、冠表面积和树高对形数、圆满度的决定系数在0.405~0.940和0.426~1.064之间。由以上5性状和形数或圆满度组成的综合选择指数方程效果最好。对形数选择的遗传进度、相对效率分别为0.155和159.0157%。对圆满度选择的遗传进度、相对效率分别为0.174和128.3679%。

关键词 白花泡桐、树冠结构、生长性状、干形改良

白花泡桐(*Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl.)是主要的造林树种之一。它具有速生、材质优良等特点。但也存在着树干尖削度大,不够圆满等缺点。这些缺点影响了木材的质量。因此,白花泡桐干形改良已成为生产、科研的重要课题。

干形改良有多种手段^[1],常见的是以结果性状所具有的遗传潜力和遗传传递力为基础,对干形进行直接选择;其次是以原因性状的遗传特性以及它们与结果性状之间的遗传相关为依据,对干形进行间接选择。大量的育种实践证明,由于基因型与环境的相互作用,以及非固定遗传变异等因素的影响,仅凭经验直接对表型进行选择,难以达到高效、准确的要求。因此,本文采用数量遗传学的理论和方法,研究原因性状与结果性状之间的遗传相关性,为白花泡桐干形改良提供信息和依据。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

测定林分别建在四川省的资中县、沐川县和安徽省的铜陵市。各试点的自然概况见表1。测定林统一采用完全随机区组设计,4株小区,3次重复,株行距6m×8m。

表1 各试验点的自然概况

试验地点	(°')N	(°')E	地形	海拔 (m)	土壤 名称	pH	年平均 温度 (°C)	年降 水量 (mm)	相对 湿度 (%)	霜 期 (月—日)		全年总 日照(h)
										初霜	终霜	
安徽省铜陵市	30 45	117 42	丘陵	50	黄壤	6.0	16.2	1 379	78	11—15	03—10	1 210.0
四川省资中县	29 42	104 42	丘陵	550	黄壤	5.0~6.5	15.1	1 205	81	12月上旬	1月中旬	1 258.0
四川省沐川县	28 45	103 55	山区	1 150	黄棕壤	5.0~6.5	12.8	1 780	85	11—15	03—09	539.0

1994—04—15收稿。

赵丹宁助理研究员,熊耀国,宋露露(中国林业科学研究院林业科学研究所 北京 100091);王华(四川省沐川县森林经营所);曾旭(四川省资中县国营林场);徐作华(安徽省铜陵市国营林场)。

* 本文是国家“八五”攻关“泡桐胶合板材优良无性系选育”的内容之一。在软件编制过程中,得到胡新生的帮助,特表谢意。

1.2 材料

参试材料是从白花泡桐中选出的 21 个无性系。另以川泡桐(*P. fargesii* Franch.)、台湾泡桐(*P. kawakamii* Ito)、楸叶泡桐(*P. cataipifolia* Gong Tong)、和兰考泡桐(*P. elongata* S. Y. Hu)的无性系或混系各选一个作为对照,树龄均为 6~8 a。

1.3 调查内容和方法

结果性状有形数、通直度和圆满度。

原因性状有树冠性状(A. 树冠密度,由侧枝数、分枝数、小枝数和叶面积组成。B. 分枝强度,由分枝总长、平均侧枝粗构成。C. 树冠大小,由分枝角度、冠表面积和冠幅组成);生长性状(A. 树高,B. 胸径)。

春季萌芽前,对无性系小区进行全面调查,然后计算小区平均数。8 月上旬按王汉杰^[2]方法测定叶面积。树冠表面积以半椭圆柱体计算^[3]。圆满度以树高 5.6 m 处的直径与胸径之比求得^[4]。通直度是根据树干最弯处的切线与水平线的偏离程度进行评价,通直度与分数值呈正比例^[4]。

1.4 统计模型

通径分析采用 Dewey-Li 模拟方程组^[5]。选择指数采用综合指数法^[6]。所有计算均在 AST-386 微机上完成。

2 结果与分析

2.1 树冠结构与干形的遗传相关

2.1.1 树冠密度与干形的遗传相关 在方差和协方差分析中,干形指标之一的通直度没有达到显著水平,因此在下面分析中被剔除。

组成白花泡桐树冠密度的侧枝数、分枝数、小枝数和叶面积性状,与形数、圆满度的遗传相关、表型相关的方向、趋势是相同的,而且遗传相关的绝对值均大于表型相关的绝对值。其中侧枝数、分枝数与形数是不显著的负相关,与圆满度则分别是不显著和极显著的正相关。小枝数与形数是显著正相关,与圆满度是不显著的负相关。叶面积与形数、圆满度都是极显著的正相关(表 2)。

表 2 树冠结构、生长性状与干形的遗传相关(r_g)、表型相关(r_p)和环境相关(r_e)

性 状	形 数			圆 满 度		
	r_g	r_e	r_p	r_g	r_e	r_p
侧 枝 数	-0.233	-0.084	-0.155	0.186	0.115	0.105
分 枝 数	-0.295	-0.136	-0.215	0.685**	0.445	0.563
小 枝 数	0.328*	0.311	0.135	-0.187	0.149	-0.164
叶 面 积	0.494**	0.086	0.247	0.786**	0.323	0.576
分 枝 长	0.716**	0.646	0.242	0.381*	0.280	0.290
侧 枝 粗	0.489**	0.207	0.094	-0.784**	0.238	-0.030
分 枝 角	-0.034	0.293	-0.017	0.139	0.122	0.118
冠表面积	0.369*	0.004	0.206	0.164	0.034	0.033
冠 幅	-0.253	-0.159	-0.234	0.207	0.195	0.124
树 高	0.447*	0.225	0.227	0.496**	0.040	0.197
胸 径	0.508**	0.196	0.189	0.558**	-0.132	0.205

* 达到 0.05 显著水平; ** 达到 0.01 极显著水平。

2.1.2 分枝强度与干形的遗传相关 分枝强度的分枝总长和平均侧枝粗遗传相关绝对值大于表型相关绝对值,其中侧枝粗与形数是极显著的正相关,与圆满度是极显著的负相关。分枝总长与形数、圆满度分别是极显著正相关和显著正相关。

2.1.3 树冠大小与干形的遗传相关 构成树冠大小的分枝角、冠表面积和冠幅与干形的遗传相关绝对值大于表型相关的绝对值。除了树冠表面积与形数是显著正相关外,其余性状与干形的相关比较松散。分枝角度的环境相关绝对值大于遗传相关和表型相关绝对值,表明它受环境的影响大于受遗传的控制。

2.2 生长性状与干形的遗传相关

白花泡桐的树高、胸径与形数、圆满度之间的遗传相关、表型相关的方向是相同的。除了树高与形数是显著正相关外,树高与圆满度,胸径与形数、圆满度均是极显著正相关。

2.3 树冠结构与干形的通径分析

在通径分析过程中,将遗传力低、差异性不显著的侧枝数、分枝角度和冠幅剔除,其余性状与干形通径分析的结果列于表3。对形数的直接通径系数,按绝对值排列,冠表面积、小枝数、分枝总长位于前三位,最小的是分枝数。对圆满度的直接通径系数,按绝对值排列,最大的是分枝数,其次是小枝数,最小的是叶面积。

这些性状之间相互作用于形数、圆满度的间接通径系数,表现出的趋势与直接通径系数相同。例如,直接通径系数较大的侧枝粗,通过通径系数大的树冠表面积作用于形数的间接通径系数也大,为0.984,再如,直接通径系数小的叶面积通过侧枝粗,对圆满度的间接效应为0.037。

从原因性状与树冠表面积的相关分析来看,只是显著相关,甚至相关不显著。然而事实并非如此。经通径分析发现它们对干形确有重要影响。树冠间的相互作用掩盖了它们对干形的真实作用。这也表明单凭相关系数判断事物,有时会给人以假象,做出错误的结论^[1]。

2.4 生长性状与干形的通径分析

胸径与形数、圆满度的直接通径系数均大于树高,而树高通过胸径对形数、圆满度的间接作用大于胸径通过树高对形数、圆满度的间接效应(表4)。

2.5 树冠主要性状、生长性状对干形的决定系数

表5说明,白花泡桐主要树冠性状、生长性状对干形的决定系数,单性状对形数最大的是胸径,其次是冠表面积、小枝数和分枝总长;双性状对形数最大的是胸径×小枝数,其后是胸径×冠表面积。单性状对圆满度,最大的是胸径,其次是冠表面积(负)、小枝数、分枝总长和树高。双性状对圆满度决定程度,最大的是胸径×小枝数,其次是胸径×分枝总长、胸径×冠表面积

表3 树冠主要性状与干形的通径分析

通径系数	分枝数	小枝数	叶面积	分枝总长	侧枝粗	冠表面积	
直接	-0.365	-1.134	-0.643	0.940	0.747	1.251	
间接(形数)	分枝数	-	-0.520	-0.773	0.421	-0.424	0.776
	小枝数	-0.124	-	-0.007	1.044	-0.301	0.900
	叶面积	-0.466	-0.019	-	0.116	0.095	0.037
	分枝总长	-0.119	-1.238	-0.054	-	-0.491	-0.542
	侧枝粗	-0.181	-0.537	0.067	0.740	-	0.984
	冠表面积	-0.147	0.468	0.019	-0.282	-0.473	-
直接	-0.700	-0.622	-0.079	0.440	-0.331	0.426	
间接(圆满度)	分枝数	-	-0.211	-0.100	0.143	-0.163	-0.012
	小枝数	-0.024	-	-0.001	0.355	-0.116	0.081
	叶面积	-0.089	-0.008	-	0.040	0.037	0.010
	分枝总长	-0.023	-0.502	-0.007	-	-0.189	-0.218
	侧枝粗	-0.034	-0.218	0.009	0.252	-	0.235
	冠表面积	0.403	-0.305	-0.032	-0.218	0.551	-

表4 生长性状与干形的通径分析

通径系数	形数		圆满度		
	树高	胸径	树高	胸径	
直接	-0.405	-1.113	0.421	1.064	
间接	树高	-	0.579	-	0.975
	胸径	0.247	-	0.125	-

和树高×胸径(表 5)。白花泡桐树冠主要性状、生长性状对干形的决定结果表明,决定程度高的双性状,通常由决定程度高的单性状组合而成。决定系数的结果,与通径分析的结果一致。

2.6 对干形的选择指数

由于所选择的性状总会受到其它一些性状不同程度的影响,因此有必要采用一个综合指标来权衡所选择性状的影响因素,这就是选择指数^[1]。选择指数的功用在于最适当地利用有关备选者的资料^[7]。在白花泡桐树冠性状、生长性状对干形的选择指数分析中,只保留了对干形直接通径系数大,决定程度高的胸径、树高、小枝数、分枝总长和树冠表面积 5 个性状。入选率为 5%。分别计算出 63 个选择指数式(因篇幅所限而省略)。

结果表明:(1)单一性状对干形的选择指数式的遗传进度、相对效率均小于对干形的直接选择。例如,对形数直接选择的遗传进度为 0.097,相对效率为 100%;对高生长直接选择的遗传进度为 0.006,相对效率为 5.631 8%;对胸径直接选择的遗传进度是 0.003,相对效率是 37.763 8%;对小枝数、分枝长和树冠表面积直接选择的遗传进度分别是 0.065、0.009 和 0.019;相对效率分别为 7.057 5%、9.223 7%和 20.481 1%。(2)对形数、圆满度选择指数方程的遗传进度、相对效率最高的都是 63 式。即 6 个性状的综合指数方程。对形数的 6 性状综合选择指数式是 $I = -0.01H + 0.013D - 0.01XZ - 0.001FZC + 0.0001GBMJ + 0.35F$ (H 为树高;

D 为胸径; XZ 为小枝数; FZC 为分枝长度; $GBMJ$ 为树冠表面积; F 为形数),其遗传进度为 0.155,相对效率为 159.015 7%。对圆满度 6 性状综合选择指数式是 $I = 0.031H + 0.007D + 0.005XZ - 0.001FZC - 0.001GBMJ + 0.326R$ (R 为圆满度),其遗传进度为 0.174,相对效率为 128.367 9%,都明显高于对干形的直接选择。这说明对白花泡桐干形的选择,多性状优于单一性状,同时也说明这 6 个性状可以同时做为干形选择的主要指标。(3)有干形性状参与的选择指数方程的遗传进度、相对效率一般较高,因为它兼顾了直接选择和间接选择两方面的效应。(4)不包括干形本身的多性状选择指数方程间的选择效率差异很大,如对形数,树高+分枝

表 5 树冠性状、生长性状对干形的决定系数

作用方式	形 数	圆 满 度
树高	0.164	0.354
胸径	2.982	2.870
分枝数	0.134	0.010
小枝数	2.353	0.754
叶面积	0.367	0.012
分枝长	1.674	0.388
侧枝粗	0.738	0.218
冠表面积	2.701	0.921
树高×胸径	0.235	-0.822
树高×分枝数	-0.034	-0.010
树高×小枝数	-0.184	-0.360
树高×叶面积	0.080	0.012
树高×分枝长	0.259	0.392
树高×分枝粗	0.249	-0.106
树高×树冠表面积	0.027	0.050
胸径×分枝数	0.168	0.095
胸径×小枝数	2.952	1.683
胸径×叶面积	0.286	0.114
胸径×分枝长	-1.284	-0.872
胸径×侧枝粗	0.921	0.498
胸径×树冠表面积	2.716	0.845
分枝数×小枝数	0.190	0.030
分枝数×叶面积	0.282	0.014
分枝数×分枝长	-0.154	-0.020
分枝数×侧枝粗	0.155	0.022
分枝数×树冠表面积	-0.284	-0.024
小枝数×叶面积	0.011	0.002
小枝数×分枝长	-1.601	-0.442
小枝数×侧枝粗	0.461	0.144
小枝数×树冠表面积	0.900	0.162
叶面积×分枝长	-0.070	-0.006
叶面积×侧枝粗	-0.057	-0.006
叶面积×树冠表面积	0.037	-0.166
分枝长×侧枝粗	-0.636	-0.082
分枝长×树冠表面积	-0.542	0.218
侧枝粗×树冠表面积	-0.911	-0.156
复相关系数	0.745	0.734

总长,遗传进度仅为0.013,相对效率为12.8826%。而胸径+小枝的遗传进度为0.12,相对效率为123.6461%。再如对圆满度,树高+胸径+分枝长,遗传进度是0.083,相对效率是61.1542%,而树高+小枝数+冠表面积遗传进度是0.144,相对效率是105.9498%。这是由于性状间相关程度不同所致。(5)利用遗传进度、相对效率最高的6性状选择指数方程,对白花泡桐无性系进行评价、选择是可行的。如白花泡桐无性系C005,形数和圆满度实测值为 0.437 ± 0.0008 和 0.587 ± 0.0080 ,预测值分别为0.461和0.581;C039形数和圆满度实测值分别为 0.427 ± 0.0015 和 0.663 ± 0.0010 ,预测值分别为0.432和0.661;两者均在实测值的变幅之内。

3 结语和讨论

(1)遗传研究表明,在生物体内部,大量存在着—因多效和基因连锁现象,使得生物性状间存在着不同程度的相关。所以在育种中,对—性状的选择,势必会影响到另一性状的表现。因此,了解性状间的遗传相关十分重要。利用数量遗传学的原理和方法,剖析了白花泡桐树冠结构、生长性状与干形的遗传相关、表型相关,两者的方向是相同的,并且前者的绝对值大于后者,这说明了树冠结构是引起干形变异的一个重要因素,同时也说明树高、胸径与干形有密切关系。通过对树冠性状和生长性状的选择,可以促进干形改良的进程。

(2)对干形决定程度较高的性状有胸径、小枝数、分枝总长、冠表面积和树高。由此可见,选择生长迅速、干形优良的白花泡桐无性系是可能的。对干形改良较为有利的白花泡桐冠形应是分枝细小,枝叶尽可能向空间延伸,形成多层次的、接干良好的、有较大冠表面积的椭圆形树冠。

(3)6个性状共同构成的综合选择指数方程遗传进度、相对效率最高。利用此方程,进行选择较为理想,并可对白花泡桐无性系进行评价和理论预测。

(4)白花泡桐的树干通直度没有达到显著水平,这是由于测定林密度较大,个体间竞争较激烈所致。因此,适当提高白花泡桐的栽植密度,对改善干形有一定作用。

(5)干形改良在受遗传控制的方式和定量分析上,比木材性状更为复杂。因此干形改良是一项复杂的研究,还有许多问题需要解决,例如,树冠性状之间的相互作用问题,基因与环境互作对干形改良影响以及种间差异等问题,有待以后去研究。

(6)限于篇幅,树冠结构、生长性状的选择对泡桐不同种、不同无性系干形的影响,将另文报道。

参 考 文 献

- 1 高之仁. 数量遗传学. 成都: 四川大学出版社, 1986.
- 2 王汉杰. 阔叶树叶面积测算的一种新方法. 南京林学院学报, 1985, (3): 114~120.
- 3 刘乃壮, 熊勤学. 农桐间作农田太阳辐射分布的计算机模拟. 泡桐与农用林业, 1990, (2): 18~28.
- 4 王明麻, 黄敏仁. 黑杨派新无性系研究. 南京林业大学学报, 1988, 12(2): 51~56.
- 5 马育华. 植物育种的量遗传学基础. 南京: 江苏科学技术出版社, 1982.
- 6 吴仲贤. 统计遗传学. 北京: 科学出版社, 1979.
- 7 Bulmer. M G. The mathematical theory of quantitative genetics. New York: Oxford University Press, 1980.

Effect of the Selection of Grown Structure and Growth Characteristics on the Improvement of Tree Trunk Form in *Paulownia fortunei*

Zhao Danning Xiong Yaoguo Song Lulu Wang Hua Zeng Xu Xu Zuohua

Abstract To improve the tree trunk form of *Paulownia fortunei*, the genetic, phenotype and environment correlation between tree crown, growth characteristics, stem form in *P. fortunei* were analyzed on the basis of quantitative genetics, their direct and indirect path-coefficients. The results show that the determination coefficient of the characteristics of growth and tree crown to stem form in *P. fortunei* is higher in diameter, amount of thin branches total length of branches, surface area of tree crown and tree height. The advantage of genetics and relative efficiency of selecting index of single character of stem form is smaller than the that of directly selected. Selecting indexes of multishare characters is better than that of the single character. Genetic advantages and relative efficiency of selecting index that was made up of a number of thin branch, diameter, total length of branches, surface area of tree crown and tree height is best in the 61 selecting indexes. GS and RGS of comprehensive selecting index of fullness and trunk form is 0.155,159.015 7% and 0.174,128.367 9% respectively. It is effective to use multishare comprehensive selecting index for tree valuation and selection the stem form improvement of Paulownia clones.

Key words Paulownia, tree crown structure, growth characteristics, improvement of tree trunk form

Zhao Danning, Assistant Professor, Xiong Yaoguo, Song Lulu (The Research Institute of Forestry, CAF Beijing 100091); Wang Hua (The Forestry Management Institute of Muchuang County, Sichuang Province); Zeng Xu (The State Forestry Centre of Zizhong County, Sichuang Province); Xu Zuohua (The State Forestry Centre of Tongling City, Anhui Province).