

# 白花泡桐天然杂种无性系自然接干性状的遗传变异研究

叶金山, 胡伟华, 谢青, 杨文萍

(国家林业局 泡桐研究开发中心, 河南 郑州 450003)

**摘要:**运用田间试验和统计分析的方法研究了白花泡桐天然杂种无性系自然接干性状的遗传变异。结果表明:(1)自然接干性状在天然杂种无性系水平上具有广泛而明显的遗传变异性。(2)除通直度性状没有达到显著性差异外,其余的自然接干性状都有极显著性差异。(3)自然接干性状在天然杂种无性系间存在极显著的差异性。(4)接干高和通直度性状的高度变异性在影响白花泡桐天然杂种无性系自然接干性状的总体状况和一般表现上起着至关重要的作用。(5)N1 和 N11 是参试无性系中自然接干性表现最好的 2 个无性系。(6)估算了一些重要遗传参数。

**关键词:**白花泡桐;天然杂种;自然接干性状;遗传变异

中图分类号:S722.31

文献标识码:A

文章编号:1001-7461(2008)04-0078-05

## Genetic Variation of Natural Stem-join Characters of *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. Natural Hybrid Clones

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

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

**Abstract:** The genetic variation of natural stem-join characters of *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. natural hybrid clones was studied by means of field test and statistical analysis. The results were as follows: (1) The natural stem-join characters had extensive and significant genetic variation at the level of *P. fortunei* natural hybrid clones. (2) Straightness of stem had no significant difference, but other natural stem-join characters had extremely significant difference. (3) The natural stem-join characters had extremely significant difference in natural hybrid clones. (4) The high genetic variation of height of stem-join and straightness of stem played a vital role in influencing total state and general display of the hybrid clones' natural stem-join characters. (5) N1 and N11 were the finest clones among all clones tested. (6) Some important genetic parameters were calculated.

**Key words:** *Paulownia fortunei*; natural hybrid; natural stem-join character; genetic variation

长期以来,我国对泡桐的人工接干和干形研究非常深入,而对泡桐的自然接干研究比较薄弱<sup>[1-6]</sup>。近 10 a 来,一些研究者探讨了泡桐顶芽、侧芽和不定芽的生长规律和自然接干表现:侯元凯研究了兰考泡桐的不定芽的自然接干表现、苗木顶芽越冬特性和水分变化规律<sup>[7-10]</sup>。刘震等研究了“毛白 33”顶侧芽休眠发育的温度特性、侧芽萌发成枝接干规律和下侧芽萌发成枝与上侧芽萌发接干间关系<sup>[11-13]</sup>。崔永兰等研究了泡桐接干类型划分和干形相关性状<sup>[14]</sup>。迄今未见有关白花泡桐天然杂种无性系自

然接干性状的遗传变异研究文献。本文以白花泡桐天然杂种无性系为材料,从遗传育种学角度探讨了白花泡桐天然杂种无性系自然接干性状的遗传变异规律,以期对泡桐的杂交育种和自然接干性状的遗传改良积累基本资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

11 个 12 a 生白花泡桐天然杂种无性系(N1~N11)试验林随机区组设计,6 株小区 4 次重复 5 m

收稿日期:2007-12-19 修回日期:2008-02-08

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学研究。

×10 m 株行距。试验林位于豫东平原黄泛区腹地, 约为 34°20'N, 114°28'E, 海拔 60 m, 平均年降水量 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:以 cm、m 和 m<sup>3</sup> 为测量单位每木测量和计算无性系的 22 个自然接干性状: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各段树干的平均削度。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;无性系选择用多维空间 En 多向量理论;同时还进行了主成分分析和相关分析。按林标(LYB)108-61 原木材积表、国标(GB)198-63 原条材积表和林标(LYB)104-60 杉原木材积表所用公式计算与泡桐不同树干区分段同粗等长的原木和原条材积。

各性状的数据统计按完全随机模型进行分析,其线性统计模型为:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + E_{ij}$$

其中:Y<sub>ij</sub>—j 区组 i 无性系的性状测定值;μ—总体平均值;A<sub>i</sub>—i 无性系效应;B<sub>j</sub>—j 区组(重复)效应;E<sub>ij</sub>—机误。

全部统计分析采用 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 天然杂种无性系自然接干性状的遗传变异

表 1 给出了 11 个白花泡桐天然杂种无性系 22 个自然接干性状的平均数、标准差和变异系数。按表 1 中的变异系数 CV 数据可将 22 个自然接干性状的遗传变异性划分为以下 3 种类型:

(1)高度变异型(CV≥30):有 9 个自然接干性状,即接干高、全干高、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、通直度、丛枝病等级的变异程度非常大,其 CV>30, 其

CV 变幅为 30.994~98.926。

(2)中度变异型(15≤CV<30):有 4 个自然接干性状,即主干高、接干 1/2 径、接干形数、主干平均削度的变异程度属于中等水平,其 CV 变幅为 17.159~26.016。

(3)低度变异型(CV<15):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、冠幅的变异程度相对较小,其 CV 变幅为 1.947~12.516。

仔细分析上述 9 个高度变异型性状的结构组成和相互关系可以发现以下 3 点规律:

(1)接干高性状的高度变异性直接引起了全干高、接干材积、全干材积、主干材积/全干材积、接干材积/全干材积等 5 个性状的高度变异性。根据泡桐枝叶一般着生于接干上的泡桐树冠结构特点和光合作用是包括泡桐树木在内的所有自养有机体一切有机物质和能量的最终来源与产量形成的基础的光合生理学原理不难看出接干高性状正是通过着生于其上的树冠层的光合作用来影响其它高度变异型性状的生长发育状况和基因型表达差异的。

(2)接干高性状不仅在决定上述高度变异型性状上起着重要作用,而且也在决定中度变异型和低度变异型性状的变异性上起着重要作用。其原因除了接干高性状仍通过着生于其上的树冠层枝叶的光合作用对这些性状施加深刻影响外,还因为其它自然接干性状都必须在接干高性状上存在和表现。

(3)通直度性状(L)的遗传变异性直接决定了泡桐主干与接干之间、各级接干相互之间的连接状况,也即全干是否通直问题。与通常情况下的以顶芽逐年高生长形成树干的乔木用材树种一般都能形成通直全干(L=1)的情形不同,以假二叉分枝侧芽接干形成全干的泡桐树木在通直度性状上却普遍存在着 L=1(形成通直全干)和 L≠1(形成不通直全干)二种可能性。导致泡桐属树木普遍树干低矮和干形不良的根源就是出在通直度性状变异的 L≠1 上,而泡桐干形调控和自然接干性状的遗传改良的关键、困难和目标就在于必须设法消除 L≠1 而实现 L=1。毫无疑问,只要实现了 L=1 也就基本上彻底解决了泡桐自然接干性状的遗传改良问题。

上述分析表明接干高和通直度性状的高度变异性在影响白花泡桐天然杂种无性系自然接干性状的总体状况和一般表现上起着重要作用,并为泡桐的杂交育种、无性系育种和自然接干性状的遗传改良提供了广泛的变异来源和坚实的选择基础。

表 1 自然接干性状的平均数、标准差和变异系数

Table 1 Mean, standard deviation, coefficient of variation of natural stem-join characters

性状	平均数±标准差 $\bar{x}\pm S$	变异系数 CV	性状	平均数±标准差 $\bar{x}\pm S$	变异系数 CV
树高	15.390±1.360	8.837	全干材积	0.449±0.160	35.635
主干高	3.801±0.765	20.126	主干材积/全干材积	0.684±0.212	30.994
接干高	3.748±1.571	41.916	接干材积/全干材积	0.316±0.198	62.658
全干高	6.098±2.156	35.356	主干形数	0.956±0.040	4.184
胸径	32.570±3.415	10.485	接干形数	0.615±0.160	26.016
主干基径	36.940±4.015	10.869	主干形率	0.976±0.019	1.947
主干 1/2 径	31.842±3.415	10.725	接干形率	0.775±0.097	12.516
主干端径	30.699±3.502	11.408	主干平均削度	1.649±0.426	25.834
接干 1/2 径	25.712±4.412	17.159	通直度	1.710±0.773	45.205
主干材积	0.307±0.098	31.922	冠幅	10.798±1.312	12.150
接干材积	0.142±0.120	84.507	丛枝病等级	1.210±1.197	98.926

2.2 天然杂种无性系自然接干性状的遗传分析

表 2 的一元方差分析结果证明了在白花泡桐天然杂种无性系的 22 个自然接干性状中除通直度性状没有达到显著性水平的差异外,其余的 21 个自然接干性状都达到了极显著水平的差异性。

表 3 的多元方差分析结果证明了自然接干性状在白花泡桐天然杂种无性系间存在着极显著性差异,从而奠定了白花泡桐天然杂种无性系的杂交育种、无性系育种和自然接干性状遗传改良的性状变异的选择基础。

表 2 无性系自然接干性状的一元方差分析

Table 2 Monofactorial analysis of variance of the natural stem-join character among clones

性状	F 值	差异性水平 $Pr>F$	性状	F 值	差异性水平 $Pr>F$
树高	9.15	<0.000 1	全干材积	12.00	<0.000 1
主干高	12.16	<0.000 1	主干材积/全干材积	6.01	<0.000 1
接干高	9.08	<0.000 1	接干材积/全干材积	9.10	<0.000 1
全干高	5.67	<0.000 1	主干形数	8.07	<0.000 1
胸径	8.39	<0.000 1	接干形数	6.12	<0.000 1
主干基径	10.01	<0.000 1	主干形率	6.99	<0.000 1
主干 1/2 径	9.41	<0.000 1	接干形率	6.09	<0.000 1
主干端径	9.98	<0.000 1	主干平均削度	4.12	<0.000 1
接干 1/2 径	6.90	<0.000 1	通直度	1.69	0.077 9
主干材积	14.43	<0.000 1	冠幅	9.24	<0.000 1
接干材积	3.67	0.000 2	丛枝病等级	11.08	<0.000 1

表 3 无性系自然接干性状的多元方差分析

Table 3 Multivariate analysis of variance of natural stem-join character in clones

关于没有综合的无性系效应假设的 Monova 测试准则和 F 近似值					
$H=$ 无性系类型Ⅲ的离差阵(完全正矩阵) $E=$ 误差阵(完全正矩阵)					
$S=10$ $M=5$ $N=117.6$					
统计模型	似然比	F 值	Num DF	Den DF	$Pr>F$
Wilks' Lambda	0.05 235 950	3.89	213	2 079.8	<0.000 1
Pillai's Trace	2.23 471 945	3.28	213	2 359.0	<0.000 1
Hotelling-Lawley Trace	4.09 835 718	4.53	213	1 450.6	<0.000 1
Roy's Greatest Root	1.85 368 459	21.65	22	238	<0.000 1

注释:对 Roy's 最大特征根的 F 典型统计量是一个上限

Duncan 分析揭示:(1)在天然杂种无性系间的主干高、主干基径和冠幅性状上无显著性差异。(2)大多数天然杂种无性系在胸径性状上的差异性没有达到显著性的水平。(3)少数天然杂种无性系在绝大多数自然接干性状上都存在着显著性差异。

主成分分析揭示第一主成分接干材积因子(接干材积/全干材积、接干材积、接干 1/2 径、接干高)

的贡献率为 54.15%,第二主成分主干材积因子的贡献率为 18.36%,而第三主成分主干圆满度因子(主干平均削度)的贡献率为 6.24%。3 种主成分的累积贡献率为 78.75%。这与上节发现的接干高性状在影响白花泡桐天然杂种无性系自然接干性状的总体状况和一般表现上起着重要作用的研究结论相一致。

相关分析揭示白花泡桐天然杂种无性系自然接干性状间的相关性变化很大。根据相关系数的大小可以划分为 3 种相关类型：(1)极显著正相关型( $r \geq 0.8$ )：属于这种相关型的性状有接干高与全干高、接干 1/2 径、接干形数、接干材积、接干材积/全干材积、接干 1/2 径与接干形数、接干材积、接干材积/全干材积。它们的相关系数高达 0.86~0.96。(2)低度正相关型( $r \leq 0.2$ )：属于低度正相关型的性状有主干形数与全干材积、主干平均削度与接干材积、树高与通直度。它们的相关系数变幅为 0.06~0.18。(3)极显著负相关型( $r < 0$ )：属于极显著负相关型的性状有主干高与主干形数、主干高与接干材积、接干高与主干材积。它们的相关系数变幅为-0.59 ~ -0.25。

表 4 利用多维空间  $E_n$  多向量理论综合评定了 11 个白花泡桐天然杂种无性系的接干材积、主干材积和主干平均削度。从表 4 数据可知,N1 和 N11 的  $P_i$  值最小,分别为 0.28 和 0.36,因而是所有参试无性系中自然接干性表现最好的 2 个无性系。

表 5 估算了白花泡桐天然杂种无性系的接干材积、主干材积和主干平均削度的平均值、广义遗传力和遗传增益。

表 6 给出了 2 株样木的 22 个自然接干性状的性状值而从测树学上定量描述了 N1 和 N11 的优良自然接干性。从表 6 可知 N1 和 N11 的全干高分别

为 10.8 m 和 9.9 m ,其无节良材高度都超过 6 m ,而其接干高分别高达 7.1 m 和 6.4 m ;全干通直( $L=1$ )且主干形数分别高达 0.91 和 0.94,其接干形数分别高达 0.52 和 0.64,其主干平均削度值分别为 2.30 和 2.51。这些测树学指标和数据综合反映了 N1 与 N11 的优良自然接干性和令人满意的树干通直圆满性。

表 4 无性系自然接干性状的综合评定  
Table 4 Synthetical evaluation of the natural stem-join character in clones

无性系	综合评定值 $P_i$	综合名次	无性系	综合评定值 $P_i$	综合名次
N1	0.28	1	N7	1.65	5
N2	1.63	4	N8	1.76	9
N3	1.68	6	N9	1.69	7
N4	0.95	3	N10	2.31	11
N5	1.73	8	N11	0.36	2
N6	1.82	10			

表 5 白花泡桐天然杂种无性系重要自然接干性状的广义遗传力和遗传增益  
Table 5 Heritability in the broad sense ( $h^2_B$ ) and genetic gain( $\Delta G$ ) of important natural stem-join characters of

<i>P. fortunei</i> natural hybrid clones				
性 状	平均值	群体 3 均值	广义遗传力/%	遗传增益/%
接干材积/ $m^3$	0.265 8	0.120 4	76.13	112.05
主干材积/ $m^3$	0.351 2	0.276 3	74.15	18.23
主干平均削度	0.59	1.96	68.36	12.51

表 6 入选无性系样木优良的自然接干性状表现型  
Table 6 Selective clone sample tree's excellent phenotype of natural stem-join characters

性 状	无性系		性 状	无性系	
	N1	N11		N1	N11
树高/m	16.9	16.4	全干材积/ $m^3$	0.73	0.69
主干高/m	3.7	3.5	主干材积/全干材积	0.60	0.61
接干高/m	7.1	6.4	接干材积/全干材积	0.40	0.39
全干高/m	10.8	9.9	主干形数	0.91	0.94
胸径/m	37.6	35.6	接干形数	0.52	0.64
主干 1/2 径/cm	34.5	33.9	主干形率	0.94	0.95
接干 1/2 径/cm	26.6	27.5	接干形率	0.72	0.79
主干基径/cm	43.9	40.1	主干平均削度	2.30	2.51
主干端径/cm	35.4	31.3	冠幅	12.5	11.6
主干材积/ $m^3$	0.44	0.42	通直度	1	1
接干材积/ $m^3$	0.29	0.27	丛枝病等级	1	1

为了更加形象具体和简明准确地描述 N1 和 N11 优良的树干圆满度特征,从材积比较角度比较了泡桐的树干材积与我国通用原木和原条材积表中同粗等长的树干材积(表 7、表 8)。从表 7 数据可知,与同粗等长的所有树种的原条材积和除杉木以外的所有树种的原木材积相比较,N1 和 N11 的原

条材积分别占同粗等长的原条材积的 86.0%和 99.3% ,而 N1 和 N11 的主干原木材积分别占同粗等长的原木材积表中材积的 93.8%和 92.9% 。表 8 数据表明 N1 和 N11 的主干原木材积分别占同粗等长的杉原木材积的 89.5%和 92.9% 。需要特别说明的是泡桐木材一般不以原条形式利用而通常以

板材、家具材和胶合板材的形式利用。当泡桐作为板材、家具材和胶合板材利用时,其原木造材长度大多为 2.0~2.5 m,而在作为家具材时其原木的造材长度普遍<2 m。当原木的造材长度越短,其所造原木段的平均削度必然越小,而该段原木必然越趋圆满。由于杉木是我国顶芽接干的乔木用材树种中

树干最为通直圆满的树种,因此从包括杉原木和杉原条在内的同粗等长的树干材积比较结果可知以假二叉分枝侧芽接干的 N1 和 N11 的自然接干性状已经得到很好的遗传改良,它们的综合自然接干性表现已经非常优良。

表 7 按原木和原条材积表比较的样木材积性状特征

Table 7 Comparative quality of sample tree volume according to log and tree-length volume table

无性系	无性系材积/m <sup>3</sup>		原木(条)材积表/m <sup>3</sup>		V <sub>CL</sub>	V <sub>CS</sub>
	V 原木 <sub>无</sub>	V 原条 <sub>无</sub>	V 原木 <sub>表</sub>	V 原条 <sub>表</sub>	V 原木(条) <sub>表</sub> /%	V 原木(条) <sub>表</sub> /%
N1	0.435		0.464		93.8	
N11	0.421		0.453			92.9
N1		0.732		0.851	86.0	
N11		0.693		0.698		99.3

注:V 原木<sub>无</sub>和 V 原条<sub>无</sub>分别表示泡桐无性系样本的主干材积和全干材积,而原木(条)材积表中的 V 表原木和 V 表原条数据是按与泡桐主干和全干同粗等长的原木(条)根据林标(LYB)108-61 原木材积表和国标(GB)198-63 原条材积表所用公式计算而得。

表 8 按杉原木材积表比较的样木材积性状特征

Table 8 Comparative quality of sample tree volume according to Chinese fir log volume table

无性系	造材木段	桐原木材积 V 桐/m <sup>3</sup>	杉原木材积 V 杉/m <sup>3</sup>	V 桐/V 杉 /%
N1	主干	0.435	0.486	89.5
N11	主干	0.421	0.453	92.9

注:V 杉表示与泡桐主干同粗等长的杉原木材积,杉原木材积数据是按林标(LYB)104-60 杉原木材积表所用公式计算而得。

### 3 结论

白花泡桐天然杂种无性系的自然接干性状在天然杂种无性系水平上存在着广泛而明显的遗传变异。其中有 9 个自然接干性状属于高度变异型性状( $CV>30$ )。

一元方差分析证明在白花泡桐天然杂种无性系的自然接干性状中只有通直度性状无显著性差异,而其余的自然接干性状都有极显著性差异。多元方差分析证明自然接干性状在白花泡桐天然杂种无性系间存在极显著性差异。

Duncan 分析揭示了大多数天然杂种无性系在胸径性状上的差异性没有达到显著性的水平,而少数天然杂种无性系在绝大多数自然接干性状上都有显著性差异。

相关分析证明白花泡桐天然杂种无性系的自然接干性状的相关性变化模式呈现极显著正相关型( $r=0.86\sim0.96$ )、低度正相关型( $r=0.06\sim0.18$ )和极显著负相关型( $r=-0.59\sim-0.25$ )。

多维空间 En 多向量理论综合评定出 N1 和 N11 是所有参试白花泡桐天然杂种无性系中自然接干表现最好的 2 个优良无性系。

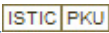
估算了白花泡桐天然杂种无性系的接干材积、主干材积和主干平均削度的平均值、广义遗传力和遗传增益。

从样本的自然接干性状值和从同粗等长的树干材积比较角度具体形象和简明准确地描述了白花泡桐天然杂种优良无性系令人满意的自然接干性。

### 参考文献:

- [1] 蒋建平主编. 泡桐栽培学[J]. 北京:中国林业出版社,1990.
- [2] 熊耀国主编. 泡桐遗传改良[J]. 北京:中国科学技术出版社,1995.
- [3] 倪善庆编著. 泡桐[J]. 南京:江苏科学技术出版社,1986.
- [4] 河南省《泡桐》编写组编著. 泡桐[M]. 北京:科学出版社,1978.
- [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] 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.
- [7] 侯元凯,翟明普. 泡桐干形培育研究进展[J]. 林业科学,1999,35(3):76-83.
- [8] 侯元凯,翟明普,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.
- [9] 侯元凯,翟明普,张俊昌,等. 兰考泡桐苗木顶芽越冬特性初步研究[J]. 河南农业大学学报,2000,34(2):196-200.
- [10] 侯元凯,翟明普,姜爱社,等. 兰考泡桐苗木顶芽水分变化规律研究[J]. 北京林业大学学报,2001,23(6):17-21.
- [11] 刘震,何松林,王艳梅,等. 泡桐顶侧芽休眠发育的温度特性研究[J]. 林业科学,2004,40(3):46-50.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 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.

# 白花泡桐天然杂种无性系自然接干性状的遗传变异研究

作者: [叶金山](#), [胡伟华](#), [谢青](#), [杨文萍](#)  
作者单位: [国家林业局, 泡桐研究开发中心, 河南, 郑州, 450003](#)  
刊名: [西北林学院学报](#)   
英文刊名: [JOURNAL OF NORTHWEST FORESTRY UNIVERSITY](#)  
年, 卷(期): 2008, 23(4)  
引用次数: 0次

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_xblxyxb200804018.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_xblxyxb200804018.aspx)

下载时间: 2009年9月24日