

兰考泡桐无性系自然接干性状的遗传变异研究

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:利用田间试验和统计分析的方法研究了兰考泡桐无性系自然接干性状的遗传变异规律。结果表明:(1)有 8 个自然接干性状(接干高、主干材积、接干材积、全干材积、接干材积/全干材积、接干形数、通直度、丛枝病等级)属于高度变异型($CV\geq 30$);有 10 个自然接干性状(主干高、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/全干材积、接干形率、主干平均削度)属于中度变异型($15\leq CV<30$);有 4 个自然接干性状(树高、主干形数、主干形率、冠幅)属于低度变异型($CV<15$)。 (2)接干高性状在影响和决定兰考泡桐无性系自然接干性状的总体表现上起着重要作用。 (3)改良兰考泡桐的自然接干类型是改良兰考泡桐通直度和削度性状的关键。 (4)一元方差分析表明,通直度性状存在显著性差异,而其余的自然接干性状都存在极显著差异。 (5)多元方差分析证明,无性系间自然接干性状存在极显著差异。

关键词: 兰考泡桐;无性系;自然接干性状;遗传变异

中图分类号: S792.430.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-7461(2008)06-0083-04

The Study on Genetic Variation of Natural Stem-join Characters of *Paulownia elongata* Clones

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

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

Abstract: The genetic variation of natural trunk extension of *Paulownia elongata* clones was studied by means of field test and statistical analysis. The results showed that: (1) eight natural trunk extension characters-height, main stem volume, trunk volume, whole-stem volume, trunk volume/whole-stem volume, form factor of trunk, straightness of stem and witches' broom grade belonged to the grade of extremely significant variation (coefficient of variation ≥ 30); ten natural trunk extension characters-height of main stem, height of whole-stem, DBH, basal diameter of main stem, diameter at half main stem height, diameter at top end of main stem, diameter at half trunk height, main stem volume/whole-stem volume, from-quotient of main stem and mean taper of main stem belonged to middle grade variation ($15\leq$ coefficient of variation <30); whereas four natural trunk extension characters, which were height of tree, main stem form-factor, main stem form-quotient and crown breadth, belonged to the low grade variation (coefficient of variation <15); (2) height of natural trunk extension played an important role in affecting and determining overall performance of natural trunk characters of *P. elongata* clones; (3) the key to improve straightness of stem and taper of *P. elongata* was to improve its natural trunk extension; (4) univariate analysis of variance proved both straightness of stem had significant difference among while the other 21 natural trunk extension had extremely significant difference; (5) multivariate analysis of variance proved natural trunk extension characters had extremely significant difference among the clones of *P. elongata*; (6) Duncan analysis showed Duncan Grouping of natural trunk characters by clones of *P. elongata*; (7) principal component analysis not only determined the top three principal components but also their respective contribution rate as

收稿日期: 2008-04-22 修回日期: 2008-05-18
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。

wel as their accumulative contribution rate.

Key words: *Paulownia elongata* ; clone; natural stem-join character ;genetic variation

虽然兰考泡桐(*Paulownia elongata*)在我国已经正式鉴定的泡桐种间杂种无性系的选育中没有做过亲本种,但是兰考泡桐作为我国北方桐区生长速度最快、栽培历史最长、栽植面积最大和桐材产量最多的泡桐属主要种而备受关注。学术界长期以来比较重视研究泡桐的种内形态变异、杂交育种、人工接干和干形培育,而对泡桐自然接干性状遗传变异的研究很少^[1-9]。有关兰考泡桐的立木树形及其生长规律^[10]、不定芽的自然接干规律^[11]已有报道。迄今未见有关兰考泡桐无性系自然接干性状遗传变异的研究文献。本文从树木遗传学的角度初步探讨了兰考泡桐无性系自然接干性状遗传变异的表现形式和基本规律,希望能为泡桐的杂交育种、无性系育种、自然接干性状的遗传改良和多世代遗传改良提供基本的遗传学资料。

1 材料与方法

1.1 材料

5 个兰考泡桐无性系(L1-L5)试验林(12 a 生)随机区组设计,6 株小区,4 次重复,株行距 5 m×10 m。试验林位于豫东平原黄泛区腹地,海拔 60 m,年均降水量 678.5 mm,年均气温 14.4℃。林地土壤为黄河冲积土中的沙壤土,pH7.0,地下水位 3.5 m,肥力中等。

1.2 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: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、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。所有统计分析均采用 SAS 软件。

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:

$$Y_{ij} = u + A_i + B_j + E_{ij} \tag{1}$$

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

2 结果与分析

2.1 无性系自然接干性状的遗传变异

以平均数、标准差和变异系数(CV)描述和度量兰考泡桐无性系 22 个自然接干性状的遗传变异性(表 1)。按 CV 的大小可将这些自然接干性状划分为 3 种变异类型。

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	变异系数(CV)	性 状	平均数±标准差	变异系数(CV)
树 高 /m	15.01±1.89	12.60	全干材积/m ³	0.403±0.154	38.18
主干高/m	3.49±0.80	22.90	主干材积/全干材积	0.69±0.18	25.40
接干高/m	4.44±1.63	36.60	接干材积/全干材积	0.31±0.18	56.60
全干高/m	7.10±2.10	29.60	主干形数	0.95±0.05	5.03
胸径/cm	31.4±5.0	15.90	接干形数	0.487±0.148	30.39
主干基径/cm	36.9±5.9	16.02	主干形率	0.976±0.025	2.58
主干 1/2 径/cm	30.7±4.8	15.79	接干形率	0.691±0.104	15.08
主干端径/cm	29.4±4.9	16.68	主干平均削度	2.19±0.62	28.49
接干 1/2 径/cm	21.9±4.5	20.62	通直度	1.965±0.892	45.42
主干材积/m ³	0.265±0.096	36.13	冠 幅 /m	10.12±1.46	14.47
接干材积/m ³	0.146±0.089	60.76	丛枝病等级	1.71±1.10	64.50

(1)高度变异型($CV \geq 30$)。由表 1 知,有 8 个自然接干性状,即接干高、主干材积、接干材积、全干材积、接干材积/全干材积、接干形数、通直度、丛枝病等级的 $CV > 30$,其 CV 变幅为 30.39~64.50。

(2)中度变异型($15 \leq CV < 30$)。由表 1 知,有 10 个自然接干性状,即主干高、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/全干材积、接干形率、主干平均削度属于中度变

异型,其 CV 为 15.08~29.60。

(3)低度变异型($CV<15$)。由表 1 知,有 4 个自然接干性状,即树高、主干形数、主干形率、冠幅的 $CV<15$,其 CV 为 2.58~14.47。

由 8 个高度变异型自然接干性状的种类组成和相互关系可以看出,接干高性状在影响和决定兰考泡桐无性系自然接干性状的总体表现上起着重要作用。其原因在于:(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、接干材积/全干材积等性状的变异。(2)接干高性状通过着生其上枝叶的光合作用影响了其他自然接干性状的生长发育和性状表现。(3)其他自然接干性状的生存和发展都离不开接干高性状的生长发育。

泡桐的自然接干类型有连续接干型和间断接干型。前者是每年都接干而后者是间断接干。泡桐属中除兰考泡桐的徒长枝接干表现出“长长停停”的特性而属于间断接干外,其余的泡桐种和杂交无性系都为连续接干。兰考泡桐栽植后通常需要经过 2~4 a 才能进行第 1 次自然接干,而一般 10 a 生的植株可接干 3~5 次。其中又以第 1 次自然接干的徒长枝的生长量最大(3~6 m)而使其树冠形成独特的“二层楼”样式。徒长枝接干在接干时间上的间断

性和在接干位置上的不确定性导致主干与接干之间、各级接干相互之间的连接上出现“粗细不均匀连接”和“错位连接”,从而增大了树干削度和产生了桐材干形和造材利用上的“二节材”、“分段造材”和“分段利用”的缺陷,并使兰考泡桐的通直度(L)性状普遍出现 $L\neq 1$ 的情形,即使在 $L=1$ 的理想情况下,也是“粗细不均匀连接”。连续接干型只有 $L\neq 1$ 的缺陷而没有徒长枝接干型的“粗细不均匀连接”。因此,在桐材作为板材、家具材和胶合板材时,连续接干型的接干效果优于徒长枝接干型。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对兰考泡桐的徒长枝自然接干类型进行遗传改良,即用种间杂交手段在种间杂种 F1 中将亲本种兰考泡桐的徒长枝接干型转变为杂种 F1 的连续接干型,从而既消除了徒长枝接干又创造和利用了种间杂种优势。

2.2 无性系自然接干性状的变异差异性分析

表 2 表明,在兰考泡桐无性系的 22 个自然接干性状中,只有通直度性状存在显著性差异,其余的自然接干性状都存在极显著差异。

表 3 表明,兰考泡桐无性系的自然接干性状存在无性系间的极显著性差异。

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 natural stem-join characters in <i>P. elongata</i> clones					
性状	<i>F</i> 值	差异性水平 $Pr>F$	性状	<i>F</i> 值	差异性水平 $Pr>F$
树 高/m	6.50	<0.000 1	全干材积/m ³	10.87	<0.000 1
主干高/m	8.30	<0.000 1	主干材积/全干材积	3.70	0.007 2
接干高/m	6.51	<0.000 1	接干材积/全干材积	7.03	<0.000 1
全干高/m	6.41	0.000 1	主干形数	4.47	0.002 2
胸 径/cm	7.39	<0.000 1	接干形数	7.32	<0.000 1
主干基径/cm	6.22	0.000 1	主干形率	5.45	0.000 5
主干 1/2 径/cm	6.57	<0.000 1	接干形率	7.03	<0.000 1
主干端径/cm	7.74	<0.000 1	主干平均削度	3.68	0.007 4
接干 1/2 径/cm	9.85	<0.000 1	通直度	2.79	0.029 8
主干材积/m ³	7.98	<0.000 1	冠 幅 /m	4.84	0.001 2
接干材积/m ³	8.10	<0.000 1	丛枝病等级	23.33	<0.000 1

表 3 无性系自然接干性状的多元方差分析^①

Table 3 Multivariate analysis of variance of natural stem-join characters in <i>P. elongata</i> clones					
统计模型	关于没有综合的无性系效应假设的 Monova 测试准则和 <i>F</i> 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) $S=4$ $M=8$ $N=45.5$				
	似然比	<i>F</i> 值	Num <i>DF</i>	Den <i>DF</i>	$Pr > F$
Wilks' Lambda	0.067 369 72	4.31	84	369.79	<0.000 1
Pillai's Trace	1.8523 373 2	3.94	84	384.00	<0.000 1
Hotelling-Lawley Trace	4.376 871 67	4.77	84	291.18	<0.000 1
Roy's Greatest Root	2.494 545 65	11.40	21	96.00	<0.000 1

① Roy's 最大特征根的 *F* 典型统计量是一个上限。

表 4 的 Duncan 分组给出了任何 2 个兰考泡桐无性系在任何一个特定的自然接干性状上是否具有

显著性差异,并表明多数无性系在大多数自然接干性状上没有显著差异,而它们又与少数无性系在大

多数自然接干性状上具有显著差异。

表 5 的主成分分析给出兰考泡桐无性系自然接干性状的第一主成分、第二主成分和第三主成分的贡献率和累积贡献率。其中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)、第二主成分主干材积因子和第三主成分主干圆满度因子(主干平均削度)的贡献率分别为 85.21%、4.24 % 和 2.43% ,三者的累积贡献率为 91.88%。

表 4 无性系自然接干性状的 Duncan 分组^①
Table 4 Duncan grouping of natural stem-join characters of *P. elongata* clones

性 状	分 组
树 高	L5(A)L3(AB)L2(AB)L1(B)L4(C)
主干高	L5(A)L3(B)L1(BC)L2(BC)L4(C)
接干高	L2(A)L3(A)L5(A)L1(B)L4(B)
全干高	L5(A)L3(AB)L2(AB)L1(BC)L4(C)
胸 径	L5(A)L2(AB)L3(AB)L1(B)L4(C)
主干基径	L5(A)L2(A)L3(A)L1(A)L4(B)
主干 1/2 径	L5(A)L2(AB)L3(AB)L1(B)L4(C)
主干端径	L5(A)L2(AB)L3(AB)L1(B)L4(C)
接干 1/2 径	L5(A)L2(A)L3(A)L1(B)L4(B)
主干材积	L5(A)L3(A)L2(A)L1(A)L4(B)
接干材积	L2(A)L5(A)L3(A)L1(B)L4(B)
全干材积	L5(A)L2(A)L3(A)L1(B)L4(C)
主干材积/全干材积	L5(A)L3(B)L1(B)L2(B)L4(B)
接干材积/全干材积	L2(A)L5(A)L3(A)L1(B)L4(B)
主干形数	L5(A)L2(AB)L3(AB)L1(BC)L4(C)
接干形数	L5(A)L2(B)L3(B)L1(C)L4(C)
主干形率	L5(A)L2(B)L3(B)L1(BC)L4(C)
接干形率	L5(A)L2(A)L3(A)L1(B)L4(B)
主干平均削度	L5(A)L3(A)L2(A)L1(AB)L4(B)
通直度	L2(A)L5(AB)L3(AB)L4(AB)L1(B)
冠 幅	L5(A)L3(A)L2(A)L1(A)L4(B)
丛枝病等级	L5(A)L2(B)L3(BC)L1(CD)L4(D)

① 同行不同字母表示差异显著。

表 5 自然接干性状的前三个主成分的贡献率和累计贡献率
Table 5 Contribution ratios and accumulative contribution ratio of 1st, 2nd , 3rd principal component of natural stem-join characters

统计量	主成分		
	第一主成分	第二主成分	第三主成分
特征值	20.154 2	1.920 4	0.654 3
贡献率 /%	85.21	4.24	2.43
累计贡献率 /%	85.21	89.45	91.88

3 结 论

兰考泡桐无性系的自然接干性状存在着广泛和

明显的遗传变异性,其中有 8 个自然接干性状(接干高、主干材积、接干材积、全干材积、接干材积/全干材积、接干形数、通直度、丛枝病等级)属于高度变异型($CV\geqslant 30$),有 10 个自然接干性状(主干高、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/全干材积、接干形率、主干平均削度)属于中度变异型($15\leqslant CV<30$),有 4 个自然接干性状(树高、主干形数、主干形率、冠幅)属于低度变异型($CV<15$)。

接干高性状在影响和决定兰考泡桐无性系自然接干的总体状况和综合表现上起着重要作用。在兰考泡桐通直度和削度性状的遗传改良中,必须改良其徒长枝自然接干类型。

一元方差分析证明,在兰考泡桐无性系的自然接干性状中,只有通直度存在显著性差异,其余自然接干性状都存在极显著差异;多元方差分析证明,兰考泡桐的自然接干性状存在无性系间的极显著差异。

主成分分析揭示了兰考泡桐无性系自然接干性状的第一主成分、第二主成分和第三主成分的贡献率分别为 85.21%、4.24% 和 2.43%,其累积贡献率为 91.88%。

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] 倪善庆编著. 泡桐[M]. 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] 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.
[7] 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.
[8] 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.
[9] 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.
[10] 中国林学会泡桐文集编委会. 泡桐文集[M]. 北京:中国林业出版社,1982:15-36.
[11] 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.