

木麻黄优树子代测定结果分析

何福基 王冬米 卢世俊

(浙江林学院, 临安 311300) (绍兴市林业局) (龙泉市林业局)

许基金 高启良

(浙江省玉环县大鹿山林场)

摘要 本文对木麻黄优树的遗传品质进行了分析和评价。结果表明: 根据表型选择优树是有效的。木麻黄主要生长性状在家系间和家系内的遗传变异十分明显, 其遗传力大小依次为胸径(0.689) > 材积(0.565) > 树高(0.550)。通过子代测定选出的优良家系, 其有性后代在树高、胸径和材积早期生长的遗传增益分别为8.24%, 14.33%和24.16%。研究还表明: 根据6~7a各家系生长状况初选优良家系, 根据种子园无性系早期的胸径生长量, 初步淘汰不良无性系, 都是可行的。

关键词 木麻黄; 优树; 杂交后代; 遗传力; 遗传分析

中图分类号 S722.3; S792.930.4

木麻黄(*Casuarina equisetifolia* L.)又名澳洲铁木,原产澳大利亚及太平洋岛屿,系热带常绿乔木树种^[1]。我国台湾省早有栽培,广东、福建两省引种已有60 a以上历史,浙江有计划引种木麻黄也有30 a左右时间。实践证明,它生长快,抗风固沙能力强,耐盐碱和干旱瘠薄,是我国沿海防风固沙林和农田防护林的优良树种。浙江省玉环县是1964年开始从福建省东山县引种的,28 a来进行了大面积造林,生长良好,已成为当地的主要造林树种。

为提高木麻黄的生产力,必须进行遗传改良。现阶段木麻黄良种选育工作主要停留在选优建园(或圃),少数单位也营造了子代(或无性系)测定林或进行抗性育种,但对其遗传变异规律的研究却很少,尤其是遗传参数的研究国内仅《热带林业科技》等两家刊物偶有报道^[2]。1987年4~5月我们对大鹿山林场1981年营造的单亲子代林和无性系种子园第1小区进行每木调查,并在一般林中作解析木分析。在此基础上,对木麻黄生长性状的遗传力、表型选择效果、优良家系的选择及其增益、早晚期生长相关性等问题进行了初步研究,旨在为木麻黄的良种选育工作提供理论依据和优良的育种材料。

1 试验地区概况

大鹿山林场位于浙江省玉环县的东南面,28.1°N,121.4°E,离玉环本岛约16 km,由大、小鹿岛组成。大鹿山岛面积约120 hm²;最高点海拔239.6m;土壤为石质幼红壤,厚

收稿日期: 1992-05-10; 1992-10-04收到修改稿

度在10~30 cm之间, pH值5.0~6.5; 植被以莎草、蕨类、榿木、化香和狼衣等为主。小鹿山岛在大鹿山岛北侧, 仅隔50m宽的浅海滩, 有铁索桥相通, 面积约55 hm²; 最高点海拔119.0m; 土壤为普通红壤, 厚度中等, 较肥沃, pH值4.5~6.0; 植被以莎草、蕨类和小竹等为主。

该场气候温暖湿润, 常年平均气温16.9℃, 最高和最低气温分别为35.7℃和-5.4℃; 平均相对湿度79.0%; 平均年降雨量1313.2 mm, 无霜期270 d以上; 年均风速4.5 m/s, 常年7级以上大风日数在70 d以上。

2 试验材料和方法

大鹿山单亲代林1980年育苗(5株优势木对比法选出的26株优树的自由授粉种子), 1981年造林, 采用少株随机区组设计, 重复3次。一般苗木(当地混合种子培育)为对照。试验区四周设2~3行保护行。水平带整地。挖穴栽植。株行距2 m × 2 m。抚育管理与生产性造林相同, 而且区组内管理措施一致。在每木调查基础上, 以小区平均数为据进行统计分析。

种子园第1小区位于小鹿山, 系1982年3月定砧, 4月下旬嫁接。水平带整地。株行距4 m × 4 m, 共41个无性系, 其中雄株18个。种子园管理措施一致。每个无性系约20株。从中随机选择生长正常的8株进行每木调查。

在一般林分中选择生长正常, 无病虫害, 不断梢, 并且有代表性的13株平均木进行树干解析, 以分析早、晚期生长的相关性。

统计分析按常规方法进行; 半同胞家系平均遗传力 $h^2_{(HS)} = \sigma_f^2 / (\sigma_f^2 + \sigma_e^2 / r)$; 遗传变异系数 $\xi = \sqrt{\sigma_f^2 / \bar{x}}$; 遗传增益 $\Delta G = i\sigma_p h^2_{(HS)} / \bar{x} \times 100\%$ 。

3 结果与分析

3.1 遗传力的估算

遗传力是研究生物性状遗传变异的主要参数。遗传力大, 表明子代重现亲本性态的能力强; 反之, 表明子代重现亲本性态的能力弱。

大鹿山单亲代林的树高(H), 胸径(D)和材积(V)3个性状的方差分析结果见表1。遗传力估算结果见表2。由表2可知, 木麻黄主要生长性状遗传力的高低顺序为 $D > V > H$ 。

表1 子代林 $H D V$ 方差分析表

Table 1 ANOVA for progeny of select trees at tree height, diameter and volume

变异来源	df	H			D			V			理论 F 值	EMS
		SS	MS	F	SS	MS	F	SS	MS	F		
家系	26	72.04	2.77	2.22**	159.05	6.12	3.21**	0.84	0.03	2.28**	$F_{0.05} = 1.72$ $F_{0.01} = 2.15$	$\sigma_e^2 + b\sigma_f^2$
区组	2	31.00	15.50	12.43**	52.12	26.06	13.69**	0.43	0.22	15.36**	$F_{0.05} = 3.18$ $F_{0.01} = 5.06$	$\sigma_e^2 + f\sigma_b^2$
机误	50	62.33	1.25	—	95.20	1.90	—	0.70	0.014	—	—	σ_e^2
总和	78	165.37	—	—	306.37	—	—	1.97	—	—	—	—

表 2 $H D V$ 的家系平均遗传力表

Table 2 Mean family heritability of tree height, diameter and volume

性 状	H	D	V
$h^2_{(MS)}$	0.5501	0.6888	0.5652

3.2 表型选择的效果分析

从优树自由授粉家系平均生长量来看, 子代林中26个家系有24个优于对照, 占参试家系总数的92%以上。从表3可知, 参试家系各性状的平均值均明显大于对照, 其中材积比对照大1.78倍。这说明采用5株优势木对比法选择木麻黄优树是有效的。

表 3 参试家系与对照平均生长量比较表

Table 3 Comparison of mean increments between tested families and check families

$H(m)$			$D(cm)$			$V(m^3)$		
f	CK	f/CK (%)	f	CK	f/CK (%)	f	CK	f/CK (%)
8.21	6.83	120.20	8.83	5.90	149.70	0.0317	0.0114	278.10

注: f 为家系, CK为对照, 下同

3.3 家系间变异和优良家系的选择

家系间差异显著情况见表4。以材积为例, 最优家系比最差家系大6.43倍。从遗传变异系数来看, H , D 和 V 的变异系数范围分别为0.076~0.132, 0.107~0.228和0.146~1.082。可见, 各家系间的生长性状存在着广泛的遗传变异。这为选择优良家系提供了良好的材料。

表 4 最优家系与最差家系、对照比较表

Table 4 Comparison among the best families, the worst families and check families

$H(m)$					$D(cm)$					$V(m^3)$				
f_{max}	f_{min}	CK	P	K	f_{max}	f_{min}	CK	P	K	f_{max}	f_{min}	CK	P	K
9.35	5.40	6.83	173.1	136.9	11.1	5.2	5.9	213.5	188.1	0.0535	0.0072	0.0114	743.1	469.3

注: f_{max} 为最优家系, f_{min} 为最差家系, $P = f_{max}/f_{min} \times 100\%$, $K = f_{max}/CK \times 100\%$

进一步用LSD法进行各家系(除去比对照差的家系)各性状平均值间以及他们与对照间的差异显著性检验, 同时以25%的入率选为控制数, 根据各家系的 H , D 和 V 达到显著的程度和绝对生长量来评选优良家系。为得到较大的遗传增益, 考虑到木麻黄是用材树种及其 H , D 和 V 3个性状遗传力大小, 评选时本着优先考虑 V , 其次 D 和 H 的原则, 在26个家系的子代林中选出7个优良家系, 详见表5。表5可知, 优良家系平均材积比对照大2.75倍, 最优家系的材积比对照大3.69倍。

表 5 优良家系及其与对照比较表

Table 5 Comparison between superior families and check families

优 良 家 系 号	玉14	乐 4	三门	温州 18	玉12	玉 4	乐 3	平均值	对照	平均值 对 照
$H(m)$	9.35	8.82	9.66	8.64	9.26	9.00	8.87	9.09	6.83	1.33
$D(cm)$	11.1	10.2	9.9	10.2	9.9	9.8	9.7	10.1	5.9	1.71
$V(m^3)$	0.0535	0.0457	0.0437	0.0398	0.0395	0.0386	0.0381	0.0427	0.0114	3.75

优良家系的子代进行大面积造林时,在 H 、 D 和 V 的早期生长上可获得的遗传增益估值见表6。表6可知,优良家系子代早期的遗传增益是显著的。

表6 优良家系遗传增益估算表

Table 6 Estimated genetic gains of the superior families

性状	H	D	V
遗传增益(%)	8.24	14.38	24.16

3.4 家系内变异及优良家系中优株的选择

木麻黄绝大多数是雌雄异株,而且种间极易自然杂交,故子代变异较大。就是同一家系内分离现象也很明显。以子代林第Ⅲ区组为例,除去断梢、倾斜及枯死等不正常植株外,选取优良家系和一般家系各5株。根据每木调查资料,把家系内最优株与最劣株情况列于表7。表7明显可见,家系内个体间变异极为显著。优良家系与一般家系内的最优株材积比最劣株分别大0.71~4.57倍和1.24~11.05倍。第Ⅰ、Ⅱ区组家系内变异情况也基本相似。

表7 子代林第Ⅲ区组内个体差异表

Table 7 Individual variances of progeny at 3rd block

家系号	$H(m)$			$D(cm)$			$V(m^3)$			
	f_{max}	f_{min}	f_{max}/f_{min}	f_{max}	f_{min}	f_{max}/f_{min}	f_{max}	f_{min}	f_{max}/f_{min}	
优良家系	玉14	8.00	5.50	1.45	8.78	6.15	1.43	0.0267	0.0101	2.64
	乐4	10.70	6.60	1.62	14.49	7.32	1.98	0.0903	0.0162	5.57
	三门	9.20	8.00	1.15	8.66	6.97	1.24	0.0287	0.0168	1.71
	温18	8.10	7.20	1.13	11.08	7.90	1.40	0.0428	0.0200	2.14
	玉12	10.00	8.20	1.22	11.34	8.73	1.30	0.0524	0.0268	1.96
一般家系	瑞36	9.80	6.70	1.46	10.76	6.82	1.58	0.0465	0.0141	3.30
	玉11	8.40	7.20	1.17	8.85	5.48	1.62	0.0280	0.0096	2.92
	平阳	7.30	2.00	3.65	8.63	3.60	2.40	0.0241	0.0020	12.05
	杜桥	8.20	6.40	1.28	9.97	7.26	1.37	0.0349	0.0156	2.24
	乐2	6.80	6.00	1.13	8.54	5.54	1.54	0.0224	0.0088	2.55

生物体任一性状的表型都是遗传型与环境因素共同作用的结果。当环境因素相同或相似而性状表现明显不同时,则可认为这种差异主要是遗传因素不同所引起的。子代林各小区内环境条件基本一致,因此各家系内的优株主要是其遗传型优良的体现。根据木麻黄树种特性,其遗传型一般是杂合型的,其子代必将分离,家系平均数必将下降。只有无性繁殖才能固定亲本的优良性状。木麻黄是萌芽能力极强的树种,而且扦插成活率可达80%以上。因此,在优良家系内选优株,经过无性系测定,选出优良无性系进行无性繁殖造林,可获得最大的遗传增益。

木麻黄家系间和家系内变异都极其显著,表明该树种有很大的遗传改良潜力。

3.5 木麻黄早、晚期生长的相关分析

为减少子代测定的工作量,缩短育种周期,提高育种效率,进行树木性状的早、晚期相关分析,为早期选择提供依据,是有重大意义的。

据研究,木麻黄的数量成熟龄在16~18 a左右,若立地条件较差,还可提前。木麻黄在10~12年生时,其生长性状趋于稳定^[1]。考虑到本试验林地基本上处于目前引种并大面积造林的北界,并且立地条件较差,海风影响大,数量成熟龄将提早几年。我们根据13株解析木

资料，依 H 、 D 和 V 的总平均生长量计算了第 11 年与前面各年的相关系数列于表 8。表 8 可知，除树高前几年与第 11 年的相关系数有波动外，其余的相关系数基本上随着年龄增长而增大。胸径和材积分别在第 5、6 年与第 11 年达到显著相关，而且胸径在第 6 年，树高和材积在第 7 年与第 11 年均达到极显著相关，以后的相关系数一直稳定增大。由此看来，可根据第 6~7 年生时的胸径、材积和树高生长量初选优良家系。

表 8 不同年龄间生长量相关系数表

Table 8 Correlation coefficients of increments at different age

树 龄	11-2	11-3	11-4	11-5	11-6	11-7	11-8	11-9	11-10	
a	10.372 2	11.146 9	15.150 0	17.325 0	10.474 0	-1.879 7	-1.414 3	0.166 1	0.991 3	
H	b	0.917 0	0.453 1	-0.375 0	-0.593 8	0.301 6	1.545 5	1.339 3	1.101 2	0.969 4
	r	0.494 3	0.351 8	-0.230 1	-0.460 9	0.188 4	0.813 7 **	0.972 5 **	0.979 4 **	0.996 5 **
a	13.713 5	14.464 6	10.010 5	5.901 7	0.806 5	-3.566 1	-4.575 2	-3.134 7	-1.066 8	
D	b	0.676 2	0.168 9	0.848 7	1.172 8	1.526 0	1.786 4	1.718 6	1.441 9	1.167 8
	r	0.188 4	0.064 3	0.384 7	0.603 8 *	0.822 7 **	0.888 4 **	0.940 9 **	0.987 8 **	0.998 0 **
a	0.123 5	0.105 3	0.079 3	0.062 1	0.027 6	0.010 4	-0.036 0	-0.029 4	-0.011 5	
V	b	-14.386 7	0.086 3	3.018 0	2.606 3	2.905 1	3.107 8	2.895 2	2.088 3	1.401 3
	r	-0.279 1	0.004 2	0.334 0	0.473 0	0.639 3 *	0.752 3 **	0.905 7 **	0.979 2 **	0.998 1 **

注： $P(\frac{\alpha=0.05}{f=11})=0.552 9$ ， $P(\frac{\alpha=0.01}{f=11})=0.683 5$

3.6 木麻黄种子园无性系与子代林家系的相关分析

为了在种子园内早期初步淘汰不良无性系，提高种子园子代的遗传品质，缩小子代测定规模，对种子园第 1 小区内的无性系（5 年生）与子代林内对应的家系（8 年生），即两者均来自同一株优树的生长量进行相关分析，结果见表 9。表 9 可知，两者在胸径生长量上存在显著相关。因此，可根据种子园无性系早期胸径生长量来初步淘汰不良无性系。这从外业测量的准确性和方便性来看，也是切实可行的。

表 9 无性系与家系生长量相关系数表

Table 9 Correlation coefficients of increments between the clones and the families

性状	a	b	r
H	4.709 6	0.637 1	0.450 8
D	4.244 7	0.743 8	0.696 2
V	0.019 9	1.014 7	0.621 5

注： $Y=a+bx$ ， $P(\frac{\alpha=0.05}{f=\tau})=0.666 4$

4 结论与讨论

4.1 木麻黄主要生长性状的遗传力以胸径最高，其次是材积和树高。

4.2 优树自由授粉家系材积平均生长量比对照大 1.78 倍。这表明采用 5 株优势木对比法选择木麻黄优树是有效的。

4.3 木麻黄主要生长性状，各家系间差异十分显著。在 26 个家系中，最优家系的材积比最差家系大 6.43 倍。用从中选出的 7 个优良家系造林时，在树高、胸径和材积的早期生长量上，可分别获得 8.24%，14.33% 和 24.16% 的遗传增益。

4.4 木麻黄家系内变异也极为显著,在26个家系中,家系最优株材积比最劣株大0.71~11.05倍,而且主要是可遗传变异。建议在优良家系内选优株。通过无性系测定选出遗传性优良的无性系造林,可获得最大的遗传增益。

4.5 木麻黄第6~7年与第11年的胸径、材积和树高生长量达到显著或极显著相关。因此,可根据第6~7年的胸径、材积和树高生长量初选优良家系。

4.6 木麻黄种子园无性系(5年生)与对应的子代林家系(8年生)在胸径生长量上相关显著。因此,可根据种子园无性系早期胸径生长量,初步淘汰不良无性系。

子代林和种子园均是大鹿山林场营造的。

本文根据学士论文课题资料,由王冬米执笔。

玉环县农林局孙海平同志参加部分调查,谨表谢意。

参 考 文 献

- 1 郑万钧主编. 中国主要树种造林技术(下册). 北京: 农业出版社, 1978: 722
- 2 许基金. 林业科技通讯, 1980, (5): 32~35

He Fuji (Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, PRC), Wang Dongmi,
Lu Shijun, Xu Jiquan, Gao Qiliang. **Result Analysis on Progeny Tests of
Horsetail Beefwood Superior Trees.** *J Zhejiang For Coll*, 1993, 10(2): 139
~144

Abstract: Analysed and evaluated the hereditary predisposition of horsetail beefwood (*Casuarina equisetifolia* L.) superior trees. The results indicated that phenotypical selection was available in selecting superior trees. The hereditary variations of main growth traits among and within the families were very obvious, and the heritability of diameter breast-high (0.689) was larger than volume (0.565) than tree height (0.550). The genetic gains of superior families selected by progeny tests on early tree height, diameter breast-high and volume growth were 8.24%, 14.33% and 24.16% respectively. The studies also showed that the preliminary selection of superior families according to the growth traits of each family of 6~7 years old was practicable. The preliminary elimination of bad clones according to the early diameter breast-high growth of the clones in the seed orchard was feasible.

Key words: horsetail beefwood (*Casuarina equisetifolia* L.); select trees; filial generations; heritability; genetic analysis