

文章编号:1001-1498(2005)01-0057-05

尾叶桉二代测定林家系的综合评选*

李光友¹, 徐建民¹, 陆钊华¹, 杨伟东², 杨国清², 钟罗生²

(1. 中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东 广州 510520; 2. 广东省国营雷州林业局, 广东 遂溪 524348)

摘要:对 49 个家系的尾叶桉测定林各年度生长性状进行分析与遗传评估, 结果表明: 各年度树高、胸径和材积生长量在家系间存在极显著差异; 分枝、干形和保存率在家系间存在显著差异; 树高、胸径、单株材积、保存率的累积贡献率达 95.45%, 此 4 因子是综合评定家系时采用的; 以家系群体平均选择指数 I_0 为基准, 两种选择标准下的家系材积增益, 3 年生时为 7.63%~15.80%, 4 年生时为 3.92%~10.39%, 5 年生时为 6.08%~23.53%; 以选择指数为指标, 5 年生时入选的 5 个优良家系是: 109, 113, 66, 81 和 100 号。

关键词:尾叶桉; 家系测定林; 指数选择; 遗传增益

中图分类号:S792.39 **文献标识码:**A

Studies on Index Selections of *Eucalyptus urophylla* Families

LI Guang-you¹, XU Jian-min¹, LU Zhao-hua¹, YANG Wei-dong², YANG Guo-qing², ZHONG Luo-sheng²

(1. Research Institute of Tropical Forestry, CAF, Guangzhou 510520, Guangdong, China;

2. Forestry Bureau of Leizhou, Suixi 524348, Guangdong, China)

Abstract: A family-test forest including 49 open-pollinated families of *Eucalyptus urophylla* was built at Leizhou Forestry Bureau in Suixi County, Guangdong Province to examine the genetic performance of the families. The characteristics of height, DBH, individual volume, stem form, branch and survival rate were compared among different families at 3~5 year, the results showed that: (1) The most superior families under index selections include No. 109, 113, 66, 81 and 100; (2) With the 10.20%~55.10% selected rate, the genetic gain of single volume of the superior families in family-test forest was estimated to be 7.63%~15.80% at 3rd years, 3.92%~10.39% at 4th years and 6.08%~23.53% at 5th years.

Key words: *Eucalyptus urophylla*; family-test forest; index selection; genetic gain

在林木改良中,“选择”是指按一定的目标在种内群体对某一部分个体的选留与淘汰。选择育种是获得优良品种和生产群体的重要手段^[1,2]。尾叶桉(*Eucalyptus urophylla* S. T. Blake)的改良育种同样是对群体中个体的选留与淘汰,生产和研究中常采用表型选择与遗传型选择两种基本方法。由于林木改良计划往往要求综合地改良几个性状,并结合改良性状的遗传力与经济上的重要性,以多个性状综合评定值^[1]的高低来选择亲本,从而选择出最优良种

源/家系。依托优良种源/家系建立的核心育种群体,能够不断提高林木长期改良的效果,经多点区域测定^[3],配合杂种试验,获取具有所需改良目的性状的家系及个体,利用无性系测定与评选最终得到稳定表现的无性系个体,供进一步无性繁殖,满足无性系林业发展的需要^[4]。

尾叶桉家系测定林基于以上目标而建立,在种子园家系试验的基础上,淘汰不良家系,丰富优良家系基因资源,组建最优家系核心群体,并为群体改良

收稿日期:2004-07-05

基金项目: NAP 和 FRDPP 项目(1991—2001)“桉树速生丰产林培育技术的研究与推广”、雷州林业局和中国林科院热带林业研究所合作项目(1997—2001)“桉树种子园营建及杂种家系/无性系选育”中的部分研究内容

作者简介: 李光友(1970—),男,重庆开县人,助理研究员。

* 参加调查工作的尚有:陈文平、肖秋明、冼升华、简明等人,在此一并致谢!

下的子代优良单株的选择打好基础,为优良品种的选择做好必要的材料准备。

1 试验点概况

旺基塘二代家系测定林试验点位于广东省雷州半岛国营雷州林业局河头林场,20°18'~21°30' N, 109°39'~110°38' E,年平均气温22.7℃,年降水量1800 mm,雨量大部分集中在4—9月,干湿季节明显,7—10月为台风季节,年热带风暴登陆2~3次。试验点土壤属于薄层浅海沉积砖红壤,主要土壤特性:有机质4.70 g·kg⁻¹,全N 250 mg·kg⁻¹,全P 40 mg·kg⁻¹,全K 1.21 g·kg⁻¹,有效N 33.14 mg·kg⁻¹,有效P 4.20 mg·kg⁻¹,有效K 45.00 mg·kg⁻¹,pH值(水提)3.80。造林前茬为桉树(*Eucalyptus* sp.)林。林下植被有马缨丹(*Lantana camara* L.)、了哥王(*Wikstroemia indica* (L.) C. A. Mey.)、飞机草(*Eupatorium odoratum* L.)等。

2 材料与方法

2.1 试验材料

参试家系共计49个,采自中国林科院热林所新会市大泽镇尾叶桉改良代种子园(23°34' N, 113°05' E,海拔45 m)优良单株。参试子代采种优树原种产地概况见表1。

2.2 研究方法

采用随机区组设计,参试家系49个,4次重复,

10株小区,株行距2 m ×3 m。1998年3月造林后每年观测树高、胸径、干形、分枝等性状,并调查各年度保存率。试验林已于2003年6月砍伐。

单株材积(V)采用公式 $V = H \times D_{1.3}^2 / 30\ 000^{[5]}$ 计算。用SAS软件进行统计、因子分析^[6,7]。

种子园母树干形、分枝及保存率等性状可作为优良家系或单株的选择指标^[2],干形分4级:主干通直4分,有1个弯3分,2个弯2分,3个以上弯1分;分枝分3级:分枝大3分,分枝中2分,分枝细1分。

采用树高、胸径、单株材积和保存率等多性状指数选择法构建初级选择指数方程进行纸浆材优良家系评定,其公式为: $I_i = \sum_{n=1}^n W_n h_n^2 P_n^{[8]}$,其中 I_i —某家系聚合性状指数值; W_n —第 n 个性状的权重($1/\sigma$, σ 为标准差); h_n^2 —第 n 个性状的遗传力; P_n —第 n 个性状的表型值。

遗传增益的估算公式为: $G = h_n^2 S \bar{X}^{-1[7]}$,其中 G 为遗传增益; S 为优良家系均值与家系总群体均值的离差; \bar{X} 为家系总群体性状加权平均值。

3 结果与分析

3.1 各年度树高、胸径、单株材积生长分析

对49个家系的生长性状作方差分析,采用小区平均值计算树高、胸径及单株材积,结果见表2。

表1 参试子代种源/家系原产地与试验号对照表

种源批号	家系号	家系个数	原产地	S/(°)	E/(°)	海拔/m	
12897	52	1	MT. Mandiri	IND	8 33	122 35	830
13010	51	1	Ulanu R.	IND	8 20	124 27	700
14531	66,68~73	7	Mt. Egon	IND	8 38	122 27	515
14532	50	1	MT. Lewotobii	IND	8 31	122 45	398
14533	53,55	2	Flores Island	IND	8 31	122 45	340
14534	23,44,47,54,56,57,59,64,78,81,84	11	Mt. Egon	IND	8 38	122 27	500
15089	85	1	Mt. Egon Flores	IND	8 38	122 27	500
16682	115,116,121,124	4	Mt. Egon, Flores	IND	8 38	122 27	415
17565	93,94,96	3	Lewotobi	IND	8 32	122 48	375
17567	98~102,106~109	9	Mt. Egon Flores	IND	8 38	122 27	450
17570	110,111	2	Bangat Flores	IND	8 38	122 27	330
17572	112	1	Iling Gele	IND	8 37	122 27	600
17573	113	1	Andalan	IND	8 36	122 28	725
B2	91	1	—	BRZ	—	—	—
B3	92	1	—	BRZ	—	—	—
混合	86,87,89	3	—	—	—	—	—

注:混合种源由14531、14532、12895、12987四个种源混合而成。

表 2 轮伐期内不同年龄家系、区组生长性状方差分析

林龄/a	变异来源	自由度	F 值			P _r > F		
			树高	胸径	单株材积	树高	胸径	单株材积
1	区组间	3	1.40			0.242 9		
	家系间	48	4.50 **			0.000 1		
2	区组间	3	3.61 *	2.45	1.57	0.014 4	0.065 2	0.197 4
	家系间	48	1.88 **	1.71 **	1.70 **	0.001 4	0.005 7	0.006 2
3	区组间	3	35.36 **	4.24 **	11.19 **	0.000 1	0.006 3	0.000 1
	家系间	48	2.40 **	1.87 **	1.87 **	0.000 1	0.001 5	0.001 6
4	区组间	3	107.95 **	30.74 **	59.37 **	0.000 1	0.000 1	0.000 1
	家系间	48	3.45 **	2.91 **	3.00 **	0.000 1	0.000 1	0.000 1
5	区组间	3	4.91 **	4.98 **	3.06 *	0.002 6	0.002 4	0.029 4
	家系间	48	2.05 **	2.82 **	2.70 **	0.000 3	0.000 1	0.000 1

注:1 年生只调查了树高; * 表示 1% 极显著, * 表示 5% 显著,下同。

由表 2 看出,各年度树高、胸径及单株材积性状在家系间均达极显著差异;1 年生树高,4 年生树高、胸径、单株材积在家系间达极显著差异;3、4、5 年生的生长性状在区组间也达极显著差异;2 年生树高在区组间达显著差异。方差分析结果表明:随着林分年龄的增加各性状在家系、区组间存在分化和遗传差异,可以通过选择获得优良家系。

对 5 年生高生长进行排序,前 3 名分别是 109, 113, 81 号家系,树高分别达 16.64, 16.63, 16.47 m, 78 号家系最低,树高达 12.08 m,前 3 名家系的树高分别是 78 号家系树高的 138%, 138%, 136%。5 年生时所有家系平均树高 14.65 m,最高的 109 号家系的树高是平均值的 114%。

对 5 年生胸径生长进行排序,前 3 名分别是 113, 99, 100 号家系,胸径分别达 14.57, 14.42, 14.11 cm, 102 号家系最小,胸径达 10.76 cm,前 3 名家系的胸径分别是 102 号家系胸径的 135%, 134%, 131%。5 年生时所有家系平均胸径达 12.53 cm,最大的 113 号家系的胸径是平均值的 116%。

对 5 年生单株材积生长进行排序,前 3 名分别是 113, 109, 100 号家系,平均单株材积分别达 0.119 9, 0.110 4, 0.109 0 m³, 78 号家系生长最小,平均单株材积只有 0.048 76 m³,前 3 名家系的平均单株材积分别是 78 号家系的 246%, 226%, 224%。5 年生时 49 个家系群体的平均单株材积达 0.080 72 m³,生长最好的 113 号家系平均单株材积是总平均单株材积的 149%。

3.2 形质指标及保存率变化分析

以 49 个家系 5 年生时调查数据为基础,将其得分数据反正弦变换后进行干形、分枝及保存率差异的显著性检验(Duncan 检验),结果见表 3。

由表 3 知:林内各家系的干形、分枝和保存率在家系间存在显著差异,后二因子还达极显著水平;干形、分枝在区组间达极显著差异,说明通过形质指标对家系进行选择,可以获得形质性状好的家系。该地林木总保存率变化与间伐有关,但不同家系的保存率可能与家系的抗风能力关系更大,不同家系的保存率差异为测定林的间伐和空间管理提供了依据。

表 3 5 年生时各家系干形、分枝及保存率方差分析

林龄/a	变异来源	自由度	F 值			P _r > F		
			干形	分枝	保存率	干形	分枝	保存率
5	区组间	3	41.96 **	8.07 **	1.82	0.000 1	0.000 1	0.145 4
	家系间	48	1.84 **	1.51 *	4.99 **	0.002 0	0.028 0	0.000 1

表 4 5 年生时调查因子间的表型和遗传相关矩阵

因子	树高	胸径	单株材积	保存率	干形	分枝
树高(x ₁)		0.707 1 **	0.992 3 **	0.538 9 **	0.105 4	0.322 4 *
胸径(x ₂)	0.696 7 **		0.976 9 **	0.394 6 **	0.035 7	0.086 1
单株材积(x ₃)	0.846 6 **	0.957 2 **		0.399 6 **	0.129 4	0.240 0
保存率(x ₄)	0.504 4 **	0.388 7 **	0.396 8 **		0.088 5	0.248 4
干形(x ₅)	0.105 4	0.031 2	0.063 0	0.059 7		0.531 8 **
分枝(x ₆)	0.299 4 *	0.085 7	0.157 2	0.223 7	0.436 4 **	

注:r_{0.01} = 0.354, r_{0.05} = 0.273;左下角是性状间的表型相关系数,右上角是遗传相关系数。

3.3 性状间的相关分析

在家系水平上了解主要性状之间的相互关系,对进行综合选择时在性状取舍方面具有一定的指导作用。经统计及计算分析,性状间的表型及遗传相关结果见表4。

从表4看出:树高与胸径、材积、保存率存在极显著正相关,与分枝只存在显著相关;胸径与单株材积、保存率存在极显著相关;单株材积与保存率存在极显著相关;干形和分枝之间存在极显著相关。以上结果表明:6个性状因子大致可以分为两类,第一类包括树高、胸径、材积和保存率;第二类包括干形和分枝,这个结果可由因子分析法来加以验证。对6个因子分析时发现:前4个特征值包括树高、胸径、材积、保存率的累积贡献率达95.45%,所以选择前4个因子来进行分析即可。前4个因子看作一类与家系选择的生长指标一致,后2个因子属于家系选择的形质指标,尾叶桉作为纸浆材,后2个因子在决定家系选择时不予考虑。

对表型相关矩阵的因子分析后,经过方差最大旋转,进一步简化结构,得出旋转因子模型为:

$$\begin{aligned} x_1 &= 0.907\ 62y_1 - 0.029\ 11y_2 + 0.006\ 09y_3 - \\ &\quad 0.108\ 38y_4; \\ x_2 &= 0.887\ 36y_1 - 0.265\ 23y_2 - 0.245\ 52y_3 + \\ &\quad 0.042\ 08y_4; \\ x_3 &= 0.944\ 64y_1 - 0.207\ 53y_2 - 0.237\ 31y_3 - \\ &\quad 0.028\ 02y_4; \\ x_4 &= 0.619\ 90y_1 + 0.058\ 78y_2 + 0.724\ 99y_3 + \\ &\quad 0.284\ 83y_4; \end{aligned}$$

$$x_5 = 0.182\ 29y_1 + 0.815\ 94y_2 - 0.312\ 63y_3 + 0.449\ 47y_4;$$

$$x_6 = 0.349\ 68y_1 + 0.779\ 69y_2 + 0.126\ 05y_3 - 0.489\ 03y_4。$$

从模型中4个公因子对各变量的载荷来看,也验证了表4中反映的6个研究性状的分类结论,因此可以只采用前4个性状来综合评定该测定林49个家系的优良水平。

3.4 家系多性状指数选择和家系遗传增益的估算

针对上面分析,可以采用树高、胸径、单株材积和保存率来构建多性状选择指数方程来进行测定林优良家系评定,其公式为: $I_i = \sum_{i=1}^n W_n h_n^2 P_n$,具体说明见研究方法。为研究测定林对当前纸浆材人工林生产指导作用,测定林也采用短轮伐期,即3~5a内研究各项指标,分析在1个轮伐期内各年度家系的实际表现以利于选择。

通过计算,得出各年度家系聚合性状指数值的方程式为:

$$I(5\ a) = 0.131\ 1H + 0.353\ 9D + 28.606\ 8V + 4.058\ 0SU;$$

$$I(4\ a) = 0.150\ 2H + 0.317\ 9D + 21.569\ 9V + 3.049\ 2SU;$$

$$I(3\ a) = 0.530\ 3H + 0.713\ 6D + 58.593\ 9V + 5.149\ 1SU。$$

式中 I ——聚合性状指数值; H ——树高; D ——胸径; V ——单株材积; SU ——保存率。

按以下2个选择标准,对家系测定林进行综合评定,入选家系指数值及增益见表5。

表5 2个标准下各年度入选的优良家系及其增益

林龄/a	性状	优良家系入选率/%		$G1$ /%	$G2$ /%	林分平均值	入选家系指数值	
		标准	标准	标准	标准		I_0	I_0+
3	H			2.21	4.05	11.98		
	D			2.89	5.58	10.74		
	V	14.29	53.06	7.63	15.80	0.047 14	22.098	22.798
	SU			4.91	6.31	81		
4	H			0.93	2.62	13.41		
	D			1.25	3.03	11.51		
	V	14.29	55.10	3.92	10.39	0.061 42	9.574	10.169
	SU			7.29	11.27	66.7		
5	H			1.05	3.48	14.65		
	D			2.28	5.98	12.53		
	V	10.20	53.06	6.08	23.53	0.080 72	11.628	12.822
	SU			10.46	14.73	54.3		

注: H ——树高/m; D ——胸径/cm; V ——单株材积/ m^3 ; SU ——保存率/%

标准 :大于群体平均指数值(I_0)加一个选择标准差(σ)的优良家系

标准 :大于群体平均指数值(I_0)的优良家系

按标准 筛选,3年生时有7个优良家系入选,它们是:109,47,66,71,115,116,121号家系;4年生时有7个优良家系入选,它们是:109,113,81,87,107,110,66号家系;5年生时有5个优良家系入选,它们是:109,113,66,81,100号家系。3、4、5年生时的入选率分别为14.29%、14.29%、10.20%;

按标准 筛选,3、4、5年生时分别有26、27、26个优良家系入选,其中包括以上各年度入选优良家系,入选率分别为53.06%、55.10%、53.06%。

对3、4、5年生时各性状同时选择,按标准 3个年度均入选的优良家系有66和109号家系,入选率为4%;按标准 3个年度均入选的优良家系有19个,它们是:51,53,66,68,70,71,81,87,89,92,94,98,101,107,109,113,115,121和124号家系,入选率为39%。

标准 较标准 严格,因此前者入选率较低。入选家系采用何种标准需要根据今后试验进程来确定,一般原则是亲代入选条件可宽,子代及多代选择时条件适当严格。

4 结论与讨论

(1)各年度树高、胸径及单株材积性状在家系间均达极显著差异;3、4、5年生时生长性状在区组间也达极显著差异。随着林分年龄的增加各性状在家系、区组间存在分化和遗传差异,因此,可以通过选择获得优良家系,进一步选择家系潜力很大。随年龄增加性状选择可靠性越大。

(2)测定林内各家系的分枝、干形和保存率在家系间存在显著差异;干形、分枝在区组间均达极显著

差异,说明通过形质指标对家系进行选择,可以获得形质性状好的家系。不同家系在保存率上的差异对测定林的间伐和空间管理提供了依据。

(3)对测定林49个家系,按标准 I,在入选率为10.20%选择下,家系材积遗传增益达23.53%;按标准 ,在入选率为53.06%选择下,家系材积遗传增益达6.08%;入选家系指数值表现为:3年生>5年生>4年生,其原因可能是3年生时林分进行过间伐。

(4)优良家系的选择为尾叶桉种子园升级换代的群体改良提供了丰富的材料,为下一步进行无性系测定与良种生产的区域性育种试验提供了物质基础,选择结果也为家系测定林的间伐和新造林的空间管理提供了依据。

参考文献:

- [1] 徐建民,白嘉雨,甘四明. 尾叶桉家系综合选择研究[J]. 林业科学研究,1996,9(6):561~567
- [2] 王明麻. 林木育种学概论[M]. 北京:中国林业出版社,1988:67~81,202~203
- [3] 徐建民,李光友,陆钊华,等. 尾叶桉种子园群体改良自由授粉家系子代多点区域试验研究[J]. 林业科学研究,2003,16(3):277~283
- [4] 徐建民,白嘉雨,陆钊华. 华南地区桉树可持续遗传改良与育种策略[J]. 林业科学研究,2001,14(6):587~594
- [5] Mckenney D W, Davis J S, Turnbull J W, et al. The impact of Australian tree species research in China [A]. ACIAR Economic Assessment Series[C]. Canberra,1991(12):6~7
- [6] SAS Institute Inc. SAS/STAT User's Guide [M]. Version 6:vol.1,vol.2, fourth ed. Cary,NC:SAS Institute Inc,1990:891~996,1661~1673
- [7] 黄少伟,谢维辉. 实用SAS编程与林业试验数据分析[M]. 广州:华南理工大学出版社,2001:178~181
- [8] Cotter P P, Dean C A. Successful Tree Breeding with Index Selection [M]. CSIRO Australia,1990