

文章编号: 1001-1498(2003)03-0277-07

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*

徐建民¹, 李光友¹, 陆钊华¹, 白嘉雨¹, 卢国桓², 王尚明³

(1. 中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东 广州 510520;

2. 广东省新会市林业局, 广东 新会 529000; 3. 中国国营林场开发总公司雷州林业局, 广东 遂溪 524348)

摘要:对5个地点81个自由授粉家系尾叶桉子代测定3a的生长性状进行分析与遗传评估,结果表明:树高、胸径和材积生长量在家系、地点间和家系与地点交互效应上存在极显著的差异。通过选择确定了44、47、50、66、68和88号家系为广谱型优系,同时分别选出了适宜5个试点造林区的优系各5个。测试结果对新会大泽尾叶桉种子园实施良种分类定向供种和留优去劣的遗传间伐提供了依据。若根据广谱型和局地型优系按型分系采种,实施分类定向供种其材积遗传增益为3.37%~10.57%;若对种子园实施留优去劣疏伐,其遗传增益可达6.74%~21.14%。

关键词:尾叶桉;自由授粉家系;家系×地点互作;遗传增益

中图分类号: S759.8 Q969.9 **文献标识码:** A

尾叶桉(*Eucalyptus urophylla* S. T. Blake)自20世纪80年代在华南地区开展种源/家系引种试验研究以来,已发展成为两广、海南的短周期工业用材林主要造林树种之一。尾叶桉的良种生产和经营管理,经历了早期的采种母树林、初级种子园建设,现进入到改良代种子园、二代种子园和无性系种子园建设时期。如何在初级种子园基础上,通过自由授粉家系子代的多点区域性测定研究,在获悉子代对不同造林区的适应性、稳定性和生产潜力的遗传信息后,进一步确选园中的优良家系,并对种子园实施留优去劣的遗传疏伐使之改造为改良代种子园;同时在良种经营生产上,如何利用家系子代的多点区域性研究结果,使种子园的良种生产能够面对不同生态造林区实现良种的分类定向供应。

迄今为止,国内对该树种尚无上述研究报道,同时作者认为华南地区尾叶桉的遗传改良与育种应以多世代群体遗传改良为依托,种间杂交无性转化利用为突破,加快育种增益转化为生产力^[1]。因此,开展尾叶桉种子园群体改良自由授粉家系的子代多点区域测试研究,是种子园遗传间伐、良种分类定向供应和确选园中优系不容忽视的重要环节。

收稿日期: 2002-02-20

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”内容之一

作者简介: 徐建民(1964—),男,云南禄丰人,研究员,在职博士生。

* 参加研究的还有新会市林业局赵汝玉、黎元伟、吕振业,海南省桉树科技推广站温茂元,海南国营儋州林场林造生、牛永强,雷州林业局陈孝、杨国清、陈文平、简明、冼新华等。在此一并致谢!

1 材料与方法

1.1 试验材料

参试子代共计 81 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。

表 1 参试子代家系/原产地一览表

家系试验号	种源号	子代数量/个	原产地		纬度(°)S	经度(°)E	海拔/m
49,52	12897	2	MT. Mandiri	IND	8 33	122 35	830
51	13010	1	Ul Anu R Alor	IND	8 20	124 27	700
48,66~74	14531	10	Mt. Egon	IND	8 38	122 27	515
50,75,76	14532	3	MT. Lewotobii	IND	8 31	122 45	398
53,55	14533	2	Flores Island	IND	8 31	122 45	340
23,44~47, 54,56~65, 77~84	14534	23	Mt. Egon	IND	8 38	122 27	500
85	15089	1	Mt. Egon Flores	IND	8 38	122 27	500
115~124	16682	10	Mt. Egon, Flores Is	IND	8 38	122 27	415
93~97	17565	5	Lewotobi	IND	8 32	122 48	375
98~109	17567	12	Mt. Egon Flores	IND	8 38	122 27	450
110~111	17570	2	Bangat Flores	IND	8 38	122 27	330
112	17572	1	Iling Gele	IND	8 37	122 27	600
113~114	17573	2	Andalan	IND	8 36	122 28	725
91	B2	1	—	Brazil	—	—	—
92	B3	1	—	Brazil	—	—	—
86~90	混合种源	5	—	—	—	—	—

注:混合种源:由 14531、14532、12895、12987 号种源混合。

1.2 试验点概况

5 个区域性子代测定林于 1998 年 4—8 月,分别建在海南省儋州市(19°24'N,109°39'E)、广东雷州林业局(20°18'~21°30'N,109°39'~110°38'E)、广东省新会市杜远镇(23°34'N,113°05'E)、河源市连平县忠信镇(24°23'N,114°40'E)、广东省饶平县(23°40'N,116°56'E)。儋州点位于海南省国营儋州林场,属热带海洋季风气候,年均气温 24℃,无霜冻期,年均降水量 1 600 mm。旱季明显从 11 月至翌年 4 月,年均 10 级以上热带风暴 2~3 次,试验地是粗质花岗岩发育的砖红壤台地。雷州点设在广东雷州林业局河头林场,属热带季风气候型,年平均气温 23.5℃,年均降水量 1 855 mm。7—10 月为热带风暴季节,年登陆 2~3 次,土壤为浅海沉积砖红壤。新会点地处粤中地区,属南亚热带气候区,年均气温 22.3℃,常年无霜,年均降水量 1 750.4 mm。林地属低山坡地,土壤是花岗岩发育的红壤。河源点地处粤北地区,在翁源的龙仙盆地与五华灯塔盆地之间,属南亚热带气候区,年均气温 20.5℃,极端最低温 -3.5℃,年均降水量 1 695 mm。林地属低山坡地,土壤属紫色砂页岩发育的紫色红壤。饶平点地处粤东地区,属南亚热带气候区,年均气温 21.4℃,极端最低温 0.8℃,无霜期 349 d,年均降水量 1 470.4 mm,林地属花岗岩发育的山地赤红壤,土层深厚、疏松,林下植被优势种是豆科(Leguminosae)植物野花生(*Arachis* sp.)。各试验点林地土壤养分分析结果见表 2。

表2 5个试验点土壤分析结果

试点	pH值	有机质	全N	全P	全K	速N	速P	速K	有效B	代换1/2Ca ²⁺	代换1/2Mg ²⁺
		(g kg ⁻¹)			(mg kg ⁻¹)			(μg g ⁻¹)	(mmol kg ⁻¹)		
儋州	5.10	0.541	0.028	0.026	0.190	21.63	0.23	1.38	0.213	0.44	0.24
雷州	3.80	4.700	0.250	0.040	1.210	33.14	0.42	4.50	0.370	0.54	0.68
新会	4.10	7.200	0.320	0.060	1.080	41.37	0.88	8.83	0.315	0.38	0.56
河源	4.45	11.170	0.440	0.274	3.388	52.80	2.40	23.67	0.514	—	—
饶平	5.02	20.430	0.682	0.234	13.190	71.61	2.21	46.17	0.632	—	—

1.3 试验方法

试验采用完全随机区组设计。儋州、雷州、新会、河源和饶平试验点的参试家系分别为81、49、36、36和38个家系,每试点均以10株为小区,4次重复。造林后6个月观测树高、胸径并调查成活率。之后分别于1、2、3年生时进行树高、胸径的生长调查。

单株材积(V)采用公式 $V = H \times D_{1.3m}^2 / 30\ 000$ [2] 计算。用SAS软件进行统计分析[3,4]。遗传增益的估算公式为 $G = (x - X) \times h^2 / X^{[5]}$,其中 G 为遗传增益(%), x 为入选亲本子代家系材积平均值, X 为所有家系的材积加权平均值, h^2 为家系遗传力。

2 结果与分析

2.1 区域性多点方差分析

对同时存在3个试点以上的36个家系作多点方差分析,采用固定模型,缺失家系数据按缺失处理,分析结果见表3。

表3 多地点方差分析结果

变异来源	自由度	F值			概率P			
		树高	胸径	材积	树高	胸径	材积	
2年生	家系	35	7.99**	8.82**	9.76**	0.0001	0.0001	0.0001
	地点	4	230.78**	93.97**	156.13**	0.0001	0.0001	0.0001
	家系×地点	140	3.52**	3.95**	4.16**	0.0001	0.0001	0.0001
3年生	家系	35	3.25**	4.66**	3.86**	0.0001	0.0001	0.0001
	地点	4	294.60**	246.53**	272.94**	0.0001	0.0001	0.0001
	家系×地点	140	1.83**	1.74**	1.71**	0.0001	0.0001	0.0001

**表示达1%极显著差异,*表示5%显著差异,下同。接受零假设的概率P值,当概率 $P < 0.05$ 时,拒绝零假设,表示差异显著,下同。

表3表明:2、3年生时各生长性状在家系、地点和家系与地点的交互效应上,均达到极显著的差异水平。表明家系间存在极大的适应性和遗传差异,地点效应的F值极大,通过选择可获得适应性强、生长表现好的家系。

2.2 各试验点家系生长比较

以5个试点36个相同家系为基础,进行地点差异的显著性检验(Duncan检验),见表4。结果表明:2年生时,5个地点的树高、胸径和材积生长量均有显著差异。其中以雷州试验点的生长量最高,河源与饶平两地次之,儋州、新会两地生长量最小。3年生时地点间的差异依然显著,但家系生长量在试验点上的排序发生了变化,5个试验点材积生长量的排序:饶平 > 雷州 > 河源 > 新会 > 儋州。其中以饶平试验点的材积生长量最高达 $0.065\ 71\ \text{m}^3\ \text{株}^{-1}$,是儋州试验点生长量最低($0.032\ 07\ \text{m}^3\ \text{株}^{-1}$)的2.05倍。鉴于地点×家系互作效应极为显著(表3),有

必要分别对各试验点的家系进行评选。

2.3 不同试验点子代生长差异、优良家系的筛选

对 3 年生 5 个试验点的生长性状分别进行方差分析,结果见表 5。从表中可见,树高、胸径、单株材积在家系间均存在极显著差异,区组间除饶平点的树高、雷州点的胸径生长差异不显著外,其他试点的生长性状在区组间、家系与区组的互作上均达到显著水平。据此可进一步分析比较子代的生长表现和优良家系的选择。

表 4 地点间生长差异显著性检验

性状	2 年生			3 年生		
	地点	平均值	Duncan 检验	地点	平均值	Duncan 检验
树高/m	雷州	10.709 8	A	饶平	13.223 3	A
	河源	9.757 9	B	雷州	12.682 3	B
	饶平	9.679 8	B	儋州	10.882 1	C
	儋州	9.121 7	C	河源	10.858 8	C
	新会	8.436 0	D	新会	10.121 2	D
胸径/cm	雷州	9.021 9	A	饶平	12.037 5	A
	饶平	8.676 3	B	雷州	11.708 0	A
	河源	8.565 4	B	新会	9.908 7	B
	儋州	8.104 4	C	河源	9.582 1	BC
	新会	7.951 7	C	儋州	9.450 8	C
材积/m ³ 株 ⁻¹	雷州	0.029 461	A	饶平	0.065 712	A
	饶平	0.024 753	B	雷州	0.059 638	B
	河源	0.024 295	B	河源	0.034 106	C
	儋州	0.020 408	C	新会	0.033 283	C
	新会	0.018 658	D	儋州	0.032 073	C

显著水平为 0.01

表 5 5 个试点家系 3 年生生长方差分析结果

试验点	变异来源	自由度	F 值			概率 P 值		
			树高/m	胸径/cm	材积/m ³ 株 ⁻¹	树高	胸径	材积
饶平	区组间	3	2.31	8.08 **	4.65 **	0.075 1	0.000 1	0.003 2
	家系间	37	4.20 **	2.35 **	2.99 **	0.000 1	0.000 1	0.000 1
	家系 × 区组	111	1.92 **	1.65 **	1.76 **	0.000 1	0.000 1	0.000 1
雷州	区组间	3	67.30 **	0.83	7.71 **	0.000 1	0.478 7	0.000 1
	家系间	48	1.87 **	2.03 **	2.06 **	0.000 4	0.000 1	0.000 1
	家系 × 区组	144	1.56 **	0.95	1.05	0.000 1	0.633 4	0.343 8
河源	区组间	3	83.53 **	12.25 **	28.73 **	0.000 1	0.000 1	0.000 1
	家系间	35	5.18 **	2.44 **	2.71 **	0.000 4	0.000 1	0.000 1
	家系 × 区组	105	3.44 **	1.27 *	1.85 **	0.000 1	0.042 3	0.000 1
新会	区组间	3	105.29 **	40.49 **	49.56 **	0.000 1	0.000 1	0.000 1
	家系间	35	8.36 **	4.64 **	4.96 **	0.000 1	0.000 1	0.000 1
	家系 × 区组	105	2.59 **	1.19	1.51 **	0.000 1	0.130 3	0.003 3
儋州	区组间	3	7.30 **	4.25 **	8.23 **	0.000 1	0.005 9	0.000 1
	家系间	80	2.90 **	1.70 **	2.57 **	0.000 1	0.009 0	0.000 1
	家系 × 区组	240	0.97	0.70	0.98	0.567 5	0.983 9	0.547 8

经 Duncan 检验,以材积生长量为评选指标进行分组,从分组数结果及生长最好的前 15 名

家系(表6)看出:饶平、雷州、河源、新会和儋州5个试点的分组数分别为8、8、10、13和9个组。5个试点选出的前15名家系共有43个,占参试家系总数的53.1%,其中44、47、50、66、68和88号共6个家系至少在3个试点生长表现优良。68号家系在4个试点表现优良,47号在5个试点表现极佳。

表6 5个试验点各家系3年生平均单株材积排序

地点	因子	前15名排序及各地家系总分组数
饶平	前15优家系	23,94,47,53,113,70,88,66,68,44,107,69,75,45,50
	检验分组数	8
雷州	前15优家系	47,108,71,99,121,100,109,55,66,52,72,59,98,113,116
	检验分组数	8
河源	前15优家系	88,109,66,69,98,71,90,107,83,68,81,47,87,94,50
	检验分组数	10
新会	前15优家系	53,50,88,47,45,69,44,71,101,81,68,111,70,64,90
	检验分组数	13
儋州	前15优家系	73,57,72,76,44,54,68,90,61,87,48,47,102,64,83
	检验分组数	9

早期的尾叶桉种源/家系试验研究表明,来自印度尼西亚 Mt. Egon Flores 岛的 14534、14531、16882 和 17567 种源是适宜华南地区生长,且产量高的优良种源^[6~8]。为此,在营建新会大泽种子园时,为提高种子园遗传品质,增加了上述4个种源的建园家系数量。从表6各试点家系子代的测定筛选结果表明:来自14534、14531、16682和17567种源家系的子代生长表现好,共有33个家系入选前15名,占入选优良家系的76.74%。因此,在下一阶段对种子园留优去劣的间伐时,应继续保留上述4个种源中的优良家系。

2.4 不同地点选择家系的遗传增益估算

以饶平、雷州、新会和河源4个试点共有的27个家系观测数据作方差分析估算各生长性状的家系遗传力,采用混合模型,地点、区组为固定效应,其它因子为随机效应。同时以家系平均材积为选择指标作亲本选择,估算不同入选率下的材积遗传增益(表7)。

表7 3试点各生长性状家系遗传力及不同入选率下的材积遗传增益

试验点	遗传力			不同入选率下的材积遗传增益 G/%				
	H	D	V	1/2	1/5	广谱优系	局优系	广谱+局优系
饶平	0.3197	0.2481	0.3421	5.33	10.18	5.42	12.39	8.59
雷州				2.73	4.86	1.46	6.02	3.74
河源				3.62	5.14	2.14	5.30	3.37
新会				7.43	12.78	8.49	14.42	10.57

从表7中看出,材积遗传增益在不同选择强度下均有显著增加,在1/5入选率下,材积遗传增益可达4.86%~12.78%。广谱型优系的筛选是在参试家系中至少在3个试点材积生长量排名前15位的优良家系,它们是:44、47、88、50、66和68号共有6个优家系。局地型优系是各试点通过材积生长量排序确选前5名。饶平局地型优系是:23,94,47,53和113号;雷州

局地型优系是:47,108,71,99和121号;河源局地型优系是:88,109,66,69和98号;新会局地型优系是53,50,88,47和45号。亲本选择的遗传增益与选择方式有关,表7中的遗传增益是在未疏伐种子园采用相应的优良家系造林时的增益。若对种子园进行去劣疏伐,保留相应的优系,则遗传增益的估算公式应为 $G = 2(\bar{x} - \bar{X}) \times h^2/\bar{X}^{[5]}$,即相应的遗传增益增加一倍。

3 结论与讨论

(1)尾叶桉种子园优良家系多点区域性子代测定结果表明,生长性状在家系、地点间和家系与地点的交互效应上均存在极显著的差异。5个试点3年生的材积生长量:饶平>雷州>河源>新会>儋州,表明尾叶桉不仅适宜热带地区且适宜南亚热带地区生长。粤北地区(24°23'N以南)和粤东的低山丘陵大部区域,是未来大规模发展尾叶桉速生丰产林基地的理想区域,其生产潜力不低于传统的粤西桉树主要栽培区。

(2)相同家系在不同地点的生长表现相对不同,因此对不同的造林区应选择各自优良的家系。本试验选出了44、47、50、66、68和88号为广谱型优良家系;以儋州为代表适宜海南琼北地区的局地型优良家系是73、57、72、76和44号家系;以雷州为代表适宜粤西雷州半岛的局地型优良家系是47、108、71、99和121号;以新会为代表适宜粤中低山丘陵的局地型优良家系是53、50、88、47和45号;以河源为代表适宜粤北地区低山丘陵的局地型优良家系是88、109、66、69和98号;以饶平为代表适宜粤东地区的局地型优良家系是23、94、47、53和113号。

(3)本次种子园家系子代区域性研究结果表明,来自印尼Mt. Egon Flores岛的14534、14531、16682和17567种源的家系子代,在5个试点生长表现极好,共有33个家系入选前15名,占入选优良家系的76.74%。因此,这一测定结果对新会大泽尾叶桉种子园实施留优去劣的遗传间伐提供了重要遗传测定依据,同时研究结果也为该园针对今后不同生态造林区实施良种分类定向供种提供了依据。若依据广谱型和局地型优系或取1/5的优系按型分系采种供种,其材积遗传增益分别为3.37%~10.57%,4.86%~12.78%。如果对种子园进行留优去劣的疏伐,保留相应的优系,上述遗传增益将分别提高到6.74%~21.14%,9.72%~25.56%。

(4)广谱型优良家系、局地型优良家系的选出及本次子代测定同批种子的保留,为尾叶桉种子园升级换代的群体改良奠定了坚实的物质基础。途径一可通过无性转化利用优良家系采种亲本材料,建立尾叶桉无性系种子园和杂交育种园;途径二利用本次子代测定优良家系的同批种子,建立尾叶桉二代种子园。

参考文献:

- [1] 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
- [2] 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
- [3] 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
- [4] 陈子星,徐夕水. 生物统计 SAS 程序题解[M]. 计算机与农业编辑部编辑发行, 1997. 24~34
- [5] Hodge GR, White TL. Concepts of selection and gain prediction [A]. In: Fins L, Friedman S T, Brotschol J V, eds. Handbook of Quantitative Forest Genetics [M]. Kluwer Academic Pub, Dordrecht, 1992. 141~194

- [6] 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
[7] 吴坤明,吴菊英,徐建民.华南地区桉属树种种源生长表现[J].广东林业科技,1995,11(1):1~5
[8] 梁坤南,周文龙,仲崇祿.海南岛东部地区桉树树种/种源试验[J].林业科学研究,1994,7(4):399~407

Progeny Test for the Open-pollinated Families of *Eucalyptus urophylla* in Multiple Sites

XU Jian-min¹, LI Guang-you¹, LU Zhao-hua¹, BAI Jia-yu¹,
LU Guo-huan², WANG Shang-ming³

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

2. Forestry Bureau of Xinhui City, Guangdong Province, Xinhui 529000, Guangdong, China;

3. Leizhou Forestry Bureau, China State-owned forest Farm Development Corporation, Suixi 524348, Guangdong, China)

Abstract: Eighty one families of *Eucalyptus urophylla* involved in a five-site progeny test were analyzed on their growth traits at the age of 3. The increments of tree height, dbh and volume were found to be extremely significant different among families, sites and the effect of family with site interaction. Six excellent families were selected for different afforestation sites, and 5 superior families respectively for Danzhou of Hainan Island, Leizhou, Xinhui, Heyuan, Raoping of Guangdong Province. The results of test provided a basis for directional seed supply and rouging seed orchard. With the selection rate above mentioned, when the seed from superior families were collected for suitable afforestation area, the genetic gain of growth volume was estimated to be 3.37% ~ 10.57%, if the seed orchard was rouged and these superior families was preserved, the genetic gain of volume would be doubled, amount to be 6.74% ~ 21.14%.

Key words: *Eucalyptus urophylla*; open-pollinated family; effect of family with site interaction; genetic gain