

# 综合评分与 PCA 在直干大叶 相思选优中的应用\*

孙冰 杨民权 何耀洪

**摘要** 应用 5 株优势木法在海南岛尖峰岭和琼海的 20 hm<sup>2</sup> 大叶相思人工林中初选出优树 10 株,入选率为 1%,对候选优树的树高、胸径、干形、冠形和健康状况等 10 个因子进行测定并数量化,所得数据运用 STAT 程序进行方差分析和主成分分析。结果表明:优树、优势木和林分间高径生长的差异极显著,影响优树质量性状的主要因子为高径生长、干形(通直度和圆满度)及自然整枝情况。综合评分显示:优树质量性状的得分大于 52,优树的高径生长应大于优势木 10%和 15%以上,大于林分平均生长量的 15%和 30%以上。

**关键词** 直干大叶相思、优树选择、主分量分析、5 株优势木法

大叶相思(*Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth)原产于澳大利亚北部沿海地区和太平洋的一些岛屿上,属于热带优良的造林和水土保持树种。因生长迅速、维持地力和多样性的用途,在世界各地得到广泛引种。我国自 60 年代初期引进后,至 1986 年已在海南岛和两广等地营造人工林 4 万 hm<sup>2</sup> 以上,由于种源复杂,家系间分化变异大,各地的大叶相思人工林表现不一致,普遍存在着分枝低,干形差等不足。80 年代初期,直干型大叶相思变种在巴布亚新几内亚被发现,具有干形优良、抗风力强等特点,随即引入我国热带和亚热带地区种植,表现出良好的适生特性。因此,研究直干大叶相思的选优方法,筛选适合华南地区荒山造林的优良种源,在林业生产上具有重要的指导意义。

## 1 基本情况

海南岛尖峰岭引种园位于 18°42'N,108°09'E,背山面海,海拔 70~90 m,为花岗岩山地发育的低山山麓,地带性土壤为褐色砖红壤。热量丰富,年总辐射量 47.018 MJ/cm<sup>2</sup>,年活动积温 8 916.6 °C。年平均气温 24.5 °C,最高月平均气温 30.2 °C,1 月平均气温 19.3 °C。年平均降雨量 1 673 mm,5~10 月为雨季,11 月至翌年 4 月为旱季。雨季雨量占全年降雨量的 87.9%,相对湿度 81%,属于半湿润的季风性气候,地带性植被为半落叶季雨林。

引种园内 10 hm<sup>2</sup> 的大叶相思人工林定植于 1987 年 8 月,株行距 3 m×3 m,另外 10 hm<sup>2</sup> 的大叶相思人工林分布于琼海。造林树种由澳大利亚 CSIRO 提供,种源号不清。

## 2 研究方法

1992 年 5 月,在踏查的基础上,初选出候选优树 10 株,以离优树最近距离的 5 株优势木

1993-12-09 收稿。

孙冰助理研究员,杨民权(中国林业科学研究院热带林业研究所 广州 510520);何耀洪(广州市林业科学研究所)。

\* 本文属于“八五”国家重点攻关项目的子项目“相思纸浆材育种”研究的部分内容。曾育田、符史深和郭俊普参加了野外调查工作。

为对照。测定树高、胸径等生长因子,记载树干通直度、圆满度、自然整枝、冠幅等质量性状和所在林分的基本情况,所得数据数量化处理后进行数学分析。

树高(m)候选树与优势木平均值的评分依年平均生长量而定。

值域: >3.0 2.5~3.0 2.0~2.5 1.5~2.0 ≤1.5

得分: 10 8~9 6~7 4~5 2~3

胸径(cm)评分方法同树高。

冠幅(m<sup>2</sup>)依树冠投影面积为5个等级。

值域: >5 4~5 3~4 2~3 ≤2

值域: >80 60~80 40~60 25~40 ≤25

得分: 10 8~9 6~7 4~5 2~3

得分: 1 2 3 4 5

侧枝粗(cm)依第一侧枝的粗度分为5级。

枝下高(m)依主分枝距地面高度分为5级。

值域: >8 6~8 4~6 2.5~4 ≤2.5

值域: >8 6~8 4~6 2.5~4 ≤2.5

得分: 5 4 3 2 1

得分: 1 2 3 4 5

质量性状的评分标准参照公式:

对比值% = 100 × (优树或优势木观测平均值 / 林分平均值 - 1) / 100

通直度、圆满度、自然整枝和健康状况等质量性状的数量化,以候选优树所在林分的平均值为基本分1分,发育正常、无缺陷者得5分,并按与林分平均值对比值的差异程度分为5级。

对比值: ≤10 10~20 20~30 30~40 ≥40

得分: 1 2 3 4 5

树高和胸径生长数据应用方差分析进行检验,结合其它质量性状的数量化得分,在 Stat 上进行主分量分析。

### 3 结果与分析

#### 3.1 优树的基本性状与综合评分

对影响候选优树的优势木质量性状的各项因子实地测定后,依照上述方法进行数量化处理和综合评分。由表1可知,候选优树的综合评分平均值为52.9分,比优势木的平均分43.3高出22.2个百分点。其最高评分为58.0分,最低评分为45.0分,平均分以上的候选优树占70%。若以平均分的下界50分为入选的基本标准,则有80%的候选优树达到要求。

在确定最低分数线时,采用候选优树的得分值显著低于平均分数线的上界作为入选的基本标准。由公式:  $G = G' - 1.64\sigma / N^{1/2}$  (可信度95%)。

式中  $G$  为入选标准,  $G'$  为样本平均值,  $\sigma$  为样本标准差,  $N$  为样本数, 可得:  $G = 52.9 - 1.64 \times 1.149396 / 10^{1/2} \approx 52.3$ 。

依此标准考察表1中的综合评分结果,有70%以上的候选优树可通过初选。组成质量性状的10个指标,满分为60分,其中高径的年平均生长量因有较高的遗传估计值<sup>[1]</sup>得分较高。不能进入复选的优树在高径生长方面得分很低,其综合评分不到50分。作为对照的优势木,平均分仅44.3分,综合评分的最高分为51分,最低37.2分,虽然其生长因子的得分与优树相比有较大差异,在形态和冠形因子上的得分与优树的差异并不明显。因此,应用综合评分法选择直干型大叶相思优树时,候选优树首次入选的最低分值定在50~53分之间是可行的,且以生长因子的得分为主要参数。

表 1 优树和优势木质量性状评分

编号	类别	树高	胸径	通直	圆满	整枝	浓密	冠幅	侧枝粗	枝高	健康	总分
JF1	优 树	10.0	10.0	4.5	5.0	4.5	5.0	4.0	4.0	3.0	5.0	55.0
	优势木	7.0	6.0	3.8	4.6	4.6	4.1	3.8	3.6	4.0	4.2	45.7
JF2	优 树	9.0	9.0	5.0	5.0	5.0	5.0	3.0	4.0	3.0	5.0	53.0
	优势木	7.0	6.0	3.8	4.6	4.6	4.1	3.8	3.6	4.0	4.2	45.7
JF3	优 树	10.0	8.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	58.0
	优势木	6.0	4.0	4.0	4.4	4.3	4.4	4.0	3.8	3.6	4.4	42.9
JF4	优 树	9.0	6.0	4.5	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0	53.5
	优势木	8.0	5.0	4.3	4.4	4.4	4.4	2.6	2.6	3.6	4.5	43.8
JF5	优 树	10.0	9.0	4.5	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0	56.5
	优势木	8.0	8.0	4.2	4.4	4.5	4.5	3.8	4.4	4.6	4.6	51.0
JF6	优 树	9.0	8.0	4.5	5.0	4.5	5.0	3.0	5.0	3.0	5.0	52.0
	优势木	8.0	6.0	4.2	4.5	4.3	4.2	1.8	2.8	3.8	4.3	43.9
JF7	优 树	9.0	9.0	4.5	5.0	5.0	5.0	3.0	3.0	5.0	5.0	53.0
	优势木	8.0	6.0	4.5	4.5	4.3	4.4	3.0	4.8	2.8	4.4	46.7
JF8	优 树	10.0	8.0	5.0	5.0	5.0	4.5	2.0	5.0	4.0	5.0	53.5
	优势木	8.0	6.0	4.5	4.5	4.3	4.4	3.0	4.8	2.8	4.4	46.7
QH2	优 树	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	2.0	5.0	5.0	45.0
	优势木	3.0	3.0	4.2	4.3	4.1	4.3	3.4	3.2	3.6	4.1	37.2
QH8	优 树	5.0	5.0	5.0	4.5	5.0	5.0	5.0	5.0	4.5	5.0	49.5
	优势木	4.0	4.0	4.2	4.3	4.1	4.3	3.4	3.2	3.6	4.1	39.2
平均	优 树	8.5	7.6	4.75	4.95	4.9	4.95	3.8	4.3	4.2	5.0	52.9
	优势木	7.1	5.4	4.17	4.45	4.35	4.31	3.26	3.68	3.64	4.32	44.3

### 3.2 树高和胸径生长

在环境条件较为一致时,直干型大叶相思林分的林相较为整齐,自然分化现象不甚普遍也不甚剧烈<sup>[2]</sup>,个体间树高生长差异不如胸径生长差异显著。优树、优势木和林分中一般个体的冠层有较多的重叠,野外调查中的实测数据反映了直干型大叶相思林分的这种特征(表 2)。

表 2 直干型大叶相思类型间高径生长量分析

编号	类型	林龄 (a)	树高 H(m)	胸径 D(cm)	优树大于优势木/林分		编号	类型	林龄 (a)	树高 H(m)	胸径 D(cm)	优树大于优势木/林分	
					H(%)	D(%)						H(%)	D(%)
JF1	优 树	5	16.0	27.23			JF7	优 树	5	15.0	23.89		
	优势木	5	13.2	18.92	21.21	43.92		优势木	5	13.6	18.47	6.38	29.34
	林 分	5	13.0	17.52	23.08	55.43		林 分	5	12.5	14.33	20.00	66.71
JF2	优 树	5	15.0	22.42			JF8	优 树	5	15.5	21.34		
	优势木	5	13.2	18.91	13.64	18.56		优势木	5	14.1	18.47	9.93	15.54
	林 分	5	13.0	17.52	15.39	28.49		林 分	5	12.5	14.33	24.00	48.92
JF3	优 树	5	16.0	20.70			QH2	优 树	8	15.0	23.09		
	优势木	5	12.6	15.03	26.98	37.72		优势木	8	12.2	17.07	22.95	35.27
	林 分	5	12.5	12.74	28.00	62.48		林 分	8	12.0	14.33	25.00	61.13
JF4	优 树	5	15.0	17.83			QH8	优 树	6	14.0	20.70		
	优势木	5	13.7	15.89	9.49	12.21		优势木	6	12.2	17.07	14.75	21.27
	林 分	5	13.5	13.38	11.11	33.26		林 分	6	11.0	12.74	27.47	62.48
JF5	优 树	5	16.0	22.93			平均值	优 树		15.3	22.18		
	优势木	5	14.7	20.76	8.84	10.45		优势木		13.4	17.91	14.45	24.11
	林 分	5	12.5	15.92	28.00	44.03		林 分		12.5	14.71	22.21	51.41
JF6	优 树	5	15.0	21.66									
	优势木	5	13.6	18.54	10.29	16.83							
	林 分	5	12.5	14.33	20.00	51.15							

由表 2 可知,候选优树与优势木和所在林分一般个体的生长表现存在着较明显的差异,优树的高生长分别比优势木和林分高出 14.45%和 22.21%,最高值可达 26.98%和 28.00%(JF3);其胸径生长比优势木和林分的平均值分别要高出 24.11 和 51.41 个百分点,最高值达到 37.73%(JF3)和 66.71%(JF7)。

高径生长的这种差异在同一类型里表现得并不十分明显。5 年生时,候选优树、优势木和林分内一般个体的平均树高分别达到 15.5 m(15.0~16.0)、13.7 m(13.2~14.7)和 12.8 m(12.5~13.5);平均胸径分别达到 22.25 cm(21.34~27.23)、18.12 cm(15.03~20.76)和 15.00 cm(12.74~17.52)。各类型不同个体的高径生长值域通常都围绕该类型的平均值作均匀分布,离散程度不高,这说明候选优树所在林分的结构比较正常。优树的生长速度明显快于林分内其它个体,有较好的生长表现,对于综合指标的选定具有较大影响。

### 3.3 树高和胸径生长的方差分析

候选优树、优势木和林分的一般个体的高径生长方面的差异已有讨论,表 3 和表 4 反映了类型间和不同类型个体间生长因子的分析结果。

表 3 高径生长的方差分析

变异源	自由度	树高		胸径	
		方差	F 值	方差	F 值
类型间	2	1.448 0	4.090*	9.270 7	12.267**
类型内	27	4.779 0		10.698 0	

注:  $F_{0.05}=3.35, F_{0.01}=5.49$ 。

表 4 高径生长的多重比较

类型	树高(m)	胸径(cm)
	均值	均值
优 树	2.890 0*	4.200 0***
优 势 木	2.510 0*	3.410 0**
一般个体	2.370 0*	2.810 0*

优树、优势木和林分的一般个体间树高生长存在差异,而胸径生长量则在类型间存在显著差异,以优树的生长表现为最好,这说明候选优树的生长指标明显优于其它,初选的标准较为合理。根据综合判别的结果,可将生长指标定为候选优树的树高和胸径生长应大于优势木 10%和 15%以上,大于所在林分平均生长量 15%和 30%以上。依此标准,JF5 和 JF7 不能入选,其它候选优树可通过初选。

### 3.4 主分量分析(PCA)

对影响候选优树和优势木(平均值)质量性状的 10 个因子,数量化处理后进行主分量分析,取其前 5 个主分量如表 5。前 3 个主分量的累计贡献率已达到 81.8%,所提供的信息基本上能说明 10 个变量对确定优树候选标准的综合效应。

表 5 直干大叶相思 PCA 的前 5 个主分量

变 量	主分量 1	主分量 2	主分量 3	主分量 4	主分量 5
树 高	1.824 6	-1.989 3	2.381 0	-1.989 3	3.288 9
胸 径	-1.363 7	0.118 1	-1.145 9	0.118 1	0.816 8
通直度	-0.244 0	0.976 9	-0.436 3	0.976 9	-0.417 9
圆满度	-0.138 3	1.170 3	-1.379 7	1.170 3	1.120 4
自然整枝	1.913 9	0.147 2	0.268 5	0.147 2	-0.228 4
浓密度	0.028 2	-0.864 4	-0.415 0	-0.864 4	0.185 4
冠 幅	-0.183 7	-0.264 4	-0.554 6	-0.261 4	-0.340 8
侧枝粗	0.197 4	-0.155 2	-0.369 7	-0.155 2	0.824 2
枝下高	-0.033 5	0.019 6	0.044 6	0.019 6	-0.125 9
健康状况	0.206 0	0.000 9	-0.277 9	0.000 8	-0.132 3
贡献率(%)	52.011	9.89	10.427	7.905	4.619
累计贡献率(%)	52.011	71.41	81.837	89.742	94.361

由表 5 可知,在第一主分量中,树高、胸径生长和自然整枝 3 个因子的负荷量最大,分别为 1.824 6, -1.363 7, 1.913 9;第二主分量中,树高、通直度和圆满度 3 个因子的负荷量最大,达到 -1.989 3, 0.976 9, 1.170 3;第三主分量中,树高、胸径和圆满度 3 个因子具有最大负荷量,分别为 2.381 0, -1.145 9, -1.379 7。前 3 个主分量分别表明了生长因子、形态因子、生长和形态因子对优树和优势木的质量性状有很大的代表性,尤其是高生长在前 5 个主分量中都有极大的负荷值,相关系数的分析也有相似结果,这说明候选优树的入选标准与高径生长有密切的相关作用。冠形因子在前 5 个主分量中的负荷值都很小,说明所提供的信息量对于候选优树的入选标准影响较小。

#### 4 讨论和结论

直干大叶相思人工林中,各类型在树高、胸径生长等方面存在差异,但树高生长的差异小于胸径生长的差异,而且同一立地条件下相同类型不同个体间的差异相对较小<sup>[3~6]</sup>。大叶相思作为工业用材和纸浆材的重要速生树种,其生长速度直接影响着单位面积上林分的生产力、收获量和经济效益,因此确定候选优树的生长指标,需要综合考虑。

综合评分法强调个体间质量性状的差异,适用于林分内个体间数量性状差异不显著的树种,在针叶树选优中广泛应用<sup>[7]</sup>。用此方法评价直干大叶相思的候选优树和优势木,得出的分值和野外调查及复查的结果较为吻合,与高径生长方差分析的结论也很接近。树高和胸径生长因具有较强的遗传控制力和对候选优树的直观影响,在综合评分中占有较大权重。

主分量分析表明,生长因子和形态因子对优树质量性状有很强的代表性,而冠形因子和林分的健康状况对候选优树的综合性状不能提供较多的信息。因此,在海南岛大叶相思人工林里应用 5 株优势木法选择直干型优树时:

①应以树高和胸径生长、通直度和圆满度为主要质量性状,其它性状在复选时确认;

②候选优树的综合评分应 $\geq 52$ ;

③在方差分析和多重比较分析的基础上,候选优树的高径生长量应分别大于优势木 10% 和 15% 以上,大于所在林分平均生长量 15% 和 30% 以上。

直干型大叶相思的优树选择作为相思育种的一个方面,对种子园和采穗圃的营建有很大影响。候选优树的初选标准和入选质量性状在不同立地环境中如何确定,有待进一步的比较研究。

#### 参 考 文 献

- 1 陈岳武. 树木选择育种的理论和方法. 八一农学院院报, 1992, 152~171.
- 2 黄良盛. 大叶相思引种栽培技术研究. 林业科技通讯, 1989, (5): 10~11.
- 3 何克军. 马占相思与大叶相思造林对比试验初报. 林业科技通讯, 1988, (12): 17~19.
- 4 蔡德智. 热带相思引种种源试验初报. 林业科技通讯, 1992, (6): 12~16.
- 5 李淡清. 蓝桉、直干桉优树选择研究. 林业科学, 1992, 26(2): 167~173.
- 6 赵鸿宾, 李世杰. 抗松干蚧的油松优树选种. 林业科学, 1989, 25(1): 7~12.
- 7 王章荣, 陈天华. 马尾松综合评分法选优标准的研究. 林业科技通讯, 1991, (6): 18~20.

## Application of PCA & Multiple-scoring in Selecting Plus-tree of Straight-stem *Acacia auriculiformis*

Sun Bing Yang Minquan He Yaohong

**Abstract** A total of ten potential plus-trees have been primarily classified in 20 hm<sup>2</sup> of 5 to 8-year plantation of *Acacia auriculiformis* in Jianfengling and Qionghai, Hainan Island, based on field-survey carried out in 1992 and 1993. The main indices recorded in survey included height and diameter in breast height growth, stem-form, crown breadth, health condition and some features else of plus-tree. The obtained data were processed in STAT and analyzed with method of PCA, DA and MS in order to justify which factor would play more important role in plus-tree selection. The result demonstrated that growth difference among plus-trees, the dominants and single tree of each kind would exist in some content to a significant level, and that those factors concerned growth and stem-form of tree were of minor importance. As for primary criteria for further selection, overall scores of plus-tree should exceed 52, and its H & DBH growth should be 10%~15% larger than those of the dominant and 15%~30% larger than those of the forest.

**Key words** straight-stem *Acacia auriculiformis*, plus-tree selection, PCA, method of the five dominant tree

---

Sun Bing, Assistant Professor, Yang Minquan (The Research Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry Guangzhou 510520); He Yaohong (Forest Research Institute of Guangzhou, Guangdong Province).