

# 杉木第 1 代改良种子园无性系 多性状综合选择\*

梁一池

(福建林学院资源与环境系 南平 353001)

**摘要** 采用主成分回归分析对杉木无性系多性状进行综合选择, 评选出子代生长快, 无性系结实量多, 产量稳定, 抗性强, 当代生长也快, 综合性状优良的无性系, 可用于重建第 1 代生产性改良种子园。其种子产量的遗传增益为 150.39%, 无性系当代材积比平均生长快 33.81%, 子代高比平均生长快 8.07%。

**关键词** 杉木; 第 1 代改良种子园; 多性状综合评价; 主成分分析

**中图分类号** S722.83; S791.27.04

杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 种子园结实量偏少, 产量普遍不稳定的现象<sup>[1-3]</sup>, 给人们一个启迪: 进入杉木第 1 代生产性改良种子园的建园材料, 不仅要考察其子代的速生性, 而且要了解无性系的结实性。不少报道认为, 杉木无性系的结实性与其遗传性有关<sup>[1-5]</sup>。本文在多年多性状观测的基础上, 采用主成分回归分析方法, 对无性系结实的丰产性和稳定性, 无性系的速生性、抗性以及子代的速生性等多性状进行综合评价, 通过多个性状的线性正交变换, 使其成为特征性状, 切断性状间的相关关系, 使各特征性状在独立的途径关系上进行综合评价, 以提高选择的效果。

## 1 材料及方法

试验地设置于福建省尤溪县经营林场华口溪工区。1985 年定砧, 1987 年嫁接, 建立杉木第 1 代改良种子园。根据砧木生长和立地情况, 区划出生境条件相对一致的 30 个随机完全区组, 进行无性系测定。每个完全区组内收集了经部省鉴定的 45 个优良无性系。这些无性系经子代测定认为具有较高的一般配合力, 但其开花结实等特性尚未见到报道

在无性系测定林中, 进行定株观测。观测的性状包括: 1989~ 1993 年单株鲜果产量 (简

收稿日期: 1997-06-26

\* 福建省自然科学基金资助项目

作者简介: 梁一池, 男, 1952 年生, 副教授

称产量)、接株树高、胸径、冠幅、抗性、侧枝数、雌花量、雄花量、叶色、正冠率、愈合情况等 20 个性状,以及第 1 代改良种子园 45 个无性系为交配系统组成的子代的生长性状。数据整理成二维数据矩阵,全部输入 IBM 386 计算机,建立原株及其无性系分株的数据库,利用福建林学院开发的“树木育种数据计算机处理系统(DPFB 系统)”进行数据处理。

稳定性参数按照 Llard 提出的测度<sup>[6]</sup>:

$$n = \frac{\sum (x_{ij} - \bar{x}_i)(\bar{x}_j - \bar{x})}{\sum (x_{ij} - \bar{x}_i) \sum (\bar{x}_j - \bar{x})^2}$$

主成分回归分析法见文献 [7]

## 2 结果与分析

### 2.1 无性系性状间变异性分析

用方差分析进行无性系各性状平均数之间的差异显著性检验,大部分调查性状差异达显著或极显著水准,表明存在生长良莠的无性系,从中进一步进行选择,效果明显。结实量的遗传方差分量为 25.67%~49.00%,平均 37.77%,可见无性系产量在很大的程度上受到遗传的制约。

### 2.2 无性系结实的丰产性

无性系结实的丰产性是评价优良无性系的主要指标。本研究采用 Segran 提出的生产力指数法<sup>[8]</sup>进行产量的丰产性评价,并用 Q 型系统聚类分析法,对产量因子进行聚类,将 45 个无性系的丰产性分为 4 类(表 1)。

表 1 无性系产量分类

Table 1 Classification of the clonal seed production

类别	评价	无性系号	产量 /kg°株 <sup>-1</sup>	实际增益* /%	遗传增益* /%
I	最高产	27, 06, 08, 45	0.099 2	187.51	176.25
II	高产	30, 03, 37, 21, 16	0.075 6	68.97	64.83
III	平产	11, 44, 31, 43, 15, 35, 32, 2, 4, 10, 18, 13, 23	0.046 2	3.23	3.04
IV	低产	7, 12, 22, 17, 19, 40, 1, 28, 24, 20, 14, 41, 25, 29, 05, 33, 34, 39, 36, 38, 09, 42, 26	0.022 6	-50.58	-46.46

说明: \* 与平均产量比较

从表 1 可见,最高产的无性系 4 个,遗传增益达 176.25%,产量占总产量的 25.56%;高产无性系 5 个,平均遗传增益 64.83%。选择这 2 类无性系可得到 114.33% 的遗传增益,产量占总产量的 44.33%;而低产的 23 个无性系,数量占一半以上,但产量仅占 25.85%。

### 2.3 稳产性分析

杉木第 1 代改良种子园优良无性系选择,除考虑无性系产量丰产性外,还应了解其产量的稳定性。本研究应用稳定性系数、群体间缓冲系数和群体内个体间缓冲系数来评价无性系产量的稳定性<sup>[6,8,11]</sup>,分类如表 2。

### 2.4 抗性

抗性是一个十分特殊的选择性状。施季森等人认为,影响杉木种子园产量的首要因素是授粉不良和病虫害的危害,两者合计造成种子产量损失约占 70%~90% 之间,折合损失种子

45~ 60 kg·hm<sup>-2</sup>以上。对杉木种子园结实影响较大的主要害虫有杉木球果麦蛾、杉木扁长蜡及杉梢小卷蛾。福建省杉木种子园的主要病害是杉木顶枯病、杉木溃疡病、杉木果鳞病和杉木细菌性叶枯病等 10多种病害。抗性采用数量化取值,并用极差规格化评分,进行综合评价。

表 2 杉木无性系结实稳定性系统分类

Table 2 Systematic classification of stability of the seed production for the clones of Chinese fir

项目	I	II	III	IV	V	
稳定性系数	4 <sup>+</sup> , 16, 19, 32, 30, 45, 27, 34, 25 <sup>+</sup> , 5, 7, 18, 12, 39, 6, 41 <sup>+</sup> , 43, 31 <sup>+</sup> 17, 1 <sup>+</sup> , 40, 8, 33, 26, 44, 38, 29, 10, 42, 13, 21, 9, 3, 35, 14, 20, 23	28 <sup>+</sup> , 11	37, 36 <sup>+</sup>		15, 24 <sup>+</sup> , 2, 22 <sup>+</sup>	
群间缓冲系数	6, 21, 30, 27, 41, 3, 20,	23, 24, 38, 44, 10, 4, 18, 17, 28, 43, 36,	42, 13, 2, 32, 7, 25,	45, 9, 22, 10,		11, 14, 5, 29
群内缓冲系数	4	1, 19, 32, 21, 20, 31, 17, 40, 18, 34, 44,	16, 29, 42, 8, 28	39, 24, 9, 22,	23, 36, 14	
		3, 37, 5, 11, 43, 15, 45, 12, 30, 6, 10, 02,		41, 38		
		13, 27, 33, 26, 7, 35, 25				

说明: 稳定性系数从大到小分为 1~ 5类; |r<sub>ij</sub>|越大越稳定,打“\*”号为负值;缓冲系数从小到大分为 1~ 5类

## 2.5 子代速生性

杉木第 1代改良种子园的建园材料,一般是用“初选优树”的自由授粉子代或初级种子园的单亲子代,经过遗传测定,根据子代的速生性,进行“逆向选择”(backward selection)的无性系组成的。这些无性系集中在第 1代改良种子园中后,它们的交配系统发生了改变,其授粉树由精选的“逆选优树”所组成。利用重组后的子代,开展遗传测定,有利于为今后重建生产性种子园的配置以及材料选择提供依据。本文采用主成分遗传距离综合指数<sup>[3]</sup>方法进行综合评价。

3个调查性状的遗传相关和表型相关系数矩阵列表 3 表中可以看到,树高、地径、抽高 3个生长性状的遗传及表型相关系数均达到超显著水平,其中  $r_{2,3} > r_{1,3} > r_{1,2}$ ,而且遗传相关系数高于表型相关系数。这一方面说明,用遗传相关进行计算比较稳定可靠,效果好;另一方面说明 3个生长性状的表型和遗传上的关系均十分密切,且为正向效应,对一个性状的选择,必然引起另外性状的相关反应。对 2个年重复试验的遗传相关系数矩阵进行正交变换,计算出特征根  $\lambda_i$ ,特征向量  $L_{ij}$ 列于表 4 各特征根的大小代表综合指标遗传方差的大小,各特征根累积百分率分别代表各有关综合指标对总遗传方差贡献的百分率,特征向量则表示各性状对综合指标的贡献大小。

表 3 遗传表型相关系数矩阵

Table 3 Matrix of coefficients of the genotype and phenotype

性状	树高	地径	抽高
树高	—	0.942 5	0.942 9
地径	0.846 1	—	0.983 5
抽高	0.746 9	0.686 7	—

说明: 上三角阵为遗传相关系数矩阵,下三角阵为表型相关系数矩阵

表 4 遗传相关系数矩阵的特征根和特征向量

Table 4 The eigen value and vector of matrix of the genetic correlation coefficients

特征根	2.912 73	0.070 75	0.016 52	分量
累积贡献率	97.09%	99.43%	100%	来源
特征向量	0.571 82	0.820 37	0.003 68	树高
	0.580 06	- 0.407 47	0.705 34	地径
	0.580 14	- 0.401 19	- 0.708 86	抽高

表 4列出的特征根及其向量,可以看出,以第 1特征根最大,遗传方差的 97.09%。为了

排除作用较小而又有干扰的其他综合指标,提高分析精度,以95%为阈值选择主成分,因而只选择第1主成分。

$\lambda_1 = 2.91273$  (累积贡献率=97.09%),对应的特征向量为:

$$L_1 = 0.57574L_{11}(\text{树高}) + 0.57741L_{12}(\text{地径}) + 0.57889L_{13}(\text{抽高})$$

可以看出,  $L_i$  的各个分量皆为正值,亦即均产生正向效应,且差异不大,因而以此作为主成分遗传指数系数。若3个生长性状标准基因型值大,其综合指标值亦大。按照上述的主成分遗传指数方法,把参试家系分为5类(表5)。不同的类别所带来的增益也有所不同,与平均水平相比较,I类(速生)家系平均树高和地径的遗传增益为8.27%~8.92%,比生长最慢的家系快11.08%,增产的效果是显著的。

表5 45个家系子代生长分类

Table 5 Classification of the growth habit of the progeny from 45 families

类别	评价	无性系号	树高 /m	增益 %	地径 /cm	增益 %
I	速生	27, 16, 45	2.05	8.27	3.82	8.92
II	较速生	23, 17, 4, 7, 8, 1, 32, 11, 33	1.91	3.42	3.63	5.09
III	中等	42, 12, 39, 13, 35, 9, CK, 6, 28, 36, 14, 38, 44, 10, 41, 2, 40, 24, 5, 31, 29, 3	1.81	-0.23	3.34	-0.46
IV	较慢生	15, 34, 30, 26, 22, 19, 43, 20, 21, 18	1.69	-1.41	3.10	-5.26
V	慢性	25	1.58	-2.81	2.91	-8.86

说明:对照(CK)为第1代种子园的种子

## 2.6 无性系当代速生性

第1代改良种子园无性系在生长上存在很大的差异,桃源林场在13年生的杉木初级种子园中观测到,最大的接株胸径为40.2cm,树高可达19.6m,单株材积超过 $1\text{ m}^3$ ,蓄积量平均为 $276\text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ ,比速生丰产林生长还快。本研究5年生无性系最大平均胸径为15.56cm,树高达7.05m;生长慢的无性系树高才2.96m,胸径为8.95cm。生长快的无性系是慢的7.11倍。种子园效益除了种子产生的增产效益外,还应考虑种子园木材生产的效益,如果两者相结合,效果更明显。45个无性系当代速生性分类如表6

表6 45个无性系当代生长分类

Table 6 Classification of the growth habit of 45 clones

类别	评价	无性系号	树高 /m	增益 %	胸径 /cm	增益 %	材积 / $\text{m}^3$	增益 %
I	速生	35, 27	7.09	28.81	15.10	10.28	0.0739	37.30
II	较速生	16, 44, 6, 40, 8, 23, 41	5.87	10.98	14.64	8.04	0.0615	20.81
III	中等	45, 17, 37, 29, 32, 34, 33, 39, 24, 26, 13, 30, 10, 1	5.033	-1.29	12.87	-0.56	0.0440	-2.51
IV	较慢生	38, 02, 11, 12, 07	3.82	-18.9	10.46	-12.3	0.0248	-28.2
V	慢生	14	4.18	-13.6	11.11	-9.11	0.0231	-30.5

## 2.7 多性状综合评价

杉木无性系产量的丰产性,稳定性,当代和子代的速生性,抗性等多性状之间互相影响,互相联系,顾此失彼,往往难以作一个正确的综合性评价意见。过去对多性状选择常用评分法,单项选择法,独立水平法,综合指数法<sup>[13,14]</sup>,模糊综合评价<sup>[14]</sup>,灰色聚类<sup>[15]</sup>等。这些方

法各有特点, 已有过评述<sup>[16]</sup>, 但多需决定各性状的经济权重系数, 或隶属函数等参数, 人为主观性较大。本文采用主成分回归分析<sup>[17]</sup>进行多性状的综合评价。

性状的综合选择应与今后育种目标相结合, 如考虑到无性系当代速生性状的选择, 今后种子园可经营为供种和培养速生丰产的大径材为目标的“兼营式”的种子园。在杉木嫁接技术已普及, 营建种子园的成本大大降低的情况下, 建立这种“兼营式”的种子园可加快杉木改良周期, 不断地把近期最好的材料应用到种子园中, 提高了种子园的经济效益和遗传增益。本研究拟采用递增的办法分类, 选择与评价如下。

- A. 产量高产稳定: 27, 4, 6, 8, 45, 16, 30;
- B. 当代速生+ A类: 27, 6, 8, 16;
- C. 子代速生+ B类: 27, 16, 8, 6, 45, 4;
- D. 抗性+ C类: 27, 16, 8, 6, 45

在以上综合选择中, 27号无性系始终被评上最优良的I类无性系, 应重点推广应用。8, 6, 45, 16号4个无性系作为II类优良无性系也能配合推广, 这样避免遗传的单一性, 以防由于遗传基础太窄而引起的生态灾难(如病虫害大面积快速蔓延等)。

### 3 总结

3.1 杉木无性系在年种子产量, 接株当代树高、胸径、材积等生长性状, 子代树高、地径、抽高等调查性状, 以及抗性等方面存在极显著的差异。无性系平均产量中, 最高产量是最低的15.4倍, 超过平均产量的24%, 有些年份(1989年)这种差异更明显, 最高产无性系是低产的89.17倍, 是平均产量的4.59倍。

3.2 种子产量遗传方差分量占总变异的37.77%, 同一无性系不同分株的重复力 $R^2 = 0.94$ , 可见杉木第1代改良种子园中接株的种子产量很大程度上受遗传性的制约。

3.3 采用 Segran 提出的生产力指数作为评价无性系丰产性的指标, 将参试的45个无性系分为4类, 其中27, 6, 8, 45号为最高产无性系, 遗传增益达176.25%, 产量占总产量的25.56%; 高产无性系5个(30, 3, 37, 21, 16), 平均遗传增益64.83%。选择这2类无性系可得到114.35%的遗传增益, 产量占总产量的44.33%, 而低产的23个无性系, 数量占一半以上, 但产量仅占25.85%。

3.4 根据稳定性测度, 将参试无性系分为10类, 达正向较稳定的无性系是16, 8, 23, 30, 45, 27, 44, 10, 11号。4, 1, 19, 32, 21, 20, 31, 17, 40号等无性系“群体缓冲性”较强。6, 21, 30, 27, 41, 3, 20, 35, 40, 34号等无性系相对较稳定, 其“个体缓冲性”较优良, 无性系分株间生长较一致, 重复力好。

### 参 考 文 献

- 1 迟健. 杉木种子园中无性系间结实和种子品质差异研究. 福建林学院学报, 1987, 15(2): 49~55
- 2 迟健. 初论杉木种子园的园址选择. 林业科学研究, 1988, 1(1): 136~145
- 3 梁一池. 杉木种子园高产配置设计. 见: 沈熙环主编. 种子园优质高产技术. 北京: 中国林业出版社, 1994. 101~104
- 4 梁一池. 杉木种子园无性系结实稳定性分析. 见: 沈熙环主编. 种子园优质高产技术. 北京: 中国林业出版社, 1994. 154~158
- 5 阮樟材, 胡德活, 徐和运, 等. 杉木第1代改良种子园. 见: 沈熙环主编. 种子园优质高产技术. 北京: 中国林业出版

- 社, 1994. 93~ 100
- 6 林彦铨, 周以飞, 陈志坚. 比较 9种稳定性参数在甘蔗品种区试上的应用. 福建农学院学报, 1990, 19 (2): 138~ 143
- 7 王学仁, 温忠. 应用回归分析. 重庆: 重庆大学出版社, 1989. 136~ 138
- 8 刘桂丰, 杨书文, 杨传平, 等. 樟子松种源试验的研究——遗传稳定性测定及最佳种源选择. 东北林业大学学报, 1991, 19 (2): 17~ 23
- 9 唐守正. 多元统计分析方法. 北京: 中国林业出版社, 1986. 135~ 161
- 10 王学仁. 地质数据的多变量统计分析. 北京: 科学出版社, 1982. 147~ 206
- 11 沈高中. 品种稳定性的意义及其测定方法 (综述). 四川农业大学学报, 1986, 4 (2): 175~ 180
- 12 刘来福. 作物数量性状遗传距离及其测定. 遗传学报, 1979, 6 (3): 349~ 355
- 13 马育华. 植物育种的数量遗传学基础. 南京: 江苏科学技术出版社, 1982. 436~ 469
- 14 吴万铎, 吴万钊. 模糊数学与计算机应用. 北京: 电子工业出版社, 1988. 45~ 62
- 15 邓聚龙. 灰色系统——社会, 经济. 北京: 国防工业出版社, 1985. 35~ 37
- 16 梁一池. 杉木第 1代改良种子园无性系再选择的研究 (待发表)

Liang Yichi (Fujian College of Forestry, Nanping 353001, PRC). **Comprehensive Clonal Multi-character Selection for First Generation Improved Seed Orchard of Chinese Fir.** *J Zhejiang For Coll*, 1997 14 (4): 333~ 338

**Abstract** Using principal component analysis, the fast-growing clones with high and stable seed production, and great resistance of the filial generations were selected as materials of the first generation improved orchard, which obtained genetic gain of 150. 39% , ad increased the volume growth rate of the frecent generation by 33. 81% , and height growth rate of the filial generation by 8. 07% .

**Key words** Chinese fir ( *Cunninghamia lanceolata* ); first generation improved seed orchard; comprehensive multi-character valuation; principal component analysis