

文章编号: 1001-1498(2001)02-0168-08

# 杉木无性系早-晚龄生长性状的相关性及早期选择的研究\*

胡德活<sup>1</sup>, 林绪平<sup>2</sup>, 阮梓材<sup>1</sup>, 陈忠林<sup>3</sup>, 龚益广<sup>3</sup>, 黄小平<sup>4</sup>

(1. 广东省林业科学研究院, 广东 广州 510520; 2. 广东省林业局, 广东 广州 510173;

3. 广东省国营西江林场, 广东 郁南 527100; 4. 广东省国营曲江林场, 广东 曲江 512100)

**摘要:** 对 10 年生和 7 年生的两块杉木无性系试验林历年生长资料进行分析研究, 得出结果: 从第 2 年起无性系高、径生长量的  $F$  值、方差分量、重复力明显增大, 并开始趋于稳定, 无性系重复力较高, 介于 0.65~0.90 之间居多。从 3~4 年生起, 各年龄树高、胸径与近期对应性状的相关系数, 以及与近期材积的相关系数增大, 至趋于稳定。3~4 年后各年龄树高、胸径相关信息量亦表现出与相关系数同样的趋势。遗传相关系数大于秩次、表型、环境相关系数, 表明年龄间生长的相关主要受遗传控制, 无性系早期选择是有效的。早期选择最佳年龄, 随主伐年龄的不同而有所差异, 但介于 3~4 a 之间。选择效率  $D_{早} - V_{晚}$  高于  $H_{早} - V_{晚}$ , 前者出现最大选择效率的年龄早于或等于后者, 所以选择指标倾向于胸径。

**关键词:** 杉木无性系; 生长性状; 早-晚相关; 早期选择

**中图分类号:** S722.3<sup>+</sup>3      **文献标识码:** A

对林木进行早-晚龄生长相关性及早龄选择研究, 目的是缩短林木选育周期, 提高育种效率。近 20 a 来对杉木 [*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.] 家系进行早期研究的报道较多<sup>[1-3]</sup>。杉木无性系选育研究工作开展较晚, 近 10 年来得到较大发展, 对其早晚龄生长相关关系及早龄选择研究的报道非常鲜见。作者就广东省两块最早造林、历年观测数据比较完整的试验林进行上述研究, 为杉木无性系早期选择提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况与造林材料来源

国营西江林场位于广东省郁南县境内, 地处 23°08' N, 111°45' E。年平均气温 22.1℃, 年平均积温(10℃) 7500 h, 年平均降水量 1501 mm, 年平均相对湿度 78.4%, 为广东省杉木

收稿日期: 2000-08-22

基金项目: “九五”国家科技攻关专题“杉木建筑材树种遗传改良及大中材培育技术研究”(96-011-03-01)的部分内容

作者简介: 胡德活(1962-), 男, 广东五华人, 高级工程师

\* 参加试验研究的还有国营西江林业局江祖森、黎桂潮、苏永新; 国营西江林场钱志能、李国新、宋权东; 国营曲江林场姚邦杰、郑助允、曾祥囊、李奕龙等。广东省林科院朱报著参加部分材料整理。特此致谢

一般产区。国营曲江林场位于广东省曲江县境内,地处 24°46' N, 113°37' E, 年平均气温 20.2℃, 年平均积温(10℃) 6 529.4 h, 年平均降水量 1 532.0 mm, 年平均相对湿度 79%, 为广东省杉木中心产区。两个林场试验地海拔在 100~200 m 之间, 山坡中下部, 土层深 1 m 以上。西江林场试验地为第 1 代杉木主伐迹地, 曲江林场则为阔叶次生林地。

西江林场试验苗来自贵州黎平种源超级苗和广东大坑山种子园子代苗, 经根颈萌条扦插而来。曲江林场试验苗由湖南省会同县林科所直接提供, 为当地经初步选择的较优良无性系。苗龄均为 1 年生。

## 1.2 试验林建立与测量

西江林场试验点于 1990 年 1 月 8 日造林(试验林编号为 XJL 90)。采用随机区组设计, 2 株小区, 3 次重复, 参试无性系 106 个(包括 2 个对照)。株行距为 1.67 m × 2.33 m。1990~1999 年(1992、1998 年除外)间, 每年年底进行全林每木树高、胸(地)径实地测量。

曲江林场试验点于 1993 年 3 月 2 日造林(试验林编号为 QJL 93)。采用随机区组设计, 4 株小区, 10 次重复, 参试无性系 22 个(包括 1 个对照)。株行距为 2.00 m × 2.33 m。1994~1995 年, 每年年底测量全林每木树高; 1996、1998、1999 年, 每年年底测量全林每木树高和胸径。

## 1.3 统计分析方法

(1) 无性系重复力<sup>[4]</sup>:  $h^2 = 1 - 1/F$ 。式中:  $F$  为方差检验值。

(2) 秩次相关系数<sup>[5]</sup>:  $R_s = 1 - 6 \sum d_i^2 / [(n-1)n(n+1)]$ 。式中:  $d_i$  为成对变量之差,  $n$  为变量对数(即参试无性系数)。

(3) 遗传相关系数<sup>[3,6]</sup>:  $R_{gjm} = COV_{gjm} / \sigma_{gm} \sigma_{gj}$ ; 表型相关系数:  $R_{pjm} = COV_{pjm} / \sigma_{pm} \sigma_{pj}$ ; 环境相关系数:  $R_{ejm} = COV_{ejm} / \sigma_{em} \sigma_{ej}$ 。式中:  $j, m$  分别表示前期与最近一年;  $\sigma_{g_j}, \sigma_{p_j}, \sigma_{e_j}$  分别为遗传方差的平方根、表型方差的平方根和环境方差的平方根;  $COV_{gjm}, COV_{pjm}, COV_{ejm}$  分别为年龄间遗传协方差、表型协方差和环境协方差。

(4) 相关信息量<sup>[3,7]</sup>:  $M_i = R_{ij} (j = 1, 2, 3, 4, \dots, n)$ 。式中:  $R_{ij}$  为第  $i$  年与第  $j$  年的相关系数, 即秩次、遗传、表型、环境相关系数。

(5) 选择效率<sup>[1,2]</sup>:  $E = R_{PES} T_R / T_E$ 。式中:  $R_{PES}$ ——生长性状间早-晚龄表型相关系数的估算值。根据生长性状回归方程计算而得;  $T_R$ ——轮伐期年龄;  $T_E$ ——早期选择年龄。

# 2 结果与分析

## 2.1 生长性状方差分析及无性系重复力

对两块试验林各年龄树高、胸径进行方差分析, 以及无性系方差分量、重复力估算, 结果(见表 1)表明, 两块试验林各年份两个生长性状无性系间均存在极显著差异。XJL 90 从 2 年生起, 树高和胸径的  $F$  值、方差分量以及重复力明显增大, 并趋于稳定, 树高  $F$  值介于 2.59~3.66 之间, 方差分量介于 34.17%~47.00%, 重复力介于 0.614~0.727 之间。QJL 93 亦表现出与 XJL 90 相同的趋势, 不同的是其  $F$  值、方差分量、重复力数据相对于 XJL 90 较高, 而其胸径方差分量(50.99%~57.19%)、重复力(0.917~0.935)又高于树高相对应数值。表明杉木无性系之间变异自 2 年生开始趋于稳定, 可以开始选择。

表1 各年龄树高、胸径方差分析及无性系重复力

试验林 编号	年龄/a	树 高			胸 径		
		F 值	方差分量	重复力	F 值	方差分量	重复力
XJL 90	1	2.12**	27.17	0.528	2.74**	36.67	0.635
	2	2.59**	34.62	0.614	2.93**	39.17	0.659
	4	2.86**	37.86	0.650	3.77**	31.23	0.584
	5	3.22**	42.48	0.689	3.58**	43.74	0.700
	6	3.66**	47.00	0.727	3.41**	44.59	0.707
	7	3.46**	44.06	0.711	3.56**	46.09	0.719
	8	2.69**	34.17	0.628	3.46**	45.06	0.711
	10	2.99**	36.21	0.666	3.36**	42.42	0.702
QJL 93	2	6.26**	33.91	0.840			
	3	7.35**	38.47	0.864			
	4	7.85**	39.90	0.873	12.06**	50.99	0.917
	6	9.60**	44.18	0.896	15.30**	57.19	0.935
	7	10.38**	45.25	0.904	14.49**	55.68	0.931

1、2龄时为地径，下同。\*、\*\*分别表示在0.05、0.01水准上差异显著。

## 2.2 生长性状间的相关性

### 2.2.1 早晚龄秩次、遗传、表型及环境相关

2.2.1.1 早期树高、胸径与近期对应性状的相关 计算了XJL 90各年龄树高、胸径分别与近期(10年生)对应性状的秩次、遗传、表型及环境相关系数(见表2)。结果,同一性状年龄遗传相关系数>秩次相关系数>表型相关系数>环境相关系数,表明年龄间相关关系主要受遗传控制;第2年起各种相关系数明显增大,第4年起趋于稳定。树高和胸径的4~8a遗传相关系数分别介于0.957~1.00和0.876~0.982之间。

QJL 93各年龄树高与近期(7年生)树高各种相关关系亦表现出与XJL 90类似的结果。该试验林自3年生起,各种相关系数趋于稳定,3~6a遗传相关系数介于0.9190~0.9885之间(见表3)。两试验点的研究表明,从第3~4年开始无性系选择风险较小,与张全仁等<sup>[8]</sup>报道的结果相吻合。

表2 XJL 90各年龄树高、胸径与10年生性状的相关系数

类别	性状	1 a	2 a	4 a	5 a	6 a	7 a	8 a
秩次	H	0.370**	0.644**	0.801**	0.843**	0.859**	0.859**	0.873**
相关	D	0.360**	0.656**	0.751**	0.881**	0.922**	0.943**	0.951**
遗传	H	0.549**	0.805**	0.957**	0.981**	0.992**	0.991**	1.000**
相关	D	0.414**	0.745**	0.876**	0.940**	0.965**	0.982**	0.977**
表型	H	0.262**	0.527**	0.681**	0.781**	0.797**	0.794**	0.816**
相关	D	0.334**	0.614**	0.694**	0.847**	0.897**	0.924**	0.946**
环境	H	0.123	0.364**	0.504**	0.642**	0.650**	0.651**	0.703**
相关	D	0.283**	0.522**	0.593**	0.775**	0.843**	0.877**	0.921**

注: \*、\*\*分别表示在0.05、0.01水准上相关显著。表3~5及表8相同。

表 3 QJL 93 各年龄树高与 7 年生的相关系数

相关类别	2 a	3 a	4 a	6 a
秩次相关	0.753 5**	0.858 8**	0.901 8**	0.979 1**
遗传相关	0.852 8**	0.919 0**	0.964 6**	0.988 5**
表型相关	0.547 1**	0.707 7**	0.744 4**	0.937 1**
环境相关	0.341 8	0.550 6**	0.572 0**	0.891 4**

2.2.1.2 各年龄树高、胸径与近期材积的相关 将 XJL 90 各年龄树高、胸径与近期(10 年生)材积的各种相关系数估算结果列于表 4。从中看出,从第 2 年起各年份两个性状的遗传、秩次、表型相关系数均在 0.522 以上,第 4~10 年介于 0.665~0.983 之间。同一年龄中遗传相关系数最高,第 2 年起树高、胸径与 10 年生材积遗传

相关系数达 0.737 以上,进一步验证年龄间相关关系主要受遗传控制。在各种相关系数中,胸径的相关系数数值均高于树高的对应数值,表明胸径与近期材积的相关关系较树高与材积的密切。

表 4 XJL 90 各年龄树高、胸径与 10 年生材积的相关系数

类别	性状	1 a	2 a	4 a	5 a	6 a	7 a	8 a	10 a
秩次相关	H	0.303**	0.612**	0.735**	0.810**	0.842**	0.862**	0.882**	0.925**
	D	0.373**	0.656**	0.758**	0.881**	0.920**	0.938**	0.948**	0.983**
遗传相关	H	0.389**	0.737**	0.822**	0.908**	0.936**	0.946**	0.966**	0.963**
	D	0.429**	0.762**	0.868**	0.958**	0.964**	0.982**	0.975**	0.976**
表型相关	H	0.261**	0.522**	0.674**	0.746**	0.776**	0.775**	0.819**	0.881**
	D	0.335**	0.612**	0.665**	0.824**	0.864**	0.890**	0.905**	0.951**
环境相关	H	0.197*	0.386**	0.571**	0.623**	0.642**	0.636**	0.726**	0.823**
	D	0.273**	0.506**	0.549**	0.719**	0.784**	0.815**	0.848**	0.931**

QJL 93 树高与近期(7 年生)材积的相关关系(见表 5)与 XJL 90 相类似,其中第 2~7 年遗传相关系数介于 0.780 0~0.946 3 之间。从两试验点综合来看,第 3~4 年树高、胸径与近期材积的相关关系已趋于稳定。

表 5 QJL 93 各年龄树高与 7 年生材积的相关系数

相关类别	2 a	3 a	4 a	6 a	7 a
秩次相关	0.716 3**	0.815 4**	0.807 2**	0.881 1**	0.932 2**
遗传相关	0.780 0**	0.860 8**	0.834 7**	0.889 5**	0.946 3**
表型相关	0.508 9*	0.678 0**	0.679 1**	0.823 8**	0.893 8**
环境相关	0.311 0	0.533 8*	0.550 0**	0.763 0**	0.841 7**

2.2.2 年龄相关信息量 XJL 90 树高、胸径各年龄的秩次、遗传、表型和环境相关信息量估算结果(见表 6)显示,2 年生各种相关信息量已升至接近 4 年生的数值,第 4 年之后各种相关信息量趋于稳定,峰值出现在 4~7 a。从总相关信息量看,胸径的秩次、表型、环境相关信息量高于树高的,而遗传相关量则相反,树高的相关信息量高于胸径的。QJL 93 树高各年龄相关信息量(见表 7)表现出与 XJL 90 类似的情况,其各种相关信息量高而稳定的开始年龄则提前至 3 年生。

表 6 XJL 90 树高、胸径各年龄的相关信息量

类别	性状	1 a	2 a	4 a	5 a	6 a	7 a	8 a	10 a	总量
秩次	H	4 31	6 10	6 61	6 63	6 80	6 62	6 31	6 24	49 62
相关	D	4 59	6 39	6 48	7 02	6 85	6 79	6 66	6 46	51 24
遗传	H	4 92	6 86	7 28	7 28	7 35	7 29	7 08	7 28	55 34
相关	D	4 96	6 90	7 22	7 31	7 21	7 12	7 03	6 90	54 65
表型	H	4 05	5 72	6 16	6 38	6 54	6 27	5 98	5 66	46 76
相关	D	4 37	6 09	6 08	6 84	6 69	6 63	6 47	6 25	49 42
环境	H	3 63	5 02	5 47	5 78	5 96	5 58	5 28	4 62	42 34
相关	D	3 99	5 56	5 48	6 49	6 35	6 32	6 00	5 80	46 08

表 7 QJL 93 树高各年龄的相关信息量

相关类别	2 a	3 a	4 a	6 a	7 a	总量
秩次相关	4 26	4 53	4 61	4 68	4 49	22 57
遗传相关	4 62	4 78	4 87	4 64	4 72	23 63
表型相关	3 33	3 68	3 83	3 90	3 94	18 68
环境相关	2 53	2 95	3 11	3 37	3 36	15 32

2 2 3 生长性状的早-晚相关模型 据文献[2, 9]介绍, 林木生长早晚相关系数(R)与早期年龄和晚期年龄比值的自然对数(LAR)存在线性关系:  $R = A + B \cdot LAR$  (式中A、B 为回归常

数)。用XJL 90 及QJL 93 的材料作图(略)亦证明了这一点。以表型相关系数为因变量,LAR 为自变量建立生长性状回归方程如表 8。从表 8 看出, 各回归方程的相关关系达显著或极显著水平, 除QJL 93 H<sub>早</sub>- H<sub>晚</sub>外, 其它的相关系数均在 0.9 以上, 表明回归关系相当紧密。

表 8 生长性状间早-晚龄相关系数的回归方程

试验林编号	生长性状间	回 归 方 程	相关系数
XJL 90	H <sub>早</sub> - H <sub>晚</sub>	$R = 0.94362068 + 0.277863285LAR$	0.9611**
	D <sub>早</sub> - D <sub>晚</sub>	$R = 0.990183556 + 0.283373381LAR$	0.9401**
	V <sub>早</sub> - V <sub>晚</sub>	$R = 1.011390852 + 0.314575954LAR$	0.9397**
	H <sub>早</sub> - V <sub>晚</sub>	$R = 0.915025127 + 0.257058538LAR$	0.9404**
	D <sub>早</sub> - V <sub>晚</sub>	$R = 0.979940754 + 0.265505386LAR$	0.9599**
QJL 93	H <sub>早</sub> -H <sub>晚</sub>	$R = 0.837156461 + 0.246174673LAR$	0.7359*
	H <sub>早</sub> -V <sub>晚</sub>	$R = 0.820871515 + 0.22916737LAR$	0.9157**

2 3 早期选择效率及最佳选择年龄、选择指标

利用表 8 的回归方程及公式  $E = R_{PES}T_R / T_E$  估算早期选择效率。南方杉木主伐年龄为 20 ~ 30 a, 随着可采资源的减少, 杉木主伐年龄有所提早。根据我们的试验, 杉木从优良种源、优良家系后代中选择超级苗建立采萌圃, 采根颈萌条培育无性系苗需 3 a 时间, 所以轮伐期年龄  $T_R =$  主伐年龄 + 3, 早期选择年龄  $T_E =$  造林年数 + 3。例如, 4 年生树高估计 20 年生材积的早

期选择效率为  $E = R_{PES}T_R/T_E = [0.915025127 + 0.257058538 \ln(4/20)] \times (20 + 3)/(4 + 3) = 1.6471$ , 即 4 年生时对树高进行早期选择的效率是成熟龄(20 年生)的 1.6471 倍。同理, 计算不同主伐年龄各年份选择效率(见表 9、10)看出, 同一主伐年龄的选择效率随选择年龄增加而增大, 然后达到最大值, 接着逐渐减小。随着主伐年龄的增大, 最大选择效率出现的年龄会逐渐增加, 意味着最佳早期选择年龄逐渐推迟。XJL 90 和 QJL 93 两块试验林  $H_{早-晚}$  的 3 个主伐年龄出现最佳早期选择年龄的时间均相同, 主伐年龄 15、20、25 a 的最佳选择年龄分别为 3、4、4 a。XJL 90 试验林  $D_{早-晚}$  出现最大选择效率的年龄, 当主伐年龄为 15、25 a 时与  $H_{早-晚}$  的结果一样, 当主伐年龄为 20 a 时, 则最佳选择年龄提早至 3 年生。从 XJL 90 看,  $D_{早-晚}$  与  $H_{早-晚}$  同一年龄的选择效率, 表现为前者大于后者, 表明选择指标倾向于胸径。综上所述, 最佳选择年龄随主伐年龄的不同有所变化, 但介于 3~4 a 之间, 如主伐年龄为 20 a, 则最佳选择年龄为 3 年生, 最佳选择指标为胸径, 此时选择效率为 1.8256 倍。

表 9 XJL 90 不同主伐年龄早期选择效率和最佳选择年龄

选择 年龄/a	$H_{早-晚}$						$D_{早-晚}$					
	15 a		20 a		25 a		15 a		20 a		25 a	
	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E
1	0.2189	0.9850	0.1449	0.8334	0.0876	0.6131	0.2609	1.1742	0.1846	1.0612	0.1253	0.8772
2	0.3971	1.4295	0.3231	1.4864	0.2658	1.4883	0.4550	1.6019	0.3686	1.6955	0.3093	1.7323
3	0.5013	1.5039	0.4274	1.6382	0.3700	1.7266	0.5526	1.6579	0.4762	1.8256	0.4170	1.9460
4	0.5753	1.4792	0.5013	<u>1.6471</u>	0.4439	<u>1.7758</u>	0.6290	1.6174	0.5526	1.8158	0.4934	<u>1.9735</u>
5	0.6326	1.4234	0.5587	1.6062	0.5013	1.7546	0.6883	1.5486	0.6119	1.7591	0.5526	1.9342
6	0.6795	1.3590	0.6055	1.5475	0.5482	1.7054	0.7367	1.4733	0.6603	1.6874	0.6010	1.8699
7	0.7191	1.2944	0.6452	1.4839	0.5878	1.6458	0.7776	1.3997	0.7012	1.6128	0.6420	1.7975
8	0.7534	1.2329	0.6795	1.4207	0.6221	1.5836	0.8130	1.3304	0.7367	1.5403	0.6774	1.7243
9	0.7837	1.1956	0.7098	1.3604	0.6524	1.5223	0.8443	1.2665	0.7679	1.4719	0.7087	1.6536
10	0.8108	1.1226	0.4368	1.3036	0.6795	1.4635	0.8723	1.2078	0.7959	1.4081	0.7367	1.5867

注: R——相关系数, E——选择效率。表中划线的选择效益值为最高者, 相对应的年龄为最佳选择年龄, 为大于最高选择效率值 95% 的。表 10 相同。

表 10 QJL 93 不同主伐年龄早期选择效率( $H_{早-晚}$ )和最佳选择年龄

选择 年龄/a	15 a		20 a		25 a	
	R	E	R	E	R	E
2	0.3591	1.2928	0.2932	1.3487	0.2424	1.3555
3	0.4520	<u>1.3561</u>	0.3861	1.4801	0.3350	1.5632
4	0.5180	1.3319	0.4520	<u>1.4853</u>	0.4009	<u>1.6036</u>
5	0.5691	1.2805	0.5032	1.4466	0.4520	1.5821
6	0.6109	1.2218	0.5450	1.3927	0.4938	1.5363
7	0.6462	1.1632	0.5803	1.3347	0.5291	1.4816

## 2.4 提早选择的風險

提早选择自然存在漏选和误选的风险。以两块试验林近期选择(入选率 $\lambda=10\%$ )结果为标准,了解3~4年生时的选择风险。从表11看出,当4年生选择率为10%时,选准率为45.5%,漏选率、误选率均为54.5%,随着选择率的增大,选准率逐渐提高,漏选率逐渐减小,但随之而来的是误选率亦逐渐增大。当选择率增至40%~50%时,选准率达100%,误选率亦增大至75%左右。从表12看出,QJL93提早选择的風險与XJL90相似,只是当3~4年生的选择率增至20%~30%时,与近期选择结果比较,选准率达100%。表明3~4年生时淘汰50%生长差的无性系,到1/2轮伐期时10%最优良无性系将不存在被漏选(淘汰)选择风险。

表11 XJL90试验林4年生时的选择风险

项目	$\lambda_l$					$\lambda_b$				
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
选准率	45.5	72.7	81.8	81.8	100	45.5	45.5	72.7	100	100
漏选率	54.5	27.3	18.2	18.2	0	54.5	54.5	27.3	0	0
误选率	54.5	61.9	71.9	77.6	79.2	54.5	71.4	75	73.8	79.2

注:  $\lambda$ ——为选择率。选准、漏选均以近期(10年生时)以10%选择率选出的无性系及其数量为标准。

表12 QJL93试验林3~4年生时的选择风险

项目	$\lambda_l$ (3年生)			$\lambda_l$ (4年生)			$\lambda_b$ (4年生)		
	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3
选准率	50	100	100	50	50	100	50	100	100
漏选率	50	0	0	50	50	0	50	0	0
误选率	50	50	71.4	50	75	71.4	50	50	71.4

注: 选准、漏选均以近期(7年生时)以10%选择率选出的无性系及其数量为标准。

## 3 结论与讨论

(1) 研究表明,杉木无性系试验林从第2年起 $F$ 值、方差分量、重复力明显增大,并开始趋于稳定。无性系重复力较高,介于0.65~0.90之间的居多。

(2) 从3~4年生起,各年龄树高、胸径与近期(10年生或7年生)对应性状的相关系数,以及与近期材积的相关系数增大,至趋于稳定。3~4年生后各年龄树高、胸径相关信息量亦表现出与相关系数同样的趋势,表明自3~4年生可开始选择。遗传相关系数大于秩次、表型、环境相关系数,表明年龄间生长的相关主要受遗传控制,无性系早期选择是有效的。

(3) 杉木无性系早期选择最佳年龄,随主伐年龄的不同而有所差异,但介于3~4a之间,如主伐年龄为20a,则最佳选择年龄为造林后3a。选择效率 $D_{早}-V_{晚}$ 高于 $H_{早}-V_{晚}$ ,前者出现最大选择效率的年龄早于或等于后者,所以选择指标倾向于胸径,这与陈岳武等<sup>[1,3]</sup>研究结果,认为杉木家系以树高作为早期选择指标有所不同。主要原因可能有两个,一是无性系内个体间树高生长相对较一致,分化较小;二是南方山区造林地较陡峭,树木高度超过6m时,相对来说测量胸径较易操作且准确度高。

## 参考文献:

- [1] 叶培忠, 陈岳武, 阮益初, 等. 杉木早期选择的研究[J]. 南京林产工业学院学报, 1981, (1): 106~115
- [2] 梁一池. 杉木幼、熟龄生长性状相关性及早龄选择的研究[J]. 林业科技通讯, 1984, (2): 1~3
- [3] 陈晓阳, 黄智慧, 郝永寿, 等. 杉木家系生长选择的适宜年龄[A]. 见: 沈熙环主编 种子园优质高产技术[M]. 北京: 中国林业出版社, 1994. 217~224
- [4] 何贵平, 陈益泰, 关志山, 等. 杉木无性系生长与分枝习性的遗传变异[J]. 林业科学研究, 1997, 10(5): 556~559
- [5] 斯蒂尔 R G R, 托里 J H. 数理统计的原理与方法[M]. 杨纪珂, 孙长鸣译. 北京: 科学出版社, 1979. 499~500
- [6] 马育华. 植物育种的数量选择与基础[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1982. 334~346
- [7] 杨俊明, 续九如, 黄智慧, 等. 华北落叶松生长的早期测定[A]. 见: 沈熙环主编 种子园优质高产技术[M]. 北京: 中国林业出版社, 1994. 209~216
- [8] 张全仁, 陈佛寿, 陈益泰, 等. 杉木无性系选育及其效果研究[A]. 见: 沈熙环主编 种子园技术[M]. 北京: 北京科学技术出版社, 1992. 306~312
- [9] 陈伯望, 沈熙环. 油松生长性状早期选择的研究[J]. 林业科学, 1992, 28(5): 450~455

## Study on the Growth Character Correlation of Chinese Fir Clone and Early Selection

HU De-huo<sup>1</sup>, LIN Xu-ping<sup>2</sup>, RUAN Zi-cai<sup>1</sup>, CHEN Zhong-lin<sup>3</sup>,  
GONG Yi-guang<sup>3</sup>, HUANG Xiaoping<sup>4</sup>

- (1. Guangdong Forestry Research Institute, Guangzhou 510520, Guangdong, China;  
2. Forestry Department of Guangdong Province, Guangzhou 510173, Guangdong, China;  
3. Forestry Fam of Xijiang, Yunan 527100, Guangdong, China;  
4. Forestry Fam of Qujiang, Qujiang 512100, Guangdong, China)

**Abstract:** The growth of 2 clonal plantation (7 and 10 years old) were measured and analyzed. The results showed that the  $F$  values of height and diameter increment, the component of variance and repeatability increased significantly and tended to be stabilized in the second year after planting. The repeatability of clone was between 0.65 and 0.90. From the third year on, both the correlation coefficient of height,  $DBH$  and the lately corresponding character and the correlation coefficient of height  $DBH$  and lately volume became higher and tended to be stabilized. The genetic correlation coefficient is larger than the coefficient of order, phenotype and environment. This showed that the growth correlation coefficient is mainly controlled by heredity, and early selection is effective. The best age of early selection is at 3rd and 4th year. The selective efficiency of early  $D$ -late  $V$  is higher than that of early  $H$ -late  $V$ , and the age of the former which has the biggest selective efficiency emerges earlier than that of the later. So the  $DBH$  is an efficient selective index.

**Key words:** *Cunninghamia lanceolata* clone; growth character; early-late correlation; early selection