

# 黄山松生长早晚期相关与早期选择

童再康 范义荣 王学平 杨家强

(浙江林学院, 临安 311300) (天台县林业局)

**摘要** 由8年生黄山松种源试验林所作的分析知, 历年树高遗传力稳定于0.62~0.76; 各年树高间遗传相关系数均在0.82以上, 显著高于相应的表型相关系数, 表现出树高生长在时间上的遗传稳定。根据28年生人工林和45年生天然林解析木资料所估算的早晚期生长表型相关系数和早期选择的年遗传增益比率, 初步确定8~10年生是黄山松最佳的早期选择年龄, 此时选择所能得到的年遗传增益显著高于主伐期时选择的平均年增益。

**关键词** 黄山松; 种源试验; 遗传分析; 增益; 早期选择

**中图分类号** S722.7

林木生长周期长, 到主伐期时进行选择鉴定, 利用所得的遗传增益, 这对林木育种者来说显然是不可取的。若在主伐之前某一适当年龄作出选择即早期选择, 则可以缩短育种周期, 提高育种效率, 但是这种选择的有效性依赖于早晚期生长的相关性和所能得到的增益。前人对林木生长的早晚期相关和早期选择的诸多研究都认为这种选择是有效的、可行的<sup>[1,2,4,5]</sup>。黄山松(*Pinus taiwanensis* Hayata)是我国东南部海拔700m以上山地造林的主要树种。何时作出选择和鉴定是目前黄山松良种工作面临的一个重要问题。本文利用黄山松种源试验林历年树高生长量以及人工林、天然林树干解析资料作早晚期相关分析, 以确定黄山松最佳早期选择年龄, 了解早期选择的有效性。

## 1 材料与方法

**1.1** 利用测得的黄山松8年生种源试验林<sup>[3]</sup>历年树高资料, 估算各年树高的遗传力, 分析各年树高间的表型相关、遗传相关和环境相关, 以了解树高生长在时间上的遗传动态及其稳定性。

**1.2** 从浙江省天台县华顶山28年生黄山松人工林中选取14株上层木。该林分生长正常, 立地相对均一, 海拔800~850m, 密度约1530株/hm<sup>2</sup>, 另从临安县和龙泉市黄山松天然纯林中随机选取9株45a以上树龄的样木, 前者以1m区分段2a 1个龄阶, 后者以2m区分段5a 1个龄阶作解析, 取得各年龄段的树高、胸径和树干材积。分析如下:

收稿日期: 1992-04-30

(1) 估算树高, 胸径, 材积早、晚期的各种类型的表型相关系数( $r_{pjm}$ ), 并作  $F$  检验。 $r_{pjm}$  经  $Z$  值转换( $Z = \ln \sqrt{(1+r_{pjm})/(1-r_{pjm})}$ ) 后作  $t$  检验, 两两比较  $r_{pjm}$  的差异显著性, 确定  $r_{pjm}$  变化趋于平缓的年龄。

(2) 估算早期选择的年平均遗传增益比率( $E$ ), 也称选择效率。已知相关遗传增益式为:

$$CG_y = i_j \cdot h_j \cdot h_m \cdot r_{ojm} \cdot \sigma_{pm}$$

这里  $h_j$ ,  $h_m$  分别为幼、成龄的性状遗传力平方根;  $r_{ojm}$  为幼龄与成龄性状之间的遗传相关系数;  $\sigma_{pm}$  为成熟龄性状的表型标准差;  $i_j$  为对幼龄性状的选择强度。因而相关年平均遗传增益为:

$$CG_y/T_j = i_j \cdot h_j \cdot h_m \cdot r_{ojm} \cdot \sigma_{pm}/T_j$$

$T_j$  为幼龄选择的育种周期, 是早期选择龄( $A_j$ )与更新间隔期( $m$ )之和。

$$E = \frac{CG_y/T_j}{CG_y/T_m} = \frac{i_j \cdot h_j \cdot h_m \cdot r_{ojm} \cdot \sigma_{pm}/T_j}{i_m \cdot h_m^2 \cdot \sigma_{pm}/T_m} = \frac{i_j \cdot h_j \cdot T_m \cdot r_{ojm}}{i_m \cdot h_m \cdot T_j}$$

其中:  $T_m$  为成龄选择的育种周期, 是成龄选择年龄( $A_m$ )与更新间隔期( $m$ )之和。

假定幼、成龄选择强度相等, 那么:

$$E = \frac{h_j}{h_m} \cdot \frac{T_m}{T_j} \cdot r_{ojm}$$

各种计算均在长城-286微机机上完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 黄山松种源2~8年生树高生长遗传动态分析

了解生长性状在时间上的遗传稳定程度是开展早期选择的基础。现采用临安县、泰顺县和开化县3个试验点8年生黄山松种源试验林的历年树高生长调查资料, 以  $H_j$  ( $j=2, 3, \dots, 8$ ) 代表各年树高, 估算其在2~8年生阶段历年树高的种源遗传力( $h^2$ )和各年间的遗传相关、表型相关及环境相关。分析表明各试点的估算结果基本一致。表1列出了临安试点的结果。

从表1看, 黄山松树高生长在遗传上是相当稳定的, 从2年生到8年生, 各年树高遗传力相近, 保持在0.62~0.76之间, 年度间极差仅0.14, 由此可以认为  $h_j \approx h_m$ 。年度间的遗传相关系数都大于表型相关系数, 并且保持在0.82以上, 说明生长性状在年度间的变异基本上受遗传控制的。所有的环境相关系数都与遗传相关系数、表型相关系数同号, 意味着优越的环境条件更能促进年度间的稳定生长。此结果与湿地松、火炬松研究的结论相一致<sup>[6-8]</sup>。

### 2.2 黄山松人工林早晚期生长相关和最佳早期选择年龄

用人工林解析木资料分析了  $H_j - H_m, D_j - D_m, V_j - V_m, D_j^2 - V_m$  和  $H_j - V_m$  等5种类型的早晚期表型相关(式中  $H, D, V$  分别表示树高、胸径和材积,  $j, m$  分别表示早期和晚期的年龄)。计算结果列于表2, 并绘成图1。

在估算早期选择的年平均遗传增益比率( $E$ )时, 根据公式  $E = \frac{h_j}{h_m} \cdot \frac{T_m}{T_j} \cdot r_{ojm}$  和上述种源

表 1 黄山松种源试验林临安点历年树高相关及遗传力  
Table 1 Correlation coefficients and provenance heritability of annual tree height in the provenance test plantation of Lin'an

	$H_2$	$H_3$	$H_5$	$H_6$	$H_7$	$H_8$
$H_2$ P		0.582*	0.436	0.367	0.376	0.454
G		0.892	0.861	1.046	0.823	0.945
E		0.420	0.272	0.080	0.176	0.184
$H_3$ P			0.826**	0.549*	0.512*	0.609
G			1.078	1.189	1.105	0.960
E			0.725	0.245	0.214	0.388
$H_5$ P				0.671**	0.647**	0.657**
G				1.153	0.998	0.822
E				0.499	0.516	0.593
$H_6$ P					0.662**	0.725**
G					1.150	0.879
E					0.463	0.656
$H_7$ P						0.800**
G						0.963
E						0.734
$h^2$	0.68	0.75	0.62	0.66	0.68	0.76

注: \*示0.05水准的显著性; \*\*示0.01水准的显著性。下表同

树高生长年代间遗传动态分析结果, 采用近似公式  $E \approx \frac{T_m}{T_j} \cdot r_{pjm}$ , 并根据  $r_{pjm}$  随早期选择年龄变化的趋势, 选用回归模型  $r_{pjm} = B_0 + B_1 \cdot \ln(t_j/t_m)$ , 以取得的  $\hat{r}_{pjm}$  代替  $r_{pjm}$ <sup>[1]</sup>, 更新间隔期定为  $m = 2$ 。

由表 2 和图 1 可见: (1) 各类型表型相关系数随早期选择年龄的增加而增加, 树高生长在

表 2 人工林早晚期生长相关系数与早期选择的年平均遗传增益比率

Table 2 Correlation coefficients of juvenile-mature growth and the rate of annual average genetic gain of early selection from a plantation of Taiwan pine

年 龄	$H_j - H_m$	$D_j - D_m$	$V_j - V_m$	$H_j - V_m$		$D_j^2 - V_m$	
	$r_{pjm}$	$r_{pjm}$	$r_{pjm}$	$r_{pjm}$	E	$r_{pjm}$	E
2	0.743 0 **			0.693 3			
4	0.753 2 **	0.272 0	0.809 6 **	0.654 2		0.124 2	
6	0.755 8 **	0.481 9	0.532 1	0.615 5	2.70	0.500 8	
8	0.823 5 **	0.636 2 *	0.755 4 *	0.738 8 **	2.24	0.761 6 *	2.56
10	0.849 7 **	0.810 7 **	0.923 8 **	0.795 1 **	1.91	0.917 6 **	2.21
12	0.861 2 **	0.902 3 **	0.969 4 **	0.802 1 **	1.68	0.964 5 **	1.95
14	0.880 2 **	0.949 2 **	0.918 9 **	0.798 6 **	1.49	0.966 6 **	1.75
16	0.895 0 **	0.972 2 **	0.984 2 **	0.786 4 **	1.35	0.979 3 **	1.58
18	0.910 0 **	0.984 9 **	0.987 0 **	0.784 9 **	1.23	0.983 5 **	1.45
20	0.940 9 **	0.984 4 **	0.976 7 **	0.818 6 **	1.13	0.986 4 **	1.34
22	0.962 4 **	0.992 8 **	0.992 9 **	0.857 1 **	1.05	0.982 6 **	1.24
24	0.976 3 **	0.997 1 **	0.995 1 **	0.875 9 **	0.97	0.982 7 **	1.16
26	0.988 6 **	0.998 8 **	0.999 2 **	0.876 3 **	0.91	0.978 4 **	1.09

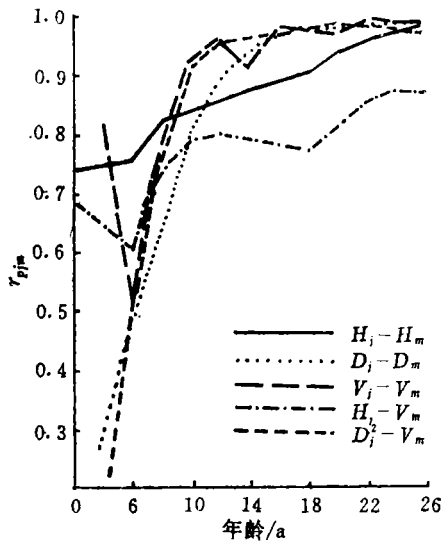


图1 人工林早晚期生长相关系数随早期年龄的变化

Fig. 1 Changes with early age of the correlation coefficients of juvenile-mature growth from a plantation of Taiwan pine

从  $H_j$ ,  $D_j^2$  同  $V_m$  的相关看, 以  $D_j^2$  同  $V_m$  的相关紧密些。因此可以初步确定: 在天然林中选优, 用胸径作选择性状, 最佳早晚选择年龄为10年生, 此时选择,  $E$  值最高 ( $E = 2.9$ )。如果用树高作选择性状, 最佳早期选择年龄则需推迟。

2年生时与28年生的相关就已达到极显著水平。其他各类型生长相关, 一般在8年生时与28年生的相关达到显著水平。

(2)  $E$  值随早期选择年龄的增加而递减。如树高与材积相关的  $E$  值, 在早期选择年龄为6年生时高达2.70, 而到26年生时仅为0.91。

(3) 根据各类型相关系数的显著性和变化趋于平稳的年龄以及  $E$  值的大小, 可以初步确定人工林的最佳早期选择年龄为8年生。如果仅用树高作选择性状还可适当提前。此时,  $E$  值显著高于1, 说明这种早期选择是有效的。此结果与在相同地区的杉木、马尾松作早期选择所得的结论相似<sup>[1,2]</sup>。

### 2.3 黄山松天然林早晚期生长相关和最佳早期选择年龄

用同样的方法分析了黄山松天然林和解析木资料, 结果见表3和图2。

图2和表3表明, 天然林的各项性状早期生长与45年生时相关系数大都在10年生时达到显著水平。这说明10年生时是早晚期相关显著与否的转折点。

表3 黄山松天然林早晚期生长相关系数与早期选择的年平均遗传增益比率

Table 3 Correlation coefficients of juvenile-mature growth and the rate of annual average genetic gain of early selection from natural stands of Taiwan pine

年 龄 (a)	$H_j - H_m$	$D_j - D_m$	$V_j - V_m$	$H_j - V_m$		$D_j^2 - V_m$	
	$r_{pjm}$	$r_{pjm}$	$r_{tjm}$	$r_{pjm}$	$E$	$r_{pjm}$	$E$
5	0.5467	0.2261	0.6043	0.4610		-0.0536	
10	0.7131*	0.7760*	0.8142**	0.6061	2.23	0.7406*	2.90
15	0.8061**	0.8958**	0.8446**	0.6221	1.68	0.8502**	2.38
20	0.8636**	0.9439**	0.9062**	0.6378*	1.36	0.8924**	1.91
25	0.8914**	0.9775**	0.9679**	0.6952*	1.15	0.9365**	1.60
30	0.9206**	0.9862**	0.9827**	0.6670*	0.99	0.9498**	1.38
35	0.9624**	0.9924**	0.9932**	0.6872*	0.88	0.9558**	1.21
40	0.9865**	0.9988**	0.9977**	0.6719*	0.79	0.9507**	1.08

根据上述分析, 黄山松林, 尤其是人工林, 一般在8~10年生时就可以初步作出选择和鉴定。

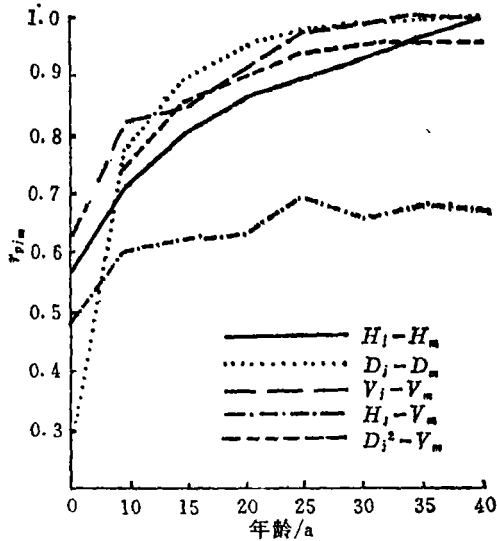


图2 天然林早晚期生长相关系数  
随早期年龄的变化

Fig. 2 Changes with early age of the correlation coefficients of juvenile-mature growth from natural stands of Taiwan pine

的影响,而且  $h_{pjm}$  或  $r_{ojm}$  的估值随样本数而变化。因此,  $E$  的估值是相对的,其绝对值并不一定代表早、晚期选择的年增益的倍数。所以确定最佳的早期选择年龄应以早、晚期性状相关显著性,相关系数变化的平稳程度以及  $E$  值的大小等指标加以综合考虑而定。

综上所述,可以初步确定黄山松人工林的最佳早期选择年龄为8~10年生,此时选择能得到的年增益显著高于到主伐期时选择的平均年增益。因此,对于种源试验林、子代测定林以及实生种子园等都可以在8~10年生时作出初步选择并加以利用,以后逐步淘汰,逐步利用,以此来缩短育种周期,提高单位时间内的遗传改良效益。

**致谢** 本研究得到东北林业大学张培果、杨书文两位教授的指导,特此致谢。

### 参 考 文 献

- 1 梁一池. 林业科技通讯, 1984, (2): 1~3
- 2 王章荣等. 南京林业大学学报, 1987, 11(3): 41~46
- 3 范义荣等. 林业科技通讯, 1990, (8): 11~13
- 4 Lambth, C C. *For Sci*, 1980, 26(4): 571~580
- 5 Cill J G S. *Sil Gene*, 1987, 36(5~6): 189~199
- 6 Wakeley P C. *For Sci*, 1971, 17(2): 200~209
- 7 Sguillance A E, Sharlesi G. *For Sci*, 1974, 20(3): 225~229
- 8 Namkoong G, Conkle M T. *For Sci*, 1976, 22(1): 2~11

## 3 结论与讨论

### 3.1 结论

3.1.1 由2~8年生黄山松种源试验林树高相关分析知,树高生长的遗传相关显著高于表型相关。当表型相关系数还处于中等大小时,遗传相关系数已高达0.82以上。各年树高的种源遗传力稳定在0.62~0.76之间,可见树高生长在时间上具有较大的遗传稳定性。

3.1.2 黄山松早晚期生长的相关系数随早期年龄的增加而增加,当增加到8~10 a时,相关系数的变化趋于平稳,并且8~10年生是表型相关显著与否的转折点。

3.1.3 早期选择的年平均遗传增益比率随早期选择年龄的增加而递减,但各性状的变化速率不一。

### 3.2 讨论

上述结果是利用表型相关系数计算的,  $r_{pjm}$  与  $r_{ojm}$  的一致性除受遗传因素影响以外,还受林分的发育阶段、立地条件的差异等因素

Tong Zaikang (Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, PRC), Fan Yirong, Wang Xueping, Yang Jiaqiang. **Juvenile-Mature Correlation and Early Selection for Growth Traits of Taiwan Pine.** *J Zhejiang For Coll*, 1993, **10(2): 133~138**

**Abstract:** This paper analysed the provenance heritability and correlati correlation coefficients of Taiwan pine in annual tree height according to the data from provenance test plantations at the age of 8, with provenance heritability varying from 0.62 to 0.76 and genetic correlation coefficients all being more than 0.82. The result showed that tree height increment had a genetic stability with time. The age, 8 to 10, was an optimum stage for the early selection of Taiwan pine stand with a significantly higher genetic gain than that gained in crop time according to the data of stem analysed sample from plantations (aged 28) and natural stands (aged over 45) of Taiwan pine, which was juvenile-mature phenotypic correlation coefficients and the rate of annual genetic gains on early selection.

**Key words:** Taiwan pine (*Pinus taiwanensis* Hayata); provenance tests; genetic analysis; gain; early selection