

文章编号: 1000-5692(2005)01-0061-05

# 杉木种子园种子品质性状变异及遗传参数

孙鸿有<sup>1</sup>, 郑勇平<sup>2</sup>, 翁春媚<sup>3</sup>, 罗小华<sup>4</sup>, 涂武泰<sup>3</sup>, 蔡克孝<sup>1</sup>

(1. 浙江林学院 生命科学学院, 浙江 临安 311300; 2. 浙江省林业种苗管理总站, 浙江 杭州 310020

3. 浙江省遂昌县林业局, 浙江 遂昌 323300; 4. 浙江省淳安县姥山林场, 浙江 淳安 311700)

**摘要:** 为进一步了解杉木 *Cunninghamia lanceolata* 种子品质遗传变异规律, 对浙江省 22 个不同世代不同类型种子园, 连续 4 a 采种、取样和测定, 系统地分析了种子千粒质量、涩籽率、发芽率、发芽指数、芽苗长度和活力指数等 6 项品质性状的变异、遗传力和遗传相关。结果表明, 种子活力指数表型变异与遗传变异均最大, 涩籽率变异次之, 芽苗长度变异最小。种子千粒质量遗传力最大, 涩籽率次之, 其后依次为芽苗长度、发芽率、活力指数和发芽指数。千粒质量与各性状具有轻度和中度的遗传相关关系, 涩籽率在遗传上除与千粒质量呈轻度负相关外, 与其他性状没有相关关系, 发芽率与发芽指数以及发芽指数、芽苗长度与活力指数遗传相关紧密。表 4 参 12

**关键词:** 杉木; 种子园; 种子; 变异; 遗传力; 遗传相关

**中图分类号:** S791.27      **文献标识码:** A

研究林木种子品质性状变异与遗传参数对林木种子品质改良具有重要的理论价值。在林木良种选育研究中, 国外在林木果实或球果变异方面报道较多, 但对种子品质变异报道较少<sup>[1~4]</sup>。Bangarwa 曾报道印度黄檀 *Dalbergia sissoo* 不同种源种子发芽率和活力指数等的遗传变异参数<sup>[1]</sup>; 国内王章荣等曾报道杉木 *Cunninghamia lanceolata*, 马尾松 *Pinus massoniana*, 油松 *Pinus tabulaeformis* 种子园和无性系种子千粒质量、涩籽率、健全籽率和发芽率等的变异情况<sup>[5~7]</sup>。杉木是我国南方重要的用材树种, 通过育种工作者多年的努力, 已先后建立了 1 代、1.5 代和 2 代种子园。作者曾从不同选育层次研究了不同世代和不同类型种子园和优良家系等的种子品质改良增益<sup>[8,9]</sup>。本文是在此基础上研究杉木种子园种子品质性状变异、遗传力和遗传相关, 以揭示种子品质性状变异规律及其与遗传基础的关系。

## 1 材料与方方法

### 1.1 试验材料

供试种子来自浙江省的部(省)级林木良种基地的 22 个杉木种子园, 其中 1 代种子园 7 个, 1.5 代种子园 6 个, 2 代种子园 7 个, 种源种子园和双系种子园各 1 个。自 1994 年起, 连续 4 a 采种、取样和测定。年限跨度基本上涵盖了杉木结实的 1 个大小年周期。

### 1.2 种子取样与品质测定

种子取样测定, 全部按照国家标准《GB 2772-1999 林木种子检验规程》的规定操作<sup>[10]</sup>。

收稿日期: 2004-04-13; 修回日期: 2004-09-02

基金项目: 浙江省自然科学基金资助项目(393058); “九五”浙江省科技攻关重点项目(991102339)

作者简介: 孙鸿有, 教授, 从事林木遗传与育种研究。

1.2.1 取样 每个种子园每年在种子全部采收处理出来后,从种子堆不同部位等量取种,经充分混合后,用四分法提取种子试验样品,进行品质测定。

1.2.2 测定内容 主要测定种子千粒质量、涩籽率、发芽率、发芽指数、芽苗长度和活力指数等6个品质指标。为了排除涩籽粒和空粒的干扰,科学地反映种子发芽品质,发芽率、发芽指数和活力指数均采用绝对发芽率、绝对发芽指数和绝对活力指数。

1.2.3 测定方法 千粒质量测定采用800粒法,发芽测定(含涩籽率测定)采用400粒法,芽苗生长测定采用垂直玻板发芽法,每100粒为1个重复<sup>[11,12]</sup>。

### 1.3 数据分析

试验数据按照“种子园、年代、种子园×年代”的模式进行方差分析,发芽率和涩籽率数据经过反正弦转换。在方差分析基础上,计算各性状的变异系数、遗传力和遗传相关系数。遗传力估算采用下列公式: $h^2_{(\text{种子园群体})} = \sigma_g^2 / (\sigma_e^2/ry + \sigma_g^2/y + \sigma_g^2)$ ,  $h^2_{(\text{重复})} = \sigma_g^2 / (\sigma_e^2 + \sigma_{gy}^2 + \sigma_g^2)$ 。遗传相关系数估算,采用公式: $r_g = \text{co} \sigma_{gij} / \sigma_{gi} \sigma_{gj}$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 种子品质性状变异

方差分析结果(表1)表明,各品质性状在种子园之间、年代之间、种子园×年代之间的F值都达到极显著水平,其值分别高达32.21<sup>\*</sup>~156.56<sup>\*\*</sup>, 27.44<sup>\*\*</sup>~221.28<sup>\*\*</sup>和18.74<sup>\*\*</sup>~71.03<sup>\*\*</sup>,显示出不同种子园之间和不同年代之间,不仅种子品质相互差异很大,而且各个种子园在不同年代结实的种子品质变异,并非同向增减,而是此减彼增,增减不一。同时,也反映出种子品质既在一定程度上受遗传基础控制,又极易受非遗传因素的影响而变化。

表1 种子品质性状方差分析

Table 1 Variance analysis of seed quality characters

变因	自由度 <i>df</i>	千粒质量		涩籽率		发芽率		发芽指数		芽苗长度		活力指数	
		<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>
种子园	22	8 908.1	156.56 <sup>**</sup>	174.12	44.48 <sup>**</sup>	410.58	46.34 <sup>**</sup>	16.95	33.27 <sup>**</sup>	4.268	32.21 <sup>**</sup>	2.297	34.49 <sup>**</sup>
年代	3	5 239.3	92.08 <sup>**</sup>	866.23	221.28 <sup>**</sup>	439.38	49.59 <sup>**</sup>	22.94	45.02 <sup>**</sup>	3.636	27.44 <sup>**</sup>	2.554	38.35 <sup>**</sup>
种子园×年代	66	4 041.7	71.03 <sup>**</sup>	94.34	24.10 <sup>**</sup>	255.92	22.89 <sup>**</sup>	12.84	25.19 <sup>**</sup>	2.482	18.74 <sup>**</sup>	1.582	23.76 <sup>**</sup>
机误	276	0.056	9	3.92		8.86		0.51		0.132	5	66	609.0

说明:千粒质量机误自由度为644

从变异系数来看(表2),无论是在总体上或是在种子园之间,表型变异都是以活力指数最大,发芽指数次多,其后依次是涩籽率和发芽率,千粒质量和芽苗长度最小。遗传变异也是以活力指数最大,涩籽率次之,芽苗长度和发芽指数最小。二者综合来看,在测定的6个性状中,活力指数变异最大,其次是涩籽率,芽苗长度变异最小。发芽指数虽然表型变异较大,但遗传变异较小。千粒质量表型变异较小,但遗传变异并不小。

### 2.2 种子品质性状遗传力

林木常规有性育种,基本上是群体的遗传改良,通过轮回选择,建立一代又一代的遗传基础得到改良,生产水平得到提高的新群体。种子园就是轮回选择中建立的新的繁殖群体。决定个体性状遗传的是基因,而决定群体性状遗传的是基因频率。不同种子园,由于其无性系组成的不同,其群体基因频率必然不同。显然,种子园之间在种子品质上的差异,与其群体遗传组成和基因频率有直接关系,所以,估算种子园群体遗传力对深入了解种子园种子品质性状变异与遗传基础的关系,具有重要意义。试验估算结果表明(表3),在测定的6个品质性状中,种子园群体遗传力为0.243~0.546,以种子千粒质量遗传力最大,涩籽率次之,其后依次为芽苗长度、发芽率和活力指数,而以发芽指数遗传力最小。可见,千粒质量和涩籽率受遗传基础控制较强,种子园之间在千粒质量和涩籽率上的差异,与其群体遗传组成差异有较大关系;而发芽指数、活力指数和发芽率受遗传基础控制较弱,易受环境

条件的影响而变化。

表 2 种子品质性状变异

Table 2 Variation of seed quality characters

性状	均值	表型变量		遗传变量	表型变异系数		遗传变异系数
		总体	种子园		总体	种子园	
千粒质量	7.637	0.7008	0.2784	0.1521	10.9	6.9	5.1
涩籽率	38.700	37.4279	10.8824	4.9862	15.8	8.5	5.8
发芽率	61.900	80.8908	25.6609	9.6658	14.5	8.2	5.0
发芽指数	11.200	3.8958	1.0595	0.2571	17.6	9.2	4.5
芽苗长度	7.600	0.8317	0.2668	0.1116	12.0	6.8	4.4
活力指数	87.700	493.3306	143.5828	44.6582	25.3	13.7	7.6

说明: 表内千粒质量均值的计量单位为“g”, 芽苗长度为“cm”

表 3 种子品质性状遗传力

Table 3 Heritability of seed quality characters

性状	$\sigma_g^2$	$\sigma_{gy}^2$	$\sigma_e^2$	$\sigma_p^2$	$h_{群体}^2$	$h_{重复}^2$
千粒质量	0.1521	0.4981	0.0569	0.2784	0.546	0.215
涩籽率	4.9862	22.6061	3.9146	10.8824	0.458	0.158
发芽率	9.6658	61.7653	8.8599	25.6609	0.377	0.120
发芽指数	0.2571	3.0822	0.5096	1.0595	0.243	0.068
芽苗长度	0.1116	0.5875	0.1325	0.2668	0.418	0.134
活力指数	44.6582	379.0500	66.6090	143.5800	0.311	0.091

## 2.3 种子品质性状遗传相关

试验以年代为重复, 分别估算了各性状的表型相关和遗传相关系数, 同时, 为了更清楚地了解性状之间的相关关系, 将总体表型相关分割为种子园之间表型相关和种子园之内表型相关。由于是以年代为重复进行相关分析, 因此这里的种子园内表型相关主要是指同一种子园不同年代结实的种子品质性状之间的相关。相关系数估算结果列于表 4。

2.3.1 千粒质量与各性状之间的相关分析 从总体上看, 千粒质量与涩籽率之间, 在表型上呈中度负相关,  $r_p$  达显著水平, 表明种子涩籽率的增加, 种子籽粒质量将有所下降。这种相关现象, 在种子园内部比种子园之间表现明显。千粒质量与涩籽率在遗传上表现轻度负相关, 其相关系数小于表型相关, 表明二者之间的表型相关主要是由环境条件变化引起的。千粒质量与发芽率、发芽指数和活力指数均呈轻度相关,  $r_p$  为 0.28~0.35。这种相关关系, 在种子园之间与种子园之内, 基本上是相同的。在遗传上, 千粒质量与发芽率和活力指数呈轻度相关, 与发芽指数相关较紧密。

千粒质量与芽苗长度相关性较弱, 其中在不同种子园之间基本上没有相关性, 在种子园之内呈轻度相关, 在遗传上呈弱负相关。所以, 不同种子园之间的芽苗长度的差异, 与种子籽粒大小无关, 但是在同一种子园不同年代结实的种子, 籽粒轻重将在一定程度上影响芽苗长度。

2.3.2 涩籽率与各性状相关分析 涩籽粒是杉木种子在授粉、受精和发育过程中, 由于受到不良的内外因素的影响败育而形成的。涩籽粒的多少及其对种子品质的影响, 直接关系到种子的生产实用价值, 因而是杉木育种工作者十分关注的一个问题。在本项研究结果中, 涩籽率与千粒质量的相关性, 已在前述。涩籽率与发芽率、发芽指数、芽苗长度和活力指数的相关性, 从总体上看, 在表型上呈负相关, 表明种子各发芽性状随涩籽率的增加而会有所下降。这在同一种子园之内, 表现较为明显, 达到中度负相关,  $r_p$  达 -0.3725~-0.4814<sup>\*</sup>。但是在不同种子园之间, 却没有这种负相关, 基本上表现为无相关性或呈弱相关。这说明, 在同一种子园内, 不同年代结实的种子, 涩籽粒多, 则种子品质下降, 反之, 则增加; 而在不同种子园之间, 涩籽粒多的种子园种子, 其发芽品质并不比涩籽粒少的种子园种子差, 反之亦然。在遗传相关上, 涩籽率与这 4 个性状之间没有相关性, 表明涩籽率与它们之间的表型相关, 基本上是由共同的环境条件影响所致。

2.3.3 发芽率与各性状相关分析 除了前面分析的千粒质量和涩籽率与发芽率相关关系外,发芽率与发芽指数之间,无论是在表型上或是在遗传上,在种子园之间或是在种子园之内,都表现出紧密相关,相关系数达极显著水平。所以,发芽率高的种子,一般都表现出发芽比较快速而整齐,而这主要是遗传基础决定的。发芽率与芽苗长度之间在表型方面基本上没有相关性,在遗传上却表现出中度负相关。这表明,种子发芽率的高低,对发芽期间芽苗生长的长度没有影响。发芽率与活力指数之间表型相关较紧密,达极显著水平,其中尤以种子园内相关表现更突出。但在遗传上,二者之间没有相关性,表明其表型相关主要是由非遗传因素决定的。发芽率是反映种子生活力的主要指标。活力指数是反映种子活力的最重要指标。生活力与活力是具有不同内涵的概念。发芽率与活力指数的遗传相关性表明,生活力强的种子其内在活力未必强。

表4 种子品质性状相关

Table 4 Correlation of seed quality characters

$r_g$		$r_p$					
		千粒质量	涩籽率	发芽率	发芽指数	芽苗长度	活力指数
千粒质量	总体		-0.456 5	0.315 5	0.316 1	0.174 9	0.318 7
	种子园间		-0.390 0	0.324 6	0.346 1	0.033 0	0.272 5
	种子园内		-0.497 6 *	0.314 0	0.308 4	0.259 8	0.347 3
涩籽率	总体			-0.268 0	-0.263 9	-0.183 8	-0.292 1
	种子园间	-0.270 3		0.039 2	0.083 6	0.238 4	0.186 6
	种子园内			-0.382 7	-0.390 8	0.372 5	-0.481 4 *
发芽率	总体				0.839 3 **	0.057 3	0.630 3 **
	种子园间				0.806 8 **	-0.068 9	0.504 0 **
	种子园内	0.327 0	0		0.853 2 **	0.115 7	0.682 2 **
发芽指数	总体					0.207 8	0.836 6 **
	种子园间	0.611 5 **	0	0.756 9 **		0.187 9	0.797 1 **
	种子园内					0.217 1	0.814 4 **
芽苗长度	总体						0.703 5 **
	种子园间	-0.240 0	0	-0.381 5	0.256 6		0.739 9
	种子园内						0.688 7
活力指数	总体						
	种子园间	0.102 2	0	-0.004 1	0.637 3 **	0.919 3 **	
	种子园内						

2.3.4 发芽指数与各性状相关分析 除了以上分析中涉及到的发芽指数与千粒质量、涩籽率和发芽率相关分析外,发芽指数与芽苗长度之间,在表型上和遗传上都只有轻度相关,相关系数为0.187 9~0.256 6,表明种子发芽快慢对发芽期间芽苗长度大小,影响很小。发芽指数与活力指数之间,在表型上和遗传上相关较紧密,相关系数达到极显著水平。所以,发芽快的种子其活力也较强。这种关系是有内在遗传基础的。

2.3.5 芽苗长度与各性状相关分析 除了以上分析外,芽苗长度与活力指数在表型上紧密相关,在遗传上高度紧密相关。所以,发芽期间芽苗生长好的种子一般都具有较强的活力。这种关系基本上是由遗传基础决定的。

### 3 结论

在测定的6个杉木种子品质性状中,活力指数的表型变异和遗传变异均较大,涩籽率次之,芽苗长度变异最小。千粒质量虽然表型变异较小,但遗传变异较大。

种子千粒质量遗传力最大,涩籽率次之,其后依次为芽苗长度、发芽率、活力指数和发芽指数。

种子千粒质量与各性状之间具有轻度到中度的相关性,涩籽率除了与千粒质量具有轻度负向遗传相关外,与其他性状之间没有遗传相关关系;发芽率与发芽指数,以及发芽指数、芽苗长度与活力指

数之间, 遗传相关紧密。各性状在种子园之内的表型相关大都强于在种子园之间的表型相关。

### 参考文献:

- [1] Bangarwa K S, Singh V P, Tomer R S S. Progeny testing for seed quality parameters in *Dalbergia sissoo* Roxb. [J]. *Seed Sci Technol*, 1995, 23 (1): 253-257.
- [2] Singh N B, Chaudhary V K. Variability, heritability and genetic gain in cone and nut characters of chilgozapong (*Pinus gerardiana* Wall.) [J]. *Silv Genet*, 1993, 42 (2-3): 61-63.
- [3] Clair J B. Effects of seed weight and rate of emergence on early growth of open-pollinated douglas-fir families [J]. *For Sci*, 1991, 37 (4): 987-997.
- [4] Byram T D, Lowe W J, McGriff J A. Clonal and annual variation in cone production in Loblolly pine seed orchards [J]. *For Sci*, 1986, 32 (4): 1067-1073.
- [5] 王章荣. 马尾松无性系种实性状的变异和利用 [A]. 沈熙环. 种子园优质高产技术 [C]. 北京: 中国林业出版社, 1994. 140-143.
- [6] 陈晓阳, 潘奇敏, 刘潮禄, 等. 杉木种子园种子品质的观测和分析 [J]. 北京林业大学学报, 1997, 19 (1): 31-37.
- [7] 迟健. 杉木种子园无性系间结实和种子品质差异研究 [J]. 福建林学院学报, 1987, 7 (2): 49-54.
- [8] 孙鸿有, 郑勇平, 付顺华, 等. 杉木不同世代、类型种子园种子品质改良效果的研究 [J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2003, 27 (2): 40-44.
- [9] 孙鸿有, 傅秋华, 程育民, 等. 杉木良种种子品质遗传改良初步研究 [J]. 浙江林学院学报, 1997, 14 (2): 120-126.
- [10] GB 2772-1999 林木种子检验规程 [S].
- [11] 蔡克孝, 孙鸿有. 改良型垂直玻板发芽器 [J]. 林业科技通讯, 1984, (11): 8-9.
- [12] 孙鸿有, 蔡克孝, 吴祖映, 等. 杉木马尾松等南方 8 个主要造林树种种子长期贮藏 [J]. 浙江林学院学报, 1994, 11 (3): 223-234.

## Seed quality character variation and seed genetic parameters of *Cunninghamia lanceolata* in seed orchard

SUN Hong-you<sup>1</sup>, ZHENG Yong-ping<sup>2</sup>, WENG Chun-mei<sup>3</sup>, LUO Xiao-hua<sup>4</sup>, TU Wu-tai<sup>3</sup>, CAI Ke-xiao<sup>1</sup>

(1. Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. Management General Station of Forest Seedling of Zhejiang Province, Hangzhou 310020, Zhejiang, China; 3. Forest Enterprise of Suichang County, Suichang 323300, Zhejiang, China; 4. Laoshan Forest Farm of Chun'an County, Chun'an 311700, Zhejiang, China)

**Abstract:** For knowing further about the genetic variation regularity of seed quality of *Cunninghamia lanceolata*, 22 seed orchards in different generations and different types were studied. After seed collecting, sampling, measuring for successive 4 years, the variation, heritability and genetic correlation of 6 quality characters, including thousand-grain weight, percentage of woody, germination percentage, germination index, seedling length, and vigor index were systemically analyzed. The results revealed that the level of phenetic and genetic variation of vigor index was the highest, that of sterile seed rate was the second, and that of seedling length was the lowest. Those seed quality characters from high to low in heritability order were as follows: thousand-grain weight, percentage of woody seed, seedling length, germination percentage, vigor index and germination index. There were light correlations between thousand-grain weight and other quality characters. There were light correlations between thousand-grain weight and other quality characters. There were no correlations between percentage of woody seed in heredity and others, except thousand-grain weight which relationship is lightly negatively correlated. But there were close correlations between germination percentage and germination index, also between vigor index and germination index, seedling length. [Ch, 4 tab. 12 ref.]

**Key words:** *Cunninghamia lanceolata*; seed orchard; seed; variation; heritability; genetic correlation