

文章编号: 1001-1498(2008)05-0724-05

# 关于杉木双列杂交试验若干问题的探讨\*

齐明<sup>1</sup>, 彭九生<sup>2</sup>, 何贵平<sup>1</sup>

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400; 2. 江西省林业科学研究院, 江西 南昌 330032)

**摘要:** 利用杉木 9 × 9 半双列和杉木 6 × 6 全双列试验材料, 并综合我国杉木配合力育种中所有的文献资料, 进一步探讨了杉木双列杂交试验和配合力测定中应注意的若干问题。结果表明: (1) 生长发育阶段及试验环境对控制杉木性状的加性遗传方差和非加性遗传方差比值没有质的影响; (2) 在 I 类材料中, 杉木的母本细胞质效应作用不明显, 在 II 类材料中, 在选择性状 (生长性状) 上, 检测到显著的母本细胞质效应, 但这不影响非加性遗传方差份量的主导作用; (3) 交配设计类型的变化对杉木 II 类材料的性状基因作用方式的试验结果有明显的影 响; (4) 在控制子代性状的表达方面, 母本的加性效应显著, 父本的花粉效应不明显, 但父本与母本互作效应极其明显。因此在杉木杂交育种中, 可以评选出具有突出表现的杂交组合。

**关键词:** 杉木; 双列杂交; 一般配合力; 特殊配合力; 母本细胞质效应; 交配设计类型; 父本与母本互作

中图分类号: S791.27

文献标识码: A

## Research on Some Issues about Diallel Cross Test of Chinese Fir

QI Ming<sup>1</sup>, PENG Jiu-sheng<sup>2</sup>, HE Gui-ping<sup>1</sup>

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang 311400, Zhejiang, China;

2. Jiangxi Academy of Forestry, Nanchang 330032, Jiangxi, China)

**Abstract:** Two types of parents of Chinese fir with different genetic properties ( I-9 × 9 half diallel cross and II-6 × 6 complete diallel cross ) and combination with all literatures in combining ability breeding of Chinese fir, some issues about diallel cross test of Chinese fir were researched. The results are as follows: (1) growth and development stage, as well as trails environments had no essential effects upon relative ratios of additive genetic variance to non-additive genetic variance in Chinese fir. (2) In type I materials, there was no obvious effects of female cytoplasm, but there was obvious effects of female cytoplasm on selective traits (growth traits) in type II materials, but this had not affected a leading action of non-additive genetic variance that controlled expression on progeny traits. (3) The changes of the types of mating designs had obviously influenced the test results about gene action fashions in II materials. (4) There were significant differences among females, but not among males. The interaction variances between females and males were always significant extremely, cross combinations with outstanding performances could be selected out.

**Key words:** Chinese fir; diallel cross; GCA; SCA; female cytoplasm effects; types of mating designs; interaction variances between male and female

杉木 (*Cunninghamia lanceolata* (Lamb) Hook.) 的配合力育种, 在杉木遗传学以及杉木遗传

改良实践中, 具有十分重要的价值。特别是随着林木的多世代育种的展开和深入, 亲本的配合力测定

收稿日期: 2007-03-19

基金项目: 浙江省自然科学基金项目 (Y306046) 资助

作者简介: 齐明 (1962—), 男, 湖北新洲人, 硕士, 副研究员, 主要从事林木遗传改良研究。

\* 陈益泰先生等提供了研究材料, 在此致谢!

和高配合力材料的选择,都将使用双列杂交设计,但是在林木配合力育种中,有许多理论问题值得我们重视。

目前林木遗传育种中广泛使用的交配设计类型多来自于农作物遗传育种,由于林木与农作物有很大不同(如林木长期处于野生状态,多为杂合体),因此来自农作物遗传育种的模型不完全适合于林木。如根据林木的特点和林木遗传育种的要求,通过配合力测试应获得亲本的加性遗传方差、显性遗传方差、上位遗传方差和母本细胞质效应;但众多林木育种工作者<sup>[1-5]</sup>常常借助增广 NCII和半双列杂交等设计估计群体的遗传方差,而这些交配设计的使用前提是基于不存在母本细胞质效应,不存在上位效应,显然这两个前提假设对于林木是不成立的,因此这类研究结果的应用价值受到限制。

林木的配合力研究结果与许多因素有关。1991年作者探讨了参试子代样本数对遗传分析结果的影响<sup>[6]</sup>,1996年曾就杉木的配合力方差与研究材料间的关系进行过一些研究<sup>[7]</sup>。现继续就杉木双列杂交设计中的若干问题进行探讨,以期对杉木乃至其它树种的配合力测试方案制定提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究材料

I类材料,杉木 9 ×9 半双列试验林,其亲本未经一般配合力选择;II类材料,杉木 6 ×6 全双列试验林(生长性状上,亲本经过一般配合力选择),详情参见文献<sup>[7]</sup>。

### 1.2 研究方法

研究分析杉木材积、胸径、树高、枝下高及尖削度 5 个性状。采集到的数据,以单株观察值参与统计分析,采用如下线性模型:

$$y_{ijk} = U + F_{ij} + B_k + E_{ijk}$$

式中:  $y_{ijk}$  为第  $ij$  个全同胞家系第  $k$  株观察值,  $U$  为群体平均效应,  $F_{ij}$  为第  $i$  个亲本与第  $j$  个亲本交配产生的第  $ij$  个全同胞家系效应,  $B_k$  为重复区组效应,  $E_{ijk}$  为随机误差。

配合力分析<sup>[8]</sup>分别按 Griffing 方法 IV (9 ×9 半双列)和 Griffing 方法 (全双列)进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 杉木性状遗传参数估计结果的简要分析

经过方差分析和配合力分析,根据数量遗传理

论,可估计杉木各主要经济性状的遗传参数,结果见表 1。

表 1 杉木主要经济性状的遗传参数

试验类型	性状	$\frac{2}{g}$	$\frac{2}{s}$	$\frac{2}{l}$	$\frac{2}{A} / \frac{2}{D}$
7年生杉木	材积	8.239 6	0.112 7		73.1 1
	树高	0.041 6	0.008 7		4.8 1
	胸径	0.094 9	0.005 8		16.3 1
9 ×9 半双列交配试验	枝下高	4.081 0	1.880 0		3.4 1
	尖削度	4.104 4	1.584 5		2.6 1
5年生杉木	材积	2.708 1	8.608 8	5.692 0	1.3 2
	树高	0.022 6	0.070 3	0.046 8	1.3 1
	胸径	0.392 3	1.974 1	0.772 7	1.5 0
6 ×6 全双列交配试验	枝下高	1.072 2	0.215 4	0.061 7	5.0 1
	尖削度	1.546 7	0.426 6	0.355 6	3.6 1

注:  $\frac{2}{g}$ 、 $\frac{2}{s}$ 、 $\frac{2}{l}$  分别表示一般配合力、特殊配合力和正反交效应方差;  $\frac{2}{A}$ 、 $\frac{2}{D}$  分别表示加性遗传方差和显性遗传方差,下同。

从表 1 可见:在 2 片试验林中,杆型性状的遗传控制结果是一致的,即加性基因效应占主导地位,非加性遗传效应作用相对较弱;但在生长性状上,2 片试验林的结果相反,在杉木 9 ×9 的半双列试验中,加性遗传方差份量占主导地位,非加性遗传方差次之;而在杉木 6 ×6 全双列交配试验中,非加性遗传效应占主导地位,加性遗传方差次之。由此得出,一般配合力测定和选择与特殊配合力的测定和选择之间具有独立性的理论。李力等<sup>[9]</sup>的研究结果也进一步印证了这一结论。

### 2.2 生长发育过程及试验环境对性状遗传控制方式的影响

在植物配合力育种中,有人认为性状的遗传控制具有时空动态性<sup>[10]</sup>。在杉木的配合力育种中,也有不少人以苗期材料来证实这一点<sup>[11]</sup>。作者为了讨论杉木生长发育过程及试验环境对性状遗传参数估计结果的影响,收集了本文中同一试验材料的早期研究结果,现列于表 2、3。表 2 是杉木 9 ×9 半双列交配试验树高配合力早期研究结果<sup>[12]</sup>,试验地是浙江富阳。表 3 是杉木 6 ×6 全双列试验 1 年生苗高配合力早期研究结果<sup>[13]</sup>,试验地是福建顺昌。

表 2 杉木 9 ×9 半双列试验树高配合力分析结果

变因	1年生苗高		3年生树高		4年生树高	
	自由度	F 值	均方	F 值	均方	F 值
GCA	8	17.70 7.20**	0.024 8	4.96**	0.090 2	6.49**
SCA	27	2.46 1.73*	0.005 0	1.32 <sup>NS</sup>	0.013 9	1.11 <sup>NS</sup>
机误	102	1.42	0.003 8		0.012 5	
$\frac{2}{g}$	$\frac{2}{s}$	2.18 1.04	2.80 1.20	10.9 1.40		

注: \*、\*\* 分别表示达到 5% 和 1% 的统计水平差异性,NS 表示差异不显著,下同。

表 3 杉木 6 × 6 全双列交配试验苗高配合力分析结果

变因	自由度	均方	F 值 (模型 II)	方差份量	$\frac{2}{g} / (\frac{2}{s} + \frac{2}{t})$
GCA	5	34.901 4	3.359 6*	2.069 4	
SCA	15	10.389 0	22.184 0**	5.760 4	
正反交效应	15	10.014 0	21.383 0**	4.772 9	1 5. 0
机误	5 676	0.468 3			

将表 2、3 分析结果与本文中的研究结果进行比较,可以发现,同一研究材料(I类材料或 II 类材料)在不同试验环境、不同生长发育阶段,其加性遗传方差份量与非加性遗传方差份量之比  $\frac{2}{g} / (\frac{2}{s} + \frac{2}{t})$  都表现出完全一致的趋势。

由于本文中试验 I 的试验地是江西分宜,试验 II 的试验地是福建沙县,即同样的试验材料在生长

环境差异极大的两地参与试验,但试验结果一致。因此,至少就这 2 个试验的研究结果可以得出,生长发育阶段和试验环境对杉木生长性状的加性遗传方差与非加性遗传方差的相对比率估计结果,没有质的影响。

### 2.3 母本细胞质效应的影响

杉木性状的遗传控制方式,长期以来都是杉木遗传改良领域中的争论热点。主张加性学说的某些学者<sup>[14]</sup>认为,非加性遗传方差份量主要是由母本的细胞质效应引起的,而本身的效应是不显著的。为此,作者就杉木 6 × 6 全双列交配试验的材料,借助于 Yates 法模型<sup>[8]</sup>,对杉木各研究性状的各遗传效应及母体细胞质效应进行分析研究,结果见表 4。

表 4 II 类材料运用 Yates 法模型获得配合力分析结果

变因	树高				材积		
	自由度	均方	绝对量	相对量 / %	均方	绝对量	相对量 / %
区组	27	6.537 9			1 896.987 9		
GCA	5	9.873 8	0.009 8	7.41	1 263.094 7	0.896 0	5.45
SCA	9	4.814 8	0.049 0	36.88	656.473 4	6.541 1	39.78
母体效应	5	6.354 5	0.254 9	19.19	899.051 6	3.624 3	22.04
正反交效应	10	2.071 9	0.048 5	36.52	290.171 3	5.382 1	32.73
机误	681	0.714 3	0.714 3		139.471 4	139.471 4	

  

变因	胸径			枝下高		尖削度	
	自由度	均方	相对量 / %	均方	相对量 / %	均方	相对量 / %
区组	27	396.544 4		55.511 8		131.978 2	
GCA	5	218.467 2	3.12	264.486 1	74.34	319.099 4	35.02
SCA	9	130.596 4	61.49	24.315 8	10.36	96.741 9	33.48
母体效应	5	130.671 2	20.51	15.224 1	0.00	55.005 1	2.13
正反交效应	10	29.643 4	14.87	15.949 6	15.03	45.169 0	29.37
机误	681	17.432 8		9.768 9		22.548 1	

由表 4 可知:(1)在杉木生长性状中,虽然发现母体细胞质效应的显著存在,但是非加性遗传方差份量依然占主导地位,而加性遗传方差份量的作用依然居次要地位;(2)在杉木形质性状上,各因子份量的作用与生长性状有些不同,其中,在枝下高中加性遗传方差起主导作用,母本细胞质效应不存在,非加性遗传方差份量居次要地位;在尖削度上,母本细胞质效应也几乎不存在,而加性遗传方差份量很显著,超过了显性遗传方差份量,但是非加性遗传方差总份量仍占主导地位。

将 Yates 法模型的分析结果与 Griffing 方法 III 分析结果进行比较,可以发现:(1) Yates 法的分析结果与 Griffing 方法 III 的分析结果基本一致;(2)母本细胞质效应在生长性状中显著存在;(3)母本细胞质效应的存在与否,并不影响加性遗传方差份量及

非加性遗传方差份量的相对比重,并且从不同性状间的结果来看,它们是独立的。

### 2.4 交配设计类型对性状遗传控制方式的影响

在林木杂交育种实践中,使用相同材料进行一系列不同的交配设计,进行试验测定的方式,因为经济等因素很少有人采用;通常的做法是采用不同的待测无性系进行不同的交配设计进行试验,或先根据一般配合力测定结果,从中选择优良亲本,再进行其它类型的杂交遗传测定。由于选择有利于杂合体,导致一般配合力测定和选择与特殊配合力测定和选择间具有相对的独立性。有鉴于此,就不同交配设计变化时,对性状遗传参数影响,有必要依据材料的性质分别加以讨论。

2.4.1 I 类研究材料交配设计 1981 年以来,不少学者<sup>[11-12,15-17]</sup>报道了这方面的研究结果,即采用未

经一般配合力测定的待测优树无性系,分别采用不同的交配设计进行试验。结果表明:杉木主要经济性性状以一般配合力效应为主,特殊配合力和正反交效应较为次要。

由此可见,在 I 类材料中,交配设计的变化,对杉木各经济性性状遗传方差份量相对比重估计结果没有质的影响,进而可以推断,交配设计中父本、母本的变化,试验环境、生长发育过程对研究结果也无质的影响。

2.4.2 II类研究材料交配设计 由于杉木配合力育种中,GCA 与 SCA 测定与评选具有相对的独立性。因此应该看到,同样的因素作用于 II类材料时,很可能引起不同的反应。

将杉木 6 ×6 全双列交配试验剖分成正、反 2 个杉木 6 ×6 半双列交配设计试验,其配合力分析结果见表 5。2 个半双列的交配设计试验对应的方差分析过程,为了节约篇幅从略,此处仅列举其结果。

表 5 II类材料不同的交配设计对各因子的遗传方差份量估计结果的影响

交配设计	变因	材积		树高		胸径		枝下高		尖削度	
		均方	方差份量	均方	方差份量	均方	方差份量	均方	方差份量	均方	方差份量
正向 6 ×6 半双列	GCA	67.062 0	15.391 3	0.457 7	0.099 2	5.069 5	1.939 4	4.836 6	1.037 9	6.584 1	1.301 7
	SCA	4.462 8	0.000 0	0.060 9	0.029 4	1.933 0	0.920 1	0.685 1	0.272 8	1.377 5	0.423 0
	机误	5.496 9	5.496 9	0.031 5	0.031 5	0.717 1	0.717 1	0.412 3	0.412 3	0.954 5	0.954 5
		$\frac{2}{g} > \frac{2}{s}$	$\frac{2}{g} > \frac{2}{s}$	$\frac{2}{g} > \frac{2}{s}$	$\frac{2}{g} > \frac{2}{s}$	$\frac{2}{g} > \frac{2}{s}$	$\frac{2}{g} > \frac{2}{s}$	$\frac{2}{g} > \frac{2}{s}$	$\frac{2}{g} > \frac{2}{s}$	$\frac{2}{g} > \frac{2}{s}$	$\frac{2}{g} > \frac{2}{s}$
反向 6 ×6 半双列	GCA	4.822 6	0.000 0	0.076 1	0.000 0	1.066 5	0.000 0	4.862 8	1.054 4	9.639 5	1.971 4
	SCA	33.383 3	26.433 5	0.216 8	0.181 6	4.893 5	3.889 1	0.645 3	0.133 1	1.753 9	0.735 6
	机误	6.949 8	6.949 8	0.035 2	0.035 2	1.004 4	1.004 4	0.512 2	0.512 2	1.018 3	1.018 3
		$\frac{2}{g} < \frac{2}{s}$	$\frac{2}{g} < \frac{2}{s}$	$\frac{2}{g} < \frac{2}{s}$	$\frac{2}{g} < \frac{2}{s}$	$\frac{2}{g} < \frac{2}{s}$	$\frac{2}{g} < \frac{2}{s}$	$\frac{2}{g} < \frac{2}{s}$	$\frac{2}{g} < \frac{2}{s}$	$\frac{2}{g} < \frac{2}{s}$	$\frac{2}{g} < \frac{2}{s}$

观察表 5 可见:在生长性状上,相同的研究材料,不同的交配设计方案对获得有关杉木性状基因作用方式截然不同,在正向 6 ×6 半双列交配设计中, $\frac{2}{g} > \frac{2}{s}$ ;而在反向 6 ×6 半双列交配设计中, $\frac{2}{g} < \frac{2}{s}$ 。只有在形质性状上,基因作用方式结果才表现一致, $\frac{2}{g} > \frac{2}{s}$ ,并与全部资料分析的结果一致,即显性遗传方差份量是显著的,但加性遗传方差效应更加明显, $\frac{2}{g} > \frac{2}{s}$ 比率从 2.7 1 到 8.0 1。

综上所述,可以得出:(1)在 I 类材料中,不同的交配设计类型变化时,对杉木性状遗传参数的估计结果没有影响;但对 II类材料而言,使用不同的交配

设计类型时,获得的遗传参数截然不同。(2)对于 II类材料,在研究杉木性状的基因作用方式时,应该至少有一套完整的,包括自交效应在内的全双列交配设计试验资料,并以此试验分析结果为准,而其它类型的交配设计(如半双列杂交设计等)获得的研究结果仅具有参考价值。

2.5 父本效应和母本效应

将杉木 6 ×6 全双列交配试验的亲本无性系,假定作母本时为 A、B、C、D、E、F,而作父本时为甲、乙、丙、丁、戊、己,这样杉木 6 ×6 全双列交配试验便变成了一个析因设计,杉木各性状析因设计分析结果见表 6。

表 6 杉木双列杂交试验各性状析因分析结果

变因	材积		树高		胸径		枝下高		尖削度	
	自由度	均方	均方	均方	均方	均方	均方	均方	均方	均方
父本	5	19.204 6 <sup>ns</sup>	0.165 9 <sup>ns</sup>	2.817 2 <sup>ns</sup>	2.778 3 <sup>ns</sup>	4.057 7 <sup>ns</sup>				
母本	5	55.414 6 <sup>*</sup>	0.388 4 <sup>*</sup>	9.024 9 <sup>*</sup>	5.430 9 <sup>*</sup>	9.696 0 <sup>*</sup>				
父本 ×母本	10	17.244 4 <sup>**</sup>	0.127 0 <sup>**</sup>	2.931 6 <sup>**</sup>	1.179 7 <sup>**</sup>	2.382 1 <sup>**</sup>				
机误	681	6.246 2	0.031 5	0.717 1	0.438 5	1.023 9				
	$\frac{2}{1} < \frac{2}{2} < \frac{2}{12}$	1 19.5 33.6	1 6.7 14.7	$\frac{2}{1} < \frac{2}{2} < \frac{2}{12}$	1 2.7 2.8	1 4.4 4.9				

观察表 6 可见:(1)在所有的研究性状上,父本效应都不显著;(2)母本效应在所有的性状上,均达到了 5%统计水平上的显著性,因此在杉木遗传改良与种子园建立时,母本遗传型评定与选择更加重要;(3)在所有的观测性状上,父本与母本的互作效

应都极其显著。这些结果与施季森等<sup>[2]</sup>、叶培忠等<sup>[11]</sup>、陈岳武等<sup>[13]</sup>报道结果一致。由于母本与父本互作效应极其显著,因而在杉木的杂交育种中,通过杂交,可以评选出表型突出的优良杂交组合。

### 3 小结与讨论

(1) 一般来讲, 相同的杉木试验材料, 在不同的生长发育阶段、不同的试验环境进行试验, 会获得大致相同的试验结果。生长发育阶段及试验环境对杉木性状的基因作用方式估计结果没有质的影响。

(2) 在 I 类材料中, 杉木的母本细胞质效应作用不明显, 在 II 类材料中, 在选择性状 (生长性状) 上, 检测到显著的母本细胞质效应, 但这不影响非加性遗传方差份量的主导作用。生长性状的遗传表达, 主要受非加性遗传因子的控制, 它的存在与母本细胞质效应的关系是独立的。

(3) 对于 I 类材料 (亲本未经 GCA 选择与测定), 交配设计类型的变化, 对杉木性状基因作用方式的分析结果没有质的影响; 但对 II 类材料而言, 它对杉木性状基因作用方式的试验结果有明显的影响。因此, 对于 II 类材料, 在研究杉木性状的基因作用方式时, 应该至少有一套完整的, 包括自交效应在内的全双列交配设计, 展开遗传测定。结合 Pederson<sup>[18]</sup> 的研究结果, 建议采用  $6 \times 6$  的全双列交配设计, 进行遗传参数的测定。这一点在杉木的多世代育种中具有明显的应用价值。

(4) 在控制子代性状的表达方面, 母本的加性效应比父本的加性效应作用大得多, 父本的作用不明显。这表明在杉木的遗传改良中, 母本的遗传型测定比父本的遗传型测定重要。另外在相同的 II 类材料中, 使用测交设计分析时, 证实父本与母本互作效应极其明显, 这与 Griffing 方法 III 分析获得明显的非加性遗传效应是一致的。因此在杉木高世代遗传改良中, 通过杂交, 可以获得表现突出的优良杂交组合。

### 参考文献:

- [1] Xiang B, Li B L. A new mixed analytical method for genetic analysis of diallel data[J]. Can J For Res, 2001, 31(12): 2252 - 2259
- [2] 施季森, 叶志宏, 翁玉榛, 等. 杉木测交系设计后代遗传分析 [M] / 沈熙环. 种子园技术. 北京: 北京科学技术出版社, 1990: 93 - 97
- [3] 张建章, 游昌顺, 吕锦松. 杉木半双列杂交后代生长性状的配合力分析 [J]. 浙江林学院学报, 1998, 15(2): 138 - 144
- [4] 何贵平, 陈益泰, 张国武. 杉木主要生长材质性状遗传分析及家系选择 [J]. 林业科学研究, 2002, 15(5): 559 - 563
- [5] 支济伟, 陈益泰, 骆秀琴, 等. 杉木主要材质性状配合力研究 [J]. 林业科学研究, 1994, 7(5): 531 - 536
- [6] 齐明. 参试子代样本数对遗传分析结果的影响 [J]. 林业科学研究, 1991, 4(4): 380 - 385
- [7] 齐明. 杉木育种中 GCA 和 SCA 的相对重要性 [J]. 林业科学研究, 1996, 9(6): 498 - 503
- [8] 马育华. 植物育种的数量遗传学基础 [M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1982: 268 - 275, 378 - 410
- [9] 李力, 施季森. 杉木两水平双列杂交亲本配合力分析 [J]. 南京林业大学学报, 2000, 24(5): 9 - 13
- [10] 彭俊华. 几个玉米自交系某些数量性状在不同生长阶段的配合力分析 [J]. 四川农业大学学报, 1987, 15(3): 215 - 220
- [11] 叶培忠, 陈岳武, 刘大林, 等. 配合力分析在杉木数量遗传中的应用 [J]. 南京林产工业学院学报, 1981(3): 1 - 21
- [12] 陈益泰, 吕本树, 王赵民, 等. 杉木双列杂交试验配合力分析 [J]. 亚林科技, 1986(1): 7 - 20
- [13] 陈岳武, 施季森, 刘大林, 等. 杉木种内杂种优势及亲本配合力的分析 [J]. 南京林产工业学院学报, 1982(2): 1 - 20
- [14] 叶志宏, 施季森, 翁玉榛, 等. 杉木十一个亲本双列交配遗传分析 [J]. 林业科学研究, 1991, 4(4): 380 - 385
- [15] 王德银, 王启和. 杉木亲本配合力测定 [J]. 四川林业科技, 1991, 12(3): 4 - 10
- [16] 王赵民, 陈益泰. 杉木主要生长性状配合力分析及杂种优势的利用 [J]. 林业科学研究, 1988, 1(6): 614 - 623
- [17] 梁一池. 杉木配合力第 1 轮回选择的研究: I 遗传参数估计及配合力效应分析 [J]. 福建林学院学报, 1999, 19(3): 193 - 196
- [18] Pederson D G. A Comparison of four experimental designs for the estimation of heritability [J]. Theoretical and Applied Genetics, 1972, 42(8): 371 - 377