

文章编号: 1001-1498(2002)05-0559-05

杉木主要生长、材质性状遗传分析及家系选择

何贵平¹, 陈益泰¹, 张国武²

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400;

2. 中国林业科学研究院亚热带林业试验中心, 江西 分宜 336600)

摘要: 对 19 年生杉木 8 × 8 半双列杂交试验林的树高、胸径、材积和木材基本密度这 4 个主要生长和材质性状进行了测定和遗传分析, 并采用指数选择法进行全同胞家系选择。结果表明: 4 个主要生长和材质性状的一般配合力方差达极显著水平, 且一般配合力方差分量占遗传方差的 75% 以上, 即各性状的遗传控制方式均是基因加性效应起主要作用。4 个性状的广义遗传力和狭义遗传力分别为 9.97%、41.49% 和 8.48%、34.20%。3 个生长性状之间遗传相关均为密切正相关, 3 个生长性状与木材密度之间则均为弱度遗传负相关。亲本连 5 和高 37 在 3 个生长性状中表现出较高的一般配合力效应值, 龙 5 和龙 1 在木材密度性状上表现出较高的一般配合力效应值。采用材积和木材密度两个性状, 根据约束指数选择出 6 个全同胞优良家系, 它们在木材密度基本保持试验群体平均水平的前提下, 材积比试验群体平均值大 22.97%。

关键词: 杉木; 生长和材质性状; 配合力; 遗传相关; 家系选择

中图分类号: S791.27

文献标识码: A

林木性状遗传控制模式的研究是林木遗传改良研究的一个重要组成部分, 它直接关系到林木育种计划的制定。半双列杂交在林木遗传育种中是一种十分有效的遗传交配设计, 因为它既能提供有关性状的一般配合力和特殊配合力, 以及性状的其它遗传参数信息, 又能大大节约试验成本, 故在林木遗传改良交配设计中广泛采用。有关杉木双列杂交遗传分析的研究报道不少^[1-3], 但大多为中龄林或幼龄林, 或以生长性状为主。本文以 19 年生的杉木 8 × 8 半双列杂交子代测定近成熟林为材料, 研究杉木 (*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.) 主要生长和材质性状的遗传控制模式、配合力效应、遗传力、遗传相关, 并采用指数选择法进行全同胞家系选择, 为杉木多世代遗传改良提供理论依据和优良材料。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验材料来源于江西分宜年珠林场 1982 年春营造的一片杉木 10 × 10 半双列杂交子代测定林, 由于有 2 个亲本的杂交组合在部分重复中缺少苗木, 故本文以 8 × 8 半双列交配设计进行遗传分析。有关试验材料来源的详细情况已作过介绍^[1]。本文的杂交亲本为龙 1、龙 5、龙 8、靖 335、靖 70、阳 11、连 5 和高 37, 共 28 个杂交组合 (只有正交, 不包含亲本自交和反交)。试

收稿日期: 2001-09-24

基金项目: “九五”浙江省科技攻关专题“杉木杂交新品种选育”及国家“九五”攻关专题“杉木多世代遗传改良和优良无性系建筑材选育”的部分内容

作者简介: 何贵平(1962-), 男, 湖北黄陂人, 副研究员。

验对照分别为江西分宜商品种和浙江龙泉初级种子园。

试验采用完全随机区组设计,重复 10 次,4 株单行小区,株行距为 2.0 m × 1.5 m,1992 年和 1995 年分别进行了两次间伐,现每小区只保留 2 株,2001 年 1 月在试验林砍伐前,对试验林进行了树高、胸径、材积 3 个生长性状测定,并在每株树的胸高处朝南方向取木芯,用饱和含水量法测定木材的基本密度。

1.2 统计分析方法

双列杂交的分析按照 Giffing 方法()进行,以单株为单位,先进行随机区组分析,再采用随机模型进行配合力分析^[4](表 1),性状间遗传相关分析也以单株为计算单位,试验的广义遗传力(h_B^2)和狭义遗传力(h_N^2)估算分别采用下列公式(假定 $F=0$):

$$h_B^2 = \frac{4}{p} \frac{\sigma_{gca}^2}{\sigma_{gca}^2 + 4 \frac{\sigma_{sca}^2}{p}}, h_N^2 = \frac{4}{p} \frac{\sigma_{gca}^2}{\sigma_{gca}^2 + 4 \frac{\sigma_{sca}^2}{p}}$$

式中 $\frac{\sigma_{gca}^2}{p}$ 、 $\frac{\sigma_{sca}^2}{p}$ 、 $\frac{\sigma_p^2}{p}$ 分别表示一般配合力方差、特殊配合力方差和表型方差。

数据计算采用 SAS 软件包和南京林业大学开发的“林木遗传改良实用统计应用软件包(SPQG)”在计算机上进行。

2 结果与分析

2.1 杉木主要生长、材质性状配合力方差分析

经进行随机区组分析,杉木主要生长和材质性状的方差分析结果其组合间差异均达极显著程度;杉木主要生长、材质性状配合力方差分析结果(表 2)可知,各性状的一般配合力方差均达极显著程度,表明这些性状的基因加性效应在亲本间存在显著差异,而这些性状的特殊配合力方差均未达到显著水平,表明这些性状的非加性效应在亲本间差异不显著。

表 2 杉木主要生长和材质性状配合力方差分析

性状	均 方			分 量		
	gca (7)	sca (20)	error (243)	$\frac{\sigma_{gca}^2}{p}$	$\frac{\sigma_{sca}^2}{p}$	$\frac{\sigma_{gca}^2}{p} / (\frac{\sigma_{gca}^2}{p} + \frac{\sigma_{sca}^2}{p})$
树高	1.970 0 **	0.166 8	0.140 6	0.300 5	0.026 2	0.919 8
胸径	5.801 0 **	0.625 6	0.473 8	0.862 6	0.151 8	0.850 4
材积	1.44×10^{-3} **	4.15×10^{-4}	3.55×10^{-4}	1.71×10^{-4}	0.55×10^{-4}	0.756 6
木材密度	4.44×10^{-4} **	0.45×10^{-4}	0.59×10^{-4}	0.67×10^{-4}	0	1.000 0

注: ** 表示差异极显著。

配合力方差分量能够有效地衡量性状的遗传控制方式。由表 2 同样可知,杉木的主要生长和材质性状均是一般配合力方差分量大于特殊配合力方差分量,树高、胸径和材积的一般配合力方差占遗传方差比例均在 75.0 % 以上,表明这 3 个生长性状的遗传方式均由基因加性效应起着主要作用,而木材密度的特殊配合力方差在本试验中为零,表明该性状的遗传表达方式完全由基因的加性效应控制。

2.2 亲本各性状配合力效应值

亲本配合力效应值的高低能反映出亲本配合能力的大小,不同性状根据不同育种目标,所

表 1 双列杂交具正交的配合力方差分析(随机模型)

变异来源	自由度	均方	期望均方
一般配合力	$p - 1$	M_g	$\frac{\sigma_e^2}{c} + \frac{\sigma_s^2}{s} + (p - 2) \frac{\sigma_g^2}{g}$
特殊配合力	$p(p - 3)/2$	M_s	$\frac{\sigma_e^2}{c} + \frac{\sigma_s^2}{s}$
试验误差	$(b - 1)(a - 1)$	M_e	$\frac{\sigma_e^2}{c}$

注: p = 亲本数; b = 重复数; $a = p(p - 1)/2$ 组合数;

$M_e = M_e / (b \times n)$, n 为小区株数。

要求的配合力效应值也不尽相同。本研究中的 3 个生长性状和 1 个材质性状均要求正向的效应值,亲本的效应值越高,其配合能力越强,由于本试验中特殊配合力方差未能达到显著程度,在这里只进行一般配合力效应值的估算。由表 3 可知,3 个生长性状中连 5、高 37 和靖 70 这 3 个亲本的一般配合力效应值均为正值,且以连 5 和高 37 较高,在生长性状中表现出较高的一般配合能力,将它们应用于种子园中,会生产出生长较快的自由授粉种子。木材密度性状中有龙 5、龙 1、阳 11 和高 37 这 4 个亲本的一般配合力为正向效应值,其中龙 5 和龙 1 的效应值较大,虽然龙 8、靖 70 和连 5 的效应值为负向,但它们的负向值均较低。综合生长性状和材质性状的一般配合力效应值分析,亲本高 37 是较理想的种子园亲本,它能使生长性状和木材密度均获得改良。各亲本间一般配合力效应值差异显著性可计算各亲本间的效应值差数,用标准误 SE 进行检验,一般是亲本间效应值差数大于 5%最低差异显著标准时,表示存在显著性差异。

2.3 杉木主要生长、材质性状遗传力估算

杉木主要生长、材质性状广义遗传力和狭义遗传力估算结果如表 4。4 个性状的广义遗传力和狭义遗传力差异较大,树高的遗传力相对高些,为 41.49% (h_B^2) 和 34.20% (h_N^2),其次是胸径和木材密度,材积的遗传力相对较低。

2.4 杉木各性状间遗传相关分析

林木性状间遗传相关系数的高低,能反映出性状间的相关程度,它可为林木的遗传改良方案和策略提供理论参考。本文以单株为计算单位,进行了杉木主要性状间的遗传相关分析,结果如表 5。4 个性状间遗传相关的绝对值大于表型相关的绝对值,并且两者的方向相同,表明各性状间的相关关系受环境影响较小。树高、胸径、材积 3 个生长性状之间遗传相关均为密切正相关,3 个生长性状与木材密度之间则均表现为弱度遗传负相关,这一结果同叶志宏等^[2]的研究结果相近似。值得注意的是,查阅已有的研究资料^[2,5,6],虽然报道杉木主要生长性状和木材基本密度之间的遗传相关程度不同,但它们均为负向相关,这意味着如果过分强调生长性状的改良有导致材质性状下降的趋势,故在进行杉木改良时,应同时兼顾到材质性状。

2.5 杉木全同胞家系指数选择

由于树高、胸径与材积之间存在密切正向的遗传相关关系,在进行优良家系选择时只采用

表 3 杉木各亲本不同性状一般配合力效应值

亲本	树高	胸径	材积	木材密度
龙 1	- 1.077 1	- 1.745 8	- 0.048 3	0.011 1
龙 5	- 0.078 8	- 0.280 8	- 0.010 8	0.012 9
龙 8	- 0.040 4	- 0.095 8	- 0.009 5	- 0.002 3
靖 335	- 0.080 4	0.107 5	0.000 6	- 0.012 9
靖 70	0.329 6	0.149 2	0.003 8	- 0.003 9
阳 11	- 0.372 1	- 0.652 5	- 0.023 4	0.001 1
连 5	0.717 9	1.234 2	0.035 1	- 0.006 3
高 37	0.601 3	1.284 2	0.044 5	0.000 3
SE	0.185 1	0.404 3	0.011 0	0.004 0

注:SE 为亲本一般配合力效应间差数的标准误。

表 4 杉木主要生长、材质性状遗传力估算 %

性 状	广义遗传力 (h_B^2)	狭义遗传力 (h_N^2)
树高	41.49	34.20
胸径	28.93	25.01
材积	9.97	8.48
木材密度	21.58	21.58

表 5 杉木各性状间相关关系

性 状		树高	胸径	材积
胸径	P	0.803 9		
	G	0.846 5		
	E	0.724 8		
材积	P	0.841 4	0.974 5	
	G	0.902 4	0.986 2	
	E	0.792 8	0.968 3	
木材密度	P	- 0.289 4	- 0.283 4	- 0.290 1
	G	- 0.292 6	- 0.290 5	- 0.301 6
	E	- 0.310 7	- 0.296 8	- 0.293 8

注:P、G、E 分别表示表型相关、遗传相关和环境相关。

材积和木材密度两个性状,用等经济权重建立无约束和约束选择指数(表6),按照1.4的选择强度(选择率20%),在无约束条件下,材积可获得20.16%的遗传增益,但同时木材密度出现了0.94%负增益,使得木材密度有所降低,这不符合建筑材改良目的,是不可取的。如果将木材密度的增益约束为零,材积也可获得17.97%的遗传增益。根据约束指数进行选择,筛选出6个全同胞优良组合(表7),它们在木材密度基本保持试验群体平均水平的前提下,材积比试验群体平均值大22.97%。与试验对照相比,木材密度下降了3.42%~4.86%,但材积增加了50.79%~121.21%,表现出极显著的增产效果。

表6 杉木全同胞家系无约束和约束指数选择下的增益($S=1.4$)

指数类型	聚合增益	各性状增益		指数方程
		材积/ m^3	木材密度/($g \cdot m^{-3}$)	
无约束	0.039 1	0.042 4	- 0.003 0	$I_1=0.754 6X_1+0.640 3X_2$
约束木材密度	0.037 8	0.037 8	0	$I_2=0.992 7X_1+1.659 6X_2$

注:指数方程中 X_1 、 X_2 分别为各组合材积和木材密度平均值。

3 结论与讨论

(1)在19年生的杉木8×8半双列杂交试验中,树高、胸径和单株材积及木材基本密度4个主要生长和材质性状,均表现出一一般配合力方差达极显著差异,同时各性状的遗传控制方式均表现为一般配合力起主要作用,即由基因加性效应起主要作用。这一结果同叶志宏等^[2]在杉木11个亲本双列交配遗传分析的结果是一致的,这种由一般配合力效应起主要作用的遗传控制方式,对杉木种子园营建的意义是非常重要的。

(2)杉木3个生长性状的一般配合力效应值以亲本连5和高37较高,木材密度的一般配合力效应值则是龙5和龙1较高,高37和阳11的效应值也为正值,连5的效应值虽为负向,但它的负向值较低。从生长和材质两方面结合起来考虑,高37、连5和龙5是较好的亲本,从入选的6个杂交组合中也可看出,它们均同高37、连5和龙5这3个亲本有关。

采用材积和木材密度两个性状,用等经济权重,建立了无约束和约束选择指数,根据约束指数选择出6个全同胞优良组合,它们在木材密度基本保持试验群体平均水平的前提下,材积比试验群体平均值大22.97%。与试验对照相比,木材密度下降了3.42%~6.86%,但材积增加了50.79%~189.26%,表现出极显著的增产效果。

(3)性状遗传力随着林木年龄的增加而下降以致于平稳,这已为国外较多的研究所证实。本研究结果中,杉木4个主要生长和材质性状的广义遗传力和狭义遗传力差异较大,且材积性状的广义、狭义遗传力相对较低。这可能除了同试验林年龄较大有关外,也有可能与本文中以单株进行计算的结果,使得环境方差增大有关。

(4)另外,本研究的结果是,杉木的树高、胸径、材积3个生长性状之间遗传相关均为密切

表7 根据约束指数入选全同胞组合群体改良效果

组合号	树高/ m	胸径/ cm	材积/ m^3	木材密度/ ($g \cdot m^{-3}$)
连5×高37	16.93	20.90	0.300 9	0.314 6
龙5×连5	16.00	19.75	0.256 6	0.326 6
龙5×高37	15.82	19.14	0.241 4	0.331 3
靖70×连5	16.62	19.73	0.266 2	0.313 3
龙8×连5	15.61	19.02	0.234 3	0.320 0
靖70×高37	16.09	19.62	0.252 4	0.308 0
入选群体平均值	16.18	19.69	0.258 6	0.319 0
试验群体平均值	15.27	18.08	0.210 3	0.318 7
CK ₁ (分宜商品种)	12.29	14.00	0.116 9	0.334 5
CK ₂ (龙泉种子园)	14.72	16.70	0.171 5	0.329 9

正相关,但这 3 个生长性状与木材密度之间均表现为弱度遗传负相关。值得注意的是,作者查阅已有的研究资料,发现他们对于杉木主要生长性状与材质性状之间相关关系的论述不尽相同,有的认为主要生长性状与木材基本密度间呈弱度负相关^[2](同本研究结果),有的则认为,上述两者之间呈较高度度的遗传负相关^[5,6]。这可能与试验林年龄、设计和计算方法有关。本研究是以小区内单株为计算单位,而有的则是以小区平均数为计算单位(或在小区内取 1 株测定木材密度)。采用不同的计算方法,可能会出现差异较大的计算结果。故作者认为,在进行生长性状与材质性状的遗传相关分析时,应以小区内单株为计算单位,且小区内株数至少应在 2 株以上,才能较客观地反映实际情况。研究同时证明,如果过分强调生长性状的改良有导致材质性状下降的趋势,故在进行杉木改良时,应同时兼顾到材质性状。

参考文献:

- [1] 陈益泰,吕本树,王赵民,等. 杉木双列杂交配合力分析[J]. 亚林科技,1986,(1):7-20
- [2] 叶志宏,施季森,翁玉榛,等. 杉木十一亲本双列交配遗传分析[J]. 林业科学研究,1991,4(4):380-385
- [3] 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,1988,6(1):614-624
- [4] 马育华. 植物育种的量遗传学基础[M]. 南京:江苏科学技术出版社,1992
- [5] 林同龙. 杉木杂交后代胸径生长和木材体积质量的遗传变异及联合选择[J]. 浙江林学院学报,2000,17(2):142-145
- [6] 夏根清,吴毅聪,徐金良,等. 杉木造林优良种源多性状选择研究[J]. 浙江林业科技,1999,19(5):1-5

Genetic Analysis and Family Selection for Main Traits of Growth and Wood Quality of Chinese Fir

HE Gui-ping¹, CHEN Yi-tai¹, ZHANG Guo-wu²

- (1. The Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang 311400, Zhejiang, China;
2. Experimental Center of Subtropical Forestry, CAF, Fenyi 336600, Jiangxi, China)

Abstract: The four main traits of growth (H , D , V) and wood density in 19-year-old Chinese fir plantation on 8 × 8 self-diallel crossing were determined and analysed and the index selection were adopted in family selection. The results showed that the four main traits were highly significant, and variances due to GCA were highly significant for all the four traits. The estimated components of GCA variance were more than 75% of all genetic variances, indicating the predominance additive gene action for these traits. The broad heritability for four traits were 9.97%–41.49%, and for narrow heritability 8.48%–34.20%. The genetic correlation coefficient were highly among three growth traits, and the genetic correlation coefficient were negative weak among three growth traits and wood density. Parent Long 5 and Gao 37 were highly general combiners for three growth traits, and parent Long 5 and Long 1 were highly general combiners for wood density. Six good families were selected by restricted index method with two traits of V and wood density, keeping wood density of good changless to compared with experiment population, V increased 22.97% to experiment population.

Key words: Chinese fir; traits of growth and wood quality; combining ability; genetic correlation; family selection