

## 杉木无性系选择与生长潜力分析\*

许忠坤

(湖南省林业科学院 湖南长沙 410004)

**摘要:**在湖南会同县、绥宁县以33个杉木无性系和2个对照分别于1983年、1986年及1997年营造了单株、行状和块状3种造林形式的区组设计无性系试验林。研究发现参试无性系间胸径、树高生长量的差异在幼林期(4—7年)、中林期(13—16年)和成林期(28—31年)始终显著存在。不同无性系生长规律不同,有的无性系幼林期生长不是特别突出,但在中林期生长加快,到中林期后趋于稳定。优良无性系y18、y15在28或31年生时仍能保持前期所具有的生长优势,且在16m立地指数和18m立地指数条件下,生长同样突出,排名均为1、2名,表明这2个优良无性系的生长量具有一定的时间和空间稳定性。在块状造林条件下,优良无性系13年生时树高、胸径生长量和单位面积蓄积量分别大于生产种20.1%~26.6%、27%~31.1%、78.7%~92.8%,表明发展杉木优良无性系造林可获得巨大的经济效益。

**关键词:**杉木;无性系;造林格局;生长潜力

中图分类号:S791.27

文献标识码:A

## Selection and Growth Potential Analysis of Chinese Fir Clones

XU Zhong-kun

(Hunan Academy of Forestry, Changsha 410004, Hu'nan, China)

**Abstract:** Three groups of Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*) clone test stands, designed by stem, line and block assignments, were established at Huitong county and Suining county of Hunan province in 1983, 1986 and 1997, respectively, including 33 clones and 2 contrasts. Base on three survey data (ranging from 4 to 31 years old), the variance analysis was used in the study. The results showed that significantly different existed in the diameter and height growths among the young-aged (4-7 years), the middle-aged (13 to 16 years) and mature (28-31 years) stands. Different clones followed different process of growth. Some clones grew slowly in young age period, fast in middle-aged period, and steadily in mature period. Two excellent clones still kept the earlier growth dominance in 31 years old, and their growth always showed good while planted at the 18 m site index or 16 m site index, their diameters and heights ranked the first and the second. The growth of the two excellent clones had temporal and spatial stabilities at certain extents. In block afforestation conditions, the tree height, DBH growth and volume per unit area of 13-year-old excellent clones were 20.1%~26.6%, 27%~31.1%, and 78.7%~92.8% higher than that of the check.

**Key words:** *Cunninghamia lanceolata*; Chinese fir; clones; planting assignment; potential growth

杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb) Hook)是我国重要的乡土针叶用材树种。种子实生繁殖与扦插无性繁殖均是杉木不可或缺的生产栽培与良种推

广方式,而杉木插条造林在我国已有数千年历史<sup>[1]</sup>。由于无性繁殖具有保持亲本优良特性、林分整齐且便于集约育林的优点,杉木无性系选育成为杉木造林种

收稿日期:2013-10-20

基金项目:国家十二五科技支撑专题“杉木三代育种技术研究与示范(2012BAD01B0201)”资助

作者简介:许忠坤(1957—)男,研究员,主要研究方向:林木遗传改良与定向培育。

\*: 本文初稿承蒙盛炜彤先生审阅并手书中肯修改意见,在此致谢!

苗品质改良的重要途径,对其的研究亦逐步系统化<sup>[2]</sup>。以往的杉木无性系选育研究主要集中于生长量性状的选育,并在杉木无性系胸径、树高及材积生长量的遗传力、变异程度、遗传增益评价等方面取得了重要进展<sup>[3-19]</sup>。在杉木材性改良方面,主要开展了木材尺寸稳定性和密度性状研究<sup>[20-21]</sup>。但已有的研究往往局限于无性系试验林 10 年生左右的评价,没有对 1 个轮伐期进行系统分析,而且缺乏无性系林分水平生产力的评价研究。鉴于此,本研究以设在湖南省会同县和绥宁县的 2 块 31 年生的杉木无性系测定林试验数据及 1 块 13 年生杉木无性系块状试验林数据为基础,探讨杉木无性系在不同生长阶段的选育效果,并评价杉木无性系块状造林的实际增益,以期对杉木无性系选育及其生产造林提供科学可靠的依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验区概况

单株、行状杉木无性系试验林位于杉木中心产区湖南会同县地灵乡,地理坐标为 26°41'56.39" N, 109°36'7.56" E,年平均气温 16.6℃,前作为马尾松残次林,土壤为红壤,海拔 310~400 m。块状杉木无性系生产力试验林位于杉木中心产区湖南绥宁县麻塘乡,地理坐标为 26°49'1.32" N,110°4'43.25" E,年平均气温 16.5℃,前作为阔叶残次林,土壤为红壤,立地为 18 地位指数,海拔 350~430 m。

### 1.2 造林密度

无性系测定林株行距为 2.5 m×2.5 m,优良无性系块状试验林,株行距为 2 m×2 m。

### 1.3 试验设计

无性系测定林采用随机区组试验设计。1983 年营造 83-1 试验,立地指数 16,11 个无性系,设 2 个对照,第 1 对照(ck)为一般生产种、第 2 对照为优良家系 p31,共 13 个处理,单株小区,重复 10 次;1986 年营造的 86-1 试验,立地指数 18,24 个无性系,同样设 2 个对照,第 1 对照(ck)为一般生产用种、第 2 对照为优良家系 p31,共 26 个处理,4 株小区,行状排列,重复 5 次;1997 年采用优良无性系 c180、y15 和 c46 分系块状造林,以一般生产种为对照 ck,随机区组设计,重复 3 次,小区面积为 600 m<sup>2</sup>(30 m×20 m)。

### 1.4 材积计算公式

$$V=0.000\ 058\ 770\ 42\ D_{1.3}^{1.969\ 983\ 1}\ H^{0.896\ 415\ 7}$$

### 1.5 统计软件

DPS7.55 专业版。

## 2 结果与分析

### 2.1 杉木无性系生长过程分析

#### 2.1.1 不同林龄无性系间生长差异显著性分析

表 1、2 为 1983 年与 1986 年 2 次杉木无性系测定林在不同林龄阶段分别胸径与树高的方差分析结果。由表 1、2 可知,2 次试验中杉木无性系的胸径生长量与树高生长量在幼林期(4—7 年)、中林期(13—16 年)和成林期(28—31 年)均达极显著差异,表明参试杉木无性系在不同林龄阶段均具有明显的胸径与树高生长量方面的分化。

表 1 2 次试验不同林龄条件下杉木无性系间的胸径生长量差异分析

试验编号	年龄/a	变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	p 值
83-1	31	处理间	1 054.39	12	87.865 9	43.244	0.000 1
	16	处理间	137.120 8	12	11.426 7	2.738	0.005 3
	7	处理间	199.394 4	12	16.616 2	21.421	0.000 1
86-1	28	处理间	586.363 7	25	23.4545	2.436	0.001
	13	处理间	151.017 2	25	6.040 7	2.33	0.001 7
	4	处理间	61.995 1	25	2.479 8	2.808	0.000 1

表 2 2 次试验不同林龄条件下杉木无性系间的胸径生长量差异分析

试验编号	年龄/a	变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	p 值
83-1	31	处理间	508.322	12	42.360 2	27.549	0.000 1
	16	处理间	84.870 9	12	7.072 6	2.465	0.006 9
	7	处理间	140.661 9	12	11.721 8	37.545	0.000 1
86-1	28	处理间	393.333 2	25	15.733 3	2.664	0.000 3
	13	处理间	73.023 8	25	2.921	3.072	0.000 1
	4	处理间	21.942 5	25	0.877 7	3.748	0.000 1

2.1.2 试验 83-1 中无性系生长量差异分析 表 3 列出了 1983 年造 11 个杉木无性系在 3 个林龄阶段时胸径与对照的比较分析结果。由表 3 可知,无性系 y18、y15 在 7、16、31 年生时胸径生长量均排在第 1 或第 2 名,表现十分优良,为优良杉木无性系。

从表 3 可看出,不管是无性系,还是实生起源的一般生产种(ck)、家系 p31,从幼林期到中林期生长都有波动,中林期以后趋于稳定。在幼林期(7 年

生),优良无性系 y15 比优良无性系 y18 生长快,进入中林期后 y18 则比 y15 生长快;实生家系 p31 变化更大,其在幼林期和中林期胸径生长量均要高于大多数无性系,仅低于优良无性系 y18 和 y15,到成林期时则排名第 8,低于大多数无性系胸径生长量。y18、y15、p31 与一般生产用种(ck)比较,均达到显著差异水平,31 年生胸径大于一般生产用种分别达 22.9%、19.0%、6.7%。

表 3 无性系胸径与对照的差异显著性比较

名次	31 年生			16 年生			7 年生		
	处理	均值/cm	> ck /%	处理	均值/cm	> ck /%	处理	均值/cm	> ck /%
1	y18	25.8*	22.9	y18	19.1*	24.8	y15	14.0*	29.6
2	y15	25.0*	19.0	y15	18.2*	19.0	y18	13.2*	22.2
3	y17	24.5*	16.7	p31	17.7*	15.7	p31	13.0*	20.4
4	f26	24.5*	16.7	y19	16.9*	10.5	y19	12.7*	17.6
5	fl	23.5*	11.9	fl	16.6	8.5	f26	12.3*	13.9
6	fck	23.3*	11.0	y3	16.6	8.5	y11	11.9*	10.2
7	y19	23.0*	9.5	f26	16.4	7.2	fl	11.2	3.7
8	p31	22.4*	6.7	fck	16.4	7.2	y20	10.9	0.9
9	y3	21.1	0.5	y20	16.3	6.5	ck	10.8	0.0
10	ck	21.0	0.0	y17	16.1	5.2	y3	10.6	-1.9
11	f27	18.2	-13.3	y11	16.1	5.2	fck	9.7	-10.2
12	y20	17.9	-14.8	ck	15.3	0.0	y17	9.4	-13.0
13	y11	17.8	-15.2	f27	15.3	0.0	f27	9.0	-16.7

注:显著性检验采用 LSD 法,“\*”表示差异显著,以下相同。

表 4 列出了 1983 年造 11 个杉木无性系在 3 个林龄阶段时树高与对照的比较分析结果。由表 4 可知,优良无性系 y15、y18 与一般生产用种(ck)比较,在不同年龄阶段树高均达到显著差异,31 年生树高均值达到 18.8、19.2 m。无性系 y18 在幼林期表现不是特别突出,进入中林期后生长加速,树高生长量排名升至第 1 名。树高生长量在不同生长阶段

的变化规律与胸径基本相同,不管是无性系,还是实生起源的一般生产种或家系 p31,从幼林期到中林期生长都有波动,中林期以后趋于稳定。如果进行优良无性系早期选择,在幼林期只能进行初选,决选要在 10 年以后方可进行。而且每个无性系的生长过程不同,初选比例可以大一些,以免漏选。

表 4 无性系树高与对照的差异显著性比较

名次	31 年生			16 年生			7 年生		
	处理	均值/m	> ck /%	处理	均值/m	> ck /%	处理	均值/m	> ck /%
1	y18	19.2*	24.7	y18	14.5*	18.9	y15	9.7*	32.9
2	y15	18.8*	22.1	y15	14.3*	17.2	p31	8.7*	19.2
3	y17	18.3*	18.8	p31	13.9*	13.9	y19	8.7*	19.2
4	f26	17.5*	13.6	y17	13.2	8.2	y18	8.6*	17.8
5	fl	17.4*	13.0	fck	13.1	7.4	y3	8.3*	13.7
6	f27	17.0*	10.4	f26	13.0	6.6	fl	7.9*	8.2
7	y19	16.7*	8.4	y19	12.9	5.7	f26	7.9*	8.2
8	fck	16.0	3.9	y3	12.6	3.3	y20	7.7	5.5
9	p31	16.0	3.9	y20	12.4	1.6	ck	7.3	0.0
10	y3	15.7	1.9	y11	12.4	1.6	y17	7.1	-2.7
11	ck	15.4	0.0	ck	12.2	0.0	y11	7.0	-4.1
12	y20	14.1	-8.4	f27	12.1	-0.8	fck	6.7	-8.2
13	y11	13.5	-18.8	fl	11.9	-2.5	f27	5.4	-26.0

2.2 试验 86-1 中无性系生长量差异比较

表 5、6 分别列出了 1986 年造 24 个杉木无性系在 3 个林龄阶段时胸径、树高与对照的比较分析结果。86-1 试验(18 立地指数)与 83-1 试验(16 立地指数)相同的无性系有 y18、y15,对照采用的一般生产用种(ck)和家系 p31 亦相同。由表 5、6 可知,86-1 试验中各处理的生长规律与 83-1 试验基本相同;在 18 立地指数条件下,无性系 y18、y15 的生长量与在 16 立地指数时同样突出,排名均为 1、2 名。无性系 y18、y15 在 28 年生时的胸径分别为 30 cm、28

cm,比 16 立地指数条件下 31 年生的胸径(25.8 cm、25 cm)还要大,与一般生产用种相比差异均达显著水平,28 年生胸径较一般生产用种(ck)高出 26.6%、18.1%,树高较一般生产用种(ck)分别高出 24.4%、16.9%。与优良家系 p31 相比,无性系 y18、y15 在中林期与成林期的胸径与树高生长量均要高,且在成林期约有 50% 的无性系胸径与树高生长量要高于对照优良家系 p31。这表明无性系 y18、y15 对 16 或 18 立地指数的立地环境具有较好的适应性。

表 5 无性系胸径与一般生产用种(ck)的差异比较

名次	28 年生			13 年生			4 年生		
	处理	均值/cm	> ck /%	处理	均值/cm	> ck /%	处理	均值/cm	> ck /%
1	y18	30.0*	26.6	y18	20.5*	28.9	y15	5.8*	34.9
2	y15	28.0*	18.1	y15	19.4*	22.0	p31	5.4	25.6
3	c30	27.8*	17.3	p31	17.9	12.6	y1	5.3	23.3
4	fh	27.4*	15.6	e197	17.8	11.9	y18	5.1	18.6
5	f36	27.3*	15.2	e55	17.6	10.7	e135	4.9	14.0
6	e56	26.5	11.8	f36	17.6	10.7	e143	4.9	14.0
7	e111	25.9	9.3	f14	17.5	10.1	e29	4.6	7.0
8	f31	25.5	7.6	e42	17.3	8.8	f19	4.5	4.7
9	e113	25.4	7.2	y1	17.2	8.2	fh	4.4	2.3
10	e197	25.3	6.8	e44	17.2	8.2	e56	4.4	2.3
11	e29	25.3	6.8	e29	17.2	8.2	f14	4.4	2.3
12	y1	25.2	6.3	e113	17.0	6.9	f1	4.4	2.3
13	e30	25.1	5.9	e177	17.0	6.9	e55	4.3	0.0
14	p31	25.0	5.5	e30	17.0	6.9	ck	4.3	0.0
15	e143	24.9	5.1	e111	16.9	6.3	e111	4.3	0.0
16	e135	24.6	3.8	e1	16.9	6.3	e30	4.2	-2.3
17	e55	24.5	3.4	e56	16.8	5.7	e42	4.2	-2.3
18	e42	24.3	2.5	e58	16.6	4.4	e197	4.2	-2.3
19	e58	24.2	2.1	f31	16.2	1.9	e177	3.9	-9.3
20	ck	23.7	0.0	fh	16.0	0.6	f31	3.8	-11.6
21	e44	23.5	-0.8	e135	16.0	0.6	e113	3.7	-14.0
22	e177	23.2	-2.1	e143	15.9	0.0	e44	3.6	-16.3
23	f19	23.0	-3.0	ck	15.9	0.0	e1	3.4	-20.9
24	e103	22.5	-5.1	e103	15.9	0.0	f36	3.3	-23.3
25	e1	20.4	-13.9	f19	15.9	0.0	e103	3.1	-27.9
26	f14	20.4	-13.9	f1	15.7	-1.3	e58	3.0	-30.2

表 6 无性系树高与一般生产用种(ck)的差异比较

名次	28 年生			13 年生			4 年生		
	处理	均值/m	> ck /%	处理	均值/m	> ck /%	处理	均值/m	> ck /%
1	y18	26.5*	24.4	y18	14.3*	25.4	y15	4.4*	29.4
2	y15	24.9*	16.9	y15	14.3*	25.4	y1	4.1*	20.6
3	e56	24.4*	14.6	f31	12.7*	11.4	p31	3.9	14.7
4	e111	24.3	14.1	e42	12.7*	11.4	y18	3.7	8.8
5	f1	24.0	12.7	e29	12.6	10.5	fh	3.6	5.9
6	f36	23.7	11.3	e55	12.5	9.6	e135	3.5	2.9
7	y1	23.3	9.4	f14	12.5	9.6	e143	3.5	2.9
8	e30	23.2	8.9	e177	12.4	8.8	e29	3.5	2.9
9	fh	22.8	7.0	e44	12.4	8.8	f1	3.5	2.9

续表6

名次	28年生			13年生			4年生		
	处理	均值/m	> ck /%	处理	均值/m	> ck /%	处理	均值/m	> ck /%
10	f31	22.7	6.6	e56	12.3	7.9	e56	3.4	0.0
11	p31	22.7	6.6	e111	12.3	7.9	e55	3.4	0.0
12	c29	22.6	6.1	p31	12.2	7.0	ck	3.4	0.0
13	e58	22.4	5.2	e103	12.1	6.1	f19	3.4	0.0
14	e135	22.0	3.3	e58	12.0	5.3	e197	3.3	-2.9
15	e44	22.0	3.3	e143	12.0	5.3	e111	3.3	-2.9
16	e42	22.0	3.3	e197	11.9	4.4	e30	3.2	-5.9
17	e197	21.6	1.4	e135	11.8	3.5	e42	3.2	-5.9
18	f19	21.4	0.5	y1	11.8	3.5	e177	3.1	-8.8
19	ck	21.3	0.0	e1	11.7	2.6	f14	3.1	-8.8
20	e177	21.2	-0.5	f36	11.7	2.6	f31	3.1	-8.8
21	e113	20.8	-2.3	fh	11.6	1.8	e1	3.0	-11.8
22	e103	20.7	-2.8	f19	11.6	1.8	e44	3.0	-11.8
23	e143	20.7	-2.8	e30	11.5	0.9	e113	2.9	-14.7
24	e55	20.1	-5.6	ck	11.4	0.0	e103	2.9	-14.7
25	e1	19.1	-10.3	e113	11.3	-0.9	e58	2.7	-20.6
26	f14	18.9	-11.3	f1	11.2	-1.8	f36	2.5	-26.5

### 2.3 优良无性系块状造林生长表现

前面数据证明的是优良无性系在单株、行状试验设计条件下的生长优势。但基于单株、行状设计的无性系生长测定无法真实反映杉木无性系林分群体生长量差异及水平,对优良无性系规模化推广应用的生产力增益亦无法得到科学的评判。为了验证杉木优良无性系较高遗传增益的试验性结论,布置了优良无性系块状试验林。表7、8分别为优良无性系 y15、c180、c45 与一般生产用种 13 年生树高、胸径生长量和单位面积材积的方差分析及差异比较结果。从表7可知,各处理间胸径、树高生长量和单位

面积材积均达到极显著差异。

由表8可明显看出,优良无性系的胸径、树高生长量和单位面积蓄积量均极显著大于一般生产种。在块状造林的条件下,优良无性系的胸径、树高生长量及单位面积材积分别大于生产种 20.1%~26.6%、27%~31.1%、78.7%~92.8%。在 18 立地指数条件下,13 年生优良无性系 y15,在 600 m<sup>2</sup> 面积块状造林条件下,材积生长量达到 273 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>,几乎大于一般生产用种的 1 倍。这表明优良无性系在块状规模化栽培时能取得较一般生产用种更高的生长量。

表7 杉木优良无性系与一般生产用种(ck)块状林分各生长性状生长量的方差分析

形状	变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	p 值
胸径	区组间	0.171 7	2	0.085 8	1.424	0.311 8
	处理间	27.415 8	3	9.138 6	151.608	0.000 1
	误差	0.361 7	6	0.060 3		
	总变异	27.949 2	11			
树高	区组间	0.231 7	2	0.115 8	0.905	0.453 6
	处理间	30.109 2	3	10.036 4	78.375	0.000 1
	误差	0.768 3	6	0.128 1		
	总变异	31.109 2	11			
材积	区组间	1.172 8	2	0.586 4	1.07	0.400 4
	处理间	178.521 1	3	59.507	108.625	0.000 1
	误差	3.286 9	6	0.547 8		
	总变异	182.980 8	11			

表8 杉木优良无性系块状林分不同性状生长量与一般生产用种的差异分析

处理	胸径		处理	树高		处理	材积	
	均值/cm	> ck /%		均值/m	> ck /%		均值/(m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup> )	> ck /%
c180	17.6 **	26.6	y15	16.0 **	31.1	y15	273	92.8
y15	17.5 **	25.9	c180	15.9 **	30.3	c180	256.5	80.9
c46	16.7 **	20.1	c46	15.5 **	27.0	c46	253.5	78.9
ck	13.9	0	ck	12.2	0	ck	141	0

注:显著性检验采用 LSD 法,“\*\*”表示差异极显著。

### 3 结论与讨论

杉木无性系选择时间一直是研究的重点和难点问题。南京林产工业学院树木育种组研究认为<sup>[22]</sup>,在造林后2~3年时间内,就可对早期选种和优树后代测定的效果作出判断,进行第二代选择工作,且这种有效性,至少有60%~80%的把握;叶培忠、陈岳武等根据子代测定结果<sup>[23]</sup>,认为杉木在6~7年生时进行选择可以增大年度效益;张全仁、许忠坤研究发现杉木无性系的直径与树高在3~4年生与20年生的相关系数可分别达 $\alpha = 0.01$ 和 $\alpha = 0.001$ 的显著水平<sup>[24]</sup>;马常耕认为杉木的适宜早期选择年龄在4~6年生时,但最好从3年后开始采用两阶段逐步评价和选择的策略,第1阶段先按树高初选,第2阶段按胸径或单株材积做出决选<sup>[25]</sup>。本试验结果表明,进行优良无性系早期选择,在幼林期只能进行初选,决选要在10年以后方可进行。每个无性系的生长过程不同,初选比例应该大一些,以免漏选。

试验发现,不同杉木无性系的生长规律不同,有的无性系幼林期生长不是特别突出,但在中林期生长加快,中林期后趋于稳定。杉木优良无性系y18、y15在28或31年生时仍能保持前期所具有的生长优势,且在16立地指数和18立地指数条件下,生长同样突出,排名均为1或2名,表明这2个优良无性系的生长量具有一定的时间和空间稳定性。

杉木无性系规模化栽培所能产生的实际增益可为杉木无性系的推广应用提供科学依据。在块状造林条件下,供试杉木优良无性系13年生时树高、胸径生长量和单位面积蓄积量分别大于生产种20.1%~26.6%、27%~31.1%、78.7%~92.8%,优良无性系y15在异地块状造林同样表现出速生丰产特性,表明发展杉木优良无性系造林可获得巨大的经济效益。

#### 参考文献:

[1] 吴中伦. 杉木[M]. 北京:中国林业出版社,1984.  
[2] 张建国.“九五”国家攻关专题杉木建筑材树种遗传改良及大中径材培育技术研究报告[D]. 北京:中国林业科学研究院.,2000.

[3] 广东省杉木无性系选育协作组. 广东省杉木无性系选育研究[J]. 广东林业科技,2003,19(3):1-5.  
[4] 张贵云,王欣. 贵州省杉木无性系材性选择技术研究[J]. 种子,2008,27(2):72-74.  
[5] 肖复明,刘祥凤. 灰色系统理论在杉木无性系综合选择中的应用[J]. 林业实用技术,2008(2):6-8.  
[6] 赖银华. 闽南杉木优良无性系选择[J]. 林业科技开发,2004,18(4):35-36.  
[7] 来端. 杉木无性系不同规格苗木造林对幼林生长影响的研究[J]. 林业科技通讯,2000(10):7.  
[8] 杨修立. 杉木无性系不同选择时间的效果分析[J]. 湖南林业科技,2002,29(2):80-81.  
[9] 黔东南州杉木遗传改良协作组. 杉木无性系测定初步研究[J]. 贵州林业科技,1999,27(4):14-17.  
[10] 肖石海. 杉木无性系测定及速生优良无性系选择[J]. 福建林学院学报,2005,25(4):349-351.  
[11] 林敏. 杉木无性系测定与选择[J]. 林业科技开发,1998(5):12-13.  
[12] 游水林. 杉木无性系的遗传变异及优良无性系选择[J]. 四川林业科技,2001,22(2):60-64.  
[13] 黄开勇,陈代喜. 杉木无性系对比测定与选择[J]. 西南林学院学报,2008,28(6):25-29.  
[14] 周天相. 杉木无性系改良增产效益的研究[J]. 林业科技开发,1997(2):11-14.  
[15] 陈端吕. 杉木无性系家系造林早期选优研究[J]. 湖南林业科技,2004,23(1):23-24.  
[16] 江祖森. 杉木无性系林选择效果分析[J]. 广东林业科技,1996,12(3):14-17.  
[17] 张文屹. 杉木无性系区域化试验的初步研究[J]. 广西林业科学,1996,25(4):202-205.  
[18] 张金文. 杉木无性系区域造林试验初报[J]. 华东森林经理,1996(10):50-54.  
[19] 张孟德. 杉木无性系生长表现和优良无性系选择[J]. 湖南林业科技,2010,37(3):6-8.  
[20] 胡德活. 杉木无性系木材密度遗传变异及其与生长性状的相关性[J]. 中南林学院学报,2004,24(5):24-26.  
[21] 许忠坤. 杉木无性系木材尺寸稳定性研究[J]. 湖南林业科技,2010,37(5):20-21.  
[22] 南京林产工业学院树木育种组. 杉木早期选种初步研究[J]. 遗传学报,1976,3(2):128-136.  
[23] 叶培忠,陈岳武. 杉木早期选择的研究[J]. 南京林产工业学院学报,1981(1):106-115.  
[24] 张全仁,许忠坤. 杉木速生性早期预测的研究[J]. 中南林学院学报,1983,3(2):113-121.  
[25] 马常耕. 杉木无性系生长的遗传控制和早期选择初探[J]. 林业科学,2000,36(1):62-69.