

江西信丰不同世代不同类型杉木良种的生长表现分析

欧斌¹, 李畅¹, 韩璐², 欧述荣², 邱全生³, 赖福寿³

(1. 江西环境工程职业学院, 江西 赣州 341000; 2. 赣州市森源科技种苗场, 江西 安远 342100;
3. 信丰县林木良种场, 江西 信丰 341600)

摘要: 为筛选适合赣南地区生长的杉木 *Cunninghamia lanceolata* 良种, 本试验对 6 种不同世代不同类型杉木良种造林后的树高、胸径、材积生长量进行方差分析和多重比较。结果表明: 杉木不同世代不同类型良种试验林的平均树高、胸径和材积生长量均存在显著差异 ($P<0.01$); 4 年生与 5 年生的杉木良种中, 洋口 3 代良种表现最佳, 其树高、胸径均显著大于其他良种 ($P<0.01$); 7 年生时, 同样是洋口 3 代杉木良种生长表现最好, 杉木平均材积生长量为 $0.040\ 0\ \text{m}^3$, 高出平均材积生长量的 29.45%, 其次是信丰杉木 2 代、信丰杉木 1 代良种, 其造林后 6 a 材积生长量显著高于陈山红心杉 1 代 ($P<0.01$)、融水种源杉木林分良种与洋口杉木 2.5 代。本试验结果表明, 杉木高世代良种具有较明显的增产效果; 选择当地选育的杉木良种造林能够取得较好的增产效益。

关键词: 杉木; 不同世代; 良种; 不同类型; 材积生长量

中图分类号: S722.8 文献标识码: A 文章编号: 1001-3776(2018)05-0040-05

Growth of Different Generations and Types of *Cunninghamia lanceolata* after Different Planting Years in Xinfeng of Jiangxi Province

OU Bin¹, LI Chang¹, HAN Lu², OU Shu-rong², QIU Quan-sheng³, LAI Fu-shou³

(1. Jiangxi Environment Engineering Vocational College, Ganzhou 341000, China; 2. Senyuan Forest Seed and Seedling Farm of Ganzhou of Jiangxi, Anyuan 342100, China; 3. Xinfeng Improved Forest Seed Farm of Jiangxi, Xinfeng 341600, China)

Abstract: In March of 2011, 1-year seedlings of *Cunninghamia lanceolata* of 6 different generations and different types were planted in Ganzhou of Jiangxi province. Determinations were carried out on height, DBH and volume in October of 2013 and 2014, August of 2016. The result showed that it had evident difference of mean height, DBH and volume growth of tested seedlings in different determination year. The experiment demonstrated that seedlings from Yangkou 3th generation seed orchard had the best growth in terms of height, DBH and volume, the mean volume of 7-year was $0.040\ \text{m}^3$, higher than the average volume by 29.45%. The test concluded that advanced generation had higher yield increase, and local recommended seeds had better effect.

Key words: *Cunninghamia lanceolata*; different generation; different type; volume growth

杉木 *Cunninghamia lanceolata* 属杉科 Taxodiaceae 杉木属 *Cunninghamia* 单种^[1-3], 是我国重要的用材林树种之一, 其干形通直圆满、纹理美观, 心材中含有精油, 抗腐拒蛀, 质地轻且生长迅速, 具有较高的经济价值^[4]。目前广泛分布在我国南方的 16 个省(区), 南北分布跨 10 个纬度, 东西跨 15 个经度。由于地理隔离、生殖隔

收稿日期: 2018-03-30; 修回日期: 2018-07-06

基金项目: 江西省林业科技创新专项“赣南杉木高世代种子园无性系选育”(201504)

作者简介: 欧斌, 教授级高级工程师, 从事林木遗传育种与种苗研究工作; E-mail: oubinse@163.com。

离、长期自然选择以及人工选择,不同种源和不同世代杉木在形态、生理以及抗性等方面上有着诸多的差异^[2-5]。

优良种源选择及高世代育种对提高林地生产力水平和林木遗传改良有着重要意义。为了充分挖掘杉木遗传资源,我国早在 20 世纪五六十年代就开始对杉木的遗传改良以及良种繁育进行了较为深入的研究。1976 年成立的全国杉木种源试验协作组先后在南方的 14 个省(区)开展了 3 次种源试验,参试种源多达 207 个^[6],并根据试验结果进行了种源区划、优良种源选择;陈伯望等^[7]对全国 43 个种源的胸径生长地理变异进行了研究,取得了良好成绩;程政红等^[8]在初级种子园基础上,选出 1.5 代、双系、2 代种子园的建园材料,并提出相应的选择标准、选择方法和建园材料,进一步总结出影响结实的主导因子,并提出优良家系扩大繁殖系数的理想方法。

为了揭示不同世代(1 代、2 代、2.5 代、3 代种子园)和不同类型(种子园和优良种源)杉木良种在同一造林地(赣南信丰造林)的生长量差异,本试验营造了 6 种不同世代不同类型杉木良种和 1 个对照的杉木对比测定林,旨在选择适合江西赣南地区速生的杉木良种,提高杉木林的增产效益。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地点设在江西省赣州市信丰县林木良种场,114°50.33'~114°52.50' E, 25°05.50'~25°07.58' N。该地属于亚热带季风气候,气候温和,雨水充沛,光照充足,年平均气温 28.9℃,年平均无霜期 298 d,年平均日照时数 1 839 h,年平均降水量 1 400 mm,主要集中在 4~6 月,海拔 290 m 左右。土壤为山地黄红壤,肥力中等。前茬作物为湿地松 *Pinus elliottii* 人工林。

1.2 试验材料 and 设计

试验材料为 2011 年 3 月造林的 6 个不同世代不同类型杉木良种,分别为福建洋口林场杉木 3 代种子园种子实生苗(以下简称洋口 3 代杉木)、福建洋口林场杉木 2.5 代种子园种子实生苗(以下简称洋口 2.5 代杉木)、信丰县林木良种场杉木 2 代种子园种子实生苗(以下简称信丰 2 代杉木)、信丰县林木良种场杉木 1 代种子园种子实生苗(以下简称信丰 1 代杉木)、安福县陈山林场红心杉 1 代种子园种子实生苗(以下简称陈山红心杉 1 代杉木)、广西融水种源杉木林分种子实生苗(以下简称融水种源杉木)及对照(信丰县当地一般杉木人工林林分种子实生苗,以下简称对照)。造林苗木规格为 1 年生苗高 30 cm 以上、地径 0.5 cm 以上的裸根苗。

试验采用完全随机区组设计,每个编号种植 20 株,5 次重复,每个重复之间种植 2 行木荷 *Schima superba* 进行隔离。

1.3 整地造林

挖穴规格为 50 cm×50 cm×40 cm。每穴施基肥 0.5 kg(有机肥),造林密度为 2 500 株·hm⁻²(即 2 m×2 m)。每年抚育 3 次,第一次抚育每株施复合肥 0.25 kg,采用双沟法施肥,其余 2 次只进行除草,一共抚育 6 a。

1.4 生长调查测定

于 2013 年 10 月、2014 年 10 月、2016 年 8 月分别调查测定树高、胸径并逐株进行记录,用江西省杉木二元材积公式估算单株材积(V):

$$V=0.000\ 058\ 061\ 86D^{1.955\ 885\ 1}H^{0.894\ 088\ 04}$$

1.5 统计分析方法

采用 Excel 2007, SPSS 20.0 统计分析软件对不同良种不同年份杉木的树高、胸径和材积生长量进行数据处理和方差分析,用 Duncan's 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同世代不同类型良种杉木树高分析

根据不同世代不同类型良种杉木在不同年份的树高,对其进行方差分析和多重比较。结果表明,不同世代

不同类型良种的树高在种植后的第3年和第6年均达到极显著差异 ($P<0.01$)，第4年达到显著差异 ($P<0.05$) (见表1)。

由表1可知，4年生时，树高最大的为洋口3代杉木，其平均树高为3.67 m，比测定林群体平均树高和对照分别高出9.88%，8.45%，其次是信丰1代和信丰2代，其树高分别为3.41 m和3.35 m，树高表现最差的为红心杉1代，其树高仅为3.02 m，低于对照树高11.25%；5年生时，平均树高增长明显，树高最大的为洋口3代，树高为4.82 m，比平均树高和对照均高出5.70%，其次是信丰1代和对照，树高表现最差的为红心杉1代，其树高仅为4.26 m，分别低于平均树高和对照6.58%，7.04%，其中洋口2.5代增长幅度最大；7年生时，树高最大的为洋口3代，其平均树高为6.93 m，分别比平均树高和对照高出6.62%，7.94%，其次是信丰1代和信丰2代杉木，表现最差为融水种源，其平均树高仅为6.28 m，低于对照1.59%。就变异系数而言，不同世代不同类型杉木良种树高的变异系数随着树龄的增大呈递减趋势，说明杉木造林前期同一类型群体内单株之间的树高差异性大，随着树龄的增大，单株之间的树高差异逐渐变小，遗传性状越来越稳定；4年生时，洋口3代的树高变异系数最大，达29.43%，变异系数最小为融水种源；5年生时，信丰2代的变异系数跃居首位，为21.40%，说明信丰2代的树高离散程度最大，单株间差异明显；7年生时，信丰1代的树高变异系数最大，而融水种源的变异系数仍然最小，仅为9.63%，单株间树高差异较小。

多重比较结果表明(表1)，4年生时洋口3代的平均树高最大，显著高于除信丰1代以外的其他水平杉木；5年生时洋口3代的平均树高最大，显著高于红心杉1代和融水种源，而与信丰1代、信丰2代、洋口2.5代与对照差异不显著；7年生时洋口3代杉木的平均树高最大，显著高于其他类型杉木良种。

由上述可知，4年生不同世代不同类型杉木良种苗木造林的树高表现最佳为洋口杉木3代，其次是信丰1代，表现较差的为红心杉1代和融水种源。

表1 不同世代不同类型杉木良种在不同年份的树高比较
Table 1 Height growth of different generations and types of different-year *C. lanceolata* plantations

项目	4年生树高		5年生树高		7年生树高	
	均值/m	变异系数/%	均值/m	变异系数/%	均值/m	变异系数/%
洋口3代	3.67±0.98 a	29.41	4.82±0.96 a	21.12	6.93±0.76 a	11.63
洋口2.5代	3.30±0.77 bc	23.08	4.51±0.76abc	16.82	6.43±0.74bc	11.32
信丰2代	3.35±0.98 b	29.30	4.54±0.97abc	21.40	6.52±0.71bc	10.89
信丰1代	3.41±0.97 ab	29.04	4.61±0.97ab	21.38	6.62±0.81b	12.41
红心杉1代	3.02±0.78 c	23.25	4.26±0.80c	17.66	6.35±0.72bc	11.11
融水种源	3.26±0.85 bc	25.47	4.45±0.86bc	18.96	6.28±0.63c	9.63
对照	3.36±0.88 b	26.38	4.56±0.89ab	19.57	6.38±0.75bc	11.54
平均值	3.34±0.89	26.56	4.56±0.89	19.56	6.50±0.73	11.22
F值	3.772**		2.709*		6.478**	

注：不同字母为多重比较结果，同列数据后的不同字母表示在0.05水平上差异显著；**表示在0.01水平上差异显著，*表示在0.05水平上显著差异。下同。

2.2 不同世代不同类型良种杉木胸径分析

根据不同世代不同类型良种杉木在不同年份的胸径，对其进行方差分析和多重比较(表2)。结果表明，不同世代不同类型良种杉木胸径达到极显著差异 ($P<0.01$)。

胸径最大的为洋口3代，4年生时其平均胸径为6.86 cm，比平均值和对照分别高出12.68%，11.67%，其次是信丰1代和信丰2代，胸径表现最差为红心杉1代，其平均胸径仅为5.59 cm，低于对照8.41%；5年生时，胸径最大的为洋口3代，其平均胸径为8.78 cm，比平均胸径和对照分别高出8.67%，8.43%，其次是洋口2.5代和信丰1代，胸径表现最差为红心杉1代，其平均胸径仅为7.56 cm，低于对照6.35%，胸径排序与4年生时排序，洋口杉木2.5代胸径生长加快，排名提前；7年生时，胸径最大的为洋口3代，其平均胸径为11.26 cm，比平均值和对照分别高出11.15%，17.50%，其次是信丰2代杉木和信丰1代，胸径表现最差的为对照，其胸径仅为9.29 cm，低于平均胸径8.29%。就变异系数而言，不同世代不同类型杉木良种胸径的变异系数随着树龄的

增大呈递减趋势, 说明杉木造林前期同一类型群体内单株之间的胸径差异性大, 随着树龄的增大, 单株之间的胸径差异逐渐变小, 遗传性状越来越稳定; 4 年生时, 信丰 2 代的胸径变异系数最大, 达 35.22%, 说明单株之间差异最大, 5 年生时, 信丰 2 代仍在首位, 为 27.16%, 说明信丰 2 代的胸径离散程度最大, 单株间差异明显, 7 年生时, 洋口 3 代的胸径变异系数最大, 而对照的变异系数一直处于最低水平, 单株间胸径差异较小。

多重比较结果表明(表 2), 4 年生时, 洋口 3 代的平均胸径最大, 显著高于其他水平杉木胸径; 5 年生时, 洋口 3 代的平均胸径最大, 显著高于红心杉 1 代、对照和融水种源, 而与洋口 2.5 代、信丰 1 代、信丰 2 代差异不显著; 7 年生时, 洋口 3 代显著高于洋口 2.5 代、红心杉 1 代、对照和融水种源, 而与信丰 2 代和信丰 1 代的无显著差异。

由上述可知, 不同世代不同类型良种杉木的平均胸径表现最佳为洋口 3 代, 其次是信丰 2 代杉木和信丰 1 代, 表现最差的为红心杉 1 代杉木。

表 2 不同世代不同类型良种杉木胸径比较
Table 2 DBH growth of different generations and types of different-year *C. lanceolata* plantations

项目	4 年生胸径		5 年生胸径		7 年生胸径	
	均值/cm	变异系数/%	均值/cm	变异系数/%	均值/cm	变异系数/%
洋口 3 代	6.86±1.88 a	30.93	8.78±1.93 a	23.84	11.26±2.39 a	23.55
洋口 2.5 代	6.06±1.82b	29.92	8.26±1.84ab	22.76	9.44±2.13b	21.04
信丰 2 代	6.20±2.15b	35.22	8.14±2.20abc	27.16	10.71±2.22a	21.90
信丰 1 代	6.22±2.06b	33.75	8.17±2.07abc	25.56	10.66±2.05a	20.21
红心杉 1 代	5.59±1.89b	30.90	7.56±2.10c	25.96	9.92±2.10b	20.76
融水种源	5.65±1.70b	27.84	7.63±1.77bc	21.86	9.63±1.90b	18.74
对照	6.06±1.56b	25.52	8.04±1.62bc	20.02	9.29±2.00b	19.77
平均值	6.09±1.86	30.58	8.08±1.93	23.88	10.13±2.11	20.85
F 值	4.180**		3.516**		8.963**	

2.3 不同世代不同类型良种杉木材积分析

根据不同世代不同类型良种杉木 7 年生材积的平均生长量, 对其进行方差分析和多重比较。结果表明, 不同世代不同类型良种的 7 年生杉木平均材积均达到极显著差异 ($P<0.01$)。

由表 3 可知, 材积最大为洋口 3 代, 其 7 年生杉木平均材积为 0.040 0 m³, 比平均值和对照的分别高出 29.45 %, 36.50%, 其次是信丰 2 代杉木和信丰 1 代, 其材积分别为 0.034 3 m³ 和 0.034 2 m³, 材积表现最差的为对照, 其平均材积仅为 0.025 4 m³, 低于平均材积 17.80%; 变异系数最大为洋口 2.5 代和融水种源, 均达 48.69%, 说明材积的离散程度最大, 单株间材积差异最大, 变异系数最小的为信丰 1 代。按 7 年生材积排序: 洋口 3 代 > 信丰 2 代 > 信丰 1 代 > 红心杉 1 代 > 洋口 2.5 代和融水种源 > 对照。

多重比较结果表明(表 3), 7 年生时洋口 3 代杉木的平均材积最大, 显著高于其他杉木。

综上所述, 参加试验的 7 年生不同世代不同类型良种杉木的平均材积表现最佳为洋口 3 代, 其次是信丰 2 代和信丰 1 代, 均显著大于其余良种, 表现最差的为融水种源和对照。

表 3 7 年生不同世代不同类型良种杉木材积比较
Table 3 Volume increment of different generations and types of 7-year *C. lanceolata* plantations

项目	材积均值/m ³	变异系数/%
洋口 3 代	0.040 0±0.018 0 a	45.00
洋口 2.5 代	0.026 7±0.013 0 c	48.69
信丰 2 代	0.034 3±0.015 6 b	45.48
信丰 1 代	0.034 2±0.014 5 b	42.40
红心杉 1 代	0.028 9±0.012 5 b	43.25
融水种源	0.026 7±0.013 0 c	48.69
对照	0.025 4±0.011 8 c	46.46
平均值	0.030 9±0.014 0	45.46
F 值	7.352**	

3 结论与讨论

杉木高世代良种具有较明显的增产效果, 洋口 3 代杉木良种材积增产明显。但并不是在任意区域造林世代越高增产效益越大, 而需要做区域化试验, 确定其能够实现增益预期的适用范围。本试验研究结果发现, 在江

西信丰县造林试验, 洋口杉木 2.5 代材积生长量显著低于试验地当地的信丰 2 代杉木、信丰 1 代 ($P<0.01$)。表明选择当地选育的杉木良种造林能够取得较好的增产效益。本试验中信丰 2 代、信丰 1 代杉木良种材积生长量显著大于从外地引种的杉木 1 代(红心杉 1 代)、2.5 代良种(洋口 2.5 代)及优良种源良种(融水种源) ($P<0.01$)。

本研究结果还表明, 生长量排名首位的为洋口 3 代。国内外林木群体良种选育, 基本上采用选优、建园、子代测定、再选择、再建园的选育路线, 一步步从低世代种子园向高世代种子园发展, 从而建立不同世代的种子园^[9]。国内杉木种子园已从 1 代、1.5 代发展到 2 代、3 代种子园, 福建洋口林场率先建立杉木第 3 代种质资源库和 3 代种子园。不同世代种子园其子代材积能实现一定的遗传增益^[10-14]。樊琳等^[15]在杉木种源选择试验中也得出相似的结论。

种源与环境互作效应是确定种源推广应用区域的重要依据^[16]。研究发现信丰 1 代杉木和信丰 2 代杉木种子实生苗造林长势均优于洋口 2.5 代, 这说明杉木生长不仅受基因型的影响, 同时还受环境的影响, 可能信丰本地杉木能较好的适应本地的气候特点和土壤条件, 相对而言, 洋口 2.5 代在信丰生长所表现的适生性较信丰本地种差一些。

研究还发现 7 年生信丰 2 代和信丰 1 代的平均材积生长量基本相同, 这可能是由于种子园建园无性系种源来源不同产生的。信丰林木良种场杉木 2 代种子园建园无性系相当部分来源于赣南地区以外的杉木种源无性系, 而信丰林木良种场杉木 1 代种子园建园无性系来源全部是赣南地区的优良无性系, 地理环境和种源的差异可能是导致信丰 2 代在信丰县造林增产效益不高的原因之一。

同样是 1 代良种的陈山红心杉 1 代良种, 7 年生材积生长量只有信丰 1 代的 84.50%, 显著低于信丰 1 代良种。在安福县表现良好的陈山红心杉 1 代种子园良种在信丰却生长较差, 可能与陈山红心杉种源所在地安福县处于信丰县以北有关, 与杉木地理种源试验结果的规律“南种北移增产”相符。另外陈山红心杉 1 代的建园材料较重视材质的选育, 而速生性并非其最主要的选育指标。

杉木不同世代不同类型良种之间生长量存在显著差异 ($P<0.01$), 其中以洋口 3 代表现最佳。本试验研究的时间尚且较短, 且位于一个地点, 要全面评价杉木不同世代不同类型良种的增益, 还需要进行多点区域化试验, 做进一步的观察和研究。

参考文献

- [1] 于永福. 杉科植物的分类学研究[J]. 植物研究, 1994, 14 (4): 369-384.
- [2] 于永福. 杉科植物的起源、演化及其分布[J]. 植物分类学报, 1995, 18 (4): 362-389.
- [3] 于永福, 傅立国. 杉科植物的系统发育分析[J]. 植物分类学报, 1996, 19 (2): 124-141.
- [4] 俞新妥. 中国杉木研究[J]. 福建林学院学报, 1988, 8 (3): 203-220.
- [5] 施季森, 叶志宏, 翁玉榛, 等. 杉木生长与材性联合遗传改良研究[J]. 南京林业大学学报, 1993, 7 (1): 1-8.
- [6] 全国杉木种源试验协助组. 杉木造林优良种源选择[J]. 林业科学研究, 1994, 7 (专刊): 1-25.
- [7] 陈伯望, 洪菊生. 杉木种源胸径生长地理变异的趋势面分析[J]. 林业科学, 1993, 31 (2): 110-115.
- [8] 程政红, 雷秀常, 徐清乾. 高世代杉木种子园建立技术研究[J]. 湖南林业科技, 1996, 23 (11): 1-9.
- [9] 郑勇平, 孙鸿有, 董汝湘, 等. 杉木不同世代不同类型种子园遗传改良增益研究[J]. 林业科学, 2007, 43 (3): 20-27.
- [10] 李锦清, 董耀卿, 何秉云, 等. 浙江长乐杉木种子园营建技术和改良效果的研究[J]. 林业科学研究, 1991, 4 (1): 50-56.
- [11] 吴隆高, 兰玉. 11 年生杉木全同胞子代林遗传效应研究[J]. 浙江林学院学报, 1993, 10 (4): 407-413.
- [12] 吴隆高, 张建章, 游顺昌, 等. 十年生杉木初级种子园遗传效益分析[J]. 浙江林业科技, 1993, 13 (3): 22-25.
- [13] 陈代喜, 黄开勇, 莫钊志, 等. 杉木改良代种子园遗传组成及效益评价[J]. 广西林业科学, 1999, 28 (2): 66-70.
- [14] 邹斌, 胡德活, 阮梓材, 等. 杉木第二代种子园效果分析[J]. 华南农业大学学报, 2003, 24 (4): 13-16.
- [15] 樊琳, 江波, 沈爱华, 等. 杉木速生优质种源多性状选择研究[J]. 浙江林业科技, 2010, 30 (5): 24-32.
- [16] Carrasquinho I, Goncalves E. Genetic variability among *Pinus pinaster* L. provenances for survival and growth traits in Portugal[J]. Tree Genet Genom, 2013, 9 (3): 855-866.