

广西特色杉木优树选择标准研究

程琳¹, 黄开勇¹, 陈琴¹, 蓝肖¹, 蒲贤娴², 谢文字³

(1. 广西壮族自治区林业科学研究院, 广西 南宁 530002; 2. 广西大学, 广西 南宁 530001; 3. 华中农业大学, 湖北 武汉 430074)

摘要: 采用 5 株优势木对比法, 对广西特色大横枝杉展开调查, 探索大横枝杉的生长特性, 以期为杉科植物良种选育提供理论依据。共初选优树 35 株, 优势木 175 株。经统计分析, 确定了大横枝杉优树选择最低标准: 胸径和材积分别是优势木均值的 207%和 569%, 树高大于优势木均值。根据该标准, 对 35 株候选优树进行复选, 获得大横枝杉I级优树 19 株, II级优树 6 株, 入选率分别为: 54.29%和 17.14%, 可为大横枝杉无性系种子园营建提供优质种质材料。

关键词: 大横枝杉; 优树选择; 变异规律

A Study of Superior Tree Selection Standard of Guangxi Characteristic Chinese fir

Cheng Lin¹, Huang Kaiyong¹, Chen Qin¹, Lan Xiao¹, Pu Xianxian², Xie Wenyu³

(1. Guangxi Forestry Research Institute, Nanning 530002, China; 2. Guangxi University, Nanning 530001, China; 3. School of Horticulture and Forestry, Wuhan 430074, China)

Abstract: In order to provide a theoretical basis for the selection and breeding of improved varieties of Taxodiaceae plants, the growth of Guangxi characteristic *Cunninghamia lanceolata* were investigated by using five dominant tree comparison methods. A total of 35 superior trees and 175 dominant trees were selected. Through statistical analysis, the minimum standard for the selection of superior trees was determined: DBH and volume were 207 % and 569 % of the average value of dominant trees, respectively, and tree height was greater than the average value of dominant trees. According to this standard, 35 candidate superior trees were re-selected, and 19 superior trees of grade I and 6 superior trees of grade II were obtained. The selection rates were 54.29 % and 17.14 %, respectively, which could provide high-quality germplasm materials for the construction of clonal seed orchard of Guangxi characteristic *Cunninghamia lanceolata*.

Key words: Guangxi characteristic *Cunninghamia lanceolata*; superior tree selection; variation rule

桂东北特色大横枝杉是杉木的一个地方特色种源, 树体高大通直, 生长快, 侧枝少且粗壮、平直, 侧枝比较大且横向生长, 呈现出独特的树形, 具有很大的园林利用潜力。杉木(*Cunninghamia lanceolata*)是我国特有速生用材树种之一, 经济价值和生态价值很高(陈代喜等, 2018; 林卓等, 2016)。近年来, 随着市场对木材需求量的不断增加, 良种的需求也在与日俱增。筛选出品质优良的杉木种质, 是解决林场和社

会良种不足的有效途径。

大横枝杉至今鲜有相关报道，国外对其研究甚少。我国杉科植物研究开始于上世纪 40 年代，之后对杉木种质资源展开了系统的遗传改良研究。目前对杉木选育的研究多集中于生长规律（陈晓明等，2023）、经营措施（王润辉等，2022）、种子园（程琳等，2021）、生理生化（陈琴等，2013）、材性（程琳等，2023）、分子技术（李魁鹏等，2021）、经济效益评价（卢立华等，2020）等多方面，未见有对于大横枝杉种质资源调查、收集的研究报道，其遗传改良工作远落后于桉树、马尾松和其他杉科等主要造林树种，制约了大横枝杉产业的发展。本文以广西特色大横枝杉为研究对象，以期选出具有生长优势的林木单株，揭示大横枝杉生长变异规律，为种质资源保护和利用提供优质材料，同时也为杉科植物产业化进程提供科学理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验设在广西贺州市(111°46′ ~111°55′ E, 24°24′ ~24°32′ N)。该地属南岭山地丘陵区，桂东北山间盆地谷地岩溶地貌；属亚热带季风气候，年平均气温 20 °C，雨量充沛，海拔 150~800 m，年平均降雨量 1550.3 mm，土壤肥沃，pH 值 5.5~6.5，透水性能好。

1.2 试验方法

1.2.1 选优的前提

优树是指在天然林或人工林分中，在生长量、形质、适应性等方面表现特别优良，能满足预定选择标准的纯林单株。截至 2023 年 7 月开展了为期 2 年的大横枝杉资源调查、优树测定与分析工作，广西特色杉木优树见图 1。



图 1 大横枝杉优树

Fig.1 Superior trees of Guangxi characteristic *Cunninghamia lanceolata*

1.2.2 优树林龄

选优选择在 30 年生以上的人工林内进行，在这个年龄阶段林木遗传特征表达比较完全，表现相对比

较稳定，选择的结果较为可靠。

1.2.3 优树密度

优树宜在密度较大的林分内选择。一般在郁闭度 0.7 以上的完整林分内进行。因为林分密度大，分化剧烈，有利于选优。

1.2.4 优树选择标准

以目测优树为圆心、15~25m 为半径，在立地条件基本一致的区域内选出表现仅低于优树的 5 株优势木。测定优势木的生长量（树高、胸径和材积）作为比较选择的尺度，若其生长量达到既定优树入选标准，且健康、生长旺盛、无分叉，可入选为优树候选木。此次选优共测定候选优树 35 株，优势木 175 株。

将优势木均值 $\bar{X}$ 加上一定的数值 Δ 后，与目标优树对应的指标进行配对 t 检验，每次增加 5%，以 t 检验差异不显著为止，最后 2 个相隔 5%为取值范围；在入选范围内，以优势木均值增加 1%后与候选优树进行 t 检验，确定与候选优树各因子差异显著的临界 Δ 值（陈健波等，2008）。此时，优势木均值与标准差倍数之和即为优树的标准， Δ 为 5 株优势木均值的比例。配对 t 检验公式计算（晏姝等，2011）：
$$t = \frac{\sum d/n}{\sqrt{\frac{\sum d^2}{n} \left(\frac{\sum d^2}{n} / n(n-1) \right)}}$$
，其中， t 代表差异显著性统计量， d 代表候选优树与对比木均值之差， n 代表 t 检验中候选优树与优势木的配对值（文中 n 为 35）。

1.2.5 优树测定

（1）生长性状（Growth traits）测定。分别采用测高杆和胸径尺对树高（Height, H , m）和胸径（Diameter, D , cm）进行测定；材积（Volume, V , m^3 ）根据相关公式计算（黄开勇等，2008）： $V= 0.656 71 \times 10^{-4} \times D^{1.769 412} \times H^{1.069 769}$ 。

（2）采用 5 株优势木对比法计算优树相对生长量指标， H 、 D 、 V 分别代表林木的树高、胸径和材积。

1.3 数据处理

采用 Excel 2007 对数据进行记录、汇总和分析。

2 结果与分析

2.1 候选优树主要生长因子差异分析

35 株候选优树的生长状况及差异性分析见表 1。候选优树胸径、树高和材积均值依次是：39.2cm、23.1m 和 1.273 m^3 ，变异系数分别是：10.68%、11.08%和 26.83%，说明胸径和树高属于中等偏低变异，材积属于中等程度变异。采用配对 t 检验法判断候选优树与优势木之间胸径、树高和材积的差异性，经计算得出胸径、树高和材积的 t 值分别为：24.820、21.779 和 17.800，均大于查表得出的 $t_{0.01}$ （2.728），说明候选优树的 3 个生长量因子与优势木对应的指标之间差异极显著，候选优树的生长优势明显高于优势木，选出优树的潜力很高。

表 1 候选优树生长变异分析

Tab.1 Growth variation analysis of candidate superior trees

指标	平均值	最大值	最小值	标准差	变异系	t （与优势	$t_{0.01}$ 检验
胸径/cm	39.2	45.5	30.0	4.2	10.68	24.820**	2.728

树高/m	23.1	26.3	17.9	2.6	11.08	21.779**
材积/m ³	1.273	1.840	0.626	0.341	26.83	17.800**

注：“**”表示差异极显著。Note: * * indicates significant difference.The same as following.

2.2 优树选择标准

优树入选标准如表 2。由表可知，大横枝杉优树，需满足胸径、树高和材积需在优势木均值的基础上，分别增加 105%~110%、55%~60%和 450%~500%，对应优树的胸径、树高和材积需分别大于或等于优势木的 207%、155%和 569%。

根据此标准，35 株大横枝杉候选优树只有 19 株入选，结合调查林分实际情况及尽可能增加稀缺种质资源收集率的原则，此次选优可放宽树高的入选标准（吴际友等，2004）。优树的入选标准修定为：优树的树高需大于优势木的 100%，胸径和材积需分别大于或等于优势木的 207%和 569%，其中入选候选优树 25 株，占参试候选优树的 71.43%。

表 2 大横枝杉优树选择标准
Tab.2 The selection standard of superior trees

指标	胸径	树高	材积	<i>t</i> _{0.05} 检验临界值
<i>t</i> 范围	2.398*~1.577	2.274*~0.639	2.410*~1.125	2.032
Δ 取值范围	105%~110%	55%~60%	450%~500%	
临界 Δ 值	107%	55%	469%	

注：“*”表示差异显著。Note: * means significant difference.

2.3 入选优树分级及生长分析

本研究通过差值对比确定分级标准（黄荣林等，2017），I级优树评定标准：树高、胸径和材积中 3 个因子均满足大于或等于（X+Δ），II级优树评定标准：树高、胸径和材积中有 2 个因子满足大于或等于（X+Δ）。

由表 3 可知，在 35 株大横枝杉候选优树中，胸径、树高和材积 3 个因子均达到入选标准的有 19 株（I 级），占参试候选优树的 54.29%。胸径、材积 2 个指标达到标准的有 6 株（II 级），占比 17.14%。

表 3 大横枝杉优树入选情况
Tab.3 The selection situation of Guangxi characteristic *Cunninghamia lanceolata* superior trees

优树编号	优树生长量			5 株优势木生长量均值			优树高于优势木均值（%）			优树分级
	胸径	树高	材积	胸径	树高	材积	胸径	树高	材积	
	(cm)	(m)	(m ³)	(cm)	(m)	(m ³)	(cm)	(m)	(m ³)	
DS02	45.1	24.5	1.700	17.7	15.0	0.195	154.51	63.33	771.51	I 级
DS05	41.1	26.0	1.537	15.5	15.4	0.158	165.16	69.27	873.34	
DS06	45.5	26.0	1.840	15.6	14.6	0.152	190.92	78.33	1114.17	
DS10	39.0	25.6	1.378	15.7	15.2	0.162	147.78	67.98	751.98	
DS11	43.2	26.2	1.692	17.1	16.0	0.197	153.22	63.75	760.49	
DS12	40.8	24.7	1.436	15.7	14.1	0.147	160.54	74.93	873.65	
DS13	35.8	23.7	1.090	15.0	15.0	0.145	138.99	58.00	649.67	
DS14	40.3	24.8	1.411	14.8	14.6	0.139	171.93	69.40	916.31	

DS15	37.8	24.6	1.249	15.8	12.9	0.135	139.54	90.70	825.63	
DS16	39.9	25.6	1.434	15.7	13.4	0.142	154.79	91.04	910.68	
DS17	41.5	26.3	1.583	16.7	13.7	0.163	147.91	92.25	868.39	
DS19	36.5	21.5	1.017	15.5	12.4	0.126	135.48	73.39	705.32	
DS20	36.3	20.7	0.967	15.5	12.4	0.126	134.19	66.94	665.82	
DS22	43.5	23.7	1.539	19.9	14.0	0.241	118.81	69.29	538.66	
DS24	44.8	25.7	1.768	20.7	14.5	0.255	116.63	77.00	594.31	
DS25	41.5	25.4	1.525	18.0	13.7	0.185	131.07	84.86	722.22	
DS28	43.2	23.9	1.534	18.5	12.6	0.195	133.26	89.98	685.94	
DS29	40.3	22.8	1.290	18.4	12.5	0.194	118.78	81.82	565.85	
DS30	38.0	22.7	1.157	18.2	12.6	0.192	108.56	80.45	503.02	
DS01	43.6	21.5	1.392	16.7	16.2	0.190	160.77	32.72	632.15	
DS03	44.4	25.5	1.726	18.2	17.3	0.248	143.42	47.74	594.86	
DS04	43.9	24.0	1.585	18.4	16.1	0.228	138.59	48.88	595.35	
DS07	34.9	22.8	1.000	15.3	14.9	0.151	128.10	53.23	563.67	II 级
DS08	42.2	25.7	1.590	18.1	16.9	0.238	133.67	51.71	568.54	
DS09	40.0	23.4	1.309	15.8	15.2	0.166	153.16	53.95	688.72	

3 结论与讨论

收集、保存和利用大横枝杉，可有效补充杉科植物优良种质基因资源。5 株优势木对比法因其选择效果理想成为目前优树选择常用的方法，利于稀缺资源的收集和保存。

候选优树胸径、树高和材积与优势木存在极显著差异，且候选优树的变异系数均高于 10%，说明大横枝杉存在优中选优的可能。本文在特定形质条件下采用 5 株优势木对比法，依据生长因子（胸径、树高和材积）为评定因子，通过统计分析确定优树的数量指标选择标准。文中共选出 I 级优树 19 株，II 级优树 6 株，占比分别为：54.29%和 17.14%。通常情况下，优树的胸径、树高和材积需大于优势木的 20%、5%和 50%（潘新宏等，2005）。通过分析和修正，大横枝杉优树选择最低标准为：优树的树高需大于优势木，胸径和材积为优势木的 207%和 569%。因优势木的生长量与当地林分小环境及遗传因子相关（李洪果等，2023），应用时可根据实际情况进行一定范围的调整。

由于大横枝杉存在零星分布的特点，优树选择数量有限，得出的选择标准适用度有限；后期需扩大调查源，并从分子生物技术、化学成分、加工利用等方面对木材品质进行深入研究，以便对选优标准进行补充和完善。目前大横枝杉优树选择处于初期阶段，优树选择属于表型选择，后期需结合遗传测定，以便达到最佳的遗传改良成效。

参 考 文 献

陈代喜, 程琳, 黄开勇, 等. 2018. 30 年生杉木半同胞子代遗传特性测定及优良家系和单株选择[J]. 南方农业学报, 49(2):307-312.

(Chen D X, Cheng L, Huang K Y, et al. 2018. Genetic characterization test and selection of superior family and individual of 30-year-old Chinese fir half-sib progeny. Journal of Southern Agriculture, 49(2):307-312. [in Chinese])

陈健波, 张照远, 项东云, 等. 2008. 邓恩桉优树的选择标准[J]. 林业科技开发, (1):17-20.

(Chen J B, Zhang Z Y, Xiang D Y, et al. 2008. Study on criterion for plus trees of *Eucalyptus dunnii*. China Forestry Science and Technology, (1):17-20. [in Chinese])

陈琴, 黄开勇, 戴俊, 等. 2013. 不同贮藏温度下杉木种子的生理生化特征[J]. 安徽农业科学, 41(22):9355-9357.

- (Chen Q, Huang K Y, Dai J, et al. 2013. Physiological and biochemical characteristics of *Cunninghamia lanceolata* under different storage temperature. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 41(22):9355-9357. [in Chinese])
- 陈晓明, 戴俊, 韦连尤, 等. 2023. 广西杉木优异种质生长和材积的早期评价[J]. 广西林业科学, 52(2):160-166.
- (Chen X M, Dai J, Wei L Y, et al. 2023. Early Evaluation on Growth and Volume of Elite Germplasms of *Cunninghamia lanceolata* in Guangxi. Guangxi Forestry Science, 52(2):160-166. [in Chinese])
- 程琳, 李魁鹏, 董利军, 等. 2021. 杉木不同无性系种子品质分析及综合评价[J]. 种子, 40(9):98-103+107.
- (Cheng L, Li K P, Dong L J, et al. 2021. Seed Quality Analysis and Comprehensive Evaluation of Different Clones of *Cunninghamia lanceolata*. Seed, 40(9):98-103+107. [in Chinese])
- 程琳, 肖建军, 覃孟哲, 等. 2023. 杉木木材品质分析及优良种质筛选[J]. 福建林业科技, 50(3):9-13+21.
- (Cheng L, Xiao J J, Qin M Z, et al. 2023. Wood Quality Analysis and Excellent Germplasm Screening of *Cunninghamia lanceolata*. Journal of Fujian Forestry Science and Technology, 50(3):9-13+21. [in Chinese])
- 黄开勇, 陈代喜, 郝海坤, 等. 2008. 杉木无性系对比测定与选择[J]. 西南林学院学报, 28(6):25-29.
- (Huang K Y, Chen D X, Hao H K, et al. 2008. Study on Comparative Testing and Selection of *Cunninghamia lanceolata* Clones. Journal of Southwest Forestry University(Natural Sciences), 28(6):25-29. [in Chinese])
- 黄荣林, 蒋燚, 刘菲, 等. 2017. 基于用材林型江南油杉优树选择方法[J]. 广西林业科学, 46(1):53-58.
- (Huang R L, Jiang Y, Liu F, et al. 2017. The Selection Standard of Superior Tree of *Keteleeria fortunei* var. *Cyclolepis* Timber Forest. Guangxi Forestry Science, 46(1):53-58. [in Chinese])
- 李洪果, 刘光金, 段润梅, 等. 2023. 格木优树选择标准[J]. 林业科技通讯, (7):8-10.
- (Li H G, Liu G J, Duan R M, et al. 2023. Selection Standard of *Erythrophloeum fordii* Superior Tree. Forest Science and Technology, (7):8-10. [in Chinese])
- 李魁鹏, 陈仕昌, 程琳, 等. 2021. 基于 SSR 标记构建广西杉木核心种质[J]. 广西科学, 28(5):511-519.
- (Li K P, Chen S C, Cheng L, et al. 2021. Construction of Core Germplasm of *Cunninghamia lanceolata* in Guangxi Based on SSR Markers. Guangxi Sciences, 28(5):511-519. [in Chinese])
- 林卓, 吴承祯, 洪伟, 等. 2016. 杉木人工林碳汇木材复合经济收益分析及最优轮伐期确定——基于时间序列预测模型[J]. 林业科学, 52(10):134-145.
- (Lin Z, Wu C Z, Hong W, et al. 2016. Economic Benefits Analysis of Carbon Sequestration and Timber and Determination of Optimal Rotation Period for a *Cunninghamia lanceolata* Plantation-Based on Time Series Model. Scientia Silvae Sinicae, 52(10):134-145. [in Chinese])
- 卢立华, 农友, 李华, 等. 2020. 保留密度对杉木人工林生长和生物量及经济效益的影响[J]. 应用生态学报, 31(3):717-724.
- (Lu L H, Nong Y, Li H, et al. 2020. Effects of retention density on growth, biomass, and economic benefit of *Cunninghamia lanceolata* plantation. Chinese Journal of Applied Ecology, 31(3):717-724. [in Chinese])
- 潘新宏, 翁俊维, 李新华. 2005. 优势木对比法在选优工作中的应用[J]. 吉林林业科技, 34(5):22-25.
- (Pan X H, Weng J W, Li X H. 2005. Application of dominant comparative method in superior tree selection. Journal of Jilin Forestry Science and Technology, 34(5):22-25. [in Chinese])
- 王润辉, 郑会全, 韦如萍, 等. 2022. 不同遗传控制和经营措施对杉木人工林早期生长的效应分析[J]. 林业与环境科学, 38(3):1-9.
- (Wang R H, Zheng H Q, Wei R P, et al. 2022. Genetic and Management Effects on the Early Growth of Chinese Fir Plantation. Forestry and Environmental Science, 38(3):1-9. [in Chinese])
- 吴际友, 龙应忠, 童方平, 等. 2004. 桫欏木优树选择研究[J]. 湖南林业科技, 31(6):10-12.
- (Wu J Y, Long Y Z, Tong F P, et al. 2004. The selection of the elite trees of *Alnus cremastogyne* Burk. Hunan Forestry Science & Technology, 31(6):10-12. [in Chinese])
- 晏姝, 胡德活, 韦如萍, 等. 2011. 南洋楹优树选择标准研究[J]. 林业科学研究, 24(2):272-276.
- (Yan S, Hu D H, Wei R P, et al. 2011. Criteria for Selecting Superior Trees of *Paraserianthes falcataria*. Forest Research, 24(2):272-276. [in Chinese])