



杉木无性系与实生苗木物理力学性能差异研究

陈奎 刘衡 王钟 秦武明

Comparison on the Physical and Mechanical Properties Between Clone and Seedling from *Cunninghamia lanceolata*

Chen Kui, Liu Heng, Wang Zhong, Qin Wuming

引用本文:

陈奎, 刘衡, 王钟, 秦武明. 杉木无性系与实生苗木物理力学性能差异研究[J]. 西南林业大学学报, 2024, 44(2):209–215. doi: 10.11929/j.swfu.202303023

Chen Kui, Liu Heng, Wang Zhong, Qin Wuming. Comparison on the Physical and Mechanical Properties Between Clone and Seedling from *Cunninghamia lanceolata*[J]. *Journal of Southwest Forestry University(Natural Science)*, 2024, 44(2):209–215. doi: 10.11929/j.swfu.202303023

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11929/j.swfu.202303023>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

植物生长调节剂和基质种类对杉木无性系瓶外生根组培苗质量的影响

Effect of Exogenous Hormone and Media Type on Quality of *Ex Vitro* Rooting Subculture Plantlet of *Cunninghamia lanceolata*
西南林业大学学报. 2019, 39(6): 49–56 <https://doi.org/10.11929/j.swfu.201811040>

不同埋土深度杉木无性系萌蘖及内源激素含量的差异

Differences of Tillering and Endogenous Hormone Content of *Cunninghamia lanceolata* Clones in Different Soil Depth
西南林业大学学报. 2021, 41(5): 36–41 <https://doi.org/10.11929/j.swfu.202005044>

4个无性系杉木心材挥发性成分的GCMS分析

GCMS Analysis of Volatile Components from the Heartwoods of 4 *Cunninghamia lanceolata* Clones
西南林业大学学报. 2021, 41(1): 110–117 <https://doi.org/10.11929/j.swfu.201909019>

正交胶合木力学性能的研究综述

Mechanical Properties of Cross Laminated Timber
西南林业大学学报. 2020, 40(5): 181–188 <https://doi.org/10.11929/j.swfu.201909013>

杉木不同母株无性系针叶营养元素含量比较

Comparison of the Needle Nutrient Element Contents of Different Parent Clones in Chinese Fir
西南林业大学学报. 2017, 37(1): 61–65 <https://doi.org/10.11929/j.issn.2095-1914.2017.01.011>

6种木材的解剖特征与物理力学性能分析

Analysis of Anatomical Character and Physical-mechanical Performance of 6 Wood Species
西南林业大学学报. 2020, 40(2): 149–154 <https://doi.org/10.11929/j.swfu.201812016>

DOI: 10.11929/j.swfu.202303023

引文格式: 陈奎, 刘衡, 王钟, 等. 杉木无性系与实生苗木物理力学性能差异研究 [J]. 西南林业大学学报 (自然科学), 2024, 44(2): 209–215.

杉木无性系与实生苗木物理力学性能差异研究

陈奎¹ 刘衡² 王钟³ 秦武明³

(1. 广西国有高峰林场, 广西南宁, 530001; 2. 中国林业科学研究院热带林业实验中心, 广西崇左, 532600; 3. 广西大学林学院, 广西南宁, 530004)

摘要: 为揭示杉木无性系与实生苗木物理力学性能的差异, 以26年生杉木无性系和实生苗人工林木材为研究对象, 对其不同圆周方位(南北向)、不同高度位置的主要物理力学性能进行测定, 考察木材强度品质系数, 综合评定杉木无性系和实生苗木材的材质等级。结果表明: 除冲击韧性外, 杉木无性系木材的密度、干缩率、差异干缩、湿胀率(全干-气干)、硬度、抗弯强度、抗弯弹性模量、顺纹抗压强度和横纹抗压强度均高于实生苗木材; 圆周方位对杉木无性系与实生苗木材物理力学强度影响不显著; 树高对杉木无性系木材气干密度、吸水率, 实生苗木材基本密度、气干密度、吸水率、横纹抗压强度、硬度影响极显著, 对无性系木材基本密度、全干密度、体积湿胀率, 实生苗木材全干密度、体积湿胀率影响显著, 对2种木材其他物理力学强度影响不显著; 2种木材的气干密度、端面硬度、横纹抗压强度和顺纹抗压强度随树高增加呈现先降低后升高的趋势; 除干缩性外, 2种木材各物理力学性质指标均在国产材中属低等级; 2种杉木木材综合品质系数较高, 均为高等级材。

关键词: 杉木; 无性系; 实生苗; 木材; 力学性能; 差异

中图分类号: S791.27

文献标志码: A

文章编号: 2095-1914(2024)02-0209-07

Comparison on the Physical and Mechanical Properties Between Clone and Seedling from *Cunninghamia lanceolata*

Chen Kui¹, Liu Heng², Wang Zhong³, Qin Wuming³

(1. Guangxi Gaofeng State-owned Forest Farm, Nanning Guangxi 530001, China; 2. Tropical Forestry Experimental Center, Chinese Academy of Forestry Sciences, Chongzuo Guangxi 532600, China; 3. College of Forestry, Guangxi University, Nanning Guangxi 530004, China)

Abstract: In order to reveal the differences in the physical and mechanical properties of wood from *Cunninghamia lanceolata* clones and seedling plantations, the main physical and mechanical properties of wood from 26-year-old *C. lanceolata* clones and seedling plantations at different circumferential orientations (north-south orientation) and different height positions were measured, and the wood strength and quality coefficients were investigated to comprehensively evaluate the material grades of wood from *C. lanceolata* clones and seedling plantations. The results showed that in addition to impact toughness, the density, shrinkage, difference shrinkage, swelling rate (all dry-air dry), hardness, flexural strength, flexural modulus of elasticity, compressive strength parallel to grain, and transverse compressive strength of *C. lanceolata* clones were higher than those of seedlings; the influence of circumferential orientation on the physical and mechanical strength of *C. lanceolata* clones and seedlings

收稿日期: 2023-03-07; 修回日期: 2023-05-04

第1作者: 陈奎 (1979—), 男, 工程师。研究方向: 森林经营培育。Email: 41107904@qq.com。

通信作者: 秦武明 (1953—), 男, 教授, 硕士生导师。研究方向: 森林经营培育。Email: qinwuming11@163.com。

was not significant; tree height had a significant impact on the air dry density and water absorption of *C. lanceolata* clones wood, the basic density, air dry density, water absorption, transverse compressive strength, and hardness of seedling wood, while it had a significant impact on the basic density, total dry density, and volume moisture expansion of clone wood, the total dry density, and volume moisture expansion of seedling wood, and had no significant impact on other physical and mechanical strength of the 2 types of wood; the air dried density, end hardness, transverse compressive strength, and longitudinal compressive strength of the 2 types of wood showed a trend of first decreasing and then increasing with the increase of tree height; in addition to the shrinkage, the physical and mechanical properties of the 2 types of wood were in the low-grade of domestic wood; the comprehensive quality coefficient of the 2 types of *C. lanceolata* wood was relatively high, and they were both high-grade wood.

Key words: *Cunninghamia lanceolata*; clone; seedling; timber; physical and mechanical property; difference

作为评价木材的基本要素,木材物理力学性能是决定木材用途的重要依据,直接指导木材的加工利用^[1]。林木生长与材性的联合改良是对木材物理力学性能的跨领域研究模式,是林木遗传改良育种最终目标的表征和反映^[2-3]。杉木(*Cunninghamia lanceolata*)是我国南方特有的重要用材树种和商品材来源,全国杉木产量约占商品材的20%~25%^[4]。骆秀琴等^[5]对杉木木材材内密度和力学性质变异研究发现,不同高度上的木材弯曲强度差异极显著;鲍甫成等^[6]研究发现杉木物理力学性能在不同高度间无显著差异,木材密度与力学性质呈较高的相关性;吕建雄等^[7]研究发现杉木南北向不同对其木材干缩性无显著影响,高度位置的不同对弦向干缩影响显著。此外,树龄、育种方式和种源等对杉木材性的影响研究^[8-11],推动了杉木的推广利用。但现有研究多是仅对比不同无性系之间或家系之间材性的差异,对无性系和实生苗木材间物理力学性能差异的比较研究报道较少。因此,本研究以杉木无性系和实生苗木材为研究对象,分析其物理力学性能差异,探讨圆周方位(南北向)、不同高度位置对2种木材物理力学性能的影响规律,以期为合理推广杉木优良品种、科学开展林木选育提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材均采自广西国有高峰林场(22°50'~23°33'N, 108°07'~109°21'E),属南亚热带季风气候,年平均温度21.6℃,年降雨量1200~1600mm。实生林是1991年营造,无性系林是1993年营造(扦插裸根苗),林分郁闭度0.75,密度1125株/hm²,林分平均树高17.34m,平均

胸径24.05cm。在测定林内分别取无性系和实生苗木标准样木各4株(根据林木生长势、平均树高和胸径等情况,取4株具有代表性的林木作为杉木实生苗和无性系试材采集样木),样木采集情况见表1。

表1 杉木采集林基本情况

Table 1 The basic situation of *C. lanceolata* sample trees

	编号	树龄/a	胸径/cm	树高/m	枝下高/m
实生苗	1	26	24.7	16.6	5.2
	2	26	30.5	19.3	2.5
	3	26	20.6	16.6	8.8
	4	26	18.8	16.7	5.2
	平均值	26	23.6	17.3	5.4
无性系	1	26	24.5	20.4	5.8
	2	26	20.0	16.5	6.3
	3	26	18.1	15.5	7.1
	4	26	27.6	18.1	5.5
	平均值	26	22.6	17.6	6.2

1.2 试验方法

1.2.1 试样制备

每株试材在1.3m处往上依次截取2m长原木3段(分别为1.3~3.3、5.3~7.3、9.3~11.3m),且在每段原木上沿着南北方向中心线划线标记。根据GB/T 1927.2—2021^[12]进行取样。将标准件置恒温恒湿箱调湿(平衡含水率为12%)。

1.2.2 测试内容

本研究的物理力学性能包括密度(基本密度、气干密度、全干密度)、干缩性、湿胀性、吸水性、硬度、顺纹抗压强度、横纹抗压强度(全部)、抗弯强度、抗弯弹性模量和冲击韧性共10类性状,测试方法依据GB/T 1927—2021^[13]进行。

1.2.3 数据处理

采用 SPSS 和 Origin 软件进行数据处理。采用单因素方差分析法和 Duncan 法进行方差分析和多重比较。

2 结果与分析

2.1 杉木无性系与实生苗物理力学性能差异

2.1.1 不同圆周方位物理力学性能差异

由表2可知，除冲击韧性外，无性系的各项物理力学性能均值都高于实生苗，说明杉木无性系木材具有更优异的物理力学性能。韦颖文等^[14]研究表明，杉木无性系具有更高的生长稳定性和生长潜力，因此具有更大的发展潜力。方差分析结果（表3）显示，不同圆周方位对杉木无性系和实生苗木的物理力学性能影响不显著，说明2种杉木木材在不同圆周位置物理力学性能均不

具有明显的分化，这与洛秀琴等^[5]的研究结果一致；同时，杉木无性系和实生苗木的密度、湿胀性、吸水性、抗弯强度、抗弯弹性模量和径向横纹抗压强度具有显著性差异（ $P < 0.05$ ）。

杉木无性系木材基本密度为 0.320 g/cm^3 ，气干密度为 0.366 g/cm^3 ，实生苗木基本密度为 0.300 g/cm^3 ，气干密度为 0.353 g/cm^3 ，无性系木材基本密度和气干密度比实生苗木分别高 6.7%、3.7%。一般情况下，木材密度越大，其力学性能越优异^[15]，这在一定程度上解释了无性系木材力学性能优于实生苗木，可能也是2种木材抗弯强度、抗弯弹性模量和径向横纹抗压强度存在显著性差异的原因。杉木无性系木材的吸水率和湿胀率略高于实生苗木，说明无性系木材的稳定性弱于实生苗木，但其调湿性更佳^[16]。

表 2 杉木无性系与实生苗木南北向物理力学性能结果

Table 2 Results of physical and mechanical properties of *C. lanceolata* clones and seedlings in north and south direction

方向	统计量	密度/ (g cm^{-3})			体积干 缩率/%	体积湿 涨率/%	吸水 率/%	抗弯强度/ MPa	抗弯弹性 模量/GPa	顺纹抗压 强度/MPa	横纹抗压 强度/MPa		硬度/N			冲击韧性/ ($\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$)
		基本	气干	全干							径向	弦向	端面	径面	弦面	
北向	均值	0.313 (0.303)	0.362 (0.351)	0.341 (0.333)	5.925 (5.920)	3.522 (3.218)	221.3 (223.2)	61.62 (57.48)	6.412 (5.968)	33.21 (34.08)	4.725 (4.174)	4.949 (4.827)	2564 (2417)	1466 (1384)	1823 (1744)	17.83 (18.74)
	标准差	0.036 (0.027)	0.048 (0.031)	0.047 (0.032)	2.065 (2.851)	1.165 (0.539)	34.03 (23.64)	9.91 (7.12)	0.988 (7.391)	6.258 (3.897)	1.124 (1.067)	1.460 (0.706)	448.8 (458.3)	410.6 (522.6)	387.2 (499.0)	2.42 (7.65)
	变异系数	11.52 (8.82)	13.38 (8.91)	13.66 (9.48)	34.84 (48.15)	45.87 (16.74)	15.38 (10.59)	16.09 (12.39)	15.41 (12.48)	18.85 (11.44)	23.78 (25.73)	29.51 (14.63)	17.50 (18.96)	27.99 (37.75)	21.23 (28.60)	13.58 (15.63)
	试样数	108	108	108	118	118	60	86	86	76	90	90	78	78	78	160
南向	均值	0.336 (0.297)	0.371 (0.355)	0.352 (0.331)	6.331 (5.787)	3.917 (3.134)	207.5 (223.7)	59.92 (55.85)	6.274 (5.744)	35.85 (32.53)	3.851 (3.787)	5.623 (5.076)	2645 (2411)	1571 (1444)	1915 (1740)	19.08 (20.06)
	标准差	0.059 (0.026)	0.056 (0.056)	0.053 (0.053)	2.092 (2.243)	0.997 (0.793)	37.37 (33.50)	17.19 (10.62)	1.935 (1.074)	6.774 (4.093)	1.019 (0.790)	1.791 (0.832)	600.0 (429.1)	565.2 (397.9)	675.9 (348.3)	2.60 (9.70)
	变异系数	17.52 (8.81)	15.03 (15.81)	15.11 (16.14)	33.04 (38.76)	25.45 (25.31)	18.01 (14.97)	28.68 (19.02)	30.84 (18.70)	18.90 (12.58)	26.45 (20.87)	31.85 (16.40)	22.68 (17.80)	35.99 (27.57)	35.28 (20.01)	13.61 (16.28)
	试样数	108	108	108	118	118	60	86	86	76	90	90	78	78	78	160
合计	均值	0.320 (0.300)	0.366 (0.353)	0.354 (0.333)	6.125 (5.855)	3.690 (3.176)	223.5 (214.4)	61.62 (56.67)	6.412 (5.856)	24.27 (33.31)	4.280 (4.030)	5.160 (4.420)	2605 (2414)	1519 (1413)	1870 (1743)	18.53 (19.39)
	标准差	0.050 (0.027)	0.052 (0.034)	0.058 (0.030)	2.008 (2.574)	1.365 (0.688)	29.57 (36.94)	10.09 (9.15)	1.006 (0.963)	7.760 (4.140)	0.970 (1.150)	1.490 (0.750)	536.9 (448.2)	501.9 (472.1)	558.5 (437.3)	2.63 (3.28)
	变异系数	15.30 (9.00)	14.29 (9.63)	16.09 (9.01)	16.09 (18.92)	36.99 (21.66)	36.99 (17.23)	16.37 (16.15)	15.69 (16.44)	22.64 (12.43)	22.66 (28.54)	28.88 (16.97)	20.62 (18.57)	33.05 (33.42)	29.88 (25.09)	14.19 (16.92)
	试样数	216	216	216	236	236	120	172	172	152	180	180	156	156	156	320

注：括号内为杉木实生苗的测定结果，2种木材的试样数量相同。

表3 杉木无性系与实生苗木物理力学性能方差分析结果

Table 3 Analysis of variance of physical and mechanical properties for *C. lanceolata* clones and seedlings

物理力学性能		无性系和实生苗	圆周方位	高度
密度/(g·cm ⁻³)	基本	6.086*	1.367(0.787)	6.943*(9.232**)
	气干	3.963*	0.948(0.479)	11.372**(12.453**)
	全干	5.039*	1.210(0.290)	6.045*(6.072*)
体积干缩率/%		0.633	1.068(0.071)	1.243(0.843)
体积湿胀率/%		6.330*	0.827(0.199)	6.603*(6.352*)
吸水率/%		5.350*	1.180(0.482)	11.632**(10.653**)
抗弯强度/MPa		4.907*	0.007(0.490)	1.709(1.486)
抗弯弹性模量/GPa		6.417*	0.061(0.885)	1.980(1.180)
顺纹抗压强度/MPa		0.298	0.778(1.127)	1.157(2.163)
横纹抗压强度/Mpa	径向	0.714	1.802(2.431)	0.754(7.564**)
	弦向	3.852*	0.386(0.220)	0.057(6.997**)
	端面	3.614	0.267(0.003)	0.130(11.471**)
硬度/N	径面	0.565	0.506(0.246)	1.449(0.445**)
	弦面	1.041	0.321(0.002)	0.659(7.894**)
冲击韧性/(kJ·m ⁻²)		0.433	2.272(0.596)	0.454(1.556)

注：括号内为杉木实生苗的测定结果；*表示显著相关 (P<0.05)；**表示极显著相关 (P<0.01)。

2.1.2 不同高度部位物理力学性能的差异

表4为不同树干高度杉木无性系与实生苗木的物理力学性能测定结果。根据方差分析结果(表3)，对于杉木无性系木材，树高对气干密度、吸水率有极显著影响 (P<0.01)，对木材基

本密度、全干密度、体积湿胀率有显著影响 (P<0.05)；对于杉木实生苗木材，树高对基本密度、气干密度、吸水率、横纹抗压强度、硬度有极显著影响 (P<0.01)，对木材全干密度、体积湿胀率有显著影响 (P<0.05)。

表4 杉木无性系与实生苗木材沿不同树干高度物理力学性能结果

Table 4 Results of physical and mechanical properties of *C. lanceolata* clones and seedlings with different tree heights

高度/m	统计量	密度/(g·cm ⁻³)			体积干缩率/%	体积湿胀率/%	吸水率/%	抗弯强度/MPa	抗弯弹性模量/GPa	顺纹抗压强度/MPa	横纹抗压强度/MPa		硬度/N			冲击韧性/(kJ·m ⁻²)
		基本	气干	全干							径向	弦向	端面	径面	弦面	
1.3~3.3	均值	0.312 (0.313)	0.366 (0.371)	0.346 (0.348)	6.233 (6.269)	3.715 (3.333)	215.8 (213.5)	61.52 (58.81)	6.175 (5.495)	34.53 (34.95)	4.321 (3.970)	5.261 (4.950)	2640 (2686)	1639 (1706)	1957 (1985)	18.21 (20.74)
	标准差	0.046 (0.032)	0.055 (0.039)	0.052 (0.034)	2.544 (3.282)	1.046 (0.681)	30.12 (37.37)	10.51 (11.98)	1.144 (1.496)	6.96 (4.96)	1.21 (1.00)	1.73 (0.82)	618.2 (571.3)	627.8 (624.6)	697.7 (577.1)	3.02 (3.40)
	变异系数	14.74 (10.22)	15.03 (10.51)	15.90 (9.77)	40.82 (52.35)	28.16 (20.43)	13.95 (17.50)	17.08 (20.37)	18.52 (14.19)	20.16 (19.14)	28.01 (25.19)	32.89 (16.57)	23.42 (21.27)	38.28 (37.67)	35.66 (28.77)	16.58 (16.39)
	试样数	120	120	120	120	120	60	96	96	76	90	90	78	78	78	160
5.3~7.3	均值	0.319 (0.288)	0.360 (0.339)	0.356 (0.322)	6.280 (5.561)	4.342 (3.086)	242.6 (220.7)	65.74 (54.49)	6.989 (6.175)	31.60 (37.75)	4.160 (3.910)	4.962 (4.326)	2553 (2146)	1384 (1222)	1810 (1556)	18.67 (19.04)
	标准差	0.054 (0.020)	0.053 (0.025)	0.066 (0.026)	1.503 (1.417)	1.571 (0.617)	18.21 (47.39)	9.53 (4.98)	0.759 (0.671)	7.44 (2.92)	0.511 (1.330)	1.791 (0.540)	502.2 (462.3)	344.3 (312.7)	415.8 (418.6)	2.26 (2.72)
	变异系数	16.93 (16.94)	14.72 (17.37)	18.54 (18.07)	23.93 (25.48)	36.18 (19.99)	17.51 (14.97)	14.50 (9.14)	10.86 (11.71)	23.54 (19.20)	12.26 (34.02)	36.09 (12.50)	19.67 (7.56)	24.88 (9.23)	22.97 (14.05)	12.10 (14.29)
	试样数	120	120	120	120	120	60	96	96	76	90	90	78	78	78	160
9.3~11.3	均值	0.342 (0.294)	0.374 (0.343)	0.371 (0.325)	5.722 (5.527)	2.979 (3.030)	213.9 (208.3)	55.38 (55.65)	6.243 (5.631)	37.05 (32.38)	4.350 (4.271)	5.112 (3.860)	2619 (2345)	1439 (1217)	1700 (1617)	19.23 (16.65)
	标准差	0.052 (0.012)	0.048 (0.019)	0.056 (0.012)	1.475 (2.329)	1.624 (0.804)	31.96 (21.26)	7.53 (6.54)	0.481 (0.636)	4.52 (3.03)	0.712 (1.430)	0.751 (0.353)	288.8 (201.7)	95.1 (72.3)	146.7 (194.1)	1.89 (2.30)
	变异系数	15.29 (4.08)	12.83 (5.54)	15.09 (3.69)	25.78 (42.14)	54.51 (26.53)	14.94 (10.21)	13.60 (11.75)	7.73 (11.29)	12.20 (12.43)	16.32 (33.49)	14.68 (9.07)	10.76 (8.60)	6.61 (5.94)	8.63 (12.01)	9.81 (13.81)
	试样数	120	120	120	120	120	60	96	96	76	90	90	78	78	78	160

注：括号内为杉木实生苗的测定结果，2种木材的试样数量相同。

由图 1 可知，随树高增加，杉木无性系木材的基本密度和全干密度逐渐变大，气干密度先变小再变大，均是在 9.3~11.3 m 处取得最大值；与之相反，杉木实生苗木木材的气干密度、基本密度及全干密度均是先变小再变大，在 1.3~3.3 m 处

取得最大值。无性系和实生苗木木材密度树干高度方向变异差异一方面与幼龄材所占比例相关，越靠近顶端幼龄材所占比例越高；另一方面也可能受遗传因素的影响^[17]。

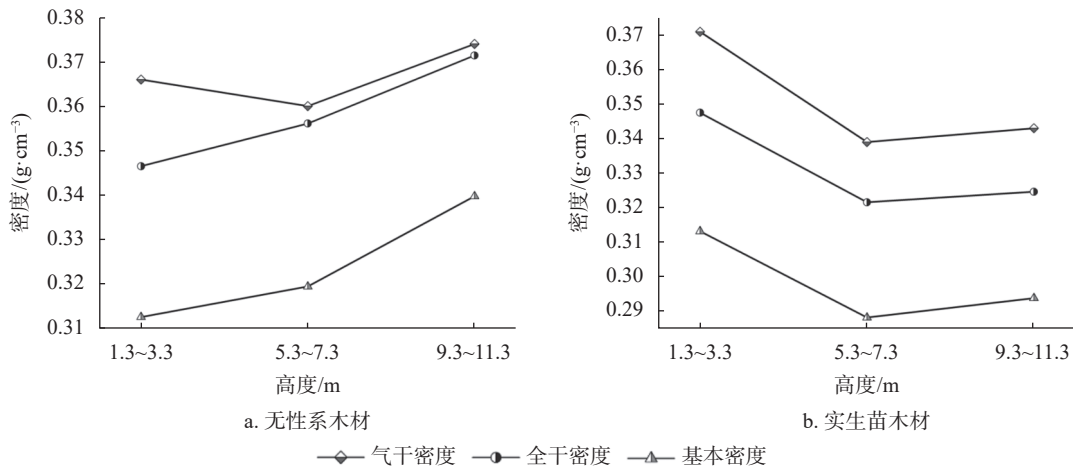


图 1 杉木木材密度的纵向变异

Fig. 1 The wood density longitudinal variation of *C. lanceolata* clones(a) and seedlings(b)

随树高增加，杉木无性系和实生苗木木材的端面硬度、顺纹抗压强度和木材气干密度的变化趋势一致，均是先变小后变大，这是因为木材力学强度与木材密度息息相关。杉木实生苗木木材抗弯性能的变化趋势和木材抗弯性能变化相似，这和洛秀琴等^[5]的研究结果一致；但杉木无性系木材抗弯性能的变化趋势却和木材气干密度变化趋势相反，呈现先变大后变小的趋势，这可能与木材幼龄材与成熟材的比例有关^[18]。

2.2 杉木无性系与实生苗木物理力学性能的相关关系
多数树种的部分物理力学性能之间有着显著

的相关性。通过分析木材物理力学性能之间的相互关系，利用某一基本参数作为指标对木材其他材性指标进行预测，能达到快捷、无损检测木材的目的^[19]，杉木 2 种木材的抗弯强度 (MOR) 与抗弯弹性模量 (MOE) 的相关性见图 2。由图 2 可知，杉木 2 种木材的 MOR 与 MOE 之间存在极显著的线性相关性 ($P < 0.01$)。因此，采用杉木木材抗弯弹性模量预测其抗弯强度性能是可行的，可以实现杉木木材抗弯强度的无损检测。

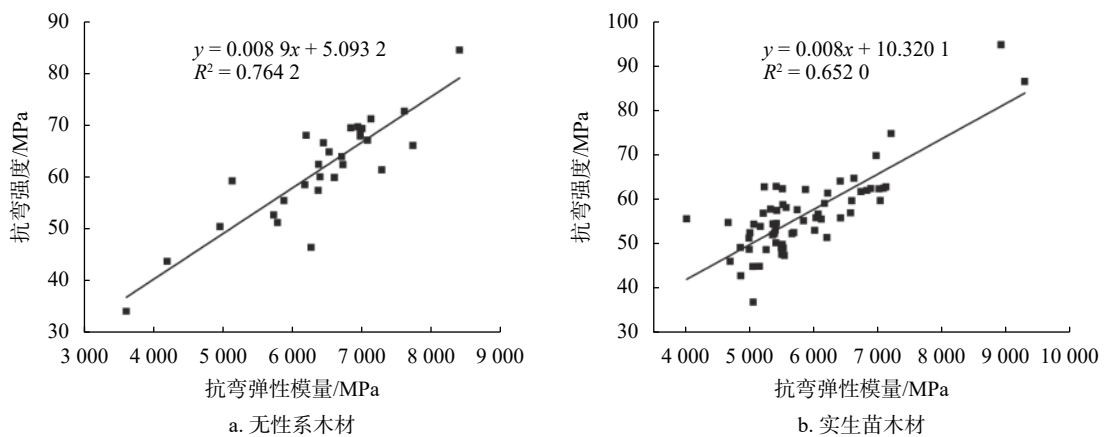


图 2 杉木木材抗弯强度与抗弯弹性模量关系

Fig. 2 The relationship between bending strength and bending elastic modulus of wood from *C. lanceolata* clones(a) and seedlings(b)

2.3 杉木无性系与实生苗木等级评定

2.3.1 物理力学性能指标等级评定

采用《木材主要物理力学性能分级表》标准^[20],对杉木2种木材的物理力学指标进行分级(表5)。结果表明:杉木无性系和实生苗木的各项物理力学性能所处等级区间基本相同,气干密度上,2种杉木都属于小级;干缩性方面,2种杉木属中等偏上级,高于国产材平均水平(体积干缩系数0.46%);力学性能上,2种杉木各项指标都属甚小至小级。

表5 杉木无性系与实生苗木物理力学性能分级
Table 5 Physical and mechanical properties grade of wood from *C. lanceolata* clones and seedlings

项目	平均值	所属范围	评定等级
气干密度/(g·cm ⁻³)	0.366(0.353)	0.351~0.55	2(2)
体积干缩率/%	0.467(0.506)	0.401~0.5(0.501~0.6)	3(4)
差异干缩/%	2.399(2.328)	2.11~2.6	4(4)
抗弯强度/MPa	60.7(56.7)	55.1~90	2(2)
抗弯弹性模量/GPa	6.34(5.86)	~7.5	1(1)
顺纹抗压强度/MPa	34.26(33.31)	30.1~45	2(2)
冲击韧性/(kJ·m ⁻²)	18.52(19.39)	~25	1(1)
端面硬度/MPa	26.05(24.14)	25.1~40(~25)	2(1)

注:括号内为杉木实生苗的测定结果。

2.3.2 木材强度品质系数

根据测定结果计算得到杉木无性系和实生苗木的强度品质系数,见表6。杉木无性系和实生苗木的综合品质系数分别为 2593.5×10^5 Pa和 2547.6×10^5 Pa,均达到了“综合品质系数大于 2156×10^5 Pa者为高等级材”的木材综合系数等级标准^[21]。因此,杉木2种木材的品质系数均较高,都属于高等级材,且无性系木材高于实生苗木。

表6 2种木材强度品质系数
Table 6 Strength quality coefficient of *C. lanceolata* clones and seedlings $\times 10^5$ Pa

	顺压品质系数	静曲品质系数	综合品质系数
无性系	935.1	1658.4	2593.5
实生苗	943.1	1604.5	2547.6

3 结论

杉木无性系木材的密度、干缩率、差异干缩、湿胀率(全干-气干)、硬度、抗弯强度、

抗弯弹性模量、顺纹抗压强度和横纹全部抗压强度均高于实生苗;杉木无性系和实生苗的端面硬度、横纹全部抗压强度和顺纹抗压强度随树高的变异模式与气干密度相同,即随高度增大呈现先降低后升高的趋势。其中,高度不同对2种木材的气干密度和端面硬度均有显著影响;圆周方位的不同对2种木材的物理力学性能均无显著性影响;除干缩性(干缩率和差异干缩)外,杉木无性系和实生苗木的各物理力学性能指标均属低级或较低级。杉木无性系和实生苗木综合品质系数较高,均为高等级材,且前者优于后者。综上所述,杉木无性系木材的物理力学性能优于实生苗木,且育种优势明显,因此,相较于实生苗,杉木无性系具有更高的推广价值。

[参 考 文 献]

- [1] 韦鹏练,赖钦昌,刘衡,等.广东琼楠木材物理力学性能研究[J].西南林业大学学报(自然科学),2022,42(1):174-177.
- [2] 王传贵,柯曙华,费本华,等.不同种源杉木物理力学性质的比较研究[J].东北林业大学学报,1998,26(4):51-54.
- [3] 任海青,黄安民,刘君良,等.杉木加工利用研究进展及建议[J].木材工业,2006,20(1):25-27.
- [4] Fernández-Parajes J, Díaz-Maroto IJ, Vila-Lameiro P. Physical and mechanical properties of rebollo oak (*Quercus pyrenaica* Willd.) wood in Galicia (Spain) [J]. Wood research, 2005, 50(4): 1-15.
- [5] 骆秀琴,管宁,张寿槐,等.杉木材性株内变异的研究 I. 木材力学性质和木材密度 [J]. 林业科学, 1997, 33(4): 349-355.
- [6] 鲍甫成,江泽慧,姜笑梅,等.中国主要人工林树种幼龄材与成熟材及人工林与天然林木材性质比较研究 [J]. 林业科学, 1998, 34(2): 63-76.
- [7] 吕建雄,林志远,赵有科,等.杉木和 I-72 杨人工林木材干缩性质的研究 [J]. 林业科学, 2005, 41(5): 127-131.
- [8] 何贵平,骆文坚,金其祥,等.杉木无性系主要生长、材质性状遗传差异及无性系选择 [J]. 江西农业大学学报, 2009, 30(1): 91-93, 118.
- [9] 黄安民,费本华,刘君良.杉木木材性质研究进展 [J]. 世界林业研究, 2006, 19(1): 47-52.
- [10] 程琳,陈琴,潘晓芳,等.不同杉木家系生长及材性变异规律 [J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2022, 53(4): 553-559.

- [11] 颜耀, 李秉钧, 何宗明, 等. 不同种源杉木木材特性的比较研究 [J]. 林业科学研究, 2021, 34(5): 49-57.
- [12] 国家市场监督管理总局, 中国国家标准化管理委员会. 无疵小试样木材物理力学性质试验方法 第2部分: 取样方法和一般要求: GB/T 1927.2—2021[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.
- [13] 国家市场监督管理总局, 中国国家标准化管理委员会. 无疵小试样木材物理力学性质试验方法: GB/T 1927—2021[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.
- [14] 韦颖文, 覃静, 吴幼媚, 等. 杉木实生及无性系人工林生长规律的研究 [J]. 江苏林业科技, 2016, 43(3): 1-4, 24.
- [15] 李坚. 木材科学 [M]. 北京: 科学出版社, 2014.
- [16] 葛晓伟, 吴智慧, 黄琼涛. 亚美马褂木物理力学性能及其用于实木家具的适应性研究 [J]. 林产工业, 2019, 46(7): 27-29, 56.
- [17] 陆长青. 杉木家系和无性系木材性质变异规律及选优 [D]. 合肥: 安徽农业大学, 2022.
- [18] Lu C Q, Wu J, Jiang Q Q, et al. Influence of juvenile and mature wood on anatomical and chemical properties of early and late wood from Chinese fir plantation [J]. Journal of Wood Science, 2021, 67(1): 1-11.
- [19] 赵林峰, 高建亮. 杉木速生无性系 30 年生木材材性的比较 [J]. 中南林业科技大学学报, 2021, 41(8): 153-160.
- [20] 中国林业科学研究院木材工业研究所. 中国主要树种的木材物理力学性质 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1982.
- [21] 刘一星, 赵广杰. 木材学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2012.

(责任编辑 刘永梅)

