

马尾松人工林木材主要材性家系间的变异

李清芸,林金国*,卞丽萍*,王晓娴,巫其荣

(福建农林大学 材料工程学院,福建 福州 350002)

摘要:对25个家系马尾松人工林木材主要物理力学性能进行测定和比较分析。结果表明,马尾松人工林木材气干密度由大到小居前五位的家系依次为378、329、317、341、335,顺纹抗压强度值由大到小居前5位的家系依次是335、350、372、325、329;家系341和350马尾松人工林木材体积干缩系数和差异干缩均较小,尺寸稳定性较好。方差分析表明,家系对马尾松人工林木材主要物理力学性能影响显著。多重比较分析表明,马尾松人工林木材气干密度、体积干缩系数、差异干缩以及顺纹抗压强度各家系间大都表现为差异显著或极显著。家系335、341、350、378可作为马尾松人工林木材品质选育的优良材料。

关键词:马尾松;家系;气干密度;干缩性;顺纹抗压强度

中图分类号:S791.248 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2015)05-0209-05

Variation of Main Properties for *Pinus massoniana* Plantation Wood from Different Families

LI Qing-yun, LIN Jin-guo*, BIAN Li-ping*, WANG Xiao-xian, WU Qi-rong

(College of Material Engineering, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002, China)

Abstract: Main physical and mechanical properties of *Pinus massoniana* plantation wood from 25 families were determined and analyzed comparatively. The results showed that the family named 378, 329, 317, 341 and 335 presented the top five air-dried density from high to low, as for the compression strength parallel to the grain, the order was 335, 350, 372, 325, and 329. The volume shrinkage coefficient and shrinkage were low in family 341 and 350, indicating their high dimensional stability. Variance analysis showed that differences in main physical and mechanical properties among families were significant. LSD analysis illustrated that there was extremely significant difference or significant difference in air-dried density, volume shrinkage coefficient, ratio of tangential shrinkage to radial shrinkage and compression strength parallel to the grain among most families. Families named 335, 341, 350, 378 could be used as good material of quality breeding for *P. massoniana* wood from plantation.

Key words: *Pinus massoniana*; family; density by air-dried; shrinkage; compression strength parallel to the grain

马尾松(*Pinus massoniana*)是我国松属树种中分布最广的一种,也是我国亚热带东部湿润地区典型的针叶树代表树种,是良好的纤维工业原料和重要的产脂树种和重要的用材树种。马尾松木材作为承重构件主要应用于建筑、一般家具、包装材料等。

木材物理力学性质是木材科学加工与合理利用的基础,木材尺寸稳定性和力学强度是木材重要的品质因子,直接关系到木材的利用和价值;前人对马尾松人工林木材物理力学性质开展了一些研究^[1-3],也对马尾松木材基本密度的种源变异开展了一些研

收稿日期:2014-12-10 修回日期:2015-01-26

基金项目:福建省植物资源化学与材料技术开发平台建设经费资助项目(K8412001A)。

作者简介:李清芸,女,硕士研究生,研究方向:木材科学。E-mail:648073474@qq.com

*通信作者:林金国,男,教授,博士生导师,研究方向:木材科学。E-mail:fjlinjg@126.com

卞丽萍,女,实验师,研究方向:木材科学。E-mail:blp006@126.com

究^[4-5]。但迄今为止,对马尾松人工林木材物理力学性质家系间变异的研究鲜见报道。本研究通过采集不同家系马尾松人工林木材试样,测定其气干密度、干缩性和顺纹抗压强度,分析探讨马尾松人工林木材主要物理力学性能家系间的变异规律,为马尾松人工林木材定向选育和合理利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试材取自福建省漳平五一国有林场,试验地主要分布在福建省漳平市的东南部,地理位置为 $24^{\circ}54' - 25^{\circ}47'N, 117^{\circ}11' - 117^{\circ}44'E$,林场属博平岭山脉南伸余脉,海拔高400~800 m,相对高100~300 m,冬无严寒,夏无酷暑,平均气温20.3℃,年日照时数1878 h,年平均降雨量1509 mm,无霜期300 d。马尾松样本来自9年生25个家系,家系号分别为317、318、320、322、323、325、326、327、329、330、332、334、335、341、348、350、363、372、378、380、390、391、392、393、397,自胸高以上分别截取2.0 m木段作为试验材料。

1.2 试验方法

试材锯成板坯在室内气干一段时间后,木材含水率达到福建省福州市木材平衡含水率15%左右^[6]。然后,按照国家标准GB19271~1943-2009《木材物理力学性质试验方法》^[7]进行加工试验用的无疵小试样及完成试验步骤,木材密度、干缩性和顺纹抗压强度测定分别按照GB/T1933-2009^[8]、GB/T1932-2009^[9]和GB/T1935-2009^[10]标准中的方法进行。

1.3 试验设备

木材顺纹抗压强度测定在瑞士欧姆斯诺(AMSLER)公司生产的4 t木材万能力学实验机上进行,测定的有效样本数为32个。

2 结果与分析

2.1 马尾松25个家系木材物理性质的差异分析

根据测定数据计算出不同家系马尾松人工林木材气干密度、干缩性的均值和变异统计(表1),25个家系马尾松人工林木材气干密度的准确指数均<5%,故试验数据准确可靠。

2.1.1 气干密度 气干密度是影响木材最终产品质量的重要因子,是木材重量计算、估计木材工艺性能和力学性能的重要指标^[11]。从表1可知,马尾松25个家系木材的气干密度中,家系378马尾松人工林气干密度最大(0.578 g/cm^3),家系332气干密度

最小(0.402 g/cm^3)。木材气干密度值由大到小居前5位的家系分别为378、329、317、341、335,其中家系378和329木材密度属中等,其余3个家系木材密度为轻。

2.1.2 干缩性 木材干缩是由于吸着水的减少引起的,其结果往往导致木材制品尺寸的变化。由表1可知,25个家系马尾松人工林木材弦向干缩系数为径向干缩系数的1.5~2.5倍,且径向干缩系数变化不大;各个家系马尾松人工林木材的体积干缩系数变化最大,但体积干缩系数均较小($0.290 \sim 0.438$)。25个家系马尾松人工林木材体积干缩系数由小到大居前5位的家系分别为397、341、332、322、350,家系317体积干缩系数最大。木材差异干缩由小到大居前5位的分别为家系341、318、393、327、350,家系317差异干缩最大。

2.2 马尾松25个家系木材顺纹抗压强度的差异分析

木材顺纹抗压强度是木材作为建筑用材的重要衡量指标,又因其测定简单、准确,同时与其他力学强度指标存在密切相关关系,是最重要的强度指标^[12-13]。根据测定数据计算出25个家系马尾松人工林木材顺纹抗压强的准确指数均<5%,故试验数据准确可靠。

由表1可知,马尾松25个家系木材的顺纹抗压强度中,家系335的顺纹抗压强度值最大(37.465 MPa),家系323顺纹抗压强度值最小(26.164 MPa),家系335顺纹抗压强度值比家系323顺纹抗压强度值高出43.2%。除家系323、332、341、363、393、397的木材顺纹抗压强度<29 MPa外,其余均>29 MPa。木材顺纹抗压强度值由大到小居前5位的家系分别为335、350、372、325、329,且木材顺纹抗压强度均属中等。

2.4 气干密度值最大的5个家系马尾松人工林木材物理力学性质的差异显著性检验

为了进一步探明木材气干密度、干缩性和顺纹抗压强度在各马尾松家系间的变异规律,对气干密度最大的378、329、317、341、3355个家系的木材密度、干缩性和顺纹抗压强度进行方差分析(表2)和多重比较(LSD最小显著差数法)分析(表3)。数据分析采用Excel和SPSS13.0软件。由表2可知,气干密度值最大的5个家系马尾松人工林木材间的主要物理力学性能的方差检验对应的Sig.均为0.000,远小于显著性水平0.05。可见,不同家系间的主要物理力学性能均存在差异。由表3可知,马尾松人工林木材气干密度各家系间表现为:家系

378-317、378-341、378-335 间差异极显著; 家系 378-329、329-335、329-341 间差异显著; 家系 317-329、317-341、317-335、335-341 间差异不显著。马尾松人工林木材的体积干缩系数各家系间表现为: 除家系 378-335、329-335、378-329 间差异不显著外, 其他均差异极显著。马尾松人工林木材差异干缩各家系

间表现为: 家系 378-329、378-335、329-335 间差异不显著, 其他两者间均差异极显著。马尾松人工林木材顺纹抗压强度各家系间表现为: 家系 378-329、317-341 间差异不显著, 329-335 间差异显著, 其他两者间均差异极显著。

表 1 不同家系马尾松人工林木材主要物理力学性能

Table 1 Main physical and mechanical properties of *P. massoniana* wood from different families

家系号	气干密度 /(g·cm ⁻³)	弦向 干缩系数	径向 干缩系数	体积 干缩系数	差异 干缩	顺纹抗压 强度/MPa
317	0.548	0.263	0.119	0.438	2.243	30.089
318	0.526	0.202	0.137	0.361	1.478	34.818
320	0.515	0.175	0.091	0.322	1.95	34.594
322	0.430	0.189	0.092	0.303	2.095	31.469
323	0.468	0.165	0.101	0.308	1.692	26.164
325	0.480	0.250	0.120	0.393	2.146	35.747
326	0.436	0.193	0.100	0.308	1.958	30.554
327	0.449	0.169	0.104	0.345	1.666	32.514
329	0.555	0.211	0.108	0.355	2.005	34.908
330	0.476	0.240	0.114	0.370	2.12	29.677
332	0.402	0.185	0.091	0.292	2.077	28.804
334	0.528	0.183	0.106	0.339	1.753	29.461
335	0.529	0.221	0.121	0.368	1.848	37.465
341	0.534	0.135	0.096	0.292	1.408	28.373
348	0.471	0.236	0.093	0.365	2.566	31.903
350	0.490	0.145	0.086	0.304	1.687	37.115
363	0.431	0.180	0.082	0.318	2.237	26.415
372	0.481	0.255	0.116	0.384	2.002	36.134
378	0.578	0.190	0.104	0.350	1.817	34.400
380	0.464	0.182	0.111	0.320	1.694	29.786
390	0.461	0.200	0.115	0.377	1.744	32.131
391	0.480	0.183	0.104	0.309	1.772	34.397
392	0.500	0.217	0.104	0.359	2.133	32.573
393	0.466	0.168	0.114	0.306	1.487	28.192
397	0.426	0.153	0.073	0.290	2.158	27.249

表 2 气干密度值最大的 5 个家系马尾松人工林木材主要物理力学性能差异的方差分析

Table 2 Analysis of variance in main physical and mechanical properties of *P. massoniana* wood between 5 families with bigger air-dried density

物理力学性能	离差来源	离差平方和	自由度	均方差	F 值	显著性
气干密度	组间	0.031	4	0.008	6.154	0.000
	组内	0.159	128	0.001		
	总数	0.190	132			
体积干缩系数	组间	0.304	4	0.076	26.332	0.000
	组内	0.413	143	0.003		
	总数	0.717	147			
差异干缩	组间	8.702	4	2.176	16.987	0.000
	组内	18.187	142	0.128		
	总数	26.889	146			
顺纹抗压强度	组间	1 248.020	4	312.005	17.503	0.000
	组内	2 228.252	125	17.826		
	总数	3 476.272	129			

表 3 气干密度值最大的 5 个家系马尾松人工林木材间主要物理力学性能差异比较分析

Table 3 Comparative analysis in main physical and mechanical property of *P. massoniana* wood between 5 families with bigger air-dried density

家系	性能指标	378	341	335	329
317	气干密度	0.027**	0.014	0.015	0.007
	体积干缩系数	0.082**	0.145**	0.073**	0.079**
	差异干缩	0.440**	0.772**	0.420**	0.330**
	顺纹抗压强度	4.311**	1.753	7.38**	4.820**
329	气干密度	0.021*	0.020*	0.021*	
	体积干缩系数	0.002	0.066**	0.007	
	差异干缩	0.110	0.442**	0.090	
	顺纹抗压强度	0.509	6.573**	2.557*	
335	气干密度	0.042**	0.001		
	体积干缩系数	0.009	0.072**		
	差异干缩	0.020	0.352**		
	顺纹抗压强度	3.066**	9.129**		
341	气干密度	0.041**			
	体积干缩系数	0.063**			
	差异干缩	0.332**			
	顺纹抗压强度	6.064**			

注: * 表示差异显著, ** 表示差异极显著。

3 结论与讨论

对马尾松 25 个不同家系木材主要物理力学性能进行测定和分析,结果表明,木材密度是衡量木材质量的最重要指标,是判定木材各项力学强度的重要依据,因此,木材密度是林木品质和材性遗传改良中首先要考虑研究的重要指标^[5]。根据我国木材气干密度的分级情况可知,密度在 0.402~0.578 g/cm³ 的木材属轻偏中等,密度范畴(0.36~0.55 g/cm³ 属于轻,0.56~0.75 g/cm³ 属于中等)^[14],马尾松 25 个不同家系木材属于轻偏中等,易于进行旋切或刨切等机械加工^[15]。

木材干缩性反映了木材干燥过程的开裂势,与其尺寸稳定性呈负相关关系。差异干缩越小,木材的尺寸稳定性越好,干燥时不易翘曲和开裂^[16]。25 个家系马尾松人工林木材体积干缩系数均属小(<0.45)^[14],差异干缩也较小,木材尺寸均较为稳定,干缩性对马尾松产品尺寸的影响较小^[15]。家系 341、350 马尾松人工林木材体积干缩系数和差异干缩均较小,尺寸稳定性较好,宜作为木材优良品质选育材料。

根据我国木材顺纹抗压强度的分级情况可知,顺纹抗压强度在 26.164~37.465 MPa 的木材属轻偏中等(≤ 29 MPa 属于轻,29~44 MPa 属于中等)^[14],马尾松 25 个不同家系木材顺纹抗压强度属于轻偏中等,且大部分家系的马尾松人工林木材顺纹抗压强度属于中等。家系 335、350、378 木材的气干密度和顺纹抗压强度值均较大,宜作为结构用材选育的优良材料;其中,家系 350 气干密度大、顺纹

抗压强度高、尺寸稳定性好,是结构用材选育的首选材料。

气干密度值最大的 5 个家系马尾松人工林木材主要物理力学性能方差分析和多重比较分析表明:家系 378-317 和 378-341 间的各主要物理力学性能间的差异均极显著;家系 329-341 间除气干密度显著外,其他均极显著;家系 317-335、317-329 和 335-341 间除气干密度不显著外,其他均极显著。

参考文献:

- [1] 骆秀琴,姜笑梅,殷亚芳,等. 人工林马尾松木材性质的变异[J]. 林业科学研究,2002,15(1):28-33.
LUO X Q, JIANG X M, YIN Y F, et al. Variations in wood properties of masson pine (*Pinus massoniana* L.) plantation [J]. Journal of Forest Research, 2002, 15(1): 28-33. (in Chinese)
- [2] 姬宁,潘彪,徐永吉. 贵州马尾松人工林木材物理力学性质研究[J]. 贵州林业科技,2003,31(1):41-43.
- [3] 庄奇. 湿地松与马尾松人工林木材物理力学性质的比较研究[J]. 中南林业调查规划,2004,23(2):58-59.
ZHUANG Q. Comparative study on physical and mechanical properties of *Pinus Elliottii* and *Pinus Massoniana* wood from plantation [J]. Journal of Central South Forest Inventory and Planning, 2004, 23(2): 58-59. (in Chinese)
- [4] 刘青华,金国庆,张蕊,等. 24 年生马尾松生长、形质和木材基本密度种源变异与种源区划[J]. 林业科学,2009,45(10):55-61.
LIU Q H, JING G Q, ZHANG R, et al. Provenance variation in growth, stem-form and wood density of masson pine at 24-year-old and the provenance division [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2009, 45(10): 55-61. (in Chinese)
- [5] 刘青华,张蕊,金国庆,等. 马尾松年轮宽度和木材基本密度的种源变异及早期选择[J]. 林业科学,2010,46(5):49-54.

- LIU Q H, ZHANG R, JIN G Q, et al. Variation of ring width and wood basic density and early selection of *Pinus massoniana* provenances [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2010, 46(5): 49-54. (in Chinese)
- [6] 北京林学院. 森林利用学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1993: 64.
- [7] 中国国家技术监督局. 国家标准 GB1927~43-2009 木材物理力学性质试验方法[M]. 北京: 中国标准出版社, 2009; 32-41.
- [8] 中国国家技术监督局. 国家标准 GB/T1933-2009 木材密度测定方法[M]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [9] 中国国家技术监督局. 国家标准 GB1932-2009 木材干缩性测定方法[M]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [10] 中国国家技术监督局. 国家标准 GB1935-2009 木材顺纹抗压强度试验方法[M]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [11] 胡绪森, 李军章, 代新平. 人工林落羽杉力学性能研究[J]. 湖北林业科技, 2012(5): 34-37.
- [12] 黄腾华, 符韵林, 李宁, 等. 钳天树木材物理力学性质研究[J]. 西北林学院学报, 2013, 28(5): 160-163.
- HUANG T H, FU Y L, LI N, et al. Physical and mechanical properties of *Shorea chinensis* wood[J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2013, 28(5): 160-163. (in Chinese)
- [13] 梁宏温, 黄寿先, 覃亚丽, 等. 23年生大叶栎木材物理力学性质的初步研究[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(1): 115-118.
- LIANG H W, HUANG S X, QIN Y L, et al. Preliminary researches of the wood physical-mechanical properties of 23-year-old *Castanopsis fissa*[J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2007, 22(1): 115-118. (in Chinese)
- [14] 成俊卿, 杨家驹, 刘鹏. 中国木材志[M]. 北京: 中国林业出版社, 1992: 761.
- [15] 韦鹏练, 黄腾华, 符韵林. 观光木人工林木材物理力学性质的研究[J]. 西北林学院学报, 2014, 29(6): 221-225.
- WEI P L, HUANG T H, FU Y L. Physical and mechanical properties of *Tsoungiodendron odoratum* woods[J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2014, 29(6): 221-225. (in Chinese)
- [16] 林同龙. 乐东拟单性木兰木材物理力学性质的研究[J]. 福建林学院学报, 2011, 31(4): 381-384.
- LIN T L. Study on timber physical and mechanical properties of *Parakmeria lotungensis* wood[J]. *Journal of Fujian College of Forestry*, 2011, 31(4): 381-384. (in Chinese)

(上接第 190 页)

- [11] 侯向阳, 韩进伟. 长白山红松林主要树种空间分布格局的模拟分析[J]. 植物生态学报, 1997, 21(3): 242-249.
- HOU X Y, HAN J X. Simulation analysis of spatial patterns of main species in the Korean-pine broad-leaved forest in Changbai Mountain [J]. *Journal of Plant Ecology*, 1997, 21(3): 242-249. (in Chinese)
- [12] KERSHAW KA, LOONY J. Quantitative and dynamic plant ecology [M]. 3rd ed. London: Edward Arnold, 1985: 282-312.
- LARCHER W. Physiological plant ecology [M]. 3rd. New York, Berlin, Heidelberg, Aufl: Springer-Verlag, 1995: 279-448.
- [14] PIELOU E C. Mathematical ecology [M]. 2nd. Beijing: Science Press, 1977: 119-193.
- [15] LEGENDRE P, FRTIN M J. Spatial pattern and ecological analysis[J]. *Vegetatio*, 1989, 80: 107-138.
- [16] 包维楷, 刘照光, 刘朝禄, 等. 中亚热带湿润性常绿阔叶次生林自然恢复 15 年来群落乔木层的动态变化[J]. 植物生态学报, 2000(24): 702-709.
- BAO W K, LIU Z G, LIU C L, et al. Fifteen-year changes of tree layer in secondary *castanopsis-schima* humid evergreen broad-leaved forest in central subtropics of western China [J]. *Journal of Plant Ecology*, 2000(24): 702-709.
- [17] 张金屯. 植被数量生态学方法[M]. 北京, 中国科学技术出版社, 1995.
- [18] 李明辉, 何风华, 刘云, 等. 天山云杉种群空间格局与动态[J]. 生态学报, 2005, 25(5): 1000-1006.
- LI M H, HE F H, LIU Y, et al. Spatial distribution pattern of tree individuals in the schrenk spruce forest, Northwest China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(5): 1000-1006. (in Chinese)
- [19] 刘智慧. 四川省缙云山栲树种群结构和动态的初步研究[J]. 植物生态学与地植物学报, 1990, 14(2): 281-296.
- LIU Z H. A preliminary study on the structure and dynamics of *Castanopsis fargesii* population on Jinyun Mountain, Sichuan[J]. *Plant Ecology and Geobotany*, 1990, 14(2): 281-296. (in Chinese)
- [20] 范娟, 赵秀海, 汪金松, 等. 江西九连山亚热带常绿阔叶林优势种空间分布格局[J]. 生态学报, 2012, 32(9): 2729-2739.
- FAN J, ZHAO X H, WANG J S, et al. Spatial patterns of dominant species in a subropical evergreen broad-leaved forest in Jiulian Mountain Jiangxi Province China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(9): 2729-2739.
- [21] 范海兰, 洪伟, 吴承祯, 等. 福建大田栲树次生林优势种群结构与动态[J]. 植物资源与环境学报, 2004, 13(3): 44-49.
- [22] WHITMORE T C. Canopy gaps and the two major groups of forest trees[J]. *Ecology*, 1970(3): 536-538.
- [23] ODUM E P, BARRETT G W. Fundamentals of ecology [M]. Philadelphia: Saunders Company, 1971.
- [24] 刘贵峰, 丁易, 沾润田, 等. 天山云杉种群分布格局[J]. 应用生态学报, 2011, 22(1): 9-13.