

文章编号: 1001-1498(2002)01-0028-06

# 人工林马尾松木材性质的变异<sup>\*</sup>

骆秀琴<sup>1</sup>, 姜笑梅<sup>1</sup>, 殷亚方<sup>1</sup>, 李贻铨<sup>2</sup>, 汪炳根<sup>3</sup>

(1. 中国林业科学研究院木材工业研究所, 北京 100091; 2. 中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091;

3. 中国林业科学研究院热带林业实验中心, 广西凭祥 532600)

**摘要:** 本文研究了广西人工林马尾松木材性质的变异及幼龄材与成熟材的差异。结果表明, 幼龄材与成熟材的分界年龄在 14~16 a, 解剖性质在径向上的变异规律为: 射线比量、树脂道比量、胞壁率、胞腔直径、胞壁厚、管胞长度、管胞宽度和晚材壁腔比是自髓心向外呈递增趋势, 管胞比量和晚材率为递减趋势, 早材壁腔比和早材腔径比则近似于一条直线。方差分析结果表明: 树脂道比量、胞壁率、胞壁厚、管胞长度和管胞宽度, 幼龄材与成熟材差异达显著或极显著水平。5 项木材物理力学性质均为成熟材高于幼龄材, 且均达差异显著水平。木材性质间的相关分析表明: 木材基本密度与管胞长度、管胞宽度、射线比量、树脂道比量、胞壁率呈显著的正相关关系, 木材气干密度与抗弯强度、抗弯弹性模量、顺纹抗压强度也呈显著的正相关关系。

**关键词:** 人工林马尾松; 木材性质; 幼龄材; 成熟材; 材性变异

中图分类号: S781

文献标识码: A

马尾松 (*Pinus massoniana* Lamb.) 是我国南方主要的人工用材林树种, 生长快、用途广泛。“八五”期间曾对贵州产人工林马尾松木材性质的变异及幼龄材与成熟材的差异进行过研究<sup>[1,2]</sup>, 为进一步分析研究人工林马尾松木材性质的变异规律, 本文对广西地区的人工林马尾松的解剖性质及力学强度进行了测定分析, 并与已有的研究结果<sup>[1]</sup>进行了分析比较, 为人工林马尾松的加工利用及营林培育提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验林概况

试验林位于广西凭祥中国林业科学研究院热带林业实验中心茶陋林站, 21°57′22″N, 106°39′50″E, 海拔 200 m, 初植密度 4 500 株  $\text{hm}^{-2}$ , 经 1982、1987 年两次间伐, 林分密度为 600 株  $\text{hm}^{-2}$ 。土壤为泥质沙岩发育形成的砖红酸性红壤, pH 值 4.5~5.5, 有机质含量 25.9 g  $\text{kg}^{-1}$ , 全 N 1.199 9~1.292 g  $\text{kg}^{-1}$ , 全 P 0.78~0.99 g  $\text{kg}^{-1}$ , 全 K 8.552~9.471 g  $\text{kg}^{-1}$ , 速效 P 3.12~4.13 g  $\text{kg}^{-1}$ , 质地粘重, 土壤容重 1.15~1.35 g  $\text{cm}^{-3}$ , 土壤肥力属中等。

### 1.2 试样与试验方法

10 株试材的树龄为 32 a, 平均胸径 27.5 cm, 平均树高 21.8 m。在每株试材的胸径处取圆

收稿日期: 2000-11-10

基金项目: 本文属“九五”国家科技攻关“工业用材林材材质性和功能性改良技术研究”(96-011-03-05) 专题的部分研究内容

作者简介: 骆秀琴(1952-), 女, 黑龙江鹤岗人, 高级工程师。

\* 参加本研究实验工作的还有吴荷英、许明坤、何建、徐飞丽, 特此致谢。

盘 1 个,作为木材解剖性质和木材基本密度试材,另取 1 m 长木段作为木材物理力学性质试材。在圆盘中心线上取 2 cm 宽木条,从髓心处向外沿半径方向隔轮分别取制离析和切片材料,管胞长度和宽度采用光学显微镜投影方法测量,其他解剖性质利用 Quantinat-570 图象分析仪测量。木材基本密度试样在另一个半径上从髓心向外隔轮取制,按排水法<sup>[3]</sup>测定。

木材物理力学性质试样在木段的横截面上按幼龄材和成熟材分别取样。幼龄材试样在髓心至 14 a 的中部取样,成熟材试样在靠树皮部位取样。测定方法按国家标准 GB 1927 1943 - 91《木材物理力学性质试验方法》<sup>[4]</sup>进行。

## 2 结果与讨论

### 2.1 幼龄材与成熟材的划分

幼龄材与成熟材的划分对了解木材性质、确定木材质量及评估其使用价值都是十分重要的<sup>[2,5]</sup>。国内外多数学者<sup>[2,6]</sup>根据胸高部位的管胞长度和基本密度的径向变异曲线划分幼龄材与成熟材,本研究也参照此方法,用 10 株试材的管胞长度和基本密度平均值的变异曲线(图 1,2)确定广西产人工林马尾松的幼龄材与成熟材分界年龄为 14 ~ 16 a。此结果与姜笑梅<sup>[2]</sup>对贵州产马尾松的研究结果一致。

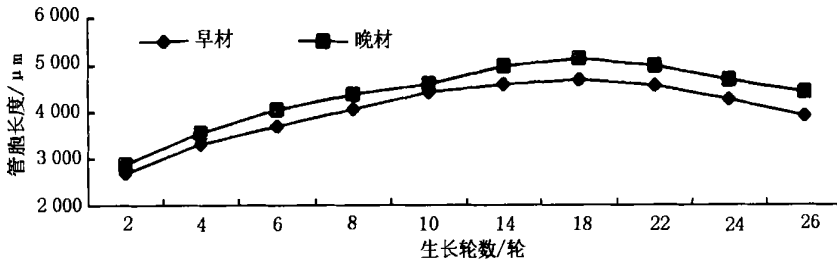


图 1 木材管胞长度径向变异曲线

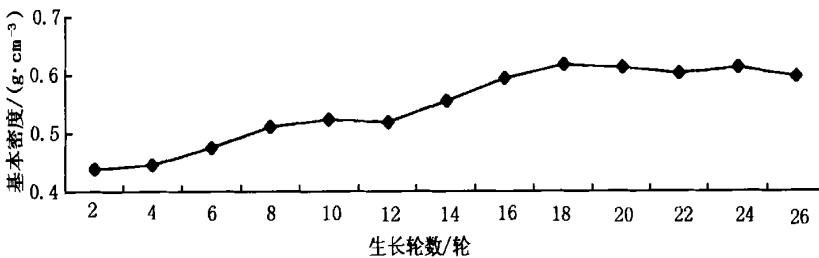


图 2 木材基本密度径向变异曲线

### 2.2 解剖性质的径向变异及幼龄材与成熟材的差异

2.2.1 射线、树脂道、管胞比量和胞壁率 人工林马尾松的射线比量、树脂道比量、胞壁率的径向变异规律(图 3,4)为自髓心向外呈现递增趋势,即成熟材高于幼龄材,其中射线比量高 4.1%,树脂道比量高 52.5%,胞壁率高 14.4%,方差分析(表 1)表明:树脂道比量和胞壁率的幼龄材与成熟材差异达极显著水平,射线比量差异不显著。管胞比量(图 4)则为递减趋势,即成熟材低于幼龄材,但未达差异显著水平。

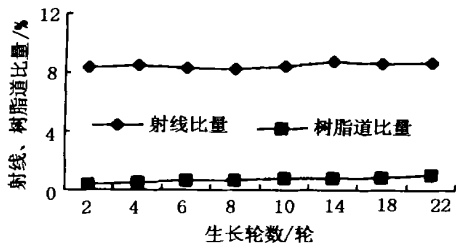


图3 射线、树脂道比值径向变异曲线

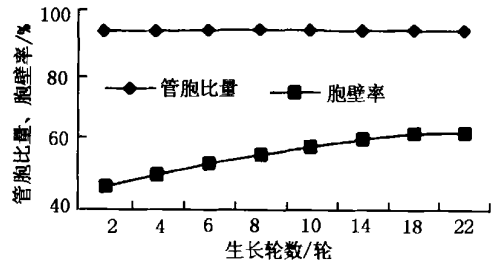


图4 管胞比值、胞壁率径向变异曲线

表1 幼龄材与成熟材木材解剖性质的差异比较

项目	幼龄材		成熟材		平均值之差	F值及显著性	
	平均值	标准差	平均值	标准差			
射线比值/%	8.32	1.296	8.66	1.691	0.34	1.04	
树脂道比值/%	0.59	0.309	0.90	0.490	0.31	12.46**	
管胞比值/%	91.1	1.318	90.41	1.841	-0.69	3.80	
胞壁率/%	51.82	8.087	59.26	7.898	7.44	16.13**	
弦腔直径/ $\mu\text{m}$	早材	34.61	4.159	39.88	3.434	5.27	34.1**
	晚材	17.34	2.291	19.34	3.112	2.00	10.61**
径腔直径/ $\mu\text{m}$	早材	41.22	5.404	44.66	5.045	3.44	7.98**
	晚材	13.55	2.399	14.51	2.639	0.69	2.69
弦壁厚度/ $\mu\text{m}$	早材	6.97	0.899	7.77	1.554	0.80	8.54**
	晚材	16.08	3.590	18.17	3.153	2.09	6.85*
径壁厚度/ $\mu\text{m}$	早材	6.65	0.645	7.43	1.357	0.78	12.18**
	晚材	18.09	3.976	21.81	3.876	3.72	16.36**
壁腔比	早材	0.19	0.038	0.19	0.054	0	0.29
	晚材	1.05	0.289	1.18	0.291	0.13	3.77
腔径比	早材	0.84	0.025	0.84	0.030	0	0.30
	晚材	0.50	0.077	0.47	0.062	-0.03	3.52
管胞长度/ $\mu\text{m}$	早材	3 613	872.4	4 352	654.3	740	22.91**
	晚材	3 873	946.8	4 795	691.6	922	30.7**
管胞宽度/ $\mu\text{m}$	早材	54.5	9.185	62.4	7.893	8.7	22.03**
	晚材	38.7	4.081	43.1	4.167	4.1	25.19**

2.2.2 管胞长度、管胞宽度、胞腔直径和胞壁厚度 人工林马尾松的管胞长度、管胞宽度、胞腔直径和胞壁厚的径向变异规律(图1,5-7),无论是早材还是晚材均为自髓心向外递增,即所有指标都为成熟材高于幼龄材(表1),成熟材早材的管胞长度比幼龄材长20.5%、晚材长23.8%、早材宽度宽14.4%、晚材宽度宽11.4%、早材弦腔直径大15.2%、晚材弦腔直径大11.5%、早材径腔直径大8.3%、晚材径腔直径大5.1%、早材弦壁厚度厚11.5%、晚材弦壁厚度厚13.0%、早材径壁厚度厚11.7%、晚材径壁厚度厚20.6%。方差分析结果(表1)表明,除晚材径腔直径外,其他各项均达差异显著或极显著水平。

2.2.3 壁腔比和腔径比 图8表明早材壁腔比和早材腔径比在木材的径向上无明显变异,近似于一条直线,晚材壁腔比自髓心向外迅速递增,波动较大,晚材腔径比自髓心向外略有递减,波动不明显。方差分析(表1)表明:以上各项指标幼龄材与成熟材的差异均未达显著水平。

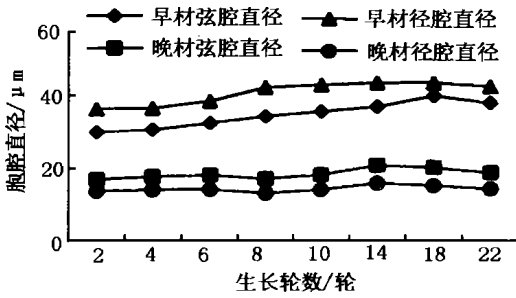


图 5 胞腔直径径向变异曲线

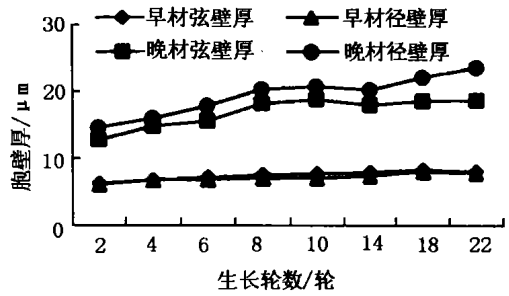


图 6 胞壁厚径向变异曲线

图 7 管胞宽度径向变异曲线

图 8 壁腔比、腔径比径向变异曲线

综上所述,人工林马尾松解剖性质在径向上的变异规律为:大多数项目(射线比量、树脂道比量、胞壁率、胞腔直径、胞壁厚、管胞长度、管胞宽度和晚材壁腔比)是自髓心向外呈递增趋势,即成熟材高于幼龄材。方差分析结果表明,树脂道比量、胞壁率、胞壁厚、管胞长度和管胞宽度,幼龄材与成熟材差异达显著或极显著水平。管胞比量、晚材腔径比呈递减趋势,即成熟材低于幼龄材,但均未达差异显著水平,早材壁腔比和早材腔径比近似于一条直线。此结果与“八五”期间对贵州产人工林马尾松的研究结果相近<sup>[2]</sup>。

### 2.3 幼龄材与成熟材物理力学性质的差异

人工林马尾松幼龄材与成熟材的木材物理力学性质的测定结果(表 2)表明:5 项性质均为成熟材高于幼龄材,其中气干密度高 22.0%,抗弯强度高 19.6%,抗弯弹性模量高 28.4%,顺纹抗压强度高 11.0%,冲击韧性高 33.3%。方差分析结果(表 2)表明:气干密度和冲击韧性达 0.01 水平显著,其他 3 项达 0.05 水平显著。此结果与“八五”期间对贵州产人工林马尾松的研究结果相一致<sup>[1]</sup>,且本研究的各项性质无论是幼龄材还是成熟材均高于贵州产人工林马尾松(表 2)。本研究进一步证明了人工林马尾松的幼龄材与成熟材的力学性质存在着较大的差异,因此在人工林马尾松的加工利用中,应将幼龄材与成熟材视为两个不同的总体。

### 2.4 主要材性指标间的相互关系

2.4.1 木材基本密度与组织比量及管胞形态的相关关系 本试验将木材基本密度与组织比量及管胞形态进行了相关分析<sup>[7]</sup>,结果(表 3)表明:木材基本密度与管胞长度、管胞宽度、射线比量、树脂道比量、胞壁率表现为显著的正相关关系,而与管胞比量表现为显著的负相关关系。

表2 幼龄材与成熟材木材力学性质的差异比较

项目	幼龄材		成熟材		平均值 F值及		贵州马尾松	
	平均值	标准差	平均值	标准差	之差	显著性	幼龄材	成熟材
气干密度/(g cm <sup>-3</sup> )	0.550	0.055	0.671	0.068	0.121	28.44 **	0.452	0.505
抗弯强度/MPa	102.0	9.68	122.0	25.7	20.0	5.04 *	82.7	87.9
抗弯弹性模量/MPa	14 800	2 620	19 000	5 490	4 200	4.80 *	12 480	13 800
顺纹抗压强度/MPa	56.6	7.75	66.1	8.57	9.5	5.21 *	41.6	48.3
冲击韧性/(kJ m <sup>-2</sup> )	49.0	20.6	65.3	18.7	16.3	11.55 **	25.8	34.7

表中\*、\*\*分别表示0.05、0.01水平显著

表3 木材基本密度与组织比量、管胞形态的相关性

	管胞长度		管胞宽度		射线 比量	树脂道 比量	管胞 比量	胞壁率
	早材	晚材	早材	晚材				
基本密度	0.777 **	0.851 ***	0.870 ***	0.622 *	0.671 *	0.795 **	-0.854 ***	0.952 ***

表中\*、\*\*、\*\*\*分别表示0.05、0.01、0.001水平显著

2.4.2 木材密度与力学性质的相关关系 木材密度是木材的一个非常重要又易于测定的物理指标,所用试材少,试样小,甚至可以不砍树而以生长锥从立木上取样,且多数学者证明木材密度与力学性质有着显著的正相关关系<sup>[1,3]</sup>,因此研究木材密度与力学性质的相关性可为木材性质的早期预测提供理论依据。本研究的木材气干密度与3项主要力学性质的相关关系(表4),无论是在幼龄材还是在成熟材中均达极显著的正相关水平。此结果与多数学者<sup>[1,4]</sup>的研究结论相一致,并进一步证明了可以通过测定木材的密度来预测其力学强度。

表4 木材气干密度与力学性质的相关性

	幼龄材			成熟材		
	抗弯强度	抗弯弹性模量	顺纹抗压强度	抗弯强度	抗弯弹性模量	顺纹抗压强度
气干密度	0.812 ***	0.728 ***	0.847 ***	0.531 ***	0.505 **	0.677 ***

表中\*、\*\*、\*\*\*分别表示0.01、0.001水平显著

### 3 结论

(1) 广西产人工林马尾松的幼龄材与成熟材的分界年龄为14—16 a,解剖性质在径向上的变异规律为:射线比量、树脂道比量、胞壁率、胞腔直径、胞壁厚、管胞宽度、管胞长度和晚材壁腔比是自髓心向外呈递增趋势,10—14 a后趋于平缓,其中树脂道比量、胞壁率、胞壁厚、管胞宽度和管胞长度的幼龄材与成熟材差异达显著或极显著水平,管胞比量、晚材腔径比呈递减趋势,即成熟材低于幼龄材,但均未达差异显著水平,早材壁腔比近似于一条直线。5项木材物理力学性质均为成熟材高于幼龄材,且均达差异显著水平。

(2) 人工林马尾松木材基本密度与管胞长度、管胞宽度、射线比量、树脂道比量、胞壁率表现为显著的正相关关系,而与管胞比量表现为显著的负相关关系。木材气干密度与3项主要力学性质的相关关系无论是在幼龄材还是成熟材中都表现为极显著的正相关关系。

(3) 人工林马尾松的幼龄材与成熟材的基本材性差异显著,因此,在人工林马尾松的加工利用中应将幼龄材与成熟材作为两个不同的总体考虑。在培育结构材时,应研究如何缩短幼龄期或改善幼龄期材性。产自贵州和广西两个地区的人工林马尾松的试验结果存在一定的差异,由

于试验材料所限,对这些差异难以做深入的分析。但是,可以肯定的是,对于一个树种(尤其是马尾松这样分布甚广的树种)的材性变异规律作出较为确切的估计,必须有更大的试验规模。有必要在现有基本材性研究的基础上,进一步明确树种材质改良的重要方向和关键性的材性指标,通过大规模试验,摸清这些指标的变异规律,以期对树木的材质改良提供更为有效的科学依据。

### 参考文献:

- [1] 鲍甫成,江泽慧,等. 中国主要人工林树种木材性质[M]. 北京:中国林业出版社,1998
- [2] 姜笑梅. 人工林和天然林马尾松幼龄材与成熟材解剖性质的比较研究[J]. 世界林业研究,1995,(专辑):1-9
- [3] 成俊卿. 木材学[M]. 北京:中国林业出版社,1985
- [4] 中国国家技术监督局. 国家标准 GB 1927-1943-91 木材物理力学性质试验方法[S]. 北京:中国标准出版社,1991
- [5] 黄光霖,周志春. 马尾松人工林管胞长度的株间和株内变异[J]. 林业科学研究,1993,6(2):222-238
- [6] Zobel B J, Van Buijtenen J P. Wood Variation: Its Causes and Control[M]. New York: Springer-verlag, 1986
- [7] 郎奎健,唐守正. IBM-PC 系统程序集[M]. 北京:中国林业出版社,1989

## Variations in Wood Properties of Masson Pine (*Pinus massoniana* L.) Plantation

LUO Xiu-qin<sup>1</sup>, JIANG Xiao-mei<sup>1</sup>, YIN Ya-fang<sup>1</sup>, LI Yi-quan<sup>2</sup>, WANG Bing-gen<sup>3</sup>

(1. Research Institute of Wood Industry, CAF, Beijing 100091, China; 2. Research Institute of Forestry, CAF, Beijing 100091, China;  
3. Experimental Center of Tropical Forestry, CAF, Pingxiang 532600, Guangxi, China)

**Abstract:** The variation in wood properties and the differences between juvenile wood and mature wood of Masson Pine (*Pinus massoniana*) plantation from Guangxi were studied. The results are as follows: The boundary between juvenile and mature wood was delimited at the age of 14 ~ 16 year. The radial variation patterns of the anatomical properties from pith to bark are: the ratio of ray tissues, ratio of resin canal, cell walls percentage, lumen diameter, wall thickness of tracheid, tracheid diameter, tracheid length, ratio of wall to lumen (latewood) increase with the increase of growth ring, while ratio of tracheid and ratio of lumen to diameter decrease with the increase of growth ring. Most parameters of the anatomical properties of mature wood are higher than that of the juvenile wood with significance level shown in ratio of resin canal, cell walls percentage, wall thickness of tracheid, tracheid diameter, tracheid length. All of the physical and mechanical properties of mature wood are higher than that of juvenile wood significantly. Analysis of relationship showed that the ratio of ray tissues, ratio of resin canal, rate of cell wall, tracheid length were positively correlated to wood density with significance level. The MOR, MOE, and crushing strength were positively correlated to wood density significantly in juvenile and mature wood.

**Key words:** masson pine (*Pinus massoniana*) plantation; wood properties; juvenile wood; mature wood; wood properties variation