

马尾松人工林管胞长度的株间和株内变异*

黄光霖 周志春

关键词 马尾松人工林、管胞长度、株间变异、株内变异

林木株间变异和株内变异是木材的两个主要变异来源,由于木材性状具有较强的遗传性以及育林措施对木材的可塑性,人们可以培育出材质优异的木材,然而因变异的存在,在如何充分利用木材时却遇到了许多困难。林学家的一个主要目的就是在充分掌握木材变异规律的基础上,采用有效方法提高材质的均匀性。

马尾松是我国南方重要的造纸原料树种,对其天然林木材性状的株间变异^[1]和株内变异^[2]曾有过详细的报道。本文则着重研究马尾松速生人工林管胞长度在株间和株内的变异规律,为短轮伐期纸浆林的材性选育和木材利用提供科学依据和基础材料。

1 材料和方法

在福建省南平造纸厂试验林场34年生的马尾松速生人工林内选择6株优势木,要求树干通直、不倾斜、树冠正常,无病虫害和机械伤害,并处于相同的微立地条件中。在样木伐倒前标定树体的南北方位,伐倒后按2 m区分段截取3 cm厚的圆盘。在每个圆盘4个主方位上各取一个自髓心向外约30°的楔形木块。利用6株样木中的2株研究管胞长度的株内变异,测定0.3、1.3、3.3、5.3 m、…、19.3 m和21.3 m高处东西方位第3、6、9、…、30轮晚材管胞长度。株间变异则采用1.3 m高处南北方位的材料分析,也是每隔3轮测定晚材的管胞长度。用硝酸法离析,经番红染色后在生物投影显微镜下(×40)随机测定30根完整管胞的长度。

2 结果和分析

2.1 株间/株内变异大小及不同抽样策略的效率

6株样木的方差分析表明(表1),胸高处晚材管胞长度的个体效应、年轮效应以及年轮×个体互作效应都极为显著,其方差分量分别占总方差的13%、39%和9%。管胞长度在个体间和年轮间的变异范围分别为3.84~4.49 mm和3.14~4.41 mm。显著的年轮×个体互作效应主要是由于3号树和6号树所致,因为其它4株树的管胞由髓心向外以线性或曲线形式增长,而3号和6号树的管胞由髓心向外增长至第18轮后保持相对稳定或有所缩短(图1)。

1992—07—16收稿。

黄光霖工程师(福建省南平造纸营林总公司 福建省南平市 353000),周志春(中国林业科学研究院亚热带林业研究所)。

*南平造纸营林总公司黄宗杰、吴庆敏、林启龙、叶邵武、张义参加野外的取样工作,谨致谢忱。

树干不同方位间管胞长度的差异较小(表 1, 图 2), 其方差分量仅占总变异的 2%~4%。

表 1 样木胸高处晚材管胞长度的方差分析

	变异来源	均方(自由度)	F 值	方差分量		
				真实值	百分比(%)	
联合分析	个体	1.117 992(5)	9.84**	0.025 109(<i>V_t</i>)	13.24	
	方位/个体	0.113 628(6)	1.66	0.004 503(<i>V_q</i>)	2.37	
	年轮	1.915 244(9)	13.87**	0.074 048(ϕ_r)	39.06	
	年轮×个体	0.138 103(45)	2.01**	0.017 377(<i>V_{rt}</i>)	9.16	
	机误	0.068 594(54)		0.068 594(<i>V_e</i>)	36.17	
单株分析	1号树	方位	0.164 580(3)	2.16	0.008 838(<i>V_q</i>)	3.29
		年轮	0.880 488(9)	11.55**	0.201 073(ϕ_r)	74.90
		机误	0.076 197(27)		0.076 197(<i>V_e</i>)	21.81
	2号树	方位	0.118 677(3)	2.03	0.006 014(<i>V_q</i>)	2.14
		年轮	0.927 446(9)	15.84**	0.217 228(ϕ_r)	77.09
		机误	0.058 536(27)		0.058 536(<i>V_e</i>)	20.77

注: **——1%显著水平; *V*、 ϕ 分别代表随机效应和固定效应的方差分量。

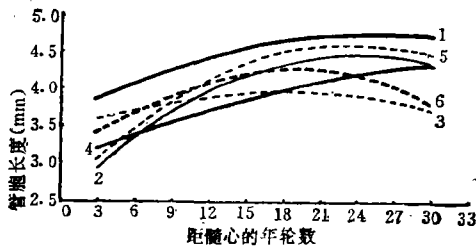


图 1 6株样木胸高处晚材管胞长度的径向变异

Tree 1 $Y = 3.567 + 0.092893x - 0.001742x^2$, $R^2 = 0.658$
 Tree 2 $Y = 2.949 + 0.077492x - 0.000947x^2$, $R^2 = 0.835$
 Tree 3 $Y = 3.423 + 0.057567x - 0.001515x^2$, $R^2 = 0.301$
 Tree 4 $Y = 2.436 + 0.170173x - 0.003451x^2$, $R^2 = 0.939$
 Tree 5 $Y = 2.452 + 0.190975x - 0.004095x^2$, $R^2 = 0.873$
 Tree 6 $Y = 2.960 + 0.135934x - 0.003476x^2$, $R^2 = 0.785$

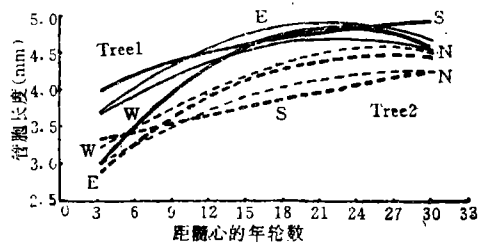


图 2 胸高处不同方位晚材管胞长度的径向变异

Tree 1 - S $Y = 3.798 + 0.068318x - 0.000951x^2$, $R^2 = 0.752$
 - N $Y = 3.322 + 0.118622x - 0.002563x^2$, $R^2 = 0.508$
 - E $Y = 3.233 + 0.155328x - 0.003544x^2$, $R^2 = 0.855$
 - W $Y = 2.399 + 0.219803x - 0.004874x^2$, $R^2 = 0.812$
 Tree 2 - S $Y = 3.227 + 0.040243x + 0.000135x^2$, $R^2 = 0.627$
 - N $Y = 2.667 + 0.114014x - 0.001999x^2$, $R^2 = 0.871$
 - E $Y = 2.451 + 0.160986x - 0.003005x^2$, $R^2 = 0.931$
 - W $Y = 2.913 + 0.115263x - 0.002104x^2$, $R^2 = 0.905$

利用上述估算的方差分量可以评估不同的抽样策略, 这里仅考虑随机抽样因子, 即选择适量的样木株数和方位数, 在劳力和实验室时间许可的情况下, 减小总体方差, 使抽样精度在能接受的范围内, 以正确地估算一个群体或一个品系的材性均值。在给定 *t* 值(样木株数, 2~10株)和 *q* 值(方位数, 1~6个)时, 计算各种组合的总体方差 $V_{\bar{x}} = V_t/t + V_q/tq^{[3]}$, 不同抽样策略的效率(*E*)用下式来表示:

$$E = \frac{\text{原抽样组合的总体方差}}{\text{现行抽样组合的总体方差}} \times 100\%$$

根据表2我们可以确定：样本数差不多的情况下何种组合能最有效估算均值，以及如何减小样本数而使其具有较高的抽样效率。由于 V_1 远远大于 V_2 ，因此当样木株数增加时抽样效率提高得较快，而方位数对抽样效率的影响较小。从理论上讲，10株样木和一个方位这样的组合具有很高的抽样效率，然而从减小抽样误差的角度考虑，最好利用相对两个方位的木材样品估算单株的均值。样木株数取决于树木资源的多少、劳力和室内的时间以及要求的抽样精度。

2.2 株内变异规律

2.2.1 髓心至树皮的径向变异 马尾松人工林管胞长度的径向变异虽因个体和抽样高度而不同(图1、3)，但基本符合 Sanio 定律^[4]。如抽样高度为1.3 m，平均管胞长度在近髓心处

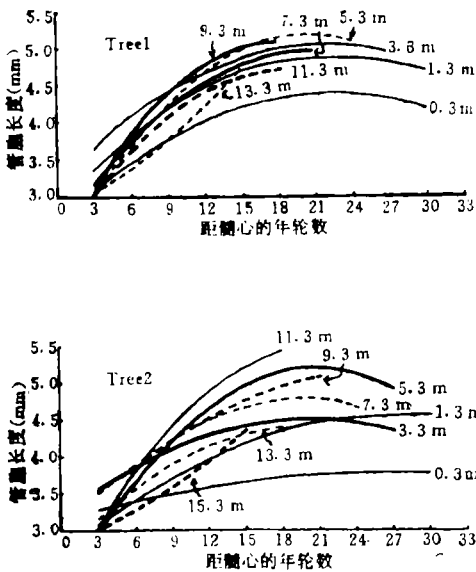


图3 不同抽样高度晚材管胞长度的径向变异

图3树干不同高度的径向变化曲线中看得非常清楚。图4b表示了晚材管胞长度在株内的分布状况，最长管胞大致处于树干1/3高度的外侧，最短管胞处于树干的中心，中心带呈圆锥形。

2.2.3 幼龄材与成熟材的差异 研究木材的径向和纵向变异时往往涉及幼龄材和成熟材概念，其实针叶树木材变异的最主要原因就是幼龄材的存在以及幼龄材与成熟材的相对比例。利用模拟的径向变异二次抛物型曲线来确定马尾松胸高处晚材管胞长度由幼龄材向成熟材的过渡年龄，发现其平均值大致为12 a (变异范围在3~17 a之间)，大于同一种源区内天然林管胞长度的过渡年龄^[9]。由幼龄材变化至典型的成熟材通常需要数年的时间，所需的时间因个体不同而有差异。这里我们将1~10轮和21~30轮的木材分别看作幼龄材和成熟材部分，

表2 不同抽样策略的效率分析

抽 样 组 合			抽样效率 (%)
株 数	方 位 数	总样本数	
2	6	12	35
4	3	12	69
4	4	16	72
6	2	12	100
6	3	18	103
6	4	24	104
8	1	8	123
8	2	16	133
10	1	10	154
10	2	20	167

最短(3.14 mm)，随着年龄增加而迅速增长，达到最大值(4.04 mm)后，虽有波动，甚至略有下降，但基本保持稳定。管胞长度的径向变异主要是与形成层的年龄而非与距髓心的直线距离有关。在6株样木中，有些样木由髓心向树皮的变异较小，具有较高的均匀性，而有些则有较大的径向变异，由于研究的样木处于相同的微环境中，这种个体间的差异主要受遗传控制，在材性选育中是值得注意的。

2.2.2 树基至干梢的纵向变异 马尾松管胞长度在树干方向的纵向变异与针叶树种一般变异类型相似^[6-8]，不管是距髓心恒定年轮内的管胞还是整个断面的平均管胞都是由树基向上一定距离内增长，达到最大值后又逐渐减小，干梢的管胞较树基为长，这从

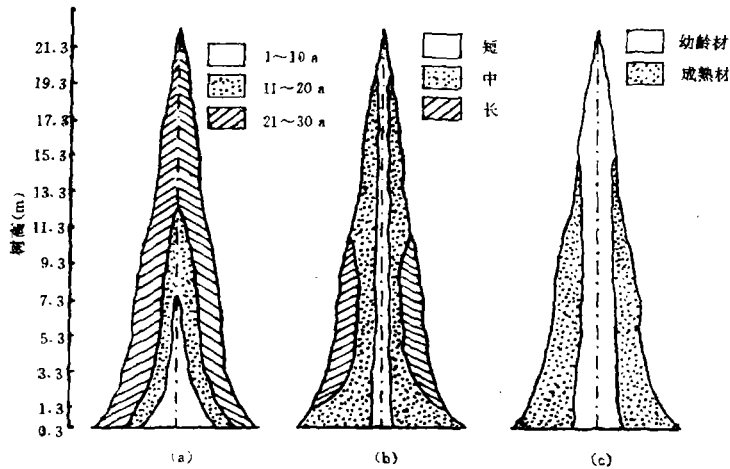


图4 马尾松人工林的生长层以及管胞长度、幼龄材在树干中的分布
a. 生长层 b. 管胞长度的分布 c. 幼龄材的分布

两者的平均晚材管胞长度分别为3.60 mm和4.34 mm，相差21%。幼龄材总分布于梢材以及干材中距髓心一定数目的年轮内，这里梢材的平均管胞长度为3.65 mm，而干材为4.29 mm（表3）。

幼龄材的相对含量与林木的遗传因子及所处的环境有关，但控制幼龄材含量的最强烈的因子乃是树木的年龄，从表4可知，当树龄为20年生时，按体积计马尾松人工林的幼龄材的含量为88.87%，24年生时为69.74%，30年生时为57.02%。幼龄材含量虽因个体不同有很大的差异，但其年龄效应却更为显著。

表3 幼龄材/成熟材、梢材/干材的管胞长度及幼龄材的持续期

样木	幼龄材向成熟材的过渡年龄(a)	晚材管胞长度(mm)			
		幼龄材(1~10轮)	成熟材(21~30轮)	梢材	干材
1	15	4.13	4.74	3.63	4.33
2	17	3.31	4.27	3.67	4.25
3	3	3.72	3.90		
4	14	3.29	4.46		
5	14	3.51	4.58		
6	11	3.68	4.13		
平均	12.3	3.60	4.34	3.65	4.29

注：这里梢材指13.3m高以上的木材，而13.3m以下的木材为干材。

表4 不同树龄时的幼龄材含量

树龄	幼龄材含量(%)		
	1号树	2号树	平均
(a) 20	89.66	88.08	88.87
24	66.05	73.43	69.74
28	59.90	62.97	61.44
30	54.94	59.09	57.02
34	44.59	50.56	47.58

3 讨论

(1) 据报道生长在同一立地下年龄相同的火炬松个体其木材密度变化在0.20~0.65 g/cm³范围内^[10]，北美鹅掌楸的木材密度，第11年和第31年纤维长度的个体差异分别占总变异的70%、49%和90%^[11]，木材的这种巨大的株间变异一般是受遗传控制的，是林木育种学家最感兴趣的一个变异层次，为选择材质优异、材性均匀的品系提供了机会。Larson指出木材的株内变异一般较同一立地或不同立地上个体间的差异大^[12]，我们必须了解这种变异，因为这种变异总存在着并且难以消除。特别是了解径向变异能够估测木材的利用类型和最佳收获

年龄。

马尾松人工林管胞长度存在着显著的株间和株内变异, 两者的方差分量比大致为1:3, 个体内由髓心至树皮、树基至干梢的变异规律与天然林相吻合^[2], 也与多数针叶树的一般趋势相同。鉴于马尾松木材性状存在着巨大的个体变异和相对较小的群体变异^[1,13], 我们应在详细了解株内变异规律的基础上, 采用效率高的抽样策略和正确的取样方法作株间比较, 将选育重点放在个体变异这一层次。在随机抽样因子中, 由于树干不同方位间的管胞长度差异很小, 个体间的差异很大, 因此在求得一个品系(如家系、林分、种源甚至一个物种)的均值时, 要求有一定数量的个体而不在乎方位数的多少。从理论上讲, 10株样木和一个方位这样的抽样策略具有较理想的估算效率, 总样本数较少, 处于劳力和时间能接受的范围内。然而为了消除不定因素的影响, 可以利用相对两个方位的均值代表一个个体, 另外在每个径向样品中, 应利用靠树皮一侧材性值较稳定的小样品进行分析以资比较。

(2) 幼龄材靠树干中心形成, 主要与距髓心的年轮数有关, 由树冠中合成的生长素控制或是因靠近冠层的缘故。与成熟材相比, 幼龄材管胞短、腔大、壁薄, 纤丝角大, 应压木含量高, 木材密度小, 木素含量高而纤维素含量低, 力学强度低, 纵向收缩大而横向收缩小。幼龄材虽具有与成熟材不同的特性, 但不能认为木材就低劣。

幼龄材含量随着树龄的增加而急剧减少, 另外幼龄材含量还与树木的生长速率、立地和林分种类有关。控制人工林幼龄材含量最适用的方法就是轮伐期的长短。马尾松也是一个生长迅速的树种, 在当前纸浆材良种选育和集约经营时, 应该对最佳轮伐期的研究给予重视, 既使单位面积纸浆产量最大, 又使木材具有能接受的幼龄材含量, 从而达到最高的内部收益率。马尾松晚材管胞长度由幼龄材向成熟材的平均过渡年龄为12 a, 其变异范围很大, 我们可以通过选择过渡年龄较小的品系来改变幼龄材的含量, 提高材质的均匀一致性。

参 考 文 献

- 1 王章荣, 陈天华, 周志春, 等. 马尾松木材性状在林分间和林分内个体间的变异. 南京林业大学学报, 1988, (2): 38~42.
- 2 周志春, 王章荣, 陈天华, 等. 马尾松木材性状株内变异与木材取样方法的探讨. 南京林业大学学报, 1988, (4): 52~60.
- 3 Burley J, Anderw I A. Variation in wood properties of *Pinus kesiya* Royle ex Dordon (syn. *P. kasya*, Royle, *P. insularis* Endlicher): Six trees of Assam provenance grown in Zambia. Wood Sci. and Tech. 1970, 4: 195~212.
- 4 Sanio K. 1872, On the size of the wood cells of the Scotch Pine (*Pinus sylvestris*)., Jahrbucher für Wissenschaftliche Botanik. 1872, 8: 401~420.
- 5 Cown D J. Radiata pine: wood age and wood property. N. Z. J. of For. Sci., 1980, 10(3): 504~507.
- 6 Dinwoodie J M. Tracheid and fiber length in timber—A review of literature. Forestry, 1961, 34: 125~144.
- 7 Harris J M. Wood quality of radiata pine. Appita, 1981, 35(3): 211~215.
- 8 Panshin A J, Zeeuw C. Textbook of wood technology. 4th ed. McGraw-Hill, New York, 1980.
- 9 陈天华, 王章荣, 周志春. 1990, 马尾松木材性状过渡年龄及造纸林最佳伐龄的确定. 见: 王章荣, 秦同峰, 陈天华主编. 马尾松种子园建立技术论文集. 北京: 学术书刊出版社, 289~293.
- 10 Zobel B J, Talbert J T, Applied forest tree improvement. Wiley, New York, 1984. 511pp.

- 11 Thorbjornsen E. Variation in density and fiber length in wood of yellow poplar. *Tappi*, 1961, 44: 191~195.
- 12 Larson P R. Silvicultural control of the characteristics of wood used for furnish. Proc. 4th. TAPPI For. Biol. Conf., New York, 1967, pp143~150.
- 13 周志春, 金国庆, 秦国峰. 马尾松幼龄材密度、管胞长度的地理变异及性状相关. *林业科学研究*, 1990, 3 (4): 393~397.

*Tracheid Length Variations within and among Trees
in Plantation of Masson Pine*

Huang Guanglin Zhou Zhichun

Abstract There were highly significant variations within and among trees in plantation of Masson Pine for latewood tracheid length. The tree, ring and tree \times ring interaction effects accounted for 13%, 39% and 9% of total variation respectively, and the radial effects were small. Variations from the pith to the bark and from the base to the top complied with the general rules of tracheid length in conifer. Theoretically, the combination of ten trees and one radius was a better sampling strategy which would estimate effectively the wood properties of a population or a strain. The age of transition from juvenile to mature wood for tracheid length of plantation was about 12 years and was more than one of natural stands in the same geographical region. The percentage of juvenile wood decreased dramatically with tree ages and varied with different individuals.

Key words Masson Pine, tracheid length, among-tree variation, within-tree variation

Huang Guanglin, Engineer (The General Company of Forestation, Nanping Paper Mill, Fujian Province Nanping Fujian 353000), Zhou Zhichun (The Research Institute of Subtropical Forestry, CAF).