

# 马尾松木材性状幼成过渡 年龄及幼成相关

李火根 王章荣 陈天华

(南京林业大学, 南京 210037)

**摘要** 木材密度和管胞长度的幼成过渡年龄存在较大的种源差异, 且相互独立。相关分析结果表明: 木材密度和管胞长度的幼成相关显著, 木材性状的早期选择是可行和有效的。

**关键词** 马尾松; 木材性质; 幼成过渡年龄; 相关分析

**中图分类号** S722

幼年材 (juvenile wood) 是受顶端分生组织活动影响的形成层区域所产生的次生木质部<sup>[1]</sup>。在树干纵剖面上, 幼年材靠近髓心, 而成年材 (mature wood) 靠近树皮。由于受形成层年龄和生理特性的影响, 幼年材与成年材的木材性状差异较大<sup>[4]</sup>。与成年材相比, 幼年材密度低; 细胞壁薄而小, 管胞短, 晚材率低, 应木力含量高, 微纤丝角大, 木质素和木聚糖含量高而纤维素含量低, 含水率高<sup>[1,3]</sup>。因此, 幼年材作建筑用材和造纸用材均极不理想。

对于造纸原料林而言, 木材密度和管胞长度是决定纸浆产量和纸张性能的两个重要材性指标。一般来说, 木材密度大, 纤维素和半纤维素含量高, 纸浆得率高; 管胞长度高, 抄纸的撕裂强度、耐折度高, 纸张性能好。马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)作为南方造纸原料林, 用量很大, 但目前对马尾松纸浆材何时采伐最佳仍没有一个明确的概念。我们认为: 确定纸浆林的最佳伐龄, 既要考虑原料林的年龄不能太低(幼年材含量高), 也要考虑到生产投资的经济效益, 尽量缩短投资周期, 纸浆林的轮伐期又不能太长。因此, 研究马尾松主要木材性状幼成过渡年龄规律对于确定其造纸林的最佳伐龄无疑有较大的参考价值。另一方面, 对马尾松材性改良而言, 用幼年期木材性状来估测成年期的木材性状, 即利用木材性状的幼成相关进行早期预测, 对于缩短育种周期, 加速材性改良进程, 提高单位时间内的遗传增益均具有重要意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料与性状测定

1989年11月至1990年3月在马尾松主要分布区的南方9省区, 各选一代表性天然林分,

收稿日期: 1993-06-26; 修改稿收到日期: 1993-11-10

林龄25~30 a。在每一林分内随机选取60株样木，在胸高部位用8 mm生长锥钻取木芯样品（详见文献1）。选取与造纸密切相关的两个木材性状：木材密度和管胞长度进行测定。用最大含水量法测定木材密度；用硝酸离析经番红染色在投影显微镜下量测木材的管胞长度。

### 1.2 木材性状幼成过渡年龄的确定

木材性状幼成变异模式，不同树种表现为不一致。但对于大多数硬松类树种，表现为较一致的幼成变异模式，即从髓心向外，刚开始木材密度、管胞长度等木材性状急剧增大，到一定年轮后趋于平稳（附图）<sup>[4]</sup>。我们对马尾松研究结果也与此相似。以木芯年龄为横坐标，木材特性为纵坐标，在微机上模拟出木材性状-年龄曲线，以曲线上切线的拐点作为幼龄材与成熟材的分界点，即木材性状的幼成过渡年龄。以种源内样木的平均值作为该种源木材性状的幼成过渡年龄。

### 1.3 文中所用性状代号

SG：木材比重；TL：管胞长度；DGR：胸

径生长率； $A_T$ ：性状的幼成过渡年龄；SG.  $A_T$ ：木材密度幼成过渡年龄；TL.  $A_T$ ：管胞长度幼成过渡年龄；DGR.  $A_T$ ：胸径生长率幼成过渡年龄。

## 2 结果与分析

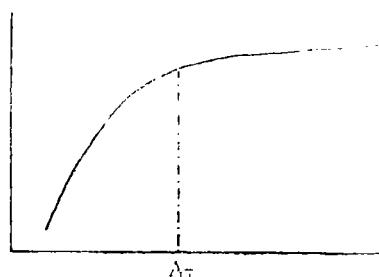
### 2.1 马尾松木材性状幼成过渡年龄地理变异

木材性状幼年-成年过渡期的长短受多因素影响，其中地理种源对其影响较大<sup>[3]</sup>。对马尾松，国内虽对其幼成过渡年龄及幼成相关研究颇多<sup>[2]</sup>，但对其木材性状幼成过渡年龄的地理变异却很少有报道。

我们对9种源540株样木根据木材密度、管胞长度、胸径生长率随年龄变化曲线确定其性状幼成过渡年龄，结果列于表1。

将各种源各性状幼成过渡年龄进行方差分析，结果见表2。

从表1~2可以看出，木材密度、管胞长度和胸径生长率三性状的幼成过渡年龄种源间差异达极显著水平。木材密度最小7.6 a（吉安），最高16.6 a（建德）；管胞长度最小为7.5 a（巴县），最大16.0 a（宁明）；胸径生长率最小10.0 a（建德），最大20.2 a（吉安）。因此，应根据不同种源确定该种源马尾松不同性状的幼成过渡年龄，进而确定不同材种的最佳伐龄。



附图 木材性状幼成过渡年龄示意图

Fig. Showing the time of transition from juvenile wood to mature wood ( $A_T$ ) of wood traits

表1 各种源木材性状和生长性状

幼成过渡年龄(a)

Table 1 The time of transition from juvenile wood to mature wood of the traits

种源	木材比重SG	管胞长度TL	胸径生长率DGR
沙县	11.8 abcd*	14.3 a	14.2 abc
吉安	7.6 d	10.8 ab	20.0 a
大庸	15.4 ab	12.4 ab	13.4 abc
蒲圻	13.2 abc	11.8 ab	13.8 abc
巴县	12.5 abc	7.5 b	18.3 ab
建德	16.6 a	8.2 b	10.0 c
江宁	12.9 abc	12.5 ab	14.5 abc
宁明	15.1 ab	16.0 a	18.8 a
都匀	14.2 ab	11.4 ab	19.2 a
平均	13.3	11.6	15.5

\*：不同字母表示经LSD多重比较达0.05水平差异显著

著性：相同字母说明两种源间差异不显著

表 2 各性状幼成过渡年龄方差分析

Table 2 ANOVA for  $A_T$  of the traits

变 异 来 源	木 材 比 重	管 胞 长 度	胸 径 生 长 率
种 源 A	141.582 657 6***	21.427 500 8**	43.278 340 1**
林分内个体 B	4.180 357 3*	14.954 448 0*	12.192 563 7
机 误 E	1.681 048 6	3.576 945 1	8.603 765 3

\*, \*\*, \*\*\* 分别表示达 0.05, 0.01, 0.001 差异显著性水平; 表中数据为均方  $M_s$

进一步将各性状幼成过渡年龄与种源自然因子进行相关分析(表 3), 表明相关系数均未达显著水平, 但从中仍可看出DGR.  $A_T$  有从北向南、从西向东增加的趋势, 而木材性状即木材密度和管胞长度的幼成过渡年龄与经纬度相关不大。

表 3 各性状幼成过渡年龄与种源自然因子间相关系数

Table 3 Correlation coefficients among  $A_T$  and natural factors

性状过渡年龄	经 度	纬 度	年 均 温	年降水量	年日照时数
木 材 比 重	-0.140 42	0.009 73	-0.094 65	-0.129 25	-0.132 95
管 胞 长 度	-0.043 41	-0.540 72	0.559 26	0.300 39	0.232 66
胸 径 生 长 率	-0.577 19	-0.615 51	0.618 08	-0.056 51	-0.274 10

表 4 提供了木材性状和生长性状幼成过渡年龄间以及与过渡年龄性状值之间的相关系数。有人对火炬松、湿地松研究报道: 木材密度和管胞长度幼年至成年过渡期不相关<sup>[6]</sup>。与之相似, 从表 4 中也可看出: SG.  $A_T$  与 TL.  $A_T$  几乎不相关, 而 SG.  $A_T$  及 TL.  $A_T$  与 DGR.  $A_T$  相关不显著。说明相同树种不同性状其幼成过渡年龄不同, 木材密度和胸径生长率幼成过渡年龄与过渡年龄点性状值相关或正或负, 表明选择木材密度和直径生长率成熟早的树木对其性状值影响不大, 而管胞长度幼成过渡年龄与过渡年龄点管胞长度呈极显著正相关( $r=0.874 63$ ), 说明选择管胞长度成熟早的树木同时会提高管胞长度。这在选择高性能造纸原料林时尤其值得注意。

表 4 性状幼成过渡年龄之间及与过渡年龄点性状值之间相关

Table 4 Correlation coefficients within  $A_T$  and that values

性 状	TL. $A_T$	DGR. $A_T$	SG	TL	DGR
SG. $A_T$	0.029 35	-0.540 06	-0.301 77	0.093 04	0.386 70
TL. $A_T$		0.278 54	0.536 53	0.874 63**	-0.110 53
DGR. $A_T$			0.501 74	0.508 63	0.164 63
SG				0.370 58	-0.383 28
TL					0.222 86

## 2.2 木材性状幼成相关

2.2.1 木材密度幼成相关 将马尾松木芯各年龄段(1~5a, 1~10a, 1~15a, 1~20a, 1~25a, 1~30a)的木材性状加权平均值作相关分析, 得出了木材密度幼年与成年表型相关及回归结果(表 5)。材料来源于 9 种源相同年龄(30 a)的 50 株样本。树木年幼时(1~5 a), 幼成相

相关即达极显著水平( $r = 0.832 00^{**}$ ),说明可用5年生时木材密度值预估30年生时密度值。30年生树木木材密度表型变异中有69%(决定系数)的变异可用前5 a 的变异所解释。随着年龄的增加,幼年-成年相关系数值显著提高,相关系数从0.832 00\*\*增至0.988 90\*\*,估算的精度也越来越高。从表中同时也可看出,幼年材部分(1~15 a)与成年材部分(16~30 a)密度间表型相关也达极显著水平( $r = 0.745 10^{**}$ )。

表5 木材密度幼年-成年相关及回归

Table 5 Correlation and regression between juvenile wood and mature wood of wood density

性 状		回 归 方 程	相关系数	估 算 标 准 误	
<i>Y</i>	<i>X</i>			绝 对 值	相 对 值/%
1~30	1~5	$Y = 0.193 723 1 + 0.745 812 6X$	0.832 00***	0.000 910	4.168 0
1~30	1~10	$Y = 0.126 994 1 + 0.846 080 0X$	0.908 90***	0.000 514	3.131 0
1~30	1~15	$Y = 0.074 466 0 + 0.919 956 0X$	0.953 00***	0.000 267	2.409 0
1~30	1~20	$Y = 0.039 329 0 + 0.964 610 6X$	0.975 50***	0.000 143	1.008 0
1~30	1~25	$Y = 0.031 052 8 + 0.959 018 7X$	0.988 90***	0.000 065	1.257 9
16~30	1~15	$Y = 0.186 197 6 + 0.803 713 1X$	0.745 10***	0.001 644	5.452 0
成年材	幼年材				

注:表中回归方程均达极显著水平,回归系数也达显著至极显著水平;  $r_{0.05} = 0.276 00$ ,  $r_{0.01} = 0.357 70$ ,  $r_{0.001} = 0.447 60$

2.2.2 管胞长度幼成相关 对9种源27株25年生样本管胞长度进行幼成相关及回归分析,结果见表6。

表6 管胞长度幼成相关及回归

Table 6 Correlation and regression juvenile wood and mature wood of tracheid length

性 状		回 归 方 程	相关系数	估 算 标 准 误	
<i>Y</i>	<i>X</i>			绝 对 值	相 对 值/%
1~25	1~5	$Y = 1.511 728 0 + 0.584 946 3X$	0.765 80***	0.010 340	1.523 7
1~25	1~10	$Y = 0.880 640 0 + 0.782 492 2X$	0.863 90***	0.006 346	2.018 0
1~25	1~15	$Y = 0.627 000 6 + 0.837 351 8X$	0.931 70***	0.003 019	1.535 4
1~25	1~20	$Y = 0.341 729 6 + 0.907 158 2X$	0.967 50***	0.001 684	1.084 2
成年材	幼年材	$Y = 1.580 852 0 + 0.585 914 3X$	0.621 40***	0.016 641	3.205 0
16~25	1~10				

注:表中回归方程均达极显著水平,回归系数也达显著至极显著水平;  $r_{0.05} = 0.374 60$ ,  $r_{0.01} = 0.479 30$ ,  $r_{0.001} = 0.588 80$

与木材密度相似,管胞长度5年生时与25年生的性状值表型相关达极显著水平( $r = 0.765 80^{**}$ ),说明可用5年生时管胞长度值估测25年生时管胞长度值。估测相对标准误2.523 7%,且25年生时管胞长度表型变异中有59%(决定系数)的变异可由前5年生管胞长度的变异所解释。随着树木年龄的增大,幼年-成年表型相关系数也显著提高(从0.765 80\*\*提高到0.967 50\*\*),决定系数从0.586 40提高到0.932 60。估计精度也越来越高,估算相对标准误从2.523 7%下降为1.808 4%。同时从表中也可以看出,幼年材(1~10 a)与成年材(16~25 a)管胞长度表型相关也达极显著水平( $r = 0.621 40^{**}$ ),用幼年材管胞长度值来预

估成年材管胞长度值精度较高。

### 3 讨论

**3.1** 木材性状幼成过渡年龄很早就被人们所重视, 相关的研究颇多<sup>[1,3,5,6]</sup>, 但都未涉及到木材性状幼成过渡年龄是否存在种源差异。本文研究结果表明: 马尾松木材密度、管胞长度和胸径生长率三性状幼成过渡年龄均存在较大的地理差异, 且不同性状其幼成过渡年龄不同, 互不相关。这就说明我们在进行马尾松最低伐龄决策时应分别性状、分别地点而定, 不能搞一刀切, 否则可能给生产带来很大损失。

**3.2** 单位时间内的遗传增益与林木的选择周期成反比。为了增加单位时间内的遗传增益, 提高选择效率, 研究性状早晚相关, 用幼年期性状值预估成年期性状值进而进行性状的早期选择一直是一条行之有效的途径。我们通过对马尾松幼年期的木材密度和管胞长度性状值与成年期性状值之相关分析, 发现两木材性状其幼成相关均达到极显著水平。可以认为, 对马尾松木材性状进行早期选择是可行的。

### 参 考 文 献

- 1 尹思慈. 木材品质和缺陷. 北京: 中国林业出版社, 1990. 61~66
- 2 全国马尾松种子园课题协作组. 马尾松种子园建立技术论文集. 北京: 学术书刊出版社, 1990. 275~312
- 3 Zobel B J, Buijtenen J P Van. *Wood Variation: Its Causes and Control*. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1989. 72~125
- 4 Pearson R G. *Forest Products*, 1980, 30(5): 33~47
- 5 Loo J A, et al. *Wood and Fiber*, 1982, 14(4): 281~286
- 6 Loo J A, et al. *Silvae Genetica*, 1985, 34(1): 14~19

Li Huogen (Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, PRC), Wang Zhangrong, and Chen Tianhua. The Time of Transition from Juvenile Wood to Mature Wood and Juvenile-Mature Correlation for *Pinus massoniana*. *J Zhejiang For Coll*, 1994, 11(1): 33~37

**Abstract:** Wood relative density and tracheid length of 9 provenances for *Pinus massoniana* were investigated. The time of transition from juvenile wood to mature wood in properties was independent of each other and had a difference among provenances. For the significant positively correlation exists between juvenile wood and mature wood in relative density and tracheid length, early selection for wood properties of *Pinus massoniana* is possible.

**Key words:** *Pinus massoniana*; wood property; time of transition from juvenile wood to mature wood; correlation analysis