

## 马尾松幼龄材密度、管胞长度的 地理遗传变异及性状相关

周志春 金国庆 秦国峰

(中国林业科学研究院亚热带林业研究所)

**关键词** 马尾松幼龄材；木材密度；管胞长度；地理变异；性状相关

马尾松是我国重要的制浆造纸原料，分布广泛，生长迅速，数量众多，具有极大的开发利用潜力。由于我国造纸原料中木浆所占比重低(22%)，纸浆和纸张质量较低劣，难以满足今日社会发展之需求，因此对马尾松制浆材的开发利用和材性改良的研究近来日益为人们所重视。

由于木材密度和管胞长度这两个性状在经济上的重要性和高度的遗传性，许多遗传改良方案都将之列入在内<sup>[1]</sup>。在对马尾松材性研究中，我们发现木材密度和管胞长度具有丰富的株内变异和个体变异<sup>[2,3]</sup>，并受中度的遗传控制<sup>1)</sup>。本文利用5年生种源测定林材料以了解马尾松幼龄材木材密度和管胞长度的地理遗传变异规律，以及木材性状与生长、分枝性状的相关关系，为制订和完善马尾松制浆材材性改良方案提供基础材料。

### 一、材料与方 法

#### (一) 试验材料和取样方法

种源测定林设置在浙江省淳安县姥山林场，包含了南方13个省(区)的49个种源，1984年春造林，随机区组设计，8次重复，8株双列小区。1989年春采集木材试样，选取其中的26个种源能代表马尾松的全分布区(包括了淳安当地种源)(图1)，重复5次，每小区内取2株生长

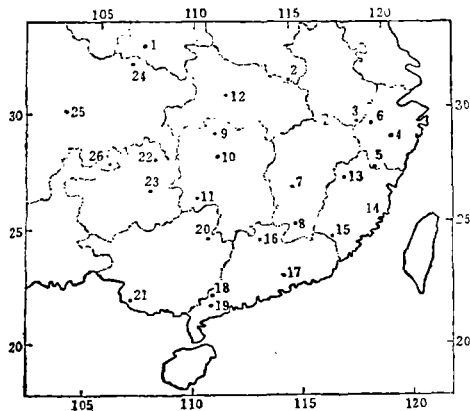


图1 26个马尾松种源地点示意

- |          |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|
| 1. 陕西城固  | 2. 河南新县  | 3. 安徽屯溪  | 4. 浙江永康  |
| 5. 浙江庆元  | 6. 浙江淳安  | 7. 江西吉安  | 8. 江西信丰  |
| 9. 湖南慈利  | 10. 湖南安化 | 11. 湖南绥宁 | 12. 湖北远安 |
| 13. 福建邵武 | 14. 福建仙游 | 15. 福建永定 | 16. 广东乳源 |
| 17. 广东博罗 | 18. 广东信宜 | 19. 广东高州 | 20. 广西恭城 |
| 21. 广西南明 | 22. 贵州德江 | 23. 贵州黄平 | 24. 四川南江 |
| 25. 四川蒲江 | 26. 四川古蔺 |          |          |

本文于1989年9月12日收到。

1) 周志春等，1990，马尾松木材性状的家系变异(待发表)。

正常的作为样木。在样木胸径处一侧用生长锥取得由髓心至树皮的木芯，同时测定其树高、胸径、分枝粗和分枝角等数据。

### (二) 测定方法

采用最大含水量法<sup>[4]</sup>测定木芯的木材密度，其估算公式为：

$$SG = \frac{1}{(m - m_0)/m_0 + 1/Dw}$$

其中  $SG$  为木芯的密度( $g/cm^3$ )， $m$  和  $m_0$  分别为水饱和时和烘干时( $105^\circ C$ )的重量( $g$ )， $Dw$  为构成细胞壁的木材物质的比重，平均取值为1.53。

用木材最外一轮的混合样品作为管胞长度的测定材料，用硝酸法离析，经番红染色后在投影生物显微镜( $\times 40$ )下随机测定50根完整管胞的长度。

### (三) 统计方法

对木材、生长和分枝性状按下面的线性模型作方差分析：

$$Y_{ijl} = \mu + B_i + P_j + (BP)_{ij} + E_{ijl}$$

这里  $Y_{ijl}$ ——第  $i$  区组第  $j$  种源内第  $l$  样木的测定值     $\mu$ ——群体平均值  
 $B_i$ ——区组效应     $P_j$ ——种源效应  
 $(BP)_{ij}$ ——区组和种源的互作效应     $E_{ijl}$ ——机误

## 二、试验结果

### (一) 遗传变异结构和变异规律

表1的分析结果表明马尾松幼龄材密度和管胞长度的种源效应不显著，只有2%左右的变异是来源于种源的；种源和区组互作的方差分量分别占群体总变异的15.70%和9.04%；大部分变异则来源于种源内的差异。而树高、胸径和分枝粗三性状具有显著的种源效应，种源和区组互作也占了总变异的较大部分。种源间未发现分枝角这性状的显著差异性。

表1 木材、生长和分枝性状的方差组成(方差分量和所占比例)

项 目	区 组 ( $\sigma_b^2$ )	种 源 ( $\sigma_p^2$ )	区组×种源( $\sigma_{bp}^2$ )	机 误 ( $\sigma_e^2$ )
木材密度	0.000 072 1** (8.29)	0.000 018 9 (2.18)	0.000 136 4* (15.70)	0.000 641 6 (73.83)
管胞长度	0.000 101 8 (0.26)	0.000 726 3 (1.85)	0.003 559 1 (9.04)	0.034 968 5 (88.85)
树 高	0.101 178 4** (30.56)	0.014 605 6* (4.41)	0.060 084 1** (18.15)	0.155 250 0 (46.88)
胸 径	0.036 220 4 (4.21)	0.217 807 5** (25.29)	0.224 798 9** (26.11)	0.382 269 2 (44.39)
分 枝 粗	0.013 033 5* (7.11)	0.017 802 7** (9.71)	0.029 812 7** (16.26)	0.122 692 3 (66.92)
分 枝 角	0 (0)	3.068 269 2 (2.82)	4.724 423 1 (4.34)	101.057 692 3 (92.84)

注：\*——5%显著水平； \*\*——1%显著水平(下同)。

从表2列出的各性状有关的遗传参数值中也可以看出木材密度、管胞长度、高径生长和分枝性状在种源间的变异性。这里还提供了种源选择时估算各性状遗传增益的广义遗传力值，树高、胸径和分枝粗的广义遗传力值较高，而木材密度、管胞长度和分枝角的遗传力值较低。

表 2 木材、生长和分枝性状的有关遗传参数

项 目	木 材 密 度 (g/cm <sup>3</sup> )	管胞长度 (mm)	树 高 (m)	胸 径 (cm)	分 枝 粗 (cm)	分 枝 角 (度)
平均 值	0.364 8	2.00	4.07	4.69	2.14	58.7
变 异 幅 度	0.345 4~0.389 0	1.90~2.18	3.67~4.49	3.84~6.19	1.80~2.61	52.0~63.5
遗 传 变 异 系 数	1.19	1.35	2.97	9.95	6.23	2.98
广 义 遗 传 力	0.171 0	0.147 2	0.346 5	0.723 6	0.494 0	0.217 3

据全国马尾松种源试验协作组的研究报道, 马尾松生长、分枝、开花结实性、物候和适应性等性状, 大多呈现随纬度变化的倾群变异模式, 体现了气候生态条件在南北地理上的渐变, 性状的变异一般与产地经度无关<sup>[6]</sup>。从本文结果来看(表 3), 生长和分枝性状的变异是符合这一结论的, 而幼龄材木材密度和管胞长度与产地纬度相关性不大, 无一定的地理变异规律可寻。除胸径外我们未发现产地温度和降雨量对性状的显著效应。

表 3 各性状与产地经纬度、气象因子的相关

项 目	木材密度	管胞长度	树 高	胸 径	分 枝 粗	分 枝 角
纬 度	0.312 2	0.255 9	-0.423 9*	-0.695 6**	-0.399 5*	0.462 5*
经 度	-0.174 7	-0.333 3	0.093 4	0.142 1	0.264 4	0.225 4
年 均 温	-0.123 8	-0.212 8	0.295 0	0.386 2*	0.225 6	0.015 2
年 雨 量	-0.302 3	-0.224 7	0.183 0	0.382 9*	0.300 4	-0.263 3

### (二) 木材密度、管胞长度与生长、分枝性状的相关

通过分析我们发现木材密度与高径生长呈显著的负相关( $r = -0.586 9$  和  $r = -0.475 9$ ) (表 4), 这说明通过对高木材密度树木的选择会对其生长产生负效应, 或者通过遗传选择增加生长量会导致木材密度的降低。然而, 虽然在种源水平上木材密度和高径生长存在着

表 4 木材密度、管胞长度与生长、分枝性状的表型相关

	树 高	胸 径	分枝粗	分枝角
木材密度	-0.586 9**	-0.475 9*	-0.475 4*	0.022 6
管胞长度	-0.263 3	0.393 3*	-0.377 7	0.248 3

这种负相关, 但在所研究的种源中有不少生长迅速, 木材密度值又较高的种源和个体。我们以当地淳安种源作对照, 列出了高、径和木材密度值都较高的 13 个种源的一些参数值(表 5), 可以看出在每一种源内, 木材密度和高径生长的相关关系或正或负, 除个别外大多数不显著, 甚至两者不存在相关。这意味着在种源内木材密度的选择和高径的选择是相互独立的。

由表 4 还可以看出管胞长度与胸径生长呈显著正相关, 与高生长相关性不显著。木材密度与分枝粗呈显著的负相关( $r = -0.475 4$ ); 而木材密度与分枝角、管胞长度与分枝粗和分枝角相关都不显著甚至不相关。

## 三、讨 论

(一) 据报道大多数松类其天然林或人工林群体木材密度和管胞长度都有随地理经纬度变化的趋势<sup>[6]</sup>, 如新西兰辐射松, 纬度每增高 1°, 其木材密度下降 0.1 g/cm<sup>3</sup>, 海拔每升高

表5 高径生长和木材密度值都大于对照的13个种源的若干参数

种源	木材密度与高径生长的相关系数 ( $r$ )		性状值(标准差)		
	木材密度×树高	木材密度×胸径	木材密度( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	树高(m)	胸径(cm)
陕西城固	-0.3104	-0.3458	0.3816(0.0357)	3.84(0.43)	3.86(0.64)
安徽屯溪	-0.4476	-0.8371**	0.3635(0.0380)	3.95(0.44)	4.41(0.51)
浙江庆元	-0.4695	-0.1749	0.3752(0.0320)	3.95(0.43)	4.49(0.88)
湖南慈利	-0.0340	-0.2438	0.3717(0.0214)	4.07(0.39)	4.66(0.76)
湖南安化	0.2939	-0.0452	0.3697(0.0273)	3.87(0.56)	4.31(0.92)
湖北远安	-0.0545	-0.3087	0.3746(0.0186)	4.06(0.37)	4.47(0.50)
福建仙游	0.1034	-0.1057	0.3638(0.0280)	4.14(0.50)	4.34(0.59)
广东信宜	0.4175	0.4104	0.3633(0.0286)	4.40(0.60)	5.54(0.76)
广东高州	-0.2588	-0.6660*	0.3795(0.0528)	3.99(0.25)	5.07(0.61)
广西南明	-0.1996	-0.2358	0.3668(0.0262)	4.04(0.62)	5.17(0.98)
贵州黄平	0.3856	-0.3943	0.3693(0.0452)	4.18(0.36)	4.36(0.62)
四川蒲江	-0.3911	-0.3180	0.3740(0.0268)	3.93(0.47)	3.90(0.69)
四川古蔺	-0.0245	-0.3219	0.3692(0.0202)	3.98(0.62)	4.46(0.84)
浙江淳安(对照)	0.0493	-0.4204	0.3628(0.0223)	3.77(0.56)	3.84(0.84)

100m,木材密度增加 $0.01\text{ g}/\text{cm}^3$ <sup>[7]</sup>,然而木材密度和管胞长度这种变异一般是由环境影响所致,如加勒比松在非洲南部沿海地区木材密度变得极低,而湿地松变高<sup>[8]</sup>。在对辐射松和美国梧桐种源试验的研究发现,木材密度和管胞长度在种源间差异不显著,种源差异仅占群体总变异的极小一部分<sup>[9,10]</sup>,本文结果也与之类似。两木材性状的种源效应不显著,且无一定的地理变异规律,主要变异来源于种源内差异。据对马尾松天然林和人工林群体的研究表明,木材密度和管胞长度个体间差异很显著,其变异分别占群体总变异的40%和20%,林分间似乎无显著差异<sup>[2]</sup>,因此认为对马尾松幼龄材有关材性的选择应着重于个体变异这一层次。当考虑到生长等性状的改良时,可以制定这样的选择育种程序:首先选择那些生长迅速、材积生长量大和适应性强的种源,然后在选出的种源内按生长量和木材性状双重因子作个体选择。在个体选择时应考虑到两因子的相对重要性,有时宁可损失部分的材性增益,而不应漏选那些生长极迅速材性一般的种源和个体。

(二)木材性状与生长性状的关系,历来受到研究人员的重视,因为它与材性的遗传改良和森林经营密切相关。据对众多的针叶树种的研究表明,木材密度与生长速率相关不显著或互为独立,而管胞长度与生长速率多为负相关<sup>[11,12]</sup>。本文研究虽然发现马尾松幼龄林在种源水平上木材密度和高径生长呈显著的负相关,但在种源内个体水平上的相关性不显著甚至不相关,种源内对生长性状的选择和木材密度的选择互为独立。本研究还表明,木材密度和管胞长度与分枝粗呈显著负相关,这表示通过选择分枝较细的树木能在某种程度上提高木材密度和管胞长度值。并且分枝细的树木节疤也小,应压木(Compression wood)含量也低。然而由于造纸工业中纸浆材种类很多,对原材料的要求不一,应视不同目的选择不同木材密度的遗传材料。在这一方面。可以认为通过遗传手段或环境措施对树木的分枝习性等的间接选择将是有效的。

## 参 考 文 献

- [1] Jett, J. b. et al, 1982, Place of wood specific gravity in the development of advanced-generation seed orchards and breeding programs, *South. J. of Applied For.*, 6(3):177~180.
- [2] 王章荣等, 1988, 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, (2): 38~42.
- [3] 周志春等, 1988, 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, (4): 52~60.
- [4] Smith, D. M., 1954, Maximum moisture content method for determining specific gravity of small wood samples, USDA, For. Serv., *For. Prod. Lab.*, Rep. 2014.
- [5] 全国马尾松种源试验协作组, 1987, 马尾松种源变异与种源区划的研究, 亚热带林业科技, 15(2): 81~89.
- [6] Burley, J., 1982, Genetic variation in wood properties, In "New perspectives in wood anatomy", edited by Baas.
- [7] Harris, J. M., 1965, A survey of the wood density, tracheid length and latewood characteristics of radiata pine grown in New Zealand, *For. Res. Insti., N. Z. For. Ser. Tech. Pap.*, 47.
- [8] Zobel, B. J. et al., 1984, Applied forest tree improvement, John Wiley & Sons, New York.
- [9] Matziris, D. I., 1979, Variation of wood density in radiata pine grown from four seed sources at two sites in Greece, *Silvae Genetica*, 28:104~106.
- [10] Land, J. S. B. et al., 1982, Genetic, site, and within-tree variation in specific gravity and moisture content of young sycamore trees, *Tappi Res. and Dev. Div. Conf.*, 139~145.
- [11] Bendtsen, B. A., 1978, Properties of wood from improved and intensively managed trees, *For. Prod. J.*, 28(10):61~72.
- [12] Spurr, S. H. et al., 1954, Growth rate and specific gravity in conifers, *J. of For.*, 52:191~200.

## GEOGRAPHICAL VARIATION AND CORRELATION IN SPECIFIC GRAVITY AND TRACHEID LENGTH OF JUVENILE WOOD OF MASSON PINE

Zhou Zhichun    Jin Guoqing    Qin Guofeng

(The Research Institute of Subtropical Forestry CAF)

**Abstract** From the study on juvenile wood properties of 26 provenances of masson pine, we found that the effects of provenance variation were small for wood specific gravity (SG) and tracheid length (TL), and differences within provenance were the main sources of variation of both traits. There appeared no latitude-oriented variant model for SG and TL. Because of stronger negative correlation at provenance level and no significant correlation at individual level within provenance between SG and growth rate of height and diameter, we should tentatively select the provenances with high growth rate, and then select individuals based on growth rate and wood traits within provenance selected. Indirect selection cannot be ignored in the program of wood property improvement.

**Key Words** juvenile wood of *pinus massoniana*; wood specific gravity; tracheid length; geographical variation; character correlation