

# 马尾松不同种源矿质营养与生长相关性分析\*

季孔庶 陈天华 王章荣 邹永梅

(南京林业大学森林资源与环境学院, 南京 210037)

**摘要** 运用电感耦合等离子直读光谱仪(ICP),测定相同立地上马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.) 10个种源针叶内25种矿质营养元素含量的变异,分析矿质元素含量与树高、胸径生长量的相关性,认为利用常绿针叶树种休眠期内矿质元素含量的相对稳定性研究马尾松矿质营养水平是可靠的。矿质营养与产地经、纬度呈负相关。广东和广西的种源可作为江苏地区今后推广马尾松的主要种源。马尾松针叶内钙和锌含量可作为马尾松树高和胸径生长量的预测因子。初步认为马尾松属于高钙吸收和高锌利用型树种。

**关键词** 马尾松;地理种源;矿质营养;树高和胸径生长量

**Correlation analysis between mineral nutrition and growth of *Pinus massoniana* Lamb. from different provenances** Ji Kong-Shu, Chen Tian-Hua, Wang Zhang-Rong and Zou Yong-Mei (College of Forestry Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037), *J. Plant Resour. & Environ.* 1997, 6(3): 19~22

Twenty-five mineral elements in needles of *Pinus massoniana* Lamb. from 10 provenances planting in the same place were measured with inductively coupled plasma quantometer (ICP). Correlation between the contents of mineral elements and the growth of height and diameter was analysed. The results indicated that using the stability contents of mineral elements of ever-green conifers during dormancy to analyse the level of mineral nutrition of *Pinus massoniana* Lamb. was reasonable. Mineral nutrition negatively correlated with the latitude and longitude of the provenances. The provenances from Guangdong and Guangxi could be the suitable provenance for planting in Jiangsu. Contents of Ca and Zn in the needles could be the early predication factors for the growth of height and diameter by stepwise analysis. Preliminarily, *Pinus massoniana* Lamb. was one kind of high-Ca-absorption and high-Zn-utilization species.

**Key words** *Pinus massoniana* Lamb.; provenance; mineral nutrition; growth of height and diameter

林木矿质营养遗传改良的目标在于从变异性的种群中发现高效营养基因型,使其在特定生境中自然供肥(或合理施肥),最终提高其生长速率,并为遗传改良提供早测因子。实现此目标,必须完成两方面基础工作,其一是研究矿质营养变异,找出种群的变异规律。其二是研究矿质营养与生长的相关性,确定与生长密切相关的元素。关于林木生长与矿质元素相关性,Evers和Bücking<sup>[1]</sup>已报道花旗松和欧洲赤松生长速率分别与针叶内钾和镁浓度存在密切相关性。王华芳等<sup>[2]</sup>指出,侧柏高生长与其针叶内的锌和钾浓度存在密切相关性。

\* 国家“八五”科技攻关项目马尾松专题资助。

得到本校基础科部黄剑龄教授和江苏省林业科学研究所汪企明研究员的帮助,谨此致谢!

收稿日期 1997-03-04

季孔庶等<sup>[3]</sup>首次分析了马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.) 10个种源休眠期针叶内15种矿质元素,发现9种元素含量在种源间存在不同程度的显著性差异。这些差异反映到其生长量上结果会怎样呢?本文进一步分析该10个种源25种矿质元素全年不同月份含量总平均值的变异,及其与全年生长量的相关性,为深入开展马尾松遗传改良和合理施肥提供理论参考。

## 1. 材料和方法

### 1.1 采样种源林及原产地环境概况

采样马尾松种源林位于南京市江宁县东善桥林场内,北纬31°51',东经118°45',年均温15.2℃,年降水量1115.0 mm,土壤为黄砂土,pH 5.5。该种源林1983年容器育苗,1984年造林。据种源区划分<sup>[4]</sup>,选择了10个种源。采样的各种源马尾松原产地环境概况见表1。

表1 马尾松采样种源的原产地地理位置

Tab 1 Situation of the origin of sampling provenances of *Pinus massoniana* Lamb.

种源 Provenance	纬度 Latitude	经度 Longitude	年均温(℃) Mean annual temperature	年降水(mm) Annual precipitation
北带 陕西城固 Shanxi Chenggu	33.32	107.50	14.40	759.6
安徽霍山 Anhui Huoshan	31.70	116.30	15.00	1254.0
中带 贵州德江 Guizhou Dejiang	26.25	108.12	15.90	1287.6
江西吉安 Jiangxi Ji'an	27.08	114.92	18.00	1455.0
浙江庆元 Zhejiang Qingyuan	27.82	118.98	16.70	1604.5
南带 广西忻城 Guangxi Xincheng	24.05	108.63	20.70	1448.5
广西恭城 Guangxi Gongcheng	24.83	110.82	19.80	1298.0
广西南明 Guangxi Ningming	22.13	107.13	20.50	1304.8
广东高州 Guangdong Gaozhu	21.90	110.35	22.60	1709.2
广东信宜 Guangdong Xinyi	22.35	110.93	22.30	1768.1

### 1.2 样品制备、矿质含量测定和生长量测定

于1995年按单月(1,3,5,7,9,11月)采样。从马尾松10个种源中选生长较一致平均木各3株,每株作为一个重复,每次在向阳部位的相似轮枝高度上,采集当年生小枝5个。剔除破损及病虫害针叶,依次用3%的洗剂、自来水和去离子水冲洗干净,晾干存放。用不锈钢剪刀将针叶剪碎备用。样品前处理和矿质含量测定方法见参考文献[3]。

实测马尾松各种源1995年度单株树高和胸径生长量,得树高和胸径的平均生长量。

### 1.3 数据处理与统计分析

统计全年各元素的总平均含量及变异系数。分析元素含量与原产地经、纬度间的相关关系。以25种矿质元素含量平均值作为自变量,高和胸径生长量平均值作为因变量,采用叶志宏的SPQG软件进行多对多逐步回归分析。

## 2. 结果与讨论

### 2.1 不同种源矿质元素总平均含量分析

马尾松10个种源针叶内1995年度各单月的25种矿质元素测定结果表明,铍、钼、砷和硒元素含量与休眠期<sup>[3]</sup>的相似,仍低于ICP测定范围,5月份镉含量和7月份铬含量均低于ICP

测定范围,故表2仅统计另外19种元素的总平均含量及变异系数。其结果与休眠期相比,除锰、锂和铜元素含量的排序略靠前外,其余元素含量排序与休眠期的一致。且各元素在不同种源间的分化系数大小也基本与休眠期的一致。进一步证实运用休眠期针叶内矿质元素含量的相对稳定性来分析树体矿质营养水平的可靠性<sup>[1]</sup>。

表2 马尾松针叶内矿质元素含量与变异系数

Tab 2 Contents and coefficient of variation of the mineral elements in needles of *Pinus massoniana* Lamb.

序号 No.	元素 Element	平均值 Average ( $\mu\text{g/g}$ )	变异系数 CV (%)	序号 No.	元素 Element	平均值 Average ( $\mu\text{g/g}$ )	变异系数 CV (%)	序号 No.	元素 Element	平均值 Average ( $\mu\text{g/g}$ )	变异系数 CV (%)
1	钾 K	5571.087	24.06	8	硅 Si	171.168	41.37	14	钡 Ba	8.877	122.57
2	钙 Ca	3599.913	48.75	9	铁 Fe	59.878	25.71	15	镍 Ni	6.473	59.61
3	镁 Mg	1373.100	14.47	10	锂 Li	30.016	90.57	16	钛 Ti	4.403	46.86
4	磷 P	1052.317	71.51	11	锌 Zn	21.562	22.74	17	铅 Pb	2.330	60.56
5	铝 Al	206.002	48.55	12	铜 Cu	13.497	46.65	18	钴 Co	1.028	56.69
6	锰 Mn	189.723	55.52	13	锶 Sr	11.908	57.88	19	钒 V	0.288	74.82
7	钠 Na	175.570	50.78								

## 2.2 矿质元素含量与产地经、纬度的相关分析

为研究栽培于相同立地上马尾松不同种源间各种矿质元素含量的变异规律,计算各种元素含量与各种源原产地经、纬度的相关性,发现钾、镁、锰、镍、钴、钡和锂的含量与经、纬度相关不密切,磷、铁、铜、锌、铝、硅、铅、钛和钒含量与纬度相关不密切,镉和铬含量与经度相关不密切,其余元素含量与经、纬度有一定相关性(表3)。由表3可见,除铬外,钙、钠、镉、锶含量与纬度均成负相关;除磷外,钙、铁、铜、锌、铝、钠、硅、铅、锶、钛、钒含量与经度成负相关。进一步确证了季孔庶等<sup>[3]</sup>的结论,马尾松针叶内多数矿质元素的含量呈南北和东西走向,即南部种源的含量高于北部种源,西部种源含量高于东部种源。

表3 马尾松针叶内各元素含量与产地经、纬度的相关分析

Tab 3 Correlation analysis for the contents of mineral elements in needles with latitude and longitude of the provenances of *Pinus massoniana* Lamb.

元素 Elements	相关系数 Correlated coefficient		元素 Elements	相关系数 Correlated coefficient		元素 Elements	相关系数 Correlated coefficient	
	纬度 Latitude	经度 Longitude		纬度 Latitude	经度 Longitude		纬度 Latitude	经度 Longitude
磷 P	-	0.6239	铝 Al	-	-0.5748	铬 Cr	0.5336	-
钙 Ca	-0.6341	-0.7573	钠 Na	-0.5446	-0.5156	锶 Sr	-0.5127	-0.5112
铁 Fe	-	-0.7975	硅 Si	-	-0.6879	钛 Ti	-	-0.6901
铜 Cu	-	-0.5538	镉 Cd	-0.6572	-	钒 V	-	-0.5945
锌 Zn	-	-0.7855	铅 Pb	-	-0.7071			

## 2.3 不同种源树高和胸径生长量分析

马尾松10个种源树高和胸径平均生长量列于表4,可见,南方种源树高和胸径生长量均比北方的大,种源间生长量的变异系数都很高,说明种源间生长量的变异程度较大。由表4可见广东和广西种源的生长量均较大,其中以广西恭城生长量为最大,表明两广种源在江苏地区推广具有一定的前景,可作为重点推广种源。

表4 马尾松各种源树高、胸径生长量平均值及变异系数  
Tab 4 Average growth and CV of height and DBH of  
10 *Pinus massoniana* Lamb. provenances

种源 Provenance	生长量平均值 Average growth	
	树高(m) Height	胸径(cm) D. B. H.
陕西城固 Shanxi Chenggu	0.36	0.45
安徽霍山 Anhui Huoshan	0.37	0.64
贵州德江 Guizhou Dejiang	0.41	0.40
江西吉安 Jiangxi Ji'an	0.38	0.49
浙江庆元 Zhejiang Qingyuan	0.47	0.52
广西忻城 Guangxi Xincheng	0.67	0.81
广西恭城 Guangxi Gongcheng	0.81	1.12
广西南明 Guangxi Ningming	0.64	0.89
广东高州 Guangdong Gaozhou	0.68	0.78
广东信宜 Guangdong Xinyi	0.77	0.70
变异系数 CV (%)	94.91	99.69

## 2.4 矿质元素含量与生长量的相关性分析

将19种矿质元素的含量与树高胸径生长量作逐步回归分析,结果仅有钙和锌被引入回归方程:  $Y_h = 0.7547 + 3.1120 \times 10^{-4} X_{Ca} - 6.1171 \times 10^{-2} X_{Zn}$  其复相关系数  $R = 0.9541$ 。  $Y_d = 1.9837 + 3.4451 \times 10^{-4} X_{Ca} - 0.1180 X_{Zn}$  其复相关系数  $R = 0.9474$ 。说明测定到的19种矿质营养元素仅钙和锌的含量与马尾松的高生长和胸径生长有密切的相关性,即针叶内钙和锌的含量可作为马尾松高生长和胸径生长的预测因子。

从回归方程可知,针叶内钙含量与生长量呈正相关,而锌与之呈负相关。钙在植物体内的转移能力较弱,其在韧皮部的运输能力极低,且矿质元素在韧皮部运输以下行为主<sup>[5]</sup>,而其

在木质部的运输主要依靠蒸腾作用。由于针叶结构特殊,决定了其蒸腾作用相对低弱。因此按常规,马尾松体内的钙应积聚在老叶内,而本次测定的材料为当年生小枝,结果却发现钙含量相对较高,且与树高、胸径生长量呈正相关。由此初步认为马尾松对钙的吸收和转移能力可能较强。适当施钙是否有利于提高其生长量,有待进一步分析土壤因子及进行盆栽试验,得出可靠结论。本次分析结果同时暗示着生长量大的地理种群,由于新陈代谢能力强,其叶片的蒸腾作用强度可能相对较大,造成钙在体内的运输能力增强,使当年生嫩叶内的含量升高。锌在植物体内的运输能力极强,因此主要分布在嫩叶内,而本次测定却发现马尾松当年生小枝针叶内含锌量与生长量呈负相关,由此初步推测马尾松属于锌高效利用型植物,特别是一些生长量大的地理种群,其个体的旺盛生长发育,致使吸收到的锌被高效利用,而转移至嫩叶的数量相对较少,从而造成含量与生长量呈负相关。

钙和锌在马尾松体内的作用机理有待进一步利用盆栽试验加以揭示,如果能证实上述推论,那么在马尾松遗传改良中筛选钙高效吸收型和锌高效利用型的种群是可行的。

## 参 考 文 献

- 1 Cannel M G R, Last F T 著. 熊文愈, 吴贯明译. 树木生理和遗传改良. 北京: 中国林业出版社, 1981. 256~270.
- 2 张颂云主编. 主要针叶树种应用遗传改良论文集. 北京: 中国林业出版社, 1990. 185~203.
- 3 季孔庶, 邹永梅, 陈天华等. 不同种源马尾松灰分矿质营养变异的研究. 南京林业大学学报, 1996, 20(1): 22~25.
- 4 全国马尾松种子园课题协作组著. 马尾松种子园建立技术论文集. 北京: 学术书刊出版社, 1990. 86~92.
- 5 Kramer P J, Kozlowski T T 著. 汪振儒译. 木本植物生理学. 北京: 中国林业出版社, 1985. 399~480.

(责任编辑: 惠 红)