

# 大气污染条件下马尾松针叶 营养元素变化的研究\*

张萍 杨光滢 李柏忠

**关键词** 大气污染、马尾松、营养元素

大气污染条件下森林衰亡的研究,自70年代中期以来为国内外学者所重视<sup>[1~3]</sup>;对酸性降水与马尾松林衰亡的研究指出,酸雨、酸雾等酸性降水,加上SO<sub>2</sub>等酸性干沉降的长期胁迫,可以导致马尾松机能失调,组织破坏和生长不良<sup>[4]</sup>。

重庆南山区大气污染严重,本研究通过对污染区及正常区马尾松林分针叶,进行了常量及微量元素含量对比分析,由元素含量变化,探讨大气污染对马尾松针叶变化以及林分生长的影响。

## 1 研究地区概况

研究地点选择在四川重庆南山,重庆市地跨28°21'~30°26' N和105°17'~104°04' E之间,东西宽约208 km,南北长220 km,位于大巴山之余脉,大娄山之北麓,四川盆地的东南角,长江和嘉陵江的汇合处。

### 1.1 气候

重庆属中亚热带湿润季风气候,主要特点是冬暖夏热、无霜期长,降水丰富但分配不均,多云雾、少日照、风速小、湿度大、雨季长,雨日多,形成了酸雨的有利条件。

### 1.2 地形

地貌呈现东北—西南的长条状山脉、地势东南高西北低,向斜形宽谷,迂回曲折的河谷,重重迭迭的山脉,阻滞了气流的运动,使SO<sub>2</sub>及NO<sub>x</sub>等污染物质郁积谷底,随着时间的推移,浓度日益增高,再被云层捕获,在云中发生一系列化学变化,经过成雨过程随雨水下落形成酸雨。因此,这里地势崎岖、地形封闭是酸雨产生的温床。

### 1.3 土壤

以酸性土壤为主,北碚缙云山马尾松—映山红—铁芒箕植物群落下的黄壤,pH4.0~4.7,南山林场马尾松林下土壤pH3.6~3.8,呈强酸性反应,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>含量很低,0.1~0.3 g·kg<sup>-1</sup>,大气中碱性微尘缺乏,缺乏碱性缓冲物质,雨水中的酸性物质失去中和作用,也是产生强酸性雨的另一原因。

### 1.4 林分

南山原有森林约2 000 hm<sup>2</sup>,大部分为马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)纯林,1982年起发现马尾松死亡现象,并从零星死亡发展为成片死亡。

1995—03—30 收稿。

张萍副研究员,李柏忠(中国林业科学研究院森林生态环境研究所 北京 100091);杨光滢(中国林业科学研究院林业研究所)。

\* 本研究是中国林业科学研究院1993~1994年院基金资助项目。

## 2 研究方法

### 2.1 样品采集

2.1.1 采集地点 大气污染区马尾松针叶采自重庆南山;正常生长对照区马尾松针叶采自重庆缙云山。

风向与气流对大气污染物的扩散、迁移、富集有极大影响。主导风下风方向污染物浓度高。本研究的大气污染区设在位于重庆市长江南岸的南山,正处于下风方向;正常生长对照区选自同南山区地理上相近、立地条件近似的缙云山自然保护区,该区位于主导风上风方向,未受污染影响。

2.1.2 采样方法 样品观察采集点共设20个,其中重庆南山大气污染区的亭子山10个,重庆北碚缙云山正常生长对照区的尖顶坡(黛湖)10个;供试树种马尾松树龄均为14~16 a,针叶采自树冠中部向阳面当年生针叶;采集时间为生长停止前的10月份(1993年);样品采集后当即在烘箱内杀青10 min,并在60℃烘箱内烘干备用。

2.1.3 污染分级 根据有关文献<sup>[5-7]</sup>和试验地立地以及马尾松树冠形态、颜色将污染等级分为A、B、C 3级。

(1)树冠变稀程度:

- |                 |                  |
|-----------------|------------------|
| A 树冠密度正常        | A' 树冠密度减少10%~20% |
| B 树冠密度减少21%~60% | C 树冠密度减少61%以上    |

(2)树冠结构:

- |                |                      |
|----------------|----------------------|
| A 顶梢直且生长速度高    | B 顶梢有弯曲现象,生长速度受到一定影响 |
| C 顶梢弯曲变形,生长速度低 |                      |

(3)树冠褪色(范围和强度):

- |            |             |
|------------|-------------|
| A 全绿       | B 部分部位有黄化现象 |
| C 严重的大面积黄化 |             |

重庆南山大气污染区采样林分均属上述3项内容的C级,而缙云山正常生长对照区采样林分均属A级。

### 2.2 样品测定方法

(1)植物常量营养元素测定项目:N、P、K、Na、Ca、Mg。

(2)植物微量元素测定项目:Mn、Zn、Cu、Fe。

测定方法参照森林土壤分析方法(第八分册),森林植物与森林枯枝落叶层分析(GB7884~7891-87),国家标准局发布(1987年)。

## 3 研究结果

### 3.1 大气污染区与正常生长对照区的马尾松针叶营养元素的变化

大气污染区大气中SO<sub>2</sub>含量严重超标,雨水中pH值平均为4.2~4.4,最低为3.6~4.0,酸雨频率高,雨水中以SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>离子最多。年平均雾日90 d以上,雾水也是pH值低和含SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>离子最多。从马尾松针叶分析结果(表1)可知:大气污染区与正常生长对照区马尾松针叶10种营养元素含量中,大气污染区马尾松针叶中Fe的累积极显著,相当于正常生长对照区的5倍

左右,Zn、Ca 的累积也比较显著,而 Mn、Cu、Na、Mg 变化不显著;由于大气污染区空气中  $\text{NO}_x$  含量增加,而反映在马尾松针叶中 N 的含量增加并不显著;另一方面,大气污染区马尾松针叶内 P、K 的含量却明显减少。由此可知,大气污染区马尾松针叶内 P、K 的缺乏,是导致马尾松生长不良的原因之一。

表 1 大气污染区与正常生长对照区马尾松针叶营养元素比较

元 素	重庆南山亭子山(污染区)			重庆缙云山尖顶坡(对照区)			显著性水平
	平均值	最小	最大	平均值	最小	最大	
N( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	12.062	10.090	18.179	10.446	9.676	12.773	ns
P( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	0.715	0.605	0.813	0.921	0.596	1.229	**
K( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	7.046	4.750	8.259	9.343	5.029	11.956	**
Na( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	0.105	0.063	0.158	0.088	0.032	0.171	ns
Ca( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	7.101	4.152	10.494	4.230	2.331	7.741	**
Mg( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	1.146	0.803	1.465	0.885	0.654	1.515	*
Mn( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	491.5	240.0	770.0	384.8	290.0	495.0	ns
Zn( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	129.0	85.0	192.5	85.3	47.5	130.0	**
Cu( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	10.8	7.5	15.0	10.3	7.5	15.0	ns
Fe( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	1460.9	1131.2	1958.7	292.2	196.2	491.2	***

注:差异显著性水平表示如下:\*\*\*,  $P < 0.001$ ; \*\*,  $P < 0.01$ ; \*,  $P < 0.05$ ; ns,  $P > 0.05$ 。

### 3.2 大气污染对马尾松针叶的影响

大气污染对马尾松的危害首先表明在同化器官的针叶上,受害后针叶的典型症状是针叶长度变短、叶色褪绿变浅,针叶顶部出现黄褐色坏死斑,并逐渐向叶基部扩展至整个针叶,最后针叶枯萎脱落。大气污染区马尾松针叶长度要比正常生长对照区平均短 2.2 cm,黄叶百分数平均高 10%(见表 2)。

表 2 大气污染区与正常生长对照区马尾松针叶形态比较

测 定 地 点	针叶长度(cm)			平均黄叶(尖黄+枯斑) 占总针叶百分数(%)
	最 长	最 短	平均值	
重庆南山亭子山(污染区)	17.0	9.6	12.9	15
重庆缙云山尖顶坡(对照区)	18.0	12.5	15.1	5

### 3.3 大气污染对马尾松生长的影响

大气污染(酸雨、酸雾等酸性降水,加上  $\text{SO}_2$  等酸性沉降物)可以导致马尾松机能失调,组织破坏和生长不良,如此若干年后,濒危马尾松往往死于暑旱或虫害。大气污染区 16 年生马尾松树高仅为 8 m,胸径为 11.0 cm;而正常生长对照区 14 年生马尾松树高为 16 m,胸径为 21.3 cm(表 3)。从相同立地条件、相同树龄的林分相比,大气污染区马尾松的生产力损失初步估算约为 -50%,其净生产量正常生长区约为大气污染区的 2~3 倍。

表 3 大气污染区与正常生长对照区马尾松生长比较

测 定 地 点	树 龄 (a)	树 高(m)			胸 径(cm)		
		最大	最小	平均值	最大	最小	平均值
重庆南山亭子山(污染区)	16	10.5	4.7	8.0	14.2	6.4	11.0
重庆缙云山尖顶坡(对照区)	14	19.3	10.0	16.0	25.2	13.9	21.3

## 参 考 文 献

- 1 Zech W, Suttner Th, Popp E. Elemental analyses and Physiological responses of forest trees in SO<sub>2</sub>-polluted areas of Ne-Bavaria. *Water, Air, and Soil Pollution*, 1985,25(2):175~183.
- 2 Huettl R F, Mehne B M. 'New Type' of forest decline, nutrient deficiencies and the 'virus' hypothesis. *Proceedings of European Symposium Effects of 'Air Pollution on Terrestrial and Aquatic Ecosystems'*. Grenoble, France, 1987. 870~875.
- 3 Huettl R F. Liming and fertiozation as mitigation tools in declining forest ecosystems. *Water, Air, and Soil Pollution*, 1989,44(1~2):93~118.
- 4 刘厚田,杜晓明,张维平. 重庆南山的酸性降水与马尾松林衰亡. 见:中国林学会主编. 酸雨与农业. 北京:中国林业出版社,1989. 140~146.
- 5 Ling K A, Power S A, Askmore M R. A survey of the health of *Fagus sylvatica* in southern Britain. *J. Applied Ecology*, 1993,30:295~306.
- 6 Erich Müller, Hans Rudolf Stierlin. Sanasilva tree crown photos with percentages of foliage loss. Birmensdorf; Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. CH-8903,1990.
- 7 EEC. Diagnosis and classification of new types of damage affecting forests. München; Allgemeine Forst Zeitschrift Dr. Franz Bauer. BLV Verlagsgesellschaft, 1984.

## Study on the Change of Needle Nutrient Element of Masson Pine under atmospheric Pollution

Zhang Ping Yang Guangying Li Baizhong

**Abstract** A comparison was made between a masson pine stand under atmospheric pollution with the one in a normal area and the content of needle nutritional elements(N,P,K, Na,Ca,Mg,Mn,Zn,Cu,Fe)of masson pine. P,K deficiency in needles in air pollution area are significant, but Fe in needles in pollution area is five times as much as that in the normal area. The mean needle length of masson pine in pollution area is shorter than that in the normal area and the percentage of yellow needles is higher. The productivity loss is about 50% by preliminary assessing.

**Key words** atmospheric pollution, masson pine, nutrient element

---

Zhang Ping, Associate Professor, Li Baizhong(The Research Institute of Forest Ecology and Environmental Science, CAF Beijing 100091);Yang Guangying(The Research Institute of Forestry, CAF ).