

胚胎的最低影响浓度(LOEC)为 0.0035mg/L, 无影响浓度(NOEC)为 0.00175mg/L, 仔鱼比鱼卵敏感。

2. 苯胂对斑马鱼胚胎及仔鱼有明显的毒性, 对胚胎的 LOEC 为 0.0078mg/L, NOEC 为 0.0039mg/L; 对仔鱼的 LOEC 为 0.00098mg/L, NOEC 为 0.00049mg/L, 仔鱼比鱼卵敏感。

3. 胂与苯胂对斑马鱼的安全浓度分别为 0.00175mg/L (胂)及 0.00049mg/L(苯胂), 苯胂明显比胂的毒性大。

4. 斑马鱼的胚胎和仔鱼对有毒化学品毒性

很敏感, 本方法是一个能反映毒物对鱼类长期毒性效应的快速实验技术, 值得推广使用。

### 参 考 文 献

- 1 Velte J S. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 1980, **33**: 598
- 2 Slonim A R. *Water Research.* 1977, **11**: 889
- 3 Henderson V & J W Fisher et al. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 1981, **26**: 807
- 4 Goran D & R Xiu. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 1991, **21**: 126
- 5 SIS (Standardiseringskommissionen I Sverige). *Svensk Standard ss 028193*, 1988, P. 12 (Swedish Standard ss 028193)

## 马尾松苗期体内铝离子存在方式、形态和分布\*

高 吉 喜      曹 洪 法

(中国环境科学研究院生态所, 北京 100012)

**摘要** 本文用溶液培养方法研究铝在马尾松幼苗体内的存在方式、形态及其分布。结果表明, ①松苗吸收的铝主要积累于根部, 只有少量的铝转移至地上部分; ②针叶内铝离子主要以束缚态的方式存在, 根内束缚态与自由态的存在比例大致相当; ③铝离子在表面自由空间大部分以三价铝离子的形态存在, 其中针叶内约占 63—85%, 根内占 41—67%; ④铝离子在根组织内的含量以外皮层为最高, 中柱最低, 呈现为从内向外增多的分布状态。

**关键词** 马尾松, 铝离子, 形态, 分布。

大量文献报道表明, 土壤酸化引起的铝毒可能是森林衰退的重要原因之一。为此, 国内外相继开展了铝对森林树种的影响研究, 并取得了不少重要结论<sup>[1-4]</sup>。目前的工作主要集中在铝对树木生长发育的影响, 有关铝对树种毒害机理的研究却未曾见报道。笔者选择我国酸雨区的主要人工林, 也是我国酸雨区的主要死亡树种——马尾松为对象, 研究铝在松苗体内的存在形态、方式及其分布, 以初步确定铝对树种的毒害方式, 为下一步铝毒机理的进一步研究提供基础。同时通过对铝在松苗体内存在状况和分布的研究, 可进一步了解铝对马尾松的毒害程度和马尾松的抗铝性大小。

### 一、材 料 与 方 法

#### 1. 材料

马尾松 (*Pinus massoniana* Lamb.), 种子采自广西柳州。

#### 2. 松苗的培养

培养方法同文献[3], 铝处理浓度为 0、15、30、60、120 和 240 ppm 6 个梯度, 培养液 pH 为 3.5。

#### 3. 铝含量测定

参照  $HSu^{[5]}$  的方法, 在 50ml 的容量瓶中, 加入 1ml 铝溶液, 于 80°C 的水浴中恒温, 30 分钟后停止, 待冷却至室温后, 加水稀释至 35ml, 加入 10ml 铝试剂缓冲液, 定容至 50ml, 混合后放置, 50 分钟后在 530nm 下测定其光吸收。

#### 4. “自由态”与“束缚态”铝含量测定

植物体内存在的铝离子通常可分为两部分, 其中一部分存在于表面自由空间, 能通过离子交换的形式被代换出来, 这部分离子可称为“自由态”; 另一部分主要存在于细胞内, 不能以

\* 国家“七五”科技攻关课题

收稿日期: 1991 年 12 月 15 日

离子交换的方式被代换出来,可称为“束缚态”。

“自由态”铝的测定方法是,取针叶或松根切段 1.0g,置于 1mol KCl 浸提液中,振荡放置,5 小时后过滤,滤液即为“自由态”铝提取液,总铝与“自由态”铝的差值即为“束缚态”铝。

5. 松苗不同形态铝的提取和测定

提取方法仿照土壤活性铝的浸提办法<sup>[6]</sup>,所用浸提液和提取的相应离子形态如下:

浸提液	提取的离子形态
1mol KCl	Al <sup>3+</sup>
1molNH <sub>4</sub> Ac	Al <sup>3+</sup> , Al(OH) <sup>2+</sup> , Al(OH) <sub>2</sub> <sup>+</sup> , Al-HF 等

6. 铝离子在根组织内的分布状况测定

采用电子探针定位法。用双面刀面取下离

根尖约 2cm 长的松根切段,置于样品座,于高真空镀膜仪中抽真空干燥,然后喷镀碳层,在扫描电子显微镜下分析样品中的元素分布状况。

二、结 果

1. 铝离子在松苗体内的分布

实验结果表明,松苗根部铝含量远高于地上部分。在本试验浓度范围内,根部铝含量约是地上部分的 4—9 倍,表明松苗吸收的铝主要积累于根部,只有少量的铝被转移至地上部分。另外从表 1 中可看出,当铝处理浓度增大时,根部与地上部分铝含量的比率也增大,说明松苗吸收的铝并不是按比例转移给地上部分,铝处理浓度越大,相对转移量越小,进一步说明松苗体内铝含量主要分布于根。

表 1 松苗根和地上部分铝积累量

培养液 Al <sup>3+</sup> 浓度 (ppm)		0	15	30	60	120	240
松苗铝含量 (mg/g 干重)	根部	1.23	2.00	5.39	7.16	8.93	12.45
	地上部分	0.30	0.56	0.85	1.07	1.21	1.36
	比率	4.1	3.6	6.3	7.0	7.4	9.2

表 2 松苗体内铝离子存在方式

培养液 Al <sup>3+</sup> (ppm)		0	15	30	60	120	240
体 内 铝 离 子 存 在 方 式	自由态	2	19.1	28.4	32.9	43.3	53.7
	束缚态	88.2	148.0	225.4	288.1	320.0	353.6
	自由态所占比率(%)	2.2	11.4	11.2	10.3	11.9	13.2
部 位	自由态	67.4	106.2	308.2	397.8	440.8	665.0
	束缚态	55.6	93.8	230.3	318.2	452.2	580.0
	自由态所占比率(%)	51.2	53.1	57.2	55.6	49.4	53.4

## 2. 松苗体内铝离子存在方式

铝离子的毒性大小与其在植物体内的存在方式密切相关。当它以“自由态”存在时,因位于细胞外的表面自由空间,对植物的毒害作用相对较小。实验结果表明,铝离子在松苗针叶和根部的存在方式相差很大,在针叶内,铝离子大部分以“束缚态”的方式存在,自由态仅占 11—13%,而在根内,“束缚态”与“自由态”的存在比例则大致相当,见表 2。

另外从表 2 中可发现,无论是针叶还是根,

当培养液铝浓度增大时,“自由态”和“束缚态”铝含量均增加,且二者的增加比率大致一样,说明不管外界铝浓度如何变化,松苗体内的“自由态”铝均保持一定比例。

## 3. 松苗体内铝离子存在形态

铝离子的毒性大小除取决于其在植物体内的存在部位和存在方式外,还取决于其存在形态,实验中测定了铝在表面自由空间的存在形态,结果列于表 3。

表 3 不同形态铝离子在表面自由空间所占百分比

部 位	形态	培养液 $Al^{3+}$ (ppm)						
		0	15	30	60	120	240	
针叶	$Al^{3+}$	81.5	85.0	83.6	84.2	73.5	63.5	
		67.8	62.0	57.2	57.3	58.2	41.4	
针叶	$Al(OH)^{2+}$	18.5	15.0	16.4	15.8	26.5	36.5	
		$Al(OH)^{+}$	32.1	38.0	42.8	42.7	41.8	58.6

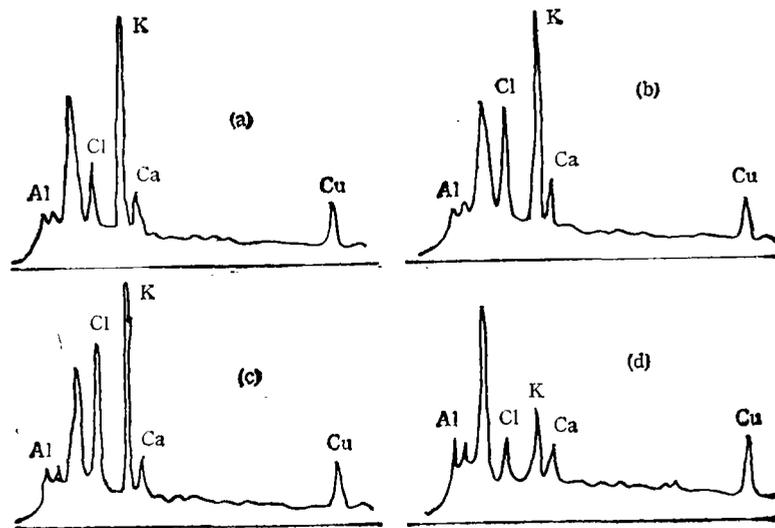


图 1 60ppm Al 处理松苗根内元素分布  
(a) 中柱 (b) 内皮层 (c) 皮层 (d) 外皮层

从中可见,铝离子在表面自由空间主要以三价铝离子的形式存在,在针叶中占 63—85%,在根内约占 41—67%,但当培养液铝浓度增大时,三价铝离子的存在比率降低,说明当外界和

植物体内铝浓度增大时,有更多的铝离子转化为羟基络合铝形态。

## 4. 根组织内铝离子分布状况

实验中用电子探针定位法测定了铝离子在

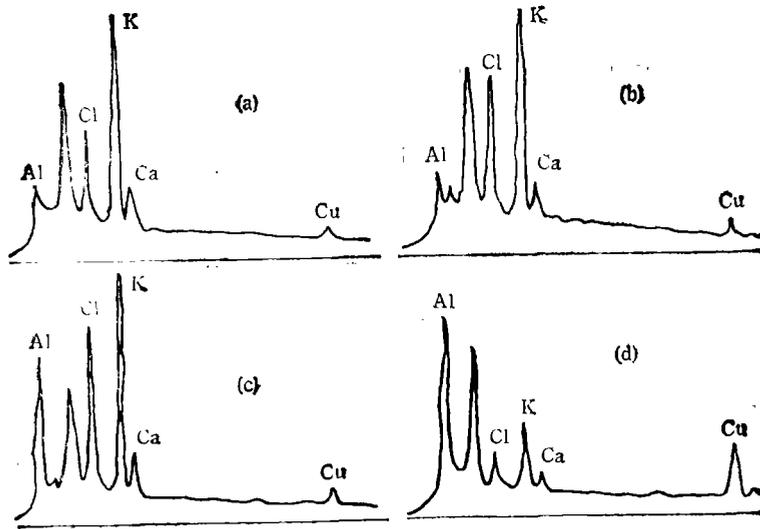


图 2 240ppm 铝处理松苗根内元素分布  
(a) 中柱 (b) 内皮层 (c) 皮层 (d) 外皮层

根组织内的分布。从记录图可看出，铝离子主要存在于外皮层，中柱内含量很低，表现为从内向外增大的分布趋势，即中柱内铝含量 < 内皮层铝含量 < 皮层铝含量 < 外皮层铝含量。另外，当培养液铝浓度增大时，皮层和外皮层的铝吸收峰相对增加更快，说明松苗吸收的铝并没有按比例转移至中柱内，而是大部分集中于皮层和外皮层，见图 1 和图 2（由于篇幅所限，这里只给出 6 个记录图中的 2 个）。

### 三、讨 论

1. 本实验发现，铝在根部的积累量远高于地上部分，这可能是铝对植物根部影响大于地上部分的原因之一。不过铝在地上部分也有积累，且大部分铝存在于细胞内，所以铝毒不反作用于根部，也可能直接作用于地上部分。

2. 松苗吸收的铝转移给地上部分的比例随铝处理浓度增大而减小，这可能是松苗自我减轻毒害的一种方式，因为转移量的减小可阻止根部对铝的进一步吸收，从而可减少铝在整体内的积累。实验结果也表明，铝在松苗体内的积累量并未按培养液铝浓度的增长幅度而增长。

3. “自由态”铝在不同浓度铝处理松苗体内所占百分率相近，说明铝离子在各种铝处理松

苗体内的存在形式基本一样，由此可推断，高浓度铝与低浓度铝对植物毒害上的差别只在于绝对含量上的不同，当铝离子在植物体内积累达一定量时，对植物产生毒害作用。

4. 针叶内自由铝的存在，表明针叶细胞吸收的铝有一部分又转移至表面自由空间，或者是根部吸收的铝通过中柱和质外体直接转移到了叶表面自由空间，但不论是哪种情况，铝离子向表面自由空间的转移都可减轻铝的毒害作用，这可能是松苗自我降低铝毒的又一种方式。

5. 当外界和松苗体内铝含量增大时，松苗针叶和根内的三价铝离子存在比例降低，说明当植物体内铝浓度增大时，有更多的铝离子转化为羟基络合铝等非活性形态，这可能是松苗自我降低铝毒的又一种方式。

6. 松苗可通过多种方式来减轻铝的毒害作用，说明它有一定抗铝性。

### 参 考 文 献

- 1 Van Prang H J, Weissen F. *Plant Soil*. 1985, **83**: 331
- 2 Ohne T et al. *J. Environ. Qual.* 1988, **17**: 666
- 3 高吉喜, 曹洪法. *环境科学*. 1991, **12**(1): 37
- 4 曹洪法等. *环境科学研究*. 1988, **1**(3): 7
- 5 Hsu P H. *Soil Sci.* 1963, **96**: 230
- 6 庞叔薇等. *环境化学*. 1986, **5**(3): 68

# Abstracts

Chinese Journal of Environmental Science

tures to the chemicals started at the blastula stage and the effect on hatching and survival were monitored for 15 days. The results showed that toxicities of phenylhydrazin to both embryos and larvae were more than those of hydrazine. The LOEC (Lowest Observed Effect Concentration) for hatching was 0.049 mg/L for hydrazine and 0.0078mg/L for phenylhydrazin, the LOEC for survival of larvae was 0.0035mg/L for hydrazine and 0.00098mg/L for phenylhydrazin, respectively. The NOEC (No Observed Effect Concentration) for hatching was 0.0245mg/L for hydrazine and 0.0039mg/L for phenylhydrazin and the NOEC for survival of larvae was 0.00175mg/L for hydrazine and 0.00049 mg/L for phenylhydrazin, respectively. The safe concentration was 0.00175mg/L for hydrazine and 0.00049mg/L for phenylhydrazin.

**Key words:** toxicity, hydrazin, phenylhydrazin, *Brachydanio rerio*

**Existing Pattern, Ionic Forms and Distribution of Aluminum in Masson Pine Seedlings.** Gao Jixi, Gao Hongfa (Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012): *Chin. J. Environ. Sci.*, **13** (6), 1992, pp.69—72

Using a hydroponic system, existing pattern, ionic forms and distribution of aluminum in masson pine seedlings were studied. Results show that: (1) Most of the aluminum absorbed by the pine seedlings accumulated in the roots and only a little of the aluminum was translocated to the shoots; (2) Majority of the aluminum in the shoots were bound, but there was only little difference in the amount of free and bound aluminum in the roots; (3) The dominant ionic form of aluminum in surface free space was  $Al^{3+}$  which accounted for about 63—85% of the total in the shoots and 41—67% in the roots; (4) In the roots, most of the aluminum existed in the epidermis of plant tissue and a little was found in the stele, showing an increasing tendency from the inside to the outside of plant tissues.

**Key words:** masson pine, aluminum, existing pattern, ionic forms, distribution.

## Determination of Acetaldehyde in Waste Water by Chemiluminescence Method.

Lü Xiaohu, Lu Minggang (Department of Applied Chemistry, University of Science and Technology of China, Hefei 230026): *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(6), 1992, pp. 73—75  
The chemiluminescence reaction of iso-propyl alcohol with  $ClO^-H_2O_2$  is enhanced by acetaldehyde. This provides a novel chemiluminescence method for the determination of acetaldehyde. The linear range of the method is  $5 \times 10^{-10}$ g/ml to  $1 \times 10^{-6}$ g/ml with a detection limit of  $8 \times 10^{-11}$ g/ml. The effect of foreign substances was also studied. The method has been satisfactorily applied to the determination of acetaldehyde in waste water.

**Key words:** Iso-propyl alcohol, chemiluminescence, determination of acetaldehyde.

## Concentrations and Distributions of Formaldehyde and Total Aldehyde in the Atmosphere of Beijing City in the Summer.

Bai Yuhua et al. (Dept. of Technical Physics, Peking University, Beijing 100871): *Chin. J. Environ. Sci.*, **13**(6), 1992, pp.75—80  
The concentrations of formaldehyde (HCHO) and total aldehyde (TCHO) in the ambient air of Beijing city in the summer of 1986 and 1987 were determined. Formaldehyde was analyzed with Nash method and total aldehyde was determined with MBTH method. Averaldehyde concentrations in the ambient air were 18.5 for 1986 and  $9.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for 1987, respectively. The average formaldehyde concentration was  $4.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for 1987, which accounted for around 50% of total aldehyde statistical analysis of the data from the two year's observation shows the effects of traffic automobile and reaction on the concentration of aldehyde. The results suggests that the appearance photochemical of aldehyde compounds in Beijing ampient air was caused by both first and second pollutions.

**Key words:** formaldehyde, total aldehyde, atmospheric pollution, automobile pollution, photochemical reaction.

## Determination of Furfural Content in

(下转封三)