



文章编号:0253-2468(2001)-04-0501-03

中图分类号:X131

文献标识码:A

## 两类典型重金属土壤污染研究

尚爱安<sup>1</sup>, 党志<sup>2,1</sup>, 漆亮<sup>3</sup>, 文震<sup>1</sup> (1. 中国科学院地球化学研究所, 环境地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002; 2. 华南理工大学应用化学系; 3. 中国科学院地球化学研究所, 矿床地球化学开放实验室)

**摘要:**对贵州水城矿务局周围煤矸石污染土壤和 Pb、Zn 冶炼场污染土壤的重金属污染状况进行了研究和评估。研究结果表明:煤矸石风化形成的土壤有一定的重金属污染, 污染程度取决于煤矸石的组成。Pb、Zn 土法冶炼造成土地严重污染, 在污染土壤上种植的农作物中重金属含量严重超标。重金属在土豆不同部位富集程度各不相同, 而且 Pb-Cd、Pb-Zn、Zn-Cd 在植物体内具有较高的正相关性。

**关键词:**煤矸石; 铅、锌; 土壤污染; 重金属

## Study on two kinds of heavy metals pollution of soils

SHANG Aian<sup>1</sup>, DANG Zhi<sup>2,1</sup>, QI Liang<sup>3</sup>, WEN Zhen<sup>1</sup> (1. State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Guiyang 550002; 2. Department of Applied Chemistry, The South China University of Technology; 3. Open Laboratory of Ore Deposit, Institute of Geochemistry)

**Abstract:** Heavy metals in soils contaminated by coal spoil and smelter in Shuicheng city, Guizhou province, were investigated. The result indicated that the content of heavy metal in coal mine spoil is an important factor for the degree of contamination of soils. Heavy metals in different crops growing in contaminated soils by smelter seriously exceeds the national standard. Distribution of heavy metals in potato was leaves + stems > roots > tubers, and there were positive relationships between lead, cadmium, zinc.

**Keywords:** coal mine spoil; lead & zinc; soil pollution; heavy metals

在过去的三十多年里, 贵州水城矿务局的汪家寨煤矿一直是我国南方最大的煤矿, 所产煤和煤矸石中重金属的含量普遍偏高。临近的木冲沟和红花岭地区, 从 20 世纪 80 年代后期以来, 农民利用土法炼 Pb 和 Zn, 大量的土地受到重金属严重污染。由于贵州省土地的贫瘠和耕地的缺乏, 当地的农民已经在这两种类型的重金属污染的土壤上直接种植农作物。

我们选择汪家寨煤矿煤矸石山自然风化后形成的耕地和木冲沟铅锌土法冶炼废弃地为研究地点, 采集土壤及生长在这些土壤上的作物样品, 研究这两种典型土壤重金属污染的状况以及这两种污染土壤中重金属的生物可利用性, 为这两类重金属污染土壤的修复和西部大开发建设中的生态环境保护提供理论依据。

### 1 样品与实验方法

#### 1.1 样品的采集和处理

夏冬两季, 分别在上述两个地区系统地采集了土壤和植物样品。土壤样品室温风干后, 磨碎过 150 目筛, 在 110℃ 的烘箱中干燥 12 h 后保存在干燥皿中备分析用。植物样品经分类处理后用自来水、蒸馏水和去离子水洗涤两次。清洗干净的植物样品在室温下风干后在 60℃ 烘箱中脱水, 粉碎至 20 目。

收稿日期: 2000-09-18; 修订日期: 2001-02-26

作者简介: 尚爱安 (1976—), 男, 硕士研究生

### 1.2 样品重金属浓度测定

土壤样品的重金属总量采用  $\text{HNO}_3$ -HF 溶样, 采用 ICP-MS 测定重金属的浓度; 植物样品采用  $\text{HClO}_4 + \text{HNO}_3$  的湿式灰化法, 用原子吸收光谱法分析其中重金属的含量。

## 2 实验结果和讨论

### 2.1 煤矸石风化土壤和冶炼区土壤受重金属污染的状况

由表 1 可以看出: 煤矸石风化后形成的土壤中重金属 Cu、Zn、Pb、Cd 含量高于中国土壤元素的背景值。就 Cu、Zn、Pb 和 Cd 而言, 在煤矸石风化的土壤上种植农作物, 对人体影响可能最大的是 Zn 和 Cd (表 2)。煤矸石中重金属元素的含量随地区的不同的而有较大的差异, 尤其水域煤矸石中重金属元素的含量要比其它地区所产矸石中重金属含量要偏高 (表 1)。贵州地区的年降雨量大, 温度比较高, 煤矸石的风化淋滤现象比较严重, 这样造成的环境污染也较为严重。

通常情况下, 金属冶炼是造成重金属进入环境的一个重要途径, 所造成的土壤污染一般都呈表层土壤富集, 并且由近及远重金属污染程度逐渐降低的趋势<sup>[6]</sup>。这种方式造成的污染是立体的, 包括空气、土壤和水都受到严重的污染。

表 1 汪家寨、木冲沟、红花岭地区土壤中重金属含量 (mg/kg)

Table 1 Heavy metals concentration in soils at the region of Wang-Jia-Zhai, Mu-Chong-Gou, Hong-Hua-Ling

	Cu	Zn	Cd	Pb
红花岭	223.9 (145.8—413.9)	616.6 (392.1—1221.7)	14.1 (6.9—27.7)	248.0 (160.6—583.4)
木冲沟	237.9 (159.3—349.1)	2148.2 (464.1—9961)	18.9 (4.1—53.9)	1193.6 (105.5—11753)
汪家寨	231.2 (227.0—236.5)	140.2 (63.9—443.3)	0.8 (0.4—1.4)	46.8 (30.8—85.2)
陕西煤矸石 <sup>[1,2]</sup>	30.5	30	1.5	16
山西统配煤矸石 <sup>[3]</sup>	20.57	40.44	0.23	21.05
土壤背景值 <sup>[4]</sup>	22.6	74.2	0.097	26
Ⅱ级中性土壤环境标准值 <sup>[5]</sup>	100	250	0.6	300

表 2 汪家寨、木冲沟地区土壤上生长的植物体内的重金属含量 (mg/kg)

Table 2 Heavy metals concentration in plant grown in the area of Wang-Jia-Zhai and Mu-Chong-Gou

	样品编号																饲料标准
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	
Cu	13.3	14.9	20.2	12.5	15.9	9.0	13.5	9.8	11.6	22.2	20.0	21.2	15.0	16.7	7.1	11.4	10
Zn	200	187	489	649	543	204	394	1015	48.9	50.1	33.3	114	87.5	75.6	30.2	76.6	50
Cd	7.9	9.8	14.4	12	18.6	7.0	11.9	26.3	0.6	3.3	0.4	4.6	2.7	3.6	0.2	0.1	1
Pb	28.9	30.3	46.5	26.4	32.3	26.4	38.1	24.6	2.1	6.3	1.3	6.5	9.2	4.8	5.4	2.9	5

注: M 代表木冲沟; W 代表汪家寨; 植物样品依次为: M1-M4 为玉米, M5-M8 为土豆; W1、W8、W9 分别为豆角、玉米穗、玉米棒, 其余为野生植物样品, 其中, W3 为野艾蒿, W4 为鬼针草, W7 为五节芒。

### 2.2 植物体内重金属含量分布特征及其与土壤中重金属总量的相关性

从表 3 可以看出, 除了植物中的铅含量与土壤中铅的含量有比较好的正相关关系外, 土壤中的其它几种重金属元素总量和植物体内的重金属含量并没有好的相关性。

由表4可知,土豆各个部位的重金属含量大致有以下关系:茎叶>根>块茎。一般情况下,植物的根系是重金属含量最多的部分<sup>[6,9]</sup>,尤其是在土壤中的重金属含量充足的情况下<sup>[7]</sup>,造成重金属在土豆中这种分布的原因,除了考虑到植物种类、生长季节、元素种类以外,在本实验中的原因还有可能是:在冶炼工厂排放的大量含有重金属的灰尘中,一些重金属元素可能经由叶面的吸收进入植物体内,从而使植物地上部的重金属含量比根部要高。统计分析<sup>[10]</sup>和同位素示踪<sup>[11]</sup>表明,植物叶子中的重金属含量有很大部分是来自大气中的重金属,因为铅锌冶炼造成的大气污染非常严重,因此我们有理由相信,大气污染已经成为该地区植物重金属污染的主要途径之一。

### 2.3 植物体内重金属的相互关系

表5可以看出,植物体内的重金属元素 Cd-Zn、Cd-Pb 和 Zn-Pb 之间有很好的相关性。这表示,在植物体内的这些重金属元素存在着连带吸收作用<sup>[12]</sup>,或者表示这些重金属元素在土壤中的分布模式是相似的。

表4 木冲沟冶炼场污染土壤上生长的土豆  
不同部位对重金属的累积(mg/kg, n=4)

Table 4 Heavy metals accumulation in different parts of  
Tuber at the area of Mu-Chong-Gou

	Cu	Zn	Cd	Pb
根	14	758.4	22.3	40.5
茎叶	14.3	823.2	24	45.9
块茎	7.5	33.9	1.6	4.1
普通植物最大含量 <sup>[7]</sup>	30	150	0.2	10
国家卫生标准 <sup>[5]</sup>	10	20	0.2	5

表3 土壤中重金属总量与植物体内的重金属含量的相关系数

Table 3 Correlation coefficients between heavy metals in  
soils and in plants

重金属元素	Cu	Zn	Cd	Pb
相关系数	-0.421	0.2684	0.4711	0.638*

\*  $p < 0.05$ , 显著性相关,  $n = 13$

表5 植物体内不同重金属之间的相关系数

Table 5 Correlation coefficient between heavy metals in plants

	Cu	Zn	Cd	Pb
Cu	1			
Zn	-0.024	1		
Cd	0.071	0.941*	1	
Pb	0.128	0.584*	0.714*	1

\*  $p < 0.05$ , 显著性相关

### 参考文献:

- [1] 张伟才, 杨桂荣. 用煤矸石制西瓜、苹果专用肥料的实验研究[J]. 煤矿环境保护, 1997, 11(3): 24—26
- [2] 张庆铃. 利用煤矸石制有机矿物肥料的尝试[J]. 煤矿环境保护, 1996, 10(1): 24—26
- [3] 贾平, 白中科, 段永红等. 山西煤矸石山风化层中重金属元素及盐分对复垦种植的影响[J]. 煤矿环境保护, 1995, 9(4): 32—34
- [4] 中国环境监测总站. 中国土壤元素背景值[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990
- [5] 夏家祺. 土壤环境质量标准详解[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1996
- [6] Henderson P J, McMartin I, Hall G E. The chemical and physical characteristics of heavy metals in humus and till in the vicinity of the base metal smelter at Flin Flon, Manitoba, Canada[J]. Environmental Geology, 1998, 34(1): 39—58
- [7] Fazeli M S, Khosravan F, Hossini M. Enrichment of heavy metals in paddy crops irrigated by paper mill effluents near Nanjanfud, Mysore District, Karnataka, India[J]. Environmental Geology, 1998, 34(4): 297—302
- [8] Chatterjee J, Chatterjee C. Phytotoxicity of cobalt, Chromium and copper in cauliflower[J]. Environmental Pollution, 2000, 109: 69—74
- [9] Berthelsen B O, Steinnes E, Solberg W. Heavy metal concentrations in plants in relation to atmospheric heavy metal deposition[J]. J Environ Qual, 1995, 24: 1018—1026
- [10] Haygarth P M, Harrison A F, Jones K C. Plant selenium from soil and the atmosphere. [J] J Environ Qual, 1995, 24: 768—771
- [11] Luo Y, Rimmer D L. Zinc-copper interaction affecting plant growth of a metal-contaminated soil[J]. Environmental Pollution, 1995, 88: 79—83
- [12] Oliver D P, Hannam R, Tiller K G. The effects of zinc fertilization on cadmium concentration in wheat grain[J]. J Environ Qual, 1994, 23: 705—771