

铜矿区重金属污染分异规律初步研究

周东美, 王玉军, 郝秀珍, 陈怀满

(中国科学院南京土壤研究所, 江苏 南京 210008)

摘要: 针对江西德兴铜矿、安徽铜陵铜矿和江苏九华铜矿的矿区典型污染土壤现状进行了初步研究, 分析了铜矿区环境现状, 提出了一些可能对策的建议。研究发现, 3 个矿区典型污染土壤各自表现出不同的污染状况。三个铜矿尾矿砂中铜含量超标, 其高低次序为德兴铜矿> 铜陵铜矿> 九华铜矿, 而锌含量顺序依次为铜陵铜矿> 九华铜矿> 德兴铜矿。矿区周围土壤以铜污染为主, 锌有部分超标情况发生。同时, 在矿区典型土壤生长的作物中, 铜、铅、锌、镉都有超标的情况, 部分作物重金属含量超过食品卫生标准达 10—20 倍之多。被调查的多种植物中也存在重金属含量过高的结果。

关键词: 铜矿; 重金属; 污染土壤

中图分类号: X131.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000 – 0267(2002)03 – 0225 – 03

Primary Study of Distribution of Heavy Metals in Copper Mines

ZHOU Dong-mei, WANG Yu-jun, HAO Xiu-zhen, CHEN Huai-man

(Institute of Soil Science, Chinese Academy Sciences, Nanjing 210008, P. R. China)

Abstract: Primary study of typical pollution soils in the copper mines of Dexing (Jiangxi), Jiuhua (Jiangsu) and Tongling (Anhui) was carried out. It has been found that pollution of heavy metals on these soils was different among these examined copper mines. The polluted soils contained high copper, and the order ranks in: Dexing > Tongling > Jiuhua. In terms of Zn, the order in: Tongling > Jiuhua > Dexing. It was discovered that copper was the main pollutant in the soils studied, and Zn exhibited in over – dosage in comparison with the environmental quality standard in several soils tested. Meanwhile, the contents of heavy metals in plants were found to be also high, even as high as 10 — 20 times of the concentration of the background value in the studied soils. Environmental status in the copper mines is discussed and some countermeasures are proposed in the present paper.

Keywords: copper mines; heavy metals; pollution soil

我国具有非常丰富的金属矿产资源, 它们主要分布在长江以南地区, 特别是红壤地区。可是, 红壤本身的缓冲能力比较弱, 所以它又是一个相对脆弱的土壤体系。当前, 伴随南方地区许多大型金属矿产的开发利用, 在带来经济效益的同时, 也产生了非常明显的环境问题, 部分矿区的环境质量到了令人堪忧的地步^[1]。而且, 这些污染源大都具有扩散性, 所以很多时候污染不仅仅只是一个点的问题, 而更可能是一个面、一个区域的问题。环境被污染以后, 这些地区的土、水、气、生质量都会明显下降, 从而严重影响食品安全和人畜健康^[2,3]。

矿区环境问题主要有工业粉尘、工业废水、矸石堆积和尾矿库植被恢复等, 而污染物类型则主要为重

金属。其中, 尾矿库及其周边地区的环境尤为值得重视, 它的影响主要有有害金属粉尘, 尾矿砂流失, 附近农田和地下水易受污染等。最近, 我们在德兴铜矿尾矿库的治理中发现, 不仅存在尾矿砂重金属毒性问题, 同时由于矿区土壤异常贫瘠(养分含量低), 保水能力弱等特征, 导致缺水、缺肥, 植物生长、植被恢复非常困难^[4–6]。

本文初步研究了包括江西德兴铜矿、安徽铜陵铜矿和江苏九华铜矿的矿区典型污染土壤的分异规律, 并对其环境现状进行了分析并提出了一些可能的对策。

1 研究方法

1.1 样品采集和处理

分别在德兴铜矿矿区、铜陵铜矿矿区和九华铜矿矿区采集了典型污染土壤(包括尾矿库内的尾矿砂、

收稿日期: 2001 – 06 – 22

基金项目: 中国科学院知识创新工程项目资助(KZCX2 – 401)

作者简介: 周东美(1967—), 博士, 中国科学院南京土壤研究所研究员。研究方向是土壤环境化学与污染控制。

周边农田和菜地土壤以及工厂区土壤等)样品和典型植株(包括蔬菜、水稻等作物以及尾矿库附近的一些先锋植物和常规植物)样品,其中,土壤样品共 12 个,植物样品共 16 个(其中作物 8 个)。土壤样品经风干、磨碎,然后过 60 目筛,保存备用。同时,将植物样品分为根、茎、叶分别进行处理,洗净,70 ℃下烘干,然后磨碎保存备用。

1.2 样品的分析

土壤和植株中的重金属含量分析按照常规方法首先进行前消化处理,然后采用原子吸收光谱法测定。土壤重金属的有效态采用 0.005 mol · L⁻¹ DTPA 进行提取,然后用原子吸收光谱进行分析。被分析的重金属包括锌、铜、铅和镉共 4 种。

2 结果和讨论

2.1 矿区典型污染土壤中重金属含量研究

矿区典型污染土壤主要包括尾矿库内的尾矿砂,受采矿、选矿废水污染或灌溉的农田和蔬菜地土壤,以及采矿点和厂区的土壤等。基于这样的考虑,我们采集了 3 个铜矿典型污染土壤样品共 12 个,其中九华 6 个、铜陵 3 个、德兴 3 个,它们基本代表了该矿区的典型污染土壤。表 1 显示了这些土壤中的重金属含量分析结果。可以看出,几乎所有的土壤(包括农田)样品中铜的含量都严重超标。值得一提的是,3 个铜矿尾矿砂的铜含量显示明显的差异。其中以德兴铜矿尾矿砂的铜含量最高,铜陵铜矿尾矿砂的铜含量次之,九华铜矿尾矿砂的铜含量最低。所以说,不同矿区,即使同样都是铜矿,所产生的污染也具有明显的差异。因此在尾矿库的治理中还要考虑到矿区本身的特点。对于锌来说,铜陵矿区土壤的锌含量超过土壤自然背景值,但小于土壤二级标准,而九华铜矿的锌含量在正常范围之内(九华工厂土壤除外),德兴铜矿尾矿砂中的锌含量甚至未超过土壤环境标准和当地的土壤自然背景值。土壤中铅的含量除极个别情况以外,均在正常范围之内,而铜陵铜矿尾矿砂和九华铜矿尾矿砂的镉含量超过土壤环境质量二级标准。所以,从土壤分析结果来看,铜矿区典型污染土壤中重金属污染以铜为主,镉、锌次之,铅污染较小。

由于矿砂和大部分土壤都显碱性,我们采用 DT-PA 对土壤中的重金属有效态进行了分析,其结果示于表 2。可以看出,重金属有效态与总量虽然存在一定的正比关系,但不是全部。比如,对于尾矿砂来说,德兴铜矿铜的有效态很高(24.33%),而九华铜矿和

表 1 土壤中重金属含量(mg · kg ⁻¹)				
Table 1 Concentrations of heavy metals in the studied soil(mg · kg ⁻¹)				
土壤	锌	铜	铅	镉
九华铜矿尾矿砂	130.34	278.81	5.22	0.77
铜陵杨山冲尾矿砂	250.32	1 694.18	14.83	1.01
德兴 2 号尾矿砂	18.90	2 524.0	11.20	0.10
九华水稻土	151.56	198.70	54.99	0.49
九华菜地 1	46.71	34.89	34.83	0.14
九华菜地 2	89.23	105.32	54.23	0.36
九华菜地 3	120.45	83.64	73.26	0.52
九华工厂	388.27	2 351.38	52.01	0.58
铜陵铜草土	252.5	10 063.89	544.88	1.85
铜陵山芋土	263.01	113.59	58.07	0.66
德兴花生地	55.0	381.0	20.5	0.065
德兴旱稻地	79.0	333.0	21.10	0.11
国家土壤环境质量标准 (二级)(pH> 7.5)	≤300	≤100	≤350	≤0.6
	(农田等)			

铜陵铜矿尾矿砂铜的有效态则低得多,分别为 8.36% 和 2.08%。其主要原因是德兴二号尾矿库已封库 10 年,尾矿砂经雨水淋溶、气候等作用后逐渐分化,而导致重金属有效态增加,重金属毒性增强。铜陵杨山冲尾矿库虽已封库 10 年,可仍有乡镇企业采矿厂向该尾矿库排砂,而九华尾矿库还正在使用当中,所以它们的有效态与总量的比例很小也在情理之中。

表 2 土壤中重金属有效态(mg · kg ⁻¹)				
Table 2 Concentrations of available heavy metals in the studied soil(mg · kg ⁻¹)				
土壤	锌	铜	铅	镉
九华铜矿尾矿砂	5.40	23.03	1.26	0.037
铜陵杨山冲尾矿砂	2.41	35.20	1.15	0.11
德兴 2 号尾矿砂	3.79	614	0.19	0.05
九华水稻土	3.97	57.98	19.80	0.20
九华菜地 1	1.63	3.18	2.72	0.022
九华菜地 2	4.16	15.78	3.95	0.056
九华菜地 3	3.20	6.21	2.83	0.081
九华工厂	1.26	15.88	0.20	0.36
铜陵铜草土	4.09	475.19	4.25	0.064
铜陵山芋土	7.20	4.09	1.15	0.10

可是,对于采矿点以及受到工业废水和粉尘影响的土壤,如水稻田土壤,它们的重金属有效态还是比较大的,值得关注。据推测,工厂土壤中重金属含量较高可能主要是由于工业生产过程中的粉尘引起的。

2.2 作物中重金属含量分析

作物中重金属分析结果如表 3。虽然上面对矿区污染土壤的研究发现,铅、镉的污染不是很明显,可是作物中的分析结果却发现铅、镉的污染还是非常突出

表 3 作物中重金属含量分析(mg · kg⁻¹)
Table 3 Contents of heavy metals in the crops analyzed (mg · kg⁻¹)

作物部位	锌	铜	铅	镉
铜陵山芋根	8.04	4.77	0.71	0.04
茎	16.36	17.39	0.06	0.39
叶	33.83	34.46	17.81	0.52
铜陵台湾莴苣	115.79	24.03	20.58	2.00
铜陵水稻籽粒	24.03	7.45	0.58	0.57
九华白菜根	46.75	9.98	8.66	0.77
茎	55.81	7.39	3.07	0.32
叶	69.19	9.06	6.37	0.33
九华萝卜果实	71.48	9.17	9.05	0.39
茎叶	82.05	6.01	4.18	0
德兴花生	44.30	23.60	0.05	0.13
德兴玉米籽粒	24.70	2.58	1.06	0.01
德兴早稻籽粒	54.40	13.40	2.03	0.21
国家卫生标准	≤50	≤10	≤1	≤0.2

的。其中，大部分作物的铅含量都超过食品卫生标准,部分作物铅含量超过标准达 20 倍以上;而镉的含量也比较类似。所以说仅应用土壤环境标准评价矿区的土壤环境质量可能存在一定的局限性。另外,作物中铜的含量基本都超标,而部分锌的含量也存在超标现象。由于矿区作物中的重金属超标普遍,建议矿区周围应以种植经济植物为主,如林木、花草等,勿种植人畜直接食用的粮食作物,避免污染物对人畜健康的直接威胁和污染物在食物链中的传输。

除了对矿区的作物进行分析外,还研究了铜陵矿区一些先锋植物和常规植物中的重金属含量,结果示于表 4。可以看出,这些植物对重金属具有一定的耐性,且铜含量除长叶根外都不高,锌的含量在植物根部较高。植物根部重金属含量一般要多于茎叶。对于铜陵的矿区指示植物铜草的分析结果发现,铜的含量并不高,而铜草土的重金属含量及其有效态都很高,具体机理正在进一步研究之中。

3 结论

(1)开展了几个铜矿区典型污染土壤的重金属分

表 4 植物中重金属含量分析(mg · kg⁻¹)
Table 4 Concentrations of heavy metals in the plants analyzed (mg · kg⁻¹)

植物	锌	铜	铅	镉
铜草根	48.06	49.22	13.73	0.40
茎	137.36	34.50	31.02	1.01
叶	94.77	43.12	23.23	0.28
蓼草根	156.82	33.31	20.88	1.09
茎叶	75.95	47.48	15.79	1.04
苜蓿根	273.57	35.94	1.62	1.11
茎叶	69.23	35.63	23.46	0.62
长叶根	190.79	439.87	12.11	1.85
茎叶	75.33	54.00	13.93	0.35
茅草	66.53	34.15	9.27	0.31
马齿苋	97.88	34.32	0	0.11
鸡眼草	42.32	14.49	7.50	0.44
葛藤	35.47	21.10	3.20	0.09

异规律研究,发现不同矿区重金属污染程度及其类型存在明显差异,所以在矿区环境治理中要加以具体考虑,以便有针对性地制定不同的对策。

(2) 铜矿区附近作物中重金属有严重超标现象,以铜和铅的污染最为严重。建议矿区污染土壤中以种植经济作物为主,勿种植食用作物,以防止污染物进入食物链。

参考文献:

[1] 戴清文,曾志明,王继玉,等. 江西省主要金属厂矿对畜牧业影响的初步调查[J]. 农业环境保护,1993,**12**(3):124-126.
[2] 胡振琪,毕银丽. 2000 年北京国际土地复垦学术研讨会综述[J]. 中国土地科学,2000,**14**(4):15-17.
[3] 陶家元. 矿区生态环境初步研究[J]. 长江流域资源和环境,1997,**6**(4):355-362.
[4] 孙庆业,刘付程. 铜陵铜尾矿砂理化性质的变化对植被重建的影响[J]. 农村生态环境,1998,**14**(1):21-23.
[5] 孙庆业,蓝崇钰,杨林璋. 铅锌尾矿废弃地的化学性质研究[J]. 农村生态环境,2000,**16**(4):36-39.
[6] 涂 从,陈怀满,郑春荣. 铜尾矿矿库土壤-植物体系的现状研究[J]. 土壤学报,2000,**37**(2):284-287.

(上接第 214 页)

参考文献:

[1] Hyne R V, Wilson S P. Toxicity of Acid Sulfate Soil leachate and aluminum to the embryos and larvae of Australian bass(*Macquaria novemaculeata*) in estuarine water[J]. *Environ Pollu*, 1997,**97**(3): 221-227.
[2] 黄宇年,陆发熹. 广东咸酸田土壤硫化学研究[J]. 土壤学报,1988,**25**(2):101-109.
[3] 黄继茂. 广东滨海强酸性盐渍水稻土(反酸田)化学特性的研究[J]. 土壤学报,1958,**6**(2):114-121.
[4] 邵宗臣,何 群,王维君. 红壤中铝的形态[J]. 土壤学报,1998,

35(1):38-48.
[5] 王维君,陈家坊. 土壤铝形态及其溶液化学研究[J]. 土壤学进展,1992,**20**(3):10-18.
[6] Clark M W, Lancaster G, McConchie D. Total sulphide acidity for the definition and assessment of acid sulphate hazard: simple solution or a new suite of problems[J]. *The Science of the Total Environment*, 1996, 183: 249-254.
[7] Ahern C R, McElnea A, Baker D E. Peroxide oxidation combined acidity and sulfate method (POCAS)—Method 21[A]. In: Ahern C R, Blunden B, Stone Y. *Laboratory Methods of Acid Sulfate Soils*[C]. Acid Sulfate Soil Management Committee: Wollongbar, NSW, 1998. 4-1-4-17.
[8] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000. 167-32.