

# 陕北煤矿区农田土壤重金属污染现状及修复研究

朱玉高

(延安职业技术学院 陕西 延安 716000)

**摘要:** 为了研究煤炭开采过程对周边农田土壤的重金属污染影响,对神木大柳塔煤矿区周边农田土壤和玉米幼苗进行采样,测定分析 35 个典型采样点和空白对照的重金属含量。结果表明:煤矿区农田土壤中 Cu、Zn、Pb、Cr、Cd、Hg、As 等重金属平均含量均高于对照区,说明煤矿开采过程对农田带来了重金属污染。Zn、Cu、Pb、Cr、Hg 等重金属元素在土壤中的含量与玉米中的含量显示出正相关性,表明土壤中的重金属含量直接影响着植物对重金属的吸收,并有针对性地提出了土壤重金属污染的防治和修复措施,以期为矿区污染治理提供科学依据。

**关键词:** 土壤重金属污染;煤矿区农田;防治;修复

中图分类号: X53 文献标志码: A 文章编号: 1006-6772(2014)05-0105-04

## Contamination and control of heavy metals in farmland around coal mining area in Northern Shaanxi

ZHU Yugao

(Yanan Vocational and Technical College Yanan 716000, China)

**Abstract:** To investigate the pollution of heavy metals on farmland around mining area during coal mining, sampled the heavy metals from surrounding soil and corn seedling in Shenmu Daliuta coal mine. Determined the heavy metals content of 35 typical sampling point and blank group. The results show that the average content of Cu, Zn, Pb, Cr, Cd, Hg, As and others heavy metals are higher than those in the blank group, the content of Zn, Cu, Pb, Cr, Hg and others heavy metals in soil have positive correlation with those in the corn seedling. That means the soil around the mining area has been contaminated and the heavy metals in soil have a direct impact on the heavy metals absorption of corn seedling. Provide matched soil remediation measures.

**Key words:** soil heavy metal pollution; farmland around coal mining area; prevention and treatment; remediation

## 0 引 言

煤炭资源是除石油资源外人类赖以生存的第二大资源,但是随着人类对煤炭资源的开采,伴随而来的环境问题也在不断的产生,特别是矿区土壤中的重金属污染已经受到广泛关注。刘素青<sup>[1]</sup>以河南省煤炭基地九里山矿区为试验区,对矿区土壤中的重金属元素 As、Cr、Cd、Pb、Hg 进行分析研究,发现矿区土壤重金属综合污染程度达到了Ⅲ级轻度污染。张明亮等<sup>[2]</sup>对山东某矿区煤矸石山周边土壤重金属污染特征进行了研究。崔龙鹏等<sup>[3]</sup>以国家亿吨煤建设基地的淮南矿区为例,研究长期采矿活动,

尤其是煤矸石堆积造成的矿区土壤重金属污染。王丽等<sup>[4]</sup>对神府煤田开采区 3 个煤矿区周围土壤 Cu、Cd、Cr、Mn、Ni 含量进行测定及分析,评价了煤田开采对周围土壤的污染程度。张锂等<sup>[5]</sup>以黄土高原兰州红古矿区为例,对煤矸石长期堆积对当地土壤产生的重金属污染进行研究。刘德良等<sup>[6]</sup>对广东省明山煤矿区废弃地土壤重金属污染情况进行研究,结果表明,土壤污染主要是 Cd、Mn 污染。程水英<sup>[7]</sup>建立了彬长矿区规划环境影响评价指标体系,对控制煤矿区污染有重要意义。但对煤矿区周边农田及粮食作物重金属含量研究较少,笔者通过研究煤矿区农田重金属含量,提出土壤重金属污染的防

收稿日期: 2014-07-14; 责任编辑: 孙淑君 DOI: 10.13226/j.issn.1006-6772.2014.05.026

作者简介: 朱玉高(1982—),男,山东临沂人,讲师,硕士,从事煤化工生态环境保护方面的科研与教学工作。E-mail: hghxjwk@163.com

引用格式: 朱玉高. 陕北煤矿区农田土壤重金属污染现状及修复研究[J]. 洁净煤技术, 2014, 20(5): 105-108.

ZHU Yugao. Contamination and control of heavy metals in farmland around coal mining area in Northern Shaanxi[J]. Clean Coal Technology, 2014, 20(5): 105-108.

治与修复措施,为矿区环境治理提供科学依据和技术支撑。

## 1 材料和方法

1) 研究区概况。大柳塔煤矿是神东煤炭集团所属的年产2000万t的特大型现代化高产高效矿井,是神东集团最早建成的井工矿,位于陕西省神木县境内,地处东经110°05′~110°50′,北纬38°52′~39°27′,由大柳塔井和活鸡兔井组成,两井拥有井田面积189.9 km<sup>2</sup>,煤炭地质储量23.2亿t,可采储量15.3亿t,核定生产能力2170万t。煤质具有低灰、低硫、低磷和中高发热量的特点,属高挥发分的长焰煤和不黏结煤,是优质动力煤、化工和冶金用煤。

2) 样品采集。按照土壤样品采样的规定在研究煤矿区农田选取典型采样区进行,蛇形布点法均匀布点采样,共选择55个采样点,选取该地区离煤矿较远的武家塔、郭家畔等地区农田为对照点。以采样点为中心,采集1 m<sup>2</sup>内的玉米幼苗,采集完后装入塑料袋内密封待检测;用环刀取样测量土壤的视密度,然后对下层的土壤进行采样,去除土壤表面石栗粒与干枯植物,用铁锹采集0~20 cm的表层土壤1 kg,接触到金属铁锹的部分土样应该去除,最后装入可封闭的塑料袋中。

3) 样品处理与分析方法。土壤样品自然风干后去除土壤中的杂质,用玻璃研钵磨碎,然后过150 μm筛备用,装入塑料瓶内贴上标签备用。玉米幼苗样品直接进行组织粉碎,离心后贴标备用。总As分析采用硼氢化钾-硝酸银分光光度法(GB/T 17135—1997)<sup>[8]</sup>,总Cd、Zn、Cu火焰原子吸收分光光度法(GB/T 17137—1997)<sup>[9]</sup>, GB/T 17138—1997<sup>[10]</sup>,总Cr和Pb石墨炉原子分光光度法(GB/T 17141—1997)<sup>[11]</sup>,Hg采用冷原子吸收分光光度法(GB/T 17136—1997)<sup>[12]</sup>。数据的分析处理采用Excel 2003和SPSS 18.0完成。

## 2 结果与讨论

### 2.1 煤矿区农田中土壤中重金属污染状况

对煤矿区农田土壤采样点中Cu、Zn、Pb、Cr、Cd、Hg、As等重金属含量进行数据统计分析,结果见表1。表2为土壤环境质量标准<sup>[13]</sup>。参照表2可知,除Hg外,Cu、Zn、Pb、Cr、Cd、As含量均超出了陕西省土壤背景值,Zn、Pb、Cr、As低于土壤一级标准,Cu、Cd超出了土壤环境质量一级标准,但低于土壤

环境质量二级标准。Zn稍高于土壤背景值,Cr为土壤背景值1.2倍,Pb为土壤背景值1.56倍,Hg低于土壤背景值,As为土壤背景值1.26倍,说明Zn、Pb、Cr、Hg、As元素在煤矿周边的农田区已经富集,但尚不对农作物造成危害。Cu元素为土壤背景值2.84倍,为对照区2.29倍,Cd为土壤背景值5.61倍,为对照区4.14倍,说明煤矿对Cu、Cd两种元素有着很大的贡献,Cu、Zn、Pb、Cr、Cd、Hg、As等重金属煤矿周边农田中的平均含量均高于对照区,说明煤矿开采过程对农田带来了重金属污染。

表1 土壤中重金属含量

元素	最小值	最大值	算数均值	标准差	变异系数	对照区
Cu	26.78	97.66	57.15	9.22	16.1	25.0
Zn	13.45	198	69.76	41.43	59.4	64.1
Pb	12.35	48.65	32.77	8.52	25.9	25.7
Cd	0.095	0.97	0.4976	0.256	51.4	0.12
Cr	55.62	98.65	73.60	11.7	15.8	65.4
Hg	0.10	0.19	0.136	0.0171	12.5	0.12
As	8.80	19.70	13.67	3.0	21.9	11.4

注:变异系数的单位为%;其他参数单位均为mg/kg

表2 土壤环境质量标准 mg/kg

重金属	土壤一级标准	土壤二级标准	土壤三级标准	陕西省土壤背景值
As	15	25	40	10.8
Hg	0.15	1	1.5	0.217
Zn	100	300	500	66.1
Pb	35	350	500	20.9
Cu	35	100	400	20.1
Cr	90	250	300	61.1
Cd	0.2	0.6	1.0	0.0886

注:一级标准为保护区自然生态,维持自然背景的土壤环境质量的限制值;二级标准为保障农业生产,维护人体健康的土壤限制值,pH>7.5;三级标准为保障农林业生产和植物正常生长的土壤临界值

### 2.2 土壤与玉米中重金属含量的关系

土壤中测量出的重金属含量是重金属元素总量 $w_t$ ,而玉米中测量出的重金属通常是重金属的有效态含量 $w_e$ ,土壤中重金属总量与玉米有效态含量之间散点线性相关性如图1所示。从图1可以看出Zn、Cu、Pb、Cr、Hg重金属元素在土壤汇总的含量与玉米中的含量显示出正相关性,说明玉米对这几种重金属元素的吸收与土壤中的重金属含量有密切的关系。随着土壤中的重金属含量的升高,更多的有效态重金属元素被玉米吸收。土壤中Cd、As含量

与玉米中的有效态含量相关性较低,主要原因可能是土壤中的 Cd 和 As 元素被土壤中的螯合剂所螯合,难以以有效态形式释放出来,另外这 2 种重金属

元素有效态的释放和吸收还与土壤的 pH 有密切关系。当土壤受污染时,重金属元素通过植物被人体吸收从而对人体造成伤害。

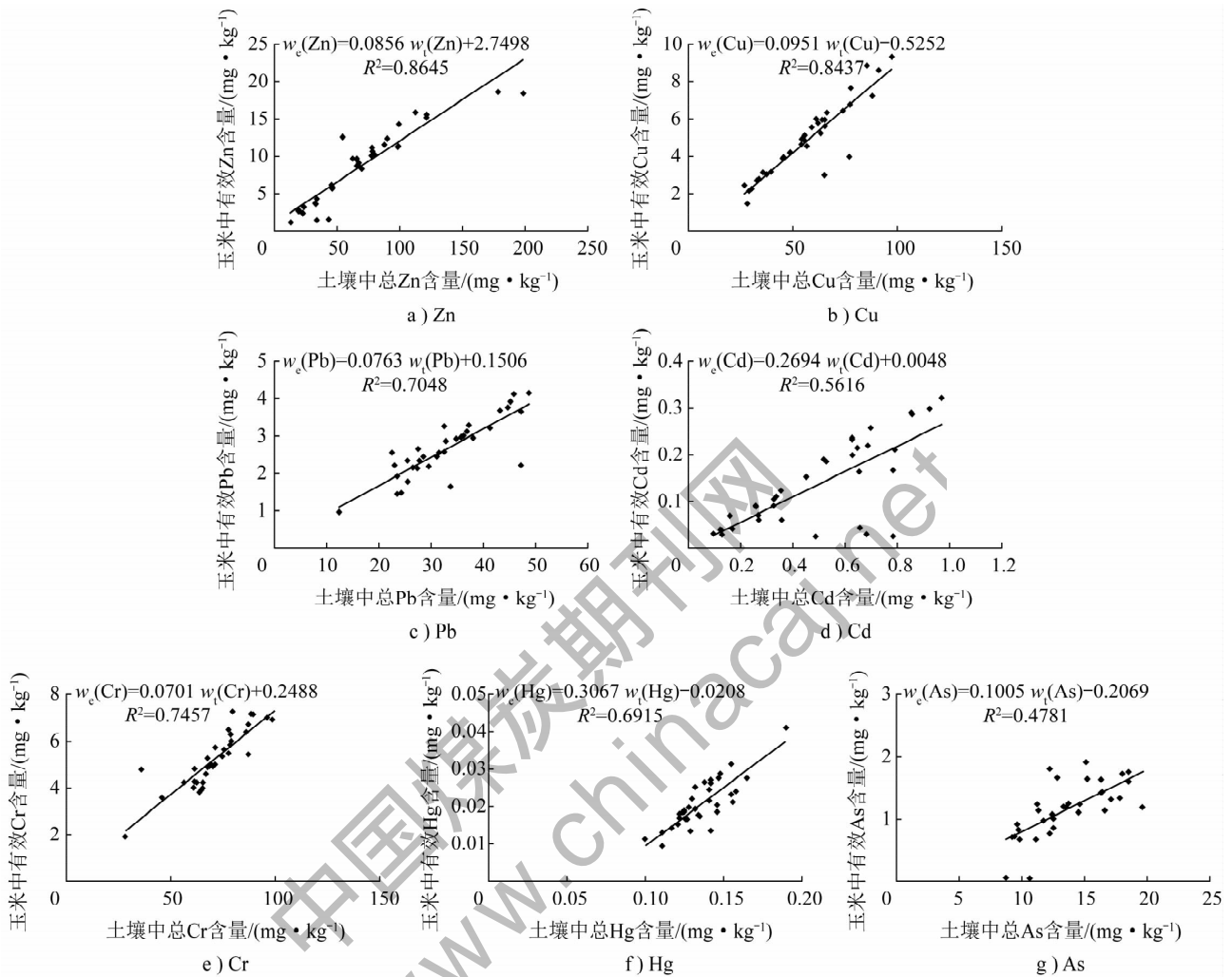


图1 土壤中重金属总量与玉米有效态含量之间散点线性相关性

### 3 农田重金属污染的土壤防治与修复措施

#### 3.1 控制重金属污染源

大力发展煤矿清洁生产,全面采用环境保护的战略以降低煤炭生产过程中的产品对人类和环境的危害,在挖掘、开采、运输的过程中减少废水、废气、废渣的排放,对煤矸石进行基础存放,并在其周围修建防渗建筑,减少下雨等情况造成淋溶液深入土壤。在农田灌溉时,要使用符合农田灌溉标准的水,对煤矿废水进行处理,达标后排放。

#### 3.2 受污染土壤进行植物修复

重金属污染土壤的植物修复技术是近年来发展起来的一项新兴的土壤污染治理技术。它是通过植物系统及其根际微生物移去、挥发或者稳定土壤环

境中的重金属污染物,或降低其毒性,以达到清除污染的目的。Baker 等<sup>[14]</sup>在以田间试验研究了在 Zn 污染土壤栽种不同富集植物和非超富集植物对 Zn 的吸收效果,结果表明,超富集植物富集 Zn 是非超富集植物萝卜的 150 倍,富集 Cd 相应则是 10 倍。Heaton 等<sup>[15]</sup>利用转基因植物拟南芥 (*Arabidopsis thaliana*) 和烟草 (*Nicotiana tabacum* L.) 去除土壤中的无机 Hg 和甲基 Hg。印度芥子对 Pb 具有超强的吸收能力,可以利用印度芥子提取法和 EDTA 活化金属剂等方法修复 Pb 污染土壤。利用蜈蚣草修复含砷土壤,其富集能力为其他植物的数十万倍,该草具有极强的耐砷毒能力,能够修复含砷的土壤。陈同斌<sup>[16]</sup>利用蜈蚣草修复含砷土壤,其富集能力为其他植物的数十万倍,该草具有极强的耐砷毒能力,能

够修复含砷的土壤。

### 3.3 使用农业工程措施消除土壤重金属污染

通过施用土壤改良剂,改变传统的耕作方式、换茬栽种植物、客土和换土等措施改变土壤中重金属对农业生产的危害。利用改良剂对土壤重金属的沉淀作用、吸附抑制作用,降低重金属的扩散性和生物有效性。如增施有机肥可以促进重金属的吸附、螯合、络合能力,也能使重金属生成硫化物沉淀,施石灰可以提高土壤pH值,使重金属生成硅酸盐、碳酸盐、氢氧化物沉淀,从而降低了重金属在土壤中的移动性。

### 3.4 通过工程技术措施消除重金属污染

工程技术措施有水洗法、电动化学法、热解析法和片洗法等。水洗法是利用清水灌溉受污染农田,使重金属离子迁移至较深的土层中,减少表土中重金属的浓度,或者将含有重金属的水排出农田。电化学法指利用电流打破所有的Cd、Cu、As、Pb的金属-土壤键的方法,特别适用于去除透性不高、传导性不好的黏土中的重金属,但不适合沙性土壤。采用热解吸法可以将挥发性重金属Hg从土壤中解吸出来,当达到一定体积时回收利用。片洗法指用清水或含可提高重金属水溶性的某些化学试剂的水将重金属冲至根外层,再用含一定配位体或阴离子的化合物与重金属生成较稳定的金属络合物或沉淀,并回收利用。

## 4 结 论

1) Cu、Zn、Pb、Cr、Cd、Hg、As等重金属煤矿周边农田中的平均含量均高于对照区,说明煤矿开采过程对农田带来了重金属污染。

2) Zn、Cu、Pb、Cr、Hg重金属元素在土壤汇总的含量与玉米中的含量显示出正相关性,表明植物吸收重金属的含量与土壤中的重金属的总量有关,且吸收量随着土壤中重金属含量增加而增加。

3) 针对煤矿区农田土壤污染,有针对性地提出了土壤重金属污染的防治和修复措施,以期为环境保护工作者提供科学治理的依据。

参考文献:

- [1] 刘素青. 九里山煤矿区土壤重金属污染状况研究[J]. 洁净煤技术 2011, 17(4): 95-96.
- [2] 张明亮, 王海霞. 煤矿区矸石山周边土壤重金属污染特征与规律[J]. 水土保持学报 2007, 21(4): 189-192.
- [3] 崔龙鹏, 白建峰, 史永红, 等. 采矿活动对煤矿区土壤中重金属

污染研究[J]. 土壤学报 2004, 41(6): 896-904.

- [4] 王丽, 王力和文祥, 等. 神木煤矿区土壤重金属污染特征研究[J]. 生态环境学报 2011, 20(8/9): 1343-1347.
- [5] 张锂, 韩国才, 陈慧, 等. 黄土高原煤矿区煤矸石中重金属对土壤污染的研究[J]. 煤炭学报 2008, 33(10): 1141-1146.
- [6] 刘德良, 杨期和. 明山煤矿区废弃地重金属污染土壤环境质量评价[J]. 湖北农业科学 2013(18): 4351-4354, 4367.
- [7] 程水英. 彬长矿区规划环境影响评价指标体系的建立[J]. 洁净煤技术 2014, 20(1): 93-95, 99.
- [8] GB/T 17135—1997 土壤质量 总砷的测定 硼氢化钾-硝酸银分光光度法[S].
- [9] GB/T 17137—1997 土壤质量 总铬的测定 火焰原子吸收分光光度法[S].
- [10] GB/T 17138—1997 土壤质量 铅、镉的测定 石墨炉原子吸收分光光度法[S].
- [11] GB/T 17141—1997 土壤质量 铅、镉的测定[S].
- [12] GB/T 17136—1997 土壤质量 总汞的测定 冷原子吸收分光光度法[S].
- [13] GB 15618—1995 土壤环境质量标准[S].
- [14] Baker A J M, McGrath S P, Sidoli C M D. The possibility of in situ heavy-metal decontamination of polluted soils using metal-accumulating plants[J]. Resources Conservation and Recycling, 1994, 11(1): 41-49.
- [15] Heaton A C P, Rugh C L. Phytoremediation of mercury and methyl-mercury polluted soils using genetically engineered plants[J]. Journal of Soil Contamination, 1998(7): 497-509.
- [16] 陈同斌. 砷超富集植物蜈蚣草及其对砷的富集特征[J]. 科学通报 2002, 47(3): 207-210.

(上接第104页)

- [6] 姚风云, 汪新民. 淮北煤层气开发利用中的环境问题[J]. 青岛化工学院学报 2002, 23(2): 94-96.
- [7] 杨永均, 张绍良, 候湖平. 煤炭开采的温室气体逸散排放估算研究[J]. 中国煤炭 2014, 40(1): 114-117.
- [8] 孙茂远. 中国煤层气开发利用现状及产业化战略选择[J]. 天然气工业 2007, 27(3): 1-5.
- [9] 崔荣国. 国内外煤层气开发利用现状[J]. 国土资源情报 2005(11): 22-26.
- [10] 马晓种. 煤矿瓦斯综合利用技术的探索与实践[J]. 中国煤层气 2007, 7(3): 28-31.
- [11] 贺占军, 方晓青, 贾立刚. 白茆沟煤矿瓦斯综合利用技术[J]. 煤炭工程 2013, 45(9): 58-60.
- [12] 李景明, 巢海燕, 李小军, 等. 中国煤层气资源特点及开发对策[J]. 天然气工业 2009, 29(4): 9-13.
- [13] 朱英战. 阳泉矿区矿井煤层气利用发展现状[J]. 煤炭科学技术 2013, 41(10): 70-72, 41.
- [14] 龙伍见. 我国煤矿低浓度瓦斯利用技术研究现状及前景展望[J]. 矿业安全与环保 2010, 37(4): 74-77.
- [15] 孙茂远. 煤层气资源开发利用的若干问题[J]. 中国煤炭, 2005, 31(3): 5-8, 27.