农业环境科学学报 2008,27(1):0200-0206
Journal of Agro-Environment Science

小秦岭金矿区不同污染方式土壤剖面上重金属含量分布特征

徐友宁，张江华，陈社斌，柯海玲

(西安地质矿产研究所，陕西 西安 710054)

摘　要：小秦岭某金矿区由于矿业活动导致农田土壤重金属污染严重。本文选择了农业生产型、大气降尘型、河水灌溉型、矿业污水灌溉型、尾矿渣淋溶型等5类污染方式的典型土壤剖面，研究了垂向上重金属元素含量的分布特征、影响深度及程度。结果表明，不同污染方式条件下，土壤剖面上Hg、Pb、Cd、Cu、Zn综合污染程度以矿业污水灌溉型最为严重，且重金属淋溶下渗能力最大，其次为尾矿渣淋溶型。同一污染方式条件下，Hg的污染程度最为严重。60 cm深度内，污水灌溉土壤中Hg的含量均值为10.778 mg·kg^{-1}，其次是大气降尘型2.536 mg·kg^{-1}和河水灌溉型1.766 mg·kg^{-1}。所有土壤剖面上重金属元素不同程度累积污染超标深度达60 cm，因而仅仅采取就地深翻方式治理耕作层土壤污染，无法达到目的，这一结论为矿区耕作层土壤污染治理提供了科学依据。

关键词：土壤剖面；重金属污染；小秦岭金矿区

中图分类号：X833　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1672-2043(2008)01-0200-07

Distribution of Contents of Heavy Metals in Soil Profile Contaminated in Different Ways in Xiaoqinling Gold Mining Area

XU You-ning, ZHANG Jiang-hua, CHEN She-bin, KE Hai-ling

(Xi'an Geological Survey Center, China Geological SurveyBureau, Xi'an 710054, China)

Abstract: The cropland soil in Xiaoqinling gold mining area was seriously polluted by heavy metals because of the mining industry. 5 typical soil profiles, farming type, atoms dust-fall type, river irrigation type, mining sewage irrigation type and tailings wastes eluviation type, were selected to study the distribution feature of heavy metals and their influencing depth and degree in vertical direction. The results showed that, among different types of polluted soil, the mining sewage irrigation type had the highest synthetic pollution degree of Hg, Pb, Cd, Cu and Zn, with the largest leaching and infiltration capability of heavy metals, the second was tailings wastes eluviation type. The pollution degree of Hg was the most serious in same pollution type. Within depth of 60 cm, the content of Hg was 10.778 mg·kg^{-1} in the sewage irrigation soil, 2.536 mg·kg^{-1} in the atoms dust-fall soil, 1.766 mg·kg^{-1} in river irrigation soil. But in all the profiles, the accumulated sub-standard depth of heavy metals was up to 60 cm. Therefore, the aim of restoring topsoil can not be achieved by merely ploughing soil deeply in the same place. These would provide scientific foundation for restoring topsoil pollution in mining area.

Keywords: soil profile; heavy metal pollution; Xiaoqinling gold mining area

金属矿产资源的开发往往会导致矿区及其周边土壤及农作物重金属元素的污染[1-6]。研究区位于小秦岭金矿区带西段北坡的灵宝市和潼关县接壤的中低山地区以北的山前冲洪积斜塬区、黄土沟壑台塬区，面积约300 km^2。金矿选冶活动，尤其是混汞-浮选法及小汞碾、小氰化、小浮选等"三小"提金活动，废水、废渣及冶炼废气的无序排放造成了严重的土壤重金属污染及环境效应[7-12]。农田土壤污染治理的常规方法之一就是深翻换土、客土法或去除表层受污染的土壤[13-15]，这种物理修复方法的前提是表层土壤受到了污染。目前就研究区金矿开发活动对土壤垂向污染深度及程度前人尚未涉足。因此，研究不同污染方式的土壤剖面上重金属元素含量分布特征，可为土壤污

收稿日期：2007-02-26
基金项目：国土资源部"重点矿区环境地质问题专题调查"(200412300057)；国土资源部"陕西潼关金矿区环境地质问题专题调查"(200412300057-1)
作者简介：徐友宁(1963—)，男，陕西长安人，博士，研究员，专业从事矿山环境地质研究工作。E-mail：ksdzhj@sohu.com

万方数据

染方式提供科学依据。

1 研究方法

土壤中重金属元素的绝对含量主要决定于成土母质重金属含量的继承和外源输入(污水灌溉、施肥、大气降尘等)量的多少[16]。为了对比、分析研究区大气降尘型、河水灌溉型和尾矿渣淋溶型等污染方式、途径造成土壤垂向上重金属的污染深度及程度,本文在矿区土壤重金属综合污染程度时空分布的基础上[17],采取对比研究的方法,以无工矿活动的土壤剖面上 40~60 cm 深度内重金属含量作为对比评价的似背景值,研究土壤垂向上 Hg、Pb、Cd、Cu、Zn 重金属元素的变化特征,为土壤污染防治与修复、保证农产品品质安全提供治理依据。研究剖面位置情况见表 1。

在剖面上,每隔 5 cm 或 10、20 cm,自下而上,刻槽采集土壤样 1 kg,在室温下自然风干,木棒碾碎,过 60 目筛。实验室用高铝钵研磨,过 200 目筛,供分析测试。Cd、Cu、Pb、Zn 采用原子吸收分光光度计测定,Hg 用原子荧光法测定。

研究区系二类土壤功能区,土壤 pH 均大于 7.5。土壤重金属污染评价一是采用国家土壤环境质量二级标准(pH>7.5 的旱田土壤)重金属元素含量限值[18]作为土壤重金属单项污染超标倍数(Dc)评价依据[19],二是采用与西邻华阴市未受矿业活动影响的 3 处农田土壤均值作为似背景值[10](表 2)。可见,国家土壤环境质量的二级标准值全部高于研究区成土地质环境条件相同的华阴市土壤重金属元素含量的似背景值,Pb、Hg、Cd 的含量更低。累积单项污染超标倍数(Lc)[19]是借鉴土壤单项污染超标倍数公式,计算的超标倍数比采用国家环境质量标准更能反映矿区矿业开发对土壤重金属污染叠加的影响程度[20]。其计算公式:

$$L_{ci}=(C_i-C_B)/C_B$$

式中:L_{ci} 为第 i 种重金属单项累积污染超标倍数,C_i 为第 i 种重金属元素实测值,C_B 为邻区第 i 种重金属的似背景值。

2 土壤剖面重金属含量分析

2.1 农业生产型土壤剖面(T_1)重金属含量

该剖面位于研究区西邻的华阴市且未受工矿活动的影响区,可能的环境污染来自农业生产过程中的化肥、农药的使用,是研究矿区土壤是否受到矿业活动影响的对比剖面。剖面深度 140 cm,自下而上,每隔 20 cm 采集土样 1 件,共 7 件,各层重金属元素含量见表 3。

表 3 显示,0~20 cm 耕作层内 Hg、Cd、Zn 含量分别是 20~40 cm 含量的 1.94 倍、1.59 倍、1.30 倍,而 Pb、Cu 较下层稍富积。除 Pb、Zn 表层含量稍高于似背景值外,表层土壤受到了一定的污染,其余元素均低于似背景值。由于排除了工矿活动对农田土壤的污染影响,所以耕作层含量较高的 Hg、Pb、Cd、Zn、Cu 可能是农业生产过程中农药、化肥使用以及区域大气环境污染的影响。

2.2 大气降尘型土壤剖面(T_2)重金属含量

大气中重金属元素主要通过重力作用和降水作用沉降而进入土壤。混 Hg 法提金过程中逸散的 Hg 蒸气,含 Hg、Pb、Cd、Cu、Zn 元素的矿渣扬尘等成为研究区大气环境的主要污染源。前人研究表明,混 Hg 法提金工艺流程中 65%~87%的 Hg 会进入尾矿和大气环境中[9]。据 2003 年潼关县环境保护局黄金企业统

表 1 矿区土壤剖面特征

Table 1 The characters of soil profiles in gold mining area

剖面编号	地理位置	地貌分区	土壤类型	剖面深度/cm	污染类型
T_1	华阴市孟塬新庄村(对照区)	黄土台塬	耕作土-古耕作土-粉砂土	0~140	农业生产型
T_2	潼关县南头乡上北头村	黄土台塬	耕作土-古耕作土-粉砂土	0~70	大气沉降型
T_3	灵宝市豫灵镇古东村	冲积阶地	耕作土-粉砂质粘土	0~70	河水灌溉型
T_4	灵宝市豫灵镇庄头村	山前斜塬	耕作土-古耕作土-砂质粘土	0~70	矿业污水灌溉型
T_5	潼关县南头乡村	黄土台塬	耕作土-粘土-砂砾粘土	0~220	尾矿渣堆淋溶型

表 2 土壤重金属污染评价标准

Table 2 Evaluation standards for soil heavy metals contamination

	Hg/mg·kg^{-1}	Pb/mg·kg^{-1}	Cd/mg·kg^{-1}	Cu/mg·kg^{-1}	Zn/mg·kg^{-1}
土壤环境质量二级标准值 A[17]	1.0	350	0.6	100	300
似背景值 B(邻区土壤 40~60 cm)	0.08	20.33	0.06	19.03	62.27
A/B	12.5	17.22	10.00	5.25	9.64

万方数据

表3 不受矿业活动影响的邻区土壤剖面(T_1)上重金属含量

Table 3 Heavy metals contents in soil profile in the neighborhood area without mining pollution

深度/cm	Hg/mg·kg^{-1}	Pb/mg·kg^{-1}	Cd/mg·kg^{-1}	Cu/mg·kg^{-1}	Zn/mg·kg^{-1}
0~20	0.070	23.1	0.051	19.3	69.4
20~40	0.036	19.4	0.032	18.2	53.4
40~60	0.032	17.7	0.031	17.4	53.4
60~80	0.018	17.3	0.028	17.2	52.7
80~100	0.022	18.7	0.036	17.5	49.5
100~120	0.022	17.5	0.019	17.1	43.9
120~140	0.022	13.4	0.012	12.2	32.6

计年报资料，潼关县10家选矿厂年Hg用量2 174.5 kg,加上上百家处小混汞碾、小氰化提金的用Hg量，粗估每年向大气、水体、土壤等环境中排放的Hg含量至少1 413 kg。此外,大气Hg的干湿沉降也可导致土壤表层Hg的含量增高。在远离矿业活动的上北头村农田剖面处,在长150 cm、宽80 cm、深70 cm的剖面中,0~40 cm深度内,采样间距为5 cm,40~60 cm深度内采样间距为10 cm,总共采集土样9件,土壤重金属元素含量见表4。

表4、图1显示,0~25 cm深度内,Hg、Pb、Cd、Cu、Zn元素含量明显高于下部土层含量，其含量均值分别是25~30 cm深度的17.52、6.93、6.48、2.66倍和1.57倍。在剖面上,除Cd外,Hg、Pb、Cu、Zn元素的最高含量不在0~5 cm浅表层，而是在10~20 cm深度内。

大气降尘型土壤剖面上,Hg的单项污染超标倍数是土壤环境质量二级标准的2.53~5.44,0~25 cm土壤受到了Hg的严重污染,平均超标倍数3.81,其他元素含量低于土壤环境质量二级标准。与似背景值比,Hg累积超标倍数污染深度已达60 cm,Pb达30 cm,Cd、Zn达20 cm,Cu达25 cm。可见,在剖面上,0~25 cm存在较严重的超标污染,而在整个剖面上土壤重金属元素累积污染深度达60 cm。

2.3 河水灌溉型土壤剖面(T_3)重金属含量

从表5、图2可见,河水灌溉型的古东村农田剖面上,0~15 cm深度内,重金属元素最为富积。其中,0~10 cm土层内,Hg、Pb、Cd、Cu、Zn含量最高,15~20 cm深度内含量突降形成一个台阶。30~35 cm含量最低,可能与该深度内土壤沙质含量较高、土壤孔隙度较大、重金属不易滞留而易于下渗的缘故。

0~15 cm,Hg、Pb含量超过土壤环境质量二级标准限值,Hg的平均超标倍数4.31,Pb为0.20,超标深度限于0~10 cm。与邻区似背景值比较,Hg、Pb元素向下潜移累积污染已达60 cm,平均累积超标倍数分别为21.01和5.77。Cd、Zn累积污染深度仅为15 cm,Cu为20 cm。可见,河水灌溉导致垂向上重金属元素超标深度为15 cm,累积污染深度超过了60 cm。

2.4 矿业污水灌溉型土壤剖面(T_4)重金属含量

西峪口河水中Pb含量超过了农田灌溉水质标准(GB5084-92)的30.9倍,河水属极度污染,而河流底

表4 T_2剖面重金属含量(C)(mg·kg^{-1})/单项污染超标倍数(D_C)/累积污染超标倍数(L_C)表

Table 4 Heavy metals contents(C) in T_2 profile, single polluted standard-exceeding multiple (Dc) and cumulate polluted standard-exceeding multiple (Lc)

深度	Hg			Pb			Cd			Cu			Zn		
/cm	C	D_C	L_C	C	D_C	L_C	C	D_C	L_C	C	D_C	L_C	C	D_C	L_C
0~5	4.57	3.57	56.13	163	—	7.02	0.16	—	1.67	35.4	—	0.86	69.5	—	0.12
5~10	4.712	3.71	57.90	164	—	7.07	0.1	—	0.67	37.7	—	0.98	86.4	—	0.39
10~15	6.437	5.44	79.46	200	—	8.84	0.1	—	0.67	81.4	—	3.28	63.1	—	0.01
15~20	5.376	4.376	66.20	234	—	10.51	0.094	—	0.57	46.8	—	1.46	77	—	0.24
20~25	3.525	2.53	43.06	140	—	5.89	0.032	—	—	34	—	0.79	55.5	—	—
25~30	0.281	—	2.51	26.0	—	0.27	0.015	—	—	17.7	—	—	44.7	—	—
30~35	0.087	—	0.09	18.3	—		0.007 5	—	—	16.5	—	—	48.2	—	—
35~40	0.105	—	0.31	18.7	—		0.005	—	—	16.3	—	—	45.8	—	—
40~50	0.106	—	0.33	18.4	—		0.001 2	—	—	14.8	—	—	57.8	—	—
50~60	0.164	—	1.05	19.0	—		0.002 5	—	—	15.6	—	—	77.3	—	15.03

注:"—"表示没有超标,下同。

万方数据

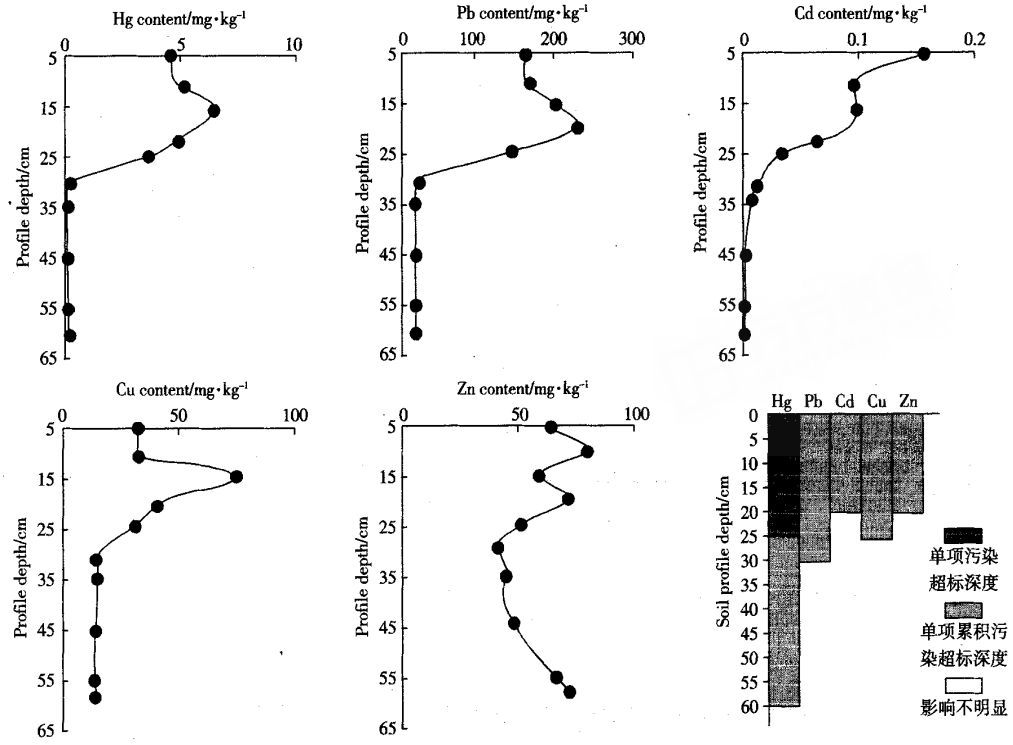


图 1　T_2 土壤剖面上重金属含量变化图

Figure 1　Changes of heavy metals contents in T_2 soil profile

表 5　T_3 土壤剖面重金属含量(C)(mg·kg⁻¹)/单项污染超标倍数(D_C)/单项累积污染超标倍数(L_C)表

Table 5　Heavy metals contents(C) in T_3 profile, single polluted standard-exceeding multiple (Dc) and cumulate polluted standard-exceeding multiple (Lc)

深度	Hg			Pb			Cd			Cu			Zn		
/cm	C	D_C	L_C	C	D_C	L_C	C	D_C	L_C	C	D_C	L_C	C	D_C	L_C
0~5	5.865	4.865	72.31	420	0.20	19.66	0.089	—	0.48	61.3	—	2.22	90	—	0.45
5~10	5.572	4.572	68.65	422	0.21	19.76	0.22	—	2.67	106	0.06	4.57	87.5	—	0.41
10~15	4.495	3.495	55.19	280	—	12.77	0.094	—	0.57	47.6	—	1.50	76.3	—	0.239
15~20	0.431	—	4.39	60.6	—	1.98	0.018	—	—	21.6	—	0.14	53.7	—	—
20~25	0.226	—	1.83	35	—	0.72	0.012	—	—	18.1	—	—	46.3	—	—
25~30	0.168	—	1.10	22.9	—	0.13	0.015	—	—	16.8	—	—	42.8	—	—
30~35	0.15	—	0.88	25.9	—	0.27	0.016	—	—	16.1	—	—	46.6	—	—
35~40	0.204	—	1.55	34	—	0.67	0.03	—	—	17.2	—	—	45.2	—	—
40~50	0.252	—	2.15	36.4	—	0.79	0.035	—	—	18.2	—	—	47.7	—	—
50~60	0.296	—	2.70	39.6	—	0.95	0.019	—	—	19.5	—	0.02	48.6	—	—

泥重金属元素含量更高[10](表 6)。在此灰黑色矿浆水灌溉的农田表面,能够明显看到灰白色的尾矿沙以及从农田中铲出的堆积在田埂边的尾矿沙。其垂向上土壤样品重金属含量见表 7。

分析表 7、图 3 发现,0~25 cm 深度内,Hg、Pb、Cd、Cu、Zn 含量明显较下层土壤富积，其次为 25~35 cm。50~60 cm 深度内,重金属元素含量低于 0~35 cm 而高于 35~50 cm，这与 35~50 cm 土壤沙含量较高、孔隙度加大、重金属元素容易向下迁移有关。Hg 元素超过土壤环境质量二级标准深度达 60 cm,Pb、Cd、Cu 为 25 cm,在剖面上仅 Zn 符合土壤环境质量标准。

与邻区似背景值比较,Hg、Pb、Cu 在整个剖面深度内全部累积超标，尤以 Hg 的累积污染最为严重，超标倍数为 2.84~220，平均 94.87,Cd 累积污染深度到 25 cm。长期污水灌溉会对农田和作物产生严重的毒害作用。研究区矿业废水含有大量的 Hg、Pb、Cd、

万方数据

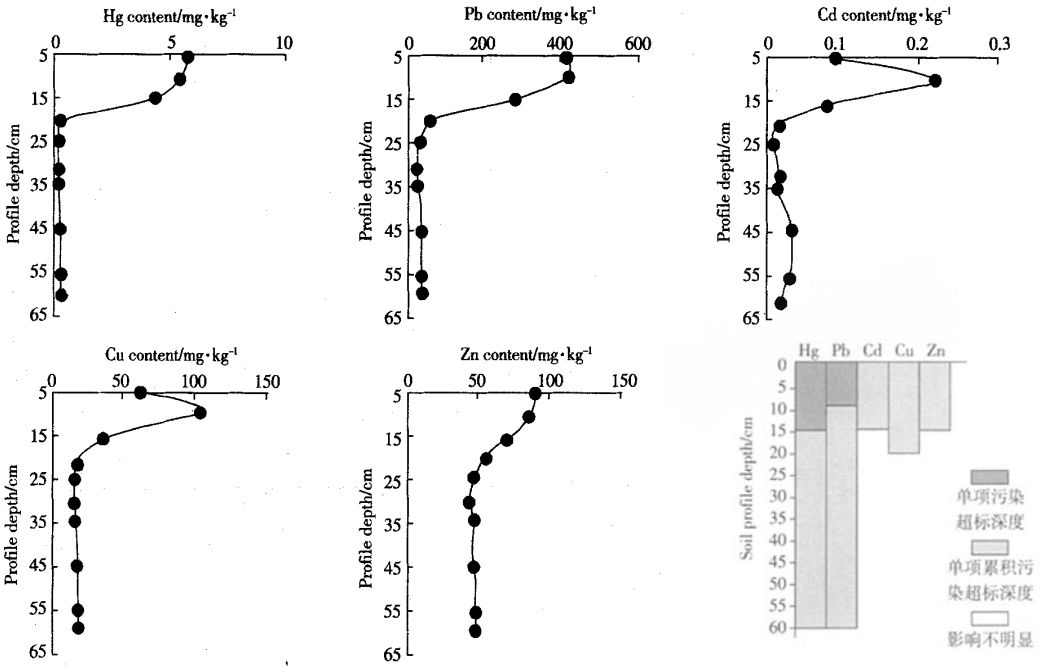


图 2 T_3 土壤剖面垂向上重金属含量变化图

Figure 2 Changes of heavy metals contents in T_3 soil profile

表 6 西峪口河水及其底泥重金属含量表

Table 6 Heavy metals contents in river and its sediment in Xiyu

	Hg	Pb	Cd	Cr	As	Cu	Zn
河水/mg·L^{-1}	0.000	3.19	0.002 1	0.056	0.006 7	0.767 5	0.25
河流底泥/mg·kg^{-1}	32.8	1175	0.86	30.2	1.21	159	103

Cu、Zn 等重金属元素[10],因此,必然导致土壤垂向上 Hg、Pb、Cd、Cu 含量明显累积, 加重了土壤的污染程度。

2.5 尾矿渣淋溶型土壤剖面(T_5)重金属含量

选矿的尾矿渣不仅占用土地,而且随着时间的推移,降水淋溶作用使得尾矿渣中的毒重金属下渗而污染土壤及地下水。以南头乡表层堆放尾矿渣的土壤剖面为例,研究土壤垂向上重金属含量变化情况。剖面深度 220 cm,其中 0~80 cm 为尾矿渣,其下为黄土。

分析表 8、图 4,在 0~80 cm 富含重金属元素的尾矿渣存在情况下,经过 10 年的降水淋溶作用,80~100 cm 深度成为 Hg、Pb、Cd、Cu、Zn 含量的突变带。在剖面上,仅 Hg 元素在 80~100 cm 深度内超过了土壤环境质量二级标准。Hg、Pb、Cd 元素累积污染深度达 140 cm, 其累积污染超标倍数平均为 7.44、1.81 和 2.09,Cu 的影响深度为 40 cm,Zn 在剖面中淋溶下移

表 7 T_4 土壤剖面重金属含量(C)(mg·kg^{-1})/单项污染超标倍数(D_C)/单项累积污染超标倍数(L_C)表

Table 7 Heavy metals contents(C) in T_4 profile, single polluted standard-exceeding multiple (Dc) and cumulate polluted standard-exceeding multiple (Lc)

深度	Hg			Pb			Cd			Cu			Zn		
/cm	C	D_C	L_C	C	D_C	L_C	C	D_C	L_C	C	D_C	L_C	C	D_C	L_C
0~5	19.43	18.43	229.38	2 022	4.78	98.46	1.21	1.02	19.17	275	1.75	13.45	210	—	2.37
5~10	21.17	20.17	251.13	2 153	5.15	104.90	1.37	1.28	21.83	297	1.97	14.61	165	—	1.65
10~15	19.63	18.63	231.88	1 964	4.61	95.61	1.36	1.27	21.67	284	1.84	13.92	160	—	1.57
15~20	20.6	19.6	244.00	1 975	4.64	96.15	1.27	1.12	20.17	274	1.74	13.40	174	—	1.79
20~25	17.74	16.74	208.25	1 302	2.72	63.04	0.84	0.40	13.00	167	0.67	7.78	164	—	1.63
25~30	4.127	3.127	38.09	179	—	7.80	0.048	—	—	42.7	—	1.24	103	—	0.65
30~35	2.23	1.23	14.38	115	—	4.66	0.019	—	—	31.7	—	0.67	61.3	—	—
35~40	0.307	—	—	26.8	—	0.32	0.038	—	—	19.7	—	0.04	53.2	—	—
40~50	0.603	—	—	38.3	—	0.88	0.031	—	—	21.4	—	0.12	65.2	—	0.05
50~60	1.946	0.946	10.83	83.2	—	3.09	0.05	—	—	28.8	—	0.51	114	—	0.83

万方数据

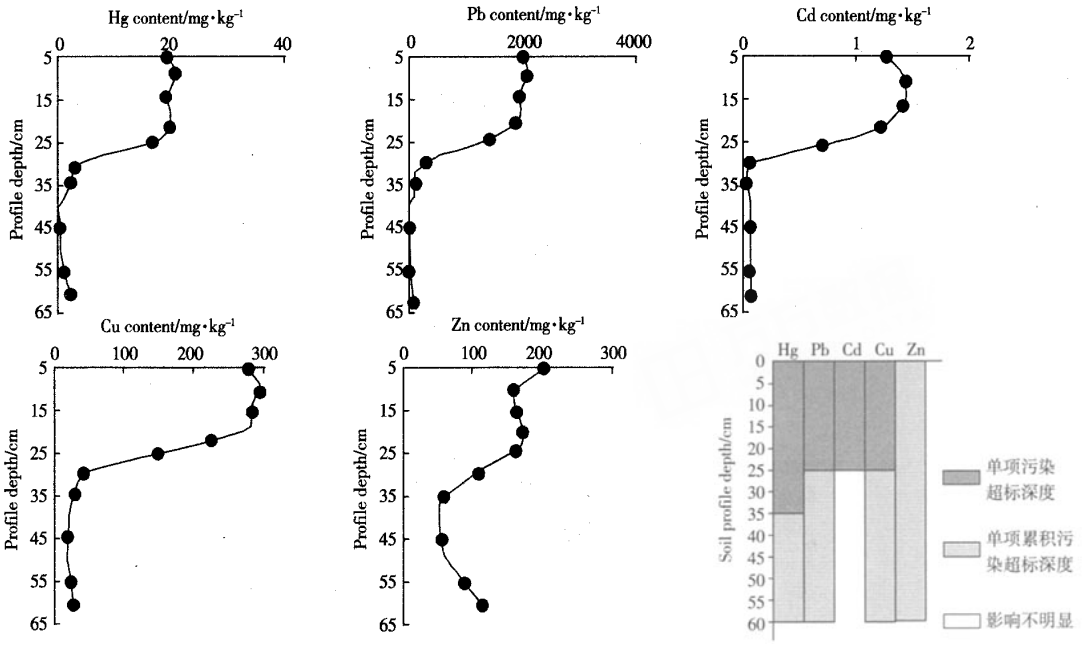


图 3　T_4 土壤剖面上重金属含量变化图

Figure 3　Changes of heavy metals contents in T_4 soil profile

不明显。

综上所述,5 种污染方式导致土壤剖面上重金属元素含量在垂向上单项超标倍数及累积污染超标倍数不同。矿业污水灌溉对土壤污染影响最为严重,其次为尾矿渣堆淋溶型污染方式。

3　结论

(1)大气降尘型土壤剖面上,仅 Hg 元素含量超过土壤环境质量标准,其含量超标深度为 25 cm,其累积污染影响深度为 60 cm。Pb 累积影响深度为 30 cm,Cd、Zn 为 20 cm,Cu 为 25 cm。

(2)河水灌溉型土壤剖面上,Hg、Pb 元素超标深度分别为 15 cm 和 10 cm,但累积污染深度均达 60 cm,Cd、Zn 为 15 cm,Cu 为 20 cm。

(3)矿业污水灌溉型土壤剖面上,Hg 含量超标深度已达 35 cm,Pb、Cd、Cu 超标深度达 25 cm;Hg、Pb、Cu 累积污染超标深度达 60 cm,Cd 为 25 cm。

(4)尾矿渣淋溶型土壤剖面上,Hg 超标深度 20 cm,Hg、Pb、Cd 累积污染超标深度达 140 cm,Cu 为 40 cm,Zn 几乎不受影响。

(5)不同污染方式条件下,土壤剖面上重金属元素综合污染程度以矿业污水灌溉型最为严重,重金属淋溶下渗能力最大,其次为尾矿渣淋溶型。矿业污水灌溉、大气污染降尘是矿区土壤最主要的污染方式。

表 8　T_5 剖面重金属含量(C)(mg·kg⁻¹)/单项污染超标倍数(D_C)/单项累积污染超标倍数(L_C)表

Table 8　Heavy metals contents(C) in T_4 profile, single polluted standard-exceeding multiple (Dc) and cumulate polluted standard-exceeding multiple (Lc)

深度/cm		Hg			Pb			Cd			Cu			Zn		
		C	D_C	L_C	C	D_C	L_C	C	D_C	L_C	C	D_C	L_C	C	D_C	L_C
0~45	尾渣	148	147	1 849	18 650	52.29	916.36	16.4	26.33	272.33	2 970	28.7	155.07	1 850	5.17	28.71
45~80	尾渣	243	242	3 036.5	17 300	48.43	849.96	5.41	8.02	89.17	2 580	24.8	134.58	610	1.03	8.80
80~100	耕土	1.48	0.48	17.5	128	—	5.30	0.3	—	4.00	24.8	—	0.30	50	—	—
100~120	黄土	0.88	—	10	78	—	2.84	0.1	—	0.67	20	—	0.05	47.5	—	—
120~140	黄土	0.37	—	3.625	25.9	—	0.27	0.1	—	0.67	15.9	—	—	55	—	—
140~160	黄土	0.46	—	4.75	26	—	0.28	0.21	—	2.50	16	—	—	60	—	—
160~180	黄土	0.44	—	4.5	40.3	—	0.98	0.1	—	0.67	18	—	—	45	—	—
180~220	黄土	0.42	—	4.25	45	—	1.21	0.3	—	4.00	18	—	—	52.5	—	—

万方数据

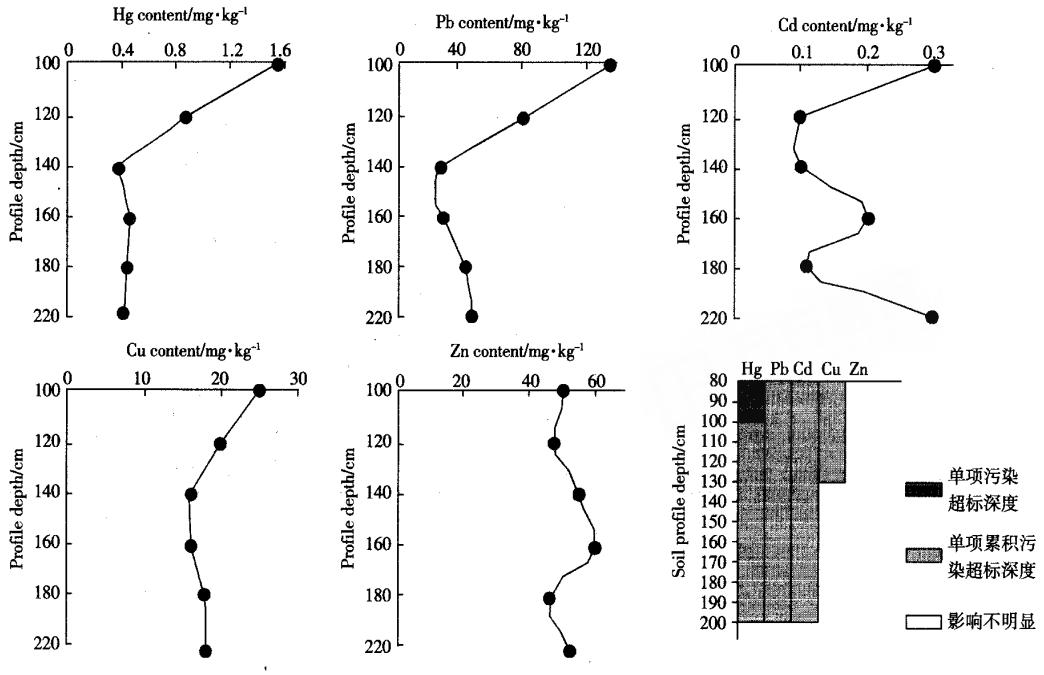


图 4 T_5 土壤剖面重金属含量变化图

Figure 4 Changes of heavy metal contents in T_5 soil profile

(6)同一污染方式,Hg 元素的污染程度最为严重。在矿区 0~60 cm 的 5 条土壤剖面上,Hg 元素累积超标全部达到 60 cm 深度(由于没有再向深部研究,其影响深度不祥),而污水灌溉土壤中 Hg 的含量均值为 10.778 mg·kg^{-1},其次是大气降尘型 2.536 mg·kg^{-1} 和河水灌溉型 1.766 mg·kg^{-1}。Pb 除大气降尘型土壤剖面外,累积污染超标深度亦达 60 cm。

研究区所有土壤剖面上均有重金属元素累积超标达到 60 cm,因而仅仅采取就地深翻方式治理耕作层(0~20 cm)土壤的污染,无法达到目的,这一结论为矿区耕作层土壤污染治理提供了科学依据。

参考文献:

[1] 周永章,宋书巧,杨志军,等.河流沿岸土壤对上游矿山及矿业开发的环境地球化学响应—以广西刁江流域为例[J].地质通报,2005,24(10-11):945-951.

[2] 黄长干,邱业先.江西德兴铜矿铜污染状况调查及植物修复研究[J].土壤通报,2005,36(6):991-992.

[3] 丁振华.贵州万山汞矿区 Hg 的环境污染及对生态系统的影响[J].环境科学, 2004,25(2):111-114.

[4] 党 志,刘丛强,尚爱安.矿区土壤中重金属活动性评估方法的研究进展[J].地球科学进展,2001,16(1): 86-92.

[5] 顾继光,林秋奇,胡 韧,等.矿区重金属在土壤-作物系统迁移行为的研究——以辽宁省青城子铅锌矿为例 [J]. 农业环境科学学报, 2006,24(4): 634-637.

[6] 闭向阳,杨元根,冯新斌,等.土法炼锌导致 Cd 对土壤-农作物系统污染的研究[J].农业环境科学学报,2006,25(4): 828-833.

[7] 张成渝,张 鑫,常祖峰.小秦岭金矿带混汞提金法中的汞污染及对策研究[J].地质灾害与环境保护,1999,10(2):18-22.

[8] 陈社斌,徐友宁.潼关金矿区环境污染及危害性浅析[J].西北地质,2003,36(增刊):172-175.

[9] 戴前进.中国混法采金地区 Hg 的环境地球化学-以陕西潼关为例[D].贵阳:中国科学院地球化学研究所,2004.

[10] 徐友宁.陕西潼关金矿农田土壤重金属污染及其效应研究[D].西安:西北大学地质系,2006.

[11] 徐友宁,柯海玲,刘瑞平,等.某金矿区农田土壤 Hg 污染评价[J].黄金,2006(7):47-50.

[12] 徐友宁,柯海玲,刘瑞平,等.陕西潼关金矿区农田土壤 Hg 污染的环境效应[J].地质通报,2006(11):1349-1353.

[13] 崔德杰,张玉龙.土壤重金属污染现状与修复技术研究进展[J].土壤通报, 2004,35(3):366-370.

[14] 王向健, 郑玉峰, 赫冬青.重金属污染土壤修复技术现状与展望[J].环境保护科学, 2004,30(122):48-49.

[15] 余贵芳.重金属污染土壤治理研究现状[J].农业环境与发展,1998,15(4):22-24.

[16] 段永惠.污水灌区铅、镉在土壤中的纵向迁移及影响因素研究[J].污染控制,2004,12:35-37.

[17] 西安地质矿产研究所. 陕西潼关金矿区环境地质问题专题调查报告[R]. 2006.

[18] GB15618-1995.土壤环境质量标准[S].

[19] NY/T395-2000.农田土壤环境质量监测技术规范[S].中华人民共和国农业部.

[20] 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.

万方数据

小秦岭金矿区不同污染方式土壤剖面上重金属含量分布特征

万方数据 WANFANG DATA 文献链接

作者： 徐友宁， 张江华， 陈社斌， 柯海玲， XU You-ning， ZHANG Jiang-hua， CHEN She-bin， KE Hai-ling

作者单位： 西安地质矿产研究所,陕西,西安,710054

刊名： 农业环境科学学报 ISTIC PKU

英文刊名： JOURNAL OF AGRO-ENVIRONMENT SCIENCE

年，卷(期)： 2008，27(1)

引用次数： 6次

参考文献(20条)

1. 周永章. 宋书巧. 杨志军. 陈炳辉. 曾锋 河流沿岸土壤对上游矿山及矿山开发的环境地球化学响应--以广西刁江流域为例[期刊论文]-地质通报 2005(10)

2. 黄长干. 邱业先 江西德兴铜矿铜污染状况调查及植物修复研究[期刊论文]-土壤通报 2005(6)

3. 丁振华. 王文华. 瞿丽雅. 汤庆合. 刘彩娥. 程金平. 胡卫萱 贵州万山汞矿区汞的环境污染及对生态系统的影响[期刊论文]-环境科学 2004(2)

4. 党志. 刘丛强. 尚爱安 矿区土壤中重金属活动性评估方法的研究进展[期刊论文]-地球科学进展 2001(1)

5. 顾继光. 林秋奇. 胡韧. 诸葛玉平. 周启星 矿区重金属在土壤-作物系统迁移行为的研究--以辽宁省青城子铅锌矿为例[期刊论文]-农业环境科学学报 2005(4)

6. 闭向阳. 杨元根. 冯新斌. 李非里. 李广辉. 孙力 土法炼锌导致Cd对土壤-农作物系统污染的研究[期刊论文]-农业环境科学学报 2006(4)

7. 张成渝. 张鑫. 常祖峰 小秦岭金矿带混汞提金法中的汞污染及对策研究[期刊论文]-地质灾害与环境保护 1999(2)

8. 陈社斌. 徐友宁 潼关金矿区环境污染及危害性浅析 2003(zk)

9. 戴前进 中国混法采金地区Hg的环境地球化学-以陕西潼关为例[学位论文] 2004

10. 徐友宁 陕西潼关金矿农田土壤重金属污染及其效应研究 2006

11. 徐友宁. 柯海岭. 刘瑞萍. 张江华. 陈社斌 某金矿区农田土壤汞污染评价[期刊论文]-黄金 2006(7)

12. 徐友宁. 柯海岭. 刘瑞平. 张江华. 赵阿宁 陕西潼关金矿区农田土壤Hg污染的环境效应[期刊论文]-地质通报 2006(11)

13. 崔德杰. 张玉龙 土壤重金属污染现状与修复技术研究进展[期刊论文]-土壤通报 2004(3)

14. 王向健. 郑玉峰. 赫冬青 重金属污染土壤修复技术现状与展望[期刊论文]-环境保护科学 2004(2)

15. 余贵芬. 青长乐 重金属污染土壤治理研究现状[期刊论文]-农业环境与发展 1998(4)

16. 段永惠 污水灌区铅、镉在土壤中的纵向迁移及影响因素研究 2004(12)

17. 西安地质矿产研究所 陕西潼关金矿区环境地质问题专题调查报告 2006

18. GB 15618-1995. 土壤环境质量标准

19. NY/T 395-2000. 农田土壤环境质量监测技术规范

20. 中国环境监测总站 中国土壤元素背景值 1990

相似文献(10条)

1. 学位论文 刘晓文 干旱区典型土壤—植物系统中主要重金属行为过程及风险性研究——以河西绿洲土壤为例 2009

土壤-植物系统重金属行为过程和风险的研究对于阻断重金属污染物进入食物链，防止对人体健康造成损害，促进土地资源的保护与可持续发展具有重要的意义；同时也为重金属污染土壤的修复和管理提供技术支撑。本文使用野外调查、野外淋滤试验、盆栽试验、室内淋滤试验、室内样品测试分析等方法以河西绿洲为例研究了干旱区典型土壤-植物系统中主要重金属行为过程及风险性，包括表层土壤重金属的空间变异规律、土壤重金属的纵向迁移机理、土壤重金属生物有效性以及潜在风险性。主要结论有： (1)金昌市表层土壤中Zn、Ni、Cu、Pb、Cd五种重金属元素的平均含量均超过了甘肃

土壤背景值，其中Ni的平均含量还超过了国家土壤环境质量二级标准，Cu的平均含量甚至超过了国家土壤三级标准。不同土地类型下Zn含量的比较为林地>农田>居民区及公园>公路绿化带>戈壁；不同土地类型下Ni含量的比较为林地>居民区及公园>公路绿化带>农田>戈壁；不同土地类型下Pb含量的比较为农田>居民区及公园>公路绿化带>林地>戈壁；不同土地类型下Cu含量的比较为林地>公路绿化带>居民区及公园>农田>戈壁；不同土地类型下Cd含量的比较为林地>居民区及公园>公路绿化带>农田>戈壁。对于这五种元素来说，土地类型对土壤中重金属含量的影响程度为：Pb>Zn>Cd>Cu>Ni。 (2)金昌市表层土壤中的Zn、Pb和Cd三种元的单因子污染均处于一级即清洁水平。相比之下，Ni和Cu的污染比较严重，其中，这五种土地类型土壤中的Ni均达到了四级即重度污染水平；公路绿化带、居民区及公园和林地土壤中的Cu均达到了四级即重度污染水平，戈壁和农田中的污染等级略低，均处于二级即轻度污染水平。五种土地类型下，Zn、Ni、Pb、Cu、Cd的内梅罗综合污染指数均为：Ni>Cu>Cd>Zn>Pb。地积累指数的结果表明，金昌市土壤中Zn和Pb的整体水平处于无污染程度，Cd处于轻度.中等污染程度，Ni处于中等污染程度，Cu的污染最为严重，处于中等-强污染程度。不同土地类型下土壤中重金属污染频率的结果显示，Pb不存在严重污染的情况，Zn和Cd严重污染的地区相对比较少，主要分布在农田和林地中；严重污染情况比较突出的Cu和Ni的不同土地类型比较为：Cu：公路绿化带>居民区及公园>林地>农田>戈壁；Ni：居民区及公园>林地>公路绿化带>农田>戈壁。地积累污染指数的空间分布结果跟各重金属污染浓度的分布结果一致。从分布范围上来看，Cu>Ni>Cd，Zn和Pb的污染范围均相对较小，并且Pb的污染水平也比较低。 (3)金昌市农田土壤中重金属元素活化率中以Cu的活化率最高，虽然Cd的总量比较低，但其活化率却仅次于Cu，这两种元素的生物危害相性相对较大，研究区土壤中Zn、Pb的活化率相对较低，对作物的危害较小。Ni的活化率也不高，但由于其总量比较高，所以也存在一定程度的生物危害性。因子分析的结果为，研究区表层农田土壤中的Cu和Ni主要来源于工矿业活动；Zn、Cd、Pb则主要来源于农业生产活动。潜在生态风险评估则显示，接近一半的土壤样点的重金属潜在生态风险等级达到了中度及以上水平；从潜在生态危害单项系数来看，Cd>Cu>Ni>Pb>Zn，其中，Cu、Ni和Cd存在不同程度的潜在生态危害，Pb、Zn这两种元素的潜在生态风险则均处于低危害水平。有效态重金属Zn、Ni、Cu、Pb、Cd的含量均在白家咀和马家崖子附近存在高值区，并且Cu和Ni的EDTA提取态浓度值在东湾附近也比较高。此外，在中牌八队附近，EDTA提取态Cd的浓度值也偏高。寄予农产品质量安全的重要性，当地在进行粮食生产的同时，应增强农田土壤的安全性，严格控制土壤污染物，推行标准化农业生产。对于生态风险比较高的农田，应对其进行限制生产，并采取一定的措施进行修复。 (4)野外淋滤试验和室内柱状实验中重金属的剖面分布特征相似，基本表现为外源重金属Cu、Zn、Pb、Cd进入土壤后，主要在表层10cm土层中富集，体现了重金属的表聚性；外源重金属进入土壤后，迁移距离短，试验时期内，迁移距离为15-20cm，自然剖面中迁移距离为45cm，外源重金属进入土壤后，虽然能在土壤中富集，但其土壤中富集的深度影响有限，目前未对地下水构成风险。野外调查所采集的耕作土壤剖面重金属变异规律研究中发现：Cu、Ni的表层富集现象明显，剖面各层Cu、Zn、Ni的总量分布差异较大。其中元素Cu和Ni分布规律相似，其浓度表现为表层至下先递减后稳定，同时这两中元素在各剖面中的迁移距离相当，基本在45cm附近，土壤剖面Zn的总量分布没有明显的规律性。受人类活动影响较大的五个剖面土壤的表层、亚表层中Cu含量和表层、亚表层以及心土层中的Ni含量基本超过中国环境质量二级标准，研究区域部分耕作土壤不再适合农作物生长，建议进行土壤修复。 (5)外源重金属的加入，改变了重金属在土壤中的赋存形态，Cu、Zn、Pb主要表现为在表层0-10cm土层中碳酸盐态Cu，碳酸盐态Zn和铁锰氧化态Zn，碳酸盐态Pb所占比例较对照剖面明显增加。而元素Cd表现为剖面各土层中可交换态Cd含量均明显增加。虽然各元素含量分布特征受外源重金属的添加浓度和灌溉水pH影响不突出，但各元素的具体形态分布却在一定程度上受到影响。总体表现为Cd和Zn易受灌溉水pH值的影响，其中Cd影响最为明显。元素Cu和Pb易受外源添加量的影响。野外调查所采集的耕作土壤剖面中Cu主要以有机态和残渣态存在；Zn以参渣态为主要赋存形态；Ni主要以铁-锰氧化态和残渣态存在，三种元素的可交换态含量最少，不足1%。受外源Cu、Ni的影响，在土壤剖面中Cu和Ni有明显的形态变化层位，且该层位与它们在剖面中的迁移距离基本一致。0-45 cm基本表现为有机态Cu>残渣态Cu>铁-锰氧化态Cu、碳酸盐态Cu>可交换态Cu；Ni的铁-锰氧化态>有机态、残渣态、碳酸盐态>可交换态。45 cm后的各层中Cu、Ni主要以残渣态存在。Zn在所有土层中均以残渣态为主要赋存形态。金昌城郊耕作土壤中Cu、Ni主要受人为活动影响，Zn主要来源于母岩成土过程。人为活动增加了土壤中Cu、Ni的含量，增大了Cu、Ni的潜在生物效应。 (6)元素Cu、Ni易于在金昌市种植的小麦根部蓄积，元素Zn易于在小麦籽粒中积累。Cu、Ni、Zn三种元素在小麦体内的迁移能力为：Zn>Cu>Ni。金昌市野外调查的小麦籽粒中Cu的平均含量为9.37 mg/kg，最大含量为11.64 mg/kg，其中有部分样品超过国家食物卫生标准，超标率为18.18%：Zn在籽粒中的平均含量为31.39mg/kg，最大含量为43.25mg/kg，所有样品均未超过国家食物卫生标准；小麦籽粒中Ni的平均含量为3.57 mg/Kg，最大含量为5.5 mg/kg，以人造奶油卫生标准的1.0mg/Kg作为参考值，研究中的所有小麦样品籽粒中Ni浓度均远高于该标准值，可见研究区域的小麦籽粒中Ni超标突出，造成通过饮食方式造成的健康风险较大，应对所研究的区域进行重金属污染的土壤进行修复或改变种植方式。 (7)盆栽试验研究发现油菜的地上部、根部分别对Cd、Pb有较另外部分强的累积能力，油菜各部分对Zn的累积能力向差不多：芹菜的根部对Cd、Zn、Pb具有较地上部分更强的累积能力；胡萝卜地上部分对Cd的累积能力较根部略强，Zn、Pb均为低添加浓度下在胡萝卜地上部的累积能力较根部强，而在较高剂量的添加浓度下根部的累积能力略高于地上部分。从不同蔬菜相同部位的对比分析可知，三种蔬菜中胡萝卜对Cd、Zn、Pb的累积能力最差，芹菜的根部和油菜的地上部分累积能力相对比较强。

2.期刊论文 曹淑萍 重金属污染元素在天津土壤剖面中的纵向分布特征 -地质找矿论丛2004,19(4)

文章阐述了天津市不同地貌单元8个土壤剖面中重金属污染的纵向分布特征,并对土壤中重金属污染的形成原因进行了分析.结果表明,重金属元素随土壤质地不同而有所不同.镉、汞、铜、铅、锌等在城市附近污染比较重,污染主要集中在0～50 cm土层内.污水灌溉、污泥施用和城市降尘是造成土壤多种重金属元素污染的主要原因.

3.学位论文 宋杰 湘江中下游有色矿冶区农田土壤与河流沉积物重金属污染特征研究 2009

湖南是有色金属之乡，湘江中下游相对密集的矿冶生产活动对周边农田土壤和农作物（蔬菜和稻米）、湘江河流沉积物和河水影响很大。本研究以湘江中下游有色矿冶区农田土壤、蔬菜、稻米、河流沉积物和河水为研究对象，探讨金属元素在有色矿冶区土壤-蔬菜体系和河流沉积物-河水体系中的污染状况及其环境活性；研究土壤pH值、有机质、质地、铁铝氧化物等基本理化性质、土壤中重金属活性组分的分布特征，阐明重金属在土壤中的交互作用行为及其在典型污染土壤剖面中迁移特征；河床和河岸沉积物中重金属的生物有效性、潜在风险以及河岸沉积物剖面中重金属的迁移特征。研究结果如下： 湖南有色矿冶区农田土壤、蔬菜和稻米中主要污染元素为As、Cd、Cu、Pb和Zn，其中矿冶区农田土壤中As、Cd、Pb和Zn平均含量（几何均值）远高于我国土壤环境质量标准（GB 15618-1995）Ⅱ级标准，尤以Cd （11.13 mg kg-1）、Pb （742.24 mg kg-1）和Zn （966.42 mg kg-1）显著；蔬菜中Cd、Pb、As平均含量依次为0.37、1.42、0.17 mg kg-1，稻米中Cd、Pb、As平均含量依次为0.46、6.04、0.58 mg kg-1，这些含量均明显超过我国食品卫生标准（GB 2762-2005）。蔬菜土壤中Cd活性组分以酸可提取态为主，As、Cu和Pb以可还原态为主，Zn以酸可提取态和可还原态为主；Cd、Cu和Pb的可提取态含量与土壤全量之比依次高达61.71%、43.14%和48.84%； As、Cd、Cu、 Pb、Zn有效性组分之间存在明显的复合污染效应，土壤中Cd、Cu和Zn可提取态含量与蔬菜中Cd、Cu、Zn含量之间均存在显著正相关关系（P<0.05）。蔬菜土壤中酸可提取态Cd与Ca、Cu、 Fe、Zn之间，Pb与Cu、Zn、Fe之间，可还原态As与Fe、Mn含量之间，Pb与Fe、Mn含量之间存在显著的相关性（P<0.05）。土壤中可提取态Cd的含量明显受土壤pH影响而Pb活性含量随土壤中有机质和铁铝氧化物含量的减少而升高。典型污染土壤剖面中Cd和Pb可提取态含量与土壤全量之比远远超过As和Zn，表明Cd和Pb的环境活性明显高于As和Zn，Cd和Pb对周边环境和人体健康具有更大的潜在风险。尤其是株洲和衡阳土壤剖面中As、Cd、Pb和Zn的污染特征明显与矿冶活动相关，土壤表层中As、Cd、Pb和Zn含量越高，剖面中的下渗越剧烈。 湘江株洲-长沙段河水中As、Cd和Pb平均含量略高于地表水环境质量标准限量（Ⅲ类）（GB 3838-2002）；河流沉积物中主要污染元素为As、Cd、Pb和Zn，河岸沉积物中Cd、Pb和Zn的平均含量（算术均值）依次为94.08、1520.94和2122.48 mg kg-1，河床沉积物中As、Cd、Pb和Zn的平均含量依次为582.27、64.74、1056.83和2272.77mg kg-1。与《农用污泥中污染物控制标准值》（GB 4284-84）中在酸性土壤（pH<6.5）上的规定值相比，河岸沉积物中Cd、Pb和Zn与河床沉积物中As、Cd、Pb和Zn完全超标。株洲.长沙段河岸沉积物中As、Cd、Cr、Cu、Fe、Mn和Zn含量顺着河道方向呈现显著增加而河床沉积物中Cd Cu、Cr、Pb和Zn含量沿着河道方向趋势平稳。河流沉积物中Pb和Zn主要以酸可提取态和可还原态存在，Cd主要以酸可提取态存在；酸可提取态和可还原态Cd、Pb、Zn含量比例可占其总量的31%-80%。湘江中下游河流沉积物潜在的健康风险主要来源于沉积物中的Cd。株洲-长沙河段上游河岸沉积物剖面各个采样深度中As、Cr、Cd、Cu、 Pb和Zn含量都低于下游剖面相应深度相应元素的含量。As和Cr在沉积物剖面中含量分布变化很大，且在湘潭河段的上游河岸沉积物中As和Cr含量很高，而Pb和Zn变化不明显。

4.学位论文 闫海涛 西苕溪流域重金属污染的磁学研究 2005

西苕溪流域包含山地、丘陵、平原等不同的地貌单元，具有红壤、水稻土等不同的土壤类型，受影响于矿业开采、农业生产、工业加工、城市化等多元化人类活动。为了查明该复杂区域重金属污染的空间分布，揭示该区磁参数特征与重金属含量的联系，分离出不同的人类活动对污染的响应，探讨经济、快速、有效的以磁学为主的重金属污染研究新途径，作者在此区域大范围采集土壤表层样品和土壤剖面，并进行磁学指标测试和化学元素分析。通过测试39个土壤短剖面的磁化率，掌握了该区磁背景场的分布。为准确解释流域面上磁测结果、研究区域污染情况提供了必不可少的信息。对251个表层土样进行磁学指标测试和化学元素分析，借助于模糊聚类分析，区分出了丘陵山地、河谷平原、滨湖平原以及丘陵与平原过渡带的磁参数与重金属组合特征，识别了流域的自然背景、农业和工业活动对环境的响应。对于梅溪发电厂附近粉煤灰污染土壤的案例分析，揭示了污染的垂向分布及迁移深度。磁指标与重金属含量的相关性研究表明，污染土壤剖面样品的x、ARM、SIRM与Cu、Mn、Pb、Zn呈显著相关。对流域中两种主要的土壤——红壤和水稻

土，开展了深入的磁性矿物学研究，发现磁赤铁矿是红壤中主要的磁性矿物，而水稻土中亚铁磁性矿物含量较低，斜交反铁磁性矿物(针铁矿和赤铁矿)含量相对较高。土壤中磁性矿物种类与含量的不同是造成区域磁背景差异的主要原因。在查明和分离磁背景场的情况下，磁化率现场扫描等磁学手段可以快速提供污染的空间分布情况，借助于多元统计技术与少量的化学分析，磁学多指标的综合应用可以分离污染源、识别不同人类活动的响应。

5.学位论文 刘子龙 陕西苹果生产区果园土壤重金属污染研究 2006

随着工农业的迅速发展，工业三废和农用物料引起的土壤重金属污染问题日趋严重，它能导致土壤肥力退化，降低农产品的产量和质量，同时还能加速水环境的恶化，最终通过食物链危及人类健康。人们对食品卫生的要求不断提高，无公害食品以及绿色食品越来越为人们所青睐，农产品的产地环境质量目前成为研究的重点。　　陕西是我国主产苹果的主要省份之一，本论文对陕西苹果主产区果园土壤重金属元素进行了监测分析与环境质量评价，并从农艺措施和交通尾气对果园土壤重金属的影响入手，分析了陕西果园土壤重金属污染的基本原因，为陕西无公害苹果产地环境质量的改善和生产安全优质的苹果提供了科学依据。　　实验结果表明：　　(1)陕西苹果主产区土壤中Cd、Cr、Cu、Pb、Hg、As的单项污染指数的平均值分别为0.20、0.25、0.12、0.081、0.055、0.63，其值均小于1；加权综合指数平均值为0.26，属于清洁级，各项重金属的含量水平符合无公害苹果土壤环境质量的标准，这与陕西苹果优生区内，工业不发达，工业“三废”污染相对较少相一致；As是今后时期检测和控制的重点。　　(2)陕西洛川境内210国道旁，所监测的两个路段土壤表层中铅的含量，都没有超过无公害果品产地环境质量标准，但均超过黄土母质A层铅的背景值21.60mg/kg，说明210国道两侧土壤受到汽车尾气铅的影响且造成了轻度污染。　　(3)在210国道上汽车正常行驶的永乡路段，两侧土壤表层中铅的含量总的变化趋势是先随距国道距离的增加分别出现一高峰值，然后随距离的增加逐渐下降；收费站附近的京兆路段随距国道距离的增加，土壤中铅含量有递减的规律，两者有很好的相关性。汽车尾气对果园土壤影响范围较大，在150m处影响仍存在，在距国道30m内铅含量稍高，铅主要富集在土壤0-20cm这个土层，对果园下层土壤影响很小。　　(4)永乡路段苹果中铅的含量变化趋势是先随距国道距离的增加出现一高峰值，然后随距离的增加逐渐下降，70m内苹果中的铅含量较高，均超过无公害食品苹果的卫生指标，汽车尾气中的铅对苹果的影响主要在70m范围内；收费站附近的京兆路段随距国道距离的增加，苹果中铅含量有递减的规律，两者有很好的相关性，50m内苹果中的铅含量较高，也均超过无公害食品苹果的卫生指标，汽车尾气中的铅对苹果的影响主要在50m范围内。同一路段距国道相同距离处土壤表层铅含量和对应苹果中铅含量的关系：是苹果中铅的含量随土壤表层铅含量的增大而增大，减小而减小，两者有很好的相关性。　　(5)施用福美肿的果园，土壤砷的含量有增大的趋势，土壤剖面中的砷含量高于未施用福美肿的果园，明显高于大田，砷在土壤剖面中有一定程度的积累，而且喷施福美肿对土壤中砷的累积影响比涂抹大。　　(6)施用福美肿的果园，其果树各器官中的砷含量均高于未施用福美肿的果园，而且差异很明显；福美肿的施用方式不同，但元素砷都富集在果树相同的器官，都在叶片、主根、主枝皮、主杆皮、一二年枝和侧根这些器官中。　　(7)施用福美肿的果园，果实中砷的含量高于未施用的果园，但其砷含量远低于无公害食品苹果的卫生指标；枯落的叶片和小枝条中的As可提高果园土壤重金属的含量，对重金属的累积有一定影响。

6.期刊论文 段雪梅.沈明洁.胡守云.U.Blaha.W.Rāsler.E.Appe.V.Hoffmann.DUAN Xue-mei.SHEN Ming-jie.HU Shou-yun.U.Blaha.W.Rāsler.E.Appe.V.Hoffmann 首钢工业区土壤剖面重金属含量及其结合态的磁指示作用的研究-地球物理学进展2008,23(1)

对取自首都钢铁厂附近的土壤样芯进行了重金属含量、形态分析和的磁学测量.探讨了利用磁参数追踪和指示重金属污染和有机结合态和铁锰氧化结合态重金属的可行性.结果表明:土壤样芯中Cu、Pb、Zn、Fe和Mn的含量与x、SIRM和ARM存在着十分相似的垂向变化特征,且相关关系显著(0.98>R>0.86).进一步对磁化率和Cu、Pb、Zn、Fe和Mn各结合态进行相关分析表明:五种元素的有机结合态与铁锰结合态和磁化率呈显著相关关系(0.98>R>0.56),而交换态和残渣态重金属与磁化率基本不存在相关关系.反映了磁性矿物和和重金属在赋存状态的本质联系.表明了磁性测量可作为工业区土壤重金属污染及有机结合态与铁锰结合态重金属记录信息提取的辅助手段.

7.学位论文 王国梁 城市化背景下相关土地利用方式引起的土壤重金属污染研究 2005

论文应用地统计学、土壤学和环境学等学科的理论体系，通过野外调查采样、实验室测定和室内统计分析等方法，系统研究了城市化背景下城市扩张、工业化、蔬菜用地和交通用地四种土地利用方式对土壤产生的重金属污染的特点和空间分布格局。得到如下结论：　　城市化过程对城乡交错区土壤重金属含量的变化有重要影响。对城乡交错区土壤重金属含量的地统计学分析表明，交错区土壤中Hg、Pb、Cu的含量在空间呈带状各向异性，Zn呈几何各向异性。在城乡方向上四种重金属元素在空间分布的变程较大，空间自相关程度较高；在垂直城乡方向上变程相对较小，空间自相关程度较低，而在45° 和135° 方向上的变程和自相关程度居中，说明城市化过程在不同方向上对土壤重金属含量的影响不同；克立格空间插值得到的元素含量分布格局图表明，沿城乡方向上Hg和Pb的含量有较明显的变化趋势。其中Hg含量以城市一侧含量最高，最靠近城市的采样点Hg含量高达0.70±0.14 mg.kg<’-1>，与工业活动有关；乡村一侧较高，其在农田中的含量为0.33±0.12 mg.kg<’-1>，与农业施肥等因素有关；中间部分含量相对较低。Pb含量则表现为从城市向乡村方向上呈梯度递减，其中靠近城区一侧为49.11±1.30 mg.kg<’-1>，而靠近乡村一侧的农田中含量仅为27.45±1.73 mg.kg<’-1>，和该区交通工具的活动强度由城区向乡村方向上的递减有关。Cu含量主要表现为从城市向乡村方向上的两侧和中间，有串珠状白色区域，该区域中土壤Cu含量较低。其余区域土壤中Cu含量略高，但总体相差不大，平均含量为31.86±3.87 mg.kg<’-1>。zn含量在城乡方向上的变化趋势不明显。在城乡交错区垂直于城乡方向上，以上各元素的变化没有明显的变化趋势，其平均含量为54.51±17.45 mg.kg<’-1>。说明城市化过程对Hg、Pb含量影响较大，对Cu、zn含量影响较小；对比分析和估值标准差分布格局表明，克立格插值对四种元素未测点的估值效果较好，后者还为提高估值精度提供了方法。　　工业用地对周围土壤会产生点源和面源重金属污染。点源污染研究表明，处理不当的废渣堆放、废水排放和烟尘排放，都会对周围环境造成严重土壤污染：铝合金厂废渣堆放在堆场周围水平方向550 m，垂直方向6 m的区域产生了Cr污染。其中距堆场水平距离为100 m，深度在1 m以内的土壤Cr含量超过150 mg.kg<’-1>。在距堆场100 m，深度为6 m处的地下水中Cr<’6+>的含量是Ⅲ类水标准的37.2倍。而距离堆场15 m范围内的Cr<’6+>的含量高达Ⅲ类水标准的150.6倍；电站污水排放对周围土壤的污染呈带状分布，其中污泥中Cd和Pb严重超标(分别为23.1 mg.kg<’-1>和478 mg.kg<’-1>)(《土壤环境质量标准》GB 15618-1995)，污水呈严重的酸化状态(pH为4.2)。河道周围50 m和100 m的农田土壤中Cd含量分别是三级标准上限值的3.7倍和1.46倍；冶炼厂烟尘排放造成下风方向50 m范围内Pb和Cd的严重污染(含量分别为475 mg.kg<’-1>和12.5mg.kg<’-1>)；在下风方向200 m处，Pb和Cr含量虽有显著降低，但Cr含量仍高出三级标准上限值的1.5倍。面源污染研究表明，城镇周围农田土壤中Cd、Cr、Cu和Pb含量或变异较大，或含量较高应引起足够的重视。城镇西面和南面土壤中Cr和Cu含量显著高于北面和东面，可能与该镇工业企业的重心在城镇西南方向上有关。土壤中的Pb含量在四个方向上均较高，与该镇的工业布局及交通影响有关。趋势检验进一步表明，在距离城镇3 000 m的范围内，城北方向上农田土壤中Cr和Cu的含量随距离增加分别呈显著的对数和指数趋势降低，在城东方向土壤中Cu和Pb含量呈显著的指数趋势降低；其它方向上土壤元素含量随距离的变化呈随机波动。说明工业型城镇对周围环境土壤中重金属含量有影响作用。城市化的发展，带动着城郊菜地种植面积的不断扩大和种植方式的集约化，同时也使菜地土壤中微量元素含量处于动态变化之中。以空间序列代替时间序列的方法对菜地土壤中Hg、Cu、Zn、Cr、Pb、Co、Mn、Li、Sr、V、As、Ni、Cd、Ge、Sn共15种微量元素动态变化的研究表明，土壤中Hg、Cu、Zn、Cr、Pb的含量随种植时间的增加呈累积趋势。其中Hg、Cu、Zn元素含量在0～15cm、15～30 cm和30～60 cm的土壤剖面上的累积速率(累积通量)依次是：Hg(0.0043 mg.kg<’-1>.a<’-1>、0.0062 mg.kg<’-1>.a<’-1>和0.0049 mg.kg<’-1>.a<’-1>)，Cu(0.4824mg.kg<’-1>.a<’-1>，0.2877 mg.kg<’-1>.a<’-1>和0.1983 mg.kg<’-1>.a<’-1>)和Zn(1.3992mg.kg<’-1>.a<’-1>，1.0764 mg.kg<’-1>.a<’-1>和0.4559 mg.kg<’-1>.a<’-1>)；Li、Sr、V和As的含量随种植时间呈直线型下降，其中Li和As在0～15cm、15～30 cm和30～60 cm流失通量依次是：Li(0.1451 mg.kg<’-1>.a<’-1>、0.111 mg.kg<’-1>.a<’-1>和0.1865 mg.kg<’-1>.a<’-1>)，As(0.0553mg.kg<’-1>.a<’-1>、0.0607 mg.kg<’-1>.a<’-1>和0.0604mg.kg<’-1>.a<’-1>)；Co、Mn和Ni的含量呈二次曲线型变化，其中Co、Mn在前25 a里不断升高，后又开始下降，Ni含量先降低后升高，且不同深度的拐点不同；Cd，Ge，Sn随时间的变化呈波动型。对菜地土壤中以上元素在剖面上含量的比较表明，表层(0～15 cm)土壤中Hg、Cu、Zn和Pb元素的含量显著高于底层(30～60 cm)，但表层Li元素含量显著低于中层(15～30 cm)剖面，和下层差别不显著；其余元素含量在土壤剖面上下层间的差异不显著。结果表明，菜地土壤中Hg、Cu、zn、Cr和Pb含量随菜地种植时间的增加而不断累积，与当地菜地中大量投入的无机肥料(尤其是磷肥)、动物粪肥以及大量使用农药有关，且以上5种元素含量的相关分析表明，土壤中Hg、Cu、zn和Pb四种元素两两之间有显著的相关关系，说明这4种元素的来源可能有一定的联系。菜地土壤中Li、V、Sr和Ni的含量随种植时间下降可能与蔬菜吸收而未能及时补充有关；菜地土壤中有效态Cu、Zn和Pb含量的变化表明，由于化肥等农业物质的大量投入，使菜地土壤表层有效态Cu、Zn和Pb的含量有显著升高，其中重金属总量、土壤pH值、有机质含量、土壤粘粒、粉粒和砂粒含量是影响有效态Cu、Zn和Pb含量的重要因素。但各因素对不同重金属元素的直接作用和间接作用的大小不同。在反映土壤中某一因素对土壤重金属有效态含量变化的综合作用上，相关系数和决策系数均有一定的参考作用。其中决策系数对土壤管理的参考价值更大。此外，文中提出的土壤元素含量变化速率对定量衡量土壤中某一元素的变化(累积或流失通量)有参考价值。交通对周围农田土壤中重金属含量有影响。交通用地周围农田土壤中重金属Pb和Cu的分布呈带状各向异性，且在垂直公路方向上的空间自相关程度高于沿公路方向上的自相关程度，而Zn和Ni含量的变化在各个方向上差异较小，其分布呈各向

同性；克立格空间插值得到的元素含量分布格局图表明，公路周围土壤中绝大部分面积上Pb含量均高于《土壤环境质量标准》给出的土壤背景值(0.30 mg. kg<’-1>)和江苏省土壤Pb含量的算术平均值(0.26 mg. kg<’-1>)。其含量在总体上表现为靠近公路一侧Pb含量较高而远离公路一侧较低。但由于研究区左上角Pb含量异常升高，而左下角含量较低，导致Pb含量的分布格局有沿135° 方向变化的趋势。土壤中Pb的分布格局可能与交通工具尾气的排放及农业施肥的影响有关。土壤中Cu含量在靠近公路一侧相对较高，远离公路一侧相对较低。Cu的分布格局可能也与交通尾气排放有关。土壤中Zn和Ni含量在空间的分布规律不明显，随机性较强。对比分析和估值标准差的空间分布图表明，克立格插值的结果是可靠的。从后者还可明显看到估值误差的大小和可靠性，并能很容易的确定为提高精度而增加样点的位置，从而可以提高采样点的有效性。

8.学位论文 王国梁 城市化背景下不同土地利用方式引起土壤重金属污染研究 2005

论文应用地统计学、土壤学和环境学等学科的理论体系，通过野外调查采样、实验室测定和室内统计分析等方法，系统研究了城市化背景下城市扩张、工业化、蔬菜用地和交通用地四种土地利用方式对土壤产生的重金属污染的特点和空间分布格局。得到如下结论： 城市化过程对城乡交错区土壤重金属含量的变化有重要影响。对城乡交错区土壤重金属含量的地统计学分析表明，交错区土壤中Hg、Pb、Cu的含量在空间呈带状各向异性，Zn呈几何各向异性。在城乡方向上四种重金属元素在空间分布的变程较大，空间自相关程度较高；在垂直城乡方向上变程相对较小，空间自相关程度较低，而在45° 和135° 方向上的变程和自相关程度居中，说明城市化过程在不同方向上对土壤重金属含量的影响不同；克立格空间插值得到的元素含量分布格局图表明，沿城乡方向上Hg和Pb的含量有较明显的变化趋势。其中Hg含量以城市一侧含量最高，最靠近城市的采样点Hg含量高达0.70±0.14mg. kg<’-1>，与工业活动有关；乡村一侧较高，其在农田中的含量为0.33±0.12mg.kg<’-1>，与农业施肥等因素有关；中间部分含量相对较低。Pb含量则表现为从城市向乡村方向上呈梯度递减，其中靠近城区一侧为49.11±1.30mg. kg<’-1>，而靠近乡村一侧的农田中含量仅为27.45±1.73mg.kg<’-1>，和该区交通工具的活动强度由城区向乡村方向上的递减有关。Cu含量主要表现为从城市向乡村方向上的两侧和中间，有串珠状白色区域，该区域中土壤Cu含量较低。其余区域土壤中Cu含量略高，但总体相差不大，平均含量为31.86±3.87mg. kg<’-1>。Zn含量在城乡方向上的变化趋势不明显。在城乡交错区垂直于城乡方向上，以上各元素的变化没有明显的变化趋势，其平均含量为54.51±17.415mg. kg<’-1>。说明城市化过程对Hg、Pb含量影响较大，对Cu、Zn含量影响较小；对比分析和估值标准差分布格局表明，克立格插值对四种元素未测点的估值效果较好，后者还为提高估值精度提供了方法。 工业用地对周围土壤会产生点源和面源重金属污染。点源污染研究表明，处理不当的废渣堆放、废水排放和烟尘排放，都会对周围环境造成严重土壤污染：铝合金厂废渣堆放在堆场周围水平方向550m，垂直方向6m的区域产生了Cr污染。其中距堆场水平距离为100m，深度在1m以内的土壤Cr含量超过150mg. kg<’-1>。在距堆场100m，深度为6m处的地下水中Cr<’6+>的含量是III类水标准的37.2倍。而距离堆场15m范围内的Cr6+的含量高达III类水标准的150.6倍；电站污水排放对周围土壤的污染呈带状分布，其中污泥中Cd和Pb严重超标（分别为23.1mg.kg<’-1>和478mg.kg<’-1>）（《土壤环境质量标准》GB 15618-1995），污水呈严重的酸化状态（pH为4.2）。河道周围50m和100m的农田土壤中Cd含量分别是三级标准上限值的3.7倍和1.46倍；冶炼厂烟尘排放造成下风方向50m范围内Pb和Cd的严重污染（含量分别为475mg.kg<’-1>和12.5mg.kg<’-1>）；在下风方向200m处，Pb和Cr含量虽有显著降低，但Cr含量仍高出三级标准上限值的1.5倍。面源污染研究表明，城镇周围农田土壤中Cd、Cr、Cu和Pb含量或变异较大，或含量较高应引起足够的重视。城镇西面和南面土壤中Cr和Cu含量著高于北面和东面，可能与该镇工业企业的重心在城镇西南方向上有关。土壤中的Pb含量在四个方向上均较高，与该镇的工业布局及交通影响有关。趋势检验进一步表明，在距离城镇3000m的范围内，城北方向上农田土壤中Cr和Cu的含量随距离增加分别呈显著的对数和指数趋势降低，在城东方向土壤中Cu和Pb含量呈显著的指数趋势降低；其它方向上土壤元素含量随距离的变化呈随机波动。说明工业型城镇对周围环境土壤中重余属含量有影响作用。 城市化的发展，带动着城郊菜地种植面积的不断扩大和种植方式的集约化，同时也使菜地土壤中微量元素含量处于动态变化之中。以空间序列代替时间序列的方法对采地土壤中Hg、Cu、Zn、Cr、Pb、Co、Mn、Li、Sr、V、As、Ni、Cd、Ge、Sn共15种微主元素动态变化的研究表明，土壤中Hg、Cu、Zn、Cr、Pb的含量随种植时间的增加呈累积趋势。其中Hg、Cu、Zn元素含量在0～15cm、15～30cm、30～60cm的土壤剖面上的累积速率（累积通量）依次是：Hg（0.0043mg.kg<’-1>.a<,-1>、0.0062mg.kg<’-1>.a<’-1>和0.0049mg.kg<’-1>.a<’-1>），Cu（0.4824mg.kg<’-1>.a<’-1>，0.2877mg.kg<’-1>.a<’-1>和0.1983mg.kg.a<’-1>）和Zn（1.3992mg.kg<’-1>.a<’-1>，1.0764mg.kg<’-1>.a<’-1>和0.4559mg.kg<’-1>.a<’-1>）；Li、Sr、V和As的含量随种植时间呈直线型下降，其中Li和As在0～15cm、15～30cm和30～60cm流失通量依次是：Li（0.1451mg.kg<’-1>.a<’-1>、0.111mg.kg<’-1>.a<’-1>和0.1865mg.kg<’-1>.a<’-1>）.As（0.0553mg.kg<’-1>.a<’-1>、0.0607mg.kg<’-1>.a<’-1>和0.0604mg.<’-1>kg.a<’-1>）；Co、Mn和Ni的含量呈二次曲线型变化，其中Co、Mn在前25a里不断升高，后又开始下降，Ni含量先降低后升高，且不同深度的拐点不同；Cd，Ge，Sn随时间的变化呈波动型。对菜地土壤中以上元素在剖面上含量的比较表明，表层（0～15cm）土壤中Hg、Cu、Zn和Pb元素的含量显著高于底层（30～60cm），但表层Li元素含量显著低于中层（15～30cm）剖面，和下层差别不显著；其余元素含量在土壤剖面上下层间的差异不显著。结果表明，菜地土壤Hg、Cu、Zn、Cr和Pb含量随菜地种植时间的增加而不断累积，与当地菜地中大量投入的无机肥料（尤其是磷肥）、动物粪肥以及大量使用农药有关，且以上5种元素含量的相关分析表明，土壤中Hg、Cu、Zn和Pb四种元素两两之间有显著的相关关系，说明这4种元素的来源可能有一定的联系。菜地土壤中Li、V、Sr和Ni的含量随种植时间下降可能与蔬菜吸收而未能及时补充有关；菜地土壤中有效态Cu、Zn和Pb含量的变化表明，由于化肥等农业物质的大量投入，使菜地土壤表层有效态Cu、Zn和Pb的含量有显著升高，其中重金属总量、土壤pH值、有机质含量、土壤粘粒、粉粒和砂粒含量是影响有效态Cu、Zn和Pb含量的重要因素。但各因素对不同重金属元素的直接作用和间接作用的大小不同。在反映土壤中某一因素对土壤重金属有效态含量变化的综合作用上，相关系数和决策系数均有一定的参考作用。其中决策系数对土壤管理的参考价值更大。此外，文中提出的土壤元素含量变化速率对定量衡量土壤中某一元素的变化（累积或流失通量）有参考价值。 交通对周围农田土壤中重金属含量有影响。交通用地周围农田土壤中重金属Pb和Cu的分布呈带状各向异性，且在垂直公路方向上的空间自相关程度高于沿公路方向上的自相关程度，而Zn和Ni含量的变化在各个方向上差异较小，其分布呈各向同性；克立格空间插值得到的元素含量分布格局图表明，公路周围土壤中绝大部分面积上Pb含量均高于《土壤环境质量标准》给出的土壤背景值（0.30mg.kg<’-1>）和江苏省土壤Pb含量的算术平均值（0.26mg.kg<’-1>）。其含量在总体上表现为靠近公路一侧Pb含量较高而远离公路一侧较低。但由于研究区左上角Pb含量异常升高，而左下角含量较低，导致Pb含量的分布格局有沿135。方向变化的趋势。土壤中Pb的分布格局可能与交通工具尾气的排放及农业施肥的影响有关。土壤中Cu含量在靠近公路一侧相对较高，远离公路一侧相对较低。Cu的分布格局可能也与交通尾气排放有关。土壤中Zn和Ni含量在空间的分布规律不明显，随机性较强。对比分析和估值标准差的空间分布图表明，克立格插值的结果是可靠的。从后者还可明显看到估值误差的大小和可靠性，并能很容易的确定为提高精度而增加样点的位置，从而可以提高采样点的有效性。

9.期刊论文 彭渤.唐晓燕.余昌训.许来生.谢淑容.杨广.尹春艳.涂湘林.PENG Bo.TANG Xiaoyan.YU Changxun.XU Laisheng.XIE Shurong.YANG Guang.YIN Chunyan.TU Xianglin 湘中HJC铀矿区黑色页岩土壤重金属污染地球化学分析 -地质学报2009,83(1)

本文以湘中HJC铀矿区黑色页岩土壤为研究对象,对黑色页岩土壤重金属污染进行了地球化学分析.通过测制A、B、C、D等土壤剖面并系统取样,借助ICP-MS等分析技术,对土壤、成土母岩、玉米等进行了系统的主量元素、重金属和其他微量元素(稀土元素)分析.结果表明,矿区黑色页岩土壤具富A1203、Fe203,而贫CaO、Na20的化学组成特征,其化学风化指数CIA值在79～84之间.土壤因继承成土母岩的元素富集特征而富集V、Cr、Co、Ni、Cu、Zn、Mo、Cd、Sn、Sb、Tl、Pb、Th、U等多种重金属,其中Mo、Cd、Sb、U的富集最强.土壤重金属综合富集指数(EI值)在3～9之间,各剖面EI值大小顺序是:D>A>B>C, 以D剖面土壤重金属综合富集最强.土壤重金属污染富集因子(F)评价结果显示:矿区土壤普遍存在Cd、Mo、Sn、Sb、U等重金属污染,其中Mo、Cd、Sb等的污染最强,达显著(3级,2 < F < 20)污染程度以上.重金属污染效应既表现为Sc、Cd、Sn、Sb、U、Tl、Pb等生物毒性重金属在玉米中的富集,又表现为Mo、Co、Ni、Cu、Zn等生物有用金属在玉米中的明显亏损.黑色页岩即为土壤重金属污染的污染源.土壤重金属污染与重金属在成土母岩和土壤中的富集程度(Ks、EI、F)、重金属的活动性(Change%)等多种因素有关.重金属污染主影响因子的Pearson相关系数分析显示:Cd对土壤构成持久性污染,Mo、Sn、Sb、U等的污染程度可随土壤风化的进行因淋失而趋于降低,而Zn、Mn、Ba、Co、Ni、Th等目前未达到污染水平的重金属则可因次生富集而在未来引发污染.

10.学位论文 潘逸 水稻——小麦轮作农地中不同施肥处理对土壤水溶性有机物及铜镉活性的影响 2006

水旱轮作体制是我国长江中下游及东南部地区农业的主要利用方式，而在水旱轮作区农地中施用有机物料(如秸秆还田、施用绿肥、动物粪肥等)是非常普遍的农艺措施。大量研究证实，有机物料的施用，必然会在一定时间内增加土壤中水溶性有机物(Dissolved organic matter，DOM)的含量。DOM是陆地生态系统中极为活跃的化学组分，是土壤圈层与相关圈层(如生物圈、水圈和岩石圈等)发生物质交换的重要形式。由于其特有的高活性，DOM可直接与多种重金属发生络合等反应，从而影响土壤中重金属元素的活性与迁移性。另一方面，由于重金属在土壤中的难移动性和污染危害的长期性，有关重金属在土壤中化学行为的研究越来越受到关注，重金属的形态是决定其活性的关键，而形态的分布和变化很大程度上取决于环境介质的性质，其中DOM正是环境介质中的一个重要因素。为此，本研究采用田间微区试验方法，研究了在不同耕作制度(水作和旱作)下，不同施肥处理(施化肥、猪

粪和绿肥／秸秆)对农地土壤中水溶性有机物随作物生长的变化动态及其在垂直土层中分布状况的影响。同时结合土壤中水溶性有机物的变化规律，阐述了不同施肥处理对土壤中重金属铜镉化学和生物活性的影响。研究结果表明：　　与施化肥相比，施用有机物料猪粪和绿肥／秸秆后，无论是水田还是旱地，土壤中DOM含量均明显增加，且均随着作物的生长DOM呈不断下降的趋势。DOM的变幅均为绿肥／秸秆处理>猪粪处理>化肥处理。施用有机物料后水田和旱地土壤DOM含量均以0～20cm土层最高，越向下含量越低。水田土壤中DOM在土壤剖面中至少可向下迁移至80cm处，而旱地土壤中DOM主要迁移深度为40cm，极少量DOM可迁移到60cm，其迁移能力明显弱于水田。在水稻和小麦整个生长过程中其根际土壤DOM含量在前期下降，但在各自的抽穗期有大幅上升并达到最大，随后逐渐下降。作物根系分泌物是根际土壤DOM的重要来源，在作物抽穗期其对根际土壤DOM的贡献最大。　　随着水稻的生长，无论施用化肥或有机肥处理，水田不同土层土壤水溶性Cu、Cd动态变化均与相应的DOM动态变化相似，呈逐渐下降的趋势。除部分处理1.5m处渗漏水外，各处理不同土层土壤中DOM含量与水溶性Cu、Cd含量均成极显著或显著关系。与施化肥相比，施用有机物料猪粪和绿肥后水田不同土层土壤水溶性Cu、Cd含量均有明显增加，特别是在耕作层，该现象更为明显，但猪粪和绿肥处理间差异不大。此外，有机物料的施用能显著增加水田土壤各土层交换性Cu、Cd的含量，并且对重金属Cu、cd向土壤深层的迁移也有明显的促进作用，与猪粪相比，绿肥处理作用更为明显。重金属Cu、Cd在水田土壤至少可向下迁移至土壤剖面80cm处。旱地土壤交换性Cu、Cd含量以耕作层(0～20cm)最高，且随着土层深度的增加含量逐渐降低。随着小麦的生长各处理耕层土壤交换性Cu含量均呈不断下降的趋势，而交换性Cd含量则有所上升。耕作层土壤DOM含量与相应的交换性Cu含量呈显著性相关。耕层以下土壤交换性Cu、Cd含量随小麦的生长变化不明显，说明在旱地重金属Cu、Cd向土壤深层迁移的能力要弱于水田。与施化肥相比，施用有机物料猪粪和秸秆后耕层土壤中交换性Cu、Cd含量均有明显增加，其中秸秆处理增幅更大。　　无论施用化肥或有机肥处理，水稻根际与非根际水溶性Cu、Cd含量的变化动态均与相应的DOM动态变化相似，DOM与水溶性Cu、Cd含量的相关性均达到极显著水平(r<,Cu>=0.916<’**>，r<,Cd>=0.697<’**>，n=42)。在水稻扬花抽穗期其根际与非根际土壤水溶性Cu含量差异明显而水溶性Cd含量差异较小。与施化肥相比，施用有机物料后水稻根际土壤水溶性和交换性Cu、Cd含量均有明显增加，水稻植株不同部位的重金属Cu、Cd浓度亦增加明显。特别是绿肥处理，部分处理籽粒重金属浓度超过国家标准。　　在小麦生长过程中根际及非根际土壤交换性Cu的变化与相应DOM的变化趋势相似，二者呈极显著直线相关(r=0.672<’**>，n=60)。土壤中Cd的活化虽也受DOM的促进，但其影响不如对Cu那样显著。有机物料猪粪和秸秆的施用明显增加了小麦植株各部位的Cu、Cd浓度，且秸秆处理作用更为明显。施用有机物料的两种处理与施化肥相比均呈显著性差异，且小麦籽粒Cd浓度均超过国家标准。　　不论是水田还是旱地，施用有机物料后土体和作物根际土壤DOM含量均增加明显，不仅增强了土体和作物根际土壤中Cu、Cd的化学活性和迁移性，同时也提高了Cu、Cd的生物活性，促进了其在作物体内的积累，并威胁到食品安全。因此，在重金属污染的农田中，在当季大量施用新鲜的有机肥有增加重金属污染的风险。

引证文献(6条)

1. 徐友宁. 张江华. 赵阿宁. 柯海玲 小秦岭某金矿区水土环境重金属污染及其效应[期刊论文]-水文地质工程地质 2009(4)

2. 张少庆. 王起超. 赵明宪. 张秀武. 郑冬梅 葫芦岛市不同污染源河流汞污染特征研究[期刊论文]-地球与环境 2008(3)

3. 徐友宁. 张江华. 谢娟. 柯海玲. 刘瑞平 小秦岭金矿带某污染区村民头发中重金属元素含量的比照分析[期刊论文]-地质通报 2008(8)

4. 徐友宁. 张江华. 赵阿宁. 柯海玲 小秦岭某金矿区农田土壤重金属污染的潜在生态危害评价[期刊论文]-地质通报 2008(8)

5. 徐友宁. 张江华 陕西潼关金矿区太峪河底泥重金属元素的含量及污染评价[期刊论文]-地质通报 2008(8)

6. 徐友宁 矿山地质环境调查研究现状及展望[期刊论文]-地质通报 2008(8)

本文链接：http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_nyhjbh200801036.aspx

下载时间：2010年4月3日