

辽宁典型工矿区与污灌区土壤重金属污染状况及原因^①

周秀艳¹, 李培军², 孙洪雨¹

(1 东北大学秦皇岛分校, 河北秦皇岛 066004; 2 中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016)

摘要: 对辽宁省几个典型工矿区以及污灌区土壤重金属污染状况进行调查, 结果表明: 调查区土壤重金属含量绝大多数高于土壤背景值, 尤其工矿区附近土壤 Cd、Pb、Cu 和污灌区的 Cd、Hg 的污染状况应引起足够的重视; 重金属元素间存在着一定的伴生规律; 土壤中重金属污染物主要来源于工矿开发、废岩、尾矿泥、大气飘尘以及污水灌溉等。

关键词: 重金属; 污染; 土壤; 来源

中图分类号: X55

重金属污染物是一类典型优先控制的污染物, 许多世界著名的环境公害事件(如水俣病与骨痛病)都证明与重金属污染有关。因此污染土壤修复技术已成为全球的热点研究领域之一^[1-4], 人们正尝试着利用各种途径减轻或清除土壤的重金属污染, 如土壤淋洗、加入土壤改良剂使重金属固化或改变重金属形态、微生物与植物的生物修复措施等^[5-7]。但无论何种修复途径, 必须首先了解土壤的污染状况、污染类型、污染程度及污染物来源等, 才能采取相应措施。辽宁省作为我国的老工业基地, 工矿开发和污灌历史较长, 选择典型的金属矿产采冶区^[8]及污灌区, 进行土壤的采样分析, 对调查地的土壤重金属污染状况给予评价并探讨重金属污染物的主要来源及特征, 可为重金属污染区域环境治理与修复提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 调查采样

2003 年 4—6 月, 伴随着辽宁省有机食品生产基地及“菜篮子”基地土壤调查监测的开展, 选择葫芦岛锌厂、八家子铅锌矿附近及宋三污灌区、柳壕污灌区、小凌河污灌区土壤作为代表, 分别采集表层土壤(0~20 cm), 并采集污灌区污水、采矿区尾矿泥、地表水进行了分析测试。考虑到距污染源距离、面源污染和大气沉降等方面因素, 在葫芦岛锌厂附近取 5 个土样、八家子铅锌矿附近取 4 个土样、宋三污灌区取 15 个土样、柳壕污灌区取 9 个土

点、小凌河污灌区取 5 个土样, 并结合刘绮等^[9]对青城子铅锌矿附近土壤的采样分析, 深入了解典型工矿开发和污灌区域的土壤重金属污染状况及污染物的主要来源。

1.2 样品处理与分析

土样自然风干后, 去掉土壤侵入物, 磨碎过 100 目尼龙筛, 然后在恒温干燥箱内 60℃ 烘干后备用。干燥样品经 HCl-HNO₃-HClO₄ 消化处理后, 在华光-9602A 型原子吸收分光光度计上以 AAS 法测定土壤中 Cd、Pb、Cu 含量。Hg 元素含量用冷原子吸收法测定, 分析中分别以土壤样标准号 GB/T17141-1997、GB/T17140-1997、GB/T17138-1997、GB/T17136-1997 作为质控标样, 测量相对误差<5%^[8]。

2 结果与分析

2.1 土壤重金属污染状况与评价

对调查区土壤 4 种重金属的分析结果表明, 与国家土壤二级质量标准(GB15618-1995)(pH 6.5~7.5)比较, 葫芦岛锌厂附近 Cd 超标率达 100%、Cu 超标率为 20%; 八家子铅锌矿附近土壤中 Cd 的超标率也达到 100%、Pb 的超标率达 66.7%; 宋三污灌区 Cd 的超标率为 40%、Hg 的超标率为 33.3%; 青城子铅锌矿附近土壤中 Pb 的超标率为 66.7%。与辽宁省土壤背景值相比, 各采样点土壤重金属含量普遍偏高, Cu、Pb、Cd、Hg 均值比背景值分别多 2.8 倍、13.7 倍、115 倍和 10.7 倍(表 1)。可见, 工矿区土壤中主要污染物是 Cd, 其次是 Pb、

^①基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目资助。

作者简介: 周秀艳(1969—), 女, 辽宁阜新, 博士, 副教授, 主要从事环境地球化学的研究。E-mail: zxy_6912@hotmail.com

表 1 调查区土壤重金属含量 (mg/kg)

Table 1 Heavy metal contents in soils of the studied region

样点	地理座标	Cu	Pb	Cd	Hg
葫芦岛锌厂	N40°42′ ~ 40°46′	28 ~ 187.7	48.8 ~ 136.8	2.5 ~ 26.7	0.095 ~ 0.2
	E120°53′ ~ 120°56′	67.52	79.12	11.6	0.133
八家子铅锌矿	N40°34′ ~ 41°36′	22.8 ~ 91.4	83 ~ 438.1	1.5 ~ 4.9	0.045 ~ 0.078
	E120°02′ ~ 120°05′	57.88	290.93	3.33	0.062
青城子铅锌矿	N40°41′	18.9 ~ 25.83	224 ~ 329.2	0.1 ~ 0.16	0.04 ~ 0.05
	E123°31′	21.3	285.5	0.14	0.05
宋三污灌区	N40°55′ ~ 41°12′	17.7 ~ 48.4	20.6 ~ 80.5	0.105 ~ 0.682	0.205 ~ 0.728
	E122°49′ ~ 123°14′	30.5	39.6	0.347	0.421
柳壕污灌区	N41°14′ ~ 41°16′	27.1 ~ 33.6	24 ~ 31	0.025 ~ 0.261	0.065 ~ 0.346
	E122°47′ ~ 123°50′	30.9	28	0.119	0.191
小凌河污灌区	N41°	13.05 ~ 31.53	21.68 ~ 30.97	0.051 ~ 0.056	0.117 ~ 0.323
	E121°22′	19.75	26.57	0.0528	0.225
辽宁土壤背景值		17.82	19.8	0.1	0.036

Cu; 污灌区土壤中主要污染物是 Cd, 其次是 Hg。

对调查区土壤重金属元素间的相关性进行了统

2.2 土壤重金属间的伴生关系

计分析, 结果见表 2。

表 2 土壤重金属间的相关系数

Table 2 Correlation coefficients between heavy metals in soil

样点	元素	Cu	Pb	Cd	Hg
葫芦岛锌厂	Pb	0.95		0.9	0.74
	Cd	0.74	0.9		0.95
八家子铅锌矿	Pb	0.99		0.99	1
	Cd	0.98	0.99		1
青城子铅锌矿	Pb	0.24		0.92	0.97
	Cd	0.59	0.92		0.99
宋三污灌区	Pb	0.91		0.66	0.65
	Cd	0.84	0.66		0.51
柳壕污灌区	Pb	0.82		0.54	0.49
	Cd	0.25	0.54		0.95
小凌河污灌区	Pb	0.83		0.5	0.47
	Cd	0.21	0.5		0.82

注: 最少样品数 $n=4$, 显著水平 $\alpha=0.05$ 。

同一污染源区重金属元素间存在着显著的相关性。葫芦岛锌厂附近土壤中 Cu 与 Pb、Cd 与 Hg、Pb 与 Cd 间相关系数均在 0.9 以上, Cu 与 Cd、Pb 与 Hg 间的相关系数均为 0.74。八家子铅锌矿区附近土壤中各元素间的相关系数均在 0.98 以上。青城子铅锌矿区附近土壤中 Pb 与 Cd、Pb 与 Hg、Cd 与 Hg 元素间的相关系数分别为 0.92、0.97、0.99。宋三污灌区各元素间的相关系数在 0.51 ~ 0.91 之间,

柳壕污灌区及小凌河污灌区土壤中元素间相关系数多数在 0.5 以上。元素间良好的相关性与调查区主要属于工矿区及污灌区, 土壤中重金属元素主要来自于外源污染, 与污染物的来源、地球化学背景及土壤特性等同源性因素有关。

2.3 土壤重金属污染物的主要来源

2.3.1 来自于采矿粉尘及尾矿泥的大气沉降 图 1 所示为距八家子铅锌矿尾矿坝同一方向不同距离

表层土壤重金属元素的沿程分布情况。Cd、Pb、Cu 元素随着距离的增加,含量降低,主要是由于这 3 种元素往往伴生在一起,尾矿泥颗粒细小,常随风力传播,而形成大气沉降。而 Cd 后来随着距离

的增加反而增加,可能与土壤有机质含量及土地利用类型等因素有关。说明工矿区尾矿、金属粉尘等的大气沉降是土壤重金属污染的又一重要来源。

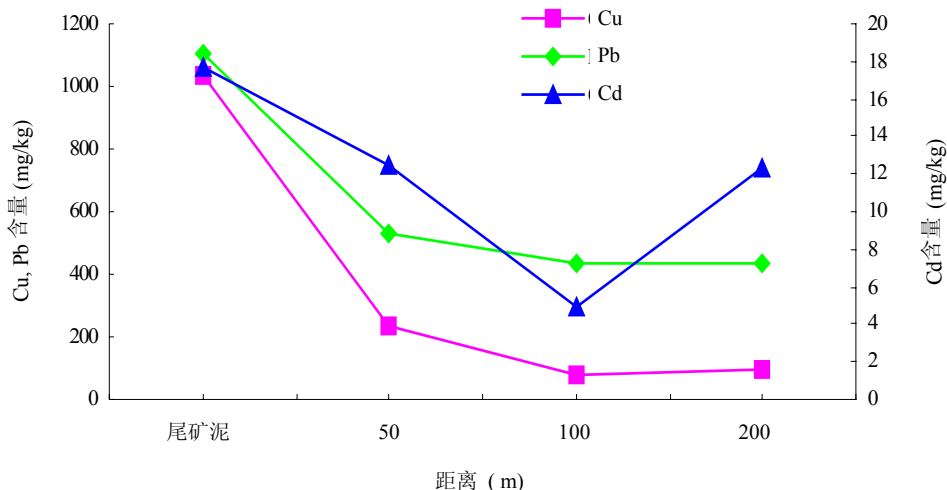


图 1 尾矿坝附近土壤 Cu、Pb、Cd 含量与污染源距离的相关性

Fig. 1 Correlation between contents of Cu, Pb and Cd and distances from the sources

2.3.2 与污灌水的重金属污染物含量有关 由表 3 可以看出,与农田灌溉水质标准 (GB5084-92) 相比,宋三污灌区 3 路灌溉水中 Hg、Pb、Cd 监测项目均符合《农田灌溉水质标准》的水质标准,这是由于经过多年的污水治理,宋三污灌区灌溉水质明显好转。但由于利用污水灌溉的原因,加之北方年降水量少,地表径流量小,对土壤的冲洗较弱,土壤受污染后较难恢复。另外由于重金属的特殊性质,在土壤中较难降解,故其成为主要污染因子,尤其是 Cd 和 Hg,超标率较大 (Cd 的超标率为 40.0%, Hg 的超标率为 33.3%)。

表 3 宋三污灌区水样中重金属含量 (mg/L)

Table 3 Heavy metal contents in water samples from the Songsan Wastewater Irrigation Zone

灌区位置	Hg	Pb	Cd
灌区南部	0.00004	0.009	<0.001
灌区中部	0.00005	0.0019	<0.001
灌区北部	0.00004	<0.001	<0.001
农田灌溉水质标准	0.001	0.1	0.005

3 结论

(1) 辽宁省工矿区附近土壤中重金属含量高,

主要污染物是 Cd, 其次是 Pb、Cu。

(2) 污灌区土壤重金属含量较高, 尤其 Cd、Hg 的污染状况应该引起重视。

(3) 不同污染源区域土壤重金属间存在着密切的相关性, 说明重金属污染来源的伴生性与同源性。在污染土壤改良与修复中应予考虑。

(4) 研究区土壤重金属主要来源于工矿区的废石、尾矿、粉尘大气沉降及污水灌溉等人为源, 但在矿区内还与自然污染有关。

参考文献:

- [1] 黄铭洪, 骆永明. 矿区土地修复与生态恢复. 土壤学报, 2003, 40 (2): 161-169
- [2] 张乃明, 陈建军, 常晓冰. 污灌区土壤重金属累积影响因素研究. 土壤, 2002, 34 (2): 90-93
- [3] Lin C, Lin J. Heavy metals in a sultic minespoil: Fractions and column leaching. Pedosphere, 2003, 13 (1): 75-80
- [4] 滕彦国, 倪师军, 庾先国, 张成江. 应用标准化方法评价攀枝花地区表层土壤的重金属污染. 土壤学报, 2003, 40 (3): 374-379
- [5] Hao XZ, Zhou DM, Wang YJ, Cang L, Chen HM. Effect of different amendments on ryegrass growth in copper

- mine tailings. *Pedosphere*, 2003, 13 (4): 299-308
- [6] 王庆仁, 崔岩山, 董艺婷. 植物修复-重金属污染土壤整治的有效途径. *生态学报*, 2001, 21 (2): 326-331
- [7] Wang QR. Phytore mediation-A unique approach to restoration of contaminated soil with heavy metals in China//Luo YM, Mc Grath SP, et al. *Proceedings of Soil Rem 2000. Int. Conf. of Soil Remediation*, 2000: 197-202
- [8] 周秀艳, 王恩德, 王宏志. 辽西滨海矿集区重金属污染与评价. *土壤*, 2004, 36 (4): 387-391
- [9] 刘绮, 宁晓宇, 赵昕. 辽宁东部山区土壤污染状况与防治对策研究. *应用生态学报*, 1998, 9 (1): 101-106

Status and Causes of Heavy Metal Pollution of the Soils in Typical Industrial and Mining Areas and Wastewater Irrigation Zones in Liaoning

ZHOU Xiu-yan¹, LI Pei-jun², SUN Hong-yu¹

(1 *Northeastern University at Qinhuangdao, Qinhuangdao, Hebei 066004, China;*

2 *Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China*)

Abstract: An investigation of soil pollution was carried out in several typical industrial and mining areas and wastewater irrigation zones in Liaoning. The results indicated that concentrations of heavy metals in these sites were higher over the background values. The high concentrations of Cd, Pb, Hg and Cu, in particular, should arouse more concerns since they are already well beyond the criteria set by the Governmental of China for soils of agricultural use. And some companion relationship existed between the various metals. The heavy metals in the soil mainly come along with the untreated wastewater used for irrigation, tailings and slurry from metal ore mining.

Key words: Heavy metals, Contamination, Soil, Source