

某金矿区农田土壤镉污染及其环境效应

徐友宁 张江华 柯海玲 刘瑞萍 陈华清

(中国地质调查局西安地质调查中心, 陕西 西安 710054)

摘要: 镉是环境中危险的毒重元素, 金属矿区往往存在较严重的镉污染。为了查明小秦岭金矿区金矿开发活动对农田土壤镉的累积影响, 以及农作物和人体健康的效应程度, 较为系统地采集了农田土壤、小麦玉米、主要蔬菜和人发样品, 采用国家标准和邻区对照值的方法, 结果表明金矿区选矿尾矿渣是矿区水土环境镉污染的主要来源。土壤镉含量超过了国家土壤环境质量二级标准倍数的范围为 0~44.6, 样本超标率 6.77%, 土壤镉含量超标的面积 21.8 km², 占金矿区土壤面积的 7.8%; 高于对照区土壤镉含量的土壤面积约 138 km², 占研究区总面积的 49.46%。金矿区 30.7% 的小麦籽粒样本中镉含量超过国家倍数 1.2~3.2, 小麦中镉的富集程度明显高于对照区。叶菜中, 镉超标率 77.7%。萝卜叶、西红柿、萝卜中镉含量均高出对照区。农作物中镉含量与土壤中镉含量呈现较好的正相关关系。大气、土壤及地下水交叉污染的较严重的某村住, 不同年龄及性别人群人群发镉均值是对照区的 1.91~6.09 倍, 2009 年发镉含量是 2005 年的 4.35 倍, 人群健康受到了严重威胁。

关键词: 农田土壤; 农作物; 头发; 镉污染; 金矿区

中图分类号: X141 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2013)02-0636-08

由于土壤重金属污染具有隐蔽性、不可逆转性和难治理性, 受污染的农田土壤会危及农产品品质安全和人体健康, 因而土壤重金属污染防治持续成为国内外环境科学领域的热点和治理的难点^[1]。金属矿山是重金属污染的重要地区之一^[2]。镉是具有致癌作用的强毒性环境元素。日本 20 世纪 50—60 年代神通川流域的“骨痛病”, 就是因居民食用被铅锌冶炼厂含镉废水污染的含镉稻米引发的环境公害病。砷、铅、镉的污染是陕西华县龙岭癌症村致癌的元凶^[3]。广东韶关市上坝村因镉污染而成为癌症村^[4], 许超等^[5]研究表明, 大宝山稻田土壤是以镉和铜为主的复合污染。近年来中国流域性的严重的镉污染事件, 如湘江镉污染、广西河池镉污染等, 引发了严重的社会问题。

土壤镉主要来自含镉矿石的开采、选冶以及含镉的工业“三废”排放。刘辉等^[6]研究表明, 北京郊东三岔铅锌矿区附近土壤已受到较严重的镉污染, 且植物中的镉含量与土壤中碳酸盐结合态的镉含量呈显著正相关。另外, 长期使用含镉的磷肥也会导致土壤镉的累积^[7]。

金属矿山往往是重金属污染的严重地区之一。小秦岭金矿区是中国第二大岩金生产基地, 35 年的大规模金矿采矿、选矿及黄金冶炼等矿业活动, 导致河流、土壤、大气、农作物中汞、铅、镉等重金属污染严重^[8-13]。包括本文作者此前在此区开展过综合性研究^[9-13], 但尚无系统、单独的镉污染研究, 本文在前期研究的基础上, 增加了 2009 年以来最新的土壤、小麦及发镉的研究数据, 以期系统研究土壤镉的来源、

收稿日期: 2012-04-19; 改回日期: 2013-03-06

基金项目: 国土资源大调查项目“小秦岭金矿带矿山环境地质问题专题调查”(1212010741003)、国土资源部行业科研专项经费“矿集区环境地球化学累积效应及风险预警”(20111020)、国土资源部黄土地质灾害防治重点实验室及陕西潼关金矿区矿山地质环境野外科学观测基地等联合资助。

作者简介: 徐友宁, 男, 1963 年生, 博士, 研究员, 主要从事矿山环境地质研究工作; E-mail: ksdzhj@sohu.com。

污染程度及累积影响,以及农作物及人体健康响应,为矿区农田土壤重金属污染防治提供基础依据。

1 研究区概况

陕西潼关金矿区位于小秦岭金矿区的西部,是中国第三大黄金生产县,以开采石英脉型金矿为主。金矿开发始于1975年,盛于20世纪90年代中后期,目前黄金资源处于枯竭阶段。金矿开采位于南部的小秦岭中低山地区,山外为冲洪积斜塬区、黄土沟壑台塬区以及黄河渭河冲积平原区,是主要的农业生产区,面积约279 km²,是本文的研究区,主要种植小麦、玉米大宗农作物。研究区历史上存在过数十处大大小小的金矿选矿企业,数百处个体的小汞碾、小氰化、小浮选等“三小”选金点,村前屋后、田间地头、河道两侧随处可见选矿废渣堆。调查表明具有一定规模的尾矿渣堆988处,占地面积约2.32 km²,星星点点的选冶点及裸露的尾矿渣队构成了重金属面源污染,农业区环境污染严重。

2 样品采集及分析

2.1 土壤样品

以农业耕作层(0~20 cm)土壤总镉含量为研究对象,在网格法均匀布点的基础上,在土壤污染较重区加密、在土壤清洁区放稀的方式,采集土壤样品。在批量采集土壤样品之前,通过稀疏的土壤采样测试,研判区域土壤重金属污染分布。一般按1件样/1 km²采集土壤样品,对于土壤污染不明显的区域,样品放稀为1个/4 km²,共采集样品133件。每个采样点以一点为中心,在周围50 m范围内采集3处子样,通过混合、四分法,保留样重1 kg,装布袋,内衬聚乙烯塑料薄膜。为了对比分析金矿选冶活动对农田土壤的累积影响程度,在区外采集了4处与研究区成土环境、耕作方式相同、不受矿业活动影响的农田,分别采集0~20、20~40、40~60 cm三层土壤样品,耕作层土壤总镉含量的平均值作为评判研究区土壤受矿业活动影响的对照值。野外采用GPS定位,填写“采样记录表”,详细记录采样点周围污染源种类、分布。土壤样品在室温下自然风干,木棒碾碎,实验室用高铝钵研磨,过200目筛,供分析测试。送至国土资源部西北地区矿产资源监督监测中心(西安地质矿产研究所)测试,采用等离子光谱仪测定Cd,下同。

2.2 农作物样品

在土壤采样位置同地点或附近,按照1件/4 km²采样密度,采集成熟的小麦、玉米样品各16件,凉晒风干,去壳,取小麦、玉米籽粒200 g,实验室分析测试镉的干态含量。在研究区零星分散的农家小蔬菜地中,采集代表性蔬菜样品,装入塑料袋密封。室内用自来水、去离子水反复清洗、晾干。采用粉碎机将作物样品粉碎成浆,称取10 g左右浆体采用HNO₃-H₂O₂消解。分析食用部分的鲜态镉含量。

2.3 头发样品

2009年在大气、土壤、农作物污染的某村,随机采集的65位不同性别、年龄的村民头发,同时在矿业活动相对较轻的某对照村采集了17位村民头发,分析发镉含量,以期探讨环境污染区人群头发中重金属含量的累积程度。采用清洁的不锈钢剪刀,从受检人群后枕部剪取2 g头发,装入塑料袋,密封保存。实验室用无水乙醇浸泡发样1 h,倒出乙醇,用75%乙醇浸泡1 h,用蒸馏水洗干净,自然风干,称取1 g发样于烧杯中,加硝酸消化放置过夜。加热蒸至近干,用高锰酸反复处理,至无黄色,加硝酸5 ml,用蒸馏水定容至25 ml,加高锰酸冒烟。用等离子光谱仪测定Cd。

不同类型的测试样品均设置了重复样,测试有标准样,测试过程设置了平行样,保障了样品分析的准确度和合格率。

3 农田土壤镉累积响应

3.1 土壤镉来源分析

小秦岭金矿区含金石英脉金矿废石中镉的平均含量为1.00 mg/kg,而金矿选矿后的7处尾矿渣中,镉的平均含量为4.32~29.20 mg/kg,是废石中镉含量的4.32~29.2倍。且明显高于对照区土壤耕作层(0~20 cm)中镉平均值0.17 mg/kg。可见,选矿后的尾矿渣中显著富集镉元素,村前屋后、道路两侧露天堆排的尾矿渣堆,在大风吹扬、降水淋溶作用下,其中的镉成为附近水土环境的重要污染源。

3.2 土壤镉含量及其特征

为对照区土壤耕作层(0~20 cm)中镉平均值0.17 mg/kg,明显高于20~40 cm深度内土壤镉含量0.08 mg/kg、40~60 cm的0.06 mg/kg,深度20~40 cm及40~60 cm两层土壤镉含量没有明显的差异,说明邻区耕作层较高的镉含量,可能系成土后农业

表 1 土壤镉含量及其特征值

Table 1 Cd content and its statistical parameters in soil

Cd	
含量范围 (mg/kg)	未检出~45.2
算术平均值 (mg/kg)	0.55
众数 (mg/kg)	0.20
标准差 (mg/kg)	3.91
变异系数	710.91%

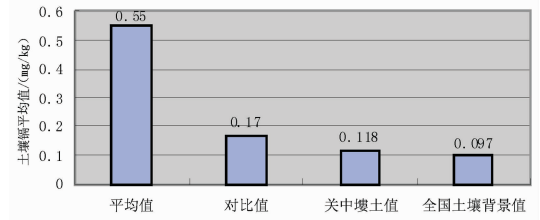


图 1 土壤镉平均值及对照值的直方图

Fig.1 Histogram of Cd mean values in soil and contrast values

生产及区域大气降尘等共同累积作用的结果。

研究区 133 件农田土壤镉含量从未检出~45.20 mg/kg,即研究区部分远离矿业活动的地方,土壤镉没有检出,最高含量是其检出限(30 ng/g)含量的 1 808 倍,镉数据呈偏态分布,变异系数为 710.91% (表 1),说明研究区农田土壤镉区域含量变化极大,受外界活动影响的强弱差异大。土壤镉的算术平均值(0.55 mg/kg)高出全国土壤背景值(0.097 mg/kg)的 5.67 倍^[14],高出陕西关中壤土背景值^[14](0.118 mg/kg)的 4.66 倍,高出邻区土壤对比值(0.17 mg/kg)的 3.24 倍(图 1)。由于研究区与对照区具有相同的成土地质环境、大气环境、农耕方式和农药化肥使用情况等,因而可以认为研究区土壤中高出对照区的镉含量,是金矿开发活动叠加影响的结果,因此金矿开发活动对土壤镉累积影响明显。

3.3 土壤镉污染评价

研究区农田土壤类型为壤土,133 件耕作层土壤样品 pH 值为 7.18~8.47,属碱性土,全部为旱田,故采用土壤环境质量二级标准(GB15618-1995)^[15]中 pH 值>7.5 的土壤镉(1.0 mg/kg)限值标准,进行土壤单项污染超标倍数公式($P_i = (C_i - C_0) / C_0$)计算^[16]和分级^[9]。评价结果(表 2)表明,土壤镉样本超标率为 6.77%,镉污染超标面积 21.8 km²,占研究区面积 279 km²的 7.8%。以 70%的农田面积计算,约 1526 ha 的农田受到了镉污染。

3.4 土壤镉累积评价

采用对照区土壤镉平均值(0.17 mg/kg)作为评价金矿开发活动对农业生产区土壤镉累积影响,采用 $P_i = (C_i - C_0) / C_0$ 计算累积倍数,结果表明,金矿区 57.14%的土壤样品中镉含量超过了对照区(表 3),

表 2 土壤 Cd 污染超标倍数及超标率

Table 2 Standard-surpassing multiples and rates of Cd in soil

超标倍数(污染程度) ^[9]	样本数/件	超标率	平均倍数	污染面积/km ²
$P < 0$ (清洁土壤)	124			
$1 > P \geq 0$ (轻度污染)	6	4.51%	0.18	8.45
$2 > P \geq 1$ (中度污染)	1	0.75%	1.02	4.26
$3 > P \geq 2$ (重度污染)	1	0.75%	2.52	3.00
$P \geq 3$ (极度污染)	1	0.75%	44.2	6.09

表 3 土壤 Cd 累积倍数及等级

Table 3 Cd cumulative multiples and grades in soil

累积倍数及程度 ^[2]	样本数/件	累积率	累积倍数范围	累积倍数平均值	污染面积/km ²
$P < 0$ (未累积)	57				
$1 > P \geq 0$ (轻度累积)	56	42.11%	0.06~0.82	0.25	89.93
$2 > P \geq 1$ (中度累积)	8	6.02%	1.0~1.94	1.43	16.07
$3 > P \geq 2$ (重度累积)	5	3.76%	2.06~2.76	2.32	4.90
$P \geq 3$ (极度累积)	7	5.26%	3.12~264.88	42.29	27.10

矿业开发活动对土壤镉累积明显,局部地区土壤镉累积严重。受累积影响的土壤面积约 138 km²,占研究区总面积的 49.46%,约 9 660 ha 农田受到镉的累积影响。

2009 年土壤镉的含量是 2005 年的 1.80 倍,1989 年的 6.31 倍,20 年间研究区农田土壤镉累积明显(表 4)。

4 矿区环境镉污染的响应

4.1 农作物镉的响应

农田土壤是粮食作物、蔬菜、水果、油料作物、花卉、药材、草料等绿色植物生长的载体。由于作物根系大部分生长在土壤表层,当作物吸收表层土壤营养成分的同时,也吸收土壤中的重金属元素,导致重金属元素在植物体内滞留、累积。镉是作物生长的有害元素,当农作物中镉元素超过一定量时,就会危及农产品的食用安全。

4.1.1 小麦中镉的响应

为了对比研究区土壤镉污染对小麦、蔬菜的影响,在小麦成熟时采集了 16 处小麦籽粒,其中,对照区土壤尚清洁区 3 件样品作为对比评价的对照样。小麦籽粒中,镉的检出率为 100%。

采用 $P_i = (C_i - C_0) / C_0$ 公式,以国家食品卫生限量标准(GB2762-2005)^[17]面粉中镉限值含量(0.1 mg/kg)评价小麦中的镉超标情况,对照区小麦中镉符合标准。评价区 4 件小麦中镉超过了国家标准 0.3~3.1 倍(表 5),即未污染土壤区内的小麦镉符合食用标准,而研究区受镉污染的小麦样本达到了 30.8%。

研究区小麦镉含量(0.022~0.41mg/kg)均值(0.089 mg/kg)是对照区含量(0.008~0.022 mg/kg)均值(0.017 mg/kg)的 5.24 倍,即研究区小麦中镉显著高于对照区,说明研究区小麦镉含量明显受到了矿业活动的累积影响。

2005 年小麦中镉均值含量(0.087 mg/kg)已是 1991 年 9 件^①小麦样品中平均含量(0.025 mg/kg)的 3.48 倍;1990 年小麦镉不超标,而 2005 年小麦镉超标率达 30.8%,说明研究区小麦镉污染在加重。土壤污染导致小麦镉的食用风险在增加。

评价区 24 件玉米、对照区 3 件玉米样品中,镉

表 4 不同年代土壤镉均值含量对比
Table 4 Correlation of Cd values in soil in different years

不同年代土壤镉均值	Cd
1989 年均值 (mg/kg) (n=11 件)	0.16
2005 年均值 (mg/kg) (n=133 件)	0.56
2009 年均值 (mg/kg) (n=46 件)	1.01

表 5 小麦籽粒中镉含量及其超标倍数
Table 5 Cd content and its standard-surpassing multiple in wheat

样号	Cd(mg/kg)	超标倍数 (GB2762-2005)	累积倍数 (对照区均值)
Y _{1d} [*]	0.022	-**	0.29
Y _{2d}	0.021	-	0.24
Y _{3d}	0.008	-	-
Y _{4x}	0.041	-	1.41
Y _{5x}	0.023	-	0.35
Y _{6x}	0.031	-	0.82
Y _{7x}	0.022	-	0.29
Y _{8x}	0.03	-	0.76
Y _{9x}	0.041	-	1.41
Y _{12x}	0.41	3.1	23.12
Y _{13x}	0.041	-	1.41
Y _{14x}	0.06	-	2.53
Y _{15x}	0.042	-	1.47
Y _{16x}	0.13	0.3	6.65
Y _{17x}	0.16	0.6	8.41
Y _{18x}	0.13	0.3	6.65

备注:* “d”对照样,下同;**“-”未超标或未累积,下同。

含量均低于检出限,没有受到镉的影响。

4.1.2 蔬菜中镉的响应

依据 GB2762-2005^[17]标准,叶菜中镉限值标准为 0.2 mg/kg,研究区 7 件叶菜样品中,镉含量均没有超过国家标准。但研究区萝卜叶(S₇-S₁₀)中镉平均含量(0.1055 mg/kg)是对照区(S_{2d}-S_{3d})均值含量(0.042 mg/kg)的 2.52 倍(表 6)。与对照区平均值比较,研究区蔬菜中的镉含量高于对照区,说明研究区蔬菜受到了镉的累积影响。

研究区 6 件西红柿中镉平均含量(0.001)高出对照区(未检出),但镉含量没有超过国家标准(0.05 mg/kg)。研究区及对照区中,红薯中镉含量均未检出,萝卜中镉平均含量(0.562 mg/kg)是对照区(0.119)的 4.72 倍,超过国家标准(0.1 mg/kg)的 4.62 倍。

①西安地质矿产研究所.潼关黄金产区环境影响评价及污染防治研究,1991.

表 6 叶菜类镉含量及累积影响

Table 6 Cd content and its cumulate effect in vegetable

样号	样品	原始含量 (mg/kg)	超标倍数	累积影响
S _{1d}	小白菜	0.03	-	-
S _{2d}	萝卜叶	0.023	-	-
S _{3d}	萝卜叶	0.06	-	0.58
S ₄	油麦菜	0.03	-	-
S ₅	油麦菜	0.05	-	0.32
S ₆	青 菜	0.08	-	1.11
S ₇	萝卜叶	0.059	-	0.55
S ₈	萝卜叶	0.09	-	1.37
S ₉	萝卜叶	0.073	-	0.92
S ₁₀	萝卜叶	0.2	-	4.26

不同的植物种类、部位、叶片大小和形状吸收富集重金属的能力不同(王定勇等,1998)。研究区不同作物中镉平均含量排序为:萝卜叶(0.1055)>小麦(0.089)>青菜(0.08)>油麦菜、萝卜(0.05)>西红柿(0.001)>玉米、红薯(未检出)。小麦中镉浓度显著高于玉米,叶菜类含量高于块根类蔬菜。黄穗虹研究认为蔬菜地下部分的重金属含量可较准确地反映重金属从土壤向植物中的转移,而地上部分的重金属含量对于某些蔬菜来说可能并非是重金属生物可利用性的良好的指标。研究区叶菜类中较高的镉含量可能与大气污染有关,但研究区缺乏相关监测数据。

农作物与立地土壤中重金属浓度的关系比较复杂,一般来说,植物的吸收量取决于土壤中重金属的水溶态、离子交换态等活性态的含量^[18]。土壤中的重金属对生态系统和人类健康的危害最主要取决于土壤重金属的生物有效性含量。而重金属生物有效性含量在某种程度上受土壤理化性质,如 pH 值、有机

质含量等因素的制约。因此,在评价土壤重金属污染状况时,不仅要分析土壤重金属总量,更应重视其生物有效性部分所占的比例以及影响生物有效性的主要因素^[19]。

2009 年 46 组农田土壤样品中,土壤中镉含量的 40%~70%是以有效态形式存在。相关系数表明,在 $r=0.01$ 水平上,土壤总镉与有效态镉含量呈极显著的正相关关系。也就是说,金矿区土壤镉含量高,则土壤中能被农作物吸收的有效态含量也高,因而污染土壤区农作物存在较高的环境风险。

从 3 处不同土壤中的小麦根部土壤、小麦根须、茎秆和籽粒中镉含量(表 7),可以看出,土壤镉污染区内小麦籽粒中镉含量(032 mg/kg)是国家粮食标准(0.1 mg/kg)的 3.2 倍。小麦根须中镉含量明显较茎秆、籽粒富集,且是根部土壤含量的 1.20~3.33 倍。表明小麦在生长过程中,根系对土壤 Cd 具有较强富集能力,在向作物地上部输送时,镉大部分存留在根部。小麦中镉含量表现为根>茎叶>籽粒。

4.2 人发中镉的响应

环境中重金属污染必然会导致人体组织中镉的含量增高。1986 年,世界卫生组织将血液、尿和头发推荐作为 Hg、Pb、Cd、As 监测选用的生物标记物,其含量水平代表了身体总体水平,反映人体相当长时间元素的累积状况,间接反映了其在机体内的含量,可用于重金属的暴露评估、区域性生物死亡监测及回顾性调查与分析。头发是人群监测和个体筛选的最佳选择^[20]。刘碧君通过锡矿山矿区和贵阳市人发中镉、砷和汞的污染特征,说明镉矿开采及冶炼区域内重金属 Sb、As、Hg 对人体健康的危害明显比非镉矿开采区域严重^[21]。

表 7 土壤及小麦不同部位镉含量

Table 7 Cd content in soil and in different parts of wheat

	土壤清洁 区(Q ₁)	土壤污染 区(W ₁)	土壤镉 污染区(W ₂)
粮食标准(mg/kg)	0.1	0.1	0.1
小麦籽粒(mg/kg)	0.04	0.05	0.32
小麦茎秆(mg/kg)	0.12	0.43	0.78
小麦根须(mg/kg)	0.20	0.42	2.48
根部土壤(mg/kg)	0.06	0.14	2.07
土壤环境质量二级 标准(mg/kg)	1.0	1.0	1.0

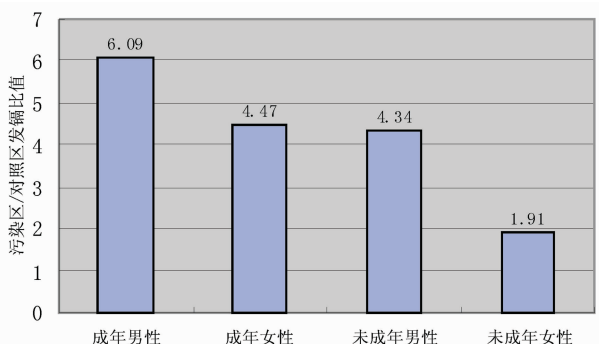


图 2 某村不同人群头发中镉的平均累积指数

Fig.2 Cd cumulate mean values of hair from different residents in a contaminated village

表8 不同年代发镉变化对比
Table 8 The change of Cd content of resident hair in different years

	年代	Cd
对照村庄	2009年(mg/kg)	0.11
	2005年(mg/kg)	<0.05
	2009年/2005年	2.2
污染村庄	2009年含量(mg/kg)	0.67
	2005年含量(mg/kg)	0.07
	2009年/2005年	9.57

图2表明,大气、土壤以及小麦蔬菜等环境交叉污染较为严重某村,65位村民发镉平均含量超过了对照村庄17位人群发镉的平均含量的4.20倍,成年男性发镉累积最为显著,达6.09倍,其次为未成年男性和成年女性。污染村庄人群健康明显受到了镉的危害。

无论对照村庄还是污染村庄,2009年发镉中平均含量明显高于2005年(表8),但相比于对照村庄,污染村庄人群发镉含量增加的幅度(9.57倍)更大,是对照村庄发镉增长均值(2.2倍)的4.35倍,说明污染村庄镉污染程度加剧严重,人群健康受到明显威胁。

5 结 语

(1)研究区金矿选矿后的尾矿渣中的镉是水土环境的主要污染源。

(2)土壤镉样本的超标率6.77%,约1526ha农田镉超标污染。57.14%的土壤样品中镉含量超过了对照区,约9660ha农田受到镉的累积影响。金矿开发活动土壤镉累积明显。

(3)研究区30.8%的小麦籽粒中镉超标,未污染土壤区内的小麦镉符合食用标准,土壤污染对小麦镉影响明显。研究区小麦中镉含量显著高于对照区。2005年小麦中镉均值含量已是1991年的3.48倍。玉米中镉含量符合国家标准。

(4)研究区镉含量明显较对照区累积。不同作物中镉平均含量不同,萝卜叶>小麦>青菜>油麦菜、萝卜>西红柿>玉米、红薯。叶菜中镉超标率最为严重,叶菜高于块根类蔬菜。

(5)土壤镉总量>土壤中有效态镉含量>小麦镉含量,治理受污土壤对于保障农产品安全尤为重要。

(6)污染区人群发镉含量平均是对照人群的4.21倍,发镉累积明显。2009年发镉均值含量是2005年4.35倍,人群健康受到严重威胁。

参考文献(References):

- [1] 宋泽峰, 栾文楼, 崔邢涛, 等. 冀东平原土壤重金属元素的来源分析[J]. 中国地质, 2010, 37(5): 1530-1537.
Song Zefeng, Luan Wenlou, Cui Xingtao, et al. An analysis of the sources of heavy metals in soils of eastern Hebei plain[J]. Geology in China, 2010, 37(5): 1530-1537(in Chinese with English abstract).
- [2] Liao G L, Liao D X, Li Q M. Heavy metals contamination characteristics in soil of different mining activity zones [J]. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 2008, 18, 207-211.
- [3] 王绍芳. 生态环境地质病:陕西一癌症村实例分析[J]. 环境与健康, 2001, 5:42-46.
Wang Shaofang. Geological disease caused by ecological environment; an example of cancer village in Shaanxi Province [J]. Environment and Health, 2001, 5:42-46 (in Chinese with English abstract).
- [4] 广东韶关市上坝村被大宝山矿区污染30多年成“癌症村”. <http://www.kochin.cn/a/201103/12d35vthoxy5.shtml>.
Dabaoshan of Shaoguan city in Guangdong has become a "cancer village" by mine contaminated in the past 30 years (in Chinese). <http://www.kochin.cn/a/201103/12d35vthoxy5.shtml>.
- [5] 许超, 夏北成, 何石媚, 等. 大宝山矿下游地区稻田土壤重金属含量特征[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2008, 47(3): 122-127.
Xu Chao, Xie Beicheng, He Shimei, et al. Characteristics of Cd, Zn, Pb, Cu content of paddy soils in the lower stream of Dabaoshan area, Guangdong[J]. Acta Scientiarum Natural Universitat Versitat Is Sunyatseni, 2008, 47(3): 122-127(in Chinese with English abstract).
- [6] 刘辉, 冯流, 陈明. 矿区土壤镉污染研究[J]. 有色金属(矿山部分), 2004, 56(6): 47-48.
Liu hui, Fen liu, Chen ming. Study on cadmium contamination of soil in mine area[J]. Nonferrous Metals(Mine Section), 2004, 56(6): 47-48(in Chinese).
- [7] 周南华. 化肥施用与农产品质量安全[J]. 西南农业学报, 2004, 17(1): 126-130.
Zhou Nanhua. Fertilizer application and quality security of farm products[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2001, 17(1): 126-130(in Chinese with English abstract).
- [8] Feng X B, Dai Q Q, Qiu G L, et al. Gold mining related mercury contamination in Tongguan, Shaanxi Province, PR China [J]. Applied Geochemistry. 2006, 21 (11), 1955-1968.
- [9] 徐友宁, 刘瑞平, 柯海岭, 等. 金矿区农田土壤重金属污染的环境效应分析[J]. 中国地质, 2007, 34(4): 716-721.
Xu Youning, Zhang Jianghua, Liu Ruiping, et al. Environmental effects of heavy metal pollution of farmland soils in gold mining

- areas[J]. *Geology in China*, 2007, 34(4):716-721(in Chinese with English abstract).
- [10] 徐友宁, 张江华, 陈社斌, 等. 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 [J]. *农业环境科学学报*, 2008, 27(1):200-206.
Xu Youning, Zhang Jianghua, Chen Shebin, et al. Distribution of contents of heavy metals in soil profile contaminated in different ways in Xiaoqinling gold mining area [J]. *Journal of Agro - Environment Science*, 2008, 27 (1):200-206 (in Chinese with English abstract).
- [11] 徐友宁, 张江华, 赵阿宁, 等. 小秦岭某金矿区农田土壤重金属污染潜在生态危害评价[J]. *地质通报*, 2008, 27(8):1272-1278.
Xu Youning, Zhang Jianghua, Zhao A'ning, et al. Evaluation of the potential ecological risk of heavy metals in farmland soils in a certain gold mining area, Xiaoqinling, China [J]. *Geological Bulletin of China*, 2008, 27(8):1272-1278(in Chinese with English abstract).
- [12] 徐友宁, 张江华, 赵阿宁, 等. 小秦岭某金矿区水土环境重金属污染及其效应[J]. *水文地质工程地质*, 2009, 4:131-138.
Xu Youning, Zhang Jianghua, Zhao A'ning, et al. Water and soil contamination and environmental effect in a certain gold area in Xiaoqinling [J]. *Hydrogeology & Engineering Geology*, 2009, 4: 131-138(in Chinese with English abstract).
- [13] Wu Y G, Xu Y N, Zhang J H, et al. Evaluation of ecological risk and primary empirical research on heavy metals in polluted soil over Xiaoqinling gold mining region, Shaanxi, China [J]. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 2010, 20, 688-694.
- [14] 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.
China environmental monitoring station. *China Elements Background Value of Soil* [M]. Beijing: China Environmental Science Press, 1990(in Chinese).
- [15] GB15618-1995. 土壤环境质量标准[S]. 国家环境保护局, 1995: 3-4.
GB15618-1995. Environmental quality standard for soils. National Environment Protection Bureau 1995:3-4(in Chinese).
- [16] NY/T395-2000. 农田土壤环境质量监测技术规范[M]. 中华人民共和国农业部. 2002. 12:5.
NY/T395-2000, Procedural regulations regarding the environment quality monitoring of soil. Ministry of Agriculture of People's Republic of China; 2002. 12:5(in Chinese).
- [17] GB2762-2005; 食品卫生限量标准[S]; 中华人民共和国卫生部.
GB2762-2005; Maximum Levels of Contaminants in Food [S]: Ministry of Health of the People's Republic of China (in Chinese).
- [18] 周国华, 秦绪文, 董岩翔. 土壤环境质量的制定原则与方法 [J]. *地质通报*, 2005, 24(8):721-727.
Zhou Guohua, Qing Xuwen, Dong Yanxiang. Soil environmental quality standards: principle and method [J]. *Geological Bulletin of China*, 2005, 24(8):721-727(in Chinese with English abstract).
- [19] 周建民, 党志, 蔡美芳, 等. 大宝山矿区污染水体中重金属的形态分布及迁移转化[J]. *环境科学研究*, 2005, 18(3):5-10.
Zhou Jianmin, Dang Zhi, Cai Meifang, et al. Speciation distribution and transfer of heavy metals in contaminated stream waters around Dabaoshan mine [J]. *Research of Environmental Sciences*, 2005, 18(3):5-10(in Chinese with English abstract).
- [20] 秦俊发, 李增禧, 楼蔓藤, 等. 头发元素分析的科学与医学应用价值[J]. *广东微量元素科学*, 2005, 12(5):1-60.
Qin Junfa, Li Zengxi, Lou Manteng, et al. Scientific value and medical application of hair element analysis [J]. *Trace Elements Science*, 2005, 12(5):1-60(in Chinese with English abstract).
- [21] 刘碧君, 吴丰昌, 邓秋静, 等. 锡矿山矿区和贵阳市人发中锑、砷和汞的污染特征[J]. *环境科学*, 2009, 30(3):907-912.
Liu Bijun, Wu Fengchang, Deng Qiujing, et al. Pollution characteristics of antimony, arsenic and mercury in human hair at Xikuangshan mining area and Guiyang city, China [J]. *Environmental Sciences*, 2009, 30 (3):907-912 (in Chinese with English abstract).

Cd contamination of farmland soil in a gold mining area and its environmental effects

XU You-ning, ZHANG Jiang-hua, KE Hai-ling, LIU Run-ping, CHEN Huan-qing

(Xi'an Center of Geological Survey, CGS, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

Abstract: Cadmium is a dangerous element that pollutes the environment. The metal mining area is usually an area of serious Cd contamination. In order to study the pollution degree of farmland soil and the pollution effect on crops and human hair in the Xiaoqinling gold mining area, the authors carried out field investigation. An analysis of a series of samples of soil, crops and human hair shows that tailing is the main source of Cd contamination in water-soil environment. The standard-surpassing multiple of Cd in soil ranges from 0 to 44.6, with a standard-surpassing rate of 6.77% relative to the state standard. The farmland with high Cd content covers an area of 21.8km² and possesses 7.8% of the study area. The standard-surpassing multiple in 30.7% wheat samples ranges from 1.2 to 3.2. The Cd content in the study area is obviously higher than that in the contrast area, where the wheat is safe to eat. The standard-surpassing rate of Cd content in vegetables is 77.7%. The Cd in radish and tomato in the study area is higher than that in the contrast area. There is a significant positive relation between Cd content in soil and that in crops. In the area polluted by air, soil and groundwater, the Cd content of human hair is 1.91-6.09 times that of the contrast area. The Cd content of human hair in 2009 was 4.35 times that in 2005. All this has constituted a serious threats to human health.

Key words: farmland soil; crop; hair; Cd contamination; gold mining area

About the first author: XU You-ning, male, born in 1963, senior researcher, mainly engages in the study of mine geo-environment; E-mail: ksdzhj @sohu.com.