

DOI: 10.7524/j.issn.0254-6108.2014.04.024

## 贵州省不同类型污染区农业土壤中汞的分布及污染评价\*

刘鸿雁<sup>1\*\*</sup> 周俊<sup>2</sup> 朱恒亮<sup>1</sup> 冯新斌<sup>3</sup> 杜布云<sup>3</sup> 龙家寰<sup>1</sup>

(1. 贵州大学资源与环境工程学院, 贵阳, 550025; 2. 中国科学院生态环境研究中心, 北京, 100085;  
3. 中国科学院地球化学研究所 环境地球化学国家重点实验室, 贵阳, 550002)

Hg是一种可以累积在生物体中的潜在有害元素,土壤中的Hg很容易通过食物链转移到植物和动物体内,但目前还没有证实其有利的生物功能.中国土壤Hg污染已经普遍发生,金属矿产的开采、煤炭等化石燃料的燃烧、工业和农业生产、日常生活等人类活动导致向环境中释放大量的Hg.土壤作为环境中Hg的汇,其Hg污染对生态环境和人类健康会产生严重的威胁.

贵州省Hg污染历史长,有关Hg污染已有大量报道,但主要集中在Hg矿区,非Hg矿开采造成的Hg污染鲜有报道.因此,本研究选择贵州省不同污染源农业土壤作为研究对象,采集表层和剖面土壤,弄清土壤Hg的含量、分布规律及污染现状,并进行了污染指数评价,研究结果可为保护当地土壤环境提供重要的科学依据.

### 1 材料与方法

#### 1.1 样品的采集与分析

2012年3月在贵州省内采集11个(S1—S11)区域的129个0—20 cm农业表层土壤样品和其中5个点的土壤剖面(S1、S4、S6、S7、S9)样品.采集布设在污染源50 m范围内随机布点,坡面土壤每隔20 cm采集1个样品,采样深度为140—200 cm.各采样点的污染源类型及采集的样品信息见表1.

土壤样品总Hg含量利用俄罗斯Lumex公司生产的RA-915+塞曼效应Hg自动分析仪及配套的RP-91C型热解炉进行测定.土壤pH值采用5:1水土比,电位法测定.实验质量以平行样和标准物质(GBW07404, 290 ng·g<sup>-1</sup>)测定的统计结果控制.土壤标准样品的总Hg测定值为284±27 ng·g<sup>-1</sup>(n=10),参考值为290±40 ng·g<sup>-1</sup>.

表1 各采样点信息

采样点	编号	样品数(n)	采样点描述	采样点	编号	样品数(n)	采样点描述
贵阳乌当区	S1	16	污水处理厂污水灌溉地	赫章县野马川	S7	7	土法炼锌周围地
贵阳清镇市	S2	15	电厂粉煤灰堆场底部菜地	六盘水幸福村	S8	7	煤矿周围菜地
贵阳久安乡	S3	15	煤矸石和煤矿废水污染地	六盘水安乐村	S9	11	铅锌矿周围菜地
贵阳青岩镇	S4	16	农业施肥(背景区)	六盘水保摩村	S10	7	土法炼锌周围地
贵阳白云区	S5	15	赤泥堆废水沟渠下游稻田	开阳县金中镇	S11	15	磷矿周围菜地
都匀市坝固村	S6	15	锌矿周围菜地				

#### 1.2 土壤环境质量评价

根据相关国家标准和行业标准,使用国家土壤环境质量标准来评价研究区域的土壤环境质量,以单因子评价模式对各样点土壤Hg污染程度进行分析.  $P_i$ 为元素的污染指数;  $C_i$ 为Hg的实测值;  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ 分别为国家土壤环境质量标准的一级、二级和三级标准值.当  $P_i < 1$  时,为未污染;当  $1 \leq P_i < 2$  时,为轻度污染;当  $2 \leq P_i < 3$  时,为中度污染;当  $P_i \geq 3$  时,为重度污染.

### 2 结果与讨论

#### 2.1 土壤表层Hg含量与分布特征

贵州省不同污染区土壤Hg的含量变幅很大,最小值为48 ng·g<sup>-1</sup>,最大值达到5020 ng·g<sup>-1</sup>(表2).与国家土壤环境质量一级标准150 ng·g<sup>-1</sup>以及贵州省土壤背景值110 ng·g<sup>-1</sup>相比较,148个表层土壤样点中有64.2%的样点土壤Hg含量超

2013年9月2日收稿.

\* 贵州省科技厅人才团队(黔科合[2012]4005号);贵州省重大科技专项(黔科合重大专项字[2012]6013-7)资助.

\*\* 通讯联系人, Tel: 13985402510; E-mail: hongyan.l@163.com

过土壤一级标准,最高的超出近 33 倍,表明这些污染源附近土壤已经受到了不同程度的外源 Hg 影响,具有明显的 Hg 富集特征,大部分样点土壤已经受到了不同程度的 Hg 污染。

表 2 贵州省各采样点土壤 Hg 含量( $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ )

采样点	变幅	平均值	pH	变异系数/%	采样点	变幅	平均值	pH	变异系数/%
S1	92—2140	705±661ab	6.86±0.29	93.8	S7	61—119	130±97cd	5.05±0.16	75.1
S2	304—842	501±163bc	5.6±0.32	32.5	S8	127—281	216±85cd	4.78±0.12	39.4
S3	63—174	128±34cd	4.48±0.93	26.8	S9	60—99	75±10d	5.97±0.18	13.6
S4	48—432	138±97cd	6.15±0.13	70.6	S10	84—165	133±31cd	6.37±0.58	23.6
S5	162—477	266±107cd	6.64±0.19	40.0	S11	227—5020	1031±1183a	5.72±0.45	114.8
S6	67—2230	738±688ab	6.77±0.21	93.2					

由表 2 可知采样点开阳县金中镇磷矿(S11)周围菜地 Hg 平均含量最大,达到  $1031 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$ ,且变异系数最大,为 114.8%,显著高于其他采样点;S6 表层土壤 Hg 平均浓度明显高于背景点(S4),而与其有相似污染源的 S9 Hg 含量只有  $75 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$ ,显著低于 S4,且变异系数最小(13.6%),这可能与不同地区的铅锌矿矿石中 Hg 含量及土壤理化性质的差异有关;而背景区土壤汞浓度也高于贵州省背景值,且变异系数较大,说明农业活动或大气沉降对土壤汞浓度有较大影响;采用污水灌溉的 S1 点 Hg 平均含量为  $705 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$ ,说明污水灌溉对当地农业土壤 Hg 富集产生一定的影响;S2 Hg 平均含量为  $501 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$ ,明显高于贵州省背景值,然而, S8 和 S3 Hg 含量较低,分别为  $216 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$  和  $128 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$ 。贵阳市白云区赤泥堆场废水排放沟渠下游稻田土 S5 中 Hg 平均含量为  $266 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$ ,其 Hg 含量受赤泥堆场影响不大。S7 和 S10 土法炼锌土窑周围菜地 Hg 浓度均低于国家土壤环境一级标准。

## 2.2 土壤剖面 Hg 含量与分布特征

Hg 在土壤中的分布主要是背景值和污染造成的,本研究对表层土壤 Hg 含量较高点 S11 和对照点 S4,以及点 S1、S7、S9 土壤剖面 Hg 含量进行分析(图 1)。S11 剖面 Hg 平均浓度最高,变化范围在  $78\text{—}356 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$ ,Hg 的垂直变异系数较大,为 49%。随采样深度的增加土壤 Hg 没有明显的变化趋势,可能与该区域土壤较低的 pH(pH 5.72)有关。S1 采用污水灌溉使土壤 Hg 浓度明显增加,表明灌溉增加了土壤污染的风险。S7、S9 Hg 浓度较低且没有明显变化,表明土法炼锌土窑和铅锌汞作为污染源对周围土壤 Hg 含量影响较小,而 S4 土壤 Hg 污染可能来自大气沉降。

## 2.3 研究区土壤 Hg 污染评价

研究的 11 个区域表层土壤 Hg 污染指数变幅在 0.32—6.52 之间,平均为 1.39(图 2)。其中有 51 个农业土壤样点未受到污染( $P_i < 1$ ),所占比例为 34.5%;68 个样点属于轻度污染( $1 \leq P_i < 2$ ),所占比例为 45.9%;21 个样点已受到中度污染(当  $2 \leq P_i < 3$ ),所占比例为 14.2%;8 个样点已受到严重污染( $P_i > 3$ ),所占比例为 5.4%。在所有采样点中, S11 污染最严重,  $P_i > 2$  的土壤高达 67.7%。

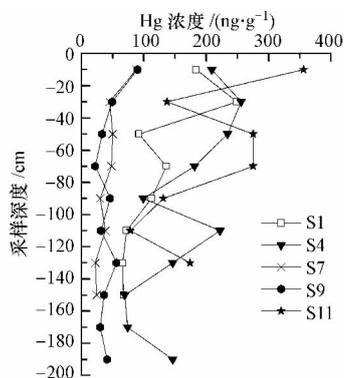


图 1 土壤剖面 Hg 含量

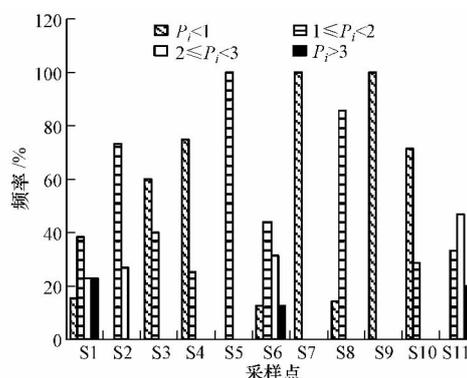


图 2 土壤 Hg 污染指数频率分布图

## 3 结论

贵州省不同污染区土壤 Hg 的含量变幅很大,最小值为  $48 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$ ,最大值达到  $5020 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$ ,与国家土壤环境质量一级标准相比较,64.2%的土壤样点受到了不同程度的样点污染。开阳县金中镇磷矿周围土壤 Hg 平均含量最高,污染指数  $P_i > 2$  的土壤所占比例最高,达到 67.7%以上,因此应将其污染优先列入考察范围,同时应密切关注矿产开采和污水灌溉引起的土壤 Hg 污染对农业生态系统和人类健康的影响。

关键词: 农业土壤,汞,表层土壤,剖面土壤,污染指数。