

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2016.02.012

乔口镇土壤重金属 Pb、Cd 潜在生态风险评价

陈肖胤, 王永豪

(湖南工业大学 建筑与城乡规划学院, 湖南 株洲 412007)

摘要: 以长沙市望城区乔口镇周边农田土壤为研究对象, 利用单因子评价法和潜在生态危害指数法对其土壤中 Pb、Cd 的含量进行生态风险评价。研究表明, 乔口镇研究区域重金属 Pb 污染在可接受范围之内, 而土壤中重金属 Cd 的累积程度较高, 污染严重, 已经对区域内的生态环境产生危害。同时, 对周边农田土壤重金属的潜在生态风险研究发现, 土壤重金属 Cd 的单因子潜在生态危害指数 E_i 处于 40~160 之间, 且深度为 0~20 cm 的土样中 Cd 的单因子潜在生态危害指数均大于 80, 表明该元素存在强生态危险。从综合潜在生态风险危害指数 RI 来看, 乔口镇综合潜在生态风险危害还在可接受范围之内。

关键词: 乔口镇; 土壤; 重金属; 单因子; 潜在生态风险

中图分类号: X825

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2016)02-0063-05

Potential Ecological Risk Assessment of Heavy Metals Pb and Cd in Soil of Qiaokou Town

CHEN Xiaoyin, WANG Yonghao

(School of Architecture and Urban Planning, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: With Qiaokou Town soil of Wangcheng district in Changsha City as research object, applies the single factor evaluation method and Hakanson's potential risk index to conduct the ecology risk assessment of heavy metals Pb and Cd in soil. The results show that the pollution degree of Pb to the soil in the studied area of Qiaokou Town is within the acceptable range, while the accumulation of heavy metal Cd of soil was relatively high, and the pollution is serious. The study of potential ecological risk shows that the single factor index E_i of Cd in soil is between 40~160, and Cd in the 0~20 cm soil sample is greater than 80, indicating that the element is a strong ecological danger. From the comprehensive potential ecological risk index RI , the comprehensive risk in Qiaokou Town is within an acceptable range.

Keywords: Qiaokou Town; soil; heavy metals; single factor; potential ecological risk

0 引言

随着长株潭城市群建设的加快, 其周边村镇正逐步承受工业、农业、商业和交通等人类活动的多重

环境压力, 村镇土壤重金属污染的环境问题越来越严峻。村镇土壤重金属污染不仅影响土壤的正常功能和农作物的生长, 而且可通过各种途径如食物、

收稿日期: 2016-01-27

基金项目: 国家科技支撑计划基金资助项目(2012BAJ24B00)

作者简介: 陈肖胤(1987-), 男, 湖南娄底人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为低碳城乡规划与环境,

E-mail: 286638544@qq.com

通信作者: 王永豪(1989-), 男, 河南周口人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为低碳城乡规划与环境,

E-mail: 2285952@qq.com

表面接触、呼吸等进入人体,对人体神经系统、免疫功能等产生严重影响,甚至有强致癌作用^[1-2],严重危害村镇居民的健康。目前,土壤重金属污染所带来的环境问题已经成为国际环境土壤学研究的热点^[3-6],而学术界对村镇土壤重金属潜在生态风险评价研究还甚少,因此,对村镇土壤中重金属污染的潜在风险评价的研究具有非常重要的意义。

长沙市望城区乔口镇作为一个省级示范村镇,近几年来,特种水产养殖业、优质稻种植业、牲猪养殖业和休闲农业等获得了长足发展。围绕核心示范区的建设,一些著名的水产养殖公司相继在该镇落户。在经济发展的同时,污染也随之而来。因此,在国内外土壤重金属污染风险评价的基础上,本文对乔口镇土壤中重金属Pb、Cd进行潜在生态危害评价,希望能够为长株潭地区村镇土壤重金属Pb、Cd的防治污染提供科学依据,进而推动土壤环境的治理工作。

1 材料与方法

1.1 土壤样品的采集与分析

在长沙市望城区乔口镇周边农田和菜地进行调查采样,4个采样地块分别位于乔口镇养殖场路旁的农田(地块一)、柳林江村水产养殖示范园旁的农田(地块二)、任家湾养猪场旁的菜地(地块三)、东福村水泥厂旁农田和菜地(地块四),如图1所示。

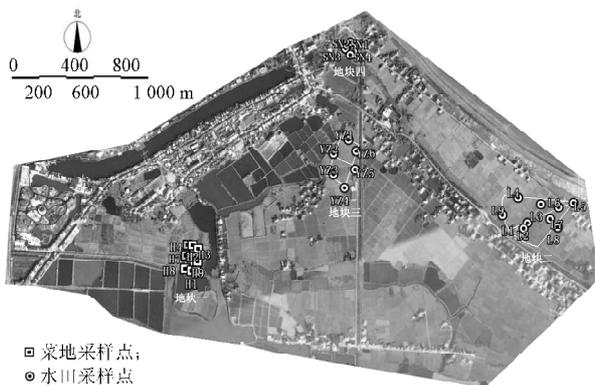


图1 乔口镇土壤取样点分布

Fig. 1 Distribution of sampling sites of soil in Qiaokou Town

由于乔口镇的耕地主要为农田,少部分为菜地,因此,采集样品的土壤基本上为水稻土。各采样点在采集时均经过GPS准确定位,土壤样品采集参照HJ/T166—2004《土壤环境监测技术规范》^[7],按梅花形法进行土壤样品采集,在取样点处垂直采取地块表层深度分别为0~20 cm, 20~40 cm的土壤,每个取样点取土样约500 g,然后分别装入样品袋,并按地

块和采集顺序进行编号。在4个采样区域中,地块一、地块三和地块四按照50 m × 50 m方格网的方式采样,地块二为扇形采样。本次采样共计布设28个采样点,采集土壤样品56个。样品在去除杂物后,经自然风干、磨细过尼龙筛待用,然后用王水消解成溶液待测,待测液中的Pb和Cd采用石墨原子吸收分光光度法测定^[7]。

1.2 评价标准及方法

1.2.1 单因子评价

采用单因子评价法^[8]对单一污染元素进行污染评价,能较好地反映土壤中某种污染因子的污染程度。其计算土壤中Pb和Cd单项累计指数的公式为:

$$P_i = C_i / S$$

式中: P_i 为单项累计指数;

C_i 为实测质量分数, mg/kg;

S 为土壤评价标准值, mg/kg。

长沙市城郊稻田土壤pH值平均为5.52,呈偏酸性^[9]。根据GB15618—1995《土壤环境质量标准》中的二级标准值^[10],Pb、Cd的土壤评价标准值分别设定为250.00, 0.30 mg/kg,如表1所示。对土壤重金属的质量状况评价的分级,按照农业部环境保护科研监测所的标准进行^[11],如表2所示。

表1 GB 15618—1995土壤环境质量部分标准值

Table 1 Some standard values of GB15618—1995 environmental quality standards for soils mg/kg

元素名称	一级自然背景	二级			三级 pH 值 > 6.5
		pH 值 < 6.5	6.5 ≤ pH 值 ≤ 7.5	pH 值 > 7.5	
镉	≤ 0.20	≤ 0.30	≤ 0.60	≤ 1.0	
汞	≤ 0.15	≤ 0.30	≤ 0.50	≤ 1.0	≤ 1.5
砷 (农田)	≤ 15	≤ 30	≤ 25	≤ 20	≤ 30
旱地	≤ 15	≤ 40	≤ 30	≤ 25	≤ 40
铜 (农田等)	≤ 35	≤ 50	≤ 100	≤ 100	≤ 400
果园		≤ 150	≤ 200	≤ 200	≤ 400
铅	≤ 35	≤ 250	≤ 300	≤ 350	≤ 500
铬 (农田)	≤ 90	≤ 250	≤ 300	≤ 350	≤ 400

表2 土壤重金属的质量分级

Table 2 Quality grading of heavy metals in soil

质量分级	说明
I 级	背景状况, $P_i \leq 1.0$, 即土壤中重金属 i 的实测值小于它的土壤累积起始值。
II 级	轻度累积, $1.0 < P_i \leq 2.0$, 表明重金属在土壤中出现累积。
III 级	中度累积, $2.0 < P_i \leq 3.0$, 表明重金属在土壤中有了一定程度的累积。
IV 级	重度累积, $P_i > 3.0$, 表明重金属在土壤中重度累积。

1.2.2 潜在生态风险评价模型

潜在生态危害评价是瑞典学者L. Hakanson 建立的一套应用沉积学原理评价重金属污染及生态危害的方法^[11],该方法考虑多种重金属元素的毒害的加和作用和各元素对生物的毒性,适合对区域内生态风险和居民健康进行评价。

其计算公式如下:

$$C_i = C_{表}^i / C_0;$$

$$E_i = T_i \times C_{表}^i / C_0;$$

$$RI = \sum E_i = \sum (T_i \times C_{表}^i / C_0)。$$

式中: C_i 为某一重金属元素 i 的污染系数;

$C_{表}^i$ 为表层土壤中元素 i 的实测含量;

C_0 为计算所需的参考值,在此选用1.2.1节单因子评价中设定的Pb、Cd土壤环境质量标准值作为参考值;

E_i 为单项潜在生态危害系数;

RI 为潜在生态危害指数;

T_i 为单个污染物的毒性系数,反映了重金属对

人体及生态系统的危害程度,根据文献[12]选定Pb和Cd的毒性系数为 $T_{Pb}=5$, $T_{Cd}=30$ 。

土壤重金属的潜在生态风险指标与分级标准如表3所示^[11,13]。

表3 土壤重金属潜在生态风险指标与分级标准

Table 3 Potential ecological risk index of heavy metals in soil and grading standard

E_i 分级区间	污染水平	RI 分级区间
$E_i < 40$	轻微生态危险	$RI < 150$
$40 \leq E_i < 80$	中等生态危险	$150 \leq RI < 300$
$80 \leq E_i < 160$	强生态危险	$300 \leq RI < 600$
$160 \leq E_i < 320$	较强生态危险	$600 \leq RI < 1200$
$E_i \geq 320$	极强生态危险	$RI \geq 1200$

2 结果与分析

2.1 乔口镇土壤重金属Pb、Cd单因子评价

土壤样品中Pb、Cd的实测含量如图2所示,其统计特征值如表4所示。

表4 乔口镇土壤重金属Pb、Cd统计特征值

Table 4 Statical features of heavy mental Pb and Cd in soil of Qiaokou Town

采样地域	元素名称	采样深度 / cm	平均值 / ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	最小值 / ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	最大值 / ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	标准差 / ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	变异系数 / %
地块一	Pb	0~20	62.83	50.40	69.00	5.75	9.15
		20~40	61.18	51.40	73.10	6.84	11.18
	Cd	0~20	0.55	0.21	1.05	0.25	45.45
		20~40	0.40	0.14	0.96	0.24	60.00
地块二	Pb	0~20	65.78	58.30	81.90	6.75	10.26
		20~40	61.41	33.80	80.40	12.11	19.72
	Cd	0~20	0.75	0.49	1.31	0.26	34.67
		20~40	0.52	0.28	0.80	0.18	34.62
地块三	Pb	0~20	61.25	57.90	68.70	5.08	8.29
		20~40	59.50	54.80	62.70	3.43	5.76
	Cd	0~20	0.76	0.58	0.97	0.16	21.05
		20~40	0.49	0.26	0.64	0.16	32.65
地块四	Pb	0~20	65.70	54.20	72.50	6.71	10.21
		20~40	68.27	61.70	78.00	6.24	9.14
	Cd	0~20	0.93	0.51	1.36	0.34	36.56
		20~40	0.67	0.35	1.07	0.30	44.78
全部区域	Pb	0~20	64.16	50.40	81.90	6.14	9.57
		20~40	62.53	33.80	80.40	8.69	13.90
	Cd	0~20	0.73	0.21	1.36	0.29	39.73
		20~40	0.51	0.14	1.07	0.24	47.06

从表中可以看出,乔口镇周边农田和菜地的重金属Pb的平均含量均未超过GB15618—1995《土壤环境质量标准》^[10]二级标准限值。但土壤重金属Cd的平均含量均高于标准值,地块一到地块四中0~20 cm土样中Cd的平均含量依次为0.55, 0.75, 0.76和0.93 mg/kg,与国家土壤重金属自然背景值相比,其平均

含量是背景值的2.75, 3.75, 3.80和4.65倍;20~40 cm土样中Cd的平均含量依次为0.40, 0.52, 0.49和0.67 mg/kg,其平均含量是背景值的2.00, 2.60, 2.45和3.35倍。所有56个土壤样品中,地块四中Cd污染最为严重,在0~20 cm和20~40 cm采样层取样检测的结果均为重度污染。以上分析表明,乔口镇周边农田土壤不存在

Pb 污染, 但土壤中重金属 Cd 已经存在不同程度的累积, 土壤中重金属 Cd 含量的与土层深度呈反比。另外, 表 4 中的检测结果显示, Pb、Cd 各自的变异系数随着地块和取样层的不同产生了较大变化, 表明土壤中重金属 Pb、Cd 在区域内的分布并不均匀。

乔口镇农田土壤之所以受 Cd 的污染, 主要是周边村镇的养殖活动和村镇企业生产活动造成的, 与养殖区域相比较, 村镇企业的生产排污导致土壤中 Cd 的累积更为严重。因此, 控制乔口镇周边农田土壤中 Cd 的污染, 应该控制这些生产活动中的排污行为, 其中又要以控制乡镇企业生产排污为重。

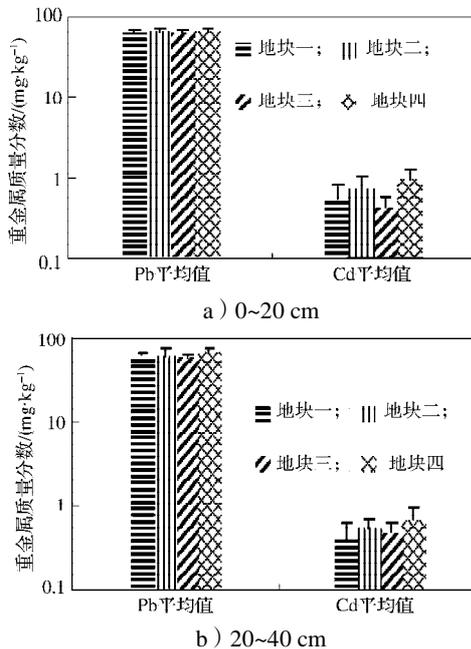


图 2 乔口镇土壤不同采样层金属 Pb、Cd 含量

Fig. 2 Pb and Cd contents in different sampling layer of Qiaokou Town soil

2.2 土壤重金属潜在生态风险分析

乔口镇周边土壤单个重金属潜在生态危害系数 E_i 和多种重金属的潜在生态风险危害指数 RI 如表 5 所示。

表 5 土壤重金属潜在生态风险

Table 5 Potential ecological risk of heavy metal in soil of Qiaokou Town

采样地域	采样深度/cm	单因子潜在生态危害指数 E_i		综合潜在生态危害指数 RI
		Pb	Cd	
地块一	0~20	1.26	55.40	56.66
	20~40	1.24	40.10	41.34
地块二	0~20	1.32	75.00	76.32
	20~40	1.23	52.30	53.53
地块三	0~20	1.23	75.80	77.03
	20~40	1.19	48.50	49.69
地块四	0~20	1.32	92.70	94.02
	20~40	1.37	66.70	68.07

由表 5 可知, 土壤中重金属 Pb 的单因子潜在生态危害系数远小于 40, 说明乔口镇周边土壤中 Pb 的潜在生态危害很小。而土壤重金属 Cd 的单因子潜在生态危害系数处于 40~160 之间, 其中, 大部分采样地块中重金属 Cd 单因子潜在生态危害系数在 40~80 之间, 属于中等生态危险, 唯有地块四在 0~20 cm 土样中重金属 Cd 单因子潜在生态危害系数为 92.70, 属于强生态危险范围。2 种重金属潜在生态危害趋势为 $E_{Cd} > E_{Pb}$ 。从综合潜在生态风险危害指数 RI 看, 各个地块的综合潜在生态危害指数均小于 150, 其中地块一、地块二和地块三 RI 值较低, 生态危害程度很低, 地块四的 RI 值稍高, 但也远小于 150。

农田土壤中重金属 Pb、Cd 的污染对农产品的质量和居民人身安全至关重要。从综合潜在生态危害指数来看, 乔口镇周边农田土壤污染处于可以接受范围之内, 但单从 Cd 的单因子潜在生态危害系数来看, 土壤中 Cd 存在生态危害隐患。Cd 污染是否对周边环境、植物和人体造成危害, 还需要进一步的调查来确定。

另外, 根据对采样地域土壤重金属潜在生态风险分析来看, 村镇企业周边土壤的污染明显要比其他区域土壤的污染严重, 这与单因子评价的结果较吻合。

3 结论

1) 乔口镇周边农田和菜地的重金属 Pb 的平均含量均未超过 GB15618—1995《土壤环境质量标准》^[10] 的二级标准限值, 但土壤重金属 Cd 的平均含量均高于标准值, 从地块一到地块四, 0~20 cm 土样中 Cd 的平均含量依次为 0.55, 0.75, 0.76 和 0.93 mg/kg, 与国家土壤重金属自然背景值相比, 其平均含量是背景值的 2.75, 3.75, 3.80 和 4.65 倍; 20~40 cm 土样中 Cd 的平均含量依次为 0.40, 0.52, 0.49 和 0.67 mg/kg, 其平均含量是背景值的 2.00, 2.60, 2.45 和 3.35 倍。由此可见, 乔口镇周边的农田区域, 不存在重金属 Pb 污染, 但已经明显表现出重金属 Cd 积累的状况。从综合潜在生态风险来说, 乔口镇土壤中重金属 Cd 危害还在可接受范围之内。

2) 养殖生产活动和村镇企业生产活动所产生的排放是乔口镇周边农田土壤中 Cd 污染的主要原因, Cd 的累积在村镇企业周边尤为明显, 表明村镇企业的生产排放是污染形成的首要原因。随着长株潭城市群的进一步发展, 大量企业向村镇转移, 城市周边村镇土壤可能出现重金属 Cd 累积加剧的趋势, 希

望有关部门密切关注村镇土壤质量状况。

3) 潜在生态危害指数法对生态危害程度的评价, 其结果对背景值和毒性参数的取值有较大的依赖性, 需要进一步对研究场地进行长期的研究取样, 以便更好地研究其变化趋势。

参考文献:

- [1] 刘琼峰, 李明德, 吴海勇, 等. 城郊农田土壤Pb、Cd的空间变异与评价研究: 以长沙市为例[J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21(2): 195-203.
LIU Qiongfeng, LI Mingde, WU Haiyong, et al. Spatial Variability Characteristics and Assessment of Soil Pb and Cd in Suburb Cropland, Changsha City, Hunan, China [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2012, 21(2): 195-203.
- [2] 李晓勇. 农田土壤重金属污染评价方法研究: 以株洲市白马乡为例[J]. 土壤通报, 2009, 40(2): 390-393.
LI Xiaoyong. Methods for Assessment of Heavy Metal Pollution in Cropland Soil[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2009, 40(2): 390-393.
- [3] 李志博, 骆永明, 宋静, 等. 土壤环境质量指导值与标准研究: II. 污染土壤的健康风险评估[J]. 土壤学报, 2006, 43(1): 142-151.
LI Zhibo, LUO Yongming, SONG Jing, et al. Study on Soil Environmental Quality Guidelines and Standards: II. Health Risk Assessment of Polluted Soils[J]. Acta Pedologica Sinica, 2006, 43(1): 142-151.
- [4] 邵学新, 吴明, 蒋科毅. 西溪湿地土壤重金属分布特征及其生态风险评价[J]. 湿地科学, 2005, 5(3): 253-259.
SHAO Xuexin, WU Ming, JIANG Keyi. Distribution and Ecological Risk Assessment of Heavy Metal Elements in Soils of Xixi Wetland[J]. Wetland Science, 2005, 5(3): 253-259.
- [5] BADAL K M, KAZUO T S. Arsenic Round the World: A Review[J]. Talanta, 2002, 58(1): 201-235.
- [6] KIMPLE C R D, MOREL J L. Urban Soil Management: a Growing Concern[J]. Soil Science, 2000, 165(1): 31-40.
- [7] 国家环境保护总局. HJ/T166—2004 土壤环境监测技术规范[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2005: 2-10.
National Office for Environment Protection. HJ/T166—2004 The Technical Specification for Soil Environmental Monitoring[S]. Beijing: China Environmental Science Press, 2005: 2-10.
- [8] 杨胜香, 易浪波, 刘佳, 等. 湘西花垣矿区蔬菜重金属污染现状及健康风险评价[J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(1): 17-23.
YANG Shengxiang, YI Langbo, LIU Jia, et al. Heavy Metals Concentrations and Health Risk in Vegetables Grown on Mn and Pb/Zn Mineland in Huayuan County, West Hunan Province, China[J]. Journal of Agro-Environment Science, 2012, 31(1): 17-23.
- [9] 邹硕. 长沙市城郊稻田土壤肥力水平调查与评价[J]. 时代报告(学术版), 2011(8): 144-145.
ZOU Shuo. Investigation and Evaluation of Soil Fertility Level in the Suburb of Changsha City[J]. Time Report (the Academic Version), 2011(8): 144-145.
- [10] 国家环境保护总局. GB15618—1995 土壤环境质量标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 1997: 2.
National Office for Environment Protection. GB15618—1995 Environmental Quality Standards for Soils[S]. Beijing: Standards Press of China, 1997: 2.
- [11] 孟庆峰, 杨劲松, 姚荣江, 等. 滩涂围垦区土壤重金属调查及生态风险评价: 以盐城市弶港镇为例[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(11): 2249-2257.
MENG Qingfeng, YANG Jinsong, YAO Rongjiang, et al. Investigation and Ecological Risk Assessment of Heavy Metals Pollution in Reclaimed Tidal Flat Soil: A Case Study of Jianggang County, China[J]. Journal of Agro-Environment Science, 2011, 30(11): 2249-2257.
- [12] 徐争启, 倪师军, 庾先国, 等. 潜在生态危害指数法评价中重金属毒性系数计算[J]. 环境科学与技术, 2008, 31(2): 112-115.
XU Zhengqi, NI Shijun, TUO Xianguo, et al. Calculation of Heavy Metals, Toxicity Coefficient in the Evaluation of Potential Ecological Risk Index[J]. Environmental Science & Technology, 2008, 31(2): 112-115.
- [13] 周小轮, 王春荣, 张士超, 等. 通辽市污灌区土壤重金属潜在生态风险评价[J]. 北京农业, 2013(6): 168-170.
ZHOU Xiaolun, WANG Chunrong, ZHANG Shichao, et al. Potential Ecological Risk Assessment of Soil Heavy Metals in Sewage Irrigated Area of Tongliao City[J]. Journal of Agricultural Resources and Environment, 2013, (6): 168-170.

(责任编辑: 申剑)