

网络出版时间:2012-03-21 16:56

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20120321.1656.004.html>

# 河南省义马市及其周边地区土壤重金属 含量调查与分析

赵云霞, 杨自军

(河南科技大学 动物科技学院, 河南 洛阳 471003)

【摘要】 【目的】研究河南省义马市及其周边地区土壤中 Cd、Cu、Pb 和 Zn 4 种重金属的污染状况。【方法】以河南省义马市及其周边的新安、渑池 2 个县为研究对象, 对其土壤中 Cd、Cu、Pb 和 Zn 4 种重金属的含量进行测定, 用单因子污染指数法和内梅罗综合因子污染指数法对重金属污染状况进行评价, 并对 4 种重金属平均含量的相关性进行分析。【结果】义马市及其周边地区土壤重金属含量存在明显差异, 且 4 种重金属含量均超出了国家土壤重金属含量背景值。Cd 和 Cu 单因子污染指数大于 1 的样点数所占的比例均达 100%, Zn 为 52%, Pb 为 21.67%。4 种重金属污染程度大小依次为 Cd>Cu>Pb>Zn; 3 个县(市)中, 新安县的综合污染程度较高, 义马次之, 渑池最小。研究区域内土壤 Cd、Cu、Pb 和 Zn 4 种重金属平均含量相关性较低, 说明它们形成复合污染的几率较小。【结论】义马及其周边地区土壤中重金属的内梅罗综合污染指数为 10.60, 属于中度污染, 需要及早处理及控制。

【关键词】 土壤; 重金属; 单因子污染指数; 综合污染指数; 河南义马

【中图分类号】 S159.2

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2012)04-0171-04

## A survey and analysis of soil heavy metals in Yima and its surrounding areas, He'nan province

ZHAO Yun-xia, YANG Zi-jun

(Animal Science and Technology Academy, He'nan University of Science and Technology, Luoyang, He'nan 471003, China)

**Abstract:** 【Objective】The research was to study the contamination of heavy metal in the soil of some areas of the west He'nan-Yima and the surrounding areas two counties Xin'an and Yima were taken as sample sites to determine heavy metals in the soil. 【Method】The single factor pollution index and Nemerow integrated index were used for the assessment of pollution degree. 【Result】The contamination of heavy metals in the soil of different towns in our study areas was significantly different, and the amount of Cd, Cu and Zn were above the background value of soil in China. The rates of sampling site where single-factor pollution index of Cu and Cd is bigger than 1 were 100%, and those of Zn and lead were 52% and 21.67% respectively. Four kinds of heavy metals pollution were Cd>Cu>Pb>Zn, the Xin'an County is the worst, Yima the second, Mianchi the least among three counties. The low comelation of four kinds of heavy metals Cd, Cu, Pb and Zn in the area shows that they were less likely to composite pollution. 【Conclusion】The comprehensive pollution index of heavy metals in the soil throughout the studied area is 10.60, showing that the soil is moderately polluted.

\* 【收稿日期】 2011-05-22

【基金项目】 国家自然科学基金项目(31040081)

【作者简介】 赵云霞(1986—), 女, 河南开封人, 在读硕士, 主要从事环境与重金属研究。E-mail: lansedaiwei06@163.com

【通信作者】 杨自军(1963—), 男, 河南柘城县人, 教授, 博士, 主要从事动物营养代谢病与中毒病研究。

E-mail: yangzijun@mail.haust.edu.cn

**Key words:** soil; heavy metal; single factor pollution; integrated pollution index; Yima, He'nan

农田作为食物和其他畜产品最主要的生产载体,其污染水平的大小直接关系到人类健康、农业生产效率以及生态安全等问题,因此,农田污染成为当前环境问题研究的焦点<sup>[1-2]</sup>。矿业活动往往不仅造成严重的生态破坏和环境问题,同时也是农田土壤重金属污染物的重要来源之一<sup>[3]</sup>。近年来,由矿业活动导致的土壤重金属污染和随之而来的环境及人体健康问题,已引起了国内外研究者的广泛关注<sup>[4]</sup>。不同地区农田土壤中均有某种元素超标。

位于河南豫西地区的义马市以煤炭、化工和电力机械制造为主,其周边的渑池县和新安县以铝的粗采和深加工以及煤炭等产业为主。以上 3 个县(市)长年均有矿业活动,这不可避免地会对周围环境,尤其是农田造成一定的影响。本试验选取以上 3 个县(市)作为代表性的研究区域,分析了该地区土壤中 Cd、Cu、Pb 和 Zn 4 种重金属的含量,旨在为该区域生态环境的改善提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 样品采集

以新安、义马、渑池 3 个县(市)为研究对象,每个县(市)选择 5 个乡镇,以其为中心,在东西南北 4 个方向距离乡镇 2.5 km 处采集土样,每个采样点按梅花形布点,先除去表面 0~2 cm 土层的土壤,再取 0~20 cm 土层的土壤 2 kg,取样后混匀,四分法取 0.5 kg,每个测点取 3 份土样,共 180 份,备用。

1.2 样品处理及测定方法

将土壤样品于 60~80 ℃下烘干至质量恒定,过孔径为 0.074 mm 的筛,用高氯酸-氢氟酸法消解土壤,用火焰原子吸收仪(Varian Medical Systems, IncVARIAN,型号 AA240)测定土壤中 Cd、Cu、Pb、

Zn 的含量,每个样品重复 3 次。在质量控制方面,用标准样品来控制准确度<sup>[5]</sup>,用平行样品来控制精密度<sup>[6]</sup>,用校准曲线的相关系数来保证可信度<sup>[7]</sup>。

1.3 污染状况评价

采用单因子污染指数评价法<sup>[8]</sup>和内梅罗综合因子污染评价法<sup>[9]</sup>进行污染程度评价。

1.3.1 单因子污染指数评价法 单因子污染指数计算公式为:

$$P_i=C_i/S_i。$$

式中: $P_i$  为土壤环境污染物  $i$  的单项污染指数; $C_i$  为土壤环境污染物  $i$  含量的实测数据; $S_i$  为污染物  $i$  含量的评价标准值,即国家土壤环境背景值<sup>[10]</sup>。当  $P_i\leq 1$  时,表示土壤未受污染; $P_i>1$  时,表示土壤受到污染,且  $P_i$  值越大污染越严重。

1.3.2 内梅罗综合因子污染评价法 为全面反映各重金属对土壤的作用,兼顾平均又突出高浓度重金属对环境质量的影响,采用内梅罗综合因子污染指数法对土壤污染情况进行评价,其计算公式为:

$$P=\sqrt{(P_{i\max}^2+P_{i\text{ave}}^2)/2}。$$

式中: $P$  为土壤重金属内梅罗综合污染指数, $P_{i\max}$  为  $P_i$  最大值, $P_{i\text{ave}}$  为各  $P_i$  的算术平均值。

1.4 数据处理

试验数据以“平均值±标准差”表示;运用 SPSS 17.0 软件对数据进行统计学分析;用 Excel 软件计算各元素之间的相关系数。

2 结果与分析

2.1 研究区土壤中 4 种重金属含量的变化

河南省义马市及其周边地区土壤中 4 种重金属含量的变化结果见表 1。

表 1 河南省义马市及其周边地区土壤中的重金属含量

Table 1 Heavy metal contents in soil of Yima and its surrounding areas, He'nan province

| 重金属<br>Heavy<br>metal | 义马市 Yima city                 |                                  | 新安县 Xin'an county             |                                  | 渑池县 Mianchi county            |                                  |
|-----------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
|                       | 含量/<br>(mg·kg <sup>-1</sup> ) | 变异系数<br>Coefficient<br>variation | 含量/<br>(mg·kg <sup>-1</sup> ) | 变异系数<br>Coefficient<br>variation | 含量/<br>(mg·kg <sup>-1</sup> ) | 变异系数<br>Coefficient<br>variation |
|                       | Content                       |                                  | Content                       |                                  | Content                       |                                  |
| Cd                    | 0.51±0.44                     | 0.86                             | 0.65±0.46                     | 0.71                             | 0.18±0.11                     | 0.61                             |
| Cu                    | 60.81±10.51                   | 0.17                             | 60.65±3.46                    | 0.06                             | 49.13±41.56                   | 0.85                             |
| Pb                    | 28.97±23.04                   | 0.80                             | 45.54±36.39                   | 0.80                             | 20.11±20.15                   | 1.00                             |
| Zn                    | 92.50±14.91                   | 0.16                             | 81.66±12.53                   | 0.15                             | 78.16±14.12                   | 0.18                             |

表 1 表明,义马市及其周边地区土壤中的重金属含量存在一定差异,其中,义马市、新安县土壤中 Cd、Cu、Pb 和 Zn 的平均含量分别为 0.51,60.81,

28.97,92.50 和 0.65,60.65,45.54,81.66 mg/kg,且 4 种重金属的变异系数都小于 1;渑池县土壤中 Cd、Cu、Pb 和 Zn 的平均含量分别为 0.18,49.13,

20.11 和 78.16 mg/kg,除 Pb 外,其他 3 种重金属的变异系数都小于 1。3 个县(市)中,渑池县土壤中 Cd、Cu、Pb 和 Zn 的含量均低于新安县和义马市;新安县土壤中的 Pb 和 Cd 含量均高于渑池县和义马市;义马市土壤中 Zn 含量明显高于新安县,但二者土壤中 Cu 含量差异不大。

本研究中,义马、新安、渑池 3 个县(市)土壤中 Cd、Cu、Pb 和 Zn 的平均含量分别为 0.45,56.86,31.54 和 84.11 mg/kg,均超出国家土壤背景值(Cd、Cu、Pb、Zn 含量分别为 0.097,22.6,26.0,72.4 mg/kg)<sup>[10]</sup>,分别约是背景值的 4.64,2.52,1.21 和 1.16 倍。表明研究区农田土壤中 Cd、Cu、Pb、Zn 4 种重金属均存在一定程度的积累,其中 Cd 是研究区超标最严重的重金属污染物,分析其原因首先与农田附近工厂污水排放有很大关系,此外也与农业生产中使用的农药和磷肥等都含有一定量的 Cd 有关联。

变异系数反映了污染物含量在各采样点的平均变异程度<sup>[11-12]</sup>。变异系数越大,说明污染物在土壤中的分布越不均匀,受人类活动影响越大<sup>[13-14]</sup>。本研究中,义马、新安、渑池 3 个县(市)土壤中 Cd、Cu、Pb 和 Zn 的变异系数分别为 0.44,0.10,0.33 和 0.07,可见 Cd 和 Pb 的变异系数明显高于其他 2 种重金属。有研究表明,Pb 的迁移性较弱<sup>[15]</sup>,农田土壤的 Pb 以残留态为主,交换态的比例很小<sup>[16]</sup>,Pb 的污染排放源均接近点源,不存在线状或者带状的污染迁移<sup>[17]</sup>。本试验中,Cu 和 Zn 的变异系数较小

且接近,说明研究区人为活动对这 2 种重金属污染的贡献率相似,也说明该区内这 2 种重金属可能具有同源性。

2.2 研究区土壤中 4 种重金属污染程度的评价

经计算,义马、新安、渑池 3 个县(市)土壤中 Cd、Cu、Pb 和 Zn 平均含量的单因子污染指数分别为 4.64,2.52,1.21 和 1.16,表明研究区 4 种重金属元素的污染程度大小依次为 Cd>Cu>Pb>Zn。Cd 和 Cu 单因子污染指数大于 1 的样点所占的比例均为 100%,Zn 为 52%,Pb 为 21.67%。

经计算,新安、义马、渑池 3 个县(市)重金属元素的内梅罗综合污染指数分别为 7.37,5.89 和 2.63;研究区域内梅罗综合污染指数为 10.60,属于中度污染。可见供试 3 个县(市)综合污染程度从高到低依次为新安县>义马市>渑池县,说明新安县的重金属含量超标最严重,环境综合质量较义马市和渑池县差。分析其原因,可能是由于新安县是洛阳市主要的矿产区,长年的矿业活动对周围的环境造成了一定的影响。

2.3 研究区土壤中 4 种重金属平均含量的相关性分析

表 2 表明,义马市及周边地区 Cd、Cu、Pb 和 Zn 4 种重金属平均含量的相关性均较低,说明这几种元素复合污染的几率很小,这可能是由于新安、义马、渑池矿业生产的侧重点不同所致,渑池县境内有丰富的沉积矿产,煤炭是优势矿产之一;义马以煤炭为主;新安县以铁矿为主。

表 2 河南省义马市及其周边地区土壤中 4 种重金属平均含量的相关系数

| Table 2 Correlation coefficients in four kinds of soil heavy metal of Yima and its surrounding areas, He'nan province |      |      |      |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|----|
| 重金属<br>Heavy metal                                                                                                    | Cd   | Cu   | Pb   | Zn |
| Cd                                                                                                                    | 1    |      |      |    |
| Cu                                                                                                                    | 0.15 | 1    |      |    |
| Pb                                                                                                                    | 0.12 | 0.13 | 1    |    |
| Zn                                                                                                                    | 0.17 | 0.17 | 0.13 | 1  |

3 小 结

新安、义马、渑池 3 个县(市)农田土壤中 Cd、Cu、Pb 和 Zn 的平均含量分别为 0.45,56.86,31.54 和 84.11 mg/kg,均超出了国家土壤重金属含量背景值。4 种重金属元素污染程度大小依次为 Cd>Cu>Pb>Zn;3 个县(市)的综合污染程度由高到低依次为新安>义马>渑池。研究区土壤 Cd、Cu、Pb 和 Zn 平均含量相关性不强。研究区域的重金属含量较高,已达中度污染,应引起相关部门的重视,并

采取积极有效的措施进行污染防治处理。

[参考文献]

[1] Gallego J L R, Ordonez A J. Investigation of trace element sources from an industrialized area (Avilea, northern Spain) using multivariate statistical methods [J]. Environment International, 2002, 27: 589-596.

[2] Mico C, Recatala L, Peris M, et al. Assessing heavy metal sources in agricultural soils of an european mediterranean area by multivariate analysis [J]. Chemosphere, 2006, 65: 863-872.

[3] Da Silva E F, Zhang C S, Pinto L S, et al. Hazard assessment assessment and lead in soils of Castromil goldmining area,

Portugal [J]. Applied Geochemistry,2004,19(6):887-898.

[4] 谢 华,廖晓勇,陈同斌,等. 污染农田中植物的砷含量及其健康风险评估:以湖南郴州邓家塘为例 [J]. 地理研究,2005,24(1):151-159.

Xie H,Liao X Y,Chen T B,et al. Arsenic in plants of farmland and its healthy risk:A case study in an as-contaminatied site in Dengjiatang,Chenzhou city,Hu'nan province [J]. Geographical Research,2005,24(1):151-159. (in Chinese)

[5] Dalman O, Demirak A, Balci A. Determination of heavy metals (Cd, Pb) and trace elements (Cu,Zn) in sediments and fish of the southeastern Aegean sea (Turkey) by atomic absorption spectrometry [J]. Food Chemistry,2006,95:157-162.

[6] El Nemr A,Khaled A,El Sikaily A. Distribution and statistical analysis of leachable and total heavy metals in the sediments of the Suez Gulf [J]. Environ Mon Ass,2006,118:89-112.

[7] Jonathan M P,Ram Mohan V. Heavy metals in sediments of the inner shelf off the gulf of Mannar,southeast coast of India [J]. Mar Pollut Bull,2003,46:263-268.

[8] 王学军,邓宝山,张泽浦. 北京东郊污灌区表层土壤微量元素的小尺度空间结构特征 [J]. 环境科学学报,1997,17(4):412-416.

Wang X J,Deng B S,Zhang Z P. Spatial structures of trace element contents in sewage irrigatied soil at the environmental science eastern suburbs of Beijing [J]. Acta Scientiae Circumstantiae,1997,17(4):412-416. (in Chinese)

[9] 李 想,张 勇. 我国农产品和农用土壤的重金属污染现状与一般规律 [J]. 四川化工,2008,11(1):44-47.

Li X,Zhang Y. The status and general rule of heavy metal pollution of agricultural products and farm soil in China [J]. Sichuan Chemical Industry,2008,11(1):44-47. (in Chinese)

[10] 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,1990:474-485.

China Environmental Monitoring station. Chinese soil element background values [M]. Beijing:China Environmental Science Press,1990:474-485. (in Chinese)

[11] 曹会聪,王金达,张学林,等. 吉林省农田黑土中 Cd、Pb、As 含量的空间分布特征 [J]. 环境科学,2006,27(10):2117-2122.

Cao H C,Wang J D,Zhang X L,et al. Spatial distribution of Cd,Pb,as contents in the farmland black soil in Jilin province [J]. Environmental Science,2006,27(10):2117-2122. (in Chinese)

[12] 夏学齐,陈 骏,廖启林,等. 南京地区表土镉汞铅含量的空间统计分析 [J]. 地球化学,2006,35(1):95-102.

Xia X Q,Chen J,Liao Q L,et al. Spatial statistics for cadmium and lead contents in topsoil of Nanjing [J]. Geochimica,2006,35(1):95-102. (in Chinese)

[13] 施加春,刘杏梅,于春兰,等. 浙江环太湖平原耕地土壤重金属的空间变异特征及其风险评价研究 [J]. 土壤学报,2007,44(5):825-826.

Shi J C,Liu X M,Yu C L,et al. Land Taihu lake plain spatial variability and risk evaluation of soil heavy metals in Taihu lake region of north Zhejiang province [J]. Acta Pedologica Sinica,2007,44(5):825-826. (in Chinese)

[14] 王 波,王元仲,李冬梅,等. 迁安市农田土壤含量空间变异性 [J]. 应用生态学报,2006,17(8):1495-1500.

Wang B,Wang Y Z,Li D M,et al. Spatial variability of farmland heavy metals contents in Qianan city [J]. Chinese Journal of Applied Ecology,2006,17(8):1495-1500. (in Chinese)

[15] 李晓秀,陆安祥,王纪华,等. 北京地区基本农田土壤环境质量分析与评价 [J]. 农业工程学报,2006,22(2):60-63.

Li X X,Lu A X,Wang J H,et al. Analysis and assessment of soil environmental quality of some farmlands in Beijing [J]. Transactions of the CSAE,2006,22(2):60-63. (in Chinese)

[16] 徐理超,李艳霞,苏秋红,等. 阜新市农田土壤重金属含量及分布特征 [J]. 应用生态学报,2007,18(7):1510-1517.

Xu L C,Li Y X,Su Q H,et al. Contents and spatial distribution patterns of heavy metals in farmland soils of Fuxin city [J]. Chinese Journal of Applied Ecology,2007,18(7):1510-1517. (in Chinese)

[17] 刘 庆,王 静,史衍玺,等. 浙江省慈溪市农田土壤重金属污染初步研究 [J]. 农业环境科学学报,2007,26(2):639-644.

Liu Q,Wang J,Shi Y X,et al. Heavy metal pollution in cropland soil in Cixi city of Zhejiang province [J]. Journal of Agro-Environment Science,2007,26(2):639-644. (in Chinese)