

# 蒲城土壤重金属污染评价与分布特征

胡 明

(渭南师范学院 化学与生命科学学院, 陕西 渭南 714000)

**摘要:** 为了研究关中灌区农田土壤重金属的累积与分布特征, 评价土壤污染现状, 以蒲城农田土壤为研究对象, 按照地理信息要求布点采样, 分析了表层土壤中 4 种重金属的含量, 运用单因子污染指数及综合污染指数进行评价。结果表明: Sr、Cu 的污染情况较严重, Pb 处于轻度污染, Zr 的污染程度较低。从综合污染指数来看, 研究区内农业土壤重金属处于中度至重度污染水平。从空间分布来看, 研究区东北部部分地区污染最严重, 其他地区自北向南土壤重金属污染逐渐降低。当地应采取适当措施, 加强对该地区污染的防治工作, 避免对人体健康造成危害。

**关键词:** 蒲城; 土壤重金属; 空间分布特征; 污染评价

**中图分类号:** X53      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1004-3268(2013)07-0057-04

## Distribution Characteristics and Pollution Assessment of Soil Heavy Metals in Pucheng County

HU Ming

(College of Chemistry and Life Science, Weinan Teachers University, Weinan 714000, China)

**Abstract:** In order to study the soil distribution characteristics of heavy metal in Pucheng, surface farmland soils were collected to analyse the contents of Cu, Pb, Zr and Sr and to evaluate heavy metals pollution levels with the single factor pollution index and comprehensive pollution index. The results showed that Sr, Cu pollution was serious, Pb pollution was light, Zr was at lower level of contamination. From the view of comprehensive pollution index, agricultural soil heavy metal pollution was in moderate to serious level in the researched area. From the spatial distribution, the soil heavy metal pollution from north to south was reduced. Thus, appropriate measures should be taken to strengthen the prevention and control of pollution in the region to avoid the harm to human health.

**Key words:** Pucheng; soil heavy metal; spatial distribution characteristics; pollution assessment

农田土壤重金属污染状况、污染机制及其修复是当今土壤科学和环境科学所面临的主要研究课题, 直接关系到人们的身体健康与社会的稳定发展, 备受各级政府的关注。农田土壤污染因素很多, 在自然条件下土壤中重金属含量高低受到成土母质以及生物残落物的影响。此外, 在现代社会背景下, 土壤处在自然环境的中心位置, 承纳着来自工业、农业以及生活污水、固体废弃物、农药化肥、大气降尘及其酸雨等多方面约 90% 的污染物<sup>[1]</sup>。农田土壤中重金属含量的高低直接影响到农产品质量安全。有

关专家估计, 全国大约有 20% 的粮食、34% 的农畜产品和 56% 的蔬菜存在质量问题, 危及着人们的身体健康<sup>[2]</sup>。近年来, 我国科研工作者对关中灌区土壤重金属污染情况进行了一些研究, 其中汪新生等<sup>[3]</sup>的研究结果表明, 2007 年陕西省工业重金属排放中六价铬、铅、镉主要排放到渭河流域, 而所研究区域的农业灌溉方式是以河流的大水漫灌为主。郑国璋<sup>[4]</sup>曾以土壤背景值为指标, 对关中区宝鸡峡灌区、交口灌区、洛惠东灌区农业土壤中 Cd、As、Cr、Pb 等重金属元素的污染程度进行研究, 得出关

收稿日期: 2012-10-23

基金项目: 国家自然科学基金项目(41171061); 渭南市科技计划项目(2011KYJ-7)

作者简介: 胡 明(1978-), 男, 河北沧州人, 讲师, 主要从事土地资源方面研究与教学工作。E-mail: hm5109@163.com

中灌区土壤重金属综合累积程度由高至低依次为交口灌区、宝鸡峡灌区、洛惠东灌区,灌区农田土壤重金属 Pb 的累积程度普遍较高,分析认为主要是由于长期污水灌溉所致。易秀等<sup>[5]</sup>对泾惠灌区土壤中 Hg、Cd、Cr、Pb、As、Cu、Zn 7 种重金属含量做了研究,发现部分点属于轻度污染或中度污染。本研究以关中蒲城中部及南部农田土壤为研究对象,对当地农业土壤在受到渭河水灌溉以及金矿开采等因素影响下土壤污染现状进行评价,并绘制出农田土壤中重金属的累积与空间分布状况图,旨在为当地农产品的质量安全及其土壤管理提供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 研究区概况

于 2011 年在蒲城县选取 37 个采样点,主要分布在蒲城的中部及南部地区,区域地理坐标  $34^{\circ}00' \sim 35^{\circ}09'N$ 、 $109^{\circ}21' \sim 109^{\circ}52'E$ ,平均海拔高度为 400~500 m。属暖温带大陆性半干旱季风气候,年均日照时间 2 324 h,年平均气温 13.2℃,年平均降水量 550 mm,四季多风。

### 1.2 样品采集与测定

1.2.1 样品采集与处理 每个样点内采集耕层 0~20 cm 的土壤样 15 个,充分混合,用四分法取 500 g 样品放入聚乙烯塑料袋。

将采集的土壤样品在室内风干,当土样处于潮湿状态时,尽可能将其捏碎,剔除枯枝落叶、根茎、石子、动物残体等杂质,待完全风干后,用木棒碾碎过 2 mm 筛孔,将每个样品取出 100 g 左右,测定土样的有机质和重金属含量。

1.2.2 样品测定 Pb、Cu 含量的测定方法:称取 1~2 g 样品于光滑瓷坩埚中灼烧 1~2 h 后,用氢氟酸、高氯酸分解,制备成 5% 的盐酸溶液,利用原子吸收分光光度计测定,用原子吸收背景校正。

Sr、Zr 含量的测定方法:称取 4~5 g 样品,直接用固体粉样进行测定。Zr 含量测定采用仪器中子活化分析法;Sr 含量测定采用等离子发射光谱法<sup>[6]</sup>。

### 1.3 评价方法

采用单因子法和综合污染指数法相结合的方法,评价研究区土壤重金属的污染程度。单因子污染指数评价,即以介质中某污染物含量与该污染物的评价标准之比作为污染指数。通常用来评价单污染元素对土壤质量污染程度,单项污染指数愈小,说明环境介质中受这种元素的污染程度愈轻<sup>[7]</sup>,计算公式如下:

$$P_i = C_i / S_i \quad (1)$$

式(1)中, $P_i$ 为*i*污染物的污染指数; $C_i$ 为*i*污染物的实测值; $S_i$ 为*i*污染物的评价标准。 $P_i \leq 1$ ,表示未受污染; $P_i > 1$ 表示已受污染,其值越大受污染程度越严重。根据式(1)计算出的污染指数可以对元素污染程度进行分级,单项污染指数的评价方法即计算出背景值的倍数,本研究以当地土壤中元素背景值<sup>[8]</sup>作为参比值,以此作为污染指数的基数进行单因子评价。

综合污染指数采用内梅罗污染指数,计算公式如下:

$$P_{\text{综}} = \sqrt{\frac{(P_{\text{ave}})^2 + (P_{\text{max}})^2}{2}} \quad (2)$$

式中: $P_{\text{ave}}$ 和 $P_{\text{max}}$ 分别是平均单项污染指数和最大单项污染指数。由于内梅罗污染指数较多地强调了最大污染指数对环境的影响,易造成计算结果的失真,为克服上述原因,采用姚志麒<sup>[9]</sup>对平均值赋予较大权重系数( $X/Y$ )的方法, $X$ 代表最大单项污染指数, $Y$ 代表平均单项污染指数,则公式(2)可写成公式(3):

$$P_{\text{综}} = \sqrt{\frac{1 \cdot X^2 + (X/Y)Y^2}{1 + X/Y}} = \sqrt{XY} = \sqrt{\left(\frac{1}{n} \sum P_i\right) \cdot P_{\text{max}}} \quad (3)$$

在式(3)中, $P_{\text{综}}$ 为内梅罗污染指数; $P_i$ 为单因子污染指数; $P_{\text{max}}$ 为最大单项污染指数; $n$ 为污染项目数。

利用 ARCGIS 9.3 地统计分析模块获取研究区域土壤重金属的空间分布情况。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤重金属统计结果

对所采样品进行一定的筛选,除去可能因为分析失误所造成的可疑数据,然后把选出的数据进行统计分析(表 1)。从表 1 可以看出,Pb、Cu、Sr 和 Zr 4 种元素的标准差分别是 7.06、7.65、29.50、17.86。标准差反映一个数据集的离散程度,其值越大表示数据离散度越高,其值越小离散度越小。因此,Pb、Cu 2 种元素离散程度较低,而 Sr、Zr 元素离散度相对较高。

表 1 蒲城农业土壤重金属含量基本统计对比

特征参数	Pb	Cu	Sr	Zr
最小值/(mg/kg)	15.00	34.00	165.00	146.00
最大值/(mg/kg)	49.00	72.00	283.00	235.00
均值/(mg/kg)	27.05	39.62	213.38	191.49
标准差	7.06	7.65	29.50	17.86
CV/%	0.26	0.19	0.14	0.09
背景值/(mg/kg)	21.40	19.79	52.00	248.00

从 Pb、Cu、Sr 和 Zr 含量的平均值来看,Pb 的平均含量为 27.05 mg/kg,背景值仅为 21.40 mg/kg,其实 际测量值与背景值比较接近,而 Cu、Sr 的平均含量 分别为 39.62 mg/kg、213.38 mg/kg,分别比各自 背景值高出 1.00 倍、3.10 倍,仅 Zr 元素的平均值 低于背景值。

由于背景值是不受或者很少受人为因素影响的 土壤固有元素含量,所以以上数据显示,蒲城农业土 壤重金属中 Cu、Sr 有一定量的累积情况,并且两者 的累积相对比较严重,有受污染的可能;Pb 的实测 值和背景值比较接近;而 Zr 整体含量低于背景值。

2.2 土壤污染评价结果

参照我国农田土壤环境质量检测技术规范 NY/T395-2000 中的土壤污染分级标准,当  $P_i \leq$

0.7 为安全,  $0.7 < P_i \leq 1.0$  为尚清洁,  $1.0 < P_i \leq 2.0$  为轻度污染,  $2.0 < P_i \leq 3.0$  为中度污染,  $P_i > 3.0$  为 重度污染。综合评价标准与以上标准相同。

通过表 2 中的土壤重金属单因子评价指标可以 看出,研究区内土壤重金属污染程度由高到低的顺 序为: Sr、Cu、Pb、Zr。Pb 在所有监测点中有 7 个点 处于尚清洁范围内,81.08%的采样点属于轻度污 染。Cu 有 75.68%的样点处于轻度污染,而中度污 染和重度污染的样点数分别为 7 个和 2 个,占到样 点数的 18.92%和 5.41%,说明 Cu 在该地已经有 了一定的污染,在以后的农业耕作中应该重视 Cu 对土壤的污染。Sr 的单因子污染指数表明所有的 样点都达到了重度污染。所有的样点均未被 Zr 污 染。

表 2 蒲城农业土壤重金属污染评价结果

重金属	$P_i$			样品污染样点/个				
	最大值	最小值	平均值	安全	尚清洁	轻污染	中污染	重污染
Pb	2.29	0.70	1.26	0	7	30	0	0
Cu	3.64	1.72	2.00	0	0	28	7	2
Sr	5.44	3.17	4.10	0	0	0	0	37
Zr	0.95	0.59	0.77	4	33	0	0	0
$P_{\text{综}}$	3.57	2.39	2.89	0	0	0	24	13

研究区综合污染指数为 2.39~3.57,平均值 为 2.89,划分等级后,所有的土壤样点都属于中度 污染或重度污染,分别占到了总样本数的 64.86% 和 35.14%。有研究表明,土壤中重金属污染的原 因主要有: 矿石开采、城市化建设、固体废弃物堆 积、施用化肥、污水灌溉等<sup>[10-11]</sup>,研究区煤矿开采 以及水泥生产对当地的农业土壤造成了一定的影 响,同时当地农田土壤又主要依赖渭河的污水漫 灌,且长期施用化学肥料,受到这些综合因素影 响,造成当地农业土壤重金属污染程度较高。总 体来看,蒲城县农业土壤重金属污染比较严重。

2.3 土壤重金属污染空间分布

从图 1 可以看出,蒲城县农业土壤 Pb 在中部 偏西地区含量最高,以其为中心向周围 Pb 含量逐 渐降低,但从整体情况看,Pb 的污染程度较低,主 要在轻度污染水平,在以后的农业操作中应注意 重金属 Pb 的污染。Cu 在研究区西部、东部地区的 污染程度最高,北部及中部地区次之,南部地区最 低(图 2)。结合蒲城农业土壤重金属污染评价结 果(表 2)来看,蒲城县大部分地区在轻度污染水平 上,中度污染及重度污染在所有监测点中仅占到 24.33%。

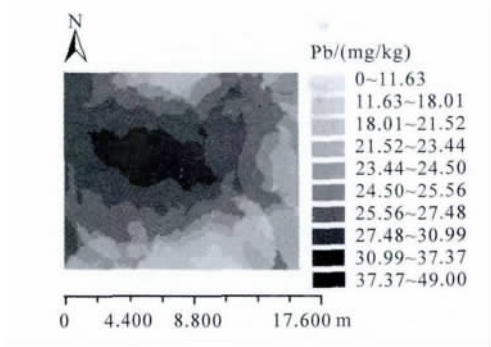


图 1 Pb 污染空间分布

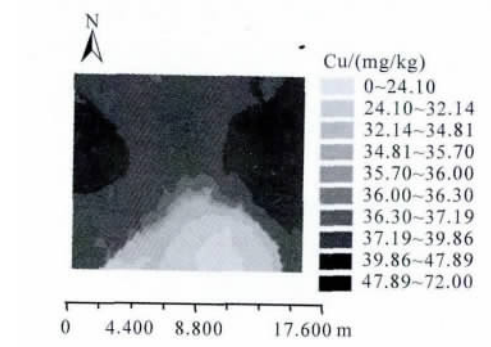


图 2 Cu 污染空间分布

从图 3 可以看出,西南部地区 Sr 污染程度最 高,在中部及中部偏北地区有部分农业土壤污染较 为严重,西北部、东南部 Sr 污染最轻。但从整体来

看,当地土壤 Sr 污染分布较均匀,所有采样点的污染程度差异不大。从所测得的重金属 Sr 含量来看,当地 Sr 污染非常严重,这将对当地农产品的品质造成比较大的影响,所以应该采取方式治理当地重金属 Sr 超标的情况。

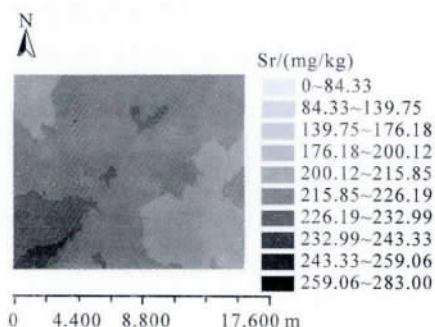


图 3 Sr 污染空间分布

从图 4 可以看出,在蒲城县东北部有少部分地区土壤中 Zr 含量较高,整体情况呈由北向南逐步降低趋势。Zr 对农业土壤的污染程度比较低,现在仍处于一个较安全的范围之内。

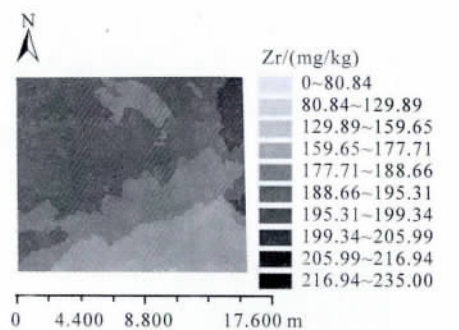


图 4 Zr 污染空间分布

从图 5 的综合污染指数空间分布来看,蒲城县农田土壤重金属污染现状为东北部地区污染最为严重,其他地区自北部向南部污染程度逐渐降低,但其污染程度较高,所有的采样点综合污染指数都达到了中度污染,甚至重度污染,污染情况比较严重,应该受到当地政府的关注,及早采取措施降低土壤重金属的污染。

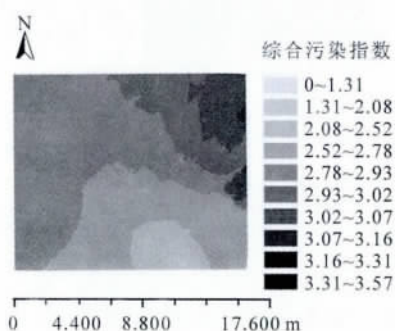


图 5 综合污染空间分布

### 3 结论

1) 研究区内农业土壤重金属中 Sr、Cu 污染情况较为严重,单因子污染指数平均值为 4.10、2.00,分别达到了重度污染和近中度污染水平。特别是 Sr 在所有的监测点均达到了重度污染,污染情况非常严重。Pb 在研究区内为轻度污染。Zr 基本处于较安全的范围。

2) 农业土壤中 Pb 含量较高地区为中部地区,Cu 为西部及东部地区,Sr 的空间分布较为均匀,Zr 除东北部部分地区稍微偏高外,整体呈现由北部向南部逐渐减少的态势。

3) 从综合污染指数来看,蒲城县农业土壤整体污染程度较高,所有采样点都达到了中度污染至重度污染。从空间分布情况来看,整体呈现由北向南污染逐渐降低的趋势,东北部部分地区污染最为严重。

参考文献:

- [1] 邢光熹. 朱建国土壤微量元素和稀土元素化学[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [2] 夏家淇. 土壤环境质量详解[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1996: 222-226.
- [3] 汪新生, 郭琦. 陕西省重金属污染特征分析[J]. 中国环境监测, 2011, 27(4): 22-27.
- [4] 郑国璋. 关中灌区农业土壤重金属污染调查与评价[J]. 土壤通报, 2010, 41(2): 473-477.
- [5] 易秀, 谷晓静, 侯燕卿, 等. 陕西省泾惠渠灌区土壤重金属污染潜在生态风险评价[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(6): 217-221.
- [6] 鲁如坤. 土壤农业化学分析法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [7] 陈玉娟, 温琰茂, 柴世伟. 珠江三角洲农业土壤重金属含量特征研究[J]. 环境科学研究, 2005, 18(3): 75-77.
- [8] 中国环境检测总站. 中国土壤元素背景值[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990.
- [9] 姚志麒. 关于采用环境质量指数的几个问题[J]. 环境科学, 1979(2): 37-45.
- [10] Chen H M, Zheng C R, Tu C, et al. Heavy metal pollution in soils in China: Status and countermeasures[J]. Ambio, 1999, 28: 130-134.
- [11] Nicholson F A, Smith S R, Alloway B J, et al. An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales[J]. The Science of the Total Environment, 2003, 311: 205-219.