

# 河南省优势农产品基地土壤重金属污染研究

杨蕾, 魏婷婷, 轩辕

(1. 郑州市环境保护监测中心站, 河南郑州 450007; 2. 河南农业大学环境系, 河南郑州 450002; 3. 河南省农村能源环境保护总站, 河南郑州 450002)

**摘要** [目的] 为优势农产品基地的土壤重金属监测提供依据。[方法] 通过对2003年河南省5个优势农产品基地的土壤重金属监测, 采用单因子污染指数和综合污染指数的方法, 评价了河南省优势农产品基地的土壤重金属污染现状。[结果] 结果表明: 河南省农产品基地土壤的Cu、Zn、Cd、Cr、Hg、As、Ni、Pb等8种重金属单因子污染指数及综合污染指数均在安全级内, 土壤处于清洁水平。[结论] 所监测重金属检出率均为100%, 除汞、砷轻微超标外, 其他几种重金属均未超标。

**关键词** 优势农产品基地; 土壤; 重金属; 污染指数; 评价

中图分类号 X53 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)19-08281-02

## Study on Heavy Metal Pollution of Soil in the Base of Dominant Agricultural Products in Henan Province

YANG Lei et al (The Bureau of Environmental Protection Monitor Center, Zhengzhou, Henan 450007)

**Abstract** [Objective] The research aimed to provide references for the monitoring of heavy metal pollution of soil in base of dominant agricultural products. [Method] The situation of heavy metal pollution of soil in base of dominant agricultural products of Henan province was evaluated by the means of single factor pollution index, comprehensive pollution index, and the monitoring of heavy metal pollution of soil in five bases of dominant agricultural products. [Result] The single factor pollution index comprehensive pollution index of eight kinds heavy metals Cu, Zn, Cd, Cr, Hg, As, Ni and Pb in bases of dominant agricultural products of Henan province was on the security level and the soil was on the clean level. [Conclusion] The detection rate of monitoring heavy metals was 100%. Except Hg and As exceeded standard slightly, other heavy metals were under national standard.

**Key words** Base of dominant agricultural products; Soil; Heavy metal; Pollution index; Evaluation

重金属是环境中危害性很大的一类污染物, 与其他污染物相比, 重金属在土壤中一般不易随水淋失, 不能被土壤微生物分解, 而生物体可以富集重金属, 通过食物链传递, 危害人类健康<sup>[1-2]</sup>。由于土壤重金属污染的隐蔽性, 使人们不易觉察或注意, 并且一旦其毒害表现出来就难以消除。当前土壤环境中的重金属最受关注的是汞、铬、镉、铜、铅、砷等<sup>[3-4]</sup>。河南地处我国中东部, 地势西高、东低, 主要水系有黄河、海河、长江、淮河4大水系, 属温带大陆性季风气候, 是优势农产品小麦、玉米的适宜种植区。小麦、玉米常年播种面积分别为467多万、200多万 $\text{hm}^2$ , 年总产量占全国的20%。随着区域工业的发展, 城市垃圾的无序堆放, 含重金属农药的施用无疑增加了优势农产品基地土壤重金属污染的风险。

## 1 材料与方

**1.1 研究地概况** 河南省位于黄河中下游, 黄淮海平原的西南部, 北纬 $31^{\circ}23' \sim 36^{\circ}22'$ , 东经 $110^{\circ}21' \sim 116^{\circ}39'$ 。全省总面积约16.7万 $\text{km}^2$ , 耕地0.07亿 $\text{hm}^2$ , 人口9315万人。河南是中国重要的农副产品产区之一, 小麦、芝麻、黄红麻产量居全国第一位; 棉花、油料、烟叶产量居全国第二位。

**1.2 调查范围与样点布设** 调查范围包括滑县、武陟县、安阳县、新乡县和延津县等5个县, 调查时间为2003年, 调查内容为优势农产品区土壤, 监测面积6.7万 $\text{hm}^2$ 。根据不同土地利用类型和污染现状, 结合项目区优势小麦种植面积、土壤类型、地块形状、地势和周围环境情况, 每133 $\text{hm}^2$ 面积采一个样, 共采集501个土壤样点。

**1.3 采样方法** 根据不同土壤类型、地块形状、污染类型和周围环境条件, 采用GPS定位仪定位, 用对角线布点法、梅花形布点法、棋盘式布点法和蛇形布点法采样。挖长、宽各约40cm、深25cm的土壤剖面后, 用木铲刮去表层残根、落叶、秸秆等, 垂直取0~20cm深土层, 将多点土样混合用四分法

取土壤样1kg, 并现场记录土壤样品标签和样品登记表。

**1.4 测定项目与方法** 将采集的土壤样品捡除异物, 置室内阴凉处自然风干, 再将风干土拣去石块、玻璃、植物的根茎等杂物。全部研磨过20目筛, 再取部分过100目筛。过20目土样测pH值; 过100目土样测汞、砷、铅、镉、铬、铜、锌、镍8种元素。根据GB/T 17141-1997要求, pH值采用玻璃电极法测定, 汞、砷采用原子荧光法测定, 铅、镉采用石墨炉原子吸收分光光度法测定, 铬、铜、锌、镍采用火焰原子吸收分光光度法测定。全过程按规范要求和质量控制, 以保证数据准确可靠。

**1.5 评价标准与方法** 根据监测资料, 选取汞、砷、铅、镉、铬、铜、锌、镍、pH值等9项指标作为评价因子。耕层土壤重金属污染评价, 采用中国绿色食品发展中心1994年编制的《绿色食品产地环境质量现状评价纲要(试行)》中推荐的单项污染指数法和综合污染指数法<sup>[5-6]</sup>。单项污染指数评价式为:

$$Pi = G / Si \quad (1)$$

式中Pi为土壤重金属的单项污染指数, G为土壤重金属的实测浓度, Si为重金属i的限量标准值。

为全面反映重金属对土壤的不同作用, 突出高浓度重金属元素对环境质量的影响, 采用内梅罗综合污染指数法评价综合污染, 其评价式为:

$$P_{\text{综}} = \{ [ (G/S)_{\text{max}}^2 + (G/S)_{\text{ave}}^2 ] / 2 \}^{1/2} \quad (2)$$

式中,  $(G/S)_{\text{max}}$ 为土壤重金属元素单项污染指数最大值,  $(G/S)_{\text{ave}}$ 为土壤各单项污染指数平均值。

土壤评价标准采用《土壤环境质量标准(GB15618-1995)》二级评价标准<sup>[7-8]</sup>。土壤综合评价分级划分标准见表1。

**1.6 数据处理方法** 运用统计分析软件, 采用单因素方差研究分析不同行政村、不同县2个层次土壤重金属污染。

## 2 结果与分析

**2.1 各调查点重金属含量分析** 由检测数据可知, 检测区土壤中Cu含量基本在5~50 $\text{ng/kg}$ , 最高值为82.8 $\text{ng/kg}$ , 未

作者简介 杨蕾(1973-), 男, 河南温县人, 工程师, 从事环境监测研究。

收稿日期 2008-04-14

超过土壤环境质量二级标准;土壤 Zn 含量在 20 ~150 ng/kg, 远远低于 300 ng/kg 的二级标准,土壤 Hg 含量数据较为集中,仅有 1 处超标,为 1.144 ng/kg,应作为偶然因素处理;土壤 Pb 含量普遍较低,土壤未受到 Pb 污染;土壤 Cd 含量在 0 ~0.45 ng/kg,均在二级标准 0.6 ng/kg 之下;土壤 Cr 含量最高 160 ng/kg,主要集中在 20 ~120 ng/kg,低于 350 ng/kg 的标准;土壤 N 含量均在 60 ng/kg 以下,土壤未受到 N 的污

表1 土壤综合评价分级标准

Table 1 Grading standard of soil comprehensive evaluation

等级划定 Grade	综合污染指数 Comprehensive pollution index	污染等级 Pollution grade	污染水平 Pollution level
1	$P_{\text{综}} \leq 0.7$	安全	清洁
2	$0.7 < P_{\text{综}} \leq 1.0$	警戒线	尚清洁
3	$1.0 < P_{\text{综}} \leq 2.0$	轻污染	土壤轻度污染,作物开始受污染
4	$2.0 < P_{\text{综}} \leq 3.0$	中污染	土壤、作物均受到中度污染
5	$P_{\text{综}} > 3$	重污染	土壤、作物受污染已相当严重

表2 监测点8种重金属单因子污染指数统计

Table 2 Statistics of single factor pollution index of 8 heavy metals in monitoring point

统计指标 Statistical index	$P_{\text{Cu}}$	$P_{\text{Zn}}$	$P_{\text{Pb}}$	$P_{\text{Cd}}$	$P_{\text{Cr}}$	$P_{\text{Ni}}$	$P_{\text{As}}$	$P_{\text{Hg}}$	综合指数 Comprehensive index
平均值 Mean	0.217 0	0.183 1	0.075 1	0.151 7	0.275 7	0.496 7	0.390 4	0.092 3	0.409 7
标准差 Standard deviation	0.097 0	0.066 3	0.025 4	0.093 5	0.086 5	0.150 2	0.094 5	0.109 5	0.098 7
最小值 Minimum value	0.057 5	0.058 0	0.028 9	0.010 2	0.100 7	0.214 7	0.101 2	0.004 0	0.149 1
最大值 Maximum value	0.828 2	0.491 5	0.205 0	0.690 1	0.607 9	0.938 5	1.120 0	1.144 0	0.847 4
观测数 Observation number	501	501	501	501	501	501	501	501	501

$P_i$  值普遍较低,0.3 以下的有 418 处,0.3 ~0.4 的有 14 处,  $P_i$  值最大为 0.828 2,各调查点土壤 Cu 含量均不超标。由此可见,监测区域内铜含量较低,低于土壤背景值,监测区土壤没有受到铜的影响。土壤 Zn 污染。污染物锌  $P_i$  值绝大部分低于 0.4,大部分为 0.1 ~0.3,共计 481 处,0.4 ~0.5 的有 3 处,最大值为 0.495。各调查点土壤污染物 Zn 的含量远远低于土壤背景值,土壤未受 Zn 污染,处于清洁状态。土壤 Pb 污染。污染物铅的  $P_i$  值基本在 0.15 以下,  $P_i$  值很小,0.2 以下的有 500 处,最大值为 0.205 0,各调查点数值较为集中。这说明整个监测区域土壤没有受到铅污染物的影响,土壤状况良好。土壤 Cd 污染。污染物元素镉的  $P_i$  值基本在 0.4 以下,0.2 以下 468 处,0.2 ~0.3 的 24 处,含量最大值为 0.414 053 ng/kg,  $P_i$  值为 0.690 1。监测区土壤整体上没有受到污染物镉的影响。土壤 Cr 污染。污染物铬监测评价结果  $P_i$  值基本在 0.3 以下,共计 459 处,其中 0.2 ~0.4 的 369 处,0.4 ~0.5 的 36 处,0.5 ~0.6 的 6 处,Cr 含量最大值为 151.980 2 ng/kg,  $P_i$  值为 0.607 9。由此可见,监测区土壤没有受到铬的污染。土壤 Ni 污染。污染物镍  $P_i$  值大部分为 0.3 ~0.5,共计 353 处,小于 0.3 的 36 处,0.8 以上的 21 处,含量最大值为 56.311 64 ng/kg,  $P_i$  值为 0.938 5。镍的污染指数偏高,但没有超标。整个监测区域没有受到污染物镍的影响,但存在一定的风险。土壤 As 污染。污染物砷  $P_i$  值基本 0.3 ~0.5,共计 455 处,0.6 ~0.7 的 7 处,0.7 ~0.8 的 2 处,有 1 个超标点,检测值为 28.000 ng/kg,  $P_i$  值为 1.12,超标率 0.2%,从以上评价结果看,该区域土壤个别点位有超标

染;土壤 As 含量基本在 20 ng/kg 以内,仅有 1 处为 28 ng/kg。总体来看,土壤未受到污染。研究区各调查点重金属含量平均值见图 1。

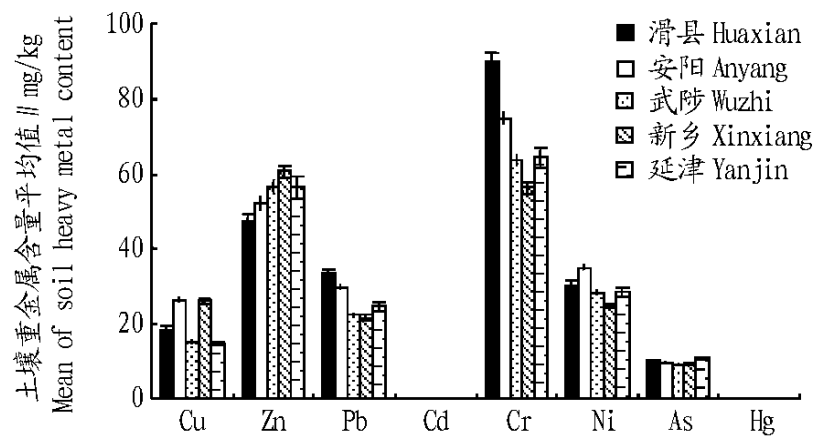


图1 5个县8种重金属元素含量平均值

Fig.1 Comparison of the mean of 8 heavy metal contents in 5 counties

2.2 各调查点重金属单因子污染指数分析 研究区土壤各重金属单因子污染指数分析见表 2。重金属的污染评价结果如下。土壤 Cu 污染。铜的  $P_i$  值大部分为 0.100 ~0.400,

现象,应为偶然因素,整体土壤环境没有受到砷污染。土壤 Hg 污染。污染物汞  $P_i$  值大部分在 0.2 以下,共计 482 处,其中 0.02 ~0.1 的 378 处,有 1 点位超标,测值为 1.144 ng/kg,  $P_i$  值为 1.144。从评价结果看汞  $P_i$  值均较小,整个测区土壤环境没有受到汞元素污染。

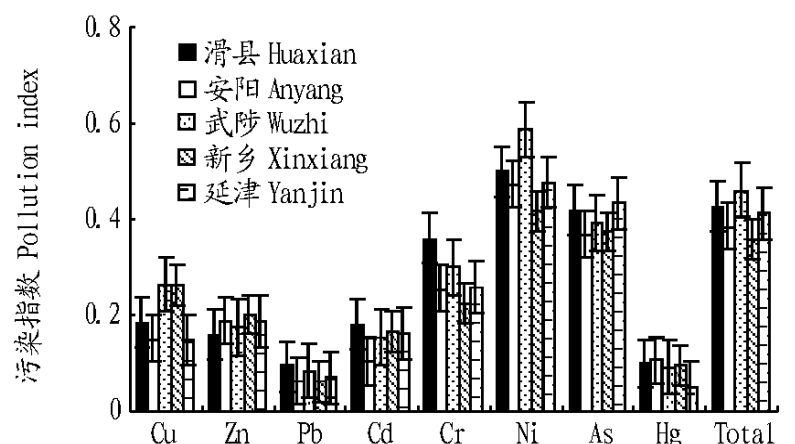


图2 5个县8种重金属污染指数比较

Fig.2 Comparison of pollution index of 8 heavy metals in 5 counties

2.3 农产品基地县土壤重金属污染比较 根据监测数据,整理后得到 5 个农产品基地县的土壤重金属污染指数比较见图 2。由图 2 可知,滑县重金属 Cd、Cr 污染指数最大,综合污染指数也较大;安阳县重金属 Cu、Ni 综合污染指数最大;武陟县重金属 Hg 污染指数最高,Zn 和 Ni 污染指数次之;综合污染指数分析结果以新乡县为最低。

2.4 重金属污染综合评价 调查区污染情况只能说明某一小范围的重金属污染状况,通过对各调查区情况汇总并进行

(下转第 8305 页)

题也各自独立<sup>[1]</sup>。知识产权的授予及执行不应当过多考虑其他因素。执行成本过高。由于各国认识存在严重分歧,要确立全球范围的行为规则谈判成本将十分高昂。而不同的遗传资源各自拥有不同的特点,其保育者、保育方式、开发方式、应用方式及前景均不同,要确立一套统一的规则也有很大技术难度。至今仍未有此类冲突的实例。因为这些问题,国际社会在立法解决遗传资源惠益问题上暂时难以达成一致意见。但遗传资源的合作开发却在持续不断地进行着。通过这些国家、个人间的合作实践,一些潜在的规则逐渐成型,包括一定比例提成金、科研设备的供应及科研人员的培训等。虽然没有明确规定,但这些规则越来越广泛地在案例中被实践。

#### 4 我国应采取的策略分析

**4.1 完善遗传资源保护及惠益分享相关法律法规** 我国现有的与环境相关的法律法规对遗传资源的保护及开发已有一定规定,确立了法定监管、合理开发和持续利用等基本原则,对种子资源、野生动植物资源、药材等遗传资源的保护及开发利用的相关规定分散于各个专项立法中。《海关法》对遗传资源进出境做出了相应程序性规定。但我国的宪法及主要立法中并没有关于遗传资源所有权归属的具体规定,并且现有法律法规主要是针对珍稀濒危物种保护,而并非针对有潜在开发价值的遗传资源。故而应对相关法律法规进行清理及完善,明确遗传资源归国家所有,建立详细的遗传资源获取程序及惠益分享规则。

(上接第8282页)

统计分析,结果见表3。由表3可见,所监测重金属检出率均为100%,除汞、砷超标率较低外,其他几项超标率均为0;

表3 土壤环境监测结果与评价

Table 3 Result and evaluation of soil environment monitoring

监测指标 Monitoring index	含量范围 ng/ kg Range of content	检出率 % Detection rate	超标率 ‰ Over standard rate	平均单因子污染指数 Average pollution index of single factor	污染物分担率 % Pollutant sharing rate
汞 Hg	0.004 ~1.144	100	2	0.092	4.89
砷 As	2.53 ~28.00	100	2	0.390	20.72
铅 Pb	10.13 ~71.77	100	0	0.075	3.99
镉 Cd	0.006 ~0.414	100	0	0.152	8.08
铬 Cr	25.18 ~151.98	100	0	0.276	14.67
铜 Cu	5.75 ~82.82	100	0	0.217	11.53
锌 Zn	17.40 ~147.45	100	0	0.183	9.72
镍 Ni	12.89 ~56.31	100	0	0.497	26.41

### 3 结论

河南省优势农产品土壤重金属污染状况初步研究表明:依据土壤环境质量二级标准,研究区内土壤综合污染指数新乡县和安阳县较大,分别为0.847 4 和0.701 4,处于尚清洁水平,其他几个县综合污染指数均小于0.7,处于清洁水平。河南省优势农产品基地土壤的Cu、Zn、Cd、Cr、Hg、As、Ni、Pb等8种重金属单因子污染指数及综合污染指数均在安全级内,土壤处于清洁水平。

#### 参考文献

[1] 张乃明. 土壤——植物系统重金属污染研究现状与展望[J]. 环境科学

**4.2 建立健全相应管理机构** 我国环境保护总体上采取环保部门统一监管、各部门分工负责的行政管理模式,在遗传资源保护及利用上,环保部门及林业、渔业、海洋等各传统部门均按职责享有管理权。为进一步加强管理、遏制生物物种资源的丧失和流失,我国又建立了由国家环保总局牵头、17个部门组成的生物物种资源保护部际联席会议,但这个联席会议并非实体性协调机构。亦就是说,我国目前并没有针对遗传资源国际间合作保护、开发及惠益分享的管理机构,而仅仅依靠传统部门进行日常管理。在遗传资源流失严重,经济、战略及环境价值日益凸显的国际形势下,我国应当建立专门的遗传资源管理部门,负责监督管理遗传资源的保护、输出、研发及惠益分享等,并组织对相关国际公约的履约。

**4.3 推动惠益分享国际规则的建立** 作为全球最大的发展中国家及遗传资源最丰富的国家之一,推动遗传资源惠益分享国际规则的建立正符合我国大国的责任感及自身发展的利益需要。因此,应积极参与遗传资源惠益分享立法实践,努力促进合理公平的惠益分享国际规则尤其是对遗传资源盗用的国际法律救济规则的建立。

#### 参考文献

- [1] 钱易,唐孝炎. 环境保护与可持续发展[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [2] 俞海. TRIPS 协议和环境问题研究[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2005.
- [3] 秦天宝. 遗传资源获取与惠益分享的法律问题研究[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2006.
- [4] 刘睿. 生物遗传资源的获得和惠益分享法律制度研究[D]. 北京: 中国政法大学, 2006.

所测重金属中镍单因子污染指数最大,为0.497,其他几项单因子污染指数均较小;所测重金属分担率最大为镍,分担率为26.41%,砷为20.72%,其他几项分担率均较小。

进展,1998,7(4):30-33.

- [2] 祖艳群,李元,陈海燕,等. 昆明市蔬菜及其土壤中铅、镉、铜和锌含量水平及污染评价[J]. 云南环境科学,2003,22(增刊):55-57.
- [3] 李宗利,薛澄泽. 污灌土壤中Pb、Cd形态的研究[J]. 农业环境保护,1994,13(4):152-157.
- [4] 白云. 郑州市污灌区土壤、粮食、蔬菜重金属污染状况及其评价[J]. 河南科学,2002,20(4):399-404.
- [5] 符建荣. 土壤中铅的积累及污染的农业防治[J]. 农业环境保护,1993,12(5):223-226.
- [6] 温志良,莫大伦. 土壤污染研究现状与趋势[J]. 重庆环境科学,2000,22(3):55-57.
- [7] 陈艳. 湖南省土壤污染现状与修复[J]. 湖南农业科学,2002(6):31-33.
- [8] 孔令韶. 植物对金属元素的吸收积累及忍耐、变异[J]. 环境科学,1983,4(1):65-69.