

Investigation on Heavy Metal Pollution of Vegetable Soils in Jiaozuo Suburb

Caixia TIAN

College of Environment Science And Engineering of Henan Polytechnic University ,Jiaozuo, China,454003

Email: tiancx@hpu.edu.cn)

Abstract: Concentrations of heavy metals Ni、Cu、Pb、Zn、Cr of vegetable, soils in Jiaozuo suburb were analyzed. Evaluation was made of indexes of single contaminants and combined pollution according to the background content of soil in jiaozuo and the national standard for evaluation of soil environmental quality. The average contents of five heavy metals were less than the national standard for evaluation of soil environmental quality. The average contents of Cu、Pb、Zn、Ni were more than the background content of soil in jiaozuo, while Cr was less than the background content of soil in Jiaozuo. When the standard of soil in jiaozuo was criterion, the maximum index of synthetical pollution of the soil was 2.277, about 83.3% of six soil samples were lightly polluted and 16.7% moderately polluted. When the national standard for evaluation of soil environmental quality was criterion, the maximum index of synthetical pollution of the soil was 0.941, about 83.3% of 6 soil samples were in the clean state and 16.7% were in the alert level.

Keywords: soil; heavy metal; pollution; evaluation

焦作市郊区蔬菜地土壤重金属污染调查分析

田采霞

河南理工大学资源环境学院, 焦作, 中国, 454003

Email: tiancx@hpu.edu.cn

摘要: 通过对焦作市郊区蔬菜地土壤中的五种重金属Ni、Cu、Pb、Zn、Cr的总量进行测试分析, 分别以焦作市土壤背景值和国家土壤环境质量二级标准评价其单项和综合污染指数。结果表明: 五种重金属平均含量均小于国家土壤环境质量二级标准, 但Cu、Pb、Zn、Ni的平均含量超过焦作市土壤背景值, Cr不超过焦作土壤背景值; 以焦作市土壤背景值为标准, 土壤的最大综合污染指数2.277, 6个土壤样中83.3%受到轻度污染, 16.7%受中度污染; 以《土壤环境质量标准》二级标准作为标准, 最大综合污染指数0.941, 有83.3%属清洁水平, 16.7%属警戒线水平。

关键词: 土壤; 重金属; 污染; 评价

土壤是人们赖以生存的最重要的自然资源之一, 土壤环境质量是土壤容纳、吸收和降解各种环境污染物质并进而影响和保证人类及动植物健康的能力。近年来, 随着工农业的迅速发展, 土壤重金属污染问题越来越严重。我国各大城市郊区菜地土壤都有不同程度的重金属污染, Pb、Hg、As 污染尤为严重^[1~7]。有研究表明, 土壤存在不同程度的重金属污染, 进而污染蔬菜, 蔬菜对某些重金属元素有一定的富集能力, 从而使蔬菜中积累的有害元素通过食物链进入人体, 使人产生慢性中毒, 给人类身体健康带来潜在的危害^[8]。因此, 对焦作市郊区蔬菜地土壤中重金属元素含量水平及污染现状进行了调查研究, 不仅对蔬菜生产的持续发展具有积极地指

导意义, 而且对提高人们的生活质量也具有广泛的现实意义。

1 材料和方法

1.1 样品采集

评价区位于河南省焦作市卢堡村大棚蔬菜种植基地。根据蔬菜地的实际情况, 采用梅花布点法采样。每个样品按农田面积大小设置 5 个左右采样点, 采集 0~20cm 的耕层土样, 在各采集点取等量土壤 200 g 左右混合后即为该点的土样 1kg 左右, 装入样品袋。共采集样品 6 个, 装于标签编号的聚乙烯塑料袋。

1.2 分析方法

土壤被带回实验室按四分法缩分再经风干, 去掉土壤侵入物, 磨碎过 100 目尼龙筛后装瓶备用。分析项目为 pH、Ni、Cu、Zn、Pb、Cr。重金属经浓盐酸+氢氟酸+高氯酸加热消化, 冷却后再用盐酸溶解定容的方法进行前处理。采用日立 Z-5000 型原子吸收分光光度计对 Ni、Cu、Zn、Pb、Cr 进行测试。测定过程中, 抽取 20% 的样品进行平行双样测定, 为保证分析准确可靠, 在测试过程中插入一定数目的标样^[6]。

2 评价方法

土壤环境质量的评价标准按照《农产品安全质量: 无公害蔬菜产地环境要求》(GB/T18407.1-2001) 推荐的污染控制指标及控制值, 评价方法及分级标准参照国家农业行业标准《农田土壤环境质量检测技术规范》(NY/T395-200) 推荐的单项污染指数和综合污染指数法进行评价^[9]。单项污染指数法能够比较直观地反映环境中各项污染指标的情况; 内梅罗综合指数法不仅考虑到了所有评价因子单项污染程度的平均水平, 而且还考虑到了最大污染指数, 因此能够更为科学、综合的反映评价区域内总体环境质量状况。

2.1 单项污染指数

单项污染指数法评价公式:

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

其中, C_i —i 污染物的实测值;

S_i —i 污染物的评价标准或背景值;

P_i 为某元素的单项平均污染指数。当 $P_i \leq 1.0$ 时, 表示土壤未受到污染; 当 $P_i \geq 1.0$ 时, 表示土壤受到污染, 且其值越大说明污染越严重。

2.2 尼梅罗指数评价法

尼梅罗综合污染指数法及分级标准见表1, 其计算公式:

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

其中, P_{max} 即 $(C_i / S_i)_{\text{max}}$ 为单项污染指数的最大值;

P_{ave} 即 $(C_i / S_i)_{\text{ave}}$ 为单项污染指数的算术平均值。

3 土壤重金属含量分析

3.1 单因子污染指数分析

芦堡村蔬菜地土壤重金属含量范围、平均值、标准差、变异系数统计指标列于表2, 并于表3中焦作土

壤背景值和国家土壤重金属污染物二级含量标准比较。由表2知, 五种重金属平均含量由高到低分别为 $\text{Zn} > \text{Cr} > \text{Ni} > \text{Cu} > \text{Pb}$ 。该区域重金属的变异系数较大, 分布在28.7%~65.6%, 说明Pb、Ni、Zn在不同地点含量有较大的差异, 采样点Cu、Cr含量相对分布比较集中。

表1 土壤污染评价分级标准

Table 1 The classification standards of soil pollution evaluation

等级划分	P	污染等级	污染水平
I	$P \leq 0.7$	安全	清洁
II	$0.7 < P \leq 1$	警戒线	尚清洁
III	$1 < P \leq 2$	轻污染	土壤轻污染, 作物已受污染
IV	$2 < P \leq 3$	中度污染	土壤、作物已受中度污染
V	$P > 3$	重度污染	土壤、作物已严重受污染

表2 蔬菜地土壤重金属含量状况 (mg/kg)

Table 2 Contents of the heavy metals in soils planting vegetables

项目	Cu	Pb	Cr	Zn	Ni
含量	13.8~	0~	21.5~	21.5~	12.4~
范围	31.2	34.9	54.6	117.6	76.2
平均值	21.3	20.4	43.4	66.3	37.7
标准差	6.31	13.37	12.47	35.90	22.42
变异系数 (%)	29.6	65.6	28.7	54.2	59.5

表3 土壤环境质量标准值 (mg/kg)

Table 3 Environmental quality standards for soils in china

级别	一级	二级			三级	背景值
PH 值	自然背景	<6.5	6.5~7.5	>6.5	>7.5	7.7
Cu	35	50	100	100	400	19.7
Pb	35	250	300	350	500	19.6
Cr	90	150	200	250	300	63.8
Zn	100	200	250	300	500	60.1
Ni	40	40	50	60	200	26.7

采用焦作市土壤背景值作为评价标准, 各个测点的单因子指数计算如表4。由表4知, Cu有3个测点超标, 超标率分别是32.5%、58.4%、4.6%, Pb有3个测点超标, 超标率分别是76.0%、8.7%、78.1%、Cr有无测点超标, Zn有4个测点超标, 超标率分别是9.2%、95.7%、49.3%、20.0%, Ni有4个测点超标, 超标率分别是185%、87.3%、16.5%、16.9%。把重金属的平均值看作实测值, 研究区土壤重金属单因子污染指数值由大到小的顺序为 Ni(1.412)、Zn(1.103)、Cu(1.081)、Pb(1.041)、Cr(0.680)。说明土壤重金属Cu、Pb、

表4 蔬菜地土壤重金属污染评价结果（焦作背景值）
Table 4 heavy metal pollution of vegetable soils (the background contents of Jiaozuo)

土样	单项污染指数 P_i					$P_{\max}$	P_{ave}	$P_{\text{综}}$
	Cu	Pb	Cr	Zn	Ni			
1 号	0.701	0.000	0.337	0.521	1.873	1.873	0.686	1.410
2 号	0.893	1.760	0.856	1.092	2.854	2.854	1.491	2.277
3 号	0.939	0.622	0.820	1.957	0.464	1.957	0.960	1.541
4 号	1.325	1.087	0.567	1.493	0.948	1.493	1.084	1.304
5 号	1.584	1.781	0.762	0.358	1.165	1.781	1.130	1.491
6 号	1.046	0.995	0.740	1.200	1.169	1.200	1.030	1.118

表5 蔬菜地土壤重金属污染评价结果（国家二级标准）
Table 5 heavy metal pollution of vegetable soils(the national standard of soil)

土样	单项污染指数 P_i					$P_{\max}$	P_{ave}	$P_{\text{综}}$
	Cu	Pb	Cr	Zn	Ni			
1 号	0.138	0.000	0.086	0.104	0.833	0.833	0.232	0.612
2 号	0.176	0.099	0.218	0.219	1.270	1.270	0.396	0.941
3 号	0.185	0.035	0.209	0.392	0.207	0.392	0.206	0.313
4 号	0.261	0.061	0.145	0.299	0.422	0.422	0.237	0.342
5 号	0.312	0.100	0.194	0.072	0.518	0.518	0.239	0.404
6 号	0.206	0.056	0.189	0.240	0.520	0.520	0.242	0.406

Zn、Ni的平均含量均超过焦作市土壤背景值，Cr不超过焦作土壤背景值。

采用国家《土壤环境质量标准》（GB15618-1995）二级含量作为标准，各个测点的单因子指数计算见表5。由表5知，Cu、Pb、Zn、Cr单项污染指数均远小于1，大部分测点Ni污染指数小于1，只有在2号点污染指数为1.270。说明土壤总体质量较好。

3.2 内梅罗综合污染指数分析

选取焦作市土壤背景值为标准，土壤的综合污染指数见表4。由此可知，6个采样点的综合污染指数分别是1.410、2.277、1.541、1.304、1.491、1.118，最大值为2.277，污染程度依次为2号>3号>5号>1号>4号>6号。土壤中83.3%受到轻度污染，作物已受污染，16.7%受到中度污染。

选取《土壤环境质量标准》（GB15618-1995）二级标准作为标准，所有采样点的综合污染指数均小于1，最大值为0.941，可知土壤中有83.3%属于清洁水平，16.7%属于警戒线水平。

4 结语

1) 五种重金属平均含量由高到低分别为Zn> Cr>Ni>Cu>Pb。该区域重金属的变异系数较大，分布在28.7%~65.6%，说明Pb、Ni、Zn在不同地点含量有较大的差异，采样点Cu、Cr含量相对分布比较集中。

2) 以焦作市土壤背景值为标准，土壤重金属Cu、Pb、Zn、Ni的平均含量均超过焦作市土壤背景值，Cr不超过焦作土壤背景值。污染程度依次为2号>3号>5号>1号>4号>6号，土壤中83.3%受到轻度污染，16.7%受到中度污染。

3) 采用国家《土壤环境质量标准》（GB15618-1995）二级含量作为标准，Cu、Pb、Zn、Cr单项污染指数均远小于1，大部测点Ni污染指数小于1，只有在2号点污染指数为1.27，说明土壤总体质量较好。土壤样品中有5个点属于清洁水平，1个点属于警戒线水平。

4) 评价时选取标准略有不同，结果也有所差异。但是可看出2号、3号采样点污染严重，主要是因为2号、3号采样点里离公路较近，道路两侧的土壤质量恶化，致使重金属污染严重。重金属污染程度依次为Ni>Zn>Cu>Pb>Cr。农田里使用农药、化肥、垃圾有机肥也会导致重金属污染物在土壤中累积。

References (参考文献)

- [1] Dai Jun,Liu Tenghui, Pollution Characteristics of Ecological Environment in Vegetable Farms in Guang gou,*Chinese Journal Of Soil Science*,1995,26 (3) :P 102-104(Ch).
戴军, 刘腾辉, 广州菜地生态环境的污染特征[J], 土壤通报, 1995, 26 (3) , P 102-104.
- [2] Yao Chunxia,Chen Zhenlou,Xu Shiyuan ect, Heavy Metals Contents in and Evaluation of Vegetable Soils in Pu dong New District of Shanghai [J], *Soils*, 2005,37 (5) :P 517-522(Ch).
姚春霞, 陈振楼, 许世远等, 上海市浦东新区蔬菜地土壤重金属含量及评价[J], 土壤, 2005, 37 (5) , P 517-522
- [3] Li Qilin ,Zhao Zhongjin, Huang Yun,Present Situation of Quality in Soils and Vegetables of the Vegetable Bases in Suburbs of Chongqing[J], *Chongqing Environment Science* ,P 33-36,53(Ch).
李其林, 赵中金, 黄昀, 重庆市近郊蔬菜基地土壤和蔬菜中重金属的质量现状[J], 重庆环境科学, 2000, 22(6) ,P 33-36,53
- [4] Pang Jiangli,Huang Chunchang,Sun Gennian, Heavy Metal Montent of Sewage Irrigated Soil in Xi'an and it's Influence to Tomato [J] ,*Soil and Environmental Sciences*, 2001,10 (2) :P94-97.(Ch).
庞奖励, 黄春长, 孙根年, 西安污灌区土壤重金属含量及对西红柿影响研究, 土壤与环境, 2001,10 (2) P 102-104.
- [5] Zhang Chaolan,Baihouyi,Valuing soil and vegetable polluted by heavy mental in suburb of Nanning[J], *Journal of Guangxi Agricultural and Biological Science*, 2001,2(3):P86-89,205(Ch).
张超兰, 白厚义, 南宁市郊部分菜区土壤和蔬菜重金属污染评价[J], 广西农业生物科学, 2001, 20 (3) , P86-89, 205.
- [6] Wei Xiuguo, He Jianghua,Chen Junjian Investigation and Evaluation on Heavy Metal Pollution of Vegetable Farm Soils in Guangzhou[J], *Soil and environmental Sciences*, 2002,11 (3) ,P 252-254 (Ch).
魏秀国, 何江华, 陈俊坚等, 广州蔬菜地土壤重金属污染状况调查及评价, 土壤与环境, 2002, 11 (3) , P 252-254.
- [7] Liu Hong,Xiong Dezhong,Fang HuiYun, Comprehensive evaluation of Cu and Hg pollution of soil in vegetable farms in suburb of Fuzhou,Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2005 13(4) :P 147-149(Ch).
刘泓, 熊德忠, 方慧云, 福州市郊蔬菜地土壤汞、铜污染综合评价, 中国生态农业学报, 2005 13(4) , P 147-149.
- [8] Hu Bin,Wangfang,Ma Guang ect .Contents of Four Heavy Metals in Five Vegetables and Soils Around Zhucun Coal Mine in Jiaozuo City ,Hennan Province [J], *Journal of Agro-Environment Science*, 2007,26(s):P27-29 (Ch).
胡斌, 王芳, 马光等, 焦作市朱村矿蔬菜及土壤中重金属污染分析[J], 农业环境科学学报, 2007,26 (增) , P 27-29.
- [9] Wang hui, Dong Yuanhua, An Qiong, Evaluation of Soil Environment Quality of Vegetable Soils in Nangjing Suburb [J], *Soils*, 2005,37 (3) :P 295-298. (Ch).
王辉, 董元华, 安琼, 南京市郊区蔬菜地土壤环境质量评价[J], 土壤, 2005, 37 (3) , P 295-298.