

# 阜阳市颍州区城郊菜地重金属污染调查与评价

陈毛华<sup>1,2</sup>, 刘明广<sup>1</sup>, 郭斌<sup>1</sup>, 高鹏<sup>1</sup>, 桑雪洁<sup>1</sup>, 张娜娜<sup>1</sup>, 龚雪梅<sup>1\*</sup>

(1. 阜阳职业技术学院, 安徽 阜阳 236031; 2. 南京农业大学江苏省固体有机废弃物资源化高技术研究重点实验室, 江苏 南京 210095)

**摘要:**通过室外采样和室内分析,对阜阳市颍州区城郊菜地土壤Pb、Cd、Ni、Cu、Cr、Zn等六种重金属的含量特征进行了研究,并利用单因子污染指数法、内梅罗综合污染指数法对各种重金属的污染状况进行了评价。研究表明,研究区域菜地土壤中各种重金属含量的平均值均符合国家土壤环境质量标准要求,其中Pb、Ni、Zn含量平均值超出安徽省土壤背景值,其它重金属的平均值均未超过安徽省土壤重金属背景值。单因子污染指数法和内梅罗综合污染指数法评价表明,研究区域未受到污染,适合进行无公害生产。

**关键词:**重金属;土壤;单因子污染指数;内梅罗综合污染指数

中图分类号:X53

文献标识码:A

文章编号:1003-8701(2016)00-

## Investigation and Evaluation of Heavy Metals Pollution in Suburban Vegetable Soils in Yingzhou District of Fuyang City

CHEN Maohua<sup>1,2</sup>, LIU Mingguang<sup>1</sup>, GUO Bin<sup>1</sup>, GAO Peng<sup>1</sup>, SANG Xuejie<sup>1</sup>, ZHANG Nana<sup>1</sup>, GONG Xuemei<sup>1</sup>

(1. Fuyang Vocational and Technical College, Fuyang 236031; 2. Jiangsu Key Laboratory of Solid Organic Waste Utilization, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

**Abstract:** By means of field sampling and laboratory analysis, the content distribution characteristics of Pb, Cd, Ni, Cu, Cr and Zn in suburban vegetable soil of Yingzhou District of Fuyang City were analyzed. Assessment of heavy metal pollution was conducted using single factor pollution index, Nemerow Comprehensive Pollution Index. The results showed that the average mass fraction of Heavy Metals met the requirements of state soil environment quality standard. The average mass fraction of Pb, Ni and Zn were above the background values of Anhui Province. The average mass fraction of other heavy metals did not exceed the average values of Anhui Province. The results of the evaluations from single factor pollution index, Nemerow comprehensive pollution index discovered that research districts were not polluted and the soil was suitable for production of nuisanceless agricultural products.

**Key words:** Heavy metal; Soil; Single factor pollution index; Nemerow Comprehensive Pollution Index

土壤污染是目前我国农业环境面临的主要问题之一,重金属污染问题受到很多研究者的重视<sup>[1-3]</sup>。城郊大量菜地承担供应周围居民蔬菜的功能。国内外学者对多个城市的城郊菜园土壤的重金属污染状况作过一些调查研究<sup>[4-9]</sup>,结果表明城郊菜地土壤主要受到Pb、Cd、Ni、Cu、Cr和Zn等重金属污染<sup>[4-13]</sup>。

文章以阜阳市颍州区城郊菜地土壤为研究对

象,研究菜地土壤中Pb、Cd、Ni、Cu、Cr和Zn等土壤中重点监控的重金属有害元素的含量特征,并利用单因子指数评价法、内梅罗综合污染指数法对重金属的污染状况进行评价。为准确掌握阜阳市颍州区城郊菜地土壤重金属污染状况,对于阜阳市颍州区保障蔬菜食用安全,合理布局蔬菜生产,促进蔬菜产业可持续发展提供基础科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 样品采集

样品采集工作于2015年10月下旬进行,地点位于颍州城区三环外3km处每间隔2km进行布点,适逢菜地进行采样。每个采样点采集多个点

收稿日期:

基金项目:安徽省自然科学基金重点项目(KJ2015A407、KJ2015A354);安徽省自然科学基金重点项目(KJ2016A558、KJ2016A565)

作者简介:陈毛华(1978-),男,硕士,副教授,主要从事植物营养与蔬菜栽培教学科研工作。

表层土壤,去除表土后混合均匀后装入聚乙烯塑料袋中密封,所有采样点的地理位置信息均用手持式全球位置定位系统记录,共采集66个有效土壤样品。

### 1.2 样品处理与测定方法

采集的土壤样品混匀后进行自然风干处理,去除杂质后研磨通过0.15mm尼龙筛备用。土壤样品的消解采用“王水-HClO<sub>4</sub>”消解体系<sup>[14]</sup>,待测液中重金属元素含量用原子吸收分光光谱仪(Tas-986),北京普析公司)测定,其中Zn用火焰原子吸收光谱法测定,Pb、Cd、Ni、Cu、Cr用石墨炉原子吸收光谱法测定。所用酸全部为优级纯,各元素标准物质均来自于国家标准物质研究中心。

### 1.3 土壤污染评价方法

土壤污染评价采用目前国内外普遍采用的单

因子污染指数法和内梅罗综合污染指数法<sup>[15-16]</sup>。

#### 1.3.1 单因子污染指数法

单因子污染指数法是对单个污染因子的污染程度进行评价,它以土壤元素的背景值作为评价标准,其表达式为:

$$P_i = C_i/S_i \dots\dots\dots(1)^{[17]}$$

(1)式中,P<sub>i</sub>为采样点某污染因子的污染指数值,C<sub>i</sub>为该污染因子的实际测定值,S<sub>i</sub>为该污染因子的背景标准值。本研究采用《国家土壤环境质量标准GB15618-2008》中的农用地土壤环境质量二级标准作为背景值<sup>[18]</sup>。若P<sub>i</sub>>1.0说明土壤中该重金属含量已超标,土壤已被污染;当P<sub>i</sub>≤1.0时,说明该重金属含量尚在背景值含量范围之内,目前未受污染;P<sub>i</sub>的值越大,表明该重金属富集情况越严重。

表1 土壤污染评价分级标准

等级	单因子污染指数		内梅罗综合污染指数	
	P <sub>i</sub>	污染等级	P	污染评价
1	P <sub>i</sub> <1	无污染	P≤0.7	清洁
2	1≤P <sub>i</sub> <2	轻微污染	0.7<P≤1	尚安全
3	2≤P <sub>i</sub> <3	轻度污染	1<P≤2	轻度污染
4	3≤P <sub>i</sub> <5	中度污染	2<P≤3	中度污染
5	P <sub>i</sub> ≥5	重度污染	P>3	重度污染

#### 1.3.2 内梅罗综合污染指数法

内梅罗综合污染指数计算公式为:

$$P = \sqrt{\frac{P_{iave}^2 + P_{imax}^2}{2}} \dots\dots\dots(2)$$

(2)式中,P为重金属的内梅罗综合污染指数,P<sub>iave</sub>为土壤中i重金属单因子污染指数的平均值,P<sub>imax</sub>为土壤中i重金属单因子污染指数的最大值。基于内梅罗综合污染指数的土壤污染评价等级见表1<sup>[19]</sup>。

### 1.4 数据分析

试验数据采用统计软件SPSS19.0和Excel2007进行统计分析和处理。

## 2 结果

### 2.1 土壤重金属含量分析

阜阳市颍州区城郊菜地表层土壤样品Pb、Cd、Ni、Cu、Cr、Zn的分析结果见表2。由表2可以看出,研究区域土壤除Cd外,其它重金属含量均呈现不同程度超过安徽省土壤背景值或全国土壤环境质量国家二级标准,说明Pb、Ni、Cu、Cr、Zn在土壤中累积。其中,Pb污染最为严重,含量范围为4.46-463.75 mg·kg<sup>-1</sup>,平均值为168.08 mg·kg<sup>-1</sup>,其平均值远远超出安徽省土壤背景值,达到6.75倍,但在国家土壤环境质量标准的范围内。Ni含

表2 阜阳市颍州区城郊菜地土壤重金属含量 (mg·kg<sup>-1</sup>)

金属	Pb	Cd	Ni	Cu	Cr	Zn
平均值	168.08	0.017	67.56	19.24	41.15	125.99
最大值	463.75	0.054	246.99	57.15	92.47	331.77
最小值	4.46	0.001	9.40	7.62	11.75	45.21
标准差	125.32	0.017	50.86	10.53	11.15	45.50
背景值a	24.9	0.061	37.1	27.9	85.9	65.8
背景值b	≤600	≤0.3	≤80	≤100	≤200	≤250

注:背景值a为安徽省土壤重金属背景值,背景值b为国家土壤环境质量二级标准

量平均值是安徽省土壤背景值的1.82倍,部分区域超过国家土壤环境质量标准。Cu、Cr含量平均值均低于安徽省土壤背景值,但个别区域Cu、Cr含量超过安徽省土壤背景值,Cu、Cr含量均在国家土壤环境质量标准范围内。研究区域土壤Zn含量范围45.21–331.77mg·kg<sup>-1</sup>,平均值为125.99mg·kg<sup>-1</sup>,是安徽省土壤背景值1.91倍,部分区域Zn含量超过国家土壤环境质量标准。

在66个采样点中,Cd、Cu、Cr含量平均值均低于安徽省土壤背景值。对Pb、Ni、Zn的含量进行

分析,其中90%的采样点Pb含量超过安徽省土壤背景值,77.27%的采样点Ni含量超过安徽省土壤背景值,所有采样点Zn含量超过安徽省土壤背景值。对照国家土壤环境质量标准,所有采样点Pb、Zn含量均未超过国家土壤环境质量标准背景值,有31.81%的采样点Ni含量超过国家土壤环境质量标准背景值。从阜阳市颍州区菜地土壤Pb、Ni、Zn的频率分析直方图来看(图1–3),50%采样点Pb含量低于均值,68.18%采样点Ni含量低于均值,50%采样点Zn含量小于均值。

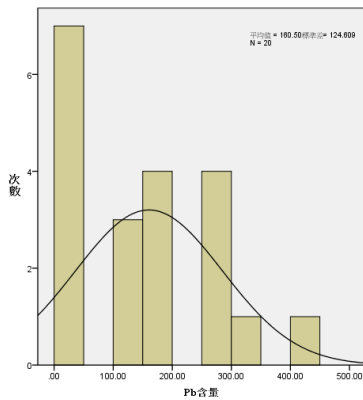


图1 阜阳市颍州区Pb含量直方图

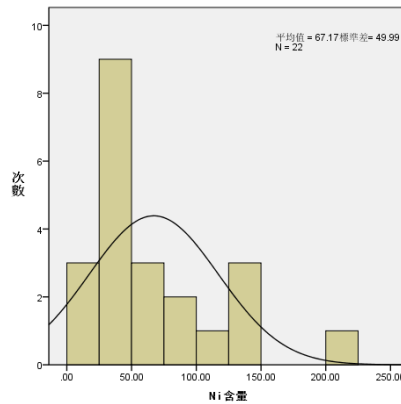


图2 阜阳市颍州区Ni含量直方图

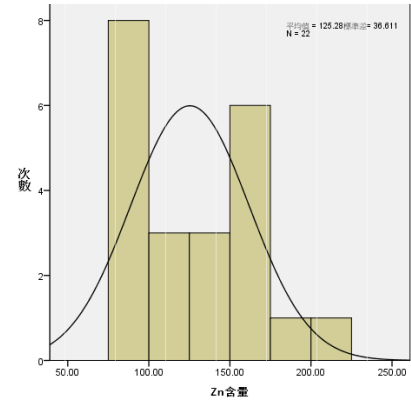


图3 阜阳市颍州区Zn含量直方图

## 2.2 土壤污染评价

### 2.2.1 单因子污染指数评价

表3显示了研究区域菜地土壤中各种重金属单项污染指数值,按照表1的土壤单项污染程度

分级标准,阜阳市颍州区城郊菜地表层土壤各种重金属的 $P_i$ 值均小于1,说明研究区域未富集该种重金属,属于无污染区域。

表3 阜阳市郊不同区域菜地重金属污染指数

金属	Pb	Cd	Ni	Cu	Cr	Zn
$P_i$	0.28	0.06	0.84	0.19	0.21	0.50
P	0.64					

### 2.2.2 内梅罗综合污染指数法评价

从表3可以看出,按照表1的土壤单项污染程度分级标准,研究区域内梅罗综合污染指数小于0.7,研究区域总体上处于清洁水平。内梅罗综合污染指数接近0.7,下一步重金属污染生态风险有可能加大。

## 3 讨论与结论

研究表明,阜阳市颍州区城郊菜地土壤重金属Cd、Cu、Cr含量平均值低于安徽省土壤背景值,Pb、Ni、Zn含量平均值超出安徽省土壤背景值,但各金属的平均值均符合国家土壤环境质量标准要求。胡春华<sup>[20]</sup>认为,经济发达地区土壤重金属污染往往来自于工业排放的“三废”,交通对菜地土

壤重金属含量有一定影响;而经济落后地区土壤重金属的污染可能较多来自于施用化肥、有机肥等和重金属大气沉降等。白玲玉等<sup>[21]</sup>认为猪粪等有机肥中Cu、Cd的含量较高,施用化肥和有机肥是土壤中Cr、Cu、Cd污染的重要来源,对造成Pb污染则不显著。阜阳市颍州区菜地土壤重金属污染主要表现为Pb污染,没有受到Cr、Cu、Cd等重金属污染,表明阜阳市颍州区郊区菜地的Pb污染并非来自于化肥、有机肥。阜阳市颍州区在当地属于经济发展较好地区,交通条件相对便利。肖鹏飞<sup>[22]</sup>认为Pb、Zn和Cu常被作为交通污染源的标识元素,汽车尾气排放,煤炭燃烧导致Pb的累积效应不断增强<sup>[23]</sup>,阜阳市颍州区郊区菜地Pb污染超标在很大程度上可能来自于交通和大气沉降,

这和前人的研究结论相同。Pb污染表现出一定程度的超标需要引起足够的重视,避免对当地蔬菜生产带来影响。

Zn、Ni污染源来自于工业企业“三废”的排放和人类活动<sup>[20]</sup>。阜阳市颍州区工业相对较少,工业排放的污染源导致Zn、Ni的污染可能性降低。Friedlander<sup>[24]</sup>认为汽车轮胎与地面磨损也可产生含Zn、Cd较高的颗粒物,王军<sup>[25]</sup>认为农业生产施用的磷肥、含磷复合肥及城市垃圾、污泥为原料的肥料中均混杂有Pb、Cu、Cd、Zn、Ni、As、Cr等重金属,也是土壤重金属来源之一,阜阳市颍州区郊区菜地Zn、Ni污染可能是由于交通和施用的肥料等人类活动因素导致的。

从单因子污染指数法和内梅罗综合污染指数法评价来看,研究区域未受到污染。陈晨<sup>[26]</sup>指出阜阳颍东区农田土壤重金属单因子污染指数均小于1。Y村和X村农田土壤综合污染指数小于0.7,土壤污染程度为安全等级,污染水平为清洁;肖雪<sup>[27]</sup>认为淮河流域某镇农业土壤重金属含量特征,指出存在Cd污染外,其它Cu、Cr、Pb、Ni、Zn等均未对采样点生态系统造成风险。与本研究结论相同或接近。

总体上看,阜阳市颍州区城郊菜地土壤整体上符合国家土壤环境质量要求,适合种植蔬菜。同时,要注意对重金属的定期监测,生产上要逐渐减少化肥和农药的施用,防止Pb、Ni、Zn进一步污染。

### 参考文献:

- [ 1 ] Huang Z, Pan X D, Wu P G, et al. Heavy metals in vegetables and the health risk to population in Zhejiang, China[J]. Food Control, 2014, 36(1): 248-252.
- [ 2 ] Tang J, Bai X, Zhang W. Cadmium Pollution and its Transfer in Agricultural Systems in the Suburbs of Tianjin, China[J]. Soil and Sediment Contamination: An International Journal, 2011, 20(6): 722-732.
- [ 3 ] Kumar S. Appraisal of heavy metal concentration in selected vegetables exposed to different degrees of pollution in Agra, India[J]. Environmental monitoring and assessment, 2013, 185(3): 2683-2690.
- [ 4 ] 曾希柏,李莲芳,梅旭荣.中国蔬菜土壤重金属含量及来源分析[J].中国农业科学,2007,40(11):2507-2517.
- [ 5 ] 夏凤英,李政一,杨阳.南京市郊设施蔬菜重金属含量及健康风险分析[J].环境科学与技术,2011,34(2):183-187.
- [ 6 ] 郭平,谢忠雷,李军,等.长春市土壤重金属污染特征及其潜在生态风险评价[J].地理科学,2005,25(1):108-112.
- [ 7 ] Pandey R, Shubhashish K, Pandey J. Dietary intake of pollutant aerosols via vegetables influenced by atmospheric deposition and wastewater irrigation[J]. Ecotoxicology and environmental safety, 2012, (76): 200-208.
- [ 8 ] 刘强.吉林省典型城市郊区菜地重金属污染与累积效应研究[D].导师:刘景双.中国科学院研究生院(东北地理与农业生态研究所),2014.
- [ 9 ] 汪琳琳,方凤满,蒋炳言.中国菜地土壤和蔬菜重金属污染研究进展[J].吉林农业科学,2009,02:61-64.
- [ 10 ] Soltani N, Keshavarzi B, Moore F, et al. Ecological and human health hazards of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) inroad dust of Isfahan metropolis, Iran[J]. Science of the Total Environment, 2015, (505C):712-723
- [ 11 ] Du Y R, Gao B, Zhou H D, et al. Health risk assessment of heavy metals in road dusts in urban parks of Beijing[J]. Procedia Environmental Sciences, 2013, (18):299-309
- [ 12 ] 刘成,邵世光,范成新,等.巢湖重污染汇流湾区沉积物重金属污染特征及风险评价[J].中国环境科学,2014,34(4):1031-1037.
- [ 13 ] 张兆永,吉力力·阿不都外力,姜逢清.天山山地表层土壤重金属的污染评价及生态风险分析[J].地球科学进展,2014,29(5):608-616.
- [ 14 ] 秦樊鑫,段婷婷.测定土壤中重金属Pb、Cd、Cu、Zn、Ni前处理方法[J].贵州师范大学学报,2005,23(2):81-83.
- [ 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.
- [ 16 ] 谢正苗,李静,徐建明,等.杭州市郊蔬菜基地土壤和蔬菜中Pb、Zn和Cu含量的环境质量评价[J].环境科学,2006,27(4):742-747.
- [ 17 ] 梁烜赫,曹铁华,张磊,等.吉林省农田重金属含量及其在作物中的累积[J].吉林农业科学,2011(6):59-62.
- [ 18 ] 环境保护部,GB15618-2008国家土壤环境质量标准GB15618-2008[S].北京:2009.
- [ 19 ] 曹铁华,梁烜赫,陈宝玉,等.吉林省农用地不同类型土壤中铅、镉、汞、砷含量安全性评价[J].吉林农业科学,2013,06:30-33.
- [ 20 ] 胡春华,蒋建华,周文斌.环鄱阳湖区农家菜地土壤重金属风险评价及来源分析[J].地理科学,2012,32(6):771-776.
- [ 21 ] 白玲玉,曾希柏,李莲芳,等.不同农业利用方式对土壤重金属累积的影响及原因分析[J].中国农业科学,2010,43(1):96-104.
- [ 22 ] 肖鹏飞,李法云,付宝荣,等.土壤重金属污染及其植物修复研究[J].辽宁大学学报(自然科学版)2004,31(3):279-283.
- [ 23 ] 吕建树,张祖陆,刘洋,等.日照市土壤重金属来源解析及环境风险评价[J].地理学报,2012,67(7):971-984.
- [ 24 ] Friedlander S. Chemical element balances and identification of airpollution sources[J]. Environmental Science & Technology, 1973, 7(3): 235-240.
- [ 25 ] 王军,陈振楼,王初,等.上海崇明岛蔬菜地土壤重金属含量与生态风险预警评估[J].环境科学,2007,28(3):647-653.
- [ 26 ] 陈晨.安徽省典型区域重金属污染现状与评价[D].导师:汪家权;郑志侠.合肥工业大学,2013.
- [ 27 ] 肖雪,赵南京,袁静,等.淮河流域某镇农业土壤重金属含量特征及污染评价[J].光谱学与光谱分析,2014,34(7):1785-1788.

(责任编辑: )