

文章编号 :1003-8701(2011)06-0059-04

# 吉林省农田重金属含量及其在作物中的累积

梁焯赫,曹铁华\*,张磊,于雷,刘春光

(吉林省农业科学院,长春 130033)

**摘要:**为研究吉林省农田及相应农作物中重金属污染状况,采集了26个县(市)97个土壤样品及相对应的农作物样品进行检测。结果表明,大豆田土壤中有1个样品镉含量大于背景值,超标率为6.67%;玉米田中有1个样品铜含量、4个样品镉含量超过土壤环境背景值,超标率分别为1.39%和5.56%;水稻田中各重金属元素含量均低于相应pH条件下的土壤环境标准限制。农作物中,大豆中有4个样品镉含量超标,超标率达到26.7%;玉米中铜含量超标的有1个样品,镉、汞含量超标的各有3个样品,超标率均达到4.17%;水稻中各重金属元素含量均在标准值之内。土壤的污染等级属于“清洁”一级。

**关键词:**农田;重金属;农作物;累积

中图分类号:S158.4

文献标识码:A

## Content of Heavy Metals in Farmland Soil and Accumulation in Crops in Jilin Province

LIANG Xuan-he, CAO Tie-hua\*, ZHANG Lei, YU Lei, LIU Chun-guang

(Academy of Agricultural Sciences of Jilin Province, Changchun 130033, China)

**Abstract:** In order to study the statement of heavy metals in farmland and crops in Jilin Province, 97 samples of soil and crops from 26 counties were collected to determine. The results showed that: Cd content of one sample in soybean field was higher than the background, the over-limit rate was 6.67%. Cu content of one sample and Cd content of four samples in maize field were higher than the background. The over-limit rate was 1.39% and 5.56%. Heavy metal content in rice soil was lower than the national standard value. Cd content of four samples in soybean were higher, the over-limit rate was 26.7%. Cu content of one sample and Cd and Hg content of there samples in maize field were higher than the background. The over-limit rate was 4.17%. Heavy mental content in rice were lower than the national standard value. The environment level belongs to cleanness.

**Keywords:** Farmland soil; Heavy mental; Crops; Accumulate

随着工业及城市污染的加剧和农用化学物质种类、数量的增加,土壤重金属污染日益严重,污染程度加剧,面积逐年扩大。土壤重金属污染对植物、牲畜乃至人类健康所造成的危害,越来越受到人们的广泛重视<sup>[1-3]</sup>。

吉林省是我国重要的商品粮基地,多年来粮食

商品率、商品量、人均占有量和调出量均居全国首位,粮食生产格局主要以玉米、水稻、大豆为主<sup>[4]</sup>。近几年,随着人民生活水平的提高,对食品质量、品质的要求也日益增加,因此,食品安全问题也就成为人们关注的主要问题。基于这一点考虑,对吉林省主要农作物种植区进行土壤及作物的重金属含量调查,明确土壤及作物的环境质量,将会为农产品质量安全生产提供重要的科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料

土壤样品:样品分布在吉林省26个县(市)的

收稿日期:2011-08-26

基金项目:吉林省科技厅青年基金项目(20090153);吉林省科技厅国际合作项目(20100722)

作者简介:梁焯赫(1980-),女,硕士,主要从事农产品安全研究。

通讯作者:曹铁华,博士,副研究员,E-mail:caotiehua2002@163.com

com

农用地,地上作物大多是玉米,个别地方种有水稻和大豆,取样在秋季收获时进行,采集 0~20 cm 的表土层,采样点共计 97 个,样品为 3 个点组成的混合样品,每个样品采集土壤 1kg,样品采集后放入新的布袋中,系好以防止样品的污染。每个点的 3 个样品混合为一个样品。土壤样品在室温下自然风干,磨碎,过 100 目筛备用。

植株样品:采集地点与土壤样品一致,收取作物的果实部分。样品经烘干后研磨,过 40 目筛后备用。

### 1.2 样品测定方法

锌、铜、镉采用微波消解—原子吸收光谱法测定。铅、砷、汞采用微波消解—电感耦合等离子体发射光谱 / 质谱联用法测定,pH 采用 NY/T 1121.2-2006 电位测定法测定。

### 1.3 土壤环境质量评价方法

常见的土壤环境质量评价方法有单因子指数法、模糊综合评价法、灰色聚类法和综合指数法<sup>[5]</sup>。单项污染指数评价法可以体现每一个评价指标的污染状况,但是一块土壤中很少有多种污染物超标现象,而是各污染物之间发生复合污染,因此用综合污染指数评价法对单项污染指数评价法进行校

正,可以兼顾平均值与最高值对土壤污染的贡献<sup>[6]</sup>。因此本文采用单因子指数法和内梅罗综合污染指数法对土壤环境质量进行评价。

(1) 单项污染指数法,其计算公式为:

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

其中  $P_i$  为  $i$  元素的单项污染指标, $C_i$  为  $i$  元素的实测含量, $S_i$  为  $i$  元素的标准限值。 $P_i \leq 1$  为非污染; $1 < P_i \leq 2$  为轻污染; $2 < P_i \leq 3$  为污染; $P_i > 3$  为重污染。

(2) 采用内梅罗污染指数法,内梅罗污染指数法计算公式为:

$$P = \sqrt{[(C_i/S_i)^2_{\max} + (C_i/S_i)^2_{\text{ave}}] / 2} \quad (2)$$

其中  $(C_i/S_i)^2_{\max}$  为土壤污染指数最大值, $(C_i/S_i)^2_{\text{ave}}$  为土壤各污染指数的平均值, $P$  为内梅罗污染指数<sup>[7-8]</sup>。

### 1.4 土壤环境质量及农作物质量评价标准

本文选用《土壤环境质量标准》(GB15618-1995)中二级标准作为农田土壤的评价标准,以国家颁布的《粮食(含谷物、豆类、薯类)及制品中铅、镉、铬、汞、硒、砷、铜、锌等 8 种元素限量 NY861-2004》标准作为农作物的对照标准<sup>[9]</sup>。

### 1.5 土壤环境质量等级

表 1 土壤标准限制

元素	土壤限值			玉米限值	水稻限值 (NY861-2004)	大豆限值
	pH<6.5	6.5<pH<7.5	pH>7.5			
Cu ≤	50	100	100	10	10	20
Zn ≤	200	250	300	50	50	100
Pb ≤	250	300	350	0.4	0.4	0.8
Cd ≤	0.3	0.6	1.0	0.05	0.2	0.2
Hg ≤	0.3	0.5	1.0	0.02	0.02	0.02
Se	30	25	20	-	0.7	-
Paddy field ≤	-	-	-	-	-	-
Dry soil ≤	40	30	25	0.7	-	0.5

表 2 土壤环境质量等级

等级	综合污染指数	污染等级	污染水平
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	$1.0 < P_{\text{综}} \leq 2.0$	轻度污染	土壤污染物超出标准视为轻度污染,作物开始污染
4	$2.0 < P_{\text{综}} \leq 3.0$	中度污染	土壤、作物受中度污染
5	$P_{\text{综}} > 3.0$	重污染	土壤、作物受污染已相当严重

## 2 结果与分析

### 2.1 农田土壤中重金属污染状况及评价

#### 2.1.1 农田土壤重金属含量

所调查的土壤均为农田土壤,根据种植作物的不同分为大豆田、水稻田、玉米田。从表 3 可以看出 3 种农田土壤中 6 种重金属元素 (Zn、Cu、Pb、Cd、Hg、As) 的平均含量分别为 43.392、20.563、27.633、0.154、0.047、6.485;37.607、37.877、24.575、0.187、

0.076、8.263;29.936、19.533、22.496、0.151、0.043、6.090 mg/kg,其中大豆田中有 1 个样品镉含量大于土壤环境背景值,超标率为 6.67%;玉米田中铜含量超过土壤环境背景值的有 1 个样品,有 4 个样品镉含量超过土壤环境背景值,超标率分别为 1.39%和 5.56%,说明这几块农田已经受到重金属的污染。水稻田中各重金属元素的含量均低于相应 pH 条件下的土壤环境标准限制。

铜是植物生长的必需元素,但如果土壤中累

积过多,被植物吸收后,大部分停留在根部,阻碍根系对其它成分特别是对铁的吸收,导致植物生长不良<sup>[10]</sup>。镉进入土壤后,很难被土壤分解,却很容易被作物吸收并在其可食部位续集,通过食物链进入人体,与人体内的蛋白质及各种酶发生强

烈的相互作用而使其失去活性,并在人体某些器官中积蓄起来,造成慢性中毒,诱发各种疾病,甚至死亡<sup>[11]</sup>。所以,应该重视当地土壤重金属的摄入量,同时应对当地的农业环境做进一步的调查研究。

表3 农田土壤重金属含量及超标率

农田土壤		mg/kg					
		Zn	Cu	Pb	Cd	Hg	As
大豆田 (15)	最大值	86.952	27.377	38.308	0.340	0.094	9.930
	最小值	11.503	14.193	20.305	0.077	0.027	2.961
	均值	43.392	20.563	27.633	0.154	0.047	6.485
	标准差	0.205	0.04	0.086	0.000 4	0.000 4	0.095
	超标率(%)	0	0	0	6.67	0	0
水稻田 (10)	最大值	77.956	88.023	36.135	0.271	0.159	12.919
	最小值	18.936	25.729	10.093	0.054	0.025	4.024
	均值	37.607	37.877	24.575	0.187	0.076	8.263
	标准差	0.132	0.123	0.075	0.000 3	0.001	0.088
	超标率(%)	0	0	0	0	0	0
玉米田 (72)	最大值	127.605	91.371	70.353	0.620	0.154	10.252
	最小值	5.452	5.006	6.996	0.045	0.007	2.758
	均值	29.936	19.533	22.496	0.151	0.043	6.090
	标准差	0.145	0.068	0.072	0.000 3	0.000 3	0.079
	超标率(%)	0	1.39	0	5.56	0	0

### 2.1.2 农田土壤重金属污染评价

从表4可以看出,3种农田土壤中重金属的平均单向污染指数均小于1,说明仅从某种重金属指标考查,除个别地点外,调查区域符合一般农田要求,土壤质量基本上对植物和环境不会造成

危害和污染。从综合污染指数看,均小于0.7,也处在未污染的范围,土壤污染等级属于“清洁”一级。虽然未受污染,但水稻田的综合污染指数偏高,所以在生产中应控制重金属元素的摄入,以免造成某种元素超标而影响地上部作物的吸收。

表4 农田土壤重金属污染指数

	单项污染指数						综合污染指数
	Zn	Cu	Pb	Cd	Hg	As	
大豆田	0.217	0.411	0.111	0.513	0.156	0.162	0.407
水稻田	0.188	0.758	0.098	0.622	0.254	0.275	0.595
玉米田	0.150	0.391	0.09	0.505	0.144	0.152	0.395

### 2.1.3 3种农田中农作物重金属含量

从表5中可以看出大豆、水稻、玉米3种农作物中6种重金属元素(Zn、Cu、Pb、Cd、Hg、As)的平均含量分别为41.081、10.670、0.026、0.108、0.001、0.030;19.229、4.309、0.099、0.044、0.004、0.302;18.320、3.218、0.029、0.016、0.004、0.028

mg/kg。根据国家制定的粮食及其制品中重金属元素含量标准,在大豆的15份样品中,镉含量超标的有4个样品,超标率达到26.7%;水稻中各重金属元素含量均在标准值之内;在玉米的72份样品中,铜含量超标的有1个样品,镉、汞含量超标的各有3个样品,超标率均达到4.17%。可见,吉林

表5 子粒中重金属含量及超标率

作物		mg/kg					
		Zn	Cu	Pb	Cd	Hg	As
大豆 (15)	最大值	50.966	15.195	0.105	0.290	0.003	0.069
	最小值	32.244	2.147	0.004	0.012	0.000	0.014
	均值	41.081	10.670	0.026	0.108	0.001	0.030
	标准差	0.199	0.042	0.0001	0.0002	0.000	0.001
	超标率(%)	0	0	0	26.7	0	0
水稻 (10)	最大值	23.691	5.757	0.164	0.174	0.006	0.572
	最小值	14.777	1.491	0.039	0.012	0.001	0.073
	均值	19.229	4.309	0.099	0.044	0.004	0.302
	标准差	0.180	0.021	0.0004	0.0003	0.000	0.007
	超标率(%)	0	0	0	0	0	0
玉米 (72)	最大值	28.740	10.238	0.169	0.418	0.026	0.122
	最小值	11.144	0.000	0.008	0.000	0.000	0.01
	均值	18.320	3.218	0.029	0.016	0.004	0.028
	标准差	0.118	0.028	0.0002	0.00007	0.000	0.0008
	超标率(%)	0	1.39	0	4.17	4.17	0

省农田中个别农作物的污染情况也比较突出。

### 3 结 论

3.1 研究的吉林省 26 个县(市)97 个土壤样品中,大豆田和玉米田各有 1 个样品的铜含量超标,玉米田中有 4 个样品的镉含量超标,因此应严格控制这两种元素的引入量,其余地块中的重金属(Zn、Cu、Pb、Cd、Hg、As)含量符合一般农田相关标准的要求。

3.2 研究的相应地块作物中 Zn、Cu、Pb、Cd、Hg、As 重金属含量,大豆中有 4 份镉含量超标,玉米中有 1 份铜含量超标,3 份镉含量超标,3 份汞含量超标,其余均符合粮食重金属元素限量要求,对于超标的作物,应进一步查明污染途径,减少污染元素的吸收,防止对人体产生危害。

3.3 从污染等级看,整体上平均单项污染指数小于 1,综合污染指数小于 0.7,属于未受污染。

3.4 对比相应地块中土壤重金属含量可以看出,土壤重金属含量超标时,地上部植株会表现出相应的重金属含量高;而有些地块,即使土壤中重金属的含量低于标准限制,相对应的植株中重金属含量却出现超标的现象。这种农作物中重金属含量高于土壤中重金属含量的现象可能与多种因素有关,如农田常年大量使用化肥、农药,污水灌溉导致土壤受污染程度不同、土壤性质(pH 值、土壤有机质含量、土壤黏粒含量等)、农作物品种差异等。土壤的重金属污染是影响农作物重金属含量的一个因子,农作物重金属污染还受大气、水质环境等多种环境因子的影响<sup>[12-14]</sup>。因此对于所调查地块作物中重金属含量高的原因,还应该进行进

一步的考察。

参考文献:

- [1] 王 超,赵淑华,武中波.长春市西湖灌区土壤砷污染调查与评价[J].环境科学与管理,2009,34(12):180-182.
- [2] 顾继光,林秋奇,胡 韧,等.土壤-植物系统重金属污染的治理途径及其研究展望[J].土壤通报,2005,36(1):128-132.
- [3] 翟 航.长春市土壤重金属分布规律及土壤环境质量评价研究[D].吉林大学硕士学位论文,2007.
- [4] 何秀丽,张平宇,程叶青.吉林省粮食生产格局变化及其影响因素研究[J].安徽农业科学,2007,35(5):1536-1538.
- [5] 李雪梅,王祖伟,汤显强,等.重金属污染因子权重的确定及其在土壤环境质量评价中的应用[J].农业环境科学学报,2007,26(6):2281-2286.
- [6] 卢振兰,赵晓松,高 珊,等.吉林省无公害中药材种植基地土壤环境质量评价[J].中国生态农业学报,2006,14(3):210-212.
- [7] 何 愿,张成江,徐争启,等.万源市土壤质量初步评价[J].安徽农学通报,2008,14(11):51-54.
- [8] 张志泉,潘 武.综述环境质量评价方法[J].黑龙江环境通报,2004,28(3):50-53.
- [9] 中华人民共和国农业行业标准,粮食(含谷物、豆类、薯类)及制品中铅、铬、镉、汞、硒、砷、铜、锌等八种元素限量(NY861-2004).
- [10] 田丽梅.土壤重金属污染对农作物的影响[J].天津农林科技,1997(4):37-38.
- [11] 徐春花,朱 萍,黄卫红,等.农田中重金属镉污染对使用农产品安全的影响[J].上海农业科技,2009(4):29-30.
- [12] 谢正苗,李 静,王碧玲,等.基于地统计学和 GIS 的土壤和蔬菜重金属的环境质量评价[J].环境科学,2006,27(10):2110-2116.
- [13] 李红英.作物中 Cd 和 Zn 的含量与土壤性质及土壤中 Cd, Zn 总含量的关系[J].宁夏工程技术,2002,1(3):221-223.
- [14] 张远蓉,王 帅,郭宏平,等.农地土壤重金属安全性评价指标体系研究[J].土壤通报,2009,40(6):1432-1435.