

不同农作物对镉污染土壤富集情况的研究

张 磊¹, 邢玉权²

(1. 唐山学院 土木工程学院, 河北 唐山 063000; 2. 中节能大地环境修复有限公司, 北京 100000)

摘要:对四川省某矿山镉污染地区进行实地考察和样本采集,测定土壤中镉总量、土壤中镉有效态含量、不同种类农作物可食用部分镉含量、不同农作物的镉富集系数,并对测定结果进行比较和分析。测定结果表明,土壤中镉总量和有效态含量均与农作物可食用部分镉含量不成正相关关系,不同种类的农作物对镉的富集情况相差较大,同一作物不同部分镉富集情况亦不相同。

关键词:土壤; 镉总量; 镉有效态含量; 农作物

中图分类号:X53;S151.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-349X(2019)03-0026-04

DOI:10.16160/j.cnki.tsxyxb.2019.03.007

Study of Concentration in Different Crops on the Contaminated Soil by Cadmium

ZHANG Lei¹, XING Yu-quan²

(1. School of Civil Engineering, Tangshan University, Tangshan 063000, China;

2. CECEP DADI Environmental Remediation Co., Beijing 100000, China)

Abstract: With field investigation and sample collection of a cadmium-contaminated mine areas in Sichuan province, the total amount of cadmium in the soil, the available cadmium in the soil, the cadmium in the edible part of different crops and the cadmium concentration coefficient of different crops were gauged. Then, the results were compared and analyzed. The results show that the total amount of cadmium and the available cadmium in the soil are not in positive correlation to the cadmium content in edible parts of crops. The cadmium concentration in different crops varies greatly and the concentration in different parts of the same crop is also different.

Key Words: soil; total cadmium; available content of cadmium; crop

土壤作为人类活动的基本场所,为人类的生存和发展提供了重要资源,但也是污染物容易聚集和传播的场地。2016 年 5 月国务院正式发布了《土壤污染防治行动计划》,将土壤污染防治作为生态文明建设的重要举措之一。在

土壤污染问题中,重金属污染问题尤为突出,尤其是 20 世纪以来,随着工业、城市污染的加剧和农用化学物质种类、数量的增加,土壤重金属污染问题日益严重^[1]。2014 年《全国土壤污染状况调查公报》显示:土壤重金属污染以镉、汞、

作者简介:张磊(1986—),女,河北唐山人,工程师,硕士,主要从事环境污染治理研究。

砷、铜、铅等8种重金属为主^[2],其中镉是对植物和动物毒性最强的痕量重金属元素之一。镉是植物生长的非必需元素,当其进入作物体内并积累到一定程度时,作物就会表现出毒害症状,造成产量和质量下降。人食用该种作物后,镉被人体吸收,主要分布于肝和肾中,如积累过量,会对肾脏会造成巨大伤害,并损坏人体的神经系统、免疫系统和骨骼系统^[3]。因此,镉是农田土壤重金属污染最为广泛和农作物可食用部分超标最为显著的重金属元素,一直是土壤和农作物重金属污染研究的重点和难点。

本次研究针对镉污染土壤,采集其上种植的谷物类、块根类、坚果类、水果类、蔬菜类5大类农作物,分别比较土壤中镉总量、镉有效态含量与农作物可食用部分中镉含量的关系,对不同类农作物的镉富集情况进行对比,并对同种作物不同部位的镉吸收富集情况进行比较,为镉污染土壤种植作物的选择及土壤的植物修复提供技术参考。

1 试验材料和方法

1.1 试验材料

本研究采用大田试验的方法,对四川省某矿山镉污染地区的土壤及其种植的作物进行实地采样,其中有玉米、香蕉、白菜、芋头、花生等多种农作物样本,采样时间为2018年3至10月。将土壤和农作物样本进行风干,并于75~80℃烘箱中烘干,磨细过1mm筛,于样品采集保存瓶(如图1所示)中密封保存。

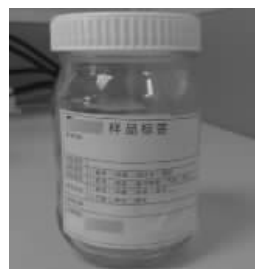


图1 土壤及农作物样品采集保存瓶

1.2 试验方法

土壤及农作物体内镉含量的测定方法见表1。

表1 样品重金属分析方法

监测因子	检测方法	参考技术规范标准
土壤总镉	石墨炉原子吸收分光光度法	GB/T 17141—1997
土壤有效态镉	有效态铅和镉的测定	GB/T 23739—2009
农作物镉含量	电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)	GB5009.268—2016 食品安全国家标准 食品中多元素的测定第一法

2 数据结果与分析

2.1 土壤镉总量与有效态含量关系

土壤中重金属总量可以作为环境污染的重要标志,但不能真正反映其潜在的生态危害性^[4],重金属的生物毒性不仅与其总量有关,而且在很大程度上由其形态分布所决定。不同形态产生不同的环境效应,直接影响到其毒性、迁移及在自然界中的循环^[5]。对于土壤中重金属形态目前还没有统一的分类方式,常见的是将其划分为生物有效态、碳酸盐结合态、铁—锰氧化物结合态、有机物结合态和残渣态5种形态,其中生物有效态对环境变化敏感,易于迁移转化,能被植物吸收,反映重金属生物毒性作用^[6]。因此,本研究对土壤中镉的总量及有效

态含量分别进行测定和统计分析,结果如图2所示。

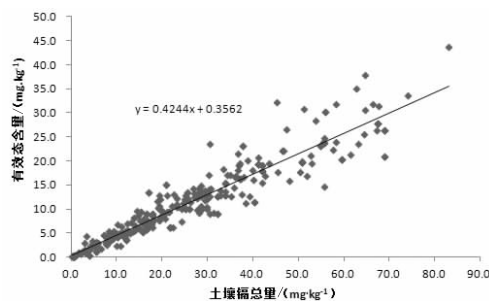


图2 土壤镉总量与有效态含量关系图

从图2中可以看出,研究区域的土壤中镉有效态含量随着镉金属总量的增加而增加,二者具有较好的正相关关系,相关系数为0.4244,说明土壤中重金属有效态含量受总量变化的影响。

2.2 土壤镉总量与农作物可食用部分镉含量关系

本研究选择农作物样品采集数量较多的玉米、芋头、香蕉、白菜、花生几种作物作为研究对象,其分别对应于谷物类、块根类、水果类、蔬菜类、坚果类 5 大类农作物,分析比较土壤中镉总量与农作物可食用部分中镉含量的关系,如图 3 所示。

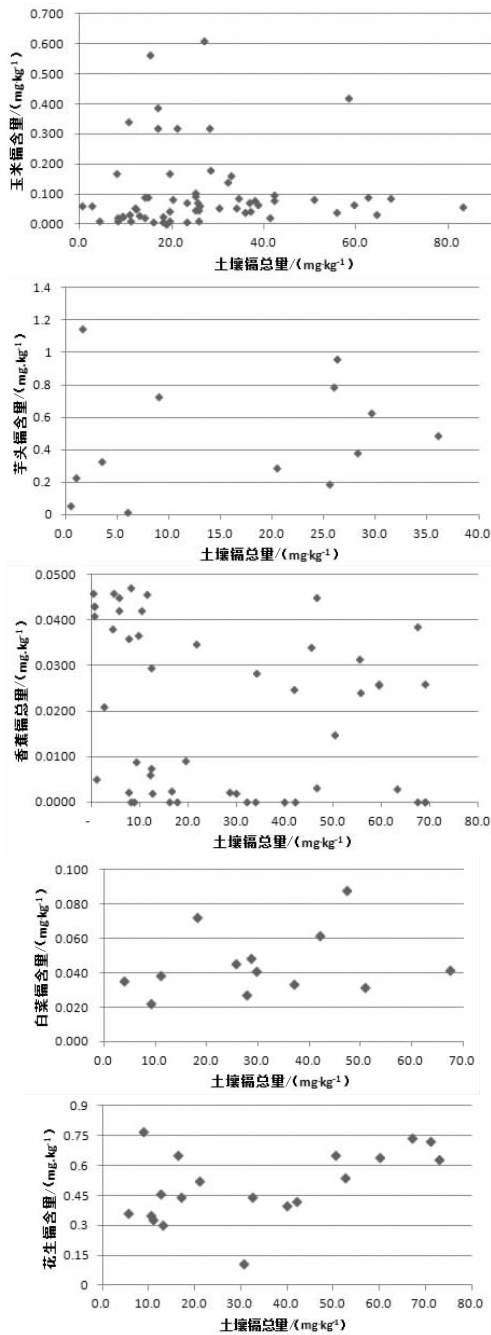


图 3 土壤镉总量与农作物镉含量关系图

由图 3 可知,5 类农作物的土壤中镉金属总量与农作物中镉金属含量均不成正相关关系,多数农作物镉金属含量上限通常有一个“阈值”,农作物镉金属含量值多数分布在该“阈值”之下。所测定的 5 类农作物玉米、芋头、香蕉、白菜、花生的“阈值”分别为 0.62 mg/kg, 1.18 mg/kg, 0.47 mg/kg, 0.87 mg/kg, 0.78 mg/kg, 农作物镉金属含量并不随着土壤镉金属总量的增加而增大,与农田土壤中镉金属总量没明显关系。

分析原因,镉的化学性质活泼,在土壤中的存在形态与土壤的理化性质比如 pH 值、有机质含量、土壤酶的活性等多种因素有关,尤其是 pH 值,是影响重金属形态的重要因素。本研究区域的土壤 pH 值在 7.8~8.5 之间,为碱性土壤。在镉的各种存在形态中,植物可以利用的主要是土壤中镉的水溶态和可交换态,二者通常被称为有效态,相关分析研究表明,土壤中有有效态重金属含量随着 pH 值的升高而减少,呈极显著负相关,而碳酸盐结合态和铁锰化合物结合态重金属与 pH 值呈正相关^[7];另有研究表明,在碱性土壤中镉的存在形态多以碳酸盐结合态(CdHCO_3^+)形式为主,其他的存在形态相对较少^[8],此种形态主要分布于土壤固相之中,难以被植物利用。因此,本研究对土壤中镉有效态含量与农作物体内镉含量需要进一步测定,以确定土壤中镉有效态含量与农作物可食用部分镉含量的相关关系。

2.3 土壤镉有效态含量与农作物可食用部分镉含量关系

在对镉有效态含量与农作物可食用部分镉含量关系进行分析时,由于香蕉、白菜、花生采集的有效数据较少,因此选用样本数据较多的玉米和芋头两类农作物进行分析,结果如图 4 所示。

通过图 4 可以发现,土壤中镉有效态含量与农作物中镉含量不成正相关关系,但是玉米和芋头中镉含量上限均有一个“阈值”,这点和土壤中镉总量与农作物中镉含量的关系一致。

一些文献曾得出土壤有效态重金属含量与作物体内重金属含量成正相关关系的试验结

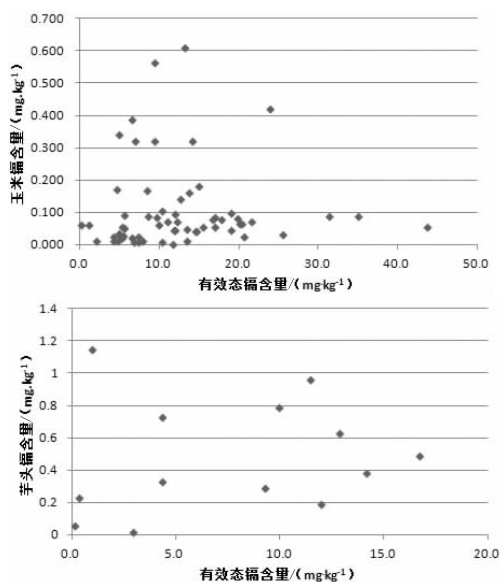


图4 土壤镉有效态含量
与玉米、芋头镉含量关系图

果^[9],但是本研究并不能得出此结论。分析原因,目前土壤中重金属的生物有效性评价在国际上还没形成一个统一的标准^[8],本次对镉有效态的测定采用了较常用的石墨炉原子吸收分光光度法(GB/T 23739—2009),但是各种测定方法都要受到土壤理化性质的影响,都存在一定的使用范围及局限性,并且在有效态的测定过程中存在重金属再吸收再分配过程,因此导致试验研究的结果各异;另外,本研究是对作物果实部分重金属含量进行分析比较,而植物的不同部位对重金属的富集情况不相同,这也是不能得出正相关关系的原因之一。

分析农作物可食用部分镉含量呈现出“阈值”的原因可能有两个:一是农作物吸收重金属镉可能存在特定的机制,即作物体内重金属积累到一定程度含量就不会随着土壤重金属含量的增加而继续增大,但这一论断还有待进一步试验证明;二是富集时间的影响,农作物可食用部分吸收重金属镉的过程是随时间积累的过程,由于农作物可食用部分生长周期不会超过1年,在有限的生长周期中对重金属镉的吸收量也是有限的。

2.4 不同种类农作物镉富集情况比较

本研究统计了5类农作物的可食用部分镉富集系数,并取各类作物富集系数的平均值进

行比较分析,结果如表2所示。

表2 5类农作物镉富集系数比较

农作物分类	镉富集系数
谷豆类(玉米)	7.36E-03
水果类(香蕉)	9.20E-03
新鲜蔬菜类(白菜)	2.55E-02
坚果类(花生)	6.03E-02
块根类(芋头)	6.42E-02

从表2可知,对于金属镉的富集能力:块根类>坚果类>新鲜蔬菜类>水果类>谷物类。分析原因,作物的各个部位对重金属的富集能力不同,根部与土壤的接触面积最大,重金属通过作物的根部吸收后被转运到其他各个部位,本研究测定的坚果类作物花生、块根类作物芋头均生长在土壤中,因此二者的可食用部分镉的富集系数较高。另外通过比较数据结果可以看出,镉在如玉米、香蕉类作物体内从根部到可食用部分的转运路径越长,可食用部分的镉的含量越低,其在作物体内的分布一般为根>茎>叶片(或果实)。

3 讨论与结论

土壤中有效态重金属镉含量随着土壤中镉总量的增加而增加,且具有较好的正相关关系,但是农作物植株内的重金属镉含量与土壤镉总量和有效态含量均不成正相关关系,多数农作物重金属镉含量上限通常有一个“阈值”,农作物镉含量值多数分布在该“阈值”之下。

果实位于土壤内的作物,可食用部分对重金属的富集能力最强,因此在镉污染严重地区种植作物时,建议减少块根类、蔬菜类以及花生等坚果类作物的种植,如果有适宜的生长条件,尽量选取果树作物,以保障农产品的安全。

参考文献:

- [1] 杨凯. 东莞菜稻菜轮作对土壤Cd、Pb、As形态分布及其生物有效性的影响[D]. 武汉:华中农业大学,2013.
- [2] 环境保护部,国土资源部. 全国土壤污染状况调查公报[J]. 中国环保产业,2014,36(5):10-11.

(下转第79页)

- Basil Blackwell, 1989: 253 - 263.
- [4] 江小涓. 中国推行产业政策中的公共选择问题[J]. 经济研究, 1993(6): 3 - 18.
- [5] 郭克莎, 吕铁, 周维富. 20 世纪以来产业经济学在中国的发展[J]. 上海行政学院学报, 2001(1): 67 - 77.
- [6] LINDBLOM C E. Politics and markets: the world's political-economics systems [M]. New York: Basic Books, 1977.
- [7] SIMON H A. Administrative behavior[M]. New York: The Free Press, 1957.
- [8] WEBER M. Die drei reinen Typen der legitimen Herrschaft [M]//MOHR J C B. Gesammelte aufsätze zur wissenschaftslehre. Tübingen: Mohr Siebeck, 1988: 475 - 488.
- [9] 周振华. 产业政策分析的基本框架[J]. 当代经济科学, 1990(6): 26 - 32.
- [10] 王曦, 陆荣. 危机下四万亿投资计划的短期作用与长期影响[J]. 中山大学学报(社会科学版), 2009(4): 180 - 188.
- [11] 陈正洪. 当代中国中长期科技规划历史与理念研究[M]. 北京: 气象出版社, 2015: 36 - 40.
- [12] PENEDER M. The problem of private under-investment in innovation: a policy mind map[J]. Technovation, 2008, 28(8): 518 - 530.
- [13] MUKHERJEE A, SINGH M, ŽALDOKAS A. Do corporate taxes hinder innovation? [J]. Journal of Financial Economics, 2017, 124(1): 195 - 221.

(责任编辑: 夏玉玲)

(上接第 29 页)

- [3] MANZ M, WEISSFLOG L, KÜHNE R, et al. Ecotoxicological hazard and risk assessment of heavy metal Contents in agricultural soils of central Germany[J]. Ecotoxicology & Environmental Safety, 1999, 42(2): 191 - 201.
- [4] 唐文浩, 岳平, 陈恒宇. 海南岛砖红土壤中铅、镉的化学形态与转化[J]. 中国生态学农业学报, 2009, 17(1): 145 - 149.
- [5] 钱进, 王子健, 单孝全, 等. 土壤中微量金属元素的植物可给性研究进展[J]. 环境科学, 1995, 16(6): 73 - 75.
- [6] 魏树和, 周启星. 重金属污染土壤植物修复基本原理及强化措施探讨[J]. 生态学杂志, 2004, 23(1): 65 - 72.
- [7] 刘霞, 刘树庆, 王胜爱, 等. 河北主要土壤中重金属镉形态与土壤酶活性的关系[J]. 河北农业大学学报, 2002, 25(1): 5 - 8.
- [8] 代允超. 土壤中镉、砷生物有效性影响因素及评价方法研究[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2018.
- [9] 怀俊晟, 沈艳. 土壤重金属形态分析质量控制研究[J]. 广东化工, 2018, 45(12): 104 - 106.

(责任编辑: 李秀荣)