

## 施用石灰对大白菜中 Cd, Pb, Zn 含量的影响\*

杜彩艳<sup>1,2</sup>, 祖艳群<sup>1\*\*</sup>, 李元<sup>1</sup>

(1. 云南农业大学资源与环境学院, 云南 昆明 650201; 2. 云南省农科院土壤肥料研究所, 云南 昆明 650205)

**摘要:** 通过盆栽试验, 研究了在 Cd, Pb, Zn 污染的土壤上, 石灰对大白菜地上部分重金属 Cd, Pb, Zn 含量的影响。结果表明: 石灰能显著降低大白菜中重金属 Cd, Pb, Zn 含量。大白菜地上部分 Cd, Pb, Zn 的含量都随石灰用量升高而呈下降趋势。

**关键词:** 石灰; 大白菜; 镉; 铅; 锌; pH

**中图分类号:** S 634. 1. 062 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004 - 390X(2005)06 - 0810 - 03

## Effect of Lime on the Contents of Cd, Pb, Zn in Chinese Cabbage

DU Cai-yan<sup>1,2</sup>, ZU Yan-qun<sup>1</sup>, LI Yuan<sup>1</sup>

(1. College of Resources & Environment, Y A U, Kunming 650201, China;

2. Soil and Fertilizer Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China )

**Abstract:** Pot experiments were carried out to study the effects and accumulation of Cd, Pb, Zn in plants grown on a polluted soil. The results showed that lime could obviously reduce contents of Cd, Pb, Zn in Chinese cabbage. With the increasing of lime contents in soils, The contents of Cd, Pb, Zn in plant gradually decreased.

**Key words:** lime; Chinese cabbage; Cd; Pb; Zn; pH;

镉(Cd), 铅(Pb)是重金属元素, 有毒, 能引起人和动物受到毒害。锌(Zn)是动物和人体必需的微量营养元素, 在适量范围内对生物体有益, 超过一定的浓度阈值则有毒害作用。Cd, Pb, Zn 危害人类的主要途径是通过对土壤和水体污染进而进入食物链。土壤 Cd, Pb, Zn 的有效性或植物对 Cd, Pb, Zn 的吸收与土壤 pH 呈负相关<sup>[1,2]</sup>, 也有研究认为植物中 Cd, Pb, Zn 的含量与土壤 pH 的正相关关系可能是由于植物种类对 Cd, Pb, Zn 有效性的不同反应, 或由于石灰的施用改良了植物根系<sup>[3~5]</sup>。

云南省土壤重金属背景值高以及人工影响等原因, 导致部分农田重金属污染, 农产品重金属含量超标, 部分已失去了耕种的意义, 逐渐变成不毛之地, 使得本身就很有有限的用于生产性地越来越少, 严重影响了云南的农业生产<sup>[6]</sup>。本文采用盆

栽试验的方法, 研究探讨不同的石灰用量和 pH 条件下, 植物吸收土壤 Cd, Pb, Zn 的基本规律, 为通过农业措施控制蔬菜中重金属元素的污染水平提供理论依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 供试材料

供试土壤采自云南省会泽县者海铅锌冶炼厂下风向 50 m 范围内污染土壤。pH 5.6, OM 0.14 g/kg, CEC 6.68 cmol/kg, TN 0.51 g/kg, TK 0.86 g/kg, TP 0.063 g/kg。从表 1 可知, 供试土壤重金属严重超过我国土壤环境质量二级标准(GB15168 - 1995)限值(全 Cd 为 37.37 mg/kg, 全 Pb 为 1330.33 mg/kg, 全 Zn 为 2992.94 mg/kg)。该土壤为 Cd, Pb, Zn 严重污染的土壤。供试改良材料为熟石灰, 采自当地, 过 2 mm 筛。土壤与石灰主要元素含量见表 1。供试作

收稿日期: 2005 - 00 - 00

\* 基金项目: 中法先进研究计划项目(PRA E 01 - 02); 云南省国际合作研究项目(2002GH14) \*\* 通讯作者  
作者简介: 杜彩艳(1977 -), 女, 云南维西人, 硕士, 研究实习员, 主要从事植物营养研究。

物为大白菜(青岛83-1)。

表1 供试土壤和石灰主要元素含量

Tab. 1 The contents of some elements of soil and lime

项目	全量 Cd/ (mg · kg <sup>-1</sup> )	全量 Pb/ (mg · kg <sup>-1</sup> )	全量 Zn/ (mg · kg <sup>-1</sup> )
土壤	37.37	1 330.33	2 992.94
石灰	0	13.65	34.99

## 1.2 试验方法

试验处理,设5个水平,3次重复,随机区组排列,以不施用石灰为对照(CK),共15盆,每盆装土5 kg。底肥使用尿素3 g,普钙2 g,硫酸钾1.5 g。将土壤和石灰,底肥称好,混合均匀,装入盆中;并用熟石灰调节土壤 pH 为 6.1,6.6,7.0,7.6,加水至田间持水量,培养1周后于2004年11月20日移栽20 d 龄的大白菜3株,成活后间苗,每盆留1株。2005年1月20日收获大白菜。试验设计方案见表2。

表2 盆栽试验试验设计方案及代码

Tab. 2 Designing plan and codes of pot experiments

处理	石灰用量/(g · kg <sup>-1</sup> 土)	加入石灰后 pH
CK	0	5.6
石灰处理	L <sub>1</sub>	6.1
	L <sub>2</sub>	6.6
	L <sub>3</sub>	7.0
	L <sub>4</sub>	7.6

### (1) 样品处理

植株样品用整株作样,取地上部分,去边叶,将植株样品用自来水冲洗干净,再用去离子水冲洗3遍,于105℃烘箱中杀青30 min,65~70℃烘24 h左右,碾碎,过100目筛;称取均匀样品5 g置于50 mL瓷坩埚中,在普通电炉上低温炭化,至不冒烟为止,然后移入高温电炉中500℃灰化16 h左右。切断电源,放冷到约400℃时取出坩埚,冷却至室温后,加入硝酸-高氯酸混合酸(3:1)5~10 mL,用玻璃棒将残存的碳捣碎,用盖覆盖,在电热板上加热,不使干涸,必要时再加少量混合酸,如此反复处理,直至残渣成白色灰。待坩埚冷却后,加1 mol/

LHCl 溶液 10~20 mL,用坩埚盖覆盖,在80~90℃加热5 min 溶解残渣,并移入50 mL容量瓶中,用水定容,备用。

### (2) 测试方法

重金属的测定用原子吸收分光光度计法,仪器为 HITACHIZ-6100 火焰原子吸收分光光度计(日本)。数据处理采用 SAS 软件,用 t 检验测定对照与处理间差异显著性( $P < 0.05$  或  $0.01$ )

## 2 结果与讨论

### 2.1 石灰对大白菜地上部重金属 Cd 含量的影响

不同石灰用量下大白菜地上部重金属 Cd 含量变化见图1。图1表明,不同石灰用量均能明显地降低大白菜地上部重金属 Cd 含量。随着石灰用量的增加,大白菜地上部重金属 Cd 含量呈下降趋势,且植株中重金属 Cd 含量均比对照低。石灰的加入对 Cd 在大白菜地上部的含量都有不同程度的抑制作用,高用量时抑制 Cd 在大白菜地上部的富集作用最明显,使大白菜地上部的含量比对照降低了34.45%(表3);t 检验表明,石灰对大白菜地上部 Cd 含量的影响,对照与 L<sub>1</sub> 间差异显著( $P < 0.05$ ),而与 L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub> 间差异都达到极显著( $P < 0.01$ )。然而,即使在土壤 pH 7.6 处理时,大白菜地上部 Cd 的含量也超过国家蔬菜食品卫生标准 Cd ≤ 0.05 mg/kg (参照 GB15201-94)。说明冶炼厂附近的土壤,即使通过施石灰提高土壤 pH,亦不适宜于种植大白菜。

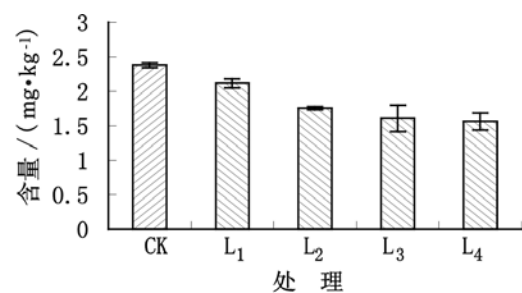


图1 石灰对大白菜中 Cd 含量的影响

Fig. 1 Effect of lime on the contents of Cd in Chinese cabbage

表3 石灰对大白菜地上部 Cd,Pb 和 Zn 含量的影响

Tab. 3 Effect of lime on the contents of Cd,Pb and Zn in Chinese cabbage

处 理	CK	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>
大白菜地上部 Cd 含量比 CK 变化/%	0	-11.3	-26.05	-32.35	-34.45
大白菜地上部 Pb 含量比 CK 变化/%	0	-4.87	-20.11	-30.24	-40.45
大白菜地上部 Zn 含量比 CK 变化/%	0	-9.47	-27.75	-35.91	-38.40

植物对 Cd 等重金属的吸收除受气候因素的影响外,还受土壤因素,特别是 pH, CEC, 磷水平、有机质含量、土温及其他重金属元素的影响。在一般范围内,蔬菜中的重金属含量与土壤中的重金属含量有明显的相关性<sup>[7,8]</sup>,施加石灰被认为是抑制 Cd 污染土壤上植株吸收 Cd 的有效措施<sup>[9]</sup>,石灰的加入使土壤 pH 增加,Cd 的溶解度减少,植株吸 Cd 量也随之降低<sup>[10]</sup>,因而能有效的降低植物体对 Cd 的富集。研究发现,石灰在不同用量下都较明显的抑制 Cd 向植物的迁移,植株中 Cd 含量分别比对照低。

## 2.2 石灰对大白菜地上部重金属 Pb 含量的影响

不同石灰用量均能明显地抑制 Pb 向植物的迁移(图 2)。随着石灰用量的增加,植物中 Pb 含量逐渐降低,且均低于对照,当石灰加入量为 5.0 g/kg 时抑制效果最明显,大白菜地上部 Pb 含量比对照下降了 41.22% (表 3),这表明在试验条件下,当加入的石灰量为 5.0g/kg 时,减少 Pb 向植物迁移的效果更明显。通过 t 检验表明,石灰对大白菜地上部 Pb 含量的影响,除对照与 L1 间差异不显著外,与 L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub> 间差异都达到极显著 ( $P < 0.01$ )。

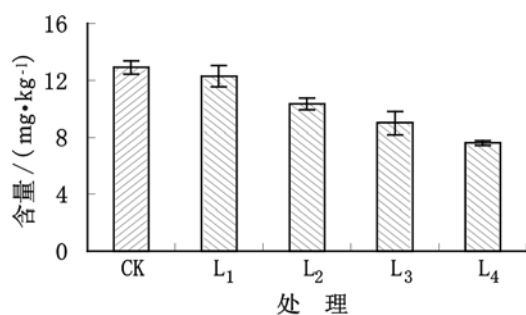


图 2 石灰对大白菜中 Pb 含量的影响

Fig. 2 Effect of lime on the contents of Pb in Chinese cabbage

这是由于施用石灰后钙和铅之间存在的离子拮抗作用,会降低植物对 Pb 的吸收<sup>[11,12]</sup>。然而,即使在土壤 pH 7.6 处理时,大白菜地上部 Pb 的含量也超过国家蔬菜食品卫生标准  $Pb \leq 0.2 \text{ mg/kg}$  (参照 GB15201-94)。说明冶炼厂附近的土壤,即使通过施石灰提高土壤 pH,亦不适宜于种植大白菜。

## 2.3 石灰对大白菜地上部重金属 Zn 含量的影响

任何水平石灰均能明显地抑制 Zn 向植物的迁移。随着石灰用量的增加,植物中 Zn 含量逐渐降低,且植株中重金属 Zn 含量均低于对照(图 3)。

石灰施用量越大,大白菜地上部 Zn 含量越少。当加入的石灰为 5.0 g/kg 时,大白菜地上部 Zn 含量为 114.9 mg/kg,比对照降低 38.4% (表 3)。通过 t 检验发现,石灰对大白菜地上部 Zn 含量的影响都达到极显著。

然而,即使在土壤 pH 7.6 处理时,大白菜地上部 Zn 的含量也超过国家蔬菜食品卫生标准  $Zn \leq 20 \text{ mg/kg}$  (参照 GB15201-94)。说明冶炼厂附近的土壤,即使通过施石灰提高土壤 pH,亦不适宜于种植大白菜。

pH 是土壤化学性质的综合反映。pH 高的土壤其硅铝酸盐矿物的风化程度弱,铁、铝氧化物的游离度低,因此,硅铝酸盐矿物态锌含量相对较高。在 pH 低的土壤上,硅铝酸盐矿物态则相对较低,而交换态较高,这可能引起土壤锌的流失。另一方面,土壤 pH 可通过影响固相相对锌的吸附而影响锌的形态分布。据报道,粘土矿物、氧化铁、铝对锌的吸附作用随 pH 升高而增强。

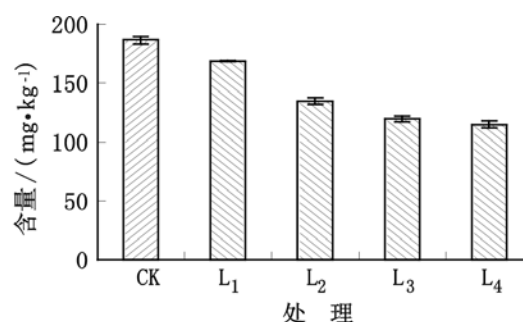


图 3 石灰对大白菜中 Zn 含量的影响

Fig. 3 Effect of lime on the contents of Zn in Chinese cabbage

## 3 结论

大白菜地上部分 Cd, Pb, Zn 的含量都随石灰用量增加,土壤 pH 升高而呈下降趋势。然而,即使在土壤 pH 7.6 处理时,大白菜地上部 Cd, Pb, Zn 的含量也超过国家蔬菜食品卫生标准,由于所用土壤 Cd, Pb, Zn 背景值高,污染严重,仍不适合种植蔬菜。可通过种植对 Cd, Pb, Zn 超累积植物以带走土壤中 Cd, Pb, Zn<sup>[13,14]</sup>,降低土壤中 Cd, Pb, Zn 的含量,治理土壤 Cd, Pb, Zn 污染,再用于农业生产。而通过施用石灰控制蔬菜中重金属含量的方法,可使用于中度、轻度污染的农田土壤。进一步的研究有待加强。

(下转第 818 页)

- 学,1997,(7):61-63.
- [7] 韩涛,李丽萍. 水杨酸对短期贮藏苹果的生理效应[J]. 植物生理学通讯,1997,33(5):347-348.
- [8] 范晖,何承顺. 水杨酸对采后果实乙烯生产的抑制作用[J]. 植物生理学通讯,1998,34:248-251.
- [9] 韩涛,李丽萍. 水杨酸处理对桃贮藏期间活性氧代谢的影响[J]. 北京农学院学报,2000,6,15(4):41-47.
- [10] 苏新国,郑永华,张兰,等. 壳聚糖涂膜对菜用大豆荚采后衰老和品质的影响[J]. 植物生理学报,2001,27(6):467-472.
- [11] 中华人民共和国国家标准(GB12295—90). 水果、蔬菜制品可溶性固形物含量的测定[S]. 北京:国家标准局发布,1986.
- [12] 中华人民共和国国家标准(GB12293—90). 水果、蔬菜制品可滴定酸度的测定[S]. 北京:国家技术监督局批准,1990.
- [13] 中华人民共和国国家标准(GB6195—86). 水果、蔬菜制品维生素 C 含量测定(2,6-二氯酚酚滴定法)[S]. 北京:国家标准局发布,1986.
- [14] 郑永华,席屿芳,应铁进,等. 枇杷果实采后生理与贮藏研究[J]. 浙江林学院学报,1993,10(3):267-281.
- [15] 郑永华,苏新国,易云波,等. SO<sub>2</sub> 对枇杷冷藏效果的影响[J]. 南京农业大学学报,2000,23(2):89-92.
- [16] 曾雅娟,肖华山. 枇杷采后生理与保鲜技术研究进展[J]. 亚热带植物科学,2002,30(1):68-72.
- [17] KADER A A. Ethylene-induced senescence and physiological disorders in harvested horticultural crops[J]. Hortscience,1985,20:54-57.
- [18] 韩涛,李丽萍. 外源水杨酸对冷藏桃果实的生理效应[J]. 植物生理学通讯,2001,37(3):203-206.
- [19] 张春光,荆红梅,郑海雷,等. 水杨酸诱导植物抗性的研究进展[J]. 生命科学研究,2001,5(3):185-189.
- [20] 韩涛,李丽萍,葛兴. 外源水杨酸对桃果实采后生理的影响[J]. 园艺学报,2000,27(5):367-368.

=====

(上接第 812 页)

#### [参考文献]

- [1] ERIKSSON J E. The influence of pH, soil type and time on adsorption and by plants of Cd added to the soil [J]. Water, Air and Pollut, 1989, 48: 317-335.
- [2] HE Q B, SINGH B R. Crop uptake of cadmium from phosphorus fertilizers. I. Yield and cadmium content [J]. Water, Air and Soil Pollut, 1994, 74: 251-265.
- [3] ANDERSSON A, SIMAN G. Levels of Cd and some other trace elements in soils and crops as influenced by lime and fertilizer levels [J]. Acta Agric Scand, 1991, 41: 3-11.
- [4] MCLAUGHLIN M J, TILLER KG, NAIDU R, et al.. Review: the behavior and environmental impact of contaminants in fertilizers [J]. Aust J Soil Res, 1996, 34: 1-54.
- [5] SINGH B R, NARWAL R P, JENG AS, et al.. Crop uptake and extractability of cadmium of cadmium in soils naturally high in metals at different pH levels [J]. Commun. Soil Sci Plant Anal, 1995, 26 (13&14): 2133-2142.
- [6] 祖艳群,李元,陈海燕,等. 蔬菜中铅、镉、铜、锌含量的影响因素研究[J], 农业环境科学学报, 2003, 22(3): 289-292.
- [7] 汪雅谷,王玮,卢善玲,等. 客土改良菜区重金属污染土壤[J]. 上海农业学报, 1990, 6(3): 50-55.
- [8] 冯恭衍,张炬,吴建平. 宝山区蔬菜重金属污染研究[J]. 上海农学院学报, 1993, 11(1): 43-60.
- [9] 熊礼明. 石灰对土壤汞吸附行为及有效性影响[J]. 环境科学研究, 1994, 7(1): 35-38.
- [10] 熊礼明,鲁如坤. 几种物质对水稻吸收镉的影响及机理[J]. 土壤, 1992, 24(2): 197-200.
- [11] 杨亚卓,张福锁. 土壤-植物体系中的铅[J]. 土壤学进展, 1993, (5): 1-10.
- [12] 符建荣. 土壤中铅的累积及污染的农业防止[J]. 农业环境保护, 1993, 12(5): 223-226, 232.
- [13] 祖艳群,李元. 土壤重金属污染的植物修复技术[J]. 云南环境科学, 2002, 22(增刊): 58-61.
- [14] 方其仙,李元,祖艳群. 重金属超累积植物及其在植物修复中的应用[J]. 中国农学通报, 2004, (增刊): 174-178.