

土壤 Pb, Zn 复合污染对作物吸收重金属的影响

胡 斌, 张丽娟, 李东艳, 赵同谦

(河南理工大学 资源环境学院, 河南 焦作 454000)

摘要: 以褐土为供试土壤, 用小白菜作指示植物, 通过模拟试验研究了土壤 Pb, Zn 复合污染对植物吸收重金属的影响。结果表明, 在土壤 Pb, Zn 复合污染条件下, 土壤中 Pb 的存在对蔬菜吸收 Zn 未产生明显影响, 而土壤中 Zn 的存在则对蔬菜吸收 Pb 产生抑制作用。同时, 分析复合污染条件下 Pb, Zn 在蔬菜体内的分布, 表明小白菜主要将重金属 Pb 积累于根部, 而 Zn 则是更多的被小白菜积累在地上部位。

关键词: 土壤; Pb; Zn; 复合污染; 小白菜; 吸收

中图分类号: X53 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-3268(2007)04-0068-04

Influence of Joint Pollution of Zinc and Lead on Soil Metal Absorption by Non heading Chinese Cabbage

HU Bin, ZHANG Li juan, LI Dong yan, ZHAO Tong qian

(College of Environment and Resources, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China)

Abstract: A simulated test of cinnamon soil jointly polluted by zinc and lead was carried out with non heading Chinese cabbage as an indicator plant. The results indicated that Pb did not obviously affect the Zn absorbed by vegetable, while Zn inhibited Pb absorb by the plant. The absorbed Pb mainly accumulated in the underground part of the vegetable, while Zn mainly in the aboveground parts of non heading Chinese cabbage.

Key words: Soil; Pb; Zn; Joint pollution; Non heading Chinese cabbage; Absorption

近年来, 随着采矿业、冶金业、交通运输业的发展, 土壤重金属污染也越来越严重, 这直接影响了农产品的品质。据统计, 每年被重金属污染的农产品多达 1 200 万 t, 合计经济损失至少 200 亿元。同时, 这些重金属超标的农作物通过食物链富集到人体中, 进而影响到人体健康^[1, 2]。关于土壤重金属在蔬菜体内的蓄积规律, 国内外学者已开展了大量的研究。李学德等研究发现, 在测定的叶菜类蔬菜中, Cd 的含量为叶片>根>茎秆^[3]。张志权等认为, Pb 一般被吸收后累积在更新周期较长的器官内^[4]。白瑛等人研究表明, 土壤 Cd, Zn, Pb 在植物体中的蓄积规律为: 根>叶>枝(茎)>果实, 须根>块根, 老叶>新叶^[5]。席玉英分析无机元素在植物体内的分布规律时发现, 无机元素在植物体内的含量大多以叶、根为最多, 叶柄(茎)中最少^[6]。谢建治等研究 Cd, Zn 复合污染对小白菜的影响时发现, 添加 Zn 使小白菜

对 Cd 的吸收和添加 Cd 使小白菜对 Zn 的吸收均表现出明显的抑制作用^[7]。以上研究主要集中在单因子污染或者是对 Cd, Zn 复合污染的研究, 对于 Pb, Zn 复合污染缺乏深入的量化研究。本次工作考虑到焦作地区土壤中主要污染因子为 Pb 和 Zn, 因此, 以小白菜为指示植物, 采用模拟试验, 研究了土壤 Pb, Zn 复合污染的植物吸收规律, 以便为控制重金属污染对农产品的影响提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 供试材料

供试土壤来自河南理工大学新校区内, 土壤类型为褐土, 取 0~20 cm 土层的土壤用于试验。供试土壤的理化性质见表 1。供试作物为小白菜。

1.2 试验方法

本次研究, Pb, Zn 单一污染试验与复合污染试

收稿日期: 2006 11 03

基金项目: 国家自然科学基金项目(30570276); 河南省自然科学基金项目(0411050700)

作者简介: 胡 斌(1952), 男, 湖北武昌人, 教授, 博士生导师, 主要从事生物遗迹学、土壤生态学方面的研究工作。

表 1 供试土壤的理化性质

土壤类型	pH	有机质 (g/kg)	全 N (g/kg)	全 P (g/kg)	全 K (g/kg)	碱解 N (mg/kg)	速效 P (mg/kg)	速效 K (mg/kg)	重金属含量(mg/kg)	
									Pb	Zn
褐土	8.11	12.73	0.99	1.65	14.2	61.17	11.16	84.3	18.60	59.95

验同时进行,其中,Pb 单一污染试验和 Zn 单一污染试验各设 5 个处理,即 100mg/kg,300mg/kg,500mg/kg,700mg/kg,900mg/kg。Pb,Zn 复合污染采用正交试验设计中的二元二次均匀设计,也设置 5 个处理。复合污染处理水平见表 2。

用体积约 3000cm³ 的塑料盆(上、下口内径分别为 18cm,13cm,高 17cm)盛过 3mm 筛的风干土,每盆装 2.5kg。按各处理设置用电子天平准确称量可溶性重金属盐配成水溶液,加入装盆的土壤之中,调解土壤含水量为最大田间持水量的 60%。于种植前 7d,各处理每千克土施入 N 150mg,P₂O₅ 68mg,K₂O 90mg,所有肥料作基肥以溶液形式一次性施入,搁置 7d 后,将土样进行机械搅拌,然后,直播消毒过的小白菜种子,出苗后每盆定苗 6 株,成熟后收获。收获后用原子吸收分光光度计测定地上部和根部 Pb,Zn 的吸收量。

1.3 测定方法

1.3.1 土壤中 Pb,Zn 含量的测定 采用 HCl-HNO₃-HClO₄-HF 四酸消解,原子吸收法测定^[8]。

1.3.2 植物中 Pb,Zn 含量的测定 采用 HNO₃-H₂O₂ 微波消解罐消解,原子吸收法测定^[9]。

1.3.3 土壤理化性质的测定 将水土以 1:1 混合后用 pH 酸度计测土壤 pH 值;有机质用重铬酸钾容量-稀释热法测定;全氮采用半微量凯氏法测定;碱解氮采用碱解扩散法测定;全磷采用钼锑抗比色法测定;用 0.5mol/L 的碳酸氢钠提取土壤样品后,用钼锑抗比色法测定速效磷;采用 NaOH 熔融-火焰光度计测全钾;用 1mol/L 的中性醋酸铵提取土壤样品后,用火焰光度计测速效钾^[10]。

2 结果与分析

2.1 土壤 Pb,Zn 复合污染处理下的小白菜对 Pb,Zn 的吸收效应

在 Pb,Zn 复合污染条件下,小白菜对 Pb,Zn 的吸收量见表 2。为了探求复合污染条件下土壤-蔬菜体系中重金属的化学行为和其空间分布的差异性,对表 2 中土壤、小白菜中的 Pb,Zn 含量进行相关分析。相关分析表明,小白菜对 Pb 的吸收量与土壤中 Pb 的含量的相关系数为 0.969^{**},对 Zn 的吸收量与土壤中 Zn 的含量的相关系数为 0.972^{**},都达到了极显著的正相关。这表明复合污染条件下

添加的 Pb,Zn 都能被小白菜有效吸收,说明 Pb,Zn 添加量在一定程度上代表着土壤中 Pb,Zn 的有效量。

表 2 Pb,Zn 复合污染处理下小白菜地上部重金属吸收量 (mg/kg)

处理号	重金属添加量		小白菜地上部位重金属吸收量	
	Pb	Zn	Pb	Zn
1	100	100	0.5163	15.7944
2	300	300	1.1247	26.6081
3	500	500	3.1751	60.3882
4	700	700	3.6131	61.3402
5	900	900	6.4085	91.6482

2.2 土壤 Pb,Zn 复合污染对小白菜吸收重金属的影响

为揭示土壤 Pb,Zn 复合污染对小白菜吸收重金属的影响规律,将复合污染下小白菜体内的 Pb,Zn 含量同单一污染下小白菜体内的 Pb,Zn 含量进行比较,如图 1~图 4 所示。

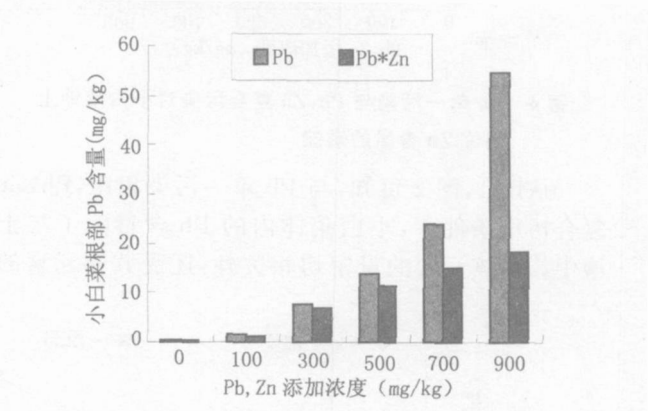


图 1 Pb 单一污染与 Pb,Zn 复合污染对小白菜根部 Pb 含量的影响

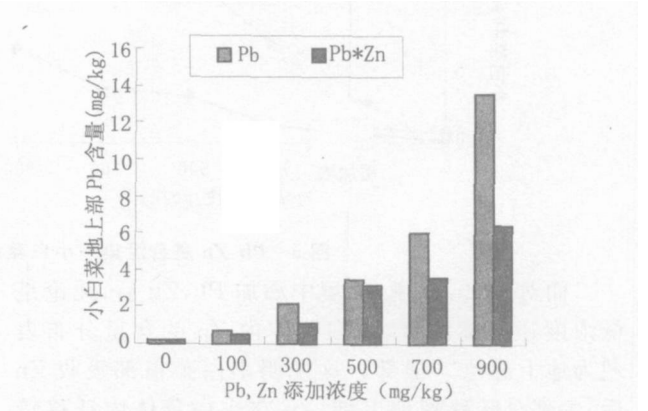


图 2 Pb 单一污染与 Pb,Zn 复合污染对小白菜地上部位 Pb 含量的影响

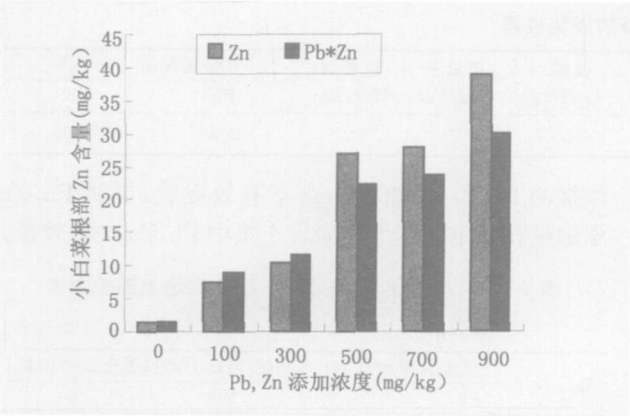


图 3 Zn 单一污染与 Pb, Zn 复合污染对小白菜根部 Zn 含量的影响

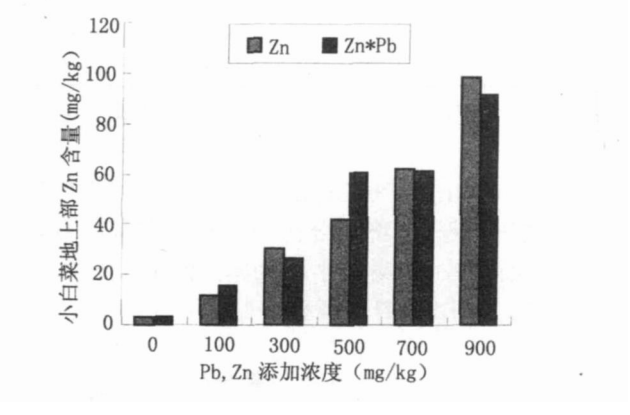
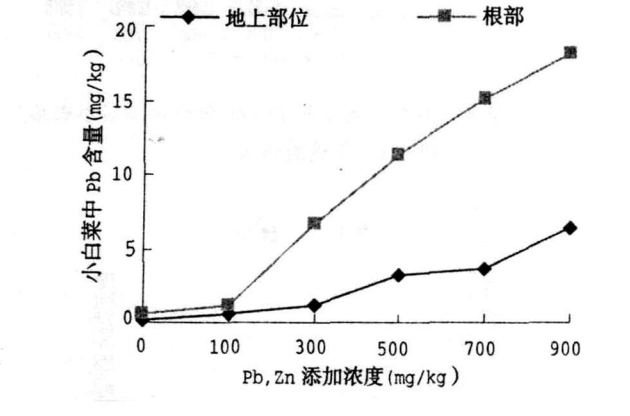


图 4 Zn 单一污染与 Pb, Zn 复合污染对小白菜地上部位 Zn 含量的影响

从图 1、图 2 可知,与 Pb 单一污染相比, Pb, Zn 复合污染条件下,小白菜体内的 Pb 含量除了与土壤中添加该元素的量密切相关外,还受共存元素的



影响,并且地上部位和根部表现出完全一致的规律,即相同浓度处理时,土壤中 Zn 的存在使得小白菜体内 Pb 含量较 Pb 单一污染时降低,这说明土壤中 Zn 的存在抑制了小白菜对 Pb 的吸收。

从图 3、图 4 可以看出, Zn 单一污染与 Pb, Zn 复合污染条件下,小白菜体内 Zn 含量变化规律较为复杂。添加浓度小于 300 mg/kg 时,与 Zn 单一污染相比, Pb, Zn 复合污染条件下小白菜根部 Zn 含量相对较大。而当添加浓度大于 300 mg/kg 时,小白菜根部 Zn 含量则表现为 Zn 单一污染> Pb, Zn 复合污染。同时,无论是低浓度还是高浓度, Pb, Zn 复合污染条件下小白菜地上部位 Zn 含量与 Zn 单一污染下小白菜地上部位 Zn 含量相比没有明显规律,这说明土壤中 Pb 的存在对小白菜吸收 Zn 没有产生明显的影响。

2.3 Pb, Zn 复合污染下 Pb, Zn 在小白菜体内的分布

不同种类的重金属在作物不同部位分布累积的规律不同。因此,了解植株各部位各元素的含量有助于判断作物受污染的途径。

从图 5 可以看出, Pb, Zn 复合污染下,无论是低浓度还是高浓度,小白菜体内 Pb 的含量分布均表现为根部> 地上部,且根部 Pb 含量与地上部 Pb 含量之差随着 Pb, Zn 复合污染浓度的升高而逐渐增大。这说明小白菜吸收 Pb 后,只有少部分向地上迁移。这与王松良等的研究结果一致,他们研究 13 种基因型小白菜对 Pb 的累积特性,发现 13 种基因型小白菜中 Pb 含量的分布均为地上部位< 根部^[11]。

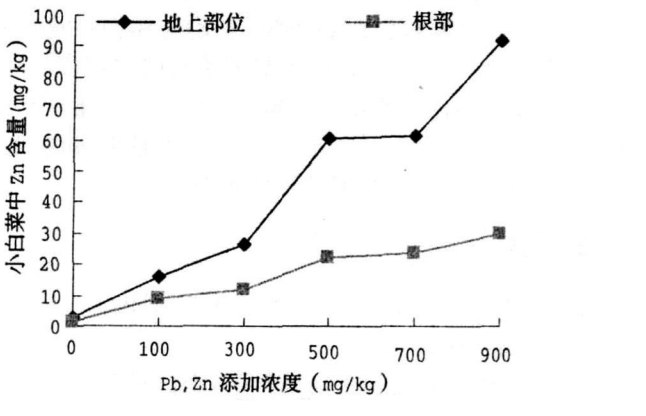


图 5 Pb, Zn 复合污染下小白菜地上部和根部(鲜重)的 Pb, Zn 含量

而对于 Zn 来说,土壤中添加 Pb, Zn 后,无论是低浓度还是高浓度,小白菜体内 Zn 的含量分布表现为地上部位> 根部。这说明小白菜根部吸收 Zn 后,大部分转移到地上部, Zn 在小白菜体内迁移转化能力强。目前已有很多研究发现,小白菜对于 Cd

的富集能力、迁移能力很强,却很少有 Zn 在小白菜体内迁移转化能力强的报道。Zn 在小白菜体内迁移转化能力强,可能是因为 Zn 是植物生长发育必需的微量元素之一,植物吸收 Zn 以代谢为主,且其生物累积性也很强^[12]。

3 结论

本研究以褐土为供试土壤,以小白菜作指示植物,通过盆栽模拟试验研究在土壤 Pb, Zn 复合污染条件下,小白菜对 Pb, Zn 的吸收规律。结果表明:小白菜对 Pb 的吸收量与土壤中 Pb 的添加量的相关系数为 0.969^{**},小白菜对 Zn 的吸收量与土壤中 Zn 的添加量的相关系数为 0.972^{**},都达到了极显著的正相关。土壤中 Pb 的存在对小白菜吸收 Zn 未产生明显影响,而土壤中 Zn 的存在则对小白菜吸收 Pb 产生抑制作用。重金属在小白菜体内的分布不同。小白菜主要将 Pb 积累于根部,而 Zn 则更多的被积累在地上部。说明 Pb 在小白菜体内迁移能力较差,而 Zn 则在小白菜体内迁移能力强,将积累的 Zn 大部分转移到茎叶部位。

参考文献:

[1] 夏来坤, 郭天财, 康国章. 土壤重金属污染与修复技术研究进展[J]. 河南农业科学, 2005(5): 88 - 102.

[2] 李博文, 杨志新, 谢建治. 土壤 CdZn Pb 复合污染对植物吸收重金属的影响[J]. 农业环境科学学报, 2004, 23 (5): 908 - 911.

[3] 白 瑛, 张祖锡. 灌溉水污染及其效应[M]. 北京: 北京

农业大学出版社, 1988.

[4] 李学德, 华日茂, 岳永德, 等. 合肥市蔬菜中铬铅镉和铜污染现状评价[J]. 安徽农业大学学报, 2004, 31(2): 143 - 147.

[5] 张志权, 束文圣, 蓝崇钰, 等. 定居植物对重金属的吸收和再分配[J]. 植物生态学报, 2001, 25(3): 306 - 311.

[6] 席玉英, 上官铁梁, 张红, 等. 矮牡丹体内无机元素分布规律的研究[J]. 华北农学报, 2002, 17(1): 136 - 139.

[7] 谢建治, 张书廷, 赵新华, 等. 潮褐土镉锌复合污染对小白菜生长的影响[J]. 天津大学学报, 2005, 38(5): 426 - 431.

[8] GB17138 - 97, 土壤质量 铜、锌的测定——火焰原子吸收分光光度法[S].

[9] 严森, 凌其聪, 鲍征宇. 微波消解 - 火焰原子吸收光谱法测定芦苇茎中的镉[J]. 环境监测管理与技术, 2006 (2): 25 - 26.

[10] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 1981.

[11] 王松良, 郑金贵. 13 种小白菜基因型对 Cd, Pb, As 累积特征比较[J]. 福建农林大学学报, 2005, 34(3): 304 - 308.

[12] 张春荣, 李红, 夏立江, 等. 镉锌对紫花苜蓿种子萌芽及幼苗的影响[J]. 华北农学报, 2005, 20(1): 96 - 99.

(上接第 64 页)

均呈显著负相关^[10]。Cu²⁺ 浓度对菌 II 的生长有很大的影响,在 10mg /L 以下,多环芳烃和 Cu²⁺ 共同存在菌 II 生长良好,但随着 Cu²⁺ 浓度的升高而逐渐导致菌体死亡。重金属和多环芳烃复合污染中主要是多环芳烃降解菌对重金属的耐性机制,有些研究还表明,重金属对生物体的胁迫存在离子效应,重金属离子的不同价态,以及阴、阳离子形态影响生物体的胁迫程度^[11]。在林地土壤中, Cu²⁺ 对土壤细菌的毒害很大^[12]。鉴于土壤环境污染的日趋复杂和多样化,本研究中筛选出来的菌 II 能够适应低浓度重金属 Cu²⁺ 的影响,其在多环芳烃和重金属双重污染的土壤中有一定的应用价值。

参考文献:

[1] Susan C Wilson, Kenvin C Jones. Bioremediation of soil contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs): a review[J]. Environ Pollut, 1993, 81: 229 - 249.

[2] 金赞芳, 陈英旭. 环境的 PAHs 污染及其生物修复技术研究进展[J]. 农业环境保护, 2001, 20(2): 123 - 125.

[3] Gogolev A, Wilke B M. Combination effects of heavy metals and fluoranthene on soil bacteria[J]. Boil Fertil Soils, 1997, 25: 274 - 278.

[4] 东秀珠, 蔡妙英. 常见细菌系统鉴定手册[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 349 - 370.

[5] F 奥斯伯, R 布伦特. 精编分子生物学实验指南[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 332 - 333.

[6] 王秀丽, 徐建民, 姚槐应, 等. 重金属铜、锌、镉、铅复合污染对土壤环境微生物群落的影响[J]. 环境科学学报, 2003, 23(1): 22 - 27.

[7] 马沛, 钟建江. 微生物降解多环芳烃(PAHs)的研究进展[J]. 生物加工过程, 2003, 1(1): 42 - 46.

[8] 邵宗泽, 许晔, 马迎飞, 等. 2 株海洋石油降解细菌的降解能力[J]. 环境科学, 2004, 25(5): 133 - 137.

[9] 钟鸣, 周启星, 许华夏, 等. 降解性细菌对菲诱导的蛋白及酶活性应答反应[J]. 应用生态学报, 2004, 15(5): 871 - 875.

[10] 蔺昕, 李培军, 孙铁珩, 等. 石油污染土壤的生物修复与土壤酶活性关系[J]. 生态学杂志, 2005, 24(10): 1226 - 1229.

[11] Baath E. Measurement of heavy metals tolerance of soil bacteria using thymidine incorporation into bacteria extracted after homogenization centrifugation[J]. Soil Biol Biochem, 1992, 24(11): 1167 - 1172.

[12] Wang YP, Liu CL, Wu L, et al. Effect of copper zinc, cadmium and chromium on soil microorganisms and plant growth[J]. J Agric For, 1986, 35(2): 97 - 109.