

几种改良剂对 Cd 和 Pb 污染土壤小白菜生长的影响

周 华¹, 吴礼树², 洪 军³, 孙 成³

(1. 扬州环境资源职业技术学院环保系, 江苏 扬州 225007; 2. 华中农业大学环境资源学院, 湖北 武汉 430070;

3. 南京大学环境学院, 江苏 南京 210093)

摘要: 采用盆栽试验研究了稀土镧、熟石灰、钙镁磷肥和柠檬酸 4 种改良剂对小白菜在重金属 Cd 和 Pb 污染土壤上生长的影响。结果表明: 受 Cd 和 Pb 污染的土壤明显使小白菜受到毒害, 但经稀土镧、熟石灰、钙镁磷肥和柠檬酸处理后, 小白菜生物学产量增加, 幼苗体内超氧化物歧化酶活性降低, 丙二醛含量减少。其中, 稀土镧对缓解 Cd 和 Pb 胁迫有较好效果。

关键词: Cd; Pb; 熟石灰; 钙镁磷肥; 镧; 柠檬酸; 小白菜

中图分类号: S634.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-3268(2006)05-0090-05

Effects of Several Modifiers on the Growth of Non-heading Chinese Cabbage in Cadmium and Lead Contaminated Soil

ZHOU Hua¹, WU Li-shu², HONG Jun³, SUN Cheng³

(1. Department of Environmental Protection, Vocational and Technical College of Environment and Resources of Yangzhou, Yangzhou 225007, China; 2. College of Resources and Environment, Huazhong Agricultural University,

Wuhan 430070, China; 3. School of the Environment, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: Effects of four modifiers of Lanthanum, calcium hydroxide, fused calcium magnesium phosphate and citric acid on the growth of non-heading Chinese cabbage cultured in Cd and Pb contaminated soil were studied by pot trials. The results showed that the non-heading Chinese cabbage was chronically harmed by Cd and Pb added into the soil, but this harmful effect could be counteracted by applying Lanthanum, calcium hydroxide, fused calcium magnesium phosphate and citric acid to the soil, respectively, with the results that the content of fresh weight of non-heading Chinese cabbage increased, the contents of SOD and MDA decreased.

Key words: Cd; Pb; Calcium hydroxide; Fused calcium magnesium phosphate; Lanthanum; Citric acid; Non-heading Chinese cabbage

长期进行污水灌溉和施用污泥的土壤会受到重金属污染, 重金属通过土壤-植物系统迁移到植物体内, 进而通过食物链对动物甚至人类的健康构成威胁。施加改良剂是修复受重金属污染土壤的重要途径之一^[1, 2]。这些改良材料包括石灰、磷酸盐、氧化铁等。我国稀土资源丰富, 稀土作为一种农业肥料, 对粮食和经济作物具有良好作用, 但稀土施用于 Cd 和 Pb 复合污染土壤, 对土壤毒害修复及其对作物产量的影响和机理, 至今鲜有报道。为此, 采用盆

栽方法, 以稀土镧、熟石灰、钙镁磷肥和柠檬酸 4 种材料为改良剂, 研究了它们对受 Cd 和 Pb 复合污染土壤上小白菜生长的影响, 为修复重金属污染的土壤、生产绿色蔬菜提供科学方法和理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

小白菜种子为市售五月慢。土壤取自华中农业大学狮子山, 为黄棕壤, 过 5 mm 筛, 其主要理化性

收稿日期: 2005-11-23

作者简介: 周 华(1978-), 女, 湖北恩施人, 硕士, 主要从事环境生态方面的研究。

状见表 1。试验用重金属 CdCl_2 、 $\text{Pb}(\text{OAc})_2$ 均为化学纯试剂。所用改良材料为熟石灰、钙镁磷肥、镧和柠檬酸,其中,熟石灰、钙镁磷肥为市售商品,硝酸镧

[$\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$]、柠檬酸为化学纯试剂。各改良材料中的重金属 Cd 、 Pb 含量和各改良材料的施用量见表 2。

表 1 供试土壤理化性状

| 土壤 | pH | 有机质 (g/kg) | 全 N (g/kg) | 速效 N (mg/kg) | 全 P (g/kg) | 速效 P (mg/kg) | 全 K (g/kg) | 速效 K (mg/kg) | 全 Cd (mg/kg) | 全 Pb (mg/kg) |
|-----|-----|---------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 黄棕壤 | 7.3 | 10.7 | 0.3 | 22.7 | 0.6 | 1.4 | 14.2 | 98.7 | 0.1 | 38.3 |

表 2 各改良剂的 Cd、Pb 含量及土壤施用量

| 改良剂 | 全 Cd (mg/kg) | 全 Pb (mg/kg) | 施用量 (g/kg) |
|------|-----------------|-----------------|---------------|
| 钙镁磷肥 | 0.1 | 24.2 | 1.750 |
| 熟石灰 | 0.1 | 12.0 | 1.750 |
| 稀土镧 | 0 | 0 | 0.002 |
| 柠檬酸 | 0 | 0 | 0.110 |

1.2 试验设计

盆栽试验设置 1 个不施加重金属元素和改良剂对照(ck_0); 2 个污染对照[即只施加重金属元素而不施加改良剂,重金属元素设高、低 2 个水平。低水平(ck_1),每千克土壤分别加入 1.5 mg Cd 和 300 mg Pb ;高水平(ck_2),每千克土壤分别加入 3.0 mg Cd 和 600 mg Pb];对每个重金属污染水平分别施加 4 种不同改良剂。共计 11 个处理(表 3),每个处理重复 3 次。将过 5 mm 筛的土壤按设计浓度加入 CdCl_2 、 $\text{Pb}(\text{OAc})_2$ 溶液,充分混匀,放置 2 周,平衡后再与设计用量的各种改良剂充分混匀,装入瓦钵,内衬塑料袋,每盆装土 5 kg,每千克土壤施入底肥 N 、 P_2O_5 、 K_2O 均为 0.2 g。2 周后播种小白菜(直播),间苗后每盆留 8 株。试验期间,土壤湿度控制在田间持水量的 70%,并保持正常的日光照射。5 周后收获小白菜,分地上部和根系,擦拭干净后称鲜重。将根层土壤混匀,取出约 50 g,风干,碾磨后备用。

1.3 分析测定方法

土壤有机质测定采用重铬酸钾容量法;土壤全 N 用凯氏消煮法;速效 N 用碱解扩散法;全 P 、全 K 用王水—高氯酸消化提取后,分别用钼锑抗比色法和火焰光度法测定;速效 P 和速效 K 分别用 NaHCO_3 和 NH_4OAc 浸提;土壤中的全量 Cd 、 Pb 测定用王水—高氯酸消化,原子吸收分光光度法测定;植株和改良剂中全量 Cd 、 Pb 采用硝酸—高氯酸湿法消化,原子吸收分光光度法^[3];超氧化物歧化酶(SOD)

活性分析采用氮蓝四唑法;丙二醛(MDA)含量测定用三氯乙酸—硫代巴比妥酸法^[4]。数理统计通过 STATISTICA 软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 改良剂对 Cd 和 Pb 胁迫下小白菜生物学产量的影响

表 3 的结果显示,土壤施入 Cd 和 Pb 后,小白菜茎叶和根系生长受到明显抑制。小白菜明显减产。在低 Cd 和 Pb 污染水平下,地上部和地下部分别减产 56%和 58%;高 Cd 和 Pb 污染水平,地上部和地下部分别减产 62%和 71%。经改良剂处理后,小白菜减产的幅度明显下降。低 Cd 和 Pb 污染水平下,地上部和地下部分别减产 6%~41%和 12%~34%;高 Cd 和 Pb 污染水平下,地上部和地下部分别减产 21%~58%和 24%~63%。上述结果表明,4 种改良剂均能减弱重金属 Cd 和 Pb 对小白菜生长的抑制作用,改良效果:稀土镧>柠檬酸>熟石灰>钙镁磷肥。

钙镁磷肥和熟石灰均能提高 Cd 、 Pb 污染土壤上小白菜的生物产量,是因为它们呈碱性,使土壤 pH 值升高,可固定土壤中有效态金属离子,导致植物吸收的重金属离子减少,所受毒害减弱。柠檬酸也可以有效提高小白菜的生物产量,这可能与有机酸具有阻止土壤重金属离子进入植物体内,从而减轻重金属离子对植物的毒害有关^[5-6]。稀土使作物有所增产的原因可能是促进幼苗生长、根系的发育,增加根系对养分的吸收;提高植物的叶绿素含量,增强光合作用;促进和增强作物对氮、磷、钾的转运和吸收以及增强作物抗病、抗寒、抗旱的能力^[7-8]。因此,稀土既可以作为一种农业肥料,也可以作为改良剂,施用于受一定浓度重金属污染的土壤,为作物的正常生长提供可能的方法和手段。

2.2 改良剂对 Cd 和 Pb 胁迫下小白菜幼苗 SOD 活性的影响

植物组织代谢过程中会产生活性氧,不良环境

表 3 不同改良剂对 Cd 和 Pb 污染土壤上小白菜产量的影响

| Ca、Pb 水平 | 处理 | 编号 | 地上部 | | 地下部 | | 总量 | |
|----------|----------------------------------|----------------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------|
| | | | 平均鲜重 (g/株) | 相对 (%) | 平均鲜重 (g/株) | 相对 (%) | 平均鲜重 (g/株) | 相对 (%) |
| 低水平 | 不施加 Cd、Pb 和改良剂(ck ₀) | A | 9.6a | 100.0 | 0.9a | 100 | 10.5a | 100 |
| | ck ₁ | B ₀ | 4.3e | 44 | 0.4d | 42 | 4.6e | 44 |
| | 施加熟石灰 | B ₁ | 5.9d | 61 | 0.6bc | 72 | 6.5d | 62 |
| | 施加钙镁磷肥 | B ₂ | 5.7d | 59 | 0.6c | 66 | 6.2d | 60 |
| | 施加稀土镧 | B ₃ | 9.1b | 94 | 0.8ab | 88 | 9.8b | 94 |
| | 施加柠檬酸 | B ₄ | 7.6c | 79 | 0.7abc | 81 | 8.3c | 79 |
| 高水平 | ck ₂ | C ₀ | 3.7e | 38 | 0.2c | 29 | 3.9d | 38 |
| | 施加熟石灰 | C ₁ | 4.5d | 47 | 0.4c | 45 | 4.9c | 47 |
| | 施加钙镁磷肥 | C ₂ | 4.0de | 42 | 0.3c | 37 | 4.3c | 42 |
| | 施加稀土镧 | C ₃ | 7.6b | 79 | 0.6b | 76 | 8.2b | 78 |
| | 施加柠檬酸 | C ₄ | 6.7c | 70 | 0.6b | 70 | 7.3b | 70 |

注: 同一列不同处理间字母相同表示无显著差异, 字母不同表示有显著性差异(P< 0.05)

能加快活性氧的产生, 这些活性氧会对细胞大分子和质膜产生破坏, 为保护系统, 生物体会产生过氧化氢酶(CAT)、过氧化物酶(POD)、超氧化物歧化酶(SOD)等清除活性氧, 减轻危害。

图 1 是不同改良剂在 Cd 和 Pb 胁迫下对小白菜幼苗 SOD 活性的影响。从中可以看出, 高、低两水平 Cd 和 Pb 胁迫下, 小白菜幼苗 SOD 活性均提高; 经稀土镧、熟石灰、钙镁磷肥或柠檬酸处理后, 对于低污染水平, SOD 活性下降, 与对照基本持平, 说明各改良剂使 Cd 和 Pb 对作物的毒害作用减弱; 高污染水平下, SOD 活性虽然下降, 但仍然高于对照, 说明各改良剂对高浓度 Cd 和 Pb 胁迫有一定缓解作用, 但不足以消除高浓度重金属带来的不利影响。

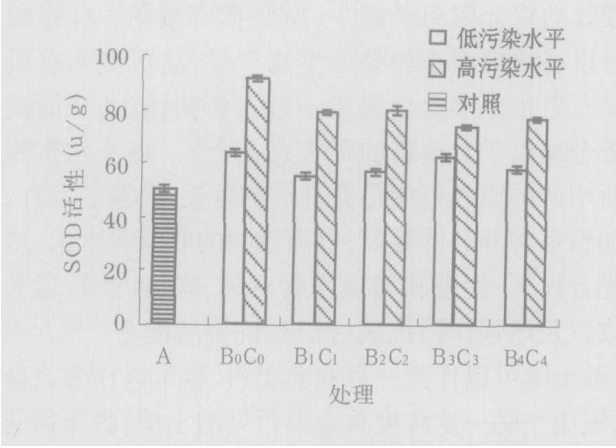


图 1 不同处理小白菜幼苗 SOD 的活性

2.3 改良剂对 Cd 和 Pb 胁迫下小白菜幼苗体内 MDA 含量的影响

MDA 是植物器官在逆境下发生膜脂过氧化作用

的产物之一, 通常将 MDA 作为膜脂过氧化指标, 用于表示细胞膜脂过氧化程度和植物对逆境条件反应的强弱。不同改良剂对 Cd 和 Pb 胁迫下小白菜幼苗体内 MDA 含量的影响见图 2。从中可以看出, Cd 和 Pb 胁迫使小白菜幼苗体内 MDA 含量显著升高, 且 Cd 和 Pb 水平越高, MDA 含量越高; 加入各种改良剂后, MDA 含量显著降低, 说明各改良剂处理能缓解 Cd 和 Pb 对细胞膜的破坏作用。低水平 Cd 和 Pb 污染下, 4 种改良剂对小白菜幼苗体内 MDA 的减少量由多到少的顺序为: 钙镁磷肥> 镧> 柠檬酸> 熟石灰; 高水平 Cd 和 Pb 污染下, 该顺序为柠檬酸> 镧> 熟石灰> 钙镁磷肥。镧在高、低两污染水平下均可有效降低 MDA 含量, 对缓解重金属毒害均有一定效果。

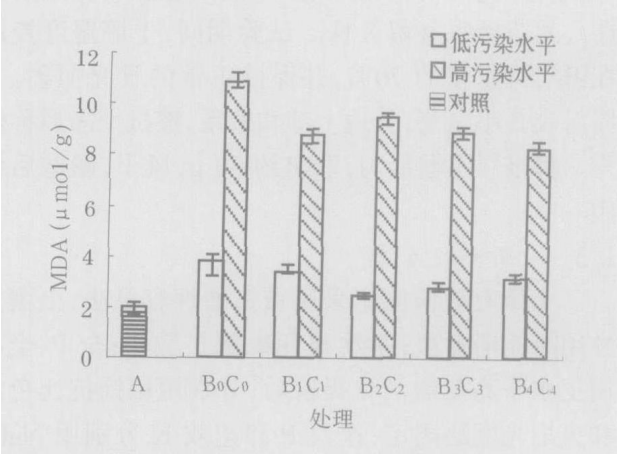


图 2 不同处理小白菜幼苗体内 MDA 的含量

2.4 不同改良剂对小白菜 Cd、Pb 含量的影响

2.4.1 小白菜地上部 Cd、Pb 含量 图 3 和图 4 分别为不同处理下小白菜地上部 Cd、Pb 含量的柱形

图。从中可知,土壤受到 Cd 和 Pb 污染后,小白菜地上部 Cd、Pb 含量相对升高,且污染水平越高,Cd、Pb 含量越高。添加改良剂后,小白菜地上部 Cd、Pb 含量均降低。其中,熟石灰处理后,地上部 Cd、Pb 含量减少最高,其次是钙镁磷肥、柠檬酸和稀土镧,但稀土镧仍能使地上部 Cd、Pb 含量减少 25% 以上。

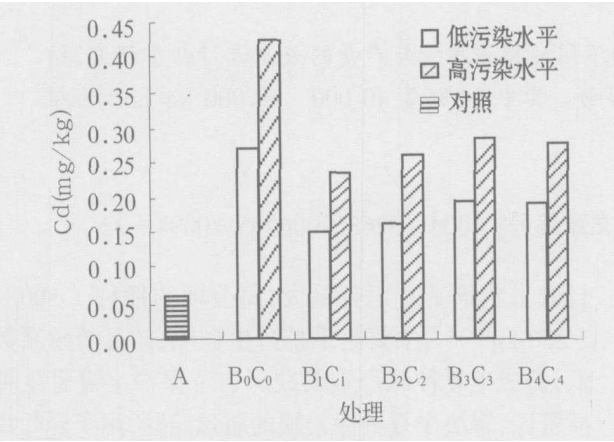


图 3 小白菜茎叶 Cd 含量

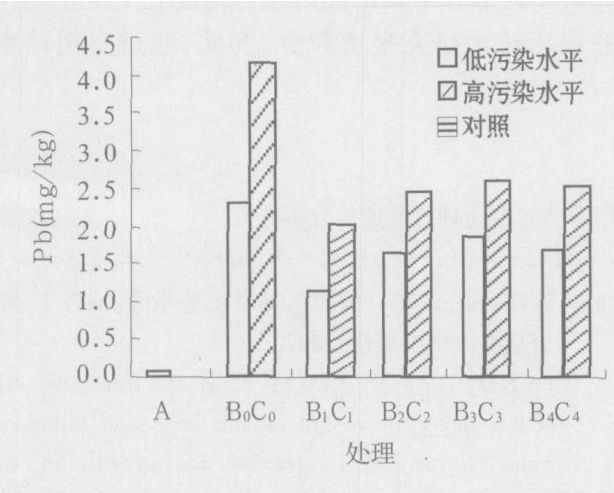


图 4 小白菜茎叶 Pb 含量

2.4.2 小白菜根系 Cd、Pb 含量 图 5 和图 6 分别为不同处理下小白菜根系 Cd、Pb 含量的柱形图。从中可知,土壤加入重金属 Cd 和 Pb 后,小白菜根系的 Cd、Pb 含量升高,且 Cd 和 Pb 浓度越高,小白菜根系 Cd、Pb 含量越高。几种改良剂能有效降低小白菜根系 Cd、Pb 含量,处理效果表现为熟石灰>钙镁磷肥>柠檬酸>镧,其中,稀土镧仍能使小白菜根系 Cd、Pb 含量减少 20% 以上。

比较图 3 和图 4 以及图 5 和图 6 可知,小白菜根系 Cd、Pb 含量高于茎叶 Cd、Pb 含量,说明 Cd、Pb 在小白菜体内是难迁移元素,这与以往的研究是一致的^[9-10]。一般认为,Cd 在植物体内较难向地上部位移动,而 Pb 则更难移动,所以,Cd、Pb 在小白菜

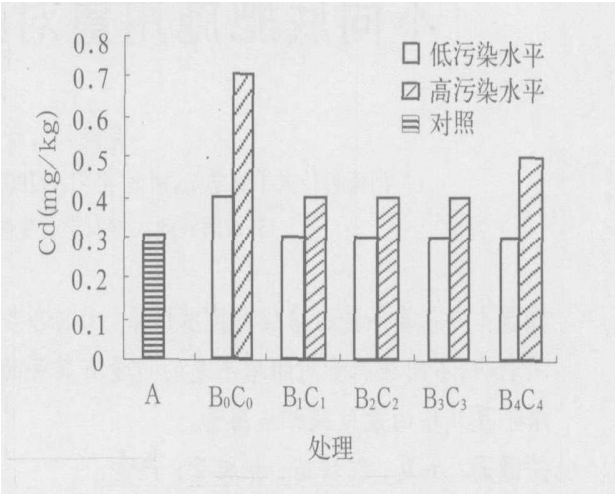


图 5 小白菜根系 Cd 含量

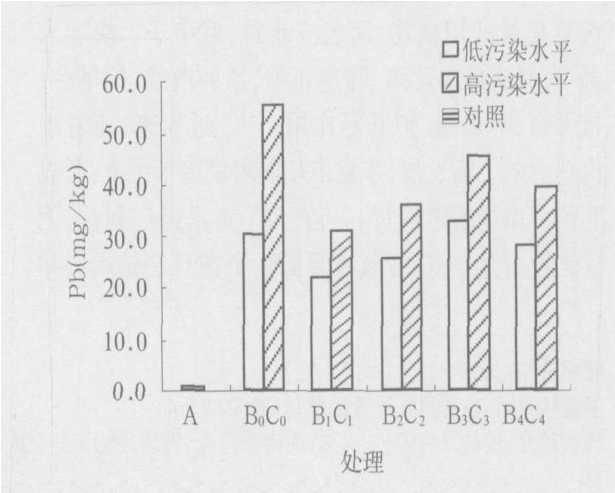


图 6 小白菜根系 Pb 含量

根系大量积累,而只有少量迁移到地上部分。影响植物中重金属元素含量的因素有土壤中元素浓度、植物种类和元素的生物吸收能力等。植物吸收土壤 Cd、Pb 的量与这些元素在土壤中的数量,特别是有效态的含量有关,土壤中有效态 Cd、Pb 含量越多,越容易被植物吸收。但是,熟石灰和钙镁磷肥的加入,提高了土壤 pH 值,降低了 Cd、Pb 的有效性;另外,由于 Ca^{2+} 与 Cd^{2+} 、 Pb^{2+} 之间存在拮抗作用,可能降低了植物对土壤 Cd、Pb 的吸收。柠檬酸可能具有阻止重金属离子通过根系进入植物体内的作用,所以小白菜体内 Cd、Pb 含量减少。加入稀土镧使小白菜植株中的重金属含量减少,说明镧能够抑制小白菜吸收 Cd、Pb,这与周青等^[11]的研究结果相似。造成这一现象的原因之一可能是直接的离子拮抗作用。如镧的离子势大于镉等重金属离子,其竞争结合能力较强,通过与重金属离子竞争根系细胞表面离子载体或离子通道而抑制植物对镉等重金属离子的吸收,起到减弱毒害植株的作用。

不同底肥施用量对组培半夏产量的影响

侯典云¹, 崔向波², 王 荔³

(1. 河南科技大学农学院, 河南 洛阳 471003; 2. 河南省第二荣康医院, 河南 洛阳 471013;
3. 云南农业大学农学与生物技术学院, 云南 昆明 650201)

摘要: 为完善半夏组培快繁技术体系, 对组培半夏不同底肥施用量与产量的关系进行初步研究, 结果表明, 不同施肥量对组培半夏的产量有显著的影响。其中, 施肥量 40 000 ~ 60 000 kg/hm² 为组培半夏栽培的最适底肥施用量。

关键词: 半夏; 组培苗; 施肥量; 产量

中图分类号: S567.23⁺9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004—3268(2006)05—0094—02

半夏[*Pinellia ternata*(Thunb) Breit]系天南星科半夏属药用植物, 又名三步跳、麻芋子。块茎入药^[1], 具有燥湿化痰、降逆止呕、消肿散结、抗早孕、抗肿瘤、降血脂、护肝等作用^[2, 3]。近年来, 随着中医药业的不断发展, 半夏市场需求量逐年扩大, 已成为国内市场的走俏货。药农为了追求经济利益, 无度采挖野生半夏, 导致半夏野生资源日趋枯竭。并

且人工栽培半夏用种量大, 每公顷约播种 1 500 ~ 2 250 kg^[4~6], 主要是采挖野生资源, 而且繁殖系数低, 造成半夏种源严重紧缺。为了保护半夏野生种质资源, 解决半夏种源紧缺的瓶颈问题, 用半夏叶片通过组织培养产生大量的种苗代替半夏野生种源, 从而大大节省半夏的用种量。但现在有关组培半夏的栽培技术研究报道较少。为此, 通过对组培半夏

收稿日期: 2005—11—11
基金项目: 云南省科技厅资助项目(2002ZY—4)
作者简介: 侯典云(1975—), 男, 河南濮阳人, 讲师, 硕士, 主要从事中草药规范化种植及遗传分析研究。

3 结论

采用盆栽方法, 研究了稀土镧、熟石灰、钙镁磷肥和柠檬酸 4 种改良剂对小白菜在 Cd 和 Pb 污染土壤上生长的影响。结果表明, 上述几种改良剂均能抑制 Cd、Pb 对小白菜的毒害, 使小白菜的鲜重增加, 幼苗体内 SOD 活性降低, MDA 含量减少。其中, 稀土镧对减弱 Cd 和 Pb 的胁迫作用较好。因此, 稀土元素用于缓解重金属胁迫, 提高作物产量具有潜在的研究与应用价值。

参考文献:

[1] 周青, 彭方晴, 黄晓华, 等. 镉对小白菜生长的影响与 La—Gly 的防护效应[J]. 农业环境保护, 1997, 16(6): 245—246.
[2] 郝秀珍, 周东美, 钱海燕. 改良剂对铜矿尾矿砂与菜园土混合土壤性质及黑麦草生长的影响[J]. 农村生态环境, 2003, 19(2): 38—42.
[3] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1983. 67—143.

[4] 陈建勋, 王晓峰. 植物生理学实验指导[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2002.
[5] Fu B R, Li F Y, XIAO P F, *et al.* Interactive effects of low molecular weight organic acids and cadmium on some biochemical compounds and growth in wheat seedlings [J]. J Liaoning University, 2003, 30(3): 270—274.
[6] 林琦, 陈英旭, 陈怀满, 等. 有机酸对 Pb、Cd 的土壤化学行为和植株效应的影响[J]. 应用生态学报, 2001, 12(4): 619—622.
[7] 李文光. 微量元素肥料及稀土肥料应用现状与开发前景[J]. 江西地质, 2001, 15(3): 210—215.
[8] 黄隆军. 稀土与肥料配比在甘蔗生产上的应用[J]. 广西热带农业, 2004(5): 5—6.
[9] 许嘉琳, 杨居荣. 陆地生态系统中的重金属[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1995. 117, 157, 176.
[10] 胡斌, 段昌群, 刘醒华. 云南寻定几种农作物籽粒中重金属的比较研究[J]. 重庆环境科学, 1999, 21(6): 45—47.
[11] 周青, 张辉, 黄晓华, 等. 镧对镉胁迫下菜豆幼苗生长的影响[J]. 环境科学, 2003, 24(4): 48—53.