

## 施用络合剂对印度芥菜吸收土壤中铅的影响

游伟民, 李天铎 (山东轻工业学院轻化与环境工程学院, 山东济南250353)

**摘要** [目的] 为Pb污染土壤的植物修复提供理论依据。[方法] 通过在土壤中施加EDTA、柠檬酸、草酸和苹果酸, 研究施用络合剂对印度芥菜吸收土壤中Pb的影响。[结果] 土壤中施加络合剂对印度芥菜的生物量没有明显影响。添加EDTA明显提高了印度芥菜地上部对Pb的吸收, 地上部Pb含量达到349 mg/kg, 而其他有机酸处理对印度芥菜地上部Pb含量的影响不大。施加EDTA明显提高了Pb向印度芥菜地上部的迁移能力, 迁移系数为0.73; 施加苹果酸和柠檬酸对Pb的迁移起到了一定的促进作用, 但效果不如EDTA明显; 施加草酸阻碍了Pb向印度芥菜地上部的迁移。[结论] 土壤中施加络合剂可提高印度芥菜地上部对Pb的吸收, 施用EDTA的效果较好。

**关键词** 络合剂; 印度芥菜; 吸收; 铅

中图分类号 S637.9 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)28-12477-01

## Effect of Applying Complexing Agents on Indian Mustard Absorbing Pb in Soil

YOU Wei-min et al (School of Light Chemistry and Environmental Engineering, Shandong Institute of Light Industry, Jinan, Shandong 250353)

**Abstract** [Objective] The aim was to provide the theoretical basis for phytoremediation in Pb contaminated soil. [Method] The effect of applying complexing agents on Indian mustard absorbing Pb in soil was studied by applying EDTA, citric acid, oxalic acid and malic acid in soil. [Result] Applying complexing agents in soil had no obvious effect on Indian mustard biomass. Applying EDTA increased the absorption of the above-ground part of Indian mustard to Pb obviously and the Pb content of its above-ground part reached 349 mg/kg, while the treatments of other organic acids had little effect on the Pb content in above-ground part of Indian mustard. Applying EDTA increased the migration ability of Pb toward the above-ground part of Indian mustard obviously with the migration coefficient of 0.73; Applying malic acid and citric acid had promotion effect on Pb migration, but the effect was not so obvious as that of EDTA; Applying oxalic acid inhibited the Pb migration toward the above-ground part of Indian mustard. [Conclusion] Applying complexing agents in soil could increase the absorption of the above-ground part of Indian mustard to Pb and the effect of applying EDTA was better.

**Key words** Complexing agents; Indian mustard; Absorption; Pb

某些有机酸因对重金属具有较强的络合作用, 可以提高重金属在土壤中的生物有效性, 而被初步应用于某些重金属如Cu、Zn、Cd等污染土壤的植物修复研究中<sup>[1-2]</sup>。该试验选用可富集多种重金属元素的印度芥菜作为试验植物, 通过添加不同的有机酸来研究其对吸收土壤中重金属Pb的影响, 为Pb污染土壤的植物修复提供一定的理论依据。

## 1 材料与方 法

**1.1 材料** 供试土壤为棕壤, 有机质为13.51 g/kg, 全氮为2.12 g/kg, 速效钾为43.53 g/kg, 速效磷为6.13 g/kg, pH值为6.3, 全Pb为21.00 mg/kg; 供试的有机酸为EDTA、草酸、柠檬酸、苹果酸, 均为分析纯试剂; 试验植物为印度芥菜(Brassica juncea)。

## 1.2 试验设计与分析方法

**1.2.1 试验设计。**土壤风干过60目筛, 每盆装土1.5 kg, 将醋酸铅以水溶液状态加入, Pb离子浓度为1.5 mmol/kg(干土), 加适量基肥, 陈化2周后重新混匀装盆, 加去离子水使含水量为田间持水量的60%。2 d后每盆播种印度芥菜种子20粒, 出芽1周后定苗, 每盆留植株4棵, 在印度芥菜收获2周, 将有机酸以溶液(调pH值为6)的形式加入到土壤中, 有机酸的处理浓度为3 mmol/kg, 每一处理设3个重复, 印度芥菜生长3个月后收获。

**1.2.2 植株样品中Pb的测定。**将收获的植物分割成地上部和根部, 用自来水洗净根部泥土, 然后分别用自来水、蒸馏水、去离子水清洗样品, 清洗后的样品在105℃烘箱内杀青30 min, 再在70~80℃温度下烘干后粉碎备用。样品采用HG- $\text{HNO}_3$ - $\text{HClO}_4$ 分解法, 用ICP-AES测定重金属含量。

## 2 结果与分析

**2.1 不同有机酸对印度芥菜生物量的影响** 由表1可知, 印度芥菜干重受有机酸的影响不大, 地上部的生物量虽有所提高, 但均未达到显著性差异水平; 根部的生物量也变化不大, 差异不显著。这说明由于印度芥菜对重金属并没有表现出明显的受害症状, 因此有机酸对生物量的影响并不显著。

表1 不同络合剂对印度芥菜生物量的影响

Table 1 Effects of different complexing agents on the biomass of Indian mustard g/盆

处理 Treatment	地上部 Aerial parts	根部 Root
对照 Control	12.57	2.15
EDTA	13.82	2.01
草酸 Oxalic acid	13.77	2.33
柠檬酸 Citric acid	14.23	2.20
苹果酸 Malic acid	13.66	2.26

## 2.2 不同络合剂对印度芥菜地上部吸收Pb的影响 图1

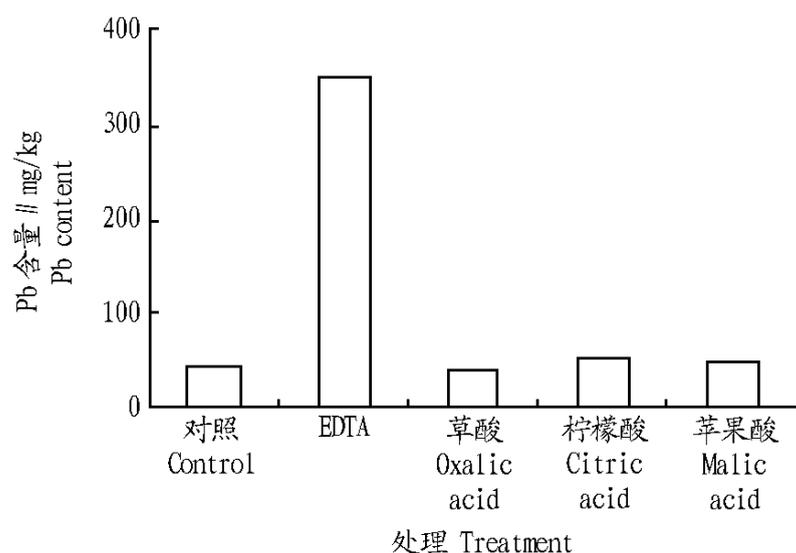


图1 不同络合剂对印度芥菜地上部Pb含量的影响

Fig.1 Effects of different complexing agents on Pb content in the aerial parts of Indian mustard

基金项目 山东省科技攻关项目(501154)。

作者简介 游伟民(1976-), 男, 山东潍坊人, 硕士, 讲师, 从事污染控制方面的研究。

收稿日期 2008-07-15

(下转第12484页)

**3.8** 鼓励企业进行设备改造和技术引进,改变落后耕作方式和生产方式 鼓励企业进行技术改造和工艺创新;鼓励低能耗、低排水污染的工业企业和第三产业发展;促进科研成果向生产的转化,利用海南农业科学的优势和农业发展的优势;改变粗放经营的生产模式,大力发展“三高”农业;少使用化肥和农药,实行生态农业发展模式;加强农村能源建设(风能、太阳能和沼气)和农村卫生设施改善,改变农村生活方式,改善农村生活条件,提高农村的生态文明程度。

#### 4 结语

海南省具有独特的地理单元和自然地理环境,由于经济的发展和人口的增长,海南省正面临经济发展与环境保护的矛盾。水污染是影响海南省生态建设和经济可持续发展的重要因素。海南省水污染呈现地域上的不平衡分布和行业的趋向性。海口市、临高县是全省水污染较为严重的地区;生活污水是最大的污染源,农业废水和制糖、制胶、养殖、淀粉加工等产生工业废水和产生大量的污染物质。从业人员的低素质、落后的基础设施、生产工艺水平、生产方式以及环境监控管理机制的缺失是海南地表水污染的关键因素。生态省建设是个系统工程。海南省必须以“减量化、再利用和资源化”为原则大力发展循环经济,实现资源的高效利用和循环使用;必须加大产业调整力度,加强生态农业、生态工业和生态旅游产业的发展;加大水源地区、生态脆弱地区的环境保护;工程措施、生物措施、经济措施、政策措施、法律措施、教育措施等多管齐下,对各水系流域进行综合的治理;加大环境规划管理的力度和效率,加强环境卫生基础设施建设,治理地表水体的污染;控制人口增长,加强基础教育,提高市民文化素质水平和生产力水平;依靠广大的人民群众,

(上接第12477页)

表明,添加EDTA 极显著地提高了印度芥菜地上部对Pb 的吸收,Pb 的含量达349 ng/kg,是对照的8.3倍,而其他有机酸处理对印度芥菜地上部的Pb 含量影响不大,与对照相比差异不显著。

**2.3** 不同络合剂对Pb 在印度芥菜体内迁移能力的影响 重金属在植物体内向地上部迁移的能力是影响植物修复成功的关键因素之一。植物修复的效果不仅取决于植物对重金属的吸收,更重要的是重金属向地上部分的迁移能力。若以迁移系数(即地上部Pb 含量与根部Pb 含量之比)表示重金属在植物体内的迁移能力,则在不同有机酸影响下,重金属Pb 在印度芥菜体内的迁移能力发生显著的变化,如图2所示,施加EDTA 显著提高了Pb 向地上部的迁移能力,迁移系数由对照的0.35 增加到0.73,提高了1 倍多;苹果酸和柠檬酸对Pb 的迁移也起到一定的促进作用,但效果不如EDTA 明显;草酸反而阻碍了Pb 向地上部的迁移,迁移系数比对照下降0.09,说明草酸对Pb 的迁移有一定抑制作用。这可能与草酸和Pb 形成的络合物溶解度较低有关。

#### 3 结论

(1) 施加络合剂对印度芥菜的生物量没有明显影响。

(2) EDTA 可极显著提高印度芥菜地上部Pb 含量,而草酸、柠檬酸、苹果酸对印度芥菜地上部Pb 含量影响不大。

依靠全社会的支持和共同的、持续的努力共建和谐美好、生态文明、繁荣富强的海南。

#### 参考文献

- [1] 海南省水务局,海南省水文水资源勘测局. 海南省入河排污口普查登记分析研究报告[R]. 2006.
- [2] 陆大道. 区域论及区域研究方法[M]. 北京: 科学出版社,1991.
- [3] 王教团, 裘哲勇, 周朝卫, 等. 千岛湖水环境综合评价、预测及防治对策[J]. 中国农学通报,2008,24(1):431-435.
- [4] SHINI OHSETO. A characterization of the Borda rule in peer ratings[J]. Mathematical Social Sciences, 2007, 54:147-151.
- [5] NIZANS, RUBINSIENA. A further characterization of Borda ranking method[J]. Public Choice, 2002, 36:153-158.
- [6] 熊燕, 许晓东. Borda 评分法与认可票法的联系与比较[J]. 华中科技大学学报: 城市科学版, 2005(51):132-134.
- [7] 袁建平, 刘福科, 王平, 等. 海南县域经济发展水平的空间差异与扶贫开发[J]. 海南师范大学学报: 自然科学版, 2008, 21(1):94-99.
- [8] 海南省统计局. 海南年鉴2005[M]. 2005.
- [9] 佚名. 海南概览海南省人民政府网临高县概览[EB/OL]. (2007-03-10) [2008-07-01]. <http://www.hainan.gov.cn/code/V3/hrg/?CID=93>.
- [10] 佚名. 儋州市经济和社会发展规划[EB/OL]. (2007-12-26) [2008-07-01]. [http://www.lm.cn/basicdata/socdplan/200712/t20071226\\_182744.htm](http://www.lm.cn/basicdata/socdplan/200712/t20071226_182744.htm).
- [11] 海南省人民政府. 热带高效农业、畜牧水产养殖业、林木资源加工业. 屯昌县人民政府网特色产业[EB/OL]. (2000-12-23) [2008-07-01]. [http://tunchang.hainan.gov.cn/index\\_view.asp?nsat=tj&id=14&id=91](http://tunchang.hainan.gov.cn/index_view.asp?nsat=tj&id=14&id=91).
- [12] 海南省人民政府. 海南省人民政府办公厅关于印发2008 年度海南生态省建设工作意见的通知[EB/OL]. (2008-04-30) [2008-07-01]. <http://www.hainan.gov.cn/data/zfzj/2008/05/1755/>.
- [13] 周子华. 海南省节能减排面临的形势及主要应对措施[EB/OL]. (2007-12-25) [2008-07-01]. [http://www.cyceco.cn/show\\_lilun.asp?lilun\\_id=236](http://www.cyceco.cn/show_lilun.asp?lilun_id=236).
- [14] 翟培基. “一省两地”产业发展战略决策的形成过程及内容[EB/OL]. (2006-03-07) [2008-07-01]. <http://www.hainan.gov.cn/data/revs/2006/03/8370/>.
- [15] 佚名. 海南省基本情况[EB/OL]. (2000-10-11) [2008-07-01]. <http://www.unn.com.cn/GB/channel20/47/491/522/200010/11/261.htm>.

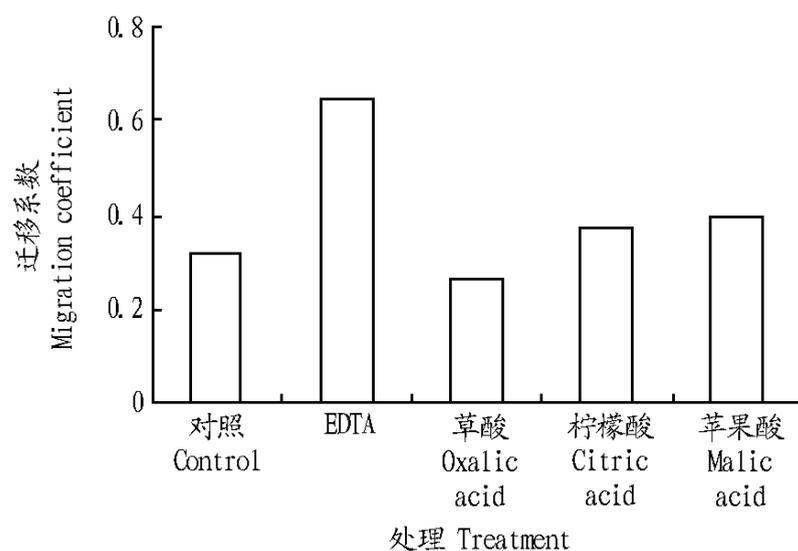


图2 不同络合剂对Pb 迁移系数的影响

Fig 2 Effects of different complexing agents on the migration coefficient of Pb

(3) 施加EDTA 显著提高了Pb 向地上部的迁移能力,苹果酸和柠檬酸对Pb 的迁移也起到一定的促进作用,但效果不如EDTA 明显,而草酸却阻碍Pb 向地上部的迁移。

#### 参考文献

- [1] WASAY S A, BARRINGTON S F, TOKUNAGAS. Remediation of soil polluted by heavy metals using salts of organic acids and chelating agents[J]. Environmental Technology, 1998, 19(4):269-380.
- [2] KAYSER A, WENGER K, KELLER A, et al. Enhancement of phytoextraction of Zn, Cd and Cu from calcareous soil, the use of NTA and sulfur amendments[J]. Environmental Science & Technology, 2000, 34:1778-1783.