

镉污染土壤的植物修复及其 EDTA 调控研究¹

II. EDTA 对镉的形态及其生物毒性的影响

蒋先军 骆永明 赵其国

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

摘 要 本文通过温室盆栽试验研究了 10~200 mg/kg 共 20 个浓度梯度的 Cd 处理下, EDTA 加入土壤后对 Cd 的形态及其生物毒性的影响。在收获前一周加入 EDTA, 收获后测定植物根和地上部的生物量, 以及 H₂O、NH₄NO₃ 和 EDTA 3 种提取剂提取的 Cd 浓度。结果表明, EDTA 加入土壤一周后, 土壤水溶态 Cd 增加了 400 倍以上, 交换态 Cd 增加了 40 倍以上, 印度芥菜根和地上部的生长都受到抑制。可能的原因是 EDTA 增加了土壤中镉的移动性, 提高了 Cd 对植物的毒性。

关键词 植物修复, EDTA, 镉胁迫, 印度芥菜, 毒害临界值。

植物修复是一种采用植物的方法来缓解或净化土壤污染的技术。在应用这种生物技术时, 研究者发现超积累植物抽提金属的数量不仅受土壤溶液金属浓度的控制, 而且与土壤固相结合态金属的浓度密切相关^[1]。据此设想, 若能活化固相态金属, 促使其溶解释放进入液相, 成为植物可利用的生物有效态, 必将增加植物吸收, 从而提高植物修复效率。近来的一些研究表明, EDTA 等人工合成有机化合物能显著地活化土壤铅^[2]和铜、锌、镉^[3, 4], 在含 Cd 100 mg/kg 和含 Pb 600 mg/kg 的土壤中, 收获前一周加入 0.5 mmol EDTA 可使印度芥菜 (*Brassica juncea*) 地上部 Cd 和 Pb 浓度可分别达到 500 和 5000 mg/kg^[5]。

EDTA 螯合诱导强化植物修复对植物的生长有什么影响? 土壤重金属污染的程度与 EDTA 活化土壤中的金属有没有对应关系? 本文采用温室盆栽试验在 10~200 mg/kg 共 20 个浓度梯度的 Cd 处理下, 研究了加入 EDTA 一周后植物根和地上部的生物量, 以及 H₂O、NH₄NO₃ 和 EDTA 3 种提取剂提取的土壤 Cd 浓度, 从生物响应的角度探讨 EDTA 加入土壤后对 Cd 的形态及其生物毒性的影响。

1 材料与方法

本文采用的土壤与植物以及盆栽试验方法同前文^[6]。不同的是, 印度芥菜生长 36 天后, 在 10~200 mg/kg Cd 处理范围内选择 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 mg/kg 的 Cd 处理土壤加入 1.78 mmol 的 Na₂-EDTA 25ml。其余 Cd 处理土壤不加

¹ 国家自然科学基金重点项目 (49831070), 国家重点基础研究发展规划项目 (G1999011807) 和中国科学院南京土壤研究所土壤与环境联合开放研究实验室项目资助。

EDTA, 作为对照。EDTA 加入土壤一周后收获。收获后的土壤调节水分至 40%WHC, 两天后, 取土样混合, 过 2mm 筛, 分别用 H_2O , 土水比 1:1, 1M 的 NH_4NO_3 , 土液比 1:2.5, 以及 0.05M 的 EDTA 提取, 土液比 1:5, 滤液用 Hitachi Z-8200 石墨炉原子吸收分光光度计测定 Cd 含量。

2 结果与分析

2.1 EDTA 对土壤中 Cd 形态的影响

EDTA 加入土壤后, 水提取的 Cd 浓度随 Cd 处理浓度的增加而显著增加, 而没有加 EDTA 的土壤则变化较小 (图 1A); EDTA 加入后, 土壤中水提取的 Cd 浓度增加了 400 倍以上, NH_4NO_3 提取的 Cd 浓度增加了 40 倍以上。没有加 EDTA 的土壤 NH_4NO_3 提取态 Cd 的浓度也随处理浓度的增加而增加 (图 1B); EDTA 提取的 Cd 的浓度变化与水和 NH_4NO_3 提取的有明显区别, EDTA 加入土壤与未加 EDTA 的土壤, EDTA 提取的 Cd 的浓度都随处理浓度的增加而显著增加 (图 1C)。这些结果说明 EDTA 加入 Cd 污染土壤可以大幅度增加土壤溶液中 Cd 的浓度。

NH_4NO_3 是一种温和的提取剂, 与植物吸收金属有很好的相关, 在欧洲一些国家是测定金属有效态的标准方法。本试验中印度芥菜地上部生物量干重与土壤中 NH_4NO_3 提取态镉成线性负相关, $y = -0.0876x + 1.7366$, $r = 0.959$ ($P < 0.01$)。

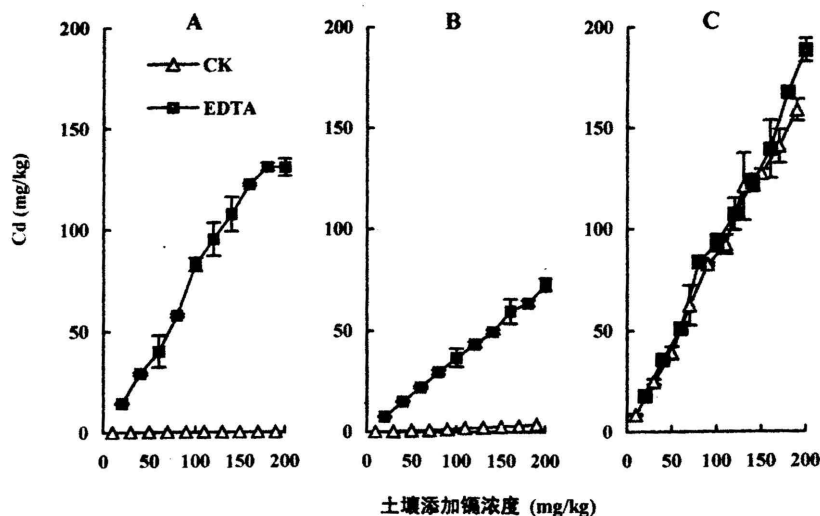


图 1 EDTA 加入土壤对 H_2O - (A), NH_4NO_3 - (B) 和 EDTA- (C) 提取的镉浓度的影响

2.2 EDTA 对镉的生物毒性的影响

2.2.1 根生物量 从图 2 可以看出, 土壤加入 EDTA 一周后, 印度芥菜根的生长明显受到抑制, 特别是低浓度 Cd 处理土壤受到的影响大于高浓度 Cd 处理土壤。没有加 EDTA 的土壤, 150mg/kg 以上的镉处理对印度芥菜根的生长有显著的抑制作用 ($p < 0.01$), EDTA 加入土壤后在含 Cd 60 mg/kg 时根生长已受到抑制 ($p < 0.05$)。

2.2.2 地上部生物量 图 3 是 EDTA 加入 Cd 污染土壤后对印度芥菜地上部生物量的影响。与根受到的影响相似, 低浓度 Cd 处理的土壤加入 EDTA 抑制了植物的生长。从地上部生物量干重来看, EDTA 加入土壤一周后, 含 Cd 80 mg/kg 的土壤中共生长的印度芥菜

地上部的生物量已受到抑制($p < 0.05$)。而没有加入 EDTA 的土壤, 镉对印度芥菜生长的临界抑制点是在 110 mg/kg ($p < 0.01$)。

从本试验得到的结果可以看出, 在印度芥菜生长的后期, EDTA 加入 Cd 污染土壤一周后对植物的生长有抑制作用。Vassil 等 (1998) 曾采用不同浓度的 H-EDTA 来提高印度芥菜对 Pb 的吸收。在试验中同样发现 EDTA 加入土壤后增加了对植物的毒害。他们认为 EDTA 对植物的毒害有可能是 H^+ 质子直接对植物产生毒害^[7]。在我们的实验中由于 EDTA 是以盐的形式加入, 排除了 H^+ 对植物直接产生毒害的可能, 那么导致植物受害有两个可能的原因: 一是 EDTA 提高了土壤中 Cd 的移动性, 增加细胞膜的透性使得根更容易受到毒害^[8]; 二是 Ca^{2+} , Zn^{2+} 是生物膜的重要组成, EDTA 可能络合 Ca^{2+} , Zn^{2+} 从而破坏生物膜^[9]。

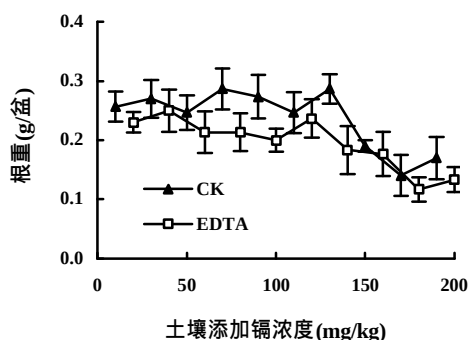


图 2 EDTA 加入对印度芥菜根重的影响

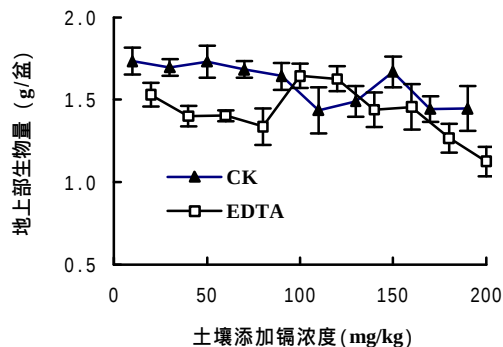


图 3 EDTA 加入对印度芥菜地上部生物量的影响

3 结 论

根据试验结果, 我们可得出以下结论: EDTA 加入土壤仅一周, 水溶态 Cd 增加了数百倍, 交换态 Cd 增加了数十倍, 印度芥菜根和地上部的生长都显著受到抑制。可能的原因是 EDTA 提高了土壤中镉的移动性, 增加了 Cd 对植物的毒性。而且由于水溶态和交换态 Cd 剧增, 带来了地下水污染的风险。因此, 在使用 EDTA 或其它络合剂诱导强化植物修复时要慎重。

参 考 文 献

- 1 Knight B. *et al.* Plant and Soil, 1997, 197: 71~78
- 2 Huang J W, Chen J J, Berti W R, *et al.* Environ. Sci. Technol. 1997, 31, 800~805
- 3 Luo *et al.* *Thlaspi caerulescens* J. and C. Presl metal solubility in a Zn/Cd contaminated soil after addition of EDTA. Proceedings of 5th International Conference of Biochemistry of Trace Elements. Vienna, Australia, 1999
- 4 吴龙华, 骆永明. 铜污染土壤修复的有机调控研究. II. 根际土壤铜的有机活化效应. 土壤, 2000, 32(2): 67~70
- 5 Blaylock M J *et al.* Environ. Sci. Technol., 1997, 31, 860~865
- 6 蒋先军, 骆永明, 赵其国. 镉污染土壤的植物修复及其 EDTA 调控研究 I. 镉对富集植物印度芥菜 (*Brassica juncea*) 的毒性. 土壤, 2000, 33 (4): 35~39
- 7 Vassil A D, Kapulnik Y, Raskin I and Salt D E. Plant Physiology, 1998, 117: 447~453
- 8 Toppi L S and Gabbriellini R. Environmental-and-Experimental-Botany, 1999, 41: 105~130
- 9 Pasternak C A. Biosci. Rep. 1988, 8: 578~583