

EDTA 作用下芥菜型油菜对土壤中 Cd·Ni 的富集规律

朱桂芬, 王学锋, 冯颖俊 (河南师范大学化学与环境科学学院, 河南省环境污染控制重点实验室, 河南新乡 453007)

摘要 通过盆栽试验,研究了不同生长期的芥菜型油菜在 EDTA 作用下对 Cd、Ni 的富集规律。结果表明:随着生长期的延长,EDTA 处理的油菜地上部和根部中 Cd、Ni 的浓度极显著地高于对照组,且 EDTA 对 Cd 迁移的影响明显强于 Ni,说明 EDTA 有助于强化芥菜型油菜对 Cd 污染土壤的修复作用;对 28~63 天的 6 个不同生长期的分析表明,生长 49 天时 2 种处理的油菜地上部中总 Cd 含量均占整个生长期的 90% 以上,总 Ni 含量为整个生长期的 80% 以上,此时收割比较合适。

关键词 芥菜型油菜;土壤;重金属

中图分类号 S153 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)11-03306-03

Enrichment Rules of Heavy Metals Cd and Ni in Brassica juncea Treated with EDTA

ZHU Gui-fen et al (College of Chemistry and Environment Sciences, Henan Normal University, Xinxiang, Henan 453007)

Abstract Pot experiment was conducted to study the enrichment rules of heavy metals Cd and Ni in different growth periods of Brassica juncea treated with EDTA. The results showed that with the growth of Brassica juncea treated with EDTA, the concentration of Cd and Ni was higher than the control group. It was indicated that the transfer effect could be improved by EDTA. After analyzing the 6 different growth periods from 28 d to 63 d, the total Cd content in 49 d in the shoot of Brassica juncea accounted for more than 90 % of the whole growth periods, and Ni content was above 80 %. Therefore, 49 d was the appropriate time to harvest Brassica juncea.

Key words Brassica juncea; Soil; Heavy metals

近年来,芥菜型油菜被广泛地应用于去除土壤的重金属污染方面^[1-2],而油菜从播种到成熟大体可划为 6 个生育时期^[3],许多研究选择植物生长 42 d 作为收割时间^[1-3]。目前,关于不同生长阶段的芥菜型油菜对污染土壤中重金属富集量变化规律的相关报道还很少^[4]。EDTA 对土壤中重金属的活化效应及其在植物修复中的强化作用已倍受关注^[5-8],但对不同生长期的芥菜型油菜其地上部生物量和重金属总量的变化规律的影响的研究还很少。为此,笔者研究了不同生长期的芥菜型油菜在 EDTA 作用下对污染土壤中 Cd、Ni 的富集规律,为重金属污染土壤的植物修复技术提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料 供试作物为芥菜型油菜四川黄芥(以下简称油菜)。供试土壤采自河南师范大学生物实验园地,土壤质地为黄棕壤,pH 值为 7.6,全氮含量为 2.25 g/kg,全磷含量为 0.75 g/kg,全钾含量为 17.4 g/kg,阳离子交换量为 215.9 mmol/kg,土壤 Cd、Ni 含量分别为 0.078 和 29.5 mg/kg。

1.2 试验设计 采用自然条件下的盆栽试验,试验设 2 个处理:①对照,只种油菜,不施 EDTA(以 CK 表示);②种油菜,并在收割前 1 周施用 5 mmol/kg EDTA(以 E5 表示)。每个处理重复 18 次,每次收割 3 盆,即 3 次重复,分 6 个收割期来收获。

试验用塑料花盆,每盆装风干过筛土壤 4.0 kg。向土壤中加入营养液补充底肥,每千克风干土壤加 250 mg 的 N (NH_4NO_3)、60 mg Mg (MgSO_4)、109 mg P (KH_2PO_4) 和 207 mg K ($\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4$)。2 天后将重金属溶液与土壤混合,每千克风干土壤加 50 mg Cd²⁺($\text{CdCl}_2 \cdot 2.5 \text{H}_2\text{O}$) 和 300 mg Ni²⁺($\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$),充分混匀后在自然条件下稳定 10 d。10 天后

将油菜种子直接播撒到花盆中,每盆撒 10 粒左右。出芽后间苗,每盆留 1 株植物。油菜生长期保持土壤湿度为田间持水量的 60%。按照试验设计,分别在油菜生长 28、35、42、49、56 和 63 天后收获,然后进行植株分析。

1.3 样品分析与测定方法 沿土壤向上 1 cm 处用剪刀剪取植株地上部,地上部包括叶片和茎秆,同时取出根部(连带须根一起取出)。先用自来水冲洗干净,然后再用去离子水清洗后烘干,并称量。

所有烘干样品用 Sartorius-BP61S 型电子分析天平称取 0.300 0 g(不足 0.300 0 g 的按实际重量计算)左右,于聚四氟乙烯高压消解罐中经盐酸-硝酸-高氯酸微波消解后用日立 Z-5000 型原子吸收测定仪测定油菜中 Cd、Ni 的总量。

2 结果与分析

2.1 不同生长期油菜生物量的变化(图 1) 由图 1 可知,2 种处理的油菜地上部和根部干重随着生长期的延长不断增加,同时油菜的地上部干重远远高于根部干重,具有较高的冠根比。从油菜干重可以看出,各生长期结束收获植物时,对照的油菜干重始终高于使用 EDTA 处理的。但是 2 种处理的油菜地上部干重几乎一样,在 0.05 水平上无差异。2 种处理的油菜根部干重虽然在 28 和 35 天收获时在 0.05 水平上无差异,但在随后的 42、49 天收获时在 0.05 水平上有差异。这说明 EDTA 的加入使油菜根部生长受到一定的抑制作用,但由于油菜地上部具有很高的重金属富集能力和耐受能力,所以地上部干重没有受到显著影响。

进一步分析不同生长期油菜地上部和根部干重可知,在不同生长阶段油菜地上部和根部干重 7 d 内的日增长量是不同的。2 种处理的油菜地上部和根部干重在不同生长阶段的日增长量见表 1。从表 1 可以看出,2 种处理的油菜每 7 d 的干重日增长量最大值都出现在 42~49 d。这说明,EDTA 虽然抑制了油菜根部的生长,但并没有改变油菜总的生长趋势,油菜仍然具有很高的冠根比。

2.2 不同生长期油菜地上部和根部的重金属浓度变化(图 2) 由图 2 可知,随着生长期的延长,2 种处理的油菜地上部和根部的重金属浓度都逐渐下降。而且,使用 EDTA 处理

基金项目 河南省自然科学基金项目(0611012000);河南省新乡市科技攻关项目(06S049);河南师范大学支持课题项目(052045)。

作者简介 朱桂芬(1977-),女,河南温县人,硕士,讲师,从事土壤生态系统重金属污染及形态分析研究。E-mail: gzfzhu007@sina.com。

收稿日期 2007-01-07

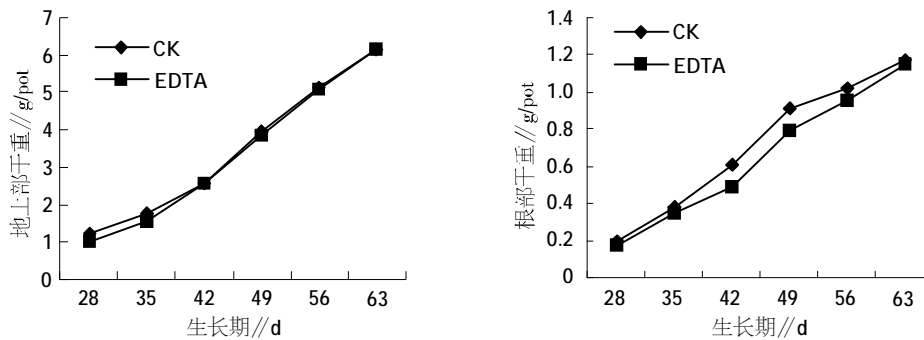


图 1 不同生长期油菜地上部和根部的干重变化

表 1 不同生长期油菜地上部和根部的干重日增长量

处理	植株部位	第 28-35d	第 35-42d	第 42-49d	第 49-56d	第 56-63d
CK	地上部	0.07	0.12	0.20	0.16	0.15
	根部	0.03	0.03	0.04	0.02	0.02
E5	地上部	0.08	0.14	0.19	0.17	0.15
	根部	0.03	0.02	0.04	0.02	0.03

的油菜地上部和根部中 Cd、Ni 的浓度极显著地高于对照。

从对照的油菜地上部和根部的重金属浓度变化可以看出,根部和地上部的重金属浓度在 0.05 水平上无差异,基本上是根部的重金属浓度大于地上部重金属浓度。使用 EDTA 处理后,油菜根部 Cd 浓度在生长 28 d 时大于地上部 Cd 浓度;但在随后的 5 个生长期,根部 Cd 浓度都低于地上部 Cd 浓度,而且随着生长期的延长,降低幅度越来越大。使用 EDTA 处理的油菜中 Ni 的浓度和对照相似;各生长期,油

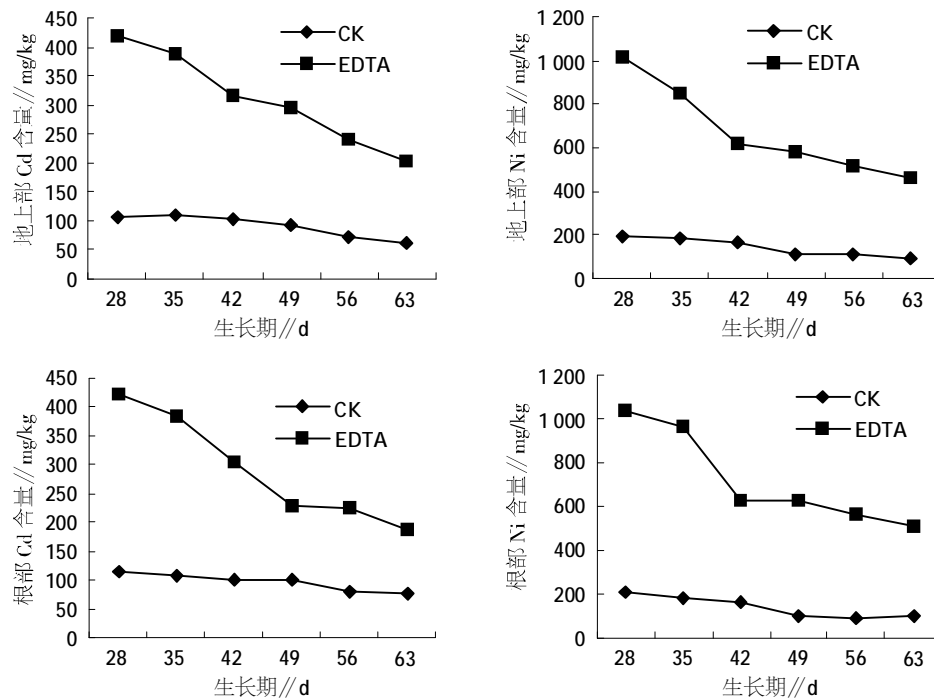


图 2 不同生长期油菜地上部和根部的重金属浓度变化

菜根部 Ni 的浓度都大于地上部 Ni 的浓度。

2.3 不同生长期油菜地上部和根部的重金属总量变化 图 3) 由图 3 可知,随着生长期的延长,2 种处理的油菜地上部和根部的重金属总量不断增大,但最后 2 个生长期重金属总量变化曲线趋于平缓。6 个生长期,2 种处理的油菜根部吸收的重金属总量都远远低于地上部吸收的重金属总量。

由图 3 还可知,使用 EDTA 处理的油菜地上部和根部的重金属总量远远大于对照。EDTA 的施用虽然在一定程度上抑制了油菜根部的生长,但它有效地活化了土壤中的重金属,增强了重金属的生物可利用性,不仅增大了油菜地上部和根部的重金属浓度,而且使油菜地上部和根部的重金属总量也大大增加。

由不同生长期油菜地上部吸收重金属总量的变化可以

看出,不同生长阶段的油菜其地上部重金属总量 7 d 内的日增长量是不同的。2 种处理的油菜地上部吸收重金属总量在不同生长阶段的日增长量见表 2。从表 2 可以看出,2 种处理的油菜其地上部吸收 Cd 总量每隔 7 d 的日增长量最大值都出现在 42~49 d;而油菜地上部吸收 Ni 总量每隔 7 d 的日增长量最大值,EDTA 处理出现在 42~49 d,对照组出现在 35~42 d。对各生长期油菜地上部吸收的重金属总量与 63 d 时油菜地上部吸收重金属总量的对比可以看出,对照

表 2 不同生长期油菜地上部吸收重金属总量的日增长量

重金属种类	处理	28~35 d	35~42 d	42~49 d	49~56 d	56~63 d
Cd	CK	8.40	10.01	14.93	0.68	2.22
	E5	26.30	28.38	48.09	11.71	3.36
Ni	CK	9.87	14.77	4.43	13.26	0.43
	E5	41.83	35.84	99.52	50.61	28.48

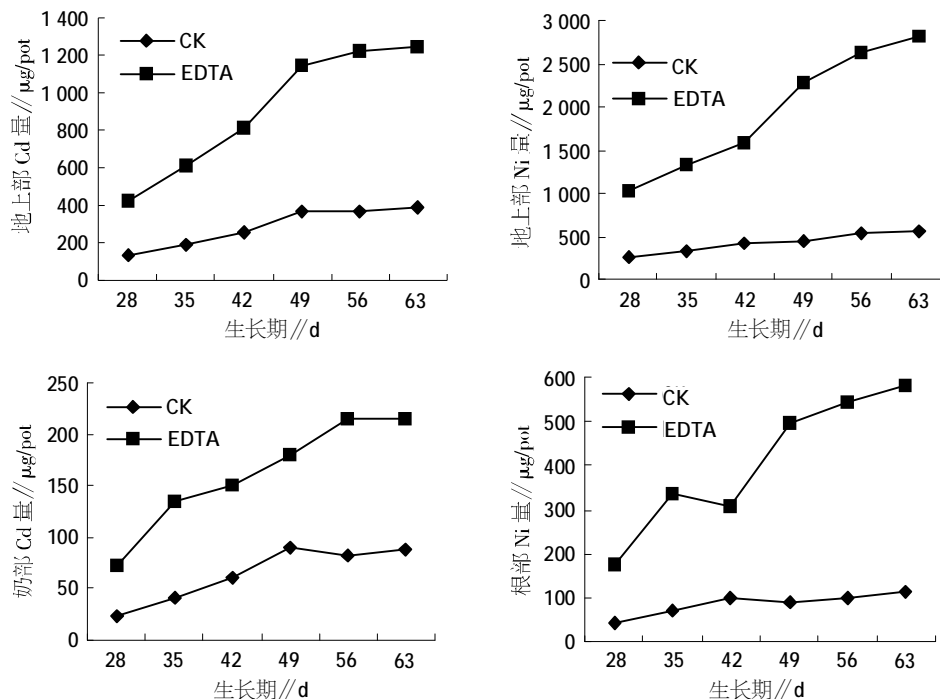


图3 不同生长期油菜地上部和根部的重金属总量变化

和 EDTA 处理的油菜地上部中总 Cd 含量分别是整个生长期的 95% 和 92%; 总 Ni 含量分别为整个生长期的 82% 和 80%。

3 结论与讨论

在 28~63 天的 6 个生长期中, 2 种处理的油菜地上部和根部的干重随着生长期的延长不断增加, 同时油菜的地上部干重远远高于根部干重, 具有较高的冠根比。各生长期中, 对照的油菜干重始终高于使用 EDTA 处理的油菜干重, 其中地上部干重几乎一样, 根部干重仅在生长后期表现出很小的差异。该试验条件下, 单从油菜的生物量来考虑, 生长 49 天时收获油菜比较合适。

随着生长期的延长, 使用 EDTA 处理的油菜地上部和根部中 Cd、Ni 的浓度极显著地高于对照, 表明 EDTA 的施用大大地增加了土壤中重金属的可交换态浓度, 提高了土壤中重金属的生物可利用性^[6-9]; 对照的油菜地上部和根部的重金属浓度在 0.05 水平上无差异。使用 EDTA 处理时, 油菜的生长期越长, EDTA 对 Cd 从根部向地上部运输的影响越大; 使用 EDTA 处理的油菜中 Ni 的浓度和对照相似, 各生长期中, 油菜根部 Ni 的浓度都大于地上部 Ni 的浓度; 使用 EDTA 处理更有助于强化 Cd 污染土壤的植物修复效果。

从重金属总量分析, 2 种处理的油菜地上部和根部的重金属总量均随着生长期的延长而不断增大, 油菜吸收的 Cd、Ni 主要分布在地上部, EDTA 处理的油菜地上部和根部

的重金属总量远远大于对照。由不同生长期油菜地上部和根部干重以及油菜地上部的重金属总量变化规律可以看出, 生长 49 天时收割油菜比较合适。此时, 2 种处理的油菜地上部中总 Cd 含量均占整个生长期的 90% 以上, 总 Ni 含量为整个生长期的 80% 以上。

参考文献

- [1] 苏德纯, 黄焕忠. 油菜作为超累积植物修复镉污染土壤的潜力[J]. 中国环境科学, 2002, 22(1): 48-51.
- [2] 王激清, 茹淑华, 苏德纯. 用于修复土壤超累积镉的油菜品种筛选[J]. 中国农业大学学报, 2003, 8(1): 67-70.
- [3] 王激清, 茹淑华, 苏德纯. 印度芥菜和油菜互作对各自吸收土壤中难溶态镉的影响[J]. 环境科学学报, 2004, 24(5): 890-894.
- [4] 刘铁梅, 胡立勇, 赵祖红, 等. 油菜发育过程及生育期机理模型 I 的研究工模型的描述[J]. 中国油料作物学报, 2004, 26(1): 27-31.
- [5] WANG JI-QING, SU DE-CHUN. Distribution of cadmium in oilseed rape and Indian mustard grown on cadmium contaminated soil[J]. Journal of Environmental Sciences, 2005, 17(4): 572-575.
- [6] CAFER TURGUT, M. KATIE PEPE, TERESA J. The effect of EDTA and citric acid on phytoremediation of Cd, Cr, and Ni from soil using *Helianthus annuus*. Cutright. Environmental Pollution[J]. 2004(131): 147-154.
- [7] ANETA PIECHALAK, BARBARA TOMASZEWSKA, DANUTA BARALIKIEWICZ. Enhancing phytoremediative ability of *Pisum Sativum* by EDTA application[J]. Phytochemistry, 2003(64): 1239-1251.
- [8] WU LH, LUO Y M, XING X R. Christie. EDTA-enhanced phytoremediation of heavy metal contaminated soil with Indian mustard and associated potential leaching risk[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2004(102): 307-318.