

土壤中添加蚯蚓及秸秆对油菜积累镉的影响

朱新萍¹, 郑春霞¹, 贾宏涛¹, 李辉信²

(1. 新疆农业大学草业与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 南京农业大学资源与环境学院, 江苏 南京 210095)

摘要: 采用盆栽试验, 在不同镉(Cd)污染浓度的灰漠土中分别添加蚯蚓和新鲜秸秆, 研究了添加蚯蚓和秸秆还田条件下油菜(*Brassica rapa* L. spp. *Chinensis*)—土壤体系中Cd的分布情况。结果发现:(1)添加蚯蚓可有效增加土壤中Cd向油菜体内转移;蚯蚓可以在Cd污染的土壤中共存,蚯蚓体内Cd浓度随土壤环境中Cd的增加而增加。(2)添加不同比例的秸秆,可促进土壤Cd向油菜体内和根际土壤中转移,促进效果为土壤:秸秆=1:1>土壤:秸秆=2:1>土壤:秸秆=1:0;在相同Cd浓度土壤中,油菜中Cd含量>根际土中Cd含量>土壤中的Cd含量,说明施加秸秆可有效促进油菜对Cd的积累。

关键词: 蚯蚓;秸秆;镉;油菜;植物修复

中图分类号: S565.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)04-0105-04

土壤重金属污染与治理一直是环境科学的热点和难点问题,植物修复技术在土壤污染治理方面具有极大的潜力。一些学者已筛选出了一些野生的超积累植物^[1~4],但它们通常生长缓慢、植株矮小、地上部生物量小,极大地限制了植物修复的实际效率;有些农作物也具备作为修复植物的潜力,如玉米、向日葵等,它们具有生长快、生物量大、易栽培和农耕习惯清楚等优点,与野外发现的一些超富集植物相比,在应用上具有明显的优势。在不少研究中还试图提高修复植物对重金属的吸收率,通过向土壤中添加外源乙二胺四乙酸(EDTA)、二乙基三胺五乙酸(DTPA)螯合诱导剂,提高土壤中重金属的生物有效性^[5],或借助硫细菌使土壤中外加的硫转化为硫酸而促进重金属溶解^[6],达到促进植物对重金属吸收的目的,但这些化学添加剂通常又会存在二次污染问题。

近年来,蚯蚓、秸秆及添加有机肥等措施在污染土壤改良中受到重视,某些蚯蚓品种能存活于重金属污染土壤中,可通过肠道消化和养分富集两个过程提高土壤养分(Mg、Ca、Fe、Mn)含量和金属元素(Cr和Co)的有效性^[7],大大提高土壤重金属的生物有效性,从而促进超积累植物对重金属的吸收,也有报道^[8]施用秸秆可增加植物地下生物量,从而提高积累植物地下对重金属的固定或吸收,因此探讨通过添加蚯蚓等土壤生物以及使用不同农艺措施,提高重金属在土壤中的生物有效性,促进土壤重金属

向超积累植物体内转移,在改善和治理土壤重金属污染问题中具有重要的意义。

本文通过室内模拟,在Cd污染灰漠土中分别接种蚯蚓和添加不同比例的新鲜秸秆,研究修复植物油菜(*Brassica rapa* L. spp. *Chinensis*)对土壤体系中Cd迁移的影响,进而为合理利用农艺措施改良重金属污染土壤提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

十字花科植物油菜(*Brassica rapa* L. spp. *Chinensis*),品种为新油九号;赤子爱胜蚓(*Eisenia foetida*);麦草秸秆;供试土壤为灰漠土,采自新疆农业大学试验场农田,土层深度0~20 cm,土壤pH值 8.30 ± 0.05 。

1.2 试验方法

1.2.1 Cd污染土壤的制备 称取1.6 kg土壤于相同体积塑料盆钵中,将预先配制好的Cd浓度为0、3、6、10 mg/L溶液各100 ml分别加入土壤,使土壤中Cd浓度为0 mg/kg、0.1875 mg/kg、0.375 mg/kg和0.625 mg/kg,在温室中稳定1周后,用于蚯蚓对油菜修复污染土壤试验和秸秆对油菜修复污染土壤试验,每个水平3次重复。

1.2.2 试验设计 采用室内盆栽,在加入0 mg/kg、0.1875 mg/kg、0.375 mg/kg和0.625 mg/kg的Cd溶液的污染土壤中播种200粒油菜种子,土深1 cm左右,每浓度分别加入蚯蚓条数分别为0条、10条、30

收稿日期:2010-09-27

基金项目:国家自然科学基金项目(40901155);新疆自治区高校科学研究计划项目(XJEDU2009I17);新疆高校青年启动基金(XJEDU2007S16);教育部重点项目(209139);土壤学新疆自治区重点学科;草业科学国家重点学科资助

作者简介:朱新萍(1978—),女,新疆伊宁人,博士研究生,讲师,主要从事环境安全与质量评价研究。E-mail:zhuxinping1978@163.com。
通讯作者:贾宏涛, E-mail: hongtaojia@126.com。

条、50 条,油菜生长 35 d 后测定。

采用室内盆栽,将土壤和麦草秸秆按照体积 1:0;1:1;2:1 的比例混匀分别放入各盆中,各盆中 Cd 分别为 0 mg/kg、0.1875 mg/kg、0.375 mg/kg 和 0.625 mg/kg,将 200 粒油菜种子均匀播撒室温 25℃ ±1℃,湿度 35% ±5% 培养,油菜生长 35 d 后测定。

1.3 分析方法

培养 35 d 后,油菜根系发达,基本布满整个钵,蚯蚓基本扰动了整个土体。将油菜全量采集,用毛刷取油菜根际土,盆中土壤用十字五点法取样(分别取上、中、下),将其混合均匀,将土壤样品烘干、磨碎,过 100 目尼龙筛。分别称取土壤、植株和蚯蚓样品各 0.2 g,土壤样品用王水—高氯酸消化、植株和蚯蚓样品采用硝酸—高氯酸消化,用石墨炉原子吸收分光光度法测定。数据利用 Excel 软件进行数据处理;利用 DPS 软件进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 蚯蚓对油菜—土壤体系中 Cd 迁移的影响

2.1.1 不同 Cd 污染土壤中蚯蚓对油菜体内 Cd 浓度的影响 由图 1 可知:在不同 Cd 浓度土壤条件下,随着添加蚯蚓条数的增加,油菜中 Cd 含量呈现增加的趋势,与对照相比呈现出较好的正相关性, R^2 分别达到 0.92、0.58 和 0.79,说明蚯蚓数量的增加可有效增加土壤 Cd 向油菜体内的转移。这主要是因为蚯蚓的代谢活动可对土壤的微环境有影响,从而可能加强了微生物与重金属之间存在的复杂相互作用关系,提高土壤中重金属生物有效态,从而促进了植物的吸收。

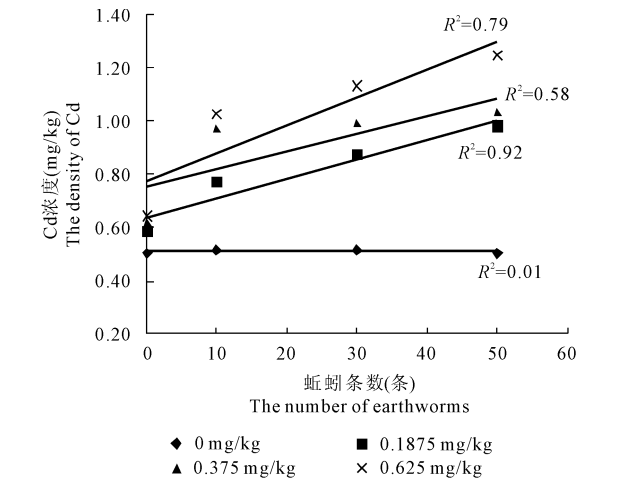


图 1 不同 Cd 浓度污染土壤中蚯蚓对油菜体内 Cd 浓度的影响

Fig.1 Effect of earthworms on concentration of Cd in *Brassica rapa L. spp. Chinensis* in different Cd-contaminated soil

2.1.2 蚯蚓对不同 Cd 浓度处理土壤中 Cd 迁移的影响 由图 2、图 3 可知,在不同 Cd 污染土壤中,蚯蚓对油菜非根际土和根际土壤中 Cd 浓度有一定影响。总体来看在加入蚯蚓后,随着蚯蚓条数的增加,非根际土中的 Cd 浓度有降低趋势,而油菜根际土中的 Cd 浓度却呈现升高。相比于对照组,添加蚯蚓的各组中,0.375 mg/kg、0.625 mg/kg 的 Cd 污染土壤组,土壤中的 Cd 浓度下降明显,呈负相关 ($R^2=0.76$ 和 $R^2=0.87$),而油菜根际土中 Cd 浓度上升明显,正相关性好 ($R^2=0.93$ 和 $R^2=0.74$),这主要是因为蚯蚓活动可以分泌出大量含有一 COOH、一 NH₂、一 C=O 等活性基团的胶粘物质,胶粘物质通过络合/螯合重金属推动土壤重金属的活化;通过刺激土壤微生物的活动,直接或间接地促进土壤重金属活化,促进土壤中的 Cd 向根际土和植物中迁移,使根际土壤中 Cd 的富集量升高^[8]。

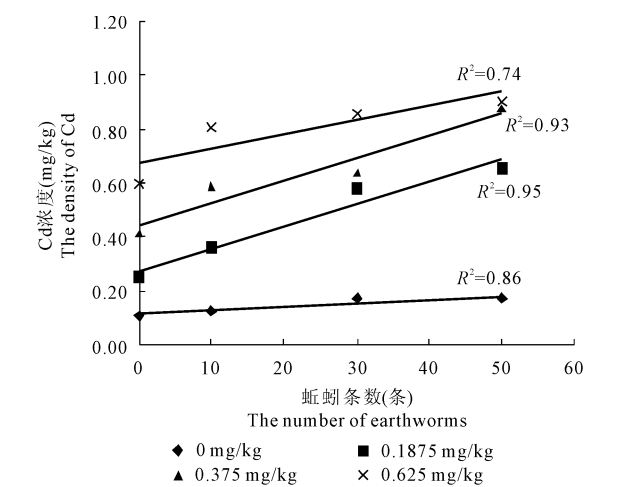


图 2 不同 Cd 污染处理下蚯蚓对油菜根际土中 Cd 浓度的影响

Fig.2 Effect of earthworms on the concentration of Cd in rape rhizosphere soil in different Cd-contaminated soil

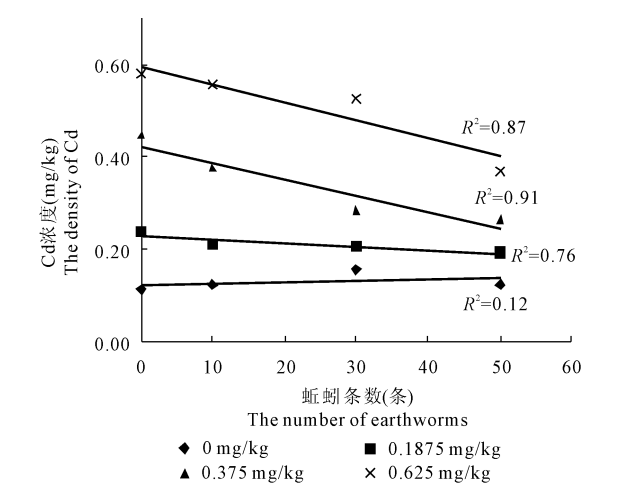


图 3 不同 Cd 污染处理下蚯蚓对非根际土中 Cd 浓度的影响

Fig.3 Effect of earthworms on the concentration of Cd in

non-rhizosphere soil in different Cd-contaminated soil

2.1.3 不同 Cd 浓度处理对蚯蚓体内 Cd 浓度的影响 由图 4 可知,蚯蚓体内的 Cd 含量与土壤中 Cd 的总浓度有密切的关系,即随 Cd 浓度的升高,蚯蚓体中 Cd 的含量也随之增加,说明蚯蚓不仅可以在 Cd 污染的土壤中共存,而且还能吸收 Cd 通过消化过程进行富集。

2.2 施入秸秆对油菜修复 Cd 污染土壤的影响

全株油菜体内、根际土以及非根际土中 Cd 含量的测定结果见表 1,在相同 Cd 浓度下,土壤和秸秆的比例不同时,Cd 在油菜、根际土以及非根际土中的浓度表现为土壤:秸秆=1:1>土壤:秸秆=2:1>土壤:秸秆=1:0,可得出相同 Cd 浓度下,在土壤:秸秆=1:1 时,有效态 Cd 向植物及根际土壤转移量增加。在相同的土壤和秸秆处理组中可以看出,随着 Cd 浓度的增加,油菜、根际土壤和土壤中的 Cd 浓度均在增加;在相同 Cd 浓度处理下;油菜—土壤体系中,油菜中 Cd 含量>根际土中 Cd 含量>

土壤中的 Cd 含量。重金属形态的分布和变化很大程度上取决于环境介质的性状。

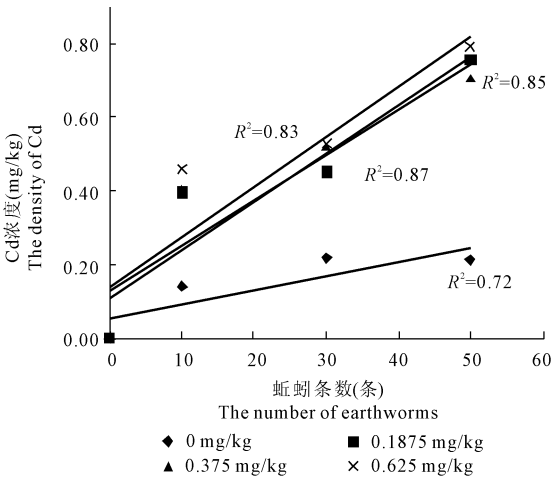


图 4 不同 Cd 浓度处理对蚯蚓体内 Cd 浓度的影响
Fig.4 Effect of different Cd concentration treatments on the concentration of Cd in earthworms in different Cd-contaminated soil

表 1 油菜、根际土、非根际土中 Cd 含量的测定结果

Table 1 The test result of the content of Cd in rape , rhizosphere soil and non-rhizosphere soil

Cd 浓度 Cd content (mg/kg)	土壤:秸秆 Soil:straw	测定结果 Test results (mg/kg)		
		油菜中 Cd 浓度 Content of Cd in rape	根际土中 Cd 浓度 Content of Cd in rhizosphere soil	非根际土中 Cd 浓度 Content of Cd in non-rhizosphere soil
0	1:0	0.4840	0.4189	0.1226
	2:1	0.5031	0.4345	0.3141
	1:1	0.5216	0.4401	0.2219
0.1875	1:0	0.4975	0.4748	0.2165
	2:1	0.5844	0.4978	0.2459
	1:1	0.6118	0.5098	0.2539
0.3750	1:0	0.5401	0.5024	0.3173
	2:1	0.6273	0.5246	0.3084
	1:1	0.6818	0.5424	0.4590
0.7500	1:0	0.7223	0.6310	0.3714
	2:1	0.7470	0.6551	0.3901
	1:1	0.7679	0.6951	0.4265

通过一定的农艺措施,例如秸秆还田、施用有机物料和动物粪肥等,增加土壤的有机质,从而可以与土壤溶液中的金属离子形成络合物或改变土壤溶液的一些基本化学性状,如 pH、Eh 等而产生作用,从而改变土壤中重金属元素的形态,使交换态重金属在土壤中的活性升高,易于植物吸收。

3 结 论

1) 在不同 Cd 浓度土壤条件下,通过添加蚯蚓

条数,可有效增加土壤中 Cd 向修复植物油菜体内转移;蚯蚓可以在 Cd 污染的土壤中共存,并随环境中 Cd 的增加,体内吸收 Cd 增加。

2) 在油菜—土壤体系中,通过对土壤添加不同比例的秸秆,可促进土壤 Cd 向油菜体内和油菜根际土壤转移,促进效果为土壤:秸秆=1:1>土壤:秸秆=2:1>土壤:秸秆=1:0;在相同 Cd 浓度土壤中,油菜中 Cd 含量>根际土中 Cd 含量>土壤中的 Cd 含量。

参 考 文 献：

[1] 苏德纯,黄焕忠,张福锁.印度芥菜对土壤中难溶态镉、铅的吸收差异[J].土壤与环境,2002,11(2):125—128.

[2] 储玲,刘登义,王友保,等.铜污染对三叶草幼苗生长及活性氧代谢影响的研究[J].应用生态学报,2004,15(1):119—122.

[3] 夏汉平,束文圣.香根草和百喜草对铅锌尾矿重金属的抗性与吸收差异研究[J].生态学报,2001,21(7):1121—1129.

[4] 李文学,陈同斌,刘颖茹.刈割对蜈蚣草的砷吸收和植物修复效率的影响[J].生态学报,2005,25(3):538—542.

[5] 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[J]. Environmental Pollution, 2004,131:147—154.

[6] Cui Y S, Dong Y T, Li H F, et al. Effect of elemental sulphur on solubility of soil heavy metals and their uptake by maize[J]. Environment International, 2004,30(3):323—328.

[7] Devliegher W, Verstraete W. Lumbricus terrestris in a soil core experiment: effect of nutrient enrichment processes (NEP) and gut-associated processes (GAP) on the availability of plant nutrients and heavy metals[J]. Soil Biol Biochem, 1996,28:489—496.

[8] 王丹丹,李辉信,胡锋,等.蚯蚓—秸秆及其交互作用对黑麦草修复Cu污染土壤的影响[J].生态学报,2007,27(4):1292—1298.

[9] Wang C L, Michels P C, Dawson S C. Cadmium removal by a new strain of pseudomonas aeruginosain aerobic culture [J]. Appl Environ Microbiol, 1997,63:4075—4078.

Effects of adding earthworms and straw into soil on cadmium accumulation in rape

ZHU Xirping¹, ZHENG Chunxia¹, JIA Hongtao¹, LI Huixin²

(1. College of Prataculture and Environment Science, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China;
2. College of Resources and Environment Science, Nanjing Agricultural University, Nanjing, 210095, China)

Abstract: In pot experiments, earthworms and fresh straw were added into gray desert soil with different concentrations of Cd pollution to study the rape (*Brassica rapa L. spp. Chinenesis*) Cd accumulation in the soil system under two treatments: earthworm and straw additions. The results showed that: (1) Under different conditions of soil Cd pollution, the addition of earthworms can effectively promote Cd in the soil to transfer into rape; earthworms can survive in the Cd-contaminated soil, while with the increase of Cd in the environment, Cd concentration in earthworm bodies increase too. (2) In the rape-soil system, addition of different proportions of straw into soil can promote Cd to transfer into rape bodies and rhizosphere soil, and the promotion effects are soil: straw = 1:1 > soil: straw = 2:1 > soil: straw = 1:0; in the soil with same Cd concentration, Cd content in rape > Cd content in rhizosphere soil > Cd content in soil, which indicates that application of straw can effectively promote the accumulation of Cd in rape.

Keywords: earthworm; straw; Cadmium; rape; phytoremediation