

臧彩云,沈袁玲,顾敏京,等. 零价铁对滩涂土壤重金属镉形态及有效性的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(18):249-251.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.18.064

零价铁对滩涂土壤重金属镉形态及有效性的影响

臧彩云, 沈袁玲, 顾敏京, 黄顾林, 左文刚, 柏彦超, 单玉华

(扬州大学环境科学与工程学院/江苏省有机固体废弃物资源化协同创新中心, 江苏扬州 225009)

摘要:沿海滩涂盐土是重要的后备耕地资源,但新围垦的滩涂并非农用耕地,需要投入大量的有机物料加以熟化改良,而大量有机物料的加入容易导致土壤重金属镉(Cd)污染,这成为滩涂土壤改良的重要限制因素之一。由于零价铁可以降低土壤重金属活性,研究施用零价铁对滩涂土壤镉形态变化以及植株镉累积的影响。结果表明,随着零价铁施用量的增加,滩涂土壤有效态镉含量逐渐降低,易被植株吸收的酸溶态和可还原态镉含量整体上均有所下降,而较稳定不易被植株吸收的可氧化态及残渣态镉含量都有所增加;植株体内镉累积量也在一定范围内随着零价铁施用量的增加呈下降趋势。

关键词:滩涂盐土;零价铁;重金属镉;有效性;镉形态;污染

中图分类号: S156;X53 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)18-0249-02

土壤是人类生存与发展的基础,随着工业、农业的迅速发展,受重金属污染的土壤面积不断扩大,我国耕地资源紧缺,有限的耕地资源随着人口的不断增长,以及工矿、交通、城市建设用地的不断增加,产生的人地矛盾形势严峻^[1-3]。我国东部沿海每年可以形成约 2 万 hm^2 的淤泥质滩涂,改造后可为全国特别是沿海省份的长期发展提供较为实际可靠的后备资源^[4]。滩涂盐土属于特殊原始土壤,最显著的特征就是盐分含量偏高,有机质含量极低,耕作层次尚未形成,结构差,通气保水性差,养分含量低且易流失,供应能力差,微生物区系组成单一,需要通过投入大量的有机物料加以熟化改良^[5-6]。有研究表明,长期施用高量有机肥会增加土壤中的镉(Cd)含量,而在滩涂盐土改造的过程中,会不可避免地使用各种肥料,这就为滩涂盐土受重金属镉的污染带来了可能性^[7-9]。同时由于工农业的迅速发展,重金属的排放量也在急剧增加,长期受环境的影响,滩涂盐土也势必会受重金属镉的污染^[10-11]。当土壤中的镉过量时,会出现破坏叶片中叶绿素、减少根系对养分和水分的吸收、抑制根系对氮的固定等不良现象^[12-13]。而通过食物链,这些污染土壤中长出的植物会携带有害物质,使其最终被人体吸收,诱发各种疾病,从而对人体产生危害^[14-18]。所以,有效地控制及治理土壤镉污染,提高土壤质量会成为生态环境保护中一项非常重要的工作。目前,原位修复方法是治理重金属污染土壤的重要方法之一^[19]。原位修复中经常被利用的物质是具有物理化学吸附和固持能力的有机质、铁锰氧化物等,该方法非常适用于修复重金属轻污染的大面积土壤,因其技术具有快速、经济、有效

等优点,越来越受到人们的欢迎^[20-21]。零价铁能够专性吸附重金属离子,将其固定到氧化物晶格层间,能使还原性铁粉生物有效性降低^[22]。原位零价铁修复技术虽然已被大范围使用,但在滩涂盐土上的应用较为罕见。本研究通过模拟盆栽试验,研究施用零价铁对滩涂土壤中不同形态镉含量及植株体内累积量的影响,以期对镉污染盐土的修复提供参考依据,从而为滩涂盐土的改良提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试滩涂盐土采自江苏省南通市如东县兆盈农场。采集 0~20 cm 表层土壤,经自然风干后,过 2 mm 筛,备用。

1.2 试验设计

试验于 2015 年 2—6 月在扬州大学环境科学与工程学院试验大棚内进行。采用盆栽种植方法,每盆填土 1 kg,参照 GB 15618—1995《土壤环境质量标准》,设置土壤的重金属含量为镉 30.0 mg/kg 土,重金属镉以氯化镉的形态加入盆栽土中,干湿交替培养 1 个月后得到镉污染土样,老化完成后测得土样全量镉含量为 28.14 mg/kg。分别按添加量为土壤质量的 0.5%、1.0%、2.0%、4.0% 添加改良剂零价铁,分别为 0.5、10.0、20.0、40.0 g/盆,共 4 个不同施用量处理($T_1 \sim T_4$),同时添加空白对照组,记为 CK,将零价铁与污染土样混合均匀后装入直径 15 cm、高 18 cm 的食品级聚氯乙烯(PVC)盆中,每个处理 3 次重复。装盆预培养 1 个月后播种,另留部分土样在室温下自然风干后用于有关性质的测定。每盆选 6 粒饱满的玉米种子均匀撒播后在表面覆盖 0.5 cm 厚的土层。播种 4 d 出苗后进行间苗,每盆保留 3 株均匀分布、大小一致的植株。在自然光照条件下生长,每 2 d 用去离子水浇灌 1 次,调节土壤含水量在最大持水量的 60% 左右。2015 年 6 月 9 日种植,2015 年 7 月 24 日收割,共计 45 d。

1.3 测定项目及方法

供试土样的测定采用土壤农化常规分析法:速效重金属含量采用二乙基三胺五乙酸(DTPA)浸提法,全量重金属含

收稿日期:2016-03-22

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(15)1005]。

作者简介:臧彩云(1993—),女,江苏如皋人,主要从事植物营养、重金属污染土壤改良方面的研究。E-mail:1070813932@qq.com。

通信作者:单玉华,博士,教授,主要从事农田生态环境与农业资源利用方面的研究。Tel:(0514)87979645;E-mail:shanyuhua@gmail.com。

量采用 $\text{HCl}-\text{HNO}_3-\text{HClO}_4$ 消煮法,重金属的形态采用欧共体标准物质局(BCR)4 步法,均用火焰原子吸收分光光度计(Model SOLAAR M6, Thermo Elemental, Thermo Fisher Scientific Inc, 美国)测定^[23]。

玉米植株收割后用去离子水洗净,置于 105 ℃ 烘箱中杀青 1 h,在 65 ℃ 条件下烘干至恒质量,称量干质量,粉碎,待测。植株体内镉含量采用干灰化法,用火焰原子吸收分光光度计测定^[23]。

试验数据采用 Excel 2007 和 SPSS 19.0 进行处理分析。

2 结果与分析

2.1 零价铁对污染滩涂盐土中速效镉的影响

图 1 显示,随着零价铁施用量的增加,土壤中速效镉含量不断降低,且各处理间差异显著。与 CK 相比,处理 T_4 的速效镉含量由 13.18 mg/kg 降到 5.23 mg/kg。可见零价铁的施用有助于滩涂盐土速效镉含量的降低,这是由于零价铁可以吸附土壤有效重金属,显著降低土壤有效重金属含量。

2.2 零价铁对污染滩涂盐土中镉形态的影响

施用零价铁后,土样中重金属镉的形态变化特征见图 2。

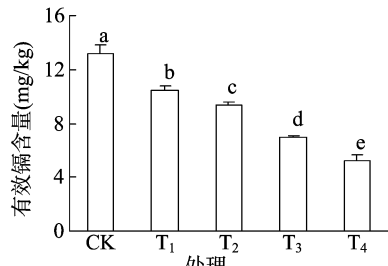


图1 零价铁施用量对滩涂盐土有效镉含量的影响

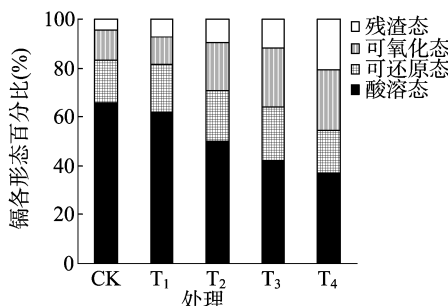


图2 零价铁施用量对滩涂盐土镉形态的影响

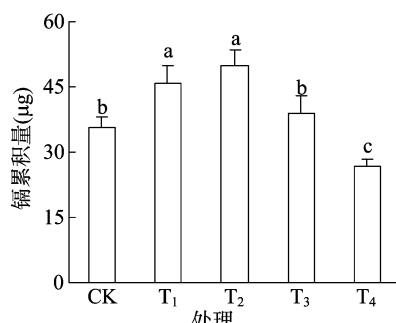


图3 零价铁施用量对玉米吸收镉的影响

3 结论与讨论

沿海新围垦滩涂土壤的培肥熟化,需要投入大量的有机物料,而大量有机物料的添加会使土壤中的重金属镉含量增加,这成为滩涂土壤改良的重要限制因素之一。镉污染滩涂盐土经过施用零价铁后,土壤中的镉形态分布发生了明显的变化,零价铁的施用对土壤镉活性的降低效果极显著,对可氧化态、残渣态的相对含量增加效果明显,与在普通农田土上的施用效果一致^[24]。施用零价铁显著降低了玉米植株重金属镉积累量,主要是因为零价铁的施用降低了土壤有效态重金属镉的含量,与前人研究结果^[25]一致。那么,除了施用零价铁改良效果明显外,其他原位修复改良剂如生物炭、吸水树脂等材料的改良效果如何,值得深入研究。

参考文献:

- [1] Adriano D C, Wenzel W W, Blum W H. Role of phytoremediation in the establishment of a global soil remediation network[C]. Tokyo: Proceedings of International Seminar on Use Plants for Environment Remediation, 1997.
- [2] 陈怀满. 环境土壤学[J]. 地球科学进展, 1991, 6(2): 49-50.
- [3] Yu B H, Lu C H. Change of cultivated land and its implications on

可以看出,随着还原性铁粉施用量的增加,酸溶态(EX)含量占全量的比例呈下降趋势,且变化幅度较大,从 T_1 到 T_4 处理其所占比例依次为 61.6%、49.9%、42.2%、33.6%,较对照处理的 65.8% 均有所下降,且趋势明显。可还原态(OXI)含量占全量的比例呈先上升后下降的趋势,变化幅度不是很大,从 T_1 到 T_4 处理其所占比例依次为 19.7%、20.9%、21.6%、20.7%,对照处理为 17.1%,当零价铁施用量达到 T_3 处理(2.0%)时,达到最大值。可氧化态(ORG)含量占全量的比例呈上升趋势,且趋势明显,从 T_1 到 T_4 处理其所占比例依次为 11.2%、19.5%、24.2%、27.0%,较对照处理的 12.6% 除 T_1 处理外均有所上升;残渣态(RES)含量占全量的比例也呈逐渐上升趋势,幅度较大,从 T_1 到 T_4 处理其所占比例依次为 7.5%、9.7%、12.0%、18.8%,较对照处理的 4.6% 均有所上升。

2.3 零价铁对玉米植株镉吸收的影响

施用零价铁对玉米植株镉吸收的影响见图 3,可见随着施用量的增加,与对照组相比,植株镉含量呈先上升后下降的趋势,当达到处理 T_2 (1.0%)时达到最大值,之后逐渐下降。

food security in China[J]. Chinese Geographical Science, 2006, 16(4): 299-305.

- [4] Wang F, Wall G. Mudflat development in Jiangsu province, China: practices and experiences[J]. Ocean & Coastal Management, 2010, 53(11): 691-699.
- [5] 柏彦超,汪晓丽,陶天云,等. 施用生活污水改良滩涂土壤理化性质的探讨[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(4): 1019-1025.
- [6] 姚荣江,杨劲松,陈小兵,等. 苏北海涂围垦区耕层土壤养分分级及其模糊综合评价[J]. 中国土壤与肥料, 2009(4): 16-20.
- [7] 韩晓日,王颖,杨劲峰. 长期定位施肥对土壤中镉含量的影响及其时空变异研究[J]. 水土保持学报, 2009, 2(1): 107-110, 158.
- [8] Park J H, Lamb D, Paneerselvam P. Role of organic amendment on enhanced bioremediation of heavy metal (loid) contaminated soils[J]. Journal of Hazardous Materials, 2011, 185(23): 549-574.
- [9] 田忠孝,曹季江. 有机质改良盐碱土的初步研究[J]. 土壤肥料, 1993(1): 1-9.
- [10] 柳絮,范仲学,张斌,等. 我国土壤镉污染及其修复研究[J]. 山东农业科学, 2007(6): 94-97.
- [11] 曾咏梅,毛昆明,李永梅. 土壤中镉污染的危害及其防治对策[J]. 云南农业大学学报, 2005, 20(3): 360-365.
- [12] Adriano D C. Trace elements in terrestrial environments:

陈 婷, 韩士群, 周 庆. 巢湖藻-草-泥有机肥的重金属安全性评价[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(18): 251-254.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.18.065

巢湖藻-草-泥有机肥的重金属安全性评价

陈 婷, 韩士群, 周 庆

(江苏省农业科学院农业资源与环境研究所, 江苏南京 210014)

摘要: 针对巢湖取出物蓝藻、水草和底泥作为有机肥利用可能带来的重金属安全性问题, 采用高温堆肥制成有机肥, 测定有机肥、盆栽土壤和大白菜体内重金属的含量; 采用内梅罗污染指数法和单因子污染指数法分别评价土壤和大白菜中重金属的安全性。结果表明, 有机肥、盆栽土壤和大白菜中的铅含量分别为 0.16、0.24、0.05 mg/kg; 铬含量分别为 0.29、0.12、<0.02 mg/kg; 其余 3 种重金属(砷、镉、汞)在三者体内的含量均为 <0.04、<0.01、<0.04 mg/kg。重金属评价结果表明, 藻-草-泥有机肥中重金属含量远低于有机肥料中限量指标的要求, 符合重金属安全标准。土壤中的综合污染指数为 0.05, 远小于安全等级的限量值, 属于安全等级, 此土壤上种植的作物不会被污染。大白菜中铅、砷、铬、镉单因子污染指数分别为 0.26、0.08、0.04、0.20, 远小于清洁水平的限量值, 且均符合无公害蔬菜的安全要求。

关键词: 大白菜; 巢湖蓝藻; 水草; 底泥; 有机肥; 重金属; 安全性评价; 综合污染指数; 清洁水平

中图分类号: X592 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)18-0251-04

治理巢湖水体富营养化过程中打捞上岸的蓝藻、水草和疏浚底泥等直接堆放, 不仅占用大量土地资源, 同时会产生二次污染, 可能造成重金属危害。目前, 打捞的蓝藻及水草较为重要的资源化利用方法为通过厌氧发酵产沼气、沼液、沼渣等副产物制作为肥料; 或作为堆肥原料制备固体有机肥料。而疏浚底泥除了用于生产建筑材料, 也较多地应用于堆肥。

目前, 关于这 3 类湖泊取出物的重金属研究颇多。韩士群等研究了太湖蓝藻经发酵产沼处理后, 沼渣、沼气等产物中

的重金属残留问题^[1]。谢萍等发现, 将蓝藻作为饲料喂养家禽家畜等, 蓝藻体内富集的重金属会对其生长产生不利影响^[2]。季俊杰等研究了静态通气堆肥后, 氧化塘底泥中的重金属残留^[3]。薛澄泽等发现, 通过堆肥可在不同程度上减少底泥中重金属的含量^[4]。吕彦等的研究结果则表明, 通过快速堆肥处理, 底泥中的铅、铬、镉等重金属的活性及毒性有所降低^[5]。林丹妮等研究了电动修复法对底泥沉积物中重金属的去除效果^[6]。国外研究者曾利用电动力学技术对海港底泥沉积物中的铬、铅、铜等多种重金属进行去除效果的研究^[7-8]。

而通过堆肥法制作的有机肥料中重金属的安全性也是一个研究热点。本试验将从巢湖中打捞的蓝藻、水草及疏浚底泥等按比例混合进行堆肥, 制成藻-草-泥有机肥, 再向堆肥成品中进一步添加珍珠岩、蛭石等, 制备成藻-草-泥基

收稿日期: 2016-04-11

基金项目: 国家水专项巢湖项目(编号: 2012ZX07103-005)。

作者简介: 陈 婷(1990—), 女, 安徽合肥人, 硕士研究生, 主要从事固体废弃物资源化利用。E-mail: 316640108@qq.com。

通信作者: 韩士群, 博士, 研究员, 主要从事富营养化水体治理。Tel: (025)84390241; E-mail: shqunh@126.com。

biogeochemistry, bioavailability, and risks of metals [M]. Heidelberg: Springer-Verlag, 2001: 9-23.

[13] 王彩绒, 吕家珑, 胡正义. 太湖流域典型蔬菜土壤氮及 pH 空间变异特征[J]. 水土保持学报, 2005, 19(3): 100-107.

[14] 康 浩, 石贵玉, 潘文平. 镉对植物毒害的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(26): 11200-11201, 11204.

[15] 罗绪强, 王世杰, 张桂玲. 土壤镉污染及其生物修复研究进展[J]. 山地农业生物学报, 2008, 27(4): 357-361.

[16] 朱凤鸣, 刘 芳, 邹学贤. 昆明西郊镉污染对人体健康的影响[J]. 中国卫生检疫杂志, 2002, 12(5): 602-603.

[17] Xia H P. Ecological rehabilitation and phytoremediation with four grasses in oil shale mined land[J]. Chemosphere, 2004, 54(3): 345-353.

[18] 孙晋伟, 黄益宗, 石孟春. 土壤重金属生物毒性研究进展[J]. 生态学报, 2008, 28(6): 2861-2869.

[19] 张杏泽, 夏汉平, 李志安. 牧草对重金属污染土壤的植物修复综述[J]. 生态学杂志, 2009, 28(8): 1640-1646.

[20] 胡克伟, 关连珠. 改良剂原位修复重金属污染土壤研究进展[J]. 中国土壤与肥料, 2007(4): 1-5.

[21] Cao X D, Dermatas D, Xu X F, et al. Immobilization of lead in shootingrange soils by means of cement, quicklime, and phosphate amendments[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2008, 15(2): 120-127.

[22] Hamon R E, McLaughlin M J, Cozen G. Mechanisms of attenuation of metal availability *in situ* remediation treatments[J]. Environmental Science and Technology, 2002, 36(18): 3991-3996.

[23] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 205-338.

[24] 林国林, 杜胜南, 金兰淑, 等. 施用生物炭和零价铁粉对土壤中镉形态变化的影响[J]. 水土保持学报, 2013, 27(4): 157-160, 165.

[25] Bolan N S, Adriano D C, Duraisamy P, et al. Immobilization and phytoavailability of cadmium in variable charge soils. I. Effect of phosphate addition[J]. Plant and Soil, 2003, 250(1): 83-94.