

不同钝化剂对轻度镉污染农田水稻吸附的钝化修复作用

马婵华 (四川省核工业地质调查院, 四川成都 610052)

摘要 添加钝化剂是修复重金属污染土壤的有效方法之一。通过在成都平原的水稻轻度 Cd 污染农田进行田间试验, 选取石灰、生物炭、生物有机肥 3 种钝化剂, 探讨轻度 Cd 污染农田土壤原位钝化修复技术效果。结果表明, 向农田土壤中施加石灰、生物炭、生物有机肥等钝化剂可以在一定程度上降低作物籽粒中 Cd 含量。单一石灰处理、生物炭配施石灰处理以及生物有机肥配施石灰处理可以使水稻常规修复试验中水稻籽粒中 Cd 含量降低 8.85%~29.62%。由此可见, 向农田土壤中施加钝化剂可以在一定程度上降低作物籽粒中 Cd 含量。

关键词 农田土壤污染; 重金属镉污染; 钝化剂; 吸附; 钝化; 修复

中图分类号 X53 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2021)02-0046-02

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.02.014



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Passivation and Remediation Effects of Different Passivation Agents on the Adsorption of Lightly Cadmium-Contaminated Farmland Rice

MA Chan-hua (Sichuan Institute of Nuclear Geology, Chengdu, Sichuan 610052)

Abstract Adding passivation agent is one of the effective methods to repair heavy metal contaminated soil. In this paper, field experiments were carried out on lightly Cd contaminated rice fields in Chengdu Plain, and three passivation agents, including lime, biochar and bio-organic fertilizer, were selected to investigate the technical effects of in-situ passivation remediation of soil in lightly Cd contaminated farmland. The results showed that adding passivation agents such as lime, biochar and bio-organic fertilizer to the farmland soil could reduce the content of Cd in grain. Single lime treatment, biochar combined with lime treatment and bio-organic fertilizer combined with lime treatment could reduce the Cd content of rice grains by 8.85%~29.62% respectively in conventional rice restoration experiments. Therefore, it can be concluded that applying passivation agent to farmland soil can reduce Cd content of crops to some extent.

Key words Soil pollution in farmland; Heavy metal cadmium pollution; Passivation agent; Adsorption; Passivation; Remediation

土壤是人类生存发展必不可少的自然资源, 是农业生产的物质基础, 与人类的生存发展和环境息息相关。随着社会经济的高速发展, 土壤污染日益严重。进入到土壤系统的重金属 Cd, 可以通过食物链最终富集到人体, 从而产生危害^[1]。人体积累少量的 Cd 便可能引发严重的症状, 长期食用 Cd 超标的食物会富集在肝脏、肾脏和骨骼中, 造成各种不同程度的损伤, 危害人类健康^[2]。联合国环境规划署将 Cd 列为 12 种全球性意义的危险化学品物质中的首位。因而采取有效的措施治理农田土壤重金属污染尤其是 Cd 的污染, 开展重金属污染土壤修复研究, 特别是钝化修复技术研究显得尤为迫切^[3]。

成都平原气候温和, 土地肥沃, 是我国重要的粮食产区, 也是全国重要的商品粮、油生产基地。根据 2014 年《四川省土壤污染状况调查公报》显示, 四川耕地土壤点位超标率高达 34.3%, Cd 点位超标率为 20.8%。研究表明, Cd、Pb、Hg 是成都平原土壤重金属的主要污染物; 同时成都郊区土壤 Cd 超过《土壤环境质量标准》(GB 15618—1995) 中的二级标准, 总体处于中等程度潜在生态风险, 土壤重金属污染形势严峻。因此, 探讨成都平原 Cd 污染农田土壤的修复具有重要的意义。该研究于 2018 年 4—10 月在成都平原地区的稻田轻度 Cd 污染农田水稻进行田间跟踪小区试验, 选取石灰、生物炭、生物有机肥 3 种钝化剂进行轻度 Cd 污染农田土壤原位钝化修复效果的研究^[4], 以筛选出适合大田的轻度 Cd 污

染农田水稻吸附钝化修复技术, 从而为成都平原地区重金属污染土壤的治理与修复提供科学依据^[5]。

1 材料与方法

1.1 材料 该研究中所需材料为 17-17-17 复合肥、生物炭、石灰、尿素(总氮≥46.0%)、水稻种。水稻季常规修复试验供试水稻品种为深两优 1813。供试钝化剂的基本性质见表 1。

表 1 供试钝化剂的基本性质
Table 1 Basic properties of test passivation agents

钝化剂 Passivation agents	有机质 Organic matter g/kg	菌种及活菌数 Species and number of viable bacteria
生物有机肥 Bio-organic fertilizer	538	枯草芽孢杆菌, 3.26 亿/g
生物炭 Biochar	460	—
石灰 Lime	—	—

1.2 试验处理方法 在研究区轻度 Cd 污染农田土壤开展石灰、生物炭以及生物有机肥等不同钝化剂对 Cd 的修复研究。试验共设置 4 个处理, 各个处理组钝化剂的用量如下: ①处理 1, 不施钝化剂处理; ②处理 2, 单一石灰处理, 施用石灰用量 1 050 kg/hm²; ③处理 3, 石灰与生物炭配合处理, 先施加 1 050 kg/hm² 石灰, 待 7 d 后, 再施加 3 000 kg/hm² 生物炭; ④处理 4, 石灰与生物有机肥配合处理, 先施加 1 050 kg/hm² 石灰, 待 7 d 后, 再施用 3 000 kg/hm² 生物有机肥。

每个处理小组进行 3 次重复设置, 合计 15 个试验小区, 小区进行随机排列, 保证试验效果。每个小区为 20 m², 每个试验小区之间用塑料薄膜覆盖, 防止试验期间各小区之间产生串水现象。

基金项目 四川省科学技术厅科技计划重点研发项目(2018FZ0015)。
作者简介 马婵华(1989—), 女, 山东菏泽人, 工程师, 硕士, 从事土壤重金属污染修复治理方向相关研究。
收稿日期 2020-06-17

1.3 试验操作步骤 试验田地于 5 月 20 日进行施肥处理,6 月 5 日进行水稻栽种,10 月收获。种植期间均采用清水,确保满足农田灌溉用水要求。根据当地种植模式将钝化剂与肥料施加到各试验小区,进行土壤翻耕混匀。

水稻收割后,将作物样本以及样品对应的重金属污染土壤送到检测中心进行监测分析,对作物和土壤中重金属镉的含量进行测定,以便研究不同处理组、不同钝化剂方式下土壤以及水稻对重金属镉元素的吸收能力。

测试项目:镉含量;测试设备:ICP-OES;测试依据:DB53/T 288—2009 食品中镉等 18 种元素的测定。

1.4 数据统计分析 采用 Excel 2010 软件进行数据统计、处理与分析。

2 结果与分析

针对不同钝化剂处理对作物籽粒中 Cd 含量的影响进行分析,根据各小区采集的水稻成熟期水稻样品中 Cd 含量测定结果,得出水稻在不同钝化剂及其组合处理下水稻籽粒中 Cd 含量(图 1)。从图 1 可以看出,在此次修复试验中,水稻籽粒中 Cd 含量为 0.18~0.26 mg/kg,将使用钝化剂的样品与未使用的样品进行对比分析,3 种钝化剂处理模式均可降低水稻籽粒中 Cd 含量,降低幅度为 8.85%~29.62%,其中石灰与生物炭配合处理模式以及石灰与生物有机肥配合处理模式下的水稻籽粒中 Cd 含量与不添加钝化剂模式相比降低效果明显,同时钝化剂配合使用模式下的水稻籽粒中 Cd 含量比单一石灰处理下的水稻籽粒中 Cd 含量也有显著降低。其中石灰与生物炭配合处理模式下的水稻籽粒中 Cd 含量的降低效果最好,水稻籽粒中 Cd 含量降为 0.18 mg/kg,与不加钝化剂模式相比降低了 29.62%。但是从图 1 还可以看出,有些经过原位钝化修复处理后的水稻籽粒中 Cd 含量仍然较高,除了水稻籽粒中 Cd 含量最低的石灰与生物炭配合处理模式降低至 0.18 mg/kg,其他样品均超过了国家食品安全卫生标准 GB 2762—2012《食品安全标准》所规定的食品中 Cd 限量指标的要求(糙米中 Cd 含量不高于 0.2 mg/kg)^[6]。

石灰、生物炭以及生物有机肥等钝化剂主要是通过降低土壤中 Cd 的生物有效性,减少作物对土壤中 Cd 的吸收,从而降低水稻籽粒 Cd 含量。

3 结论与讨论

该研究通过在成都平原轻度 Cd 污染农田进行水稻种植田间试验,选取石灰、生物炭、生物有机肥 3 种钝化剂进行轻度 Cd 污染农田土壤原位钝化修复效果的研究,根据田间小区试验的结果,得出以下结论:向农田土壤中施加钝化剂可以在一定程度上降低作物籽粒中 Cd 含量,单一石灰处理、生物炭配施石灰处理以及生物有机肥配施石灰处理可以使水稻季常规修复试验中水稻籽粒中 Cd 含量降低 8.85%~29.62%。3 种处理中生物炭配施石灰处理效果最好^[7]。

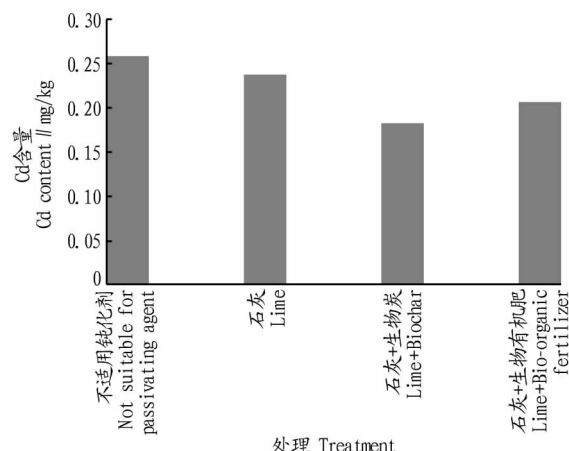


图 1 不同钝化剂及其组合处理下水稻籽粒中 Cd 含量

Fig.1 Cd content in rice grains under different inactivation agents and their combinations

钝化剂对重金属污染土壤的修复效果往往受到重金属离子的种类、土壤类型、作物类型及环境因子的制约,不同钝化剂的修复效果差异也很大,有些钝化剂在土壤重金属污染修复中还存在一些争议^[8]。因此,除了需要更深入系统地研究钝化剂对重金属污染修复机理,在现有研究工作的基础上,还需要借鉴关于土壤钝化剂的最新研究成果,筛选出一些经济成本低、有效性强、稳定性高且对环境友好的土壤钝化剂,这也是土壤钝化剂研究的发展方向之一^[9]。

研究重金属在土壤环境中的迁移转化是评估钝化剂原位修复效果最为有效的方法之一。重金属在土壤中的迁移转化不仅涉及以形态转化为主要方式的化学迁移,还涉及生物迁移过程,因此,还需要考虑钝化剂施用对生物迁移的影响。增加试验可以对钝化剂的重金属污染土壤修复效果进行补充说明,更好地揭示钝化剂对重金属原位固定机理^[10]。

参考文献

- [1] 林凡华,陈海博,白军.土壤环境中重金属污染危害的研究[J].环境科学与管理,2007,32(7):74-76.
- [2] 郑国璋.农业土壤重金属污染研究的理论与实践[M].北京:中国环境科学出版社,2007.
- [3] 崔俊义,马友华,王陈丝丝,等.农田土壤镉污染原位钝化修复技术的研究进展[J].中国农学通报,2017,33(30):79-83.
- [4] 杜彩艳,祖艳群,李元.石灰配施猪粪对 Cd、Pb 和 Zn 污染土壤中重金属形态和植物有效性的影响[J].武汉植物学研究,2008,26(2):170-174.
- [5] 王立群,罗磊,马义兵,等.重金属污染土壤原位钝化修复研究进展[J].应用生态学报,2009,20(5):1214-1222.
- [6] 王凯荣,张玉焯,胡荣桂.不同土壤改良剂对降低重金属污染土壤上水稻糙米铅镉含量的作用[J].农业环境科学学报,2007,26(2):476-481.
- [7] 代允超,吕家珑,刁展,等.改良剂对不同类型镉污染土壤中有效镉和小白菜镉吸收的影响[J].农业环境科学学报,2015,34(1):80-86.
- [8] 郑喜坤,鲁安怀,高翔,等.土壤中重金属污染现状与防治方法[J].土壤与环境,2002,11(1):79-84.
- [9] 李江遐,吴林春,张军,等.生物炭修复土壤重金属污染的研究进展[J].生态环境学报,2015,24(12):2075-2081.
- [10] 陈英旭.土壤重金属的植物污染化学[M].北京:科学出版社,2008.