

粉煤灰充填复垦土地风险评价及稳定化修复技术

Risk Assessment of Reclaimed Land Filled with Fly Ash and Stabilization Remediation Technology

杨秀红/YANG Xiu-hong^{1,2}, 胡振琪/HU Zhen-qi¹, 张学礼/ZHANG Xue-li¹

1. 中国矿业大学(北京)土地复垦与生态重建研究所,北京 100083

2. 黑龙江科技学院建筑工程系,哈尔滨 150027

1. Institute of Land Reclamation and Ecological Restoration, China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China

2. School of Architectural Engineering, Heilongjiang Institute of Science and Technology, Harbin 150027, China

[摘要] 通过对粉煤灰充填复垦地进行采样分析和生态风险评价,研究了粉煤灰充填复垦地土壤重金属污染程度及潜在的生态危害性。研究表明:复垦地土壤整体处于受污染状态,主要受到镉的污染,复垦土壤受重金属污染状况及其潜在的生态危害性有随复垦年限的增加而逐渐加重的趋势。盆栽试验表明,采用粘土矿物和微生物菌根技术可以修复镉污染土壤。

[关键词] 粉煤灰;充填复垦;风险评价;修复技术

[中图分类号] S143.7, X820.4, TG 146.4

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2006)03-0033-03

Abstract: The heavy metal contamination degree and latent ecological risk in reclaimed land filled with fly ash were investigated by the method of sampling analysis and evaluation of ecological risk. The results showed that the soil of reclaimed land was, as a whole, contaminated by heavy metal, especially the cadmium. Heavy metal contamination degree and latent ecological risk of soil in reclaimed land is gradually aggravated with the increase of reclamation time. The pot experiment results also suggest that clay mineral and microorganism mycorrhiza can remedy cadmium contaminated soils.

Key Words: fly ash; filling reclamation; risk assessment; remediation technology

CLC Numbers: S143.7, X820.4, TG 146.4

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2006)03-0033-03

1 引言

煤炭是我国最主要的能源。我国 96% 的煤炭产量来自于井工开采,井工开采导致地表塌陷地的复垦已成为我国矿区土地复垦的重点^[1]。用矿山固体废弃物粉煤灰复垦采煤塌陷地是我国现行采煤塌陷地充填复垦的主要技术之一,它不仅可以恢复土地,而且可以处理矿山固体废弃物,经济效益颇高。目前,利用这一技术已在安徽淮北、河北唐山、山东新汶与兖州、江苏徐州等矿区复垦了大量土地并日益推广应用。但是,粉煤灰中含有一些有毒、有害物质,对复垦后的土地、地下水和周围环境都有潜在污染。许多研究和试验已发现了粉煤灰复垦土壤和生长作物中的氟及重金属含量较高的问题^[2-3],这样必然影响该复垦土地上粮食的安全性。

而我国的复垦实践,往往注重土地数量的恢复和矿山固体废弃物的利用,却对其造成的环境污染程度缺乏明确的结论,对其可能造成的潜在生态危害缺乏风险分析。因此,研究粉煤灰充填复垦土壤中重金属污染的风险性评价及其修复技术,对于充填复垦土地的健康、稳定和可持续利用都具有重要意义。

2 实验方法

2.1 采样方法

粉煤灰充填复垦地采样点为华东某矿区塌陷地,该塌陷地复垦方法为将电厂粉煤灰直接充填到塌陷区,然后覆土 40 cm 种植。首块地于 1988 年开始种植槐树,间作小麦和大豆。第 2 块于

收稿日期:2005-12-05

基金项目:国家高技术研究发展计划项目(2003AA322040),教育部高等学校博士学科点专项科研基金项目(20020290014),教育部新世纪优秀人才计划项目(NCET-04-0484)

作者简介:杨秀红,女,哈尔滨市松北区糖厂街 1 号黑龙江科技学院建筑工程系,副教授,主要从事土地复垦与矿区生态重建研究;

Email:yxh9214@163.com

胡振琪(通讯作者),男,北京市海淀区学院路丁 11 号中国矿业大学(北京)资源与安全工程学院,教授,主要从事土地复垦与矿区生态重建研究;Email:huzq@cumtb.edu.cn

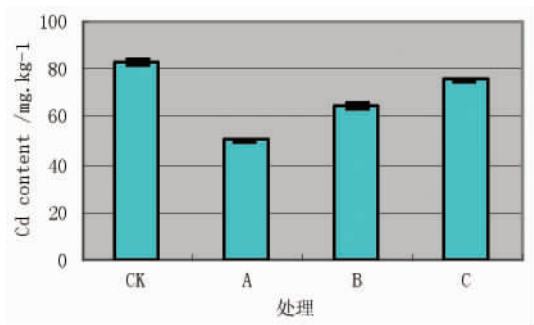


图 1 粘土矿物修复镉污染土壤对玉米生物量的影响
Fig. 1 Effect of remediating Cd pollution with caly minerals

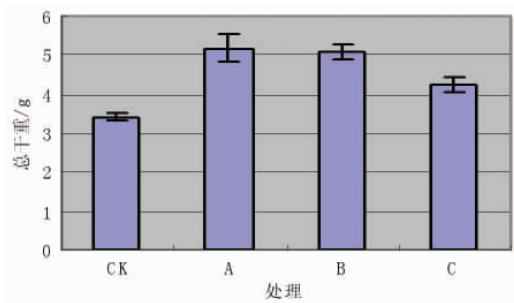


图 2 粘土矿物修复镉污染土壤对玉米地上部镉含量的影响
Fig. 2 Effect of remediating Cd pollution with caly mineralson corn biomass on the Cd concentration in corn shoot

表 5 重金属潜在生态风险综合评价结果
Tbl. 5 Comprehensive evaluation results of ecological risk in the reclaimed soils filled with fly ash

复垦年 限/年	各重金属潜在生态危害系数 E_i^i 及分级							生态风险	
	Hg	Cr	Pb	Zn	As	Cu	Cd	指数 RI	分级
1	4.1	1.4	4.1	6.5	6.9	5.6	78.7	107.3	B
4	28.2	1.0	5.8	7.0	2.6	9.0	103.2	156.8	C
8	22.1	1.5	4.8	9.5	7.5	11.3	122.6	179.2	C
12	42.7	1.5	7.5	6.9	8.8	16.6	140.0	224.0	C

下 3 种: ① 固定稳定法, 即通过改变重金属在土壤中的存在形态, 使其固定, 降低其在环境中的迁移性和生物可利用性, 主要有玻璃化法、矿物稳定法等; ② 提取法, 即从土壤中提取重金属, 达到降低土壤重金属含量和生物有效性的方法, 如热解吸法、电化学法、淋滤法、植物修复等方法; ③ 隔离法, 即将污染地区与未污染地区隔离, 主要用于污染严重、容易扩散且污染物又可在一段时间后分解的情况, 如屏蔽法、地下冷冻法等。其中矿物稳定法具有操作简单、成本低、治理过程不会产生二次污染等优势。粘土矿物具有较大的比表面积和阳离子交换能力, 可以有效地吸附土壤中的重金属, 降低土壤中重金属有效态的含量, 从而防止重金属迁移进入植物体内, 有效降低植株中重金属的含量。微生物菌根可有效促进植株对磷营养的吸收, 促进植株的生长, 从而降低重金属对植株的毒害, 且可以将重金属积累在根部, 防止其向地上部的迁移。粘土矿物与菌根复合修复重金属污染土壤可以发挥二者的优势, 通过粘土矿物的覆盖保护菌根真菌, 使菌根真菌细胞避免遭受水分损失, 提高菌根真菌的活动力, 促进菌根真菌对植株根系的侵染。由于土壤中粘土矿物的保护作用, 菌根真菌在干土中有较高的耐重金属能力, 避免菌根在重金属的胁迫下死亡。我们的盆栽试验表明, 使用 0.5% 的粘土矿物 (A、B、C) 修复镉污染土壤, 与对照 (CK) 相比, 可使植株中地上部镉含量降低 10%~40% (图 1), 植株生物量增加 20%~50% (图 2); 使用粘土矿物 (B)

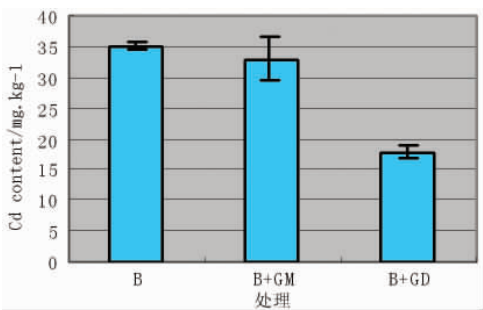


图 3 粘土矿物与菌根修复镉污染土壤对玉米生物量的影响
Fig. 3 Effect of remediating Cd pollution with caly minerals

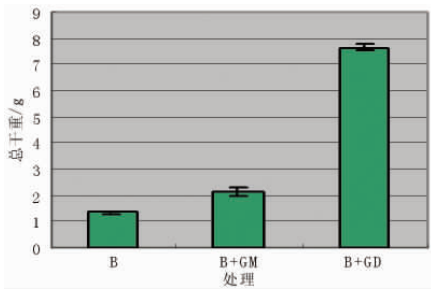


图 4 粘土矿物与菌根修复镉污染土壤对玉米地上部镉含量的影响

Fig. 4 Effect of remediating Cd pollution with caly minerals and mycorrhiza on corn biomass and mycorrhiza on the Cd concentration in corn shoot

与微生物菌根 (GM、GD) 复合修复镉污染土壤, 在土壤低磷肥情况下, 与单独使用粘土矿物修复方法相比, 粘土矿物 (B) 与微生物菌根 (GD) 复合修复镉污染土壤, 可使植株中地上部镉含量降低 50% 左右 (图 3), 植株生物量增加 5 倍左右 (图 4)。

5 结束语

粮食安全问题应关注矿-粮复合区的采矿和不合理复垦导致的土地污染所带来的食品安全问题, 对于华东某矿区粉煤灰充填复垦土壤, Cd 是唯一风险较大的污染物, 使用粘土矿物与微生物菌根复合修复镉污染土壤是一种有效的方法。

(致谢: 本文得到哈尔滨市青年科学研究基金项目 (2005AFQXJ043) 资助, 特此致谢。)

参考文献 (References)

[1] 胡振琪, 杨秀红, 鲍艳, 等. 论矿区生态环境修复 [J]. 科技导报, 2005, 23(1): 38-41.
[2] 胡振琪, 戚家忠, 司继涛. 不同复垦时间的粉煤灰充填复垦土壤重金属污染与评价 [J]. 农业工程学报, 2003, 19(2): 214-218.
[3] 魏忠义, 胡振琪, 司继涛, 等. 采煤沉陷地粉煤灰充填复垦土壤元素淋溶特性实验研究 [J]. 农业环境保护, 2002, 21(1): 13-15, 18.
[4] 刘文新, 栾兆坤, 汤鸿霄. 乐安江沉积物中金属污染的潜在生态风险评估 [J]. 生态学报, 1999, 19(2): 206-211.
[5] 甘居利, 贾晓平, 林钦, 等. 近岸海域底质重金属生态风险评估初步研究 [J]. 水产学报, 2000, 24(6): 533-538.
[6] HORN F W. The prediction of amounts and depth distribution of water in a well-drained soils [D]. Columbia: Univ of Missouri, 1971.
[7] NEILL L L. An evaluation of soil productivity based on root growth and water depletion [D]. Columbia: Univ. of Missouri, 1979.
[8] 胡振琪. 矿山复垦土壤物理特性及其在深耕措施下的改良 [D]. 北京: 中国矿业大学, 1991.

(责任编辑 王 芷)