

# 不同淋洗药剂对铬污染土壤淋洗效果的实验研究

王亚东, 黄亮

(湖南新九方科技有限公司, 湖南长沙 410000)

**摘要:**本文以某铬污染场地土壤为研究对象,采用自来水、草酸、柠檬酸及碳酸钠、磷酸二氢钠的复配药剂作为不同的淋洗剂,筛选最佳的淋洗剂及最佳土液比、淋洗时间、适宜粒径(2-5mm、<2mm)等技术参数。实验结果表明适合本场地铬污染土壤淋洗的淋洗剂是淋洗液 C(柠檬酸),在粒径为 2-5mm,土液比 6:1,淋洗时间 30min 时去除率为 71.69%。为解决六价铬污染场地的修复方案编制及设备研发,本文对六价铬污染土壤的淋洗药剂进行研究,提出柠檬酸作为淋洗剂时效果最佳,以期为相关人员提供参考。

**关键词:**Cr 污染土壤;土壤淋洗修复;土壤淋洗剂;粒径分级

中图分类号:X53

文献标识码:A

文章编号:1004-7344(2021)31-0351-02

铬是重要的工业元素,广泛应用于工业生产。由于初期铬盐生产初期,经济技术落后、管理不严等,大多数铬盐企业未对产生的铬渣采取有效防护措施,铬渣受雨水的冲刷及淋溶作用使周围土壤和地下水受到污染<sup>[1]</sup>,因此铬盐企业的遗留场地是我国铬污染场地的主要来源。有关课题研究估算,全国尚有 400 万 t 铬渣急需处置<sup>[2]</sup>。长期接触六价铬(Cr(VI))会诱发肺癌,严重的(Cr(VI))还会导致死亡<sup>[3]</sup>,因此(Cr(VI))污染土壤的治理迫在眉睫。

土壤重金属污染修复的方法有淋洗法、稳定化/固化法、湿法解毒、植物修复等。其中稳定化/固化修复法是通过向土壤中加入稳定化/固化药剂,使土壤中重金属的活性降低减少或迁移,从而进行修复;植物修复法是把超富集植物种植在污染区,通过植物的富集作用进行修复的一种方法;淋洗法是用淋洗药剂对土壤中重金属污染物进行溶出、离子交换和络合等物理化学作用,将土壤中的重金属转移到淋洗液中,通过对淋洗液进行分离处理,从而减少土壤中重金属的含量。与其他去除技术相比,淋洗法具有减量化明显、简单、高效、稳定的特点,具有较强的实际运用价值,是目前运用较为广泛的修复技术。本文以南方某化工厂铬污染土壤为研究对象,通过对 6 种淋洗剂、2 种不同粒径的污染土壤进行淋洗小试试验,筛选高效经济的淋洗剂,并初步确定最佳土液比及淋洗时间等运行参数,为后续工程实施提供技术指导。

## 1 实验设计及方法

实验药剂及方法如下:

### 1.1 实验药剂制备

本次实验采用 A-F 六种淋洗剂,分别是:淋洗剂 A-自来水;

淋洗剂 B-0.5mol/L 草酸溶液;淋洗剂 C-0.5mol/L 柠檬酸(一水)溶液;淋洗剂 D-1%的 0.5mol/L 柠檬酸(一水)溶液+99%的 0.5mol/L 柠檬酸钠(二水)溶液进行复配的药剂;淋洗剂 E-60%的 0.5mol/L 碳酸钠溶液+40%的 0.5mol/L 碳酸氢钠溶液进行复配的药剂;淋洗剂 F-40%的 0.5mol/L 磷酸二氢钠(一水)溶液+60%的 0.5mol/L 磷酸氢二钠(七水)溶液进行复配的药剂。

### 1.2 实验土壤

此次试验土壤为南方某化工厂挖出的六价铬污染土,根据实验设计,对污染土壤进行取样。用四分法采集土壤样品后装袋并均匀混合,样品带回实验室后进行预处理:筛除土壤中的砾石及杂物,自然风干,用木锤敲碎,一部分用于淋洗剂筛选实验;另一部分用 5mm、2mm 尼龙筛进行筛分后,储存于洁净的塑料桶中,供后续实验使用,供试土壤基本性质见表 1。

表 1 土壤基本性质

样品标识	六价铬总量/(mg/kg)	总铬/(mg/kg)	浸出六价铬/(mg/L)
LXSY	7308	15533	74

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 淋洗剂的筛选试验

淋洗剂筛选试验分两部分进行,一部分进行水洗配合粒径分级,筛选出最适合淋洗的粒径,另一部分进行整体淋洗筛选出合适的淋洗药剂。

淋洗药剂筛选实验,取实验前处理后的土样 600g,平均置于 6 个 1.5L 烧杯中,分别加入 A、B、C、D、E、F 淋洗液 1000mL;置于振荡培养箱振荡 30min;静置 30min,收集上清液(淋洗液)和淋洗后的土壤,分别测定淋洗前后的土壤中六价铬含量,通过对比土壤中六价铬的含量从而筛选出最佳淋洗液。

### 1.3.2 淋洗剂的优化实验

(1) 淋洗剂 C 在不同粒径下的淋洗效果。用尼龙筛网将土壤过筛, 分成 2-5mm 和小于 2mm 两个粒径等级。

称取 100g 预处理后的土壤, 倒入 1500mL 塑料瓶中, 按照 1:10 加入 1000mL 淋洗液 C, 盖紧盖子后固定于往复式水平震荡装置上, 震荡淋洗 30min。静置 1h, 分别测定淋洗前后土壤中六价铬含量。检测淋洗液 C 对不同粒径土壤的六价铬去除效果。

(2) 淋洗剂 C 在不同淋洗时间下的淋洗效果。取 100g 土样于 1500mL 的塑料瓶中, 再分别加入 1000mL 淋洗液 C。将其放置于振荡箱中分别振荡 10min、20min、30min、40min (转速: 300r/min; 常温)。静置 1h, 分别测定淋洗前后土壤中六价铬含量。检测不同时间下淋洗液 C 对土壤的六价铬去除效果。

(3) 淋洗剂 C 在不同液-土比下的淋洗效果。称预处理的 100g 土样到离心管中, 按 3:1、6:1 和 10:1 液-土比(质量比)加入淋洗剂 C。盖紧盖子后固定于往复式水平震荡装置上, 震荡淋洗 30min。静置 1h, 分别测定淋洗前后土壤中六价铬含量。检测不同液-土比下淋洗液 C 对土壤的六价铬去除效果。

## 2 结果与讨论

### 2.1 淋洗剂的筛选实验结果

六种淋洗剂对土壤中六价铬的去除率结果可知, 淋洗剂 C 对六价铬的去除率最高达到了 74.69%, 淋洗剂 D 去除率达到了 65.38%, 其余 A、B、E、F 四种中淋洗剂去除率分别为: 55.94%、58.68%、62.64% 和 63.05%。通过淋洗剂的筛选试验可以得出淋洗剂 C 对六价铬的去除率最高。后续实验以淋洗剂 C 作为优化对象, 针对不同粒径、不同淋洗时间、不同的土液比等因素对六价铬去除率的影响。

### 2.2 淋洗剂的优化实验

#### 2.2.1 淋洗剂 C 在不同粒径下的淋洗效果

土壤性状在修复过程中对修复效果的影响是一个重要参数, 不同粒径的污染土壤受污染程度有差别, 去除率也有一定区别。优化实验的结果显示淋洗剂 C 对粒径在 2-5mm 六价铬污染土壤的去除率最高达到了 47.15%; 对粒径在小于 2mm 的六价铬污染土壤的去除率最达到 44.57%。

根据不同粒径的土壤淋洗结果可以确定土壤粒径在 2-5mm 时淋洗效果最好。根据颗粒粒径来看, 2-5mm 的颗粒多为较完整的细砂, 污染物六价铬浸入深层不多, 多为表面吸附, 六价铬较为容易洗出。而小于 2mm 的多为强风化细砂或黏土, 六价铬污染有部分强作用力吸附于土壤中, 所以效果会相对降低。根据强作用力下的六价铬特性对淋洗时间进行筛选。

#### 2.2.2 淋洗剂 C 在不同淋洗时间下的淋洗效果

重金属污染土壤的淋洗过程是一个随时间变化的动态过程。根据重金属去除速度, 淋洗为两阶段, 第一阶段去除与土壤作用力较小的重金属, 第二个阶段去除与土壤作用力较大的重金属。

淋洗剂 C 不同淋洗时间对六价铬去除率显示, 淋洗剂 C 在 30min 的时候对六价铬的去除效率最高达到了 48.99%, 在 40min

的时候对六价铬的去除效率达到了 49.01%, 在 10、20min 的时候对六价铬的去除效率分别达到了 40.7% 和 44.57%。

根据洗剂 C 在不同淋洗时间对六价铬去除率结果可以确定淋洗剂 C 在淋洗时间为 30min 时淋洗效果最好, 其他时间均有降低或降幅很小。淋洗时前面一段时间为快速反应时间, 较易淋洗出的六价铬先行洗出, 30min 之后为难以淋洗出的六价铬, 所以淋洗效率有所降低。

#### 2.2.3 淋洗剂 C 在不同液-土比下的淋洗效果

淋洗修复过程中, 液-土比是重要的经济参数。液-土比太小, 无法完全淋洗出来, 液-土比太大, 就会增加淋洗废水的量, 加大处理难度, 并增加经济成本。

根据结果, 淋洗的液-土比在 10:1 时效果最好达到了 82.21%, 液-土比 6:1 时去除率达到了 71.69%, 液-土比 3:1 时为 32.5%。

虽然液-土比在 10:1 时淋洗效果最好, 但是增加了大量的废水处理费用, 并且相同条件下与 6:1 的液-土比相比, 使用的柠檬酸量会增加, 所以从经济方面考虑来看淋洗的液-土比在 6:1 较为经济合理。

## 3 结论

(1) 六种淋洗剂对六价铬污染土壤均有不同程度的淋洗效果。其中淋洗剂 C(柠檬酸)对六价铬的淋洗效果最好。

(2) 从粒径分级来看柠檬酸对 2-5mm 的粒径去除效果最好。

(3) 选择 10min、20min、30min、40min 四种淋洗时间进行研究, 采用柠檬酸淋洗时 30min 时即可达到较高的六价铬去除率, 淋洗时间大于 30min, 六价铬去除率增加不多。

(4) 选择 3:1、6:1 和 10:1 三种液-土比进行研究, 液土比 10:1 对六价铬的去除效果最好, 从经济性考虑, 6:1 对六价铬的去除率最为适宜。

### 参考文献

- [1] 余能海, 周雷, 王国林. 不同植被根系对河堤岸坡加固效果[J]. 中国水能及电气化, 2017(9): 40-43.
- [2] 丰田, 邱宙廷, 李光范, 等. 植被护坡中根土复合土体抗剪强度分析[J]. 水利水电技术, 2018, 49(7): 174-180.
- [3] 任柯. 草本根系固土的力学机制及对土质边坡浅表层稳定性影响的研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2018.
- [4] 高欣, 邓芸, 季蒙蒙, 等. 氨基酸盐对镉污染土壤的淋洗效果[J]. 江苏农业学报, 2020, 36(2): 116-122.

收稿日期: 2021-07-06

作者简介: 王亚东(1986—), 男, 汉族, 安徽阜阳人, 大专, 助理工程师, 研究方向为市政污水处理应用技术及土壤重金属修复应用技术。

通讯作者: 黄亮(1986—), 男, 汉族, 湖南益阳人, 本科, 工程师, 研究方向为市政污水处理应用技术及土壤重金属修复应用技术。