

有机修复剂在重金属污染土壤修复中的应用

黄华军

湖南华科检测技术有限公司 湖南 长沙 410000

摘要:当前,随着社会经济的发展,含有重金属的工业及产品日益增加,涉及工业生产或居民生活的方方面面。由于管理的不规范和人们环保意识不强,含重金属的废弃物,包括工业废渣和废弃产品,无法得到妥善处理,随意排放到环境中的事件时有发生,给周围环境特别是土壤造成了严重的重金属污染问题。重金属无法降解,如果长期停留在土壤中不仅破坏土壤结构,也会导致地下水和地表水受到污染。为了更好地防治重金属污染土壤,及时修复污染的土壤,采用了多种土壤修复技术,且在具体修复的过程中采用不同的修复剂,对受污染的土壤进行修复治理。本文主要对有机修复剂在重金属污染修复治理中应用进展进行介绍和分析。具体阐述了有机修复剂的类型,阐述了影响土壤修复的原因,最后提出了具体的应用。

关键词:有机修复剂;重金属污染;土壤修复

由于我国经济的发展,对金属产品的需求规模持续增加,因法律法规的不完善、工艺水平发展不平衡、环保意识不强等多方面的原因导致我国土壤污染日益加剧,其中重金属污染是非常严重的。排入环境中的重金属会与多种物质发生物理或者化学反应,形成各种化合物,持久停留在土壤和水中,通过食物链和生物富集作用,最终进入到人体,对人体健康产生威胁。重金属污染的防止,应从政策、管理、技术等多方面入手,才能取得满意的效果。环保从业技术人员和科研人员应加强对重金属污染成因、机理和治理技术的研究,寻求科学可行的治理技术和修复方案,有效治理受重金属污染的土壤,改善生态环境,保护环境。

1 重金属污染土壤修复剂的研究概述

随着矿山开采、冶金、化工等行业的发展,含重金属废渣及废水逐年增加,由于历史的原因,很大一部分重金属废渣没有得到妥善管理和有效治理,导致土壤、水体和空气环境受到了不同程度的污染,尤其是在土壤环境中,重金属具有不可降解性和迁移性,因此其会在土壤中不断累积和扩散,导致土壤中重金属含量增加,超过一定限值后,导致土壤结构被破坏,土壤性质发生变化,直接影响植物的生长。

受到高度关注的重金属铬、镉、铅、砷、汞等多种,由于这些重金属对生态环境及人体的危害很大,国家制定了相关重金属排放限值的环境技术标准和治理技术规范,旨在满足社会经济发展下的环境保护要求。

作者简介:黄华军(1984年5月—),男,汉族,湖南长沙人,硕士研究生,工程师,研究方向:土壤修复、污水处理。

金宗慧^[1]研究了有机修复剂对高氮条件下土壤镉污染的修复及油菜生长的影响,通过采用有机修复剂组合在高氮条件下受重金属镉污染土壤的修复效果。结果表明,有机修复剂组合可以降低可交换态镉的占比并阻止由于硝化作用引起的土壤酸化。施用有机修复剂后镉的可交换态含量由43.83%降低至14.00%。有机修复剂组合可以降低油菜可食用部分的镉含量并且促进其生长。

汪萌^[2]等人对土壤污染修复的国内外有个土壤修复的研究成果进行调查和总结,特别关注了重金属污染土壤修复过程中有机修复剂的作用和应用情况,总结了有机修复剂在实际案例应用过程中存在的问题。

孙小峰^[3]等人研究了国内外有机修复剂的研究现状,对几种应用较为广泛的有机修复剂(如氨基多羧酸、有机酸、有机质、生物乳化剂等)的最新研究进展进行论述,通过对比国内外研究现状,目前国内的有机修复剂还处在起步阶段,没有形成成熟的应用技术案例,影响有机修复剂的应用和推广具备多方面的因素。

Pedro, Soler-Rovira等人研究腐殖酸控制土壤Cu(II)生物有效性作用。研究表明,在用本研究的目的是测定从生物固体堆肥(BI)、风化褐煤(LE)分离的腐殖酸修复金属污染土壤时,系统的pH是最关键因子,决定了Cu(II)溶解度和生物有效性,尽管土壤有机质和腐植酸分子也可能是重要因子。尤其是,在腐植酸中含N、S和O的酸性官能团形成的结合位点在Cu(II)性能方面起着重要作用^[4]。

目前,国内外许多研究主要对象为一种类型的重金属污染土壤修复,然而,不同类型的土壤其不同种类的重金属差异巨大,采用的药剂会产生不一样的修复效果。Ren, Ke等人考察了WTF对不同土壤重金属污染的修

复效果。结果表明,土壤有机质含量与可氧化态Cd含量具有正相关性。土壤环境呈碱性,对WTF低添加量的响应更为明显^[5]。

由于目前土壤修复中应用的污染物去除和重金属稳定化(固化)等技术还不够完善。治理效果不稳定、成本高昂的问题较为突出。为了寻求成本更加低廉、修复效果更加令人满意的技术, Mohamed Ibrahim D H研究采用纳米技术固定污染土壤中的重金属,采用纳米级零价铁、膨润土等材料作为固定剂,纳米固定剂能有效降低可迁移态的铅和镉的浓度水平。随着纳米固定剂用量的增加,可迁移态重金属铅和镉降低的幅度增加^[6]。

2 有机修复剂的类型和具体应用

2.1 有机酸

当前,在重金属土壤修复的过程中常常使用的一种有机修复剂是有机酸,主要是低分子量有机酸,使土壤环境pH值发生改变,促进金属离子的解吸,提高重金属离子可溶性,从而增加其可迁移性,利于重金属从土壤中分离,分离后的重金属便于后续处理。使得土壤中重金属实现去除和减量的目标。其作用效果受重金属含量、形态、有机酸浓度、反应条件、土壤类型和特点等条件影响。

研究发现,在土壤中氧化物含量较高的情况下,草酸具有很好解吸和提取效果,草酸对土壤中锌、铅的提取效果较好。

周秋生^[7]等探索乙酸钠与土壤中Cr(VI)之间可能存在的5种作用方式,并对其有效作用方式的机制进行研究。结果表明,乙酸钠能显著降低铬污染土壤中的Cr(VI)含量,其有效作用方式是乙酸钠和土壤有机组分的共同作用;乙酸钠的加入使土壤有机组分中的一些不溶于水的羧酸类物质进入液相,从而促进铬污染土壤的修复。

2.2 氨基多羧基酸

氨基多羧基酸是比较典型的有机修复剂。一方面,可以提取重金属,促进其从土壤中的分离和迁移,实现重金属去除的效果,另一方面,形成的化合物可以起到共沉淀和吸附作用,降低重金属毒性。主要被当做洗脱剂和螯合剂使用。

EDTA作为最常用的洗脱剂,被用于重金属污染土壤修复中,对铬的洗脱效果较好,但是由于其存在二次污染问题,逐渐被其他可生物降解的有机酸所替代。在植物修复中,乙二胺二琥珀酸(EDDS)更适合作为螯合剂使用,因其对土壤结构和肥力影响小。对土壤中的微生物而言,因其可降解性较好,因而对微生物是友好的。

EDDS能够与重金属形成螯合物,降低可迁移性,减少毒性,同时还能减少植物对铅和铬的吸收,从而降低植物体内上述重金属的含量,增强了植物修复的效果。

2.3 腐植酸

腐植酸属于有机高分子弱酸,由碳、氢、氧、氮、硫等元素组成。有天然形成的,也有人工合成的,其中天然腐植酸在土壤环境分布较广,由于其构成元素含有植物生长所需的营养成分,因而能够为植物生长提供养分,也能起到改良土壤保水保肥的作用。此外,腐植酸的结构组成决定了它具有弱酸性、吸附性、离子交换性、络合性、氧化还原性等,是一种亲水的胶体物质,能够与许多有机、无机物发生作用^[8]。因此,腐植酸能够改善土壤环境,尤其适合用于污染土壤修复和土地改良。

腐植酸能与一些重金属离子通过螯合或共沉淀形成难溶性的盐类,降低重金属的可迁移性,提高重金属在土壤中的稳定性。土壤对离子态的重金属吸附量很小且稳定性差,而腐植酸能够改变重金属形态,当土壤中加入腐植酸进行适当的反应后,可溶态重金属含量降低,结合态重金属的含量提升,从而降低铜、镉、锌、铅等重金属在土壤中的迁移性、毒性以及生物可利用性。

2.4 其他有机修复剂

在当前科学技术的发展下,一些新的技术和材料、工艺也被应用到了修复剂的研发和设计中,当前在人们的不断努力下发现了一些新的有机原料,具体包括复合纤维、聚合物、植物根系分泌物等物质,这些物质都可以对土壤中的金属离子进行隔离、吸附,可以抑制金属离子的扩散,有效降低其毒性。

3 重金属污染土壤修复的主要影响因素

3.1 修复剂的选择

当前市场上已经出现了不同类型和功能的修复剂,这些修复剂在具体使用的过程中也会受到多方面因素的影响,比如气候环境温度和湿度、使用的时间、土壤类型和性质等,这些因素都会在一定程度上影响土壤修复的效果和程度。对此人们在具体使用时需要加强重视,根据具体情况及相关要求,科学合理的选择适用的修复剂,避免产生负面影响^[9]。

3.2 重金属种类及特性

在土壤受到了重金属物质的污染后,在土壤中会含有不同种类、不同浓度、不同性质的金属物质,这些重金属的形态也是多样的,应根据具体情况,比如重金属种类、浓度、形态特征、修复的要求等有针对性地选择合适的修复方案,在小试和中试的基础之上,取得符合具体实际需要的工艺参数和修复效果。总之,人们在选择修复剂时需

要遵循经济、可靠、适用、效益的原则，确保选择成本低、效果好、质量佳的修复剂来修复土壤。

3.3 土壤修复条件

在进行土壤修复和治理前，人们对土壤的具体情况进行分析，对修复过程中的外界条件和内在条件进行分析，确保土壤修复有充足的条件支撑，可以满足基本要求，确保修复工作的顺利进行，减少各方面影响因素的存在。需要人们对土壤环境和性质、周围环境进行勘察和记录，制定可靠的措施，具体对土壤中的水分和养分、温度和湿度、酸碱值等进行分析，把握具体情况，以此提高修复效果。

3.4 外界环境问题

人们修复受到重金属污染土壤的主要目的是保护生态环境、修复土壤环境，确保在具体修复的过程中不会出现二次污染的情况。

有机修复剂因种类多，性质不同。有的有机修复剂对土壤结构、土壤中微生物群落有不利影响，或者难以生物降解等方面的问题，导致其产生了不同程度的二次污染问题。这是在实际修复项目中需要注意的问题。

3.5 修复成本

土壤修复是一项长期的工程，涉及面广、规模大。在确保修复效果的前提下，修复成本成为该领域的主要制约因素之一。土壤修复成本除了药剂本身的成本，还包括前处理、后处理过程及配套辅助措施所需要支付的成本。

有机修复剂的实际成本是否能够与预期效果匹配，是否能够被接受，是有机修复剂能否推广和应用的重要因素。因而，在实际应用中，选择合适的有机修复剂成为重要的关注点。同时，开发效果好、价格低、环境友好的新型土壤修复剂，成为了广大科研人员的新的使命和方向。

在我国，土壤修复经历了起步阶段，已经有了一定土壤修复经验，特别是重金属污染土壤修复方面，已经有了一大批修复案例，其中也不乏成功案例。然而，我国的重金属污染土壤修复技术主要是照搬国外模式和技术，没有掌握核心技术和核心材料，加之我国幅员辽阔，各地实际情况错综复杂，修复项目也显示出独特性，每一个应用案例都是一个全新的课题。

考虑到我国的国情不同于外国，没有充足的时间用来修复污染土壤，导致国内土壤修复方案的选择上受到很大限制。一般都是选择修复效果好、修复周期短、成本低的药剂^[6]，而这本来就是矛盾的，难以满足所有的需求，只能寻求一个平衡点。

在修复污染土壤项目实施前，要对工艺方案进行经济及技术可行性评估，此外，还应对项目实施进行环境影响评价，确保修复方案技术可行、经济合理，对周边及项目地的环境影响处于可接受范围。

此外，政府监管部门出台更为完善的法律法规，加强源头管控，完善管控体系，制定责任机制，加大处罚力度。只有多管齐下，防治结合，才能较好地控制重金属对土壤的污染，有效遏制重金属污染土壤加剧的趋势，保护生态环境。

参考文献

- [1]金宗慧.有机修复剂对高氮条件下土壤镉污染的修复及油菜生长的影响[D].东北农业大学,2021.
- [2]汪萌,匡丕桩,李世汭.有机修复剂在重金属污染土壤修复中的应用与调查[J].工程技术研究,2017(04): 126-130.
- [3]孙小峰,吴龙华,骆永明.有机修复剂在重金属污染土壤修复中的应用[J].应用生态学报,2006(06): 1123-1128.
- [4]PEDRO SOLER-ROVIRA, ENGRACIA MADEJÓN, PAULA MADEJÓN,等.用有机修复剂实时修复受金属污染土壤:腐植酸在铜生物有效性中的作用[J].腐植酸,2011(06): 29-36.
- [5]REN K, TENG F, LIU S, et al. Analysis of the Effect of Soil Remediation Processes Contaminated by Heavy Metals in Different Soils[J]. Water, 2022,14(24).
- [6]MOHAMED I D H. Use of Nanotechnology in Remediation of Heavy Metals Polluted Soils[J]. Journal of Geography & Natural Disasters, 2021,11(12).
- [7]周秋生,张永康,屈学理,等.乙酸钠修复铬污染土壤的机制研究[J].环境污染与防治,2012,34(05): 58-62.
- [8]杨敏,王红斌,宁平,戴云.云南沼泽土中提取腐殖酸的研究[J].化学世界,2002(07): 351-353.
- [9]李东旭,文雅.超积累植物在重金属污染土壤修复中的应用[J].科技情报开发与经济,2011,21(01): 177-181.