

生物修复技术在土壤污染治理中的应用

刘佳玉

徐州市环保集团环境科技有限公司 江苏 徐州 221000

摘要: 土壤资源是国家的根本资源, 随着我国工农业产值的飞速增长, 部分地区的土壤环境受到了污染, 生物修复技术有其自身的优点。本文主要围绕生物修复技术在土壤污染治理中的应用进行分析, 为土壤污染治理工作提供参考。

关键词: 生物修复技术; 土壤污染; 治理

引言: 土壤是一种混合物, 包含多种成分, 每种成分的理化性质不同。土壤是一个富含多功能的有机体, 本身具备一定的自净能力和污染承载能力, 可以吸收外界代谢的物质, 但土壤的自净能力有限, 如果土壤中污染物含量不断增加, 超过土壤的自净能力, 就会出现土壤污染, 产生危害。我国土壤污染形势严峻, 许多土壤修复工程亟待启动。作为土壤污染治理的手段之一, 生物修复技术成本相对较低。生物修复技术主要是通过人为干预促进一些载体对土壤中的有害物质进行降解, 以实现土壤正常功能的恢复, 这些载体主要为小型动物、特定植物以及微生物等。

1 我国土壤污染现状分析

根据2014年《全国土壤污染状况调查公报》, 我国土壤环境质量状况总体不乐观, 部分地区土壤污染较为严重。工矿企业、农业等人为活动是造成土壤污染的主要原因。

我国土壤总超标率为16.1%, 轻微、轻度、中度、重度污染分别占比11.2%、2.3%、1.5%、1.1%。南方土壤污染比北方严重; 长三角、珠三角和东北老工业基地土壤污染问题突出。

2 土壤污染物种类及影响

土壤中主要污染物的类型如图1所示。



图1 土壤主要污染物类型

2.1 重金属污染

含重金属工业废水未经处理直接排放、农药重金属含量超标、重金属粉尘的沉降、重金属废水灌溉等, 都会引

起土壤重金属的污染。我国土壤中镉空间分布见图2。

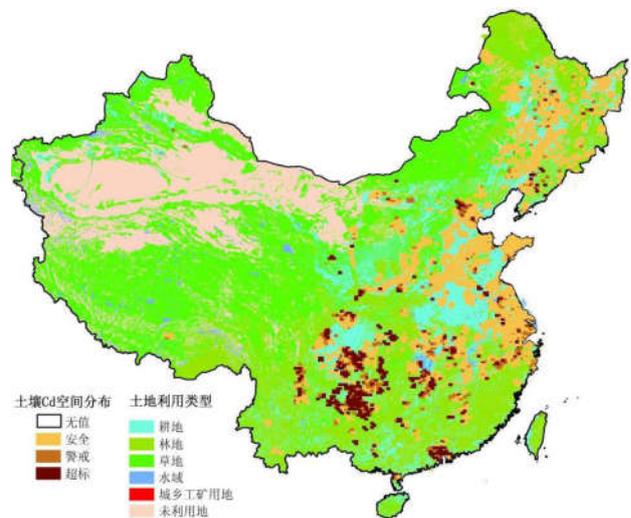


图2 我国土壤镉空间分布图

2.2 有机物污染

农业生产中过度使用的化肥与农药, 工业聚集区内企业不规范生产和排放污染物, 都可能带来土壤有机物污染。

2.3 放射性元素污染

近年来, 随着科技的进步, 我国工业现代化飞速发展, 在科研、地质等领域, 核技术得到了有效的利用, 此类区域土壤中可能存在核污染物。核污染物具有放射性, 对人体健康危害较大, 并且会扰乱食物链和生物循环^[1]。

2.4 病原微生物污染

病原微生物污染主要来自人类和动物的排泄物, 污水灌溉也会引起土壤中病原微生物污染。

3 土壤污染的危害

3.1 土壤污染导致食物品质下降

有些地区食物重金属含量较高, 包括粮食、水果、蔬菜等。食物的品质受到土壤污染的影响, 甚至有些地区的蔬菜已经失去正常的味道。

3.2 土壤污染危害人体健康

土壤受到污染后会直接作用于农作物，致使污染物在农作物中积累，农作物产品质量明显降低，质量低劣

的农产品进入人体后会引发各种疾病，对人体健康造成危害。我国大米重金属污染分布见图3。



图3 我国大米重金属污染分布图

3.3 土壤污染导致其他环境问题

土壤受到污染后，会导致大气、水体的污染，同时还会导致其他次生生态环境问题，如生态系统退化等。如受重金属污染的表层土壤污染物浓度较高，在外部环境的作用下，可能进入大气及水体，由此出现多介质污染问题。

4 土壤修复技术类型

4.1 物理修复

物理修复是利用物理手段，将污染物与土壤分离，从而去除污染物。常见的物理修复技术包括客土法、热脱附和气相抽提等。

4.2 化学修复

化学修复是将化学物质加入土壤中，通过对土壤中的重金属和有机物的氧化、还原、螯合、沉淀等化学反应，降低污染物的生物有效性或去除污染物。固化稳定化、淋洗、电动力学、光催化降解以及氧化还原是常见的化学修复技术。

4.3 生物修复

生物修复是凭借生物特有的分解有毒有害物质的能力，去除土壤中的污染物。将生物修复技术与物理、化学等修复技术联合使用，能够更好的激发土壤生态系统自净能力。

5 生物修复技术在土壤污染治理中的具体运用

5.1 动物修复

动物修复是指利用土壤中的动物进行吸收、转化和分解，从而优化土壤理化性质，提升土壤肥力，促进土壤中微生物和植物的生长。例如蚯蚓与线虫，在改良土壤的过程中，蚯蚓发挥了很好的作用，可以增加土壤肥力，提高农作物产量，促进土壤生态恢复。利用蚯蚓优化土壤的通气性能，使营养物质逐步积聚在土壤内，促进土壤中植物和微生物的生长^[2]。

5.2 植物修复

植物修复一般针对重金属污染土壤，包括植物提取、植物挥发、植物稳定和植物过滤四种类型。植物提取是指通过强富集能力植物吸收土壤中的污染物，然后收获植物的地上部分，从而去除土壤污染物。植物挥发是利用植物根系中分泌的特殊物质来吸收土壤中的污染物，并将植物体内的污染物转化，形成可挥发的物质，挥发到大气中，从而去除土壤中的污染物。植物稳定是利用植物对有毒有害物质进行吸收，并将其转化为相对无毒无害的物质。植物过滤是通过植物根系的吸收或吸附从而对土壤中重金属进行过滤的一种方法。

修复植物的类型很多，常见的有乔木、草类和水生植物、农作物等，修复效果较好的植物具有生长速度快、根系深和易收割等特点。此外，可以选择不同类型的超富集植物修复不同类型重金属污染土壤，如苎麻、东南景天、伴矿景天、宝山堇菜修复镉污染土壤，李氏禾修

修复铬污染土壤，香根草修复铅污染土壤，东南景天修复汞污染土壤，蜈蚣草、大叶井口边草修复砷污染土壤，鸭跖草、白芽、海州香薷（铜草）修复铜污染土壤，喜锌堇菜、喜锌海石竹（锌草）锌污染土壤。此外还有紫花苜蓿、狗牙根、高羊茅、沙打旺、遏蓝菜、双穗雀稗、盘培牧草、无叶节节草、芦苇、宽叶香蒲、水蜡烛等超富集植物。常见的超富集重金属植物见图4。



图4 常见的超富集重金属植物

5.3 微生物修复

土壤中存在各种各样的微生物，这些微生物繁殖和代谢能力较强。通常而言，微生物修复包括吸附、降解、溶解与沉淀的方式，吸附是通过微生物的表面负荷，吸收带电离子；降解是通过真菌或细菌的生物作用，去除重金属络合物或有机物；溶解与沉淀是指利用土壤微生物代谢形成的有机酸对重金属进行溶解或沉淀。微生物修复有原位和异位两种方式，原位修复主要有生物通风、生物搅拌、农耕法、投菌法等，异位修复主要有土壤耕作、土壤填埋等，在实际土壤污染治理项目应用中，需结合土壤污染物类型和污染程度，选择合适的修复技术。土壤微生物具有可降解、活性高的特点，能够有效控制土壤污染。如果土壤污染情况较为特殊，可通过人为的方式向土壤中投放微生物，从而去除土壤中的污染物。

有研究表明，通过镉污染土壤筛选出镉强耐受性的蜡芽孢杆菌，可有效发挥吸附、积累和生物矿化作用；在土壤中种植苜蓿，同时添加一定量的AB菌和木霉菌，可促进苜蓿快速生长，从而提高对锌的吸收量。

5.4 联合修复

植物-微生物联合修复是一种强化的植物修复技术，这种修复方式可以充分发挥植物和微生物各自的优势，提高土壤修复效率^[3]。对超积累植物采用微生物进行辅助修复重金属污染土壤，微生物的代谢可以改变根际土壤中重金属的生物有效性，有利于超积累植物对土壤中重金属的吸收和积累，同时微生物的代谢产物还可以改善土壤生态环境。此外，微生物还能分泌铁载体、植物激素等活性物质，从而促进植物的生长。植物根系分泌的有机酸、氨基酸、糖类和可溶性有机质等物质可以被微

生物代谢和利用，从而促进微生物的生长，植物和微生物在土壤中的这种相互促进和相互影响，有助于提高植物-微生物联合修复的效率。

相关研究表明，植物-微生物联合修复技术可以修复土壤中高浓度游离重金属离子，如对土壤中游离镉离子采用巴士芽孢菌矿化物质并种植一些吸附性较强的植物进行联合修复。植物-微生物联合修复技术再实际应用时，需结合实际情况合理筛选菌株。如从污水厂活性污泥、汽修厂污泥和石油污染土壤中筛选出具有降解能力的菌株。石油污染土壤采用混合菌株进行降解效果较好，如采用种植黑麦草和添加复合菌株的方式修复石油污染土壤，对去除土壤中的有毒有害物质具有很好的效果。

6 土壤修复技术的发展趋势

6.1 生态健康发展

在人们日常生活和生产过程中，生态文明理念越来越受关注，对于土壤污染治理和修复技术，需对原有技术持续改进和创新，不断满足生态健康发展的需求。

6.2 多层次综合发展

随着科学技术的不断进步，土壤污染治理技术有了更多的选择空间，为使土壤修复技术的应用效果更好，需不断推进土壤污染治理的多层次、综合化发展，使修复技术更系统、更全面，探索多种修复技术的联合使用，形成更实用、更科学的综合土壤修复系统。

6.3 绿色可持续发展

目前土壤修复技术的发展成效较好，但在实际土壤污染治理和修复工作中，也常常会暴露出很多问题。为使土壤污染治理技术的有效性得到保障，加强土壤污染修复过程中的二次污染防治，推行修复技术的绿色可持续发展尤为重要。在实际土壤修复技术的应用中，需坚持绿色可持续修复理念，持续推进绿色修复技术。

结束语：我国土壤污染问题较为突出，土壤污染治理尚处于初步发展阶段。生物修复技术在某种程度上可以有效修复污染土壤，且不会带来二次污染。土壤污染治理和修复技术受多种因素的影响，生物修复技术也有其自身的局限性。将生物修复技术与其他技术联合使用，可以提高土壤污染修复的效率，恢复良好的土壤生态环境。

参考文献：

- [1]王雪, 姜珊珊. 土壤污染治理中生物修复技术的应用[J]. 环境与发展, 2020, (7).
- [2]徐振华, 张伟. 在土壤污染治理中生物修复技术的运用探讨[J]. 资源节约与环保, 2020, (1).
- [3]刘志培, 刘双江. 我国污染土壤生物修复技术的发展及现状[J]. 生物工程学报, 2015, (6).