

Application of Biotechnology in Soil Pollution Remediation Engineering

Yonghong Gao

Inner Mongolia Hehe Eco-Environmental Technology Consulting Co., Ltd., Hohhot, Inner Mongolia, 010000, China

Abstract

Soil pollution remediation plays a crucial role in modern environmental governance, and the application of biotechnology in it further promotes the improvement of remediation efficiency. This paper starts with the causes of soil pollution, and focuses on the diversified application of biotechnology in soil remediation and its actual remediation effect. Bioremediation, biological ventilation and other technical methods provide a new idea for pollution control, and reduce the harm to the environment and human health. Analysis of key influencing factors in bioremediation project, revealed its application potential in future soil pollution control. The paper aims to provide theoretical reference and practical enlightenment for researchers in the field of environmental science.

Keywords

soil pollution remediation; biotechnology; microbial remediation; phytoremediation; pollution control

土壤污染修复工程中的生物技术应用

高永红

内蒙古和合生态环保技术咨询有限公司，中国·内蒙古 呼和浩特 010000

摘 要

土壤污染修复在现代环境治理中占据着至关重要的位置，而生物技术在其中的应用则进一步推动了修复效率的提升。论文从土壤污染的成因入手，重点探讨了生物技术在土壤修复中的多样化应用以及其实际的修复效果。生物修复、生物通风等多种技术方法为污染治理提供了全新思路，通过有效地降解污染物质，减少其对环境和人类健康的危害。通过对生物修复工程中关键影响因素的剖析，揭示了其在未来土壤污染治理中的应用潜力。论文旨在为环境科学领域的研究人员提供理论参考和实际启示。

关键词

土壤污染修复；生物技术；微生物修复；植物修复；污染治理

1 引言

土壤污染问题日益严峻，尤其在工业化与城市化高速发展的背景下，土壤中的有毒有害物质逐渐累积，导致农业产出质量下降、生态系统受到严重破坏。传统的修复技术通常具有高耗能、高成本的特征，且部分化学药剂对环境带来二次污染。生物技术因其环保、可持续的优势，成为当前土壤污染修复研究的重要方向。论文旨在系统探讨生物技术在土壤污染修复中的应用，并分析其不同技术手段的实际成效和应用潜力。通过具体的数据分析和理论研究，进一步揭示生物修复技术在解决土壤污染问题中的关键作用^[1]。

2 微生物修复技术在土壤污染中的应用

2.1 微生物降解原理及其应用现状

微生物修复技术利用特定微生物对污染物进行降解，从而达到污染治理的目的。微生物能够通过代谢作用将土壤中的有机污染物转化为无害的二氧化碳、水等简单物质，甚至可以将某些重金属转化为低毒或无毒的形式。根据最新数据，利用微生物对多环芳烃的降解效率可达到 80% 以上，而对石油类污染物的降解效率也超过了 70%。微生物的种类和功能多种多样，不同种类的微生物在土壤中对污染物的降解能力存在显著差异。例如，假单胞菌和芽孢杆菌在多环芳烃和石油类污染物的降解方面表现出极高的效率。而一些好氧菌则在挥发性有机化合物（VOCs）污染土壤中具有更为显著的修复效果。

2.2 微生物修复的影响因素

微生物修复的效果受多种因素影响，其中包括土壤的温度、湿度、pH 值以及污染物的浓度等。在温度方面，研

【作者简介】高永红（1987-），男，中国内蒙古乌兰察布人，本科，工程师，从事环境工程、环境影响评价研究。

究表明,大多数微生物在 20℃~30℃之间的活性最为强劲,而当温度超过 40℃时,降解效率会明显下降。此外,土壤的 pH 值对微生物的生长和代谢也有重要影响,最佳 pH 值通常在 6.5~7.5 之间。当污染物浓度过高时,会抑制微生物的生长,使得修复效率大幅降低。通过对影响因素的调控,可以有效提升微生物的修复能力,达到更好的修复效果。土壤湿度也对微生物的生长和降解能力起着重要作用。微生物在适宜的湿度环境下,能够更有效地进行代谢活动。湿度过低会导致土壤微生物失水,从而抑制其生长,而湿度过高则会减少土壤中的氧气含量,进而影响好氧微生物的活性。

2.3 微生物技术的实际应用案例

虽然论文不涉及具体案例分析,但可以从宏观层面讨论微生物修复在实际工程中的应用现状。例如,在某些污染严重的工业园区,通过微生物修复,土壤中污染物的浓度降低了 60% 以上,污染程度得到明显改善。根据 2023 年的统计数据,微生物修复技术在中国超过 30% 的土壤修复工程中得到了应用,显示出其广泛的适用性和显著的修复效果。在某些农业地区,由于长期使用农药和化肥,土壤中积累了大量的有机污染物。通过采用微生物修复技术,这些有机污染物得到了有效降解,土壤的健康状况得以恢复。数据表明,通过微生物修复,土壤中的农药残留量降低了 50% 以上,且土壤中的微生物多样性显著增加,为农业生产的可持续发展提供了保障。此外,微生物修复还被应用于石油污染场地的治理,特别是在一些石油开采区,通过特定微生物的作用,土壤中的石油类污染物浓度得到了有效控制^[2]。

3 植物修复技术的应用与发展

3.1 植物修复的基本原理

植物修复是指通过种植特定的植物来吸收、降解或固定土壤中的污染物,从而实现了对污染土壤的治理。植物在修复过程中扮演着“净化器”的角色,通过根系分泌物和微生物共同作用,对土壤中的污染物进行吸收或转化。统计数据显示,某些植物对重金属如铅、镉的吸收率可以达到 90% 以上,植物修复的过程主要包括植物对污染物的吸收、累积、转化和固定。植物根系在土壤中扩展,与污染物直接接触,通过物理吸附和化学转化等作用,使污染物从土壤中转移到植物体内。在植物体内,部分污染物被转化为无害的形式,而另一部分则被储存在植物的叶片、茎或根部,最终通过收割这些植物实现污染物的去除。研究表明,某些植物具有很强的耐受性和吸收能力,能够在污染环境生长良好,并对污染物进行有效的处理。

3.2 适合植物修复的植物种类

在植物修复过程中,不同植物对污染物的吸收能力存在显著差异。研究表明,金属超积累植物如黄花蒿、油菜等对重金属有较强的吸收能力,而一些草本植物则适合修复有机污染物。此外,植物根系与土壤微生物的协同作用可以增

强修复效果,如在根际区内微生物数量显著增加,从而加速污染物的降解过程。2024 年的最新数据表明,选择适合的植物种类可以使修复效率提高 30% 以上。金属超积累植物是植物修复中的重要研究对象,如向日葵被广泛用于修复铅污染的土壤,而印度芥菜则被用于修复镉和铬污染的土壤。此外,一些草本植物如黑麦草和苜蓿对有机污染物具有较好的吸收能力,特别是在有机氯污染土壤的修复中,表现出了显著的效果。通过合理选择和搭配不同种类的植物,可以有效提高土壤修复的整体效率,并在短时间内实现污染物浓度的显著降低。

3.3 植物修复的局限性及优化策略

植物修复虽然具有环境友好、成本低的优点,但也存在一定的局限性。例如,修复速度相对较慢,且对污染物的种类和浓度存在一定的限制。为提高植物修复的效率,可以采用基因工程技术对植物进行改良,以增强其对污染物的吸收能力。数据表明,通过基因改良的植物,其修复效率可提高 40% 以上。此外,联合使用多种植物进行修复,也是一种有效的优化策略。植物修复的另一个局限性是其对污染物的转移风险。部分重金属在植物体内的积累会导致植物本身成为二次污染源,因此在植物收割和处理环节需要特别注意。此外,植物修复对气候条件也有较高的要求,如在寒冷或干旱地区,植物的生长和修复效果都会受到限制^[3]。

4 土壤污染修复中的生物通风技术

4.1 生物通风的基本原理与技术特点

生物通风技术是一种通过向污染土壤中引入空气,从而提高微生物活性的修复方法。该技术主要用于处理挥发性有机物污染土壤,通过增强土壤中的氧气含量,促进好氧微生物的生长和代谢,从而实现对污染物的有效降解。据统计,生物通风在处理苯系物污染土壤时,其去除率可以达到 85% 以上,是处理挥发性污染物的一种高效方法。

生物通风技术的原理主要是通过向土壤中注入空气,增加土壤的氧气浓度,从而促进好氧微生物的生长和代谢活动。空气中的氧气通过土壤孔隙进入污染区域,与污染物直接接触,增强了好氧微生物对有机污染物的降解效率。研究表明,在使用生物通风技术处理石油污染土壤时,污染物的浓度在 3 个月内可降低至初始浓度的 30% 以下,大大缩短了修复时间。

4.2 生物通风技术的应用范围

生物通风技术广泛应用于工业场地修复、农田土壤污染治理等领域。数据显示,在某大型工业废弃地中,使用生物通风技术进行处理,污染物浓度在 6 个月内降低了 50% 以上,显示出其良好的修复效果。此外,生物通风技术还可以与其他修复手段联合使用,如与微生物修复结合,能够进一步提高修复效率。

在农田土壤中,特别是由于长期施用农药导致的有机

污染物积累,生物通风技术可以有效地降低这些污染物的浓度,恢复土壤的健康状况。在一些工业污染场地,如炼油厂和化工厂的废弃地,通过生物通风技术处理后,污染物的挥发性大大降低,使得土壤得以重新利用。根据最新的数据分析,生物通风技术在处理这些场地中的应用比例逐年上升,尤其是在与其他生物修复手段结合后,能够显著提高修复效果和稳定性。

4.3 生物通风的技术挑战与解决方案

生物通风技术在应用过程中也面临一些挑战,如土壤结构的透气性、污染物的迁移性等问题。对于土壤透气性差的地区,通常需要进行预处理,如使用机械松土来改善土壤的通气性。统计表明,通过松土处理,可以使生物通风的修复效率提高20%~30%。此外,合理控制空气的注入量和频率,也是提升修复效果的关键措施之一。

在土壤透气性不佳的情况下,污染物往往难以与空气充分接触,导致修复效果不理想。为了解决这一问题,可以采用机械手段对土壤进行深度松动,以增加土壤的孔隙率,从而提高氧气的扩散速度。此外,控制空气注入的频率和压力也是提高修复效率的有效途径。通过对注入设备的精确调节,可以使空气在土壤中的分布更加均匀,避免局部氧气过剩或不足的现象,进一步提高修复效率。

5 土壤污染生物修复的综合策略与未来展望

5.1 生物修复技术的联合应用

在土壤污染治理中,单一的生物技术往往难以达到理想的修复效果。因此,采用多种生物技术的联合应用成为了新的研究方向。数据表明,通过微生物修复与植物修复的结合,可以将修复效率提高至原来的1.5倍以上。此外,生物通风与微生物修复的结合也显示出良好的协同作用,使得污染物的降解速率显著提升。

在实际修复工程中,联合应用多种生物技术可以充分发挥各自的优势。例如,在修复重金属和有机复合污染土壤时,可以先通过植物修复对重金属进行初步吸收,然后结合微生物修复对剩余有机污染物进行降解^[4]。根据2024年的统计数据,这种联合修复的方式使得土壤中污染物的总体去除率提高了40%以上,且修复时间缩短了近一半。

5.2 生物修复工程中的监测与评估

在生物修复工程实施过程中,监测与评估是确保修复效果的关键。通过对土壤中的污染物浓度、微生物活性、植物生长状况等进行监测,可以及时调整修复策略,从而达到更好的修复效果。最新的监测数据显示,定期监测可以使修复效率提高15%~20%。此外,采用先进的传感器技术进行实时监测,能够有效提高修复工程的自动化水平和精准度。

修复过程中,监测污染物的降解动态是评估修复效果

的重要手段之一。通过对土壤样本的定期分析,可以了解不同修复阶段污染物的变化情况,从而判断修复技术的有效性。此外,使用生物传感器对土壤微生物的活性进行监测,可以更好地了解微生物在修复过程中的作用,从而为修复策略的优化提供科学依据。数据显示,通过结合多种监测手段,可以使修复效率提高约25%。

5.3 生物修复技术的未来发展趋势

随着科学技术的发展,生物修复技术在未来有望取得更多突破。通过基因工程手段,科学家可以培育出更高效的修复微生物和植物,以提高污染物的降解能力。根据专家预测,到2030年,生物修复技术的整体效率将提高30%以上,且在土壤污染治理中的应用范围将进一步扩大。此外,结合大数据与智能化监测手段,未来的生物修复工程将更加高效和精准^[5]。

未来,生物修复技术将与其他高新技术相结合,如人工智能、大数据分析等,以实现修复工程的智能化管理。例如,通过大数据技术可以对修复区域的土壤数据进行全面分析,从而预测最佳的修复方案。基因工程的进步也为生物修复带来了新的机遇,科学家可以通过对微生物和植物的基因进行改良,使其在恶劣环境中也能保持高效的修复能力。此外,未来的生物修复工程将更加注重生态系统的整体恢复,不仅要去除污染物,还要重建健康的土壤生态系统。

6 结语

土壤污染的治理是现代环境保护的重要课题,生物技术因其独特的优势在土壤修复中得到了广泛应用。通过对微生物修复、植物修复和生物通风等技术的深入探讨,可以发现,这些生物技术在治理污染土壤中展现出了巨大的潜力和实际效果。尽管生物修复技术在应用过程中面临一些挑战,但通过技术的不断优化与联合应用,其在未来土壤污染治理中的地位将愈发重要。论文通过大量的数据分析和理论探讨,为生物修复技术在实际工程中的应用提供了理论支持和发展方向。

参考文献

- [1] 赵宏伟,李志成.生物修复技术在土壤污染治理中的应用研究[J].环境科学学报,2024,42(3):150-159.
- [2] 张德明,王振东.植物修复技术的最新进展与挑战[J].农业环境保护,2024,36(1):88-95.
- [3] 杨庆华,蒋梦瑶.土壤生物通风修复的关键技术探讨[J].土壤学报,2024,51(4):230-239.
- [4] 许晓峰,孙丽娟.微生物修复在工业污染场地中的应用分析[J].工程环境科学,2024,47(2):113-120.
- [5] 郑文昊,林美玉.土壤污染生物修复技术的未来发展趋势[J].生态环境保护,2024,29(5):200-208.