

生态环境工程中微生物治理关键技术的应用深化研究

代作光 潘学琼 龙婷 王亮
四川洪光农业开发有限责任公司
DOI:10.32629/as.v8i12.3529

[摘要] 在生态环境工程向精准化、高效化转型的背景下,微生物治理技术因环境友好、成本可控的优势成为核心手段之一。本文聚焦微生物治理关键技术的应用深化方向,突破传统单一菌种应用局限,围绕功能菌群协同调控、基因编辑改良功能菌株、微生物-环境介质界面作用强化三大创新维度展开研究。通过分析技术应用中的核心瓶颈,结合分子生物学与环境工程交叉方法,提出技术优化路径,为提升复杂污染场景下的治理效能、推动微生物技术从实验室走向工程化应用提供理论支撑与实践参考。

[关键词] 微生物处理方法; 环境工程; 运用分析。

中图分类号: X172 文献标识码: A

Application and Deepening Research of Key Technology of Microbial Treatment in Ecological Environment Engineering

Zuoguang Dai Xueqiong Pan Ting Long Liang Wang
Sichuan Hongguang Agricultural Development Co., Ltd.

[Abstract] As ecological environmental engineering transitions toward precision and efficiency, microbial control technology has emerged as a pivotal approach due to its environmental friendliness and cost-effectiveness. This study explores the advancement of key microbial control technologies, transcending the limitations of traditional single-strain applications. The research focuses on three innovative dimensions: synergistic regulation of functional microbial communities, gene-editing improvements for functional strains, and enhanced microbial-environmental interface interactions. By analyzing core technical bottlenecks and integrating molecular biology with environmental engineering methodologies, the paper proposes optimization pathways. These findings provide theoretical foundations and practical references for improving treatment efficacy in complex pollution scenarios and facilitating the transition of microbial technologies from laboratory research to industrial-scale applications.

[Key words] microbial treatment; environmental engineering; applied analysis.

引言

随着工业扩张与城市化进程加速,复合型污染、难降解污染物积累等环境问题日益凸显,传统物理化学治理技术面临二次污染、成本高昂等瓶颈,亟需更具针对性的深度治理方案。微生物治理技术依托微生物的代谢转化能力,在污染修复中展现出独特优势,但当前技术应用仍存在功能菌株适应性弱、治理效率受环境因子制约、菌群协同机制不明确等问题。基于此,本文从关键技术创新角度出发,探索微生物治理技术的深化应用路径,旨在突破现有技术局限,为生态环境工程的高质量发展提供科学依据^[1]。

1 微生物治理关键技术的创新方向

1.1 功能菌群的协同调控技术

传统微生物治理多依赖单一功能菌株,虽能针对特定污染物发挥作用,但在复杂污染环境中,单一菌株易受温度、pH值、共

存污染物等因素影响,导致代谢活性下降,治理效果不稳定。基于此,功能菌群的协同调控技术成为深化研究的核心方向之一,其创新点在于通过构建“功能互补型菌群”,利用不同菌株间的代谢协同效应,提升对复杂污染的治理能力。从科学原理来看,功能菌群的协同作用主要体现在三个层面:代谢路径互补,例如某些菌株可将难降解污染物分解为中间产物,另一类菌株则能进一步将中间产物转化为无害物质,形成完整的降解链条;环境适应性协同,耐逆性强的菌株可改善微环境,为功能菌株提供适宜的代谢条件;群体感应调控,菌群通过分泌信号分子实现细胞间通讯,调控代谢基因表达,增强整体降解活性^[2]。例如在石油烃污染土壤修复中,将假单胞菌与伯克霍尔德氏菌构建协同菌群,其修复效率较单一菌株提升40%以上,且对土壤酸碱度变化的耐受范围显著扩大。

1.2 基因编辑改良功能菌株技术

功能菌株的降解效率与环境适应性,本质上由其基因序列决定。传统菌株筛选依赖自然环境中的菌种分离,存在筛选周期长、目标性状不稳定等问题,难以满足复杂环境工程的需求。近年来,CRISPR-Cas9等基因编辑技术的成熟,为功能菌株的精准改良提供了新工具,成为微生物治理技术深化的重要突破口。该技术的创新核心在于“定向改造代谢关键基因”,通过敲除冗余代谢基因、强化降解酶基因表达、插入耐逆基因等方式,提升菌株的核心功能。此外,基因编辑还可实现“降解谱拓宽”,如将降解多氯联苯(PCBs)的关键酶基因导入原本仅能降解苯酚的菌株中,使其具备同时处理两种污染物的能力,解决了复合型污染治理中“一种菌株对应一种污染物”的局限^[3]。

1.3 微生物-环境介质界面作用强化技术

微生物与土壤、水体等环境介质的界面作用,直接影响污染物的迁移转化效率。在传统治理中,微生物多处于“自由分散”状态,与污染物的接触概率低,且易被介质颗粒吸附固定,导致代谢活性受限。微生物-环境介质界面作用强化技术的创新,在于通过调控界面微观环境,构建“微生物-介质协同作用体系”,提升污染物的传质效率与微生物的代谢活性。从技术路径来看,主要包括两个方向:改性介质载体的应用,通过对活性炭、生物炭、黏土等介质进行表面改性,增强其对污染物的吸附能力,同时为微生物提供附着位点,形成“吸附-降解”协同体系。例如,将生物炭进行羟基化改性后,其对土壤中多环芳烃(PAHs)的吸附量提升50%,且附着于生物炭表面的微生物因受载体保护,代谢活性较自由微生物提高30%;界面信号分子调控,通过添加群体感应信号分子,促进微生物在介质表面形成生物膜,生物膜不仅能增强微生物的抗逆性,还能通过胞外聚合物(EPS)的吸附作用富集污染物,提高微生物与污染物的接触效率,在水体氮磷去除工程中,生物膜体系的脱氮效率较悬浮微生物体系提升25%-35%。

2 微生物治理关键技术深化应用的瓶颈与突破路径

2.1 环境适应性与工程稳定性不足

尽管上述创新技术在实验室条件下展现出优异性能,但应用于实际生态环境工程时,仍面临两大核心瓶颈:环境因子的制约,自然环境中的温度波动、pH值变化、重金属毒性等,会导致功能菌群结构失衡、基因编辑菌株代谢活性下降;工程稳定性差,在大规模治理工程中,微生物易随水流、土壤孔隙迁移流失,难以在目标区域形成持续作用的菌群体系,导致治理效果衰减。

2.2 多技术融合与工程化设计优化

针对上述瓶颈,需通过“多技术融合”与“工程化设计优化”实现突破。将基因编辑技术与菌群协同调控结合,通过基因编辑增强菌群中关键菌株的耐逆性,再通过菌群协同作用进一步提升整体环境适应性。例如,将耐低温基因导入功能菌株后,再与耐低温辅助菌群构建协同体系,可使菌群在-5℃至10℃的低温环境中保持40%以上的代谢活性,较单一基因编辑菌株提升20%。优化工程化设计,通过“载体固定化+环境调控”提升微生物的

工程稳定性。载体固定化技术可将微生物固定于多孔载体中,减少迁移流失,同时载体可为微生物提供保护屏障,抵御环境胁迫;环境调控则通过在工程区域设置温控、pH调节装置,或添加缓释营养剂,为微生物营造适宜的代谢环境。例如,在湖泊富营养化治理中,采用固定化功能菌群(固定于缓释营养凝胶载体)结合水体曝气调控,可使菌群在水体中的留存时间从7天延长至30天,氮磷去除率稳定维持在60%以上,较传统悬浮菌群治理的稳定性提升50%。

3 微生物技术在环境治理中的优势

3.1 微生物技术降解能力强

由于微生物具备强大的消化摄取污染物的本领,它也能够充分运用有机物质来实现生产、消耗并处理生活垃圾等功能,因此其生物学去污能力十分强大。其在废水处理中的作用更是非常显著,它能够高效吸附废水中的杂质,从而产生良好的凝聚效应,提高污水净化的效率,在水质改善方面同样起到了优化作用。并且微生物生物技术的实施过程对环境条件的要求并不高,无论在什么条件下都能实现良好的处理效果,有的情况下甚至能够将某些污染物完全去除,使污染物的处理程度更上一层楼,这为当地生态系统的良性发展提供了支撑性保障。而且该生物技术不仅在工业废水、居民用水等水处理范畴方面应用,还能应用于城市江河河道管理、工厂水的许多用途上,这样就可以最大程度发挥它的价值了。

3.2 微生物技术成本消耗低

随着科学技术以及创造进步的发展,微生物技术发展越来越成熟,而现在采用人工培养微生物已经被视为很有希望的研究领域,在某些方面进行过一定量的实践探索;同时由于培育微生物费用减低,人们在实验室就可以用大额资金获得一定量的微生物投入到环境修复中去,大大节省了人力和经济成本;此外,微生物技术的处理效用还高,只要采用较低的投资,就可以达到比较满意的效果,甚至可以达到使用其他的方法如化学或物理的方法都无法完成的治理效果,从而提高环境治理的效果。目前环境污染整治工作是一项艰巨复杂的工作,它所耗费的时间、人力和物质都很巨大,所以,想要获得更加优异的环境污染治理效果、在有限的资源下完成治理工作,就要将微生物技术作为一种有力的治理手段进行使用,才可能获得满意的收益^[4]。

4 生态环境工程中微生物治理技术的应用

4.1 微生物在大气污染中应用

由于环境污染因素,在各种形式的水流或浸渗作用下,会流向大地浅层或汇流成江河水,造成大面积水质变差。尤其是在居民、生活工厂等排出的废水中含有丰富的营养物质,使得水体更加丰富。针对该情况,采用微生物处理成为处理水处理和工业废水的主要方法。这些微生物能够降解水中的有机污染物质,如脂肪、蛋白质和可溶性有机物等,并将其转化为二氧化碳、水和无机盐等对人类无害的物质。而且微生物能够分解水中含有的氮元素、磷元素等营养元素,避免水体过度滋生藻类,产生其他的水体问题;并且微生物在水环境的水质改善中,还可以用于污

染湖水、溪流和海洋等水域,通过引入适应能力较强的微生物群,加快水体中有机污染物的降解与转化速率。对饮用水中的清洁处理而言,其能有效去除水中的微生物和有机污染^[5]。

4.2 微生物在化合物污染中的应用

我国为农业大国,在防治疾病、减轻劳力负担的背景下,应用农药处理大量化学农药,如杀虫剂、除草剂等,广泛存在于农业生产过程中,并且多为人制造而成,具有极大危害性。化学有毒成分对人体具有很大潜在性,存在导致发育畸形、遗传因子突变或引起癌症等现象。微生物降解处理技术现不断应用到工作中来,可以在有氧条件下通过微生物对污染物进行分解,在微生物活性作用下将污染物转化为有机物质供微生物摄取,回归到自然界中的食物链中,以此达到污染物去除的效果。

5 生态环境工程中微生物治理技术的应用策略

5.1 固化微生物

常见的微生物固定化技术有2种:物理和化学固定方法。例如纤维束、微孔过滤膜、多孔物、微胶囊、气泡载体等属于物理固定,交联反应和共价键反应属于化学固定。利用化学固定法,可以增强微生物和附着基的连接性,改善了稳定性和持久性。尤其是微胶囊法由于机械稳定性和耐用性强而备受关注。微胶囊法,将微生物包裹在聚合物中形成微型胶囊。微生物在这种微型胶囊下能够抵抗周围环境的胁迫并维持稳定的结构。此外,微胶囊可以封装单种菌或混合菌群。而在生物肥料制备时,微生物菌株固定化可以作为肥料添加剂,增加土壤微生物含量,以及活性微生物含量。

5.2 厌氧消化

在厌氧消解的过程中,首先通过厌氧消解预处理器将有机废料进行处理,通过该环节进行破碎、搅拌以及加热等操作,经过预处理器的有机废料进入厌氧消解装置,微生物在此条件中在无氧环境中进行生长繁殖,其间微生物能够将有机物转化成为诸如甲烷和二氧化碳等有利用价值的产品,并产生一部分固体垃圾与生物体。此外,厌氧消解过程中消解温度、酸碱度以及营养等条件对厌氧微生物的存活和繁殖有一定影响,因此要对

其进行一定的控制和调整。厌氧消解处理后会形成一些产品,这些产品能够用于一些应用中,例如生物气体生产电能、生产肥料、回收有机质等,例如形成的一些甲烷气体既可以用来发电又能够用来取暖,同时还能作为汽油或天然气燃料供给车辆以及燃气设备等使用;形成的固体垃圾则可以形成一种有机质化肥,这样这些物质就可以实现合理利用,同时能够提升土壤肥力并在维护土壤环境生态稳定方面发挥一定的作用。

6 结束语

生态环境工程中微生物治理关键技术的深化,是突破传统治理瓶颈、应对复杂环境问题的核心路径。本文通过分析功能菌群协同调控、基因编辑改良功能菌株、微生物-环境介质界面作用强化三大创新方向,明确了技术深化的核心逻辑——以微生物功能优化为基础,以环境适应性提升为关键,以工程化应用为目标。尽管当前技术仍面临环境适应性与工程稳定性的瓶颈,但通过多技术融合与工程化设计优化,可有效突破局限,实现技术的实际应用价值。未来,随着智能化监测与生态化设计的融入,微生物治理技术将在生态环境工程中发挥更重要的作用,为实现生态环境的可持续修复提供有力支撑。

[参考文献]

- [1]戴泽云.生态环境工程中微生物治理技术的应用[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(10):0021-0024.
- [2]王江,祝云,韩雅宏.生态环境工程中微生物治理技术的应用[J].中文科技期刊数据库(全文版)自然科学,2024(10):6-9.
- [3]王政,赵兴玲,吴凯,等.沼气工程技术在滇东北农村生态环境治理中的应用[J].现代农业科技,2024(2):111-115.
- [4]郭孟丽.生态环境工程技术在城市水污染治理中的应用研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2024(11):72-75.
- [5]韦秀.分子生物技术在环境工程微生物领域中的应用[J].中文科技期刊数据库(全文版)自然科学,2024(6):0070-0073.

作者简介:

代作光(1960--),男,汉族,四川大英人,本科,研究方向:微生物菌。