

Application and Innovative Practice of Modern Biotechnology in Ecological Environment Engineering

Jinting Tang Lei Yu Tingting Wu

Huzhou South the Taihu Lake Environmental Protection Technology Development Co., Ltd., Huzhou, Zhejiang, 313000, China

Abstract

In recent years, significant progress has been made in using biotechnology for ecological and environmental engineering research. Utilizing modern biotechnology for environmental governance can significantly improve governance efficiency and reduce governance costs. Taking, utilizing achieve efficient degradation and removal of organic pollutants in wastewater without secondary pollution. In addition, modern biotechnology has shown great application prospects in fields such as soil remediation,airpollutioncont rol,andsolidwastetreatment.However,although modern biotechnology has broad application prospects,major challenges: technological maturity, cost control, and public awareness.

Keywords

Modern biotechnology; Ecological engineering; Application and Innovation

现代生物技术在生态环境工程中的应用与创新实践

唐金婷 俞磊 吴婷婷

湖州南太湖环保科技有限公司，中国·浙江 湖州 313000

摘 要

近几年来，利用生物技术进行生态环境工程研究已取得长足进展，利用现代生物技术进行环境治理，可以显著提高治理效率、降低治理成本。以污水处理为例，利用微生物代谢过程实现对废水中有机污染物的高效降解与去除，无二次污染。另外，现代生物技术在土壤修复、空气污染治理和固体废物处理等领域也显示出巨大的应用前景。同时，可利用基因工程、细胞工程等技术手段，获得高耐受、高降解能力的菌株，进一步提升污染物处理效率。然而，现代生物技术虽然具有广阔的应用前景，但仍然面临着技术成熟度、成本控制和公众认知度三大挑战。

关键词

现代生物技术；生态环境工程；应用与创新

1 引言

随着经济的高速发展，城市化进程的加快，生态环境问题日益突出。现代生物技术因其高效、环保和可持续发展的特性，已成为生态环境工程领域的重要研究方向。本文不仅为环境污染治理提供了一种新的技术方法，而且为生态系统的修复与保护开辟了一条新的途径。现代生物技术的应用，不仅可以有效地突破传统环境治理方法的局限，而且可以促进生态环境工程向更精细、更智能的方向发展。

2 现代生物技术在生态环境工程中的应用优势

2.1 高效修复污染环境

生物修复是一种利用微生物、植物等生物自身的代谢过程，将污染物转化成无毒或低毒的物质，从而达到对土壤、

水、大气等环境的净化作用。相对于传统的物理化学修复技术，生物修复技术具有成本低，环境友好，对生态环境影响小等优点。如微生物修复技术，可将高效降解菌接种于土壤中，促进有机物降解；植物修复是指利用植物对重金属、有机污染物的吸收、转化作用来修复受污染的土壤及水环境^[1]。同时，可利用生物强化技术，将具有特定降解功能的微生物或酶类加入污染环境中，进一步提升修复效果。

2.2 促进生物多样性保护与恢复

利用基因工程、组织培养、转基因等手段，培育出抗逆性强、生长快、适应性强的植物新品种，使其能更好地适应受损生态系统，加快生态修复进程。同时，基于自然的生态解决方案通过对生态系统的保护、保护、管理与修复等途径，直接或间接地维持着生物多样性。这些措施不仅可以改善物种及生境的健康状况，还可以通过减缓气候变化对物种及栖息地的影响，间接地维持生物多样性，提高生态系统质量与稳定性。

【作者简介】唐金婷（1988-），女，中国浙江湖州人，本科，工程师，从事生态环境工程研究。

2.3 优化资源配置, 促进可持续发展

生物技术是提高资源利用率、降低对自然资源依赖程度的有效途径。利用生物发酵技术生产可再生能源, 如生物柴油和乙醇, 可降低对化石能源的依赖, 减少温室气体排放量。另外, 利用生物技术, 可降解材料的发展, 可减少传统塑料等不可降解材料带来的环境压力。在农业方面, 利用生物技术提高农作物产量, 提高农作物品质, 减少农药、化肥施用量, 是农业可持续发展的重要手段。

2.4 增强生态系统服务功能与适应性

利用生物技术改良土壤结构, 改善土壤肥力, 改善土壤生态功能, 改善作物生长^[2]。此外, 生物技术也能模拟自然生态系统的结构与功能, 营造适宜的生境, 提升生物多样性。这些措施不仅可提高生态系统的稳定性, 而且提高生态系统对气候变化的适应性。同时, 利用生物传感技术对生态系统进行实时监测, 可为生态修复策略调整提供科学依据。

3 现代生物技术在生态环境工程中的应用创新实践

3.1 强化微生物降解技术, 提升污水处理效能

近年来, 借助现代生物技术筛选和培养微生物, 可培育出高效降解有机污染物的菌群^[3]。该菌群可对特定种类的工业废水和生活污水进行精准、高效的降解, 包括去除水中氮、磷、重金属和难降解有机物等污染物。通过对微生物代谢途径的优化, 既可提高污水处理效率, 又可避免传统化学处理方法可能造成的二次污染。同时, 可结合膜生物反应器、序批式生物反应器等生物反应器技术, 进一步提高系统的稳定性与灵活性, 使污水处理领域发生革命性的变化。

例如, 印染废水中化学需氧量高、色度高, 且含有活性艳红 X-3B 等难降解有机染料。可通过与科研院所的合作, 利用现代生物技术, 建立高效的污水处理系统, 解决城市污水处理的难题。应对印染厂周边长期受印染废水污染的土壤进行采样, 并采集污水处理厂的活性污泥样品。在实验室条件下, 以活性艳红 X-3B 为唯一碳源, 通过增菌培养, 获得高效降解染料的菌株。如经鉴定, 主要是芽孢杆菌和假单胞菌, 在此基础上, 可优化培养基组分, 使其碳/氮比例达到 10:1, 添加适量微量元素, 如 Fe(0.05mg/L)、Mn(0.03mg/L) 等。还可将膜生物反应器 (MBR) 和序批式生物反应器 (SBR) 联合应用于实际污水处理过程中。膜生物反应器有效容积 300 立方米, 膜孔径为 0.1 微米的平板膜组件, 对微生物及大分子有机物具有良好的截留能力。SBR 池的有效容积为 200 立方米, 采用 2h 进水, 6h 曝气反应, 3h 沉淀, 1h 排水 12 小时。在曝气反应阶段, 利用溶氧仪精确控制曝气量, 将溶解氧控制在 3~5mg/L。可有效去除印染废水 COD 和色度。

3.2 基因工程改良微生物, 推动土壤修复技术革新

土壤污染, 特别是重金属与有机污染物的富集, 给生

态环境工程带来了巨大的挑战^[4]。以基因工程为代表的现代生物技术的出现, 为解决这一问题提供一条新途径。利用基因编辑技术, 可以培育出一种微生物, 以在某些特定的污染物上表现出超常的降解能力, 能够耐受某种特殊的污染物。可将特定基因导入到土壤中, 可使其在高浓度重金属环境中存活, 并高效地吸收和转化有害物质, 从而加快土壤修复进程。这一“定制”的微生物处理方式, 不但可以提高修复效率, 而且可以减少对土壤生态系统的扰动, 加快生态平衡的恢复。

例如, 有色金属矿区周边土壤存在严重的铜、锌等重金属污染问题, 为修复被污染的土壤, 项目组可利用基因工程技术进行土壤修复工程。如采自一种产于铜、锌超耐性植物遏蓝菜 (遏蓝菜) 中的金属硫蛋白 (MT 基因), 其编码的金属结合蛋白对铜、锌有高亲和力。项目组则可利用 CRISPR-Cas9 基因编辑技术, 将 MT 基因导入土壤中分布广泛、易培养的枯草芽孢杆菌。应在前期工作基础上, 构建含 MT 基因及耐药基因的重组质粒, 通过热激处理, 将该重组质粒转染到枯草芽孢杆菌感受态细胞中, 再通过含特定抗生素的培养基筛选获得 MT 基因工程菌。在实际的土壤修复过程中, 以 1×10^7 CFU/g 的工程菌为工程菌, 制备了工程菌。按 500 公斤 / 公顷的剂量, 均匀喷洒于受污染的土壤表面。为促进工程菌在土壤中的定殖与生长, 撒药后采用漫灌的方式将土壤水分控制在 28% 左右, 定期监测土壤温度, 使其保持在 25~30℃ 范围内, 可有效降低土壤有效态重金属含量土壤微生物多样性指数逐步恢复, 作物吸收 Cu、Zn 明显降低, 农产品质量达到食品安全标准, 土壤生态系统得到有效修复。

3.3 细胞工程技术应用于空气污染治理, 探索绿色净化途径

治理大气污染, 特别是 PM_{2.5}, SO₂, NO_x, 是现代城市环境治理的首要任务, 细胞工程为解决这一问题提供新途径^[5]。可利用植物细胞吸收和转化大气污染物的机理, 开发能高效吸附特定污染物的植物, 如“空气净化植物”。在此基础上, 将微生物细胞固定化技术应用于工业废水处理和城市绿化中, 实现对大气中有害气体的高效捕获和降解。这些技术在美化环境的同时, 也达到对大气污染的可持续治理。

例如, 重工业城市的钢铁、化工等工业高度集中, 导致大气 PM_{2.5}、SO、NO 等长期超标。为改善空气品质, 项目组可利用细胞工程技术, 与市政绿化部门合作, 进行大气污染治理工程。研究人员利用植物细胞工程技术, 以普通吊兰为材料, 采用原生质体融合、基因调控等技术, 成功培育出一种新型的“净化吊兰”。将具有较强抗逆能力、对气体有较强吸收能力的原生质体与吊兰原生质体融合, 经筛选、培养, 获得稳定遗传的新植株。“净化吊兰”经过基因调控后, 叶片细胞表面气孔密度提高, 细胞内超氧化物歧化酶 (SOD)、过氧化物酶 (POD) 活性明显增加, 对 2、NO

的吸收与转化能力增强。可在工业园区,主要道路两旁和大型广场上推广种植。栽植时采取行列式栽植,株距0.6米,形成连续的绿化隔离带。同时,利用聚氨酯泡沫作为载体,在靠近植物根系的地方构建微生物细胞固定化装置,实现对一氧化氮(NO)的高效降解。定期喷洒含氮、碳、微量元素等营养物质以保持微生物活力,可显著提高空气质量优良天数,达到“绿色净化”、美化城市环境的目的。

3.4 综合生物技术手段,创新固体废物资源化利用

现代生物技术已不再局限于传统的堆肥工艺,而是将其应用于生物转化和降解过程中。如利用微生物发酵技术,把有机废物转化成高附加值产品,如生物燃料(如沼气)、生物塑料等。可采用酶工程技术,提高生物质降解效率,为生物质能源化利用提供新思路。这些技术的应用,既可以缓解垃圾填埋、焚烧等对环境造成的压力,又可以推动循环经济发展^[6]。

例如,在人口密度较大的城市,每天都会产生大量的有机固体废弃物,如餐厨垃圾等。为使这些固体废弃物得到有效利用,则可采取综合生物技术的方法进行项目的实施。应对厨余垃圾进行预处理,将塑料和金属等杂质剔除,然后粉碎成粒径小于2cm的颗粒。将秸秆切成3~5厘米长。将餐厨垃圾按3:1比例混合后送入发酵罐中。发酵槽有效容积200m³,接种于发酵料中的产甲烷菌、乳酸菌、纤维素降解菌等复合菌群,接种于发酵物料总量的5%左右。采用温度、pH双传感器对发酵过程进行实时监控和控制。采用加热冷却设备,使发酵温度保持在38℃至42℃之间,并通过加入诸如氢氧化钙之类的碱性物质来控制pH值为7.0~7.5。采用机械搅拌设备定时搅拌,以确保物料和微生物充分接触,每2小时搅拌15min。厌氧发酵10天后,产生大量的沼气。沼气经脱硫塔脱除硫化氢等杂质后,再送到沼气发电机发电,发电效率可达2.0度/立方米。同时,对发酵剩余物进行固-液分离,固态部分进行堆肥处理,制得N、P、K养分含量在18%以上的有机肥料。可实现年产8万吨有机固体废弃物,年产沼气150万立方米,发电300万千瓦,年产有机肥3万吨。

3.5 构建生态工程系统,促进生物多样性与生态服务功能恢复

现代生物技术正逐渐融入生态工程的设计和建设中,可促进受损生态系统的修复和重建。应采用人工湿地和生态浮岛等生物技术,结合本地物种的筛选和引入,构建高效净化水体的多功能复合生态系统,为野生动植物提供栖息场所,提升生态系统自我调控能力,提高生物多样性。同时,综合运用遥感、大数据分析等现代信息技术,实时监测生态工程实施效果,为生态修复工程的精细化管理与持续优化提供科学依据,保障生态工程长期效益。

例如,在长江中下游地区,由于长期的过度采砂及工业废水的排放,导致河流生态系统遭到严重破坏,水质恶化,生物多样性急剧下降。为恢复河流的生态系统,可实施建设生态工程体系的工程。可以在沿河两岸建立面积达80万平方米的人工湿地,选用当地的芦苇、香蒲和菖蒲等水生植物,按每平方米16株的密度种植。在湿地底部铺设一层80cm厚的粗砂-砾石-土基质,体积比例为3:3,有利于微生物附着和植物生长。同时,河道内还可设置生态浮岛,面积达20万平方米,种植美人蕉、鸢尾花、再丽花等生态浮岛,以0.8米的间距种植。采用生态浮岛技术与人工湿地技术相结合的方法净化入河污水。在生态工程建设中,还可引进当地不同种类的鱼类,以每立方米5尾的密度进行放养;引进螺类、河蚌等螺类,按10头/平方米的密度投放,构建完整的水生生态链。在此基础上,结合无人机航拍、野外样方调查等手段,对水体中的溶解氧、COD、氨氮等进行实时监测。通过大数据分析平台对监测数据进行处理与分析,评价生态工程的实施效果,可有效提升该地区的生态系统自我调节能力,生物多样性与生态服务功能可得到有效恢复。

4 结语

综上所述,将现代生物技术应用到生态环境上具有重要意义,不仅可以有效地提高环境治理的效率与质量,而且可以为实现生态环境可持续发展提供新的思路与方法。随着生物技术的不断创新与应用,其在生态环境工程领域的应用将会越来越突出。要进一步加强相关技术研究推广,健全政策支撑体系,提高公众对生物科技的认知度与接受度,促进现代生物技术在生态环境工程中的广泛应用,促进生态文明建设。

参考文献

- [1] 龚泽勇.水环境工程中水质净化厂与周边生态环境的协同治理研究[J].生态与资源,2024,(09):29-31.
- [2] 王海明.生物工程技术在生态环境中的应用[J].四川水泥,2020,(08):99-100.
- [3] 曹桂荣.生物工程技术在生态环境中的应用[J].化工设计通讯,2019,45(03):196.
- [4] 付柯锦.生态环境保护背景下南水北调中线工程水源区生态旅游发展的路径选择[J].地域研究与开发,2025,44(01):137-142+150.
- [5] 赵忠宝,李婧,杜洁,等.环境生态工程专业“生态规划与设计”课程建设探索[J].科技风,2025,(02):125-127.
- [6] 赵志权,陈佩贤.中小水系水生态环境问题与对策研究——以讨赖河某河段水系生态环境综合治理工程为例[J].科技创新与应用,2024,14(25):169-172.