

# 生物制剂在污染水体治理中的研究进展

代裙丽<sup>1</sup>, 张天航<sup>2</sup>

(1. 辽宁北方环境保护有限公司, 辽宁 沈阳 110034; 2. 朝阳华星生物工程有限公司, 辽宁 朝阳 122399)

**摘要:** 生物制剂作为一种环保友好型治理技术, 在污染水体治理领域取得了显著的研究进展。本文系统地探讨了生物制剂的种类、在污染水体治理中的应用优势、作用机制, 以及在不同类型污染水体治理中的应用情况。此外, 针对生物制剂应用中存在的问题, 也提出了加强生物制剂在污染水体治理中应用的有效策略。生物制剂在污染水体治理中展现出巨大潜力, 为改善水质和保护生态环境提供了新的思路和方法。

**关键词:** 生物制剂; 污染水体; 治理; 策略

**中图分类号:** Q-3; X703

**DOI:** 10.12230/j.issn.2095-6657.2023.26.035

**文献标识码:** A

随着工业化和城市化的快速发展, 水体污染日益严重, 传统的化学物理方法在治理过程中存在一些局限性。生物制剂作为一种生态友好型的治理技术, 因其具有高效、低成本、可持续等优势, 逐渐成为污染水体治理的研究热点。

此外, 一些微生物制剂还可以帮助植物抵抗病害, 降低农药的使用量。在环保方面, 微生物制剂也用于土壤修复和污水处理, 一些微生物能够分解有机污染物, 将其转化为无害的物质, 从而净化环境。

## 1 生物制剂及其种类

### 1.1 生物制剂的定义和特点

生物制剂是一类基于生物学原理制备的药物或治疗产品。相较于传统的化学药物, 生物制剂具有以下显著特点: 生物制剂来源于生物体、细胞、组织或其代谢产物, 因此具有高度复杂的分子结构, 如蛋白质、核酸、多糖等。这种复杂性使其在制备和稳定性方面较化学药物更具挑战性。生物制剂通常具有特异性和高度的靶向性, 能够针对特定疾病过程或生物学通路实现精确干预。生物制剂的作用机制常涉及与生物体内的分子、细胞或组织相互作用, 从而实现治疗效果, 这与化学药物的直接化学反应作用机制不同。生物制剂制备和应用通常需要更精细的定制化过程, 以满足个体差异和疾病特异性的要求。由于涉及生物分子在人体内的复杂作用机制, 生物制剂的安全性和风险需要更加严格地考虑, 可能引发免疫反应、过敏反应等不良事件。生物制剂的生产需要复杂的生物工程技术, 如细胞培养、发酵、纯化等步骤, 这些步骤的控制和规模化生产可能面临技术和成本挑战。随着生物技术的进步, 生物制剂在医药领域的应用不断扩展, 涵盖了抗体药物、基因治疗、细胞疗法、疫苗等多个领域。

### 1.2 不同类型的生物制剂

#### (1) 微生物制剂

微生物制剂是一类由微生物制备而成的产品。在农业领域, 微生物制剂被广泛应用于生物农药、生物肥料和土壤改良剂的制备中。例如, 某些固氮细菌能够将大气中的氮气固定为植物可吸收的氮化合物, 从而为作物提供营养, 减少对化学氮肥的依赖。此外, 一些真菌如木霉菌和磷酸解脲酶等, 可以与植物共生, 帮助植物吸收土壤中的磷, 提高植物的养分利用效率。

#### (2) 植物生长促进剂

植物生长促进剂是一类可以刺激植物生长和发育的化学物质。这些化合物可以影响植物的激素平衡、代谢活动和生理过程, 从而提高产量和质量。植物生长促进剂可以分为不同类型, 包括植物激素类似物、氨基酸、维生素等。例如, 赤霉素是一种植物生长激素, 可以促进植物的生长和分枝, 从而增加作物的产量。其他植物生长促进剂如氨基酸可以作为植物的营养补充, 促进植物的代谢活动和养分吸收。

#### (3) 酶制剂

酶制剂是一类含有活性酶的产品, 用于在生物化学反应中加速反应速率。酶是生物体内的蛋白质分子, 能够在适宜的温度和 pH 条件下催化特定的化学反应, 而不被消耗或改变。在食品加工业中, 酶制剂被用于面包、啤酒、奶酪等食品的制备过程中。例如, 淀粉酶可以将淀粉分解成糖, 以改善食品的口感和质地。在医药领域, 酶制剂也被应用于药物制备、生物检测和分子诊断等领域。在研究领域, DNA 聚合酶在聚合酶链反应中起着至关重要的作用, 用于扩增 DNA 样本。

## 2 生物制剂在污染水体治理中的应用优势

### 2.1 环境友好性和可持续性

生物制剂的环境友好性源于其成分的天然性质。这些制剂通常包含微生物、酶、细胞结构和有机物质, 它们在自然界中广泛存在。因此, 在应用过程中, 生物制剂不会引入新的有害化学物质或产生对环境有害的副产物。这与传统的化学方法相比具有较低的环境风险, 有助于保护生态系统的健康。生物制剂的制备和应用过程通常使用较少的能源和资源, 符合可持续发展的原则, 从而在长期内保持治理效果<sup>[1]</sup>。

## 2.2 高效的污染物去除能力

生物制剂中的微生物具有多样的代谢途径,使其能够高效地降解多种污染物。微生物可以利用自身的酶系统,将有机污染物分解成较简单的化合物,从而将其从水体中去除或转化为无害物质。一些微生物还能够吸附重金属离子,减少其在水体中的浓度。这些生物的多样性和适应性意味着生物制剂可以在不同类型的污染水体中应用,并针对不同种类的污染物产生显著的去除效果。

## 2.3 降低治理成本和资源消耗

生物制剂在污染水体治理中通常可以降低成本和资源消耗。相较于建设大规模的化学处理设施,开发和应用生物制剂的成本较低。生物制剂的制备可以在相对简单的实验室条件下进行,而不需要大规模的设备和高能耗。生物修复方法通常可以在污染源附近直接应用,避免了长距离污水输送的能源成本。因此,生物制剂的应用不仅可以降低治理项目的总体成本,还可以减少对外部资源的需求。

# 3 生物制剂在污染水体治理中的机制

## 3.1 微生物降解污染物的机制

### (1) 生物吸附

生物吸附是一种物理过程,涉及微生物表面的化学官能团与污染物分子之间的相互作用。微生物的细胞壁和胞外多糖通常具有负电荷、氢键或其他吸附位点,这些特性使得微生物具有吸附污染物的能力。当污染物分子接近微生物表面时,它们会被这些吸附位点所吸引,从而被从水中去除。这种吸附作用对于去除一些溶解态的污染物,如重金属离子、有机物等,具有一定的效果。吸附过程不仅可以降低污染物浓度,还可以将它们固定在微生物体内,防止其重新进入水体。

### (2) 生物转化

生物转化是指微生物利用代谢途径将有害污染物转化为较为无害的物质的过程,这个过程通常需要微生物分泌特定的酶来催化污染物的降解。不同类型的微生物可以分解不同种类的污染物,这取决于它们的代谢途径和酶系统。在生物转化过程中,污染物被分解成较小、较简单的分子,这些分子可以是氧化产物、还原产物、水解产物等。生物转化降解不仅减少了毒性,还将有机物分解为更容易被自然界降解的形式,有助于减少长期的环境影响。

## 3.2 植物生长促进剂的作用机制

### (1) 植物生长促进剂的引入和作用机制

植物生长促进剂是一类能够促进植物生长和发育的物质,包括植物激素、有机肥料、微生物菌剂等。这些生物制剂通过不同途径影响植物的生长,从而在污染水体治理中发挥作用。例如,植物激素可以调节植物的生长和代谢,促进根系生长,增加植物吸收污染物的能力;有机肥料可以提供植物所需的养分,增强植物的抗逆性和修复能力;微生物菌剂可以与植物共

生,促进根际微生物的活动,降解污染物等。

### (2) 植物生物吸附和生物转化作用

植物在治理污染水体中通过生物吸附和生物转化作用将污染物从水体中去除或转化。植物根系和叶片表面具有吸附能力,可以吸附水中的重金属离子、有机物等污染物质。此外,植物根系分泌的有机物可以促进土壤微生物的生长,进而促使微生物降解污染物质。部分植物还具有超级吸附剂的特性,可以在短时间内富集大量污染物。

### (3) 植物修复与生态系统恢复

植物在污染水体治理中还能够通过植物修复和生态系统恢复过程改善水体质量。植物修复是指通过种植适应性强的植物,促进土壤微生物的活动,提高土壤结构和养分状况,从而加速污染物的降解和转化。此外,植物的根系也可以固定土壤,减少水土流失,改善水体的水质。通过这些作用,植物修复可以逐渐恢复污染水体的生态系统平衡,促进植物多样性和水体生态健康<sup>[2]</sup>。

## 3.3 酶制剂在污染物降解中的催化作用

### (1) 酶的特异性和底物适配性

酶是生物催化剂,具有高度的特异性和底物适配性。不同种类的酶能够识别和催化特定的底物分子。在污染水体治理中,选择合适的酶制剂可以实现对特定污染物的高效降解。例如,脂肪酶能够催化脂类有机污染物的降解,而蛋白酶则能分解有机废物中的蛋白质,因此,根据污染物的种类和组成,选择适当的酶制剂可以提高降解效率。

### (2) 催化反应的加速

酶制剂能够在温和的环境条件下加速化学反应速率,从而促进水体中污染物的分解和降解。通常情况下,污染物的分解需要较高的能量和较长的时间,而酶催化可以降低反应的活化能,使得反应在更温和的条件下发生,从而节约能源和时间。这对于在环境友好的条件下有效地处理水体污染物至关重要。

### (3) 可控性和可再生性

酶催化作用具有可控性和可再生性的特点。酶在反应中起催化剂的作用,不会被耗尽,因此可以反复使用。这种可再生性降低了治理成本,并减少了废弃物的产生。此外,酶的活性可以通过调控条件来实现可控的反应,从而在不同环境中实现针对性的水体污染物降解。

## 4 生物制剂在不同类型污染水体治理中的应用

### 4.1 有机污染物治理

#### (1) 石油类污染

石油类污染通常是由于石油泄漏、交通事故或工业活动引起的。生物制剂在处理石油类污染时可以利用微生物的生物降解能力。一些细菌、真菌和藻类具有分解石油化合物的能力,可以将石油污染物降解为较简单的化合物,从而减少其对环境的影响。此外,科学家也正在研究改良这些微生物,以提高它们对特定污染物的降解效率。

## (2) 农药和化学品污染

农药和化学品的使用可能导致水体污染,影响生态系统的健康。生物制剂可以用于处理这些污染,方法包括生物吸附和生物降解。一方面,生物吸附利用微生物表面的吸附基团来吸附和去除水中的有害化学物质。另一方面,一些微生物可以降解农药和化学品,将其分解为无害的物质。通过使用这些生物制剂,可以有效地减少农药和化学品对水体生态系统的影响。

### 4.2 重金属污染治理

生物制剂在重金属污染水体治理中的应用已经成为一种有效且环保的方法。重金属污染对环境和人类健康造成严重威胁,而生物制剂作为一种生物技术手段,可以通过多种途径实现重金属的去除、还原、固定和转化,从而降低水体中重金属的浓度和毒性。

生物吸附是一种常见的治理方法。微生物、藻类、细菌等生物制剂通过其表面的活性官能团与重金属离子发生作用,从水中吸附这些离子,实现去除的目的<sup>[3]</sup>。这种方法简单且效率较高,适用于一定浓度的重金属污染水体。生物还原是另一种重要的治理途径。某些微生物能够通过代谢过程将高毒性的重金属离子还原为低毒性的金属形态,减轻其对环境的危害。例如,硫酸盐还原菌可以将六价铬还原为不易溶解的三价铬,从而减少其毒性。生物沉淀是一种将重金属离子转化为固体沉淀物的方法。某些微生物通过产生胞外聚合物,将重金属离子捕获并包裹在颗粒中,使其沉降至水底。这种方法适用于低浓度的重金属污染水体。

### 4.3 营养盐污染治理

#### (1) 水体富营养化问题

富营养化是指水体中的营养盐过多,导致藻类过度生长,进而破坏水体生态平衡。可以利用具有生物降解能力的微生物,如硝化细菌和脱氮细菌,可以将水体中的氮化合物转化为气体形式释放出去,从而降低氮的浓度。使用水生植物,如浮萍、藻类和芦苇等,可以吸收水体中的过多营养盐,减少富营养化问题。基于微生物膜的生物滤池系统可以在处理废水时去除大量的氮和磷。

#### (2) 水体蓝藻水华的治理

蓝藻水华是指水体中某些蓝藻过度繁殖,形成大量藻类聚集的现象,可能产生毒素,对水体生态环境和人类健康造成威胁。一些特定的细菌和微生物可以降低蓝藻的生长速率,帮助抑制蓝藻水华的爆发。引入适当的浮游植物可以竞争性地抑制蓝藻的生长,从而减少水华现象。维护水体的生态平衡,通过改善水体环境条件,限制蓝藻的生长。

## 5 加强生物制剂在污染水体治理中的应用有效策略

### 5.1 选择适宜的生物制剂

选择适宜的生物制剂是污染水体治理的首要步骤。不同

的水体污染类型和程度需要不同类型的生物制剂。例如,针对有机污染物,可以选择具有优良降解能力的微生物菌株,如细菌、真菌等。对于重金属污染,适合的植物类生物制剂可以帮助吸附和富集重金属。此外,要考虑生物制剂的生存适应性、抗逆性等因素,确保其在复杂环境中能够持续发挥作用。

### 5.2 优化应用条件和环境

为了提高生物制剂在污染水体中的治理效果,需要优化应用条件和环境。合理调控温度、pH值、氧气供应等环境因素,有助于提高微生物的生长速率和降解效率。此外,创建适宜的生物载体,如生物膜、生物珠子等,可以为生物制剂提供更稳定的生存环境,延长其在水体中的寿命<sup>[4]</sup>。

### 5.3 强化监测与调控

在生物制剂应用过程中,持续地监测和调控是至关重要的。及时了解生物制剂的降解效果、活性状态以及环境参数的变化,有助于判断治理进展并及时采取必要的调整措施。如果发现生物制剂的效果不理想,可以通过增加剂量、更换菌株、优化环境等方式进行调整。同时,定期监测水体的水质指标,评估治理效果,为决策提供科学依据。

## 6 结语

生物制剂作为一种具有巨大潜力的治理技术,在污染水体治理中发挥着重要作用。通过深入研究生物制剂的种类、应用优势、作用机制以及应用策略,可以更好地利用这一技术手段,为改善水体环境质量、维护生态平衡作出贡献。然而,仍需要进一步地研究和实践来完善生物制剂在污染水体治理中的应用,以实现更可持续的环境保护目标。

### 参考文献:

- [1] 马兴冠,董畅,唐玉兰,等.微生物菌剂在污染水体治理中的研究进展[J].三峡生态环境监测,2022,7(03):14-23.
- [2] 陈红霞,付丽洋,刘训华.水生植物在水体污染治理中的应用研究[J].环境与发展,2018,30(11):51,53.
- [3] 杨丹丽,黎婷婷,聂亚,等.生物质吸附材料在水污染治理中的研究进展[J].山东化工,2022,51(18):187-188,192.
- [4] 邓宇,杨东海,陈慧珍,等.生物载体在污水处理中的研究进展[J].环境科学与管理,2022,47(04):107-112.

作者简介:代裙丽(1988-),女,山东临沂人,工程师,硕士研究生,主要从事环境污染治理相关技术研究。