

文章编号:1672-058X(2011)04-0401-05

# 生物技术在环境治理中的应用\*

张文东, 刘 鹏<sup>2</sup>, 李二飞<sup>1</sup>, 夏晓芳<sup>1</sup>, 刘 洁<sup>1</sup>

(1. 重庆工商大学 环境与生物工程学院, 重庆 400067; 2. 重庆大学 城市建设与环境工程学院, 重庆 400045)

**摘 要:** 主要介绍了环境生物技术的特点, 探讨了生物技术在环境治理中的研究, 综述了生物技术在环境治理中的应用, 并对其发展前景进行了展望。

**关键词:** 生物技术; 环境治理; 应用

**中图分类号:** Q819

**文献标志码:** A

随着工业化过程的不断发展, 人类大量的排放污染物, 以及对自然资源的不合理开发利用, 造成了全球性的环境污染和生态破坏。当今世界范围内普遍存在着不同程度的空气、水和土地污染的环境退化现象, 全世界都在关注臭氧层破坏、气候变化、水资源的短缺和污染、有毒化学品和固体废弃物的危害, 以及生物多样性的损伤等, 这些已对人类的生存和发展构成了现实威胁<sup>[1]</sup>。

## 1 现代环境生物技术的发展

生物技术应用与环境中主要是直接或间接利用生物或生物体的某些组成部分或某些机能, 建立降低或消除污染物产生的生产工艺, 或者能够认识环境过程、高效净化环境污染、同时又能生产有用物质的工程技术<sup>[2]</sup>。

现代生环境物技术的发展可分为高、中、低 3 个层次: 高层次是指以基因工程为主导的现代污染防治生物技术, 如基因工程菌的构建、抗污染型转基因植物的培育等; 中层次是指传统的生物处理技术, 如活性污泥法、生物膜法, 以及其在新的理论和技术背景下产生的强化处理技术和工艺, 如生物流化床、生物强化工艺等; 低层次是指利用天然处理系统进行废物处理的技术, 如氧化塘、人工湿地系统等。

## 2 生物技术在环境治理中的应用

### 2.1 生物技术在废水处理中的应用

#### 2.1.1 复合菌在废水处理中的应用

刘妮等<sup>[3]</sup>培养得到光合细菌、氨化菌、硝化菌、反硝化菌和磷细菌的优势菌群, 进行复合后再对试验污水进行处理, 可以取得较好的效果。结果表明, 配比为 1:1, 投加量为 5% 的复合菌群对污水的处理效果最好, 对 COD<sub>Cr</sub>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 和磷酸盐的去除率分别达到 79.7%、98.6% 和 78.1%。

K. Takeno 等<sup>[4]</sup>用固定化光合细菌(S)和(NR-3)处理含油生活废水。实验表明, 经过 6 d 间歇式处理后, S 菌、NR-3 菌和对照组细菌对油的去除率分别为 74.2%、58.2%、15.8%。随后, 用琼脂包埋 S 菌, 在稀释率为 0.4/d 的条件下, 对含油生活废水进行连续式处理。结果表明, 废水中油脂的去除率 96%, 油脂的最大去除率可达 3.38 kg/m<sup>3</sup>/d。

收稿日期: 2010-07-14; 修回日期: 2010-08-13.

\* 基金项目: 重庆市科技攻关计划项目(CSTC, 2009, AD7204).

作者简介: 张文东(1986-), 男, 重庆忠县人, 硕士, 从事水处理方面的研究.

李秋芬等<sup>[5]</sup>用复合菌剂对大菱鲆养殖废水进行处理,复合菌对 COD 去除率为 68.4% ~ 73.1%,氨氮的降解率为 80%,且有害中间产物亚硝酸氮始终维持在较低水平。

### 2.1.2 生物膜在废水处理中的应用

吴家珍等<sup>[6]</sup>用反渗透膜深度处理城市生活污水厂的二级出水,出水满足热电厂循环冷却水需求。对电导率、氨氮和总氮的去除率分别为 97.5%、95.7%、94.4%,TOC 几乎被全部去除,反渗透系统处理效果非常明显。

李沛霖等<sup>[7]</sup>从某油田外排水中富集、分离的自养氨氧化菌,经培养、挂膜获得自养氨氧化生物膜。当温度在 38℃ 以上,氨氧化速率显著提高,进水氨氮完全氧化,水相中几乎检测不到亚硝酸盐,硝酸盐浓度占已氧化氨氮的 70% 左右。对生物膜氨氧化过程产生的气体进行气相色谱分析结果表明,氮气比例明显上升,达到 94.4%,比对照气体(室内空气)增加了 14.9%,说明自养生物膜发生了好氧反硝化脱氮现象。

## 2.2 生物技术在环境修复中的应用

### 2.2.1 生物技术在土壤修复中的应用

钟珍梅等<sup>[8]</sup>通过盆栽皱叶狗尾草、香根草、辣蓼、百喜草,试验筛选吸收重金属 Cd、As 和 Pb 的超富集植物。结果表明,4 种植物地上部重金属含量均未超过临界指标含量,其中辣蓼地下部 Cd 含量、香根草地下部 Pb 含量和皱叶狗尾草地下部 Pb 含量超过临界指标含量,具有修复污染土壤的潜能。

李春荣等<sup>[9]</sup>用黄豆、苜蓿和混合菌对石油污染土壤进行植物-微生物联合修复试验。结果表明,20 d,苜蓿、黄豆试验田污染土壤中的石油烃减少 46.83% 和 41.27%;当施加外源混合菌时,可使两种植物的降解率分别提高到 67.14% 和 56.92%。苜蓿或黄豆-土著微生物-外源混合菌联合修复石油污染土壤效果显著。李春荣等<sup>[10]</sup>通过田间试验研究了玉米和向日葵两种植物联合外源菌(DX-9)对石油污染土壤的修复作用。结果表明,在 10 000 mg/kg 污染浓度下,150 d,“DX-9-玉米”和“DX-9-向日葵”试验区石油烃降解率分别达到 72.8% 和 76.4%,较同期单独植物修复的降解率提高了 71.3% 和 64.7%。500 d 各试验区土壤中石油烃降解率分别为 95.5%、96.1%、97.6% 和 98.9%,土壤中石油烃含量均低于国家标准规定限量(<500 mg/kg)。结果表明:玉米、向日葵与节细菌对石油污染土壤的联合生物修复效果显著;经过两年修复,污染土壤恢复健康状态。

### 2.2.2 生物技术在水体修复中的应用

李天光等<sup>[11]</sup>为了改善天津外环河水水质,从外环河提取并分离了土著硝化菌,优化了硝酸细菌和亚硝酸细菌的配比,并将优化配比好的硝化细菌与其他功能菌剂简单配比形成单一菌-硝化细菌的复合菌剂,用复合菌剂处理外环河水水质。结果表明,氨氮去除率为 71% 左右, COD 去处率为 60% 左右,达到了工程要求。

王高等<sup>[12]</sup>建立了由小球藻、栅藻、硝化细菌、亚硝化细菌组成的复合藻-菌净化系统去除氨态氮和亚硝酸态氮的最优化模型,确定了单胞藻与细菌的最优数量配比,即栅藻:小球藻:亚硝化细菌:硝化细菌 = 2.13:1:2.38:3.73。利用该系统模型去除池塘老化水体中的氨态氮、亚硝酸态氮,其去除率分别为 97.3% 和 68.8%。同时系统模型还具有增加养殖水体溶解氧的作用,可使水体中的溶解氧在试验设定的参数中短时间达到 9.7 mg/L,并可为水产动物提供  $1.6 \times 10^6$  CFU/mL 的天然藻类饵料。

## 2.3 生物技术在固体废弃物处理与处置中的应用

### 2.3.1 生物技术在固体废弃物堆肥中的应用

张玲等<sup>[13]</sup>用复合微生物菌剂对剩余污泥进行堆肥试验,研究了复合微生物菌剂在剩余污泥堆肥系统中的作用。结果表明:接种复合微生物菌剂进行剩余污泥堆肥,与对照组相比,不但能够提高堆肥温度,而且高温持续时间长,腐熟时间缩短,堆肥反应速率加快,当接种量为 7% (体积比)时,腐熟时间比对照组提前了 12 d。

王建香<sup>[14]</sup>以气味、COD<sub>Cr</sub> 的去除率、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 的变化、种子发芽率等指标为依据,筛选了由 5 株细菌、3 株放线菌、2 株霉菌和 1 株酵母菌组成的高效复合降解菌剂,用于城市粪便堆肥处理。为验证所得高效菌剂的腐化效果,与空白对照堆相比较,加入高效菌剂后,在相同时间内,有机质降解速率快 10% 以上,氨氮含量低 13% 以上,微生物含量可高出一个数量级,种子发芽率高 7% 以上。通过对影响粪便好氧堆肥工艺主要参

数的实验研究表明:堆肥碳氮比为30、含水率为60%~65%时腐熟速率最大。

凌云<sup>[15]</sup>以颜色气味、温度、发芽率等指标为依据,筛选了由9株细菌和4株放线菌组合得到高效复合降解菌剂,用于猪粪堆肥处理。加入高效复合菌种后,在相同时间内,积温高于空白4%以上,有机质降解比空白快3%以上,氨氮含量低于空白5%以上,微生物含量最高可高出空白一个数量级。在工厂生产应用中,菌种在两天内使堆肥温度超过55℃,并连续维持可达12d。在一个月內使堆肥的有机质、含水率、全氮、氨氮等多项理化指标基本达到稳定,发芽指数超过50%,完成腐熟,其腐熟速度比空白对照至少快一个星期以上,提高了堆肥质量。

### 2.3.2 生物技术在固体废弃物填埋中的应用

叶晓玫等<sup>[16]</sup>用有效微生物(EM)技术净化固体废弃物填埋中的垃圾渗滤液,并进行了静态小试和稳定塘中试,研究了EM技术对垃圾渗滤液主要污染指标的降解效果。试验结果表明,EM菌液对毒性大的高浓度垃圾渗滤液处理效果明显,主要指标的去除率达到46%~51%;EM菌液对难生化降解垃圾渗滤液的处理效果显著,主要指标的去除率达到67%~89%,是垃圾渗滤液生化处理的一种新技术、新方法。

孙立明等<sup>[17]</sup>在垃圾填埋场的垃圾体上喷洒足够量的除臭剂,即高效复合微生物菌剂。结果表明,微生物除臭剂对垃圾填埋臭气的产生有明显的抑制作用,连续使用除臭剂可有效改善填埋工作环境和周边居民的生活环境;微生物除臭剂可加速垃圾体的沉降速度,加快CH<sub>4</sub>的产生速度,对垃圾填埋场的资源回收利用大有益处;微生物除臭剂可抑制蝇蛆的生长发育,从而降低垃圾填埋场的蝇密度,对垃圾填埋场的灭蝇工作具有辅助作用。

## 2.4 生物技术在大气污染治理中的应用

### 2.4.1 生物技术在有机废气处理中的应用

根据微生物在有机废气处理过程中存在的形式,可将处理方法分为生物吸收法和生物过滤法两类。

福山等用生物吸附法臭气净化处理的实验中发现,当活性污泥浓度控制在5000~10000mg/L、风速<20m/h时,装置的负荷及去除率均较理想。Cox等用生物过滤法以珍珠岩为滤料,选用驯化筛选后的真菌降解苯乙烯,气体浓度为800mg/m<sup>3</sup>、流量为43L/h时,处理效率达99%。

Hodge等用生物过滤法采用堆肥作填料处理含乙醇的废气,当进气负荷不高于90g/m<sup>3</sup>·h、停留时间为30s时,去除率达95%以上。

### 2.4.2 生物技术在无机废气处理中的应用

王燕燕等<sup>[18]</sup>用固定化复合微生物的方法在固定床反应器中对SO<sub>2</sub>进行处理。研究表明,固定化复合微生物的活性较高,稳定性较好,恶劣条件下对SO<sub>2</sub>耐受能力强,并且SO<sub>2</sub>的净化效率维持在98%左右。

李琳等<sup>[19]</sup>开发了一种新型的复合式生物除臭反应器,并利用该反应器对臭味气体氨、硫化氢进行了试验研究,氨、硫化氢去除率分别达到96.7%、92.1%。研究表明,反应器中的细菌与真菌微生物具有协同作用,因此该生物反应器能够有效地去除废气中亲水性和疏水性污染物质。

## 2.5 生物技术在有害有机污染物治理中的应用

### 2.5.1 生物技术在卤代烃类降解中的应用

催静等<sup>[20]</sup>驯化、培养、分离得到降解氯代酚类芳烃化合物的复合菌,采用细菌生长抑制法分别进行了2-氯苯酚、3-氯苯酚和4-氯苯酚的24h急性毒性试验。结果表明,所获得的复合菌群较自然水体中混合细菌对氯代苯酚有更强的耐受性。采用实验室摇瓶法得到了这3种受试化合物的生物降解曲线,对应的降解速率常数K分别为:2-氯酚K=0.0112(h<sup>-1</sup>)、3-氯酚K=0.556(h<sup>-1</sup>)、4-氯酚K=0.0038(h<sup>-1</sup>);降解半衰期t<sub>1/2</sub>分别为61.9(h)、12.5(h)和182.4(h)。3种化合物在100h内均达到了降解平衡,且降解平衡时的降解率分别达到了:2-氯酚56.3%、3-氯酚81.7%、4-氯酚36.4%,表明该高效复合菌对外源化合物有降解和修复潜能。

### 2.5.2 生物技术在农药降解中的应用

杨绍斌等<sup>[21]</sup>采用喷施复合光合细菌微生物制剂的方法,降解食用菌子实体上残留的杀虫剂,试验表明:在长出子实体以后,先喷杀虫剂,1d后再喷施1×10<sup>3</sup>个/mL浓度的复合光合细菌制剂即可使顺反氯氰菊酯

降解;当喷施复合光合细菌浓度达到  $1 \times 10^4$  个/mL 时可使毒性较强的虫螨克 2 号有效降解。方法不仅能降解食用菌上残留农药,而且还能促进子实体生长,及防病抗病,使食用菌生产走上无公害化、安全生产的可持续发展道路,同时也为棚菜绿色农产品生产提供了配套技术。

### 2.5.3 生物技术在石油污染治理中的应用

何翊等<sup>[22]</sup>应用菌根修复技术对某污灌区石油烃污染土壤进行了处理。在污染土壤中种植玉米和黄豆,通过施加不同的菌剂,采取菌剂和菌根强化修复措施,在运行一个生长季节后,土壤中石油类污染物降解率可达 53% ~ 78%。

黄廷林等<sup>[23]</sup>研究了生物菌剂的投加量、投加方式及环境温度对石油污染土壤的修复作用。结果表明,土壤中石油烃的降解效果与生物菌剂的投加量呈正相关,当生物菌剂投加量为 0.6 mg/kg 时,修复 48 d 后,石油烃的降解率为 87%。温度是限制石油污染土壤生物修复的重要环境因素,当温度为 30 ℃,第 48 d 的降解率可达 80%;当温度为 20 ℃,第 48 d 的降解率可达 60%,温度高有利于土壤中石油烃的降解,加快修复速率。

### 2.6 生物技术在重金属治理中的应用

Iqbal 等<sup>[24]</sup>用一种多孔载体-丝瓜瓢固定黄孢原毛平革菌,制成吸附剂(FBILS),用以吸附溶液中的  $Pb^{2+}$ 、 $Cu^{2+}$  和  $Zn^{2+}$  离子,并与悬浮液做了对比研究。在 pH 为 6.0 时,吸附 1 h 达平衡, $Pb^{2+}$ 、 $Cu^{2+}$  和  $Zn^{2+}$  3 种金属离子的去除率分别是 88.2%、68.7% 和 39.6%,相对于悬浮液,去除率分别提高了 14.6%、12.8% 和 16.1%。实验表明,FBILS 是一种新型有效的金属生物吸附剂。

### 2.7 生物技术在富营养化治理中的应用

王宗华等<sup>[25]</sup>应用高效微生物光合细菌、硝化细菌、复合细菌降解水中污染物。在投菌量 100 mg/L、第 15 d 时对  $COD_{Mn}$ 、浊度、 $NH_3-N$  的去除率已达 50% 以上,能够使水中 DO 值由 0.5 mg/L 左右提高到 4.2 mg/L 左右,叶绿素 a 含量显著降低,方法简单易行,运行成本较低。

单明军<sup>[26]</sup>等用“土著”硝化细菌与腐植酸配制成复合微生物制剂,并对富营养化湖泊进行生态修复。结果表明,能够有效地降低富营养化湖泊水体中的浊度,提高水体溶解氧,消除恶臭,改善水质,水体中的 TN、TP、氨氮、COD 及浊度等水质指标均有明显降低,下降率分别为 77.8%、72.2%、94.2%、60.0% 和 85.6%。

## 3 结 论

生物技术除了应用在废水、废气和固体废弃物的处理、以及土壤、水体等的生物修复,还可以进行环境污染的快速监测、粘泥的控制、污泥脱水、油脂分解、农业环境保护等。因此,生物技术在环境保护与污染治理中将发挥巨大的作用。

### 参考文献:

- [1] 戴树桂,王晓蓉. 环境化学[M]. 北京:高等教育出版社,2006
- [2] 王建龙,文湘华. 现代环境生物技术[M]. 2 版. 北京:清华大学出版社,2008
- [3] 刘妮,呼世斌,张帆. 复合菌群处理城市污水的静态试验[J]. 西北农业学报,2007,16(5):243-245,249
- [4] TAKENO K, YAMAOKA Y, SASAKI K. Treatment of oil-containing sewage wastewater using immobilized photosynthetic Bacteria [J]. World Journal of Microbiology & Biotechnology, 2005, 21: 1385-1391
- [5] 李秋芬,张艳,王印庚,等. 复合有益菌剂对工厂化大菱鲆育苗水净化效果研究[J]. 水产学报,2006,30(6):852-856
- [6] 吴家珍,李付林. 反渗透膜对市政污水的深度处理回用研究[J]. 膜科学与技术,2010,30(2):64-68
- [7] 李沛霖,李大平. 生物膜处理无机氨氮废水及其好氧反硝化现象[J]. 水处理技术,2007,33(2):42-45
- [8] 钟珍梅,王义祥. 4 种植物对铅、镉和砷污染土壤的修复作用研究[J]. 农业环境科学学报,2010,29:123-126
- [9] 李春荣,王文科,柴丽红. 石油污染土壤的生物修复技术研究[J]. 土壤,2008,40(5):824-827
- [10] 李春荣,王文科,柴丽红. 石油污染土壤的生物修复技术研究[J]. 农业环境科学学报,2009,28(2):234-238

- [11] 李天光,张迪宇,黎容,等. 对处理天津外环河的硝化菌种与其他菌种复合配比的研究[J]. 安徽农业科学,2006,34(22):5764-5765
- [12] 王高学,姚嘉赞,王绥标. 复合藻2菌系统水质净化模型建立与净化养殖水体水质的研究[J]. 西北农业大学学报,2006,15(2):22-27
- [13] 张玲,李铁民. 复合微生物菌剂在剩余污泥堆肥中的作用研究[J]. 微生物学杂志,2007,27(6):48-50
- [14] 王建香. 城市粪便高效降解菌的筛选和效果评价(D). 南京:南京理工大学,2008
- [15] 凌云. 禽畜粪便高效降解菌的筛选和应用(D). 上海:华东师范大学,2004
- [16] 叶晓玫,郑曼英,刘家强. 应用有效微生物(EM)技术处理垃圾渗滤液的研究[J]. 环境卫生工程,2002,10(1):3-5
- [17] 孙立明,王克虹. 高效复合微生物菌剂对垃圾填埋场恶臭物质的抑制作用[J]. 中华卫生杀虫药械,2004,10(4):268-270
- [18] 王燕燕,黄兵. 净化SO<sub>2</sub>气体的固定化微生物方法的研究[J]. 环境污染与防治,2005,27(2):105-107
- [19] 李琳,刘俊新. 细菌与真菌复合作用处理臭味气体的试验研究[J]. 环境科学,2004,25(2):22-26
- [20] 催静,陆光华. 高效复合菌对氯代苯酚类化合物的微生物修复研究[J]. 现代生物医学进展,2008,8(3):465-467
- [21] 杨绍斌,牛志涛. 复合光合细菌对食用菌农药残留降解的研究[J]. 食用菌,2005(3):29-30
- [22] 何翊,魏薇,吴海. 菌剂-菌根联合修复石油污染土壤的实验研究[J]. 土壤,2004,36(6):675-677
- [23] 黄廷林,徐金兰. 生物菌剂对石油污染土壤生物修复作用的研究[J]. 环境科学,2009,30(6):1838-1843
- [24] IQBAL M, EDYVEAN R G J. Biosorption of lead copper and zinc ions on loofa sponge immobilized biomass of *Phanerochaete chrysosporium*[J]. Miner Eng,2004,17:217-223
- [25] 王宗华,庞金钊. 生物技术治理富营养化河水水体研究[J]. 三峡环境与生态,2009,2(6):18-21
- [26] 单明军,刘洋. 微生物制剂净化富营养化湖泊的应用研究[J]. 生态环境,2007,16(5):1364-1367

## Application of Biotechnology to Environment Governance

ZHANG Wen-dong<sup>1</sup>, LIU Peng<sup>2</sup>, LI Er-fei<sup>1</sup>,  
XIA Xiao-fang<sup>1</sup>, LIU Jie<sup>1</sup>

(1. School of Environmental and Biological Engineering, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China;

2. School of Urban Construction and Environment Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, China)

**Abstract:** This paper mainly introduces the characteristics of environment biotechnology, discusses the research on the biotechnology in environment governance, reviews its application to environment governance and prospects its development directions.

**Key words:** biotechnology; environment governance; application

责任编辑:田 静