

EM 菌在污水生物处理工艺中的应用*

熊小京, 曹晓婷

(厦门大学环境科学研究中心, 福建 厦门 361005)

摘要: 介绍了 EM 菌的使用方法, 将 EM 菌污水生物处理工艺与传统污水生物处理方法进行了对比。EM 菌投加到污水生物处理单元时, 可有效地强化微生物对 COD、TN 和 TP 的处理效果, 减少曝气时间以及污泥产生量, 显示出 EM 菌较好的经济性。

关键词: EM 菌; 污水; 生物处理工艺

中图分类号: X703.1 文献标识码: A 文章编号: 1005-8206 (2007) 03-0011-04

Application of Effective Microorganisms in the Biological Wastewater Treatment Process

Xiong Xiaojing, Cao Xiaoting

(Environmental Science Research Center, Xiamen University, Fujian Xiamen 361005)

Abstract: The method of using the Effective Microorganisms was introduced, and comparing of the EM added biological wastewater treatment process with the conventional process was carried out. Since EM added process can effectively improve the removal efficiency of COD, T-N and T-P, and shorten the aeration time as well as reduce sludge production, the EM process shows better economy benefit.

Key words: effective microorganisms; wastewater; biological treatment process

自然界中广泛存在着多种多样的微生物, 它们不仅对地球的物质循环以及生态的平衡起重要作用, 而且对自然环境中的特定污染物具有降解作用。针对现运行的多数污水生物处理装置存在难降解污染物以及氮磷处理率低问题, 通过采用生物强化技术^[1], 投加具有特定降解功能的微生物, 增强对这类污染物的降解能力。这类技术被认为是一种较为经济实用的解决方案。如 Yu Zhongtang^[2]直接投加特效降解微生物处理造纸厂废水中的树脂酸, 有效提高了对目标污染物的去除率。因此, 在无须对工艺流程进行调整和增设设备的前提下, 生物强化技术能够实现生物处理效果的明显改善。

生物强化技术的应用形式主要包括 3 个方面: 直接投加特效降解微生物或共代谢基质类物质; 微生物固定化; 生物强化制剂^[3]。我们就 EM 菌群中各代表微生物对污水中污染物的处理功能, EM 菌的使用方法, 以及 EM 菌的投加对污水生物处理效果的影响等方面进行综述。

1 EM 菌对污染物的降解特性

日本琉球大学农学部教授比嘉照夫经过多年的研究, 于 20 世纪 80 年代研制开发出了 EM 菌, 即有效微生物菌群 (Effective Microorgan-

isms)。EM 菌是基于“头领效应”, 以光合细菌为主导, 包含有放线菌群、乳酸菌群、酵母菌群等 10 属 80 多种微生物, 各微生物之间通过形成互惠互利的共存共生体系而合成的生物活菌制剂。目前 EM 菌已在农业、养殖业、保健、环保等领域得到广泛应用^[4-5]。EM 菌中主要菌群对污染物的去除功能^[6-7]见表 1。

表 1 EM 菌中主要菌群及其对污染物的去除功能

菌群名称	基质	产物	对污染物的去除功能
光合菌群	二氧化碳、乳酸、硫化氢、氮素	氨基酸、核酸、糖类、维生素类、氮素化合物、生理活性物质、抗病毒物质	可降解污水中的有机物、氨氮和硫化氢等有害物质
放线菌群	氨基酸、氮素、嘌呤、木质素、纤维素、甲壳素	抗生素、维生素、酶	可促进污水中的有机氮和纤维悬浮物的分解
酵母菌群	氨基酸、碳水化合物	酵母蛋白、二氧化碳和酒精、促进细胞分裂的活性物质	可促进污水中醇、酚、脂、氨基酸及多糖和蛋白质的分解
乳酸菌群	多糖类、木质素、纤维素	乳酸等	可促进污水中难降解碳水化合物的分解

从表 1 可以看出, EM 菌对污水中多种污染物具有降解作用。又由于 EM 菌是一个复杂的互利互惠的共生菌群, 具有一定的稳定性, 因此对水体污染事故的紧急处理, 自然水体的生态修复, 强化污水生物处理体系对特定污染物降解效果等方面都有较好的应用。

2 EM 菌的使用方法

EM 菌原液 (或原露) 在使用时通常采用有效的基质对 EM 菌进行复壮扩大培养, 其主要目

* 基金项目: 福建省自然科学基金计划项目 (2006J0144)

收稿日期: 2007-01-24

的：1) 迅速恢复 EM 菌原液中各菌种的活性和提高生物量，从而提高 EM 菌中活性微生物对污染物的降解能力；2) 减少 EM 菌原液用量，有效降低运行成本。常用的 EM 菌复壮液制作方法见表 2^[8-11]。

表 2 常用的 EM 菌复壮液制作方法

复壮液成分	成分体积比	操作条件	重要结论
EM-1 + 蜂蜜/糖 蜜/COD _{Cr} 5 500 mg/L 左右的污水 + 去氯水	3:3:94 5:5:90 8:8:84 10:10:80	> 25 °C 密闭	复壮 EM 体积分数 > 1% 为宜，用高浓度污水、糖蜜和蜂蜜为宜；用高浓度污水复壮，可节省 EM 菌用量
EM 原液+ 蜂蜜 + 去氯水	3:3:100	25 °C，密闭 1 周	
EM 原液+ 糖蜜 + 蒸馏水	3:3:94 4:4:92 5:5:90 6:6:88	厌氧：25 ~ 33 °C 密闭 好氧：微曝气 DO 1 ~ 3 mg/L, 25 ~ 33 °C	厌氧复壮效果比好氧的好
EM-1 + COD _{Cr} 1 885 mg/L 的废 水 + 蒸馏水	3:3:94 4:4:92 5:5:90 6:6:88	厌氧	用废水的复壮效果没有糖蜜好
EM-1 原液 + 糖 蜜 + 蒸馏水	4:4:92	厌氧, 1 周	

从表 2 可以看出，复壮处理后的扩大液，一般以 1/2 000 ~ 1/1 000 的体积比投加到污水生物处理系统中，强化生物处理工艺对污水的处理效果。

3 EM 菌在污水生物处理工艺中的应用

3.1 直接投菌实验

于污水处理系统中投加一定量的优势菌种，可增大系统中的生物量，快速达到较高去除效果，缩短处理设备的启动时间，有效增强系统的稳定性^[12-13]。在 EM 菌强化污水处理效果方面前人已做过不少处理条件的摸索，为实际应用提供了参考数据。邵青^[14]研究了 EM 菌对除磷效果的影响，发现在 pH=8，EM 菌接种量为 0.8%，曝气时间 6 h，反应时间 24 h 时，EM 菌的活性最高，对总磷的去除效果达到较高水平。薛刚等^[15]采用正交实验得出 EM 菌处理酒精废液的最佳条件：温度控制在 30 °C，接种质量分数为 0.5%，pH 为 5.0 时，COD 的去除率可达到 96% 以上。车美芹等^[11]将 EM 菌加入 SBR 反应器中进行处理食品废水实验，发现 EM 菌复壮液接种量为进水流量的 0.5% 时，最佳运行参数为 1 次进水，曝气 12 h，沉淀 10 h，出水 0.5 h，闲置 1.5 h，结果表明：EM 菌投加后污泥产生量降低，污泥无膨胀，COD 去除率最高可达 83.0%。

3.2 EM 菌在活性污泥工艺中的应用

表 3 给出了在活性污泥工艺中 EM 菌投加的污泥性能对比^[16]。可以看出，有 EM 菌投加的活性污泥，在一定程度上能改善污泥的沉降性，减少污泥产生量，从而减少后续处理对土地的占有量，缓解污泥后续处理的二次污染^[17]。EM 菌中的菌群所产生的发酵、分解作用能有效缓解处理过程中产生的臭味。表 4 给出了活性污泥法与 EM 菌-活性污泥法的脱氮除磷处理效果对比^[18]。可以看出，EM 菌用于活性污泥工艺时，对 NH₃-N 以及 TP 的处理效果均有不同程度的改善。

表 3 污泥性能对比

	MLSS/(mg/L)	SV30/%	SVI/(L/mg)	沉降速度/(1/s)
对照组	2 074	30	144.65	16
EM 菌组	1 873	20	106.78	8

表 4 活性污泥法与 EM 菌-活性污泥法处理效果对比

项 目	活性 污泥法	EM 菌投加活性污泥法 (EM 菌体积/污水体积)			处理阶段
		1/10 000	1/1 000	5/1 000	
TP 去除率/%	77.8	87.8	86.8	88.2	3 h 曝气
NH ₃ -N 去除率/%	57.8	93.6	93.3	88.2	3 h 曝气

注：反应器为 SBR；常温条件下运行条件：厌氧搅拌 2 h，曝气 4 h，缺氧搅拌 3.5 h，曝气 10 min，沉淀 1 h。

朱亮等^[9]认为在所有的组合中，EM 菌富集培养液和活性污泥组合的去除效果最好，其次分别是活性污泥与原液，单独投加富集培养液，单独投加 EM 菌原液，单独投加活性污泥。EM 菌经富集培养后，投加于活性污泥中可以使常规活性污泥的 COD 处理效果提高 20% ~ 30%。丁雪梅^[19]研究 EM 菌添加活性污泥法对垃圾渗沥液处理效果，发现处理时间为 24 h 时，COD、BOD₅ 的去除率分别为 81.35% 和 87.88%，比对照组分别提高 20.27% 和 17.97%。

3.3 EM 菌在生物膜工艺中的应用

由于 EM 菌能够固着在填料表面上，从而解决了 EM 菌容易流失的问题，与 EM 菌活性污泥法相比，EM 菌生物膜工艺更能发挥 EM 菌对污染物的降解作用。田娜等^[20]将 EM 菌引入生物膜法，采用 SBR 方式运行，利用凹凸棒土挂膜填料、蒙脱石挂膜填料，对生活污水 COD 的去除率可稳定在 80% ~ 90%。马占青等^[21]将 EM 菌应用于水解酸化-生物接触氧化工艺处理啤酒废水，在水解池与 EM 菌处理池置入半软性塑料填料，当进水 COD 为 2 188 mg/L，水力停留时间为 8 h 时，COD 去除率可达 97.1%，曝气时间缩短，污

泥产生量有所减少, 并有效消除了处理流程中的臭味。王平^[22]采用 KMT 生物流化床处理城市污水的中试并使用 EM 菌接种, 发现对 BOD、COD、SS 与 TN 的去除率可分别提高 16.6%、13.8%、14.3% 及 33.1%, 其抗有机负荷和水力负荷冲击的能力也有一定的提高。

3.4 EM 菌在日本的应用

EM 菌技术在日本的应用较为成熟, 在污水处理方面成效显著。日本冲绳县具志川市机关下水中投加 EM 菌处理后, SS 降低为 5~6 mg/L, BOD 降低为 3~5 mg/L, 污泥产生量为零^[23]。冲绳图书馆用 EM 菌处理污水达到了饮用水标准: 无臭、无味、大肠杆菌未检出^[24]。EMRO 东京办事处的 1 份总结性报告提及 MIYAKA 养猪场的猪粪尿处理系统, 该系统污水日处理量 500 t, 曝气池 BOD 4 500 mg/L, 大约每周使用 4 t 的 EM 菌活性液, EM 菌分别投入原水池、处理水贮留池以及污泥池, 以强化生物处理效果, 出水贮流槽水质: NH₃-N 20 mg/L, TP 71 mg/L, 并对受体水质有所改善。

此外, 笔者在日本期间, 曾采用 EM 菌扩大液的 2 级培养罐 (兼氧条件), 安装在污水净化设备附近进行投加试验, 根据处理负荷大小, 2 级培养罐体积选定为 50~300 L; EM 菌扩大液为 1/10 000; 每 12 h 投加 1 次; 投加位置分别为调节池和原水槽, 投加试验现场工况如表 5 所示。

表 5 EM 菌使用现场工况

EM 菌使用现场	处理量/ (m ³ /d)	进水 COD/ (mg/L)	TN/ (mg/L)	TP/ (mg/L)	处理工艺
食品加工废水	150	1 000~1 500	80~120	20~30	好氧活性污泥
漂染废水	300	2 000~2 500	80~150	20~30	好氧活性污泥
医院废水	120	200~350	60~80	10~20	接触氧化
畜牧废水	200	1 200~1 500	1 000~1 200	20~50	好氧活性污泥
制药废水	300	200~500	100~200	50~80	接触氧化

试验目的是考察投加 EM 菌扩大液是否能提高高原处理设备对 TN 及 TP 的处理效果, 以实现 N 和 P 的达标排放。经过近 1 a 的连续投加 EM 菌试验, 结果表明: 原处理设备在投加 EM 菌运行 3 个月以上时, TN 和 TP 可分别稳定在小于 10 mg/L 和小于 1.0 mg/L。

4 可行性分析及展望

EM 菌用于生化处理工艺虽然比一般生水处理方法多了购菌以及复壮的费用, 但由于其具有降低曝气时间、硝化时间、污泥产生量等优点, 使得该方法仍有很好的经济效益。

李捍东等^[25]对污水塘采用 EM 菌投菌净化方法进行实验, 按每立方米 0.1‰EM 菌投加浓度, 取得了较好的净化效果, 其 EM 菌的费用为 0.08 元/m³, 具有操作简单, 效果好, 运行成本低等优势。程晓如和陈永祥等^[18, 26]对 EM 菌强化 SBR 的脱氮除磷效果进行研究, 按 1:10 000 的比例进行投加, 每吨水 EM 菌药剂费用为 0.08 元 (市场价按 800 元/t), 投加 EM 菌后可缩短曝气时间, 降低电耗, 除去药剂费仍能产生可观的经济效益。王国平等^[27]采用 EM 菌强化处理制药废水, 采用生物接触氧化法工艺, 与无 EM 菌投加运行对照, 在 EM 菌投加费用为 0.20 元/t 运行时, 与原工艺相比可节省 0.29 元/t, 且还可减少剩余污泥的处置费用。

EM 菌应用于水处理技术中时应注意的问题: 1) 由于 EM 菌制剂是液体, 因此在处理过程中会存在菌体流失的问题, 为此, 建议用物理的或者化学方法将 EM 菌固着在各种填料或吸附材料上, 以解决菌液流失的问题; 2) EM 菌技术必须与高效生物反应器的开发结合在一起, 以满足处理效果和成本要求; 3) 如果能够将各种废弃物以及污水作为 EM 复壮基质以代替多糖基质, 既能节约复壮成本, 又能更有效地去除污染物; 4) 一般认为, 在对 EM 菌进行复壮时, 当 pH 降到 3.5 以下, 复壮液散发酸甜气味时即认为复壮成功, 建议在应用 EM 菌时对复壮成功标准加以更精确的量化。

参考文献

- [1] 田娜. 应用 EM 技术的膜法生物降解试验研究[D]. 南京: 河海大学, 2004.
- [2] Yu Zhongtang. Bioaugmentation with Resin-acid-degrading Bacteria Enhances Resin Acid Removal in Sequencing Batch Reactor Treating Pulp Mill Effluents[J]. Water Research, 2001, 35(4): 883-890.
- [3] 刘洋, 陈双基, 刘建国. 生物强化技术在废水处理中的应用[J]. 环境污染治理技术与设备, 2002, 3(6): 36-40.
- [4] Jin Min, Wang Xinwei, Gong Taishi, et al. A Novel Membrane Bioreactor Enhanced by Effective Microorganisms for the Treatment of Domestic Wastewater[J]. Microbiol Biotechnol, 2005, 69: 229-335.
- [5] Melloni R, Duarte K M R, Caroso E J B N. Influence of Compost and/or Effective Microorganisms on the Growth of Cucumber and on the Incidence of Fusarium Wilt[J]. Summa Phytopathologica, 1995, 21(1): 21-24.
- [6] 陈丽媛, 张翠霞, 谢玺文, 等. 有效微生物群 EM 的应用及研究现状[J]. 微生物学杂志, 2000, 20(2): 54-59.
- [7] 王富金, 李钟乐, 房家琛. 有效微生物的研究及其应用[J]. 延边大学学报, 1999, 21(3): 229-233.
- [8] 朱亮, 朱雪莲. EM 菌液在活性污泥系统中的实验研究[J]. 工业水处理, 2001, 21(10): 13-15.
- [9] 朱亮, 汪翔, 王超. EM 在污水生物降解中的试验研究[J]. 环境工程,

2001, 19 (6) : 15 - 17.

[10] 蔡金榜, 钱键. EM 复壮实验研究[J]. 环境卫生工程, 2003, 11 (4) : 187 - 190.

[11] 车美芹, 汪翊, 朱亮. 有效微生物 (EM) 处理食品废水的试验研究[J]. 环境科学研究, 2002, 15 (3) : 53 - 55.

[12] Belia E, Smith P G. The Bioaugmentation of Sequencing Batch Reactor Sludges for Biological Phosphorus Removal[J]. Wat Sci Tech, 1997, 35(1) : 19.

[13] Edgehill R V, Finn R K. Activated Sludge Treatment of Synthetic Wastewater Containing Pentachlorophenol[J]. Biotechnol Bioeng, 1983, 25 : 2165.

[14] 邵青. EM 除磷效果初探[J]. 工业水处理, 2001, 21 (2) : 16 - 18.

[15] 薛刚, 姬鄂豫. 有效微生物和絮凝剂处理酒精生产废水[J]. 工业水处理, 2003, 23 (2) : 31 - 33.

[16] 杨婵, 王平, 李科林, 等. EM 对 SBR 反应器影响初试研究[J]. 环境科学技术, 2004, 27 (51) : 9 - 10.

[17] 傅菁菁. EM 用于污泥减量和污水脱氮的试验研究[D]. 南京: 河海大学, 2003.

[18] 程晓如, 陈永祥, 孙迎霞. EM 菌强化 SBR 脱氮除磷的试验研究[J]. 重庆环境科学, 2002, 24 (5) : 55 - 57.

[19] 丁雪梅. 利用 EM 处理垃圾渗滤液的效果研究[J]. 城市管理与科技, 2002, 4 (2) : 24 - 27.

[20] 田娜, 朱亮. 应用 EM 技术的膜法生物降解试验研究[J]. 水资源保护, 2005, 21 (6) : 72 - 74.

[21] 马占青, 顾宏余, 温淑瑶. 有效微生物废水处理动态实验研究[J]. 环境污染与防治, 2001, 23 (4) : 195 - 196.

[22] 王平. EM 技术在水处理领域的系统应用研究[D]. 株洲: 中南林学院, 2002.

[23] 宋昆衡. EM 生物技术处理污水[J]. 给水排水, 1995, 21 (3) : 17 - 18.

[24] 杨艳红, 王伯初, 时兰春, 等. 复合微生物制剂的综合利用研究进展[J]. 重庆大学学报, 2003, 26 (6) : 81 - 85.

[25] 李捍东, 王庆生, 张国宁, 等. 优势复合菌群用于城市生活污水净化新技术的研究[J]. 环境科学研究, 2000, 13 (5) : 14 - 16.

[26] 陈永祥, 程晓如, 邵青. EM 用于 SBR 反应器处理生活污水[J]. 中国给水排水, 2002, 18 (6) : 48 - 50.

[27] 王国平, 黄晓菊, 李寿泉. EM 强化处理制药废水试验研究[J]. 工业水处理, 2005, 25 (1) : 61 - 63.

作者简介: 熊小京 (1963 -), 博士, 副教授, 主要从事水污染控制工程的研究。

· 信息 ·

关于征集第二届青年环卫科技工作者优秀论文的通知

为积极支持青年环卫科技工作者的探索、创新活动和学术研究, 为广大青年环卫科技工作者搭建成长的舞台, 中国城市环境卫生协会和《环境卫生工程》编辑部共同举办第二届青年环卫科技工作者优秀论文征集活动, 先将有关事宜通知如下。

(一) 征集时间

2007 年 6 月 10 日至 8 月 30 日。

(二) 论文内容及格式

内容: 环境卫生行业管理, 固体废弃物处理技术及相关设备研究、研发, 城市市容管理、政策、法规和标准研究等。

格式: 文稿附英文题名, 3 ~ 8 个中、英文关键词, 中、英文摘要, 全部作者单位、邮政编码、所在城市及作者姓名的汉语拼音, 正文、参考文献以及作者简介。

(三) 征集对象

1962 年 1 月 1 日以后出生的环卫科技工作者, 包括在校生。

(四) 论文要求

(1) 论文要具有科学性、创新性和实用性。文稿要求论点明确, 论据可靠, 数据准确, 文字

精练。综述一般不超过 5 000 字, 其它文稿 3 000 字以内。(2) 所有应征论文应以直接研究成果为主, 基金项目论文请附证明复印件。(3) 论文请附作者联系方式同时注明“征文”字样。通过电子邮件附件发送至 srhj@public.tpt.tj.cn 和 cauesmsc@vip.sohu.com。

(五) 论文评奖

论文收到 2 周后经专家评审通知作者录用情况。所有入选论文将陆续刊发于 2007 年《环境卫生工程》第 5 期和第 6 期。评出优秀论文一等奖 3 名, 二等奖 6 名, 三等奖 10 名。获奖者将获得获奖证书和 2008 年全年的《环境卫生工程》杂志 1 套, 并在全国环境科技青年论坛上宣读。

全国环卫科技青年论坛举办具体时间和地点另行通知。

中环协秘书处联系人: 肖卫

电话: 010 - 68002665, 68006457

《环境卫生工程》编辑部联系人: 张芸

电话: 022 - 27834760, 27821605

中国城市环境卫生协会
《环境卫生工程》编辑部