

复合菌群处理城市污染水体的试验研究

朱 亮¹ 金 贤²

(1. 河海大学环境科学与工程学院, 江苏 南京 210098; 2. 河海大学浅水湖泊综合治理与资源开发教育部重点实验室, 江苏 南京 210098)

摘要 :应用复合菌群的富集培养液进行了城市污染水体的处理试验,实验表明:对水体污染物 COD_{Mn}、NH₃-N 的去除,微生物最佳投加量为 0.1/1 000,对 PO₄³⁻-P 的去除,微生物最佳投加量为 0.7/1 000;水体污染物 COD_{Mn} 的质量浓度在 14.2 mg/L 以上时,修复作用明显;水体溶解氧条件影响微生物对水体的修复效果,较高的溶解氧有利生物修复作用。

关键词 城市污染水体;复合菌群;水体处理;生物降解

中图分类号:X52 文献标识码:A 文章编号:1004-693X(2005)03-0001-03

Treatment of urban polluted waters by complex bacterium

ZHU Liang¹, JIN Xian²

(1. College of Environmental Science and Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. Key Laboratory of Integrated Regulation and Resource Development on Shallow Lakes, Ministry of Education, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract :Enriched culture medium of complex bacterium is used to treat urban wastewater in the experiment. It shows that the removal effects of COD_{Mn}, NH₃-N are the best when bacterium of 0.1/1 000 is added, while PO₄³⁻-P is most removed when bacterium added is 0.7/1 000. The rehabilitation of polluted water is most obvious when the concentration of COD_{Mn} is higher than 14.2 mg/L. The bioremediation effect of complex bacterium is influenced by DO in the water, and higher DO is beneficial to bioremediation.

Key words :urban polluted water; complex bacterium; water body treatment; biodegradation

目前我国水环境污染形势十分严峻,城市及其附近河段污染尤其严重,大量未经处理的城市污水直接排入河道,使城市周边河段有 70% 受到不同程度的污染,污染导致的“水质性缺水城市”增多。许多城市河流由于污染严重已经丧失了作为水体的环境生态功能。

微生物修复技术是生物修复技术的一种,通过选择、浓缩、驯化微生物,并创造合适的降解条件去最大限度地消除水体污染物质。该技术在 20 世纪 70 年代后受到各国学者的关注。

研究表明^[1]利用复合微生物菌群较之单一的微生物具有对污染物更为稳定有效的去除效果。本

文通过对复合微生物菌群进一步混合培养,进行城市污染水体的处理,为实际的水体修复提供一些理论依据和参数。

1 材料与方法

1.1 材料

菌种采用日本生产复合微生物 EM 菌液,通过复合培养基进行富集培养,形成微生物富集培养液进行生物降解实验。实验原水取自某典型城市污染水体,水质如下:COD_{Mn} 质量浓度为 8.1 ~ 17.89 mg/L, NH₃-N 质量浓度为 6.5 ~ 10.7 mg/L,正磷酸盐质量浓度为 1.0 ~ 1.30 mg/L,浊度 23.8 ~ 30 NTU,色度

55 度 pH 值在 6.5~7.0 范围内,DO 质量浓度为 0.8~4.2 mg/L。

1.2 方法

富集培养基组成:葡萄糖 10 g;可溶性淀粉 5 g;KH₂PO₄ 为 1 g;MgSO₄·7H₂O 为 0.5 g;KNO₃ 为 1 g;FeSO₄ 为 0.01 g;CaCl₂ 为 0.01 g;水 1 L。调节 pH 值在 6.0 左右。

取上述培养基配制的培养液 500 mL 装入烧杯中,按 3% 的比例接种 EM 原液,置于恒温箱中(温度 30℃),在烧杯敞开条件下进行微生物的混合培养。每天进行光密度 OD 值的测量和镜检观察,取 OD 峰值时的培养液作为实验菌种。

在 1 L 水样中分别投加 0.1 mL、0.3 mL、0.7 mL 等不同比例的富集培养菌液,同时进行曝气,维持 DO 质量浓度在 5~6 mg/L,进行生物降解实验。每天定期分析测定污染物 COD_{Mn}、NH₃-N 和 E 磷酸盐的质量浓度。

设置不同曝气强度水平条件,考察溶解氧对复合菌液处理污染水体效果的影响。

2 结果与讨论

2.1 富集培养液投加量对 COD_{Mn}、NH₃-N 及磷酸盐的降解分析

菌液投加量是生物修复试验中的一个重要参数,菌液投加量过少会影响生物修复的效果,同时也使投加的有效菌群不能很好的快速生长繁殖,导致在与土著菌竞争中可能处于不利位置,甚至会被土著菌淘汰,菌液投加量过多又会增加成本。

由表 1 可以看出:投加量为 0.1/1 000 时,菌液对 COD_{Mn} 的去除效果最好,可以达到 64.5%,其最高去除率比投加量为 0.3/1 000、0.7/1 000 时分别高出 7.3%、34.44%;由于复合菌液的培养基本身也含有较高的 COD_{Mn},因此复合菌液投加量越大,自身带来的 COD_{Mn} 会使原水 COD_{Mn} 增大。所以,投加量高时 COD_{Mn} 去除率并不同步增加,这与文献 [2,3] 研究结果相符。

表 1 菌液投加量对 COD_{Mn} 的去除效果

投加量	0.1/1000		0.3/1000		0.7/1000	
	出水浓度 (mg·L ⁻¹)	去除率/%	出水浓度 (mg·L ⁻¹)	去除率/%	出水浓度 (mg·L ⁻¹)	去除率/%
时间						
8:15	16.40	0	16.40	0	16.40	0
8:16	14.56	11.22	13.24	19.27	13.68	16.59
8:17	12.08	26.34	12.08	26.34	13.28	19.00
8:18	9.80	40.24	10.56	35.61	13.30	18.90
8:19	6.30	61.60	8.34	49.15	12.58	23.29
8:20	5.82	64.50	7.02	57.20	11.47	30.06

由表 2 可以看出:投加量为 0.1/1 000 时 NH₃-N 的去除效果最好。由于硝化反应主要是靠自养细菌-硝化菌来完成,因此有人认为 BOD₅ 质量浓度小于 20 mg/L,硝化反应才能很好进行。原水 COD_{Mn} 质量浓度过高,异养细菌会大量生长占优势,从而抑制了硝化菌的生长繁殖。因此表现为菌液投加量高导致水体 COD_{Mn} 质量浓度增加,NH₃-N 的去除率下降。

表 2 菌液投加量对 NH₃-N 的去除效果

投加量	0.1/1000		0.3/1000		0.7/1000	
	出水浓度 (mg·L ⁻¹)	去除率/%	出水浓度 (mg·L ⁻¹)	去除率/%	出水浓度 (mg·L ⁻¹)	去除率/%
时间						
8:15	10.70	0	10.70	0	10.70	0
8:16	9.38	12.34	9.48	11.40	9.20	14.02
8:17	6.56	38.70	7.22	32.52	8.56	20.00
8:18	4.58	57.19	5.60	47.66	6.83	36.17
8:19	2.20	79.44	3.60	66.36	4.50	57.94
8:20	1.20	88.00	2.42	77.38	3.20	70.10

由表 3 可以看出:菌液投加量越大,对磷酸盐的去除效果越好,这和文献 [4,5] 的报道一致。投加量越大,去除的磷酸盐的效果就越好,其原因可能是投加量太少,EM 中的积磷菌难以迅速繁殖成为优势菌,而投加量增多,积磷菌的数量也增多。

表 3 菌液投加量对正磷酸盐的去除效果

投加量	0.1/1000		0.3/1000		0.7/1000	
	出水浓度 (mg·L ⁻¹)	去除率/%	出水浓度 (mg·L ⁻¹)	去除率/%	出水浓度 (mg·L ⁻¹)	去除率/%
时间						
8:15	1.30	0	1.30	0	1.30	0
8:16	0.78	40.00	1.32	-1.54	1.32	-1.54
8:17	0.58	55.38	0.80	38.46	0.72	44.62
8:18	0.60	53.85	0.44	66.15	0.33	74.62
8:19	0.86	33.85	0.27	79.23	0.19	85.38
8:20	0.80	38.46	0.18	86.15	0.10	92.30

2.2 DO 对降解 COD_{Mn}、NH₃-N 的影响

设置不同曝气强度水平条件,考察 DO 对复合菌液生物修复效果的影响。DO 对 COD_{Mn}、NH₃-N 去除效果见表 4、5。

表 4 DO 对 COD_{Mn} 的去除效果

时间/h	不曝气		$\rho(\text{DO}) = (3 \sim 4) \text{mg/L}$		$\rho(\text{DO}) = (5 \sim 7) \text{mg/L}$	
	出水浓度 (mg·L ⁻¹)	去除率/%	出水浓度 (mg·L ⁻¹)	去除率/%	出水浓度 (mg·L ⁻¹)	去除率/%
0	16.40	0.0	16.40	0.0	16.40	0.0
24	14.28	16.5	12.62	26.2	11.58	32.3
48	14.19	17.0	12.10	29.2	9.86	42.3
72	12.50	26.9	11.56	32.3	8.82	48.4
96	10.46	38.8	9.88	42.2	7.02	58.9
120	9.20	46.0	7.23	57.7	5.98	65.0

表 4 中 DO 浓度越高,对 COD_{Mn} 的降解效果越

好。这和文献 [4, 6] 的研究结果一致。这主要由于生物修复的效果与电子受体的浓度和种类有很大关系。在污染物生物降解过程中需要电子受体来不断接受污染物分子降解所产生的活性电子。生物氧化还原反应中 DO 是主要的电子受体。

表 5 DO 对 NH₃-N 的去除效果

时间 /h	不曝气		$\rho(\text{DO}) = (3 \sim 4) \text{mg/L}$		$\rho(\text{DO}) = (5 \sim 7) \text{mg/L}$	
	出水浓度 / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	去除率 /%	出水浓度 / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	去除率 /%	出水浓度 / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	去除率 /%
0.0	10.70	0.0	10.70	0	10.70	0.0
24	5.65	13.1	5.20	20.1	4.87	25.0
48	6.01	7.5	4.28	34.1	3.82	41.2
72	5.80	10.7	4.16	36.0	3.43	47.2
96	5.20	20.0	3.82	41.2	2.20	66.1
120	4.82	25.8	2.20	66.1	1.20	81.3

表 5 中随着 DO 浓度的增加, NH₃-N 的去除率也随之升高。这主要由于硝化反应是需氧反应, DO 含量影响硝化反应的速率。硝化菌的比生长速率

$$\mu_N = \mu_{N, \max} \rho(\text{DO}) / (K_0 + \rho(\text{DO}))$$

式中: K_0 为 DO 的饱和常数; $\rho(\text{DO})$ 为 DO 的质量浓度。

因此,曝气条件下 DO 含量高,硝化菌增殖快,从而加快了硝化反应的进程。

2.3 不同的原水浓度对复合菌降解的影响

不同原水浓度条件下,投加 0.3/1 000 的复合微生物富集培养液菌,其降解效果见表 6。

表 6 不同原水浓度对生物降解效果的影响

COD _{Mn} 质量浓度 / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	最高去除率 /%	对照样去除率 /%
17.89	68.3	38.5
16.40	64.5	49.7
14.20	45.0	32.0
8.10	33.0	30.8

在原水 COD_{Mn} 质量浓度为 8.1 mg/L 时,投加复合菌液对 COD_{Mn} 的最高去除率仅比对照样高 2.2%,几乎没有差别,没有明显的促进作用。

在 COD_{Mn} 为低浓度时,投加菌液对 COD_{Mn} 的去除无明显促进作用,一方面可能是由于原水污染物浓度低,不足以供给外源微生物的生长繁殖,大量细胞处于贫营养状态,需要进行内源代谢以获得能量,所以对污染物的降解速率低;另一方面低浓度原水投加菌群后 COD_{Mn} 值变化较大,表现为生物降解效

果不明显^[7]。

原水 COD_{Mn} 质量浓度在 14.2 mg/L 以上,投加复合菌群进行水体生物修复效果显著,较对照组有较大提高。

3 结 论

目前城市河段污染严重,水体的环境功能受到了严重的威胁,为此急需有效、经济的水处理技术来解决这一问题。而生物修复技术是近年来发展迅速、行之有效的方法之一,已成为当今水污染治理技术研究的热点。如何提高外来菌种的处理效果、使之适应于本地水体是这一技术的关键所在。

对复合菌群 EM 采用复合培养基进行富集培养,利用富集培养液对典型城市污染进行水体生物处理,实验效果显著。对水体污染指标 COD_{Mn}、NH₃-N 的去除,最佳投加量为 0.1/1 000,对正磷酸盐污染指标的去除,微生物最佳投加量为 0.7/1 000。

由于复合菌群富集培养液本身的有机物浓度高,因此对低浓度的城市污染水体的处理效果不太明显。实验表明污染水体 COD_{Mn} 质量浓度在 14.2 mg/L 以上时,处理效果明显。

水体的溶解氧条件影响微生物对水质处理的结果,较高的 DO 有利生物处理作用,因此在对城市污染水体进行生物修复时应考虑适当地提供充氧条件。

参考文献:

- [1] 胡庆昊. 有效微生物修复城市污染水体的试验研究[D]. 南京: 河海大学, 2003.
- [2] 王国平. 应用 EM 技术处理生活污水的研究[J]. 徐州建筑职业技术学院学报, 2002, 2(3): 33~35.
- [3] 邵青. EM 对生活污水中有机物降解能力的研究[J]. 中国农村水利水电, 2001(3): 16~18, 54.
- [4] 邵青. EM 对生活污水中常见污染物的去除效果[J]. 中国给水排水, 2001, 17(3): 74~76.
- [5] 邵青. EM 应用于间歇反应器处理城镇污水的高效节能问题[J]. 中国农村水利水电, 2002(10): 27~29.
- [6] 朱雪颖. 用 EM 菌处理高浓度污水的试验研究[D]. 南京: 河海大学, 2001.
- [7] 朱亮, 金贤. 复合菌群选择培养试验研究[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2004, 32(6): 2~5.

(收稿日期 2004-09-06 编辑 舒建)