

DOI:10.11705/j.issn.1672-643X.2018.01.12

固定化硝化细菌与聚磷菌对南昌市内河流 水污染物降解的研究

周跃龙¹, 胡美丹¹, 汪新强², 汪怀建¹

(1. 江西农业大学 国土资源与环境学院, 江西 南昌 330045; 2. 江西省婺源县饶河源国家湿地公园, 江西 婺源 333200)

摘要: 针对南昌市主要内河流的污染问题, 结合南昌市主要内河流抚河故道和玉带河的水质现状特点, 筛选出了优势硝化细菌和聚磷菌, 并研究优势菌种对南昌市内河流中氨氮、总磷的固定化降解效果。结果表明: 硝化菌 XH3 对亚硝酸盐氮的降解率最高达到 100%, 硝化菌 YH3 对氨氮的降解率为 82.75%, 聚磷菌 JP2 对总磷的降解率为 58.57%; 优势菌株 XH3、YH3、JP2 按照质量比 1:1:1 的比例进行配比, 发现三者配比的混合菌对氨氮、总磷的降解率达 85%、22.86%; 通过采用 PVA + 添加剂制备了含优势菌种的固定化载体, 利用该载体研究在曝气 24 h 条件下对南昌内河流中氨氮、总磷的降解效果, 研究表明该载体对模拟南昌市内河流中氨氮、总磷的降解效果分别能达到 82.70%、79.27%。综合分析得出, 该方法为南昌市内河流的整治提供了一个可行的有效途径。

关键词: 内河流污染; 硝化细菌; 聚磷菌; 固定化; 氨氮; 总磷; 降解率

中图分类号: X522

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2018)01-0075-04

Research on degradation of the river pollutants in Nanchang City based on immobilized nitrifying bacteria and phosphate accumulating organisms

ZHOU Yuelong¹, HU Meidan¹, WANG Xinqiang², WANG Huaijian¹

(1. College of Land Resources and Environment, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China;

2. The Raohe National Wetland Park in Wuyuan of Jiangxi, Wuyuan 333200, China)

Abstract: According to the present situation of the main river pollution in Nanchang City, based on the characteristics of the water quality of the main river in Nanchang city, Yudai river and the old river of Fuhe river, the dominant nitrifying bacteria and phosphorus accumulating organisms (PAOs) bacteria were screened out, and the superiority strains immobilized degradation effect of ammonia nitrogen and total phosphorus in Nanchang city rivers was studied. The results showed that the degradation rate of nitrite nitrogen by nitrifying bacteria XH3 was up to 100%, that of nitrifying bacteria YH3 was 82.75%, and the degradation rate of total phosphorus by PAOs JP2 was 58.57%. The dominant strains XH3, YH3 and JP2 were proportioned according to the mass ratio of 1:1:1, and the degradation rates of ammonia nitrogen and total phosphorus rate reached 85%, 22.86%, respectively. Using PVA + additives, the immobilized carrier of dominant strain was prepared and used to study the degradation effect of ammonia nitrogen and total phosphorus in Nanchang river under aeration 24 h. The results showed that the carrier can effectively reduce the ammonia nitrogen and total phosphorus in the Nanchang river by 82.70 and 79.27%. The method provides a feasible and effective way for the improvement of the river in Nanchang city.

Key words: river pollution; nitrifying bacteria; phosphorus accumulating bacteria; immobilization; ammonia nitrogen; total phosphorus; degradation rate

1 研究背景

随着南昌市经济的不断发展, 水体污染加重, 由

氮磷污染物所引起的水体富营养化现象也不断发生, 危害内河流水质^[1]。相关研究表明造成南昌市水污染的因素很多^[2], 其中主要原因是城市发展带

收稿日期: 2017-07-18; 修回日期: 2017-10-17

基金项目: 江西省科技支撑计划项目(20122BBG70073-1)

作者简介: 周跃龙(1962-), 女, 江西宜春人, 硕士, 高级实验师, 主要从事环境污染治理研究。

通讯作者: 汪怀建(1963-), 男, 江西婺源人, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为污染治理与控制。

来的污水排放量迅速增长,包括未经处理的工业废水和大量居民生活污水的随意排放^[3-4]。如何有效地处理污水中的氮磷污染一直是国内外研究的热点。一般而言,生产生活中经常会使用一些物理、化学方法来降低水中的氮磷含量,如添加絮凝剂、高级氧化等^[5-6],但这些方法都或多或少存在一些缺陷,如能耗大、产生二次污染等,从而进一步导致各种环境问题^[7]。而通过生物法对水体进行净化具有效果好,稳定性强、二次污染少等优点^[8],尤其是利用当地现有水环境资源,通过筛选出的优势菌种制备固定化生物试剂用于水污染治理具有突出的效果。目前,国内外对于固定化生物试剂用于治理内河流水体中氮磷污染问题的研究鲜见报道。

固定化生物试剂通常会使用硝化细菌、聚磷菌、反硝化细菌作为菌种硝化细菌和聚磷菌生长缓慢,对环境变化也比较敏感,在原位生物处理技术中很容易流失,因而限制了其在废水处理中的应用^[9-10]。而利用微生物固定化技术能很好地解决菌体在河流中易流失的问题^[11]。杨连栋等^[12]用聚丙烯酰胺溶液来处理微生物固定化颗粒。Tramper等^[13]、Schipper等^[14]也曾以角叉菜胶和海藻酸钠为载体固定硝化菌,并进行一系列硝化处理的研究。Zhou Lincheng等^[15]通过微生物固定化技术,使用复合聚氨酯泡沫塑料作为介质,成功研发去除水中铜(II)的生物吸收剂。赵兴利等^[16]以PVA为载体,采用硼酸法,包埋经驯化后的硝化污泥,制成固定化硝化菌颗粒,采用SBR运行方式在流化床上对模拟含氨氮废水进行处理,实验结果显示,废水中氨氮的去除率达到99%以上,而且有机物对硝化作用的影响不明显。

本文根据南昌市内主要河流抚河故道和玉带河的水质现状特点,从中对硝化细菌与聚磷菌进行筛选,在菌株最佳配比的基础上固定优势菌株,研究其对实际内河流中氨氮、总磷的降解率。为改善水环境污染状况、消除水体黑臭、恢复其生态景观及泄洪防涝功能提供重要依据。

2 材料与方法

2.1 试验材料

在南昌市内主要河流抚河故道和玉带河进行采样(采样时间为2013年12月21日,天气晴),所采的样品为南昌市内河流5个监测点中的底泥以及少量水体,采集样品时将采样点的环境因素、日期、时间以及瓶号进行记录,采集到的样品于4℃冰箱中

保存备用。

5个监测点分别位于抚河故道的清水湾M1、将军渡M2、中山西桥M3以及玉带河的玉带桥M4、南京东路桥M5。

2.2 试验设计

(1)利用采集回来样品进行富集培养硝化细菌、聚磷菌,并从中筛选出优势菌株,即对培养基中氨氮、总磷降解效果较好的菌株。

(2)选取出的硝化菌XH3、亚硝化菌YH3、聚磷菌JP2按照1:1:2、1:1:1、2:2:1的质量比分别接入事先配置好并已灭菌的液体培养基中,每个梯度做3个平行,并同时设置未加任何菌株的对照组。在30℃下培养2~3d后测定总磷的降解率,培养6d后测定氨氮的降解率,从而选取出3种菌的最佳配比。

(3)基于先前的监测结果以及综合考虑,选取南京东路桥监测点位进行采样,采的样品为南昌市主要内河流中的少量底泥以及大量水体。取回来的水样置于反应器,放入PVA+添加剂固定化得到的固定化颗粒进行曝气,以8h为一个周期,对水样中氨氮、总磷的降解效果进行3个周期的监测,同时设置未放固定化颗粒的水样对照组。然后根据实验效果进行后续实验。研究PVA+添加剂固定法固定载体下优势菌株对南昌实际内河流污水的氨氮、总磷的降解效果。

2.3 测定项目与方法

亚硝酸盐的测定:分光光度法(GB 7493-1987);氨氮的测定:纳氏试剂分光光度法(HJ 535-2009);总磷的测定:钼酸铵分光光度法(GB11893-1989)。

3 结果与分析

3.1 硝化菌、亚硝化菌的筛选结果

硝化菌和亚硝化菌的筛选结果见表1、2。

表1 硝化菌筛选试验结果

菌株编号	亚硝酸盐氮浓度/(mg·L ⁻¹)		去除率/%
	培养前	培养后	
空白对照组	51.27	51.27	0
XH1	51.27	0	100
XH2	51.27	0	100
XH3	51.27	0	100

由表1、2的试验结果可以看出,硝化菌XH1、XH2、XH3这3种菌株对亚硝酸盐氮都有很好的降解效果,亚硝化菌YH1、YH2、YH3这3种菌株对氨

氮有较好的降解效果,其中 YH3 降解效果最好,能达到 82.75%。因此在后面的试验任选一株菌株(后期试验选择菌株 XH3)作为优势菌株。

表 2 亚硝化菌筛选试验结果

菌株编号	氨氮浓度/(mg·L ⁻¹)		去除率/%
	培养前	培养后	
空白对照组	78.18	78.18	0
YH1	78.18	18.86	75.88
YH2	78.18	15.40	80.30
YH3	78.18	13.48	82.75

3.2 聚磷菌的筛选结果

筛选出处理效果最好的菌株。聚磷菌的筛选结果见表 3。

表 3 聚磷菌筛选试验结果

菌株编号	总磷浓度/(mg·L ⁻¹)		去除率/%
	培养前	培养后	
对照组	62.12	0	0
JP1	62.12	37.06	40.33
JP2	62.12	25.74	58.57
JP3	62.12	27.77	55.29

由表 3 可知,聚磷菌 JP1、JP2、JP3 三株菌株对总磷均有去除效果,其中 JP2 去除效果最好,达到 58.57%。

3.3 菌株最佳配比结果

硝化菌 XH3、亚硝化菌 YH3、聚磷菌 JP2 按照 1:1:2、1:1:1、2:2:1 的质量比分别接入事先配置好并已灭菌的模拟污水中,在 30℃ 下培养 2~3 d 后测定总磷的降解率,培养 6 d 后测定氨氮的降解率,试验结果如表 4、5。

表 4 不同配比对总磷的降解效果

XH3: YH3: JP2 的比例	总磷浓度/(mg·L ⁻¹)		去除率/%
	培养前	培养后	
空白对照组	46.88	46.88	0
1:1:2	46.88	39.18	16.42
1:1:1	46.88	36.18	22.86
2:2:1	46.88	38.28	18.34

表 5 不同配比对氨氮的降解效果

XH3: YH3: JP2 的比例	氨氮浓度/(mg·L ⁻¹)		去除率/%
	培养前	培养后	
空白对照组	51.4	51.4	0
1:1:2	51.4	10.01	80.53
1:1:1	51.4	7.57	85.26
2:2:1	51.4	8.98	82.53

由表 4、5 的试验结果分析可以得出,当硝化菌 XH3、亚硝化菌 YH3、聚磷菌 JP2 按照 1:1:2、1:1:1、2:2:1 的比例混合时,1:1:1 的质量比对氨氮以及总磷的降解效果最好,氨氮降解率为 85.26%,总磷的降解率为 22.86%。在后期实验中就以 1:1:1 的配比制作固定化颗粒来处理污染河水。

3.4 PVA + 添加剂固定化颗粒对南昌市内河流水样降解效果模拟研究

1:1:1 配比下的优势菌株进行 PVA + 添加剂固定,固定化颗粒于反应器常温下对南昌市南京东路监测点水样进行降解处理,试验结果如表图 1。

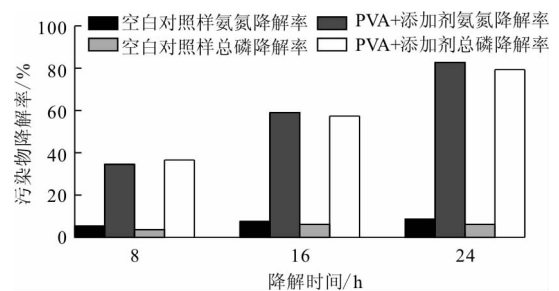


图 1 PVA + 添加剂固定化颗粒对反应器污水中氨氮、总磷的降解

由图 1 的试验结果可得知,在曝气的条件下,反应器中以 PVA + 添加剂为载体的固定化颗粒对反应器中氨氮的降解率在 1 个周期后达到 34.59%,两周期后达到 58.92%,3 个周期后能达到 82.70%,净降解率达到 74.05%,氨氮浓度从 1.85 mg/L 降低到 0.32 mg/L,能达到《地面水环境质量标准》(GB 3838 - 2002)中Ⅲ类水水质标准。同时,在曝气的条件下,以 PVA + 添加剂为载体的固定化颗粒对反应器中总磷的降解率在 1 个周期后达到 36.59%,两周期后达到 57.32%,3 个周期后能达到 79.27%,净降解率达到 73.17%,总磷浓度从 0.82 mg/L 降低至 0.17 mg/L,能达到《地面水环境质量标准》(GB 3838 - 2002)中Ⅲ类水水质标准。

在之前试验的基础上,监测 PVA + 添加剂固定化颗粒 15 d 内每天对反应器实际污水中氨氮、总磷的降解效果。监测结果如图 2 所示。

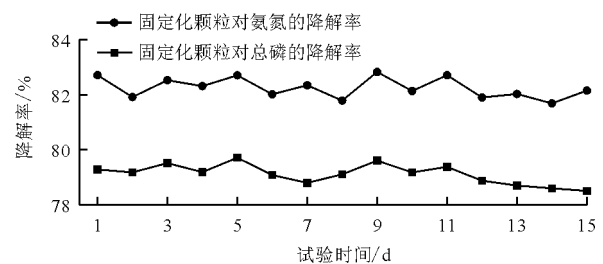


图 2 固定化颗粒对反应器中污水的降解效果

由图2可以看出,固定化颗粒在连续15 d的运行时间内,出水氨氮降解率的最高值为反应器运行的第9 d,达到82.8%,其余时间内氨氮去除率基本维持在82%左右,出水水质皆能达到地面水环境质量Ⅲ类水水质标准;总磷降解率的最高值为反应器运行的第5 d,达到79.71%,而15 d内的处理效果同样没有较大的起伏。综上所述,固定化颗粒在较长的时间内具有较为稳定的脱氮及除磷能力,具有用于后期南昌市内河流污水治理的潜质。

4 结 论

利用固定化微生物修复技术治理城市河流水体是当前国内外治理和修复受污染水体的研究热点。本文主要通过研究南昌市主要内河流水质,从内河流及底泥中培养筛选高效降解氨氮和高效聚磷的微生物,从中各选取一株处理效果最好的菌株进行分子生物学的鉴定,然后进行菌株间最佳配比的确定,通过不同固定化方法下颗粒对模拟污水的降解效果选择较好的固定化载体进行菌株的包埋,在曝气反应器条件下,利用固定化颗粒对南昌市内河流水质进行模拟试验。通过试验得出以下结论:

(1)从南昌市主要内河流抚河故道、玉带河水样及底泥中分离筛选出的硝化菌菌株XH3对亚硝酸盐氮的降解最高达到100%,亚硝化菌YH3对氨氮的降解最高达到82.75%,聚磷菌JP2对总磷的降解最高达到58.57%;

(2)硝化菌XH3、亚硝化菌YH3与聚磷菌JP2的质量比为1:1:1时,混合菌对模拟污水中氨氮、总磷的处理效果最好;

(3)在曝气的条件下,反应器中PVA+添加剂固定化颗粒在24 h曝气条件下对南昌市模拟河流中氨氮、总磷的降解效果分别能达到82.70%、79.27%。

本次试验筛选出的高效微生物菌株对模拟污水、实际河流的氨氮和总磷的处理中表现出优良的降解效果,对南昌市内河流的整治又提供了一个可行的有效途径。

参考文献:

[1] LIU Hong, LIU Huijuan, QU Jiuhui. Effect of nitrogen and

phosphorus on the water quality in the Three Gorges Reservoir Area during and after its construction[J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2004, 16(3):358-363.

- [2] 王建军. 国内河流水污染现状及防治对策的探讨[J]. *辽宁城乡环境科技*, 2006, 26(3):13-15.
- [3] 李江浩. 中小城市水污染及短缺的防治对策[J]. *化工管理*, 2014(30):215.
- [4] 黄凌涛. 水污染治理方法探讨[J]. *黑龙江科技信息*, 2013(24):272.
- [5] 宋力. 絮凝剂在水处理中的应用与展望[J]. *工业水处理*, 2010, 30(06):4-7.
- [6] 李花, 沈耀良. 废水高级氧化技术现状与研究进展[J]. *水处理技术*, 2011, 37(06):6-9+14.
- [7] 王常婕. 城市水污染治理现状及建议[J]. *科技风*, 2010(8):92.
- [8] AZUBUIKE Christopher Chibueze, CHIKERE Chioma Blaise, OKPOKWASILI Gideon Chijioko. Bioremediation techniques classification based on site of application: principles, advantages, limitations and prospects[J]. *World journal of microbiology & biotechnology*, 2016, 32(11):180.
- [9] 罗小溪, 高建忠, 陈再忠. 硝化细菌富集培养及应用研究进展[J]. *水产科技情报*, 2013, 40(06):320-323.
- [10] 连丽丽. 聚磷菌的筛选及其对污水的除磷特性研究[D]. 大连:辽宁师范大学, 2009.
- [11] 申婷婷, 李小明, 岳秀等. 微生物固定化技术的研究与应用[J]. *广州化工*, 2011, 39(20):3-5+13.
- [12] 杨连栋, 陈毓琛. 聚丙烯酰胺固定化细胞酶解尿素的研究[J]. *水处理技术*, 1990(3):223-229.
- [13] TRAMPER J, MAN A W A D. Characterization of *Nitrobacter agilis*, immobilized in calcium alginate[J]. *Enzyme & Microbial Technology*, 1986, 8(8):472-476.
- [14] SCHIPPER L A, VOJVODIÄ - VUKOVIÄ M. Five years of nitrate removal, denitrification and carbon dynamics in a denitrification wall [J]. *Water Research*, 2001, 35(14):3473-3477.
- [15] ZHOU Lincheng, LI Yanfeng, BAI Xue, et al. Use of microorganisms immobilized on composite polyurethane foam to remove Cu(II) from aqueous solution[J]. *Journal of Hazardous Materials*. 2009, 167(1-3):1106-1113.
- [16] 赵兴利, 兰淑澄. 固定化硝化菌去除废水中氨氮工艺的研究[J]. *环境科学*, 1999, 20(1):39-42.