

# 生物滤料净化精养池塘废水的效果研究

王璐<sup>1</sup>, 刘玥姍<sup>1</sup>, 傅啊慧<sup>1</sup>, 陈睿<sup>1</sup>, 敬小军<sup>2\*</sup> (1. 南京农业大学无锡渔业学院, 江苏无锡 214081; 2. 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, 农业部淡水渔业和种质资源利用重点实验室, 江苏无锡 214081)

**摘要** [目的]研究生物刷净化废水的效果。[方法]通过在临窗水族箱内吊挂生物刷的方法来净化精养池塘的废水。设置了对照组(无生物刷)、试验组①(5串生物刷)、试验组②(10串生物刷)和试验组③(15串生物刷),研究生物刷对水质的改善作用和最优的配置密度。[结果]生物刷对TN、NO<sub>2</sub>均有一定的去除效果,对DO的升高也有一定的作用;在此试验条件下,试验组②生物滤料净化精养池水的综合效果最佳。[结论]生物刷对精养池塘废水具有良好的净化效果,在此试验条件下,净化废水所需的最优密度配置为0.07串/L。

**关键词** 生物刷; 净化效果; 精养池塘

**中图分类号** S912; Q949 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)01-00134-03

## Effect of Treating Wastewater from Intensive Fish Ponds by Biological Filter

WANG Lu et al (Wuxi Fisheries College of Nanjing Agricultural University, Wuxi, Jiangsu 214081)

**Abstract** [Objective] To study the effect of bio-filter to treat wastewater. [Method] The bio-filter was hung in the aquarium close to windows for treatment of wastewater from intensive fish pond. Four test groups were designed in the experiment: controlled group (no bio-filter), No. 1 group (5 bundles of bio-filter), No. 2 group (10 bundles of bio-filter) and No. 3 group (15 bundles of bio-filter), the purifying effect of bio-filter on water quality and optimal configuration were studied. [Result] The bio-filter was effective on the removal of total nitrogen and nitrite nitrogen, and on improving DO. Through analysis of water quality parameters, No. 2 group showed the best effect on water purification. [Conclusion] Bio-filter was effective on wastewater treatment of intensive fish pond. The optimal density of bio-filter in the indoor experiment for water purification was 0.07 bundles/L (water).

**Key words** Biological filter; Purification effect; Intensive fish pond

最近20多年来,随着我国池塘精养技术的不断推广,池塘单产大幅度提高,养殖经济效益显著改善。然而,我国目前养殖中普遍使用的池塘在结构上没有根本的改变,因而在功能上仅有蓄水养鱼功能,而不具备有效的水体自净功能。随着养殖集约化程度的提高和养殖投入不断的增加,养殖池塘环境恶化和养殖废水向外部环境排放带来的负面影响,已引起了人们广泛的关注。另外,养殖水质的恶化会导致鱼类生长速度减慢,疾病发生率升高,养殖效果和产品质量下降,进而造成养殖效益的下降。近年来,鱼病尤其是爆发性疾病呈上升之势,主要是由养殖水质恶化引起的<sup>[1]</sup>。因此,研究和开发有效的池塘养殖水净化系统和相关技术,改善养殖生态环境、节约水资源和减轻养殖对环境的影响,促进健康水产养殖,对于我国池塘养殖乃至水产养殖业的长期可持续发展具有非常重要的意义。

目前,水产养殖中常用微生物制剂和投放生物滤料等生物净化方法来处理水体。吴伟<sup>[2]</sup>和张庆等<sup>[3]</sup>利用微生物制剂降低了养殖鱼塘的化学耗氧量、氨氮、硫化氢、亚硝酸盐等含量,有效减少养殖池塘病害的发生。但是,使用生物刷和生物球等生物滤料对养殖池塘净水作用的研究报道较少。苏志峰<sup>[4]</sup>和林连升等<sup>[5]</sup>等曾做过相关试验,但没有对生物刷的净化机理和效能进行单独探讨和研究。与活性污泥法平行发展起来的生物膜法处理工艺具有处理效率高、耐冲击负荷性能好、产泥量低、占地面积少、便于运行管理等优点,不会引起二次污染,而且能逐渐修复被破坏的水体生态平衡,在养殖水处理中极具竞争力。在水中设置生物载体填料,使

微生物附着富集于其上,可形成高效的微生物群体(即生物膜),从而构成了微生物净水系统。但是目前该技术在养殖水体中的应用并不广泛,其中主要原因之一就是对该材料的净化性能设置密度和使用成本认识不足。基于此,笔者探讨了生物滤料对水质的改善作用和最优的配置密度,以期对精养池塘内部净化技术的开发提供有益的参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

**1.1.1 生物刷。**生物刷选用纤维型软性填料,填料单元直径为14 cm,每串填料有效长度为0.3 m,其上的丝条密度为600根/串,丝条直径为0.5 mm。

**1.1.2 试验用水。**取自淡水渔业研究中心南泉科研实验基地的精养成鱼池,去除水面上的漂浮物。

**1.1.3 试验环境。**试验在室内长方型透明玻璃水族箱(长97 cm,宽43 cm,高50 cm)中进行,水族箱临窗摆放。

**1.2 试验设计** 试验共设4个处理,分别为对照组(无生物刷)、试验组①(5串生物刷)、试验组②(10串生物刷)和试验组③(15串生物刷),每个处理设平行组。每组水族箱中加入150 L试验用水,水深36 cm。生物刷均匀分布于水面,垂直伸展至水面下20 cm。试验在自然光照和温度下进行。试验时间为2011年9月21~24日,试验期间多为晴好天气,水温为28~30℃。

**1.3 监测指标及方法** 试验期间每天上午9:30~10:00采集水样1次,分别对各组的水质指标进行测定,以平行组测定结果的平均值作为每个处理的测试结果。

水质监测指标及其方法:水温采用水银温度计进行测定,溶解氧(DO)的测定使用MR210A溶氧仪,总氮(TN)的测定采用过硫酸盐氧化测定法,亚硝酸氮(NO<sub>2</sub>-N)的测定

**基金项目** 南京农业大学SRT计划项目(1115A07)。

**作者简介** 王璐(1991-),女,浙江金华人,本科生,专业:水产养殖。  
\* 通讯作者,助理研究员,硕士,从事渔业健康养殖方面的教学和研究, E-mail: jingxj@ffrc.cn。

**收稿日期** 2012-11-12

采用重氮偶氮比色法,具体操作参见文献<sup>[6-8]</sup>。

## 2 结果与分析

**2.1 水体溶氧情况** 从图 1 可以看出,试验组②溶氧含量先下降后逐步上升,上升后溶氧量高于其他组;其他试验组的溶氧逐步下降,对照组下降最快。

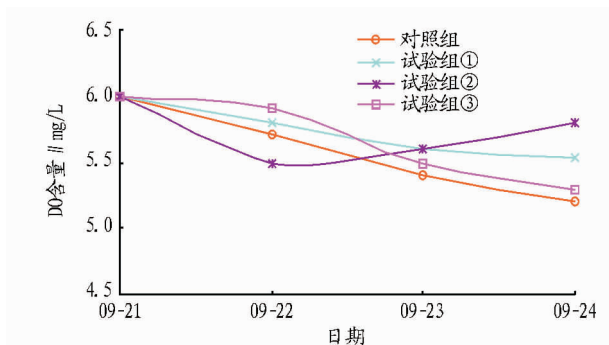


图 1 溶氧含量的变化曲线

**2.2 总氮的净化效果** 从图 2 可以看出,试验组①总氮含量先升高后降低,而后缓慢升高;试验组②总氮下降后趋于稳定;试验组③总氮下降后有所上升,但含量比试验组②低。对照组含量先升高,后降低。

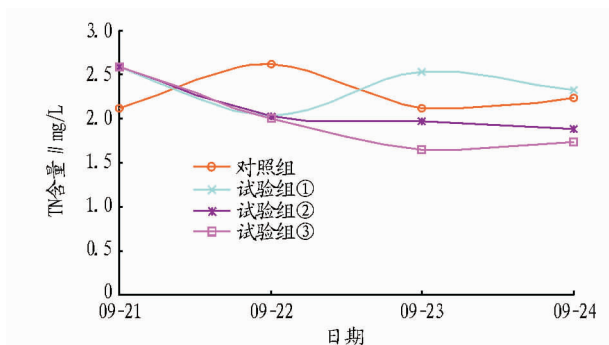


图 2 总氮含量的变化曲线

**2.3 亚硝酸氮的净化效果** 从图 3 可以看出,对照组亚硝酸氮含量总体上呈上升趋势,试验组①先急剧上升后下降,试验组②先下降后上升再趋于稳定,试验组③先急剧上升再急剧下降最后趋于稳定。

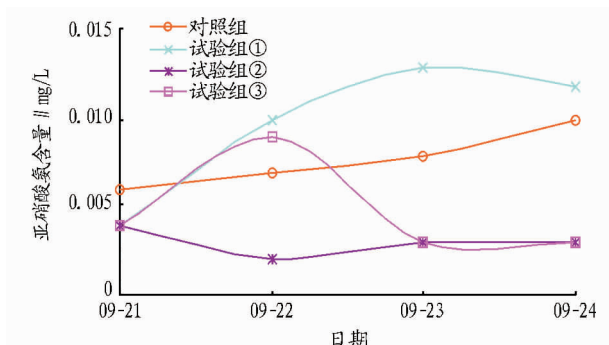


图 3 亚硝酸氮含量的变化曲线

## 3 讨论

**3.1 生物滤料的净化原理** 在废水生物处理技术的发展和应用中,活性污泥和生物膜法一直占据主导地位<sup>[9]</sup>。生物膜法主要用于从废水中去除溶解性有机污染物,主要特点是微生物附着在介质“滤料”表面,形成生物膜,附着于生物载体填料上的微生物摄取废水中的有机污染物作为营养,从而使废水得到

净化。生物刷为池塘中的微生物提供可供聚居的固体表面,固体微生物代谢时分泌出的荚膜、细胞外黏液和多糖类物质使悬浮颗粒等可成为较大的絮体而被滤层截留,为微生物提供养料<sup>[10]</sup>。在生物膜外附着一层薄薄的水层,称附着水层。附着水流动很慢,其中有机物大多已被生物膜中的微生物摄取,其浓度要比流动水层中的有机物浓度低得多。因此,废水在滤料表面流动时,有机物就会从流动水层中转移到附着水层中,进一步被生物膜所摄取。同时,空气中的氧气也将通过水层而进入生物膜,废水同生物膜接触后,溶解的有机污染物被微生物吸附转化为水、二氧化碳、无机盐和微生物细胞物质,从而使废水得以净化。目前,在废水处理方面,生物膜法净化技术得到越来越广泛的应用,采用的填料有陶瓷、金属、塑料等<sup>[11]</sup>,同时新型的材料被创新性地应用于生物膜处理技术中,大大提高了生物膜法处理工艺的净化效能。日本群马高等专科学校用碳纤维材料进行水质净化试验,结果表明碳纤维接触材料去除 BOD 类有机物,具有良好的去除效果。在处理高浓度水质时,COD 和 TN 去除率分别为 72% 和 53%<sup>[12]</sup>。褚淑祯等<sup>[13]</sup>以竹纤维为主要原料制备得到 1 种新型竹纤维生物膜载体,研究了其在低浓度生活污水处理中的挂膜性能,结果表明载体挂膜速率快,7 d 后载体表面即出现大量黏性黄褐色生物膜,第 12 天基本完成挂膜,膜厚达 3~5 mm。生物相观察表明,以固着型纤毛虫为主的后生动物数量较为稳定,生物膜趋于成熟。载体生物膜耐水力剪切冲击能力和恢复能力强,对 COD<sub>Cr</sub> 和 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 的去除率在 80% 以上。由此可见,随着新型填料的开发和配套技术的不断完善,生物膜法水处理技术将具有更加广阔的发展空间。

**3.2 生物滤料的净化效果** 试验初期阶段,对照组总氮含量比其他组都低,但后期阶段对照组总氮含量总体上呈现缓慢增加趋势,这是因为组成硝化细菌菌群的亚硝化菌和硝化菌中,后者的生长速率小于前者,且在生态学上存在以硝化菌为受利方的偏生互利关系,需要在氨氧化细菌作用下、积累了足够硝化作用所需要营养物质后,硝化菌才会从生长延迟期进入对数增长期,从而较好地发挥硝化作用<sup>[14]</sup>。在初期,氨氧化微生物首先生长繁殖,有机氮通过氨化作用转化成 NH<sub>3</sub><sup>+</sup>-N,因此试验组的总氮氮反而比对照组高。但是由于硝化细菌的不断繁殖,使 NH<sub>3</sub><sup>+</sup>-N 逐步氧化为 NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N,然后进一步氧化为 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N,致使总氮氮逐步下降。宋协法<sup>[15]</sup>、傅金祥<sup>[16]</sup>、王晋<sup>[17]</sup>等的研究也表明生物滤料去除氨氮等具有明显的效果。在该试验条件下,试验组②生物滤料净化精养池水的综合效果最佳,其密度配置约为 0.07 串/L,而由于此次生物滤料最佳密度的确定主要在室内特定试验条件下进行的,如果试验条件有所变化,结果会有所不同。苏志烽的研究表明当生物刷的高度与水深比为 1 时,布置生物刷的合适密度为 8~9 串/m<sup>2</sup> (其采用的生物刷材料和该试验完全一样,但每串滤料长度为 0.8 m)。因此,在渔业生产实践中,生物滤料最适密度的确定需要进一步研究。此外,由于生物刷上藻菌生物膜的形成需要较长时间,在生产实践中,如果单独使用,初期净化效果不佳。因此,在后续试验中,特别在养殖生产中,从经济效益和生态效益出发,适量投放生物制剂,将生物滤料和其他净化方法结合使

用具有良好效果,如刘雯<sup>[18]</sup>等用生物球与植物一起净化污水就取得明显效果。

## 参考文献

- [1] 侯松. 精养池塘水质调控关键技术[J]. 河南水产, 2012(1): 18.
- [2] 吴伟. 应用复合微生物制剂控制养殖水体水质因子初探[J]. 湛江海洋大学学报, 1997, 17(1): 16-20.
- [3] 张庆, 李卓佳. 复合微生物对养殖水体生态因子的影响[J]. 上海水产大学学报, 1999, 8(1): 43-47.
- [4] 苏志峰. 精养鱼池水质生物净化的初步研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2008: 15-16.
- [5] 林连升, 岳春梅, 佟雪红, 等. 养殖池塘水质生物净化效果试验[J]. 渔业现代化, 2005(6): 16-18.
- [6] 国家环保总局. 水和废水监测分析方法[M]. 4版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 224-226, 279-281, 694-697.
- [7] 陈佳荣. 水化学实验指导书[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 126-131, 147-149.
- [8] 金相灿, 屠清瑛. 湖泊富营养化调查规范[M]. 2版. 北京: 中国环境科学出版社, 1990: 162-163.

- [9] 巩波, 周毓晶. 城市污水处理方法探讨[J]. 中国科技博览, 2012(21): 186.
- [10] 程金平, 胡雄星, 郑敏, 等. 黄浦江水体生物膜对有机氯农药的富集[J]. 上海交通大学学报, 2007, 41(7): 1181-1188.
- [11] 徐会香, 刘长亮. 浅述污水生化处理工艺中填料的选择与应用[J]. 中国科技纵横, 2012(11): 60.
- [12] 瑛栋, 罗益锋. 碳纤维在水环境治理的应用——21世纪的崭新课题[J]. 高科技纤维与应用, 2012, 37(4): 49-56.
- [13] 褚淑伟, 肖继波, 张立钦, 等. 一种新型竹纤维生物膜载体的制备与性能[J]. 林业科学, 2012, 48(7): 128-133.
- [14] 王晟, 王晓昌, 张玉先, 等. 生物滤池用于深度处理时的数学模型[J]. 中国给水排水, 2003, 19(4): 26-28.
- [15] 宋协法, 曹涵, 彭磊. 一种新型滤料在循环养殖水处理中的应用[J]. 环境工程学报, 2007, 12(1): 27-31.
- [16] 傅金祥, 陈正清, 赵玉华, 等. 挂膜方式对曝气生物滤池的影响[J]. 水处理技术, 2006, 32(8): 42-45.
- [17] 王晋, 马文林, 齐嵘. 新型固定床生物膜反应器硝化性能的研究[J]. 环境污染治理技术与设备, 2001(1): 90-92.
- [18] 刘雯, 丘锦荣, 卫泽斌, 等. 投加生物球对植物-生物膜氧化沟净化污水的影响[J]. 广东农业科学, 2009(6): 148-150, 157.

(上接第46页)

75.0%, 说明较低浓度的6-BA和NAA组合有利于茎尖的生长, 但随着6-BA浓度的增加, 茎尖褐变严重, 甚至开始死亡。

表1 不同激素配比对茎尖成活率的影响

| 处理 | 激素浓度// $\mu\text{mol/L}$ |     | 接种总数<br>个 | 成活数<br>个 | 成活率<br>% |
|----|--------------------------|-----|-----------|----------|----------|
|    | 6-BA                     | NAA |           |          |          |
| 1  | 0.1                      | 0   | 24        | 5        | 20.0     |
| 2  | 1.0                      | 0   | 24        | 13       | 65.0     |
| 3  | 10.0                     | 0   | 24        | 9        | 37.5     |
| 4  | 0.1                      | 0.5 | 24        | 6        | 25.0     |
| 5  | 1.0                      | 0.5 | 24        | 18       | 75.0     |
| 6  | 10.0                     | 0.5 | 24        | 10       | 41.7     |
| 7  | 0.1                      | 1.0 | 24        | 3        | 12.5     |
| 8  | 1.0                      | 1.0 | 24        | 12       | 50.0     |
| 9  | 10.0                     | 1.0 | 24        | 14       | 58.3     |

**2.2 不同激素浓度对比对芽增殖的影响** 将诱导成活的芽分别接种于含不同激素配比的MS培养基中进行培养, 1周后不定芽开始膨大, 4~5周后茎尖开始分化出丛芽, 但不同激素组合的增殖效果不同(表2)。在一定NAA浓度下, 芽增殖倍数随6-BA浓度的增加而增加, 其中处理3(10.0  $\mu\text{mol/L}$  6-BA + 0.5  $\mu\text{mol/L}$  NAA)的增殖倍数为3.1, 增殖效果最佳, 且新芽发育正常, 继代2~3次后生长良好。因此, 可选用MS + 10  $\mu\text{mol/L}$  6-BA + 0.5  $\mu\text{mol/L}$  NAA作为剪豆茎尖不定芽增殖的培养基。

表2 不同激素浓度对比对芽增殖的影响

| 处理 | 激素浓度// $\mu\text{mol/L}$ |     | 茎尖总数<br>个 | 出芽总数<br>个 | 增殖倍数 |
|----|--------------------------|-----|-----------|-----------|------|
|    | 6-BA                     | NAA |           |           |      |
| 1  | 0.1                      | 0.5 | 24        | 28        | 1.2  |
| 2  | 1.0                      | 0.5 | 24        | 46        | 1.9  |
| 3  | 10.0                     | 0.5 | 24        | 75        | 3.1  |
| 4  | 0.1                      | 1.0 | 24        | 26        | 1.1  |
| 5  | 1.0                      | 1.0 | 24        | 38        | 1.6  |
| 6  | 10.0                     | 1.0 | 24        | 68        | 2.8  |

**2.3 芽的生根与移栽** 根的诱导试验表明, 以1/2MS + 20  $\mu\text{mol/L}$  NAA培养基的生根效果最好。在无菌的营养基质中试管苗移栽成活率达85%左右。

**2.4 脱毒检验** 经观察及RT-PCR试验检测, 发现经35  $^{\circ}\text{C}$ 处理2周后, 0.5 mm长茎尖脱毒效果最好, 达90%。但脱毒苗的脱毒效果尚需采用血清学方法进行进一步测定。

## 3 结论与讨论

大量试验证明, 切取幼芽的茎尖分生组织, 经组织培养获得脱毒苗是解决品种退化、提高作物产量和品质的有效途径。而且在高于正常温度的培养条件下植物组织中的病毒粒子, 可被部分或完全地钝化, 有利于提高脱毒效果。该试验以玉环剪豆茎尖为外植体, 结合高温处理研究了不同激素组合对芽诱导与增殖的影响以及茎尖脱毒效果, 结果表明, 以MS为基本培养基, 附加不同浓度6-BA和NAA, 均可直接诱导出芽并成苗, 芽初代诱导的适宜培养基为MS + 1.0  $\mu\text{mol/L}$  6-BA + 0.5  $\mu\text{mol/L}$  NAA; 不定芽增殖的适宜培养基为MS + 10.0  $\mu\text{mol/L}$  6-BA + 0.5  $\mu\text{mol/L}$  NAA。通过反复试验, 选取剥离0.5 mm带有1~2个叶原基的茎尖进行培养, 可获得90%以上的脱毒率, 脱毒效果较明显, 但仍有10%左右的材料无法消除病毒, 因此, 该脱毒方法需进一步研究与改进。该试验通过对外植体取材及培养条件的优化, 建立了适宜玉环剪豆的脱毒与快繁体系, 为培育优质、高产的玉环剪豆提供了有效途径, 对解决品种种性退化、促进当地农业和农村经济发展、提高农民收入具有重要意义。

## 参考文献

- [1] 洪方云, 李兴良, 王珍彩, 等. 玉环剪豆[J]. 上海蔬菜, 2008(2): 23-24.
- [2] 周雪平, 濮祖芹. 国外豌豆病毒病的种类及防治[J]. 植物保护, 1994, 20(1): 31-32.
- [3] 董淑英, 孙静, 潘忠强, 等. 苹果茎尖脱毒技术研究[J]. 河北农业科学, 2001, 5(2): 30-35.
- [4] 文锦芬, 邓明华, 戈振扬, 等. 辣椒茎尖培养脱毒研究[J]. 昆明理工大学学报, 2002, 27(6): 158-160.
- [5] 江洪如, 余发新, 朱祺, 等. 龙牙百合茎尖脱毒快繁及种球培育技术[J]. 江西农业大学学报, 2007, 29(6): 953-956.
- [6] LIU L M, LI S, YU K X, et al. Rapid propagation of virus-free sugarcane plantlets via temporary immersion bioreactor system[J]. Agricultural Science & Technology, 2010, 11(5): 148-150, 190.
- [7] 江洪如, 余发新, 刘腾云, 等. 金边瑞香茎尖脱毒及快繁技术[J]. 南昌大学学报, 2008, 32(1): 59-61.
- [8] 董越, 张丹, 靖凯. 浅谈马铃薯薯脱毒苗组培快繁技术[J]. 园艺与种苗, 2012(2): 17-18, 31.
- [9] HU X P, ZHANG X J, ZHU Y T, et al. Screening of the differentiation medium for virus-free test-tube seedling from stem tips of *Dioscorea opposita* [J]. Medicinal Plant, 2010, 1(4): 8-9.
- [10] 苗利娟, 韩锁义, 张新友, 等. 怀山药茎尖脱毒培养与茎段增殖研究[J]. 河南农业科学, 2011, 40(11): 123-125.
- [11] 许传俊, 黄瑞梅, 曾碧玉, 等. 植物组织培养脱毒技术研究进展[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(3): 1318-1320, 1335.
- [12] 李志强, 王晶, 丁国亮, 等. 草莓热处理结合茎尖脱毒技术研究[J]. 北方园艺, 2012(5): 125-127.