

文章编号: 1674-5566(2017)05-0726-07

DOI:10.12024/jsou.20170101943

## 运移式滤器构制及其生物膜培养期间硝化性能

戴习林<sup>1</sup>, 蔡青霖<sup>1</sup>, 臧维玲<sup>1</sup>, 杨明<sup>2</sup>, 丁福江<sup>2</sup>, 朱其建<sup>1</sup>

(1. 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306; 2. 上海申漕特种水产开发公司, 上海 201516)

**摘要:** 探讨了运移式简易滤器构制、亲虾池循环水培养生物膜可行性及其硝化性能。实验以常用滤料(沸石+纤维球+生化环=30.9 kg)与塑料桶(70 L)制成两个相同简易生物滤器 I、II, 滤器置于手推车可运移于车间各处净化池水。以亲虾越冬池(4 m<sup>3</sup>)循环水(0.231、0.138 m<sup>3</sup>/h 流量)可简便培养滤器生物膜与有效净化虾池水质。结果表明: 约经 17 d 以循环虾池水培养生物膜获成熟, 并能有效降低池水 TAN、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 浓度; 实验 37 d, 两滤器对 TAN 平均去除率分别为 40.23% 与 45.3%, 对 NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 为 58.4% 与 65.1%; 两滤器 TAN 平均去除速率分别为 0.138、0.081 mg/(m<sup>2</sup>·d), NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 平均去除速率为 0.053、0.035 mg/(m<sup>2</sup>·d)。滤器 I 与 II 均具较强处理 TAN、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 的硝化能力, 且无显著差异(P>0.05)。

**关键词:** 亲虾越冬池; 运移式生物滤器; 滤料; 生物膜; 硝化作用

**中图分类号:** S 962.7      **文献标志码:** A

近些年来天然水域环境污染与富营养化日趋严重, 因此国内外对废水处理技术研究甚为重视<sup>[1]</sup>。自 20 世纪九十年代以来, 为提高虾类养殖技术与利于环境保护, 国内外均有资料报道<sup>[2-3]</sup>, 联用生物滤器、蛋白分离器与臭氧仪等设备组成水处理系统用于处理室内集约化养虾池废水, 可有效去除氨氮(TAN)与亚硝基氮(NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N)等有害物, 并取得良好养殖效果。此类系统成本与能耗高, 难管理与推广<sup>[4-5]</sup>。鉴于目前我国养殖特点, 养殖用水处理再利用迫切需低成本、易操作的设备与技术。以架放于池口简易滤器(滤料: 螺蛳壳, 细沙等)循环处理亲虾越冬池废水<sup>[6-7]</sup>, 虽成本低, 但滤器固定于池口, 难以开展规模化生产应用。实验以常用滤料(沸石、纤维球、生化环)与塑料桶制成生物滤器, 置于自制手推车构制成运移式简易滤器, 其可运行于车间各处循环处理养殖废水; 实验以亲虾越冬池循环水成功培养滤器生物膜, 期间检测与探讨了滤器去除 TAN 与 NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 能力与硝化性能特点, 以期为室内规模化处理养殖废水提供科学与实践依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 实验池与亲虾

以上海郊区育苗场两口锥形底卤虫孵化池作罗氏沼虾(*Macrobrachium rosenbergii*)亲虾越冬池(简称 1、2 号池), 有效容积 2.0 m<sup>3</sup>, 各布设两个曝气石和用于加热控温金属管道。由塑料管(Φ50 mm)将两池底中央排水管接通。实验亲虾取自育苗场, 平均体长(8.9 ± 1.1) cm, 体质量(19.7 ± 4.8) g。将当地河水经沉淀、消毒后作实验用水。实验前, 亲虾已饲养月余。

### 1.2 亲虾池日常管理

早晚分别投喂人工饲料与鱼肉, 半月后全喂鱼肉。水温 27 ℃。每日定时检查虾池与滤器间循环水流动状况, 及时捞出虾壳等污物, 实验期间不换水, 仅适时添加蒸发等损失水量。

### 1.3 简易滤器构制与虾池循环水培养生物膜

#### 1.3.1 运移式简易滤器构制

以两塑料桶(H55 cm, Φ38 cm)盛放滤料, 简称滤桶, 近桶底与顶部开有具阀门的进、出水口, 进出口通过塑料管(Φ50 mm)分别将管道泵(820 W)导出的池水送入滤器与将滤器处理水送回虾

收稿日期: 2017-01-11      修回日期: 2017-05-12

基金项目: 上海市虾类产业技术体系建设项目(沪农科产字[2014]第 5 号)

作者简介: 戴习林(1969—), 男, 教授, 研究方向为水产养殖与海洋生物学。E-mail: xldai@shou.edu.cn

池。两滤桶各取可良好净化水质的生化环(14.0 kg,石英砂烧制品)、纤维球(2.2 kg,纤维丝制品)与沸石(14.7 kg)作滤料<sup>[8-9]</sup>,生化环有大小两种规格。滤料经沸水浸泡消毒后分别装入20目筛绢网袋,按生化环、纤维球、沸石自下而上依

次铺放于滤桶内。桶底放一气石连续曝气。至此构成简易生物滤器 I、II。将两滤器与管道泵均置于手推车便可运移于车间处理池水使用。滤料参数及生物滤器简图分别见表1与图1。

表1 4种滤料有关参数

Tab.1 Correlative parameters of four kinds of filter materials

滤料种类 Stuffing kind	规格/mm Specification	比重/(kg/m <sup>3</sup> ) Proportion	比表面积/(m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ) Surface area	孔径/μm Bore diameter
沸石 Zeolite	3~5	(2.1~2.2) × 10 <sup>3</sup>	2.0 × 10 <sup>6</sup>	5~20
纤维球 Fiber ball	25	9.1 × 10 <sup>2</sup>	3.0 × 10 <sup>3</sup>	
小生化环 Pottery ring	H10/Φ10	3.5 × 10 <sup>3</sup>	3.1 × 10 <sup>6</sup>	30~100
大生化环 Pottery ring	H15/Φ15	6.8 × 10 <sup>2</sup>	2.7 × 10 <sup>5</sup>	30~200

注:滤料及其参数由上海蓝海水产发展有限公司提供

Note:Filter material and its parameters provided by Shanghai Blue Ocean Fisheries Co.,Ltd

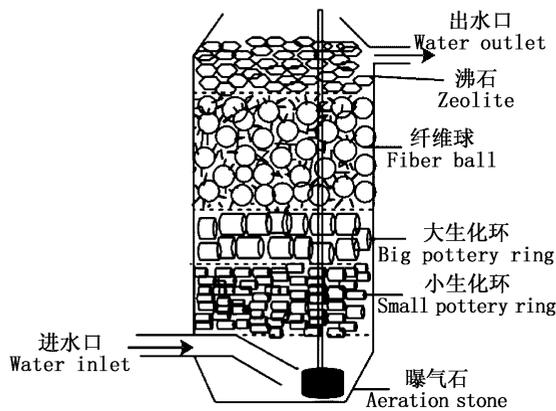


图1 生物过滤器的内部结构图

Fig.1 The internal structure of biological filter

1.3.2 亲虾池循环水培养生物膜工艺流程

由图2可知管道泵通过置于1号虾池底塑料管(以筛绢网罩口)将越冬池水泵出,再经管道分流后分别由进水口流入滤器I和II,经滤器处理后再分别由出水口返回2号虾池。通过调节进出水流量及两池排水口阀门,使1、2号池水位保持平衡。至此形成滤器以循环池水培养生物膜流程。滤器I、II流量分别为0.231与0.138 m<sup>3</sup>/h。利用池水培养生物膜过程实质也是滤器对池水的净化处理,虾池与滤器组成循环水处理系统。

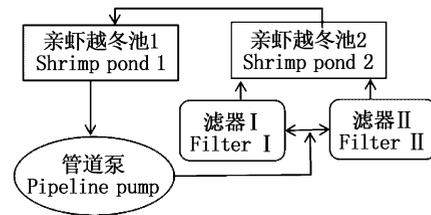


图2 亲虾越冬池循环水培养  
简易过滤器生物膜工艺流程

Fig.2 The technological process of biofilm cultivation in overwintering pond for prawn broodstock

1.4 生物膜培养

虾池与简易滤器组成的循环水处理系统培养生物膜实验历时37 d,期间启动系统时,采取滤器进水(即虾池水)作初始水样,再按进水在两滤器中停留时间间隔分别取两滤器出水作处理水样,采样间隔8 d,期间据水质指标变化状况适时采样测定。测定指标水温、TAN、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N、与硝基氮(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N)等。

1.5 水质指标测定方法

水质指标测定方法参照文献[10-11]。TAN: 萘比色法;NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N:N-1-奈基-己二胺光度法。

污染物浓度去除百分率(简称去除率,R<sub>A</sub>)计算式:

$$R_A(\%) = (C_0 - C_t) / C_0 \times 100\% \quad (1)$$

式中:C<sub>0</sub>、C<sub>t</sub>分别为滤器进、出水污染物浓度(mg/L)。

单位面积滤料日均去除速率(简称去除速率  $D_{RA}$ ) 计算式:

$$D_{RA} [\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})] = (C_0 - C_t) \times V_w \times 24 / (S \times t) \quad (2)$$

式中:  $C_0$  为滤器进水口污染物浓度 ( $\text{mg}/\text{L}$ );  $C_t$  为虾池水在滤器滞留时间  $t$  (h) 后滤器出水口污染物浓度 ( $\text{mg}/\text{L}$ );  $V_w$  为滤器储水量 ( $\text{m}^3$ );  $S$  为滤料总面积 ( $\text{m}^2$ )。

## 2 结果与分析

简便廉价运移式生物滤器成功以亲虾池循环水挂膜,并有效净化虾池水质。图3、图4分别为膜培养期间两滤器进出水 TAN 与  $\text{NO}_2^- - \text{N}$  浓度及去除率随时间变化。

### 2.1 滤器去除池水 TAN 浓度随膜培养时间变化

图3显示:(1)两滤器出水与池水 TAN 浓度基本随时间呈同步波浪式增减变化。滤器 I、II、池水约在第8、13与25天(33 d)出现阶段性不等峰值,极大值分别为 0.800、0.682、1.252  $\text{mg}/\text{L}$ ;第9天两滤器显最低值(0.350、0.275  $\text{mg}/\text{L}$ ),池水为较低值(0.616  $\text{mg}/\text{L}$ );9~17 d 呈上升趋势,17~25 d 转缓增,后至结束趋向递减变化,表明滤器硝化作用渐强于氨化作用。即使高密度、喂鱼肉与未换水,实验结束时,池水 TAN 达 1.101  $\text{mg}/\text{L}$ ,但两滤器出水分别降至 0.604、0.612  $\text{mg}/\text{L}$ 。两滤器出水 TAN 浓度平均值(0.587、0.537  $\text{mg}/\text{L}$ ) 近于初始池水。(2)滤器 TAN 去除率随时间变化实质是随浓度而变化,基本随浓度增加呈降低的相反变化特点,符合资料<sup>[12-13]</sup>报道。两滤器出水 TAN 平均去除率 40.2% 与 45.3%,至中后期(13 d 后),生物膜渐成熟,两滤器 TAN 去除率分别达 43%~50% 与 44%~48%,显示滤器硝化菌活性较强,具较强去除 TAN 能力。经检验两滤器 TAN 去除率无显著性差异。

### 2.2 滤器去除 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 浓度随膜培养时间变化

图4显示:(1)池水与两滤器出水  $\text{NO}_2^- - \text{N}$  浓度随时间呈近似同步变化,先增后降,滤器出水自13 d 急速降至17 d 达低值(0.100、0.079  $\text{mg}/\text{L}$ ),此后维持低值范围直至结束(0.092~0.108、0.067~0.100  $\text{mg}/\text{L}$ ),表明两滤器约17 d 显示生物膜成熟特点<sup>[6,8-9,14]</sup>。(2)全周期池水

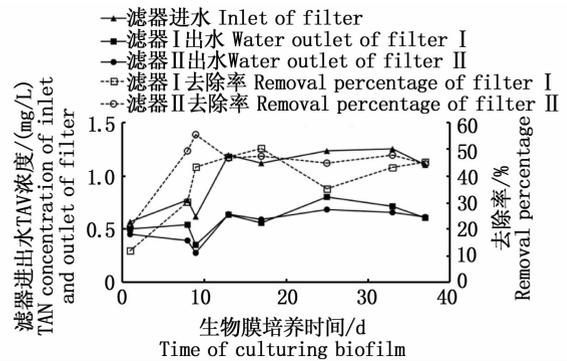


图3 生物膜培养期间简易过滤器进出水 TAN 浓度随时间的变化

Fig. 3 Changes of TAN concentration of influent and effluent of simple bio-filter with time during cultivation of biofilm

$\text{NO}_2^- - \text{N}$  浓度平均为 0.327  $\text{mg}/\text{L}$ ,两滤器出水平均为 0.136 与 0.114  $\text{mg}/\text{L}$ ,平均去除率为 58.4% 与 65.1%,两者去除率无显著差异,且去除率基本也随浓度发生相反变化的通常特点<sup>[12-13]</sup>。以滤料沙子、沸石与活性炭制成滤器,在海水中添加菌种与营养剂培养生物膜,15~17 d 膜成熟<sup>[8]</sup>。有实验用亲虾池循环水培养滤器生物膜约15 d 成熟,37 d TAN 平均去除率 44%~62%,  $\text{NO}_2^- - \text{N}$  去除率 4%~6%<sup>[6]</sup>。可见本实验膜成熟时间与上述报道<sup>[6,8]</sup>相近,但显示更强去除  $\text{NO}_2^- - \text{N}$  能力。

上述表明,两滤器虽流量不同,但去除 TAN 与  $\text{NO}_2^- - \text{N}$  能力与特点相似,池水两指标浓度随时间变化特点受制于两滤器的氨化与硝化作用。

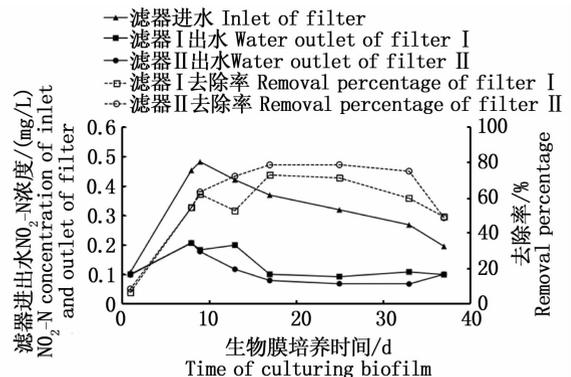


图4 生物膜培养期间简易过滤器进出水  $\text{NO}_2^- - \text{N}$  浓度随时间变化

Fig. 4 Changes of  $\text{NO}_2^- - \text{N}$  concentration of influent and effluent of simple bio-filter with time during cultivation of biofilm

### 2.3 滤器去除 TAN 与 $\text{NO}_2^-$ -N 速率随膜培养时间变化

图 5、6 分别为两滤器平均单位面积滤料去除 TAN 与  $\text{NO}_2^-$ -N 速率  $V$  [ $\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ] 随时间  $t$  (d) 变化曲线,去除率  $V$  随时间  $t$  按 2 次多项式变化,相关方程分别为

TAN 去除速率:

$$\text{滤器 I } V_{\text{I}} = -0.0002t^2 + 0.0115t + 0.0047$$

$$R^2 = 0.7956 \quad (3)$$

$$\text{滤器 II } V_{\text{II}} = -0.0001t^2 + 0.0054t + 0.0143$$

$$R^2 = 0.9267 \quad (4)$$

$\text{NO}_2^-$ -N 去除速率:

$$\text{滤器 I } V_{\text{I}} = -0.0002t^2 + 0.0073t + 0.0096$$

$$R^2 = 0.7680 \quad (5)$$

$$\text{滤器 II } V_{\text{II}} = -0.0001t^2 + 0.0045t + 0.0040$$

$$R^2 = 0.8622 \quad (6)$$

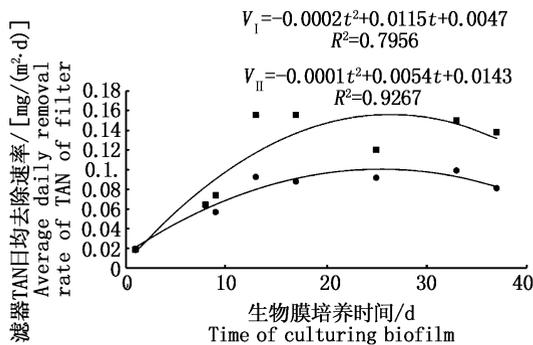


图 5 生物膜培养期间简易过滤器对虾池水 TAN 日均去除速率随时间变化

Fig. 5 Changes of mean removal rate of TAN concentration of simple bio-filter for shrimp pond with time during cultivation of biofilm

方程(3)、(5)与(4)、(6)分别在  $\alpha = 0.05$  与  $\alpha = 0.01$  水平相关,  $V$  与  $t$  存良好相关性。据方程(3)-(6)算得滤器 I、II TAN 分别约在第 28、27 天呈最大去除速率  $0.158$ 、 $0.0872 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ,  $\text{NO}_2^-$ -N 约第 18、22 天呈最大去除速率  $0.076$ 、 $0.0546 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。两滤器 TAN 与  $\text{NO}_2^-$ -N 平均去除速率分别为  $0.138$ 、 $0.081 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$  与  $0.053$ 、 $0.035 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。可见滤器 I 对两指标去除速率高于 II, 但无显著差异 ( $P > 0.05$ )。两滤器对 TAN 与  $\text{NO}_2^-$ -N 去除速率随时间变化实质是浓度随时间变化的反应, 因反应速度受制于反应物浓度并随其增大而加快<sup>[12-13]</sup>。滤器 II 曲线变化较 I 平缓, 可能因其流量较低, 处理水

与滤料接触较充分, 净化效果变化较平稳。

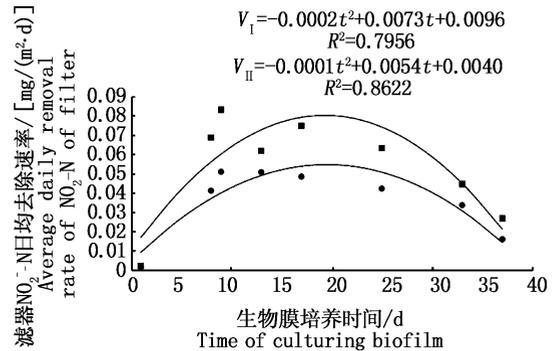


图 6 生物膜培养期间简易过滤器对虾池水  $\text{NO}_2^-$ -N 日均去除速率随时间变化

Fig. 6 Changes of average daily removal rate of  $\text{NO}_2^-$ -N concentration of simple bio-filter for shrimp pond with time during cultivation of biofilm

## 3 讨论

### 3.1 运移式滤器的简便挂膜及净化能力

据经验与文献[6-9], 实验用沸石与纤维球等常用滤料及塑料桶制成简易滤器, 将其与管道泵共置于自制手推车, 方便运移于车间各处净化池水是可行而有效的。设备构制与操作简单, 成本低廉, 易于推广。

滤器以亲虾池循环水培养生物膜简便可行, 约 17 d 成熟, 并可有效去除池水 TAN 与  $\text{NO}_2^-$ -N 等有害物质。膜培养期间, 两滤器出水与池水 TAN 与  $\text{NO}_2^-$ -N 浓度随时间基本呈同步波浪式变化、约自第 17 天起基本趋向较平缓降低变化特点。所呈特点与虾池条件及池水与滤器的氨化、硝化作用强度有关。17 d 前生物膜尚未成熟, 但池水适宜温度与丰富营养, 为氨化菌繁育提供了良好条件<sup>[15-16]</sup>。第 9 天前, 三者 TAN 趋向急剧上升即是强氨化作用的体现。由于虾池水温与养殖密度高、喂鱼肉、不及时换水, 使池水含较高浓度 TAN 与  $\text{NO}_2^-$ -N, 但约至第 17 天生物膜成熟后, 硝化菌渐成优势种群, 控制池水 TAN 与  $\text{NO}_2^-$ -N 浓度逐步趋向平缓降低变化,  $\text{NO}_2^-$ -N 维持低于初始值的低值范围 ( $< 0.1 \text{ mg}/\text{L}$ ) 直至结束。两滤器去除两指标的硝化能力强于文献报道<sup>[6, 17-18]</sup>。两滤器对 TAN 与  $\text{NO}_2^-$ -N 去除率与去除速度变化受制于浓度变化。

### 3.2 运移式简易滤器较强硝化能力

滤器Ⅱ对 TAN 与  $\text{NO}_2^-$ -N 平均去除率分别为Ⅰ的 1.2 与 1.1 倍,但滤器Ⅰ对两指标去除速率均为Ⅱ的 1.5 倍,可见同时间内,滤器Ⅰ有更多废水处理量。废水在滤器Ⅱ停留时间为Ⅰ的 1.7 倍。低流量,即水在滤料中较长停留时间利于提高去除率,但却降低了去除速率,不同流量未显著影响两滤器硝化能力。若以滤料单位体积日均去除污染物量表示污染物去除速率,滤器Ⅰ、Ⅱ TAN 去除速率为 66.62 与 44.85  $\text{mg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。何洁等<sup>[19]</sup>简易滤器单位体积滤料日均去除养鱼水 TAN 速率仅为实验的 53.3% 与 79.2%。可见实验滤器具较强硝化速率。周期内,滤器对 TAN 与  $\text{NO}_2^-$ -N 去除速率随时间变化的实质是去除速率随进水污染物浓度的增减而发生相应增减变化<sup>[12-13]</sup>。可见污染物浓度是影响滤器硝化速率的重要因素。

实验表明,自制运移式简易滤器以亲虾池循环水培养生物膜成熟后,采用 0.231 与 0.138  $\text{m}^3/\text{h}$  流量可有效去除虾池水 TAN 与  $\text{NO}_2^-$ -N,显示良好净化水质功能。如要进一步降低池水 TAN 与  $\text{NO}_2^-$ -N 浓度或增加废水处理量,可适当增加滤器容积与滤料量;若手推车增设紫外消毒器可进一步提高处理水质量。

#### 参考文献:

- [1] WANG B, WANG W, HAN H J, et al. Nitrogen removal and simultaneous nitrification and denitrification in a fluidized bed step-feed process[J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2012, 24(2): 303-308.
- [2] DAVIS D A, ARNOLD C R. The design, management and production of a recirculating raceway system for the production of marine shrimp[J]. *Aquacultural Engineering*, 1998, 17(3): 193-211.
- [3] 臧维玲,戴习林,徐嘉波,等.室内凡纳滨对虾工厂化养殖循环水调控技术与模式[J]. *水产学报*, 2008, 32(5): 749-757.  
ZANG W L, DAI X L, XU J B, et al. The technique and mode of regulating-controlling circulation water for indoor industrial culture of *Penaeus vannamei* [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2008, 32(5): 749-757.
- [4] LIN Y F, JING S R, LI D Y. The potential use of constructed wetlands in a recirculating aquaculture system for shrimp culture[J]. *Environmental Pollution*, 2003, 123(1): 107-113.
- [5] 臧维玲,张煜,戴习林,等.人工湿地联合塘内设施调控生产性虾塘水环境的效果与技术[J]. *水产学报*, 2012, 36(4): 569-575.  
ZANG W L, ZHANG Y, DAI X L, et al. The effect and application of treatment for wastewater of productive shrimp aquaculture by constructed wetlands combined with pond facilities[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2012, 36(4): 569-575.
- [6] 臧维玲,朱正国,张建达,等.简易过滤装置对罗氏沼虾亲虾越冬池水质的净化作用[J]. *上海水产大学学报*, 1995, 4(1): 20-26.  
ZANG W L, ZHU Z G, ZHANG J D, et al. The purification of the water quality in the overwintering parent shrimp pond for *Macrobrachium rosenbergii* by using the simple filter apparatus [J]. *Journal of Shanghai Fisheries University*, 1995, 4(1): 20-26.
- [7] 江敏,臧维玲,戴习林,等.微生物及生物滤器在罗氏沼虾亲虾越冬中的应用[J]. *水产科技情报*, 2000, 27(1): 13-18.  
JIANG M, ZANG W L, DAI X L, et al. The application of microorganisms and recycling filter to overwintering cultivation of *Macrobrachium rosenbergii* [J]. *Fisheries of Science & Technology Information*, 2000, 27(1): 13-18.
- [8] 何洁,刘长发,张红霞.3种载体上生物膜的硝化性能[J]. *中国水产科学*, 2003, 10(1): 59-62.  
HE J, LIU C F, ZHANG H X. Nitrification performances of biofilm on three types of filter media[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2003, 10(1): 59-62.
- [9] 蔡云龙,臧维玲,姚庆祯,等.四种滤料去除氨氮的效果[J]. *上海水产大学学报*, 2005, 14(2): 138-142.  
CAI Y L, ZANG W L, YAO Q Z, et al. Effects of removing ammonia with four filters[J]. *Journal of Shanghai Fisheries University*, 2005, 14(2): 138-142.
- [10] 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,2002:200-284.  
State Environmental Protection Administration. *Water and Wastewater Monitoring Analysis Methods* [M]. 4th ed. Beijing: China Environment Science Press, 2002: 200-284.
- [11] 国家质量技术监督局. GB 17378.4—1998 海洋监测规范第四部分:海水分析[S].北京:中国标准出版社,1998:142-143,150-162.  
State Bureau of Quality and Technology Supervision. GB 17378.4-1998 The Specification for Marine Monitoring Part 4: Seawater analysis [S]. Beijing: China Standard Press, 1998: 142-143, 150-162.
- [12] 臧维玲,刘永士,戴习林,等.低频率运转下人工湿地对养虾水的去氮作用及其动力学[J]. *农业工程学报*, 2013, 29(18): 210-217.  
ZANG W L, LIU Y S, DAI X L, et al. Performance and dynamics of nitrogen removal in constructed wetlands at low frequency for shrimp culture[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2013, 29(18): 210-217.
- [13] 吴振斌,李谷,付贵萍,等.基于人工湿地的循环水产养

- 殖系统工艺设计及净化效能[J]. 农业工程学报, 2006, 22(1): 129-133.
- WU Z B, LI G, FU G P, et al. Technological design and purification performance of a recirculation aquaculture system based on constructed wetlands [J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(1): 129-133.
- [14] 山形阳一. 循环过滤设备的维护和管理[J]. 孟志平, 译. 水产科技情报, 1991, 18(2): 58-60.
- YOUCHI Y K. Maintenance and management of recirculating biofilter instruments [J]. MENG Z P, trans. Fisheries of Science & Technology Information, 1991, 18(2): 58-60.
- [15] 马娟, 彭永臻, 王丽, 等. 温度对反硝化过程的影响以及 pH 值变化规律[J]. 中国环境科学, 2008, 28(11): 1004-1008.
- MA J, PENG Y Z, WANG L, et al. Effect of temperature on denitrification and profiles of pH during the process [J]. China Environmental Science, 2008, 28(11): 1004-1008.
- [16] 马悦欣, 刘长发, 邵华, 等. 两种载体生物膜中异养细菌数量动态及其氨化作用[J]. 大连水产学院学报, 2004, 19(2): 138-141.
- MA Y X, LIU C F, SHAO H, et al. Dynamics of heterotrophic bacteria and ammonification in biofilms associated with two carriers [J]. Journal of Dalian Fisheries University, 2004, 19(2): 138-141.
- [17] 谢曙光, 张晓健, 王占生. 生物滤池系统内生化学作用机理综合研究[J]. 环境科学学报, 2002, 22(5): 557-561.
- XIE S G, ZHANG X J, WANG Z S. Integrated study on biochemical mechanism in biofilter system [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2002, 22(5): 557-561.
- [18] 苏俊峰, 王继华, 马放, 等. 好氧反硝化细菌的筛选鉴定及处理硝酸盐废水的研究[J]. 环境科学, 2007, 28(10): 2332-2334.
- SU J F, WANG J H, MA F, et al. Isolation and identification of aerobic denitrifiers and dispose the wastewater of  $\text{NO}_3\text{-N}$  [J]. Environmental Science, 2007, 28(10): 2332-2334.
- [19] 何洁, 刘长发, 王海, 等. 3 种载体生物滤器对养殖废水处理效果[J]. 中国水产科学, 2003, 10(3): 242-245, 241.
- HE J, LIU C F, WANG H, et al. Treatment of cultivating wastewater by three types of filter media [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2003, 10(3): 242-245, 241.

## Construction of simple movable bio-filters and their nitrification performance during biofilm development

DAI Xilin<sup>1</sup>, CAI Qinglin<sup>1</sup>, ZANG Weiling<sup>1</sup>, YANG Ming<sup>2</sup>, DING Fujiang<sup>2</sup>, ZHU Qijian<sup>1</sup>

(1. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Shanghai Shencao Special Fisheries Development Company, Shanghai 201516, China)

**Abstract:** This paper describes the construction of the simple moveable bio-filters. Additionally, the feasibility of biofilm developed through using tank water for raising prawn broodstock and its nitrification performance were evaluated in a recirculating system stocked with *Macrobrachium rosenbergii*. Common media such as zeolite, fiber ball and biochemical ring (Total weight 30.9 kg) were put into plastic barrel (Total volume 70 L) to make a simple bio-filter. The two same bio-filters named I and II were used in current research that served as the recirculation filter. It should be noted that the bio-filter can be placed in a trolley transporting to any tank in aquaculture workshop to treat water. Two culture tanks were used as the main system in which *Macrobrachium rosenbergii* were grown as a source of waste nutrients. Tank water flowed out of overwintering ponds (4 m<sup>3</sup>) for broodstock and was mechanically filtered through the simple bio-filters I (0.231 m<sup>3</sup>/h) and II (0.138 m<sup>3</sup>/h) by pumps. The results showed that the biofilm can be developed after about 17 days through using tank water for raising prawn broodstock. Concentrations of TAN and NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N can be effectively reduced by the simple moveable bio-filters. Resulting average removal rates were 40.23%, 45.3% in TAN and 58.4%, 65.1% in NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N in 37 d by the two filters I and II. Average removal rates were 0.138 mg, 0.081 mg TAN/(m<sup>2</sup>·d), while 0.053 mg, 0.035 mg NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N/(m<sup>2</sup>·d) by filters I and II. The results of this study showed that filters I and II have high nitrification efficiency in removing TAN and NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N, and no significant differences were observed between I and II ( $P > 0.05$ ).

**Key words:** overwintering ponds for broodstock; simple moveable biofilter; filter media; biofilm; nitrification