

以可生物降解聚合物为碳源去除海水闭合循环养殖系统中的硝酸盐

谭洪新, 赖才胜, 罗国芝, 孙大川, 阮赞杰, 周 炜

(上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306)

摘要: 针对海水闭合循环养殖系统废水脱氮过程中低 C/N 的问题, 采用室内试验装置, 研究了以可生物降解聚合物材料(BDPs)PBS 为碳源和生物膜载体的填料床反应器对含盐水体中硝酸盐的去除效果及其影响因素。结果表明, 反应器能有效去除含盐水体中的硝酸盐, 出水 DOC 浓度小, 出水 pH 值随反硝化反应的进行有上升的趋势。温度和水力停留时间对反应器的脱氮效率影响较大, 在温度为 14~30℃ 范围内, 温度为 30℃ 时的反硝化速率比 14℃ 时的 2 倍还要大, 反硝化温度常数为 0.039; 水力停留时间对 NO₃⁻-N 去除率起重要作用, NO₃⁻-N 去除率随水力停留时间的延长而提高。进水 NO₃⁻-N 浓度对反应器的处理效率有一定影响, 浓度过高会导致 NO₃⁻-N 去除率下降。反应器对进水 pH 值和 DO 冲击负荷的适应能力很强, 当进水 pH 值在 5.0~9.0 与进水 DO 在 2.1~6.8 mg/L 范围内变化时, 反应器的 NO₃⁻-N 去除率基本没有变化。

关键词: 碳源; 硝酸盐; 含盐水体; 循环水养殖系统; 可生物降解多聚物

中图分类号: S953.9

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2010)06-0022-06

近年来, 海洋水产养殖业成为发展速度最快的产业之一, 被认为是海洋产业经济的重要增长点。目前, 海水养殖业正逐步向集约化、工厂化模式方向发展。闭合循环养殖方式在世界范围内已很普及^[1, 2]。在循环水养殖系统(recirculated aquaculture systems, RAS)中, 常采用生物硝化作用将氨氮转化为硝酸盐氮, 长期闭路循环引起硝酸盐的大量积累, 据报道在循环水养殖系统中积累的硝酸盐氮浓度最大可达 400~500 mg/L^[3, 4], 相对于氨氮和亚硝酸盐氮而言, 硝酸盐氮的毒性相对较小, 但是在高浓度的情况下, 其对养殖对象尤其是海水生物的影响仍然很显著^[5~7]。因此, 脱氮功能单元需要在闭合循环养殖系统的整体设计中加以考虑和构建^[8]。

在众多硝酸盐去除技术中, 生物法是运用最广的方法^[9]。生物法利用自然界中氮循环的反硝化过程, 由反硝化细菌将硝酸盐转化为氮气, 是被认为最经济、最环保的一种技术。生物法根据细菌所利用的碳源不同, 又分为自养反硝化法和异养反硝化法^[10]。由于自养菌生长繁殖较慢, 脱氮速率低, 所需的反应器容积要求较大, 脱氮成本也较高, 因此从海水闭合循环养殖系统水体环境特点及经济方面考虑, 采用异养反硝化工艺更为合适。目前, 异养反硝化应用于闭合循环养殖系统废水脱氮的关键难题在于缺

乏适合的碳源材料。添加甲醇、乙醇、葡萄糖等可溶性碳源存在过量的风险, 尤其在循环水养殖系统硝酸盐存在波动的情况下, 很容易造成出水中含有多余的液体碳源, 而残留的液体碳源本身有毒会对养殖对象造成潜在的危险。棉花、稻草、麦秆等固体碳源也因为存在碳源释放效率低, 成分复杂在去除水体中硝酸盐的同时易污染出水水质等因素而没有在循环水养殖系统的脱氮中受到重视。近年来, 有研究者采用可生物降解聚合物(biodegradable polymers, BDPs)作为固体碳源去除循环养殖水系统中的硝酸盐, 并取得良好效果^[11~13]。但先前的相关研究多局限于去除淡水水体的硝酸盐, 对于应用 BDPs 工艺处理含盐水体中硝酸盐的研究尚未见报道。

基于上述考虑, 作者以一种商用的 BDPs 材料 PBS 为填料床反应器的填料, 以人工合成的含盐水体为处理对象, 主要考察了反应器对含盐水体中硝酸盐的去除效果及其影响因素, 目的在于为海水闭合循环养殖系统的反硝化功能单元设计和操作运行

收稿日期: 2009-11-08; 修回日期: 2009-12-28

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2006BAD03B06); 上海市重点学科建设项目(S30701)

作者简介: 谭洪新(1968-), 男, 四川资阳人, 博士, 教授, 主要从事设施渔业和生态工程研究, E-mail: hxtan@shou.edu.cn; 赖才胜, 通信作者, 电话: 021-65900402, E-mail: cslai310@yahoo.com.cn;

提供适宜的碳源和实验基础。

1 材料与方法

1.1 实验材料

可生物降解材料的加工技术目前多采用将淀粉与可聚烯烃材料共混，一方面改善了淀粉与可生物

降解材料的相融性，使其具有良好的耐水性和力学性能，同时可以降低生产成本，产物完全降解^[14]。本实验采用的商用 PBS 为淀粉与聚烯烃材料相溶后形成的共聚物，其价格可降至 4 200 元/t 以下^[15]，特性见表 1，购于湖北武汉市科恩克科技有限公司。本实验中所用的污泥取自于上海市东区污水处理厂。

表 1 实验用 PBS 材料的主要特征

Tab.1 Characteristics of the experimental PBS

相对密度	热变形温度(°C)	断裂强度(MPa)	断裂伸长率(%)	干燥失重(%)	淀粉质量分数(%)
1.15	89	28	300	0.1	40

1.2 接种物的培养

取 500 mL 的平底烧瓶，加入 PBS 颗粒 180 g 和陈化自来水配水 300 mL(加入硝酸钾和磷酸二氢钾，使硝酸盐氮与磷的质量浓度分别保持在 60~80 mg/L 与 10 mg/L)，然后加入活性污泥，污泥质量浓度控制在 1 500mg/L 左右，瓶口用橡胶塞密封，保持平底烧瓶内缺氧环境，DO 为 2 mg/L 左右。把平底烧瓶放入恒温振荡器上，对反硝化微生物进行驯化。驯化时温度为(29±1)°C，振荡速度为 70 r/min，每天换水，监测平底烧瓶中硝酸盐氮和亚硝酸盐氮。培养 2 周左右，然后选用此 PBS 颗粒作为反应器的接种物。

1.3 实验装置与接种驯化

试验反应器装置如图 1 所示，反应器为褐色不透明 PVC 工程塑料柱，以消除光合细菌影响。反应器体高 60 cm，内径 10 cm。把培养的接种物移入反应器，然后往反应器内装填 PBS 颗粒，填料填充高度为 35 cm。进水由配水池经蠕动泵打入反应器，进水采用逆流方式，流速由蠕动泵控制，进水前充氮气以控制水中溶解氧。试验进水由陈化自来水配置而成，成分为：NO₃⁻-N(以 KNO₃ 配)25~236 mg/L，KH₂PO₄10 mg/L，

MgCl₂·6H₂O 200 mg/L，FeSO₄·7H₂O 10 mg/L，CaCl₂·2H₂O 10 mg/L，NaCl 30 000 mg/L，配好后的试验进水盐度为 30。该盐度条件适合绝大部分海水养殖对象生存。反应器驯化阶段，保持 HRT 为 8 h，以高浓度硝酸盐氮对反应器里的细菌进行培养和驯化，并每天检测反应器的 NO₃⁻-N、NO₂⁻-N、DOC 以及 pH 值。

1.4 反应器反硝化性能的研究

反应器稳定运行两周后，研究各影响因子对反应器反硝化性能的影响。若没有特别提出，进水一般条件为 NO₃⁻-N100 mg/L，HRT5 h，温度(29±1)°C，DO2 mg/L±0.2 mg/L，pH 值 7.55±0.2。

1.5 测定方法

水样经 0.45 μm 滤膜过滤后测定各参数，硝酸盐氮和亚硝酸盐氮分别采用紫外分光光度法和盐酸萘乙二胺比色法测定，紫外分光光度仪为 Spectrumlab752S；DOC 采用岛津 TOC 仪(TOC-500)分析测定；YSI556MPS 多参数水质测量仪测定 pH、DO、温度和盐度。

2 结果与分析

2.1 反硝化过程中出水 DOC 浓度的变化

从图 2 可以看出，在反应器运行的初期，出水 DOC 浓度较高，此时，微生物刚接种到含盐水体中，反硝化菌和降解菌都没有长起来，出水 DOC 主要是由附着在 PBS 颗粒表面的小分子物质溶解到水溶液中导致的。随着时间的推移，PBS 颗粒表面附着的微生物数量开始逐步增加，由于有机碳源充足，反硝化细菌开始迅速生长并利用有机碳源作为电子供体对 NO₃⁻-N 进行反硝化，出水的 DOC 浓度开始迅速下降。同时，PBS 降解菌也开始逐渐适应含盐水体的

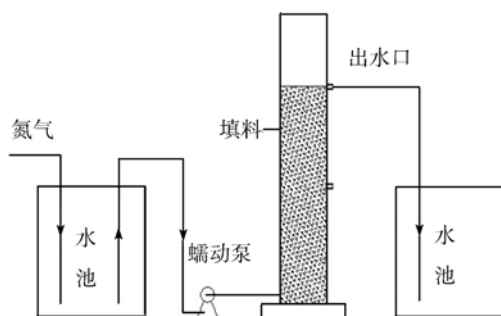


图 1 试验反应装置图

Fig. 1 Flow diagram of the experimental setup

环境, 开始降解有机碳源, 反应器运行半个月左右, 反硝化菌的利用量与 PBS 的分解量达到一个平衡状态, 即 PBS 分解的碳源量与反硝化所利用的碳源量相当, 出水 DOC 浓度与进水 DOC 浓度相接近基本稳定在 30 mg/L 左右。Volokita 等^[16]研究了以棉花与报纸为碳源去除地下水硝酸盐, 并发现实验初期出水 DOC 浓度过高的问题。本实验结果表明, 以 PBS 为碳源相比以纤维素成分为碳源的反应器, 装置运行初期出水 DOC 还是相对比较低的。

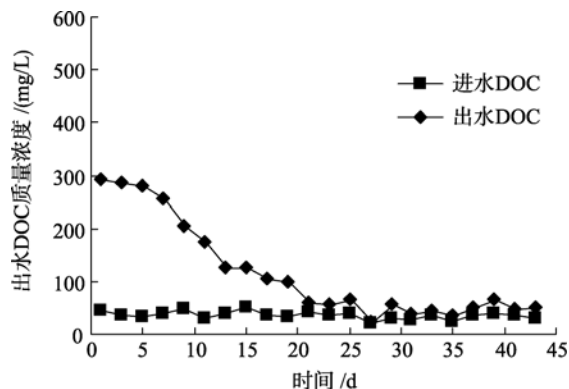


图 2 反硝化过程中出水 DOC 浓度的变化
Fig. 2 Variations of DOC concentrations of the effluent

2.2 反硝化过程中出水 pH 值的变化

在循环养殖水系统中, 硝化型生物滤器在氨氮转化过程中消耗碱度而引起 pH 值下降, 当 pH 值小于 6.0 时, 生物过滤器工作效率将大为下降, 甚至停止, 因此常需要添加缓冲剂来维持稳定 pH 值。而以 PBS 为碳源去除养殖废水中的硝酸盐刚好可以弥补系统这一方面的不足, 因为异养反硝化菌在把硝酸盐转变为 N_2 的同时, 会产生碱度, 因此反硝化过程本身有使反应器出水 pH 值增高的趋势。如图 3 所示, 以 PBS 为碳源去除含盐水体中硝酸盐的反硝化过程中, 随着反硝化反应的进行, 出水 pH 值有所上升, 之后 pH 趋于稳定, 在 7.41~8.12 之间变化。Ovez 等^[17]以甘草和龙须菜为碳源去除饮用水的硝酸盐, 实验结果表明随着反硝化实验的进行, 出水 pH 有上升的趋势。Boley 等^[11]研究了以可降解多聚物作为反硝化碳源和附着载体去除闭合循环养殖系统的硝酸盐, 结果表明: 随着实验的进行, 对照组的 pH 逐渐下降, 需要添加 $NaHCO_3$ 来维持 pH 的稳定性, 而配置以 PHB (Poly-3-hydroxybutyrate) 填料床反应器的系统不添加 $NaHCO_3$ 系统也有很好的 pH 稳定性。

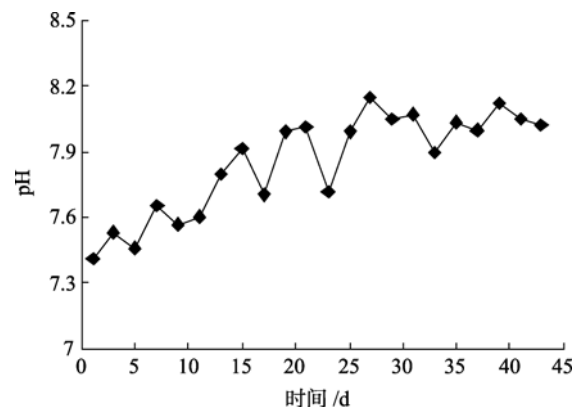


图 3 反硝化过程中出水 pH 值的变化
Fig. 3 Variations of pH values of the effluent

2.3 温度对反应器反硝化的影响

图 4 所示是温度变化范围为 14~30℃ 时, 温度对反应器反硝化速率的影响。从图 4 可以看出以 PBS 为碳源去除含盐水体硝酸盐的反硝化反应受温度影响很大。30℃ 时的反硝化速率比 14℃ 时的反硝化速率 2 倍还要大, 这是因为 PBS 降解菌和反硝化细菌大多属于中温型细菌, 温度在中温阶段时, 随着温度的升高, 细菌活力旺盛, 代谢速度加快, 反硝化速率也随之显著提高。王旭明等^[18]在研究以可降解餐盒为碳源去除地下水中硝酸盐时也得出相似结果。这表明温度是影响 BDPs 工艺水体脱氮的一个重要因素。

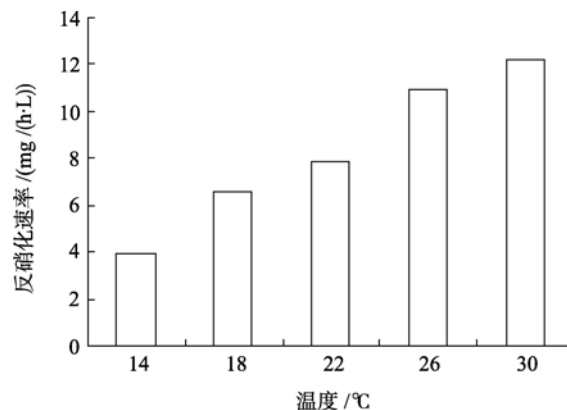


图 4 温度对反应器反硝化的影响
Fig. 4 Temperature affects denitrification performance

温度对反硝化的影响可以用 Arrhenius 方程或者其修改式(1)来描述^[19]:

$$RD_t = RD_{20} \cdot 10^{k(t-20)} \quad (1)$$

式中: RD_t 为 $t^\circ C$ 时的反硝化速率; RD_{20} 为 $20^\circ C$ 时的反硝化速率; K 为温度常数; t 为温度。

对(1)式两边取对数并整理得到(2)式:

$$\lg RD_t = (t-20)K + \lg 20 \quad (2)$$

根据(2)式对温度和反硝化速率进行拟合, 结果表明(如图 5 所示), 在温度 14~30℃ 范围内, 以 PBS 为碳源去除含盐水体硝酸盐的温度常数 $K=0.039$, 介于文献报道的 0.02~0.08 之间^[19]。

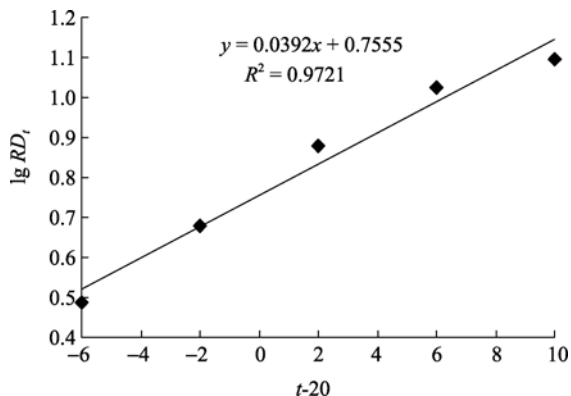


图 5 以 PBS 为碳源反硝化的温度常数

Fig. 5 The temperature constant of denitrification with PBS as carbon source

2.4 水力停留时间对反应器反硝化的影响

反应器稳定运行 2 星期后, 考察 HRT 对反应器反硝化的影响, 结果如图 6 所示。在 HRT 为 1.6~15 h 的范围内, 当 HRT 为 1.6 h 时, NO_3^- -N 去除率速率仅为 18.5%, 随着 HRT 的逐步提高, 去除率也随之上升, 当 $\text{HRT} > 7.8$ h 时, NO_3^- -N 去除率开始高于 90%。这表明 HRT 是以 PBS 为碳源去除含盐水体中硝酸盐的重要因素。HRT 影响反应器硝酸盐去除效果的原因在于 PBS 颗粒是非水溶性物质, 只能在降解菌的降解作用下缓释碳源为反硝化细菌提供电子供体。HRT 越长就会有更多的碳源溶出, NO_3^- -N 去除率就越高。在含盐水体里, 盐度的存在对反硝化细菌和降解菌都有一定的抑制作用, 碳源的溶出速率较淡水水体更慢, 因此需要较长的 HRT 才能达到较高的硝氮去除率。当 HRT 较大时, 虽然硝氮去除率可以达到很高, 但后几个小时反硝化速率很低, 反硝化反应进行很缓慢, 此时较长的 HRT 就又失去了意义, 因此适当的 HRT 是影响反应器反硝化效果和反硝化功能单元工程造价的一个主要因素。

2.5 进水硝酸盐氮浓度对反应器反硝化的影响

图 7 所示为进水 NO_3^- -N 质量浓度为 25~236 mg/L

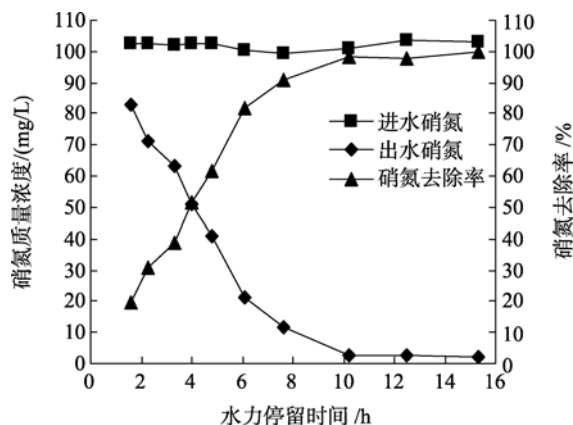


图 6 水力停留时间对反应器反硝化的影响

Fig. 6 Effects of HRT on denitrification performance

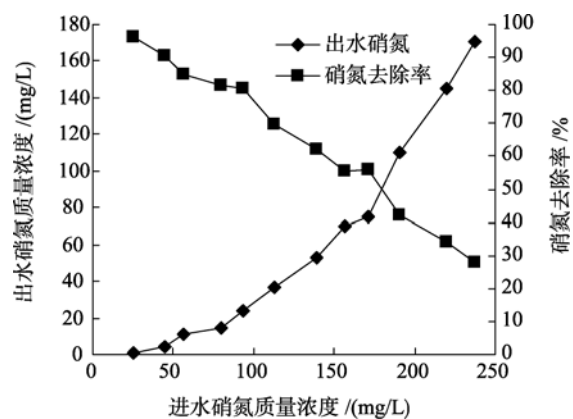


图 7 进水 NO_3^- -N 浓度对反应器反硝化的影响

Fig. 7 Effect of influent nitrate concentrations on denitrification performance

的条件下, 进水 NO_3^- -N 浓度与 NO_3^- -N 去除率的关系。从图 7 可以看出, 进水 NO_3^- -N 质量浓度为 25~93 mg/L 之间变化时, 反应器的脱氮效果较好, 去除率保持在 80% 以上; 当进水 NO_3^- -N 从 93 mg/L 逐渐提高到 170 mg/L 时, NO_3^- -N 去除率也相应的逐渐下降到只有 50% 左右; 进一步提高 NO_3^- -N 浓度到 236 mg/L 时, 硝酸盐去除率已降至 27.6%。可见, 高的进水硝酸盐负荷对脱氮效率有较大影响。当进水 NO_3^- -N 浓度上升后, 环境中的 C/N 过低, 即 PBS 降解菌降解的碳源相对于环境中的氮素而言处于非饱和状态, 不足以为反硝化菌提供充足的电子供体, 于是残留在水体中随水流出反应器, 从而导致脱氮效率的降低。另外, 进水 NO_3^- -N 浓度提高到一定浓度后, 会对降解菌产生一定的毒害作用, 影响到降解菌正常的新陈代谢, 进而使环境中 C/N 比进一步下降并对反硝化反应产生不利影响。因此, 通过对反

反应器具体工况条件进行优化,提高反应器的脱氮效率,使闭合循环养殖系统水体中的硝酸盐浓度处于低水平范围内,有利于反硝化反应器的稳定运行。

2.6 进水 pH 值对反应器反硝化的影响

进水 pH 值对含盐水体反硝化反应的影响如图 8 所示。从图 8 可以看出,以 PBS 为碳源的反硝化反应对 pH 值波动适应能力很强,当进水 pH 值在 5.0~9.0 之间变化时,NO₃⁻-N 去除率为 80%~87.5%,反硝化反应没有受到显著抑制。以 PBS 为碳源的反应器对进水 pH 冲击负荷适应能力强原因主要是 PBS 填料表面能够形成稳定致密的生物膜, PBS 内层的微生物得到生物膜及生长在生物膜表层的其他菌群的保护作用,因此进水 pH 对反应器的脱氮效率影响比较小。周海红等^[15]研究了 pH 对以 PBS 为碳源和生物膜载体去除饮用水源水中硝酸盐,结果表明进水 pH 值在 4.5~9.5 之间变化时,反硝化速率变化不大为 0.48~0.7 mg/(g·d),这与本试验的研究结果是一致的。

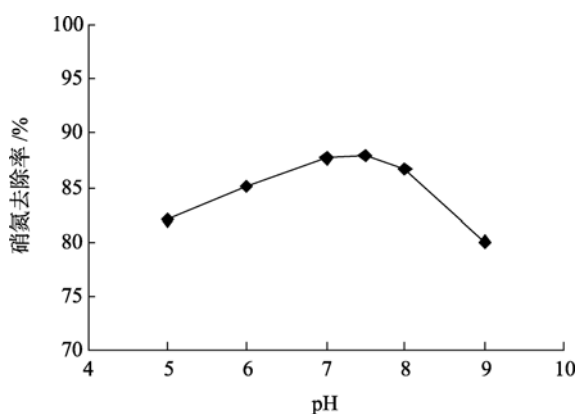


图 8 进水 pH 值对反应器反硝化的影响

Fig. 8 Effect of influent pH on denitrification performance

2.7 进水 DO 对反应器反硝化的影响

本试验研究了进水 DO 对以 PBS 为碳源去除含盐水体硝酸盐反应器的影响。试验结果表明,进水 DO 在 2.1~6.8 mg/L 之间变化时对反应器的反硝化反应无显著影响,NO₃⁻-N 去除率为 84.5%~86.8%。一般而言,异养反硝化反应需要在厌氧环境下进行,进水 DO 对异养反硝化反应的影响较大,然而,本试验结果表明进水 DO 对以 PBS 为碳源的反应器 NO₃⁻-N 去除率基本没有影响。类似的,周海红^[20]利用可生物降解聚合物去除饮用水源水中硝酸盐,发现当 DO 质量浓度介于 1.4~8.5 mg/L 时,对 PBS 反

硝化反应影响不大。进水 DO 对 PBS 反硝化反应没有显著抑制作用与以下原因有关:生物膜的结构对反硝化耐 DO 冲击负荷能力有很大影响,当以 PBS 为反硝化碳源和微生物载体时,反硝化细菌很容易在 PBS 颗粒表面附着生长,并发展出致密、结构良好的生物膜^[21],水中的 DO 是通过扩散传递进入生物膜的,在生物膜中的传递阻力较大,扩散速率低,从而使生物膜内层仍处于厌氧状态。另一方面,生物膜还具有良好的分层结构,在生物膜表层可以生长一些好氧微生物等混合菌,当水中的氧气在向内层扩散的过程中被外层的好氧微生物分解消耗掉,因此位于内层的反硝化菌受到了很好的保护作用。这一特点使得 BDPs 工艺在循环水养殖系统的废水脱氮中具有巨大的优势,因为养殖水体溶解氧浓度一般比较高,是高溶氧水体,BDPs 工艺使养殖水体高溶氧环境下的异养反硝化成为可能,是一种非常适合于循环水养殖系统废水脱氮的反硝化工艺。

3 结论

(1) 以 PBS 为碳源和生物膜载体的生物反硝化法能有效去除含盐水体中硝酸盐,没有检测到亚硝酸盐的明显积累。在反硝化过程中,出水 DOC 浓度低,实验初期出水 pH 值有所上升,之后趋于稳定。

(2) 温度、水力停留时间和进水 NO₃⁻-N 浓度对以 PBS 为碳源去除含盐水体中硝酸盐填料床反应器的脱氮效率具有较大影响。

(3) 以 PBS 为碳源和生物膜载体的生物膜对内部的反硝化细菌有很好的保护作用,反应器对进水 pH 和溶解氧的冲击负荷适应能力强。

(4) BDPs 是一种适合于海水闭合循环养殖系统废水脱氮的碳源材料,随着新 BDPs 材料的不断涌现和原有 BDPs 生产成本的逐步下降,使应用 BDPs 工艺去除海水闭合循环养殖系统的硝酸盐成为可能。

参考文献:

- [1] 刘长发, 慕志仁, 何洁, 等. 环境友好的水产养殖业[J]. 大连水产学院学报, 2002, 17(3): 220-226.
- [2] 江敏, 顾国维, 李泳梅. 我国水产养殖业对环境的影响及对策[J]. 重庆环境科学, 2003, 25(50): 11-14.
- [3] Otte GRosenthal H. Management of closed brackish-water system for high density fish culture by biological and chemical water treatment[J]. *Aquaculture*, 1979, 18: 169-181.
- [4] Honda H, Watanaba Y, Kikuchi K, et al. High density rearing of Japanese Flounder, *Paralichthys olivaceus* with a closed seawater recirculation system equipped with a deni-

- trification unit[J]. *Suisanzoshoku*, 1993, 41: 19-26.
- [5] van Rijn J, Tal Y, Schreier H J. Denitrification in recirculating systems: theory and applications [J]. *Aquacultural Engineering*, 2006, 34: 364-376.
- [6] 车轩, 罗国芝, 谭洪新, 等. 脱氮硫杆菌的分离鉴定和反硝化特性研究[J]. *环境科学*, 2008, 29(10): 2 932-2 937.
- [7] 阮赞杰, 谭洪新, 罗国芝, 等. 硫自养反硝化对含盐水体脱氮及其动力学模型[J]. *农业工程学报*, 2009, 25(2): 167-172.
- [8] 刘鹰, 杨红生, 张福绥. 封闭循环水工厂化养鱼系统的基础设计[J]. *水产科学*, 2004, 23(12): 36-38.
- [9] Gomez M A, Hmtoria E, Gonzalez-Lopez J. Effect of dissolved oxygen concentration on nitrate removal from groundwater using a denitrifying submerged filter[J]. *Journal of Hamrdous Materials*, 2002, B90: 267-268.
- [10] 车轩, 吴嘉敏, 谭洪新, 等. 自养反硝化研究进展及在循环水养殖系统中的应用[J]. *渔业现代化*, 2007, 1: 13-16.
- [11] Boley A, Muller W R, Haider G. Biodegradable polymers as solid substrate and biofilm carrier for denitrification in recirculated aquaculture systems[J]. *Aquacult Eng*, 2000, 22(1-2): 75-85.
- [12] Boley A, Muller W R. Denitrification with polycaprolactone as solid substrate in a laboratory scale-recirculated aquaculture system[J]. *Water Sci Technol*, 2005, 52(10-11): 495-502.
- [13] Hamlin H J, Michaels J T, Beaulaton C M. Comparing denitrification rates and carbon sources in commercial scale upflow denitrification biological filters in aquaculture[J]. *Aquacultural Engineering*, 2008, 38(2): 79-92.
- [14] 邝志国, 薛冬桦, 迟惠, 等. 变性淀粉用于可生物降解材料的研究进展[J]. *长春理工大学学报*, 2007, 30(1): 105-107.
- [15] 周海红, 王建龙, 赵璇. pH对以PBS为反硝化碳源和生物膜载体去除饮用水源水中硝酸盐的影响[J]. *环境科学*, 2006, 27(2): 290-293.
- [16] Volokita M, Abeliovich A, Soares M I M. Denitrification of ground water using cotton as energy source [J]. *Water Sci Technol*, 1996, 34(1): 379-385.
- [17] Ovez B, Ozgen S, Yuksel M. Biological denitrification in drinking water using *Glycyrrhiza glabra* and *Arundo donax* as the carbon source [J]. *Process Biochem*, 2006, 41: 1 539-1 544.
- [18] 王旭明, 从二丁, 罗文龙, 等. 固体碳源用于异养反硝化去除地下水中的硝酸盐[J]. *中国科学*, 2008, 38(9): 824-828.
- [19] 徐亚同. pH值、温度对反硝化的影响[J]. *中国环境科学*, 1994, 14(4): 308-313.
- [20] 周海红, 赵璇, 王建龙. 利用可生物降解聚合物去除饮用水源水中硝酸盐[J]. *清华大学学报(自然科学版)*, 2006, 46(3): 434-436.
- [21] 周海红, 赵璇, 王建龙. 反硝化生物膜对PBS表面形态及化学组分的影响[J]. *环境科学*, 2006, 27(12): 2 507-2 510.

Using biodegradable polymers as carbon source for nitrate removal in marine re-circulated aquaculture systems

TAN Hong-xin, LAI Cai-sheng, LUO Guo-zhi, SUN Da-chuan, RUAN Yun-jie, ZHOU Wei

(College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Received: Nov., 8, 2009

Key words: carbon source; nitrate; saline water; recirculated aquaculture systems; biodegradable polymers

Abstract: To overcome the problem of the low C/N ratio in denitrification process of wastewater treatment for marine recirculated aquaculture systems, PBS in the form of biodegradable polymers pellets (BDPs) was investigated as carbon source and biofilm carrier to remove nitrate from saline water in a packed-bed laboratory reactor. The experimental results indicated that nitrate was effectively removed within such a reactor. Low DOC concentration in the effluent and increase of the effluent pH were observed in this process. Temperature and hydraulic retention time (HRT) had significant effects on nitrate removal efficiency. The denitrification rate at 30°C was twice of that observed at 14°C; and the temperature constant of denitrification was 0.039 when the temperature was in the range of 14~30°C. Nitrate removal efficiency increased with increasing HRT. High nitrate concentration in the influent could bring negative effects on denitrification and declined the nitrate removal efficiency. The reactor showed excellent denitrification ability despite the high pH and dissolved oxygen shock. The nitrate removal efficiency was not significant changed when pH ranged from 5.0 to 9.0 and concentrations of dissolved oxygen ranged from 2.1 to 6.8 mg/L.

(本文编辑: 康亦兼)