

文章编号: 1000-5013(2012)03-0300-04

盐度对 DMBR 处理养殖废水脱氮效能的影响

卢芳芳, 洪俊明, 尹娟, 薛秀玲

(华侨大学 化工学院, 福建 厦门 361021)

摘要: 采用动态膜生物反应器(DMBR)处理养殖废水,考察盐度为 0~3 000 mg·L⁻¹时动态膜生物反应器的脱氮效能.结果表明:DMBR 对养殖废水的 COD_{Mn} 和 NH₃-N 的去除效果保持稳定,分别为 93%,87%左右;在盐度提高到 1 000 mg·L⁻¹后,DMBR 内反硝化速率明显提高,对 NO₃-N 的去除率提高到 97%,总氮去除率也达到 94%.在盐度为 0~3 000 mg·L⁻¹下,DMBR 处理养殖废水的出水水质达到 SC/T 9101—2007《淡水池塘养殖水排放要求》中的一级排放标准.

关键词: 养殖废水; 盐度; 动态膜生物反应器; 脱氮效能

中图分类号: X 703 文献标志码: A

随着世界淡水资源的日益减少,开发和利用海水资源成了必然之需.淡水养殖行业中含盐饵料的使用,产生了大量的含盐养殖废水.这部分污水不仅含有 C、N 等污染物,还存在一定的盐度,若直接排放将严重影响周边海域和地表水环境^[1].膜生物反应器(MBR)作为一种新型的污水处理工艺,是传统活性污泥法和膜分离技术的有机结合.虽然 MBR 是一项较为成熟的处理技术,但仍存在一些问题,如膜组件的价格较高,初期建设投资较大;膜与污水、污泥直接接触导致膜污染问题突出,由此引发的膜通量降低使得膜组件的运行周期缩短,限制了 MBR 技术的推广^[2-3].采用价格低廉的大孔径滤布材料代替膜生物反应器的微滤膜(或超滤膜)制作膜组件,利用微生物及其代谢产物在膜材料表面形成动态膜,组成动态膜生物反应器(DMBR).它在保留 MBR 工艺优点的同时,可以大幅度降低膜组件造价,并具有出水水质好、通量大、污染控制容易和清洗简易等优点^[4-6].本文运用动态膜生物反应器(DMBR)处理含盐养殖废水,研究在一定的盐度下,DMBR 对含盐养殖废水中有机物和氮的去除规律.

1 材料与方法

1.1 试验装置

图 1 为试验装置^[7].动态膜生物反应器由生物反应器和浸没式膜组件组成,污水从原水桶由蠕动泵提升进入动态膜生物反应器,采用错流微孔曝气.生物反应器的有效容积为 17.5 L,反应器中装有 1 个膜组件.它由 PVC 板、滤布自制而成,尺寸为 0.17 m×0.25 m,组件内为 PP 填料支撑层,所用膜片为孔径 37 μm 的涤纶滤布,有效膜面积为 0.085 m².反应器采用重力流出水,当膜过滤压差达到一定时用清水反冲洗膜组件.反应器的水力停留时间为 4 h,运行期间混合污泥质量浓度(MLSS)维持在 4.0 g·L⁻¹左右.试验过程中没有进行排泥.

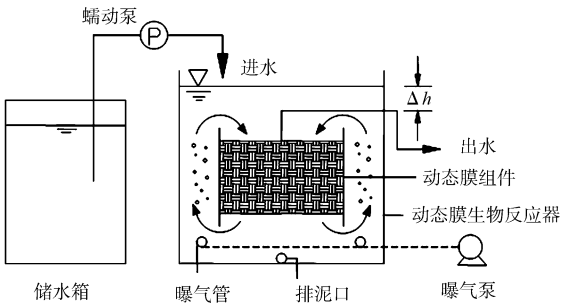


图 1 一体式动态膜生物反应器工艺流程图
Fig. 1 Process flow diagram of a submerged dynamic membrane bioreactor

1.2 原水水质

根据福建省厦门市某水产养殖区水质情况,人工配制含盐养殖废水,其组成主要包括葡萄糖、淀粉、氯化铵、磷酸二氢钾、硝酸钾等. 进水的水质指标: COD_{Mn} 为 $42.0\sim66.9\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$; 氨氮($\text{NH}_3\text{-N}$)为 $0.5\sim1.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$; 硝氮($\text{NO}_x\text{-N}$)为 $2.5\sim3.8\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$; 总氮(TN)为 $4.1\sim5.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$; 总磷(TP)为 $2.37\sim3.28\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$; pH 值为 $6.5\sim7.5$. 此外,用海盐将进水配成 $0,500,1\,000,1\,500,2\,000,2\,500$ 和 $3\,000\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 等盐度水平.

动态膜生物反应器的进水为人工模拟养殖废水,未驯化的污泥取自城市污水处理厂的曝气池. 污泥经过筛后,装入 DMBR,加入模拟养殖废水,开始曝气,溶解氧控制在 $1.0\sim2.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,待反应器内的污泥驯化完成,出水的水质稳定后,开始反应器的运行过程;然后,按逐渐升高的盐度对 DMBR 反应系统进行盐度驯化. 在每个盐度水平驯化结束后的稳定运行期间进行试验,每天定期取反应器的进水、出水,每个条件稳定运行后,分析其中的 COD_{Mn} 、氨氮、总氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮的质量浓度.

1.3 分析方法

COD_{Mn} 测定采用碱性高锰酸钾法,氨氮的测定采用次溴酸盐氧化法,硝酸盐氮的测定采用锌-镉还原法,总氮的测定采用过硫酸钾氧化分光光度法,亚硝酸盐氮的测定采用萘乙二胺分光光度法.

2 结果与讨论

2.1 盐度对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除效果的影响

在不同盐度下,DMBR 出水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的质量浓度($\rho(\text{NH}_3\text{-N})$)和去除率与时间的关系,如图 2 所示. 由图 2 可知:当盐度为 $0\sim3\,000\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时, $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率波动不大,稳定保持在 $85\%\sim87\%$ 之间. 这可能是由于动态膜生物反应器内动态膜的高效截留作用,将世代周期较长的硝化菌截留在反应器中,使得硝化菌有充足的时间适应含盐环境. 当盐度低于 $3\,000\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,对硝化菌的抑制作用不明显,对硝化菌生理功能的影响小.

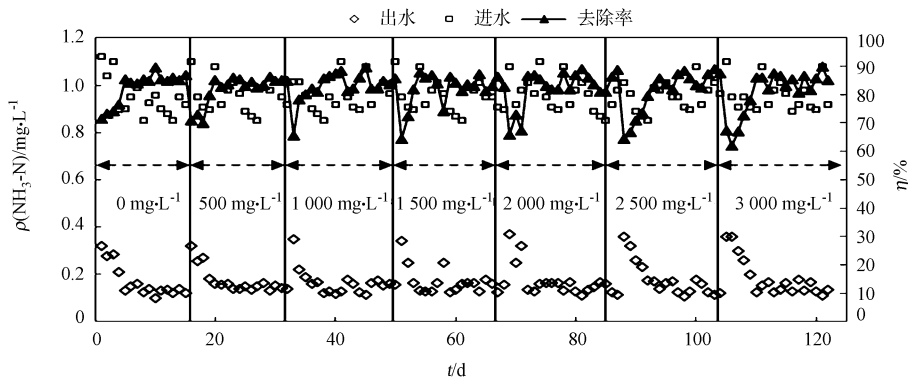


图 2 在不同的盐度下进出水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 质量浓度随时间的变化关系

Fig. 2 Variation of $\text{NH}_3\text{-N}$ influent and effluent concentration over time under different salinity

2.2 盐度对 $\text{NO}_x\text{-N}$ 去除效果的影响

在不同的盐度下,DMBR 出水 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 的质量浓度($\rho(\text{NO}_x\text{-N})$)和 $\text{NO}_3\text{-N}$ 去除率,如图 3 所示. 由图 3 可知:DMBR 出水中基本不存在亚硝酸盐. 当盐度低于 $1\,000\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时, $\text{NO}_3\text{-N}$ 的去除率为 73% 左右;当盐度高于 $1\,000\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,动态膜生物反应器 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的去除率提高到 97% ,出水的硝酸盐氮浓度明显下降. 这是由于当盐度提高到 $1\,000\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 后,氯化钠质量浓度的增加对反硝化菌产生了刺激作用,提高了反硝化速率. 微生物的新陈代谢和酶的合成都需要无机盐的参与^[8-9],因此,适量地投加海水结晶盐,在一定条件下有利于增强反硝化菌的活性,提高其反硝化能力.

2.3 盐度对 TN 去除效果的影响

在不同盐度下,DMBR 出水 TN 的质量浓度($\rho(\text{TN})$)和去除率,如图 4 所示. 由图 4 可知:当盐度低于 $1\,000\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,TN 的去除率为 77% 左右;当盐度提高到 $1\,000\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 后,TN 去除率提高到 94% ;继续提高盐度,TN 的去除率几乎保持不变. 这是由于在 DMBR 工艺中, $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率随着盐度

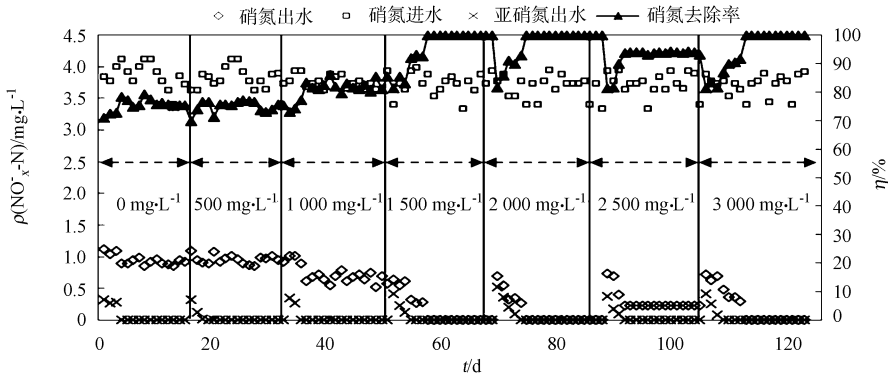


图 3 不同盐度下进出水 NO₃⁻-N 浓度随时间的变化关系

Fig. 3 Variation of NO₃⁻-N influent and effluent concentration over time under different salinity

提高波动不大,而在反应器内又无亚硝酸盐积累,所以 TN 去除率的变化趋势取决于 NO₃⁻-N 的反硝化过程.在盐度为 0~3 000 mg·L⁻¹ 范围内,反硝化效果良好.

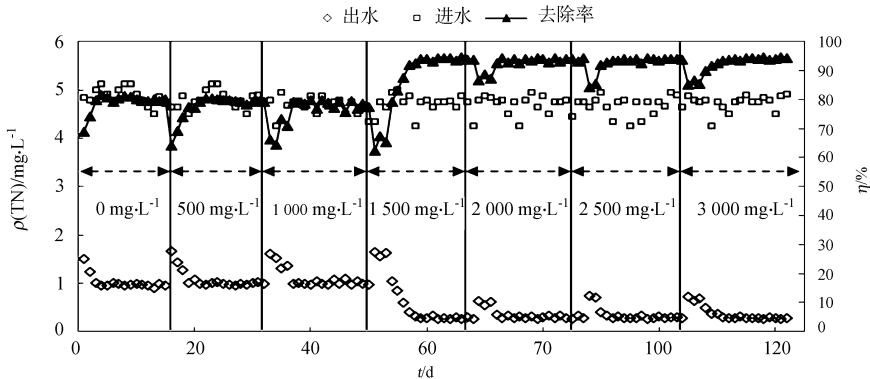


图 4 不同盐度下进出水 TN 随时间的变化关系

Fig. 4 Variation of TN influent and effluent concentration over time under different salinity

2.4 盐度对 COD_{Mn} 的去除效果影响

在不同盐度下,DMBR 出水 COD_{Mn} 的质量浓度(ρ(COD_{Mn}))和去除率,如图 5 所示.由图 5 可知:当盐度在 0~3 000 mg·L⁻¹ 时,盐度的改变对 COD_{Mn} 的去除效果几乎没有影响,系统 COD_{Mn} 的去除率都稳定在 93% 左右,出水澄清透明.DMBR 内维持了污泥浓度,盐度的提高对 DMBR 中污泥中异养菌的活性影响不大.这是由于有机物的降解主要靠活性污泥中大量的异养菌共同作用完成^[10-12],盐度的增加对活性污泥中微生物种类与数量变化影响不大.尽管盐度的提高对反硝化菌的生理生化反应产生了一定的刺激作用,反硝化菌只是异养菌中的一部分,反硝化菌的增殖减少了以有机物为底物的异养菌数量,因此,DMBR 中盐度的变化对有机物的处理效果几乎没有影响.

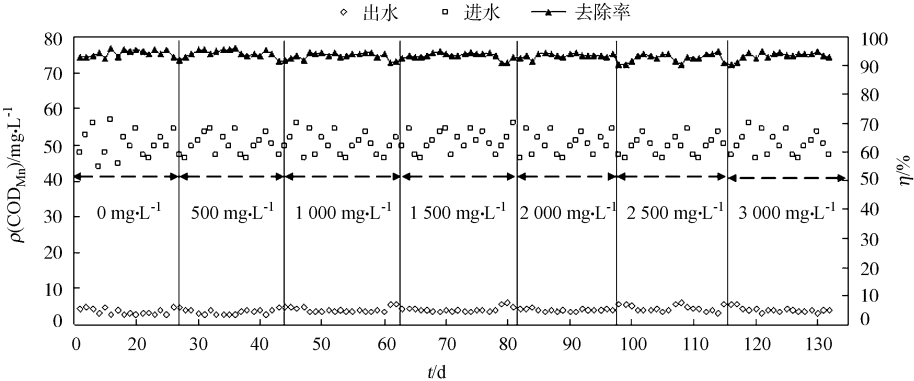


图 5 不同盐度下进出水 COD_{Mn} 随时间的变化关系

Fig. 5 Variation of COD_{Mn} influent and effluent concentration over time under different salinity

运行过程中,通过对反应器中的污泥镜检,观察到钟虫数量较多,污泥生长较好,因此有机物的去除效率较高,从而保证了良好的 COD_{Mn}处理效果.

3 结论

1) 在盐度在 0~3 000 mg · L⁻¹时,对 DMBR 的 NH₃-N 的去除影响不大,去除率约为 85%~87%;一定的盐度有利于促进反硝化过程,当盐度提高到 1 000 mg · L⁻¹后,NO₃⁻-N 的去除率超过 97%,TN 去除率高达 94%.

2) DMBR 对含盐养殖废水的 COD_{Mn}去除率保持在 90%以上. 运行过程中,反应器的出水水质可达到 SC/T 9101—2007《淡水池塘养殖水排放要求》中的一级排放标准,DMBR 是一种有效的处理含盐养殖废水工艺.

参考文献:

[1] 崔有为,王淑莹,朱岩,等. 海水代用及其含盐污水的生物处理[J]. 工业水处理,2005,25(10):1-5.
[2] 黄霞,曹斌,文湘华,等. 膜-生物反应器在我国的研究与应用新进展[J]. 环境科学学报,2008,28(3):416-432.
[3] 欧阳科,刘俊新. 膜生物反应器与传统活性污泥反应器内生物群落特征[J]. 环境科学,2009,30(2):499-503.
[4] KISO Y, JING Y J, TAKASHI I, et al. Wastewater treatment performance of a filtration bioreactor equipped with a mesh as a filter material[J]. Water Research, 2000, 34(17):4143-4150.
[5] 范彬,黄霞,文湘华,等. 动态膜生物反应器对城市污水的处理[J]. 环境科学,2002,23(6):51-56.
[6] CHU Li-bing, LI Shu-ping. Filtration capability and operational characteristics of dynamic membrane bioreactor for municipal wastewater treatment[J]. Separation and Purification Technology, 2006, 51:173-179.
[7] 尹娟,洪俊明,卢芳芳. 一体式自生动态膜生物反应器的运行特性[J]. 化工进展,2010,29(6):1009-1012.
[8] 于德爽,彭永臻,乔文涛. A/O 工艺处理含海水污水的中试研究[J]. 给水排水,2005,31(9):34-37.
[9] 崔有为,张国辉,计立平. 海水冲厕污水生物处理可行性研究[J]. 工业水处理,2003,23(12):33-36.
[10] 于德爽,李津,陆婕,等. MBR 工艺处理含盐污水的试验研究[J]. 中国给水排水,2008,24(3):5-8.
[11] YANG Li, LAI Ching-ting, SHIEH W K. Biodegradation of dispersed diesel-fuel under high salinity condition[J]. Water Research, 2000, 34(13):3303-3314.
[12] 李玲玲,周鹏. 活性污泥中功能性菌群抗盐度冲击性能研究[J]. 环境工程学报,2010,4(1):106-109.

Effect of Salinity to Nitrogen Removal in DMBR for Aquaculture Wastewater Treatment

LU Fang-fang, HONG Jun-ming, YIN Juan, XUE Xiu-ling

(College of Chemical Engineering, Huaqiao Univeisity, Xiamen, 361021, China)

Abstract: COD_{Mn} and nitrogen removal efficiency from salt-bearing aquaculture wastewater were investigated at different salinity varying from 0 to 3 000 mg · L⁻¹ using dynamic membrane bioreactor (DMBR). The experimental results show that the removal rates of COD_{Mn} and NH₃-N in DMBR kept stable, which are 91% and 87% respectively. When salinity is 1 000 mg · L⁻¹, the denitrification rate is improved obviously, the removal rate of NO₃⁻-N increases to 97% and total nitrogen removal rate reaches 94%. The effluent quality meet the first grade discharge standard of requirement for water discharge from freshwater aquaculture pond (SC/T 9101—2007).

Keywords: aquaculture wastewater; salinity; dynamic membrane bioreactor; nitrogen removal efficiency

(责任编辑: 钱筠 英文审校: 刘源岗)