

文章编号: 1004 - 7271(2007)06 - 0537 - 05

盐度与滤料量对生物膜降氨氮作用的影响

朱正国¹, 臧维玲¹, 戴习林¹, 彭自然¹, 罗春芳¹,
沈俊¹, 马蓉¹, 丁福江²

(1. 上海水产大学生命科学与技术学院, 上海 200090;
2. 上海申漕特种水产开发公司, 上海 201507)

摘要:淡水中培养的生物膜,去氨氮能力随盐度上升及升盐速率的增加而逐渐下降,当盐度由 0.6 升至 13.3、23.9 和 31.3 并稳定 48 h 后,氨氮去除率分别为 100%、93.0% 和 86.9%;当按不同的速度降盐至淡水环境时,生物膜去氨氮的能力逐步得以恢复,特别是降到淡水时,去氨氮率均达 90% 以上,基本达到淡水中生物膜去氨氮的能力。经 24~36 h 的吸附作用,沸石对氨氮的吸附能力强于瓷质生化环,生化环 48 h 去氨氮的能力(95.1%)接近沸石(100%)。以沸石为滤料的滤器去氨氮能力与速率随沸石用量增加而增强。24 h 内天然沸石吸附作用去氨氮能力强于生物沸石,生物沸石 48 h 对氨氮的去除率(99.2%)略超过天然沸石(95.2%)。
关键词:盐度;生物膜;生化环;沸石;氨氮

中图分类号:S 912 文献标识码:A

Effect of salinity and weight of filtering material on reducing ammonia-nitrogen of biomembrane

ZHU Zheng-guo¹, ZANG Wei-ling¹, DAI Xi-ling¹, PENG Zi-ran¹,
LUO Chun-fang¹, SHEN Jun¹, MA Rong¹, DING Fu-jiang²

(1. College of Aqua-life Science & Technology, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China;
2. Shencao Special Fisheries Development Company of Jinshan District, Shanghai 201507, China)

Abstract: The ability for removing ammonia-nitrogen of biomembrane cultured in fresh water decreased gradually with increases in salinity and its rise velocity. When the salinity rose to 13.3, 23.9 and 31.3 from 0.6 respectively and was steadied for 48 h, the removing rates of the ammonia-nitrogen of biomembrane were 100%, 93.0% and 86.9% respectively. When the salinity reduced to 0.6 from 31.3 with different velocity, the ability of removing ammonia-nitrogen of biomembrane resumed basically to normal, and removing rate of ammonia-nitrogen reached over 90%. The ability for removing ammonia-nitrogen of zeolite by absorption for 24-36 h was stronger than that of porcelain biochemical ring. But by absorption for 48 h, removing rate (95.1%) of ammonia-nitrogen of the porcelain biochemical ring was close to that (100.0%) of zeolite. The removing rate (99.2%) of ammonia-nitrogen of biological zeolite for 48 h was slightly higher than that (95.2%) of natural zeolite.

Key words: salinity; biomembrane; biochemical ring; zeolite; ammonium-nitrogen

收稿日期: 2007-01-04

基金项目: 上海市科技兴农重点攻关项目[沪农攻字(2003)第 8-4 号]

作者简介: 朱正国(1963-),男,上海市人,主要从事渔业水环境方面的研究。E-mail: zgzhu@shfu.edu.cn

通讯作者: 臧维玲, E-mail: wlzang@shfu.edu.cn

近年来,随着环境污染的日益加剧,水产养殖与水环境的相互关系引起人们密切关注,并广泛开展了有关水处理技术与应用的研究,其中利用生物滤器处理养殖用水是一种行之有效且甚受欢迎的方法^[1-7]。生物滤器之所以具有净化水质的能力,主要由于作为载体的滤料表面所形成生物膜的作用,即通常所称的生物膜法。生物膜是由各种细菌、真菌等一系列微生物群体所组成的生态系统^[4]。曾有资料报道了水的温度、盐度、pH和溶解氧等环境因子对生物膜作用的影响^[8-11],其中一些资料主要报道了含盐水对活性污泥处理能力的冲击作用。陈哲俊^[6]指出,海水的高含氯量抑制氨与亚硝酸盐的氧化作用,因而延长了系统拥有完整硝化作用的时间,显然延长了生物膜熟化时间。因此有的采用添加硝化菌以缩短海水挂膜时间^[7]。本文研究了在淡水中培养生物膜,继之以不同速度进行升盐至大洋水盐度范围,再以不同速度降盐至淡水过程中生物膜降氨氮的变化,同时探讨了不同用量沸石处理养殖废水能力的差异。研究结果将为海水养殖生产中如何采用淡水中培养生物膜及其应用方法以及合理取用沸石量提供科学依据。

1 材料与方方法

1.1 过滤系统与试验材料

试验在位于杭州湾畔的上海申漕特种水产开发公司卤虫孵化房进行。采用6套循环过滤系统测定处理水盐度增加与降低变化对生物膜去氨氮能力的影响,试验所用简易生物滤器为自制。各系统组成如下:蓝色塑料箱(60 cm × 45 cm × 40 cm)用于盛放试验处理水,用底部多孔白色塑料桶($H = 45$ cm, $\phi = 27$ cm)做盛放滤料的滤器,置于箱口搁架上,滤料为瓷质生化环($H = 15$ mm, $\phi = 15$ mm),将其(7.5 kg)装入20目筛绢网袋平铺于滤器内。由潜水泵(1 t/h)将箱内处理水泵入滤器,再由滤器底孔流回箱中,滤料顶部保持2 cm水层,每系统注入水量为50 L。由此三部分构成简易浸没式过滤循环系统(图1)。试验时,为防藻类生长以黑色塑料薄膜覆盖生物滤器,滤器与箱内均放有充气石,连续曝气。

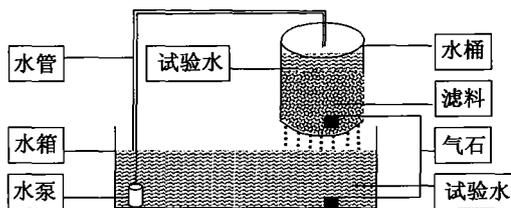


图1 生物滤器循环装置简图

Fig. 1 Circulation system of biological filter

1.2 盐度变化对生物膜去氨氮作用影响的测定

试验共设三大组(A, B, C),每两套循环系统为一平行组:A1与A2、B1与B2、C1与C2,均设有对照组。试验水温控制(27 ± 1) °C。

1.2.1 盐度升高对生物膜去氨氮能力影响的测定

以深井水作为试验基础用水,盐度(S)为0.6,在大塑料桶中加入浓缩海水配置盐度分别为13.3、23.9与31.9的试验水。升盐试验使用已在淡水中挂膜成熟的生物滤器,三大组系统分别以上述三种盐度的试验水充分洗涤、循环2 d后,更换相应盐度新水,新水中已按要求加入准确配置的 NH_4Cl 母液。启动循环系统,以比色法测定初始、24 h、48 h时滤器出水口 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度^[12-13],由此可知滤器生物膜去除氨氮的能力。为进一步比较不同升盐速率对生物膜降氨氮能力影响,48 h后,排空A与B两大组系统中试验水,分别更换盐度为23.9与31.9试验水,处理与检测方法同前。最后以相同方法仅将A组试液更换盐度为31.9试验水,并按相同方法进行检测生物膜降氨氮能力的变化。

1.2.2 盐度降低对生物膜去氨氮能力影响的测定

升盐试验结束后,将盐度均为31.9的上述六套系统的原试液排空,仍注入相同盐度试验水,启动循环系统,2 d后分别将A、B、C三大组系统试液更换盐度为23.9、13.3、与0.6(当地深井水)的试验水,更换时间、方法与测定均同上。最后按序将B组与A组试液先后全换为淡水,同上法进行试验与检测。

1.3 沸石与生化环去氨能力的测定

1.3.1 沸石与生化环对氨氮吸附能力的测定

使用上述四套系统, A1 与 A2, B1 与 B2 滤料分别为生化环与沸石, 各滤器分别放入未使用的新滤料 1.5 kg, 水箱注入添有一定量 NH_4Cl 的 50 L 深井水, 启动循环系统, 从初始至 48 h, 每 12 h 取滤器出口水样测定氨氮等变化状况。

两种滤料简况列于表 1。

表 1 滤料的有关参数

Tab.1 Related parameters of filtering material

滤料种类	规格(mm)	比重(kg/m^3)	比表面积(m^2/m^3)	孔径(μm)
生化环	H 15, ϕ 15	6.8×10^2	2.7×10^5	1~50
沸石	3~5	$(2.1 \sim 2.2) \times 10^3$	2.0×10^6	5

注:表中滤料及其参数均由上海蓝海水产发展有限公司提供

1.3.2 不同量沸石去氨氮能力的测定

采用上述系统, 滤器中分别放入 6 kg, 4.5 kg, 3 kg 与 1.5 kg 沸石作为滤料, 其已在养殖凡纳滨对虾的河口水($S=6.5$)中挂膜成熟, 水箱中注入添有一定氨氮浓度的 50 L 河口水, 启动循环系统后, 测定 24 h 与 48 h 滤器出口水氨氮浓度。

2 结果与讨论

2.1 盐度升高对生物膜去氨能力的影响

升盐对生物膜去氨能力影响的试验结果列于表 2。表中 A、B、C 组数据为平行组测定值之平均值(下同)。A、B 和 C 三组分别通过 6 d、4 d 和 2 d 将盐度由 0.6 升至 31.9, 故盐度平均上升速率分别为每天 5.3、7.8 和 15.7。由表 2 可看出, 对于淡水中培养的生物膜, 当 A、B、C 三组第一次分别将盐度升到 13.3、23.9 和 31.3 并稳定 48 h 后, 氨氮去除率分别为 100%、93.0% 和 86.9%。可见, 最低盐度 A 组盐度升至 13.3 时, 降氨氮能力基本同对照组。也有资料指出类似结果^[10,14-15]: 当 $S \leq 20$ 时, 微生物存活率随盐度升高而下降不多, 生物膜可正常工作。表 2 表明, 当其余组以更大幅度升盐后, 48 h 去氨氮能力均高于 24 h, 且随盐度上升及升盐速率增加去氨氮能力逐渐下降。试验结果是, 当 A、B 组继续增盐时, 48 h 氨氮去除率分别由 84.1% 降至 69.8%, 93.0% 降至 83.7%; 表 1 表明, 三组分别经过 6 d、4 d 和 2 d 由淡水升至盐度 31.9 时, 相应氨氮去除率分别为 69.8%、81.6% 和 86.9%, 显然, 各试验组均具有一定的降氨氮能力, 但随试验时间的延长, 降氨氮能力逐步降低, 可见升盐速率对膜去氨氮能力的影响已弱于升盐随时间增长产生的环境盐效应。有资料还指出, 当 $S > 20$ 时, 微生物存活率随盐度升高而迅速下降, 盐度增加后, 随着时间的延长, 氨的氧化作用受抑制或淡水膜中一些菌类难以适应, 会因高渗透压作用使细胞失活而逐步死去有关^[14-15]。此现象正是本试验盐度升高至 23.9 及其后, 滤膜去氨氮能力较快下降的原因。陈哲俊^[6]认为, 氨的氧化在纯海水中因高氯含量几乎完全被抑制, 从而大大延长了系统拥有完整硝化作用的时间。可见, 为缩短海水中载体挂膜时间可采用淡水中挂膜, 只是其用于海水后, 膜工作能力的恢复尚需一些时间。Stewart 等^[10]研究发现, 当淡水全换成海水时, 生物滤器水处理系统会出现暂时的处理率下降, 恢复时间与冲击时间有关。崔有为等^[14]提出恢复时间 2~7 d。

2.2 盐度降低对生物膜去氨能力的影响

盐度降低对生物膜去氨能力影响的试验结果列于表 3。表 3 表明, 当淡水中培养的生物膜按不同的速度降盐至淡水环境时, 去氨氮的能力逐步得以恢复, 特别是降到淡水时, 去氨氮率均达 90% 以上, 基本达到淡水生物膜去氨氮的能力。活性污泥随着水环境盐度的不断下降, 微生物突然进入到新环境内, 从适应到最优生长繁殖需要一定的自身调节时间^[14-15]。结合表 2 与表 3 可发现, 虽然升盐与降盐速率相同, 但升盐对膜去氨氮的影响远超过降盐。也有资料报道^[14], 活性污泥对降盐抗受能力要强于

升盐。此应与生物膜原是在淡水中培养形成有关。试验表明,对于需在一定盐度中培养的水产苗种,如罗氏沼虾与中华绒毛蟹等,即使在培育后期需以淡水进行淡化时,所用生物滤器仍可用于水处理,只是短时间内处理效果略差些。

表2 升盐对淡水中培养的生物膜去氨氮能力的影响

Tab.2 The effect of rising salinity on ability for removing ammonia-nitrogen of biomembrane cultured in fresh water

组别	盐度	NH ₃ -N(mg/L)				
		初始	24 h	去除率(%)	48 h	去除率(%)
对照组	0.59	5.500	0.069	98.7	未检出	100
A	13.3	5.362	0.088	98.4	未检出	100
	23.9	5.111	2.637	48.4	0.813	84.1
	31.9	3.671	1.723	53.1	1.107	69.8
B	23.9	5.280	2.461	53.4	0.372	93.0
	31.9	3.607	0.995	72.4	0.587	83.7
C	31.9	5.184	2.051	60.4	0.678	86.9

表3 降盐对生物膜去氨氮能力的影响

Tab.3 The effect of reducing salinity on ability for removing ammonia-nitrogen of biomembrane

组别	盐度	NH ₃ -N(mg/L)				
		初始	24 h	去除率(%)	48 h	去除率(%)
A	23.9	4.283	0.450	89.5	0.321	92.5
	13.3	2.430	0.108	95.6	0.237	90.2
	0.59	3.198	0.231	92.8	0.310	90.3
B	23.9	4.575	1.728	62.2	0.638	86.1
	0.59	4.190	0.119	97.2	0.141	96.6
C	0.59	5.054	0.751	85.1	0.046	99.1

2.3 生化环与沸石吸附氨氮能力的差异

新购生化环和沸石(均1.5 kg)吸附氨氮测定结果列于表4。表4表明,沸石吸附氨氮能力远强于生化环,此与沸石的三维空间架状结构有关,沸石内部具有静电吸引力,以与水中离子交换。这种结构与化学特性使沸石具有强吸附与离子交换作用^[16]。在降盐12 h时,沸石与生化环吸附去氨氮率分别为97.4%与1.8%,生化环24 h吸附去氨氮率升为56.8%,相当于同时间沸石去氨氮能力的58.1%,至48 h时,其去氨氮率(95.1%)接近沸石(100%)。

表4 生化环与沸石吸附作用去除氨氮能力

Tab.4 The ability for removing ammonia-nitrogen of biochemical ring and zeolite

滤料种类	NH ₃ -N(mg/L)								
	初始	12 h	去除率(%)	24 h	去除率(%)	36 h	去除率(%)	48 h	去除率(%)
生化环	4.238	4.162	1.8	1.829	56.8	0.847	80.0	0.207	95.1
沸石	4.650	0.119	97.4	0.109	97.7	0.068	98.5	未检出	100

升降盐试验表明,当生化环挂膜后同样具有良好的水处理作用。可见,瓷质生化环可替代沸石作为滤料使用,此利于保护自然资源,且生化环用后易处理复原。

2.4 不同重量挂膜沸石去除氨氮的能力

不同重量挂膜沸石去除养殖废水中氨氮能力的测定结果列于表5。表5表明,当沸石为1.5~6.0 kg时,以滤器处理外加氯化铵的对虾养殖废水时,滤器去氨氮能力与速率均随沸石用量增加而增强,各组经24 h处理,氨氮去除率75.3%~84.7%,其中挂膜沸石重量自3.0 kg起,去氨氮能力差异较小,最低重量组(1.5 kg)氨氮去除率仅75.3%,与其余组差异较大。但到48 h时,四种重量试验组去氨氮率

甚为接近(99.1%~99.5%)。只是对于50 L试验用水3.0 g已足以去除所含的高浓度氯化铵。在生产中,若滤料用量较少时,可适当减缓处理水流过滤器的速率或增加滤器循环过滤时间。王佩玉等^[17]的试验结果是,当沸石用量由1‰增至10‰时,氨氮去除率由3.9%升至56.1%。

表5 不同重量沸石的去氨氮能力
Tab.5 The ability for removing ammonia-nitrogen of zeolite with different weight

滤料重量 (kg)	NH ₃ -N(mg/L)				
	初始	24 h	去除率(%)	48 h	去除率(%)
6	23.238	3.555	84.7	0.106	99.5
4.5	22.204	3.508	84.2	0.106	99.5
3	22.735	3.631	84.0	0.156	99.3
1.5	20.210	4.992	75.3	0.182	99.1

2.5 天然与生物沸石去氨氮能力的差异

挂膜沸石称为生物沸石,未挂膜称为天然沸石。天然与生物沸石去氨氮能力的差异列于表6。表6表明,在24 h之内,沸石对氨氮吸附的去除氨氮能力强于生物膜的去氨氮能力。此因生物沸石表面形成细菌膜,吸附能力相对减弱,其主要通过微生物作用将氨氮转化为亚硝酸氮和硝酸氮,而转化作用是一种甚为复杂的过程,需一定时间。但生物沸石48 h氨氮去除率(99.2%)便超过天然沸石(95.2%)。对于污水或养殖用水的处理,使用生物沸石更为合适。若吸附作用达到平衡,或者沸石表面被水中悬浮物所掩盖时,吸附去氨氮能力将大为减弱。例如养殖池中投放沸石后,起初一、二天内对池水具有良好的调控作用,但以后作用就不明显了,此正是池水中大量悬浮物下沉覆盖于沸石表面的缘故。

表6 天然与生物沸石(1.5 kg)去氨氮能力的差异
Tab.6 The difference of ability for removing ammonia-nitrogen on nature and biological zeolite

沸石	NH ₃ -N(mg/L)				
	初始	24 h	去除率(%)	48 h	去除率(%)
天然沸石	22.340	3.150	85.9	1.070	95.2
生物沸石	20.210	4.497	77.7	0.159	99.2

参考文献:

- [1] Oppelt E T. Biological fluidized bed treatment of water and wastewater[M]. Ellishorword Limited, 1981:45.
- [2] Hem L. Nitrification in a moving bed biofilm reactor[J]. Wat Res, 1994, 28(6):1425-1433.
- [3] 吴会中,赵琛琛. 生物膜放映其在水处理中的应用[J]. 江苏环境科技, 2005, 18(4):36-38.
- [4] 朱亮. 供水水源保护与微污染水体净化[M]. 北京:化学工业出版社, 2005:312-321.
- [5] 胡伯成,王祖钧. 工业化养鱼工程设计浅说[J]. 渔业机械仪器, 1992, 19(100):3-7.
- [6] 陈哲俊. 循环水鳗鱼养殖生物过滤系统运用[J]. 养鱼世界(台湾), 1995, (11):22-27.
- [7] 冯志华,俞志明,刘鹰,等. 封闭循环海水育苗系统生物滤池的应用[J]. 中国环境科学, 2004, 24(3):350-354.
- [8] 鲍鹰,相建海. 温度、盐度和pH对生物过滤器取出氨氮效率的影响[J]. 海洋科学, 2001, 25(6):42-43.
- [9] 郑赞永,胡龙兴. 低溶氧下生物膜反应器的亚硝化研究[J]. 环境科学与技术, 2006, 29(9):29-32.
- [10] Stewart M J, Ludwing H F, Kearns W H. Effect of varying salinity on extended aeration process[J]. Water Pollution Control Federation, 1962, 34:1131-1177.
- [11] Ludzack F J, Noran D K. Tolerance of high salinities by conventional wastewater treatment processes[J]. Water Pollution Control Federation, 1965, 37(10):1404-1416.
- [12] 臧维玲. 养鱼水质分析[M]. 北京:农业出版社, 1991:44-96.
- [13] 国家质量技术监督局. 海洋监测规范[S]. 北京:中国标准出版社, 1998:142-143, 150-162.
- [14] 崔有为,王淑莹,孔祥智,等. 活性污泥处理系统抗盐度冲击的能力[J]. 中国给水排水, 2003, 19(11):12-15.
- [15] 崔有为,王淑莹,甘湘庆,等. 生物处理含盐污水的盐抑制动力学[J]. 环境污染治理技术与设备, 2005, 6(5):38-41.
- [16] 丁升艳,陈安国. 沸石净化养殖水体的研究进展[J]. 家畜生态, 2004, 25(4):183-186.
- [17] 王佩玉,王云祥,丁润华,等. 沸石的除氨氮作用及在水产养殖中的应用[J]. 鱼类研究病害, 1991, 13(2):11-16.