

# 不同处理方法对养殖池塘上覆水体可溶性氮含量的影响

田秀平, 卢显芝, 郝建朝

(天津农学院农学系, 天津 300384)

**摘要:**以天津市东丽区和西青区养殖池塘为对象,取池塘的底泥和上覆水,采用对照组、添加沸石、酶抑制剂、芽孢杆菌、沸石与酶抑制剂组合、沸石与芽孢杆菌组合 6 种处理组,于实验室内进行 5 个月培养,每月测定 1 次上覆水中  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$  和  $\text{NO}_2^- - \text{N}$  含量,同时对实际养殖池塘上覆水中  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$  和  $\text{NO}_2^- - \text{N}$  含量进行监测。结果表明,两池塘上覆水体中  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  和  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  含量随采样时间不同而变化,实际池塘与室内对照组两者含量相差不大; $\text{NO}_2^- - \text{N}$  含量在室内外及不同处理、不同采样期两池塘变化都很小且含量很高。芽孢杆菌、沸石既能减少上覆水中  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  含量,也降低了  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  含量。酶抑制剂处理组虽然使  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  含量下降最多,但其上覆水中  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  含量较高。

**关键词:**养殖池塘;上覆水体; $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$  和  $\text{NO}_2^- - \text{N}$

中图分类号:X524 文献标识码:A 文章编号:1672-2043(2010)增刊-0180-04

## Effect on Dissolved Nitrogen Content of the Overlying Water in Ponds by Difference Treatments

TIAN Xiu-ping, LU Xian-zhi, HAO Jian-chao

(Tianjin Agricultural College, Tianjin 300384, China)

**Abstract:** The ponds in Tianjin Dong li and Xi qing district were studied. The sediments and overlying water were placed under room experimental environment. One control and five treatments—zeolite, enzyme inhibitor, Bacillus spp., zeolite and enzyme inhibitor, zeolite and Bacillus spp.—were taken. Dissolved  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ,  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  and  $\text{NO}_2^- - \text{N}$  contents in overlying water were determined monthly, meanwhile  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ,  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  and  $\text{NO}_2^- - \text{N}$  contents in the overlying water of practice ponds were monitored. The results showed that  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  and  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  contents of the two ponds varied in deferent time.  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  and  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  contents in the two actual ponds and controls Changed consistently.  $\text{NO}_2^- - \text{N}$  contents were high and changed little. Bacillus spp. and zeolite could decrease  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ,  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  contents. Enzyme inhibitor could decrease  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  contents greatly, but  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  contents were high in overlying water.

**Keywords:** pond; overlying water;  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$  and  $\text{NO}_2^- - \text{N}$

氮是水域生态系统中人们极其关注的元素,这是因为氮一方面是水生生物的营养元素,另一方面氮过量又可导致水体富营养化<sup>[1]</sup>。水中氮分为有机氮和无机氮两类,前者是含氮化合物,如蛋白质,多肽,氨基酸和尿素等,后者则指铵盐,硝酸盐,亚硝酸盐,氮

气和固态氮。与水生生物密切相关的是铵盐、硝酸盐、亚硝酸盐,其含量高低影响到养殖对象生长,如我国长江流域若干湖泊、水库网箱养殖区的水质中无机氮含量,通常氨氮为  $0.01 \sim 0.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,亚硝酸盐氮为  $0.01 \sim 0.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,硝酸盐氮为  $0.1 \sim 0.3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,均适宜网箱养鱼的要求。氨氮为  $0.80 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、亚硝酸盐氮  $0.10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、硝酸盐氮  $0.50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,均属最高允许限量,表明深入研究养殖水中 3 种氮含量及其减少其含量方法非常重要。

收稿日期:2009-06-11

基金项目:天津市自然科学基金重点项目(07JCZDJ04600);天津市教委基金项目(20060708)

作者简介:田秀平(1965—),女,博士,主要从事土壤及环境科学的教学与研究工作。E-mail: tian5918@sohu.com

本研究在不同时期监测了天津市2个养殖池塘  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$  和  $\text{NO}_2^- - \text{N}$  含量变化,并取养殖池塘上覆水和底泥于室内采用添加沸石、酶抑制剂、芽孢杆菌、沸石与酶抑制剂组合、沸石与芽孢杆菌组合等处理进行培养,明确各处理对上覆水中  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$  和  $\text{NO}_2^- - \text{N}$  含量的影响,从而找到一种有效的控制水中  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$  和  $\text{NO}_2^- - \text{N}$  含量的方法,使得水中可溶性氮的含量既能供给养殖对象生长和繁殖,又能将其含量控制在一个相对安全的范围内,减少水体富营养化。

## 1 试验材料及性质

### 1.1 试验样品性质

2007年5月11日对天津市东丽区虾池A(连续11年没有清池),2007年6月5日对西青区鱼池B(连续9年没有清池)的上覆水及底泥采样。按池塘大小设定取样点数,取底泥(0~20 cm)和上覆水(水面下40 cm)。池塘上覆水基本理化性质见表1。

表1 上覆水体的基本理化性质

Table1 Chemical and physical characteristics of overlying water

| 池塘<br>Ponds | TP/<br>$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ | TN/<br>$\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ | DRP/<br>$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ | $\text{NH}_3^- \text{N}/$<br>$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ | pH   | EC/<br>$\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ |
|-------------|----------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------|-------------------------------------------|
| A           | 0.36                                   | 0.21                                  | 0.036                                   | 6.63                                                         | 9.09 | 98.2                                      |
| B           | 0.49                                   | 0.18                                  | 0.0362                                  | 1.13                                                         | 8.56 | 110.2                                     |

### 1.2 室内试验处理

40 cm(长)×30 cm(宽)×35 cm(高)鱼缸各12个,分别装入东丽(A)和西青(B)两池塘的样品,即每缸底部平铺底泥24 kg,约4 cm厚,缓慢注入上覆水至20 cm处。鱼缸四周用黑布包围,随机排列在窗口,在自然光和室温下进行培养。

试验处理如下:A1,B1—对照组;A2,B2—沸石处理组:取10 g沸石均匀撒在底泥上面;A3,B3—酶抑制剂处理组:取脲酶抑制剂4 g均匀撒在底泥上面;A4,B4—沸石与芽孢杆菌制剂处理组:取10 g沸石均匀撒在底泥上面,将芽孢杆菌  $20 \mu\text{L}$  ( $10^8 \cdot \text{mL}^{-1}$ ) 稀释100倍注入上覆水中;A5,B5—沸石与酶抑制剂处理组:取沸石10 g,脲酶抑制剂4 g均匀撒在底泥上面;A6,B6—芽孢杆菌制剂处理组:将芽孢杆菌  $20 \mu\text{L}$  ( $10^8 \cdot \text{mL}^{-1}$ ) 稀释100倍注入上覆水中。以上每组各设一个重复。

### 1.3 分析样品采集

采样方法:采用5点法取上覆水样品,取水样前加蒸馏水至上次取样后水面高度。采样时间:试验组A为2007年6月15日、7月16日、8月16日、9月16日,试验组B为7月6日、8月6日、9月6日、10月7日。在试验A、B组每次取样时,采用多点法对A、B实际池塘的上覆水(水面下40 cm)采样。取好的水样立即过  $0.45 \mu\text{m}$  玻璃纤维滤膜,然后加入  $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{HgCl}_2$  溶液灭活,置于  $4^\circ\text{C}$  冰箱保存备用。

### 1.4 样品分析方法

上覆水样品中  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$  和  $\text{NO}_2^- - \text{N}$  采用 FIASTAR 5000 连续流动分析仪测定,可溶性磷含量采用钼蓝比色法,其他分析项目均采用常规法<sup>[2]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 养殖池塘上覆水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 和 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 的变化

从图1看出,A池塘实际上覆水  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  含量5个采样期平均为  $1.07 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,室内对照组为  $0.95 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,两者差距不大。在不同时期  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  含量有一定变化,并且实际池塘和对照组变化规律基本一致,即从5月11日开始上升至8月16日达最大值后下降。从图2看出,B池塘实际上覆水  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  含量5个采样期平均为  $6.63 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,室内对照组为  $5.78 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,两者差距不大,但均明显高于A池塘。B池塘实际和对照组上覆水  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  含量随时间变化规律基本不一致,对照组从6月5日持续升高到10月7日,而实际池塘则从6月5日上升,8月6日达最大值后下降,至9月6日又上升。

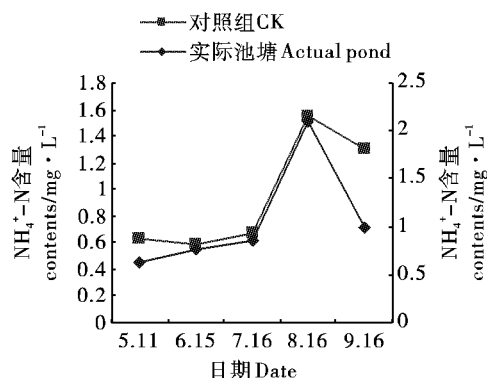


图1 池塘A和室内对照组上覆水  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  含量变化

Figure 1  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  variation of overlying water in A and actual pond

实际上覆水中  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  含量 A 池塘 5 个采样期平均为  $0.42 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 室内对照组为  $0.65 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ; B 池塘实际为  $0.45 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 室内对照组为  $0.57 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 相差不大。从图 3、4 看出, A、B 池塘实际与室内对照组  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  含量随时间变化规律基本一致, A 池塘  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  含量是从 5 月 11 日下降到 9 月 16 日; B 池塘从 6 月 5 日下降至 8 月 6 日后上升。

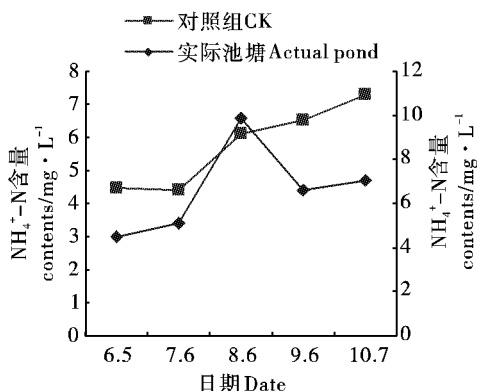


图2 池塘 B 和室内对照组上覆水  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  含量变化

Figure 2  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  variation of overlying water in B1 and actual pond

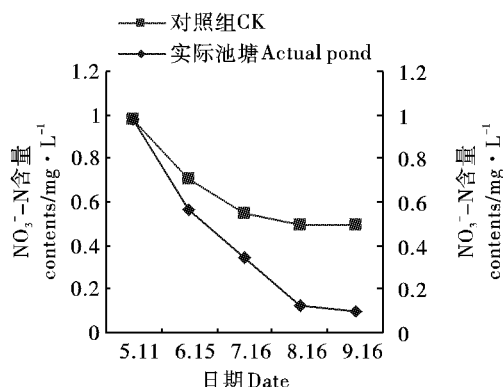


图3 池塘 A 和室内对照组上覆水  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  含量变化

Figure 3  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  variation of overlying water in A1 and actual pond

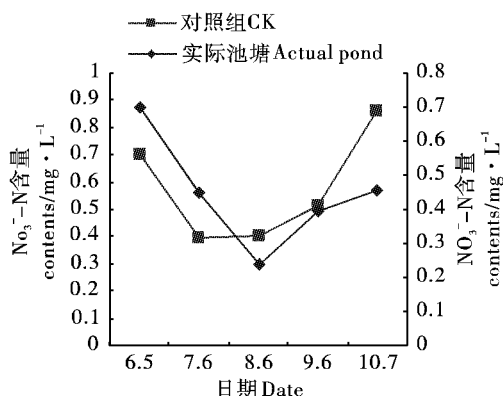


图4 池塘 B 和室内对照组上覆水  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  含量变化

Figure 4  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  variation of overlying water in B1 and actual pond

$\text{NO}_2^- - \text{N}$  含量在两个池塘室内外不同时期变化很小、含量也很高, 其中 A 池塘平均 (66 个测定值) 为  $4.28 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 标准差是 0.30, 最高值为  $4.97 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 最低值为  $3.57 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ; B 池塘平均 (66 个测定值) 为  $4.51 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 标准差是 0.29, 最高值为  $4.98 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 最低值为  $3.44 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

## 2.2 不同处理对池塘上覆水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 和 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 的影响

从图 5、6 看出, 不同处理对养殖池塘上覆水  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  含量影响不同: A 池塘为  $\text{A3} < \text{A5} < \text{A4} < \text{A6} < \text{A2} < \text{A1}$ ; B 池塘为  $\text{B3} < \text{B5} < \text{B4} < \text{B2} < \text{B6} < \text{B1}$ 。在 6 个处理中, 两池塘都是脲酶抑制剂的处理组脲酶活性最低, 说明在无外源氮的情况下, 上覆水中  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  一方面来自水中其他形态氮的转化, 另一方面来自底泥中氮的释放。本试验底泥中加入酶抑制剂是脲酶抑制剂, 抑制了底泥脲酶活性, 减少了底泥有机态氮矿化释放; 与对照相比, 在上覆水中加入芽孢杆菌制剂处理组的脲酶活性也下降了, 本试验加入的芽孢杆菌是从池塘上覆水中分离出能有效除磷和脱氮的微生物; 底泥中加入的沸石的处理组  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  含量也下降, 其原因是天然沸石是呈骨架状结构的多孔性铝硅酸盐晶体, 其内部空穴和孔道中可吸附大量的阳离子, 其带电、表面积大及上的羟基团可对  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  都会产生吸附作用<sup>[3]</sup>。

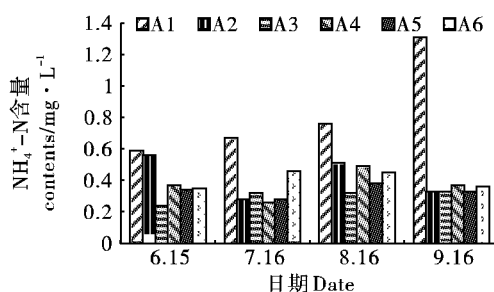


图5 池塘 A 不同处理上覆水中  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  含量

Figure 5  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  of overlying water in different treatments A pond

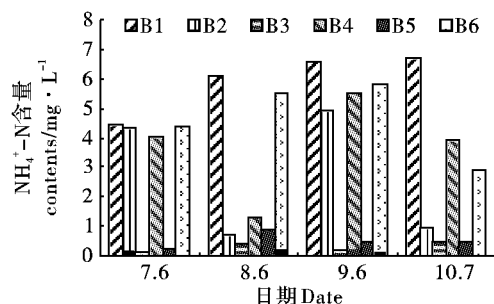


图6 池塘 B 不同处理上覆水中  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  含量

Figure 6  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  of overlying water in different treatments B pond

从图7、8看出,不同处理对A和B池塘上覆水中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的影响低于 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ,脲酶抑制剂虽然减少了上覆水中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量,却没有较少 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量,但当培养到第6个月时,两池塘上覆水中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量都低于对照。其余处理 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量在所有取样期都略低于对照,说明试验加入的芽孢杆菌和沸石也有降低池塘上覆水 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量的作用。

不同处理对两个池塘上覆水中 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 含量没产生明显影响,且两池塘上覆水中 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 含量较

高,影响养殖对象的生长,进一步研究控制水体 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 含量的有效办法是我们目前努力的方向。

### 3 结论

(1)2个池塘上覆水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量在不同采样期变化很大,而 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 含量变化非常小。其中西青区上覆水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量明显高于东丽区,2个池塘 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 含量均较高。

(2)采用脲酶抑制剂、沸石和芽孢杆菌及其组合处理水体能明显降低上覆水中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量;脲酶抑制剂虽在取样前期不能降低上覆水 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量,但2个池塘最后一次水样中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量低于对照。沸石及芽孢杆菌及其组合处理也可减少上覆水 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量;所有处理都不能使上覆水中 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 含量减少。

#### 参考文献:

- [1] Birgit Mingram, PeerHoth, VolkerLuders. The significance of fixed ammonium in Palaeozoic sediments for the generation of nitrogen-rich natural gases in the North German Basin [J]. *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)*, 2005, 94: 1010-1022.
- [2] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999.
- [3] 付婉霞, 聂正武. 沸石去除地下水中氨氮及其再生试验研究[J]. 中国给水排水, 2007, 23 (21): 73-75.
- FU Wan-xia, NIE Zheng-wu. Test on ammonia nitrogen removal from groundwater by zeolite and its regeneration [J]. *China Water & Waste Water*, 2007, 23 (21): 73-75.

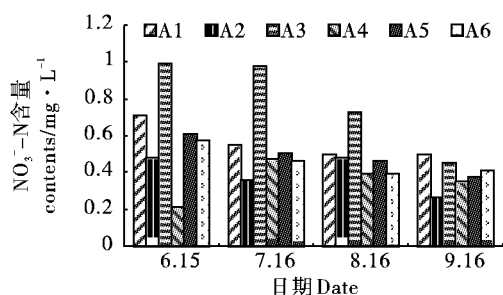


图7 池塘A不同处理上覆水中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量

Figure 7  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  of overlying water in different treatments A pond

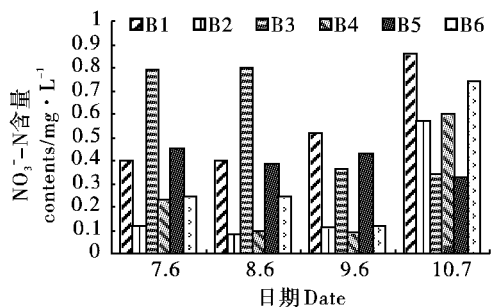


图8 池塘B不同处理上覆水中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量

Figure 8  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  of overlying water in different treatments B pond