

杭州湾淡化对虾养殖池水中 氮磷营养盐的存在特征

王小谷, 胡锡钢

(国家海洋局 第二海洋研究所区域海洋学重点实验室, 浙江 杭州 310012)

摘 要: 利用 2002 年 5~7 月对杭州湾淡化对虾养殖池水环境中氮磷营养盐的调查资料, 分析了该养殖水环境中氮磷营养盐的存在形态与行为, 结果表明: (1) 在该养殖水环境中, IP 含量随时间变化不大, 相对较稳定; (2) IN 含量的变化主要受生物活动控制, 在养殖过程中变化较大, $\text{NO}_3\text{-N}$ 为 IN 的主要存在形态, 但在养殖后期, $\text{NO}_2\text{-N}$ 含量有所增加; (3) 该养殖水环境中氮磷营养盐含量均超过富营养化阈值, 因而已无法判断浮游植物生长的限制因子; (4) 叶绿素 a 与 IN 含量成显著负相关, 而与 IP 含量的相关性不显著。

关键词: 淡化养殖; 对虾; 氮磷营养盐; 存在特征; 水环境

中图分类号: S917.3

文献标识码: A

0 引言

氮磷营养盐是养殖生态系统中重要的循环物质之一^[1], 在养殖生产过程中, 氮磷营养盐的利用率、存在特征、含量比例以及变化趋势常作为评价养殖水平和养殖模式的重要指标, 同时, 还被认为是养殖水环境自身污染的重要监测指标之一^[2]。杭州湾萧山围垦区位于钱塘江南岸, 占地约 2 000 hm^2 , 是浙江省重要的对虾淡化养殖基地之一。该地区池塘中自然生长的各种浮游植物、浮游动物、底栖动物与引进的养殖品种——对虾共同形成了一个独特的生态系统, 同时, 引进的对虾对该池塘原有水环境氮磷营养盐的存在特征产生了一定影响。目前研究者们对海水对虾养殖池塘氮磷营养盐的存在特征等作过一定的调查和分析, 但对淡化对虾养殖水环境中氮磷营养盐等的分析和研究还未见报道。本文对淡化对虾养殖水环境氮磷营养盐的存在特征进行了初步分析, 为未来淡化对虾养殖业的持续、稳定、健康发展提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 采样虾池的基本状况

采样的 15 号和 16 号两口虾池位于杭州湾萧山围垦区, 虾池平均面积为 0.6 hm^2 , 水深

收稿日期: 2003-06-17

基金项目: 国家海洋局青年基金资助项目 (2002103); 浙江省测试基金资助项目 (02005)

作者简介: 王小谷 (1968—), 男, 浙江杭州市人, 工程师, 主要从事水产养殖方面的研究工作。

为 1.5 m，常年盐度为 1.0~1.5，养殖的水产品为南美白对虾。

1.2 采样及测定方法

2002 年 5 月 4 日至 7 月 23 日分别对两口虾池进行水样采集与测定，每池各设 1 个采样点。用 HQM-1 采样器分别在各采样点采集虾池中的次表层水，采样时间为上午的 09:00，采样周期为 10 d，共采样 9 次。测定的内容包括：水温 (T) 和硝酸盐 ($\text{NO}_3\text{-N}$)、亚硝酸盐 ($\text{NO}_2\text{-N}$)、铵盐 ($\text{NH}_4\text{-N}$)、磷酸盐 (PO_4)、叶绿素 a 的含量。测定方法均按《海洋监测规范》中规定的方法进行，其中磷酸盐的含量是用磷钼蓝法测定，硝酸盐的含量是用铈还原法测定，亚硝酸盐的含量是用重氮偶氮法测定，铵盐的含量是用靛酚兰法测定，叶绿素 a 含量采用萃取荧光法测定^[3]。校正曲线采用的标准物质为国家海洋局第二海洋研究所生产的国家一级标准物质。溶解无机氮 (IN) 为 $\text{NH}_4\text{-H}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 和 $\text{NO}_2\text{-N}$ 之和。

2 结果与讨论

2.1 氮磷营养盐的时空变化

图 1 为 15 号和 16 号虾池养殖水环境中氮磷营养盐的含量。图 1 可见，两口虾池水体中的 IN 和 IP 含量均很高，已经超过富营养化阈值 (IN 和 IP 的富营养化阈值分别为 $200\sim300\ \mu\text{g}/\text{dm}^3$ 和 $15\sim20\ \mu\text{g}/\text{dm}^3$)^[4]。从养殖初期至中期两口虾池 IN 含量逐渐增高，至养殖中期的 6 月 13 日达到峰值，之后则开始下降。IN 的质量浓度为 $103.46\sim879.34\ \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ，平均值为 $433.91\ \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ，其中质量浓度大于 $300\ \mu\text{g}/\text{dm}^3$ 的样品数占总数的 88.9%。 $\text{NO}_3\text{-N}$ 质量浓度为 $23.56\sim694.4\ \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ，其随时间的变化趋势与 IN 质量浓度变化趋势基本一致。 $\text{NO}_2\text{-N}$ 和 $\text{NH}_4\text{-N}$ 质量浓度的变化相对平稳，分别为 $21.16\sim110.4\ \mu\text{g}/\text{dm}^3$ 和 $32.94\sim172.26\ \mu\text{g}/\text{dm}^3$ 。IP 质量浓度为 $9.4\sim285.76\ \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ，平均值达 $113.6\ \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ，其变化曲线比 IN 的变化曲线要平缓，其中质量浓度大于 $70\ \mu\text{g}/\text{dm}^3$ 的样品数占总数的 66.7%。

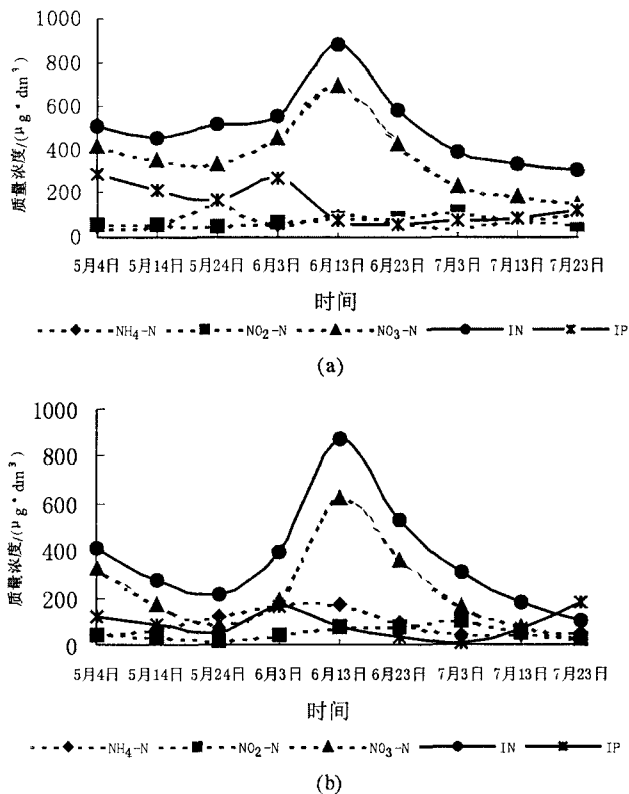


图 1 15 号 (a) 和 16 号 (b) 虾池水体中氮磷营养盐的含量

由于养殖初期 (5 月) 的水温较低, 对虾体小且活动能力较弱, 对人工饵料的利用率较低, 因而养殖水环境中有机氮经常富集, 再加上此时浮游植物正从一个生长高峰开始回落, 从而导致 IN 的含量逐渐增高。随着水温升高, 养殖中期 (6 月) 时的残饵等有机物的氧化分解加速, 迅速补充了水体中的无机氮, 导致 IN 含量迅速上升。养殖后期 (7 月), 水温已很高, 对虾生长迅速, 活动能力增强, 对人工饵料摄食率提高, 使得水体中有机氮的含量减少, 再加上浮游植物重新开始大量繁殖, 吸收了水体中的氮磷营养盐, 导致水体中 IN 含量迅速减少。同时, 养殖后期对虾生物活动的加强, 导致了水体中溶解氧减少, $\text{NO}_2\text{-N}$ 氧化为 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的能力减弱, $\text{NO}_2\text{-N}$ 含量较高。

2.2 IN 的存在形态

不同水环境中 IN 的主要存在形态各不相同, $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 和 $\text{NH}_4\text{-N}$ 是海水中 IN 的主要存在形态^[5~8]。依照热力学平衡原理, 水环境中大多数 IN 应该以 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的形态存在, 而 $\text{NO}_2\text{-N}$ 属于不稳定过渡态, 不可能在水环境中大量存在, 而各形态之间可通过物理、化学、生物等过程相互转化^[9,10], 其中生物过程是主要的控制因素^[11], 因此, 在受生物活动影响较为强烈的生态系统中, 各形态之间很难达到平衡。图 2 为两口虾池 IN 的存在形态。图中可见, 两口虾池水环境中, IN 的形态分布有以下特点:

(1) 在养殖前期和中期 (5 月和 6 月), IN 的各形态之间保持相对稳定;

(2) 在整个养殖过程中, $\text{NO}_3\text{-N}$ 始终是 IN 的主要存在形态。养殖后期 (7 月), 其含量相对有所下降;

(3) $\text{NO}_2\text{-N}$ 在养殖初期和中期含量相对较低且变化平稳, 但在养殖后期含量迅速提高。

(4) $\text{NH}_4\text{-N}$ 在整个养殖过程中变化相对平稳。

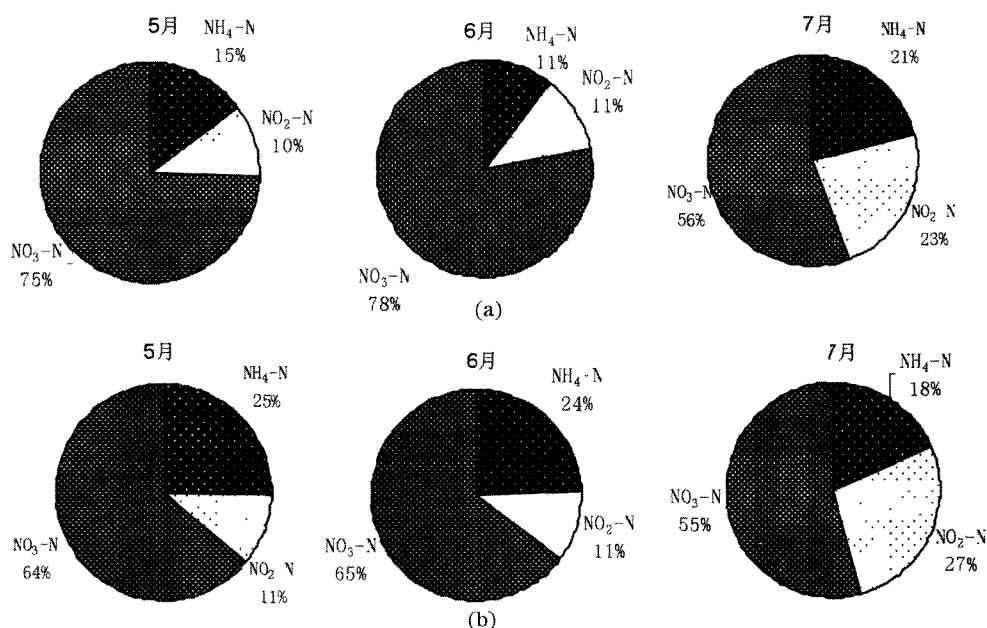


图 2 15 号 (a) 和 16 号 (b) 虾池水体中 IN 的存在形态

2.3 IN 与 IP 的比值

图 3 为养殖水环境中 IN 与 IP 及其比值的变化。在对虾养殖水环境中, IN 与 IP 比值的变化与 IN 的变化趋势很相似。由于整个养殖期间 IP 的变化持续平稳, 因此该比值的变化主要取决于同一时间 IN 的变化。养殖期间, IN 与 IP 比值为 0.58~21.95, 平均值为 5.61, 其中小于 5.00 的占 70%。IN 与 IP 比值在养殖初期变化相对平稳, 为 1.78~5.26; 6 月份起, 比值开始上升, 至 6 月 23 日达到峰值 15.05~21.95, 随后又逐渐下降。Darley^[12]认为, $IN/IP > 30$ 时为磷限制, $IN/IP < 5$ 时为氮限制, 由此似乎可以判断 IN 为该虾池水环境浮游植物生长的限制因子, 但由于虾池水体中 IN 和 IP 的含量都远大于浮游植物的生长 IN 与 IP 的限制阈值 (IN 为 $1 \mu\text{mol}/\text{dm}^3$, IP 为 $0.1 \mu\text{mol}/\text{dm}^3$)^[13], 因而已无法从中判定该养殖虾池水环境浮游植物的限制因子。

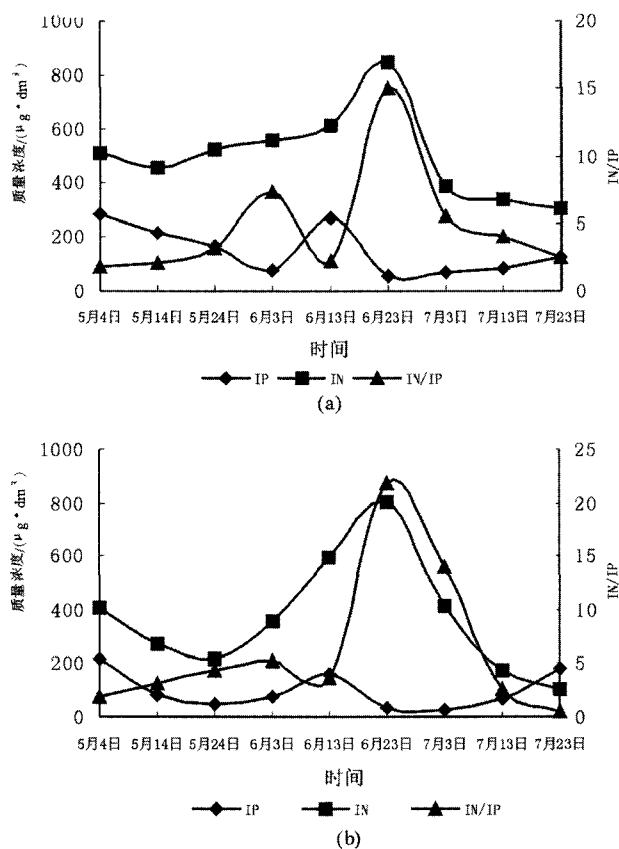


图 3 15 号 (a) 与 16 号 (b) 虾池水体中 IN 与 IP 及其比值

2.4 叶绿素 a 与氮磷营养盐的关系

浮游植物是初级生产者, 它通过光合作用可将水环境中的无机物转化为有机物。在这种物质转化过程中, 水环境中无机营养盐类的含量是影响浮游植物光合生产的重要因素^[11,14], 同时, 浮游植物的生长状况又是影响水环境中无机营养盐类含量变化的主要因素。

图 4 为 15 号和 16 号两口虾池养殖水环境叶绿素 a 与氮磷营养盐的关系。虾池中叶绿素 a 的含量与 IN 含量之间为负相关关系, 其相关方程分别为:

$$Y = 1\,096.9 - 8.86X \quad (n = 9, r = -0.69) \quad (1)$$

和

$$Y = 676.1 - 10.79X \quad (n = 9, r = -0.62). \quad (2)$$

式中: Y 为 IN 的含量, X 为叶绿素 a 的含量。

IP 含量与叶绿素 a 之间相关性不显著。

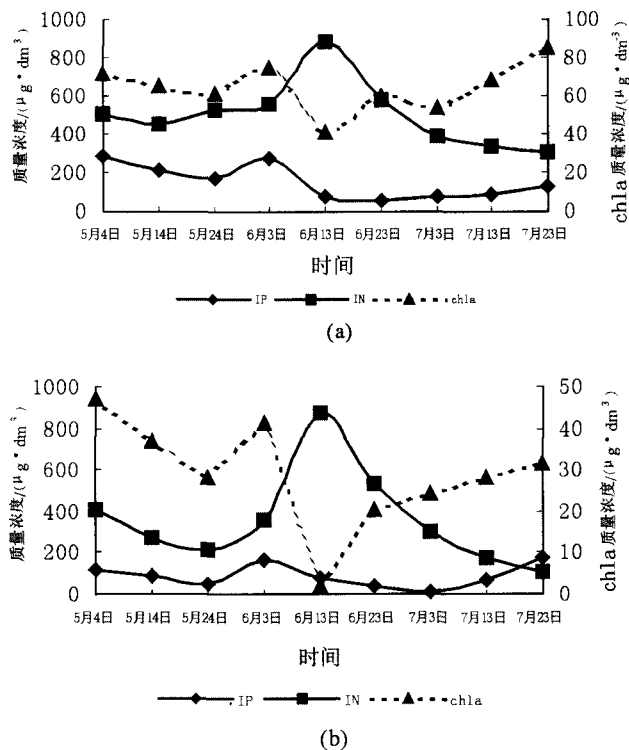


图 4 15 号 (a) 和 16 号 (b) 虾池水体中叶绿素 a 与 IN、IP 的含量

3 小结

杭州湾淡化对虾养殖虾池水环境中, IP 含量随时间变化不大, 其值相对稳定; IN 的含量变化主要受生物活动控制, 其值在养殖过程中变化较大。NO₃-N 为 IN 的主要存在形态, NO₂-N 在养殖后期含量增加。氮磷营养盐含量均超过富营养化阈值, 从中已无法判断浮游植物生长的限制因子。叶绿素 a 与 IN 成显著负相关关系, 与 IP 的相关性不显著。

参考文献:

- [1] Bloem J. Ammonia excretion and total N budget for gilthead seabream (*Sparus aurata*) and its effect on water quality conditions [J]. *Aquaculture*, 1907, **66** (3~4): 287~297.
- [2] 孙耀, 于宏, 杨琴芳, 等. 丁字湾养殖海域营养状况的化学指标分析与评价 [J]. *水产学报*, 1990, **14** (1): 33~39.

- [3] GB17378—1998. 海洋监测规范 [S].
- [4] 邹景忠, 董丽萍, 秦保平, 等. 渤海富营养化和赤潮问题的初步探讨 [J]. 海洋环境科学, 1983, 2 (2): 45~54.
- [5] 孙耀, 宋云利. 虾塘养殖水环境中氮磷营养盐的存在特征与行为 [J]. 水产学报, 1998, 22 (2): 117~123.
- [6] 赵卫红, 焦念志, 赵增, 等. 烟台四十里湾水域氮的存在形态研究 [J]. 海洋与湖沼, 2000, 31 (1): 53~59.
- [7] 臧维玲, 戴习林. 防病虾塘水质管理模式 [J]. 水产学报, 1997, 21 (4): 422~427.
- [8] 李兰生, 林洪. 虾池生态系的氮平衡及氨水平的生物调控——虾池中三氮的动态趋势 [J]. 海洋与湖沼通报, 1999, 4: 53~57.
- [9] Edmond J M, Sprack A, Boyle B, et al. Chemical dynamics of the Changjiang estuary [J]. Continental Shelf Res, 1985, 4 (1/2): 17~36.
- [10] Kristiansen E J, Lund B Aa. Nitrogen cycling in the Barents Sea——1: Uptake of nitrogen in the water column [J]. Deep Sea Res, 1989, 36 (2): 255~258.
- [11] 赖利 J P. 化学海洋学 (第二卷) [M]. 崔清臣, 钱佐国, 唐思齐译. 北京: 海洋出版社. 1982.
- [12] Darley W M. Algal Biology: A physiological approach oxford [M]. London: Black-well scientific publication, 1982.
- [13] Justic D, Rabalais N N, Turner R E, et al. Changes in Nutrient Structure of River-dominated Coastal Waters: Stoichiometric Nutrient Balance and its Consequences. estuarine [J]. Coastal and Shelf Science, 1995, 40: 339~356.
- [14] 尼尔森 E S. 海洋光合作用 [M]. 周百成等译. 北京: 科学出版社, 1979.

Primary analysis on the feature of nitrogen and phosphorous nutrients in freshwater culture shrimp ponds in Hangzhouwan Bay

WANG Xiao-gu, HU Xi-gang

(Laboratory of Regional Oceanography of SIO, Hangzhou 310012, China)

Abstract: Investigations of the feature of nitrogen and phosphorous nutrients in two freshwater culture shrimp ponds in Hangzhouwan Bay from May to July in 2002. The results show the seasonal change of IP content was stable, the change of IN content was controlled by biologic activity. $\text{NO}_3\text{-N}$ was the main IN form, but the content of $\text{NO}_2\text{-N}$ increased in the last period and shrimp culture; the content of nitrogen and phosphorous nutrients exceeded the eutrophication threshold, therefore, it could not be judged which was the main restrict factor of phytoplankton growth.

Key words: freshwater culture; shrimp; nitrogen and phosphorous nutrients; feature; water environment