

厦门潘涂虾池及其附近内湾各态氮的季节性变化特征*

郭 丰 聂 鑫 黄凌风 周时强 沈国英

(厦门大学海洋学系,亚热带海洋研究所 361005)

摘要 1996年6月至1997年2月,对厦门市潘涂垦区两口虾池及附近内湾不同形态氮的含量与动态进行调查。结果显示虾池的可溶性有机氮(DON)含量明显高于邻近内湾,颗粒有机氮(PN)多数时间也高于内湾,而邻近内湾可溶性无机氮(DIN)含量则明显比池内的高。虾池中的氮主要以DON形态存在(59.76%),DIN、PN含量较少(9.37%和20.87%);邻近内湾则是以DIN为主(59.97%),其次为DON(29.55%),PN所占比例最小(10.48%)。虾池与邻近内湾不同形态氮的季节变化也存在一定差异。

关键词 对虾养殖垦区,不同形态氮,含量与动态

氮是海洋中最为重要的营养元素之一。其在水环境中的时空分布对海洋生态系统的群落结构和物质循环存在重要的影响。不同形态氮化合物的不断积累也是引起近岸水域有机质污染和富营养化的重要原因。目前对养殖水域氮化合物的调查多仅限于无机氮。本文对对虾养殖池塘及邻近内湾水体中可溶性无机氮(DIN)、可溶性有机氮(DON)、颗粒有机氮(PN)等的存量、动态及其他部分水质参数进行近1a的跟踪监测,旨在深入了解虾池的水质状况及其变化特征,为垦区环境质量评价和虾池的水质调控等提供基础数据。

1 调查研究方法

1.1 调查垦区及虾池

1996年6月至1997年2月,在厦门市潘涂养虾场16、17号虾池及邻近内湾进行9个月的调查。该垦区位于同安湾内,共有虾池26口,平均每口面积2.7ha左右。6~9月养殖斑节对虾,10月至翌年2月养殖日本对虾。

1.2 调查项目和方法

调查期间,每月采集水样2次。除现场记录水温、pH值和比重等外,用采水瓶定点采集虾池水样,同时于高潮时采集进水渠水样以分析垦区邻近内湾的状况。回实验室后,除测定各种形态氮的含量外,对相关参数的叶绿素a含量也进行了分析。测定方法如下:

1.2.1 叶绿素a(Chla) 水样经0.45 μm滤膜过滤后,用90%丙酮萃取,752型分光光度计测定。

1.2.2 可溶性无机氮(DIN) NO_3^- 、 NO_2^- 和 NH_4^+ 含量之和,按《海洋调查规范》测定^[1]。

1.2.3 溶解有机氮(DON) 水样经0.45 μm滤膜过滤,以 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$ 为氧化剂热压消化,冷却中和后以锌-镉还原法测定总溶解氮含量,扣除DIN即得DON含量。

1.2.4 总氮(TN) 未过滤水样以 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$ 消化后测定。

1.2.5 颗粒氮(PN) TN扣除DIN和DON的差值。

2 结果与讨论

2.1 可溶性无机氮(DIN)

调查结果显示(图1),邻近内湾的DIN含量明显比虾池高得多,变化于15.60~103.96 mmol/m³之间,平均35.96 mmol/m³,虾池DIN含量普遍不高,变化范围为1.41~24.15 mmol/m³,其中小于10 mmol/m³的占样品数的63.9%,平均8.34 mmol/m³,仅为邻近内湾的1/4,这显然是由于池内浮游植物生物量较高(图2),大量吸收无机氮营养盐所致。调查期间,垦区内湾叶绿素a含量1.57~9.50 mg/m³,平均4.45 mg/m³,多数情况下明显低于虾池。

邻近内湾DIN含量的季节波动也比池内更为剧烈,尤其是受8月份的台风暴雨天气影响使DIN含

* 厦门市重大科技项目招标课题“养殖对虾病毒病及其防治的研究”(项目编号:1993-21-1-1)资助。

第一作者:郭丰,出生于1968年,在职博士,讲师。

收稿日期:2000-10-23;修回日期:2001-03-08

量迅速上升至最高峰,11月之后变化较为平缓。而池内 DIN 则多在一较小范围内轻微波动,即使在台风期间也同样如此,季节变化也很不明显。这种现象也应归结于虾池浮游植物的大量吸收。

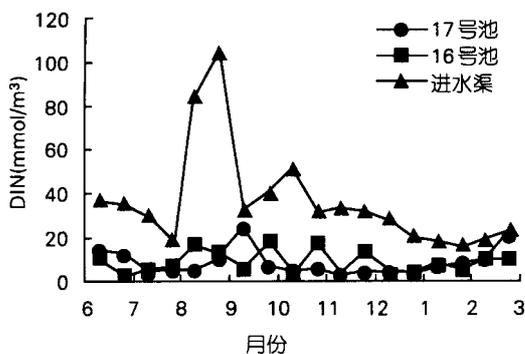


图1 虾池 DIN 含量季节变化

Fig.1 Seasonal variation of DIN in shrimp ponds

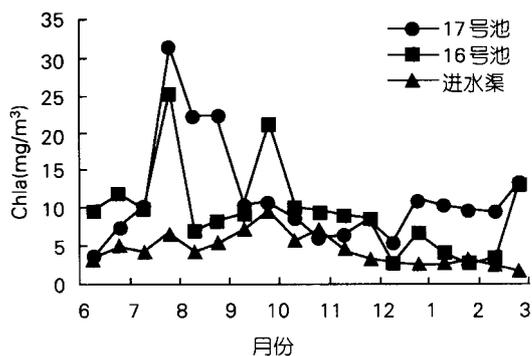


图2 虾池 Chl a 含量季节变化

Fig.2 Seasonal variation of Chl a in shrimp ponds

此外,调查垦区附近有一淡水小河流入邻近内湾,作者于9月和11月对其不同形态氮含量也作了调查,结果见表1。

由表1可见,河水 DIN 明显高于邻近内湾的正常水平,因此对邻近内湾的 DIN 含量有一定影响,特别是在雨季和台风季节。而 DON 和 PN 由于比邻近内湾高出不多,影响可能并不明显。

表1 垦区附近小河不同形态氮含量

Tab.1 The contents of different nitrogen forms in the small river near cultivation area

| 调查时间 (年.月.日) | DIN (mmol/m ³) | DON (mmol/m ³) | PN (mmol/m ³) | TN (mmol/m ³) |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1996.9.10 | 84.95 | 51.30 | 19.50 | 155.75 |
| 1996.11.8 | 78.48 | 30.42 | 5.75 | 114.65 |

2.2 溶解有机氮(DON)

DON 是生命体内的颗粒氮和无机氮的中间过渡物质,海水中的 DON 既来自于生物活动(主要是浮游植物分泌和动物的代谢排泄),也是颗粒有机物分解的中间产物。调查期间,虾池 DON 含量明显高于邻近内湾,含量范围 15.74~37.90 mmol/m³,平均 24.59 mmol/m³;邻近内湾 DON 变化范围 9.12~24.61 mmol/m³,平均 15.45 mmol/m³(图3)。

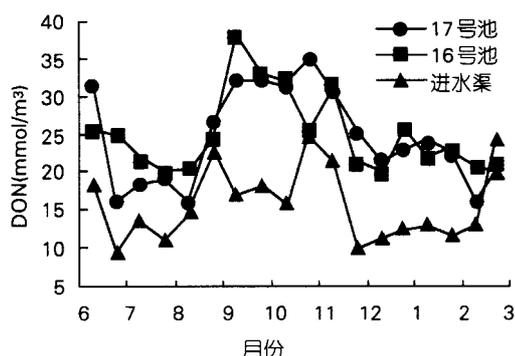


图3 虾池 DON 含量季节变化

Fig.3 Seasonal variation of DON in shrimp ponds

从季节变化看,虾池与邻近内湾的 DON 都呈现较频繁的波动,夏、秋季(8~11月)两者的 DON 含量均处于全年的较高水平。作者认为形成这种相似规律的原因可能不尽相同,8月份邻近内湾 DON 含量提高可能与台风暴雨天气后,带来大量陆源有机质有关(7月27日之后,9607,9608和96103次台风连续影响本地区)。9~10月则由于天气长期保持晴朗,浮游植物生物量达全年最高(见图1)。浮游植物光合作用过程中分泌的可溶性有机氮可能是水体 DON 含量较高的重要原因。对虾池而言,8~9月正值斑节对虾养殖后期,养殖对虾个体大、数量多,新陈代谢过程中排泄出的可溶性有机氮也就较多。此外,养殖后期排泄物、残饵量积累也较多,经分解矿化也可析出较多 DON。10月份转向养殖日本对虾,而目前垦区为减少投入,两次养殖季节之间均未采取清淤措施,调查虾池也仅于9月底10月初进行约1周的晒池消毒,进水几天后即放苗。作者认为10~11月初 DON 的高含量可能主要与对池底的直接暴晒有助于颗粒有机氮的分解有关。冬季(11月至翌年2月)内湾和虾池的 DON 含量都较低,波动幅度也较小,其原因可能与水温下降(生物代谢率减慢)、浮游植物生物量较低以及日本对虾池基本不投饵不换水有关。

2.3 颗粒氮(PN)

水体中的颗粒氮(PN)主要由浮游植物、有机碎屑组成,不同条件下各成分所占比例不同。调查期间虾池和邻近内湾的PN含量存在明显的季节变化,且变化规律也较为相似。6~9月(斑节对虾养殖期间)含量较高,最高分别达35.40和13.70 mmol/m³,平均17.26和8.96 mmol/m³,波动也较大;10月至翌年2月(日本对虾养殖期间),PN含量和波动幅度均显著下降,多数在2~5 mmol/m³之间变化(图4)。这主要与6~9月水温较高,各种生物(特别是浮游植物)的生物量较大,池内斑节对虾生长快,投饵量大,产生较多的残饵、排泄物,并随换水影响邻近内湾。因此池内和邻近内湾此期间PN含量都较高。10月之后,水温下降,总生物量随之减少,各种生物的新陈代谢速率也随水温下降而降低,且日本对虾要求的投饵量较少,使得这一阶段水体中PN含量保持较低水平,变化幅度也较小。

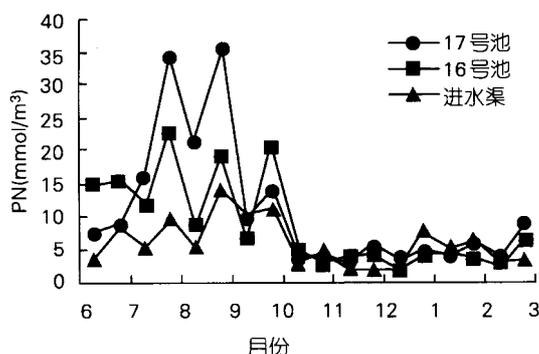


图4 虾池PN含量季节变化

Fig.4 Seasonal variation of PN in shrimp ponds

此外,比较池内和邻近内湾的PN含量,6~9月斑节对虾养殖期间池内的PN含量明显高于邻近内湾,这也主要由于池内生物量大且投饵量大有关;10~翌年2月日本对虾养殖期间因水温低、投饵量少,池内PN含量仅比邻近内湾稍高。

将虾池和邻近内湾的颗粒氮与其叶绿素a含量进行一元线性回归,可得16号池为 $PN = 0.8853 \text{ Chl } a + 0.2291$ ($r = 0.7702, n = 18$),17号池为 $PN = 1.2857 \text{ Chl } a - 4.0608$ ($r = 0.8910, n = 18$),邻近内湾则为 $PN = 1.0143 \text{ Chl } a + 1.1474$ ($r = 0.5915, n = 18$),由相关系数可知虾池颗粒氮与叶绿素a含量存在显著相关,表明虾池颗粒氮主要由浮游植物组成,这是由虾池的环境特征所决定的。与自然海区相比,虾池水体比较平静,底层对虾活动和进排水带来的扰动相对较弱,因此残饵和排泄物等主要颗粒有

机物多沉于池底,水体中的颗粒物以浮游生物(主要是浮游植物)为主。而邻近内湾则因存在潮流,涨落潮期间对底层产生较大的扰动,水体中除浮游植物外,还带有一定数量的有机物碎屑,因此邻近内湾PN与叶绿素a含量的相关性则比池内稍小。

2.4 总氮(TN)

TN为DIN,DON和PN之和。调查期间虾池和邻近内湾TN含量的季节变化见图5。

从图5可看出,调查垦区TN变化的一个显著特征,是除8月份台风影响期间邻近内湾含量异常升高,最高达140.35 mmol/m³,明显高于池内外,多数时间虾池和邻近内湾的TN含量差别不大,夏秋季(6~11月)波动于40~80 mmol/m³之间,冬季(12~翌年2月)于25~40 mmol/m³之间。并且季节变化也基本相同。作者认为虾池与邻近内湾之间频繁的水交换是造成这种现象的主要原因。目前福建省对虾养殖垦区的虾池分布较为密集(调查垦区也是如此),每天都有

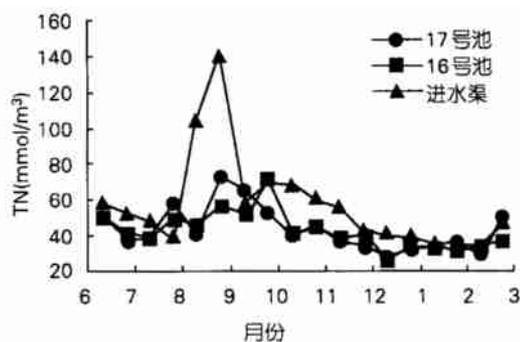


图5 虾池TN含量季节变化

Fig.5 Seasonal variation of TN in shrimp ponds

大量含氮养殖废水排入邻近内湾,而内湾又属半封闭水体,使营养物质不断滞留和积累,也提高了水体的含氮量。而邻近内湾的海水又通过换水进入虾池。这种经常性的交换过程使得两者TN含量较为相近。

尽管虾池和邻近内湾的TN含量差别不大,但其中不同形态氮的含量则有很大差别。从表2可知,两口虾池可溶性有机氮(DON)含量占了绝对优势,占TN的比例达37.21%~79.65%,平均59.76%;可溶性无机氮(DIN)与颗粒氮(PN)的平均含量比例较为接近,分别为19.37%和20.87%。但在不同养殖时期则互有高低,6~9月斑节对虾养殖期PN较高,10~翌年2月日本对虾养殖期DIN含量相对较高。这主要与斑节对虾养殖期投饵量大、水温高,池内残饵、排泄物及浮游植物等颗粒氮较多有关。邻近内湾则是DIN占明显优势,占TN比例48.24%~77.05%,平均59.97%。其

次为 DON, 含量比例 15.22% ~ 44.01%, 平均 29.55%。PN 含量相对较低, 仅占 TN 的 3.20% ~ 16.72%, 平均 10.48%。

虾池与邻近内湾不同形态氮含量比例与各自的生物组成及生态环境密切相关。虾池内由于有极高的生物量(包括养殖对虾、浮游生物等), 新陈代谢过程中排出大量可溶性有机物, 残饵、排泄物等颗粒有机物也以较快速率分解^[2]。这是池内 DON 含量占较大

优势的主要原因, DIN 因池内浮游植物生物量较高而被大量吸收导致含量大幅度下降。残饵、排泄物作为虾池颗粒有机物的重要组成^[3] 则因池水平静, 缺少扰动, 被局限于池底, 从而使池水的 DIN、PN 含量明显少于 DON。赵卫红等对烟台四十里湾养殖水域的调查也得出相同规律, 并认为主要与调查水域密集的养殖生物有关^[4]。邻近内湾由于生物量较少, 其有机氮主要来自养殖废水。富含有机氮的养殖废水输入邻

表 2 不同形态氮组成比例的季节变化

Tab.2 Seasonal variation of the ratio of different nitrogen forms

| 月份 | DIN(%) | | | DON(%) | | | PN(%) | | |
|----|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 16号池 | 17号池 | 进水渠 | 16号池 | 17号池 | 进水渠 | 16号池 | 17号池 | 进水渠 |
| 6 | 13.75 | 28.51 | 64.64 | 54.36 | 53.18 | 24.77 | 31.89 | 18.31 | 10.59 |
| 7 | 12.57 | 9.03 | 55.74 | 47.96 | 39.14 | 27.54 | 39.47 | 51.83 | 16.72 |
| 8 | 29.33 | 13.10 | 77.05 | 43.35 | 37.21 | 15.22 | 27.32 | 49.69 | 7.73 |
| 9 | 19.65 | 26.07 | 56.38 | 58.36 | 54.44 | 27.29 | 21.99 | 19.49 | 16.33 |
| 10 | 24.77 | 12.15 | 63.32 | 66.69 | 79.04 | 31.04 | 8.54 | 8.81 | 5.64 |
| 11 | 21.57 | 8.52 | 65.11 | 68.30 | 79.65 | 31.68 | 10.13 | 11.83 | 3.21 |
| 12 | 11.89 | 12.55 | 59.66 | 78.23 | 74.30 | 28.91 | 9.88 | 13.15 | 11.43 |
| 1 | 18.11 | 20.98 | 48.24 | 70.59 | 65.75 | 35.51 | 11.30 | 13.27 | 16.25 |
| 2 | 29.27 | 36.88 | 49.59 | 57.77 | 47.18 | 44.01 | 12.96 | 15.94 | 6.40 |

近内湾后, 在微生物作用下, 分解产生大量 DIN。内湾底部又因潮流扰动不断向水体输送营养物质。此外, 邻近小河的高营养盐水的流入也对补充 DIN 起一定的作用。邻近内湾浮游植物生物量低于池内(吊养牡蛎可能消耗了内湾大量浮游植物), 未能及时吸收 DIN, 这可能是邻近内湾 DIN 含量较高的主要原因。

3 结论

3.1 虾池与邻近内湾不同形态氮的含量

虾池和邻近内湾不同形态氮含量存在明显差异。虾池 DIN 由于浮游植物的大量吸收而始终维持在较低水平, 平均 8.34 mmol/m^3 , 邻近内湾则由于浮游植物相对较少, 且有沿岸高营养盐淡水补充而含量较高, 平均 35.96 mmol/m^3 , 为虾池的 4 倍。池内较高的生物量和残饵、排泄物的不断积累使其 DON 含量明显高于邻近内湾, PN 在多数时间(尤其斑节对虾养殖期)也高于邻近内湾。但是, 虾池和邻近内湾 TN 含量则因频繁水交换而较为接近, 显示两者互有差别又互相联系的特征。

3.2 不同形态氮的季节变化规律

虾池和邻近内湾不同形态氮含量呈现明显的季节变化。池内 DIN 由于受浮游植物大量吸收的影响,

始终维持在较低水平, 波动也较小, 邻近内湾受台风暴雨等的影响较大, DIN 的季节波动明显大于池内。虾池和邻近内湾的 DON 波动频繁, 但总体均在 8 ~ 11 月较高。PN 在 6 ~ 9 月斑节对虾养殖期受水温高、生物量大和投饵量大等因素的影响具有含量高、波动大的特点, 10 月之后日本对虾养殖时期则维持在较低水平。

3.3 不同形态氮的含量比例

由于环境和生物组成的差异, 垦区虾池及其邻近内湾不同形态氮的含量比例有明显差别。虾池中的氮主要以 DON 形式存在, 占总氮的 59.76%; DIN、PN 含量较少, 占 19.37% 和 20.87%; 邻近内湾则是以 DIN 为主, 占总氮的 59.97%; 其次为 DON, 占 29.55%; PN 所占比例最小, 为 10.48%。这种差异反映两种不同生态系统氮的变化特征。

参考文献

- 1 中华人民共和国国家标准, 海洋调查规范——海水化学要素观测。北京: 中国标准出版社, 1991。
- 2 孙耀等。虾塘中新生残饵的 N、P 营养物质溶出速率及其变化规律研究, 应用生态学报, 1997, 8(5): 541 ~ 544
- 3 刘国才等。对虾养殖围隔生态系颗粒悬浮物的研究, 应用生态学报, 1999, 10(3): 350 ~ 352
- 4 赵卫红、焦念志、赵增霞。烟台四十里湾养殖水域氮的存在形态研究, 海洋与湖沼, 2000, 31(1): 53 ~ 59

研究报告 *REPORTS*

A STUDY ON THE CONTENTS AND DYNAMICS OF THE DIFFERENT FORMS OF NITROGEN IN SHRIMP CULTURE AREA

GUO Feng NIE Xin HUANG Ling-feng ZHOU Shi-qiang SHEN Guo-ying
(*Department of Oceanography & Institute of Subtropical Oceanography, Xiamen University, 361005*)

Received: Oct .23 ,2000

Key Words: Shrimp culture area ,Different forms of nitrogen ,Contents and dynamics

Abstract

From Jun. 1996 to Feb. 1997, the contents and dynamics of the different forms of nitrogen in two shrimp ponds and inflow channel were surveyed in Pantu cultivation area in Xiamen. The results showed the dissolved organic nitrogen (DON) in shrimp ponds was obviously higher than that in the adjacent bay, the content of particle nitrogen (PN) in shrimp ponds was also higher in most time, while the content of dissolved inorganic nitrogen (DIN) was evidently lower than that in the adjacent bay. DON was the main existing form of nitrogen in shrimp ponds (57.76%), the contents of DIN and PN were lower (9.37% and 20.87%); while in the neighboring bay nitrogen exists mostly in DIN (59.97%), then is DON(29.55%), PN only contributes 10.48%. The seasonal variations of the different forms of nitrogen are different between in shrimp ponds and in adjacent bay.

(本文编辑:刘珊珊)