

文章编号: 1000- 0615(2000)03- 0247- 07

对虾养殖池沉积环境中 TOC、TP、TN 和 pH 及质量评价模型

袁有宪, 幸福言, 孙耀, 曲克明,

崔毅, 衣铭明, 宋云利, 陈碧鹃, 陈民山

(中国水产科学研究院增养殖环境质量优化与污染控制重点开放实验室,
中国水产科学研究院黄海水产研究所, 山东 青岛 266071)

摘要: 1995 年冬季, 研究了青岛地区即墨市丰城、王村、城阳区上马、流亭等乡镇的对虾养殖区 80 个虾池沉积物中有机碳(TOC)、总氮(TN)、总磷(TP)和 pH 与池龄的关系。结果表明, 沉积物中 TOC 随年代而积累, 除即墨丰城泥沙质虾池外, 与池龄成正线性相关, 相关系数(γ)为 0.742 2~ 0.833 0 ($P < 0.05$); 沉积物中 TN 亦随年代而积累, 所有调查区沉积物中 TN 与池龄成正线性相关, 相关系数(γ)为 0.460 3~ 0.857 4 ($P < 0.05$); 沉积物中 TP 随年代而降低, 与池龄成负线性相关, 城阳流亭养殖区的相关系数(γ)为 0.4261 ($P > 0.05$), 其它养殖区(γ)为 0.495 6~ 0.906 0 ($P < 0.05$)。沉积物的 pH 与池龄的关系无规律可循。提出了虾池底质环境质量的评价模型

关键词: 对虾养殖; 沉积环境; 有机碳; 总氮; 总磷; 质量评价模型

中图分类号: S967 文献标识码: A

TOC, TP, TN and pH in sediment environment of shrimp culture and quality assessment module

YUAN Your xian, XIN Fu yan, SUN Yao, QU Ke-ming, CUI Yi,

YI Ming-ming, SONG Yur li, CHEN Bi juan, CHEN Min shan

(*Aquacultural Environment Quality Optimization & Pollution Control Key Lab.,
Yellow Sea Fisheries Research Institute, CAFS, Qingdao 266071, China*)

Abstract: In order to explore the relationship between environment quality and virus disease, in winter of 1995, the concentration of total organic carbon (TOC), total nitrogen (TN), total phosphorus (TP) and pH in bottom sediments of 80 shrimp culture ponds in Qingdao of China were determined, and the correlation between TOC, TP, TN and pH and pond age was analyzed. The results showed that TOC, TN were positive linear correlation with pond age, the correlation coefficient (γ) for TOC was 0.742 2~ 0.833 0 ($P < 0.05$), the correlation coefficient (γ) for TN was 0.460 3~ 0.857 4 ($P < 0.05$); TP was negative linear correlation with pond age in Liuting areas of Chengyang with correlation coefficient (γ) of 0.4261 ($P > 0.05$), and was positive linear correlation in other area with correlation coefficient (γ) of 0.495 6~ 0.906 0 ($P < 0.05$). The relationship between pH and pond age was not regular. We suggested that the concentration of TN as an index of pond soil

收稿日期: 1999- 12- 15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(39670581); 国家高技术研究发展计划项目(819- 02- 07); 国家“九五”攻关项目子专题(96- 922- 02- 02- 02); 农业部重点科研项目(渔 85- 95- 11- 02)

作者简介: 袁有宪(1954-), 男, 研究员。Tel: 0532- 5836341, E-mail: yuanyx@public.qd.sd.cn

quality. A assessment module was established for environmental quality of shrimp pond bottom.

Key words: shrimp culture; sediment environment; organic carbon; total nitrogen; total phosphorus; quality assessment module

80年代末90年代初出现了几乎是全球性的对虾暴发性流行病,对虾养殖业蒙受了巨大的经济损失。分析全国各地虾病发生的时间,似乎与养殖历史、养殖方式密切相关。就亚洲地区而言,台湾的养殖历史最长,虾病发生最早;其他国家和地区发展养虾时间次序为泰国、中国、越南,而虾病发生时间次序也恰好是泰国、中国、越南。从养虾开始到出现暴发性虾病均约为10年时间。从养殖方式分析,台湾和泰国较早采用的精养高产模式,中国采用的是半精养和粗养模式,而越南大多采用的是粗养模式,从精养到粗养模式亦和发病时间相对应。为什么会出现这样的规律呢?是当今摆在养殖环境学家面前的重要课题。从对虾养殖方式上分析,对虾养殖是人工投喂,大量残饵、粪便和死亡的浮游植物沉于池底。这些物质一部分通过矿化被浮游植物再利用,相当一部分则沉积在虾池底部。尽管多数养殖者每年采取清池、暴晒、消毒等措施,但不能从根本上消除污染。随年龄增长,池底沉积环境在不断发生变化。在研究虾池沉积环境中某些物质的垂直分布时,发现有机物和总氮为积累污染,总磷为缺乏^[1]。为弄清池底沉积环境与对虾养殖历史的关系,建立池底环境质量的评价方法,指导养殖者适时清池,本文研究了虾池沉积环境中有机碳、总氮、总磷和pH与池龄的关系。

1 调查方法和实验材料

1995年12月,选择我国对虾养殖历史最长、产量较高的青岛地区即墨市丰城、王村、鳌山,城阳区流亭、上马等乡镇的80个自1993年以来没采取清池措施的养虾池。取池底0~30cm层的沉积物,测定其中的有机碳(TOC)、总氮(TN)、总磷(TP)和pH,统计分析这四个因子与池龄的相关性。

沉积物的样品处理和TOC的测定按文献[2]进行;TN、TP和pH的测定按文献[3]进行。

沉积物的分类按卡庆斯基土壤质地分类表^[3]中碱土类型土壤分类标准粗略进行,即小于0.01mm物理性砂粒含量在85%~100%的松砂土、紧砂土和砂壤土,本文分为沙质;小于0.01mm物理性砂粒含量在60%~85%的轻壤土、中壤土和重壤土称为泥沙质;小于0.01mm物理性砂粒含量在<60%的轻粘土、中粘土和重粘土成为泥质。

2 结果

2.1 即墨市丰城乡对虾养殖区

即墨市丰城乡对虾养殖区位于山东南部沿海丁字湾西侧,为我国开发最早的对虾养殖区,开发于70年代末,底质为泥质和泥沙质两种。1992年以前为高产区,亩产均在100kg以上,饵料为人工合成饵料和鲜活蓝蛤。1993年开始发生暴发性虾病,发病面积在90%以上。泥质虾池的调查结果(图1,表1)表明,TOC和TN与池龄呈显著正相关;TP与池龄呈显著负相关;pH与池龄呈不显著负相关。泥沙质虾池的调查结果(图2,表1),TOC与池龄呈不显著正相关;TN与池龄呈显著正相关;TP与池龄呈显著负相关;pH与池龄呈不显著正相关。

2.2 城阳区上马镇对虾养殖区

城阳区上马镇对虾养殖区位于山东南部沿海胶州湾底部,为我国开发较早的对虾养殖区,开发于80年代初,底质多为泥质。1992年以前为高产区,亩产均在150kg以上,饵料为人工合成饵料和鲜活蓝蛤。1993年开始发生暴发性虾病,发病面积在80%以上。调查结果(图3,表1),TOC和TN与池龄呈显著正相关;TP与池龄呈显著负相关;pH与池龄呈不显著正相关。

2.3 城阳区流亭镇养殖区

城阳区流亭镇对虾养殖区位于山东南部沿海胶州湾东岸, 为我国开发最早的对虾养殖区, 开发于 80 年代初, 底质多为泥质。1992 年以前为高产区, 亩产均在 150kg 以上, 饵料为人工合成饲料和鲜活蓝蛤。1993 年开始发生暴发性虾病, 发病面积在 80% 以上。本次调查结果(图 4, 表 1), TOC 和 TN 与池龄呈显著正相关; TP 与池龄呈不显著负相关; pH 与池龄呈显著负相关。

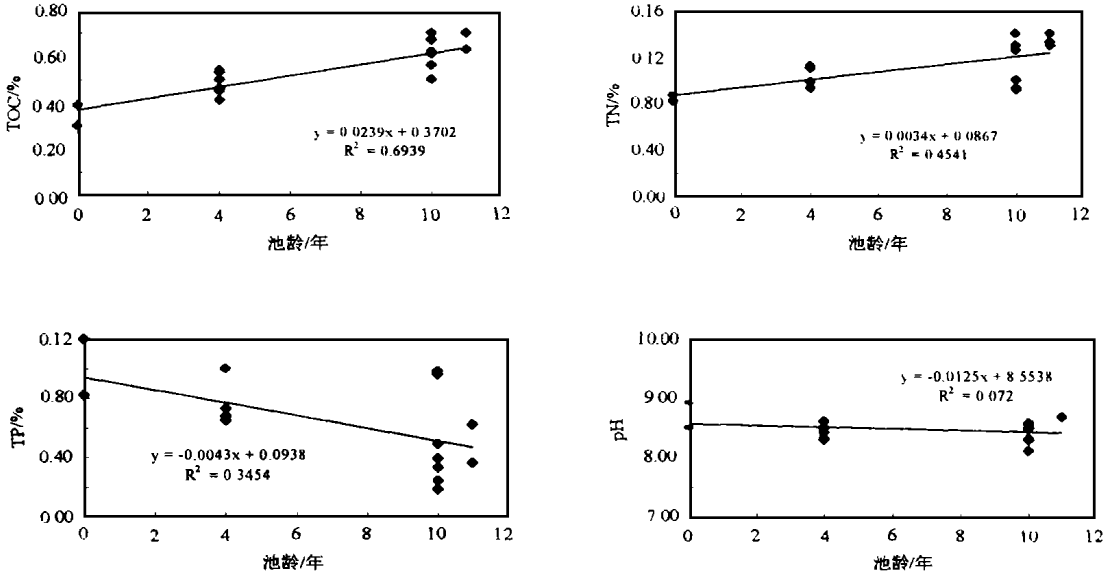


图 1 即墨市丰城乡对虾养殖区泥质虾池沉积物中 TOC、TN、TP 和 pH 与池龄的相关性

Fig. 1 Correlation between TOC, TN, TP and pH in clay bottom and pond age in Fengcheng town, Jimo City

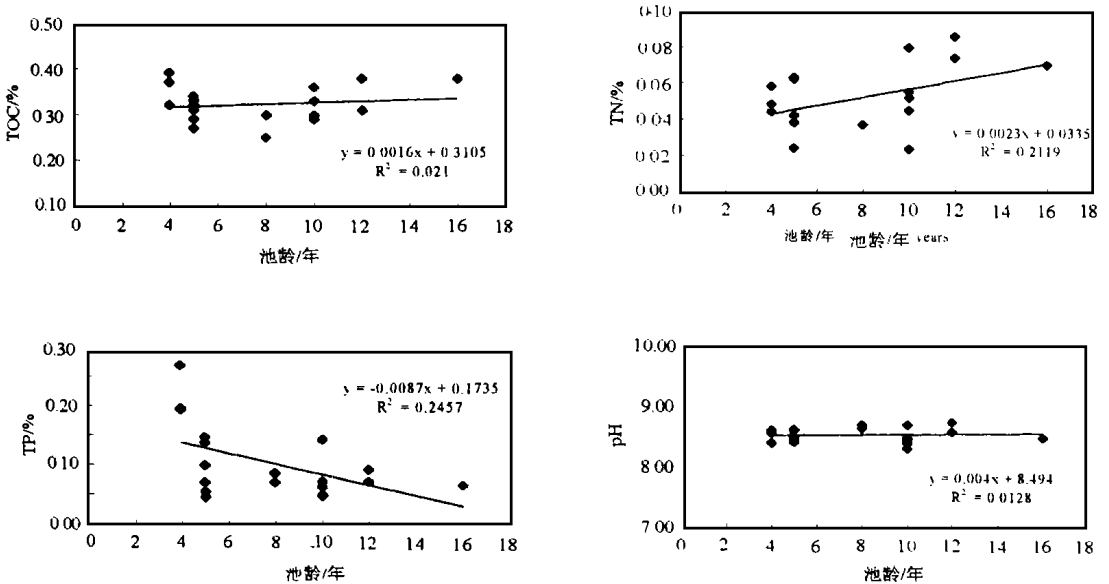


图 2 即墨市丰城乡对虾养殖区泥沙质虾池沉积物中 TOC、TN、TP 和 pH 与池龄的相关性

Fig. 2 Correlation between TOC, TN, TP and pH in silt bottom and pond age in Fengcheng town, Jimo City

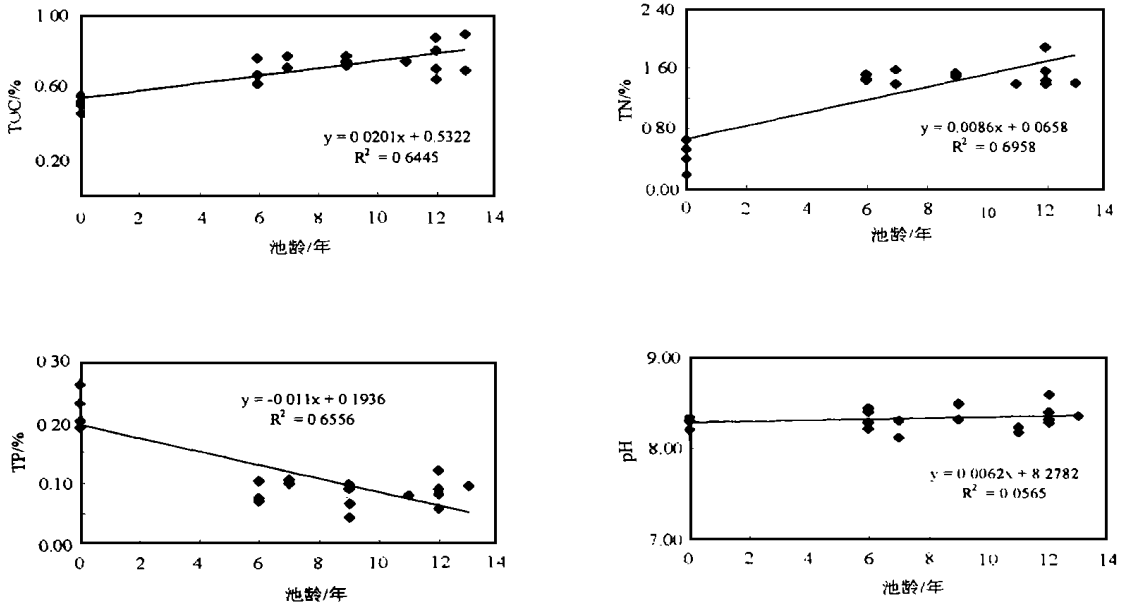


图3 城阳区上马镇对虾养殖区沉积物中 TOC、TN、TP 和 pH 与池龄的相关性

Fig. 3 Correlation between TOC, TN, TP and pH in clay bottom and pond age in Shangma town, Chengyang District

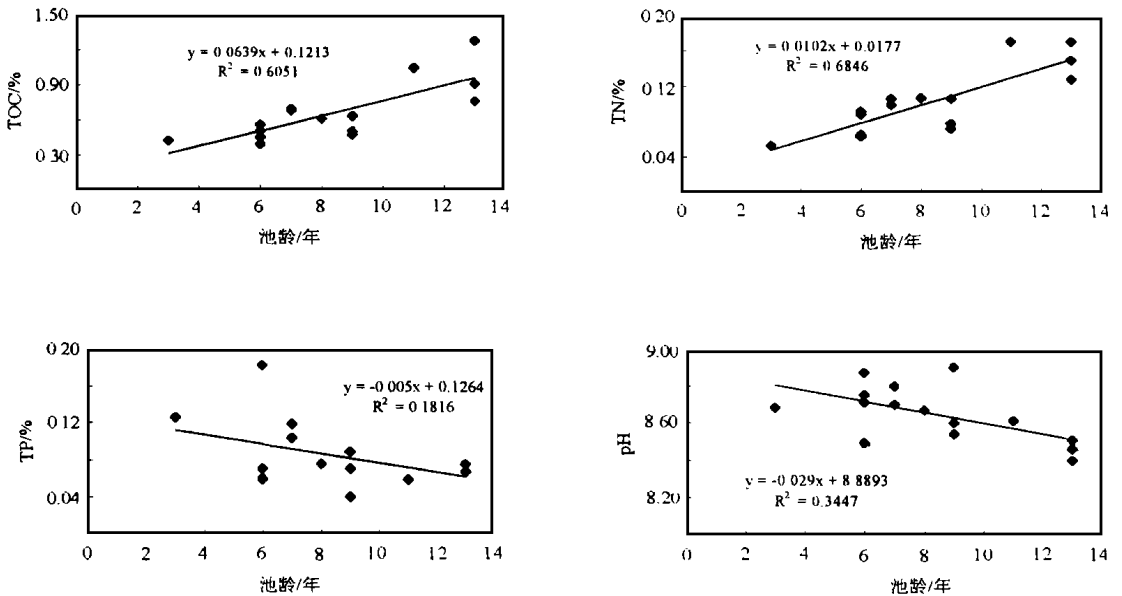


图4 城阳区流亭镇对虾养殖区沉积物中 TOC、TN、TP 和 pH 与池龄的相关性

Fig. 4 Correlation between TOC, TN, TP and pH in clay bottom and pond age in Liuting town, Chengyang District

2.4 即墨市王村对虾镇养殖区

即墨市王村镇对虾养殖区位于山东南部沿海鳌山湾北岸,为我国开发较早的对虾养殖区,开发于80年代初,底质多为泥沙质。1992年以前为高产区,亩产均在100kg以上,饵料为人工合成饵料。1993年开始发生暴发性虾病,发病面积在80%以上。调查结果(图5,表1),TOC和TN与池龄呈显著正相关;TP与池龄呈显著负相关;pH与池龄呈不显著负相关。

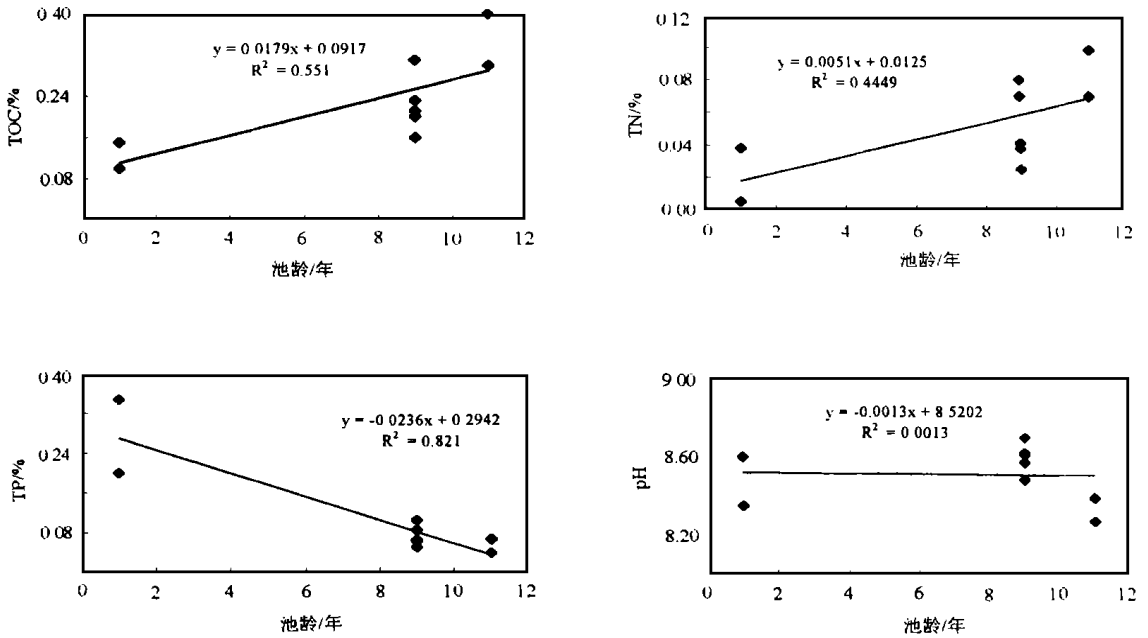


图5 即墨市王村镇对虾养殖区沉积物中 TOC、TN、TP 和 pH 与池龄的相关性

Fig.5 Correlation between TOC, TN, TP and pH in silt bottom and pond age in Wangcun town, Jimo City

表1 调查数据的数理统计(TOC、TN 和 TP 单位为%, Y 单位为年)

Tab.1 Statistics of survey (the unit of TOC, TN and TP as %, Y as years)

| 取样地点 | 底质类型 | 样品数, n | 线形回归方程 | 相关系数, γ | P |
|------|------|--------|------------------------|----------------|-------------|
| 即墨丰城 | 泥质 | 17 | TOC= 0.0239Y+ 0.3702 | 0.8330 | $P < 0.001$ |
| | | 17 | TN= 0.0034Y+ 0.0867 | 0.6738 | $P < 0.01$ |
| | | 17 | TP= - 0.0043Y + 0.0938 | 0.5877 | $P < 0.05$ |
| | | 17 | pH= - 0.0125Y + 8.5538 | 0.2638 | $P > 0.05$ |
| 即墨丰城 | 泥沙质 | 19 | TOC= 0.0016Y + 0.3105 | 0.1449 | $P > 0.05$ |
| | | 19 | TN= 0.0023Y+ 0.0335 | 0.4603 | $P < 0.05$ |
| | | 19 | TP= - 0.0087Y + 0.1735 | 0.4956 | $P < 0.05$ |
| | | 19 | pH= 0.0040Y + 8.4940 | 0.1131 | $P > 0.01$ |
| 城阳上马 | 泥质 | 21 | TOC= 0.0201Y+ 0.5322 | 0.8028 | $P < 0.001$ |
| | | 21 | TN= 0.0086Y + 0.0658 | 0.8341 | $P < 0.001$ |
| | | 21 | TP= - 0.0110Y + 0.1936 | 0.8096 | $P < 0.05$ |
| | | 21 | pH= 0.0062Y + 8.2782 | 0.2376 | $P > 0.05$ |
| 城阳流亭 | 泥质 | 21 | TOC= 0.0639Y + 0.1213 | 0.7778 | $P < 0.001$ |
| | | 21 | TN= 0.0102Y + 0.0177 | 0.8274 | $P < 0.001$ |
| | | 21 | TP= - 0.0050Y + 0.1264 | 0.4261 | $P > 0.05$ |
| | | 21 | pH= - 0.0290Y + 8.8893 | 0.5871 | $P < 0.05$ |
| 即墨王村 | 泥沙质 | 8 | TOC= 0.0179Y + 0.0917 | 0.7422 | $P < 0.05$ |
| | | 8 | TN= 0.0051Y + 0.0124 | 0.6670 | $P < 0.005$ |
| | | 8 | TP= - 0.0236Y + 0.2942 | 0.9060 | $P < 0.001$ |
| | | 8 | pH= - 0.0013Y + 8.5202 | 0.0360 | $P > 0.01$ |

3 讨论

3.1 有机碳与池龄的关系

沉积物中有机物的含量通常用有机碳(TOC)的测定结果计算得到,一般认为有机物中含有机碳为40%~58%,即TOC测得值乘以1.7~2.5得有机物含量^[4]。在这里,用TOC作为虾池有机物污染的评价指标是恰当的。

虾池中沉积物中TOC与池龄相关性分析结果表明,除即墨丰城养殖区泥沙质虾池外,其他养殖区沉积物中TOC和池龄之间均有显著的($P < 0.05$)正相关性,相关系数(r)为0.742 2~0.833 0,其中泥质沉积物中TOC与池龄的相关性更显著。回归直线的斜率泥质虾池大于泥沙质虾池,即沉积物中有机物随池龄的积累速度泥质虾池大于泥沙质虾池。这一结果与前文^[1]研究TOC垂直分布得到的TOC为积累过程,泥沙质比泥质虾池污染层更深的结果是一致的。因此,对虾养殖池及时采取措施减轻有机物污染是极其重要的。除采取清池(机械清除表层沉积物)措施外,加速有机物的分解的其他措施,诸如暴晒^[5]、创造池底富氧条件^[6]都是有效的。

3.2 总氮与池龄的关系

对虾养殖所用的饵料多为人工合成饵料,也有间喂鲜活饵料,均属高蛋白物质。对虾养殖过程中有91.6%的蛋白质要留在水体,经过一系列复杂的降解、迁移或被再利用过程,最终有相当一部分归宿于池底。所以,氮应是虾池沉积物中的主要污染物。

虾池中沉积物TN与池龄的数据分析结果表明,泥质和泥沙质沉积物中TN随池龄的增长而升高,具有良好的正相关性,相关系数(r)为0.460 3~0.857 4($P < 0.05$)。这一结果与前文对TN的垂直分布研究结果亦相同,即氮为积累过程。从测定结果还可以看出,沉积物中TN与池龄的回归方程的斜率为0.002 3~0.010 2,而泥质虾池和泥沙质虾池总氮的积累速度无多大差别。但是积累速度似乎与养殖区的单产有对应关系,积累速度为城阳养殖区大于即墨养殖区,对虾单产也是城阳高于即墨。

3.3 总磷与池龄的关系

虾池沉积物中TP与池龄的结果表明,泥质和泥沙质沉积物中TP与池龄的相关性除城阳流亭养殖区稍差外($r = 0.4261, 0.1 > P > 0.05$),其他养殖区呈良好的($r = 0.4956 \sim 0.9060, P < 0.05$)的负线性相关,即随池龄的增长,沉积物中TP不断降低。这与前文^[1]对TP垂直分布的研究结果吻合,即磷为输出过程。沉积物中磷的输出速度与沉积物质地无关。

磷是浮游植物繁殖重要的营养盐。近海水域,特别是养殖海域的水化学调查表明,诸如渤海的莱州湾^[7,8]、黄海的桑沟湾^[9]等,均不同程度地存在着磷的不足。在基于自然生物为饵料的淡水池塘养殖生产中,天然磷往往不能满足初级生产者的需要而成为限制因子^[10]。尽管对虾养殖采用的是人工投喂饵料,但池内繁殖足够的浮游植物以保证基础生产水平和良好的生态环境也是必需的。所以,本研究这一磷随池龄增大而池底沉积物中磷减少的发现,对指导虾池中合理施用磷以保证养殖体系中磷的满足是极其有意义的。另一方面,磷的缺乏是否有可能导致养殖生态环境、海洋生物种类消长演替甚至全球变化的因素,是十分值得研究的崭新课题。

3.4 pH与池龄的关系

虾池沉积物的pH与池龄的结果表明,泥质和泥沙质沉积物的pH与池龄的相关性除城阳流亭养殖区呈负线性相关($r = 0.5871, P < 0.05$)外,其他养殖区均无显著的($r = 0.0360 \sim 0.2683, P > 0.05$)相关性。所以,沉积物pH不能用于评价泥质虾池沉积物环境质量。

4 虾池沉积环境质量评价模型

前面的结论和讨论指出, 在所有调查的养殖区只有沉积物中 TN 与池龄均有良好的线性关系且基本不受沉积质地的影响。所以, 选择 TN 作为评价对虾养殖池沉积环境质量是可靠的。现提出用线性方程作为评价模型来评估对虾养殖池池底环境质量, 即:

$$TN = aY + b \quad (1)$$

TN 为总氮, 单位为重量百分数(干重); Y 为池龄, 单位为年。根据本文的调查结果, a 在 0.002 3~ 0.010 2 之间, b 在 0.011 4~ 0.086 1 之间。所以, 在评价泥质虾池沉积环境质量时, 取 a 和 b 的中间值, 得方程:

$$TN = 0.0625Y + 0.0488 \quad (2)$$

根据对虾养殖历史情况, 在池龄为 5 年以下时未发生过大的波动, 所以取 Y 为 0~ 4 时, TN 为 0.049%~ 0.074%, 可认为池底环境质量良好; 池龄为 5~ 9 年时, TN 为 0.080%~ 0.105%, 认为池底已受到污染; 池龄大于 10 时, TN 大于 0.111%, 认为池底受到严重污染。当然, 各地滩涂类型和养殖模型不同, a 和 b 的数值可以因地选择。a 值与养殖密度有关, 养殖密度愈大, a 值应选择的大些, 反之亦然; b 值为滩涂 TN 的背景值, 可以通过实际测定获得。

参考文献:

- [1] 袁有宪, 崔毅, 曲克明等. 对虾养殖池沉积环境中 TOC、TP、TN 和 pH 垂直分布[J]. 水产学报, 1999, 23(4): 363~ 368.
- [2] 国家海洋局. 海洋监测规范[S]. HY003. 5- 91, 1991, 中华人民共和国行业标准.
- [3] 中国土壤学会土壤农化分析专业委员会. 土壤常规分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1974. 111~ 127.
- [4] Munsiri P, Boyd C E, Hajek B F. Physical and chemical characteristics of bottom soil profiles in ponds at Auburn, Alabama, USA and a proposed system for describing pond soil horizons[J]. J World Aquac Soc, 1995, 26: 346~ 377.
- [5] Boyd C E, Pippopinyo S. Factors affecting respiration dry pond bottom soil[J]. Aquac, 1994, 21: 293~ 299.
- [6] Boyd C E, Teichert coddington D. Pond tottom soil respiration during fallow and culture periods in hevily-fertilized tropical fish ponds[J]. J World Aquac Soc, 1994, 25:417~ 423.
- [7] 林庆礼, 宋云利, 崔毅等. 渤海增殖水化学环境[J]. 海洋水产研究, 1991, (12): 11~ 30.
- [8] 崔毅, 宋云利. 渤海海域营养现状研究[J]. 海洋水产研究, 1996, 17(1): 57~ 62.
- [9] 宋云利, 崔毅, 孙耀等. 桑沟湾养殖海域营养状况及其影响因素分析[J]. 海洋水产研究, 1996, 17(2): 41~ 51.
- [10] Masuda K, Boyd C E. Phosphorus fractions in soil and water of aquaculture ponds built on clayed Ultisols at Auburn, Alabama[J]. J World Aquac Soc, 1994, 25:379~ 395.