

对虾养殖池沉积环境中 TOC、TP、TN 和 pH 垂直分布

袁有宪 崔毅 曲克明 辛福言 孙耀

宋云利 衣铭明 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, 青岛 266071)

摘 要 1995 年冬季, 测定了青岛地区四个池龄 10 年以上的对虾养殖池不同层次沉积物中有机碳(TOC)、总氮(TN)、总磷(TP)和 pH 并研究了其垂直分布。结果表明, 沉积物中的 TOC 和 TN 为积累过程而形成污染, 泥质虾池污染深度为 20~ 30cm, 泥沙质虾池污染深度为 40cm, 沉积表层污染较底层严重, 泥质虾池表层污染较泥沙质更严重。沉积物中 TP 为输出过程而导致缺乏, TP 的受扰动层与 TOC 和 TN 的污染层基本一致。沉积物的 pH 无规律性变化。

关键词 对虾养殖, 沉积环境, 垂直分布, 有机碳, 总氮, 总磷

70 年代末 80 年代初世界范围内兴起了大规模对虾养殖业, 90 年代初开始世界各国相继出现了暴发性流行病, 对虾养殖业蒙受了巨大的经济损失。从养虾开始到出现暴发性虾病均约在 10 年时间。就亚洲地区而言, 虾病发生时间顺序为中国台湾、泰国、中国大陆、越南, 与对虾养殖开发时间顺序一致, 与养殖密度密切相关, 即养殖密度越大发病越早。为什么会出这样的规律呢? 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, 大量高蛋白饵料投入池中, 约有 90% 以上的蛋白质残留在水体中。其中一部分通过矿化被浮游植物利用, 相当一部分则沉积在虾池底部。为探索对虾暴发性疾病发生与养殖环境的关系, 建立虾池沉积环境评价方法, 本文研究了虾池沉积环境中有机碳、总氮、总磷和 pH 的垂直分布规律。

1 调查方法和实验材料

1995 年 12 月, 选择青岛地区的即墨市丰城、王村、城阳区上马等乡镇的对虾养殖区, 这些养殖区开发于 70 年代末 80 年代初, 1992 年以前亩产 100~ 150 kg, 饵料多为人工合成饵料, 间喂鲜活蓝蛤, 发病时间为 1993 年, 发病面积在 80% 以上。取池龄 10 年以上, 自 1992 年以来没采取清池措施的四个虾池的 0~ 5、5~ 10、10~ 15、15~ 20、20~ 30、30~ 40cm 层的沉积物, 测定其中的总有机碳(TOC)、总氮(TN)、总磷(TP)和 pH, 每池在中部和两端各取一个样, 取三个样品的平均值。

沉积物的样品处理和 TOC 的测定按照中华人民共和国行业标准《海洋监测规范沉积物分析》[国家海洋局 1991] 进行; 按中国土壤学会土壤农化分析专业委员会[1974] 测定 TN、TP 和 pH, 并按 H. A. 卡庆斯基土壤质地分类表中碱土类型土壤分类标准粗略对沉积物分类。

2 结果

2.1 即墨市丰城乡养殖区虾池

图 1 为即墨市丰城乡池龄为 11 年的泥质虾池沉积物中 TOC、TN、TP 和 pH 的垂直分布。结果表明, TOC 和 TN 随深度加深呈下降趋势; TP 在 0~ 20cm 层中随深度加深而上升, 20cm 以下而下降; pH 在 0~ 10cm 层中随深度加深而升高, 10cm 以下则下降。

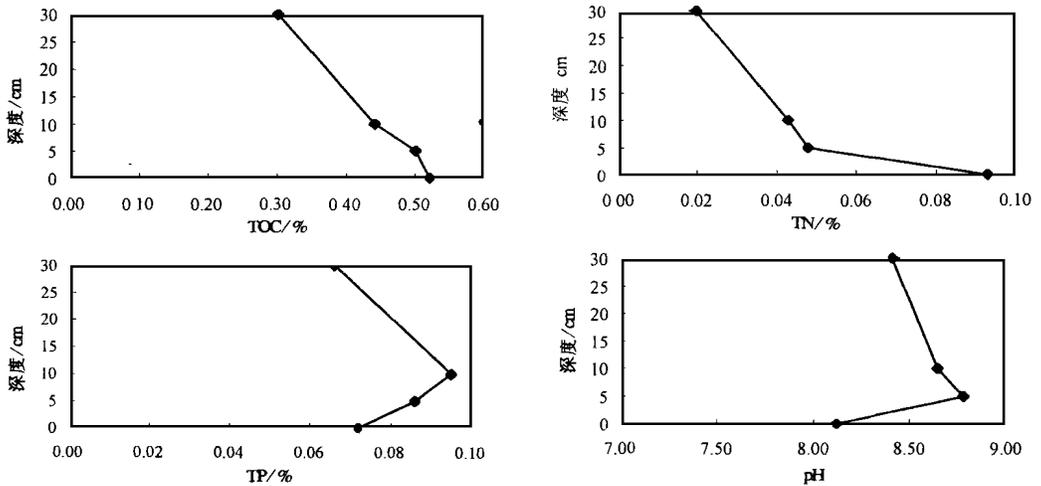


图 1 即墨市丰城乡泥质虾池沉积物中 TOC、TN、TP 和 pH 垂直分布

Fig. 1 Vertical distribution of TOC, TN, TP and pH in clay bottom of shrimp pond of Fengcheng town of Jimo City

图 2 为池龄为 16 年泥沙质虾池沉积物中 TOC、TN、TP 和 pH 的垂直分布。结果表明, TOC 在 0~ 40cm 层中, 除 0~ 10cm 层中稍高, 其余基本相同; 在 40cm 以下, 随深度加深而下降。TN 在 0~ 40cm 层中随深度加深而下降, 在 40cm 以下层中随深度变化基本不变。TP 在 0~ 40cm 层中随深度加深而升高, 在 40cm 以下层中随深度加深而降低。pH 的变化类似于 TP 的变化。

2.2 城阳区上马镇养殖区虾池

图 3 为城阳区上马镇池龄 13 年的泥质虾池沉积物中 TOC、TN、TP 和 pH 的垂直分布。结果表明, TOC 和 TN 在 0~ 30cm 层中, 随深度加深而下降, 在 30cm 以下层中, 基本未变。TP 在 0~ 30cm 层中随深度加深而升高, 在 30cm 以下层中随深度加深而降低。pH 的变化在 0~ 40cm 层中基本未变。

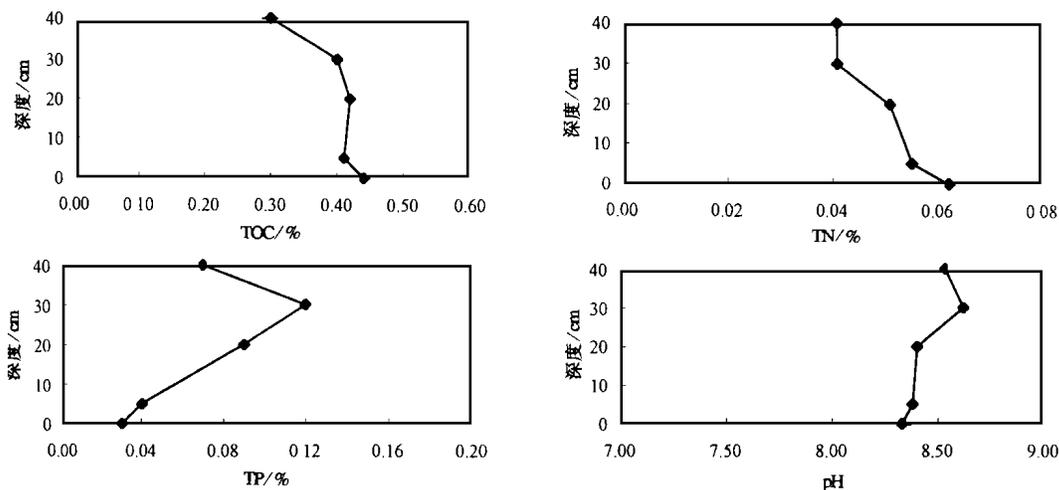


图 2 即墨市丰城乡泥沙质虾池沉积物中 TOC、TN、TP 和 pH 垂直分布

Fig. 2 Vertical distribution of TOC, TN, TP and pH in silt bottom of shrimp pond of Fengcheng town of Jimo City

2.3 即墨市王村镇养殖区虾池

图 4 为即墨市王村镇池龄 11 年的泥质虾池沉积物中 TOC、TN、TP 和 pH 的垂直分布。结果表明, TOC 在 0~ 30cm 层中, 随深度加深而下降; 在 40cm 以下层中, 基本未变。TN 在 0~ 20cm 层中随深度加深下降; 在 20cm 以下层中基本不变。TP 在 0~ 15cm 层中随深度加深而急剧升高, 在 15~ 30cm 层中随深度加深而下降, 在 40cm 以下层中随深度加深而基本不变。pH 在 0~ 40cm 层中均呈下降趋势, 特别在 20~ 40cm 层中随深度变化大幅度下降。

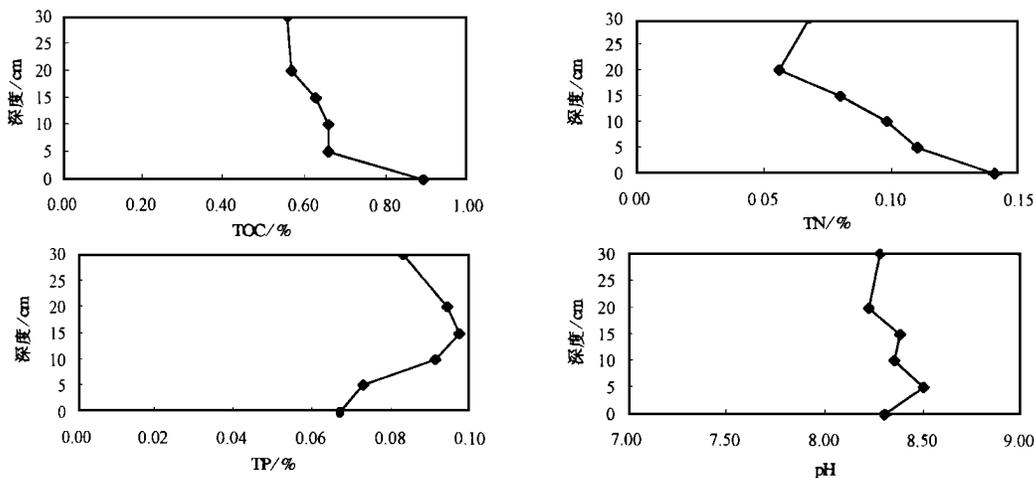


图 3 城阳区上马镇泥质虾池沉积物中 TOC、TN、TP 和 pH 垂直分布

Fig. 3 Vertical distribution of TOC, TN, TP and pH in clay bottom of shrimp pond of Shangma town of Chengyang District

3 讨论

3.1 有机物污染

沉积物中有机物的含量通常用 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[Munsiri 等 1995]。在这里, 仅用 TOC 分析虾池有机物污染趋势, 不必计算出有机物的含量。虾池中有机物主要来自残饵、对虾排泄物和死亡的浮游生物。尽管通过清池、增氧、暴晒和使用氧化剂可得到分解以及微生物降解, 但在现有的养殖方式其输入速度大于分解速度, 随池龄增长而积累。积累起来的有机物不断纵向扩散而渗入沉积底层。从本文测得结果看, 不管是泥质还是泥沙质, 均不同程度地受到污染, 污染层厚度泥质为 20~30cm, 泥沙质为 40cm, TOC 浓度在 0.30%~0.89%。在被污染层中污染程度随深度加深而减轻。表层中的 TOC 占沉积物中 TOC 总量的比例, 即墨丰城泥质虾池为 15.4%, 即墨丰城泥沙质虾池为 11.3%, 城阳上马泥质虾池为 17.5%, 即墨王村泥质虾池为 15.7%。说明泥质虾池表层有机物污染较泥沙质更为严重。Munsiri 等[1995] 对三个池龄为 2 年、23 年和 52 年的淡水养鱼池底质沉积物中 TOC 的测定, 含量在 0.2%~3.2% 之间, 污染深度分别为 10、30 和 50cm。

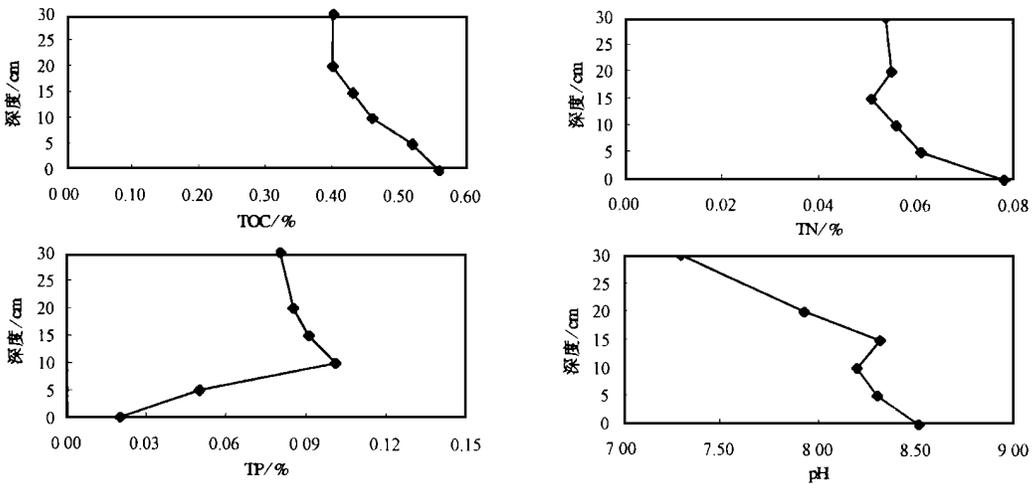


图 4 即墨市王村镇泥质虾池沉积物中 TOC、TN、TP 和 pH 垂直分布

Fig. 4 Vertical distribution of TOC, TN, TP and pH in clay bottom of shrimp pond of Wangcun town of Jimo City

3.2 氮污染

我国对虾饵料多为合成饵料, 也有鲜活饵料, 均属高蛋白物质。在对虾人工养殖体系中, 饵料系数为 3.0~3.5, 饵料中粗蛋白占 35%~40%, 每生产 1t 鲜虾, 要投喂饵料 3.0~3.5t, 投入虾池中粗蛋白 1.125~1.313t, 收回蛋白质 0.103t, 留在水中粗蛋白 1.12t。被对虾利用的蛋白质仅为 8.4%, 也就是说 91.4% 的蛋白质要留在水体中。留在水中的蛋白质, 一部分通过矿化被浮游植物利用, 一部分沉降于池底, 还有一部分通过换水排出池外。被浮游植物利用的部分最终还有一部分归宿于池底。所以, 氮应是沉积物中的主要污染物。从图

1~ 图4可以看出, TN 的污染层 20~ 30cm, 沉积表层中 TN 占总 TN 的 12.6% ~ 26.3%。与有机物污染的结果类似, 泥质虾池表层污染较泥沙质重, 但泥沙质虾池污染深度较泥质深。

3.3 关于磷

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[Masuda 和 Boyd 1994]。对虾养殖采用的是人工投喂饵料, 但池内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。从实验结果(图 1~ 图 4) 看出, 表层中的 TP 最低, 中间上层随深度而升高, 中间下层随深度而下降。表层中 TP 占沉积层中总 TP 的 3.4% ~ 10.7%。TP 的变化层与 TOC 和 TN 的污染层在深度上和池底质地上相似, 但是浓度变化却相反, 即 TOC 和 TN 升高时 TP 降低, 反之亦然。本文得到的磷的垂直分布规律与 Masuda 和 Boyd[1994] 研究的淡水养殖池沉积物 0~ 10cm 沉积层中磷随深度增加而升高的垂直分布规律一致。

上述结果和 TOC、TN 垂直分布说明, 虾池沉积物中 TOC 和 TN 是积累过程, 而沉积物中 TP 属溶出过程, 即沉积物向水体中输出磷, 另一方面说明对虾养殖过程中水体中磷可能不足。因而引出了一个十分值得研究的新问题, 即虾池体系中磷的不足有可能是导致养虾生态变化的重要原因。结合近海化学环境的变化情况, 渤海的莱州湾 1992 年的 N/P 为 28.7[崔毅和宋云利 1996], 1982 年为 5.0, 1960 年为 4.6[林庆礼等 1991]。尽管近十几年来莱州湾受工业污染严重, 但磷浓度没有增加, 1960 年为 0.60 $\mu\text{mol/L}$, 1982 年为 0.71 $\mu\text{mol/L}$, 而 1992 年仅为 0.21 $\mu\text{mol/L}$ 。自 80 年代以来, 莱州湾发展了 20 多万亩对虾养殖池, 磷的缺乏是否与对虾养殖有关, 需继续开展深入研究来解释。无独有偶, 黄海的桑沟湾 1994 年 7~ 10 月的 N/P 为 30.9~ 37.9[宋云利等 1996], 磷也严重不足。

3.4 沉积物的 pH

沉积物中 pH 垂直分布的研究结果(图 1~ 图 4) 表明, 这四个虾池沉积物的 pH 基本无一致的变化规律, 因此, 难以用来作为评价底质环境质量的因子。

4 结语

对四个池龄在 10 年以上具有代表性的对虾养殖池池底沉积物中有机碳、总氮、总磷和 pH 的垂直分布规律的研究表明, 沉积物中的有机碳和总氮为积累过程而形成污染。泥质虾池污染深度为 20~ 30cm, 泥沙质虾池污染深度为 40cm。沉积表层污染较底层严重, 泥质虾池表层污染较泥沙质更严重。沉积物中磷为输出过程而导致缺乏, 磷的受扰动层与有机碳和总氮的污染层基本一致。沉积物的 pH 无一致的变化规律。因此, TOC、TN 和 TP 可作为评价池底沉积环境质量的重要指标。关于磷的缺乏与对虾养殖生态变化的关系, 有待进一步开展深入的研究。

本文曾在 1998 年世界养殖大会(1998 年 2 月 14~ 19 日, 美国拉斯维加斯)上报告过。

参 考 文 献

- 中国土壤学会土壤农化分析专业委员会, 1974. 土壤常规分析方法. 北京: 科学出版社
- 国家海洋局. 1991. 海洋监测规范, 中华人民共和国行业标准. HY003. 5~ 91
- 宋云利, 崔毅, 孙耀等. 1996. 桑沟湾养殖海域营养状况及其影响因素分析. 海洋水产研究, 17(2):41~ 51
- 林庆礼, 宋云利, 杨琴芳等. 1991. 渤海增殖水化学环境. 海洋水产研究, (12): 11~ 30
- 崔毅, 宋云利. 1996. 渤海海域营养现状研究. 海洋水产研究, 17(1): 57~ 62
- Masuda K, Boyd C E. 1994. Phosphorus fractions in soil and water of aquaculture ponds built on clayey Ultisols at Auburn, Alabama. J World Aquacul Soc, 25: 379~ 395
- Munsiri P, Boyd C E, Hajek B F. 1995. Physical and chemical characteristics of bottom soil profiles in ponds at Auburn, Alabama, USA and a proposed system for describing pond soil horizons. J World Aquacul Soc, 26: 346~ 377

VERTICAL DISTRIBUTION OF TOC, TP, TN AND pH IN SEDIMENT ENVIRONMENT OF SHRIMP CULTURE PONDS

YUAN Yot-Xian, CUI Yi, QU Ke-Ming, XIN Fet-Yan, SUN Yao,
SONG Yut-Li, YI Ming-Ming, CHEN Bi-Juan, CHEN Min-Shan
(*Aquacultural Environment Quality Optimization Pollution Control Key Lab,
Yellow Sea Fisheries Research Institute, CAFS, Qingdao 266071*)

ABSTRACT In winter of 1995, the concentration of total organic carbon (TC), total nitrogen (TN), total phosphorus (TP) and pH in bottom sediments of each of four, 11-, 16-, 13- yr- old shrimp ponds in Qingdao of China were determined and the vertical distribution of them was studied. The results showed that the concentrations of TOC and TN in bottom sediment were increased with pond age, polluting depth were 20- 30 cm for clay soil, were 40 cm for silt. The pollution of surface sediment is more serious than that of deep sediment, and pollution of surface sediment of clay soil is more serious than that of silt soil. The concentrations of TP in bottom sediment were decreased with pond age, so that TP was absent. The depth of disturbed layer of TP was equal to the depth of polluted layer of TOC and TN. The pH of bottom sediment does not have regular change.

KEYWORDS Shrimp culture, Sediment environment, Vertical distribution, Organic carbon, Total nitrogen, Total phosphorus