

研究简报

养虾池底泥中磷的特性

Phosphorus properties of bottom mud in shrimp culture pond

齐振雄 李德尚 李小梅

(青岛海洋大学, 青岛 266003)

Qi Zhenxiong Li Deshang Li Xiaomei

(Ocean University of Qingdao, Qingdao 266003)

关键词 磷, 底泥, 养虾池

Key words phosphorus, bottom mud, shrimp culture pond

在各种元素中, 氮、磷对水体生物的生长最为重要, 是藻类生长的主要限制性营养元素。底泥在湖泊、池塘等水生态系统的物质循环中处于重要地位。实践表明, 底泥可以作为系统的“内释磷源”, 但是释磷过程十分复杂, 受到底泥中的磷特性、底泥间隙水磷浓度、上覆水磷状况等因素的影响^[1]。为维护养殖池塘正常的磷水平, 常间断地施入磷肥, 底泥对磷的吸附导致磷在其中的大量积累, 因而, 对养殖水体底泥磷特性的研究十分必要。这方面的研究, 国外进行很多, 尤其是认识到底泥在磷的循环中的作用以后^[7]。近几年来国内亦有沉积物磷吸附形态的研究^[2], 但未见有关海水养殖水体底泥磷的研究报道。

1 材料与方法

实验池塘为山东省海阳市黄海水产集团公司 80 号养虾池。考虑池塘底质状况及相关实验的需要, 池内共设 A、B、C、D、E 5 个采样点, 其中 C 点为排水口深水处, A、B、D、E 点相对较浅, 均匀分布于实验围隔区域内。

1.1 底泥的采集

用内径为 5 cm 有机玻璃柱直接采集柱状底泥和水柱。先以虹吸法移出上覆水, 再由下至上顶出底泥, 依照管上刻度顺序截取 5 cm 泥样, 直至泥层不含软泥, 各点采样 3 次。

1.2 泥样的处理与测定

泥样经 60℃ 预干燥后研细, 通过 60 目标准分样筛后, 再干燥至恒重。考虑各采样点实际情况, 实验中 A、B 和 D、E 点泥样分别混匀测定, 并分别以 A、E 表示。

底泥总磷(TP): 以硫酸-高氯酸消化泥样, 用钼锑抗比色法测定^[3]; NaHCO₃ 提取磷(BSP): 用浓度为 0.5 mol/L 的 NaHCO₃ 溶解泥样, 用钼锑抗比色法测定; 有机磷(OP): 泥样经 550℃ 灼烧后, 用浓度为 0.05 mol/L 的 HCl 溶解, 测得的磷扣除酸溶解磷, 即为 OP; 酸提取磷(AEP): 泥样经 0.05 mol/L 盐酸提取后, 直接测定^[4]。

收稿日期: 1997-01-27

* 本研究为国家自然科学基金重点项目“对虾池综合养殖生态系统结构优化的研究”的部分成果

底泥平衡磷浓度(EPC)测定参照 Redshaw^[6]。同上处理的不分层泥样 0.5 g 分别溶入浓度 0、1.25、2.50、5.0、7.5、10.0 mg/L 的 50 ml KH_2PO_4 溶液中,振荡 24 h 后,2 400 r/min 离心 10 s。由初始磷浓度减去上清液磷浓度(X)得吸附磷浓度(Y),建立方程:

$$Y = a \cdot \lg^{(X)} = b \quad (1)$$

取 $Y=0$ 时, X 值即为 EPC 值。对方程(1)两边求导得

$$dy/dx = 0.4329a(1/x) \quad (2)$$

取 $x = \text{EPC}$ 值得底泥磷缓冲能力(PBC)值。

底泥净磷吸附(NPS)是将 1 g 泥样分别溶入 2.5 mg/L KH_2PO_4 和纯蒸馏水后,测定底泥对磷的吸附与解吸附的差值^[8]。

2 结果

2.1 底泥不同性质磷的垂直分布

2.1.1 底泥 TP、OP、BSP、AEP 的垂直分布

A、C、E 3 点底泥 TP、OP、BSP、AEP 垂直分布如图 1 所示,同一池塘不同水深的分布有差异。深水处 C 点各泥层指标高于 A、E 点相应值,水深相近的 A、E 点测定值较为接近。就 TP 而言, C 点 5~10 cm 泥层与 A、E 点泥层相当,其 15~20 cm 泥层高于 A、E 点 5~10 cm 泥层。各点 OP 主要分布于 0~5 cm 层, 5 cm 以下泥层垂直变化不大。对 BSP, C 点垂直变化小, A、E 点 0~5 cm 泥层与 5 cm 以下含量差异大。这表明,浅水处 BSP 垂直分布与深水处的差异明显。A、E 点 0~5 cm 泥层与 C 点 10~15 cm 的 BSP 含量接近。相比较而言,各点 AEP 值变化较小,不同采样点差异不大。

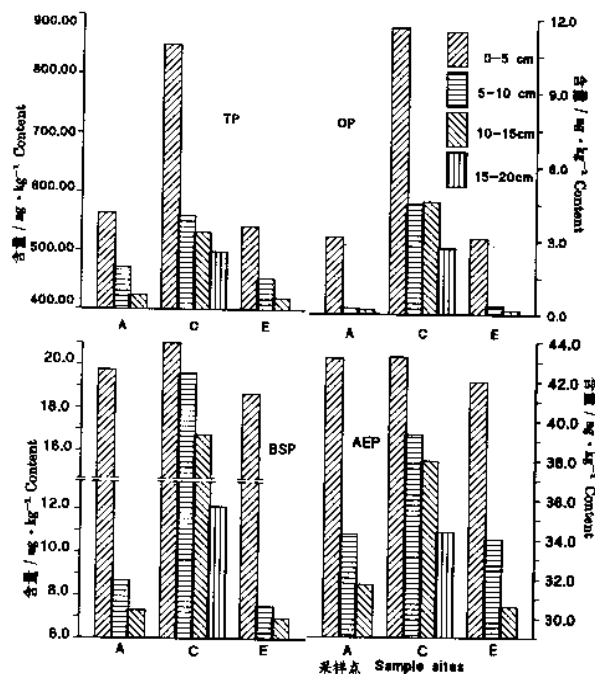


图 1 A、C、E 3 点 TP、OP、BSP 和 AEP 的垂直分布

Fig. 1 Vertical distribution of TP, OP, BSP and AEP at site A, C, E

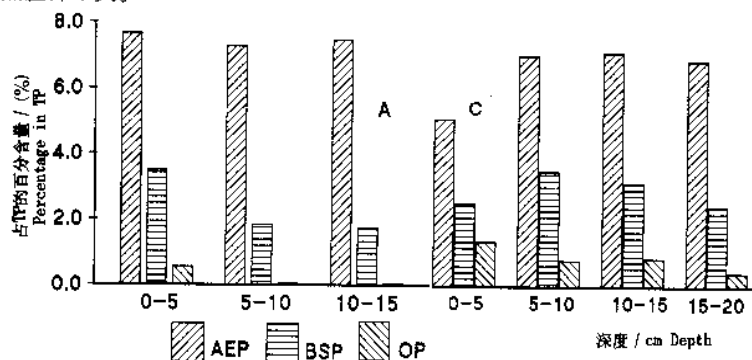


图 2 A、C 点底泥 AEP、BSP 和 OP 占 TP 的百分含量

Fig. 2 Percentages of AEP, BSP and OP in TP of pond soils

2.1.2 底泥 TP 中 OP、BSP、AEP 比较

A、C 点底泥中 OP、BSP、AEP 含量见图 2。图中表明, C 点 0~5 cm 泥层 AEP、BSP 相对含量低于 5~10 cm 泥层, AEP>BSP>OP, OP 相对含量变化趋势相同, 即 0~5 cm 泥层含量较高。因而, A、C 两点 TP 中 BSP、AEP、OP 相对含量分布规律不同。

2.1.3 底泥的 EPC、PBC、NPS 特性

表 1 可见, A、C、E 各点 EPC 值大小顺序为: C>E>A, 而 PBC 值正好相反; C 点 NPS 值最小, E 点最大。TP、AEP、BSP、OP 和 NPS 的相关系数矩阵如表 2 所示, EPC 与底泥 TP、BSP、NPS 密切相关, 且与 NPS 负相关。

表 1 养殖实验前后底泥的 EPC、PBC 和 NPS 值

Table 1 Percentages of AEP, BSP and OP in TP of pond soils

采样点 sampling sites	平衡磷浓度(EPC)/(mg·L ⁻¹) equilibrium P concentration	磷缓冲能力(PBC)/(kg·L ⁻¹) P buffering capacity	净磷吸附(NPS)/(mg·kg ⁻¹) net P adsorption
A	0.188 3	1.836 3	81.80
C	0.318 6	1.244 4	57.60
E	0.193 2	1.645 7	92.05

表 2 底泥磷特性指标相关系数矩阵

Table 2 Correlation matrix between indexes of P property of the pond soil

指标	EPC	NPS	TP	OP	BSP	AEP
EPC	1					
NPS	-0.946 9	1				
TP	0.995 2	-0.973 7	1			
OP	0.999 3	-0.958 0	0.998 1	1		
BSP	0.903 8	-0.993 4	0.943 2	0.918 7	1	
AEP	0.530 4	-0.774 7	0.610 5	0.560 9	0.842 1	1

3 讨论

3.1 底泥不同性质磷的分布

不同水体底泥磷特性变化很大。通常认为酸提取磷主要为 Ca 结合磷, 碱提取磷为 A₁-Fe 结合磷。焦念志认为, 酸、碱提取磷是水域底泥可释放磷的第 1、2 供给因素^[1]。本研究中, 底泥 AEP 占 TP 的 5%~7%, 即 Ca 结合磷含量相对较低。Masuda 认为, 海水池塘底泥铁离子含量高, 因而 Fe 结合磷为磷的主要形式, 不缺氧的水体尤其如此^[8]。本实验虾池底泥主要为 A₁-Fe 结合磷, 这对养殖管理有很大参考意义。

BSP 亦称速效磷, 是容易进入水层被生物利用的松散结合磷。本虾池占 TP 的 2.5%~3.5%。C 点 0.5 cm 泥层磷含量为 21.397 mg/kg, 取该泥层泥样 2 g 溶于 50 ml 0.5 mol/L NaHCO₃ 溶液中, 磷浓度为 0.175 mg/L, 该 BSP 值在底泥间隙水的浓度范围 0.15~0.45 mg/L 中。实验期间围隔水层磷浓度为 12~50 μg/L, 则 BSP 或间隙水磷浓度为水层的 10~45 倍, 可见底泥中内释磷源丰富, 这与梅志平研究的情况类似^[5]。

有机磷包括氢氧磷和腐质磷。池塘底泥中有机磷来源主要包括投施有机肥、水层生物体及结合在有有机质上的磷酸铁盐等。实验池塘底泥中主要为前 2 种的贡献。测定结果表明, 该养虾池底泥有机磷含量低, 且主要分布于 0~5 cm 泥层。这是因为虾池每年进行清理工作, 有机质积累少, 另外, 可能与底泥的矿化作用或生物解氮分解作用有关。

实验池底泥中, C 点 TP、AEP、BSP、OP 值均高于 A、E 点相应值, 且 C 点泥层较厚(15~20 cm), 而其余各点不超过 10 cm。Boyd 认为, 池塘底泥颗粒大小自浅水处向深水处减少, 小颗粒比大颗粒更易悬浮, 因而其更易在深水处积累^[9]。Holton 认为, 底泥对磷的吸附主要取决于其中的小粘土颗粒^[10], 因而实验池塘深水处 C 点磷含量高。

3.2 底泥的 EPC、PBC 特性

底泥 EPC 值是指溶液中的底泥没有对磷的吸附、也没有磷的解吸附时的磷浓度值,图解为方程(1)的曲线与 X 轴相交点值,因而可反映底泥释放磷的难易程度。底泥 PBC 是指底泥在含磷溶液中维持其磷浓度变化的量度,图解为通过曲线的 X-EPC 点切线的斜率,因而它与 EPC 实质相同,但两者排列顺序相反,即 PBC 值越大的底泥,随着其吸附磷量的增加,释放磷的趋势增强。Boyd^[8]以底泥磷吸附能力(PBC)为指标研究了泰国不同类型土壤池塘的磷特性。同类型土壤,PAC 相同而 EPC、PBC 可能不同。

EPC 与 TP 密切相关,说明 EPC 与底泥 TP 含量有关。EPC 与 BSP 相关的进一步说明其与 TP 中 Ca 结合磷有关。养殖池塘不同点磷特性垂直变化差异很大,说明进行底泥研究时必须慎重选点,视实际情况选定采样深度。评价养殖前后底泥磷的变化,可结合各点磷特性的垂直变化,考虑各泥层 TP 变化,从而正确评价磷在底泥中的积累情况。

底泥 EPC 值可作为磷特性变化的量度。对同一采样点,由 EPC 值的变化和起始 EPC 值,可以估算每种养殖模式对底泥磷特性的影响,并得出该养殖模式下底泥达到磷平衡的年限。EPC 测定方便,可用于不同类型土壤的底泥磷变化的比较。但有关 EPC、PBC 与各磷特性指标的关系尚需深入探讨。

参 考 文 献

- 1 焦念志. 关于沉积物释磷问题的研究. 海洋湖沼通报, 1989(2): 80~83
- 2 林荣根, 吴军阳. 黄河口沉积物磷酸盐存在形态的研究. 海洋与湖沼, 1992, 23(4): 387~391
- 3 中国科学院南京土壤所. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1978. 96~110
- 4 南京大学环境科学系化学研究室. 环境化学实验. 南京: 南京大学出版社, 1989. 26~36
- 5 梅志平, 施正峰, 等. 养鱼池塘底泥中营养元素(C、N、P)的含量及其释放的研究. 见: 中国鱼池生态学研究. 上海: 上海科学技术出版社, 1996. 29~38
- 6 Redshaw C J, C R Hayes, R D Roberts. Factors influencing phosphorus exchange across the sediment - water interface of eutrophic reservoirs. Hydrobiologia, 1990, 192: 233~245
- 7 Lean D R S. Phosphorus dynamics in lakes. Science, 1973a, 179: 678~680
- 8 Kiyoshi Masuda, C E Boyd. Phosphorus fraction in soil and water of aquaculture ponds built on clayey ultisols at Auburn, Alabama. Journal of the world aquaculture society, 1994, 25: 379~396
- 9 Boyd C E. Phosphorus absorption capacity and availability of added phosphorus in soils from aquaculture area in Thailand. Journal of the world aquaculture society, 1996, 27: 160~167
- 10 Holton H, L Kamp - Nielsen, A O Stumans. Phosphorus in soils water and sediments: an overview. Hydrobiologia, 1988, 170: 19~34