

洞庭湖立体养殖生态系统底泥总氮与总磷的 时空变化及其与叶绿素 a 的关系

龙云芳, 葛大兵*, 谢小魁, 刘珂, 王乐滨, 张静静

(湖南农业大学 生物科学技术学院, 湖南 长沙 410128)

摘要: 于 2010—2011 年夏、冬季对洞庭湖屈原管理区荞麦湖约 500 hm² 淡水珍珠养殖场底泥中总氮(TN)、总磷(TP)含量在时间、空间上的变化, 与水体中叶绿素 a 含量的关系及其在水稻修复下的含量变化进行了研究。结果表明: 养殖场底泥中 TN、TP 的分布整体呈从南向北减少的趋势; 随季节变化, 底泥 TN 含量无明显变化, TP 含量最高值出现在夏季, 为 1.64 mg/g, 最低值出现在冬季, 为 0.26 mg/g; 底泥 TN、TP 含量与叶绿素 a 含量呈正相关; 养殖场内水稻作用下的底泥与养殖场中区底泥相比 TN 含量减少 31.6%, TP 含量减少 45.1%, 表明立体养殖生态系统和水稻种植对底泥的 TN、TP 有一定的修复效果。

关键词: 总氮; 总磷; 叶绿素 a; 立体养殖生态系统; 底泥; 洞庭湖

中图分类号: X524

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2012)02-0208-04

Spatiotemporal distribution of TN and TP in sediment of Three-dimensional ecosystem in Dongting lake and their relationships with chlorophyll-a

LONG Yun-fang, GE Da-bing*, XIE Xiao-kui, LIU Ke, WANG Le-bin, ZHANG Jing-jing

(College of Bioscience and Biotechnology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: Spatiotemporal distribution of total nitrogen (TN), total phosphorus (TP) in sediment of Dongting lake where the 500 hm² freshwater pearl culture system is located in Summer and Winter from 2010—2011 was observed. The relationship between these TN and TP with chlorophyll-a in the water and the content changes of TN and TP under rice ecosystem were investigated. The results showed that the contents of TN and TP in sediment decreased from the South to the North. There was no significant seasonal change in TN. The highest content of TP appeared in Summer, which was 1.64 mg/g, and the lowest TP content was in Winter, which was 0.26 mg/g. The contents of TN and TP in sediment were positively correlated to chlorophyll a content. TN and TP contents in the sediment where rice ecosystem is accessible reduced 31.6% and 45.1%, respectively, compared to those in the sediment located in the central of the culture system where rice ecosystem is inaccessible. These results suggest that three-dimensional culture and rice cultivation in the ecosystem could balance the contents of TN and TP in the sediment.

Key words: total nitrogen ; total phosphorus ; chlorophyll-a ; three-dimensional ecosystem ; sediment ; Dongting lake

底泥是淡水生态系统的主要环境要素之一, 是氮、磷等营养物质的重要蓄积库, 同时也是底栖生物的栖息地和水生植被生长的重要场所^[1-2]。底

泥在水生态系统物质循环和能量流动过程以及在沉淀和释放污染物方面起着重要作用^[3-4]。氮、磷是导致水体富营养化的重要营养元素, 对藻类生长

收稿日期: 2012-01-29

基金项目: 湖南省农村环境连片综合整治项目(2011-394)

作者简介: 龙云芳(1987—), 女, 湖南古丈人, 硕士研究生, 主要从事环境生态学研究, longyunfang0717@sina.cn; *通信作者, gedb@sina.com

具有重要影响^[5], 其中一部分以各种形式溶解于水中, 另一部分则通过颗粒物吸附、沉淀、水生生物死亡沉积等方式蓄存在底泥中。氮、磷能从底泥向上层水体释放, 为水生生物的生长提供必要的营养元素, 进而加剧水体的富营养化^[6]。前人^[3-4,7-8]对海洋、湖泊和水库中的底泥已经做了较多研究, 但关于淡水珍珠养殖场底泥的相关研究较少。笔者对洞庭湖屈原管理区荞麦湖淡水珍珠养殖场进行了实地考察和采样, 分析了珍珠立体养殖生态系统下底泥中 TN、TP 含量的变化特征, 并探讨了水体叶绿素 a 含量与底泥 TN、TP 含量的关系以及水稻种植对底泥 TN、TP 含量的影响, 以期淡水珍珠立体养殖生态系统的生态效益评价提供参考。

1 研究区概况

屈原管理区荞麦湖淡水珍珠养殖场地处湘江东岸, 属于洞庭湖平原区, 水域面积大, 耕地面积广。该养殖场采用鱼蚌混养的立体养殖模式, 在珍珠养殖工程中, 投放家禽粪便和饵料, 进行肥水培育; 场地有长达 3 km 的生态沟, 种植了湘莲、苦草和水葫芦等水生植物, 组成面积达 10 hm² 的水生植物生态系统, 可净化和处理养殖废水, 同时利用养殖场营养丰富的底泥种植水稻。

2 材料与方法

2.1 主要仪器设备

柱状透明采泥器(北京普力特仪器有限公司, ASC 型); 有机玻璃分层采水器(北京普力特仪器有限公司, WB-PM 型); 凯氏定氮仪(浙江托普仪器有限公司, ZDDN- 自动型); 箱式电阻炉(天津市泰斯特仪器有限公司, SX-12-10 型); 台式高速冷冻离心机(长沙湘仪离心机仪器有限公司, H2050R 型); 立式自动电热压力蒸汽灭菌器(合肥华泰医疗设备有限公司, LX-B50-IL 型); 紫外可见分光光度计(上海舜宇恒平科学仪器有限公司, 752 型)。

2.2 试验设计

在屈原管理区荞麦湖淡水珍珠养殖场由内至外设置 6 个采样点(图 1), 分别为 I(养殖场中区底泥)、II(养殖场南区底泥)、III(养殖场北区水稻土壤 1)、

IV(养殖场北区水稻土壤 2)、V(养殖场外水稻土壤 1)和 VI(养殖场外水稻土壤 2)。

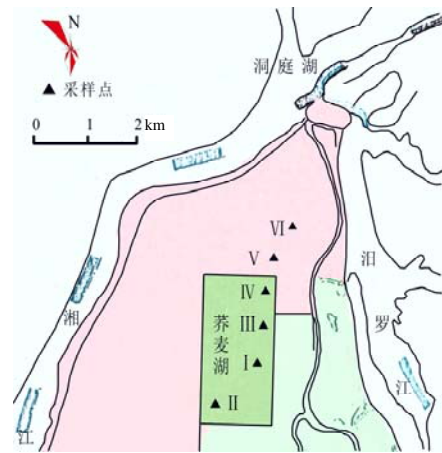


图 1 研究区采样点分布

Fig.1 Distribution of the sampling sites in the study area

于 2010、2011 年的夏季和冬季分别进行底泥采样。参照文献[9]中的方法采集表层底泥(0~10 cm), 每样点分别采样 3 次; 将底泥自然风干后, 采用四分法将各个样点的样品等量缩分至一份, 混匀后研磨, 过 0.25 mm 孔径筛后装袋, 备用。

水样与底泥同步采集。用水样采集器采取中层水样, 每样点分别取 2 L, 取 1 L 水样, 加浓硫酸(1.84 g/mL)使水样 pH=2, 测定 TN、TP 含量; 另 1 L 水样加 1% 的碳酸镁悬浊液保存, 用于测定叶绿素 a 含量。

2.3 测定项目与方法

底泥 TN 采用凯氏消煮法进行消煮, 用凯氏定氮仪测定; TP 采用碳酸钠熔融法进行消煮, 用钼锑抗比色法测定。水样中 TN 含量采用文献[10]方法进行测定; TP 含量采用文献[11]方法进行测定; 叶绿素 a 含量采用文献[12]方法进行测定。

3 结果与分析

3.1 底泥 TN、TP 含量的空间分布

由图 2 可以看出, 研究区不同采样点底泥 TN、TP 的含量从南向北整体呈减少的趋势。TN、TP 含量均以 I 号样点最高, VI 样点最低, 主要原因在于珍珠养殖过程中投入鸡、鸭的粪便进行肥水培育, 珍珠养殖场外源带入的 N、P 营养物质沉积于底泥中, 从而使中部和南部底泥中的 TN、TP 含量偏高。

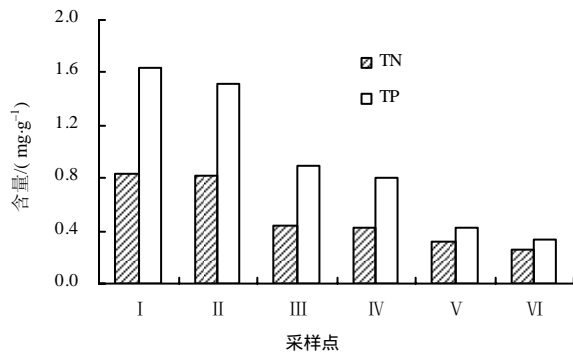


图2 研究区各采样点的 TN、TP 含量

Fig.2 TN and TP contents in each sampling site

从中部到北部, TN、TP 含量明显降低, 这与北部区域的生态系统有关。该区为水生植物种植生态系统以及水稻种植生态系统, 底泥的组成除了有外源带入的家禽粪便和饲料外, 大部分是水体内各种水生生物的残体沉积。由于养殖场水体流速小, 污水中溶解的氮、磷或被颗粒物吸附, 或被浮游植物吸收, 被吸附的氮、磷和颗粒氮、磷沉积下来, 被浮游植物吸收的氮磷在生长季节被循环利用, 最终也沉积下来, 再经水稻的吸收利用, 导致底泥中的 TN、TP 含量降低。

3.2 底泥中 TN、TP 含量的季节变化

由表 1 可以看出, 研究区各采样点夏、冬季底泥 TN 的含量变幅较小。养殖场底泥 TN 含量最高值(0.84 mg/g)出现在夏季, 最低值(0.25 mg/g)出现在冬季。夏季 TN 含量高于冬季, 主要是因为 25 °C 时底泥 TN 的释放比 15 °C 时大^[13], 温度高有利于底泥释放的营养盐通过间隙水向上覆水扩散; 而且温度升高 DO(溶解氧)减少, 使环境由氧化状态向还原状态转化, 促进微生物的反硝化作用, 使底泥中的氨氮得以释放; 温度升高还有利于微生物活性增强, 使底泥中的有机态氮转化成无机态的氨氮而释放。

养殖场底泥 TP 含量随季节变化波动较大, II 号采样点 TP 含量最高值出现在夏季(1.51 mg/g), 最低值出现在冬季(0.54 mg/g)。夏季为藻类生长的高峰期, 藻类大量摄取水中的磷, 使水中的可溶性磷酸盐减少, 破坏了水与底泥间的平衡, 从而促使底泥中的有效磷释放, 水中 TP 含量升高。

温度升高时, 底泥中的 TN、TP 释放通量均增加, 说明温度会影响底泥的氮、磷释放量, 且温度越高, TN、TP 释放通量越大。

表 1 研究区各采样点不同季节 TN、TP 的含量

采样点	Table 1 Seasonal dynamics of TN and TP contents in each sampling site							
	TN 含量				TP 含量			
	2010 年夏	2010 年冬	2011 年夏	2011 年冬	2010 年夏	2010 年冬	2011 年夏	2011 年冬
I	0.78	0.71	0.84	0.75	1.45	0.83	1.64	0.72
II	0.69	0.64	0.82	0.72	1.37	0.76	1.51	0.54
III	0.44	0.41	0.44	0.35	0.80	0.49	0.90	0.44
IV	0.46	0.40	0.42	0.38	0.91	0.45	0.81	0.4
V	0.34	0.30	0.32	0.25	0.56	0.30	0.42	0.26
VI	0.39	0.30	0.26	0.26	0.53	0.33	0.34	0.28
平均	0.52	0.46	0.52	0.45	0.94	0.53	0.94	0.44

3.3 水体中叶绿素 a 与底泥中 TN、TP 含量的关系

研究区域水体叶绿素 a 含量随 TN、TP 含量的升高总体呈上升趋势。当 TN 的含量介于 0.32~0.44 mg/g 时, 叶绿素 a 变化较小, 而当 TN 的含量介于 0.44~0.84 mg/g 时, 叶绿素 a 含量随 TN 含量增大而明显增加。该区域内叶绿素 a 含量与 TN、TP 含量呈正相关。

莪麦湖淡水珍珠养殖场底泥中 TN、TP 的含量分别为 0.84、1.64 mg/g, 经立体养殖生态系统和水

稻作用下的底泥 TN、TP 含量分别为 0.44、0.90 mg/g; 珍珠养殖场内水体中 TN、TP 的含量分别为 0.981、0.246 mg/g; 经生态沟后的废水排放口 TN、TP 含量为 0.798、0.166 mg/g。由此可知, 底泥 TN、TP 含量高的地域, 水体中的 TN、TP 含量相对较高, 主要原因是浅水池塘更易受风力等外界因素的干扰, 导致底泥营养物质向上层水体释放。研究区内, 水体 TN、TP 的浓度随着底泥中 TN、TP 含量的升高而升高, 使藻类繁殖速度加快, 生物量升高, 藻类

叶绿素 a 的含量也升高。

3.4 立体养殖生态系统对底泥的修复效应

从表 2 可以看出, 养殖场内水稻底泥 TN、TP 的含量处于养殖场底泥和养殖场外水稻底泥之间。珍珠养殖场内水稻作用下的底泥与养殖场内底泥相比 TN 含量降低 31.6%, TP 含量降低 45.1%。通过种植水稻可有效降低底泥 TN、TP 的含量。

表 2 水稻修复底泥中的 TN、TP 含量

Table 2 Contents of TN,TP in the sediment with rice repair

采样点	TN 含量/(mg·g ⁻¹)	TP 含量/(mg·g ⁻¹)
I	0.84	1.64
III	0.44	0.90
V	0.32	0.42

4 结论与讨论

本研究结果表明, 屈原管理区荞麦湖 500 hm² 淡水珍珠养殖场内底泥 TN 含量平均值为 0.58 mg/g, TP 含量平均值为 0.88 mg/g。底泥 TN、TP 含量呈从南边向北边减少的趋势, 其中中部较南部地带 TN、TP 含量较高, 随季节变化, 底泥中 TN 含量变化较平缓, TN、TP 含量最大值出现在夏季, 最低值出现在冬季; 不同区域 TP 含量在冬季较夏季而言均有下降趋势。

受水体搅动的影响, 底泥中氮、磷营养盐向水体释放, 会对养殖场水体 TN、TP 浓度产生重要的影响, 这与谢丽强等^[8]对武汉东湖底泥总磷含量及变化研究结果一致; 表明底泥中总磷的年平均含量与水体中总磷的年平均浓度之间具有极好的相关关系。此外, 受底泥影响, 水体中 TN、TP 浓度升高, 使水体处于富营养状态, 进而使藻类等浮游植物生长良好, 因而水体中叶绿素 a 含量也增高; 养殖场底泥 TN、TP 含量与叶绿素 a 含量成正相关关系。李堃等^[14]对巢湖叶绿素 a 浓度与 TN、TP 的关系进行研究, 发现当水体 TN 含量小于 5.8 mg/L 或 TP 含量小于 2.0 mg/L 时, 叶绿素 a 含量与 TN、TP 关系为正线性关系。在氮、磷未达到藻类生长浓度上限时, 叶绿素 a 含量随底泥 TN、TP 含量的升高而上升。由此推测, 底泥 TN、TP 含量对于水体富营养化具有一定的贡献。

通过水稻对氮、磷的吸收, 实现了水稻对底泥的修复, 避免了水体富营养化, 实现了底泥过剩氮、磷的资源化。本研究中沉水植物对底泥营养的吸收和水体的净化也起到了一定的作用, 其效率还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] Kelderman P, Kanssiime F, Maro Andy Tola. The role of sediments for phosphorus retention in the Kirinya wetland (Uganda)[J]. *Wetlands Ecology and Management*, 2007, 15(6): 481-488.
- [2] 向速林, 周文斌, 聂发辉. 鄱阳湖沉积物间隙水中磷的含量及其分布特征[J]. *湖泊科学*, 2011, 23(6): 868-872.
- [3] 张敏, 徐耀阳, 邵美玲, 等. 三峡水库香溪河库湾底泥中总氮、总磷含量的时空分布[J]. *应用生态学报*, 2009, 20(11): 2799-2805.
- [4] 张修峰, 何文珊, 陆健健. 温州三垟湿地底泥氮、磷含量及其对水质的影响[J]. *湿地科学*, 2004, 2(3): 192-196.
- [5] 陈永根, 刘伟龙, 韩红娟, 等. 太湖水体叶绿素 a 含量与氮磷浓度的关系[J]. *生态学杂志*, 2007, 26(12): 2062-2068.
- [6] 张锡辉. 水环境修复工程学原理与应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002: 48-51.
- [7] 卢少勇, 王佩, 王殿武, 等. 北京六湖泊表层底泥磷吸附容量及潜在释放风险[J]. *中国环境科学*, 2011, 31(11): 1836-1841.
- [8] 谢丽强, 谢平, 唐汇娟. 武汉东湖不同湖区底泥总磷含量及变化的研究[J]. *水生生物学报*, 2001, 25(4): 305-310.
- [9] 金相灿, 屠清瑛. 湖泊富营养化调查规范[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990: 46-83.
- [10] GB 11894—89, 水质总氮的测定[S].
- [11] GB 11893—89, 水质总磷的测定[S].
- [12] 林少君, 贺立静, 黄沛生, 等. 浮游植物中叶绿素 a 提取方法的比较与改进[J]. *生态科学*, 2005, 24(1): 9-11.
- [13] 苏丽丹, 林卫青, 杨漪帆, 等. 淀山湖底泥氮磷释放通量研究[J]. *上海环境科学*, 2010, 29(5): 197-201.
- [14] 李堃, 肖莆. 巢湖叶绿素 a 浓度的时空分布及其与氮、磷浓度关系[J]. *生物学杂志*, 2011, 28(1): 53-56.

责任编辑: 杨盛强