

环境科学

湖泊沉积物中有机质含量对释放磷的影响

易文利

(宝鸡文理学院, 灾害监测与机理模拟陕西省重点实验室, 宝鸡 721013)

摘 要 以不同污染程度的贡湖、五里湖沉积物为研究对象,通过释放试验研究了有机质的去除对沉积物磷释放动力学曲线的影响。结果表明,沉积物有机质的去除并没有影响溶解性活性磷(SRP)、溶解性总磷(DTP)和溶解性有机磷(DOP)释放动力学曲线的基本趋势;有机质的去除提高了各沉积物的SRP和DTP的释放量、释放速率,但却降低了DOP的释放量和释放速率,且有机质的去除对污染严重的五里湖沉积物释放磷的影响大于污染较轻的贡湖沉积物的影响。因此不能忽视有机质对磷释放的影响,尤其是重污染的沉积物磷释放。

关键词 湖泊沉积物 有机质 溶解性活性磷 溶解性总磷 溶解性有机磷 磷释放

中图法分类号 X524; **文献标志码** B

大量研究表明,在浅水湖泊中,沉积物的内源释放是上覆水的重要磷源,对水体的富营养化起着重要的作用^[1,2]。因此,认识沉积物磷的内源释放规律将为有效地控制富营养化进程提供科学依据。目前,对沉积物磷释放机理的研究,主要集中在环境因子如pH、Eh、温度等,以及人为因素如扰动等方面,相关的研究报道很多^[3-5]。有机质对沉积物磷的释放具有重要作用,影响着有机、无机磷成分的吸附/解吸过程^[6],有机质的矿化会引起氧化还原电位以及pH的变化,进而影响各种形态磷的释放过程^[7]。目前,有机质对沉积物磷释放的影响多集中在有机质对溶解性活性磷(SRP)释放的影响^[8],而对溶解性有机磷(DOP)和溶解性总磷(DTP)的影响研究较少。因此,本文在不考虑有机质矿化的实验室模拟条件下,以不同污染程度的五里湖和贡湖沉积物为研究对象,探讨了不同有机质含量对沉积物溶解性活性磷、溶解性总磷和溶解性

有机磷释放的影响。

1 材料与方法

1.1 样品的采集与分析方法

用彼得森采样器采自太湖的贡湖和五里湖的表层沉积物(约10 cm)作为试验样品,分别编号为T-G和T-W。所采沉积物样品置于塑料封口袋中,在冰盒中存放,立刻带回实验室,冷冻干燥后,分别测定有机质含量(TOC)、阳离子交换量(CEC)、总磷(TP)含量和总氮(TN)。其中有机质总量用经典的重铬酸钾法测定^[9]。阳离子交换量用EDTA-铵盐快速法测定^[9],总磷用SMT法测定^[10]。实验所用器皿均用稀硝酸浸泡过夜洗净,所用试剂均为分析纯。沉积物基本的理化性质如表1所示。

表1 沉积物的理化性质

样品/ Items	TOC /%	CEC/ (meq(100g) ⁻¹)	TN/ (mg.g ⁻¹)	TP/ (mg.g ⁻¹)
T-W	1.655	22.15	1.88	0.81
T-G	0.901	14.67	0.77	0.42

1.2 不同有机质含量样品的处理

以五里湖和贡湖沉积物样品为研究对象,用适量的过氧化氢处理土样,将其有机质含量处理到一

2011年6月20日收到 陕西省教育厅重点实验室项目
(2010JS071,09JS073)、宝鸡文理学院重点项目(ZK0845)、
陕西省重点学科自然地理学联合资助
作者简介:易文利(1975—),汉族,女,陕西汉中,人,博士,宝鸡文理
学院地理科学与环境工程系讲师。研究方向:湖泊富营养化及水体
污染控制。E-mail: ywl7585@163.com。

定的程度。具体方法如下^[11]为:分别称取 50 g 的沉积物干样放入 1 000 mL 的烧杯中,加入 30% 的过氧化氢溶液,直到去除的样品混合液中不再有气泡冒出为止。将烧杯放在电炉上沸腾 5 min,去除多余的过氧化氢,然后将混合液倒入封口袋中进行冷冻干燥。待样品完全干燥后,研磨过 80 目筛,测定样品中有机质的含量。此过程反复进行,直到样品中有机质含量达到实验要求。原沉积物和处理后沉积物样品的特性见表 2 所示。

表 2 处理后沉积物样品的特性

样品/Item	T-G	D-T-G	T-W	D-T-W
TOC 含量/%	0.901	0.211	1.655	0.279
去除率/%	—	76.5	—	83.2
比表面积/m ² ·g ⁻¹	14.377	18.209	15.223	20.043

注:T-G 为太湖的贡湖沉积物样品;D-T-G 为去除部分有机质的贡湖沉积物样品;T-W 为太湖的五里湖沉积物样品;D-T-W 为去除部分有机质的五里湖沉积物样品。

1.3 磷释放实验

分别称取 0.5 g 原沉积物和处理后的沉积物样品于一系列 100 mL 用酸洗过的离心管中,各离心管分别加入 50 mL 0.02 mol/L 的 KCl 溶液(保证一定离子强度)。在 25 ℃ ± 1 ℃ 下,250 r/min 条件下恒温震荡,于 1/12,0.25,0.5,1.5,3,5,7,12,24 h 分别取样,在恒温离心机中 5 000 r/min 离心 10 min,上清液过 0.45 μm 滤膜,分别测定滤液中的溶解性总磷(DTP)和溶解性活性磷(SRP)浓度^[12],溶解性有机磷(DOP)为溶解性总磷和溶解性磷酸盐之差,并计算各形态磷的释放量。

2 结果与讨论

2.1 不同有机质含量沉积物对磷的释放量的影响

SRP、DTP 和 DOP 的释放动力学曲线如图 1 所示。由图 1 可见,不同处理沉积物样品中磷的释放具有相似的变化趋势,先是一个相对快速的释放,而后逐渐缓慢直至达到平衡(12 h 后达到平衡)。这与以往关于磷释放的研究结果相类似^[13,14]。有机质并没有改变磷的释放动力学曲线。同时,随着

有机质含量的减少,磷的释放也发生了很大的变化。随着沉积物有机质含量的减少,D-T-W 中 SRP、DTP 的释放量分别是 T-W 的 2.16 ~ 3.01 倍、1.27 ~ 1.74 倍。而 DOP 却急剧降低,T-W 是 D-T-W 的 4 ~ 14 倍。D-T-G 中 SRP、DTP 的释放量分别是 T-G 的 1.4 ~ 2.3 倍、1.07 ~ 1.2 倍。而 DOP 稍微有些下降。这可能是沉积物在经过过氧化氢氧化后,沉积物中的磷形态发生了改变,使沉积物有机磷转化成无机形态磷,这也表明有机质可以抑制沉积物 SRP、DTP 的释放,促进 DOP 释放,这也是有机质在沉积物中控制磷吸附的一个主要因素。同时,从图 1 可知,五里湖和贡湖由于污染程度不同,有机质含量也不同,所产生的磷素释放的差别也不同,污染严重的五里湖^[15]由于有机质含量不同所产生的磷素释放量的变化要比污染相对较轻的贡湖显著的多。

2.2 不同有机质含量沉积物对磷的释放速率的影响

为了进一步分析不同有机质含量对沉积物磷的释放动力学特征,引入了释放速率的概念,即单位时间单位质量沉积物释放磷的量,是反映沉积物释放动力学过程中非常重要的一个参数^[16]。表 3 列出了不同取样时间段、不同处理沉积物磷释放的速率。由表 3 可见,去除有机质提高了沉积物对释放磷的速率,特别是 0 - 1/12 h 内,贡湖沉积物 SRP 释放速率从 3.69 增加到 8.60 mg/(kg·h),增加了 2.33 倍;DTP 从 21.5 增加到 24.56 mg/(kg·h),增加了 1.14 倍;DOP 释放速率从 17.81 降低到 15.96 mg/(kg·h),降低了 1/1.12;五里湖沉积物 SRP 释放速率从 27.58 增加到 81.94 mg/(kg·h),增加了 2.97 倍;DTP 从 47.96 增加到 84.35 mg/(kg·h),增加了 1.76 倍;DOP 释放速率从 20.38 降低到 2.41 mg/(kg·h)降低至 1/8.46。这更进一步说明,有机质含量不同所产生的磷素释放的差别也不同,污染程度、有机质来源等的不同是影响不同有机质含量影响沉积物磷素释放的因素之一。

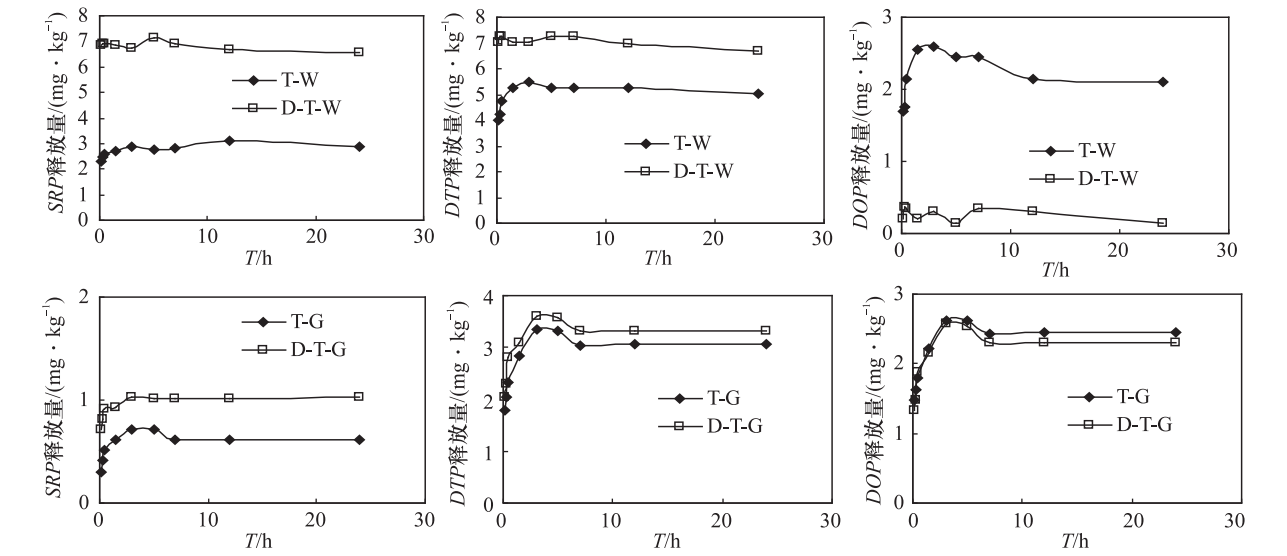


图1 不同有机质含量对沉积物磷释放动力学曲线

表3 不同沉积物中溶解性活性磷(<i>SRP</i>)、溶解性有机磷(<i>DOP</i>)和溶解性总磷(<i>DTP</i>)释放速率/[$\text{mg} \cdot (\text{kg} \cdot \text{h}^{-1})$]		不同取样时间释放速率/[$\text{mg} \cdot (\text{kg} \cdot \text{h}^{-1})$]								
样品编号	磷形态	(0 ~ 1/12) h	1/12 ~ 0.25 h	0.25 ~ 0.5 h	0.5 ~ 1.5 h	1.5 ~ 3 h	3 ~ 5 h	5 ~ 7 h	7 ~ 12 h	12 ~ 24 h
T-G	<i>SRP</i>	3.69	0.61	0.43	0.10	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>DTP</i>	21.50	1.49	1.12	0.51	0.34	0.00	0.00	0.01	0.00
	<i>DOP</i>	17.81	0.89	0.69	0.40	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00
D-T-G	<i>SRP</i>	8.60	0.61	0.39	0.01	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>DTP</i>	24.56	1.53	1.99	0.28	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>DOP</i>	15.96	0.92	1.60	0.27	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00
T-W	<i>SRP</i>	27.58	1.18	0.41	0.10	0.13	0.00	0.00	0.06	0.00
	<i>DTP</i>	47.96	1.47	2.02	0.50	0.16	0.00	0.01	0.00	0.00
	<i>DOP</i>	20.38	0.29	1.61	0.40	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
D-T-W	<i>SRP</i>	81.94	0.44	0.03	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00
	<i>DTP</i>	84.35	1.38	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00
	<i>DOP</i>	2.41	0.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00

3 结论

湖泊沉积物有机质的去除没有改变其 *SRP*、*DTP* 和 *DOP* 的释放动力学曲线的基本趋势,在前 5 min 内,沉积物磷的释放具有较大的速率,在 12 h 后沉积物磷释放基本达到平衡。去除有机质后,提高了各沉积物 *SRP*、*DTP* 的释放量和释放速率,但降低了 *DOP* 释放量和释放速率;污染程度、有机质来源

等的不同是影响不同有机质含量对沉积物磷素释放的影响因素之一。

参 考 文 献

1 Sundby B, Gobeil C, Silberberg N. The phosphorus cycle in coastal marine. *Limnology and Oceanography*, 1992; 37(6):1129—1145

2 徐轶群,熊慧欣,赵秀兰.底泥磷的吸附与释放研究进展. *重庆环境科学*, 2003; 15(11):147—149

3 尹大强,覃秋荣.环境因子对五里湖沉积物磷释放的影响. *湖泊科学*, 1994; 6(3):240—245

- 4 张 路, 范成新, 秦伯强, 等. 模拟扰动条件下太湖表层沉积物磷行为的研究. 湖泊科学, 2001; 13(1):35—42
- 5 汪家权, 孙亚敏, 钱家忠. 巢湖底泥磷的释放模拟实验研究. 环境科学学报, 2002; 22(6):738—742
- 6 Karthikeyan K G, Mandla A, Tshabalala D, *et al.* Solution chemistry effects on orthophosphate adsorption by cationized solid wood residues. Environmental Science and Technology, 2004; 38: 904—911
- 7 Pizarro J, Belzile N, Filella M, *et al.* Coagulation/sedimentation of submicron iron particles in a eutrophic lake. Water Research, 1995; 29(2):617—632
- 8 Kim L H., Choi E., Michael K S. Sediment characteristics, phosphorus types and phosphorus release rates between river and lake sediments. Chemosphere, 2003, 50:53—61
- 9 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1978, 121—324
- 10 Ruban J V. Lopez-Sanchez P F. Pardo G. *et al.* Quevauviller harmonized protocol and certified reference material for the determination of extractable contents of phosphorus in freshwater sediments; a synthesis of recent works. Fresenius Journal of Analytical Chemistry, 2001; 370:224—228
- 11 梁重山, 党 志, 刘丛强, 等. 土壤有机质对非的吸附-解吸平衡的影响. 高等学校化学学报. 2005;26(4):671—676
- 12 AWWA, APHA, WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 18 th Ed. Washington D C: American Public Health Association, 1998:458
- 13 Shariatmadari H, Shirvani M, Jafari A. Phosphorus release kinetics and availability in calcareous soil of selected arid and semiarid toposequences. Geoderma, 2006; 132: 261—272
- 14 张新明, 李华兴, 刘远金. 磷酸盐在土壤中吸附与解吸研究进展. 土壤与环境, 2001;10(1):77—80
- 15 秦伯强, 胡维平, 陈伟民, 等. 太湖水环境演化过程与激励研究. 北京: 科学出版社, 2004:160—204
- 16 Kim L H, Choi E, Gil K I, *et al.* Phosphorus release rates from sediments and pollutant characteristics in Han River, Seoul, Korea. Science of the Total Environment, 2004; 321:115—125

Effects of Organic Matter Removal on Phosphorus Release in Lake Sediments

YI Wen-li

(Key Lab of Disaster Monitoring and Mechanism Simulating in Shaanxi Province, Baoji University of Arts and Sciences, Baoji 721013, P. R China)

[Abstract] Effect of organic matter removal from lake sediments different in trophic level from Wuli Lake and Gonghu Lake on phosphorus (P) release were studied through release experiment. The results indicated: the removal of organic matter shows a little effect on the P release kinetics from lake sediments. Organic matter removal promoted the SRP and DTP release concentration and release rate while it restricted the DOP release concentration and released rate. The effect of organic matter removal on phosphorus release is greater on the sediment from Wuli Lake that was heavily pollution than that on the sediment from Wuli Lake that is slightly pollution. So the effect of organic matter on phosphorus release cannot be neglected, especially for the heavily polluted sediments.

[Key words] lake sediment organic matter dissolved reactive phosphorus dissolved total phosphorus
dissolved organic phosphorus phosphorus release