

DOI:10.3876/j.issn.1000-1980.2016.06.003

摇蚊幼虫生物扰动对富营养化湖泊内源磷释放的影响

杨艳青¹,刘 凌¹,陈沐松¹,燕文明²,邢西刚¹,王昊天¹,刘 唱¹

(1. 河海大学水文水资源学院,江苏 南京 210098;

2. 河海大学水文水资源与水利工程科学国家重点实验室,江苏 南京 210098)

摘要: 利用高分辨率的薄膜扩散梯度技术(Diffusive Gradients in Thin Films, DGT)和微电极技术,从微界面的角度研究了摇蚊扰动对沉积物中溶解氧(DO)、活性磷(Labile P)、活性铁(Labile Fe)及Labile P扩散通量的影响。研究发现摇蚊幼虫扰动增加了沉积物中溶解氧的渗透深度,降低了Labile P和Labile Fe的浓度,同时抑制了Labile P向上覆水中的释放。由于Labile P与Labile Fe显著相关(对照组 $R=0.672$, $P<0.001$;摇蚊组 $R=0.810$, $P<0.001$),可知Labile P的变化受DO和Labile Fe控制,即Labile Fe被氧化生成三价Fe(OOH),同时吸附Labile P,使得Labile P和Labile Fe同时降低。

关键词: 生物扰动;内源磷释放;DGT;微电极;摇蚊幼虫

中图分类号: X524 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-1980(2016)06-0485-06

Effect of chironomid larvae bioturbation on release of internal phosphorus in eutrophic lake

YANG Yanqing¹, LIU Ling¹, CHEN Musong¹, YAN Wenming², XING Xigang¹, WANG Haotian¹, LIU Chang¹

(1. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: The effects of chironomid larvae bioturbation on the concentrations of dissolved oxygen (DO), labile phosphorus (Labile P), and labile iron (Labile Fe), as well as the diffusion flux of Labile P across the sediment-water interface in eutrophic lakes were examined using high-resolution diffusive gradients in thin films (DGT) and microelectrode techniques. The results show that chironomid larvae bioturbation increases the depth of penetration of DO in the sediments, decreases the concentrations of Labile P and Labile Fe, and inhibits the release of Labile P from sediments to the overlying water. Because Labile P is significantly correlated with Labile Fe ($R=0.672$ and $P<0.001$ for the control group, and $R=0.810$ and $P<0.001$ for the chironomid group), it can be inferred that the change of Labile P is controlled by DO and Labile Fe according to the following process: Labile Fe is oxidized to produce the ferric hydration Fe(OOH), which can adsorb Labile P, and this leads to the decrease of the Labile Fe and Labile P concentrations.

Key words: bioturbation; release of internal phosphorus; DGT; microelectrode; chironomid larvae

在淡水系统中,磷是构成初级生产力和食物链最重要的生源要素,同时也是水体富营养化的主要限制因子^[1]。一直以来,外源磷的大量输入,造成了湖泊富营养化等严重的环境问题。近年来,随着外源磷污染治理力度的不断加大,外源磷污染已得到初步控制,而内源磷污染强度呈现增加趋势并在湖泊污染中的贡献比

收稿日期: 2016-01-25

基金项目: 国家自然科学基金(51279060,41301531)

作者简介: 杨艳青(1992—),男,河南商丘人,硕士研究生,主要从事水环境治理及生态修复研究。E-mail: yqyanghu@163.com

通信作者: 刘凌,教授。E-mail: lingliu_hhu@163.com

例逐渐增大^[2]。因此,研究内源磷的释放机制对控制湖泊富营养化问题、维持湖泊健康具有重要意义。目前,关于内源磷污染的形成,普遍认为沉积物中的铁在控制内源磷释放中起到关键作用,在缺氧或厌氧条件下,氧化铁被还原,使得铁结合态磷向沉积物间隙水中释放和向上迁移,从而造成二次污染^[2]。这种铁结合态磷被认为是沉积物中重要的可移动性磷^[3],其迁移转化受氧气、pH、氧化还原电位(Eh)、微生物活性等环境因素的影响^[4-5]。此外,生物扰动作为在沉积物中经常发生的生物过程,其对磷从沉积物向上覆水中的释放也有重要影响^[6-8]。

湖泊沉积物中的底栖动物通过挖穴、摄食、通风、排泄等活动影响沉积物-水界面磷等化学组分的物质交换,同时加强间隙水与上覆水的交换作用^[6]。摇蚊作为富营养化湖泊中底栖动物的典型代表,其幼虫在沉积物中构筑U形廊道,通过将上覆水引灌进洞穴向沉积物中输入溶解氧同时实现间隙水中磷等营养盐向上覆水中的扩散^[9-10]。然而在摇蚊扰动对磷向上覆水中释放的研究中仍存在分歧,例如:Gallepp^[11]和Fukuhara等^[12]的研究指出摇蚊扰动促进了沉积物中磷的释放;Lewandowski等^[13]和Reitzel等^[14]及Zhang等^[15]却发现摇蚊扰动会抑制沉积物中磷的释放;也有少量的研究者认为摇蚊扰动对磷的释放没有影响^[16]。存在分歧的原因可能是由于摇蚊的个体比较小,在毫米级,对其在生物扰动过程中的采样技术往往要求高分辨率,传统的压榨法、离心法和透析法破坏了沉积物原有的结构,Peeper(9 mm×9 mm)和Rhizon技术虽保证了原位性分辨率却不够高。为此,为了能准确地研究摇蚊扰动对沉积物中磷释放的影响,迫切需要一种高分辨率的间隙水原位采样技术。

本文使用高分辨率(可达毫米级)的DGT技术^[17-19]进行原位采样分析。利用DGT技术测定摇蚊幼虫廊道周围Labile Fe和Labile P的浓度并辅以溶解氧微电极测定微界面附近DO的含量,分析其变化规律,意在为准确揭示摇蚊扰动对沉积物中磷释放的影响这一科学命题提供更多依据。

1 材料与方法

1.1 DGT的准备

本试验DGT固定膜采用Xu等^[20]发明的同时固定Labile P和Labile Fe的ZrO-Chelex膜。组装时,将ZrO-Chelex膜、滤膜(whatman, 0.45 μm孔径)依次放在DGT装置底板上,盖上盖板,用鱼线(justron, 0.33 mm直径)穿孔将其绑紧。将组装好的DGT装置放入0.03 mol/L的NaNO₃溶液中冲氮去氧至少16 h并密封保存留着备用。

1.2 试验设计

采样点选在富营养化程度较高的太湖藻型湖区梅梁湾(31°30'31" N, 120°10'30" E)。利用大口径重力采样器(直径110 mm×500 mm)在该采样点采集沉积物柱样,沉积物深度不少于20 cm,同时在该处取几桶湖水用于室内模拟培养试验。另用彼得森采样器采集少量沉积物,过2 mm筛后从中挑选4龄期摇蚊幼虫,将收集到的摇蚊幼虫在有3 cm厚沉积物的玻璃缸中好氧5℃暂养^[21]。所有样品采集后立即运回实验室。

培养试验在实验室内进行。将采集的沉积物按2 cm分层,同层沉积物收集在一起,过筛(60目)后依次填充到10根有机玻璃管(长40 cm,直径11 cm)中,用虹吸法小心注入采集的湖水,制成沉积物高15 cm,上覆水高5 cm的沉积物柱样。将10根沉积物柱样每5根放入一个聚乙烯塑料桶(深45 cm)中,往桶中缓慢加入湖水淹没培养,并用微孔曝气头曝气,水温控制在25℃,预培养16 d以使沉积物达到稳定。稳定16 d后挑选采集的4龄期摇蚊幼虫195条均分引入到一个桶的5根柱样中设置为摇蚊组(每根柱子39条,生物量为38.50 g/m²,采样点现场生物量为4.34 g/m²)^[22-23],另外一个桶中的5根柱子不加任何东西设置为对照组。整个试验过程中控制每天光照培养12 h,黑暗培养12 h。

1.3 样品采集

试验引入摇蚊幼虫后分4个时段(7 d、46 d、116 d、140 d)进行样品采集:从摇蚊组和对照组各取一根柱样,用溶解氧微电极(OX-100, Unisense, Denmark)测其沉积物-水界面处的DO浓度,摇蚊试验组微电极针要对着摇蚊洞穴孔插入。DO测定结束后取2个DGT装置,将其垂直缓慢分别插入2根柱样的沉积物中,保留3~5 cm在上覆水中,稳定24 h后拔出DGT装置,冲洗干净后沿着DGT盖板边缘划开,取出ZrO-Chelex膜。用切片刀将ZrO-Chelex膜切成长条状,逐一挑入离心管中。然后依次加入1 mol/L的HNO₃和1 mol/L的NaOH提取液分别提取被固定的Labile Fe和Labile P各24 h,将得到的提取液冷藏待分析。

1.4 样品分析

Labile P 的测定采用钼锑抗比色法^[24]; Labile Fe 的测定采用改进的菲罗琳比色方法^[25]。

1.5 数据处理

根据式(1)计算与 DGT 接触的外界间隙水中 Labile P 和 Labile Fe 的浓度:

$$C_{\text{DGT}} = \frac{M\Delta g}{DA t} \quad (1)$$

式中: M ——固定膜上待测离子累积量, μg ; Δg ——扩散层厚度, cm ; D ——离子的扩散速率, cm^2/s (可通过表格查得); A ——DGT 与外界接触面积, cm^2 ; t ——扩散时间, s ; C_{DGT} ——时间 t 内待测离子的平均质量浓度, mg/L 。

由 DGT 测得的一维 Labile P 的垂向浓度可计算其从沉积物向上覆水的扩散通量^[26]。根据 Fick 定律由式(2)计算:

$$J_s = -\phi D_s \frac{\partial C_{\text{DGT}}}{\partial X_s} \quad (2)$$

式中: J_s ——离子从沉积物向上覆水的扩散通量, $\text{ng}/(\text{cm}^2 \cdot \text{d})$ (正值表示离子从沉积物向上覆水中扩散, 负值反之); ϕ ——表层 5 mm 沉积物的含水率 (取 0.9^[27]); D_s ——离子在沉积物中的扩散系数 (可由离子在水中的扩散系数和 ϕ^3 ($\phi \geq 0.7$) 算得^[28-29])。

2 结果与讨论

2.1 DO 剖面变化

在引入摇蚊幼虫的 1 h 内, 摇蚊幼虫全部往沉积物里钻, 筑造洞穴。摇蚊幼虫的洞穴是 U 形 (试验中可观察到), 摇蚊幼虫不断地将上覆水引灌入洞穴, 滤食上覆水中的浮游植物和呼吸上覆水中的氧气^[10]。随着富含氧气的上覆水被引灌进入洞穴中, 增加了洞穴中氧气的含量。通过溶解氧 (DO) 微电极观测不同处理组沉积物氧气的渗透深度可知: 在前 3 个采样期间, 摇蚊幼虫扰动明显地增加了沉积物中氧气的渗透深度 (图 1)。在第 7 天、第 46 天、第 116 天和第 140 天摇蚊组的 DO 渗透深度分别为 5.5 mm、8 mm、8 mm 和 4.4 mm, 然而对照组的 DO 渗透深度仅为 4.5 mm、3.5 mm、5 mm 和 4.2 mm (0 mm 代表界面)。相比对照组分别增加了 1 mm、4.5 mm、3 mm 和 0.2 mm。最大 DO 渗透深度变化发生在第 46 天, 说明在第 46 天摇蚊的扰动作用最激烈, 在第 46 天之后, 扰动作用逐渐减弱。在第 140 天, 扰动作用消失, 摇蚊组和对照组沉积物中 DO 的渗透深度无明显变化。在前人的研究中, 也发现了摇蚊幼虫扰动明显增加了沉积物中 DO 的渗透深度^[22]。

2.2 磷、铁剖面变化

以摇蚊扰动作用最强烈的第 46 天组为例, 分析 Labile P 和 Labile Fe 的变化规律。由于摇蚊的扰动, 摇蚊组中 Labile P 浓度和 Labile Fe 浓度较对照组明显减小, 尤其在界面下 1~6 cm 最为突出 (图 2): 对照组和摇蚊组 Labile P 浓度均值分别为 0.0407 mg/L 和 0.0136 mg/L, 摇蚊组均值比对照组减小了 0.0271 mg/L, 相对减小 66.6%, 摇蚊组与对照组方差差异性概率 $P=0.000$ (小于 0.05), T 检验显著性概率 $P=0.000$ (小于 0.05), 表明对照组与摇蚊组 Labile P 浓度存在差异且差异显著; 对照组与摇蚊组 Labile Fe 浓度均值分别为 1.5864 mg/L 和 0.5512 mg/L, 摇蚊组均值比对照组减小了 1.0352 mg/L, 相对减小 65.3%, 摇蚊组与对照组方差差异性概率 $P=0.000$ (小于 0.05), T 检验显著性概率 $P=0.000$ (小于 0.05), 表明对照组与摇蚊组 Labile Fe 浓度存在差异且差异显著。同时由二者的变化趋势可知 Labile P 和 Labile Fe 存在相关性, 经 SPSS

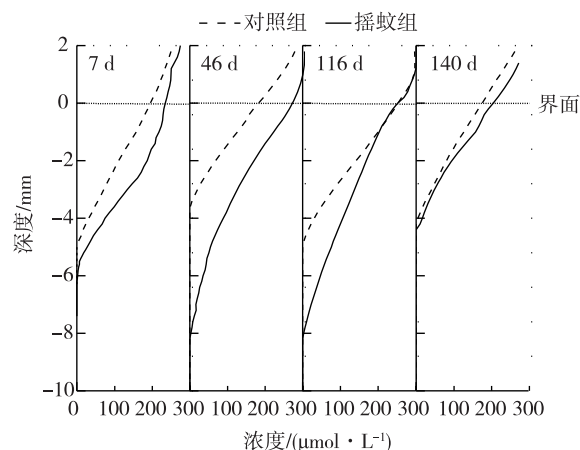


图 1 4 个时段沉积物-水界面附近的 DO 剖面变化

Fig. 1 Variation of DO profiles near sediment-water interface in four periods

计算对照组和摇蚊组 Labile P 和 Labile Fe 的相关性分别为 0.672 ($P < 0.001$) 和 0.810 ($P < 0.001$), 显著相关。摇蚊扰动对 Labile P 和 Labile Fe 的影响范围在界面下 1~6 cm, 这与 McCall 等^[30]发现的摇蚊主要取食范围在沉积物上层 2~8 cm 相一致。另外摇蚊扰动导致 P 和 Fe 含量同步降低的现象在 Lewandowski 等^[9]和 Zhang 等^[15]的研究中也有报道。

2.3 沉积物-水界面磷的释放通量

沉积物-水界面下 5 mm 附近的 DGT 垂向浓度与深度呈现了很好的线性关系(如 46 d 组: 摇蚊组 $y = -0.0014x + 0.0121$, $R^2 = 0.95$; 对照组 $y = -0.0042x + 0.0031$, $R^2 = 0.91$; x 为深度, y 为垂向浓度), 说明 DGT 的高分辨率可用以定义界面附近 Labile P 的浓度梯度^[31]。通过对各组界面附近 Labile P 向上覆水的释放通量的计算可知: 在前 3 个采样期间, 摇蚊幼虫扰动明显减小了 Labile P 的释放通量(图 3)。在第 7 天、第 46 天、第 116 天和第 140 天对照组的释放通量分别为 $14.00 \text{ ng}/(\text{cm}^2 \cdot \text{d})$ 、 $32.74 \text{ ng}/(\text{cm}^2 \cdot \text{d})$ 、 $10.03 \text{ ng}/(\text{cm}^2 \cdot \text{d})$ 和 $2.80 \text{ ng}/(\text{cm}^2 \cdot \text{d})$, 而摇蚊组分别为 $9.33 \text{ ng}/(\text{cm}^2 \cdot \text{d})$ 、 $10.89 \text{ ng}/(\text{cm}^2 \cdot \text{d})$ 、 $7.78 \text{ ng}/(\text{cm}^2 \cdot \text{d})$ 和 $2.49 \text{ ng}/(\text{cm}^2 \cdot \text{d})$, 分别相对减小了 33.4%、66.7%、22.5% 和 11.1%。在第 46 天减小幅度最大, 表明第 46 天摇蚊扰动作用最强烈, 在第 46 天之后扰动作用逐渐减弱。在第 140 天, 扰动消失, 摇蚊组与对照组的释放通量差异较小。在以往的研究中, Lewandowski 等^[9]、Zhang 等^[15]和 Chen 等^[23]都是通过监测上覆水中 SRP 浓度变化来计算通量, 这里首次使用由 DGT 测得的 Labile P 垂向浓度来计算通量, 方法虽不同所得结论却相似, 即摇蚊扰动抑制了磷从沉积物向上覆水中的释放。

2.4 摇蚊幼虫扰动对沉积物中磷释放的影响

根据试验结果可得如下结论: 湖泊沉积物中磷的释放受 Fe 氧化所控制。摇蚊将上覆水引灌进入沉积物, 增加了沉积物中溶解氧渗透深度(图 1)^[22]。渗透下来的氧气改变了沉积物的氧化还原条件, 为沉积物中氧化还原反应提供了丰富的电子受体(O_2)^[6]。因而沉积物中 Labile Fe(II) 被氧化, 沉积物中 Labile Fe(II) 的浓度显著降低(图 2)^[9, 15]。被氧化的 Labile Fe(II) 生产的三价 Fe(OOH) 会同时吸附沉积物中的 Labile P, 导致了沉积物中 Labile P 浓度的减小(图 2)^[9, 15]。Labile P 浓度的减小又会削弱界面附近 Labile P 的浓度梯度, 进而导致了 Labile P 从沉积物向上覆水扩散通量的减小(图 3)^[9, 15, 23]。通过对 Labile P 和 Labile Fe(II) 大量数据的分析, 显示二者存在显著相关性; 且二者的变化均发生在界面下 1~6 cm, 空间上具有同步性, 表明磷的释放受 Fe(II) 氧化所控制。

摇蚊扰动的存在显然改变了沉积物的氧化还原条件, 导致 Labile Fe(II) 被氧化, 生成的三价 Fe(OOH) 吸附沉积物和上覆水中的 Labile P, 最终抑制了界面处磷向上覆水中的释放。这在一定程度上减轻了湖泊的内源磷污染, 抑制了湖泊的富营养化。

3 结 论

引入摇蚊后, 摇蚊组的 Labile P 浓度比对照组明显降低, 且在界面下 1~6 cm 变化最明显, 在这个范围内摇蚊组 Labile P 平均浓度比对照组减小了 66.6%; 随摇蚊洞穴的开拓, 上覆水被引灌进沉积物中, 使得沉积

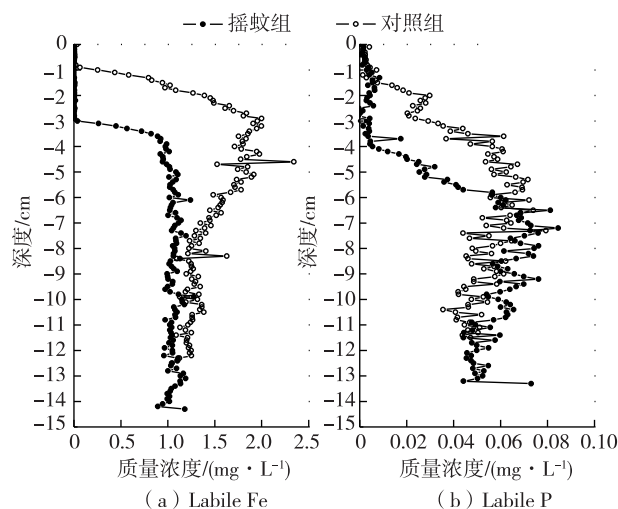


图 2 46 d 沉积物间隙水中 Labile Fe 和 Labile P 浓度剖面

Fig. 2 Labile Fe and Labile P profiles in pore water on day 46

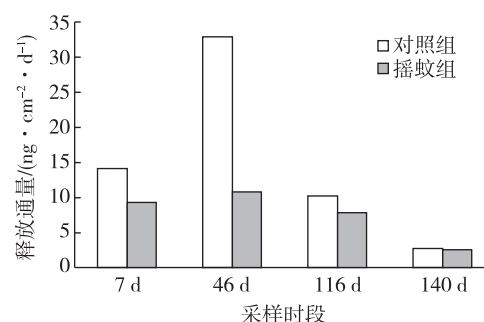


图 3 4 个时段微界面处沉积物向上覆水磷的释放通量

Fig. 3 Release fluxes of phosphorus across sediment-water interface from sediment to overlying water in four periods

物中溶解氧的渗透深度明显增加,摇蚊组中溶解氧渗透深度最深至界面下 8 mm;同样在界面下 1~6 cm 沉积物中 Labile Fe(II)被 O₂ 氧化,生成了三价 Fe(OOH) 吸附 Labile P,致其浓度明显降低并抑制了界面处 Labile P 的释放;摇蚊扰动在一定程度上抑制了湖泊的富营养化。

参考文献:

- [1] 时丹,丁士明,许笛,等. 利用薄膜扩散平衡技术分析沉积物间隙水溶解态反应性磷[J].湖泊科学,2009, 21(6): 768-774.(SHI Dan, DING Shiming, XU Di, et al. Determination of soluble reactive phosphorus in porewaters of sediments using the technique of diffusive equilibration in thin films [J].Journal of Lake Sciences, 2009, 21(6): 768-774. (in Chinese))
- [2] 王燕,朱春刚,许笛,等. 一种大批量测定沉积物微量间隙水样品中溶解态磷和铁含量的方法[J].环境科学,2014, 35(4): 1271-1277.(WANG Yan, ZHU Chungang, XU Di, et al. Development of a method for measuring dissolved reactive phosphorus (DRP) and dissolved ferrous Iron in large batch in Pore water Samples of sediments with micro-volumes [J]. Environmental Science, 2014,35(4):1271-1277. (in Chinese))
- [3] JENSEN H S, THAMDRUP B. Iron-bound phosphorus in marine sediments as measured by bicarbonate-dithionite extraction [J]. Hydrobiologia, 1993, 253(1-3): 47-59.
- [4] CHRISTOPHORIDIS C, FYTIANOS K. Conditions affecting the release of phosphorus from surface lake sediments [J]. Journal of Environmental Quality, 2006, 35(4): 1181-1192.
- [5] HOLDREN G C, ARMSTRONG D E. Factors affecting phosphorus release from intact lake sediment cores [J]. Environmental Science & Technology, 1980, 14(1): 79-87.
- [6] 张雷.生物扰动下湖泊沉积物-水界面特征变化与磷的迁移转化[D].南京:中国科学院南京地理与湖泊研究所, 2010.
- [7] TEAL L R, BULLING M T, PARKER E R, et al. Global patterns of bioturbation intensity and mixed depth of marine soft sediments [J]. Aquatic Biology, 2008, 2(3): 207-218.
- [8] CHEN M, DING S, LIU L, et al. Kinetics of phosphorus release from sediments and its relationship with iron speciation influenced by the mussel (*Corbicula fluminea*) bioturbation[J]. Science of the Total Environment, 2016, 542: 833-840.
- [9] LEWANDOWSKI J, LASKOV C, HUPFER M. The relationship between Chironomus plumosus burrows and the spatial distribution of pore-water phosphate, iron and ammonium in lake sediments [J]. Freshwater Biology, 2007, 52(2): 331-343.
- [10] WALSH B M. Feeding mechanisms of Chironomus larvae [J]. Nature, 1947, 160(4066): 474.
- [11] GALLEPP G W. Chironomid Influence on phosphorus release in sediment-water microcosms. [J]. Ecology, 1979, 60(3): 547-556.
- [12] FUKUHARA H, SAKAMOTO M. Enhancement of inorganic nitrogen and phosphate release from lake sediment by tubificid worms and chironomid larvae[J]. Oikos, 1987, 48(3): 312-320.
- [13] LEWANDOWSKI J, HUPFER M. Effect of macrozoobenthos on two-dimensional small-scale heterogeneity of pore water phosphorus concentrations in lake sediments: a laboratory study[J]. Limnology and Oceanography, 2005, 50(4): 1106-1118.
- [14] REITZEL K, LOTTER S, DUBKE M, et al. Effects of phoslock treatment and chironomids on the exchange of nutrients between sediment and water[J]. Hydrobiologia, 2013, 703(1): 189-202.
- [15] ZHANG L, GU X, FAN C, et al. Impact of different benthic animals on phosphorus dynamics across the sediment-water interface [J]. Journal of Environmental Science (China), 2010, 22(11): 1674-1682.
- [16] MATISOFF G, FISHER J B, MATIS S. Effects of benthic macroinvertebrates on the exchange of solutes between sediments and freshwater [J]. Hydrobiologia, 1985, 122(1): 19-33.
- [17] DING S, XU D, SUN Q, et al. Measurement of dissolved reactive phosphorus using the diffusive gradients in thin films technique with a high-capacity binding phase[J]. Environmental Science & Technology, 2010, 44(21): 8169-8174.
- [18] DING S, SUN Q, XU D, et al. High-resolution simultaneous measurements of dissolved reactive phosphorus and dissolved sulfide: the first observation of their simultaneous release in sediments[J]. Environmental Science & Technology, 2012, 46(15): 8297-8304.
- [19] DING S, WANG Y, XU D, et al. Gel-based coloration technique for the submillimeter-scale imaging of labile phosphorus in sediments and soils with diffusive gradients in thin films[J]. Environmental Science & Technology, 2013, 47(14): 7821-7829.
- [20] XU D, CHEN Y, DING S, et al. Diffusive gradients in thin films technique equipped with a mixed binding gel for simultaneous measurements of dissolved reactive phosphorus and dissolved iron[J]. Environmental Science & Technology, 2013, 47(18): 10477-10484.
- [21] HANSEN K, MOURIDSEN S, KRISTENSEN E. The impact of Chironomus plumosus larvae on organic matter decay and nutrient (N, P) exchange in a shallow eutrophic lake sediment following a phytoplankton sedimentation [J]. Hydrobiologia, 1997, 364(1): 65-74.
- [22] 商景阁,张路,王建军,等.中国长足摇蚊幼虫和霍普水丝蚓扰动下沉积物氧气特征分析[J].水生生物学报, 2011, 35(4): 610-615.(SHANG Jingge, ZHANG Lu, WANG Jianjun, et al. Bioturbation effects of tanytus chinensis and limnodrilus hoffmeisteri on penetration and distribution of sediment oxygen[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2011, 35(4): 610-615. (in Chinese))

[23] CHEN M, DING S, LIU L, et al. Iron-coupled inactivation of phosphorus in sediments by macrozoobenthos (chironomid larvae) bioturbation: evidences from high-resolution dynamic measurements[J].Environmental Pollution, 2015, 204: 241-247.

[24] 魏复盛. 水和废水检测分析方法[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 243-285.

[25] TAMURA H, GOTO K, NAGAYAMA M, et al. Spectrophotometric determination of iron (II) with 1, 10-phenanthroline in the presence of large amounts of iron (III) [J].Talanta, 1974, 21(4): 314-318.

[26] DING S, HAN C, WANG Y, et al.In situ, high-resolution imaging of labile phosphorus in sediments of a large eutrophic lake [J]. Water Research, 2015, 74: 100-109.

[27] GAO Y, LESVEN L, GILLAN D, et al.Geochemical behavior of trace elements in sub-tidal marine sediments of the Belgian coast [J].Marine Chemistry, 2009, 117(1/2/3/4): 88-96.

[28] ULLMAN W J, ALLER R C.Diffusion coefficients in nearshore marine sediments[J].Limnology and Oceanography, 1982, 27(3): 552-556.

[29] YUAN-HUI L, GREGORY S.Diffusion of ions in sea water and in deep-sea sediments[J].Geochimica Eet cosmochimica Acta, 1974, 38(5): 703-714.

[30] MCCALL P L, TEVESZ M J. Animal-sediment relations [M].New York: Springer Science+Business Media, 1982: 105-176.

[31] XU D, DING S, SUN Q, et al. Evaluation of in situ capping with clean soils to control phosphate release from sediments[J]. Science of the Total Environment, 2012, 438: 334-341.

· 简讯 ·

《河海大学学报(自然科学版)》论文入选
“领跑者 5000——中国精品科技期刊顶尖论文”

在中国科学技术信息研究所公布的 2015 年度“领跑者 5000——中国精品科技期刊顶尖学术论文 (F5000)”入选名单中,《河海大学学报(自然科学版)》刊发的 2 篇论文入选。至此,本刊刊发的论文已有 7 篇入选 F5000 论文(见下表)。

序号	作者	题名	刊期	入选 F5000 论文年度
1	郑志宏,魏明华	基于熵值法的改进集对分析水质模糊评价	2013,41(2):136-139	2014
2	叶金印,姚成,李京兵,李致家	综合误差系数在新安江模型参数全局优化中的应用	2013,41(1):1-5	2014
3	李晓,李致家,董佳瑞	SWAT 模型在伊河上游径流模拟中的应用	2009,37(1):23-26	2014
4	梁忠民,王晓童,郇建强,常文娟,李爱花,胡义明	抗旱能力定量计算的简化方法	2014,42(6):471-475	2014
5	吴峰,鞠平,秦川,李龙,陶爱峰,孙黎霞	近海可再生资源发电研究综述与展望	2014,42(1):80-87	2014
6	张长宽,陈欣迪	大规模滩涂围垦影响下近海环境变化及其对策	2015,43(5):424-430	2015
7	徐伟,董增川,付晓花,娟娟,刘倩,杜芙蓉	基于 BP 人工神经网络的河流生态健康预警	2015,43(1):54-59	2015

F5000 论文是由中国科学技术信息研究所按照一定的评价指标,在“中国精品科技期刊”2009 年以来所刊载的论文中遴选的优秀学术论文,旨在进一步推进我国科技期刊的发展,提高其整体水平,更好地宣传和利用我国的优秀学术成果,起到引领和示范的作用,同时也为优秀期刊和论文作者提供一个交流和合作的平台。入选的论文将通过“领跑者 5000——中国精品科技期刊顶尖学术论文平台(F5000)”与国际和国内重要检索系统链接,并利用 WOK 国际检索平台与 SCI 数据库在同一平台内实现链接和国际引文检索,向世界和科技界同行展示和推广我国最重要的科研成果,扩大中国学术期刊和出版机构的国际影响力。

F5000 论文每年评选 1 次,入选论文需具备 2 个条件:(a)进入核心期刊各学科被引次数前 1%的论文;(b)精品期刊的论文。根据统计,2010—2014 年累计被引用次数达到其所在学科领域和发表年度基准线以上的论文有近 2 万篇,其中通过定量分析方式获得精品期刊顶尖论文提名的论文共有 2 243 篇。

(本刊编辑部供稿)