

# 淮河(淮南段)底泥内源氮释放的模拟实验研究\*

陈永红<sup>1</sup> 陈 军<sup>1</sup> 王 娟<sup>1</sup> 田 冬<sup>1</sup> 徐 俊<sup>1</sup> 谢 影<sup>1</sup> 高志康<sup>2</sup>

(1 淮南师范学院化学系, 安徽淮南 232001)

(2 淮南市环境科学研究所, 安徽淮南 232001)

## SIMULATION OF NITROGEN RELEASE FROM SEDIMENTS IN THE HUAIHE RIVER

Chen Yonghong<sup>1</sup> Chen Jun<sup>1</sup> Wang Juan<sup>1</sup> Tian Dong<sup>1</sup> Xu Jun<sup>1</sup> Xie Ying<sup>1</sup> Gao Zhikang<sup>2</sup>

(1 Department of Chemistry, Huainan Normal College, Huainan, Anhui 232001, China)

(2 Research Institute of Environmental Science, Huainan, Anhui 232001, China)

关键词 淮河; 底泥; 模拟; 氮; 释放

中图分类号 X132 文献标识码 A

在控制外源输入的情况下, 底泥内源营养盐的释放与水体富营养化之间的关系已引起了人们的浓厚兴趣<sup>[1, 2]</sup>。为了解沉淀物释放的机理, 研究者们开展了一系列的野外调查和实验室模拟试验工作<sup>[3~6]</sup>。从掌握的文献看, 模拟试验大多数是底泥释磷<sup>[7~9]</sup>及其相关性研究<sup>[10, 11]</sup>, 而对底泥释氮, 尤其是河流底泥释氮特征的模拟试验研究较少<sup>[12]</sup>。淮南地处淮河下游, 据环保部门提供的资料显示, 近 10 年来, 淮河(淮南段)水体一直受  $\text{NH}_3\text{-N}$  含量超标和富营养化的困扰。

本文以作者所在课题组在淮河(淮南段)开展的一系列野外工作为基础, 以底泥为研究对象, 实验室模拟研究了溶解氧(DO)含量、温度及扰动等环境因素对底泥 N 释放的影响。其结果为淮河富营养化的治理及有关部门的决策提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 样品采集

2003 年 11 月 1 日、2 日, 在淮河(淮南段)峡山口、石头埠、湖大涧、新城口 4 个国家控制段面(如图 1 所示), 利用彼得逊采泥器采集表层底泥, 同时用

有机玻璃采水器采集上覆水(根据采样点水深, 约 3.0~5.5 m)。水温、溶解氧(DO)、pH 用便携式仪器野外现场测定。上覆水带回实验室后立即经 0.45  $\mu\text{m}$  的微孔滤膜过滤, 底泥和经过滤的水样置于培养箱内(4℃)保存备用。

图中, 峡山口显示上游来水的背景值, 该河段河面较窄, 水流速度快, 采样时发现主河道河床几乎没有底泥沉积; 石头埠为淮南市主要饮用水源地水质控制断面; 湖大涧为排污口控制断面; 新城口是淮南市出境断面。

### 1.2 模拟实验

采自 4 个国家控制段面的湿泥样带回实验室混匀后, 各取 1 kg 放入 12 只内径 12.5 cm、高 20 cm 的广口玻璃培养瓶中, 好氧、厌氧、扰动及温度等条件各设置 3 个平行。瓶内泥层厚度 5 cm, 其上部小心地注入 2 000 ml 的上覆水, 水深 15 cm, 瓶口用 15 号橡皮塞塞紧, 将培养瓶置入玻璃恒温水浴中, 控制条件进入敞光培养, 通过在橡皮塞上钻孔可解决通气、搅拌及取样问题。溶解氧(DO)及扰动均保持在 25℃、pH 7.4 的条件下进行, 上覆水的 DO 含量使用微型气泵鼓入空气及高纯氩气的方法调节, 好氧水平为  $\text{DO} > 7.0 \text{ mg L}^{-1}$ , 厌氧水平为  $\text{DO} < 1.0 \text{ mg L}^{-1}$ ;

\* 安徽省教育厅自然科学基金项目(No. 2003kj294)资助

作者简介: 陈永红(1962~), 男, 副教授; E-mail: Chenyh@hnnu.edu.cn

收稿日期: 2004-03-09; 收到修改稿日期: 2004-07-18

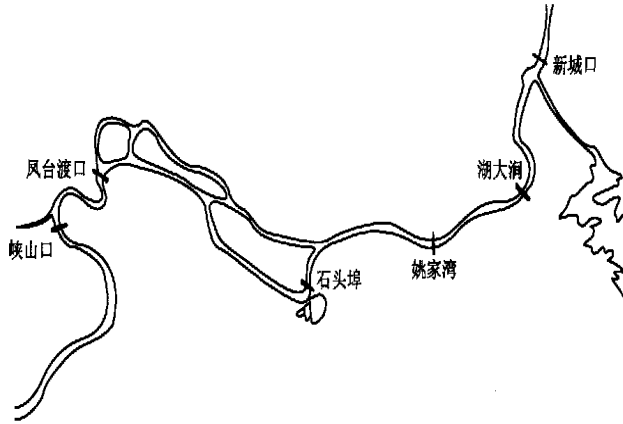


图 1 淮河(淮南段)监测断面分布图

扰动试验采用恒速搅拌器以  $100 \text{ r min}^{-1}$  的转速间歇搅拌上覆水的方式进行, 频率为每小时搅拌 5 min (夜间不搅拌)。每隔 2 d 定时用吸管吸取一定量的上覆水样, 测定 Eh、pH 后, 再经  $0.45 \mu\text{m}$  的微孔滤膜

过滤, 测定总氮(TN)、氨氮( $\text{NH}_3\text{-N}$ )、硝态氮( $\text{NO}_3\text{-N}$ )等浓度。取样后立即用备用水补充, 保持上覆水的体积不变, 共进行 50 d 培养。实验用底泥的营养状况及上覆水的理化性质见表 1 和表 2。

表 1 实验用底泥的营养状况

pH	含水率 ( $\text{g kg}^{-1}$ )	有机质 ( $\text{g kg}^{-1}$ )	总氮 ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	$\text{NH}_3\text{-N}$ ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	$\text{NO}_3\text{-N}$ ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	总磷 ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	$\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ ( $\text{mg kg}^{-1}$ )
7.76	237.5	39.9	538.925	397.228	1.617	514.012	0.944

表 2 实验用上覆水的理化性质

pH	Eh(mV)	DO( $\text{mg L}^{-1}$ )	总氮 ( $\text{mg L}^{-1}$ )	$\text{NH}_3\text{-N}$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	$\text{NO}_3\text{-N}$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	总磷 ( $\text{mg L}^{-1}$ )	$\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )
7.62	513.7	7.20	2.653	0.816	0.309	0.171	0.069

### 1.3 样品分析

泥样处理及总氮(TN)测定方法参照文献[13];  $\text{NO}_3\text{-N}$  用双试剂比色法<sup>[14]</sup>; 有机质含量指自然晾干的底泥在高温炉中  $550 \text{ }^\circ\text{C}$  下灼烧 2 h 的质量损失; 其他指标的测定采用国家标准方法<sup>[15]</sup>进行。

## 2 结果与讨论

### 2.1 溶解氧(DO)水平对底泥释氮的影响

培养期间上覆水 TN、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$  的浓度变化如图 2 所示。

实验前期好氧条件下的底泥释氮量(TN)比厌氧时低一些, 这可能是底泥中的活性有机物在高溶解氧条件下被氧化的结果。不同 DO 水平下  $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$  浓度随时间变化的趋势相似, 但  $\text{NH}_3\text{-N}$  浓

度表现为厌氧大于好氧, 而  $\text{NO}_3\text{-N}$  浓度则是后者大于前者。30 d 后上覆水中 3 种形态的氮基本达到平衡。据石头埠水质自动监测站提供的资料显示, 2003 年该断面水体 DO 含量变化在  $3.95 \sim 8.02 \text{ mg L}^{-1}$  之间, 丰水期(4 月~ 9 月)  $\text{DO} < 5.50 \text{ mg L}^{-1}$ , 如此低的溶解氧含量对沉积物营养盐的释放是有利的。

### 2.2 扰动对底泥释氮的影响

培养期间扰动及静态对照组上覆水 TN、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$  的浓度变化见图 3。

扰动情况下底泥营养盐的释放速率明显高于静态对照组, 上覆水 TN 最高浓度达到  $6.85 \text{ mg L}^{-1}$ , 35 d 后两者相当。 $\text{NH}_3\text{-N}$  浓度前期高于静态对照组, 随后逐渐降低, 35 d 后反而略低于无扰动体系, 这可能是因为搅拌将大量的空气带进上覆水, 使  $\text{NH}_4^+$  氧

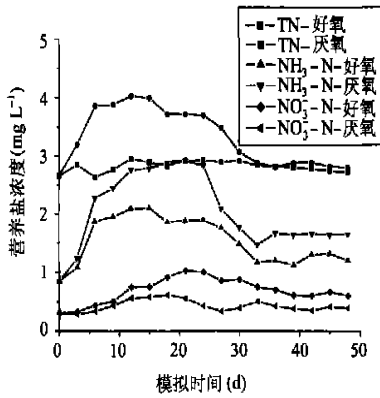


图2 培养期间上覆水营养盐浓度的变化

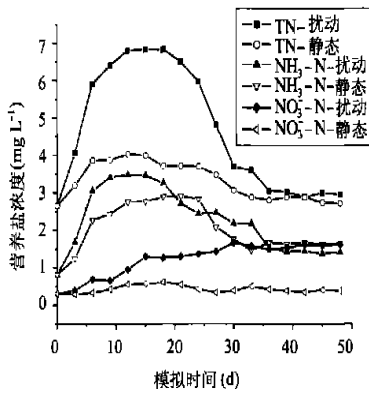


图3 扰动对底泥释氮的影响

化的结果。无扰动体系的  $\text{NO}_3^-$ -N 浓度在培养期间变化很小,而扰动体系的  $\text{NO}_3^-$ -N 浓度随时间逐渐增大。这种结果的产生,首先是因为搅拌使上覆水 DO 含量上升,水体氧化性增强;另一个原因可能是沉积物中硝化细菌作用的结果。淮河河面不宽,枯水季节平均水深不足 5 m,河道内常年有上千吨级的船只(队)航行,水体扰动相当频繁,由此而引起的底泥悬浮和营养盐释放,是导致河水含 N 量超标的重要外因。

图3显示,扰动前期上覆水 TN、 $\text{NH}_3$ -N 含量逐渐升高,保持峰值1周后开始降低,1个月后稳定在一定的水平。这一现象的产生,一方面是因为培养用底泥的量一定,每次取样后补充的水样中 TN、 $\text{NH}_3$ -N 含量相对较低,因而造成上覆水 TN、 $\text{NH}_3$ -N 浓度的稀释;另一方面可能是扰动引起的悬浮物具有较强吸附作用的结果。

### 2.3 温度对底泥释氮的影响

据石头埠水质自动监测站提供的统计资料显示,淮河(淮南段)常年的水温变化在  $6^\circ\text{C} \sim 30^\circ\text{C}$  之间。在 pH 7.4, 培养瓶口封闭,  $10^\circ\text{C}$ 、 $25^\circ\text{C}$  两个恒温条件下,底泥释氮随时间的变化结果见图4。

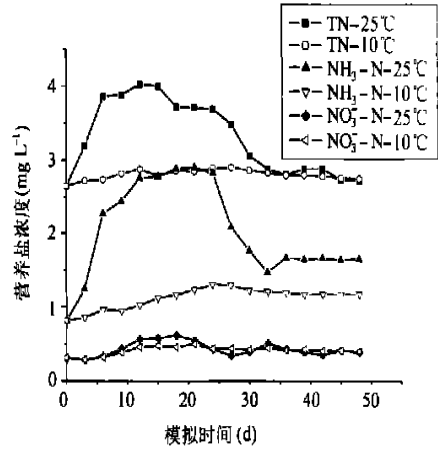


图4 温度对底泥释氮的影响

图4显示,高温条件下上覆水 TN 和  $\text{NH}_3$ -N 的浓度在实验前期高于低温时的数值,这是因为温度的升高既有利于底泥释放的营养盐通过间隙水向上覆水中扩散,也提高了底栖生物的活动性,加大了生物扰动的程度。淮河(淮南段)每年5月~9月为丰水期,底泥呈厌氧状态,此阶段又正值高温季节,藻类繁殖加快,具备了底泥释放营养盐的有利条件(高温厌氧),由于这段时间内淮河水流量大,底泥释放的营养盐难以富集,有利于底泥中沉积营养盐的释放,这对降低枯水期淮河水体中的营养盐含量有重要的意义。

致谢 淮南市环境监测站在采样过程中提供了帮助,淮南师范学院化学系王顺昌老师在研究过程中给予了热情的指导,一并表示感谢。

### 参考文献

- [1] Mortimer C H. The exchange of dissolved substances between mud and water in lake. *International Journal of Ecology*, 1941, 29: 280~329
- [2] 秦伯强, 范成新. 大型浅水湖泊内源营养盐释放的概念性模式探讨. *中国环境科学*, 2002, 22(2): 150~153
- [3] Sakamoto M, Sugiyama M, Maruo M, *et al.* Distribution and dynamics of nitrogen and phosphorus in the Fuxian and Xingyun lake system in the Yunnan Plateau, China. *云南地理环境研究*, 2002, 14(2): 1~9
- [4] Huanxin W, Presley B J, Velinsky D J. Distribution and sources of

- phosphorus in tidal river sediments in the Washington, DC, Area. *Environmental Geology*, 1997, 30: 224~ 230
- [ 5 ] Murphy T, Lawson A, Kumagai M, *et al.* Release of phosphorus from sediments in Lake Biwa. *Limnology*, 2001, 2: 119~ 128
- [ 6 ] Gnauck A, Luther B, Heinrich R, *et al.* Modelling and simulation of phosphorus dynamics in shallow lakes. *Dahlgren & Holbway*, 2002, 17: 98~ 101
- [ 7 ] Hu X F, Gao X J, Chen Z L, *et al.* Preliminary study on nitrogen and phosphorus releases from creek sediments in Shanghai suburbs. *Pedosphere*, 2002, 12(2): 157~ 164
- [ 8 ] 朱广伟, 陈英旭, 周根娣等. 运河(杭州段)沉积物磷释放的模拟试验. *湖泊科学*, 2002, 14(4): 343~ 349
- [ 9 ] 吴根福, 吴雪昌, 金承涛等. 杭州西湖底泥释磷的初步研究. *中国环境科学*, 1998, 18(2): 107~ 110
- [ 10 ] House W A, Denison F H. Total phosphorus content of river sediments in relationship to calcium, iron and organic matter concentrations. *The Science of the Total Environment*, 2002, ( 282/ 283): 341~ 351
- [ 11 ] Liu M, Hou L, Xu S, *et al.* Adsorption of phosphate on tidal flat surface sediments from the Yangtze estuary. *Environmental Geology*, 2002, 42: 657~ 665
- [ 12 ] 宋静, 骆永明, 赵其国等. 沉积物-水界面营养盐释放研究. *土壤学报*, 2000, 37(4): 515~ 520
- [ 13 ] 农业部全国土壤肥料总站编. 土壤分析技术规范. 北京: 农业出版社, 1993. 1~ 52
- [ 14 ] Nagaraja P, Kumar M S H. spectrophotometric determination of nitrate in polluted water using a new coupling reagent. *Anal Sci.*, 2002, 18: 355~ 357
- [ 15 ] 国家环境保护总局. 水和废水的监测分析方法. 北京: 中国环境科学出版社, 2002

## 《土壤学报》再获百种中国杰出学术期刊称号

根据中国科技论文与引文数据库(CSTPCD)的最新统计结果,中国科学技术信息研究所发布消息,《土壤学报》荣获2003年“百种中国杰出学术期刊”称号,这是《土壤学报》连续两年获此荣誉称号。

又据2004年版“中国科技期刊引证报告”,2003年度《土壤学报》的影响因子和总被引频次分别为1.154和1422,在1576种中国科技论文统计源期刊中分别排名第46位和第52位。2003年度《土壤》的影响因子和总被引频次分别为0.686和552,在1576种中国科技论文统计源期刊中分别排名第162位和第275位。

## 《土壤学报》荣获江苏省双十佳期刊奖

2004年12月27日,在江苏省第二届期刊方阵入选期刊表彰会上,《土壤学报》再次入选江苏省期刊方阵,并荣获江苏省新闻出版局、江苏省科学技术厅联合授予的“江苏省双十佳期刊”称号,其综合评分排名在入选的十佳科技类期刊中居首位。

据了解,目前江苏省共有各类期刊439种,其中社科类181种、科技类258种。进入第二届期刊方阵的期刊共140种(社科类60种,科技类80种)。第二届江苏期刊方阵分三个层面,其中第一层面为双十佳期刊(社科类、科技类各10种),第二层面为优秀期刊(社科类20种,科技类30种),第三层面为优秀提名期刊(社科类30种,科技类40种)。