

贡湖湾北部退渔还湖区水、沉积物和土壤中氮的时空分布

卢少勇^{1,2}, 曲洁婷^{1,2}, 许秋瑾², 胡小贞², 汪祖茂², 赵维电³

(1. 中国环境科学研究院, 环境基准与风险评估国家重点实验室, 国家环境保护湖泊污染控制重点实验室, 湖泊环境研究中心, 洞庭湖生态观测研究站, 湖泊工程技术中心, 北京 100012; 2. 山东大学环境科学与工程学院, 济南 250100; 3. 山东省环境保护科学研究设计院, 济南 250013)

摘要:太湖贡湖湾北部退渔还湖区(2.18 km²)的水陆交错带, 虽已进行了基底改造和小部分植物种植, 但仍需开展大规模种植, 故迫切需要了解其生境特性的状况, 为此开展了该区域的水陆交错带水、沉积物、土壤中氮的时空分布特征调查, 以便为后续示范工程的设计提供基本参数。选择南部和北部两处交错带(面积分别为 6700、8300 m²)及其周边陆域、水域, 分别在 2012 年 11 月和 2013 年 5 月采集 17 个点位的水、沉积物和土壤样品, 分析了其氮的时空分布。结果表明: 水、沉积物和土壤样品中的氮存在明显的季节变化, 春季水、沉积物和土壤中的总氮和氨氮均低于秋季, 而春季沉积物和土壤中硝氮含量较高。人为栽种植物有利于氮的去除, 温度和微生物的活动对此也有一定的贡献。在春季, 水陆交错区的硝化作用更强烈; 氨氮的空间分布与总氮基本一致, 水中氮的主要存在形式是氨氮, 而沉积物和土壤中的氮以有机氮为主。

关键词: 贡湖; 退渔还湖区; 水陆交错带; 水/沉积物/土壤; 氮; 时空分布

中图分类号: X524 文献标志码: A 文章编号: 1672-2043(2014)11-2234-08 doi:10.11654/jaes.2014.11.023

Distribution of Nitrogen in Water, Soil and Sediment in Water/Land Ecotone of Returning Fishpond to Lake Area of Northern Gonghu Bay

LU Shao-yong^{1,2}, QU Jie-ting^{1,2}, XU Qiu-jin², HU Xiao-zhen², WANG Zu-mao², ZHAO Wei-dian³

(1. Engineering and Technology Centre of Lake, Dongtinghu Lake Ecological Observation and Research Station (DEORS), Research Centre of Lake Environment, State Environmental Protection Key Laboratory for Lake Pollution Control, State Key Laboratory of Environmental Criteria and Risk Assessment, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China; 2. School of Environmental Science and Engineering, Shandong University, Jinan 250100, China; 3. Shandong Academy of Environmental Science, Jinan 250013, China)

Abstract: Returning fishpond to lake is one of approaches to restore regional ecosystems. Understanding transformation and cycling of nutrients in the restored area is critical to implementation of such practice. Here, a water-land ecotone (2.18 km²) in returning fishpond to lake area of north Gonghu Bay of Lake Taihu was selected to examine the temporal and spatial variations of nitrogen in water, sediment, and soil. Seventeen sampling locations were chosen at the north and south zones. Water, sediment and soil samples were collected in November 2012 and May 2013. Total nitrogen and ammonia nitrogen in water, soil and sediment samples were lower in Spring than in Autumn, but nitrate nitrogen in soils was higher in Spring than in Autumn, showing a significant seasonal variation. Growing plants artificially had a great contribution to the removal of nitrogen. In addition, temperature and microbial activity would help improve nitrogen removal. In water-land ecotone, nitrification was greater in Spring than in Autumn. The spatial distribution of ammonia nitrogen was consistent with that of total nitrogen. The dominant form of nitrogen in water was ammonia nitrogen, however, organic nitrogen was the main form in the sediment and soil.

Keywords: Gonghu Bay; returning fishpond to Lake Area; ecotone; water/sediment/soil; nitrogen; temporal and spatial distribution

收稿日期: 2014-05-06

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2013ZX07101-014, 2012ZX07105-002); 中央级公益性科研院所基本科研业务专项(2012-YSKY-14)

作者简介: 卢少勇(1976—), 男, 研究员, 主要研究方向为水污染控制与生态修复。E-mail: lusy2000@163.com

贡湖位于太湖的东北部,南北宽 7~8 km,东西长 19 km,水域面积 147 km²,平均水深 1.82 m。贡湖是长江水入太湖“引江济太”的通道,水质相对较好,为无锡和苏州重要水源地。现为南泉水厂和锡东水厂的水源地,也是无锡市的主要供水水源地之一。2007年5月底,水源地附近水域蓝藻大规模暴发,引发无锡市供水危机,保障水源地水质成为重要任务^[1]。

氮是水生态系统新陈代谢必不可少的元素,也是引起湖泊富营养化的重要元素之一。沉积物中氮形态研究始于 20 世纪 60 年代,氮赋存形态和含量直接影响沉积物-水系统中氮的地球化学循环及其环境质量^[2]。含氮污染物经河口入湖,通过在沉积物-水界面的吸附沉积、矿化(氨化)、硝化和反硝化等系列复杂的生物地球化学作用而分布在沉积物、间隙水和上覆水中^[3-6]。

目前,已有一些针对贡湖湾水质和沉积物特性的研究。1987—1996 年间水中氨氮浓度呈上升趋势,最高值超过 0.3 mg·L⁻¹^[7]。2003—2004 年水中全年平均 TN(总氮)为 2.3 mg·L⁻¹、TP(总磷)为 0.08 mg·L⁻¹,沉积物中有机物约 1.95%、TN 约 1.5 g·kg⁻¹、TP 为 0.4 g·kg⁻¹^[8]; TN、TP 和氨氮自 2005 年起迅速上升,氨氮最大值 1.42 mg·L⁻¹^[9]。2007 年贡湖湾属 IV、V 类水体,主要污染指标是氮、磷,已达富营养化水平^[10]。2008—2009 年季节性调查贡湖水源地河道水质认为主要污染指标为 TN 和 TP,全年 TN 平均 3.094 mg·L⁻¹、TP 平均 0.112 mg·L⁻¹,春季水源地 TN 为劣 V 类、TP 为 V 类,中度富营养化,秋季 TN 为 III 类,TP 为 V 类,中营养^[11]。2009—2010 年调查表明贡湖湾水体的富营养化程度进一步加剧,氨氮平均 0.09~2.17 mg·L⁻¹,TN 平均 3.66 mg·L⁻¹^[12]。2012 年贡湖沉积物中 TN 平均 1877 mg·kg⁻¹^[13]。以上结果有助于了解贡湖及其河道的水与沉积物特性,然而对退渔还湖后及重建与修复期间环境状况特征研究报道较少。我国是世界养殖产量最大的国家,太湖流域是全国最重要的养殖基地之一,在太湖流域农业的 GDP 中,水产养殖贡献了 45%;每年蟹(Crab)塘的出水水量为(12.7±1.7)×10³ t·hm⁻²·a⁻¹,而甲鱼(Turtle)塘的出水水量为(50.9±15.8)×10³ t·hm⁻²·a⁻¹^[14]。本文所选研究区域位于贡湖湾的西北,2011 年之前为连片鱼塘,2012 年开始退渔还湖,并按无锡市的要求改造生境(挖土、营造地形、堆出“岛屿”^[15],通过水专项调查-技术研究-示范,而得出优化的生态修复模式),让上游的来水先进入此区域,通过此区域的水陆交错带、陆域缓冲区等的作用,净化来

水水质,从而减少进入贡湖的污染负荷,江苏省政府和无锡市政府期望以此作为一种修复模式(退渔还湖与生态修复)在更大的范围内推广。鉴于人工营造的生境需要一定的稳定化时间,因此在其稳定化过程中,要监测水质、底质和土壤的相关指标,为后续生态修复的强化设计提供基础数据。通过调查贡湖湾 17 个点位的样品,旨在摸清这两个区域的水、沉积物、土壤中氮的含量,为该区域的分区^[15](基于氮和其他物质含量进行分区)生态恢复(乔灌草和水生植物的恢复)提供基础数据。

研究区(图 1)为退渔还湖区,该区内岛屿等为人工营建,水陆交错带面积 1.96 km²,其中两个圆圈范围内为水陆交错带技术示范工程所在区。

1 材料与方法

1.1 样品的采集和处理

针对贡湖湾水陆交错带生境破坏、水生植被消亡的现状,在贡湖湾退渔还湖区基底初步改善的基础上,根据现场情况,在贡湖湾新、老大堤水陆交错带立体植被重建示范区选取了两处代表性采样区(新大堤东区和老大堤北侧摄影之家),共设置了 17 个取样点(见图 1 和表 1)^[16],其中水质监测点 5 个,土壤监测点 8 个,沉积物监测点 4 个(采用麦哲伦 315 型定位仪导航定位)。于 2012 年 11 月 9 日(秋季)和 2013 年 5 月 13 日(春季)采样,测定项目为 TN、氨氮、NO₃-N。水样采集后于 4℃保存待测,24 h 内完成测定,沉积物和土壤的氨氮和硝氮均用鲜样测定。沉积物表层样用彼得森采泥器采集,混匀后装入聚乙烯自封袋中密封,低温保存送回实验室,放于阴凉干燥处风干后去掉杂物及石块,经玛瑙研钵研磨后过 100 目尼龙筛,放于封口袋中密封待用,做好标记。

1.2 样品分析

水温、pH 值和 DO 含量用便携式多参数水质分析仪(Sension TM156, HACH Company, USA)现场测定;水中 TN 浓度采用碱性过硫酸钾氧化-紫外分光光度法、氨氮浓度用纳氏试剂光度法、NO₃-N 浓度用紫外分光光度法测定^[17]。

沉积物样与土壤样测定方法:KCl 提取-纳氏比色法测鲜样氨氮;饱和硫酸钙提取-紫外分光光度法测鲜样 NO₃-N;烘干法测含水率;样品冷冻干燥后凯氏法测 TN。所测样品均设平行样,测定分析的相对标准偏差均在 10%以内,所有结果以沉积物干重计^[18]。



a 退渔还湖区平面图

a Map for returning fishpond to lake area



b 老大堤摄影师之家采样点位图

b Sampling points at bitmap photographer site of the old embankment



c 新大堤东区水陆交错带采样点位图

c Sampling point at water-land ecotone of east area in the new embankment

图1 贡湖湾退渔还湖区采样点位示意图

Figure 1 Sampling points in returning fishpond to lake area of Gonghu bay

1.3 数据分析

统计分析:用 Excel 数据软件制作图表,用SPSS 17.0 进行统计分析,用单因素方差分析春秋两季氮含量的差异。

2 结果与讨论

2.1 水质常规指标变化规律

秋季与春季水区和水陆交错区各点的水温 T 、pH、DO、COD 的分析结果见表 2。

2.2 水中各形态氮浓度及其空间分布特征

贡湖湾退渔还湖区上覆水中的 TN、氨氮、 NO_3^- -N

浓度见图 2。

贡湖退渔还湖区的水体 TN 浓度为: 秋季 0.76~1.92(平均 1.14) $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 春季 0.41~0.60(平均 0.54) $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 其中老大堤摄影之家秋季平均 1.23 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 春季平均 0.51 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$; 氨氮浓度为: 秋季 0.31~1.01(平均 0.53) $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 春季 0.23~0.45(平均 0.30) $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 其中老大堤摄影之家秋季平均 0.57 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 春季平均 0.27 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$; NO_3^- -N 浓度为: 秋季 0.32~0.39(平均 0.36) $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 春季 0.09~0.28(平均 0.20) $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 其中老大堤摄影之家秋季平均 0.35 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 春季平均 0.21 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。方差分析表明, 秋季水中各形态氮浓度显著

表1 采样点的地理位置

Table 1 Geographic locations of sampling points

| 采样点 | 研究区类型 | 所在区域 |
|-----|-------|-----------|
| 1 | 土壤 | 新大堤东区 |
| 2 | 土壤 | |
| 3 | 土壤 | |
| 4 | 土壤 | |
| 5 | 土壤 | |
| 6 | 土壤 | |
| 7 | 水区 | 老大堤北侧摄影之家 |
| 8 | 水陆交错区 | |
| 9 | 水区 | |
| 10 | 水陆交错区 | |
| 11 | 水区 | |
| 12 | 水陆交错区 | |
| 13 | 水陆交错区 | |
| 14 | 土壤 | |
| 15 | 土壤 | |
| 16 | 水区 | 西试验区 |
| 17 | 水区 | 东试验区 |

表2 各点位的水质

Table 2 Water quality at each sampling point

| 采样点 | 水温 $T/^\circ\text{C}$ | | pH | | DO/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ | |
|-----|-----------------------|------|-------|-------|-----------------------------------|-------|
| | 秋季 | 春季 | 秋季 | 春季 | 秋季 | 春季 |
| 7 | 14.7 | 26.7 | 9.61 | 9.11 | 6.21 | 12.06 |
| 8 | — | 27.6 | — | 10.54 | — | 9.41 |
| 9 | 15.2 | 26.4 | 9.42 | 8.78 | 4.75 | 9.87 |
| 10 | — | 28.1 | — | 8.74 | — | 9.81 |
| 11 | 15.5 | 26.5 | 9.51 | 9.82 | 4.65 | 10.74 |
| 12 | — | 27.5 | — | 9.98 | — | 9.49 |
| 13 | — | 27.3 | — | 11.12 | — | 14.15 |
| 16 | 15.1 | 29.3 | 9.76 | 8.02 | 5.84 | 7.99 |
| 17 | 15.4 | 25.5 | 10.15 | 9.62 | 6.57 | 12.6 |

($P < 0.05$) 高于春季。参照 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》可知,秋季水质为IV类,春季水质为III类。水中各形态氮的浓度较2011年前的文献结果^[7-13]低,且春季时,老大堤摄影之家的总氮和氨氮浓度低于东、西试验区,水质有很大改善。这主要受季节、温度及已实施的生态修复工程的影响。氮时空变化与退渔还湖有关,一方面退渔后,不再投饵;另一方面,退渔后进行了基底改造,拆除了塘埂与民房,人工营造了地形。以上退渔还湖的实施对区内水质的时空分布具有一定的影响。

8、10、12、13号采样点属水陆交错区,秋季时水位下降,沉积物和植物露出水面;春季时水位上升,沉

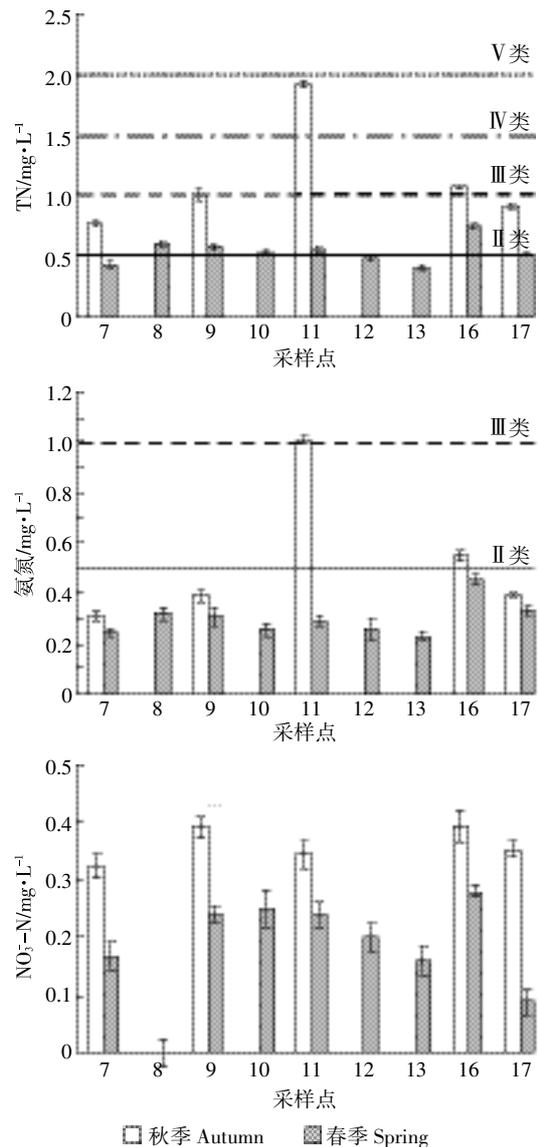


图2 贡湖湾退渔还湖区水中的总氮、氨氮和硝氮浓度

Figure 2 Concentrations of total nitrogen, ammonia nitrogen and nitrate nitrogen in water of returning fishpond to lake area of Gonghu bay

积物及植物被水淹。据调查,春季植物生长情况较秋季旺盛,植物的氮吸收作用强烈,植物主要吸收氨氮和硝态氮。此外,示范区人为栽种的植物可降低氮含量^[9],春季水中氮含量明显低于秋季,秋季植物枯萎,有氮溶出释放也是其重要原因,而5月植物生长较好,植物生长会吸收营养物。11号点位水中TN浓度较其他点位下降明显,很有可能与水动力条件有关。植物生长状况见图3。

2.3 沉积物中各形态氮空间分布特性

退渔还湖区沉积物中的TN、氨氮和 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量分布见图4。



春季



秋季

图3 11号位点秋季和春季植物生长情况对照图
Figure 3 Growth of plants at point 11 in Autumn and Spring seasons

沉积物中 TN 含量为: 秋季 290~710 (平均 532.86) $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 春季 195~546 (平均 408.63) $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; 秋季沉积物中 TN 含量显著 ($P<0.05$) 高于春季。TN 含量低于 2010 年 8 月环太湖大堤以内湖滨带的 TN 值 (458~5211 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)^[20] 以及太湖西岸太湖大堤以内湖滨带的 TN 值 (343.20~1 390.12 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)^[21], 虽然存在投饵养殖, 鱼塘的基底的 TN 含量应该较高, 但是退渔后, 退渔环湖区的基底进行了较大程度的改造, 本研究设样点的沉积物的 TN 含量不高。氨氮含量为: 秋季 43.72~125.81 (平均 72.01) $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 春季 13.64~107.13 (平均 36.75) $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; 秋季沉积物中氨氮含量显著 ($P<0.05$) 高于春季。NO₃-N 含量为: 秋季 0.05~1.69 (平均 0.94) $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 春季 1.60~6.55 (平均 2.86) $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; 春季沉积物中 NO₃-N 含量显著 ($P<0.05$) 高于秋季。

从图 4 可见, 沉积物中氮以氨氮为主, 硝态氮含量很低, 其含量的变化与 TN、氨氮呈相反趋势, TN 和氨氮含量秋季高于春季的主要原因是: 秋末, 植物枯萎, 植物组织溶出释放, 一部分会进入沉积物^[22]; 而春

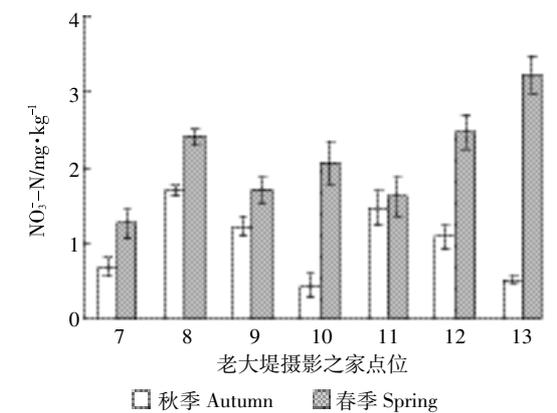
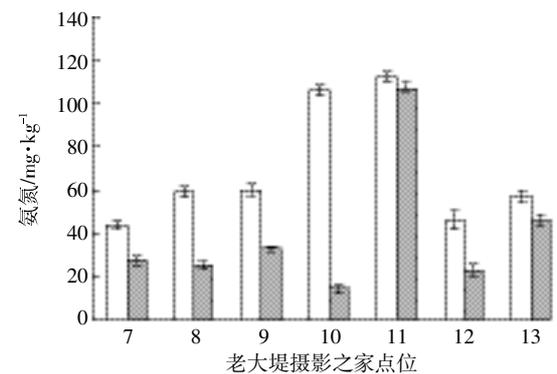
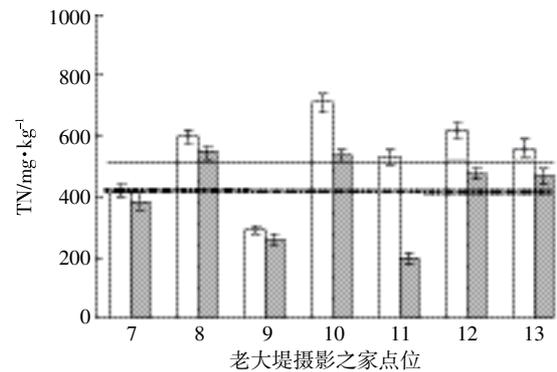


图4 贡湖湾沉积物中的总氮、氨氮和硝氮含量分布
Figure 4 Distribution of total nitrogen, ammonia nitrogen and nitrate nitrogen in sediments of returning fishpond to lake area of Gonghu bay

末, 植物长势良好, 会吸收沉积物中的氮。

污染物在沉积物和间隙水间的氮交换不断进行, 当上覆水中氮含量较低时, 沉积物中的氮会通过解吸释放 (主要以氨氮形式) 到水中^[23], 且微生物在适宜环境下易发生硝化反应转变为 NO₃-N, 使 NO₃-N 含量有所上升^[24]。春季温度升高, 利于硝化作用进行, NO₃-N 含量受温度影响较大^[25]。

2.4 土壤中各形态氮的空间分布特性

退渔还湖区土壤中的 TN、氨氮和 NO₃-N 含量分布见图 5。

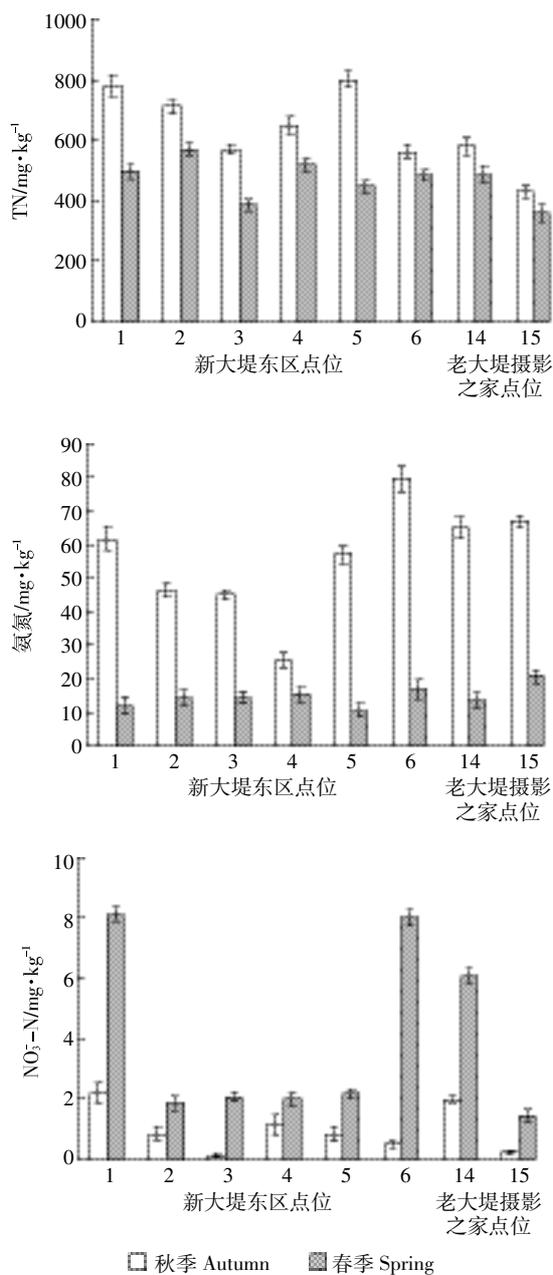


图5 退渔还湖区土壤中的总氮、氨氮和硝氮含量分布

Figure 5 Distribution of total nitrogen, ammonia nitrogen and nitrate nitrogen concentrations in soil of returning fishpond to lake area of Gonghu bay

退渔还湖区土壤中 TN 含量为:秋季 430~800(平均 635.00) $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,新大堤东区 678.33 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,老大堤摄影之家 505.00 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$;春季 360~570(平均 468.75) $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,新大堤东区 483.83 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,老大堤摄影之家 423.50 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。秋季显著($P<0.05$)高于春季,新大堤东区显著($P<0.05$)高于老大堤摄影之家。氨氮含量为:秋季 25.58~116.60(平均 62.79) $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,新大堤东区 65.84 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,老大堤摄影之家 61.77 $\text{mg}\cdot$

kg^{-1} ;春季 10.52~20.67(平均 14.71) $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,新大堤东区 17.15 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,老大堤摄影之家 13.90 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。秋季含量显著($P<0.05$)高于春季,新大堤东区高于老大堤摄影之家。 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量为:秋季 0.05~2.18(平均 0.98) $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,新大堤东区 1.11 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,老大堤摄影之家 0.95 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$;春季 1.45~8.10(平均 3.97) $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,新大堤东区 4.03 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,老大堤摄影之家 3.77 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。春季显著($P<0.05$)高于秋季,新大堤东区高于老大堤摄影之家。

土壤中主要氮形态变化趋势与沉积物中相同,主要受温度和微生物活动的影响。1~6号采样点处土壤为裸露状态,土壤中 TN 在春季下降是受温度和人为因素影响,人为翻土加之土表含氧量较高促进硝化,使 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量增高^[26],不过其占总氮的比例仍不高($<2\%$)。

3 结论

基于两次调研,摸清了退渔还湖区(以水陆交错带技术示范区为重点)的水、沉积物和土壤的氮含量的时空分布特征,为后续植物修复提供基础数据。主要结论如下:

(1)从秋季到春季,贡湖退渔还湖区的水体、沉积物和土壤中 TN、氨氮的空间分布基本一致,均有所下降。氨氮占 TN 的比例在水体、沉积物和土壤中分别为 46.58%~55.22%、13.51%~8.99%和 9.89%~3.14%。在水中氨氮占比较高;沉积物和土壤中氨氮占比较低, $\text{NO}_3\text{-N}$ 占比不足 2%,TN 主要以有机氮的形式存在。

(2)从秋季到春季,部分氮释放到水体,沉积物中 TN 含量有所降低,氨氮含量下降较明显, $\text{NO}_3\text{-N}$ 有所上升。水陆交错区的硝化作用明显。

(3)从秋季到春季,老大堤摄影之家水中的氮浓度显著降低,低于东、西试验区;新大堤东区土壤中的氮含量高于老大堤摄影之家,主要与植被的生长有关。

参考文献:

- [1] 王晓平. 太湖流域水资源保护局房玲娣建议:把保障供水水源地安全作为太湖流域水利工作的首要任务[J]. 中国水利, 2005(5):20. WANG Xiao-ping. Suggestions of Fang Ling-di of Taihu Lake Basin water resources protection bureau:Protecting the safety of water supply sources was the primary task of the Taihu Lake Basin water conservancy work[J]. *Chinese Water Conservancy*, 2005(5):20.
- [2] 叶琳琳,潘成荣,张之源,等. 瓦埠湖沉积物氮的赋存特征以及环境因子对 $\text{NH}_4\text{-N}$ 释放的影响[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(5):

- 1333-1336.
- YE Lin-lin, PAN Cheng-rong, ZHANG Zhi-yuan, et al. Characteristics of N form in Wabu Lake sediments and effects of environmental factors on $\text{NH}_4\text{-N}$ release[J]. *Journal of Agro-Environmental Science*, 2006, 25(5): 1333-1336.
- [3] Jansson M, Andersson R, Berggren H. Wetland and lake: Storehouse of nitrogen accumulation[J]. *AMBIO-Human Environmental Magazine*, 1994, 25(6): 320-325.
- [4] 许梦爽, 卢少勇, 黄国忠, 等. 28条环太湖河流沉积物氮的分布特征[J]. *农业环境科学学报*, 2012, 31(7): 1381-1386.
- XU Meng-shuang, LU Shao-yong, HUANG Guo-zhong, et al. Distribution characteristics of nitrogen in sediments of 28 rivers around Tai Lake[J]. *China Journal of Agro-Environment Science*, 2012, 31(7): 1381-1386.
- [5] Brooks P D, Haas P A, Huth A K. Seasonal variability in the concentration and flux of organic matter and inorganic nitrogen in a semiarid catchment, San Pedro River, Arizona[J]. *Journal of Geophysical Research-Biogeosciences*, 2007, 112(G03S04): 1-11.
- [6] Yang H J, Shen Z M, Zhu S H, et al. Vertical and temporal distribution of nitrogen and phosphorus and relationship with their influencing factors in aquatic-terrestrial ecotone: A case study in Taihu Lake, China[J]. *Journal of Environmental Sciences-China*, 2007, 19(6): 689-695.
- [7] 范成新, 季江, 张文华, 等. 贡湖水水质富营养化综合评价及初步预测[J]. *海洋湖沼通报*, 1997, 3: 18-27.
- FAN Cheng-xin, JI Jiang, ZHANG Wen-hua, et al. Comprehensive evaluation and preliminary prediction for water quality and eutrophication of Gonghu Bay[J]. *Transactions of Oceanology and Limnology*, 1997, 3: 18-27.
- [8] 王兴民, 陈书琴, 金相灿, 等. 贡湖、梅梁湾沿岸浅水区观测场水生植物周年动态及影响因素研究[J]. *环境科学研究*, 2006, 19(3): 29-33.
- WANG Xing-min, CHEN Shu-qin, JIN Xiang-can, et al. Annual study on macrophytes and its influence factors of two fields in Gonghu Lake and Meiliang Lake[J]. *Research of Environmental Sciences*, 2006, 19(3): 29-33.
- [9] Liu Y Q, Xie P, Zhang D W, et al. Seasonal dynamics of microcystins with associated biotic and abiotic parameters in Two Bays of Lake Taihu, the third largest freshwater lake in China[J]. *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology*, 2008, 80: 24-29.
- [10] 金相灿, 颜昌宙, 许秋瑾. 太湖北岸湖滨带观测场水生植物群落特征及其影响因素分析[J]. *湖泊科学*, 2007, 19(2): 151-157.
- JIN Xiang-can, YAN Chang-zhou, XU Qiu-jin. The community features of aquatic plants and its influences factors of lakeside zone in the north of Lake Taihu[J]. *Journal of Lake Sciences*, 2007, 19(2): 151-157.
- [11] 王阳阳. 沉水植被恢复对贡湖水源地保护区河流污染削减技术研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2011.
- WANG Yang-yang. Study on the pollution reduction efficiency of submerged vegetation restoration in Gonghu Lake[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2011.
- [12] 唐承佳. 太湖贡湖湾水源地微囊藻毒素和含硫衍生污染物研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2010.
- TANG Cheng-jia. Microcystins and derivative volatile organic surfactant compound in Gonghu Bay, Lake Taihu[D]. Shanghai: East China Normal University, 2010.
- [13] 王圣瑞, 赵海超, 王娟, 等. 有机质对湖泊沉积物不同形态氮释放动力学影响研究[J]. *环境科学学报*, 2012, 32(2): 332-340.
- WANG Sheng-rui, ZHAO Hai-chao, WANG Juan, et al. The effects of organic matter on the release kinetics of nitrogen with different forms in the lake sediments[J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2012, 32(2): 332-340.
- [14] Cai C, Gu X, Ye Y, et al. Assessment of pollutant loads discharged from aquaculture ponds around Taihu Lake, China[J]. *Aquaculture Research*, 2013, 44(5): 795-806.
- [15] 徐新洲, 薛建辉, 吕志刚, 等. 太湖贡湖湾湖滨湿地生态功能区与植被修复研究[J]. *南京林业大学学报(自然科学版)*, 2013, 37(3): 35-40.
- XU Xin-zhou, XUE Jian-hui, LÜ Zhi-gang, et al. A research of ecological function area and vegetation restoration at Taihu Gonghu Bay wetland[J]. *Journal of Nanjing Forestry University(Natural Sciences Edition)*, 2013, 37(3): 35-40.
- [16] 汪祖茂, 蒋丽佳, 卢少勇, 等. 贡湖湾水陆交错带中磷污染现状研究[J]. *环境科学与技术*, 2013, 36(12): 47-51.
- WANG Zu-mao, JIANG Li-jia, LU Shao-yong, et al. Study of current situation of phosphorus pollution of land water ecotone in Gonghu Bay[J]. *Environmental Science & Technology*, 2013, 36(12): 47-51.
- [17] 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法[M]. 4版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- SEPA. Monitoring and analytical method of water and wastewater[M]. 4th Edition. Beijing: Environmental and Scientific Press of China, 2002.
- [18] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- BAO Shi-dan. Soil and agricultural chemistry analysis[M]. Beijing: Chinese Agriculture Publishing House, 2000.
- [19] 金卫红, 付融冰, 顾国维. 人工湿地中植物生长特性及其对 TN 和 TP 的吸收[J]. *环境科学研究*, 2007, 20(3): 75-80.
- JIN Wei-hong, FU Rong-bing, GU Guo-wei. Plant growth characteristics and nutrient uptake from eutrophic water in constructed wetlands[J]. *Research of Environmental Sciences*, 2007, 20(3): 75-80.
- [20] 王佩, 卢少勇, 王殿武, 等. 太湖湖滨带底泥氮、磷、有机质分布与污染评价[J]. *中国环境科学*, 2012, 32(4): 478-484.
- WANG Pei, LU Shao-yong, WANG Dian-wu, et al. Nitrogen, phosphorus and organic matter spatial distribution characteristics and their pollution status evaluation of sediments nutrients in lakeside zones of Taihu Lake[J]. *China Environmental Science*, 2012, 32(4): 478-484.
- [21] 甘树, 卢少勇, 秦普丰, 等. 太湖西岸湖滨带沉积物氮磷有机质分布及评价[J]. *环境科学*, 2012, 33(9): 121-126.
- GAN Shu, LU Shao-yong, QIN Pu-feng, et al. Spatial distribution and evaluation of nitrogen, phosphorus and organic matter in surface sediments from western lakeside belt of Lake Taihu[J]. *Environmental Science*, 2012, 33(9): 121-126.
- [22] 卢少勇, 张彭义, 余刚, 等. 茭草、芦苇和水葫芦的污染物释放规

- 律研究[J]. 中国环境科学, 2005, 25(5):554-557.
- LU Shao-yong, ZHANG Peng-yi, YU Gang, et al. The contaminants re-release rule of *Zizania caduciflora*, *Phragmites australis* and *Eichhornia crassipes*[J]. *China Environmental Science*, 2005, 25(5):554-557.
- [23] Raaphorst W V, Malshaert J F P. Ammonium adsorption in superficial north sea sediments[J]. *Continental Shelf Research*, 1996, 16(11): 1415-1435.
- [24] 卢少勇, 金相灿, 余刚. 人工湿地的氮去除机理[J]. 生态学报, 2006, 26(8):2670-2677.
- LU Shao-yong, JIN Xiang-can, YU Gang. Nitrogen removal mechanism of constructed wetland[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(8):2670-2677.
- [25] 赵琦齐, 沈玉娟, 李平, 等. 温度对太湖湖滨带不同水分梯度土壤氮矿化的影响[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2011, 35(6): 147-150.
- ZHAO Qi-qi, SHEN Yu-juan, LI Ping, et al. Responses of soil nitrogen mineralization to temperature along soil moisture gradients in the riparian zone of Taihu Lake[J]. *Journal of Nanjing Forestry University(Natural Science Edition)*, 2011, 35(6): 147-150.
- [26] 朱红霞. 太湖地区典型农田土壤氮磷时空变异及对水环境的影响研究[D]. 南京:南京农业大学, 2011.
- ZHU Hong-xia. Temporal and spatial variability of soil nitrogen and phosphorus and water environmental effect in the typical farmland of Taihu Lake Region[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2011.

欢迎订阅 2015 年《中国农业科学》中、英文版

《中国农业科学》中、英文版是由农业部主管、中国农业科学院与中国农学会共同主办的综合性学术期刊。主要刊登农牧业基础科学和应用基础科学研究论文、综述、简报等。设有作物遗传育种·种质资源·分子遗传学;耕作栽培·生理生化·农业信息技术;植物保护;土壤肥料·节水灌溉·农业生态环境;园艺;贮藏·保鲜·加工;畜牧·兽医·资源昆虫等栏目。读者对象为国内外农业科研院所(所)、大专院校的科研、教学与管理人人员。

《中国农业科学》中文版为半月刊,影响因子、总被引频次连续多年居全国农业科技期刊最前列或前列位次。为北京大学图书馆1992—2011年连续6次遴选的核心期刊,位居《中文核心期刊要目总览》“农业综合类核心期刊表”的首位。1999—2008、2013—2014年获“国家自然科学基金重点学术期刊专项基金”资助。1999年获“首届国家期刊奖”,2003、2005年获“第二、三届国家期刊奖提名奖”;2002—2013年先后11次被中国科学技术信息研究所授予“百种中国杰出学术期刊”称号;2009年获中国期刊协会/中国出版科学研究院“新中国60年有影响力的期刊”称号;2010、2013年荣获“第二、三届中国出版政府奖期刊提名奖”,2013年获新闻出版广电总局“百强科技期刊”称号;2012、2013年获清华大学图书馆等“2012、2013中国最具国际影响力学术期刊”称号。

《中国农业科学》中文版大16开,每月1、16日出版,国内外公开发行。每期208页,定价49.50元,全年定价1188.00元。国内统一连续出版物号:CN 11-1328/S,国际标准连续出版物号:ISSN 0578-1752,邮发代号:2-138,国外代号:BM43。

《中国农业科学》英文版(*Agricultural Sciences in China*, ASA),2002年创刊,月刊。2012年更名为《农业科学学报》(*Journal of Integrative Agriculture*, JIA)。2006年1月起与国际著名出版集团Elsevier合作,全文数据在ScienceDirect平台面向世界发行。2009年被SCI收录,2013年JIA影响因子为0.625。

JIA大16开,每月20日出版,国内外公开发行。每期180页,国内订价80.00元,全年960.00元。国内统一连续出版物号:CN 10-1039/S,国际标准连续出版物号:ISSN 2095-3119,邮发代号:2-851,国外代号:1591M。

《中国农业科学》中、英文版均可通过全国各地邮局订阅,也可向编辑部直接订购。

邮编:100081;地址:北京中关村南大街12号《中国农业科学》编辑部

电话:010-82109808,82106281,82105098;传真:010-82106247

网址:www.ChinaAgriSci.com;E-mail:zgnykx@caas.cn

联系人:林鉴非