原位生态反应池对安庆西小湖水质的修复效果

王 军,匡 武　(安徽省环境科学研究院,安徽合肥)

摘要　[目的]探索原位生态修复技术在城市景观湖治理中的应用效果。[方法]以安庆西小湖为原位生态修复试验对象,共设置6个断面(A、B、C、D、E、F),于实施前(8月19日)和实施后(2015年9月24日和10月19日)监测氨氮、总磷、总氮浓度、高锰酸盐指数和透明度。[结果]A点位氨氮浓度从处理前的5.600 mg/L下降到3.870 mg/L,下降率为30.89%。D点位总磷从处理前的0.413 mg/L下降到0.195 mg/L,下降率为52.78%。E点位高锰酸盐指数从处理前的10.600 mg/L下降到7.470 mg/L,下降率为29.53%。E点位总氮浓度从处理前的7.800 mg/L降到6.660 mg/L,下降率为14.62%。各监测断面的透明度在处理后均有明显改善,从处理前为20 cm提高到28 cm。[结论]原位生态反应池对安庆西小湖的修复效果较好,各监测断面氨氮、总磷、高锰酸盐指数、总氮指标、透明度总体均有明显改善。

关键词　原位生态修复;水污染;PGPR;城市景观湖;安庆市
中图分类号　S181　　**文献标识码**　A　　**文章编号**　0517 - 6611(2016)14 - 050 - 02

Restoration Effect of In-situ Ecological Reaction Pool on Water Quality of West Lake in Anqing

WANG Jun, KUANG Wu　(Anhui Institute of Environmental Science, Hefei, Anhui 230061)

Abstract　[Objective] The aim was to explore the application effect of in-situ ecological restoration technology in urban landscape lake governance. [Method] Taking West Lake in Anqing as test object, setting up 6 sections (A,B,C,D,E,F), ammonia nitrogen, total phosphorus, total nitrogen, permanganate index and transparency before(Aug. 19, 2015) and after(Sep. 24, 2015 and Oct. 19, 2015) implementation was monitored. [Result] Ammonia nitrogen concentration decreased from 5.600 mg/L to 3.870 mg/L, with the decreasing rate of 30.89% in A site. Total phosphorus decreased from 0.413 mg/L to 0.195 mg/L, with the decreasing rate of 52.78% in D site. Permanganate index decreased from 10.600 mg/L to 7.470 mg/L, with the decreasing rate of 29.53%, total nitrogen concentration decreased from 7.800 mg/L to 6.660 mg/L, with the decreasing rate of 14.62% in E site. The transparency of each monitoring section was significantly improved after treatment, increasing from 20 cm to 28 cm. [Conclusion] In-situ ecological reaction pool has good effect on restoration of West Lake in Anqing, ammonia nitrogen, total phosphorus, total nitrogen, permanganate index and transparency in each section is significantly improved in general.

Key words　In-situ ecological restoration; Water pollution; PGPR; Urban landscape lake; Anqing City

随着城市化进程的加快和工业化程度的提高,城市景观水体污染严重。城市湖泊水体受城市发展影响较大,水体流动性小,自净能力弱,出现水质下降和富营养化等现象。严重富营养化湖泊水质恶劣,甚至出现季节性或常年黑臭现象,频繁暴发藻华,湖内生物群落紊乱,水体生态系统遭到破坏,严重威胁居民的生活和健康[1]。因此,对城市景观水体的治理势在必行[2-3]。原位生态修复为湖泊原位治理结合生态修复法应用于实践的产物,目前,国内外常见的污染水体原位治理技术主要有曝气复氧、生物接触氧化、河流湿地系统和生态浮床等[4]。然而,生态修复法主要采取塘、人工湿地、岸边带水生植被修复、水生生物系统恢复等技术,由于生态修复法的核心为生物吸收、降解技术,因此常与生物修复联合使用[5-11]。

原位生态修复池是一种用于水净化处理的生物反应池,是指在受损生态系统的基础上,通过对水环境中原位PGPR微生物的选择性激活,使得原位PGPR微生物在大量繁殖的过程中消耗水体中的氮磷等富营养物质,同时利用部分微生物的有氧反硝化作用和动植物的促生作用,对生态系统进行原位修复和提升,大幅增加生态系统的自净功能,从而达到污染物原位降解转移与水质提升的目的。同时,修复水生态系统,治理水体富营养化,改善水体环境,丰富群落种类,优化种群结构,维持水生态系统的稳定健康发展。笔者基于原位生态修复技术,采用原位生态反应池对安庆西小湖进行修复处理,研究了氮磷等富营养物质的变化情况,旨在为城市景观湖的水质改善与治理提供借鉴。

1　材料与方法

1.1　研究区概况　安庆西小湖位于安庆市菱湖公园,属于市内风景湖,面积约30 hm^2,成不规则矩形,南北长约700.0 m,东西宽约500.0 m,水深约0.5~2.5 m,库容量约为875 000 m^3,湖底淤泥约0.5 m以上。该湖位于安庆市中心居民区,周边环境复杂,居民污水、生活垃圾等都汇集到西小湖。西小湖三面存在较多居民小区,还有安庆大酒店、安庆市黄花亭小学、石化第一中学、石化游泳馆、街边饭店、商铺等,每次降雨周边的陆上污染都会随着雨水通过地表径流汇入西小湖,湖水污染严重。

西小湖常年有生活污水、生活垃圾、城市径流大量排入,水位不稳定,水体生态遭到严重破坏,透明度不到15 cm,长期处于恶臭状态,水质为劣Ⅴ类。每年4~8月暴雨多,污水集中流入,湖体富营养化加剧。每年入夏和夏末蓝藻会集中暴发。秋冬季节水位下降,湖体平均水深1.0 m左右,鱼虾死亡,湖体生态难以持续。

1.2　研究方法　根据AC-8000生态反应池的设计处理半径设为45.0 m,实际影响范围与治理水域的形状、水流情况等有关。安庆西小湖长700.0 m、宽520.0 m的矩形,设备台数约为=700×520/(3.14×45×45)=57台,综合考虑水域形状(东北、西北角有凹陷)及排污口位置,多设计3套,因此生态反应池的数量最终选定为60套。设备的位置设置是依据排污口的分布情况,从重点治理排污口,均匀治理湖水和湖底底泥的角度出发确定设备安装位置。根据西小湖的面积及排

作者简介　王军(1977 -),男,安徽肥东人,工程师,硕士,从事环境工程研究。
收稿日期　2016-03-31

污口位置等情况,共设置 6 个监测断面(A、B、C、D、E、F)(图 2)。监测因子分别为氨氮、总磷、总氮、高锰酸盐指数、透明度,监测时间为工程方案实施前(2015 年 8 月 19 日)和工程方案实施后(2015 年 9 月 24 日和 10 月 19 日)。

2　结果与分析

2.1　各监测断面氨氮浓度变化　由表 1 可知,各监测断面氨氮浓度在处理 1 个月后有所上升,原因可能是生态反应池在安装和工作中增加了对底泥的扰动,导致底泥中氨氮的释放。处理 2 个月后除 F 点位其余各监测断面氨氮浓度明显下降,特别是 A 点位从处理前的 5.600 mg/L 下降到 3.870 mg/L,下降率为 30.89%。F 点位处理效果不明显,原因可能是距排污口较近。

2.2　各监测断面总磷浓度变化　由表 2 可知,各监测断面的总磷浓度在处理后 1 个月、2 个月均有较大幅度下降,处理效果明显,特别是 D 点位从处理前的 0.413 mg/L 下降到 0.195 mg/L,下降率为52.784%。

2.3　各监测断面高锰酸盐指数变化　由表 3 可知,各监测断面高锰酸盐指数在处理 1 个月后有所上升,原因可能是生态反应池在安装和工作中增加了对底泥的扰动,导致底泥中污染物的释放。处理2个月后各监测断面高锰酸盐指数均下降,特别是 E 点位从处理前的 10.600 mg/L 下降到 7.470 mg/L,下降率为 29.53%。

图 1　西小湖及监测断面位置

Fig. 2　West Lake and monitoring section site

表 1　西小湖各监测断面氨氮浓度的监测结果

Table 1　Monitoring result of ammonia nitrogen in each section of West Lake

阶段 Phase	监测时间 Monitoring time	氨氮浓度 Ammonia nitrogen concentration//mg/L					
		A	B	C	D	E	F
实施前 Before implementation	2015－08－19	5.600	5.340	5.160	6.100	6.050	5.850
实施后 After implementation	2015－09－24	5.790	6.510	6.870	6.560	5.420	6.440
	2015－10－19	3.870	4.250	4.330	4.540	4.880	6.430

表 2　西小湖各监测断面总磷浓度的监测结果

Table 2　Monitoring result of total phosphorus in each section of West Lake

阶段 Phase	监测时间 Monitoring time	总磷浓度 Total phosphorus concentration//mg/L					
		A	B	C	D	E	F
实施前 Before implementation	2015－08－19	0.465	0.381	0.372	0.413	0.418	0.418
实施后 After implementation	2015－09－24	0.316	0.305	0.343	0.355	0.359	0.424
	2015－10－19	0.264	0.217	0.209	0.195	0.241	0.229

表 3　西小湖各监测断面高锰酸盐指数的监测结果

Table 3　Monitoring result of permanganate index in each section of West Lake

阶段 Phase	监测时间 Monitoring time	高锰酸盐指数 Permanganate index //mg/L					
		A	B	C	D	E	F
实施前 Before implementation	2015－08－19	8.850	10.000	9.310	10.400	10.600	8.930
实施后 After implementation	2015－09－24	10.500	10.300	10.500	11.400	9.140	9.490
	2015－10－19	7.580	8.060	8.740	8.510	7.470	8.020

2.4　各监测断面总氮浓度变化　由表 4 可知,各监测断面总氮浓度在处理 1 个月后有所上升,处理 2 个月后,除 F 点位外其余各监测断面总氮浓度均有所下降,特别是 E 点位从处理前的 7.800 mg/L 下降到 6.660 mg/L,下降率为 14.62%。F 点

表 4　西小湖各监测断面总氮浓度的监测结果

Table 4　Monitoring result of total nitrogen in each section of West Lake

阶段 Phase	监测时间 Monitoring time	总氮 Total nitrogen //mg/L					
		A	B	C	D	E	F
实施前 Before implementation	2015－08－19	8.740	8.520	7.980	8.100	7.800	7.840
实施后 After implementation	2015－09－24	9.640	10.900	10.200	14.000	12.900	10.000
	2015－10－19	8.060	7.860	7.540	8.040	6.660	8.560

(下转第 86 页)

为 50.0 mg/mL 的处理可促进黑麦草幼苗生长,对高羊茅和白三叶幼苗的生长无明显化感作用,这与化感作用具有专一性和选择性有关[18],也可能与化感作用的作用机理有关[19-20]。对于同种受体而言,栾树叶片浸提液对根长的化感效应指数绝对值一般高于苗高,表明根的生长对栾树叶片浸提液更为敏感,这可能与根直接接触浸提液有关[21-22]。栾树叶片浸提液对剪股颖幼苗的抑制作用随浓度的升高而加强,这表明化感作用具有明显的浓度效应[23-25]。

栾树叶片对不同草坪草种类化感效应不同,因此,与草坪草搭配种植时应充分考虑其化感作用,优先选择黑麦草,其次是高羊茅和白三叶,避免选择剪股颖。

参考文献

[1] 琬君,马丹炜,王亚男,等. 土荆芥挥发油对蚕豆根尖细胞的化感潜力[J]. 生态学报,2011,31(13):3684-3690.

[2] 阎飞,杨振明,韩丽梅. 植物化感作用及其作用的研究方法[J]. 生态学报,2000,20(4):692-696.

[3] 邓鸳远,王亚男,罗通,等. 麻风树叶水浸提液对蚕豆根尖细胞的遗传毒性[J]. 西南农业学报,2012,25(6):2396-2398.

[4] 朱强,安黎,邹梦辉,等. 玉米不同部位对小麦的化感作用[J]. 种子,2014,33(6):35-38.

[5] 杜明广,李晓坤,崔崧. 森林植物化感作用研究现状及发展方向[J]. 林业勘查设计,2009(1):89-91.

[6] 唐英杰,王国夫. 空心莲子草提取液对蔬菜种子的化感作用研究[J]. 种子,2013,32(3):30-32.

[7] 丁伟,胡庭兴,李仲彬,等. 核桃凋落叶分解对莴笋抗氧化系统及光合特性的影响[J]. 西北植物学报,2014,34(4):769-777.

[8] 张岚,高素萍. 园林植物化感作用研究现状与问题探讨[J]. 浙江林学院学报,2007,24(4):497-500.

[9] 张来,张显强. 白三叶提取液对 3 种植物种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 种子,2011,30(2):21-25.

[10] OKAMOTO Y,YAMJI K,KOBAYASHI K. Allelopathie activity of cainphor released from camphor tree(*Cinnamomum camphora*)[J]. Allelopathy journal,2011,27:123-132.

[11] 陈志成,王荣荣,王志伟,等. 不同土壤水分条件下栾树光合作用的光响应[J]. 中国水土保持科学,2012,10(3):105-110.

[12] 冯献宾,董倩,李旭新,等. 黄连木和黄山栾树的抗寒性[J]. 应用生态学报,2011,22(5):1142-1146.

[13] 杨小凤,雷海民,付宏征,等. 栾树的化学成分[J]. 药学学报,1999,34(6):457-462.

[14] 马广恩. 栾树属植物化学和生物活性研究概况[J]. 国外医药(植物药分册),1999,14(6):246-247.

[15] 谢苑. 白三叶浸提液对高羊茅化感作用的物候规律研究[D]. 雅安:四川农业大学,2008.

[16] WILLIAMSON G B,RICHARDSON D. Bioassays for allelopathy:Measuring treatment responses with independent controls[J]. Journal of chemical ecology,1988,14(1):181-187.

[17] 余婷,孟焕文,温艳斌,等. 白三叶根系分泌物对 5 种草坪草的化感作用[J]. 草地学报,2013,21(4):729-736.

[18] 曹璞,沈益新. 狗牙根对 5 种禾本科杂草化感作用的研究[J]. 草地学报,2010,18(3):452-455.

[19] 王丹丹,杨建设,燕志强,等. 绿原酸对莴苣生长的化感作用及其机理研究[J]. 西北植物学报,2014,34(5):957-962.

[20] INDERJIT. Experimental complexities in evaluating the allelopathic activities in laboratory bioassays:Acase study[J]. Soil biology and biochemistry,2006,38(2):256-262.

[21] CHON S U,COURTS J H,NELSON C J. Effects of light, growth media, and seedling orientation on bioassays of alfalfa autotoxicity[J]. Agronomy journal,2000,92:715-720.

[22] CHUNG I M,MILLER D A. Effect of alfalfa plant and soil exits on germination and seedling growth[J]. Agronomy journal,1995,87:762-767.

[23] 孔垂华,徐涛,胡飞. 胜红蓟化感作用研究及主要化感物质的释放途径和活性[J]. 应用生态学报,1998,9(3):257-260.

[24] 邬彩霞,刘苏娇,赵国琦. 黄花草木樨水浸提液中潜在化感物质的分离、鉴定[J]. 草业学报,2014,23(4):184-192.

[25] 韩丽梅,沈其荣,鞠会艳,等. 大豆地上部浸提液的化感作用及化感物质的鉴定[J]. 生态学报,2002,22(9):1425-1430.

(上接第 51 页)

位处理效果不明显,原因可能是距排污口较近。

2.5 各监测断面透明度变化 通过观察可知,各监测断面的透明度在处理后均有明显改善,处理效果明显,各点位都是从处理前为 20 cm 提高到 28 cm。

3 小结

该研究采用原位生态反应池对安庆西小湖水体处理 2 个月后,各监测断面氨氮、总磷、高锰酸盐指数、总氮指标总体均有明显改善。今后根据 PGPR 微生物的生态位原理,进一步研究 PGPR 微生物对温度、pH、水体污染程度、污染物种类等的适应性,受损生态系统修复的机理,以及被激活的 PGPR 微生物乃至修复的生态系统是否会影响原系统的生态安全。

参考文献

[1] CHENG H F,HU Y A,ZHAO J F. Meeting China's water shortage crisis:Current practices and challenges [J]. Environmental science and technology,2009,43(1):240-244.

[2] 程庆霖,何岩,黄民生,等. 城市黑臭河道治理方法的研究进展[J]. 上海化工,2011,36(2):25-31.

[3] 钱嫦萍,陈振楼,王东启. 城市河流黑臭的原因分析及生态危害[J]. 城市环境,2002,16(3):21-23.

[4] 王淑梅,王宝贞,金文标,等. 城市污染河流水质原位综合净化技术[J]. 城市环境与城市生态,2008,21(4):1-4.

[5] 田伟军,翟金波,王超. 城市缓流水体的生物强化净化技术[J]. 环境污染治理技术与设备,2003,4(9):58-62.

[6] HE S B,KONG H N. Treatment efficiencies of constructed wetlands for eutrophic landscape river water [J]. Pedosphere,2007,17(4):522-528.

[7] 金小平,宋学宏,李蒙英,等. 生物-生态修复技术在景观污染水体治理中的应用[J]. 水资源保护,2012,28(4):42-44.

[8] 何娜,张玉龙,孙占祥. 水生植物修复氮、磷污染水体研究进展[J]. 环境污染与防治,2012(3):73-78.

[9] 李海波,李培军,张轶,等. 静止或缓流污染地表水微生物固定化修复技术研究进展[J]. 生态学杂志,2005,24(5):561-566.

[10] 於建明,吴成明,陈哲,等. 宁波市中塘河支流黑臭河道治理与生态修复[J]. 中国给水排水,2013,29(4):64-66.

[11] 潘长森,王小娇. 模拟人工湿地脱氮除磷效果及其影响因素研究[J]. 安徽农业科学,2015(10):234-238,242.