

不同水生植物净化污染源水的试验研究

耿 兵, 张燕荣, 王妮珊, 邓春生 *

(中国农业科学院 农业环境与可持续发展研究所, 北京 100081)

摘 要:选择大藻、浮叶眼子菜、萍蓬草、香菇草、花叶芦竹、芦竹和常绿鸢尾共 7 种水生植物为供试植物,通过静态水培试验,考察各种水生植物对模拟污水中氨氮、硝态氮、总磷、铁和锰的去除率和去除能力,并对污染物的去除机理进行了分析,以期筛选出净化污水的优势植物。结果表明,水生植物对氨氮和硝态氮的去除率分别为 21.18%~27.25%和 32.65%~45.92%。水生植物对磷的去除率为 10.57%~25.81%,其中香菇草和浮叶眼子菜尤为突出,去除率分别为 25.81%和 25.31%。水生植物可以促进水体中还原性物质 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 的氧化,降低水体中铁和锰的浓度。与铁相比,水生植物对锰去除的促进作用比较明显。两类水生植物对不同污染物的去除能力存在较大差异,浮水植物对污染物的去除能力明显强于挺水植物,为挺水植物的 3.15~5.64 倍。

关键词:水生植物;水源水;去除率;去除能力

中图分类号:X173 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-2043(2011)03-0548-06

Effects of Hydrophytes on the Purification of Polluted Water

GENG Bing, ZHANG Yan-rong, WANG Ni-shan, DENG Chun-sheng*

(Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: In this study, seven hydrophytes: *Pistia stratiotes* L., *Potamogeton natans* L., *Nuphar pumilum* (Hoffm.) DC., *Hydrocotyle vulgaris*, *Arundo donax* var. *Versicolor*, *Arundo donax*, *Iris gerinamica* were selected and fed by simulated polluted water containing NH_4^+-N , NO_3^--N , phosphate, Fe^{2+} and Mn^{2+} as the main contaminants. The removal efficiency and removal capacity of tested hydrophytes were studied in the lab. Furthermore, the removal mechanism was discussed. It was found that the removal efficiency of hydrophyte systems for NH_4^+-N and NO_3^--N was 21.18%~27.25% and 32.65%~45.92%, respectively. The results indicated that the predominant mechanism for the removal of NH_4^+-N and NO_3^--N was most likely due to hydrophytes tissue uptake. The removal efficiency of hydrophyte systems for total phosphorus was 10.57%~25.81% and among the seven tested plants *Potamogeton natans* L. and *Hydrocotyle vulgaris* provided relatively higher removal efficiency with the removal efficiency of 25.81% and 25.31%, respectively. The roots of hydrophytes were able to release oxygen and/or oxidants into the rhizosphere, resulting in the oxidation of Fe^{2+} and Mn^{2+} and the precipitation of iron oxide or hydroxides from water. Moreover, comparing with Fe^{2+} , Mn^{2+} was found to be more easily to be oxidized in hydrophyte systems. It was demonstrated that the removal capacities of floating plants were 3.15~5.64 times of emergent plants and that under identical conditions, floating plants were much more powerful in remediation of polluted water.

Keywords: hydrophytes; polluted water; removal efficiency; removal capacity

在水网系统中湖泊和水库具有很多特殊的功能,如防洪、灌溉、发电和养殖等,尤其是作为饮用水水源地,对水质的要求更加严格。然而,近几年来湖泊和水库不断受到城镇生活污水、工业废水、农药化肥、水土流失等的污染。再加上全球气候恶化,洪涝灾害频繁

发生,使得湖泊和水库水源地的污染现象日益加剧,严重威胁到人民群众的生命健康^[1-2]。在湖泊和水库水体容量大、流动性小、沉淀作用强的条件下,有机物、氮、磷等营养物质在水体和沉积物中不断聚集,从而产生水体富营养化问题。另一方面,湖泊和水库水体较深,易发生水体分层现象,使下部水体处于厌氧状态,导致沉积物中的铁、锰等污染物释放出来,加剧水体的污染现象^[3]。目前,国内外已经开展了大量有关受污染河流和湖泊修复技术的研究工作,并提出了多种水体污染控制与修复措施,如人工湿地、物理疏浚等^[4-10]。

收稿日期:2010-10-13

基金项目:国家水体污染控制与治理科技重大专项(2008ZX07425-008-002);中央级公益性科研院所基本科研业务费(BSRF201010)

作者简介:耿 兵(1979—),男,辽宁人,助理研究员,环境科学专业。

* 通讯作者:邓春生 E-mail:beauveria@vip.sina.com

但是,上述工程由于占地面积大、投资高,难以在小城镇和农村受污染水源水的治理中得到广泛应用,为此有关修复技术的研究亟待开展。

目前,利用水生植物原位修复受污染水体技术引起了人们广泛关注,该法投资少、运行费用低、管理简便,既可以改善和恢复生态环境,又可以回收资源和能源^[1]。在国内外有关植物修复水体的研究报道中主要是以挺水植物为主,而且已有研究多以污染物的去除率来表达水体的净化效果,但是这样仅反映了水质的净化结果,并未体现植物自身发挥净化作用时的效率,即用多大量的植物才能达到特定的污染物去除率,而这两个因素在实际污染水体生态修复工程中是必须同时考虑的。本研究结合国家水专项“海岛饮用水源水质保护与修复技术研究示范”的工作内容,以舟山市普陀合兴水库水体为对象,进行了适用于污染水源水修复的水生植物筛选与净化性能试验研究,研究成果为相关示范工程的顺利实施奠定了良好的基础。

1 材料与方法

1.1 供试水生植物及试验水质

试验选用两种类型的水生植物,其中浮水植物有大藻(*Pistia stratiotes* L.)、浮叶眼子菜(*Potamogeton natans* L.)、萍蓬草(*Nuphar pumilum* (Hoffm.) DC.)和香菇草(*Hydrocotyle vulgaris*);挺水植物有花叶芦竹(*Arundo donax* var. *versicolor*)、芦竹(*Arundo donax*)、常绿鸢尾(*Iris gerinamica*),共7种水生植物。试验用模拟污水的方法考察7种水生植物对污染物的消耗情况,通过添加硫酸铵、硝酸钠、磷酸二氢钾、氯化铁和氯化锰模拟污染水体水质,初始水样污染物浓度见表1。

表1 试验水样污染物初始浓度

Table 1 Initial concentration of contaminants in tested water

污染物	氨氮	硝态氮	总磷	铁	锰
浓度/mg·L ⁻¹	6.31	1.31	1.36	1.56	2.34

1.2 试验方法

试验于2010年5月—2010年8月在中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所实验室内进行。水生植物培养采用长60 cm、宽44 cm、高47 cm的水箱,容积均为40 L,箱底置厚度为10 cm的砾石,试验设不种植任何植物的空白对照,每箱种养一种水生植物,每种植物设3个重复。试验期间通过加自来水来补充蒸发、蒸腾和采样所耗的水分,以保持箱中水位。

分别在试验开始时和结束时收集水箱中的水生植物,用电子天平称量每箱植物的鲜重。

1.3 水样的采集和分析

用注射器抽取水面下10 cm处水样400 mL,尽快进行水质分析。测定指标包括氨氮、硝态氮、总磷、铁和锰,测定方法参照《水和废水监测分析方法(第四版)》。

2 结果与讨论

2.1 水生植物对氨氮和硝态氮的去除效果

7种水生植物都能有效去除水体中的氨氮,各试验水体中氨氮浓度由6.31 mg·L⁻¹降至0.33~0.72 mg·L⁻¹,均达到地表水Ⅲ类水的标准,各水生植物处理组水体中的氨氮浓度与空白对照差异性显著($P<0.05$)。如图1所示,各种水生植物对氨氮的去除率(水生植物处理组去除率-对照组去除率,下同)在21.18%~27.25%,且大藻、浮叶眼子菜、萍蓬草和香菇草水体中氨氮的去除速度快于其他水体($P<0.05$)。黄蕾等对伊乐藻等4种水生植物去除氨氮效果的研究也得到类似的结果^[12]。

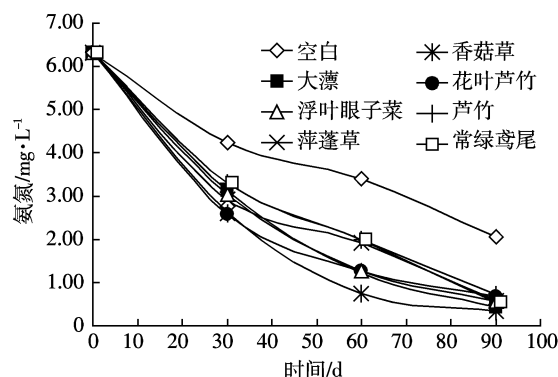


图1 水生植物对氨氮的去除效果

Figure 1 Effect of hydrophyte systems on $\text{NH}_4^+\text{-N}$ removal from simulated water

已有研究报道表明,污染水体中氨氮去除的途径主要有植物吸收、硝化反应和氨挥发等^[13]。氨挥发的条件之一是水体pH>8.0,而测定结果表明各试验水体pH值均低于8.0,因此氨挥发不是氨氮去除的主要途径。从图1可以看出,有水生植物水体中的氨氮去除速度明显快于对照,去除率差别较大,说明水生植物吸收对氨氮的去除贡献较大。同时,水体中氨氧化菌的硝化作用将氨氮氧化为亚硝酸盐氮和硝酸盐氮也可能是氨氮去除的主要原因。童昌华等的研究表明,尽管氨氮可以通过直接挥发、植物吸收等途径从

水体中去除,但硝化作用才是去除的主要途径^[14]。本试验在夏季高温季节进行,从而有利于增强硝化细菌的降解活力。

7 种水生植物也能有效去除水体中的硝态氮,差异性显著 ($P<0.05$), 各受试水体中硝态氮浓度由 $1.31 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 降至 $0.11 \sim 0.71 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (见图 2)。与氨氮的去除速度相比,硝态氮的去除速度较快,在 60 d 各水生植物对硝态氮的去除率就达到 $32.65\% \sim 45.92\%$,而在 60~90 d 各处理组水体中硝态氮浓度降低不明显,浮叶眼子菜、香菇草、芦竹处理组硝态氮浓度略有升高。

水体中硝态氮去除的主要途径有反硝化作用和植物的吸收作用^[13]。当水体中 DO 在 $0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 以下时会发生反硝化,而各试验水体测定 DO 值为 $1.71 \sim 6.33 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,因此反硝化作用不是硝态氮去除的主要途径,进而表明水生植物吸收是试验水体中硝态氮去除的主要途径。水体中氨氮和亚硝酸盐氮在硝化细菌的作用下可以转化为硝酸盐氮,既硝酸盐氮的累积是硝化细菌和反硝化细菌共同作用的结果。图 2 表明,浮叶眼子菜、香菇草、芦竹处理组中硝化细菌的作用较其他处理组明显,与氨氮去除效果研究的结论一致。

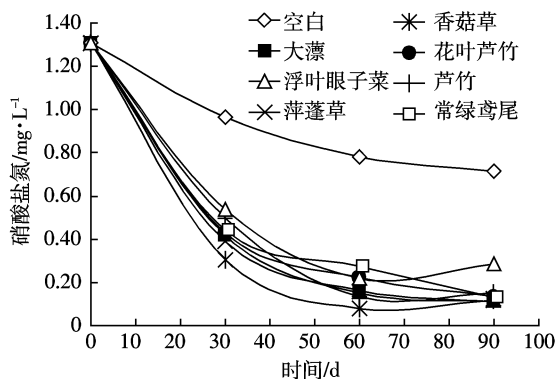


图 2 水生植物对硝态氮的去除效果

Figure 2 Effect of hydrophyte systems on $\text{NO}_3\text{-N}$ removal from simulated water

2.2 水生植物对总磷的去除效果

从图 3 可以看出,各处理组水体中总磷的变化明显与氨氮和硝态氮的变化不同,主要呈现先下降后上升的趋势。水体中磷一方面是以磷酸盐的形式沉积在水体底部,与基质相结合,成为难以去除的营养物质;另一方面是以可溶性活性磷(SRP)的形式被植物吸收,合成核酸、核苷酸、磷脂及糖磷酸酯等植物细胞组成物质。图 3 显示,在试验前期包括对照组在内总磷

浓度大幅度降低,表明在试验条件下磷酸盐的沉降作用是磷去除的主要途径。尽管如此,7 种水生植物对总磷仍有一定的去除能力,差异性显著 ($P<0.05$),各试验水体中总磷浓度由 $1.36 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 降至 $0.09 \sim 0.44 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,各水生植物处理组水体中总磷的去除率为 $10.57\% \sim 25.81\%$ 。其中以香菇草和浮叶眼子菜的去除率尤为突出 ($P<0.05$),分别为 25.81% 和 25.31% 。在 90 d 各处理组水体中总磷的浓度略有升高,这是因为前期试验中水底沉积了大量的磷,但是当总磷浓度下降到一定值后,少量磷会逐渐从沉积物中释放出来,出现浓度升高的过程。另外,外界气候条件的变化及不稳定的外界条件,如风浪和其他活动,也是加速磷元素释放的重要因素^[15]。

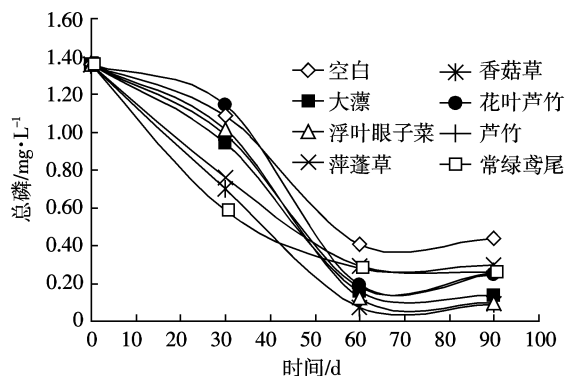


图 3 水生植物对总磷的去除效果

Figure 3 Effect of hydrophyte systems on total phosphorus removal from simulated water

2.3 水生植物对铁和锰的去除效果

如图 4 和图 5 所示,在 30 d 包括对照组在内的所有处理组水体的铁和锰浓度急剧下降,分别由原来的 $2.34 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $1.56 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 降至 $0.11 \sim 0.21 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $0.06 \sim 0.32 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。铁和锰是一对伴生元素,往往同时存在于天然水中,含铁的地表水都或多或少含有一定量的锰。铁和锰均为氧化还原敏感性元素,其在水环境中的地球化学循环作用主要通过自身各种价态之间的转化以及与周围其他物质之间相互作用来实现^[16],因此铁和锰的去除途径也有别于其他富营养化元素。铁作为活泼金属其标准电极电位为 $E^0(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0.44 \text{ V}$,具有较强还原能力,易于被水中的氧所氧化,而且随着 pH 值的升高铁的氧化速度迅速增大。试验测定结果表明各试验水体 pH 值均在 $6.8 \sim 7.3$ 之间,即满足铁被溶解氧氧化的条件。从图 4 还可以看出,30 d 对照组与各个处理组水体中铁的浓度差别不明显 ($P>0.05$),说明水中溶解氧的氧化作用成为铁

去除的主要途径。与铁相比,锰更不容易被氧化。水中的 Fe^{2+} 在 $\text{pH}>7.0$ 的条件下就能够迅速氧化为 Fe^{3+} , 而水中的 Mn^{2+} 则需在 $\text{pH}>9.5$ 时才能比较迅速地氧化为 MnO_2 析出^[17-19]。如图 5 所示,在 30 d 对照组与各个处理组水体中锰的浓度存在比较明显的差别,差异性显著 ($P<0.05$),说明水生植物对锰的作用比较明显。

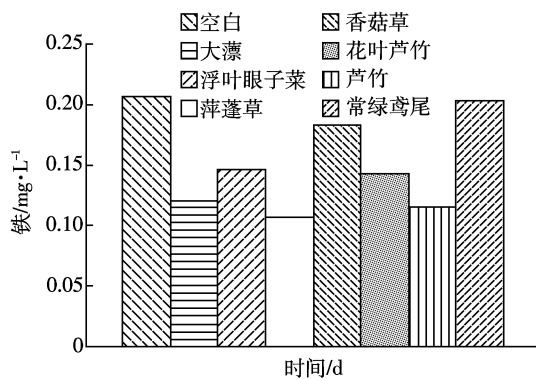


图 4 水生植物对铁的去除效果

Figure 4 Effect of hydrophyte systems on Fe removal from simulated water

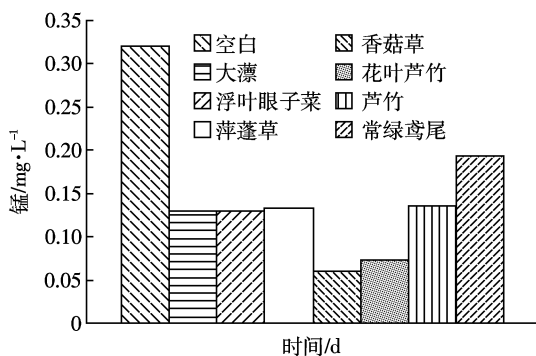


图 5 水生植物对锰的去除效果

Figure 5 Effect of hydrophyte systems on Mn removal from simulated water

水生植物在长期渍水条件下,为了适应环境,其水上部分和根系的形态结构均会发生特殊的变化,即形成通气组织[铁锰膜]。这些通气组织可以通过叶片将大气中的氧气输送到根系,使根际环境的氧化还原电位提高,导致水体中的还原性物质 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 被氧化。被氧化的铁和锰一方面以沉淀的形式沉积在底部,另一方面氧化作用所形成的铁锰氧化物可

在水生植物的根表及质外体沉积,形成铁锰氧化物胶膜,无论是哪种过程都会导致水体中铁和锰浓度的降低。

2.4 水生植物对污染物去除能力比较

水生植物对污染物的去除能力与水生植物的生物量密切相关。同种类型水生植物每箱种植的生物量比较相近,但不同类型水生植物每箱种植的生物量差异很大。为了消除生物量的差异,研究采用单位质量植物在单位时间内对污染物的去除量作为评价水生植物去除能力的指标,见下式:

$$A = \frac{[(C' - C) - (C'_0 - C_0)]V \times 10^3}{(W' - W)T}$$

式中: A 为污染物的去除能力, $\mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$; C' 为含水生植物处理组水体中污染物因子的初始浓度, $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; C 为含水生植物处理组水体中污染物因子的测定浓度, $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; C'_0 为对照组水体中污染物因子的初始浓度, $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; C_0 为对照组水体中污染物因子的测定浓度, $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; V 为容器内水体体积,本实验中为 40 L; W' 为试验开始时水生植物鲜重, g; W 为试验结束时水生植物鲜重, g; T 为时间间隔, d。

试验开始时和结束时水生植物鲜重列于表 2。

图 6 显示了不同水生植物对污染物的去除能力,结果表明浮水植物的去除能力明显强于挺水植物。分别计算两种类型水生植物对污染物的去除能力,浮水植物对氨氮、硝态氮、总磷、铁和锰的平均去除能力分别为 3.95、1.35、0.76、0.49 $\mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 4.98 $\mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$; 挺水植物对氨氮、硝态氮、总磷、铁和锰的平均去除能力分别为 1.05、0.43、0.13、0.11 $\mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 1.43 $\mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$, 即浮水植物的去除能力为挺水植物的 3.15~5.64 倍。本研究发现,两种水生植物的综合生长态势存在较大差异,且同一类型的水生植物也存在显著差异(表 2)。根据现场观察,与挺水植物相比,浮水植物生长态势较好。挺水植物一般经历老叶片枯萎到新叶片生长这一过程,该过程是生境发生改变时水生植物建立的自我调节机制,可能从一定程度上影响了对污染物的去除能力。可见,在污染水源水的修复工程实践中,为了达到较好的净化效果,应该以种植浮水植

表 2 试验开始时和结束时供试水生植物的鲜重(g)

Table 2 Weight of hydrophytes at the beginning and the last of test(g)

植物名称	大藻	浮叶眼子菜	萍蓬草	香菇草	花叶芦竹	芦竹	常绿鸢尾
W'	37.01±1.89	25.33±0.87	191.74±8.83	33.27±2.74	88.56±0.68	163.03±6.60	247.85±4.78
W	209.51±16.76	155.87±5.35	766.49±45.47	200.55±26.14	637.97±26.36	934.37±69.37	778.26±23.26

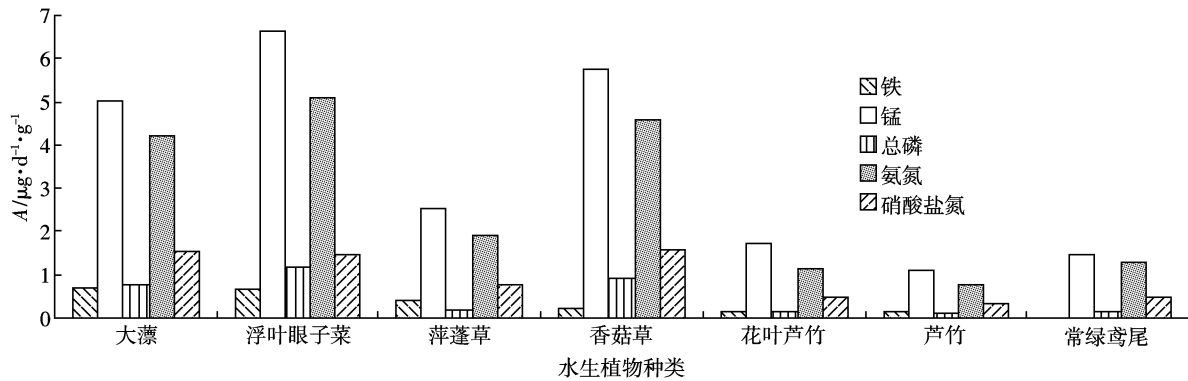


图 6 水生植物对污染物去除能力比较

Figure 6 Comparison on contaminants removal capacity of hydrophyte systems

物为主或者采取浮水植物与挺水植物组合使用的方式。

3 结论

(1)水生植物对氨氮和硝态氮的去除率分别在 21.18%~27.25%和 32.65%~45.92%。90 d 各处理组水体中硝态氮浓度降低不明显甚至略有升高,表明水体中氨氧化菌的硝化作用可能是氨氮去除的另一个重要途径。

(2)水生植物对磷的去除率为 10.57%~25.81%,其中以香菇草和浮叶眼子菜的去除率尤为突出($P < 0.05$),分别为 25.81%和 25.31%。与氨氮和硝态氮不同,磷首先通过磷酸盐沉降的形式去除,当总磷浓度下降到一定值后,少量磷会逐渐从沉积物中释放出来,出现浓度升高的过程。

(3)水中溶解氧的氧化作用是铁和锰去除的主要途径。水生植物的通气组织可以提高水生植物根际环境的氧化还原电位,促进水体中还原性物质 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 的氧化,降低水体中铁和锰的浓度。与铁相比,水生植物对锰去除的促进作用比较明显。

(4)浮水植物对污染物的去除能力明显强于挺水植物,为挺水植物的 3.15~5.64 倍。

参考文献:

- [1] 王世和. 人工湿地污水处理理论与技术[M]. 北京:科学出版社, 2007.
WANG Shi-he. Theory and technology on wastewater treatment with constructed wetlands[M]. Beijing: Science Press, 2007.
- [2] Cristina S C, Calheiros, Antonio O S S, et al. Constructed wetland systems vegetated with different plants applied to the treatment of tannery wastewater[J]. *Water Research*, 2007, 41: 1790-1798.
- [3] 徐毓荣, 徐钟际, 向 申, 等. 季节性缺氧水库铁、锰垂直分布规律及优化分层取水研究[J]. *环境科学学报*, 1999, 19(2): 147-152.

- XU Yu-rong, XU Zhong-ji, XIANG Shen, et al. Vertical distribution of Fe and Mn and optimal pumping depth in a seasonal oxygen shortage reservoir[J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 1999, 19(2): 147-152.
- [4] Huang J, Reneau J R, Hagedorn C. Nitrogen removal in constructed wetlands employed to treat domestic wastewater[J]. *Water Research*, 2000, 34(9): 2582-2588.
- [5] Brix H. Do macrophytes play a role in constructed treatment wetlands? [J]. *Water Science and Technology*, 1997, 35(5): 11-17.
- [6] 刘常春, 夏汉平, 简曙光, 等. 多层次多物种配置人工湿地处理生活污水研究[J]. *生态环境*, 2005, 15(2): 229-233.
LIU Chang-chun, XIA Han-ping, JIAN Shu-guang, et al. Sewage treatment in constructed wetland of multiplayer plants configuration[J]. *Ecology and Environment*, 2005, 15(2): 229-233.
- [7] 吴建强, 丁 玲. 不同植物的表面流人工湿地系统对污染物的去除效果[J]. *环境污染与防治*, 2006, 28(6): 432-434.
WU Jian-qiang, DING Ling. Study on treatment of polluted river water using pilot-scale surface flow constructed wetlands system[J]. *Environmental Pollution and Control*, 2006, 28(6): 432-434.
- [8] Knight R L. Wildlife habitat and public use benefits of treatment wetlands[J]. *Water Science and Technology*, 1997, 35(5): 35-43.
- [9] 山文辉, 刘淑媛, 钱晓燕. 水生经济植物净化受污染水体研究[J]. *华东师范大学学报(自然科学版)*, 2002, 1: 99-102.
SHAN Wen-hui, LIU Shu-yuan, QIAN Xiao-yan. A study on polluted water body purification with economical aquatic plants[J]. *Journal of East China Normal University(Natural Science)*, 2002, 1: 99-102.
- [10] Bankson J L. Degradation of trichloroethylene in wetland microcosms containing broad-leaved cattail and eastern cottonwood[J]. *Water Research*, 2002, 36: 539-546.
- [11] Shutes R B E. Artificial wetlands and water quality improvement[J]. *Environment International*, 2001, 26(5-6): 441-447.
- [12] 黄 蕾, 翟建平, 王传瑜, 等. 4 种水生植物在冬季脱氮除磷效果的试验研究[J]. *农业环境科学学报*, 2005, 24(2): 366-370.
HUANG Lei, ZHAI Jian-ping, WANG Chuan-yu, et al. Removals of nitrogen and phosphorus in Taihu Lake water by four hydrophytes in winter season[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2005, 24(2): 366-370.
- [13] Zimmo O R, van der Steen N P, Gijzen H J. Nitrogen mass balance

- across pilot-scale algae and duckweed-based wastewater stabilisation ponds[J]. *Water Research*, 2004, 38(4):913-920.
- [14] 童昌华, 杨肖娥, 濮培民. 富营养化水体的水生植物净化试验研究[J]. *应用生态学报*, 2004, 15(8):1448-1450.
- TONG Chang-hua, YANG Xiao-e, PU Pei-min. Purification of eutrophicated water by aquatic plant[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(8):1448-1450.
- [15] 伏彩中, 肖瑜, 高士祥. 模拟水生生态系统中沉水植物对水体营养物质消减的影响[J]. *环境污染与防治*, 2006, 28(10):753-756.
- FU Cai-zhong, XIAO Yu, GAO Shi-xiang. Effect of submerged plants on nutrient removal in model aquatic eco-system[J]. *Environmental Pollution and Control*, 2006, 28(10):753-756.
- [16] Johnson C A, Ulrich M, Sigg L, et al. A mathematical model of the manganese cycle in a seasonally anoxic lakes[J]. *Limnol Oceanogr*, 1991, 36(7):1415-1426.
- [17] Mouchet P. From conventional to biological removal of iron and manganese in France[J]. *Journal AWWA*, 1992, 84(4):158-167.
- [18] Tremblay C V, Beaubien A, Charles P, et al. Control of biological iron removal from drinking water using oxidation-reduction potential[J]. *Water Science and Technology*, 1998, 38(6):121-128.
- [19] Shi X, Avci R, Lewandowski Z. Electrochemistry of passive metals modified by manganese oxides deposited by leptothrix discophora: Two-step model verified by TOF-SIMS[J]. *Corrosion Science*, 2002, 44:1027-1045.

第四届全国农业环境科学学术研讨会 征文通知

各有关单位和专家:

第四届全国农业环境科学学术研讨会拟于2011年7月中下旬在内蒙古呼和浩特市召开。大会将对我国近年来农业环境科学领域的最新研究成果进行交流,本次会议仍采取大会主题报告与专题研讨相结合的形式,届时将邀请有关院士、知名专家作特邀报告。现将会议有关征文事宜通知如下:

一、会议主办单位

中国农业生态环境保护协会,农业部环境保护科研监测所,农业部产地环境与农产品安全重点开放实验室

二、会议承办单位

内蒙古农业大学

三、会议主题

“十一五”农业环境研究回顾与展望

四、论文征集范围

(1)污染生态研究;(2)土壤污染与修复研究;(3)农业面源污染与治理方面研究;(4)农业温室气体减排潜力与技术评估等研究;(5)农药环境行为及快速测定技术的研究及应用;(6)农业废弃物处理及资源化利用研究;(7)农业环境风险评价与预警体系等研究;(8)生态农业、生物多样性保护及转基因环境安全等方面研究;(9)其他有关农业环境科学领域内的新理论、新技术及新方法研究等。

五、论文要求

(1)论文应是未公开发表或未在全国性学术会议上交流过的学术论文;(2)论文请用Word格式录入,论文格式请按《农业环境科学学报》征稿简则的要求撰写;(3)截稿日期:2011年6月20日;(4)投稿邮箱:E-mail:caep@vip.163.com(来稿请务必注明“学术会议论文”)。审阅合格的论文编入《第四届全国农业环境科学学术研讨会论文集》,入选CNKI《中国重要会议论文全文数据库》。研讨会上评选的优秀会议论文将集中刊登在《农业环境科学学报》2011年第11期,并对优秀论文颁发证书及奖金。

六、联系方式

通讯地址:300191 天津市南开区复康路31号《农业环境科学学报》编辑部

联系人:李无双(13702119778) 潘淑君(13920028209)

电话:022-23674336 022-23006209(传真)

电邮:caep@vip.163.com

网址:www.aes.org.cn