

五种湿地植物对水体中氮去除能力的模拟研究

宋 红^{1,2}, 陈 玮¹, 何 兴 元¹, 刘 周 莉¹, 黄 彦 青¹, 王 雪 岩^{1,2}

(1. 森林与土壤生态国家重点实验室, 中国科学院 沈阳应用生态研究所, 辽宁 沈阳 110164;

2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘 要:以溪荪鸢尾(*Iris sanguinea*)、黄菖蒲(*Iris pseudacorus*)、东方蓼(*Polygonum orientale*)、灯心草(*Juncus effusus*)和芦苇(*Phragmites australis*)5种典型水生植物为试材,采用水培的方法,研究了5种植物对富营养水体中总氮(TN)的去除效果的影响。结果表明:湿地植物对TN的去除起到了良好效果,高浓度处理中溪荪鸢尾、黄菖蒲、东方蓼、灯心草和芦苇对TN的去除率分别为67.2%、41.0%、45.1%、49.7%和38.7%;低浓度处理中分别为69.4%、58.7%、67.5%、68.4%和68.4%;在第14天溪荪鸢尾与东方蓼组水体中TN浓度已由15 mg/L分别降到0.11 mg/L和1.10 mg/L。高浓度处理下,不同种类水生植物对TN的去除能力不同;同种植物对低浓度处理中的TN去除效果显著高于高浓度处理。

关键词:富营养化;水质净化;湿地恢复;总氮

中图分类号:Q 945.79 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)17-0068-03

目前,我国湖泊水体整体呈现富营养化趋势^[1],对已呈现富营养状况的河流湖泊进行水质修复迫在眉睫。研究显示,以充分利用大型水生植物生长期大量吸收氮磷等营养物质的特点为基础而实施的生态工程是当前水质修复方法中最为环保和经济的途径之一^[2]。虽然大连市的几座大型水库相对于辽宁省其它城市的水库水质较好,但近年因受到水库周边工农业及生活面源污染的威胁,其水质状况也呈现富营养化趋势。因水体中的营养也会由于累积而达到严重的富营养水平,大连市水库水质特点是水体中富营养化,总氮(TN)是其富营养化的主要营养物之一^[3]。颜文娟等^[4]还指出大连市区已远远超出富营养水体中氮质量浓度的阈值,月平均降氮质量浓度也使得周边水体存在富营养化的隐患。水库及河道的富营养化会影响其本身功能的发挥,因此,针对水库水体富营养现状进行及时有效的防治是当前环保工作中的重中之重。为防治大连市水库富营养化,相关部门提出的相关治理措施中,入库河道湿地恢复及库区水生植物的培育是必不可少的组成部分。虽然对利用水生植物净化污水的研究已有较多报道,但

国内的研究仍集中于南方,北方污染水体修复方面的研究相对缺乏且植物品种不够丰富。现以溪荪鸢尾(*Iris sanguinea*)、黄菖蒲(*Iris pseudacorus*)、东方蓼(*Polygonum orientale*)、灯心草(*Juncus effusus*)和芦苇(*Phragmites australis*)5种北方常见水生植物为试材,研究分析了水生植物对富营养水体中总氮的去除能力,以期为大连市入库河道湿地恢复的湿地植物选择提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为辽东地区常见5种水生植物,分别为溪荪鸢尾(*Iris sanguinea*)、黄菖蒲(*Iris pseudacorus*)、东方蓼(*Polygonum orientale*)、灯心草(*Juncus effusus*)和芦苇(*Phragmites australis*)。

1.2 试验方法

在沈阳应用生态研究所城市生态实验室内进行水培模拟试验,将野外采集的植物放在曝气后的自来水中缓苗1周后,去除泥土和黄叶等,在1/2水稻营养液中进行1周的适应性培养,之后选取健壮且生物量较为接近的植株,移入盛有1/2水稻标准营养液^[13]的容器中,水生植物穿入打有孔洞的苯板呈挺水状态。每个植物组设3次重复,同时将无植物系统组作为空白对照。试验期间水温在21~29℃,每天上午定时定量补充由于蒸发和植物蒸腾散失的水分并保证各处理都保持相同水位,进行为期28 d的试验观察。考虑到实际应用中可能会出现对不同富营养化程度水体的修复,试验设置2个浓度处理,分别为高浓度氮处理(TN 60 mg/L)和低浓度氮处理

第一作者简介:宋红(1989-),女,硕士,现主要从事植物生态学等研究工作。E-mail:jdsonghong@163.com.

责任作者:陈玮(1965-),女,博士,研究员,现主要从事城市森林生态与植物引种驯化及迁地保护工作。E-mail:chenwei@iae.ac.cn.

基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2012BAC05B05);国家水体污染控制科技重大专项资助项目(2012ZX07202-008)。

收稿日期:2014-04-25

(TN 15 mg/L)。试验期间,每 7 d 对各组处理进行水样测定。

1.3 项目测定

1.3.1 水样中污染物浓度的测定 总氮浓度采用紫外分光光度法测定。

1.3.2 去除率 去除率的计算参照葛滢等^[5]的方法,但是同时去除了无植物系统空白参照中的去除作用。去除率 $= (C_{ki}V_{ki} - C_iV_i) / (C_0V_0) \times 100\%$ 。式中, C_0 为初始时的浓度; V_0 为初始时的体积; C_i 为第*i*天的浓度; V_i 为第*i*天的水体积; C_{ki} 为对照中第*i*天浓度, V_{ki} 为对照中第*i*天的水体积。

1.4 数据分析

试验数据采用 Excel 2007 软件进行初步处理,运用 SPSS 18.0 进行单因素方差分析(one-way ANOVA)和 Duncan's 多重比较对同一植物不同污染物的去除及不同植物对同一污染物的去除进行差异显著性检验,显著性水平为 0.05。

2 结果与分析

2.1 5 种水生植物对污染物的去除率

由图 1 可以看出,5 种水生植物在 2 种浓度的富营养化水体总氮的去除中都发挥了有效作用,其中溪荪鸢尾在 2 种处理中的去除率均最高。高浓度处理中溪荪鸢尾、黄菖蒲、东方蓼、灯心草和芦苇对总氮的去除率分别为 67.2%、41.0%、45.1%、49.7%和 38.7%;低浓度处理中分别为 69.4%、58.7%、67.5%、68.4%和 68.4%。方差分析表明,高浓度处理中 5 种水生植物对总氮的去除作用溪荪鸢尾显著大于其它 4 种水生植物,灯心草次之;低浓度处理中黄菖蒲显著低于其它,而另外 4 种水生植物之间差异则不显著。同时,低浓度处理中,除溪荪鸢尾与高浓度处理中相当外,另外 4 种水生植物均显著高于高浓度处理。有植物系统和无植物系统总氮的去除率存在显著性差异。

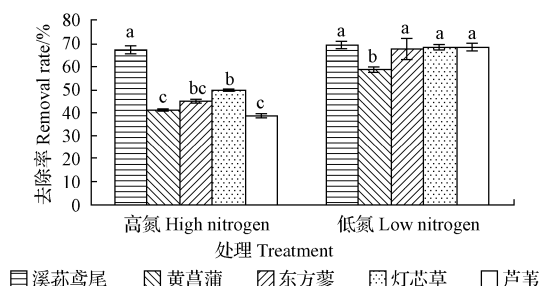


图 1 5 种水生植物对不同富营养化水体中总氮的去除率
Fig. 1 Removal rate of TN in different eutrophic water by five aquatic plants

2.2 总氮浓度随时间的变化

由图 2 可知,高浓度处理中,整个试验期间 5 种水生植物处理中总氮浓度均出现不同程度下降,黄菖蒲与芦苇在 14~21 d 出现小幅回升。至试验结束时,除溪荪鸢尾降到 10 mg/L 外,其它均集中在 20~30 mg/L。方差分析表明,第 7 天,灯心草总氮浓度显著低于其它水生植物;第 14 天,则表现为溪荪鸢尾<灯心草<黄菖蒲和芦苇<东方蓼;第 21 天,灯心草和溪荪鸢尾<东方蓼<芦苇和黄菖蒲,第 28 天,溪荪鸢尾<其它水生植物。

低浓度处理中,5 种水生植物的总氮浓度随时间的变化趋势一致,前 14 d 的总氮浓度下降较快,14~21 d 下降速度变缓。前 21 d,同一处理在不同时间点总氮浓度有显著性差异。第 14 天溪荪鸢尾与东方蓼总氮的浓度已由 15 mg/L 分别降到 0.11、1.10 mg/L,去除率分别达 71.3%和 64.7%。方差分析表明,第 7 天,灯心草与溪荪鸢尾总氮浓度明显低于其它水生植物;第 14 天,溪荪鸢尾与东方蓼总氮浓度明显低于其它水生植物;第 21~28 天,除黄菖蒲外,各植物之间无显著性差异;所有试验观测点,有植物系统均与空白对照存在显著性差异。

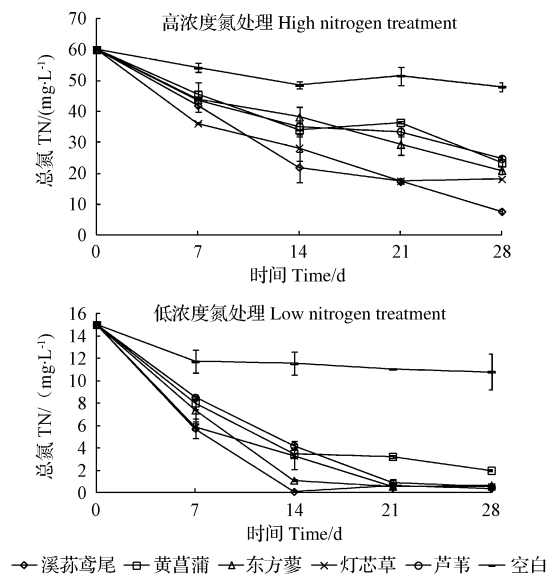


图 2 试验水体中总氮浓度变化

Fig. 2 Changes of total nitrogen concentration in eutrophic water under experiment treatment

3 结论与讨论

该研究中,2 种总氮浓度处理中,有植物系统的处理组去除空白对照组中的去除作用后的总氮净去除率为 38.7%~69.4%,这说明植物系统的存在对总氮的去除有决定性的作用,其对富营养化水体中总氮的净化效果是以水生植物为主体的整个水生态系统共同作用的结果。

果。因试验所选植物及所配置的污水浓度的不同,不同的研究之间仍有较高的参考价值^[6]。该试验条件下,低浓度处理下,植物对总氮的去除作用更明显,除溪荪鸢尾,其它4种水生植物对总氮去除率均高于高浓度处理,原因可能是植物吸收的能力有限,有限的植物难以吸收过量的氮。该试验中,在高浓度总氮处理下,对总氮的去除效果,不同植物间差异较为显著,其中溪荪鸢尾、灯心草效果更好;而低浓度总氮处理下,各植物间去除效果(除黄菖蒲)则无显著性差异,这可能是因为该试验所选的植物均为辽宁东部地区河道及湖泊岸边最为常见的水生植物,所以对在低浓度的培养环境下可以很好的适应,均充分利用了配置中的总氮。试验中植物的生长速率越快,总氮的去除效果越明显,这说明植物在生长期可以迅速大量的吸收水体中的氮来满足自身生长需求的同时,达到良好的对氮的去除效果,所以有不少学者也建议适时地对湿地工程中植物进行收割以促进植物的生长,从而达到更好的去污效果。与Li等^[7]研究结果相似,该研究中低浓度总氮处理下,各植物处理组均在试验前期就已实现良好的去除效果。其中,溪荪鸢尾与东方蓼表现最为突出,至第14天时,2组处理下的水样中总氮浓度与已基本达到21d时或试验结束时其它水生植物处理下总氮水平。高浓度总氮处理下,虽然28d内总氮浓度均有不同程度下降,但至试验结束时浓度依然较高(10 mg/L以上),说明植物在整个试验周期内均对总氮的去除有限,无法短时间内利用过剩的营养。

虽然,目前针对水生植物净化富营养化水体的研究已有很多,但是限于各研究条件下植物所处的环境,根系发达程度,植物对营养的吸收能力及在试验过程中不可避免的人为干扰等因素可能会导致研究结果的不同。另外,在实际的生态工程应用中,也应首先考虑当地的受污染程度,进而根据相关的调查或研究进行植物的筛选或组合。由于试验条件限制,该研究只是在实验室内的短期静态水培植物进行水质净化的模拟试验,与野外实际应用虽存在一定差距,但对于将来大连市的湿地修复及水质净化工程中的选种问题仍有一定参考意义。

参考文献

- [1] 刁晓君,席北斗,何连生,等.基于生态分区的我国湖泊营养盐控制目标研究[J].环境科学,2013,34(5):1687-1694.
- [2] 徐希真,黄承才,徐青山,等.模拟人工湿地中植物多样性配置对硝态氮去除的影响[J].生态学杂志,2012,31(5):1150-1156.
- [3] 赵凯,徐明晗,倪伟.大连市大型水库水质评价[J].东北水利水电,2010(1):51-52.
- [4] 颜文娟,史锟.大连市市区大气氮湿沉降研究[J].生态环境学报,2013,22(3):517-522.
- [5] 葛滢,常杰,王晓月,等.两种程度富营养化水中不同植物生理生态特性与净化能力的关系[J].生态学报,2000,20(6):1050-1055.
- [6] 周世玲,房岩,孙刚,等.菖蒲对污水中氮及磷的净化效应[J].北方园艺,2013(10):51-53.
- [7] Li M, Wu Y J, Yu Z L, et al. Nitrogen removal from eutrophic water by floating-bed-grown water spinach (*Ipomoea aquatica* Forsk.) with ion implantation[J]. Water Research, 2007, 41: 3152-3158.

Simulation Study on Removal Effect of Nitrogen in Wastewater by Five Wetland Plants

SONG Hong^{1,2}, CHEN Wei¹, HE Xing-yuan¹, LIU Zhou-li¹, HUANG Yan-qing¹, WANG Xue-yan^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Forest and Soil Ecology, Shenyang Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang, Liaoning 110164; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049)

Abstract: Taking *Iris sanguinea*, *Iris pseudacorus*, *Polygonum orientale*, *Juncus effuses* and *Phragmites australis* as test materials, by the method of water culture, the effect of removal of total nitrogen (TN) in the eutrophicated water by 5 plants were studied. The results showed that the removal rates of all treatments with wetland plants were significantly higher than the control without plants, the removal rates of TN by *Iris sanguinea*, *Iris pseudacorus*, *Polygonum orientale*, *Juncus effuses* and *Phragmites australis* were 67.2%, 41.0%, 45.1%, 49.7% and 38.7% in the high concentration treatment, and 69.4%, 58.7%, 67.5%, 68.4% and 68.4% in the low concentration treatment, respectively. The concentration of TN has been reduced from 15 mg/L to 0.11 mg/L and 1.10 mg/L, respectively, under the treatments with *Iris sanguinea* and *Polygonum orientale*. The removal rates were significant differences in the high concentration water, and the same plant showed a higher removal efficiency in the low concentration treatment.

Keywords: eutrophication; water purification; wetland restoration; total nitrogen(TN)