

不同河岸植物带对非点源污染河水污染物降解试验研究

徐成斌 于宁 马溪平 艾娇 张营 张利红

(辽宁大学资源与环境学院,辽宁 沈阳 110036)

摘要:利用2种植物带(芦苇、香蒲与芦苇)对受非点源污染河水进行植物带处理污染物的降解效果模拟试验研究。结果表明:植物带处理污染物的降解效果明显优于无植物带,且以混合植物带效果最好。香蒲与芦苇植物带对COD、TN、TP和NH₃-N去除率的周平均值分别为31.62%、37.84%、30.65%和34.31%。植物带能够截留地表径流中的颗粒物,提高水域中的溶解氧含量,对防止水土流失与改善流域水质均有显著作用。

关键词:植物带;河岸缓冲带;非点源污染;河水污染物;降解试验

中图分类号:X522 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-503X(2008)06-0063-04

1 引言

随着人口的激增和工农业生产的发展,包括河岸带在内的湿地生态系统由于受到人类活动的干扰而发生严重退化。因此,湿地生态系统的恢复已成为国际生态研究的热点^[1]。国外已经开展了大量的河岸带对水质改善的试验研究^[2-4]。在河道浅水处种植水生植物已经成为恢复河流生态系统的重要措施^[5]。植物带中位于水面下的茎秆及水中的枯枝败叶上会附着大量微生物,土壤中也会有大量微生物存在,从而可以降解河水中的营养物质,减轻河流的非点源污染^[6]。近年来,随着对非点源污染认识的逐步加深,利用河岸带,尤其是河岸缓冲带对非点源污染进行治理越来越受到环境学者的关注,并已经开始进行相关研究试验。李睿华等^[7]利用河岸芦苇、茭白和香蒲植物带处理受污染的山东孝妇河污水;叶志敏等^[8]利用多种人工种植草地和野草相结合的方法,治理由非点源污染为主的西丽水库的入流水。

河岸缓冲带(Vegetated buffer zone)是土地处理技术的一种,指建立在河湖、溪流和沟谷沿岸的各类植被带,包括林带、菜地或其他土地利用类型,通过沉积作用、过滤作用、化学作用、吸附作用和微生物作用等过程削减可能进入河流、水库的TN、TP、泥沙、有机质和其他有害物质,河岸缓冲带也适用于对饮用水水源非点源污染控制。河岸带具有重要功能:河岸带的环境和生态功能;自然河岸廊道以及与之相联系的对地表和地下水径流的保护功能;河岸

带植被的产品功能,对开放的野生动植物生境,繁殖生存以及其他特殊地和旅行廊道具有保护功能。本研究试图比较研究2种河岸浅水水生植物带:芦苇带、芦苇与香蒲混合带对浑河水质的处理能力,为受污染河流的水质净化和生态修复提供技术和依据。

2 试验设计

试验分为空白带(不种植植物)、芦苇带、芦苇与香蒲混合带3个处理带。试验处理水取自沈阳浑河东陵大桥断面附近的河水。

2.1 河水水质概况

浑河沈阳东陵大桥断面近3a水质见表1所示。

表1 2005—2007年浑河沈阳东陵大桥断面

项目	水质变化范围			
	mg/L			
枯水期	19—38	5—12	0.09—0.7	2.8—4.3
丰水期	16—35	7—14	0.2—1.1	2.9—5.2

虽然化学需氧量(COD_{Cr})在IV类—V类之间,但总氮(TN)和总磷(TP),尤其是TN已经远远超过国家地表水环境质量V类标准(GB 3838—2002),超过V类标准达到4.0倍,TP超标1.5倍,说明水质主要受到上游农业的非点源N和P的污染。

2.2 试验流程

试验装置平面图见图1和图2所示。每个植物带长为1.0m,宽为0.8m,空白带宽为0.4m。河水通过潜水泵直接通过可调节流量的滴管流入水槽,连续进水,通过滴管分布使水均匀进入试验带,出水通过渗流孔进入溢水槽。试验植物带从进水到出水

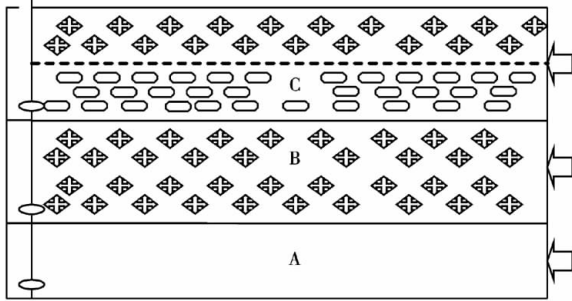
收稿日期:2008-06-30;修订日期:2008-07-23。

基金项目:辽宁省科技厅项目(2005229003)、辽宁省科技厅项目(20060117-232)、辽宁省高校污染控制与环境修复重点实验室与辽宁省环境保护开放实验室共同资助。

作者简介:徐成斌,男,1980年生,讲师,主要从事流域生态学研究, E-mail: xuchengbin80@163.com。

通信作者:马溪平, E-mail: maixiping@163.com。

水深从0 cm逐渐变为15 cm,通过滴管调节进水流



A为空白带;B为单一芦苇带;C为混合植物带

图1 小试装置平面

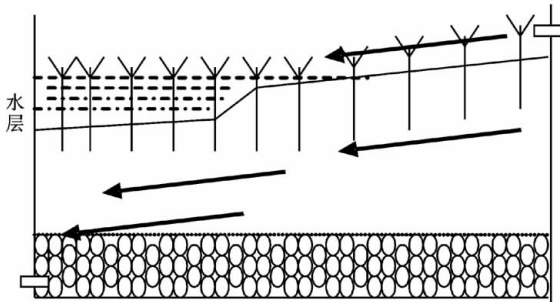


图2 小试装置侧视

量。在进水槽和出水槽取水样进行水质分析。受试土层从下到上依次为15—20 cm的鹅卵石、50 cm的黑壤和5 cm黑壤与细沙混合层组成。进水负荷见表2。水力停留时间为18 h。

表2 实验装置每平方米的进水负荷 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$

项目	COD	TN	TP	$\text{NH}_3\text{-N}$
进水负荷	25—60	5—10	0.2—1.1	2.7—4.3

B、C两个水槽中的植物移植于浑南人工湿地表流岸边。为了提高植物成活率,移植的植物在光照培养箱中 $32\text{ }^\circ\text{C}$,每天日照为14 h,用受试土壤栽培;16 d后,转移到受试水槽中。单一带50株芦苇,混合带25株芦苇和25株香蒲。试验时间为2007年4月8日—6月29日,其中4月9—24日为植物培养期,自4月25日开始,正式进水,开始试验。整个试验运行时间为60 d。

2.3 分析方法

分析方法见参考文献[9]。溶解氧采用碘量法(GB 7489—87),悬浮物采用重量法(GB 11901—89), COD_{Cr} 采用重铬酸钾法(GB 11914—89),TN采用过硫酸钾紫外分光光度法(GB 11894—89),TP采用钼锑抗分光光度法(GB 11893—89),氨氮采用滴定法(GB 7479—87)。

3 结果分析

3.1 处理带对悬浮物和溶解氧的降解效果

植物具有固沙截流的作用。通过植物对于水中悬浮物的截流,可以有效的防止水土流失,从而减少水由于水土径流携带污染物而造成的非点源污染^[10]。各处理带对于悬浮物的去除效果见图3。单

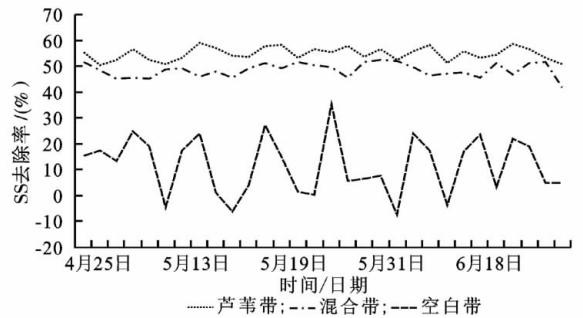


图3 4—6月水中悬浮物的去除率

一植物带和混合植物带都对悬浮物有截流效果,空白的无植物带,有时去除率形成负值,表现为出水悬浮物量大于入水的量,说明空白带有水土流失的现象。

植物带出水溶解氧的大小与带内耗氧与复氧能力有关。耗氧主要表现为降解水中污染物而消耗氧气,复氧则有植物根部向水输送氧气、空气向水面输送氧气等^[11]。由于植物生长茂密,风等气象因素对空气向水中输氧的影响较小,植物带水体主要受植物根部输氧的影响。空白带里植物很少,输氧主要受风等气象因素的影响。因此,空白带溶解氧变化情况不大,而植物带都能够增加水体的含氧量,使水体溶解氧浓度升高。见图4。

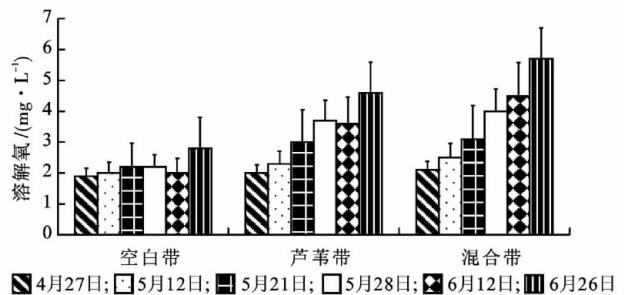


图4 4—6月水中溶解氧的变化

3.2 处理带对COD的去除效果

在整个运行期间空白带、芦苇带和混合植物带COD最后一周的平均去除率分别达到了7.23%、26.77%和31.62%(图5)。植物带对COD有较好的处理效果,混合植物带比单一芦苇带处理效果更好一些。在第5周和第6周2个植物处理带的处理效果逐渐趋于稳定。

在出口处分别取混合液和静置后的上清液分别进行COD值的测定。通过实验过程中测得的数据对比,见图6。上清液的COD值要低于混合液的COD值,说明水质的悬浮物越高,水质中COD值也

越大^[12]。因此,保护水土流失,减少水中悬浮物浓

有显著作用。

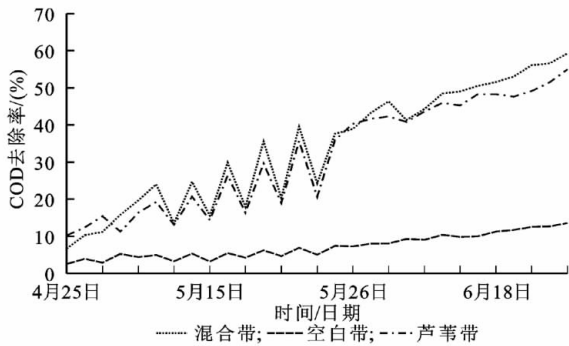


图5 4—6月COD去除率的变化曲线

度,对降低水中COD指标浓度有一定的影响。

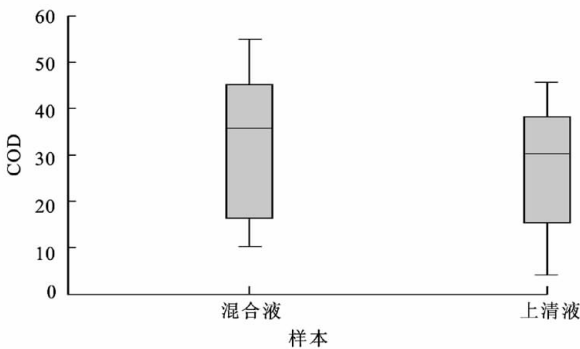


图6 混合液与上清液COD值比较

3.3 处理带对TN和TP的去除效果

运行期间空白带、芦苇带和混合植物带对TN的平均去除率分别为12.11%、31.31%和37.84%(图7)。这表明植物能够吸收水中的氮元素,一部分

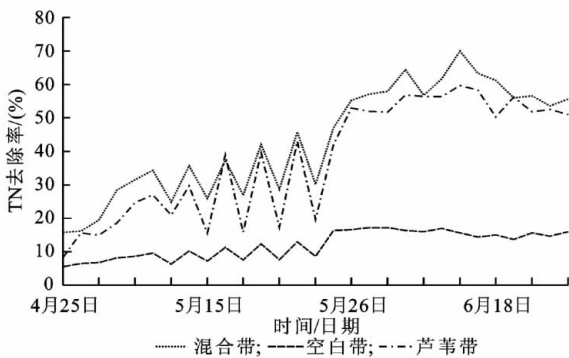


图7 4—6月总氮去除率的变化曲线

用于自身生长,另一部分由于根部土壤中胶粒之间的吸引和吸附,使氮元素得以截留,从而能够减少出水中氮元素的含量,从根本上降低由于氮元素而引起的水体富营养化从而能够减少水中的总氮含量。

磷在水中是以溶解态形式存在的,磷与水中尤其是土壤中胶粒间具有很高的亲和力,因此对磷的去除一方面靠植物吸收及微生物的降解作用,另一方面是靠土壤的吸附作用^[13]。从图8可以看出,混合带的去除率在第4周后,逐渐趋于稳定。这表明,植物混合种植对稳定去除水中的非点源特征污染物

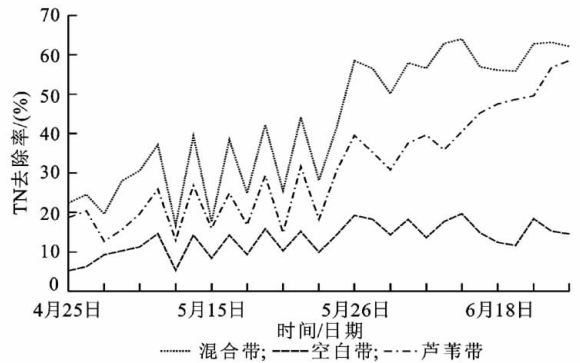


图8 4—6月总磷去除率的变化曲线

3.4 处理带对NH₃-N的去除效果

整个运行期间空白带、芦苇带和混合植物带NH₃-N的平均去除率为6.00%、25.58%和34.31%(图9)。这表明,植物带对NH₃-N有处理

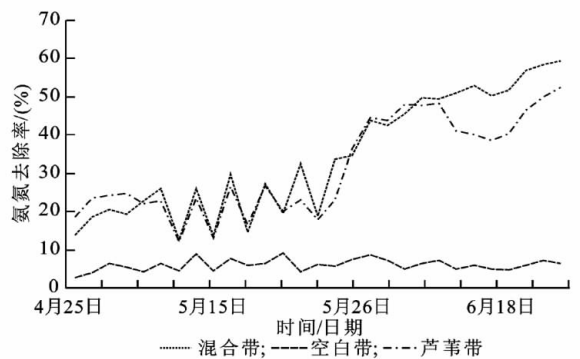


图9 4—6月氨氮去除率的变化曲线

效果,混合带比芦苇带处理效果好。随着第4周曝气的进行,处理效果在第4周开始明显增强。此外,从每天曝气的时间长短对氨氮去除的效果来看,曝氧时间的增加,植物带对于氨氮的处理效果表现出一定的正相关(图10)。

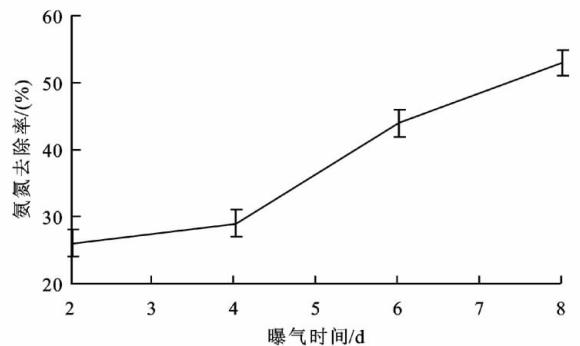


图10 曝气时间对氨氮去除率的影响

4 结论与讨论

(1)植物带能够截流水中的悬浮物,减少水土流失,对减少由于径流泥沙造成的非点源污染有显著作用。植物带中水的溶解氧比无植物带含量高,说明植物能够提高水中溶解氧,在河道修复中植物对

提高河流的自净能力,改善流域局部小气候有重要作用。

(2)各植物带对 COD、氨氮、TN 和 TP 均有较好的处理效果,其中混合植物带比单一植物带的处理效果好,各项指标的去除率均高于单一植物带。植物能够通过根部吸收氮源、磷源以及有机污染物用于自身生长,从而降低水中的 TN、TP 和 COD 的含量,有助于降低非点源特征污染物的浓度,恢复污染河道的生态功能。

(3)通过曝气试验的结果,反映出曝气能够提高氨氮的处理效率;随着曝氧时间的延长,处理带对氨氮的去除呈现增加的趋势。对于重污染区域,可通过局部曝气方法进行水体修复。

(4)研究表明,空白带对 TN、TP 和 COD 也有一定的处理效果,混合植物带比单一的芦苇带处理效果好,是由于多种植物能够互相弥补各自的不足,可最大限度地吸收污染物,因此提高了处理效果。

参考文献

- [1] 张建春. 河岸带及其生态重建研究[J]. 地理研究, 2002,21(3):373-378.
- [2] Stone K C, Hunt P G, Novak J M, et al. In-Stream wetland design for non-point source pollution abatement [J]. Applied Engineering in Agriculture, 2003, 19(2): 171-175.
- [3] Bombino G, Tamburino V, Zimbone S M. Assessment of

the effects of check-dams on riparian vegetation in the mediterranean environment: A methodological approach and example application [J]. Ecological Engineering, 2006,27(2):134-144.

- [4] Hefting M M, Clement J C, Bienkowski P, et al. The role of vegetation and litter in the nitrogen dynamics of riparian buffer zones in Europe [J]. Ecological Engineering, 2005,24(5):465-482.
- [5] 郑天柱, 周建仁, 王超, 等. 污染河道的生态修复机理研究[J]. 环境科学, 2002,23(12):115-117.
- [6] 王薇, 李传奇. 河流廊道与生态修复[J]. 水利水电技术, 2003,34(9):56-58.
- [7] 李睿华, 管运涛. 河岸芦苇、茭白和香蒲植物带处理受污染河水中试研究[J]. 环境科学, 2006,27(3):493-497.
- [8] 王超, 王沛芳, 唐劲松, 等. 河道沿岸芦苇带对氨氮的削减特性研究[J]. 水科学进展, 2003,14(3):11-17.
- [9] 国家环保总局. 水和废水监测分析方法[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [10] 夏继红, 严忠民. 生态河岸带的概念及功能[J]. 水利水电技术, 2006,37(5):14-17.
- [11] 李睿华, 管运涛, 何苗, 等. 河岸混合植物带处理受污染河水中试研究[J]. 环境科学, 2006,27(4):651-654.
- [12] 郭儒, 李宇斌, 富国, 等. 河流中污染物衰减系数影响因素分析[J]. 气象与环境学报, 2008,24(1):56-59.
- [13] 窦培谦, 王晓燕, 王丽华, 等. 非点源污染中氮磷迁移转化机理研究进展[J]. 首都师范大学学报:自然科学版, 2006,27(2):93-97.

Degradation of different riparian vegetation buffer belt to pollutant of non-point source polluted river

XU Cheng-bin YU Ning MA Xi-ping AI Jiao ZHANG Ying ZHANG Li-hong

(School of Resource and Environmental Science, Liaoning University, Shenyang 110036, China)

Abstract: The non-point source polluted river water is treated by the degradation of riparian vegetation buffer belt, i. e. reed vegetation belt, reed and bulrush integration vegetation belt. The results indicate that the degradation effect with vegetation belt is better than that without vegetation belt, and the degradation effect of reed and bulrush integration vegetation belt is the best. The weekly removal rates of bulrush and reed integration vegetation belt to COD, TN, TP and $\text{NH}_3\text{-N}$ are 31.62%, 37.84%, 30.65% and 34.31%. The vegetation belt can withhold the particles in surface runoff and enhance the dissolved oxygen (DO) content in river, which is important to prevent water and soil erosion and to improve the water quality.

Key words: Vegetation belt; Riparian buffer zone; Non-point source pollution; Riparian pollutant; Degradation