

不同人工湿地组合净化生活污水效果研究

李晓东 郎咸明 师晓春

(辽宁省环境科学研究院 辽宁沈阳 110031)

摘要:设计了垂直流+水平流、水平流+垂直流、单一水平、单一垂直等4组不同结构的人工湿地组合,研究其对生活污水的净化效果。结果表明:4组人工湿地对 COD_Cr 、TP的去除率分别达到80%、70%左右;对TN的去除,垂直+水平单元去除率最高,为44.30%。

关键词:人工湿地 组合 生活污水

Abstract: Four different lab plants of constructed wetlands were used to treat domestic wastewater. It was made up of vertical flow constructed wetland connected with subsurface flow constructed wetland (VW1+SSW1), SSW2+VW2, single SSW3 and single VW3. The results showed that the four different lab plants had higher removal rate of COD_Cr and TP, it was about 80% and 70%, respectively. And VW1+SSW1 had the highest removal rate of TN in the four different lab plants, which was 44.3%.

Key words: constructed wetlands; connected; domestic wastewater

中图分类号:X703

文献标识码:A

文章编号:1674-1021(2009)07-0024-02

1 引言

人工湿地具有净化污染物效果好、运行费用低、易维护等特点,作为污水处理技术近年来已被广泛应用^[1],特别是在生活污水处理方面取得了显著成效。人工湿地根据水流方式可以分为表流人工湿地(SW)、水平潜流人工湿地(SSW)和垂直流人工湿地(VW)等类型,其中后2种应用较为广泛。目前人工湿地处理生活污水的研究虽比较多,但大都局限于单一的湿地类型(单一水平或单一垂直),辽宁省环境科学研究院自行设计了几种不同的人工湿地组合工艺,通过对各组合污染物净化效果的研究,探索人工湿地对污染物的净化机理。

2 材料和方法

2.1 装置的设计

自行设计了4套人工湿地装置,分别为:A组,垂直流+水平流(VW1+SSW1);B组,水平流+垂直流(SSW2+VW2);C组,单一水平流(SSW3);D组,单一垂直流(VW3),其中水平流单元长宽高分别为800、250、500 mm(基质铺设高度400 mm),垂直流湿地单元长宽高分别为250、250、1 000 mm(基质铺设高度800 mm)。湿地主体装置由PVC材料焊接而成,湿地进水由蠕动泵(兰格BT100-1J)控制。

基质铺设情况为,垂直流单元底层10 cm铺设粒径10~15 mm的碎石,其他层铺设粒径2 mm以下的沙子。水平流单元铺设粒径10~20 mm的碎石。

湿地植物选用常用植物芦苇。

2.2 实验用水水质

人工湿地进水为模拟生活污水预处理出水,模拟生活污水组成见表1。

表1 人工湿地模拟生活污水组成

药品	葡萄糖	磷酸二氢钾	氯化铵	氯化钙	硫酸镁	硫酸亚铁
用量	100	10	80	30	30	10

模拟生活污水水质指标见表2。

表2 人工湿地模拟生活污水水质指标

测试指标	COD	TP	TN
浓度	89~106	1.89~2.10	17.6~24.2

2.3 不同人工湿地单元对污染物的去除效果实验

进水水力负荷为20 cm/d,每周对人工湿地各组合(A~D)进出水 COD 、TN、TP浓度进行检测,分析不同人工湿地组合对污染物的去除效果。

2.4 测试方法

水样检测指标包括TN、TP、 COD_Cr ,测定方法参照《水和废水检测分析方法》^[2]。

收稿日期:2009-02-18;修订日期:2009-07-03。

作者简介:李晓东,男,1978年生,工程师,主要从事污水控制与治理研究。

3 结果与讨论

3.1 不同人工湿地单元 COD_{Cr} 净化效果

在水力负荷为 20 cm/d 条件下,4 组人工湿地组合对 COD_{Cr} 的去除效果如图 1 所示。进水 COD_{Cr} 浓度在 100 mg/L 左右时,4 组人工湿地出水 COD_{Cr} 浓度都能达到 40 mg/L 以下,达到城镇污水处理厂污染物排放一级 A 标准。

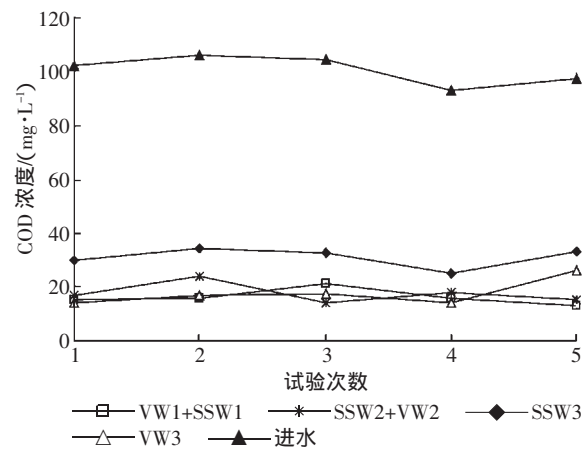


图 1 不同人工湿地单元对 COD_{Cr} 的去除效果

图 2 为不同人工湿地单元的 COD 去除率变化。由图 2 可知,各组人工湿地对污染物的去除率都较高,除单一水平流 SSW3 COD_{Cr} 去除率稍低(70%左右),其他 3 组单元 COD_{Cr} 去除率基本都能达到 80%以上。

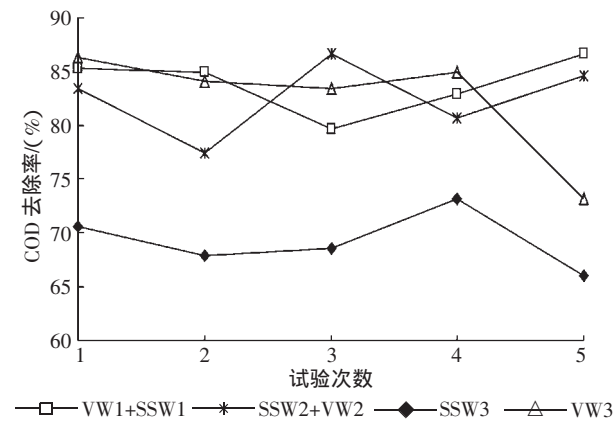


图 2 不同人工湿地单元的 COD_{Cr} 去除率变化

人工湿地的显著特点之一是对有机污染物有较强的降解能力,废水中的不溶性有机物通过湿地的沉淀、过滤作用,可以很快被截留,进而为微生物所利用;废水中的可溶性有机物可通过植物根系生物膜的吸附、吸收及生物代谢降解过程而被分解去除。根据图 2 可知,不同组合的人工湿地对生活污水中 COD_{Cr} 的去除没有明显差异,人工湿地对污水中

COD_{Cr} 的去除主要依靠微生物的转化,湿地内水流方式的不同对低浓度 COD_{Cr} 的去除影响不显著。

3.2 不同人工湿地单元 TN 净化效果

人工湿地对氮的去除,除少部分依靠植物的吸收,主要依靠微生物的硝化反硝化作用来实现^[3]。表 3 为不同人工湿地组合对 TN 的去除效果。

表 3 不同人工湿地组合 TN 去除效果

项目	进水	VW1+SSW1	SSW2+VW2	SSW3	VW3
TN 浓度/(mg·L ⁻¹)	24.20	15.90	18.40	19.70	21.10
TN 去除率/(%)	—	44.30	23.97	18.60	12.81

由表 3 可知,本研究 4 组人工湿地组合中,A 组(VW1+SSW1)对 TN 的去除率最高,但也仅为 44.30%;单一垂直流单元(VW3)TN 去除率最低,为 12.81%。分析认为,水平流湿地单元整个床体被污水充满,湿地内部为厌氧环境,适合反硝化菌生长,反硝化作用较强;垂直流湿地单元污水从湿地表面纵向流入湿地,湿地内部处于不饱和状态,氧气通过大气扩散进入湿地,硝化能力强。而垂直+水平组合(VW1+SSW1)类似于硝化+反硝化工艺,有利于微生物硝化反硝化作用的发生,能显著提高 TN 去除率。

本研究结果表明,4 组工艺 TN 去除率都较低。分析认为,TN 的去除主要依靠微生物的硝化反硝化作用,维持硝化/反硝化菌的高活性是 TN 高效去除的前提。而硝化菌对温度的要求较高,一般在 30℃左右才能发挥较强的硝化能力,由于本研究过程中室温较低(15℃),所以使得硝化菌活性较弱,影响了 TN 的去除。

Kozub 的研究表明^[3]:一般的潜流湿地,污水主要经过厌氧环境,在处理氨氮含量高的污水时往往因为硝化作用不足,不能将氨氮充分转化为反硝化作用的原料硝酸盐氮和亚硝酸盐氮而限制了湿地的除氮能力。还有一些研究认为,湿地中 85%以上氮的去除来自反硝化作用,尤其是在已经成熟运行的湿地系统中,湿地植物对氮的吸收作用相对较弱,微生物的反硝化作用就更为重要。因此,为了提高人工湿地的脱氮能力,保障反硝化的顺利进行,关键问题就是要提高湿地系统对氨氮的去除效果,使得有充足的硝态氮和亚硝态氮用于反硝化。当前,硝化作用不足已成为制约人工湿地脱氮的关键因素。为此,许多学者致力于提高湿地硝化作用的研究,如 Comin^[4]和 Knight 研究了氧在湿地中的分布规律及其对氨氮去除的影响,鄢璐、王晟^[5]也分别研究了强化曝气和增加大气复氧对氨氮去除的影响等等。但是人工湿地中氮的去除,尤其是氨氮的去除,除与湿地中氧的

(下转 38 页)

作为种植业肥料,沼液用于农作物的浸种与喷施。加强饲料配方的研究,进一步提高饲料利用率,降低猪粪中氮、磷、铜等化学元素含量,保证养猪业的生产与环境“双赢”。

4.4 水源涵养林建设

加快林业改革步伐,建立既适应社会主义市场经济又反映林业特点的林业经济体制和建立一套完整的林业可持续发展保障体系。(1) 政府调控(政策支持);(2) 科技支持;(3) 资金支持;(4) 意识支持;(5) 社会公众参与。依靠科技发展林业、实施科技兴林、不断提高林业建设的科技含量,是林业可持续发展的关键。

5 结语

抚顺地区的森林成为辽宁中部城市群重要的绿色屏障,天然林资源在保护生物多样性、维持生态系

统平衡方面发挥着不可替代的重要作用。因此,建立健全资源有偿使用制度和生态环境补偿机制尤为重要。生态保护和建设的重点要从事后治理向事前保护转变,从人工建设为主向自然恢复为主转变,从源头上扭转生态恶化趋势。

参考文献

- [1] 俞海,任勇. 流域生态补偿机制的关键问题分析——以南水北调中线水源涵养为例[J]. 资源科学, 2007(2).
- [2] 庄国泰,高鹏,王学军. 中国生态环境补偿费的理论与实践[J]. 中国环境科学,1995(15).
- [3] 龙祯钡. 西部地区生态补偿浅议[C]. 中国环境科学学会学术年会优秀论文集, 2006.
- [4] 黄沈发,王敏,杨泽生. 崇明岛生态保护与生态补偿分析[J]. 环境科学与技术, 2005(2).
- [5] 沈满洪,陆菁. 论生态保护补偿机制[J]. 浙江学刊, 2004(4).

(上接 25 页)

含量有关,还与硝化菌的数量及硝化能力密切相关。贺锋的研究表明:人工湿地各基质层之间的硝化菌数量及硝化能力都存在明显差别,而各层反硝化菌数量尤其是反硝化能力差别很小,这进一步说明人工湿地中硝化作用是脱氮效率不高的制约因素。结合北方温度低的特点,开发低温高效硝化菌,将是人工湿地研究的发展方向之一。

3.3 不同人工湿地单元 TP 净化效果

已有的研究表明:人工湿地对磷的去除主要依靠基质的物理吸附和化学沉淀,富含 Al^{3+} 、 Fe^{3+} 、 Ca^{2+} 的基质有利于磷的去除。本研究采用沙子和碎石作为湿地基质,研究了 4 组湿地组合对 TP 的去除效果(表 4)。由表 4 可知,在水力负荷为 20 cm/d 时,除单一水平流单元(SSW3)对 TP 的去除率较低,其他组合都能达到 70%以上的去除率,出水达到城镇污水处理厂污染物排放一级 A 标准。

表 4 不同人工湿地单元 TP 去除效果

项目	进水	VW1+SSW1	SSW2+VW2	SSW3	VW3
TN 浓度/($mg \cdot L^{-1}$)	2.07	0.37	0.53	0.84	0.35
TN 去除率/(%)	—	81.97	84.58	59.35	83.03

4 结语

(1) 进水 COD_{Cr} 浓度在 100 mg/L 左右时,4 组

人工湿地单元出水 COD_{Cr} 浓度都在 40 mg/L 以下,达到城镇污水处理厂污染物排放一级 A 标准;

(2) 4 组人工湿地单元中,垂直+水平单元类似于硝化反硝化工艺,TN 去除率最高,达到 44.30%;TP 去除率,除单一水平流单元较低,其他组合都能达到 70%以上;

(3) 筛选低温优势硝化菌是人工湿地研究的发展方向之一。

参考文献

- [1] Huang J, Reneau JR B, Hagedorn C. Nitrogen removal in constructed wetlands employed to treat domestic wastewater [J]. Water Res, 2000, 34(9): 2582–2588.
- [2] 国家环境保护局.水和废水检测分析方法[M]. 北京:中国环境科学出版社, 1989:232–239.
- [3] Kozub D D, Liehr S K. Assessing denitrification rate limiting factors in a constructed wetland receiving landfill leachate [J]. Water Science and Technology, 1999, 40(3):75–82.
- [4] Comin F A. Nitrogen removal and cycling in restored wetlands used as filters of nutrients for agricultural runoff [J]. Water Science and Technology, 1997, 35(5):255–261.
- [5] 王晟,徐祖信,李怀正. 潜流湿地处理不同浓度有机污水的差异分析[J]. 环境科学, 2006, 27(11): 2194–2200.