

文章编号: 1005—0523(2006)05—0001—03

潜流人工湿地基质除氮磷效果研究

王全金, 李 丽, 刘 江, 詹小燕

(华东交通大学 土木建筑学院, 江西 南昌 330013)

摘要:通过测试分析研究了由碎石、陶粒、石英砂 3 种不同基质构建的潜流式人工湿地运行初期对 N、P 的去除效果。实验采用连续流进水方式, 水力负荷控制在 $4.95\sim 8.25\text{cm/d}$, 实验结果表明碎石为基质的单元对 N、P 去除效果最好, 陶粒单元次之, 石英砂单元效果较差。对 TP 平均去除率分别为 90.34%、83.24% 和 71.02%; 对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 平均去除率分别为 70%、48.68% 和 39.34%; 对 TN 的去除率分别为 59.48%、42.65%、30.26%。结果还表明, 填料在湿地除磷方面起主要作用, 选择基质对除磷非常重要; 填料对氮的去除也有较大影响。

关 键 词:潜流人工湿地; 基质; 除磷; 除氮

中图分类号: X703.1

文献标识码: A

1 引言

人工湿地在污水处理、污染物控制和改善环境方面已经得到各国的普遍重视, 由于其开发和维持费用少、低能耗、高稳定性以及能提供良好的二次或三次处理等优点目前已被许多国家采用^[1-4]。随着对水处理要求的提高, 人工湿地也从最初主要用于处理污水中的悬浮物和有机物逐渐向脱氮除磷方向发展, 提高湿地对氮、磷的去除效果, 对于推广湿地在处理富营养化污水方面的应用有着重要意义。

人工湿地分为地表流湿地、潜流湿地和垂直流湿地三种类型。潜流湿地对污染物去除率较高, 是目前研究和应用比较多的一种湿地处理系统^[4]。基质是潜流人工湿地的重要组成部分, 选择合适的基质能大大提高潜流湿地的污染物处理效果, 基质在湿地脱氮除磷方面十分重要。目前, 对人工湿地的研究往往偏重于生物因子在废水处理过程中的作

用, 而对非生物因子, 特别是对人工湿地处理系统中植物和微生物生长依托的基质研究相对较少^[5]。本文选择以碎石、陶粒、石英砂为基质的潜流湿地进行脱氮除磷实验研究, 旨在为人工湿地的脱氮除磷提供更好的选择。

2 材料与方法

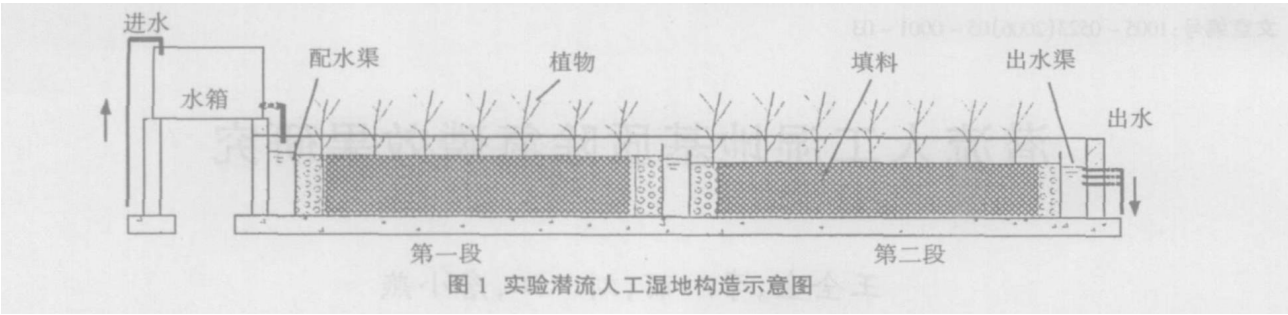
2.1 实验装置系统设计

校教学区生活污水自流排入地下调节池, 通过潜污泵将调节池污水打入高位水箱, 水箱水经配水管道、配水渠道为三组并列湿地床均匀配水, 在配总水管道上安装控制阀和流量计控制流量; 每组有两段处理区(如图 1 所示), 每段处理区长和宽分别是 2 500 mm 和 1 000 mm, 第一段处理高为 550 mm, 第二段处理区高为 500 mm, 坡度为 2%; 污水沿水平方向流经湿地床, 处理后的废水通过 UPVC 板多孔墙均匀出水。

收稿日期: 2006—09—24

资助项目: 江西省教育厅自然科学研究项目(2004)和华东交通大学科技基金项目(2005)

作者简介: 王全金(1956—), 女, 河南获嘉人, 教授, 研究方向为水环境污染治理。



2.2 湿地基质

三组湿地床基质分别为：碎石（花岗岩）、石英砂、陶粒。粒径 5~15 mm。在每段表土层中加入了 10% 的石灰石。碎石其原材料来源丰富，价格较低，含硅酸盐较多，对磷的吸附有利；陶粒由土在 800℃ 下烧制而成，球形，灰褐色，是一种新型的填料，具有质轻、比表面积大、吸附能力强等优点，但价格较高；石英砂外形扁平，表面积较大，吸附特性良好，利于微生物在上面附着生长，其原材料来源丰富，价格较低。

2.2 实验用水水质

实验采用校教学楼排出的生活污水，但由于水质各项污染物指标过低，故在原水中添加少量蔗糖、尿素、磷肥，进水水质见表 1（平均值）所示。

表 1 人工湿地进水水质

污染物指标	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TN	NO ₃ -N	TP
含量(mg/l)	106.82	57.35	20.03	29.64	0.97	3.52

2.3 湿地运行

实验系统于 2006 年 2 月~4 月进行，采用连续流进水方式，水力负荷控制在 4.95cm/d~8.25cm/d。实验时湿地植物的生物量很小，因此污水中污染

物的去除主要是基质及其上生长的生物膜的作用。

2.4 检测项目与方法

实验过程中，常规性的水质检测项目有：COD、BOD₅、NH₃-N、TN、NO₃-N、TP 等，分别采用稀释与接种法、重铬酸钾法、纳氏试剂光度法、过硫酸钾氧化—紫外分光光度法、酚二磺酸光度法、过硫酸钾氧化法进行分析。

3 结果与讨论

从表 2 可以看出，在进水污染物浓度和水力负荷相同的情况下，不同单元出水的污染物浓度和污染物去除率有显著的差异。在碎石、陶粒、石英砂 3 种基质单元中，碎石基质单元对 COD、BOD₅、NH₃-N、NO₃-N、TN、TP 等污染物的去除效果最好，陶粒基质单元次之，石英砂基质单元效果最低。碎石单元对 COD、BOD₅、NH₃-N、NO₃-N、TN、TP 的去除率分别达 76.04%、83.54%、70%、50.52%、59.48%、90.34%。这表明以碎石为基质构建人工湿地对城市生活污水具有良好的综合处理效果。尤其是脱氮除磷效果明显优于陶粒和石英砂。

表 2 各种污染物出水浓度及去除率

出水指标	石英砂单元		陶粒单元		碎石单元	
	出水浓度 (mg/l)	去除率 (%)	出水浓度 (mg/l)	去除率 (%)	出水浓度 (mg/l)	去除率 (%)
COD	27.41	73.34	27.23	74.51	25.59	76.04
BOD ₅	12.98	77.37	10.85	81.08	9.44	83.54
NH ₃ -N	12.15	39.34	10.28	48.68	6.21	70.00
NO ₃ -N	0.68	30.00	0.53	45.36	0.48	50.52
TN	20.67	30.26	17.00	42.65	12.01	59.48
TP	1.02	71.02	0.59	83.24	0.34	90.34

潜流湿地对磷的去除效果主要受到基质、植物等因素影响，从本实验结果可见，在湿地运行初期，植物生物量较小的条件下，湿地对 TP 的去除率已较高，碎石、陶粒、石英砂单元对 TP 的去除率分别

达到 90.34%、83.24%、71.02%，尤其是碎石单元对 TP 的去除率很高。国内外已有的研究表明基质对 TP 的吸附拦截和沉淀作用是湿地除磷的主要机理^[6,7]，本实验也显示基质在湿地除磷方面扮演着

主要角色,选择基质对除磷非常重要.

本实验碎石、陶粒、石英砂单元总氮的去除率分别为59.48%、42.65%、30.26%,氨氮的去除率分别为70%、48.68%、39.34%,碎石单元对氮的去除率比陶粒、石英砂单元高很多,可见填料的选择对氮的去除也很重要.但本实验结果对氮的去除效率尚不够理想,原因是污水中的氮主要是有机氮和无机氮两种形式,废水进入湿地后,首先有机氮被氨化成为无机氮,然后才进行硝化作用,最后是反硝化作用.而微生物的硝化作用决定于床体中的氧的含量,只有当含氧量充分时硝化作用才完全.湿地植物能将氧气从上部输送到根部,在根区或根际形成一种好氧环境,促进有机物质的分解和硝化细菌的生长,从而达到去除氮的目的^[8].污水中三氮的去除效率与湿地植物的生物量呈现显著相关,湿地植物生物量越高污水中三氮去除就越多^[9].本实验中待植物长成后,除氮效果会有所提高.要提高除氮效果,还应从植物等方面入手提高湿地氧含量,目前我们正在进行研究.

参考文献:

[1] Cooper P F. and Green M B. Reed bed treatment systems for Sewage treatment in the United Kingdom [J]. Wat. Sci. Tech, 1995, 32 (3): 317—327.

[2] J. B. Williams, D. Zambrano, M. G. Ford, E. May, J. E. Butler. Constructed wetlands for waste water treatment in Colombia. Wat. Sci. Tech, 1999, 40(3): 217—223

[3] 沈耀良, 王宝贞, 废水生物处理新技术[M]. 北京: 中国环境科学出版社.

[4] 白晓慧, 王宝贞, 余 敏, 聂梅生. 人工湿地污水处理技术及其发展应用[J]. 哈尔滨建筑大学学报, 1999, 32(6): 88—92

[5] 陈博谦, 王 星, 尹澄清. 湿地土壤因素对污水处理作用的模拟研究[J]. 城市环境与城市生态, 1999, 12(1): 19—21.

[6] VYMAZAL J, BRIKH, COOPER P F. Removal Mechanisms and Types of Constructed Wetlands [M]. Leiden: Backhuys Publishers, 1998: 35, 41~43.

[7] SAKADEVAN K, BAVOR H J. Phosphate adsorption characteristics of soils, slag and zeolite to be used as substrates in constructed wetland systems[J]. Wat Res, 1998, 32(2): 393.

[8] 梁 威, 胡洪营. 人工湿地净化污水过程中的生物作用[J]. 中国给水排水, 2003, 19(10): 28~31.

[9] 刘 育, 夏北成. 芦苇湿地不同生物量处理生活污水中三氮[J]. 环境科学与技术, 2006, 29(4): 98~99.

Study on Nitrogen and Phosphorus Removal Effect of Substrate in Subsurface Constructed Wetland

WANG Quan-jin, LI Li, LIU Jiang, ZHAN Xiao-yan

(School of Civil Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: N, P removal effect of subsurface constructed wetland with three kinds of substrates (detritus, zeolite and quartz) at initial operation stage is investigated by testing analysis. Water flows in and flows out continuously and hydraulic load in the range is controlled between 4.95 cm/d~8.25cm/d in test process. The experiment results show that the effect of N、P removal with the detritus as treatment unit is the best, the zeolite is the next and the quartz is the poorest. TP removal ratio with these three kinds of substrates is 90.34%、83.24% and 71.02%, NH₃-N removal ratio is 70%、48.68% and 39.34% and TN removal ratio is 59.48%、42.65% and 30.26% respectively. The results also indicate that substrate of the wetland on Phosphorus removal is a most effective factor and choosing the substrate is very important to Phosphorus removal. The substrate of the wetland has great influence on Nitrogen removal too.

Key words: subsurface constructed wetland; substrate; nitrogen removal; phosphorus removal