

银川平原人工湿地水生植物去污能力研究

吕金虎¹, 钟艳霞², 高鹏¹

(1. 银川市湿地管理办公室, 宁夏 银川 750001; 2. 宁夏大学 资源环境学院, 宁夏 银川 750021)

摘要: 利用人工湿地模拟开展城市生活污水处理后二级水深度处理研究, 发现人工湿地可以实现二级水的进一步处理, 有效提升水质。选用西部地区常见的 6 种植物, 利用箱培养开展不同植物在不同时期对水体 COD, BOD₅, NH₄⁺-N 处理效果的研究。研究显示, 不同水生植物不同时期对不同污染物处理效率明显不同, 8 月份各类水生植物的处理效率最高, 其中茭白对 3 类污染物的处理效率最高, 菖蒲、芦苇处理效率较高, 相对而言, 慈姑的处理效率最低。因此利用天然湖泊或人工湿地可以进行城市生活污水的深度处理, 开展污水治理过程中, 水生植物的选择十分重要。

关键词: 人工湿地; 水生植物; 去污能力

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)01-0192-04

中图分类号: X524

Decontamination Ability Using Aquatic Plants in Artificial Wetlands of Yinchuan Plain

LÜ Jin-hu¹, ZHONG Yan-xia², GAO Peng¹

(1. The Wetland Management Office of Yinchuan, Yinchuan, Ningxia 750001, China;

2. College of Resources and Environment, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China)

Abstract: A study on advanced water treatment of primarily treated municipal sewage by constructed wetland reveals that constructed wetland is effective for treating secondary water and water quality can be considerably improved after the treatment. Six common aquatic plant species in West China were chosen to study their effects of water treatment in different times using the three proxies of COD, BOD₅ and NH₄⁺-N. The study shows that treatment efficiency of different plants on different wastes is very different in different times. The treatment efficiency of each species reaches its maximum in August. Among the six species, *Zizania latifolia* works most efficiently on the three wastes. The treatment efficiencies of *Acorus calamus* Linn and *Phragmites communis* Trin are medium. *Sagittaria sagittifolia* is the least efficient. Natural lake and constructed wetland can be used for advanced treatment of municipal sewage. Aquatic plant selection is very important for the treatment process.

Keywords: artificial wetland; aquatic plant; decontamination ability

水生植物作为水生生态系统一个重要的组成成分, 在水生生态系统各项功能的开展过程中充当着重要的作用。经济高速发展, 环境污染日益严重的今天, 各类天然生态系统的污染治理能力得到了广泛的开发和利用^[1-5], 尤其是对于水生生态系统的净化作用^[6-7]。在水生生态系统的净化过程中, 水生植物的贡献巨大^[8-10]。不同地区的水生植物类型多样, 对水质的净化能力也各不相同。西北干旱区水生植物类

型相对单一, 在有限的水生植物类型中, 其对污水的处理效果如何, 这对于西部地区水环境的治理、生态环境修复以及提升水资源利用效率^[11]尤为重要。因此本文利用人工湿地模拟开展二级水的深度处理, 同时对西部地区常见的 6 种水生植物开展水质净化能力研究, 确定人工湿地对二级水的处理效果以及对水质净化能力最高的物种, 为城市生活污水的深度处理以及水生植物水质净化的推广奠定基础。

收稿日期: 2012-02-28

修回日期: 2012-04-07

资助项目: 宁夏回族自治区科技攻关项目“天然湖泊湿地污染水净化能力保障性研究”(2010 宁陕合作); 国家自然科学基金项目“西部地区利用人工湿地集中处理农村生活污水过程中低温微生物研究”(41161092)

作者简介: 吕金虎(1966—), 男(汉族), 宁夏回族自治区中卫市人, 高级工程师, 主要从事湿地保护管理工作。E-mail: jinhulv@126.com。

通信作者: 钟艳霞(1973—), 女(汉), 宁夏回族自治区银川市人, 博士研究生, 副教授, 研究方向为区域环境变化与管理。E-mail: zhongyx_w@163.com。

1 人工湿地模拟

1.1 人工湿地建设

人工湿地模型试验选在银川市第 3 污水处理厂厂区内西南角的一处空地,试验工艺设计为水平潜流人工湿地、复合流人工湿地和表面流人工湿地结合的系统^[12]。水平潜流人工湿地处理面积为 450 m²,共分为 3 级。复合流式人工湿地处理面积为 300 m²,共分为两级,下行池和上行池。表面流湿地面积 5 000 m²。

本次人工湿地的填料^[13]使用自制填料(甘沟碎石),分别填 20 cm 厚 0~4 mm 粒径的砾石,55 cm 厚 5~10 mm 粒径的砾石和 75 cm 厚 10~30 mm 的砾石作为 3 种不同的基质。人工湿地的水源为第 3 污水处理厂二级出水。

1.2 水生植物的选择

根据西部地区水生植物分布的调研,首先在天然水体中发现并能够稳定成长的物种作为主要待选物种;其次考虑待选植物具有较大的地面生物量和根系生物量,以确保充分的水质净化效率;第 3 所选物种具有生态可接受性,所有物种不是有害杂草,对周边自然环境的生态遗传整体性不会构成危害;第 4 待选物种具有一定的观赏价值和经济价值,利于推广;第 5 所选物种具有较高的成活率以及较强的繁殖能力^[14-16]。

根据综合考虑选择芦苇(*Phragmites australis* (cav.) Trin)、香蒲(*Typha orientalis* Presl)、菖蒲(*Acorus calamus* Linn.)、茭白(*Zizania latifolia*)、慈菇(*Sagittaria sagittifolia*)、水葱(*Scirpus validus*) 6 种水生植物开展模拟试验。

2 培养箱模拟试验

由 6 个相同的模拟花坛的圆柱形塑料容器(直径为 28.5 cm,高为 55 cm),添加细沙厚度 15 cm,夹砂石厚度 30 cm,碎石厚度 5 cm。设置水泵和间歇式喷头联合工作,将污水以水团的形式喷投到花坛上部的植物区域,水团散落后经过砾石基质、活性污泥、植物的代谢作用后,从花坛下部的出水管流出。注入城市生活污水处理后的二级水,定期补充水,逐月取样。

6 个箱体,分别种植芦苇、香蒲、菖蒲、茭白、慈菇、水葱 6 种水生植物。

3 结果与讨论

3.1 人工湿地模拟水质净化效率

首先对人工湿地试验模型区内的芦苇、香蒲、菖蒲、慈菇、茭白、水葱 6 种植物按照株高、存活及萎蔫状况、覆盖度、地上生物量、地下生物量等指标进行监测。试验区中的所有植物统一于 4 月上旬种植,温度平均为 9~19 ℃,栽种完毕即开始灌水。4 月下旬作第 1 次观察记录,潜流人工湿地中的芦苇长势旺盛,株高平均约为 15 cm,覆盖度达 40%,未出现叶片枯黄,萎蔫的状况;潜流人工湿地中的芦苇、菖蒲、慈菇、茭白、水葱长势良好,株高平均约为 18 cm,覆盖度达 45%,也未出现叶片枯黄和萎蔫的状况。潜流人工湿地中香蒲株高均为 25 cm,覆盖度达 45%,未出现生长不良的状况,复合流人工湿地中香蒲株高平均为 27 cm,覆盖度达 50%,生长状况良好,无死亡和萎蔫状况。

表 1 数据显示,城市生活污水处理后的二级水流经人工湿地后 BOD₅, COD, 氨氮各项指标都发生了变化,其中氨氮的处理效率最高,全年的处理效率均在 50% 以上,最高可达 70%。

表 1 植物对污水中主要污染物的去除效果

污染物指标	去除方法	200706	200707	200708	200709	200710
COD	进水/(mg·L ⁻¹)	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00
	出水/(mg·L ⁻¹)	57.17	40.46	39.53	37.22	38.22
	去除率/%	52.40	66.30	67.10	69.00	68.20
BOD ₅	进水/(mg·L ⁻¹)	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
	出水/(mg·L ⁻¹)	13.18	10.34	11.45	10.15	10.74
	去除率/%	56.10	65.60	61.90	66.20	64.20
NH ₄ ⁺ -N	进水/(mg·L ⁻¹)	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
	出水/(mg·L ⁻¹)	10.37	8.54	8.43	7.48	8.69
	去除率/%	58.60	65.90	66.30	70.00	65.20

不同月份的监测结果显示,人工湿地在不同时期去除污染物的能力也表现出不同,8,9 月的污染物

去除能力最强,6,7,10 月较之略弱一些,这与人工湿地中水生植物的生长状况是一致的。水生植物的生

长期,对营养物质的需求量大,对水体中氮、磷、有机物等具有很好的吸收作用,从而其对污水的处理效率更高。

此结论与前人利用水生植物开展污染水体、城市生活污水处理的结论相一致,均显示水生植物对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$, TP 等均有很好的处理效率,不同植物类型显示出不同的处理效果^[10,17-18],因此对于污染水体开展水生植物的净化处理是可行的。目前城市生活污水的二级处理,虽然实现了部分污染物的削减,但是难以实现直接的重复利用,且已经不能够满足城市水资源循环利用的要求,因此面对水资源短缺的现状,

急需开展深度治理。城市生活污水工程性的深度治理投资加大,运行成本高,难以大范围推广。在城市生活污水深度治理过程中充分利用天然或人工湿地中水生植物的净化效能,开展深度治理,不仅有利于提升水资源的品质,同时有利于节约成本,增加处理能力,提升城市生态环境效益。

3.2 箱体培养不同植物净化能力分析

人工湿地对水质的净化作用是显著的,但是在人工湿地中开展的是多种植物的混合作用。为了更好地分析不同植物对水质的净化作用,在箱体模拟中种植不同的水生植物开展水质净化能力研究,结果见表 2。

表 2 不同水生植物对水体污染物的去除效率

%

时间	指标	香蒲	菖蒲	茭白	慈姑	水葱	芦苇
200704	COD	42.0	44.0	44.5	43.0	41.4	43.9
	BOD ₅	42.0	49.1	50.8	45.8	39.2	44.6
	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$	41.8	47.2	50.7	42.6	37.4	37.0
200705	COD	61.0	62.4	61.5	62.4	60.2	62.5
	BOD ₅	60.9	64.5	61.2	62.7	58.8	63.4
	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$	61.0	63.9	61.2	62.1	58.7	63.6
200706	COD	65.0	65.2	66.5	62.4	60.2	64.2
	BOD ₅	65.0	65.6	72.1	62.7	58.8	62.3
	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$	65.0	65.4	68.0	62.1	58.7	63.8
200707	COD	74.9	74.9	75.7	65.7	64.8	74.0
	BOD ₅	75.0	75.6	76.6	61.6	70.0	73.8
	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$	75.0	75.5	75.9	65.8	71.9	72.5
200708	COD	83.0	83.2	84.9	66.2	65.8	82.5
	BOD ₅	83.0	83.1	84.5	65.2	67.1	81.2
	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$	83.0	83.6	84.0	61.8	62.3	81.4
200709	COD	78.0	78.4	84.0	67.0	66.5	76.9
	BOD ₅	78.0	78.6	82.5	68.5	68.1	76.8
	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$	78.0	78.4	78.8	65.8	64.5	76.6
200710	COD	66.0	68.0	70.0	68.9	67.7	66.4
	BOD ₅	65.9	66.8	71.2	65.3	68.1	62.2
	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$	65.8	68.5	71	66.7	64.7	65.4

研究表明,按照月份不同,不同植物表现出的去污能力明显不同。4 月份各水生植物处于生长初期,对污染物的去除效率整体相对较低,其中茭白的处理效率相对最高,在对 3 类污染物的处理能力方面,相对 BOD₅ 的处理效率最高,这一时期,北方地区气温相对较低,水生植物处于生长初期,生长能力较弱,吸收能力相对较低。5,6 月,随着温度的逐步升高,水生植物的生长逐渐旺盛,叶片增多,杆茎增长,其对污染物的去除效率也逐步升高,茭白的去除率居首,然后依次为菖蒲、香蒲和芦苇,各类污染物处理效率也

普遍提高,其中 BOD₅ 提升速度最快。7,8 月,各类水生植物去除效率达到最高,其中茭白仍为首位,依次为菖蒲、香蒲、芦苇、慈姑和水葱,各类污染物的去除效率也达到最高,此时氮氮相对变化明显。9,10 月,随着温度的逐步下降,水生植物的生长能力下降,其对污染物的去除效率有所下降,但其中茭白的去除率仍然较高,慈姑的去除率上升为第 2 位,然后依次为菖蒲、水葱、香蒲、芦苇,各类污染物的去除效率略有下降。

在 6 种水生植物的对比过程中发现,水生植物对

污染物的去除效率与生长周期成正相关关系,不同的植物类型去除效率不同。在 6 种研究植物中,整个研究周期茭白的处理效果最佳(图 1),全年处理效率基本均在 50%以上,7,8,9 月均在 75%以上,同时茭白具有很好的经济价值,有利于推广。菖蒲的去除效率也相对较高,此结论与前人模拟三峡库区的结论相一致^[19],说明菖蒲不仅对污染水体具有很好的处理效率,对富营养化水体的净化能力亦较高,菖蒲的普遍存在性,决定了其对水质净化能力的贡献前景会十分广阔。同时发现西部地区常见的芦苇的处理效率亦比较理想,尤其是生长旺盛的 7,8,9 月。芦苇在西北地区为最常见种,分布广泛,其经济价值较高,不需要人工种植,管理简单,因此在西北地区充分利用天然湖泊、沼泽中的芦苇开展污染水体的处理和净化,具有广阔的前景,尤其是西部农村地区生活污水的处理处置。

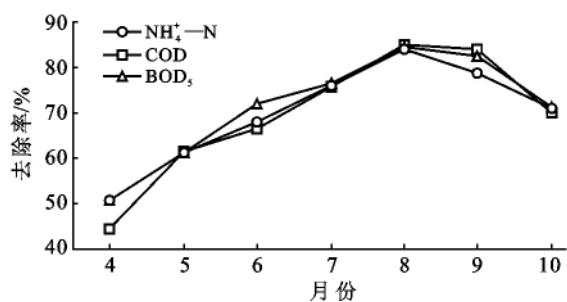


图 1 茭白在不同时间对不同污染物的处理效率

4 结论

在西部地区开展人工湿地或天然湖泊城市生活污水的深度治理工程,不仅能够改善区域的生态环境,而且有利于提升地区水资源的利用效率。

在开展水生植物污水净化过程中,水生植物的选择十分必要,研究发现茭白对 COD, BOD₅, 氨氮的处理效率较高,在西部地区人工湿地污水处理中选中茭白不仅有利于污水处理,同时具有较高的经济价值;在天然湖泊或湿地中对野生芦苇、菖蒲等资源应加大保护力度,以保障其污水的处理效率。可在西部地区农村生活污水的处理过程中考虑利用具有天然芦苇、菖蒲的湖泊、湿地开展净化处理。

[参 考 文 献]

[1] 刘世亮, 骆永明, 丁克强, 等. 土壤中有机污染物的植物修复研究进展[J]. 土壤, 2003, 35(3): 187-192.
 [2] 肖建武, 康文星, 尹少华. 城市森林净化环境功能及经济

效益评估:以“国家森林城市”长沙为例[J]. 浙江林业科技, 2009, 29(6): 71-75.

- [3] 孟范平, 刘宇, 王震宇. 海水污染植物修复的研究与应用[J]. 海洋环境科学, 2009, 28(5): 588-593.
 [4] 唐静杰, 成小英, 张光生, 等. 不同水生植物—微生物系统去除水体氮磷能力研究[J]. 中国农学通报, 2009, 25(22): 270-273.
 [5] 谢辉, 谢光炎, 杜青平, 等. 湿地植物对矿山废水重金属去除的影响[J]. 环境科学与技术, 2010, 33(S2): 476-481.
 [6] 翁白莎, 严登华, 赵志轩, 等. 人工湿地系统在湖泊生态修复中的作用[J]. 生态学杂志, 2010, 29(12): 2514-2520.
 [7] 吴献花. 人工湿地处理污水的机理[J]. 玉溪师范学院学报, 2002, 18(1): 103-105.
 [8] 潘义宏, 王宏镜, 谷兆萍, 等. 大型水生植物对重金属的富集与转移[J]. 生态学报, 2010, 30(23): 6430-6441.
 [9] 汪丽, 王国祥, 唐晓燕, 等. 不同类型水生植物群落对蓝绿藻类的抑制作用[J]. 生态学报, 2009, 28(2): 2567-2573.
 [10] 方焰星, 河池全, 梁霞, 等. 水生植物对污染水体氮磷的净化效果研究[J]. 水生态学杂志, 2010, 3(6): 36-40.
 [11] 彭剑锋, 宋永会, 郭义川, 等. 植物对再生水回用于景观湖泊的水质调控能力研究[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2009, 45(5/6): 520-523.
 [12] 住房和城乡建设部标准定额研究所. 人工湿地污水处理技术导则[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.
 [13] 董敏慧, 胡日利, 吴晓英. 基质填料在人工湿地污水处理系统中的研究应用进展[J]. 资源环境与发展, 2006(3): 70-42.
 [14] 李妙, 龙岳林, 姚季伦, 等. 4种观赏性水生植物对居住区水体的净化效果[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2010, 36(2): 115-119.
 [15] 闫煜涛, 李莎. 生态效应的景观水体中水生植物的配植探讨[J]. 贵州农业科学, 2009, 37(7): 153-154.
 [16] 迟橙, 龙岳林. 水生植物修复城市富营养化污水的研究进展[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2009, 35(1): 51-55.
 [17] 栾晓丽, 王晓, 时应征, 等. 两种挺水植物的脱氮除磷效果及其影响因素研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(4): 1576-1577.
 [18] 蔡佩英, 刘爱琴, 侯小龙. 7种水生植物去除城市生活污水氮磷效果的研究[J]. 环境工程学报, 2011, 5(5): 1067-1070.
 [19] 赵兰, 辜夕容, 邢新婷. 3种植物对人工模拟三峡库区富营养化水体的净化研究[J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2010, 32(7): 113-118.