

# 七种植物的人工湿地处理生活污水的研究

鲁 敏, 曾庆福

(武汉科技学院 环境科学研究所, 湖北 武汉 430073)

**摘要:** 研究香蒲、美人蕉、灯芯草、芦苇、菖蒲、茭白和黄花鸢尾这7种武汉地区常见湿地植物对生活污水的处理效果, 分别实验停留时间为1天, 3天和7天时的处理效果。研究表明停留时间选择1天比较合适, 各种植物的人工湿地对COD<sub>Cr</sub>, TN, TP和浊度有明显的去除, 其中香蒲、美人蕉、黄花鸢尾、茭白和菖蒲的处理效果相对较好。

**关键词:** 人工湿地; 植物; 生活污水; 处理

中图分类号: X703.1

文献标识码: A

文章编号: 1009 - 5160 (2004) - 0032 - 04

从生态学上说, 湿地是由水、永久性或间隙性处于水饱和状态下的基质以及水生植物和水生生物多组成的, 是一具有较高的生产力和较大活性、处于水陆交接相的复杂的生态系统。而所谓的人工湿地, 则是为处理污水而认为设计建造的、工程化的湿地状系统。用人工湿地系统处理污水是国内外方兴未艾的治理技术, 它在保护生态环境和节约能源及投资方面具有传统二级生化处理技术难以比拟的优点; 作为一项低投资、低能耗、低运行费、高生态环境效益的治理工程技术<sup>[1-4]</sup>, 目前人工湿地已广泛地应用于城市污水或工业废水处理的实践中<sup>[1,5]</sup>。在人工湿地污水处理系统中, 水生植物, 特别是挺水植物是人工湿地处理系统的重要有机组成部分<sup>[6,7]</sup>, 选择得恰当与否, 将直接关系到人工湿地的处理效果。但目前对于不同湿地植物对湿地环境的适应性及其处理效果的研究仍然较少<sup>[8]</sup>。

有许多水生植物可用于人工湿地废水处理系统中。目前, 据文献报道在部分利用种类有蘆草、芦苇、香蒲、灯心草、菖蒲、莎草、荆三棱、茭草、水花生和田边草<sup>[9]</sup>, 我国运用的最多的为芦苇、香蒲等少量种类, 各地对湿地植物的选择一定程度上依赖于经验, 而对各种植物应用于污水处理的效果的系统研究较为缺乏。在武汉地区, 建成的人工湿地处理污水的经验较少, 而对湿地植物研究的积累也不多, 本文研究了长苞香蒲、美人蕉、菖蒲、芦苇、茭白、灯心草及黄花鸢尾这几种湿地植物对生活污水的处理能力, 旨在为武汉地区人工湿地的建设及湿地植物的研究提供一定的科学依据。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 小型人工湿地的结构

采用长48.3厘米、宽37.0厘米、高28.8厘米的塑料箱进行实验。塑料箱内从下至上依次填充砾石层(粒径1-3厘米)、沙层、土壤层, 厚度均大约为9厘米。在箱中埋设PVC管, 一端插入箱底步, 另一端伸出土壤层外, 用于进、排水。箱体的容水体积在实验初期较高, 稳定后维持在5L左右。

### 1.2 植物的引种及栽培

菖蒲、美人蕉、灯芯草、芦苇、香蒲、茭白、黄花鸢尾均来源于中国科学院武汉植物研究所, 引种时每种植物尽量控制在中等密度, 如香蒲每箱为6株, 菖蒲、茭白、黄花鸢尾、美人蕉每箱控制在10株左右, 芦苇每箱包括3丛, 每丛5-10株。每种植物分别栽种在两个塑料箱内, 作为重复。

收稿日期: 2004-04-03

作者简介: 鲁敏(1972-), 女, 博士, 研究方向: 污水生物处理。

基金项目: 武汉科技学院资助项目(项目编号: 20032407)。

### 1.3 实验安排

植物的引种在2003年4月上旬结束,植物移栽到塑料箱中后先灌入自来水,待植物适应一周后,再灌入污水,使植物适应并使箱体内生物膜挂上,两周后开始实验污水处理效果。每次实验灌入污水量为5L,生活污水来自附近建筑的化粪池,试验了7天、3天及1天这3个停留时间的处理效果,对这3个停留时间的处理均进行了3次试验。试验结束时抽出箱内的水并测量出水体积,以根据进出水体积及水质指标的变化计算去除率。进出水的水质指标测量了 $COD_{cr}$ 、TP和TN,测量方法采用国标方法。错误!链接无效。由WZS-185型高浊度仪(上海经科雷磁)测定。溶解氧(D.O.)用溶解氧测定仪(Model 862A,美国奥立龙公司)测定。

## 2 结果与讨论

### 2.1 实验水质

试验期间生活污水的 $COD_{cr}$ 值的范围为126.9-290.7 $mgL^{-1}$ ,TN-N浓度范围为10.7-22.2 $mgL^{-1}$ ,TP-P的浓度范围为2.32-10.17 $mgL^{-1}$ ,浊度93-453,溶解氧浓度均为1.2左右。

### 2.2 各种植物湿地不同停留时间的出水水质

试验期间各种植物除了芦苇外均长势良好,芦苇的生长明显比其它种类缓慢。从箱体外可观察到,各种植物的根均达到砾石层。本试验中,地上生物量较高的种类有:香蒲、美人蕉、茭白、黄花鸢尾;地上生物量中等的种类为菖蒲;地上生物量较低的种类为灯心草和芦苇。

各种植物处理不同时间后出水的各水质指标见表1,各种植物通过不同处理时间后对各水质指标的去除率见图1。

表1 各种植物处理7天、3天和1天时的出水中的各水质指标的平均值

		长苞香蒲	美人蕉	菖蒲	芦苇	茭白	黄花鸢尾	灯心草
$COD_{cr}$ ( $mgL^{-1}$ )	7天	40.15	38.14	29.67	60.68	28.64	19.59	43.62
	3天	44.58	45.98	49.78	53.90	58.47	74.90	83.47
	1天	62.10	74.35	78.40	48.70	66.10	76.90	80.40
TP-P ( $mgL^{-1}$ )	7天	0.50	0.38	0.47	0.58	0.60	0.22	0.34
	3天	1.58	1.42	1.61	1.59	1.52	1.53	1.21
	1天	1.62	1.07	1.07	1.18	0.92	0.61	0.80
TN-N ( $mgL^{-1}$ )	7天	1.13	1.41	1.35	4.47	2.08	1.99	2.96
	3天	2.87	4.42	6.08	8.74	4.14	4.05	6.72
	1天	10.13	11.46	10.72	10.96	6.60	10.17	10.44
D.O. ( $mgL^{-1}$ )	7天	4.88	5.3	7.64	6.67	5.2	4.15	4.7
	3天	5.45	5.43	6.13	4.77	5.1	8.6	4.8
	1天	4.18	4.74	4.34	4.54	4.18	4.6	4.52
浊度	7天	22.35	10.20	19.90	11.55	11.65	6.80	8.40
	3天	17.63	9.33	30.43	31.40	30.13	6.67	9.57
	1天	24.57	13.17	19.17	32.23	31.20	11.53	11.90

从表1可见,经各种人工湿地处理一天后的出水水质已经有显著的改善,其中出水中 $COD_{cr}$ 、TP和TN的浓度基本上已达到污水综合排放的标准(GB8978-1996),出水中溶解氧的浓度各种植物均达到 $4mgL^{-1}$ 以上,浊度的下降也非常的明显。由于一般进入人工湿地的污水是原污水经过沉淀池处理过的污水,污染物质浓度一定程度下降,而本实验所用的污水没有经过预处理,因此可见停留时间为1天应该能够达到污水处理的要求。随着处理时间的延长,出水的水质也进一步改善,因此停留时间1天以上可适用于污水的深度处理。

### 2.3 各种湿地植物不同停留时间的去除率

在本实验中,由于植物的蒸发量较大,出水通常比进水体积小得多,并且不同植物差异较大,出水体积还受到降雨的影响,所以计算污染物质的去除率还考虑到了进出水的体积变化。

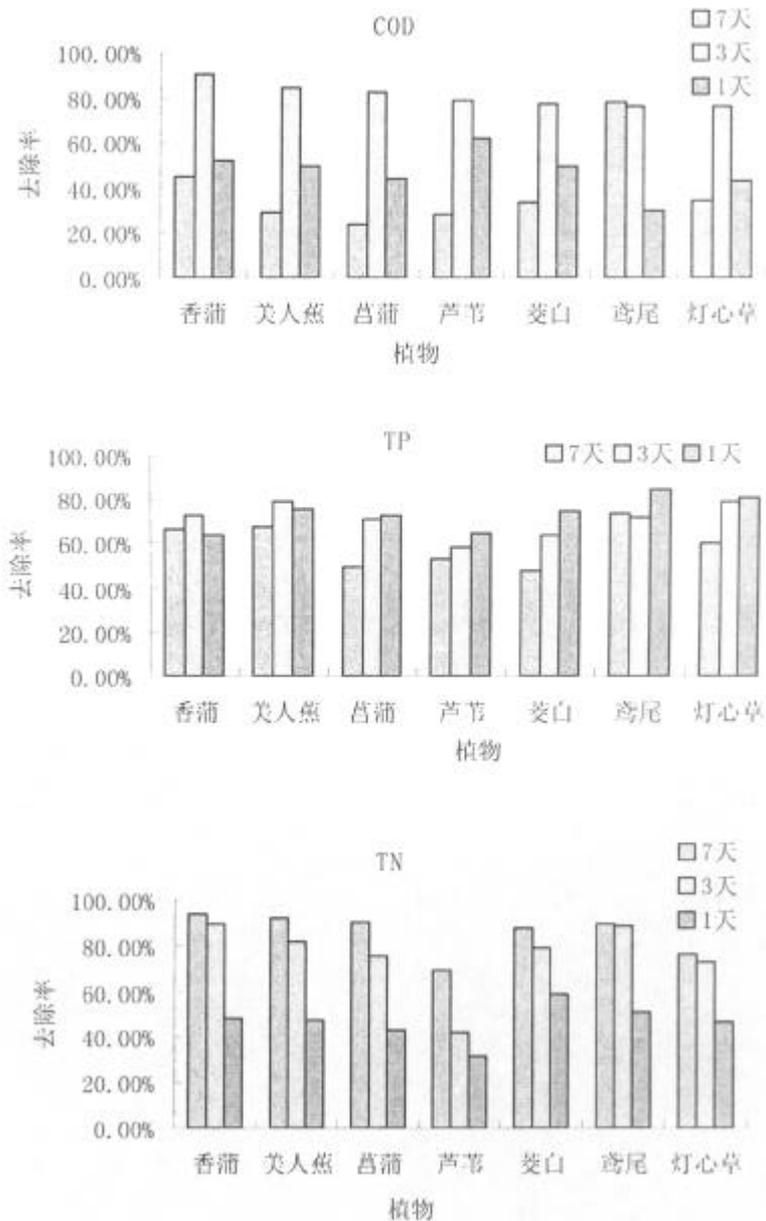


图1 各种植物在停留时间为7天,3天和1天时分别对 $COD_{Cr}$ 、TP和TN的去除率

由图1可见,除了黄花鸢尾,其他植物处理7天的COD与TP的去除率反而比3天的要低,这主要与实验期间降雨的影响有关,同时也说明黄花鸢尾湿地处理效果受不良天气的影响相对较小。TN的去除相对COD与TP的去除受降雨的影响相对较小。

停留时间为3天时,各种植物人工湿地对COD的去除率均较高,以香蒲、美人蕉与菖蒲相对较高,其余的比较接近。而停留时间为1天时各种植物人工湿地的差异相对较大,以芦苇人工湿地的去除率最高,其次为香蒲、美人蕉、茭白、菖蒲和灯心草,效果最差的为黄花鸢尾。

由图1可看出芦苇人工湿地对TP和TN的去除相对于其它植物比较差,其他植物人工湿地的去除效果均较好,TP的去除尤其以灯心草、黄花鸢尾与美人蕉最好。

总体上看,对各种污染物去除效果较好的种类有香蒲、美人蕉、茭白、黄花鸢尾和菖蒲,这几种植物中香蒲、美人蕉、黄花鸢尾和菖蒲还兼具一定的观赏价值,因此是几种较好的人工湿地植物。灯心草对TP的去除特别高,但对COD的去除能力较差,考虑到该种植物冬季能够继续生长,因此灯心草也是一种植

得推荐的湿地植物。芦苇是目前为止应用得最多的湿地植物,但本实验中,芦苇对 COD 的去除能力比较好,但去除 TN 和 TP 的能力比较差,反映出该种植物处理污水效果不是很稳定, Tanner<sup>[8]</sup>的研究也与本研究结果类似。

### 3 结论

本文的研究可得出以下结论:

- (1) 香蒲、美人蕉、黄花鸢尾和菖蒲人工湿地兼具处理效果好和美观的特点,是较好的湿地植物;
- (2) 灯心草可弥补其他植物在冬季处理效果下降的不足;
- (3) 本实验中芦苇人工湿地的处理效果不佳,因此芦苇在武汉地区人工湿地的应用还有必要继续研究。

### 参考文献:

- [1] 朱彤,许振成,胡康萍. 人工湿地污水处理系统应用研究[J]. 环境科学研究, 1991, 4 (5): 17-22.
- [2] 白晓慧,王宝贞,余敏,等. 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.
- [3] 胡康萍,许振成,朱彤,等. 人工湿地污水处理系统初步研究[J]. 上海环境科学, 1991, 10 (90): 41~43.
- [4] Pride R E, Nohretedt J S, Benefield L D. Utilization of created wetlands to upgrade small municipal wastewater treatment systems[J]. *Water Air Soil Pollution*, 1990, 50: 371~385.
- [5] 陈镇华. 地表漫流田培植美人蕉对工业区综合污水深度处理的试验及大田实践[J]. 广州环境科学, 2002, 17 (3): 14~17.
- [6] Brix, H. Treatment of wastewater in the rhizosphere of wetland plants: the root-zone method[J]. *Water Sci. Technol.*, 1987, 19: 107~118.
- [7] Reed, S. C., Middlebrooks. E. J, Crites, R. W. Natural systems for wastewater treatment[M]. In: *Wetland Systems*. McGraw-Hill, New York, NY, 1988. 164~202.
- [8] Tanner C. C. Plants for constructed wetland treatment systems – A comparison of the growth and nutrient uptake of eight emergent species[J]. *Ecological Engineering*, 1996, 7: 59~83.
- [9] 成水平. 人工湿地废水处理系统的生物学基础研究进展[J]. 湖泊科学, 1996, 8 (3): 268~273.

## Study on Treatment of Domestic Sewage by Constructed Wetland Planted with Seven Wetland Plants

LU Min, ZENG Qing-fu

(The Research Institute of Environmental Science, Wuhan University of Science and Engineering, Wuhan Hubei 430073, China)

**Abstract:** This paper has studied the treatment of the domestic sewage by constructed wetland, which is planted with seven common wetland plants in Wuhan (*Typha angustata*, *Canna chinensis*, *Acorus celembis*, *Phragmites communis*, *Zizania caduciflora*, *Iris pseudacorus* and *Juncus effusus*), under different wastewater detention time (including 1, 3 and 7 days). The study result shows that optimal retention time is 1 day, all plants can remove COD<sub>cr</sub>, TN, TP and turbidity obviously, of which *Typha angustata*, *Canna chinensis*, *Acorus celembis* and *Iris pseudacorus* are relatively more effective.

**Key Words:** constructed wetland; plant; domestic sewage; treatment