

七种湿地植物处理污水的比较研究

鲁敏, 曾庆福, 谭远友

(武汉科技学院 环境科学研究所, 湖北 武汉 430073)

摘 要:本文研究了香蒲、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, 分别实验了停留时间为 1 天, 3 天和 7 天时这 7 种植物的处理效果。各种植物的人工湿地对 COD_{Cr}, TN, TP 和浊度有明显的去除, 停留时间 1 天的各种植物湿地的出水已基本达到国家一级排放标准。统计测验表明, 各种植物对 COD_{Cr} 的去除无显著性差异; 芦苇对 TN 的去除率显著低于其它植物, 灯心草的去除率显著低于香蒲; 美人蕉、黄花鸢尾与灯心草对 TP 的去除率显著高于芦苇和茭白, 黄花鸢尾对 TP 的去除率还显著高于菖蒲; 总体上看, 香蒲、美人蕉、黄花鸢尾对 COD、N、P 的去除效果均较好, 为较好的湿地植物。

关键词:人工湿地; 植物; 生活污水; 处理

中图分类号: X52

文献标识码: A

文章编号: 1009-5160(2007)-0025-04

人工湿地 (Constructed wetland) 是为处理污水而人为设计建造的, 是本世纪七八十年代发展起来的新型废水处理工艺, 它根据自然湿地生态系统中物理、化学、生化反应的协同作用来处理废水, 一般由人工基质 (一般为碎石) 和生长在其上的水生植物 (如芦苇、茭白等) 组成, 是一个独特的土壤-植物-微生物生态系统。人工湿地可以促进废水中植物营养素的循环, 使废水中所含的有用物质以作物生产形式再利用, 能绿化土地, 改善区域气候, 促进生态环境的良性循环, 简而言之, 具有高效率、低投资、低运转费用、低维持技术、用地少和基本不耗电的优势^{[1][2][3][4]}。

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^{[1][5]}。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^{[6][7]}, 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^[8]。

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 草、芦苇、香蒲、灯心草、菖蒲、莎草、荆三棱、茭草、水花生和田边草^[9], 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, 一端插入箱底部, 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。

收稿日期: 2007-08-12

作者简介: 鲁敏 (1972-), 女, 副教授, 研究方向: 水处理。

1.2 植物的引种及栽培

菖蒲、美人蕉、灯芯草、芦苇、香蒲、茭白、黄花鸂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、黄花鸂尾、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。

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[10]。错误!链接无效。由 WZS-185 型高浊度仪(上海经科电磁)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。实验结束后,将植物的地上部分全部收割,并将地下的根茎取出洗净,称取各种植物的地上及地下部分的干重。

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 126.9-290.7mg/L, TN-N 浓度范围为 10.7-22.2 mg/L, TP-P 的浓度范围为 2.32-10.17 mg/L, 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及去除率

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、黄花鸂尾;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芯草和芦苇。

各种植物处理不同时间后出水的各水质指标及其去除率见表 1,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 4mg/L 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。

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	黄花鸂尾	灯芯草
COD _{Cr} (mg/L)	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 (mg/L)	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 (mg/L)	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. (mg/L)	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

2.3 各种湿地植物去除率比较

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。表二至表四为各种植物对 COD、TN、TP 的去除率及通过单因子重复测验数据的方差分析 (最小显著极差法比较) 去除率有显著性差异的植物。

由表 2 可见, 各种植物停留时间为 7 天的去除率较低, 主要与实验期间降雨量较大有关。停留时间为 3 天的去除率明显高于停留时间为 1 天的去除率。统计分析表明各种植物对 COD 的去除无显著性差异。

由表 3 可见, 停留时间与去除率为正相关, 停留时间为 7 天与 3 天时去除率均较高, 而停留时间为 1 天时去除率有明显下降。各种植物中以芦苇对 TN 的去除效果最差, 显著低于其他植物, 而去除效果最好的为长苞香蒲, 并显著高于灯心草, 由此可见, 长苞香蒲、美人蕉、菖蒲、茭白、黄花鸢尾这几种植物对 TN 的去除较好。

由表 4 可见各种停留时间之间的 TP 去除率差异较不明显, 说明湿地对磷去除的反应速度较快, 可能与磷的去除主要通过土壤的吸附有关。各种植物中以黄花鸢尾的去除率最高, 芦苇的去除率最低。美人蕉、黄花鸢尾、灯心草的去除率显著高于芦苇和茭白, 黄花鸢尾的去除率还显著高于菖蒲。由此可见, 美人蕉、黄花鸢尾、灯心草为除磷的较好植物。

表 2 各种植物对 COD 的去除率及去除率有显著性差异的植物

	长苞香蒲	美人蕉	菖蒲	芦苇	茭白	黄花鸢尾	灯心草
7 天 (%)	44.71	28.80	23.74	28.71	33.70	77.82	34.48
3 天 (%)	90.30	83.70	82.14	78.60	77.39	76.23	76.33
1 天 (%)	51.87	49.16	44.07	61.60	49.13	30.18	43.08
平均值 (%)	62.29	53.88	49.98	56.30	53.40	61.41	51.30
去除率有显著性差异的植物	植物间无显著性差异						

表 3 各种植物对 TN 的去除率及去除率有显著性差异的植物

	长苞香蒲	美人蕉	菖蒲	芦苇	茭白	黄花鸢尾	灯心草
7 天 (%)	94.27	92.17	90.56	68.94	87.36	89.62	76.73
3 天 (%)	89.13	81.82	75.43	42.04	79.24	88.46	72.78
1 天 (%)	48.20	46.96	43.10	31.44	58.53	50.67	46.33
平均值 (%)	77.20	73.65	69.70	47.47	75.04	76.25	65.28
去除率有显著性差异的植物	长苞香蒲、美人蕉、菖蒲、茭白、黄花鸢尾、灯心草>芦苇 长苞香蒲>灯心草						

表 4 各种植物对 TP 的去除率及去除率有显著性差异的植物

	长苞香蒲	美人蕉	菖蒲	芦苇	茭白	黄花鸢尾	灯心草
7 天 (%)	66.67	67.42	49.16	52.85	47.66	73.54	60.21
3 天 (%)	73.05	79.67	71.03	58.15	64.39	71.83	78.94
1 天 (%)	64.38	75.27	72.81	64.89	74.66	84.44	81.19
平均值 (%)	68.03	74.12	64.33	58.63	62.23	76.60	73.45
去除率有显著性差异的植物	美人蕉、黄花鸢尾、灯心草>芦苇、茭白 黄花鸢尾>菖蒲						

总体上看, 对各种污染物去除效果较好的种类有香蒲、美人蕉和黄花鸢尾, 这几种植物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值得推荐的湿地植物。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^[8]的研究也与本研究结果类似。

2.4 各种植物的地上及地下部分干重比较

各种植物的地上及地下部分的重量差异极大(图 1),地上部分的重量以美人蕉为最高,且大大高于其它植物,芦苇、香蒲和黄花鸢尾和茭白地上部分的重量比较接近,灯心草和菖蒲明显较低。美人蕉地下部分的重量同样也大大高于其它种类,地下部分重量较高的还有黄花鸢尾及菖蒲,香蒲和茭白的地下部分干重稍低,而芦苇和灯心草的重量较低。由图 1 可见,除了芦苇和灯心草,一般植物的地下部分的重量要大大高于地上部分的重量,这两种植物的这种特点与其根部较少粗壮的根或块状茎有关。地下部分所固定的污染物很难从系统中去除,在一定的时期,根茎所固定的营养物质会释放出来,使出水水质恶化,并且根系太发达容易减小湿地的空隙率,造成湿地的堵塞。美人蕉尽管去除污染物的能力较强,但其地下有发达的块状茎,较容易堵塞湿地,应用时应予以注意。芦苇尽管在本次实验中去除污染物的能力不强,但地上部分与地下部分的重量差异较小,从这一点上看,芦苇还是一种较好的湿地植物。

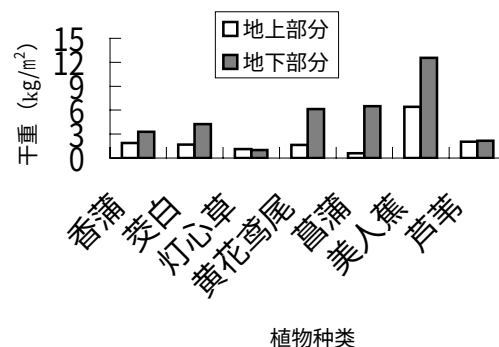


图 1 各种湿地植物地上与地下部分干重的比较

3 结论

本文的研究可得出以下结论:

- (1) 香蒲、美人蕉和黄花鸢尾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,美人蕉地下根茎特别发达,可能会大大降低湿地的空隙率;
- (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,但其地下部分重量的比重相对较小,有不易堵塞湿地的优点,因此芦苇在武汉地区人工湿地的应用还有必要进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 朱彤. 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] 张甲耀. 潜流型人工湿地污水处理系统氮去除及氮转化细菌的研究 [J]. 环境科学学报, 1999, 19(3): 323-327.
- [3] 陈博谦. 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.
- [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.
- [7] Reed, S. C., Middlebrooks, E. J. and Crites, R. W. Natural systems for wastewater treatment [A]. McGraw-Hill. Wetland Systems [C]. New York, NY, 1988. 164-202.