

不同植物构成的人工湿地对生活污水中氮的去除效应

刘育¹, 夏北成²

(1. 中山大学东校区实验中心, 广东 广州 510006; 2. 中山大学环境科学研究所, 广东 广州 510275)

摘要: 测定由不同植物构成的人工湿地的氨态氮、硝态氮和亚硝态氮含量, 对比不同植物对生活污水中氮的去除效率。结果表明, 与不种植物的人工湿地相比, 由风车草 [*Cyperus alternifolius* L. ssp. *flabelliformis* (Rottb.) Kükenth.]、香根草 [*Vertiveria zizanioides* (Linn.) Nash]、芦苇 [*Phragmitas communis* Trin.] 和美人蕉 (*Canna indica* Linn.) 构成的人工湿地对氨态氮去除率分别提高 6%、8%、11% 和 14%; 对硝态氮去除率分别提高 5%、6%、13% 和 9%; 对亚硝态氮去除率分别提高 5%、7%、10% 和 7%, 说明种植芦苇和美人蕉的人工湿地对生活污水中的氮具有较好的去除效果。

关键词: 人工湿地; 湿地植物; 氨态氮; 硝态氮; 亚硝态氮

中图分类号: Q948.116 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2005)04-0046-03

Nitrogen removal in domestic sewage by constructed wetland with different plants LIU Yu¹, XIA Bei-cheng² (1. Experiment Center of East Campus, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510006, China; 2. Environmental Science Institute, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2005, 14(4): 46-48

Abstract: The contents of NH_4^+ -N, NO_3^- -N and NO_2^- -N in constructed wetlands planted with different plants were determined to contrast the nitrogen removal effect in domestic sewage. Compared with the wetland with no plant, in the wetlands with *Cyperus alternifolius* L. ssp. *flabelliformis* (Rottb.) Kükenth., *Vertiveria zizanioides* (Linn.) Nash, *Phragmitas communis* Trin. and *Canna indica* Linn., NH_4^+ -N removal ratios increased 6%, 8%, 11% and 14% respectively; NO_3^- -N removal ratios increased 5%, 6%, 13% and 9% respectively; and NO_2^- -N removal ratios increased 5%, 7%, 10% and 7% respectively. The results show that the wetlands planted with *P. communis* and *C. indica* have better effect of nitrogen removal in domestic sewage.

Key words: constructed wetland; wetland plant; NH_4^+ -N; NO_3^- -N; NO_2^- -N

湿地是自然生态系统的重要组成部分, 其治污功能引起众多学者关注。植物是湿地组成部分之一, 用湿地植物处理污水的研究已有许多报道, 但对植物在污染环境中的生长以及适宜于热带、亚热带湿地栽种的植物种类缺乏系统的研究^[1-3]。中国湿地植物种类丰富, 选择适当有效的湿地植物将有利于人工湿地的发展推广^[4,5]。近年来中国城镇生活污水中氮的污染呈上升趋势, 利用人工湿地处理生活污水中的氮污染具有现实意义^[6,7]。

1 材料和方法

1.1 实验材料

1.1.1 进水水质 人工湿地位于广州市天河区沙河涌, 湿地进水主要为居民生活污水, 进水水质平

均 pH 中性, 生物需氧量 (BOD) 平均为 $117.58 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。氨态氮浓度 $78.27 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 硝态氮浓度 $3.33 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 亚硝态氮浓度 $0.54 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

1.1.2 人工湿地植物 人工湿地采用 4 种湿地植物: 风车草 [*Cyperus alternifolius* L. ssp. *flabelliformis* (Rottb.) Kükenth.]、香根草 [*Vertiveria zizanioides* (Linn.) Nash]、芦苇 (*Phragmitas communis* Trin.) 和美人蕉 (*Canna indica* Linn.)。

1.2 分析方法

1.2.1 水样的采集与分析方法 在每条人工湿地

收稿日期: 2005-03-15

作者简介: 刘育 (1975-), 男, 江苏扬州人, 硕士, 工程师, 现从事污染生态学方向的研究。

的末端出水处的基质上选取间距相等的3个采样点,将基质挖深至约15 cm处,用注射器分别抽取3个采样点的水样,混合后作为该条人工湿地的出水。2003年3月—2004年1月,每隔7 d采水样1次。氨态氮的测定采用纳氏试剂比色法(GB7479—87);硝态氮和亚硝态氮测定方法见文献[8]。

1.2.2 植物生长观测 人工湿地A不种任何植物,人工湿地B、C、D、E分别种植风车草、美人蕉、香根草和芦苇。A、B、C、D的面积为13.8 m×3 m;E的面积为12.8 m×4.5 m,植物覆盖度均一致。2003年9月26日—2004年1月9日每7天观测1次,选10株测量植物地上部株高,取平均值。

2 结果和分析

2.1 湿地植物的生长情况和株高

B、C、D、E 4块人工湿地植物株高变化见表1。在测定期间风车草平均株高50 cm,平均分蘖10株,由于受湿地中蚂蚁的干扰,风车草的生长状况较差。美人蕉平均株高110 cm,平均分蘖4株,在11月下旬以后美人蕉逐步出现大面积枯萎。香根草平均株高140 cm,平均分蘖14株,由于该湿地的香根草已经生长了2 a,11月份后全部结实变枯。芦苇平均株高125 cm,平均分蘖12株。

2.2 对生活污水中氨态氮去除效果的比较

5块湿地对生活污水中氨态氮去除率见表2。无植物的湿地(A)氨态氮去除率最低,与其相比,种植美人蕉、芦苇、香根草和风车草的人工湿地对污水中氨态氮去除率分别提高14%、11%、8%和6%。无植物湿地由于缺少植物吸收污水中氨态氮的功能,氨态氮处理能力弱。种植了植物的湿地由于各

表1 人工湿地植物的平均株高¹⁾
Table 1 The average height of plants in constructed wetland¹⁾

湿地植物 Wetland plant	不同时间平均高度/cm Average height at different time (MM-DD)							
	09-26	10-11	10-18	10-25	11-01	11-08	11-15	11-22
Cy	40	40	40	50	50	50	60	60
Ca	100	100	110	110	110	120	120	-
Ve	130	130	140	140	150	150	150	-
Ph	110	120	120	120	130	130	130	140

¹⁾ Cy: 风车草 *Cyperus alternifolius* L. ssp. *flabelliformis* (Rottb.) Kiienth.; Ca: 美人蕉 *Canna indica* Linn.; Ve: 香根草 *Vertiveria zizanioides* (Linn.) Nash; Ph: 芦苇 *Phragmites communis* Trin.; -: 枯萎或结实 Wilting or fruiting.

种植物吸收污水中氨态氮的能力不同而导致处理效果不同,其中美人蕉湿地对氨态氮的吸收效率最高。

2.3 去除生活污水中硝态氮效果的比较

各湿地对生活污水中硝态氮的去除情况见表3。无植物湿地硝态氮去除率最低,与其相比,种植了芦苇、美人蕉、香根草和风车草的人工湿地对生活污水中硝态氮的去除率分别提高13%、9%、6%和5%。芦苇湿地对硝态氮的去除率最高,美人蕉湿地对硝态氮的去除率略优于香根草湿地。无植物湿地由于没有植物根系的微环境,微生物的硝化、反硝化作用不强烈,而芦苇湿地中微生物的反硝化作用强于其他湿地,因而,芦苇湿地对硝态氮的去除率最高。

2.4 对生活污水中亚硝态氮去除效果的比较

5块人工湿地对生活污水中亚硝态氮的去除情况见表4。无植物湿地亚硝态氮去除率最低,与其相比,种植了芦苇、美人蕉、香根草和风车草的人工湿地对亚硝态氮的去除率分别提高10%、7%、7%和5%,其中芦苇湿地亚硝态氮去除率最高,风车草湿地最低。

表2 由不同植物构成的人工湿地对生活污水中的氨态氮去除率的比较¹⁾
Table 2 Comparison of removal ratios of NH_4^+ -N from domestic sewage by constructed wetlands with different plants¹⁾

湿地 Wetland	不同时间氨态氮去除率/% NH_4^+ -N removal ratio at different time (MM-DD)														
	09-26	10-11	10-18	10-25	11-01	11-08	11-15	11-22	11-29	12-06	12-13	12-19	12-27	01-04	01-09
A	12.8	10.7	14.8	16.6	10.6	12.9	9.4	7.3	11.6	13.7	12.0	16.7	10.7	14.5	16.4
B	23.2	19.1	20.9	26.3	21.0	18.9	17.2	12.9	15.1	16.8	18.2	15.6	18.6	16.8	17.9
C	29.9	25.4	26.0	31.6	26.7	25.9	20.8	22.0	25.6	26.7	28.2	26.0	29.6	29.1	27.3
D	23.8	21.9	20.3	23.1	24.3	19.8	20.4	18.0	17.2	18.0	20.3	21.1	22.9	20.4	22.3
E	26.3	25.3	25.6	21.9	24.7	21.6	22.3	21.1	18.3	22.4	25.1	23.5	24.1	24.5	25.4

¹⁾ A: 不种植物的湿地 Wetland with no plant; B: 风车草湿地 Wetland with *Cyperus alternifolius* L. ssp. *flabelliformis* (Rottb.) Kiienth.; C: 美人蕉湿地 Wetland with *Canna indica* Linn.; D: 香根草湿地 Wetland with *Vertiveria zizanioides* (Linn.) Nash; E: 芦苇湿地 Wetland with *Phragmites communis* Trin.

表3 由不同植物构成的人工湿地对生活污水中硝态氮去除率的比较¹⁾Table 3 Comparison of removal ratios NO_3^- -N in domestic sewage by constructed wetlands with different plants¹⁾

湿地 Wetland	不同时间硝态氮去除率/% NO_3^- -N removal ratio at different time (MM-DD)															
	09-26	10-11	10-18	10-25	11-01	11-08	11-15	11-22	11-29	12-06	12-13	12-19	12-27	01-04	01-09	
A	11.1	8.2	15.4	12.1	9.6	7.5	11.5	10.7	8.5	12.9	12.2	5.4	14.9	10.4	11.8	
B	13.4	14.7	14.3	16.1	20.8	17.9	13.2	16.0	14.6	10.0	14.3	21.2	14.8	19.2	15.3	
C	18.5	22.0	19.7	18.1	22.0	17.6	17.2	16.5	19.1	22.0	19.8	21.3	18.5	21.0	19.5	
D	18.1	15.4	16.8	17.3	13.2	17.9	16.1	15.4	12.8	14.0	17.2	19.8	16.7	20.1	20.2	
E	23.8	23.4	24.6	23.5	26.2	20.6	23.5	21.3	17.7	20.9	21.9	26.1	23.9	24.7	26.1	

¹⁾ A: 不种植物的湿地 Wetland with no plant; B: 风车草湿地 Wetland with *Cyperus alternifolius* L. ssp. *flabelliformis* (Rottb.) Kiiikenth.; C: 美人蕉湿地 Wetland with *Canna indica* Linn.; D: 香根草湿地 Wetland with *Vertiveria zizanioides* (Linn.) Nash; E: 芦苇湿地 Wetland with *Phragmites communis* Trin.

表4 由不同植物构成的人工湿地对生活污水中亚硝态氮去除率的比较¹⁾Table 4 Comparison of removal ratios of NO_2^- -N in domestic sewage by constructed wetlands with different plants¹⁾

湿地 Wetland	不同时间亚硝态氮去除率/% NO_2^- -N removal ratio at different time (MM-DD)															
	09-26	10-11	10-18	10-25	11-01	11-08	11-15	11-22	11-29	12-06	12-13	12-19	12-27	01-04	01-09	
A	11.5	10.4	6.5	10.6	14.4	10.0	8.5	3.8	4.5	9.5	13.1	12.7	11.6	11.0	10.5	
B	17.0	15.3	13.5	16.2	11.8	16.4	17.3	15.9	15.4	13.9	15.9	17.4	13.1	17.0	15.8	
C	15.1	15.3	18.7	20.2	15.1	17.1	17.0	15.4	15.0	17.4	20.2	17.1	16.8	18.4	22.5	
D	18.0	18.8	20.1	17.2	16.8	17.0	14.4	18.7	16.1	18.3	15.9	18.4	19.3	15.2	19.1	
E	20.2	21.1	21.9	19.4	22.8	20.2	16.6	16.8	14.7	22.1	18.9	18.0	19.7	16.8	19.9	

¹⁾ A: 不种植物的湿地 Wetland with no plant; B: 风车草湿地 Wetland with *Cyperus alternifolius* L. ssp. *flabelliformis* (Rottb.) Kiiikenth.; C: 美人蕉湿地 Wetland with *Canna indica* Linn.; D: 香根草湿地 Wetland with *Vertiveria zizanioides* (Linn.) Nash; E: 芦苇湿地 Wetland with *Phragmites communis* Trin.

3 讨 论

种植4种植物的人工湿地对生活污水中氮的去除能力有差异,对氨态氮的去除能力强,对亚硝态氮的去除能力最弱。植物吸收污水中氨态氮的能力受植物自身生理作用影响,而植物处理污水中硝态氮和亚硝态氮则受湿地中微生物作用的影响,植物只是依靠其根系的生长及其自身的输氧作用来协助微生物的作用,因而湿地对污水中硝态氮和亚硝态氮去除能力的差异受植物种类影响不显著。

本研究显示植物在人工湿地处理污水过程中有一定作用,植物的自身生长能大量吸收污水中的氨态氮,植物根系为微生物提供附着物和代谢需要的氧气,加快了微生物对污染物的代谢作用。在4种植物中,芦苇和美人蕉根系发达,枝叶繁茂,生长所需的氮元素较多,对氮的去除效果较好。

参考文献:

- [1] Selma C. Treatment of wastewater by natural systems [J]. Environment International, 2001, 26: 189-195.
- [2] Amelia K. The potential for constructed wetlands for wastewater treatment and reuse in developing countries: a review [J]. Ecological Engineering, 2001, 16: 545-560.
- [3] 梁继东,周启星,孙铁珩. 人工湿地污水处理系统研究及性能改进分析[J]. 生态学杂志, 2003, 22(2): 49-55.
- [4] 靖元孝,陈兆平,杨丹菁. 风车草对生活污水的净化效果及其在人工湿地的应用[J]. 应用与环境生物学报, 2002, 8(6): 614-617.
- [5] 夏汉平. 人工湿地处理污水的机理与效率[J]. 生态学杂志, 2002, 21(4): 51-59.
- [6] 张荣社,周琪,张建,等. 潜流构造湿地去除农田排水中的氮的研究[J]. 环境科学, 2003, 24(1): 113-116.
- [7] 张毅敏,张永春. 利用人工湿地治理太湖流域小城镇生活污水可行性探讨[J]. 农业环境保护, 1998, 17(5): 232-234.
- [8] 国家环保局. 水和废水监测分析方法[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003. 213-361.

(责任编辑:张垂胜)