

十九种植物净化生活污水总氮及总磷能力的比较

赵 妍¹, 王 旭 和², 戚 继 忠¹

(1. 北华大学 林学院, 吉林 吉林 132013; 2. 吉林市园林管理处, 吉林 吉林 132013)

摘 要:研究了吉林市松花江沿岸耐湿能力较强的 19 种植物对生活污水中总氮、总磷的净化效果。结果表明:植物对城市生活污水具有一定的净化作用,不同植物的净化效果具有一定差异;洋铁酸模对总氮的净化效果最好,最高净化率为 29.14%;彩叶草对总磷的净化效果最好,最高净化率为 58.04%;泽泻、戟叶蓼、彩叶草、马蔺、水芹对生活污水中总氮、总磷综合净化能力较高,可用于污水净化植物景观的构建。

关键词:植物;净化;总氮;总磷

中图分类号:X 173 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)17-0081-04

水环境污染已成为当今世界范围内普遍存在的环境问题。利用植物净化污水具有低成本、易管理、高效率等特点^[1-3]。植物不仅可直接吸收污水中的氮、磷,还对污水中的重金属及有机物有一定的净化效果^[4-8]。据研究芦苇(*Phragmites communis* Trin)、灯心草(*Juncus effuses* Linn, Rush)、蝴蝶花(*Iris japonica* Thunb, Buttery Swordflag)对水质中的氮、磷有良好的净化效果^[9-11]。因此,可利用植物这一功能,构建人工湿地,降低水体污染^[12-14]。然而,目前的研究多是针对中国南方地区,东北地区较少。

现选择吉林市松花江沿岸耐湿能力较强的 19 种植物,通过试验筛选对生活污水中总氮、总磷处理能力较强的植物用于净化污水植物景观的构建。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 试验用水 试验用水取自松花江吉林市段临江门大桥下生活污水排放口,采样时间为早晨 6:00 并对植物进行浇灌,作为进水样,同步进行对照用的各指标检测。

1.1.2 植物材料 根据适应性、强耐污性、强抗病虫害能力等原则,选择松花江沿岸污水排放口附近生长状况良好的 19 种植物作为研究对象(表 1)。

表 1 试验用植物名录

Table 1 List of plants in the experiment

序号	植物名称	拉丁名
1	泽泻	<i>Alisma orientale</i> (Sam.) Juz.
2	和尚菜	<i>Adenocaulon himalaicum</i> Maxim.
3	灰绿藜	<i>Chenopodium glaucum</i> L.
4	洋铁酸模	<i>Rumex patientia</i> L. var. <i>callosus</i> F. Schmidt
5	桃叶蓼	<i>Polygonum persicaria</i> L.
6	黑心菊	<i>Rudbeckia hybrida</i> Hort.
7	戟叶蓼	<i>Polygonum thunbergii</i> Sieb. et Zucc.
8	马蔺	<i>Iris lactea</i> var. <i>chinensis</i> Thunb.
9	紫萼	<i>Hosta ventricosa</i> Stearn
10	彩叶草	<i>Coleus blumei</i> Benth.
11	艾蒿	<i>Artemisia argyi</i> Levl. et Vant.
12	白三叶	<i>Trifolium repens</i> L.
13	山莴苣	<i>Lactuca indica</i> L.
14	美汉草	<i>Meehanian urticifolia</i> (Miq.) Makino
15	毛茛	<i>Ranunculus japonicus</i> Thunb.
16	连钱草	<i>Glechoma hederacea</i> L. var. <i>longituba</i> Nakai.
17	一年蓬	<i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers.
18	水芹	<i>Oenanthe javanica</i> (Blume) DC.
19	鸭跖草	<i>Commelina communis</i> L.

1.2 试验方法

用花盆作为植物栽植容器。于花盆(盆口直径为 37 cm,盆底直径为 25 cm,高 45 cm,容积约 22 L)底部放置直径 3~8 cm 的鹅卵石,厚度 10 cm 左右作为滤水层,其上铺一层塑料窗纱,用以阻隔上层砂子堵塞鹅卵石空隙,在塑料窗纱上放置厚度为 25 cm 的河沙和土壤作为植物基质,在滤水层内埋设直径 0.5 cm 的塑料管,进行出水样采集。

于早春将植物栽植到基质上,每种植物设 3 次重复,同时设置 3 个空白对照;污水灌溉每 10 d 灌 1 次,水样在塑料花盆内停留 10 d 后,用虹吸法取出滤水层内水

第一作者简介:赵妍(1979-),女,硕士,讲师,研究方向为园林植物与观赏园艺。E-mail:37052199@qq.com.

责任作者:戚继忠(1963-),男,博士,教授,研究方向为园林植物与观赏园艺。

基金项目:吉林省教育厅基金资助项目(2007118)。

收稿日期:2012-04-26

样,水样采集后立即回实验室测定,测定的指标为总氮(TN)、总磷(TP)。

1.3 项目测定

试验期间分别在7月26日、8月6日、8月15日、8月26日对水质进行分析,依据研究方法,以水中TN、TP的净化率(%)作为统计指标,TN、TP净化率公式为:净化率=(对照浓度-实测浓度)/进水样浓度×100%。

参照国家环保局《水和废水分析方法》,TN采用碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法;TP采用过硫酸钾氧化-钼锑抗分光光度法。

2 结果与分析

2.1 不同植物对生活污水中TN的去除效果

根据植物处理污水前后的TN浓度,计算试验阶段不同时期TN的去除率。

由表2可知,多数植物在7月26日前后对污水中TN的净化效果最好,以后逐渐下降,至8月26日略有回升。以洋铁酸模净化效果最好,最高净化率可达29.14%。相对较弱的植物有和尚菜、白三叶、灰绿藜,净化率大多不足10%。

表2 不同植物对污水中TN的处理效果

编号	植物种类	净化率/%			
		7月26日	8月6日	8月15日	8月26日
1	泽泻	28.56	2.60	1.42	0.42
2	和尚菜	1.85	4.43	1.31	1.37
3	灰绿藜	0.48	0.38	1.35	1.42
4	洋铁酸模	29.14	17.99	0.76	1.64
5	桃叶蓼	27.23	19.89	1.07	2.50
6	黑心菊	18.12	3.21	12.42	1.13
7	戟叶蓼	24.23	8.19	0.82	6.35
8	马蔺	25.52	21.01	1.43	3.81
9	紫萼	23.67	10.60	1.21	2.78
10	彩叶草	19.10	9.70	0.82	5.43
11	艾蒿	22.58	16.17	1.15	1.55
12	白三叶	2.73	10.26	1.27	2.94
13	山莴苣	21.07	4.75	0.88	3.43
14	美汉草	25.80	11.61	1.35	2.85
15	毛茛	25.24	1.80	0.67	1.06
16	连钱草	25.67	10.75	1.60	0.57
17	一年蓬	23.02	12.35	11.14	2.52
18	水芹	28.36	14.81	0.57	1.06
19	鸭跖草	28.21	12.84	0.67	1.83

选择植物对污水中TN净化效果最好的时期,对不同植物对污水中TN的去除率进行多重比较分析,得出洋铁酸模、泽泻、水芹、鸭跖草对TN的净化效果相对较好,桃叶蓼、山莴苣、毛茛、戟叶蓼、美汉草的净化效果中等;其它植物对TN的净化效果相对较弱。将净化率较

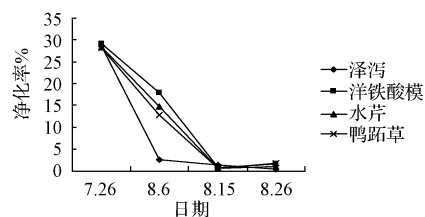


图1 净化效果较好的植物对污水TN的处理变化

Fig. 1 Removal efficiencies process of TN by better plants
好的几种植物的净化效果见图1。

2.2 不同植物对生活污水中TP的去除效果

由表3可知,多数植物在7月26日前后对污水中TP的净化效果相对较好,其中彩叶草最高净化率达45.01%,8月6日对污水中TP的净化率下降,8月15日植物对污水中TP的净化率升高,彩叶草高达58.04%,随后再次降低。白三叶、山莴苣、连钱草对TP的净化率一直不高。

表3 不同植物对污水中TP的处理效果

编号	植物种类	净化率/%			
		7月26日	8月6日	8月15日	8月26日
1	泽泻	40.31	1.98	43.80	3.73
2	和尚菜	42.49	21.81	15.44	5.43
3	灰绿藜	13.34	0.67	9.23	1.49
4	洋铁酸模	43.37	3.11	38.51	5.58
5	桃叶蓼	44.66	3.34	8.27	4.22
6	黑心菊	43.18	19.55	12.68	2.10
7	戟叶蓼	41.88	11.41	45.01	3.83
8	马蔺	39.30	3.61	26.23	2.37
9	紫萼	33.80	3.80	10.49	5.00
10	彩叶草	45.01	25.87	58.04	3.60
11	艾蒿	11.29	3.45	8.97	3.32
12	白三叶	0.64	2.73	4.51	3.33
13	山莴苣	5.80	6.36	2.42	4.82
14	美汉草	16.67	3.44	2.42	2.77
15	毛茛	18.83	4.72	9.58	1.95
16	连钱草	14.24	3.09	1.09	3.24
17	一年蓬	44.76	16.47	0.51	3.26
18	水芹	14.61	3.51	13.75	10.58
19	鸭跖草	28.56	8.77	29.44	6.86

通过多重比较分析,彩叶草、戟叶蓼、一年蓬、桃叶蓼、泽泻、黑心菊、和尚菜、马蔺、洋铁酸模对TP的净化效果相对较好,其次是紫萼、鸭跖草、毛茛、艾蒿,剩下的水芹、美汉草、灰绿藜、连钱草、山莴苣、白三叶的净化效果相对较弱。其中对污水中TP净化效果较好的植物的净化效果见图2。

2.3 不同植物对TN,TP净化效果综合比较

根据专家在湿地净化污水研究基础上提出的评价方法^[15],最终确定TN、TP的权重及综合得分(A): $A = F_{TP} \times \omega_{TP} + F_{TN} \times \omega_{TN}$; $\omega_{TP} = P_{TP}/P$; $\omega_{TN} = P_{TN}/P$; $P = P_{TP} + P_{TN}$; $P_{TP} = TP_i/TP_0$; $P_{TN} = TN_i/TN_0$ 。其中, ω_{TP} 、 ω_{TN} -TP、TN的权重; TP_i 、 TP_0 -TP的实测值和评价标准; TN_i 、 TN_0 -

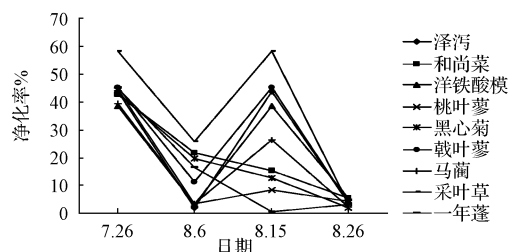


图2 净化效果较好的植物对污水 TP 的处理变化

Fig. 2 Removal efficiencies process of TP by better plants

TN 的实测值和评价标准。

以上评价标准均采用《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中 III 类水质的标准($TN_0 \leq 1.0 \text{ mg/L}$, $TP_0 \leq 0.2 \text{ mg/L}$)。根据试验结果,对净化率(%)按表 4 标准进行评分。通过公式计算得出综合得分,见表 5。

表 4 分值标准(F)

Table 4 Score criterion (F)

F	5 分	4 分	3 分	2 分	1 分
TN	净化率>27	25<净化率<27	20<净化率<27	10<净化率<20	净化率<10
TP	净化率>40	30<净化率<40	20<净化率<30	10<净化率<20	净化率<10

由表 5 可知,不同植物之间净化生活污水中总氮、总磷能力的强弱依次为泽泻>戟叶蓼>彩叶草>马蔺>水芹>鸭跖草>洋铁酸模>毛茛>美汉草>山莴苣>紫萼>一年蓬>黑心菊>桃叶蓼>连钱草>艾蒿>和尚菜>白三叶>灰绿藜。

表 5 综合排序

Table 5 The sort order of total score

编号	植物名称	分析指标		综合得分
		TN	TP	
1	泽泻	2.21	1.45	3.66
2	戟叶蓼	1.53	1.38	2.92
3	彩叶草	0.96	1.69	2.65
4	马蔺	1.45	0.94	2.39
5	水芹	1.93	0.11	2.04
6	鸭跖草	1.59	0.29	1.89
7	洋铁酸模	1.36	0.52	1.88
8	毛茛	1.66	0.09	1.76
9	美汉草	1.69	0.05	1.74
10	山莴苣	1.61	0.06	1.67
11	紫萼	1.02	0.57	1.58
12	一年蓬	1.31	0.23	1.54
13	黑心菊	0.76	0.64	1.40
14	桃叶蓼	1.06	0.17	1.23
15	连钱草	1.00	0.03	1.03
16	艾蒿	0.83	0.16	0.99
17	和尚菜	0.06	0.73	0.78
18	白三叶	0.21	0.06	0.27
19	灰绿藜	0.01	0.08	0.09

3 结论与讨论

植物对生活污水中的氮、磷具有一定的净化作用,但是不同植物净化效果具有一定差异。

在受试植物中,综合得分大于 2 分的主要有泽泻、

戟叶蓼、彩叶草、马蔺、水芹;综合得分在 1~2 分的主要有鸭跖草、洋铁酸模、毛茛、美汉草、山莴苣、紫萼、一年蓬、黑心菊、桃叶蓼、连钱草;综合得分小于 1 分的主要有艾蒿、和尚菜、白三叶、灰绿藜。

在进行净化污水景观构建时,如污水中含氮元素较多时,可选择洋铁酸模、泽泻、水芹、鸭跖草进行净化;污水含磷元素较多时,可选择彩叶草、戟叶蓼、一年蓬、桃叶蓼、泽泻、黑心菊、和尚菜、马蔺、洋铁酸模进行净化;如综合处理生活污水中的氮磷时,可选用综合得分较高的植物进行搭配。

在试验过程中,黑心菊对污水中的 TN、TP 的净化过程相对较特殊,在对 TN 的去除过程中,净化率有一次大幅度回升;虽然对 TP 的净化效果相对较好,但呈缓慢下降趋势,和尚菜与一年蓬在对 TP 的处理过程中也呈缓慢降低趋势。这可能与黑心菊在试验过程中花期较长,和尚菜与一年蓬陆续开花有关,而植物的营养生长与生殖生长对氮、磷的需求量不同。因此,综合植物对污水中 TN、TP 的净化效果,可以根据植物营养生长与生殖生长对污水中污染物净化的种类不同及污染物的成分和对应的植物各物候时期的长短综合进行植物选择,以创建污水净化功能性景观。

参考文献

- [1] 韩潇源,毕继胜,宋志文. 水生植物在水污染控制中的应用与发展[J]. 青岛理工大学学报,2005,26(6):88-90.
- [2] 李林峰,年跃刚,蒋高明. 人工湿地植物研究进展[J]. 环境污染与防治,2006,28(8):616-619.
- [3] 张洪刚,洪剑明. 人工湿地中植物的作用[J]. 湿地科学,2006,4(2):146-153.
- [4] 徐伟伟,章北平,肖波,等. 植物在人工湿地净化污水过程中的作用[J]. 安全与环境工程,2005,12(2):41-44.
- [5] 程伟,程丹,李强. 水生植物在水污染治理中的净化机理及其应用[J]. 工业安全与环保,2005,31(1):6-9.
- [6] Tanner C C. Growth and nutrient dynamics of soft-stem bulrush in constructed wetlands treating nutrient-rich wastewaters[J]. Wetlands Ecology and Management,2001,9:49-73.
- [7] 唐世荣. 污染环境植物修复的原理与方法[M]. 北京:科学出版社,2006:70-99.
- [8] Samake M, WU Q T, MO C H, et al. Plants grown on sewage sludge in South China and its relevance to sludge stabilization and metal removal[J]. Journal of Environmental Sciences,2003,15(5):622-627.
- [9] 邓辅唐,孙石,邓辅商,等. 几种水生植物对滇池入湖河道水的净化性能研究[J]. 贵州环保科技,2005(3):7-12.
- [10] 袁东海,高士祥,任全进,等. 几种挺水植物净化生活污水总氮和总磷效果的研究[J]. 水土保持学报,2004,18(4):78-80.
- [11] Fey A, Benckiser G, Ottow J C G. Emissions of nitrous oxide from a constructed wetland using a groundfilter and macrophytes in waste-water purification of a dairy farm[J]. Biol Fertil Soils,1999,29:354-359.
- [12] 翁美娅,刘鹏,徐根娣,等. 人工湿地进行污水处理的研究进展[J]. 安徽农业学报,2005,33(7):1251-1253.
- [13] 刘自莲,施永生,李鹏. 人工湿地在污水处理中的应用[J]. 云南化工,2005,32(6):60-63.

[14] Seams R M. The evolution of greenways as an adaptive urban landscape form[J]. Landscape and Urban Planning, 1995, 33: 65-80.

[15] 王怡. 水生植物对城市生活污水的净化能力研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2005.

Purification Ability of 19 Species of Plants on TN and TP Removal from Domestic Sewage

ZHAO Yan¹, WANG Xu-he², QI Ji-zhong¹

(1. College of Forestry, Beihua University, Jilin, Jilin 132013; 2. Jilin Garden Management Office, Jilin, Jilin 132013)

Abstract: The purification efficiency of total nitrogen(TN) and total phosphorus(TP) of domestic sewage was researched by testing 19 species of wetland plants along the Songhua River in Jilin City in this paper. The results showed that plants could purify domestic sewage, and the purification ability was varied in different species. *Rumex patientia* L. var. *callosus* was the highest in all of tested plants in removal efficiency of total nitrogen (TN, 29.14%); *Coleus blumei* Benth. could effectively reduce content of total phosphorus (TP), the highest removal efficiencies for TP was 58.04%, *Alisma orientale* (Sam.) Juz., *Polygonum thunbergii* Sieb. et Zucc., *Coleus blumei* Benth., *Iris lactea* var. *chinensis* Thunb., *Oenanthe javanica* (Blume) DC. could be used as plants for the construction of domestic sewage purification landscape, because these plants had better comprehensive capacity for domestic sewage purification of total nitrogen and total phosphorus.

Key words: plants; purification; total nitrogen; total phosphorus

欢迎订阅 2013 年《中国农业科学》中、英文版

《中国农业科学》中、英文版由农业部主管、中国农业科学院主办。主要刊登农牧业基础科学和应用基础科学研究论文、综述、简报等。设有作物遗传育种·种质资源·分子遗传学;耕作栽培·生理生化·农业信息技术;植物保护;土壤肥料·节水灌溉·农业生态环境;园艺;贮藏·保鲜·加工;畜牧·资源昆虫;兽医;农业经济与管理等栏目。读者对象是国内外农业科研院(所)、农业大专院校的科研、教学及管理人员。

《中国农业科学》中文版为半月刊,影响因子、总被引频次连续多年居全国农业科技期刊最前列或前列位次。为北京大学图书馆 1992~2011 年连续 6 次遴选的核心期刊,位居《中文核心期刊要目总览》“农业综合类核心期刊表”的首位。1999 年起连续 10 年获“国家自然科学基金重点学术期刊专项基金”资助;1999 年获“首届国家期刊奖”,2003、2005 年获“第二、三届国家期刊奖提名奖”;2002~2011 年先后 9 次被中信所授予“百种中国杰出学术期刊”称号;2009 年获中国期刊协会/中国出版科学研究院“新中国 60 年有影响力的期刊”称号;2010 年荣获“第二届中国出版政府奖期刊提名奖”。

《中国农业科学》中文版大 16 开,每月 1、16 日出版,国内外公开发行。每期 224 页,定价 49.50 元,全年定价 1188.00 元。国内统一刊号:CN11-1328/S,国际标准刊号:ISSN 0578-1752,邮发代号:2-138,国外代号:BM43。

《中国农业科学》英文版(*Agricultural Sciences in China*),2002 年创刊,月刊,2012 年更名为《农业科学学报》(*Journal of Integrative Agriculture*, JIA)。2006 年 1 月起与国际著名出版集团 Elsevier 合作,全文数据在 Science Direct 平台面向世界发行。2009 年被 SCI 收录,2012 年 JCR 影响因子为 0.449。

JIA 大 16 开,每月 20 日出版,国内外公开发行。每期 160 页,国内订价 80.00 元,全年 960.00 元。国内统一刊号:CN 10-1039/S,国际标准刊号:ISSN 2095-3119,邮发代号:2-851,国外代号:1591M。

《中国农业科学》中、英文版均可通过全国各地邮局订阅,也可向编辑部直接订购。

邮编:100081;地址:北京 中关村南大街 12 号《中国农业科学》编辑部

电话:010-82109808,82106280,82106281,82106282;传真:010-82106247

网址:www.ChinaAgriSci.com;E-mail:zgnykx@mail.caas.net.cn

联系人:林鉴非