

六种北方乔木植物净化污水效果研究

杨波^{1,2}, 汤洁¹, 李海毅¹, 侯克怡¹, 胡佳欣¹

(1. 吉林大学 环境与资源学院, 吉林 长春 130012; 2. 吉林农业科技学院 植物科学学院, 吉林 吉林 132101)

摘要:以蛭石为基质,采用盆栽模拟法,对家榆、桃叶卫矛、旱柳、稠李、水曲柳及紫椴6种北方乔木植物净化污水中总磷(TP)、总氮(TN)、污染物净化率(COD)的效果进行比较。结果表明:各植物对污染物均表现出较好的净化效果;总体来看,对TP的净化能力,旱柳>水曲柳>家榆>紫椴>稠李>桃叶卫矛;对TN的净化能力,旱柳>稠李>水曲柳>紫椴>桃叶卫矛>家榆;对COD的净化能力,稠李>旱柳>紫椴>水曲柳>家榆>桃叶卫矛;随生长时间延长,各植物对污染物的净化率呈先下降后趋于稳定的变化趋势;最后,对供试植物及基质净化污水的作用进行了机理分析。

关键词:乔木植物;TP;TN;COD;净化率

中图分类号:S 727.29 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)22-0062-04

生态修复是指使遭到破坏的生态系统逐步恢复,或使生态系统向良性循环方向发展。在生态修复过程中尤其是池地生态建设中,植物材料以其成本低、环境友好、处理率高以及维护方便等优点,成为一种重要的修复手段,在人工湿地、河岸、湖滨等地带污染物的截留方面得到了广泛的应用。植物措施的主要功能是保持水土、防治冲刷;过滤缓冲、净化水质;调节气候、美化环境;改善环境、提高生物多样性;为人水和谐创造条件。乔木植物具有强大的根系,在保持水土的同时,还可吸收、富集地下潜流中的污染物,达到净化污水、减轻面源污染的目的,是一种切实可行的生物治理环境措施。

对于人工湿地植物修复措施,以往研究多集中在芦苇、香蒲、凤眼莲、水葱、菖蒲、慈菇等水生植物^[1-2]或草本植物上。近些年来随着研究的深入,在河道生态建设中,国内外学者把目光从河水转向了截留污染物入河的河岸缓冲带建设,这就需要应用大量的陆生植物。乔木植物以其庞大的生物量及强大的根系,在河岸缓冲带建设中占有巨大优势。目前国内外对杨、柳^[3-5]研究较多,对水杉^[6]、合欢^[7]、竹林^[8]、两栖榕^[9]、白骨壤^[10]以及人工红树林^[11]亦有一定研究,而成果却十分有限。选择适宜

的乔木植物,与灌、草植物相互配合,对于河道两岸、人工湿地中的污染物截留、水质改善以及丰富园林景观,都有十分积极的意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选取6种适宜北方地区景观生态建设、生命力旺盛、少病虫害、抗性强的乔木植物。采用盆栽法,选择体量相近的2年生苗,将根系修剪至近于等大,于4月中旬移入栽植盆内,7—8月进行监测,其余时间用于生长调整,中途不再做修剪。供试植物材料见表1。

表1 供试植物材料的主要习性与用途

Table 1 The main characteristics and uses of plants tested materials

植物名称 Plant name	拉丁名 Latin name	主要习性与用途 The main characteristic and use
家榆	<i>Ulmus pumila</i> L.	分布广,喜光耐寒,抗旱喜湿,干叶牛羊喜食,亦可营林
桃叶卫矛	<i>Euonymus maackii</i> Rupr.	根系深而发达,喜光耐寒,耐旱,喜湿,抗风力强
旱柳	<i>Salix matsudana</i> Koidz.	根系发达,喜光耐寒,湿、旱地皆生长,抗风力强,生长快,易繁殖
稠李	<i>Prunus padus</i> L.	喜光耐寒,不耐旱,喜湿润,萌蘖力强,病虫害少,为蜜源树种
水曲柳	<i>Fraxinus mandshurica</i> Rupr.	喜光耐寒,喜肥耐湿沃,生长快,适应性强,抗风力强,材用或入药
紫椴	<i>Tilia amurensis</i> Rupr.	深根乔木,喜光喜湿,抗烟抗毒,虫害少,萌蘖性强,为蜜源树种

试验装置:栽植容器为顶口直径32 cm、高40 cm的塑料花盆,底部用滤网隔出3 cm高的集水空间用于收集水样,用以检测出水污染物浓度。每盆中以相同密度放置3 kg经多次清水冲洗并晾干的蛭石^[11]作为基质,保证无病虫害及其余污染物对该研究产生影响。试验

第一作者简介:杨波(1979-),男,博士研究生,讲师,现主要从事河岸缓冲带生态修复等研究工作。E-mail: ybo917@126.com.

责任作者:汤洁(1957-),女,博士,教授,博士生导师,现主要从事生态环境系统理论与技术等研究工作。E-mail: tangjie0724@163.com.

基金项目:国家水体污染控制与治理科技重大专项子课题资助项目(2012ZX072009-03);吉林省教育厅“十二五”科研资助项目(2014385)。

收稿日期:2014-07-10

装置均放在室外,为防止降雨对试验的影响,在全部栽植盆上方统一布置遮雨棚。

1.2 试验方法

从移栽开始,经过2个月左右的时间,待各植物在盆中生长稳定。在不考虑重金属及其它污染物影响的前提下,用 KH_2PO_4 、 NH_4Cl 、 KHCO_3 、 CH_3COONa 、葡萄糖等试剂及实验室自来水配制总磷(TP)、总氮(TN)、污染物净化率(COD)的原水,分别向栽植盆中缓慢过量浇灌,生长7d为1个取样测试周期,重复操作。每个处理3次重复,以无植物与清水浇灌为对照(CK),污染物浓度见表2。

表2 原水污染物浓度

Table 2	The original concentration of pollutants	mg/L		
浇水次数 Watering times	TP	TN	COD	
第1次 First	2.03	39.8	59	
第2次 Second	2.08	40.2	60	
第3次 Third	1.95	40.3	61	
第4次 Fourth	1.94	40.0	60	
第5次 Fifth	1.98	40.4	60	

1.3 项目测定

TP采用钼酸铵分光光度法(GB 11893-89),检出限为0.01 mg/L;TN采用碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法(HJ 636-2012),检出限为0.05 mg/L;COD采用快速消解分光光度法(HJ-T 399-2007),检出限为3.0 mg/L。

对水中污染物的净化率用下式计算:净化率(%) = $(C_0 - C) / C_0 \times 100\%$ 。式中: C_0 为原水污染物浓度,单位mg/L; C 为取样浓度,单位mg/L。

2 结果与分析

2.1 对TP的净化效果

由图1可知,各植物对TP均有较高的净化率,明显高于无植物对照。随着生长时间的延长,净化率呈先下降后趋于稳定趋势。从第35天的取样检测结果可以看出,旱柳对TP的净化效果最好,净化率达到68.34%,水曲柳的净化效果也较好,达到66.32%,其余几种植物的净化效果次之。各植物对TP的净化率间存在显著差异($P < 0.05$),从净化率的总体变化趋势来看,旱柳>水曲柳>家榆>紫椴>稠李>桃叶卫矛。

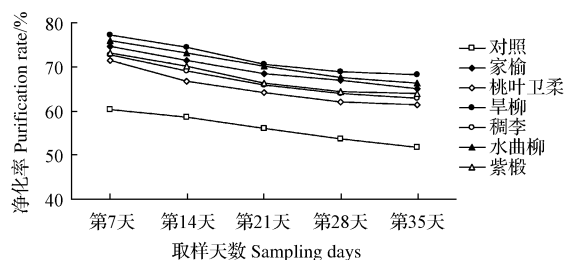


图1 各乔木植物对TP的净化率

Fig. 1 Purification rate of TP of each tree plant

2.2 对TN的净化效果

由图2可知,各植物对TN有较高的净化率,均高于无植物对照。随着生长时间的延长,净化率呈先下降再稳定趋势。从第35天的取样检测结果可以看出,旱柳对TN的净化效果最好,净化率为36.40%,稠李的净化效果也较好,达到34.69%,其余几种植物的净化效果次之。各乔木植物对TN的净化率间存在显著差异($P < 0.05$),从净化率的总体变化趋势来看,旱柳>稠李>水曲柳>紫椴>桃叶卫矛>家榆。

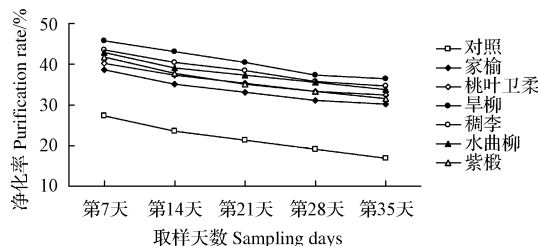


图2 各乔木植物对TN的净化率

Fig. 2 Purification rate of TN of each tree plant

2.3 对COD的净化效果

由图3可知,各乔木植物对COD均有较好的净化作用,明显好于无植物对照。随着生长时间的延长,净化率亦呈先降后稳趋势。从第35天的取样检测结果可以看出,稠李对COD的净化效果最好,净化率达到41.25%,旱柳的净化效果也较好,达到38.27%,其余几种植物的净化效果次之。各植物对COD的净化率间存在显著差异($P < 0.05$),从净化率的总体变化趋势来看,稠李>旱柳>紫椴>水曲柳>家榆>桃叶卫矛。

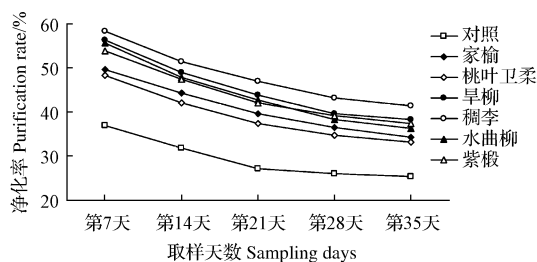


图3 各乔木植物对COD的净化率

Fig. 3 Purification rate of COD of each tree plant

2.4 污水对植物生长的影响

试验期内,植株生长状况良好,没有发生萎蔫、倒伏、枯黄等病症。植物在生长过程中,污水中的污染物不断被吸收利用,为植物提供了一定的养分。该试验记录了植物在浇灌清水和污水条件下的植株叶片变化情况,对每个植株的叶片数量进行统计,同种植物取均值进行比较。由表3可知,与清水浇灌相比,浇灌污水条件下各植物生长状况良好,长势更快,说明所浇灌的污水并没有抑制植物的生长,而其中的P、N等元素为植物的生长提供了养分。

表 3

浇灌清水与污水条件下叶片数量比较

Table 3

Comparison of the number of leaves under irrigation water and sewage conditions

个

植物 Plant name	第 7 天 7 th day	第 14 天 14 th day	第 21 天 21 st day	第 28 天 28 th day	第 35 天 35 th day
家榆 <i>Ulmus pumila</i> L.	78/79	79/81	81/85	84/89	88/94
桃叶卫矛 <i>Euonymus maackii</i> Rupr.	106/112	110/119	117/125	124/133	132/141
旱柳 <i>Salix matsudana</i> Koidz.	86/90	91/98	95/108	98/117	102/124
稠李 <i>Prunus padus</i> L.	95/101	97/109	101/117	109/122	115/131
水曲柳 <i>Fraxinus mandschurica</i> Rupr.	92/94	95/98	99/103	104/112	110/116
紫椴 <i>Tilia amurensis</i> Rupr.	83/85	86/89	90/94	95/103	101/107

3 讨论与结论

植物对污水的净化机理主要表现在以下 3 个方面^[12]:一是直接吸收利用污水中的营养物质;二是输送氧气到根区,满足根际微生物生长、繁殖和降解反应过程中对氧的需求;三是增强维持介质的水力传输能力。在该研究的小试系统中,因为采用清洗干净的蛭石而非土壤作为基质,抑制了植物根际的微生物由于硝化、反硝化等作用对植物净化污水效果的影响,同时也排除了土壤基质中本底 P、N 等营养物质及土壤 pH 值对观测结果的影响。因此,植物对污染物的净化主要体现在第一个作用上,这可以反映出几种供试乔木植物本身净化污水能力的强弱。

Elowson^[3]研究表明,柳对 TP、TN 有较强的净化能力,该研究结果与其结果一致;高楠等^[5]研究表明,柳对 COD 的净化效果很好,该研究与其结果相似。这是由于柳的生理活动旺盛,体内的生化反应及代谢速度较快,所以净化功能较强,这在该研究中得到了进一步验证。

徐德福等^[13]研究表明,植物的生物量与其吸收磷和氮的量呈正相关,生物量对磷、氮的吸收影响比较大,植物直接吸收的氮、磷量比较多,去除磷、氮的能力也比较强。该研究中,对污染物净化率较好的几种植物枝叶茂密,如稠李生物量较大,因此对 TN、COD 的净化效果很好,水曲柳与紫椴的表现次之。

在植物材料与蛭石基质形成的复合系统综合作用下,该研究的供试乔木植物均体现出对污水中 TP、TN 及 COD 较好的净化效果。植物通过自身生理活动吸收、利用污水中的营养成分,同时蛭石亦具有较强的吸附和离子交换能力^[11]。在植物生长过程中,蛭石基质对污染物的吸附量随时间延长逐渐趋于饱和,因此系统对污染物的净化率呈下降至稳定的变化趋势。此外,由于栽植盆内空间有限,一定程度上束缚了植物根系的生长,且所选苗木间存在个体差异,所以在实际应用中,由于土壤基质条件不同或微生物的差异,植物对污染物的净化率与该研究结果会存在一定差异。

在污水浇灌条件下,6 种乔木植物生长状况良好,对污水中的 TP、TN、COD 具有一定的净化作用,种间净化效果存在显著差异。试验结果表明,旱柳、水曲柳对 TP

的净化效果优于其它植物;旱柳、稠李对 TN 的净化率明显高于其它植物;稠李、旱柳对 COD 的净化效果最佳,家榆及桃叶卫矛对几种污染物的净化效果相对较差。随生长时间延长,植物对污染物的净化率呈先逐渐下降后趋于稳定的趋势。

由于筛选出的植物材料均为多年生,根系发达、生物量大、抗逆性强,对污染物的净化功能十分显著,景观效果好,栽植技术简单且建设成本低,既易成活又易管理,因此,在河岸缓冲带生态建设和人工湿地生态建设等工程项目中,与其它植物材料配合推广应用,可发挥巨大的生态效益和社会效益。

参考文献

- [1] Vymazal J. Removal of BOD₅ in constructed wetlands with horizontal sub-surface flow: Czech experience[J]. Water Science and Technology, 1999, 40(3):133-138.
- [2] Bankston J L. Degradation of trichloroethylene in wetland microcosms containing broad-leaved cattail and eastern cottonwood[J]. Water Research, 2002, 36:1539-1546.
- [3] Elowson S. Willow as a vegetation filter for cleaning of polluted drainage water from agricultural land[J]. Biomass and Bioenergy, 1999, 16:281-290.
- [4] Aronsson P. Willow vegetation filters for wastewater treatment and soil remediation combined with biomass production[J]. Forestry Chronicle, 2001, 77(2):293-299.
- [5] 高楠, 张志强, 王国玉, 等. 四种城市绿化乔木树种污染物去除效果研究[J]. 中国水土保持, 2009(7):22-24.
- [6] 唐国勇, 李昆, 孙永玉, 等. 干热河谷 4 种固氮植物根瘤固氮潜力及其影响因素[J]. 林业科学研究, 2012(4):432-437.
- [7] 黄玲玲. 竹林河岸带对氮磷截留转化作用的研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2009.
- [8] 靖元孝, 杨丹菁, 陈章和, 等. 两栖榕在人工湿地的生长特性及其对污水的净化效果[J]. 生态学报, 2003, 23(3):617-618.
- [9] 陈桂葵, 陈桂珠. 白骨壤模拟湿地系统中磷的分配循环及其净化效应[J]. 生态学报, 2005, 25(3):630-631.
- [10] 郑康振, 陈耿, 郑杏雯, 等. 人工红树林湿地系统净化污水研究进展[J]. 生态学杂志, 2009(1):138-145.
- [11] 胡光锁, 李政一. 废水处理中蛭石的应用研究进展[J]. 北京工商大学学报(自然科学版), 2006(3):13-16.
- [12] 陈发先, 王铁良, 柴宇, 等. 人工湿地植物研究现状与展望[J]. 中国农村水利水电, 2010(2):1-4.
- [13] 徐德福, 徐建民, 王华胜, 等. 湿地植物对富营养化水体中氮、磷吸收能力研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(5):597-601.

NaCl 和 NaHCO₃ 胁迫对鸡冠花种子萌发的影响

裴 毅, 聂江力, 刘会佳, 陈君妹

(天津农学院, 天津 300384)

摘 要:采用培养皿发芽法,研究了 NaCl 和 NaHCO₃ 胁迫对鸡冠花种子萌发过程中发芽率、发芽势、相对发芽率、相对盐害率、发芽指数、活力指数的影响。结果表明:鸡冠花种子发芽率、发芽势、相对发芽率、发芽指数、活力指数与 NaCl 浓度和 NaHCO₃ 浓度均呈现低浓度促进发芽,高浓度抑制发芽,浓度超过 4‰ 呈现出显著负相关关系。影响鸡冠花种子相对发芽率的 NaCl 浓度的适宜值、临界值、极限值分别为 5.66‰、7.48‰、9.29‰;NaHCO₃ 浓度的适宜值、临界值、极限值分别为 7.55‰、11.07‰、14.58‰。清水复萌试验表明,经较高浓度 NaCl 和 NaHCO₃ 处理的种子仍具有较高的发芽潜力,说明鸡冠花种子具有较强的耐盐碱能力。

关键词:NaCl;NaHCO₃;鸡冠花;种子发芽;胁迫

中图分类号:S 681.304⁺.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)22-0065-04

鸡冠花(*Celosia cristata* L.)属苋科(Amaranthaceae)一年生草本植物,因其花序酷似“鸡冠”而得名,是夏秋季节常见的花卉植物,能够美化环境;鸡冠花还是较为常用的药用植物,其茎叶可作“鸡冠苗”药用;其花序可作“鸡冠花”药用;其种子可作“青箱子”药用,具有凉血、止血的功效,能够治疗痔疮、痢疾、吐血、衄血、荨麻疹等疾病,疗效十分显著^[1]。

目前,我国 1 亿 hm² 耕地中将有近 667 万 hm² 盐碱地,此外还有逾 33 万 hm² 的盐碱荒地,土壤盐碱化已严重影响到农业生产,每年造成的损失难以估计^[2]。当土壤中水溶性盐的含量达到 1‰ 以上时,便会对植物产生盐害,而且浓度越大对植物的危害也越大。在植物种子萌发阶段对土壤中的盐碱浓度尤为敏感,Ungar 等^[3]认为盐渍土壤抑制种子萌发的现象,有可能与高盐分环境下诱导的种子休眠有关,当外界环境恢复到适应环境时,种子有可能再次萌发,从而完成正常生理过程。一粒种子在盐渍环境中能否正常萌发对该物种在该地区的繁衍和生存至关重要。

第一作者简介:裴毅(1971-),男,博士,副教授,现主要从事药用植物的教学与科研等工作。E-mail:peiyee@126.com.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31100401)。

收稿日期:2014-07-10

Purification Effect of Sewage of 6 Kinds of Northern Trees

YANG Bo^{1,2}, TANG Jie¹, LI Hai-yi¹, HOU Ke-yi¹, HU Jia-xin¹

(1. College of Environment and Source, Jilin University, Changchun, Jilin 130012; 2. College of Plant Science, Jilin Agricultural Science and Technology College, Jilin, Jilin 132101)

Abstract:Based on vermiculite as medium, using potted simulation method, the sewage purification effect of 6 kinds of northern trees on TP, TN and COD were compared. The results showed that, these trees showed better purification effect on pollutants. Overall, the purification ability of TP, *Salix matsudana* Koidz. > *Fraxinus mandschurica* Rupr. > *Ulmus pumila* L. > *Tilia amurensis* Rupr. > *Prunus padus* L. > *Euonymus maackii* Rupr.; purification ability of TN, *Salix matsudana* Koidz. > *Prunus padus* L. > *Fraxinus mandschurica* Rupr. > *Tilia amurensis* Rupr. > *Euonymus maackii* Rupr. > *Ulmus pumila* L.; purification ability of COD, *Prunus padus* L. > *Salix matsudana* Koidz. > *Tilia amurensis* Rupr. > *Fraxinus mandschurica* Rupr. > *Ulmus pumila* L. > *Euonymus maackii* Rupr.. With the growing time prolonged, the trees of pollutant purification rate was decreased and then tended to be stable. Mechanism of purification and sewage effect for the test herbs and matrix was analyzed at last.

Keywords: trees; TP; TN; COD; purification rate