

不同植物净化灵剑溪受污水体的研究*

Studies on Purificating Eutrophicated Water Body of Lingjianxi by Various Plants

莫蔚明¹, 康彩艳^{2*}, 周振明², 李芳², 廖祖荷²MO Wei-ming¹, KANG Cai-yan^{2*}, ZHOU Zhen-ming², LI Fang², LIAO Zu-he²

(1. 广西师范大学化学与化工学院, 广西桂林 541004; 2. 广西师范大学环境与资源学院, 广西桂林 541004)

(1. College of Chemistry and Chemical Engineering, Guangxi Normal University, Guilin, Guangxi, 541004, China; 2. School of Environmental Science and Resource, Guangxi Normal University, Guilin, Guangxi, 541004, China)

摘要: 无土栽培桂林市灵剑溪的优势物种海芋 (*Alocasia macrorrhiza*)、水花生 (*Alternanthera philoxeroides*) 及其它 9 种花卉植物: 小黄菊 (*Pyrethrum pulchrum* Ledeb.)、吊兰 (*Chlorophytum comosum*)、八仙花 (*Hydrangea macrophylla* (Thunb.) Ser.)、富贵竹 (*Disporum cantoniense*)、小天使 (*Philodendron pittieri*)、水竹 (*Phyllostachys heteroclada* Oliver)、春羽 (*Philodendron sellomn*)、鹅掌柴 (*Schefflera octophylla*)、栀子花 (*Gardenia jasminoides* Ellis) 等, 进行净化桂林市灵剑溪富营养化水体的静态试验。结果表明, 除小黄菊、吊兰、八仙花外, 其他受试植物在水中均能正常生长, 对水体均具有明显的净化效果, 可以作为人工湿地生态系统选种植物, 可以达到净化污水和美化环境双重功能。研究结果为发展利用花卉植物治理富营养化水体提供了依据。

关键词: 植物净化 花卉植物 富营养化水体

中图分类号: X522 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2009)02-0215-04

Abstract Static experiments of eutrophicated water body treatment of Lingjianxi in Guilin have been carried out by adopting soilless culture of dominant species of Lingjianxi like *Alocasia macrorrhiza*, *Alternanthera philoxeroides* and other nine kinds of flower plants including *Pyrethrum pulchrum* Ledeb., *Chlorophytum comosum*, *Hydrangea macrophylla* (Thunb.) Ser., *Disporum cantoniense*, *Philodendron pittieri*, *Phyllostachys heteroclada* Oliver, *Philodendron sellomn*, *Schefflera octophylla*, *Gardenia jasminoides*. The results show that many plants selected can live naturally in wastewater, obviously purify water body, and were suitable for planting on the constructed wetland except *Pyrethrum pulchrum* Ledeb., *Chlorophytum comosum*, *Hydrangea macrophylla* (Thunb.) Ser. . These plants not only depurated sewage but also beautified the environment. The research results provide basis for treatment of eutrophic water by flower plants.

Key words purification, flower plants, eutrophic water

桂林市灵剑溪为漓江支流, 沿途流经许多风景名胜, 全长约 9km。进入 20 世纪 90 年代以来, 由于大批居民房屋、个人作坊等沿灵剑溪而建, 大量生活污水、垃圾排入和倾倒入溪中, 致使灵剑溪水质每况愈下, 沿溪两岸臭气熏天, 河流生态遭到严重破坏, 河水污

染已超出自我净化和恢复能力, 水质达劣 V 类水质, 污水下泄至小东江流入漓江, 对漓江污染贡献较大。桂林市曾经对其污染进行过综合治理^[1], 但是治标不能治本, 长期以往会使漓江水水质恶化, 不但会影响灵剑溪沿岸人民身体健康, 破坏生态环境和景观效应, 而且影响整个旅游业与社会、经济的可持续发展, 因此灵剑溪水体亟待进行生态恢复。

近年来, 利用植物净化污水引起了广泛的关注, 该法投资、运行费用低, 管理简便, 可以改善和恢复生态环境, 回收资源和能源以及收获经济植物^[2,3]。国内

收稿日期: 2008-11-17

作者简介: 莫蔚明 (1964-), 男, 副教授, 主要从事环境分析研究。

* 广西教育厅资助项目 (200607M S139), 广西师范大学博士科研启动基金资助项目资助。

** 通讯作者。

外对水生植物净化水体的研究很多,取得的效果显著^[4],对于花卉等陆生植物净化水体的研究也屡见报道^[5]。但是还不广泛。本文试通过实验室静态试验,筛选净化能力强,具有景观效应,适于本地区气候环境生长的植物,为人工湿地处理污水,兼顾美化环境选择适合植物提供参考依据,特别是具有观赏价值的花卉植物对于美化国际旅游名城桂林具有重要的意义。

1 材料与方 法

1.1 材 料

供试植物:灵剑溪的优势物种:水花生(*Alternanthera philoxeroides*)和海芋(*Alocasia macrorrhiza*),以及购买的富贵竹(*Disporum cantoniense*)、小天使(*Philodendron pittieri*)、鹅掌柴(*Schefflera octophylla*)、水竹(*Phyllostachys heteroclada* Oliver)、春羽(*Philodendron sellomn*)、栀子花(*Gardenia jasminoides* Ellis)、小黄菊(*Pyrethrum pulchrum* Ledeb)、吊兰(*Chlorophytum comosum*)、八仙花(*Hydrangea macrophylla*(Thunb.)Ser)其中,水花生、海芋、富贵竹、小天使、鹅掌柴、水竹、春羽、栀子花分别用其拉丁学名第一个字母表示为:AP AM DG PR SQ PH PS GJ

1.2 溪水水质

污水采自桂林市灵剑溪流经的花园村处,该处污水浑浊,呈灰黑色,透明度低,并伴随有恶臭味。COD_{Cr}为 175.3mg·L⁻¹,BOD₅为 103.4mg·L⁻¹,TN为 13.324mg·L⁻¹,TP为 1.134mg·L⁻¹,NH₃-N为 9.93 mg·L⁻¹,未检出重金属

1.3 试验设计

试验于 2007年 3月进行,将污水稀释 3倍,按植物鲜重(g):污水体积(ml)= 1: 20量取灵剑溪污水倒入培养缸中培养,每缸内污水面漂一有定植孔的聚苯乙烯泡沫栽培定植板,植物被固定在定植孔中,每种植物重复培养四缸,以覆有泡沫板无植物的缸为对照。考虑到水的蒸发和植物的蒸腾作用,故需在试验过程中补充蒸馏水以保持缸中水的体积不变

试验周期为 30d(3月 30日~ 4月 28日),每间隔 2d测量 1次水温、pH值、蒸腾水量,记录植物生长状况;分别在第 5天、第 10天、第 20天、第 30天取水样测定。水质测定项目有 COD_{Cr}、BOD₅、TN、TP、NH₃-N等。检测方法^[6]为:COD_{Cr}采用重铬酸钾法,BOD₅的测定采用五日培养法,TN采用过硫酸钾氧化-紫外分光光度法,NH₃-N采用蒸馏法-纳氏试剂光度法,TP采用钼酸铵分光光度法

2 结果与分析

2.1 植物在污水中的生长情况

除小黄菊、吊兰、八仙花在试验过程中相继死亡外,所选的其它植物在实验过程中基本能适应污水的水培环境,在污水中生长情况良好,除栀子花鲜重降低,其它都有所增大,呈生长的趋势,这是由于栀子花有一个驯化过程,有一些叶片枯萎所致,但也有新根、新芽长出。其中由于海芋和水花生属于灵剑溪优势物种,因此长势较好,海芋鲜重增大 77.1g,水花生次之,增大了 28g,其余增大了 2.2~ 12.2g。海芋、水花生、春羽、鹅掌柴、橘子花等均具有根系发达、生长迅速、水面单位面积植物生物量较大等优点,而富贵竹的单位面积生物量较小,生长速度缓慢,根系较不发达。在整个培养过程中,水体逐渐变清澈,透明度大大提高。

2.2 植物对污水的去除效果

试验期间,富贵竹等 8种植物对副营养化水体水质净化效果明显,各种植物对 COD_{Cr}、TN、TP、NH₃-N的去除率如表 1所示。

表 1 不同植物对水体污染物的去除率

Table 1 The removal rates of pollutants with different plants

植物 Plants	去除率 Removal rates(%)				
	COD _{Cr}	TP	TN	NH ₃ -N	BOD ₅
DC	82.4	42.8	62.3	93.9	83.2
PH	94.4	91.9	53.2	97.8	91.1
PX	82.9	80.8	52.2	95.6	89.2
PS	91.3	91.5	49.4	95.5	86.2
AM	88.3	85.2	83.2	96.4	91.4
SO	94.2	65.6	58.5	98.9	91.5
AP	94.2	86.6	31.3	97.5	92.0
GJ	91.2	51.3	70.1	98.6	90.0

2.2.1 植物对污水 COD_{Cr}的去除效果

图 1表明,在 30d静态试验期内,8种植物对 COD_{Cr}的去除均有不同程度的效果,对于无植物的参照组(实验结果未列出,下同),污水中 COD_{Cr}的降解是缓慢的,说明在植物和微生物的协同作用下有机物质的降解远大于单纯的微生物(无植物对照组)。在试验 10d内,COD_{Cr}的降解速度较快,10d后趋于平缓。这表明,随着污水中容易降解的还原性物质浓度的下降,还原性物质的降解速率降低。在整个试验阶段,水竹、春羽、水花生、鹅掌柴、栀子花对 COD_{Cr}均呈现较好的去除效果,实验结束时,COD_{Cr}的去除率达到 91.1%~ 94.4%,其它植物也达到 82.4%~ 89.5%。各种植物对 COD_{Cr}的去除率由大到小的顺序为:水竹、鹅掌柴、水花生、春羽、栀子花、海芋、小天使、富贵

竹。水中 COD_Cr 的去除是通过沉淀、植物根系过滤、根系生物膜的吸附、吸收及生物代谢降解过程来分解还原性物质而被去除^[7]。由试验结果可以看出,水竹、鹅掌柴、春羽对 COD_Cr 的去除效果优于其它的种类。这是因为它们的根系相比其他种类的植物更发达,与水体接触的面积更大,根系所形成的过滤层越密集,因而吸收的还原性物质也就越多^[8]。

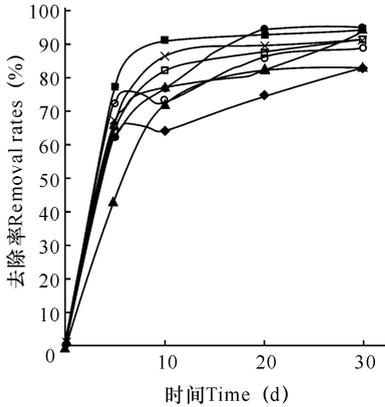


图 1 植物对水体 COD_Cr 的去除率

Fig. 1 The degradation percent of COD_Cr in polluted water by plants

◆: DC; ■: PH; ▲: PP; ×: PS; ○: AM; ●: SO; △: AP; □: GJ

2.2.2 植物对污水 BOD_5 的去除效果

由图 2 可见,培养 5d 后,8 种植物对 BOD_5 的去除率有很大差异,其中,水竹最大为 81.7%,小天使最低为 50.9%,大部分植物的去除率为 60%~70%。10d 内各种植物去除 BOD_5 的速率较快,10d 后趋缓。在试验 30d 内,综合考虑植物对 BOD_5 的去除率和生长情况,水花生、春羽、水竹和栀子花对 BOD_5 有较好的去除效果。生物植物根系对去除 BOD_5 起到了很大作用。植物根系向水中输送氧气,促进微生物的活动,增强其净化能力。

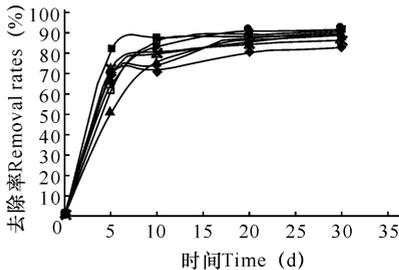


图 2 植物对水体 BOD_5 的去除率

Fig. 2 The degradation percent of BOD_5 in polluted water by plants

◆: DC; ■: PH; ▲: PP; ×: PS; ○: AM; ●: SO; △: AP; □: GJ

2.2.3 植物对污水总氮的去除效果

由图 3 可见,培养 5d 后,除水花生外,其他试验

植物对污水中 TN 都有一定的去除效果,去除效率有很大差异。培养 10d 前,水花生对污水中 TN 几乎无去除效果,海芋的去除率最大为 69.9%,鹅掌柴次之为 63.2%,春雨的去除率最小为 12.4%;培养 10d 后,水竹、鹅掌柴 TN 变化不大,去除率趋缓,水花生去除效果逐渐提高到 29.0%,说明水花生需要培养一段时间才能有较好的去除效果,富贵竹从 21.3% 提高到 51.6%,春羽从 12.4% 略有提高到 19.9%,小天使从 35.3% 提高到 51.1%,海芋从 69.9% 提高到 83.2%,栀子花未见明显变化;培养 15d 后,栀子花和春羽的去除率与 10d 时相比有显著提高,分别从 31.4% 和 19.9% 提高到 70.1% 和 49.4%,小天使、鹅掌柴去除率没有明显变化,说明植物对总氮的吸收达饱和,海芋因根部有腐烂现象,有 N 释放出来,去除率降低。各种植物对总氮的吸收量从大到小依次为海芋、栀子花、富贵竹、鹅掌柴、小天使、水竹、春羽、水花生。15d 后所有植物对氮的吸收均达平衡。污水中氨氮可被植物直接摄取,合成植物蛋白质和有机氮,污水中有机氮主要是在微生物的作用下转化成氨,氨在有氧环境中由硝化细菌作用生成硝酸盐,硝酸盐被植物吸收或反硝化^[9]。

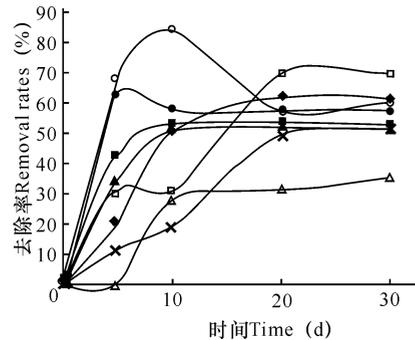


图 3 植物对水体 TN 的去除率

Fig. 3 The degradation percent of TN in polluted water by plants

◆: DC; ■: PH; ▲: PP; ×: PS; ○: AM; ●: SO; △: AP; □: GJ

2.2.4 植物对污水总磷的去除效果

从图 4 可以看出,培养 10d 后,植物对 TP 都有一定的去除效果,其中,水花生的去除率最大为 71.4%,小天使最小为 8.8%,其余则为 17.8%~47.3%;培养 20d 后,各种植物的去除率都有很大提高,尤以水竹最为明显,从 40.9% 升高到 91.9%,水花生达到了 89.3%,春羽和海芋分别从 40.4% 和 47.3% 提高到 83.0% 和 82.6%;培养 30d 后,小天使的去除率与 20d 时相比,有了相当大的变化,从 28.5% 提高到 80.8%,春羽、鹅掌柴略有提高,其余水竹、水花生、富贵竹、栀子花和海芋对磷的吸收趋于

饱和 各种植物的净化效果为春羽 > 水竹、水花生 > 海芋 > 小天使 > 鹅掌柴 > 栀子花 > 富贵竹。水体中磷的去除包括正磷酸盐、酸式水解磷酸盐、可溶有机磷酸盐和单质磷等。各种形式的磷对于微生物和植物是通过不同途径被去除和同化的。有机磷通过微生物转化为无机磷,然后被植物同化;单质磷通过根的吸附和过滤被去除^[3]。

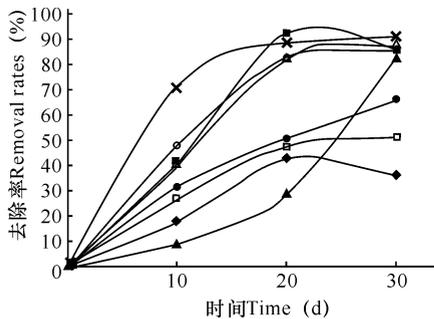


图 4 植物对水体 TP 的去除率

Fig. 4 The degradation percent of TP in polluted water by plants

◆: DC; ■: PH; ▲: PP; ×: PS; ○: AM; ●: SO; △: AP; □: GJ

2.2.5 植物对污水 NH₃-N 的去除效果

污水中 NH₃-N 下降都很快,水竹、春羽在第 5 天、小天使、水花生、海芋在第 10 天、鹅掌柴、栀子花、富贵竹在 20d NH₃-N 趋于零。详见图 5

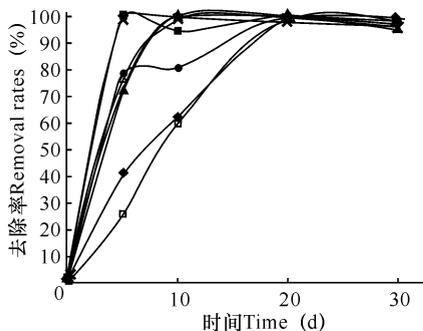


图 5 植物对水体 NH₃-N 的去除率

Fig. 5 The degradation percent of NH₃-N in polluted water by plants

◆: DC; ■: PH; ▲: PP; ×: PS; ○: AM; ●: SO; △: AP; □: GJ

3 结论

(1)由于植物和微生物的协同作用,不同植物对水质的净化能力不同,同一种植物在不同的培养时间内对水质的净化能力也不尽相同。

(2)综合考虑植物的去除率和在污水中的生长情况,筛选出海芋、水花生、春羽、鹅掌柴、小天使、栀子花作为净化灵剑溪富营养化水体的植物。

(3)花卉植物不仅能在污染水体中生长发育,有效净化水体,还具有良好的景观效应。

参考文献:

- [1] 成官文,唐标文,刘康怀,等.桂林市小东江环境污染综合治理研究[J].重庆环境科学,2003,25(6): 3-7.
- [2] 刘淑媛,任久长,由文辉.利用人工基质无土栽培经济植物净化富营养化水体的研究[J].北京大学学报:自然科学版,1999,35(4): 518-522.
- [3] 张骁栋,葛滢,叶哲璐,等.杭州人工湿地与西溪湿地 4 种植物光合生理生态比较[J].湿地科学,2006,4(2): 138-145.
- [4] Shutes R B E. Artificial wetlands and water quality improvement[J]. Environment International, 2001, 26(5-6): 441-447.
- [5] 陈志澄,郭丹桂,熊明辉,等.处理生活污水的植物品种的筛选[J].环境污染治理技术与设备,2006,7(4): 91-93.
- [6] 国际环境保护局,水和废水监测分析方法编委会.水和废水监测分析方法[M].第 4 版.北京:中国环境科学出版社,2002.10.
- [7] 谢建华,杨华.不同植物对富营养化水体净化的静态试验研究[J].工业安全与环保,2006,32(6): 210-314.
- [8] 吴洁,虞左明.西湖浮游植物的演替及富营养化治理措施的生态效应[J].中国环境科学,2002,21(6): 540-544.
- [9] 张志勇,方向京,周跃.人工湿地防治湖泊富营养化污染探讨[J].污染防治技术,2007,20(4): 38-41.

(责任编辑:邓大玉)

中国科学家首次从分子层次证明纳米催化的形貌效应

中国科学院大连化物研究所的研究人员利用形貌控制概念,通过对金属氧化物纳米粒子尺寸和形貌的调控,使得制备的 Co₃O₄ 纳米棒表面暴露 41% 的活性 (110) 晶面。这种晶面含有较多的 CO 氧化的活性位,即使在 -77°C 仍然可以实现 100% 的 CO 的转化,其反应速率是通常氧化钴纳米粒子的 10 倍。这类纳米棒材料在接近汽车发动机冷启动的条件(大量水汽和二氧化碳存在,150~400°C)下仍然具有优异的 CO 氧化性能和结构稳定性。这一结果首次从分子层次上证明了纳米催化材料的形貌效应,首次实现了金属氧化物催化一氧化碳低温氧化的高活性和高稳定性。这种通过形貌控制优先暴露活性晶面的方法也适用于其他金属氧化物体系,对纳米催化的基础研究和开发新一代高活性的氧化催化剂具有重要的借鉴价值。(据科学网)