

生态浮床浮板遮光对氮磷去除效果的影响

刘国强¹, 浦晨霞² (1. 金华市农村能源办公室, 浙江金华 321017; 2. 浙江农林大学环境与资源学院, 浙江杭州 311300)

摘要 [目的]明确生态浮床浮板遮光对氮磷去除效果的影响。[方法]以黄花鸢尾、再力花、梭鱼草3种常用浮床植物为供试植物,通过静态模拟试验,研究了生态浮床浮板遮光对浮床氮、磷净化效果的影响。[结果]3种植物在浮板遮光条件下对总磷、氨氮的去除效果均优于无浮板遮蔽的光照组,黄花鸢尾、再力花和梭鱼草浮床对总磷的去除效果分别高于光照组8.85%、23.64%和8.55%,对氨氮的去除效果均高于光照组10%左右。[结论]试验结果为生态浮床技术的研发和应用提供了理论依据。

关键词 生态浮床;浮板遮蔽;总磷;氨氮

中图分类号 S181 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)13-0080-03

Effect of Floating Shading in Ecological Floating Bed System on Removal of Nitrogen and Phosphorus

LIU Guo-qiang¹, PU Chen-xia² (1. Jinhua Rural Energy Office, Jinhua, Zhejiang 321017; 2. School of Environmental & Resources Science, Zhejiang A&F University, Hangzhou, Zhejiang 311300)

Abstract [Objective] The aim was to clear the effect of floating shading in ecological floating bed system on removal of nitrogen and phosphorus. [Method] Static experiments were carried out to study whether the floating plate of ecological floating bed had an effect on pollutants removal capacity of the floating bed for eutrophication water. Three common species of aquatic plants (*Iris pseudacorus* Linn., *Pontederia cordata* and *Thalia dealbata*) were used as floating bed plant to make a comparison of the removal capacities between the shading condition (using floating plate) and its control check groups (without floating plate). [Result] Compared with control check groups, the ecological floating beds under shading condition provided higher removal efficiency for both total phosphorus and ammonia nitrogen, increasing about 10% in terms of the removal capacity of ammonia nitrogen for all plant species. Compared to its control check groups, the removal efficiency of total phosphorus for the shading groups was increased by 8.85% for *Iris pseudacorus* Linn., 23.64% for *Pontederia cordata* and 8.55% for *Thalia dealbata*. [Conclusion] The results provide reference for development and application of floating shading technology.

Key words Ecological floating bed; Shading conditions; Total phosphorus; Ammonia nitrogen

生态浮床既能净化水质,又具有较好的景观效果,现已成为河、库、塘、湖等地表水体生态治理的主流技术。近年来,我国许多学者从应用角度对该项技术开展了大量研究工作^[1-6],如张志勇等^[1]研究表明,黑麦草、水序和香根草3种浮床植物对生活污水中总氮(TN)、氨氮(NH₄⁺-N)和总磷(TP)均具有较好的净化效果;孙连鹏等^[2]研究了不同季节美人蕉浮床对氮素的净化效果,结果表明春季时去除效果较好,秋季时的去除效果有所下降。基础研究发现,生物浮床的污染净化途径主要包括吸收、吸附、沉降、截留、生物降解转化等多方面,除浮床植物直接吸收净化外,植物根系还可分泌大量的酶和有机酸,加速水体中大分子污染物的分解,提高N、P的生物可利用性;同时,植物根系还为微生物提供氧源和附着场所,增强微生物的新陈代谢作用以削减水体污染物含量,通过移除植物体的方式,将其从水体中脱离,从而达到净化水体、提高水质的目的^[7-8]。此外,有研究发现,一些浮床植物具有特定的生理机制,能够耐受并吸收富集环境中的重金属对富集的重金属有脱毒能力^[9],这类植物具有一定的去除水体中重金属污染的功能。

在工程应用中,生态浮床通常是借助具有种植孔的浮体(通常也被称为“浮板”)来提供浮力,并为浮床植物的水上种植提供场所,对于该类生态浮床,浮板对光照的遮蔽极有可能对浮床植物生长和吸收净化、水体藻类生长、根区微生物等产生影响,进而影响到浮床的污染净化效果,但截至目

前鲜见相关研究报道。笔者以黄花鸢尾、再力花、梭鱼草3种常用浮床植物为供试植物,通过静态模拟试验研究了浮床浮板遮光对浮床氮磷净化效果的影响,以期生态浮床技术的研发和应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 水生植物。选择黄花鸢尾(*Iris pseudacorus* Linn.)、梭鱼草(*Pontederia cordata*)和再力花(*Thalia dealbata*)作为浮床植物,3种植物均购自杭州励新绿化公司花卉基地,其基本习性与作用见表1。

1.1.2 模拟水体。模拟的富营养化水体由磷酸二氢钾、氯化铵和自来水配制而成,其中磷酸盐初始浓度为4 mg/L,氨氮初步浓度为20 mg/L。

1.1.3 主要试剂。磷酸二氢钾、抗坏血酸、钼酸铵、酒石酸锶钾、过硫酸钾、氯化铵、纳氏试剂、酒石酸钾钠、氢氧化钠、盐酸、硫酸等,均为分析纯,溶液采用蒸馏水配制。

1.2 试验设计 试验在“井”字隔板与四孔遮板连体培养箱中进行(图1),该装置是尺寸为200 cm×40 cm×50 cm的玻璃钢板箱,分隔为大小相同的5个培养箱,每个培养箱上部遮板具有4孔,每个孔直径为14 cm,可种植4盆植物,所用聚乙烯种植盆上部直径为15 cm,下部直径为12 cm,高度为14 cm。

试验周期为42 d(2017年4月12日—5月24日),每隔7 d取样分析1次。各培养箱中种植4盆同种株高相近的植物(株高25 cm左右),试验植物在种植前放入去离子水中培养7 d。试验同时设置无植物的空白组(浮板遮光和无浮板遮光)。

表 1 浮床植物及其习性和作用

Table 1 Floating bed plants and their habits and effects

植物 Plant	别名 Other name	株高 Plant height // cm	生长习性 Growth habit	应用价值 Application value	净水能力 Water purification ability
黄花鸢尾 <i>Iris pseudacorus</i> Linn.	黄鸢尾	60 ~ 70	多年水生挺水草本;喜温凉、耐寒;花期 5—6 月、果期 7—8 月	净水、观赏	N、P、重金属
梭鱼草 <i>Pontederia cordata</i>	海寿花	80 ~ 150	多年水生挺水草本;喜温湿、喜阳、喜肥、怕风、不耐寒;花果期 5—10 月	净水、观赏	重金属
再力花 <i>Thalia dealbata</i>	水竹芋、水莲蕉、塔利亚	100 ~ 250	多年水生挺水草本;缓流、静水、喜温暖水湿、不耐寒冷干燥;花期 6—9 月	净水、观赏	重金属

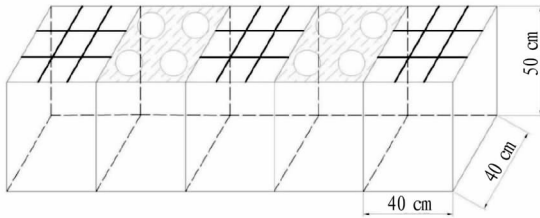


图 1 植物筛选试验装置

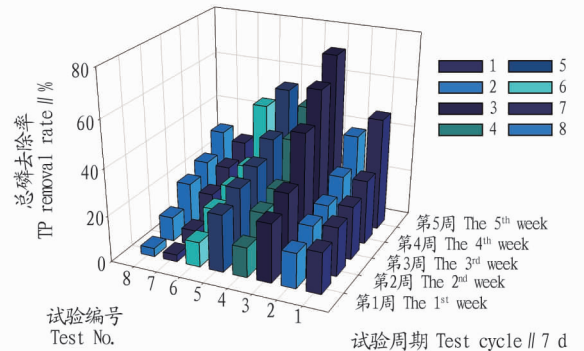
Fig. 1 The experimental device of screening plant

1.3 测定方法 参照《水和废水监测分析方法》(第四版)所规定的方法进行检测,其中总磷浓度测定采用钼锑抗分光光度法,氨氮浓度测定采用纳氏试剂分光光度法。

2 结果与分析

2.1 浮床遮光对磷去除效果的影响 为研究浮板遮光对生态浮床净化除磷效果的影响,研究了 3 种不同植物类型的浮床在遮光与光照 2 种不同光照条件下对总磷的去除效果。由图 2 可知,3 种不同植物浮床在浮板遮光条件下对总磷的去除效果均明显好于无浮板遮光的光照组,至第 5 周时,黄花鸢尾、再力花和梭鱼草浮床对总磷的去除效果比光照组分别高出 8.85%、23.64% 和 8.55%。究其原因,可能是光照促进藻类生长,从而对浮床植物根区净化、水体其他生物生长以及水体自净产生不利影响;试验过程发现,光照组浮床植株明显比遮光组矮小,且出现黄叶、干枯等现象(图 3);试验

同时发现,在两组无植物的 CK 空白组(浮板遮光和无浮板遮光)中,光照空白组中对总磷的去除效果优于遮光空白组。相关性分析发现,不同光照条件下 3 种植物浮床对总磷



注:1. 黄花鸢尾(遮光);2. 黄花鸢尾(光照)3. 再力花(遮光);4. 再力花(光照);5. 梭鱼草(遮光);6. 梭鱼草(光照);7. CK(遮光);8. CK(光照)

Note:1. *Iris pseudacorus* Linn. with shading; 2. *Iris pseudacorus* Linn. without shading; 3. *Thalia dealbata* with shading; 4. *Thalia dealbata* without shading; 5. *Pontederia cordata* with shading; 6. *Pontederia cordata* without shading; 7. CK with shading; 8. CK without shading

图 2 3 种水生植物不同光照条件下总磷去除率

Fig. 2 TP removal rate of three species of aquatic plants under different light conditions



注:a. 遮光;b. 无遮光

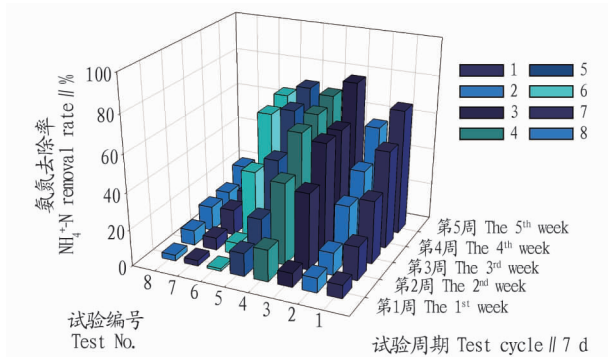
Note: a. Shading conditions; b. Without shading conditions

图 3 再力花在遮光和光照条件下的长势

Fig. 3 Growth of *Thalia dealbata* under shading conditions and without shading

的去除效果与其作用时间均呈显著相关关系,其中再力花与梭鱼草在遮光条件下的相关性($r=0.990,0.941,P<0.05$)明显好于光照组($r=0.981,0.920,P<0.01$)。

2.2 浮板遮光对氨氮去除效果的影响 浮板遮光与光照2种不同光照条件下3种不同植物类型的浮床对氨氮的去除效果见图4。浮板遮光条件下生态浮床对氨氮的去除效果也明显好于无浮板遮光的生态浮床(光照组),至第5周,3种不同种类植物的遮光浮床对氨氮的去除率较无遮光浮床高出10%左右。究其原因,也可能与藻类的生长有关;试验发现,在两组无植物的CK空白组(浮板遮光和无浮板遮光)中,光照空白组中对氨氮的去除效果在前4周优于遮光空白组,第5周时两组氨氮去除率差异有所减小。



注:1. 黄花鸢尾(遮光);2. 黄花鸢尾(光照);3. 再力花(遮光);4. 再力花(光照);5. 梭鱼草(遮光);6. 梭鱼草(光照);7. CK(遮光);8. CK(光照)

Note:1. *Iris pseudacorus* Linn. with shading; 2. *Iris pseudacorus* Linn. without shading; 3. *Thalia dealbata* with shading; 4. *Thalia dealbata* without shading; 5. *Pontederia cordata* with shading; 6. *Pontederia cordata* without shading; 7. CK with shading; 8. CK without shading

图4 3种水生植物不同光照条件下氨氮去除率

Fig.4 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ removal rate of three species of aquatic plants under different light conditions

相关性分析发现,3种植物不同光照条件下处理水体中氨氮与处理时间之间呈显著相关性,且遮光组的相关系数($r=0.997,0.945,0.984,P<0.05$)明显高于光照组的相关系数($r=0.987,0.919,0.968,P<0.05$)。

2.3 不同浮床植物对光照条件的响应性分析 结果表明,

3种不同植物对总磷和氨氮的去除效果存在时间差异性,对光照条件的响应也不尽相同(图2和图4),其中黄花鸢尾在不同光照条件下前4周对总磷去除效果相近,第5周时黄花鸢尾遮光组对总磷去除率比光照组高出8.85%,在第1周时遮光对氨氮的去除效果无显著影响。再力花在不同光照条件下每周对总磷去除效果均有较大差异,至第5周时再力花遮光组对总磷去除率比光照组高出23.64%;而梭鱼草在不同光照条件下前3周对总磷去除效果均有较大差异,第4周差异不明显,至第5周时遮光组总磷去除率略低于光照组(至第5周时,总磷去除率为8.55%)。对氨氮的去除,再力花与梭鱼草对光照条件的响应相似,5周试验中遮光组与光照组之间均存在10%去除率的差异。

3 结论

3种植物在浮板遮光条件下对总磷和氨氮去除效果均好于无浮板遮光的光照组;遮光条件下,黄花鸢尾、再力花和梭鱼草浮床对总磷去除率分别高于光照组8.85%、23.64%和8.55%,对氨氮的去除率均高于光照组10%左右。

无植物的CK空白组(浮板遮光和无浮板遮光)中,光照空白组中对总磷和氨氮的去除效果均好于遮光空白组,表明藻类生长影响浮床净化效果。

3种不同植物对总磷和氨氮的去除效果存在时间差异性,对光照条件的响应也不尽相同,表明浮板遮光所产生的影响与植物种类、污染物类别等有关。

参考文献

- [1] 张志勇,冯明雷,杨林章. 浮床植物净化生活污水中N、P的效果及 N_2O 的排放[J]. 生态学报,2007,27(10):4333-4341.
- [2] 孙连鹏,刘阳,冯晨,等. 不同季节浮床美人蕉对水体氮素等污染物的去除[J]. 中山大学学报(自然科学版),2008,47(2):127-130.
- [3] 李伟,李先宁,曹大伟,等. 组合生态浮床技术对富营养化水源水质的改善效果[J]. 中国给水排水,2008,24(3):34-38.
- [4] 徐功娣,张增胜,韩丽媛,等. 强化生态浮床与普通浮床对污染物净化效果对比研究[J]. 水处理技术,2010,36(4):93-96.
- [5] 徐欢,张勇,黄民生,等. 梯级生态浮床系统处理黑臭河水除磷性能研究[J]. 华东师范大学学报(自然科学版),2011,57(1):119-125.
- [6] 张曼玉,赵欣欣,胡凯,等. 湿地槽式生态浮床修复富营养化水体中的氮素污染物[J]. 节水灌溉,2015(5):63-65.
- [7] ZHU L D, LI Z H, KETOLA T. Biomass accumulations and nutrient uptake of plants cultivated on artificial floating beds in China's rural area[J]. Ecological engineering, 2011, 37(10):1460-1466.
- [8] KÖRNER S, VERMAAT J E. The relative importance of *Lemna gibba* L., bacteria and algae for the nitrogen and phosphorus removal in duckweed-covered domestic wastewater[J]. Water research, 1998, 32(12):3651-3661.
- [9] 王剑虹,麻密. 植物修复的生物学机制[J]. 植物学报,2000,17(6):504-510.
- [10] [J]. 山东农业科学,2009(9):54-56.
- [11] 王际轩,刘志,谢休华,等. 苹果无病毒树的生长和结果表现[J]. 园艺学报,2000,27(3):157-160.
- [12] 薛建平,张爱民,盛玮,等. 安徽药菊脱毒苗与非脱毒苗生理生化的比较研究[J]. 中国中药杂志,2004,29(6):514-517.
- [13] 王永奇,赵玲玲,李元军,等. 烟台地区脱毒苹果园植株长势和产量效益分析[J]. 山东农业科学,2013,45(9):59-61.
- [14] 宋来庆,赵玲玲,刘美英,等. 红富士苹果芽变选种及育成新品种[J]. 烟台果树,2015(4):6-7.
- [15] 毛志泉,沈向. 苹果重茬(连作)障碍防控技术[J]. 烟台果树,2016(4):26-27.
- [16] 张洪胜,苏佳明,于强,等. 苹果脱毒苗在果园更新改建中的作用[J]. 烟台果树,2012(2):29.
- [17] 于强,李庆余,王义菊. 脱毒烟富3在重茬果园建园应用效果研究[J]. 烟台果树,2015(1):16-17.

(上接第60页)

毒症状,表现出较好的抗重茬能力,可以作为烟台地区老果园更新改建的优良苗木。但脱毒苗木抗重茬的机理还有待进一步研究。

参考文献

- [1] 宋世志,宋来庆,赵玲玲,等. 烟台地区早熟富士苹果发展现状与对策[J]. 烟台果树,2016(1):30-31.
- [2] 赵玲玲,宋来庆,刘美英,等. 苹果病毒病的主要症状、危害及传播途径分析[J]. 烟台果树,2013(3):5-6.
- [3] 郝璐,叶婷,陈善义,等. 我国北方部分苹果主产区病毒病的发生与检测[J]. 植物保护,2015,41(2):158-161.
- [4] 苏佳明,段小娜,于强,等. 烟台市主要果树病毒调查与检测鉴定初报