

# 五种水生植物对富营养化水体净化能力的研究

刘旭富, 石青

(北京农业职业学院, 北京 102442)

**摘要:**以荷花、睡莲、水葱、千屈菜、凤眼莲 5 种具有观赏价值的水生植物为试验对象, 研究了 5 种水生植物的生长状况、对水体中总磷、总氮和氨氮的吸附能力和对富营养化水体的净化效果。结果表明: 5 种水生植物对总氮的吸收能力, 前 5 d 内荷花的除氮最高, 清除率达到了 27.0%, 而睡莲最低, 只有 6.7%; 第 10 天时, 5 种植物对总氮的清除率有了明显差异, 凤眼莲的增幅最大, 清除率达到了 49.9%, 其次是睡莲, 达到了 36.7%, 其它 3 种植物对总氮清除变化不明显; 第 25 天时, 5 种植物的清除总氮速度基本稳定, 这 5 种水生植物对总氮清除能力为: 凤眼莲>睡莲>水葱>荷花>千屈菜; 5 种水生植物对总磷的清除能力上, 都是随时间的延长清除率越高。凤眼莲、睡莲、水葱、千屈菜、荷花 30 d 内, 水体的总磷去除率达 97.9%、93.8%、89.9%、81.6% 和 79.6%。因此清除总磷能力由高到低依次为: 千屈菜>水葱>凤眼莲>睡莲>荷花。

**关键词:**水生植物; 富营养化水体; 氮; 磷

**中图分类号:**S 682.32 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)22-0054-03

水体富营养化(Eutrophication)是指在人类活动的影响下, 生物所需的氮、磷等营养物质大量进入湖泊、河口、海湾等缓流水体, 引起藻类及其它浮游生物迅速繁殖、水体溶解氧量下降、水质恶化以及鱼类和其它生物大量死亡的现象。水体富营养化已经成为全球性的环境问题。自 20 世纪 60 年代以来, 世界各国先后对富营养化水体进行了大量的研究并提出了各种治理方式, 包括减少外源性污染源、转移污水排放、引水冲刷、化学措施等<sup>[1]</sup>。面对富营养化水体治理过程中的复杂问题, 有学者认为富营养化治理效果不佳的关键问题在于缺乏水生植被的恢复环节<sup>[2]</sup>。研究表明, 水生植物对 N、P 等有很强的吸收和利用作用, 利用水生植物富集 N、P 是治理、调节和抑制水体富营养化的有效途径<sup>[3]</sup>。水生植物不仅能为景观增添色彩, 还对水体起到净化作用<sup>[4]</sup>。但目前大多数数学者主要是针对水生植物在净化富营养水体等方面进行研究, 且又多从生态角度出发, 很少有结合景观美学的要求, 其作用也就局限于水体的去污治理。该试验在考虑园林美学的要求下, 选取了观赏价值很高的荷花、睡莲、水葱、千屈菜、凤眼莲为对象, 研究这 5 种水生植物对富营养化水体中氮、磷的去除能力, 以期为相关研究提供参考。

**第一作者简介:**刘旭富(1973-), 男, 硕士, 副教授, 研究方向为观赏植物栽培与应用。E-mail: 13520026531@163.com.

**基金项目:**北京市教育委员会科技计划面上资助项目(KM201000005005)。

**收稿日期:**2012-07-24

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

水生植物: 市场购置的生长良好的荷花(*Nelumbo nucifera*)、睡莲(*Nymphaea* Linn spp)、水葱(*Scirpus tabernaemontani* Gmel)、千屈菜(*Lythrum salicaria* L)、凤眼莲(*Eichhounia crassipes*)。试验用水取自北京农业职业学院中水处理系统出水口的水源, 这里的水浓度相对稳定, 其成分及当地地下水成分见表 1。根据对试验用水进行分析, 认为试验用水符合典型的富营养化水体的特征, 可以代表富营养水体。底泥均为取自北京农业职业实训园里的表层粘土。

### 1.2 试验方法

取 5 种水生植物各 20 盆, 每盆花卉均生长正常, 大小、长势一致、无病虫害。水葱、千屈菜是 1 a 生的播种苗, 荷花、睡莲、凤眼莲是当年分生的植物。试验前将获取的 5 种水生植物分别移栽入盛有清水和底泥的直径 60 cm 的荷花缸里, 在室外自然光照条件下, 预培养 20 d, 使这 5 种水生植物均处于相同的生长环境并恢复至正常生长状态。

开始处理后, 倒掉全部清水, 缸内加入试验用水, 留缸沿口 5 cm。每隔 2~3 d 即用蒸馏水补充蒸发水分, 以保持体积不变。每隔 5 d 取荷花缸中部水样进行测定, 按照国家环境保护总局的《水和废水监测分析方法》<sup>[5]</sup>, 对其进行氮、磷指标测定。总氮采用碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法测定, 总磷采用钼酸铵分光光度法测定。

表 1 试验用水及地下水(对照)用水成分

	pH	全盐量 /mg·L <sup>-1</sup>	化学需氧量 COD/mg·L <sup>-1</sup>	氯化物含量 CL/mg·L <sup>-1</sup>	总氮量 TN/mg·L <sup>-1</sup>	总磷量 TP/mg·L <sup>-1</sup>
试验水	7.92	714	109.0	387.2	40.18	0.470
地下水	7.50	601	<0.5	57.6	6.55	0.026

各指标的去除率按下列公式计算:去除率= $((C_0 - C_i)/C_0) \times 100\%$ 。其中, $C_0$  为试验开始时水体中的污染物浓度; $C_i$  为第  $i$  天时水体中的污染物浓度。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同植物对富营养化水体中总氮含量的影响

由图 1 可知,不同水生植物对富营养化水体中的总氮的吸收速度有所差异。在最初的 5 d 内荷花对水体的全氮清除力最强,容器中总氮量只有 29.34 mg/L,清除率达到了 26.98%,而睡莲清除能力最弱,水体中总氮量为 35.02 mg/L,清除率只有 6.67%;到第 10 天时,5 种植物对总氮的清除能力有了明显差异。其中风眼莲对全氮清除能力最强,水体内只 20.14 mg/L 的浓度,清除率达到了 49.87%;其次是睡莲,水体总氮的浓度为 25.47 mg/L,全氮清除率达到了 36.61%,其它 3 种水生植物对全氮清除变化不明显;到第 25 天时 5 种植物对总氮清除量基本稳定,且呈下降的趋势。风眼莲在试验初期对氮素的清除速度较慢,总氮浓度变化曲线下降平缓,每天平均浓度下降速率仅为 1.4 mg/L,出现这种情况的原因是可能风眼植株较小,而且整个植物体都要浸在水体中,需要适应一段时间才能吸收水里的氮元素。

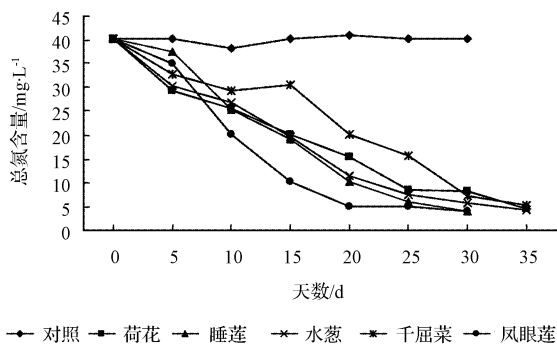


图 1 不同植物对富营养化水体总氮的影响

### 2.2 不同植物对富营养化水体中总磷含量的影响

由图 2 可知,5 种不同水生植物对富营养化水中的总磷都有一定的清除效果,但不同植物对总磷的清除效果差异较大。从清除率来看,千屈菜效果最好,30 d 内,富营养化水体的总磷由 0.49 mg/L 下降到 0.01 mg/L,去除率达 95.91%;水葱和风眼莲次之,到试验第 30 天时,对总磷的清除率分别为 93.88% 和 81.63%;睡莲和荷花对总磷的清除能力表现较差,分别去除了总磷的 79.59% 和 75.51%。

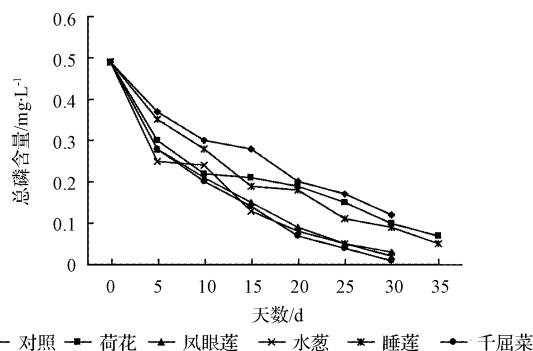


图 2 不同植物对水体总磷的影响

## 3 结论与讨论

### 3.1 水生植物对富营养化水体的净化原理

植物在富营养化水体生活时,由于植物生长自身的需要以及生理过程,一直与水体进行着复杂的物质和能量代谢过程。具体表现在如下几方面,一是植物吸收,水生植物在生长的过程中,需要从周围环境中吸收大量的氮、磷等营养元素。当水生植物被运移出水生生态系统时,被吸收的营养物质随之从水体中输出,从而达到净化水体的目的<sup>[6]</sup>。二是微生物降解,水生植物的根系在生长过程中,为适应自身的需要还能分泌一些促进嗜磷、氮微生物生长的物质。通过这种刺激作用,可进一步促进水体生物的繁殖,从而间接提高水体的净化效率。三是物理沉积,水生植物根圈吸附一些矿质离子,还会栖生某些小型动物如水蜗牛,能以藻类为食。另外,水生植物还能通过植物残体的沉积将部分生物营养元素埋入沉积物中,使其脱离湖泊内的营养小循环,进入大的地球化学循环过程<sup>[7]</sup>。

### 3.2 5 种水生植物对富营养化水体净化能力比较

5 种水生植物对富营养化水体具有很强的清除能力。对总氮的清除能力上,第 30 天时,风眼莲、睡莲、水葱、荷花和千屈菜对总氮的清除率分别:89.92%、89.85%、85.66%、82.13% 和 79.67%。因此 5 种水生植物对总氮的清除能力由强到弱为:风眼莲>睡莲>水葱>荷花>千屈菜;对总磷的清除能力上,第 30 天时,千屈菜、水葱、风眼莲、睡莲和荷花对总磷的清除率分别是 95.91%、93.88%、81.63%、79.59% 和 75.51%,因此 5 种水生植物对总磷的清除能力由强到弱为:千屈菜>水葱>风眼莲>睡莲>荷花。

对于 5 种水生植物对富营养化水体净化能力的研

究,该试验仅从总氮、总磷 2 个指标进行了研究。富营养化水体中还关于化学需氧量(COD)、浊度等相关指标,所试植物对这些指标的清除能力还需要进一步研究。

该试验中的凤眼莲已成为世界公认的生物入侵性物种,凤眼莲对氮、磷及重金属等多种有毒物虽具有很强的净化功能,但管理不当,却反得其害。一是繁殖快,蔓延迅速,有损观瞻;二是老化的植株沉入湖底,腐烂后富营养化,成为二次污染。该试验中使用的其它 4 种植物,在以后对富营养化水体进行净化时,到了生长后期,也要进行割除清理,否则植物的枯枝落叶或植物残体会在水中腐烂时会释放出大量的有机物和营养盐,水体颜色加深,造成富营养化,有时还伴随藻类大量生长,造成水体的二次污染。

### 参考文献

- [1] Wauer G, Gonsiorczyk T, Kretschmer K, et al. Sediment treatment with a nitrate-storing compound to reduce phosphorus release[J]. Water Res, 2005, 39(2/3): 494-500.
- [2] 王国祥, 淮培民. 若干人工调控措施对富营养化湖泊藻类种群的影响[J]. 环境科学, 1999(3): 71-74.
- [3] 葛滢, 王晓月, 常杰. 不同程度富营养化水中植物净化能力比较研究[J]. 环境科学学报, 1999, 19(6): 690-692.
- [4] 朱斌, 陈飞星. 利用水生植物净化富营养化水体的研究进展[J]. 上海环境科学, 2002, 21(9): 564-567.
- [5] 国家环保总局. 水和废水监测分析方法[M]. 4 版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [6] 童昌华, 杨肖娥, 淮培民. 低温季节水生植物对污染水体的净化效果研究[J]. 水土保持学报, 2003, 17(2): 159-162.
- [7] 李文朝. 东太湖沉积物中氮的积累与水生植物的沉积[J]. 中国环境科学, 1997, 17(5): 418-421.

## Study on Purification Capacity of Five Kinds of Aquatic Plants on Eutrophic Water Body Purification Capacity

LIU Xu-fu, SHI Qing

(Department of Horticulture, Beijing Vocational College of Agriculture, Beijing 102442)

**Abstract:** Taking five ornamental value aquatic plants of *Nelumbo nucciifera*, *Nymphaea* Linn spp, *Scirpus tabernaemontani* Gmel, *Lythrum salicaria* L, *Eichhorina crassipes* as materials, the growth status and the adsorption ability of 5 kinds of aquatic plants to water in the total phosphorus, total nitrogen and ammonia nitrogen and eutrophication purification effect were studied. The results showed that the five kinds of aquatic plants to absorb the ability of total nitrogen, before 5 days of *Nelumbo nucciifera* in the highest nitrogen, clearance achieved 27.0%, and the lowest *Nymphaea* Linn spp, only 6.7%; 10 days, five species of plants to total nitrogen had significant difference of clearance, the largest rise *Eichhorina crassipes*, up to 49.9% of the clearance followed by *Nymphaea* Linn spp, to 36.7%, the other three plants to total nitrogen removal change was not obvious, 25 days of five plants remove total nitrogen speed basic stability, the five kinds of aquatic plants on the total nitrogen removal ability for: *Eichhorina crassipes* > *Nymphaea* Linn spp > *Scirpus tabernaemontani* Gmel > *Nelumbo nucciifera* > *Lythrum salicaria* L; 5 kinds of aquatic plants on the total phosphorus removal ability, with the extension of time, the higher the clearance. *Eichhorina crassipes*, *Nymphaea* Linn spp, *Scirpus tabernaemontani* Gmel, *Lythrum salicaria* L, *Nelumbo nucciifera*, within 30 days of the water to phosphorus removal rate of 97.9%, 93.8%, 89.9%, 81.6% and 79.6%. So remove phosphorus ability from high to low in turn for: *Lythrum salicaria* L > *Scirpus tabernaemontani* Gmel > *Eichhorina crassipes* > *Nelumbo nucciifera* > *Nelumbo nucciifera*.

**Key words:** aquatic plants; eutrophication water; nitrogen; phosphorus