

# 宁夏几种水生植物组合对氮磷吸收作用的研究

杨 涓, 郑国琦, 张 磊

(宁夏大学 生命科学学院, 宁夏 银川 750021)

**摘 要:** 菖蒲、睡莲、香蒲、芦苇、蘆草、荇菜和眼子菜对废水具有较好的净化效果, 通过对这 7 种植物进行组合搭配, 以只有洗沙的无植物空白试验作为对照组, 测定试验前后的水中的氮磷指标。筛选合适的去污水生植物组合, 以便在生产上推广应用。结果表明: 供试植物在富营养化水体中均能正常生长, 且对富营养化水体中的氮磷均有一定的吸收, 香蒲+睡莲和芦苇+荇菜这 2 种组合氮磷去除率和生物量的增加相对较高。

**关键词:** 水生植物; 富营养化; 氮; 磷

**中图分类号:** S 682.32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2012)16-0056-04

宁夏平原湿地较多,“银川”素有“塞上湖城”之称,近年来,随着对湿地的开发利用和农田大量施用化肥,不可避免地出现了富营养化的状况。在银川北塔湖、艾依河等水域,水体中总氮(TN)、总磷(TP)的平均浓度已达到高度富营养化,其主要是生活污水、农田排水等引起的。水生植物在生态系统中处于初级生产者的地位,通过自身的代谢和微生物的共同作用,可以大量吸收富营

养化水体中的氮、磷和悬浮物等有害物质,同时抵制低等藻类的生长<sup>[1]</sup>,利用水生植物和高等藻类对受污染的水体进行修复是目前比较有效的方法和途径之一。因此,水生高等植物是水生生态系统保持良性运行的关键类群,也是整个水生植物群落多样性的基础。我国水生植物种类丰富,目前用于净化水质的水生植物达数十种之多,类型多样,很多种类在净化中已经取得了不错的成果。

目前,关于水生植物对污水净化的研究主要侧重于对个别植物进行个体或群落的比较研究,筛选对富营养物质、有机物质和重金属吸收降解效果好的植物<sup>[2-4]</sup>,选择相对较局限。无论是人工还是自然条件下的生境都

**第一作者简介:** 杨涓(1970-),女,甘肃天水人,硕士,副教授,现主要从事植物生物学教学与科研工作。E-mail: tracy\_weiyang@163.com.

**基金项目:** 宁夏回族自治区环保厅资助项目(20100814)。

**收稿日期:** 2012-05-08

[4] 王彦荣. GB-T 2930. 9-2001 牧草种子检验规程重量测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2001-3-14.

[5] Ren ZH S, Abbott J. Seed dormancy and germination in Mediterranean *Senecio vulgaris* L. [J]. Acta Bot. Yunnan, 1992, 14(1): 80-85 (in Chinese).

[6] Manning S. The functional differentiation of the testain seed of *Indigo*

*fera parviflora* (Leguminosae: Papilionoideae) [J]. Ann Bot, 1987, 59: 705-713.

[7] 罗弦, 潘远智, 杨学军, 等. 低温层积处理对 4 种苔草种子休眠与萌发的影响[J]. 草业学报, 2010, 19(3): 117-123.

## Study on Selected and Germination Acceleration of *Carex leucochlora* Seeds

YANG Xue-jun, WEN Hai-feng, TENG Wen-jun

(Beijing Research and Development Center for Grass and Environment, Beijing 100097)

**Abstract:** To solve the problem that *Carex leucochlora* seeds could not germinate simultaneously so that it was difficult to conduct sexual reproduction and landscape application, the selected and germination acceleration of *Carex leucochlora* seeds were studied. The results showed that sinked seed soaked 12 h by 3 g/L KNO<sub>3</sub> solution at 38℃ could increase significantly germination percentage and germination index, and cold stratification treatment could increase significantly germination percentage and germination index, after 150 d by cold stratification, the germination index was 18.15, the germination time was shortened.

**Key words:** *Carex leucochlora*; seed germination; selected seeds; germination acceleration

不是只适合一种或某几种植物生长,而是在因地因时条件下多种植物共同组成的群落中相互促进、相互抑制共同发挥作用,降解污染物,维持生态系统平衡<sup>[5]</sup>。尤其对于人工湿地来讲,植物是人工湿地的重要组成部分,由于不同植物根系发达程度不同、放氧速率不同,对微生物的活性影响不同,从而对污水的净化效率也不同。有研究表明多种水生植物的合理搭配能产生比单一植物更好的净化效果<sup>[5-6]</sup>。因此,加强水生植物的筛选和格局配置研究,对于充分发挥水生植物在富营养化水体中的净化作用具有重要的意义。现选取宁夏常见的几种湿地水生植物进行组合配置,研究其对氨氮、总磷的同化吸收能力,从中筛选出净化效果较好的组合配置,研究结果可为人工湿地水生植物格局配置防治水体富营养化提供参考,同时对构建高效脱氮除磷的人工湿地具有一定的参考价值。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

本着因地制宜的原则,根据植物生物学特性、耐污性、对氮、磷的吸收去除能力,并查阅国内外水生植物净化污水的相关资料,通过综合分析,同时兼具一定的观赏性,选取了适合银川气候、有较好去污净化能力的7种水生植物,分别为挺水植物香蒲(*Typha angustifolia* L.)、芦苇(*Phragmites communis* Trin.)、菖蒲(*Acorus calamus* Linn.)、蘆草(*Scirpus triquetra* L.);浮叶植物睡莲(*Nymphaea tetragona*)、荇菜(*Nymphoides peltatum*);沉水植物眼子菜(*Potamogeton perfoliatus* L.)进行组合配置。睡莲茎段从市场购得,其它试验材料采自银川艾依河周边水沟内。

### 1.2 试验方法

试验于2011年6月在银川北方民族大学温室进行。依据浮叶植物和挺水植物,沉水植物和挺水植物同时结合观赏性进行搭配,确定6种组合配置如下:香蒲+睡莲、菖蒲+睡莲、蘆草+睡莲、芦苇+荇菜、荇菜+穿叶眼子菜、香蒲+穿叶眼子菜,以无植物培养作为对照。

试验在模拟人工湿地基础上进行。选取不透光塑料水箱作为试验容器,箱尺寸约为长×宽×高=0.60 m×0.38 m×0.45 m。塑料箱为深蓝色,以模拟根区的弱光条件,并防止由于阳光照射使藻类过量繁殖而影响氮磷等指标的测定。并在箱底铺一层经10 cm厚的盐酸浸泡12 h并用自来水漂洗至pH值为7.0左右的蛭石,蛭石粒径大约5 mm,防止植物的根部与箱底接触,导致根系呼吸困难,进而影响水质的净化效果。试验期间,气温20~30℃。保持室内直射及散射自然光照及良好的通风。选取长势良好、大小均匀的植株作为试验对象。

试验模拟N、P的富营养化水质,用基本营养液配制含有较高N、P的人工配制污水,以目前银川周边湿地艾依河中氮和磷的平均值为参考,扩大10倍进行处理。经计算可知营养液中TN浓度为30 mg/L,TP浓度为4 mg/L。试验水体除N、P元素外,其它营养元素按照霍格兰培养液设置。每个浓度设1个平行组,试验结果取均值。

于2011年5月12日从艾依河边挖取以上植物具有芽的茎段,整理后在沙土中先栽培数日,待植物长成幼苗,取出来洗净后再在自来水中进行15 d的适应性培养。取以上所述塑料箱14个,将石子洗干净放入箱底,每箱分别注入20 L人工配制的含有N、P的营养液,使其保持较高的富营养化状态。将植物用自来水洗净,室温放置20~30 min风干,称重。每箱组合水生植物的总生物量控制在300 g,放养在塑料箱中,用蛭石埋压植物根部。每个组合(包括对照)种植2箱作为重复。在箱体侧面做标记,每隔1 d补充一定量的自来水以弥补蒸腾、蒸发的水分,保证每个箱内水样的体积基本稳定。同时,设空白对照(不栽培植物)。并在第5、10、20天取水样进行测定,测定水中总氮(TN)、总磷(TP)的含量。为减少误差,将每个水样重复取3次,测定结果为其平均值。

### 1.3 项目测定

取样时间为上午8:30~10:00,水样采集按照《中国环境监测标准》进行,试验主要通过测定富营养化水体的总氮(TN)和总磷(TP)指标在处理前后变化来监测水生植物组合后对富营养化水体的净化效果。TN采用过硫酸钾-紫外分光光度法,TP采用钼酸铵分光光度法<sup>[7]</sup>。处理结束时对鲜重进行测量。

### 1.4 数据处理

所有试验结果为3次重复测定的平均值,采用的数据标准误差 $S \leq 1\%$ ,每组测定数据在 $\pm S$ 范围内。所有试验数据经DPS软件进行统计分析和处理间差异显著性检验( $P < 0.05$ ),显著性结果用字母标示与各数据表中。

水质指标的去除率按下式计算:去除率 $= (C_0 - C) / C_0 \times 100\%$ 。式中: $C_0$ 为该次测定时的某种水质指标的原始浓度; $C$ 为该次测定时经过某种植物净化之后水样的对应水质指标标准。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同植物组合配置水体中总氮、总磷的变化

由图1、2可知,在静水培养条件下各植物组合水体中的总氮和总磷的含量均远低于对照。说明种植植物可以很好地降低氮磷的含量,对净化水质的作用得非常明显。各处理水体总氮含量随着处理时间的延长呈现明显的下降趋势,5~15 d下降的最快,并

且各组合配置差异比较明显,对 15 d 各组合进行的显著性分析表明芦苇+眼子菜组合总氮下降得最低。而到 25 d 时,总氮下降的速率趋于一致,各处理并无显著的差异。

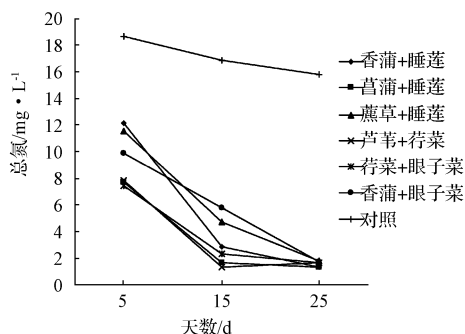


图 1 不同植物组合配置水体含氮量的变化

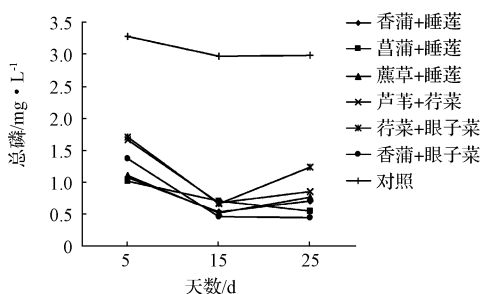


图 2 不同植物组合配置水体含磷量的变化

各处理水体总磷在 5~15 d 呈明显下降,15 d 以后略有上升。方差分析表明,在处理 5 d 时,各处理组合差异显著,其中芦苇+荇菜和荇菜+眼子菜组合水体的 TP 显著高于其它组合(吸收较少),菖蒲+睡莲、蘆葦+睡莲和香蒲+眼子菜组合水体总磷下降显著,吸收磷的能力较强。到 15 d 时,各组合的总磷下降到最低,但各组合差异不显著。在 25 d 时,有些组合的水体总磷略有上升,荇菜+眼子菜组合水体的含磷量上升明显,而香蒲和眼子菜组合水体的含磷量最低。这也说明静水条件下处理时间太长会导致有些处理水体含磷量的上升,尤其是浮水植物和沉水植物原因可能是植物的脱落叶片没有打捞和收割,使得一部分氮磷元素又回到水体。

## 2.2 不同组合配置对水体中总氮和总磷的去除效果

由表 1 可知,各处理组合的氮磷去除率都在 55% 以上,随着植物生长天数的增加,去除率也在增加。各组合氮的去除率表现为 25 d>15 d>5 d,磷的去除率为 15 d>25 d>5 d。说明水生植物对总氮和总磷都有较好的净化效果,且去除率没有表现出明显的阶段性,均随着时间的增长有稳定的提高。比较试验结果发现对照水体也有一定的自净作用,但远低于有植物的各处理,因此只对各植物组合配置进行方差分析。方差分析表明,在配置的 7 种水生植物组合中,荇菜与芦苇、菖蒲+睡莲、香蒲+睡莲及荇菜+眼子菜组合对受污水体的去氮效果显著优于蘆葦+睡莲、香蒲+眼子菜组合;而香蒲+睡莲、蘆葦+睡莲及香蒲+眼子菜对磷的去除率显著高于其它 3 个组合。

表 1 不同植物组合配置水体氮磷去除率比较

%

处理	5 d		15 d		25 d	
	磷去除率	氮去除率	磷去除率	氮去除率	磷去除率	氮去除率
香蒲+睡莲	73.20±3.88a	59.43±2.70d	86.83±2.47ab	90.49±3.41ab	82.50±1.32abc	95.57±1.01a
菖蒲+睡莲	74.60±3.87a	74.27±4.94a	82.33±3.25c	94.57±2.06a	86.33±1.94ab	95.52±0.59a
蘆葦+睡莲	72.42±1.01a	61.41±2.64cd	87.00±1.32ab	84.38±1.07c	81.00±3.25bc	94.04±0.49a
芦苇+荇菜	58.42±1.92b	73.92±2.87ab	82.92±2.10c	95.56±2.39a	78.67±2.39cd	94.58±0.57a
荇菜+眼子菜	57.33±3.97b	75.22±4.52a	83.42±2.27bc	92.22±5.61a	73.42±2.89d	94.49±0.18a
香蒲+眼子菜	65.83±2.35ab	66.98±2.32bc	88.58±0.63a	80.71±1.90c	89.00±0.50a	94.34±1.46a

注:小写字母表示  $P<0.05$  下差异显著。

表 2 各配置组合植物生物量的变化

处理	香蒲+睡莲	菖蒲+睡莲	蘆葦+睡莲	芦苇+荇菜	荇菜+眼子菜	香蒲+眼子菜
鲜重增加/g	158.7	150.7	133.3	157.3	151.0	141.0

经过 25 d 的培养,各组合配置植物生长的状况也比较好,水体也比较清澈,各组合中睡莲的叶片均增加了 5~6 片新叶,平均生物量均有增加。由表 2 可看出,香蒲+睡莲、芦苇+荇菜组合的生物量增加较高,而蘆葦+睡莲组合最低。分别达到 158.7 和 157.3 g,平均每天增加 6.35 和 6.29 g;而蘆葦+睡莲组合生物量增加最低,只有 133.3 g,平均每天增加 5.33 g。

结合氮磷去除率来看,香蒲+睡莲和芦苇+荇菜这

2 种组合氮磷去除率和生物量的增加相对较高,而且,这 2 种组合均是浮水植物和挺水植物的组合,观赏性很好。表明在进行水生植物的组合配置时,应当考虑植物类型的搭配,特别是浮水植物和挺水植物的搭配。

## 3 讨论与结论

该试验中植物组合和不种植植物的水体相比,水生植物的净化作用很明显,主要原因是水生植物由于在其生长过程中需要吸收大量的 N、P 等营养元素,作为植物

自身的营养成分。而且水生植物拥有发达的根系,附近能够形成好氧、缺氧、厌氧的微环境,有利于硝化细菌和反硝化菌的生长,从而增强微生物的硝化和反硝化作用,从而提高对水体的净化效率<sup>[8]</sup>。

研究还表明,多种植物组合比单种植物能更好地对水体进行净化,因为每种水生植物各有其特点,对净化对象产生净化优势,水生植物的生态组合使用能使它们互相取长补短,保持较为稳定的净化效果。因此,多种植物组合比单种植物能更好地净化水质,具有更合理的物种多样性<sup>[9-11]</sup>,更容易保持生态系统的长期稳定性<sup>[12]</sup>,并且会减少病虫害的发生,因而目前有越来越多的试验采用多种植物的组合。混合栽种植物的人工湿地较单一栽种植物的人工湿地而言,植物生长更快,对污染物的净化效果更好;这可能是因为不同湿地植物的根系泌氧能力及氮磷吸收性能不同<sup>[13]</sup>,有的可以高效地吸收氮,有的能更好地富集磷,当使用多种植物组合时有利于植物之间取长补短,保持较为稳定的净化效果。组合试验结果表明,适当的水生植物组合能提高 N、P 的净化效果,在宁夏湿地,香蒲+睡莲和芦苇+荇菜这 2 种组合能同时提高 TN 与 TP 的净化效果。

该试验模拟试验期较短,对水生植物组合去污能力的探究仅限于控制试验,而植物群落对污水净化的影响因素较多,给植物群落水体净化研究带来一定的难度,如何利用植物的组合配置结合景观效果,还需要在以后的试验中进一步研究。

## 参考文献

- [1] Haberl R, Perler R, Mayer H. Constructed wetlands in Europe[J]. Wat Sci Tech, 1995, 32(3): 306-315.
- [2] 徐进, 张奇, 王世和, 等. 几种植物对潜流型湖滨湿地中氮磷的处理效果比较[J]. 生态环境, 2006, 15(5): 936-940.
- [3] 王圣瑞, 年跃刚, 侯文华, 等. 人工湿地植物的选择[J]. 湖泊科学, 2004, 16(1): 91-96.
- [4] 赵建刚, 陈章和. 单种和多种群落湿地对污水的净化效果和植物生长生物量研究[J]. 应用与环境生物学报, 2006, 12(2): 203-206.
- [5] 宋春涛, 汤访评, 陈晓艳. 不同水生植物组合对腐乳生产尾水的净化试验[J]. 江苏林业科技, 2009, 36(1): 18-22.
- [6] 段志勇, 刘超翔, 施汉昌, 等. 复合植物床式人工湿地研究[J]. 环境污染治理技术与设备, 2002, 3(8): 4-7.
- [7] 国家环保总局, 水与废水监测分析方法编委会. 水与废水监测分析方法[M]. 4 版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [8] 刘佳, 刘永立, 叶庆富, 等. 水生植物对水体中氮、磷的吸收与抑藻效应的研究[J]. 核农学报, 2007, 21(4): 393-396.
- [9] Stephan A, Meyer A H, Schmid B. Plant diversity affects cultural soil bacteria in experimental grassland communities[J]. Journal of Ecology, 2002 (22): 988-998.
- [10] Zak D, Holmes W E, White D. Plant diversity, soil microbial communities, and ecosystem function: are there any links[J]. Ecology, 2003, 84(8): 2042-2050.
- [11] Jiang X, Zhang W, Wang G. Biodiversity effects on biomass production and invasion resistance in annual versus perennial plant communities. In: David L Hawksworth, Alan T Bull eds. Plant conservation and biodiversity[C]. Netherlands: Springer Netherlands, 2007: 409-420.
- [12] Tilman D, Knops J, Wedin D. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes[J]. Science, 1997, 277: 1300-1302.
- [13] 段志勇, 刘超翔, 施汉昌, 等. 复合植物床式人工湿地研究[J]. 环境污染治理技术与设备, 2002, 3(8): 4-7.

## Effects of Different Hydrophytes Combinations in Absorption of Nitrogen and Phosphorus in Ningxia

YANG Juan, ZENG Guo-qí, ZHANG Lei

(College of Life Sciences, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021)

**Abstract:** *Nymphaea tetragona*, *Typha angustifolia* L., *Phragmites communis* Trin., *Nymphoides peltatum*, *Scirpus triquetus* L., *Potamogeton perfoliatus* L. and *Acorus calamus* Linn. are effective hydrophytes in cleaning waste water. This study was designed to screen a more efficient combination of such hydrophytes from different combination assays for developing an optimized decontamination group for practical usage. The blank control consists of washed sand without any hydrophytes growing. The nitrogen and phosphorus inside the water would be measured before and after the assays. The results showed that all hydrophytes grew well through the study, and each of them was effective in absorption of nitrogen and phosphorus. Comparatively, *Nymphaea tetragona* and *Typha angustifolia* L. combination and *Phragmites communis* Trin. with *Nymphoides peltatum* combination were two groups that were more efficient in decreasing the nitrogen and phosphorus as well as promotion of biomass inside the eutrophic water than others.

**Key words:** hydrophytes; eutrophic; nitrogen; phosphorus