

文章编号:1672-058X(2011)04-0398-03

# 水生植物修复污染水体的研究进展\*

夏晓方, 钟成华, 刘 洁, 张文东, 李二飞

(重庆工商大学 环境与生物工程学院, 重庆 400067)

**摘 要:**植物修复作为一种低投资、高产出、环境效益好的方法,已被证明是一项非常有应用前景的水污染处理新技术,并起着越来越重要的作用;主要介绍了植物修复的净化效果,机理以及水生植物的种类,并对植物修复技术在培育优良植物的前景方面以及在将来污水处理的应用方面进行了展望。

**关键词:**植物修复;污染水体;研究进展

**中图分类号:**X52

**文献标志码:**A

目前,国内外针对污染水体的修复开展了一些研究,提出了一些实用技术,其中最科学有效和经济的水体修复技术就是生物修复技术(包括植物和微生物修复)<sup>[1]</sup>。利用水生植物具有净化水体的能力,并兼有美化景观的作用,建成具有生命活力的水生生态系统成为一种新趋势。

## 1 植物修复技术概述

植物修复是利用特定的植物对某种环境污染物的吸收、超量积累、降解、固定、转移、挥发及促进根际微生物共存体系等特性,降低或清除环境污染物,使污染环境得以恢复的科学与技术<sup>[2]</sup>。

### 1.1 植物修复技术的优缺点

植物修复技术是环境科学研究中一个具有挑战性的领域,与传统的物理化学修复技术相比,具有以下优点:费用省,植物修复技术可以现场进行,减少了运输费用,避免了人类直接与污染物接触;环境影响小,不会形成二次污染或导致污染物的转移;可以最大限度地减低污染物浓度;工程造价相对较低,不需要耗能或耗能很低;能实现水体营养平衡,改善水体的自净能力,并具有一定的生态景观效应<sup>[3]</sup>。

但是该技术仍存在一些局限性:对于污染程度过重、或污染物分布为植物根系所达不到,甚至不适于植物生长的污染水体的修复并不适用;对于复合污染水体,采用一种修复植物或几种修复植物相结合的修复方式往往也难以达到修复要求;修复周期较长,难以满足快速修复污染环境的需求。

### 1.2 水生植物种类

植物修复针对不同污染状况的水体选用不同的生态型植物,主要有挺水、浮水和沉水等类型<sup>[4]</sup>。

(1) 挺水植物。它是一种根生底质中,茎直立的植物。它吸收水体中的污染物主要是根,能从底泥中吸收营养元素,降低底泥中营养物含量,并且可通过水流阻尼作用,使悬浮物沉降,还有与其共生的生物群落共同净化水质的作用。挺水植物有很强的适应性和抗逆性,生产快、产量高,并能带来一定经济效益。常见的挺水植物有香蒲、菱白、芦苇、水葱等。

(2) 浮叶植物。它是茎叶浮水、根固着或自由漂浮的植物,分为根生浮叶和自由漂浮植物。其吸收污染物主要部分是根和茎,叶处于次要位置。大多数为喜温植物,夏季生长迅速,耐污性强,对水质有很好的净化作用,也有一定的经济价值,但扩展能力较强易泛滥。常见的种类有凤眼莲、浮萍、睡莲等。

(3) 沉水植物。它在大部分生活周期中植株沉水生活,部分根扎于水底,部分根悬浮于水中,其根茎叶

收稿日期:2010-08-10;修回日期:2011-03-25.

\* 基金项目:重庆市科技攻关计划项目(CSTC,2009,AD7204).

作者简介:夏晓方(1987-),女,重庆巫山县人,硕士研究生,从事水处理方面的研究.

对水体污染物都能发挥较好的吸收作用,是净化水体较为理想的水生植物。其种类繁多,但一般指淡水植物,常见的有金鱼藻、苦草、伊乐藻、眼子菜等。

### 1.3 水生植物净化机理

我国利用水生植物净化水质的研究始于20世纪70年代中期,包括静态条件下单一物种及多种植物配植对污染物浓度较高污水的净化作用,及动态方法研究水生植物对污水处理效果<sup>[5]</sup>。

(1) 吸收作用。大型水生植物在其生长过程中,具有过量吸收N、P等营养元素的能力。研究表明,水生植物的N和P含量都达到或超过生长所需最低的N和P阈值,代表性浮叶植物和沉水植物的N、P含量随着湖泊营养水平提高呈现规律性变化<sup>[6]</sup>。与藻类相比,氮、磷在水生植物体内储存更加稳定,因为其生命周期更长。当水生植物被转移出水生生态系统时,被吸收的营养物质也随之移出了水体,从而达到净化的目的<sup>[7]</sup>。

(2) 微生物作用。由于水生植物群落的存在,为微生物和微型动物提供了附着的基质、栖息的场所。研究表明,污水中的含氮有机物分解所产生的氨态氮,一部分是通过植物吸收和挥发作用而去除,大部分则是通过硝化作用和反硝化作用的连续反应而去除的<sup>[8]</sup>。同时,植物的根区提供了一个有氧环境,从而有利于微生物的降解,且根区外的厌氧环境则有利于厌氧微生物的代谢。

(3) 吸附、截留、沉降作用。漂浮植物发达的根系与水体接触面积很大,能形成一道密集过滤层,当水流通过时,不溶性胶体会被根系吸附或截留。同时,附着于根系上的细菌在其进入内源呼吸期后会发生凝聚,部分菌胶团把悬浮性有机物和新陈代谢产物沉降下来<sup>[9]</sup>。沉水植物不但能抑制生物性悬浮物,而且也能抑制非生物性悬浮物。

(4) 克藻作用。水生植物和浮游藻类同属于初级生产者,水生植物个体大,生命周期长,直接干扰藻类的生长,因而具有较大的竞争优势。一方面水生植物通过光和营养物质的竞争,抑制藻类的生长;另一方面通过化感作用抑制藻类生长。某些水生植物根系能分泌出克藻物质,达到抑制藻类生长的作用。如菇类化合物、类固醇等<sup>[10,11]</sup>。

### 1.4 水生植物净化效果研究

(1) 拦截外源污染物。富营养化水体外源污染物汇入门是水体污染源的主要方面,外源污染物主要包括城市、乡镇生产生活污水和农业面源污染。随着城市、乡镇生产生活污水集中处理率的逐渐提高,农业面源污染逐渐上升为富营养化水体的头号污染源<sup>[12]</sup>。在太湖地区农田构建的生态隔离草带,可有效控制农田土壤氮磷向水体迁移。研究还表明沟渠塘等洼地系统亦可有效减少农业面源汇入,其中水生植物发挥重要作用。

(2) 吸收氮磷要素。张彦海等<sup>[13]</sup>研究了四级美人蕉对长江次级河流临江河中氮磷的去除情况,得出在水力负荷为 $0.8 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 的条件下,美人蕉四级串联浮床系统内DO逐级下降,在植物收割前对TN、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP的平均去除率分别达到56.82%、66.08%、49.36%。

(3) 降解高浓度有机污染物。袁蓉等<sup>[14]</sup>利用风眼莲处理初始浓度为4.3、9.9、13.2 mg/L的萘污水,净化率分别达到92.0%、85.4%和84.2%。黄文凤等<sup>[15]</sup>研究了利用厌氧—兼氧—水葫芦—吸附组合工艺处理TNT和RDX混合废水,当混合废水总浓度为4~12 mg/L时,经过该工艺处理后可达到国家排放标准,其中水葫芦段对TNT和RDX的去除占整个系统去除的25%~40%左右。

(4) 富集重金属。A. Mehra等<sup>[16]</sup>研究表明水葫芦能够吸收除了Co、Al和Fe外所有的元素。L. zhu等<sup>[17]</sup>指出利用水葫芦富集痕量金属 $\text{Cd}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{6+}$ 最好,其次是 $\text{Se}^{6+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ ,再次是 $\text{As}^{5+}$ 、 $\text{Ni}^{2+}$ ,而且重金属主要富集在水葫芦的根部。

(5) 抑制底泥中污染物再释放。沉水植物能够减少因风和摄食底栖生物鱼类所引起的底泥再次悬浮<sup>[18]</sup>。挺水植物和浮水植物主要通过水流对水流的阻尼减少风浪扰动,使底泥中营养物质溶出速度明显受到限制<sup>[8]</sup>,挺水植物错综复杂的根茎还能够起到固定底泥的作用。

(6) 抑制藻类生长。1949年Hasler等人首次发现水生植物对藻类的克制效应,Kogan等指出一种草本水生植物——金鱼藻对蓝藻有非常好的抑制效果,但对绿藻却无任何影响<sup>[19]</sup>。Alka等<sup>[20]</sup>研究发现,水葫芦的根和叶的渗滤液均能够抑制斜生栅列藻的生长。M. E. sohan和M. N. Rashed<sup>[21]</sup>也证实了水葫芦对藻类的抑制作用。

## 2 发展前景

由于植物修复是一种低投资、高产出、环境效益好,尤其是治理费用要比传统技术低,并且对重金属的

治理成效具有永久性的方法,已被证明是一项非常有应用前景的水污染处理新技术,并起着越来越重要的作用。但植物修复技术是一门新兴的技术,进一步寻找或应用基因工程技术培育出具有良好遗传性状、能适应不同浓度不同季节和地域、快速高效并能同时修复多种污染的植物新品种是今后植物修复的研究方向。

### 参考文献:

- [1] 濮培民,王国祥,李正魁,等. 健康水生态系统的退化及其修复:理论、技术与应用[J]. 湖泊科学,2001,13(3):193-203
- [2] 张庆费,郑思俊,夏樵. 园林[M]. 北京:科学出版社,2010
- [3] 刘音,张升堂. 被污染水体的植物修复技术研究进展[J]. 安徽农业科学,2009,37(15):7147-7149
- [4] 刘建康. 高等水生生物学[M]. 北京:科学出版社,1999
- [5] 吴玉树,余国莹. 根生沉水植物菹草(Potamogeton crispus)对滇池水体的净化作用[J]. 环境科学学报,1991,11(4):411-416
- [6] 吴爱平,吴世凯,倪乐意. 长江中游浅水湖泊水生植物氮磷含量与水柱营养的关系[J]. 水生生物学报,2005,29(4):406-412
- [7] 宋海亮,吕锡武. 利用植物控制水体富营养化的研究与实践[J]. 安全与环境工程,2004,11(3):35-39
- [8] 李科德,胡正嘉. 芦苇床系统净化污水的机理[J]. 中国环境科学,1995,15(2):140-144
- [9] 朱斌,陈飞星,陈增奇. 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):564-570
- [10] 赵海超,刘景辉,王圣瑞,等. 水生维管束植物在湖泊富营养化生态修复中的应用[J]. 中国农业科技导报,2006,8(3):47-52
- [11] 金相灿. 中国湖泊环境(第一册)[M]. 北京:海洋出版社,1995
- [12] 杨爱玲. 地表水环境面源污染研究[J]. 环境科学进展,1999(5):60-67
- [13] 张彦海,罗固源,许晓毅,等. 美人蕉浮床去除临江河N、P的动态试验研究[J]. 三峡环境与生态,2009(2):31-35
- [14] 袁蓉,刘建武,成旦红,等. 凤眼莲对多环芳烃(蔡)有机废水的净化[J]. 上海大学学报:自然科学版,2004,10(3):272-276
- [15] 黄文凤,赵君科,黄明万. TNT-RDX混合废水处理的实验研究-生物-吸附法[J]. 含能材料,1998(2):49-53
- [16] MEHRA A, FARGAGO M, BANERJEE D. A Study of Eichaomia crassipes Growing in the Overbank and Floodplain Soils of the River Yamuna in Dethi, India[J]. Environmental Monitoring and Assessment 2000,60(1):25-45
- [17] HU Y. ZAYED A, QIAN J, et al. Phtoaccumulation of trace elements by wetland Plants: 11. water hyacinth[J]. Journal of Environmental Quality, 1999,28(1):339-334
- [18] 吴振斌,邱东茹,贺锋,等. 水生植物对富营养化水体水质净化作用研究[J]. 武汉植物学研究,2001,19(4):299-303
- [19] 王海珍. 水生植被对富营养化湖泊生态恢复的作用[J]. 自然杂志,2005,24(1):33-36
- [20] ALKA S, MALLEEN K. PRADEE P. Singhal Toxic effete of leaehater of water Hyacinth decay on the growth of Scenedesmus Obliquumus [J]. Wat. Res. ,1996,30(10):2281-2286
- [21] SOLTAN M. RASHED M. Laboratory study on the survival of water hyaeinth under several conditions of heavy metale concentrations[J]. Advanees in Environmental Researeh,2003(7):321-334

## Research Progress in the Aquatic Phytoremediation Technique for Polluted Water Bodies

**XIA Xiao-fang, ZHONG Cheng-hua, LIU Jie,  
ZHANG Wen-dong, LI Er-fei**

(School of Environment and Biological Engineering, Chongqing Technonlogy and Business University,  
Chongqing 400067, China)

**Abstract:** Phytoremediation, as a kind of low investment, high yield and good environmental benefit method, has been proved to be a very promising new technology of water pollution treatment, and plays a more and more important role. This article mainly introduced the purifying effect of phytoremediation, mechanism and aquatic plants species, and prospected the application of phytoremediation to the cultivation of good plants and the treatment of polluted water in the future.

**Key words:** phytoremediation; polluted water bodies; research progress