

植物修复技术在水环境污染控制中的应用

张冬冬¹, 肖长来¹, 梁秀娟¹, 许 斌¹, 王宇轩¹, 孙瑞瑞²

(1. 吉林大学环境与资源学院, 吉林 长春 130026; 2. 扬州大学水利科学与工程学院, 江苏 扬州 225009)

摘要:综述了国内外植物修复的研究进展,阐述了植物修复主要类型及机理。给出多种主要植物的修复特性。分别对重金属,无机营养元素N、P以及有机污染物的植物修复进行论述,认为凤眼莲、水花生和芦苇等水生植物对无机营养元素的修复具有综合功效,植物修复对残余农药、多环芳烃和硝基芳香化合物的治理效果显著。

关键词:水生植物;植物修复;水环境;污染控制;综述

中图分类号:X131.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-6933(2010)01-0063-03

Application of phytoremediation in water environmental pollution control

ZHANG Dong-dong¹, XIAO Chang-lai¹, LIANG Xiu-juan¹, XU Bin¹, WANG Yu-xuan¹, SUN Rui-rui²

(1. College of Environment and Resources, Jilin University, Changchun 130026, China; 2. College of Hydraulic Science and Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

Abstract: The progress of phytoremediation study at home and abroad is reviewed and the main types and mechanisms of the phytoremediation are explained. The remedy characteristics of several main plants are described. The phytoremediation of heavy metal, inorganic nutritive elements N and P, and organic pollutants was also discussed. The hydrophytes like Eichhornia Crassipes, Alternanthera Philoxeroides, and reeds were widely effective in treating inorganic nutritive elements. Phytoremediation had an obvious effect on residues of banned pesticides, polycyclic aromatic hydrocarbon, and nitroaromatic.

Key words: aquatic macrophytes; phytoremediation; water environment; pollution control; review

生物修复作为新兴技术,具有经济效益高、应用前景广泛的特点,已经在全球得到迅速的发展和运用。污染水体的植物修复以独特的优势,成为生物修复机理研究的新兴领域,并且成为当前国内外研究的新热点。

1 植物修复的类型与种类

1.1 植物修复的概念

植物修复(phytoremediation),指以植物忍耐和超量积累某种或某些化学元素的理论为基础,利用植物及共存微生物体系清除环境中污染物的一门环境

污染治理技术^[1]。

将植物修复技术应用于水环境,提出水生植物修复技术(hydrophyte remediation),亦即以水生植物忍耐和富集某种或某些有机、无机污染物为理论基础,利用水生植物或其与微生物的共生关系,清除水环境中污染物的一种环境生物技术。

1.2 植物修复的主要类型

植物修复是利用植物在环境中萃取和浓缩某种元素从而去除污染物,或使污染物降解为无毒害的过程—项绿色技术。植物的修复一般包括萃取^[2]、固定、过滤、挥发等过程,对不同类型的植物和污染

基金项目:“十一五”国家科技支撑重点计划项目(2007BAB28B04-03,2006BAB04A09-02,2006BAJ08B09);中国地质调查局项目(2003104001);吉林省重点科技攻关项目(20020401);教育部博士点基金(200801830044);国家自然科学基金项目(40672157)

作者简介:张冬冬(1984—),男,山东滨州人,硕士研究生,研究方向为水文学及水资源。E-mail:mengdong02@163.com

通讯作者:肖长来,教授。E-mail:xcl2822@126.com

物有不同的修复类型,如表 1 所示。

表 1 植物修复主要类型及机理

类型	修复机理
植物萃取 (phytoextraction)	利用超积累植物将金属从土壤中去,并集中于植物的可收割部分
植物固定 (phytostabilisation)	利用植物降低或阻止环境中金属移动性以减少污染物的生物有效性
根际过滤 (rhizofiltration)	利用植物根系的吸附和吸收从水流中去除污染物
植物蒸发 (phytovolatilization)	利用植物某些金属或类金属的化学成分挥发过程

1.3 植物修复的植物种类

水生植物是水环境植物修复的核心组成部分,修复结果依赖于修复植物本身的生物学性质。因此,植物筛选也是植物修复研究领域的重要内容之一。表 2 显示在水环境植物修复领域涉及的部分植物种类。

2 植物修复在水环境中的应用

2.1 对重金属的植物修复

为达到“种植物,收金属”的理想境界,人们对重金属超富集植物的研究产生浓厚的兴趣。植物修复是利用植物特性对水环境中污染物进行降解的生物过程,因此,对重金属的植物修复是很有前途的绿色生物技术。

目前对有关超富集植物已经有一定的研究基础,人们试图开发“超富集植物倾向”的传统植物。通过育种或转基因技术把超富集性状转移到生长速度快、适应环境强的植物。从遏蓝菜属的 Zn、Cd 超富集植物浅兰遏蓝菜克隆到 Zn (Cd) 转移蛋白 ZNT1、ZNT2、ZNT4、ZNT5、ZIP1、ZNT1LC 基因,Fe 转

移蛋白 IRT1G 基因^[4]。迄今为止,育种或转基因技术应用于植物修复的研究刚刚起步,成果还远未能达到商业化水平。

2.2 对无机营养元素 N、P 的植物修复

由于水环境恶化,富营养化问题严重,导致水生植物群落衰退,生物多样性降低,使水环境系统遭到破坏。水生植物是水环境中关键的生态群落,因此对解决富营养化问题具有重要意义。中国科学院水生生物研究所在湖北黄石完成的污水净化和污水资源化双重功能的新型稳定塘设计实验证明,水生植物修复具有明显去除 N、P 的效果^[5]。表 3 为富营养化水体植物修复的部分植物种类及综合功效分析^[6]。

表 3 植物修复富营养化水体的综合功效分析 %

植物名称	去氮性	去磷性	适用性	净化能力
风眼莲 (<i>eichhornia crassipes</i>)	> 75	> 75	< 70	> 75
满江红 (<i>azolla imbricata</i>)	65 ~ 75	65 ~ 75	< 70	65 ~ 75
水花生 (<i>alligator Weed</i>)	> 75	< 65	< 70	65 ~ 75
慈姑 (<i>sagittaria sagittifolia</i>)	> 75	65 ~ 75	> 80	> 75
芦苇 (<i>phragmites communis</i>)	—	65 ~ 75	> 80	> 75
菱角 (<i>trapa japonica</i>)	< 65	< 65	> 80	> 75
睡藕 (<i>nymphaea linn Sp</i>)	< 65	< 65	> 80	> 75
金鱼藻 (<i>ceratophyllum demersum</i>)	65 ~ 75	< 65	> 80	65 ~ 75
美人蕉 (<i>canna</i>)	> 75	65 ~ 75	> 80	> 75
伊乐藻 (<i>elodea canadensis</i>)	> 75	> 75	> 80	> 75

表 2 水环境植物修复领域涉及的部分植物种类^[3]

植物名称	植物修复特性
燕麦草 (<i>avena sativ</i>)	可耐受高浓度的 Cu、Cd 和 Zn,并可将这 3 种金属积累在茎部
风眼莲 (<i>eichhornia crassipes</i>)	可除去水中污染物,包括有毒重金属。对不同元素,其累积部位不同,对 Cd、Cr、Cu、Ni、As 主要在根部,而 Se 在茎的累积量比在根部高得多
浮萍 (<i>lemna mino</i>)	每日吸收 Pb 和 Cd 的速率分别达到 3 ~ 8 mg/m ² 和 2 ~ 4 mg/m ² ,且植株生长快、容易收获
鸚鵡毛 (<i>myriophyllum brasiliens</i>)	在污染水体中,根部对 Cd 和 Ni 的富集率达 1426 mg/kg(干重)和 1077 mg/kg(干重)
细叶茨藻 (<i>najas gram inea</i>)	很有潜力的重金属污染水体修复植物,对重金属的吸收速率无明显差异,但 Cd 的吸收在 Pb 的质量浓度达到 100 mg/L 时有很大降低,与 Pb 低浓度下相比降低 50% 左右
水浮莲 (<i>pistia stratiote</i>)	在污染水体中,对 Cu 和 Hg 的富集率分别达 1038 mg/kg(干重)和 1217 mg/kg(干重)
红板归 (<i>polygonum hydropiperoides</i>)	很有潜力的重金属污染水体修复植物,其植株生长速度快、密度高,对 Cr 和 Pb 的富集率分别达 2980 mg/kg(干重)和 1882 mg/kg(干重)
遏蓝菜 (<i>thlaspi caerulescens</i>)	自然生长的植株对 Zn 的富集率达 2180 ~ 13520 mg/kg(干重),还有积累 Cd 和 Ni 的能力
香蒲 (<i>typha latifol</i>)	对 Se、B 及某些有机物均有去除作用,对 Cu、Ni 和 Zn 的富集率分别可达 1156.7 mg/kg、296.7 mg/kg 和 1231.7 mg/kg

2.3 对有机污染物的植物修复

随着新兴工农业的发展和生活水平的不断提高,环境中有机物种类增多,传统的微生物修复已经不能达到预期效果,植物修复以其独特优势,已经提到研究日程上来,甚至已经达到野外应用的水平。

a. 对残余农药的植物修复。虽然许多国家已经停止使用有机农药,但其对水环境的影响依然存在,仍可以检测到农药的残留,对人类生存环境存在潜在的危害。典型的杀虫剂 DDT 及其代谢物都是持久性污染物,在无菌条件下,水生植物鸚鵡毛、浮萍、伊乐藻,6d 内可以富集全部水环境中的 DDT,并能将 1%~13% 的 DDT 降解为 DDD 和 DDE^[7]。

b. 对多环芳烃的植物修复。多环芳烃是指两个以上苯环以稠环形式相连的化合物,是一类广泛存在于环境中具有致癌、致畸、致突变性的持久性有机污染物^[8]。在实验室研究的基础上,发达国家基本达到野外应用水平。Denys 等^[9]在法国北部的前炼焦厂污染土壤上种植多种不同类型植物,36 个月后多环芳烃质量浓度最多减少了 26%,证明混合种植的草本植物最适于进行植物修复^[9]。植物修复多环芳烃是一种可行的、低价的原位修复技术。

c. 对硝基芳香化合物的植物修复。硝基苯为无色或淡黄色油状液体,具有苦杏仁味,蒸汽及液体本身有毒,具有致突变、致癌性。水环境中的硝基芳香化合物污染主要来自于炸药工业。根据报道:在美国国防部确定的 1000 多个炸药污染区域中,有 95% 以上为 TNT 污染,且 87% 超过允许的地下水污染标准^[10]。TNT 的植物修复却是一项耗能很低或不需要耗能,绿色安全,对人类和水环境无副作用,不会造成二次污染的最好治理方法。

3 植物修复的发展趋势及应用前景

植物修复在水环境污染控制与修复中具有重要作用,应用前景十分显著^[11]。应重点在以下几个方面进行研究和应用:

a. 加强植物修复机理的研究,尤其对植物根系微生物共存体系的研究。

b. 加强超积累植物的筛选和栽培。寻找更多指示污染物有效性的野生或栽培植物,采用转基因工程技术改造植物,以获得具有强大富集能力的理想超积累植物。

c. 加强辅助措施优化植物修复过程。将园艺学、土壤学和植物生理学与分子生物学等结合起来,研究元素在植物修复的途径。

d. 加强多种修复技术联合应用的研究。植物修复应与物理修复、化学修复、微生物修复等其他修复技术相结合。

4 结 语

a. 浮萍、杠板归和水浮莲等水生植物去除水环境中的重金属元素是绿色生物过程。

b. 凤眼莲、水花生和芦苇等水生植物对无机营养元素的修复具有综合功效。

c. 植物修复对残余农药、多环芳烃和硝基芳香化合物的治理效果显著。

参考文献:

- [1] 林琦. 重金属污染土壤植物修复的根际机理[D]. 杭州: 浙江大学, 2002.
- [2] KUMAR P B, DU SHENKO V V, MOITOH, et al. Phytoretraction; the use of plants to remove heavy metals from soils[J]. Environment SCI-Techno, 1995, 29: 1239-1245.
- [3] DEBUSK TA, LAUGHLIN R B J, SCHWARTZ L N. Retention and compartmentalization of lead and cadmium in wetland[J]. Water Research, 1996, 30(11): 2707-2716.
- [4] PENCE N S. The molecular physiology of heavy metal transport in the Zn/Cd hyper accumulator *Thlaspi caerulescens* [J]. PNAS, 2000, 97(9): 4956-4960.
- [5] 陈金霞, 徐王华, 张小莉. 生物修复技术在污染治理中的应用[J]. 上海化工, 2000(9): 4-7.
- [6] 周德春. 植物生态修复技术研究[D]. 长春: 东北师范大学, 2006.
- [7] GAO J, CARRISON A W, HO C C, et al. Uptake and phyto-transformation of, p'- DDT and p, p'- DDT by axenically cultivated aquatic plants[J]. J Agric Food Chem, 2000, 48: 6121-6127.
- [8] MEUDECE A, DUSSAUZE J, JOURDIN M, et al. Gas chromatographic-mass spectrometric method for polycyclic aromatic hydrocarbon analysis in plant biota[J]. Journal of Chromatography A, 2006, 1108: 240-247.
- [9] DENYS S, ROLLIN C, GUILLOT F, et al. Insitu phytoremediation of PAHs contaminated soils following a bioremediation treatment [J]. Water Air and Soil Pollution: Focus, 2006, 6: 299-315.
- [10] RODGERS J D, BUNCE N J. Treatment methods for the remediation of Nitro aromatic explosives[J]. Waters, 2001, 35: 2101-2111.
- [11] 韩照祥. 植物修复污染水体和土壤的研究进展[J]. 水资源保护, 2007, 23(1): 9-12.

(收稿日期: 2008-09-04 编辑: 高渭文)

植物修复技术在水环境污染控制中的应用

作者: [张冬冬](#), [肖长来](#), [梁秀娟](#), [许斌](#), [王宇轩](#), [孙瑞瑞](#), [ZHANG Dong-dong](#), [XIAO Chang-lai](#), [LIANG Xiu-juan](#), [XU Bin](#), [WANG Yu-xuan](#), [SUN Rui-rui](#)

作者单位: [张冬冬,肖长来,梁秀娟,许斌,王宇轩,ZHANG Dong-dong,XIAO Chang-lai,LIANG Xiu-juan,XU Bin,WANG Yu-xuan\(吉林大学环境与资源学院,吉林,长春,130026\)](#), [孙瑞瑞,SUN Rui-rui\(扬州大学水利科学与工程学院,江苏,扬州,225009\)](#)

刊名: [水资源保护](#) **ISTIC|PKU**

英文刊名: [WATER RESOURCES PROTECTION](#)

年,卷(期): 2010, 26(1)

被引用次数: 0次

参考文献(11条)

- 林琦 [重金属污染土壤植物修复的根际机理](#) 2002
- KUMAR P B, DU SHENKO V V, MOTTOH [Phytorextraction; the use of plants to remove heavy metals from soils](#) 1995
- DEBUSK TA, LAUGHLIN R B J, SCHWARTZ L N [Retention and compartmentalization of lead and cadmium in wetland](#) 1996(11)
- PENCE N S [The molecular physiology of heavy metal transport in the Zn/Cd hyper accumulator *Thlaspi caerulescens*](#) 2000(9)
- 陈金霞, 徐王华, 张小莉 [生物修复技术在污染治理中的应用](#) 2000(9)
- 周德春 [植物生态修复技术研究](#) 2006
- GAO J, CARRISON A W, HO C C [Uptake and phyto-transformation of, p-' DDT and p, p-' DDT by axenically cultivated aquatic plants](#) 2000
- MEUDEC A, DUSSAUZE J, JOURDIN M [Gas chromatographic-mass spectrometric method for polycyclic aromatic hydrocarbon analysis in plant biota](#) 2006
- DENYS S, ROLLIN C, GUILLLOT F [Insitu phytoremediation of PAHs contaminated soils following a bioremediation treatment](#) 2006
- RODGERS J D, BUNCE N J [Treatment methods for the remediation of Nitroaromatic explosives](#) 2001
- 韩照祥 [植物修复污染水体和土壤的研究进展](#)[期刊论文]-[水资源保护](#) 2007(1)

相似文献(10条)

- 期刊论文 [王谦,成水平, WANG Qian, CHENG Shui-ping](#) [大型水生植物修复重金属污染水体研究进展](#) -[环境科学与技术](#) 2010, 33(5)

重金属污染水体的修复是一项艰巨的工程, 以往的物理及化学修复不仅投资巨大而且效果不甚理想, 而利用水生植物修复重金属污染水体是一种低廉有效的处理方法. 文章综述了利用大型水生植物修复重金属水体的研究进展, 重点阐述了4种生活型水生植物(挺水、漂浮、浮叶和沉水)对重金属的蓄积效果; 并对植物修复重金属水体的影响因素如植物生活型、生物量、株龄以及重金属的类型、初始浓度和水体的理化性质等进行了讨论. 最后, 对利用组织培养技术进行植物筛选、利用基因工程技术使水生植物对重金属具有超蓄积能力、水生植物修复重金属污染水体机理机制研究以及应用多种类型植物的组合研究等方面进行了展望, 并且提出了水生植物修复重金属污染水体的实际工程应用中需要注意的问题.

- 学位论文 [孙宇](#) [洋河水库水环境的水生植物修复研究](#) 2006

洋河水库位于秦皇岛市抚宁县境内, 是秦皇岛市及北戴河地区的重要饮用水源地. 作为“引青济秦”工程的调蓄水库, 洋河水库还担负着将桃林口水库的水送往秦皇岛的重任, 每年输水量达0.6亿m³. 近年来, 洋河水库水质不断恶化, 藻类大面积爆发, 透明度下降, 水体浑浊、腥臭, 富营养化问题严重. 这不仅严重影响了“引青济秦”工程的供水质量, 给城市用水和周边地区的居民生活带来极大的困难, 同时给地区的经济发展造成障碍.

鉴于此种情况, 我们采用植物修复方法治理洋河水库, 改善水质状况. 本课题围绕各种水生植物对水体中营养盐的去除效果, 对水库底泥中营养盐含量变化的影响以及水生植物复合系统对水体的净化效果展开了研究. 由于生物试验的周期较长, 本试验的结论仅是阶段性的成果. 研究结论可概括如下:

1、静态试验中, 围隔水质监测结果表明: 本次试验所选的水生植物能有效地提高水体中的溶解氧含量, 降解和去除水体中的N、P等营养盐类和有机污染物. 从不同类型的水生植物净化效果看, 试验中所选取的沉水植物的综合净化能力最强, 浮水植物次之, 挺水植物的净化作用相对较差. 试验现场可以看到, 不论种植何种水生植物, 试验围隔水体中藻类的数量都明显少于对照围隔. 说明通过种植水生植物能够对藻类的生物量产生一定的控制作用.

2、动态试验中, 通过组建水生植物复合系统研究了多种水生植物在不同条件下对水质的协同净化能力. 结果表明: 不同水力停留时间条件下, 富营

养化水体流经水生植物复合系统后水质得到了明显的改善。试验现场可观察到,水生植物发达的茎、叶表面能有效地吸附水中的藻类和颗粒性污染物,从而对整个水体起到过滤作用,这也是水质得到改善的一个原因。

3、底泥中总磷含量监测结果表明:在对照围隔底泥中总磷含量持续升高的情况下,植物围隔的总磷含量保持在很小的变化幅度内,且始终低于对照围隔。这说明种植水生植物能够有效地控制底泥中总磷含量,这其中包括水生植物吸收和微生物分解、吸收的综合作用。

4、底泥中总氮含量监测结果表明:在试验过程中,对照围隔底泥中总氮含量升高,试验结束时显著高于各植物围隔及其本身的初始总氮含量。此时,虽然各植物围隔底泥中总氮变化较大,但其含量低于对照,且都存在一定的下降趋势。这说明种植水生植物能够有效控制底泥中总氮含量,可能原因为种植水生植物可提高底泥以及上覆水中的溶解氧浓度,有助于氮的降解和转化;同时,水生植物及根系周围微生物的生长也消耗了部分氮。

5、整个过程中水生植物生长繁盛,长势美观,给人以视觉的享受。此外,部分水生植物还可以收割作为饲料或其他用途。因此,在利用水生植物净化水质的同时,还存在潜在的景观效益和经济效益。

最后,结合本试验中出现的不足,对今后的工作提出了一些意见和建议,主要包括试验初始阶段围隔中水生植物的放养量问题、试验阶段水生植物的管理问题和试验结束期水生植物的收获问题等三个方面。

3. 期刊论文 张兰,汪德耀. ZHANG Lan, WANG De-guan 水生植物廊道净化污水的试验研究 -水电站设计2005, 21(4)

水生植物廊道是类似于人工湿地技术的污水处理系统。本文简要介绍了水生植物廊道的污水净化机理。结合新沂河污水治理试验工程,重点从植物修复角度去探讨水生植物廊道净化污水的实际效果。试验研究中,构建了适宜的水生植物廊道,选择并分段栽培了黄菖蒲、千屈菜和荇菜三种水生植物,重点监测并分析了廊道对COD、氨氮和硝氮的去除效果。结果表明:水生植物廊道对COD、硝氮的去除率分别在50%、60%左右,对氨氮的去除率可达90%,去除效果好;水生植物廊道作为污水生态处理工艺处理污水是有效果的、可行的。

4. 期刊论文 童昌华,杨肖娥,濮培民, 水生植物控制湖泊底泥营养盐释放的效果与机理 -农业环境科学学报

2003, 22(6)

通过人工模拟的方法,进行了用狐尾藻、风眼莲2种水生植物来控制湖泊底泥营养盐释放的研究。结果表明,水生植物能有效抑制底泥中TN、TP、硝态氮和氨态氮的释放;沉水植物狐尾藻比漂浮植物风眼莲的效果好。底泥采取物理处理(塑料包被)后在短期内(15~20 d)能暂时控制底泥中营养盐的释放,但不能保持长久,并在随后表现出一定的“补偿效应”。物理措施如底泥包被不是控制底泥营养盐释放的有效方法和根本途径,水生植物修复才能有效抑制底泥中营养盐的释放,今后将成为控制底泥中营养盐释放的发展方向。

5. 学位论文 童昌华 水体富营养化发生原因分析及植物修复机理的研究 2004

水体污染已成为全球水资源短缺的一个重要因素。水体富营养化是水体污染中的最为普遍的现象,也是国内外水环境污染治理难题。水体富营养化发生机理和修复原理及技术的研究是国内外土壤植物营养、环境生态学学科研究的前沿和热点。在富营养化水体修复的各种手段中,植物修复(生物修复的一种)是一种耗能低、效果好的新技术,已经引起国内外学术界的高度重视。该研究通过野外考察与调查研究,分析了太湖流域中莫干湖水体富营养化发生的主要原因,并提出综合治理的对策和方法。采用人工模拟自然的方法,比较研究了水葫芦(Eichhornia crassipes)、金鱼藻(Ceratophyllum demersum L.)、狐尾藻(Myriophyllum verticillatum L.)、微齿(禾叶)眼子菜(Potamogeton maackianus A. Bennett)、马来眼子菜(Potamogeton malianus Miq.)、苦草(Vallisneria spiralis L.)等水生植物对富营养化水体修复作用的差异及机理。重点研究了低温条件下水生植物净化富营养化水体的效果;营养元素在土壤-植物-水系统中的变化和转移;水生植物在控制湖泊底泥营养盐释放中的作用;水生植物在低温或高温季节的生存问题和季节性变化;植物修复体系建立的相关技术等。取得的主要研究结果和结论包括:1. 通过对莫干湖流域野外调查与分析研究,明确了导致莫干湖水体富营养化的主要原因,其中农业非点源污染、水库流域工业污染和生活污染是引起水库富营养化的关键因素。2. 低温季节6种水生植物对总氮(TN)、硝态氮都有一定的去除效果,但植物种类之间差异较大。3. 水生植物能有效抑制底泥中氮的释放。4. 水生植物不仅能很好地控制水中的氮、磷等营养,还能影响底泥中的其他营养元素,包括一些重金属元素,从而改善水质。5. 用水生植物净化富营养化水体,其净化效果受许多因素的影响,如水生植物的用量、组合,水生植物种类之间如何搭配,群落之间的相互影响,以及一些物理措施对底泥的影响。6. 不同的水生植物的季节性变化不同。

6. 期刊论文 黄亚,傅以钢,赵建夫, HUANG Ya, FU Yi-gang, ZHAO Jian-fu 富营养化水体水生植物修复机理的研究进展 -农业环境科学学报2005, 24(21)

综述近年来国内外利用水生植物修复富营养化水体的研究成果,将植物对富营养化水体的净化机理,归纳为两方面:植物能够提供碳源促进反硝化作用和植物与微生物的协同作用以及湿地酶的作用,植物本身的同化作用仅占全部作用的很小一部分,约为2%~5%。在此基础上讨论了影响植物去除氮、磷的因素和植物修复技术的优点及不足之处。

7. 学位论文 黄蕾 低温水生植物修复富营养化水体的试验研究 2005

水体污染已成为全球水资源短缺的一个重要因素。水体富营养化是水体污染中的最为普遍的现象,也是国内外水环境污染治理难题。水体富营养化发生机理和修复原理及技术的研究是国内外土壤植物营养、环境生态学学科研究的前沿和热点。在富营养化水体修复的各种手段中,植物修复(生物修复的一种)是一种耗能低、效果好的新技术,已经引起国内外学术界的高度重视。

本研究通过野外考察与调查研究,分析了太湖地区水体富营养化发生的主要原因,总结了以往治理工作中的经验教训,并提出综合治理的对策和方法。采用人工模拟自然的方法,比较研究了伊乐藻(Eloidea Canadensis Michx)、菹草(Potamogeton crispus Linn.)、微齿眼子菜(Potamogeton maackianus A. Bennett)、竹叶眼子菜(Potamogeton malianus Miq.)、石菖蒲(Acorus tatarinowii Schott)和水芹菜(Oenanthe javanica (Bl.) DC.)等水生植物对不同营养状态(中营养浓度、中富营养浓度、重富营养浓度、超富营养浓度和胁迫浓度)的水体修复作用的差异及机理。重点研究了低温条件下水生植物净化富营养化水体的效果;不同种类的水生植物修复不同营养等级水体的差异;植物体内能反映其抗逆能力的生理生化指标对植物净化水体的影响;营养元素在基质-植物-水系统中的变化和转移等。取得的主要研究结果和结论包括:

1. 通过对太湖流域野外调查与分析研究,明确了导致水体富营养化的主要原因,其中农业非点源污染、太湖流域工业污染和生活污染是引起湖水富营养化的关键因素。为了弄清流失的污染物中何种污染物对水环境影响最大,引入污染物等标排放量评价方法,对太湖流域流入水体的各类污染物COD_{Cr}、TN、TP进行评价,结果发现污染物中TP、TN对湖水的危害性相对较大。这要求我们根据以往治理太湖的经验教训制定新的适应社会发展现状的太湖水环境治理策略。

2. 在冬季人工模拟太湖地区自然条件的试验中所选四种水生植物都能较

好地吸收水中的营养物质:对TN和NO₃⁻的吸收规律相似,吸收效果均显著;水芹菜>石菖蒲>伊乐藻>菹草;四种植物对NH₄⁺的吸收和TP的去除也比较明显,相对而言挺水植物对NH₄⁺的吸收效果更好,而沉水植物对磷的吸收效果更佳;植物对氮磷的吸收量随着营养浓度的升高而升高,但浓度超过一定值后,则会抑制植物的生长,导致植物对营养成分吸收急剧下降,最后甚至加速水质的恶化。因此要合理选择好植物修复水体的氮磷浓度,否则将达不到预期的效果。3. 经过了冬季试验的初步筛选,在随后春季开展的后续试验研究中挑选的五种植物生长良好,且都能较好地吸收水中的营养物质。五种植物去除磷存在一些差异,总的看来,挺水植物去除磷效果要好于沉水植物,而沉水植物去除磷的效果好于挺水植物。从生物量的增长率可看出,除竹叶眼子菜外其它水生植物的生物量增长率在中营养条件下最高,并随水体营养浓度的增加呈下降趋势。同时水芹菜去污能力与生物量增长紧密相关,而其它植物无此明显规律。五种植物的脯氨酸含量随水体营养浓度增加而增加,同时植物体内脯氨酸积累倍数最高的水芹菜和微齿眼子菜,其去污能力也较强,这表明脯氨酸是植物体内一种抗逆调节物质。

4. 为了更有效的揭示富营养化主要营养元素(氮、磷等)的迁移、变化规律,本文对植物在试验前后体内富集N、P的增长量及增长率作对比分析,结果证实植物体内氮磷浓度的增加规律与水体中氮磷浓度降低的规律一致。

综合研究结果表明,沉水植物中微齿眼子菜、挺水植物中水芹菜在低温环境下适应性强,两者的氮磷吸收效果也较突出。可以优选水芹菜和微齿眼子菜构成多层次群落结构(FAMS)用以修复太湖地区富营养化水体。

8. 期刊论文 童昌华,杨肖娥,濮培民, 富营养化水体的水生植物净化试验研究 -应用生态学报2004, 15(8)

利用水生植物净化 and 底泥拦截的方法对养鱼池的富营养化水体进行控制研究。结果表明,金鱼藻等6种水生植物对水中总氮、总磷和硝态氮有良好的去除效果,而以狐尾藻和微齿眼子菜两种效果最好,1个月对总氮的去除率分别为83.84%和77.54%,对硝态氮的去除率分别为95.85%和90.65%,磷的去除率都

达到了91.7%,但对氨氮的去除效果稍差,1个月时去除效果只有14%~70%。底泥进行塑料遮蔽处理后在前期(15~20 d)能控制底泥中营养盐的释放,但不能保持长久;并在后期表现出“补偿效应”。试验结果还表明,水生植物能有效提高水体透明度和水体观感,但对改善COD和DO的效果不明显。

9. 期刊论文 [傅以钢, 黄亚, 张亚雷, 赵建夫, FU Yi-gang, HUANG Ya, ZHANG Ya-lei, ZHAO Jian-fu](#) 3种水生植物对水溶液中乐果的降解作用研究 -农业环境科学学报2006, 25(1)

通过在人工配制的含有机磷农药乐果的营养液中培养水生植物,研究了水葱、香蒲和石菖蒲对水溶液中含有机磷农药乐果的去除效果,并探讨了水葱对乐果降解的动力学过程。结果表明,在抑菌条件下,3种植物都能够显著促进乐果的降解,去除能力为:水葱>香蒲>石菖蒲。水葱10 d内对5 mg·L⁻¹乐果的去除率为59.8%,香蒲和石菖蒲组对乐果的去除率分别为42.5%和36.9%。在不抑菌条件下,水葱对乐果的去除符合一级动力学方程,去除速率常数为0.099 d⁻¹,水溶液中未检测到乐果降解的中间产物。

10. 学位论文 [张发文](#) 利用水生植物修复大厂矿田库区内含重金属废水的试验研究 2006

重金属污染是当今世界面临的最主要水污染问题之一。随着工农业生产的快速发展,废水的大量排放,土壤和水源中重金属的积累不断在加剧。重金属废水来源很广,种类很多,而且不能被降解,因此很难从环境中消失。植物修复技术治理重金属污染已逐渐成为当今国际植物营养、污染修复治理研究中的一个新热点。

本研究针对大厂矿田内水库受重金属污染的现状,考虑水生植物在生长过程中吸收、吸附重金属的自然现象,提出了利用水生植物来修复大厂矿田内重金属废水。试验结果表明:在静态试验中,单一铅离子溶液中,浮萍、水蕹菜、凤眼莲对铅离子的去除率依次为52.56%、75.74%、82.72%;单一镉离子溶液中,浮萍、水蕹菜、凤眼莲对镉离子的去除率依次为46.60%、58.48%、78.39%。混合溶液中,浮萍、水蕹菜、凤眼莲对铅离子的去除率依次为47.88%、68.39%、77.27%;浮萍、水蕹菜、凤眼莲对镉离子的去除率依次为48.32%、58.96%、76.87%。虽然静态试验中水蕹菜的长势最好,但对重金属离子的去除能力不如凤眼莲。综合考虑三种水生植物的净化效果以及对其净化能力的影响等各方面的因素,最终选定采用凤眼莲来修复大厂矿田内重金属废水。

为了进一步研究凤眼莲对重金属废水的修复效果,采用大厂矿田内重金属废水作为水样,在实验室内进行修复试验。经过凤眼莲修复后,水样中的铅、镉等重金属离子得到了很好的去除。从试验结果可以看出,凤眼莲很能适应在重金属废水中生长,在一个月左右的试验期间植株的平均增重率达到31.29%;水样中铅离子的浓度由2.87mg/L分别降到0.16mg/L、0.12 mg/L,平均去除率达到了94.84%;镉离子的浓度由0.876 mg/L降低到小于0.003 mg/L。随着在水体中深度的加大,重金属含量的测定值逐渐增加,说明了凤眼莲在吸收重金属离子时重金属在水体中的分布情况。通过试验表明利用凤眼莲修复大厂矿田内重金属废水是可行有效的。

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_szybh201001016.aspx

授权使用: 昆明理工大学(kmldgx), 授权号: be042d02-4a12-4287-943e-9e9f00f6ec1c

下载时间: 2011年3月7日