

水生植物对富营养水体水质净化作用研究^{*}

吴振斌 邱东茹 贺 锋 刘保元
邓家齐 詹发萃

(中国科学院水生生物研究所淡水生态与生物技术国家重点实验室, 武汉 430072)

摘 要: 利用富营养浅水湖泊武汉东湖中所建立的大型实验围隔系统, 对沉水植物的水质净化作用作了现场实验研究。重建后的沉水植物可以显著改善水质, 水体透明度显著提高, 水色降低。在研究期间, 水生植物围隔 COD_{Cr} 和 BOD_5 一般分别为 20 和 5 mg/L 左右; 对照围隔和大湖水体则分别约为 40 和 10 mg/L 。水生植物围隔水体中可检出的有机污染种类也较对照围隔和大湖水体低。实验结果表明恢复以沉水植物为主的水生植被是改善富营养湖泊水质和重建生态系统的有效措施。

关键词: 沉水植物; 水质净化; 重建

中图分类号: X173 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-470X (2001)04-0299-05

Studies on Eutrophicated Water Quality Improvement by means of Aquatic Macrophytes

WU Zhen-Bin, QIU Dong-Ru, HE Feng, LIU Bao-Yuan,
DENG Jia-Qi, ZHAN Fa-Cui

(State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology, Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China)

Abstract: The effects of the rehabilitation of submerged vegetation on water quality improvement were investigated by using large scale enclosure system which were installed in a hyper-eutrophicated lake, Lake Donghu in Wuhan. The results shown that the transparencies in the enclosures with macrophytes were considerably enhanced compared with the control enclosure without macrophytes and the lake water, while the apparent water color was decreased. COD_{Cr} and BOD_5 were about 20 and 5 mg/L respectively in the macrophyte enclosures, while those of the control enclosure and lake water were at the level of 40 and 10 mg/L . The number of detected organic pollutants isolated from the water body of macrophyte enclosures was also lower than that of the con-

收稿日期: 2000-08-11, 修回日期: 2001-05-31。

* 基金项目: 国家杰出青年科学基金(项目号 39925007), 国家自然科学基金(项目号 39730380)及欧盟国际科技合作项目(合同号 ERB IC18CT960059)资助。

作者简介: 吴振斌(1956-), 男, 博士, 研究员, 现从事水生植物生态学、环境生物学研究。

trol enclosure and the lake water. It was demonstrated that the water quality could be significantly improved by reconstructing aquatic macrophytes

Key words: Submerged macrophytes; Water quality improvement; Rehabilitation

长江中下游地区水系纵横交错, 湖泊星罗棋布, 是我国著名的鱼米之乡。许多城郊湖泊, 如武汉东湖, 原是水生植物丰茂的草型湖泊, 由于湖滨人口的增加和工农业生产的发展, 大量生活污水和生产废水排入东湖, 水体遭受严重污染, 加之不合理的水产养殖, 水生植被遭到破坏, 生态系统退化, 加速了湖泊富营养化进程, 湖水水质恶化, 严重影响了正常的湖泊功能发挥, 并危及饮用东湖自来水居民的身体健

康。水生大型植物是水生态系统的重要组成部分和主要的初级生产者之一, 介于水-泥、水-气及水陆界面, 对生态系统物质和能量的循环和传递起调控作用^[1,2]。对于浅水湖泊而言, 重建水生植被是富营养化治理和湖泊生态恢复的重要措施^[3,4]。我们利用在武汉东湖建成的大型围隔生态系统, 对水生植物特别是以沉水植物为主的水生植物群落对水质的改善作了定性、定量观察, 以探讨水生植物的净化机理和水环境效益。

1 研究方法

武汉东湖是长江中游的一个中型浅水湖泊, 面积约为 28 km², 平均水深约为 2.21 m。我们于 1993 年在水果湖南岸建成 4 个面积各为 800 m² 的围隔, 以钢管为骨架, 聚氯乙烯防水彩布隔开内外水体, 其底端包裹石龙插入底泥, 用毛竹固定到骨架上, 外加尼龙网和钢板网。先后在 I、II、III 号围隔内移栽苦草 (*Vallisneria spiralis* L.)、狐尾藻 (*Myriophyllum spicatum* L.) 和菹草 (*Potamogeton crispus* L.) 等沉水植物。IV 号围隔内未栽水生植物作为对照。每个围隔中设 1 个采样点, 在围隔外的湖区另设 1 个对照采样点 (V), 共计 5 个采样点。从 1994 年 10 月至 1995 年 8 月每月采集 1 次水样, 按标准方法监测水体透明度、水色、电导率等理化因子和化学需氧量 (COD_{Cr})、生化需氧量 (BOD₅) 和总悬浮固体物质 (TSS)^[5]。1994 年 5 月和 1995 年 4 月分别测量移栽时和移栽一年后植物的生物量, 以湿重 g/m² 表示。

1996 年 5 月, 从围隔 II 和围隔外湖水中各采集 100 L 水样, 用 XAD-2 大孔树脂富集水中的有机物质, 树脂床体积约 30 mL。用重蒸丙酮洗脱, 减压浓缩后分析。实验用树脂用重蒸二氯甲烷、乙腈和丙酮在索氏抽提器上净化 8 h。然后采用色质联用法测定。

色谱条件: 美国 HP5790A 气相色谱仪, 美国 J & W 科学公司生产的 DB-5 弹性石英毛细管柱, 载气为 He 气, 柱前压 10 kg/cm², 柱初始温度 50 (恒温 2 min), 升温速率 8 /min, 终止温度 290 (恒温 10 min)。色谱与质谱接口温度为 250。

质谱条件: 英国 VG 7070E-HF 双聚焦磁式质谱仪, 分辨率 1 000, 加速电压 6 kV, EI 离子源, 离子源温度 200, 电子能量 70 eV, 扫描速度 × 10/s, 扫描范围 45~ 800 am u。

2 结果与讨论

2.1 水生植物对水体理化性质的改善

在冬、春季各围隔以菹草和狐尾藻为主, 水生植物可分布到整个围隔, III 号也可分布

一半左右的面积。1994 年 5 月, I、II、III 号围隔水生植物生物量湿重分别为 1 111.4, 786.9 和 1 555.8 g/m²。移栽一年后, 1995 年 4 月, 所测的 I、II、III 号围隔水生植物生物量湿重分别为 6 187.5, 5 250.0 和 2 877.6 g/m²。由此可见水生植物成活程度高, 生长非常茂盛。盛夏菹草死亡后, 其他沉水植物如苦草和狐尾藻等分布仅限于岸边水深约 1 m 左右的区域, 生物量大幅度降低。此外零星分布有少量大茨藻。移栽的黄丝草和伊乐藻未能越夏, 原因可能是水体透明度的影响, 附生植物过多或因草鱼摄食(图 1)。

从图 1, 2, 3 可知水生植物围隔 (I, II, III) 中水质有一定改善。水体透明度较对照围隔和大湖水体显著升高, 尽管夏季水生植物分布面积缩小生物量较低, 但其透明度依然保持在较高的水平。具有水生植物的围隔水体表色明显低于对照围隔和大湖水体(图 2)。沉水植物的存在有效地降低了颗粒性物质的含量, 可改善水下光照条件。水生植物的围隔水体电导率也低于对照围隔和大湖水体(图 3)。这些结果表明沉水植物可以显著改善水体的理化性质。

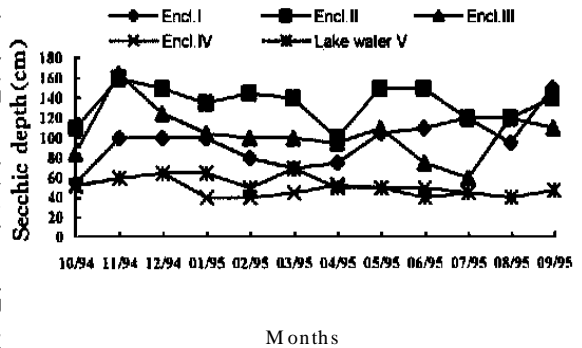


图 1 水生植物围隔、对照围隔和大湖水体透明度的月变化
Fig 1 The monthly changes in the transparency of the macrophyte enclosures, control enclosure (IV) and lake water

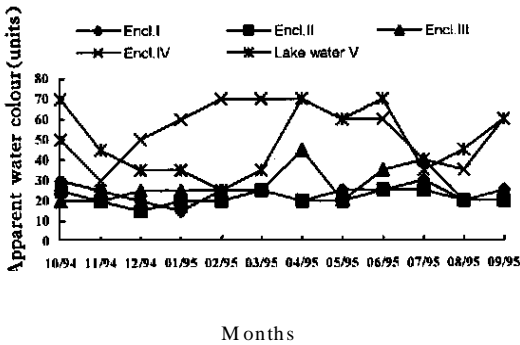


图 2 水生植物围隔、对照围隔和大湖水体水色(表色)的月变化

Fig 2 The monthly changes in the apparent water color of the macrophyte enclosures, control enclosure (IV) and lake water

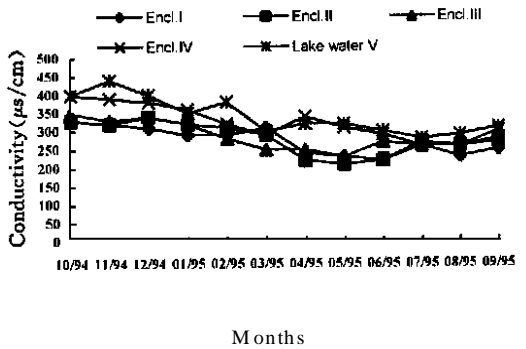


图 3 水生植物围隔、对照围隔和大湖水体电导率的月变化

Fig 3 The monthly changes in the water conductivity of the macrophyte enclosures, control enclosure (IV) and lake water

2.2 水生植物对水体有机污染的净化

水生植物可能吸收和富集某些小分子有机污染物, 更多的是通过促进物质的沉淀和促进微生物的分解作用来净化水体。水生植物还可以增强底质的稳定和固着。从图 4 可知, 具有水草的围隔 (I, II, III) 不但 COD 和 BOD 大为降低, 而且 BOD/COD 的比值比对照围隔和围隔外大湖水体低得多。水生植物围隔的 COD 一般在 20 mg/L 以下, 5 月份菹草开始死亡时可上升到 40 mg/L 左右; 冬季 BOD 在 2 mg/L 以下, 夏季可升高到 5 mg/L

左右。对照围隔和大湖水体 COD 多为 40 mg/L 左右; BOD 多在 10 mg/L 以上, 冬季有时可降低到 5 mg/L 左右。1995 年 7 月 III 号围隔和对照 IV 号围隔发生微囊藻水华, 故 III 号围隔 COD 在该月显著上升, 但随着水华现象结束, COD 迅速下降; 该月 III 和 IV 号围隔水体 BOD 有所下降, 这可能因为 COD 主要是颗粒性有机物 (蓝藻细胞), 可降解的溶解性有机物含量降低。各围隔水体和大湖对照水域总悬浮固体颗粒 (TSS) 的变化趋势基本上与 COD_{Ck}、BOD₅ 相同。水生植物围隔 TSS 含量降低, 除前面提及的颗粒物 (有机碎屑和无机颗粒) 的沉降外, 浮游植物含量的降低所起的作用更为显著。1995 年 7 至 8 月间 III 号围隔和 IV 号围隔中发生的微囊藻水华, 使得其 TSS 迅速显著升高, 随着水华结束而显著降低。

从各围隔及大湖水体有机污染组成来看, 具有水草的围隔可检出的有机污染物种类明显低于对照围隔和大湖水体。已检出的污染物包括表面活性剂和增塑剂等。所检出的有机污染物种类与以前所检出的相似, 主要成分分为 26-二叔丁基-4 甲基苯酚。从图 5 看出, 湖水含 48 个峰, II 号围隔 29 个峰, 围隔中有机污染物种类明显比大湖少, 说明植物的存在有利于有机污染物质的降解。

研究认为沉水植物占优势时水体水质清澈, 生物多样性高。水生植物在不同的营养级水平上存在维持水体清洁和自身优势稳定状态的机制: 水生植物有过量吸收营养物质的特性, 可降低水体营养水平; 减少因为风和摄食底栖生物鱼类所引起沉积物重悬浮, 降低浊度^[6-8]。同时水生大型植物对藻类也存在化感作用, 能抑制浮游植物的生长, 从而降低藻类的现存量。从我们的周年定量研究结果看, 水生植物可以显著提高富营养水体的水质, 对有毒的有机污染也有明显的净化作用。恢复以沉水植物为主的水生植被是合理有效的水质净化和生态系统恢复的重要措施。

致谢: 参加工作的还有夏宜铮研究员、况琪军等, 特此致谢。

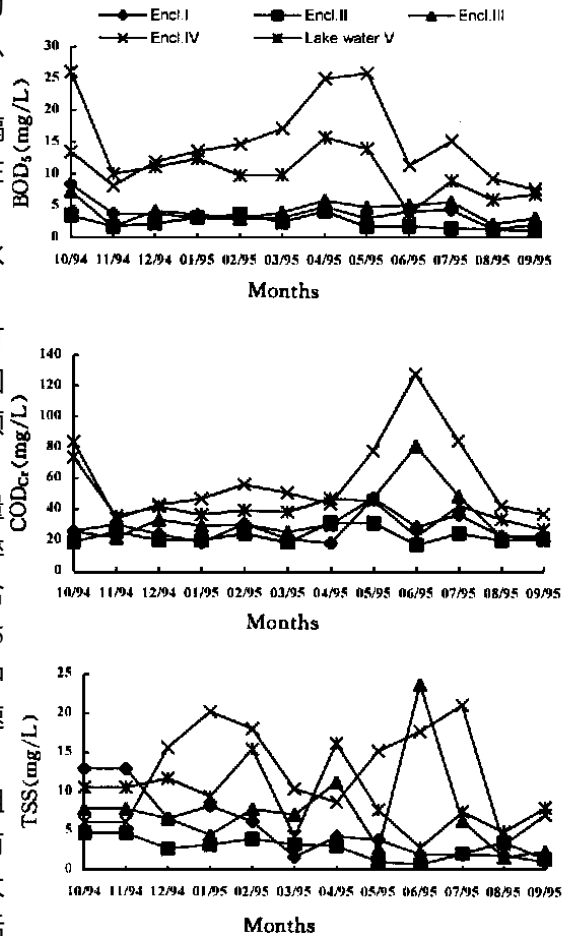


图 4 水生植物围隔、对照围隔和大湖水体 COD、BOD 和 TSS 的月变化

Fig 4 The monthly changes in the COD, BOD and TSS of the macrophyte enclosures, control enclosure (IV) and lake water

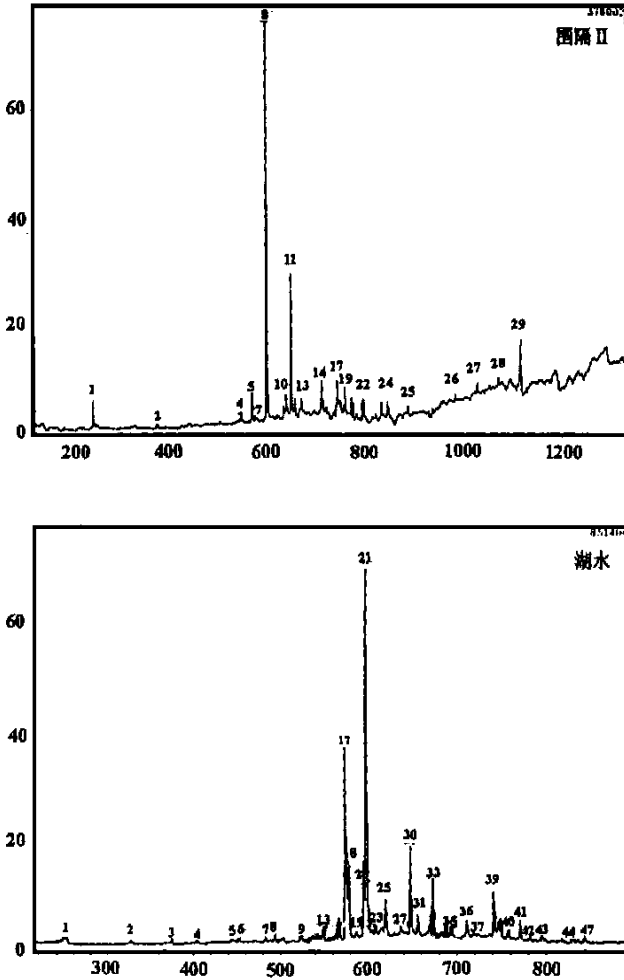


图 5 湖水及 II 号围隔的离子色谱图

Fig. 5 Ion chromatography of lake water and enclosure II

参考文献:

[1] Phillips G L, Em inson D, Moss B. A mechanism to account for macrophyte decline in progressively eutrophicat- ed freshwaters *A quat B ot*, 1978, 4(2): 103 - 126

[2] Blindow I, Andersson G, Haregy A, et al Long-term pattern of alternative stable states in two shallow eutrophic lakes *F resh w B iol*, 1993, 30(1): 159 - 167.

[3] Moss B. Engineering and biological approaches to the restoration for eutrophication of shallow lakes in which aquatic plant communities are important components *Hyd robiolog ia*, 1990, 200/201: 367 - 377.

[4] Gliw icz ZM. Can ecological theory be used to improve water quality? *Hyd robiolog ia*, 1992, 243/244: 283 - 291.

[5] 水和废水监测分析方法编委会 水和废水监测分析方法 北京: 中国环境科学出版社, 1989.

[6] Scheffer M. Multiplicity of stable states in freshwater system s *Hyd robiolog ia*, 1990, 200/201: 475 - 487.

[7] Scheffer M, van den Berg M, Breukelaar A, et al Vegetated areas with clear water in turbid shallow lakes *A quatic B otany*, 1994, 49(3): 193 - 196

[8] Schiver P, B gestrand J, Jeppesen E, et al Impact of submerged macrophytes on fish-zooplankton-phytoplank- ton interactions: large enclosure experiments in a shallow eutrophic lake *F resh w B iol*, 1995, 33(2): 255 - 270