

惠州西湖浮游植物群落对生态系统修复的响应

陈亮¹, 张修峰¹, 刘正文^{1,2*}

(1. 暨南大学水生生物研究所, 广州 510632; 2. 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

摘要: 2004 年对广东惠州西湖实施了生态系统修复示范工程, 示范区目前沉水植物丰富, 水体常年清澈见底。通过 2008 年 6 月至 2009 年 5 月对示范区和未进行生态修复的平湖逐月进行浮游植物调查, 研究了浮游植物群落对湖泊生态系统修复的响应。结果表明, 与未修复的平湖相比, 示范区浮游植物数量及群落结构均发生了很大变化。示范区全年浮游植物平均生物量和细胞丰度分别为 0.31 mg/L 和 2.75×10^6 cells/L, 均远低于未修复的平湖的 3.27 mg/L 和 197.46×10^6 cells/L; 平湖中蓝藻在全年大部分时间占有绝对优势, 一些热带富营养化水体中的代表种类(假鱼腥藻)成为优势种类; 而示范区蓝藻不占优势, 取而代之的是一些隐藻、硅藻和甲藻门的种类。另外, 示范区浮游植物丰富度增加, 年平均 Margalef 物种丰富度指数为 3.70, 显著高于平湖的 2.68。因此, 重建以沉水植物为优势的生态系统是抑制浮游植物发展和改善湖泊水环境的有效途径。

关键词: 浮游植物; 群落结构; 生态系统修复; 惠州西湖

中图分类号: Q948

文献标识码: A

文章编号: 1000-470X(2010)04-0453-07

The Response of a Phytoplankton Community to Ecosystem Restoration in Huizhou West Lake

CHEN Liang¹, ZHANG Xiu-Feng¹, LIU Zheng-Wen^{1,2*}

(1. *Institute of Hydrobiology, Jinan University, Guangzhou 510632, China*; 2. *Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China*)

Abstract: An ecosystem restoration project has been carried out in Huizhou West Lake (Guangdong province) since 2004. Submerged macrophytes now dominate the restored area, and water clarity and quality have significantly improved. We investigated the phytoplankton in both the restored area and Pinghu (un-restored area) from June 2008 to May 2009 to reveal the response of phytoplankton to ecosystem restoration of the lake. Results showed that both the community structure and the quantity of phytoplankton in the restored area changed greatly compared to the un-restored area. The annual average biomass and cell density were 0.31 mg/L and 2.75×10^6 cells/L, respectively, which was much lower than for Pinghu (3.27 mg/L and 197.46×10^6 cells/L). In Pinghu, Cyanophyta dominated for most of the year and some species, such as *Pseudoanabaena* sp., became the most abundant species. Conversely, species of Cryptophyta, Chrysophyta, and Pyrrophyta dominated in the restored area. In addition, Margalef species richness index of phytoplankton in the restored area was 3.70, significantly higher than in Pinghu (2.68). The present study showed that ecosystem restoration by re-establishing macrophyte dominance is an efficient way to control the development of phytoplankton and improve the aquatic environment of lakes.

Key words: Phytoplankton; Community structure; Ecosystem restoration; Huizhou West Lake

浮游植物生物量的急剧增加是导致富营养化湖泊生态系统退化的主要原因之一, 某些浮游植物种

类(如蓝藻)的大量繁殖还能使水体形成水华, 使水质恶化。富营养化湖泊的修复, 主要是对水体中藻

收稿日期: 2009-12-14, 修回日期: 2010-03-16。

基金项目: 国家水专项(2008ZX07211-003); 惠州市政府环保项目。

作者简介: 陈亮(1984-), 男, 硕士研究生, 从事淡水生态与环境修复研究。

* 通讯作者(Author for correspondence. E-mail: zliu@niglas.ac.cn)。

类的控制,从而提高水体透明度、改善水质。沉水植物通过与浮游植物在光照、营养盐等方面的竞争,以及化感作用等机理,对藻类的生长起到抑制作用^[1,2],沉水植物繁茂的湖泊一般具有较高清澈度,以及较低的营养盐浓度和藻类生物量^[3,4],高等水生植物的恢复也曾被作为富营养化浅水湖修复的有效途径^[5,6]。目前国内外学者大多是以室内模拟实验或围隔实验研究沉水植物对富营养化水体的修复途径与效果,以全湖为对象的研究较少,尤其是以热带亚热带浅水湖泊为对象的研究更为少见。2004年12月完成了惠州西湖生态修复示范区的建设,包括鱼类调控、水生植被的构建和恢复^[7],示范区水质得到明显改善。本研究主要通过比较分析修复后的示范区和未修复的平湖水体中浮游植物数量和群落结构的变化,研究浮游植物群落对生态修复的响应,为浅水湖泊富营养化控制提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究地点

本研究地点为惠州西湖。惠州西湖是典型的热带浅水城市湖泊,位于北纬23°15′,东经114°37′附近,由南湖、丰湖、平湖、鳄湖和菱湖组成,湖面面积1.6 km²,湖水平均深度1.6 m左右。示范区是西平湖的一部分,面积1×10⁴ m²,实验期间已经将示范区与平湖隔开,示范区主要的生态恢复措施包括鱼类(罗非鱼、鲤、鲫等)的去除及大型水生植被群落构建与恢复,建立了以苦草(*Vallisneria natans*)为主的沉水植被,示范区目前水生植被覆盖度为70%左右。对2008年6月~2009年5月期间两湖区的主要理化指标分析发现,示范区平均TN、TP和悬浮物(SS)分别为1.08 mg/L、0.03 mg/L和5.00 mg/L,均低于平湖的1.51 mg/L、0.19 mg/L和52.44 mg/L。示范区透明度从约30 cm增加到90 cm以上,水质明显改善(图1)。

1.2 研究方法

从2008年6月~2009年5月,每月采样1次,示范区和平湖各设置一个采样点(图2)。浮游植物定量用5 L采水器在同一采样点采集水面以下0.5 m处水样3次,混合后取样1 L,并取一定水样用于实验室水化指标的测定。浮游植物定性样品用25号浮游生物网在不同方向和深度拖取,并用5%福尔马林固定。定量样品在现场加入约为水



图右边为已实施生态修复的示范区,左边为未修复的平湖
The right is restored area, the left is un-restored area (Pinghu)

图1 惠州西湖生态系统修复示范区与未修复区对比
Fig. 1 Comparison of restored and un-restored (Pinghu) areas in Huizhou West Lake

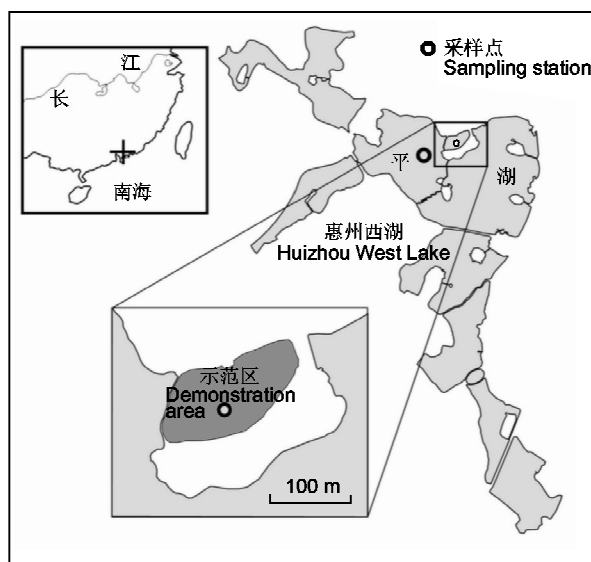


图2 惠州西湖地理位置与采样点
Fig. 2 Geographic location of Huizhou West Lake and sampling stations

样1%的鲁哥试剂进行固定,带回实验室静置沉淀,浓缩镜检计数。

生物量(mg/L) = 浮游植物丰度(cells/L) × 浮游植物体积(μm³)/cell × 1.0 × 10⁻⁶ mg/μm³,其中浮游植物体积按各藻种近似几何形状的公式计算^[8],假定浮游植物的密度为1.0 g/cm³(1.0 × 10⁻⁶ mg/μm³)。

实验采用 Margalef 物种丰富度指数(*D*)对浮游植物群落进行测评,计算方法为:

$$D = (S - 1) / \ln N$$

式中,*S*为总种数;*N*为个体总数。

2 结果与分析

2.1 浮游植物丰度和生物量动态

研究期间示范区浮游植物的年平均细胞丰度为 2.75×10^6 cells/L, 最高值出现在2008年9月份, 为 4.48×10^6 cells/L; 最低值出现在夏季的6月份, 仅为 1.57×10^6 cells/L; 而平湖浮游植物的年平均丰度为 197.46×10^6 cells/L, 是示范区的71.80倍, 细胞丰度在10月份最高, 为 418.40×10^6 cells/L, 最低值出现在次年3月份为 33.35×10^6 cells/L。从其季节变化趋势来看, 示范区细胞丰度在冬、春季节保持比较平稳的状态; 平湖全年中浮游植物细胞丰度波动比较大, 6月份到10月份缓慢上升, 之后迅速下降, 直到次年4月份才出现上升的趋势(图3)。

示范区浮游植物的年平均生物量为0.31 mg/L, 9月份生物量达0.63 mg/L, 为采样期间的最高值; 6月份最低, 仅为0.10 mg/L。平湖浮游植物的年平均生物量为3.27 mg/L, 为示范区的10.54倍; 其最高值和最低值也是出现9月和6月, 分别为5.80 mg/L和1.29 mg/L(图3)。

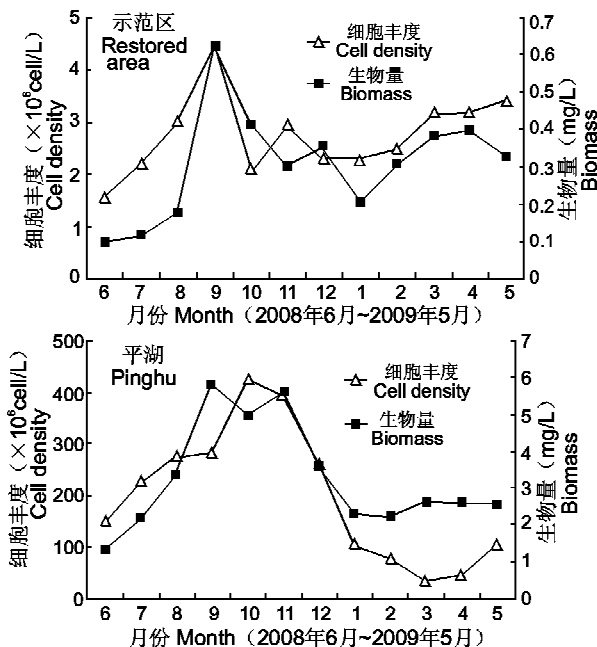


图3 示范区、平湖浮游植物细胞丰度和生物量周年变化
Fig.3 Variations of abundance and biomass of phytoplankton in restored and un-restored (Pinghu) areas

2.2 浮游植物群落组成

在丰度组成中, 全年示范区浮游植物组成中以蓝藻最多, 其次为隐藻、绿藻和硅藻, 其年平均丰度

依次为 1.50×10^6 cells/L、 0.55×10^6 cells/L、 0.38×10^6 cells/L 和 0.22×10^6 cells/L, 分别占年平均丰度总数的54.4%、19.7%、13.8%和8.0%。其它门的藻类丰度均较低(图3)。平湖全年中蓝藻占绝对优势, 其年平均丰度为 187.18×10^6 cells/L, 占年平均丰度总数的94.8%, 其它门的藻类丰度均较低, 除了绿藻和隐藻占2.8%和1.1%外, 其余均不到1%(图4)。

在生物量的组成上, 示范区浮游植物年平均生物量以隐藻最多, 为0.10 mg/L, 占浮游植物年平均生物量总数的31.2%, 其次为绿藻、甲藻和硅藻, 其年平均生物量分别为0.08 mg/L、0.05 mg/L和0.04 mg/L, 占浮游植物年平均总数的24.4%、15.9%和12.5%, 蓝藻所占的比例与裸藻相近, 仅8%。平湖浮游植物年平均生物量以蓝藻居首位, 为1.22 mg/L, 占浮游植物年平均总数的37.2%; 绿藻与蓝藻接近, 居第二, 生物量为1.00 mg/L, 占浮游植物年平均总数的30.5%; 隐藻、甲藻和硅藻所占比例均不到10.0%; 裸藻占7.5%, 与示范区相似(图4)。

2.3 浮游植物主要优势种类及其动态

示范区与平湖的优势种差异很大。示范区主要优势种类有蓝藻门的隐球藻(*Aphanocapsa* sp.), 绿藻门的小球藻(*Chlorella vulgaris*)、三叶鼓藻(*Cosmarium trilobulatum*), 甲藻门的多甲藻(*Peridinium* sp.), 硅藻门的针杆藻(*Synedra* sp.)、曲壳藻(*Achnanthes* sp.)、异极藻(*Gomphonema* sp.), 隐藻门的嗜蚀隐藻(*Cryptomonas eiosa*)、尖尾蓝隐藻(*Chroomonas acuta*)等。平湖优势种类主要为蓝藻门的微小色球藻(*Gloeothece linearis* sp.)、隐球藻、假鱼腥藻(*Pseudoanabaena* sp.)、银灰平列藻(*Merismipedia* sp.)、优美平列藻(*Merismopedia elegans*)、蓝纤维藻(*Dactylococcopsis* sp.), 绿藻门的小球藻, 硅藻门的针杆藻等。

示范区没有某一类占绝对优势的现象, 全年出现较多的优势种类大多属硅藻门和隐藻门的种类, 从细胞丰度的变化趋势上看, 隐藻门的嗜蚀隐藻和尖尾蓝隐藻从6月份开始出现交替上升的趋势, 两者都在次年3月份出现最大值; 硅藻门的曲壳藻和针杆藻有不同的变化趋势, 曲壳藻在夏季的细胞丰度较小, 在10月份以后有明显的上升趋势, 到次年1月份达到最高值后减少, 针杆藻细胞丰度总的变化趋势不明显, 最大值也出现在次年1月份(图5);

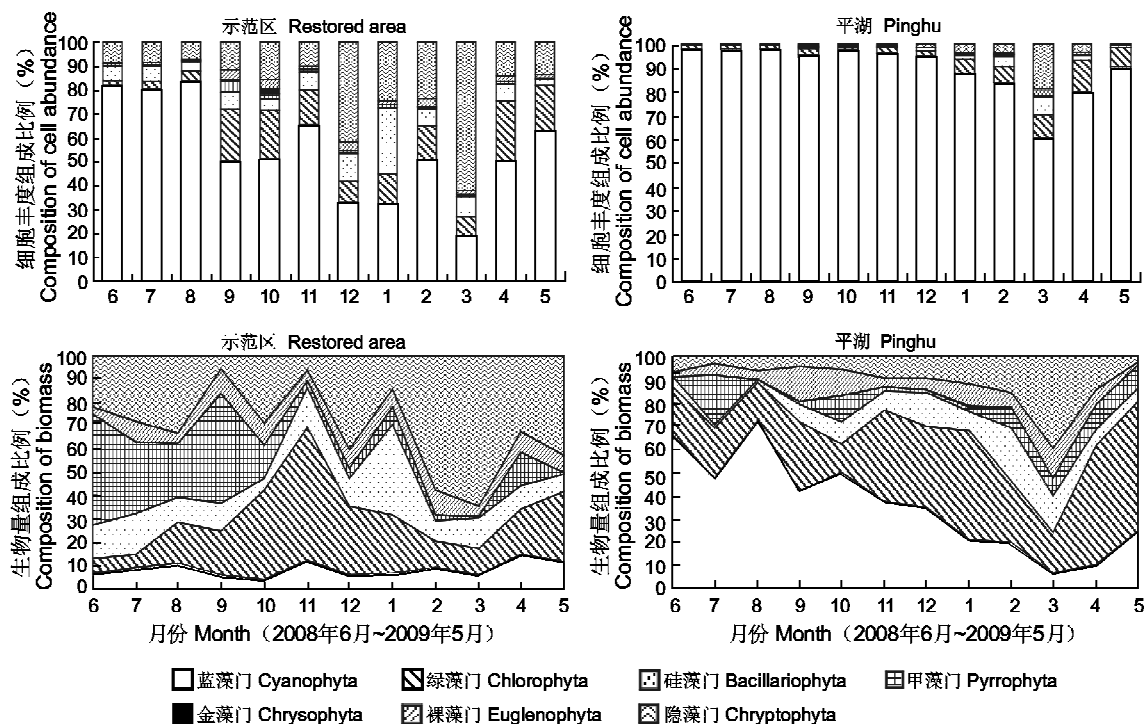


图4 示范区、平湖浮游植物的丰度和生物量的百分比组成
Fig. 4 Percentage composition of phytoplankton in abundance and biomass in restored and un-restored (Pinghu) areas

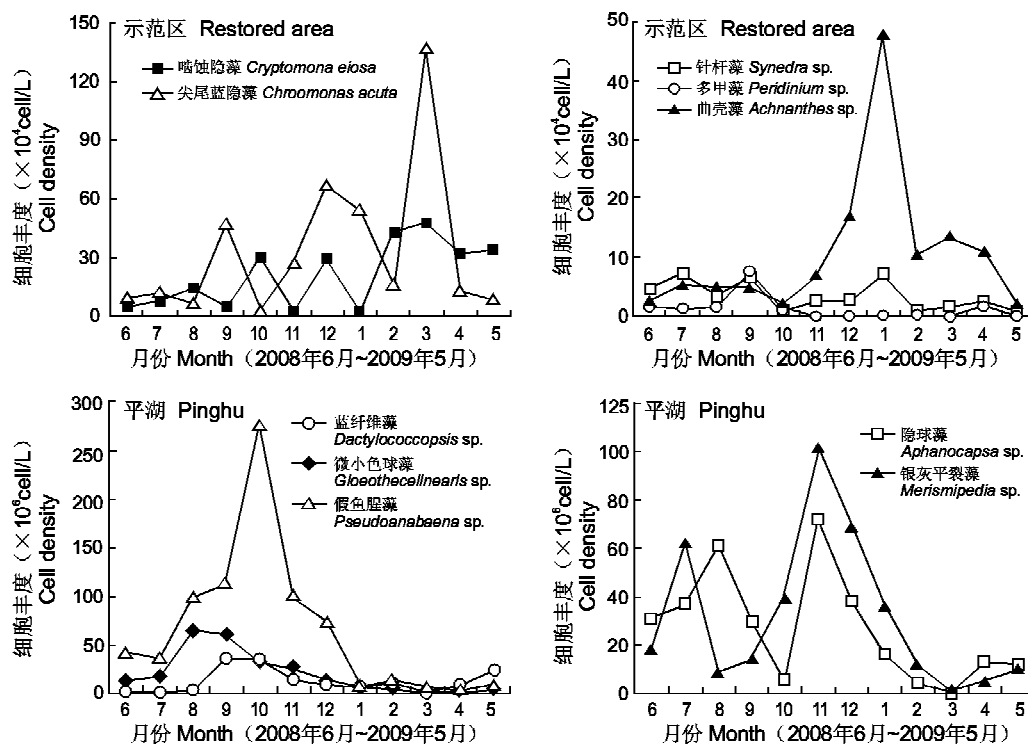


图5 示范区、平湖浮游植物优势种的丰度变化
Fig. 5 Temporal variation of abundance of main dominant species in restored and un-restored (Pinghu) areas

多甲藻在6至9月份和次年4月份出现较多,其中9月的丰度最高,而其他月份很少甚至没有检测到(图5);而蓝藻门的隐球藻只在夏季的6、7月份成为优势种。平湖则不同,全年优势种大多属蓝藻门的种类,从6月到12月份,平湖优势种全由蓝藻门的种类组成,各优势种全年细胞丰度最大值都在这个期间的不同月份出现,而且这几个月优势种组成上基本没有变化,之后小球藻、针杆藻、裸藻等也逐渐成为优势种,但蓝藻门的种类仍然占有很大的优势度。

2.4 浮游植物物种丰富度指数周年变化

浮游植物多样性指数是揭示群落结构特征的重要指标,它不仅可以反映群落组织化水平,而且可以通过结构和功能的关系间接反映群落功能的特征。从图6可以看出,示范区的 Margalef 物种丰富度指数基本上全年都高于平湖,只有在3月份与平湖相当;而平湖的 Margalef 物种丰富度指数在各月的变化不大,在8月和次年4月份较高。示范区 Margalef 物种丰富度指数年平均值为 3.70,显著高于平湖的 2.68($p < 0.01$)。

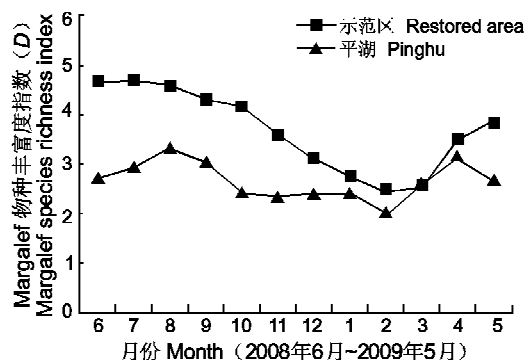


图6 示范区、平湖浮游植物 Margalef 物种丰富度指数周年变化比较

Fig. 6 Variations of Margalef species richness index of phytoplankton in restored and un-restored (Pinghu) areas

3 讨论

惠州西湖生态修复示范区浮游植物的总量和群落结构较平湖有很大的差异,示范区浮游植物在细胞丰度和生物量上均远小于平湖,说明以重建水生植被为主的生态修复措施能有效抑制浮游植物的生长。

水生植被恢复首先会减弱水体的搅动强度,抑制水体-沉积物界面的再悬浮^[9],有利于静水环境的

形成。鞭毛类浮游植物(甲藻、隐藻等)能够利用鞭毛在水体中进行垂直迁移,对光照和营养盐的适应性强,在静水环境具有竞争优势^[10]。而蓝藻群体型种类对光照变强的响应时间更长,因此沉降和上浮速度更快,在水体混合后能够更快地上升到表层^[11],另一方面由于个体细胞微小,比表面积大,新陈代谢率高,对资源(光照和营养盐)响应时间短,这些种类在搅动频繁的水体环境中竞争力强^[10]。本研究中,蓝藻在悬浮物浓度较高的对照平湖中占优势,而鞭毛类种类在水体清澈的示范区逐渐占优,生态修复后形成的静水环境应该是其占优的主要原因之一。

在搅动频繁的水体,沉积物再悬浮是水体营养负荷的重要来源^[12],示范区的生态修复措施一方面能够抑制沉积物再悬浮和营养盐释放,另一方面水生植被能够吸收利用营养盐负荷,由此促进了水体营养盐水平,尤其是磷的下降。很多研究表明浮游植物群落结构随营养水平变化而变化,Duarte^[13]对位于美国佛罗里达州 165 个湖泊的浮游植物和营养盐等环境因子的分析发现随着水体的富营养化,浮游植物优势类群的响应模式为绿藻—硅藻—蓝藻。某些贫营养型浅水水体出现较多的甲藻,如多甲藻,以及小型的金藻、隐藻和硅藻等,而富营养型水体以蓝藻和绿藻为主^[14]。甲藻能够利用鞭毛在水体中进行垂直迁移,鞭毛的摆动既可以捕获充足的光又可以摄取到维持自身生长所需的营养盐。因此,甲藻可以在贫营养水体中保持良好的竞争能力^[15]。另外,由于水体中缺少大型的浮游动物^[16],从而促进了可食性较差个体较大的浮游植物种类(硅藻和鞭毛类隐藻、甲藻)逐渐建立优势。此外,有些研究也表明在有大型水生植被为优势的水体中,浮游植物群落常是隐藻及硅藻占优势^[17,18]。示范区全年出现的浮游植物种类数多于平湖,且以硅藻、隐藻和甲藻为优势。这与我国武汉月湖水生植被重建工程中,在种植菹草和伊乐藻后,浮游植物主要由隐藻和硅藻组成的结果相似^[19]。

已有研究表明,大型水生植物,如穗状狐尾藻(*Myriophyllum spicatum* L.)^[20,21]、轮藻(*Chara* sp.)^[22]、菖蒲(*Acorus calamus*)^[23]等能释放一些物质,抑制浮游植物的生长,形成化感作用。惠州西湖主要水生高等植物为苦草,有研究表明苦草对铜绿微囊藻(*Microcystis aeruginosa* Kutz.)的生长

有明显的化感抑制作用^[24,25],但是,苦草的化感作用如何对示范区浮游植物群落结构产生影响还有待研究,以进一步揭示浮游植物群落结构变化的机理。另外,示范区虽然在初期对鱼类进行了清除(主要是罗非鱼、鲤、鲫等),但在水生植被恢复后,这些鱼类的密度又开始上升,其对浮游植物群落结构的影响需进一步研究。

本研究还发现,示范区在夏季甲藻较多。甲藻在磷充足时,可以在体内储存大量的磷供后续使用,即磷“饱餐机制”^[26],这种机制可能有利于其在夏季获得优势,因为在光照充足温度较高的夏季,水体中的沉水植物快速地繁殖生长会消耗更多的氮、磷,有效获得更多的营养盐会使自身获得竞争优势。

综上所述,惠州西湖示范区通过重建大型水生植被等手段进行生态修复后,浮游植物的密度与生物量显著小于未修复的平湖,群落结构则由蓝藻全年占优势转变为冬春硅藻、隐藻和夏秋蓝藻、甲藻占优势,浮游植物物种丰富度指数增加。因此,重建以沉水生植物为优势的生态系统是抑制浮游植物发展和改善浅水湖泊水环境的有效途径。

参考文献:

- [1] 李文朝. 浅型富营养湖泊的生态恢复——五里湖水生植被重建实验[J]. 湖泊科学, 1996, 8(增刊): 1-10.
- [2] 胡洪营, 门玉洁, 李锋民. 植物化感作用抑制藻类生长的研究进展[J]. 生态环境, 2006, 15(1): 153-157.
- [3] Scheffer M, van den Berg M, Breukelaar A, et al. Vegetated areas with clear water in turbid shallow lakes[J]. *Aquatic Botany*, 1994, 49: 193-196.
- [4] Jeppesen E, Sondergaard M, et al. The structuring role of submerged macrophytes in lakes[J]. New York: Springer, 1998: 423.
- [5] Comin F A, Menendez M, Lucena J K. Proposal for macrophyte restoration in eutrophic coastal lagoons[J]. *Hydrobiologia*, 1990, 200/201: 427-436.
- [6] Ozimeck T, Gulati R D, Ponk E. Can macrophytes be useful in biomanipulation of lakes? [J]. *Hydrobiologia*, 1990, 200/201: 399-407.
- [7] 陈光荣, 刘炯, 应文晔, 等. 惠州西湖浮游动物群落对生态恢复的响应[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(6): 1662-1663.
- [8] Hillebrand H, Dürselen C D, Kirschtel D, et al. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae[J]. *Journal of Phycology*, 1999, 35: 403-424.
- [9] 黄沛生, 刘正文, 韩博平. 太湖湖滨带浮叶植物菱(*Trapa quadrispinosa* Roxb)对氮素再悬浮的影响[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 6: 750-753.
- [10] Reynolds C S. Ecology of Phytoplankton [M]. Cambridge University Press, 2006.
- [11] Tilzer M M. Light-dependence of photosynthesis and growth in cyanobacteria: implications for their dominance in eutrophic lakes[J]. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 1987, 21: 401-412.
- [12] Martin Søndergaard, Jens Peder Jensen, Erik Jeppesen. Role of sediment and internal loading of phosphorus in shallow lakes[J]. *Hydrobiologia*, 2003, 506-509: 135-145.
- [13] Duarte C M. Patterns in phytoplankton community structure in Florida lakes[J]. *Limnology and Oceanography*, 1992, 37(1): 155-161.
- [14] 沈韞芬. 微生物检测新技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1990: 120-126.
- [15] Rengfors K, Legrand C. Toxicity in *Peridinium aciculiferum* an adaptive strategy to outcompete other winter phytoplankton[J]. *Limnology and Oceanography*, 2001, 46: 1990-1997.
- [16] 陈光荣, 钟萍, 张修峰, 谢贻发, 李传红. 惠州西湖浮游动物及其与水质的关系[J]. 湖泊科学, 2008, 20(3): 351-356.
- [17] Balls H, Moss B, Irvine K. The loss of submerged plants with eutrophication I. Experimental design, water chemistry, aquatic plant and phytoplankton biomass in experiments carried out in the Norfolk Broadland[J]. *Freshwater Biology*, 1989, 22: 71-87.
- [18] Van Donk E, Grimm M P, Gulati R D, Klein Breteler J P G. Whole-lake food-web manipulation as a means to study community interactions in a small ecosystem[J]. *Hydrobiologia*, 1990, 200/201: 275-289.
- [19] 邓平, 马建敏, 吴晓辉, 等. 武汉月湖水生植被重建过程中浮游植物的动态变化[J]. 湖泊科学, 2007, 19(5): 552-557.
- [20] Nakai S, Inoue Y, Hosomi M, et al. Growth inhibition of blue-green algae by allelopathic effects of macrophytes[J]. *Water Science and Technology*,

- 1999, 39(8): 47–53.
- [21] Körner S, Nicklisch A. Allelopathic growth inhibition of selected phytoplankton species by submerged macrophytes [J]. *Journal of Phycology*, 2002, 38(5): 862–871.
- [22] Mulderij G, Van Donk E, Roelofs J G M. Differential sensitivity of green algae to allelopathic substances from *Chara* [J]. *Hydrobiologia*, 2003, 491: 261–271.
- [23] 张维昊, 周连凤, 吴小刚, 宋立荣. 菹荇对铜绿微囊藻的化感作用[J]. 中国环境科学, 2006, 26(3): 355–358.
- [24] 鲜鸣, 陈海东, 邹惠仙, 尹大强. 沉水植物中挥发性物质对铜绿微囊藻的化感作用[J]. 生态学报, 2006, 26(11): 3549–3554.
- [25] 陈卫民, 张清敏, 戴树桂. 苦草与铜绿微囊藻的相互化感作用[J]. 中国环境科学, 2009, 29(2): 147–151.
- [26] Elgavish G A, Halmann M, Berman T. Phosphorus utilization and storage in batch cultures of the dinoflagellate *Peridinium cinctum* f. *westii* [J]. *Journal of Phycology*, 1980, 16: 626–633.

(责任编辑: 张平)

欢迎订阅 2011 年《分子植物育种》

《分子植物育种》是一份为转基因育种、分子标记辅助育种及常规育种服务的科学杂志,也是中国唯一的一份以育种为名的科学杂志。于 2003 年创刊,创刊伊始即被美国化学文摘(CA),中国科学引文数据库、中国科技期刊全文数据库、中国引文数据库,中国科技期刊数据库、中文科技期刊数据库,中国核心期刊(遴选)数据库,中国生物学文摘和中国生物学数据库等多家中外文献数据库收录。同时,《分子植物育种》已建立了全英文的期刊网站,定期发布学术动态、出版信息及期刊近期目录等,实现作者编者读者同步分享。

本刊设置固定栏目和随机栏目。固定栏目常设研究论文(An Article)和研究报告(A Letter),主要发表最新的原始研究成果。随机栏目根据稿源可能设研究评述(A Review)、研究资源(A Resource)、数据分析(Analysis)、技术主题(Technology Feature)等栏目,还可能设置刊登有关科学新闻、科学简讯、专利、短评、书评等方面的栏目。本刊在栏目设置和文体格式上参照国际著名周刊《自然》及《自然遗传学》的刊发形式。主要围绕水稻、小麦、玉米、油菜、大豆、棉麻、薯类、果树、蔬菜、花卉、茶叶、林草等方面。《分子植物育种》已经成为植物育种及相关研究领域研究成果发表和交流的最重要学术平台,代表了目前中国分子植物育种的现实情况,是了解中国分子植物育种的一个重要窗口。

欢迎订阅《分子植物育种》,本刊单月 28 日出版,国内定价:¥40.00/期,¥240.00/年;国际定价:\$40.00/期,\$240.00/年。国内统一刊号:CN46-1068/S,国际标准刊号:ISSN 1672-416X,邮发代号:84-23。订户可到当地邮局订阅,或直接汇款至编辑部,免收邮费。

地址:海南省海口市海秀大道 128 号双岛公寓 13B 室,邮编:570206

联系电话:0898-68966415 传真:0898-68958180

E-mail: mpb@hibio.org, mpb@molplantbreed.org 网址: www.molplantbreed.org