

359-363

Q 178.513

# 武汉东湖受控生态系统中水生植被 恢复结构优化及水质动态

X 824

马剑敏 严国安 罗岳平 李益健 余荆意 张进忠

(武汉大学环境科学系, 武汉 430072)

**摘要** 于1993-1995年对武汉东湖的布围和网围受控生态系统中的植被恢复、结构优化及水质进行了初步研究, 结果表明: 在受控生态系统中, 水生维管束植物生物量明显增加, 控制养殖规模是恢复水生植被的前提, 自然恢复的水生植被, 结构较简单, 通过选种优良植物, 可优化植被结构, 加速植被恢复进程; 恢复水生植被时, 应以沉水植物为主体; 生长良好的水生维管束植物能使水中N、P浓度明显降低, 浮游植物生物量减小, 莲、芦苇、苦草、狐尾藻和金鱼藻适应性较强, 可作为重建水生植被的物种。

**关键词** 受控生态系统, 水生植被, 恢复, 结构优化, 东湖, 湖泊, 水生植物

恢复受破坏的湖泊水生植被是一项复杂的生态修复工程, 需要详细地调查研究奠定理论基础。为此, 在武汉东湖建立了大型受控生态系统, 进行水生植被恢复和结构优化实验, 旨在探讨影响水生植被恢复的主要因素及恢复过程中的群落和水质动态, 进而为东湖及相关湖泊的水生植被恢复提供参考。

## 1 研究方法

1993年7月初在汤林湖区建立受控生态系统(图1)。I、II区用防水布固定在桩上, 下缘压入底泥, 上缘高出水面约1m; III区用孔径为0.8cm的网围成, 面积均为750m<sup>2</sup>, 鱼清出, 在其外围5m宽处又打一排桩, 其间密植水花生 *Alternanthera philoxeroides* 下部用网托起, 作防浪带。IV区用绳拦成作对照。实验区平均水深夏季为1.2m, 冬季0.85m, 底质为腐质软泥。I区用于研究植被的自然恢复与演替, II区主要用于植被结构优化实验, III区用于研究在其内外水沟通情况下的植被恢复及结构优化。

1993年7月-1995年2月, 每月调查一次, 分析植物的生物量、数量以水中各态氮、磷等指标<sup>[1]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 水生维管束植物的恢复

2.1.1 物种组成 实验区共有水生维管束植物20种(含人工种植4种), 不计种植种的4种, I、II、III、IV区分别有12、12、15、11种, 而在实验初始, 4个区分别为7、7、7、9种, 增加的主要

国家“八五”科技攻关项目(85-908-01-02), 收稿日期: 1995-12-09; 收到修改稿日期: 1996-06-24。  
作者简介: 马剑敏, 男, 1964年出生, 毕业于武汉大学环境科学系, 硕士, 现任河南师范大学生物系讲师。

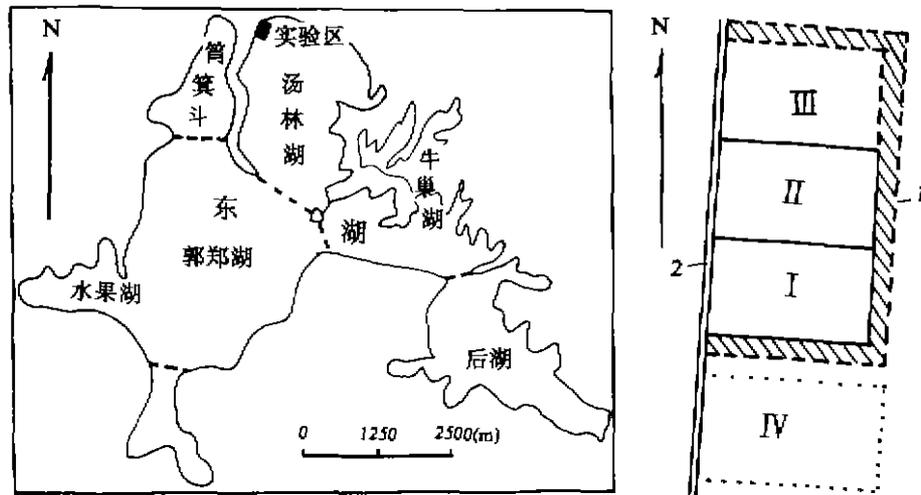


图1 实验区位置及平面分布(1: 防浪带; 2: 石堤)

Fig.1 The location and texture of the experimental area

为漂浮植物,说明I、II、III区植物增加较多,适于漂浮植物定植,这与其中的水体相对稳定,受风浪影响较小有关,各区均无自然增加优良物种。2.1.2 群落的垂直与水平结构 除1991年4月~1995年2月进行结构优化的II、III区外,其他时期各区均缺乏典型的挺水植物层,成层及分带现象不明显,浮水与沉水植物常镶嵌而生,各种植物间呈斑块、丛或片状混生,群落结构较简单,无明显改善。

2.1.3 植物生长状况 1994年夏I—III区维管束植物生物量比1993年夏明显增加(图2),经方差分析,I、II、III区间维管束植物生物量无明显差异,三者都显著大于IV区,浮水植物在夏秋季生长茂盛,盖度达90%以上,以浮叶植物为主,沉水植物在春季生长良好,夏季受浮水植物抑制而生长不良,挺水植物仅在进行结构优化的II、III区成带分布。

## 2.2 植物群落结构的优化

根据前人研究结果<sup>[2-4]</sup>,结合东湖实际,选莲 *Nelumbo nucifera*、芦苇 *Phragmites communis*、红菱 *Trapa bicornis*、黑藻 *Hydrilla verticillata*、苦草 *Vallisneria spiralis*、狐尾藻 *Myriophyllum spicatum*、金鱼藻 *Ceratophyllum demersum*、和菹草 *Potamogeton crispus* 8种植物作为优化群落结构的物种,其中,后4种在实验区已有分布,只需移植前4种,1994年在II、III区从沿岸向深水分带种植芦苇(1月)、莲(4月)、红菱(4月)和黑藻(6月),植物定植后,II、III区由沿岸向深水区形成高挺水、低挺水浮叶和沉水植物带,由于植物的交叉生长,挺水植物带中垂直成层现象明显,群落结构变得丰富多样,而I、IV区则缺乏明显的成层、分带现象。

所选植物中,莲、芦苇、苦草、狐尾藻和金鱼藻生长良好,它们在不同时期为各群落的优势种或共优种,说明它们有较强的适应性,并有一定经济价值,可作为重建东湖水生植被的物种,另外,在莲生长带,浮叶植物受到了一定抑制,盖度明显减小,受抑制的沉水植物得以恢复,各生活型植物得以较合理的配置;而在莲生长带外,夏季浮叶植物形成近于郁闭的浮水层,抑制沉水植物,并使水中溶解氧明显降低,从而降低水体自净能力<sup>[4]</sup>,所以,优化群落结构,保持各

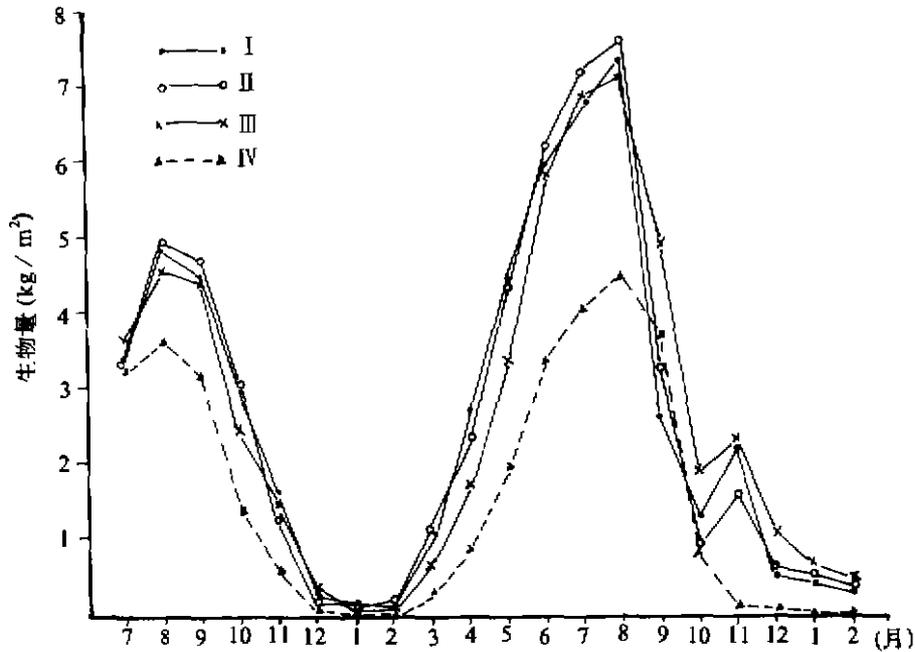


图2 实验区维管束植物生物量的月变化(1993年7月-1995年2月)

Fig. 2 The monthly changes of vascular plant biomass in the experimental area (form July, 1993 to Feb., 1995)

层植物的合理发展很有必要,应限制浮水植物的过度发展,大力发展沉水植物。

### 2.3 浮游植物的种类组成及数量和生物量

实验区共有浮游植物7门89属(表1),以绿藻、蓝藻和硅藻种类居多,与后湖区的组成相近<sup>[1]</sup>,数量上以隐藻、绿藻、硅藻和蓝藻居多,其年均值分别占总数的33.7%、32.9%、17.6%和12.5%,各区间相比:I、II区的种类较丰富,多于III、IV区的主要是绿藻中的鼓藻科种类,这是水质较好的表现;I与II、III与IV区间的种类组成相近,各区间的数量差异不大,生物量的差异较大(表2),IV区的生物量最高,其次为III区,I、II区较低,这与各区维管束植物的生物量有大致相反的关系,因维管束植物与浮游植物竞争光照、营养盐等,相互制约。

表1 实验区浮游植物的组成

Tab. 1 The species composition of phytoplankton in the experimental area

属数	绿藻门	蓝藻门	硅藻门	金藻门	裸藻门	隐藻门	甲藻门	总计
I	53	18	11	5	4	2	1	72
II	31	18	12	2	4	2	1	70
III	25	16	12	3	3	2	0	61
IV	24	18	11	4	2	2	0	61
合计	40	24	13	5	4	2	1	89

### 2.4 实验区的水质变化

各态氮、磷值列于表3。经方差分析,I、II区间的各态氮、磷值均无显著差异,总氮(TN)、

表 2 实验区浮游植物的数量和生物量

Tab. 2 The density and biomass of phytoplankton in the experimental area

I	数量(个/mL)				生物量(湿重, mg/L)		
	I	II	III	IV	I	II	III
2666	2649	2517	2832	2.12	1.96	2.74	3.56

I: 为 1993 年 9 月—1995 年 2 月共 18 个月的平均值, 立方藻 *Eucapsa*, 粘球藻 *Gloeoactis*, 隐球藻 *Aphanizomenon*, 柱胞藻 *Cylindrocapsa*, 盘星藻 *Pediastrum* 以群体个数计算。

无机氮(IN)、总磷(TP)、颗粒磷(PP)、溶解活性磷(DRP)均明显低于 IV 区, 有机氮(ON)和总溶解磷(TDP)则与 IV 区无显著差异, 说明 TN、TP 的降低主要归因于 IN 和 PP, DRP 的降低。III 区的各态氮、磷值介于 I、II 和 IV 区间, 除 IN 和 DRP 与 I、II 区差异较大外, 其他组分与 I、II、IV 区间均无显著差异, 各区间的 TN、TP 值无显著差异, 说明 TN/TP 的变化较同步, 具协同性, 与有关报道一致<sup>[6]</sup>。

表 3 东湖实验区水质<sup>1</sup>

单位: mg/L

Tab. 3 The water quality of the experimental area in East Lake

区	TN	IN	ON	TP	PP	TDP	DRP	TN/TP
I	0.7272	0.1860	0.5396	0.0611	0.0487	0.0125	0.0011	11.49
II	0.7055	0.1776	0.5279	0.0602	0.0436	0.0106	0.0011	11.76
III	0.8506	0.3082	0.5425	0.0738	0.0617	0.0122	0.0061	13.7
IV	1.0188	0.3346	0.6872	0.0847	0.0724	0.0123	0.0072	13.02

I: 为 1993 年 8 月—1995 年 2 月共 19 个月的平均值。

### 3 讨论

(1) I、II、III 区中维管束植物生物量明显高于 IV 区, 其原因分析如下: (1) III 与 IV 区水质无明显差异; (2) 防浪带可缓冲风浪对 I、II、III 区中植物的直接冲击, 这对漂浮植物的定植有利, 但有风浪的时间很少, 且只有刮东风或东南风时, 实验区才有明显的波浪, I、II、III 区漂浮植物的生物量仅占总量的 1%, 比 IV 区高 0.2%, 对整个植物群落生物量的影响有限; (3) IV 区鱼较多, 常能见到鱼的活动, 草鱼喜吃的苦草等明显少于其它区, 过度养鱼会导致水生植物的破坏, 甚至消失<sup>[2]</sup>, 说明造成上述生物量差异的主要原因不是水质和防浪带, 而是因 IV 区鱼较多, 因此, 在恢复水生植被时, 应首先控制养鱼。

(2) 恢复水生植被时, 应以沉水植物为主体合理配置各生活型植物, 沉水植物对一些水生动物的栖息和繁殖, 以及在净化水质, 作为饵料等方面起着重要的不可替代的作用, 它优于浮水植物, 黄文成发现<sup>[4]</sup>, 以沉水植物为基础的湖泊生态系统是良性循环的生态系统, 它优于以浮游植物或以漂浮植物为基础的生态系统, 目前汤林湖区以野菱 *Trapa incisa* 为代表的浮叶植物分布面积较大, 发展趋势较好, 对沉水植物的恢复不利, 应加以控制<sup>[17]</sup>。

(3) I、II 区维管束植物生物量大, 水中的 TN、TP 较低, IV 区维管束植物生物量小, 水中的 TN、TP 较高, 它们之间有相反的变动关系, 水生维管束植物主要吸收 IN 和 DRP, 并能减少水中的颗粒物, 增加透明度, I、II 区由于植物生物量大, 水中 N、P 元素又不能得到外界的大量补充, 使其中的 IN 和 DRP、PP 浓度降低, 从而导致其 TN、TP 的降低; III 区虽然维管束

植物生物量也较大,但由于内外水的交流,水中 TN、TP 降低不显著,说明生长良好的水生维管束植物能明显降低水体 N、P 浓度,这为恢复水生植被和改善水质提供了重要的科学信息。

### 参 考 文 献

- 1 王树川,潘尚英.湖泊富营养化调查规范,第2版.北京:中国环境科学出版社,1996.153-274
- 2 李建新.东湖生态学研究(一).北京:科学出版社,1996.94-394
- 3 任 南,严国安,马剑敏等.环境因子对东湖几种沉水植物生理的影响研究.武汉大学学报,1996,42(2):213-216
- 4 黄文成.沉水植物在治理滇池草海污染中的作用.植物资源与环境,1994,3(4):29-33
- 5 戎克文.武汉后湖浮游植物现存量与生产量季节变动的初步研究.湖泊科学,1994,6(2):151-160
- 6 黄德丰.磷和氮对湖泊富营养化的同步效应及其负荷比.环境科学丛刊,1992,13(6):66-69
- 7 严国安,任南,马剑敏等.武汉东湖水生植被及其恢复途径探讨.植物资源与环境,1995,4(3):21-27

## THE AQUATIC VEGETATION RESTORATION AND ITS STRUCTURE IMPROVEMENT AND WATER QUALITY DYNAMICS IN THE CONTROLLED ECOSYSTEM IN EAST LAKE (WUHAN)

Ma Jianmin Yan Guoan Luo Yueping Lu Yijian Yu Jingyi Zhang Jinzhong

(Department of Environmental Science, Wuhan University, Wuhan 430072)

### Abstract

In order to restore damaged lake aquatic vegetation, a research was carried out on the aquatic vegetation restoration and its structure improvement and water quality in the controlled ecosystems which were made of waterproof cloth and nylon net in East Lake (Wuhan). The results show that in the controlled ecosystems, the biomass of aquatic vascular plants increased obviously, the floating plants settled down easily. To limit fish culture was the primary way to restore aquatic vegetation. The aquatic vegetation restored naturally was simple in structure. By choosing fine plant species and having them planted scientifically, the aquatic vegetation can be restored faster, and its structure improved. Submerged plants would be the main aquatic species in restoration vegetation. The well grown aquatic vascular plants can decrease N, P concentrations in water body and phytoplankton biomass. The *Nelumbo nucifera*, *Phragmites communis*, *Vallisneria spiralis*, *Myriophyllum spicatum* and *Ceratophyllum demersum* are qualified for adaptability, and can be selected as the species to rebuild the aquatic vegetation in East Lake (Wuhan).

**Key Words** Controlled ecosystem, aquatic vegetation, restoration, structure improvement, East Lake (Wuhan)