

东湖大型围隔及围栏内植物群落和水质的变化

马剑敏** 严国安 任南 罗岳平 李益健

(武汉大学环境科学系, 武汉 430072)

摘要 为恢复湖泊水生植被, 初步研究了建在武汉东湖的大型围隔、围栏中的植物群落和水质的季节动态以及两者间的关系, 结果表明: 围隔、围栏中, 植物生物量明显增加, 漂浮植物易定植, 水绵和刚毛藻易发生, 植物群落结构难以自然地得到优化; 养鱼对水生维管束植物的生长和恢复不利; 水中总氮与总磷的变化具一致性, 它们与水生植物的生物量间关系密切, 围隔中水生植物的良好生长使水的总氮、总磷浓度明显降低。

关键词 大型围隔; 围栏; 植被恢复

The variations of phytocommunities and water quality in large-scale enclosure and corral in East Lake, Wuhan Ma Jian-Min, Yan Guo-An, Ren Nan, Luo Yue-Ping, Li Yi-Jian (Department of Environmental Science, Wuhan University, Wuhan 430072), *J. Plant Resour. & Environ.* 1996, 5(3): 35~40

In order to restore aquatic vegetation in lakes, the seasonal dynamics of phytocommunities and water quality and the relations between them in the large-scale enclosure and corral which were built in East Lake, Wuhan were preliminarily studied. The results showed that in the enclosure and corral, the biomass of aquatic plants increased obviously, the floating plants settled down and reproduced easily, the *Spirogyra* and *Cladophora* grew easily, the structure of phytocommunities was difficult to be improved naturally. The fish culture wasn't beneficial to growth and restoration of aquatic vascular plants. The variation of TN (total nitrogen) was consistent with TP (total phosphorus) in water. There were close relations among TN, TP and biomass of aquatic plants. Because aquatic plants grew well in the enclosure, the TN and TP in water decreased obviously.

Key words large-scale enclosure; corral; vegetation restoration

东湖(E 114°23', N 30°33')位于武汉市东北郊, 面积 27.899 km², (20.5 m 高程), 平均水深 2.21 m, 由数个子湖组成, 属重富营养化湖泊, 水生植被已大面积减少^[1]。为恢复其水生植被, 我们建立了较大规模的湖泊围隔(栏), 通过对其中的维管束植物、浮游植物和水质等多因子的调查分析, 初步揭示了湖泊大型围隔(栏)对水生植被和水质的主要影响、水生植被恢复过程中的群落动态及其与水质和养鱼之间的关系, 为恢复东湖水生植被提供可行性途径。

* 国家“八五”科技攻关项目(85-908-01-02)部分内容

本文承于 丹教授提出宝贵意见, 特此致谢。

** 现在工作单位是河南师范大学生物系, 新乡 453002

收稿日期 1995-10-04

1. 研究方法

1993年7月初,在东湖汤林湖区建围隔和围栏(图1)。围隔用防水布固定在桩上围成,高出水面约1 m,围栏用孔径为0.8 cm的尼龙网围成,面积均为750 m²,鱼赶出;其外围约5 m宽处打入一排竹桩,其间密植水生花(*Alternanthera philoxeroides*),下用尼龙网托起作为防浪带;对照区用绳拦成。实验区平均水深夏季1.2 m、冬季0.85 m,底质为腐质软泥。

1993年7月至1994年7月,每月下旬选晴朗无风的上午调查1次。水温用温度计在各区中部0.3 m深处测3次以上,取读数多次一

致的值;并测当时气温;pH用精密pH试纸在各区的东、中、西3处各测1次以上,取平均值;水样用采水器在各区中部0.5 m深处采3次混合,总氮、总磷用过硫酸盐氧化法测定;生物量用0.25 m²的带网铁夹连根夹起水草洗净后称鲜重,每区测3次,取平均值;盖度用目测并结合3个1 m²的样方测得。

文中季节划分:春季3~5月,夏季6~8月,秋季9~11月,冬季12~2月。

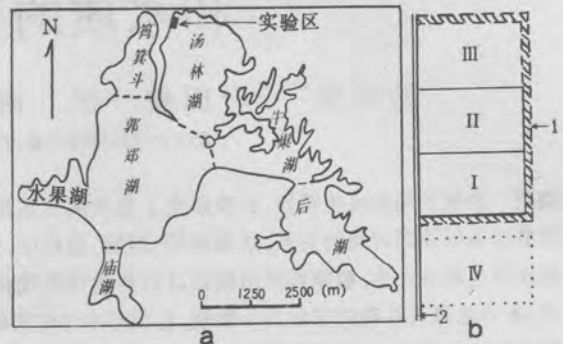


图1 实验区示意图

Fig 1 The map of the experimental area

(a) 实验区位置 The location of the experimental area

(b) 实验区平面图 The plane map of the experimental area.

I、II—围隔 enclosure, III—围栏 corral, IV—对照区 control area,

1—防浪带 breakwater belt, 2—石堤 stone dike

2. 结果与分析

2.1 水生维管束植物的种类及其生活型

实验区共有水生维管束植物11科15种* (表1)。其中挺水植物1种,浮叶植物3种,漂浮植物5种,沉水植物6种。I、II、III、IV区分别有12,12,14,11种,在围隔、围栏初期,4个区则分别为7,7,7,9种,后来增加的以漂浮植物为多,说明围隔、围栏中物种增加较多,适于漂浮植物定植,主要原因是其中的植物受风浪影响较小,水体相对稳定。

2.2 植物群落的季节变化

2.2.1 植物群落结构的季节变化

植物群落结构因植物物候相的差异和环境条件的变化而发生变化,表2为1,4,7和10月的变化情况。水绵(*Spirogyra*)和刚毛藻(*Cladophora*)是绿藻,分别在冬、春季生长较多,对群

* 1994年4~6月,在II、III区部分水域种植4种植物,进行群落结构优化试验,本文仅统计自然生长的植物。

落结构和物种演替有重要影响,故也列入表2。

从物种组成看,围隔、围栏中漂浮植物种明显增加,对照区的变化则很小,各区的挺水和沉水植物种变化均较小。从垂直结构看,缺乏典型的挺水层,成层现象不明显;浮水层在夏秋季最盛,以浮叶植物占优;沉水层以春末夏初为盛,夏季受浮叶植物抑制而生长不良。从水平结构看,各群落分带不明显,浮水与沉水植物常镶嵌而生,各物种间成丛、斑块或片状混生。

表1 东湖实验区水生维管束植物及其生活型

Tab 1 List of aquatic vascular plants and their life-form in the experimental area in East Lake

| 植物名称 Species | 生活型* Life-form | 分布区 Distribution area | | | |
|---|-------------------|-----------------------|----|-----|----|
| | | I | II | III | IV |
| 1. 水花生 <i>Alternanthera philoxeroides</i> | E | | | + | + |
| 2. 槐叶苹 <i>Salvinia natans</i> | F | + | + | + | |
| 3. 满江红 <i>Azolla imbricata</i> | F | + | + | + | |
| 4. 紫背浮萍 <i>Spirodela polyrrhiza</i> | F | + | + | + | |
| 5. 凤眼莲 <i>Eichhornia crassipes</i> | F | | | + | + |
| 6. 水鳖 <i>Hydrocharis dubia</i> | F | + | + | + | + |
| 7. 野菱 <i>Trapa incisa</i> | FL | + | + | + | + |
| 8. 格菱 <i>T. pseudoincisa</i> | FL | + | + | + | + |
| 9. 冠菱 <i>T. litwinowii</i> | FL | + | + | + | + |
| 10. 金鱼藻 <i>Ceratophyllum demersum</i> | S | + | + | + | + |
| 11. 五棘金鱼藻 <i>C. oryzetorum</i> | S | + | + | + | + |
| 12. 狐尾藻 <i>Myriophyllum spicatum</i> | S | + | + | + | + |
| 13. 菹草 <i>Potamogeton crispus</i> | S | + | + | + | |
| 14. 苦草 <i>Vallisneria spiralis</i> | S | + | + | + | + |
| 15. 大茨藻** <i>Najas marina</i> | S | | | | + |

* E: 挺水植物 Emerged plant, F: 漂浮植物 Floating plant, FL: 浮叶植物 Floating-leaves plant, S: 沉水植物 Submerged plant; ** 数量很少 a little

各群落间相比, I、II、III群落的结构较相近,三者与IV群落间则差异较大,主要表现在IV群落缺乏漂浮型植物,各层优势种与其他群落也有较多不同。植物生长状况: I、II、III群落间植物生物量和盖度较相近,但都明显大于IV群落,其差异是围隔、围栏后逐渐产生的,原因是:(1) III、IV区的水质无明显差异;(2) 防浪带可缓冲风浪对I、II、III区内植物的直接冲击,这对漂浮植物及水绵、刚毛藻的定植有利,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;(3) IV区鱼较多,而鱼对水生维管束植物的生长不利,过度养鱼会导致水生植被消失^[1,3],在IV区草鱼喜吃的苦草等明显较其他区少。说明导致上述差异的主要原因不是因水质和防浪带,而是因IV区鱼较多。

为进一步说明围隔、围栏对植物群落的影响,把各群落在1993年7月的状况与1994年7月的状况作对比,围隔和围栏中分别增加了4和5种漂浮植物,对照区增加了水花生,消失了大茨藻,各区都未增加优良物种,挺水植物缺乏,浮叶植物茂盛,群落结构仍较简单,没有得到优化,但植物生物量和盖度都明显增加,且围隔、围栏中增幅较大。说明围隔、围栏有利于维管束植物的生长和漂浮植物的定植,难以使群落结构自然地得到优化,还需人工优化。

2.2.2 群落优势种的替代规律

群落优势种的替代与其个体生态学特性和生长环境密切相关。冬季维管束植物中只有少

表2 东湖实验区植物群落的季节变化

Tab 2 The seasonal variations of phytocommunities in the experimental area in East Lake

| 日期 Date | 群落 C | 植物种类 Species | 建群种 E | 总盖度* TC | 群落垂直结构 Vertical structure | | | 生物量 Biomass kg·m ⁻² |
|------------|--|--|----------|------------|---------------------------|-----------|------------|--------------------------------------|
| | | | | | 层群 Synusia | 优势种 DS | 层群盖度 SC | |
| 1993.7 | I | 野菱, 柘菱, 冠菱, 狐尾藻, 金鱼藻, 五棘金鱼藻, 苦草 | 狐尾藻 | 4 | LF | 野菱 | 1 | 3.222 |
| | | | | | S | 狐尾藻 | 4 | |
| | II | 同上 | 狐尾藻 | 4 | LF | 野菱 | 1 | 3.336 |
| | | | | | S | 狐尾藻 | 4 | |
| III | 同上 | 狐尾藻 | 4 | LF | 野菱 | 1 | 3.678 | |
| | | 苦草 | | S | 狐尾藻, 苦草 | 4 | | |
| IV | 凤眼莲, 大茨藻, 其他同上 | 凤眼莲 | 4 | LF | 凤眼莲, 野菱 | 2 | 3.234 | |
| | | 野菱 | | S | 狐尾藻 | 3 | | |
| 1993.10 | I | 野菱, 柘菱, 冠菱, 紫萍, 金鱼藻, 五棘金鱼藻, 苦草, 狐尾藻 | 金鱼藻 | 4 | LF | 野菱 | 1 | 2.952 |
| | | | 狐尾藻 | | S | 金鱼藻, 狐尾藻 | 4 | |
| | II | 同上 | 金鱼藻 | 4 | LF | 野菱 | 1 | 3.054 |
| | | | 狐尾藻 | | S | 金鱼藻, 狐尾藻 | 4 | |
| III | 槐叶苹, 满江红, 其他同上 | 苦草 | 4 | LF | 野菱 | 1 | 2.436 | |
| | | 狐尾藻 | | S | 苦草, 狐尾藻 | 4 | | |
| IV | 野菱, 柘菱, 冠菱, 凤眼莲, 狐尾藻, 大茨藻, 金鱼藻, 五棘金鱼藻, 苦草 | 凤眼莲 | 4 | LF | 凤眼莲 | 3 | 1.362 | |
| | | | | S | 狐尾藻 | 2 | | |
| 1994.1 | I | 满江红, 狐尾藻, 金鱼藻, 苦草, 水绵 | 水绵 | 5 | LF | 满江红 | 1 | 2.790 |
| | | | | | S | 水绵 | 5 | |
| | II | 同上 | 水绵 | 5 | LF | 满江红 | 1 | 2.982 |
| | | | | | S | 水绵 | 5 | |
| III | 水绵, 狐尾藻, 苦草 | 水绵 | 5 | LF | 水绵 | 1 | 2.868 | |
| | | | | S | 水绵 | 5 | | |
| IV | 狐尾藻, 水绵 | 狐尾藻 | 1 | S | 水绵 | 1 | 0.198 | |
| 1994.4 | I | 野菱, 狐尾藻, 金鱼藻, 五棘金鱼藻, 苦草, 水绵, 刚毛藻 | 狐尾藻 | 5 | LF | 野菱(极少) | 略 | 2.484 |
| | | | | | S | 狐尾藻 | 5 | |
| | II | 同上 | 狐尾藻 | 5 | LF | 野菱(极少) | 略 | 2.376 |
| | | | | | S | 狐尾藻 | 5 | |
| III | 同上 | 狐尾藻 | 3 | LF | 野菱(极少) | 略 | 1.740 | |
| | | | | S | 狐尾藻 | 3 | | |
| IV | 水花生, 狐尾藻, 金鱼藻, 五棘金鱼藻, 水绵, 刚毛藻 | 狐尾藻 | 2 | E | 水花生 | 略 | 0.828 | |
| | | | | S | 狐尾藻 | 2 | | |
| 1994.7 | I | 野菱, 柘菱, 冠菱, 水鳖, 满江红, 槐叶苹, 紫萍, 狐尾藻, 金鱼藻, 五棘金鱼藻, 苦草 | 野菱 | 5 | LF | 野菱 | 5 | 6.744 |
| | | | | | S | 狐尾藻, 金鱼藻 | 2 | |
| | II | 同上 | 野菱 | 5 | LF | 野菱 | 5 | 7.158 |
| | | | | | S | 狐尾藻, 金鱼藻 | 2 | |
| III | 凤眼莲, 其他同上 | 野菱 | 5 | LF | 野菱 | 5 | 6.768 | |
| | | | | S | 狐尾藻, 苦草 | 2 | | |
| IV | 水花生, 野菱, 柘菱, 冠菱, 凤眼莲, 狐尾藻, 金鱼藻, 五棘金鱼藻, 苦草 | 野菱 | 5 | E | 水花生 | 1 | 4.032 | |
| | | | | LF | 野菱 | 4 | | |
| | | | | S | 金鱼藻 | 3 | | |

* 用 Braun-Blanquet 的五级制表示。Expression in Braun-Blanquet's 5 classes. 1: <5%, 2: 5~25%, 3: 25~50%, 4: 50~75%, 5: 75~100%. C: Community, E: Edificato, TC: Total coverage, DS: Dominant species, SC: Synusia coverage. E: 挺水植物层群 Emerged plant synusia, LF: 浮水植物层群 Leaves-floating plant synusia; S: 沉水植物层群 Submerged plant synusia

量狐尾藻生存,但水绵生长较多,它从10月末出现,1月生物量达最大,为各群落优势种,且围隔、围栏中较多。春季随水温回升,水绵衰败,4月其数量已很少,而狐尾藻已经生长,苦草和金鱼藻也已萌生,4~7月初为它们快速生长期,但在其萌生之初的早春,受水绵的遮光和缠绕影响较大;5月前狐尾藻为优势种,随苦草和金鱼藻的兴盛,它们都可成为优势种或共优势种;然而此时在围隔中刚毛藻大量生长,与狐尾藻成为共优势种,围栏内刚毛藻稍少,对照区则更少。从实验区采回刚毛藻和水放入水族箱中进行pH测试,发现刚毛藻在pH 7~8时,每g每h产氧最多,pH 9时生长较正常,pH 6时生长不良,pH 5时1h内就变黄,说明它适宜在中性或偏碱的环境中生长。5月,对照区pH为6.1,比围隔、围栏中低0.3~0.4,这可能是造成各区刚毛藻生长状况不同的主要原因。6月菱类生长繁盛,成为各群落优势种,受其有力竞争,刚毛藻衰败,沉水植物逐渐衰弱。到7月,野菱在各群落中占绝对优势,9月下旬开始衰败。光照能决定沉水植物竞争力的大小^[7],7~9月,沉水植物由于受浮叶植物遮光的影响,生长不良,光照成了其生长的限制因子。8~10月为凤眼莲的花期,至11月底开始衰败。沉水植物于10月后占优势,到1月底,金鱼藻、苦草基本消失,其存于泥中的茎可于翌年春萌发。

2.3 水质变化与植物生长状况的关系

2.3.1 水质变化

表3所示各区总氮(TN)、总磷(TP)秋季最高,其次分别为春、夏、冬季;pH的季节变化规律性不明显;水温随气温而变化。水质指标I、II区间很接近,与IV区的差别较大,III区则介于I、II与IV区之间。经方差分析,I、II、III区间以及III与IV区间的TN、TP均无显著差异,而I、II与IV区间则差异显著;各区间的pH、TN/TP值均无显著差异。说明围隔能明显降低水中N、P浓度,改善水质,围栏虽能使水中N、P含量有所下降,但效果不明显;围隔、围栏对水体的pH、TN/TP值无显著影响,TN与TP的变化趋势一致,具有协同性。根据TN、TP和湖泊营养水平划分标准^[6],各区水质均达富营养水平,但I、II区接近于中富营养水平,IV区接近于重富营养水平,N、P不会成为植物生长的限制因子。各区间的水温一致。

表3 实验区水质状况

Tab 3 The state of water quality in the experimental area

| 日期 Date | 总氮 TN(mg·L ⁻¹) | | | | 总磷 TP(mg·L ⁻¹) | | | | 总氮/总磷 TN/TP | | | | pH | | | | 气温 AT | 水温 WT |
|------------|----------------------------|-------|-------|-------|----------------------------|-------|-------|-------|-------------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|----------|----------|
| | I | II | III | IV | I | II | III | IV | I | II | III | IV | I | II | III | IV | ℃ | ℃ |
| 1993.7 | 0.848 | 0.827 | 0.830 | 0.851 | 0.058 | 0.055 | 0.068 | 0.072 | 14.7 | 15.1 | 12.1 | 11.8 | 6.0 | 6.1 | 6.0 | 6.2 | 28.1 | 28.0 |
| 1993.10 | 1.246 | 1.146 | 1.325 | 1.595 | 0.109 | 0.106 | 0.114 | 0.125 | 11.5 | 10.8 | 11.6 | 12.8 | 6.6 | 6.5 | 6.5 | 6.4 | 16.5 | 15.0 |
| 1994.1 | 0.386 | 0.367 | 1.010 | 1.159 | 0.037 | 0.040 | 0.050 | 0.056 | 10.4 | 11.6 | 20.4 | 19.8 | 7.0 | 7.0 | 6.8 | 6.5 | 6.0 | 5.4 |
| 1994.4 | 0.861 | 0.817 | 0.910 | 1.215 | 0.072 | 0.083 | 0.101 | 0.109 | 12.1 | 9.9 | 9.0 | 11.2 | 6.2 | 6.4 | 6.3 | 6.0 | 20.5 | 18.0 |
| 1994.7 | 0.599 | 0.611 | 0.637 | 0.885 | 0.035 | 0.030 | 0.033 | 0.054 | 17.3 | 20.8 | 19.3 | 16.3 | 6.9 | 6.9 | 6.8 | 6.7 | 34.0 | 33.0 |
| 平均值* | 0.746 | 0.742 | 0.927 | 1.120 | 0.058 | 0.060 | 0.070 | 0.085 | 14.1 | 13.8 | 14.8 | 14.3 | 6.5 | 6.6 | 6.4 | 6.3 | 19.6 | 19.3 |

* 指1993.7~1994.7共13个月的均值 Average value of 13 months (1993.7~1994.7). AT: Air temperature, WT: Water temperature

2.3.2 水质与植物生长状况的关系

水质的变化与植物生长状况密切相关。夏季植物生物量最大,生长茂盛,吸收N、P元素多,水中N、P浓度则下降,秋季植物大量衰败时,吸收能力大大下降,还释放出大量N、P元素,使水中N、P浓度升高。然而,影响水中N、P浓度的因素很多,如底泥的吸附与释放、其他

生物的活动等,冬季虽然植物生物量较小,但由于水温低使底泥释P减少,水中可溶物质及颗粒物变少等因素,水中N、P浓度仍较低。pH与植物光合作用强弱有密切关系,当光合作用强烈时,消耗大量 CO_2 ,促使水中 HCO_3^- 分解,pH升高^[1],因此,pH与植物(主要是沉水植物)生物量的变化趋势基本一致。TN、TP与各区植物生物量大小呈相反的关系,围隔中植物生物量大,其水体的TN、TP则较低,对照区中植物生物量小,其水体的TN、TP则较高,围栏中植物生物量大,但由于其内外水的交流,其水中的TN、TP下降不明显。各区间的pH虽然差异不显著,但从其平均值上看,其高低与各区植物生物量的大小也有一致的关系。

3. 讨 论

(1) 在植物群落的物种替代过程中,除光照、水质等因素外,植物间的“他感”作用也须注意。高等水生植物对藻类的克制作用有一定的普遍性^[4,5],但高等水生植物间以及藻类对高等水生植物的作用关系报道很少,本研究中涉及到的水绵、刚毛藻与沉水植物间的作用关系可以作深入研究,这对认识物种的替代及分布规律很有意义。

(2) 对照区的水质和植被基本代表汤林湖沿岸带情况,水质受敞水区影响大,植被受鱼破坏大,围隔区代表沿岸带植被盖度较大和水体较稳定的情况,内外水中物质基本不交流,植被不受鱼破坏,其生物量明显高于对照区,而水中N、P浓度却明显低于对照区,主要因植物大量吸收N和P,而外界又不能大量补充造成的,说明水生植被对水质有明显改善作用,而要使水生植被生长良好,必须控制养鱼。这对治理东湖有指导意义。

(3) 东湖水产养殖业发达,要解决养殖与治理的矛盾,宜选几个湖区重点发展养殖业,其他湖区进行治理。汤林湖、后湖水水质稍好,现存水生植被较多,只要控制养鱼和截污,其水生植被即可逐渐恢复,但目前浮水植物占比例较大,其结构须加以优化^[2]。郭郑湖、水果湖水水质较差,植被很少,应在截污、控制养鱼的基础上,先移植漂浮植物对湖水进行净化,待透明度提高后,再选种耐污性强、光补偿点低、再生能力强的沉水植物于浅水区域,为防止鱼的破坏,可设置围栏,待先锋群落建立后,再考虑物种和结构的优化。植被恢复后,应科学管理,合理利用。

参 考 文 献

- 1 刘建康. 1990: 东湖生态学研究(一), 科学出版社, 北京. 1~407.
- 2 严国安, 任南, 马剑敏等. 1995: 植物资源与环境 4(3): 21~27.
- 3 陈洪达. 1984: 水生生物学集刊 8(2): 237~244.
- 4 俞子文, 孙文浩, 郭克勤等. 1992: 水生生物学报 16(1): 1~6.
- 5 袁峰峰, 章宗涉. 1992: 生态学报 13(1): 45~50.
- 6 舒金华. 1990: 环境污染与防治 12(5): 2~7.
- 7 Jana S, M A Choudhuri. 1979: *Aquat. Bot.* 7(1): 13~19.

(责任编辑:盛国英)