

67-72

## 东太湖水生植被的生态功能及调节机制

Q948.881

P343.3

杨清心

(中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

**提 要** 水生植物在浅水湖泊中具有净化水质、保护生态环境、生产植物产品等生态功能, 同时也有加速湖泊淤浅、引起水质污染等环境负效应, 通过对植被结构的调整和利用方式的改进可以优化其生态功能. 东太湖水生植物覆盖率 97%, 年生产量 1120325t, 吸收同化氮 3916t, 磷 486t; 年收获利用水生植物 599295t, 带走氮 1891t, 磷 296t, 相当于东太湖年外源氮、磷输入量的 28% 和 57%; 但每年仍有 521030t 的水生植物残留在湖中, 引起局部湖区的水质污染和淤积, 尤以茭草区最为严重. 伊乐藻在东太湖的大面积推广每年可增加水生植物收获利用量约 50000t, 以沉水植物取代茭草的试验也取得了成功. 东太湖水生植被改造工作还有待进一步完善.

**关键词** 东太湖, 水生植物, 生态功能, 调控机制, 湖泊  
**分类号** Q948.881, P343.3

在湖泊生态系统中, 大型水生植物由于其强烈的促淤作用被许多湖泊学家视为引起湖泊衰老和消亡的主要原因之一, 在 70 年代, 国内外许多湖泊通过大量放养草鱼来消灭水生植物, 以防止湖泊衰老<sup>[1-3]</sup>. 进入 80 年代以后, 随着湖泊的普遍富营养化和随之而来的藻类水华的发生, 人们对过去破坏水生植物的行为有所悔悟, 向往昔日草绿水清、蟹肥虾壮的湖泊生态景象, 并试图在已经丧失了水生植物的富营养水体中重建水生植被<sup>[4-8]</sup>. 东太湖是我国东部保留至今的几个较大的草型湖泊之一, 虽然其周围的水体绝大多数因受到污染而发生了富营养化, 但东太湖因其茂密的水生植被和较好的利用与管理仍保持着清澈见底的中营养水质<sup>[9]</sup>, 为沿岸和下游居民提供了优质饮用水, 也为渔业, 尤其是河蟹、鳊鱼等名贵水产品的生产创造了良好的生态环境. 本文将主要论述近 10 年来东太湖水生植被的状况及其在湖泊生态系统营养循环中的作用, 探讨通过优化植被结构调控其生态功能、兴利除弊的可行性和初步成果, 可望有助于东太湖及其它湖泊水生植物的保护与利用.

## 1 研究方法

### 1.1 水生植物现状、收割利用量及残留量的调查分析

于 1993 年 6 月上旬对东太湖水生植被进行了详细的调查. 全湖共设 8 条样线 72 个采样点(图 1), 在每个样点上用 0.5m × 0.5m 采样器采集水生植物 4 次, 统计总现存量及分种现存量(鲜重). 对不同群丛类型的分布情况作了详细勘查, 在 1:50000 地形图上填图, 绘制植被分布图并量算各群丛类型的分布面积.

1993 年, 经由东太湖两岸的吴县市水产局和吴江市水产局, 对湖内网围养殖业和沿岸围

\* “八五”攻关课题(85-14-01-03-02)研究成果, 收稿日期:1996-08-28;收到修改稿日期:1997-12-29.

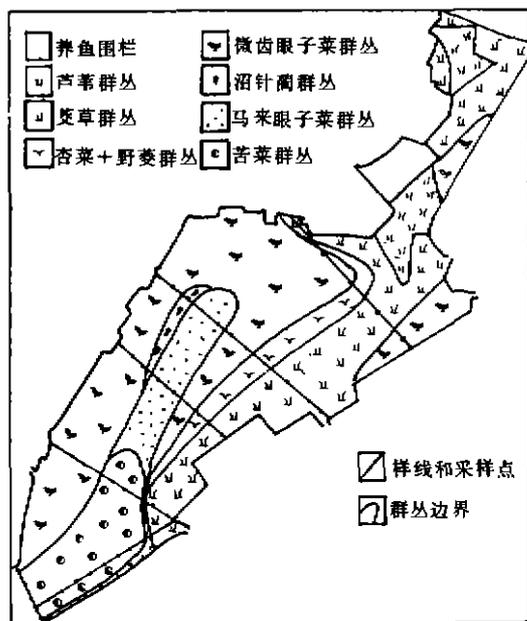


图1 1993年6月东太湖水生植被分布  
Fig. 1 Distribution of aquatic vegetation  
in East Taihu Lake (June, 1993)

垦区池塘养殖业对湖内水生植物的收割利用量进行统计. 芦苇收割利用量在10月份收割期实际采样估算获得. 1993年10月下旬(此时已经停止收割水草), 再次调查分析湖内水生植物的现存量, 作为水生植物残留量. 调查方法与6月上旬的调查方法相同.

### 1.2 水生植物矿质营养元素含量的分析

水生植物的矿质元素含量利用自1986年以来对东太湖各种水生植物矿质元素含量的实际分析结果. 氮含量用凯氏法测定, 磷含量用钼锑抗比色法测定.

### 1.3 伊乐藻 *Elodea Nuttallii* 分布面积、现存量及收割利用量的调查

自1986年在东太湖引种伊乐藻成功以来, 与地方渔业管理部门合作, 进行了多次扩大种植. 1993年5月对西岸沿岸带伊乐藻分布区和全湖的分布情况作了调查, 并与吴县市水产局水产技术推广站共同调查统计了当年伊乐藻的收割利用量.

## 2 结果及讨论

### 2.1 水生植被现状及演变趋势

全湖水生植被总面积  $128.07\text{km}^2$ , 植被覆盖率为  $97.6\%$ . 平均现存量(鲜重)  $4990\text{g}/\text{m}^2$ , 总现存量  $641650\text{t}$ . 共由7个群丛组成, 其中分布面积和现存量最大的是微齿眼子菜 *Potamogeton maackianus* 群丛和茭草 *Zizania latifolia* 群丛(表1). 从东北末端向西南口部, 茭草群丛、杏菜 *Nymphaeoides peltata* + 野菱 *Trapa maximowiczii* 群丛、微齿眼子菜群丛、马来眼子菜 *P. malaianus* 群丛和苦草 *Vallisneria spiralis* 群丛分布区呈带状顺次排列(图1), 芦苇 *Phragmites communis* 群丛呈斑块状镶嵌在茭草群丛中, 沼针蔺 *Eleocharis palustris* 群丛呈梭形夹在微齿眼子菜群丛与马来眼子菜群丛之间.

与1986年植被状况<sup>[10]</sup>相比, 全湖水生植物总现存量增加了  $81\%$ , 平均现存量提高了  $83\%$ . 茭草群丛的分布下限明显退缩, 在茭草带的近湖心一侧形成了次生的浮叶植物带—杏菜 + 野菱丛. 微齿眼子菜群丛面积扩大了  $14\text{km}^2$ , 沼针蔺群丛和苦草群丛面积相应缩小, 马来眼子菜群丛向湖心方向发展.

据吴县市和吴江市水产局统计, 东太湖水生植物年收获总量为  $599295\text{t}$ (含伊乐藻春季收获量). 其中收获芦苇  $19000\text{t}$ , 主要用作薪柴; 收获茭草  $12367\text{t}$  和沉水植物  $567928\text{t}$ , 用作围栏养鱼和围垦区池塘养鱼的饲料.

### 2.2 水生植物在东太湖中的生态功能

水生植物在像东太湖这样的浅水湖泊中作用于环境的方式可分为生物化学作用和非生物

表 1 1993 年 6 月东太湖水生植被及环境特征

Tab. 1 Characters of aquatic vegetation and its environment in East Taihu Lake by June, 1993

群落类型	群落特征			环境特征		
	主要种类	分布面积 (km <sup>2</sup> )	单位面积现存量 (g/m <sup>2</sup> )	总现存量 (鲜重, t)	平均水深 (m)	平均透明度 (m)
微齿眼子菜群落	微齿眼子菜、穗花狐尾藻	54.89	4683	257100	1.05	1.05
苦草群落	苦草、马来眼子菜、黑藻	13.72	514	7050	1.41	0.65
马来眼子菜群落	马来眼子菜、苦草、微齿眼子菜	11.45	3904	44700	1.19	1.12
沼针蔺群落	沼针蔺、穗花狐尾藻、马来眼子菜	1.40	3000	4200	1.35	1.35
杏菜+野菱群落	杏菜、野菱、茭草、穗花狐尾藻	11.13	6517	72600	0.86	0.86
茭草群落	茭草、杏菜、黑藻、金鱼藻	28.22	7632	215300	0.70	0.70
芦苇群落	芦苇、茭草、杏菜、黑藻	7.26	5610	40700	0.65	0.65
合计/平均		128.07	4090	641650		

化学作用两大类(图 2). 水生植物在生长过程中吸收同化湖水和底泥中的氮、磷等矿质营养物质, 对降低湖水营养水平、防止富营养化起了重要作用; 同时生产出了大量有机物质, 为水生动物提供了直接或间接的饲料, 也创造了可供人类收获利用的植物产品. 但另一方面, 总有相当数量的植物产品不能被利用, 它们残留在湖泊中, 自然腐烂分解, 形成二次污染; 不易分解的植物残体积累在湖底, 加速了湖泊淤积和沼泽化. 水生植物能抑制风浪、固持底泥、抑制藻类、澄清水质, 为经济水生动物提供了优良的栖息环境; 庞大的水生植物表面有类似于生物膜的净化功能; 同时, 水生植物也有阻滞水流、促进淤积的环境负效应.

东太湖水生植物化学成分分析结果表明, 新鲜的沉水植物中含有 0.18% - 0.38% 的氮和 0.027% - 0.048% 的磷, 挺水植物中氮、磷

含量更高(表 2). 水生植物对湖内氮、磷的吸收同化和伴随着收获利用水生植物的氮、磷输出在保持东太湖营养平衡、防止富营养化方面起了关键性作用.

东太湖水生植物的利用率只有 53.5%. 其中沉水植物根系占生物量比例很小<sup>[11]</sup>, 且易于收割, 再生力强, 在一个生长季中可进行 3 - 4 次收割<sup>[10]</sup>, 其收获利用率已经达到了 73%. 但茭草的根、茎和叶鞘占了生物量的 90% 以上, 只有幼嫩的叶片被收割用作草鱼饲料, 收获利用率还不到 10%<sup>①</sup>. 杏菜和野菱不能用作饲料, 尚未被收获利用. 因此, 在东太湖每年仍有约

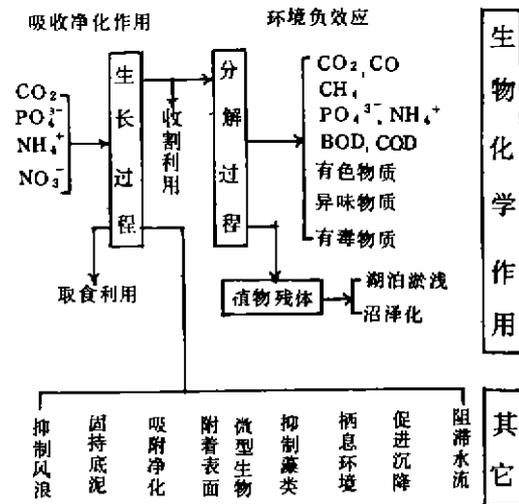


图 2 水生植物在湖泊中的生态功能  
Fig. 2 Ecological function of aquatic plants in lake ecosystem

① 杨火其. 东太湖现代沉积与环境演化. 中国科学院南京地理与湖泊研究所硕士研究生毕业论文, 1992.

521030t 水生植物残留在湖中(表 3), 占水生植物年总生产量的 46.5%。其中茭草和浮叶植物分布的东南部单位面积湖面上植物残留量是沉水植物分布区的 4 倍, 这两类植被的植物残留量占到总残留量的 55.7%。

表 2 水生植物对湖泊内矿质营养元素的吸收净化与收获输出  
Tab.2 Mineral nutrients assimilation and removal with plant growth and harvest

植物种类	水生植物对矿质营养元素的吸收净化					营养元素随植物的收获输出		
	含氮率 (%)	含磷率 (%)	年生产量 (t)	同化氮 (t)	同化磷 (t)	年收获量 (t)	输出氮 (t)	输出磷 (t)
芦苇	0.507	0.170	21058	106.76	35.80	19000	96.33	32.30
茭草	0.740	0.0445	127607	944.29	56.79	12367	91.52	5.50
马来眼子菜	0.380	0.027	96889	368.18	26.16	◇	◇	◇
微齿眼子菜	0.310	0.047	498433	1545.14	234.26	517928	1535.78	234.98
苦草	0.250	0.039	29900	74.75	11.66	◇	◇	◇
黑藻	0.180	0.029	86494	155.69	25.08	◇	◇	◇
伊乐藻	0.336	0.048	60000	201.60	28.80	50000	168.00	24.00
其它	0.260	0.039	199944	519.85	77.98	0	0	0
合计	-	-	1120325	3916.26	496.53	599295	1891.63	296.78

表 3 东太湖水生植物年残留量  
Tab.3 Annual remaining plant biomass in East Taihu Lake

群丛类型	残留量 (t)	折合干重 (t)	占总残留干物重的比例 (%)	分布面积 (km <sup>2</sup> )	单位面积残留量 (干重, g/m <sup>2</sup> )
芦苇群丛	2058 <sup>1)</sup>	617	0.8	7.26	85
茭草群丛	115204	20057	25.6	28.22	1774
杏菜 + 野菱群丛	94380	23595	30.1	11.13	2119
沼针蔺群丛	5460	710	0.9	1.40	506
其它沉水植被	303928	33432	42.6	80.06	418
合计/平均	521030	78411	100	128.07	612

1) 不包括根系。

初步实验证明, 凋落后的植物残体经过一年的腐烂分解就能丧失 50% 以上的干重。在夏季低水位条件下, 在茭草和浮叶植物分布的东南部湖面上常因植物残体腐烂分解引起明显的茭黄水现象<sup>[11]</sup>。据有关研究资料, 东太湖年平均沉积量约为 200000t, 表层沉积物中 TOC 含量为 3.77%<sup>[2]</sup>, 折合 TOC 年沉积量 7540t。每年残留在湖内的植物体可折合 TOC14172t, TOC 年沉积量大约是残留植物体 TOC 总含量的 52%。

### 2.3 水生植物生态功能的调控途径与调控实绩

从物质平衡方面看, 在水生植物总生产量、吸收净化能力、收获利用量及对水质的污染程度之间存在以下关系:

$$\text{植物总生产量} = \{ \text{取食量} + \text{收割量} \} + \{ \text{沉积量} + \text{腐烂分解量} \} + \text{现存量增量}$$

$$\text{吸收净化能力} = \{ \text{总生产量} \} \times \{ \text{营养成分含量} \}$$

$$\text{对水质的污染程度} = K \{ \text{湖内植物残留量} \} = K \{ \text{总生产量} - \text{总利用量} \}$$

$$\text{总利用量} = \text{取食量} + \text{收割量} = \{ \text{总生产量} \} \times \{ \text{可利用率} \} \times \{ \text{实际利用强度} \}$$

要增强水生植物的吸收净化能力和可利用植物的生产能力, 必须提高总生产力; 与此同

时,又要达到削减水生植物残留量、减轻污染和淤浅效应的目的.鉴于东太湖沉水植物收获利用率高、环境负效应较小;而占据着 35.5% 湖面的挺水植物和浮叶植物收获利用率很低、环境负效应显著的特点,作者从提高东太湖水生植物的总生产力和可利用率的目标出发,采取了引进高产饲用沉水植物伊乐藻,以沉水植物取代茭草和浮叶植物的策略.

继 1986 年将伊乐藻成功地引种到东太湖<sup>[12]</sup>之后,作者与地方渔业部门密切合作,促进了伊乐藻在东太湖的发展和渔业利用(图 3),并在中国科学院南京地理与湖泊研究所东山站网围养鱼区周围大面积种植伊乐藻,为养鱼提供饲料和水质净化场所,形成了无污染“生态渔业”的雏形.这种“种草养鱼”的生态渔类模式很快就被广大渔民所接受,进一步加速了伊乐藻的扩广利用.到 1993 年 5 月,伊乐藻在东太湖的分布面积已达 13hm<sup>2</sup>,最大密度超过了 10kg/m<sup>2</sup>,年生产饲草约 50000t,折合精饲料价值约 200 万元.伊乐藻具有耐寒特性,主要在冬春季节生长,在 3-5 月份收获利用,与其分布区内的微齿眼子菜形成季节性交替

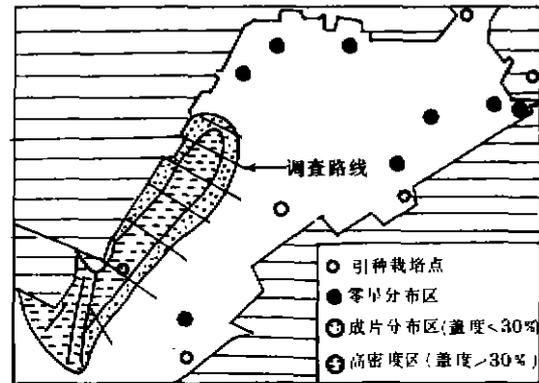


图 3 东太湖伊乐藻引种栽培点及 1993 年分布区  
Fig. 3 Transplanting spots and distribution (1993)

of *Elodea Nuttallii* in East Taihu Lake

生长,提高了单位湖面的饲草生产量.东太湖已经成为伊乐藻的种源地,江苏省内外先后数十人次来东太湖引种伊乐藻,用于养殖水体的水质净化和饲料生产.

1993 年,在东部茭草分布区 5hm<sup>2</sup> 的实验区内成功地完成了剔除茭草、建立沉水植被的植被改造试验,黑藻、伊乐藻等沉水植物的平均密度超过了 3kg/m<sup>2</sup>.据此试验结果,如果全部剔除占东太湖总面积 1/3 的茭草和浮叶植物,以利用较高的沉水植物取而代之,每年可减少植物残留量(干重)27225t,相当于该湖区现有植物残留量的 62%;增加沉水植物收获产量 254500t,通过这些沉水植物的收获输出可带走氮 663t,磷 110t.

### 3 结语

在象东太湖这样的草型湖泊中,大型水生植物在保护水体和生态环境、防止富营养化方面有显著的功效;同时为渔业生产提供了优良的生境和饲料.在另一方面,利用率较低的茭草和浮叶植物有强烈的污染效应,并能加速湖泊淤积变浅.引进高产优质沉水植物伊乐藻、以沉水植物取代茭草和浮叶植物的植被改造路线被证明是合理和可行的,对于增加植物性饲料生产和对矿质营养元素的吸收净化,减少植物残留量、减轻污染和淤积是行之有效的.作者对水生植物的非生物化学环境生态功能只有一些定性的认识,尚缺乏系统的定量研究,这是今后需要研究的主要内容之一.

### 参 考 文 献

- 1 刘建康.东湖渔业增产试验综述.海洋与湖泊,1980,11(2):185-188
- 2 陈洪达.养鱼对武汉东湖生态系的影响.水生生物学报,1989,13(4):359-368

- 3 黄祥飞. 武汉东湖生态进行演替过程及其生态效应. 见: 刘建康主编. 东湖生态学研究(二). 北京: 科学出版社, 1995. 26 - 35
- 4 Jorgensen S. E. and Löffler H. Guidelines of lake management, Vol 3: Lake shore management. Japan: ILEK & UNEP Press, 1990
- 5 Moss B. Engineering and biological approaches to the restoration from eutrophication of shallow lakes in which aquatic plant communities are important components. *Hydrobiologia*, 1990, **200/201**: 367 - 377
- 6 Gulati R. D., *et al.* Can macrophytes be useful in biomanipulation of lakes? The Lake Zwenmlust example. *Hydrobiologia*, 1990, **200/201**: 399 - 407
- 7 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. 湖泊科学, 1996, **8**(增刊): 1 - 10
- 8 倪乐意等. 在富营养水本中重建水生植被的研究. 湖泊科学, 1994, **6**(2): 166 - 170
- 9 石建华. 东太湖的环境质量现状调查评价. 湖泊科学, 1994, **6**(2): 166 - 170
- 10 李文朝. 东太湖沉水植被的演替动态及生态对策. 中国科学院南京地理与湖泊研究所集刊, 1992, **9**: 83 - 93
- 10 李文朝. 东太湖茭黄水发生原因与防治对策探讨. 湖泊科学, 1997, **9**(4): 364 - 368
- 12 杨清心. 伊乐藻在东太湖的引种. 中国科学院南京地理与湖泊研究所集刊, 1989, **6**: 84 - 92

## Ecological Functions of Aquatic Vegetation in East Taihu Lake and Its Reasonable Regulation

Yang Qingxin

(Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008)

### Abstract

In shallow lakes, aquatic plants play very important roles in primary production and environmental protection. On the other hand, it can also cause silting-up by adding large amount of plant material to the lake bottom and release pollutant to the lake water when it dies and decays. The functions of aquatic plants can be regulated reasonably by manipulating the structure and species composition of aquatic vegetation of the lake. In East Taihu Lake, more than 97% of the lake surface was covered by aquatic plants, which absorbed 3916t nitrogen and 496t phosphorous from the lake in a year to produce 1120325t plant biomass (fresh weight). About 599295t plant biomass was harvested from the lake to remove 1981t nitrogen and 296t phosphorous, equal to 28% of the external nitrogen load to remove 57% of the external phosphorous load of the lake. There was still 521030t plant biomass remained and decayed in the lake which caused serious water pollution and silting-up of the lake basin. *Elodea Nuttallii* was introduced to the lake in 1986 and transplanted on a large scale in the past ten years. About 50000t of *Elodea Nuttallii* were harvested as fish fodder in 1993. An experiment was carried out successfully to replace *Zizania latifolia* in the lake with submerged plants. There are still a lot to do to complete the task of reasonable regulation.

**Key Words** East Taihu Lake, aquatic plant, ecological function, regulation