

伊乐藻对草鱼圈养区环境的影响

陈开宁

(中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

摘要 通过人工围隔内伊乐藻种植区、无草区和围隔外湖区对照点的水质, 底质定期观测, 研究了伊乐藻对围栏养鱼环境的影响。结果表明: (1) 围栏养鱼残饲和排泄物增加了水中 N、P 和 COD 含量, 使 DO 与 pH 值降低, 但伊乐藻对 N 的净化能力较强, 使种植区 TN 和 ION 比无草区低 14.5% 和 33.1%; (2) 围栏养鱼对底质的影响, 无草区无明显变化, 伊乐藻种植区养鱼前期 N、P、C 含量均低于本底值, 养鱼后期有明显的增加趋势; (3) 据 N、P 投入、输出计算, 溢出和迁移至伊乐藻与鱼体的大于投入的, 计算表明, 在伊乐藻生长旺季, 养鱼与种植面积之比为 1:3.58 时, 不会增加水中 N、P 含量。(4) 养殖水体需氧系数试验结果, 在有草水体中围栏养殖水体对环境的影响不大。

关键词 伊乐藻 草鱼圈养 复合生态系统 水质

东太湖是典型的草型湖泊, 其水生维管束植物的覆盖率达 70% 以上^[1], 又是太湖鱼类圈养集中的湖区。鱼类圈养是提高湖泊鱼产有效途径之一, 近年来发展迅速。在草型湖泊中, 水生维管束植物既是优质、丰富的内源性饲料, 又可以净化养鱼污水。但圈养业的发展和湖泊环境保护存在一定的矛盾, 主要表现在围养草食性鱼类的面积不断扩大, 投喂的商品饲料增多, 若不加以控制, 将造成湖泊内水生植物资源逐渐衰竭, 而草型湖泊底质肥沃, 有机质含量丰富, 一旦水生高等植物消失, 其水质藻型富营养化进程将非常迅猛。渔业要持续发展, 保护和优化湖泊环境是急待解决的重要课题。有关草型湖泊养鱼后对水体影响、种植水草养鱼以及养鱼有效利用面积等方面的研究, 国内已有些报道^[2-4]。为研究种植伊乐藻对草鱼圈养区环境的影响, 我们在东太湖人工设置了半封闭围隔实验区, 对水质、底质进行定期观测, 同时观测鱼类和伊乐藻生长情况, 其结果如下:

1 材料与方 法

用双面喷塑编织布围隔成 25m×10m 等面积的伊乐藻种植区和无水草对照区, 两区内均用鱼网围出 5m×10m 的养鱼栏。种植区内人工种植伊乐藻, 养鱼栏内各放养 30 尾草鱼, 种植区养鱼栏内鱼种平均体重为 0.45±0.11kg, 无草区养鱼栏内鱼种平均体重为 0.44±0.15kg。4月22日至7月22日投喂围隔外湖区的伊乐藻, 7月23日至9月8日投喂小麦。种植区和无草区内各设 4 个采样点, 围隔外湖区设一对照点^①。

实验时间从 1993 年 4 月 17 日本底调查起至 1993 年 9 月 8 日止, 每间隔 20 天左右采样一次, 采集的样品立即带至湖边实验站分析。

① 围隔区设置和采样点分布见本专集第 80 页(图 1)。

测试项目:水体的 pH 值、DO、COD、TN、TP、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 和 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$, 底泥中 TN、TP 和 TOC。测试方法参考《湖泊富营养化调查规范》(第二版)和美国的《水和废水检验法》(第 15 版)。伊乐藻生物量通过采集样方推算。鱼日增重量为实验开始与结束时分别称重计算得出。

2 结果与分析

2.1 伊乐藻生长情况和养鱼前环境本底值

2.1.1 实验期间伊乐藻生长情况

1992 年年底,清除了围隔实验区内的杂草和鱼类,在种植区内种植伊乐藻,其平均初始生物量为 $250\text{g}/\text{m}^2$ 。1993 年 4 月 17 日放鱼前取样方测得其生物量为 $3601.8\text{g}/\text{m}^2$ 。1993 年 6 月 18 日,伊乐藻已达最大生物量,为 $6990.2\text{g}/\text{m}^2$ 。7 月中下旬伊乐藻生长减缓或进入生长停滞期,至 9 月以后逐渐萎缩,消退。

2.1.2 养鱼前环境本底值

养鱼前,水中 pH 值种植区最高为 9.15,无草区和湖区较低,分别为 8.07 和 8.58(表 1)。DO 种植区和无草区高达 $11\text{mg}/\text{L}$ 以上,均高于湖区。COD 含量差别不大,为 $4-5\text{mg}/\text{L}$ 。水中 N、P 含量种植区与无草区、湖区相比 TN 和 ION 含量较低,TP 偏高, $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 无差别。底泥中种植区 TN 和 TP 高于无草区和湖区,TOC 低于无草区而略高于湖区(图 1)。

表 1 伊乐藻种植区与对照区不同时期水质比较

单位:mg/L*

Tab. 1 Water quality in plantation comparing with that in contrast areas

采样时间	采样区域	pH 值	DO	COD	TN	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$	$\text{NO}_3^- - \text{N}$	$\text{NO}_2^- - \text{N}$	TP	$\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$
放鱼前 4 月 17 日	种植区	9.15	11.33	4.11	0.72	0.08	0.11	0.005	0.017	0.003
	无草区	8.07	11.83	4.11	0.89	0.11	0.13	0.010	0.014	0.003
	围外湖区	8.58	9.83	4.74	0.87	0.10	0.13	0.006	0.014	0.003
实验期 5 月 22 日至 7 月 22 日均值	种植区	9.04	6.96	5.78	0.71	0.13	0.07	0.013	0.053	0.016
	无草区	7.98	6.00	5.75	0.83	0.20	0.10	0.018	0.055	0.014
	围外湖区	9.49	7.88	5.39	0.65	0.09	0.08	0.012	0.046	0.008
实验后期 7 月 23 日至 9 月 8 日均值	种植区		4.10	9.96	0.94	0.43	0.08	0.002	0.084	0.015
	无草区		5.60	10.09	1.20	0.51	0.10	0.004	0.094	0.017
	围外湖区		7.00	6.57	0.76	0.30	0.05	0.003	0.083	0.005

* pH 值除外。

2.2 伊乐藻对环境的影响

放养鱼种后,4 月 22 日—7 月 22 日投喂伊乐藻,此间围隔内伊乐藻为生长旺季,称实验期。7 月 23 日—9 月 8 日投喂小麦,此间伊乐藻生长速度减缓,称为实验后期。

2.2.1 水质

pH 值:围隔实验区养鱼的残饲与排泄物分解使 pH 值低于湖区,种植区伊乐藻的光合作用,吸收 CO_2 ,使 pH 值高于无草区。

DO:实验前期,围隔实验区内鱼类呼吸耗氧和有机物分解耗氧使种植区与无草区 DO 含量低于湖区,此时正值伊乐藻生长旺季,光合作用增氧,使种植区 DO 含量高于无草区;实验后期,围隔实验区内 DO 含量进一步降低,此时因伊乐藻已进入生长停滞期,其残体及吸

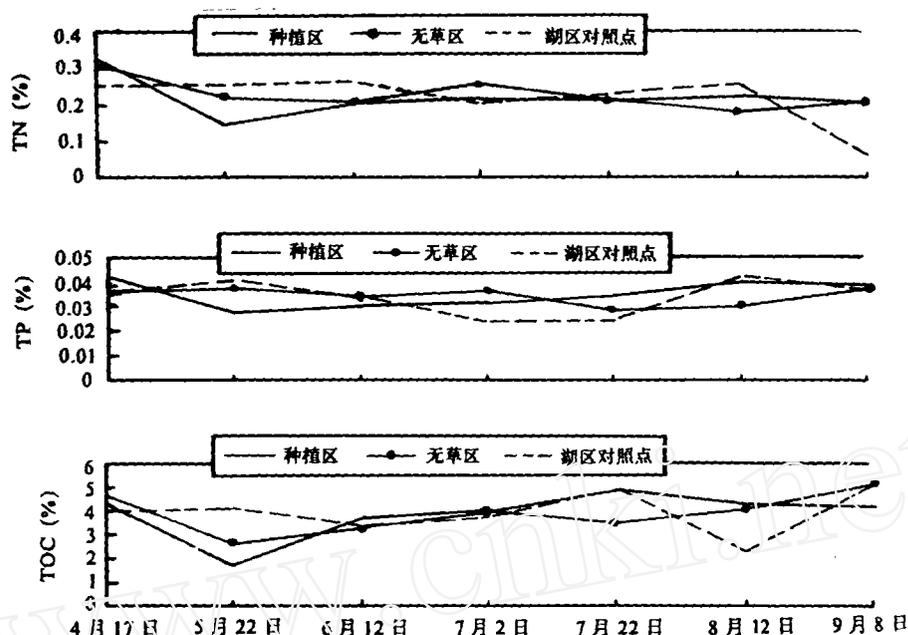


图1 实验区底泥中 TN、TP 及 TOC 含量

Fig. 1 Content of TN, TP and TOC in sediment of the experimental areas

附的有机质在较高的水温条件下腐烂分解耗氧强烈,使种植区 DO 含量低于无草区。

TN 和 ION: 种植区和无草区水中 TN、ION 均高于湖区,但种植区低于无草区。实验期种植区 TN、ION 分别比无草区低 14.5% 和 33.1%,后期种植区 TN、ION 分别比无草区低 28% 和 17%。这说明围栏养鱼残饲与排泄物增加了水中氮的含量,但种植区内因伊乐藻生长需吸收利用氮,降低了水中氮的含量。

TP 和 $PO_4^{3-}-P$: 种植区和无草区 $PO_4^{3-}-P$ 均较湖区高,TP 与湖区的差别不大。种植区和无草区差异也不太明显,实验前期,种植区水中 TP 略低于无草区,而 $PO_4^{3-}-P$ 则高于无草区;后期,种植区的 TP 和 $PO_4^{3-}-P$ 均低于无草区 12% 和 13%,说明伊乐藻对水中磷的净化作用不如氮明显。

COD: 种植区和无草区含量无明显差异,但二区均高于湖区,实验期差异较小,差值为 0.36—0.39mg/L;后期差异较大,差值高达 3.39mg/L 以上。

从以上几个方面看,伊乐藻对水中 pH 值、DO、TN 和 ION 影响较大,对 COD、TP、 $PO_4^{3-}-P$ 影响较小。

2.2.2 底质

实验期水温较适宜伊乐藻生长,并从底泥中吸收了大量的氮磷,使种植区底泥中 TN 和 TP 较无草区低,后期伊乐藻生长旺季已过,部分残体及吸附的有机碎屑沉降于底泥中,使种植区的 TN 和 TP 反而高于无草区(图 1)。底泥中 TOC 则在伊乐藻生物量较大的 6 月 12 日—8 月 12 日期间表现为种植区高于无草区。

2.3 种植区 N、P 投入、输出与迁移估算

为定量研究种植区伊乐藻对围栏养鱼环境的影响,测定了 1993 年 4 月 17 日至 6 月 18

日期间种植区围栏草鱼净耗伊乐藻(来自围隔外湖区)总量、草鱼净增重量(根据草鱼日增重量换算)、伊乐藻生产量以及伊乐藻和草鱼 N、P 的百分含量。根据物质平衡原理,采用下式对种植区 N、P 投入,输出与迁移进行估算:

$$TN_1(TP_1) = TN_2(TP_2) - TN_3(TP_3) - TN_4(TP_4)$$

式中, $TN_1(TP_1)$ 为残留在水和底泥中 TN、TP 量; $TN_2(TP_2)$ 为投喂伊乐藻总量 \times 伊乐藻含 TN(或 TP)%; $TN_3(TP_3)$ 为草鱼净增重量 \times 草鱼含 TN(或 TP)%; $TN_4(TP_4)$ 为伊乐藻总生产量 \times 伊乐藻含 TN(或 TP)%. 估算结果列于表 2。

表 2 种植区内氮磷投入、输出与迁移估算(1993. 4. 17-6. 18)

单位: kg

Tab. 2 Estimate of migration of N and P in plantation (1993. 4. 17-6. 18)

喂鱼净耗伊乐藻	鱼净增重	伊乐藻净生产量	N(%)		P(%)		投入		输出和迁移至伊乐藻中		残留于水、底泥中	
			伊乐藻	草鱼	伊乐藻	草鱼	N	P	N	P	N	P
679.681	10.086	677.788	0.38	2.78	0.049	0.64	2.583	0.335	2.856	0.397	-0.273	-0.064

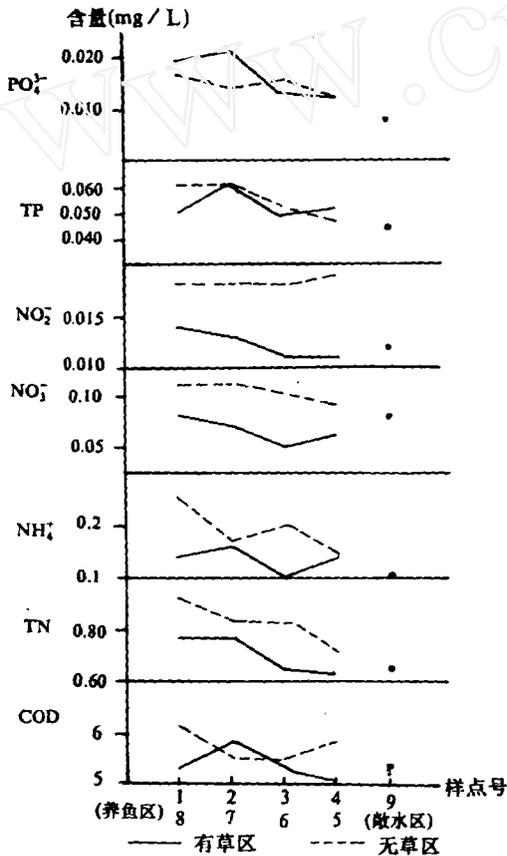


图 2 两个养殖区中水质的对比
Fig. 2 Comparison of water quality in the two experimental areas

从表 2 中可以看出,伊乐藻种植区内通过鱼体输出和迁移至伊乐藻中的 TN、TP 量大于喂鱼时投入到水中的 N、P 总量,说明伊乐藻种植区并没有因养鱼而增加区内 N、P 含量,相反从水和底泥中多转化了 273gN 和 64gP 到伊乐藻和鱼体中。这一点从底质资料中也可以证实,据测定,4 月 17 日种植区底泥中 N、P 含量分别为 0.315% 和 0.042%, 而到 7 月 2 日底泥中 N、P 含量分别减少为 0.219% 和 0.032%, 底泥中氮降低了 0.096%, 磷降低了 0.010%, 充分反映伊乐藻在此系统中的净化作用。

另外,根据表 2,通过鱼体输出和迁移至伊乐藻中的 N、P 分别比喂鱼时投入的多出 0.273kg 和 0.064kg,那么,种植区内伊乐藻生产量按氮计算可减少 $0.273 \div 0.38\%$, 即 71.842kg, 种植面积可缩小为 $200 - (71.842 \div 677.788) \times 200$, 即 178.8m², 按磷计算, 种植区内伊乐藻生产量可减少 130.612kg, 种植面积可缩小到 161m², 因此,在此试验条件下, 养殖面积与种植面积之比为 1:3.58 时, 不会增加环境中 N、P 含量。

2.4 伊乐藻对养殖区水质的影响

为研究伊乐藻对养殖水体向外扩散的影响,我们在种植区和无草区内从养鱼栏向外各

布设 4 个测点,定期观测,结果显示(图 2),围内养鱼栏的水质较差,N、P 和 COD 含量大,但

随着离 养鱼栏距离的增加,种植区和无草区 N、P 及 COD 含量均呈下降趋势,其中种植区由于伊乐藻净化和阻滞等作用,COD、TN、NO₃⁻-N 和 NO₂⁻-N 的含量在离养殖水体最远的第 4 测点已低于湖区,而无草区虽有下降趋势,但不如种植区明显,距养殖水体最远的第 5 测点的 N、P 及 COD 含量仍高于湖区,这说明伊乐藻吸收、吸附等作用净化了水体,使养殖水体对外部水域的影响范围远比无草区小。另外,种植区内第 2 测点的 COD、NH₄⁺-N、TP 和 PO₄³⁻-P 的含量偏高,甚至高于养鱼水体。其原因为第 2 测点临近养鱼栏,栏内的残饵与鱼类排泄物经鱼类活动排出栏外,大多沉积于此点或为伊乐藻吸附,经分解使水中 N、P 增高。

3 讨论

(1) 在伊乐藻种植区圈养草鱼,残饵与鱼类排泄物能增加水体中营养盐含量,能促进伊乐藻的生长,实验表明伊乐藻既可作为鱼类饲料,降低养鱼成本;生长的伊乐藻还可以净化水质。

(2) 种植区 N、P 含量高于湖区,而从 N、P 投入、输出与迁移估算,种植区内并没有增加 N、P 含量,这两方面并不矛盾,其原因在于种植区围栏养鱼除投饲、鱼类排泄影响外,鱼类活动掀起的表层沉积物,常悬浮于水中,与 N、P 浓度相对较低的水相发生物质交换,增加了水中 N、P 含量,其次底泥中 N、P 实测值也表明养殖后底泥中氮磷量较养殖前的本底值低。

(3) 在草型水体中的合理圈养草鱼对环境的影响不大,相反对改善水质有促进作用。经种植区内 N、P 投入输出与迁移估算,养鱼并没有增加水和底泥中 N、P 含量,相反由于伊乐藻生长吸收和鱼体捕出,使水和底泥中减少了 273g 氮和 64g 磷。实验期间投喂的伊乐藻是从较远湖区收割来的,若在种植区内收割伊乐藻喂鱼,只要方法得当,不破坏伊乐藻生长,这样,此系统中没有外源性投入,则能更有效的减少系统中 N、P 负荷,对水质改善有促进作用。从种植区养殖水体向外扩散的结果看,草型湖泊草鱼圈养对水质影响仅为局部性的,即养殖水体,由于水生植物吸收、阻滞等作用,对整个湖泊水体影响不大。这一点从胡莉莉等^[2]对漏湖围养后水质富营养化分析结果中也得到了证实。另外,由于不同水生植物有其不同生长旺季,在水生植物生长停滞期,其净化能力则大为降低。因此,在实际生产过程中,要合理搭配种植生长期不同的水生植物,使水生植物在全年中有较长时间旺盛生长,常年地净化水质^[7]。

参 考 文 献

- 1 李文朝. 太湖湿地的生态功能与利用. 见:陈宜瑜主编. 中国湿地研究. 长春:吉林科学技术出版社,1995
- 2 胡莉莉等. 漏湖围网养殖后对水体富营养化的影响. 水产学报,1991,15(4):292-301
- 3 朱清顺等. 以漏湖为例湖泊种植饲料水草的养鱼效果研究. 水产学报,1993,17(3):189-196
- 4 王友亮等. 长荡湖网围养鱼有效利用面积的研究. 河海大学学报(海洋湖沼专刊),1990,18:175-183
- 5 金相灿等. 湖泊富营养化调查规范(第2版). 北京:中国环境科学出版社. 1990,138-136
- 6 美国公共卫生协会等编著. 水和废水标准检验法. 北京:中国建筑工业出版社. 1985,324-830
- 7 Zhou Wanping. Impacts of penculture on water quality and their control. In: Horst Sund, *et al* eds. Environmental protection and lake ecosystem. Beijing:China Science and Technology Press, 1994. 201-206

IMPACTS OF *ELODEA* PLANTING AREA ON WATER ENVIRONMENT OF GRASS CARP PEN CULTURE

Chen Kaining

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

Abstract

Impacts of *Elodea Nattalii* on water quality of grass carp pen culture area were studied in man-made elodea-grass-carp compound ecosystem. The result shows that water in plantation was better than that in area of non-macrophyte. Content of TN and TP in water were not increased because of purification of *Elodea* in planted area. By estimated balance of nitrogen and phosphorus in plantation, the appropriate of pen culture area to planted elodea area is 1 : 3.58. In addition, it was only partitive that bred fish effected water quality in weeds-filled water body. So far as whole area of planted, there was little influence on water quality.

Key Words *Elodea* , grass carp pen culture, compound ecosystem, water quality