

研究简报

大水面网围精养对水环境 的影响及其对策

EFFECTS OF PEN FISH CULTURE ON WATER ENVIRONMENT AND THEIR COUNTERMEASURE

吴庆龙 陈开宁 高 光 范成新 季 江 隋桂荣 周万平

(中国科学院南京地理与湖泊研究所, 210008)

Wu Qinglong, Chen Kaining, Gao Guang

Fan Chengxin, Ji Jiang, Sui Guirong and Zhou Wanping

(Nanjing Institute of Geography & Limnology, Academia Sinica, 210008)

关键词 网围养鱼, 水环境, 对策。

KEYWORDS pen fish culture, water environment, Countermeasure.

大水面网围精养是一门新的养殖技术,我国始于80年代初,发展很快。它对开发湖泊等大水面资源,促进渔业发展起到了极为重要的作用。例如东太湖1984年渔产量为67.5kg/公顷,经网围养殖后,1992年每公顷鱼产量达292.5kg(严小梅等,1992)。然而由于网围精养采取高密度放养并大量投喂外源性饵料的经营方式,因此鱼类排泄物和残饵较之人工放流、粗养等方式大为增加,这对水环境有无影响?影响程度如何?国内外有过一些研究[吴庆龙,1991;胡莉莉等,1991;赵阴薇,1989;高礼存等,1988],但不具体,为促进湖泊网围养殖业的健康发展,我们在东太湖设点进行观测和研究,并寻求防治对策。

1 材料与方 法

1.1 设置试验网区

在东太湖茭白港外1km水面建立试验网区。其布设状况是:外圈两层网,间距5m;中圈两层网,间距2.5m;中圈和外圈相距20m,面积1.33公顷,作为伊乐藻(*Elodea nuttallii*)等沉水植物的保护区;内圈为单层网,是鱼类养殖区,分别圈成14个小区,共2.66公顷,试验区分布见图1。

1992年试验区主养草鱼和团头鲂,搭养少量青鱼和鲫,共投放鱼种10243kg,起捕44150kg,投喂颗粒饵料193123kg,粗饲料643900kg,逐月投饲量见表1。

1.2 观测点和分析项目

收稿日期:1994-06-06。

(1)严小梅等,1992。大型湖泊渔业综合高产技术研究。

1.2.1 测点设置

试验区设10个测点,未围养湖心区设对照测点2个,试验区测点分布见图1。1992年4至10月,每月中旬网区各点观测和采样一次,计6次;对照点4、6、8、10月各一次,计4次,与试验区同步。

1.2.2 观测和分析项目

水文物理:水色、透明度、悬移质和浊度。

水化学:总氮(TN)、铵态氮($\text{NH}_4^+ - \text{N}$)、亚硝态氮($\text{NO}_2^- - \text{N}$)、硝态氮($\text{NO}_3^- - \text{N}$)、总磷(TP)、磷酸态磷($\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$)、化学需氧量(COD_{Cr})和五日生化需氧量(BOD_5)。

底质:有机质、有机碳、有机氮和总氮。

水生生物:浮游藻类、浮游动物、微生物、大型底栖无脊椎动物和水生维管束植物。

1.2.3 数据处理

观测和分析所得数据作如下处理:内1、内2平均代表养鱼区;东1、南1、西1、和北1平均为种植区;东2、南2、西2、和北2平均为网外,两对照点取平均值。

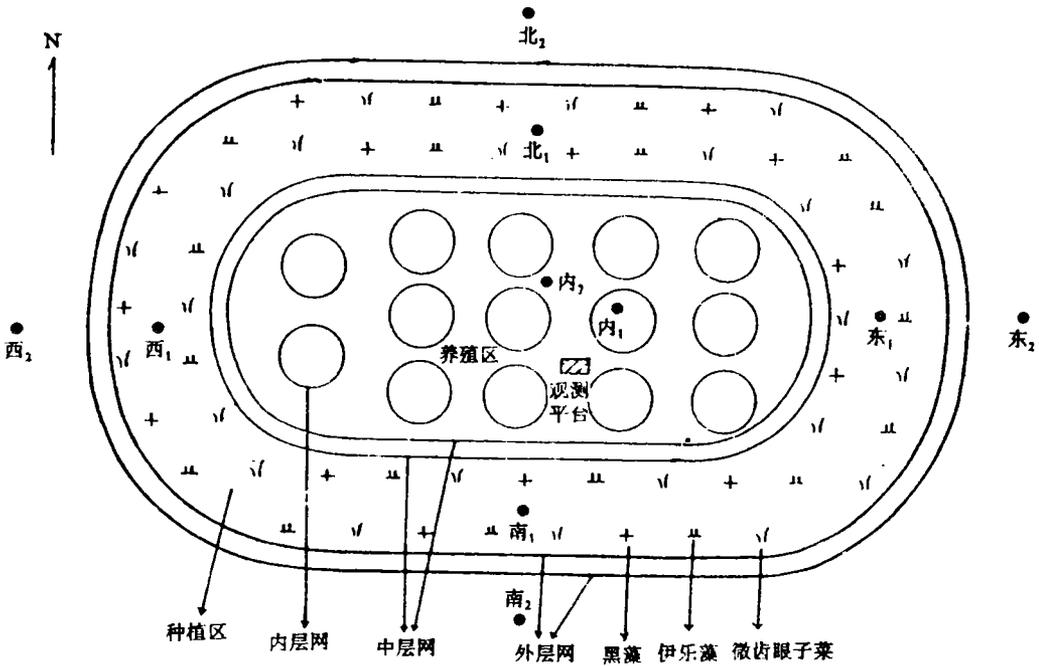


图1 试验网区布设和测点分布

Fig. 1 Distribution of pen culture area and sampling stations.

表1 试验网区逐月投饲量(kg)

Table 1 Amount of fish feed of each month in pen culture area(kg)

名称	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	合计
颗粒饲料	19,900	22,550	26,750	30,175	31,750	35,488	26,508	193,123
黑麦草和水草	24,900	42,200	112,400	163,650	117,800	96,350	70,000	626,400

2 结果与分析

2.1 对水色、透明度、悬移质和浊度的影响

表 2 试验网区水文物理状况

Table 2 Hydrological and physical conditions in penculture area

项目	地点	月 份							幅度或平均值
		4	5	6	7	8	9	10	
水色 (号)	养鱼区	14	16	15	17	17	18	14	14~18
	种植区	14	14	11.5	16	16	16	14	11.5~16
	网 外	14	14	11.5	16	16	16	14	11.5~16
透明度 (cm)	养鱼区	87.5	103	85	79	78	70	134	70~134
	种植区	见底	见底	见底	见底	见底	见底	见底	见 底
	网 外	见底	见底	见底	见底	见底	见底	见底	见 底
悬移质 (g/m ³)	养鱼区	26.3	9.8	9.0	11.4	14.4	11.1	7.9	12.8
	种植区	10.2	2.6	5.4	11.5	5.2	12.1	3.4	7.2
	网 外	7.7	2.6	4.4	9.5	3.3	6.5	4.0	5.5
浊度 ($\times 10^{-6}$)	养鱼区	6.0	1.0	11.5	—	—	—	—	6.2
	种植区	5.7	0.8	5.9	—	—	—	—	3.1
	网 外	6.0	0.8	2.5	—	—	—	—	3.1

水色以养鱼区标号为高,最高达 18 号,其他两区均在 11.5—11.6。月际变化表现为鱼类生长旺盛时期水色差,如 7—9 月水色 17—18 号,其他月份 14—16 号。4—10 月养鱼区透明度 70—134cm,而种植区和网外均见底。从逐月变化情况看,养鱼区从 5 月份开始下降,9 月份达最低点,10 月份开始回升。与透明度变化密切相关的悬移质和浊度的分布均表现为养鱼区>种植区>网外,养鱼区悬移质含量达 12.8g/m³,比网外高 2.5 倍,养鱼区浊度达 6.2×10^{-6} ,为种植区、网外的 2 倍(表 2)。

围养对水色、透明度、悬移质及浊度的影响和鱼类的饲养活动密切相关,4、5 月份的养殖初期,水温低,鱼类活动及摄饵量较低,残饵及排泄物等污染物较少,因而水体中悬移质含量和浊度较低,水色、透明度较好,随水温增加,围养对水色、透明度、悬移质及浊度影响明显增大,10 月份后,影响又逐渐减小。

2.2 对主要水化学指标的影响

2.2.1 对 TN、NH₄⁺-N、NO₂⁻-N 和 NO₃⁻-N 的影响。

养鱼区、种植区、网外及对照点的 TN 分别为 0.70、0.54、0.57 和 0.22mg/L;NH₄⁺-N 分别为 0.52、0.39、0.38 和 0.13mg/L;NO₂⁻-N 分别 0.003、0.003 和 0.006mg/L;NO₃⁻-N 分别为 0.055、0.056 和 0.061mg/L。养鱼区的 TN、NH₄⁺-N 分别比网外高 22.8%和 37%,比对照点高 219%和 300%,而 NO₃⁻-N 和 NO₂⁻-N 的影响很小。由此可见,围养已使围养区域氮这一营养元素含量明显增加,但它随水流进入种植区,经稀释、扩散和水生植物的吸附、阻挡、过滤、吸收等作用,其浓度有所下降。从围养区的氮污染组成看,无机氮中主要以 NH₄⁺-N 为主,这主要来自养殖鱼类的分泌和排泄,NO₃⁻-N 和 NO₂⁻-N 所占比例很小,此外的大部分是以有机氮形式存在,由此表明围养的氮污染相当一部分以残饵、粪便等悬浮物形态进入水体(表 3)。

2.2.2 对 TP、PO₄³⁻-P 的影响

养鱼区、种植区、网外和对照点的 TP 分别为 0.089、0.069、0.075 和 0.034mg/L,PO₄³⁻-P 分别只有 0.015、0.014、0.014 和 0.006mg/L,和对照点相比,养鱼区的 TP 高 162%、PO₄³⁻-P 高 150%,显然,围养也使磷元素含量显著增加。在总磷当中,PO₄³⁻-P 所占比例很少,其余绝大部分是以非溶解态形式存在于水体

中,由此可见,和氮污染相类似,围养的磷污染很大一部分也是以残饵,粪便等悬浮态存在的(表3)。

2.2.3 对 COD_{Cr} 和 BOD_5 的影响

养鱼区、种植区、网外和对照点的 COD_{Cr} 分别为 9.99、7.82、7.89、和 7.70mg/L,以养鱼区最高,比网外高 26%、对照点高 30%; BOD_5 分别为 1.66、1.18、1.15 和 1.27mg/L,养鱼区比网外高 44.3%、对照点 31%。其月际变化表现为 5 月份后逐月增加,10 月份 COD_{Cr} 开始下降, BOD_5 则仍较高。围养区的水化学状况的月际变化明显地受水温、鱼类活动及投饲量等影响。 TN 、 TP 、 $NH_4^+ - N$ 、 $PO_4^{3-} - P$ 、 COD_{Cr} 和 BOD_5 都是 6 月份开始增加,7、8、9 三个月出现峰值,随后逐渐回落。6 月份起随水温增高、鱼类进入摄食生长的旺盛季节,投饵逐月增长(表 1),相应的鱼类排泄物和残饵等也就增加,因而进入水体的外源污染物逐月增多。养鱼区的湖水在向网外扩散过程中,水中所含营养元素和有机物等经过沉水植物区一系列物理、化学及生物学作用,浓度有所降低。在 4、5 月份,水温较低沉水植物生长不旺,这一现象不甚明显,而在 7、8、9 月份,沉水植物生长旺盛,水体自净作用明显增强(表 3)。

表 3 试验网区的水化学状况

Table 3 State of water chemistry in pen culture area

项目	地点	月 份							平均值
		4	5	6	7	8	9	10	
总氮 (TN) mg/L	养殖区	0.23	0.23	0.99	0.76	1.48	0.50		0.70
	种植区	0.47	0.28	0.51	0.47	0.96	0.53		0.54
	网外	0.39	0.26	0.56	0.45	1.18	0.60		0.57
	对照点	0.21		0.22		0.34		0.11	0.22
铵态氮 ($NH_4^+ - N$) mg/L	养鱼区	0.388	0.305	0.240	0.500	0.230	1.800	0.190	0.522
	种植区	0.403	0.313	0.150	0.440	0.250	0.963	0.188	0.387
	网外	0.406	0.285	0.118	0.435	0.245	1.055	0.125	0.381
	对照点	0.410		0.030		0.220		0.150	0.130
亚硝态氮 ($NO_2^- - N$) mg/L	养鱼区	0.004	0.002	0.002	0.005	0.003	0.004	0.001	0.003
	种植区	0.003	0.002	0.004	0.007	0.002	0.004	0.001	0.003
	网外	0.003	0.002	0.014	0.012	0.002	0.004	0.002	0.006
硝态氮 ($NO_3^- - N$) mg/L	养鱼区	0.103	0.064	0.019	0.029	0.061	0.056	0.055	0.055
	种植区	0.160	0.069	0.010	0.012	0.039	0.049	0.056	0.056
	网外	0.163	0.083	0.022	0.017	0.039	0.055	0.049	0.061
总磷 (TP) mg/L	养鱼区	0.048	0.065	0.128	0.113	0.118	0.063		0.089
	种植区	0.047	0.056	0.065	0.079	0.106	0.059		0.069
	网外	0.054	0.051	0.083	0.094	0.110	0.056		0.075
	对照点	0.044		0.022		0.065		0.016	0.034
磷酸态磷 ($PO_4^{3-} - P$) mg/L	养鱼区	0.014	0.010	0.024	0.032	0.008	0.004	0.010	0.015
	种植区	0.013	0.012	0.033	0.020	0.008	0.006	0.009	0.014
	网外	0.013	0.009	0.032	0.022	0.008	0.004	0.010	0.014
	对照点	0.010		0.008		0.008		0.004	0.006
化学需氧量 (BOD_{Cr}) mg/L	养鱼区	9.79	10.07	11.57	8.87	11.35	10.84	7.41	9.99
	种植区	9.94	7.43	6.57	8.82	9.31	5.31	7.38	7.82
	网外	8.81	7.43	5.53	8.40	9.90	8.37	6.81	7.89
	对照点	12.83		7.93		7.78		7.38	7.70
生化需氧量 (BOD_5) mg/L	养鱼区	1.53	1.97	2.15	2.26		0.96	1.09	1.66
	种植区	1.67	1.28	1.29	1.35		0.79	0.73	1.18
	网外	1.58	1.42	1.20	1.26		0.70	0.72	1.15
	对照点	1.46		1.85				0.91	1.27

2.3 对底质状况的影响

在分析底质状况时,我们选用有机质、有机碳、总氮、有机氮等指标,由表 4 不难发现各指标均以养鱼区最高,其中以有机质增加最为显著,从综合的有机底质指数看,养鱼区为 0.93,对照点仅 0.36。这一现象主要是部分残饵和鱼类排泄物等逐步沉降下来所致。

表 4 试验网区底质状况(%)

Table 4 State of sediment quality in penculture area(%)

地 点	有机质	有机碳	总 氮	有机氮	有机底质指数
养鱼区	6.105	3.515	0.242	0.229	0.93
种植区	3.565	2.068	0.200	0.190	0.39
网 外	3.886	2.254	0.230	0.219	0.49
对照点	2.100	1.456	0.129	0.123	0.36

2.4 对水生生物群落的影响

2.4.1 对浮游生物群落的影响

表 5 试验网区浮游藻类数量和生物量

Table 5 Density and biomass of phytoplankton in penculture area.

地点	总量	蓝藻	隐藻	甲藻	硅藻	裸藻	绿藻	万个/L
								mg/L
养鱼区	1,765	1,639.29	27.09	20.71	44.29	1.14	52	—
	2,2662	0.8521	0.4198	0.0321	0.6394	0.0557	0.2269	—
种植区	1,404	1,266.43	33	0.14	44.4	2	57.14	0.86
	2,4545	0.6715	0.6388	0.0054	0.6674	0.0636	0.3989	0.0089
网 外	1,757	1,631.43	37.86	0.28	35.57	171	49.57	0.71
	2,4971	0.8559	0.6158	0.0539	0.6036	0.0659	0.295	0.0071
对照点	7,865	7,563	49.5	—	80	1.5	170.7	—
	3,3268	3,7726	0.3953	—	0.6540	0.1250	0.4986	—

表 6 试验网区浮游动物数量和生物量

Table 6 Density and biomass of zooplankton in penculture area

地 点	总数量/生物量	原生动物	轮 虫	枝角类	个/L
					mg/L
养鱼区	345	135.7	207.1	0.15	1.9
	0.129	0.007	0.023	0.013	0.028
种植区	306	117.9	185.7	0.1	2.73
	0.139	0.006	0.074	0.014	0.045
网 外	238	78.6	157.1	0.2	2.4
	0.118	0.004	0.063	0.012	0.039
对照点	204	87.5	112.5	0.4	4
	0.113	0.005	0.045	0.012	0.061

养鱼区浮游藻类数量多于种植区,这可能由于养鱼区中氮和磷等营养元素含量较高,利于浮游藻类的生长繁殖,而有沉水植物的区域,它们与浮游藻类争光、吸收营养盐,因而其数量少于养鱼区,至于网外及对照点浮游藻类数量多,根据分析,这主要是由西太湖漂来的蓝藻水华所致。从种类组成看,各区基本上无区别(表5)。

围养对浮游动物的种类组成也无较大影响,但数量组成方面有所变化。养鱼区由于鱼类排泄物和残饵所形成的大量碎屑物质,给原生动物和轮虫提供了丰富的饵料,因此它们的数量多于种植区,种植区高于网外,对照点则更少。由于浮游动物数量组成中以原生动物和轮虫为主,所以其总数分布也是如此(表6)。

2.4.2 大肠菌群数和异养细菌总数分布

表7 网区大肠菌群数和异养细菌总数分布

Table 7 Density of heterobacteria and escherchia coli in penculture area

月份	异养细菌总数(个/cm ³)				大肠菌群数(个/cm ³)			
	养鱼区	种植区	网外	对照点	养鱼区	种植区	网外	对照点
4	3660	40	218	127	116000	48000	38500	27000
5	2713	465	400		205000	32750	36750	
6	5800	1425	3125	2550	73000	42500	46500	32500
7	3050	1238	1325		37000	29000	28500	
8	3100	4213	975	1025	560000	315000	136500	48000
9	2755	955	765		80000	66500	50000	
10	3080	1213	845		500000	232500	135000	
平均	3451	1416	1093	1234	224429	109464	67393	35833

水体中异养细菌和有机质关系密切,有机质含量高的水中,其数量也多,因此将其作为有机质含量高低的指示生物。养鱼区大量鱼类粪便和残饵溶于水,有机物增多,滋养异养细菌,因此数量高于种植区、网外和对照点,这和 BOD₅ 的分布趋势较为一致。大肠杆菌是粪便污染指示菌,围养区的大肠杆菌既可能来自鱼类粪便,更可能来自养鱼工人的粪便,[赵荫薇等,1989],其分布表现为养鱼区>种植区>网外>对照点。逐月的分布也以养鱼区最高,在6、7、8等养殖旺季更为突出(表7)。

2.4.3 对沉水植物和大型底栖无脊椎动物群落的影响

养鱼区主养草食性鱼类,如草鱼、团头鲂等,使沉水植物无法生长;搭养的食底栖动物鱼类如青鱼、鲫鱼等,使螺、蚬等大型底栖无脊椎动物无法生存。种植区内沉水植物生长旺盛,大型底栖无脊椎动物较多,尤以小型螺类为主,此外植物区内青虾、河蟹等数量也较多,生长良好[吴庆龙,1991]。

3 讨论

通过观测和分析可知,湖泊小面积网围精养对水环境有明显的影响,其原因在于投入大量的外源性饵料。然而这种渔业生产方式得以迅速发展,是由于它具有一定的优越性,从体制方面看,它适合以户为单位经营,和我国目前的生产力水平相适应,又具有较高的经济效益,从而可作为安置日益增长的渔业人口的有效途径。从生产条件看,它具有池塘养鱼所不具备的有利条件:不占陆地面积,和传统的农业不发生矛盾;池塘是封闭水体,载鱼量有限,如要高密度放养,就需要人工增氧。在湖内围养,阻鱼而不隔水,适合高密度放养仍可保持水质清新,利于鱼类生长,达到高产稳产,此外,就湖捞取水草养鱼,可减少劳动投入,降低养殖成本,提高经济效益。因此对这种养殖方式不能因噎废食,而是要在发展同时采取相应对策,以消除其弊端。围养对水环境影响的原因是增加了水体中氮、磷和有机物等,超出水体自净能力,从而有可能导致湖泊富营养化或水质恶化,解决这一问题需从管理和生态两方面采取对策。

(1)管理对策:湖泊渔业生产管理部门应和环保部门配合,对网围养鱼从宏观上加以调控和指导,不能

盲目扩大面积和追求产量,布局上不宜过分集中于某一湖区,要科学指导,合理规划;围养的地点,年际间可适当移动,并在原养地进行水生植被的恢复。这些在实践中是可以做到的。我国湖泊渔业生产有较为健全的管理机构和管理方法,只要领导重视,完全可以健康科学地推动网围养鱼业的发展。

2、生态对策:围养多用湖内水草作饲料,少投外源性饵料,这样不仅整个湖区氮、磷的输入减少,也可减低养鱼成本,显然对经营者也是有利的。以本湖的水草作饵料,养成 1kg 的草鱼相当于输出 24.0g 氮和 6.4g 磷,1kg 团头鲂相当于输出 28.5g 氮和 4.8g 磷[王友亮等,1990],这可以降低湖内氮、磷负荷,从而改善水环境。

从养鱼区、种植区及网外主要环境因子对比发现沉水植物对净化水质有较好效果,根据伊乐藻等净化水质的试验(高光等,1990),可知其有较好的净化能力。这样可设想组建草—鱼复合生态系统,即在养鱼区周围建立伊乐藻等净化能力强,又能被鱼类喜食的沉水植物保护区,减少养鱼造成的氮、磷等污染,同时就地捞取伊乐藻等喂鱼,将其转化为商品鱼输出水体,最大限度减少围养的环境效应,也提高了养殖经济效益。

此外,在养殖种类结构方面做一些调整,搭养一些滤食性鱼类如鲢、鳙等和杂食性鱼类如罗非鱼等,以摄取水中的有机碎屑和残饵等。

总之,网围精养是集约化的养鱼方式,也是开发利用大中型水域资源的途径之一,经济效益和社会效益十分明显。尽管其可能带来环境问题,但加强管理和防治是可以解决的。

本文系国家自然科学基金资助项目(49070013)。

参 考 文 献

- [1] 王友亮等,1990.长荡湖网围养鱼有效利用面积的研究.河海大学学报,18:175—183.
- [2] 吴庆龙,1991.东太湖及其网围养鱼区的底栖动物以及环境质量的初步评价与区划.海洋湖沼通报,(4):64—71.
- [3] 金相灿等,1990.湖泊富营养化调查规范,55—170.中国环境科学出版社(京).
- [4] 胡莉莉等,1991.溧湖网围养殖后对水体富营养化的影响.水产学报,15(4):291—301.
- [5] 赵荫薇,1989.围网养鱼水体细菌生态学生态效应.农村生态环境,(3):12—15.
- [6] 高礼存等,1988.湖泊网围养鱼综合技术,39—106.江苏科学技术出版社(南京).

(1)高光等,1995.伊乐藻、轮叶黑藻净化养鱼污水效果试验.