

配养滤食性鱼对投饵网箱养鱼 负荷力的影响

熊邦喜* 李德尚 李琪 曹济民*

(青岛海洋大学水产学院, 266003)

提 要

本文用现场围隔实验的方法研究了养鱼水库中配养鲢对投饵网箱养鲤负荷力的影响。共用围隔 30 个, 每个围隔水深 5m, 容积 14.3m³。实验中观测了理化指标 8 项、生物指标 5 项。实验结果表明配养鲢不仅在溶氧(DO)、化学需氧量(COD), 总磷(TP)等方面明显改善了水质, 而且还降低了浮游植物、浮游动物和浮游细菌的数量。配养鲢对投饵网箱养鲤的净产量, 生长率, 饲料效率都有显著地提高; 使鲤、鲢的总负荷力和总鱼产量各自都提高了 35%。并已查明, 投饵网箱养鲤与水库配养鲢的适宜现存量比例 3:1 优于 2:1。

关键词 投饵网箱, 负荷力, 围隔, 鲤, 鲢的影响, 水库

鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)是重要的滤食性养殖鱼类。关于它的存在对水域的水质和营养性状起到怎样的影响, 国内外学者对此持有不同的见解。一些学者^[1-7]认为鲢的滤食能抑制水域的浮游生物群落, 降低水域的营养水平, 对养鱼水体的生态平衡起着调节作用。另一些学者^[8-13]则认为鲢只能抑制大型浮游植物, 对小型浮游植物的繁殖反而具有促进作用, 而最终是增加了浮游植物的数量, 因而也提高了水域的营养水平。

鲢是我国水库养鱼的主要放养对象, 它的存在会影响水质, 这就必然对在水库进行投饵网箱养鱼的负荷力会产生影响。这种影响属于何种性质, 影响的程度如何, 成为研究投饵网箱养鱼负荷力的主要内容。为此, 本实验对该问题进行了现场围隔实验研究。

材料和方法

1. 实验水库

实验地点选在新泰市东周水库, 该库库容为 $64 \times 10^6 \text{m}^3$, 实际水面

* 熊邦喜现在武汉华中农业大学水产系工作。曹济民现在新泰市水利局工作。

本研究为国家水利部水利技术开发基金资助项目; 李靖华、亓开吉、岳茂国、张辉参加了实验; 刘志圣、王树寅、孙洪臣、宋洪泉和东周水库管理局给予了大力帮助, 特一并致谢。

1991 年 10 月 4 日收到。

800ha, 属中-富营养型水库。实验开始时水库中已发生轻度的微囊藻(*Microcystis*)水华。

表 1 各组围隔鱼的放养量

Tab. 1 The quantity of fish stocking in each group of enclosure

围隔 Enclosure			鲤 Jian carp		鲢 Silver carp		总放养量 T. S. Q.		鲤、鲢重量比 Weight rate of carp and silver carp
群	组	号	尾数 Tails	重量(g) Weight	尾数 Tails	重量 (g) Weight	尾数 Tails	重量 (g) Weight	
A	I	1							
	I	2							
	II	1			2	80.0	2	80.0	
	II	2			2	80.0	2	80.0	
	III	1			2	130.0	2	130.0	
	III	2			2	130.0	2	130.0	
B	I	1	17	1078.0			17	1078.0	3 : 1
	I	2	17	1078.0			17	1078.0	
	II	1	17	1100.0	6	360.0	23	1460.0	
	II	2	17	1075.0	6	360.0	23	1435.0	
	III	1	17	1075.0	8	580.0	25	1655.0	
	III	2	17	1075.0	8	540.0	25	1615.0	
C	I	1	10	725.0			10	725.0	3 : 1
	I	2	10	725.0			10	725.0	
	II	1	10	725.0	5	260.0	15	985.0	
	II	2	10	725.0	4	240.0	14	965.0	
	III	1	10	725.0	6	370.0	16	1095.0	
	III	2	10	725.0	6	370.0	16	1095.0	
D	I	1	8	540.0			8	540.0	3 : 1
	I	2	8	540.0			8	540.0	
	II	1	8	540.0	3	180.0	11	720.0	
	II	2	8	540.0	3	180.0	11	720.0	
	III	1	8	540.0	4	270.0	12	810.0	
	III	2	8	540.0	4	270.0	12	810.0	
E	I	1	7	430.0			7	430.0	3 : 1
	I	2	7	430.0			7	430.0	
	II	1	7	430.0	2	150.0	9	580.0	
	II	2	7	430.0	2	150.0	9	580.0	
	III	1	7	430.0	4	215.0	11	645.0	
	III	2	7	430.0	4	215.0	11	645.0	
Σ			252	16651.0	83	5130.0	335	21781.0	

2. 实验围隔 所用围隔是由浮体、围隔袋、底盘、内网、搅水机和饲料框六个部件组成^①,悬浮于水中。围隔袋是围隔的主体部分,是由高密度涂塑聚乙烯编织布缝合而成的圆柱体,全长 5.7m,其中水上长 0.7m,水下长 5.0m,面积 2.86m²,实际容积 14.3m³,不渗水,与外界无水交换是一个完全独立的生态系统。每个围隔内装有一台 90w 叶轮直径为 0.25m 的微型电动搅水机,以模拟水库的风浪作用。

3. 实验设计 共设置围隔 30 个,分成 5 个围隔群,每个围隔群分为 3 个组,每个组 2 个重复。A 围隔群的 I 组不养鱼,为对照组,以代表本底水质;Ⅱ,Ⅲ 两组只养鲢,不养鲤(*Cyprinus carpio*)以查明水库对鲢的自然鱼产力。B 到 E 围隔群,分别是 4 个不同鲤放养量的实验群,各群的 I 组都不配养鲢,Ⅱ 组和 Ⅲ 组各按鲤放养量的 1/3 和 1/2 配养鲢。实验中跟踪观测各围隔的水质变化,结束时计算有关养鱼学指标。据此,判断荷载力和鲢对荷载力的影响以及鲢的合理配养量。

4. 鱼种与放养量 B 到 E 4 个围隔群都以网箱的鱼产量 $75 \times 10^4 \text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ 为标准,以网箱-水库面积比为 0.50%, 0.30%, 0.25%, 0.20% 依次计算鲤鱼放养量(表 1)。鲤鱼品种为建鲤,体重 50—60g。鲢则按设计的各组鲤放养量的 1/3 和 1/2 配养,鲢体重 45—65g。

5. 实验管理 在无风或小于 3 级风(风速 $< 5 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)的天气,上午 10h 和下午 15h 各搅水一次,工作电压 80v。每次搅水 50min,搅水机的转速为 88r. min⁻¹。当大于 3 级风时,由于风浪的颠簸,围隔内水的垂直混合与水库基本一致^②,不出现温成层。因此,可依刮风时间长短减少搅水次数和搅水时间或不必搅水。鲤投喂配合饲料^③,投饵量按日投饵率计算。每天定时投喂 4 次,饵料投在饵料框中。

6. 观测项目与分析方法 水温(WT)、透明度(T)、pH、溶氧(DO)、化学需氧量(COD)、生化需氧量(BOD)、总磷(TP)、非离子氨(UIA)共 8 项。前 4 项每 3d 早上 6:30—7:30 和下午 16:00—17:00 各观测两次;COD、UIA 每 5d 观测一次;BOD、TP 于实验的始、中、末各观测 3 次。浮游植物(Phyt.),浮游动物(Zoop.),叶绿素(Chl.),细菌(Bact.),原初生产力(PP)共 5 项,前 3 项每 7d 采样一次;后两项于实验的始、中、末各测定 3 次。

UIA 先用纳氏比色法测定总氨氮后再按 Emerson 等^[14]方法换算成 UIA 浓度;Chl. 是按照 Jeffery^[15]法分别求出 Chl. a, Chl. b 和 Chl. c, 最后取三者总和均值作为 Chl. 含量。其余各项指标均用常规法^[16—18]^③ 测定和计算。

效益综合指标(BSI)按下列公式计算:

$$BSI = (Y_n \times \bar{W}_t \times F_e)^{\frac{1}{3}}$$

式中: Y_n —— 每组围隔鱼的净产量(g); \bar{W}_t —— 鱼的平均尾增重(g); F_e —— 饲料效率(%)

① 作者博士论文待发表。

② 饲料配方:鱼粉 20%,豆饼 35%,麸皮 35%,粗面粉 10%,多维素 1%,矿物块 1%。

③ 中华人民共和国水利部,1990。水库渔业资源调查规范资料。

结果与分析

实验从 1990 年 8 月 19 日开始, 到 9 月 22 日结束, 其间表层水温从 28—30℃ 逐渐降到 22—23℃。

(一) 配养鲢对水质变化及负荷力的影响

1. 对理化因子的影响

实验前期未养鲤的 A 围隔群的 T 大于各养鲤围隔群。到中期(第 16d 后)各围隔群中配养鲢组的 T 明显大于未放鲢组(表 2), 其中高配养鲢组的 T 又大于低配养鲢组($p < 0.01$)。表明鲢的滤食有降低水中悬浮物的作用。各围隔组的 pH 变化为 7.0—8.7, 符合渔业水质标准^①。配养鲢对 pH 影响不明显($p > 0.05$)。而与各围隔群的载鲤量呈负相关, 而且差别显著($p < 0.01$)。显然这与投饵等有机质容量的不同有密切联系。DO 与载鲤量呈负相关, 不但各围隔群间差异极显著($p < 0.01$), 而且同一围隔群内差异也显著($p < 0.05$), 其 2:1 配养鲢组的 DO 有高于 3:1 配养组的趋势(表 3)。实验期间 B—D 三个围隔群从实验第 10d 开始先后都发生过鱼浮头的事故, 表明这三个围隔群的网箱养鲤超过水体负荷力。E 围隔群中未配养鲢的 I-1 号围隔在实验的第 27d 出现过一次 DO 低于 $3\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ($2.57\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$), 证明该号围隔是处于负荷力临界水平; 而配养鲢的 I、II 两组 DO 始终都在 $3\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 以上, 符合渔业水质标准。说明配养鲢有增加 DO 量的作用。COD 与各围隔群的载鲤量呈正相关(表 4), 并且群间差异显著($p < 0.05$)。各围隔群中配养鲢组的 DOS 明显低于未配养组($p < 0.05$); 高配养组有低于低配养组的趋势。UIA 与各围隔群的载鲤量呈正相关(表 4), 且差异极显著($p < 0.01$), 配养鲢对 UIA 的影响不明显。实验期间, 未养鲤投饵的 A 围隔 UIA 呈下降趋势, 其余各围隔群则先升后降, 这与后期围隔内壁附生藻类(主要是水绵 *Spirogyra*)逐渐增多有关。TP 与各围隔群的载鲤量正相关(表 4), 配养鲢组明显低于不配养组, 其中高配养量又低于低配养量组。显示了配养鲢有降低 TP 的作用, 这与鲢滤食有关。BOD 与配养鲢的关系不明显(表 5)。实验期间各围隔群的 BOD 都有所增加, 但都未超过 $5.0\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的渔业水质标准, 增加程度与各围隔载鲤量正相关。

2. 对生物因子的影响

Chl. 与各围隔群的载鲤量正相关(表 5), 并且差异极显著($p < 0.01$); 同一围隔群中配养鲢组明显低于未配养组($p < 0.01$), 其中高配养量组又低于低配养量组($p < 0.05$)。实验期间各未配养鲢组的 Chl. 也呈下降趋势。其原因可能有: 一是围隔内壁附生藻类逐渐增多, 由于竞争而抑制了浮游植物的生长; 二是微囊藻在浮游植物中逐渐占据优势, 漂浮于水面, 而水样采集是在水面下 0.5m; 三是实验期间水温逐渐下降。pp 的变化(表 5)与 Chl. 基本相同, 且说明了同样的问题。测定结果表明 Phyt. 的密度和生物量的变化与 Chl. 完全相同(表 6)。鲢不但滤食浮游植物, 而且还有抑制微囊藻的作用。这可从日常对各围隔内水华(主要是微囊藻)变化的观察中得到证实: 从实验开始到结束, 各不配养鲢的围隔

① 中华人民共和国国家标准: 渔业水质标准 GB11607—89

组内水华一直有增无减,而鲢的配养量分别为 $52.39 \cdot m^{-2}$ 、 $45.39 \cdot m^{-2}$ 和 $27.9 g \cdot m^{-2}$ 时围隔内的水华相应在实验的第 9、12 和 24d 先后都消失。Bact. 的数量与各围隔群的载鲤量正相关,与鲢的配养量负相关(表 5),表明了鲢的滤食对 Bact. 有抑制作用。Zoop. 的密度和生物量与各围隔群的载鲤量正相关(表 7),且差异显著(密度 $p < 0.01$,生物量 $p < 0.05$)。在同一围隔群间配养鲢组明显低于不配养鲢组,这一结果说明了鲢有抑制 Zoop. 的作用。但两个不同配养量的组间差别不明显。

3. 配养鲢对投饵网箱养鱼荷载力的影响

实验结果表明在水库进行投饵网箱养鲤并在箱外配养鲢起着降低水体的 COD、TP、Chl.、PP、Bact.、Phyt.、Zoop. 和有助提高 DO 与增大 T 的作用。显示了配养鲢能改善水质,因而也有助于提高投饵网箱养鱼的荷载力。

除 A 围隔群外,4 个实验围隔群中,只有 E 群的水质符合渔业水质标准。因此,E 围隔群中的 I、II 两组的单位面积载鱼量分别代表了投饵网箱养鲤和投饵网箱养鲤箱外配养鲢两种养鱼方式的荷载力。该两组显示的鲤鱼荷载力完全相同为 $2934 kg \cdot ha^{-1}$ (表 8)。但 I 组中的 I-1 号围隔的 DO 曾有一次低于 $3.0 mg \cdot L^{-1}$ (为 $2.57 mg \cdot L^{-1}$)的纪录,而 II 组中两个围隔从未出现此种情况,证明了配养鲢有提高网箱养鲤荷载力的作用。另外,从鲤、鲢两种鱼的总荷载力看,未配养鲢的 E 围隔群 I 组鲤的荷载力(以载鱼量表示)只有 $2934 kg \cdot ha^{-1}$,而配养鲢的 E 围隔群 II 组鲤,鲢总荷载力却达到了 $3964 kg \cdot ha^{-1}$,荷载力提高了 35%。

4. 配养鲢对养鱼效益的作用

各围隔组养鱼学指标的统计结果(表 8)表明配养鲢不仅提高了鲤净产量、生长率、饲料效率,而且还提高了养鱼的总产量(总载鱼量)和效益综合指标。其中 3:1 配养组优于 2:1 配养组,从代表荷载力的 E 群 I 组和 II 组看,配养鲢使鲤的饲料效率提高了 10%,总鱼产量提高了 35%。这一结果直接反映了配养鲢对养鱼效益具有积极作用。关于鲢的配养比,从水质测定结果表明 2:1 配养组优于 3:1 配养组;从各项养鱼学指标和效益的统计则说明 3:1 配养组优于 2:1 配养组。以代表荷载力的 E 围隔群的 I、II 两组比较看,在水质都符合渔业标准的条件下,3:1 配养组的养鱼学指标和效益都优于 2:1 配养组。

讨 论

1. 关于配养鲢对投饵网箱养鱼水质的影响

研究结果表明配养鲢降低了养鱼水体中的 TP、COD、原初生产力、叶绿素、浮游细菌和浮游动植物,有助于 DO、T 的增大,因而改善了水质,对水体生态平衡起了调节作用。这一结论支持了前面两种不同见解的一方。本实验配养鲢之所以能够抑制而不是促进浮游植物群落,笔者认为这可能与水体中浮游植物群落个体大小的组成有关。本实验中较大个体($>20 \mu m$)或群体的种类占浮游植物生物量的 85% 以上^①,而在已见报道的增加浮游植物数量的材料中则都是以鲢不易滤食的小型种类为主。

^① 作者博士论文待发表。

表2 各组围隔透明度的变化(cm)
Tab. 2 The variation of the transparency in each group of enclosure

围隔 Enclosure	组 Group	观 测 期 Observed date (day)																
		上 午			A. M.			下 午			P. M.							
群 Species	2	6	10	13	16	20	24	27	30	33	6	10	16	20	24	27	30	33
A	I	122	163	200	210	200	220	249	254	210	225	165	210	190	247	255	245	225
	II	120	155	210	190	215	195	240	246	215	240	160	195	205	285	255	260	245
	III	120	162	225	245	216	261	262	255	222	223	170	227	215	330	276	305	267
B	I	119	160	145	180	185	135					145	110	145	115			
	II	115	168	165	165	210	170					150	140	195	190			
	III	115	165	182	185	228	200					145	155	195	235			
C	I	106	155	170	195	207	200					145	130	175	175			
	II	113	162	192	195	315	213					160	140	241	237			
	III	110	165	180	175	321	217					150	155	255	247			
D	I	110	155	185	170	180	155	165	160			151	120	125	160	165	140	
	II	112	162	185	195	290	220	195	205			145	140	270	262	250	205	
	III	113	161	195	203	295	240	139	219			165	127	265	240	237	220	
E	I	117	156	180	187	193	175	197	175	155	160	155	120	140	175	180	155	145
	II	112	155	190	180	260	220	210	210	200	200	145	132	220	265	250	220	210
	III	115	162	200	195	265	210	230	226	200	225	165	135	220	217	230	277	235

表3 各组围隔溶氧的变化($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
Tab. 3 The variation of the dissolved oxygen in each group of enclosure

围隔 Enclosure	组 Group	观测日期 Observed date (day)												下 午 P.M.					
		上 午 A.M.						下 午 P.M.											
群 Species	2	6	10	13	16	20	24	27	30	33	6	10	16	20	24	27	30	33	
A	I	7.22	8.52	7.58	7.36	7.82	7.93	7.61	8.06	8.08	8.32	10.35	9.89	9.50	9.83	9.58	9.19	9.88	
	II	7.40	7.56	7.28	7.05	7.45	8.12	7.10	7.76	8.13	8.30	10.30	8.53	9.86	9.58	8.37	9.48	9.18	10.09
	III	7.20	7.48	7.20	7.07	7.30	7.51	6.85	8.26	8.15	8.16	10.10	9.01	8.87	9.03	8.07	9.23	9.19	9.53
B	I	6.98	6.91	1.40	1.01	0.92	0.38					9.80	10.02	5.62	7.21				
	II	6.73	5.85	1.50	0.81	0.49	0.35					8.86	7.22	4.12	4.54				
	III	6.80	5.81	1.36	0.82	1.01	0.42					9.07	9.41	4.00	4.24				
C	I	7.14	7.64	3.18	2.68	3.45	1.20					10.56	11.08	7.89	6.69				
	II	7.15	7.06	3.44	2.25	2.81	1.26					9.91	10.33	7.07	6.95				
	III	7.20	7.26	3.32	2.23	2.48	0.96					9.73	10.23	5.85	7.87				
D	I	7.35	7.84	3.72	2.72	4.26	1.11	3.37	2.09			10.61	12.96	10.32	7.86	6.29	12.83		
	II	7.22	8.00	4.36	3.45	4.00	1.52	3.83	2.41			10.46	11.74	7.64	6.50	6.61	9.08		
	III	7.30	7.67	4.60	2.79	4.20	1.57	3.90	2.47			10.50	12.55	6.91	7.59	7.18	8.91		
E	I	7.39	7.83	4.40	3.21	4.47	3.63	4.57	3.12*	5.41	5.67	10.54	11.40	10.41	8.48	7.42	11.34	9.58	15.82
	II	7.44	7.95	4.70	3.46	4.45	3.02	4.22	3.16	4.92	4.36	10.49	12.96	8.01	7.78	7.02	8.81	9.16	12.48
	III	7.60	8.13	4.88	3.72	4.27	3.05	4.26	3.90	5.39	5.57	10.47	12.24	8.46	8.29	6.81	10.18	10.13	14.52

*其中 I-1 围隔为 $2.57 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, I-2 围隔为 $3.67 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$

表4 各组围隔化学需氧量、非离子氮和总磷的变化

Tab. 4 The variation of the COD, UIA and TP in each group of enclosure

围隔 Enclosure	组 Group	化学需氧量 COD (mg · l ⁻¹)										非离子氮 UIA (×10 ⁻³ mg · l ⁻¹)						总磷 TP (×10 ⁻³ mg · l ⁻¹)			
		1	5	10	15	21	26	34	1	5	10	15	21	26	34	1	15	21	33		
A	I	3.64	4.28	3.32	3.84	3.81	3.93	3.32	6.9	9.9	8.7	1.0	1.2	0.2	1.3	4.1	2.4	1.5	1.5		
	II	3.64	3.53	3.60	3.92	3.56	3.26	3.16	6.9	19.4	8.3	—	0.4	0.5	1.1	4.1	2.7	1.3	1.5		
	III	3.64	4.30	3.04	3.59	3.07	3.41	2.92	6.9	7.3	4.9	—	—	0.4	0.4	4.1	2.1	1.5	2.9		
B	I	3.64	4.08	5.42	6.74	7.01	6.76	7.09	6.9	11.6	2.7	25.4	23.5	14.8	2.7	4.1	26.3	42.9	39.0		
	II	3.64	4.08	5.25	5.83	5.76	5.81	6.27	6.9	6.3	2.9	26.4	35.6	13.4	4.5	4.1	27.7	39.3	33.3		
	III	3.64	4.18	5.39	5.37	5.10	5.15	4.62	6.9	4.8	3.9	17.0	34.7	13.0	2.1	4.1	20.3	30.6	24.0		
C	I	3.64	3.73	4.93	4.46	5.18	4.60	4.26	6.9	26.5	5.9	12.0	26.5	12.0	0.9	4.1	9.5	22.5	12.3		
	II	3.64	4.12	4.27	4.90	5.80	4.83	4.09	6.9	14.0	6.4	24.4	17.3	12.5	1.6	4.1	11.0	22.0	16.8		
	III	3.64	3.80	4.15	4.32	5.17	4.58	4.15	6.9	8.8	5.6	15.7	18.8	12.7	0.9	4.1	7.8	18.0	10.1		
D	I	3.64	4.08	3.85	5.41	5.37	5.22	5.78	6.9	11.9	3.6	2.1	14.8	2.1	1.0	4.1	10.6	22.6	20.7		
	II	3.64	4.02	4.32	4.66	4.62	4.75	3.90	6.9	11.1	4.1	4.9	13.3	2.2	1.5	4.1	7.7	15.7	8.7		
	III	3.64	3.54	3.82	4.87	5.11	4.42	4.22	6.9	9.9	5.8	1.2	3.6	2.0	0.7	4.1	7.7	18.6	11.4		
E	I	3.64	3.84	4.12	4.36	4.96	4.78	4.52	6.9	16.7	11.9	0.7	13.1	2.4	3.0	4.1	8.8	14.9	8.2		
	II	3.64	3.72	3.91	4.43	4.53	4.88	4.05	6.9	1.3	6.1	0.7	4.7	2.9	2.4	4.1	7.6	10.7	7.9		
	III	3.64	3.76	4.32	4.06	4.33	4.32	3.60	6.9	8.8	2.5	0.5	4.0	2.4	7.3	4.1	6.3	13.0	6.6		

表5 各组围隔生化需氧量、叶绿素、原初生产力和细菌的测定结果

Tab. 5 Determinate results of BOD, Chl., PP and Bact. in each group of enclosure

群 组	围 隔 Enclosure	生化需氧量 BOD (mg · l ⁻¹)			叶绿素 Chl. (μg · l ⁻¹)			原初生产力 PP (mg · l ⁻¹)			细 菌 Bact. (×10 ⁴ ind · ml ⁻¹)					
		1	22	33	1	5	12	19	26	34	1	18	32	1	22	34
A	I	1.65	1.19	4.14	21.90	9.70	4.30	7.30	4.35	5.30	2.25	1.50	1.38	4.25	19.50	0.50
	I	1.65	0.99	2.37	21.90	10.10	7.80	5.55	4.35	4.45	2.25	—	0.93	4.25	2.80	2.10
	■	1.65	1.39	1.89	21.90	10.60	9.95	4.20	5.10	4.35	2.25	1.52	0.37	4.25	2.55	1.15
B	I	1.65	4.66	—	21.90	13.15	22.10	12.10	23.60	25.90	2.25	2.92	5.06	4.25	326.00	
	I	1.65	3.09	—	21.90	8.30	13.70	9.35	15.75	10.55	2.25	0.46	4.27	4.25	17.00	
	■	1.65	2.27	—	21.90	3.60	12.45	6.75	8.50	6.35	2.25	0.38	1.26	4.25	8.50	
C	I	1.65	2.85	2.37	21.90	8.15	16.00	11.10	10.15	20.55	2.25	2.57	2.40	4.25	6.80	
	I	1.65	2.97	2.41	21.90	5.45	10.50	4.60	12.60	6.45	2.25	—	0.74	4.25	0.50	
	■	1.65	3.10	3.08	21.90	2.95	10.70	4.00	11.20	9.75	2.25	0.86	0.72	4.25	0.50	
D	I	1.65	3.82	—	21.90	7.00	16.45	8.75	14.20	24.30	2.25	3.66	5.11	4.25	0.65	
	I	1.65	1.99	—	21.90	7.00	8.25	2.95	9.50	7.80	2.25	0.19	2.54	4.25	0.70	
	■	1.65	1.87	—	21.90	2.10	8.65	4.30	8.40	7.05	2.25	1.11	1.45	4.25	0.70	
E	I	1.65	1.64	1.71	21.90	7.25	12.50	11.95	7.25	14.15	2.25	5.17	4.03	4.25	0.95	2.30
	I	1.65	1.71	1.85	21.90	5.25	8.60	4.50	6.10	8.30	2.25	2.01	0.89	4.25	0.45	4.80
	■	1.75	2.82	1.58	21.90	2.85	7.55	4.40	4.25	6.90	2.25	2.14	0.42	4.25	0.50	1.45

表 6 各组围隔浮游植物测定结果
Tab. 6 Determinate results of phytoplankton in each group of enclosure

围隔 Enclosure	组 Group	密度 Density ($\times 10^4$ ind \cdot l $^{-1}$)						生物量 Biomass (mg \cdot l $^{-1}$)						平均 Average	
		1	5	12	19	26	34	Average	1	5	12	19	26	34	
A	I	1323	957	440	600	499	405	705±363	4.15	2.27	2.43	1.76	2.47	1.42	2.41±0.94
	I	1323	700	752	505	413	367	676±351	4.15	1.88	1.98	1.24	1.30	0.67	1.87±1.21
	■	1323	636	403	369	324	405	576±381	4.15	2.02	1.27	1.28	1.02	0.70	1.74±1.25
B	I	1323	1147	1764	2165	4826	2841	2344±1360	4.15	4.76	6.52	2.31	5.09	3.99	4.47±1.39
	I	1323	785	1410	1335	2558	2071	1580±630	4.15	2.67	1.96	1.22	1.47	0.95	2.07±1.18
	■	1323	805	1565	518	428	328	827±508	4.15	3.03	1.40	0.69	0.80	0.69	1.79±1.46
C	I	1323	880	2000	903	3426	1414	1657±958	4.15	3.10	3.84	2.25	2.93	0.82	2.85±1.20
	I	1323	690	1485	482	1125	761	977±393	4.15	2.18	3.81	1.97	1.71	0.74	2.42±1.30
	■	1323	620	1647	348	600	537	845±514	4.15	2.11	3.28	1.55	1.02	0.56	2.11±1.37
D	I	1323	1018	2566	1776	2896	1434	1835±742	4.15	3.76	5.14	2.13	2.94	2.95	3.51±1.06
	I	1323	794	2622	101	683	700	1037±868	4.15	2.74	1.54	0.23	1.51	0.92	1.84±1.39
	■	1323	451	2549	81	374	600	896±909	4.15	3.41	2.33	0.29	0.40	0.77	1.89±1.65
E	I	1323	747	4391	910	1305	2582	1876±1390	4.15	2.49	4.34	1.19	2.22	1.70	2.68±1.29
	I	1323	964	2642	181	544	736	1065±863	4.15	1.90	2.41	0.38	0.51	0.96	1.71±1.43
	■	1323	499	2589	441	594	537	997±845	4.15	1.70	1.87	0.32	0.49	0.44	1.49±1.46

表7 各组围隔浮游动物观测结果

Tab. 7 Results of zooplankton in each group of enclosure

围隔 Enclosure	群组 Group	密度($\times 10^4$ ind. $\cdot 1^{-1}$)						生物量 Biomass (mg $\cdot 1^{-1}$)						平均 Average	
		观测日期 Observed date (day)						观测日期 Observed date (day)							
		1	5	12	19	26	34	Average	1	5	12	19	26	34	
A	I	1605	1165	910	655	578	552	910±412	3.98	3.78	2.71	1.33	1.73	0.67	2.37±1.34
	II	1605	1094	884	535	664	468	880±429	3.98	1.70	1.70	0.71	0.98	0.45	1.59±1.28
	III	1605	942	869	524	693	452	847±416	3.98	1.34	0.75	0.98	0.72	0.40	1.53±1.32
B	I	1605	2943	10378	2858	11691	1931	5234±4541	3.98	0.97	6.35	2.51	2.81	2.21	3.13±1.84
	II	1605	1728	1222	6438	9392	3999	4049±3274	3.98	1.22	1.72	1.22	1.10	0.57	1.64±1.21
	III	1605	1380	7218	4765	1328	1654	2991±2452	3.98	1.57	1.84	0.85	0.61	0.65	1.58±1.27
C	I	1605	2682	11997	4297	5658	4202	5073±3671	3.98	2.92	2.74	1.34	2.01	2.92	2.65±0.89
	II	1605	1385	5466	2407	1376	5193	2905±1917	3.98	1.58	2.09	1.13	0.43	0.87	1.67±1.27
	III	1605	1525	3922	2569	2790	3483	2649±969	3.98	1.47	2.05	0.61	1.05	0.80	1.66±1.24
D	I	1605	2486	8436	4248	4254	2733	3960±2425	3.98	3.69	4.67	1.87	2.45	3.04	3.28±1.03
	II	1605	1768	3681	596	1854	3792	2216±1261	3.98	2.67	3.32	0.84	0.67	0.84	2.05±1.45
	III	1605	1159	3712	535	910	3588	1918±1386	3.98	2.04	2.81	1.18	0.43	0.92	1.89±1.32
E	I	1605	2103	3758	1312	3502	1731	2335±1037	3.98	3.94	4.24	1.55	0.86	1.59	2.69±1.51
	II	1605	1387	3933	731	820	1224	1466±836	3.98	2.17	2.25	0.60	0.92	0.66	1.76±1.31
	III	1605	1241	3106	732	1416	1238	1558±832	3.98	1.58	2.13	0.65	0.38	0.39	1.45±1.45

表 8 各组围隔养鱼学指标
Tab. 8 Indexes of fish farming in each group of enclosure

围隔 Enclosure		鲤 Jian carp					鲢 Silver carp		总净产量 T. N. P (g)	总载鱼量 T. C. C (kg · ha)
群	组	净产量 N. P (g)	生长率 G. R (%)	饲料效率 F. E (%)	载鱼量 C. C (kg · ha)	效益综合指标 BSI	净产量 N. P (g)	生长率 G. R (%)		
A	I						55.0	68.8	55.0	471.2
	II						51.2	39.5	51.2	633.3
	III									
B	I	373.9	34.8	18.4	5065.5	11.5			373.9	5064.5
	II	418.8	38.6	20.8	5260.5	12.9	230.0	63.9	648.8	7320.7
	III	465.3	43.3	22.0	5379.0	14.1	295.0	52.5	760.3	8365.2
C	I	394.9	54.5	24.6	3912.0	15.7			394.9	3913.0
	II	495.0	64.2	29.7	4155.0	19.0	220.0	87.8	715.0	5796.9
	III	424.7	58.6	26.8	4015.5	16.9	273.0	73.9	698.1	6262.1
D	I	285.0	52.8	24.1	2880.0	13.5			285.0	2881.4
	II	340.0	63.0	28.7	3073.5	16.1	195.0	108.4	535.0	4382.2
	III	282.0	52.4	25.0	2863.5	13.6	220.0	81.5	502.0	4574.3
E	I	410.0	95.4	40.8	2934.0	21.4			410.0	2934.0
	II	410.0	95.4	44.3	2934.0	22.0	145.0	96.7	555.0	3964.0
	III	325.0	75.6	41.7	2637.0	18.5	215.0	100.0	540.0	4138.1

Taylor^[19]认为随着水体富营养化水平的提高,浮游动物的种类组成会趋向小型化,而浮游植物则相反。投饵网箱养鱼不可避免地会促进水体富营养化进程,因而大个体浮游植物所占比例较大这可能是普遍现象。由此可推论在投饵网箱养鱼的水库配养鲢能抑制浮游植物的繁殖,延缓水体富营养化进程,提高单位水面养鱼的荷载力。

2. 投饵网箱养鱼水库配养鲢的合理性

配养鲢能改善水质,因而提高了养鲤的效益;另一方面,投饵养鲤直接或间接地改进了鲢的饵料条件,因而又能提高鲢的产量。本实验在未养鲤的A围隔群中II、III两组其鲢的平均净产量为186.1kg · ha⁻¹,而在养鲤的B—E群中其鲢的净产量依次是917.5,861.4,725.3和628.3kg · ha⁻¹,其净产量提高3.4—4.9倍。

总之,在同一水库进行投饵网箱养鱼,又在箱外合理配养滤食性鱼类,做到精养与粗放相结合能使两种养鱼方式相得益彰。这不仅能提高鱼产量,降低养鱼成本提高养鱼效益,而且还合理利用水体空间和饵料,对水体的生态平衡起着调节作用。因此,在养鱼生产实践中值得推广。

参 考 文 献

- [1] 刘建康。东湖渔业增产试验综述。海洋与湖沼,1980,11(2):185—188。
- [2] 陈少莲等。鲢、鳙在东湖生态系统的氮、磷循环中的作用。水生生物学报,1991,15(1):8—26。
- [3] 饶铁生等。武汉东湖浮游植物的演变(1956—1975)和富营养化问题。水生生物学集刊,1980,(1):1—18。
- [4] 钱凯先。国内外湖泊富营养化研究及对策。环境科学,1988,9(2):59—63。

- [5] 舒金华。湖泊富营养化及其防治方法。水资源保护,1985,(1):34—35。
- [6] Beveridge M C. Cage and pen fish farming—carrying capacity models and environmental impact. 1984, FAO *Fish Tech. Pap.*, 1984, **225**:88.
- [7] Miura T, Liu J K. East lake, A phytoplanktivorous fishes dominated lake ecosystem. Kyoto: Kyoto University Press, 1989:142.
- [8] 史为良等。放养鲢、鳙对水体富营养化的影响。大连水产学院学报,1989, **14**:11—23。
- [9] 汪松林。鲢鱼放养密度对浮游生物及初级产量的影响。水产科学,1986, **6**(1):59—61。
- [10] Burke J S, Bayne D R, Rea H. Impact of silver and bighead carps on plankton communities of channel catfish ponds. *Aquaculture*, 1986, **55**:59—68.
- [11] Janusko M. The effect of three species of phytoplanktivorous fish on algae development. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, 1974, **21**:431—454.
- [12] Janusko M. The influence of silver carp on eutrophication of the environment of carp ponds. II. Phytoplankton. *Roczn. Nauk Roln. Ser. H Rybactwo*, 1987, **99**:55—79.
- [13] Opuszynski K. Silver carp in carp ponds II. Influence on ecosystem. *Ekol. Pol.*, 1979, **27**:117—133.
- [14] Emerson K, et al. Aqueous ammonia equilibrium calculation: effect of pH and temperature. *J. Fish. Res. Board. Can.*, 1975, **32**:2379—2383.
- [15] Jeffery S W, Humphrey G F. New spectrophotometric equations for determining chlorophyll a, b, c₁ and c₂ in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol. Bd.*, 1975, **167**:191—194.
- [16] 中国科学院水生生物研究所。淡水渔业增产新技术。南昌:江西科学技术出版社,1988;545—641。
- [17] 全国主要湖泊水库富营养化调查研究课题组编。湖泊营养化调查规范。北京:中国环境科学出版社,1987。
- [18] 胡鸿钧等编著。中国淡水藻类。上海:上海科学技术出版社,1979。
- [19] Taylor W D. Phosphorus flux through epilimnetic zooplankton from lake Ontario: relationship with body size and significance to phytoplankton. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 1984, **41**:1702—1712.

THE IMPACT OF FILTER-FEEDING FISH ON THE CARRYING CAPACITY OF RESERVOIRS FOR FEEDING-CAGE-CULTURE OF FISH

Xiong Bangxi* Li Deshang Li Qi and Cao Jimin

(Ocean University of Qingdao 266003)

Abstract

This paper deals with the impact of stocking silver carps into fish farming reservoirs on the carrying capacity of the reservoirs for feeding-cage-culture of common carps. 30 enclosures were used in the experiment. Every enclosure was 5 m in deep and 14.3 m³ in capacity. 8 physical and chemical factors and 5 biological factors were examined periodically during the experiment, and results of fish rearing of every enclosure were analysed in the end. Results indicated that stocking of silver carps improved water quality obviously in respects of DO, COD and TP, and remarkably diminished phytoplankton, zooplankton and planktonic bacteria in the water. Thereby it improved the results of carp rearing distinctly in terms of net production, growth rate, and food efficiency, and increased the total fish production and total carrying capacity by 35%.

As for the optimum stocking ratio (by weight) of common carp to silver carp, it was found out in the experiment that 3 : 1 is superior to 2 : 1.

Key words Feeding-cage, Carrying capacity, Enclosure, Common carp, Impact of silver carp, Reservoir

* Present address: Department of Fishery, Huazhong Agriculture University, Wuhan.