

黄颡鱼优质高效养殖模式鲢最适混养密度研究

秦 钦, 蔡永祥, 王明华, 唐晟凯, 彭 刚, 边文冀

(江苏省淡水水产研究所, 江苏 南京 210017)

[摘要] 通过开展黄颡鱼养殖池塘水质调控试验, 研究黄颡鱼优质高效养殖模式鲢最适混养密度. 在黄颡鱼养殖池塘安装围隔 ($3\text{ m} \times 9\text{ m} \times 1.7\text{ m}$) 6 个, 引入黄颡鱼养殖肥水, 以不投放任何鱼类亦不投饵的围隔 I 为对照组, 围隔 II 不投饵放养白鲢 25.70 g/m^2 , 围隔 III~VI 投饵养殖黄颡鱼 4.8 ind/m^2 , 并分别混养鲢鱼 $Q\ 51.85, 105.19, 150\text{ g/m}^2$. 黄颡鱼平均规格为 $13.7 \pm 0.8\text{ g}$, 鲢平均规格为 $157.0 \pm 8.5\text{ g}$. 监测浮游动物 (ind/L), 浮游植物 (mg/L), 叶绿素 $a\ \text{Chl}a\ (\mu\text{g/L})$ 、透明度 $SD(\text{cm})$ 、化学耗氧量 $\text{COD}_{\text{Mn}}(\text{mg/L})$ 、总氮 $\text{TN}(\text{mg/L})$ 、总磷 $\text{TP}(\text{mg/L})$ 等指标, 并收集成活率、收获量等数据. 综合试验结果可以得出: 黄颡鱼养殖密度 4.8 ind/m^2 、混养鲢密度 105.19 g/m^2 的养殖模式, 水体 $\text{Chl}a$ 、 SD 、 TN 、 TP 、 COD_{Mn} 指标与对照组相比差异不显著 ($P > 0.05$), 水质环境良好; 与其余养殖模式相比, 其鲢生物量增幅最大, 黄颡鱼成活率、增重率均最大, 养殖产量高.

[关键词] 黄颡鱼, 鲢, 水质调控, 高产高效, 养殖模式

[中图分类号] S963 [文献标识码] B [文章编号] 1672-1292(2009)01-0078-06

Study on the Optimum Mixed Culture Density of Silver Carp for High Production and High Efficiency Culture Mode of Yellow Catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*)

Qin Qin, Cai Yongxiang, Wang Minghua, Tang Shengkai, Peng Gang, Bian Wenji

(Freshwater Fisheries Research Institute of Jiangsu Province, Nanjing 210017, China)

Abstract To investigate the optimum mixed culture density of silver carp for high production and high efficiency culture mode of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*), a trial on application of silver carp to water quality control of yellow catfish culture pond was carried out. Installed 6 enclosures ($3\text{ m} \times 9\text{ m} \times 1.7\text{ m}$) in yellow catfish culture pond and the rich water of yellow catfish culture was introduced. The first enclosure was control group, which had no fish stocking and bait casting. Stocked 25.70 g/m^2 silver carp in the second enclosure with no bait casting. In the third to sixth enclosures, stocked $Q\ 51.85, 105.19, 150\text{ g/m}^2$ silver carp separately and cultured 4.8 ind/m^2 yellow catfish with bait casting. The average size of yellow catfish and silver carp were $13.7 \pm 0.8\text{ g}$ and $157.0 \pm 8.5\text{ g}$. Zooplankton (ind/L), Phytoplankton (mg/L), $\text{Chl}a\ (\mu\text{g/L})$, $SD(\text{cm})$, $\text{COD}_{\text{Mn}}(\text{mg/L})$, $\text{TN}(\text{mg/L})$, $\text{TP}(\text{mg/L})$ and some other indexes were detected, survival rate and harvest yield were collected as well. It can be concluded that The culture mode in which 4.8 ind/m^2 yellow catfish and 105.19 g/m^2 silver carp were stocked together was ecological environment better and farming yield higher, as the water quality indexes on $\text{Chl}a$, SD , TN , TP , COD_{Mn} of its had no significant differences with those of the control group ($P > 0.05$), and the silver carp biomass of increase and the survival weight gain rates of yellow catfish of its were highest among four mixed culture modes.

Key words yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*), silver carp, water quality control, high production and high efficiency culture mode

黄颡鱼 (*Pelteobagrus fulvidraco*) 俗称黄姑鱼、黄腊丁, 分类学上隶属鲇形目, 鲇科, 黄颡鱼属. 因其肉嫩味美、营养丰富、无鳞少肌间刺, 而深受国内外广大消费者喜爱. 近年来黄颡鱼主养池塘单产有了较大幅度的提高, 据报道黄颡鱼亩产量在 $170 \sim 390\text{ kg}$, 普遍水平在 $250 \sim 350\text{ kg}$. 但目前黄颡鱼高密度主养池塘大

收稿日期: 2008-07-07

基金项目: 国家“十一五”支撑计划专题 (2006BAD03B07-04)、江苏省科技厅 (BC2006353) 资助项目.

通讯联系人: 边文冀, 研究员, 研究方向: 水产动物遗传育种与养殖生态. E-mail: JS6060@sina.com

量投入饲料等外源性物质, 忽视对池塘生态系统的调控, 导致水质恶化、病害频发, 影响了黄颡鱼的生长和品质. 本文利用滤食性鱼类鲢调控黄颡鱼主养池塘生态环境, 尝试结合黄颡鱼高产养殖技术和生物操纵手段, 探讨高产高效黄颡鱼养殖池塘鲢最适混养密度, 建立优质高效养殖模式, 提高经济效益与生态效益.

1 材料与方法

1.1 试验材料

本实验在江苏省淡水水产研究所基地黄颡鱼养殖池 (36 m × 25 m × 1.5 m) 进行. 实验从 2007 年 9 月 10 日正式开始, 至 2007 年 11 月 14 日结束. 试验用黄颡鱼与鲢均为基地当年繁育的大规格苗种, 黄颡鱼规格为 13.7 ± 0.8 g 鲢规格为 157.0 ± 8.5 g

1.2 研究方法

在黄颡鱼养殖池建造、安装高密度涂塑聚乙烯围隔 (3 m × 9 m × 1.7 m) 6 个, 引入黄颡鱼养殖肥水, 每个围隔水容量约为 40.5 m³, 并与外界水体隔绝, 围隔内均设置增氧装置. 以不投放任何鱼类亦不投饵的围隔 I 为对照组. 以围隔 II ~ VI 为试验组, 其中围隔 II 不投饵放养白鲢 25.70 g/m²; 围隔 III ~ V 投饵养殖黄颡鱼, 按黄颡鱼养成亩产量为 300~350 kg 的高产模式, 设计黄颡鱼养殖密度 4.8 尾/m², 并混养鲢鱼 0~105 g/m², 具体投放情况如表 1 所示.

表 1 试验用鱼投放情况

Table 1 Stocking cases of trial fish

围隔 编号	黄颡鱼 投放数量 /尾	黄颡鱼 总初重 /g	黄颡鱼 均初重 /g	黄颡鱼投放密 度 /(尾 /m ²)	鲢投放 数量 /尾	鲢 总初重 /g	鲢 均初重 /g	鲢投放 密度 /(g/m ²)
I	0	0	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	5	694	138.80	25.70
III	130	1 786	13.74	4.81	0	0	0	0
IV	130	1 830	14.08	4.81	9	1 400	155.56	51.85
V	130	1 836	14.12	4.81	18	2 840	157.78	105.19
VI	130	1 835.6	14.12	4.81	25	4 050	162.00	150

放养黄颡鱼的各围隔等量投喂, 日投饵量为黄颡鱼总体重的 3~5%, 每周根据摄食情况进行调整. 在实验期间, 如发现有鱼死亡, 立即按相同数量和大小加以补充.

浮游生物和水化学监测为叶绿素 a Chla (μg/L)、透明度 SD (cm)、化学耗氧量 COD_{Mn} (mg/L)、总氮 TN (mg/L)、总磷 TP (mg/L) 指标每星期采样分析一次, 浮游动物 (ind./L) 和浮游植物 (mg/L) 指标约 20 天采样分析一次, 采样时间为 15:00 开始, 上述指标均按常规方法测定^[1,2], 采集的水样为每个围隔上层与下层水的混合样. 对所得数据进行绘图分析, 并对水质分析结果进行 T-test

2 试验结果

2.1 黄颡鱼与鲢不同混养密度对浮游动物群落的影响

浮游动物定量分析结果如表 2 所示. 在 4 次采样中, 浮游动物总平均数量为 3 326.95 个/L, 其中个数最多的是原生动物, 平均为 1 535.79 个/L, 占总个数的 46.16%; 其次是轮虫, 为 1 110.16 个/L, 占 33.37%; 桡足类为 433.47 个/L, 占 13.03%; 枝角类为 247.53 个/L, 占 7.44%. 每个试验阶段, 围隔 II 中轮虫、桡足类的数量少于对照组相应数量, 分别为对照组的 47.36% 和 55.86%; 枝角类数量相差不大, 为对照组的 104.35%; 原生动物数量多于对照组中的数量, 为对照组的 203.55%. 围隔内浮游动物群落结构变化如图 1 所示, 各大类浮游动物的数量随时间而变化, 轮虫、枝角类、桡足类的数量逐渐减少, 而原生动物的数量逐渐增加. 综合浮游动物群落的试验结果可以看出, 投放鲢鱼有使浮游动物群落小型化的趋势.

2.2 黄颡鱼与鲢不同混养密度对浮游植物群落的影响

浮游植物定量分析结果如表 2 所示. 在 4 次采样中, 浮游植物总平均生物量为 23.97 mg/L, 其中生物量最大的是裸藻门, 平均 12.83 mg/L, 占总平均生物量的 53.52%; 其次是蓝藻门, 6.55 mg/L, 占 27.35%; 绿藻门为 2.93 mg/L, 占 12.22%; 硅藻门为 0.32 mg/L, 占 1.33%; 其它为 1.34 mg/L, 占 5.59%. 围隔内浮游植物群落结构变化如图 2 所示. 绿藻门生物量快速降低; 蓝藻门生物量先逐渐升高, 在 10 月份达到较高水平, 而后在 11 月份降至较低水平, 4 次采样 10 个围隔内蓝藻门平均生物量的变化范围为 2.73~11.49

mg/L; 裸藻门平均生物量在整个试验期间均最大, 4 次采样 10 个围隔内裸藻门平均生物量的变化范围为 9.97~18.46 mg/L 在 9、10 月份, 浮游植物生物量均维持在较高水平, 11 月份浮游植物生物量明显减少.

表 2 围隔内浮游动植物测定结果

Table 2 The results of determination on zooplankton and phytoplankton in the enclosures

试验 时间	围隔 编号	浮游动物组成 /(ind /L)				浮游植物组成 /(mg/L)					浮游植物 生物量
		原生动物	轮虫	枝角类	桡足类	蓝藻	绿藻	裸藻	硅藻	其它	
9. 12	I - VI	345	16 556	1 097	847	8.33	5.85	18.46	1.48	3.19	37.31
	I	189	377	101	1 698	5.31	6.82	7.46	0.8	7.46	27.85
	II	3 623	109	112	863	6.57	6.96	21.1	0.63	2.64	37.9
	III	192	1 635	288	769	6.62	6.85	3.31	0.2	0.83	17.81
	IV	89	294	98	392	3.61	4.96	10.34	0.21	2.59	21.71
	V	98	95	476	571	4.75	4.07	10.05	0.2	0.12	19.19
	VI	95	95	286	286	4.07	0.9	7.53	0.1	5.27	17.87
9. 24	平均	714.33	434.17	226.83	763.17	5.16	5.09	9.97	0.36	3.15	23.72
	I	4 496	298	95	212	11.58	1.21	10.55	0.42	0.07	23.83
	II	4 712	206	96	198	9.48	2.48	26.37	0.1	0.02	38.45
	III	492	694	384	579	13.96	3.11	4.32	0.63	2.64	24.66
	IV	209	98	93	292	21.86	1.69	13.19	0.21	0.19	37.14
	V	2 107	96	476	306	6.25	4.75	15.82	0.1	0.15	27.07
	VI	598	98	311	198	5.78	3.53	13.19	0.63	0.17	23.3
10. 22	平均	2 102.33	248.33	242.50	297.50	11.49	2.80	13.91	0.35	0.54	29.08
	I	1 619	64	57	95	1.78	0.15	6.23	0.02	0.01	8.19
	II	6 199	35	56	59	1	0.42	13.19	0.01	0.01	14.63
	III	755	94	189	283	4.73	0.55	12.49	0.05	0.01	17.83
	IV	806	56	103	198	2.93	0.58	21.64	0.03	0	25.18
	V	1 498	97	193	198	1.58	0.32	15.82	0.05	0.03	17.8
	VI	1 058	96	192	192	4.35	0.45	12.68	0.2	0.05	17.73
11. 12	平均	1 989.17	73.67	131.67	170.83	2.73	0.41	13.68	0.06	0.02	16.89
	总平均数	1 535.79	110.16	247.53	433.47	6.55	2.93	12.83	0.32	1.34	23.97

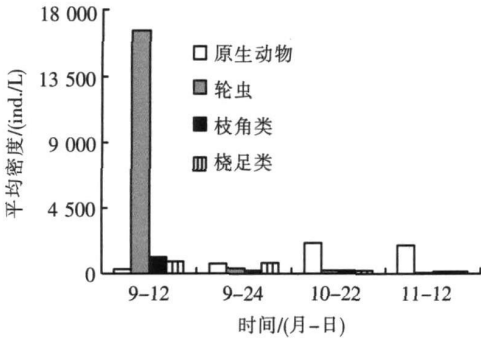


图 1 围隔内浮游动物群落结构变化

Fig.1 Changes of the average amount of zooplankton in enclosures

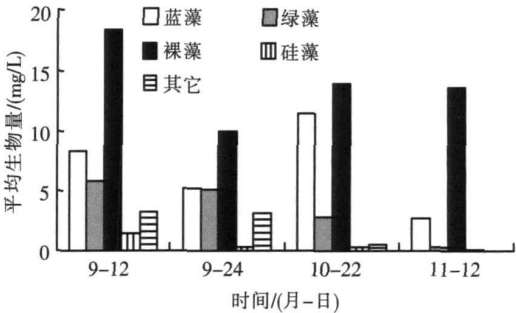


图 2 围隔内浮游植物群落结构变化

Fig.2 Changes of the average biomass of phytoplankton in enclosures

各处理浮游植物生物量变化如图 3 所示. 围隔 I 藻类总生物量平均为 19.96 mg/L; 在每个试验阶段, 围隔 II、III、IV、V 水体中的藻类总生物量分别比对照组高 51.96%、0.72%、40.33%、6.7%. 围隔 VI 水体中的藻类总生物量比对照组低 1.62%. 各围隔藻类总生物量的差异主要是由于裸藻门生物量的差异引起的, 其余各门生物量相差不大. 综合浮游植物群落的结果分析可以看出, 25.7~51.85 g/m² 的鲢密度有促进藻类生物量增长的作用, 而 105.19~150 g/m² 的鲢密度的黄颡鱼养殖池塘藻类生物量较小.

2.3 黄颡鱼与鲢不同混养密度对水体叶绿素 a 含量和透明度的影响

围隔中水体的 Chla 含量变化如图 4 所示. 试验开始至 9 月 24 日, 水体中 Chla 含量总体呈上升趋势, 各围隔水体中 Chla 含量较高, 差异较大. 9 月 10 日水体中初始 Chla 含量为 15.56 μg/L; 9 月 17 日各围隔平均 Chla 含量为 27.57 μg/L, 变动范围为 9.65~61.3 μg/L; 9 月 24 日平均为 39.65 μg/L, 变动范围为 13.39~73.13 μg/L; 10 月 1 日至 8 日, 气温骤降, 围隔水体中 Chla 含量趋同; 10 月 22 日至 29 日, 气温回

升,各围隔水体中 Chla 含量升高,差异有增大的趋势; 10月 22日各围隔平均 Chla 含量为 18.62 μg/L,变动范围为 10.01~32.96 μg/L; 10月 29日平均为 26.28 μg/L,变动范围为 14.58~47.94 μg/L 11月 5日,气温再次降低,Chla 含量降低,趋向一致;试验结束时,气温略升高,各围隔水体中 Chla 含量有所增加,差异较小. 总的来看,围隔水体中的叶绿素 a 含量受温度影响较大,呈一定的正向关系,这与杨顶田等在湖泊方面的研究结果一致^[3]. 如表 3 所示,各试验组水体中 Chla 含量与对照组相比差异不显著 ($P > 0.05$). 对照组的 Chla 平均含量为 13.9 μg/L; 围隔 II、III、IV、VI 的 Chla 含量始终较高,其平均值与对照组相比分别高 52.57%、82.81%、92.76% 和 27.58%; 围隔 V 的 Chla 含量始终较低,其平均值与对照组相比低 31.36%.

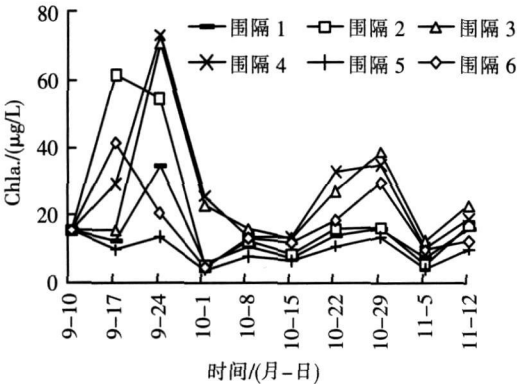


图 4 围隔中水体的叶绿素 a 含量变化

Fig.4 Changes of Chla. contained in the water in enclosures

围隔中 SD 的变化如图 5 所示. 试验初期,围隔水体 SD 总体较低; 10月 8日开始, SD 呈升高趋势; 10月 22到 10月 29日,各围隔水体 SD 有下降趋势; 11月 5日, SD 再次升高; 试验结束时,各围隔水体 SD 有所下降,相互间差异缩小. 如表 3 所示,围隔 I 水体中 SD 始终较高,平均为 71.4 cm,围隔 II~VI 中 SD 平均分别比对照组降低了 15.97%、39.08%、54.2%、2.94%、40.48%; 围隔 III、IV 水体 SD 与对照组相比差异显著 ($P < 0.05$),围隔 IV 水体 SD 与对照组相比差异极显著 ($P < 0.01$),围隔 II、V 水体 SD 与对照组相比无显著差异 ($P > 0.05$).

表 3 围隔水体水质监测结果 (平均值 ± 标准差)

Table 3 Detected results of water quality indexes in enclosures (mean ± SD)

指标	围隔编号					
	围隔 I	围隔 II	围隔 III	围隔 IV	围隔 V	围隔 VI
Chla / (μg/L)	13.9 ± 8.09	21.21 ± 19.94	25.41 ± 17.8	26.80 ± 18.42	9.54 ± 4.03	17.74 ± 10.61
SD / (cm)	71.4 ± 29.69	60 ± 29.25	43.5 ± 17.51 ^f	32.7 ± 12.17 ^{**}	69.3 ± 25.04	42.5 ± 16.4 ^e
TN / (mg/L)	2.87 ± 0.53	4.23 ± 1.42 ^e	4.69 ± 1.91 ^f	3.74 ± 1.11	3.75 ± 1.21	4.40 ± 1.79 ^g
TP / (mg/L)	0.16 ± 0.08	0.21 ± 0.07	0.28 ± 0.11 ^f	0.21 ± 0.05	0.16 ± 0.05	0.21 ± 0.09
COD _{Mn} / (mg/L)	7.87 ± 1.96	8.58 ± 2.13	8.96 ± 2.19	8.33 ± 2.02	7.53 ± 1.59	7.50 ± 2.13

注: * 表示与对照组围隔 I 相比差异显著 ($P < 0.05$); * * 表示与对照组围隔 I 相比差异极显著 ($P < 0.01$).

2.4 黄颡鱼与鲢不同混养密度对水化学指标的影响

围隔水体中的 TN 含量如图 6 和表 3 所示. 试验开始至 10月 15日,围隔水体中 TN 含量整体呈上升趋势; 10月 15日后,围隔水体 TN 含量整体呈下降趋势. 与水体叶绿素 a 含量及 SD 指标相比, TN 含量变化趋势较平稳. 围隔 I 水体 TN 含量明显低于其它围隔,其 TN 平均为 2.88 mg/L. 试验组中围隔 II、III、VI 的 TN 含量始终较高,与对照组相比差异显著 ($P < 0.05$),平均值分别比对照组升高了 47.53%、63.72%

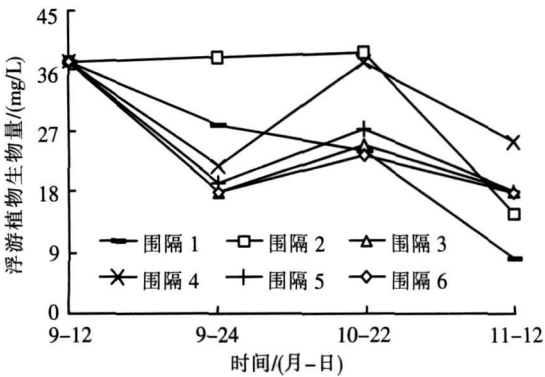


图 3 围隔浮游植物生物量变化

Fig.3 Changes of the Phytoplankton biomass in enclosures

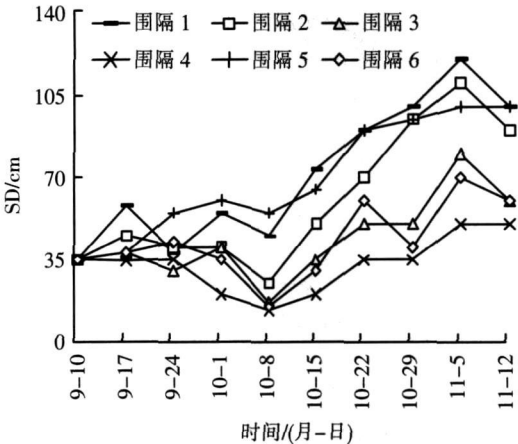


图 5 围隔中透明度的变化

Fig.5 Changes of transparency in enclosures

和 53.6%; 围隔 IV、V 水体中 TN 含量始终相对较低, 与对照组相比差异不显著 ($P > 0.05$), 平均值分别比对照组升高 30.4% 和 30.92%。可见投饵、白鲢的扰动、排遗排泄及滤食作用使水体 TN 含量明显增高, 混养 51.85~105.19 g/m² 鲢的养殖模式对氮利用率相对较高。

围隔水体中的 TP 含量如图 7 和表 3 所示。试验开始至 10 月 15 日, 各围隔水体中 TP 含量差异较大, 10 月 15 日 TP 含量达到最低点, 之后围隔水体 TP 含量有一定的升高, 但整体相差不大。对照组水体 TP 含量平均为 0.16 mg/L, 围隔 II、III、IV、VI 水体中 TP 含量较高, 分别比对照组升高了 30.29%、71.97%、28.35% 和 24.47%, 其中围隔 III 水体 TP 含量与对照组相比差异显著 ($P < 0.05$)。围隔 V 水体 TP 含量比对照组降低了 0.21%, 与对照组相比差异不显著 ($P > 0.05$)。

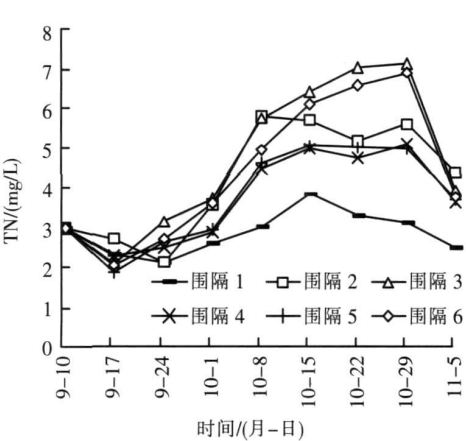


图 6 围隔水体中的总氮含量
Fig.6 TN of the water in enclosures

围隔中水体的 COD_{Mn} 如图 8 和表 3 所示。整个试验期间, 围隔 I 的 COD_{Mn} 平均为 7.87 mg/L, 各试验组与对照组相比差异不显著 ($P > 0.05$)。围隔 II、III、IV 水体的 COD_{Mn} 平均值比对照组分别升高了 8.95%、13.85% 和 5.79%, 围隔 V、VI 水体的 COD_{Mn} 平均值分别比对照组降低了 4.34% 和 4.75%。

2.5 不同混养密度对鲢和黄鲢鱼收获量的影响

不同围隔黄鲢鱼和鲢收获量如表 4 所示。鲢生物量增幅较大, 则从水中转化出的营养物质较多。围隔 III~VI 中, 围隔 V 中的鲢生物量增幅 (鲢总末重-鲢总初重) 最大为 509.76 g, 鲢密度在 0~105.19 g/m² 时, 黄鲢鱼成活率、增重率均随鲢密度的增大而上升; 围隔 III 中黄鲢鱼的成活率、增重率均最低, 分别为 86.92% 和 62.08%; 围隔 V 成活率、增重率均达到最大, 分别为 93.08% 和 99.75%; 围隔 VI 中混养鲢密度进一步增大到 150 g/m², 成活率、增重率均有下降趋势, 分别为 92.31% 和 26.22%; 围隔 II 中未投饵, 鲢生物量下降了 54 g 可能是

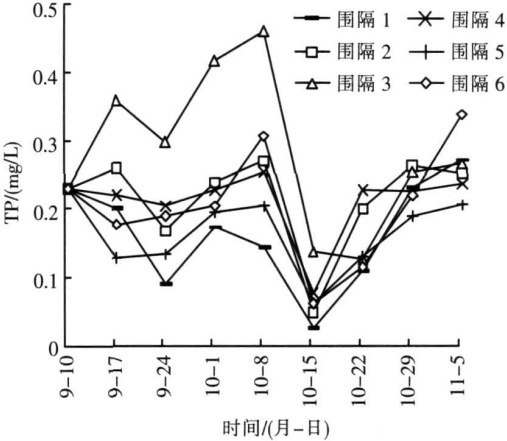


图 7 围隔水体中的总磷含量
Fig.7 TP of the water in enclosures

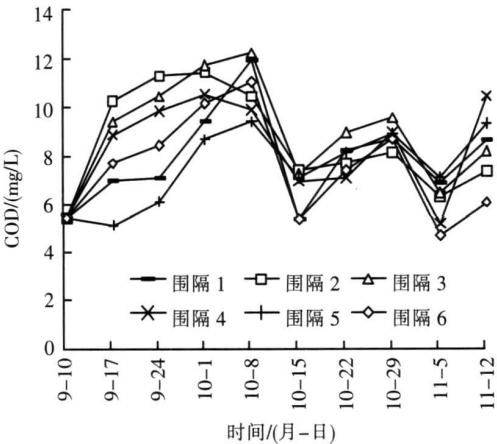


图 8 围隔中水体的化学耗氧量
Fig.8 COD_{Mn} of the water in enclosures

表 4 各围隔黄鲢鱼和鲢的收获情况											
Table 4 Harvest yield cases of the yellow catfish and silver carp in enclosures											
围隔 编号	黄鲢鱼 数量 /尾	黄鲢鱼 成活率 %	黄鲢鱼 总末重 /g	黄鲢鱼 均末重 /g	黄鲢鱼 增重率	鲢数量 /尾	鲢成活 率 %	鲢总末重 /g	鲢均末重 /g	鲢增重率 %	鲢生物量 变化 /g
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	4	80	639.2	159.8	15.13	-54.8
III	113	86.92	2516.27	22.27	62.08	0	0	0	0	0	0
IV	118	90.77	3213.65	27.23	93.47	8	88.89	1628.89	203.61	30.89	228.89
V	121	93.08	3413.51	28.21	99.75	17	94.44	3349.76	197.04	24.89	509.76
VI	120	92.31	3145.82	26.22	85.72	22	88	4356.99	198.05	22.25	306.99

浮游生物较少, 不能弥补生命活动所消耗能量而引起的。总的来看, 混养 105.19 g/m^2 白鲢, 黄颡鱼产量较高, 生态效应较好。

3 分析与讨论

3.1 优质高效黄颡鱼养殖模式最适鲢混养密度

黄颡鱼养殖密度 4.8 尾/m^2 、混养鲢密度 105.19 g/m^2 的养殖模式, 对比对照组, 水体中的藻类总生物量平均值升高了 6.7% , Chla 含量降低了 31.36% , SD 降低了 2.94% , 水体中 TN 含量升高了 30.92% , TP 含量降低了 0.21% , COD_{Mn} 降低了 4.34% ; T -test 表明其水体 Chla、SD、TN、TP、 COD_{Mn} 指标与对照组差异不显著 ($P > 0.05$); 提高了 N、P 的利用率, 水质环境良好, 利于养殖用水达标排放。与其余试验组围隔相比, 这一养殖模式鲢生物量增幅最大, 为 509.76 g 黄颡鱼成活率、增重率均最大, 分别为 93.08% 和 99.75% ; 养殖产量高, 生态效应较好。

3.2 鲢调控优质高效黄颡鱼养殖模式生态环境机理的探讨

黄颡鱼养殖池塘投入饲料等外源性物质, 同时因底栖性鱼类黄颡鱼的生物扰动作用、分泌物的营养添加作用等^[4], 都增加了水体的营养水平, 对藻类的繁殖具有促进作用。鲢为浮游生物食性鱼, 倾向于捕食较大的浮游动物, 使浮游动物向小型化演替, 同时鲢鱼也能滤食浮游植物^[5]。Crisman 和 Beaver 认为, 浮游植物食性鱼是更为合适的生物操纵工具^[6]。在中国武汉的东湖, 研究者利用放养鲢、鳙的办法控制了微囊藻的水华^[7]。

但也有研究发现, 大型浮游植物被大量滤食后, 减少了微小浮游植物的养分竞争, 而微小种类的繁殖能力较强, 其生物量往往会上升甚至取代大型种类, 有时浮游植物的总生物量也因此而增加。另外, 鲢鱼仅能消化利用所滤食藻类的一小部分, 其余部分则以粪便形式进入分解环节。一些营养物质直接以浮游植物可利用的化学形式排出鱼的体外, 使水体发生营养元素的“短路”现象, 而营养物质在低层次上流通量的增加会促进浮游植物生物量的提高^[8]。在本试验中, $25.7 \sim 51.85 \text{ g/m}^2$ 的鲢密度促进藻类生物量的增长, 而 $105.19 \sim 150 \text{ g/m}^2$ 的鲢密度则抑制藻类生物量。可见, 鲢的密度在调控养殖水体的浮游生物群落方面起到十分重要的作用。围隔是一个小型而简单的生态系统, 而实际的养殖水体生态环境更加复杂多样, 因此本实验的结果尚需在养殖实践中进一步检验、完善。

[参考文献] (References)

- [1] 张觉民, 何志辉. 内陆水域渔业自然资源调查手册 [M]. 北京: 农业出版社, 1991.
Zhang Juemin, He Zhihui. Investigation Handbook for Fishery Natural Resources of Inland Water [M]. Beijing Agriculture Press 1991. (in Chinese)
- [2] 金相灿, 刘鸿亮. 中国湖泊富营养化 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990.
Jing Xiangcan, Liu Hongliang. Lake Eutrophication of China [M]. Beijing China Environmental Science Press 1990. (in Chinese)
- [3] 杨顶田, 陈伟民. 藻类爆发对太湖梅梁湾水体中 NPK 含量的影响 [J]. 应用生态学报, 2003, 14(6): 969-972.
Yang Xingtian, Chen Weimin. Effects of algal bloom on N, P and K contents in Meiliang Bay of Taihu Lake [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14(6): 969-972. (in Chinese)
- [4] Tatnai I, Toth G, Ponyi JE, et al. Bottom-up effect of bream (*Abramis brama* L.) in Lake Balaton [J]. Hydrobiologia 1990 200/201: 167-175.
- [5] 刘春光, 邱金泉. 富营养化湖泊治理中的生物操纵理论 [J]. 农业环境科学学报, 2004, 23(1): 198-201.
Liu Chunguang, Qiu Jinquan. Advances on theory of biomanipulation in control of eutrophicated lakes [J]. Journal of Agro-Environment Science 2004, 23(1): 198-201. (in Chinese)
- [6] Crisman TL, Beaver IR. Applicability of planktonic biomanipulation for managing eutrophication in the subtropics [J]. Hydrobiologia 1990 200/201 177-185.
- [7] 刘建康, 谢平. 揭开武汉东湖蓝藻水华消失之谜 [J]. 长江流域资源与环境, 1999, 8(3): 312-319.
Liu Jiankang, Xie Ping. Unraveling the enigma of the disappearance of water bloom from the east lake (Lake Donghu) of Wuhan [J]. Resour Environ Yangtze Basin, 1999, 8(3): 312-319. (in Chinese)
- [8] 董双林. 鲢鱼的放养对水质影响的研究进展 [J]. 生态学杂志, 1994, 13(2): 66-68.
Dong Shuanglin. Effect of silver carp stocking on water quality research advances [J]. Chinese Journal of Ecology 1994, 13(2): 66-68. (in Chinese)

[责任编辑: 严海琳]