

鲢鳙混养对三角帆蚌生长和养殖水质影响的围隔实验

崔志辉¹, 周小玉¹, 张根芳², 胡忠军¹, 刘其根^{1*}, 鄢灵兰¹, 李家乐¹

(1. 上海海洋大学农业部水产种质资源与利用重点开放实验室, 上海 201306;

2. 浙江金华职业技术学院, 浙江 金华 321007)

摘要: 2008年4月23日—9月21日通过围隔实验,研究了不同鲢鳙混养比例对三角帆蚌生长及水化学指标的影响。实验中鲢鳙混养比例设置了6个水平,分别为0/0(对照组),100/0,70/30,50/50,30/70和0/100。实验开始和结束时测量三角帆蚌湿重,壳长和壳宽。每个月上下旬测量围隔水化学指标包括NO₃-N、NO₂-N、NH₃-N、TN、TP、PO₄-P和COD。实验结果表明,鲢鳙混养比例100/0的围隔蚌壳长相对生长率显著低于混养比例0/0,50/50和0/100的围隔($P < 0.05$),而不同混养比例下蚌的成活率、蚌壳宽及蚌重增长均无显著差异($P > 0.05$)。从水质来看,混养比例30/70围隔TP显著低于100/0($P < 0.05$),COD显著低于100/0及70/30($P < 0.05$),NH₃-N显著低于100/0($P < 0.05$)以及PO₄-P显著低于70/30($P < 0.05$)。因此,综合蚌生长及水质指标,混养比例30/70围隔对三角帆蚌养殖最有利。

关键词: 三角帆蚌; 鲢; 鳙; 混养比例; 围隔

中图分类号: S 968.31

文献标志码: A

三角帆蚌(*Hyriopsis cumingii*)又称河蚌,隶属于蚌目,蚌科,帆蚌属,栖息于湖泊及河流中,是我国目前最主要的淡水育珠蚌。如今,中国年产淡水珍珠已达1 800 t,占世界淡水珍珠产量的95%以上^[1]。但是由于传统的珍珠养殖模式主要通过大量使用有机肥,为池塘养殖的三角帆蚌培养食物—浮游生物,而这极易导致水体污染,造成水底有机质大量堆积,甚至暴发水华,严重地影响了我国淡水珍珠养殖业的持续发展。因此,如何有效调控养殖生态环境、促进蚌及珍珠的生长,成为珍珠养殖亟待解决的关键问题。

近年来,已有一些研究者关注到,利用鱼蚌混养模式可以对水环境起到一定的改善作用,如张根芳等^[2]在蚌池中混养鲢、鳙、鲫、草鱼、鲂,珍珠蚌养殖水体的富营养化得到了明显的改善;陈家长等^[3]研究发现,蚌、鱼(鲢、鳙、青鱼、草鱼等)混养能够净化主养区的养殖废水;王小冬等^[4]研究

表明,混养鲢鳙对2龄三角帆蚌生长较为有利。然而,这些研究仅对特定鱼蚌混养模式实际效果的检验,而没有对鱼蚌混养的种类选择、放养密度及其比例开展系统研究,因此对珍珠养殖的指导意义不大。

作为滤食性鱼类的鲢、鳙被经常引入各种水体用于控制藻类的过度生长^[5],但由于鲢鳙和蚌均为滤食性生物,三者之间是否存在食物竞争呢?即三角帆蚌养殖水体中能否混养鲢、鳙,若能混养,那么混养的最佳比例是多少?为此,我们进行了池塘围隔试验,就不同鲢鳙混养比例对三角帆蚌生长和养殖水体水质的影响开展了研究。

1 材料与方法

1.1 实验材料及围隔

三角帆蚌及鲢、鳙均由浙江金华威旺公司养殖场提供,三角帆蚌为2龄插片蚌,平均湿体质量

收稿日期:2011-03-09 修回日期:2011-05-19

资助项目:公益性行业(农业)科研专项(200903028);上海市重点学科建设项目(Y1101)

通讯作者:刘其根,E-mail:qgliu@shou.edu.cn

为(182 ± 22) g,平均壳长为(126.31 ± 5.70) mm,平均壳宽为(30.55 ± 1.96) mm,鲢和鳙为1龄鱼种,其中鲢平均体质量200 g,平均体长20 cm,鳙平均体质量300 g,平均体长27 cm。

2008年4月23日到2008年9月21日在金华汤溪威旺养殖基地进行实验。实验围隔设在一个面积为0.64 hm²的池塘中,围隔由木质框架外覆塑料薄膜构成,呈长方形,面积200 m²(40 m × 5 m),高2.5 m,底部封闭,与池塘泥水无交换。

1.2 实验设计及处理

实验设置对照组(单养蚌)1组,处理组(将一定比例的鲢、鳙与蚌混养)5组,每组设3个重复,处理组的设置情况为:第I组 鲢:鳙=100:0,第II组 鲢:鳙=70:30,第III组 鲢:鳙=50:50,第IV组 鲢:鳙=30:70,第V组 鲢:鳙=0:100。试验共18个围隔,围隔与各组之间的分配用随机方法确定(表1)。所有围隔中放养蚌的密度为1.5只/m²,处理组中混养的鱼密度为0.15尾/m²。

表1 围隔实验中所采用的放养和管理模式

Tab.1 Stocking and management models used in the enclosure experiment

鲢/鳙 silver carp/ bighead carp	对照组 control group			处理组 treated group		
	0:0	100:0	70:30	50:50	30:70	0:100
围隔编号 enclosure no.	15	11	9	18	2	10
	12	6	16	8	14	13
	7	17	4	1	3	5

1.3 实验过程及数据分析

实验用水取自附近养蚌池塘。实验前三周用水泵将水引入实验池塘中,并逐渐将塑料薄膜拉起。试验期间,围隔不换水,水深保持在2 m左右。2008年4月10日起按照表1所设计的比例放养鲢鳙。4月23日放养做好标记的试验蚌,每个围隔放养30个,用网袋吊养于围隔中,其中网袋距水面40~50 cm。

实验期间,围隔中施用“肥水宝”(TN 8.0%,TP 5.0%,产自黑龙江),第一次施肥为4月25日,以后每星期施肥一次,围隔施肥量为500 g/200 m²。实验始末均测量蚌湿体质量(WW),壳长(SL)和壳宽(SW)。测量时,用清水将蚌壳表面洗净并用纱布吸干水分,用天平测量湿重(精确到1 g),用游标卡尺和直尺测量壳长(蚌壳前、后端点间的最大距离)和壳宽(蚌壳铰合部两端之间的最大距离)(精确到0.1 mm)。实验结束时,对标记蚌进行计数,以计算成活率。采用蚌存活率,蚌湿重、壳长和壳宽相对生长率衡量混养模式对三角帆蚌生长的影响,计算公式如下:

蚌的成活率(%) = 100 × (实验结束围隔中蚌的数量/实验开始围隔中蚌的数量);

蚌重、壳长或壳宽相对生长率(%/d) =

100 × [(实验结束时的蚌重、壳长或壳宽 - 实验开始时的蚌重、壳长或壳宽)/(实验开始时的蚌重、壳长或壳宽)]/实验天数;

每个月上下旬测量围隔的水化学指标,包括总氮(TN)、总磷(TP)、氨氮(NH₃-N)、硝态氮(NO₃⁻-N)、亚硝态氮(NO₂⁻-N)、活性磷(PO₄-P)和化学耗氧量(COD)。水化学指标按照国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》^[6]在实验室内完成。

采用Excel 2007处理数据,并用SPSS 17.0软件对不同混养比例围隔中蚌湿重、壳长和壳宽相对生长率以及各水化学指标分别进行单因素方差分析。

2 结果

2.1 蚌的成活率及生长

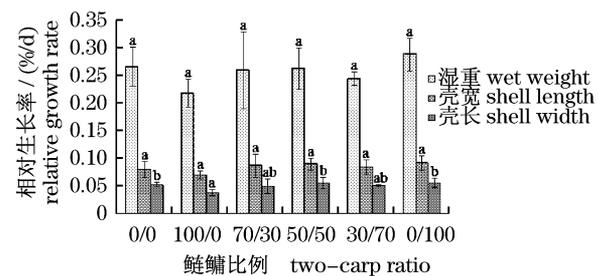
由表2可见,对照组中三角帆蚌成活率平均为96.67%(3个重复平均值)。处理组中蚌平均成活率为86.67%~94.44%,其中混养比例0/100成活率最大(94.44%),混养比例30/70以及70/30平均成活率最小,均为86.67%。单因素方差分析显示,蚌成活率在不同混养比例下(0/0、100/0、70/30、50/50、30/70和0/100)均无显著差异(P>0.05)。

表2 实验期间围隔内蚌湿重,成活率及壳长、壳宽相对生长率(平均值±标准差)

Tab.2 The relative growth rate of wet weight, shell length and shell width and survival rate of mussels in enclosures during the experiment

鲢/鳙 silver carp/ bighead carp	围隔编号 enclosure no.	湿重相对生长率/(%/d) relative growth rate in wet weight	壳长相对生长率/(%/d) relative growth rate in shell length	壳宽相对生长率/(%/d) relative growth rate in shell width	存活率/% survival rate
0/0	7	0.282 ± 0.099	0.056 ± 0.029	0.090 ± 0.034	100.00
	12	0.226 ± 0.132	0.049 ± 0.024	0.064 ± 0.042	100.00
	15	0.293 ± 0.080	0.055 ± 0.021	0.089 ± 0.042	100.00
	平均 average	0.267 ± 0.036	0.053 ± 0.004	0.081 ± 0.015	96.67
100/0	6	0.189 ± 0.068	0.031 ± 0.017	0.068 ± 0.032	93.33
	11	0.236 ± 0.051	0.043 ± 0.011	0.077 ± 0.018	90.00
	17	0.232 ± 0.075	0.041 ± 0.020	0.063 ± 0.030	93.33
	平均 average	0.219 ± 0.026	0.038 ± 0.006	0.070 ± 0.007	92.22
70/30	4	0.248 ± 0.058	0.053 ± 0.018	0.081 ± 0.022	76.67
	9	0.335 ± 0.073	0.063 ± 0.021	0.111 ± 0.027	93.33
	16	0.196 ± 0.062	0.037 ± 0.015	0.069 ± 0.028	90.00
	平均 average	0.260 ± 0.070	0.051 ± 0.013	0.087 ± 0.021	86.67
50/50	1	0.235 ± 0.064	0.049 ± 0.015	0.094 ± 0.055	83.33
	8	0.307 ± 0.074	0.066 ± 0.016	0.099 ± 0.029	90.00
	18	0.247 ± 0.065	0.050 ± 0.019	0.078 ± 0.032	96.67
	平均 average	0.263 ± 0.038	0.055 ± 0.010	0.090 ± 0.011	90.00
30/70	2	0.232 ± 0.131	0.050 ± 0.026	0.073 ± 0.049	96.67
	3	0.252 ± 0.082	0.052 ± 0.024	0.082 ± 0.029	73.33
	14	0.252 ± 0.068	0.052 ± 0.016	0.099 ± 0.033	90.00
	平均 average	0.245 ± 0.012	0.051 ± 0.001	0.085 ± 0.013	86.67
0/100	5	0.259 ± 0.069	0.053 ± 0.018	0.083 ± 0.028	93.33
	10	0.289 ± 0.135	0.051 ± 0.019	0.087 ± 0.036	90.00
	13	0.320 ± 0.156	0.066 ± 0.025	0.107 ± 0.049	100.00
	平均 average	0.289 ± 0.030	0.056 ± 0.008	0.092 ± 0.013	94.44

将蚌重、壳长和壳宽相对生长率列于表2和图1,结果表明,混养比例0/100的围隔,蚌平均壳长、壳宽增长率以及蚌重增长率均为最大,分别为 $(0.056 \pm 0.008) \%/d$ 、 $(0.092 \pm 0.013) \%/d$ 和 $(0.289 \pm 0.030) \%/d$;混养比例100/0的围隔,蚌平均壳长、壳宽增长率以及蚌重增长率均为最小,分别为 $(0.038 \pm 0.006) \%/d$ 、 $(0.070 \pm 0.007) \%/d$ 和 $(0.219 \pm 0.026) \%/d$ 。处理组中混养比例从100/0变化到70/30、50/50、0/100(除30/70之外),蚌重、壳长和壳宽平均增长率有逐渐上升的趋势(图1)。单因素方差分析表明,不同混养比例下壳宽及蚌重相对生长率均无显著差异($P > 0.05$),但混养比例对蚌壳长相对生长率影响显著,100/0组显著低于0/0组、50/50组和0/100组($P < 0.05$)。

图1 不同混养比例围隔蚌湿重、壳长和壳宽的相对生长率的多重比较($\alpha = 0.05$)Fig.1 The results of multi-comparison of the relative growth rate of wet weight, shell length and shell width with different polyculture ratios of silver carp and bighead carp ($\alpha = 0.05$)

2.2 水化学指标

表 3 列出了实验期间不同混养比例下围隔内水化学指标的平均值, TN 为 2.8 ~ 3.1 mg/L, NO₂-N 为 0.036 ~ 0.044 mg/L, NO₃-N 为 0.20 ~ 0.23 mg/L, NH₃-N 为 0.79 ~ 0.99 mg/L, TP 为 0.043 ~ 0.055 mg/L, PO₄-P 为 0.021 ~ 0.027 mg/L, COD 为 8.06 ~ 9.58 mg/L。不同混养比例围隔中 PO₄-P 在 TP 中比例的变化范围为 39% ~ 53%。NH₃-N

在无机氮中的比例变化为 75.38% ~ 78.32%, 而 NO₃-N 和 NO₂-N 在无机氮中比例分别为 18.20% ~ 20.99%, 3.35% ~ 3.63%, 无机氮占 TN 的比例为 34.93% ~ 40.77%。不同混养比例的围隔同一水化学指标不存在明显的差别。总体观察, 混养比例 30/70 围隔, COD、TN、TP 低于其他围隔, 因此水质较好。

表 4 试验期间不同混养比例围隔内水化学指标(平均值 ± 标准差)及其多重比较结果($\alpha = 0.05$)

Tab. 4 The mean value of water quality parameters in enclosures during the experiment (mean ± SD) and the results of multi-comparison ($\alpha = 0.05$)

参数 parameters	鲢鳙混养比例 silver carp/bighead carp					
	0/0	100/0	70/30	50/50	30/70	0/100
TP	0.054 ± 0.024 ^a	0.055 ± 0.025 ^a	0.054 ± 0.029 ^a	0.044 ± 0.021 ^{ab}	0.043 ± 0.020 ^b	0.052 ± 0.024 ^{ab}
COD	9.14 ± 2.47 ^{ab}	9.53 ± 3.49 ^a	9.58 ± 3.42 ^a	8.58 ± 3.11 ^{ab}	8.06 ± 3.07 ^b	8.52 ± 2.53 ^{ab}
NH ₃ -N	0.80 ± 0.57 ^c	0.99 ± 0.74 ^a	0.93 ± 0.69 ^{ab}	0.87 ± 0.55 ^{bc}	0.84 ± 0.43 ^{bc}	0.79 ± 0.38 ^c
NO ₂ -N	0.037 ± 0.032 ^a	0.044 ± 0.044 ^a	0.041 ± 0.031 ^a	0.039 ± 0.021 ^a	0.036 ± 0.021 ^a	0.038 ± 0.031 ^a
NO ₃ -N	0.22 ± 0.16 ^a	0.23 ± 0.16 ^a	0.23 ± 0.17 ^a	0.21 ± 0.17 ^a	0.20 ± 0.17 ^a	0.22 ± 0.17 ^a
TN	3.0 ± 1.1 ^{ab}	3.1 ± 1.2 ^a	3.1 ± 1.2 ^a	2.8 ± 1.0 ^b	3.0 ± 1.1 ^{ab}	3.0 ± 1.1 ^{ab}
PO ₄ -P	0.021 ± 0.010 ^b	0.023 ± 0.012 ^b	0.027 ± 0.018 ^a	0.022 ± 0.012 ^b	0.023 ± 0.011 ^b	0.024 ± 0.016 ^{ab}

注:同一行数据中含相同字母者表示无显著性差异,不同字母表示有显著性差异。

Notes: The same letters in each line mean no significant difference ($P > 0.05$), the different letters mean significant difference ($P < 0.05$).

单因素方差分析表明,混养比例 0/0、100/0 及 70/30 围隔的 TP 均显著高于 30/70 ($P < 0.05$);混养比例 100/0 及 70/30 围隔的 COD 均显著高于 30/70 ($P < 0.05$);混养比例 100/0 围隔的 NH₃-N 极显著高于 0/0 和 0/100 ($P < 0.01$),显著高于 50/50 和 30/70 围隔 ($P < 0.05$),而 70/30 围隔显著高于 0/0 和 0/100 围隔 ($P < 0.05$);各混养比例围隔的 NO₂-N 和 NO₃-N 均无显著性差异 ($P > 0.05$);混养比例 70/30 和 100/0 的 TN 显著高于 50/50 ($P < 0.05$);混养比例 70/30 围隔的 PO₄-P 显著高于 0/0、100/0、50/50 及 30/70 围隔 ($P < 0.05$)。

3 讨论

3.1 不同的鲢鳙混养比例对三角帆蚌成活率和生长的影响

从三角帆蚌成活率来看,混养比例 0/0 成活率最高,为 96.67%;其次为 0/100、50/50、100/0,混养比例 30/70 和 70/30 成活率最低,均为 86.67%。然而方差分析表明,各混养比例组间蚌的成活率均无显著差异。这说明不同鲢鳙混养比例对淡水珍珠蚌的成活率影响不显著,因此,在我们研究鱼蚌混养对蚌的影响时可能更应该考虑蚌

的生长等其他指标。

张根芳等^[7]研究发现,蚌单养殖模式下,珍珠生长与蚌湿重、壳长和壳宽等外部测量指标之间相关性显著,所以本研究使用蚌湿重、壳长和壳宽作为生长指标来评估蚌及珍珠的生长情况。而从本研究蚌的生长情况来看,鲢鳙混养比例为 0/100 的围隔蚌湿重、壳长及壳宽生长最好,其次是混养比例分别为 0/0、50/50、70/30 及 30/70 的围隔,混养比例 100/0 的围隔蚌生长最差。方差分析结果表明,蚌壳长相对生长率在混养比例 100/0 的围隔中显著低于混养比例为 0/0、50/50 和 0/100 的围隔 ($P < 0.05$),即处理组中只有 100/0 组蚌生长指标(壳长)显著低于对照组(0/0 组),这说明三角帆蚌水体中混养一定的鲢鳙不会对蚌的生长造成影响。处理组中随着混养鳙比例的增加,蚌湿重、壳长及壳宽生长相对生长率有着逐渐上升的趋势,虽然 30/70 组各生长指标略有下降,但是方差分析未检测出显著性的差异。研究表明^[8-9],在鲢、鳙和蚌混养系统中,蚌主要滤食小型藻类,鳙主要滤食浮游动物和大型藻类,而鲢与蚌滤食的颗粒大小接近,可能存在一定的食物竞争。本研究发现与单养蚌围隔(0/0 组)相比,只

混养鲢围隔(100/0组)生长显著下降,并且鲢比例的逐渐减少和鳙比例的增加更有利于蚌的生长,这也进一步表明鲢和蚌可能存在生态位重叠。从藻类生物量来看,小型藻类为主导的生态系统更适宜于蚌的生长,浮游动物主要控制的是小型藻类,鳙能够更多地捕食浮游动物,减少对藻类的摄食^[10],从而增加了三角帆蚌的食物来源。所以,本研究中低比例的鲢和高比例的鳙围隔中蚌生长为最佳,而这也与周小玉等^[11]研究相一致,即三角帆蚌养殖水体中混养低密度鲢围隔和混养高密度鳙围隔浮游植物生物量相对较高,为三角帆蚌提供了充足的饵料。

3.2 不同鲢鳙混养比例对三角帆蚌养殖水质的影响

养殖池塘中氮、磷营养盐和有机质含量取决于养殖过程中的管理措施^[12]。与其他关于三角帆蚌的围隔实验^[13-14]相比,本实验中各围隔TP的平均值(0.043~0.055 mg/L)偏低,而PO₄-P的平均含量(0.021~0.027 mg/L)则相差不多,并且PO₄-P的含量也与陆忠康等^[15]介绍的最佳育珠水域的含量一致。TN含量(2.8~3.1 mg/L)类似于其他三角帆蚌养殖水体TN含量(2.5~3.5 mg/L)^[16-18]。此外,本试验中无机氮组成中NH₃-N含量(75.38%~78.32%)最高,其次是NO₃-N(18.20%~20.99%),NO₂-N含量(3.35%~3.63%)最低,说明水体硝化和氨化作用较强,水质状况较好。淡水养殖池中有机质含量会逐渐增加^[19],而张根芳等^[17]报道,鱼蚌混养会降低有机质的含量。本试验中COD含量(8.06~9.58 mg/L)与林青霞^[14]实验结果类似,偏低于王小冬等^[13]的围隔实验,因此可以说明实验期间各围隔水质偏瘦。

对于不同混养比例下各水化学指标的变化,本实验发现,混养比例30/70围隔总磷显著低于100/0($P < 0.05$),COD显著低于100/0及70/30($P < 0.05$),氨氮显著低于100/0($P < 0.05$)以及正磷酸盐显著低于70/30($P < 0.05$),混养比例100/0围隔水质最差,30/70围隔水质最好。

从生长指标来看,低比例的鲢相对于高比例的鳙更有利于蚌的生长,虽然0/100处理组蚌生长效果最好,但是水质指标更明显偏向于30/70处理组。而Yan等^[8]在通过正交设计研究混养鲢鳙优化河蚌养殖模式的试验中发现,在鲢鳙混养比例、

鲢鳙混养密度、蚌的养殖密度和施肥强度等因素中,鲢鳙混养比例对蚌的生长影响更大,其中,鲢鳙混养比例为30/70为对蚌生长和对水质改善的最佳水平。所以总体上我们认为30/70处理组在调控水质达到最佳的基础上又能够促进蚌的生长,并且还能收获鱼产量,增加了经济价值。在30/70比例下的鲢鳙能够通过滤食降低大型藻类的数量,或者减少了摄食小型藻类的浮游动物的数量,从而促进了小型藻类的大量繁殖,而河蚌正好对小型藻类的大量滤食,使得整个混养系统内的营养物质被充分地利用。因此综合蚌成活率,生长及水质指标,鲢鳙混养比例30/70对三角帆蚌养殖最有利。

参考文献:

- [1] Li J L, Wang G L, Bai Z Y. Genetic diversity of freshwater pearl mussel (*Hyriopsis cumingii*) in populations from the five largest lakes in China revealed by inter-simple sequence repeat (ISSR) [J]. *Aquaculture International*, 2009, 17: 323-330.
- [2] 张根芳, 邓闽中, 方爱萍, 等. 蚌、鱼混养对几种水污染指标的影响 [J]. *上海水产大学学报*, 2005, 14(2): 156-161.
- [3] 陈家长, 何尧平, 孟顺龙, 等. 蚌、鱼混养在池塘养殖循环经济模式中的净化效能 [J]. *生态与农村环境学报*, 2007, 23(2): 41-46.
- [4] 王小冬, 王伟良, 董向全, 等. 不同放养和管理模式对三角帆蚌生长与养殖产量的影响 [J]. *上海水产大学学报*, 2006, 15(3): 315-320.
- [5] Liu Q G, Chen Y, Li J L, et al. The food web structure and ecosystem properties of a filter-feeding carps dominated deep reservoir ecosystem [J]. *Ecological Modeling*, 2007, 203: 279-289.
- [6] GBCNEP (中国国家环境保护总局). 水和废水监测分析方法 [M]. 4版. 北京: 中国环境科学出版社, 2006: 200-284.
- [7] 张根芳, 刘其根, 方爱萍, 等. 育珠期三角帆蚌的生长及其与珍珠增长的关系 [J]. *水产学报*, 2008, 32(6): 922-928.
- [8] Yan L L, Zhang G F, Liu Q G, et al. Optimization of culturing the freshwater pearl mussels, *Hyriopsis cumingii* with filter feeding Chinese carps (bighead carp and silver carp) by orthogonal array design [J]. *Aquaculture*, 2009, 292: 60-66.
- [9] 费志良, 吴军. 三角帆蚌对藻类滤食及消化的研究 [J]. *淡水渔业*, 2006, 36(5): 24-27.
- [10] Zhou Q, Xie P, Xu J, et al. Growth and food

- availability of silver and bighead carps: evidence from stable isotope and gut content analysis [J]. *Aquaculture Research*, 2009, 40: 1616 - 1625.
- [11] 周小玉,张根芳,刘其根,等. 鲢、鳙对三角帆蚌池塘藻类影响的围隔实验[J]. *水产学报*, 2011, 35(5): 729 - 738.
- [12] 王岩. 海水池塘养殖模式优化: 概念、原理和方法[J]. *水产学报*, 2004, 28(5): 568 - 572.
- [13] 王小冬,王岩,王伟良,等. 不同放养和管理模式下三角帆蚌养殖水体的水化学特征[J]. *水产学报*, 2008, 32(2): 303 - 308.
- [14] 林青霞. 三角帆蚌养殖水化学研究[D]. 上海: 上海水产大学, 2006: 43 - 53.
- [15] 陆忠康. 简明中国水产养殖百科全书[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.
- [16] 吴军,马楠,施丽丽,等. 三角帆蚌对精养鱼塘水体主要水质因子的调控[J]. *南京师范大学学报*, 2005, 28(3): 92 - 96.
- [17] 张根芳,邓闽中,方爱萍. 蚌、鱼养殖模式对水体富营养化控制作用的研究[J]. *中国海洋大学学报*, 2005, 35(3): 491 - 495.
- [18] 李应森,李家乐,刘仁杰,等. 外荡养殖三角帆蚌对水体主要水质因子的影响[J]. *上海水产大学学报*, 2006, 15(2): 173 - 177.
- [19] Green B W, Boyd C E. Chemical budgets for organically fertilized fish ponds in the dry tropics [J]. *Journal of World Aquaculture Society*, 1995, 26(3): 284 - 296.

Effect of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) and bighead carp (*Aristichthys nobilis*) on growth and culturing water quality for pearl mussel (*Hyriopsis cumingii*)

CUI Zhi-hui¹, ZHOU Xiao-yu¹, ZHANG Gen-fang², HU Zhong-jun¹,
LIU Qi-gen^{1*}, YAN Ling-lan¹, LI Jia-le¹

(1. Key Laboratory of Aquatic Genetic Resources and Utilization, Ministry of Agriculture, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;
2. Jinhua Vocational Technological College, Jinhua 321007, China)

Abstract: To examine the effect of different two-carp ratios between silver carp *Hypophthalmichthys molitrix* and bighead carp *Aristichthys nobilis* cocultured in the mussel pond on growth of freshwater pearl mussel *Hyriopsis cumingii* and water quality, an enclosure experiment was carried out in Tangxi of Zhejiang Province from April 23 to September 21, 2008. Two-carp ratio was set at six levels: 0/0 (control group), 100/0, 70/30, 50/50, 30/70 and 0/100. Shell length, shell width and wet weight of pearl mussels were measured at the beginning and the end of the experiment, respectively; and the water quality parameters including NO₃-N, NO₂-N, NH₃-N, TN, TP, PO₄-P, COD were determined twice a month during the experiment. The results showed that the relative growth rate of mussel shell length in level 100/0 (silver carp vs. bighead carp ratio) were significantly lower than that of levels 0/0, 50/50 and 0/100 ($P < 0.05$), and no significant differences were found among survival rate, growth rate of shell width and wet weight of mussels at various polyculturing two-carp ratio levels ($P > 0.05$). Besides, enclosures at level of 30/70 had better water quality in which TP was significantly lower than 100/0 ($P < 0.05$), COD was significantly lower than 100/0 and 70/30 ($P < 0.05$), NH₃-N was significantly lower than 100/0 ($P < 0.05$) and PO₄-P was significantly lower than 70/30 ($P < 0.05$). So the ratio of 30/70 of silver carp vs. the bighead carp was the best polyculture ratio for mussel culture in terms of the growth and water quality parameters.

Key words: *Hyriopsis cumingii*; *Hypophthalmichthys molitrix*; *Aristichthys nobilis*; two-carp ratio; enclosure

Corresponding author: LIU Qi-gen. E-mail: qgliu@shou.edu.cn