

三角帆蚌钩介幼虫在两种寄主鱼上的寄生效果及其对寄主鱼血浆生化指标的影响

闻海波 邱丽华 顾若波 徐钢春 华丹* 徐跑

(中国水产科学研究院水产种质资源与养殖技术重点开放实验室 广州 510300;
中国水产科学研究院淡水渔业研究中心 农业部淡水鱼类遗传育种与养殖生物学重点开放实验室 无锡 214081;
Virginia Polytechnic Institute and State University, VA USA 24061)

摘要: 利用黄颡鱼 (*Pelteobagrus fulvidraco*)、尼罗罗非鱼 (*Tilapia nilotica*) 对三角帆蚌 (*Hyriopsis cumingii*) 钩介幼虫进行了寄生实验,分析了幼虫在寄主鱼上的寄生周期和脱落数量与寄主种类、寄主鱼单尾体重的相关关系。以未寄生幼虫的罗非鱼为空白对照,测定分析了罗非鱼在幼虫寄生前、脱落后主要血浆生化指标的变化。实验结果显示:黄颡鱼、罗非鱼平均每千克体重脱落稚贝的数量分别为(26 435 ±6 430)只、(26 327 ±3 091)只,两种寄主鱼间不存在显著差异;脱落的稚贝数量随着寄主鱼体重的增加而增加,并呈显著线性相关。在水温(24 ±1) 条件下,黄颡鱼组、罗非鱼组的稚贝脱落高峰分别出现在寄生后的第8 d、第7 d,罗非鱼组表现为明显的“早脱落”现象。罗非鱼在寄生前后血浆总蛋白(TP)、白蛋白(Alb)、总糖(Glu)、总胆固醇(TC)和高密度脂蛋白(HDL)含量均未出现显著变化,而血浆甘油三酯(TG)、低密度脂蛋白(LDL)含量显著下降($P=0.001, 0.020$)。未寄生组罗非鱼的7项指标均未出现明显变化。实验结果将为三角帆蚌钩介幼虫变态发育相关营养因子的探讨提供理论参考。

关键词: 三角帆蚌;钩介幼虫;寄主鱼;血浆指标

中图分类号: Q955 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2009)05-92-06

The Host Efficiency of Two Kinds of Fish for Glochidia of *Hyriopsis cumingii* and Impact on Plasma Biochemical Indexes of Host Fish

WEN Hai-Bo QIU Li-Hua GU Ruo-Bo XU Gang-Chun HUA Dan* XU Pao

(Key Laboratory of Fisheries Genetic Resources & Aquaculture, Chinese Academy of Fisheries Sciences Guangdong Guangzhou 510300;
Key Laboratory of Genetic Breeding and Aquaculture Biology of Freshwater Fishes, Ministry of Agriculture,
Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081, China;
Virginia Polytechnic Institute and State University, VA 24061, USA)

Abstract: We tested the host-specificity of Triangle Mussel (*Hyriopsis cumingii*) by infecting Yellow Catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*) and Nile Tilapia (*Tilapia nilotica*) with its glochidia and the correlations between time course of excystment of glochidia, number of transformed juvenile and host fish species, body weight were analyzed.

In addition, the plasma biochemical indexes of tilapia which were infected by glochidia of triangle mussel were

基金项目 国家基础性工作重点专项(No. 2002DEB10052),中国水产科学研究院水产种质资源与养殖技术重点开放实验室开放基金项目(No. 2007A003),中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(No. 6-115028);

* 通讯作者, E-mail: Huad@vt.edu;

第一作者介绍 闻海波,男,助理研究员;研究方向:淡水贝类种质资源保护及利用;E-mail: wenhb@ffrc.cn.

收稿日期: 2009-03-03, **修回日期:** 2009-06-25

determined and non-parasitized tilapia group was set up. The results showed the number of transformed juvenile from yellow catfish and tilapia per unit body weight stood at $26\ 435 \pm 6\ 430$, $26\ 327 \pm 3\ 091$ respectively, whereas there was no obvious difference. As body weight of host fish increased, the number of transformed juvenile did actually. The peak time of detached juveniles from yellow fish and tilapia appeared at the 8th, 7th day post-infection respectively with water temperature ranging from 23 to 25. In particular, the glochidia attached tilapia detached earlier than yellow fish. There were no obvious change in concentration of plasma biochemical indexes of parasitized tilapia, such as total protein (TP), albumin (Alb), glucose (Gu), total cholesterol (TC) and high density lipoprotein (HDL), whereas the concentrations of triglyceride (TG) and low density lipoprotein (LDL) significantly declined ($P = 0.001, 0.020$). There was no obvious difference in concentration of all indexes of non-parasitized tilapia either. The results will provide reference to find key factors to metamorphosis development of triangle mussel.

Key words: Triangle Mussel (*Hyriopsis cumingii*); Glochidia; Host fish; Plasma biochemical indexes

三角帆蚌 (*Hyriopsis cumingii*) 是我国主要淡水优质育珠蚌之一。自 20 世纪 70 年代三角帆蚌人工育苗技术突破以来,我国的淡水珍珠年产量和出口量一直保持世界首位^[1]。三角帆蚌是在我国广泛分布的蚌科物种,发育过程中其钩介幼虫需在鱼体短暂寄生才能变态成稚贝^[2]。因此人工选择合适的寄主鱼是人工育苗的关键技术之一。近 30 年来三角帆蚌的人工繁殖技术工艺不断得到完善和规范^[3-5],而国内关于钩介幼虫寄生变态发育基础理论研究甚为薄弱,仅见王宏等对三角帆蚌钩介幼虫寄宿阶段形态变化的初步研究^[6]。Isom 等^[7]首次开展了淡水双壳类钩介幼虫的体外培养,通过添加鱼类血浆成功实现了钩介幼虫的非寄生变态发育;之后, Keller 等^[8]改进了培养液配方和培养条件,对多种鱼类血浆进行了筛选实验,使一些蚌科物种钩介幼虫的体外培养变态率得到显著提高,表明寄主鱼血浆中的某些重要物质为钩介幼虫变态发育提供了合适的营养或变态发育相关因子。了解钩介幼虫寄生是否会对寄生鱼机体产生影响等问题将对寻找钩介幼虫变态发育关键因子和幼虫非寄生变态发育培养液的筛选有重要意义。

本文通过三角帆蚌钩介幼虫对黄颡鱼 (*Pelteobagrus fulvidraco*)、尼罗罗非鱼 (*Tilapia nilotica*) 的寄生实验,探讨分析稚贝脱落数量和脱落周期与寄主品种、寄主单尾体重的相关关系;并通过对罗非鱼寄生前、稚贝脱落后血浆主要生化指标的测定,评估钩介幼虫寄生对寄主

鱼体质的影响,以期三角帆蚌钩介幼虫变态发育基础研究和体外培养配方的筛选提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 实验动物采集 三角帆蚌亲本 2007 年 3 月采集于无锡太湖,通过外鳃丝鳃间隔宽度判别雌雄,按雌雄性比 2:1 吊养于淡水渔业研究中心试验场,进行亲本培育。黄颡鱼采集于无锡八字桥水产市场,尼罗罗非鱼为淡水渔业研究中心试验场提供,选择健康无伤的个体用于寄生实验。

1.2 寄生实验 6 月上旬挑选成熟的孕育蚌进行人工采苗,按华丹等^[9]的方法进行寄生。将孕育蚌阴干约 30 min 后放入清水中等待排幼;观察到幼虫排出后,用吸管将棉絮状幼虫团吸至培养皿中,用解剖针将幼虫分散;将散开的幼虫放入约 20 L 清水盆中,使幼虫密度保持在约 50 只/ml;同时放入罗非鱼和黄颡鱼,气泵充气,约 20 min 后取出寄主鱼放入暂养箱暂养。寄主鱼用网目 0.5 cm 的聚乙烯网箱与暂养箱底部隔开,以防止寄主鱼伤害脱落的稚贝。在寄生后第 1 d 起,每天上午 8:00 时采用虹吸法吸取寄主鱼暂养箱底部脱落的稚贝,经 250 目筛绢过滤获得脱落稚贝。在 OLYMPUS 解剖镜下,用浮游动物计数板统计每天脱落稚贝的数量。

1.3 血液采集及生化指标测定 以未寄生钩介幼虫的罗非鱼 3 组作空白对照,与寄生幼虫

的罗非鱼 2 组平行采血。按刘波等^[10]的方法尾静脉采血约 1.5 ml, HP 抗凝;采血时间为罗非鱼寄生前和稚贝脱落后当天 8:00~9:00 时;血液采集后 4 2 500 r/min 离心 15 min, 取上清液 - 20 保存待测。血浆中总蛋白测定方法为双缩脲法(g/L);白蛋白为溴甲酚绿法(g/L);总胆固醇、甘油三酯测定方法为酶法,测定试剂均由美国 Beckman Coulter 公司生产;高密度脂蛋白、低密度脂蛋白为化学修饰酶法(mmol/L),其测定试剂由英国 Randox 公司生产;葡萄糖测定方法为氧化酶法。

1.4 统计分析 数据分析运用 SPSS 11.0 软件

进行, *t*-检验采用 Independent-samples T test, 多重比较采用 One-way ANOVA 方法;图表分析在 Excel 2003 中完成。

2 结果与分析

2.1 寄主种类对脱落稚贝的影响

在水温 24 条件下,共进行了 3 组黄颡鱼、2 组罗非鱼的寄生实验,获得的脱落稚贝数量见表 1。从每千克寄生鱼获得的稚贝数量来讲,黄颡鱼组、罗非鱼组分别为(26 435 ± 6 430)只、(26 327 ± 3 091)只。*t*-检验分析表明两者无显著差异($P = 0.984$)。

表 1 三角帆蚌钩介幼虫寄生于黄颡鱼、尼罗罗非鱼的变态稚贝数量

Table 1 Numbers of transformed juveniles of *Hyriopsis cumingii* from *Pelteobagrus fulvidraco* and *Tilapia nilotica*

实验组 Group	平均体重(g) Means of body weight	样本数 Individual	脱落稚贝总数 Total number of transformed juveniles	每千克寄生鱼平均脱落稚贝数 Average number of transformed juveniles per unit body weight
黄颡鱼 组 Group (Yellow catfish)	86.4 ± 30.6	9	24 835	31 926
黄颡鱼 组 Group (Yellow catfish)	82.6 ± 36.5	13	20 802	19 362
黄颡鱼 组 Group (Yellow catfish)	85.4 ± 44.4	12	28 703	28 017
罗非鱼 组 Group (Nile tilapia)	135.1 ± 18.6	8	26 099	24 141
罗非鱼 组 Group (Nile tilapia)	160.1 ± 31.1	6	36 520	28 513
罗非鱼 组 Group (Nile tilapia)	164.8 ± 46.1	3	0	0

2.2 寄主体重对脱落稚贝的影响

单从黄颡鱼组来看,3 组平均每尾寄主鱼脱落的稚贝数量分别为 2 759 只、1 600 只、2 391 只。方差分析表明:3 组黄颡鱼的体重无显著差异,但随着寄主鱼平均体重的增加,平均每尾寄主鱼脱落的稚贝数量呈递增趋势。每千克寄主鱼获得的稚贝数量也随寄主鱼的平均体重呈明显增加的趋势。回归分析表明:寄主鱼平均体重(W)与脱落稚贝数量(N)呈显著的线性相关,回归方程为: $N = -21 684 + 283.8W$ ($R^2 = 0.995$)。

对于罗非鱼组,2 组平均每尾寄主鱼脱落的稚贝数量为 3 262 只、6 087 只,罗非鱼 组约是罗非鱼 组的 2 倍;而从每千克寄主鱼获得

的稚贝数量来看(表 1),罗非鱼 组也大于组,表明体重对脱落稚贝数量影响较大。这与黄颡鱼的实验结果相似。

因此,无论是在黄颡鱼还是罗非鱼寄生,随着单尾鱼体重的增加,脱落的稚贝数量呈增加趋势。

2.3 稚贝脱落周期

3 组黄颡鱼组稚贝从寄生后的第 5 d 开始脱落,持续到第 13 d 基本结束,脱落高峰均出现在第 8 d(图 1);而罗非鱼组从寄生后的第 4 d 就发现有稚贝脱落,第 12 d 基本脱落完成,脱落高峰出现在第 7 d(图 2)。对当天脱落稚贝的显微观察,罗非鱼组脱落的稚贝活动能力较弱。因此,三角帆蚌钩介幼虫

在黄颡鱼与罗非鱼上寄生周期和脱落高峰存在一定的差异,罗非鱼组表现为“早脱落”现象。

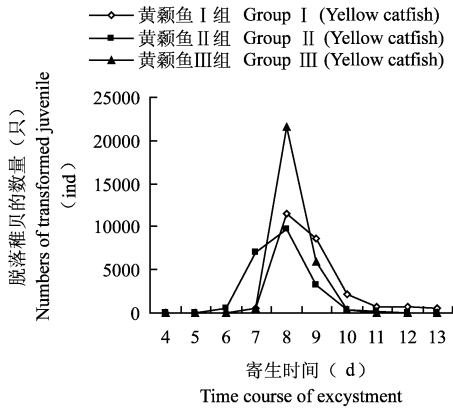


图1 三角帆蚌钩介幼虫对黄颡鱼的寄生周期与稚贝的变态脱落

Fig.1 Time course of excystment of glochidia of *Hyriopsis cumingii* and transformed juvenile from *Pelteobagrus fulvidraco*

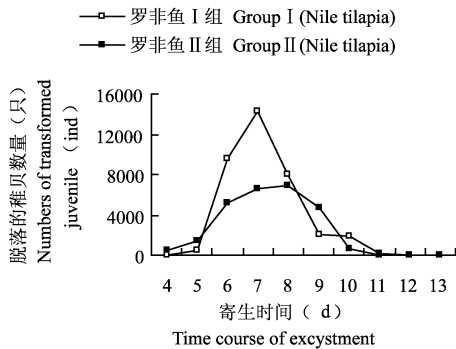


图2 三角帆蚌钩介幼虫对罗非鱼的寄生周期与稚贝的变态脱落

Fig.2 Time course of excystment of glochidia of *Hyriopsis cumingii* and transformed juveniles from *Tilapia nilotica*

2.4 血浆生化指标测定 罗非鱼寄生组与未寄生组体重、体长无显著差异 (t -检验, $P = 0.143, 0.124$)。

2.4.1 未寄生组血浆生化指标变化 测定结果显示:未寄生幼虫的罗非鱼实验前血浆的总蛋白、白蛋白含量分别为 $(31.1 \pm 5.6) \text{ mg/L}$ 、 $(9.2 \pm 3.2) \text{ mg/L}$,实验结束时总蛋白、白蛋白含量略有升高,分别为 $(34.3 \pm 5.3) \text{ mg/L}$ 、 $(11.0 \pm$

$2.4) \text{ mg/L}$,但无显著差异。血浆中的总糖(Gu)、总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白(HDL)、低密度脂蛋白(LDL)的变化见图3。未寄生幼虫的罗非鱼实验前后7项血浆生化指标均未出现显著改变。

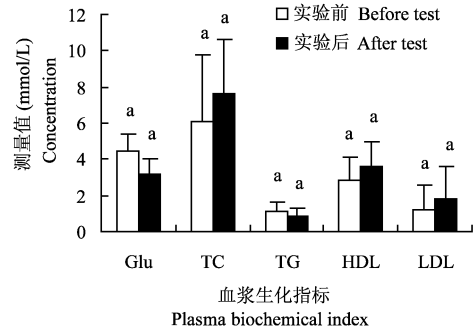


图3 未寄生罗非鱼实验前后血浆指标的变化

Fig.3 Variation in plasma biochemical indexes of non-parasitized *Tilapia nilotica* with glochidia
a, b 不同字母表示两组有显著差异,相同字母表示无显著差异。下图相同。

The different letter a and b indicates there is obvious difference between two groups, and vice versa. As same as the following.

2.4.2 寄生组血浆生化指标变化 寄生组罗非鱼实验前血浆的总蛋白、白蛋白含量分别为 $(26.3 \pm 2.6) \text{ mg/L}$ 、 $(6.6 \pm 0.9) \text{ mg/L}$;稚贝脱落后血浆总蛋白、白蛋白均略有下降,分别为 $(22.8 \pm 4.8) \text{ mg/L}$ 、 $(6.0 \pm 2.8) \text{ mg/L}$,但未出现显著变化。其他5项血浆中指标的变化见图4。

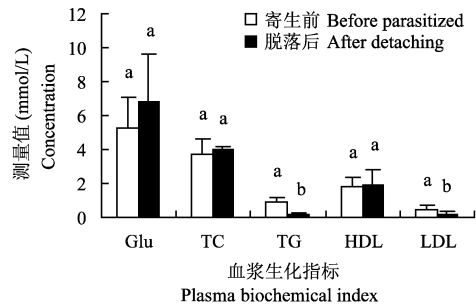


图4 三角帆蚌钩介幼虫寄生对罗非鱼血浆指标的影响

Fig.4 Impact on plasma biochemical indexes of *Tilapia nilotica* infected with glochidia of *Hyriopsis cumingii*

t-检验分析结果显示:(1)总糖(Gu)、总胆固醇(TC)、和高密度脂蛋白(HDL)均略有升高,但无显著改变;(2)甘油三酯(TG)、低密度脂蛋白(LDL)显著下降,即三角帆蚌钩介幼虫寄生事件极显著地降低了罗非鱼血浆中TG、LDL含量($P=0.001, 0.020$)。

3 讨论

3.1 钩介幼虫寄生的影响因子 王玉芬等^[11]认为钩介幼虫的选择性寄生主要受到幼虫的寄生器官与寄主鱼鳃组织结构匹配的影响,而与寄主的血浆营养成分关系不大。Isom 等认为钩介幼虫对寄主的高选择性并非取决于对寄主鱼的营养选择,而更可能与寄主的免疫系统有关^[7]。Yeager 等也认为钩介幼虫对鱼类的高选择性寄生是由鱼类的生理适应决定的^[12]。而Uthaiwan 等^[13]对淡水珍珠贝(*H. myersiana*)钩介幼虫的研究表明,在培养液中添加鲤鱼(*Cyprinus carpio*)血浆使幼虫的体外培养成活率得到显著提高,并显著高于添加尼罗罗非鱼、杂交鲇(*Clarias macrocephalus* × *C. garienus*)血浆的幼虫成活率,寄主鱼血浆成分与幼虫成活率有显著相关性。因此,蚌科物种钩介幼虫对寄主鱼的高选择性可能受到寄主鱼种类、年龄、生理状况及寄生条件等因子的影响。

3.1.1 寄主鱼种类 在人工寄生条件下,用于钩介幼虫寄生筛选的鱼类生理习性不同,其寄生效果也存在显著差别。如王玉芬等^[11]筛选裂壳蚌(*Lamprotula scripta*)钩介幼虫的寄主鱼时发现:16种鱼类中有5~6种可以使钩介幼虫成功变态;华丹等^[9]对圆背角无齿蚌(*Anodonta woodiana pacifica*)的研究认为,罗非鱼是比较合适的寄主鱼;对三角帆蚌的寄主鱼筛选结果认为,无论是寄生量还是在稚蚌脱苗率方面,黄颡鱼与草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)均是三角帆蚌钩介幼虫的最佳寄主^[14]。本实验表明黄颡鱼与罗非鱼寄生效果基本相同。

3.1.2 寄主鱼年龄 Hastie 等的研究表明,成鱼虽然比幼鱼有更大的滤水率和鳃丝表面积,在寄生初期钩介幼虫的寄生数量较大,但可能

由于成鱼较完善的免疫系统,寄生的钩介幼虫会在未变态前就出现脱落死亡^[15]。华丹对紫踵劈蚌(*Potamilus alatus*)钩介幼虫的寄生实验也显示,淡水石首鱼(*Aplodinotus grunniens*)成鱼脱落稚贝的数量小于幼鱼,但两者无显著差异。其原因可能是成鱼在野生状态下幼虫寄生已经使机体产生了抗幼虫因子,而幼鱼的机体中一般不存在。本文结果显示,对于同龄黄颡鱼组来说,脱落三角帆蚌稚贝数量与寄主平均单位尾体重存在显著的直线正相关关系。

3.1.3 寄生条件 在自然状态下,鱼体上寄生的钩介幼虫数量一般较少。规格6.7~10.0 cm(原文为2~3寸)的草鱼,每尾平均寄生钩介幼虫数是288只,而鳙鱼(*Aristichthys nobilis*)只有21只^[3]。Riusech 等的研究发现,在自然水域中*Venustaconcha ellipsiformis*的钩介幼虫在每尾彩虹鲈(*Etheostoma caeruleum*)的寄生数量在1~73只,而在橘喉鲈(*E. spectabile*)的寄生数量在17~46只。在人工条件下,体重120 g左右的罗非鱼每尾平均可寄生圆背角无齿蚌钩介幼虫2 045只;体重130 g左右的罗非鱼每尾平均可寄生三角帆蚌钩介幼虫3 262只。在人工条件下钩介幼虫与寄主的接触机率远高于自然寄生,寄生过程中寄主的成活率和幼虫的变态率都得到了有效提高。这也为濒危淡水蚌科物种的保护和大规模人工繁殖提供了有效途径。

笔者认为淡水双壳类钩介幼虫对寄主鱼的特定选择既是生物长期进化适应的结果,受到寄主鱼与钩介幼虫的双重选择作用,但也同样受到外部生态环境变化,尤其受到鱼类种群结构变化和人工条件改变的影响。本文对比了人工条件下三角帆蚌钩介幼虫在罗非鱼、黄颡鱼上的寄生效果,结果显示,两种鱼脱落的稚贝数量无显著差异,但数量与体重存在一定的相关

Hua D. Biology, captive propagation, and feasibility of pearl culture in the pink heelsplitter (*Potamilus alatus*) (say, 1817) (Bivalvia: Unionidae). Virginia, USA: Virginia Polytechnic Institute and State University, 2005.

Riusech F A, Bamhart M C. Host suitability and utilization in *Venustaconcha ellipsiformis* and *Venustaconcha pleasii* (Bivalvia: Unionidae) from the Ozark Plateaus. Proceedings of the Conservation, Captive Care, and Propagation of Freshwater Mussels Symposium, 1998, 83~91.

关系。笔者认为两种鱼均可以作为三角帆蚌规模化人工繁育的寄主,而罗非鱼组表现为“早脱落”现象,这与华丹等^[9]对圆背角无齿蚌的报道类似。由于实验未对脱落后稚贝的生长情况进行比较,罗非鱼组的早脱落现象是否会影响稚贝的早期成活与生长还有待进一步研究。

3.2 寄生对寄主鱼血浆成分的影响 钩介幼虫被排出母体后,随水流进入鱼鳃或黏附于鱼体体表形成包囊,幼虫通过包囊吸收鱼体营养物质进行寄生变态发育。寄生事件是否对寄主的生理产生影响,在本实验中,从寄生前、稚贝寄生变态完成后罗非鱼主要血浆生化指标看,仅甘油三酯、低密度脂蛋白出现显著改变。在寄生期间寄主鱼成活率为 100%,因此三角帆蚌钩介幼虫对罗非鱼的存活率未产生显著影响。

甘油三酯在多种脂肪酶的作用下分解成甘油和脂肪酸,生成的脂肪酸释放入血,与白蛋白结合形成脂酸白蛋白可以运输至其他组织而被利用。罗非鱼被寄生后血浆甘油三酯的含量显著下降,血浆白蛋白含量也有所下降,而未寄生组无明显变化。因此推测幼虫寄生事件使罗非鱼血浆中甘油三酯分解,释放出甘油和脂肪酸。甘油三酯所含的三个脂肪酸可以是相同的或不同的,可为饱和脂肪酸或不饱和脂肪酸。Gatenby 等^[16]认为多不饱和脂肪酸含量对刚脱落稚贝的变态发育至关重要。因此罗非鱼血浆甘油三酯的下降可能是为钩介幼虫变态发育提供脂肪酸营养来源,但仍需进一步的实验来证明。

血液中低密度脂蛋白的主要功能是将胆固醇从肝运送到全身组织,其核心约由 1 500 个胆固醇酯分子构成^[17]。寄生组罗非鱼血浆 LDL 含量显著下降,而血浆胆固醇升高。这可能是寄生引起寄主血浆 LDL 分解所致,但其作用机制尚未有得到证实。

此外,用罗非鱼寄生稚贝表现出明显的“早脱落”现象,这是罗非鱼的免疫系统对钩介幼虫

寄生产生的防御作用还是其他原因还有待进一步的实验。

参 考 文 献

- [1] 徐兴川,余庆军,张明俊. 淡水珍珠健康养殖实用技术. 北京:化学工业出版社,2008.
- [2] 刘月英,张文珍,王耀先等. 中国经济动物志——淡水软体动物. 北京:科学出版社,1979,83~85.
- [3] 广东省肇庆地区农业科学研究所. 三角帆蚌人工繁育研究初报. 淡水渔业,1973,(10):11~13.
- [4] 门摩西,王林如,钱锡昌等. 三角帆蚌的人工繁殖及幼蚌的培育. 淡水渔业,1976,(9):19~24.
- [5] 陈友明,李家乐,白志毅. 三角帆蚌人工繁育工艺的改良及效果. 渔业现代化,2007,34(5):26~28.
- [6] 王宏,李家乐,汪桂玲等. 三角帆蚌钩介幼虫寄宿阶段形态变化的初步研究. 上海水产大学学报,2007,16(4):394~398.
- [7] Isom B G, Hudson R G. *In vitro* culture of parasitic freshwater mussel glochidia. *The Nautilus*,1982,96(4):147~151.
- [8] Keller A E, Zam S G. Simplification of *in vitro* culture techniques for freshwater mussels. *Environmental Toxicology and Chemistry*,1990,9:1291~1296.
- [9] 华丹,徐钢春,闻海波等. 三种寄生鱼对圆背角无齿蚌寄生效果的研究. 浙江海洋学院学报(自然科学版),2005,24(3):213~216.
- [10] 刘波,郑小平,周群兰等. 大黄萘醌提取物对建鲤抗应激及生长的影响. 动物学报,2006,52(5):899~906.
- [11] Wang Y F, Wei Q S, Peng Y. Fish host requirements of *Lamprotula scripta* Hude (Mollusca: Unionidae). *Journal of Central China Normal University (natural science)*,2001,35(1):72~76.
- [12] Yeager B, Saylor C F. Fish hosts for four species of freshwater Mussels (Pelecypoda: Unionidae) in the upper Tennessee River Drainage. *American Midland Naturalist*,1995,133:1~6.
- [13] Uthaiwan K, Pakkong P, Noparatnaraporn N, et al. Study of a suitable fish serum for *in vitro* culture of glochidia *Hyriopsis myersiana*. *Aquaculture*,2002,209:197~208.
- [14] 白志毅,李家乐,潘彬斌. 三角帆蚌钩介幼虫在 5 种寄主鱼体寄生效果的比较. 淡水渔业,2008,38(1):3~5.
- [15] Hastie L C, Young M R. Freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) glochidiosis in wild and farmed salmonid stocks in Scotland. *Hydrobiologia*,2001,445:109~119.
- [16] Gatenby C M, Parker B C, Neves R J. Growth and survival of juvenile rainbow mussels, *Villosa iris* (Lea, 1829) (Bivalvia: Unionidae), reared on algal diets and sediment. *American Malacological Bulletin*,1997,14:57~66.
- [17] 王镜岩,朱圣庚,徐长法. 生物化学(上册). 北京:高等教育出版社,2002,118.