

褐菖鲉(*Sebastiscus marmoratus*)早期生长发育与人工繁育技术研究

邱成功¹, 徐善良^{1*}, 齐 闯¹, 林少珍²

(1. 宁波大学 海洋学院, 浙江 宁波 315211; 2. 浙江省海洋水产养殖研究所, 浙江 温州 325005)

摘要: 在室内水泥池育苗条件下研究了褐菖鲉(*Sebastiscus marmoratus*)仔、稚、幼鱼的生长发育特性和人工育苗关键技术。结果表明: 在育苗水温 12~17℃, 5 日龄卵黄囊消失进入仔鱼后期, 36 日龄各鳍鳍条形成进入稚鱼期, 经 57~62 d 鳞被完整发育为幼鱼; 仔鱼期、稚鱼期和幼鱼期的平均存活率分别为 17.42%、66.01%和 89.21%; 水温对 30 日龄前的仔鱼生长影响不显著, 平均体长增长率为 $(0.12 \pm 0.01) \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$, 30 日龄后温度效应不断增大, 平均日增长率 $(0.75 \pm 0.05) \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$, 其生长拟合方程为 $L_t = 0.0001D_3 + 0.001D_2 + 0.0123D + 4.3919$, $R^2 = 0.98$; 蛋黄可以部分代替轮虫, 且存活率及生长速度与轮虫组无显著差异; 育苗中发现第 14~15 天、第 28~30 天、第 41~50 天分别为褐菖鲉育苗的 3 个危险期, 死亡率以第 1 个危险期最高, 达 67.20%; 针对 3 个危险期提出了加强早期营养供应, 缩短卤虫投喂时间, 增设底部和各水层隐蔽物等建议。

关键词: 褐菖鲉; 人工繁育; 饵料系列; 成活率; 危险期

中图分类号: S962.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2013) 04-0017-07

褐菖鲉(*Sebastiscus marmoratus*)属鲉形目, 鲉亚目, 鲉科, 菖鲉属的暖温性底层卵胎生鱼类, 棘有毒。栖息于近岸岩礁海区, 我国沿海均有分布, 在东海南部、南海海域分布较多。近年来, 由于其他经济鱼类资源的衰退, 对褐菖鲉的需求量日益增大, 褐菖鲉的网箱养殖产业也应运而生, 但迄今为止, 养殖所用苗种以钓捕天然鱼种为主, 过度捕捞导致其资源量急剧下降。因此, 及时开展褐菖鲉的人工育苗技术研究以及了解工厂化条件下其仔稚幼鱼生长发育特性十分必要。

国内外学者已报道了褐菖鲉的生物学^[1-2]、性腺的发育与生殖细胞的发生^[3-6]、褐菖鲉胚胎和仔稚鱼的发育^[7-9], 并研究了环境因子对褐菖鲉仔鱼存活率的影响^[10-11], 研究了不同条件下褐菖鲉的代谢水平^[12-13], 以及不同投喂方式对褐菖鲉幼鱼生长的影响^[14]等。但由于其人工育苗技术不易掌握, 目前对褐菖鲉的人工育苗技术研究国内报道

极少, 钱昶等^[15]及陈爱平^[16]仅分别介绍了 25 日龄和 38 日龄仔鱼的培育情况, 对于褐菖鲉人工育苗中仔、稚、幼鱼的完整发育及培育技术尚未见报道。笔者在室内水泥池育苗条件下研究了褐菖鲉仔、稚、幼鱼的生长发育特性以及人工育苗的关键技术, 旨在为今后开展褐菖鲉规模化苗种繁育生产提供技术参考。

1 材料与方法

1.1 亲鱼来源与培养

2011 年育苗用亲鱼为宁波鱼山岛的自然成熟亲鱼; 2012 年亲鱼从浙江洞头三盘鱼排选用。挑选出体质健壮, 活动力强, 鳞片完整, 无病无外伤, 卵巢发育良好, 体重 100 g 以上, 2~3 年龄已交配的雌性个体。池底摆设筒状隐蔽物, 饲养密度为每平方米 15 尾, 水温控制在 8~15℃。为保证亲鱼营养, 亲鱼以投新鲜的小鱼或活虾为主, 每天早晚各投

收稿日期: 2013-03-11.

宁波大学学报(理工版)网址: <http://journal.lg.nbu.edu.cn/>

基金项目: 国家海洋局海洋公益性行业科研专项(201105009-3); 国家星火计划引导项目(S2013C); 宁波大学学科项目(XK1104)。

第一作者: 邱成功(1989-), 男, 浙江温州人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 海水鱼类人工繁育技术。E-mail: qiuchenggong1024@sina.cn

*通信作者: 徐善良(1962-), 男, 浙江舟山人, 副教授, 主要研究方向: 海水鱼类养殖。E-mail: xushanliang@nbu.edu.cn

喂 1 次。每天投饵后吸污,并换水 50%。当亲鱼腹部极度鼓胀,轻压腹部即有少量黑色仔鱼娩出时,将亲鱼移入产仔网箱。

1.2 人工育苗

分别于 2011 年和 2012 年 2~5 月,在宁波岳井洋渔业开发有限公司和浙江省海洋水产养殖研究所洞头基地进行,育苗和试验期间水温控制在 12~17℃,光照强度 1 000~3 000 lx,共进行了 4 个批次的人工育苗研究。育苗池为 8 m×8 m 和 5.5 m×5.5 m 方形水泥池,池深 1.5 m;池底设散气石每平方米 0.5 个,并铺设蒸汽加热管;池上方有可调节的遮光帘。育苗用水为自然海水经黑暗沉淀 48 h 后,二级砂滤池过滤后备用,盐度 28~33, pH 7.8~8.2,溶解氧保持在 6 mg·L⁻¹ 以上。轮虫采用小球藻加酵母培养,投喂前用高浓度小球藻强化 12 h,不足时从天然土池捞取补充;海洋桡足类由张网作业提供,入池暂养后尽量选活桡足类投喂;卤虫无节幼体用英伟公司营养强化剂强化。

1.3 饵料试验

仔鱼娩出后,及时移出亲鱼,6 h 以后进行选优,淘汰体弱仔鱼,取适量未开口仔鱼用于饵料试验,共设 3 组,每组 5 个平行,分别为轮虫组、轮虫蛋黄混合投喂组、蛋黄组。蛋黄经煮熟用 150~200 目筛绢搓洗,轮虫组投喂密度 10~15 ind·mL⁻¹,蛋黄组保持蛋黄颗粒与轮虫密度基本一致,轮虫与蛋黄混合组以 1:1 比例投喂,18 日龄后 3 组同时改投桡足类。试验在水体为 20 L 的玻璃圆缸中进行,至仔鱼 32 日龄结束。每天抽样在显微镜下拍照测量并观察描述其形态变化与生长,且与生产性培育进行对照。

1.4 温度试验

2 个年度的试验和生产同步进行。4 个批次的人工育苗水温分别为 12~17℃、12~14℃、14~16℃、15~17℃,盐度 28~33, pH 7.8~8.2,溶解氧保持在 6 mg·L⁻¹ 以上,统计各批次初产仔鱼总数、仔鱼期存活率、稚鱼期存活率以及育成率,每隔 2 d 抽样在显微镜下拍照测量并观察描述其形态变化与生长,直至该批次育苗结束。

1.5 计算与统计

所得数据利用 SPSS 13.0 软件进行单因素方差分析(One-way ANOVA)及 Duncan 多重比较处理,

以 $P < 0.05$ 作为差异显著水平;运用 Excel 2003 软件辅助运算及图表制作。相关计算公式如下:

仔鱼期存活率=稚鱼数/仔鱼总数×100%,

稚鱼期存活率=幼鱼数/稚鱼总数×100%,

育成率=培育的幼鱼数/仔鱼总数×100%。

2 结果

2.1 仔、稚、幼鱼的生长发育特征与培育

2.1.1 仔鱼期生长发育特征与培育

(1) 仔鱼前期。从母体产出至卵黄囊和油球完全吸收前,体长小于 5 mm。此期仔鱼的活动能力和对不良环境的耐受力较弱,宜静水培养,保持微充气,5 d 内不换水,添加 20×10^4 个·mL⁻¹ 的小球藻以调节水质,光照调至 1 000 lx 左右。

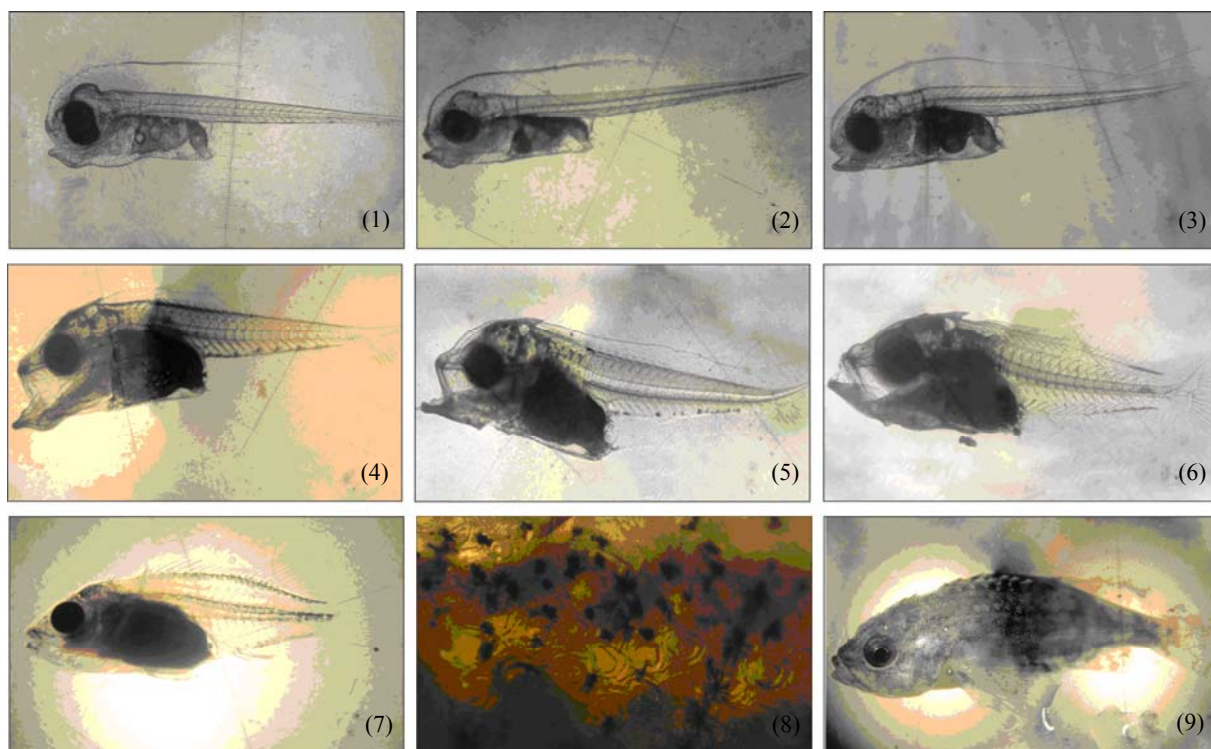
1 日龄仔鱼,刚产出的仔鱼全长 4.13~4.45 mm,多数在水体上层活动,具有趋光性。卵黄囊近圆形,长径 0.28~0.31 mm,短径 0.22~0.26 mm,油球 1 个,圆球形,位于卵黄囊的中下方,直径为 0.11~0.16 mm;鱼体透明,鳍膜高度为 0.21~0.34 mm;眼球上黑色素分布浓密,呈黑色,腹腔背侧有 15 个左右点状色素,呈一行排列,肛后鳍褶已具 8 个黑色素。上下颌已形成,偶尔可见下颌活动。头部后方耳囊出现,2 个耳石清晰可见,肌节 23 对,呈“<”形,胸鳍也已出现。心跳 75~100 次·min⁻¹。肠呈 60 度角向腹缘弯曲,20 h 后 50% 以上个体开始摄食轮虫,肉眼能观察到仔鱼依靠胸鳍和尾鳍进行摄食的行为(图 1(1))。

2 日龄仔鱼,全长 4.10~4.31 mm,油球明显变小,直径为 0.08~0.11 mm。鳍褶可区分背鳍褶、尾鳍褶、肛前鳍褶等部分。眼球出现淡蓝色。肠管边出现枝状样色素,肠中可清晰见轮虫。活动能力增强,出现平游和垂直游动姿势。

3 日龄仔鱼,全长 4.17~4.35 mm,鳍膜高度为 0.32~0.40 mm,卵黄囊和油球继续缩小(图 1(2))。心跳 80~89 次·min⁻¹。显微镜下可见,肠管外周枝状黑色素增多,下颌已分布黑色素。肝脏锥形及鳃丝原基出现,仔鱼几乎都在水上层活动,喜欢聚集在池角,反应灵敏。

4 日龄仔鱼,全长 4.36~4.46 mm,胸鳍增大,呈蒲扇状,眼球稍向外凸出。

5 日龄仔鱼,全长 4.44~4.53 mm,卵黄囊完全



(1)为1日龄仔鱼; (2)为3日龄仔鱼; (3)为5日龄仔鱼; (4)为18日龄仔鱼; (5)为23日龄仔鱼; (6)为27日龄仔鱼;
(7)为33日龄仔鱼; (8)为50日龄稚鱼鳞片; (9)为55日龄幼鱼

图1 褐菖鲉仔、稚、幼鱼期生长发育特征

吸收。此时, 仔鱼上下颌张合频率加快, 下颌齿清晰可见。腹部树枝状黑色素更多。

(2) 仔鱼后期。5 d 后的仔鱼, 体长达 4.5~4.8 mm, 卵黄囊和油球完全吸收(图 1(3)), 进入仔鱼后期阶段。

6~8 日龄仔鱼, 全长 4.52~5.55 mm, 眼球能作左右可同步转动, 口裂大, 下颌明显长于上颌, 捕食能力增强。可见肠子蠕动, 血液流动速度加快, 仔鱼处于水中层, 靠尾部摆动迅速游动, 或向上窜动。在池边、池角出现集群现象。

9~11 日龄仔鱼, 全长 5.10~5.95 mm, 尾鳍呈圆扇形, 透明, 尾鳍褶上出现少量红、黄色素。胸鳍变的更有力, 并伴有放射状鳍条雏形出现。鱼苗摄食量明显增加, 此阶段可以适当投喂经营养强化的卤虫无节幼体。

12~15 日龄仔鱼, 全长 5.21~6.42 mm, 仔鱼头顶部出现枝状、菊花状色素, 腹部鳍膜上也有些枝状色素分布。鳃弓上出现两排鳃耙, 粗短, 粒状。鱼苗活动能力很强, 能快速地游动, 开始投喂经 60 目网袋滤出的枝角类或桡足类, 并根据仔、稚鱼口

径变化及时调整滤网网目。

17~21 日龄仔鱼, 全长 5.74~7.13 mm, 眼睛黑白分明, 鳃盖骨已清晰可见, 其上出现一小棘, 前后鳃盖已完全分化, 鳃丝更多, 部分仔鱼鳃管出现。胸鳍鳍条明显, 镜下呈多彩颜色, 下颌变的更长。鳍膜已退至仔鱼头后方, 头部颅骨部位和听囊后方的星状黑色素增多为 7 个左右。“<”形肌节向“Σ”形肌节转变。尾椎末端下部有尾鳍支鳍骨原基细胞出现, 大部分个体尾椎骨稍有上翘, 出现放射状纹路(图 1(5))。

23~24 日龄仔鱼, 全长 6.31~7.49 mm, 鳃盖上出现 2、3 个小棘, 头顶也出现 2 个棘, 鳍膜渐渐消失, 出现背鳍、臀鳍的轮廓(图 1(5)), 胸鳍上布满星点状色素。4 对鳃弓清晰可见, 鳃耙变成细长状。

27 日龄仔鱼, 全长 6.65~8.74 mm, 体长 6.41~8.33 mm。鳍膜基本消失, 背鳍与臀鳍基部细胞堆积形成鳍条原基, 腹鳍雏形出现, 胸鳍、尾鳍鳍条均已成形, 尾鳍鳍条 16 根(图 1(6))。

31~33 日龄仔鱼, 全长 7.46~10.72 mm, 体长 7.25~10.42 mm。背鳍、臀鳍、尾鳍、腹鳍、胸鳍

条全部长齐,各鳍完全形成(图 1(7)).背鳍具 13 鳍棘,13 鳍条.沿脊柱纵向黑色素丛发达,鱼体已不透明,镜下内脏逐渐模糊不清.

此时可适当加大充气量,日换水量 50%左右,每 2 d 吸污 1 次.

2.1.2 稚鱼期生长发育特征与培育

经 35 d 培育,仔鱼平均体长达 10 mm 以上,进入稚鱼期.

36~37 日龄,全长 9.05~17.54 mm,体长 8.70~14.34 mm.头部和体侧分布着大小不一的星状和菊花状黑色素丛,鱼体的背部从吻端到尾部布满色素,背部、体侧及尾部呈黑褐色,腹部泛青绿色,初步具有成鱼的体形,鳞片尚未形成.

41 日龄,全长 15.35~21.45 mm,体长 13.65~18.23 mm.胸鳍后方的侧线两侧隐约出现单圆形的鳞片.鱼苗能大量捕食桡足类,大小个体间出现相互残杀现象,较大个体的稚鱼有附壁或沉底现象.

49~50 日龄,全长 22.42~28.60 mm,体长 19.9~25.7 mm.沿侧线上下出现成列的鳞片,部分鳞片出现同心圆结构(图 1(8)).

稚鱼喜成群逆水而游,每日换水 100%以上,光强控制在 2 000 lx 左右为宜.为防止稚鱼后期出现互相残杀现象,增大充气强度,投放遮蔽物,保证桡足类、枝角类等活饵料供应,及时进行虾糜或人工颗粒饲料驯化.

2.1.3 幼鱼期生长发育特征与培育

50 日龄后,各鳍上都布满色素,躯干及鳃盖部长满了鳞片,鳞被形成,进入幼鱼期.此时,外部形态和生态习性与成鱼相似(图 1(9)),绝大多数个体沉于水底活动,投喂虾糜或“鱼宝”饲料.

幼鱼阶段应每天换水 150%以上,每 3 d 清理底部隐蔽物 1 次,保证水质清新,及时倒池以防疾病发生.当幼鱼体长达 30 mm 以上时,可以出池.

2.2 育苗饵料系列及育成率

根据褐菖鲉仔、稚、幼鱼的口径和摄食习性的变化及其生长发育对营养的需求,育苗中采用图 2 所示的饵料系列投喂,转饵料时采取交叉过度投喂.各种饵料的投喂量分别是轮虫 $8\sim 10 \text{ ind}\cdot\text{mL}^{-1}$ 、卤虫无节幼体 $2\sim 3 \text{ 个}\cdot\text{mL}^{-1}$ 、桡足类(枝角类) $1\sim 2 \text{ 个}\cdot\text{mL}^{-1}$ 、虾糜或人工颗粒饲料 $10\sim 20 \text{ mg/尾}$.从图 2 可知,轮虫的投喂时间长达 18 d,第 10~18 天投喂卤虫无节幼体,从 15 d 开始逐渐添加经 60 目滤出的桡足类或蒙古裸腹蚤,以后加大桡足类的投喂量,待 44 d 后开始用虾糜或人工颗粒饲料进行驯化.

4 个批次的褐菖鲉人工育苗结果见表 1.从表 1 可知,经 57~62 d 的培育,各批次的育成率并不高,仅为 6.96%~14.84%.仔鱼期经历 2 次危险期后存活率最低,4 批次平均存活率只有 17.42%;稚鱼期出现 1 次危险期,平均存活率为 66.01%;幼鱼阶段的存活率较高,达到 87.54%以上.其中第 4 批次仔鱼为二次发育所产,其育成率最低,显著低于同批亲鱼的第 3 批次的育成率.

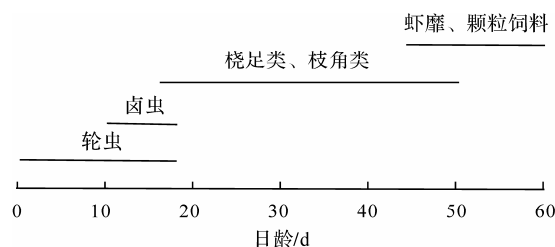


图 2 褐菖鲉人工育苗饵料系列

2.3 不同培育水温下仔、稚、幼鱼的生长比较

由体长跟踪测量结果,得到 4 批次仔、稚、幼鱼的生长曲线,各生长曲线走势基本一致(图 3).在水温 $12\sim 17\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下,水温对 30 日龄前的仔鱼生长影响不显著,平均体长生长率为 $(0.12\pm 0.01) \text{ mm}\cdot\text{d}^{-1}$;此后水温的影响开始显现,且随着鱼苗成

表 1 2011~2012 年褐菖鲉各批次育苗结果

产仔日期	培育水温/ $^{\circ}\text{C}$	雌鱼数/尾	产仔鱼总数/万尾	初产仔鱼平均体长/mm	仔鱼期存活率/%	稚鱼期存活率/%	育成率/%	培育天数/d	鱼苗规格/mm
2011-03-21	12~17	20	31	3.56 ± 0.02	15.24	68.72	9.50	58	30.14 ± 2.77
2012-02-25	12~14	11	16	4.05 ± 0.02	23.17	72.43	14.84	60	27.22 ± 2.09
2012-03-03	14~16	11	15	4.05 ± 0.01	17.70	64.33	10.27	62	31.35 ± 2.92
2012-03-19	15~17	11	15	4.09 ± 0.01	13.58	58.57	6.96	57	29.41 ± 2.98

长温度效应不断增大,4批次平均体长日增长率为 (0.75 ± 0.05) mm。经检验,12~14℃批次生长最慢,57 d时平均体长为 (25.69 ± 2.09) mm,日平均增长率 (0.38 ± 0.04) mm·d⁻¹,显著($P < 0.05$)低于15~17℃批次日平均增长率 (0.45 ± 0.05) mm·d⁻¹。

进一步对体长数据分别采用Cubic、Compound、Growth、Logistic模型拟合,经检验以Cubic模型相关性最高,褐菖鲉仔、稚、幼鱼的生长方程表达式为: $L_t = 0.0001D_3 + 0.001D_2 + 0.0123D + 4.3919$, $R^2 = 0.98$,如图4所示。

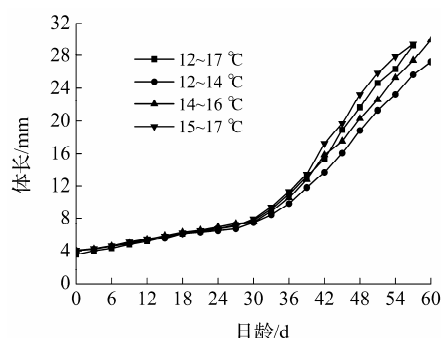


图3 不同培养温度下褐菖鲉仔、稚、幼鱼生长速度比较

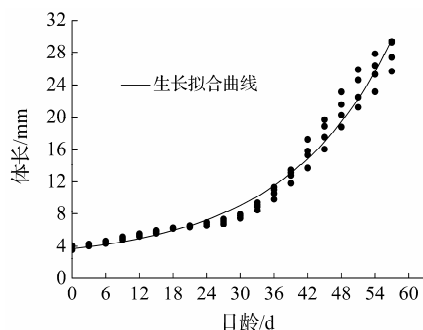


图4 褐菖鲉仔、稚、幼鱼生长拟合曲线

2.4 不同饵料培养下褐菖鲉仔鱼存活率比较

3种不同饵料投喂下褐菖鲉仔鱼的存活率如图5所示。

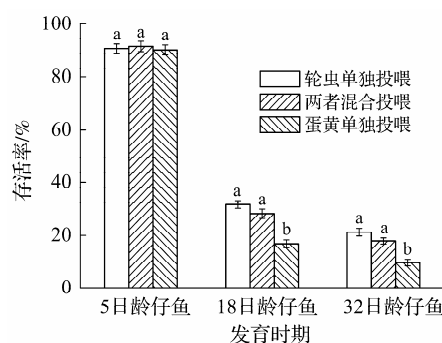


图5 不同饵料培养下褐菖鲉仔鱼存活率比较

从图5可知,3种饵料投喂对0~5日龄仔鱼的存活率无显著影响,各组存活率高达90.13%~91.47%;但对6~18日龄的仔鱼存活率有影响,蛋黄投喂组的存活率显著($P < 0.05$)低于轮虫组和混合投喂组,18日龄的存活率仅为16.80%,32日龄的存活率仅为9.73%,不及轮虫组的1/2;而混合投喂组的存活率虽略低于轮虫组,但差异不显著。

3 讨论

3.1 褐菖鲉育苗中的3个危险期

在2011年和2012年褐菖鲉人工育苗过程中,都出现了3个死亡率高,且出现的时间基本一致。第1个死亡高峰出现在第14~15日龄的仔鱼阶段,此时鱼苗的胸鳍鳍条开始形成,鳃、脑等各器官正在进一步完善中,是鱼苗成长的第一个关键时期,对饵料营养要求较高,在轮虫供应不足或营养强化不到位的情况下,会导致部分鱼苗因营养缺乏生长停滞而被淘汰,平均死亡率为67.20%左右。第2个高死亡率约出现在第27~29日龄的后期仔鱼阶段,这时的鱼苗鳃器官发育基本成形,气腺开始充气,背鳍、臀鳍鳍条及腹鳍正在形成,需要多种营养提供发育所需。一些鱼苗由于摄食单一轮虫或虫虫时间过长,严重缺乏HUFA或多种维生素,从而无法满足器官发育的需求,必然会出现大量死亡。再者,如果此阶段营养不良,会导致鱼苗个体大小出现较大的差异,也埋下了稚鱼期相互残杀的隐患。第二危险期的平均死亡率高达34.64%。第3个死亡高峰是在进入稚鱼期后的约第41日龄,全长18 mm左右,鳞片正在发生,身体开始出现斑纹。这期间是鱼苗快速生长发育引起的营养物质大量消耗的时期,饥饿和凶猛的捕食习性导致个体间发生互相残杀,如果不及时投喂或投喂不足,褐菖鲉鱼苗互相残杀现象十分严重,死亡率也可达50%以上。经常可以观察到鱼苗在水中追逐撕咬,有时一尾鱼因吞不下另一尾鱼而一起死去,个体间的残杀现象对后期育苗成活率影响最大,但全身鳞片披满进入幼鱼期后,相互残杀现象才逐渐减少。正确把握好这3个危险期的技术,是直接影响育苗成活率高低的关键。

笔者指出的褐菖鲉育苗过程中的3个死亡高峰时间与王志铮等^[8]提出的危险期进行比较,其

中 2 个时间有所不同,很可能与仔鱼产出状态有关,从而导致了差异。该文报道的初生仔鱼全长比本研究自然出生的仔鱼平均小 1 mm。推断为早产仔鱼,故出现在 4~7 日龄时大量淘汰。其提出的第 2 个危险期 14~16 日龄与本文的第 1 个危险期完全一致。

3.2 提高育成率的技术关键

育苗环境因子的稳定、水质的优劣与营养的充足与否是育苗能否成功的决定性因素。关于褐菖鲉育苗过程中环境因子和水质的研究,吴常文^[10]、高明良等^[11]曾做了相关的研究,明确了褐菖鲉仔鱼发育阶段最适的生态条件。为降低褐菖鲉人工育苗过程中出现的 3 个危险期的死亡率,我们采取了相应的措施。(1)充分满足仔鱼发育早期的轮虫供应,保持育苗水体中轮虫密度在 $5\sim 10\text{ ind}\cdot\text{mL}^{-1}$,并应保证轮虫的营养强化时间在 6 h 以上,育苗池中仍应继续保持小球藻的细胞密度在 $20\times 10^4\text{ 个}\cdot\text{mL}^{-1}$,以维持轮虫体内的 HUFA 高含量。(2)在第 2 个危险期前尽量缩短卤虫无节幼体的投喂时间,15 日龄左右时,鱼苗的口裂进一步增大,游泳及捕食能力也迅速增强,要及时投喂经 60 目滤出的海洋活桡足类,也可以辅助投喂用单胞藻培养的蒙古裸腹蚤等枝角类,并适时用微颗粒配合饲料进行驯食。此阶段由于鱼苗摄食旺盛,还需注意加大换水量,防止水质恶化。(3)进入幼鱼期后,出现吴常文^[17]描述的早晚摄食活跃的摄食习性,据笔者观察,褐菖鲉幼鱼具有避光性,摄食最活跃的光强为 100~1000 lx,与早晚时刻的光强很接近,在此光强下幼鱼相互残食最为激烈。为减少鱼苗互相残食,一方面要保证饵料及时充足的投喂,尤其要注意清晨和傍晚时刻的投喂量;另一方面幼鱼长到 2.5~3.0 cm,已表现出底栖的习性,可在池底铺一层洗净的贝壳作为鱼苗的隐蔽物,同时根据自然海区褐菖鲉幼鱼喜栖息于海藻丛的特点^[18],在育苗池水层悬浮羊栖菜、马尾藻等浮生藻类,进一步减少残食行为的发生。

3.3 代用饵料的探索

适合褐菖鲉仔鱼开口的 S 型褶皱臂尾轮虫繁殖的温度在 20℃以上,30℃左右到达其最适繁殖温度^[19],培养蒙古裸腹蚤的适宜水温也需控制在 25℃左右^[20]。而褐菖鲉繁殖的高峰季节在每年的

11~12 月和翌年的 2~4 月,自然水温偏低。若规模化培育褐菖鲉鱼苗,系列活饵料的升温培养便会增加育苗成本。有文献报道^[21],可用熟蛋黄代替轮虫作为海水仔鱼的开口饵料。笔者的试验也证实只要投喂量和投喂方法合理,18 日龄后及时跟进桡足类的投喂,蛋黄可以部分代替轮虫,蛋黄组也能顺利发育至稚鱼,但存活率以及生长速度逊于轮虫组。此外,夜间适宜的光照强度对海水仔、稚鱼摄食具有光诱作用^[22-23]。笔者在育苗中观察发现,夜间点灯有助于提高褐菖鲉仔、稚鱼的摄食强度,可显著提高仔、稚鱼存活率及生长速度,尤其在应用蛋黄育苗时,夜间连续点灯十分重要。褐菖鲉稚鱼后期只需经 3 d 驯化,完全可以用日本产“鱼宝”微颗粒饲料投喂,育苗中可以补充桡足类的不足。以上结果为今后规模化生产褐菖鲉种苗提供了新的思路。

参考文献:

- [1] Yatomi H, Miyagawa T, Akiba M. Ecological and genetic characteristics of common rockfish *Sebastes marmoratus* in Shimizu Harbor, Shizuoka (Japan)[J]. Journal of the School of Marine Science and Technology-Tokai University, 2005, 3(2):21-38.
- [2] Amzad M H, Masayuki F. Essentiality of dietary calcium supplement in fingerling scorpion fish (*Sebastes marmoratus*)[J]. Aquaculture, 2000, 189(1/2):155-163.
- [3] 林丹军, 尤永隆, 陈莲云. 卵胎生硬骨鱼褐菖鲉精巢的周期发育[J]. 动物学研究, 2000, 21(5):337-342.
- [4] 林丹军, 尤永隆. 卵胎生硬骨鱼褐菖鲉卵巢的周期发育研究[J]. 动物学研究, 2000, 21(4):269-274.
- [5] Li J H, Sun L B, Zuo Z H, et al. Exposure to paclitaxel disrupts spermatogenesis in male *Sebastes marmoratus* [J]. Aquatic Toxicology, 2012(122/123):120-124.
- [6] 吴常文, 王伟洪, 李昌达. 褐菖鲉(*Sebastes marmoratus*)性腺、胚胎和仔鱼发育的初步研究[J]. 浙江海洋学院学报:自然科学版, 1999, 8(4):310-314.
- [7] 林丹军, 尤永隆. 卵胎生硬骨鱼褐菖鲉胚胎及仔鱼的发育[J]. 台湾海峡, 2002, 21(1):45-52.
- [8] 王志铮, 吴常文, 侯伟芬, 等. 褐菖鲉仔、稚鱼生长特性及其关键变态期的研究[J]. 海洋科学, 2002, 26(5):1-5.
- [9] He C Y, Zuo Z H, Shi X, et al. Pyrene exposure influences the thyroid development of *Sebastes marmoratus* embryos[J]. Aquatic Toxicology, 2012(124/125):28-33.

- [10] 吴常文. 若干环境因子对褐菖鲉仔鱼存活率的影响[J]. 浙江海洋学院学报: 自然科学版, 2000, 19(1):12-16.
- [11] 高明良. 褐菖鲉早期仔鱼的生态因子最适范围研究[D]. 福州: 福州大学, 2006.
- [12] 江丽华, 朱爱意, 苑淑宾. 饥饿对褐菖鲉代谢水平的影响[J]. 广东海洋大学学报, 2011, 30(6):82-86.
- [13] 朱爱意, 赵向炯, 付俊, 等. 褐菖鲉耗氧率及窒息点的初步研究[J]. 海洋水产研究, 2007, 28(1):95-100.
- [14] Narita A, Tokai U. Effect of different rearing conditions on feeding activity, food consumption and growth in marbled rockfish *Sebastiscus marmoratus* larvae[J]. Suisanzoshoku, 2010, 58(2):289-296.
- [15] 钱昶, 常抗美, 李焕, 等. 褐菖鲉全人工育苗技术[J]. 中国水产, 2010, 10(7):48-49.
- [16] 陈爱平. 褐菖鲉人工育苗技术[J]. 中国水产, 1995, 8: 31-31.
- [17] 吴常文. 浙江舟山近海褐菖鲉(*Sebastiscus marmoratus*)生物学研究[J]. 浙江海洋学院学报: 自然科学版, 1999, 18(3):185-226.
- [18] 王凯, 章守宇, 汪振华, 等. 枸杞岛海藻场褐菖鲉的摄食习性[J]. 水产学报, 2010, 34(2):227-235.
- [19] 马平. 海产轮虫培养实用技术的研究概况[J]. 福建水产, 2004, 2:64-68.
- [20] 魏杰, 赵文, 李多慧. 温度、盐度、非离子氨对不同驯化时间蒙古裸腹溞存活、生殖和种群增长的影响[J]. 大连海洋大学学报, 2010, 25(6):495-501.
- [21] 王春芳, 解绶后. 稚幼鱼的营养与饲料研究进展[J]. 水生生物学报, 2004, 28(5):557-562.
- [22] 骆豫江, 陈昆慈, 朱新平, 等. 高体革鲃仔鱼的摄食特性[J]. 华中农业大学学报, 2010, 29(1):90-95.
- [23] 殷名称. 鱼类仔鱼期的摄食和生长[J]. 水产学报, 1995, 19(4):335-342.

Studies on Early Growth and Development in *Sebastiscus marmoratus* with Artificial Breeding Technology

QIU Cheng-gong¹, XU Shan-liang^{1*}, QI Chuang¹, LIN Shao-zhen²

(1.School of Marine Sciences, Ningbo University, Ningbo 315211, China;

2.Zhejiang Mariculture Research Institute, Wenzhou 325005, China)

Abstract: The growth and development characteristics and the key technologies of artificial breeding for larvae, juvenile and young fish of *Sebastiscus marmoratus* under industrialized breeding conditions are studied. The results show that the yolk sac of larvae disappeared five days later, while the larvae develop into juvenile stage after 36 days with well formed fin rays, and the juvenile was completely covered with scales after 57-62 d hatching under testing temperature (12-17 °C). The average survival rate of larvae juveniles and young fish was 17.42%, 66.01%, and 89.21%, respectively. The average growth rate of larval in different treatments was at very similar level within the postnatal 30-day-period, being in range of $(0.12 \pm 0.01) \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$. From the 30-day-period and on, the effect of temperature on the growth rate of larval was more obvious which led to $(0.75 \pm 0.05) \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$, and the growth of the entire development process fitting equation was quantified as $L_t = 0.0001D_3 + 0.001D_2 + 0.0123D + 4.3919$, $R^2 = 0.98$. The egg yolk can partially replace rotifers, and the survival and growth rate did not vary significantly when comparing with that in rotifers group. The stages of 14-15 d, 28-30 d, and 41-50 d were identified as three dangerous periods during *Sebastiscus marmoratus* nursery, in which the mortality of first dangerous period was up to 67.20%. The key technical measures to cope with the three crisis periods include strengthening early nutrient supply, shortening the artemia feeding time, adding the hidden objects to both the bottom and surface of the water container.

Key words: *Sebastiscus marmoratus*; artificial breeding; feed series; survival rate; dangerous period

(责任编辑 史小丽)