

饥饿对云纹石斑鱼(*Epinephelus moara*) 卵黄囊期仔鱼摄食和生长的影响*

于欢欢^{1,2} 陈超^{2①} 张廷廷^{1,2} 李炎璐²
孔祥迪^{1,2} 刘莉^{1,2} 马文辉³

(1. 上海海洋大学水产与生命学院 上海 201306; 2. 农业部海洋渔业资源可持续发展重点实验室
中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071; 3. 莱州明波水产有限公司 烟台 2614118)

摘要 研究了在水温为(23±0.5)℃, 盐度为 29–30 的培育条件下, 饥饿胁迫对云纹石斑鱼(*Epinephelus moara*)仔鱼生长、摄食、存活等一系列的变化。结果显示, 2.5 日龄体长出现负增长现象, 3 日龄仔鱼开口摄食, 4.5 日龄卵黄囊和油球消耗殆尽; 仔鱼摄食率随日龄的变化呈先升高后降低, 最终为 0, 最大值出现在卵黄囊和油球消失之后的当天, 即 5.5 日龄仔鱼达到最大初次摄食率, 摄食率为 66.67%; 6 日龄仔鱼的初次摄食率为最大初次摄食率的 1/2, 仔鱼达到不可逆点, 其混合营养的时间为 2–3 d, 即仔鱼初次摄食率发生到达不可逆点的时间为 2.5 d; 云纹石斑鱼仔鱼孵化出膜后的 3–6 d 为其摄食的重要时期。

关键词 云纹石斑鱼; 仔鱼; 饥饿; 初次摄食率; 不可逆点

中图分类号 S965 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2015)06-0037-06

云纹石斑鱼(*Epinephelus moara*)属于鲈形目(Perciformes)、鲷科(Serranidae)、石斑鱼亚科(Epinephelinae)、石斑鱼属, 为暖温性中下层鱼类, 主要分布于韩国、日本、中国(至海南)和中国台湾沿岸(郭明兰等, 2008), 它的适应能力较强(黄滨等, 2013), 具有较广的温度适应范围(8–35℃)和生长水温(18–27℃), 生长迅速, 肉味鲜美, 具较高的经济价值, 是适合我国沿海工厂化养殖的优良品种之一(黄进光等, 2010)。野生的云纹石斑鱼资源较紧缺, 价格较昂贵(于佳明, 2008)。目前, 云纹石斑鱼苗种培育方式主要有室外土池粗放育苗和室内工厂化育苗(宋振鑫等, 2012), 随着其规模化繁育技术取得突破性进展(王民生, 2001), 掀起了一股石斑鱼养殖的浪潮。

初孵仔鱼无摄食能力, 依靠卵黄囊和油球提供营养物质, 为内源性营养期。随着仔鱼的生长发育, 卵

黄囊和油球逐渐被消耗吸收, 仔鱼开口摄食并依靠卵黄囊和油球提供的营养和能量生长, 此时仔鱼处于混合营养期。卵黄囊和油球被消耗殆尽后, 仔鱼需要依靠外界环境的营养物质维持生长、发育和新陈代谢, 即为外源性营养期(殷名称, 1995)。当仔鱼的卵黄囊被吸收完毕之后, 其必须建立主动摄食能力来完成内源性营养向外源性营养的转换, 来维持早期正常的新陈代谢和生长发育(单秀娟等, 2008)。当鱼类得不到外界营养物质或营养物质匮乏时, 生长、发育和繁殖都将会受到影响, 甚至会涉及个体的存亡(宋昭彬等, 1998)。很多鱼类在仔鱼期都比较脆弱和敏感, 学者们发现, 仔鱼在开口时期很容易受到饥饿的威胁(McGurk, 1984; Yúfera *et al*, 1993)。一些学者将仔鱼从内源性营养转换到外源性营养的阶段成为“危险期”或“临界期”, 饥饿也被认为是仔鱼开口期死亡

* 科技部国际合作项目(2012DFA30360)和农业部东海海水健康养殖重点实验室开放课题(2013ESHML07)共同资助。

于欢欢, E-mail: yuhuanhuan0612@163.com

① 通讯作者: 陈超, 研究员, E-mail: ysfriuchencao@126.com

收稿日期: 2014-11-28, 收修改稿日期: 2015-03-24

的主要原因之一(殷名称, 1995)。Blaxter 等(1963)首先提出了“不可逆点”(Point-of-No-Return, PNR)的概念, 当饥饿的仔鱼抵达该不可逆点时, 即使还能生存较长一段时间, 已经虚弱的不能再恢复摄食能力, 此概念从生态学的角度描述了仔鱼摄食期耐饥饿能力和仔鱼致死的饥饿程度。不可逆点存在着差异性, 不同种属的鱼类, 其不可逆点是不同的, 在生产实践过程中, 特别是名贵海水鱼类育苗中, 若由于营养不良造成仔鱼大量死亡, 将使养殖户蒙受严重损失(殷名称, 1991)。因此, 了解掌握仔鱼营养转换期的摄食特性和规律, 有助于在苗种繁育过程中科学的进行饵料投喂和管理。石斑鱼类仔鱼口径小, 前期仔鱼游动能力差, 人工培育时, 需要转换的饵料种类较多。在育苗生产实践中, 云纹石斑鱼开口 2-3 d 内常常由于营养问题而发生大批量的死亡, 从而导致其出苗率较低。因此, 本研究从刚孵化出膜的仔鱼着手, 研究了在仔鱼的营养转换期饥饿胁迫对其生长存活的影响, 以期为生产实践提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 仔鱼来源及培育条件

本研究于 2014 年 5 月在山东省莱州明波水产有限公司进行。实验所用亲鱼为公司自养云纹石斑鱼种鱼, 经催产和人工授精获得受精卵。受精卵采用微充气、微流水孵化, 孵化水温为 21-22℃, 盐度为 29-30。仔鱼孵化出膜后, 放到容量为 120 L 的圆柱形水桶中进行培育, 分为两组, 一组为饥饿组, 另一组为对照组, 每个实验组设置 3 个平行, 各组培育条件均相同。饥饿组实验过程中不予投喂饵料; 对照组在仔鱼开口前 1 d 投喂经小球藻(*Chlorella vulgaris*)营养强化 SS 型轮虫(*Brachionus plicatilis*), 饵料密度维持 10-15 个/ml。

1.2 方法

1.2.1 初次摄食率的测定 仔鱼开口后, 每隔 12 h 测试 1 次, 从饥饿实验组中随机选取 30 尾仔鱼放入盛有 1000 ml 海水的玻璃烧杯中, 投喂饵料, 密度为 10-15 个/ml。投喂 2 h 后在尼康(Nikon)E200 显微镜下观察仔鱼的摄食情况, 解剖观察并统计消化道内饵料的数目。每隔 12 h 随机取正常对照组和饥饿实验组各 15 尾仔鱼, 在显微镜下测量其全长卵黄囊长径、卵黄囊短径、油球直径, 消化道内有饵料的个体即为摄食个体。仔鱼的初次摄食率=摄食个体数目/取样仔鱼总尾数×100%(柴毅等, 2012)。

1.2.2 不可逆点的确定 不可逆点以仔鱼的日龄来表示(贾瑞锦等, 2014)。实验过程中测得仔鱼每天的初次摄食率, 得到其初次摄食率的最大值, 当测得饥饿组仔鱼的初次摄食率下降至最大初次摄食率的一半时, 即为仔鱼的不可逆点(PNR)。卵黄囊体积的变化公式:

$$V=4/3\pi \times (r/2)^2 \times R/2 \text{ (殷名称, 1991),}$$

油球体积按圆球体积公式:

$$V=4/3 \times \pi \times (D/2)^3 \text{ (张海发等, 2009),}$$

式中, R 表示卵黄囊长径, r 表示卵黄囊短径, D 表示油球直径, 近似计算。

1.2.3 数据处理及分析 实验数据以平均值±标准差(Mean±SD)表示, 用 SPSS 17.0 软件进行单因素方差(ANOVA)统计分析。

2 结果

2.1 仔鱼生长变化及营养转换

刚孵化出膜的云纹石斑鱼平均体长为(2.220±0.040) mm, 鱼体透明, 分布有少量的黑色素细胞, 卵黄囊较大且饱满, 为淡黄色, 占据鱼体的大部分体积, 长径为(0.715±0.090) mm, 短径为(0.515±0.110) mm, 体积为(0.103±0.050) mm³; 油球位于卵黄囊后端, 球形, 有折光性, 直径为(0.195±0.010) mm, 体积为(0.004±0.000) mm³; 肠管较短, 肛门与口为封闭状态。仔鱼在经历内源性营养、混合营养和外源性营养时期时, 卵黄囊、油球、体长等都发生较大变化, 其变化情况见表 1。从表 1 可以看出, 1 日龄内仔鱼的卵黄囊和油球变化最大, 消耗较明显; 0.5 日龄仔鱼卵黄囊体积为(0.066±0.010) mm³, 缩小到约为初孵仔鱼时期的 3/5, 此时, 油球体积为(0.004±0.000) mm³, 与初孵仔鱼油球体积相差不大; 仔鱼生长发育至 1 日龄时, 卵黄囊体积缩小至(0.031±0.010) mm³, 约为初孵仔鱼时期的 1/3; 此时油球体积为(0.003±0.000) mm³, 为初孵仔鱼时期的 3/4; 2 日龄时, 仔鱼体长增加但尚未开口摄食, 卵黄囊和油球消耗进一步加剧, 卵黄囊体积缩小至初孵仔鱼时期的 1/10, 油球体积缩小至初孵仔鱼期的 1/2; 2.5 日龄时, 仔鱼体长明显减小, 3 日龄时体长又开始进一步增加, 口窝形成且张开, 仔鱼开始主动摄食, 进入到混合营养阶段; 此时卵黄囊体积为(0.002±0.000) mm³, 缩小至初孵仔鱼时期 1/57, 油球体积为初孵仔鱼期的 1/13。4 日龄仔鱼卵黄囊和油球几乎消失殆尽, 仔鱼口裂变大, 胃肠蠕动有力, 摄食较明显。4.5 日龄仔鱼体长继续增加, 胃含物增多,

表 1 云纹石斑鱼仔鱼营养转换前后全长和油球、卵黄囊的变化
Tab.1 Total length of larvae, size of yolk sac and oil globule of *E. moara*

孵化后时间 Day after hatching(d)	仔鱼全长 Total length(mm)	油球直径 Diameter of oil globule(mm)	油球体积 Volume of oil globule(mm ³)	卵黄囊长径 Long diameter of yolk sac(mm)	卵黄囊短径 Short diameter of yolk sac(mm)	卵黄囊体积 Volume of yolk sac(mm ³)
0	2.220±0.040	0.195±0.010	0.004±0.000	0.715±0.090	0.515±0.110	0.103±0.050
0.5	2.612±0.100	0.194±0.010	0.004±0.000	0.594±0.020	0.461±0.030	0.066±0.010
1.0	2.650±0.080	0.175±0.020	0.003±0.000	0.435±0.060	0.360±0.040	0.031±0.010
1.5	2.711±0.060	0.171±0.020	0.003±0.000	0.425±0.040	0.350±0.030	0.027±0.010
2.0	2.730±0.280	0.160±0.010	0.002±0.000	0.295±0.050	0.275±0.050	0.012±0.010
2.5	2.646±0.220	0.146±0.020	0.002±0.000	0.254±0.030	0.225±0.030	0.007±0.000
3.0	2.918±0.130	0.073±0.040	0	0.178±0.060	0.128±0.040	0.002±0.000
3.5	2.920±0.070	0.070±0.030	0	0.065±0.070	0.055±0.060	0
4.0	2.925±0.100	0.069±0.040	0	0.028±0.060	0.028±0.050	0
4.5	2.948±0.090	0	0	0	0	0

卵黄囊和油球消耗吸收完毕,云纹石斑鱼仔鱼进入外源营养期。

2.2 仔鱼初次摄食率和不可逆点的确立

云纹石斑鱼进入摄食期(外源营养)之后,经不同时间的饥饿胁迫后的初次摄食率变化:3日龄仔鱼开口,口裂宽为(2.175±0.120)mm,较小,仅有轻微的上下开合,仔鱼的游动能力和捕食能力都弱,无较明显的摄食行为,仔鱼的初次摄食率为30.77%;3.5日龄时,仔鱼进一步发育,胃肠开始蠕动,仔鱼口上下开合频率变大,仔鱼的初次摄食率为41.67%;5.5日龄仔鱼口裂变大,游动能力和捕食能力增强,初次摄食率达到最大值为66.67%;随后仔鱼的初次摄食率逐渐下降,6.5日龄时仔鱼的初次摄食率为22.22%,其初次摄食率低于初次摄食率最大值的1/2,6日龄仔鱼进入不可逆点,即PNR期,即进入外源性营养期的第2天。7.5日龄仔鱼的初次摄食率为0,8日龄饥饿组仔鱼全部死亡(图1)。

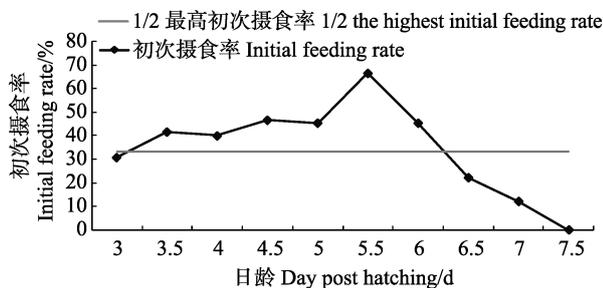


图 1 云纹石斑鱼仔鱼期初次摄食率的变化
Fig.1 Variation of initial feeding rate of *E. moara* larvae

2.3 饥饿组仔鱼摄食强度和形态变化

云纹石斑鱼仔鱼孵化出膜后3d开口摄食,摄食

期饥饿组仔鱼经不同饥饿时间后,其摄食强度的变化如图2。饥饿组仔鱼摄食强度的变化曲线与其仔鱼初次摄食率的变化曲线相似,其摄食强度总的变化趋势是先升高后下降,其具体变化是3日龄仔鱼刚开口,仔鱼的摄食强度较低,平均每尾仔鱼仅摄食1.31个SS型轮虫,仔鱼主动摄食能力较差。随着仔鱼生长发育,仔鱼泳动能力和捕食能力不断提高,仔鱼摄食强度逐渐增加。5.5日龄时,仔鱼的摄食强度最高,平均每尾仔鱼能摄食4个SS型轮虫,其中,最多的1尾仔鱼摄食18个SS型轮虫。6日龄仔鱼的摄食强度逐渐下降,平均每尾仔鱼摄食2个SS型轮虫,7.5日龄仔鱼的摄食强度降到最低,仔鱼摄食个数为0。

饥饿组仔鱼进入外源性营养期后,未及时从外界获得营养物质和能量的出现游动速度较慢,鱼体较瘦弱,静卧在池底不动;饥饿状态持续,出现内部器官萎缩,鱼体畸形,负增长,甚至死亡等现象。图3是饥饿组仔鱼与对照组仔鱼的形态对比。由图3可见,对照组仔鱼形态正常,消化道内饵料饱满;饥饿组仔鱼畸形较严重,脊椎弯曲,鳍膜破裂,内部器官萎缩,

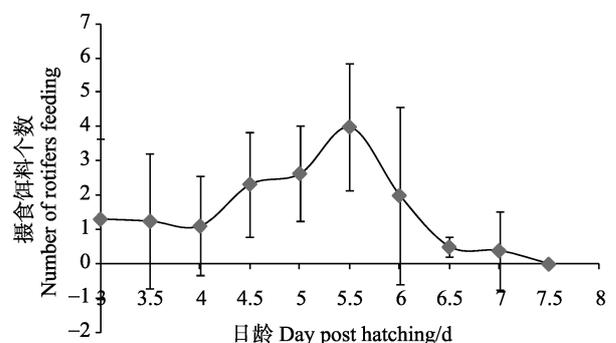


图 2 云纹石斑鱼饥饿组仔鱼开口后摄食强度变化
Fig.2 Variation in feeding intensity of *E. Moara* larvae in unfed group

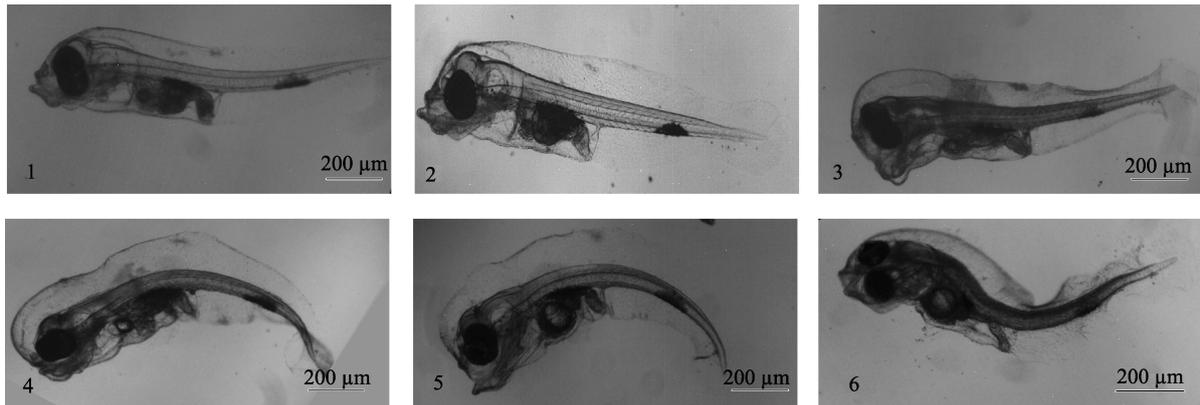


图3 云纹石斑鱼7.5龄仔鱼饥饿组与对照组形态对比

Fig.3 Morphological comparison between the fed and unfed *E. Moara* larvae 7.5 days post hatching

1、2为对照组正常仔鱼；3、4、5、6为饥饿组畸形仔鱼

1、2 control group of normal larvae; 3、4、5、6 unfed group of abnormal larvae

消化道内无饵料，仔鱼体长与对照组相比较短。

3 讨论

3.1 云纹石斑鱼仔鱼的初次摄食和混合营养期

云纹石斑鱼仔鱼在生长发育过程中需要分别经过内源性营养期、混合营养期和外源性营养期3个阶段。在仔鱼建立完善的外源性营养之前必须经历一段混合营养期，而其发生初次摄食的时间与鱼种、水温、卵质、卵黄囊的吸收速度等多种因子相关(单秀娟等, 2008)。仔鱼混合营养期的长短也因种类和环境因素的不同而不同。大西洋鲑(*Salmo salar*)卵径为5.5 mm, 在水温为12.4℃的条件下, 41日龄仔鱼才开口摄食, 卵黄囊在71日龄时才被吸收完毕(Hansen *et al.*, 1985), 莫桑比克罗非鱼(*Oreochromis mossambicus*)卵径为2.0 mm, 在水温为28℃的条件下, 仔鱼在6-7日龄时才开口摄食, 卵黄囊在15日龄时被完全吸收(Rana, 1985), 这两种鱼类属于大型卵质, 因此, 其开口摄食时间延迟较长(单秀娟等, 2008)。云纹石斑鱼初孵仔鱼卵黄囊长径为(0.715±0.090) mm, 短径为(0.515±0.110) mm, 体积仅为(0.103±0.050) mm³, 属于少卵黄鱼类。随着仔鱼的生长发育, 卵黄囊被迅速吸收消耗, 1日龄后卵黄囊体积仅为初孵仔鱼时期的1/3; 油球的消耗速度较卵黄囊慢一些, 仅为初孵仔鱼时期的3/4; 孵化后第3天, 仔鱼已开口摄食, 但摄食能力较差, 卵黄囊缩小为初孵仔鱼时期的1/57; 4.5日龄仔鱼卵黄囊和油球消耗完毕, 仔鱼进入外源性营养阶段。由此可见, 云纹石斑鱼仔鱼的混合营养期仅为2.5 d。单秀娟等(2008)认为, 用仔鱼开口摄食到卵黄囊消耗完毕时间与仔鱼孵化出膜后到开口摄

食时间的比率来反映仔鱼的相对混合营养期, 混合营养期的长短(二者比率大于1为长, 反之为短)进一步反映仔鱼开口摄食的快慢。如红鳍东方鲀(*Takifugu rubripes*)仔鱼4日龄开始摄食, 12日龄卵黄囊完全吸收, 因此, 仔鱼从开口摄食到卵黄囊完全吸收的时间为8 d, 仔鱼孵化出膜到开口摄食的时间为4 d, 二者的比例为2□1(>1)(姜志强等, 2002); 露斯塔野鲮(*Labeo rohita*)仔鱼从开口摄食到卵黄囊吸收完毕所用时间与仔鱼孵化出膜到开口摄食所用时间的比值为4□1(>1)(Mookeriji *et al.*, 1999); 这些鱼类有较长时间的混合营养期来提高摄食能力和积累摄食经验。但是, 云纹石斑鱼仔鱼从开口摄食到卵黄囊消耗完毕的时间为2.5 d, 仔鱼孵化出膜到开口摄食的时间为3 d, 二者的比例为5□6(<1), 属于相对混合营养期较短的鱼类。仔鱼在卵黄囊即将消耗尽前才开口摄食, 混合营养期较短, 仔鱼需要相对较长的时间来提高摄食能力和捕食经验, 因此石斑鱼仔鱼属于容易遭受饥饿威胁的鱼类。

3.2 云纹石斑鱼仔鱼的PNR及饥饿状态下的生长发育

仔鱼外源性营养的开始是与搜索、摄取活饵料相关器官功能的形成以及相关的运动模式, 特别是巡游模式的建立是相适应的(强俊等, 2008)。PNR主要是从生态学的角度描述初次摄食仔鱼的耐饥饿能力, 仔鱼抵达该点的时间也受鱼卵孵化时间、卵黄容量和温度的影响, 孵化时间长、卵黄大、温度低, 则该点出现晚, 反之则早(殷名称, 1991)。云纹石斑鱼仔鱼3日龄开口摄食, 4.5日龄卵黄囊和油球消失殆尽, 此时仔鱼必须从外界环境中获取营养物质来满足自身生长发育的需求, 在此期间, 仔鱼必须从内源性营养

阶段向外源性营养阶段过度, 否则就会遭受到饥饿甚至死亡的威胁。不同种鱼类的仔鱼进入 PNR 时期的时间是不一样的, 斜带石斑鱼(*Epinephelus coioides*)仔鱼进入 PNR 时期的时间是仔鱼孵化出膜后的第 5.5 天(张海发等, 2009); 点带石斑鱼(*Epinephelus malabaricus*)仔鱼进入 PNR 时期的时间是仔鱼孵化后的第 8 天(邹记兴等, 2003); 条纹锯鲈(*Centropristis striata*)仔鱼进入 PNR 时期的时间是孵化后第 5 天(贾瑞锦等, 2014); 云纹石斑鱼仔鱼进入 PNR 的时间为孵化出膜后第 6 天, 7.5 日龄饥饿组仔鱼的初次摄食率为 0, 8 日龄饥饿组仔鱼全部死亡, 这说明云纹石斑鱼仔鱼的 PNR 时期与饥饿仔鱼完全死亡的时间很接近, 仔鱼到达不可逆点之后很快就会面临死亡的威胁。因此, 在生产实践中, 在仔鱼进入外源性营养时期之前, 应及时投喂饵料使其积累捕食经验和建立巡游模式。

Farris(1959)曾把 4 种海水鱼类卵黄囊期仔鱼的生长划分为 3 个时期: 初孵仔鱼时期的快速生长期, 卵黄囊消失前后的慢速生长期, 不能建立外源性营养时的负增长期, 而云纹石斑鱼仔鱼卵黄囊时期全长的生长与这 3 个时期大致相符。仔鱼在经历混合营养期之后需要及时建立外源性营养, 否则会遭受到死亡的威胁。卵黄囊时期的仔鱼自身储存的营养物质和能量, 主要是用于提高自身的泳动和捕食能力, 为建立外源性营养而暂缓生长消耗(殷名称, 1991)。这点在云纹石斑鱼卵黄囊时期仔鱼的生长过程当中得到了体现, 仔鱼在开口摄食之前出现了一定的负增长现象, 这是仔鱼为其快速建立外源性营养而主动暂缓了自身生长发育对营养物质和能量的消耗。此外, 卵黄囊期仔鱼在饥饿胁迫下外部形态特征和行为发生了明显的变化, 体型比较瘦弱, 游动能力较差, 头后部下陷等, 饥饿仔鱼头部脂肪被代谢消耗, 失去浮力, 给捕食增加难度, 导致摄食量不足, 致使鱼体较虚弱并很快死亡, 这与柳敏海等(2006)对点带石斑鱼仔鱼以及 Don 等(2002)对牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)的生长和发育的研究结论一致。

3.3 云纹石斑鱼仔鱼最适投喂时间

掌握最佳的投喂时间在生产实践当中具有至关重要的意义。投喂过早或过量同样会造成育苗过程中仔鱼的大量死亡(宋兵等, 2003)。若过早投喂, 仔鱼尚未开口且消化器官发育不完善, 因仔鱼不能摄食, 造成饵料的浪费; 若投喂过晚, 仔鱼到达 PNR 之后仍无建立外源性营养, 仔鱼非常虚弱无法进食, 进而导致仔鱼的死亡。云纹石斑鱼仔鱼 3 d 开口, 相对混合营养期较短, 属于易受饥饿威胁的鱼类, 因此, 本

研究表明, 云纹石斑鱼最适的投喂时间是孵化出膜后的 2.5–3 d。

参 考 文 献

- 于佳明. 石斑鱼货稀价贵前景广阔. 农村新技术, 2008, (5): 5
- 王民生. 日本七带石斑鱼和云纹石斑鱼苗种批量生产成功. 中国渔业经济, 2001, (6): 54
- 宋振鑫, 陈超, 翟介明, 等. 云纹石斑鱼生物学特性及人工繁育技术研究进展. 渔业信息与战略, 2012, 27(1): 47–53
- 宋兵, 陈立侨, 高露姣, 等. 延迟投饵对杂交鲟仔鱼生长、存活和体成分的影响. 中国水产科学, 2003, 10(3): 222–226
- 宋昭彬, 何学福. 鱼类饥饿研究现状. 动物学杂志, 1998, 33(1): 48–52
- 邹记兴, 向文洲, 胡超群, 等. 点带石斑鱼仔鱼营养转换期的摄食与生长. 高技术通讯, 2003, 13(5): 87–91
- 张海发, 刘晓春, 刘付永忠, 等. 饥饿对斜带石斑鱼卵黄囊期仔鱼摄食、存活及生长的影响. 中山大学学报(自然科学版), 2009, 48(1): 51–55
- 单秀娟, 窦硕增. 饥饿胁迫条件下黑鲷仔鱼的生长与存活过程研究. 海洋与湖沼, 2008, 39(1): 14–23
- 姜志强, 姜国建, 张弼. 红鳍东方鲀仔鱼期的摄食和生长的研究. 大连水产学报, 2002, 17(1): 20–24
- 柳敏海, 施兆鸿, 陈波, 等. 饥饿对点带石斑鱼饵料转换期仔鱼生长和发育的影响. 海洋渔业, 2006, 28(4): 292–298
- 柴毅, 危起伟, 谭凤霞. 延迟投饵对中华鲟仔鱼摄食、存活及生长的影响. 湖北农业科学, 2012, 51(23): 5432–5435
- 殷名称. 鱼类仔鱼期的摄食和生长. 水产学报, 1995, 19(4): 336–341
- 殷名称. 鱼类早期生活史研究与其进展. 水产学报, 1991, 15(4): 348–358
- 殷名称. 北海鲱卵黄囊期仔鱼的摄食能力和生长. 海洋与湖沼, 1991, 22(6): 554–560
- 贾瑞锦, 陈超, 孔祥迪, 等. 饥饿对条纹锯鲈仔鱼的存活、摄食及生长的影响. 海洋科学, 2014, 38(4): 44–49
- 郭明兰, 苏永全, 陈晓峰, 等. 云纹石斑鱼与褐石斑鱼形态比较研究. 海洋学报, 2008, 30(6): 106–114
- 黄进光, 谢恩义. 云纹石斑鱼工厂化健康育苗技术初探. 水产养殖, 2010 (4): 8–9
- 黄滨, 关长涛, 梁友. 北方海域云纹石斑鱼的陆海接力高效养殖试验. 渔业现代化, 2013, 40(2): 1–5
- 强俊, 李瑞伟, 王辉. 延迟投饵对奥尼罗非鱼仔鱼摄食、生长和存活的影响. 淡水渔业, 2008, 38(5): 60–64
- Blaxter JHS, Hempe G. The influence of egg size on herring larvae. Cons Int Explor Mer, 1963, 28: 211–240
- Farris DA. A change in the early growth rate of four larval marine fishes. Limnol Oceanogr, 1959, 4(1): 29–36
- Hansen TJ, Møller D. Yolk absorption, yolk sac constrictions, mortality, and growth during first-feeding of Atlantic salmon (*Salmo salar*) incubated on Astro-turf. Can J Fish Aquat Sci, 1985, 42(6): 1073–1078

- McGurk, MD. Effects of delayed feeding and temperature on the age of irreversible starvation and on the rates of growth and mortality of Pacific herring larvae. *Mar Biol*, 1984, 84(1): 13–26
- Mookeriji N, Rao TR. Rates of yolk utilization and effects of delayed initial feeding in the larvae of freshwater fishes rohu and singhi. *Aquacult Int*, 1999, 7(1): 45–56
- Rana KJ. Influence of egg size on the growth, onset of feeding, point-of-no-return, and survival of unfed *Oreochromis mossambicus* fry. *Aquaculture*, 1985, 46(2): 119–131
- Yúfera, M, Pascual, E, Polo A, *et al.* Effect of starvation on the feeding ability of gilthead seabream (*Sparusaurata* L.) larvae at first feeding. *J Exp Mar Biol and Ecol*, 1993, 169: 259–272

(编辑 陈严)

Feeding and Growth of *Epinephelus moara* Larvae in the Process of Nourishing Transformation

YU Huanhuan^{1,2}, CHEN Chao^{2①}, ZHANG Tingting^{1,2}, LI Yanlu²,
KONG Xiangdi^{1,2}, LIU Li^{1,2}, MA Wenhui³

(1. Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071; 2. College of Fisheries and Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306; 3. Laizhou Mingbo Aquatic Co., Ltd, Yantai 261418)

Abstract Newly hatched larvae do not have feeding activities. Instead, they obtain nutrients from the oil globule and yolk sac during the endogenous period. The oil globule and yolk sac are gradually consumed and absorbed with the development of the larvae. Then the larvae start to feed on a combination of baits, the oil globule and yolk sac for energy, and their development progress into the mixed vegetative period. As the oil globule and yolk sac are fully consumed, the larvae develop into the exogenous vegetative stage when they acquire the nutrients solely from the external environment. Here we investigated the growth, feeding and survival of the *Epinephelus moara*. The larvae were divided into a fasting group and a control group. In the fasting group the larvae were deprived of feed, and in the control group they were fed on the 3rd day after hatching. The feeding was conducted at temperature (23±0.5)°C and salinity 29–30. We found that the body length of the larvae grouper grew negatively, and that they started feeding on the 3rd days after hatching. The yolk sac and oil globules were exhausted on the 4.5 day after hatching. We also found the initial feeding rate of the larvae changed over the days after hatching, first increased followed by a continuous decrease till 0 eventually. The maximum initial feeding rate (66.67%) appeared on the 5.5 day after hatching when the yolk sac and oil globules were completely exhausted. The initial feeding rate reduced to half of the peak value on the 6th day after hatching when the larvae reached PNR (point-of -no-return). Therefore the nutrition-mixture stage of the larvae lasted for 2.5 days, and 3-6 days after hatching should be the crucial feeding period of the larvae.

Key words *Epinephelus moara*; Larvae; Starvation; Initial feeding rate; Point-of -no-return

① Corresponding author: CHEN Chao, E-mail: ysfrichenchao@126.com