

条斑星鲈(*Verasper moseri*)的早期生长发育特征*

柳学周 徐永江 刘新富 陈超 王妍妍 马爱军

(中国水产科学研究院黄海水产研究所 农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室 青岛 266071)

提要 采用显微观察和测绘法对条斑星鲈早期生长发育的数量和形态特征进行了系统的观察和测量。结果表明,条斑星鲈成熟卵子为悬浮性、端黄卵,圆球形,卵径 1.7—1.9mm,无油球。在水温(9.0±0.5) 条件下,受精卵经 196.3h 孵化出膜。在水温 12—14 条件下,7 日龄(DAH, days after hatching)仔鱼卵黄囊消耗殆尽,开口,肛门与外界相通,开始进入外源性营养阶段。仔鱼开口饵料为轮虫,8 日龄仔鱼开始摄食轮虫,12 日龄开始摄食卤虫无节幼体,30 日龄开始进行配合饲料转化,40 日龄后苗种摄食配合饲料良好。生活史无鳔。脊椎骨末端上曲发生在 21 日龄,至 28 日龄完成。70 日龄幼鱼鳞片和侧线已形成,鳍条数量与成体完全一致。变态过程:32 日龄苗种进入变态期,左侧眼睛开始上移,42 日龄眼睛转移至头顶,50 日龄眼睛转到右侧,完成变态。研究了鳍的发生及生长过程:背鳍、胸鳍、腹鳍、尾鳍、臀鳍分别发生于 19、0、20、19、10 天,至 50 日龄幼鱼,除胸鳍外其它鳍的鳍条数与成鱼一致。

关键词 条斑星鲈, 胚胎发育, 胚后生长发育, 形态特征

中图分类号 S965.399

条斑星鲈 (*Verasper moseri*) 属鲈形目 (Pleuronectiformes)、鲈亚目 (Pleuronectoidei)、鲈科 (Pleuronectidae)、星鲈属 (*Verasper*), 为冷水性大型鲈鱼类。主要分布于日本茨城县以北的太平洋沿岸和若狭湾以北的日本海沿岸, 黄海和渤海以前也有分布, 现在已多年未见渔获。条斑星鲈肉质细嫩、营养丰富, 具有生长快、抗病能力强的特点, 经济价值和营养价值较高, 是一个推广应用前景广阔的优良养殖品种(陈四清等, 2006; 马爱军等, 2005)。海水鲈鱼类早期生长发育方面的研究, 已有诸多文献报道(王开顺等, 2003; 雷霖霖等, 2003), 关于条斑星鲈早期生长发育的研究, Masato 等(2000)进行了日本沿海条斑星鲈仔、稚鱼生长发育形态特征的初步研究, 但未进行胚胎发育的详细观察和描述。我国于 2004—2005 年从日本引进条斑星鲈苗种, 开始进行养殖试验, 2007—2008 年, 黄海水产研究所利用引进的条斑星鲈进行了苗种的规模化繁育技术研究, 生产商品苗种近百万尾。本文作者在进行条斑星鲈人工繁育技

术研究过程中, 对条斑星鲈胚胎和仔、稚幼鱼的形态特征、生长及器官发育等方面进行了详细观察和描述, 以期补充和完善条斑星鲈早期生长发育研究资料, 为其苗种生产提供科学数据。

1 材料与方法

实验于 2007—2008 年在青岛忠海水产有限公司进行。亲鱼为 2004 年自日本引进的 3 龄亲鱼。亲鱼在水温 8.0—18.0、盐度 30—33、pH 8—9 条件下培育, 投喂饵料为鲜杂鱼, 日投喂两次, 投喂量为鱼体重的 2%—3%。通过调控温度和光照, 亲鱼性腺发育成熟。人工采集卵子和精子进行干法人工授精。收集受精卵, 置于 500L 圆形玻璃钢槽中连续充气、流水孵化, 用控温仪控制孵化水温为(9±0.5), 盐度为 33—35, 孵化期间每 30—60min 取样一次, 在 NIKON(MSZ800)解剖镜下观察胚胎各时期的形态特征, 用 NIKON coolpix 4500 数码相机进行显微拍照, 描述、记录胚胎发育时序和特征。

* 国家 863 计划项目, 2006AA10A414 号; 农业部公益性行业专项, nyhyzx07-046 号; 农业科技成果转化资金项目, 2008GB23260382 号; 鲈类现代产业技术体系项目, xdcytx-50 号。柳学周, 研究员, E-mail: liuxz@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2008-11-05, 收修改稿日期: 2009-01-18

仔鱼孵化后,前期和后期培育分别使用容积为 5m^3 、 20m^3 的水泥池。培育水温 $12\text{—}14$,其它条件:盐度 $30\text{—}33$, DO 5mg/L , pH $7.6\text{—}8.4$, $[\text{NH}_4^+\text{-N}]$ 0.3mg/L 。仔鱼入培育池后流水充气培育,换水率逐渐由 20% 增加到 200% 。饵料系列:L型褶皱臂尾轮虫(*Brachionus plicatilis*),卤虫无节幼体(*Artemia salina*)和配合饲料。仔鱼7日龄(DAH, days after hatching)开始投喂L型褶皱臂尾轮虫,日投喂2次,投喂密度为 $5\text{—}10$ ind/ml;投喂轮虫时培养水体中添加小球藻(*Chlorella* sp.),添加密度保持在 $30\text{—}50 \times 10^4$ cells/ml,18日龄时停止投喂小球藻和轮虫;12日龄开始,增加投喂卤虫无节幼体,投喂密度 $0.5\text{—}1.5$ ind/ml,日投喂2次;30日龄开始进行配合饲料诱导,45日龄后停止投喂卤虫。自仔鱼布池日起,每天从培育池中随机取样 $30\text{—}40$ 尾,在NIKON(MSZ800)解剖镜下观察仔、稚鱼不同发育时期的形态特征、器官发育情况,测量全长、卵黄囊长短径等。用NIKON coolpix 4500相机拍照,以波恩氏固定液固定各日龄标本 $30\text{—}50$ 尾,以备实验室补充观察用。

生物学测量均采用活体测量,用FA100麻醉剂(日本)将鱼苗麻醉后,在解剖镜下观察,目微尺测量 $30\text{—}40$ 尾,数据以平均值 \pm S.D.表示。卵黄囊体积计

算参照Alderdice等(1979)的方法: $V = \frac{4}{3}\pi(\frac{r}{2})^2 R$,式中, r 为短径, R 为长径。

2 结果

2.1 胚胎发育

条斑星鲈的受精卵为悬浮性卵,圆球形,卵径

$1.7\text{—}1.9\text{mm}$,卵黄透明、均匀,无油球。受精卵在(9 ± 0.5)水温下历时 196.3h 脱膜孵出膜,其各期发育阶段特征及发育速度见表1。

2.1.1 卵裂前期 卵子受精后,受精膜举起,胚盘形成,卵周隙扩大(图1a)。

2.1.2 卵裂期 受精后 $3\text{h}30\text{min}$,胚盘经裂,在胚盘顶部中央出现一纵沟,将胚盘分成2个均等的细胞;随后胚盘发生第二、三、四次经裂,卵裂沟与前1次卵裂垂直,分裂球等大,进入16细胞期; $12\text{h}15\text{min}$,发生第五次经裂,进入32细胞期,卵裂球大小不一; $14\text{h}30\text{min}$,胚盘发生第一次纬裂,形成排列不均的2层细胞,细胞不断分裂,在动物极处排成多层,形成表面粗糙的圆帽状细胞群,进入桑椹期(图1b、c、d、e、f、g、h)。

2.1.3 囊胚期 受精后 $26\text{h}20\text{min}$,圆帽状细胞群表面变得光滑,细胞继续分裂增多,形成高囊胚; $29\text{h}50\text{min}$,进入低囊胚期,细胞不断分裂,囊胚层边缘开始变薄并向扁平发展,为原肠下包作用做好准备,开始形成原肠腔(图1i、j)。

2.1.4 原肠期 受精后 $46\text{h}50\text{min}$,原肠腔形成,原肠胚边缘下包,进入原肠早期;胚盘继续下包,胚盘背部中线处胚盾渐明显。受精后 $84\text{h}30\text{min}$,原肠腔壁加厚,胚体雏形形成,并于其前端略为膨大成脑泡原基,胚胎进入原肠晚期(图1k、l、m、n)。

2.1.5 神经胚期 受精后 $98\text{h}10\text{min}$,原口即将关闭,胚体头部形成,头部两侧向外隆起,形成视囊。胚体一部分明显加厚,形成神经板,神经板两侧加厚,隆起,形成神经褶,成为神经沟,神经褶从神经沟中部愈合并逐渐向两端愈合,形成神经管,体节 $5\text{—}6$

表1 条斑星鲈的胚胎发育[水温(9 ± 0.5)]

Tab.1 Embryonic development of barfin flounder *V. moseri*

发育持续时间	发育时期	图	发育持续时间	发育时期	图
0h 00min	受精卵		46h 50min	原肠早期	1k, 1l
2h 00min	受精膜举起	1a	61h 20min	原肠中期	1m
3h 30min	2细胞期	1b	77h 50min	原肠晚期	1n
5h 50min	4细胞期	1c	84h 30min	神经胚期	1o
7h 45min	8细胞期	1d	98h 10min	胚体下包 1/2	1p
9h 50min	16细胞期	1e	156h 40min	器官形成期	1q
12h 15min	32细胞期	1f	168h 40min	肌肉效应期	1r
14h 30min	64细胞期	1g	177h 55min	开始脱膜孵化	1s
21h 20min	桑椹期	1h	189h 35min	即将孵出	1t
26h 20min	高囊胚期	1i	196h 20min	仔鱼孵化出膜	2a
29h 50min	低囊胚期	1j			

对, 克氏泡原基形成(图 1o)。

2.1.6 器官发生期 受精后 156h 40min, 原口完全关闭, 胚体的头部和尾部明显, 胚体体节 6—8 对, 胚体分布少量点状色素, 尾部较为密集, 头部相对较少。体节 30 多对。心脏隆起, 心跳 20—40 次/min; 晶体形成, 卵黄囊上分布 6—8 个枝状黑色素。胚体尾

端有两个小的不易发现的椭圆形亮泡状结构, 可能是膀胱原基。在头部卵膜上形成一个圆圈状结构, 为孵化圈(孵化酶的密集区)(图 1p、q)。

2.1.7 肌肉效应期 胚胎已绕卵黄囊约 4/5, 尾部扭转明显, 胚体呈“V”形俯在卵黄囊上。卵黄囊缩小, 和胚体头部间出现空隙, 为头部破膜做准备。头

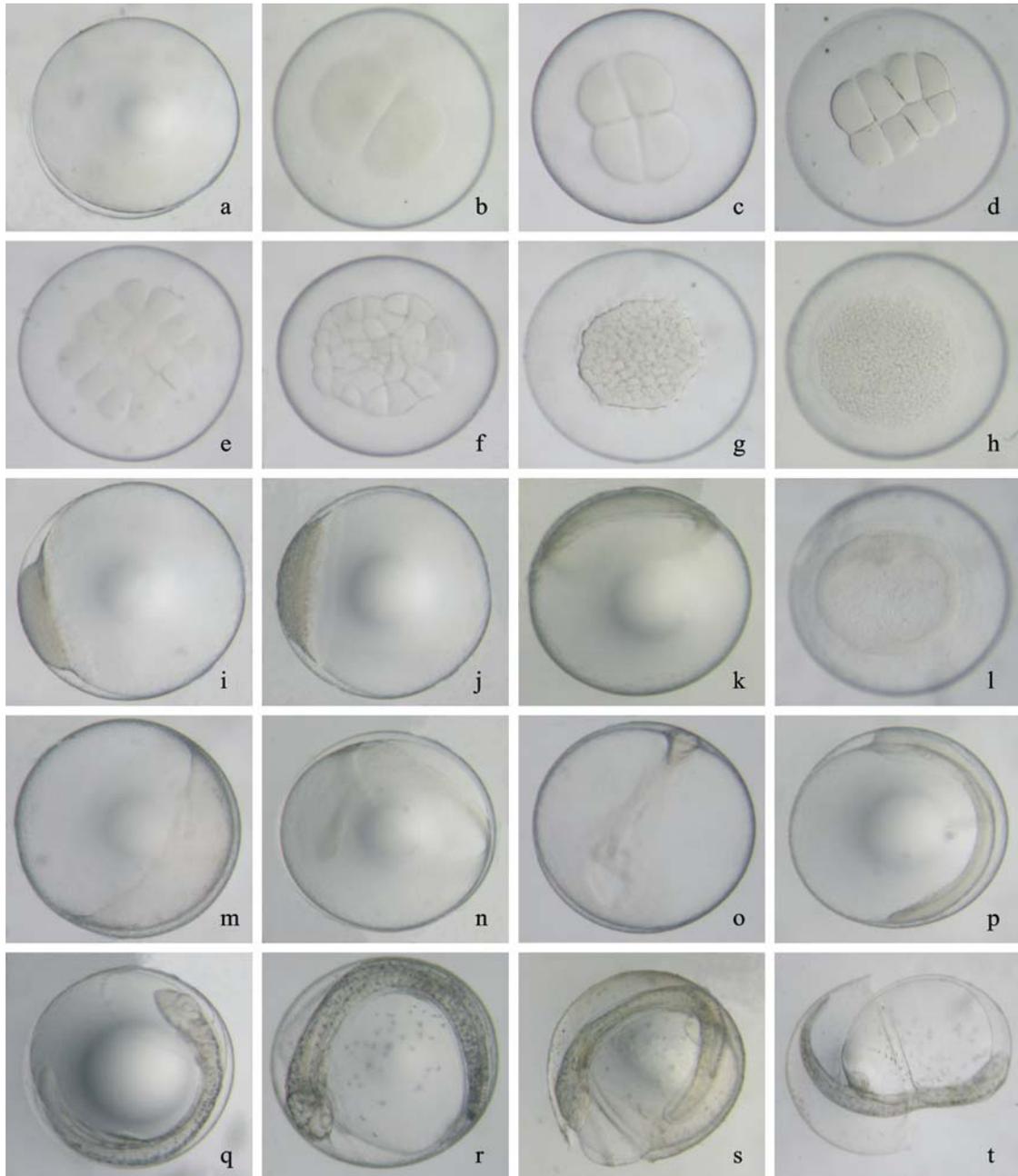


图 1 条斑星鲷的胚胎发育

Fig.1 Embryonic development of barfin flounder *V. moseri*

a. 受精膜举起; b. 2 细胞; c. 4 细胞; d. 8 细胞; e. 16 细胞; f. 32 细胞; g. 64 细胞; h. 桑椹期; i. 高囊胚; j. 低囊胚; k. 原肠早期; l. 原肠早期正面观(胚环形成); m. 原肠中期; n. 原肠晚期; o. 神经胚期; p. 胚体下包 1/2; q. 胚体下包 3/4; r. 肌肉效应期; s. 头部开始脱膜孵化; t. 正在脱膜

部色素增多, 卵黄囊上色素增多。头部的孵化圈范围扩大。胚体出现间断性收缩(肌肉效应), 肌肉扭动频率 10—15 次/min, 心跳 40—50 次/min(图 1r)。

2.1.8 脱膜孵化 胚体抖动幅度和频率加大, 肌肉扭动频率 20—30 次/min。卵黄囊进一步缩小, 胚体头部先将卵膜顶破, 随着胚体的扭动, 胚体按照先头部后尾部顺序脱膜而出(图 1s、t, 图 2a)。

2.2 仔、稚幼鱼发育

2.2.1 卵黄囊仔鱼

初孵仔鱼 全长(4.92 ± 0.29)mm ($n=40$), 卵黄囊较大, 呈扁椭圆形, 长径(1.92 ± 0.30)mm, 短径(1.22 ± 0.35)mm。头长占全长的 11.2%, 肛前长占全长的 45.3%, 眼径为头长的 52.5%。消化肠管平直, 紧贴卵黄囊背部边缘分布。仔鱼肌节数 38。头部向下贴在卵黄上, 分化为 5 部分, 耳石清晰。仔鱼胸鳍原基出现。靠近尾部躯干两侧鳍膜上各有一枝带状黑色素区, 其中点状色素小区 5—7 个, 颜色较淡, 卵黄囊及膀胱上分布枝状菊黄色素。躯干上除尾部外分布有淡黄色的枝状和点状色素。背鳍膜起始于头顶后方, 中间部高约 0.4mm, 略高于两端。初孵仔鱼腹部朝上或呈横卧状态在水面漂浮, 集群分布, 活动能力较弱(图 2a)。

2 日龄 全长(5.77 ± 0.14)mm, 卵黄囊体积减小约 55%。头长占全长的 10.9%, 肛前长占全长的 45.9%, 眼径为头长的 63.2%。仔鱼头部脱离卵黄囊抬起, 肠道开始膨大。头部和躯干点状色素增多, 头部及躯干中前部呈淡黄色。背鳍膜上色素带延长加密, 呈淡黄色。眼囊开始沉积菊黄色素。仔鱼在水体中做间歇性蹿动。肠道后端与膀胱连接处膨大,

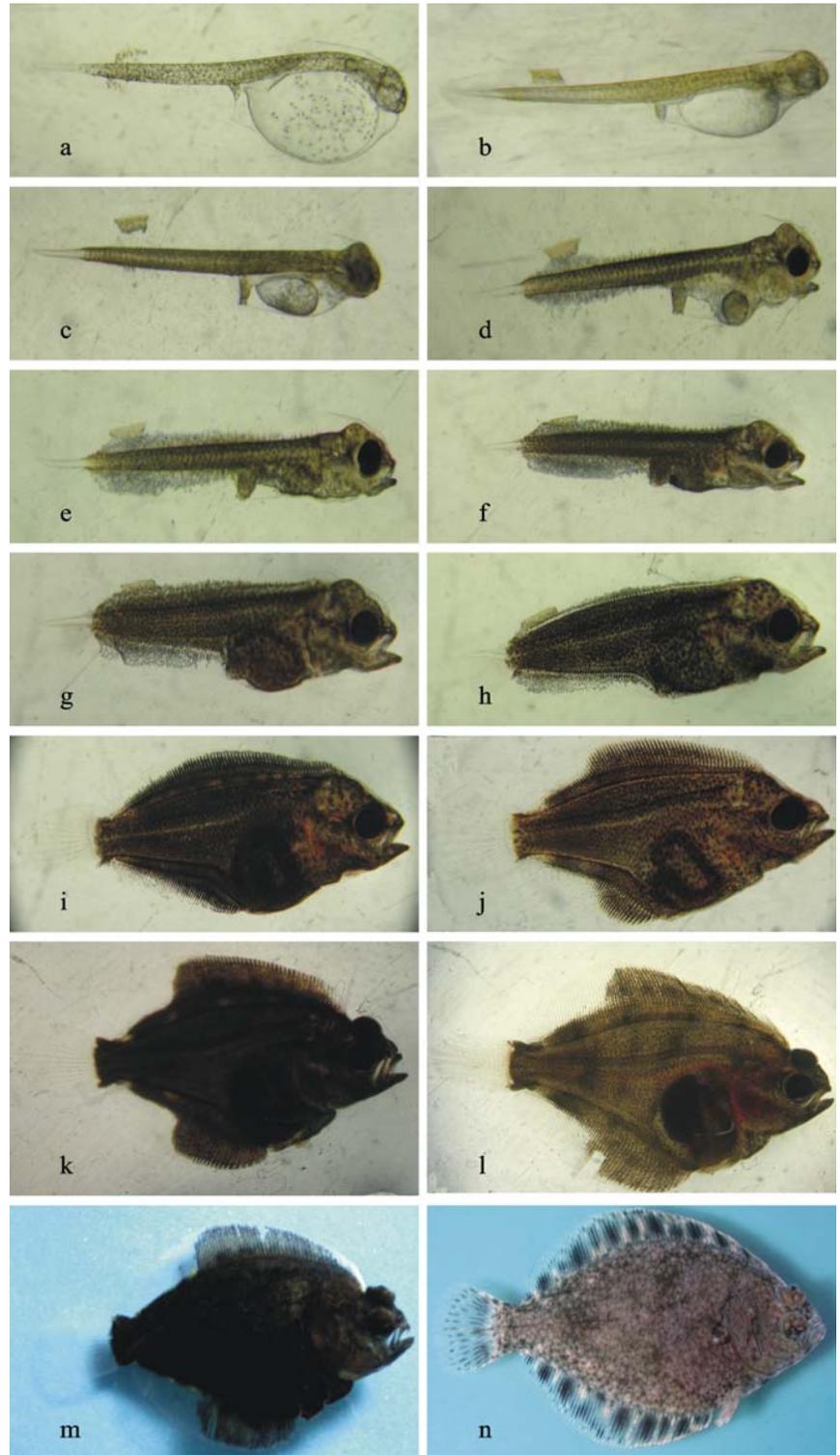


图 2 条斑星鲆的仔、稚幼鱼发育

Fig.2 Larval development of barfin flounder *V. moseri*

a. 初孵仔鱼; b. 2 日龄仔鱼; c. 4 日龄仔鱼; d. 7 日龄仔鱼; e. 9 日龄仔鱼; f. 15 日龄仔鱼; g. 19 日龄仔鱼; h. 21 日龄仔鱼; i. 28 日龄仔鱼; j. 32 日龄稚鱼; k. 36 日龄稚鱼; l. 42 日龄稚鱼; m. 50 日龄幼鱼; n. 70 日龄幼鱼

内部出现缢痕(图 2b)。

4 日龄 全长(6.35 ± 0.30)mm, 卵黄囊吸收

70%, 由椭圆形变成梨形, 向后收缩。头长占全长的 8%, 肛前长占全长的 39.4%, 眼径为头长的 49.2%。仔鱼胸鳍鳍膜长约 0.7mm。躯干除尾部无色素分布外其它部分体色加深, 主要为枝状色素和点状色素, 整体呈菊黄色。背鳍膜上色素带延长, 达 0.5—0.6mm, 尾端部仍透明无色素。膀胱腔扩大, 肠道内出现褶皱。眼囊边缘点状黑色素密集, 呈淡黑色。卵黄囊和膀胱上枝状色素密集(图 2c)。

7 日龄 全长(6.65±0.28)mm, 卵黄囊 87% 被吸收。仔鱼肛门开通, 开口, 口裂约 0.45mm。眼囊和晶体变黑。头长占全长的 8.9%, 肛前长占全长的 39.9%, 眼径为头长的 50.4%。消化系统进一步发育, 肠内可见 4—5 个褶皱, 肠道长度约 4.5mm。躯干前中部、头部、腹部、膀胱上点状和枝状菊花色素密集, 体色呈黑色。躯干后部两侧的背鳍膜和腹鳍膜上色素带延长, 颜色加深, 呈对称分布(图 2d)。

9 日龄 全长(6.82±0.25)mm, 卵黄囊消耗殆尽。头长占全长的 9.8%, 肛前长占全长的 39.8%, 眼径为头长的 48.6%。消化系统发育完善, 肠内可见 4—5 个褶皱, 肠道长度约 4.5mm。仔鱼开始摄食轮虫。躯干两侧鳍膜上色素带颜色加深, 向前分别延伸到头后部和膀胱后部(图 2e)。前期仔鱼卵黄囊消耗过程如图 3 所示。

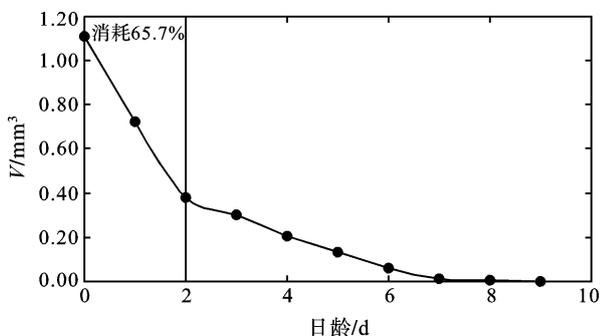


图 3 仔鱼卵黄囊吸收过程
Fig.3 The absorption of yolk sac

2.2.2 弯曲前仔鱼

15 日龄 全长(7.23±0.31)mm。头长占全长的 14.6%, 肛前长占全长的 44.9%, 眼径为头长的 40.5%。消化道第一个生理弯曲形成, 肠道饱满, 饵料类型主要是卤虫无节幼体, 少量轮虫。仔鱼摄食时, 头部向上调整位置, 然后迅速攻击食物, 吞食。躯干两侧鳍膜上色素带延长, 颜色加深。躯干上的色素开始有星状的成体黑色素分布, 体呈棕黑色。仔鱼活力强, 对

外界刺激的反应较快, 趋光分布(图 2f)。

19 日龄 全长(8.02±0.45)mm。头长占全长的 20.8%, 肛前长占全长的 46.4%, 眼径为头长的 39.4%。体高开始明显增加。肠道内饵料全部为卤虫无节幼体。鱼体呈黑色(图 2g)。

2.2.3 弯曲仔鱼

21 日龄 全长(8.31±0.23)mm。头长占全长的 23.6%, 肛前长占全长的 45.2%, 眼径为头长的 32.3%。脊索末端椎骨开始上翘, 形成尾扇。仔鱼活力强, 在水体中游动活泼, 积极摄食卤虫无节幼体。仔鱼除尾部和背臀鳍膜边缘外, 都密布点状、星状和枝状黑色素和黄色素。鱼体呈青黑色(图 2h)。

2.2.4 弯曲后仔鱼

28 日龄 全长(9.32±0.54)mm, 体宽(4.14±0.22)mm。头长占全长的 26.4%, 肛前长占全长的 41.9%, 眼径为头长的 26.9%。尾椎弯曲过程完成, 上曲的尾椎成为尾鳍的一部分。个体生长加快, 体表色素逐渐变为均匀分布的圆点状黑色素, 头部黑色素较躯干少。腹部膨大, 体宽迅速拉长, 向扁平发展。鱼体为棕黑色(图 2i)。

2.2.5 稚鱼期

32 日龄 全长(10.22±0.41)mm。头长占全长的 30.3%, 肛前长占全长的 40.8%, 眼径为头长的 26.1%。仔鱼左眼开始上升, 进入变态期, 仔鱼多数时间在水体中下部游动。仔鱼全部摄食卤虫无节幼体, 开始进行配合饲料诱导。鱼体呈稍微透亮的暗黄色(图 2j)。

36 日龄 全长(11.61±0.21)mm。头长占全长的 31.7%, 肛前长占全长的 39.6%, 眼径为头长的 26.6%。约 55% 苗种左眼上升约 1/2, 体色变淡, 除尾部外其它身体部位均分布点状和星状成体黑色素, 背鳍上隐约可见 3—4 个黑色素密集带(图 2k)。

42 日龄 全长(13.81±0.48)mm。头长占全长的 26.3%, 肛前长占全长的 34.1%, 眼径为头长的 29.2%。左眼上升头顶正中央, 右侧可见。背鳍的前 2/3 部分和臀鳍的 1/3 部分的鳍膜边缘着黑色素。鼻孔分化形成。鱼苗平向游泳, 开始不断向底部栖息, 尝试伏底。此时鱼苗摄食卤虫无节幼体和配合饲料, 摄食量大, 肠胃饱满, 生长迅速, 约 67% 的苗种处于变态期(图 2l)。

50 日龄 全长(16.50±3.45)mm, 体宽(10.28±2.15)mm, 头长占全长的 29.03%, 肛前长占全长的 29.67%, 眼径为头长的 26.3%。左眼转过头顶, 鱼苗

90%以上伏底,开始营底栖生活。苗种无眼侧色素逐渐褪去,个体外观上与成体除色素外已无区别(图2m)。苗种完全摄食配合饲料。苗种的早期营养和饵料系列见图5。

2.2.6 幼鱼

70日龄 全长(30.50 ± 6.62)mm,体宽(15.25 ± 3.64)mm,头长占全长的26.82%,肛前长占全长的28.32%,眼径为头长的25.7%。体呈灰褐色。胸鳍条11根,与成体一致,尾鳍条末端开始分叉。条斑星鲈鳍条发生及变化过程见表2。侧线形成。尾鳍着色。背鳍上形成9—10个间隔排列的黑色色素条斑,臀鳍上7—8个黑色色素条斑,体态与成鱼相似(图2n)。

2.3 个体生长和变态

生长与摄食:本研究条件下,条斑星鲈早期生长曲线如图4所示。其全长与日龄符合如下关系式: $TL = 5.343e^{0.0215d}$ ($R^2 = 0.9905$) (TL : 全长, d : 日龄)。在卵黄囊期,仔鱼开口前生长主要依赖内源性营养,日生长速率为0.24mm/d(0—7日龄),2日龄时卵黄囊消耗约65.7%;在混合营养阶段依靠内源性营养和外源性营养共同提供生长发育所需能量,日生长速率为0.012mm/d(7—9日龄),生长速度减慢;9日龄后,仔鱼完全进入外源性营养阶段,仔鱼摄食和游泳能力增强,主要靠外源性能量摄入维持生长,生长速度有所加快。8—15日龄主要摄食轮虫,12—18日龄混合摄食轮虫和卤虫无节幼体,18—35日龄主要摄食卤虫无节幼体,40日龄后可完成饵料的转换,投喂配合饲料。早期营养阶段及饵料系列如图5所示。

变态的眼移位过程:随着仔鱼的生长发育,至32日龄时,左眼开始上升;36日龄,55%苗种左眼上升约1/2;42日龄时左眼转到头顶,苗种开始尝试伏底;50日龄,左眼完全转到右侧,变态完成,苗种开始完全营底栖生活,形态基本与成体相似。

鳍条的生长发育:背鳍、胸鳍、腹鳍、尾鳍、臀

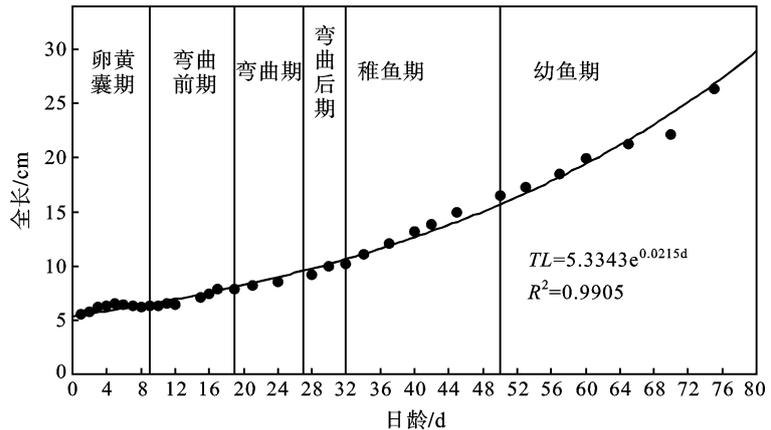


图4 条斑星鲈早期生长曲线

Fig.4 The growth of barfin flounder in early life stage

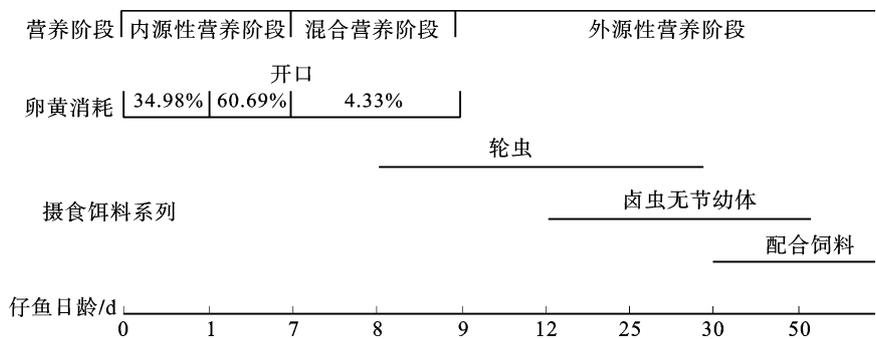


图5 条斑星鲈早期营养阶段及摄食情况

Fig.5 The nutrition stage and feeding condition in early life stage of barfin flounder

鳍原基分别发生于19d、0d、20d、19d、10d,至50日龄,除胸鳍外其它鳍的鳍条数与成鱼一致,其中尾鳍于32d时发育完全。70日龄幼鱼胸鳍条数量发育完全(表2),此时苗种所有鳍条数量与成体完全一致,在体态上与成体无明显区别。

3 讨论

3.1 条斑星鲈胚胎和初孵仔鱼与其它鲆鲽鱼类比较

条斑星鲈受精卵浮性无油球,卵径为1.7—1.9mm,较其它鲆鲽鱼类卵径为大(张孝威等,1965),是目前我国已研究过的海水养殖鱼类中卵径较大的鱼种。初孵仔鱼全长(4.92±0.29)mm,与Masato等(2000)报道的条斑星鲈初孵仔鱼及圆斑星鲈初孵仔鱼全长类似(陈四清等,2006;王开顺等,2003),而菱鲆属、牙鲆属、舌鳎属和黄盖鲈等的初孵仔鱼全长都在1.5—3.2mm之间(雷霆霖等,2003;田永胜等,2004;万瑞景等,2004;毕庶万等,1993),相对较小。本研究中,条斑星鲈在胚胎期器官发育顺序方面,与同属的圆斑星鲈相似,只是孵化条件的要求和时间长短有

表 2 条斑星鲈鳍条发生及数量变化过程
Tab.2 The ontogenesis and growth in number of fins of barfin flounder

项目	卵黄囊期	弯曲前期		弯曲期		弯曲后期		稚鱼期		幼鱼期
	0d	10d	19d	20d	32d	36d	42d	50d	70d	
背鳍			1—3	39	82	82—84	84	86	86—88	
胸鳍	原基	1—2	2—3	3	3	4	5	5	11	
腹鳍				原基	1	3	3—5	6	6	
臀鳍			38	49	56	56	56—57	58—60	58—61	
尾鳍		原基	9	12	19	19	19	19	19	

差异(Masato *et al*, 2001)。与其它鲆鲽鱼类相比较, 其胚胎发育过程中肌肉效应开始的较晚, 且肌肉扭动频率不高, 但其头部有明显的孵化圈, 可能在孵化破膜的时候同肌肉收缩一起协同作用促进胚体头部破膜, 破膜的方式是头部先破膜。条斑星鲈胚胎心跳的频率较其它鲆鲽鱼类低(关键等, 2007), 可能是大型卵子节省内源性能量的一种适应机制, 同时也与较长的孵化时间相适应。本研究中, 条斑星鲈胸鳍原基在出膜后 1d 形成, Masato 等(2000)报道条斑星鲈胸鳍原基在孵化后 2d 形成, 王开顺等(2003)报道圆斑星鲈胸鳍原基在孵化后 3d 形成, 这可能是由于环境条件或种的生活史不同造成的器官形成时间上的差异。在其它海水鲆鲽类如牙鲆、犬齿牙鲆, 胸鳍原基在胚胎期就已经形成(田永胜等, 2004; 关键等, 2007; 门强等, 2003), 仔鱼出膜后胸鳍就可辅助游泳, 条斑星鲈胸鳍发育较晚可能表明在其早期生活史中具次要地位, 也可能有另一种相应的机制来补偿这种器官发育的滞后。本研究中, 条斑星鲈苗种鳍条的全部形成, 达到与成体一致的数量, 发生在变态刚刚完成后 70 日龄, 这与半滑舌鳎相似(万瑞景等, 2004)。

3.2 胚胎及仔鱼发育异常

胚胎发育期自原肠末期以后在胚体尾部出现 2—3 个形状不甚规则的小泡状结构, 其后随着胚胎的发育数量增加至 6—8 个, 然后逐渐减少为 2—3 个, 最后消失。出现这种情况的胚胎孵化出膜后仔鱼基本是畸形, 包括脊椎弯曲和卵黄囊与腹腔间的出现或大或小的空泡, 根据作者 2007 年进行的试验表明, 这些脊椎弯曲的仔鱼在 4—5d 内大量死亡, 卵黄囊与腹腔间有空隙的仔鱼在 7—8d 后 80% 以上死亡, 但仍有少部分会好转, 表现出空隙消失正常摄食, 出现这种现象的原因及其机理尚有待于进一步研究。

3.3 苗种变态及白化现象

本实验条件下, 条斑星鲈变态时眼移位开始时

间为 32d, 与 Masato 等(2000)的研究结果一致, 稍早于圆斑星鲈的 40d(陈四清等, 2006)。条斑星鲈的变态时间持续约 18d, 变态过程同样遵循转眼、伏底生活的规律。变态期仔鱼对环境抵抗力较差, 因此, 在此期间应特别注意苗种培育的管理, 在水质调节、饵料投喂及吸底操作方面都应严格细致, 保证苗种变态成活率。条斑星鲈仔鱼在变态开始之前, 体表色素主要是个体较大的枝状和菊花状黄色素和黑色素, 随着生长发育色素数量逐渐增多, 面积增大, 苗种体色也发生变化。进入变态期后, 体表色素逐渐以点状黑色素为主, 并趋于密集均匀分布, 苗种体色进一步加深。在完成变态后, 鱼苗体表幼体色素细胞逐渐消失, 有眼侧以点状成体色素细胞为主, 体色与成体相仿。但是, 在变态过程中, 有部分个体在完成变态后, 有眼侧全部或者局部没有形成密集的点状黑色素表皮, 造成了苗种有眼侧全部或部分白化, 影响了苗种的质量和商品价值。有关条斑星鲈白化的生理学机理, 可能是白化个体受到营养、培育环境颜色和外界刺激等引起的交感神经调节的黑色素细胞、黄色素细胞、红色素细胞、虹细胞和白色素细胞分布的异常所致(Derek, 2002)。今后苗种培育过程中, 应注意饵料的营养强化, 培育环境的色泽以及减少外界刺激(马爱军等, 2005; 朱杰等, 2002), 降低苗种的白化率, 提高苗种的质量。

参 考 文 献

- 万瑞景, 姜言伟, 庄志猛, 2004. 半滑舌鳎早期形态发育与特征. 动物学报, 50(1): 91—102
- 门 强, 雷霖霖, 2003. 大菱鲆器官发育的形态学和组织学特征. 中国水产科学, 10(2): 111—115
- 马爱军, 雷霖霖, 陈四清等, 2005. 鲆鲽类白化机理的研究进展. 海洋水产研究, 24(3): 80—85
- 王开顺, 张志峰, 康庆浩等, 2003. 圆斑星鲈胚胎及仔稚鱼发育的观察. 中国水产科学, 10(6): 451—454
- 田永胜, 陈松林, 严安生等, 2004. 牙鲆的胚胎发育. 水产学

- 报, 28(6): 609—615
- 毕庶万, 郑振虎, 刘信艺等, 1993. 赫氏黄盖鲈受精卵孵化与仔幼鱼培育初步研究. 海洋湖沼通报, (4): 75—80
- 朱杰, 张秀梅, 高天翔等, 2002. 大菱鲆早期变态发育和体表黑色素细胞形态学观察. 水产学报, 193—200
- 关健, 柳学周, 蔡文超等, 2007. 褐牙鲆() × 犬齿牙鲆() 杂交子一代胚胎发育和仔、稚鱼形态学观察. 中国水产科学, 14(4): 644—650
- 张孝威, 何贵芬, 沙学绅, 1965. 牙鲆条鳎卵子及仔、稚鱼的形态观察. 海洋与湖沼, 158—173
- 陈四清, 高天翔, 王琛等, 2006. 圆斑星鲈早期发育特征的研究. 中国海洋大学学报, 36(2): 281—286
- 雷霖霖, 马爱军, 刘新富等, 2003. 大菱鲆胚胎及仔、稚幼鱼发育研究. 海洋与湖沼, 34(1): 9—18
- Derek Burton, 2002. The physiology of flatfish chromatophores. Microscopy Research and Technique, 58: 481—487
- Masato Aritaki, Shigenori Suzuki, Ken-ichi Watanabe, 2000. Morphological development and growth of laboratory-reared Barfin flounder *Verasper moseri*. Nippon Suisan Gakkaishi, 66(3): 446—453
- Masato Aritaki, Kengo Ohta, Yuuji Hotta *et al*, 2001. Morphological development and growth of laboratory-reared spotted halibut *Verasper variefatus*. Nippon Suisan Gakkaishi, 67(1): 58—66

EMBRYONIC AND POST-EMBRYONIC DEVELOPMENT OF BARFIN FLOUNDER *VERASPER MOSERI*

LIU Xue-Zhou, XU Yong-Jiang, LIU Xin-Fu, CHEN Chao, WANG Yan-Yan, MA Ai-Jun
(Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resource, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Qingdao, 266071)

Abstract Morphology of barfin flounder *Verasper moseri* in early life stage were studied; including features of yolk sac larva, preflexion larva, postflexion larva and juveniles. Eggs and semen were stripped from the ovary cavity and sperm ducts by gently compressing the genital area of sexually matured female and male fish. The eggs were fertilized artificially, cultured at (9.0 ± 0.5) and salinity 33—35, sampled every 30—60min, and observed with a microscope. The fertilized eggs were 1.7—1.9 mm in diameter, from which embryos were hatched out about 196 h post fertilization. Newly hatched larvae, (4.92 ± 0.29) mm long, were nursed at 12—14, which were dependent entirely on the egg-contained energy till 7 DAH (Days After Hatching), with mouth and anus opened; this is termed as mixed feeding stage. After yolk was exhausted at 9 DAH, the development entered exogenous feeding stage. Larvae began to feed in rotifers *B. plicatili* at 8 DAH, and nauplii of brine shrimp *Artemia salina* from 13 to 45 DAH. No swim bladder was shown all over the life history. The flexion of notochord started at 21 DAH with total length 8.31 ± 0.23 mm ($n=30$), and finished at 28 DAH with total length reached (9.32 ± 0.54) mm ($n=30$). When total length reached 10.22 ± 0.41 mm ($n=30$), post flexion larvae attained juvenile stage. Metamorphosis began at 32 DAH and completed at 50 DAH, the left eye moved to the right side, the juveniles entered the bottom life stage. At 70 DAH, lateral line formed and total length achieved 30.5 ± 6.62 mm ($n=30$), the juveniles entered youth stage. Dorsal fin, pectoral fin, pelvic fin, caudal fin, anal fin anlage formed at 19, 0, 20, 19, and 10 DAH, respectively, and were completed after 50 DAH except pectoral fin, 70 DAH instead.

Key words *Verasper moseri*, Embryonic development, Post-embryonic development and growth, Morphological characters