

星突江鲽胚胎发育的研究

陈四清 刘长琳 庄志猛 邹健 李学文 李迪 齐国山

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

摘要 对人工干法授精、微量充气孵化条件下星突江鲽的胚胎发育进行了研究。星突江鲽受精卵为分离的球形浮性卵, 无油球、卵膜薄、光滑且透明, 具弹性。吸水前卵径为 0.66~0.70mm, 吸水后为 0.91~1.06mm。根据胚胎发育的外部形态及典型特征将星突江鲽胚胎发育过程划分为卵裂期、囊胚期、原肠期、神经胚期、胚孔关闭、眼泡和肌节形成、尾芽形成、晶体出现、听囊出现、出膜前期和出膜期 11 个连续的典型时期。在 $11 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 水温下, 受精卵经过 101h 仔鱼脱膜孵出。初孵仔鱼全长 2.3~2.5mm, 卵黄囊长径 1.075~1.25mm, 短径 0.60~0.675mm。

关键词 星突江鲽 受精卵 胚胎发育

中图分类号 Q954.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2009)01-0001-07

Study on the embryonic development of starry flounder *Platichthys stellatus*

CHEN Si-qing LIU Chang-lin ZHUANG Zhi-meng
ZOU Jian LI Xue-wen LI Di QI Guo-shan

(Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resource, Ministry of Agriculture,
Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

ABSTRACT This paper presents the result of research on embryonic development of starry flounder *Platichthys stellatus* by means of artificial propagation and incubation in lightly aerated seawater. Fertilized eggs of starry flounder were isolated and spherical, contained no oil globules, and were buoyant in sea water. The egg membrane was thin, smooth, transparent and elastic. The mean size of eggs was 0.66~0.70 mm in diameter before absorbing water and 0.91~1.06 mm after fertilization and water absorption. According to the appearance and characteristics of the embryo, embryonic development was divided into 11 consecutive periods: cleavage stage, blastula stage, gastrulae stage, neurula stage, blastopore closed, formation of optic vesicle and somite, tail-bud forming, formation of crystal, formation of otocyst, pre-hatching stage, hatching stage. In $11 \pm 0.5^\circ\text{C}$ sea water, larvae hatched at about 101 h after fertilization. The total length of the post-hatch larvae was 2.3~2.5 mm. The long diameter of yolk sac was 1.075~1.25mm and short diameter was 0.60~0.675 mm.

KEY WORDS Starry flounder (*Platichthys stellatus*) Fertilized egg

科技支撑计划(2006BAD03B08-07)和青岛市科技发展计划(06-2-3-18-HY)共同资助

收稿日期:2008-04-27;接受日期:2008-05-24

作者简介:陈四清(1966-),男,研究员,主要从事鱼类繁殖生物学及鱼类营养需求研究。E-mail:chensq@ysfri.ac.cn, Tel:(0532)85830494

Embryonic development

星突江鲽 *Platichthys stellatus* Pallas 隶属鲽形目 Pleuronectiformes、鲽科 Pleuronectidae、鲽亚科 Pleuronectinae、江鲽属 *Platichthys* Girard。世界范围内的江鲽属鱼类有两种,一种是分布在欧洲沿岸的欧川鲽 *Platichthys flesus* L.;另一种是星突江鲽,我国水域分布的只有星突江鲽 1 种(马爱军等 2006)。星突江鲽又名星斑川鲽、江鲽和珍珠鲽等;英文名有 Starry flounder(星鲽)、Piebald flounder(花斑鲽)等,日文称ヌマガレイ。

星突江鲽是一种分布相对广泛的鲽科鱼类,分布水域为 $33^{\circ}\sim 73^{\circ}\text{N}$, $105^{\circ}\sim 127^{\circ}\text{E}$;北到白令海峡、楚科其海、阿拉斯加和加拿大北部沿岸,向南到北美和南加利福尼亚(马爱军等 2006)。我国北起图们江,南至山东南部、江苏北部一带,包括黑龙江、绥芬河、图们江等河流以及日本、朝鲜沿岸均有分布,但近年其资源几近消失。星突江鲽生长速度快,抗病力强,营养价值高,口感独特。此外其养殖性状优良,适温、适盐范围广,在 $3\sim 28^{\circ}\text{C}$ 水温中可以摄食,从海水至淡水均能养殖,养殖水域广阔,因而星突江鲽具有广阔的养殖前景。

关于比目鱼类胚胎发育特征,国外已对条斑星鲽 *Verasper miseri* (Kee et al. 1995)、石鲽 *Kareius bicoloratus* (Yong 1982) 和犬齿牙鲆 *Paralichthys dentatus* (Martinez et al. 2003) 等进行了研究,国内对高眼鲽 *Cleisthenes herzensteini* (姜言伟 1980)、赫氏黄盖鲽 *Pseudopleuronectes herzensteini* (毕庶万等 1993)、石鲽(王开顺 2004)、圆斑星鲽 *Verasper variegatus* (陈四清等 2006; 王开顺等 2003)、半滑舌鲷 *Cynoglossus semilaevis* (万瑞景等 2004)、犬齿牙鲆(王波等 2007)、大菱鲆 *Scophthalmus maximus* L. (雷霖霖等 2003)、褐牙鲆 *Paralichthys olivaceus* 及其杂交种(田永胜等 2004; 李珺竹等 2006; 关健等 2007)、鲈鱼冷冻精子诱导半滑舌鲷(田永胜等 2008)的胚胎发育特征进行了报道。2007 年 2~6 月课题组在青岛龙湾生物科技有限公司进行了星突江鲽繁育试验,培育出商品苗种 130 多万尾,实现了该鱼种的工厂化育苗。本研究记录了星突江鲽胚胎发育时序和胚胎发育形态特征,以期为星突江鲽繁育提供参考资料。

1 材料与方 法

1.1 材 料

1.1.1 亲鱼来源

青岛龙湾生物科技有限公司从韩国引进的野生亲鱼,数量 66 尾,鱼体规格为 $600\sim 2\,000\text{g}$ /尾,全长 $30\sim 45\text{cm}$,雌、雄比例为 1:2。

1.1.2 亲鱼培育

亲鱼培育水温 $8\sim 12^{\circ}\text{C}$,盐度 29~30,培育密度 $4\sim 6$ 尾/ m^2 ,光照强度 $600\sim 1\,000\text{lx}$,光照时间 7:00~19:00。饵料以黄花鱼、蓝点马鲛为主,定期投喂活沙蚕,投喂量为鱼体重的 2%~3%,日投喂两次,投喂时间 8:00 和 16:00。日换水率 400%~600%。

1.1.3 受精卵的获得

经过 90d 以上的培育,所培育亲鱼的性腺逐渐发育成熟,雌鱼性腺发育良好,轻压腹部有卵流出,卵粒透明分离;检查雄鱼精巢,大部分雄鱼精液散开,说明亲鱼性腺发育良好,可以进行人工授精。采用干法授精获得受精卵。

1.1.4 受精卵孵化

将受精卵用清洁海水冲洗干净,放入(50 cm×50 cm×100 cm)的 80 目筛绢孵化箱中,孵化过程中保持不间断的微量充气,使受精卵在孵化箱中均匀分布。孵化用水经过二级砂滤,孵化水温 $11\pm 0.5^{\circ}\text{C}$,盐度变化范围在 28~30, $\text{DO}\geq 6\text{mg/L}$, $\text{pH}=7.8\sim 8.0$,光照维持在 $400\sim 600\text{lx}$ 。

1.2 观测方法

胚胎发育期间定期取样,每次取样 30 个受精卵。在 Olympus 显微镜下观察胚胎各期的形态特征,目微尺

测量卵径,同时拍照记录。

2 结果

2.1 卵与受精卵

初挤出的星突江鲮卵子微黄色,卵液呈油状,卵子松软,没有绷圆成球形,卵质具有一定的流动性,挤在一起时呈蜂窝状六角形,直径 0.66~0.70 mm(图 I-1)。受精卵为分离性浮性卵,卵周隙小、卵膜薄、光滑、无色透明,具弹性,卵内没有油球分布(图 I-2)。受精卵吸水膨胀后的卵径为 0.91~1.06 mm,吸水前后卵子体积平均膨胀约 2.3 倍。

2.2 胚胎发育

受精卵在 $11 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 水温下孵化,经过 101 h 仔鱼脱膜孵出,其发育进程见表 1。

2.2.1 细胞分裂期

受精卵属于端黄卵,分裂方式为均等分裂型。受精后约 40min 卵膜举起,1h 30min 卵子原生质向动物极集中形成胚盘,原生质界限不明显(图 I-3)。3h10min 细胞开始经裂,形成 2 细胞(图 I-4);4h50min 经裂为 4 细胞(图 I-5 和图 I-6);5h30min 为 8 细胞期,卵裂沟与第 1 次分裂平行,形成两排 4 个等大细胞,胚盘由圆形变为近似长方形(图 I-7 和图 I-8)。6h20min 分裂为 16 细胞,胚盘由近似长方形重新变为圆形(图 I-9 和图 I-10)。7h20min 分裂为 32 细胞,胚盘侧面观呈圆弧状(图 I-11 和图 I-12)。8h25min 第 1 次纬裂为 64 细胞,细胞分为两层,但卵裂圈大小不变(图 I-13 和图 I-14)。11h10min 分裂为 128 细胞,细胞明显分为 4 层(图 I-15 和图 I-16)。13h 分裂为多细胞期(图 II-1)。

2.2.2 囊胚期

受精后 14h30min 形成高囊胚,细胞数量明显增多,细胞体积变小(图 II-2 和图 II-3)。20h40min 形成低囊胚,囊胚层开始变薄并向扁平方向发展,已看不见细胞界限,囊胚腔不明显(图 II-4 和图 II-5)。

2.2.3 原肠期

27h 胚盘下包 1/4,为原肠早期(图 II-6);35h30min 胚盘下包 1/2,在外包前沿区出现 1 条隆起的环带称为胚环,背唇呈新月状,为原肠中期(图 II-7)。39h 胚盘下包 3/4,即为原肠晚期(图 II-8)。原肠期是胚层分化的时期,此期发育质量的好坏对胚胎发育起决定作用。

2.2.4 神经胚期

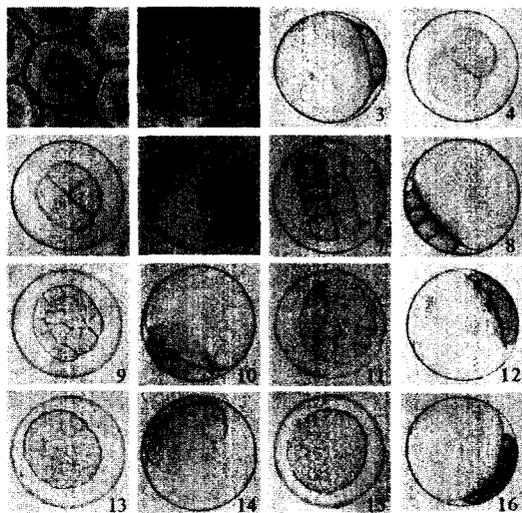
41h30min 胚盘下包 4/5,胚盾继续伸长,神经板逐渐形成,随后神经褶和神经管逐渐形成(图 II-9)。

2.2.5 胚孔关闭

43h20min 胚体下包约 1/2,胚孔关闭,在胚体末端,胚孔关闭处出现 1 个或两个透明小圆泡,此即柯氏囊泡(图 II-10)。

2.2.6 眼泡和肌节形成期

46h 胚体形成,胚体头部两侧向外隆起,形成眼泡,眼泡呈长椭圆形,同时在胚体中部形成多个体节(图 II-11)。



1. 吸水前卵子;2. 吸水后受精卵;3. 胚盘形成;4. 2 细胞;5. 4 细胞(正面观);6. 4 细胞(侧面观);7. 8 细胞(正面观);8. 8 细胞(侧面观);9. 16 细胞(正面观);10. 16 细胞(侧面观);11. 32 细胞(正面观);12. 32 细胞(侧面观);13. 64 细胞(正面观);14. 64 细胞(侧面观);15. 128 细胞(正面观);16. 128 细胞(侧面观)

1. Egg before water absorption; 2. Egg after fertilization and being placed in water; 3. Blastodisc formation; 4. 2-cell; 5. 4-cell(dorsal view); 6. 4-cell(lateral view); 7. 8-cell(dorsal view); 8. 8-cell(lateral view); 9. 16-cell(dorsal view); 10. 16-cell(lateral view); 11. 32-cell(dorsal view); 12. 32-cell(lateral view); 13. 64-cell(dorsal view); 14. 64-cell(lateral view); 15. 128-cell(dorsal view); 16. 128-cell(lateral view)

图版 I 星突江鲮的胚胎发育

Plate I Embryonic development of *Platichthys stellatus*

2.2.7 尾芽期

52h10min 尾芽刚突出游离。58h15min, 尾芽形成(图 II-12)。

2.2.8 晶体出现期

59h 在视杯口出现圆形的晶体, 二者构成眼睛。此时尾芽与胚体长轴垂直, 尾芽长度约占体长的 1/5(图 II-13)。

2.2.9 听囊出现

78h5min 胚体包卵黄囊 3/4, 体节中部从 1/2 往上, 有一透明的耳状薄膜, 为听囊(图 II-14)。此时尾芽回弯偏转伸长, 且在尾芽上有很多肌节, 胚体上均匀分布着桔红色色素点。

2.2.10 出膜前期

94h10min 出膜前期, 胚体几乎包卵黄囊 1 周, 胚体开始出现肌肉效应, 呈现间断性的躯体颤动。鳍基开始出现, 胸腹鳍左右对称, 背腹鳍也对称。尾鳍膜上具有桔红色、绿色两种色素点(图 II-15)。

2.2.11 出膜期

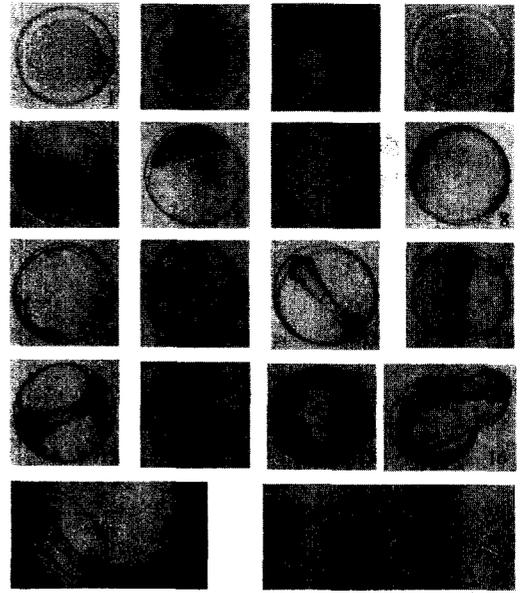
100h10min 出膜前, 胚体在膜内频繁抽动, 有时整体转动, 尾已到头顶正上方, 可能超过头部才能破膜(图 II-16)。破膜时, 卵膜在头部形成溶膜环, 仔鱼头部顶裂开溶膜环卵膜, 头部先出来, 依靠尾部的力量, 仔鱼一点点脱膜。在仔鱼破膜过程中, 卵黄囊随着鱼体的伸长由圆球状逐渐伸长为长椭圆球状。到卵黄囊后部快出膜时, 尾部迅速摆动离开卵膜。

101 h 仔鱼孵出, 初孵仔鱼尾部短, 有胸鳍, 身体未完全伸直, 像 S 型弯曲, 几分钟后即可伸展平直(图 II-17)。初孵仔鱼全长 2.3~2.5 mm, 卵黄囊长 1.075~1.25 mm、宽 0.60~0.68 mm。心跳 78~80 次/min。鱼体从头到尾布满点状色素, 色斑直径 0.25mm, 间距 0.1~0.15 mm。初孵仔鱼漂浮水面, 偶尔向水下游动。1 日龄仔鱼, 卵黄囊体积变小, 视囊和晶体加深, 但消化道还未贯通(图 II-18)。

3 讨论

3.1 星突江鲮卵的特性及早期发育阶段特征

星突江鲮的卵在吸水前松软, 卵质具有一定的流动性, 受精卵吸水膨胀成球形。这与明蛤 *Cumingia tellinoides* 的卵特征相似。罗思柴尔德等(1963)认为卵子变圆是受精作用的结果, 但受精后卵子变圆的过程不是由于水分的进入, 而是由于卵皮质物理特性改变的缘故。吸水后体积的膨胀幅度的研究仅见于淡水鱼类, 如大口胭脂鱼 *Ictiobus cyprinellus* 吸水前卵径为 1.0~1.3 mm, 吸水后卵径为 1.4~1.75 mm(王佳喜等 2004); 白斑狗鱼吸水前卵径为 2.0~2.2 mm, 吸水后卵径为 3.0~3.2 mm(乔德亮等 2005); 黑脊倒刺鲃 *Spinibarbus caldwelli* Nichols 吸水前卵径为 2.0~2.2 mm, 吸水后卵径为 3.2~3.4 mm(黄种持 2004); 丁鲷 *Tinca tinca linnaeus* 吸水前卵径为 0.82 mm, 吸水后卵径为 1.6 mm(海 萨等 2004)。而海水鱼类卵子吸水膨胀幅度未见报道。星突江鲮吸水前卵径约 0.66~0.70mm, 吸水后卵径 0.91~1.06mm, 卵子体积平均膨胀约 2.3



1. 多细胞; 2. 高囊胚(正面观); 3. 高囊胚(侧面观); 4. 低囊胚(正面观); 5. 低囊胚(侧面观); 6. 原肠早期; 7. 原肠中期; 8. 原肠晚期; 9. 神经胚期; 10. 胚孔关闭; 11. 眼泡和肌节形成; 12. 尾芽形成; 13. 晶体出现; 14. 听囊出现; 15. 出膜前期; 16. 出膜期; 17. 初孵仔鱼; 18. 1 日龄仔鱼

1. Many cells; 2. High blastula (dorsal view); 3. High blastula (lateral view); 4. Low blastula (dorsal view); 5. Low blastula (lateral view); 6. Early gastrula; 7. Mid gastrula; 8. Late gastrula; 9. Neurula stage; 10. Blastopore closed; 11. Formation of optic vesicle and somite; 12. Tail-bud forming; 13. Formation of crystal; 14. Formation of otocyst; 15. Pre-hatching stage; 16. Hatching stage; 17. Newly hatched larva; 18. 1-day old larva

图版 II 星突江鲮的胚胎发育

Plate II Embryonic development of *Platichthys stellatus*

倍。由此可见,星突江鲮卵子在吸水后体积膨胀幅度要小于上述淡水鱼类卵子,其原因可能是由于海淡水盐度不同,卵子内外渗透压不同所致。

星突江鲮受精卵与大部分鲮形目鱼类一致,为分离的浮性卵,无色透明,具弹性,但卵径、油球数量和初孵仔鱼大小等方面却有差别(表2)。星突江鲮卵径在鲮形目中属中等大小;与赫氏黄盖鲮卵径差别不大,在鲮科鱼类中偏小;与鲟科鱼类及其杂交种卵径相差不大;在舌鳎属中卵径居中。星突江鲮卵内没有油球分布,与大部分鲮科鱼类一致,而鲟科鱼类及其杂交种具有一个油球,舌鳎属一般具有多个油球。因此,卵径的大小、油球的数量等可作为种类鉴别的依据之一,这与万瑞景等(2004)的研究结论一致。

3.2 星突江鲮的胚胎发育

根据实验观察的结果,可以将星突江鲮的胚胎发育划分为卵裂期、囊胚期、原肠胚期、神经胚期、胚孔关闭、眼泡和肌节形成、尾芽形成、晶体出现、听囊出现、出膜前期和出膜期11个连续的典型时期。

在32细胞期以前,细胞为单层结构,到64细胞期细胞分为两层。与胡子鲇在32细胞期以前,细胞为单层结构,到64细胞期之后,细胞具有多层结构的结论一致(刘文生等 2004)。星突江鲮受精卵在细胞分裂前期,胚盘为圆形,在8细胞时,胚盘由圆形变为近似长方形,到16细胞,胚盘由近似长方形重新变为圆形。这与瓦氏鳊的胚胎从8细胞到32细胞,细胞排列成长方形,直到多细胞才成圆形的结论具有差异(陈永等 1995)。其原因可能与卵黄运动开始时间不同所致。刘文生等(2004)认为,卵黄运动有助于细胞在卵黄囊上排列方式以及对以后细胞分化的调整。

星突江鲮胚胎发育中器官的形成时序与大多硬骨鱼类相似,但也略有差异。星突江鲮的克氏囊泡在胚孔关闭时出现,这点与高眼鲮(姜言伟 1980)、圆斑星鲮(陈四清等 2006)和半滑舌鳎(万瑞景等 2004)相同,但大菱鲆在胚孔关闭前出现(雷霖霖等 2003),而犬齿牙鲆在胚孔关闭后出现(王波等 2007)。星突江鲮眼泡和肌节几乎同时形成,而圆斑星鲮和石鲮眼泡形成比体节早,而大部分硬骨鱼类先形成体节再形成眼泡(王开顺等 2003)。

星突江鲮尾芽从卵黄囊突出游离后开始偏转伸长,与胚体中部垂直后又回转,使胚体前部和尾芽在很长一段时间内不在同一平面内。到出膜前期,胚体几乎包卵黄囊1周,尾芽几乎和头部接触,此时尾芽和胚体变为一个平面内。在其他鱼类胚胎发育过程中未见类似情况的报道。

星突江鲮受精卵在 11 ± 0.5 °C水温下孵化,经过101 h仔鱼脱膜孵出。这与马爱军等(2006)报道的在孵化水温 10.5 °C时需110h相接近。而在水温 $2 \sim 5.4$ °C时孵化需353h,在 12.5 °C时需要68h(马爱军等 2006),

表1 星突江鲮胚胎发育进程

Table 1 Embryonic development of *Platichthys stellatus*

发育时间 Developmental time	发育时期 Developmental stage	图例 Figure
0h	授精 Fertilization	
1h30min	胚盘形成 Blastodisc formation	I-3
3h10min	2细胞 2-cell	I-4
4h50min	4细胞 4-cell	I-5、I-6
5h30min	8细胞 8-cell	I-7、I-8
6h20min	16细胞 16-cell	I-9、I-10
7h20min	32细胞 32-cell	I-11、I-12
8h25min	64细胞 64-cell	I-13、I-14
11h10min	128细胞 128-cell	I-15、I-16
13h	多细胞 Many cells	II-1
14h30min	高囊胚 High blastula	II-2、II-3
20h40min	低囊胚 Low blastula	II-4、II-5
27h	原肠早期 Early gastrula	II-6
35h30min	原肠中期 Mid gastrula	II-7
39h	原肠晚期 Late gastrula	II-8
41h30min	神经胚期 Neurula stage	II-9
43h20min	胚孔关闭 Blastopore closed	II-10
46h	眼泡和肌节形成 Formation of optic vesicle and somite	II-11
58h15min	尾芽形成 Tail-bud forming	II-12
59h	晶体出现 Formation of crystal	II-13
78h05min	听囊出现 Formation of otocyst	II-14
94h10min	出膜前期 Pre-hatching stage	II-15
100h10min	出膜期 Hatching stage	II-16
101h	仔鱼孵出 Larvae hatched	II-17
	1日龄仔鱼 1day old larva	II-18

表2 星突江鲮和其他鲤形目鱼类早期发育阶段特征的比较

Table 2 Comparison of the early developmental stage of *Platichthys stellatus* with other pleuronectiformes

种类 Species	卵径 Egg size (mm)	油球 数量 Number of oil globules	孵化时间 Incubation period(h)	孵化水温 Incubation water temperature (°C)	初孵仔鱼 Newly hatched larvae		卵黄囊 Yolk sac		参考 文献 Refer- ences
					全长 Total length (mm)	体高 Body height (mm)	长径 Long diameter (mm)	短径 Short diameter (mm)	
星突江鲮 <i>Platichthys stellatus</i>	0.91~1.06	无	101	11±0.5	2.3~2.5		1.08~1.25	0.6~0.67	本实验
高眼鲮 <i>Cleisthenes herzensteini</i>	0.80~0.91	无	83	12.4~15.6	2.56~2.63		1.32		(姜言伟 1980)
赫氏黄盖鲮 <i>Pseudopleur- onectes herzensteini</i>	0.85~1.05	1	70.5	11.8~12.8	2.40~2.80		0.76~0.88		(毕庶万等 1993)
石鲮 <i>Kareius bicoloratus</i>	1.12±0.06	无	77	12±0.5	1.60±0.11	0.66±0.07			(王开顺 2004)
圆斑星鲮 <i>Verasper variegatus</i>	1.6~1.8	无	197	8.0~8.5	4.45±0.15	2.1±0.05	1.6±0.10	1.2±0.05	(陈四清等 2006)
半滑舌鲮 <i>Cynoglossus semilaevis</i>	1.24±0.03	97~125	37	20.5~22.8	2.63±0.04	2.52±0.03	1.14	0.79	(万瑞景等 2004)
宽体舌鲮 <i>C. robustus</i>	0.85~0.90	5~15	16.5~17.5	26.2~27.5	1.75~1.85				(Fujita <i>et al.</i> 1957)
短吻三线舌鲮 <i>C. abbreviatus</i>	1.19~1.23	30~50	90~98	14~16	3.28				(万瑞景等 2004)
褐牙鲆 <i>Paralichthys olivaceus</i>	0.8±0.01	1	93	14~16					(田永胜等 2004)
漠班牙鲆 <i>Paralichthys lethostigma</i>	1	1	55	17	2.1				(张玉勇等 2006)
犬齿牙鲆 <i>Paralichthys dentatus</i>	0.936~1.001	1	51~52	19~20.8	2.47				(王波等 2007)
大菱鲆 <i>Scophthalmus maximus L.</i>	0.98	1	116	13	2.5	1.0	1.0	0.7	(雷霖霖等 2003)
褐牙鲆 <i>Paralichthys olivaceus</i> ♀ × 圆斑星鲮 <i>Verasper variegatus</i> ♂	0.885~0.952	1	74	15±0.5	2.28±0.21		1.24±0.12	0.65±0.16	(李珺竹等 2006)
褐牙鲆 <i>Paralichthys olivaceus</i> ♀ × 犬齿牙鲆 <i>Paralichthys dentatus</i> ♂	0.98~1.04	1	67	16~17	3.05±0.12	0.99±0.11	1.15±0.17	0.60±0.09	(关健等 2007)

因此水温是影响星突江鲮孵化时间的主要因素。这与在适温条件下,受精卵的发育时间随水温的升高而缩短的结论一致(张鑫磊等 2006)。同时,由表2知,在已报道鲮形目鱼类的胚胎发育中,星突江鲮和圆斑星鲮等鱼种的孵化水温低而孵化时间长,而半滑舌鲮和宽体舌鲮等鱼种的孵化水温高而孵化时间短,因此在鲮形目鱼类中,在最佳孵化温度下,不同鱼种的受精卵也存在发育时间随孵化温度的升高而逐渐缩短的现象。

参 考 文 献

- 马爱军,庄志猛,李晨,孙先领,王新安,雷霖霖. 2006. 星突江鲮生物学特性及养殖前景. 海洋水产研究, 27(5):91~95
- 万瑞景,姜言伟,庄志猛. 2004. 半滑舌鲮早期形态及发育特征. 动物学报, 50(1):91~102
- 王开顺,张志峰,康庆浩,张全启,张福玲. 2003. 圆斑星鲮胚胎及仔鱼发育的研究. 中国水产科学, 10(6):451~456
- 王开顺. 2004. 石鲮 *Kareius bicoloratus* 性腺发生、分化及发育的周年变化. 见:中国海洋大学硕士学位论文
- 王波,张朝晖,谭萌,孙丕喜,薛江华,赵明. 2007. 大西洋牙鲆胚胎发育的形态观察. 海洋科学进展, 25(2):191~199
- 王佳喜,胡少华,管敏,黄珍,郑宏萍,任洁,闵文强,韩玉章. 2004. 美国大口胭脂鱼胚胎发育研究. 江西农业大学报, 26(2):298~303
- 田永胜,陈松林,严安生,季相山. 2004. 牙鲆的胚胎发育. 水产学报, 28(6):609~615
- 田永胜,陈松林,邵长伟,刘本伟,庄志猛. 2008. 鲈鱼冷冻精子诱导半滑舌鲮胚胎发育. 海洋水产研究, 29(2):1~9
- 乔德亮,李思发,凌去非,殷建国,李岩平,蔡晓琴,何智杰. 2005. 白斑狗鱼胚胎和卵黄囊期仔鱼的发育. 上海水产大学学报, 14(1):12~18
- 毕庶万,郑振虎,冯敦国,刘信艺,王育红,徐宗法. 1993. 赫氏黄盖鲮受精卵孵化与仔幼鱼培育初步研究. 海洋湖沼通报, 4:75~80
- 李珺竹,张全启,齐洁,王兴莲,王志刚. 2006. 牙鲆(♀)×圆斑星鲮(♂)杂交子代的胚胎及仔鱼发育. 中国水产科学, 13(5):732~739
- 关键,柳学周,蔡文超,徐永江,马旻. 2007. 褐牙鲆(♀)×犬齿牙鲆(♂)杂交子一代胚胎发育及仔稚鱼形态学观察. 中国水产科学, 14(4):644~653
- 刘文生,李勇,肖建光. 2004. 胡子鲇胚胎发育的观察. 华南农业大学学报, 25(4):89~92
- 陈四清,高天翔,王琛,张岩,张鑫磊,陈艳翠. 2006. 圆斑星鲮早期发育特征的研究. 中国海洋大学学报, 36(2):281~286
- 张玉勇,贾智英,李池陶,刘海金. 2006. 漠斑牙鲆生物学及人工繁育. 水产学杂志, 19(1):77~83
- 陈永,魏刚. 1995. 瓦氏黄颡鱼胚胎发育的研究. 西南农业大学学报, 17(5):414~418
- 张鑫磊,陈四清,刘寿堂,李学文,张岩,薛致勇. 2006. 温度、盐度对半滑舌鲮胚胎发育的影响. 海洋科学进展, 24(3):342~348
- 罗思柴尔德,李汝棋,江先群. 1963. 受精. 北京:科学出版社
- 姜言伟. 1980. 高眼鲮 *Cleisthenes herzensteini* Schmid 的早期发育. 海洋水产研究, 1:105~113
- 海萨,苏德学,杜劲松,陈莉,李桂红,汪金怀,谭学旺,张丽,宋全德,周波,赵士文,周仁冲,刁建华. 2004. 丁鲷的胚胎发育. 水利渔业, 24(2):4~6
- 黄种持. 2004. 黑脊倒刺鲃胚胎发育研究. 淡水渔业, 32(1):30~31
- 雷霖霖,马爱军,刘新富,门强. 2003. 大菱鲆 *Scophthalmus maximus* L. 胚胎及仔稚幼鱼发育研究. 海洋与湖沼, 34(1):9~18
- Fujita, S., and Uchida, K. 1957. Egg development and prelarval stages of a sole, *Cynoglossus robustus* Günther. The Sci. Bull. Fac. Agr. Kyushu Univ. 16 (2) : 319~322 (In Japanese)
- Kee, C. C., Jong, H. K., and Chang, S. G. 1995. A study on seedling production of the spotted flounder, *Verasper variegatus*. Bulletin of National Fisheries Research and Development Agency (Korea), 50: 41~57
- Martinez, G. M., and Bolker, J. A. 2003. Embryonic and larval staging of summer flounder (*Paralichthys dentatus*). J. Morph. 255: 162~176
- Yong, U. K. 1982. On the egg development and larvae of right-eye flounder, *Kareius bicoloratus* (Basilewsky). Bull Korean Fish Soc. 15(4): 323~328