

不同盐度下条石鲷胚胎及卵黄囊仔鱼的形态变化^{*}

施兆鸿^{1**} 彭士明¹ 尹彦强² 罗海忠³ 倪梦麟³

(¹ 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海200090; ² 上海海洋大学生命科学学院, 上海200090; ³ 浙江省舟山市水产研究所, 浙江舟山 316000)

摘要 为了研究盐度对条石鲷(*Oplegnathus fascltus*)胚胎及卵黄囊仔鱼生长发育的影响, 将条石鲷的受精卵置于不同盐度的水体中, 观察盐度胁迫下条石鲷胚胎的沉浮情况、卵径、油球径、孵化率、畸形率, 以及孵化后卵黄囊仔鱼的形态变化和营养物质的消耗状况。结果表明: 条石鲷受精卵在盐度25(含25)以下的水体中为沉性, 在盐度30(含30)以上的海水中全部漂浮于水表层, 在对照组盐度26的水体中大部分胚胎浮在水上层; 在水温22.5℃~24.0℃的条件下, 条石鲷受精卵经24~30 h可孵化成仔鱼, 盐度对孵化时间影响不显著($P > 0.05$); 盐度为20~50都能孵出仔鱼, 但孵化率和畸形率因盐度不同而有显著差异。综合分析表明, 条石鲷受精卵孵化的适合盐度范围为25~35, 理论上的最适孵化盐度范围为28.5~30.5。受精卵卵径与孵化盐度呈反比, 盐度与卵黄囊被吸收程度呈正比, 与全长和体高呈反比, 油球径不因盐度不同而改变。

关键词 条石鲷; 盐度胁迫; 胚胎; 卵黄囊仔鱼; 孵化率; 畸形率

中图分类号 S917 文献标识码 A 文章编号 1000-4890(2009)03-0471-06

Morphological changes of embryo and yolk sac larvae of barred knifejaw (*Oplegnathus fascltus*) under salinity stress. SHI Zhao-hong¹, PENG Shi-ming¹, YIN Yan-qiang², LUO Hai-zhong³, NI Meng-lin³ (¹East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China; ²College of Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 200090, China; ³Fisheries Institute of Zhoushan City, Zhejiang Province, Zhoushan 316000, Zhejiang, China). *Chinese Journal of Ecology* 2009 28(3) 471-476.

Abstract: To study the effects of salinity on the development of barred knifejaw (*Oplegnathus fascltus*) embryo and yolk sac larvae, the fertilized eggs of *O. fascltus* were put in seawater with different salinity, and their buoyancy, diameter, oil globule diameter, hatching rate, abnormality rate as well as the morphological changes and nutrient utilization of yolk sac larvae were observed. The results indicated that the fertilized eggs subsided in seawater at the salinity of 25 or lower, but floated on the seawater surface at the salinity of 30 or higher. Most embryos were buoyant at salinity 26. The larvae were hatched after 24-30 h in seawater at 22.5℃-24.0℃, and the hatching time was not significantly affected by salinity ($P > 0.05$). Larvae could be hatched at the salinity from 20 to 50, but the hatching rate and abnormality rate were significantly affected by the changes of salinity. The suitable salinity for hatching was from 25 to 35, and the theoretical optimum salinity was from 28.5 to 30.5. Small fertilized eggs were obtained at higher salinity, and the post-embryonic larvae hatched at higher salinity water had the smaller volume of yolk sac. The total length and height of larvae reduced significantly with increasing salinity, whereas the diameter of oil globule was not affected by seawater salinity.

Key words: *Oplegnathus fascltus*; salinity stress; embryo; yolk sac larvae; hatching rate; abnormality rate.

* 浙江省科技厅重点攻关项目(2006C12005-2)、舟山市科技局星火科技计划项目(200603)和中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资助项目(东2007Z02)。

** 通讯作者 E-mail: shizhh@sh163.net

收稿日期: 2008-07-11 接受日期: 2008-11-06

盐度是影响鱼类胚胎及仔鱼生长发育的重要生态因子之一,当盐度超出鱼类胚胎和仔鱼的适应范围,就会对生长发育造成胁迫(麦贤杰等,2005)。在自然环境或人工育苗过程中,经常因雨水或干旱等客观原因或人为因素使海水盐度发生变化,因此研究盐度胁迫下鱼类胚胎及仔鱼的生长发育对苗种生产具有实际意义。有关盐度对鱼类胚胎和仔鱼胁迫的影响已有许多报道,并证实不同种类的鱼类胚胎和仔鱼对盐度的适应范围各不相同,如黑鲷(*Sparus macrocephalus*)胚胎发育的最适盐度为 20.22 ~ 32.15(雷霖霖等,1986);真鲷(*Pagrosomus major*)胚胎发育的最适盐度为 27 ~ 35(王涵生,2002);黄鲷(*Talus tumifrons*)胚胎发育的最适盐度为 33 ~ 36(施兆鸿等,2004);花尾胡椒鲷(*Plectorhynchus cinctus*)胚胎发育的最适盐度为 26.47 ~ 38.95(谢仰杰等,2000);翹鲷(*Pampus punctatissimus*)胚胎发育的最适盐度为 29 ~ 32(Shi et al.,2008);点带石斑鱼(*Epinephelus malabaricus*)胚胎发育的最适盐度为 30.5 ~ 32.5(施兆鸿等,2008)。

条石鲷(*Oplegnathus fasciatus*)属鲈形目(Perciformes)石鲷科(Oplegnathidae)石鲷属,属暖水性礁栖鱼类(朱元鼎等,1963)。其肉味鲜美,生长快,适应性强,为高等食用鱼类,具较高的经济价值,也是养殖和放流的优良品种。国内外学者对条石鲷作了许多研究,主要集中在繁殖生物学、形态特征及苗种培育方面。Kakizawa等(1976,1980)、武云飞等(1999)、Jae等(2004)研究了条石鲷的形态和生态特征,Katsuyasu等(1997)对仔鱼饲料进行了研究;Koh和Kim(1992)、Yoshikoshi和Innoe(1990)、辛俭等(2005)、常抗美等(2005)、柳学周等(2008)、肖志忠等(2008)先后研究了条石鲷胚胎仔鱼发育的形态特征;王键鑫等(2006)研究了消化系统的形态学和组织学;全汉锋和肖治中(2007)、倪梦麟等(2007)对人工育苗和生产管理等方面做了报道。本实验探讨了在不同盐度梯度胁迫下条石鲷受精卵的沉浮变化,胚胎孵化时间、孵化率、畸形率和卵黄囊仔鱼的形态变化和营养物质的消耗情况,为开展条石鲷人工育苗提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 实验材料

2007年9月从舟山嵊泗海域收购3~4龄的条石鲷,在浙江省舟山市水产研究所30 m³的水泥池

中培养,水温为14.0℃~22.5℃,盐度为26~28。经7个月的培养,2008年5月,催产后30 h,在亲鱼池边观察到有亲鱼发情产卵,及时用抄网捞取自然产卵上浮的受精卵迅速运至实验室。实验开始时受精卵发育至胚盘隆起到两细胞期。

1.2 实验设置

实验分2部分。第1部分设盐度梯度为0、5、10、15、20、25、30、35、40、45、50,以过滤后的当地自然海水(盐度26)为对照组。高盐度海水用过滤后的海水加海水晶配制而成,低盐度海水用过滤后的海水加蒸馏水配制而成。在1000 ml的烧杯中,分别装入不同盐度的海水,每杯放150~200粒受精卵,水温22.5℃~24.0℃,静态孵化,进行盐度胁迫下受精卵沉浮、可量性状、孵化率、畸形率的实验,每梯度设3平行。第2部分实验根据第一部分得出的可孵化盐度范围以盐度5为梯度设6组实验,每组在1000 ml的烧杯中放200~300粒受精卵孵化,每梯度设3平行;用于每天观察卵黄囊仔鱼生长发育和营养物质的消耗情况。

1.3 不同盐度下受精卵的沉浮

将烧杯静止30 min后观察受精卵的沉浮情况,找出条石鲷受精卵在不同盐度中的沉浮情况。

1.4 盐度胁迫下受精卵卵径和油球径的变化

受精卵放入不同盐度的海水后120 min,每组中各取30粒卵在显微镜下测量卵径、油球径;并连续观察胚胎受盐度胁迫后的发育情况。

1.5 盐度胁迫下孵化率和畸形率

连续观察第1部分各组的孵化情况,记录仔鱼出膜时间,孵出第1尾仔鱼6 h后用海水配制的MS-222麻醉所有初孵仔鱼和未孵出的胚胎,统计孵化率;以初孵仔鱼心跳间隙、脊椎弯曲、鳍膜破损等为畸形标准,统计畸形率。以孵化时间、孵化率、畸形率得出最适孵化盐度。

1.6 盐度胁迫下卵黄囊仔鱼的形态变化和营养物质消耗情况

每天取第2部分实验孵出的仔鱼各30尾,测量其全长、体高、卵黄囊和油球的变化情况。卵黄囊容积计算公式参照文献(Shi et al.,2008): $V = 1/6\pi l h^2 - 1/6\pi d^3$,油球容积计算公式: $V = 1/6\pi d^3$ (l 为卵黄囊长径, h 为卵黄囊短径, d 为油球直径)。

1.7 数据处理

所得数据用SPSS(11.5)软件进行统计分析。对不同盐度下受精卵的可量性状、孵化率、畸形率以

及卵黄囊仔鱼可量性状进行单因素方差分析及 Duncan 多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同盐度下受精卵的沉浮分布

在水体相对静止的状态下,在盐度 0~25 实验组海水中受精卵全部沉底;在盐度 30~50 实验组海水中受精卵全部漂浮在水表层;在对照组(盐度 26)中,受精卵 3/4~3/5 悬浮于水表层,1/4~2/5 沉于底部,但轻晃烧杯受精卵又分布在水层中央。

2.2 盐度胁迫下受精卵的卵径和油球径变化

不同盐度胁迫 120 min 后取胚胎观察测量。结果表明,卵径与盐度呈反比,即盐度越低卵径越大,盐度在 5~45 实验组和对照组之间卵径差异不显著 ($P > 0.05$),而实验组的受精卵油球径和油球容积与对照组之间差异均不显著 ($P > 0.05$),不受盐度变化而改变(表 1)。

2.3 盐度胁迫下孵化率和畸形率

当水温 22.5 °C~24.0 °C 时,条石鲷受精卵在盐度为 20~50 都能孵出仔鱼(图 1)。不同盐度胁迫对孵化时间的影响差异不显著 ($P > 0.05$)。单因素方差分析显示,盐度 25 和 30 实验组与对照组之间孵化率差异不显著 ($P > 0.05$),其他各盐度实验组与对照组之间孵化率差异显著 ($P < 0.05$);而盐度 25~40 实验组之间畸形率与对照组之间差异均不显著 ($P > 0.05$),超出盐度 25~40,随着盐度的升高或降低孵化率急剧降低,畸形率则骤然升高,差异显著 ($P < 0.05$)。盐度 20 实验组孵出的仔鱼全部

卧底,偶有上窜至水层中央后又下沉至底部,24 h 全部死亡;盐度 25~35 实验组孵出的仔鱼分布于水层的中上层,在水中卵黄囊朝上呈倒垂悬浮状;盐度 40 和 45 实验组孵出的仔鱼全部漂浮于水表层,孵出后 48 h 内也全部死亡;盐度 50 实验组虽能孵出仔鱼,但孵出 6 h 仔鱼已全部死亡。

在可孵化的盐度范围内,对孵化率及畸形率进行多项式回归并做趋势曲线(图 1),孵化率(y)对盐度(x)的回归曲线为抛物线型,其回归方程为 $y = 0.0117x^3 - 1.4363x^2 + 54.334x - 569.03$, $R^2 = 0.9569$ 。畸形率(y)对盐度(x)的回归曲线为马鞍型,其回归方程为 $y = -0.0076x^3 + 1.112x^2 - 46.821x + 607.35$, $R^2 = 0.9504$ 。

2.4 盐度胁迫对卵黄囊仔鱼生长发育的影响

条石鲷卵黄囊仔鱼的全长、体高、卵黄囊和油球径受不同盐度胁迫而变化(表 2—5)。盐度 25~45 实验组之间对初孵仔鱼全长的影响不显著 ($P > 0.05$),而盐度 50 和 25 的实验组初孵仔鱼和对照组之间差异显著 ($P < 0.05$)。随着实验时间的延长,只有盐度 25、30 的实验组和对照组仔鱼的全长之间差异不显著 ($P > 0.05$) (表 2)。盐度对仔鱼体高的影响与全长相似,也是盐度 25 和 30 实验组与对照组之间差异不显著 ($P > 0.05$),随着时间的延长其他实验组与对照组的差异也不断减小(表 3)。

而作为仔鱼生长发育的营养物质——卵黄囊和油球,不仅生长发育需要消耗,还因盐度的不同卵黄囊容积发生明显的变化。初孵仔鱼阶段盐度 45 和 50 实验组中的卵黄囊容积小于对照组和其他各实验组中初孵仔鱼的卵黄囊 ($P < 0.05$);在随后的实验中,盐度与卵黄囊被吸收程度呈正比(表 4)。从表 5 可以看出,油球的大小与盐度胁迫之间差异不

表 1 盐度胁迫 120 min 后条石鲷受精卵卵径和油球径的变化 ($n = 30$)

Tab.1 Diameter changes of fertilized eggs and oil globule of barred knifejaw under salinity stress for 120 min

盐度	卵径 (mm)	油球径 (mm)	油球容积 (mm ³)
0	0.9353 ± 0.0163e	0.1744 ± 0.0111	0.0028 ± 0.0005
5	0.9312 ± 0.0173de	0.1713 ± 0.0132	0.0027 ± 0.0007
10	0.9295 ± 0.0075cde	0.1723 ± 0.0094	0.0027 ± 0.0004
15	0.9327 ± 0.0146de	0.1716 ± 0.0122	0.0027 ± 0.0006
20	0.9243 ± 0.0122cde	0.1759 ± 0.0113	0.0029 ± 0.0006
25	0.9290 ± 0.0187bcd	0.1713 ± 0.0140	0.0027 ± 0.0007
30	0.9245 ± 0.0131bcd	0.1759 ± 0.0118	0.0029 ± 0.0006
35	0.9245 ± 0.0142bcd	0.1716 ± 0.0111	0.0027 ± 0.0005
40	0.9204 ± 0.0113bc	0.1752 ± 0.0100	0.0028 ± 0.0005
45	0.9178 ± 0.0152ab	0.1737 ± 0.0107	0.0028 ± 0.0005
50	0.9114 ± 0.0141a	0.1744 ± 0.0131	0.0028 ± 0.0006
对照 (26)	0.9246 ± 0.0115bcd	0.1725 ± 0.0090	0.0027 ± 0.0004

同列相同字母为各盐度组之间的差异不显著 ($P > 0.05$),不同字母为差异显著 ($P < 0.05$)。数值为平均值 ± 标准误。下同。

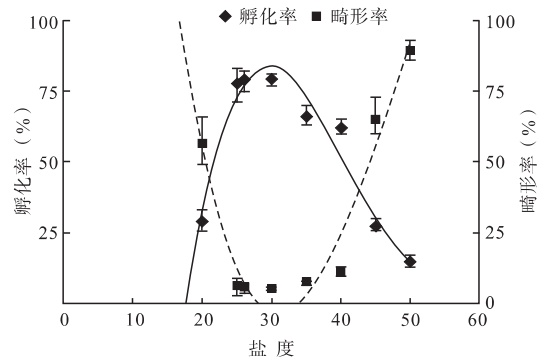


图 1 不同盐度下条石鲷胚胎孵化率和畸形率

Fig.1 Hatching rate and abnormality percentage of the barred knifejaw embryo at different salinities

表 2 不同盐度胁迫下条石鲷仔鱼全长(mm)的变化($n = 30$)

Tab. 2 Total length changes of barred knifejaw larvae at different salinities

盐度	初孵仔鱼	1 d 仔鱼	2 d 仔鱼	3 d 仔鱼	4 d 仔鱼
20	2. 2188 ± 0. 0909 _c	-	-	-	-
25	2. 1498 ± 0. 1168 _{bc}	3. 0524 ± 0. 0497 _c	3. 0699 ± 0. 0950 _b	3. 1806 ± 0. 0692 _b	3. 2258 ± 0. 1103 _b
30	2. 1291 ± 0. 1073 _{bc}	3. 0103 ± 0. 1075 _c	3. 0298 ± 0. 0683 _{ab}	3. 0931 ± 0. 1133 _{ab}	3. 1882 ± 0. 1416 _b
35	2. 1564 ± 0. 0844 _{bc}	2. 9921 ± 0. 0741 _c	2. 9831 ± 0. 0527 _a	3. 0043 ± 0. 1017 _a	3. 0376 ± 0. 1442 _a
40	2. 0684 ± 0. 1043 _b	2. 8937 ± 0. 1049 _b	-	-	-
45	2. 0293 ± 0. 1055 _b	2. 8074 ± 0. 0854 _a	-	-	-
50	1. 8689 ± 0. 2054 _a	-	-	-	-
对照(26)	2. 1158 ± 0. 0852 _{bc}	3. 0038 ± 0. 0617 _c	3. 0838 ± 0. 1006 _b	3. 1137 ± 0. 0694 _b	3. 2066 ± 0. 1437 _b

表 3 不同盐度胁迫下条石鲷仔鱼体高(mm)的变化($n = 30$)

Tab. 3 Height changes of barred knifejaw larvae at different salinities

盐度	初孵仔鱼	1 d 仔鱼	2 d 仔鱼	3 d 仔鱼	4 d 仔鱼
20	0. 7783 ± 0. 0199 _{de}	-	-	-	-
25	0. 7256 ± 0. 0304 _{cd}	0. 8598 ± 0. 0427 _c	0. 7711 ± 0. 0427 _c	0. 7665 ± 0. 0467 _b	0. 7191 ± 0. 0188
30	0. 7903 ± 0. 0274 _e	0. 8100 ± 0. 0452 _{bc}	0. 6547 ± 0. 0543 _b	0. 6499 ± 0. 0757 _a	0. 7061 ± 0. 0194
35	0. 7449 ± 0. 0282 _{cd}	0. 7953 ± 0. 0501 _b	0. 5090 ± 0. 0544 _a	0. 6760 ± 0. 0500 _a	0. 7010 ± 0. 0334
40	0. 7394 ± 0. 0270 _c	0. 6247 ± 0. 0739 _a	-	-	-
45	0. 6302 ± 0. 0342 _a	0. 5939 ± 0. 0520 _a	-	-	-
50	0. 6647 ± 0. 0256 _b	-	-	-	-
对照(26)	0. 8122 ± 0. 0464 _e	0. 8507 ± 0. 0447 _c	0. 7047 ± 0. 1324 _{bc}	0. 6785 ± 0. 0225 _a	0. 7160 ± 0. 0295

表 4 不同盐度胁迫下条石鲷仔鱼卵黄囊体积(mm^3)的变化($n = 30$)

Tab. 4 Volume changes of yolk sac of barred knifejaw larvae under salinity stress

盐度	初孵仔鱼	1 d 仔鱼	2 d 仔鱼	3 d 仔鱼	4 d 仔鱼
20	0. 1145 ± 0. 0125 _{bc}	-	-	-	-
25	0. 1117 ± 0. 0145 _b	0. 0535 ± 0. 0076 _b	0. 0019 ± 0. 0008 _{ab}	0. 0000 ± 0. 0001 _{ab}	0. 0000 ± 0. 0000
30	0. 1171 ± 0. 0145 _b	0. 0557 ± 0. 0146 _b	0. 0018 ± 0. 0005 _{ab}	0. 0000 ± 0. 0000 _a	0. 0000 ± 0. 0000
35	0. 1145 ± 0. 0188 _b	0. 0549 ± 0. 0052 _b	0. 0010 ± 0. 0009 _a	0. 0000 ± 0. 0000 _a	0. 0000 ± 0. 0000
40	0. 1124 ± 0. 0182 _b	0. 0346 ± 0. 0119 _a	-	-	-
45	0. 0826 ± 0. 0196 _a	0. 0375 ± 0. 0086 _a	-	-	-
50	0. 0852 ± 0. 0211 _a	-	-	-	-
对照(26)	0. 1153 ± 0. 0112 _b	0. 0498 ± 0. 0030 _b	0. 0025 ± 0. 0016 _b	0. 0000 ± 0. 0000 _a	0. 0001 ± 0. 0000

表 5 不同盐度胁迫下条石鲷仔鱼油球径(mm)的变化($n = 30$)

Tab. 5 Changes of oil globule diameter of barred knifejaw larvae under salinity stress

盐度	初孵仔鱼	1 d 仔鱼	2 d 仔鱼	3 d 仔鱼	4 d 仔鱼
20	0. 1904 ± 0. 0084	-	-	-	-
25	0. 1954 ± 0. 0265	0. 1849 ± 0. 0079	0. 1407 ± 0. 0129 _{ab}	0. 1007 ± 0. 0119 _a	0. 0008 ± 0. 0014
30	0. 1936 ± 0. 0101	0. 1814 ± 0. 0081	0. 1402 ± 0. 0112 _{ab}	0. 1044 ± 0. 0094 _a	0. 0004 ± 0. 0007
35	0. 1893 ± 0. 0082	0. 1848 ± 0. 0158	0. 1321 ± 0. 0068 _a	0. 0997 ± 0. 0069 _a	0. 0007 ± 0. 0011
40	0. 1918 ± 0. 0082	0. 1749 ± 0. 0065	-	-	-
45	0. 1888 ± 0. 0092	0. 1751 ± 0. 0139	-	-	-
50	0. 1886 ± 0. 0109	-	-	-	-
对照(26)	0. 1994 ± 0. 0064	0. 1795 ± 0. 0105	0. 1396 ± 0. 0103 _{ab}	0. 1162 ± 0. 0098 _b	0. 0006 ± 0. 0008

显著($P > 0.05$),油球的大小只随发育时间而改变。上述结果表明,在适盐范围内较低盐度中仔鱼对营养物质的消耗要低于较高盐度中仔鱼对营养物质的需求,而油球的消耗只随生长发育而减小。

3 讨论

3.1 盐度胁迫下受精卵的沉浮分布、卵径和油球径变化及对胚胎发育的影响

产浮性卵的海水鱼类,其卵的沉浮特性是这类鱼产卵和孵化的关键因素(Nissling *et al.*, 1994)。盐度影响受精卵在水层中的分布,在实验温度条件下,条石鲷受精卵的比重与盐度 25 或 30 的海水比重相当,大致界于 1.019 ~ 1.021。海水鱼类受精卵的发育通常在高渗环境中,水要从卵内渗出,而受精卵的原生质层是调节渗透压平衡和保持受精卵正常发育的重要物质(麦贤杰等 2005)。对于大多数海水鱼的受精卵而言,原生质层只有防止卵失水的能力,而没有防止水进入卵中的能力,同时这种能力是有一定限度的(麦贤杰等 2005)。本实验中受精卵的卵径是随盐度的升高而不断变小(表 1),并且盐度 0 和 50 的实验组与对照组之间差异显著($P < 0.05$),说明受精卵抗盐度胁迫具有一定的范围。

一些研究认为,胚胎发育的最适温、盐条件及忍受温、盐极限是由产卵前亲体性腺发育时的条件所决定的,而且胚胎正常发育所要求的条件又比其幼体存活的条件范围要窄(王涵生 2002)。本实验所用的条石鲷亲鱼培育环境条件水温为 18.0 °C ~ 22.5 °C,盐度为 26 ~ 28,分布在舟山地区嵊泗等海域中的条石鲷,其生存盐度为 28 ~ 33。而本研究表明,条石鲷胚胎孵化的最适盐度是 28.5 ~ 30.5,较亲鱼培育时的盐度略高,但仍在自然海区生活的盐度范围内。

本实验 120 min 时,对照组胚胎发育已到囊胚形成期,细胞界线仍然可见,而高盐度组的胚胎发育大部分仍处于多细胞期,并且细胞界线开始出现模糊不清的状况,发育停止;低盐度组的胚胎发育也大多停止在多细胞期,细胞间界线不清呈融合状,胚体出现模糊解体现象。发育停止在多细胞期至高囊胚期。推测在极端盐度下,盐度胁迫后胚胎的渗透压调节失衡导致了胚胎发育停止。盐度的降低则导致胚胎的运动和心跳变的微弱,同样使成活率降低(麦贤杰等 2005)。

3.2 条石鲷胚胎孵化的适宜盐度和最适盐度范围

条石鲷受精卵的孵化时间不受盐度的影响,但

受精卵的孵化率和初孵仔鱼的畸形率因孵化盐度的不同而产生显著差异(图 1)。在适盐范围内,受精卵内渗透压可通过卵内原生质层调节保持相对稳定,从而使胚胎有相对较高的孵化率。单从孵化率看,盐度 25 ~ 40 都能孵化出仔鱼。但高的孵化率并不能保证低的畸形率,孵出的仔鱼也不能进一步正常发育。为此综合孵化率和畸形率以及卵黄囊仔鱼的发育情况,盐度 25 ~ 35 是条石鲷的受精卵孵化的适合盐度范围。为求最适孵化盐度,在盐度 25 ~ 35 内对孵化率和畸形率再做多项式回归(施兆鸿等, 2008),求得孵化率回归方程为 $y = 0.0037x^3 - 0.6333x^2 + 26.741x - 252.89$ ($R^2 = 1.000$)。畸形率回归方程为 $y = -0.0056x^3 + 0.5667x^2 - 18.728x + 207.17$ ($R^2 = 1.000$)。根据这 2 个回归方程得出最适孵化盐度是 28,孵化出仔鱼最低畸形率的盐度是 31。平均二数值再取 ± 1 ,认为盐度 28.5 ~ 30.5 就是条石鲷孵化理论上的最适盐度。

3.3 盐度胁迫对卵黄囊仔鱼生长发育的影响

高盐度胁迫对初孵仔鱼的形态特征会产生显著影响。实验结果表明,盐度胁迫对卵黄囊仔鱼可量性状影响最大的是卵黄囊的容积,初孵仔鱼卵黄囊容积随盐度升高而减小,随盐度下降而变大,这跟太平洋鲱鱼(*Clupea pallasii*)的情况相同,太平洋鲱鱼在较低的盐度孵化后卵黄囊体积较大(Holliday & Blaxter, 1960)。初孵仔鱼在高盐度环境中,其全长和卵黄囊容积都显著变小,推测是与渗透压调节耗能以及渗透脱水有关。卵黄囊仔鱼在高盐度环境中,发育过程需要消耗更多的能量来平衡体内外的渗透压差,以保持仔鱼的正常发育。但盐度胁迫并没有改变油球容积的大小,表明在胚胎和卵黄囊仔鱼的发育过程中,首先被利用的是卵黄囊内的营养物质,然后才动用油球中的脂类贮备。这一方面是因为卵黄囊中的蛋白和游离氨基酸是初孵仔鱼发育过程中构建体蛋白及酶的重要原料(Conceição *et al.*, 1997),同时卵黄囊中氨基酸的分解代谢也是初孵仔鱼能量获得的主要来源(Dabrowski, 1983)。本实验的卵黄囊仔鱼的油球径变化小于卵黄囊容积的变化,也证实了卵黄囊仔鱼的发育过程中,油球中的脂类贮备优先得到保留。高盐度胁迫下卵黄囊仔鱼全长变小,推测渗透脱水以及与高盐条件下卵黄囊中的营养物质用于维持渗透压平衡的比例增加,导致用于构建体成分的比例相对减少有关。

参考文献

- 常抗美,毛建平,吴剑锋,等. 2005. 条石鲷胚胎及仔稚鱼的发育. 上海水产大学学报, **14**(4):401-406.
- 雷霖霖,孙鲁宁,陈学豪. 1986. 盐度对黑鲷胚胎发育和早期仔鱼发育影响的初步观察. 海洋水产研究, (7):143-147.
- 柳学周,徐永江,王妍妍,等. 2008. 条石鲷的早期生长发育特征. 动物学报, **54**(2):332-341.
- 麦贤杰,黄伟健,叶富良,等. 2005. 海水鱼类繁殖生物学和人工繁育. 北京:海洋出版社.
- 倪梦麟,范卫明,毛志增,等. 2007. 舟山沿海条石鲷人工育苗技术研究. 浙江海洋学院学报, **24**(1):143-147.
- 全汉锋,肖治中. 2007. 条石鲷人工繁殖技术研究. 台湾海峡, **26**(2):295-301.
- 施兆鸿,陈波,彭士明,等. 2008. 盐度胁迫下点带石斑鱼胚胎及卵黄囊仔鱼的形态变化. 海洋与湖沼, **39**(3):222-227.
- 施兆鸿,夏连军,王建钢,等. 2004. 盐度对黄鲷胚胎发育及早期仔鱼影响. 水产学报, **28**(4):599-603.
- 王涵生. 2002. 盐度对真鲷受精卵发育及仔稚鱼生长的影响. 中国水产科学, **9**(1):33-39.
- 王健鑫,石戈,李鹏,等. 2006. 条石鲷消化道的形态学和组织学. 水产学报, **30**(5):618-627.
- 武云飞,门强,康斌. 1999. 两种珍稀鱼类的形态学和生态学的补充研究. 青岛海洋大学学报, **29**(4):581-585.
- 肖志忠,郑炯,于道德,等. 2008. 条石鲷早期发育的形态特征. 海洋科学, **32**(3):25-31.
- 谢仰杰,翁朝红,林锦宗,等. 2000. 盐度对花尾胡椒鲷胚胎和仔鱼的影响. 台湾海峡, **19**(1):22-27.
- 辛俭,薛利建,毛国民,等. 2005. 条石鲷的胚胎发育观察. 浙江海洋学院学报, **24**(1):31-37.
- 朱元鼎,张春霖,成庆泰,等. 1963. 东海鱼类志. 北京:科学出版社.
- Conceição LEC, Meeren T, Verreth JAJ, et al. 1997. Amino acid metabolism and protein turnover in larval turbot (*Scophthalmus maximus*) fed natural zooplankton or Artemia. *Marine Biology*, **129**:255-265.
- Dabrowski K. 1983. Comparative aspects of protein digestion and amino acid absorption in fish and other animals. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, **74**:417-425.
- Holliday FGT, Blaxter JHS. 1960. The effects of salinity on the developing eggs and larvae of the herring. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom.*, **39**:591-603.
- Jae WK, Gun WB, Hea JB. 2004. Electron microscopic study on the integumentary epidermis of the parrot fish, *Oplegnathus fasciatus*, Korean. *Journal of Electron Microscopy*, **43**:131-137.
- Kakizawa Y, Kasuya K, Kojima N, et al. 1976. An histochemical study on acid mucopolysaccharides in the enameloid formation stages of fish (*Oplegnathus fasciatus*). *Journal of Nihon University School of Dentistry*, **18**:105-113.
- Kakizawa Y, Xamishikiryu K, Shirato M, et al. 1980. The tooth development of the parrot perch, *Oplegnathus fasciatus* (family Oplegnathidae, Teleostei). *Journal of Nihon University School of Dentistry*, **22**:211-216.
- Katsuyasu T, Motoaki Y, Kenji H, et al. 1997. Effects of feeding of carotene supplemented rotifers on survival and lymphocytes proliferation reaction of fish larvae (Japanese parrotfish (*Oplegnathus fasciatus*) and spotted parrotfish (*Oplegnathus punctatus*)). *Hydrobiologia*, **358**:313-316.
- Koh JN, Kim YU. 1992. Embryonic development and morphology of larvae and juveniles of parrot fish *Oplegnathus fasciatus* (Temminck et Schlegel). *Bulletin of the National Fisheries University of Pusan (Natural Sciences)*, **32**:29-45.
- Nissling A, Kryvi H, Vallin L. 1994. Variation in egg buoyancy of Baltic cod *Gadus morhua* and its implications for egg survival in prevailing conditions in the Baltic Sea. *Marine Ecology: Progress Series*, **110**:67-74.
- Shi ZH, Huang XX, Fu RB, et al. 2008. Salinity stress on embryos and early larval stages of the pomfret *Pampus punctatissimus*. *Aquaculture*, **275**:306-310.
- Yoshikoshi K, Innoe K. 1990. Viral nervous necrosis in hatchery-reared larvae and juveniles of Japanese parrotfish, *Oplegnathus fasciatus* (Temminck & Schlegel). *Journal of Fish Diseases*, **13**:69-77.

作者简介 施兆鸿 男 1958年生 研究员。主要从事海水鱼类苗种培育和繁殖生物学研究。E-mail: shizhh@sh163.net
责任编辑 李凤芹