

盐度对七带石斑鱼胚胎发育和卵黄囊仔鱼生长的影响

赵 明^{1,2} 陈 超^{1*} 柳学周¹ 庄志猛¹ 徐永江¹ 薛宝贵¹
杨 志³ 王妍妍¹ 曲江波³

(¹农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室 青岛市海水鱼类种子工程与生物技术重点实验室

中国水产科学研究院黄海水产研究所, 266071)

(²中国海洋大学水产学院, 青岛 266003)

(³烟台开发区天源水产有限公司, 264000)

摘 要 观察比较了 8 个盐度梯度[10、15、20、25、30(自然海水)、35、40 和 45]下七带石斑鱼 *Epinephelus septemfasciatus* 受精卵的孵化周期、孵化率和畸形率及卵黄囊仔鱼的畸形率,并在上述条件下对七带石斑鱼进行了耐饥饿试验,测定其生存活力指数(SAI)。结果显示,受精卵孵化的最适盐度范围为 30~35,盐度高于 35,孵化率随着盐度的升高而降低,仔鱼畸形率随之升高;盐度低于 25,孵化率随盐度的降低而降低,仔鱼畸形率随之升高。仔鱼的最适生存盐度为 30~35,此盐度下的仔鱼存活系数为 24.7 ± 0.36 和 23.27 ± 3.01 。

关键词 七带石斑鱼 胚胎发育 盐度 SAI 饥饿耐受力

中图分类号 S961.2+3 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2011)02-0016-06

Effect of salinity on embryonic development and post-embryonic larval growth of *Epinephelus septemfasciatus*

ZHAO Ming^{1,2} CHEN Chao^{1*} LIU Xue-zhou¹ ZHUANG Zhi-meng¹
XU Yong-jiang¹ XUE Bao-gui¹ YANG Zhi³ WANG Yan-yan¹ QU Jiang-bo³

(¹Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resources, Qingdao Key Laboratory for Marine Fish Breeding and Biotechnology, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, 266071)

(² Fishery College, Ocean University of China, Qingdao 266003)

(³Tianyuan Aquaculture Limited Company of Yantai Development Area, 26400)

ABSTRACT The hatching periods, hatching rate and deformity rate of the fertilized eggs, deformity rates of the post-embryonic larvae and the survival activity index (SAI) of the newly hatched larvae of *Epinephelus septemfasciatus* were examined at salinities of 10, 15, 20, 25, natural seawater salinities of 30, 35, 40 and 45. The results showed that: 1. the optimum salinity for hatching was between 30 and 35. When the salinity was above 35 or below 25, the hatching rates decreased and the percentage of abnormal larvae increased; 2. the optimum salinity for larval survival was in the range of 30~

国家 863 计划项目(2006AA10A414)、农业部 948 项目(2008-Z8)和青岛市国际科技合作计划项目(08-2-3-6-hz)共同资助

* 通讯作者。E-mail: ysfrichenchao@126.com, Tel: (0532)85844459

收稿日期: 2010-07-17; 接受日期: 2010-10-10

作者简介: 赵 明(1983-), 男, 硕士, 主要从事海水鱼类繁育生物学研究。E-mail: 0535zhaoming@163.com, Tel: (0532)85830506

35, and the SAI values of the fish were 24.7 ± 0.36 and 23.27 ± 3.01 , respectively.

KEY WORDS *Epinephelus septemfasciatus* Embryonic development Salinity SAI
Starvation-resisting ability

七带石斑鱼 *Epinephelus septemfasciatus*, 属鲈形目、鲷科、石斑鱼亚科, 石斑鱼属, 主要分布于黄、渤海和东海沿岸, 为石斑鱼在黄海唯一分布的品种(谢 菁等 2009; 王新安等 2008), 因其能够耐受 $7 \sim 8^\circ\text{C}$ 的水温, 又称为“冷水石斑”(王新安等 2008)。七带石斑鱼适宜温度范围广、肉质鲜嫩、营养价值和经济价值高, 是一种适宜于人工养殖开发的优良品种。

有关盐度对海产鱼类的胚胎和仔鱼发育的影响已有许多报道, 如点带石斑鱼 *Epinephelus malabaricus* (施兆鸿等 2008)、赤点石斑鱼 *Epinephelus akaara* (王涵生等 2002)、斜带石斑鱼 *Epinephelus coioides* (Kawahara et al. 1997; 张海发等 2006)、鞍带石斑鱼 *Epinephelus lanceol* (曲焕韬等 2009) 等的研究, 为开展这些经济鱼类的人工繁育研究、促进其养殖业的发展、资源、环境保护等方面的工作提供了宝贵的基础资料。许多报道已证实了石斑鱼类中不同种类的胚胎和仔鱼有不同的适应盐度范围, 如斜带石斑鱼胚胎发育的最适盐度为 $20 \sim 30$ (张海发等 2006); 赤点石斑鱼胚胎发育的最适盐度为 $27 \sim 35$ (王涵生等 2002)。

石斑鱼的人工繁育工作始于 20 世纪 60 年代, 自鹤川正雄等(1966)研究了赤点石斑鱼的产卵习性及其初期生活史以后, 日本各地便陆续开展对该种及其他石斑鱼的人工繁育研究。20 世纪 70 年代后, 东南亚国家、科威特及我国也相继开展对石斑鱼人工繁育的研究。有关七带石斑鱼人工繁殖的研究, 主要集中在亲鱼和苗种培育技术 (Tsuchihashi 2005)。国内关于七带石斑鱼胚胎发育的资料报道较少(谢 菁等 2009)。现有研究表明, 可成功利用激素诱导七带石斑鱼亲鱼性腺成熟, 但是受精率和孵化率较低, 另外孵化的仔鱼成活率也不是很稳定(王新安等 2008)。

2009 年, 作者采用营养强化、调整温光和激素诱导等方法, 使七带石斑鱼成功产卵, 在此期间, 选择其中一批优质受精卵, 进行了盐度胁迫对七带石斑鱼胚胎和卵黄囊仔鱼形态变化的试验, 并计算了仔鱼生存活力指数。以期为开展七带石斑鱼人工繁殖和育苗提供基础资料。

1 材料和方法

1.1 受精卵的获得方法

试验于 2009 年在烟台开发区天源水产有限公司进行。试验用七带石斑亲鱼为中国水产科学研究院黄海水产研究所暂养于烟台市开发区天源水产有限公司亲鱼。采用温度、光照和激素诱导综合调控法促使亲鱼发育成熟, 人工采卵授精获得受精卵。卵子采集方法: 首先利用 MS222 海水溶液将亲鱼麻醉, 置于采卵板上, 轻挤压雌鱼腹部, 挤出游离卵粒至烧杯中, 随后快速采集精液。采用人工干法授精获得受精卵: 将精液滴入盛有卵子的烧杯中, 用经过消毒处理的羽毛轻柔搅拌, 同时缓慢加入砂滤海水, 静置 $10 \sim 15$ min 后用砂滤海水冲洗, 并用 80 目筛绢滤去多余精液。将洗过的卵转移入 2 000 ml 量筒, 静置分离 $20 \sim 30$ min 后取上浮受精卵备用。

1.2 实验方法

1.2.1 不同盐度下胚胎发育

试验共设置 8 个盐度梯度: 10、15、20、25、30(自然海水)、35、40 和 45。高盐度海水组用自然海水中加浓缩海水配置而成, 低盐度组用自然海水加淡水配置而成。

试验分为两部分。一部分进行不同盐度下受精卵的沉浮特性研究。每个盐度梯度设置 3 个平行, 每试验组中分别放入受精卵 100 粒, 置于盛有不同盐度海水的 2 000 ml 烧杯中, 不充气静置 $15 \sim 22$ min, 待受精卵稳定后观察并记录上浮率、悬浮率及下沉率, NIKON 解剖镜下观察测定受精卵直径。第二部分是不同盐度下胚胎发育过程观察。每个盐度梯度设置 3 个平行, 其中一个重复用于胚胎发育过程观察。每个试验组中分别放入已发育到二细胞期的受精卵 100 粒, 置于盛有不同盐度海水的 2 000 ml 烧杯中, 试验水温 $22 \pm 0.5^\circ\text{C}$, 不充气孵化。在孵化

期间,每天换水约 1/2。根据胚胎发育过程,以不同的时间间隔取样,在显微镜下进行连续观测、记录、并作详细描述。记录胚胎发育时间、孵出期时间、孵化率和畸形率,测量仔鱼体长和体高、卵黄囊长短径及油球直径。孵出期时间定义为 50% 孵出的时间。畸形鱼苗表现为体形异常(身体弯曲、尾部呈 Z 或 W 形)、油球异位(正常位于卵黄囊的后部,畸形位于卵黄囊的中部或前部)、油球数目多于 1 个(正常个体 1 个油球)。

1.2.2 不同盐度下仔鱼分布水层及仔鱼生存活力指数测定试验

盐度梯度设置及海水配制和试验容器如 1.2.1 方法,每个盐度梯度设置 3 个平行。每试验组选取肉眼观察无畸形、健康活力好的初孵仔鱼作为试验材料,各放入 100 尾,在无投饵、无充气、水温 $22 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 条件下静水培育。每隔 24h 用吸管吸走死亡仔鱼,并记录每试验组中仔鱼存活数量,直至仔鱼全部死亡,计算仔鱼生存活力指数。

$$SAI = \sum_{i=1}^k (N - h_i) \times i / N$$

式中,SAI 为生存活力指数(Survival Activity Index); N 为试验起始的仔鱼数; k 为仔鱼全部死亡所需的天数; h_i 为第 i 天时仔鱼的累计死亡数。

1.2.3 数据处理

所有数据以平均值 \pm SD 表示。孵化率和畸形率试验数据使用 SPSS 软件进行统计处理,选择显著性水平 P 为 0.05, $P < 0.05$ 为差异显著,反之差异不显著。

2 结果

2.1 不同盐度下受精卵的沉浮特性

成熟受精卵呈圆球形,浮性,彼此分离,无色透明;受精卵径为 $0.83 \pm 0.02\text{mm}$ ($n = 35$),端黄卵,中央有一油球。在相对静止的条件下,经 15 ~ 22min 后在水体中稳定,受精卵在不同盐度海水中分布状态不同,盐度大于 40 时完全上浮;盐度低于 20 时 80% 下沉到底部;盐度在 25 ~ 30 之间时受精卵 60% 上浮、20% 悬浮,在水体中央,且靠近水体上层的卵子大小均匀、透明。

2.2 不同盐度下受精卵孵化进程、孵化率及畸形率

本试验发现,盐度对七带石斑鱼受精卵孵化进程有一定影响(表 1)。当水温为 $22 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 时,盐度在 10 ~ 45 范围内,胚胎孵化出膜时间为 32h 00 min ~ 34h 20 min,且随着盐度的增加孵化时间有逐渐缩短的趋势,盐度为 10 时孵化期时间最长,为 34h 20 min,其次是 15 和 20 组。

表 1 不同盐度对七带石斑鱼胚胎发育进程的影响

Table 1 Effect of different salinity on embryonic development of *E. septemfasciatus*

盐度 Salinity	胚胎发育进程 Embryonic development		
	开始孵出时间 Hatching start (h)	孵出期时间 Hatching period (h)	全部孵出时间 Hatching complete (h)
10	30.9 \pm 0.1	34.3 \pm 0.1	36.6 \pm 0.2
15	29.8 \pm 0.0	33.3 \pm 0.0	35.5 \pm 0.1
20	29.5 \pm 0.1	32.8 \pm 0.1	35.0 \pm 0.1
25	29.5 \pm 0.1	32.7 \pm 0.2	34.9 \pm 0.2
30	29.4 \pm 0.0	32.7 \pm 0.1	34.7 \pm 0.1
35	29.4 \pm 0.1	32.6 \pm 0.1	34.3 \pm 0.2
40	29.2 \pm 0.0	32.6 \pm 0.1	33.8 \pm 0.1
45	28.6 \pm 0.0	32.0 \pm 0.0	33.2 \pm 0.1

* 孵出期时间为 50% 孵出的时间

* Time of hatching period stands for the time when half of the embryos were hatched

不同盐度中受精卵孵化过程出现不同程度的发育畸形或停止现象。低盐度组(10 和 15) 个别胚胎在原肠期开始出现死亡,至孵化结束时所有停止发育的受精卵中 $71.3\% \pm 4.8\%$ 处在多细胞期,细胞间界线不清呈融合状, $22.2\% \pm 4.6\%$ 发育至胚体期,出现模糊解体现象。盐度 35、40 的高盐组中,受精卵孵化至约 4 h 时, $6.2\% \pm 0.3\%$ 的胚胎卵黄球开始收缩变小。盐度愈高,卵黄球收缩或膨胀的时间越是提前,盐度 45 组卵黄球变形出现在 3.5h。至孵化结束时停止发育的受精卵有 $82.7\% \pm 6.2\%$ 处于多细胞期,细胞界线模糊不清。

盐度对胚胎孵化率有显著影响(图 1)($P < 0.05$)。盐度在 25 ~ 40 范围内受精卵的孵化率为 $79.4\% \pm 2.6\% \sim 91.7\% \pm 2.9\%$,各组的孵化率均较高;盐度为 30 和 35 时,孵化率最高,分别为 $90.8\% \pm 3.4\%$ 和 $91.7\% \pm 2.9\%$,差异不显著($P > 0.05$)。而盐度为 10 时,孵化率较低,只有 $10.2\% \pm 0.2\%$;当盐度为 45 时,大部分受精卵不能完成孵化过程,孵化率仅为 $30.1\% \pm 3.2\%$ 。

当盐度为 45 时,初孵仔鱼畸形率为 $64.3 \pm 1.8\%$,最高;其次为 40、10 和 15 组,介于 $27.8\% \pm 1.0\% \sim 30.0\% \pm 1.1\%$ 之间;盐度为 30 和 35 时,初孵仔鱼畸形率分别为 $10.7\% \pm 0.0\%$ 和 $14.1\% \pm 0.1\%$ 。初孵仔鱼的畸形类型表现为体形异常、油球位于卵黄囊的中部或前部;数目多于 1 个(正常个体 1 个油球,位于卵黄囊的后部)、身体弯曲;高或低盐度海水中仔鱼脊柱弯曲、鳍膜破损、口位异常及尾部呈 Z 或 W 形等特征。

2.3 盐度对初孵仔鱼生存活力指数(SAI)的影响试验

盐度对初孵仔鱼的存活力同样具有显著的影响(表 2)。盐度为 10、15、20 时,初孵仔鱼活力最差,最长 4d 全部死亡,第 1 天就出现大量死亡;盐度 30、35 条件下,仔鱼活力最好,半数死亡期时间为 6 ~ 7d,全部死亡发生在第 8 ~ 9d;盐度 40 和 45 时,存活规律与 30、35 盐度组相似,半数死亡期(50% 的育苗死亡) 出现前后有一个平稳期(有较少死亡)。高盐度组仔鱼致畸率较高,主要畸形特征为脊椎弯曲,在尾椎处尤其明显,导致一些鱼苗在水中不能维持平衡;内部器官发育缓慢,有些卵黄囊还未吸收完毕就已死亡。

从不同盐度条件下仔鱼的 SAI 值来看,盐度在 10 ~ 45 范围内时,随着盐度的增加,仔鱼的 SAI 值呈先升后降的变化趋势;当盐度低于 20、高于 45 时,仔鱼的 SAI 值明显偏低;盐度为 30、35 时,仔鱼的 SAI 值最高,分别为 24.7、23.27,其次是 40,达到 16.56,此盐度下第 4 天时有 72% 的存活率,第 9 天全部死亡。

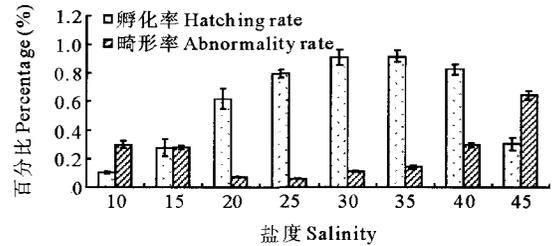


图 1 盐度对七带石斑鱼胚胎孵化的影响
Fig. 1 Effect of salinity on embryonic hatching of *E. septemfasciatus*

表 2 不投饵不同盐度条件下七带石斑鱼初孵仔鱼的存活率及生存活力指数

Table 2 Survival rates and survival activity index (SAI) of *E. septemfasciatus* larvae at different salinities without feeding

盐度 Salinity	仔鱼孵化后不同天数中的存活率(%) Survival rate of larval <i>E. septemfasciatus</i> from 1st d to 10th d after hatching (%)										SAI
	1d	2d	3d	4d	5d	6d	7d	8d	9d	10d	
10	100.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	1.0 ± 0.00
15	100.0 ± 0.0	22.0 ± 7.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	1.24 ± 0.02
20	100.0 ± 0.0	44.0 ± 7.0	10.0 ± 3.0	5.0 ± 0.6	2.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	2.28 ± 0.02
25	100.0 ± 0.0	90.0 ± 2.5	76.0 ± 6.3	66.0 ± 6.3	60.0 ± 6.0	35.0 ± 11.0	10.0 ± 9.3	2.0 ± 1.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	13.68 ± 0.10
30	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	96.0 ± 2.3	92.0 ± 1.0	89.0 ± 1.0	82.0 ± 1.6	62.0 ± 3.0	10.0 ± 9.0	7.0 ± 1.0	0.0 ± 0.0	24.7 ± 0.36
35	100.0 ± 0.0	99 ± 0.3	96 ± 0.3	94 ± 0.3	85 ± 0.0	73 ± 1.6	66 ± 14.8	5 ± 0.6	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	23.27 ± 3.01
40	100.0 ± 0.0	98 ± 0.0	92 ± 3.3	72 ± 4.7	46 ± 2.1	45 ± 0.3	40.0 ± 0.6	2 ± 0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	16.56 ± 1.2
45	100.0 ± 0.0	82 ± 1.0	78 ± 2.4	66 ± 3.3	14 ± 0.7	3 ± 0.3	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	8.5 ± 0.83

3 讨论

3.1 盐度对鱼类胚胎发育的影响

盐度对于海产鱼类的生长和繁殖具有重要的影响,在进行海产鱼类的人工繁殖和种苗培育时,盐度更是重要的、值得重视的环境因子。不同的鱼种胚胎发育要求的盐度不同,国内外关于盐度或水温对不同鱼类的胚胎发育过程的影响有不少文献报道(叶星等 1998;Fonds 1979;Morgan *et al.* 1982;Kawahara *et al.* 1997),一般来说,非洄游海水鱼类的早期发育都有一定的适盐范围,这个盐度范围与其成体的适宜范围是基本相符的。

从本研究结果看,盐度变化对七带石斑鱼受精卵孵化的影响主要体现在孵化率和畸形率方面,其次是孵化周期。随着盐度的增加,孵化周期有逐渐缩短的趋势。有学者指出,海水鱼类胚胎发育过程中外界环境的高渗作用会促进胚胎发育的进程,使培育周期缩短。但盐度太高、培育周期太短会影响正常的胚胎发育,孵化的仔鱼成活率低、耐受力差(张培军 1999)。本研究中 10.45 盐度组的胚胎在发育过程中胚体都出现模糊解体现象,这可能是低盐条件下细胞骨架解体和高盐条件下胚胎细胞运动过程受影响所致(吴贤汉等 1998)。

从受精卵的培育周期、孵化周期、孵化率和畸形率来看,七带石斑鱼受精卵孵化的适宜盐度范围是 25 ~ 40,而最适盐度范围是 30 ~ 35。有文献报道,赤点石斑鱼的适宜盐度为 24 ~ 38,最适盐度为 27 ~ 35(王涵生等 2002);斜带石斑鱼的适宜盐度为 15 ~ 45,最适盐度为 20 ~ 30(张海发等 2006);点带石斑鱼的适宜盐度为 26.7 ~ 41.1,最适盐度为 30.5 ~ 32.5(施兆鸿等 2008),与以上文献报道的几种海水鱼类相比,七带石斑鱼受精卵孵化的适盐范围与斜带石斑鱼相近,比点带石斑鱼较宽,最适盐度范围与点带石斑鱼相近,较斜带石斑鱼对高盐的适应性强。

3.2 盐度对仔鱼发育的影响

Blaxter 等(1963)最早提出“不可逆点(PNR)”,不投饵时仔鱼的半致死时间即为仔鱼进入 PNR 期的标志之一(王涵生等 2002)。本试验结果表明,七带石斑鱼仔鱼的适宜生存盐度为 30 ~ 35,在此范围内不投饵的半致死时间为 7 ~ 8d,可初步确定其仔鱼进入 PNR 期的时间为 7 ~ 8d,比同属赤点石斑鱼的 3 ~ 4d 长(王涵生等 2002)。

仔鱼孵出后,不投饵情况下依靠卵黄囊营养可存活一定时间。相同条件下存活时间越长,其 SAI 值就越高,通过测定初孵仔鱼的 SAI 值可以判断仔鱼的活力,进而可以初步判断受精卵的卵质。存活时间的长短与受精卵质量、卵黄营养物质的数量和质量及仔鱼生活环境等因素有关(王涵生等 2002)。盐度是影响鱼类胚胎发育及胚后仔鱼生长发育的重要环境因素之一(王涵生等 2002;Yasuhisa *et al.* 1993),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,而仔鱼无法对盐度胁迫进行缓解,最终则会造成功官或组织的崩溃导致死亡。

综上所述,在苗种繁育过程中,七带石斑鱼受精卵孵化及初孵仔鱼饲养盐度范围最好控制在 30 ~ 35,以利于提高其孵化率和成活率。

致谢:感谢长岛高级职业学校 2008 级陈伟同学的热情帮助。

参 考 文 献

- 王涵生,方琼珊,郑乐云. 2002. 盐度对赤点石斑鱼受精卵发育的影响及仔鱼活力的判断. 水产学报,26(4): 344 ~ 350
- 王宏田,张培军. 1998. 环境因子对海产鱼类受精卵及早期仔鱼发育的影响. 海洋科学,(4): 50 ~ 52
- 王新安,马爱军,陈超,杨志,曲江波. 2008. 七带石斑鱼(*Epinephelus septemfasciatus*)两个野生群体形态差异分析. 海洋与湖沼,39(6): 655 ~ 660
- 叶星,潘德博,许淑英,苏植蓬,谢刚,庞世勋,祁宝伦. 1998. 水温和盐度对广东鲂胚胎发育的影响. 水产学报,22(4): 322 ~ 326
- 曲焕韬,李鑫渲,何庆,黎祖福. 2009. 温度和盐度对鞍带石斑鱼受精卵发育及仔鱼成活率的影响. 河北渔业,(8): 6 ~ 9
- 邬国民,陈焜慈,罗建仁,林国光,李大疆,李恒颂. 1998. 盐度对胡子鲇、革胡子鲇及其杂交子一代胚胎发育的影响. 中国水产科学,5(3): 43 ~ 46

- 沈和定,陈汉春,陈贤龙,冉福,施志仪,熊柳平,王飞. 2006. 盐度对石斑胚胎发育的影响. 上海水产大学学报,15(3): 297 ~ 302
- 吴贤汉,张宝禄,曲艳梅. 1998. 温度和盐度对青岛文昌鱼胚胎发育的影响. 海洋科学,4: 66 ~ 68
- 张培军. 1999. 海水鱼类繁殖发育和养殖生物学. 济南: 山东科学技术出版社,1 ~ 207
- 张海发,刘晓春,王云新,刘付永忠,黄国光,罗国武,王宏东,林浩然. 2006. 温度、盐度及pH对斜带石斑鱼受精卵孵化和仔鱼活力的影响. 热带海洋学报,25(2): 31 ~ 36
- 张耀光,何学福,蒲德永. 1991. 长吻鲩胚胎和胚后发育与温度的关系. 水产学报 15(2): 172 ~ 177
- 施兆鸿,陈波,彭士明,陈超,王建钢,付荣兵,柳敏海. 2008. 盐度胁迫下点带石斑鱼(*Epinephelus malabaricus*)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,陆建学,赵荣兴,王海平,谢立峰. 2004. 盐度对黄鲷胚胎发育及早期仔鱼生长的影响. 水产学报,28(5): 599 ~ 602
- 林华英. 1981. 温度对鲤鱼胚胎发育的影响. 动物学杂志,(1): 10 ~ 13
- 徐永江,柳学周,王妍妍,曲建忠. 2009. 温度、盐度对条石鲷胚胎发育影响及初孵仔鱼饥饿耐受力. 渔业科学进展,30(3): 25 ~ 31
- 徐永江,柳学周,马爱军,孙中之,庄志猛. 2005. 半滑舌鲷胚胎发育及仔鱼生长与盐度的关系. 海洋科学, 29(11): 39 ~ 43
- 钟麟,李有广,张松涛,刘家照. 1965. 家鱼的生物学和人工繁殖. 北京: 科学出版社, 55
- 谢菁,区又君,李加儿,何永亮,陈超. 2009. 七带石斑鱼胚体和卵黄囊期仔鱼的发育. 海洋通报,28(2): 41 ~ 49
- 谢刚,祁宝伦,曾超,余德光. 1995. 鳗鲡(*Anguilla japonica*)胚胎发育与水温 and 盐度的关系. 中国水产科学,2(4): 1 ~ 7
- 楼允东. 1965. 鱼类的孵化酶. 动物学杂志,7(3): 97 ~ 101
- 鹤川正雄 樋口正毅 水戸敏. 1966. キジハタの产卵习性と初期生活史. 鱼类学杂志,1(4/6): 156 ~ 161
- Blaxter, J. H. S., and Hempel, G. 1963. The influence of egg size on herring larvae (*Clupea harengus* L.). J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer. 28: 211 ~ 240
- Fonds, M. 1979. Laboratory observations on the influence on development of the eggs and growth of the larvae of the *Solea solea*. Mar. Ecol. Progr. Ser. 1(2): 91 ~ 99
- Kawahara, S., Shams, A. J., AL-Bosta, A. A. et al. 1997. Effects of incubation and spawning water temperature and salinity on egg development of the orange-spotted grouper (*Epinephelus coioides*, Serranidae). Asian Fisheries Science,9(4): 239 ~ 251
- Kawahara, S., Shams, A. J., Bosta, A. A. et al. 1997. Effects of incubation and spawning water temperature, and salinity on egg development of the spotted grouper (*Epinephelus coioides*, Serranidae). Asian Fisheries Science,9(4): 239 ~ 251
- Morgan, R. P., and Rasin, V. 1982. Influence of temperature and salinity on development of white perch eggs. Trans. Am. Fish Soc. 111: 396 ~ 398
- Shein, N. L., Takushima, M., Nagae, M., Chuda, H., and Soyano, K. 2003. Molecular cloning of gonadotropin cDNA in sevenband grouper, *Epinephelus septemfasciatus*. Fish Physiology and Biochemistry,28(1-4): 107 ~ 108
- Tsuchibashi, Y. 2005. Study on seed production of the sevenband grouper. Bull. Fish. Res. Div. 12: 23 ~ 51
- Yasuhisa, M., and Tsuzumi, M. 1993. Effects of salinity on the embryonic development and larval survival activity index of red spotted grouper *Epinephelus akaara*. SaibaiGiken,22(1): 35 ~ 38