

饥饿对条石鲷仔稚鱼生长发育的影响

孙中之¹ 柳学周¹ 徐永江¹ 李娟¹ 曲建忠² 兰功刚² 梁翻²

(¹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)

(²青岛忠海水产有限公司, 266414)

摘要 采用实验生态学方法研究了饥饿对条石鲷仔稚幼鱼的影响。结果表明, 水温 18、22 和 26 °C 时, 初孵仔鱼的 PNR 点分别出现在 6~7 d、6~7 d 和 4~4.5 d。仔鱼开口摄食时间随温度降低而滞后, 22 °C 时初次摄食率最高, 26 °C 时初次摄食率降至 50% 以下。温度对仔稚幼鱼耐饥饿的能力影响明显, 18 和 22 °C 时, 前期仔鱼半数死亡时间为 4~5 d, 而 13 日龄仔鱼半数死亡时间为 2.5 d, 24 日龄稚鱼的为 1.5~2 d, 实验鱼饥饿 3 d 后, 大部分已经不能恢复摄食。在 26 °C 时, 前期仔鱼和 13 日龄仔鱼的半数死亡时间为 1.5 d, 24 日龄稚鱼为 2~2.5 d, 而 45 日龄幼鱼在 22 和 26 °C 时半数死亡时间都为 6 d, 表明随着生长发育, 苗种对饥饿耐受能力明显增强。饥饿对条石鲷幼鱼的生长影响显著 ($P < 0.05$), 饥饿条件下的仔鱼全长和体重增加远远低于对照组, 甚至出现体重的负增长, 30 日龄幼鱼在饥饿条件下的体重损失率达到 50% 以上, 而 45 日龄幼鱼饥饿后的体重损失率约为 10%, 13 日龄仔鱼阶段是条石鲷早期生长发育阶段中较为敏感的阶段。

关键词 条石鲷 仔稚幼鱼 饥饿 生长

中图分类号 S91; Q959.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2009)04-0008-06

Effects of starvation on the growth and development of larval and juvenile rock bream *Oplegnathus fasciatus*

SUN Zhong-zhi¹ LIU Xue-zhou¹ XU Yong-jiang¹ LI Juan¹

QU Jian-zhong² LAN Gong-gang² LIANG Fan²

(¹ Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resource, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

(² Zhonghai Fishery Corporation Limited of Qingdao, 266414)

ABSTRACT Effects of starvation on growth and survival in early life stage of rock bream *Oplegnathus fasciatus* were studied. The results showed that PNR of newly hatched larvae appeared at 6~7 d, 6~7 d and 4~4.5 d respectively at temperatures of 18 °C, 22 °C and 26 °C. The first feeding time was delayed at low temperatures, for example, the larvae opened mouth on 4 d at 18 °C whereas mouth opened on 3 d at both 22 °C and 26 °C. The first feeding rate reached the highest value (73.3%) at 22 °C but was lower at 18 °C and 26 °C. Temperature had

国家 863 计划项目(2006AA10A414)、农业部海洋渔业资源可持续利用重点开发实验室项目和中央公益性科研院所基本科研业务专项经费项目共同资助

收稿日期:2008-09-08; 接受日期:2008-12-08

作者简介:孙中之(1956-),男,副研究员。主要从事渔具材料、人工鱼礁、繁育生物学与增养殖技术研究。E-mail:sunzz@ysfri.ac.cn,

Tel:(0532)85821672

significant effects on the survival of the larvae and juveniles. When temperature was 18 °C and 22 °C, half mortality time of early larvae appeared at 4~5 d while it was 2.5 d for 13 d-old larvae and 1.5~2 d for 24 d-old juveniles. The half mortality time of 45 d larvae was 6 d at 22 °C and 26 °C. These results indicated that the capability of fish to tolerate starvation and temperature was enhanced with growth. Growth was delayed significantly ($P < 0.05$) by starvation; the fish in the experiment showed slow growth in total length and even negative growth in body weight. For example, the 30 d-old juvenile fish lost 50% of body weight after starvation compared to the beginning, and the ratio was 10% for 45 d-old juvenile. In conclusion, the results suggested that the 13 d-old larvae were most sensitive to starvation and environmental changes.

KEY WORDS Rock bream *Oplegnathus fasciatus* L. Juvenile fish Starvation Growth

条石鲷 *Oplegnathus fasciatus* 属鲈形目 Perciformes、鲈总科 Percoidea、石鲷科 Oplegnathidae、石鲷属 *Oplegnathus* (张春霖等 1955; 朱元鼎 1985; 孟庆闻等 1995), 为温热带近海鱼类, 自然分布于太平洋和印度洋沿岸, 日本和韩国沿海均有分布, 我国主要分布在黄海、东海和台湾海峡。条石鲷是一种具有较高观赏价值和经济价值的名贵海水鱼类, 近年来在我国已开始养殖, 推广应用前景广阔。鱼类经常会在生活周期的一定阶段面临食物资源的缺乏而受到饥饿胁迫。不同种类的鱼对饥饿的耐受力 and 适应特征不同。有关饥饿对鱼类生理生态学状况影响的研究有助于了解鱼类适应饥饿胁迫的生态对策, 具有重要的实践意义, 一些学者先后从不同层面研究了饥饿对鱼类的影响 (谢小军等 1998; 殷名称 1991; 郭仁杰 1993; 宋昭彬等 1998; 吴莹莹等 2006; 徐永江等 2007; 柳敏海等 2006; 鲍宝龙等 1998a, b, 1997; Blaxter *et al.* 1963, Yin *et al.* 1987), 但饥饿对条石鲷仔稚鱼影响的研究尚未见报道。2008年5~6月, 作者在青岛忠海水产有限公司育苗场采用实验生态学的方法研究了饥饿对条石鲷仔稚鱼影响, 以期对条石鲷苗种大规模繁育技术提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

实验于2008年5~6月在青岛忠海水产有限公司进行。实验用仔稚鱼来自该公司2008年人工培育的健康苗种。实验用水同育苗用水: 砂滤自然海水, 盐度25~27, pH 8~8.2, DO ≥ 5 mg/L。

1.2 方法

1.2.1 不同温度下初孵仔鱼初次摄食率及饥饿不可逆点(PNR)的确定

实验设置3个温度梯度: 18、22和26 °C。实验仔鱼培育容器为3个方形玻璃缸(400 mm × 200 mm × 200 mm), 用控温仪(韩国, ODEL-501H, ± 0.5 °C)控温。不同温度下的实验组每组放置初孵仔鱼约2000余尾, 微充气不投饵培育, 每天换新鲜海水1/3。实验开始后每天下午分别从3个温度梯度组中取出50余尾仔鱼分别放入1000 ml烧杯, 投喂S型褶皱臂尾轮虫(密度 ≥ 15 ind/ml), 适当添加小球藻, 2 h后, 在解剖镜(Nikon SMZ800)下镜检仔鱼摄食情况, 以腹中有轮虫视为摄食, 摄食仔鱼数量占取样仔鱼数量的百分比即为初次摄食率。

PNR(Point of no return)点的确定: 每天测定饥饿仔鱼初次摄食率, 确定初次摄食率中的最高值, 当所测定的初次摄食率下降至最高初次摄食率的1/2时, 即为PNR的时间(Blaxter *et al.* 1963)。PNR以日龄(孵化后第1天为零日龄, 依次类推)表示。

1.2.2 不同温度下仔稚幼鱼对饥饿耐受力

温度梯度设置和控温以及培育容器同1.2.1。实验用鱼分别为初孵仔鱼(0日龄)、13日龄仔鱼和24日龄稚鱼。每个温度组使用实验鱼30尾,每组设置1个重复,不投喂培育。另外,设置温度梯度22和26℃,取45日龄幼鱼(体重 104.83 ± 40.03 mg;全长 17.84 ± 2.42 mm)各240尾,分别放入有机玻璃圆缸(容积 0.2 m^3)内培育,共使用4个圆缸,每个实验组放置60尾,每个温度下设1个实验组和1个重复组,实验组每天换水30%,不投饵,微充气,控温仪控温。每天观察记录各实验组鱼死亡数和半数死亡的时间,取每个温度实验下的两个实验组的平均值作为最后结果。

1.2.3 饥饿对仔稚幼鱼生长的影响

设置水温为22℃,分别取9、30和45日龄苗种用于生长实验。实验容器为水产品运输用泡沫箱($500 \text{ mm} \times 350 \text{ mm} \times 350 \text{ mm}$),每个日龄段为1个实验系列,每个系列按饥饿天数设置试验组数,每个试验组设置1个重复,不投饵,微充气,微流水培育。控温方式同1.2.1,实验时间为5d。对照组为同批次育苗池中培育的苗种(培育水温 $22 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$)。每天随机取样30尾苗种,测量全长和体重。

2 结果

2.1 不同温度下初孵仔鱼初次摄食率及饥饿不可逆点

不同温度条件下初孵仔鱼的初次摄食率见图1。由图1中看出:18℃时,初孵仔鱼最高初次摄食率为63.3%,仔鱼4日龄开口摄食,饥饿不可逆点(PNR点)出现在6~7d;22℃时,初孵仔鱼最高初次投喂摄食率为73.3%,仔鱼3日龄开口摄食,PNR点出现在6~7d;26℃时,最高摄食率仅为46.7%,仔鱼3日龄开口摄食,PNR点出现在4~4.5d。结果表明,仔鱼开口时间随着水温的降低而滞后。

2.2 不同水温下仔稚幼鱼在饥饿条件下的存活和半数死亡时间

温度对初孵仔鱼在饥饿条件下的存活率影响明显。在18和22℃时,初孵仔鱼在饥饿条件下第7天全部死亡,半数死亡时间分别为4.5和5d;在26℃条件下,初孵仔鱼则在5d内就全部死亡,半数死亡时间为1.5d,特别是在1~2d期间由于卵黄的过快消失而导致死亡率急剧上升,因此26℃水温不适宜于前期仔鱼的培育(图2a)。

13日龄仔鱼:在18和22℃条件下,仔鱼饥饿耐受时间都为4d,半数死亡时间为2.5d;在26℃条件下,仔鱼在3d内全部死亡,半数死亡时间出现在1.5d(图2b)。结果表明,完全依靠外源性营养的苗种对饥饿耐受能力较低。

24日龄稚鱼对高温的耐受能力增强。在18℃条件下,仔鱼饥饿耐受时间为4d,半数死亡时间为1.5d;在22℃条件下,仔鱼在4d内全部死亡,半数死亡时间出现在2d;26℃时,仔鱼在3d内全部死亡,半数死亡时间出现在2~2.5d(图2c)。

在22和26℃条件下,45日龄幼鱼在饥饿情况下第10天才全部死亡,50%死亡时间为6d(图3)表明,45日龄的幼鱼忍耐饥饿的能力和适应环境的能力增强。

2.3 饥饿对仔稚幼鱼生长的影响

饥饿对条石鲷仔稚幼鱼的生长影响显著($P < 0.05$)。9日龄仔鱼饥饿4d后,平均体长比正常投喂对照组少14.1%;30日龄幼鱼的饥饿4d后,平均体长比正常投喂对照组短23.6%;体重相差91.3%。45日龄的幼

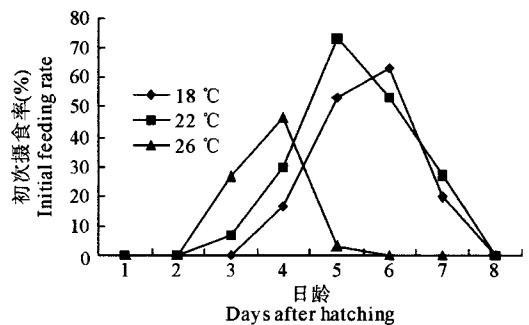


图1 不同水温下饥饿仔鱼的初次摄食率(%)
Fig.1 Initial feeding rate (%) of starved larvae at different temperatures

鱼在饥饿后生长与正常投喂对照组差异更为显著, 体长比对照组差 26.0%; 体重相差 94.1%。实验中还发现, 30 日龄和 45 日龄幼鱼在饥饿的情况下出现互相残食现象, 同时幼鱼的体重出现了负增长, 30 日龄幼鱼体重损失率达到 50% 以上, 而 45 日龄幼鱼体重损失率约为 10% (表 1)。

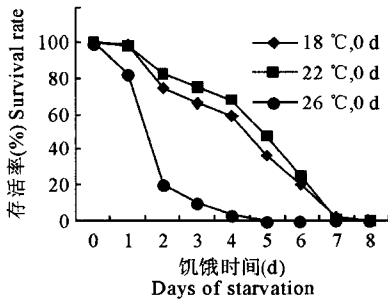


图 2a 不同温度下饥饿仔鱼的存活率
Fig. 2a Survival rate of the starved larvae at different temperatures

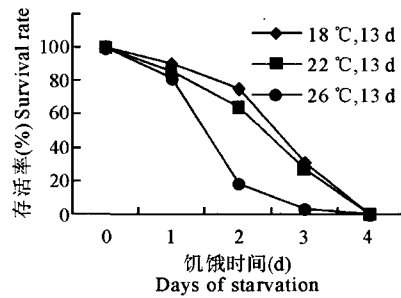


图 2b 不同温度下饥饿的 13 日龄仔鱼存活率
Fig. 2b Survival rate of the starved 13 d-old larvae at different temperatures

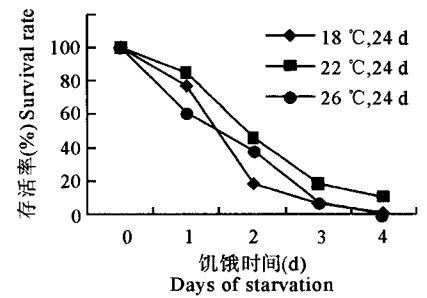


图 2c 不同温度下饥饿 24 日龄稚鱼的存活率
Fig. 2c Survival rate of the starved 24d-old juveniles at different temperatures

3 讨论

1963 年 Blaxter 等首先提出初次摄食仔鱼饥饿“不可逆点”(Point of no return, PNR), 即初次摄食期仔鱼饥饿的时间临界点的概念, 仔鱼饥饿至该点时, 尽管还能继续存活一段时间, 但已经虚弱地不可能再恢复摄食能力, 所以 PNR 亦称为仔鱼饥饿不可逆点。种间或同种类不同种群间, 仔鱼达 PNR 的时间差异很大 (Yin *et al.* 1987)。本研究中, 条石鲷仔鱼在水温 18 和 22 °C 时 PNR 点都出现在 6~7 d, 而真鲷的 PNR 点出现在 6~7 d (鲍宝龙等 1998a), 牙鲆的 PNR 出现在 5~6 d (鲍宝龙等 1997), 点带石斑鱼的 PNR 为 5 d (柳敏海等 2006), 半滑舌鳎的 PNR 为 7.8 d (吴莹莹等 2006), 漠斑牙鲆的 PNR 为 7~8 d (徐永江等 2007), PNR 点出现时间的差异原因是鱼种的不同和水温的差别造成的。处于不同发育阶段的仔稚幼鱼个体对饥饿的耐受能力差异较大。一般而言, 仔鱼抵达 PNR 的时间与鱼卵孵化时间、卵黄容积量及温度关系较大。孵化时间长、卵黄容积量大、水温低和代谢速度慢时, 该点出现晚; 相反则出现早 (殷名称 1994)。本研究中, 26 °C 条件下, 仔鱼的 PNR 点出现在 4~5 d, 早于 18 和 22 °C 条件下 PNR 点出现时间, 可能是温度升高, 仔鱼代谢加快, 对内源性营养及体内储能消耗增大, 混合营养期和外源性营养阶段的提前, 最终导致 PNR 点的提前出现, 表明高温不适于早期苗种培育, 这与鲍宝龙等 (1997) 报道持续饥饿条件下真鲷仔鱼的耐高温能力明显下降相似。达到生理死亡时间而未死亡的仔鱼已超过 PNR 点, 在再投喂的情况下并不一定都能恢复到正常水平, 因此在鱼类饥饿耐力测定中, PNR 点更具可靠性, 同时还应与饥饿后的恢复生长结合起来进行综合考评 (宋昭彬等 1998)。

水温是影响仔稚幼鱼忍耐饥饿胁迫能力的重要因素之一, 饥饿致死时间与水温呈负相关, 温度越高, 死亡越快, 死亡高峰亦出现的较早。饥饿是导致仔鱼死亡率升高的一个主要原因, 特别是在仔鱼的卵黄快要耗尽至初次摄食, 饥饿的影响尤为重要 (谢小军等 1998)。Yin 等 (1987) 和郭仁杰 (1993) 报道鱼类存活率随饥饿时

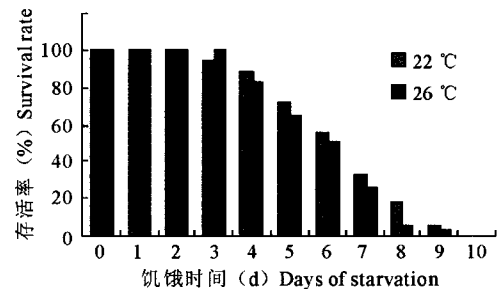


图 3 不同温度下 45 日龄幼鱼饥饿存活率
Fig. 3 Survival rate of the 45 d-old starved juveniles at different temperatures

表1 饥饿对条石鲷仔稚鱼生长的影响
Table 1 Effects of starvation on growth of rock bream

日龄 Day post-hatch	饥饿时间 (d) Duration	饥饿组 Starvation treatment		对照组 Control	
		全长(mm) Total length	体重(mg)* Body weight	全长(mm) Total length	体重(mg)* Body weight
9	0	3.55±0.19	—	3.55±0.19	—
	1	3.51±0.24	—	3.69±0.25	—
	2	3.66±0.27	—	3.91±0.40	—
	3	3.65±0.21	—	4.02±0.29	—
	4	3.77±0.22	—	4.05±0.36	—
30	0	9.12±0.93	12.30±5.58	9.12±0.93	12.30±5.58
	1	9.36±0.64	10.16±3.19	10.37±1.21	16.64±6.05
	2	9.18±0.74	8.26±3.02	10.29±0.87	17.09±6.53
	3	9.24±0.84	7.62±3.13	10.02±1.08	18.61±6.36
	4	9.13±0.97	5.97±3.31	11.27±1.68	23.53±8.49
45	0	17.44±1.92	98.80±40.73	17.44±1.92	98.80±40.73
	1	17.84±2.47	100.10±40.58	19.02±2.12	126.73±46.99
	2	18.41±2.56	104.41±37.24	19.59±2.32	136.07±51.24
	3	17.99±2.53	108.63±31.65	19.92±2.27	139.23±47.52
	4	17.97±2.03	101.30±35.54	20.58±3.53	173.50±97.32
	5	17.78±2.07	89.38±26.85	21.98±3.27	191.72±76.73

* 9日龄因体重太小,无法单体计量

间延长而下降,在达到“不可逆点”前仍保持很高,这与本研究中仔鱼在达到 PNR 点之前仔鱼存活率已降至 30% 以下不同,可能对于不同种的鱼类差别较大。水温对条石鲷仔鱼的初次摄食影响明显,本研究中,水温 18 °C 时条石鲷仔鱼 4 日龄开口摄食,第 6 天达到摄食高峰(63.3%);22 °C 时,仔鱼饥饿至第 5 天时开始投喂的最高初次摄食率为 73.3%,达到摄食高峰,第 6 天摄食下降;26 °C 时,第 3 天开口摄食,第 4 天就达到高峰,但摄食率仅为 46.7%,表明 26 °C 时已不适合条石鲷仔鱼的饥饿后恢复摄食。45 日龄以前的条石鲷仔稚鱼对饥饿耐受能力均较差,水温 22 °C 时,13~24 日龄的仔稚鱼饥饿 3d 后再投喂的摄食率仅为 20.0%~33.3%,大部分实验鱼已经不能恢复摄食,第 4 天则全部死亡。在此阶段内,这种随着水温升高仔稚鱼存活时间缩短的现象,可能是由于高温造成仔稚鱼代谢加快,仔稚鱼生理功能失调而使得死亡进程加快。此阶段的仔稚鱼完全依赖外源性营养,同时也是处于对外界环境条件变化最为敏感的变态前后时期,饥饿极容易造成苗种的大量死亡,因此在苗种开口期、变态期和变态完成初期一定要加强育苗环境的控制和管理,保证饵料的充足和适口,是提高育苗成活率的重要保证。

饥饿对仔稚鱼的发育影响明显,日龄大小不同,其忍耐饥饿胁迫的能力亦不同。吴莹莹等(2006)认为 10 日龄仔鱼在半滑舌鲷早期发育阶段比 16 日龄时期对饥饿更为敏感;Johnston 等(1996)报道体长处于 20mm 左右是黄鲈仔鱼发育的一个敏感阶段,此阶段对饥饿的耐受力较差,此后存活率将明显上升。本实验结果也证实了低日龄仔鱼对饥饿的敏感程度大于高日龄仔鱼和稚鱼,13 日龄前后是条石鲷仔鱼发育的敏感阶段。Johnston 等(1996)认为随着个体生长越过发育关键期,饥饿后的存活主要取决于个体体质状况,饥饿的死亡率与体重损失率呈正相关。这与本研究结果相同,饥饿对实验的全长生长和体重增加产生了显著的影响,饥饿幼鱼全长和体重增加远远低于对照组,甚至出现体重的负增长。如 30 日龄幼鱼在饥饿条件下的体重损失率达到 50% 以上,而 45 日龄幼鱼饥饿后的体重损失率约为 10%,这与 45 日龄幼鱼饥饿耐受能力高于 30 日龄

前稚鱼和仔鱼的结果一致。实验中还观察到,饥饿后的仔稚幼鱼鱼体瘦弱,仅剩个大头,游动能力变弱,并且30和45日龄幼鱼伴随饥饿的进行有残食现象发生。实验结果提示我们,早期苗种培育过程中特别是在变态完成前期,应加强育苗池环境管理和保证育苗池内饵料的充足,否则会因饥饿造成鱼苗大量死亡。苗种完成变态后对环境和饥饿的耐受力逐步增强,存活的几率大大增加,但也要注意饵料的充足和适口,另一方面要及时进行苗种的大小分选,保证同一育苗池内苗种规格的不同,避免残食现象的发生,提高育苗成活率。

参 考 文 献

- 朱元鼎. 1985. 福建鱼类志(下卷). 福州:福建科学技术出版社, 254~255
- 吴莹莹, 柳学周, 马爱军, 徐永江, 王清印. 2006. 饥饿对半滑舌鳎仔鱼生长和发育的影响. 海洋水产研究, 27(2):87~93
- 宋昭彬, 何学福. 1998. 鱼类饥饿研究现状. 动物学杂志, 33(1):48~52
- 张春霖, 成庆泰, 郑葆珊, 李思发, 郑文莲, 王文滨. 1955. 黄渤海鱼类调查报告. 北京:科学出版社, 153~155
- 孟庆闻, 苏锦祥, 缪学祖. 1995. 鱼类分类学. 北京:中国农业出版社, 734~756
- 柳学周, 徐永江, 王妍妍, 吕永谦, 曲建忠. 2008. 条石鲷的早期生长发育特征. 动物学报, 54(2):332~341
- 柳敏海, 施兆鸿, 陈波, 罗海忠, 傅荣兵, 罗海军. 2006. 饥饿对点带石斑鱼饵料转换期生长和发育的影响. 海洋渔业, 28(4):292~298
- 徐永江, 蔡文超, 柳学周. 2007. 饥饿对漠斑牙鲆前期仔鱼生长发育的影响. 海洋水产研究, 28(6):51~55
- 殷名称. 1991. 鱼类早期生活史研究与其进展. 水产学报, 15(4):348~358
- 郭仁杰. 1993. 推迟第一次投饵时间对鳢鱼苗成长及存活之影响. 养鱼世界(台湾), 7:60~66
- 谢小军, 邓利, 张波. 1998. 饥饿对鱼类生理生态学影响的研究进展. 水生生物学报, 22(2):181~188
- 鲍宝龙, 苏锦祥, 殷名称. 1998a. 延迟投饵对真鲷、牙鲆仔鱼早期阶段摄食、存活及生长的影响. 水产学报, 22(1):33~38
- 鲍宝龙, 苏锦祥, 龚小玲. 1997. 饥饿状态下真鲷仔鱼早期阶段的高温、低盐耐力和浮力. 上海水产大学学报, 6(2):90~95
- 鲍宝龙, 苏锦祥. 1998b. 海洋饥饿仔鱼营养状况的研究. 上海水产大学学报, 7(1):51~58
- Blaxter, J. H. S., and Hemple, G. 1963. The influence of eggs size on herring larvae (*Clupea harengus* L.). J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer. 28: 211~240
- Johnston, T. A., and Mathias, J. A. 1996. Maintenance food requirements and response to short-term food deprivation of Walleye larvae. Trans. Am. Fish Soci. 125:211~223
- Katsuyasu, T., Motoaki, Y., Kenji, H. *et al.* 1997. Effects of feeding β -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, J. N., and Kim, Y. U. 1992. Embryonic development and morphology of larvae and juveniles of parrot fish *Oplegnathus fasciatus* (Temminck et Schlegel). Bulletin of National Fisheries University of Pusan (Natural Sciences), 32(2): 29~45
- Yin, M. C., and Blaxter, J. H. S. 1987. Feeding ability and survival during starvation of marine fish larvae reared in the laboratory. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 105(1):73~83
- Yoshikoshi, K., and Inoue, K. 1990. Viral nervous necrosis in hatchery-reared larvae and juveniles of Japanese parrotfish, *Oplegnathus fasciatus* (Temminck & Schlegel). J. Fish Dis. 13: 69~77