

## 饥饿对斜带石斑鱼卵黄囊期仔鱼摄食、存活及生长的影响\*

张海发<sup>1,2</sup>, 刘晓春<sup>1</sup>, 刘付永忠<sup>2</sup>, 王云新<sup>2</sup>, 黄国光<sup>2</sup>, 欧冲辉<sup>2</sup>,  
易诗白<sup>1</sup>, 张勇<sup>1</sup>, 林浩然<sup>1</sup>

(1. 中山大学生命科学学院水生经济动物研究所, 广东广州 510275;

2. 广东省大亚湾水产试验中心, 广东惠州 516081)

**摘要:** 在培育水温 ( $25 \pm 0.5$ ) °C、盐度 31~32 条件下, 斜带石斑鱼仔鱼孵化后第 3 天开口并进入摄食期, 孵化后 5.5 d, 不能建立外源性营养的仔鱼分别进入不可逆点 (PNR 期), 几乎与此同时, 卵黄囊和油球耗尽, 仔鱼混合营养期为 2~3 d, 从初次摄食到进入 PNR 期的时间为 2.5 d; 仔鱼在不同饥饿阶段初次摄食发生率的变化式型是: 开始较低, 此后逐步上升, 高峰期出现在卵黄囊接近耗尽时, 此后迅速下降, 记录到的最高初次摄食发生率为 76.7%; 饥饿仔鱼的死亡高峰出现在孵化后 4~6 d, 至第 8 天, 饥饿仔鱼全部死亡; 卵黄囊期仔鱼的生长可以分为 3 个期相: 初孵时的快速生长期, 卵黄囊消失前后的慢速生长期, 以及在不能建立外源性摄食后的负生长期。

**关键词:** 饥饿; 卵黄囊期仔鱼; 摄食; 存活; 生长

**中图分类号:** S965.334 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2009) 01-0051-05

## Effects of Starvation on Feeding, Surviving and Growth of Yolk-sac Larval *Epinephelus coioides*

ZHANG Haifa<sup>1,2</sup>, LIU Xiaochun<sup>1</sup>, LIUFU Yongzhong<sup>2</sup>,

WANG Yunxing<sup>2</sup>, HUANG Guoguang<sup>2</sup>, OU Chonghui<sup>2</sup>, YI Shibai<sup>1</sup>, ZHANG Yong<sup>1</sup>, LIN Haoran<sup>1</sup>

(1. Institute of Aquatic Economic Animals, School of Life Sciences, Sun Yat-sen University;

Guangzhou 510275, China; 2. Guangdong Daya Bay Fisheries Development Center,

Huizhou 516081, China)

**Abstract:** At ( $25 \pm 0.5$ ) °C, salinity 31~32, the larval grouper started feeding at the 3th day after hatching. At the 5.5 days after hatching, some larvae failed to digest exogenous nutrition and developed into PNR stage, in which the yolk-sac and oil were absorbed completely. The nutrition-mixture stage was 2~3 days and the interval between the first feeding and the beginning of PNR was 2.5 days. After being starved, the larvae were fed in the different time points and the initial feeding rates were calculated. The initial feeding rate was low at the early stage, and then increased gradually. The initial feeding rate reached the peak while the yolk-sac disappeared, and thereafter, the initial feeding rate decreased rapidly. The highest initial feeding rate was 76.7%. During starvation treatment, the mortality of the larvae reached the peak between 4th and 6th day after hatching, and all the larvae died at the 8th day after hatching. The growth of the yolk-sac larvae could be divided into three stages: the rapid growth stage af-

\* 收稿日期: 2008-05-05

基金项目: 国家海洋 863 课题资助项目 (2006AA10A414); 国家科技支撑计划资助项目 (2007BAD29B01); 国家海洋公益科研专项资助项目 (200805047); 广东省重大科技兴海资助项目 (A200500A01); 广东省科技计划资助项目 (2005B20301027, 2006B20201062)

作者简介: 张海发 (1973 年生), 男, 高级工程师, 博士; 通讯作者: 林浩然; E-mail: lsslhr@mail.sysu.edu.cn

ter newly hatching, the slow growth stage before or after the yolk-sac disappeared, and the minus growth stage when the larva failed to absorb the exogenous nutrition.

**Key words:** starvation; feeding; surviving; growth; yolk-sac larva

斜带石斑鱼 *Epinephelus coioides* 是驰名世界特别是东南亚地区的名贵海产鱼类之一, 其肉质鲜美, 营养丰富, 为餐桌中的上等佳肴, 深受消费者的喜爱。国内外有关斜带石斑鱼的研究有不少报道, 如外源激素对性转变的影响<sup>[1]</sup>; 自然产卵研究<sup>[2]</sup>; 仔鱼的骨骼发育变化<sup>[3]</sup>; 仔鱼的摄食研究<sup>[4]</sup>; 胚胎发育及仔稚鱼生长发育<sup>[5]</sup>; 环境因子对受精卵孵化和仔鱼活力的影响等<sup>[6]</sup>。而未见有关饥饿对斜带石斑鱼早期仔鱼发育的影响报道。

Blaxter 和 Hempel<sup>[7]</sup> 首先提出“不可逆点”(the point-of-no-return, PNR) 的概念, 从生态学角度测定仔鱼的饥饿耐力。“不可逆点”是指饥饿仔鱼抵达该点时, 尽管还能生存较长一段时间, 但已虚弱得不可能再恢复摄食能力, 故亦称“不可逆转饥饿”(irreversible starvation) 或“生态死亡”(ecological death)<sup>[8]</sup>。抵达 PNR 的时间, 从受精、孵化或初次摄食期算起均可以。在育苗实践中特别是仔鱼初次摄食期和 PNR 点的测定, 对于育苗生产具有重要意义。因为饥饿对仔鱼存活和生长的影响极为明显, 例如北鲷鱼抵达初次摄食期后, 延迟 3 d 投饵就可使 13 日龄仔鱼的存活率从 70% 降为 20%, 平均体长从 7.1 mm 降为 4.6 mm; 延迟 4 d, 存活率为 6%, 平均体长为 3.6 mm<sup>[9]</sup>。因此, 根据仔鱼从初次摄食期进入 PNR 的时间的长短, 对仔鱼在此期间的饵料供应给予足够重视, 采取适当措施抑制早期发育阶段主要“临界期”的表露, 这对解决苗种生产中的“开口关”及提高成活率是非常重要的。本文研究了饥饿对斜带石斑鱼卵黄囊期仔鱼摄食、存活及生长的影响, 以为育苗生产提供技术依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 仔鱼来源及饲养

斜带石斑鱼亲鱼是大亚湾中心人工培育, 实现自然产卵。仔鱼孵化后分两组用 100 L 的圆形有机玻璃桶饲养, 每组 2 000 尾, 一组(饥饿组)用作饥饿试验, 不予投饵; 另一组(对照组)每天正常投饵, 仔鱼在开口前一天投喂 SS 轮虫, 密度为 10~15 个/mL。饲养期间, 海水经消毒过滤处理, 盐度保持在 31~32, 饲养水温 (25±0.5)℃。

### 1.2 摄食调查和生长测定

仔鱼的初次摄食发生率和摄食强度通过摄食试验确定。饥饿组仔鱼自开口始, 每隔 12 h 一次随机取 20 尾左右放入约盛 1 000 mL 水的烧杯内, 然后按 10~15 个/mL 密度加入 SS 轮虫(轮虫以绿色藻类饲养, 使其体呈绿色), 恒温、光照 200~300 lx, 2 h 后在解剖镜下逐尾解剖并检查消化道。摄食强度可以通过计数每尾仔鱼消化道内的轮虫数目而获得。有摄食轮虫的仔鱼尾数占总鱼数的百分比, 即为摄食发生率。自孵化当天开始, 每天饥饿组与对照组仔鱼各取样 15 尾, 尼康万能投影仪下测量仔鱼全长、卵黄囊长径及短径、油球直径。

### 1.3 成活率记录

按 1.1 的方法饲养饥饿组与对照组仔鱼。每天调查各组仔鱼存活率。取样时仔鱼饲养水体适量充气, 使仔鱼在水体中均匀分布, 然后用 500 mL 的烧杯取样, 计数取出水体的仔鱼尾数, 取样重复 2 次, 取平均值。最后根据饲养水体的容积推算各组存活仔鱼尾数。

### 1.4 PNR 的确定

PNR(不可逆点)的确定按照殷名称<sup>[10]</sup>所采用的方法稍加改进。PNR 是仔鱼耐受饥饿的时间临界点。仔鱼饥饿至该点时, 尽管还能生活一段时间, 但 50% 虚弱得不可能再恢复摄食能力。当所测定的饥饿组仔鱼的摄食发生率低于最高初次摄食发生率一半时, 即为 PNR 的时间。为了更精确地摸清斜带石斑鱼仔鱼从开口到进入 PNR 期的时间, 本次实验设计每隔 12 h (0.5 d) 进行摄食调查。

## 2 结果

### 2.1 内源性营养的吸收和初次摄食

斜带石斑鱼仔鱼内源性营养的吸收的有关数据见表 1。卵黄囊体积按  $\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (r/2) \cdot 2 \cdot R/2$  计算, 式中  $R$  为卵黄囊的长径,  $r$  为卵黄囊的短径<sup>[10]</sup>; 油球体积按圆球体积公式  $\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (D/2)^3$  计算, 式中  $D$  为油球直径。初孵至开口前的仔鱼, 依靠卵黄和油球作营养, 无摄食能力; 初孵仔鱼卵黄囊体积为  $343.84 \times 10^{-3} \text{ mm}^3$ , 油球体积为  $4.3 \times 10^{-3} \text{ mm}^3$ ; 随着仔鱼的生长发育, 卵黄囊迅速吸收, 1 d 后卵黄囊体积只剩下初孵时的 1/9, 油球吸收相对较慢些, 1 d 后油球体积仍有初孵时的 1/2; 孵

化后第 3 天，仔鱼已开口进入摄食期，此时卵黄囊体积  $3.30 \times 10^{-3} \text{ mm}^3$ ，只有初孵时 1/100，油球体积  $0.50 \times 10^{-3} \text{ mm}^3$ ，为初孵时的 1/9；孵化后第 5

天，卵黄和油球基本耗尽，体积分别降到  $0.03 \times 10^{-3} \text{ mm}^3$  和  $0.02 \times 10^{-3} \text{ mm}^3$ 。由此可见，仔鱼的混合营养期仅持续 2 d。

表 1 斜带石斑鱼仔鱼卵黄囊和油球的吸收

Table 1 Absorption in yolk-sac and oil globe of orange-spotted grouper larvae

孵化后天数/d	全长/mm	卵黄囊		卵黄囊 体积/ $10^{-3} \text{ mm}^3$	油球直径 /mm	油球体积 / $10^{-4} \text{ mm}^3$
		长径/mm	短径/mm			
0	1.78 ± 0.07	0.96 ± 0.09	0.83 ± 0.10	343.84 ± 0.46	0.20 ± 0.01	43.01 ± 0.00
1	2.49 ± 0.14	0.65 ± 0.07	0.34 ± 0.03	38.64 ± 0.03	0.17 ± 0.02	23.91 ± 0.02
2	2.67 ± 0.09	0.31 ± 0.05	0.20 ± 0.02	6.46 ± 0.01	0.12 ± 0.02	8.88 ± 0.05
3	2.61 ± 0.07	0.23 ± 0.02	0.17 ± 0.02	3.30 ± 0.00	0.10 ± 0.01	5.04 ± 0.01
4	2.69 ± 0.11	0.16 ± 0.02	0.11 ± 0.02	1.06 ± 0.00	0.08 ± 0.01	2.27 ± 0.01
5	2.76 ± 0.12	0.04 ± 0.04	0.04 ± 0.04	0.03 ± 0.00	0.03 ± 0.02	0.22 ± 0.02
6	2.77 ± 0.16	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00

### 2.2 初次摄食发生率和 PNR

在水温 ( $25 \pm 0.5$ ) °C 条件下，斜带石斑鱼仔鱼孵化后第 3 天开口并进入摄食期，经不同饥饿时间后，仔鱼初次摄食发生率的变化见图 1。其变化特点是：刚开口和开口后 0.5 d 的仔鱼初次摄食发生率较低，在 40% 左右；1 d 后开始上升，高峰期在 2 d 后出现，初次摄食发生率为 76.7%；之后迅速下降，2.5 d 后饥饿仔鱼的初次摄食发生率已经下降到 38.3%，为之前最高初次摄食发生率的 50%，意味着仔鱼开始进入不可逆期（PNR 期）。4.5 d 后初次摄食发生率下降到 0%，5 d 后所有饥饿仔鱼死亡。

### 2.3 摄食强度和 PNR

仔鱼进入摄食期后，经不同饥饿时间后的摄食

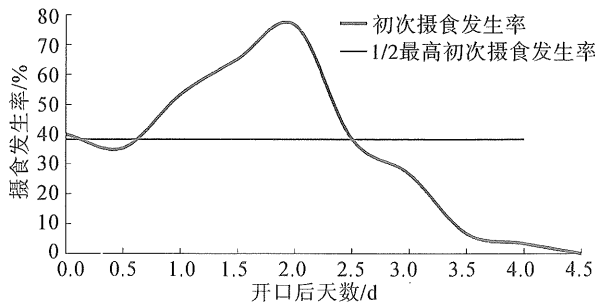


图 1 斜带石斑鱼仔鱼饥饿期初次摄食发生率的变化  
Fig. 1 changes in initial feeding incidence of orange-spotted grouper larvae during starvation

强度变化见图 2。其变化式型与初次摄食发生率的变化式型基本一致。刚开口和开口后 0.5 d 的仔鱼摄食强度较低，平均每尾仔鱼摄食轮虫 0.5 个左右；1 d 后开始上升，高峰期在 2 d 后出现，此时平均每尾仔鱼可摄食轮虫 2~3 个，最多的单尾仔鱼能摄食轮虫 12 个；2 d 过后仔鱼摄食强度迅速下降，2.5 d 仔鱼的摄食强度已经下降到 1.58 个/尾，约为之前最高摄食强度的 50%；之后仔鱼的摄食强度基本上在 0.3~0.6 个/尾，大约为 PNR 之前最高摄食强度的 10~15%；4.5 d 后摄食强度下降到 0 个/尾。

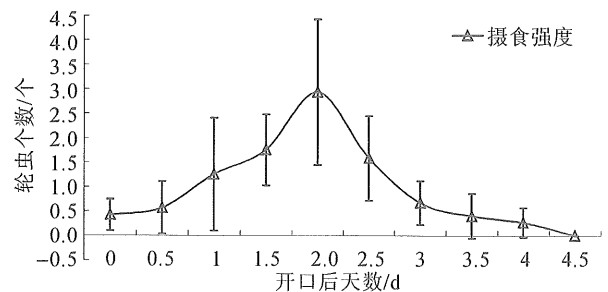


图 2 斜带石斑鱼仔鱼饥饿期摄食强度的变化  
Fig. 2 changes in feeding intensity of orange-spotted grouper larvae during starvation

### 2.4 饥饿对仔鱼生长和存活的影响

饥饿仔鱼与正常投喂仔鱼的存活情况见图 3。在完全饥饿条件下，仔鱼死亡集中在孵化后第 4~6 天，期间日死亡率为 20%~25%，50% 死亡的时间

间在孵化后第 5 天，100% 死亡的时间在孵化后第 8 天。正常投喂组仔鱼在孵化后第 4 天出现较大量的死亡（日死亡率接近 20%），其余时间死亡率较低，日死亡率 2%~8% 左右，到孵化后第 8 天时

仔鱼存活率为 55%。

饥饿仔鱼与正常投喂仔鱼全长的增长情况见图 4。仔鱼全长在孵化后 2 d 内保持较快的增长速度，

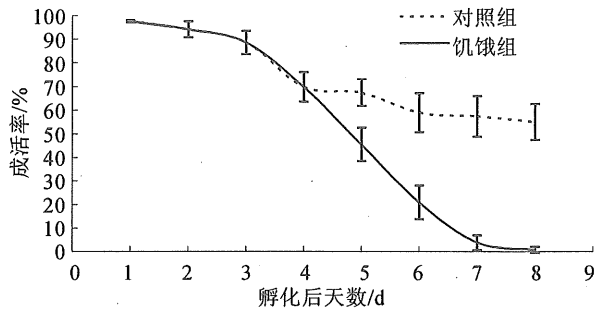


图 3 饥饿仔鱼和摄食仔鱼的成活率比较

Fig. 3 Survival rates of the unfed larvae, compared with the fed larvae of orange-spotted grouper

### 3 讨论

#### 3.1 斜带石斑鱼仔鱼的混合营养期与 PNR

斜带石斑鱼卵为少黄卵，初孵仔鱼卵黄囊体积只有  $343.84 \times 10^{-3} \text{ mm}^3$ ，油球体积为  $4.3 \times 10^{-3} \text{ mm}^3$ 。随着仔鱼的生长发育，卵黄囊迅速吸收，1 d 后卵黄囊体积只剩下初孵时的 1/9，油球吸收相对较慢些，1 d 后油球体积仍有初孵时的 1/2。孵化后第 3 天，仔鱼口裂已形成，上下颌偶做张合运动，胃肠道明显膨胀，呈葫芦形，肛门已开口于体外，此时仔鱼已能开口摄食，但主动摄食能力差<sup>[8]</sup>。而此时卵黄囊体积  $3.30 \times 10^{-3} \text{ mm}^3$ ，只有初孵时 1/100，油球体积  $0.50 \times 10^{-3} \text{ mm}^3$ ，为初孵时的 1/9。孵化后第 5 天，卵黄和油球基本耗尽，体积分别降到  $0.03 \times 10^{-3} \text{ mm}^3$  和  $0.02 \times 10^{-3} \text{ mm}^3$ ，到第 6 天时卵黄和油球已全部吸收完毕，完全转入外源性营养阶段，由此可见，斜带石斑鱼仔鱼的混合营养期仅持续 2~3 d。

卵黄囊期仔鱼具有摄食能力的时间一般不长。北海鲱仔鱼的混合营养期为 2 d，而仔鱼从初次摄食到 PNR 的时间为 5~6 d<sup>[10]</sup>；真鲷仔鱼的混合营养期为 3~4 d，初次摄食到 PNR 的时间为 4~5 d<sup>[11]</sup>；牙鲆仔鱼的混合营养期为 1~2 d，初次摄食到 PNR 的时间为 3~4 d<sup>[11]</sup>；丁鱼仔鱼从初次摄食到 PNR 期为 4~5 d<sup>[12]</sup>；点带石斑鱼从初次摄食到 PNR 期仅 2~3 d<sup>[13]</sup>。与以上报道的鱼类相比较，斜带石斑鱼跟点带石斑鱼的情形非常接近，斜带石斑鱼仔鱼从初次摄食到进入 PNR 的时间为 2.5 d，而且仔鱼混合营养期与具有摄食能力的时间基

2 d 后即出现小幅负增长。饥饿组仔鱼在孵化后 3~5 d 全长基本无变化，孵化后 6~7 d 再次出现负增长；正常投喂组仔鱼在孵化后 3~7 d 全长缓慢增长。

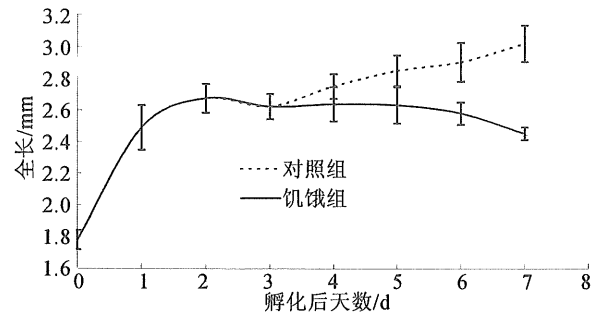


图 4 饥饿仔鱼和摄食仔鱼的长度生长比较

Fig. 4 Growth in length of the unfed larvae, compared with the fed larvae of orange-spotted grouper

本一致，这也就意味着斜带石斑鱼仔鱼必须在内源性营养耗尽的同时建立外源性营养关系，否则不但会蒙受进展性的饥饿，而且将直接面临死亡。殷名称<sup>[10]</sup>认为，仔鱼从初次摄食到 PNR 的时间越长，建立外源性营养关系的可能性就越大；反之，则越小。而 PNR 时间的长短，一般认为主要和卵黄容量、孵化时间以及温度条件相关<sup>[14]</sup>。斜带石斑鱼人工育苗会经历 3 个死亡高峰期，第一个死亡高峰就出现在育苗初期仔鱼开口阶段<sup>[15]</sup>。我们分析这与斜带石斑鱼仔鱼的混合营养期及具有摄食能力的时间偏短、仔鱼开口口径很小开导致适口饵料较难满足等因素有关。也有分析认为这可能与饵料中缺乏某种仔鱼所必需的生理生化活性物质，使仔鱼难以完成由内源性营养到外源性营养的过渡有关<sup>[16]</sup>。

#### 3.2 饥饿对仔鱼生长和存活的影响

Farris<sup>[17]</sup>曾将 4 种海洋鱼类卵黄囊期仔鱼的生长划分成 3 个期相：初孵时的快速生长期、卵黄囊消失前后的慢速生长期，以及在不能建立外源性摄食后的负生长期。斜带石斑鱼卵黄囊期仔鱼长度的生长与这 3 个时相大致相符，稍有不同的是，斜带石斑鱼仔鱼在卵黄囊消失前、进入摄食期的同时还出现小幅负生长现象（图 4）。卵黄囊期仔鱼在进入摄食期后，体内贮存的营养物质和能量，主要用于提高活动水平，搜索和摄取食物对象，以建立外源性营养关系，而暂缓生长耗能<sup>[10]</sup>。这种适应性生态反应在斜带石斑鱼仔鱼得到充分的认证，仔鱼主动暂缓生长耗能导致了进入摄食期出现的小幅负生长现象。在斜带石斑鱼仔鱼饥饿试验中，仔鱼进入 PNR 期后出现初次摄食率及摄食强度急速下降、

死亡率明显增加及体长负增长现象。这主要是由于仔鱼捕食饵料需要消耗较大的能量, 而饥饿到一定程度后, 仔鱼摄食能量的缺乏导致摄食成功率低, 并进一步产生对仔鱼生长和存活的影响<sup>[18]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] LEE S T L, KIME D E, LAM T J, et al. Synthesis of 17, 20 $\alpha$ / $\beta$ -dihydroxy-4-pregnen-3-one and 5 $\beta$ -pregnanes in spermatozoa of primary and 17 $\alpha$ -methyltestosterone-induced secondary male grouper, *E. coioides* [J]. Gen Comp Endocrinol, 1998, 112(1):1-9.
- [2] 刘付永忠, 王云新, 黄国光. 斜带石斑鱼亲鱼强化培育及自然产卵研究 [J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2000, 39(6):81-85.  
LIUFU Yongzhong, WANG Yunxin, HUANG Guoguang. Enrichment culture and natural spawning of broodstock *Epinephelus coioides* [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni, 2000, 39(6):81-85.
- [3] KOHNO H. Why is grouper larval rearing difficult? An approach from the development of the feeding apparatus in early stage larvae of the grouper, *E. coioides* [J]. Ichthyological Research, 1997, 44(3):267-274.
- [4] 张海发, 刘晓春, 林浩然. 斜带石斑鱼 (*Epinephelus coioides*) 仔鱼摄食节律及日摄食量的研究 [J]. 水产学报, 2004, 28(6):669-674.  
ZHANG Haifa, LIU Xiaochun, LIN Haoran. Studies on feeding rhythm and daily feeding amount of larval *Epinephelus coioides* [J]. Journal of Fisheries of China, 2004, 28(6):669-674.
- [5] 张海发, 刘晓春, 刘付永忠. 斜带石斑鱼胚胎及仔稚幼鱼形态发育 [J]. 中国水产科学, 2006, 13(5):689-696.  
ZHANG Haifa, LIU Xiaochun, LIUFU Yongzhong. Embryonic development, morphological development of larva, juvenile and young fish of *Epinephelus coioides* [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2006, 13(5):689-696.
- [6] 张海发, 刘晓春, 王云新. 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 [J]. 热带海洋学报, 2006, 25(2):31-36.  
ZHANG Haifa, LIU Xiaochun, WANG Yunxin. Effects of temperature, salinity and pH on hatch and larval activity of *Epinephelus coioides* [J]. Journal of Tropical Oceanography, 2006, 25(2):31-36.
- [7] BLAXTER J H S, HEMPE G. The influence of egg size on herring larvae [J]. Cons Int Explor Mer, 1963, 28:211-240.
- [8] 殷名称. 鱼类早期生活史研究与其进展 [J]. 水产学报, 1991, 15(4):348-358.  
YIN Mingcheng. Advances and studies on early life history of fish [J]. Journal of Fisheries of China, 1991, 15(4):348-358.
- [9] THEILACKER G H, DORSEY K. Larval fish diversity, a summary of laboratory and field research [J]. ICO Workshop Report, 1980, 28:105-142.
- [10] 殷名称. 北海鲱卵黄囊期仔鱼的摄食能力和生长 [J]. 海洋与湖沼, 1991, 22(6):554-560.  
YIN Mingcheng. Feeding ability and growth of the yolk-sac larvae of north sea herring [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1991, 22(6):554-560.
- [11] 鲍宝龙, 苏锦祥, 殷名称. 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 [J]. 水产学报, 1998, 22(1):33-37.  
BAO Baolong, SU Jinxiang, YIN Mingcheng. Effect of delayed feeding on feeding ability, survival and growth of red sea bream and olive flounder larvae during early development [J]. Journal of Fisheries of China, 1998, 22(1):33-37.
- [12] 凌去非, 李思发, 乔德亮, 等. 丁鱼岁鱼胚胎发育和卵黄囊仔鱼摄食研究 [J]. 水产学报, 2003, 27(1):44-48.  
LING Qufei, LI Sifa, QIAO Deliang, et al. The study on the embryonic development and feeding of the yolk-sac larvae of *Tinca tinca* [J]. Journal of Fisheries of China, 2003, 27(1):44-48.
- [13] 柳敏海, 施兆鸿, 陈波, 等. 饥饿对点带石斑鱼饵料转换期仔鱼生长和发育的影响 [J]. 海洋渔业, 2006, 28(4):292-298.  
LIU Minhai, SHI Zhaohong, CHEN Bo, et al. Effect of starvation on the growth and development of the larvae of *Epinephelus malabaricus* (Bloch & Schneider) in the process of food transformation [J]. Marine Fisheries, 2006, 28(4):292-298.
- [14] BLAXTER J H S. Pattern and variety in development [M]// Fish Physiology. Vol XIA. New York: Academic Press, 1988:1-58.
- [15] 周仁杰, 林涛. 斜带石斑鱼人工育苗技术试验 [J]. 台湾海峡, 2002, 21(1):57-62.  
ZHOU Renjie, LIN Tao. Studies on technique of artificial fry rearing of *Epinephelus coioides* [J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 2002, 21(1):57-62.
- [16] 陈国华, 张本. 点带石斑鱼人工育苗技术 [J]. 海洋科学, 2001, 25(1):1-4.  
CHEN Guohua, ZHANG Ben. The technique of artificial fry rearing of *Epinephelus malabaricus* (Bloch & Schneider) [J]. Marine Sciences, 2001, 25(1):1-4.
- [17] FARRIS D A. A change in the early growth rate of four larval marine fishes [J]. Limnol Oceanogr, 1959, 4:29-36.
- [18] 马旭洲, 王武, 甘炼, 等. 延迟投饵对瓦氏黄颡鱼仔鱼存活、摄食和生长的影响 [J]. 水产学报, 2006, 30(3):323-328.  
MA Xuzhou, WANG Wu, GAN Lian, et al. Effects of delayed feeding on survival, feeding and growth of *Pelteobagrus vachelli* larvae [J]. Journal of Fisheries of China, 2006, 30(3):323-328.