

# 大泷六线鱼仔鱼饥饿试验及不可逆点的研究

菅玉霞, 房 慧, 张少春, 王 雪, 胡发文, 高凤祥, 潘 雷, 郭 文

(山东省海洋生物研究院, 山东 青岛 266002)

**摘要:** 为了确定大泷六线鱼(*Hexagrammos otakii*)仔鱼的初次摄食饥饿不可逆点(PNR), 作者利用人工孵化得到的大泷六线鱼初孵仔鱼, 在水温( $16 \pm 0.5$ ) $^{\circ}\text{C}$ 、盐度 31 条件下, 研究了饥饿对大泷六线鱼前期仔鱼生长的影响, 并确定了仔鱼的初次摄食饥饿不可逆点。结果表明, 仔鱼 3 日龄开口摄食, 卵黄于 7 日龄消耗完毕, 油球于 8 日龄消耗完毕, 混合营养期为 5~6 d, 饥饿对仔鱼卵黄吸收速度影响显著( $P < 0.05$ ), 对油球的吸收在仔鱼开口前影响不显著( $P > 0.05$ ), 仔鱼开口后影响显著( $P < 0.05$ )。摄食仔鱼生长呈线性增加, 饥饿仔鱼生长呈现先升高后降低的趋势。仔鱼饥饿不可逆点出现在 8 日龄和 9 日龄之间。

**关键词:** 大泷六线鱼(*Hexagrammos otakii*); 仔鱼; 饥饿; 不可逆点

中图分类号: S965.3 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2014)03-0111-05

doi: 10.11759/hyxx20121126001

仔鱼初次摄食期饥饿“不可逆点”(the point of no return, PNR), 即初次摄食期仔鱼耐受饥饿的时间临界点, 是由 Blaxter 等<sup>[1]</sup>于 1963 年首先提出的, 从生态学的角度测定仔鱼的耐饥饿能力。PNR 是仔鱼耐受饥饿能力的临界点, 仔鱼饥饿到该点时, 多数个体已体质虚弱, 尽管仍可存活一段时间, 但不可能再恢复摄食能力而死亡。对生物个体初次摄食期耐受饥饿的时间临界点的研究, 一些学者对多种淡水鱼, 如鲤鱼(*Cyprinus carpio* L.)、鲢鱼(*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙鱼(*Aristichthys nobilis*)、草鱼(*Ctenopharyngodonidella*)<sup>[2]</sup>, 海水鱼如漠斑牙鲆(*Paralichthys lethostigma*)<sup>[3]</sup>、真鲷(*Pagrosomus major*)、牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)<sup>[4]</sup>、早繁鲈鱼<sup>[5]</sup>、黄鲷(*Dentex tumifrons*)<sup>[6]</sup>、鳀鱼(*Engraulis japonicus*)<sup>[7]</sup>、条石鲷(*Oplegnathus fasciatus*)<sup>[8]</sup> 等已经做了详细的研究。

大泷六线鱼(*Hexagrammos otakii*)又名欧氏六线鱼、六线鱼, 俗称青岛黄鱼, 隶属鲷形目(Scorpaeniformes)、六线鱼科(Hexagrammidae)、六线鱼属(*Hexagrammos*), 为冷温性近海底层岩礁鱼类。主要分布于黄海和渤海沿岸, 也见于朝鲜、日本和俄罗斯远东诸海, 在中国主要产自山东和辽宁等地的近海多岩礁海区<sup>[9]</sup>。

目前关于大泷六线鱼的研究主要集中在其基础生物学方面<sup>[10-13]</sup>, 全人工育苗仍处于试验阶段, 尚未取得大规模苗种培育的成功<sup>[14]</sup>。有关大泷六线鱼仔鱼不可逆点的确定, 邱丽华等<sup>[15]</sup>曾在水温  $13.5 \sim 14^{\circ}\text{C}$  条件下进行过研究。但是关于饥饿对大泷六线鱼卵

黄囊及油球的吸收等方面的影响尚未见报道。早期仔鱼阶段是整个人工育苗的关键时期, 在( $16 \pm 0.5$ ) $^{\circ}\text{C}$  条件下, 作者就饥饿对大泷六线鱼仔鱼的生长、卵黄囊和油球吸收的影响进行了研究, 并计算了饥饿仔鱼的 PNR, 以期丰富大泷六线鱼早期发育阶段的生物学基础数据和资料, 为大泷六线鱼人工育苗的研究和生产提供必要的基础性资料。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

实验于 2011 年 12 月在山东省海洋生物研究院海水良种繁育中心内进行。实验用的大泷六线鱼亲鱼为海上网箱养殖 2~3 年的成鱼, 鱼苗为经人工授精孵化而获得的仔鱼个体。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 大泷六线鱼仔鱼饥饿实验

大泷六线鱼仔鱼孵化后, 将 500 尾初孵仔鱼放置在规格为  $47 \text{ cm} \times 33 \text{ cm} \times 24 \text{ cm}$  的塑料箱内进行仔鱼的饥饿实验。根据温度对大泷六线鱼受精卵孵

收稿日期: 2012-11-26; 修回日期: 2013-03-21

基金项目: 山东省科技发展计划项目(2011GHY11502)

作者简介: 菅玉霞(1979-), 女, 山东邹平人, 助理研究员, 学士, 主要从事海水养殖研究, 电话: 0532-86513001, 13853274686, E-mail: jianyuxia79@163.com; 郭文, 通信作者, 电话: 0532-86513001, E-mail: yzszs@126.com

化实验, 16℃时孵化率最高, 畸形率最低<sup>[16]</sup>, 因此仔鱼饥饿实验水温保持在(16±0.5)℃, 用 WEIPRO MX300 IC 型控温仪调控水温, 微充气, 每天换等温海水 1/2, 不投饵直至 100%死亡, 实验用水为经沉淀砂滤的自然海水, 并经过紫外线杀菌后保证水中无任何生物饵料, 盐度 31。另设正常摄食实验组为对照组, 将 500 尾仔鱼放养于上述同一规格的塑料箱内, 微充气, 对照组仔鱼投喂小球藻(*Chlorella* sp.) 和褶皱臂尾轮虫(*Brachionus plicatilis*)。

每天分别取饥饿仔鱼和正常摄食仔鱼 20 尾, 用 OPTEC 显微图像采集处理系统测量仔鱼的全长, 比较饥饿仔鱼和正常摄食仔鱼的生长情况。并同时测量卵黄囊长径和短径及油球直径, 计算卵黄囊和油球体积。计算公式参照 Alderdice 等<sup>[17]</sup>的方法: 卵黄囊体积 =  $\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \left(\frac{r}{2}\right)^2 \cdot \frac{R}{2}$ , 式中  $r$  为卵黄囊短径,  $R$  为卵黄囊长径。油球体积 =  $\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \left(\frac{R}{2}\right)^3$ , 式中  $R$  为油球直径。

### 1.2.2 大龙六线鱼仔鱼初次摄食率

大龙六线鱼仔鱼开口后, 每天取 20 尾仔鱼, 放入 1 000 mL 烧杯中, 微充气, 投喂经小球藻强化的褶皱臂尾轮虫, 轮虫密度 8~10 个/mL。烧杯放置于恒温(16±0.5)℃的水浴槽中。4 h 后将仔鱼取出, 用 5%福尔马林固定, 用 SMZ-T4 型解剖镜逐尾检查大龙六线鱼仔鱼的摄食情况, 并计算初次摄食率。

摄食率 = (肠管内含有轮虫的仔鱼尾数 / 总测定仔鱼尾数) × 100%。

### 1.2.3 PRN 的确定

依据殷名称<sup>[18]</sup>采用的方法确定 PNR。作者以大龙六线鱼孵化后天数表示, 每日测定饥饿实验组大龙六线鱼仔鱼的初次摄食率, 当所测定的饥饿组仔鱼的初次摄食率低于最高初次摄食率的一半时, 即为 PNR 的时间。

### 1.2.4 数据处理

所有数据均以 3 个平行组数据的平均值 ± 标准差 (Mean ± SD) 表示, 并采用单因素方差分析 (ANOVA) 和 Duncan 检验法统计分析。

## 2 结果

### 2.1 饥饿仔鱼卵黄囊、油球的吸收

大龙六线鱼初孵仔鱼体长(6.18±0.25)mm, 卵黄囊长径(1.87±0.09)mm, 卵黄囊短径(1.32±0.06)mm, 卵黄囊体积为(1.7052±0.02754)mm<sup>3</sup>。此时卵黄囊膨

大成梨形, 仔鱼出膜后很快展直身体, 侧卧水底, 活力较弱, 1~2 h 后开始间歇性运动, 并上浮到水面。1 日龄仔鱼卵黄消耗最大, 体积减小为初孵时的 50.41%。2 日龄仔鱼卵黄消耗速率相对减慢, 体积减为初孵仔鱼的 25.14%。

饥饿仔鱼和摄食仔鱼卵黄的吸收见表 1 和图 1, 两组仔鱼卵黄的消耗速率差异显著 ( $P < 0.05$ )。摄食组仔鱼 5 日龄时残存极少量卵黄, 6 日龄时就完全吸收, 饥饿组仔鱼卵黄的吸收速率慢于摄食仔鱼, 在第 7 天才完全被吸收。

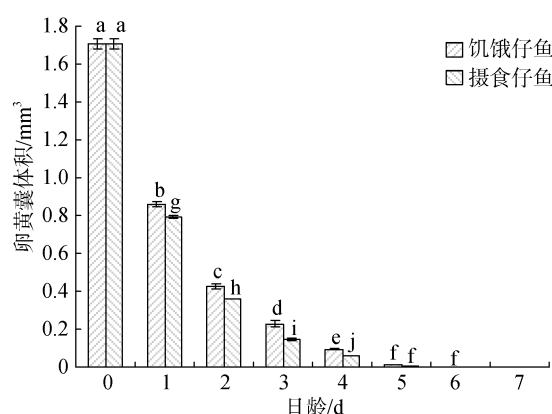


图 1 饥饿仔鱼和摄食仔鱼卵黄的吸收

Fig.1 Yolk absorption of starving and fed larvae  
图中无相同字母表示存在显著性差异 ( $P < 0.05$ ), 下同  
Figure in the same letters without significant difference ( $P < 0.05$ ), the same below

饥饿仔鱼和摄食仔鱼油球的吸收见图 2, 大龙六线鱼初孵仔鱼油球径(0.47±0.02)mm, 油球体积为(0.0543±0.0005)mm<sup>3</sup>。油球呈鲜黄色, 1 个(极少数 2~5 个), 位于卵黄囊前端下缘。1 日龄仔鱼油球体积减小为初孵时的 76.61%。两组仔鱼油球的消耗速率在 2 日龄前差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 3 日龄仔鱼开口后差异显著 ( $P < 0.05$ )。

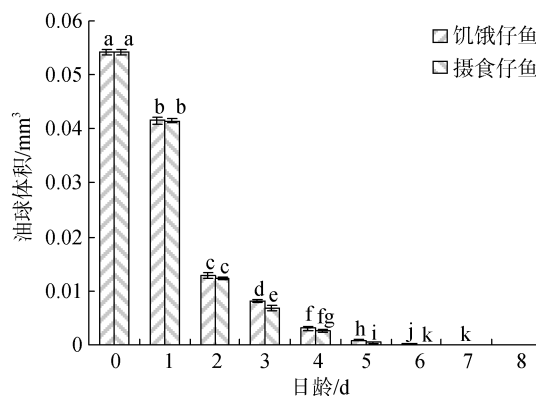


图 2 饥饿仔鱼和摄食仔鱼油球的吸收

Fig.2 Oil globule absorption of starving and fed larvae

表 1 大龙六线鱼仔鱼对卵黄的吸收

Tab.1 The absorption of yolks of *Hexagrammos otakii* larvae

日龄	摄食组仔鱼			饥饿组仔鱼		
	卵黄囊长径(mm)	卵黄囊短径(mm)	卵黄囊体积(mm <sup>3</sup> )	卵黄囊长径(mm)	卵黄囊短径(mm)	卵黄囊体积(mm <sup>3</sup> )
初孵仔鱼	1.87±0.09	1.32±0.06	1.7052±0.0275 <sup>a</sup>	1.87±0.09	1.32±0.06	1.7052±0.0275 <sup>a</sup>
第 1 天仔	1.79±0.06	0.92±0.07	0.7929±0.0080 <sup>g</sup>	1.82±0.03	0.95±0.02	0.8596±0.0116 <sup>b</sup>
第 2 天仔	1.49±0.04	0.68±0.02	0.3606±0.0021 <sup>h</sup>	1.58±0.02	0.72±0.04	0.4287±0.0124 <sup>c</sup>
第 3 天仔	1.32±0.03	0.46±0.03	0.1462±0.0071 <sup>i</sup>	1.44±0.05	0.55±0.03	0.2280±0.0156 <sup>d</sup>
第 4 天仔	0.84±0.05	0.37±0.02	0.0602±0.0011 <sup>j</sup>	0.93±0.04	0.44±0.01	0.0956±0.0017 <sup>e</sup>
第 5 天仔	0.32±0.04	0.16±0.01	0.0043±0.0002 <sup>f</sup>	0.52±0.06	0.22±0.02	0.0132±0.0017 <sup>f</sup>
第 6 天仔	—	—	—	0.28±0.01	0.14±0.01	0.0029±0.0002 <sup>f</sup>
第 7 天仔	—	—	—	—	—	—

注：“—”表示完全吸收，下同；同一栏中无相同字母表示存在显著性差异( $P < 0.05$ )，下同

### 2.2 饥饿仔鱼的初次摄食率及不可逆点

仔鱼经饥饿后的初次摄食率变化见图 3。3 日龄仔鱼开口后的初次摄食率为  $15\% \pm 2\%$ ，6 日龄时达到最大为  $65\% \pm 3\%$ ，此时卵黄仅有少量残痕，以后逐渐缩小，在 9 日龄时摄食率低于最高初次摄食率的 1/2。由图 3 可知大龙六线鱼仔鱼饥饿不可逆点(PNR)出现在 8 日龄和 9 日龄之间。

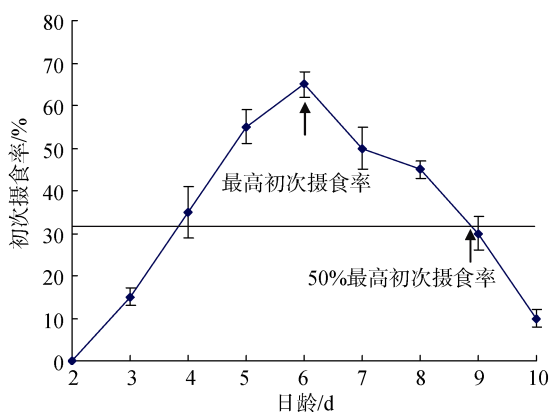


图 3 大龙六线鱼饥饿仔鱼的初次摄食率

Fig.3 Initial feeding rates of starving larvae of *Hexagrammos otakii* Jordan et Starks

### 2.3 饥饿对仔鱼生长的影响

饥饿对两种仔鱼生长的影响见图 4。3 日龄开口前饥饿仔鱼和摄食仔鱼的生长无差异。从 3 日龄开始，生长速率开始出现分化，摄食仔鱼的全长保持线性生长，体全长(L)与日龄(d)符合线性关系式： $L=0.3403d+6.2532(R^2=0.9904)$ 。而饥饿仔鱼的生长呈现先升高后降低的趋势，体全长与日龄符合关系式  $L=-0.0313d^2+0.4742d(R^2=0.9886)$ 。到 10 日龄时，饥饿仔鱼全长为  $(7.73 \pm 0.07)$ mm，而摄食仔鱼全长却增加至  $(9.70 \pm 0.12)$ mm。

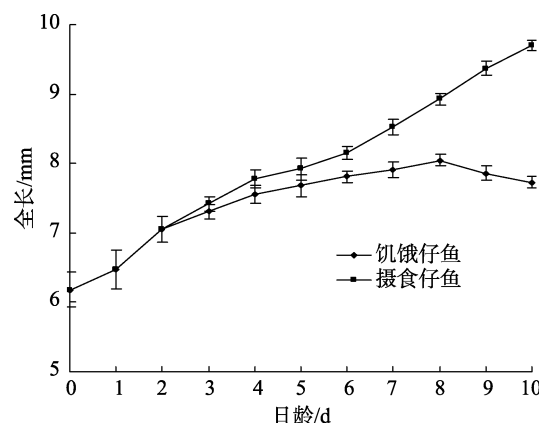


图 4 饥饿对大龙六线鱼仔鱼生长的影响

Fig.4 Effect of starvation on the growth of *Hexagrammos otakii* Jordan et Starks larvae

## 3 讨论

大龙六线鱼受精卵为球形黏性卵，端黄卵，卵膜较厚，油球小而多且较分散，胚胎发育后期油球逐渐融合为 1~5 个<sup>[16]</sup>。少数仔鱼 3 日龄上下颌可启动，开口，开始摄食轮虫和小球藻，过渡到混合营养期阶段，初次摄食率仅为 15%。仔鱼刚开口时以偶然碰撞的方式来摄取饵料，这与王有基等<sup>[19]</sup>对泥鳅(*Misgurnus anguillicaudatus*)的研究结果一致。在孵化后的第 6 天初次摄食率达到最大值，为 65%，最高初次摄食率出现在卵黄耗尽的前一日。7 日龄仔鱼卵黄全部耗尽，仔鱼全部摄食藻液和轮虫。8 日龄仔鱼油球吸收完毕，完全依靠摄取外源性营养生存。随着饥饿时间的延长，幼体的各个器官形成受到影响，幼体的存活率显著降低，生长速度变慢。因此，人工育苗过程中各个阶段应及时配套和补充相应的生物饵料。

鱼类的初次摄食时间与种类、卵黄囊的大小、培育水温及开口饵料的种类等有关<sup>[20]</sup>。本试验条件下

( $16\pm 0.5$ ) $^{\circ}\text{C}$  仔鱼孵出后第3天开口摄食, 比邱丽华<sup>[15]</sup>(6日龄, 水温  $13.5\sim 14^{\circ}\text{C}$ ) 的研究提早。PNR 是衡量鱼类仔鱼耐饥饿能力的常用指标, 抵达 PNR 时间长, 表明耐饥饿能力强; 反之, 则耐饥饿能力弱<sup>[21]</sup>。影响 PNR 的因素有内源因子, 如受精卵的质量、仔鱼的游泳能力等; 外源因子, 如仔鱼的卵黄、油球容量, 投饵密度及孵化温度等。目前关于仔鱼初次摄食率及 PNR 的研究往往忽视内源因子的影响, 这显然是不全面的。为了比较不同鱼类 PNR 时具有更加合理的标准, 近年来有学者在研究 PNR 时采用有效积温(sum of effective temperature)<sup>[22]</sup>概念。PNR 有效积温的计算公式可表示为: PNR 时间( $d$ ) $\times$ 实验过程平均水温( $^{\circ}\text{C}$ )。大龙六线鱼的 PNR 有效积温为  $144^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 。多数鱼类仔鱼 PNR 有效积温多在  $100\sim 250^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ <sup>[22]</sup>, 大龙六线鱼的有效积温处于中游的位置。大龙六线鱼多生活在近海的多岩礁海区, 此生态环境稳定性较差, 受外来因素影响巨大, 繁殖季节时生物饵料丰富, 因此仔鱼初次摄食时很容易建立外源性营养, 仔鱼的耐饥饿能力还是很强的。

温度是影响仔鱼耐饥饿能力的重要因素<sup>[18]</sup>, 温度高, 仔鱼的发育加快, 对内源性营养的消耗加快, 从而导致外源性营养阶段的提前, 最终结果是 PNR 时间的提前<sup>[23]</sup>。柳敏海等<sup>[23]</sup>对点带石斑鱼(*Epinephelus malabaricus*)的研究以及 Gustavo 等<sup>[24]</sup>对大西洋牙鲆(*Paralichthys dentatus*)的研究也证实了温度越高, PNR 的时间越早。邱丽华等<sup>[15]</sup>报道, 在  $13.5\sim 14^{\circ}\text{C}$  条件下, 大龙六线鱼仔鱼 10 日龄进入 PNR 期, 本实验研究条件下( $16\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ )大龙六线鱼仔鱼混合营养期为 5~6 d, 饥饿不可逆点出现在 8~9 日龄, 也验证了以上观点。造成上述差异的原因一是与实验水温有关, 二是与大龙六线鱼亲鱼有关, 亲鱼培育过程中的积温及所产卵的营养成分等也直接影响到 PNR。不同地区的种群遗传差异性是不同的, 不同的种、同种不同种群, 其 PNR 点也存在差异。

人工育苗过程中, 仔鱼开口后应及时给予足够的生物饵料, 以保证仔鱼器官形成、生长发育所需要的能量要求。仔鱼生长发育过程中, 从内源性营养转入外源性营养是鱼类发育所要克服的一大障碍。如果仔鱼在混合营养期内没有建立外源性营养关系, 将忍受进展性饥饿<sup>[19]</sup>。饥饿一直被认为是引起早期仔鱼大量死亡的重要原因之一。早期仔鱼的个体生长与其发育程度密切相关, 在饥饿条件下大龙六线鱼仔鱼体内贮存的营养物质和能量主要用于提高活动水平, 搜索并摄取饵料, 如果仔鱼在完全消耗了卵黄和油球后, 仍

不能建立外源营养则开始消耗本身组织以满足其基础代谢耗能, 器官发育缓慢甚至会萎缩, 待自身储备能量不足时生长就会受到抑制鱼体出现负增长, 这表明了延长耐受饥饿的时间与保持一定的发育速率之间存在着生态对策上的替代效应<sup>[25]</sup>。本实验饥饿条件下, 幼体依靠卵黄和油球营养来维持幼体的生存和生长。仔鱼开口前无向外界摄食的能力, 卵黄营养足够维持生存需要的代谢耗能, 因此开口前仔鱼的全长生长无差异。从 3 日龄开始, 摄食仔鱼的全长保持线性生长, 生长速率为  $0.27\text{ mm/d}$ , 但饥饿仔鱼从 3 日龄开始至 8 日龄, 由于未获得外源性营养的支持而只靠自身营养物质的消耗来维持生长所需能量, 生长速度相对缓慢, 生长速率为  $0.12\text{ mm/d}$ 。8 日龄以后, 饥饿仔鱼没有及时建立外源性营养, 生长受到明显抑制, 全长生长出现负生长。这是骨骼系统尚未发育的仔鱼为保障活动耗能, 提高摄食存活机会的一种适应现象<sup>[26]</sup>。Farris<sup>[27]</sup>曾将仔鱼的生长划分成 3 个时期: 初孵时的快速生长期, 卵黄囊消失前后的慢速生长期及外源摄食后的稳定生长期(不能建立外源摄食的负生长期)。大龙六线鱼仔鱼生长与之基本相符合。

#### 参考文献:

- [1] Blaxter J H S, Hemple G . The influence of eggs size on herring larvae(*Clupea harengus* L.) [J]. J Cons Perm Int Explor Mer, 1963, 28: 211-240.
- [2] 王吉桥, 毛连菊, 姜静颖, 等. 鲤、鲢、鳙、草鱼苗和苗种饥饿致死时间的研究[J]. 大连水产学院学报, 1993, 8: 58-65.
- [3] 徐永江, 蔡文超, 柳学周. 饥饿对漠斑牙鲆前期仔鱼生长发育的影响[J]. 海洋水产研究, 2007, 28(6): 51-55.
- [4] 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): 33-38.
- [5] 彭志兰, 柳敏海, 傅荣兵, 等. 早繁殖鱼仔鱼饥饿试验及不可逆点的确定[J]. 海洋渔业, 2007, 29(4): 325-330.
- [6] 夏连军, 施兆鸿, 陆建学. 黄鲷仔鱼饥饿试验及不可逆点的确定[J]. 海洋渔业, 2004, 26(4): 286-290.
- [7] 万瑞景, 李显森, 庄志猛, 等. 鳃鱼仔鱼饥饿试验及不可逆点的确定[J]. 水产学报, 2004, 28(1): 79-83.
- [8] 彭志兰, 柳敏海, 罗海忠, 等. 条石鲷仔鱼饥饿试验及不可逆点的确定. 水产科学, 2010, 29(3): 152-155.
- [9] 中国科学院海洋研究所. 中国经济动物志(海产鱼类)[M]. 北京: 科学出版社. 1962: 135-137.

- [10] 康斌, 武云飞. 大泷六线鱼的营养成分分析[J]. 海洋科学, 1999, 68(6): 23-25.
- [11] 吴立新, 秦克静, 姜志强, 等. 大泷六线鱼(*Hexagrammos otakii*)人工育苗初步试验[J]. 海洋科学, 1996, 4: 32-34.
- [12] 郭文, 于道德, 潘雷, 等. 六线鱼科鱼类特殊体色与繁殖特性[J]. 海洋科学, 2011, 35(12): 132-136.
- [13] 庄虔增, 于鸿仙, 刘岗, 等. 六线鱼苗种生产技术的研究[J]. 中国水产, 1999, 6(1): 103-106.
- [14] 胡发文, 潘雷, 高凤祥, 等. 温度和盐度变化对大泷六线鱼幼鱼存活与生长的影响[J]. 海洋科学, 2012, 36(7): 44-48.
- [15] 邱丽华, 姜志强, 秦克静. 大泷六线鱼仔鱼摄食及生长的研究[J]. 中国水产科学, 1999, 6(3): 1-4.
- [16] 胡发文, 潘雷, 高凤祥, 等. 大泷六线鱼胚胎发育及其与水温的关系[J]. 渔业科学进展, 2012, 33(1): 28-33.
- [17] Alderdice D F, Rosenthal H, Velsen F P J. Influence of salinity and cadmium on capsule strength in Pacific herring eggs[J]. *Helgol Wiss Meeresunters*, 1979, 32: 149-162.
- [18] 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.
- [19] 王有基, 宋立民, 姚荣荣, 等. 泥鳅仔鱼发育、摄食与不可逆点的确立[J]. 水利渔业, 2007, 27(6): 17-20.
- [20] Houde E D. Fish early life dynamics and recruitment variability[J]. *Amer Fish Soc Symp*, 1987, 2: 17-29.
- [21] 殷名称. 鲢、鳙、草、银鲫卵黄囊仔鱼的摄食生长、耐饥饿能力[A]. 中国鱼类学会编. 鱼类学论文集(第六辑)[A]. 北京: 科学出版社, 1997: 69-79.
- [22] 陈国柱, 方展强. 饥饿对唐鱼仔鱼摄食和生长的影响[J]. 动物学杂志, 2007, 42(5): 49-61.
- [23] 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.
- [24] Gustavo A B, David A B. Effects of delayed feeding on survival and growth of summer flounder *Paralichthys dentatus* larvae[J]. *Ecol Prog Ser*, 1995, 121: 301-306.
- [25] 曹振东, 谢小军. 温度对南方鲆饥饿仔鱼的半致死时间及其体质量和体长变化的影响[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2002, 27(5): 746-750.
- [26] 殷名称. 北海蚌卵黄囊期仔鱼的摄食能力和生长[J]. 海洋与湖沼, 1991, 22(6): 554-559.
- [27] Farris D A. A change in the early growth rate of four larval marine fishes [J]. *Linnol Oceanogr*, 1959, 4: 29-36.

## Starvation and no return point study of *Hexagrammos otakii* Jordan *et* Starks larvae

JIAN Yu-xia, Fang Hui, ZHANG Shao-chun, WANG Xue, HU Fa-wen, GAO Feng-xiang, PAN Lei, GUO Wen

(Ocean and Biology Institute of Shandong Province, Qingdao 266002, China)

Received: Nov., 26, 2012

Key words: *Hexagrammos otakii*; larvae; starvation; PNR

**Abstract:** In order to determine the definition of the point of no return(PNR) of the larvae of *Hexagrammos otakii* Jordan *et* Starks, we studied the effect of starvation on growth of the larvae of *Hexagrammos otakii* Jordan *et* Starks under the condition with water temperature of  $16^{\circ}\text{C}\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  and salinity of 31‰, and the definition of the PNR was determined. Larvae opened mouth at 3 day after hatching(DAH); Yolk and oil globules were completely absorbed at 7 DAH and 8 DAH, respectively. The mixing diet period was about 5-6 days. The influence of starvation on the absorption rate of yolk was significant ( $P < 0.05$ ). The influence of starvation on the absorption rate of oil globules was not significant ( $P > 0.05$ ) before larvae opened mouth, but significant ( $P < 0.05$ ) after larvae opened mouth. The total length of fed larvae increased continuously, while the starving larvae decreased in total length after 8 DAH. The PNR was between 8 DAH and 9 DAH.

(本文编辑: 谭雪静)