

大 洮 六 线 鱼 仔 稚 幼 鱼 形 态 发 育 与 生 长 特 性

胡 发 文 郭 文* 潘 雷 高 凤 祥 菅 玉 霞 张 少 春 王 雪

(山东省海水养殖研究所, 青岛 266002)

摘 要 2009~2011 年开展了大洮六线鱼规模化人工繁育技术的研究。通过显微观察、测量、拍摄记录大洮六线鱼仔、稚、幼鱼形态发育变化, 并对其生长特性、摄食习性等进行了分析。大洮六线鱼初孵仔鱼全长 6.18 ± 0.50 mm ($n=60$)。在水温 $16.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、盐度 31、光照 $500 \sim 1\ 000\text{lx}$ 条件下, 大洮六线鱼仔、稚、幼鱼生长呈现先慢后快再慢 3 个阶段: $0 \sim 7\text{d}$ 生长较为缓慢, 3 日龄仔鱼卵黄囊尚存, 少部分仔鱼开始摄食轮虫; 6 日龄仔鱼卵黄囊消耗殆尽, 开始摄食卤虫无节幼体, 进入外源性营养阶段, 7d 后进入快速生长期; 48 日龄仔鱼开始进行配合饲料转化, 生长速度趋缓, 并逐渐稳定。依照 $TL = aD^3 + bD^2 + cD + d$ 的方程式对前 80 日龄大洮六线鱼的全长与日龄进行回归, 构建生长模型: $TL_{(0 \sim 80)} = -0.000\ 2D^3 + 0.028\ 1D^2 - 0.155\ 7D + 7.376$ ($R^2 = 0.993\ 9$), 并根据其生长规律分别构建了 $0 \sim 7\text{d}$ 、 $7 \sim 48\text{d}$ 和 $48 \sim 80\text{d}$ 的生长模型: $TL_{(0 \sim 7)} = 0.004\ 6D^3 - 0.057\ 2D^2 + 0.383\ 1D + 6.175\ 1$ ($R^2 = 0.997\ 1$), $TL_{(7 \sim 48)} = 0.000\ 5D^3 - 0.026\ 7D^2 + 0.931D + 2.269$ ($R^2 = 0.997\ 3$), $TL_{(48 \sim 80)} = -0.000\ 1D^3 + 0.018\ 7D^2 - 0.204\ 5D + 24.646$ ($R^2 = 0.999\ 8$)。

关键词 大洮六线鱼 仔、稚、幼鱼 形态发育 生长

中图分类号 S917.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2012)06-0016-07

Morphological development and growth of larval and juvenile *Hexagrammos otakii*

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

(Mariculture Institute of Shandong Province, Qingdao 266002)

ABSTRACT The post embryonic morphological development of *Hexagrammos otakii* was observed, measured and recorded by a micro cinematographic system to explore the morphological development characteristics in different stages of larval and juvenile fish. Newly hatched larvae, 6.18 ± 0.50 mm long and depending entirely on the egg-contained energy, were nursed at $16.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$, salinity 31, illumination $500 \sim 1\ 000\text{lx}$. At 3 dph (days post hatching), $7.55 \pm 0.27\text{mm}$ in length, with the rudimental yolk sac at abdomen, some larvae started feeding rotifers, and the development entered the exogenous feeding stage. After yolk was exhausted at 6 dph, the larvae started feeding *Arternia nauplii*. At 48 dph, the larvae started feeding com-

山东省科技发展计划项目“大洮六线鱼规模化繁育技术研究”(2011GHY11502)资助

* 通讯作者。E-mail: yzsjsjd@126.com

收稿日期: 2011-09-23; 接受日期: 2012-07-17

作者简介: 胡发文(1982-), 男, 助理研究员, 主要从事海水鱼类繁育与养成研究。E-mail: fwu88@163.com, Tel: (0532)86513609

pound feeds. The relationship between total length (TL) and days post hatching (D) for 0~7d, 7~48d, and 48~80d fish was described as: $TL_{(0\sim 7d)} = -0.000 2D^3 + 0.028 1D^2 - 0.155 7D + 7.376 (R^2 = 0.993 9)$; $TL_{(7\sim 48d)} = 0.004 6D^3 - 0.057 2D^2 + 0.383 1D + 6.175 1 (R^2 = 0.997 1)$; $TL_{(48\sim 80d)} = -0.0001D^3 + 0.018 7D^2 - 0.204 5D + 24.646 (R^2 = 0.999 8)$.

KEY WORDS *Hexagrammos otakii* Larval and juvenile fish
Morphological development Growth

大泷六线鱼 *Hexagrammos otakii* (Jordan et Starks) 又名欧氏六线鱼、六线鱼, 俗称黄鱼, 隶属鲷形目 Scorpaeniformes、六线鱼科 Hexagrammidate、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。此鱼耐低温, 生存温度 2~26℃, 在我国主要产自山东和辽宁等地的近海多岩礁海区(成庆泰 1962)。其肉质细嫩、味道鲜美, 素有“北方石斑”之称, 深受广大消费者喜爱, 经济价值较高。大泷六线鱼是我国北方网箱养殖的理想种类, 也是开拓礁湾增殖和发展游钓业的理想品种, 作为北方特有的名贵海水鱼类具有广阔的推广前景。

研究鱼类早期生活史, 掌握其个体发育中的生命活动规律, 对建立鱼类产业化人工育苗和工厂化操作管理技术体系具有重要指导作用。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(Matsumiya *et al.* 2006; Chen *et al.* 2009; 刘洋等 2008; 刘奇等 2009; 温海深等 2007; 喻子牛等 1992; 叶青 1993; 冯昭信等 1998; 康斌等 1999), 人工育苗仅处于试验阶段(吴立新等 1996; 庄虔增等 1999), 尚未取得大规模苗种繁育的成功; 庄虔增等(1998)报道了山东沿岸六线鱼的早期发育情况, 邱丽华等(1999)研究了 20 日龄以内仔鱼的摄食与生长, 但均未系统研究大泷六线鱼仔、稚、幼鱼各阶段形态发育与生长特性。本研究对大泷六线鱼仔、稚、幼鱼发育特征进行了详细的观察记录和显微拍照, 对其生长特性、摄食习性等进行了分析, 并构建了全长生长模型, 以期丰富大泷六线鱼早期生物学基础数据和资料, 为大泷六线鱼大规模人工繁育提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验用鱼

2009~2011 年在山东省海水养殖研究所鳌山卫中试基地进行了大泷六线鱼的人工繁育和苗种培育工作。所用亲鱼选自野生苗种经海上网箱养殖的 2~3 龄成鱼, 经过室内促熟培育后, 选择性腺发育良好的亲鱼进行人工挤精、挤卵, 半干法授精, 受精后立即将受精卵转移到孵化池孵化, 采用恒温连续充气的孵化方式, 孵化用水为经沉淀、砂滤的自然海水, 水温 $16.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$, 盐度为 31, pH=8.0, 日换水两次, 每次换水量为 1/3~1/2。仔鱼孵出后在规格为 3 m×1.2 m×0.8 m 的培育池中培育, 培育水温为 $16.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$, 连续充气, 保持 $\text{DO} \geq 5 \text{ mg/L}$; 初孵仔鱼放养密度 5 000~8 000 尾/ m^3 , 当鱼苗全长 3~5 cm 时, 密度控制在 800~1 000 尾/ m^3 。开始放苗时育苗池中水位只需达到 1/2 池深即可, 同时加入 $50 \times 10^4 \text{ cell/ml}$ 的小球藻液, 初期每日添加新水至池满为止, 后改为换水培育, 开口初期日换水量为 15%, 随着苗种生长发育和摄食量的增加换水量逐渐增大到 200%~400%。饵料系列依次为强化的轮虫、卤虫无节幼体和配合饲料(图 1)。开始投喂之后视池底干净程度及时吸污、倒池。

1.2 观察及测定方法

苗种培育期间定期从培育池随机取样, 各时期测定样品数量为 30 尾; 利用 OLYMPUS 显微镜、解剖镜和 OPTEC 显微摄像系统拍摄活体发育照片并测定大小, 定时观察仔、稚、幼鱼发育各时期的形态特征并详细记录, 根据测定结果计算

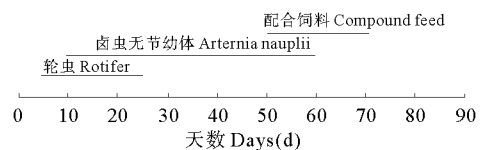


图 1 大泷六线鱼苗种培育饵料系列
Fig. 1 Food serials for seedling rearing

绘制生长曲线并构建全长生长模型。

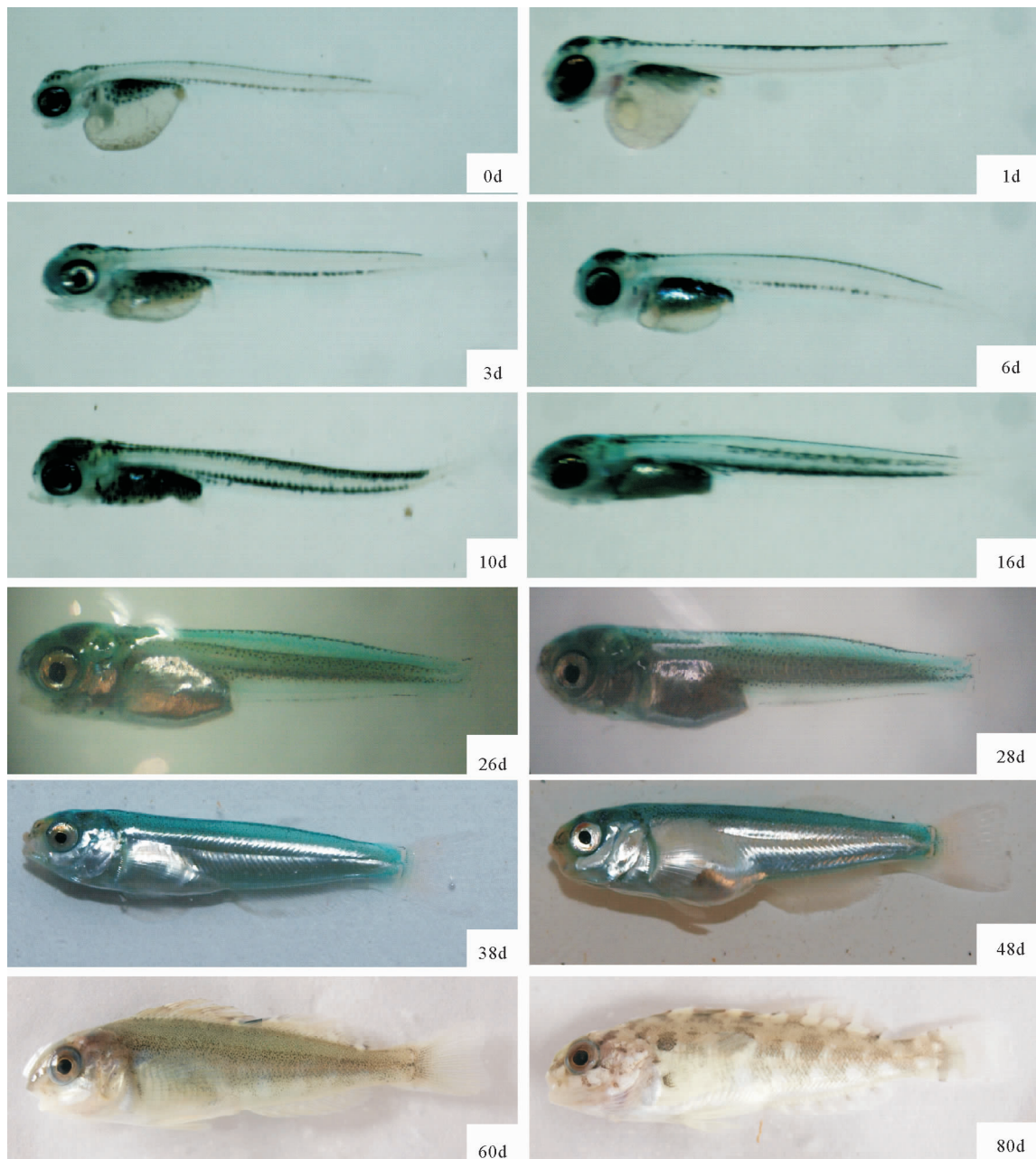
1.3 数据计算与统计分析

使用 Excel 2003 对试验数据进行统计,计算各数据算术平均值及标准差,并绘制生长曲线图,Photoshop 7.0 制作图版。

2 结果

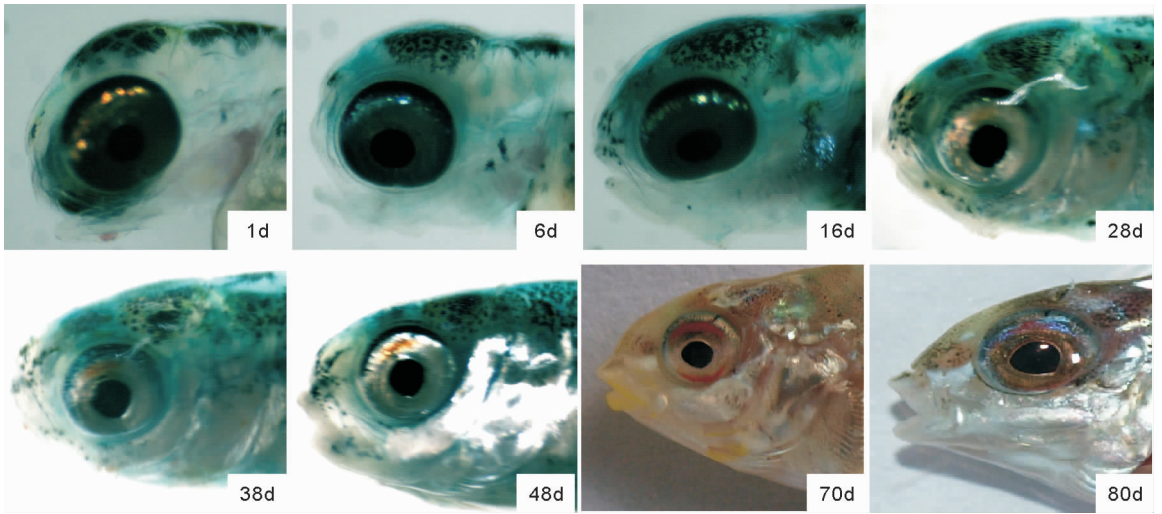
2.1 仔稚幼鱼的发育

在水温 $16.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、盐度 31、pH 8.0 条件下,大泷六线鱼仔、稚、幼鱼形态见图版 I、II、III。

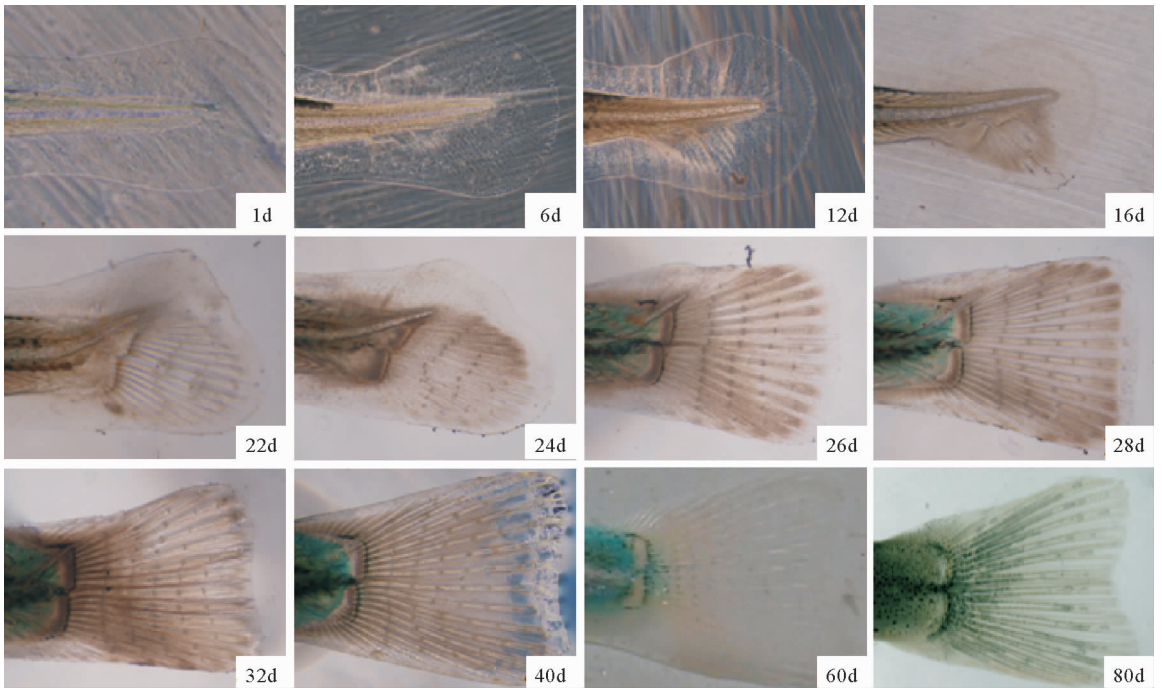


图版 I 大泷六线鱼仔稚幼鱼发育

Plate I Development of larval *H. otakii*



图版 II 大泷六线鱼仔稚鱼头部形态发育

Plate II Head development of *H. otakii*

图版 III 大泷六线鱼仔稚鱼尾部形态发育

Plate III Caudal fin development of *H. otakii*

2.1.1 初孵仔鱼

全长 6.18 ± 0.50 mm ($n=60$), 体高 0.96 ± 0.19 mm ($n=60$), 肛前长 2.38 ± 0.22 mm ($n=60$), 眼径 0.55 ± 0.04 mm ($n=60$); 卵黄囊膨大成梨形, 长径 1.74 ± 0.24 mm ($n=60$), 短径 1.39 ± 0.19 mm ($n=60$); 油球球形, 鲜黄色, 1 个(极少数 2~5 个), 位于卵黄囊前端下缘(图版 I-0d)。

仔鱼通体透明, 浅绿色, 头部、背部、卵黄囊上缘、脊柱体侧均有点状、星芒状黑色素细胞分布; 眼侧位, 眼球色素浓黑; 听囊清晰; 全身从背部到尾部为一连贯的透明鳍膜(仔鱼膜)。肌节明显, 53~57 对; 心脏规律性搏动, 50~70 次/min, 卵黄囊上血管密布, 淡红色血液在卵黄囊、吻端、躯干脊椎下方流动清晰可见, 尾部血管不分支。消化道初步形成, 平直, 口时有吞咽动作。鳃形成, 鳃弓明显, 鳃丝浅红色。仔鱼出膜后很快展直身体, 侧卧水底, 活力较弱, 1~2h 后开始间歇性运动, 并上浮到水面。

2.1.2 1日龄仔鱼

鱼体延长,全长 6.49 ± 0.52 mm($n=30$);卵黄囊收缩,油球缩小,少数仔鱼仍有多个油球。头部、卵黄囊、背部、体侧黑色素细胞继续增多颜色加深。消化道贯通。鳍膜从听囊后部开始,经尾部直至肛前卵黄囊下方结束,尾鳍膜弧形有放射线出现,胸鳍发达,扇形(图版 I-1d、图版 II-1d、图版 III-1d)。

2.1.3 3日龄仔鱼

全长 6.93 ± 0.56 mm($n=30$);卵黄囊明显收缩,油球尚存。鱼体浅绿色,色素细胞继续增多加深,头部、卵黄囊上侧开始变得不透明。尾鳍基出现。部分仔鱼开始摄食轮虫(图版 I-3d)。

2.1.4 6日龄仔鱼

全长 7.36 ± 0.62 mm($n=30$);油球消耗殆尽,鱼体腹部不透明,鳍部透明,故水中所见仍为透明仔鱼;尾鳍基更加明显,尾椎骨开始上翘,尾鳍条可见;臀鳍原基开始出现。消化道开始出现弯曲(图版 I-6d、图版 II-6d、图版 III-6d)。

2.1.5 10日龄仔鱼

全长 9.60 ± 0.68 mm($n=30$);体色绿色加深,鱼体变得不透明。卵黄囊吸收完毕,腹部因卵黄囊持续收缩出现缺刻。尾椎骨进一步上翘,其下方鳍条清晰可见;背鳍原基开始出现,臀鳍波浪形原基明显(图版 I-10d)。

2.1.6 16日龄仔鱼

全长 12.70 ± 0.74 mm($n=30$);尾部棒状骨开始形成,尾鳍鳍条明显,开始出现分节;背鳍、臀鳍波浪形原基形成,鳍条可见(图版 I-16d、图版 II-16d、图版 III-16d)。

2.1.7 26日龄仔鱼

全长 16.91 ± 0.88 mm($n=30$);体表局部银色明显,开始出现细小鳞片,为栉鳞,向稚鱼期过渡。鱼体表面黄色素、黑色素增加,外形发育基本完成;尾鳍圆形,尾鳍鳍条 18,分 5 节,背鳍、臀鳍鳍条各 19,出现分节(图版 I-26d、图版 III-26d)。

2.1.8 28日龄稚鱼

全长 18.50 ± 0.90 mm($n=30$);生出侧线鳞,背鳍连续、中间微凹的前后两部分,前部鳍棘 18,后部鳍条 20;尾鳍条 29,最多分 6 节;臀鳍条 20(图版 I-28d、图版 II-28d)。

2.1.9 38日龄稚鱼

全长 40.00 ± 1.98 mm($n=30$);背鳍鳍条 41,臀鳍鳍条 20,腹鳍鳍条 6,胸鳍鳍条 17,各鳍鳍条(除尾鳍外)均达定数,尾鳍条 44,部分尾鳍分支;眼脸上出现皮质突起(图版 I-38d、图版 II-38d)。

2.1.10 48日龄稚鱼

全长 43.70 ± 3.02 mm($n=30$);背鳍、臀鳍鳍条最多分 6 节,胸鳍鳍条最多分 11 节,腹鳍鳍条最多分 7 节;尾鳍中间微凹,截形,鳍条 46,分节鳍条 14,最多分 12 节,尾鳍中部鳍条分支后又出现 2~3 节,除尾鳍条外,其他鳍条均不分支。上颌牙齿 18~22 个,下颌齿明显少于上颌,仅有数个。稚鱼开始潜入水底,仅摄食时,游到水面(图版 I-48d、图版 II-48d)。

2.1.11 60日龄幼鱼

全长 52.00 ± 4.06 mm($n=30$);体表遍布鳞片,侧线清晰明显,纵贯体侧中部偏上位置,侧线上方体色浅绿色,其间散布许多黑色素点,下方腹部银色。口端位,多数吻端呈橘红色或褐色。部分幼鱼浅绿色开始从头向尾部方向逐渐褪去,变为浅黄褐色,背鳍凹处出现一圆形黑斑(图版 I-60d、图版 III-60d)。

2.1.12 80日龄幼鱼

全长 62.00 ± 3.10 mm($n=30$);鱼体体型、体色近成鱼,黄褐色,各鳍上均有黑、黄色素斑分布。多栖息于水底,寻找遮蔽物躲藏(图版 I-80d、图版 II-80d、图版 III-80d)。

2.2 仔稚幼鱼的生长

大泷六线鱼仔、稚、幼鱼全长生长曲线如图 2 所示。由图 2 可见,全长与日龄呈现明显的正相关性,且呈现

先慢后快再慢的趋势:0~7d 生长相对缓慢,平均生长率为 0.21 mm/d;7d 后进入快速生长期,平均生长率为 0.88mm/d;48d 后生长速度再度趋缓,平均生长率为 0.57mm/d。在水温 $16.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、盐度 31、光照 $500 \sim 1\ 000\text{lx}$ 的培育条件下,依照 $TL = aD^3 + bD^2 + cD + d$ 的方程式(TL 为全长, D 为日龄)(Benoit *et al.* 2000) 对前 80 日龄大泷六线鱼的全长与日龄进行回归,得到生长模型为 $TL_{(0\sim 80)} = -0.000\ 2D^3 + 0.028\ 1D^2 - 0.155\ 7D + 7.376$ ($R^2 = 0.993\ 9$) (图 3)。

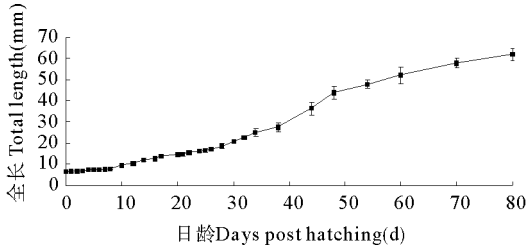


图 2 大泷六线鱼仔稚幼鱼全长生长曲线

Fig. 2 Total length growth of *H. otakii* larvae

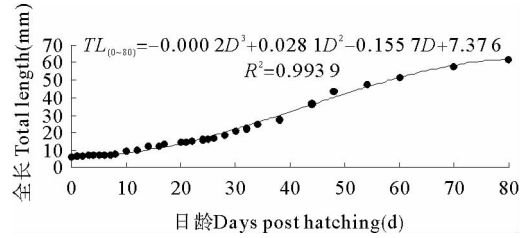


图 3 80 日龄大泷六线鱼全长生长模型

Fig. 3 Total length growth model of 80 dph *H. otakii*

对 3 个阶段即初孵仔鱼至 7 日龄、7~48 日龄、48~80 日龄分别回归,生长模型分别为: $TL_{(0\sim 7)} = 0.004\ 6D^3 - 0.057\ 2D^2 + 0.383\ 1D + 6.175\ 1$ ($R^2 = 0.997\ 1$), $TL_{(7\sim 48)} = 0.000\ 5D^3 - 0.026\ 7D^2 + 0.931D + 2.269$ ($R^2 = 0.997\ 3$), $TL_{(48\sim 80)} = -0.000\ 1D^3 + 0.018\ 7D^2 - 0.204\ 5D + 24.646$ ($R^2 = 0.999\ 8$)。初孵仔鱼至仔鱼开口前(0~3d)完全靠自身卵黄营养,3~7d 仔鱼刚刚开始摄食轮虫,摄食能力较弱,摄食量小,生长较为缓慢;7d 后进入快速生长期,仔鱼孵出 6~7d 后,开始加投卤虫无节幼体,仔鱼由内源性营养成功过渡到外源性营养,摄食量逐渐增大,生长迅速;48d 后,开始投喂配合饲料,生长速度趋缓,并逐渐稳定。可以看出,这 3 个生长模型能够更好地反映 3 个阶段各自的生长规律。

3 讨论

3.1 大泷六线鱼仔、稚、幼鱼各阶段的划分

有关海水鱼类仔、稚、幼鱼胚后发育阶段的划分,不同学者对同种或不同鱼类的划分不尽相同(殷名称 1991)。大泷六线鱼仔、稚、幼鱼发育阶段的划分尚未见报道。作者依据大泷六线鱼早期发育过程中卵黄囊、侧线、鳞片、体色等形态特征的变化,将大泷六线鱼仔、稚、幼鱼的发育分为 4 个时期:从鱼苗孵出至卵黄囊消失为前期仔鱼期(0~6d),从卵黄囊消失至侧线开始形成为后期仔鱼期(6~28d);从侧线开始形成到体表遍布鳞片,侧线完全形成,体色绿色开始褪去向黄色转变,背鳍凹处出现一黑斑为稚鱼期(28~60d);此后进入幼鱼期,鱼体体型、体色等均与成鱼相似(60d~)。

3.2 大泷六线鱼仔稚幼鱼生长特点

大泷六线鱼初孵仔鱼全长 $6.18 \pm 0.50\ \text{mm}$ ($n=60$),游泳能力较弱,多沉在水底,1~2h 后开始浮上水面,在培育池中分布较为分散,初孵仔鱼由卵黄供给营养,无摄食能力,生长较缓慢。随着卵黄被迅速吸收及摄食、消化相关器官的逐渐完善,3~4 日龄仔鱼开始摄食轮虫,游泳能力逐渐增强,并开始集群。大泷六线鱼仔鱼开口时卵黄囊尚存,其开口期属于混合营养型。据邱丽华等(1999)报道,大泷六线鱼孵化后 7d 仔鱼进入摄食期,开始向外界摄食。这明显要晚于本试验结果,可能是由于其培育水温较低($13.5 \sim 14.0^\circ\text{C}$),仔鱼发育相对缓慢造成的,另一方面鱼卵和初孵仔鱼的质量也是影响其开口时间的重要因素。至 10 日龄后仔鱼开始摄食卤虫无节幼体,生长速度明显加快。48 日龄后,开始投喂配合饲料,幼鱼生长渐趋稳定,幼鱼逐渐潜入水底,开始寻找遮蔽物,仅摄食时游到水面上来,较少游动,夜间紧贴池底,尾部呈弯曲状,这也是岩礁鱼类的特性。

作者构建了 $16.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 条件下 80 日龄内大泷六线鱼的生长模型: $TL_{(0\sim 80)} = -0.000\ 2D^3 + 0.028\ 1D^2 - 0.155\ 7D + 7.376$

$-0.1557D + 7.376$ ($R^2 = 0.9939$), 并根据其生长规律分别构建了 $0 \sim 7$ 、 $7 \sim 48$ 和 $48 \sim 80$ d 的生长模型: $TL_{(0 \sim 7)} = 0.0046D^3 - 0.0572D^2 + 0.3831D + 6.1751$ ($R^2 = 0.9971$)、 $TL_{(7 \sim 48)} = 0.0005D^3 - 0.0267D^2 + 0.931D + 2.269$ ($R^2 = 0.9973$)、 $TL_{(48 \sim 80)} = -0.0001D^3 + 0.0187D^2 - 0.2045D + 24.646$ ($R^2 = 0.9998$)。邱丽华等(1999)构建了在 $13.5 \sim 14.0^\circ\text{C}$ 条件下孵化后 20 d 内大泷六线鱼的生长模型: $L = 0.085d + 7.049$ (L 为全长, 单位 mm; d 为日龄, 单位 d)。与作者构建的生长模型存在差异, 其平均日增长率 (0.085mm/d), 明显小于本试验结果。作者认为在人工培育条件下, 海水鱼类仔、稚、幼鱼个体间差异明显, 大泷六线鱼亦是如此。这种差异出现的原因, 一方面其培育水温明显要低于本试验的 $16.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$, 另一方面先天性遗传也是一个重要因素, 受精卵、初孵仔鱼的质量与大小等均对生长有较大影响。

3.3 体色变化

据报道大泷六线鱼鱼卵颜色有较大差异, 主要有棕色、灰白、黄橙、灰绿、浅蓝等颜色(庄虔增等 1999)。胚胎发育后期, 胚体分布星芒状色素细胞, 胚体浅绿色。初孵仔鱼与胚胎发育期颜色相同, 通体浅绿色。随着生长发育, 体绿色逐渐加深。至幼鱼阶段体色逐渐转变为淡黄色, 并最终加深为正常的黄色。由于生长发育过程中体色变化较大, 有学者甚至将其幼鱼阶段和性成熟阶段划分为两个物种(Shinohara *et al.* 1994)。作者研究发现, 胚胎及仔鱼通体绿色, 并非其血液或肌肉的颜色, 其颜色产生与变化机理还有待进一步研究。

参 考 文 献

- 叶青. 1993. 青岛近海欧氏六线鱼 *Hexagrammos otakii* Jordan et Starks 年龄和生长的研究. 青岛海洋大学学报, 23(2): 59~68
- 冯昭信, 韩华. 1998. 大泷六线鱼资源合理利用的研究. 大连水产学院学报, 13(2): 24~28
- 庄虔增, 于鸿仙, 刘岗, 徐春华, 于平, 肖炼. 1999. 六线鱼苗种生产技术的研究. 中国水产科学, 6(1): 103~106
- 庄虔增, 于鸿仙, 徐春华, 于平, 肖炼. 1998. 山东沿岸六线鱼早期发育的研究. 海洋学报, 20(6): 139~144
- 刘奇, 王亮, 高天翔, 宋林. 2009. 北黄海大泷六线鱼主要生物学特征比较研究. 中国海洋大学学报, 39(S1): 13~18
- 刘洋, 王福强, 陈晓慧, 姜志强. 2008. 大泷六线鱼对蛋白质、脂肪、糖及钙磷比适宜需求量的初步研究. 饲料工业, 29(2): 24~26
- 吴立新, 秦克静, 姜志强, 赵陆经. 1996. 大泷六线鱼(*Hexagrammos otakii*)人工育苗初步试验. 海洋科学, 4: 32~34
- 邱丽华, 姜志强, 秦克静. 1999. 大泷六线鱼仔鱼摄食及生长的研究. 中国水产科学, 6(3): 1~4
- 张静, 薛美岩, 姜海滨, 杜荣斌, 刘丽娟. 2010. 黑鲷早期发育与摄食的初步观察. 渔业科学进展, 31(2): 8~15
- 陈四清, 刘长琳, 庄志猛, 邹健, 李学文, 李迪, 齐国山. 2009. 星突江鲈胚胎发育的研究. 渔业科学进展, 30(1): 1~7
- 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
- 康斌, 武云飞. 1999. 大泷六线鱼的营养成分分析. 海洋科学, 68(6): 23~25
- 喻子牛, 孔晓瑜, 冯东岳, 谢宗墉. 1992. 许氏平鲈 *Sebastes schlegeli* (Hilgendorf) 及欧氏六线鱼 *Hexagrammos otakii* Jordan et Starks 核型研究. 青岛海洋大学学报, 22(2): 118~124
- 温海深, 王连顺, 牟幸江, 陈彩芳, 姚珺, 陈松林. 2007. 大泷六线鱼精巢发育的周年变化研究. 中国海洋大学学报, 37(4): 581~585
- Benoit, H. P., Pepin, P., and Brown, J. A. 2000. Patterns of metamorphic age and length in marine fishes, from individuals to taxa. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 57(4): 856~869
- Chen, S. L., Miao, G. D., Shao, C. W., Tian, Y. S., and Liao, X. L. 2009. Isolation and characterization of polymorphic microsatellite loci from fat greenling (*Hexagrammos otakii*). Conservation Genetics, 10: 1429~1431
- Luczynski, M. 1984. A technique for delaying embryogenesis of vendace (*Coregonus albula* L.) eggs in order to synchronize mass hatching with optimal conditions for lake stocking. Aquaculture, 41(2): 113~117
- Matsumiya, M., Arakane, Y., Haga, A., Muthukrishnan, S., and Karl, J. 2006. Substrate specificity of Chitinases from two species of fish, Greenling, *Hexagrammos otakii*, and Common mackerel, *Scomber japonicus*, and the insect, tobacco hornworm, *Manduca sexta*. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 70(4): 971~979
- Shinohara, G., and Amaoka, K. 1994. *Stellistius katsukii* Jordan & Tanaka, 1927, a junior synonym of *Pleurogrammus azonus* Jordan & Metz, 1913 (Scorpaeniformes: Hexagrammidae). Japanese Journal of Ichthyology, 40: 487~490