

## 黑鲷早期发育与摄食的初步观察

张 静<sup>1,2</sup> 薛美岩<sup>1,2</sup> 姜海滨<sup>2\*</sup> 杜荣斌<sup>3</sup> 刘丽娟<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 上海海洋大学水产与生命学院, 201306)

(<sup>2</sup> 山东省海洋水产研究所, 烟台 264006)

(<sup>3</sup> 烟台大学海洋学院, 264005)

**摘 要** 对黑鲷 *Sebastes schlegelii* 早期发育及摄食进行了研究。结果表明,在水温 15.4~16.0 °C、盐度 30~32、pH 8.4 的培养条件下,黑鲷初产仔鱼全长为 6.07±0.25 mm,腹部有残存的卵黄囊;1日龄仔鱼全长为 6.21±0.31 mm,大部分仔鱼进入摄食期,开口饵料为经小球藻强化过的褶皱臂尾轮虫;20日龄仔鱼全长为 8.81±0.40 mm,开始增投经营养强化的卤虫无节幼体,仔鱼进入快速生长期。依照  $TL = aD^3 + bD^2 + cD + d$  方程式,对仔鱼个体的全长与日龄进行回归,得到其生长模型为:  $TL(\text{mm}) = 0.0096D^2 - 0.0415D + 6.7503 (R^2 = 0.9877)$ 。仔鱼耐受饥饿的时间临界点(PNR)发生在产出后第4天(3日龄),不可逆转饥饿期的时间为2d。黑鲷仔稚鱼在24h内均有不同程度的摄食。1日龄仔鱼的摄食高峰出现在8:00,5日龄仔鱼摄食高峰则出现在16:00,12日龄仔鱼的摄食强度在12:00达到最大,相应的摄食率高峰出现在16:00,19日龄仔鱼在12:00~0:00出现摄食率高峰,24日龄稚鱼的摄食强度在12:00达到最大,30日龄稚鱼的摄食高峰出现在12:00~16:00,且16:00的峰值明显高于12:00,24h内摄食率达到100%。结果表明,黑鲷仔稚鱼无明显的摄食节律,属于全天摄食型,摄食高峰出现在白天。

**关键词** 黑鲷 早期发育 不可逆转点 摄食节律

**中图分类号** S917.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2010)02-0008-08

## Study on early development and feeding of larval *Sebastes schlegelii*

ZHANG Jing<sup>1,2</sup> XUE Mei-yan<sup>1,2</sup> JIANG Hai-bin<sup>2\*</sup>

DU Rong-bin<sup>3</sup> LIU Li-juan<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, 201306)

(<sup>2</sup> Marine Fisheries Research Institute of Shandong Province, Yantai 264006)

(<sup>3</sup> Marine College, Yantai University, 264005)

**ABSTRACT** The early development and feeding of larval *Sebastes schlegelii* were studied at water temperature of 15.4~16.0 °C, salinity 30~32 and pH 8.4. Results showed that the total length of the newly hatched *S. schlegelii* larvae was 6.07±0.25mm, with the rudimental yolk sac at abdomen. The total length of 1-day-old larvae was 6.21±0.31mm, and the larvae started exogenous feeding of rotifers *Brachionus plicatilis* which were nourished with unicellular algae (*Chlorella* sp.). The total length of the 20-day-old post-larvae was 8.81±0.40mm,

山东省良种工程课题和泰山学者岗位共同资助

\* 通讯作者。E-mail: haibinjiang326@163.com, Tel: 13280998818

收稿日期: 2009-09-04; 接受日期: 2009-10-22

作者简介: 张 静(1984-), 女, 硕士研究生, 主要从事水产养殖学研究。E-mail: zjing1217@163.com, Tel: 15063833214

feeding nauplii of brine shrimp *Artemia salina*. The relationship between increment in total length (TL) and the age in days (D) was described as:  $TL \text{ (mm)} = 0.0096D^2 - 0.0415D + 6.7503$  ( $R^2 = 0.9877$ ). In the starvation tests, negative growth of the starved fish was obvious. The 4th day after hatching is the critical time for a 3-day-old larva to resist starving. The period of no return (PNR) from re-gaining food was about two days. 1-day-old larvae got the highest average feeding intensity at 8:00, while 5-day-old larvae at 16:00. Following the increase of catching ability, the feeding intensity reached the highest point at 12:00 for 12-day-old and 19-day-old larvae. 24-day-old post larvae's feeding intensity reached the highest at 12:00. 30-day-old post larvae get the highest feeding intensity from 12:00 to 16:00, and the peak at 16:00 is higher than that at 12:00 obviously. Larvae showed a feeding incidence of 100% in 24 h. Therefore, these results indicated that there was no obvious feeding rhythm in early development stage of *S. schlegelii*. Feeding rhythms of *S. schlegelii* larvae belonged to the all-day feeding with feeding peaks occurred at daytime.

**KEY WORDS** *Sebastes schlegelii* Early development Point of no return (PNR)  
Feeding rhythm

黑鲷 *Sebastes schlegelii* (Hilgendorf 1880) 又名许氏平鲈, 俗称黑寨、黑鱼、黑头鱼和黑老婆, 是我国黄、渤海区常见的近海冷温性底层经济鱼类。随着我国海洋鱼类人工繁殖和养殖的迅猛发展, 黑鲷以其个体大、生长快、抗逆性强, 可在北方海区网箱养殖自然越冬, 并具有肉质细嫩、营养丰富等优点, 已发展成为沿海各省海水养殖的主要品种, 尤其是在山东沿海, 已经开展了网箱养殖(冯东岳等 2004)和池塘养殖(衣吉龙等 2003)。目前, 国内外已有对其繁殖生物学、人工育苗、能量收支和能量分配模式等方面的研究, 而早期发育阶段的研究较少, 国内仅见万瑞景等(1988)通过人工授精实验对其胚胎发育过程的初步研究及刘立明等(2001)对人工培育条件下黑鲷早期阶段生长发育变化的研究, 研究分析了黑鲷变态发育过程中的形态特征和生态习性变化, 并提出了明确的分期系统, 了解了黑鲷仔稚幼鱼消化器官的形成过程, 发现了黑鲷早期阶段生长的两个转折点及4个“危险期”。

目前对黑鲷早期发育阶段生长及摄食规律等繁殖生物学特性还缺乏全面的了解。本研究对黑鲷人工育苗条件下的仔稚鱼生长与摄食特性进行了较为详细的观察, 旨在从形态学和生态学两个方面认识黑鲷仔稚鱼摄食能力的变化和生长规律, 为完善黑鲷的苗种培育技术、提高苗种培育水平提供相关的生物学和生态学资料, 同时, 为全面认识黑鲷的生长规律提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

实验于2009年5月19日~7月3日在山东烟台泰华海珍品有限公司进行。黑鲷亲鱼于2008年11月进行交尾, 后在室内人工暂养。2009年5月19日凌晨2:00~3:00雌鱼在暂养池内产出仔鱼, 用流水法收集仔鱼, 在集卵孔外放一带80目收集网箱的水槽, 仔鱼随水流集入网箱内, 然后带水移入水桶中进行布池。布池水温为15.4℃, 布池密度为 $0.5 \times 10^4 \sim 1 \times 10^4$ 尾/ $m^3$ 。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 培养方法

将所收集的黑鲷仔鱼置于圆形水泥池进行苗种培育。在4日龄以前静水培育, 以后每日换水10%~70%。开口饵料为经过小球藻强化的褶皱臂尾轮虫 *Brachionus plicatilis*, 孵化当天投喂密度为5 ind./ml, 20

日龄开始增投卤虫 *Artemia salina* 无节幼体,投喂密度为 1~2 ind./ml,投饵时间为 7:00、14:00 和 19:00,光照时间自 7:00 到 19:00,光照强度为 200~800lx,育苗水体中小球藻 *Chlorella* sp. 的密度为  $50 \times 10^4 \sim 100 \times 10^4$  cell/ml,培育用水为经沉淀、砂滤的自然海水。

饥饿实验(万瑞景等 2004):仔鱼产出后开口摄食前,将一部分仔鱼转移到 20L 的玻璃钢槽中进行饥饿试验,饥饿期间不予投饵直至仔鱼全部死亡。培育用水为砂滤海水经脱脂棉过滤 1 次,每天 8:00 检查个体死亡状况并换水 1/2。

苗种培育和饥饿试验期间,采用连续微量充气,培养水温 15.4~22.0 °C,海水盐度 30~32,pH 7.6~8.2,  $DO \geq 5$  mg/L。

### 1.2.2 生长特性的数据收集

自仔鱼产出后每天从育苗池及饥饿实验组中各取 30 尾,用游标卡尺(0.02mm)测量全长;测量体重时将鱼苗置于载玻片上,用滤纸吸去表面肉眼可见水分后,用感量为 0.05mg 的分析天平进行称量,同时测定育苗池水温。

### 1.2.3 摄食特性测定

#### 1.2.3.1 初次摄食率

仔鱼的初次摄食率通过摄食试验确定(庄志猛等 2005)。从仔鱼孵化当天(0 日龄),每天上午 8:00 从饥饿试验组中随机取样 20 尾以上的仔鱼移入 1 000 ml 烧杯,投喂经过小球藻强化的褶皱臂尾轮虫(约 10 ind./ml),保持正常水温,1.5 h 后将仔鱼逐尾取出,在 BM xsp-40c 双筒实体显微镜下观察摄食情况。仔鱼消化道内含有轮虫的个体即为摄食个体。摄食个体的尾数与每次观察的总个体数之比为仔鱼的初次摄食率。

#### 1.2.3.2 不可逆转点(PNR)的确定

不可逆转点(Point of no return, PNR)是初次摄食期仔鱼耐受饥饿的时间临界点。仔鱼饥饿至该点时,尽管还能继续存活一段时间,但已经虚弱的不能再恢复摄食能力,所以不可逆转点也称为不可逆转饥饿(Irreversible starvation)或生态死亡(Ecological death)点(Blaxter *et al.* 1963)。不可逆转点的确定方法(万瑞景等 2004;殷名称 1995):每天测定饥饿试验组仔鱼的初次摄食率,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一半,即 50% 的仔鱼已虚弱得不能再恢复摄食能力时,即为不可逆转点的时间。不可逆转点以孵化后天数(日龄)表示。

#### 1.2.3.3 昼夜摄食节律

跟踪不同发育阶段的黑鲷,取样 1、5、12、19、24 和 30 日龄仔稚鱼,在育苗池中每 24 h 内,每隔 4h 取样 1 次,每次取样 10 尾,3 个重复,共 30 尾,置于解剖镜下检查摄食情况,并解剖消化道,对饵料生物进行计数,食物团重量按各类饵料生物平均个体大小折算而得。将轮虫和卤虫的湿重按平均个体大小分别为 3 和 11  $\mu$ g。

摄食率:摄食个体占检查个体总数的百分比。平均摄食强度:实验鱼在同一时间点所摄食量的平均值。

## 2 实验结果

### 2.1 生长特性

黑鲷仔稚鱼在早期发育阶段和饥饿期的生长及育苗池水温的变化情况见图 1 和图 2。

在水温 15.4~22.0 °C、盐度 30~32 的培养条件下,依照  $TL = aD^3 + bD^2 + cD + d$  方程式,仔鱼个体的全长与日龄进行回归,得到其生长模型为:

$$TL \text{ (mm)} = 0.009 6D^2 - 0.041 5 D + 6.750 3 (R^2 = 0.987 7)$$

式中,  $TL$  为全长,  $D$  为日龄(图 1)。

在 18~20 日龄之前,黑鲷仔鱼生长速度较慢,之后生长速度明显加快,此时为黑鲷生长的一个转折点,其摄食加剧,大量摄食轮虫,部分开始摄食卤虫。饥饿实验中,由于初产仔鱼腹部有残存的卵黄囊,故仍能缓慢生长,当卵黄囊吸收殆尽后,饥饿仔鱼由于没有外界营养供应生长,从而出现负生长(图 2),至 5 日龄时饥饿仔鱼全部死亡。

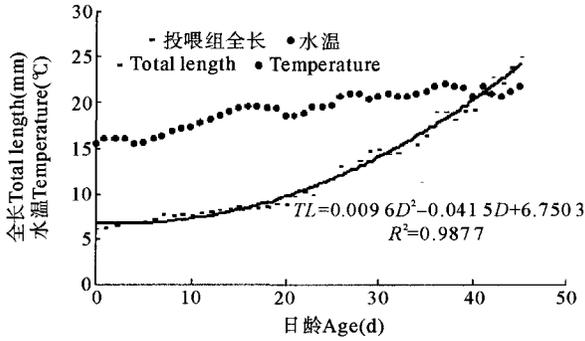


图 1 黑鲟仔稚鱼的生长及育苗池水温的变化

Fig. 1 Growth of larval *S. schlegelii* in total length and variation of water temperature in the nursery tank



图 2 不同日龄饥饿仔鱼的生长

Fig. 2 Growth in total length of the unfed larval *S. schlegelii*

## 2.2 摄食特性

### 2.2.1 初次摄食率及不可逆转点(PNR)

饥饿实验中,在水温 15.4~16.0℃、盐度 30~32 的条件下,对 0~4 日龄的仔鱼分别进行首次投喂。仔鱼初次摄食率有如下变化特点:0 日龄比较低,仅为 25%;1 日龄明显上升,并出现高峰值,达到 95%;随后初次摄食率逐渐下降;3 日龄,初次摄食率降至 45%,仔鱼进入不可逆转点。仔鱼耐受饥饿的时间临界点发生在 3 日龄。5 日龄,仔鱼基本上全部死亡。因此,仔鱼的不可逆转饥饿期的时间仅为 2 d(表 1 和图 3)。

表 1 黑鲟仔鱼初次摄食率

Table 1 Initial feeding rates of *S. schlegelii* larvae

日龄 Days	试验观察尾数 Observation number (ind.)	摄食尾数 Feeding number (ind.)	未摄食尾数 Non-feeding number (ind.)	初次摄食率 Initial feeding rates (%)
0	20	5	15	25
1	20	19	1	95
2	20	15	5	75
3	20	9	11	45

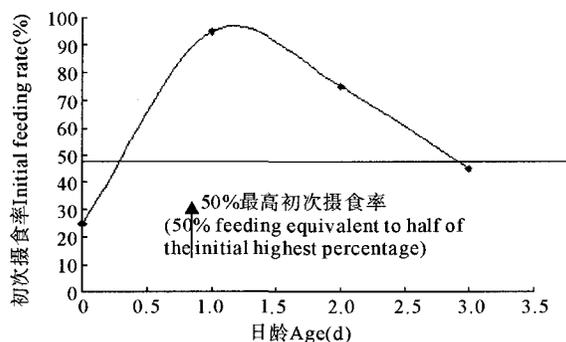


图 3 黑鲟饥饿仔鱼的初次摄食率

Fig. 3 Variation of initial feeding rate during different periods of starvation of *S. schlegelii* larvae

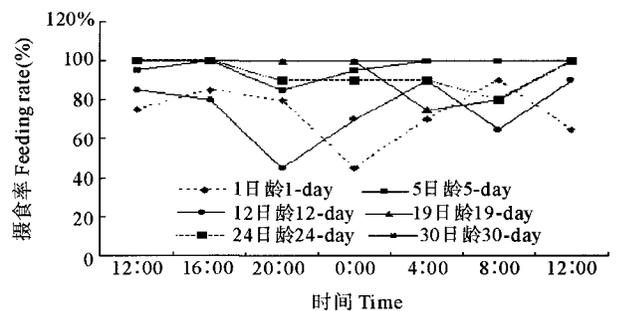


图 4 黑鲟不同发育时期昼夜不同时段摄食率

Fig. 4 Feeding rate of different development stage of *S. schlegelii* at different time during day and night

### 2.2.2 昼夜摄食节律

以不同发育时期仔稚鱼的摄食率和摄食强度来描述黑鲟摄食节律的变化。对 1~30 日龄仔稚鱼在 24h 内不同时间段的摄食率和摄食强度进行观察,结果见图 4 和图 5~图 10。

1 日龄仔鱼一昼夜出现两个摄食高峰,摄食强度最高出现在 8:00,相对应摄食率高峰也出现在 8:00 左

右,另一个摄食峰为 16:00(图 4 和图 5)。

5 日龄仔鱼摄食强度最高峰出现在 16:00,另有两个摄食峰分别出现在 4:00 和 12:00,相应的摄食率高峰出现在 4:00~12:00 和 16:00,其摄食率均为 100%(图 4 和图 6)。

12 日龄仔鱼摄食强度自 4:00 开始增高,至 12:00 达到摄食最高峰,相应的摄食率高峰也出现在 12:00。另一摄食峰出现在 20:00(图 4 和图 7)。

19 日龄仔鱼摄食高峰期出现在 12:00~0:00,之后摄食强度明显下降,延续至次日 8:00 后,摄食强度开始增高。摄食率与摄食强度呈现同样规律(图 4 和图 8)。

24 日龄稚鱼只有在 12:00 出现了摄食高峰,之后摄食强度明显下降,至次日 4:00 摄食强度开始增高。摄食率高峰期出现在 12:00~16:00,之后摄食率有所下降,至次日 8:00 摄食率开始增加,12:00 摄食率达到 100%(图 4 和图 9)。

30 日龄稚鱼摄食高峰出现在 16:00,之后摄食强度明显下降,延续到次日 8:00,摄食强度有所增加,至 12:00 达到另一摄食峰,且 16:00 摄食峰明显高于 12:00 摄食峰。其在 24h 内的摄食率没有变化,均为 100%(图 4 和图 10)。

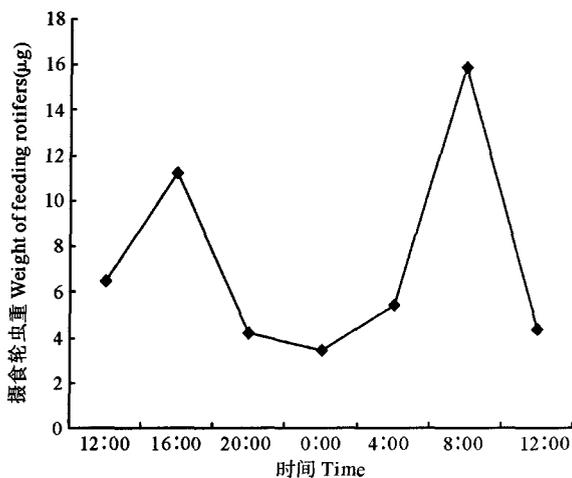


图 5 黑鲷 1 日龄仔鱼的昼夜不同时段摄食强度

Fig. 5 Feeding intensity of 1-day-old larval *S. schlegelii* at different time during day and night

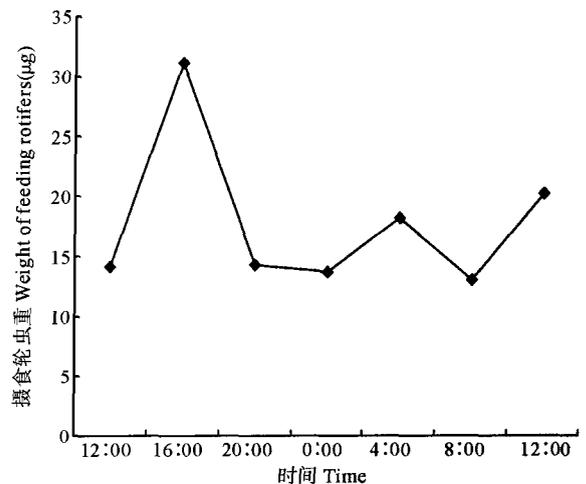


图 6 黑鲷 5 日龄仔鱼的昼夜不同时段摄食强度

Fig. 6 Feeding intensity of 5-day-old larval *S. schlegelii* at different time during day and night

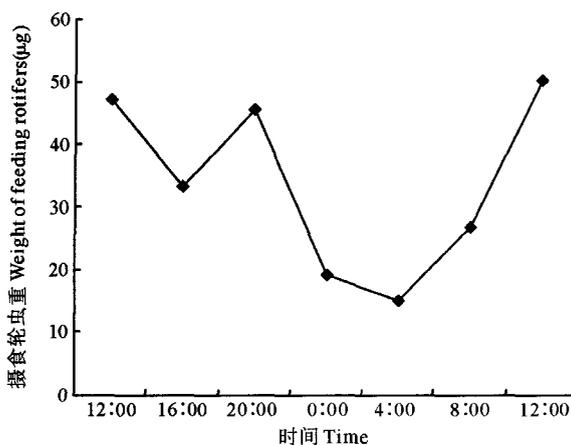


图 7 黑鲷 12 日龄仔鱼的昼夜不同时段摄食强度

Fig. 7 Feeding intensity of 12-day-old larval *S. schlegelii* at different time during day and night

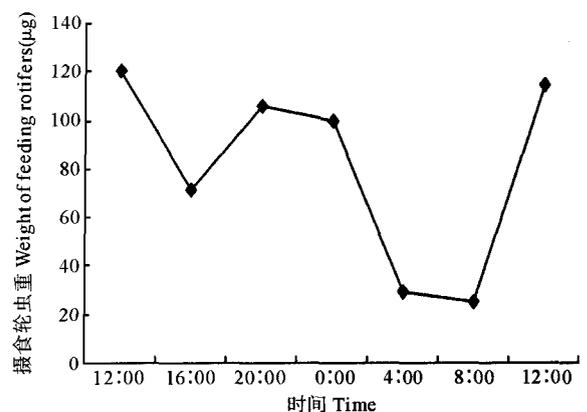


图 8 黑鲷 19 日龄仔鱼的昼夜不同时段摄食强度

Fig. 8 Feeding intensity of 19-day-old larval *S. schlegelii* at different time during day and night

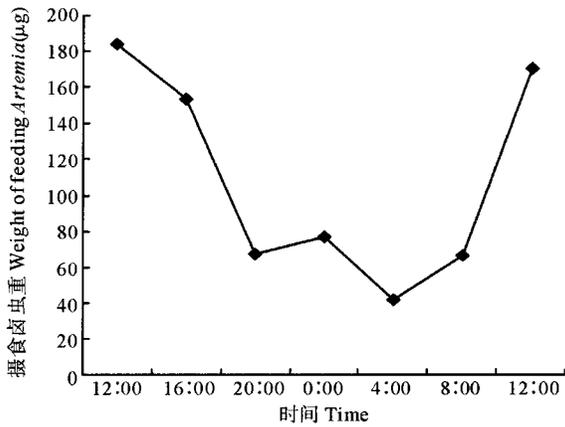


图 9 黑鲷 24 日龄稚鱼的昼夜不同时段摄食强度

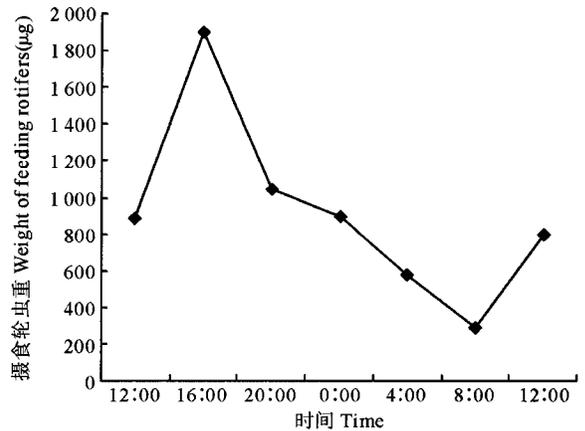
Fig. 9 Feeding intensity of 24-day postlarval *S. schlegelii* at different time during day and night

图 10 黑鲷 30 日龄稚鱼的昼夜不同时段摄食强度

Fig. 10 Feeding intensity of 30-day postlarval *S. schlegelii* at different time during day and night

### 3 讨论

#### 3.1 黑鲷的早期生长

在人工养殖条件下,海水鱼类仔、稚、幼鱼个体间差异明显,黑鲷亦是如此。10 日龄仔鱼,最大个体全长为 8.24 mm,最小个体全长为 6.94 mm;25 日龄时,最大个体与最小个体在生长方面有明显的差别。这种差异出现的原因,部分是由于其先天遗传因素的控制,部分是由于培育环境因素,如温度、盐度、饵料和水质管理等,具体影响有待进一步研究。18~20 日龄是黑鲷仔鱼生长的一个转折点,此时仔鱼的生长速度由前期的极为缓慢状态开始明显加快,生长速度的加快导致了个体大小差异的显著增加。这种差别使得在其生长转折点时对黑鲷的投喂要兼顾不同发育阶段的摄食习性,满足不同个体生长发育的需要。饥饿实验中的初产仔鱼腹部残存卵黄囊,主要靠内源性营养供生长发育,待卵黄囊完全消耗以后,由于没有外源性营养,只能消耗本身组织以满足基础代谢耗能,随着鱼体消瘦和器官萎缩,则出现了负生长(殷名称 1991)。

不少鱼类仔、稚、幼鱼阶段,个体大小悬殊常会造成残食,如红鳍东方鲀(雷霖霖 1997)、暗纹东方鲀(华元渝等 1998)、大口鲶(邹桂伟等 2001)和日本鳗鲡(三好 藤 1979)等都有较明显的残食现象,这种残食会对鱼苗成活率产生非常不利的影响。对于黑鲷,在育苗过程中发现其随着发育进程个体差异日益明显,35 日龄时(16.42±2.14mm)观察到残食现象,而个体差异的显著增加也加剧了残食现象的发生,往往是大小鱼同时死亡,这也是导致鱼苗死亡率高的原因之一。因此,在黑鲷育苗过程中要及时分苗,避免产生因个体大小差异而发生互残现象,从而提高育苗成活率,培育出规格整齐的苗种。

#### 3.2 黑鲷仔鱼的初次摄食及 PNR

海洋鱼类的仔鱼一般均以吞食浮游生物为主。研究认为,黑鲷仔鱼产出 3~4h 后即可开口摄食,开口率达 60%~75%,可直接摄食卤虫的初孵无节幼体和轮虫(雷霖霖等 2005)。而据笔者观察,在水温 15.4~22.0℃ 的培养条件下,仔鱼产出后当天只有少部分开口摄食,开口率仅为 25%,大部分仔鱼产出 1d 后方开口摄食轮虫。这可能是由于初产仔鱼腹部有残存的卵黄囊,此时仔鱼的生长发育主要靠内源性营养供应,卵黄囊吸收殆尽后,仔鱼方进入摄食期,搜索并摄取饵料,建立外源性营养关系。

仔鱼进入 PNR 期,标志着仔鱼摄食能力的丧失(邱丽华等 1999)。黑鲷仔鱼在水温 15.4~22.0℃ 的培养条件下,自开口摄食到 PNR 期仅为 4~5d,这是较短的,从而反映出仔鱼在初次摄食阶段饵料的影响是非常重要的。进入 PNR 期的仔鱼头大身小,口张动,但不能摄食,腹部发白,伏在水槽底部很少游动。

### 3.3 黑鲮早期的摄食节律

摄食节律是摄食行为学研究的重要内容之一,很多鱼类的摄食活动表现出特定的规律,这是对其生活环境的一种主动适应,一般分为白天摄食、晚上摄食、晨昏摄食以及无明显节律4种类型(Helfman 1986)。自然条件下,许多鱼类的仔、稚和幼鱼都表现出明显的昼夜节律。如大泷六线鱼(邱丽华等 1999)摄食高峰期在14:00~20:00,14:00时的峰值明显高于20:00;瓦氏黄颡鱼(甘炼等 2007)早期发育阶段的摄食节律属于晨昏摄食型;牙鲆(林利民等 2006)早期发育阶段的摄食节律属于晨昏摄食高峰并以白天摄食为主。

本实验中,黑鲮前期仔鱼的摄食节律属于晨昏摄食高峰,后期仔鱼的摄食高峰期一般出现在中午,稚鱼期摄食高峰出现在12:00~16:00,且16:00的峰值明显高于12:00。可见,黑鲮仔稚鱼的摄食高峰期都是出现在白天,但夜间仔稚鱼的摄食活动并不停止。因此,黑鲮仔稚鱼的摄食节律应该属于全天摄食,这与同属鲈形目的大泷六线鱼(邱丽华等 1999)不同。研究发现,革胡子鲶 *Clarias lazera* 幼鱼(汪留全等 1990)在一昼夜均有摄食活动,与黑鲮不同的是,革胡子鲶夜间摄食活动明显比白天强烈;裸项栉鰕虎鱼仔鱼(李建军等 2008)的摄食节律也属于全天摄食型,且光照对其摄食影响显著,裸项栉鰕虎鱼仔鱼在白天各时段摄食活跃,在夜间摄食不活跃,这与黑鲮仔稚鱼摄食节律相一致。

研究表明,鱼类摄食日节律与鱼类摄食时所用感官、环境条件的昼夜变化等有关。以视觉为主的鱼类白昼摄食强度大于晚上,以用嗅觉和触觉为主的则往往相反(何旭方等 1998)。如遮目鱼 *Chanos chanos* (Kawamura *et al.* 1980)仔鱼仅在光亮环境中摄食,鲮鱼(何大仁等 1983)幼鱼在100 lx照度下摄食强度最大。此类鱼的摄食活动均依赖于一定的照度水平,说明视觉在其摄食活动中是必不可少的,但也不能否定其他感觉器官在摄食中的辅助作用。对于一些晨昏或夜间摄食的鱼类,视觉在摄食活动中作用不大,主要是靠其他的感觉器官摄食。还有些鱼类利用特化的夜视觉进行捕食,普洛塔索夫研究发现黑海凶猛鱼类(三须鲱、鲈和黑海石首鱼等)的捕食行为,当照度为0.1~0.01 lx时他们便活跃起来,这类鱼其视网膜具有很大的汇聚性,光敏感性极高,因而在非常低的照度下也能发挥作用(梁旭方等 1998)。这与本研究中黑鲮的摄食习性相一致,说明视觉在黑鲮摄食活动中起了主导作用,但其他感觉器官在摄食中是否起作用,有待于从形态学、组织学等方面进一步研究。

另一方面,鱼类的摄食活动与饵料生物的活动有密切关系,如研究发现金眼鲈 *Roccus chrysoops* (Mcnaught *et al.* 1961)的摄食高峰和其所捕食的浮游动物晨昏时在海面的活动时间相一致,这也说明不同生态习性饵料生物的转换对鱼类的摄食节律可能会产生影响。在室内水泥池人工养殖条件下,黑鲮仔稚鱼主要摄食轮虫及卤虫无节幼体,这些饵料生物都有趋光性,这与仔稚鱼白天摄食活动明显比夜间强烈的特点一致。

黑鲮在育苗期的合理投喂时间的确定,应根据不同发育阶段摄食节律的变化来确定。所以在仔稚鱼培育阶段,24 h应保持适宜的饵料密度,在白天保持有足够饵料密度的轮虫和卤虫无节幼体,在晚上则应适量的减少投喂量,以免造成饵料的不必要浪费和水质污染。

致谢 山东烟台泰华海珍品有限公司为本项研究提供了试验材料和便利条件,特此致谢。

### 参 考 文 献

- 万瑞景,李显森,庄志猛,蒙子宁. 2004. 鲮鱼仔鱼饥饿实验及不可逆点的确定. 水产学报,28(1):79~83
- 万瑞景,陈瑞盛. 1988. 黑鲮的生殖习性及早幼形态. 海洋水产研究,9:213~220
- 王作锐,沈宗武,王传禄,王春在. 2001. 黑鲮池塘人工育苗的研究. 齐鲁渔业,18(1):34~36
- 冯东岳,刘云,唐学玺. 2004. 许氏平鲈的网箱养殖试验. 齐鲁渔业,21(6):11~15
- 冯东岳,段钰,孙恺君,张美昭. 1995. 黑鲮人工育苗的实验研究. 海洋湖沼通报,4:47~51
- 甘炼,马旭州,张文博. 2007. 池养条件下瓦氏黄颡鱼仔稚鱼摄食节律和日摄食率研究. 淡水渔业,37(6):69~71
- 孙耀,张波,唐启升. 2001. 摄食水平和饵料种类对黑鲮能量收支的影响. 海洋水产研究,22(2):32~37
- 刘蝉馨. 1988. 黑鲮的人工育苗. 水产科学,7(1):22~24
- 华元渝,陈亚芬,钱林峰. 1998. 暗纹东方鲈苗种同类相残的研究. 水生生物学报,22(2):195~197

- 孙耀,张波,郭学武,王俊,唐启升.1999.体重对黑鲷能量收支的影响.海洋水产研究,20(2):65~70
- 庄志猛,万瑞景,陈省平,刘新富.2005.半滑舌鳎仔鱼的摄食与生长.动物学报,51(6):1 023~1 033
- 毕庶万,褚永红,于炳礼,于光溥,孙长祥,于波,乔莉丽.1995.利用海带育苗池培育黑鲷苗及苗种的疾病防治.水产科技情报,3:102~106
- 衣吉龙,常忠岳.2003.虾池养殖黑鲷技术.齐鲁渔业,20(4):16
- 何大仁,罗会明,郑美丽.1983.不同照度下鲷鱼幼鱼摄食强度及其动力学.见:鱼类学论文集(第三辑),21~27
- 吴立新,王岩,秦克静.1994.许氏平鲈人工育苗的初步试验.水产科学,13(4):7~9
- 张付国,郭建军,侯明泉,冯东岳.1996.黑鲷工厂化育苗技术研究.齐鲁渔业,13(4):12~14
- 张波,唐启升.2002.密度对黑鲷生长及能量分配模式的影响.海洋水产研究,23(2):33~37
- 李建军,杨笑波,魏社林,黄韧.2008.裸项栉眼虎鱼仔鱼日摄食量及摄食节律研究.海洋环境科学,27(4):352~354
- 汪留全,程云生.1990.池养条件下革胡子鲶仔鱼摄食习性与生长的初步研究.水产学报,14(2):105~113
- 邱丽华,姜志强,秦克静.1999.大泷六线鱼仔鱼摄食与生长的研究.中国水产科学,6(3):1~4
- 邹桂伟,罗相忠,潘光碧.2001.大口鲈苗种同类相残的研究.中国水产科学,8(2):5~8
- 陈大刚,叶振江,段钰,冯东岳.1994.许氏平鲈繁殖群体的生物学及其苗种培育的初步研究.海洋学报,3:94~101
- 林利民,李益云,万瑞景.2006.牙鲆早期发育阶段的摄食节律.淡水渔业,30(30):329~334
- 姜海滨,陈静,赵中华,宋爱勤,于青,张树令.1998.黑鲷控光育苗技术研究.齐鲁渔业,5:25~27
- 殷名称.1991.北海鲱卵黄囊期仔鱼的摄食能力和生长.海洋与湖沼,22(6):554~559
- 殷名称.1995.鱼类生态学.北京:中国农业出版社,132~151
- 梁旭方,何大仁.1998.鱼类摄食行为的感觉基础.水产生物学报,22(3):278~283
- 雷霖霖.1997.我国海水鱼类养殖发展历史现状与展望.海洋信息,9:11~15
- 雷霖霖.2005.海水鱼类养殖理论与技术.北京:中国农业出版社,87~102,710~730
- 三好藤.1979.鳗苗黑仔(苗)放养密度对损失率和生产的影响.水产养殖(日),26(3):46~101
- 岩本明雄.1982.ケロソイの种苗量产.栽培技研,11(1):35~44
- 清水健.1991.ケロソイの种苗生产.水产の研究,10(1):101~107
- Blaxter, J. H. S., and Hempel, G. 1963. The influence of egg size on herring larvae *Clupea harengus* L. J. Cons. Perm. Int. Explor. Met. 28: 211~240
- Helfman, G. S. 1986. Fish behaviour by day, night and twilight. In: Tong J. Pitcher ed. The Behaviour of Teleost fishes, The Johns Hopkins University Press, Baltimore Maryland,366~387
- Kawamura, G., and Hara, S. 1980. On the visual feeding of milkfish larvae and juvenile in captivity. Bull. Japan Soc. Fish. 46: 1 297~1 300
- Mcnaught, D. C., and Hasier, A. D. 1961. Surfers schooling and feeding behaviour in the white bass, *Roccus chrysops* (Rafinesque). In Lake Mendota Limnos, Oceanogr. 6(1): 53~60