

# 半滑舌鳎(*Cynoglossus semilaevis*) 早期发育阶段的摄食特性及生长研究\*

马爱军 柳学周 徐永江<sup>一</sup> 梁 友<sup>一</sup> 庄志猛 翟介明<sup>二</sup> 李 波<sup>三</sup>

(中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071;

农业部水生动物遗传育种和养殖生物学重点开放实验室 无锡 214081)

<sup>一</sup>(中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071)

<sup>二</sup>(中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071; 中国海洋大学 青岛 266003)

<sup>三</sup>(莱州明波水产有限公司 莱州 261416)

**提要** 采用实验生态学方法,研究半滑舌鳎早期发育阶段的摄食特性及生长特性。结果表明,半滑舌鳎初孵仔鱼在 23℃ 水温条件下,2—3 日龄开口摄食,开口后投喂轮虫。孵化后 12 日龄,全长达到 8—9mm 左右,可摄食卤虫无节幼体。随着仔稚鱼的发育及摄食强度的增强,表现出越来越明显的摄食节律。6 日龄仔鱼在 24h 内均有不同程度的摄食,相对来说 9:00、12:00、15:00、18:00 为其摄食率的高峰。16 日龄稚鱼的摄食节律已出现较明显趋势,9:00、15:00 为其摄食率的高峰。26 日龄营底栖生活后稚鱼,由浮游生活方式变为底栖生活方式,摄食率的高峰出现在 18:00、24:00。半滑舌鳎的捕食能力随其生长逐渐增强,6 日龄仔鱼的平均摄食强度在摄食率高峰之后的 2—3h 内达到最高,出现在 12:00、18:00;16 日龄稚鱼在 10:00—17:00 期间平均摄食强度相对较大。26 日龄稚鱼,捕食能力明显增强,伴随着摄食率高峰的出现,平均摄食强度也分别在 18:00 和 24:00 达到高峰。随着生活方式的转变,半滑舌鳎摄食节律有着明显的变化:早期的浮游生活阶段,以白天摄食为主,摄食高峰出现在白天;营底栖生活阶段半滑舌鳎转为夜间摄食,摄食高峰出现在夜间。半滑舌鳎不同发育阶段的日平均摄食率分别为:6 日龄仔鱼 65%,16 日龄稚鱼 39.7%,26 日龄稚鱼 11%。随着仔稚鱼的发育,个体生长表现出越来越明显的差异。

**关键词** 半滑舌鳎, 早期发育阶段, 摄食节律, 生长

**中图分类号** S963

半滑舌鳎(*Cynoglossus semilaevis* G nter), 俗称牛舌头、鳎目、鳎米, 属鲽形目 Pleuronectiformes、舌鳎科 Cynoglossidae, 为温水性近海底层鱼类, 在我国沿海均有分布, 尤以渤海、黄海为多(姜言伟等, 1988a, b, 1993; 李四忠等, 1995; 万瑞景等, 2004)。我国在海水鱼类繁育方面, 相继开展了真鲷、红鳍东方鲀、鲈鱼和鲽形目鱼类的繁育研究(雷霖霖, 1997; 李明云等, 2003; 梁旭方等, 2003), 由于我国北方独特的工厂化养殖模式, 目前鲽形

目鱼类的养殖已成为北方海水养殖业的主导(雷霖霖, 2002)。在硬骨鱼纲鲽形目 Pleuronectiformes 中分 4 个科, 分别为鲆科 Bothidae、鲽科 Pleuronectidae、鳎科 Soleidae、舌鳎科 Cynoglossidae(李四忠等, 1995)。关于鲽形目的研究涉及的品种繁多, 包括牙鲆、大菱鲆、大西洋牙鲆、星鲽、石鲽等的研究(雷霖霖, 2002; 雷霖霖等, 2003; 陈四清等, 2002; 王波等, 2004)。要发展多品种的养殖格局, 鳎鱼是可供开发养殖的重要资源。我国的鳎

\* 国家 863 计划项目资助, 2002AA603011 号、2004AA603320 号; 农业部水生动物遗传育种和养殖生物学重点开放实验室资助, 2004—2007; 国家自然科学基金资助项目, 30271027 号。马爱军, 博士, 副研究员, E-mail: maaj@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2004-02-11, 收修改稿日期: 2004-07-16

科鱼类有 9 属 18 种, 而舌鲷科有 2 属 72 种, 可供开发的品种也很多。李四忠等(1995)在《中国动物志》中有关鲷形目鱼类的经济意义及增殖途径中阐述道:“褐牙鲷是近海养鱼的良好对象, 对于半滑舌鲷、黑鳃舌鲷、中华舌鲷、华鲷、黄盖鲷及高眼鲷等亦应开展类似研究。”这里提到的半滑舌鲷属大型种类, 品质为优, 且自然资源日渐衰竭, 极具开发价值。近几年我国对半滑舌鲷的研究得到了国家研究计划的支持, 2002—2003 年首次完成了半滑舌鲷的进行规模化的人工繁育技术的研究, 其中一个重要内容就是研究半滑舌鲷早期发育阶段的摄食生态学。半滑舌鲷的成体摄食习性非常特殊, 明显不同于已开发的品种牙鲷和大菱鲷主动跃起摄食的习性, 而是采用底匍摄食。这一特殊的摄食行为, 使得人工养殖条件下的饵料投喂非常困难, 这已成为制约半滑舌鲷推广养殖的瓶颈。目前关于舌鲷科鱼类的摄食基础理论非常少, 难以解决目前出现的困境, 因此, 对半滑舌鲷摄食行为的研究不仅有现实意义, 而且对其他鲷科鱼类的开发具有同样重要的意义。本文中报道了人工苗种培育条件下半滑舌鲷早期发育阶段的摄食特性, 以期对半滑舌鲷的繁育及养殖提供理论依据。

## 1 材料与方法

实验在山东莱州明波水产有限公司进行, 材料取自该公司繁育中心。半滑舌鲷(*Cynoglossus semilaevis*) 亲鱼来源于捕获的野生鱼, 经驯化培养为亲鱼, 经温度、光照等环境因子的控制, 自然产卵受精。将孵化的鱼苗进行室内培育, 培育池的规格为  $10\text{m}^3$ 。实验条件: 连续微充气培育, 培育密度:  $1 \times 10^4$  尾/ $\text{m}^3$ , 培育用水为经沉淀过滤的自然海水, 水温为  $(23.5 \pm 0.2)^\circ\text{C}$ , 盐度为 32,  $\text{pH}=8.0$ , 白天光照为 10—200lx, 夜间光照为  $< 1\text{lx}$ 。仔稚鱼的饵料系列为经营养强化的轮虫、卤虫无节幼体。轮虫的投喂时间为孵化后 3—20 日龄, 卤虫的投喂时间为孵化后 15—60 日龄。

半滑舌鲷仔、稚、幼鱼期的分期, 参照张孝威等(1965)对牙鲷和条鲷的分期方法。仔鱼期指初孵仔鱼到冠状幼鳍出现及背臀鳍条原基出现; 稚鱼期指背臀鳍条形成到眼睛移到右侧, 鳞片开始形成; 幼鱼期指鳞片完全形成, 基本具有成鱼的外形特征。

摄食特性研究: 跟踪不同发育阶段的半滑舌鲷, 取样 6 日龄、16 日龄、26 日龄仔稚鱼, 在 3 个

不同的池中同样的池中每日 24h 内每隔 3h 取样一次, 取同一日龄的仔稚鱼。每次每池取样 10 尾, 共 30 尾, 测体重、体长, 然后置于解剖镜下检查摄食情况及肠胃饱满度, 再解剖消化道, 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、卤虫的湿重按平均个体大小分别折算为  $3\mu\text{g}$ 、 $11\mu\text{g}$ 。

各指标的计算方法如下。

摄食率: 摄食个体数占总个体数的百分比。

平均摄食强度: 实验鱼在同一时间点所摄食量的平均值。

饱食量: 投喂 1h 后, 随机取样 10 尾, 其中最大摄食量。

日摄食量: 24h 所摄食的饵料量。采用消化道内饵料剂量方法测定:  $\text{日摄食量} = \text{饱食量} \times [1 \text{ 天内可能摄食时间} / (\text{饱食时间} + \text{消化时间})]$ 。

日摄食率: 是单位体重每日龄的摄食量, 由日摄食率可推测一定体重的鱼在一天内的饲料需要量。

饱食时间和消化时间实验在 1000ml 的烧杯中完成。投喂轮虫或卤虫通过解剖计算饱食和消化时间。

饱食时间: 为自空胃时投入一定量的饵料至鱼苗摄食达到胃饱满所需的时间, 其摄食的饵料量即为饱食量。

消化时间: 饱食个体在无饵料水体中至饵料消化排空所需时间。

## 2 实验结果

### 2.1 半滑舌鲷仔稚幼鱼摄食活动的观察

初孵半滑舌鲷仔鱼较活泼, 在水面作水平运动或悬浮于水面。初孵仔鱼清晰可见胃肠管。卵黄囊大, 油球数量在 30—40 个左右。1 日龄仔鱼肠道产生弯曲, 肛门已与外界相通, 但尚未开口, 卵黄囊仍较大, 油球数量在 20 个左右, 仔鱼活泼, 在不同水层水平浮游, 频繁改变游动方向, 巡游模式基本建立。2 日龄仔鱼, 出现冠状幼鳍, 肛门已开口于体外, 卵黄囊仍较大, 油球集中数量减少, 仔鱼仍未开口摄食。3 日龄仔鱼开口摄食, 卵黄囊、油球仍存在。肠道变粗, 仔鱼活动能力略有增强, 分布于水体中上层, 少部分水体底层。部分仔鱼已开始摄食, 逐渐建立外源性摄食关系。4—8 日龄仔鱼, 冠状幼鳍随发育加长, 仔鱼上下颌出现绒毛齿, 肠道盘曲复杂, 鳍膜出现皱褶, 鳔出现, 运

动及摄食能力增强,此时仔鱼以轮虫为主要食物,仔鱼在水体中上层作水平游动和上下垂直游动,解剖肠胃已可观察到有藻类碎片和轮虫碎片。大多数半滑舌鲷仔鱼的卵黄囊和油球消失是在8—10日龄以后,个别仔鱼在15日龄卵黄囊和油球仍存在,但这并不影响半滑舌鲷的摄食。12日龄的半滑舌鲷可摄食卤虫。半滑舌鲷1—15日龄仔鱼营浮游生活,白天分布于水体中上层,晚上在水体表层群聚。16—18日龄,冠状幼鳍由此时的最长开始缩短,背臀鳍条形成,鱼体变宽,摄食能力明显增加,进入变态期,以摄食卤虫为主,此时期由于发育的不均衡,鱼苗各水层均有鱼苗分布。26—30日龄,大部分半滑舌鲷冠状幼鳍已消失,眼睛已完全移到右侧,鳞片开始形成,进入底栖生活,已完全摄食卤虫。40—50日龄,鳞片

形成,有侧线3条,外部形态与成鱼相同,进入幼鱼期,完成变态的半滑舌鲷幼鱼全部营底栖生活,以卤虫和人工配合饲料为食,白天聚集于池边和池中间,晚上均匀分布于整个池底。

2.2 半滑舌鲷的摄食节律

以三个不同的发育时期——仔鱼、稚鱼和营底栖生活后稚鱼的摄食率和摄食强度来描述半滑舌鲷摄食节律的变化。仔鱼取样6日龄,稚鱼取样16日龄,营底栖生活后稚鱼取样26日龄。

6日龄仔鱼在24h内不同时间段的摄食率和摄食强度,见图1和图2。

6日龄仔鱼一昼夜出现两个摄食高峰,摄食强度最高峰出现在中午12:00,相对应摄食率高峰也出现在12:00左右。另一个摄食峰为18:00。

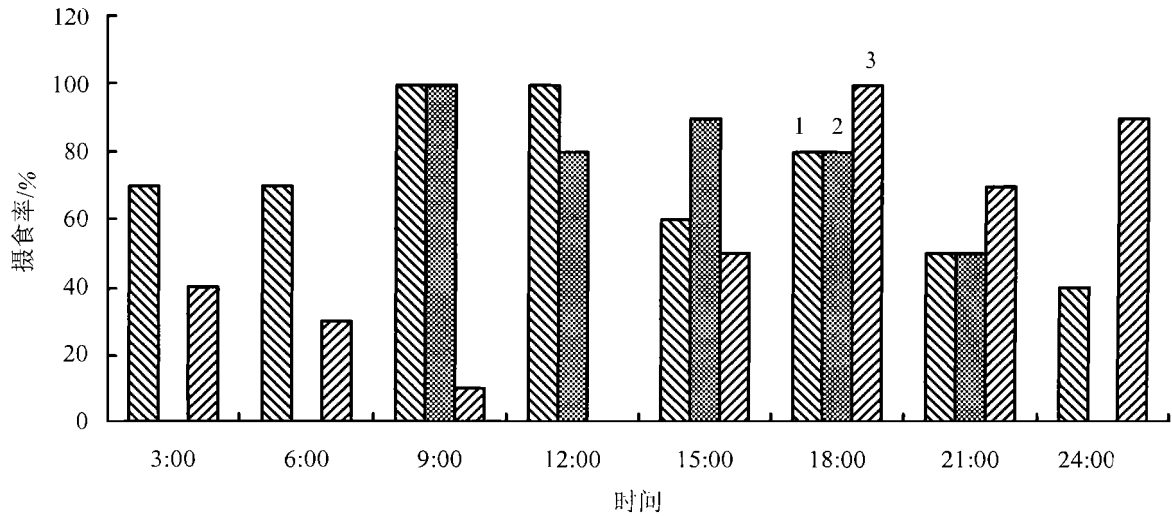


图1 半滑舌鲷不同发育时期昼夜不同时段摄食率

Fig 1 The feeding rate of different development stage of *C. semilaevis* at different time during day and night

1 表示 6 日龄仔鱼; 2 表示 16 日龄稚鱼; 3 表示 26 日龄营底栖生活后稚鱼

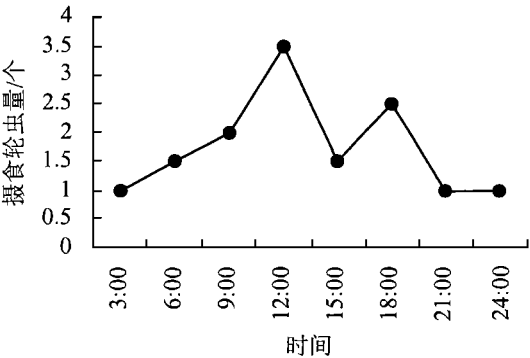


图2 半滑舌鲷6日龄仔鱼的昼夜不同时段摄食强度

Fig 2 The feeding intensity of 6 day old larva

*C. semilaevis* at different time during day and night

16日龄稚鱼摄食强度自上午9:00开始增高,最高峰出现在下午18:00,摄食率自上午9:00方有摄食,10:00—18:00为摄食高峰期,见图1和图3。

26日龄营底栖生活后稚鱼一昼夜出现两个摄食高峰,分别为18:00和24:00,相应的摄食强度也出现在这两个时段。延续至次日6:00后,摄食量明显下降;摄食率与摄食强度呈现同样规律,见图1和图4。

半滑舌鲷自受精卵起生活史有两个明显不同的阶段:浮游生活阶段和底栖生活阶段。随着仔稚鱼的生长,日摄食节律有明显变化,早期的浮游生活阶段以白天摄食为主,夜间摄食少。而营底

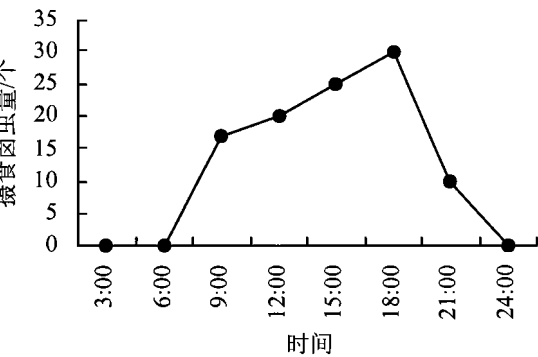


图3 半滑舌鳎16日龄稚鱼的昼夜不同时段摄食强度  
Fig.3 The feeding intensity of 16-day old post larva *C. semilaevis* at different time during day and night

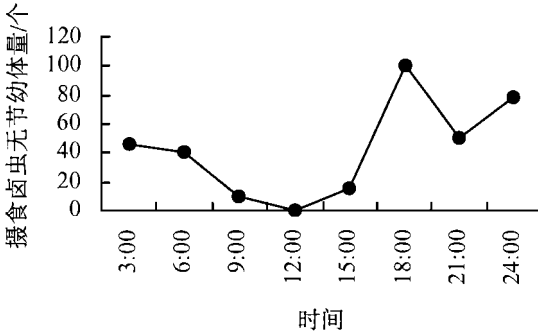


图4 半滑舌鳎26日龄营底栖生活后稚鱼的昼夜不同时段摄食强度  
Fig.4 The feeding intensity of 26-day old post larva after metamorphosis *C. semilaevis* at different time during day and night

栖生活后, 半滑舌鳎摄食节律出现明显的变化, 摄食高峰由午前推延至晚上, 整个夜间摄食, 白天几乎不摄食, 显示了半滑舌鳎在其生活史阶段独特的摄食节律。

2.3 半滑舌鳎仔稚鱼的饱食时间和消化时间

表1 显示了6日龄和16日龄、26日龄及38日龄的半滑舌鳎仔稚鱼的饱食时间和消化时间, 6

日龄仔鱼约经过 2h 可达到饱食, 16 日龄稚鱼约需 1h 30min 可达饱食, 26 日龄营底栖生活后稚鱼约需 1h 可达饱食, 38 日龄稚鱼约需 1h 达饱食。从表 1 中可知消化时间随着仔稚鱼的发育和摄食能力、摄食量的增加由 6 日龄的 1h 增加到 26 日龄的 4h 和 38 日龄的 3h。

2.4 半滑舌鳎仔稚鱼的相对最大饱食量

4 日龄仔鱼相对最大饱食量为 4 个轮虫, 6 日龄仔鱼饱食量迅速增加到 30 个轮虫, 16 日龄半滑舌鳎摄食卤虫无节幼体后摄食量又有较大的增加, 可摄食 40 个卤虫无节幼体。20 日龄稚鱼需摄食 123 个卤虫无节幼体才可达到饱食。在整个变态期间半滑舌鳎稚鱼摄食量相对较大, 营底栖生活后摄食量增加明显, 一次摄食卤虫无节幼体数可达到 340 个(表 2)。

2.5 半滑舌鳎的仔稚鱼的日摄食量及日摄食率

本研究中采用消化道内饵料计量法对半滑舌鳎仔稚鱼的日摄食率进行了测定和计算, 测定结果见表 3。由表 3 可知, 6 日龄、16 日龄、26 日龄和 38 日龄半滑舌鳎的日摄食率分别为 65%、39.7%、12%、11%。

2.6 半滑舌鳎的个体生长差异

6 日龄、16 日龄、26 日龄仔稚鱼分别取样 100 尾, 分别测量全长, 测量结果见表 4。6 日龄平均全长为( 6.40 ± 0.125) mm [ 范围( 6.1—6.8) mm ], 变异系数为 5.4%; 16 日龄平均全长为( 11.20 ± 1.582) mm [ 范围( 8.0—13.0) mm ], 变异系数为 7.9%; 26 日龄平均全长为( 17.37 ± 3.89) mm [ 范围( 11.0—25.0) mm ], 变异系数为 15.6%。随着生长发育, 半滑舌鳎仔稚鱼不同个体间的生长差异越来越明显。6 日龄仔鱼, 不同个体间生长差异最大个体为最小个体的1.13倍。发育到16日

表1 半滑舌鳎仔稚鱼的饱食时间和消化时间

Tab.1 Time for feeding from empty to full and time for digesting from full to empty in stomach spend by larval, juvenile and young *C. semilaevis*

| 日龄 | 平均全长<br>(mm) | 发育<br>阶段 | 饵料 | 水温<br>(℃) | 饱食时间   |         | 消化时间    |         |
|----|--------------|----------|----|-----------|--------|---------|---------|---------|
|    |              |          |    |           | 出现饱食个体 | 全部个体饱食  | 出现排空个体  | 全部个体排空  |
| 6  | 6.70±0.125   | 仔鱼       | 轮虫 | 23        | 1.5h   | 2h      | 45min   | 1h      |
| 16 | 11.50±0.582  | 稚鱼       | 卤虫 | 23        | 1h     | 1h30min | 1h30min | 2h30min |
| 26 | 14.37±2.890  | 稚鱼       | 卤虫 | 23        | 40min  | 1h      | 3h      | 4h      |
| 38 | 29.80±2.650  | 稚鱼       | 卤虫 | 23        | 30min  | 1h      | 2h      | 4h      |

表 2 半滑舌鳎不同日龄的相对最大饱食量  
Tab. 2 Amount of food in full stomach of larval, juvenile and young *C. semiliaevis*

| 日龄 | 平均全长(mm)    | 测定尾数 | 相对最大饱食量(个数)/次 |     | 重量(mg) |
|----|-------------|------|---------------|-----|--------|
|    |             |      | 轮虫            | 卤虫  |        |
| 4  | 5.70±0.115  | 10   | 4             |     | 0.012  |
| 6  | 6.40±0.125  | 10   | 30            |     | 0.090  |
| 8  | 6.48±0.223  | 10   | 35            |     | 0.105  |
| 11 | 7.20±0.325  | 10   | 40            |     | 0.120  |
| 13 | 8.80±1.325  | 10   | 57            |     | 0.171  |
| 16 | 11.20±1.582 | 10   |               | 40  | 0.440  |
| 20 | 11.50±2.320 | 10   |               | 123 | 1.353  |
| 26 | 17.37±3.890 | 10   |               | 150 | 1.650  |
| 29 | 19.70±3.582 | 10   |               | 190 | 2.090  |
| 38 | 29.80±3.650 | 10   |               | 340 | 3.740  |

表 3 半滑舌鳎日摄食量及日摄食率  
Tab. 3 The daily feeding amount and rate of *C. semiliaevis*

| 日龄 | 平均全长<br>(mm) | 平均体重<br>(mg) | 饵料<br>种类 | 平均饱<br>食量(mg) | 饱食时间<br>(h) | 消化时间<br>(h) | 日摄食<br>时间(h) | 日摄食量<br>(mg) | 日摄食率<br>(%) |
|----|--------------|--------------|----------|---------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
| 6  | 6.40±0.125   | 1.1±0.08     | 轮虫       | 0.090         | 2           | 1           | 24           | 0.72         | 65%         |
| 16 | 11.20±1.582  | 3.0±0.10     | 卤虫       | 0.265         | 1.5         | 2.5         | 18           | 1.19         | 39.7%       |
| 26 | 17.37±3.890  | 20.0±1.42    | 卤虫       | 0.750         | 1           | 4           | 18           | 2.40         | 12%         |
| 38 | 29.80±3.650  | 107±22.56    | 卤虫       | 3.270         | 1           | 4           | 18           | 11.76        | 11%         |

表 4 半滑舌鳎不同日龄不同全长的数量分布  
Tab. 4 The size frequency of different days and length of *C. semiliaevis*

| 日龄 | 全长分布      |    |        | 平均全长<br>(mm) |
|----|-----------|----|--------|--------------|
|    | 全长(mm)    | 尾数 | 百分率(%) |              |
| 6  | 6.1—6.2   | 13 | 13     | 6.18         |
|    | 6.2—6.6   | 79 | 79     | 6.57         |
|    | 6.6—6.8   | 6  | 6      | 6.72         |
| 16 | 8.0—9.5   | 11 | 11     | 9.20         |
|    | 9.5—10.5  | 23 | 23     | 10.20        |
|    | 10.5—12.0 | 60 | 60     | 11.80        |
|    | 12.0—13.0 | 6  | 6      | 12.70        |
| 26 | 11.0—15.0 | 10 | 10     | 12.2         |
|    | 15.0—17.0 | 23 | 23     | 15.8         |
|    | 17.0—19.0 | 31 | 31     | 17.21        |
|    | 19.0—21.0 | 26 | 26     | 19.5         |
|    | 21.0—25.0 | 10 | 10     | 21.8         |

龄不同个体间生长差异明显增加,全长变化范围为(8.0—13.0)mm,最大个体为最小个体的 1.625 倍。26 日龄最大个体为最小个体的 2.27 倍。

3 讨论

3.1 半滑舌鳎的摄食节律

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节律,这是对其生活环境的一种主动适应。Helfman(1986)将其分为白天摄食、晚上摄食、晨昏摄食以及无明显节律 4 种类型。对半滑舌鳎而言,可以将其早期生活史阶段明显分为两部分:浮游生活阶段和底栖生活阶段。

浮游生活阶段:仔鱼期半滑舌鳎摄食节律相对发育后期的半滑舌鳎不明显,24h 都有不同程度的摄食,但白天摄食强度和摄食节律明显高于晚上。上午 9:00 出现摄食率的高峰,相对应的摄食强度出现在中午。分析原因,是因为仔鱼个体

小, 摄食强度低, 消化时间短, 需要及时补充摄食。至稚鱼期由于其摄食强度的增大, 消化时间长, 其摄食节律较仔鱼期更加明显: 从 24: 00 至凌晨 6: 00, 摄食很少, 相应的摄食高峰出现在 9: 00 和 18: 00。在浮游阶段仍然保持浮游性鱼类白天摄食的摄食习惯, 两个摄食率的高峰分别出现在 9: 00 和 18: 00。

底栖生活阶段: 营底栖生活后的半滑舌鲷稚鱼由于摄食强度的增加, 摄食节律非常明显。两个摄食高峰出现在 18: 00 和 24: 00, 转为夜间摄食。

在硬骨鱼纲、鲈形目 *Pleuronectiformes* 中分 4 个科, 分别为鲆科 *Bothidae*、鲽科 *Pleuronectidae*、鲷科 *Soleidae*、舌鲷科 *Cynoglossidae*。半滑舌鲷属舌鲷科, 舌鲷科的摄食节律与鲈形目其他科鱼类不同, 例如冬鲽(*Pseudopleuronectes americanus*) 白天活跃, 夜间静伏不动, 仅在白天捕食, 而且捕食时用眼睛注视猎物, 因此认为冬鲽依靠视觉捕食; 此外, 冬鲽还靠化学感觉摄食, 也可被氨基酸所吸引并表现挖掘和攻击行为, 说明在其摄食过程中, 可利用化学感觉摄食(梁旭方等, 1998)。大菱鲆(*Scophthalmus maximus*) 白天摄食, 利用视觉捕食(Holmes *et al.*, 1986)。Mackie 等(1978) 发现食物的化学刺激也能诱导大菱鲆的捕食反应。褐牙鲆也在白天摄食, 主要靠视觉摄食(刘慧等, 1994), 其仔稚幼鱼每天出现 3 个摄食高峰, 分别是早 4: 00—6: 00、午 12: 00—14: 00 和晚 16: 00—18: 00。当光照强度达到 1lx 时仔鱼就开始摄食, 18—25lx 时摄食率最高, 强光对摄食有抑制作用。摄食开始后 1h 内, 摄食量最大, 以后逐渐减弱。夜间光照可延长其摄食时间。

鱼类摄食节律与其生态习性相适应。半滑舌鲷变态前仔稚鱼生活于水体上层和中层, 变态后营底栖生活, 随着生态习性的转变, 摄食节律也发生变化。变态前的半滑舌鲷摄食高峰出现在白天, 营底栖生活后的半滑舌鲷属夜间活动类型。半滑舌鲷这种摄食节律在外界环境条件如光照、温度等因子不变及饵料丰度不变的情况下发生, 应是内源性节律的变化。内源性摄食的变化是以生理机能的变化为基础的。对于以白昼摄食为主的鱼类, 情况相对简单一些, 其视觉在其捕食中均具有重要意义, Kawamura 等(1980) 等观察到遮目

鱼(*Chanos chanos*) 仔鱼仅在光亮环境中摄食。何大仁等(1983)<sup>1)</sup> 研究不同照度下鲷鱼幼鱼的摄食强度, 发现在 100lx 照度下摄食强度最大。此类鱼的摄食活动依赖于特定的照度水平, 说明视觉对在这些鱼的摄食作用中起主导作用, 但也不排斥其他感觉器官的辅助摄食作用。研究表明, 一些黎明摄食的鱼类在光线达到摄食水平以前很久视网膜运动就开始了, 包括色素分子的运动以及视杆肌样体的收缩和视锥肌样体的舒张, 这种变化并不直接受光照水平变化的影响, 而主要是依靠自身的内源性节律的调节(梁旭方等, 1998)。对于以晨昏、夜间或非常低照度下摄食的鱼类, 情况要复杂得多。不同的感觉器官在不同鱼类摄食中的作用也不同, Dempsey (1978) 研究食浮游动物的拟西鲱(*Alosa pseudoharengus*) 的摄食行为, 发现其摄食行为是由嗅觉决定的; Montgomery 等(1985) 等研究针鱼(*Hyporhamphus ihi*) 的摄食习性, 发现其摄食行为与其发达的侧线管系统有关; Bardach 等(1965) 研究红长鳍鲷(*Urophycis chuss*) 的摄食行为, 发现红长鳍鲷一般先用其延长的胸鳍接触食物, 再用触须识别, 说明味觉和触觉在其摄食中起重要作用。还有些鱼类利用特化的夜视觉进行捕食, 普洛塔索夫(1978) 研究黑海凶猛鱼类(三须鲷、鱼由、黑海石首鱼等) 的捕食行为, 发现当照度为 0.1—0.01lx 时它们便开始活跃起来, 这类鱼其视网膜由于具有很大的会聚性, 光敏感性极高, 因而在非常低的照度下也能发挥作用。半滑舌鲷变态前, 仔鱼口前位, 摄食高峰出现在白天, 此时期摄食节律变化可能与视觉和触觉有关; 营底栖生活后, 口下位, 嗅小板数量多, 侧线系统(有 3 条侧线) 发达, 此时期的摄食节律的变化则可能主要依靠嗅觉和侧线系统, 究竟是哪一种生理功能的变化在其摄食节律变化过程起主要作用, 有待于进一步的研究。

半滑舌鲷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。这一点非常重要, 因为半滑舌鲷摄食节律的这种变化明显不同于已有成熟技术的其他繁养殖品种, 如真鲷、牙鲆等育苗前期和后期阶段摄食节律变化不甚明显。所以在仔鱼培育阶段, 24h 应保持适宜的饵料密度; 在稚鱼阶段, 应于 8: 00 至 20: 00 保持有足够饵料密度的轮虫和卤虫无节幼体; 营

1) 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. 鱼类学论文集(第三辑), 21—27

底栖生活后的半滑舌鲷稚鱼, 应于 15:00 至凌晨 3:00, 保持有足够的饵料密度的卤虫无节幼体和配合饵料, 其余时间可适量减少投喂, 以免造成饵料的不必要浪费和水质的污染。

### 3.2 半滑舌鲷的摄食量

半滑舌鲷仔稚鱼的摄食量与鱼体大小呈正相关关系。个体越大, 次摄食量越大。全长 5.7mm 的仔鱼次饱食摄食量为 4 个轮虫, 重 0.012mg; 全长 6.4mm 的仔鱼次摄食量有了较大的增加, 相对次饱食量摄食轮虫 30 个, 重 0.09mg。摄食卤虫后, 摄食量又有明显增加, 从 13 日龄的 0.170mg 增加到 16 日龄的 0.440mg。至 38 日龄后的 3.30mg。半滑舌鲷仔稚鱼的日摄食率与鱼体大小和重量呈负相关关系。鱼体越小日摄食率越高, 鱼体越大则日摄食率越低。半滑舌鲷 6 日龄仔鱼摄食量为 0.72mg 左右, 摄食率高达 65%。16 日龄稚鱼日摄食量为 1.19mg, 摄食率为 39.7%; 营底栖生活后 26 日龄稚鱼, 体重约 20mg, 日摄食量为 2.4mg, 摄食率为 12%。38 日龄稚鱼体重约 107mg, 日摄食量为 11.76mg, 摄食率为 11%。30 日龄以后, 卤虫无节幼体已不能完全满足半滑舌鲷的摄食及营养需求, 开始交替投喂人工配合饲料, 半滑舌鲷渐由摄食活饵料转变至摄食人工配合饲料。

### 3.3 半滑舌鲷的生长特性

在人工养殖条件下, 海水鱼类仔、稚、幼鱼个体间差异明显, 对半滑舌鲷尤其如此。5 日龄仔鱼, 最大个体全长为 6.9mm, 最小个体全长为 5.8mm; 20 日龄时, 最大个体与最小个体在生长方面有明显的差别, 这种差别使得在其变态期对半滑舌鲷的投喂应兼顾不同发育阶段的摄食习性, 不同的时段都有投喂, 满足不同个体生长发育的需要。这种个体差异的原因, 一方面是鱼体生长的自然差异, 另一方面可能是半滑舌鲷雌雄成体个体差异悬殊(姜言伟, 1988a, b)在幼体时的表现。不少鱼类稚、幼鱼阶段, 个体大小悬殊常会造成残食现象, 真鲷体长 10mm 开始就产生严重的残食, 其他一些鱼类如黄条、红鳍东方等都有较明显的残食现象(日本水产学会, 1979; 雷霖霖, 1997), 这种残食会对育苗成活率会产生严重不利的影响。但对于半滑舌鲷, 尽管在育苗过程中发现其随发育进程个体差异明显, 但并未观察到残食现象, 这可能与营底栖生活后的半滑舌鲷

口下位、以匍匐摄食的行为方式有关。

## 参 考 文 献

- 万瑞景, 姜言伟, 庄志猛, 2004. 半滑舌鲷早期形态及发育特征. 动物学报, 50(1): 91—102 [Wan R J, Jiang Y W, Zhuang Z M, 2004. Morphological and developmental characters at the early stage of the tonguefish *Cynoglossus semilaevis*. Acta Zoologica Sinica, 50(1): 91—102]
- 王波, 张朝晖, 张杰东等, 2004. 大西洋牙鲆繁殖生物学及繁育技术研究进展. 海洋水产研究, 25(1): 90—96 [Wang B, Zhang Z H, Zhang J D et al, 2004. Advance of study on reproduction biology and breeding technology of the summer flounder, *Paralichthys dentatus* Linnaeus. Marine Fisheries Research, 25(1): 90—96]
- 刘慧, 朱建新, 1994. 影响牙鲆幼鱼摄食的环境因素实验研究. 海洋科学, 6: 64—68 [Liu H, Zhu J X, 1994. Study on the environmental factors influencing the feeding rate of flounder (*Paralichthys olivaceus*). Marine Science, 6: 64—68]
- 李四忠, 王惠民编著, 1995. 中国动物志. 硬骨鱼纲、鲈形目. 见: 中国科学院中国动物志编辑委员会主编. 中国动物志. 北京: 科学出版社, 98
- 李祥云, 赵明忠, 钟爱华等, 2003. 山东日照和福建厦门沿海花鲈 (*Lateolabrax japonicus*) 遗传多样性的 RAPD 研究. 海洋与湖沼, 34(6): 619—624 [Li M Y, Zhao M Z, Zhong A H et al, 2003. Comparative Analysis of RAPD Genetic Variation Between Two Stocks of Seabass (*Lateolabrax japonicus*) From Shandong Rizhao and Fujian Xiamen Sea Areas. Oceanologia et Limnologia Sinica, 34(6): 619—624]
- 陈四清, 于东祥, 马爱军, 2002. 圆斑星鲈 *Verasper variegates* (Temminck et Schegel) 生物学特性研究. 现代渔业信息, 17(10): 25—27 [Chen S Q, Yu D X, Ma Ai J, 2002. A study on biological characteristics of spotted halibut, *Verasper variegates* (Temminck et Schegel). Modern Fisheries Information, 17(10): 25—27]
- 张孝威, 何桂芬, 沙学绅, 1965. 牙鲆和条鲷卵子及仔、稚鱼的形态观察. 海洋与湖沼, 7(2): 158—174 [Chang HsiaoWei, He G F, Sha X K, 1965. A description of the important morphological characters of the eggs and larvae of the two flat fishes, *Paralichthys olivaceus* (T. & S.) and *Zebrias zebra* (bloch). Oceanologia et Limnologia Sinica, 7(2): 158—174]
- 林浩然编著, 1999. 鱼类生理学. 广东高等教育出版社, 259—293
- 姜言伟, 万瑞景, 1988a. 渤海半滑舌鲷生殖习性及其产卵生态的研究. 海洋水产研究, 9: 151—171 [Jiang Y W, Wan R J, 1988a. Reproductive behaviour and spawn-

- ing ecology of *Cynoglossus semilaevis* G nter in Bohai Sea. Marine Fisheries Research, 9: 151—171]
- 姜言伟, 万瑞景, 1988b. 渤海半滑舌鲷早期形态及发育特征的研究. 海洋水产研究, 9: 185—192 [Jiang Y W, Wan R J, 1988b. Studies on morphology and characters in early life phases of *Cynoglossus semilaevis* G nter in the Bohai Sea. Marine Fisheries Research, 9: 185—192]
- 姜言伟, 万瑞景, 陈瑞盛等, 1993. 渤海半滑舌鲷人工育苗工艺技术的研究. 海洋水产研究, 14: 25—33 [Jiang Y W, Wan R J, Chen R S *et al*, 1993. Studies on technique of artificial rearing of *Cynoglossus semilaevis* G nter in Bohai Sea. Marine Fisheries Research, 14: 25—33]
- 梁旭方, 何大仁, 1998. 鱼类摄食行为的感觉基础. 水生生物学报, 22(3): 278—284 [Liang X F, He D R, 1998. Sensory basis in the feeding behaviour of fishes. Acta Hydrobiologica Sinica, 22(3): 278—284]
- 梁旭方, 白俊杰, 劳海华等, 2003. 真鲷(*Pagrus major*) 脂蛋白脂肪酶基因表达与内脏脂肪蓄积营养调控定量研究. 海洋与湖沼, 34(6): 625—631 [Liang X F, Bai J J, Lao H H *et al*, 2003. Nutritional Regulation of Lipoprotein Lipase Gene Expression and Visceral Fat Deposition in Red Sea Bream (*Pagrus major*). Oceanologia et Limnologia Sinica, 34(6): 625—631]
- 雷霖霖, 1997. 我国海产鱼类养殖发展历史现状与展望. 海洋信息, 9: 11—15 [Lei J L, 1997. The history, status, prospect of aquaculture of marine fishes in China. Marine Information, 9: 11—15]
- 雷霖霖, 2002. 关于当前我国北方沿海工厂化养鱼的一些问题和建议. 现代渔业信息, 17(4): 5—8 [Lei J L, 2002. Some problems and suggestion on industrialized fish farming along the north coast of our country. Modern Fisheries Information, 17(4): 5—8]
- 雷霖霖, 马爱军, 刘新富等, 2003. 大菱鲆(*Scophthalmus maximus* L.) 胚胎及仔稚幼鱼发育研究. 海洋与湖沼, 34(1): 9—19 [Lei J L, Ma Ai J, Liu X F *et al*, 2003. Study on the development of embryo, larval, juvenile of turbot *Scophthalmus maximus* L. Oceanologia et Limnologia Sinica, 34(1): 9—19]
- 日本水产学会编, 蔡完其, 李思发译, 1979. 稚鱼的摄食和发育. 上海: 上海科技出版社, 1—49
- 普洛塔索夫 B P 著, 1978, 何大仁, 俞文钊译, 1984. 鱼类的行为(第一版). 北京: 科学出版社, 62—65
- Bardach J E, Casw J, 1965. Sensory capabilities of the modified fins of squirrel hake (*Urophycis chuss*) and searobins (*Prionotus carolinus* and *P. evolans*). Copeia, 2: 194—206
- Dempsey C H, 1978. Chemical stimuli as a factor in feeding and intraspecific behaviour of herring larvae. J Mar Biol Ass U K, 58: 739—747
- Helman G S, 1986. Fish Behaviour by Day, Night and Twilight. In: Tong J Pitcher ed. The Behaviour of Teleostfishes. Baltimore Mary Land: The Johns Hopkin Univ Press, 366—387
- Holmes R A, Gibson R N, 1986. Visual cues determining prey selection by the turbot, *Scophthalmus maximus* L. J Fish Biol, 29(Suppl. A): 49—58
- Kawanuma G, Hara S, 1980. On the visual feeding of milkfish larvae and juvenile in captivity. Bull Japan Soc Fish, 46: 1297—1300
- Mackie A M, Adom J W, 1978. Identification of inosine and inosine 5-monophosphate as the gustatory feeding stimulants for the turbot, *Scophthalmus maximus*. Comp Biochem Physiol, 60: 79—83
- Montgomery J C, Saunders A J, 1985. Functional morphology of the piper *Hyporhamphus ihi* with reference to the role of the lateral line in feeding. Proc R Soc Lond, 224B: 197—208

# STUDY ON FEEDING BEHAVIOR AND GROWTH OF TONGUE SOLE *CYNOGLOSSUS SEMILIAE* VIS IN EARLY DEVELOPMENT STAGE

MA Ai-Jun, LIU Xue-Zhou<sup>\*</sup>, XU Yong-Jiang<sup>\*\*</sup>, LIANG You<sup>\*</sup>,

ZHUANG Zhi-Meng<sup>\*</sup>, ZHAI Jie-Ming<sup>\*\*\*</sup>, LI Bo<sup>\*\*</sup>

(Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao, 266071;

Key Open Laboratory for Genetic Breeding of Aquatic Animals and Aquaculture Biology of the Ministry of Agriculture, Wuxi, 214081)

<sup>\*</sup>(Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao, 266071)

<sup>\*\*</sup>(Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao, 266071;

Ocean University of China, Qingdao, 266003)

<sup>\*\*\*</sup>(Laizhou Mingbo Aquatic Products Co. Ltd., Laizhou, 261416)

**Abstract** Feeding habits and growth characteristics of tongue sole *Cynoglossus semilaevis* G nther in early development stage are studied, including feeding rhythm and feeding intensity. Results show that larva begin to eat rotifer about 2—3 days after hatching at water temperature 23 °C. After 12 days from hatching, the larvae grow up to 8—9mm in total length, and can be fed with artemia. With the development of larva, feeding intensity increased and feeding rhythm became obvious. The 6-day old larva's feeding intensity is the highest at 9:00, 12:00, 15:00 and 18:00. The tongue sole showed obvious feeding rhythm in post larva stage and before metamorphosis. Highest feeding intensity of post larva appears at 9:00 and 15:00. The post larva after taking benthonic style life have the highest feeding intensity at 18:00 and 24:00, with its life habit change from planktonic style to benthonic style. The catching ability of tongue fish also increases with the development. 6-day old larva get highest average feeding intensity at 12:00 and 18:00, which is 2—3 hours after the point of the highest feeding rate; while 16-day old post larva get the highest average feeding intensity at 10:00, 17:00, which is 1—2 hours after the point of the highest feeding rate. After living benthonic life, 26-day post larva's catching ability increases obviously. Following the appearance of the highest feeding rate, the feeding intensity reaches the highest point at 18:00 and 24:00. Tongue sole have different feeding rhythm between planktonic style life and benthonic style life. A conclusion can be made that the tongue sole's feeding activity was higher in daytime in planktonic stage, while its feeding activity was higher at night in benthonic stage. This variation of feeding rhythm is caused by intrinsic factor, i. e., the development of physiological function. Tongue fish, before metamorphosis, have frø-mouth and its feeding rhythm appear at daytime. The feeding habits may be determined by visual sensation and tactual sensation in this stage. After living benthonic style life, it has under-mouth, large number of olfactory plates and 3 laterlines. The feeding habits may be determined by taste sensation, and laterlines system in this stage. More experiments are planed to testify further.

Suitable food, feeding time and food density should be determined for tongue fish seedling according to tongue fish's different feeding habit at different development stage. The tongue sole's seed breeding tanks should be kept in suitable food density for 24h whole day during larva stage. And for post larva, the density of rotifer and artimea should be kept adequately from 8:00 to 20:00; for post larva after living benthonic style life, artimea and compound feed should be kept adequately from 15:00 to 3:00. During other time, the food density can be decreased in order to save food and keep water quality good.

The best feeding amount tested was 65%, 39.7% and 11% of the body weight of 6 day old larva, 16-day old post larva and 26-day old post larva respectively. The size differences among the tongue fish become obvious with its development. The seedlings of tongue fish don't bite each other, which probably because of their special benethic feeding habit and their under-mouth feature.

**Key words** Tongue sole *Cynoglossus semilaevis*, Early development stage, Feeding rhythm, Growth