

## 人工育苗条件下大黄鱼仔、稚、幼鱼的摄食与生长

于海瑞<sup>1</sup>, 麦康森<sup>1</sup>, 段青源<sup>1</sup>, 马洪明<sup>1</sup>, Chantal Cahu<sup>2</sup>,  
Jose Zambonino<sup>2</sup>, 刘付志国<sup>1</sup>, 谭北平<sup>1</sup>, 张文兵<sup>1</sup>, 徐 玮<sup>1</sup>

(1. 中国海洋大学 教育部海水养殖重点实验室, 山东 青岛 266003;  
2. Unité Mixte de Nutrition des Poissons IFREMER - INRA IFREMER Centre de  
Brest, B. P. 70, 29280 Plouzané, France)

**摘要:** 在人工育苗条件下, 对0到40日龄大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*, Richardson)仔、稚鱼及早期幼鱼的摄食习性与生长特性进行研究。水温(24±1)℃时, 孵化后0~5 d属于仔鱼期, 6~20 d为稚鱼期, 第21天起转为幼鱼期。大黄鱼仔鱼孵化3 d后开口摄食; 开口时平均口径为240 μm, 40日龄达2 480 μm; 口径的大小变化与日龄的关系是:  $y = 0.2327e^{0.0682x}$ ,  $R^2 = 0.9492$ 。试验用的生物饵料与实际生产一致, 包括轮虫、丰年虫无节幼体、活桡足类和冷藏桡足类。不同生长期的大黄鱼鱼苗的摄食活动具有明显的昼夜节律: 在1昼夜(24 h)中, 仔鱼仅在18:00左右出现1个摄食高峰, 而稚鱼和幼鱼除了在18:00左右出现1个显著的摄食高峰外, 在10:00左右还有1个相对小的摄食高峰。仔、稚、幼鱼夜间基本不摄食。大黄鱼鱼苗具有较高的摄食率和饱食率, 随着生长而迅速升高。仔、稚、幼鱼的生长速度具有明显的阶段性, 1~2日龄仔鱼生长较快, 5~9日龄生长减慢, 21~30日龄生长加快, 31~40日龄生长减慢。这与鱼苗的食物转换和饵料生物的营养变化有关: 5~9日龄生长减慢是由于鱼苗由混合营养转变为外源性营养所致; 31~40日龄生长减慢是因为冷藏桡足类的营养价值较低。鱼体全长与日龄的关系式为  $y = 3.2552e^{0.0472x}$ ,  $R^2 = 0.9710$ ; 体长与日龄的关系式为  $y = 3.3205e^{0.0374x}$ ,  $R^2 = 0.9777$ ; 体重与日龄的关系式为  $y = 0.0452e^{0.1235x}$ ,  $R^2 = 0.9690$ ; 体重与全长的关系为  $y = 0.1177x^2 - 0.2213x - 0.2651$ ,  $R^2 = 0.9911$ ; 体重与体长的关系为  $y = 0.3558x^2 - 2.175x + 3.8131$ ,  $R^2 = 0.9900$ 。口径与全长的关系为  $y = -0.0053x^2 + 0.2672x - 0.7854$ ,  $R^2 = 0.9897$ ; 口径与体长的关系为  $y = -0.008x^2 + 0.3747x - 1.1535$ ,  $R^2 = 0.9909$ 。

**关键词:** 大黄鱼; 仔鱼; 稚鱼; 幼鱼; 摄食习性; 生长特性

**中图分类号:** S965.322

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-8737-(2003)06-0495-07

大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*, Richardson)曾是我国海洋渔业重要的捕捞对象, 但近30年来由于过渡捕捞, 资源严重枯竭, 已到了濒临灭绝的地步。为满足市场对大黄鱼的需要, 从20世纪80年代起, 福建省闽东水产研究所及宁德地区水产技术推广站等单位就开始进行大黄鱼人工育苗的研究<sup>[1-4]</sup>。20世纪90年代, 工厂化人工繁育及育苗获得成功, 并进一步推广到浙江、江苏等沿海地区<sup>[5-7]</sup>。随着工

厂化人工育苗规模的不断扩大, 同其他海水鱼一样, 大黄鱼仔、稚鱼育苗赖以使用的生物饵料, 如轮虫、丰年虫和桡足类等由于成本昂贵、质量和产量不稳定及可能携带病原微生物等原因, 已经越来越不能满足育苗生产的需要。如, 在浙江象山湾的商业化大黄鱼育苗场, 育苗后期使用的桡足类因当地资源匮乏, 严重影响了大黄鱼鱼苗的质量和产量。因此, 研究开发适用于大黄鱼仔、稚鱼的营养平衡、成本适中, 而且效果可与优质生物活饵媲美的人工微颗粒饲料, 已成为目前迫切需要解决的课题。另外, 由于缺乏大黄鱼仔、稚、幼鱼摄食行为、营养与生长特性等方面的基础研究, 饵料选择和投饵方法等都存在盲目性, 育苗效果不佳。本试验通过研究人工育苗

收稿日期: 2003-04-24; 修订日期: 2003-09-10.

基金项目: 教育部重点科研项目(98057); 中法先进研究计划合作项目(PRA BT01-03).

作者简介: 于海瑞(1967-), 男, 硕士生, 主要从事鱼类营养研究.

通讯作者: 麦康森, Tel: 0532-8978083, E-mail: kmai@ouc.edu.cn

条件下大黄鱼仔、稚、幼鱼的口径变化、摄食习性和生长特征,为饵料选择、投喂策略及制定人工微颗粒饲料配方和加工技术等提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验鱼苗

**1.1.1 试验鱼苗繁育** 试验于2002年3~5月在浙江省象山县象山湾大黄鱼苗种繁育中心进行。育苗池为8.0 m×4.0 m×1.6 m长方体水泥池,池底设有排水管道,池内装有加热钢管。选用人工饲养的2龄大黄鱼作为亲鱼,经人工催产,受精卵在19℃水温下30 h左右孵出。育苗密度为:全长小于10.0 mm, (1.2~5.0)×10<sup>4</sup>尾/m<sup>3</sup>;全长10.0~15.0 mm, (0.6~0.8)×10<sup>4</sup>尾/m<sup>3</sup>;全长超过15.0 mm, (0.2~0.5)×10<sup>4</sup>尾/m<sup>3</sup>。育苗用水经室外蓄水池沉淀,二级砂滤池过滤,进育苗池前再经滤袋过滤。水温控制在23~25℃;盐度为26~32;pH值为7.8~8.5。换水量:5~20日龄每日换水10%~20%,21日龄起每日换水30%~50%。每日吸底1次,以清除池底残饵和死苗;及时清除水表面漂浮的污物。育苗室屋顶备有遮光黑塑料布以调节光照,光强控制在1 000 lx以下,避免阳光直射和夜晚灯光照射。光照持续时间与自然白昼保持一致。池内每2 m<sup>2</sup>左右放置1个充气石,开始弱充气,随鱼苗增长适当加大充气量。

**1.1.2 试验鱼投喂管理** 3~20日龄投喂经酵母(哈尔滨马利酵母有限公司提供)、海洋小球藻和营养强化剂50 DE(山东海洋水产研究所提供)二次培养12 h的轮虫,密度为(1.0~1.5)×10<sup>4</sup>个/L;投轮虫期间育苗池内添加海洋小球藻,密度为0.5×10<sup>6</sup>个/mL;14~28日龄投喂用营养强化剂50 DE强化6 h的丰年虫无节幼体,密度为(0.5~1.5)×10<sup>3</sup>个/L;21~29日龄投喂天然海区捕捞的活桡足类,投喂量为50~100 g/(d·10<sup>4</sup>尾),投喂次数为3~4次/d。自30日龄起至40日龄鱼苗出海投喂冷藏的桡足类(因当地无足量活桡足类供应),投喂量为150~300 g/(d·10<sup>4</sup>尾),投喂次数为4~5次/d。投喂情况见表1。

### 1.2 研究内容及方法

**1.2.1 饵料营养成分** 水分、氮、粗脂肪和灰分含量采用美国化学协会方法<sup>[8]</sup>测定。粗蛋白含量为N×6.25。脂肪酸组成采用HP6890气相色谱,依照Metcalf等<sup>[9]</sup>介绍的方法测定。

表1 大黄鱼仔、稚、幼鱼投喂情况

Table 1 Feeding regime for larvae and juveniles of *Pseudosciaena crocea*

日龄/d Days after hatch	饵料 Diets	日投喂量 Daily feed given	投喂次数/(次·d <sup>-1</sup> ) Feeding frequency (times·d <sup>-1</sup> )
0~2	不投喂 No feeding	-	-
3~20	轮虫 Rotifers	(1.0~1.5) ×10 <sup>4</sup> /L	1~4
14~28	丰年虫无节幼体 <i>Artemia nauplii</i>	(0.5~1.5) ×10 <sup>3</sup> /L	2~4
21~29	活桡足类 Live copepods	5.0~10.0 mg/(d·fish)	3~4
30~40	冷藏桡足类 Frozen copepods	15.0~30.0 mg/(d·fish)	4~5

注:“-”表示未投喂。

Note:“-” means no diet was provided.

**1.2.2 摄食量、摄食率、饱食率和胃饱满系数** 自4日龄起进行鱼苗取样,5~29日龄隔日早上投饵2 h后取样。30日龄后因投喂冷藏桡足类,其个体大多不完整,不再进行取样统计。每次取样鱼苗20尾左右,在解剖镜下观察胃饱满度,采用0~IV级分级法描述:0级为空胃;I级为饵料未达胃容量一半;II级为超过一半但未充满;III级为胃充满但胃壁未膨胀;IV级为胃已充满饵料并膨胀变薄。尔后剖开胃对饵料生物个体进行计数。为了对摄食量进行重量量化,先分别取各种饵料生物1 000个个体,置于滤纸上吸去肉眼可见的表面水分后称量,计算每个个体的平均重量。摄食量相关指标的计算公式<sup>[10]</sup>如下:

$$\text{摄食率} = \frac{\text{摄食个体数}}{\text{测定个体总数}} \times 100\%$$

$$\text{胃饱满系数} = \frac{\text{胃内饵料重量}}{\text{体重}} \times 100\%$$

$$\text{饱食率} = \frac{\text{胃饱满度III~IV级的个体}}{\text{测定个体总数}} \times 100\%$$

**1.2.3 摄食节律** 实验期间保持饵料充足,以每4 h为1个时段抽样,进行胃内容物定量。抽样时间为06:00、10:00、14:00、18:00、22:00、02:00和06:00。具体投喂时间分别为:仔鱼期在4日龄16:00投喂轮虫;稚鱼期在11日龄8:00和16:00投喂轮虫;幼鱼期在27日龄8:00投喂丰年虫无节幼体,10:00、14:00和17:00投喂活桡足类。

**1.2.4 口径及生长测量** 测定鱼苗生长和口径大

小时,在25日龄前每隔1天抽样测量1次,25~40日龄每5天取样测量1次,每次测量30尾。取样后立即在解剖镜下用目镜测微尺测定全长、体长和口径。口径测量上颌中点至口角的垂直距离<sup>[11]</sup>。鱼苗全长超过18 mm时用游标卡尺测量;用感量为0.05 mg的分析天平测量鱼苗的体重。

大黄鱼仔、稚、幼鱼期划分参照前人关于其他鱼类的研究成果<sup>[12-14]</sup>及笔者关于大黄鱼仔、稚、幼鱼消化系统发育的组织学研究结果(待发表)为依据。仔鱼期为从孵化至5日龄,稚鱼期为6~20日龄,21日龄起转为幼鱼期。

## 2 结果

本试验所取样的第8号育苗池中投入初孵仔鱼 $2.19 \times 10^6$ 尾,经40 d培育,共出池全长16.96~20.32 mm的大黄鱼鱼苗 $2.15 \times 10^5$ 尾,成活率为9.8%,与其他育苗池中鱼苗的成活率基本一致。

### 2.1 饵料生物的营养组成

大黄鱼育苗期所用生物饵料的常规成分及脂肪酸组成见表2。轮虫、丰年虫无节幼体均经脂肪酸强化。从表中可知,饵料之间的营养组成差别很大。其中轮虫和活桡足类含有较高的蛋白质,达51%~56%,而丰年虫无节幼体和冷藏桡足类的蛋白质含

量较低,仅在40%左右。轮虫含有十分丰富的亚麻酸,而其他饵料生物含量很低,甚至测不到。轮虫和活桡足类含有较高的EPA(11.3%和9.5%),但含DHA均较低(1.6%~2.0%);丰年虫无节幼体含有较高的DHA(7.3%),但EPA含量相对低一些(5.8%)。桡足类经冷冻贮存后质量较差,营养价值明显降低,蛋白质从51.29%下降到41.16%,脂肪从8.87%下降到2.77%,EPA从9.54%下降到5.49%,而DHA根本检测不到。

### 2.2 摄食量、摄食率、饱食率和胃饱满系数

在水温为 $(24 \pm 1)^\circ\text{C}$ 时,大黄鱼仔鱼孵出后3日龄开口摄食。对289尾大黄鱼仔、稚、幼鱼进行了解剖观察,其摄食量、摄食率、饱食率和胃饱满系数(见表3)。从表中可知:4日龄仔鱼摄食量很低,平均仅0.009 mg/尾,摄食率为50%,饱食率仅为25%;胃饱满系数仅为0.90%。

随着个体的生长,摄食能力逐渐增强。仔鱼期平均摄食量仅为0.033 mg/尾,摄食率为71.43%,饱食率只占38.64%,胃饱满系数为3.5%;稚鱼期(6~20日龄)平均摄食量为0.183 mg/尾,摄食率高达99.29%,饱食率为67.13%,胃饱满系数为8.11%;幼鱼期(21~29日龄)平均摄食量为0.767 mg/尾,摄食率高达99.04%,饱食率为66.35%,胃

表2 大黄鱼仔、稚、幼鱼摄食的生物饵料的营养成分

Table 2 Nutrient composition of the diets for larvae and juveniles of *Pseudosciaena crocea*

成分 Composition	X ± SD, %, 干重 Dry weight			
	轮虫 Rotifers	丰年虫无节幼体 <i>Artemia nauplii</i>	活桡足类 Live copepods	冷藏桡足类 Frozen copepods
粗蛋白 Crude protein	56.50 ± 0.19	39.01 ± 0.56	51.29 ± 0.36	41.16 ± 0.15
粗脂肪 Crude fat	14.51 ± 0.06	9.58 ± 0.20	8.87 ± 0.11	2.77 ± 0.47
灰分 Ash	14.70 ± 0.14	24.41 ± 0.45	19.28 ± 0.29	34.62 ± 0.27
脂肪酸含量(占总脂肪酸) Fatty acid profile (of total fatty acids)				
C <sub>16:0</sub>	17.37 ± 0.59	32.89 ± 0.70	13.01 ± 0.34	36.21 ± 0.16
C <sub>16:1</sub>	6.12 ± 0.18	8.29 ± 0.30	19.08 ± 0.49	8.52 ± 0.04
C <sub>18:0</sub>	8.16 ± 0.17	10.38 ± 0.14	6.04 ± 0.20	9.04 ± 0.07
C <sub>18:1n-7</sub>	20.57 ± 1.31	15.26 ± 0.32	29.67 ± 0.87	15.66 ± 0.05
C <sub>18:1n-7</sub>	9.44 ± 0.26	3.10 ± 0.11	4.26 ± 0.19	-
C <sub>18:2n-6</sub>	4.97 ± 0.24	2.69 ± 0.02	5.50 ± 0.14	-
C <sub>18:3n-3</sub>	18.54 ± 0.36	2.87 ± 0.07	-	-
C <sub>20:4n-6</sub>	-	-	2.16 ± 0.07	-
C <sub>20:5n-3</sub>	11.34 ± 0.27	5.78 ± 0.08	9.54 ± 0.44	5.49 ± 0.19
C <sub>22:6n-3</sub>	1.62 ± 0.21	7.26 ± 0.30	2.03 ± 0.12	-
Σ ω-3HUFA	12.96	13.04	11.57	5.49

注:“-”表示未检测到。

Note:“-” undetectable.

·表3 大黄鱼仔、稚、幼鱼的摄食量、摄食率、饱食率和胃饱满系数

Table 3 Feed consumption, feeding rate, fullness rate and stomach fullness coefficient of larvae and juveniles of *Pseudosciaena crocea*

日龄/d Days after hatch	检查尾数 Examined nos.	摄食量/mg Feed consumption in weight	摄食率/% Feeding rate	饱食率/% Fullness rate	胃饱满系数/% Stomach fullness coefficient
4	20	0.009	50.0	25.0	0.90
5	22	0.057	90.9	54.4	6.10
7	21	0.121	100.0	81.0	11.56
9	20	0.137	95.0	65.0	10.34
11	20	0.116	100.0	60.0	6.65
13	21	0.134	100.0	55.0	6.87
15	20	0.225	100.0	85.0	8.29
17	21	0.261	100.0	63.5	6.68
19	20	0.284	100.0	60.0	6.40
21	20	0.223	100.0	55.0	3.89
23	20	0.265	95.0	50.0	2.72
25	23	0.501	100.0	56.5	3.00
27	20	1.225	100.0	75.0	6.35
29	21	1.620	100.0	90.5	7.15

饱满系数为4.62%。就胃饱满系数而言,幼鱼期比稚鱼期有所降低。

### 2.3 摄食的昼夜节律

分别对4~5日龄仔鱼、11~12日龄稚鱼和27~28日龄幼鱼进行了昼夜摄食节律测定,观察结果见图1。从胃内容物含量分析,4~5日龄的仔鱼黎明左右开始摄食,胃内容逐渐增加,至18:00出现1个摄食高峰,平均摄食量达0.035 mg/尾。然后胃内容物逐步减少,至22:00时胃内轮虫已经完全排空,空胃状态一直保持到凌晨2:00。然后,胃内容物又缓慢增加。11~12日龄稚鱼和27~28日龄幼鱼的摄食节律与4~5日龄仔鱼大体一致。但是,稚鱼和幼鱼除了18:00的摄食高峰外,均在10:00出现1个次高峰。稚鱼在10:00和18:00 2个摄食高峰时的摄食量分别为0.116 mg/尾和0.223 mg/尾。幼鱼在10:00和18:00 2个摄食高峰时的摄食量分别为1.225 mg/尾和2.313 mg/尾。

### 2.4 口径与生长

大黄鱼仔、稚、幼鱼的生长情况见图2。口径从开口的240  $\mu\text{m}$ 增加到40日龄的2480  $\mu\text{m}$ ,增长了10倍左右。大黄鱼仔鱼在1~2日龄增长较快,全长增加了0.35 mm,体重日增长率(SGR)为72.5%/d。5~9日龄稚鱼生长减慢,全长仅增加0.34 mm,体重日增长率(SGR)为8.7%/d。21~30日龄幼鱼生长加快,全长增加了7.2 mm,体重日增长率(SGR)为16.7%/d。31~40日龄生长又明显减慢,全长增加了2.3 mm,体重日增长率(SGR)为

3.7%/d。全长与日龄呈指数关系,为 $y = 3.255 2e^{0.047 2x}$ ,  $R^2 = 0.971 0$ ;体长与日龄的关系式为 $y = 3.320 5e^{0.037 4x}$ ,  $R^2 = 0.977 7$ 。体重与日龄的关系式为 $y = 0.045 2e^{0.123 5x}$ ,  $R^2 = 0.969 0$ 。体重与全长的关系可用 $y = 0.117 7x^2 - 0.221 3x - 0.265 1$ ,  $R^2 = 0.991 1$ 表示;体重与体长的关系可用 $y = 0.355 8x^2 - 2.175x + 3.813 1$ ,  $R^2 = 0.990 0$ 表示。口径与全长的关系为 $y = -0.005 3x^2 + 0.267 2x - 0.785 4$ ,  $R^2 = 0.989 7$ ;口径与体长的关系为 $y = -0.008x^2 + 0.374 7x - 1.153 5$ ,  $R^2 = 0.990 9$ 。

### 3 讨论

大黄鱼仔鱼刚孵化1~3 d,还有丰富内源营养——卵黄营养可供利用。所以,这段时间大黄鱼仔鱼生长较为迅速。但是,大黄鱼卵黄囊毕竟较小,至5日龄卵黄囊便几乎耗尽,仔鱼由内源性营养转为外源性营养。这一阶段对所有仔鱼来说是一“危险期”,因为,从内源营养到外源营养的转变都有一个适应过程,首先可表现为生长速度下降。如在本试验中大黄鱼仔鱼5~9日龄期间生长缓慢就是一个例证。为保证仔鱼有较高的成活率及苗种品质,应及时补充优质而充足的外源性饲料。在商业化人工育苗生产中,一般自仔鱼开口起,先用经二次培养的轮虫投喂。Lemm等<sup>[15]</sup>和Watanabe等<sup>[16]</sup>认为经乳化油强化后的轮虫和丰年虫无节幼体体内 $\omega 3$  HUFAs含量大大提高。郑智莺等<sup>[17]</sup>研究认为经小

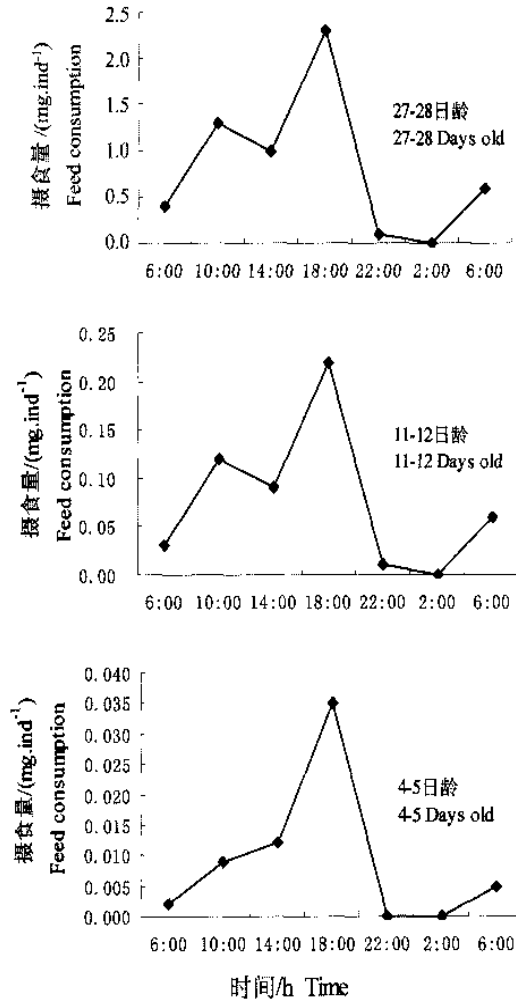


图1 大黄鱼仔、稚、幼鱼摄食强度的昼夜变化

Fig.1 Rhythm of feeding intensity of larvae and juveniles during day and night

球藻二次培养和小球藻直接培养的轮虫要比单独使用面包酵母培养的轮虫投喂大黄鱼仔鱼后成活率高,游泳能力强,生长快,主要原因是前两者培育的轮虫含有较高的EPA。本研究育苗前期用轮虫和丰年虫无节幼体均由小球藻和50 DE微囊二次培养过,EPA含量较高,保证了大黄鱼仔、稚鱼的生长和存活。不过,要避免大黄鱼苗5~9日龄期间的生长缓慢,需要在优质生物饵料选择方面进一步研究。营养成分分析表明,桡足类经长途运输而死亡或冷藏后,其营养物质大量流失(表2),营养价值下降。

本研究表明,30日龄后幼鱼生长明显减慢与单

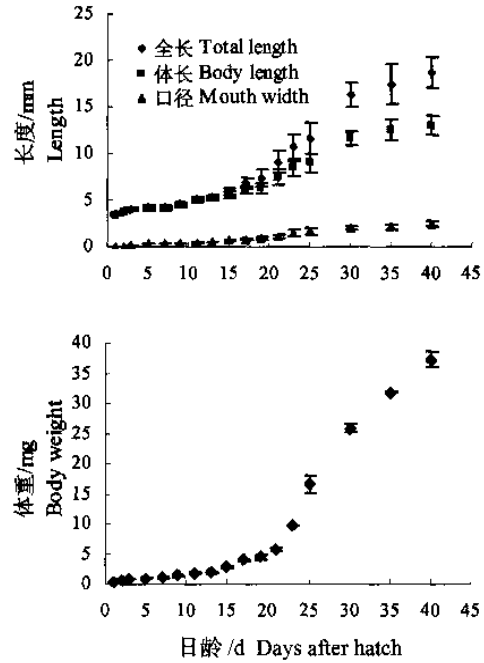


图2 孵化后40天内大黄鱼仔、稚、幼鱼的全长、体长、体重和口径的变化

Fig.2 Changes of larvae and juveniles in total length, body length, body weight and mouth width during 40 days after hatch

独使用冷藏桡足类有密切关系。同时,单纯桡足类也可能难以满足大黄鱼幼鱼的生长需要。此时消化系统已经发育完善,适当补充其他的优质饵料生物和人工微颗粒饲料不但能满足苗种生长需要,又能降低鱼苗出池后因饲料急变引起的应激。但是目前海水仔、稚鱼专用的微颗粒饲料主要依靠进口,价格昂贵,国产同类产品质量尚需提高;而生物饵料的质与量都难以保证。因此,国内深入开展对仔、稚、幼鱼的营养生理和摄食习性研究,开发优质的鱼苗培育专用优质饲料,对海水鱼类养殖的育苗商业生产具有重要的经济意义。

在人工饲养条件下,大黄鱼仔、稚、幼鱼有明显的昼夜摄食节律(图1)。在夜间摄食强度很低,表明视觉对摄食起重要作用。但是,摄食的最高峰在黄昏,说明光线太强也不利于大黄鱼鱼苗摄食。其他鱼苗如仔鲮<sup>[18]</sup>、鲟<sup>[19]</sup>和梭鱼<sup>[20]</sup>等也有类似情况。大黄鱼的摄食节律除受视觉调节外,在该试验

中,还可能受到投饵时间的影响:鱼苗在投饵后密度相对较高,经1~2 h达到摄食高峰;晚上不投饵,饵料的密度降低,一定程度上也影响了鱼苗对饵料的获得。因此,每天投喂应在早晚适当加大投喂量,还要通过光强,调节、控制育苗环境的光密度,以利于提高鱼苗的摄食率。

硬骨鱼类体重与体长之间一般为幂函数关系: $W = aL^b$ ,指数一般为2.5~4.0<sup>[21]</sup>。本试验测得1~40日龄大黄鱼仔、稚、幼鱼体重与体长的幂函数关系,指数值为3.2954,该指数在上述范围内。

孵化至40日龄大黄鱼仔、稚、幼鱼口径与全长和体长的关系均为多项式关系。根据口径与体长的关系及随日龄的变化可推测适合大黄鱼仔、稚、幼鱼不同阶段饲喂饵料的粒径。如果进一步研究口径大小与其对摄食颗粒大小的选择,便可以确定不同大小大黄鱼仔、稚、幼鱼的饲料颗粒的大小,从而可指导生物饵料的选择,或人工微颗粒饲料的加工,以避免因粒径过大或过小造成浪费和水质污染。

致谢:本项工作得到了宁波市水产研究所吴雄飞所长、郑智莺老师和宁波大学林华军硕士的大力支持和帮助,在此表示衷心感谢!

#### 参考文献:

- [1] 游 岚. 大黄鱼人工繁殖和育苗技术要点[J]. 水产科技情报,1997,24(6):263-264.
- [2] 苏跃中,郑智莺,游 岚,等. 大黄鱼 *Pseudosciaena crocea* (Richardson)人工繁育及育苗技术的研究[J]. 现代渔业信息,1997,12(5):12-27.
- [3] 刘家富. 人工育苗条件下的大黄鱼胚胎发育及其仔、稚鱼形态特征与生态的研究[J]. 现代渔业信息,1999,14(7):20-24.
- [4] 陈 慧. 大黄鱼苗种批量生产技术[J]. 水产科技情报,2001,28(1):212-214.
- [5] 张志勇,张晋进,吴国均,等. 大黄鱼人工育苗试验[J]. 水产养殖,1998,5:7-8.
- [6] 朱振乐. 大黄鱼人工育苗技术总结[J]. 水产科技情报,2000,27(1):28-30.
- [7] 姜志强,张 弼,考 伟. 大黄鱼人工育苗研究[J]. 水产科学,2001,20(3):15-16.
- [8] AOAC (Association of Official Analytical Chemists). Official Methods of Analysis of Official Analytical Chemists International [S]. 1990,15 Edition, Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA.
- [9] Metcalfe L D, Schmitz A A, Pelka J R. Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis [J]. J Analyt Chem, 1966,38:514-515.
- [10] 张雅芝,郑金宝,谢仰杰,等. 花鲈仔、稚、幼鱼摄食习性与生长的研究[J]. 海洋学报,1999,21(5):110-119.
- [11] 孟庆闻,苏锦祥,李婉端. 鱼类比较解剖[M]. 北京:科学出版社,1987.
- [12] 楼允东,郑德崇,黄文浩,等. 组织胚胎学[M]. 北京:中国农业出版社,2000,348.
- [13] Strobant H W J, Drabowski K R. Morphological and physiological aspects of the digestive system and feeding in fresh-water fish larvae [M]. Nutrition des Poissons [C]. Paris: M. Fontaine, 1981,355-374.
- [14] Tanaka M. Studies on the structure and function of the digestive system of teleost larvae [D]. Kyoto: Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, Kyoto University, 1973.
- [15] Lemm C A, Lemaria D P. Survival and growth of larval striped bass (*Morone saxatilis*) fed Artemia enriched with highly unsaturated fatty acids [J]. Nutr Absts Rev (series B), 1992,62(2):928.
- [16] Watanabe T, Tamiya T, Oka A. Improvement of dietary value of live foods for fish larvae by feeding hem on n-3 highly unsaturated fatty acids and fat soluble vitamins [J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1988,49(3):471-479.
- [17] 郑智莺,苏跃中,游 岚,等. 轮虫的营养强化对大黄鱼生长及成活率影响的试验[J]. 台湾海峡,1996,15(增刊):6-9.
- [18] Blaxter J H S. The effect of light intensity on the feeding ecology of herring [J]. Symp Br Ecol Soc, 1965,6:393-409.
- [19] 朱成德,金伴道. 鲷鱼仔幼鱼食性与生长的初步研究[J]. 水生生物学报,1985,9(1):9-19.
- [20] 林重先,李文杰,唐天德. 养殖条件下梭鱼仔、幼鱼摄食习性的研究[J]. 水产学报,1985,9(3):289-296.
- [21] 华元渝,胡传林. 鱼种重量与长度相关公式( $W = aL^b$ )的生物学意义及其运用[A]. 鱼类学论文集(第一集)[C],北京:科学出版社,1981,125-131.

## Feeding habits and growth performance of larvae and juveniles of *Pseudosciaena crocea* under artificial rearing conditions

YU Hai-rui<sup>1</sup>, MAI Kang-sen<sup>1</sup>, DUAN Qing-yuan<sup>1</sup>, MA Hong-ming<sup>1</sup>, Chantal Cahu<sup>2</sup>,  
Jose Zambonino<sup>2</sup>, LIUFU Zhi-guo<sup>1</sup>, TAN Bei-ping<sup>1</sup>, ZHANG Wen-bing<sup>1</sup>, XU Wei<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Mariculture, Education Ministry of China, Ocean University of China, Qingdao 266003, China;

2. Unité Mixte de Nutrition des Poissons IFREMER – INRA IFREMER Centre de Brest, B. P. 70, 29280 Plouzané, France)

**Abstract:** Under commercial hatchery conditions, the feeding habits and growth performance of *Pseudosciaena crocea* (Richardson) larvae and juveniles during the first 40 d after hatch were studied. The prolarval stage lasted for 5 d after hatch, and postlarval stage appeared from 6th day to 20th day. From 21st day, it became juvenile fish. The mouth width was 240  $\mu\text{m}$  when larval mouth opened at 3rd day, and then increased to 2 480  $\mu\text{m}$  at 40th day. The relationship between mouth width and fish age in days was expressed as:  $y = 0.2327e^{0.0682x}$  ( $R^2 = 0.9492$ ). During 40 d after hatch, the larvae and juveniles were fed with rotifers, *Artemia nauplii* and live/frozen copepods according to a designed regime in commercial practice. The fish at all stages demonstrated a very obvious feeding rhythm, having a highest feeding peak around 18:00. Besides this peak, the postlarvae and juveniles had another feeding peak around 10:00. They seldom fed during the night, indicating that light intensity determined their feeding activity. The feeding rate and stomach fullness coefficient of the fish at the three stages were generally high. The growth rate of fish was higher during 1–2 and 21–30 d after hatch, but slower during 5–9 and 31–40 d after hatch. The transition from mixed (endogenous and exogenous) nutrition to completely exogenous nutrition led to slower growth rate of fish during 5–9 d after hatch. The decline of nutritional value of frozen copepods resulted in slower growth rate of fish during 31–40 d after hatch. The relationships of total length, body length, and body weight to age in days were  $y = 3.2552e^{0.0472x}$  ( $R^2 = 0.9710$ ),  $y = 3.3205e^{0.0374x}$  ( $R^2 = 0.9777$ ) and  $y = 0.0452e^{0.1235x}$  ( $R^2 = 0.9690$ ), respectively. The relationships of body weight to total length and body length were expressed as  $y = 0.1177x^2 - 0.2213x - 0.2651$  ( $R^2 = 0.9911$ ) and  $y = 0.3558x^2 - 2.175x + 3.8131$  ( $R^2 = 0.9900$ ), respectively. The relationships of mouth width to total length and body length were expressed as  $y = -0.0053x^2 + 0.2672x - 0.7854$  ( $R^2 = 0.9897$ ) and  $y = -0.008x^2 + 0.3747x - 1.1535$  ( $R^2 = 0.9909$ ), respectively.

**Key words:** *Pseudosciaena crocea*; larvae; juveniles; feeding habits; growth performance

**Corresponding author:** MAI Kang-sen. E-mail: kmai@ouc.edu.cn