

延迟投饵对半滑舌鳎仔鱼生长、存活和体成分的影响

常 青¹ 陈四清¹ 马 静^{1,2} 梁萌青¹ 郑珂珂¹

(¹农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

(²上海海洋大学生命学院 201306)

摘 要 以半滑舌鳎 *Cynoglossus semilaevis* 仔鱼为研究对象, 将其分为 4 个处理组, 分别在孵化后第 3 天(对照组)、延迟 1 d(D1 组)、延迟 2 d(D2 组)和延迟 3d(D3 组)投喂轮虫, 探讨延迟投饵对半滑舌鳎仔鱼生长、存活和体成分的影响。实验水温 21~22 °C, 盐度为 31.00, 试验周期为 15 d。结果显示, 仔鱼于孵出后第 3 天进入混合营养期, 从第 4 天开始加速生长, 第 5 天进入外源性营养期。延迟投饵 2 d, 会使仔鱼的干重、粗蛋白和粗脂肪的含量明显低于对照组($P < 0.05$)。随着投饵天数的延迟, 仔鱼的存活率也随之降低。在仔鱼开口后 4 d 内, 各组死亡率差异不大; 开口后第 6 天(孵化后第 8 天), 仔鱼死亡率呈现明显差异。在孵化后第 10 天, 延迟投饵 3 d 的仔鱼几乎完全死亡。

关键词 延迟投饵 半滑舌鳎 仔鱼 生长 体成分 存活率

中图分类号 S961.2 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2011)03-0033-05

Effects of delayed first feeding on growth, survival and biochemical composition in tongue sole *Cynoglossus semilaevis* larvae

CHANG Qing¹ CHEN Si-qing¹ MA Jing^{1,2}

LIANG Meng-qing¹ ZHENG Ke-ke¹

(¹Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resources, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

(²College of Life Science and Technology, Shanghai Ocean University, 201306)

ABSTRACT The effect of delayed feeding in early development stage on growth, survival and biochemical composition in tongue sole *Cynoglossus semilaevis* larvae was examined. Larvae were divided into four groups, each with 500 larvae (three replicates). At the water temperatures of 21~22 °C and salinity of 31.0, initial feeding of the control group with rotifer began at 3 days post-hatch (dph), the feeding of the other groups began at 4 dph (delayed feeding 1 day, D1), 5 dph (D2) and 6 dph (D3), respectively. The results showed that the mixed feeding stage for the larvae was at 3 dph. It was at 4 dph when the growth of larvae began accelerating. The yolk sac was almost completely absorbed at 5 dph, which suggested for an onset of complete exogenous feeding. After the 15d experiment, significant difference was observed only in

农业行业专项子课题鲆鲽类安全高效专用配合饲料的研制与开发(NYHYZX07-046)、青岛市科技发展计划(08-1-3-26-jch)和基本科研业务费(2010-ts-14)共同资助

收稿日期:2010-10-25;接受日期:2010-11-04

作者简介:常 青(1971-),女,副研究员,主要从事水产动物营养与饲料研究。E-mail:changqing@ysfri.ac.cn, Tel:(0532)85822914

dry weight between the control and the D1 larvae. The total length, dry weight, protein content and lipid content of D2 larvae were significantly lower than the control larvae ($P < 0.05$). The survival rate of larvae decreased corresponding to the delay in initial feeding time. There was no significant difference found in mortality among all treatments within 4 days after mouth-opening. While 6 days after mouth-opening, the difference was much more significant. The mortality of D3 larvae reached almost 100% at 10 dph.

KEY WORDS Delayed feeding *Cynoglossus semilaevis* Larvae Growth Biochemical composition Survival rate

半滑舌鳎 *Cynoglossus semilaevis* 属鲽形目 Pleuronectiformes、舌鳎科 Cynoglossidae、舌鳎属 *Cynoglossus* (Buchanan Hamiltou 1822), 为我国近海底层的大型名贵经济鱼类(李思等 1995), 其经济价值较高, 近几年已成为我国沿海重要的海水养殖潜在品种。半滑舌鳎的人工繁育和苗种培育已获成功, 但有关半滑舌鳎仔稚鱼的生物学方面的研究仍开展得较少, 这对于大规模培育优质的苗种显然不利。常青等(2005)研究了半滑舌鳎仔稚鱼的消化特性, 马爱军等(2005)对半滑舌鳎早期发育阶段的摄食特性及生长进行了研究, 万瑞景等(2005)对其早期形态及发育特征进行了研究。吴莹莹等(2006)研究了饥饿条件下半滑舌鳎仔鱼的存活与生长特征、卵黄利用、鳔的发育、消化系统和游泳行为的变化。然而有关半滑舌鳎初次投饵适宜时间的探讨还未见报道。一些研究者发现仔鱼在初次开口阶段很容易遭受饥饿的威胁(McGurk 1984; Yúfera *et al.* 1993)。在养殖条件下仔鱼的饥饿程度可以反映其开始外源性摄食阶段养殖条件和活饵料的不足。因此, 为了提高仔鱼的质量和存活率, 研究在养殖条件下饥饿特性的影响, 一方面可以作为评价养殖条件适宜性的有力工具, 另一方面可以从中发现避免由于饥饿造成死亡的方法。探索延迟投饵对半滑舌鳎仔鱼生长、存活和体成分的影响, 同时比较正常投喂仔鱼的生长和行为变化规律, 可进一步了解半滑舌鳎仔鱼早期阶段的摄食能力, 为半滑舌鳎的种苗生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

试验用半滑舌鳎仔鱼 2009 年 12 月取自山东省海阳市黄海水产股份有限公司, 由人工培育自然受精亲鱼采集的受精卵进行孵化所得。

1.2 方法

1.2.1 实验设计

实验为期 15 d, 分 4 个处理组, 每组设 3 个平行, 每个平行 500 条仔鱼。对照组在孵化后 3 d 开始投饵, 另外 3 组分别为延迟 1 d 投饵(简称 D1)(即为孵化后 4 d 开始投饵)、延迟 2 d 投饵(D2)和延迟 3 d 投饵(D3)。另取 500 条仔鱼, 其投喂方式与对照组相同, 用于正常投喂仔鱼的生长、行为、形态观察和摄食率取样。

1.2.2 养殖条件

各个处理组均投喂小球藻 *Chlorella* sp. 和经过小球藻强化的褶皱臂尾轮虫 *Brachionus plicatilis*, 投喂量为 5~10 ind/ml, 孵化后第 12 天开始投喂卤虫 *Artemia salina*, 投喂量为 5 ind/ml。养殖设备为 21 L 的圆形玻璃缸。饲养海水为砂滤水, 水温保持在 21~22 °C, 盐度为 31.00, 光照周期为 12 h 白天, 12 h 黑夜, 24 h 连续充气。每日检查个体死亡情况并换 1/3 等温海水, 换水后补充饵料密度。

1.2.3 观察和测定方法

定期从 500 尾正常投喂仔鱼中随机取样, 观察仔鱼发育情况, 测定全长和干重。每天记录各组仔鱼的死亡数量, 实验结束时, 从每处理组随机取 60 尾鱼, 用于全长、体重和体成分分析等。在解剖镜下测定仔鱼全长, 并

在吸干水分之后, $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保存。所取样品于 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重, 测定仔鱼的干重。用氯仿-甲醇抽提法测定样品脂质(崔奕波 1989)。样品氮含量用元素分析仪测定, 蛋白质含量由样品氮含量乘以 6.25 得到。

1.3 数据统计处理

采用 SPSS 12.0 软件包处理数据, 做单因素方差分析(One-Way ANOVA), 差异显著后进行 Tukey 多重比较, 显著性水平为 $P < 0.05$ 。

2 结果

2.1 半滑舌鲷仔鱼阶段的行为和生长

初孵半滑舌鲷仔鱼较活泼, 可在水面做水平运动或悬浮于水面。此时仔鱼全长 2.63 mm , 干重 $110.18\text{ }\mu\text{g}$ (表 1)。初孵仔鱼可见胃肠道, 但是口与肛门未与外界相通。卵黄囊呈梨状, 油球多数聚集在卵黄囊后部。孵化后第 2 天仔鱼肠道弯曲, 卵黄囊大部分被吸收, 肛门开口于体外, 但尚未开口, 仔鱼活泼地在不同水层做水平运动, 频繁改变游动方向, 巡游模式基本建立。仔鱼的体长增长, 但是干重下降。孵化后第 3 天, 出现冠状幼鳍, 卵黄囊明显缩小, 口已初开, 肠道变粗。仔鱼活动能力有所增加, 分布于水体的中上层, 少数聚集在缸底部。部分仔鱼开始觅食, 逐渐建立外源性摄食关系。孵化后第 4 天, 口完全裂开, 鳔泡出现, 仔鱼具捕食能力, 胃内可见残存的食物, 外源性摄食关系已建立, 摄食率可达 60%, 其生长速度显著加快, 干重由负增长转为正增长。孵化后第 5~9 天仔鱼, 冠状幼鳍继续增高, 上下颌出现绒毛齿, 肠道弯曲复杂, 肠道内充满食物, 运动及摄食能力增强, 仔鱼在水体中上层做水平游动和上下垂直游动, 此时仔鱼主要以轮虫作为主要食物。孵化后第 5 天, 卵黄囊被完全吸收。孵化后第 12 天的半滑舌鲷可以摄食卤虫。可见半滑舌鲷在孵化后 1~15d 营浮游生活, 白天分布于水体中上层, 晚上大部分在水体表层聚集。

表 1 半滑舌鲷仔鱼全长和干重变化

Table 1 Change of length and dry body weight of tongue sole *Cynoglossus semilaevis*

孵化后天数(d) Days post hatching	全长(mm) Total length	干重(μg) Dry body weight	孵化后天数(d) Days post hatching	全长(mm) Total length	干重(μg) Dry body weight
0	2.63 ± 0.03	110.18 ± 23.52	8	6.38 ± 0.08	396.45 ± 20.14
2	4.98 ± 0.04	91.54 ± 14.58	10	6.77 ± 0.11	687.12 ± 50.29
4	5.45 ± 0.05	143.85 ± 36.12	12	7.20 ± 0.14	$1\ 202.75 \pm 238.47$
6	5.77 ± 0.02	211.33 ± 15.22	14	8.81 ± 0.32	$2\ 020.13 \pm 202.33$

2.2 延迟投饵对仔鱼生长、鱼体成分的影响

随着投饵日期的推迟, 各组仔鱼的全长和干重均有下降(表 2)。孵化后第 6 天开始投饵(D3)的仔鱼在第 11 天全部死亡, 所以在 15d 实验结束时没有测得 D3 组的指标。在实验结束后, 对照组的干重显著大于其他各组($P < 0.05$), 全长显著大于 D2 组, 但是与 D1 组之间没有显著差异($P > 0.05$), 可见延迟 1d 投饵对仔鱼全长

表 2 延迟投饵对半滑舌鲷仔鱼生长的影响

Table 2 Effect of delayed first feeding on growth of tongue sole *C. semilaevis*

组别 Group	延迟投饵天数(d) Delayed days	仔鱼全长 Total length(mm)		干重(mg) Dry body weight
		最小值~最大值 Min~Max	平均值 Average	
对照 Control	0	8.11~9.62	9.22 ± 1.13^a	2.45 ± 0.21^a
D1	1	8.02~9.89	9.19 ± 1.58^a	2.18 ± 0.23^b
D2	2	7.90~9.35	8.62 ± 2.11^b	1.82 ± 0.14^c

注: 表中数据为平均值 \pm 标准差。表中不同的上标字母表示差异显著($P < 0.05$)

Note: Data are shown as mean \pm S. D. ($n=3$). Means with different superscripts have significant differences($P < 0.05$)

的影响不大。延迟投饵使全长范围进一步扩大,表明个体差异加大。

延迟投饵 1d 与对照组之间的鱼体成分并没有显著差异 ($P>0.05$) (表 3), 延迟投饵 2d, 会使粗蛋白质含量显著低于另外两组 ($P<0.05$), 粗脂肪含量明显低于对照组 ($P<0.05$), 与 D1 组差异不显著。

表 3 延迟投饵各组半滑舌鲷仔鱼生化成分的差异 (%)

Table 3 Biochemical variables of tongue sole *C. semilaevis* larvae in different groups (%)

组别 Group	延迟天数 Delayed days(d)	水分 Moisture	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude lipid
对照 Control	0	83.55±0.32 ^a	11.18±0.11 ^b	1.11±0.05 ^b
D1	1	84.21±0.19 ^a	10.88±0.13 ^b	1.02±0.03 ^{ab}
D2	2	84.78±0.22 ^{ab}	10.12±0.09 ^a	0.99±0.03 ^a

注:表中数据为平均值±标准差。表中不同的上标字母表示差异显著 ($P<0.05$)

Note: Data are shown as mean±S. D. ($n=3$). Means with different superscripts have significant differences ($P<0.05$)

2.3 延迟投饵对仔鱼存活率的影响

随着投饵天数的延迟,各组仔鱼的存活率降低(表 4)。实验结果表明,完全投喂组的死亡高峰出现在前 6 d,而各延迟投喂组仔鱼的死亡高峰期出现初次摄食后的 4~6 d。在仔鱼开口后 4 d 内,各组死亡率差异不大;开口后第 6 天(孵化后第 8 天),仔鱼死亡率呈现明显差异,完全投喂组仔鱼的死亡率在 50% 以下,而延迟投饵 1d、2d、3 d,3 组仔鱼的死亡率则高于 69.6%;开口后第 8 天(孵化后第 10 天),各组仔鱼死亡率差异更大,完全投喂组仔鱼的存活率是延迟投饵 1 d 和 2 d 的仔鱼存活率的两倍以上,而延迟投饵 3 d 的仔鱼几乎完全死亡。

表 4 延迟投饵对半滑舌鲷仔鱼成活率的影响

Table 4 Effect of delayed first feeding on survival of tongue sole *C. semilaevis*

组别 Group	延迟天数(d) Delayed days	孵化后每天仔鱼的存活率 Daily survival post hatch (%)												
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
对照 Control	0	94.3±2.1	77.8±0.3	70.6±0.4	61.0±0.3	55.7±0.4	51.6±0.5	47.9±1.0	40.7±0.5	35.3±0.3	33.4±0.4	32.0±0.2	31.8±0.4	29.8±0.0
D1	1	96.1±1.2	79.6±0.6	73.4±0.3	67.8±0.1	47.9±0.6	29.8±0.0	22.5±0.2	21.9±0.1	20.3±0.2	20.0±0.0	19.1±0.3	18.5±0.0	17.9±0.1
D2	2	95.8±0.2	80.1±0.2	71.2±0.0	68.8±0.8	49.2±0.1	30.4±0.8	18.7±0.1	17.6±0.2	17.1±0.5	16.0±0.1	14.2±0.2	12.3±0.0	11.5±0.2
D3	3	94.9±0.5	79.0±0.0	70.4±0.1	61.8±0.7	40.5±1.0	20.6±0.4	6.3±0.0	0.7±0.0	0	0	0	0	0

3 讨论

海洋鱼类的仔鱼开始外源性营养是与搜索、觅食饵料相关的器官功能的形成以及相关的运动模式,特别是巡游模式的建立相适应的。本研究发现,培育水温在 21~22 °C,半滑舌鲷仔鱼在孵化后第 3 天,其口与肛门都已开启,巡游模式已经建立,可以在不同水层游动。在仔鱼开口第 1 天,就有部分仔鱼开始摄食。孵化后第 2 天的仔鱼干重低于初孵仔鱼,可能因为仔鱼尚未开口摄食,营养主要来源于卵黄囊,而此时卵黄囊被吸收的部分占到整个卵黄体积的 93.1% (吴莹莹等 2006)。

已有研究表明,延迟投饵会造成花尾胡椒鲷、牙鲆和真鲷仔鱼生长速度以及存活率下降,长期饥饿则会造成仔鱼丧失摄食能力,进入不可逆点(黄良敏等 2003;鲍宝龙等 1998)。在本实验中,给半滑舌鲷仔鱼延迟 1 d 投饵就会使生长和存活率受到明显影响,可见半滑舌鲷仔鱼耐饥饿的能力较差。而一些鱼类经过短暂的

延迟投饵后具有较高的恢复能力(Rogers *et al.* 1981;Peña *et al.* 2005)。同时,延迟投喂 2 d(孵化后第 5 天)组鱼体的粗蛋白和粗脂肪含量显著地低于对照组,说明延迟投饵 2 d 就已经影响了仔鱼的营养状况。延迟 3 d 投饵的仔鱼在试验后期的死亡率最高,因为大部分仔鱼已丧失了初次摄食能力。由此可见,延迟 1 d 投饵对半滑舌鲷仔鱼的存活和生长都造成影响。

在饥饿开始后,其生化成分如水分、甘油三酯、碳水化合物、氮和灰分等变化更加明显。本研究发现,随着投饵时间的延迟,仔鱼水分百分含量有增加的趋势。有研究报道,仔鱼随饥饿进行,水分实际含量下降,但百分含量增加(殷名称等 1993;Yin *et al.* 1993),水分百分含量增加可能是细胞变小而细胞间隙变大的结果(Love *et al.* 1968)。初孵仔鱼大多有一个大的卵黄囊作为营养来源,称为卵黄囊期(Yolk-sac stage),卵黄囊仔鱼大多在卵黄耗尽前的短期内开始向外界摄食,因而构成一个内源和外源营养共存的混合营养期(Mixed feeding stage)(殷名称 1995)。多数源自浮性卵的海洋仔鱼此期仅数小时到 3 d(Yin *et al.* 1987)。半滑舌鲷在水温 21~22 °C 时,孵化后第 3 天开口摄食,卵黄囊在孵化后第 5 天吸收完毕,所以它的混合营养期只有 2 d。混合营养期结束之后,若仔鱼还不能建立外源摄食,便开始消耗其本身组织以满足其基础代谢耗能。所以,在孵化后第 5 天才开始投喂(延迟投饵 2 d),仔鱼的蛋白质和脂肪含量明显下降。

从以上结果可以看出,在进行半滑舌鲷的人工育苗时,应在仔鱼开口后及时投喂充足适口的饵料,以保证仔鱼及时摄取到充足的饵料,避免早期仔鱼的死亡,并可取得最佳的生长速度。

参 考 文 献

- 马爱军,柳学周,徐永江,梁友,庄志猛,翟介明,李波. 2005. 半滑舌鲷(*Cynoglossus semilaevis*)早期发育阶段的摄食特性及生长研究. 海洋与湖沼,36(2):130~138
- 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
- 李思忠,王惠民. 1995. 中国动物志. 硬骨鱼纲. 鲷形目. 北京:科学出版社,68,334
- 吴莹莹,柳学周,马爱军,徐永江,王清印. 2006. 饥饿对半滑舌鲷仔鱼生长和发育的影响. 海洋水产研究,27(2):87~93
- 殷名称,Craik, J. C. A. 1993. 鲱、鲱卵和卵黄囊仔鱼发育阶段生化成分的变化. 海洋与湖沼,24(2):157~165
- 殷名称. 1995. 鱼类仔鱼期的摄食和生长. 水产学报,19(4):335~342
- 黄良敏,谢仰杰,邓书品,张雅芝. 2003. 延迟投饵对花尾胡椒鲷仔鱼摄食、生长和存活的影响. 集美大学学报,8(2):130~133
- 常青,张秀梅,陈四清,梁萌青,刘龙常. 2005. 半滑舌鲷消化系统器官发生的组织学研究. 水产学报,29(4):447~453
- 常青,张秀梅,陈四清,梁萌青,刘寿堂. 2005. 半滑舌鲷仔鱼稚鱼消化酶活性的变化. 海洋科学进展,23(4):472~476
- 崔奕波. 1989. 鱼类生物能量学的理论与方法. 水生生物学报,13:369~383
- 鲍宝龙,苏锦祥,殷名称. 1998. 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. 水产学报,22(1):33~38
- Love, R. M., Rebertson, L. and Strachan, I. 1968. Studies on the north sea cod VI. Effects of starvation 4. Sodium and Potassium. J. Sci Food Agr. 19:415~422
- McGurk, M. D. 1984. Effects of delayed feeding and temperature on the age of irreversible starvation and on the rates of growth and mortality of Pacific herring larvae. Marine Biology,84:13~26
- Peña, R., and Dumas, S. 2005. Effect of delayed first feeding on development and feeding ability of *Paralabrax maculato fasciatus* larvae. J. Fish. Biol. 67:640~651
- Rogers, B. A., and Westin, D. T. 1981. Laboratory studies on effects of temperature and delayed initial feeding on development of striped bass larvae. Transactions of the American Fisheries Society,110:100~110
- Yin, M. C., Harvey, S. M., and Craik, J. C. A. 1993. Biochemical changes during development of eggs and yolk-sac larvae of flounder, *Platichthys flesus* L. Acta Zool. Sin. 39(3):272~279
- Yin, M. C., and Blaxter, J. H. S. 1987. Feeding ability and survival during starvation of marine larvae reared in the laboratory. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology,105:73~83
- Yúfera, M., Pascual, E., Polo, A., and Sarasquete, M. C. 1993. Effect of starvation on the feeding ability of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) larvae at first feeding. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology,169:259~272