

池养条件下似刺鲃早期发育阶段的摄食与生长特性

徐钢春 顾若波* 李晓莉 闻海波 曾令兵

(中国水产科学研究院长江水产研究所 淡水生态与健康养殖重点开放实验室 荆州 434000;
中国水产科学研究院淡水渔业研究中心 无锡 214081)

摘要: 对人工培育的似刺鲃 (*Paracanthobrama guichenoti*) 仔鱼、稚鱼和幼鱼的生长与摄食节律进行了研究。结果显示,在 1~70 日龄间,似刺鲃全长平均日增长率为 3.55%,体重平均日增长率为 11.26%,头长/全长值随着日龄的增长而变小。全长 (L , mm) 与体重 (M , mg) 的关系式为 $M = 0.0012L^2 - 0.0564L + 0.6504$; 体重 (M , mg) 与日龄 (D , d) 的关系式为 $M = 0.0043e^{0.0936D}$; 全长 (L , mm) 和日龄 (D , d) 的关系式为 $L = 0.0154D^2 - 0.0128D + 8.1965$ 。在饵料充足的条件下,20 日龄晚期仔鱼全天均有很高的摄食发生率,小高峰出现在 8:00 时;40 日龄稚鱼则表现出明显的昼夜摄食节律,属于典型的白天摄食类型,日摄食率 2.3376%。20 日龄仔鱼和 40 日龄稚鱼饱食后分别经 6 h、5 h 整个消化道排空。在水温 25 及饥饿空胃状态下,10 日龄仔鱼只经 3 d 即开始出现死亡个体,经 5 d 全部死亡;20 日龄仔鱼经 6 d 开始出现死亡个体,经 9 d 全部死亡;40 日龄稚鱼经 7 d 才开始出现死亡个体,10 d 后全部个体均死亡。
关键词: 似刺鲃; 生长特性; 摄食节律

中图分类号: Q955 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263(2009)01-99-07

The Feeding Habits and the Growth of *Paracanthobrama guichenoti* in Early Developmental Stage under Artificial Farming Conditions

XU Gang-Chun GU Ruo-Bo* LI Xiao-Li WEN Hai-Bo ZENG Ling-Bing

(The Key Lab of Freshwater Ecology and Healthy Aquaculture, Yangtze River Fisheries Research Institute,
Chinese Academy of Fishery Sciences, Jingzhou 434000;
Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081, China)

Abstract: The rhythm of growth and feeding in larva, juvenile and young fish of *Paracanthobrama guichenoti* were studied under the artificial farming conditions. The results showed that, from 1 to 70 days, the daily growth rates of body length and weight were 3.55% and 11.26%, respectively. Head length/Total length decreased along with the increasing day age. The relationship between the total length (L , mm) and body weight (M , mg) was counted to be $M = 0.0012L^2 - 0.0564L + 0.6504$, between body weight (M , mg) and day age (D , d) was expressed to be $M = 0.0043e^{0.0936D}$, and between the total length (L , mm) and day age (D , d) was calculated to be $L = 0.0154D^2 - 0.0128D + 8.1965$. 20 day age late larva have the highest feeding rate with an ample supply of bait, a peak value

基金项目 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(中国水产科学研究院淡水渔业研究中心)项目(No. 2007JBF03), 中国水产科学研究院淡水生态与健康养殖重点开放实验室开放课题项目(No. 2007FEA0203), 农业部水生动物遗传育种和养殖生物学重点开放实验室开放课题项目(No. BM2007-08);

*通讯作者, E-mail: gurb@frc.cn;

第一作者介绍 徐钢春,男,助理研究员;研究方向:鱼类繁殖基础生物学和养殖技术; E-mail: xugc@frc.cn。

收稿日期: 2008-07-09, 修回日期: 2008-10-31

was observed at 8:00 am. In contrast, 40 day age juvenile showed feeding rhythm obviously and was identified as the type of daytime feeding, daily feeding rate was 2.337 6%. After 6 h to eat gluttonously, the whole alimentary canal of late larva was evacuated completely, while juvenile needed 5 h. Furthermore, under starvation, 10 d larva were dead partially after 3 days, and all died 5 days later. The same tendency was also found in 20 day age larva at 6th and 9th day, 40 day juvenile at 7th and 10th day, respectively.

Key words: *Paracanthobrama guichenoti*; Growth; Feeding rhythm

似刺鲃 (*Paracanthobrama guichenoti*), 隶属鲤形目鲤科鲃亚科似刺鲃属^[1], 俗称石鲫, 为底层鱼类, 主要分布在我国长江中、下游干流及附属湖泊, 具有很高的经济价值, 养殖发展前景良好。

在似刺鲃育苗生产中, 早期发育阶段的摄食习性和生长特性是影响苗种培育成功与否的重要因素。关于似刺鲃早期发育阶段的生物学特性, 迄今尚未见有报道。本文对人工培育条件下似刺鲃早期发育阶段的摄食习性与生长特性进行了系统研究, 以为似刺鲃早期发育阶段的基础生物学积累资料, 为今后开展大规模种苗生产提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 似刺鲃仔鱼的来源及培育

实验于 2007 年 4~7 月在中国水产科学研究院淡水渔业研究中心宜兴苗种基地进行, 实验用似刺鲃系人工繁殖培育的仔稚幼鱼。仔鱼为 35 日龄以内, 鳞片未长出; 稚鱼为 35~68 日龄, 各鳍长成且两侧鳞片长出但未长齐; 幼鱼为 68 日龄以上, 鱼体两侧鳞片长齐, 尾鳍末端呈桔黄色^[2]。

整个实验期间, 仔鱼的开口饵料为熟蛋黄, 经 200 目筛网过滤后投喂; 至晚期仔鱼阶段开始投喂“红虫”(*Tendipes* spp.); 到稚鱼期则投喂幼虾微囊配合饲料(宁波天邦饲料股份有限公司生产)。每天 8:00 和 16:00 时各投喂 1 次, 根据摄食情况适当调整投喂量。

1.2 似刺鲃的生长测量

实验设计 3 组平行。从仔鱼出膜开始至 30 日龄, 每天上午 8:00 时左右从育苗池中随机取样, 下塘后则每周拉网取样 1 次。每次测 30 尾, 全长小于 15.0 mm

的鱼体取样后立即用数码显微镜拍照并测量拍照后图像上鱼体的全长, 再换算出鱼体实际长度; 全长大于 15.0 mm 的鱼体则以四用游标卡尺(精度 0.02 mm) 测量其全长、头长、体高, 并用 Sartorius-BS 224S 型电子天平(精度 0.001 g) 称重。在整个实验期间, 每天观察池水中鱼苗的摄食、生长及活动状态。

1.3 似刺鲃摄食节律的评估

仔、稚鱼摄食强度昼夜变化节律实验在室内 250 L 的大型控温水族箱中进行, 实验设计 3 个平行组。摄食强度昼夜变化节律以 4 h 为一时段, 测定时间为 8:00、12:00、16:00、20:00、24:00 和 4:00 时。每次随机测取 15 尾, 逐尾测量体长、全长、体重, 经解剖后, 参考张觉民等的方法^[3] 评估充塞度并参考谢仰杰等的方法^[4] 计算饱满指数^[3], 连续 2 d, 并保持饲料充足过剩。由于后期仔鱼(20 日龄) 肠道尚未发育完全, 食物团无法称量, 故其昼夜摄食节律用摄食率表示。

1.4 各指标的计算方法

摄食率: $FI(\%) = (\text{消化道内含有食物的仔鱼尾数} / \text{总检查尾数}) \times 100$ 。

饱满指数: $K = W_f / W \times 100$, 式中, W_f 为食物团重(mg), W 为鱼体重(mg)。逐尾计算被测鱼的 K 值, 再求各次的平均值, 以此作为各次摄食强度。

日摄食率采用日平均饱满指数法: $K_d = K \times 24 / t$, 式中, K_d 为日摄食率, K 为日平均饱满指数, t 为消化时间。

全长日生长率 = $(\ln L_2 - \ln L_1) \times 100 / (t_2 - t_1)$, 体重日生长率 = $(\ln W_2 - \ln W_1) \times 100 / (t_2 - t_1)$, 式中, L 为全长(mm), W 为体重(mg), t 为日龄。

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^[5]。

消化时间测定:饱食个体在无饵料水体中至饵料消化排空的时间^[6]。

耐饥能力、饥饿致死时间:空胃个体在无饵料水体中至死亡所需时间^[6,7]。

1.5 数据处理 数据采用 SPSS 11.5 和 Excel 软件进行统计分析、制图,图片用 Photoshop 7.0 编辑处理,结果表示为 Mean ±SD。

2 结果

2.1 仔稚幼鱼的生长 似刺鲃仔、稚、幼鱼的生长见表 1。全长平均日增长率为 3.55%, 体重平均日增长率为 11.26%, 头长/全长值随着日龄的增长变小。全长(L , mm)与体重(M , mg)的关系式为 $M = 0.0012L^2 - 0.0564L + 0.6504$ ($n = 30, R^2 = 0.9958$); 体重(M , mg)与日龄(D , d)的关系式为 $M = 0.0043e^{0.0936D}$ ($n = 30, R^2 = 0.904$)。

似刺鲃仔、稚、幼鱼的全长(L , mm)与日龄(D , d)的关系式为 $L = 0.0154D^2 - 0.0128D + 8.1965$ ($n = 30, R^2 = 0.9809$) (图 1)。

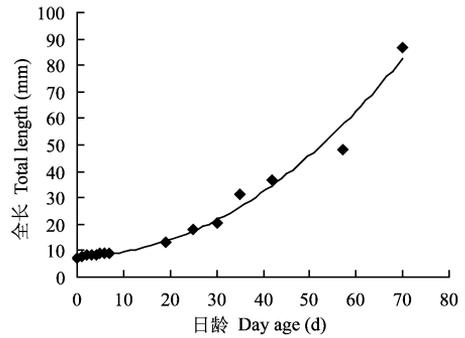


图 1 似刺鲃仔、稚、幼鱼的全长与日龄的关系曲线

Fig. 1 Regression curves for total length and day age of larval, juvenile and young *P. guichenoti*

从表中可以看出,45 日龄后稚鱼,个体生长速度差异显著。分别测量 45 日龄稚鱼全长和体重,平均全长为 37 mm(范围为 20.0 ~ 50.1 mm),标准差为 5.78,变异系数为 15.7%,标准误 0.59,最大全长为最小全长的 2.51 倍;平均体重为 348.2 mg(范围为 210.2 ~ 530.7 mg),标准差为 80.5,变异系数为 40.1%,标准误为 0.09。

表 1 似刺鲃仔、稚、幼鱼的全长、体高、头长和体重(Mean ±SD)

Table 1 Total length and body height, head length and body weight of larval, juvenile and young *P. guichenoti*

发育阶段 Developmental stage	日龄 Day age (d)	样本数 Sample (n)	全长 Total length (mm)	体高 Body height (mm)	头长 Head length (mm)	头长/全长 Head length/Total length	体重 Body weight (mg)
初孵仔鱼	1	30	7.250 ±0.08				
	2	30	8.040 ±0.05				
	3	30	8.225 ±0.07				
	4	30	8.277 ±0.09				
早期仔鱼 Early larva	5	30	8.364 ±0.20				
	6	30	8.858 ±0.55				
	7	30	8.868 ±0.40				
	19	30	8.898 ±0.61				
	25	30	13.100 ±1.28	2.5 ±0.08	3.2 ±0.07	0.244 3 ±0.000 9	16.7 ±0.85
	30	30	17.900 ±1.43	3.0 ±0.09	4.2 ±0.08	0.234 6 ±0.001 1	44.7 ±8.21
晚期仔鱼 Late larva	35	30	20.200 ±2.40	3.1 ±0.11	4.7 ±0.10	0.232 7 ±0.000 8	53.7 ±12.55
	45	30	31.2 ±3.34	5.0 ±0.20	7.2 ±0.15	0.230 8 ±0.001 2	198.0 ±29.37
	57	30	37.0 ±5.78	6.1 ±0.33	8.0 ±0.29	0.216 2 ±0.001 1	348.2 ±80.53
稚鱼 Juvenile	70	30	48.4 ±6.48	7.4 ±0.98	10.2 ±0.40	0.210 7 ±0.001 0	630.5 ±128.11
	幼鱼 Young fish	70	87.5 ±6.84	15.5 ±2.02	18.2 ±0.81	0.208 0 ±0.000 9	5 200 ±1 057.32

1~7 日龄带有卵黄囊,无法正确测量体高、头长和体重。

Body height, head length and body weight were not measured for 1 to 7 day old larva with yolk-sac.

2.2 摄食节律

2.2.1 20 日龄晚期仔鱼摄食节律 观察结果表明,20 日龄的似刺鲃晚期仔鱼全天均摄食,但以白天摄食为主,摄食呈现出一定的节律性,从图2可知,在8:00~16:00时区摄食相对

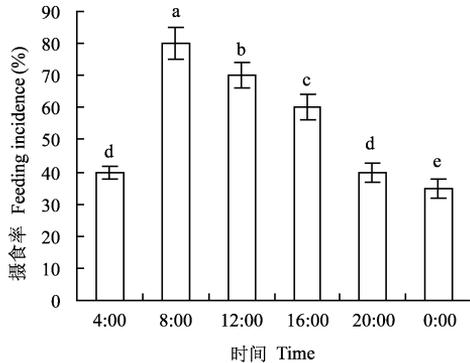


图2 似刺鲃后期仔鱼的昼夜摄食节律

Fig. 2 The feeding rhythm of *P. guichenoti* larvae

柱形图上方不同的字母标注表示差异显著 ($P < 0.05$)。

The bars with different letter labels have significant differences ($P < 0.05$).

活跃,在8:00时摄食率最高,为80%。

2.2.2 40 日龄似刺鲃稚鱼摄食节律 稚鱼期似刺鲃摄食节律的变化见表2。结果显示,40 d 稚鱼期似刺鲃的平均饱满指数在16:00时达到最高峰,8:00和12:00时的饱满指数也较高,达到高峰后即迅速下降,至24:00时处于最低值,肠充塞度也呈现相似的变化趋势。稚鱼期似刺鲃摄食具明显的昼夜节律,属于典型的白天摄食类型。

日摄食率是单位体重每天的摄食量,由日摄食率可推测一定体重的鱼在一天内的饲料需要量^[8]。采用日平均饱满指数法,经换算统计后得出,稚鱼期似刺鲃日摄食率2.3376%,即摄食期的仔鱼每天摄取的食物约占体重的2.3376%。
2.3 消化过程及时间 在25 条件下,投喂熟蛋黄后,20 日龄后期仔鱼在30 min 内即可饱食,经6 h 后,整个消化道排空。整个消化过程见图3。

表2 似刺鲃稚鱼期摄食节律变化

Table 2 Changes of food intake rhythm in juvenile *P. guichenoti*

取样时间 Sample time	体长(mm) Body length	体重(mg) Body weight	食饵重(mg) Weight of food	平均饱满指数 Index of fullness	平均肠充塞度 Fullness
4:00	32.5 ±0.38	260.6 ±2.18	0.199 5 ±0.003 7	0.076 6 ^a	0.5
8:00	33.5 ±0.32	270.4 ±2.19	1.724 9 ±0.005 3	0.637 9 ^b	3.5
12:00	32.5 ±0.36	260.2 ±2.14	1.931 8 ±0.007 2	0.742 4 ^c	3.0
16:00	33.1 ±0.41	267.4 ±2.20	2.694 2 ±0.009 1	1.007 6 ^d	4.0
20:00	33.3 ±0.40	270.0 ±2.38	1.010 9 ±0.004 7	0.374 4 ^e	1.0
0:00	32.1 ±0.43	258.5 ±2.11	0.214 8 ±0.002 9	0.083 1 ^a	0.7
日摄食率 Daily feeding rate (%)			2.337 6		

食饵重用肠道食物团湿重换算;同一列数字的右上角不同的字母表示有显著差异 ($P < 0.05$)。

Weight of food is calculated by wet weight of intestinal foodball; Means in the same column sharing different letters have significant difference ($P < 0.05$).

在25 条件下,似刺鲃整个消化过程见图4。投喂饲料后,40 日龄似刺鲃稚鱼在20~30 min 内即可饱食(图4A),约3 h 后消化完全,营养物质在整个肠道中呈现黄色(图4D),经约5 h 后肠道排空(图4H)。

2.4 耐饥能力及饥饿致死时间 结果显示,在水温25 及饥饿空胃状态下,10 日龄仔鱼只经

3 d 即开始出现死亡个体,50%饥饿致死时间为4 d,经5 d 全部死亡;20 日龄仔鱼只经6 d 即开始出现死亡个体,50%饥饿致死时间为8 d,经9 d 全部死亡;40 日龄稚鱼经7 d 才开始出现死亡个体,50%饥饿致死时间为9 d,经10 d 全部个体均死亡。

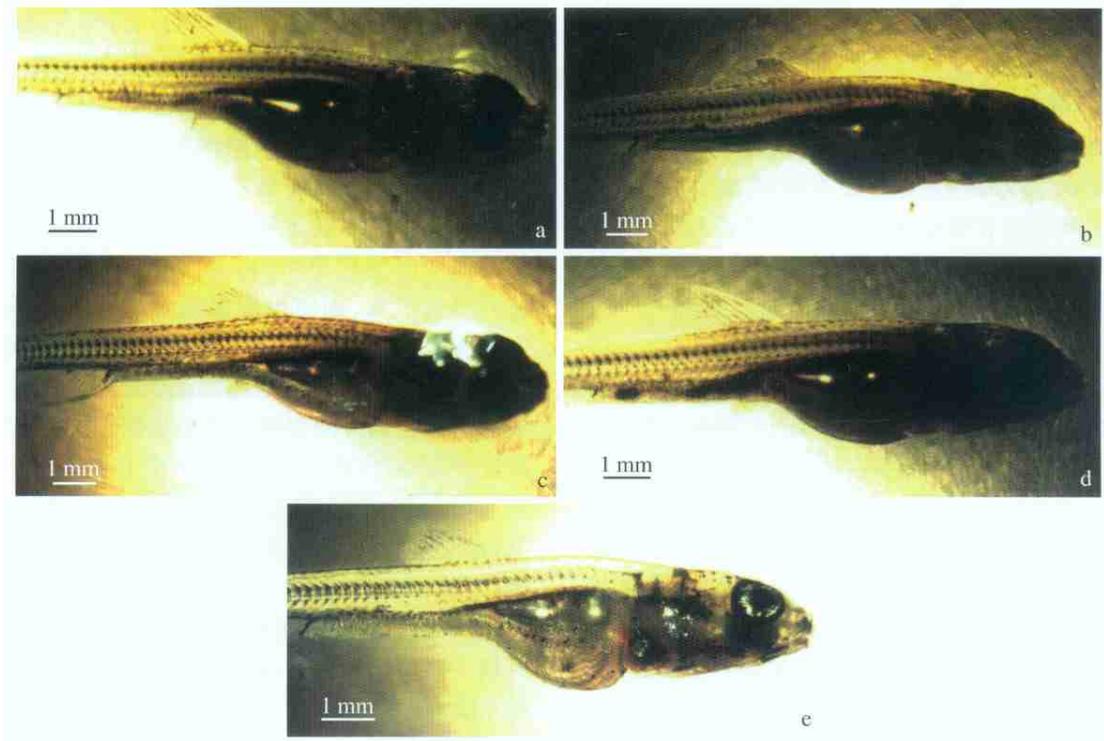


图 3 似刺鲃稚鱼后期仔鱼摄食蛋黄后肠道的消化过程

Fig. 3 Digestive process of juvenile *P. guichenoti* fed feed

a: 摄食后 30 min; b: 摄食后 1 h; c: 摄食后 2 h 30 min; d: 摄食后 4 h 30 min; e: 摄食后 6 h。标尺 = 1 mm。
a: 30 min after feeding; b: 1 h after feeding; c: 2 h 30 min after feeding; d: 4 h 30 min after feeding; e: 6 h after feeding. Bar = 1 mm.

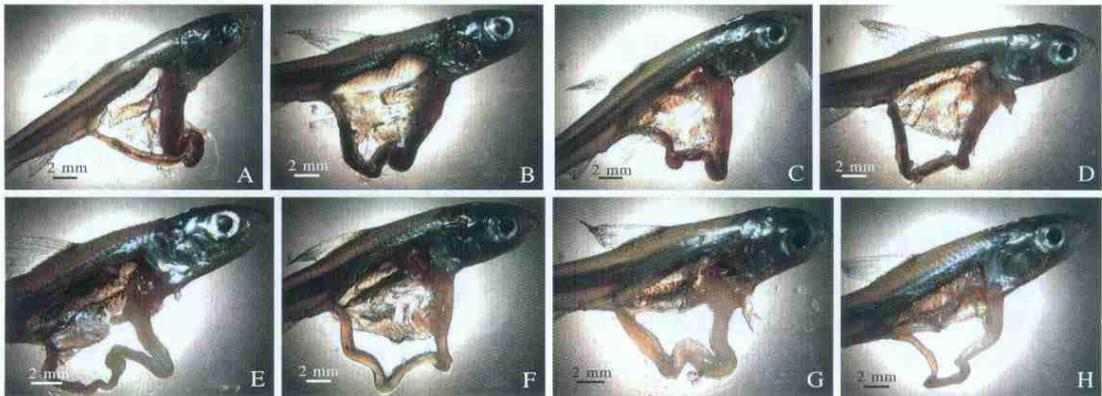


图 4 似刺鲃稚鱼摄食配合饲料后肠道的消化过程

Fig. 4 Digestive process of juvenile *P. guichenoti* fed feed

A: 摄食后 30 min; B: 摄食后 1 h; C: 摄食后 2 h; D: 摄食后 3 h; E: 摄食后 3 h 30 min; F: 摄食后 4 h;
G: 摄食后 4 h 30 min; H: 摄食后 5 h。标尺 = 2 mm。
A: 30 min after feeding; B: 1 h after feeding; C: 2 h after feeding; D: 3 h after feeding; E: 3 h 30 min after feeding;
F: 4 h after feeding; G: 4 h 30 min after feeding; H: 5 h after feeding. Bar = 2 mm.

3 讨 论

3.1 似刺鲷仔稚幼鱼的生长及摄食能力

诸多学者对鱼类仔稚幼鱼的体长、体重与日龄之间的关系进行了生长方程的拟合^[3,4,9~11]。在似刺鲷仔稚幼鱼的生长中,体长与体重、体长与日龄之间的关系用理论值验算时与实测值最接近的是抛物线函数方程,与马旭洲等^[9]的研究结果相似。

70 日龄内,似刺鲷全长平均日增长率为 3.55%,体重平均日增长率为 11.26%,明显低于斜带石斑鱼 (*Epinephelus coioides*)^[4]、牙鲆 (*Paralichthys olivaceus*)^[10]、白鲢 (*Hypophthalmichthys molitrix*)^[12]、黄河鲤 (*Cyprinus carpio* var. *huanghe*)^[13] 等的增长率。与此相应的是其日摄食率低下,这是该品种生长速度慢还是饲料营养配方不匹配造成的,尚需进一步研究。

3.2 似刺鲷仔稚幼鱼的个体发育及生长差异 鱼类仔、稚、幼鱼不同个体间的生长速度普遍存在差异性^[6],36 日龄牙鲆的最大个体及最小个体全长与体高的差异分别是 1.66 倍和 1.88 倍^[10],90 日龄的真鲷 (*Pagrosomus major*) 的全长与体重的差异分别是 2.95 倍和 30.15 倍^[14]。似刺鲷仔稚鱼发育在 10 日龄前差异不明显,10 日龄后个体生长发育的差异明显增大,45 日龄稚鱼平均全长已达到 3.70 cm,但有 8% 的稚鱼平均全长却为 2.00 ~ 3.00 cm。目前,未观察到有种内相残现象。由于卵质的差异或仔鱼摄食状况的差异,造成器官发育程度不尽相同,必然影响到鱼苗的生长速度,此阶段是仔鱼培育第二危险期。此阶段投喂的饵料是否适时又适口,不仅关系到加速或延缓鱼苗的生长,严重时还可导致鱼苗的大批死亡。

3.3 关于似刺鲷摄食节律问题 鱼类的摄食有白天摄食、夜晚摄食、晨昏摄食和无明显节律 4 种类型^[15]。本研究表明,似刺鲷仔、稚鱼属于白天摄食型鱼类,而且其摄食活动偏于上午。白天摄食的视觉型鱼类一般视觉发达,而在夜间觅食的嗅觉型鱼类,主要是利用其他感觉来摄食^[16,17],而并非以生活水层而论。本

实验中,白天光照较强 (400 ~ 600 lx) 时,似刺鲷肠道的堵塞度较高;光照较弱 (20 ~ 50 lx) 时,其肠道的堵塞度相对较低;夜间无光照时出现空肠,因此,推测似刺鲷视觉发达,其摄食活动主要是依靠视觉完成。

当日投饲次数足够多时,所反映出来的日摄食强度的变化是由“内源节律”^[16] 所决定的特有摄食节律,即使投饲次数继续增加也不改变。本实验中,均确保饵料、饲料充足条件下进行,似刺鲷摄食节律的揭示为苗种培育时确定合适的投饲时间提供了理论依据。在其苗种培育过程中,应在 7:00 ~ 8:00 和 15:00 ~ 16:00 时投喂饵料,并根据其日摄食率严格控制投喂量,避免过量投喂造成饵料浪费和污染养殖水体。

3.4 似刺鲷消化时间、耐饥能力及饥饿致死时间

似刺鲷鱼苗一次摄食在 20 ~ 30 min 内可充满全肠,而经 3 ~ 6 h 就消化泄空,此时如不再继续投喂,鱼苗便处于饥饿状态,严重时甚至引起死亡,消化时间可以作为生产上饵料投喂的间隔时间。

在似刺鲷仔稚鱼阶段,鱼苗耐饥能力差,容易出现饥饿不可逆,直至消瘦死亡。实验结果表明,仔稚鱼阶段似刺鲷 50% 饥饿致死时间接近白鲢,远短于草鱼 (*Ctenopharyngodon idellus*)、鳙鱼 (*Aristichthys nobilis*) 和鲤鱼 (*Cyprinus carpio*)^[7]。因此,在培育过程中保持育苗池内有适宜密度、又适口的饵料是十分重要的。

参 考 文 献

- [1] 倪勇,朱成德主编.太湖鱼类志.上海:上海科学技术出版社,2005,139 ~ 142.
- [2] 顾若波,徐钢春,闻海波等.似刺鲷胚胎及胚后发育.中国水产科学,2008,15(3):414 ~ 424.
- [3] 张觉民,何志辉.内陆水域渔业自然资源调查手册.北京:农业出版社,1991,285 ~ 286.
- [4] 谢仰杰,翁朝红,苏永全等.斜带石斑鱼仔稚鱼生长和摄食的研究.厦门大学学报(自然科学版),2007,46(1):123 ~ 130.
- [5] 马爱军,柳学周,徐永江等.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,2005,36(2):130~138.
- [6] 张雅芝,郑斯电. 鲢状黄姑鱼早期发育阶段的摄食与生长特性. 海洋与湖沼,1999,30(2):117~126.
- [7] 王吉桥,毛连菊,姜静颖等. 鲤、鲢、鳙、草鱼苗和鱼种饥饿致死时间的研究. 大连水产学院学报,1993,8(2-3):58~64.
- [8] 王春芳,谢从新,马俊. 黄颡鱼早期发育阶段的摄食节律及日摄食率. 水产学杂志,2001,14(2):66~68.
- [9] 马旭洲,王武,甘炼等. 瓦氏黄颡鱼仔稚鱼生长与发育的研究. 大连水产学院学报,2006,21(4):331~335.
- [10] 施兆鸿,彭士明,罗海忠等. 人工育苗条件下舟山牙鲆仔稚鱼的摄食与生长. 上海水产大学学报,2007,16(6):566~572.
- [11] Knight W. Asymptotic growth: an example of nonsense disguised as mathematics. *Canadian Journal of Fish Research Board*,1968,25(6):1303~1307.
- [12] 冯晓宇,周玉竹. 白鲢仔稚鱼食性与生长的初步研究. 湛江水产学院学报,1995,15(2):25~31.
- [13] 冯建新,王文斌. 池养条件下黄河鲤鱼的生长及形态发育初步观察. 河南水产,2001,(2):27~28.
- [14] 张雅芝,郑金宝,陈昌生等. 秋冬季生殖真鲷仔、稚、幼鱼摄食和生长的研究. 厦门水产学院学报,1994,16(2):16~27.
- [15] Helfman G S. Fish behaviour by day, night and twilight. In: Pitcher T J ed. *The Behaviour of Teleost Fishes*. Baltimore Maryland: The Johns Hopkins University Press, 1986,366~387.
- [16] 窦硕增. 鱼类摄食生态研究的理论及方法. 海洋与湖沼,1996,27(5):556~561.
- [17] 李太勇,刘晓春,何大仁. 真鲷早期发育阶段的摄食节律. 热带海洋,1994,13(2):82~86.