

doi: 10.3969/j.issn.1673-2227.2010.01.007

延迟投饵对卵形鲳鲹早期仔鱼阶段摄食、成活及生长的影响

许晓娟^{1,2}, 区又君¹, 李加儿¹

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 广东 广州 510300; 2. 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306)

摘要: 利用人工繁殖产生的卵形鲳鲹 (*Trachinotus ovatus*) 初孵仔鱼, 在水温 $(26.8 \pm 1.4)^\circ\text{C}$ 、盐度 28.2 ± 0.8 条件下, 对延迟投饵 0~6 d 的卵形鲳鲹仔鱼的摄食、生长及其成活情况进行了研究。结果显示, 仔鱼于 3 日龄开口, 于开口的当天投饵及延迟投饵 1、2、3、4 和 5 d, 投饵后 2 h 内仔鱼的摄食率分别为 15%、30%、50%、25%、15% 和 5%, 每尾鱼的平均摄食量分别为 0.4、0.6、1.3、0.6、0.3 和 0.1 个轮虫。延迟投饵 6 d 一组仔鱼的摄食率均为 0。延迟投饵 0、1 和 2 d 各组仔鱼的成活率相差不大, 但延迟 3 d 以上仔鱼的成活率急剧下降。卵形鲳鲹仔鱼的初次摄食饥饿不可逆点 (PNR) 出现在仔鱼开口后 4 d, 开始投喂饵料的最佳时期应在仔鱼开口后的 3 d 之内。

关键词: 卵形鲳鲹; 仔鱼; 延迟投饵; 摄食; 成活; 生长

中图分类号: S 961.2 文献标志码: A

文章编号: 1673-2227-(2010)01-0037-05

Effects of delayed feeding on foraging, survival and growth of ovate pompano (*Trachinotus ovatus*) larvae during early developmental stage

XU Xiaojuan^{1,2}, OU Youjun¹, LI Jiaer¹

(1. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China;

2. College of Fisheries and Life, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: Effects of delayed initial feeding on the foraging, growth and survival of artificial bred larvae of ovate pompano (*Trachinotus ovatus*) were studied under the water temperature of $(26.8 \pm 1.4)^\circ\text{C}$ and salinity of 28.2 ± 0.8 . The results showed that the larval mouth opened 3 days after hatching, and with the delayed initial feeding of 0, 1, 2, 3, 4 and 5 days, the feeding rate was 15%, 30%, 50%, 25%, 15% and 5%, respectively; the average consumption per larva within two hours was 0.4, 0.6, 1.3, 0.6, 0.3 and 0.1 prey, respectively. At day 6 of the delayed initial feeding, the feeding rate of all larvae was 0; there was no significant difference in the survival rate at the delayed initial feeding of day 0, day 1 and day 2 but the survivorship decreased abruptly while the delayed feeding lasted more than 3 days. The point of no return (PNR) occurred at 4 days after the larval mouth opened, which indicated that the optimum initial feeding time for the larvae was within 3 days after their mouths opened.

Key words: ovate pompano (*Trachinotus ovatus*); larvae; delayed feeding; foraging; survival; growth

自然界中食物在时间和空间上的分布不均匀以及环境发生剧变等各种原因, 导致鱼类在其生活史的某一阶段经常会因为食物匮乏而遭遇到饥饿胁

迫。有专家指出导致海水鱼类仔鱼死亡的主要原因之一是饥饿^[1]。在许多海水硬骨鱼类育苗的生产过程当中, 特别是在仔鱼从内源性营养阶段过渡到

收稿日期: 2009-09-07; 修回日期: 2009-11-12

资助项目: 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南海水产研究所)资助项目(2008YD02)

作者简介: 许晓娟(1984-), 女, 硕士研究生, 从事水产养殖基础生物学研究。E-mail: xiaojuanxu1221@hotmail.com

通讯作者: 李加儿, E-mail: lje001@126.com

外源性营养阶段期间，营养不良会引起仔鱼大量死亡，从而导致种苗生产的成活率低下。这个时期在一些文献中被称之为“临界期”或“危险期”。BLAXEY 和 HEMPEL^[2]于 1963 年最早提出仔鱼初次摄食饥饿“不可逆点”(the point of no return, PNR) 的概念，即初次摄食期仔鱼耐受饥饿的时间阈值，并利用饥饿的方法来研究确定仔鱼的初次摄食率和 PNR。目前已有一些文献指出在育苗过程中延迟投饵会影响仔鱼阶段的摄食、成活和生长^[3-6]，但对卵形鲳鲹(*Trachinotus ovatus*)仔鱼的相关研究则尚未见有报道。卵形鲳鲹为海水养殖优质的种质资源，是近年来中国南方海湾深水网箱养殖的重要种类之一。该鱼的肉无肌间刺，肉质细嫩，味道鲜美，属名贵食用鱼类，养殖生产的经济效益显著^[7-11]。为此，文章研究了延迟投饵对卵形鲳鲹仔鱼摄食、生长和成活的影响，以期为该鱼的人工繁育种苗生产提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验用的卵形鲳鲹仔鱼于 2008 年 4 月取自中国水产科学研究院南海水产研究所深圳试验基地，为育苗生产孵化出的生长良好、健康仔鱼。试验用水为经沉淀沙过滤的当地自然海水，温度为 $(26.8 \pm 1.4)^\circ\text{C}$ ，盐度为 28.2 ± 0.8 。

1.2 方法

1.2.1 延迟投饵对初次摄食能力及 PNR 的影响试验 用 2 个容积为 300 L 的玻璃纤维圆形孵化水槽，注入 250 L 海水，各放入质量为 50 g 的卵形鲳鲹受精卵，用小型空气压缩机微充气。在观察到孵出的仔鱼开口后，即向 1 号孵化水槽加入经过用小球藻培养的褶皱臂尾轮虫，2 号孵化水槽不投喂饵料生物。从仔鱼开口的第 1 天起，每日从 2 号孵化水槽随机捞取 10 尾仔鱼，带水移入到 500 mL 容积的烧杯中，控制水中的轮虫密度在 $10 \text{ ind} \cdot \text{mL}^{-1}$ 左右，2 h 后将所有仔鱼取出，固定在体积分数为 5% 的甲醛溶液中，然后用解剖镜逐尾观察测定被仔鱼摄入胃肠道里的轮虫个数，并计算仔鱼的初次摄食率及平均摄食量^[12]：摄食率 = 肠道内含有轮虫的仔鱼尾数 / 总检测仔鱼尾数 × 100%。采用殷名称^[13]的方法确定卵形鲳鲹仔鱼的 PNR 值。该文以孵化后日数表示，每日测定饥饿试验组卵形鲳鲹仔

鱼的初次摄食率，当所检测到饥饿组仔鱼的初次摄食率低于最高初次摄食率的 50% 时，即为 PNR 的时间。

1.2.2 延迟投饵对仔鱼成活的影响试验 试验分成 7 个组进行，每组设置 2 个平行。用 10 L 的塑料桶作为试验容器，在每个桶中各放入 100 尾仔鱼。分别在其开口的当天、第 1 天、第 2 天、第 3 天、第 4 天、第 5 天和第 6 天开始投喂轮虫，水中的轮虫密度调节在 $10 \text{ ind} \cdot \text{mL}^{-1}$ 左右。每日观察仔鱼的活动情况，用虹吸管移出死鱼并记录。将所有的试验桶都置于同一个水槽中，以保持水温一致。

1.2.3 延迟投饵对仔鱼生长的影响试验 每日分别从 1 号和 2 号孵化水槽中随机取出 15 尾仔鱼测量其全长。当完全饥饿组的仔鱼全部死亡时，分别测量各延迟投饵组仔鱼的全长。

1.2.4 统计方法 应用 Excel 和 SPSS 系统统计软件分析，计算平均值和标准差，并对其变化趋势作回归相关统计分析。

2 结果

2.1 延迟投饵对初次摄食能力和 PNR 的影响

卵形鲳鲹仔鱼在 3 日龄时开口，在开口当天投饵以及延迟投饵 1、2、3、4 和 5 d 的 5 种投喂条件下，各组投饵后 2 h 内仔鱼的摄食率分别为 15%、30%、50%、25%、15% 和 5%，平均每尾仔鱼的摄食量分别为 0.4、0.6、1.3、0.6、0.3 和 0.1 个轮虫，而延迟投饵 6 d 一组仔鱼的摄食率则为 0 (表 1)。试验结果显示，卵形鲳鲹仔鱼的饥饿 PNR 为延迟投饵后第 3 天，即开口后第 4 天。

表 1 延迟投饵的卵形鲳鲹仔鱼 2 h 内的初次摄食情况 ($n=10$)

Tab. 1 Larval foraging of *T. ovatus* with delayed initial feeding within 2 hours

延迟投饵天数/d delayed initial feeding day	摄食率/% feeding rate	平均摄食量/ $\text{ind} \cdot \text{尾}^{-1}$ average feed intake
0	15	0.4
1	30	0.6
2	50	1.3
3	25	0.6
4	15	0.3
5	5	0.1
6	0	0

2.2 延迟投饵对仔鱼成活率的影响

延迟投饵时间超过 6 d 以上, 仔鱼至 9 日龄时全部死亡, 但在相同的水质条件下, 延迟投饵 0~5 d 各组仔鱼的成活率均高于 5% (表 2)。在完全饥饿的条件下, 延迟投饵 0、1 和 2 d 的仔鱼到 9 日龄时的成活率低且各组间的差异不大; 但延迟投饵 3 d 的仔鱼, 到 8 日龄时的成活率下降为 26.25%, 延迟投饵 3 d 以上的各组仔鱼成活率则急剧下降。完全投饵组仔鱼的死亡率较为稳定, 在完全饥饿的条件下, 卵形鲳鲹仔鱼死亡主要出现在 6~9 日龄, 在 8~9 日龄时大量死亡。

2.3 延迟投饵对仔鱼生长的影响

从 4 日龄开始(延迟投饵 1 d), 2 组仔鱼的全长值差异显著 ($P < 0.05$), 从 7 日龄开始(延迟投饵 4 d) 2 组仔鱼的全长值差异极显著 ($P < 0.01$), 仔鱼开始停止生长, 甚至出现负增长值 (表 3)。

取出各试验组 9 日龄的卵形鲳鲹仔鱼测定全长 (表 4)。方差分析结果显示, 各延迟投饵组仔鱼的全长差异非常显著 ($P < 0.01$); Duncan 多重比较结果显示, 延迟投饵 0、1 和 2 d 3 组仔鱼的生长没有显著差异 ($P > 0.05$), 而与其他仔鱼组之间的差异极为显著 ($P < 0.01$)。

表 2 延迟投饵对卵形鲳鲹仔鱼成活率的影响

Tab. 2 The effect of delayed initial feeding on the survival of larvae of *T. ovatus*

延迟投饵天数/d delayed initial feeding day	各日龄仔鱼的成活率/% survival rate of different day old larvae						
	3 d	4 d	5 d	6 d	7 d	8 d	9 d
0	90.75	85.45	76.45	71.25	52.50	45.50	23.50
1	91.45	89.50	80.75	75.50	56.45	47.45	37.75
2	92.00	90.50	83.75	78.75	67.75	56.25	45.25
3	92.75	83.75	79.25	61.25	47.25	26.25	6.25
4	93.45	81.50	71.75	57.75	38.75	9.25	2.75
5	89.75	79.25	65.25	53.25	39.45	6.75	0.50
6	90.00	80.45	58.45	40.50	23.25	1.75	0.00

表 3 完全饥饿组与完全投饵组卵形鲳鲹仔鱼的生长差异比较 ($n = 15$)

Tab. 3 The growth difference between feeding groups and starving groups of larvae of *T. ovatus*

日龄/d day old	投饵方式 feeding method	仔鱼全长/mm total length	全长幅值/mm range	显著性 significance
4	完全饥饿 starving	2.39 ± 0.03	2.27~2.46	*
	完全投饵 feeding	2.43 ± 0.08	2.45~2.65	
5	完全饥饿 starving	2.53 ± 0.11	2.29~2.62	*
	完全投饵 feeding	2.51 ± 0.09	2.39~2.66	
6	完全饥饿 starving	2.44 ± 0.08	2.29~2.56	*
	完全投饵 feeding	2.63 ± 0.07	2.52~2.63	
7	完全饥饿 starving	2.36 ± 0.04	2.19~2.54	**
	完全投饵 feeding	2.68 ± 0.09	2.56~2.73	
8	完全饥饿 starving	2.28 ± 0.01	2.13~2.43	**
	完全投饵 feeding	2.74 ± 0.05	2.61~2.71	

注: * . 差异显著 ($P < 0.05$); ** . 差异非常显著 ($P < 0.01$)

Note: * . The difference was significant ($P < 0.05$); ** . The difference was very significant ($P < 0.01$)。

表4 延迟投饵对卵形鲳鲹9日龄仔鱼生长的影响

Tab. 4 The effect of delayed initial feeding on the growth of 9-day old larvae of *T. ovatus*

延迟投饵天数/d delayed initial feeding day	仔鱼全长/mm total length	全长幅值/mm range
0	2.75 ± 0.26 ^a	2.58 ~ 2.81
1	2.79 ± 0.17 ^a	2.60 ~ 2.85
2	2.85 ± 0.45 ^a	2.67 ~ 2.97
3	2.55 ± 0.38 ^b	2.34 ~ 2.66
4	2.23 ± 0.10 ^c	1.98 ~ 2.35

注：同一列中字母不同者表示统计学差异极显著 ($P < 0.01$)

Note: Different letters in the same row indicated the difference was very significant ($P < 0.01$).

3 讨论

3.1 延迟投饵对初次摄食能力及 PNR 的影响

卵形鲳鲹仔鱼初次摄食率受延迟投饵天数的影响。延迟 2 d 投饵的卵形鲳鲹仔鱼初次摄食强度最大，延迟 3 d 投饵的仔鱼初次摄食强度略有下降，延迟 4 d 投饵的仔鱼初次摄食强度明显降低，延迟投饵 5 d 以上，卵形鲳鲹仔鱼不摄食。出现这种现象的主要原因可能是随着延迟投饵时间的推迟，仔鱼体中所携带的卵黄被逐步耗尽，结果导致其摄食能力下降。延迟投饵后，仔鱼的最高初次摄食率为 50%，牙鲆 (*Paralichthys olivaceus*) 仔鱼的初次摄食率高 (35%)^[12]，与浅色黄姑鱼 (*Nibea chu*) 的最高初次摄食率 (50%) 基本相似^[14]；比点带石斑鱼 (*Epinephelus malabaricus*) (79%)^[15]、黄鲷 (*Dentex tumifrons*) (75%)^[16]、真鲷 (*Pagrus major*) (85%)^[12] 和花尾胡椒鲷 (*Plectrohinchus cinctus*) (65%)^[17] 的初次摄食率低。有文献指出，当仔鱼的摄食率下降到最高初次摄食率的一半以下时，即进入了 PNR 期^[13]。由此推测，卵形鲳鲹仔鱼的 PNR 出现在仔鱼开口后第 4 天，这与花尾胡椒鲷相同，而牙鲆和真鲷的 PNR 分别为 3~4 d 和 4~5 d^[4,12]，黄鲷为 5~6 d^[16]。此时的仔鱼必须从水中摄食到食物，否则就会丧失摄食的能力。不同鱼类物种或种群从内源性营养转向外源性营养阶段的混合营养期从数小时到 3 d 不等，这些差异与鱼卵的质量、发育生物学特性及外界环境因素有关，即 PNR 出现时间的迟早受到卵孵化时间及环境水温的制约^[17]。

3.2 延迟投饵对仔鱼成活的影响

卵形鲳鲹仔鱼进入 PNR 期后的死亡期主要出

现在 6~9 日龄，在 8~9 日龄时仔鱼出现大量死亡。万瑞景等^[19]曾报道鳀 (*Egraulis japonicus*) 仔鱼进入 PNR 期之后仍能够继续存活 2 d 左右。花尾胡椒鲷仔鱼在开口后 4 d 内，各组仔鱼死亡率相差不大；开口后第 5 天 (8 日龄)，仔鱼的死亡率表现出明显差异^[4]。真鲷延迟投饵超过 6 d 以上，仔鱼至 12 日龄完全死亡，而在相同的饲养条件下，延迟投饵 0~5 d，成活率均维持在 10% 以上，延迟投饵 2 d 对真鲷仔鱼的成活没有影响^[12]。延迟投饵超过 6 d 以上，黄鲷仔鱼在 14~15 日龄期间完全死亡^[16]。初期仔鱼的成活率高低可能受初期仔鱼的摄食经验的影响，一般摄食经验丰富者，摄食率和摄食量均比较高，成活率也高。随着延迟投饵时间的不断延长，仔鱼在试验后期死亡率比较高，这可能是因为一部分仔鱼已经丧失了初次摄食的能力，以后几乎无法再摄食，仔鱼在试验后期的死亡率最高，因为这时绝大多数仔鱼已丧失初次摄食的能力，只有少数生命力比较强的仔鱼还能摄食^[13]。

3.3 延迟投饵对仔鱼生长的影响

在饥饿的状态下，卵黄和油球作为仔鱼的内源性营养，担负着维持鱼体成活和生长的重要作用。随着饥饿时间的延长，仔鱼体内的营养物质被逐步消耗，而且得不到外界食物的补充，造成能量不足，机体受损害，导致发育进程受阻、生长变慢及成活率显著降低^[19]。FARRIS^[20]将海水鱼类卵黄囊期仔鱼的生长分为 3 个时期：1) 初孵时的快速生长期；2) 卵黄囊消失前后的慢速生长期；3) 未能摄食外界食物的负生长期。这与该试验的观察结果相一致，即卵形鲳鲹仔鱼延迟投饵 0、1 和 2 d 对仔鱼早期生长无明显影响，延迟投饵 3 d 对仔鱼

生长开始出现不良影响，延迟投饵超过 4 d 仔鱼生长急剧下降。延迟投饵会影响花尾胡椒鲷仔鱼的生长，延迟 1 d 投饵对仔鱼生长的影响不明显，而延迟投饵 2~3 d 仔鱼的生长速度较慢，延迟投饵 4 d 以上的仔鱼则呈现负增长，而且存活下来的仔鱼多数呈畸形^[4]。牙鲆全长的增加随延迟投饵天数的延长而降低，延迟投饵 1 d 仔鱼的增长率为 5.74%，延迟投饵 2 d 为 3.52%，延迟投饵 3 d 为 3.13%^[12]。在实践中，把握好投饵时机是种苗生产成功的关键之一，卵形鲳鲹早期仔鱼混合营养期只有 2~3 d，具有摄食能力的时间比较短，因此，必须在仔鱼开口后 3 d 以内投放饵料，这样才可保证仔鱼能及时摄食到充足的食物，提高仔鱼的成活率，并使仔鱼具有较佳的生长速度，从而获得最大的经济效益。

参考文献：

- [1] 殷名称. 鱼类早期生活史阶段的自然死亡 [J]. 水生生物学报, 1996, 20 (4): 211~240.
- [2] BLAXEY J H S, HEMPEL G. The influence of egg size on herring larvae [J]. J Cons Int Explor Mer, 1963, 28: 211~240.
- [3] ABOL-MUNAFIA B, UMEDA S. Effect of temperature, light intensity, salinity and delayed initial feeding on the growth and survival rates of artificially produced yellowfin porgy, *Acanthopagrus latus* (houttuyn) larvae [J]. 水产增殖(日), 1993, 41 (4): 445~453.
- [4] 黄良敏, 谢仰杰, 邓书品, 等. 延迟投饵对花尾胡椒鲷仔鱼摄食、生长和存活的影响 [J]. 集美大学学报, 2003, 8 (2): 130~133.
- [5] DOU S Z, MASUDA R, TANAKA M, et al. Effects of temperature and delayed initial feeding on the survival and growth of Japanese flounder larvae [J]. J Fish Biol, 2005, 66 (2): 362~377.
- [6] 顾志敏, 朱俊杰, 黄鲜明, 等. 延迟投饵对沙塘鳢仔鱼存活和生长的影响 [J]. 宁波大学学报: 理工版, 2007, 20 (4): 459~462.
- [7] 成庆泰, 郑葆珊. 中国鱼类系统检索 [M]. 北京: 科学出版社, 1987: 341~342.
- [8] 陈伟洲, 许鼎盛, 王德强, 等. 卵形鲳鲹人工繁殖及育苗技术研究 [J]. 台湾海峡, 2007, 26 (3): 435~442.
- [9] 区又君, 李加儿. 卵形鲳鲹的早期胚胎发育 [J]. 中国水产科学, 2005, 12 (6): 787~789.
- [10] 麦贤杰, 黄伟健, 叶富良, 等. 海水鱼类繁殖生物学和人工繁育 [M]. 北京: 海洋出版社, 2005: 177~182.
- [11] 许晓娟, 李加儿, 区又君. 盐度对卵形鲳鲹胚胎发育和早期仔鱼的影响 [J]. 南方水产, 2009, 5 (6): 31~35.
- [12] 鲍宝龙, 苏锦祥, 殷名称, 等. 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 [J]. 水产学报, 1998, 22 (1): 33~38.
- [13] 殷名称. 鱼类早期生活史研究与进展 [J]. 水产学报, 1991, 15 (4): 348~358.
- [14] 黄良敏, 谢仰杰, 张光后, 等. 延迟投饵对浅色黄姑鱼仔鱼摄食、生长和存活的影响 [J]. 大连水产学院学报, 2005, 20 (4): 300~304.
- [15] 柳敏海, 施兆鸿, 陈波, 等. 饥饿对点带石斑鱼饵料转换期仔鱼生长和发育的影响 [J]. 海洋渔业, 2006, 28 (4): 292~298.
- [16] 夏连军, 施兆鸿, 陆建学. 黄鲷仔鱼饥饿试验及不可逆点的确定 [J]. 海洋渔业, 2004, 26 (4): 286~290.
- [17] 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]. 台湾海峡, 1999, 21 (5): 110~119.
- [18] 万端景, 李显森, 庄志猛, 等. 鳙鱼仔鱼饥饿试验及不可逆点的确定 [J]. 水产学报, 2004, 28 (1): 79~83.
- [19] 殷名称. 鱼类仔鱼早期的摄食和生长 [J]. 水产学报, 1995, 19 (4): 335~34.
- [20] FARRIS D A. A change in the early growth rate of larvae in marine fishery [J]. Limnol Oceanogr, 1959 (4): 29~36.