

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

鲍宝龙 苏锦祥 殷名称
(上海水产大学渔业学院, 200090)

摘 要 试验结果表明:(1) 2 日龄真鲷、牙鲆仔鱼初次摄食, 在 6~7 日龄和 5~6 日龄, 不能建立外源性营养的仔鱼分别进入 PNR 期, 而卵黄囊均在此前 1~2 天已耗尽。混合营养期分别为 3~4 天和 1~2 天。(2) 真鲷和牙鲆仔鱼在不同饥饿阶段初次摄食率的变化式型是: 开始较低, 此后逐步上升, 高峰期出现在卵黄囊接近耗尽时, 此后开始下降。记录到的最高初次摄食率分别为 86.7% 和 35%。(3) 牙鲆仔鱼体长的增长率随延迟投饵天数的增加而降低, 牙鲆仔鱼的存活率与延迟投饵天数的关系也是如此。延迟 2 天投饵对真鲷仔鱼的存活率影响不大。

关键词 真鲷, 牙鲆, 仔鱼, 延迟投饵, 摄食, 存活, 生长

真鲷(*Pagrosomus major*)、牙鲆(*Paralichthys olivaceus*) 育苗技术在日本已比较成熟, 国内尤其是在北方工厂化育苗也很成功, 对仔鱼阶段的研究已有不少报道[吴光宗 1993, 厦门水产学院养鱼小组 1978a、1978b]。饥饿被认为是海洋仔鱼死亡的主要原因之一[殷名称 1991a]但饥饿对真鲷、牙鲆仔鱼早期阶段的影响却不见报道。本试验试图探明延迟投饵对真鲷、牙鲆仔鱼早期阶段摄食、存活及生长的影响, 进一步了解仔鱼早期阶段的摄食能力, 为提高工厂化育苗水平提供基本依据。

1 材料与方 法

1.1 仔鱼来源及饲养

真鲷和牙鲆亲鱼均是人工饲养, 自然产卵, 本试验在中国水产科学研究院黄海水产研究所小麦岛苗种基地进行。饲养箱为圆形透明的有机玻璃缸, 容量为 200 L, 仔鱼孵化后, 用作饥饿试验的仔鱼不予投饵。摄食试验的仔鱼开口前一天即投喂褶皱臂尾轮虫(*Brachionus plicatilis*), 密度为 5~7 个/mL, 轮虫由酵母培养, 仅在投喂前一天饲以海水小球藻强化。饲养期间, 海水经安全系统过滤, 盐度保持在 28~32, 饲养水温 16~19℃。

1.2 摄食能力试验

仔鱼的初次摄食率和摄食强度通过摄食试验确定。把 20 尾左右仔鱼放入 50 mL 小烧杯中, 轮虫密度为 20 个/mL, 保持自然水温 2h, 然后将仔鱼取出, 经麻醉后逐尾检查。摄食强度可以通过解剖仔鱼肠管计数轮虫壳数来获得。肠管内含有轮虫的仔鱼尾数占总尾数的百分数即为摄食率。PNR(不可逆点)的确定按照殷名称[1991b]所采用的方法。

1.3 延迟投饵试验

用相同体积的小烧杯取饲养缸中健康的初孵仔鱼移入各试验烧杯中, 水体均为 1 000 mL, 初孵第二天和第三天清晨分别用吸管吸去杯中死仔鱼, 此后每天循序按不同延迟投饵的天数在各杯中加入轮虫, 密度 7~ 10 个/mL, 一日二次记录各杯中死仔鱼数, 至完全饥饿的仔鱼全部死亡, 计数各杯中仔鱼存活数, 进而合计各杯中初放入的总仔鱼数。仔鱼死亡以鱼体发白、心脏停止跳动为准。牙鲆饥饿仔鱼完全死亡以后, 延长了对存活仔鱼的观察, 至 17 日龄取出各仔鱼并测量体长。

2 结果和分析

2.1 初次摄食和 PNR

真鲷仔鱼 2 日龄开口, 4~ 5 日龄卵黄囊消失, 进入摄食期后, 不同饥饿时间的初次摄食率(图 1)开始时较低, 仅为 10% 强; 此后逐步上升, 高峰出现在卵黄囊接近耗尽时, 可达 85% 以上; 此后急剧下降, 当初次摄食率降至 40% 左右(图中水平线)时, 仔鱼进入不可逆期, 即 PNR 期, 这个耐饥饿的时间临界点发生在 6~ 7 日龄, 因此, 真鲷仔鱼具有初次摄食能力的时间共约 4~ 5 天。

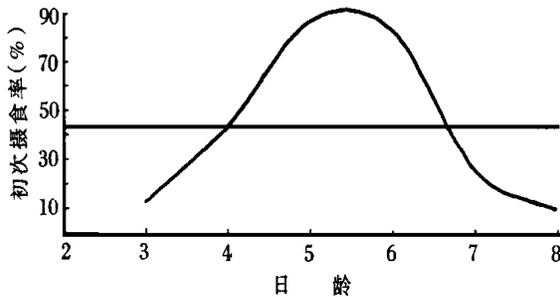


图 1 真鲷饥饿仔鱼的初次摄食率

Fig. 1 Change in initial feeding rates during different periods of starvation of early development of *P. major* larvae

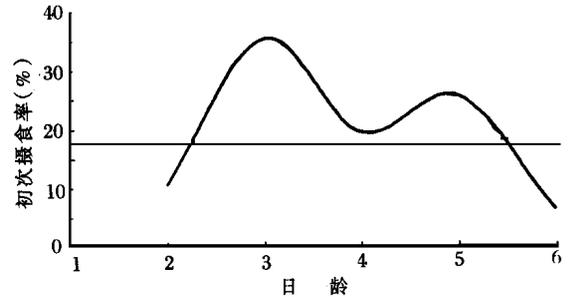


图 2 牙鲆饥饿仔鱼的初次摄食率

Fig. 2 Change in initial feeding rates during different periods of starvation of early development of *P. olivaceus* larvae

牙鲆仔鱼 2 日龄开口, 3~ 4 日龄卵黄囊消失, 进入摄食期后, 经不同饥饿时间后的初次摄食率变化见图 2。其变化式型为: 2 日龄为 10% 左右, 到次日卵黄囊接近耗尽时达到最高, 此时的初次摄食率为 35%, 然后下降, 至 6 日龄仅为 5% 左右, 这表明在 5~ 6 日龄左右即进入 PNR 期, 因此, 牙鲆仔鱼具有初次摄食能力的时间只有 3~ 4 天。

2.2 牙鲆仔鱼的初次摄食强度

由表 1 可知, 2 日龄投饵仔鱼在 1 小时内摄食的轮虫数为饥饿仔鱼所摄食的 4 倍左右, 说明在开口后很短时间内, 牙鲆即具有摄食能力, 在有饵料提供的情况下, 很短时间内即能获得摄食经验。始终没有摄食经验的饥饿仔鱼此后几天的摄食强度最高也没有超过 0. 175 个, 而同期投饵仔鱼的摄食强度能保持在 0. 5 个轮虫左右, 到 6 日龄则突跃至 2. 5 个轮虫左右, 饥饿

仔鱼在持续的饥饿下几乎丧失了摄食能力。说明卵黄囊期仔鱼的发育对摄食能力的提高并不是最主要的, 摄食经验的积累随着牙鲆仔鱼的发育对摄食能力的影响更为明显。

表 1 牙鲆仔鱼早期阶段在不同饥饿期间的初次摄食强度变化

Tab. 1 Changes in initial feeding intensity during different periods of starvation of early development of *P. olivaceus* larvae

日 龄		2	3	4	5	6
初次摄食强度 (轮虫个数/h)	饥饿	0.13	0.175	0.095	0.15	0.03
	投饵	0.47	0.5	0.45	0.575	2.445

注: 水温 18~19℃

2.3 延迟投饵对仔鱼生长和存活的影响

从表 2 中可以看到, 真鲷延迟投饵超过 6 天以上, 仔鱼至 12 日龄完全死亡, 而在相同饲养条件下, 延迟 0~5 天, 存活率维持在 10% 以上, 延迟 2 天对真鲷仔鱼的存活没有影响, 延迟 3 天的仔鱼存活率不到 3%, 可能是其它原因造成的, 这在重复中可以比较。在完全饥饿条件下, 真鲷仔鱼死亡集中在 4~9 日龄, 期间日死亡率为 15% 左右, 50% 死亡的时间在 6~7 日龄。完全投饵组仔鱼大量死亡集中在 6~10 日龄, 日死亡率也为 15% 左右, 可见除了食饵条件外, 其它生态因子和真鲷仔鱼本身的活力对存活的影响也是比较大的。

表 2 延迟投饵对真鲷仔鱼存活率的影响

Tab. 2 Survival of *P. major* larvae in starvation experiment

延迟天数	存活率(%)	各日龄仔鱼死亡率(%)									
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	17.16	0	0	2.27	18.18	13.64	7.95	14.77	19.32	3.4	3.41
2	21.35	2.08	1.04	5.21	19.27	6.77	7.81	10.96	17.18	4.68	3.65
3	2.91	3.88	0	10.68	26.21	18.45	8.75	11.65	11.65	3.88	1.94
4	13.91	4.35	0	15.65	11.3	6.09	8.7	14.78	18.26	4.35	2.61
5	12.07	10.34	0.86	8.62	17.24	7.76	2.59	12.93	21.55	3.45	2.59
6	0.78	3.87	0.78	15.50	13.95	14.73	16.28	13.18	17.05	3.88	0
7	0	3.64	0	17.27	13.64	7.27	10.91	14.54	26.37	6.36	0
8	0	0	0.72	0.72	17.39	10.87	14.49	7.25	10.87	28.27	9.42
完全饥饿	0	1.87	0	13.64	12.57	14.71	11.50	16.04	22.46	6.68	0.53

注: 水温 16~18℃, 2 日龄开始投饵, 轮虫密度为 10 个/mL

由表 3 可见, 牙鲆延迟 3 天以上, 至 8 日龄就几乎完全死亡, 且存活率随延迟天数增加而下降, 完全饥饿条件下, 牙鲆 50% 死亡率在 6~7 日龄, 牙鲆仔鱼的大量死亡期集中在 7 日龄, 在投饵情况下也是如此, 这和真鲷仔鱼大量死亡分布的时间有所不同, 可能是种间差异的结果。

表 3 延迟投饵对牙鲆仔鱼存活率的影响

Tab. 3 Survival of *P. olivaceus* larvae in starvation experiment

延迟天数	存活率(%)	孵化后各天死亡率(%)					
		3	4	5	6	7	8
0	22.2	0.86	4.3	6.8	8.5	46.6	10.7
1	14.9	1.4	3.3	5.3	8.6	58.4	8.1
2	10.6	0.89	8.9	2.7	4.4	56.9	15.6
3	0.6	3.0	7.8	9.1	12.6	60.4	6.5
4	0	0	0	0	6.0	81.0	13.0
完全饥饿	0	0	1.2	7.7	16.1	70.8	4.2

注: 水温 18~20℃

由表 4 可知,全长的增加随延迟天数的增加而降低,延迟一天投饵牙鲆仔鱼的增长率为 5.74%,延迟 2 天为 3.52%,延迟 3 天为 3.13%。这种变化趋势与延迟投饵对牙鲆仔鱼存活的影响是一致的。

表 4 延迟投饵对牙鲆仔鱼生长的影响(0~17 日龄)

Tab. 4 Growth of *P. olivaceus* larvae on starvation experiment (0–17 days of age)

延迟天数	平均全长(mm)	全长范围(mm)	0 日龄全长(mm)
1	6.63	4.97~8.1	3.357
2	5.25	4.61~6.92	3.357
3	5.04	5.04	3.357

3 讨论

海洋鱼类的仔鱼外源性营养的开始是与搜索、摄取活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,依据刘晓春等[1995]及笔者的观察,真鲷、牙鲆仔鱼在水温 18~20℃时,巡游模式是在 2 日龄建立的,其时口与肛门都已开启。现在国内苗种生产上一般认为真鲷仔鱼在开口第一天是不摄食的,而我们在研究中发现,给予仔鱼足够高的轮虫密度和适口的轮虫大小,仔鱼在开口第一天就开始摄食,依据本研究结果,延迟一天投饵对真鲷仔鱼存活的影响可能并不明显,但对于牙鲆,延迟一天投饵对仔鱼的存活和生长都造成影响,这对正确指导苗种生产是有实际意义的。

卵黄囊期仔鱼具有摄食能力的时间一般不长,真鲷仔鱼的混合营养期为 3~4 天,而牙鲆仅为 1~2 天,仔鱼必须在很短时间内建立外源性摄食关系,否则就会蒙受进展性的饥饿[殷名称 1991b],这在本研究中进一步得到了证实。仔鱼进入 PNR 期标志着仔鱼摄食能力的丧失,真鲷和牙鲆仔鱼在 18~20℃水温下,从初次摄食到 PNR 期的时间仅为 4~5 天和 3~4 天,这在海洋鱼类中是较短的,从而也反映出真鲷和牙鲆仔鱼在初次摄食阶段饵料的影响是很重要的。进入 PNR 期的仔鱼,一般仍能存活相当一段时间,真鲷和牙鲆 PNR 期仔鱼没有类似 Yin 和 Blaxter[1986]对北海鲱和鲽 PNR 期仔鱼所描述的所谓“胸角”这个明显的形态学特征,这可能与真鲷和牙鲆仔鱼 PNR 期较短有关,仔鱼在饥饿造成形态上的变化明显以前就抵达 PNR 期。

真鲷和牙鲆卵黄囊期仔鱼在不同发育阶段初次摄食率的变化,似乎说明了卵黄囊期仔鱼的摄食率在有限的时间内随饥饿时间的增加而增加,但通过牙鲆仔鱼摄食强度变化型式分析并不如此,因为其在饥饿的刺激下摄食强度并没有明显增加,比同期投饵仔鱼的摄食强度要低得多,这和[殷名称 1991b]对北海鲱卵黄囊期仔鱼的研究结果有所不同,这说明不同种对饥饿刺激的反应程度是不同。笔者认为牙鲆仔鱼初次摄食率的提高是因为其本身发育,包括游泳能力提高和摄食器官发育的结果,至于饥饿到一定程度后,初次摄食率下降,则是由于摄食经验的缺乏,摄食成功率低,仔鱼捕食饵料消耗能量较大造成的。这也说明了摄食经验对于仔鱼能否捕捉到饵料是至关重要的,对于初次摄食的卵黄囊期仔鱼,延迟投饵造成的直接结果主要就是摄食经验积累的损失,从而进一步产生对仔鱼生长和存活的影响。

真鲷、牙鲆饥饿仔鱼在卵黄囊消失 1~2 天内即进入 PNR 期,这说明真鲷和牙鲆仔鱼对饥饿的耐受力是比较低的,仔鱼在消耗了卵黄囊之后,仍不能捕捉到食饵就开始消耗其本身组织以满足其基础代谢耗能,图 3 表明了完全饥饿条件下真鲷、牙鲆仔鱼在 PNR 期全长的负增长。卵黄囊耗竭至 PNR 的时间宽度就能说明此种对饥饿的耐受程度,卵黄囊由于饥饿的影

响, 消耗的速度也有快慢, 从图 4 可以看到在完全饥饿状态下, 卵黄囊的消耗比投饵的仔鱼要快, 这表明保证真鲷卵黄囊期仔鱼的饵料需求, 对于延迟或避免进入 PNR 期是很有必要的。

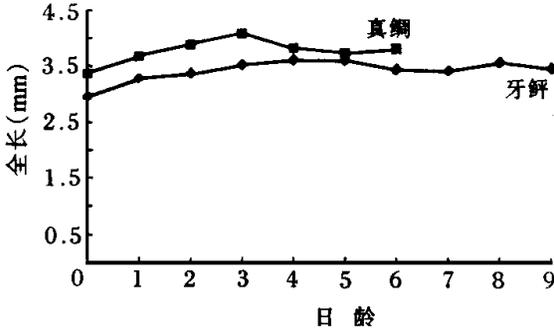


图 3 真鲷、牙鲆饥饿仔鱼的生长

Fig. 3 Growth of *P. major* and *P. olivaceus* larvae under starvation

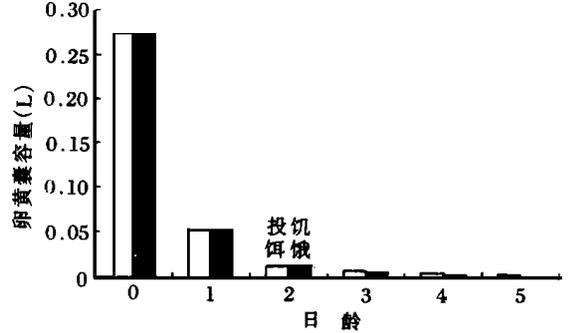


图 4 真鲷投饵与饥饿仔鱼的卵黄囊容量变化

Fig. 4 Changes of yolk-sac capacity of the fed and unfed larvae of *P. major*

0~5 日龄, 投饵仔鱼的卵黄囊容量与日龄的回归方程为 $v = 0.117e^{-1.017t}$, $R^2 = 0.92$; 饥饿仔鱼的卵黄囊容量与日龄的回归方程为 $v = 0.228e^{-1.35t}$, $R^2 = 0.99$ 。卵黄囊容量测定方法按照 Alderdice 等[1979]。

本研究为国家自然科学基金资助项目: 39470556。承蒙黄海水产研究所雷霖霖研究员、姜言伟、柳学周副研究员等热情支持, 在此表示谢意。

参 考 文 献

- 刘晓春等. 1995. 真鲷早期发育阶段行为生态学研究. 热带海洋, 12(3): 17~22.
- 吴光宗. 1993. 牙鲆早期阶段存活的研究. 海洋科学, 93(1): 13~17.
- 殷名称. 1991a. 鱼类早期生活史研究与进展. 水产学报, 15(4): 348~358.
- 殷名称. 1991b. 北海鲱卵黄囊期仔鱼的摄食能力和生长. 海洋与湖沼, 22(6): 554~559.
- 厦门水产学院海水养鱼小组. 1978a. 真鲷人工繁殖的试验. 动物学杂志, 78(1): 1~4.
- 厦门水产学院海水养鱼小组. 1978b. 真鲷苗种培育的试验. 动物学杂志, 78(1): 4~7.
- Alderdice D D, Rosenthal H, Velsen F P S. 1979. Influence of salinity and cadmium on capsule strength in Pacific herring eggs. Helgol. Wiss. Meeresunters. 32: 149~162.
- Yin M C, Blaxter J H S. 1986. Morphological changes during growth and starvation of larval cod (*Gadus morhua* L.) and flounder (*Platichthys flesus* L.). J Exp Mar Biol Ecol, 104: 215~228.

EFFECT OF DELAYED FEEDING ON FEEDING ABILITY, SURVIVAL AND GROWTH OF RED SEA BREAM AND OLIVE FLOUNDER LARVAE DURING EARLY DEVELOPMENT

BAO Bao-Long, SU Jin-Xiang, YIN Ming-Cheng
(College of Fisheries, Shanghai Fisheries University, 200090)

ABSTRACT The effect of starvation to the growth, feeding ability and survival of red sea bream (*Pagrosomus major*) and olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) larvae during early development were examined in the delayed feeding trials. Red sea bream larvae arrived the point of no return (PNR) at 6–7 days of age, its yolk exhausted at 5–6 days of age. The PNR of olive flounder larvae was one day or two to three days ahead of yolk exhaustion. The initial feeding rate was lower, then slowly increased to the peak when the yolk almost exhausted, after that, it decreased. The highest initial feeding rate of red sea bream was 86.7%, and olive flounder was only 35%. The growth and survival rates decreased with increasing of feeding-delayed time. The survival rate was not affected when the initial feeding was at the age of 3 days for red sea bream.

KEYWORDS *Pagrosomus major*, *Paralichthys olivaceus*, Larvae, Delayed feeding, Feeding ability, Survival, Growth