

舟山褐牙鲆 (*Paralichthys olivaceus*) 仔鱼摄食和生长的研究

史会来, 楼宝, 毛国民, 骆季安

(浙江省海洋水产研究所, 浙江舟山 316100)

摘要: 试验研究了褐牙鲆 *Paralichthys olivaceus* 仔鱼的摄食和生长。结果表明, 仔鱼初次开口摄食时间在 6 日龄 (16~18℃), 初次摄食率为 30%, 8 日龄饥饿仔鱼最大初次摄食率为 65%, 孵出后第 9 天达到不可逆点 (PNR), 混合营养期为 3 d 左右。初次摄食强度和初次摄食率开始时较低, 在卵黄囊耗尽时达最高, 然后下降。随着饥饿时间的延长, 仔鱼出现“负增长”, 孵化第 11 天存活率仅为 10%, 12 日龄全部死亡。

关键词: 褐牙鲆; 仔鱼; 摄食; 生长

中图分类号: S965.399

文献标识码: A

文章编号: 1673-2227-(2008)04-0021-05

Study on feeding and growth of larval Zhoushan flounder (*Paralichthys olivaceus*)

SHI Huilai, LOU Bao, MAO Guomin, LUO Ji'an

(Marine Fisheries Research Institute of Zhejiang Province, Zhoushan 316100, China)

Abstract: The experiment was conducted to study feeding and growth of *Paralichthys olivaceus* larvae. Results showed that larvae began to feed at the age of six days at 16~18℃, and the feeding rate was 30%. The highest feeding rate was 65% at the age of 8 days. *P. olivaceus* larvae arrived the point-of-no-return (PNR) at the 9th day. The period of mixed nutrition of the larvae was 3 days. The initial feeding intensity and the feeding rate were slowly increased to the peak when the yolk sac almost exhausted and decreased after that. With the starvation prolonged, unfed larvae entered a negative growth. The survival rate was 10% at the 11th day after hatching.

Key words: flounder; *Paralichthys olivaceus*; larvae; feeding; growth performance

褐牙鲆 (*Paralichthys olivaceus*) 隶属鲽形目 (Pleuronectiformes), 鲆科 (Bothidae), 牙鲆属 (*Paralichthys*), 它适盐广、生长快, 是东海区名贵鱼类, 也是开展池塘养殖的优良品种。

仔鱼阶段是育苗的关键时期, 饥饿被认为是海洋鱼类仔鱼死亡的主要原因之一^[1]。此试验试图探明投饵对舟山褐牙鲆仔鱼早期阶段摄食、生长及存活的影响, 进一步了解仔鱼早期阶段的摄食能力, 确定褐牙鲆仔鱼的不可逆点 (the point-of-no-

return, PNR), 为提高工厂化育苗技术提供参考依据。

1 材料和方法

1.1 仔鱼的来源和饲养

试验用仔鱼由浙江省海洋水产研究所孵化所得, 孵化温度 16℃。取当天孵化仔鱼苗, 放养于长、宽、高为 58 cm×50 cm×70 cm, 容量约 175 L 的白色塑料水族箱中, 昼夜微充气饲养, 每日吸

收稿日期: 2008-02-20; 修回日期: 2008-04-26

资助项目: 浙江省科技计划项目 (2006F12002; 2007C22038; 2007F10006)

作者简介: 史会来 (1980-), 男, 硕士, 工程师, 从事海水鱼类繁殖应用研究。E-mail: shihuilai1980@163.com

底、换水2次,水族箱中仔鱼为正常投喂仔鱼 *Brachionus plicatilis*。水族箱中仔鱼开口前1 d 投喂褶皱臂尾轮虫,饵料密度保持在 $5 \sim 10 \text{ ind} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。轮虫用酵母培养,投喂前1 d 用海水小球藻和鱼油(日本产)强化培育。饲养用水系沙滤海水,盐度为27,水温保持在 $16 \sim 18^\circ\text{C}$ 。

1.2 采样和方法

1.2.1 摄食能力试验和生长指标 自初孵仔鱼开始采样,取30个500 mL的广口瓶,分别放入20尾仔鱼,编号1~15和1[#]~15[#],分别代表饥饿1~15 d的仔鱼,依序号每天投喂2瓶(1和1[#]、2和2[#]等),饵料的投喂情况同水族箱中,摄食4 h后,取出广口瓶仔鱼,在光学显微镜低倍镜下观察(由于鱼体透明,无需解剖),并计数被摄食的轮虫数。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。摄食强度可以通过计数每尾仔鱼透明肠管内的轮虫数目而获得。同时每天从塑料水族箱中随机取20尾仔鱼测量记录全长、体长、体高、头高及卵黄囊长和高等指标,因为仔鱼纤弱细小,为防止受伤,先用烧杯随机舀取,再用钝头吸管从杯中将仔鱼吸到载玻片上,所测量的仔鱼均为活体,观察并记录广口瓶仔鱼死亡数量。

1.2.2 PNR的确定 PNR是仔鱼在缺乏食饵供应时,耐受饥饿的时间临界点。仔鱼饥饿至该点时尽管还能生活一段时间,但50%已虚弱得不可能再恢复摄食能力^[2]。此试验以所测仔鱼的初次摄食率低于最高初次摄食率一半时,即为PNR时间,并以孵化后天数表示(日龄)。

1.2.3 计算公式 卵黄囊体积按椭球形体积计算, $V = (4/3) \times \pi \times (R/2)^2 \times L/2$

其中 R 为卵黄囊高, L 为卵黄囊长;

初次摄食率 = 摄食仔鱼数/样本仔鱼数 \times 100%;

初次摄食强度 = 初次摄食的仔鱼消化道内的轮虫数/样本仔鱼数

2 结果

2.1 卵黄的吸收

褐牙鲈仔鱼卵黄囊近似椭球形,初孵仔鱼依靠卵黄作为营养,无摄食能力,经计算初孵仔鱼卵黄囊容量为 $0.418 \pm 0.078 \text{ mm}^3$,此后卵黄吸收迅速,

眼、口、消化管等与初次摄食相关的仔鱼器官发育迅速。卵黄囊依照先卵黄、后油球的顺序被吸收,孵化后的第6天卵黄囊容量下降为 $0.987 \times 10^{-3} \text{ mm}^3$,此后至8日龄卵黄囊消耗完毕时的一段时间为混合营养期。褐牙鲈的混合营养期很短,只有3 d,此后饥饿仔鱼的活动能力明显减弱。仔鱼卵黄囊体积变化情况见图1。

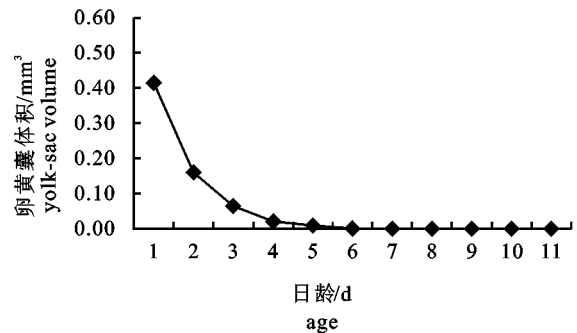


图1 褐牙鲈仔鱼卵黄囊体积变化

Fig. 1 Change in yolk-sac volume of *P. olivaceus*

2.2 初次摄食率和PNR

褐牙鲈仔鱼孵出后5 d行内源性的卵黄囊营养,5日龄时形成口裂,但未见摄食。6日龄开始摄食,初次摄食率为30%左右,不同饥饿期的仔鱼初次摄食率变化见图2。结果表明,6~8日龄仔鱼的初次摄食率迅速增加,8日龄(卵黄囊基本耗尽)时达65%,9日龄下降至15%,仔鱼达到PNR,11日龄停止摄食,因此,褐牙鲈仔鱼具初次摄食能力的时间约为5 d。

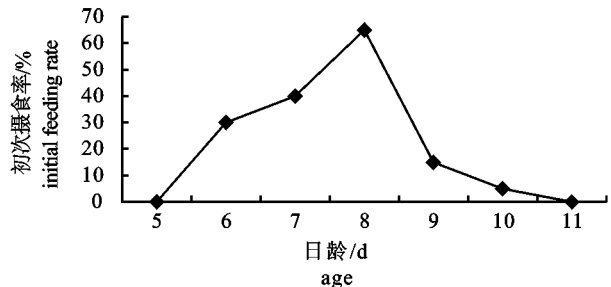


图2 褐牙鲈饥饿仔鱼初次摄食率的变化

Fig. 2 Change in initial feeding rates during starvation period of *P. olivaceus*

2.3 初次摄食强度

仔鱼开口后,经不同饥饿时间后的摄食强度变

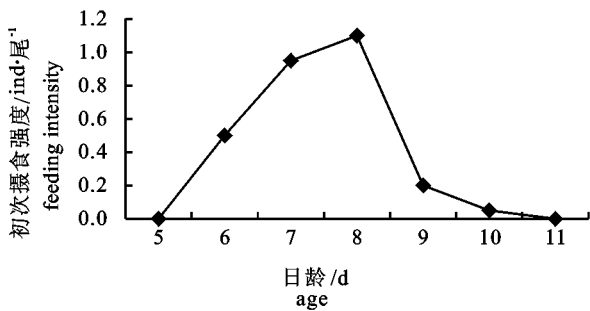


图3 褐牙鲆饥饿仔鱼初次摄食强度的变化

Fig. 3 Change in initial feeding intensity during starvation period of *P. olivaceus*

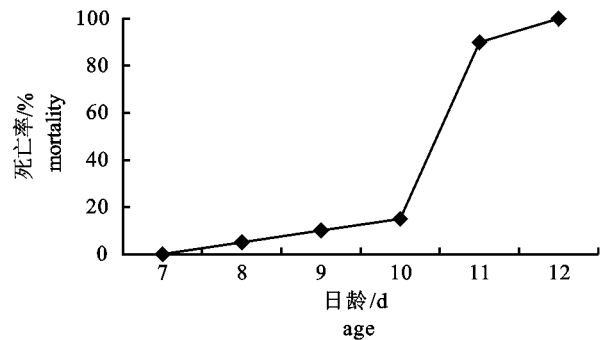


图5 褐牙鲆饥饿仔鱼死亡率

Fig. 5 Mortality during starvation period of *P. olivaceus*

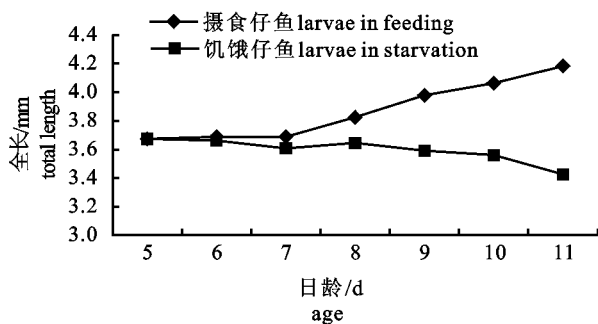


图4 褐牙鲆摄食和饥饿仔鱼的生长比较

Fig. 4 Growth comparison of feeding and starvation larvae of *P. olivaceus*

化见图3，其变化形式同初次摄食率的变化形式一致。6日龄仔鱼摄食4 h的初次摄食强度为0.5 ind·尾⁻¹，7日龄为0.95 ind·尾⁻¹，8日龄达最大1.1 ind·尾⁻¹。随后，饥饿仔鱼摄食强度迅速下降，至孵化后的第11天，其摄食强度下降为零。

2.4 饥饿和摄食仔鱼的生长

在胚后发育的早期，发育所需能量由卵黄提供，但随着消化道发育完善，仔鱼逐渐转为外源性营养，仔鱼是否摄食对生长有很大的影响。饥饿和

摄食仔鱼的全长增长情况见图4。

由图4可见，随着饥饿时间延长，饥饿仔鱼生长停滞，在8日龄时全长达最大值(3.645 ± 0.173 mm)，随后降低，而正常投喂的仔鱼生长加快。

摄食和饥饿仔鱼各阶段的日生长见表1。初孵仔鱼的日增长较快，为0.217 mm·d⁻¹。进入摄食期后，摄食仔鱼日增长率为0.069 mm·d⁻¹，而饥饿仔鱼已开始出现“负增长”。摄食仔鱼在PNR期日增长达0.102 mm·d⁻¹，饥饿仔鱼“负增长”达-0.083 mm·d⁻¹。

2.5 饥饿仔鱼的死亡率

由图5可见，褐牙鲆仔鱼在延迟投喂的第4天即8日龄开始死亡，从8日龄到10日龄死亡率缓慢上升，即随着投喂时间的延迟，存活率下降幅度加剧，大量死亡集中在11日龄，达90%，12日龄死亡率达100%。

3 讨论

3.1 卵黄囊的吸收

初孵仔鱼的口、肛门未打开，眼色素未沉着，不能向外界摄食，要依靠卵黄囊营养，在卵黄囊期

表1 摄食和饥饿仔鱼在早期发育阶段的日增长

Tab. 1 Daily growth of *P. olivaceus* under feeding and starvation at early development

	初孵期 larval	摄食期 feeding period		不可逆期 PNR period	
		摄食组 feeding	饥饿组 hungry	摄食组 feeding	饥饿组 hungry
日增长/mm·d ⁻¹ daily growth rate	0.206	0.069	-0.0075	0.102	-0.083
日龄/d day age	1~5	6~8	6~8	9~11	9~11

间,逐步完成口、消化道、眼、鳍功能的初步发育,并建立巡游模式,从内源性营养转入外源性营养。多数卵黄囊期仔鱼在卵黄耗尽前的短期内开口摄食,进入混合营养期。

混合营养期的长短,依鱼种类不同而有很大差异。混合营养期越长,仔鱼消化、运动各器官发育得越完善,仔鱼向外源营养期过渡时,适应环境的能力越强。中华鲟 *Acipenser sinensis* 仔鱼 12 日开口,23 日卵黄吸收完,混合营养期为 12 d^[3];红鳍东方鲀 *Takifugu rubripes* 仔鱼 4 日龄开口,12 日龄卵黄囊完全消失,混合营养期为 8 d^[4];沙氏下鱚鱼 *Hemiramphus sajori* 孵出第 3 天卵黄囊被吸收完,混合营养期为 2 d^[5];真鲷 *Pagrosomus major* 混合营养期为 2~3 d^[6];黄盖鲽 *Pseudopleuronectes yokohamae* 仔鱼的混合营养期较短,在 24 h 内^[7];鲻鱼 *Mugil cephalus* 孵化后 4 d 开口,7~8 d 卵黄囊基本耗尽,混合营养期为 4 d^[8-9]。褐牙鲈 7 日龄前卵黄囊消耗迅速,主要用于仔鱼各器官的发育,其最早摄食在孵化后的第 6 天,卵黄囊在 8 d 基本消耗完,仔鱼开始进入外源性营养期,其混合营养期为 3 d 左右,孵化后 8 d 内如不及时补充外源营养,鱼体将逐渐消瘦直至死亡。

3.2 初次摄食率和初次摄食强度

海洋鱼类的仔鱼一般以吞食浮游动物为饵,其外源性营养的开始是与搜索、摄取活饵相关的器官功能的形成及相关运动模式特别是巡游模式的建立相适应^[1]。由图 2、图 3 可见,褐牙鲈仔鱼开口后,进入混合营养期阶段,此时仔鱼可自由游动,有集群、趋弱光、躲避强光的能力,这是从运动能力上保证其摄取食物的可能性。由于饥饿的刺激,游泳能力的提高,褐牙鲈仔鱼初次摄食率和初次摄食强度都逐渐升高。在孵出后第 8 天,初次摄食率达 65%,初次摄食强度达最大值 1.1 ind·尾⁻¹,此时仔鱼的摄食、消化器官发育较完全,对环境适应充分,摄食旺盛。随着饥饿时间的延长,仔鱼捕食饵料消耗能量很大,摄食成功率下降。褐牙鲈仔鱼在 8 日龄开始死亡,之后随饥饿时间的延长,死亡率迅速增长,在 11 d 出现死亡率高达 90%,此时初次摄食率为零。这说明对于初次摄食的卵黄囊期仔鱼延长投饵造成的结果是摄食率下降,进而产生对仔鱼生长和存活的影响。

多数研究表明,仔鱼在饥饿条件下初次摄食率的变化,开始时比较低,随日龄而逐渐升高,在卵黄囊耗尽时抵达高峰,然后又逐渐降低。如北海鲱 *Clupea harengus* 卵黄囊期仔鱼的初次摄食率变化^[10],以及大泷六线鱼 *Hexagrammus otakii* 初次摄食率变化的结果^[11]与褐牙鲈仔鱼初次摄食率的变化趋势基本相同。褐牙鲈仔鱼初次摄食率开始时为 30%,在 8 日龄时达 65%,然后降低。

初次摄食率持续时间的长短具种属特异性,北海鲱具摄食能力的时间约为 5~6 d,最高初次摄食率为 50%;鲢 *Hypophthalmichthys molitrix*、鳙 *Aristichthys nobilis* 约持续 6 d,初次摄食率都在 80% 以上;红鳍东方鲀的摄食能力持续时间比较长,为 12 d,最高初次摄食率可达 100%,而褐牙鲈的摄食能力可持续 5 d。通过判断仔鱼初次摄食时间,及时投饵,可提高海洋鱼类育苗的成活率,对生产有实践意义。

3.3 PNR

卵黄囊期仔鱼具有摄食能力的时间一般不长,褐牙鲈仔鱼具摄食能力时间为 5 d 左右,必须在卵黄囊耗尽前及时从内源性营养转为外源性营养,否则会进入饥饿期。BLAXTER 和 HEMPEL^[12] 1963 年首次提出 PNR,从生态学角度测定仔鱼的饥饿耐力。当饥饿仔鱼初次摄食率低于最大初次摄食率一半时,即为 PNR 时间。在水温 16~18℃ 时,褐牙鲈混合营养期为 3 d,摄食能力的时间为 5 d,9 日龄进入 PNR,标志着仔鱼摄食能力的丧失,即使外界恢复提供丰富适口饵料,仔鱼也不能恢复摄食。

一般来说,从初次摄食到 PNR 的时距越长,仔鱼建立外源摄食的可能性越大,成活率越高;反之则越低。进入 PNR 的仔鱼一般还能存活一段时间,北海鲱孵出 11 d 后进入 PNR,孵出 17 d 后全数死亡;中华鲟仔鱼的 PNR 时间为 23 日龄(开口后的 11 d),死亡高峰期集中在 PNR 后的 2~5 d;点带石斑鱼 *Epinephelus coioides* 仔鱼孵出后第 8 天进入 PNR,13 日龄仔鱼 100% 死亡^[2]。褐牙鲈饥饿仔鱼 9 日龄进入 PNR,12 日龄仔鱼全部死亡。褐牙鲈的 PNR 时间大于点带石斑鱼,小于北海鲱、中华鲟仔鱼。在形态上,褐牙鲈后期饥饿仔鱼身体萎缩、头缩小、体弯曲,全长与摄食组相比明显减

小, 出现“负增长”现象。这是褐牙鲈仔鱼在消耗完卵黄囊之后, 捕捉不到食饵而消耗自身组织以满足其基础代谢耗能的结果。

3.4 摄食和饥饿仔鱼的生长

在饲养条件下, 仔鱼的日生长可通过实测全长和体重而获得。此试验通过全长来表示褐牙鲈仔鱼的生长。

饥饿仔鱼与摄食仔鱼在不同发育时期的生长有明显差异。初孵仔鱼全长 2.852 ± 0.034 mm, 5日龄开口, 6日摄食, 其卵黄囊期日生长率为 0.206 mm·d⁻¹, 卵黄营养主要供生长及代谢, 因此, 仔鱼发育迅速。到了摄食期, 仔鱼体内贮存的营养物质主要提高活动水平, 仔鱼的生长速度放慢, 摄食仔鱼为 0.069 mm·d⁻¹, 饥饿仔鱼7日龄停止增长。随着饥饿的延长, PNR 饥饿仔鱼各部分萎缩, 出现“负增长”现象, 这是由于仔鱼在得不到外源性能量的情况下, 其生命活动所需的能量只能通过消化自身内贮存的营养物质来获得。红鳍东方鲀仔鱼以及北海鲱仔鱼等多数海水鱼类经饥饿均出现“负增长”的现象^[3,10], 这与海洋鱼类卵黄囊期仔鱼的生长特性基本吻合, 即(1)初孵时期卵黄囊吸收的快速生长期; (2)卵黄囊即将耗尽的慢生长期; (3)外源性营养的稳定生长期(饥饿仔鱼不能建立外源摄食的负增长期)。

在鱼类育苗过程中, 根据仔鱼生长各阶段的特点, 在混合营养期适时投喂适口饵料, 提高仔鱼的

摄食率, 对其生长、成活显得尤为重要。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 邹记兴, 向文洲, 胡超群, 等. 点带石斑鱼营养转换期的摄食与生长 [J]. 高技术通讯, 2003, 13 (6): 87-91.
- [3] 庄平, 章龙珍, 张涛, 等. 中华鲟仔鱼初次摄食时间与存活及生长的关系 [J]. 水生生物学报, 1999, 23 (6): 560-565.
- [4] 姜志强, 姜国建, 张弼. 红鳍东方鲀仔鱼期摄食与生长的研究 [J]. 大连水产学院学报, 2002, 17 (1): 20-24.
- [5] 万瑞景, 蒙子宁, 李显森. 沙氏下鱚鱼仔鱼的摄食能力和营养代谢 [J]. 动物学报, 2003, 49 (4): 466-472.
- [6] 鲍宝龙, 苏锦祥, 殷名称. 延长投饵对真鲷、牙鲆仔鱼期阶段摄食、存活及生长的影响 [J]. 水产学报, 1998, 22 (1): 33-38.
- [7] BLAXTER J H S. The rearing of larval fish in aquarium system [M]. Haxkins: Academic Press, 1981: 303-325.
- [8] 区又君, 李加儿. 鲷鱼胚胎和卵黄囊期仔鱼的发育与营养研究 [J]. 海洋学报, 1997, 19 (3): 102-110.
- [9] 区又君, 李加儿. 人工培育条件下鲷鱼早期发育的生理生态研究 [J]. 热带海洋, 1998, 17 (4): 29-39.
- [10] 殷名称. 北海鲱卵黄囊期仔鱼的摄食能力和生长 [J]. 海洋与湖沼, 1991, 22 (6): 554-556.
- [11] 邱丽华, 姜志强, 秦克静. 大泷六线鱼仔鱼摄食及生长的研究 [J]. 中国水产科学, 1999, 6 (3): 1-4.
- [12] BLAXTER J H S, HEMPEL G. The influence of egg size on herring larvae [J]. J Cons Perm Int-Explr Mer, 1963, 28 (9): 211-240.