

延迟投饵对裸项栉鰕虎鱼仔鱼存活、摄食及生长的影响

王国栋¹, 郑琰晶¹, 李建军², 杨笑波², 黄 韧¹

(1. 广东省实验动物监测所, 广东 广州 510260; 2. 广东省水产学校, 广东 广州 510320)

摘要: 研究了延迟投饵对裸项栉鰕虎鱼 *Ctenogobius gymnauchen* 仔鱼存活、摄食及生长等方面的影响。实验设 1 个饥饿对照组(设 10 个平行)和 5 个延迟投饵组(各设 4 个平行), 分别在孵化后第 1、2、3、4 和 5d 开始投喂褶皱臂尾轮虫 *Brachionus plicatilis*。实验结果表明裸项栉鰕虎鱼仔鱼初次摄食时间为孵化后第 1 天, 第 3—4 天时进入不可逆点期; 初次摄食率以孵化后第 2 天最高, 为 54.55%, 之后随日龄的增大而显著下降; 仔鱼的存活率随延迟投饵天数的增加而显著降低; 体长增长率的变化趋势与此相似。本研究表明: 对裸项栉鰕虎鱼仔鱼进行投饵的最适时间为孵化后第 1 天。

关键词: 裸项栉鰕虎鱼 *Ctenogobius gymnauchen*; 仔鱼; 延迟投饵; 存活; 摄食; 生长

中图分类号: S962.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-5470(2009)06-0112-05

Effects of delayed feeding on survival, feeding and growth of *Ctenogobius gymnauchen* larva

WANG Guo-dong¹, ZHENG Yan-jing¹, LI Jian-jun², YANG Xiao-bo², HUANG Ren¹

(1. Guangdong Laboratory Animal Monitoring Institute, Guangzhou 510260, China;

2. Guangdong Provincial Fishery School, Guangzhou 510320, China)

Abstract: The authors studied effects of delayed feeding on survival, feeding and growth of *Ctenogobius gymnauchen* larva. One hungry control group (ten parallels) and five delayed feeding groups (four parallels) were designed. The initial feeding began 1, 2, 3, 4 and 5 days after the larva were hatched out and the diet was *Brachionus plicatilis*. Results showed that the initial feeding time of *Ctenogobius gymnauchen* larva was the 1st day after hatch. The larva arrived at the point of no return (PNR) at the 3rd-4th day. The initial feeding rate was lower, then increased to the peak at the 2nd day after hatch and rapidly decreased afterward. The highest initial feeding rate was 54.55%. The survival rates were significantly decreased with increasing of delayed feeding time. Similar trends were observed in the length growth rate. The results indicated that the optimum initial feeding time for the larva is the 1st day after hatch.

Key words: *Ctenogobius gymnauchen*; larva; delayed feeding; survival; feeding; growth

自然界中, 由于环境变迁、季节更替及食物分布在时空上的不均匀性, 动物经常在其生命周期中面临食物资源的短缺而受到饥饿胁迫。仔鱼期是鱼类生活史中最脆弱, 对外界和自身条件最敏感的时期, 而饥饿被认为是初次摄食期仔鱼死亡的主要原因之一^[1,2]。采用饥饿研究的方法可以确定仔鱼的初次摄食期和不可逆点(Point-no-return), 这对于鱼

类苗种培育和人工养殖具有十分重要的意义。

裸项栉鰕虎鱼 *Ctenogobius gymnauchen* 为鲈形目(Perciformes)、鰕虎鱼亚目(Gobioidei)、鰕虎鱼科(Gobiidae)、鰕虎鱼亚科(Gobiinae)、栉鰕虎鱼属(*Ctenogobius*)的一种小型海洋鱼类, 分布于我国沿海, 南至琉球、菲律宾一带的礁石或沙泥底质浅水区^[3]。因其个体小, 性成熟早, 繁殖周期短, 繁

收稿日期: 2007-11-26; 修订日期: 2008-01-20。刘学东编辑

基金项目: 广东省自然科学基金项目(07003546、8151026005000002); 广东省科技计划项目(2007B080501005、2007B080501004)

作者简介: 王国栋(1981—), 男, 山东省潍坊市人, 实习研究员, 硕士, 主要从事养殖水域生态学方面的研究工作, Email: kingdomkey1981@hotmail.com。

通信作者: 黄 韧。Email: labking@sohu.com

殖力强, 便于实验室内饲养管理, 故具有较高的实验动物开发价值。

目前有学者对几种鰕虎鱼的生物学方面已展开了一些研究工作, 如黄鳍刺鰕虎鱼 *Acanthogobius flavimanus*^[4]和矛尾复鰕虎鱼 *Synechogobius hasta*^[5], 但有关裸项栉鰕虎鱼的研究尚未见报道。本实验作为裸项栉鰕虎鱼人工养殖的前期工作, 初步研究了延迟投饵对裸项栉鰕虎鱼仔鱼早期阶段存活、摄食和生长的影响, 旨在从发育生物学方面认识裸项栉鰕虎鱼仔鱼摄食能力的变化和生长规律, 以期丰富裸项栉鰕虎鱼的生物学研究并为完善裸项栉鰕虎鱼的人工养殖技术、提高苗种培育水平等提供相关的理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料来源

于深圳大鹏湾沿岸的天然水域采集野生的裸项栉鰕虎鱼, 在实验室内经人工培育达到性成熟, 进行人工繁殖获得子二代, 作为本实验所用仔鱼。

1.2 实验设计

1.2.1 初次摄食率的测定

裸项栉鰕虎鱼仔鱼孵化后当天开始, 每天随机取 20 尾未投饵仔鱼放入 1L 的烧杯中, 投喂经小球藻强化的褶皱臂尾轮虫 *Brachionus plicatilis*, 密度为 10ind·ml⁻¹ 左右。1.5h 后将仔鱼取出, 75%乙醇麻醉后于显微镜下观察。仔鱼的初次摄食率用以下公式计算:

初次摄食率(%)=胃肠道内含有食物的仔鱼尾数/总观察尾数×100%

1.2.2 不可逆点的确定

不可逆点(Point-of-no-return)是仔鱼耐受饥饿的时间临界点。饥饿仔鱼抵达该点时, 尽管还能存活一段时间, 但已虚弱得不能再恢复摄食能力。当 1.2.1 节所测定仔鱼的初次摄食率降低至最高初次摄食率的一半时, 该时间即为仔鱼抵达不可逆点的时间^[6]。

1.2.3 延迟投饵实验

从鱼苗孵化第 1 天开始, 每天从饲养箱中随机取饥饿仔鱼 10 尾, Nikon V-12B 型显微镜下测量体长, 同时从饲养箱中另外取 20 尾, 放入 1L 的烧杯中, 投喂小球藻强化的轮虫, 密度为 10ind·ml⁻¹ 左右, 每个处理设 4 个平行。每天记录各烧杯仔鱼的存活数, 并及时吸出死鱼。仔鱼死亡以鱼体发白、心脏停止跳动为准。实验至仔鱼 20 日龄时结束,

并分别测量各组仔鱼的体长。体长的特定增长率(SGR)和日增长率(LGR)分别以以下公式计算^[7]:

$$SGR=100 \times (\ln l_t - \ln l_0) / t$$

$$LGR=100 \times (l_t - l_0) / t$$

公式中 l_t 和 l_0 分别代表投饵开始和实验结束时仔鱼的体长; t 为投饵的天数。

1.2.4 仔鱼活力测定

鱼苗孵化当天, 从饲养箱中取初孵仔鱼 100 尾, 随机放入 10 个 1L 烧杯中(每杯 10 尾), 不充气、不投饵、自然水温光照条件下, 每天观察记录仔鱼死亡数, 并及时吸出死鱼, 直至仔鱼全部死光, 按以下公式计算饥饿状态下仔鱼的活力^[8]:

$$SAI = \sum_{i=1}^k (N - h_i) \times i / N$$

公式中的 SAI 为生存活力指数 (survival activity index), N 为实验开始时的仔鱼数, h_i 为第 i 天仔鱼累计死亡数, k 为仔鱼全数死亡时的天数。

1.3 实验管理

实验于 2007 年 8 月在大亚湾水产试验中心进行。实验用仔鱼培养箱为白色塑料整理箱(规格 50×30×40cm³), 实际用水量 40L。仔鱼孵出后, 用做饥饿实验的仔鱼不投饵, 摄食实验的仔鱼投喂经小球藻强化的褶皱臂尾轮虫。饲养期间, 实验用水为经过砂滤和活性炭处理的自然海水, 盐度变化在 32.6—35.3 之间, 使用前 24h 连续充气。实验期间各烧杯均不充气, 每天虹吸法吸底并换水 1/3 即能保证水中溶氧充足 (DO>5mg·L⁻¹)。光照和水温与自然节律一致, 不进行人为控制, 水温变化在 27.8—31.2℃之间。

1.4 数据的计算与统计分析

数据的统计分析以 SPSS10.0 软件进行。所得数据用单因子方差(ANOVA)及 Duncan 多重比较进行分析处理, 以 $P<0.05$ 作为差异显著水平。

2 结果

2.1 初次摄食率和不可逆点

裸项栉鰕虎鱼仔鱼的初次摄食率情况见图 1, 可以看出, 仔鱼孵出第一天即开始摄食, 且仔鱼的日龄对其初次摄食率影响明显。随日龄的增大, 裸项栉鰕虎鱼仔鱼的初次摄食率呈先升高后降低的趋势, 峰值出现在 2 日龄时, 为 54.55%, 而 4 日龄时便下降到 20.00%, 故本实验条件下, 裸项栉鰕虎鱼仔鱼耐受饥饿的时间临界点即不可逆点发生在孵化后的第 3 天到第 4 天之间。

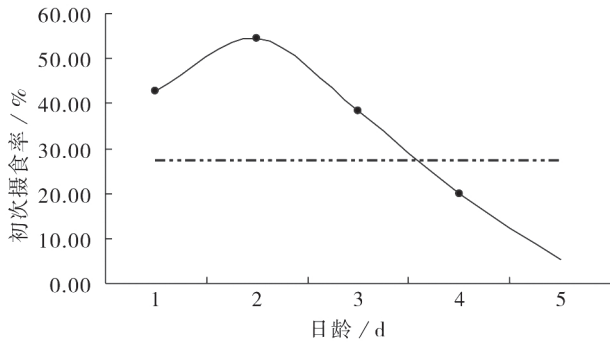


图1 裸项栉鰕虎鱼仔鱼的初次摄食率

Fig. Change in initial feeding rates of *Ctenogobius gymnauchen* larva

表1 延迟投饵对裸项栉鰕虎鱼仔鱼存活率的影响

Tab.1 The effects of delayed feeding on survival rate of *Ctenogobius gymnauchen* larva

组别	各日存活率/%				
	1	2	3	4	5
D0	100	67.50±6.29 ^a	47.50±7.50 ^{bc}	45.00±6.45 ^{cd}	42.50±4.79 ^{cd}
D1	100	60.00±4.08 ^{ab}	45.00±6.46 ^{cd}	37.50±4.79 ^{cd}	35.00±2.89 ^{cd}
D2	100	62.50±3.61 ^a	45.00±6.46 ^{cd}	30.00±0.00 ^{def}	22.50±2.50 ^{gh}
D3	100	62.50±4.79 ^a	37.50±2.50 ^{de}	25.00±2.89 ^{gh}	17.50±2.50 ^{hi}
D4	100	60.00±4.08 ^{ab}	15.00±2.89 ^{hi}	0.00±0.00 ⁱ	0.00±0.00 ⁱ

2.3 延迟投饵对仔鱼活力的影响

对前后8批裸项栉鰕虎鱼鱼卵孵化的仔鱼进行了生存活力指数即SAI值的测定和观察比较,结果如表2所示,各日仔鱼不投饵存活时间有较大差异,变动在5—7d之间,最长为9月5日所孵仔鱼,存活时间为7d,其SAI值为9.30;其次是8月25日和9月11日的初孵仔鱼,存活时间为6d,SAI值分别为5.21和5.04;其它各组仔鱼在不投饵条件下均只存活了5d。在完全饥饿条件下裸项栉鰕虎鱼仔鱼大量死亡集中在2—4日龄,日死亡率为25%左右。

表2 裸项栉鰕虎鱼仔鱼的生存活力指数

Tab.2 The survival activity index (SAI) of *Ctenogobius gymnauchen* larva

日龄/d	孵化日期								
	8.24	8.25	8.29	9.1	9.5	9.6	9.8	9.11	
各日仔鱼	1	8	7	11	13	3	10	14	6
死亡数	2	19	15	20	32	9	34	31	18
	3	33	30	36	32	14	38	39	25
	4	31	26	21	14	24	13	11	27
	5	9	14	12	9	15	5	5	20
	6		8			25			4
	7					10			
SAI		3.94	5.21	3.74	3.02	9.30	2.76	2.64	5.04

2.4 延迟投饵对仔鱼生长的影响

延迟投饵对裸项栉鰕虎鱼仔鱼生长的影响情况

2.2 延迟投饵对仔鱼存活的影响

由表1可以看出,延迟投饵对裸项栉鰕虎鱼仔鱼的存活率有显著影响($P<0.05$),延迟投饵时间在2d以内的各处理组,其存活率在投饵之后降低较缓慢,而延迟投饵3d及以上各组存活率降低剧烈。实验结束时各组仔鱼存活率整体上随延迟投饵时间的增加而降低,最大值为延迟投饵0d(即孵化后第1天)组,其中D0与D1处理组之间无显著性差异($P>0.05$),但显著高于其它各组($P<0.05$);D4处理组显著低于其它各组($P<0.05$)。

见表3,至仔鱼20日龄时,只有延迟投饵0d、1d和2d这3个处理组有存活仔鱼。由表3可以看出延迟投饵对裸项栉鰕虎鱼仔鱼的生长有显著影响($P<0.05$)。其中D0和D1处理组的末体长均显著大于延迟2d处理组($P<0.05$),D0和D1组之间无显著性差异($P>0.05$)。裸项栉鰕虎鱼仔鱼体长的日增长率(LGR)和特定生长率(SGR)均随延迟投饵时间的增加而显著降低($P<0.05$),大小顺序为D0>D1>D2。

3 讨论

3.1 延迟投饵对裸项栉鰕虎鱼仔鱼存活的影响

Hjort^[9]于1914年创立著名的临界期假设(critical period hypothesis),确立了鱼类早期生活史阶段的初次摄食期(first feeding stage)是一个可能引起仔鱼大量死亡的危险阶段的概念,而饥饿被认为是初次摄食期仔鱼死亡的主要原因之一。实际生产中,在保证种苗质量的前提下存活率是人工育苗的关键。宋兵等^[10]研究结果显示在10日龄时开始投喂的杂交鲟(*Huso huso* ♀ × *Acipenser baeri* ♂)仔鱼存活率最高,过早或过迟投喂各实验组的存活率均较低,因为过早投喂的食物堵塞在胃中长达数日而无法消化吸收,从而造成死亡。本研究结果与此有所不同。生产中一般认为提早投饵可以使仔鱼尽早获

表3 延迟投饵对裸项栉鰕虎鱼仔鱼生长的影响

Tab.3 The effects of delayed feeding on growth of *Ctenogobius gymnauchen* larva

组别	延迟时间/d	初体长/mm	生长期/d	末体长/mm	LGR	SGR
D0	0	1.340±0.11	20	2.312±0.06a	4.860±0.305a	2.723±0.133a
D1	1	1.553±0.05	19	2.253±0.07a	3.682±0.431b	1.947±0.194b
D2	2	1.566±0.07	18	1.943±0.05b	2.090±0.148c	1.197±0.076c

注: 同列数据右上角不同字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

得外源性营养, 从而提高其存活率。本实验延迟投饵对裸项栉鰕虎鱼仔鱼影响的情况亦显示从仔鱼孵化后第一天或第二天即开始投饵的各处理组, 其存活率要显著高于延迟投饵 2d 以上的各组。因为过迟投喂会造成仔鱼消化功能衰退和营养状况恶化, 从而造成死亡率增加。这可能与裸项栉鰕虎鱼较小的初孵仔鱼个体和卵黄囊体积有关。仔鱼孵出后, 不投饵, 依靠母体遗留的卵黄营养会存活一定的时间。存活时间的长短可由 SAI 值来反映, 这与其卵黄营养物质的数量和质量有关。本实验条件下各日仔鱼的 SAI 值波动在 2.64—9.30 之间, 平均值仅为 4.46, 而赤点石斑鱼 *Epinephelus akaara* 的 SAI 值变化在 3.19—12.74 之间, 平均值为 6.99^[11], 说明裸项栉鰕虎鱼仔鱼的卵黄营养物质相对较少, 因而需要较早给予外源性营养以提高其存活率。

3.2 延迟投饵对裸项栉鰕虎鱼仔鱼生长的影响

Farris^[12]将 4 种海水鱼卵黄囊期仔鱼的生长划分为 3 个时期: 初孵时的快速生长期、卵黄囊消失前后的慢速生长期和不能建立外源性营养后的负生长期。仔鱼发育过程中, 从内源性营养转向外源性营养是鱼类机体发育所要克服的障碍。仔鱼开口后至卵黄囊完全消失这一混和营养期内, 必须建立外源性营养关系, 否则将遭受渐进性饥饿^[6]。而人工养殖条件下, 仔鱼外源性营养关系的建立以适时投饵为基础。有研究发现延迟一天投饵对于牙鲆 *Paralichthys olivaceus* 仔鱼的存活和生长都会造成影响^[13], 本实验结果与此一致, 未延迟投饵处理组裸项栉鰕虎鱼仔鱼的日增长率和特定增长率均显著高于延迟投饵组 ($P<0.05$), 且随延迟投饵时间的增加, 其增长率显著降低 ($P<0.05$), 说明欲使裸项栉鰕虎鱼仔鱼获得较高的生长速率, 应在孵化后当天即投喂适口饵料, 而不宜延迟投饵。张雅芝等^[14]对浅色黄姑鱼 *Nibea chui* 的研究发现, 1—29 日龄仔鱼日增长率为 7.59, 略高于本实验结果 (2.723—1.197), 这可能与种间差异有关。

3.3 裸项栉鰕虎鱼仔鱼的初次摄食时间和适宜投饵时间

Blaxter 等^[6]首先提出初次摄食期仔鱼饥饿的“不可逆点” (the point of no return, PNR) 这个初次

摄食期仔鱼耐受饥饿的时间临界点的概念, 从生态学角度研究初次摄食期仔鱼耐受饥饿的能力、描述最终导致仔鱼死亡的饥饿程度。而不同种类, PNR 的时间差异很大, 如瓦氏黄颡鱼 *Pelteobagrus vachelli* 为 15d^[15], 而北海鲱 *Clupea harengus* 为 5d^[16], 黄盖鲈 *Linanda yokohamae* 为 4d^[17]。仔鱼抵达该点的时间与鱼卵的孵化时间、卵黄容量及温度等环境因子都有关系, 孵化时间长, 卵黄容量大, 温度低, 代谢速度慢, PNR 出现晚; 反之, 则出现早^[18—20]。在本实验条件下, 裸项栉鰕虎鱼仔鱼具有摄食能力的时间仅 3—4d, 这在海洋鱼类中是较短的。鲍宝龙等^[13]发现, 给予真鲷 *Pagrosan usmajor* 和牙鲆仔鱼足够高密度和大小适口的轮虫, 仔鱼在开口第一天就开始摄食, 如延迟一天投饵对于牙鲆仔鱼的存活和生长都会造成影响, 而部分种类其初次摄食时间长达 5d, 如鼓眼鱼 *Stizostedion vitreum*^[21]、尼罗罗非鱼 *Tilapia nilotica*^[22]、大口黑鲈 *Micropeterus salmoides*^[23]。本实验裸项栉鰕虎鱼仔鱼从破膜而出到卵黄囊完全消失约经历 2d 的时间, 而初次摄食率的结果与真鲷和牙鲆相似, 仔鱼在孵化后第一天摄食率便高达 42.86%。虽然延迟投饵 1d 处理组的仔鱼存活率略高于未延迟投饵组, 但二者之间并无显著性差异 ($P>0.05$), 且延迟投饵对其仔鱼生长的影响情况亦显示未延迟投饵处理组的 SGR 和 LGR 均显著高于其它各延迟投饵组, 综合考虑以上各因素, 对裸项栉鰕虎鱼仔鱼进行投饵的最适时间为孵化后第 1 天。

参考文献:

- [1] 殷名称. 鱼类早期生活史研究与其进展 [J]. 水产学报, 1991, 15(4): 348—358.
- [2] 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): 363—372.
- [3] 刘群, 苏振明, 曾晓起, 等. 渤海鰕虎鱼类的生物学调查——关于区系分布与生态学基础的研究 [J]. 青岛海洋大学学报, 1997, 27(2): 157—165.
- [4] 龚艳丽, 孟田湘, 万瑞景. 黄鳍刺鰕虎鱼前期幼鱼摄食习性和摄食率的初步研究 [J]. 青岛海洋大学学报, 2000, 30(4): 609—613.

- [5] 李玉和, 李宝林. 矛尾鰕虎鱼的生物学研究[J]. 南开大学学报, 1989, 2: 65—72.
- [6] BLAXTER J H S, HEMPIE G. The influence of eggs size on herring larvae (*Clupea harengus* L.) [J]. J Cons Perm Int Explor Mer, 1963, 28: 211—240.
- [7] 邓利, 张波, 谢小军. 南方鲑继饥饿后的恢复生长[J]. 水生生物学报, 1999, 23(2): 167—173.
- [8] 新聞, 辻ヶ堂. カサゴ親魚の生化学的性状と仔魚の活力について[J]. 养殖研报, 1981, 2: 11—20.
- [9] HJORT J. Fluctuations in the great fisheries of northern europe viewed in the light of biological research[J]. Rapp. P-verb. Reun. Cons. Int. Explor. Mer, 1914, 20: 1—228.
- [10] 宋兵, 陈立侨, 高露姣, 等. 延迟投饵对杂交鲟仔鱼生长、存活和体成分的影响[J]. 中国水产科学, 2003, 10(3): 222—226.
- [11] 王涵生, 方琼珊, 郑乐云. 盐度对赤点石斑鱼受精卵发育的影响及仔鱼活力的判断[J]. 水产学报, 2002, 26(4): 344—350.
- [12] FARRIS D A. A change in the early growth rate of four larval marine fishes. Linnol Oceanogr, 1959, 4: 29—36.
- [13] 鲍宝龙, 苏锦祥, 殷名称. 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.
- [14] 张雅芝, 胡家财, 谢仰杰, 等. 浅色黄姑鱼早期发育阶段的摄食习性与生长特性[J]. 热带海洋学报, 2006, 25(5): 74—79.
- [15] 马旭洲, 王武, 甘炼, 等. 延迟投饵对瓦氏黄颡鱼仔鱼存活、摄食和生长的影响[J]. 水产学报, 2006, 30(3): 323—328.
- [16] 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, 20(1): 1—9.
- [17] 周勤, 王迎春, 苏锦祥. 温度对黄盖鲈仔鱼生长、发育、摄食及PNR的影响[J]. 中国水产科学, 1998, 5(1): 30—37.
- [18] YIN M C, BLAXTER J H S. Feeding ability and survival during starvation of marine fish larvae reared in the laboratory [J]. J Exp Mar Biol Ecol, 1987, 105: 73—83.
- [19] 殷名称. 鱼类仔鱼期的摄食和生长[J]. 水产学报, 1995, 19(4): 335—341.
- [20] HOUDE E D, SCHEKTER R C. Feeding by marine fish larvae: developmental and functional responses [J]. Env Biol Fish, 1980, 5(4): 315—334.
- [21] MATHIAS J A, LI S. Feeding habits of walleye larvae and juveniles: Comparative laboratory and field studies [J]. Transaction of the American Fisheries Society, 1982, 111: 722—735.
- [22] 胡玫, 张中英. 尼罗罗非鱼仔鱼、稚鱼和幼鱼消化系统的发育及其食性的研究[J]. 水产学报, 1983, 7(3): 251—259.
- [23] 陆伟民. 大口黑鲈仔、稚鱼生长和食性的观察[J]. 海洋与湖沼, 1994, 18(4): 330—334.