

延迟首次投喂对南方鲇(*Silurus meridionalis* Chen) 仔鱼早期发育的影响*

张 怡, 曹振东, 付世建
(重庆师范大学 生命科学学院, 重庆 400047)

摘 要 将南方鲇仔鱼进行 4 种投喂处理(分别在出膜后 4、5、6、7 天进行首次投喂)和一个完全饥饿处理,出膜后第 8 天结束实验并测量干重、体长、头长、肛后长和头宽,计算肥满度(在 $22 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 水温下进行)。结果显示,随着首次投喂时间的延迟,各处理组的干重、体长、头长、肛后长、头宽以及肥满度都呈现出逐渐降低的趋势;干重指标在出膜后 6、7 天首次投喂的 2 个处理组中表现为负增长,各投喂处理组的体长、头长、肛后长、头宽分别由 $17.03 \pm 0.15\text{mm}$ 、 $3.20 \pm 0.05\text{mm}$ 、 $9.63 \pm 0.12\text{mm}$ 、 $3.06 \pm 0.05\text{mm}$ 减小到 $12.00 \pm 0.11\text{mm}$ 、 $2.28 \pm 0.03\text{mm}$ 、 $6.76 \pm 0.10\text{mm}$ 、 $2.60 \pm 0.05\text{mm}$,各项指标的组间差异显著($P < 0.05$),且均较摄食前水平有所增长,将仔鱼肥满度(R)与延迟投喂天数(d)的关系拟合为 $R = 0.046e^{-0.468d}$ ($n = 15$ $r = 0.788$ $P < 0.001$)。实验结果表明,南方鲇仔鱼早期发育过程中,由饥饿所引起的体重的负增长不会导致发育的停滞,但随着首次摄食的延迟,使仔鱼的发育速度明显降低。

关键词 延迟投喂;南方鲇;早期发育;形态学指标

中图分类号:Q112

文献标识码:A

文章编号:1672-6693(2005)04-0045-04

Effects of Delaying First Feeding on the Early Development of Southern Catfish (*Silurus meridionalis*) Larvae

ZHANG Yi, CAO Zhen-dong, FU Shi-jian

(College of Life Sciences, Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China)

Abstract The effects of four different first-feeding time (4, 5, 6 and 7 days post-hatch, dph). Morphology characteristics of artificially fertilized larvae of southern catfish were conducted at $22.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$. The body length, head length, length behind anus, head width and body mass (dry mass) of larvae were measured and relative fatness was calculated at 8dph in both feeding and non-feeding groups. The results showed that the all measured and calculated parameters gradually decreased with the delay of first-feeding time. The body mass of larvae feeding at 6dph and 7dph were negative growth. The length, head length, length behind anus and head width of feeding groups significantly decreased from $17.03 \pm 0.15\text{mm}$ 、 $3.20 \pm 0.05\text{mm}$ 、 $9.63 \pm 0.12\text{mm}$ 、 $3.06 \pm 0.05\text{mm}$ to $12.00 \pm 0.11\text{mm}$ 、 $2.28 \pm 0.03\text{mm}$ 、 $6.76 \pm 0.10\text{mm}$ 、 $2.60 \pm 0.05\text{mm}$, respectively ($P < 0.05$). The morphology parameters showed a significant variation existing among experiment treatments ($P < 0.05$). The correlation between the relative fatness (R) and first-feeding time delayed (d) could be expressed as $R = 0.046e^{-0.468d}$ ($n = 15$ $r = 0.788$ $P < 0.001$). The results indicated that the negative growth of body mass did not prevent the development of southern catfish larvae. And the development of larvae was markedly impaired with the delay of first-feeding time.

Key words first feeding; early development; morphology; *Silurus meridionalis* Chen

由于自然水体中食物分布在空间上的不均匀性和环境的剧变等原因,鱼类经常会在生活周期的一定阶段面临资源的缺乏^[1];由此产生的食物有效性

的大幅度变化,会使鱼类在个体发育过程中面临不同程度的饥饿^[2,3]。饥饿又被认为是引起仔鱼死亡的主要原因,从内源性营养到外源性营养是鱼类机

* 收稿日期 2005-05-31

资助项目:重庆市自然科学基金项目(No. 20059014)、重庆市教委科学技术研究项目(KJ050801)

作者简介:张怡(1981-),女,重庆人,硕士研究生,研究方向为鱼类生理生态学。

体发育所要克服的一大障碍,如果仔鱼在此过渡阶段内没有建立外源性营养关系,将蒙受进展性饥饿^[4,5]。对于许多种类的鱼而言,最初的饥饿出现在卵黄囊完全消失时^[6],它会阻止正常鱼体组织的合成^[7],能否及时地摄入食物对仔鱼后天发育和生存产生重要影响^[8]。有关延迟投喂即仔鱼首次摄入食物的时间对其发育、生存、生长等多方面的影响受到学者们的广泛关注^[7-10]。

南方鲇(*Silurus meridionalis* Chen)为专性肉食性鱼类,仔鱼开口摄食即以动物性饵料为食物^[11];与其它食性的鱼类相比,南方鲇仔鱼早期获取食物的几率相对更小,饥饿胁迫的现象也因此更为普遍。本实验以南方鲇仔鱼为对象,研究不同首次投喂时间处理,对形态学指标的影响,以揭示早期饥饿对肉食性鱼类仔鱼形态发育的影响,为研究鱼类早期发育机制提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 初孵仔鱼的来源及实验条件

实验于2005年4月在重庆师范大学鱼类进化生理与行为学实验室进行。南方鲇初孵仔鱼由天然捕获亲鱼经人工受精孵化所得,在自净化控温水槽(1.2m×0.55m×0.55m,水量350L)中继续发育。

实验全过程在 $22.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 的水温下进行,实验过程中用充气泵不断向水槽中充入空气,以维持水体溶氧接近饱和状态。光周期设置为13L:11D。

1.2 实验设计

据相关文献资料推算,22℃条件下南方鲇胚胎由出膜发育到50%开口摄食需要79.8h^[12],实验观察发现,出膜后第8天完全未投喂的部分仔鱼已进入饥饿不可逆点,本实验投喂开始于仔鱼出膜后第4天,而在仔鱼出膜后第8天停止投喂结束实验。实验分别在出膜后第4、5、6、7天进行首次投喂,即延迟0、1、2、3天投喂,另设1个完全饥饿处理。所有处理设3个重复,每个重复测量15尾仔鱼。投喂前(出膜后第4天),在所有样本中随机取样30尾,测量结果作为所有实验处理的起始状态,投喂结束后(出膜后第8天)禁食12h(确保实验对象排空体内食物,不影响干重测量),在所有处理组仔鱼中随机取样,测量干重、体长、头长、肛后长和头宽。

1.3 实验操作

实验前选取出膜后发育状况良好的个体作为实验对象,首先随机取30尾仔鱼作为0+0组,然后再

将仔鱼随机取样分成5组,每组3个重复,每个重复60尾仔鱼。各组的重复分别放入一个以丝绢(60目)为底的桶状($\Phi=20\text{cm}$)实验单元中,每12个单元置于一个自净化控温水槽中,各单元分别供水。每天分别于8:00、13:00、18:00和23:00以活线虫(*Oligochaeta*)为饵料饱足投喂4次;实验过程中发现少数个体存在种内捕食现象,故每次投喂前收集残饵和粪便并清除捕食者与被捕食者的残体。实验结束后,在每个重复中随机取样15尾,以100mg/L的MS222麻醉,然后分别测体长、头长、肛后长和头宽,再将各处理组每个重复的15尾仔鱼置于1个称量瓶中,于80℃烘干至恒重后测干重。

1.4 计算与数据分析

仔鱼的肥满度(relative fatness, R)计算公式为^[13]:

$$R = (W/L^3) \times 100$$

其中 W 为仔鱼干重(mg), L 为仔鱼体长(mm)。

所有实验数据使用EXCEL和SPSS软件,计算平均值和标准误,判断差异显著性($P < 0.05$),并进行指标间的相关性分析。

2 结果

2.1 延迟投喂对形态学指标的影响

投喂前(出膜后第4天)的体重平均值为1.02mg,体长、头长、肛后长和头宽平均值分别为:11.96、2.23、6.88mm和2.31mm。实验结束后所有处理组的形态学指标如表1。延迟0天处理组和1天处理组的干重大于投喂前,其它处理组的干重都小于投喂前。除了完全饥饿处理组的干重、体长、肛后长和头宽小于投喂前以外,其它各处理组的形态学指标都大于投喂前($P < 0.05$)。所有处理组的各项形态学指标都呈现随延迟时间的增加而逐渐减小的趋势。统计结果表明,除了延迟3天处理组和完全饥饿处理组的干重差异不显著以外,其余各处理组的干重显著大于完全饥饿组($P < 0.05$);各处理组的体长和肛后长均显著大于完全饥饿组($P < 0.05$);除了延迟1天处理组和延迟2天处理组的头宽无显著差异,其余各实验处理组的头宽随延迟时间的增加显著减少($P < 0.05$)。

2.2 延迟投喂对头长与体长、肛后长与体长比例的影响

计算了头长与体长的比例以及肛后长与体长的比例,并对结果进行方差分析,发现头长与体长的比

例在所有摄食处理组之间没有显著差异,肛后长与 体长的比例在各处理之间也无显著差异(表 1)。

表 1 不同投喂处理的体征指标(平均值±标准误 $n=15$)

延迟天数/d	干重/mg	体长/mm	头长/mm	肛后长/mm	头宽/mm	头长与体长比/%	肛后长与体长比/%
0	2.07 ± 0.05 ^a	17.03 ± 0.15 ^a	3.24 ± 0.05 ^a	9.63 ± 0.12 ^a	3.06 ± 0.05 ^a	19.03 ± 0.31 ^b	56.18 ± 0.24
1	1.16 ± 0.09 ^b	15.31 ± 0.17 ^b	3.02 ± 0.04 ^b	8.57 ± 0.13 ^b	2.87 ± 0.05 ^b	19.73 ± 0.28 ^{ab}	56.19 ± 0.54
2	0.56 ± 0.14 ^c	13.79 ± 0.13 ^c	2.7 ± 0.35 ^c	7.84 ± 0.10 ^c	2.83 ± 0.04 ^b	19.79 ± 0.28 ^{ab}	57.01 ± 0.24
3	0.17 ± 0.05 ^d	12.00 ± 0.11 ^d	2.28 ± 0.03 ^d	6.76 ± 0.10 ^d	2.60 ± 0.05 ^c	19.04 ± 0.15 ^b	56.24 ± 0.26
完全饥饿	0.11 ± 0.03 ^d	11.19 ± 0.14 ^e	2.24 ± 0.04 ^d	6.34 ± 0.12 ^e	2.30 ± 0.03 ^d	20.04 ± 0.28 ^a	56.18 ± 0.83

每列上标字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。

2.3 延迟投喂对肥满度的影响

延迟 0、1、2、3 天处理组和完全饥饿处理组肥满度的平均值依次为:0.041、0.032、0.021、0.010 和 0.009,统计结果表明,除了延迟 3 天处理组和完全饥饿处理组之间没有显著差异以外,其余各组的肥满度都随延迟时间的增加而明显降低($P < 0.05$)。经回归运算,南方鲇仔鱼肥满度与延迟投喂天数的相关关系可表达为(图 1)

$$R = 0.046e^{-0.468d} (n=15, r=0.788, P < 0.001)$$

其中 R 为肥满度, X 为饥饿时间(d)。

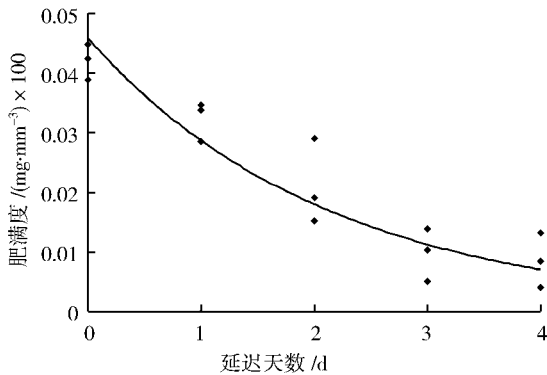


图 1 延迟投喂天数对肥满度的影响 ($n=15$)

3 讨论

3.1 体重与形态学指标的变化

仔鱼体长的增长被认为是其发育的重要指标,有学者曾研究了延迟投喂对牙鲈(*Paralichthys olivaceus*)仔鱼体长的影响^[14],结果发现延迟投喂组的体长明显小于正常投喂组,二者之间的差异随延迟时间的增长而加大,本实验研究了延迟投喂对南方鲇仔鱼体长的影响,所得结果与该研究结果相同。由此可知,延迟投喂有碍于仔鱼体长的发育。

有资料介绍了西洋鲱(*Clupea harengus*)和鲾(*P. platessa*)的仔鱼在饥饿的条件下头部变短^[1];本实验发现,延迟投喂时间的不同,使南方鲇仔鱼的头长存在显著的差异($P < 0.05$),并表现出随着延

迟投喂时间的增加而逐渐减小的趋势(表 1)。头长的大小与仔鱼可摄入食物体积密切相关^[15],因此在相同饵料环境中,仔鱼首次摄食越晚,能够摄入食物的体积越小,摄食范围越窄。

有研究结果表明,南方鲇卵黄囊仔鱼在完全饥饿条件下体长仍有所增长^[16]。本实验在不同首次投喂时间的情况下发现,延迟 1 天和 2 天投喂组的体重平均值分别为开口摄食时的 113.44% 和 55.20%,延迟 1 天投喂组的体重与初始状态最为接近,因此,在本实验条件下,可以将延迟 1 天投喂看作体重正增长的临界处理时间;而对于体长、头长、肛后长和头宽等体征指标而言,延迟 3 天投喂组的平均值分别为开口摄食时的 100.29%、102.41%、98.06% 和 122.76%,完全饥饿投喂组的平均值分别为开口摄食时的 93.60%、100.61%、91.38% 和 99.03%,因此,在本实验条件下,延迟 3 天投喂可以被认为是形态发育的临界时间。由此可见,形态能否发育的临界时间明显滞后于体重正增长的临界时间,即形态发育不完全依赖于体重的正增长,即体重的负增长并不会阻止发育的继续进行。

3.2 首次投喂时间对仔鱼肥满度的影响

肥满度同时涉及体重和体长两个因素,可以更好的反映鱼类的饥饿状态^[17],还可以用于比较鱼的饵料保障丰欠和利用情况^[18]。虹鳟(*Salmo gairdneri*)^[19]和草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)^[17]的相关研究发现饥饿会使其肥满度明显降低。本研究结果表明,首次投喂时间的延迟也会使南方鲇仔鱼的肥满度明显下降。以延迟投喂天数为自变量对肥满度进行回归分析的结果表明(图 1),随着饥饿时间的增长,曲线上各点的斜率逐渐减小,即随仔鱼日龄的增加,相同延迟投喂间隔天数对肥满度减小的影响逐渐降低。在开口摄食前期,正常投喂组和延迟 1 天投喂组相比,晚 1 天摄食使南方鲇仔鱼的肥满度减小了 1.72×10^{-2} ,而在开口摄食后期,延迟 2 天投

喂组和延迟3天相比,晚1天摄食使南方鲈仔鱼的肥满度却减小了 6.74×10^{-3} ,同样为晚1天摄食,开口摄食前期对肥满度的影响为后期的2.55倍,因此,首次摄食越早的南方鲈仔鱼,其肥满度的增加越明显。

南方鲈等有食鱼习性的凶猛肉食性鱼类,选择了尽早产卵,较早进入捕食阶段,以保证幼鱼发育过程中,环境存在着较丰富的且适宜大小的猎物作为其饵料生物基础^[12]。首次摄食时间不仅影响仔鱼体长、头长的大小,而且还影响其肥满度,在自然水体中,仔鱼开口后能否尽早摄食,对其早期发育显得尤为重要。

参考文献:

- [1] 谢小军,邓利,张波. 饥饿对鱼类生理生态学影响的研究进展[J]. 水生生物学报,1998,22(2):181-188.
- [2] CAVALLI L, CHAPPAZ R, BOUCHARD P, et al. Food Availability and Growth of the Brook Trout, *Salvelinus Fontinalis* (Mitchill), in A French Alpine Lake[J]. *Fish Manage Ecol*, 1994(4):167-177.
- [3] CHAPPAZ R, OLIVART G, BRUN G. Food Availability and Growth Rate in Natural Populations of the Brown Trout (*Salmo Trutta*) in Corsican Streams[J]. *Hydrobiology*, 1996, 331:63-69.
- [4] 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.
- [5] 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):554-560.
- [6] NAGANO N, IWATSUKI Y, OKAZAKI Y, et al. Feeding Strategy of Japanese Sand Lance Larvae in Relation to Ciliated Protozoa in the Vicinity of A Thermohaline Front[J]. *Journal of Oceanography*, 2001, 57:155-163.
- [7] HARBOE T, MANGOR-JENSEN A. Time of First Feeding of Atlantic Halibut, *Hippoglossus hippoglossus* L., Larvae [J]. *Aqua Rese*, 1998, 29:913-918.
- [8] SHOJI J, AOYAMA M, FUJIMOTO H, et al. Susceptibility to Starvation by Piscivorous Japanese Spanish Mackerel *Scomberomorus niphonius* (Scombridae) Larvae at First Feeding[J]. *FISHERIES SCIENCE*, 2002, 68:59-64.
- [9] GIBSERT E, CONKLIN D B, PIEDRAHITA R H. Effects of Delayed First Feeding on the Nutritional Condition and Mortality of California Halibut Larvae[J]. *Journal of Fish Biology*, 2004, 64:116-132.
- [10] 万瑞景,蒙子宁,李显森. 沙氏下鲷鱼的摄食能力和营养代谢[J]. 动物学报, 2003, 49(4):466-472.
- [11] 谢小军. 南方大口鲈幼鱼发育的初步研究[J]. 水生生物学报, 1986(3):70-76.
- [12] 曹振东,谢小军. 温度对南方鲈胚胎发育的影响[J]. 生态学报, 1994, 14(增):70-76.
- [13] 朱邦科,谢从新,王明学,等. 保安湖沙塘鳢的食性、繁殖、年龄及生长的研究[J]. 水生生物学报, 1999, 23(4):316-323.
- [14] 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.
- [15] VAN SNIK G M J, VAN DEN BOOGAART J G M, OSSE J W M. Larval Growth Patterns in *Cyprinus carpio* and *Clarias gariepinus* with Attention to the Finfold[J]. *Journal of Fish Biology*, 1997, 50:1339-1352.
- [16] 曹振东,谢小军. 温度对南方鲈饥饿仔鱼的半致死时间及其体质量和体长变化的影响[J]. 西南师范大学学报(自然科学版) 2002, 27(5):746-750.
- [17] 黄真理,常剑波. 鱼类体长与体重关系中的分形特征[J]. 水生生物学报, 1999, 23(4):330-366.
- [18] 张为民,张利红,沈文英,等. 饥饿状态下草鱼生长激素的分泌[J]. 水生生物学报, 2001, 25(3):236-240.
- [19] SUMPTER J P, LE BAIL P Y, PICKERING A D, et al. The Effect of Starvation on Growth and Plasma Growth Hormone Concentrations of Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*. Gen[J]. *Comp Endocrinol*, 1991, 83:94-102.

(责任编辑 许文昌)