

# 延迟投饵对中华鲟仔鱼摄食、存活及生长的影响

柴毅<sup>1,2</sup>, 危起伟<sup>2</sup>, 谭凤霞<sup>1</sup>

(1. 长江大学动物科学学院, 湖北 荆州 434025; 2. 中国水产科学研究院长江水产研究所/农业部淡水生物多样性保护与利用重点开放实验室, 武汉 430223)

**摘要:** 在水温(25.0±0.7)℃条件下, 测定了中华鲟(*Acipenser sinensis* Gray)仔鱼的初次摄食率, 研究了延迟投饵对中华鲟仔鱼的摄食、存活及生长的影响。结果显示, 中华鲟仔鱼 6 日龄时卵黄囊基本吸收完毕, 不可逆点出现在延迟投饵第七天(14 日龄), 开始投喂饵料的最佳时期应在仔鱼开口后的 2~3 d 之内, 即第 9~10 日龄。仔鱼从 7 日龄时开口摄取外界食物, 最高初次摄食率出现在延迟投饵 5 d(12 日龄)时, 为 73.30%。仔鱼存活率随延迟投饵天数的增加而显著性降低, 延迟投饵 0~3 d 内, 仔鱼存活率均为 90% 以上, 延迟投饵 7~9 d 内, 仔鱼存活率下降至 50% 左右, 延迟投饵 11 d 时仔鱼存活率降至 10.43%, 延迟投饵时间 12 d 时仔鱼全部死亡。仔鱼全长和体重均随延迟投饵天数的增加而呈现明显降低趋势。

**关键词:** 中华鲟(*Acipenser sinensis* Gray); 仔鱼; 延迟投饵; 摄食; 存活; 生长

中图分类号: S965.215

文献标识码: A

文章编号: 0439-8114(2012)23-5432-03

## Effects of Delayed Feeding on the Feeding, Survival and Growth of *Acipenser sinensis* Gray Larvae

CHAI Yi<sup>1,2</sup>, WEI Qi-wei<sup>2</sup>, TAN Feng-xia<sup>1</sup>

(1. College of Animal Science, Yangtze University, Jingzhou 434025, Hubei, China; 2. Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Science/Key Laboratory of Freshwater Biodiversity Conservation and Utilization of Ministry of Agriculture of China, Wuhan 430223, China)

**Abstract:** In the water temperature of (25.0±0.7) °C, first feeding rate of *Acipenser sinensis* Gray larvae was tested, and the the effects of delayed feeding on the feeding, survival and growth of *A. sinensis* Gray larvae were investigated. The results showed that the old yolk of 6 days age *A. sinensis* Gray larvae had been completely absorbed, and the irreversible point appeared at the 7 days of larvae start feeding. The best period of feeding was 2~3 days after start feeding, 9~10 days age of *A. sinensis* Gray larvae. *A. sinensis* Gray larvae started feeding at the age of 7 days, and the highest first feeding rate was 73.30% at the 5 days after feeding (12 days age). The survival rate was significantly decreased with the delayed feeding days, more than 90% of Chinese sturgeon larvae was survived in 3 days delayed feeding; about 50% of *A. sinensis* Gray larvae was survived in 7~9 days delayed feeding; about 10.43% of *A. sinensis* Gray larvae was survived in 11 days delayed feeding; and all *A. sinensis* Gray larvae were died at 12 days delayed feeding. The increasing of *A. sinensis* Gray larvae weight and body length significantly decreased as the increasing of delayed feeding.

**Key words:** *Acipenser sinensis* Gray; larvae; delayed feeding; feeding; survival; growth

鱼类早期发育是指鱼类生活史中成活率最低的卵、仔鱼和稚鱼三个发育期, 其中仔鱼期是对外界和自身条件最敏感的时期<sup>[1]</sup>。临界期是指仔鱼从内源营养转向外源营养时, 由于饵料保障和仔鱼器官发育两者共同作用而造成早期仔鱼大量死亡

的危险期, 饥饿被认为是仔鱼死亡的主要原因之一<sup>[2-4]</sup>。仔鱼卵黄囊吸收完毕后应及时转入外源营养, 如果持续处于饥饿状态, 尽管还能存活一段时间, 但已经虚弱地不能再恢复摄食能力, 该时间点即称为饥饿不可逆点(Point of no return, PNR)<sup>[1]</sup>。不可

收稿日期: 2012-04-11

基金项目: 长江大学大学生创新性实验计划项目

作者简介: 柴毅(1978-), 女, 山东济宁人, 副教授, 硕士生导师, 博士, 研究方向为鱼类生理生态学, (电子信箱)chaiyi123456@126.com;

通讯作者: 谭凤霞, (电子信箱)tanfengxia2008@163.com。

逆点是仔鱼耐受饥饿的时间临界点。

中华鲟(*Acipenser sinensi* Gray)隶属于硬骨鱼纲软骨硬鳞总目鲟形目鲟科鲟属,是世界上现存的 27 种鲟鱼中的珍稀鱼种,是全球分布最南、洄游距离最长的鲟种,具有重要的科学研究价值<sup>[5,6]</sup>。中华鲟被列为我国国家一级重点保护动物,2010 年被国际自然保护联盟(IUCN)列为极危级(Critically endangered, CR)物种。目前对于中华鲟早期发育阶段的相关研究主要集中在生理、生态及保护生物学<sup>[7-10]</sup>方面,而有关仔鱼阶段的内、外源营养转化的研究<sup>[11,12]</sup>还较少。本研究采用延迟投饵的方法确定中华鲟仔鱼的初次摄食率和饥饿不可逆点,并探讨延迟投饵对仔鱼摄食、存活和生长的影响,从而确定中华鲟仔鱼期从内源营养向外源营养转化过程中摄食能力的变化和生长规律;同时确定最佳初次投饵时间,为提高中华鲟人工苗种培育水平提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

试验用中华鲟仔鱼于 2009 年 10 月下旬取自中国水产科学院长江水产研究所中华鲟繁育基地,挑选生长良好的同批次卵黄囊期仔鱼。试验用水为经沉淀砂滤的地下水与湖水的混合水,温度为(25.0±0.7)℃。

### 1.2 方法

1.2.1 初次摄食率的测定 中华鲟仔鱼 6 日龄时卵黄囊基本吸收完毕,即将转入外源性营养阶段。将试验仔鱼分为正常投喂组和饥饿组。正常投喂组 6 日龄时即开始投喂剪碎的水蚯蚓,但未观察到摄食行为,7 日龄时开始出现摄食行为,即初次摄食率试验自仔鱼 7 日龄开始。

从仔鱼 7 日龄开始,于每天上午 11:00 从饥饿试验组中随机取 30 尾仔鱼放入 400 mL 烧杯中,投喂丰年虫(约 30 只/mL),2 h 后将仔鱼全部取出,经酒精麻醉后在解剖镜下逐尾观察仔鱼的摄食情况,并测量仔鱼的全长和体重。仔鱼肠道内有丰年虫的个体即为摄食个体。因此,仔鱼的初次摄食率=摄食个体数/观察仔鱼总尾数×100%。

1.2.2 不可逆点的确定 不可逆点通过初次摄食率来确定。每天测定饥饿试验组的仔鱼初次摄食率,确定初次摄食率的最大值,当所测定的初次摄食率下降至最大初次摄食率的 1/2 时,即为不可逆点的时间。不可逆点以孵化后天数(日龄)表示。

1.2.3 延迟投饵对仔鱼存活和生长的影响 延迟投饵试验分成 13 组,每组设置 2 个平行。用 30 L 塑

料桶作为试验容器,每桶放 300 尾仔鱼。从 7 日龄开始,分别延迟 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12 d 投喂丰年虫。每天记录各试验桶中的死亡仔鱼数,计算仔鱼的存活率。仔鱼死亡以鱼体发白、心脏停止跳动为准。每天从各试验桶中取 10 尾仔鱼在显微镜下用测微尺和游标卡尺测量体长(精确至 0.01 mm),用电光分析天平称量体重。

### 1.3 数据处理及分析

试验数据用 Excel 2003 和 SPSS 软件进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 仔鱼初次摄食率及不可逆点的确定

如图 1 所示,中华鲟仔鱼在 7 日龄时开口摄食。随着日龄递增,初次摄食率呈现先升高后降低的趋势。其中,延迟投饵的前 5 d,初次摄食率呈递增趋势,分别为 7.71%、11.62%、20.03%、33.18%、47.61%、73.30%。在延迟投饵 5 d(12 日龄)时初次摄食率达到最高,为 73.30%。自延迟投饵 6 d 起初次摄食率开始递减,其中延迟投饵 7 d 时(14 日龄)的初次摄食率为 37.26%,接近最高初次摄食率的 1/2,至延迟投饵 12 d 时初次摄食率已降为 0。这表明中华鲟仔鱼饥饿不可逆点出现在延迟投饵第七天,即 14 日龄。

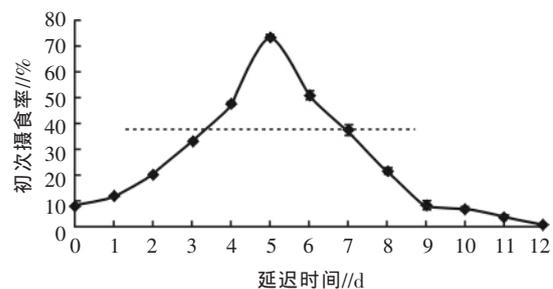


图 1 中华鲟仔鱼初次摄食率的变化

### 2.2 延迟投饵对仔鱼存活及生长的影响

由表 1 可以看出,延迟投饵对中华鲟仔鱼的存活率有显著影响( $P < 0.05$ )。延迟投饵 0~3 d,存活率均高于 90%,且各组存活率无显著差异。延迟投饵 4 d 时存活率陡降至 80.88%,延迟投饵 7 d 时的存活率仅为 56.39%,至 11 d 时为 10.43%,延迟投饵 12 d 时全部死亡。

仔鱼全长随延迟投饵天数的增加呈现递减趋势。其中,延迟投饵 0~5 d 各组仔鱼全长差异不大,均在 32 mm 左右。自延迟投饵 6 d 起,全长从 30.86 mm 降至 10 d 时的 25.91 mm,延迟投饵 12 d 时全长为 21.81 mm。

仔鱼体重的变化趋势与全长变化相同,也随延

表 1 延迟投饵对中华鲟仔鱼存活率及生长的影响

延迟时间//d	存活率//%	全长//mm	体重//g
0	95.69±3.22 a	32.69±2.51	0.264±0.018
1	95.23±2.01 a	32.67±2.80	0.250±0.027
2	92.99±2.48 a	32.68±3.74	0.248±0.013
3	91.27±6.67 a	32.34±1.91	0.240±0.016
4	80.88±7.66 b	32.12±3.83	0.244±0.013
5	77.52±1.10 b	31.54±4.73	0.232±0.008
6	70.12±1.86 b	30.86±3.81	0.230±0.011
7	56.39±1.85 c	30.19±2.90	0.226±0.026
8	51.66±1.33 c	28.68±1.24	0.224±0.023
9	45.71±1.79 c	27.37±2.22	0.206±0.020
10	16.31±8.71 d	25.91±1.41	0.172±0.026
11	10.43±5.44 d	22.72±2.19	0.164±0.017
12	0.00±0.00 e	21.81±2.91	0.158±0.016

注:同列数据后不同小写英文字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

延迟投饵天数的增加而逐渐下降。其中,延迟投饵 0~4 d 时仔鱼体重均在 0.240 g 及以上,延迟投饵 9 d 时体重降至 0.206 g,最后降至延迟投饵 12 d 时的 0.158 g。

### 3 小结与讨论

#### 3.1 延迟投饵对仔鱼存活和生长的影响

仔鱼在卵黄囊吸收完毕时必须及时取得外源性营养,否则就进入饥饿期,其生长速度和存活率均会下降,长期饥饿则会导致仔鱼丧失摄食能力、生长停止,直至死亡<sup>[3]</sup>。本研究发现,延迟投饵 0~3 d,中华鲟仔鱼存活率均高于 90%,表明中华鲟仔鱼在开口摄食后 0~3 d 内投喂并不会明显影响其存活。通过测定初次摄食率发现,中华鲟仔鱼饥饿不可逆点出现在延迟投饵第七天,此时存活率仅为 56.39%,延迟投饵 11 d 时存活率为 10.43%,延迟投饵 12 d 时仔鱼全部死亡。Blaxer 等<sup>[13]</sup>发现不同鱼类不可逆点出现的早晚与鱼卵的孵化时间、卵黄容量及温度等有关,孵化时间越长,卵黄容量越大。鲟鱼类卵径较大,仔鱼发育期较其他受精卵较小的鱼类长,消化道发育也较慢,较晚投喂会造成仔鱼消化功能衰退和营养状况恶化,从而使仔鱼达到不可逆点,引起高死亡率和低生长率<sup>[4]</sup>。

不能及时建立外源性营养而导致的饥饿除了降低存活率外还会影响仔鱼的生长发育,饥饿仔鱼维持生命活动的能力只能通过自身的消耗来获得。本研究发现,仔鱼全长随延迟投饵天数的增加而呈现递减趋势,其中延迟投饵 0~5 d 内全长差异不大,均在 32 mm 左右,表明中华鲟仔鱼对饥饿的反应不太敏感,短时间内的饥饿不会造成明显的生长迟缓,这一点与匙吻鲟不同<sup>[14]</sup>。延迟投饵 6 d 时,全长

为 30.86 mm,至 10 d 时已降至 25.91 mm,最后降至延迟投饵 12 d 时的 21.81 mm。仔鱼体重的变化趋势与全长变化趋势相同,其中延迟投饵 0~4 d 时体重在 0.240 g 及以上,延迟投饵 9 d 时体重降至 0.206 g,最后降至延迟投饵 12 d 时的 0.158 g。至试验结束时,延迟 2 d 以上的试验组仔鱼的全长和体重均小于延迟 0~1 d 投饵组,表明中华鲟仔鱼发育过程中补偿生长现象不存在或者不明显。

仔鱼阶段的持续饥饿还可能造成外部形态和行为的改变。有研究发现,鲢、鳙、草鱼、银鲫的仔鱼以及北海鲱仔鱼在饥饿过程中均出现了胸角等形态上的变化<sup>[15,16]</sup>。但也有一些鱼类如真鲷、牙鲆的仔鱼在饥饿过程中没有出现胸角形态变化<sup>[17]</sup>。本研究过程中未观察到中华鲟仔鱼因持续饥饿而产生的此种胸角现象,表明胸角的出现并不具有普遍性,这可能与鱼的种类有关,如鳃鱼仔鱼阶段不论摄食仔鱼还是饥饿仔鱼均出现胸角这一形态特征,因此鳃鱼仔鱼的胸角并不能作为区分健康仔鱼和饥饿仔鱼的依据<sup>[18]</sup>。

#### 3.2 延迟投饵对仔鱼摄食的影响

本研究发现,在水温(25.0±0.7)℃条件下,中华鲟仔鱼在 6 日龄已有部分胎粪排出,口与肛门都已开启,此时开始投喂剪碎的水蚯蚓,但并未观察到仔鱼有摄食行为,直到 7 日龄时仔鱼才开始摄食,因此将 7 日龄定为中华鲟仔鱼开口摄食时间。在延迟投饵 0~5 d 期间,初次摄食率呈递增趋势,其中延迟投饵 5 d 时(12 日龄)摄食率达到最高,为 73.30%。延迟投饵 7 d 时的初次摄食率降至 37.26%,接近最高初次摄食率的 1/2,表明中华鲟仔鱼饥饿不可逆点出现在延迟投饵第七天,即 14 日龄。有报道<sup>[11]</sup>称,在水温 18~21℃条件下,中华鲟仔鱼在 11~12 日龄才开始摄食,其不可逆点出现在 24 日龄。可见温度是影响中华鲟仔鱼初次摄食率的重要生态学因子之一。温度高则代谢快、生长发育快,抵达不可逆点的时间就短;相反,温度低则代谢慢、生长发育慢,抵达不可逆点的时间就长。仔鱼混合营养期的相关研究在其他鲟鱼类已开展较多,包括匙吻鲟<sup>[14]</sup>、施氏鲟<sup>[19]</sup>、杂交鲟<sup>[20]</sup>等,以上研究结果发现即使同为鲟科鱼类,不同种的仔鱼开口摄食时间也不尽相同。

#### 3.3 中华鲟苗种人工培育的实践指导

高存活率是人工育苗成功的关键。本研究发现,中华鲟仔鱼 6 日龄时卵黄囊基本吸收完毕,在 7 日龄时开口摄食,但摄食率较低,仅为 7.71%,说明此时中华鲟仔鱼消耗系统及摄食机能还未发育完善,12 日龄时的初次摄食率达到最高,为 73.30%,

14 日龄的初次摄食率基本降至最高摄食率的 1/2, 即抵达饥饿不可逆点。表明中华鲟仔鱼开始投喂时间应在 7 日龄开口摄食至 14 日龄不可逆点期间, 其中 9~10 日龄时的初次摄食率增幅较明显, 分别为 20.03%、33.18%, 该阶段存活率也较高, 均在 90% 以上, 因此, 在水温 (25.0±0.7) °C 条件下, 中华鲟仔鱼开始投喂饵料的最佳时期应该在开口摄食后的 2~3 d 内, 即 9~10 日龄, 另外还要注意饵料的密度和适口性, 以获得较高的存活率和正常生长。

## 参考文献:

- [1] 殷名称. 鱼类生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995. 132-146.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 殷名称. 鱼类仔鱼期的摄食和生长[J]. 水产学报, 1995, 19(4): 335-342.
- [5] BEMIS W E, FINDEIS E K, GRANDE L. An overview of acipenseriformes[J]. Environmental Biology of Fishes, 1997, 48(1-4): 25-71.
- [6] BIRSTEIN V J, BEMIS W E, WALDMAN J R. The threatened status of acipenseriform species: a summary[J]. Environmental Biology of Fishes, 1997, 48(1-4): 427-435.
- [7] 柴 毅, 谢从新, 危起伟, 等. 中华鲟视网膜早期发育及趋光行为观察[J]. 水生生物学报, 2007, 31(6): 168-170.
- [8] 柴 毅, 谢从新. 中华鲟眼球的早期发育[J]. 水生态学杂志, 2009,

2(6): 124-126.

- [9] 李罗新, 危起伟, 朱永久, 等. 中华鲟苗种集约化培育技术[J]. 淡水渔业, 2006, 36(2): 52-54.
- [10] 曹志华, 邓伦飞, 李 萍. 不同开口饵料对中华鲟仔鱼生长及成活率的影响[J]. 湖北农业科学, 2007, 46(2): 278-280.
- [11] 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]. 1999, 23(6): 560-565.
- [12] CHAI Y, XIE C, WEI Q W. Yolk-sac absorption and point of no return in Chinese sturgeon *Acipenser sinensis* larvae[J]. Journal of Applied Ichthyology, 2011, 27(2): 687-689.
- [13] BLAXER J H S, HEMPEL G. The influence of egg size on Herring larvae (*Clupea harengus* L.)[J]. ICES Journal of Marine Science, 1963, 28(2): 211-240.
- [14] 黄洪贵, 胡振禧, 黄种持, 等. 延迟投饵对匙吻鲟仔鱼存活与生长的影响[J]. 渔业现代化, 2009, 36(6): 25-28.
- [15] 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.
- [16] 殷名称. 鲢、鳙、草鱼、银鲫卵黄囊期仔鱼的摄食、生长和耐饥饿能力[A]. 中国鱼类学会. 鱼类学论文集(第六辑)[C]. 北京: 科学出版社, 1997. 69-79.
- [17] 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.
- [18] 万瑞景, 李显森, 庄志猛, 等. 鲢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] 易继舫, 江 新, 陈声栋, 等. 施氏鲟仔鱼消化系统发育与食性的观察[J]. 水利渔业, 1990(4): 20-24.
- [20] 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.

(责任编辑 张利艳)

(上接第 5427 页)

- [7] SLOSARIS M, LEVY B, KATZ E, et al. Elevated virulence of Newcastle Disease Virus strains following serial passages in kidney cells in vitro[J]. Avian Disease, 1989(33): 248-253.
- [8] WAMBURA P, MEERS J, SPRADBROW P. Development of cell culture method for quantal assay of strain I-2 of Newcastle Disease Virus[J]. Veterinary Research Communications, 2006, 30(6): 689-696.
- [9] ALLAN W H, LANCASTER J E, TOTH B. Newcastle Disease Vaccine: Their Production and Use[M]. Rome: FAO Animal Production and Health Series, 1978.

- [10] 商 雨, 邵华斌, 王红琳, 等. 新城疫病毒 TS09 耐热株 *HN* 基因的序列测定与分析[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(12): 2543-2547.
- [11] 中华人民共和国农业部. 中华人民共和国兽用生物制品规程[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000.
- [12] ZHANG R, PU J, SU J L, et al. Phylogenetic characterization of Newcastle disease virus isolated in the mainland of China during 2001-2009[J]. Veterinary Microbiology, 2010, 141(3): 246-257.
- [13] 古长庆, 金宁一, 金扩世, 等. 新城疫病毒在不同的细胞上增殖特性的研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2000(10): 5-6.

(责任编辑 屠 晶)

(上接第 5431 页)

- idation[J]. Arch Biochem Biophys, 1968, 125(1): 189-198.
- [14] 林植芳, 李双顺, 林桂珠, 等. 水稻叶片的衰老与超氧化物歧化酶活性及脂质过氧化作用的关系[J]. 植物学报, 1984, 26(6): 605-615.
- [15] 宫相忠, 唐学玺, 黄 健, 等. 球等鞭金藻 8701 的耐低温机理[J]. 水产学报, 2001, 25(1): 20-25.
- [16] STEBBING A R. Hormesis—the stimulation of growth by low levels of inhibitors [J]. Science of the Total Environment, 1982, 22(3): 213-234.
- [17] GUY C L, CATER J V. Effect of low temperature on the glutathion status of plant and freezing stress [M]. New York;

Academic Press, 1982. 169-184.

- [18] 曹锡清. 脂质过氧化对细胞与机体的作用[J]. 生物化学与生物物理进展, 1986(2): 17-23.
- [19] 李培峰, 方允中. 抗坏血酸-Fe<sup>3+</sup>对牛红细胞铜锌超氧化物歧化酶氧化修饰作用[J]. 生物化学与生物物理学报, 1994, 26(3): 263-270.
- [20] 唐学玺, 李永祺, 李春雁, 等. 有机磷农药对海洋微藻致毒性的生物学研究. 久效磷胁迫下扁藻和三角褐指藻脂质过氧化伤害的研究[J]. 海洋学报, 1997, 19(1): 139-143.
- [21] 郑 伟, 何培民, 李信书, 等. Cd<sup>2+</sup>胁迫条件下青岛大扁藻的生理应答[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(5): 356-359.

(责任编辑 张利艳)