

中华鲟仔鱼初次摄食时间与存活及生长的关系

庄 平^{1,2} 章龙珍² 张 涛² 张 征² 曹文宣¹

(¹ 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430070; ² 中国水产科学研究院长江水产研究所, 荆州 434000)

摘要 研究了延迟投饵对中华鲟开口仔鱼存活及生长的影响. 初次开口摄食在 11-12 日龄, 13 日龄卵黄基本吸收完毕, 营养完全依靠外界供给. 12 日龄后, 延迟投喂时间在 1-10 天的范围内, 仔鱼成活率在 46.67-73.33% 之间, 各组间无显著差异; 延迟投喂时间为 11d, 成活率下降至 13.3%; 延迟投喂时间为 12d, 成活率为 0. 此外, 延迟投喂时间在 8d(20 日龄)之内, 42 日龄后测量, 仔鱼体长和体重与对照组无明显差异; 延迟投喂超过 9d, 则体长和体重的指标明显低于对照组. 仔鱼不摄食可以存活的最长时间是 42 日龄, 但延迟投喂 12 天(24 日龄)以上即发生不可逆转饥饿, 故其饥饿的不可逆点(PNR)是 24 日龄.

关键词 中华鲟, 仔鱼, 初次摄食, 存活, 生长

中华鲟(*Acipenser sinensis*)是我国一级保护的野生动物, 以个体硕大、寿命长而闻名^[1,2]. 关于中华鲟早期生活史研究的空白很多, 就早期发育阶段摄食习性的研究而言, 仅见几篇报道^[3-6]. 近年来随着国家对中华鲟保护工作的重视, 向天然水域人工放流中华鲟稚幼鱼的数量逐年增加. 研究中华鲟早期发育阶段的摄食习性, 一方面可以帮助改进人工培育中华鲟苗种的技术, 提高苗种的成活率和品质, 保证足够数量和健壮的人工培养苗种用于放流; 另一方面可以指导制定自然条件下中华鲟早期发育阶段的保护措施, 加强中华鲟物种的保护.

鱼类早期发育阶段的高死亡率与早期摄食关系密切, 饥饿是最主要的原因之一. 有学者发现仔鱼孵出后如果持续得不到食物, 经过一段时间后即失去摄食能力, 即达到饥饿的不可逆点(The point-of-no-return PNR)^[7,8]. 近年来, 我国一些学者也开始关注鱼类早期发育阶段耐饥饿能力的研究^[9-12,14]. 作者研究了延迟中华鲟仔鱼初次开口摄食时间对仔鱼的成活率及生长的影响, 并探讨了在实践上的意义.

1 材料与方法

1.1 试验鱼、试验设施及饲养管理 中华鲟仔鱼为人工繁殖所得, 亲本捕获于长江. 将初孵仔鱼按 20 尾 1 组, 分别暂养在 50×25cm 的蓝色塑料盘中, 水深保持在 8cm. 所有试验仔鱼均置于同一光照、温度及其它环境条件下. 各试验组开始投喂后, 每日以剪碎的水蚯蚓投喂 3 次, 并保持盘中有剩余的饵料供中华鲟仔鱼随时摄食, 每日更换曝气自来水 2

收稿日期 1999-10-10; 修订日期 1999-12-01
基金项目 国家自然科学基金(39870126)和中国水产科学研究院科研基金(99-01-61)资助.
作者简介 庄平(1960-), 男, 湖北红安人, 博士, 研究员, 从事鱼类生态学和行为学研究.

次,每次换水量为总水量的1/2.换水前清除粪便及残饵,换水前后温差不超过1℃.试验期间水温在18-21℃之间.所有试验盘中水的溶氧始终保持在6mg/L以上.

1.2 试验方法 孵出后12d(12日龄),有大约50%中华鲟仔鱼瓣肠中的胎粪排出,肠管贯通,并开口摄食.以12日龄为中华鲟仔鱼开口摄食的起始时间,随机选择暂养仔鱼中的3个平行组开始投喂饵料,并将其作为以后各延迟投饵组的对照.以后逐日按3个平行组恢复投喂其余暂养仔鱼,持续至42日龄.此时持续饥饿暂养仔鱼全部死亡.

每日记录各组死亡鱼的数字,在42日龄试验结束时,测定各组试验鱼的体长和体重.

2 结果与分析

2.1 初次摄食时间与成活率的关系

统计42日龄各试验组的成活率显示:延迟投喂时间在10d以内,仔鱼的成活率维持在46.67-73.33%之间,且各组间无显著性差异($SE = 0.035752$).对照组的成活率为56.67%,低于延迟投喂6d组(成活率最高,为73.33%).延迟投喂时间为11d时,存活率只有13.3%,12d及以后各组的存活率则均为0(图1).延迟11d开始投喂的成活率与延迟1-10d的有极显著性差异($p = 0.000000038 < 0.01$).

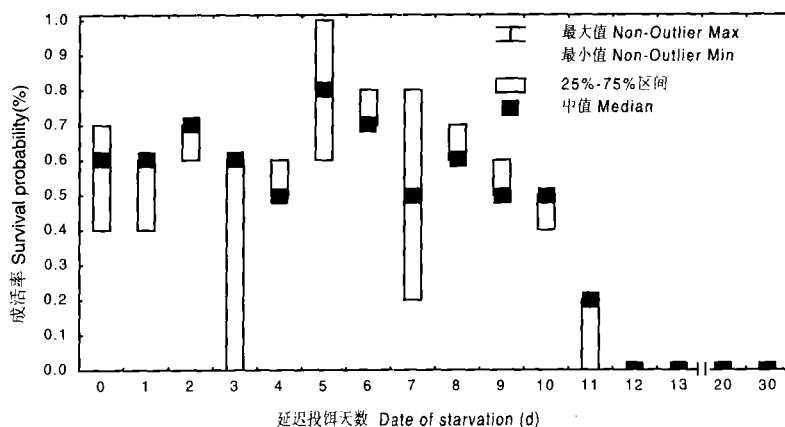


图1 延迟投饵对中华鲟开口仔鱼存活率的影响

Fig. 1 Survival of Chinese sturgeon larvae in starvation experiment

延迟1-10d投饵的各组在试验期间的死亡集中在开口投喂后7日之内,这是中华鲟仔鱼阶段的一个“危险期”.此阶段是消化系统发育完善的阶段,仔鱼易受外界各种因素的影响.延迟11日(相当23日龄)及更长时间投饵的各组,死亡集中在开始投喂后2-5日,死亡率高达80%以上,呈现一明显的死亡高峰.完全饥饿组在33日龄时开始出现死亡,42日龄时全部死亡,50%死亡时间在35-36日龄.

由此推定中华鲟仔鱼的PNR点在23-24日龄之间,其从开口摄食到发生不可逆饥饿的有效摄食时间只有10-11d.

2.2 初次摄食时间与生长的关系

根据42日龄时,对各试验组仔鱼的全长、体重的测量结果可以看出:不论是体长还是体重的变异系数,都随着延迟投喂天数的增加而增大,说明随着延迟投喂时间的延长,仔

鱼生长状况变差(表 1).

表 1 延迟投饵对中华鲟开口仔鱼生长的影响

Tab. 1 Effects of delaying initial feeding on the growth of Chinese sturgeon larvae

延迟投饵天数 Delaying days	标本数 N	平均全长 \pm 标准差	全长变异系数(%)	平均体重 \pm 标准差	体重变异系数(%)
		Mean length \pm SD(mm)	CV	Mean weight \pm SD(mm)	CV
0	28	65.53 \pm 3.85	5.88	1.18 \pm 0.19	16.10
1	32	66.14 \pm 4.38	6.62	1.26 \pm 0.21	16.67
2	40	64.18 \pm 3.52	5.48	1.07 \pm 0.17	15.89
3	22	67.07 \pm 3.63	5.41	1.22 \pm 0.23	18.85
4	34	62.29 \pm 4.19	6.73	1.06 \pm 0.20	18.87
5	46	60.46 \pm 4.20	6.95	0.92 \pm 0.19	20.65
6	38	61.54 \pm 4.39	7.12	1.07 \pm 0.21	19.63
7	32	66.09 \pm 3.72	5.63	1.23 \pm 0.22	17.89
8	40	62.56 \pm 3.40	5.80	1.09 \pm 0.21	19.27
9	26	58.58 \pm 4.29	7.32	0.85 \pm 0.28	32.94
10	18	56.40 \pm 4.54	8.05	0.83 \pm 0.18	21.69

统计分析各试验组之间体长和体重生长的差异性表明:相邻各试验组间生长的差异不显著,但延迟 9-10d 投饵的试验组与延迟 1-8d 投饵试验组的全长与体重均有显著性差异(表 2、3).与各组存活率的变化结合进行分析,可见在开口后的 1-8d 内投喂,仔鱼的成活率和生长均较正常,无明显差异;第 9d 投饵成活率无明显差异但生长明显较差;第 10d 投喂成活率和生长均较前有明显差异.生长差异的表现先于成活率差异的表现.

表 2 不同延迟投喂时间组间中华鲟仔鱼体重生长的差异性(t 检验)

Tab. 2 Differences in weight growth of asynchronous delaying initial feeding groups
of Chinese sturgeon larvae (t-test)

延迟投喂天数(d) Delaying feeding time	延迟投喂天数(d) Delaying feeding time										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+
1	-	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+
2	-	+	-	-	+	-	+	-	-	+	+
3	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+
4	-	+	-	+	+	-	+	-	-	+	+
5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
6	-	+	-	-	+	-	+	-	-	+	+
7	-	-	+	-	+	+	+	-	+	+	+
8	-	+	-	-	-	+	-	+	-	+	+
9	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
10	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-

注:体重差异性检验,“+”表示有显著性差异,“-”表示无显著性差异($p < 0.05$).

表3 不同延迟投喂时间组间中华鲟仔鱼体长生长的差异性(t检验)

Tab.2 Differences in length growth of asynchronous delaying initial feeding groups of Chinese sturgeon larvae (t-test)

延迟投喂天数(d) Delaying feeding time	延迟投喂天数(d) Delaying feeding time										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	-	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+
1	-	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+
2	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+	+
3	-	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+
4	+	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+
5	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-	+
6	+	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+
7	-	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+
8	+	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+
9	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-
10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-

注:全长差异性检验,“+”表示有显著性差异,“-”表示无显著性差异($p < 0.05$).

3 讨论

3.1 PNR 点的确定及其在实践中的意义

许多学者认为饥饿是导致鱼类早期发育阶段成活率低最主要的原因之一^[7,8]. 本研究发现如果对中华鲟延迟投喂 12d, 即便 12d 后投喂的仔鱼仍能够摄食并存活一段时间, 但它们最终还是全部死亡. 当延迟投喂 12d 时, 就是通常所说的“生态死亡”或“不可逆转饥饿”时期, 也就是“不可逆点”^[7,8]. 一般来讲, PNR 点的确定是以饥饿组仔鱼的摄食率低于最高初次摄食率一半时的时间为准^[7], 本文则以饥饿组存活率为零时的延迟投饵时间为 PNR 点, 确定方法不同, 但实际意义是一样的. 试验中观察到 11 日龄的中华鲟仔鱼还剩有较多的卵黄, 部分仔鱼瓣肠中的黑色物质(胎粪)排出, 直肠末端以肛门与外界相通, 消化系统基本发育完成, 部分仔鱼开始摄食天然饵料, 进入混合营养期. 13 日龄卵黄吸收完, 仔鱼进入外源性营养期. 混合营养期为 2d. 12 日龄仔鱼约有 50% 排出胎粪, 以此为开口摄食起始时间. 有研究者发现鱼类在自然条件下的初次摄食时间与环境水温和水流关系很大^[16], 作者在试验条件下观察到的第 12d 为中华鲟仔鱼的开口摄食时间, 只能作为推测自然条件下初次摄食时间的参考. 在 18-21℃ 水温下, 开口摄食后 11d 内未投饵, 不能建立外源性营养的仔鱼即进入 PNR 期, 较真鲷(4-5d)和牙鲆(3-4)^[9,10]晚, 这是由于 PNR 点出现的早晚与卵黄容量及孵化水温等密切相关^[14-15,17]. 中华鲟卵孵化时间长, 初孵仔鱼卵黄囊容积大, 仔鱼生长期水温较低, PNR 点出现较晚.

对于中华鲟仔鱼 PNR 的认识, 有重要的实践意义. 首先在中华鲟早期发育阶段的自然保护方面, 中华鲟仔鱼脱膜后有立即顺水洄游的习性, 顺水漂流 8d 后就在某一栖息地暂时定居下来. 由于仔鱼洄游后有一个短期寻找洞穴藏匿的习性, 因此栖息于河床以砾石

为主、水流缓慢的浅水江段。推测在葛洲坝截流以后这一暂时定居地一般在荆江以下的浅滩缓流地段。这里就是中华鲟仔鱼开口摄食的场所。因此这里食物的丰歉直接关系到中华鲟仔鱼的成活。

在进行中华鲟仔鱼人工放流时,也应充分地注意到仔鱼的 PNR。中华鲟产卵场和孵化场所水流湍急、饵料生物贫乏,不是中华鲟仔鱼合适的开口摄食地,中华鲟仔鱼脱膜后立即洄游,8d 即到达了开口摄食的场所定居栖息下来。中华鲟仔鱼的 PNR 是在开口后的第 11d(23 日龄)。因此,放流 8 日龄以上的仔鱼,尤其是接近 PNR 点的仔鱼,一定要到荆江以下的仔鱼开口摄食场,而不能够在产卵场放流。否则仔鱼不能适时地得到开口饵料造成大量死亡。在进行中华鲟仔鱼人工育苗时要注意到第 12 至 23 是投喂适口饵料的关键时期。如果在 23 日龄以前仔鱼没有建立起外源营养,则过了 PNR 点,会大量死亡。12 日龄以前仔鱼还没有开口,不需喂食。

3.2 饥饿仔鱼的生长

延迟 1~8d 投饵的中华鲟仔鱼在经过一段时间的持续喂养后,在第 42 日龄时体长与体重与持续投喂组(延迟 0 日投喂)之间无显著性差异,这说明饥饿 1~8d 仔鱼在恢复生长中出现了完全补偿现象。但延迟 9~10d 投饵的中华鲟仔鱼组恢复投喂后,不仅体重增加不能赶上延迟 0~8d 的试验组,而且生长速度也低于正常水平,说明不具有补偿生长能力。无论是在中华鲟仔鱼的自然保护,还是在仔鱼的人工培育实践中,不但要保证仔鱼在 23 日龄以前建立起外源营养,不致过了 PNR 而死亡,还要注意 20 日龄(延迟投喂 8d)以前,仔鱼具有补偿生长能力,而 20 日龄以后则丧失补偿生长能力,造成对生长的长期影响。因此,中华鲟仔鱼需要在 12~20 日龄之前建立外源性营养。

参 考 文 献

- [1] 湖北省水生生物研究所鱼类研究室. 长江鱼类. 北京:科学出版社, 1976, 278
- [2] 四川省长江水产资源调查组. 长江鲟鱼类生物学及人工繁殖研究的研究. 成都:四川科学技术出版社, 1988
- [3] 邓昕, 崔奕波, 熊思岳. 人工饲料喂养中华鲟仔鱼的初步试验. 水生生物学报, 1998, 22(2):189-191
- [4] 肖慧, 李淑芳. 一龄中华鲟生长特征研究. 淡水渔业, 1994, 24(5):6-9.
- [5] 梁旭方, 何炜, 贺锡勤. 中华鲟幼鱼摄食生物学和人工饵料问题. 中国水产科学, 1995, 2(5):107-112.
- [6] 黄锈, 余志堂. 中华鲟幼鱼食性的研究. 长江流域资源、生态、环境与经济开发研究论文集. 北京:科学出版社, 1991, 257-261
- [7] 谢小军, 邓利, 张波. 饥饿对鱼类生理生态学影响的研究进展. 水生生物学报, 1998, 22(2), 181-189
- [8] 殷名称. 鱼类仔鱼期的摄食和生长. 水产学报, 1995, 19(4):335-342.
- [9] 吴光宗等. 牙鲆早期阶段存活. 海洋科学, 1993, (1):13-17
- [10] 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. 水产学报, 1998, 22(1):33-37
- [11] 殷名称. 鲢、鳙、草鱼、银鲫卵黄囊期仔鱼的摄食、生长和耐食能力. 鱼类学论文集(第六集), 1997, 69-79
- [12] 殷名称. 北海鲱卵黄囊期仔鱼的摄食能力和生长. 海洋与湖沼, 1991, 22(6):554-560
- [13] 黄德祥. 达氏鲟仔鱼消化系统的发育及摄食初期食性的初步观察. 水产学报, 1980, 4(3): 286-293
- [14] 庄平, 张涛, 章龙珍等. 史氏鲟南移驯养及生物学的研究:III. 仔鱼的开口摄食. 淡水渔业, 1998, 28(4):3-7
- [15] Jensen A J, Johnsen B O, Heggberget T G. Initial feeding time of Atlantic salmon, *Salmo salar*, alevins compared to river flow and water temperature in Norwegian stream. *Environmental Biology of Fishes*. 1991, 30:379-385

- [16] Greenberg L A. Habitat use and feeding behavior of thirteen species of stream fishes. *Environmental Biology of Fishes*. 1991, **31**:389-401
- [17] Blaxter J H S, Hempel G. The influence of egg size on herring larvae. *J. Cons. Perm. Int-Explor. Mer.* 1963, **28**:211-240

EFFECTS OF DELAYING FIRST FEEDING TIME ON THE SURVIVAL AND GROWTH OF LARVAL CHINESE STURGEON, *ACIPENSER SINENSIS*

Zhuang Ping^{1,2}, Zhang Longzhen², Zhang Tao², Zhang Zheng² and Cao Wenxuan¹

(¹*Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072;*

²*Yangze River Fisheries Research Institute, The Chinese Academy of Fishery Sciences, Jingzhou 434000)*

Abstract The paper deals with the effects of delaying first feeding time on the survival and growth of larval Chinese sturgeon, *Acipenser sinensis*. The larvae start initial feeding at the age of 11-12 days. After the age of 13 days, the larvae live on exterior nutritious materials while the yolk is absorbed absolutely. When initial feeding was delayed less than 10 days, the survival rates of the larvae were between 46.67-73.33%, and did not show obvious differences with contrast group. However, the survival rate dropped to 13.3% and 0% if the initial feeding was delayed 11 and more than 12 days respectively. In other hand, the growth of the larvae could be the same as the contrast group while the initial feeding was delayed within than 8 days, and was less than the contrast group if the initial feeding was delayed over 9 days. The larvae could survive up to the age of 42 days without feeding. But, if the initial feeding were delayed over 12 days (corresponding with the age of 24 days), the larvae would not be survival in the future. That means the point-of-no-return (PNR) of the larval Chinese sturgeon was at the age of 24 days.

Key words *Acipenser sinensis*, Larvae, Initial feeding, Survival, Growth