

延迟投饵对杂交鲟仔鱼生长、存活和体成分的影响

宋兵¹, 陈立侨¹, 高露姣², 陈亚瞿², 徐彦明³

(1. 华东师范大学生命科学院, 上海 200062; 2. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090; 3. 上海市北部水产养殖中心, 上海 200949)

摘要:以杂交鲟(*Huso huso* ♀ × *Acipenser baeri* ♂)仔鱼为研究对象, 将其分为8个处理组, 每组100尾(各设2个平行组), 分别在孵化后6 d(对照组)、8 d、10 d、12 d、14 d、16 d和18 d开始投喂冰冻卤虫和碎水蚯蚓(以质量比1:1混合), 5 d后只投喂碎水蚯蚓。第8组为饥饿组, 从不投喂。水温17℃, 实验周期30 d。结果显示, 仔鱼于孵出后8 d龄进入混合营养期; 10 d龄左右是仔鱼开始加速生长的关键时期; 12 d龄仔鱼进入外源性营养期。随起始投喂时间的延迟, 仔鱼的全长、湿重、干重和粗蛋白含量下降, 鱼体水分含量则随之升高。但对照组、8 d龄及10 d龄起始投喂组之间的鱼体水分、粗蛋白、粗脂肪含量并没有显著差异($P > 0.05$), 14 d龄及其以后各起始投喂组仔鱼的生长和鱼体生化成分则与上述各组存在显著差异($P < 0.05$)。各组仔鱼的最终死亡率以10 d龄起始投喂组为最低, 仅为5.0%。实验结果表明, 杂交鲟仔鱼开始投喂的适宜时间是孵出后10 d。

关键词:延迟投喂; 杂交鲟; 仔鱼; 生长; 体成分; 存活率

中图分类号: S963

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2003)03-0222-05

鲟类是极具开发前景和研究价值的水生经济动物^[1]。为了促进养殖业的发展, 加强鲟鱼野生资源的保护, 需要大力发展人工育苗。为此, 许多学者对鲟类仔稚鱼期的生物学以及营养生理学特性进行了相关研究。邓昕等^[2]、庄平等^[3]、Dabrowski等^[4]分别探讨了不同开口饵料饲养施(史)氏鲟和西伯利亚鲟仔鱼的效果。Buddington等^[5]研究了高首鲟仔稚鱼消化道分泌活动的变化。然而有关鲟类初次投喂适宜时间的探讨, 迄今仅见Gisbert等^[6]对西伯利亚鲟仔鱼的报道。由于缺乏理论指导, 许多养殖单位仅凭经验确定仔鱼的初次投喂时间, 加上投喂数量不当, 造成早期仔鱼的大量死亡。本研究探讨了延迟投喂对杂交鲟仔鱼生长、体成分和存活的影响, 同时比较正常投喂仔鱼的生长和行为变化规律, 以确定其适宜初次投喂时间, 并为鲟类人工育苗的实践提供理论基础和指导。

收稿日期: 2002-11-07; 修订日期: 2003-01-04。

基金项目: 教育部跨世纪优秀人才培养计划基金资助项目; 高等学校骨干教师资助计划项目。

作者简介: 宋兵(1976-), 男, 在读博士生, 主要从事水生动物营养学以及水生生态研究。

1 材料与方法

1.1 材料

实验用欧洲鳇♀ × 西伯利亚鲟♂杂交鲟仔鱼(子一代)取自上海市北部水产养殖中心鲟鱼育苗基地, 选用同批次孵出的健康仔鱼进行实验。

1.2 方法

1.2.1 实验设计 实验为期30 d, 分8个处理组, 每处理设2个平行, 每个平行100条仔鱼。前7组分别于孵化后6(对照)、8、10、12、14、16及18 d开始投喂。各组最初均投喂冰冻卤虫和切碎的水蚯蚓(投喂质量比例1:1), 5天后转为只投切碎的水蚯蚓。第8组为饥饿组, 从实验开始至结束一直不予投喂。另取300尾仔鱼, 其投喂方式与对照组相同, 用于正常投喂仔鱼的生长、行为、形态观察和摄食率取样。

1.2.2 养殖条件 饲养设备为容积160 L的圆形玻璃纤维缸, 采用微流水供水, 水温(17 ± 1)℃, 水流量1.5 L/min, 养殖期间24 h连续充气。

1.2.3 观察和测定方法 定期从300尾正常投喂仔鱼中随机取样, 测定全长、湿重、干重和摄食率, 并

于 WILD MPS51 解剖镜下观察仔鱼消化道形态的变化,直至实验结束。摄食率即为消化道内含有食物的仔鱼尾数占被测仔鱼总尾数的百分数,测定方法见鲍宝龙等^[7]。每天记录各组仔鱼的死亡数量,实验结束后,从每处理组随机取 30 尾鱼,用于体重、全长及体成分分析等。仔鱼湿重在吸干体表水分后于电子天平(Sartorius BP211D,精确至 0.01 mg)上称取,置于 -20 ℃ 冰箱中保存。然后样品在 70 ℃ 下烘干至恒重,用电子天平称取干重,用氯仿-甲醇抽提法测定样品脂质^[8]。样品氮含量的测定采用凯氏定氮法,粗蛋白含量由样品氮含量乘以 6.25 得到^[9]。

2 结果

2.1 杂交鲟仔鱼阶段的行为和生长

初孵杂交鲟仔鱼只能摆动尾部作间歇性的垂直运动。此时仔鱼全长 10.4 mm,湿重 15.39 mg(表 1)。经解剖观察,其口和肛门未与外界相通,中肠充满卵黄。4~6 日龄绝大部分仔鱼聚集在缸底部。仔鱼的全长、湿重保持增长,干重则一直下降。仔鱼在 6 日龄开始摄食,摄食率为 10%,但此时仔鱼的消化系统发育仍不完善,其胃中充满卵黄,摄入的食物滞留在胃的前部,不能进入肠道。7~8 日龄部分仔鱼从缸底散开,并表现出较强的游动能力。8 日龄仔鱼的干重处于其仔鱼期的最低点。8 日龄后仔鱼全部开始摄食,约 50% 仔鱼的肠道中可检出食物。9~10 日龄仔鱼已经完全散开,沿缸壁运动,十分活跃。其生长速度显著加快,干重由负增长转为

正增长。此时仔鱼开始大量摄食,其消化道完全贯通,卵黄的代谢产物黑色素栓完全排出,食物已经能顺利进入肠道。至 12 日龄,所有仔鱼的卵黄消耗殆尽。

2.2 延迟投饵对仔鱼生长、鱼体成分的影响

延迟投饵对各组仔鱼的全长、湿重、干重均有显著的影响($P < 0.05$)。随着投饵日期的推迟,各组仔鱼的上述指标下降(表 2)。30 天实验结束后,对照组的全长、湿重、干重显著大于其他各组($P < 0.05$),8 日龄与 10 日龄开始投喂的仔鱼在上述指标上均没有显著差异($P > 0.05$),饥饿组生长与其他各组则存在极显著差异($P < 0.01$)。

表 1 杂交鲟仔鱼全长、湿重和干重变化

Table 1 Change of length, wet body weight and dry body weight of hybrid sturgeon larvae

日龄/d Days after hatch	全长/mm Total length	湿重/mg Wet body weight	干重/mg Dry body weight
0	10.4 ± 0.3	15.39 ± 0.74	7.18 ± 0.25
2	12.9 ± 0.2	18.72 ± 0.68	6.48 ± 0.19
4	16.0 ± 0.4	24.53 ± 1.48	6.23 ± 0.13
6	17.7 ± 0.8	31.53 ± 1.57	6.10 ± 0.21
8	19.0 ± 1.0	37.91 ± 3.82	5.23 ± 0.18
10	22.3 ± 1.3	51.60 ± 6.25	6.85 ± 0.28
12	24.1 ± 1.2	61.57 ± 14.58	7.58 ± 0.32
16	33.4 ± 1.6	129.09 ± 36.09	11.12 ± 0.37
20	40.6 ± 3.5	381.10 ± 20.58	38.15 ± 5.48
24	48.6 ± 3.0	677.10 ± 56.29	81.76 ± 7.15
28	60.8 ± 5.3	1050.20 ± 248.73	139.02 ± 12.39

表 2 延迟投饵各组杂交鲟仔鱼生长的差异

Table 2 Difference in growth of hybrid sturgeon larvae in different groups

开始投喂时间/d Initial feeding time	全长/cm Total length	湿重/g Wet body weight	干重/g Dry body weight
6 (Control)	5.75 ± 0.79 ^a	1.0502 ± 0.2721 ^a	0.13902 ± 0.03602 ^a
8	5.43 ± 0.46 ^b	0.9160 ± 0.1869 ^b	0.11568 ± 0.02360 ^b
10	5.24 ± 0.57 ^b	0.8434 ± 0.2249 ^b	0.10213 ± 0.02723 ^{bc}
12	5.22 ± 0.24 ^b	0.7752 ± 0.1083 ^b	0.09092 ± 0.01270 ^c
14	4.03 ± 0.60 ^c	0.3854 ± 0.1251 ^c	0.04376 ± 0.01420 ^d
16	3.28 ± 0.32 ^d	0.2133 ± 0.0458 ^d	0.02459 ± 0.00528 ^e
18	3.06 ± 0.13 ^d	0.1634 ± 0.0195 ^d	0.01802 ± 0.00215 ^e
No (Starved)	2.22 ± 0.05 ^e	0.0388 ± 0.0028 ^e	0.00218 ± 0.00012 ^f

注:上角的不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。

Note: Different subscripts on the same line means significant difference($P < 0.05$).

6、8、10 日龄投喂组间的鱼体生化成分并没有显著差异($P > 0.05$)(表 3),而 14、16、18 日龄投喂

组与上述各组间的水分和粗蛋白含量却有显著差异($P < 0.05$)。饥饿组鱼体生化成分与各投喂组均存

在极显著差异($P < 0.01$)。

表3 延迟投饵各组杂交鲟仔鱼生化成分的差异
Table 3 Biochemical variables of hybrid sturgeon larvae in different groups

开始投喂时间/d Initial feeding time	水分 Moisture	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude lipid
6 (Control)	86.76 ± 0.25 ^a	9.53 ± 0.12 ^a	1.64 ± 0.07 ^a
8	87.37 ± 0.32 ^a	9.49 ± 0.09 ^a	1.59 ± 0.08 ^a
10	87.89 ± 0.19 ^a	9.61 ± 0.11 ^a	1.62 ± 0.05 ^a
12	88.27 ± 0.28 ^{bc}	8.95 ± 0.08 ^b	1.56 ± 0.04 ^{ab}
14	88.64 ± 0.26 ^b	8.42 ± 0.09 ^{bc}	1.60 ± 0.03 ^a
16	88.47 ± 0.35 ^b	8.92 ± 0.13 ^b	1.48 ± 0.06 ^b
18	88.97 ± 0.22 ^b	8.17 ± 0.14 ^c	1.56 ± 0.04 ^{ab}
No (Starved)	93.91 ± 0.32 ^a	4.28 ± 0.11 ^d	0.57 ± 0.04 ^c

注: 同行数字右上角的字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。

Note: Different subscripts on the same line means significant difference ($P < 0.05$).

2.3 延迟投饵对仔鱼死亡率的影响

各实验组中,10日龄投喂组死亡率最低,其他各组由低到高依次为8、14、12、6、18、16日龄投喂组(表4)。各投喂组仔鱼的死亡高峰出现在初次摄食后2至4天内。死亡高峰时间段内,投喂仔鱼的每日死亡率高于同期的饥饿组仔鱼。解剖发现投喂组死亡仔鱼的消化道中均有食物。死亡高峰过后,各投喂组仔鱼的每日死亡率保持在极低的水平。饥饿组仔鱼在孵出后0~19d每日死亡率较低,20d后仔鱼死亡率急剧上升。其50%死亡时间为孵出后第25天,100%死亡时间约在孵出后第29天。

表4 延迟投饵各组仔鱼每日死亡率
Table 4 Changes of daily mortality of hybrid sturgeon larvae in different groups

开始投喂时间/d Initial feeding time	日龄/d Days after hatch												总计 Sum
	0-8	9-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22	23-24	25-26	27-28	29-30	
6 (Control)	0.5	17.5	7	2	3.5	0	0	0	0	0	0	0	30.5
8	0.5	4.5	6.5	0.5	0	1	0	0	0	0	0	0	13.0
10	1.0	0	3	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0	5.0
12	1.0	0	4	7.5	9	3	0.5	0	0	0	0	0	25.0
14	1.0	1	1.5	0	0	13.5	1	0.5	0	0	0	0	18.5
16	0	1	1.5	1.5	1	26.5	13.5	3	0	1	0.5	0	49.5
18	1.0	0	1.5	0.5	0.5	1	5.5	12	6.5	2.5	2.5	3	36.5
No (Starved)	1.5	1.5	2.5	1.5	0.5	1	3.5	7.5	16.0	38.5	22.5	3.5	100

注:粗体表示每日死亡高峰出现的时间。

Note: The bold text means the time when daily mortality peak happened.

3 讨论

3.1 杂交鲟仔鱼生长阶段的划分

杂交鲟仔鱼生长阶段的划分及其标志见表5。虽然仔鱼在孵出后6日龄即开始摄食,但食物仍未进入肠道。直到8日龄仔鱼肠道中检出食物后,才表明其可以消化和吸收外源营养物质,从而进入了混合营养期。该结果与易继舫等^[10]采用天然饵料对施氏鲟的研究基本一致。Gisbert等^[11]的研究表明,西伯利亚鲟仔鱼消化道形态发育进程与本实验采用的杂交鲟仔鱼比较一致,但西伯利亚鲟仔鱼在9日龄才开始摄食。这是因为该实验投喂的是人工饵料,而仔鱼一般较易接受天然饵料,且天然饵料不易碎裂,容易从消化道检出,所以本实验所观察到的杂交鲟仔鱼初次摄食时间要早于西伯利亚鲟。

3.2 延迟投饵对仔鱼生长、存活率和体成分的影响

已有研究表明,延迟投饵会造成牙鲆和真鲷仔鱼生长速度以及存活率下降,长期饥饿则会造成仔鱼丧失摄食能力,进入不可逆点(point of no return)^[7]。生产中一般也认为提早投喂,可以使仔鱼获得足够的摄食经验,从而提高其生长速度和存活率。本研究的结果却有所不同,虽然杂交鲟仔鱼全长、湿重、干重随投喂时间的延迟而下降,但存活率却以10日龄投喂组为最高,达95.0%。同时,6、8、10日龄投喂组鱼体生化成分之间的差异并不显著($P > 0.05$),说明在仔鱼开始摄食后4天内投喂并不会影响仔鱼的营养状况。过早和过迟投喂各试验组的存活率均较低,且投喂后的死亡高峰十分明显。对杂交鲟仔鱼消化道发育的研究表明,仔鱼刚开口摄食时消化系统发育仍不完善,过早投喂的食物堵塞在胃中长达数日而无法消化、吸收,从而造成提前投喂组仔鱼的大量死亡。Gisbert等^[11]的研究也

表明鲟类仔鱼的消化道发育要慢于其他受精卵较小的鱼类。而过迟投喂则会造成仔鱼消化功能衰退和营养状况恶化,从而造成其死亡率的增加。饥饿组的每日死亡率变化表明,杂交鲟仔鱼具有耐受长期

饥饿的能力,这与其较大的初孵仔鱼体型和卵黄囊体积有关,因此饥饿不可能是造成早期仔鱼大量死亡的原因。

表5 杂交鲟仔鱼期营养阶段的划分及标志特征
Table 5 Characters and signs of hybrid sturgeon larvae at each feeding stage

项目 Item	日龄/d Days after hatch					
	0~3	4~5	6~7	8~9	10~11	12~28
摄食率/% Feeding rates	0	0	10~40	100	100	100
行为 Behavior	垂游 Swimming vertically	底栖聚集 Gathering at bottom	逐渐散开 Beginning scattering	完全散开,活跃游动 Scattering completely, swimming actively		
营养阶段 Stage	内源性营养期 Endogenous feeding stage			混合营养期 Mixed feeding stage	外源性营养期 Exogenous feeding stage	
全长/mm Total length	10.4~16.0			17.7~22.3	24.1~60.8	
干重特殊增长率 /(%·d ⁻¹) SGR of dry body weight	-3.9			9.2	18.2	

3.3 杂交鲟仔鱼的适宜投喂时间

实际生产中,在保证苗种质量的前提下,存活率是人工育苗的关键。通过观察仔鱼的生长和行为变化,可以估计仔鱼的发育阶段,从而为提高育苗存活率提供依据(表5)。如前所述,仔鱼孵出后6天开始摄食,但消化系统发育不完善,干重也呈负增长,说明此时仔鱼尚不能有效利用外源营养物质。10日龄左右是杂交鲟仔鱼生长的一个转折点,此时仔鱼摄食以及运动能力提高,生长开始加速,表明仔鱼摄入和合成的营养物质超过机体的消耗,已经顺利地适应外源性营养。延迟投饵实验也证明,10日龄开始投喂的杂交鲟仔鱼存活率最高,其鱼体生化成分与此前投喂的各组间没有显著差异。因此,杂交鲟仔鱼的适宜开口投喂时间为孵化后10日龄左右,并且应注意在投喂早期严格控制投饵量。

参考文献:

- [1] 曲秋芝,马国军,孙大江. 鲟鱼类及我国对鲟鱼类研究的发展概况[J]. 水产学杂志, 1996, 9(2): 78-84.
- [2] 邓 昕,崔奕波,熊思岳. 人工饲料喂养中华鲟仔鱼的初步试验[J]. 水生生物学报, 1998, 22(2): 189-192.
- [3] 庄 平,张 涛,章龙珍,等. 史氏鲟南移驯养及生物学研

究: III、仔鱼的开口摄食[J]. 淡水渔业, 1998, 28(4): 6-9.

- [4] Dabrowski K, Kaushik S J, Fauconneau B F. Rearing of sturgeon (*Acipenser baeri brandi*) larvae I. Feeding trial [J]. Aqu, 1985, 47: 185-192.
- [5] Buddington R K, Doroshov S I. Development of digestive secretions in white sturgeon juveniles (*Acipenser transmontanus*) [J]. Comp Biochem Physiol, 1986, 83A (2): 233-238.
- [6] Gisbert E, Williot P. Larval behaviour and effect of the timing of initial feeding on growth and survival of Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*) larvae under small scale hatchery production [J]. Aqu, 1997, 156: 63-76.
- [7] 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, 23: 33-37.
- [8] 崔奕波. 鱼类生物能量学的理论与方法[J]. 水生生物学报, 1989, 13: 369-383.
- [9] 刘宗柱, 朱凤华, 徐永之, 等. 凯氏定氮法测定牙鲆肌肉粗蛋白含量方法的改进[J]. 海洋科学, 1999, 6: 1-3.
- [10] 易继舫, 江 新, 陈声栋, 等. 史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.
- [11] Gisbert E, Rodriguez A, Williot P, et al. A histological study of the development of the digestive tract of Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*) during early ontogeny [J]. Aqu, 1998, 167: 195-209.

Effects of delayed feeding on growth, survival and biochemical composition in hybrid sturgeon larvae

SONG Bing¹, CHEN Li-qiao¹, GAO Lu-jiao², CHEN Ya-qu², XU Yan-ming³

(1. School of Life Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China; 2. East China Sea Fisheries Research Institute, Shanghai 200090, China; 3. North Aquatic Center of Shanghai, Shanghai 200949, China)

Abstract: The individual hybrid sturgeon (*Huso huso* ♀ × *Acipenser baeri* ♂) larvae were divided into eight groups, each with 100 inds (two parallels). The water temperature was 17 °C and the experiment period was 30 d. The initial feeding began at 6 d (control), 8 d, 10 d, 12 d, 14 d, 16 d and 18 d after the larvae were hatched out and the diet was the mixture of iced *Artemia salina* and smashed water earthworm in weight ratio of 1:1. Five days later, the diet was only smashed water earthworm. Another group was designed as the hungry group (300 inds), i. e. never fed. The mixed feeding stage for the larvae was at 8 d after the hatch when the feed was found in their intestine. It's a crucial time at 10 d after the hatch when the growth of larvae began accelerating. At 12 d after the hatch, the yolk sac reserves in the larvae were exhausted completely, which suggested a beginning of exogenous feeding stage. After the 4 weeks experiment, the wet weight, dry weight, total length and protein content of larvae decreased in respond to the delaying of initial feeding time ($P < 0.05$), while their moisture content increased. There was no significant difference in protein, moisture and lipid content among the larvae initially fed at 6, 8, 10 d after the hatch ($P > 0.5$). However, the biochemical composition of the other groups was significantly different from the three groups above. The mortality of the larvae fed at 10 d was 5%, which was the lowest in the 8 groups. According to the above results, the optimum initial feeding time of hybrid sturgeon larvae is at 10 d after hatch.

Key words: delayed feeding; *Huso huso* × *Acipenser baeri*; larvae; growth; biochemical composition; survival rate

更 正

1. 本刊2003年第10卷第1期《尖塘鳢的形态生物学与细胞核型》一文中,核型公式应为: $2sm + 2st + 42t$, $NF = 48$ 。原文中 $NF = 50$ 是错误的,作者特此更正,并向各位读者表示歉意。

2. 刊2003年第10卷第2期第159页“快报”栏文章题名有误,应为:散鳞镜鲤(♀)与团头鲂(♂)亚种间杂交获高成活率杂交后代。本编辑部特此更正,并向各位读者表示歉意。