

饥饿对杂交鲟仔鱼摄食、生长和体成分的影响

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学院, 上海 200062; 2 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)

THE EFFECTS OF STARVATION ON FEEDING, GROWTH AND BIOCHEMICAL
COMPOSITION OF HYBRID STURGEON LARVAE

SONG Bing¹, CHEN LiQiao¹, GAO Lu Jiao², CHEN YaQu² and XU YanMing³
(1 School of Life Science, East China Normal University, Shanghai 200062; 2 East China Sea Institute of
Aquaculture, Shanghai 200090; 3 North aquatic center of Shanghai, Shanghai 200949)

关键词: 杂交鲟; 饥饿; 仔鱼; 摄食; 生长; 体成分
Key words: *Huso huso* Linnaeus × *Acipenser baeri* Brandt; Starvation; Larvae; Growth; Feeding; Biochemical composition
中图分类号: S965.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2004)03-0333-04

仔鱼期是鱼类生活史上最脆弱, 对环境条件最敏感的时期, 饥饿是导致此阶段仔鱼死亡的主要原因之一, 也是海洋鱼类补充量研究的焦点之一^[1]。殷名称曾指出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 of 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^[4]。最近, 王吉桥等^[2]、宋昭彬等^[3]开始将饥饿研究应用于多种淡水鱼类仔鱼。然而, 有关鲟类仔鱼的饥饿研究至今未见报道。

欧洲鳇 × 西伯利亚鳇生长快, 抗病能力强, 是我国养殖数量较多的鲟鱼品种。然而在其育苗生产尤其是开口阶段, 往往出现仔鱼大量死亡的情况。为此, 本文研究了饥饿与正常投喂杂交鲟仔鱼在生长、摄食和生化成分等方面的差异。以期对鲟类仔鱼的摄食能力、耐饥饿能力以及仔鱼在饥饿状态下的生长特性和营养状况有所了解, 并探讨人工投喂仔鱼早期大量死亡的原因。从而为鲟类人工育苗实践提供指导, 并积累相关理论资料。

1 材料与方法

1.1 材料 实验所用的欧洲鳇♀ × 西伯利亚鳇 ♂ (*Huso huso*

Linnaeus × *Acipenser baeri* Brandt) 仔鱼 (子一代) 取自上海市北部水产养殖中心鲟鱼育苗基地, 采用同批次孵出的健康仔鱼进行实验。

1.2 方法 实验设饥饿和正常投喂 (对照) 两个处理组, 每个处理组 500 尾仔鱼, 各设 2 平行。饥饿组从实验开始一直不投喂。对照组于孵出后 4d 开始投喂, 采用足量投喂的方式, 4—8d 投喂卤虫 (*Artemia*), 8d 后逐渐用切碎的水蚯蚓 (*Limnodrilus*) 取代卤虫, 饲料的营养成分见表 1。养殖设备为容积 160L 的圆形玻璃纤维缸, 采用微流水供水, 水温 (17 ± 1) °C, 水流量 1.5L/min, 24h 连续充气。

表 1 饲料营养成分 (% 干重)
Tab. 1 The nutrition compositions of diets (% dry weight)

饵料 Diet	粗蛋 Crude protein	粗脂肪 Crude lipid	灰分 Ash
卤虫 <i>Artemia</i>	49.52	23.28	4.08
水蚯蚓 <i>Limnodrilus</i>	55.29	21.05	4.68

实验期间从两组定期随机取样。在解剖镜 (WILD

收稿日期: 2003-11-10; 修订日期: 2004-02-10
基金项目: 教育部跨世纪优秀人才培养计划基金; 高等学校骨干教师资助计划项目
作者简介: 宋 兵 (1976—), 男, 湖南长沙; 在读博士生; 主要从事水生动物营养学和水生生态学
通讯作者: 陈立侨 Tel: 021-62233637; E-mail: lqchen@bio.ecnu.edu.cn

MPS5 1) 下测定仔鱼全长,并在吸干体表水分后于电子天平 (Sartorius BP211D,精确至 0.01mg) 上称取湿重。所取样品于 70℃ 下烘干至恒重,以测定水分含量,然后置于冰箱(- 4℃) 中保存。用氯仿 甲醇抽提法测定样品脂质^[5],用凯氏定氮法测定样品粗蛋白含量(总氮× 6.25)^[6]。全长、干重和湿重每次测定 15 尾仔鱼,生化成分则每次各测 3 份样品。

饥饿仔鱼的初次摄食率测定以及不可逆点(PNR)的判定参照鲍宝龙等^[7]。即从孵出后 4d 起,每隔 2d 从饥饿组随机捞取 20 尾仔鱼。被测仔鱼在投喂虫虫 2h 后于解剖镜下解剖,胃中含有食物的个体占样本总数的百分数即为初次摄食率。

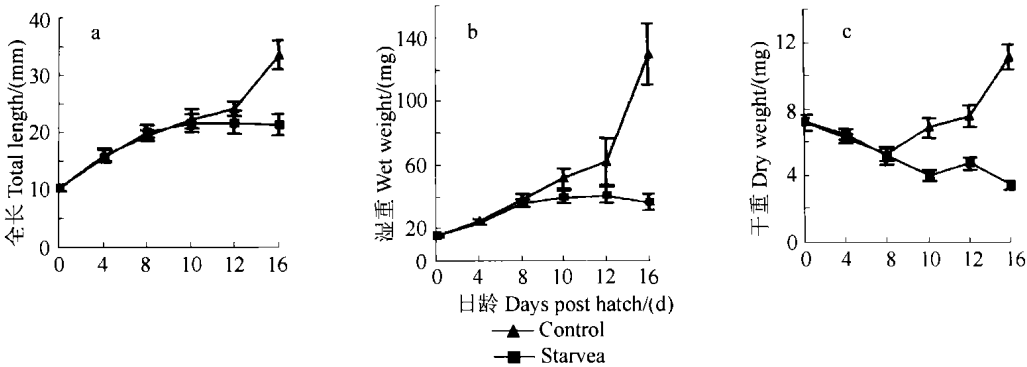


图 1 a 仔鱼全长变化; b. 仔鱼湿重变化; c. 仔鱼干重变化
Fig. 1 a Change in total length of larve; b. Change in wet weight of larve; c. Change in dry weight of larve

2.2 仔鱼的摄食以及饥饿仔鱼的不可逆点

对照组仔鱼的摄食能力随仔鱼的发育逐渐增强,孵出后 6d 仔鱼即开始摄食虫虫,8d 时仔鱼摄食率达到 100%,9d 时仔鱼开始大量摄食,此后仔鱼摄食能力持续上升(图 2)。饥饿组仔鱼初次摄食率最高为 100% (孵出后 10—22d),其后初次摄食率逐渐降低,26d 时仔鱼初次摄食率仅为 40%。28d 后仔鱼完全丧失摄食能力,30 d 后所有饥饿仔鱼死亡。根据 PNR 点的定义,孵出后 24—25d(饥饿 18—19d)仔鱼进入 PNR 期。

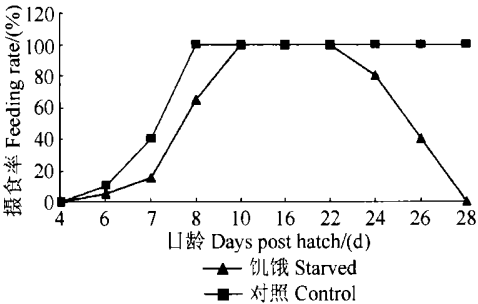


图 2 仔鱼摄食率的变化
Fig. 2 Change in feeding rate of larve

2.3 仔鱼鱼体生化成分的变化及差异

随着仔鱼的生长,对照组鱼体粗脂肪含量(% 湿重)和粗蛋白含量(% 湿重)均呈现先降后升的趋势,而水分含量的变

2 结果

2.1 仔鱼的生长

对照组仔鱼于孵出后 6d 开始摄食,但孵出后 0 至 8d 饥饿组与对照组仔鱼在全长、湿重、干重等指标的差异并不显著(图 1a, b, c),此阶段两组仔鱼的全长、湿重均缓慢上升,而干重则不断下降;孵出 10d 后对照仔鱼的湿重、干重显著高于饥饿仔鱼($P < 0.05$),但全长的差异仍不显著($P > 0.05$);孵出 12d 后仔鱼的卵黄囊被完全耗尽,对照仔鱼的全长、湿重、干重均迅速上升,饥饿仔鱼的全长、湿重增长出现停滞,干重则持续下降,两组仔鱼间的差异越来越大。

化趋势与上述指标则相反(图 3a, b, c)。饥饿组鱼体水分含量随日龄增长一直上升,粗蛋白、粗脂肪含量均不断下降,至孵出后 16d,饥饿组和对照组的鱼体生化成分各个指标都开始表现出显著差异($P < 0.05$)。

3 讨论

3.1 饥饿对仔鱼的摄食能力的影响

实验表明,短期饥饿能提高仔鱼的摄食能力,而长期饥饿则会降低仔鱼摄食能力,饥饿仔鱼进入 PNR 期后,不可能再恢复摄食能力,这种变化规律与真鲷和牙鲆相似^[7]。不过杂交鲟仔鱼的最高初次摄食率比前述两种仔鱼高,三者分别为 100%、86.7% 和 35.0%,其到达不可逆点的时间几乎是真鲷的三倍、牙鲆的四倍。而且杂交鲟饥饿仔鱼在卵黄耗尽后的相当长一段时间内,仍保持 100% 的初次摄食率,说明杂交鲟仔鱼具有极强的耐饥饿能力和摄食能力。这提示,在人工养殖和投喂适口天然饲料的条件下,饥饿并不是早期杂交鲟仔鱼死亡的主要原因,过早或过量投喂才是生产中仔鱼大量死亡的真正原因^[8]。

3.2 饥饿对仔鱼生长、生化成分的影响

本研究的结果表明,饥饿时间越久,仔鱼的干重、湿重、全长、粗蛋白和粗脂肪含量就越低,而水分含量越高,此结论与姜志强等^[9]、沈文英等^[10]对美国红鱼和草鱼鱼种的研究一致。但不同饥饿时间对仔鱼生长和生化成分的影响不同。

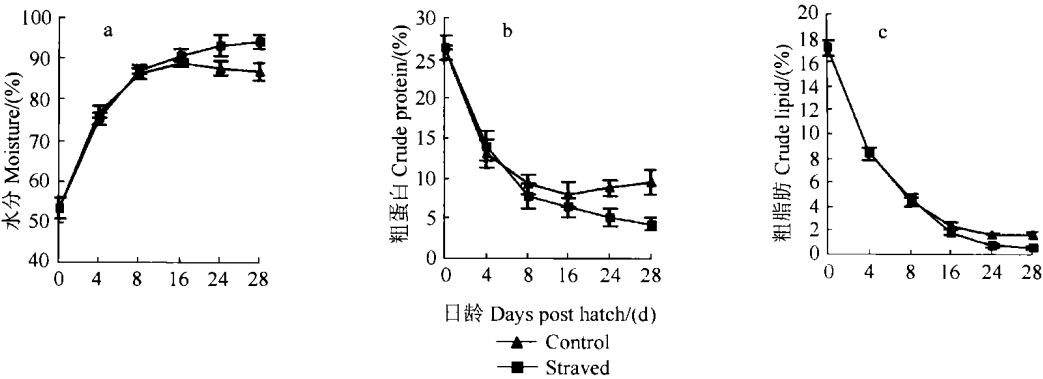


图3 a 仔鱼水分含量变化; b. 仔鱼蛋白含量变化; c 仔鱼粗脂肪含量变化

Fig 3 a Change in content of moisture; b. Change in content of crude protein; c Change in content of crude lipid

短期饥饿 (饥饿2d) 并不能造成饥饿与正常投喂仔鱼在上述指标上的显著差异,表明此时对照组还未完全适应外源性营养。饥饿4d后(孵出后10d), 饥饿组仔鱼生长开始停滞,而对照组仔鱼的摄食能力开始迅速提高,其干重开始由下降转为升高,两组的生长差异才开始体现出来。表明孵出后10d的对照仔鱼已经能完全适应外源性营养,此时才是开始投喂的最适时机^[8]。饥饿10d后(孵出后16d), 饥饿组与对照组仔鱼不光在生长上表现出差异,其鱼体生化成分的差异也十分显著($P < 0.05$),说明此时饥饿组仔鱼的营养状况极度恶化,投喂时间已经过晚。

3.3 饥饿仔鱼营养物质的动用以及杂交鲟仔鱼耐饥饿能力较高的原因

饥饿状态下,仔稚鱼不能从外界获得食饵,只能动用自身的营养物质提供能量。大部分鱼类在饥饿期间首先消耗脂肪和糖原作为能量的补充,对蛋白质利用较少,但鲢鳙鱼类在饥饿初期主要利用蛋白质作为能源物质^[11]。在饥饿过程中,杂交鲟仔鱼同时动用蛋白质、脂肪以满足能量消耗所

需。不过抵达PNR点时鱼体粗蛋白含量下降的幅度明显低于粗脂肪含量,与初孵仔鱼相比,二者分别下降了63.9%和90.4%。Hung等的研究表明,高首鲟幼鱼经过长期饥饿,鱼体粗蛋白含量只下降了9%,而粗脂肪含量却下降了84%^[12]。由此可以假设,鲟类仔幼鱼在饥饿过程中主要依靠脂肪来满足能量消耗所需。

通过比较杂交鲟以及江鲢、鲱和鲮的受精卵卵径、受精卵粗脂肪、粗蛋白含量以及饥饿仔鱼的PNR点^[13,14](表2),可见杂交鲟仔鱼的耐饥饿能力大大超过了上述鱼类。从本研究对杂交鲟仔鱼生化组分的分析可以得出:杂交鲟仔鱼较大的受精卵以及卵内贮存的丰富营养物质,尤其是高含量的脂肪,是其耐饥饿能力较强的主要原因。叶继丹等对史氏鲟和杂交鲟仔鱼消化系统组织学的研究也表明:随着卵黄物质的吸收,其卵黄囊、前肠和中肠内均会出现分解的油滴^[15]。这一结论对于鲟类人工繁育中亲鱼人工饲料的配制具有指导意义,即注意保证亲鱼人工饲料的脂肪含量和质量,以提高受精卵和初孵仔鱼的质量。

表2 几种鱼类的受精卵卵径、鱼卵成分以及饥饿仔鱼PNR点

Tab. 2 Difference of PNR and diameter, biochemical composition of zygote among several fishes

受精卵来源	受精卵卵径	粗脂肪含量(% 干重)	粗蛋白含量(% 干重)	PNR
Source of egg	Diameter(mm)	Crude lipid(% dry weight)	Crude protein(% dry weight)	(d)
江鲢(Platichthys fleuss)	0.96	14	42	11
鲱(Clupea Haremsus)	1.63	—	—	12—13
鲮(Pleuronectes platessa)	1.79	11.6	53.5	12
欧洲鳎×西伯利亚鳎	4.1	32.56	61.12	25—26

参考文献:

[1] Bao B L, Su J X. Research of nutrition statue of starved marine larvae [J]. *Journal of Shanghai Fisheries University*. 1998, 7 (1): 51—58.

[鲍宝龙, 苏锦祥. 海洋饥饿仔鱼营养状况的研究[J]. 上海水产大学学报, 1998, 7 (1): 51—58]

[2] Wang J Q, Mao L J, Jiang J Y, et al. The study in death time caused by starvation of common carp, silver carp, bighead carp and grass carp [J]. *Journal of fisheries of Dalian*, 1993, 8: 58—65. [王吉桥, 毛连菊, 姜静颖, 等. 鲤、鲢、鳙、草鱼苗和鱼种饥饿致死时间的研究[J]. 大连水产学报, 1993, 8: 58—65]

[3] Song Z B, He X F. Effects of starvation on morphology and histology of

- digestive system in larval and juvenile *Silurus meridionalis* chen[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2000, **24**(2): 155—160. [宋昭彬, 何学福. 饥饿对南方鲇仔稚鱼消化系统的形态和组织学影响[J]. 水生生物学报, 2000, **24**(2): 155—160]
- [4] Yin M C. Advances and studies on early life history of fish[J]. *Journal of fisheries of China*, 1991, **15**(4): 348—358. [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] Cui Y B. Bioenergetics of fishes: theory and methods [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1989, **13**: 369—383. [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]
- [6] Liu Z Z, zhu F H, Xu Y Z, *et al.* Improvement in Kjeldahl's method determining protein content of flounder muscle[J]. *Marine Sciences*, 1999, **6**: 1—3. [刘宗柱, 朱凤华, 徐永久, 等. 凯氏定氮法测定牙鲆肌肉粗蛋白含量方法的改进. 海洋科学, 1999, **6**: 1—3]
- [7] Bao B B, Su J X, Yin M C. The influence of delayed feeding on feeding, survival and growth of *Pagrosomus major* and *Paralichthys olivaceus* larvae [J]. *Journal of Fisheries of China*, 1998, **23**: 33—37. [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, **23**: 33—37]
- [8] Song B, Chen L Q, Gao L J, *et al.* Effects of delayed feeding on growth, survival and biochemical composition in hybrid sturgeon larvae [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2003, **10**(3): 222—226. [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. 中国水产科学, 2003, **10**(3): 222—226]
- [9] Jiang Z Q, Jia Z M, Han Y B. The compensatory growth and its mechanism of red drum, *Sciaenops ocellatus*, after food deprivation[J]. *Journal of fisheries of China*, 2002, **26**(1): 67—72. [姜志强, 贾泽梅, 韩延波. 美国红鱼继饥饿后的补偿生长及其机制. 水产学报, 2002, **26**(1): 67—72]
- [10] Shen W Y, Lin H R, Zhang W M. Effect of starvation and refeeding on biochemical composition of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fingerling [J]. *Acta Zoologica Sinica*, 1999, **45**(4): 404—412. [沈文英, 林浩然, 张为民. 饥饿和再投喂对草鱼鱼种生物化学组成的影响. 动物学报, 1999, **45**(4): 404—412]
- [11] Xie X J, Deng L, Zhang B. Advances and Studies on ecophysiological effects of starvation on fish [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1998, **22**(2): 181—189. [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]
- [12] Hung S S O, Liu W, Li H B, *et al.* Effect of starvation on some morphological and biochemical parameters in white sturgeon, *Acipenser transmontanus* [J]. *Aquaculture*, 1997, **151**: 375—363
- [13] Yin M C, Harvey S M, Craik J C A. Biochemical changes during development of eggs and yolk-sac larvae of flounder, *Platichthys flesus* L [J]. *Acta Zoologica Sinica* 1993, **39**(3): 272—279. [殷名称, 哈维 S M, 凯克 J C A. 江鲈在卵和卵黄囊期仔鱼发育阶段生化成分的变化. 动物学报, 1993, **39**(3): 272—279]
- [14] Yin M C, Craik J C A. The biochemical changes occurring during yolk-sac phase of *Clupea harengus* and *Pleuronectes platessa* [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1993, **24**(2): 157—165. [殷名称, Craik J C A. 鲱、鲽卵和卵黄囊期仔鱼发育阶段生化成分的变化[J]. 海洋与湖沼, 1993, **24**(2): 157—165]
- [15] Ye J D, Liu H B, Zhao J W, *et al.* Histological studies on the digestive system development of the larvae of *Acipenser schrenski* and *Huso huso* ♀ × A. *schrenski* ♂ [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2003, **27**(4): 177—182. [叶继丹, 刘红柏, 赵吉伟等. 史氏鲟及杂交鲟仔鱼消化系统的组织学[J]. 水产学报, 2003, **27**(4): 177—182]