

不同开口饵料对川陕哲罗鲑仔鱼生长和存活的影响

吴金明¹, 杨焕超^{1,2}, 王成友¹, 杜浩¹, 危起伟^{1*}

(1. 中国水产科学研究院长江水产研究所 武汉 430223; 2. 华中农业大学水产学院 武汉 430070)

摘要: 分别采用水丝蚓 *Limnodrilus* sp.、丰年虫 *Artemia salina*、鲫鱼 *Carassius auratus* 卵和 2 种不同配方的人工饲料饲养川陕哲罗鲑 *Hucho bleekeri* 开口仔鱼(20 日龄) 研究不同开口饵料对川陕哲罗鲑仔鱼生长和存活的影响。结果表明: 在仔鱼开口后的 0~10 d 内, 丰年虫投喂的川陕哲罗鲑仔鱼生长速度显著高于其他试验组, 15~20 d 丰年虫组仔鱼出现负增长(-0.38%), 而 10 d 以后 2 个饲料组的生长速度迅速提升。在整个试验期内, 水丝蚓组和鲫鱼卵组的生长较为平稳, 特定生长率均介于丰年虫组和 2 个饲料组之间。试验结束时, 丰年虫组的存活率最高, 为(91.11±5.09)%, 水丝蚓组的存活率最低, 为(43.33±6.67)%。基于本试验的结果和川陕哲罗鲑的摄食特性, 推荐最适的开口投喂方案为: 0~10 d 投喂丰年虫, 10 d 后逐步添加人工饲料进行转食。

关键词: 川陕哲罗鲑; 仔鱼; 开口饵料; 生长

中图分类号: Q959.4 文献标志码: A 文章编号: 1000-7083(2015)05-0752-04

Effects of Initial Feeding on the Growth and Survival of Sichuan Taimen (*Hucho bleekeri*) Larvae

WU Jinming¹, YANG Huanchao^{1,2}, WANG Chengyou¹, DU Hao¹, WEI Qiwei^{1*}

(1. Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuhan 430223, China;

2. College of Fisheries, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract: Sichuan taimen (*Hucho bleekeri*) larvae were fed with *Limnodrilus* sp., *Artemia salina*, eggs of crucian carp (*Carassius auratus*) and two artificial commercial diets for 20 days, to study the effects of different initial feeding diets on the growth and survival of the larvae. From 0 to 10 days, larvae fed with *A. salina* showed the highest growth rate, and negative growth (-0.38%) occurred from 15 to 20 days. The growth rate of larvae fed with two artificial commercial diets increased sharply after 10 days. During the study period, the growth rate of larvae fed with *Limnodrilus* sp. and eggs of crucian carp remained steady, the value of which was between that of the *A. salina* group and the two artificial commercial diets groups. Larvae fed with *A. salina* showed the highest survival rate (91.11%) at the end of the trial, whereas the *Limnodrilus* sp. group the lowest (43.33%). According to the feeding habits of larvae, we suggested the best weaning and rearing plan of Sichuan taimen larvae as following: fed with *A. salina* for the first 10 days, and then added artificial commercial diets step-by-step to switch the diet.

Key words: Sichuan taimen (*Hucho bleekeri*); larvae; initial feeding; growth

川陕哲罗鲑 *Hucho bleekeri* 隶属于鲑形目 Salmoniformes 鲑科 Salmonidae 哲罗鲑属 *Hucho*, 为国家 II 级保护动物。它是哲罗鲑属 5 种鱼类中分布最南的种类, 在第四纪冰川时期气候变冷时从北方扩散而来, 冰期结束后留在海拔较高、水温较低的河流中, 为典型的陆封型鱼类, 在研究动物地理、古生态学、鱼类系统演化与气候变化等方面具有重要的学术价值(丁瑞华, 1994)。川陕哲罗鲑历史上分布于四川

(大渡河和岷江上游及支流)、青海(玛柯河)和陕西(汉江上游支流太白河和胥水河)等地。20 世纪 60 年代以来, 受气候变化和人类活动的影响, 种群数量急剧减少, 目前在多个历史分布区已很难采集到样本(王绪桢等 2000; Rand 2013)。2012 年在陕西省太白县太白河中发现了较大规模的群体(杜浩等, 2014), 随后, 长江水产研究所开始对这批发现的亲本进行了人工驯养, 并于 2013 年和 2014 年 2 次成

收稿日期: 2015-01-13 接受日期: 2015-04-08

基金项目: 中国水产科学研究院基本科研业务费(2014A07XK05); 公益性行业(农业)科研专项(201203086)

作者简介: 吴金明, 男, 博士, 助理研究员, E-mail: jinming@yfi.ac.cn

* 通信作者 Corresponding author, E-mail: weiqw@yfi.ac.cn

功进行了人工繁殖。但受限于饲养条件和养殖技术, 这批人工繁育的川陕哲罗鲑苗种成活率较低, 成为了川陕哲罗鲑资源保护的瓶颈。

饵料是人工育苗的重要条件, 仔鱼孵出后需经历内源营养向外源营养的转变, 因此, 选择适宜的开口饵料是苗种培育成功的关键(殷名称, 1995)。关于鲑科鱼类苗种的开口饵料, 国内外学者已开展了大量的研究, 涉及细鳞鱼属 *Brachymystax* (徐革锋等 2007)、白鲑属 *Coregonus* (韩志忠等 2003)、大马哈鱼属 *Oncorhynchus* (Bilton & Robins, 1973; Bagheri et al., 2008)、鲑属 *Salmo*、红点鲑属 *Salvelinus* 等几十个养殖品种。目前针对大规模养殖的种类如大马哈鱼、虹鳟等, 已研发出了人工配合饲料, 取得了较好的养殖效果。由于生态习性、营养需求及驯化程度不同, 不同鲑科鱼类对开口饵料的选择并不完全相同, 因此, 本文采用 5 种开口饵料投喂, 比较川陕哲罗鲑仔鱼的生长速度和存活率, 以期确定川陕哲罗鲑仔鱼最适开口饵料及投喂方案。

1 材料与方法

1.1 试验鱼及饵料

试验地点为长江水产研究所等单位在陕西省太白县建立的“陕西省太白河川陕哲罗鲑救护实验站”。试验所用仔鱼为 2014 年 6 月人工繁殖、孵化的苗种。孵化平均水温 $9.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($9.1\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 11.7\text{ }^{\circ}\text{C}$)、平均溶氧 $10.8\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ($8.1 \sim 11.9\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$)、受精卵经历 22~30 d 出膜(平均 26 d)。初孵仔鱼全长 1.18 cm ($1.05 \sim 1.37\text{ cm}$)、体质量 0.0262 g ($0.0205 \sim 0.0289\text{ g}$)。初孵仔鱼暂养在 $0.3\text{ m} \times 0.2\text{ m}$ 的孵化框内, 饲养至 20 d 时, 80% 仔鱼开始上浮, 此时仔鱼卵黄尚未被全部吸收, 但已开始摄食, 进入混合营养期。选择 450 尾已上浮且大小齐整的仔鱼作为试验鱼。

采用的试验饵料有 5 种, 分别为水丝蚓 *Limnodrilus* sp.、丰年虫 *Artemia salina*、鲫鱼 *Carassius auratus* 卵和 2 种人工配合饲料。水丝蚓购自陕西省留坝县江口镇, 丰年虫为天津市丹阳水产科技有限公司生产的虫卵在 5% 的盐水中孵化而成; 鲫鱼卵为武汉市武昌菜市场购买新鲜怀卵鲫鱼, 解剖取卵、洗净冰冻后运至试验场所; 1 号饲料为丹麦进口的爱乐(Alle)冷水鱼开口饵料, 粒径为 $0.2 \sim 0.3\text{ mm}$; 2 号饲料为山东升索鱼用饲料研究中心生产的微粒子配合饲料 S2, 粒径为 $0.25 \sim 0.48\text{ mm}$ 。2 种饲料的营

表 1 2 种人工配合饲料的营养成分表(%)

饲料	粗蛋白	粗脂肪	粗纤维	粗灰分	无氮浸出物	水分
1 号	64	9	0.5	12.7	7.3	6.5
2 号	≥ 50	≥ 8	≤ 3	≤ 16.5	未标注	≤ 12

养成分如表 1 所示。

1.2 养殖条件及投喂方法

试验前一天将 450 尾日龄 20 d 的川陕哲罗鲑仔鱼放入 15 个塑料饲养框中, 以适应试验环境。饲养框为圆形, 直径 0.3 m , 底部及侧面密布小孔, 将饲养框悬置于流水孵化槽内, 框内浸水深度 0.1 m , 孵化槽流速 $0.1 \sim 0.6\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。饲养期间的水温为 $10.2\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 13.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (平均 $11.4\text{ }^{\circ}\text{C}$)、溶氧为 $9.38 \sim 11.69\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (平均 $10.65\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$)。购买的水丝蚓在饵料桶内暂养 3 d 以上, 投喂前进行消毒(首先用紫外光照射 30 min, 然后用 $2\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的恩诺沙星浸泡 30 min), 消毒完成后用刀剁成 1 mm 左右的小段投喂。随着仔鱼的生长, 逐渐增长水丝蚓段的长度。丰年虫卵在 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、盐度 20 的水中孵化, 24~36 h 出膜后静置分离出无节幼体。冰冻的鲫鱼卵用刨刀、分样筛等工具制成直径小于 0.5 mm 的微粒投喂。2 种人工配合饲料直接投喂。试验分为 5 个饵料组, 周期为 20 d。每组仔鱼 30 尾, 每组设置 3 个平行。每日于 09:00、13:00、15:00、21:00 各投喂 1 次, 每次投喂量以试验鱼饱食为准, 投喂 40 min 后清理饲养框内的残饵和粪便。

1.3 取样测量及数据处理

分别于投喂前 0 d 和投喂后 5 d、10 d、15 d 和 20 d 测定各试验组的生长情况, 每次从各饲养框中随机取 10 尾仔鱼进行全长(精确至 0.01 mm)和体质量(精确至 0.001 g)的测定, 每天记录各组仔鱼的死亡情况。仔鱼在吸干体表水分后采用上海舜宇恒平公司生产的电子天平(FA2004)称量, 利用体视解剖镜(Olympus SZ61)观察仔鱼, 在电脑成像系统(cellSens Entry1.8.1)中测量全长。试验结果采用 SPSS 13.0 分析, 利用单因子方差分析(One-Way ANOVA)来检验各试验组间差异显著性, 用 Dunnett's 进行多重比较检验, 取 $P < 0.05$ 作为显著性水平, 数值以平均值 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm \text{SD}$)表示。以特定生长率(SGR)描述仔鱼的生长特性。

$$\text{SGR} = 100 \times (\ln W_t - \ln W_0) / t$$

其中: W_0 和 W_t 分别为投喂前和投喂后 t 天时的体质量。

2 结果与分析

2.1 不同开口饵料对仔鱼生长的影响

分析不同开口饵料投喂川陕哲罗鲑仔鱼体质量和全长的生长情况。从体质量来看,投喂后 10 d 内丰年虫组体质量增长最为迅速,1 号饲料组、2 号饲料组、水丝蚓组和鲫鱼卵组的生长速度差别不大。10 d 以后 2 号饲料组的生长速度显著提升,1 号饲料组也有比较明显的加速生长。丰年虫组的生长速度在 10 ~ 15 d 内明显放缓,15 ~ 20 d 内出现负增长。水丝蚓组和鲫鱼卵组的生长速度较为稳定(图 1)。全长生长与体质量生长表现出相似的趋势,在投喂前期(0 ~ 10 d),丰年虫组的生长优势明显,后期放缓,在 20 d 时,2 号饲料组的全长超过丰年虫组,其他试验组大致表现出比较稳定的全长增长速度,但始终低于丰年虫组(图 2)。

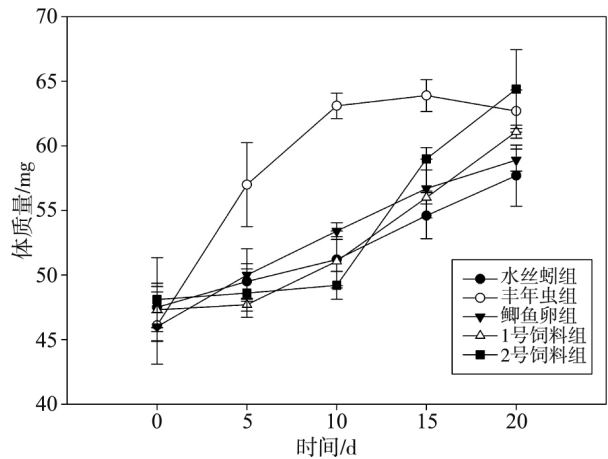


图 1 不同开口饵料投喂川陕哲罗鲑仔鱼的体质量生长情况

Fig. 1 Body weight of *Hucho bleekeri* larvae fed with different initial diets

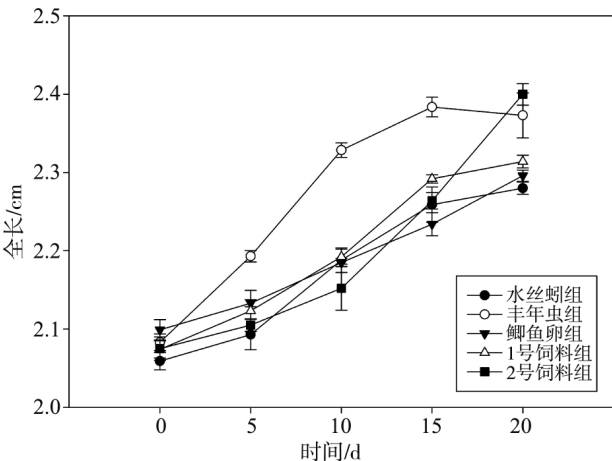


图 2 不同开口饵料投喂川陕哲罗鲑仔鱼的全长生长情况

Fig. 2 Total length of *Hucho bleekeri* larvae fed with different initial diets

各试验组鱼在不同时期 SGR 表现出了较大的差异性。0 ~ 5 d 和 5 ~ 10 d 时,丰年虫组的 SGR 显著高于其他试验组;10 ~ 15 d 时,丰年虫组的 SGR 降低,而 2 号饲料组升高明显,显著高于其他试验组;15 ~ 20 d 时,丰年虫组的 SGR 降为负值,1 号和 2 号饲料组的 SGR 相差不大,显著高于水丝蚓组和鲫鱼卵组(表 2)。

表 2 不同开口饵料投喂川陕哲罗鲑仔鱼的特定生长率
Table 2 Specific growth rate of *Hucho bleekeri* larvae fed with different initial diets

饲料	特定生长率/%			
	0 ~ 5 d	5 ~ 10 d	10 ~ 15 d	15 ~ 20 d
1 号饲料	0.17 ± 0.15 ^a	1.36 ± 0.22 ^a	1.85 ± 0.23 ^a	1.74 ± 0.01 ^a
2 号饲料	0.21 ± 0.26 ^{ab}	0.25 ± 0.15 ^b	3.63 ± 0.06 ^b	1.75 ± 0.26 ^a
丰年虫	4.25 ± 0.07 ^c	2.04 ± 0.34 ^c	0.25 ± 0.03 ^c	-0.38 ± 0.06 ^b
水丝蚓	0.83 ± 0.09 ^{ab}	0.67 ± 0.13 ^b	1.29 ± 0.18 ^a	1.10 ± 0.10 ^{ac}
鲫鱼卵	1.67 ± 0.15 ^b	1.32 ± 0.23 ^a	1.20 ± 0.24 ^a	0.76 ± 0.22 ^c

注:不同的上标字母表示差异有统计学意义,下同。
Note: Different superscripts indicate significant difference, the same below.

2.2 不同开口饵料对仔鱼存活的影响

不同开口饵料组间仔鱼存活率差异较大。20 d 试验结束时,丰年虫组存活率最高,为(91.11 ± 5.09)%,其后依次为 2 号饲料组、1 号饲料组和鲫鱼卵组,水丝蚓组的存活率最低,仅为(43.33 ± 6.67)%。丰年虫组无明显的死亡高峰,鲫鱼卵组和水丝蚓组的死亡高峰发生在 10 ~ 20 d 内,2 号饲料组在 15 ~ 20 d 内没有死亡。

表 3 不同开口饵料投喂川陕哲罗鲑仔鱼的存活率
Table 3 Survival of *Hucho bleekeri* larvae fed with different initial diets

饲料	存活率/%			
	5 d	10 d	15 d	20 d
水丝蚓	96.67 ± 3.33 ^a	91.11 ± 5.09 ^{ab}	80.00 ± 6.67 ^{ab}	43.33 ± 6.67 ^a
丰年虫	100.00 ± 0.00 ^a	98.89 ± 1.92 ^a	93.33 ± 3.33 ^b	91.11 ± 5.09 ^b
鲫鱼卵	96.67 ± 3.33 ^a	88.89 ± 5.09 ^{ab}	72.22 ± 8.39 ^{ab}	53.33 ± 14.53 ^{ab}
1 号饲料	93.33 ± 3.33 ^a	82.22 ± 5.09 ^{ab}	73.33 ± 3.33 ^a	64.44 ± 1.92 ^a
2 号饲料	98.33 ± 2.36 ^a	81.67 ± 2.36 ^b	65.00 ± 2.36 ^a	65.00 ± 2.36 ^a

3 讨论

川陕哲罗鲑为凶猛肉食性鱼类,在自然环境中,幼鱼主要以蜉蝣目等水生昆虫为食,成鱼主要摄食鱼类(吴万荣,1989)。在本研究中,丰年虫组的存活率最高,而且在投喂初期(10 d 内),仔鱼具有最高的生长率;但 10 d 以后,其生长率显著下降。在 15 ~ 20 d 时仔鱼出现了负增长的现象,该结果表明在仔鱼正常开口后,选择丰年虫长期投喂的效果不

好,一方面可能是由于丰年虫个体太小,单体能量不足,随着仔鱼的生长发育,为了饱食需进行大量的摄食运动,造成了摄食消耗和获取能量之间的失衡,另一方面也可能是丰年虫不能提供后期仔鱼比较全面的营养物质。

水丝蚓也是动物性活饵料,我们在试验中观察到投喂水丝蚓后,鲟体首先悬浮于水体,然后缓慢下沉,在开始投喂的几天,仔鱼聚集在悬浮的蚓体周围,少量仔鱼摄食蚓体,但随后因蚓体过大而吐出,实际能消化的比例较低,造成了水丝蚓组仔鱼初期摄食率不高,影响了生长速度和存活率。在投喂后期,仔鱼虽然能完全摄入蚓体并消化,但由于蚓体在水中的悬浮时间较短,仔鱼的实际摄食量也不高。

鲫鱼卵富含鱼类早期发育所需的营养物质,在水产苗种的培育中也常作为单一开口饵料或者添加剂(陈泳先,2012; Yoshitsugu *et al.*, 2013)。在本试验中我们发现,用粉碎的冰冻鲫鱼卵作为单独开口饵料的效果并不理想。主要原因是鱼卵粉末首先悬浮于水面,很少仔鱼能浮出水面摄食,粉末融化后,在水中形成絮状物质,对水质造成一定影响,影响仔鱼的摄食。利用粉碎的冰冻鱼卵投喂开口的鲑鳟鱼苗,在国外已有比较成功的例子,在下一步的工作中,应筛选不同鱼卵及饲料处理方法以提高川陕哲罗鲑仔鱼的摄食率。

2种配合饲料的粒径相差不大,试验过程中观察仔鱼对2种饲料的摄食率及摄食过程相似。饲料首先悬浮于水面,随后饲料粒子开始吸水、悬浮于水中,此过程持续约20 min,早期仔鱼摄食主要发生在饲料粒子悬浮过程中,在饲料粒子沉底后,仔鱼不再摄食,后期仔鱼仍以摄食悬浮饲料粒子为主,偶尔蹿游至水面摄食。从2个饲料组的饲养效果来看,虽然存活率都没有显著性差异,但从试验结束时的体质、全长的增长情况来看,2号饲料组的投喂效果高于1号饲料组,可能是由于2种饲料营养成分的差异。另外,在0~5 d时,2个饲料组的特定生长率显著低于丰年虫组和鲫鱼卵组,而在15 d以后,2个饲料组的特定生长率提升明显,超过丰年虫组、水丝蚓组和鲫鱼卵组。其原因可能是在0~5 d内,饲料

粒子的适口性较差,加之在水中悬浮的时间过短,幼鱼的摄食率不高,在幼鱼摄食及消化器官进一步发育后,摄食饲料的能力增强,加之人工饲料具备比较全面的营养,因而在后期表现出良好的生长特性。

基于本试验的结果并结合川陕哲罗鲑的摄食特点,推荐川陕哲罗鲑适宜的开口投喂方案为:0~10 d投喂丰年虫,10 d后开始进行丰年虫和人工配合饲料的混合投喂,完成“转食”过程后全部投喂人工配合饲料。受限于养殖条件,本试验仅持续了20 d,只是对仔鱼开口摄食阶段的生长特性及存活率进行了观察,不同开口饵料的长期生长效果还有待进一步研究。

参考文献:

- 陈泳先. 2012. 几种饵料对凡纳滨对虾亲虾繁殖性能的影响[D]. 南宁: 广西大学.
- 丁瑞华. 1994. 四川鱼类志[M]. 成都: 四川科学技术出版社: 37-40.
- 杜浩, 李罗新, 危起伟, 等. 2014. 汉江上游太白河川陕哲罗鲑再发现[J]. 动物学杂志, 49(3): 414.
- 韩志忠, 董宏伟, 那凯阳. 2003. 湖白鲢受精卵孵化及苗种培育[J]. 科学养鱼, (2): 9.
- 王绪桢, 何舜平, 张涛. 2000. 秦岭西段鱼类多样性现状初报[J]. 生物多样性, 8(3): 312-313.
- 吴万荣. 1989. 大川河水生生物与虎嘉鱼的生态位[J]. 鲑鳟渔业, 2(1): 23-33.
- 徐革锋, 夏大明, 姚德鑫, 等. 2007. 不同饵料对细鳞鲑仔鱼开口驯化的比较[J]. 水产学杂志, 20(2): 7-11.
- 殷名称. 1995. 鱼类生态学[M]. 北京: 中国农业出版社: 64-65.
- Bagheri T, Hedayati SA, Yavari V. 2008. Growth, survival and gut microbial load of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry given diet supplemented with probiotic during the two months of first feeding[J]. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 8(1): 43-48.
- Bilton HT, Robins GL. 1973. The effects of starvation and subsequent feeding on survival and growth of Fulton channel sockeye salmon fry (*Oncorhynchus nerka*) [J]. Journal of the Fisheries Board of Canada, 30(1): 1-5.
- Rand PS. 2013. Current global status of taimen and the need to implement aggressive conservation measures to avoid population and species-level extinction[J]. Archives of Polish Fisheries, 21(3): 119-128.
- Yoshitsugu M, Tadao J, Hitoshi I, *et al.* 2013. A step forward in development of fish protein hydrolysate-based diets for larvae of Japanese eel *Anguilla japonica* [J]. Fisheries Science, 79(4): 681-688.