

哲罗鱼仔鱼饥饿实验及不可逆生长点的确定

张永泉¹ 尹家胜¹ 杜佳² 贾钟贺¹ 佟广香¹

(1. 中国水产科学研究院黑龙江水产研究所, 哈尔滨 150070; 2. 东北农业大学研究生学院, 哈尔滨 150030)

摘要:在水温 10—12 条件下,研究了哲罗鱼 *Hucho taimen* 仔鱼饥饿对其生长、形态和行为的影响,确定其初次摄食饥饿不可逆点 (PNR)和最佳初次摄食时间。结果表明:饥饿状况下哲罗鱼仔鱼全长基本维持恒定,但肥满度不断降低,在第 24 日龄后体重出现负增长,其卵黄囊吸收与生长变化密切相关;饥饿后的仔鱼身体发黑、头大身瘦、后脑部下陷;集群性、初次摄食力与饥饿时间呈负相关;25 日龄出现自残现象,30 日龄自残率达到最大值 14.5%。哲罗鱼仔鱼初次摄食时间在 21 日龄,当 29 日龄摄食率达到最高值 100%, PNR 期为 39—40 日龄;初次摄食仔鱼最佳投喂时间在 25 日龄,也就是仔鱼上浮后第 4 天。

关键词:哲罗鱼;饥饿;不可逆生长点;生长;形态;行为

中图分类号: Q174 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2009)05-0945-06

Hjort 于 1914 年创立了著名的临界期假设^[1],确立了鱼类早期生活史阶段的初次摄食期,并认为此时期是一个可能引起仔鱼大量死亡的危险阶段,饥饿被认为是初次摄食期仔鱼死亡的主要原因之一^[2,3]。Blaxter 和 Hempel^[4]于 1963 年首先提出仔鱼初次摄食饥饿“不可逆点”(PNR),即初次摄食期仔鱼耐受饥饿的时间临界点,仔鱼饥饿到该点时,尽管还可存活一段时间,但 50% 的个体已体质虚弱,不可能再恢复摄食能力。殷名称指出采用饥饿研究的方法,可以确定仔鱼的初次摄食期和 PNR,这对于鱼类苗种培育和人工养殖具有十分重要的意义^[3],我国关于淡水鱼类饥饿和 PNR 的研究报道不多^[5-7],哲罗鱼的有关研究未见报道。

哲罗鱼 *Hucho taimen* 是我国土著大型肉食性鱼类,由于近年来的环境污染和过度捕捞,该鱼的资源已经基本枯竭,被编入《中国濒危动物红皮书》中^[8]。随着我国对自然资源保护的高度重视,哲罗鱼人工繁殖和养殖在我国已获成功^[9],并在全国十几个省推广养殖。本文探讨了饥饿对哲罗鱼仔期生长、形态与摄食行为的影响,确定了哲罗鱼 PNR 和初次摄食最佳投喂时间,旨在为哲罗鱼人工繁殖以及初次摄食期仔鱼人工驯化提供相应的理论依

据,丰富鱼类早期生活史的研究。

1 材料与方法

1.1 材料 实验于 2006 年 5 月在黑龙江省宁安市中国水产科学研究院黑龙江水产研究所渤海冷水性鱼类实验站进行。实验用鱼为该实验站通过人工产卵、孵化获得的刚破膜哲罗鱼仔鱼。

1.2 方法

1.2.1 哲罗鱼饥饿实验 哲罗鱼仔鱼破膜后取 2300 尾仔鱼放入到体积 60 L 的玻璃缸中进行实验,水温维持 10—12 之间,用氧气泵微冲氧,不投饵直至 100% 死亡,实验用水为经沙滤及沉淀过滤的泉水和蒸馏水各 50% 的混合水。每天检查记录仔鱼死亡情况,并换等温混合水 2/3。因为冷水鱼发育持续的时间比较长,故每 3 天测量一次。21 日龄,分成 2 个平行饥饿组和一个正常饲喂对照组,每组 700 尾分别放到不同的玻璃缸中,开始饥饿实验。

数据测量:每次每组取出 30 尾,体重 (w) 用精确到 0.001 g 的电子秤测量,全长、肛前长、卵黄囊测量采用数码相机照相,然后计算机上用 Motic Image Plus 2.0 软件测量,精确到 0.001 cm。数据处理:用 SPSS13.0 进行统计分析,用 Excel 2003 运算

收稿日期: 2007-12-05; 修订日期: 2009-01-05

基金项目: 国家支撑计划 (2006BAD03B08-01); 国家技术基础条件平台建设项目 (2006DKA30470-005) 资助

作者简介: 张永泉 (1982—), 男, 实习研究员; 主要从事鱼类育种方面的研究。E-mail: atai0805@163.com

通讯作者: 尹家胜, E-mail: xwsc20@tom.com

并绘图。卵黄囊体积 = $4/3 \cdot \pi \cdot (r/2)^2 \cdot R/2$
式中 r 为卵黄囊短径, R 为卵黄囊长径, 肥满度 Relative fatness 值 ($K = w / L^3 \times 100$)^[7]。

1.2.2 初次摄食率 哲罗鱼仔鱼开口后每次取 20 尾, 放入有效水体为 350 mL 的 500 mL 烧杯中, 微充气, 投喂水蚤, 密度为 20—30 ind/mL。3h 后将仔鱼取出, 然后逐一检查哲罗鱼仔鱼的摄食情况, 并计算初次摄食率^[9], 初次摄食率 = 肠管内含有水蚤的仔鱼尾数 / 总测定仔鱼尾数 $\times 100\%$ 。

1.2.3 PRN 的确定 PNR 是初次摄食期仔鱼耐受饥饿的临界点。哲罗鱼仔鱼 PNR 确定, 本文以哲罗鱼孵化后日龄表示, 每日测定饥饿组哲罗鱼仔鱼的初次摄食率, 当所测定的饥饿组仔鱼的初次摄食率低于最高初次摄食率的一半时, 即为 PNR 的时间^[3,4]。

2 结果

2.1 饥饿组仔鱼生长的变化

初孵仔鱼, 此时为完全内源性营养阶段, 破膜后

21d 左右开始上浮, 摄食外源性营养。此时为混合营养阶段, 当破膜后 30d 左右开始完全外源性营养阶段。如表 1 所示, 初孵仔鱼体重 (0.091 ± 0.017) g, 全长 (1.85 ± 0.03) cm, 肛前长 (1.32 ± 0.02) cm, 卵黄囊长径 (0.72 ± 0.03) cm, 卵黄囊短径 (0.48 ± 0.03) cm, 此时卵黄囊较大, 消化道呈细管状, 紧贴卵黄囊上方, 口与肛门呈封闭状。当破膜 21d 开始饥饿实验, 此时鱼体重 (0.129 ± 0.008) g, 全长 (2.85 ± 0.05) cm, 肛前长 (2.01 ± 0.04) cm, 卵黄囊体积 0.020 cm^3 。破膜后 30—33 日龄卵黄囊吸收完, 45 日龄饥饿组全部死亡。由图 1 可以明显看出饥饿组体重变化可以分 4 个阶段: (1) 0—15 日龄体重增长较快; (2) 15—24 日龄体重增长相对较慢, 第 24 日龄体重达到最高值 0.130 g ; (3) 第 24—33 日龄体重开始减轻, 此时鱼体消瘦很慢; (4) 第 33 日龄到最后全部死亡鱼体重减轻的相对较快。由图 2 可见, 0—24 日龄鱼全长和肛前长呈直线增长, 在 30 日龄时全长 (2.97 ± 0.30) cm, 肛前长 (2.09 ± 0.13) cm, 30 日龄以后全长和肛前长停止增长。

表 1 饥饿组仔鱼测量表
Tab. 1 Measuring scale of young fish in the starvation group

发育阶段 Developmental stage	体重 Body weight (g)	全长 Total length (cm)	肛前长径 Length before anus (cm)	卵黄囊长径 Length of yolk sac (cm)	卵黄囊短径 Short diameter of yolk sac (cm)	残食个体 Number of self-mutilation (%)
初孵仔鱼	0.091 ±0.017	1.85 ±0.03	1.32 ±0.02	0.72 ±0.03	0.48 ±0.03	0
第 3 天仔鱼	0.097 ±0.005	1.99 ±0.07	1.41 ±0.05	0.72 ±0.03	0.44 ±0.04	0
第 6 天仔鱼	0.100 ±0.019	2.12 ±0.06	1.51 ±0.04	0.68 ±0.03	0.40 ±0.02	0
第 9 天仔鱼	0.111 ±0.005	2.28 ±0.07	1.60 ±0.09	0.67 ±0.03	0.40 ±0.02	0
第 12 天仔鱼	0.116 ±0.007	2.50 ±0.06	1.75 ±0.08	0.64 ±0.03	0.36 ±0.03	0
第 15 天仔鱼	0.127 ±0.012	2.66 ±0.15	1.91 ±0.15	0.61 ±0.02	0.31 ±0.03	0
第 18 天仔鱼	0.127 ±0.009	2.80 ±0.06	1.98 ±0.05	0.62 ±0.06	0.30 ±0.05	0
第 21 天仔鱼	0.129 ±0.008	2.85 ±0.05	2.01 ±0.04	0.66 ±0.05	0.24 ±0.02	0
第 24 天仔鱼	0.130 ±0.009	2.93 ±0.25	2.05 ±0.19	0.66 ±0.04	0.23 ±0.03	2
第 27 天仔鱼	0.127 ±0.009	2.92 ±0.06	2.05 ±0.05	0.61 ±0.05	0.17 ±0.03	7
第 30 天仔鱼	0.126 ±0.008	2.97 ±0.30	2.09 ±0.13	0.60 ±0.07	0.19 ±0.03	14.5
第 33 天仔鱼	0.125 ±0.007	2.97 ±0.16	2.08 ±0.10	—	—	13
第 36 天仔鱼	0.116 ±0.011	2.92 ±0.05	2.04 ±0.03	—	—	12
第 39 天仔鱼	0.113 ±0.008	3.00 ±0.05	2.11 ±0.05	—	—	6
第 42 天仔鱼	0.109 ±0.013	2.95 ±0.07	2.07 ±0.05	—	—	2
第 45 天仔鱼	0.108 ±0.012	2.91 ±0.06	2.02 ±0.04	—	—	0

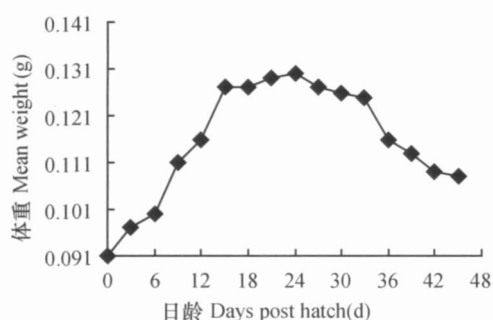


图1 体重随日龄的变化

Fig. 1 Weight changes with daily age

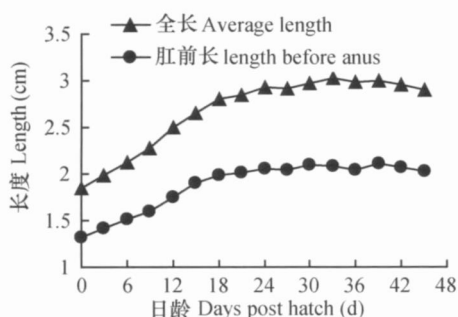


图2 全长、肛前长随日龄的变化

Fig. 2 Total length and length before anus changes with daily age

2.2 饥饿仔鱼卵黄囊吸收与生长之间的关系

卵黄囊的吸收随日龄不断变化(图3),初孵仔鱼的卵黄囊体积为 0.087 cm^3 ,在前15日龄卵黄囊吸收较快,第15日龄时卵黄囊体积为 0.029 cm^3 ,占初孵仔鱼卵黄囊体积的33%,以后吸收减慢,第30日龄时卵黄囊消失。前15日龄卵黄囊吸收最快,体重也是增加最快阶段;15—24日龄时体重虽然增长,但卵黄提供的营养相对前15日龄较少,生长速度减慢,第24日龄时体重达最大值 0.13 g ;24—30日龄卵黄囊虽尚未吸收完全,但已经不能满足鱼类生理代谢的需要,所以这阶段鱼体开始消瘦,但速度较慢;第30日龄以后鱼体重减轻速度明显变快,30—33日龄鱼体积累的能量已经全部代谢完,第36日龄以后鱼体完全没有营养来源,并且再经过3d体内储存的营养已经全部消耗殆尽,所以鱼体消瘦速度达到最大值,直到死亡。

2.3 饥饿组仔鱼与对照组仔鱼形态和行为的对比

21日龄至45日龄饥饿组与对照组仔鱼体重经 spss13.0 相关分析 $P = 0.001$, $P < 0.01$ 差异极显著。由图4可以看出开始实验时由于对照组摄食了外源性营养体重在不断增长,且第39日龄后体重增长明显加快,这时体内消化器官发育较21—38日龄时完善,对外源性营养消化吸收的功能明显增强,而

同期饥饿组摄食不到外源性营养而自身的内源性营养又吸收已尽,所以体重不断减少,第33日龄后体重减轻速度明显变快。由图5可以看出饥饿组肥满度逐渐降低,第29日龄由于此时体重和全长基本不变化,肥满度不再变化,第29日龄即为PNR期。由实验得出哲罗鱼饥饿状态肥满度变化,可以用来参考PNR期的确定。对照组在30日龄前内源性营养和外源性营养共同作用,所以肥满度的变化不呈直线变化,30日龄以后也就是完全外源性营养阶段,肥满度在逐渐增长。

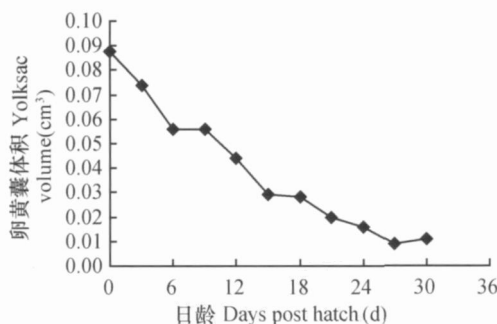


图3 饥饿组卵黄囊吸收与日龄之间的关系

Fig. 3 Relation between resorption of yolk sac of starved group and daily age

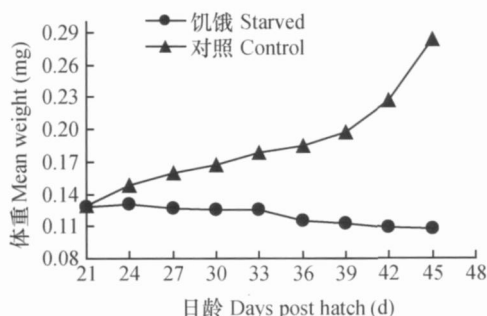


图4 21日龄后饥饿与对照组体重对比

Fig. 4 Comparison with weight of starved group and control group after 21d

饥饿后哲罗鱼仔鱼身体发黑,头大身瘦,体高比对照组低,全长较对照的短,胃肠处的黑色素特别浓,长期饥饿后脑部下陷。哲罗鱼仔鱼饥饿条件下的行为反应可包括3个阶段:(1)在水体表层高度集群阶段,此阶段游动迅速、觅食阶段,出现大量自相残食的现象。(2)分布在水体中层阶段,此阶段有40%左右的鱼开始离群大多数头下尾上,缓慢游动,外部形态出现变化,运动不积极,且反应迟钝。(3)饥饿后期鱼体分布在水体底部,此时鱼体贴鱼缸底壁,尾部与身体呈“V”字形轻微摆动,活动性差,对外界刺激反应迟钝失去自相残食的能力。由表1可知,第25日龄个别个体出现相互残食,到第

27日龄增加的比较明显,并且随着饥饿时间延长残食个体不断增多,第30日龄时残食个体比例最大,达到14.5%,持续到35日龄时有所减少,至41日龄仅发现个别个体相互残食。

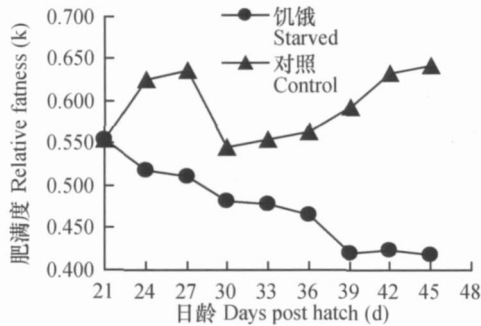


图5 21日龄后饥饿与对照组肥满度对比

Fig. 5 Comparison with fatness of starvated group and control group after 21d

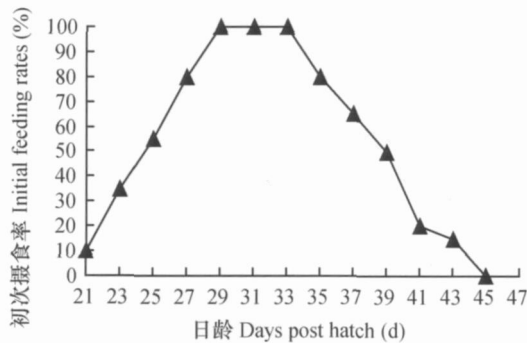


图6 哲罗鱼饥饿仔鱼的初次摄食率

Fig. 6 The initial feeding rate of starvated *Hucho taimen* larvae

2.4 饥饿仔鱼初次摄食率与 PNR 的确定

PNR 也就是初次摄食率达到最高值一半的时间。初次摄食率变化 (图 6), 当哲罗鱼破膜后 21d 有 1/3 开始上孵, 口已开启, 开始摄食外源性营养, 也就是开始饥饿实验后第 1 天, 此时初次摄食率为 10%, 以后逐步上升。第 29 日龄初次摄食率达到最高值 100%, 持续了 6d, 到第 34 日龄仍然为 100%。第 39 日龄时也就是卵黄囊吸收完的第 9 天初次摄食率达到 50%。根据 PNR 点定义, 破膜后 39—40 日龄, 也就是饥饿 18—19d, 即进入 PNR 期。达到不可逆期的仔鱼, 大部分仔鱼不能正常摄食, 最终死亡而被淘汰。哲罗鱼仔鱼从初次摄食到 PNR 期需 18—19d。因此, 哲罗鱼仔鱼具有初次摄食能力的时间共约 18—19d。延迟投饵超过 19d 以上, 哲罗鱼仔鱼在 45 日龄内完全死亡。

3 讨论

3.1 饥饿对哲罗鱼形态、行为影响

饥饿后哲罗鱼仔鱼出现鱼体发黑, 头大身瘦, 体高比正常的低, 体长较正常的短, 胃肠处的黑色素特别浓, 长期饥饿后脑部下陷, 这与虹鳟^[10]、杂交鲟^[7]、大西洋鲱^[11]等鱼类饥饿实验基本相同。鱼类的集群性使鱼类减少了被攻击的几率, 但同时也减少了摄取食物的几率^[12]。哲罗鱼是野生的冷水鱼类, 在自然的状况下为了躲避敌害攻击提高种群存活比例, 形成了高度集群习性。饥饿实验显示, 饥饿时间与鱼类集群数量呈负相关, 随着鱼类饥饿时间延长, 集群数量逐渐减少。鱼类的集群和离群之间存在替代效应, 即集群带来的受保护利益与离群带来的获得更多摄食机会之间的替代型转换, 饥饿使集群性减弱符合动物在进化过程中其适合度最大化原则, 这与 Barber, *et al.* 对欧洲鲈鱼、三刺鱼^[13]和 Robinson, *et al.* 对大西洋鲱^[14]饥饿研究的观点相同。在实验中发现哲罗鱼具有自相残食的特性, 且随着饥饿时间的延长自相残食的比例不断加大, 当初次摄食率达到最大值时相互残食的比例达到最大值。

3.2 哲罗鱼仔鱼初次摄食率与 PNR

不同鱼类的初次摄食时间不同, 哲罗鱼仔鱼在 10—12 时, 破膜后第 21 日龄开始摄食, 要比 26 南亚野鲮 2 日龄和囊鳃鲶的 3 日龄^[15]、21.5 丁鲷的 7—8 日龄^[5]晚很久, 原因可能与温度有关, 一般温度越高, 鱼类初次摄食时间越早^[16]。摄食率的高低与最高摄食率持续的长短可以用来判断鱼类的摄食能力, 而 PNR 的长短可以判定鱼类耐受饥饿的能力^[2]。哲罗的最高摄食率为 100%, 出现在 29—34 日龄, 持续 6d, 而黄鲮最高摄食率 75% 持续 1d^[17]、鲮鱼 67% 持续 1d^[18], 与瓦氏黄颡鱼 100% 持续 6d^[16]相同, 但要比杂交鲟的 100% 持续时间 11d^[8]要短。忽略温度影响, 对比显示哲罗鱼的摄食能力与瓦氏黄颡要接近, 比黄鲮和提鱼强很多, 但比杂交鲟低。从初次摄食期到 PNR, 这段时间是鱼类构建外源性摄食关系的阶段, 哲罗鱼 PNR 比较长为 39—40d, 而黄鲮 PNR 为 9—10d^[17]、瓦氏黄颡 15d^[16]、杂交鲟的 25—26d^[7], 以上结果可以充分说明哲罗鱼具有极强的摄食能力和耐饥饿能力, 这些特性可以提高自然状态下种群的生存概率。另一方面也说明哲罗鱼是一个很好的人工驯化品种, 因为强的摄食能力可以降低仔鱼期由自然状况下的天然饵料向人

工投喂状况下饲料转化的难度,而强的耐饥饿能力,可以大大提高了哲罗鱼建立外源性营养关系的可能性,从而降低人工驯化及大面饲养过程中死亡率。

3.3 哲罗鱼仔鱼初次摄食最佳投喂时间

哲罗鱼具有极强的摄食能力和耐受饥饿能力,这与宋兵等对杂交鲟的研究很相似,他认为杂交鲟在人工养殖和投喂适口天然饵料的条件下,过早、过量和过晚投喂都可以导致死亡率的加大^[7]。21—40日龄为哲罗鱼仔鱼构建外源性摄食关系的阶段,这期间 29—34日龄初次摄食率达到最大为 100%,避免不过早和过晚投喂,可认为 24—34日龄之间投喂都很适合。但哲罗鱼为凶猛肉食性鱼类,与杂交鲟不同,在实验中发现哲罗鱼具有自相残食的特性,且随着饥饿时间的延长自相残食的比例不断加大,当初次摄食率达到最大值时相互残食的比例达到最大值,而在 25日龄自残率最小。为了保证不投喂的过早、过量以及自残率最低和保证相对高的初次摄食率,认为第 25日龄左右,也就是上孵后第 4天左右为哲罗鱼最佳初次摄食时间。

参考文献:

- [1] Hjort J. Fluctuations in the great fisheries of northern Europe viewed in the light of biological research [J]. *Rapp Pêches Cons. péch. int. Explor. Mer*, 1914, **43**: 43—49
- [2] Yin M C. Natural death in early life history of fish [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1996, **20**(4): 363—372 [殷名称. 鱼类早期生活史阶段的自然死亡. 水生生物学报, 1996, **20**(4): 363—372]
- [3] Yin M C. Advancements 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进展. 水产学报, 1991, **15**(4): 348—358]
- [4] Blaxter J H S, Hemple G. The influence of eggs size on herring larvae (*Clupea harengus* L.) [J]. *Rapp Pêches Cons. péch. int. Explor. Mer*, 1963, **28**: 211—240
- [5] Ling Q F, L I S F, Qiao D L, et al. The study on the embryonic development and ingestion of the yolk sac larvae of *Tinca tinca* [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2003, **27**(1): 43—48 [凌去非, 李思发, 乔德亮, 等. 丁鲷胚胎发育和卵黄囊仔鱼摄食研究. 水产学报, 2003, **27**(1): 43—48]
- [6] Bao B B, Su J X, Yin M C. The influence of delayed feeding on ingestion, survival and growth of *Pagrus major* and *Panulirus olivaceus* larvae [J]. *Journal of Fisheries of China*, 1998, **22**(1): 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、存活生长影响. 水产学报, 1998, **22**(1): 33—37]
- [7] Song B, Chen L Q, Gao L J, et al. The influence of starvation on feeding, growth and biochemical composition of hybrid sturgeon larvae [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2004, **28**(3): 333—336 [宋兵, 陈立乔, 高露蛟, 等. 饥饿对杂交鲟仔鱼摄食、生长和体成分的影响. 水生生物学报, 2004, **28**(3): 333—336]
- [8] Yue P Q, Chen Y Y. Red Data Book on Endangered Animals of China [M]. Beijing: Science Publishing House, 1998, 29—31 [乐佩琦, 陈宜瑜. 中国濒危动物(鱼类)红皮书. 北京: 科学出版社, 1998, 29—31]
- [9] Xu W, Yin J S, Jiang Z F. Preliminary study on artificial reproduction technique of *Hucho taimen* [J]. *Journal of Fisheries Sciences of China*, 2003, **10**(1): 26—30 [徐伟, 尹家胜, 姜作发. 哲罗鱼人工繁育技术的初步研究. 中国水产科学, 2003, **10**(1): 26—30]
- [10] Macleod M G. Effects of salinity and starvation on the alimentary canal anatomy of the rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson [J]. *Journal of Fish Biology*, 1978, **12**: 71—79
- [11] Enrich K F, Blaxter J H S, Pemberton R. Morphological and histological changes during the growth and starvation of herring and plaice larvae [J]. *Marine Biology*, 1976, **35**: 105—118
- [12] 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—188 [谢晓军, 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—188]
- [13] Barber I, Huntingford F A, Crompton D W T. The effect of hunger and cestode parasitism on the shoaling decisions of small freshwater fish [J]. *Journal of Fish Biology*, 1995, **47**: 524—536
- [14] Robinson C J, Pitcher T J. The influence of hunger and ration level on shoal density, polarization and swimming speed of herring, *Clupea harengus* L. [J]. *Journal of Fish Biology*, 1989, **34**: 631—633
- [15] Yufera, Pascual E, Polo A, et al. Effect of starvation on the feeding ability of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) larvae at first feeding [J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 1993, **169**: 259—272
- [16] Ma X Z, Wang W, Gan L, et al. Effects of delayed feeding on survival, feeding and growth of *Pelteobagrus vachelli* larvae [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2006, **30**(3): 223—238 [马旭洲, 王武, 甘炼, 等. 延迟投饵对瓦氏黄颡鱼仔鱼存活、摄食和生长的影响. 水产学报, 2006, **30**(3): 223—238]
- [17] Xia L J, Shi Z H, Lu J X. Experimental starvation on *Dentex turkmenicus* larvae and definition of the point of no return [J]. *Marine Fisheries*, 2004, **26**(4): 286—290 [夏连军, 施兆鸿, 陆建学. 黄颡鱼仔鱼饥饿试验及不可逆点的确定. 海洋渔业, 2004, **26**(4): 286—290]
- [18] Wan R F, Li X S, Zhuang Z M, et al. Experimental starvation on *Engraulis japonicus* larvae and study on the point of no return [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2004, **28**(1): 79—83 [万瑞峰, 李显森, 庄志猛, 等. 鲱鱼仔鱼饥饿试验及不可逆点的研究. 水产学报, 2004, **28**(1): 79—83]

EXPERIMENTAL STARVATION ON *HUCHO TAIMEN* AND DEFINITION OF THE POINT OF NO RETURN

ZHANG Yong-Quan¹, YIN Jia-Sheng¹, DU Jia², JIA Zhong-He¹ and TONG Guang-Xiang¹

(1. Heilongjiang River Fisheries Research Institute of Chinese Academy of Fishery Sciences, Harbin 150070, China;

2. College of Animal Science and Technology, Northeast Agricultural University, Harbin 150030)

Abstract: As the experimental animal, *Hucho taimen* larvae, with rupture of membrane by artificial spawning and hatching, were experimented by direct observation, data measurement, MotiC Image Plus 2.0 and SPSS13.0. Under the water temperature of 10—12℃, the effects of starvation on growth, morphology and behavior were researched. The study determined the point of no return (PNR) for the larvae of *Hucho taimen* and the best time of initial feeding. The results showed that the total length and length before anus of *Hucho taimen* increased straightly in 0—24d. The total length of 30d larvae was 2.97 ± 0.30cm, of which the length before anus was 2.09 ± 0.13cm. After 30d, the increase of the total length and length before anus stopped, while the total length generally maintained constant. But the fatness unceasingly decreased, and the weight changed obviously that increased negatively after 24d, while there was close relation between the yolk sac and growth changes. At the beginning of incubation, the volume of yolk sac was 0.087cm³. In the first 15d, the volume of yolk sac decreased quickly, which was 0.029cm³ in 15d and stepped down later. The yolk sac absorbed completely at 30—33d after rupture of membrane. From 21d to 45d, there were significant differences in body weight of the starvation group and the control group by using the correlation analysis with spss13.0, $p = 0.001$, $p < 0.01$. The starvated larvae were black and thin, which had bigger head and slender body. The high of body were lower than that of control group, and the total length were shorter than that of control group. The melanin in stomach intestine was thickness remarkably. The hindbrain was sagged by starvation for long time; the gregariousness and ability of initial feeding had negative correlation with the starvation time. The behavioral response of starvated *Hucho taimen* larvae contained three stages: (1) The high assembly stage in the surface layer of water body. In this stage, the larvae swam rapidly, and this was the foraging stage. There were a great quantity of self-mutilation larvae. (2) The stage of distributing in mesopelagic zone of water body. In this stage, there were 40% larvae that began to away from the group, while larvae showed head up and tail down and swam torpidity. It showed the change of exterior shape, and the torpidity of reaction. (3) At the anaphase of starvation, larvae distributed on the bottom of water, while the body of the larvae swam like “V”, the reactivity was low, the irritant reaction to the outside was dull, and the self-mutilation was disappeared. The self-mutilation appeared in individual larvae in 25d and increased obviously in 27d. The individuals of self-mutilation increased with the days of starvation, of which the maximum rate was 14.5% in 30d. The rate of self-mutilation decreased in 35d, and only a few individuals showed self-mutilation in 41d. The initial feeding time of *Hucho taimen* was in 21d, and the initial feeding rate was 100% in 29d. The point of no return (PNR) was in 39d to 40d, while the initial feeding rate was 50%. The best time of initial feeding of the larval appeared in 25d when the fourth day after swimming up. In 45d, the larvae of the starvation group died completely. This experiment not only provided the reciprocal theory base for the artificial propagation of *Hucho taimen* and artificial domestication of the initial feeding larvae, but also made the study of morning life history of fish plentiful.

Key words: *Hucho taimen*; Starvation; PNR; Growth; Morphology; Behavior