

文章编号: 1000-0615(2016)01-0064-9

DOI: 10.11964/jfc.20150609923

## 不同转食策略对胭脂鱼仔鱼和稚鱼生长及存活率的影响

郭忠娣<sup>1,2</sup>, 刘亚秋<sup>1,2</sup>, 黄静<sup>1,2</sup>, 颜忠<sup>3</sup>, 刘本祥<sup>3</sup>, 王志坚<sup>1,2\*</sup>

(1. 西南大学生命科学学院, 淡水鱼类资源与生殖发育教育部重点实验室, 重庆 400715;

2. 水产科学重庆市重点实验室, 重庆 400715;

3. 万州区水产研究所, 重庆 404020)

**摘要:** 为研究不同转食策略对胭脂鱼仔鱼和稚鱼生长和存活率的影响, 实验采用2种转食策略投喂初始体质量为(9.50±0.84) mg的胭脂鱼仔鱼到其60 dph (days post hatching), (1)按转食起始点不同分为3组, 转食起始点分别为15dph(W15)、20 dph (W20)和25 dph (W25), 结果显示: 3个组的存活率均达80%以上, W20组存活率最高, 为91.21%±1.93%, 但差异不显著; 各组特定生长率(SGR)整体呈下降趋势, 全部转食饲料到实验结束即35~60 dph时间段内, W20和W25的SGR显著高于W15, 且这2组差异不显著; W25的全长和体质量最高, W15最低且显著低于另外2组; W20和W25的体质量差异不显著; (2)在20 dph开始转食, 按转食过渡时间长短不同分为3组, 分别是转食过渡时间为5 d (W20-1)、10 d (W20-2)和15 d (W20-3), 结果显示: W20-2和W20-3的存活率不存在显著性差异, 分别为95.73%±0.60%和91.21%±1.93%, 显著高于W20-1; 各组SGR整体呈下降趋势, 全部转食饲料到实验结束即35~60 dph时间段内, W20-2和W20-3的SGR显著高于W20-1, 且这2组差异不显著; W20-3全长和体质量均显著高于其他2组。以上结果表明, 延后转食时间起始点和延长转食过渡时间, 其转食后的SGR、全长和体质量有增大趋势, 但在不显著影响鱼苗生长和存活的前提下, 应尽量缩短生物饵料投入的时间, 降低养殖成本。因此本研究中, 转食起始点为20 dph, 转食过渡时间为10 d是最适宜胭脂鱼仔鱼的转食策略。

**关键词:** 胭脂鱼; 转食策略; 生长; 存活率

**中图分类号:** S 965

**文献标志码:** A

胭脂鱼(*Myxocyprinus asiaticus*)隶属于鲤形目(Cypriniformes)、亚口鱼科(Catostomidae)、胭脂鱼属(*Myxocyprinus*), 为我国珍稀特有鱼类, 已列为国家二级保护动物<sup>[1]</sup>。目前仅分布于我国长江和闽江2个水系, 是80多种亚口鱼科鱼类中唯一分布于中国的物种, 其独特的地理分布赋予了胭脂鱼在鱼类演化和动物地理学研究上重要的科研价值<sup>[1-3]</sup>。此外, 胭脂鱼幼鱼背鳍高耸、体型优美, 营养丰富、肉味鲜美<sup>[4]</sup>, 随着其人工繁殖技术的日益成熟, 胭脂鱼已从名贵珍稀鱼类逐渐演变为食用性和观赏性鱼类。但在胭脂

鱼苗种培育期间, 较低的存活率仍然是制约胭脂鱼养殖产业化的瓶颈。鱼类早期生活史阶段是其生命过程中对外界环境最敏感的时期, 也是死亡高峰时期<sup>[5]</sup>。研究鱼类早期发育生活史是其养殖业苗种培育及其自然资源繁衍保护的基础之一<sup>[6]</sup>。在此期间仔鱼和稚鱼同时受内源性和外源性因子影响, 其中, 外源性因子主要通过生物和非生物因子的相互作用影响仔鱼和稚鱼的存活和生长<sup>[7]</sup>, 适宜的饵料又是开展人工养殖要解决的首要问题<sup>[8]</sup>。开口和转食是鱼类在人工养殖过程中在其早期生活史阶段必经过程, 也

收稿日期: 2015-06-10 修回日期: 2015-09-15

资助项目: 公益性行业(农业)科研专项(201203086)

通信作者: 王志坚, E-mail: wangzj1969@126.com

是鱼类面临的2个危险期。因此, 开口和转食的饵料及其投喂策略对鱼类早期的生长和存活至关重要。关于胭脂鱼早期的开口饵料已有较多研究<sup>[9-12]</sup>。然而目前, 在胭脂鱼早期转食方面只有阙林林等<sup>[11]</sup>和易建华<sup>[12]</sup>就其转食培育进行了初步研究, 发现在转食期间采用螺旋藻、丰年虫与配合饲料联合投喂能获得较稳定的生理状况, 但由于联合投喂时间长短及联合投喂开始时间等问题的不确定性, 生长效果和存活率未取得理想效果。在转食期间, 转食的过渡方式、转食时间点、过渡时间长短、活饵和配合饲料的营养成分、仔、稚鱼的生理状态以及苗种培育中的管理等都会影响转食的成败, 对于鱼类早期的生长和存活都很重要<sup>[12]</sup>。因此, 本研究通过不同的转食起始点和转食过渡时间对胭脂鱼仔、稚鱼生长和存活的影响实验, 探讨胭脂鱼苗种生产中最适宜的转食策略, 并为联合投喂应用于实际育苗生产提供科学依据。

## 1 材料与与方法

### 1.1 实验材料

实验用鱼取自重庆市万州区水产研究所, 为同一批受精卵经人工催产、孵化出膜4 d的胭脂鱼仔鱼, 此时的胭脂鱼仔鱼处于平游期。

### 1.2 研究方法

实验设计 实验选取规格基本一致, 出膜

后4 d的仔鱼共6000尾, 平均体质量为(9.50±0.84) mg, 平均全长为(14.41±0.39) mm。实验前将仔鱼于养殖系统中暂养5 d, 去除畸形个体, 将仔鱼随机分组, 每组3个平行, 每个平行400尾仔鱼, 分别饲养于水循环系统57 cm × 32 cm × 38 cm的透明水缸内。本实验关于转食策略的研究设计分为2部分:

实验1, 联合投喂转食过渡时间(以下简称转食过渡时间)均为10 d时, 按照联合投喂(转食丰年虫和人工配合饲料混合饵料)的起始点不同, 分为3组, 分别是转食起始点为15 dph(days post hatching)组(W15)、20 dph组(W20)和25 dph组(W25)(图1)。

实验2, 转食起始点均为20 dph, 按照转食过渡时间长短不同分为3组, 分别是转食过渡时间为5 d组(W20-1)、10 d组(W20-2)和15 d组(W20-3)(图2)。

胭脂鱼仔鱼自10 dph开口摄食, 采取饱食投喂法投喂丰年虫和螺旋藻至实验方案中各组的转食起始点, 在联合投喂过渡时间段内, 采取渐进式转食过渡方式即逐渐减少丰年虫的投喂量同时逐渐增加人工配合饲料的投喂量(人工配合饲料投喂量的逐渐增加通过饱食投喂实现), 直至全部转食人工配合饲料<sup>[13-18]</sup>。

养殖条件及投喂管理 实验养殖水体控制水温在(25±2) °C, 水体保持持续充氧状态, 溶氧量大于6.0 mg/L, 光周期设置为14L:10D, 氨氮含量小于0.02 mg/L, 水体pH为7.6±0.5。实验期

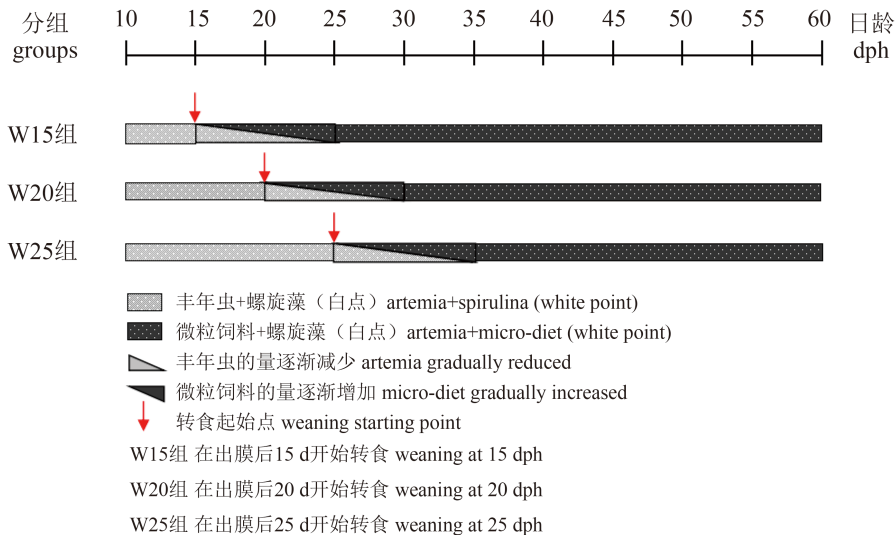


图1 实验1分组及投喂策略

Fig. 1 The group and feeding strategies of experiment 1

间, 从10 dph开口摄食到30 dph, 每天投喂4次, 投喂时间为7:00、12:00、17:00和22:00, 30 dph到实验结束, 每天投喂3次, 投喂时间为8:00、15:00和21:00。每次投喂2 h后采用虹吸法吸出剩余的残饵及粪便, 吸取时要控制吸出水量在总水量的1/6左右, 并补充经曝气的自来水至原水位高度。每天及时清理死亡的鱼, 并做好记录。

**实验饵料** 实验所用饵料包括丰年虫、螺旋藻和人工配合饲料。丰年虫购于天津市丹阳水产科技有限公司, 螺旋藻购于山东康瑞科技开发有限公司, 饲料为山东升索渔业饲料研究中心生产的微颗粒鱼苗专用饲料。15~20 dph的仔鱼投喂S1号饲料(颗粒大小为150~250 μm), 21~30 dph的稚鱼投喂的饲料为S1+S3号饲料(S3号饲料颗粒大小为480~750 μm), 30 dph后投喂的饲料为S3号饲料(表1)。

**生长指标测定及存活率统计** 实验中取样时间点为15, 20, 25, 30, 35, 40, 45和60 dph, 每次取样在投喂前2 h进行。各平行组随机取10尾测定全长和体质量, 实验中每天记录死亡个体数。用游标卡尺测量全长(精确至0.01 mm); 用

分析天平(奥豪斯, 上海)测量体质量(g, 精确至0.001 g)。根据测量数据和统计结果, 计算特定生长率(specific growth rate, SGR)和存活率(survival rate, SR)。特定生长率和存活率的计算公式分别如下:

$$SGR (\%/d) = 100 \times \ln (W_t/W_0)/t$$

$$SR (\%) = 100 \times M_t/(M_0 \cdot N)$$

式中,  $W_0$ 表示初始体质量(mg),  $W_t$ 表示终末体质量(mg),  $M_0$ 表示实验开始时仔鱼的存活数(尾),  $M_t$ 表示实验结束时的仔、稚鱼存活数(尾),  $t$ 表示实验周期(d),  $N$ 表示仔、稚鱼取材数量(尾)。

### 1.3 数据分析

实验所得数据均mean±SE表示。用EXCEL 2003进行常规计算后, 利用SPSS 17.0统计分析软件进行单因素方差分析(One-Way ANOVA)及Duncan氏多重比较,  $P < 0.05$ 表示差异显著。

## 2 结果

### 2.1 不同转食起始点对胭脂鱼仔、稚鱼的影响

**对存活率的影响** 胭脂鱼仔稚鱼投喂至出膜后60 d, 在实验过程中, 未出现非正常大量死

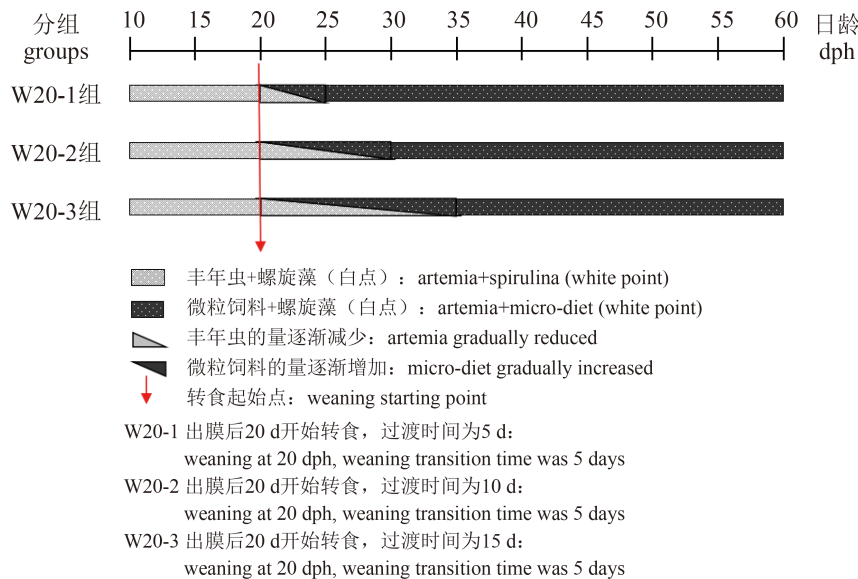


图2 实验2分组及投喂策略

Fig. 2 The group and feeding strategies of experiment 2

表1 微粒饲料的主要营养成分

Tab. 1 Main nutrition components of micro-diet

组分 constituents	粗蛋白质 crude protein	粗脂肪 crude fat	粗纤维 crude fiber	钙 calcium	总磷 total phosphorus	水分 water	粗灰分 crude ash	赖氨酸 lysine
含量/% content	≥50	≥50	≤2	≥1.5	≥1.5	≤12	≤16.5	≥2.2

亡现象。不同转食起始点,转食过渡时间均为10 d时,各组存活率存在一定差异。实验结束时(60 dph),存活率最高的一组是20 dph开始转食组W20,为91.21%±1.93%,且实验中一直高于其他2组;其次是25 dph开始转食组W25,为89.73%±3.12%;15 dph开始转食组W15存活率最低,为82.95%±2.93%,该组存活率在38 dph后开始低于其他2组,并且下降趋势比较明显(图3)。但实验结束时3组存活率之间不存在显著性差异( $P>0.05$ )。

对SGR的影响 各组SGR随着实验时间延长整体开始下降并表现出一定差异。15~25 dph,在15 dph开始转食的W15 SGR显著高于未开始进行转食的W20和W25( $P<0.05$ );25~30 dph,在25 dph开始转食的W25 SGR显著高于其他3组( $P<0.05$ );30~35 dph,在20 dph开始转食的W20 SGR最高,其次25 dph开始转食的W25 SGR显著高于W15( $P<0.05$ );35~60 dph,此阶段3组均已转食结束,15 d开始转食的W15 SGR最低,20 d和25 d开始转食的2组SGR不存在显著性差异( $P>$

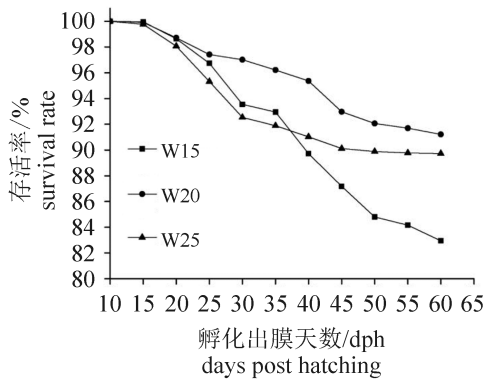


图3 不同转食起始点组胭脂鱼仔、稚鱼的存活率

Fig. 3 Survival rate of *M. asiaticus* with different starting points of weaning

0.05)(表2)。

对全长的影响 不同转食起始点,转食过渡时间均为10 d时,出膜后15 d开始转食丰年虫和饲料混合饵料的W15,在20~30 dph期间胭脂鱼仔、稚鱼的全长显著大于20和25 dph开始转食的W20和W25。35 dph到实验结束时(60 dph),W25的全长依次显著大于W20和W15( $P<0.05$ )。实验结束时,W15、W20和W25全长依次为(30.63±0.57)、(33.88±0.91)和(36.10±0.65) mm(图4)。

对体质量的影响 不同转食起始点,转食过渡时间均为10 d时,由于饲料的最先引入,W15在20 dph时胭脂鱼仔鱼的体质量开始显著升高,到25 dph时升高到(72.90±3.42) mg,显著高于W20和W25( $P<0.05$ )。25 dph后W20和W25的体质量增长较快,30~35 dph,与W15的体质量不存在显著性差异( $P>0.05$ )。40 dph时,投喂策略的

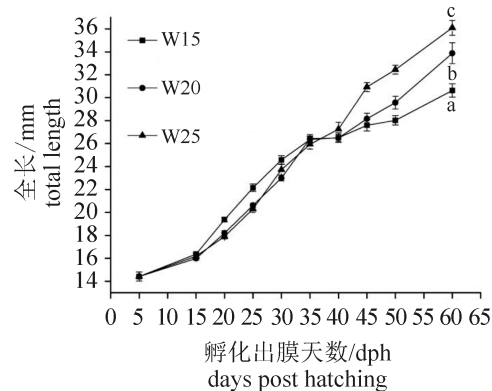


图4 不同转食起始点组胭脂鱼仔、稚鱼的全长

数值为平均值±标准误, ( $n=3$ ); 不同标记字母表示差异显著,显著性水平为 $P<0.05$ ; 下同

Fig. 4 Total length of *M. asiaticus* with different starting points of weaning

Values are means±SE, ( $n=3$ ); different superscript letters indicate significant differences( $P<0.05$ ). The same below

表2 不同转食起始点对胭脂鱼仔稚鱼特定生长率

Tab. 2 Specific growth rate of *M. asiaticus* with different starting points of weaning

组别 groups	15~25 dph	25~30 dph	30~35 dph	35~60 dph
	特定生长率 SGR 15~25 dph	特定生长率 SGR 25~30 dph	特定生长率 SGR 30~35 dph	特定生长率 SGR 15~25 dph
W15	13.183±0.45 <sup>b</sup>	9.032±0.33 <sup>a</sup>	5.454±0.54 <sup>a</sup>	3.241±0.20 <sup>a</sup>
W20	11.273±0.58 <sup>a</sup>	10.576±1.03 <sup>a</sup>	11.074±0.30 <sup>c</sup>	4.135±0.37 <sup>b</sup>
W25	10.931±0.37 <sup>a</sup>	12.719±0.20 <sup>b</sup>	8.344±0.43 <sup>b</sup>	4.784±0.24 <sup>b</sup>

注: 表格中同列上标相同小写字母表示差异不显著( $P>0.05$ ), 不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )。下同

Notes: In same column, values with same small letter superscripts mean no significant differences ( $P>0.05$ ) different letter superscripts mean significant differences ( $P<0.05$ ). The same below

不同使各组差异开始明显, W25仔、稚鱼体质量显著高于W15和W20( $P < 0.05$ )。实验结束时(60 dph), W25体质量最高, 为(531.86±31.12) mg, W15体质量最低, 为(326.11±25.87)mg, 但W20和W25的体质量并没有显著性差异( $P > 0.05$ )(图5)。

2.2 不同转食过渡时间对胭脂鱼仔、稚鱼的影响

**对存活率的影响** 在实验过程中, 未出现非正常大量死亡现象。当转食起始点均为20 dph, 转食过渡时间长短不同时, 各组存活率存在一定差异。实验结束时(60 dph), W20-3的存活率最高, 为95.73%±0.60%, 且与W20-2的存活率差异不显著( $P > 0.05$ )。W20-1的存活率最低, 为87.46%±3.40%(图6)。

**对SGR的影响** 当转食起始点均为出膜后20 d, 转食过渡时间长短不同时, 3组在不同时间段的SGR表现出一定差异(表3)。在15~25 dph, W20-1 SGR明显低于W20-2和W20-3( $P < 0.05$ ); 25~30 dph, 3组的SGR差异不显著( $P > 0.05$ ); 30~35 dph, W20-3的SGR最高, 明显高于其他2组( $P < 0.05$ ); 在35 dph时各组均已完成转食, 35~60 dph阶段各组全部摄食人工饲料, 此

阶段W20-1的SGR最低, 显著低于W20-2和W20-3( $P < 0.05$ )。

**对全长的影响** 当转食起始点均为出膜后20 d, 转食过渡时间长短不同时, 在30 dph之前, 3组全长之间不存在显著性差异( $P > 0.05$ )(图7)。实验测量结果显示35 dph时, W20-3胭脂鱼仔、稚鱼的全长显著大于W20-1和W20-2的全长, 该趋势一直持续到实验结束(60 dph)( $P < 0.05$ )。此时, W20-1、W20-2和W20-3全长分别是: (32.45±0.89)、(33.88±0.91)和(37.55±0.80)mm。

**对体质量的影响** 当转食起始点均为出膜后20 d, 转食过渡时间的长短不同时, 在30 dph之前, 3组的体质量不存在显著性差异( $P > 0.05$ )。实验测量结果表明35 dph时, W20-3胭脂鱼仔、稚鱼的体质量明显大于W20-1和W20-2, 该趋势一直持续到实验结束(60 dph)( $P < 0.05$ ), 且差异越来越显著。此时, W20-1、W20-2和W20-3体质量分别为(388.85±26.43)、(435.00±47.24)和(707.88±56.24) mg。在此期间, W20-1和W20-2胭脂鱼仔、稚鱼的体质量没有显著性差异( $P > 0.05$ )(图8)。

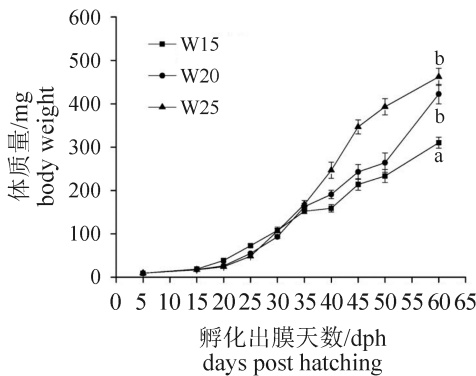


图5 不同转食起始点组胭脂鱼仔、稚鱼的体质量

Fig. 5 Body weight of *M. asiaticus* with different starting points of weaning

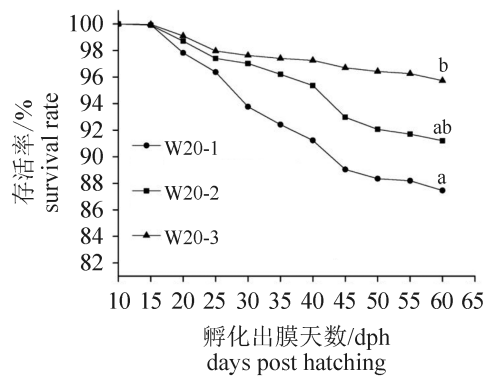


图6 不同转食过渡时间组胭脂鱼仔、稚鱼的存活率

Fig. 6 Survival rate of *M. asiaticus* with different transition time of weaning

表3 不同转食过渡时间组胭脂鱼仔、稚鱼特定生长率  
Tab. 3 Specific growth rate of *M. asiaticus* with different transition time of weaning

组别 groups	15~25 dph 特定生长率 SGR 15~25 dph	25~30 dph 特定生长率 SGR 25~30 dph	30~35 dph 特定生长率 SGR 30~35 dph	35~60 dph 特定生长率 SGR 15~25 dph
W20-1	9.858±0.28 <sup>a</sup>	12.469±0.39 <sup>a</sup>	10.181±0.35 <sup>a</sup>	2.710±0.30 <sup>a</sup>
W20-2	11.273±0.58 <sup>b</sup>	10.576±1.03 <sup>a</sup>	11.074±0.30 <sup>a</sup>	4.135±0.37 <sup>b</sup>
W20-3	11.585±0.16 <sup>b</sup>	11.321±0.50 <sup>a</sup>	12.536±0.61 <sup>b</sup>	4.609±0.34 <sup>b</sup>

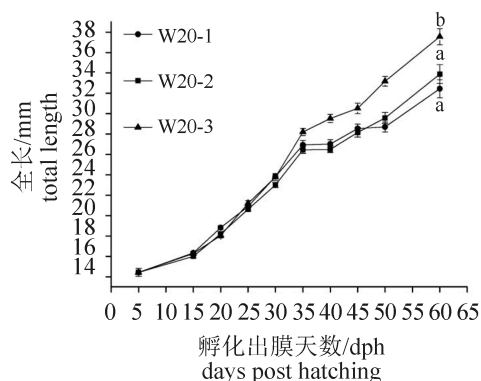


图 7 不同转食过渡时间组胭脂鱼仔、稚鱼的全长

Fig. 7 Total length of *M. asiaticus* with different transition time of weaning

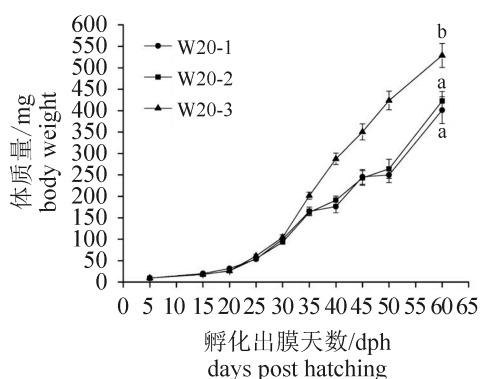


图 8 不同转食过渡时间组胭脂鱼仔、稚鱼的体质量

Fig. 8 Body weight of *M. asiaticus* with different transition time of weaning

### 3 讨论

在鱼苗转食阶段采取丰年虫和配合饲料混合饵料的联合投喂策略能够提高鱼苗的生长和存活,当取消生物饵料完全投喂配合饲料后鱼苗对饲料能更好地适应。鱼苗能够利用生物饵料自身携带的消化酶作为刺激源刺激鱼苗肠道中的酶原,帮助完成消化过程,促进营养物质的吸收,从而提高鱼苗的生长和存活率<sup>[19-22]</sup>。配合饲料营养全面,能够平衡生物饵料营养不均衡的缺陷,为快速生长和发育的仔稚鱼提供充足的营养<sup>[23-24]</sup>。

#### 3.1 不同转食起始点对胭脂鱼仔、稚鱼生长和存活的影响

大量研究表明,转食开始的时间不同会显著影响到鱼苗转食期的生长和存活以及鱼苗是否能够成功摄食配合饲料。例如太平洋鳕(*Gadus*

*macrocephalus*)<sup>[25]</sup>、黑线鳕(*Melanogrammus aeglefinus*)<sup>[26]</sup>、绿背菱鲈(*Rhombosolea tapirina*)<sup>[27]</sup>、舌齿鲈(*Dicentrarchus labrax*)<sup>[28]</sup>、小锯盖鱼(*Centropomus parallelus*)<sup>[29]</sup>等。本研究结果也证实了这一点,不同转食起始点的各组胭脂鱼仔、稚鱼的生长和存活存在一定的差异。各组胭脂鱼的存活率中15 dph开始转食组最低,20 dph和25 dph开始转食组存活率差异不显著。随着转食开始时间点的延后,转食后的特定增长率、最终的全长和体质量有增大的趋势。这可能是由于仔、稚鱼在刚进入外源性营养阶段时,其消化系统发育还不完善,因此可能缺乏消化特定微粒饲料的特殊能力<sup>[30]</sup>,但是随着仔鱼的生长发育,以及饲料的逐渐引入使仔鱼从生理上逐渐适应微粒饲料。15 d开始转食组较差的生长性能可能暗示着在15 dph开始转食对胭脂鱼仔鱼而言过早。有研究也证实,过早引入饲料会影响仔鱼对食物的消化,从而对仔鱼生长产生消极影响<sup>[21,31]</sup>。但并不是转食开始的时间越晚越好,Canavate等<sup>[32]</sup>认为塞内加尔鳕(*Solea senegalensis*)鱼苗摄食生物饵料时间越长会增加鱼苗转饵(鱼苗转向摄食配合饲料)的难度。鱼苗越早适应微粒饲料对于节省生物饵料所带来的高成本具有重要的经济利益。Le Ruyet等<sup>[19]</sup>曾统计在初次投喂前3个月,生物饵料的干物质量仅占总投喂量的1.6%,但却占用50%的养殖费用。本研究出膜25 d开始转食组在生长效果上略微占优,但从存活率和养殖成本等方面综合考虑,胭脂鱼仔鱼在出膜后20 d开始进行转食丰年虫和微粒饲料混合饵料,相对整体效果更好。

#### 3.2 不同转食过渡时间长短对胭脂鱼仔、稚鱼生长和存活的影响

转食过渡的时间长短不同也会影响完全转食微粒饲料时鱼苗对微粒饲料的摄食、消化和吸收,从而影响鱼苗的生长和存活。Hart等<sup>[27]</sup>对28 d绿背菱鲈(*Rhombosolea tapirina*)采取不同的转食过渡时间进行转饵,研究发现随着转食过渡时间的延长,体长和体质量有增大的趋势。本研究也得到了相同的结果,不同转食过渡时间长短对胭脂鱼仔、稚鱼的全长和体质量有显著影响。实验结束时,转食过渡时间为15 d组的胭脂鱼仔、稚鱼全长和体质量最大,且有较高的特定增长率和存活率;其次是转食过渡时间为10 d组,转食过渡时间5 d组最低。仔鱼摄食的饵

料类型能够影响其消化生理,目前许多研究者认为在转食过渡期内,混合饵料中的生物饵料通过携带未知营养因子刺激仔鱼胰腺分泌物增加进而刺激内分泌的反应,从而帮助消化系统逐渐成熟<sup>[33]</sup>;其次生物饵料通过视觉和化学刺激促进微粒饲料的摄入<sup>[20,34-35]</sup>。若转食过渡时间过短,生物饵料不能很好地发挥诱导作用,转食后仔鱼对其营养物质的摄食、消化以及同化效果差。Cañavate等<sup>[32]</sup>也认为转食过渡时间太短可能导致转食失败,需要适当延长转食过渡时间使鱼苗更好地适应微粒饲料。然而转食过渡时间过长,也会推迟和增加转食的困难,同时也增加了投入生物饵料所带来的经济成本,在不影响鱼苗生长和存活的前提下,应尽量缩短生物饵料投入时间。本实验研究结果表明,转食过渡时间为10 d的转食策略是较为合理的。

综上所述,转食策略中延后转食时间起始点和延长转食过渡时间,胭脂鱼仔、稚鱼的全长和体质量有增大趋势,但在不影响鱼苗的生长和存活的前提下,应尽量缩短生物饵料投入的时间,降低养殖风险和成本。因此本实验中,转食起始点为20 dph,转食过渡时间为10 d是最适宜胭脂鱼仔鱼的转食策略。

#### 参考文献:

- [1] 张春光,赵亚辉. 胭脂鱼的早期发育[J]. 动物学报, 2000, 46(4): 438-447.  
Zhang C G, Zhao Y H. Early development of Chinese sucker (*Myxocyprinus asiaticus*) [J]. Acta Zoology Sinica, 2000, 46(4): 438-447 (in Chinese).
- [2] 张春光,赵亚辉,康景贵. 我国胭脂鱼资源现状及其资源恢复途径的探讨[J]. 自然资源学报, 2000, 15(2): 155-159.  
Zhang C G, Zhao Y H, Kang J G. A discussion on resources status of *Myxocyprinus asiaticus* (Bleeker) and their conservation and the recovery [J]. Journal of Natural Resources, 2000, 15(2): 155-159 (in Chinese).
- [3] 郑凯迪. 胭脂鱼的生物学特征及人工养殖技术[J]. 水产养殖, 2003, 24(2): 9-11.  
Zheng K D. Biological characteristics and artificial breeding technology of Chinese sucker (*Myxocyprinus asiaticus*) [J]. Journal of Aquaculture, 2003, 24(2): 9-11 (in Chinese).
- [4] 任洁. 胭脂鱼肉营养成分分析[J]. 湖北渔业, 1992(2): 24-25.  
Ren J. Nutrition analysis of Chinese sucker (*Myxocyprinus asiaticus*) [J]. Hubei Fisheries, 1992, (2): 24-25 (in Chinese).
- [5] 殷名称. 鱼类仔鱼期的摄食和生长[J]. 水产学报, 1995, 19(4): 335-342.  
Yin M C. Feeding and growth of the larva stage of fish [J]. Journal of Fisheries of China, 1995, 19(4): 335-342 (in Chinese).
- [6] 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.  
Yin M C. Advances and studies on early life history of fish [J]. Journal of Fisheries of China, 1991, 15(4): 348-358 (in Chinese).
- [7] Iguchi K, Mizuno N. Early starvation limits survival in amphidromous fishes [J]. Journal of Fish Biology, 1999, 54(4): 705-712.
- [8] 程东海. 光唇鱼(*Acrossocheilus fasciatus*)育苗阶段的饵料选择及相关营养生理研究[D]. 杭州: 浙江师范大学, 2012.  
Cheng D H. Studies on feed selection and related nutrition physiology in *Acrossocheilus fasciatus* during seeding stage [D]. Hangzhou: Zhejiang Normal University, 2012 (in Chinese).
- [9] 龚宏伟,蔡春芳,阙林林,等. 长江胭脂鱼开口饵料的研究[J]. 水产科学, 2006, 24(11): 7-9.  
Gong H W, Cai C F, Que L L, et al. The weaning food for Chinese Sucker *Myxocyprinus asiaticus* (Bleeker) [J]. Fisheries Science, 2006, 24(11): 7-9 (in Chinese).
- [10] 袁锡立,刘本祥,薛治国,等. 胭脂鱼仔鱼开口饵料的初步研究[J]. 淡水渔业, 2004, 34(2): 14-15.  
Yuan X L, Liu B X, Xue Z G, et al. Study of the primary diet in *Myxocyprinus asiaticus* fry [J]. Freshwater Fisheries, 2004, 34(2): 14-15 (in Chinese).
- [11] 阙林林,陆建平,龚宏伟. 长江胭脂鱼饵料转口培育试验[J]. 科学养鱼, 2005(12): 65-66.  
Que L L, Lu J P, Gong H W. The weaning experiment of Chinese Sucker *Myxocyprinus asiaticus* (Bleeker) [J]. Scientific Fish Farming, 2005(12): 65-66 (in Chinese).
- [12] 易建华. 不同开口饵料对胭脂鱼仔稚鱼成活率的影响[D]. 重庆: 西南大学, 2014.  
Yi J H. Effects of initial feeding on rate of survival of larval and juvenile Chinese Sucker, *Myxocyprinus asiaticus* [D]. Chongqing: Southwest University, 2014

- (in Chinese).
- [13] 吴兴兵, 杨德国, 朱永久, 等. 不同开口饵料对四川裂腹鱼仔鱼生长和成活率的影响[J]. 淡水渔业, 2014, 44(6): 9–12, 23.
- Wu X B, Yang D G, Zhu Y J, *et al.* Effects of initial feeding on the growth and survival of *Schizothorax kozlovi* Nikolsky larvae [J]. Freshwater Fisheries, 2014, 44(6): 9–12, 23 (in Chinese).
- [14] Parma L, Bonaldo A, Massi P, *et al.* Different early weaning protocols in common sole (*Solea solea* L.) larvae: Implications on the performances and molecular ontogeny of digestive enzyme precursors [J]. Aquaculture, 2013, 414–415: 26–35.
- [15] Pradhan P K, Jena J, Mitra G, *et al.* Effects of different weaning strategies on survival, growth and digestive system development in butter catfish *Ompok bimaculatus* (Bloch) larvae [J]. Aquaculture, 2014, 424–425: 120–130.
- [16] Rónyai A, Feledi T. Co-feeding as a weaning procedure in sterlet (*Acipenser ruthenus* L.) larvae [J]. Aquaculture Research, 2013, 44(9): 1489–1491.
- [17] Liu B Z, Zhu X M, Lei W, *et al.* Effects of different weaning strategies on survival and growth in Chinese longsnout catfish (*Leiocassis longirostris* Günther) larvae [J]. Aquaculture, 2012, 364–365: 13–18.
- [18] Chang Q, Liang M Q, Wang J L, *et al.* Influence of larval co-feeding with live and inert diets on weaning the tongue sole *Cynoglossus semilaevis* [J]. Aquaculture Nutrition, 2006, 12(2): 135–139.
- [19] People Le Ruyet J, Alexandre J C, Thébaud L, *et al.* Marine fish larvae feeding: Formulated diets or live prey [J]. Journal of the World Aquaculture Society, 1993, 24(2): 211–224.
- [20] Rosenlund G, Stoss J, Talbot C. Co-feeding marine fish larvae with inert and live diets [J]. Aquaculture, 1997, 155(1–4): 183–191.
- [21] Cahu C, Infante J Z. Substitution of live food by formulated diets in marine fish larvae [J]. Aquaculture, 2001, 200(1–2): 161–180.
- [22] Kolkovski S. Digestive enzymes in fish larvae and juveniles-implications and applications to formulated diets [J]. Aquaculture, 2001, 200(1–2): 181–201.
- [23] 赵金柱, 艾庆辉, 麦康森, 等. 微粒饲料替代生物饵料对大黄鱼稚鱼生长, 存活和消化酶活力的影响[J]. 水产学报, 2008, 32(1): 91–97.
- Zhao J Z, Ai Q H, Mai K S, *et al.* Effects of substitution of live prey by microdiet on growth, survival and activities of digestive enzymes of larval *Pseudosciaena crocea* [J]. Journal of Fisheries of China, 2008, 32(1): 91–97 (in Chinese).
- [24] Kanazawa A. Nutrition of marine fish larvae [J]. Journal of Applied Aquaculture, 2003, 13(1–2): 103–143.
- [25] Baskerville-Bridges B, Kling L J. Early weaning of Atlantic cod (*Gadus morhua*) larvae onto a microparticulate diet [J]. Aquaculture, 2000, 189(1–2): 109–117.
- [26] Hamlin H J, Kling L J. The culture and early weaning of larval haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) using a microparticulate diet [J]. Aquaculture, 2001, 201(1–2): 61–72.
- [27] Hart P R, Purser G J. Weaning of hatchery-reared greenback flounder (*Rhombosolea tapirina* Günther) from live to artificial diets: Effects of age and duration of the changeover period [J]. Aquaculture, 1996, 145(1–4): 171–181.
- [28] Cahu C L, Infante J L Z. Early weaning of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae with a compound diet: Effect on digestive enzymes [J]. Comparative Biochemistry and Physiology-Part A: Physiology, 1994, 109(2): 213–222.
- [29] Alves Jr T T, Cerqueira V R, Brown J A. Early weaning of fat snook (*Centropomus parallelus* Poey 1864) larvae [J]. Aquaculture, 2006, 253(1–4): 334–342.
- [30] Segner H, Rösch R, Verreth J, *et al.* Larval nutritional physiology: Studies with *Clarias gariepinus*, *Coregonus lavaretus* and *Scophthalmus maximus* [J]. Journal of the World Aquaculture Society, 1993, 24(2): 121–134.
- [31] Andrade C A P, Nascimento F, Conceição L E C, *et al.* Red porgy, *Pagrus pagrus*, larvae performance and nutritional condition in response to different weaning regimes [J]. Journal of the World Aquaculture Society, 2012, 43(3): 321–334.
- [32] Cañavate J P, Fernández-Díaz C. Influence of co-feeding larvae with live and inert diets on weaning the sole *Solea senegalensis* onto commercial dry feeds [J]. Aquaculture, 1999, 174(3–4): 255–263.
- [33] Koven W, Kolkovski S, Hadas E, *et al.* Advances in the development of microdiets for gilthead seabream, Sparus



- aurata: A review [J]. *Aquaculture*, 2001, 194(1-2): 107-121.
- [34] Kolkovski S, Arieli A, Tandler A. Visual and chemical cues stimulate microdiet ingestion in sea bream larvae [J]. *Aquaculture International*, 1997, 5(6): 527-536.
- [35] Kolkovski S, Koven W, Tandler A. The mode of action of *Artemia* in enhancing utilization of microdiet by gilthead seabream *Sparus aurata* larvae [J]. *Aquaculture*, 1997, 155(1-4): 193-205.

## Effects of different weaning strategies on the growth and survival rate in larvae and juvenile of Chinese sucker, *Myxocyprinus asiaticus*

GUO Zhongdi<sup>1,2</sup>, LIU Yaqiu<sup>1,2</sup>, HUANG Jing<sup>1,2</sup>, YAN Zhong<sup>3</sup>, LIU Benxiang<sup>3</sup>, WANG Zhijian<sup>1,2\*</sup>

(1. Key Laboratory of Freshwater Fish Reproduction and Development, Ministry of Education, School of Life Science, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. Key Laboratory of Aquatic Science of Chongqing, Chongqing 400715, China;

3. Wanzhou Fisheries Research Institute, Wanzhou, Chongqing 404020, China)

**Abstract:** In order to study the growth and survival rate of the Chinese sucker (*Myxocyprinus asiaticus*) under different weaning strategies, two weaning strategies were adopted to feed the *M. Asiaticus*, which is from larvae (9.50±0.84) mg to 60 days post hatching (dph). (1) Three groups were divided depending on different weaning starting points, 15 dph (W15), 20 dph (W20) and 25 dph (W25), respectively, and each group was performed in triplicate. The results showed the survival rates of all three weaning groups were more than 80%. The W20 group had the highest survival rate 91.21%±1.93%, but there was no significant difference among them. The specific growth rate (SGR) of each group was decreasing. In 35-60 dph period all groups were fed micro-diet until the end of the experiment, the SGR of W20 and W25 groups was significantly higher than that of W15 group. The difference between the two groups was not significant. The W25 group had the highest total length and body weight, which was significantly higher than that of W20 group. The body weight of the W20 group and W25 group didn't show significant between each other. (2) Beginning to wean at 20 dph, we divided the fish into three groups depending on different weaning transition time, 5 d (W20-1), 10d (W20-2) and 15d (W20-3) in W20 group, respectively. Each group was performed in triplicate. The results showed that: the survival rate of W20-2 and W20-3 groups was 95.73%±0.60% and 91.21%±1.93%, respectively, there was no significant difference. The survival rates of this two groups were higher than that of W20-1 group. The SGR of each group was decreasing. In 35-60dph period all groups were fed micro-diet until the end of the experiment, the SGR of W20-2 and W20-3 groups was significantly higher than W20-1 group. The difference between the two groups was not significant. The length and body weight of W20-3 group were significantly higher than those of the other two groups. These results indicated that delaying the starting point and extending the transition time of weaning would promote the SGR after weaning, total length and body weight of larvae Chinese sucker. But we should try our best to shorten the feeding time of organism food prey to reduce the cost as much as possible if it has not significant impact on the growth and survival of the larvae Chinese sucker. In conclusion, starting weaning at 20 dph and a 10-day transition time of weaning are the most appropriate weaning strategy for *M. asiaticus* in this experiment.

**Key words:** *Myxocyprinus asiaticus*; strategies of weaning; growth; survival rate

**Corresponding author:** WANG Zhijian. E-mail: wangzj1969@126.com

**Funding projects:** National Special Research Fund for Non-Profit Sector (Agriculture) (201203086)