

微流水培养条件下斑鳊仔鱼的摄食与生长

张磊¹ 樊启学¹ 方巍¹ 赵志刚² 李波¹ 杨凯¹ 董俊锋¹

(1. 华中农业大学水产学院, 武汉 430070; 2. 大连水产学院, 生命科学与技术学院, 大连 116023)

摘要:在孵化环道连续微流水培养、水温(24 ± 2) 条件下,斑鳊(*Siniperca scherzeri* Steindachner)初孵仔鱼全长为(4.87 ± 0.10) mm ($n=50$),卵黄囊体积为(1.461 ± 0.172) mm³ ($n=50$),油球直径为(0.47 ± 0.04) mm ($n=50$)。仔鱼孵出 12h,胸鳍增大,具有一定阵发性水平游动能力,1日龄巡游模式建立;2日龄口膜消失,开始主动摄食,进入混合营养期,3日龄外源性摄食关系完全建立。5日龄仔鱼的卵黄和油球全部消失,进入外源营养期;15日龄全长达到(13.72 ± 0.76) mm ($n=12$)。仔鱼发育过程中,其全长生长存在内源性营养阶段的较快速生长,混合营养阶段的慢速生长以及外源性营养阶段的快速生长三个生长期相,平均增长率为 0.59 mm/d,对仔鱼全长 TL (mm) 与日龄 D (d) 进行回归,其生长模型为: $TL = -0.0004D^3 + 0.0283D^2 + 0.2159D + 4.9335$ ($R^2 = 0.985, n = 261$)。2—15日龄,口宽与全长呈正比关系。仔鱼从初孵到 PNR 仅为 5—6d,具有摄食能力的时间 4d,仔鱼依赖外源性营养开始时间较早,对饥饿的耐受力较差。

关键词:斑鳊;仔鱼;生长;初次摄食率;不可逆转点

中图分类号: S965 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2009)06-1152-08

斑鳊(*Siniperca scherzeri* Steindachner)是仅次于鳊类进化等级最高的鳊(*Siniperca chuatsi*)的鳊属鱼类,其地方名:花桂、黑桂、桂鱼^[1],隶属于鲈形目(Perciformes)、鲈亚目(Percoidae)、科(Serranidae)、鳊属(*Siniperca*)^[2]。斑鳊为典型的凶猛性鱼类,肉质鲜美,生长较快,为我国名贵淡水食用鱼之一。

国内有关斑鳊的研究,早年主要是其生物学方面的报道,包括分类地位、分布、形态特征、生活习性、食性、生长及繁殖等方面^[3,4]。近年来对斑鳊的研究多集中在水产养殖方面,涉及生长^[5]、食性^[6,7]、繁殖生物学^[8]、渔业资源利用^[5,7]、人工繁育及养殖技术^[9-11]等。目前也有对其遗传学和 DNA 方面的研究^[12]。国外仅见朝鲜、韩国和日本对斑鳊有过零星报道,1992年韩国有关学者对斑鳊的人工养殖及食性驯化问题进行了研究并取得了一定进展^[13]。

有关斑鳊早期生活史的研究报道十分丰富,吴立新和邹波^[14]从形态上观察了碧流河水库斑鳊的胚胎发育;彭智等^[15]对斑鳊鱼苗耗氧率和窒息点进

行了初步研究,其结果表明:斑鳊鱼苗耐低氧能力较弱,夏儒龙等^[16]对斑鳊苗种培育技术进行了研究。这些研究为全面认识斑鳊的早期生活史奠定了一定基础。本文在前人研究的基础上,着重从功能形态学和生态学两个方面研究斑鳊仔鱼摄食能力的变化和生长规律,建立斑鳊仔鱼的生长模型,为完善斑鳊大规模的苗种培育技术、提高苗种培育水平提供相关的生物学和生态学资料。

1 材料与方法

1.1 材料 本实验于 2007 年 5 月 3 日至 6 月 16 日在湖北蕲春县赤东湖苗种繁殖场进行。斑鳊亲本为捕获于江西省柘林湖的野生个体,5月4日 17:00 选择性腺发育良好的亲本 44 尾(♂ 34, ♀ 10),采用一次注射催产素的方法,进行人工繁殖获得斑鳊鱼苗。选择地欧酮(DOM)和促黄体激素释放素类似物(LRH-A)组合使用,于胸鳍基部注射雌鱼;雄鱼在第 2 天 6:00(5月5日)注射催产素,剂量为雌鱼的一半。注射催产剂的亲鱼放在池塘网箱中待产,雌雄分开。5月6日 3:00,将亲本从网箱移至岸

收稿日期: 2008-02-29; 修订日期: 2009-01-16

基金项目: 湖北省科技攻关计划项目(2006AA201B05)资助

作者简介: 张磊(1982—),男,汉族,内蒙古呼和浩特人;博士;主要从事渔业生态学研究。E-mail: nmzrl@yahoo.com.cn

通讯作者: 樊启学(1962—),副教授; E-mail: fanqixue@mail.hzau.edu.cn

上塑料产卵箱,充气泵无间断充气。7 00左右发现有一尾雌鱼开始产卵,于是采用干法人工授精,延续至 11 00左右,催产率达 97%。收集受精卵于孵化环道,连续流水孵化。环道用水为经沉淀、砂滤的自然湖水,水温在 (24 ± 2) , DO 为 (6.51 ± 1.32) mg/L, COD 为 (4.88 ± 0.94) mg/L, pH 为 7.54 ± 0.31 , TN 为 (0.63 ± 0.27) mg/L, TP 为 (0.08 ± 0.01) mg/L。

1.2 方法

1.2.1 培养方法 5月11日6 00仔鱼孵出,孵化率为 82%,孵出的仔鱼仍在该孵化环道(投喂环道)内进行苗种培育。5月12日17 00至20 00将约16000尾仔鱼出环,置于另一孵化环道(饥饿环道)中,不作投喂(即饥饿实验组),进行不可逆转点(PNR)的测定。两环道鱼苗均采用连续微流水培育(流速相同)。两环道用水均为同一沉淀池中经沉淀、砂滤的自然湖水,水温 (24 ± 2) ,水质与孵化用水(见1.1材料)相同;5月13日3 00将平游前后的团头鲂(*Megalobrama amblycephala*)饵料鱼苗按1 8的比例投入投喂环道,当日7 00初次观察到有仔鱼开始摄食。仔鱼开口后前3天(生产上称开口期),每天17 00以1 6将平游前后的团头鲂饵料鱼苗投入投喂环道中进行饲喂;以后,每天17 00按1 8投喂平游前后的草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)苗和鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)苗。

1.2.2 生长及形态学观察 仔鱼孵出后,每天8 00至10 00从投喂环道中随机取样一次(10尾以上),在NIKON SMZ2800双筒解剖镜下观察发育特征,对卵黄囊大小、鱼体长度等指标进行测量,在仔鱼开口和建立外源性摄食关系期间,每隔5—6h取样观察一次。最后,计算仔鱼的日增长率及卵黄囊体积,卵黄囊消耗率,并建立仔鱼生长模型等。

卵黄囊体积 V (mm^3) 依照公式: $V = 4/3 \cdot R/2 \cdot (r/2)^2$ 计算^[17]。式中: R 为卵黄囊长径(mm), r 为卵黄囊短径(mm)。

卵黄囊消耗率 N (%) = $100\% \cdot (D - D_n) / D$ 。其中: D 为初孵仔鱼卵黄囊体积(mm^3), D_n 为 n 日龄仔鱼卵黄囊体积(mm^3)。

仔鱼生长模型的建立:依照 $TL = aD^3 + bD^2 + cD + d$ 方程式^[18]对仔鱼的全长与日龄进行回归,建立仔鱼的生长模型。式中: TL 为全长(mm), D 为日龄(d)。

1.2.3 初次摄食率 仔鱼的初次摄食率通过摄食实验来确定。从初次观察到仔鱼摄食(5月13日

7 00),每天上午8 00(包括5月13日),从饥饿组(饥饿环道)中随机取样20尾以上的仔鱼移入1L烧杯,适应2h后在烧杯中放入足量平游前后的团头鲂仔鱼(斑鳕仔鱼与团头鲂仔鱼的比例为1 4),4h后将仔鱼逐尾取出,经麻醉(100 mg/L的MS-222)后在NIKON SMZ-800双筒解剖镜下逐尾检查。仔鱼消化道内含有团头鲂仔鱼的即为摄食个体。摄食个体的尾数与每次观察的总个体数之比为仔鱼的初次摄食率。

1.2.4 不可逆转点(PNR)的确定 不可逆转点(Point of no return, PNR)确定方法:参照Blaxter and Hempel^[19]方法,每天测定饥饿组仔鱼的初次摄食率,确定初次摄食率中的最高值,当所测定的初次摄食率下降至最高初次摄食率的一半,即50%的仔鱼已虚弱得不可能再恢复摄食能力时,即为不可逆转点的时间。不可逆转点以孵化后天数(日龄)表示。

1.2.5 数据处理 实验数据用Microsoft Excel软件进行处理,所得数据均采用平均值±标准差(mean ± SD)表示。并对仔鱼卵黄囊体积、口宽及体长与日龄的关系进行曲线回归分析。

2 结果

2.1 仔鱼的发育

在水温 (24 ± 2) 条件下,斑鳕初孵仔鱼全长为 (4.87 ± 0.10) mm ($n = 50$),卵黄囊体积为 (1.461 ± 0.134) mm^3 ($n = 50$),卵黄囊前端具有一个大油球,直径为 (0.47 ± 0.04) mm ($n = 50$)。仔鱼眼睛出现黑色素;在眼球后缘,胸鳍以及胸囊鳍基部有橙红色素。胸鳍褶膜薄而透明,基部与体轴平行。头部微屈附在卵黄囊上,口裂已经出现。在静水中通常呈仰卧或侧卧状态,或作间歇性的向上垂直游动。孵化后12h,仔鱼胸鳍增大,仔鱼具有一定的游泳能力,游泳模式为短暂的、快速的、阵发性的、水平方向的游动,逐渐建立水平游泳模式。随着卵黄迅速被吸收,仔鱼的眼、口、消化道、鳍等与初次摄食相关的器官迅速发育。

1日龄仔鱼(孵化后24—26h)全长为 (5.41 ± 0.17) mm ($n = 13$),口裂明显,口间歇地张合,闭合动作强而有力,下颌超过上颌约1/3。胸鳍基部和体轴垂直,可以前后摆动,鱼苗已经能够迅速地水平向前游动。卵黄大部分被吸收,为初孵仔鱼卵黄囊体积的1/8,为 (0.198 ± 0.011) mm^3 ($n = 13$),油球直径稍有减小,为 (0.41 ± 0.02) mm ($n = 13$)。

2日龄仔鱼全长为 (5.56 ± 0.14) mm ($n = 14$), 口咽腔明显, 上下颌骨出现, 口膜消失, 口宽为 (0.47 ± 0.02) mm ($n = 14$), 消化管形成两个弯折, 肠管接通, 水平游泳能力极强, 仔鱼开始主动摄食。卵黄囊伸长并缩小, 其体积为 (0.091 ± 0.007) mm³ ($n = 14$), 油球直径缩小为 (0.21 ± 0.03) mm ($n = 14$)。仔鱼进入混合营养期, 外源性摄食行为初步建立。

3日龄仔鱼全长为 (5.73 ± 0.19) mm ($n = 14$), 口裂增大, 口宽为 (0.56 ± 0.04) mm ($n = 14$)。胃明显膨大, 肠管前端形成一个圈状, 仔鱼主动攻击行为更加明显。此时, 卵黄囊体积还剩初始体积的 $1/80$, 约为 (0.018 ± 0.003) mm³ ($n = 14$), 油球直径骤减到 (0.07 ± 0.02) mm ($n = 14$)。仔鱼外源性摄食关系已经建立。

4—5日龄仔鱼全长为 (5.99 ± 0.21) ($n = 12$)— (6.46 ± 0.34) mm ($n = 10$)。仔鱼上下颌骨骼形成, 上下颌齿开始出现, 口咽腔增大, 胃壁增厚, 摄食能力增强。5日龄仔鱼口宽增大到 (0.69 ± 0.07) mm ($n = 10$), 卵黄和油球全部消失, 仔鱼完全进入外源营养期。

6—8日龄仔鱼全长为 (6.95 ± 0.13) ($n = 16$)— (8.36 ± 0.25) mm ($n = 15$), 仔鱼上下颌齿数量增加, 口裂继续增大, 此时, 仔鱼可以摄食平游前后的草鱼和鲢鱼苗。胃幽门盲囊原基出现, 摄食强度由开口时的每天每尾仔鱼 3—5尾平游前后的团头鲂鱼苗增加到每天每尾 6—8尾平游前后的草鱼或鲢鱼苗。

10—12日龄仔鱼全长为 (9.79 ± 0.27) ($n = 13$)— (10.58 ± 0.52) mm ($n = 10$), 仔鱼上下颌齿数目继续增多, 每侧达 25枚左右, 并出现数枚犁骨齿, 腭齿和咽齿。仔鱼胸、腹、背、臀、尾各鳍条的骨质鳍条发育开始明显。此时, 仔鱼生长迅速, 到 15

日龄仔鱼全长已经达到 (13.72 ± 0.76) mm ($n = 12$) (图 1), 仔鱼全长的平均增长率为 0.59 mm/d。仔鱼各鳍条骨发育基本完成, 除不具鳞片外, 体外形态与幼鱼相仿。

2.2 仔鱼的营养

斑鳅初孵仔鱼卵黄囊体积为 (1.461 ± 0.172) mm³, 卵黄囊前端具有一个大油球, 直径为 (0.47 ± 0.04) mm。此时仔鱼处于内源营养期, 以卵黄囊和油球作为仔鱼发育的营养物质来源。在水温 (24 ± 2) 条件下, 仔鱼在最初的 24h内分别消耗了 86.45%卵黄和 12.77%油球, 剩余的用于以后 4d的发育, 直至卵黄、油球完全消失。

前期仔鱼对卵黄吸收迅速, 卵黄囊体积迅速减小, 随后卵黄消耗吸收减缓 (图 2)。卵黄囊体积 V (mm³)与日龄 D (d)的关系可用三次函数示:

$$V = -0.0525D^3 + 0.5127D^2 - 1.5415D + 1.418 (R^2 = 0.9718, n = 128).$$

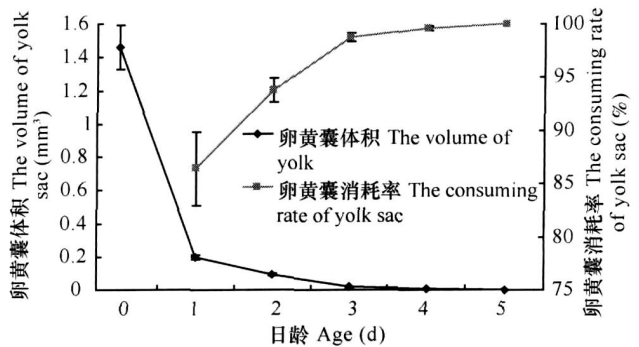


图 2 斑鳅仔鱼卵黄囊体积与消耗率

Fig. 2 The volume and consuming rate of yolk sac of *Siniperca scherzeri* larvae

仔鱼在开口前对油球的消耗比较少, 到了仔鱼混合营养期时油球直径才开始迅速减小, 在孵出后的 5d内, 每天油球直径的减少量占初孵时油球直径分别为 12.77%、42.55%、29.79%、10.64%、4.25%。

在 (24 ± 2) 条件下, 2日龄斑鳅仔鱼上下颌骨出现, 口膜消失, 肠管接通, 开始主动摄食, 仔鱼进入混合营养期。5日龄仔鱼的卵黄和油球全部消耗, 仔鱼生长发育所需的营养物质全部来源于仔鱼所捕获的食物, 仔鱼进入外源营养期。因此在 (24 ± 2) 条件下, 斑鳅仔鱼的混合营养期仅为 3d。

2.3 仔鱼的初次摄食率及不可逆转点 (PNR)

在人工育苗连续微流水培育和水温 (24 ± 2) 条件下, 斑鳅仔鱼孵出后第 2天 (2日龄) 陆续开口摄食, 仔鱼 3日龄时, 已基本全部开口摄食。随着鱼苗的生长, 游泳能力和摄食能力不断增强, 少数不摄

图 1 斑鳅仔鱼全长的增长

Fig. 1 Growth in length of *Siniperca scherzeri* larvae

食者,则发育不良、体弱或畸形,最终死亡。饥饿实验组中,在水温(24 ± 2) 条件下,对 2—7 日龄的仔鱼分别进行首次投喂。仔鱼的初次摄食率具有如下变化特征:2 日龄比较低,仅为 35.71%;3 日龄卵黄囊基本耗尽,直接达到峰值 84.00%,随后逐渐缓

慢下降(表 1);6 日龄,初次摄食率降至 36.36%,仔鱼进入不可逆转饥饿期。仔鱼耐饥饿的时间临界点,即 PNR,发生在 5—6 日龄之间(图 3)。因此,斑鳕仔鱼在人工育苗连续微流水培育和在水温(24 ± 2) 条件下具有摄食能力的时间共 4d。

表 1 不同日龄斑鳕仔鱼初次摄食率

Tab. 1 Initially feeding rates of *Siniperca scherzeri* larvae in different day-old

| 日龄 | 实验观察尾数 | 摄食尾数 | 未摄食尾数 | 初次摄食率 |
|---------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Age (d) | Observation number for test (ind.) | Feeding Number (ind.) | Non-feeding Number (ind.) | Initially feeding rates (%) |
| 2 | 28 | 10 | 18 | 35.7 |
| 3 | 25 | 21 | 4 | 84.0 |
| 4 | 23 | 17 | 6 | 73.9 |
| 5 | 30 | 17 | 13 | 56.7 |
| 6 | 22 | 8 | 14 | 36.4 |
| 7 | 23 | 3 | 20 | 13.0 |

2.4 仔鱼的生长模型

在水温(24 ± 2) 和孵化环道连续微流水培育条件下,对初孵仔鱼至 15 日龄个体的全长 TL (mm) 与日龄 D (d) 进行回归,得到仔鱼长度与日龄的生长模型,其关系式(图 4)为:

$$TL = -0.0004D^3 + 0.0283D^2 + 0.2159D + 4.9335 (R^2 = 0.985, n = 261)$$

在初孵仔鱼至仔鱼开口前为内源性营养发育阶段(即 2 日龄以前),仔鱼发育和生长所需的营养完全由自身的卵黄和油球提供,这一阶段仔鱼全长的增长率较高,平均达 0.35 mm/d。仔鱼开口后至卵黄和油球完全被吸收前的混合营养阶段(即 2—5 日龄),仔鱼由内源性营养逐渐向外源性营养过渡,由于仔鱼口器、视觉、消化和运动器官的发育尚不完善,摄食能力较低,仔鱼面临着摄取外源性营养相对不足,而内源性营养又即将耗尽的双重压力。因此,仔鱼表现在全长上的生长相对减慢,全长增长率平均为 0.30 mm/d。6—15 日龄,仔鱼个体的摄食能力明显提高,摄食强度明显增大,外源性营养和能量得到充分的补充,其全长增长率也相应增加,平均达 0.75 mm/d。由此可见,在 16d 培养期内,仔鱼生长存在着 2 个明显的阶段,即初孵仔鱼至 5 日龄和 6—15 日龄,这两个阶段的全长生长模型为:

$$TL_{(0-5)} = 0.0297D^3 - 0.2213D^2 + 0.6809D + 4.8819 (R^2 = 0.9975, n = 128)$$

$$TL_{(6-15)} = 0.0176D^3 - 0.5419D^2 + 5.9449D - 13.199 (R^2 = 0.9887, n = 145)$$

这 2 个生长模型更确切地反映了斑鳕仔鱼在完全建立外源性营养关系前后的 2 个阶段,其生长具有各自的形态、功能和生态特征的变化规律。

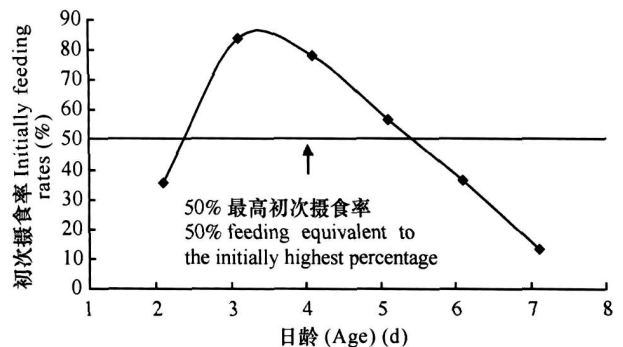


图 3 斑鳕饥饿仔鱼的初次摄食率

Fig. 3 Initially feeding rates during different periods of starvation of early development in *Siniperca scherzeri* larvae

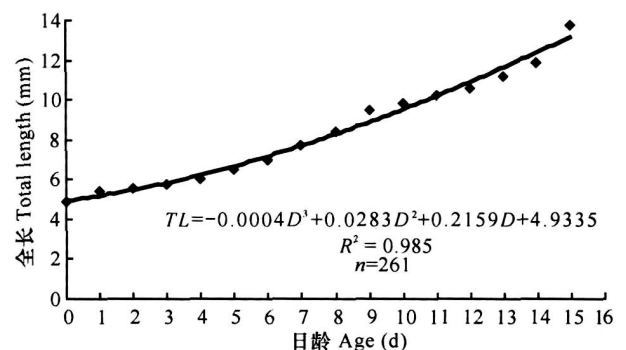


图 4 斑鳕仔鱼全长生长曲线

Fig. 4 Growth in length of *Siniperca scherzeri* larvae

2.5 仔鱼的口宽与全长

在水温 (24 ±2) 条件下,斑鳊仔鱼开口口宽为 (0.47 ±0.02) mm, 2日龄正常摄食后,仔鱼口宽随全长的变化(图5)。口宽 MW (mm)和全长 TL (mm)之间基本上呈正比例关系,两者之间的变化相关式为: $MW = 0.104TL - 0.0301$ ($R^2 = 0.9776$, $n = 198$)。

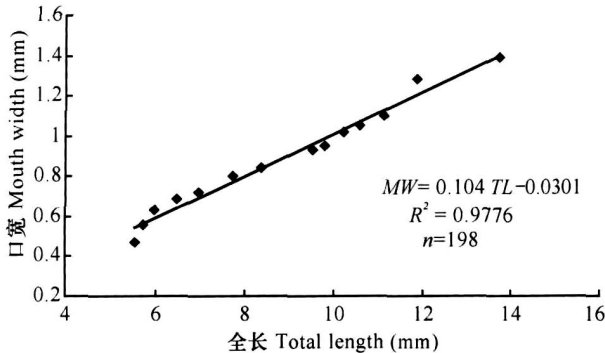


图5 斑鳊仔鱼全长与口宽的关系

Fig. 5 The relationship of total length and mouth width of *Siniperca scherzeri* larvae

3 讨论

3.1 仔鱼的选食

鱼类的仔鱼一般以浮游动物为饵,而鳊属鱼类仔鱼开食阶段,直接捕食活鱼苗的特征在一般肉食性鱼类中也是罕见的^[20]。这是鱼类长期适应摄取某种饵料生物所形成的固有属性,与鱼类本身和饵料生物的形态、生态及生理生化特性有关^[21]。许多因子都会影响仔鱼的选食行为,如饵料生物的大小、运动方式和可见性以及仔鱼的捕食能力和捕食方式等。其中决定食饵对象是否被仔鱼喜好最主要的特征是食饵大小^[22],所以口宽的大小与开口饵料的选择密切相关。多数仔鱼的口宽增大与其体长呈正比例,因而特定食谱中特定饵料的大小范围、均值和最大值常随体长而增加。这在鱼食性鱼类斑鳊中进一步得到了证实。斑鳊仔鱼开口口宽较翘嘴鳊大,这与夏儒龙等^[16]进行的斑鳊苗种规模养殖试验的结果一致。因此,斑鳊仔鱼的开口饵料鱼可以较大,且作为开口饵料鱼的品种相对要多。但也有学者观察鳊仔鱼开口口宽为 0.8mm^[23],与本实验结论相反,这可能是由于培育条件不同导致器官分化上的差异及测量过程中人为误差所引起。因此仔鱼口宽的正确测量,对在鳊属鱼类早期生长阶段确定适当大小的饵料鱼苗有重要意义。

3.2 仔鱼的初次摄食和 PNR

孵化出膜后仔鱼摄食、消化器官的发育对仔鱼开口摄食起着重要作用^[24]。2日龄斑鳊仔鱼,上下颌骨出现,口膜消失,肠管接通,水平游泳能力极强,仔鱼开始主动摄食,其开口时间较鳊早 2天^[25];且在相同水温条件下初次摄食率较鳊高 10%^[26]。仔鱼的生存和生长直接受其摄食能力的影响,对于肉食性鱼类来说,开口期仔鱼摄食效率的高低尤为重要^[27],从这一点看,斑鳊仔鱼优于鳊。

不同鱼类的最大初次摄食率不尽相同,云斑尖塘鳢 (*Oxyeleotris marmoratus* Bleeker)为 35%^[28],北海鲱 (*Clupea harengus*)为 50%^[17],高的如鲢 (*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙 (*Aristichthys nobilis*)和草鱼 (*Ctenopharyngodon idellus*)分别为 80%, 95%和 90%^[29];鲇 (*Silurus asotus*)^[30]和瓦氏黄颡鱼 (*Pelteobagrus vachelli* Richardson)^[31]最高,都为 100%。本实验发现,斑鳊仔鱼的最大初次摄食率出现在开口第 2天,为 84.0%,之后开始下降,6日龄,初次摄食率降至 36.4%,仔鱼进入不可逆转饥饿期。斑鳊仔鱼的混合营养期仅为 3d,且在开口后第 2天没有摄食的仔鱼,其初次摄食率就开始下降,这表明斑鳊仔鱼依赖外源性营养开始时间较早。因此,在育苗过程中除了注意投喂适口规格的饵料鱼外,还要投足数量以满足斑鳊仔鱼较早的外源性营养需求。

由于饵料缺乏等原因,仔鱼到达 PNR,标志着摄食能力的丧失,此时即使提供丰富的适口饵料,也不能恢复摄食能力^[22, 32]。一般来说,从初次摄食到 PNR的时距越长,仔鱼外源摄食的能力越大,成活率越高,反之,则越低。初孵仔鱼的 PNR时间具有种的特性,红旗东方鲀 (*Takifugu rubripes*)仔鱼在水温 16 时,从初孵到 PNR的时距长达 15.3d^[33];稀有鲫 (*Gobiocypris rarus*)在水温 (25 ±1) 时为 8—10d^[34];瓦氏黄颡鱼在水温 24.5—25.5 时为 15d^[31];鲇在水温 22—24 时为 9—10d^[30];鲢在水温 19 时为 16d;鳙和草鱼在 19 时为 16—17d^[29]。在 (24 ±2) 条件下,斑鳊仔鱼从初孵到 PNR的时间仅为 5—6d,鳊在 19.5—25 时从初孵到 PNR的时间最长也只有 8d^[35],说明鳊属鱼类仔鱼对饥饿的耐受力较差。因此,在仔鱼培育过程中应及时提供饵料鱼,规格要适口,以保障仔鱼快速建立外源性营养关系。

3.3 仔鱼的生长和营养

斑鳊初孵仔鱼在开口 (2日龄)以前生长较快,对卵黄的吸收非常迅速,对油球的吸收缓慢。内源营养期卵黄和油球主要用于鱼体的迅速生长和内部器官

的分化,以及旺盛的新陈代谢和运动。混合营养期仔鱼生长较慢,对卵黄的吸收下降。仔鱼由内源性营养逐渐向外源性营养过渡,其个体发育在形态学、生态学和生理机能上都发生了重大的转变。仔鱼口器、视觉、消化和运动器官的发育尚未完善,摄食能力较低,仔鱼面临着摄取外源性营养相对不足和内源性营养即将耗尽的双重压力,同时搜索和摄取饵料以及用于发育摄食器官都需要消耗一定的能量,因此,仔鱼表现在全长上的生长相对减慢。3日龄开始,仔鱼口裂增大,胃明显膨大,到达4—5日龄仔鱼上下颌骨骼形成,上下颌齿开始出现,口咽腔增大,胃壁增厚,摄食能力增强。仔鱼外源摄食的能力越大,成活率越高,反之,则越低。本研究结果支持了殷名称和 Blaxter^[36]提出的外源性营养期的开始与搜索、摄食活饵料相关器官功能的形成相适应的观点。

多数鱼类油球的吸收总是比卵黄的吸收慢^[37],同样,斑鳊仔鱼也具此特征,仔鱼在进入混合营养期后,油球才开始被大量消耗。尖吻鲈 (*Lates calcarifer*)仔鱼甚至在卵黄完全消失后油球才开始吸收^[38]。而在卵黄迅速消耗期内斑鳊仔鱼的油球消耗不多,在卵黄大量耗尽时,油球直径才开始迅速减小。可见,卵黄蛋白质是斑鳊仔鱼初次摄食前最重要的营养物质,而非油球中的脂肪物质。

5日龄仔鱼的卵黄囊和油球全部消失,仔鱼完全进入外源营养期。由于仔鱼的上下颌骨骼已经形成,上下颌齿也已开始出现,仔鱼咬食有力,摄食能力逐渐增强,仔鱼生长开始迅速提高,至15日龄其生长速度与进入外源营养期的鳊基本相同^[25]。

参考文献:

- [1] Ni Y, Zhu C D. Fishes of the Taihu Lake [M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers, 2005, 243—244 [倪勇,朱成德.太湖鱼类志.上海:上海科学技术出版社,2005,243—244]
- [2] Meng Q W, Miu X Z, Yu T J, et al. Ichthyography (modality and class) [M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers, 1989, 202—203 [孟庆闻,缪学祖,俞泰济,等.鱼类学(形态、分类).上海:上海科学技术出版社,1989,202—203]
- [3] Xu S S. Yalu *Siniperca scherzeri* [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 1965, 7(2): 85—87 [徐寿山.鸭绿江的斑鳊.动物学杂志,1965,7(2): 85—87]
- [4] Xie C X. The biological studies on Shennongjia *Siniperca scherzeri* [J]. *Reservoir Fisheries*, 1983, 4: 48—50 [谢从新.神农架斑鳊生物学的研究.水库渔业,1983,4: 48—50]
- [5] Wu L X, Jiang Z Q, Qin K J. Feeding habit and fishery utilization of *Siniperca scherzeri* in Biliuhe Reservoir [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 1997, 4(4): 25—29 [吴立新,姜志强,秦克静.碧流水库斑鳊的食性及其渔业利用.中国水产科学,1997,4(4): 25—29]
- [6] Han D J, Hu J X, Hong F. Comparative studies on the feeding habit and digestive organs of *siniperca* fishes of Lushui Reservoir [J]. *Journal of Fisheries of China*, 1996, 20(2): 97—103 [韩德举,胡菊香,洪峰.陆水水库鳊属鱼类食性及消化器官的比较研究.水产学报,1996,20(2): 97—103]
- [7] Wu L X, Jiang Z Q, Qin K J, et al. Study on the age and growth of *Siniperca scherzeri* in Biliuhe Reservoir [J]. *Journal of Dalian Fisheries University*, 1996, 11(2): 30—38 [吴立新,姜志强,秦克静,等.碧流水库斑鳊年龄和生长的研究.大连水产学院学报,1996,11(2): 30—38]
- [8] Zeng K W, Wang Q Y, Gao Y A, et al. The study on biology and reproductive biology of *Siniperca scherzeri* [J]. *Inland Fisheries*, 2005, 2: 21—23 [曾可为,王青云,高银爱,等.斑鳊的生物学及繁殖生物学的研究.内陆水产,2005,2: 21—23]
- [9] Hu Y J, Zhou Z M, Zhao J Y, et al. Faming technique of *Siniperca scherzeri* [J]. *Hebei Fisheries*, 2003, 3: 18, 28 [胡廷尖,周志明,赵静永,等.斑鳊养殖技术.河北渔业,2003,3: 18, 28]
- [10] Liu Y Q, Miao F T. Ecological co-culture technique of *Siniperca scherzeri* in pint-sized reservoir [J]. *Reservoir Fisheries*, 2005, 25(4): 51—52 [刘奕秋,缪富亭.小型水库斑鳊的生态混养技术.水利渔业,2005,25(4): 51—52]
- [11] Lai C M. Culture test on *Siniperca scherzeri* placed in cage and Mud cap placed out of cage [J]. *Inland Fisheries*, 2006, 10: 32 [赖诚明.双层网箱内养斑鳊外养鳊鱼试验.内陆水产,2006,10: 32]
- [12] Yang X, Yang J F, Tang M L, et al. Intra specific genetic polymorphisms of *Siniperca scherzeri* steindacher and molecular identification with *Siniperca chuatsi* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2007, 31(6): 891—895 [杨星,杨军峰,汤明亮,等.斑鳊种内遗传多态性以及翘嘴鳊的分子鉴别.水生生物学报,2007,31(6): 891—895]
- [13] Liang X F. Study on Mandarin fish and its culture home and abroad [J]. *Fisheries Science and Technology Information*, 1996, 23(1): 13—17 [梁旭方.国内外鳊类研究及养殖概况.水产科技情报,1996,23(1): 13—17]
- [14] Wu L X, Zou B. Morphological observation on embryo growth of *Siniperca scherzeri* in Biliuhe Reservoir [J]. *Fisheries Science*, 1993, 12(9): 5—7 [吴立新,邹波.碧流河水库斑鳊胚胎发育的形态观察.水产科学,1993,12(9): 5—7]
- [15] Peng Z, Zeng K W, Gao Y A, et al. Preliminary study on oxygen consumption rate and suffocation point of juvenile *Siniperca scherzeri* [J]. *Inland Fisheries*, 2005, 4: 31—33 [彭智,曾可为,高银爱,等.斑鳊鱼苗耗氧率和窒息点的初步研究.内陆水产,2005,4: 31—33]
- [16] Xia R L, Zeng K W, Wang Q Y, et al. The studies on *Siniperca scherzeri* fry culturing [J]. *Scientific Fish Farming*, 2006, 6: 10—11 [夏儒龙,曾可为,王青云,等.斑鳊苗种培育技术研究

- 究. 科学养鱼, 2006, 6: 10—11]
- [17] Yin M C. Advances and studies on early life history of fish [J]. *Journal of Fisheries of China*, 1991, 15 (4): 349—355 [殷名称. 鱼类早期生活研究与其进展. 水产学报, 1991, 15 (4): 349—355]
- [18] Hugues P B, Pierre P, Joseph A B. Patterns of metamorphic age and length in marine fishes, from individuals to taxa [J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2000, 57 (4): 856—869
- [19] Blaxter J H S, Hemple G. The influence of eggs size on herring larvae (*Clupea harengus* L.) [J]. *J Cons Pem Int Explor Mer*, 1963, 28: 211—240
- [20] Wu Z L. Observation on digestive organ and feeding habit of larval *Siniperca chuatsi* [J]. *Reservoir Fisheries*, 1987, 3: 39—43 [吴遵霖. 鳊鱼消化器官发育与摄食习性观察. 水利渔业, 1987, 3: 39—43]
- [21] Xie C X, Xiong C X, Zhou J, et al. Development of feeding organs and selective behavior on food of larval Chinese snake-head fish *Channa argus* [J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 1997, 16 (5): 399—407 [谢从新, 熊传喜, 周洁, 等. 乌鳢仔鱼摄食和消化器官的发育及其选食行为. 华中农业大学学报, 1997, 16 (5): 399—407]
- [22] Yin M C. Feeding ability and growth of the yolk-sac larvae of North Sea herring [J]. *Oceanologia Et Limnologia Sinica*, 1991, 22 (6): 554—560 [殷名称. 北海鲱卵黄囊期仔鱼的摄食能力和生长. 海洋与湖沼, 1991, 22 (6): 554—560]
- [23] Zheng M Q, Ding G Z, Huang H S, et al. Biological characteristic observation on *Siniperca chuatsi* larval [J]. *Journal of Fujian Fisheries*, 1997, 3: 12—16 [郑闽泉, 丁桂枝, 黄涵生, 等. 鳊鱼苗生物学特性的观察. 福建水产, 1997, 3: 12—16]
- [24] Wu J Y, Lin H R. Histological studies on post-embryonic development of the digestive system of *Epinephelus coioides* [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2003, 27 (1): 7—12 [吴金英, 林浩然. 斜带石斑鱼消化系统胚后发育的组织学研究. 水产学报, 2003, 27 (1): 7—12]
- [25] Luo X C, Xu T X, Wu Z X, et al. Observation on development of embryo, larva and juvenile of mandarin fish, *Siniperca chuatsi* [J]. *Fisheries Science and Technology Information*, 1992, 19 (6): 165—168 [罗仙池, 徐田祥, 吴振兴, 等. 鳊鱼的胚胎、仔稚鱼发育观察. 水产科技情报, 1992, 19 (6): 165—168]
- [26] Zhang X H, Su J X, Yin M C. The influences of temperature on the feeding, growth and development of larval *Siniperca chuatsi* [J]. *Journal of Fisheries of China*, 1999, 23 (1): 91—94 [张晓华, 苏锦祥, 殷名称. 不同温度条件对鳊鱼摄食和生长发育的影响. 水产学报, 1999, 23 (1): 91—94]
- [27] Hu X C, Sun G Y. Studies on the development of the digestive systems and the feeding of larval, juvenile and young dark sleeper *Odontobutis potanophilus* [J]. *Journal of Shanghai Fisheries University*, 1996, 5 (2): 75—82 [胡先成, 孙帼英. 河川沙塘鳢消化系统的发育及仔、稚、幼鱼摄食的研究. 上海水产大学学报, 1996, 5 (2): 75—82]
- [28] Liao Z H. Studies on feeding of *Oxyeleotris marmoratus* (Bleeker) larvae [D]. Dissertation for the master degree. Jinan University, Guangzhou 2005 [廖志洪. 云斑尖塘鳢仔鱼的摄食研究. 硕士学位论文, 暨南大学, 广州. 2005]
- [29] Yin M C. Feeding, growth and starvation tolerance of the yolk-sac larvae of silver, bighead, grass and crucian carps [A]. *Transactions of the Chinese ichthyologic society* (No. 6) [C]. Beijing: Science Press 1997, 69—78 [殷名称. 鲢、鳙、草鱼、银鲫卵黄囊期仔鱼的摄食、生长和耐饥饿能力. 见: 鱼类学论文集 (第6集). 北京: 科学出版社. 1997, 69—78]
- [30] Qiao Z G, Chang G L, Zhang J P, et al. Effect of delayed feeding on feeding ability, survival and growth of *Silurus asotus* larvae [J]. *Journal of Shanghai Fisheries University*, 2007, 16 (2): 130—134 [乔志刚, 常国亮, 张建平, 等. 延迟投饵对鲢仔鱼摄食、存活和生长的影响. 上海水产大学学报, 2007, 16 (2): 130—134]
- [31] Ma X Z, Wang W, Gan L, et al. Effects of delayed feeding on survival, feeding and growth of *Pelteobagnus vachelli* larvae [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2006, 30 (3): 323—328 [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): 323—328]
- [32] Yin M C. Feeding and growth of the larva stage of fish [J]. *Journal of Fisheries of China*, 1995, 19 (4): 335—342 [殷名称. 鱼类仔鱼期的摄食和生长. 水产学报, 1995, 19 (4): 335—342]
- [33] Jiang Z Q, Jiang J G, Zhang B. Studies on feeding and growth of larval tiger puffer (*Takifugu rubripes*) [J]. *Journal of Dalian Fisheries University*, 2002, 17 (1): 20—24 [姜志强, 姜建国, 张弼. 红鳍东方鲀仔鱼期摄食与生长的研究. 大连水产学院学报, 2002, 17 (1): 20—24]
- [34] Wang J W, Qiao Y, Tao Y L. Feeding and starvation tolerance of the yolk-sac larvae of *Gobiocypris rarus* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1999, 23 (6): 648—654 [王剑伟, 乔晔, 陶玉岭. 稀有鲫仔鱼的摄食和耐饥饿能力. 水生生物学报, 1999, 23 (6): 648—654]
- [35] Zhang X H, Cui L C. Relationship between temperature and starvation endurance of larval *Siniperca chuatsi* [J]. *Journal of Anhui Agricultural University*, 2000, 27 (4): 391—393 [张晓华, 崔礼存. 温度与鳊鱼饥饿耐力的关系. 安徽农业大学学报, 2000, 27 (4): 391—393]
- [36] Yin M C, Blaxter J H S. Cruising speeds during early development and starvation of marine fish larvae [J]. *Oceanologia Et Limnologia Sinica*, 1989, 20 (1): 1—9 [殷名称, Blaxter J H S. 海洋鱼类仔鱼在早期发育和饥饿期的巡游速度. 海洋与湖沼, 1989, 20 (1): 1—9]
- [37] Qu Y J, Li J E. The nutrition and development studies on embryo and yolk-sac larvae of Mullet *Mugil cephalus* [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 1997, 19 (3): 102—110 [区又君, 李加儿. 鲻鱼胚胎和卵黄囊期仔鱼的发育与营养研究. 海洋学报, 1997, 19 (3): 102—110]
- [38] Hiroshi K, Shiro H, Yasuhiko T. Early larval development of the sea bass *Lates calcarifer* with emphasis on the transition of energy sources [J]. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 1986, 52 (10): 1719—1725

FEEDING AND GROWTH OF SINIPERCA SCHERZERI LARVAE REARED IN CIRCULAR RACY WAY

ZHANG Lei¹, FAN Qi-Xue¹, FANG Wei¹, ZHAO Zhi-Gang², LI Bo¹, YANG Kai¹ and DONG Jun-Feng¹

(1. College of Fishery, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070;

2. School of Life Science and Technology, Dalian Fisheries University, Dalian 116023)

Abstract: Feeding and Growth of *Siniperca scherzeri* larvae were studied in function morphology and ecology, and the growth model of larvae was established, which could provide biological and ecological data for *Siniperca scherzeri* larvae rearing. Experiments were performed in the Hubei Qichun Chidonghu Seed Stock Farm from 3rd May to 6th June, 2007. Adult fish, *Siniperca scherzeri*, were caught in the Zhelin Lake of Jiangxi Province. 44 adult fish *Siniperca scherzeri* (♀: 34, ♂: 10) whose gonads reached full development were chosen to obtain larvae by artificial propagation at 17:00 on 4th May. The eggs were collected in a circular-racy-way to hatch with slow flow. The hatchery circular-racy-way was maintained at temperatures of (24 ±2) °C, DO (6.51 ±1.32) mg/L, COD (4.88 ±0.94) mg/L, pH 7.54 ±0.31, TN (0.63 ±0.27) mg/L and TP (0.08 ±0.01) mg/L.

82 percentage collected eggs were hatched at 6:00 on 11th May. The newly-hatched larvae were cultivated in a circular-racy-way for feeding tests. From 17:00 to 20:00 on 12th May, 16000 newly-hatched larvae were collected, placed and cultivated in the other circular-racy-way for starvation tests to measure point-of-no-return (PNR). At least 10 larvae were picked from feeding tests in 8:00-10:00 everyday to observe their growth by anatomy microscope (NIKON SMZ2800), and the total length (TL) and volume of the yolk sac of larvae were measured in the process of observation. When the larvae started exogenous feeding and established exogenous nutrition, the growth was observed every 5-6h. At last, the daily rate of growth, the volume of the yolk sac and the consuming rate of yolk sac of larvae were figured out, and the growth model of larvae was established. The initially feeding rates of larvae were calculated in the feeding tests.

The point of no return (PNR) was defined as a critical time at which the initially preying larvae could tolerate starvation. The PNR was measured as follows: the initially feeding rate of larvae was daily measured and the maximum feeding rate was estimated. It was PNR when the initially feeding rate decreased to half of the maximum feeding rate, namely, 50% of the starved larvae were too weak to re-gain taking food. Therefore, PNR was represented as the number of days (day-old) after hatched out. The volume of the larva's yolk sac was calculated as: $4/3 \cdot R/2 \cdot (r/2)^2$, where, R was the long diameter of yolk sac, r was short diameter of yolk sac.

As observed, the total length (TL), volume of the yolk sac and diameter of oil globules of the newly-hatched larvae of *Siniperca scherzeri* were (4.87 ±0.10) mm ($n=50$), (1.461 ±0.172) mm³ ($n=50$) and (0.47 ±0.04) mm ($n=50$), respectively, which were reared in a circular-racy-way with slow flow at water temperature of (24 ±2) °C. 12 hours post hatching larvae could swim flatly fitfully and its pectoral fins had become large markedly. A freely swimming mode was established at one day post hatching (dph). 2 dph larvae started exogenous feeding and came in the stage of the mixed nutrition. 3 dph larvae established exogenous nutrition relationships completely. The yolk sac and oil globules of larvae at 5 dph vanished, and the total length of larvae at 15 dph was (13.72 ±0.76) mm ($n=12$). In period of growth of 15 days, the larvae grew rapidly in both the stages of endogenous and exogenous nutrition, but slowly in the stage of mixed nutrition. Length increments averaged 0.59 mm/d. The relationship between increment in TL and age in days (D) was described as: $TL = -0.0004D^3 + 0.0283D^2 + 0.2159D + 4.9335$ ($R^2 = 0.985, n=261$). Mouth width of larvae increased with its TL from 2 to 15 dph. The growth of larvae reached the point-of-no-return on the fifth day or the sixth day. To avoid potential starvation mortality, the larvae had to establish successful initial feeding within 4 days.

Key words: *Siniperca scherzeri*; Larvae; Growth; Initially feeding rate; Point of no return