

文章编号: 1674-5566(2013)06-0827-08

## 塔里木裂腹鱼胚胎和仔鱼的发育与生长

龚小玲<sup>1</sup>, 崔忠凯<sup>1</sup>, 吴敏芝<sup>2</sup>, 殷建国<sup>2</sup>, 李岩<sup>2</sup>, 王成辉<sup>3</sup>

(1. 上海海洋大学 省部级水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室, 上海 201306; 2. 新疆博湖苇业股份有限公司, 新疆 库尔勒 841000; 3. 上海海洋大学 农业部淡水水产种质资源重点开放实验室, 上海 201306)

**摘要:** 2012年4月至6月, 在新疆博湖苇业股份有限公司三苇场(新疆且末县)进行了塔里木裂腹鱼的人工繁殖和苗种培育研究。人工授精的受精率为83%, 孵化率为89%。塔里木裂腹鱼受精卵在16~19℃下历时约93 h经过卵裂期、囊胚期、原肠期、神经胚期、孵化期等时期孵化出膜, 初孵仔鱼平均体长(7.29±0.18) mm。1~25日龄的仔鱼可分为卵黄囊期、弯曲前期、弯曲期和弯曲后期4个发育阶段; 对仔鱼阶段的全长(LT)、头长(LH)、躯干长(LQ)、尾部长(LC)、眼径(D)、体高(HB)、头高(HH)、湿重(W) 8项生长指标的特定生长率进行了分析, 结果表明仔鱼各个阶段的发育是异速的; 仔鱼全长、尾部长、头长、头高、体高、眼径的生长方程都为二次多项式, 体长与体质量之间呈指数相关。

**研究亮点:** 塔里木裂腹鱼是我国特有的濒危物种, 关于其人工繁殖和早期发育鲜有报道。本文系统地对比塔里木裂腹鱼的胚胎和仔鱼发育情况进行了阐述, 为保护和拯救这一濒危物种提供了重要的基础数据。

**关键词:** 塔里木裂腹鱼; 胚胎; 仔鱼; 发育; 生长

**中图分类号:** S 917

**文献标志码:** A

塔里木裂腹鱼(*Schizothorax biddulphi* Günther) 隶属于鲤形目(Cypriniformes), 鲤科(Cyprinidae), 裂腹鱼亚科(Schizothoracinae), 裂腹鱼属(*Schizothorax*), 裂尻鱼亚属(*Racomia*)<sup>[1]</sup>, 是新疆维吾尔自治区特有鱼类。该鱼曾广泛分布于塔里木河流域, 由于过度捕捞、外来物种的入侵、环境的变迁、水利设施建设等因素的影响, 其种群数量迅速减少, 1998年, 被收录于《中国濒危动物红皮书》(鱼类)<sup>[2]</sup>, 2004年, 被新疆维吾尔自治区人民政府列为Ⅱ类保护水生野生动物<sup>[3]</sup>。

开展濒危物种的人工繁育与增殖放流是挽救该物种免遭灭绝的重要措施。此前, 谢春刚等<sup>[4]</sup>和张人铭等<sup>[5]</sup>曾对新疆阿克苏河的塔里木裂腹鱼进行过人工授精实验, 对其胚胎发育进行了描述, 但未对仔鱼的发育与生长进行研究。随着人们对塔里木裂腹鱼这一濒危物种的重视和保护程度的提高, 对塔里木裂腹鱼的研究也越来

越多, 包括资源状况、生态习性、生长特性、分子遗传学研究等<sup>[6-10]</sup>。2010年, 聂竹兰等<sup>[11]</sup>报道了塔里木裂腹鱼的驯化养殖, 结果表明野生成鱼很难驯化。

当前仍需要对该鱼开展更为深入和详尽的研究, 尤其是在人工繁育方面。本研究于2012年把新疆车尔臣河及其附属水体捕捞的野生塔里木裂腹鱼作为亲鱼, 对其胚胎发育与仔鱼期生长进行了较为详细的观察, 丰富和完善了塔里木裂腹鱼的胚胎发育资料, 并第一次报道了仔鱼期的生长与发育。研究结果不仅为挽救这一濒临灭绝的物种提供了技术支撑, 而且对于新疆塔里木河流域自然生态的修复也具有极为重要的意义。

### 1 材料与方法

#### 1.1 亲鱼来源

塔里木裂腹鱼于2010-2011年从新疆且末县境内的车尔臣河及其附属水体捕获, 饲养于新

收稿日期: 2013-08-27 修回日期: 2013-10-08

基金项目: 新疆维吾尔自治区发改委项目[新发改农经(2009)1777号]; 上海高校知识服务平台上海海洋大学水产动物遗传育种中心项目(2F1206)

作者简介: 龚小玲(1972—), 女, 博士, 副教授, 研究方向为生物多样性和鱼类系统进化。E-mail: xlgong@shou.edu.cn

通信作者: 王成辉, E-mail: wangch@shou.edu.cn

疆博湖苇业股份有限公司且末三苇场繁育基地。亲鱼(表 1),用于人工繁殖试验。2012 年 4 月选取性腺发育良好的个体作为备用

表 1 收集的塔里木裂腹鱼野生个体规格情况

Tab. 1 Sampling sizes of *Schizothorax biddulphi* Günther collected in this study

性别	数量/尾	体长/cm		体重/g	
		范围	均值 ± SD	范围	均值 ± SD
雌鱼	11	31.8 ~ 58.2	44.6 ± 8.9	470.0 ~ 2630.0	1 297.2 ± 686.8
雄鱼	11	25.0 ~ 55.0	41.0 ± 10.4	166.0 ~ 1940.0	900.5 ± 584.0

## 1.2 人工催产、授精、孵化及仔鱼的饲养

在对亲鱼进行强化培育的基础上,每公斤亲鱼注射催产激素绒毛膜促性腺素(HCG)1 000 单位 + 促黄体生成释放素类似物(LRH - A2)10 μg + 马来酸地欧酮(DOM)5 mg 进行人工催产。雌鱼 3 次,雄鱼 2 次注射,每次间隔 48 h,注射亲鱼在产卵池中流水刺激。采用人工干法授精,受精卵在自制的孵化槽里流水孵化,孵化水温为 16 ~ 19 ℃。胚胎发育到原肠中期时抽样计算受精率,出膜后计算孵化率。仔鱼室内孵化槽内静水饲养,每天换水 1/5 ~ 1/2,开口后从室外池塘捞取天然饲料投喂,水温 16 ~ 21 ℃。

## 1.3 胚胎、仔鱼发育观察

实验观察均采用活体材料,定时取 20 粒受精卵或 10 ~ 20 尾仔鱼在上海光学仪器厂制造的 XTZ 系列连续变倍体视显微镜下观察各个时期的形态特征,描述、记录胚胎发育时序和特征,用 Canon 数码相机拍摄图片。仔鱼阶段每天采样观察后用分析天平(精度 0.000 1 g)测定仔鱼的湿重(W),然后用甲醛浸泡带回上海海洋大学的实验室拍照,并以台微尺为参照物配合图像处理软件(Adobe Photoshop 7.0)测量全长(LT)、头长(LH)、躯干长(LQ)、尾部长(LC)、眼径(D)、体高(HB)、头高(HH)等性状。各形态性状的定义参照马境等<sup>[12]</sup>,仔鱼发育阶段的划分参照 KENDALL 等<sup>[13]</sup>。

## 1.4 数据处理

以 SPSS 18.0 和 Excel 2003 进行数据处理和方程的拟合,以相关系数 R 最大为拟合标准。同时计算胚胎发育阶段的卵黄囊体积和仔鱼阶段的特定生长率,相关计算公式如下:

$$V = \pi Rr^2/6 \quad (1)$$

式中:V 为卵黄囊体积(mm<sup>3</sup>);R 为卵黄囊长径;r 为卵黄囊短径。

$$R_{SC} = (\ln X_{T_2} - \ln X_{T_1}) / (t_2 - t_1) \times 100\% \quad (2)$$

式中:R<sub>SC</sub>为特定生长率;t<sub>1</sub>、t<sub>2</sub>为日龄;X<sub>T1</sub>、X<sub>T2</sub>分别为 t<sub>1</sub>、t<sub>2</sub> 时的测量数据(全长、头长、躯干长、尾部长、眼径、体高、头高、湿重)。

## 2 结果

实验取 2 尾雌性与 4 尾雄性进行人工授精,共获受精卵约 68 000 粒左右,原肠中期统计受精率为 83%。受精卵经 4 ~ 5 d 孵化出膜,统计孵化率达 89%,初孵仔鱼 50 000 尾左右。

### 2.1 胚胎发育

塔里木裂腹鱼受精卵呈圆球形,透明,沉性卵。取 20 个成熟卵母细胞测量卵径,均值为(1.700 ± 0.058) mm。卵子受精后迅速吸水膨胀,均值为(2.900 ± 0.073) mm。胚胎发育时序如表 2 所示。

### 2.2 仔鱼形态发育

鱼苗破膜而出便进入了仔鱼期,仔鱼出膜 4 d 后进入完全平游期并开始摄食。本研究对鱼苗出膜至第 25 天的仔鱼发育情况进行了观察,在此期间根据卵黄囊是否存在,脊索和尾下骨的发育等,将塔里木裂腹鱼 1 ~ 25 d 仔鱼的发育划分为以下几个时期。

#### 2.2.1 卵黄囊期(初孵到卵黄囊消失,1 - 8 日龄)

出膜第一天(图版 II - 1),体透明,无色素,平均体长为(7.29 ± 0.18) mm,无游泳能力,倒浮在水中;2 日龄开口,消化道贯通,眼球色素出现;3 日龄开始平游;4 日龄在头的背面开始出现少量黑色素;6 日龄鳔后室开始出现,但被卵黄囊遮住,背鳍褶、臀鳍褶基部出现清晰可见的黑色素带(图版 II - 2);7 日龄鳔后室清晰可见,尾部黑色素更加浓密且向头部延伸(图版 II - 3)。

初孵仔鱼有一个长而大的卵黄囊,体积为

1.96 mm<sup>3</sup>,随着孵化天数的增加,卵黄囊逐渐被消耗,且随发育时间的推移,卵黄囊的体积呈直线下下降,至8日龄卵黄囊几乎消失(图1)。

表2 塔里木裂腹鱼胚胎发育时序

Tab.2 The process of embryonic development of *Schizothorax biddulphi* Günther

序号	发育时期	发育时间/(h: min)	形态描述	图版 I
1	受精卵	0:00	圆球形、透明、沉性,受精后迅速吸水膨胀	
2	胚盘形成期	1:30	原生质逐渐向动物极移动和集中,在动物极一端形成隆起的胚盘	1
3	卵裂期	4h30min		
	2 细胞期	2:30	在胚盘顶部中央出现一纵沟,胚盘被分割成2个大小相等的分裂球	2
	4 细胞期	2:50	分裂球继续分裂,分裂沟与第一次的垂直,细胞分裂形成4 细胞	3
	8 细胞期	3:10	随着卵裂的不断进行,卵裂球的数目呈几何级数增加,卵裂球变得越来越小,细胞分裂历经8 细胞、16 细胞、32 细胞、64 细胞直至多细胞的桑椹胚期	4
	16 细胞期	3:30		5
	32 细胞期	4:30		6
	64 细胞期	5:30		7
	多细胞期	6:15		8
	桑椹期	7:00		9
4	囊胚期	6h30min		
	囊胚早期	8:00	分裂球越分越小,细胞界线不清楚,并且在顶端堆积成帽状的隆起,形成高囊胚	10
	囊胚中期	9:30	囊胚表面细胞向卵黄部分下包,原来高高隆起细胞团高度不断下降,囊胚层变扁,依次进入囊胚中期和囊胚晚期	11
	囊胚晚期	13:30		12
5	原肠期	5h25min		
	原肠早期	18:10	囊胚层细胞经过运动和迁移,包围越来越多的植物极卵黄部分	13
	原肠中期	20:00	囊胚层下包卵黄达三分之二时,便进入原肠中期	14
	原肠晚期	23:35	当整个胚体的五分之四被包围时,原肠期结束	15
6	神经胚期	27:35:00	胚体的前部相对于中后部有明显的隆起膨大,可见头部雏形。神经胚期分化出来的神经外胚层将来会形成神经管,神经管是未来脑和脊髓的原基	16
7	胚孔封闭期	30:00:00	胚盘继续下包卵黄,最终囊胚层完全包围了卵黄	17
8	尾芽期	59:20:00	在胚体末端腹面出现尾芽	18
9	晶体出现期	64:15:00	眼囊在胚胎发育期间不断扩大伸展,在与脑的连接处发育成眼柄,当眼囊扩展到外胚层后,受到外胚层的诱导作用,眼囊向内凹陷而形成眼杯,最终在眼囊中发育形成晶体	19
10	肌肉效应期	66:40:00	间歇性地出现微弱的肌肉抽动	20
11	孵化期	93:00:00	胚体不停地抽动,开始时由尾部带动全身,之后力度加大、频率加快	
	初孵仔鱼		带有一个大卵黄囊,没有游泳能力	

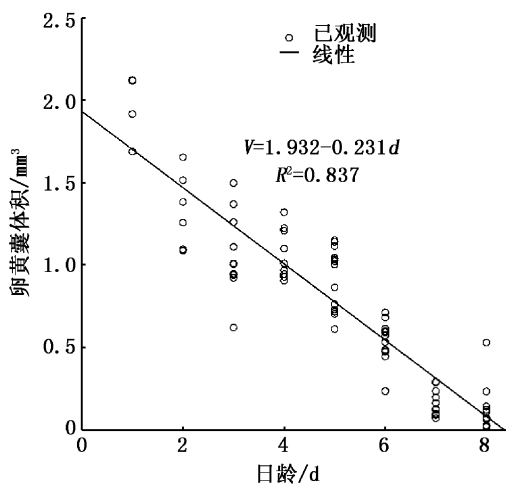


图1 塔里木裂腹鱼仔鱼卵黄囊的吸收过程  
Fig.1 Exhaustion of yolk sac of *S. biddulphi*

2.2.2 弯曲前期(卵黄囊消失至脊索末端开始向上弯曲前,9~12日龄)

9日龄卵黄囊完全消失,尾鳍条开始出现,黑色素在身体的前部、中部和尾部均可见,头顶端的黑色素向下延伸,在眼睛后面的颊部有零星分布(图版II-4);11日龄肠道前段开始弯曲(图版II-5)。

2.2.3 弯曲期(脊索末端开始向上弯曲,尾下骨出现,后缘与脊索倾斜,13~17日龄)

13日龄脊椎末端开始向上弯曲,开始出现细小的鳃前室,背鳍褶缩小形成独立的背鳍;14日龄开始出现背鳍条;15日龄尾鳍开始分叉,出现黑色素(图版II-6);16日龄臀鳍褶缩小形成独

立的臀鳍,出现细小的腹鳍褶;17 日龄臀鳍条开始出现,尾鳍为明显的叉形,可见清晰的鳔前室(图版 II-7)。

#### 2.2.4 弯曲后期(至尾下骨与脊索末端垂直,18 日龄后)

18 日龄后,尾鳍叉形逐天加深;21 日龄胸鳍条开始形成;22 日龄背鳍条和臀鳍条全部形成,完成发育,腹鳍条开始出现(图版 II-8);到 25 日龄,腹鳍和胸鳍条均没有完全形成,黑色素仍仅见身体上背面和下腹面,尾下骨尚未与脊索末

端完全垂直(图版 II-9)。

### 2.3 仔鱼生长

特定生长率描述了复利式生长。对塔里木裂腹鱼仔鱼 4 个发育阶段中全长、头长、躯干长等 8 项生长指标的特定生长率(表 3)进行分析,最高的弯曲期占了其中的 6 项;而最小的弯曲前期仔鱼占了其中的 5 项。由此推断,在 1~25 日龄,塔里木裂腹鱼弯曲期仔鱼生长较快,而弯曲前期仔鱼生长则相对较慢,且各个阶段的发育是异速的。

表 3 塔里木裂腹鱼仔鱼期特定生长率

Tab.3 Specific growth rate of *S. biddulphi* at larval stage

发育阶段	特定生长率/%							
	全长	头长	躯干长	尾部长	眼径	体高	头高	湿重
卵黄囊期仔鱼(1~8 日龄)	2.41	9.40	-0.19	4.32	5.30	1.67	5.02	7.30
弯曲前期仔鱼(9~12 日龄)	1.04	1.40	0.48	1.79	2.27	2.64	2.79	7.61
弯曲期(13~17 日龄)	4.28	7.81	2.32	5.15	5.04	9.10	7.02	12.85
弯曲后期(18~25 日龄)	3.43	4.33	1.81	4.94	3.57	4.25	3.98	12.12

对全长、尾部长、头长、头高、体高、眼径与日龄进行回归分析,都呈二次多项相关,相关系数( $r$ )均在 0.9 以上。从回归曲线可以判断,塔里木裂腹鱼仔鱼在初孵到孵化后第 25 天,尾部长和眼径生长速度平缓,而全长、头长、头高、体高和体质量在前期生长平缓,而后期生长速度加剧(图 2 a, b, c)。体长与体质量之间呈指数相关,  $b$  值为 3.6(图 3)。

## 3 讨论

### 3.1 塔里木裂腹鱼的胚胎发育

胚胎发育是指从精子和卵子结合到仔鱼破膜而出为止,其生命活动在卵膜内进行,依靠内源性营养供应生命活动的能量。塔里木裂腹鱼的卵属于端黄卵,所以其胚胎发育的时序和其它端黄卵的硬骨鱼类类似,尤其同新疆扁吻鱼(*Aspiorhynchus laticeps*)<sup>[14]</sup>、齐口裂腹鱼(*Schizothorax prenanti*)<sup>[15]</sup>、伊犁裂腹鱼(*Schizothorax pseudaksaiensis Herzenstein*)<sup>[16]</sup>相似度较高。但由于种的差异,生存环境的不同,会使发育中的各时期时间上有一定的差异。本研究是在水温 16~19 °C 下进行孵化,历时约 93 h 仔鱼破膜而出,这与新疆扁吻鱼基本相似<sup>[14]</sup>;草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)、鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙(*Aristichthys*

*nobilis*)只需要 32 h(水温 23~25 °C),但是鲫(*Carassius carassius*)在此温度下需要约 65 h<sup>[17]</sup>;胭脂鱼(*Myxocyprinus asiaticus*)需要 163 h(水温 17~21 °C)<sup>[18]</sup>;四川裂腹鱼(*Schizothorax kozlovi Nikolsky*)需 130 h(水温 13~21 °C)<sup>[19]</sup>;青海湖裸鲤(*Gymnocypris przewalskii*)154~166 h(18~20 °C)<sup>[20]</sup>;伊犁裂腹鱼需 125.5 h(19~21 °C)<sup>[16]</sup>。器官发生的程度与胚胎发育时间的长短有关,胚胎发育期较长的,出膜时器官发生较完善,如鲑鱼(*Oncorhynchus keta*)、鱧鱼(*Squaliobarbus ourriculus*)、本研究中的塔里木裂腹鱼;而反之亦然,像青鱼(*Mylopharyngodon piceus*)、草鱼、鲢、鳙的胚胎期较短,其器官形成不完善,初孵出时,消化腔尚未出现<sup>[21]</sup>。所以不同种类鱼的胚胎发育所用时间的差异和器官发生迟早的差异相互对比基本没什么理论意义,但生产过程中我们可以用来参考和指导。

### 3.2 塔里木裂腹鱼的仔鱼发育

塔里木裂腹鱼初孵仔鱼平均体长为(7.29 ± 0.18) mm,与聂竹兰等<sup>[11]</sup>报道结果相近。其体长与新疆扁吻鱼(7~8 mm)<sup>[14]</sup>和伊犁裂腹鱼(7.9 mm)<sup>[16]</sup>的初孵仔鱼接近,但比齐口裂腹鱼(11 mm)<sup>[15]</sup>、细鳞裂腹鱼(*Schizothorax chongi*, 9~11 mm)<sup>[22]</sup>、异齿裂腹鱼(*Schizothorax oconnori* Lloyd, 8.97 ± 0.31 mm)<sup>[23]</sup>的初孵仔鱼的体长小。

与大多数鱼类早期生长特点相同,塔里木裂腹鱼仔鱼在卵黄囊消失前后因营养源的变化而出现一个慢速生长期<sup>[24]</sup>,除躯干长和湿重外各项生长指标的特定生长率均低于卵黄囊仔鱼期。塔里

木裂腹鱼仔鱼的全长、躯干长、尾部长、体高、头高、湿重的特定生长率最大值均出现在弯曲期,可能与弯曲期仔鱼需要完善加强摄食、运动能力来适应环境有关。

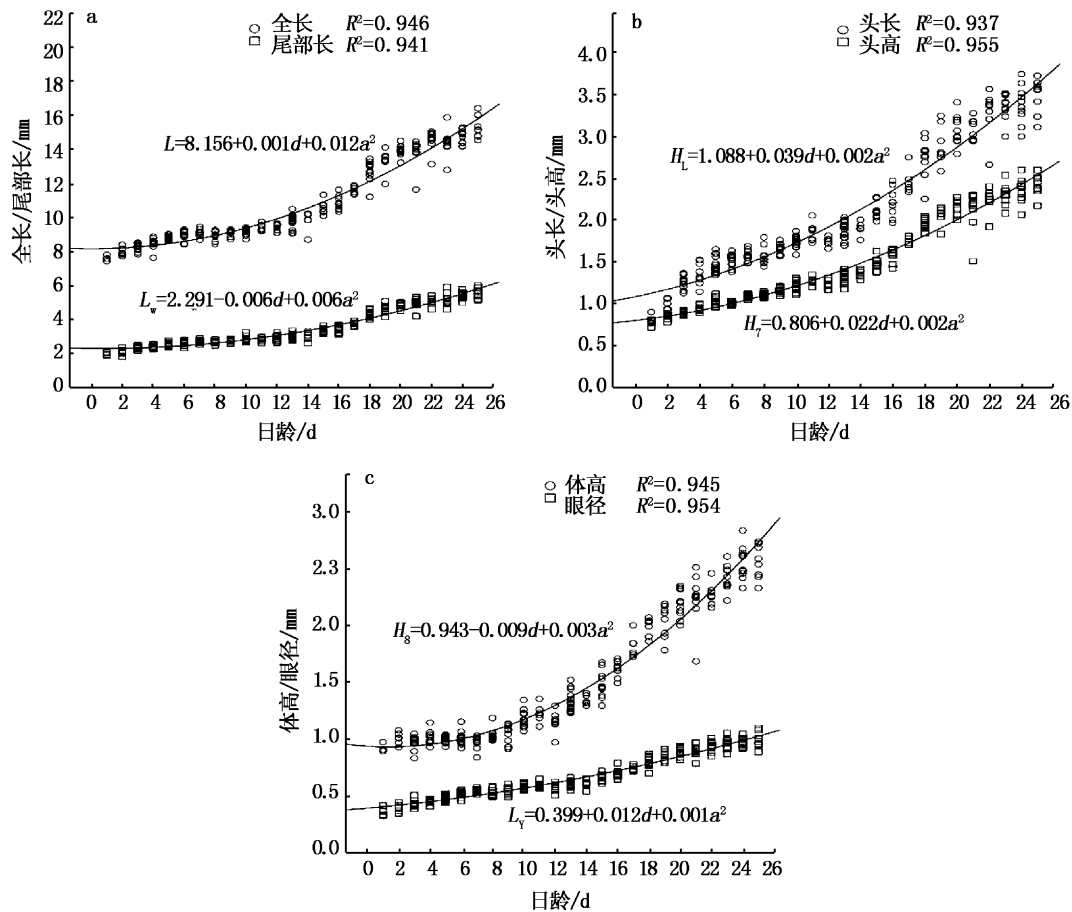


图2 塔里木裂腹鱼仔鱼发育过程中部分量度指标与日龄之间的增长关系

Fig. 2 The growth of selected organs related to days-old of *S. biddulphi* larvae from hatching to 25d

a. 全长、尾部长; b. 头长、头高; c. 体高、眼径。

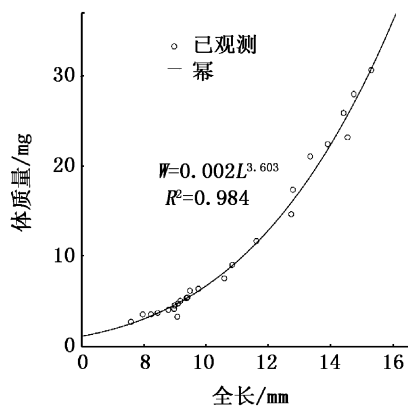
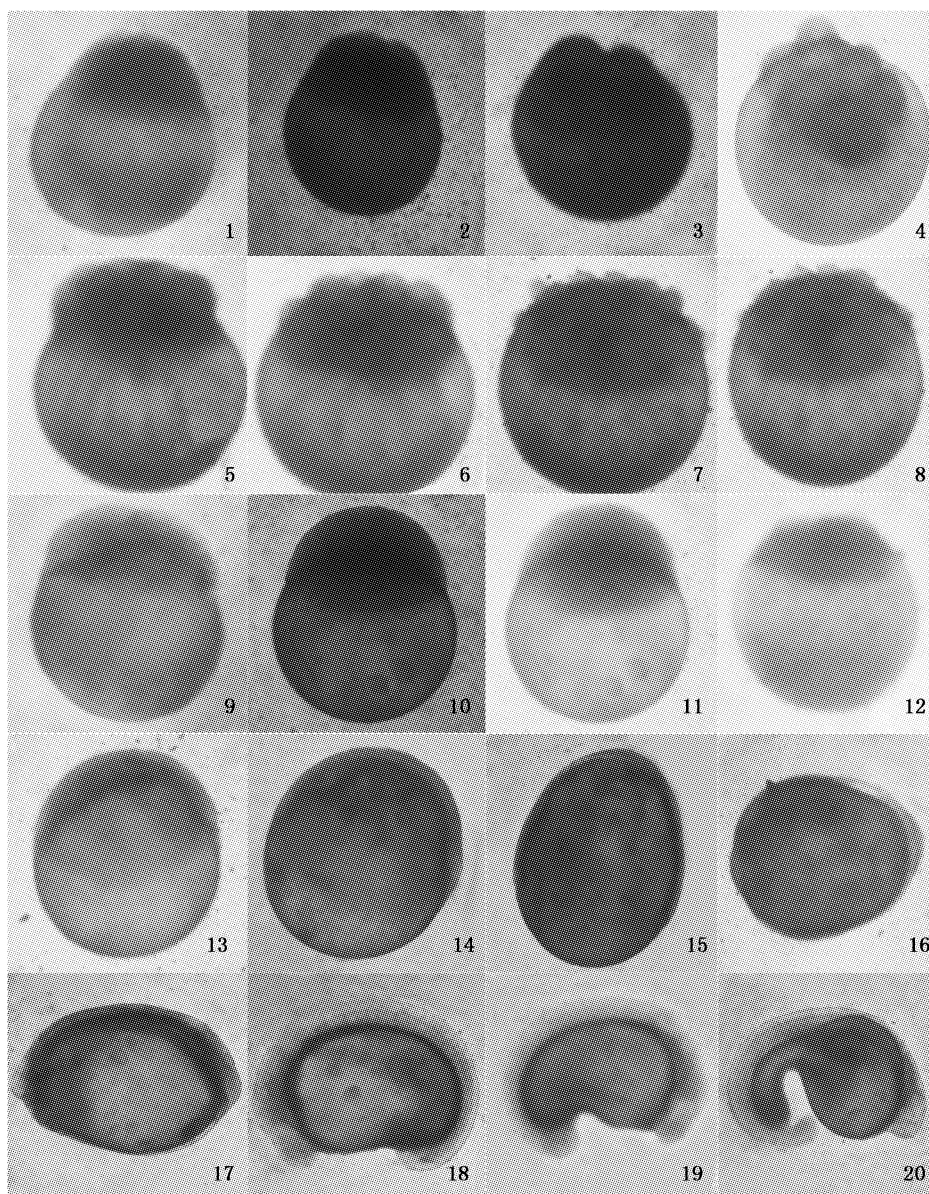


图3 塔里木裂腹鱼仔鱼发育过程中全长与体质量的关系  
Fig. 3 The correlations of whole length and body weight of *S. biddulphi* larvae from hatching to 25d

KAMLER<sup>[25]</sup>指出饥饿和被捕食是自然水域中仔稚鱼死亡与资源补偿的最主要因素。为了获得食物、躲避敌害、提高存活率,仔稚鱼最先发育与存活密切相关的器官,这种发育模式维持了鱼类的繁衍<sup>[26]</sup>。塔里木裂腹鱼鱼苗进入仔鱼期以后,眼径、头长、头高以及尾部长呈异速增长模式,这与它在环境中所进行的活动是相关的,因为这些形态学特征决定了鱼苗的游泳能力和摄食能力。这种各部位相对生长差异与重口裂腹鱼(*Schizothorax davidi*)<sup>[27]</sup>、鲤(*Cyprinus carpio*)<sup>[28]</sup>、西伯利亚鲟(*Acipenser baeri*)<sup>[29]</sup>是相似的。由于卵黄囊和鳍发育的原因,初孵仔鱼的游泳能力很弱。塔里木裂腹鱼3日龄仔鱼能平游,说明仔鱼

的鳍开始发育。到 8 日龄,塔里木裂腹鱼仔鱼的卵黄囊耗尽,仔鱼开始靠外源性营养存活,新陈代谢增强,耗氧量增加,耗氧率与体重是呈正比的,因此需要仔鱼提高加强呼吸功能,所以塔里木裂腹鱼的头部正异速增长。生物之所以能够

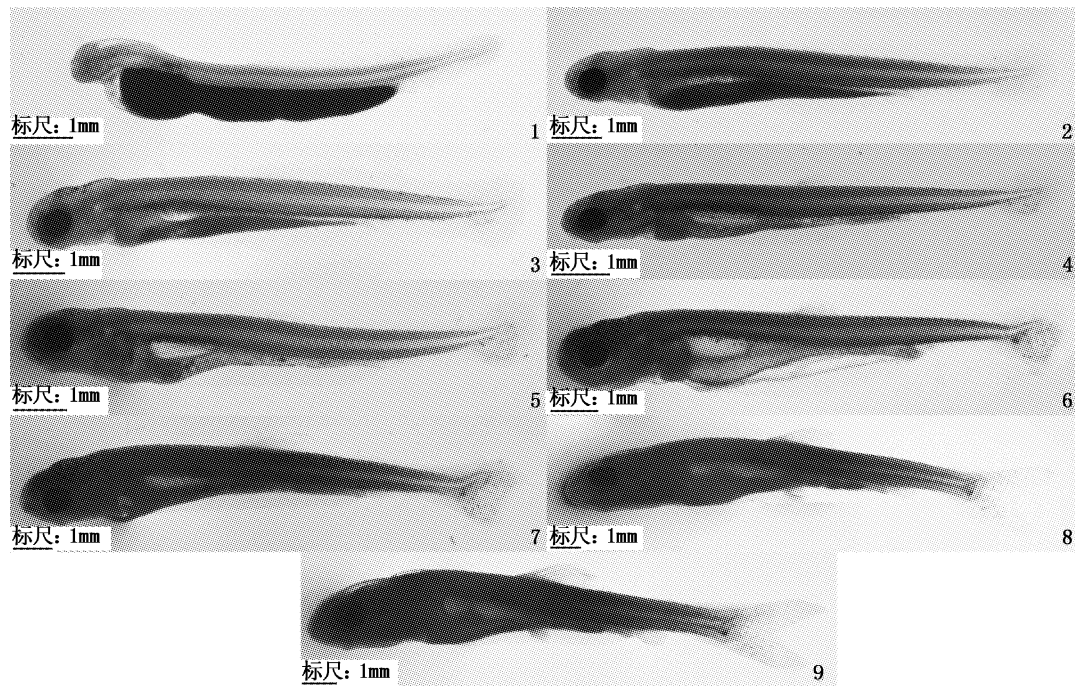
生长是因为体内的同化作用强于异化作用。鱼类也是这样,尤其是仔鱼阶段,这种变化很显著。塔里木裂腹鱼仔鱼的体长与体重关系符合殷名称<sup>[30]</sup>关于体长与体重关系式,两者为指数关系。



图版 I 塔里木裂腹鱼的胚胎发育时序

Plate I Embryonic development of *Schizothorax biddulphi* Günther

1. 胚盘形成期; 2. 2 细胞期; 3. 4 细胞期; 4. 8 细胞期; 5. 16 细胞期; 6. 32 细胞期; 7. 64 细胞期; 8. 多细胞期; 9. 桑椹期; 10. 囊胚早期; 11. 囊胚中期; 12. 囊胚晚期; 13. 原肠早期; 14. 原肠中期; 15. 原肠晚期; 16. 神经胚期; 17. 胚孔封闭期; 18. 尾芽期; 19. 晶体出现期; 20. 肌肉效应期。



图版 II 塔里木裂腹鱼仔鱼发育

Plate II larva fish development of *S. biddulphi*

1. 1 日龄仔鱼; 2. 6 日龄仔鱼; 3. 7 日龄仔鱼; 4. 9 日龄仔鱼; 5. 11 日龄仔鱼; 6. 15 日龄仔鱼; 7. 17 日龄仔鱼; 8. 21 日龄仔鱼; 9. 22 日龄仔鱼。

## 参考文献:

- [1] 乐佩琦. 中国动物志硬骨鱼纲 鲤形目(下卷)[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [2] 乐佩琦, 陈宜瑜. 中国濒危动物红皮书(鱼类)[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [3] 孟玮, 郭焱, 海萨, 等. 塔里木裂腹鱼群体遗传结构及遗传多样性分析[J]. 水生生物学报, 2012(5):851-857.
- [4] 谢春刚, 张人铭, 马燕武, 等. 塔里木裂腹鱼人工繁殖技术初步研究[J]. 干旱区研究, 2010(5):734-737.
- [5] 张人铭, 马燕武, 吐尔逊, 等. 塔里木裂腹鱼胚胎和仔鱼发育的初步观察[J]. 水利渔业, 2007(2):27-28.
- [6] 马燕武, 张人铭, 吐尔逊, 等. 阿克苏河塔里木裂腹鱼生物学初步研究[J]. 水生态学杂志, 2009(2):148-153.
- [7] 张人铭, 郭焱, 马燕武, 等. 塔里木裂腹鱼资源与分布的调查研究[J]. 淡水渔业, 2007(6):76-78.
- [8] 聂竹兰, 魏杰, 程勇. 塔里木裂腹鱼生物学研究初探[J]. 塔里木大学学报, 2010(3):113-116.
- [9] GONG X, CUI Z, WANG C. Isolation and characterization of polymorphic microsatellite loci from the endangered Tarim schizothoracin (*Schizothorax biddulphi* Günther) [J]. Conservation Genetics Resources, 2012,4(3):795-797.
- [10] GONG X, CUI Z, ZHANG X, et al. Complete mitochondrial DNA sequence of the endangered Tarim schizothoracin (*Schizothorax biddulphi* Günther) [J]. Mitochondrial DNA, 2012,23(5):385-387.
- [11] 聂竹兰, 魏杰, 宋勇, 等. 塔里木裂腹鱼水泥池驯化养殖试验[J]. 科学养鱼, 2010(12):30-31.
- [12] 马境, 章龙珍, 庄平, 等. 施氏鲟仔鱼发育及异速生长模型[J]. 应用生态学报, 2007(12):2875-2882.
- [13] KENDALL A W, Al E. Early life history stages of fish and their characters in Ontogeny and Systematics of Fishes [J]. American Society of Ichthyologists and Herpetologists, Special Publication Number 1, Lawrence, Kansas, 1984:11-22.
- [14] 张人铭, 马燕武, 吐尔逊, 等. 新疆扁吻鱼的胚胎发育和仔鱼发育的初步观察[J]. 干旱区研究, 2008(2):190-195.
- [15] 吴青, 王强, 蔡礼明, 等. 齐口裂腹鱼的胚胎发育和仔鱼的早期发育[J]. 大连水产学院学报, 2004(3):218-221.
- [16] 蔡林钢, 牛建功, 张北平, 等. 伊犁裂腹鱼胚胎及早期仔鱼发育的观察[J]. 淡水渔业, 2011(5):74-79.
- [17] 王瑞霞. 组织学与胚胎学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1993.
- [18] 赵鹤凌. 胭脂鱼胚胎发育的观察[J]. 水利渔业, 2006(1):34-35.
- [19] 陈永祥, 罗泉笙. 乌江上游四川裂腹鱼的胚胎发育[J]. 四川动物, 1997(4):163-167.
- [20] 史建全, 祁洪芳, 杨建新, 等. 青海湖裸鲤人工繁殖及鱼苗培育技术的研究[J]. 淡水渔业, 2000(2):3-6.
- [21] 楼允东. 组织胚胎学[M]. 2 版. 北京: 中国农业出版社, 1996.

- [22] 陈礼强, 吴青, 郑曙明, 等. 细鳞裂腹鱼胚胎和卵黄囊仔鱼的发育[J]. 中国水产科学, 2008(6):927-934.
- [23] 张良松. 异齿裂腹鱼胚胎发育与仔鱼早期发育的研究[J]. 大连海洋大学学报, 2011(3):238-242.
- [24] FARRIS D A. A change in the early growth rates of four larval marine fishes [J]. Limnology and Oceanography, 1959;29-36.
- [25] KAMLER E. Early Life History of Fish: an Energetics Approach [M]. England, London: Chapman & Hall, 1992.
- [26] OSSE J. Form changes in fish larvae in relation to changing demands of function [J]. Netherlands Journal of Zoology, 1989,40(1/2):1-2.
- [27] 严太明, 周翠萍, 李忠利, 等. 实验室饲养的重口裂腹鱼仔鱼的形态发育与生长[J]. 四川农业大学学报, 2007(4):493-497.
- [28] OSSE J, VAN DEN BOOGAART J, VAN SNIK G, et al. Priorities during early growth of fish larvae[J]. Aquaculture, 1997,155(1):249-258.
- [29] GISBERT E. Early development and allometric growth patterns in Siberian sturgeon and their ecological significance [J]. Journal of Fish Biology, 1999,54(4):852-862.
- [30] 殷名称. 鱼类生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.

## Study on embryonic development and larval growth of *Schizothorax biddulphi* Günther

GONG Xiao-ling<sup>1</sup>, CUI Zhong-kai<sup>1</sup>, WU Min-zhi<sup>2</sup>, YIN Jian-guo<sup>2</sup>, LI Yan<sup>2</sup>, WANG Cheng-hui<sup>3</sup>

(1. Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Xinjiang Bohu Reed Industry Co., Ltd, Kuerl 841001, Xinjiang, China; 3. Key Laboratory of Freshwater Fishery Germplasm Resources, Ministry of Agriculture, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** In this study, embryonic development and larval growth of Tarim schizothorax (*Schizothorax biddulphi* Günther) were observed by using artificial propagation techniques in Tarim schizothorax artificial breeding practice base in Qiemo County of Xinjiang Uygur Autonomous Region from April to June in 2012. The total of 68 thousand fertilized eggs were obtained and the average rates of fertilization and hatching were 83% and 89% respectively. The fertilized eggs and embryonic development spent about 93 hours at water temperature of 16-19 °C, in which they experienced cleavage stage, blastula stage, gastrula stage, neurula stage, incubation stage and so on. The full length of newly hatched larvae was (7.29 ± 0.18) mm. Four stages were observed for larvae fish growth during 25 day' developmental period. The development of every stage was found allometry by analyzing the specific growth rate of total length (LT), head length (LH), trunk length (LQ), tail length (LC), eyes diameter (D), body height (HB), head height (HH), wet weight (W). The quadratic equations growth characteristics were found in LT, TC, LH, HH, HB, D. Meanwhile, and body length and wet weight.

**Key words:** *Schizothorax biddulphi* Günther; embryonic; larval; development; growth