

胡仁云,张运海,舒旗林,等.重口裂腹鱼的胚胎发育观察[J].江苏农业科学,2020,48(14):198-203.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.14.037

重口裂腹鱼的胚胎发育观察

胡仁云¹,张运海¹,舒旗林¹,罗武²,蒋泽民²,丁勇¹,冉玉凤¹,谭德清¹

(1.武汉中科瑞华生态科技股份有限公司,湖北武汉 430077;2.毛尔盖水电有限公司,四川成都 610041)

摘要:2017 年、2018 年对采自毛尔盖水电站鱼类增殖站内的重口裂腹鱼(*Schizothorax davidi*)进行人工繁殖,并对其胚胎发育特征进行观察。结果显示,重口裂腹鱼卵为黄色、微黏性,卵径为 (2.91 ± 0.29) mm,鱼卵吸水后直径为 (3.99 ± 0.31) mm;在水温为 (14.5 ± 1.2) °C 的条件下经 217 h 20 min 孵化出膜,有效积温为 665.27 °C·h,胚胎发育生物学零度为 (11.30 ± 0.06) °C,初孵仔鱼全长为 (11.00 ± 0.18) mm。

关键词:重口裂腹鱼;胚胎发育;有效积温;生物学零度;发育观察

中图分类号:S917.4;S961.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)14-0198-05

重口裂腹鱼(*Schizothorax davidi*),别称重唇鱼、重口、细甲鱼、雅鱼、丙穴鱼、嘉鱼等,属鲤形目(Cypriniformes)、鲤科(Cyprinidae)、裂腹鱼亚科(Schizothoracinae)、裂腹鱼属(*Schizothorax*),常生活在流水或急流水的中下层,是以浮游动植物、水生昆虫幼虫为主食的杂食性鱼类,主要分布于岷江、嘉陵江、乌江、汉江等中、上游,有时冬季也可在长江干流的中、下游发现^[1-3]。近年,受水电站建设、垃圾污染、过度利用等因素的影响,总体数量锐减,生存条件日趋恶化,野生重口裂腹鱼资源遭到严重破坏^[4-6]。因此,提高重口裂腹鱼的人工繁殖技术,以培育鱼苗实施放流活动,对补充和恢复重口裂腹鱼野生资源至关重要。目前,有关该鱼的研究在早期资源调查、形态发育、细胞组织学等方面已有较多报道^[7-11];对重口裂腹鱼仔鱼发育、眼早期形态发育、鳞片发育及覆盖过程等方面有部分报道^[12],但仅限于重口裂腹鱼胚后发育研究,在胚胎发育方面尚未见报道。本研究对重口裂腹鱼胚胎发育过程进行较全面的观察,以期丰富重口裂腹鱼生物学研究资料。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本次试验的材料来源于毛尔盖水电站鱼类增

殖站内重口裂腹鱼的受精卵。2017 年、2018 年分别对毛尔盖水电站鱼类增殖站内的重口裂腹鱼亲本进行人工繁殖,具体做法是在水温为 14 °C 左右时,对发育成熟的亲本注射催产剂,待效应时间到达时,分别对雌鱼及雄鱼采卵和采精,通过干法人工授精获得受精卵。受精卵均匀分布于用聚乙烯网片制成的孵化框内孵化,网片为 40 目,尺寸为 40 cm×60 cm×30 cm。

1.2 试验方法

将孵化框置于循环水养殖缸内,孵化期间每 2 h 记录 1 次水温,采用循环水自动控温设备将孵化水温控制在 (14.5 ± 1.2) °C。胚胎发育观察时,每次使用小捞网随机捞 20 粒卵,使用解剖镜观察发育进程并拍照记录,同时记录时间、发育特征等,其中胚胎发育时序按 60% 受精卵发育至同一时期记时。囊胚期之前每 30 min 观察 1 次,原肠胚至神经胚期每 2 h 观察 1 次,以后每 5 h 观察 1 次,直至出膜。胚胎发育分期参考已发表的小裂腹鱼和短须裂腹鱼胚胎发育等相关的报道^[13-14]。

1.3 数据处理

胚胎发育图片采用 Photoshop CS6 编辑,试验数据采用 Excel、SPSS Statistics 等软件进行统计分析。积温根据有效积温法计算,即

$$K = N(T - C)^{[15]}$$

$$C = \frac{N_2 T_2 - N_1 T_1}{N_2 - N_1}$$

$$K_i = T \times N$$

$$K_z = \sum_{i=1}^j K_i$$

收稿日期:2019-08-22

作者简介:胡仁云(1991—),男,云南巧家人,水生动物执业兽医,主要从事鱼类人工繁殖研究。E-mail:1192354947@qq.com。

通信作者:谭德清,博士,副研究员,主要从事鱼类营养与生态研究。

E-mail:dqtan@ihb.ac.cn。

$$K_y = \sum_{i=1}^j (K_i - C \times N)。$$

式中: C 为生物学零度($^{\circ}\text{C}$); N_1 和 N_2 为 2 次试验时间(h); T_1 和 T_2 为 2 次试验的温度($^{\circ}\text{C}$); K_i 为胚胎发育某阶段的积温($^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$); T 为水环境温度($^{\circ}\text{C}$); N 为胚胎某阶段的发育时间(h); K_z 为总积温($^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$); K_y 为有效积温($^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$); j 为胚胎发育期数。

2 结果与分析

2.1 胚胎发育

2.1.1 成熟卵及卵裂阶段 由图 1-A 至图 1-J 可知,重口裂腹鱼的鱼卵为黄色,也有部分卵为灰色,鱼卵直径为(2.91 ± 0.29) mm,受精卵吸水 1 h 后卵径达最大,最大直径为(3.99 ± 0.31) mm,卵周隙为(0.55 ± 0.09) mm;卵裂阶段持续时间为 12 h 47 min,分为 8 个时期,主要特征为显微镜下可数细胞增多,形状可见,分裂沟清晰。

2.1.2 囊胚期阶段 由图 1-K 至图 1-M 可知,囊胚期持续时间为 8 h 53 min,分 3 个时期,囊胚由高变低,开始沿卵黄边缘向下分裂延展,植物极基本在囊胚早期形成。

2.1.3 原肠胚阶段 由图 1-N 至图 1-P 可知,原肠胚阶段持续时间为 24 h 18 min,分 3 个时期,胚层下包卵黄囊的 1/2 ~ 3/4 高度,体积逐渐增大,厚度减小,且厚度出现差异,其中一侧集中加厚隆起分化形成胚盾,原肠晚期时初步形成大卵黄栓。

2.1.4 神经胚阶段 由图 1-Q 至图 1-S 可知,神经胚阶段持续时间为 9 h 6 min,分 3 个时期,胚体持续分化,并下包至卵黄囊的 4/5 高度,神经原基逐渐分化为神经管,末期时胚孔封闭,胚胎相位变化结束,为器官系统发育作准备。

2.1.5 器官系统发育阶段 器官系统发育阶段持续时间为 108 h 18 min,分 13 个时期。孵化 55 h 46 min 时肌节出现 4 ~ 8 对,初现脑空泡(图 1-T);孵化 67 h 6 min 时头部有 1 条模糊的眼基线出现,肌节 7 ~ 10 对;孵化 84 h 45 min 时卵黄囊开始内凹,由球形变为肾形,较细的一端出现 1 个小芽,进而中脑隆起,肌节 9 ~ 13 对;孵化 98 h 20 min 时胚体背部出现微弱的不规律的肌肉收缩 4 ~ 8 次/min,肌节 28 ~ 30 对,进而耳囊中央出现 1 对透光性差的小黑点,即为耳石(图 1-U 至图 1-Z);孵化 108 h 50 min 时,在下颌与卵黄膜之间出现短管状的心脏原基,胚体尾部拉长,卵黄囊变小,眼晶体变圆,肌

节 32 ~ 37 对,再过约 10 h 吻端与大眼之间形成左右各 1 个凸起的嗅囊;孵化 127 h 10 min 后,围心腔逐步增大,血细胞不明显,心脏搏动频率为 35 bpm (beat per minute),眼球黑色素沉积明显(图 1-AA 至图 1-AD)。

2.1.6 出膜期 出膜前胚体剧烈翻滚摆动,卵膜变薄,尾部分化得更长。出膜时,尾部附近的卵膜先破裂,尾部游离到水里并不停地摆动,经 5 ~ 10 min 后,躯干、头部与卵膜分离,此时卵黄囊明显变小,心率为 65 ~ 75 bpm,后期卵膜逐渐溶解消失,孵化结束(图 1-AE 至图 1-AF)。出膜期到卵膜破裂之间形态上基本没有发生变化,在运动能力和力度方面增强,部分出现眼色素。60% 鱼苗出膜总历时 217 h 18 min。初孵仔鱼在解剖镜下呈淡黄色、半透明,心率为 65 ~ 75 次/min,心室、静脉窦清晰,心脏内红细胞明显,头部及脊椎结构清晰可见,各时期发育时序见表 1。

2.1.7 积温和生物学零度 试验在溶氧为(8.5 ± 0.98) mg/L, pH 值为 7.6 ± 0.28 , 水温为(14.5 ± 1.2) $^{\circ}\text{C}$, 流速为(5.0 ± 1.5) cm/s 的条件下进行。总历时 217 h 20 min,总积温达到 3 121.14 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$ 时,60% 的重口裂腹鱼鱼苗出膜。其中,卵裂阶段所需积温为 200.7 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$, 占总积温的 6.4%, 分化速度快、相位明显;囊胚阶段所需积温为 134.7 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$, 占总积温的 4.3%, 囊胚期间细胞由清晰变模糊,由大变小,由少变多;原肠阶段所需积温为 358.3 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$, 占总积温的 11.5%;神经胚阶段所需积温为 134.9 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$, 占总积温的 4.3%;器官系统发育阶段所需积温为 1 581.6 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$, 占总积温的 50.7%, 出膜阶段所需积温为 708.2 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$, 占总积温的 22.7%。

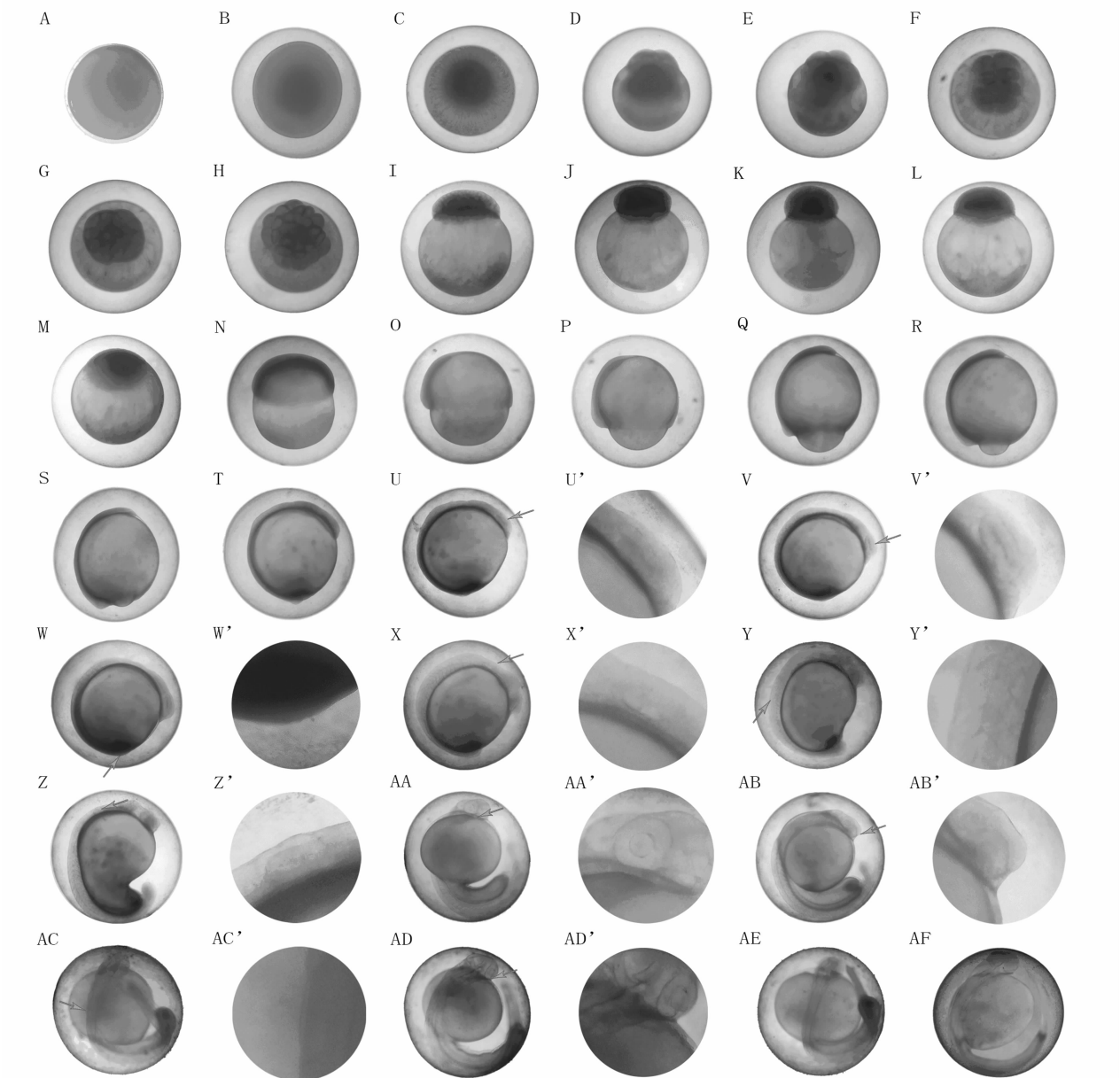
通过 2017 年、2018 年共 3 个批次的胚胎发育数据计算出重口裂腹鱼胚胎发育的生物学零度(C)为(11.30 ± 0.06) $^{\circ}\text{C}$, 有效积温 K_y 为 665.27 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$, 相关数据见表 2。

3 讨论

3.1 重口裂腹鱼胚胎发育特点

重口裂腹鱼卵为微黏的沉性卵,其胚胎发育进程与大多裂腹鱼类相似,但存在以下差异,详见表 3。

(1) 重口裂腹鱼成熟卵平均直径为(2.91 ± 0.29) mm, 远大于塔里木裂腹鱼、小裂腹鱼和伊犁裂腹鱼的卵径,大于短须裂腹鱼、光唇裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、异齿裂腹鱼的卵径,与四川裂腹鱼、齐口裂



A—受精卵; B—吸水卵; C—胚盘隆起; D—2 细胞期; E—4 细胞期; F—8 细胞期; G—16 细胞期; H—32 细胞期; I—64 细胞期; J—桑葚胚; K—囊胚早期; L—囊胚中期; M—囊胚晚期; N—原肠早期; O—原肠中期; P—原肠晚期; Q—神经胚期; R—小卵黄栓期; S—胚孔封闭期; T—肌节出现期; U—眼基出现期; V—眼囊出现期; W—尾芽出现期; X—耳囊出现期; Y—肌肉效应期; Z—耳石形成期; AA—心脏形成期; AB—嗅囊形成期; AC—胸鳍原基出现; AD—心脏搏动期; AE—出膜前期; AF—出膜期。其中, U'、V'、W'、X'、Y'、Z'、AA'、AB'、AC'、AD' 分别为 U、V、W、X、Y、Z、AA、AB、AC、AD 相应的器官部位放大图

图1 重口裂腹鱼胚胎发育实物

腹鱼、松潘裸鲤、拉萨裂腹鱼、拉萨裸裂尻及尖裸鲤的卵径接近。有研究表明,大卵黄可为仔鱼提供更多的营养物质,延长内外营养源转化时间,以提高野外生存的成活率^[24],同时卵的大小直接影响卵裂速度、胚胎正常发育及出膜仔鱼的大小^[25-26],这也验证了重口裂腹鱼出膜仔鱼全长较其他裂腹鱼略大的结果。

(2)重口裂腹鱼胚胎发育积温远高于小裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、伊利裂腹鱼、异齿裂腹鱼、拉萨裂

腹鱼、尖裸鲤,而低于短须裂腹鱼,与拉萨裸裂尻鱼相当;由于各学者计算积温的方法不同或者胚胎是否在最适温度下试验,致使积温存在较大差异且可比性较低,相比之下生物学零度较有比较意义,本试验中重口裂腹鱼的生物学零度略低于四川裂腹鱼和齐口裂腹鱼,其他品种的有待研究。

(3)重口裂腹鱼胚胎发育过程中耳石先于心脏原基出现,与短须裂腹鱼心脏原基出现于耳石之前^[14]不同,与四川裂腹鱼^[16]相似;耳囊出现于尾芽

表 1 重口裂腹鱼胚胎发育时序

发育阶段	发育时相	受精后时间 (h)	持续时间 (h)	温度 (℃)	积温 (℃·h)	特征描述	图版
受精卵阶段	成熟卵			15.7		卵黄色、饱满,规格匀称	1-A
	受精卵	0.17	0.17	15.7	2.67	受精卵正在吸水,卵周隙呈半透明状	1-B
卵裂阶段	胚盘隆起	3.17	3.00	15.7	47.10	胚盘原基隆起为动物极,相对一端将形成植物极	1-C
	2 细胞期	4.03	0.87	15.7	13.66	胚体大细胞以盘状方式分裂成 2 个均等的球	1-D
	4 细胞期	5.17	1.13	15.7	17.74	分裂沟与第 1 次垂直,形成大小相近、形态相似的 4 个细胞	1-E
	8 细胞期	6.20	1.17	15.7	18.37	完成 3 次分裂形成 8 个大小均等的分裂细胞	1-F
	16 细胞期	7.03	0.83	15.6	12.95	完成 4 次分裂形成大小不一的 16 个细胞	1-G
	32 细胞期	8.12	1.08	15.5	16.74	完成 5 次分裂形成大小不一的 32 个细胞	1-H
	64 细胞期	9.78	1.68	15.3	25.70	完成 6 次分裂形成大小不一的 64 个细胞	1-I
	桑葚胚期	12.95	3.17	15.3	48.50	向下铺的细胞层边分裂边内卷,呈桑葚状隆起	1-J
囊胚阶段	囊胚早期	16.67	3.72	15.3	56.92	高耸的胚盘细胞界限模糊,此时为 1 个细胞球,植物极形成	1-K
	囊胚中期	18.45	1.78	15.2	27.06	扁平状胚层紧贴卵黄囊,开始下包,囊胚腔出现	1-L
	囊胚晚期	21.83	3.38	15.0	50.70	胚层下包至整个卵黄囊的 1/3 高度	1-M
原肠胚阶段	原肠早期	40.88	19.05	14.8	281.94	胚层下包约卵黄囊的 1/2 高度,胚盘增厚,且厚度出现差异,胚环明显	1-N
	原肠中期	43.67	2.78	14.8	41.14	胚层下包约卵黄囊的 2/3 高度,胚层细胞一侧集中加厚隆起,即为胚盾	1-O
	原肠晚期	46.05	2.38	14.8	35.22	胚层下包至卵黄囊的 3/4 高度,胚盾继续延伸,卵黄栓逐步形成	1-P
神经胚阶段	神经胚期	51.35	5.30	14.8	78.44	胚层下包至卵黄的 4/5 高度,胚盾增厚,神经板原基形成,开始深层分化	1-Q
	小卵黄栓期	54.18	2.83	14.8	41.88	胚盾继续下包,即将包围卵黄,神经沟、神经管开始出现	1-R
	胚孔封闭期	54.77	1.00	14.6	14.60	胚胎相位椭圆形,卵黄囊全部被包围,胚孔封闭	1-S
器官系统发育阶段	肌节出现期	55.77	11.33	14.3	162.02	胚体中部一侧出现肌节 4~8 对,脑空泡形成	1-T
	眼基出现期	67.10	4.92	14.4	70.85	头部有 1 条模糊的眼基线出现,眼原基形成,肌节 7~10 对	1-U
	眼囊出现期	72.02	4.92	14.4	70.85	眼原基发育为长椭圆形眼囊	1-V
	尾芽出现	84.75	12.73	14.4	183.31	中部卵黄囊内凹,椭圆变为肾形,较细的一端出现 1 个小芽,即为尾芽	1-W
	耳囊出现	95.00	10.25	14.4	147.60	后脑两侧出现椭圆形听囊,中脑隆起,肌节 9~13 对	1-X
	肌肉效应	98.33	3.33	14.3	47.62	胚体背部出现微弱的不规律肌肉收缩 4~8 次/min,肌节 28~30 对	1-Y
	耳石出现	104.23	5.90	14.3	84.37	耳囊中出现 1 对透光性差的小黑点,即为耳石	1-Z
	心脏形成期	108.83	4.60	14.2	65.32	下颌与卵黄膜之间出现短管状的心脏原基,胚体尾部拉长,眼晶体变圆,肌节 32~37 对	1-AA
	嗅囊形成	118.08	9.25	14.1	130.43	吻端与大眼之间形成左右各 1 个凸起的嗅囊	1-AB
	胸鳍原基期	123.75	5.67	14.1	79.95	耳囊之后形成轮廓模糊的舟形胸鳍原基,肌肉收缩 12 次/min	1-AC
	心脏搏动	127.17	3.42	14.1	48.22	围心腔增大,血细胞不明显,心脏规律搏动 35 次/min,眼球色素沉积明显	1-AD
出膜阶段	出膜前期	164.08	36.92	13.3	491.04	胚体摆动加快,心率为 65~70 次/min,胚胎发育进入出膜期	1-AE
	出膜期	217.33	53.25	13.3	708.23	心率逐步加快至 65~75 次/min,胚体摆动次数逐步增多,卵膜变薄,尾部变长,卵黄囊明显变小	1-AF

表 2 生物学零度的计算

项目	环境水温 T (℃)	发育时间 N (h)	总积温 K_s (℃·h)	生物学零度 C (℃)
2017 年受精卵数据	14.80 ± 0.68	217.3	3 121.1	11.3(第 1 次、第 2 次)
2018 年第 1 批受精卵数据	14.37 ± 0.84	210.0	3 038.2	11.3(第 2 次、第 3 次)
2018 年第 2 批受精卵数据	14.05 ± 0.64	242.5	3 399.4	11.4(第 1 次、第 3 次)

表 3 14 种裂腹鱼胚胎发育的比较

种类	孵化水温 (℃)	成熟卵直径 (mm)	生物学零度 (℃)	积温 (℃·h)	初孵仔鱼全长 (mm)
重口裂腹鱼(<i>S. davidi</i>)	14.50±1.20	2.91±0.29	11.3±0.06	3 121.1	11.00±0.18
短须裂腹鱼 ^[14] (<i>S. wangchiachii</i>)	12.70~14.00	2.36	—	3 565.3	8.70
四川裂腹鱼 ^[16] (<i>S. kozlovi</i>)	11.00~21.00	2.65	12.5	2 081.42/3 211.80	8.30
塔里木裂腹鱼 ^[17] (<i>S. biddulphi</i>)	16.00~19.00	1.70±0.06	—	—	7.29±0.18
小裂腹鱼 ^[13] (<i>S. parvus</i>)	13.38	1.90	—	2 429.5	7.50
光唇裂腹鱼 ^[18] (<i>S. lissolabiatu</i> s)	15.00~17.00	2.20±0.13	—	—	8.50
齐口裂腹鱼 ^[19] (<i>S. prenanti</i>)	16.80	2.90~3.00	12.4*	—	11.00
细鳞裂腹鱼 ^[20] (<i>S. chongi</i>)	17.00±1.00	2.60~3.00	—	2 108	9.00~11.00
伊犁裂腹鱼 ^[21] (<i>S. pseudaksaiensis</i>)	19.00~21.00	1.70~1.80	—	2 510	7.90
异齿裂腹鱼 ^[22] (<i>S. oconnori</i>)	12.10~13.80	2.40±0.12	—	2 399.08~2 488.21	9.84±0.28
拉萨裂腹鱼 ^[22] (<i>S. waltoni</i>)	10.00~12.00	2.95±0.09	—	2 94.51~2 906.97	10.67±0.17
拉萨裸裂尻鱼 ^[22] (<i>S. younghusbandi</i>)	9.50~11.10	2.58±0.06	—	3 031.01~3 101.84	10.86±0.33
尖裸鲤 ^[22] (<i>Oxygymnocypris stewarti</i>)	9.50~11.80	2.57±0.07	—	2 737.52~2 982.63	10.27±0.15
松潘裸鲤 ^[23] (<i>Gymnocypris potanini</i>)	17.00±2.00	2.70~2.90	—	—	8.00

注：* 表示该数据为根据原文数据估算值，—表示数据缺省。

之前与松潘裸鲤的耳囊出现于尾芽之后^[23]不同;耳石在尾芽之后形成与拉萨裸裂尻鱼的耳石先于尾芽形成^[22]不同,而与拉萨裂腹鱼^[22]相似;肌肉效应时间比四川裂腹鱼早^[16]。

3.2 温度对重口裂腹鱼胚胎发育的影响

3 个批次胚胎发育平均温度略有差距,随温度升高,破膜时间缩短,说明提高孵化水温可使鱼苗提前出膜,这对规模化生产有重要意义,但不影响孵化率和成活率的最适孵化水温有待进一步研究。

综上,四川裂腹鱼的产卵场所是水流较缓的河滩^[16];松潘裸鲤为流水急流水的中下层鱼类,产卵于近岸河滩砾石^[3,27];短须裂腹鱼于每年的 12 月至次年 3 月在流水浅滩处产卵^[28];重口裂腹鱼生存在峡谷急流河段,每年 8—9 月在水流较急的砾石河底产卵^[2];由于重口裂腹鱼产卵的季节、水流速度、底质和孵化环境存在较大差异,推测重口裂腹鱼与其他裂腹鱼类之间胚胎发育的差异可能与其更好地适应生存环境有关,具体与何种环境因子有关还须要进一步探索。

参考文献:

[1] 叶妙荣,傅天佑. 四川大渡河鱼类资源[J]. 资源开发与保护, 1987,3(2):37-40.

[2] 丁瑞华. 四川鱼类志[M]. 成都:四川科学技术出版社,1994: 379-381.

[3] 邓其祥,李 操,吴光举. 岷江上游的鱼类[J]. 四川师范学院学报(自然科学版),2001,22(1):21-25.

[4] 范继辉,刘 巧,麻泽龙,等. 岷江上游水电开发对环境的影响

[J]. 四川环境,2006,25(1):23-27.

[5] 徐 迅. 毛尔盖水电站建设生态环境影响研究[D]. 雅安:四川农业大学,2013.

[6] 李 明,傅 斌,王玉宽,等. 岷江上游水电开发特点及其空间格局分析[J]. 长江流域资源与环境,2015,24(1):74-80.

[7] 杨世勇,陈道春,杨 淞,等. 重口裂腹鱼精子的超微结构研究[J]. 安徽农业科学,2010,38(34):19504-19505,19508.

[8] 彭 淇,吴 彬,陈 斌,等. 野生重口裂腹鱼的性腺发育观察与人工繁殖研究[J]. 海洋与湖沼,2013,44(3):651-655.

[9] 宁 毅. 重口裂腹鱼幼鱼日粮中蛋白质、脂肪和碳水化合物需求量研究[D]. 南宁:广西大学,2013.

[10] 宋旭燕,吉小盼,杨玖贤. 基于栖息地模拟的重口裂腹鱼繁殖期适宜生态流量分析[J]. 四川环境,2014,33(6):27-31.

[11] 李忠利,陈永祥,胡思玉,等. 四川裂腹鱼和重口裂腹鱼形态差异的多元分析[J]. 动物学杂志,2015,50(4):547-554.

[12] 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,2007,25(4):493-497,封3.

[13] 冷 云,徐伟毅,刘跃天,等. 小裂腹鱼胚胎发育的观察[J]. 水利渔业,2006,26(1):32-33.

[14] 左鹏翔,李光华,冷 云,等. 短须裂腹鱼胚胎与仔鱼早期发育特性研究[J]. 水生态学杂志,2015,36(3):77-82.

[15] 孙儒泳. 动物生态学原理[M]. 北京:北京师范大学出版社,1987.

[16] 陈永祥,罗泉笙. 四川裂腹鱼繁殖生态生物学研究(续)Ⅱ胚胎发育的研究[J]. 毕节师专学报,1994(4):1-7.

[17] 龚小玲,崔忠凯,吴敏芝,等. 塔里木裂腹鱼胚胎和仔鱼的发育与生长[J]. 上海海洋大学学报,2013,22(6):827-834.

[18] 申安华,李光华,赵树海,等. 光唇裂腹鱼胚胎发育与仔鱼早期发育的研究[J]. 水生态学杂志,2013,34(6):76-80.

[19] 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,2004,19(3):218-221.

王明华,姜虎成,秦 钦,等. 池塘养殖密度对斑点叉尾鲷“江丰 1 号”苗种生长、成活及养殖经济效益的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(14):203–206.

doi:10.15889/j.issn.1002–1302.2020.14.038

池塘养殖密度对斑点叉尾鲷“江丰 1 号”苗种生长、成活及养殖经济效益的影响

王明华,姜虎成,秦 钦,钟立强,张世勇,陈校辉,王 江

(江苏省淡水水产研究所,江苏南京 210017)

摘要:以斑点叉尾鲷“江丰 1 号”苗种为试验对象,在池塘养殖密度分别为 8 000 尾/667 m² (B₁)、10 000 尾/667 m² (B₂)、12 000 尾/667 m² (B₃)、15 000 尾/667 m² (B₄) 的 4 个梯度下,进行为期 150 d 的斑点叉尾鲷“江丰 1 号”鱼种培育试验,研究斑点叉尾鲷“江丰 1 号”苗种在池塘养殖中的适宜放养密度。结果显示,B₃ 组的终末体质量、特定生长率显著高于其他 3 个密度组 ($P < 0.05$);B₁ 和 B₂ 组终末体质量、特定生长率无显著性差异 ($P > 0.05$)。B₃ 组的肥满度显著高于其他 3 个密度组 ($P < 0.05$)。饲料系数 B₃ 组显著低于 B₁、B₂ 组。试验期间,苗种成活率为 66.4% ~ 74.7%,4 个密度组中 B₄ 组的成活率最低,与其他 3 个密度组差异显著 ($P < 0.05$)。养殖产量从高到低依次为 B₃ 组 > B₄ 组 > B₂ 组 > B₁ 组,B₃ 组产量最高。B₄ 组支出成本显著高于 B₃ 组,导致净利润和投资回报率的降低。综合分析,在本试验条件下,体质量为 (1.05 ± 0.02) g 的斑点叉尾鲷“江丰 1 号”苗种放苗密度以 12 000 尾/667 m² 为宜。该结果可为池塘养殖条件下苗种培育提供参考依据,有助于在生产实际中科学设置放养密度,提高养殖经济效益及生态效益。

关键词:斑点叉尾鲷“江丰 1 号”;养殖密度;生长;养殖经济效益

中图分类号: S965.128 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002–1302(2020)14–0203–04

养殖密度是影响水体生产力的重要因素,水产养殖中,为提高水体利用率和养殖产量,生产者通过提高鱼类养殖密度以实现单位水体养殖产量和

经济效益的最大化,是常用的一种手段^[1]。研究表明,过高养殖密度会导致种内对空间和饵料的竞争,引起密度胁迫,增加额外的消耗,不仅直接影响养殖对象的存活率、饵料利用率、生长速度等,还间接影响水体的理化环境,引起水质恶化,增加鱼病发生可能性,导致鱼类成活率和群体生长率降低,养殖风险提高^[2–5]。鱼类的生长、摄食及生理功能均受到养殖密度影响^[6]。因此,研究水产动物不同养殖密度下的生长性能,探索投放合理的养殖密

收稿日期:2019–06–07

基金项目:江苏省现代农业产业技术体系建设项目(编号:JATS[2019]391);江苏省农业重大新品种创制项目(编号:PZCZ201741)。

作者简介:王明华(1973—),女,江苏南京人,高级工程师,主要从事生态高效养殖模式研究。E-mail:w19731224@sina.com。

[20]陈礼强,吴 青,郑曙明,等. 细鳞裂腹鱼胚胎和卵黄囊仔鱼的发展[J]. 中国水产科学,2008,15(6):927–934.

[21]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,2011,41(5):74–79.

[22]许 静. 雅鲁藏布江四种特有裂腹鱼类早期发育的研究[D]. 武汉:华中农业大学,2011.

[23]吴 青,王 强,蔡礼明,等. 松潘裸鲤的胚胎发育和胚后仔鱼发育[J]. 西南农业大学学报,2001,23(3):276–279.

[24]Knutsen G M, Tilseth S. Growth, development, and feeding success of atlantic cod larvae *Gadus morhua* related to egg size[J]. Trans Am Fish Soc, 1985, 114:507–511.

[25]Hansen T K, Falk – Petersen I B. The influence of rearing temperature on early development and growth of spotted wolffish *Anarhichas minor* (Olafsen) [J]. Aquaculture Research, 2001, 32(5):369–378.

[26]Inger – Britt F, Tove K H. Early ontogeny of the spotted wolffish (*Anarhichas minor* Olafsen) [J]. Aquaculture Research, 2003, 34(12):1059–1067.

[27]周仰躁,董存有,周学思,等. 四川九寨沟水生生物初步调查[J]. 四川动物,1986,3(2):15–17.

[28]颜文斌. 短须裂腹鱼繁殖行为生态学研究[D]. 上海:上海海洋大学,2016.