

# 淡水驯化后大鳞鲃胚胎发育观察

覃宝利, 蔺玉华, 丁辰龙

(江苏省农业科学院宿迁农科所, 江苏 宿迁 223800)

[摘要] 通过人工授精获得大鳞鲃(*Barbus capito*)受精卵,并在 23℃~26℃ 的孵化条件下,详细观察了大鳞鲃胚胎发育及未受精卵的特征。结果显示,大鳞鲃受精卵为漂流性卵(半浮性卵),卵径为(1.55±0.1)mm,吸水后卵膜膨大,卵径达到(4.3±0.2)mm。在水温 23℃~26℃ 的条件下,胚胎发育总历时为 47 h 29 min,胚胎发育过程所需总积温为 1 081℃~1 222℃。大鳞鲃受精卵卵裂方式与其他鲤科鱼类一样,属于盘状卵裂。根据胚胎发育各阶段的形态特征,将其划分为胚盘隆起、卵裂、囊胚、原肠胚、神经胚期至尾芽期和胚动期至孵化期等 6 个连续发育阶段,22 个时期。未受精卵入水后吸水膨胀,由原生质集中形成“胚盘”,但无如两细胞卵裂的现象;未受精卵的突起或分裂球陆续脱离胚盘会形成类似受精卵囊胚末期时的“假囊胚”。研究结果有助于提高大鳞鲃人工繁育效率及对孵化条件及时调控处理,有助于大鳞鲃亲鱼受精率计算方法的掌握。

[关键词] 大鳞鲃,胚胎发育,未受精卵

[中图分类号]S961.2+3 [文献标志码]A [文章编号]1001-4616(2017)04-0109-07

## Observation of Embryonic Development of Freshwater Adapted *Barbus capito*

Qin Baoli, Lin Yuhua, Ding Chenlong

(Suqian Institute of Agricultural Sciences, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Suqian 223800, China)

**Abstract:** The fertilized eggs of *Barbus capito* were obtained by artificial insemination, and the morphological characteristic of embryonic development was observed in detail under the water temperature of 23℃ to 26℃. The results showed that the fertilized eggs were floating eggs (semi floating eggs), and the average egg diameter was (1.55±0.1)mm. After absorbing water, the egg membrane was enlarged, and the diameter reached (4.3±0.2)mm. It took 47 h 29 min from fertilization to hatching-out with the average accumulative temperature of 1 081℃ to 1 222℃·h. The cleavage of fertilized eggs of *B. capito* was discoidal cleavage, like other cyprinid fishes. According to the morphological characteristics in all stages of the embryonic development process, it could be divided into 6 stages, including the uplift of blastoderm stage, cleavage stage, blastula stage, gastrula stage, neurula stage to tail-bud stage and embryonic twisting stage to hatching stage, and 22 developing phases. After entering the water, the unfertilized eggs absorbed water and swelled. Then, protoplasm centralized and formed “blastoderm”, but no such as the 2 cell cleavage phenomenon. When the protuberance or blastomere of the unfertilized egg were leaving in succession, the “blastoderm” would form a “false blastocyst” like the fertilized egg in the late blastula stage. The results served the important guidance for artificial breeding and calculating fertility rate of *B. capito*.

**Key words:** *Barbus capito*, embryonic development, unfertilized egg

大鳞鲃(*Barbus capito*)属于鲤科、鲃亚科、鲃属<sup>[1]</sup>,产于乌兹别克斯坦的阿姆河,是该国名贵的大型经济鱼类,现为野生种,已被列为乌国珍稀濒危鱼类。2003 年中国水产科学院黑龙江水产研究所将其野生个体引种到中国<sup>[2]</sup>。该鱼养殖技术要求低,水质要求低,生长速度快,喜食人工配合饵料,具有集群性好,易驯化、抗病能力强等优良特性<sup>[2-3]</sup>,并且营养价值较高,其蛋白质含量达到 20.27%,肌肉中含有 17 种氨基酸,含量为 72.22%<sup>[4]</sup>。1℃~30℃ 均能生存,适合我国南北方普遍养殖<sup>[2]</sup>。2012 年宿迁市农业科学研究院首次将大鳞鲃鱼引进到江苏省并开展相应研究。

收稿日期:2017-03-25.

基金项目:江苏省水产三新工程(Y2016-15)、宿迁市农业科技自主创新(SQCX2016-04)。

通讯联系人:丁辰龙,副研究员,研究方向:淡水经济鱼类繁育。E-mail:sqscqbl0804@163.com

目前,对淡水鲃亚科经济鱼类胚胎发育的研究较多,已见结鱼属的瓣结鱼(*Tor brevifilis*)<sup>[5]</sup>、倒刺鲃属的黑脊倒刺鲃(*Spinibarbus caldwelli*)<sup>[6]</sup>、倒刺鲃(*Spinibarbus denticulatus*)<sup>[7,8]</sup>及中华倒刺鲃(*Spinibarbus sinensis*)<sup>[9]</sup>、光唇鱼(*Acrossocheilus yunanensis*)<sup>[10]</sup>等研究报道. 但关于大鳞鲃的胚胎发育观察,仅见徐伟等<sup>[11]</sup>对野生大鳞鲃繁殖的胚胎发育(子一代)观察,而本研究中的大鳞鲃亲鱼是经淡水人工培育条件下的野生大鳞鲃的子二代. 考虑到从野生到淡水驯化后的不同以及地理环境的差异,同时为解决淡水养殖中苗种供应问题,2015 年 5 月初,宿迁市农业科学研究院对大鳞鲃亲鱼进行了繁殖试验并获得成功. 在此期间,作者对胚胎发育及未受精卵进行了详细观察,旨在进一步了解和掌握大鳞鲃胚胎发育规律及未受精卵发育特征,为开展大鳞鲃的人工繁殖提供必要的参考资料.

1 材料与方法

1.1 试验亲鱼

2012 年宿迁市农业科学研究院从黑龙江水产研究所引进大鳞鲃鱼种(野生大鳞鲃繁殖的第二代)1 000 尾,体长 10 cm 左右,饲养在宿迁农科院运河湾养殖基地,现已达到 3 龄<sup>+</sup>. 2015 年 5 月初挑选了 22 尾大鳞鲃亲本,雌雄比 1.2:1,进行人工试繁殖. 如表 1 所示.

表 1 大鳞鲃亲鱼生长情况

Table 1 Growth of broodstock *B. capito*

性别	体重/kg	体长/cm	全长/cm
♀	1.26±0.22	44.7±1.67	51.8±2.25
♂	0.74±0.24	38.3±2.69	44.3±3.02

1.2 人工繁殖

首先,将挑选好的大鳞鲃亲鱼放在暂养池中,水温控制在 23 ℃~25 ℃. 注射催产药物后将其放到高 1 m、直径 1.5 m 圆形孵化池中待产,水深 0.5 m,用水流不断刺激. 催产药物及剂量为 L-A<sub>2</sub>(4 μg/kg)+DOM(2 μg/kg)+HCG(800 UI/kg),雄鱼减半,采用胸鳍基部腹腔注射. 14 h 后每隔 1 h 检查水池中是否有漂流的鱼卵,若有,立即进行人工挤卵和授精. 每尾雌鱼挤出的卵中挤入 2~3 滴精液,用羽毛混匀后迅速冲水搅拌,然后放到自制孵化桶中流水孵化.

1.3 胚胎发育观察

受精后立即取 20 粒卵置培养皿中进行观察,每天早中晚实测水温并换水一次. 发育时间的确定按鱼卵 50%以上达到该期时间计算<sup>[12]</sup>.

使用普通双目光学显微镜(上海 XSP-4C)对受精卵进行连续观察,随机取 3 次胚胎进行观察,详细记录各期特征并进行拍照. 胚胎发育分期依据文献[13-15].

1.4 受精卵与未受精卵对比观察

取同一尾亲鱼的成熟而未受精的鱼卵和人工授精后的鱼卵各 20 粒,分别置于培养皿中,在相同条件下进行孵化,适时换水,随机取样,在解剖镜下比较观察受精卵与未受精卵的发育形态特征及细胞分裂情况.

2 结果

2.1 卵

大鳞鲃的卵为漂浮型圆形卵,乳白色,直径约(1.5±0.1) cm,遇水后卵膜会迅速吸水膨胀,直径(4.3±0.2) cm,且受精卵在卵周隙内可以转动. 受精卵的胚胎发育过程及形态特征见图 1 和表 2.

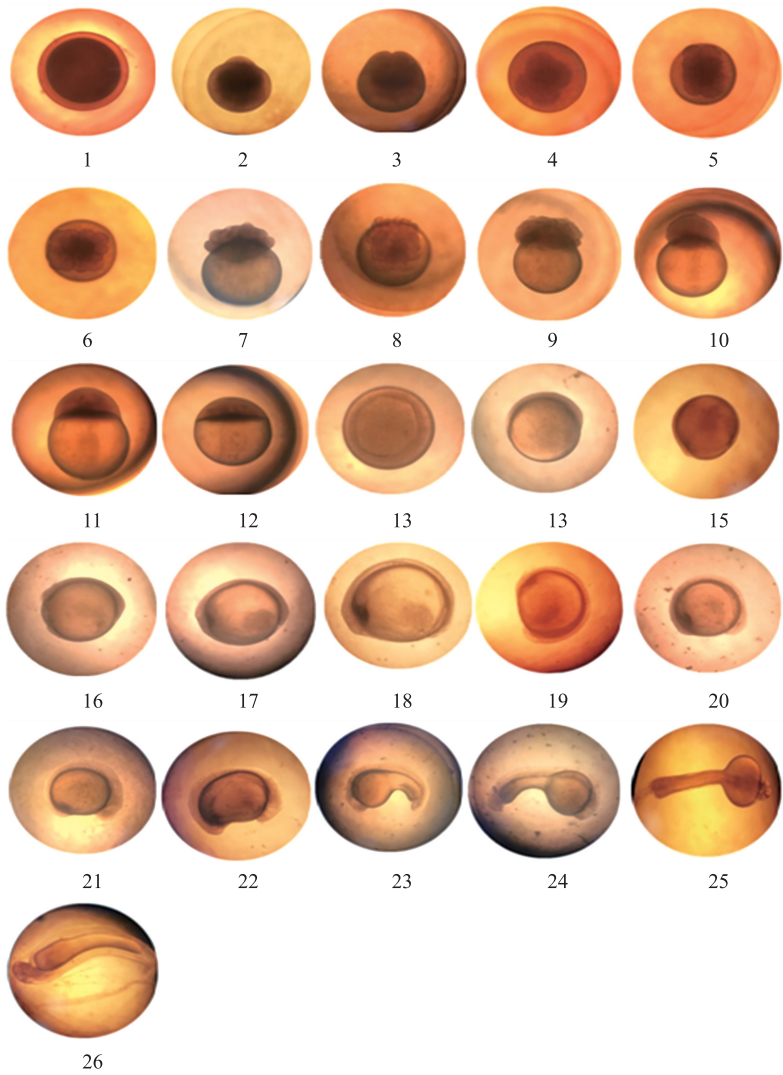
表 2 大鳞鲃胚胎发育(孵化水温 23 ℃~26 ℃)

Table 2 Embryonic development of *B. capito*(Incubation temperature 23 ℃~26 ℃)

发育时期	特征	受精后时间	图号
受精卵	浅黄色圆粒状,膜径约 4.5 mm	0 min	1-1
胚盘隆起	胚盘隆起	54 min	1-2
2 细胞	第 1 次卵裂,纵裂为 2 个细胞	1 h 39 min	1-3
4 细胞	第 2 次卵裂,2 排 4 个细胞	1 h 59 min	1-4
8 细胞	第 3 次卵裂,2 排 8 个细胞	2 h 25 min	1-5
16 细胞	第 4 次卵裂,4 排 16 个细胞	2 h 50 min	1-6
32 细胞	第 5 次卵裂,4 排 32 个细胞	3 h 5 min	1-7
64 细胞	第 5 次卵裂,8 排 32 个细胞	3 h 24 min	1-8

续表 2 Table 2 continued

发育时期	特征	受精后时间	图号
多细胞	动物极桑葚状,细胞由单层变成多层	4 h 18 min	1-9
囊胚早期	囊胚层隆起	5 h 18 min	1-10
囊胚中期	囊胚层高度有所降低	6 h 23 min	1-11
囊胚末期	囊胚层低偏,细胞极小	7 h 58 min	1-12
原肠早期	胚层下包 1/3~1/2,胚环出现	10 h 21 min	1-13
原肠中期	胚层下包 1/2~2/3	11 h 22 min	1-14
原肠末期	下包 2/3~5/6	13 h 8 min	1-15
神经胚期	下包 5/6 以后,形成卵黄栓,胚头部具雏形	14 h 54 min	1-16
胚孔封闭期	卵黄内收,胚孔封闭,胚体头部隆起	15 h 40 min	1-17
肌节出现期	肌节出现	16 h 56 min	1-18
眼基期	胚体增厚,出现窄长形的眼基	17 h 29 min	1-19
眼囊期	出现厚而鼓的眼囊	18 h 34 min	1-20
尾芽期	尾芽突出,尾泡隐约可见	20 h 24 min	1-21
眼晶体期	眼晶体出现	22 h 6 min	1-22
肌肉效应期	肌肉抽动,约 2 s 抽缩一次	24 h 15 min	1-23
胚体扭动期	胚体开始扭动,尾部开始变细且未超过头部	28 h 22 min	1-24
心脏跳动期	心脏有节律地搏动,尾延伸超过头部,胚体不停摆动	31 h 25 min	1-25
出膜期	膜皱缩,胚胎即将孵出	47 h 29 min	1-26



1-受精期;2-胚盘隆起期;3-2 细胞期;4-4 细胞期;5-8 细胞期;6-16 细胞期;7-32 细胞期;8-64 细胞期;9-多细胞期;10-囊胚早期;11-囊胚中期;12-囊胚末期;13-原肠早期;14-原肠中期;15-原肠末期;16-神经胚期;17-胚孔封闭期;18-肌节出现期;19-眼基期;20-眼囊期;21-尾芽期;22-晶体期;23-肌肉效应期;24-胚体扭动期;25-心脏跳动期;26-出膜期

图 1 大鳞鲃胚胎发育

Fig. 1 Embryonic development of *B. capito*

## 2.2 胚胎发育过程

胚胎发育观察中所有时间点观察的是相同胚胎. 从胚盘形成到囊胚期, 受精卵胚胎发育基本同步, 达到同一时期的胚胎个体占总体胚胎的90%以上. 原肠期开始之后, 胚胎发育逐渐不同步, 发育较晚的胚胎占20%左右, 其后续所有发育阶段均延迟, 大部分能正常发育并最终发育为个体, 也有个别发育停止死亡的.

### 2.2.1 胚盘形成

受精卵如图1-1, 受精后54 min左右, 卵质在动物极集中形成一个隆起的胚盘(图1-2).

### 2.2.2 卵裂期

大鳞鲃受精卵的卵裂方式与一般硬骨鱼类相似, 为盘状卵裂. 受精后1 h 39 min时开始第一次卵裂, 首先在动物极出现一条暗色的线, 逐渐形成分裂沟并变深, 直至胚盘纵裂为2个大小相等的分裂球, 此过程即为2细胞期(图1-3). 受精后1 h 59 min出现第2次卵裂, 形成的分裂沟与第1次卵裂沟垂直, 形成4个等大的细胞, 进入4细胞期(图1-4). 受精后2 h 25 min左右, 开始第3次卵裂, 2个卵裂面与第1次卵裂面平行, 分裂成8个大小基本相等的细胞, 排列两行, 每行4个, 此过程即8细胞期(图1-5). 受精后2 h 50 min时, 经第4次卵裂, 形成16细胞期(图1-6), 细胞均匀排列成4排, 每排4个, 但单个细胞明显变小. 受精后3 h 5 min时, 受精卵经过第5次分裂成32细胞期(图1-7). 受精后3 h 24 min进入64细胞期(图1-8), 分裂球形状相似, 排列紧凑, 大小基本相等, 仍为单层, 细胞结构明显可见. 受精后4 h 18 min时, 细胞由单层变成多层, 这些细胞堆在卵黄上部, 形如花冠, 此时为多细胞期(图1-9).

### 2.2.3 囊胚期

随着细胞继续分裂, 分裂球越来越小, 堆叠在卵黄上, 细胞界线不明显. 受精后5 h 18 min胚盘明显隆起, 形成高囊胚, 进入囊胚早期(图1-10). 受精后6 h 23 min, 囊胚边缘开始下包, 囊胚顶随之变得稍扁平, 囊胚的高度降低, 胚胎进入囊胚中期(图1-11). 受精后7 h 58 min胚盘的高度进一步降低, 变扁, 边缘下包明显, 为囊胚晚期(图1-12).

### 2.2.4 原肠期

受精后10 h 21 min, 囊胚周边开始明显内卷, 胚盘似中帽状扣在卵黄之上, 胚层细胞下包卵黄体的1/3~1/2, 随着下包的延伸和囊胚高度迅速下降, 下包的边缘增厚形成胚, 胚层边缘形成环形带, 称胚环, 且胚层与卵黄囊界限明显, 胚胎进入原肠初期(图1-13). 受精后11 h 22 min时, 胚层下包卵黄体的1/2~2/3, 此时胚环明显, 进入原肠中期(图1-14), 随后在胚环一侧形成极未来胚胎的后端出现明显增厚的隆起, 即胚盾形成. 受精后13 h 8 min, 胚盘继续下包渐达卵黄囊3/4处, 胚盾伸长变细, 胚环改称胚孔, 进入原肠晚期(图1-15).

### 2.2.5 神经胚期至尾芽期

受精后14 h 10 min时胚盘下包至9/10, 胚盾继续伸长前端略膨大胚胎由圆形变成椭圆形. 受精后14 h 49 min时, 胚体脊索可见, 进入神经胚期(图1-16). 受精后15 h 40 min胚层下包结束, 此时为胚孔封闭期(图1-17). 受精后16 h 56 min, 肌节出现(图1-18). 受精后17 h 29 min, 位于胚胎前部的眼原基清晰可见, 头部稍离卵黄囊, 肌节3~4对, 此时进入眼基期(图1-19). 受精后18 h 34 min时, 头部明显隆起, 脑的前、中、后分化明显, 肌节6~8对, 视泡明显可见, 进入眼囊期(图1-20). 当胚胎发育至20 h 24 min时, 胚胎尾部出现牙状突起, 末端具有克氏囊<sup>[6,16]</sup>(又称尾泡<sup>[17-18]</sup>或库普耳氏泡-Kupfer, vesicle<sup>[19]</sup>), 体节形状变为“>”, 肌节19对, 胚胎发育进入尾芽期(图1-21), 此时还可观察到眼囊后方的背上方出现椭圆形泡状, 可能是鳃板<sup>[13]</sup>.

### 2.2.6 胚动期至孵化期

受精后22 h 6 min, 眼泡内出现眼晶体, 尾部克氏囊明显, 胚胎发育进入眼晶体出现期(图1-22), 肌节继续增多, 此时肌节20~24对. 受精后24 h 15 min, 肌肉开始收缩, 肌肉抽动, 约2 s抽缩一次, 卵黄囊发生变形即由原来的椭圆形变成葫芦状, 尾部克氏囊仍然存在, 胚胎发育进入肌肉效应期(图1-23). 受精后28 h 22 min尾部离开卵黄囊伸长变细, 胚体偶尔扭动, 进入胚动期(图1-24). 受精后31 h 25 min尾即将接近头部, 心脏搏动缓慢, 胚体不停地摆动, 胚胎发育进入心脏跳动期(图1-25). 受精后45 h 29 min左右, 胚体在卵膜内激烈挣扎, 尾部首先刺破卵膜, 尾部出膜后, 仔鱼猛然抖动摆脱卵膜(图1-26). 50 h 12 min



大部分胚胎孵化出膜;53 h 全部孵化出膜,初孵仔鱼全长 $(6.1\pm 0.08)$  mm,鱼体白色透明,全部沉卧水底。

本研究中大鳞鲃胚胎发育的主要时期与徐伟等<sup>[11]</sup>在哈尔滨地区养殖的野生大鳞鲃相同,不同的是本研究中发现了尾芽期开始出现克氏囊和鳃板。胚胎发育总历时略有差异,时间点上略有差异,如本研究中胚盘隆起到囊胚中期的时间均比徐伟等<sup>[11]</sup>的研究结果提前约 1 h,囊胚末期之后,提前的时间差越来越大,从 2 h~3 h 到 9 h~11 h。

### 2.3 未受精卵与受精卵对比

对比发现,成熟的大鳞鲃未受精卵经水激动后,也能进行短时间的发育,即卵膜也能吸水膨胀,也有原生质集中形成“胚盘”的现象,但无如两细胞卵裂的现象。授精 8 h 左右时,受精卵处于囊胚末期,而未受精卵与此时期的受精卵形态特征很相似。

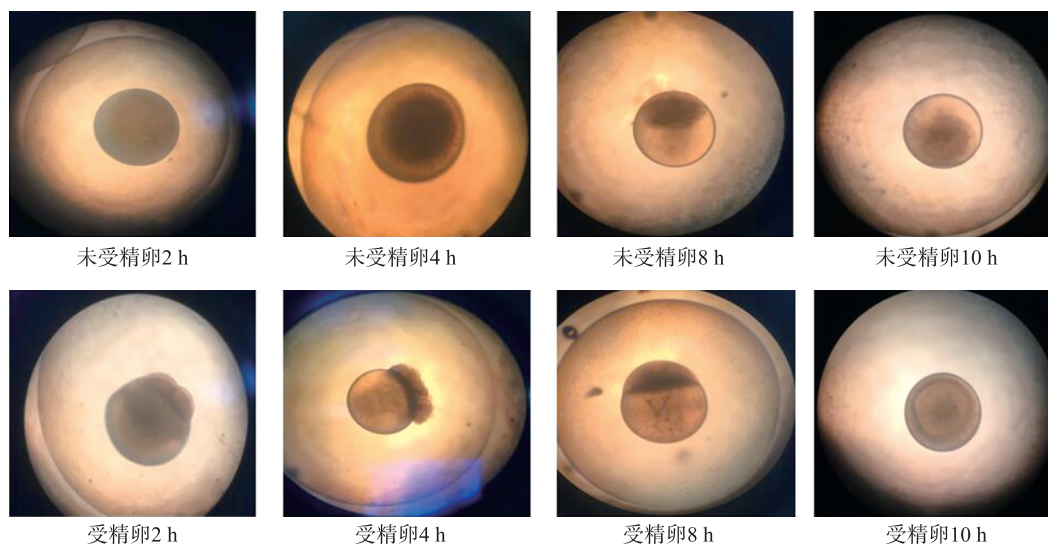


图 2 授精后 10 h 内受精卵与未受精卵对比

Fig. 2 Comparison of the fertilized egg and unfertilized egg within 10 h after insemination

## 3 分析讨论

### 3.1 卵的特性

实验观察发现大鳞鲃卵的颜色为乳白色,直径约 $(1.5\pm 0.1)$  mm,遇水后卵膜会迅速吸水膨胀,直径为 $(4.3\pm 0.12)$  mm。徐伟等<sup>[11]</sup>在北京房山鲟鱼养殖基地培育的野生大鳞鲃亲鱼所产的卵为灰白色,卵膜最大为 4.5 mm。耿龙武等<sup>[20]</sup>在哈尔滨地区培育的野生大鳞鲃亲鱼所产卵在没吸水时卵径为 $(1.53\pm 0.01)$  mm,吸水膨胀后的卵径为 $(4.55\pm 0.05)$  mm,与本研究所得结果有所不同,这可能跟本研究中受精卵为野生大鳞鲃子一代所产有关,也可能跟养殖环境不同有关。研究表明,鱼卵的生态类型分为浮性卵和沉性卵,沉性卵的比重大于水,依卵黄周隙的大小和粘性状况,沉性卵又可分为粘性卵(鲤、鲫、团头鲂和金鱼等<sup>[13]</sup>)、普通沉性卵(虹鳟<sup>[21]</sup>及泥鳅等<sup>[22]</sup>)和漂流性卵。漂流性卵产出后即吸水膨胀,出现较大的卵黄周隙,但比重仍稍大于水,鲤科中草、青、鲢、鳙等不少种类产此类型卵<sup>[13]</sup>,所以也可称为半浮性卵。因此,大鳞鲃的卵即为漂浮性卵,且其胚胎发育全过程在低倍镜下清晰可见。

### 3.2 未受精卵发育特征

成熟的大鳞鲃未受精卵在水中的发育特点与四大家鱼相似<sup>[23-24]</sup>。在计算受精率时,应当注意,当受精卵进入低囊胚期时,由于囊胚变低,已看不见细胞界限,而未受精卵的突起或分裂球又陆续脱离胚盘,卵质逐渐向植物极扩散,胚盘变低且表面光滑,初看起来类似受精卵的低囊胚期,容易混淆。故计算受精率需在囊胚早期完成,这一点与曹克驹等<sup>[24]</sup>对草鱼、鲢、鳙鱼未受精卵的观察结果一致。

### 3.3 胚胎发育特征

胚胎发育主要分为 26 个时期,主要时期的划分与其他鲃亚科鱼类无明显区别,只是发育阶段所需时间有所不同。

大鳞鲃胚胎肌肉效应发生在晶体出现之后,与倒刺鲃<sup>[7]</sup>、草鱼等<sup>[25]</sup>相同,而黑脊倒刺鲃<sup>[6]</sup>的肌肉效应则发生在晶体出现之前. 克氏囊为真骨鱼胚胎所特有的构造<sup>[21]</sup>,大鳞鲃胚胎发育过程中从尾芽期到胚体扭动期都出现了克氏囊,在眼晶体期明显,胚体扭动期后消失. 但不同鱼类其克氏囊出现和消失的时间有所不同,黑脊倒刺鲃的克氏囊出现在尾芽期,在眼晶体出现期前消失<sup>[6]</sup>,而倒刺鲃胚胎的克氏囊出现在尾芽期,在眼晶体出现期明显,在肌肉效应期后消失<sup>[9]</sup>;家鱼的克氏囊出现在听囊期之后,而银鲌的出现则在听囊期之前<sup>[18]</sup>.

试验中发现,大鳞鲃胚胎外膜较薄、易破、易附着杂物. 尤其未受精卵发霉后易粘连即将孵化出膜的胚体,造成受精卵孵化缺氧,生产上应避免发霉受精卵粘连、改善通气条件. 但 Смирнова 认为<sup>[26]</sup>,改善真骨鱼类气体交换会拖延出膜时间,但缺氧会造成过早出膜,提前出膜会降低仔鱼的存活力. 因此,如何更好地调节大鳞鲃受精卵孵化期间溶解氧的问题成为关键. 观察发现,受精后 28 h 左右胚胎扭动较强,所以在生产上,受精后 27 h 后需要减少水压和反冲力,避免外力使卵膜破裂造成胚胎死亡.

### 3.4 孵化时间

鱼类孵化出膜的时间和形态与其生态环境有着密切的联系<sup>[27]</sup>,在正常孵化生态条件范围内,每一种鱼都在一定的发育阶段出膜. 由于卵粒的原始异质性和不同的具体发育条件,胚胎可以在不同时期出膜. 在水温 23 ℃~26 ℃,从受精卵到孵化出膜,大鳞鲃胚胎发育历时 47 h 29 min,与同属鲃亚科的其他鱼类发育速度相似,如倒刺鲃<sup>[7]</sup>( $(25\pm0.5)$  ℃, 43.9 h)、黑脊倒刺鲃(25 ℃~28 ℃, 45.25 h)<sup>[6]</sup>和中华倒刺鲃<sup>[8]</sup>(19 ℃~22 ℃, 43.67 h). 据报道,鱼类胚胎发育的快慢除了与水温高低关系密切外,还与卵子的大小有关. 一般说来,卵径大的胚胎发育较慢<sup>[27]</sup>. 大鳞鲃卵径约 1.5 mm,与同亚科的几种倒刺鲃的卵径相比小得多<sup>[7]</sup>,但发育速度却相似. 青、草、鲢、鳙鱼的卵径约 1.5 mm,鲤、鲫鱼的卵径约 1.2 mm<sup>[7]</sup>,与大鳞鲃卵径相似,但发育速度相差较多. 这说明大鳞鲃的胚胎发育比较特殊,可能受孵化水温、卵径及卵膜等综合因素的影响.

此外,大鳞鲃的胚胎发育依水温、地理环境不同,孵化时间也有差异. 徐伟等<sup>[9]</sup>在水温 20 ℃~23 ℃时,观察到北京房山养殖野生大鳞鲃的受精卵出膜时间 54 h 左右,而耿龙武等<sup>[20]</sup>在相同温度下发现哈尔滨地区养殖野生大鳞鲃从受精卵到孵出鱼苗需要约 70 h. 但同样驯养于北京房山的野生大鳞鲃受精卵在水温 23 ℃~25 ℃条件下,大约 65 h~70 h 出膜<sup>[2]</sup>. 这些研究结果与本试验在 23 ℃~26 ℃下的孵化时间均不相同. 鱼类生殖生态习性中,对不同生境有其自身适应性,不同积温下才能保证仔鱼出膜和成活率<sup>[29-30]</sup>. 因此,在生产中应根据不同地区地理环境调整以寻求适合的孵化方式.

### [参考文献]

- [1] 尼科里斯基 L B. 分门鱼类学[M]. 北京:高等教育出版社,1958:186-189.
- [2] 蔺玉华,耿龙武,王信海,等. 池塘驯养大鳞鲃某些生物学特性研究[J]. 天津师范大学学报(自然科学版),2009,29(4):72-75.
- [3] 徐伟,耿龙武,李池陶,等. 北方寒地池养大鳞鲃生长和越冬成活[J]. 淡水渔业,2012,42(1):68-71.
- [4] 蔺玉华,王信海,耿龙武,等. 大鳞鲃(*Barbus capito*)的含肉率及肌肉营养成分分析[J]. 天津师范大学学报(自然科学版),2008,28(3):1-4.
- [5] 谢恩义,阳清发,何学福. 瓣结鱼的胚胎及幼鱼发育[J]. 水产学报,2002,26(2):115-121.
- [6] 苏敏,林丹军,尤永隆. 黑脊倒刺鲃胚胎发育的观察[J]. 福建师范大学学报(自然科学版),2002,18(2):80-84.
- [7] 易祖盛,陈湘舜,王春,等. 倒刺鲃胚胎发育的研究[J]. 中国水产科学,2004,11(1):65-69.
- [8] 黄洪贵. 倒刺鲃的胚胎发育及水温对胚胎发育的影响[J]. 河北渔业,2009(4):32-36.
- [9] 黄洪贵. 中华倒刺鲃胚胎与仔鱼发育的观察[J]. 江西农业大学学报,2009,31(6):1 087-1 092.
- [10] 姜建湖,张德明,竺俊全,等. 光唇鱼(*Acrossocheilus fasciatus*)胚胎及仔、稚鱼的发育[J]. 海洋与湖沼,2012,43(2):280-287.
- [11] 徐伟,耿龙武,李池陶,等. 大鳞鲃的人工繁殖、胚胎发育和耐盐碱测定[J]. 水产学报,2011,35(2):255-260.
- [12] 蔺玉华,耿龙武,吴文化,等. 威海卡拉白鱼胚胎和仔鱼早期发育[J]. 中国水产科学,2004,11(3):208-213.
- [13] 楼允东. 组织胚胎学[M]. 北京:中国农业出版社,1996:347-354.

- [14] 中国科学院实验生物研究所. 家鱼人工生殖的研究[M]. 北京:科学出版社,1962:125-136.
- [15] 易伯鲁,余志堂,梁秩,等. 葛洲坝水利枢纽与长江四大家鱼[M]. 武汉:湖北科技出版社,1998.
- [16] 上海水产学院. 组织胚胎学[M]. 北京:农业出版社,1981:321-322.
- [17] 江林源,梁万文,黄光华,等. 倒刺鲃的人工繁殖技术研究[J]. 西南农业学报,2006,19(6):1 172-1 175.
- [18] 李修峰,黄道明,谢文星,等. 汉江中游银鲌的胚胎发育[J]. 大连水产学院学报,2005,20(3):181-185.
- [19] 任波,任慕莲,郭焱,等. 扁吻鱼胚胎及仔鱼发育的形态学观察[J]. 大连海洋大学学报,2008,22(6):397-402.
- [20] 耿龙武,徐伟,蔺玉华,等. 大鳞鲃人工繁育技术初报[J]. 吉林农业大学学报,2010,32(2):218-220.
- [21] 张峰,权生林. 虹鳟鱼人工繁殖和养殖技术[J]. 水产养殖,2015,36(12):22-24.
- [22] 郑文彪. 泥鳅胚胎和幼鱼发育的研究[J]. 水产学报,1985,9(1):37-47.
- [23] 曹克驹,徐桂珍,邢国新. 草鱼、鲢、鳙鱼卵受精率计算方法的探讨[J]. 水生生态学,1995(6):3-5.
- [24] 徐桂珍,沈新玉. 四大家鱼鱼卵受精率计算方法的探讨[J]. 安徽农业科学,1994,22(2):190-192.
- [25] 刘筠. 中国养殖鱼类繁殖生理学[M]. 北京:农业出版社,1993:56-101.
- [26] СМІРНОВА Е Н. 鱼类发育生态形态和生态生理学研究[M]. 北京:科学出版社,1985:44-55.
- [27] 易祖盛,王春. 尖鳍鲤的早期发育[J]. 中国水产科学,2002,9(2):120-124.
- [28] 赵鹤凌. 胭脂鱼胚胎发育的观察[J]. 水利渔业,2006,26(1):34-35.
- [29] JOBLING M. Environmental biology of fishes[M]. London:Chapman N & Hall,1995:357-390.
- [30] 王吉桥,赵兴连. 鱼类增养殖学[M]. 大连:大连理工大学出版社,2000:130-180.
- [31] 殷名称. 鱼类生态学[M]. 北京:中国农业出版社,1995:105-130.

[责任编辑:黄 敏]

(上接第 108 页)

- [15] BUCHANAN R E. 伯杰氏菌种鉴定手册[M]. 8 版. 北京:科学出版社,1984:274-828.
- [16] EFRON B, HALLORAN E, HOLMES S. Bootstrap confidence levels for phylogenetic trees[J]. Proceedings of the national academy of sciences, 1996, 93(14):7 085-7 090.
- [17] 唐文静,王楚文,柳云龙,等. 冷藏海鲈鱼优势腐败菌的筛选和鉴定[J]. 食品科学,2016(3):170-174.
- [18] AL-DAGAL M M, BAZARAA W A. Extension of shelf life of whole and peeled shrimp with organic acid salts and bifidobacteria[J]. Journal of food protection, 1999, 62(1):51-56.
- [19] 谢丽丹,李蕾蕾,王素英. 低温贮藏南美白对虾特定腐败菌的分离鉴定及腐败能力分析[J]. 食品与发酵工业,2016(3):67-72.
- [20] GILL C O, BADONI M, JONES T. Hygienic effects of of trimming and washing operations in a beef carcass dressing process[J]. Journal of food protection, 1996, 59:666-669.
- [21] 杨宪时,郭全友,许钟. 罗非鱼冷藏过程细菌种群的变化[J]. 中国水产科学,2008,15(6):1 050-1 055.
- [22] NYCHAS G J E, DROSINOS E H, BOARD R G. Chemical changes in stored meat[A]. Board RG, Davies A. Microbiology of meat and poultry[M]. London, England:Blackie Academic and Professional, 1998:288-326.
- [23] 黄林,陈全胜,张燕华,等. 冷却猪肉优势腐败菌分离鉴定及致腐能力测定[J]. 食品科学,2013(1):205-209.
- [24] 雷鸣,蒋荣荣,鞠荣华,等. 低温肉制品中微生物检测及优势菌群的鉴定和分析[J]. 中国酿造,2013,32(3):83-87.

[责任编辑:黄 敏]