

文章编号: 1000-0615(2006)01-0021-08

## 框鳞镜鲤♀ × 青鱼♂杂种F<sub>1</sub>胚胎发育和仔鱼早期发育初步研究

金万昆, 俞丽, 杨建新, 张慈军, 高永平, 赵宜双, 王春英  
(国家级天津市换新水产良种场, 天津 301500)

**摘要:** 采用人工催产和干法受精技术, 对框鳞镜鲤♀ × 青鱼♂进行了2次杂交试验, 共获受精卵878.9万粒, 用网箱和环道孵化方法共得到培育4d仔鱼358万尾。受精率94.15%, 孵化率51.4%。水温控制在23~24℃, 受精后5min胚盘隆起, 约58min进入2细胞期, 1h10min进入4细胞期, 1h25min进入8细胞期, 1h43min进入16细胞期, 1h53min进入32细胞期, 2h20min进入多细胞期, 2h49min进入囊胚早期, 4h30min进入囊胚中期, 5h18min进入囊胚晚期, 6h30min进入原肠早期, 7h30min进入原肠中期, 9h30min进入原肠晚期, 10h20min进入神经胚期, 12h00min进入胚孔封闭期, 14h30min进入眼泡出现期, 18h20min进入尾芽期, 23h30min进入晶体出现期, 25h00min进入肌肉效应期, 27h55min进入心脏搏动期, 40h33min至45h30min为孵出期。胚后发育观察到4日龄, 4日龄后下塘培育乌仔, 该杂交组合胚胎发育时间介于双亲之间。同时, 观察了杂种胚胎发育各时期中自卵裂、囊胚、原肠作用、器官形成至孵出期的发育异常现象, 畸形率为51.8%。

**关键词:** 框鳞镜鲤; 青鱼; 杂种F<sub>1</sub>; 胚胎发育; 仔鱼

中图分类号: S917 文献标识码: A

## Embryonic and early larval development of the hybrid (*Cyprinus carpio* var. *specularis* ♀ × *Mylopharyngodon piceus* ♂) F<sub>1</sub>

JIN Wan-kun, YU Li, YANG Jian-xin, ZHANG Ci-jun,

GAO Yong-ping, ZHAO Yi-shuang, WANG Chun-ying

(National Level Tianjin Huanxin High Quality Fish Farm, Tianjin 301500, China)

**Abstract:** Using artificial spawning and dry insemination, two hybrid experiments between *cyprinus carpio* var. *specularis* ♀ and *Mylopharyngodon piceus* ♂ were conducted. A total of 8789 thousand fertilized eggs and 3580 thousand 4-day old larvae were obtained. The fertilization rate was 94.15% and the hatching rate was 51.4%. The fertilized eggs took 5 min after fertilization to develop into formation of blastoderm, about 58 min into 2-cell, 1 h 10 min into 4-cell stage, 1 h 25 min into 8-cell stage, stage 1 h 43 min into 16-cell, 1 h 53 min into 32-cell stage, 2 h 20 min into morula stage, 2 h 49 min into early-blastula stage, 4 h 30 min into middle-blastula stage, 5 h 18 min into late-blastula stage, 6 h 30 min into early-gastrula stage, 7 h 30 min into middle-gastrula stage, 9 h 30 min into late-gastrula stage, 10 h 20 min into neurula stage, 12 h 00 min into blastopore closing stage, 14 h 30 min into optic vesicle stage, 18 h 20 min into tail bud stage, 23 h 30 min into eye lens formed stage, 25 h 00 min into muscular effect stage, 27 h 55 min into heart working stage, the hatched larvae stage was from 40 h 33 min to 45 h 30 min after fertilization. The embryonic development was observed until the fourth day then the 4-day old larva were put into the pond for breeding. The embryonic development time of the hybrid is between their parents'. Meanwhile the abnormal phenomena from fertilized eggs division, organ forming to hatched larva during each embryonic development stage of hybrid were observed. The malformation rate was 51.8%.

**Key words:** *Cyprinus carpio* var. *specularis*; *Mylopharyngodon piceus*; hybrid F<sub>1</sub>; embryonic development; larva

收稿日期: 2004-10-25

资助项目: 全国水产技术推广总站水产良种示范推广项目(农鱼种苗[2003]28号)

作者简介: 金万昆(1932-), 男, 天津宁河人, 高级工程师, 主要从事淡水鱼类人工繁殖及育种工作。E-mail: huanxin@tjhuaxin.com

框鳞镜鲤♀与青鱼♂杂交属亚科间杂交。据不完全统计,从1558年以来,国内外报道过的鱼类亚科间杂交共有约5个亚科40余个杂交组合,如鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)♀×团头鲂(*Megalobrama amblycephala*)♂、鲢♀×青鱼(*Mylopharyngodon piceus*)♂、鲢♀×草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)♂、鲤(*Cyprinus carpio*)♀×草鱼♂、鲤♀×团头鲂♂、鲤♀×鳙(*Aristichthys nobilis*)♂、鳙♀×草鱼♂、鳙♀×三角鲂(*Megalobrama terminalis*)♂、草鱼♀×团头鲂♂、鲫(*Carassius auratus auratus*)♀×花( *Hemibarbus maculatus*)♂、鲫♀×蒙古红( *Erythroculter mongolicus*)♂、黑鲫(*Carassius carassius*)♀×拟鲤(*Rutilus rutilus*)♂、黑鲫♀×红眼鱼(*Scardinius erythrophthalmus*)♂、黑鲫♀×( *Gobio gobio*)♂、拟鲤♀×♂、红眼鱼♀×丁( *Tinca tinca*)♂、红眼鱼♀×鲤♂、×圆腹雅罗鱼(*Leuciscus idus*)♂、拟( *Alburnus alburnus*)♀×丁♂等<sup>[1]</sup>。但框鳞镜鲤♀与青鱼♂杂交组合未见报道。本研究对该杂交组合杂种F<sub>1</sub>的胚胎发育及仔鱼早期发育进行了观察,旨在探讨鱼类远缘杂交,特别是亚科间杂交杂种F<sub>1</sub>胚胎发育特性及胚胎发育过程中畸形胚胎出现的情况及其发育规律。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

亲本框鳞镜鲤和青鱼均取自本场试验池。框鳞镜鲤雌鱼体重3.5~6.0 kg,4龄;青鱼雄鱼体重11~14 kg,7龄。于2004年6月5日和6月8日共进行2次试验,2次共用框鳞镜鲤雌鱼21尾,青鱼雄鱼5尾。

### 1.2 方法

人工催产,干法授精 试验前一天,从池塘捕出亲鱼,分别放入水泥池的网箱中,网箱大小为3 m×4 m×1 m,水温22℃左右,当天下午3:00分别给亲鱼注射催产药物,催产剂为促黄体素释放激素类似物(LRH-A<sub>2</sub>)和绒毛膜促性腺激素(HCG),剂量:雌鱼每千克体重注射(LRH-A<sub>2</sub>)8~16 μg和HCG 800 IU,雄鱼剂量减半,均为1次注射。到达效应时间(约12 h左右),检查雌鱼排卵情况,当轻压腹部能顺利流出卵粒时,立即进行人

工授精,即将卵挤入已消毒的白瓷盆中,同时挤入精液并立即用力晃动盆内精卵,致使精卵均匀结合,3~4 s后加水,用手轻轻搅拌盆水使精卵充分授精并分散成粒。

孵化 将分散的受精卵迅速洒在事先铺置在水深0.2 m水泥池底的人工鱼巢上,待受精卵全部粘附后,将粘满受精卵的人工鱼巢一片片地挂在铁竿上,移入池塘网箱中孵化。水温23~24℃。第2次试验的受精卵较多,直接放入孵化环境中,采用自然脱粘孵化。水温24~27℃。

胚胎发育观察 每次试验均从受精卵中取出少量,粘附在2~3个培养皿上,培养皿放入室内白瓷盆水中,每天早晚记录水温,并换水1次,水温保持在23~26℃。发育时间的确定按受精卵50%以上到该期间计算。使用国产解剖镜连续观察受精卵发育的全过程,每次观察2个培养皿,详细记录各期特征,并拍照。胚胎发育分期参照文献[2~6]。

观察了F<sub>1</sub>的胚胎发育,对畸形胚胎发育受阻,胚孔不封闭,体腔水肿,卵黄囊缩短、口腔张开,心血管系统异常等现象,进行拍照。

受精率计算是按胚胎发育进入原肠期时,统计2~3个培养皿的活胚胎数(包括尚未死亡的畸形胚胎)占总受精卵数的百分率。

孵化率计算是按胚胎进入孵化期,仔鱼全部孵出(包括活着的畸形仔鱼)占总受精卵数的百分率。

## 2 结果

### 2.1 受精卵

框鳞镜鲤成熟卵为圆球形,沉性,有粘性,卵质分布均匀,卵粒呈黄绿色或黄色,卵径约1.7 mm左右,受精卵入水后约30 min吸水膨胀,形成卵周隙,其直径约2.0 mm左右。

### 2.2 孵化

框鳞镜鲤♀×青鱼♂杂种F<sub>1</sub>的受精卵采用网箱和环道两种孵化方式。网箱孵化稍差于环道孵化。2次试验共获受精卵878.9万粒,共孵出鱼苗358万尾,受精率平均为94.15%,孵化率平均为51.4%,其中畸形率为51.8%。

表 1 (框鳞镜鲤♀ × 青鱼 ♂) 杂种 F<sub>1</sub> 的胚胎发育Tab. 1 Embryonic development of hybrid between *Cyprinus carpio* var. *specularis* ♀ × *Mylopharyngodon piceus* ♂

发育时期 development stages	孵化水温 ℃ water temperature	受精后时间 time after fertilization	部分受精卵胚胎发育异常及死亡情况 abnormal development and death of some fertilized eggs	图版 plate
受精卵 fertilized eggs	23	0		
胚盘隆起 blastoderm formation	23	23 min		I-1
2 细胞 2-cell stage	23	58 min		I-2
4 细胞 4-cell stage	23	1 h 10 min	卵裂不正常	I-3
8 细胞 8-cell stage	23	1 h 25 min	卵裂不正常, 分裂细胞大小不一	I-4
16 细胞 16-cell stage	23	1 h 43 min	卵裂不正常	I-5; II-1
32 细胞 32-cell stage	23	1 h 53 min	卵裂不正常	I-6; II-2
多细胞期 multicellular stage	23	2 h 20 min	分裂细胞排列不规则	I-7; II-3, 4
囊胚早期 early stage of blastula	23	2 h 49 min	囊胚不规则	I-8
囊胚中期 middle stage of blastula	23	4 h 30 min	囊胚不规则	I-9
囊胚晚期 late stage of blastula	23	5 h 18 min	囊胚不规则	I-10
原肠早期 early stage of gastrula	23	6 h 30 min	胚盘下包受阻	I-11; II-5
原肠中期 middle stage of gastrula	23	7 h 30 min	胚盘下包受阻	I-12; II-6
原肠晚期 late stage of gastrula	23	9 h 30 min	胚盘下包受阻, 检查 642 个受精卵中, 死亡 55 个	I-13; II-7
神经胚期 neurula stage	23	10 h 20 min	胚胎发育缓慢	I-14
胚孔封闭期 stage of blastopore closure	23	12 h 00 min	胚胎发育缓慢	I-15; II-8
眼泡出现期 optic vesicle	24	16 h 43 min	胚胎发育缓慢, 检查 188 个受精卵中, 死亡 11 个	I-16
尾芽期 tail bud	24	18 h 42 min	胚胎发育缓慢, 卵黄囊前端很大, 脊索向后伸展不正常	I-17
眼晶体出现期 stage of eye lens formed	24	23 h 30 min	胚胎发育缓慢, 检查 177 个胚胎, 死亡 4 个	I-18
肌肉效应期 stage of muscular contraction	25	25 h 00 min	胚胎发育缓慢, 尾部向背部弯曲, 检查 173 个胚胎, 死亡 16 个	I-19; II-9
心脏搏动期 stage of heart pulsation	25	27 h 55 min 33 h 30 min	胚胎发育缓慢, 卵黄囊前端很大, 躯体向上弯曲	I-20
孵出期 hatched larva stage	25	40 h 33 min 45 h 40 min	不正常胚胎头部先出膜, 一部分不能出膜, 死亡	I-21; II-10~ 13

### 2.3 胚胎发育过程

**胚盘隆起** 受精后约 5 min, 卵周围的原生质开始向动物极集中, 并逐渐隆起, 约 23 min 在动物极形成胚盘。未受精卵, 吸水后也会形成假胚盘。卵裂类型与一般硬骨鱼类相同, 为盘状均等分裂类型<sup>[3]</sup> (图版 I-1)。

**2 细胞期** 受精后约 58 min, 胚盘面积逐渐扩大, 开始在胚盘顶部中央产生一纵裂沟, 并向两侧伸展, 把细胞纵裂为两个大小相同的细胞(图版 I-2)。这时有一些受精卵分裂较慢。

**4 细胞期** 受精后 1 h 10 min, 进行第 2 次纵分裂, 在两个细胞顶部中间出现分裂沟, 与第一次分裂沟成直角相交, 形成 4 个大小相等的细胞(图版 I-3)。很少一部分受精卵分裂稍慢, 并形成 4 个大小不相等的细胞。

**8 细胞期** 受精后 1 h 25 min, 进行第 3 次纵分裂, 在第 1 次分裂面两侧各出现 1 条与之平行的凹沟, 并与第 2 次分裂面垂直, 形成两排形态、大小相似的 8 个细胞(图版 I-4)。这时分裂不正常的胚胎, 其 8 个细胞形态、大小不同。

**16 细胞期** 受精后 1 h 43 min, 进行第 4 次分裂, 出现垂直于第 1 与第 3 分裂面的凹沟, 平行于第 2 分裂沟, 纵裂成 16 个细胞, 形成 4 排, 每排 4 个, 但细胞明显变小(图版 I-5)。这时, 一部分不正常分裂的胚胎, 其细胞形态、大小明显不同, 且细胞排列很不整齐(图版 II-1)。

**32 细胞期** 受精后约 1 h 53 min, 进行第 5 次分裂, 通过分裂形成 32 个细胞, 其分裂球形状相似, 大小基本相等(图版 I-6)。这时, 部分不正常分裂的胚胎, 其分裂球大小不一, 且位置排列很

不整齐(图版 II-2)。

**多细胞期** 受精后 2 h 20 min, 进行第 6 次分裂, 以后又进行第 7 次分裂, 并依次继续下去, 分裂球数目不断增加, 细胞分裂球体积越来越小, 形成多细胞期(图版 I-7)。这时, 一部分不正常分裂的胚胎, 或停止发育或见到分裂球发育不规则(图版 II-3、4)。

**囊胚早期** 受精后 2 h 49 min, 细胞分裂得更细, 界限不清, 分裂球堆叠成帽状突出在卵黄球上。3 h 20 min 帽状明显隆起, 形成高囊胚, 为囊胚早期(图版 I-8)。这时, 一部分不正常分裂的胚胎, 或停止发育或形成不规则的囊胚。

**囊胚中期** 受精后 4 h 30 min, 细胞分裂越来越小, 胚盘中央隆起部逐渐降低, 并向扁平发展, 胚胎进入囊胚中期(图版 I-9)。这时, 一部分不正常分裂的囊胚或停止发育, 或虽发育, 但囊胚形状很不规则。

**囊胚晚期** 受精后约 5 h 18 min, 胚盘高度进一步降低, 并继续向扁平伸展, 周围一层细胞开始下包, 进入囊胚晚期(图版 I-10)。这时, 一部分不正常分裂的囊胚停止发育, 其中部分仍继续发育。

**原肠早期** 受精后 6 h 30 min, 胚盘边缘细胞增多, 从四面向植物极下包, 同时部分细胞内卷成为一个环状的细胞层, 形成胚环(图版 I-11)。这时一部分发育不正常的胚胎, 胚盘下包受阻(图版 II-5)。

**原肠中期** 受精后 7 h 30 min, 胚环扩大, 开始下包卵黄 1/3, 并继续内卷形成胚盾雏形, 胚层与卵黄囊界限明显, 胚胎进入原肠中期(图版 I-12)。这时, 一部分发育不正常的胚胎停止发育, 部分开始死亡(图版 II-6)。

**原肠晚期** 受精后 9 h 30 min, 胚盘向下外包卵黄 2/3, 神经板形成, 胚盾不断向前延伸, 出现胚体雏形, 进入原肠晚期(图版 I-13)。这时, 不正常发育的胚胎下包受阻, 开始出现大量死亡(图版 II-7)。据统计从受精开始到现在, 642 个发育胚胎中, 累计死亡 55 个, 受精率为 91.4%。

**神经胚期** 受精后 10 h 20 min, 胚盘下包 4/5, 胚体包卵黄 1/3, 脊索形成, 出现 1 对肌节, 卵黄栓形成(图版 I-14)。这时, 一部分不正常发育胚胎下包受阻。

**胚孔封闭期** 受精后 12 h 00 min, 胚盘下

包结束, 胚体包卵黄囊约 1/2, 胚胎前端膨大, 形成前、中、后脑 3 部分, 神经管可见, 脊索向后延伸(图版 I-15)。这时一部分不正常发育胚胎下包结束, 发育速度明显慢于正常胚胎(图版 II-8)。

**眼泡出现期** 受精后 14 h 30 min, 胚胎前部、脑两侧眼原基出现; 受精后 16 h 43 min, 眼泡形成。肌节 6~8 对, 头部腹面出现心原基(图版 I-16)。这时, 一部分不正常发育胚胎, 胚胎前端卵黄囊膨大, 脑形成前、中、后 3 部分, 神经管出现。一部分胚胎停止发育死亡。检查 188 个胚胎, 死亡 11 个。

**尾芽期** 受精后 18 h 42 min, 胚体包卵黄囊 3/5, 头部稍离卵黄囊, 前、中、后脑分化明显, 肌节 12~14 对, 胚体后段出现锥形尾芽(图版 I-17)。这时一部分发育不正常胚胎头部未离开卵黄, 前、中、后脑分化不明显, 脊索向后伸展不正常, 尾芽还未形成。

**晶体出现期** 受精后 23 h 30 min, 胚体包卵黄囊 4/5, 眼泡内出现晶体, 肌节 20~22 对(图版 I-18)。这时一部分发育不正常胚胎头部稍离卵黄囊, 前、中、后脑出现分化, 尾芽出现; 一部分胚胎停止发育死亡。检查 77 个胚胎, 死亡 4 个。

**肌肉效应期** 受精后 25 h 00 min, 尾部离开卵黄囊, 并逐渐伸向头部, 头部隆起明显。尾鳍褶形成, 胚体出现扭动, 扭动间隔时间较长(图版 I-19)。这时, 一部分发育不正常的胚胎继续发育, 但发育缓慢, 尾部向背部弯曲, 一部分胚胎发育受阻死亡(图版 II-9)。检查 173 个胚胎, 死亡 16 个。

**心脏搏动期** 受精后 27 h 55 min, 胚体扭动次数增加, 心脏开始搏动。受精后 33 h 30 min, 心脏搏动次数增加达到每分钟 80 次左右, 血液缓慢流动, 血液开始无色, 后为浅红色, 胚体不停扭动, 心跳达到每分钟 120 次左右, 尾鳍褶增厚, 背鳍褶出现, 耳囊出现(图版 I-20)。这时, 一部分发育不正常的胚胎, 肌体开始扭动, 心脏开始搏动, 血管中血液开始流动, 卵黄囊前端很大, 头部紧贴卵黄囊, 体腔出现水肿, 躯体向上弯曲。

**孵出期** 受精后 40 h 33 min, 胚体不断增长, 胚体扭动剧烈, 血液红色, 血流加快, 红细胞清晰可见, 尾部盖住头部, 腹鳍褶和泄殖孔出现。受精后 45 h 30 min, 卵膜显得松弛而有褶皱, 眼睛外圈出现黄色色素。膜内胚体不断翻转, 时而剧烈

抖动。尾部剧烈摆动, 最后正常胚胎尾部破膜而出, 仔鱼全长 4.9 mm 左右(图版 I-21)。不正常胚胎则头部先出膜, 然后尾部出膜, 全长约 4.5 mm 左右, 一部分胚胎不能出膜而死亡(图版 II-10、11、12、13)。经统计出膜后正常苗 182 尾, 畸形苗 109 尾, 膜中死亡胚胎 17 个。

## 2.4 仔鱼前期

**1 日龄仔鱼** 孵出后 2 h 40 min, 仔鱼全长 4.9~5.1 mm, 卵黄囊浅黄色, 呈长梨状, 占身体的 2/3, 头大, 尾短, 脑分化明显, 中脑突起显著, 头部出现两对鳃弧, 眼球黑色素已形成; 心脏呈红色, 可见心脏不断搏动。血液沿体侧流动, 血管清晰, 心跳平均 130 次左右, 肠细直, 肛门未外开。鱼头部前端出现口窝。鱼体透明, 仔鱼侧卧水底, 搅动水体时, 向上作垂直运动。这时, 畸形仔鱼发育缓慢, 卵黄囊前端很大, 头部还贴在卵黄囊上, 尾部伸展不开, 有的向上弯曲, 不久死亡(图版 II-14、15、16); 另一部分畸形仔鱼还在发育。检查 182 尾孵出仔鱼中, 有 7 尾畸形发育死亡。

**2 日龄仔鱼** 孵出后 20 h 30 min, 仔鱼体伸开, 卵黄囊延长呈粗棒状, 头部出现 4 对鳃弧, 可见鳃丝。胸鳍褶分化为胸鳍, 椭圆形, 鳍条出现。肠中部已膨大, 内壁褶明显, 鳔出现, 但未充气(图版 I-22)。这时畸形仔鱼卵黄囊前部很大, 躯体弯曲, 发育受阻, 不久死亡; 另一部分畸形仔鱼继续发育; 但外形与正常仔鱼明显不同。检查 182 尾孵出鱼苗中, 有 14 尾畸形死亡。

**3 日龄仔鱼** 孵出后 49 h 25 min, 仔鱼全长 5.5~6.3 mm, 卵黄囊吸收呈长筒状, 仔鱼头背部黑色素细胞增加, 肠蠕动明显, 中肠膨大, 后端加粗, 口张合明显, 背鳍褶隆起, 胸鳍增大, 大部分仔鱼鳔一室充气, 可上浮作水平运动(图版 I-23)。这时畸形仔鱼卵黄囊前端仍很大, 体腔出现水肿, 心血管系统发育异常, 侧卧水底, 不久死亡; 但仍有很大一部分继续发育。

**4 日龄仔鱼** 孵出后 63 h 40 min, 仔鱼全长 6.2~7.5 mm, 仔鱼卵黄囊吸收消失, 仔鱼鳔全部充气, 口上下颌形成, 张合明显, 肠前部继续膨大, 中部弯曲, 后端增粗。鳃 4 对, 出现鳃丝, 但尚未形成鳃耙, 开始摄食。体浅黄色。这时, 畸形仔鱼卵黄囊仍较大, 体躯弯曲, 体腔水肿, 侧卧水底, 不久死亡。但另一部分畸形仔鱼继续发育, 鳔充气, 口张开, 但不能闭合, 肠道也发育, 肛门部分向外

开口, 部分仍未开口。检查 182 尾孵出鱼苗中, 又死亡 29 尾。孵出后 70 h 20 min, 仔鱼水平游泳能力增强, 常群集运动, 摄食明显, 投喂熟鸡蛋黄后, 可见肠道中有黄色食物, 可下塘培育乌仔(图版 I-24)。这时, 畸形仔鱼未见摄食。

## 3 讨论

### 3.1 杂交种与亲本的孵化时间

框鳞镜鲤♀ × 青鱼 ♂ 受精卵卵径约 1.7 mm 左右, 卵具粘性, 受精卵吸水膨胀后, 卵径约 2.0 mm 左右, 卵间隙很小, 表现出母本卵子的特性。这种情况在鲤♀ × 鳙 ♂ 组合同样存在<sup>[1]</sup>。在水温 23~25 °C 时, 该杂交组合胚胎发育时间为 45 h 40 min; 青鱼自交卵胚胎发育时间, 在水温 21~24 °C 时为 36 h; 鲤鱼自交卵胚胎发育时间, 在水温 20~24.6 °C, 为 53 h 00 min, 该杂交组合胚胎发育时间介于双亲之间。据文献报道, 杂交鱼卵的分裂速度介于双亲之间, 属中间型。如鲤♀ × 白鲮 ♂, 当水温 22~24 °C 时, 鲤 × 鲤自交卵胚胎孵化时间为 41 h, 白鲮 × 白鲮自交为 27 h, 而杂交种胚胎发育孵化时间为 38 h; 鲤♀ × 团头鲂 ♂, 在水温 23.5~24.5 °C 下, 从受精至孵化出膜历时 42 h 16 min; 鲤♀ × 鳙 ♂ 在孵化水温 21~24 °C 时, 历经 35 h 胚体出膜<sup>[1]</sup>。

### 3.2 受精率与孵化率

框鳞镜鲤♀ × 青鱼 ♂ 2 次试验的受精率平均为 94.15%, 孵化率平均为 51.4%, 孵化时胚胎畸形率占 51.8%。这个组合与其他远缘杂交组合比较, 具有较高的受精率, 但畸形率相对较高。如鲢♀ × 团头鲂 ♂, 其受精率为 80%, 孵化率 60%, 胚胎畸形率为 20%<sup>[7]</sup>; 鲤♀ × 草鱼 ♂, 受精率为 90%、孵化率为 75%, 胚胎畸形率达 30%~40%; 鲤♀ × 团头鲂 ♂, 受精率为 80%, 孵化率为 59.3%, 孵化时畸胚率为 10%~37.7%; 鲤♀ × 鳙 ♂, 受精率为 90%, 孵化率为 60%, 畸胚率为 20%~50%<sup>[1]</sup>。

### 3.3 胚胎发育特征

框鳞镜鲤♀ × 青鱼 ♂ 胚胎发育时序和发育特征与其它鲤科鱼类亚科间杂交组合基本相似, 其胚胎发育时序从受精到孵出, 大致可分 2 细胞期、4 细胞期、8 细胞期、16 细胞期、32 细胞期、64 细胞期、多细胞期、囊胚期、原肠期、神经胚期、胚孔封闭期、眼泡出现期、尾芽期、晶体出现期、肌肉

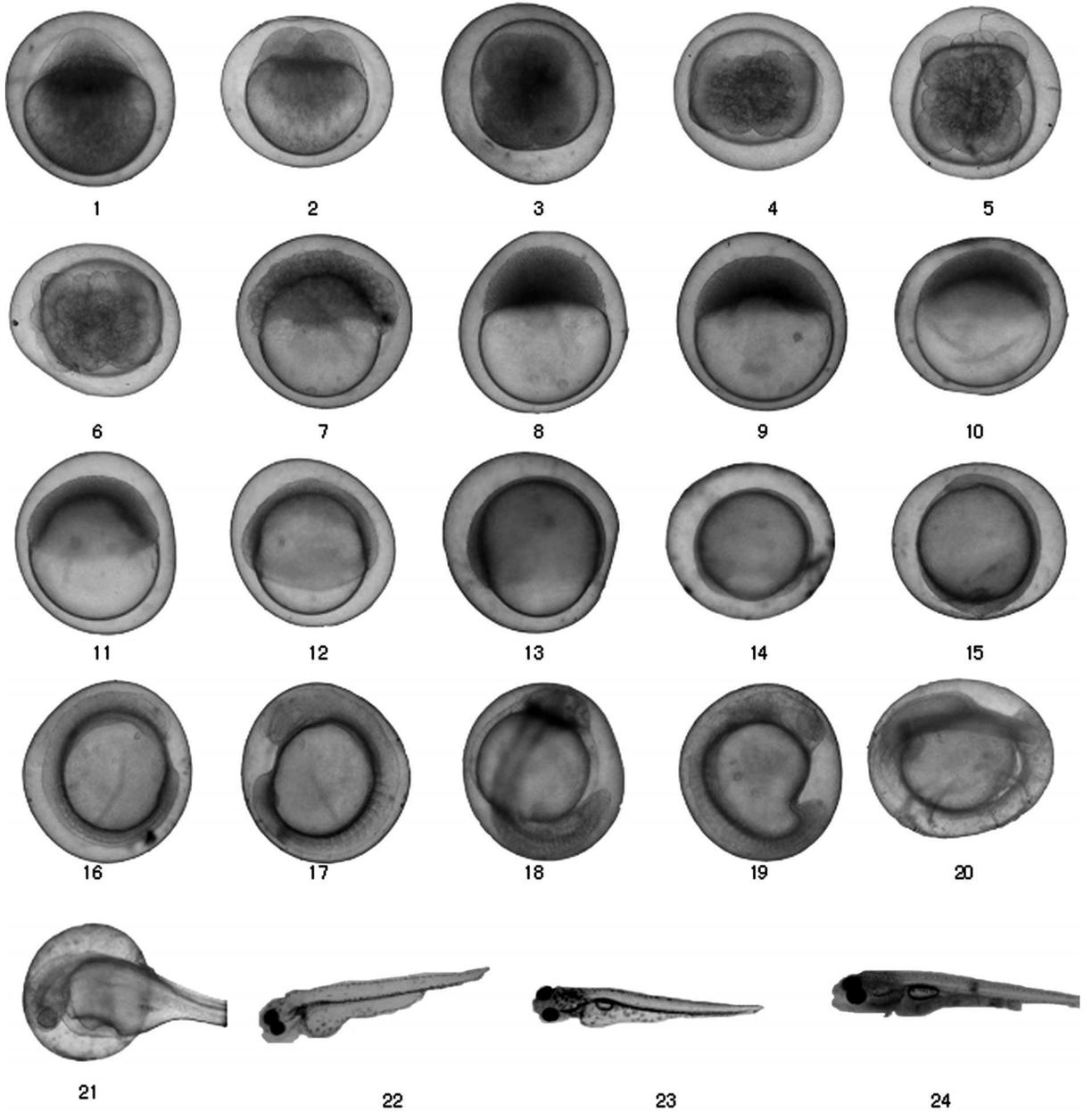
效应期、心脏搏动期和孵出期等,但各研究者的分期稍有不同<sup>[2-6]</sup>。考虑到本杂交组合为亚科间远缘杂交,与一般自交不同的是,除正常发育胚胎外,还出现因杂交两亲本遗传特性不同,如染色体组型以及生理生态习性等不同,造成杂交亲本之间配组困难,而出现畸形胚胎,这些畸形胚胎在细胞分裂、器官形成等方面发育出现异常,如细胞分裂不正常、分裂细胞大小不一,细胞排列不规则,胚盘下包困难,胚孔不封闭,卵黄囊缩短,器官形成迟缓,脊索延伸受阻,躯体弯曲,体腔水肿,口张开不能闭合,肛门孔不向外开口或不与肠道相通等。本研究较详细观察了这些现象,而在其他亚科间杂交组合中未见报道<sup>[1]</sup>。胚后发育,共观察了4 d,至下塘为止。可以见到,不少畸形胚胎可以孵出,但与正常胚胎不同的是头部先孵出,且大部分畸形胚胎孵后陆续死亡,而一部分鱼苗看似

正常,但下塘后还是死亡,发塘率不是很高。

感谢中国水产科学院黑龙江水产研究所沈俊宝研究员的悉心指导。

#### 参考文献:

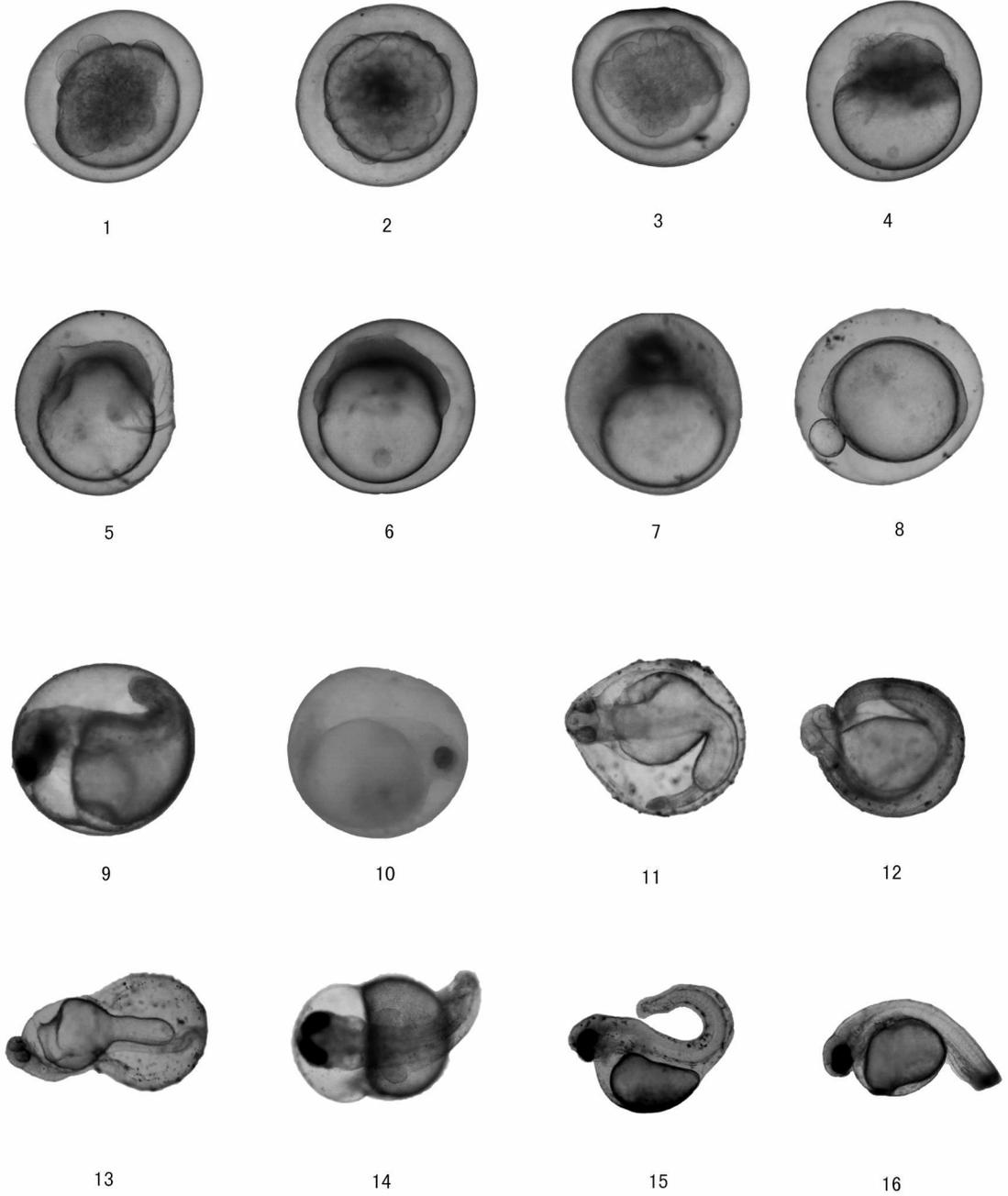
- [1] 张兴忠,仇潜如. 鱼类遗传与育种[M]. 北京: 农业出版社, 1988. 167-168, 181-192, 200-201.
- [2] 楼允东. 组织胚胎学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996. 347-354.
- [3] 中国科学院实验生物研究所. 家鱼人工生殖的研究[M]. 北京: 科学出版社, 1962. 125-136.
- [4] 易祖盛,王春,陈湘. 尖鳍鲤的早期发育[J]. 中国水产科学, 2002, 9(2): 120-124.
- [5] 张春光,赵亚辉. 胭脂鱼的早期发育[J]. 动物学报, 2000, 46(4): 438-447.
- [6] 蔡明艳,邓中,余志堂,等. 胭脂鱼的胚胎发育[J]. 淡水渔业, 1992, 22(1): 8-12.
- [7] 张杨宗,谭玉钧,欧阳海. 中国池塘养鱼学[M]. 北京: 科学出版社, 1989. 32, 249-254.



图版 I 框鳞镜鲤♀ × 青鱼 ♂杂种 F<sub>1</sub> 胚胎发育

Plate I Embryonic development of *Cyprinus carpio* var. *specularis* ♀ × *Mylopharyngodon piceus* ♂ hybrid F<sub>1</sub>

- 1. 胚盘隆起; 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. 多细胞期; 8. 囊胚早期; 9. 囊胚中期; 10. 囊胚晚期; 11. 原肠早期; 12. 原肠中期; 13. 原肠晚期; 14. 神经胚期; 15. 胚孔封闭期; 16. 眼泡出现期; 17. 尾芽期; 18. 晶体出现期; 19. 肌肉效应期; 20. 心脏搏动期; 21. 孵出期; 22. 2日龄; 23. 3日龄; 24. 4日龄
- 1. blastoderm formation; 2. 2-cell stage; 3. 4-cell stage; 4. 8-cell stage; 5. 16-cell stage; 6. 32-cell stage; 7. multicellular stage; 8. early blastula stage; 9. middle blastula; 10. late blastula stage; 11. early gastrula stage; 12. middle gastrula stage; 13. late gastrula stage; 14. neurula stage; 15. blastopore closure stage; 16. optic vesicle stage; 17. tail-bud stage; 18. lens formed stage; 19. muscular contraction stage; 20. heart pulsation stage; 21. hatching stage; 22. 2 day age; 23. 3-day age; 24. 4 day age



图版II 框鳞镜鲤♀ × 青鱼 ♂ 杂种 F<sub>1</sub> 的畸形胚胎

Plate II Abnormal embryonic of *Cyprinus carpio* var. *specularis* ♀ and *Mylopharyngodon piceus* ♂ hybrid F<sub>1</sub>

1. 16 细胞期; 2. 32 细胞期; 3. 64 细胞期; 4. 多细胞期; 5. 原肠早期; 6. 原肠中期; 7. 原肠晚期; 8. 胚孔封闭期; 9. 肌肉效应期; 10. 出膜前死亡; 11. 出膜前头部; 12. 头部出膜; 13. 头部出膜; 14. 畸形苗; 15. 畸形苗; 16. 畸形苗

1. 16-cell stage; 2. 32-cell stage; 3. 64-cell stage; 4. multicellular stage; 5. gastrula early stage; 6. gastrula middle stage; 7. gastrula late stage; 8. blastopore closure stage; 9. muscular contraction stage; 10. dead before hatching; 11. the head before hatching; 12. head was out from egg cell membrane; 13. head was out from egg cell membrane; 14. abnormal larva; 15. abnormal larva; 16. abnormal larva