

鲇(♀) × 南方鲇(♂) 杂交 F1 胚胎发育观察

杨世勇^{①②} 杨坤^{①#} 刘匆^③ 张凤堂^② 张修月^① 宋昭彬^{①④*}

① 四川大学生命科学学院 四川省濒危野生动物保护生物学重点实验室 成都 610065;

② 四川农业大学水产系 雅安 625014; ③ 通威股份有限公司 成都 610041;

④ 四川大学生命科学学院 生物资源与生态环境教育部重点实验室 成都 610065

摘要: 通过人工授精获得鲇(*Silurus asotus*) ♀ × 南方鲇(*Silurus meridionalis*) ♂ 杂交受精卵, 对杂交 F1 胚胎发育进行了观察和记录, 以期了解杂交鲇早期发育特征并进一步验证鲇与南方鲇杂交的可行性。用 0.3% 胰蛋白酶液对受精卵进行脱黏处理, 在 Leica MZ16 A 体式显微镜下进行观察和拍照。早期每隔 15 min 观察一次, 发育至原肠胚阶段后每隔 30 min 观察一次。受精卵及胚体大小长度等用 Leica DC500 照相系统自带软件进行测量。结果表明, 鲇(♀) × 南方鲇(♂) 杂交受精卵呈圆球形, 草绿色, 吸水后膨胀, 卵径(2.50 ± 0.14) mm, 卵膜外形成一层较厚胶膜且黏性较强。在水温(24.5 ± 0.6) °C 的情况下, 受精卵在受精后 48 min 形成胚盘, 1 h 35 min 开始卵裂, 4 h 23 min 进入囊胚期, 7 h 22 min 时达到原肠胚期, 11 h 23 min 发育至神经胚期, 随后进入器官分化和逐渐完善的阶段, 28 h 49 min 开始出膜, 40 h 33 min 全部出膜。杂交胚胎的平均受精率为 89.7%, 孵化率为 55.3%, 初孵仔鱼畸形率为 5.9%, 表明南方鲇与鲇的精卵不亲和性程度较小, 二者杂交可行。总体上看, 鲇(♀) × 南方鲇(♂) 杂交 F1 胚胎发育时序、器官分化进程与其母本鲇基本相同, 呈现“偏母遗传”特征。

关键词: 胚胎发育; 偏母遗传; 杂交; 鲇; 南方鲇

中图分类号: Q492 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263(2014)02-215-08

The Embryonic Development of Hybrid F1 between *Silurus asotus* (♀) and *S. meridionalis* (♂)

YANG Shi-Yong^{①②} YANG Kun^{①#} LIU Cong^③ ZHANG Feng-Tang^②

ZHANG Xiu-Yue^① SONG Zhao-Bin^{①④*}

① Sichuan Key Laboratory of Conservation Biology on Endangered Wildlife, College of Life Sciences,

Sichuan University, Chengdu 610065; ② Department of Aquaculture, Sichuan Agricultural University,

Ya'an 625014; ③ Tongwei Company Ltd, Chengdu 610041; ④ Key Laboratory of Bio-resources and Eco-environment

of Ministry of Education, College of Life Sciences, Sichuan University, Chengdu 610065, China

Abstract: Hybridization was carried out between *Silurus asotus* (♀) and *S. meridionalis* (♂) by means of artificial insemination. The embryonic development of hybrid F1 was investigated and the morphological characteristics of each period were described for the clarification of early ontogeny of the hybrids and further verification of the feasibility of hybridization between the *S. asotus* and *S. meridionalis*. The fertilized eggs were

基金项目 教育部新世纪优秀人才支持计划项目(No. NCET-11-0347), 通威股份有限公司科研项目(No. 10H0370), 生物资源与生态环境教育部重点实验室开放课题;

* 通讯作者, E-mail: zbsong@scu.edu.cn;

第一作者介绍 杨世勇, 男, 博士研究生; 研究方向: 鱼类种质资源; E-mail: yangshiyong@sicau.edu.cn;

#同等贡献第一作者 杨坤, 男, 博士研究生; 研究方向: 鱼类生态学; E-mail: kun_yang028@163.com。

收稿日期: 2013-07-17, 修回日期: 2013-11-16

treated with 0.3% trypsin to remove the stickiness. Observation and photographing were performed by using stereo microscope Leica MZ16 A. Sampling and observation were taken at intervals of 15 min at early stage while this was conducted every 30 min after gastrula. The size of fertilized eggs and the length of embryos were measured by means of appendix software of Leica DC500 photography system. The fertilized eggs were greenish, spherical in shape. The swollen zygotes were 2.50 ± 0.14 mm in diameter and became heavily adhesive with a jelly coat. Under water temperature $24.5 \pm 0.6^\circ\text{C}$, it took 48 min after fertilization to form blastoderm, about 1 h 35 min to undergo cleavage, 4 h 23 min to develop to early blastula stage, 7 h 22 min to early gastrula stage, 11 h 23 min to neurula stage, then to organ differentiation and gradual perfection stage. Larval hatching took place at 28 h 49 min after fertilization and all larvae hatched at 40 h 33 min. The fertilization rate, hatching rate and malformation rate were 89.7%, 55.3% and 5.9%, respectively, which indicated that there was a low cross-incompatibility between female *S. asotus* and male *S. meridionalis*. The overall embryonic development process and the morphological characters were much closer to those of its maternal fish, *S. asotus*, featuring significant characteristics of maternal inheritance.

Key words: Embryonic development; Maternal inheritance; Hybridization; *Silurus asotus*; *S. meridionalis*

杂交是鱼类育种主要方法之一,可以创造新的变异,丰富遗传结构和改良经济性状,在鱼类中已有诸多杂交成功的实例(Chevassus 1983)。南方鲇(*Silurus meridionalis*)和鲇(*S. asotus*)均属于鲇形目(Siluriformes)鲇科(Siluridae)鲇属,南方鲇又称大口鲇或南方大口鲇,俗称河鲇、鲇巴郎,主要分布于我国长江、珠江及闽江等南方水系(褚新洛等 1999)。南方鲇生长速度快,个体可达 20 kg 以上,为养殖规模较大的鲇属种类之一(陈湘舜 1977)。然而,南方鲇雌雄个体均在 4 龄以上才达性成熟(张耀光等 1996),且近年来南方鲇的养殖中不断出现同类相残严重(邹桂伟等 2001)、病害爆发频繁(汪开毓等 2012)等问题,在不同程度上制约了南方鲇产业的可持续发展。鲇又称土鲇、鲇拐子(四川),在我国除新疆和青藏高原外,广布于各大水系(褚新洛等 1999),鲇个体相对较小,1 冬龄即可达性成熟(魏刚等 1997, Kumakura et al. 2003)。

目前南方鲇与鲇的杂交研究已有相关报道,如南方鲇(♀)×鲇(♂)杂种 F1 生长性能(王朝明等 2004)、生理生化(郑蓓蓓等 2006, 龙华等 2007)、杂种幼鱼形态学特征和肌肉营养成分分析(康青娟 2012, 陈军等 2010),以及南方鲇(♀)×鲇(♂)杂种 F1 的血液和生化遗传研究(龙华等 2006),而关于南方鲇与鲇

杂交子代的早期发育则未见报道。本文进行了鲇(♀)与南方鲇(♂)的人工杂交,对其杂种 F1 胚胎发育进行连续观察,旨在为鲇类的遗传育种提供一定基础资料。

1 材料与方法

1.1 亲本来源与选择 鲇为 2012 年 4 月下旬捕捞自涪江(四川射洪段)的野生个体,共 21 尾,体长 10~27 cm,体重 60~300 g。鲇暂养在上部覆盖遮阳网和防逃网的 35 L 圆柱形流水缸中,24 h 不间断增氧,投喂小型鲜活野杂鱼。2012 年 5 月下旬检查,大部分雌鱼生殖突红肿,腹部膨软,能挤出卵粒,卵粒明显较南方鲇的小,草绿色,有光泽。选出成熟雌鱼 3 尾备用。南方鲇雄鱼为通威股份原种场培育,体浅黄绿色,体长 75~110 cm,体重 3~7 kg ($n=3$)。2012 年 6 月初检查发现,有 2 尾雄鱼可轻挤出乳白色精液。

1.2 人工催产与授精 2012 年 6 月 10 日进行人工催产,催产素采用绒毛膜促性腺激素(chorionic gonadotropin, HCG) + 促黄体素释放激素类似物 A5 (luteinizing hormone releasing hormone analog A5, LRH-A5),均购自四川省精科生化有限责任公司,雌鱼剂量按照体重的 (HCG 2 000 IU + LRH-A5 0.2 mg) / kg,雄鱼剂量减半。2012 年 6 月 11 日,采用半干法人

工授精获得杂交鲇受精卵。

1.3 胚胎发育观察 受精后约 20 min, 用 0.3% 胰蛋白酶液浸泡受精卵约 15 min, 即脱去卵膜外的胶膜。脱黏后的卵用清水清洗后置于水深 10 cm 的白色水槽中, 室内避光静水孵化, 24 h 不间断充氧。每次随机取样不少于 30 粒, 在 Leica MZ16 A 体式显微镜下进行观察, 选取各发育期典型个体使用 Leica DC500 照相系统进行拍照。胚胎发育时期的划分以超过半数的个体达到该时期的时间来确定(殷名称 1991)。由于受精卵早期发育较快, 每隔 15 min 观察一次, 待胚胎进入原肠胚阶段后每隔 30 min 观察一次。为消除胚胎发育后期胚体扭曲对拍照的影响, 采用兽医用盐酸利多卡因注射液清水稀释 2 倍后对胚体进行麻醉处理。孵化水温为 $(24.5 \pm 0.6)^\circ\text{C}$ 。鲇和南方鲇的胚胎发育条件及观察方法与杂交鲇相同。

1.4 数据处理 受精卵及胚体大小长度等用 Leica DC500 照相系统自带软件进行测量。试验数据采用平均值 $\pm$ 标准差表示, 运用 SPSS 19.0 进行单因素方差分析, 显著水平设置为 $P < 0.05$ 。为突出胚胎发育各时期的典型特征, 照片用 Adobe Photoshop CS4 进行处理。

2 结 果

鲇(♀)×南方鲇(♂)杂种 F1 的胚胎发育特点与其他硬骨鱼类相似, 整个发育过程主要经过胚盘隆起、卵裂、囊胚、原肠胚、神经胚、器官形成和出膜 7 个阶段, 杂种及对照组胚胎发育时序见表 1, 各阶段形态特征等简述如下。

2.1 受精卵 杂交鲇受精卵球形, 卵黄丰富, 草绿色, 吸水前卵粒相互分离, 黏性较小。吸水后迅速膨胀, 卵周隙明显, 卵膜外形成一层较厚胶膜, 黏性也随之增强, 透明度降低, 卵径 $(2.50 \pm 0.14) \text{ mm}$ ($n = 30$)。使用胰蛋白酶液除去胶膜后的受精卵光滑明亮, 在解剖镜下观察非常清晰。近膜处有一折光性较强的小圆点, 为偏移极化的细胞核及包围在核周围的原生质, 卵黄与卵膜之间有卵周隙(图版 I:1)。原生质呈放射状向动物极流动, 48 min, 形成

扁平的胚盘(图版 I:2)并逐渐向上隆起。

2.2 卵裂阶段 杂交胚胎为盘状卵裂, 受精后 1 h 35 min, 胚盘隆起的中部下陷形成分裂沟, 为胚盘的第一次分裂(经裂), 将胚盘分成两个相等的馒头状的细胞(图版 I:3), 随后这两个细胞逐渐丰满变成椭圆形, 颜色也较深。1 h 54 min, 第二次卵裂, 也是经裂, 分裂沟与第一次分裂沟相垂直, 形成 4 个排列紧密但大小相等的细胞(图版 I:4)。2 h 9 min, 进行第三次卵裂, 同时产生的两条分裂沟与第一次分裂沟平行, 将胚盘分为 2 行、每行 4 个共 8 个细胞, 排列为矩形(图版 I:5)。2 h 34 min, 出现两条与第一次分裂沟相垂直的经裂沟, 形成排列近方形的 16 个细胞, 中央 4 个细胞稍小(图版 I:6)。3 h, 第 5 次卵裂后形成的 32 个细胞, 单层排列, 各个细胞的形态大小不规则, 界限也不十分清楚(图版 I:7)。此后分裂加快且不同步进行, 原生质活动加剧, 约 20 min 后发育至 64 细胞期, 此时细胞有部分重叠(图版 I:8)。3 h 55 min 进入多细胞期, 细胞呈多层排列, 已经很难分清个数, 由于细胞层的加厚引起重心偏移(图版 I:9)。

2.3 囊胚阶段 受精后 4 h 23 min, 进入囊胚早期, 囊胚层高高高隆起于卵黄囊之上, 呈桑椹状; 表面细胞小而平滑, 细胞间的界限模糊不清(图版 I:10)。囊胚层的细胞逐渐向卵黄下方迁移, 囊胚的高度开始下降。5 h 12 min, 进入囊胚中期, 囊胚层边缘呈扁平状紧贴于卵黄囊上(图版 I:11)。经 1 h 的继续分化, 囊胚层变得扁而薄, 下包卵黄囊约 1/4, 已不能区分细胞间的界限, 从顶端透视可见囊胚腔(图版 I:12)。

2.4 原肠胚阶段 受精后 7 h 22 min, 进入原肠胚早期, 胚层下包卵黄囊近 1/2, 边缘隆起加厚呈帽沿状, 形成“胚环”(图版 I:13)。8 h 26 min, 进入原肠胚中期, 胚层下包卵黄囊约 2/3, 背唇一侧细胞不断内卷增厚形成“胚盾”; 胚体侧卧, 不易用解剖针摆成正位(图版 I:14)。受精后 10 h 19 min, 进入原肠胚晚期, 胚

表 1 鲃(♀)×南方鲃(♂)杂种 F1 的胚胎发育时序

Table 1 The schedule of embryonic development of hybrid F1 between *Silurus asotus* (♀) and *S. meridionalis* (♂)

发育时期 Stage		距授精时间(h: min) Time after insemination		
		鲃 <i>Silurus asotus</i>	杂交鲃 Hybrid F1	南方鲃 <i>S. meridionalis</i>
受精卵 Fertilized egg	受精 Fertilization	0:00	0:00	0:00
	胚盘形成 Blastoderm formation	0:49	0:48	1:12
卵裂期 Cleavage	2 细胞 2-cell	1:10	1:35	1:58
	4 细胞 4-cell	1:22	1:54	2:03
	8 细胞 8-cell	1:37	2:09	2:16
	16 细胞 16-cell	2:04	2:34	2:37
	32 细胞 32-cell	2:41	3:00	2:56
	64 细胞 64-cell	3:12	3:21	3:14
	多细胞 Morula	3:46	3:55	4:32
囊胚期 Blastula	早期 Early blastula	4:22	4:23	5:16
	中期 Middle blastula	5:23	5:12	6:23
	晚期 Late blastula	6:21	6:14	7:32
原肠胚期 Gastrula	早期 Early gastrula	7:38	7:22	8:36
	中期 Middle gastrula	8:24	8:26	9:54
	晚期 Late gastrula	11:25	10:19	11:33
神经胚期 Neurula	神经沟出现 Neurula formation	12:24	11:23	12:28
	胚孔封闭 Blastopore closure	13:23	12:16	13:15
器官分化 Organ differentiation	视泡形成 Formation of optic vesicle	15:28	14:14	15:32
	尾芽游离 Separation of tail bud	16:32	15:29	17:19
	肌肉效应 Muscle contraction	18:07	18:28	19:33
	耳石出现 Appearance of otolith	18:58	21:20	20:14
	上颌须原基形成 Formation of rudiment of upper-jaw-barbel	20:25	22:24	21:27
	鳃原基形成 Formation of gill rudiment	21:12	23:57	22:14
	心搏 Heart pulsation	22:15	24:30	23:06
	肛门原基形成 Formation of anus rudiment	23:03	26:09	24:25
出膜 Hatching	首个出膜 First larvae hatched	25:39	28:49	26:39
	50%出膜 Half larvae hatched	30:28	36:24	37:31
	全部出膜 All larvae hatched	37:43	40:33	38:33

层下包整个卵黄囊约 3/4，背面较隆起；胚盾伸长变薄，前段膨大，形成脑泡原基(图版I:15)。

2.5 神经胚阶段 受精后 11 h 23 min，进入神经胚期，胚盾中线内陷形成一条清晰可见的神经沟；由于背唇中部的细胞不断内卷而略内陷，形成人字形的背唇褶；其后，胚层下包迅

速，形成卵黄栓，神经沟变窄趋于闭合，脊索两侧出现体节 1 对(图版I:16)。胚体头端初具脑部外形；下包的胚层细胞收缩呈孔状，即胚孔(图版I:17)。12 h 16 min，胚体头端两侧出现团块状眼囊原基，脑部明显分化为前、中、后三个脑泡，3~4 对体节隐约可见，胚体包围卵周长达 4/5，胚孔封闭，整个原肠化运动结束

(图版I:18)。

2.6 器官分化阶段 受精后 14 h 14 min, 肌节 7~9 对, 清晰可见, 眼泡内陷形成杯状的眼囊, 随后眼囊下方贴近卵黄处出现不太明显的嗅板(图版I:19)。17 h 13 min, 肌节 14~16 对, 眼囊晶体变圆, 折光性较强; 嗅板非常明显; 距胚体前部约 1/4 处出现椭圆形听囊; 脑部分化与界限更加明显; 尾芽具球形尾泡, 尾芽开始抬起游离于卵黄; 18 h 28 min, 肌肉效应开始, 胚体出现非常微弱无规律的抽搐状运动, 约 5~8 次/min(图版I:20)。21 h 20 min, 肌节 22~23 对, 听囊的前下方出现囊球形围心腔, 听囊内出现两粒小而发亮的耳石。22 h 24 min, 肌节 28~29 对, 头部下方紧贴卵黄囊可见叶片状的上颌须原基; 围心腔内出现弯曲管状心(图版I:21)。随后, 尾芽继续游离达胚体长的 1/4 形成尾, 并且有节律地左右扭动, 约 20 次/min, 推动着胚体沿卵膜向前缓慢转动(图版I:22)。23 h 57 min, 上颌须后方出现圆片状鳃盖原基, 听囊下方出现叶片状鳃弓原基。24 h 20 min, 心出现微弱心搏, 心率为 5~8 次/min(图版I:23)。受精后 26 h 9 min, 心搏基本和胚体扭动节律一致, 约为 60~70 次/min, 最高可达 83 次/min; 胚体尾部腹面开始出现奇鳍褶并逐渐延长加宽; 在距尾端 1/2 胚体处腹面出现细胞聚集, 为早期的肛门原基(图版I:24)。出膜前夕, 血液循环贯通全身, 心率达 130 次/min, 在 40 倍显微镜下可明显看到流动的红细胞沿背主动脉向后, 再经尾静脉和后主静脉向前流动, 然后折转向前腹部,

穿过卵黄流回心; 上颌须后出现第一对下颌须原基; 鳃盖原基扩大, 已经出现 2~3 对鳃弓; 鳃盖后方出现圆片状突起, 为胸鳍原基; 尾部周围出现透明的鳍褶, 胚体尾端抵达头端, 胚体向前扭动快速而有力; 卵膜变得更薄而贴紧胚体, 部分卵膜出现塌陷现象(图版I:25, 26)。

2.7 出膜 受精后 28 h 49 min, 由于胚体剧烈的向前扭动, 卵膜塌陷, 尾部的剧烈摆动使卵膜破裂。随后, 胚体尾部或头部先从裂口处伸出, 借助尾的摆动使裂口进一步扩大, 最终胚体脱出于卵膜之外。刚刚孵化出膜的仔鱼(图版I:27), 全长(4.97±0.34)mm ($n=18$), 全身透明, 头部偏大, 略弯绕卵黄囊; 眼晶体状, 头部有两个明显的圆片状上颌须原基, 后方片状突起为鳃盖原基; 眼后方有两个折光性很强的听囊, 耳石两对; 卵黄囊近似球形, 草绿色; 躯干部侧扁, 肌节 50~55 对; 仔鱼以卵黄囊紧贴于水底, 尾部不停摆动击打水流; 出现索状肠道雏形, 肛门原基也非常明显。受精后 36 h 24 min, 半数胚胎孵化出膜, 40 h 33 min 全部胚体破膜而出。以胚胎发育到胚孔封闭作为受精率的计算点, 本试验杂交鲇的受精率平均为 89.7%, 显著高于鲇和南方鲇($P<0.05$); 而孵化率平均为 55.3%, 与鲇接近而显著低于南方鲇($P<0.05$); 胚胎至初孵仔鱼的畸形率平均为 5.9%, 显著高于南方鲇($P<0.05$), 而与鲇无显著性差异($P>0.05$)(表 2)。

表 2 杂交鲇与鲇和南方鲇胚胎的受精率、孵化率和畸形率比较

Table 2 Comparison of fertilization rate, hatching rate and malformation rate among the hybrid F1, <i>Silurus asotus</i> and <i>S. meridionalis</i>			
种类 Species	受精率(%) Fertilization rate	孵化率(%) Hatching rate	畸形率(%) Malformation rate
杂交鲇 Hybrid F1	89.7±5.2 ^a	55.3±3.2 ^a	5.9±0.22 ^a
鲇 <i>Silurus asotus</i>	78.4±2.5 ^b	52.6±4.1 ^a	5.6±0.25 ^a
南方鲇 <i>S. meridionalis</i>	22.1±2.6 ^c	87.9±2.8 ^b	3.0±0.17 ^b

同一列右上角不同字母表示有显著性差异($P<0.05$)。

Values with different superscripts in the same column indicate significant difference ($P<0.05$).

3 讨 论

3.1 杂交鲃胚胎发育的“偏母遗传” 杂交鲃胚胎发育阶段和进程与大多鲃科鱼类基本一致,但在发育时序和器官分化等方面与鲃和南方鲃存在一定差异。本研究结果显示,在孵化水温为(24.5 ± 0.6) $^{\circ}\text{C}$ 时,杂种胚胎于受精后 28 h 49 min 开始出膜,36 h 24 min 半数出膜,40 h 33 min 全部出膜,略晚于同等孵化条件下的鲃和南方鲃,而比近似水温条件下[35 h,水温(24 ± 1) $^{\circ}\text{C}$)]的鲃提前了近 6 h (乔志刚等 2007),略早于南方鲃(30 h 27 min,水温 $23.1 \sim 25.8^{\circ}\text{C}$) (陈金平等 1998)。相关研究表明,杂交胚胎在精卵融合为合子前存在一个短暂的配子识别过程,从而间接延缓受精卵的发育,导致胚胎发育延迟(陈军等 2010)。

杂交鲃脑的前、中、后三部分的分化是在胚孔封闭时出现,而鲃和南方鲃则在胚孔封闭前完成;杂交鲃耳石出现在上颌须原基形成前,与鲃相似,而明显早于南方鲃;杂种 F1 肌肉效应开始时胚体抽动的频率与南方鲃接近,而低于鲃;杂种在孵化前已形成第一对下颌须原基,与鲃类似,而南方鲃则是在出膜后 12 h 才出现。初孵仔鱼全长(4.97 ± 0.34) mm,全身透明,头部较大,上颌须原基明显;卵黄囊近似球形,草绿色;躯干部侧扁,肌节 50 ~ 55 对;出现索状肠道雏形,肛门原基也非常明显。杂交鲃初孵仔鱼这些特征与鲃较为相似(魏刚等 1994)。南方鲃胚胎发育中有卵黄囊波状滚动现象(谢小军 1986),而杂交胚胎中未观察到此现象,初孵仔鱼长度、卵黄囊颜色、肌节对数等也与南方鲃有较大差异。

总体上看,鲃(♀) × 南方鲃(♂)杂交 F1 胚胎发育时序、器官分化进程与其母本鲃基本相同。杂交受精卵呈圆球形,草绿色,遇水后卵膜吸水隆起,形成一层较厚的透明胶膜,具有较强的黏性,这些特性与鲃受精卵非常相似(魏刚等 1994)。怀头鲃(*S. soldatovi*) ♀ × 鲃 ♂ (陈军等 2010)、虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*) (♀) × 山女鳟(*O. masou*) (♂) (陈术强等 2010)、花鲢(*Hemibarbus maculatus*) × 唇鲢(*H.*

labeo) (练青平等 2012) 及云纹石斑鱼(*Epinephelus moara*) ♀ × 七带石斑鱼(*E. septemfasciatus*) ♂ (李炎璐等 2012) 等诸多鱼类杂交子一代胚胎发育也呈现类似特点。这被称为“偏母遗传”现象,即母本的遗传物质决定着杂种胚胎发育的速度和方向(Kirpichnikov 1981)。由此可见,双亲对后代的遗传贡献是不均等的,影响杂交胚胎发育的主要因素是鲃的卵子而非南方鲃的精子,杂交鲃的发育偏向于母本。杂交初孵仔鱼达到比较高的发育程度,有利于在自然环境中迅速成长,躲避敌害,提高存活率。此外,采用雌性南方鲃和雄性鲃杂交获得的子代,其外形和习性也是略偏于母本(王朝明等 2004),同工酶分析结果也表明,杂交子代融合了双亲的类型并且总体上呈偏母遗传(李炎璐等 2012)。

3.2 鲃和南方鲃杂交的可行性 一般认为,决定鱼类杂交亲和性与否的主要因素是亲本间核型的差异和核质间的矛盾程度,双亲间的核型愈相近,杂交愈能成功(王祖熊等 1986)。染色体核型分析结果显示,洞庭湖鲃的核型为 $2n = 58, 24m + 16sm + 14st + 4t, NF = 96$ (韩庆等 2009),南方鲃为 $2n = 58, 28m + 20sm + 6st + 4t, NF = 106$ (邹桂伟等 1997),可见鲃和南方鲃虽然着丝粒位置和臂数略有差异,但倍型和染色体数目均相同。鲃和南方鲃为鲃属凶猛肉食性鱼类,除物种体型大小及口裂深度等有所差异外,二者的形态特征和生态习性均较为相似(陈湘舜 1977, 褚新洛等 1999)。本研究中杂交胚胎的受精率高达 89.7%,孵化出的仔鱼大都外形正常,畸形率相对较低,活动有力,表明南方鲃和鲃的精卵不亲和性程度较小,二者杂交是可行的,这与龙华等(2006)的研究结果一致。南方鲃(♀) × 鲃(♂)的成功杂交也说明了鲃与南方鲃的繁殖障碍很小(王朝明等 2004)。杂种 F1 受精率显著高于南方鲃和鲃,可能是南方鲃在实验时已过其繁殖高峰期,卵质下降所致。而鲃的雄鱼由于注射催产剂后不能挤出精液,是采用活体取精巢捣碎后与卵混合的授精方法,因此可能导致其受精率不高。

参 考 文 献

Chevassus B. 1983. Hybridization in fish. *Aquaculture*, 33(1): 245–262.

Kirpichnikov V S. 1981. *Genetic Bases of Fish Selection*. New York, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

Kumakura N, Sakai K, Takashima F. 2003. Reproductive cycle and human chorionic gonadotropin-induced ovulation in hatchery reared Japanese catfish *Silurus asotus*. *Fisheries Science*, 69(3): 495–504.

陈金平, 樊启寿, 赵振山. 1998. 南方大口鲇胚胎发育及温度对胚胎发育的影响. *水产学杂志*, 11(2): 23–28.

陈军, 赵立, 赵春刚. 2010. 怀头鲇, 鲇及其杂交 F1 代胚胎发育的比较研究. *水生态学杂志*, 3(4): 66–68.

陈术强, 张玉勇, 贾智英, 等. 2010. 虹鳟(♀)×山女鳟(♂)杂交种胚胎及仔鱼发育的研究. *上海海洋大学学报*, 19(6): 756–762.

陈湘舜. 1977. 我国鲇科鱼类的总述. *水生生物学集刊*, 6(2): 197–218.

褚新洛, 郑葆珊, 戴定远. 1999. *中国动物志: 硬骨鱼纲: 鲇形目*. 北京: 科学出版社.

韩庆, 秦杰, 席在星. 2009. 洞庭湖土鲇染色体核型分析. *水产科学*, 28(8): 462–464.

康青娟. 2012. 杂交鲃(南方鲃♀×鲃♂)子一代与鲃主要性状的比较研究. 新乡: 河南师范大学硕士学位论文.

李炎璐, 王清印, 陈超, 等. 2012. 云纹石斑鱼(♀)×七带石斑鱼(♂)杂交子一代胚胎发育及仔稚幼鱼形态学观察. *中国水产科学*, 19(5): 821–832.

练青平, 宓国强, 胡廷尖, 等. 2012. 花(鲮)(♀)×唇(鲮)(♂)杂交子一代胚胎发育研究. *湖北农业科学*, 51(1): 131–135.

龙华, 邹桂伟, 陈建武, 等. 2006. 鲃、大口鲃及其杂交鲃(鲃♀×大口鲃♂)血液生理生化指标比较及转铁蛋白等位基因分析. *长江大学学报: 自科版*, 3(2): 161–164.

龙华, 邹桂伟, 陈建武, 等. 2007. 鲃、大口鲃及其杂交鲃的血型分析. *水利渔业*, 27(3): 19–20.

乔志刚, 石灵, 常国亮, 等. 2007. 鲃胚胎及其仔鱼发育的连续观察. *水产科学*, 26(8): 431–435.

汪开毓, 肖丹, 贺扬, 等. 2012. 南方鲃(*Silurus meridionalis*)豚鼠气单胞菌溶血素的分离、纯化与致病性研究. *海洋与湖沼*, 43(6): 1122–1127.

王祖熊, 张锦霞, 靳光琴. 1986. 鱼类杂交不亲和性的研究. *水生生物学报*, 10(2): 171–179.

王朝明, 邹桂伟, 罗相忠, 等. 2004. 大口鲃(♀)与鲃(♂)的杂交试验. *淡水渔业*, 34(6): 41–43.

魏刚, 黄林. 1997. 鲃繁殖生物学的研究. *水产学报*, 21(3): 225–232.

魏刚, 罗学成. 1994. 鲃胚胎和幼鱼发育的研究. *四川师范学院学报: 自然科学版*, 15(4): 350–355.

谢小军. 1986. 南方大口鲇的胚胎发育. *西南师范大学学报: 自然科学版*, (3): 72–78.

殷名称. 1991. 鱼类早期生活史研究与其进展. *水产学报*, 15(4): 348–358.

张耀光, 谢小军. 1996. 南方鲃的繁殖生物学研究: 性腺发育及周年变化. *水生生物学报*, 20(1): 8–16.

郑蓓蓓, 邹桂伟, 王朝明, 等. 2006. 大口鲃与鲃及其杂种 F1 的蛋白质和同工酶电泳图谱的比较. *华中农业大学学报*, 25(3): 281–285.

邹桂伟, 罗相忠, 潘光碧. 2001. 大口鲃苗种同类相残的研究. *中国水产科学*, 8(2): 55–58.

邹桂伟, 潘光碧. 1997. 大口鲃染色体组型和 DNA 含量的研究. *中国水产科学*, 4(5): 96–99.

图版 I 说明

鲃(♀)×南方鲃(♂)杂交 F1 胚胎发育

1. 受精后 20 min; 2. 胚盘形成; 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. 囊胚晚期; 13. 原肠早期; 14. 原肠中期; 15. 原肠晚期; 16. 神经胚期; 17. 神经胚期(出现脑的分化); 18. 胚孔封闭期; 19. 眼囊期; 20. 听囊和尾芽形成期; 21. 上颌须原基和心形成期; 22. 尾芽游离期; 23. 心搏期; 24. 肛门原基期; 25. 出膜前(血液贯通全身); 26. 出膜前人工除膜的胚体; 27. 初孵仔鱼。

Explanation of Plate I

Embryonic Development of Hybrid F1 between *Silurus asotus* (♀) and *S. meridionalis* (♂)

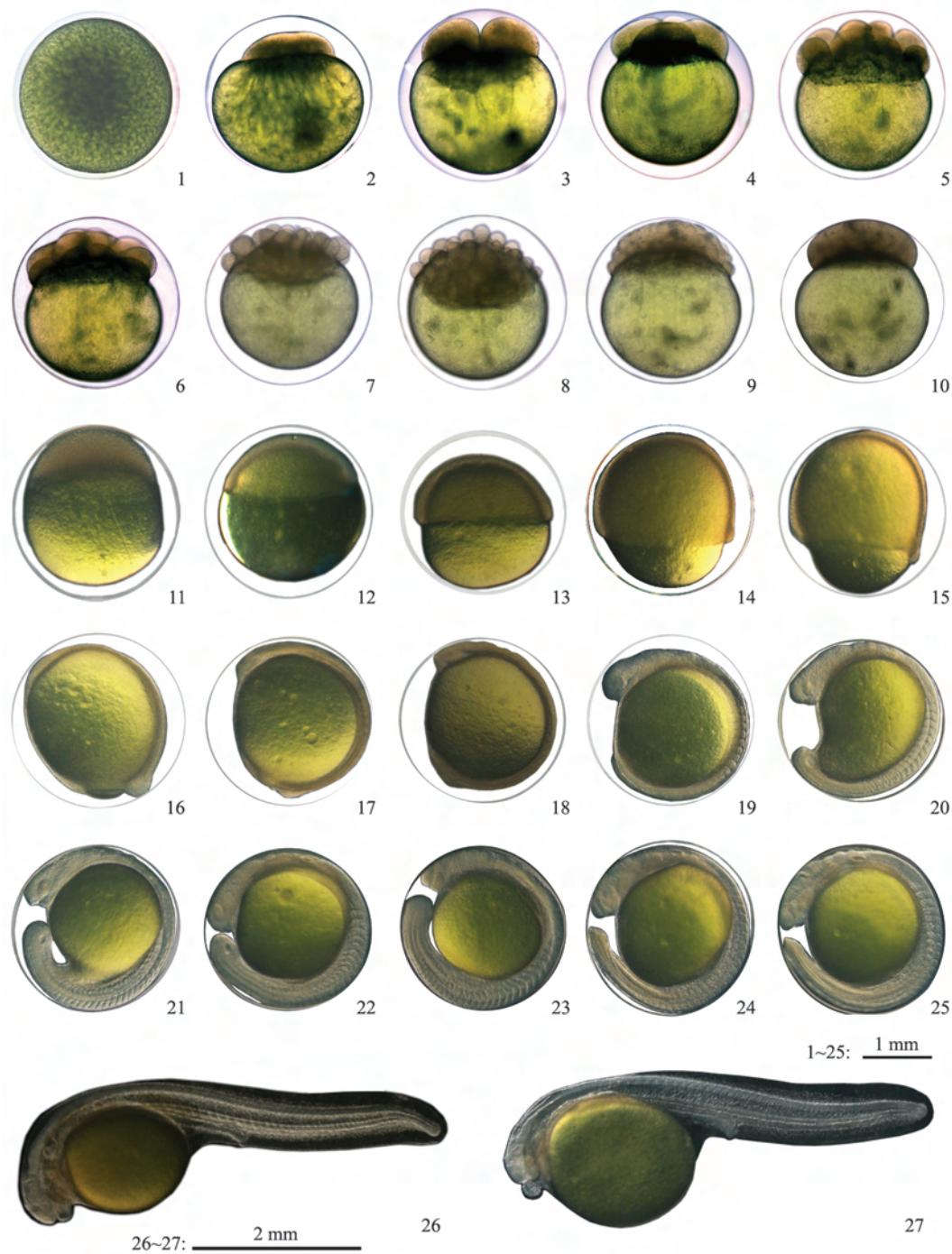
1. 20 min after fertilization 2. Blastoderm formation; 3. 2-cell; 4. 4-cell; 5. 8-cell; 6. 16-cell; 7. 32-cell; 8. 64-cell; 9. Morula; 10. Early blastula; 11. Middle blastula; 12. Late blastula; 13. Early gastrula; 14. Middle gastrula; 15. Late gastrula; 16. Neurula; 17. Neurula (brain differentiation); 18. Blastopore closure; 19. Optic capsule; 20. Formation of auditory vesicle and tail bud; 21. Appearance of rudiment of upper-jaw-barbel and heart; 22. Separation of tail bud; 23. Heart pulsation; 24. Rudiment of anus; 25. Pre-hatching (blood circulation); 26. Manually picked out embryo; 27. Newly hatched larvae.

杨世勇等: 鲇(♀) × 南方鲇(♂) 杂交 F1 胚胎发育观察

图版 I

YANG Shi-Yong *et al.*: The Embryonic Development Hybrid F1 between *Silurus asotus*
(♀) and *S. meridionalis* (♂)

Plate I



图版说明见文后