

牙鲆(♀)×圆斑星鲽(♂)杂交子代的胚胎及仔鱼发育

李瑞竹, 张全启, 齐洁, 王兴莲, 王志刚

(中国海洋大学 生命科学与技术学部遗传与种质工程研究室, 山东 青岛 266003)

摘要:以牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)为母本,圆斑星鲽(*Verasper variegatus*)为父本进行科间远缘杂交,观察和记录了杂交受精卵胚胎及胚后仔鱼的发育情况,描述了各时期的形态特征。杂交受精卵为浮性卵,其受精率和孵化率分别为 $(71.18 \pm 0.14)\%$ 和 $(61.65 \pm 0.19)\%$,胚胎发育的畸形率为 $(17.00 \pm 0.06)\%$,4日龄仔鱼出苗率为 $(58.63 \pm 0.19)\%$,35日龄仔鱼的成活率为 $(57.08 \pm 0.20)\%$ 。在水温为 $(15 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 、海水盐度为29~30的条件下,受精卵经74 h孵化,孵化后4 d开口摄食,17 d开始变态,35 d完成变态。变态时,37%的仔鱼向右偏转,63%的仔鱼向左偏转。结果表明,牙鲆和星鲽杂交不存在配子不亲和,受精卵可以正常发育,杂交子代可以正常成活和生长。本研究旨在为下一步杂交育种奠定基础。[中国水产科学,2006,13(5):732-739]

关键词:牙鲆;圆斑星鲽;杂交;胚胎发育;仔鱼发育

中图分类号:Q959.486 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-8737-(2006)05-0732-08

在育种研究中,不同品系间、种群间、种间、甚至属间、科间的杂交,往往能获得具有杂种优势的群体,杂种的生活力、生长速度、品质或抗病能力等比亲本有显著地提高。杂交还能丰富遗传结构,出现新的遗传类型,经选择优良的个体培育后成为新品种。杂交育种已经长期广泛地应用于多种农作物生产以及畜牧业养殖的良种选育,在水产生物的品种改良和生产中也已有报道^[1]。但是,由于种质资源交流的广泛展开,使现有动、植物品种的有利基因得到了充分的利用,潜力越来越小,近缘品种间杂交的变异幅度是有限的。因此,远缘杂交成为产生杂种优势的重要手段之一。远缘杂交可以显著地促进种间基因的交流,引入异种的有利基因,显著地扩大和丰富杂交种的基因库,因而能够创造出新变异类型,甚至合成新的物种^[2]。

在脊椎动物中,鱼类是最容易发生杂交的^[3],鱼类远缘杂交是鱼类育种基本手段之一。中国自20世纪50年代末开始,进行了大量的属间和种间杂交,多数情况都能够受精和得到鱼苗,有些组合可应用于生产和育种实践^[2]。鲑属(*Salmo*)、大马哈鱼属(*Oncorhynchus*)、罗非鱼属(*Oreochromis*)等杂

种F1代可繁殖后代,并具有杂种优势^[4]。鳊鲂杂种(*Parabramis pekinensis*♀×*Megalobrama amblycephala*♂)、鲴类杂种(*Plagiognathops microlepis*♀×*Xenocypris davidi*♂)、鲢鳙杂种(*Hypophthalmichthys molitrix*♀×*Aristichthys nobilis*♂)等不仅具有一定的生长优势,而且比亲本有较明显的忍受低氧和耐运输能力^[5]。

鲆鲽鱼类的杂交育种见报道的多是鲽科中不同种之间的杂交,如欧鲽与平鲽杂交(*Pleuronectes platessa*×*Platichthys flesus*)^[6],欧鲽与唐鲽杂交(*Pleuronectes platessa*×*Hippoglossus hippoglossus*)^[7],条斑星鲽与圆斑星鲽杂交(*Verasper moseri*×*Verasper variegatus*)^[8]。科间远缘杂交的报道相对较少^[9-10],Lee^[11]进行了牙鲆与圆斑星鲽杂交(*Paralichthys olivaceus*×*Verasper variegatus*),研究了其杂种的生长情况和性别分化现象;Wang^[12]研究了牙鲆与石鲽科间杂种(*Paralichthys olivaceus*×*Kareius bicoloratus*)的早期发育与生长情况。

本研究采用鲆科的牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)为母本,鲽科的圆斑星鲽(*Verasper variegatus*)为父本,进行不同科间的远缘杂交,对杂交的受

收稿日期:2005-10-27; 修订日期:2006-03-14.

基金项目:国家高技术研究发展计划(863计划)项目(2003AA623130).

作者简介:李瑞竹(1981-),女,硕士研究生,从事鱼类遗传育种研究.

通讯作者:张全启. E-mail:qzhang@ouc.edu.cn

精率、受精卵的孵化、仔鱼的发育、变态及早期存活等进行观察和记录,以期为鲆鲷鱼类的杂交育种提供基础资料,并为杂种优势的研究提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 材料

亲鱼取自山东华新海大海洋生物股份有限公司,杂交研究于2004年、2005年2~4月进行,杂交母本为牙鲆,属鲆形目(Pleuronectiformes)鲆科(Bothidae)牙鲆(*Paralichthys*)属,父本为圆斑星鲷,属鲷形目鲷科(Pleuronectidae)星鲷(*Verasper*)属。选择体色和体形正常、性腺发育良好的健康雌牙鲆和雄星鲷各3~4尾,人工挤压亲鱼腹部,采集成熟卵子和精液,湿法人工授精获得受精卵,实验共重复4次。受精卵和仔鱼的培育水温为(15±0.5)℃,海水盐度为29~30,日换水量1/5~1/4,不间断充气。

1.2 受精率、孵化率和成活率的计算

人工授精24 h后,从授精获得的卵中随机抽取1 000~2 000粒,以是否发育到原肠中期作为受精的标志,计数卵的总数和受精卵的数量,计算受精率。将受精卵放入孵化网箱(50 cm×40 cm×80 cm)孵化,从中随机抽取1 000~2 000粒放入5 L烧杯中,保持同样的孵化条件至孵化,计算孵化率。孵化后4天,仔鱼开口摄食,计算出苗率。孵化后35天,仔鱼

完成变态,计算成活率。在胚胎发育的过程中,每隔4 h从网箱中抽取100~200粒胚胎进行镜检,观察和记录胚胎发育的情况,计数发育畸形的胚胎的数量,计算胚胎发育的畸形率。

1.3 观察方法

对胚胎每隔15 min取样,在解剖镜下观察胚胎的发育过程,记录所处的发育阶段和各阶段的形态特征,并进行拍照记录。孵化后,对仔鱼每天取样,在解剖镜下观察其发育情况及生物学特征,记录其形态特征,并进行拍照。同时分别用5%甲醛溶液和Bouin's液固定各期仔鱼标本,作为补充观察样品。

2 结果

2.1 受精率、孵化率和成活率

实验先后进行了4次重复,在培养条件相同的情况下,受精率最高为87.6%,最低为53.5%,平均为(71.18±0.14)%;孵化率最高为81.2%,最低为31.7%,平均为(61.65±0.19)%;胚胎发育的畸形率平均为(17.00±0.06)%;出苗率最高为79.3%,最低为28.5%,平均为(58.63±0.19)%;成活率最高为78.9%,最低为26.4%,平均为(57.08±0.20)% (表1)。

表1 牙鲆×星鲷杂交子代的受精率、孵化率及成活率

批次 Repeat	受精率 Fertilization rate	孵化率 Hatching rate	畸形率 Abnormality rate	出苗率 Emergency rate	成活率 Survival rate
1	81.4	74.3	12.6	71.1	69.8
2	62.2	31.7	24.1	28.5	26.4
3	53.5	59.4	21.5	55.6	53.2
4	87.6	81.2	9.8	79.3	78.9
平均($\bar{X} \pm SD$) Average	71.18±0.14	61.65±0.19	17.00±0.06	58.63±0.19	57.08±0.20

2.2 胚胎发育

受精卵为圆球形,卵径为0.885~0.952 mm,卵黄透明,卵中有1个油球,为浮性卵。受精卵在水温(15±0.5)℃、盐度29~30条件下历时74 h孵出仔鱼,其各发育阶段特征及速度见表2。

2.3 仔鱼发育

2.3.1 初孵仔鱼 全长(2.28±0.21) mm。卵黄囊

呈椭圆形,长(1.24±0.12) mm,宽(0.65±0.16) mm,油球明显。消化管细长,肛门位于卵黄囊后,口端及肛门均未开口。色素细胞分布于身体表面各部及卵黄囊上,鳍膜上也有零星色素细胞分布。背鳍膜始于身体头部后端,臀鳍膜始于卵黄囊后,背臀鳍膜延伸尾部,并于尾部相连,形态上与牙鲆仔鱼相似(图版I-22)。

表2 牙鲆×星鲆杂交子代的胚胎发育

Tab.2 Embryonic development of the hybrid between *P. olivaceus* and *V. variegatus*

发育时期 Development stage	发育时间/h HPF	主要发育特征 Brief characteristics	图版 Plate
卵裂前期 One-cell stage			
卵膜举起 Membrane lift	1	受精膜举起,形成卵周隙	I-1
胚盘突起 Blastodisc formation	1.5	原生质加厚隆起形成胚盘,是胚胎形成的基础	
卵裂期 Cleavage stage			
2细胞期 2-cell stage	2	经裂,胚盘顶部中央开始分裂,将胚盘分裂为2个同等大小的卵裂球	I-2
4细胞期 4-cell stage	3	经裂,与第1次卵裂垂直,形成4个大小相等的卵裂球	I-3
8细胞期 8-cell stage	3.5	经裂,2个分裂面均与第1次卵裂平行,8个卵裂球排成2排	I-4
16细胞期 16-cell stage	4	经裂,2个分裂面均与第2次卵裂平行,卵裂球排成4排。卵裂球开始大小不一	I-5
32细胞期 32-cell stage	5	经裂,四周卵裂球稍小,中央卵裂球较大,排列不整齐	I-6
64细胞期 64-cell stage	6.5	纬裂,形成2层细胞。卵裂不同步,卵裂球大小形状不规则	
多细胞期 Multi-cell stage	8	多次卵裂后细胞排成多层,形成桑葚胚	I-7
囊胚期 Blastula stage			
高囊胚 Early blastula stage	10	胚盘明显突出于卵黄,细胞数量多且体积小	I-8
低囊胚 Late blastula stage	12	细胞向卵黄铺展,胚盘高度降低,变得扁平	I-9
原肠期 Gastrula stage			
原肠早期 Early gastrula stage	15.5	胚盘开始下包,至约1/4时形成胚环	I-10
原肠中期 Middle gastrula stage	22	胚环下包完成1/2。部分细胞集中加厚形成胚盾,开始出现神经板	I-11
原肠晚期 Late gastrula stage	29.5	胚环下包约3/4。神经板中央下陷,胚体开始形成	I-12
器官发生期 Organ formation stage			
眼泡形成 Optic vesicle formation	34	胚体前端膨大形成头部,两侧向外突出形成眼泡	I-13
体节形成 Formation of somite	36	身体中部形成多个体节。有零星的色素细胞出现。胚体末端有一透明的小圆泡,为 Kupffer's 泡	I-14
嗅板形成 Formation of olfactory plate	37.5	胚体头部发生收缩,分为前、中、后3个部分。前脑顶端两侧形成嗅板。眼泡开始形成视杯。色素细胞增多	I-15
听囊形成 Formation of auditory vesicle	42	胚体绕卵黄囊约1/2周。后脑两侧形成听囊。胚体尾部开始发生扭转。心脏原基出现	I-16
晶体形成 Formation of eye lens	50	晶体形成,嵌在视杯当中,形成眼睛。心脏形成。色素细胞继续增多,卵黄膜上也有零星分布	I-17
肌肉效应 Musclic contraction	55.5	胚体绕卵黄囊约3/5周,尾部扭转明显。胚体开始出现肌肉效应,做不定期收缩	I-18
心跳出现 Heart pulsation	57	心脏变大,向腹部突出,出现有规律的跳动,频率很慢。	I-19
耳石形成 Formation of otoliths	63	每个听囊中各形成2个钙质耳石。肌肉收缩剧烈,心跳速度加快	I-20
脱膜孵化期 Hatching stage	68-74	胚体绕卵黄囊一周,肌肉收缩剧烈、频繁,尾部将卵膜顶破伸出,最终脱膜孵出	I-21

注:1—培育水温(15±0.5)℃;2—发育时间是指受精后小时数。

Note:1, Water temperature(15±0.5)℃;2, HPF means hours post fertilization.

2.3.2 2日龄仔鱼 全长(2.69 ± 0.24) mm。卵黄囊开始缩小,长(0.78 ± 0.11) mm,宽(0.51 ± 0.17) mm。消化道略加粗,直肠开始膨大,两端仍未开口。色素细胞增多,尾中部后端色素细胞集聚并向鳍膜扩散,鳍膜中后端形成2块三角形色斑。鳍膜加宽。心脏变大。中脑向外突出,视杯更多的包围晶体,并有色素细胞在视杯上出现(图版Ⅱ-1、2)。

2.3.3 4日龄仔鱼 全长(3.46 ± 0.38) mm。卵黄囊更小,油球仍然存在。消化道膨大变粗,上下颌向外开口,肛门开通,开始摄食小型饵料。色素细胞继续增多,尾部色素细胞继续向鳍膜扩散。出现胸鳍膜。中脑明显突出,视杯色素集聚,眼呈黑色(图版Ⅱ-3、4)。

2.3.4 6日龄仔鱼 全长(3.91 ± 0.37) mm。卵黄囊已经很小,可见油球和少量卵黄。仔鱼消化道开始卷曲,下颌向外伸出,长于上颌。色素细胞遍布全身,体色变黑,色素向鳍膜上扩散的更多。胸鳍膜变大。鳃盖开始形成(图版Ⅱ-5、6)。

2.3.5 9日龄仔鱼 全长(4.25 ± 0.47) mm。卵黄囊被消化吸收,只剩很小的油球。消化道变长并盘绕一周。色素细胞密布全身,形成圆形色素斑,鳍膜上色素细胞增多。背鳍前端鳍膜的基部出现背鳍原基。开始形成鳃丝(图版Ⅱ-7、8)。

2.3.6 12日龄仔鱼 全长(4.96 ± 1.07) mm。卵黄囊消化完毕,油球消失。消化道在体内继续伸长、盘绕。除尾部末端外,全身遍布色素细胞,仔鱼呈深褐色。背鳍已形成4根鳍条,胸鳍也开始出现鳍条,尾鳍原基开始分化,腹鳍原基形成,体形变长,色素的分布、形态特征和运动特性逐渐趋于父本(图版Ⅱ-9)。

2.3.7 17日龄仔鱼 全长(6.76 ± 1.78) mm,身体变宽。仔鱼的1只眼睛开始向上移动。背、臀鳍鳍条逐渐形成并伸长,腹鳍开始分化,胸鳍和尾鳍鳍条分化完成。尾部末端尾椎上翘弯曲并开始缩短(图版Ⅱ-10)。

2.3.8 25日龄仔鱼 全长(9.23 ± 2.05) mm,体长(8.87 ± 1.82) mm,体宽(1.36 ± 1.63) mm,身体开始向扁平发展。仔鱼发生移动的眼睛上缘已超过头顶。左眼向右移动的仔鱼约占37%,右眼向左移动的仔鱼约占63%。背、臀、腹、胸、尾鳍均已形成,

尾椎退化消失(图版Ⅱ-11)。

2.3.9 30日龄仔鱼 全长(15.54 ± 2.64) mm,体长(12.73 ± 2.47) mm,体宽(5.82 ± 2.15) mm。仔鱼发生移动的眼睛已转过头顶,到达鱼体另一侧,变态基本完成。仔鱼有眼睛的一侧向上,静卧池底,很少活动。体表色素增多,身体不透明(图版Ⅱ-12)。

3 讨论

本研究中牙鲆与星鲷杂交的受精率、孵化率、出苗率和成活率最高分别可达87.6%、81.2%、79.3%和78.9%。Lee等^[11]用牙鲆与圆斑星鲷进行杂交实验,在水温(15 ± 0.5)℃的条件下得到的受精率、孵化率和成活率分别为56.9%~72.3%、86.7%~92.5%和89.1%~96.0%。而作为母本的牙鲆在水温(14 ± 0.5)℃的条件下受精率、孵化率和成活率分别为76.7%、45.0%和39.0%^[12],作父本的圆斑星鲷在水温为14℃和16℃的条件下成活率分别为40.8%和31.5%^[13]。由此可见,牙鲆与星鲷的科间杂交不存在配子不亲和问题,能够正常受精和发育,子代能够存活和生长,而且其受精率、孵化率及成活率接近甚至高于其亲本自交。在鱼类人工繁育中,卵子和精子的质量往往对受精率和孵化率起决定性作用^[14],孵化温度也是影响成活率的主要因素^[15-16],这可能是造成不同重复组中受精率和孵化率有较大浮动的原因。

以牙鲆为母本,以石鲷为父本的杂交同样也表现出了极高的受精率、孵化率和早期成活率,而且杂交中表现出一定程度的生长优势^[12]。而与此相比较,在牙鲆和大菱鲆的杂交实验中,二者存在严重的杂交不亲和现象。观察表明,无论正交还是反交,都表现出极低的受精率,仅有少数受精卵子,但都不能正常发育和孵化^[1]。根据目前的分类依据,牙鲆和大菱鲆同属于鲆科(Bothidae),而星鲷和石鲷同属于鲷科(Pleuronectidae)。为何不同科的鲆和鲷之间可以进行杂交,且表现出很高的受精率和成活率,而同科的牙鲆和大菱鲆的属间杂交具有如此高的不亲和性,目前尚不清楚,传统分类学在鲆鲷鱼类分类中是否存在一定偏差,杂交不亲和是否与亲缘关系远近有直接关系等,都有待于进一步研究。

杂交以牙鲆为母本,因此杂种受精卵形态与牙鲆相同,为圆形浮性卵,有1个油球,而圆斑星鲷的

1) 张全启等,待发表的实验结果。

卵为半浮性卵,卵中无明显油球^[13]。杂交胚胎的发育过程亦与牙鲆相似,杂交胚胎听囊的形成在晶体形成之前,与牙鲆发育顺序相同^[17],而圆斑星鲽则是先产生晶体,后形成听囊^[19]。孵化后杂交仔鱼于第4天开口摄食小型饵料,也与牙鲆相同^[17-18],圆斑星鲽则是第6天开口摄食^[19]。初孵仔鱼形态上与母本牙鲆仔鱼相似,但在后期发育中逐渐发生变化,12日龄后的杂交仔鱼的色素分布、形态特征等则与星鲽相似,尾部较长,游泳时尾部弯曲,与星鲽仔鱼一致。变态时,有37%的杂交仔鱼左眼向右转移,表现为父本类型的右偏,而近63%的仔鱼则右眼向左偏移,表现为母本的左偏。直到变态完成后,仍有部分仔鱼眼睛不能完全转移到另一侧,而是位于头顶正中或稍过。Lee等^[11]牙鲆与圆斑星鲽杂交得到的后代77.7%右偏,22.3%左偏,而牙鲆与石鲽杂交的后代右偏和左偏的比率分别为56%和44%^[12]。这可能是父本特征与母本特征相互竞争的结果。杂交后代体轴偏转和左右偏向比例的决定机制尚不清楚,有待进一步研究。

参考文献:

- [1] Chevassus B. Hybridization in fish[J]. *Aquaculture*, 1983, 33: 245-262.
- [2] 楼允东. 鱼类育种学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- [3] Schwartz F J. World Literature to Fish Hybrids, with an Analysis by Family, Species, and Hybrid; Supplement 1[A]. NOAA Technical Report NMFS SSRF-750, U. S. Dept. of Commerce[C], 1981. 507.
- [4] 张兴忠. 鱼类遗传与育种[M]. 北京: 农业出版社, 1988.
- [5] 张扬宗. 中国池塘养鱼学[M]. 北京: 科学出版社, 1989.
- [6] Pundom C E. Induced polyploidy in plaice (*Pleuronectes platessa*) and its hybrid with the flounder (*Platichthys flesus*) [J]. *Heredity*, 1972, 29: 11-23.
- [7] Pundom C E, Lincoln R F. Gynogenesis in hybrids within the *Pleuronectidae* [A]. The early life history of fish [C]. Berlin: Springer-Verlag, 1974. 537-544.
- [8] 村田 修. ホシガレイとマツカワの正逆交雑魚(ホシマツ? マツホシの雑魚生産) [J]. 養殖, 2000, 82: 82-85.
- [9] Kim K K, Bang I C, Kim Y, et al. Survival and growth in larval stage of induced hybrid between olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) and spotted flounder [J]. *J Aquacult*, 1995, 8: 69-76.
- [10] Kim K K, Bang I C, Kim Y, et al. Early survival and chromosome of intergeneric hybrids between Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*, and spotted halibut, *Verasper variegatus* [J]. *Fisheries Sci*, 1996, 62: 490-491.
- [11] Lee Y D, Na O S, et al. Growth and Sexual Phenomena of the Hybrid between Olive Flounder and Spotted Flounder [J]. *J Aquacult*, 1997, 10(2): 179-187.
- [12] Wang Z, Wang X, Zhang Q. Interfamilial hybridization between *Paralichthys olivaceus* and *Korrius bicoloratus* L.-Early development and growth characters [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2003, 10(7): 30-37.
- [13] 郑惠东. 圆斑星鲽的人工繁殖及育苗技术 [J]. 福建水产, 2003, 9(3): 15-17.
- [14] Kjørsvik E, Høehne-Reitan K, Reitan K I. Egg and larval quality criteria as predictive measures for juvenile production in turbot (*Scophthalmus maximus* L.) [J]. *Aquaculture*, 2003, 227: 9-20.
- [15] 刘立明. 不同温度条件下牙鲆变态期生长发育变化的研究 [J]. 海洋科学, 1996, 4: 58-63.
- [16] 杜 伟, 万瑞景, 庄志猛, 等. 半滑舌鲷胚胎发育及其与水温的关系 [J]. 中国水产科学, 2004, 11(1): 49-52.
- [17] 张惠理. 比目鱼—牙鲆 (*Paralichthys olivaceus* T. & S.) 的早期发育史 [M]. 中国科学院海洋研究所调查研究报告第110号, 1959. 71-80.
- [18] Minami T. The Early Life History of a Flounder *Paralichthys olivaceus* [J]. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 1982, 48(11): 1581-1588.
- [19] 王开顺, 张志峰, 张全启, 等. 圆斑星鲽胚胎及仔鱼发育的观察 [J]. 中国水产科学, 2003, 10(6): 451-454.

Embryonic and larval development in hybrid between *Paralichthys olivaceus* (♀) and *Verasper variegatus* (♂)

LI Jun-zhu, ZHANG Quan-qi, QI Jie, WANG Xing-lian, WANG Zhi-gang

(Laboratory of Genetics and Breeding, Division of Life Science and Technology, Qingdao 266003, China)

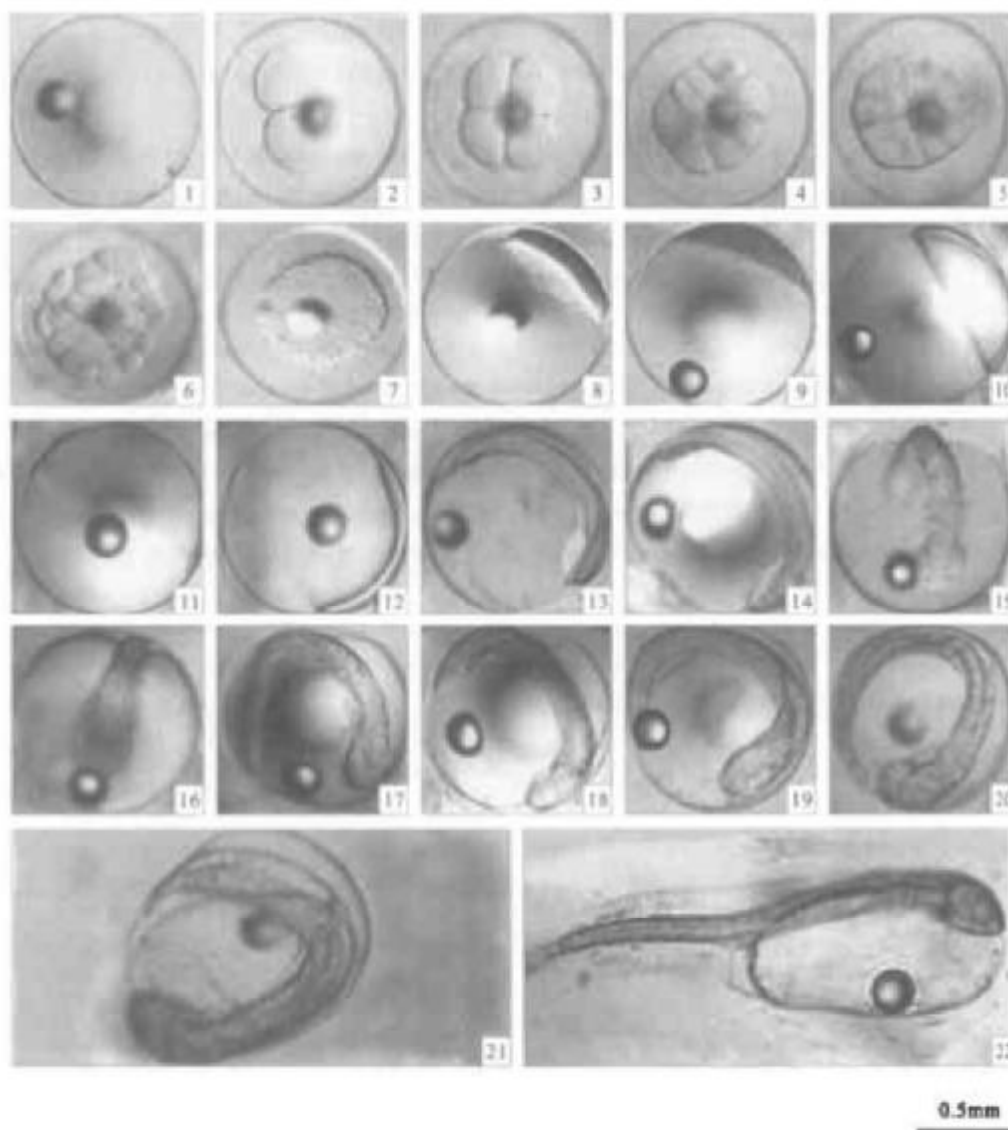
Abstract: In the present study, distant hybridizations between *Paralichthys olivaceus* and *Verasper variegatus* were carried out. The development of fertilized eggs and larvae were observed and the morphological characteristics of each period were described. The fertilized eggs were pelagic with one oil vacuole. The fertilization rate, hatching rate, emergent rate and survival rate of the hybrid were $(71.18 \pm 0.14)\%$, $(61.65 \pm 0.19)\%$, $(58.63 \pm 0.19)\%$ and $(57.08 \pm 0.20)\%$, respectively. And abnormality rate was $(17.00 \pm 0.06)\%$ on an average. Under water temperature $(15 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ and salinity 29~30, the larvae hatched out on about the 74th hour after fertilization and the larval mouths opened on the 4th day after hatching. The metamorphosis was completed on about the 35th day after the hatching. In the process of metamorphosis, eye position of the hybrid was mixed with both dextral(37%) and sinistral type(63%). The results show that the gametes from *Paralichthys olivaceus* and *Verasper variegatus* are compatible, the fertilized eggs can develop normally, the larvae live and grow normally. [Journal of Fishery Sciences of China, 2006, 13 (5): 732 - 739]

Key words: *Paralichthys olivaceus*; *Verasper variegatus*; hybridization; embryonic development; larval development

Corresponding author: ZHANG Quan-qi. E-mail: qzhang@ouc.edu.cn

李瑞竹等:牙鲆(♀)×圆斑星鲷(♂)杂交子代的胚胎及仔鱼发育

LI Jun-zhu et al: Embryonic and larval development in hybrid between *Paralichthys olivaceus* (♀) and *Verasper variegates* (♂)



图版 I 牙鲆星鲷杂交鱼的胚胎发育

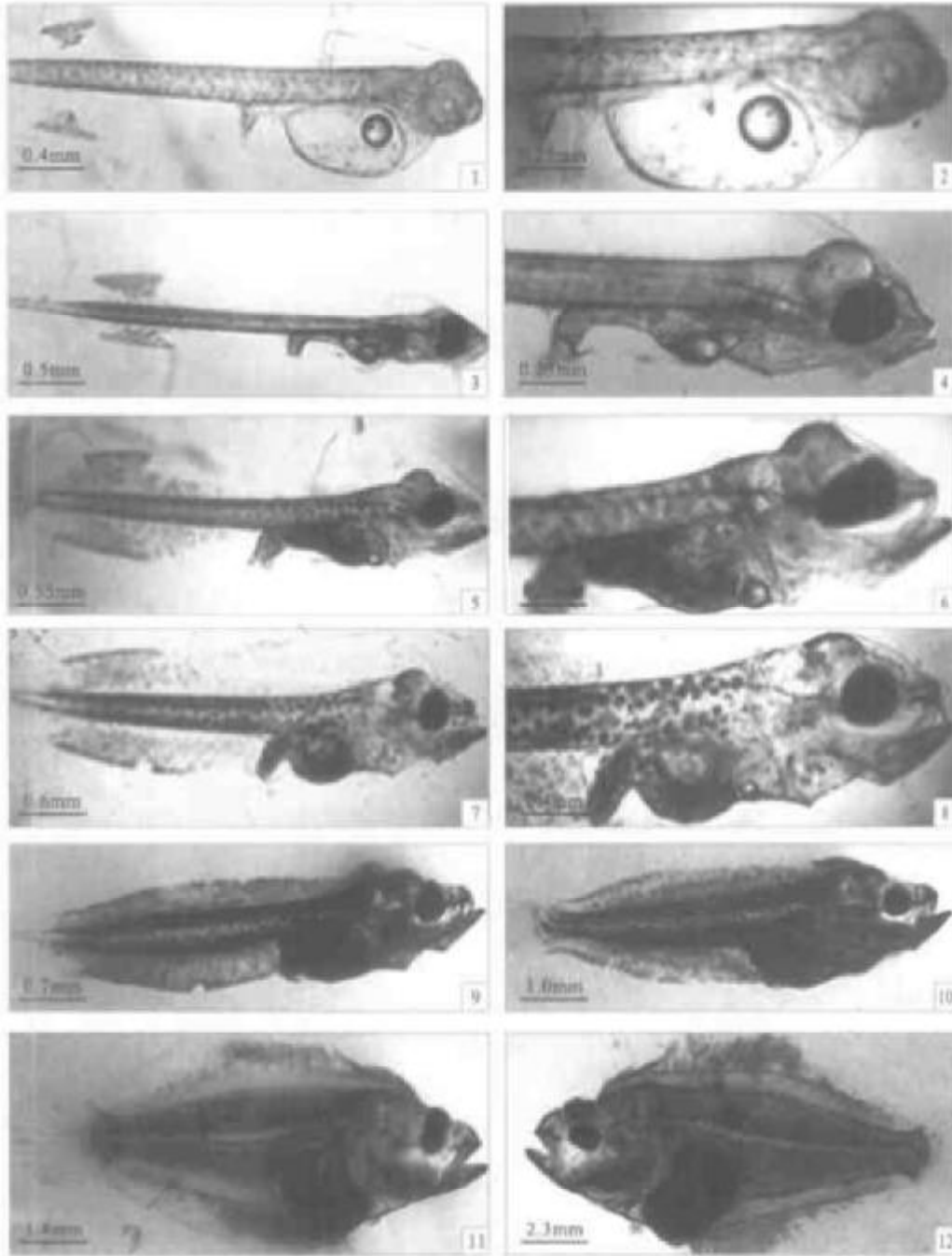
1:卵膜举起;2:2细胞期;3:4细胞期;4:8细胞期;5:16细胞期;6:32细胞期;7:多细胞期;8:高囊胚期;9:低囊胚期;10:原肠早期;11:原肠中期;12:原肠晚期;13:眼泡形成;14:体节形成;15:嗅板形成;16:听囊出现;17:晶体形成;18:肌肉效应;19:心跳出现;20:耳石形成;21:脱膜孵化期;22:刚孵化仔鱼。

Plate I Embryonic development of the hybrid between *P. olivaceus* and *V. variegatus*

1: Membrane lift; 2: 2-cell stage; 3: 4-cell stage; 4: 8-cell stage; 5: 16-cell stage; 6: 32-cell stage; 7: Multi-cell stage; 8: Early blastula stage; 9: Late blastula stage; 10: Early gastrula stage; 11: Middle gastrula stage; 12: Late gastrula stage; 13: Formation of optic vesicle; 14: Formation of somite; 15: Formation of olfactory plate; 16: Formation of auditory vesicle; 17: Formation of eye lens; 18: Muscle contraction; 19: Heart pulsation; 20: Formation of otoliths; 21: Hatching stage; 22: Newly hatched larva.

李珣竹等:牙鲆(♀)×圆斑星鲷(♂)杂交子代的胚胎及仔鱼发育

LI Jun-zhu et al: Embryonic and larval development in hybrid between *Paralichthys olivaceus*(♀) and *Verasper variegates*(♂)



图版Ⅱ 牙鲆星鲷杂交鱼的仔鱼发育

1:2日龄仔鱼;2:图1的放大;3:4日龄仔鱼;4:图3的放大;5:6日龄仔鱼;6:图5的放大;7:9日龄仔鱼;8:图7的放大;9:12日龄仔鱼;10:17日龄仔鱼;11:25日龄仔鱼(右偏);12:30日龄仔鱼(左偏)。

Plate II Development of the hybrid Larvae between *P. olivaceus* and *V. variegatus*

1:2-day old larval;2:The magnification of picture 1;3:4-day old larval;4:The magnification of picture 3;5:6-day old larval;6:The magnification of picture 5;7:9-day old larval;8:The magnification of picture 7;9:12-day old larval;10:17-day old larval;11:25-day old larval(dextral type);12:30-day old larval(sinistral type).