

拟目乌贼的胚胎发育

蒋霞敏*, 唐 锋, 罗 江, 彭瑞冰

(宁波大学海洋学院, 浙江 宁波 315211)

摘要: 采捕野生拟目乌贼进行室内培育, 利用显微成像系统观察其胚胎发育过程。结果表明, 拟目乌贼受精卵乳白色, 半透明, 呈椭圆形, 乳头状, 一端呈圆环状套住附卵基质, 如葡萄般成串有规律地聚集一起。刚产出的受精卵长径为 (39.7 ± 1.7) mm, 短径为 (17.1 ± 1.1) mm, 体质量为 (4.3 ± 0.2) g。胚胎呈椭圆形, 长径 (8.85 ± 0.41) mm, 短径为 (7.74 ± 0.54) mm。在水温为 27 ℃, 盐度为 30 条件下, 孵化第 10 天卵粒变得最小, 长径为 (27.2 ± 0.6) mm, 短径为 (13.3 ± 0.6) mm, 体质量为 (2.02 ± 0.02) g。第 11 天后受精卵开始膨大, 孵化前受精卵长径为 (32.7 ± 0.8) mm, 短径为 (19.3 ± 0.6) mm, 体质量为 (4.68 ± 0.02) g。胚胎发育分为 11 个阶段: 受精卵期、卵裂期、囊胚期、原肠胚期、胚体形成期、器官形成期、红珠期、心跳出现期、色素出现期、内骨骼形成期和孵化期。胚胎发育历时 20 d, 初孵乌贼胴长 (8.1 ± 0.2) mm, 胴宽 (6.1 ± 0.2) mm, 体质量 (0.18 ± 0.02) g。

关键词: 拟目乌贼; 受精卵; 胚胎发育

中图分类号: Q 132; S 917.4

文献标志码: A

胚胎发育是繁育生物学重要研究内容之一, 研究头足类的胚胎发育有助于把握育苗关键环节, 可为苗种生产提供参考。目前国内外学者对头足类胚胎发育的研究种类有短蛸 (*Octopus ocellatus*)^[1-3]、长蛸 (*O. variabilis*)^[4]、真蛸 (*O. vulgaris*)^[5-6]、嘉庚蛸 (*O. tankahkeei*)^[7-8]、章鱼 (*O. aegina*)^[9]、枪乌贼 (*Loligo chinensis*)^[10]、金乌贼 (*Sepia esculenta*)^[11]、曼氏无针乌贼 (*Sepiella maindroni*)^[12-14]、虎斑乌贼 (*Sepia pharaonis*)^[15], 迄今为止未见拟目乌贼 (*Sepia lycidas*) 胚胎发育的研究。

拟目乌贼隶属软体动物门 (Mollusca)、头足纲 (Cephalopoda)、鞘亚纲 (Coleoidea)、乌贼目 (Sepioidea)、乌贼科 (Sepiidae)、乌贼属 (*Sepia*), 是浅海暖水性的底栖种, 分布于印度洋-西太平洋海域, 常栖息于水深 15 ~ 150 m 的近海水域^[16]。其体型较大(最大胴长 400 mm, 体质量 5 kg), 繁殖周期短, 生长迅速, 肉质鲜美, 蛋白质含

量高, 综合利用范围广, 因此深受欢迎。它是我国南海经济价值较高的优良品种、中国台湾省重要的渔业种类, 中国香港第二大商业性乌贼渔业^[17]。

目前国内外关于拟目乌贼的研究报道不多, 主要开展了拟目乌贼繁殖行为学^[17]、表皮胶原蛋白^[18]、幼体对 CO₂ 的耐受性^[19]、受精行为^[20]、捕食行为^[21]等方面的研究。本实验较系统地观察和研究了拟目乌贼胚胎发育各个阶段的形态变化、发育时序以及温盐对胚胎发育的影响, 旨在丰富拟目乌贼胚胎发育生物学, 为开展大规模人工育苗、养殖以及人工增殖放流提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 亲体来源

2012 年 3-4 月于福建省沿海海域 (19° ~ 20°N, 111° ~ 112°E) 采捕野生亲体 324 只, 其中雌体 227 只, 体质量 (1.20 ± 0.36) kg, 胴长

收稿日期: 2012-11-16 修回日期: 2013-03-08

资助项目: 宁波市科技重点项目 (2011C11002)

通信作者: 蒋霞敏, E-mail: jiangxiamin@nbu.edu.cn

(23.3 ± 2.90) cm, 胴宽 (13.5 ± 1.70) cm; 雄体 97 只, 体质量 (2.84 ± 0.44) kg, 胴长 (31.5 ± 1.55) cm, 胴宽 (19.1 ± 1.70) cm。

1.2 胚胎发育观察

将刚产出的受精卵直接用镊子、大头针等沿尖端处挑开, 剥除较厚三级卵膜和乳白色的次级卵膜, 将剥出的胚胎放在恒温 (27 °C) 水浴中连续观察。孵化第 1 天每 1 小时 1 次, 第 2 天每 3 小时 1 次, 第 3 天每 6 小时 1 次, 第 4 天以后每天 2~3 次, 直到孵出幼体。观察时用数码相机进行拍照或录像, 记录发育进程, 并用游标卡尺或台微尺测量各期胚胎的形态参数。

1.3 数据处理

利用 Excel 2003 分析实验数据, 结果以平均值 ± 标准差 ($\bar{X} \pm SD$) 表示, 并用 SPSS 17.0 软件进行方差分析、回归分析。胚胎发育生物学零度和有效积温计算运用 $K = N(T - C)$ 公式。

$$\text{生物学零度 } C = \frac{\sum V^2 \sum T - \sum VT}{N \sum V^2 - (\sum V)^2}$$

$$\text{有效积温 } K = \frac{N \sum VT - \sum V \sum T}{N \sum V^2 - (\sum V)^2}$$

式中, T 表示培育温度, V 表示发育速度, $V = 1/N$, N 表示发育时间。

2 结果

2.1 受精卵形态与结构

拟目乌贼受精卵产出后粘附在尼龙绳 (图版 I-1) 或聚乙烯网片上, 附卵量大且相对集中。受精卵为乳白色、半透明、呈椭圆形, 一端为乳头状, 另一端呈圆环状套住附卵基质, 如葡萄般成串有规律地聚集一起。最外层为富有弹性的三级卵膜, 易剥离。次层卵膜较厚、透明富有弹性、具粘性。刚产出的受精卵最内层卵膜与卵黄膜间含有黏性强的黏液, 孵化后期这些黏液大量减少, 以至消失。初产出时受精卵长径为 (39.7 ± 1.7) mm, 短径为 (17.1 ± 1.1) mm, 体质量为 (4.3 ± 0.2) g。

2.2 受精卵大小变化

在水温为 27 °C, 盐度为 30 条件下, 受精卵经历了柔软—定形—缩小—膨大的过程。受精卵在产出第 2 天卵膜开始收缩, 到第 10 天收缩到最小, 长径为 (27.2 ± 0.6) mm, 短径为 (13.3 ± 0.6) mm, 体质量为 (2.02 ± 0.02) g, 三级卵膜变

为浅黄色, 卵黄由椭圆形逐渐变成近圆形; 第 11 天以后卵膜开始膨大并逐渐变薄, 卵黄囊继续缩小, 受精卵呈透明状, 膜内仔乌贼清晰可见。仔乌贼出膜前受精卵长径为 (32.7 ± 0.8) mm, 短径为 (19.3 ± 0.6) mm, 体质量为 (4.68 ± 0.02) g (图 1)。

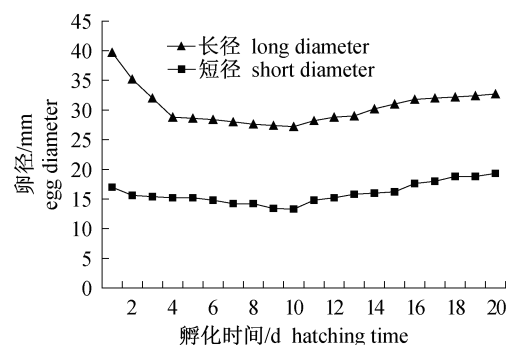


图 1 拟目乌贼卵径与孵化时间的关系

Fig. 1 The relationship between the egg diameter and the age of *S. lycidas*

2.3 胚胎发育时序及形态特征

受精卵在水温为 27 °C, 盐度为 30 的条件下孵化, 经过 20 d 幼体陆续脱膜孵出, 从受精到仔乌贼孵出总积温为 288.6 °C · d (表 1)。其发育为直接发育类型, 体内受精, 体外发育, 整个胚胎发育都在卵膜内进行。根据胚胎发育的形态变化, 可将拟目乌贼的胚胎发育分为 11 个阶段: 受精卵期、卵裂期、囊胚期、原肠胚期、胚体形成期、器官形成期、红珠期、心跳出现期、色素出现期、内骨骼形成期和孵化期。

受精卵期 受精卵产出后 4 h 内未进行分裂, 其卵粒较大, 初产受精卵长径为 (39.7 ± 1.7) mm, 短径为 (17.1 ± 1.1) mm (图版 I-2)。该时期胚胎呈椭圆形, 长径 (8.85 ± 0.41) mm, 短径为 (7.74 ± 0.54) mm。原生质集中在动物极, 卵黄集中在植物极 (图版 I-3)。

卵裂期 受精卵产出 4 h 后动物极稍微隆起, 表面分裂为 2 个等大的细胞。该卵裂为不完全分裂, 仅局限于动物极表面, 属于盘状卵裂 (图版 I-4); 6 h 分裂为 4 细胞期 (图版 I-5), 分裂沟与 2 细胞的卵裂沟垂直; 细胞分裂前 2 次较为规则, 第 3 次开始卵裂就不规则, 分裂沟较多且呈辐射状, 分裂球大小不一; 9 h 分裂为 8 细胞期 (图版 I-6), 10 h 分裂为 16 细胞期 (图版 I-7), 11 h

分裂为 32 细胞期(图版 I -8),12 h 30 min 分裂为 64 细胞期(图版 I -9);13 h 30 min 进入多细胞期(图版 I -10),中央细胞小,边缘细胞大。从 2 细胞期至多细胞期需时 9 h 30 min,卵裂期间胚胎大小变化不显著,胚胎长径(8.85 ± 0.41) mm,短径为(7.74 ± 0.54) mm。

表 1 拟目乌贼的胚胎发育时序
Tab.1 The process of embryo development of *S. lycidas*

发育时期 stage	发育时间 development time	积温/(℃·d) sum of temperature	图版 Plate
受精卵期 fertilized egg	0 h	0	I -3
卵裂期 cleavage stage			
2 细胞期 2-cell stage	4 h	2.4	I -4
4 细胞期 4-cell stage	6 h	3.6	I -5
8 细胞期 8-cell stage	9 h	5.4	I -6
16 细胞期 16-cell stage	10 h	6.0	I -7
32 细胞期 32-cell stage	11 h	6.6	I -8
64 细胞期 64-cell stage	12 h 30 min	7.5	I -9
多细胞期 multicellular stage	13 h 30 min	8.1	I -10
囊胚期 blastula stage	2 d	28.9	I -11
原肠胚期 gastrula stage	3 d	43.3	I -12
原肠早期 early stage of gastrula	3 d 9 h	48.8	I -13
原肠中期 middle stage of gastrula	3 d 10 h	49.4	I -14
胚孔封闭期 closure of blastopore	3 d 18 h	54.1	II -15
胚体形成期 occurrence of embryonic primodium	4 ~ 5 d	57.2 ~ 72.2	II -16,17
器官形成期 organization formed	6 ~ 7 d	86.6 ~ 101.0	II -18-20
红珠期 red-bead stage	8 d	115.4	II -21,22
心跳出现期 occurrence of heartbeat	9 ~ 10 d	129.9 ~ 144.3	II -23
色素出现期 stage of body pigment formed	11 ~ 13 d	158.7 ~ 187.6	II -24
内骨骼出现期 endoskeleton formation stage	13 ~ 16 d	187.6 ~ 230.9	II -25
孵化期 incubation period	17 ~ 20 d	245.3 ~ 288.6	II -26,27
仔乌贼 young cuttlefish	20 d	288.6	II -29

囊胚期 第 2 天细胞继续分裂,胚盘边缘细胞分裂不规则。动物极表面细胞数量明显增多,细胞体积变小,整块区域呈云雾状,平均长 1.82 mm,宽 1.44 mm;植物极则全部被卵黄充满。囊胚表面可见分裂球很小的中央细胞(明区)和分裂球较大的边缘细胞(暗区),边缘细胞呈弯曲状态(图版 I -11);随着时间的推迟,囊胚表面细胞不断分裂,逐渐向植物极延伸。囊胚期间胚胎大小变化不显著,胚胎长径(8.85 ± 0.41) mm,短径为(7.74 ± 0.54) mm。

原肠胚期 第 3 天进入原肠胚初期,外胚层继续分裂小细胞,整齐排列在在胚盘边缘,形成直线,从四周向植物极延伸下包,胚盘呈帽状突起(图版 I -12)。3 d 9 h 胚盘下包 1/4 为原肠胚早期(图版 I -13);10 h 胚盘下包 2/5 为原肠中期(图版 I -14);17 h 胚盘下包 3/4 为原肠晚期。18

h 卵黄表面细胞将卵黄包裹,形成卵黄囊,最后胚孔封闭(图版 II -15)。原肠胚期间胚胎大小基本不变。

胚体形成期 第 4 ~ 5 天胚胎开始从卵黄上方隆起,可在卵黄膜内转动,胚体原基开始形成,此时进入胚体形成期。接着外部器官开始发育,壳囊、视杯、眼原基、腕原基和胴体原基开始出现(图版 II -16,17)。在此期间卵黄逐渐变小,呈近圆形,直径为(6.88 ± 0.16) mm。

器官形成期 第 6 天各组织和器官不断发育成型,胚体逐渐从卵黄囊上向外突出,在初级卵膜内形成不完全的幼体乌贼形态,约占胚胎体积的 27%(图版 II -18)。胚体中部两侧向外突出形成眼泡,眼泡为椭圆形,眼睛为无色透明,眼间距约为胴宽的两倍。乌贼各腕不弯曲,紧紧贴在卵黄囊上。胴体呈碗状,内部开始振动收缩,一般跳

动 10 次左右, 间歇 10 秒再进行跳动(图版 II-19)。第 7 天眼泡内侧边缘色素细胞增加, 眼睛呈淡黄色。眼柄、眼窝形成, 触腕、胴部开始生长, 胴体呈近圆形, 胚体开始收缩运动, 30 ~ 40 次/min。胚体与卵黄囊长度比为 0.36:1。卵黄囊继续变小, 直径为(6.45 ± 0.24) mm(图版 II-20)。

红珠期 第 8 天幼体乌贼胴体逐渐与卵黄脱离, 仅靠各腕与卵黄相连, 整个胚胎隆起呈十字形(图版 II-21)。卵黄囊继续收缩, 逐渐变为梨形, 胚胎和卵黄囊大小变化不大, 其比例为 0.39:1。眼睛颜色加深, 变为红色, 因此此时期叫为“红珠期”, 眼间距逐渐减小。整个胴部都有规律收缩, 而且胚体能够自动调整方向(图版 II-22)。

心跳出现期 第 9 ~ 10 天眼睛色素增加, 变为红棕色, 乌贼体形已接近成体。该时期最明显的特征是心脏开始跳动, 50 ~ 60 次/min。胴体有规律的收缩, 并且可以清晰地看见乌贼允吸一丝丝卵黄。此时胚体变得肥大, 胚体与卵黄的比例为 0.50:1(图版 II-23)。

色素出现期 第 11 ~ 13 天眼睛色素加深, 变为黑色, 眼间距接近胴宽, 最明显的变化是乌贼背部出现点状的色素斑点。乌贼胴部明显增大, 胴长为(2.4 ± 0.2) mm, 胴宽为(1.8 ± 0.1) mm; 卵黄继续缩小, 直径为(4.85 ± 0.34) mm; 胚体与卵黄的比例为 0.82:1。该时期侧鳍和漏斗也比较明显。胴体尾部出现凹槽状, 鳃也清晰可见, 有时也可见侧鳍游动。外层卵膜变薄变透明, 肉眼就清晰可见膜内仔乌贼(图版 II-24)。

内骨骼形成期 第 13 ~ 16 天背部色素颜色加深, 斑点变大, 且继续扩散以致布满整个身体。内壳逐渐明显, 内骨骼形成, 与胴长的比例为 1:2。乌贼胴长为(2.5 ± 0.2) mm, 胴宽为(2.0 ±

0.1) mm; 卵黄继续缩小, 直径为(3.62 ± 0.24) mm; 胚体与卵黄的比例为 1:1。此时乌贼形态已和成体一样, 受到剧烈刺激后, 乌贼能脱离卵黄囊, 在膜内剧烈抖动(图版 II-25)。

孵化期 第 17 天胚体内部出现小墨囊, 受到刺激后乌贼能够喷墨(图版 II-26)。在胚体后期发育中, 卵黄大量损耗, 卵黄囊大幅度缩小, 孵化时大部分卵黄被吸收。到出膜前的胚体与卵黄囊长度比为 4.62:1(图版 II-27)。第 18 ~ 20 天时乌贼体色加深, 变为黑褐色, 幼体在膜内急剧运动, 幼体尾部在卵膜最薄处破膜而出。出膜时, 乌贼幼体还含有卵黄囊, 直径约为 2 mm, 1 ~ 5 min 后便可脱落, 随后乌贼便开始摄食动物性饵料。初孵乌贼胴长(8.1 ± 0.2) mm, 胴宽(6.1 ± 0.2) mm, 体质量(0.18 ± 0.02) g(图版 II-29)。

3 讨论

3.1 受精卵形态特征与大小变化

拟目乌贼受精卵为乳白色, 半透明, 呈椭圆形, 乳头状, 如葡萄般成串有规律地聚集一起。刚产出时受精卵长径为(39.7 ± 1.7) mm, 短径为(17.1 ± 1.1) mm。虎斑乌贼卵单个、呈柠檬状, 多则聚集成串状葡萄, 卵膜白色, 表面光滑、半透明状, 有弹性, 长径(30.7 ± 2.4) mm, 短径(13.4 ± 1.3) mm^[15]。曼氏无针乌贼受精卵长径(10 ± 0.10) mm, 短径(5.5 ± 0.05) mm, 呈葡萄状, 最外层为黑色、坚韧、富有弹性的三级卵膜^[14]。金乌贼受精卵长径为(14.55 ± 2.14) mm, 短径为(10.46 ± 1.69) mm, 刚产出时为奶油色、透明, 呈葡萄状, 可随意拉伸长度^[22]。四种乌贼受精卵比较见表 2, 拟目乌贼卵和虎斑乌贼卵近似, 较曼氏无针乌贼、金乌贼的卵大, 这可能与种类和体型有关。

表 2 4 种乌贼受精卵比较
Tab. 2 Comparison of fertilized eggs among four *Sepias*

参数 parameters	拟目乌贼 <i>Sepia lycidas</i>	虎斑乌贼 <i>Sepia pharaonis</i>	金乌贼 <i>Sepia esculent</i>	曼氏无针乌贼 <i>Sepiella maindroni</i>
长径/mm long diameter	39.7 ± 1.7	30.7 ± 2.4	14.55 ± 2.14	10 ± 0.10
短径/mm short diameter	17.1 ± 1.1	13.4 ± 1.3	10.46 ± 1.69	5.5 ± 0.05
特征 characteristic	乳白色, 半透明, 椭圆形, 乳头状, 聚集成串状葡萄	白色, 光滑、半透明, 柠檬状, 聚集成串状葡萄	奶油色、透明, 葡萄状, 可随意拉伸长度	最外层为黑色, 坚韧而富有弹性, 葡萄状

受精卵在产出第 2 天卵膜开始收缩, 到第 10 天收缩到最小, 长径为(27.2 ± 0.6) mm, 短径为

(13.3 ± 0.6) mm, 体质量为(2.02 ± 0.02) g; 以后开始膨大直至仔乌贼出膜, 第 20 天受精卵长径

为 (32.7 ± 0.8) mm,短径为 (19.3 ± 0.6) mm,体质量 (4.68 ± 0.02) g。拟目乌贼受精卵经历柔软—定形—缩小—膨大的过程,这与虎斑乌贼^[15]、金乌贼^[11]、曼氏无针乌贼^[12]卵膜形态变化一致。而太平洋褶柔鱼(*Todarodes pacificus*)^[11]和中国枪乌贼^[10]卵膜只有膨大的过程,其原因可能与太平洋褶柔鱼和中国枪乌贼很多卵子包在卵鞘中有关。陈四清等^[11]认为卵膜从柔软到收缩至最小时,是乌贼外部器官全部完成的时候,而且还认为三级卵膜的膨大,与胚胎器官的继续发育有着一定联系。

3.2 胚胎发育的分期

陈四清等^[11]根据胚胎发育的外部形态及典型特征将金乌贼胚胎发育过程划分为5个典型时期。刘振勇等^[12]通过研究认为曼氏无针乌贼发育历经7个时期。常抗美等^[13]将曼氏无针乌贼的胚胎发育分为8个连续的时期。蒋霞敏等^[14]观察了室内培育的曼氏无针乌贼自然生产的受精卵形态和胚胎发育过程,将其分为12个阶段。陈道海等^[15]则更加细致地将虎斑乌贼胚胎发育划分为30个时期。不同学者对胚胎发育过程划分分期不一样,但不难发现他们都是根据器官的发生划分^[23]。本实验根据实际胚胎大小和形态变化等特征,将拟目乌贼的胚胎发育分为11个阶段:受精卵期、卵裂期、囊胚期、原肠胚期、胚体形成期、器官形成期、红珠期、心跳出现期、色素出现期、内骨骼形成期和孵化期。

3.3 胚胎营养的提供

拟目乌贼受精卵为端黄卵,含有大量的卵黄。卵黄主要由蛋白质、糖类和脂类构成,营养丰富^[24]。刚产出时卵黄有长径为 (8.85 ± 0.41) mm,短径为 (7.74 ± 0.54) mm。胚胎发育前期,卵黄几乎充满整个胚胎。随着胚胎的发育,卵黄逐渐变小。在第6天进入器官形成期时,各组织和器官不断发育成型,胚体与卵黄囊长度比为0.36:1。第8天红珠期时胚体与卵黄囊比例为0.39:1。第9~10天进入心跳出现期,胚体与卵黄的比例为0.50:1。在第11~13天的色素出现期时胚体与卵黄的比例为0.82:1。第13~16天的内骨骼出现期时胚体与卵黄的比例为1:1。到出膜前的胚体与卵黄囊长度比为4.62:1。出膜时,乌贼幼体还含直径约为2 mm的卵黄囊,1~5 min后便可脱落,随后乌贼便开始摄食动物性饵料。

在整个胚胎发育过程中,卵黄囊内营养不断被消耗,其体积也不断减小,这充分说明卵黄囊是乌贼胚胎发育必需且是唯一的营养和能量来源。卵黄提供方式有两种:一是卵黄囊表面血管吸收蛋白和卵黄的营养,而后输送到胚体;二是卵黄从口进入胚体肠道,直接由胚体利用^[25]。在心跳出现期发现胴体有规律的收缩,并且可以清晰地看见乌贼吮吸一丝丝卵黄,可证实胚体可直接利用卵黄,这与刘振勇等^[12]研究曼氏无针乌贼的结果一致。

参考文献:

- [1] 张学舒. 人工环境中短蛸的繁殖行为和胚胎发生[J]. 浙江海洋学院学:自然科学版,2002,21(3):220-224.
- [2] 王卫军,杨建敏,周全利,等. 短蛸繁殖行为及胚胎发育过程[J]. 中国水产科学,2010,17(6):1157-1162.
- [3] Yamamoto T. Some observations on the embryonal development of the eggs of *Octopus ocellatus* Gray [J]. Botany Zool Tokyo,1941,9:239-243.
- [4] 谢淑瑾,周一兵,杨大佐,等. 长蛸繁殖行为与胚胎发育的初步观察[J]. 大连海洋大学学报,2011,26(2):102-107.
- [5] 徐实怀,马之明,贾晓平. 人工养殖条件下真蛸的生物学特性及胚胎发育[J]. 南方水产,2009,5(2):63-68.
- [6] 郑小东,刘兆胜,赵娜,等. 真蛸(*Octopus vulgaris*)胚胎发育及浮游期幼体生长研究[J]. 海洋与湖沼,2011,42(2):317-323.
- [7] 焦海峰,尤仲杰,包永波. 人工养殖条件下嘉庚蛸的生物学特性及繁育技术初探[J]. 动物学杂志,2005,40(3):67-71.
- [8] Naef A. Die Cephalopoden: Embryologie [M]. Chicago:G. Bardi,1928,35:1-357.
- [9] Ignatius B,Srinivasan M. Embryonic development in *Octopus aegina* Gray, 1849 [J]. Current Science,2006,91(8):1089-1092.
- [10] 欧瑞木. 中国枪乌贼胚胎发育和稚仔的初步观察[J]. 海洋湖沼通报,1981(3):51-59.
- [11] 陈四清,刘长琳,庄志猛,等. 金乌贼胚胎发育的研究[J]. 渔业科学进展,2010,31(5):1-7.
- [12] 刘振勇,苏跃中,谢友伶,等. 曼氏无针乌贼胚胎发育的初步观察[J]. 渔业科学进展,2009,30(5):13-19.
- [13] 常抗美,吴常文,吕振明,等. 曼氏无针乌贼胚胎发育与人工育苗技术的研究[J]. 浙江海洋学院学

- 报:自然科学版,2009,28(3):257-263.
- [14] 蒋霞敏,葛晨泓,童奇烈,等. 曼氏无针乌贼胚胎发育形态及发育时序的研究[J]. 宁波大学学报:理工版,2011,24(2):1-7.
- [15] 陈道海,王雁,梁汉青,等. 虎斑乌贼 (*Sepia pharaonis*) 胚胎发育及孵化历期观察[J]. 海洋与湖沼,2012,43(2):394-400.
- [16] 陈新军,刘必林,王尧耕. 世界头足纲[M]. 北京:海洋出版社,2009:440-441.
- [17] 文菁,江星,王雁,等. 拟目乌贼繁殖行为学的初步研究[J]. 水产科学,2012,31(1):22-27.
- [18] Nagai T, Yamashita E, Taniguchi K, *et al.* Isolation and characterisation of collagen from the outer skin waste material of cuttlefish (*Sepia lycidas*) [J]. Food Chemistry, 2001, 72(4):425-429.
- [19] Kikkawa T, Watanabe Y, Katayama Y, *et al.* Acute CO₂ tolerance limits of juveniles of three marine invertebrates, *Sepia lycidas*, *Sepioteuthis lessoniana*, and *Marsupenaeus japonicus* [J]. Plankton & Benthos Research, 2008, 3(3):184-187.
- [20] Wada T, Takegaki T, Mori T, *et al.* Sperm removal, ejaculation and their behavioural interaction in male cuttlefish in response to female mating history [J]. Animal Behaviour, 2010, 79(3):613-619.
- [21] Lucky N S, Ihara R, Yamaoka K, *et al.* Behavioral laterality and morphological asymmetry in the cuttlefish, *Sepia lycidas* [J]. Zoological Science, 2012, 29(5):286-292.
- [22] 雷舒涵,吴常文,高天翔,等. 金乌贼和曼氏无针乌贼胚胎发育及其盐度耐受能力的比较研究[J]. 中国水产科学, 2011, 18(2):350-359.
- [23] Von Boletzky S. Biology of early life stages in Cephalopod Molluscs [J]. Advances in Marine Biology, 2003, 44:143-203.
- [24] 施慧雄,焦海峰,尤仲杰. 头足类动物繁殖生物学研究进展[J]. 水利渔业, 2008, 28(1):5-8.
- [25] 曲漱惠,李嘉泳,黄浙,等. 动物胚胎学[M]. 北京:高等教育出版社,1979:276-279.

The embryonic development of *Sepia lycidas*

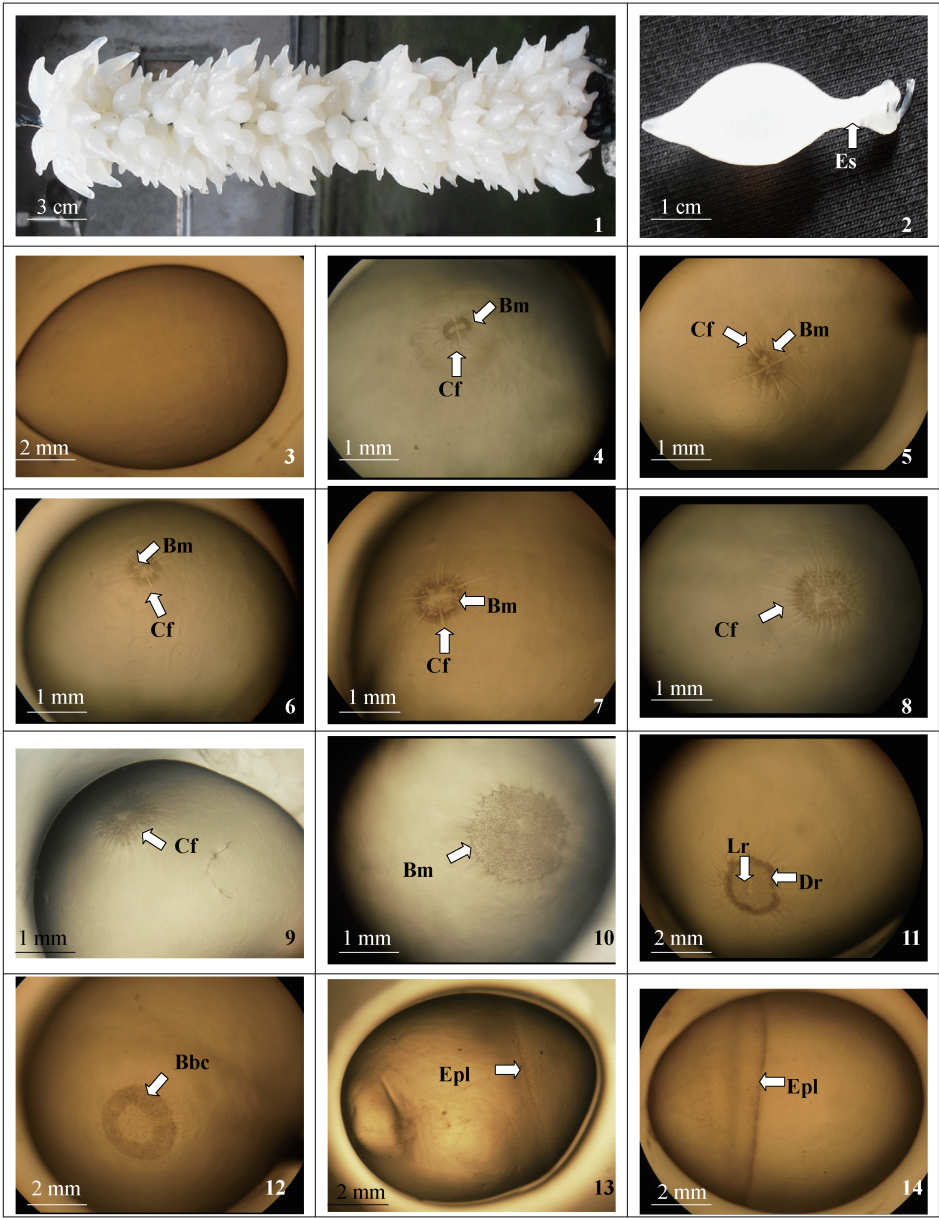
JIANG Xiamin*, TANG Feng, LUO Jiang, PENG Ruibing

(Marine Institute of Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: We collected wild *Sepia lycidas* to cultivate indoors, and observed the embryonic development by using microscopic imaging system. The results showed that the oosperm was milky, translucent, oval, papillary, and one end of the oosperm which was cylindrical ring-shaped trapped to the spawning substrate, such as grape-like gathered together regularly. The length of the primiparous oosperm was (39.7 ± 1.7) mm in long diameter and (17.1 ± 1.1) mm in short diameter, the weight was (4.3 ± 0.2) g. The embryo was oval-shaped with long diameter of (8.85 ± 0.41) mm and short diameter of (7.74 ± 0.54) mm. When the water temperature was 27 °C, salinity was 30, the oosperm became the smallest with long diameter of (27.2 ± 0.6) mm and short diameter of (13.3 ± 0.6) mm, and weight was (2.02 ± 0.02) g on the 10th day. After 11 days, the oosperm began to expand. Before hatching, the oosperm became larger with long diameter of (32.7 ± 0.8) mm and short diameter of (19.3 ± 0.6) mm, and weight was (4.68 ± 0.02) g. The embryonic development was compartmentalized into 11 periods, such as oosperm, cleavage, blastula, gastrula, the occurrence of embryonic primodium, the formation of organization, red-bead stage, occurrence of heartbeat, pigment appearance, endoskeleton formation stage, hatching. The embryonic development lasted 20 days, the length and width of mantle and weight of hatchling larva were (8.1 ± 0.2) mm, (6.1 ± 0.2) mm and (0.18 ± 0.02) g, respectively.

Key words: *Sepia lycidas*; oosperm; embryonic development

Corresponding author: JIANG Xiamin. E-mail: jiangxiamin@nbu.edu.cn

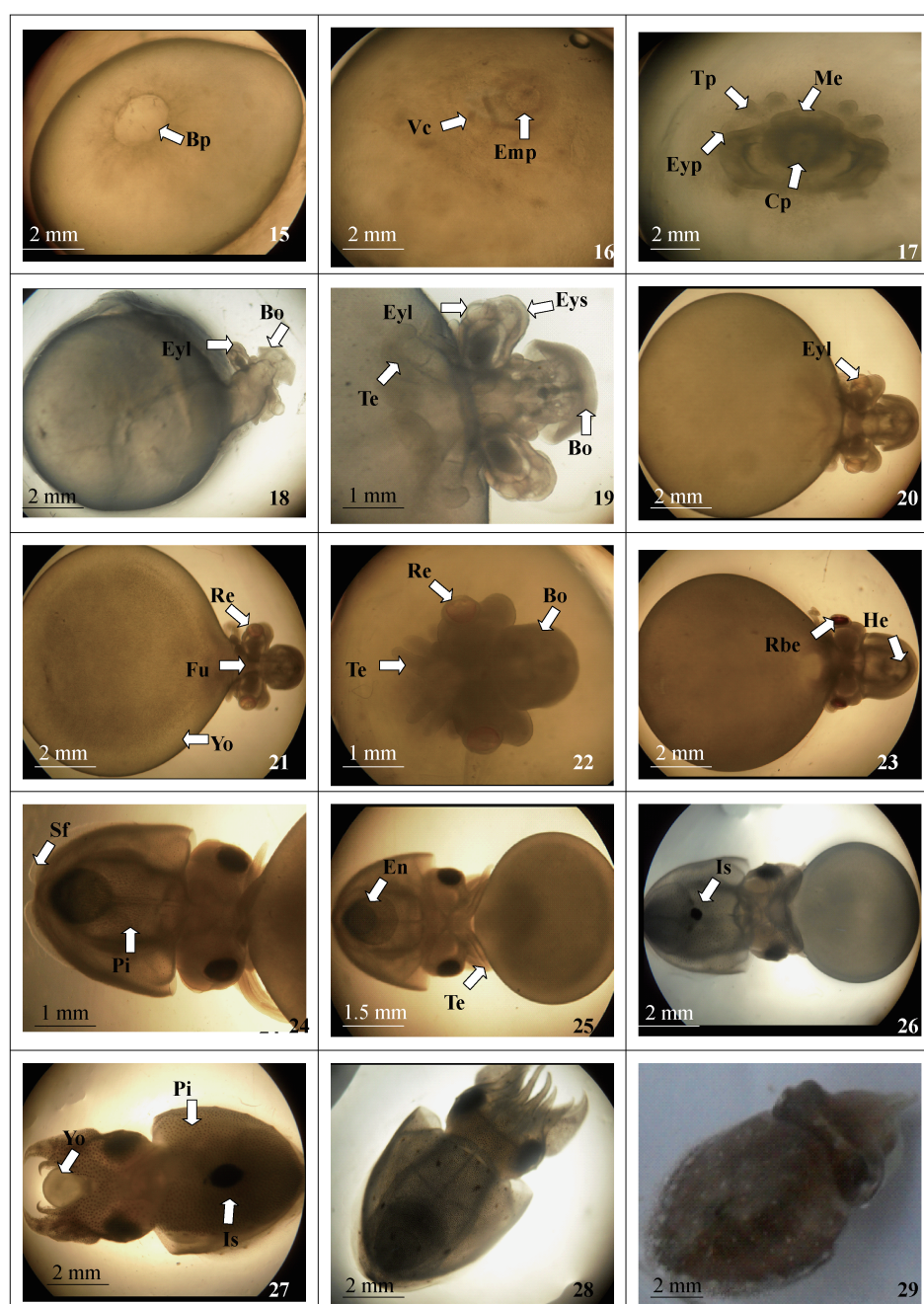


图版 I

1. 附着基与卵群; 2. 受精卵; 3. 去膜受精卵; 4. 2 细胞期; 5. 4 细胞期; 6. 8 细胞期; 7. 16 细胞期; 8. 32 细胞期; 9. 64 细胞期; 10. 多细胞期; 11. 囊胚期; 12. 原肠胚期; 13. 原肠早期; 14. 原肠中期。
Es. 卵柄; Cf. 分裂沟; Bm. 分裂球; Lr. 明区; Dr. 暗区; Bbc. 胚盘边缘细胞; Epl. 下包线。

Plate I

1. settlement subst rata and egg mass; 2. fertilized egg; 3. fertilized egg without membrane; 4. 2-cell stage; 5. 4-cell stage; 6. 8-cell stage; 7. 16-cell stage; 8. 32-cell stage; 9. 64-cell stage; 10. multicellular stage; 11. blastula stage; 12. gastrula stage; 13. early stage of gastrula; 14. middle stage of gastrula.
Es. egg stalk; Cf. cleavage furrow; Bm. blastomere; Lr. light region; Dr. dark region; Bbc. blastodermal border cell; Epl. epiboly line.



图版 II

15. 胚孔封闭; 16~17. 胚体形成期; 18~20. 器官形成期; 21~22. 红珠期; 23. 心跳出现期; 24. 色素出现期; 25. 内骨骼出现期; 26~27. 孵化期; 28. 破膜后仔乌贼; 29. 仔乌贼。

Bp. 胚孔; Vc. 视环; Emp. 胚体原基; Tp. 腕原基; Me. 外套缘; Eyp. 眼原基; Cp. 胴体原基; Bo. 胴部; Eyl. 眼晶体; Eys. 眼柄; Te. 腕; Re. 红色眼睛; Fu. 漏斗; Yo. 卵黄; Rbe. 红棕色眼睛; He. 心脏; Sf. 侧鳍; Pi. 色素颗粒; En. 内骨骼; Is. 墨囊。

Plate II

15. closure of blastopore; 16 - 17. occurrence of embryonic primodium; 18 - 20. organization formed; 21 - 22. red-bead stage; 23. occurrence of heartbeat; 24. stage of body pigment formed; 25. endoskeleton formation stage; 26 - 27. incubation period; 28. young cuttlefish after breaking membrane; 29. young cuttlefish.

Bp. blastopore; Vc. visual cycle; Emp. embryonic primodium; Tp. tentacular primordia; Me. mantle edge; Eyp. eye primordia; Cp. carcass primordia; Bo. body; Eyl. eye lens; Eys. eye stalk; Te. tentacular; Re. red eyes; Fu. funnel; Yo. yolk; Rbe. red-brown eye; He. heart; Sf. side fin; Pi. pigment; En. endoskeleton; Is. ink sac.