

文章编号: 1000-0615(2000)05-0393-07

毛嵌线螺生殖系统的解剖学和组织学研究

周永灿^{1,2}, 陈国华¹, 苏永金²

(1. 海南大学农学院, 海南 海口 570228; 2. 厦门大学海洋系, 福建 厦门 361005)

摘要: 毛嵌线螺为雌雄异体。其雄性生殖系统包括精巢、贮精囊、输精管、前列腺、导精沟和阴茎; 雌性生殖系统包括卵巢、输卵管、蛋白腺、受精囊、卵囊腺、交合囊和外生殖孔。前列腺、导精沟和阴茎中的精子输送通道均为开放型的管道。毛嵌线螺的精子包括具有“9+2”微管结构的头部和尾部。雄性个体右触角后的阴茎是从形态上区分雌雄个体的主要标志。

关键词: 毛嵌线螺; 生殖系统; 雌雄异体

中图分类号: S917 文献标识码: A

Anatomy and histology of the reproductive system of *Cymatium pileare*

ZHOU Yong-can^{1,2}, CHEN Guo-hua¹, SU Yong-quan²(1. *Agricultural College, Hainan University, Haikou 570228, China*)2. *Department of Oceanology, Xiamen University, Xiamen 361005, China*

Abstract: *Cymatium pileare* is gonochorism. Its male genital system consists of testis, vesicula seminalis, vasdeferens prostate gland seminal groove and penis and its female genital system consists of ovary, oviduct, albumin gland, receptaculum seminis, capsule gland bursa copulatrix and vestibule. The sperm delivery ducts in prostate gland, seminal groove and penis are open, and the sperm comprises head and tail with central structure of "9+2" axoneme. The penis behind the right tentacle of the male is the main morphological feature to be distinguished from the female.

Key words: *Cymatium pileare*; reproductive system; gonochorism

嵌线螺(Cymatiidae)是全球热带和亚热带地区养殖双壳类的主要敌害生物之一, 对这些地区的贝类养殖造成了巨大的经济损失^[1,2]。在我国海南等地, 对养殖贝类造成危害最严重的嵌线螺种类为毛嵌线螺(*Cymatium pileare*)^[3,4]。研究表明, 底栖的毛嵌线螺成体不具备游泳能力, 无法跨越海底与悬吊的贝笼间的距离, 它只是通过浮游的幼虫进入悬吊养殖贝笼, 并在其中生长而造成危害^[5]。为此, 系统研究毛嵌线螺生殖系统的结构, 将不仅有助于深入了解其幼虫的发生, 也可为其危害的防除提供理论依据。

软体动物生殖系统的形态结构不仅是其繁殖的物质基础, 在很大程度上也反映了其在系统发生中的进化地位, 相关的报道非常多^[6,7]。不过, 对于嵌线螺科动物生殖系统的研究, 目前仅Houbriek等^[8]

收稿日期: 1999-12-22

基金项目: 湖南省农业百项资助项目(NB001)

作者简介: 周永灿(1968-), 男, 江西省吉安人, 副研究员, 主要从事海洋生物病害研究。Tel: 0898-6258112-2247, E-mail: zychnu@pub-

研究了金口嵌线螺 (*Cymatium nicobaricum*) 的生殖系统的形态结构; Laxton^[9] 比较研究了 *Cabestana pengleri*、*Monoplex australasiae*、*Mayena australasia* 及法螺 (*Charouia* Sp.) 等 4 种新西兰嵌线螺的组织结构。对毛嵌线螺生殖系统的研究迄今尚属空白。

1 材料和方法

1.1 实验材料

毛嵌线螺于 1997 年 3 月和 1998 年 5 月采自海南三亚鹿回头珍珠贝养殖区和六道珍珠贝养殖区。选择壳高 65mm 以上的性成熟个体置于室内实验池中, 投喂合浦珠母贝并充气饲养, 随时取材。根据其触角后有无阴茎区分雌雄。

1.2 实验方法

1.2.1 大体解剖

取活的毛嵌线螺, 用胶钳敲破贝壳并取出软体部, 经 5% 甲醛溶液固定 24~72h 后, 置连续变倍实体镜下解剖出生殖系统, 绘图。

1.2.2 组织学研究

取活的毛嵌线螺, 根据大体解剖结果快速准确剪取生殖系统各器官, 用 Bouin 氏液固定 24h 以上, 经 70% 酒精充分浸洗后用 H. E 块染, 石蜡包埋, 切片厚 5~7 μ m^[10]。用 Olympus BH-2 型显微镜观察, 显微摄影。

1.2.3 精子透射电镜标本制作

取活的雄性毛嵌线螺, 用胶钳敲破贝壳后, 快速准确取出精巢, 并用镜利的双面刀片将精巢从中部切断, 让精液自然流入 2.5% 冷戊二醛溶液中, 于 4℃ 下静置并固定 2h 以上。于 4℃ 用 0.1mol·L⁻¹ 的 pH7.4 磷酸缓冲液清洗 3 次, 1% 锇酸后固定 1.5h, 并再用缓冲液清洗 3 次。用明胶在离心管中制作包埋套膜, 并将经双重固定的精液到入包埋套膜中, 3 000r·min⁻¹ 离心 10min, 倾去上清液, 用烧热的铁棒将沉淀块上方的明胶熔化而将精子沉淀块用明胶完全包被, 再将包被明胶的精子块从离心管中取出, 切除明胶包埋套, 将精子块脱水后再用 EPON 812 包埋。按常规方法超薄切片并染色^[11, 12]。在生殖季节直接取新鲜精巢按常规方法制作超薄切片标本, 在日立 H-600 透射电镜下观察、摄影。

1.2.4 精子及卵细胞扫描电镜标本制作

取活的雄性毛嵌线螺, 用上述透射电镜标本制作方法处理并于 4℃ 以 2.5% 戊二醛溶液固定 2h。待精子沉淀后倾去上清液, 用吸管吸取底部的沉淀物(精子)滴于干净的盖玻片上, 推成一均匀薄层。稍晾干后经丙酮逐级脱水; 并用醋酸异戊二醋处理 15~30min; 临界点干燥仪干燥; 离子溅射喷金。在日立 S-450 扫描电镜下观察、摄影。

在毛嵌线螺正在排卵时将母体移开, 从刚排出的卵团中取出最边缘的数个卵囊(卵团中越边缘的卵囊从母体排出的时间越晚), 用解剖刀快速将囊膜划破, 让卵囊中的卵细胞自然流入 2.5% 戊二醛溶液, 于 4℃ 下静置并固定 2h。固定后的卵细胞标本经与固定后的精子标本同法处理后, 在日立 S-450 扫描电镜下观察、摄影。

2 结果

毛嵌线螺为雌雄异体, 成熟的雄性个体比成熟的雌性个体略小, 贝壳的颜色也略淡, 两者在外形上最显著的区别标志是雄性个体的右触角后部有一长条形的阴茎, 而雌性个体则没有。

2.1 雄性生殖系统

毛嵌线螺的雄性生殖系统包括精巢、贮精囊、输精管、前列腺、导精沟和阴茎(图1)。

(1)精巢:位于顶部的数个螺层,紧贴于肝脏的表面,呈螺旋状。在非生殖季节,精巢体积很小,只占肝脏螺旋的薄薄一层;但在生殖季节,有些个体精巢的体积比其肝脏还大,占据一大部分肝脏螺旋,呈乳白色。毛嵌线螺的精巢由生精小管组成,生精小管四周为一层薄膜,薄膜内的生殖上皮包括少量的支持细胞和大量的各级精母细胞;生殖上皮包绕的管腔内充满了和的精子,H.E染色成深蓝色(图版-1)。扫描电镜下,虽然不同的精子在形态上存在一些差异但均由头部和部构成,两者之间没有颈部,分界也不明显,全长 $75\sim 85\mu\text{m}$ 。精子头部表面光滑,呈椭球状,前端有一尖吻状突起;精子尾部细长,尾部末端尤为尖细,表面也很圆滑(图版-2)。透射电镜观察表明,整个精子的表面包被着质膜,该膜为双层膜结构。在精子头部的质膜下包绕着一厚层致密的线粒体,线体内整齐排列着“9+2”的微管结构;精子尾部没有线粒体,仅在“9+2”微管结构的9条外周微管的外侧排列着9条轴丝,但在精子尾部的末端,轴丝和“9+2”微管结构也逐渐消失,最后只剩下双层膜,由质膜包被着一个小空腔(图版-3)。

(2)贮精囊:与由生精小管汇集而成的输精小管相连,紧贴于螺旋形肝脏的内侧,为一往返折叠在一起的管状结构。贮精囊的管壁很薄,为单层柱状上皮,管腔内为大量成团的精子。

(3)输精管:为一条直径只有0.1mm左右的小管,与贮精囊相连后与肠平沿着外套膜前伸,另一端与前列腺相通。其管壁上皮单层柱状上皮,与贮精囊管壁上皮不同的是其上皮细胞的游离面有纤毛,在其管腔内有时也可看到成团的精子。

(4)前列腺:其横切面呈“V”字术,不过,由于其“V”字形腺壁的右侧壁较左侧壁高,在自然状态下它向左侧倾斜并与左侧腺壁交叠,从而将“V”字形腺腔顶部的形口遮盖,并使整个前列腺的中央形成一条开放式的管状前列腺腔,该腔既是前列腺分泌液的出口,也是精巢所产精子输出的通道,有时,在该腺腔内还可见到成团的精子。毛嵌线螺前列腺的腺壁较厚,其中大部分为腺体组织,腺体组织为由分泌小管组成的管状腺,分泌小管的管壁上皮为单层腺细胞,细胞内充满了被H.E染成淡红色的嗜酸性分泌物,分泌物常使细胞充胀而将分泌小管的管腔挤得很小,并将其细胞核挤到细胞基部,呈圆形或椭圆形。腺体组织的外周有一薄层包绕整个前列腺的环形肌纤维;腺合格组织的内侧为单层柱状上皮细胞,上皮细胞的细胞核明显并位于细胞基部,细胞的游离面具有纤毛(图版-4)。

(5)导精沟:为连接前列腺腺与阴茎的一条开放型管道(实为沟),它与前列腺相接后先沿着外套膜内侧前行,至外套膜与轴肌交界处后反转至轴肌的背面,最终与阴茎基部的内陷沟相通。毛嵌线螺的导精沟实为外套膜内侧和轴肌表面向外套腔内长出的2条对称的半圆形或三角形隆志而形成,沟的侧面和底部单层柱状上皮细胞,除开口处的局部区域外,导精沟表面的上皮细胞游离均具有纤毛,上皮细胞的外侧为一厚层结缔组织和肌纤维。

(6)阴茎:为位于右触角后部的一长条形结构,是从外形上区别雌雄个体的最显著标志。阴茎的横

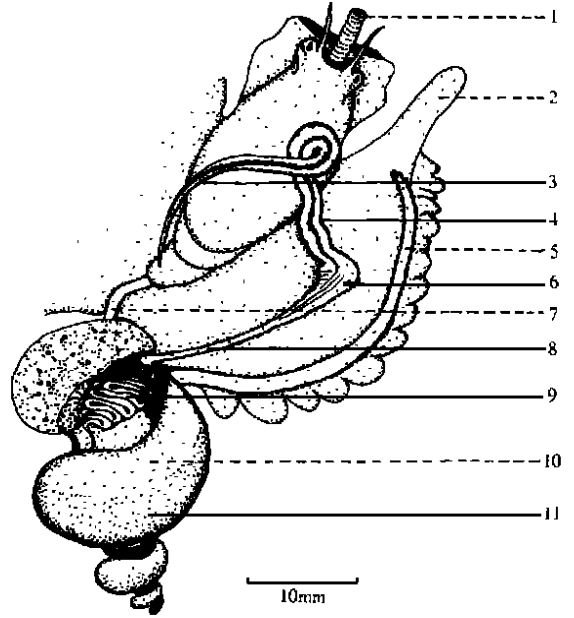


图1 毛嵌线螺的雄性生殖系统

Fig. 1 Male reproductive system of *C. pileare*

1. 吻 2. 外套膜 3. 阴茎 4. 导精沟
5. 肠 6. 前列腺 7. 后食道 8. 输精管
9. 贮精囊 10. 肝脏 11. 精巢

切面呈椭圆形,基部较宽厚,向末端逐渐变细,长22~28mm。在阴茎的内侧有一条内陷的沟,该沟在阴茎基部与导精沟相接,并直达阴茎末端。光镜下,阴茎表面为假复层柱状上皮,上皮细胞的表面还有一薄层角质层,上皮细胞下为成束的纵肌和少量横肌,在肌层中还有较多的血窦。阴茎沟的组织结构与导精沟相似,单层柱状上皮细胞的游离面具纤毛,上皮细胞下具有一层围绕阴茎沟的环肌。

2.2 雌性生殖系统

毛嵌线螺的雌性生殖系统包括卵、输卵管、蛋白腺、受精囊、卵囊腺、交合囊和外生殖孔(图2)。

(1)卵巢:雌性个体中卵巢的位置与雄性个体中精巢的位置相同,也是紧贴于螺旋形肝脏的表面,但其颜色呈桔黄色。毛嵌线螺卵巢的体积也与精巢相似,其大小因季节不同而变化明显;生殖季节的卵巢体积较大,占据大部分肝脏螺旋层;非生殖季节卵巢体积很小,只有薄薄一层。卵巢由大量的滤泡构成,滤泡的管壁很薄,其中分布着不同成熟期的卵细胞。早期的卵细胞体积较小,位于管壁基部,随着卵细胞成熟度的增加,卵细胞的体积也不断增大,并逐步突出于滤泡腔内;卵细胞成熟后与滤泡的管壁分离并游离于滤泡腔中。成熟的卵细胞呈卵圆形,大小为 $(100 \sim 130) \mu\text{m} \times (90 \sim 115) \mu\text{m}$,其细胞核也很大,核仁明显;细胞质内充满了大量的卵黄颗粒(图版—5)。扫描电镜下,毛嵌线螺卵细胞的表面凹凸不平,具有许多颗粒状突起,其中,未受精的卵细胞表面还有一直径为 $12 \sim 15 \mu\text{m}$ 的圆形卵孔,但在卵细胞受精后,卵孔封才(图版—6)。

(2)输卵管:卵巢中的各级滤泡小管逐渐汇集形成输卵管,它沿着螺旋形的卵巢的内侧前行,并最终与蛋白腺相接。输卵管的管径很小,最大处(与蛋白腺相接处)的直径只有 $0.1 \sim 0.2 \text{mm}$ 。输卵管的管壁也很薄,为单层柱状上皮,上皮细胞的游离面具有纤毛,细胞核位于细胞基部。

(3)蛋白腺:蛋白腺与输卵管的末端相连,其中央的管腔分别与输卵管和受精囊的管腔相通。蛋白腺腔的腹面具有一条纵行的沟,该沟由2条突入腔内的指状突起形成。光镜下,蛋白腺的腺壁也有许多大小不一的管腔,各级管腔逐级汇集并最终与蛋白腺腔内的纵行沟相通。各级管腔的管壁均含有大量分泌细胞,分泌细胞内除细胞核外几乎全部充满被H.E染成淡红色的嗜酸性分泌物。在整个蛋白腺的外周包被着一层很薄的肌纤维(图版—7)。

(4)受精囊:位于蛋白腺与卵囊腺之间,为一个向内侧呈扇形突起的囊状结构,其中央的管腔分别与蛋白膜的管腔以及卵囊腺的管腔相通。毛嵌线螺卵巢产生的成熟卵细胞和通过交配而接受的精子分别汇入受精囊腔内,并在其中完成受精作用。受精囊管腔周围的上皮为复层柱状上皮,上皮细胞均为分泌细胞,依分泌物的性质不同可分为两种:靠上层的上皮细胞内充满了被H.E染成淡红色的嗜酸性颗粒状分泌物;靠底层或整个凹陷处的上皮细胞内则为被H.E染成深蓝色的嗜碱性分泌物。上皮细胞外为结缔组织和肌纤维,其中还零星散布着一些圆球形的分泌细胞,该分泌细胞的分泌物被H.E染成淡红色。受精囊腔内有时还可见到成团的精子细胞和卵细胞。

(5)卵囊腺:为雌性生殖系统中最大的结构,其背部贴附于外套膜的内侧,并沿着肠的外缘略呈弧形弯曲,全长 $18 \sim 23 \text{mm}$,最处直径达 $3.5 \sim 5.0 \text{mm}$ 。毛嵌线螺的卵囊腺包括对称的2叶,每叶的横切面

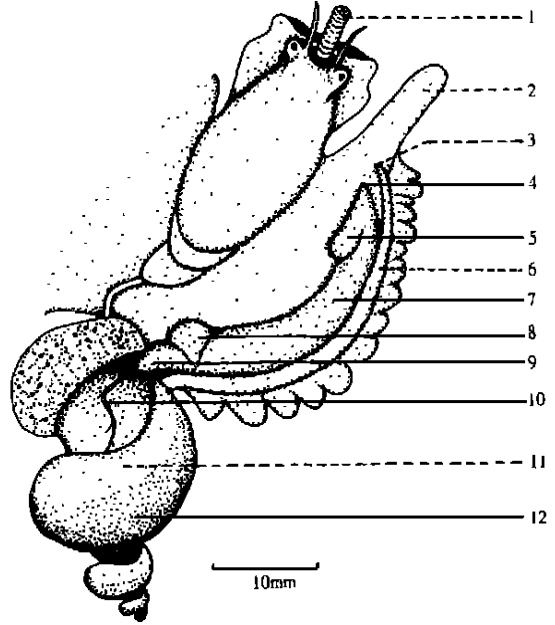


图2 毛嵌线螺的雌性生殖系统

Fig. 2 Female reproductive system of *C. pileare*

- 1.吻 2.外套膜 3.肛门 4.外生殖孔 5.交合囊 6.肠
- 7.卵囊腺 8.受精囊 9.蛋白腺 10.输卵管 11.肝脏 12.卵巢

略呈半月形。在自然状态下,2叶半月形卵囊腺的凹面相互贴靠在一起,并在靠基部一侧相连;在整个卵囊腺外还有一薄层膜质鞘将2叶半月形卵囊腺固定在一起,从而使其成为一个管腔封闭的完整结构。卵囊腺内的缝状管腔既为卵囊腺分泌物的排出口,也是精子进入受精囊和受精卵排出体外的通道。卵囊腺腺壁的内层为结缔组织,在结缔组织内具有大量的分泌细胞,分泌细胞仅在靠边缘处有一个明显的细胞核,其余全部充满了不被H.E着色的分泌物,整个分泌细胞因分泌物的充填而呈圆球形。腺壁的外层为一层很厚的肌纤维(图版—8)。

(6)交合囊:又叫交配囊,贴附于卵囊腺末端的腹面,近卵囊腺端较大,游离端较小,呈长圆锥形,末端为外生殖孔。交合囊的中央有一条管腔,一端与卵囊腺缝状管腔相通,另一端则以外生殖孔与外套腔相通。交合囊的管腔内壁有很多纵形皱襞,使其具有较大的可伸缩性,是交配时雄性个体阴茎的插入通道和受精后的受精卵及卵囊排出的通道。交合囊管腔周围的管壁上皮为单层立方上皮,立方上皮外为一层很厚的结缔组织,在结缔组织层中散布着大量的小血窦。在整个交合囊的外周为一层很厚的环形肌纤维将其包绕(图版—9)。

3 讨论

毛嵌线螺属于腹足纲的中腹足目。虽然其前列腺、导精沟以及阴茎等器官中的精子输送通道仍与原始腹足目种类的相应结构相似,均保留为原始的开放性的“沟”,但在更多的方面它却具有与较高等的新腹足目种类相似的特征,如具有适合于体内精的完善的交配器官和精卵输送通道;雌性及雄性生殖孔与排泄系统的开口完全分离等。在有些方面,它甚至具有许多连新腹足目种类都没有的高等特征,如具有完善的卵囊生成腺体、卵囊排出后母体具有复杂的孵育行为等。因此,从毛嵌线螺生殖系统的形态结构及组织结构总体分析,它应于中腹足目中较高等的种类,与传统的分类结构一致^[3]。

在毛嵌线螺的雄性生殖系统中,输精管、前列腺、导精沟以及阴茎等器官中的精子输送管道的上皮细胞游离面均具有纤毛,其中,纤毛的有力摆动以及精子尾部的运动是精子通过这些开放性管道的主要动力。但在毛嵌线螺的雌性生殖系统的管道中,除蛋白腺的纵行沟的细胞游离面具纤毛外,其它各器官的管腔壁上都没有纤毛。因此,在雌雄个体通过交配将精子导入雌性生殖系统后,精子从交合囊至卵囊腺再到受精囊的运动则完全靠精子层部的摆动来提供动力;受精后,受精卵的排出过程则依靠受精囊、卵囊腺及交合囊管壁肌肉的收缩来完成。

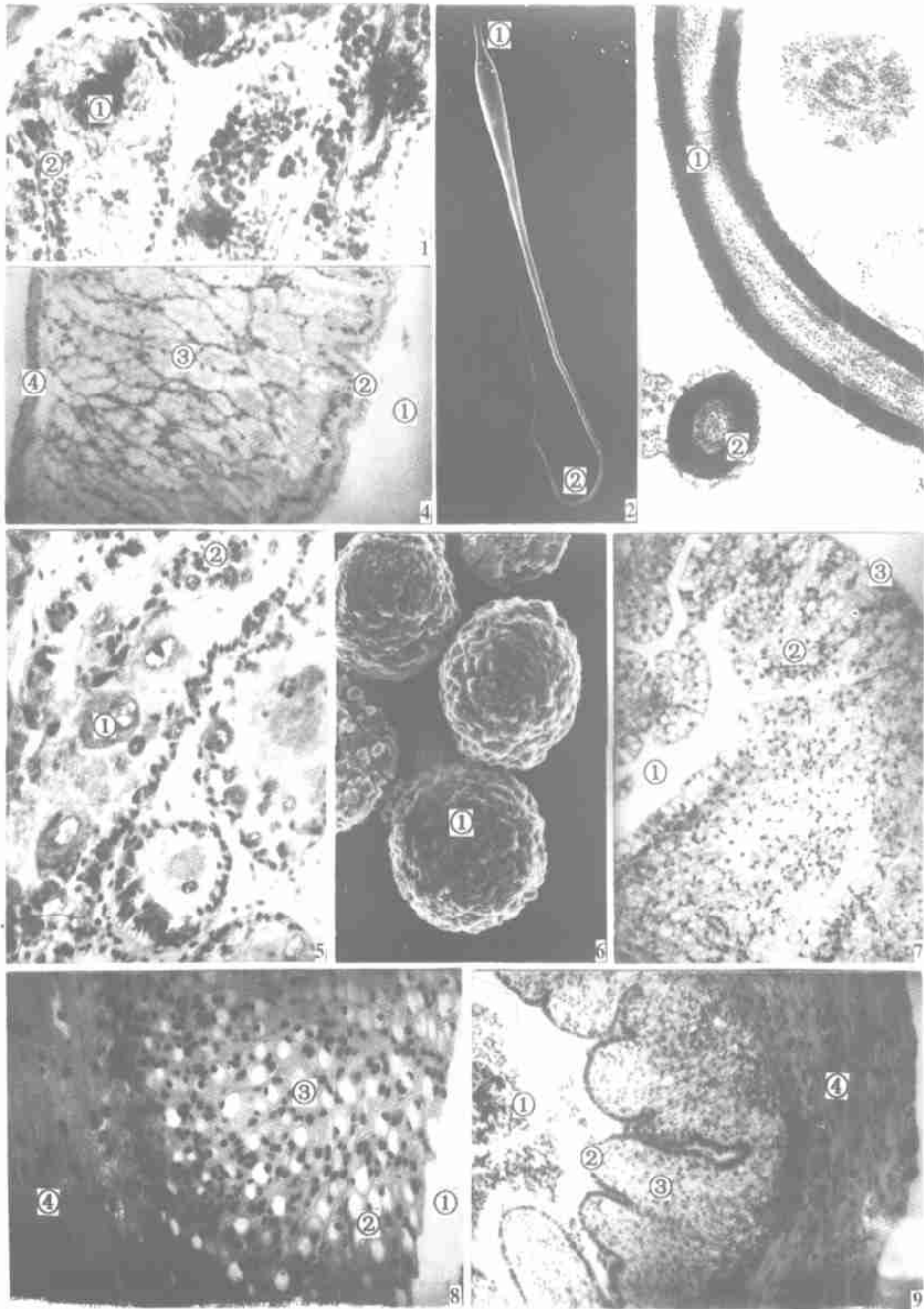
毛嵌线螺受精后能排出大量瓶状卵囊,其卵囊的形成及排出过程与嵌线螺科的 *Mayena australasia* 相似^[9]。毛嵌线螺的受精卵从受精囊进入蛋白腺腔后,蛋白腺的分泌细胞分泌大量的蛋白腺液与受精卵混合,共同进入卵囊腺。在受精卵及蛋白腺液进入卵囊腺之前,卵囊腺分泌的分泌液已充填于管腔,其中靠外周的分泌液逐渐固化而形成一具较强伸缩性的胶质外膜,受精卵及蛋白腺液充填于胶质外膜内。此后,卵囊腺通过其上皮层外侧环肌的收缩将装满受精卵和蛋白腺液的胶质膜输向外生殖孔,并在此过程中进一步将胶质膜固化与定型,直至将其排出体外。在毛嵌线螺将卵囊排出体外的过程中,其腹足通过局部收缩形成一条临时性的沟,沟的两端分别与雌性生殖孔及预先分泌形成的杯状卵团膜相连,从而使排出的卵囊沿着该沟稳定地固着在杯状卵团膜的内侧。卵囊排出体外并固定于卵团膜后,卵囊四周的胶质膜完全固化成为封闭的瓶状结构,受精卵及蛋白腺液封闭于胶质膜内。在受精卵发育时,由受精卵的卵黄和胶质膜内的蛋白腺液共同提供营养。

对毛嵌线螺幼虫发育的研究表明,从受精卵发育到能独立生活的晚期面盘幼虫所经历各阶段都是在卵囊内经母体孵育完成的^[5],其中,由卵囊腺产生的卵囊胶质膜对受精卵的发育起着不可或缺的保护作用。因此,如果能研制适当的药物或采用适当的方法,抑制贝类养殖区毛嵌线螺产生的蛋白腺分泌液固化成卵囊膜,那么,毛嵌线螺产生的受精卵将失去保护,受精卵也将因不能得到母体的正常孵育而无法发育成自由生活的晚期面盘幼虫,从而可从根本上防除毛嵌线螺对养殖贝类的危害。

标本采集得到中国水产科学研究院南海水产研究所朱传华副主任的帮助, 谨此致谢。

参考文献:

- [1] Govan H. *Cymatium muricinum* and other ranellid gastropods; major predators of clams[R] . Clam Tech Rep, 1995, 49: 60—81.
- [2] Perron F E, Heslinga G A, Fagolmul J O. The gastropod *Cymatium muricinum*, a predator on juvenile tridacnid clam[J] . Aquac, 1985, 48: 211—221 .
- [3] 周永灿, 潘金培. 海南岛沿岩珍珠贝养殖区嵌线螺的种类、分布及危害[J] . 热带海洋, 1999, 18(1): 83—89.
- [4] 谢玉坎. 珍珠科学[M] . 北京: 海洋出版社, 1995. 214—227.
- [5] 周永灿, 陈国华, 潘金培. 毛嵌线螺的研究 I . 繁殖及幼虫发生特征[J] . 海洋学报, 2000 22(2): 103—110
- [6] Adiyodi K G. Reproductive biology of invertebrates[J] . Malacologia, 1983 23(1): 89—103.
- [7] 周永灿. 耳河螺生殖器官和精子的形态学研究[J] . 动物学报, 1996 42(4): 343—348.
- [8] Houbrick J R, Fretter V. Some aspects of the functional anatomy and biology of *Cymatium* and *Busa*[J] . Pro Malacol Soc Lond, 1969, 38: 415—429.
- [9] Laxton J H. Reproduction in some New Zealand Cymatiidae (Gastropoda: Prosobranchia)[J] . Zool J Linn Soc, 1969, 48: 237—253.
- [10] 曾小鲁. 实用生物学制片技术[M] . 北京: 高等教育出版社, 1989. 19—94.
- [11] 朱丽霞, 程乃乾, 高信曾. 生物学中的电子显微技术[M] . 北京: 北京大学出版社, 1983. 236—279.
- [12] 张景强, 朴英杰, 蔡福筹, 等. 生物电子显微技术[M] . 广州: 中山大学出版社, 1987. 40—133.
- [13] 张 玺, 齐钟彦. 贝类学纲要[M] . 北京: 科学出版社, 1962. 122—141.



1. 精巢切片(A section of testis):①精子 ②生殖上皮, H.E., ×200; 2. 精子扫描电镜照片:①头部 ②尾部, ×5 000; 3. 精子透射电镜照片:①精子头部纵切 ②精子头部横切, ×27 000; 4. 前列腺横切:①腔 ②纤毛上皮细胞 ③腺上皮 ④肌纤维, H.E., ×200; 5. 卵巢切片:①成熟卵细胞; ②早期卵细胞; H.E., ×200; 6. 卵细胞扫描电镜照片:①卵细胞, ×1 000; 7. 蛋白腺切片:①腔 ②腺上皮 ③肌纤维, H.E., ×200; 8. 卵巢腺切片:①腔 ②分泌细胞 ③结缔组织 ④肌纤维 H.E., ×400; 9. 交合囊横切:①腔 ②立方上皮 ③结缔组织 ④环肌, H.E., ×200。