

瘤背石磺的形态、习性和生殖行为

王金庆^① 成永旭^{①*} 吴旭干^① 陈亚瞿^② 南天佐^①

(① 上海水产大学生命科学与技术学院农业部种质资源与养殖生态重点开放实验室 上海 200090 ;

② 中国水产科学院东海水产研究所 上海 200090)

摘要 :2003年5月~2004年5月研究了上海崇明瘤背石磺(*Onchidium struma*)的形态特征、生活习性,分别对其消化、呼吸、循环、排泄、生殖、神经等六大系统进行了阐述。结果表明,瘤背石磺生活在潮间带高潮区滩涂的芦苇丛里,摄食泥滩上的有机质和单胞藻类,雌雄同体、异体交配、卵生。生殖系统包括生殖器和雌、雄交接器三部分,生殖器由两性腺、卵黄腺和蛋白腺组成,雄性交接器由输精管、附性腺、阴茎、刺激器等组成,雄性生殖孔位于右侧第一触角中部,雌性交接器由输卵管、受精囊、阴道等组成,雌性生殖孔位于肛门右侧约5.0 mm处的腹足与外套膜的交界处。本文并详细描述了石磺的交配行为。

关键词 :石磺;形态特征;生活习性;生殖系统;雌雄同体;交配;卵生

中图分类号 :Q954 文献标识码 :A 文章编号 :0250-3263(2005)01-32-09

Morphological Characteristics , Living Habitus and Reproductive Behavior of *Onchidium struma*

WANG Jin-Qing^① CHENG Yong-Xu^① WU Xu-Gan^① CHEN Ya-Qu^② NAN Tian-Zuo^①

(① College of Aqua-life Science and Technology , Shanghai Fisheries University , Key Laboratory of Aquatic Genetic Resources and Aquacultural Ecology Certificated by the Ministry of Agriculture , Shanghai 200090 ;

② East China Sea Fisheries Research Institute , Chinese Academy of Fishery Sciences , Shanghai 200090 , China)

Abstract :The present paper analyzed the morphological characteristics and living habitus , including digestive system , respiratory system , circulatory system , excretory system , neural system , and reproductive system , of *Onchidium struma* based on the study conducted in Chongming island , Shanghai , from May 2003 to May 2004 . The results show that : *O. struma* lives reedy beaches at high tide area of intertidal zone , and graze the organic rags in soil and unicellular algae as their food on silt beaches . *O. struma* is a kind of protandric hermaphrodite pulmonate , reproducing by means of allogamy and oviparity . Reproductive system consists of genital organs , male and female mating organs : Genital organs are composed of digenetic gland , vitelline gland , albumen gland ; The male mating organs are composed of sperm-duct , accessory gonad , penis and stimulator with male gonopore on the middle of the right anterior tentacle ; Female mating organs are composed of oviduct , spermatheca , vagina with female gonopore on the right 5.0 mm of anus at the border of foot and mantle . The mating behavior is also described in detail .

Key words :*Onchidium struma* ; Morphological characteristics ; Living habitus ; Reproductive system ; Hermaphrodite ; Mating ; Oviparity

基金项目 上海市科委基础研究重点项目(No.04JC14067) 长江口航道建设有限公司资助横向课题 ;

* 通讯作者 ,E-mail yxcheng@shfu.edu.cn ;

第一作者介绍 王金庆 , 硕士研究生 , 研究方向 水产动物繁殖与发育生物学 ,E-mail : jinqwang@163.com.

收稿日期 2004-06-21 , 修回日期 2004-11-01

石磺是生活在潮间带高潮区滩涂的一种肺螺类,隶属于软体动物门(Mollusca)腹足纲(Gastropoda)肺螺亚纲(Pulmonata)柄眼目(Stylommatophora)石磺科(Onchidiidae)^[1],广泛分布于赤道两侧的热带和亚热带海区。在亚洲的日本、泰国、菲律宾、新加坡和马尔代夫,以及非洲和澳大利亚红树林潮间带地区均有分布*。

我国石磺资源十分丰富,主要分布在江苏以南沿海地区。瘤背石磺(*Onchidium struma*),俗名“土海参”,也称土鸡、海癞石磺、蛤蟆石磺,在苏沪沿海数量较多。石磺含有 20 多种氨基酸和多种人体需要的微量元素^[2],是一种高蛋白低脂肪食物,特别适合中老年高血脂者食用,有去湿功效^[3],并具有明显的促进乳腺分泌作用,是很好的中药材和滋补品。目前全部依靠采捕野生资源满足市场需要,造成石磺种群数量的迅速减少,亟待开展人工繁养殖。

国外从 20 世纪 70 年代就开始进行石磺资源的调查研究^[4-14],在石磺的神经生理、激素调控等方面作过较多的研究工作^[4,5],澳大利亚、印度等国家在石磺种类的生态习性和繁殖生物学方面进行了很有价值的研究^[8-14],而对于瘤背石磺的研究国外未见报道;国内对石磺的相关研究资料较为缺乏,马绣同在我国的贝类资源调查中提到了石磺(*O. verruculatum*)^[15],张媛溶、邱立言、黄金田在瘤背石磺的生活习性和形态结构方面作过较详细的报道^[2,3,16]。本文通过野外考察和室内饲养石磺群体,研究了解该种生物重要的生活习性、形态结构以及生殖行为学特征,为开展人工繁养殖打好基础。

1 材料与方法

石磺于 2003 年 5 月采自崇明县北支大兴垦区(E121°51', N31°35'),体重 0.5 ~ 35.0 g。放入实验室塑料缸内饲养,缸底铺 10.0 cm 厚的富含有机质的肥沃土壤,土壤用盐度为 10 的海水浸泡。用纱网封住容器,并用带孔的 PVC 平板盖严。

观察石磺的外部形态,解剖活体分析内部

器官的形态结构、分布,进行生物绘图。5 ~ 10 月在室内进行生活状态的连续观察记录;定期取活体石磺解剖分离出各器官,立即放入 Bouin's 液中固定 24.0 h,然后梯度酒精脱水,二甲苯透明,石蜡包埋(56 ~ 58℃),连续切片,厚度 6 ~ 7 μm, H. E 染色,树脂封片,用 Olympus 显微镜观察,显微摄影。

2004 年 5 月在大兴垦区的沿海滩涂观察记录石磺的自然生活状况,用 Olympus 数码相机拍摄照片。

2 结果

2.1 外部形态 瘤背石磺身体裸露没有贝壳,被覆肌肉质的外套膜,呈长椭圆形,最大个体体长达 8.50 cm,最厚处达 2.0 cm。背部中央有一发达的黑色背眼(dorsal eye),平时突出体表,在光线剧烈变化时能较迅速地收缩,周围包围数个瘤眼(len eyes)也可感受光线变化。在拉丁文中 *Onchidium* 意为“小团块”,*struma* 意为“瘤状”,所以 *Onchidium struma* 形象地反映了石磺的形态特征(图 1)。

外套膜和腹足的肌肉内具有许多孔隙,不能有效防止水分蒸发;外套膜内有很多零乱排列的短肌肉束,在受到惊扰时外套膜可以迅速收缩,将整个内脏团和腹足紧密的覆盖起来,是主要的保护器官(图 2)。

大触角一对,位于身体前端,呈斧状,黑色,每个触角前缘有两条突起横纹,右触角上部靠近两触角中央的部位有一不明显的凹陷小孔,即雄性生殖孔。第二对触角位于大触角基部,呈管状,顶端中央有一极小的黑点,即柄眼(stalk eyes),柄眼视觉十分发达,对物体反应灵敏。第一、二触角均具有发达的触觉,受到惊扰时能迅速缩回外套膜内。

腹足后端中央是肛门,雌性生殖孔位于肛门右侧约 5.0 mm 处的腹足与外套膜的交界处,交配后该孔为深黑色瓣状,斜向后方微凸。气

* <http://mangrove.nus.edu.sg/guidebooks/text/2089.htm>; <http://www.seaslugforum.net/onchid.htm>; http://www.rfbolland.com/okislugs/onch_1.html.

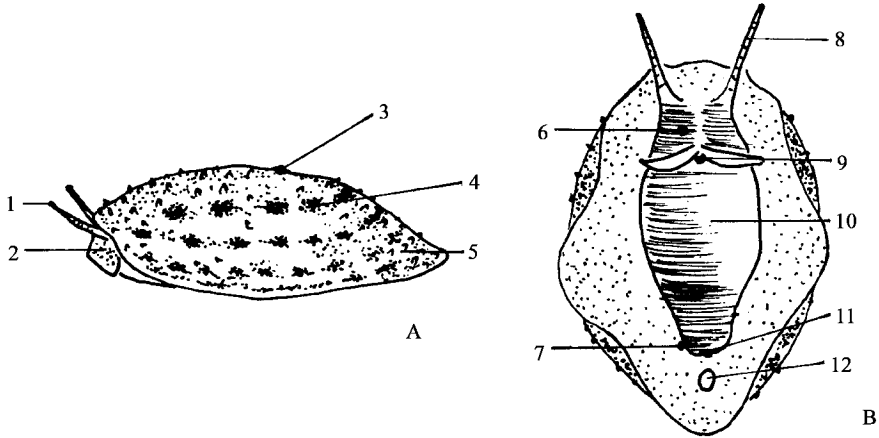


图1 瘤背石磺外观

Fig. 1 Outlook of *Onchidium struma*

A. 侧面观 ;B. 腹面观

- 1. 柄眼 ;2. 前触角 ;3. 背眼 ;4. 瘤眼 ;5. 外套膜 ;6. 雄性生殖孔 ;
- 7. 雌性生殖孔 ;8. 第二触角 ;9. 口 ;10. 腹足 ;11. 肛门 ;12. 气室孔

A. lateral view , B. ventral view

- 1. stalk eyes ;2. anterior tentacles ;3. dorsal eye ;4. len eyes ;5. mantle ;6. male gonopore ;7. female gonopore ;
- 8. posterior tentacles ;9. mouth ;10. foot ;11. anus ;12. breathing pore



图2 外套膜肌肉切片(H.E×100)

Fig.2 Section of mantle muscle

示外套膜肌肉内大量孔隙和零乱分布的短肌肉纤维

Showing lots of holes and disorder short muscle fibres in mantle muscle

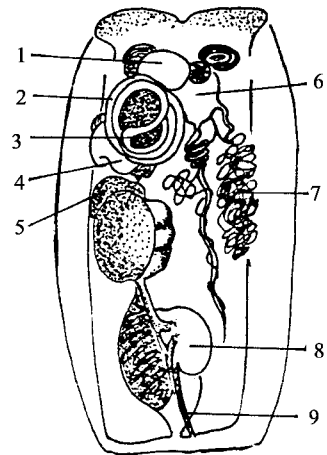


图3 切除外套膜后的内脏分布

Fig.3 Viscua distribution of *Onchidium struma* after removing mantle

- 1. 口球 ;2. 肠道 ;3. 肝脏 ;4. 胃 ;5. 两性腺 ;
- 6. 阴茎囊 ;7. 雄性附性腺 ;8. 受精囊 ;9. 阴道

示肠道以“S”形盘绕在肝脏上方

Showing intestinal tract coils on the surface of the liver like letter“ S ”

- 1. buccal capsule ;2. intestinal tract ;3. liver ;
- 4. stomach ;5. digenetic gland ;6. vesicula penis ;
- 7. male accessory gonad ;8. spermatheca ;9. vagina

室孔位于尾部外套膜腹面 ,紧挨肛门。

2.2 内部构造 按照消化、循环、呼吸、排泄、生殖、神经等六大系统分别阐述如下 ,图3示主要器官在体内的分布情况。

(1)消化系统 消化道由口、口球、食道、胃、肠、肛门组成。

口纵裂缝状 ,口球位口背面 ,内有宽带状齿舌 ,齿舌上生有成列排布的舌齿 ,舌齿横卧成镰

刀状 ,钝面向外 ,齿舌囊突出于口球后方腹侧。

唾液腺淡黄色,发达呈叶状,又称为 Semper 器官^[17],有管道通入口球。

食道由口球背后方向上通出,转而向下通过神经环中央,继而向上穿出,在左、右两肝叶的腹面空间膨大为嗉囊。嗉囊向下紧接胃,胃分为两部分:贛门胃肌肉壁发达且坚硬,能够机械磨碎食物,幽门胃呈圆扇形,胃腺发达;整个胃壁均有发达的绒毛,便于消化吸收。肝脏分成为上肝叶、下肝叶和后小肝叶,通过导管汇合于嗉囊(图4)。

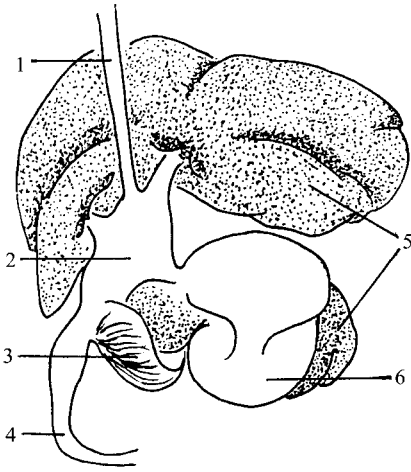


图4 胃和肝脏

Fig. 4 Stomach and liver

- 1. 食道; 2. 嗉囊; 3. 幽门胃; 4. 肠道; 5. 肝脏; 6. 贛门胃
- 1. esophagus; 2. crop; 3. pyloric stomach;
- 4. intestinal tract; 5. liver; 6. cardiac stomach

肠道由幽门胃引出,向上以“S”形盘绕在上肝叶的凹沟内,之后从肝的左下方向右通向体后,末端膨大为肛门腔。肛门腔有暂时贮存粪便的功能,并排出粪便、代谢废物,旁边紧贴肛门腺。

(2)呼吸与循环系统:循环系统由围心腔、心脏、动脉、血窦、静脉组成。

围心腔呈菱形膜状,心脏包括一心室、一心耳,位于外套膜右后端凹陷内。心室中央有退化的孔状痕迹,向左前方伸出动脉,分支成两支^[18],一支为头动脉,分布于生殖腺、外套膜、足等处,并经过神经环通到头部;另一支为内脏动脉,分支到内脏器官肝脏、消化道。血液最后

汇集于血窦,由毛细血管通入肾脏排泄废物后,进入气室的毛细血管网进行气体交换,最后汇集到出气室静脉,进入心耳。开管式循环,心脏每分钟约跳动50次,血液为混合血,无色。

气室是由外套膜内陷特化而成的一个黑色蜂窝状结构,位于围心腔后方,相当于陆生动物的肺(图5,6)。气室可以有节律的伸缩以完成呼吸作用,开口于体后端外套膜腹面,气室孔张开时直径可达3.0~4.0 mm。

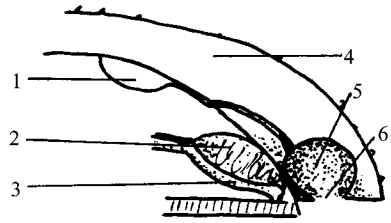


图5 尾部纵切,示围心腔和气室

Fig. 5 Showing vertical section of tail pericardium cavity and breathing cavity

- 1. 围心腔; 2. 肛门腺; 3. 肛门腔; 4. 外套膜; 5. 气室; 6. 气室孔
- 1. pericardium cavity; 2. anus gland; 3. anus cavity; 4. mantle;
- 5. breathing cavity; 6. breathing pore



图6 气室和气室内的毛细血管(×100)

Fig. 6 Showing breathing cavity and capillary vessel in it

(3)排泄系统:排泄器官为肾脏,包埋在体后端的外套膜内,后方紧贴气室,肾脏淡黄色呈“C”形,微血管密布于肾脏表面,肾口开口在围心腔壁,肾孔经肛门腺开口于肛门腔,肾脏可以排泄血液和围心腔中代谢产生的废物。

(4)神经系统:主要特征是各神经节集中于口球附近形成围食道神经环,以致侧脏神经连索无左右交叉的余地。神经环位于内脏团的前腹面,包括脑神经节一对,侧神经节一对,足、外

套神经节和内脏神经节,每个神经节都发出神经通向各器官。

(5)生殖系统:雌雄同体,异体交配,卵生。生殖系统包括交接器和生殖器本部。生殖器本部包括两性腺、卵黄腺、蛋白腺;雌性交接器包括输卵管、受精囊、阴道等(图7);雄性交接器包括输精管、阴茎、附性腺和刺激器(图8)。雌雄性腺生在一起称为两性腺,精子和卵子产生在同一个腺泡内。

性腺紧贴卵黄腺和蛋白腺,位于内脏团的后部,肛门腔的前部。两性腺成熟时为黄褐色,内有三条弯曲的导管汇合于一管,同时两性腺外表面有一充盈的膜状管变细与上管连接后一起由基部向外通出,进入蛋白腺,经输卵管通入受精囊,受精囊经阴道与雌性生殖孔相连。蛋白腺乳白色,活体卵黄腺为粉红色,与性腺粘连,卵黄腺通过导管汇入蛋白腺导管。

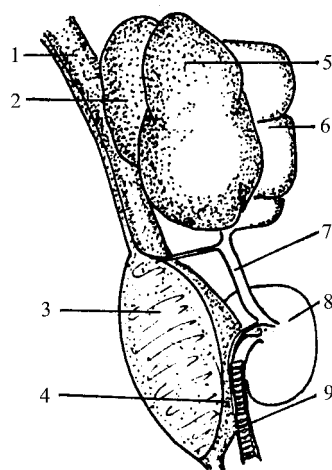


图7 生殖器和雌性交接器

Fig.7 Genital organs and female mating organs

- 1. 肠道; 2. 两性腺; 3. 肛门腺; 4. 肛门腔; 5. 卵黄腺;
- 6. 蛋白腺; 7. 输卵管; 8. 受精囊; 9. 阴道
- 1. intestinal tract; 2. digenetic gland; 3. anus gland;
- 4. anus cavity vitelline gland; 6. albumen gland; 7. oviduct;
- 8. spermatheca; 9. vagina

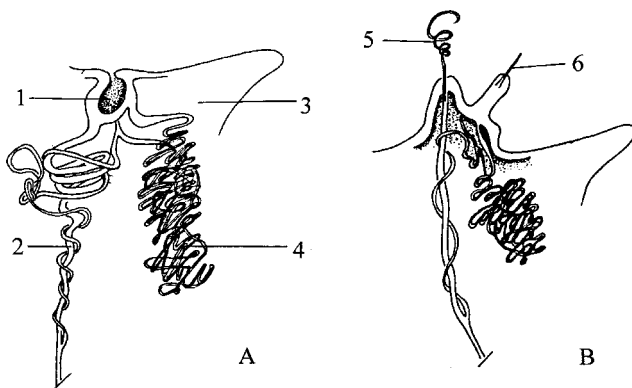


图8 雄性交接器

Fig.8 Male mating organ

- A. 平静状态; B. 交配状态
- 1. 阴茎囊; 2. 输精管; 3. 右前触角; 4. 雄性附性腺; 5. 阴茎; 6. 刺激器
- A. quietude state; B. copulating state

- 1. vesicula penis; 2. sperm-duct; 3. right anterior tentacle; 4. male accessory gonad; 5. penis; 6. stimulatory organ

输精管为乳白色,前段宽螺旋状,连接阴茎囊,中段为稍细的密螺旋状,再向后为直管,末端悬挂在体后端右侧的体壁上,包绕着白色的螺旋状几丁质阴茎。输精管上有橙黄色管道缠绕,前端连接体壁,后端在靠近输精管末端约

5.0 mm 处通入输精管。附性腺为细长的白色盲管盘绕而成,紧贴右唾液腺,前端先变细,后变粗通入阴茎囊,连接细长的针状刺激器。性成熟时附性腺非常发达,展开后为体长的3倍还多。

两性腺的腺泡由生殖管上皮向外突起演化而成,生殖上皮不同时期可以产生精子和卵子,跌落到腺泡腔。腺泡中的精子呈毛束状分布于腺泡中央, H.E 染色,精子头部为蓝色(图 9)。成熟的卵细胞,呈圆球形,核大,染色体明显,嗜

碱性。不同发育时期的腺泡中,卵母细胞和精细胞的所占比例不同。卵细胞从卵黄腺、蛋白腺吸收营养物质,通过输卵管进入受精囊,与精子相遇完成受精作用。

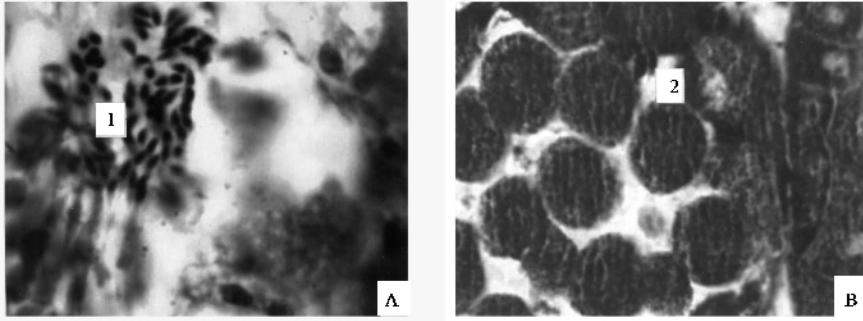


图 9 腺泡内的卵子和精子(H.E \times 1 000, \times 200)

Fig.9 Spermatozoa and ova in gonad follicle

A. 精子发育时期的腺泡;B. 卵子发育时期的腺泡;1. 精子;2. 卵子

A. showing spermatozoa developing stage; B. showing ova developing stage; 1. spermatozoa; 2. ova

2.3 生活习性与生殖行为 瘤背石磺在苏沪沿海分布较广,生活在潮间带高潮区入海溪流两侧的淤泥质滩涂上,生长有大量的芦苇、水草。每年的 5 月上旬~10 月上旬,瘤背石磺在泥面活动。晴朗的早晨 7:00~10:00 时之间,石磺从洞穴中钻出,在泥面上摄食,湿润的泥面上有一层浅水或者没有水,天气有雾或雨后天晴的时候石磺也会出来活动,在日光直射的正午则钻回洞穴。石磺一般栖居在螃蟹所挖的洞穴内,与螃蟹、弹涂鱼共栖,洞穴附近生有芦苇,有助于补充洞穴内的空气含量。室内养殖发现,石磺在夜间休息时聚集在一起层层堆积在容器有水的角落,常两个体首尾相接伏在泥面,说明石磺具群居的习性,石磺喜好躲藏在阴暗的角落里,这与石磺喜好在湿度大的气候条件下活动以避免水分蒸发一致。10 月份以后天气转凉,石磺钻入泥底休眠。

解剖野外采捕样品在消化道内发现大量的泥沙和有机碎屑、单胞藻类,投喂湿润的螺旋藻粉。熟淀粉糊和单胞藻均可摄食。在室温条件下,选择健壮的个体在以下 5 种不同的环境条件下进行养殖,定期投喂淀粉糊和螺旋藻粉。

由表 1 可见,在海水淹没的条件下石磺不能进行正常呼吸,同时低渗造成身体大量吸水膨胀迅速死亡;没有海泥时即使有水也不能保持空气的湿度,造成摄食不佳;石磺只能舔食细泥并消化其中的有机碎屑,不能吞入颗粒大的细沙;在新鲜的海泥中,如果有机质丰富、湿度适宜,石磺可以长时间的健康存活。

表 1 不同的养殖环境中石磺存活状况的比较

Table 1 Comparison of survival of *Onchidium struma* in different living conditions

编号	养殖环境	存活时间	备注
1	10 cm 海水淹没	0.5~2 h	缺氧、低渗致死
2	干燥	12~24 h	失水致死
3	0.5~1 cm 海水	1~2 d	摄食不佳
4	0.5~1 cm 海水浸泡	1~2 d	(同上)粪便不含细沙的细沙
5	湿度为 100% 的新鲜海泥	10~60 d	粪便中含大量细泥

海水盐度为 10,10 cm 水深可将个体完全淹没,保持 0.5~1 cm 水深中不影响个体呼吸

石磺繁殖盛期是在 6~8 月,气温在 30℃ 以上。10.0 g 以上个体是主要的繁殖群体,5.0~10.0 g 个体在生殖高峰期也会偶见交配,交配

时,大小个体均可充当雌体或雄体,但很少见到 10.0 g 以下个体产卵。充当雄性的个体(以下简称雄体)先是四处寻觅,当找到合适的配偶(以下简称雌体)以后,雄体便在雌体背部和边缘爬行,之后用大触角抵触雌体后端右侧的外套膜边缘,并将乳白色的雄性交接囊从生殖孔翻出,交接囊上生有 2 个突起,一个可以伸出螺旋状的阴茎,另一突起灵活可以任意弯转并伸出刺激器。雌体兴奋后会将体后端右侧的外套膜翘起,露出雌性生殖孔,雄体大触角立刻钻入雌体外套膜底下将伸出的阴茎旋转插入雌性生殖孔,进行交配(图 10)。此时,雄体的刺激器会不断刺激雌性生殖孔,并可输入附性腺液。交配时雌体多数时间静止,前端的一对柄眼高高竖起,后部的外套膜翘起。由于受到外界环境的干扰,雌体也会向前爬行,雄体刺激器缩回,但阴茎依然在雌体体内,雄体也跟随雌体爬行,螺旋状阴茎会常常被拉伸和弯曲。交配可以持续很长时间,能长达 4 h。

交配并不仅在两个个体之间进行,一只石磺在充当雄体跟另一只进行交配时,同时也可充当雌体与其他的个体交配,所以有时可以看到 3 个个体连成链状的现象^[17](图 11)。

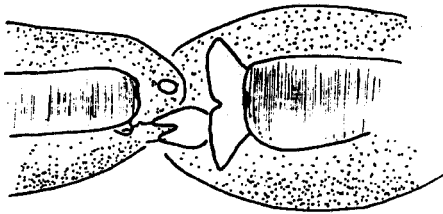


图 10 交配时的腹面观

Fig.10 Ventral view of two *Onchidium struma* copulating

成体交配后 10~15 d 开始产卵,卵产在湿润的泥块上。石磺每次产卵持续 2~5 h,产卵时,卵带首先从雌性生殖孔排出,然后石磺从口中吐出粘液将单条卵带粘成大的卵块,每个卵块尺寸大约为 14 cm × 3 cm × 0.2 cm,可孵化出几十万幼体。Random 报道每个卵块含 10 万到 20 万卵粒,甚至还有更大的数目^[9]。在繁殖期内可以多次分批产卵,但每个卵块表层和内

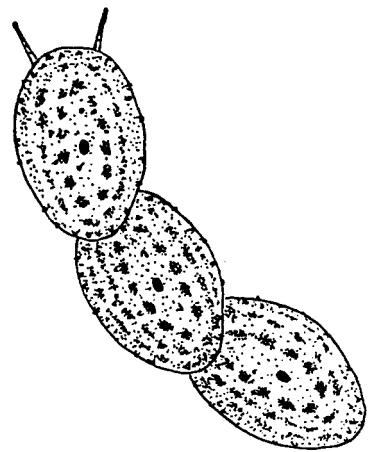


图 11 三个体同时交配时的石磺背面观

Fig.11 Dorsal view of three *Onchidium struma* copulating synchronously

部卵粒的胚胎发育阶段差异很大。

3 讨论

3.1 形态与习性 石磺外套膜的形态与其生境地貌有惊人的相似性。石磺(*O. verruculatum*)具枝状腮^[15],南非种类外套膜上枝状腮非常发达,形态酷似海葵*,日本冲绳一些种类背部的瘤状突起呈泡状,颜色鲜艳,像周围的礁膜,而另一些酷似海边的礁石**,瘤背石磺外套膜呈土褐色,生有很多瘤状突起,加之背覆稀泥,让人难以觉察。由于石磺生活海区的环境不同,不同种类的食性差异也很大,Deshpande^[12]经食性分析发现石磺(*O. verruculatum*)摄食石莼和团扇藻。瘤背石磺只能吞食海泥消化其中的有机碎屑或者单胞藻类,不能摄食大型藻类。在长期的进化过程中石磺的身体结构、形态和习性都与当地潮间带的环境发生适应,形成了多样的生态种类。

新采捕回的个体能够积极的摄食人工投喂的淀粉糊、螺旋藻粉、底栖硅藻等,黄金田也认为瘤背石磺可以摄食螺旋藻粉^[16],难点在于未发现个体生长。新鲜海泥在养殖石磺时非常重要,细泥可以保持湿润的栖居环境,同时是石磺

* <http://www.seaslugforum.net/onchid.htm>.

** http://www.rfbolland.com/okislugs/onch_1.html.

消化吸收的必备条件,泥质新鲜与否会影响饵料的新鲜度,从而影响石磺的摄食、生长。然而无论环境怎样恶劣,个体首先将营养供给生殖系统保证产卵行为的正常进行,所以繁殖季节的环境变化基本不会影响石磺的产卵行为。

3.2 生殖 张玺认为石磺的精子 and 卵子产生在同一个腺泡内^[17],只是生殖输送管后部某一点分叉成为两管:雌输送管开口在原先雌雄生殖孔的位置,雄输送管开口转到前方,在交接突起的末端。Deshpande 对石磺(*O. verruculatum*)的性腺研究发现,虽然精子和卵子产生于同一腺泡,但发育并不同步^[11]。邱立言报道瘤背石磺的精巢位于体前端输精管附近,即本文所指的附性腺,本实验通过多次对生殖高峰期的石磺附性腺进行解剖观察,并未在该结构内发现精原细胞或精子的存在(图 12),故本文采用了前两者的观点。解剖过程中从未发现明显的两性腺与输精管之间的连接管存在,故推测石磺异体之间的交配可能不是进行输精作用,而仅仅是输入精卵结合的激活物质,精子究竟是从自体的两性腺排入受精囊的还是通过异体交配输入的,还有待更深入的实验进行证明,不排除石磺是自体受精的可能性。

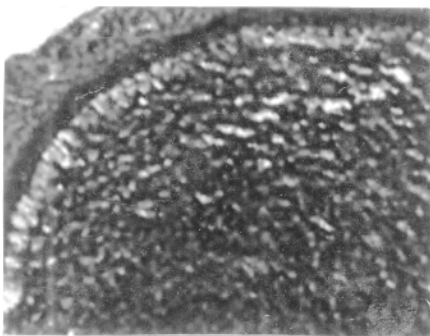


图 12 雄性附性腺(H.E×200)

Fig. 12 Male accessory gonad

显示没有产生精子的迹象

Showing no evidence of being spermatozoa

邱立言^[3]报道瘤背石磺的肛门腔具生殖功能,称为泄殖腔,本文研究表明肛门腔只有排出粪便和排泄的功能,旁边紧贴一囊状物,即肛门腺^[17],是肾脏的延伸,从位置看可能是受精囊

内含物的部分来源,并与卵带的形成有关。在解剖受精囊的过程中发现了囊腔内含物和细小的颗粒物,在不同阶段内含物的成分是不同的,受精后个体的受精囊内含有大量卵子,其形态与卵巢中的成熟卵子形状很一致,包绕着受精卵透明的液体是胚胎卵内发育的重要营养物质,受精卵进入囊中就会自发吸收内腔液从而形成卵室,本文在内含物中发现豆荚状的卵室,首尾相接形成链状呈现出卵带的雏形,这与 Nanaware 等研究结果很一致^[14],而邱立言将之称为肾脏也是不妥的^[3]。

3.3 生物学特殊性 在发育过程中石磺身体经反拗过程,外形复归左右对称,神经不再发生“8”字形扭转,出现与一般的肺螺动物相悖的结构特征,但肠道保留了“S”形扭转的形态。石磺抵抗水分蒸发的能力很差,故喜好在湿度较大的天气条件下外出活动,但用肺呼吸决定了不能长时间呆在水中,所以选择了潮间带高潮区这种不缺水但是又不被水淹没的适宜地带。石磺是柄眼目中惟一的在发育过程中经过面盘幼虫阶段的种类,且面盘幼虫有一段时间营浮游生活,不同于张玺的结论^[17],出现了肺螺亚纲的特例。瓣鳃纲直肠穿过心室,而石磺心室上仍有退化的小孔痕迹,显示了该种类与瓣鳃纲有亲缘关系。石磺的演化过程是极为复杂的,正如 Deshpande 所说,在软体动物门的系统演变过程中石磺成为海洋和陆地肺螺类的纽带^[11]。

致谢 在实验过程中得到本校生命科学与技术学院水产养殖专业 2000 级本科滕炜鸣、杨祥尧、马文山同学,生物技术专业 2001 级本科高鑫、赵善贞、顾佳雯、王莉莉同学的帮助,王莉莉同学协助完成生物绘图,在此一并表示感谢!

参 考 文 献

- [1] 蔡英亚,张英,魏若飞. 贝类学概论. 上海:上海科学技术出版社,1995,156~183.
- [2] 张媛溶,周昭曼,卢卫平等. 上海沿海蛤蟆石磺的初步研究. 见:中国贝类学会编. 贝类学论文集第二辑. 北京:科学出版社,1986,153.

- [3] 邱立言. 苏沪沿海瘤背石磺的形态和习性. *动物学杂志*, 1991, **26**(3): 33 ~ 36.
- [4] Katayama Y. Identification of neuronal connections in the central nervous system of *Onchidium verruculatum*. *Japanese Journal of Physiology*, 1970, **20**(6): 711 ~ 724.
- [5] Katagiri N. Cytoplasmic characteristics of three different rhabdomeric photoreceptor cells in a marine gastropod, *Onchidium verruculatum*. *Journal of Electron Microscopy*, 1984, **33**(2): 142 ~ 150.
- [6] Ruthensteiner B. Homology of the pallial and pulmonary cavity of gastropods. *Journal of Molluscan Studies*, 1997, **63**(3): 353 ~ 367.
- [7] Bouillon S, Koedam N, Raman A V, et al. Primary producers sustaining macro-invertebrate communities in intertidal mangrove forests. *Oecologia*, 2002, **130**(3): 441 ~ 448.
- [8] Healy J M. Electron microscopic observations on the spermatozoa of a marine "pulmonate" slug, *Onchidium damellii* (Gastropoda, Onchidiacea). *Journal of Submicroscopic Cytology*, 1986, **18**(3): 587 ~ 594.
- [9] Smith A, Kenny R. Reproduction and development of *Onchidium damellii* Semper, 1882. *J Malac Soc Aust*, 1987, **8**: 37 ~ 39.
- [10] Kenny R, Smith A. Emergence behaviour of *Onchidium damellii* Semper, 1882 (Gastropoda, Onchidiidae). *J Malac Soc Aust*, 1988, **9**: 19 ~ 20.
- [11] Deshpande U D, Nagabhushanam R. Annual reproductive cycle of the marine pulmonate, *Onchidium verruculatum* (Cuvier) and its control by environmental factors. *Indian Journal of Marine Sciences*, 1983, **12**(2): 122 ~ 124.
- [12] Deshpande U D, Nagabhushanam R, Hanumante M M. Reproductive ecology of the marine pulmonate, *Onchidium verruculatum*. *Hydrobiologia*, 1980, **71**(1 ~ 2): 83 ~ 85.
- [13] Deshpande U D, Nagabhushanam R. Seasonal changes in the biochemical composition of the chiton *Chiton iatricus* (Polyplacophora: Mollusca) and the marine pulmonate *Onchidium verruculatum* (Gastropoda: Mollusca) in relation to their reproductive cycles. *Marine Biology*, 1983, **72**(3): 227 ~ 234.
- [14] Nanaware S G, Gonjari G R. Studies on the reproductive physiology of molluscs: 6. Histochemical observations on the mucosubstances of spermatheca of marine slug *Onchidium verruculatum* (Cuv.). *Comparative Physiology and Ecology*, 1989, **14**(3): 149 ~ 154.
- [15] 马绣同著. 我国的海产贝类及其采集. 北京: 海洋出版社, 1982: 40.
- [16] 黄金田, 沈伯平, 王资生. 瘤背石磺的生态习性观察. *海洋渔业*, 2004, **26**(2): 103 ~ 109.
- [17] 张玺, 齐钟彦著. 贝类学纲要. 北京: 科学出版社, 1961, 97 ~ 115, 165 ~ 172.
- [18] 刘凌云, 郑光美. 普通动物学(第三版). 北京: 高等教育出版社, 1997: 204 ~ 213.
- [19] 於宏, 王一农, 王国良等. 泥螺生殖系统的组织学. *动物学杂志*, 2003, **38**(4): 5 ~ 9.