

龟足消化系统形态和组织学特点

陈昭娜 林 岗 陈 宁 饶小珍*

福建师范大学生命科学学院 福建省发育与神经生物学重点实验室 福州 350108

摘要: 应用光学显微镜观察龟足 (*Capitulum mitella*) 消化系统的形态和组织结构。龟足的消化系统包括消化腺和消化道。消化腺一对, 呈长囊状, 含有分泌细胞 (B 细胞)、吸收细胞 (R 细胞)、储存细胞 (F 细胞) 和胚细胞 (E 细胞) 4 种类型细胞。消化道呈 U 型, 由口、食道、胃、肠、直肠和肛门组成, 各部分的结构由内到外可分为黏膜层、黏膜下层、肌层和外膜 4 层。口器为咀嚼型, 包括一片上唇、一对触须、一对大颚以及两对小颚。食道短, 具几丁质层但无基膜, 管壁向腔内突起形成明显的纵褶突; 食道前段的环肌特别发达, 同时独有放射肌。胃略呈球袋状, 肠较长; 胃和肠的组织结构相似, 没有几丁质层, 上皮细胞都有发达的微绒毛。直肠细长, 外膜分布有 16 组纵肌; 直肠前段的组织结构与胃、肠相似, 而直肠后段有几丁质层覆盖, 黏膜层、黏膜下层、肌层和外膜渐退化, 16 组纵肌渐发达。肛门 16 组更加发达的纵肌挤入上皮细胞下方, 在外膜外另出现一层明显的环肌。龟足消化道各部分的组织结构差异明显, 反映了它们功能的差异。

关键词: 龟足; 消化腺; 消化道; 组织学

中图分类号: Q954 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263(2013)06-875-09

Morphological and Histological Characteristics of Digestive System in *Capitulum mitella*

CHEN Zhao-Na LIN Gang CHEN Ning RAO Xiao-Zhen*

College of Life Science, Fujian Normal University, Fujian Key Laboratory of Developmental and Neurobiology, Fuzhou 350108, China

Abstract: Morphology and histology of the digestive system of *Capitulum mitella* were observed by light microscopy. The results showed that the digestive system consisted of digestive gland and digestive tract. A pair of long cystic digestive glands contained four types of cells: secretory cells, resorptive cells, inocyte cells and embryonic cells. The digestive tract consisted of mouth, esophagus, stomach, gut, rectum and anus. The mandibulate mouthpart comprised of a labrum, two palpuses, two mandibles and four maxillas. From inner to outer, the wall of the digestive tract was divided into four layers: mucous layer, submucous layer, muscular layer and outer membrane. The wall of the thin and short oesophagus was lined with cuticle without basement membrane and possessed a layer of thick circular muscle and radiating muscle. The stomach was sacculate, and the gut was the longest in the digestive tract. Histological structure of the stomach and the gut was similar to each other. Both of them lacked cuticle, and their epithelium cells were covered with well-developed microvilli. The rectum was slender. The most obvious difference between the rectum and other parts was that 16 groups of longitudinal muscle distributed in its outer membrane. Histological structure of the anterior rectum, covered

基金项目 福建省自然科学基金项目 (No. 2011J01147);

* 通讯作者, E-mail: xzrao@fjnu.edu.cn;

第一作者介绍 陈昭娜, 女, 硕士研究生; 研究方向: 动物生理生态; E-mail: zhaonazhaona2011@163.com。

收稿日期: 2013-01-30, 修回日期: 2013-05-25

with well-developed microvilli, was similar to that of the stomach and the gut. The wall of the posterior rectum gradually degraded, but 16 groups of longitudinal muscle in its outer membrane gradually developed. The anus possessed well-developed longitudinal muscles and circular muscles which circled around outside of the anal wall. Histological structure of *C. mitella* in various parts of the digestive tract was different, reflecting differences in their functions.

Key words: *Capitulum mitella*; Digestive gland; Digestive tract; Histology

龟足 (*Capitulum mitella*) 隶属于节肢动物门 (Arthropoda) 甲壳亚门 (Crustacea) 蔓足下纲 (Cirripedia) 围胸总目 (Thoracica) 有柄目 (Pedunculata) 铠茗荷亚目 (Scalpellomorpha) 指茗荷科 (Pollicipidae) 龟足属; 广泛分布于我国长江口以南岩石海岸, 是一种热带和亚热带潮间带动物 (刘瑞玉等 2007)。龟足的营养和药用价值很高 (陈宁等 2009), 具有独特的经济价值和广阔的市场前景, 有望成为新的规模化养殖品种 (林岗等 2011b)。虽然本课题组对龟足的生物学及室内培育条件作了多年的研究 (林岗等 1994a, b, 2002, 张殿彩等 2009, 赵允魁等 2009, 饶小珍等 2010), 并测定分析了其消化酶的活力及周年的食性 (林岗等 2011a, b), 但仍未报道龟足消化系统组织学的结构。国内外对高等甲壳类十足目消化系统的研究较多 (邓道贵等 2000, 姜永华等 2003, 吴志强等 2007, 梁华芳等 2011), 但有关蔓足类消化系统的研究较少。由于多年的无序采捕, 导致龟足的种群数量急剧下降, 同时其生境也受到严重破坏。为了合理利用和保护自然资源, 有必要对其进行人工增殖的研究。本文通过观察龟足消化系统的形态和组织学结构, 结合龟足的消化酶活力及食性特点, 旨在分析龟足的消化生理特点, 并为其人工养殖中饵料的开发提供依据。

1 材料与方 法

1.1 材料 龟足标本采自福建省连江县定海海区。挑选峰吻径大于 11 mm、完整、健康的成熟个体作为材料。

1.2 方法 活体撬开龟足的壳板, 取出软体部分。在解剖镜下解剖, 取出整个消化系统, 并分离口器的各部分。整个消化系统于 Bouin 液中

固定 24 h 后, 70% 酒精保存, 常规石蜡包埋切片, 连续切片 4 ~ 7 μm , H. E 染色, Olympus 显微镜下观察并拍照。

2 结 果

2.1 消化系统的一般形态 龟足消化系统包括消化腺和消化道。消化腺一对, 位于胃的背部两侧。消化道呈“U”形, 从第一对蔓足后方的口器开始沿着软体部分的背侧向腹侧弯曲, 终止于交接器后方的肛门处。消化道可分为口、食道、胃、肠、直肠和肛门 (图 1)。

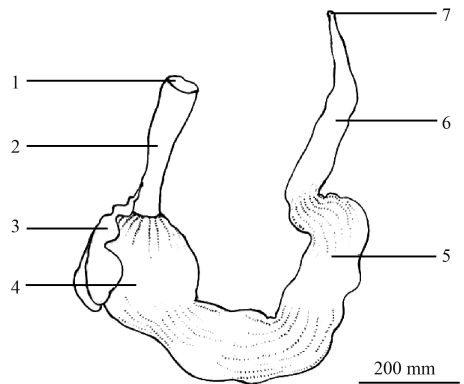


图 1 龟足消化系统模式图

Fig. 1 Schematic drawing of the morphology of digestive system in *Capitulum mitella*

1. 口; 2. 食道; 3. 消化腺; 4. 胃; 5. 肠; 6. 直肠; 7. 肛门。

1. Mouth; 2. Esophagus; 3. Digestive gland; 4. Stomach;

5. Gut; 6. Rectum; 7. Anus.

2.1.1 口与口器 口器围成的区域构成了口, 为消化道的最前端。口器为咀嚼型, 由一片上唇、一对触须、一对大颚以及两对小颚构成 (图 2)。上唇、大颚和小颚围成的口前腔上具有刚毛 (图版 I:1)。

上唇薄、膨鼓, 位于口前方, 前部突出成脊, 在脊中央位置具有一个较深的缺刻 (图版

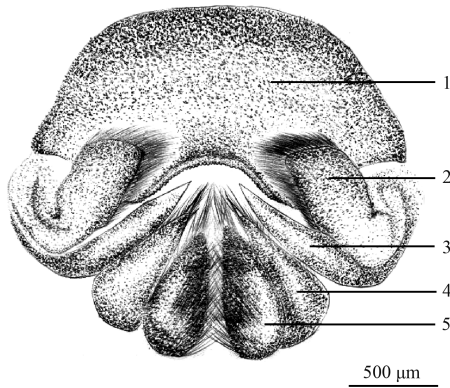


图2 龟足口器正面模式图

Fig. 2 Schematic drawing of the morphology of mouth parts in *Capitulum mitella*

1. 上唇; 2. 触须; 3. 大颚; 4. 第1小颚; 5. 第2小颚。

1. Labrum; 2. Palpus; 3. Mandible; 4. Maxilla 1; 5. Maxilla 2.

I:2), 脊缘具有齿和刚毛,且齿被刚毛覆盖(图版 I:1)。

触须:覆盖在上唇的两侧角(图2),近似长方形,其前缘和游离端具有很多刚毛,外侧面有一排长刚毛(图版 I:3)。刚毛上有很多与感觉有关的小毛(图版 I:4)(以下口器的刚毛结构一样)。

大颚:1对,紧贴于上唇后方的两侧(图2),片状,切缘具有5个强齿,排成一排,其中第2齿明显较小(图版 I:5)。上、下缘具刚毛,上缘仅在1/3处具有一小段刚毛(图版 I:6),下缘密布刚毛(图版 I:7)。

第1小颚:1对,紧挨着大颚(图2),呈斧头状。切缘上有一明显的缺刻,缺刻以上部分具有2个大刺,以下部分较平截、具有许多大小不等的小刺,上、下缘及切缘均具刚毛(图版 I:8)。

第2小颚:1对,相互挨着,位于第1小颚后方(图2),叶状,较厚,呈瘤状突出,密生刚毛,切缘中间的缺刻明显(图版 I:9)。

2.1.2 消化腺 消化腺位于食道后段和胃的背部两侧,为一对长囊状腺体,略呈浅褐色;左右一对输出管短小且细,开口于食道的后段(图1)。消化腺的大小与其摄食程度有关。

2.1.3 消化道 食道为连接口与胃的细小短管,具有韧性,颜色为黑褐色、质地较硬。胃的形态与其摄食状态有关。当摄食饱满时,胃膨大呈圆球袋状,颜色为深褐红色至褐红色不等,内部充满褐红色的液体;当摄食不足时略呈袋状,颜色为褐红色。肠与胃的界限不甚明显。肠最长,前端的管径较大,往后渐细,颜色呈红褐色;其管径的大小也与摄食的饱满程度有关。胃与肠的四周围绕有精巢组织。直肠与肠的分界处可观察到直肠管径明显变小,直肠细长,其末端为肛门(图1)。整个消化道长度大约14~21 mm,其中食道大约占消化道的19.8%、胃约占16.7%、肠约占38.0%、直肠约占25.5%。

2.2 消化系统的一般组织结构

2.2.1 消化腺 横切面可见消化腺埋于食道两侧的基膜中(图版 I:10)。消化腺呈腺泡状、形状不规则(图版 I:11),由基膜和单层上皮细胞构成。上皮细胞可分为分泌细胞(B细胞)、吸收细胞(R细胞)、储存细胞(F细胞)和胚细胞(E细胞)4种。

分泌细胞(B细胞):呈长柱状,体积最大。细胞核圆形,位于细胞中部偏下。细胞顶端有一个明显的大囊泡,突入腔中,囊泡中含有大量的颗粒状物质(图版 I:12~13)。腺泡腔中可见许多圆形或椭圆形的囊泡。

吸收细胞(R细胞):呈柱状,细胞核大而圆,位于细胞基部,核仁1~2个。细胞质嗜碱性,含有大量颗粒状物质,H.E染色中颜色较深(图版 I:12~13)。

储存细胞(F细胞):呈高柱状,分布在B细胞和R细胞之间形状与吸收细胞相似,细胞核大、圆形,位于细胞中下部,细胞质强嗜碱性(图版 I:12)。

胚细胞(E细胞):呈梭形,细胞体积小。细胞顶端不进入管腔。核椭圆形,位于中部。细胞紧密排列,大多位于其他细胞的基部(图版 I:12~13)。与B细胞、R细胞和F细胞相比,其核质比最大。

2.2.2 消化道 消化道各部分的结构由内到

外可分为黏膜层、黏膜下层、肌层和外膜 4 层。

2.2.2.1 食道 食道管壁内表面覆盖了一层厚的几丁质,黏膜层仅为单层柱状上皮细胞,没有基膜,上皮细胞细胞核位于底部(图版 I:14)。黏膜下层为结缔组织,较胃、肠及直肠的厚。肌层为连续的环肌(图版 I:15),为横纹肌(图版 II:1)。外膜为一层疏松结缔组织,由不规则多边形细胞组成(图版 II:2)。

食道前后段的组织结构有比较明显的差异。食道前段内壁从上、下、左、右四个部位向腔内突起形成 4 个明显的纵褶突,食道腔略呈“X”型(图版 I:15)。随着食道的延伸,管腔内的主纵褶突逐渐出现多个副纵褶突,使食道的管腔由“X”型渐呈迷路形(图版 I:10);但是当食道充满大量食物时,管腔成为圆形。食道前段环肌层极厚,且黏膜下层中纵贯有成束的放射肌;放射肌有的一端连于上皮细胞基部,另一端连于环肌(图版 I:14~15);外膜较薄。食道后段的上皮细胞核位于细胞中下部,环肌层仅一薄层,黏膜下层和外膜明显比前段厚,但黏膜下层中没有放射肌(图版 II:3)。

2.2.2.2 胃 胃壁内表面没有几丁质层覆盖。黏膜层由上皮细胞和基膜构成。单层柱状上皮细胞紧密排列,细胞核长椭圆形位于细胞基部,上皮细胞的游离端形成微绒毛;基膜染色很深,明显(图版 II:4)。黏膜下层为较薄的结缔组织。肌层是环肌,为平滑肌(图版 II:5)。外膜结缔组织极厚,两侧有许多精巢组织嵌入(图版 II:6)。

临近与食道分界处胃黏膜层和黏膜下层向消化腔的突起不显著,上皮细胞大小相当,环肌刚刚形成,但不连续(图版 II:7);之后黏膜层和黏膜下层逐渐共同向消化腔突起,形成很多明显的纵褶突起,环肌也趋于连续(图版 II:6)。在纵褶突起顶端的单层柱状上皮细胞细长,沿着纵褶突起的两侧细胞逐渐变矮。

2.2.2.3 肠 肠壁内表面没有几丁质层覆盖,组织结构与胃相似。黏膜层和黏膜下层向肠腔突起,形成很多纵褶突起。单层柱状上皮细胞核长椭圆形,位于细胞的近中央(图版 II:8),上

皮细胞的游离端具有许多微绒毛,较胃的密集;基膜染色深,明显。黏膜下层结缔组织较薄。肌层是一薄层不连续的环肌,为平滑肌。外膜的结缔组织较厚,但比胃的薄(图版 II:9)。

2.2.2.4 直肠 黏膜层为单层柱状上皮细胞,基膜着色深。黏膜下层薄。肌层为一层不连续的环肌,为平滑肌,较胃和肠的薄。外膜的结缔组织中分布有 16 组间距相当的纵肌(图版 II:10~11)。

直肠前后段的组织结构也有比较明显的差异。直肠前段没有几丁质层覆盖(图版 II:12),仅在直肠后段临近肛门处的管壁外有一层较薄的几丁质(图版 II:13)。直肠前段上皮细胞为长柱状,长度相当,紧密排列,细胞核长椭圆形,位于中部或基部,上皮细胞仍具有微绒毛;基膜厚。黏膜层和黏膜下层共同向肠腔突起,形成很多明显的纵褶突起。外膜中的每一组纵肌由 2 个肌束构成(图版 II:12)。直肠后段的上皮细胞呈矮柱状,细胞大小不一,细胞核位于中部或上部,上皮细胞无微绒毛;基膜明显变薄。直肠后段的黏膜下层也明显变薄。黏膜层和黏膜下层共同向肠腔突起,形成宽大的纵褶突起,以致管腔变小,外膜中每组纵肌为多个肌束构成(图版 II:13)。

2.2.2.5 肛门 肛门管腔呈迷路形,腔内有明显的几丁质层覆盖。黏膜层为一层排列较松散的立方上皮细胞构成,上皮细胞核位于中上部;基膜不明显。黏膜下层、肌层和外膜退化,界线不清。原分布在外膜的纵肌束更加发达,挤入宽大的纵褶突起的上皮细胞下方。在外膜外面另出现一层明显的环肌(图版 II:14~15)。

3 讨论

龟足的消化系统分为消化腺和消化道。龟足的消化道与其他围胸总目的蔓足类一样都呈“U”型,可分为口、食道、胃、肠、直肠和肛门 6 个部分。

3.1 口器 龟足口器包括了一片上唇、一对触须、一对大颚以及两对小颚。刘瑞玉等(2007)描述了龟足的口器结构,其上唇脊缘无齿;本文

的观察与此略有差异,上唇脊中央具缺刻,且脊缘具有齿和刚毛。吻真铠茗荷(*Euscalpellum rostratum*) (刘瑞玉等 2007) 的上唇也具有齿。龟足触须的前缘、游离端及外侧面具有许多长刚毛,刚毛上有很多与感觉有关的小毛,这使得触须具有捕捉食物及防止食物从上唇逃脱的作用。大颚强壮,切齿相互绞合能够切割食物,具有 5 个强齿,其中第 2 齿明显较小,这与指茗荷(*Pollicipes polymerus*) (Barnes et al. 1958) 有所不同,后者只有 3 个强齿且大小相当;吻真铠茗荷的大颚也具有 5 齿,但是第 2 齿没有显著变小(刘瑞玉等 2007)。龟足第 1 小颚与第 2 小颚能够一起将食物切碎、磨细,其具有的刚毛能防止食物碎屑从口中逸出。第 1 小颚切缘有明显的缺刻,缺刻以上部分具有 2 个大刺,以下部分较平截、具有许多大小不等的小刺;而指茗荷第 1 小颚的切缘不平直,切缘分成 3 部分,上方含有 2 个大刺,在中间位置和下方均有大刺,各大刺之间具有许多小刺(Barnes et al. 1958);吻真铠茗荷第 1 小颚的切缘下角突出,上部有 2 个大刺、在中部和下部也有较大的刺(刘瑞玉等 2007)。龟足的第 2 小颚与指茗荷的大致相似,切缘中间均具有一个明显的缺刻。蔓足类的口器结构都较为相似,但它们之间还是存在区别,这些区别可以作为物种系统分类的依据(Barnes et al. 1958)。

龟足的食物由动物性食物、植物性食物、有机碎屑和无机颗粒 4 类组成(林岗等 2011a);且消化酶中淀粉酶(A)与类胰蛋白酶(T)活力的比值(A/T 值)低,表明龟足是以动物食性为主(林岗等 2011b)。龟足口器的结构进一步表明其能够摄食比较大的动物性食物,同时也能摄食较小的食物。

3.2 消化腺 龟足消化腺呈长囊状,这与座垫铠茗荷(*Sealpellum stroemii*) 有所不同,后者的消化腺为球形(堵南山 1987)。肝胰腺是高等甲壳类最重要的消化器官,是消化吸收的主要场所(姜永华等 2003,梁华芳等 2011)。肝胰腺由发达的肝小管组成,有关肝细胞的种类,各学者看法不完全一致。多数种类的肝细胞可分

为 4 种类型的细胞,即分泌细胞、吸收细胞、储存细胞和胚细胞,如十足类的锦绣龙虾(*Panulirus ornatus*) (梁华芳等 2011)、锯齿米虾(*Caridina denticulate*) (邓道贵等 2000)、南美白对虾(*Penaeus vannamei*) (姜永华等 2003)、日本新糠虾(*Neomysis japonica*) (吴志强等 2007)。蔓足类不具有高等甲壳类的肝胰腺结构(刘瑞玉等 2007)。本文中龟足的消化腺虽然为简单的泡状腺体,腺细胞仍然像高等甲壳类一样可分为分泌细胞、吸收细胞、储存细胞和胚细胞 4 种类型。

这几种腺细胞的功能,一般认为 E 细胞为胚性细胞,具较大的核质比,分裂能力强,可以分化成 R 细胞和 F 细胞;R 细胞具吸收和存储营养物质的功能;F 细胞能分化成 B 细胞,细胞核大,胞质嗜碱性较强,推测其具有酶原合成的功能;B 细胞顶端具有的大囊泡常突入腔中,表现其具有较强的分泌功能,可分泌消化酶对食物进行细胞外消化(张志峰等 2000,姜永华等 2003,吴志强等 2007,李长玲等 2008)。

林岗等(2011b)测定了龟足成体类胰蛋白酶、胃蛋白酶、淀粉酶、纤维素酶和脂肪酶 5 种消化酶的活力,其中类胰蛋白酶活力最高,胃蛋白酶、淀粉酶、脂肪酶活力均较高,纤维素酶活力极低。这些消化酶应主要是由分泌细胞产生的,当然不排除胃和肠上皮细胞本身也能分泌部分消化酶。

3.3 消化道的组织结构与功能 刘瑞玉等(2007)将蔓足类的消化道分为口、食道、胃、肠、直肠和肛门,但是薛俊增等(2009)将甲壳类消化道分为前肠(包括口、食道、胃)、中肠和后肠。本文采用刘瑞玉等(2007)的方法对龟足消化道进行分部,薛俊增等(2009)的方法主要针对较高等的甲壳动物。

龟足消化道的组织结构与高等十足目的消化道一样由内到外可以分为黏膜层、黏膜下层、肌层和外膜 4 层,但也存在明显差异。龟足食道前段内壁向管腔内形成 4 个明显的纵褶突,前段管腔略呈“X”型,后段渐成迷路形,这与锯齿米虾(邓道贵等 2000)、克氏螯虾(*Cambarus*

clarkii) (欧阳珊等 2002)、日本沼虾 (*Macrobrachium nipponense*) (席貽龙等 1997) 等多数十足目甲壳动物相似。食道上皮细胞表面都履有几丁质层,但是龟足食道的几丁质层不具有刚毛,而十足目食道的几丁质层往往具有刚毛。龟足胃结构简单,不能区分出贲门胃和幽门胃,同时也不含有胃磨。龟足的胃仅具有环肌,并且外膜极厚;但锯齿米虾(邓道贵等 2000)的胃不仅具有环肌还有纵肌,且外膜的结缔组织特别薄。锦绣龙虾(梁华芳等 2011)消化道的结缔组织内往往具有皮肤腺和黏液腺,但是龟足的消化道不具有这些腺体。龟足消化道的显著特点是外膜相对较厚,主要由多边形的扁平细胞组成,疏松且有很好的伸展性。龟足主要分布在潮间带的中高潮区,特别是分布在高潮区的个体,每月只有几天的摄食机会,因此需要消化道有弹性的空间来存储食物,以保证其对能量和营养的需求。

座垫铠茗荷的食道长度约占消化道的 1/3,其胃壁具有薄的角质层,无肌肉层(堵南山 1987)。与座垫铠茗荷相比,龟足的食道较短,约占消化道的 1/5,胃壁无角质层却含有环肌。

龟足消化道各部分的组织结构也有所差异,这反映了它们功能的不同。食道壁的几个几丁质层起保护和粗磨食物的作用,食道纵褶突的伸展,有利于增加食道的容量并扩大与食物的接触面积。与其他部位相比,食道黏膜层仅有上皮细胞层,无基膜。食道前段的环肌层特别发达,同时独有放射肌。环肌有节律的收缩能挤压食物,使食物向后推进;放射肌束收缩可使食道腔扩大,有助于通过较大的食物。研究表明,龟足能够摄取 2~2 130 μm 大小的食物(林岗等 2011a),正是食道的这种结构保证其能够吞食比较大的动物性食物。胃和肠的组织结构差异不大,均具有许多纵褶突起,没有几丁质层,且柱状上皮细胞游离面有发达的微绒毛,大大增加了消化和吸收面积,因此它们是消化吸收的主要部位。直肠与其他部位相比,最明显的差异是外膜分布有 16 组纵肌。直肠前段的组织结构与胃、肠的相似,均具有许多纵褶突

起,没有几丁质层覆盖,且柱状上皮细胞游离面也有微绒毛;而直肠后段管腔缩小,管壁有几丁质层覆盖,具有较宽大的纵褶,便于暂时储存粪便;且 16 组纵肌渐发达,收缩时使肠腔扩大,利于粪便排出。因此,直肠前段仍有部分吸收的功能,后段主要是行暂时储存和排出粪便的功能。肛门的黏膜层、黏膜下层、环肌层和外膜均退化,16 组更加发达的纵肌挤入宽大的纵褶突起的上皮细胞下方,在外膜外面另出现一层明显的环肌。薛俊增等(2009)指出,除后肠肠壁本身的内在肌外,一部分种类还有外在肌,借此增强后肠的蠕动。显然龟足的肛门新产生了外在肌,肛门发达的纵肌和环肌能保证其完成排出粪便的功能。

参 考 文 献

- Barnes H, Reese E. 1958. Feeding in the pedunculate cirripede *Pollicipes polymerus* J. B. Sowerby. Proceedings of the Zoological Society of London, 132(4): 569–584.
- 陈宁, 林岗, 饶小珍, 等. 2009. 龟足营养成分分析及评价. 热带海洋学报, 28(6): 117–122.
- 邓道贵, 马海骥, 郭生林. 2000. 锯齿米虾消化系统的组织学研究. 淮北煤师院学报, 21(4): 56–59.
- 堵南山. 1987. 甲壳动物学: 上册. 北京: 科学出版社, 290.
- 姜永华, 颜素芬, 陈政强. 2003. 南美白对虾消化系统的组织学和组织化学研究. 海洋科学, 27(4): 58–62.
- 李长玲, 曹伏君, 黄翔鸽, 等. 2008. 波纹龙虾消化系统光镜和扫描电镜的观察. 热带海洋学报, 27(3): 72–78.
- 梁华芳, 翁少萍, 何建国. 2011. 锦绣龙虾消化系统的解剖学及组织学研究. 广东海洋大学学报, 31(4): 1–5.
- 林岗, 齐秋贞, 邱文仁. 1994a. 龟足幼虫的室内培育条件. 水产学报, 18(3): 249–252.
- 林岗, 邱文仁, 齐秋贞. 1994b. 福州沿海龟足的繁殖附着与生长. 海洋学报, 16(6): 108–115.
- 林岗, 饶小珍, 陈宁, 等. 2011a. 福州沿海龟足的食性研究. 海洋科学, 35(6): 56–61.
- 林岗, 饶小珍, 陈宁, 等. 2011b. 龟足成体的 5 种消化酶活力. 热带海洋学报, 30(5): 88–94.
- 林岗, 许友勤, 饶小珍, 等. 2002. 盐度对龟足胚胎及幼虫发育的影响. 福建师范大学学报: 自然科学版, 18(1): 76–78, 81.
- 刘瑞玉, 任先秋. 2007. 中国动物志: 无脊椎动物 第四十二卷 甲壳动物亚门 蔓足下纲 围胸总目. 北京: 科学出版社, 27, 213–219.

欧阳珊, 吴小平, 颜显辉, 等. 2002. 克氏螯虾消化系统的组织学研究. 南昌大学学报: 理科版, 26(1): 92-95.

饶小珍, 林岗, 张殿彩, 等. 2010. 温度、盐度对龟足胚胎发育和幼虫生长的联合影响. 生态学报, 30(23): 6530-6537.

吴志强, 姜国良, 项鹏. 2007. 日本新糠虾消化系统组织学研究. 中国海洋大学学报: 自然科学版, 37(5): 781-784.

席贻龙, 邓道贵, 崔之学. 1997. 日本沼虾消化道形态和组织学特点. 动物学杂志, 32(3): 8-11.

薛俊增, 堵南山. 2009. 甲壳动物学. 上海: 上海教育出版社, 17-18.

张殿彩, 饶小珍, 林岗, 等. 2009. 温度对龟足胚胎和幼虫发育的影响. 福建师范大学学报: 自然科学版, 25(3): 94-100.

张志峰, 于成海, 廖承义, 等. 2000. 中国对虾幼体消化系统的组织化学研究. 海洋湖沼通报, (2): 6-10.

赵允魁, 饶小珍, 林岗, 等. 2009. 龟足的核型分析. 泉州师范学院学报: 自然科学版, 27(4): 96-98, 109.

图版 I 说明

龟足口器的形态及消化系统横切的组织结构

1. 上唇中央缺刻的小齿及口前腔壁, ×40; 2. 上唇, ×4; 3. 触须, ×4; 4. 刚毛, ×40; 5. 大颚, ×4; 6. 大颚上缘刚毛, ×20; 7. 大颚下缘刚毛, ×10; 8. 第1小颚, ×4; 9. 2小颚, ×4; 10. 食道后段, ×4; 11. 消化腺, ×10; 12. 消化腺细胞, ×100; 13. 消化腺细胞, ×100; 14. 食道局部, ×100; 15. 食道前段, ×10。

Explanation of Plate I

Morphology of the mouth parts and histology of transverse section of the digestive system in *Capitulum mitella*

1. The teeth of the labrum and the wall of preoral cavity, ×40; 2. Labrum, ×4; 3. Palpus, ×4; 4. Seta, ×40; 5. Mandible, ×4; 6. The seta in the upper limb of mandible, ×20; 7. The seta in the lower limb of mandible, ×10; 8. Maxilla 1, ×4; 9. Maxilla 2, ×4; 10. Hind-esophagus, ×4; 11. Digestive gland, ×10; 12. Cells in digestive gland, ×100; 13. Cells in digestive gland, ×100; 14. Local structure of esophagus, ×100; 15. Fore-esophagus, ×10.

BC. 分泌细胞; BM. 基膜; CL. 几丁质层; CM. 环肌层; CT. 结缔组织; DG. 消化腺; E. 上皮; EC. 胚细胞; FC. 纤维细胞; L. 消化腔; N. 细胞核; RC. 吸收细胞; RM. 放射肌; S. 刚毛; SS. 刚毛上的小毛; T. 齿; V. 囊泡。

BC. Secretory cell; BM. Basement membrane; CL. Cuticle layer; CM. Circular muscle; CT. Connective tissue; DG. Digestive gland; E. Epithelium; EC. Embryonic cell; FC. Inocyte cell; L. Lumen; N. Nucleus; RC. Resorptive cell; RM. Radial muscle; S. Seta; SS: The short seta; T. Teeth; V. Vesica.

图版 II 说明

龟足消化系统横切的组织结构

1. 横纹肌细胞, ×100; 2. 外膜结缔组织细胞, ×100; 3. 食道后段局部, ×40; 4. 胃局部, ×100; 5. 胃局部平滑肌, ×100; 6. 胃, ×4; 7. 食道和胃过渡区, ×10; 8. 肠局部, ×100; 9. 肠, ×10; 10. 直肠前段, ×20; 11. 直肠后段, ×20; 12. 直肠前段局部, ×40; 13. 直肠后段局部, ×40; 14. 肛门, ×20; 15. 肛门局部, ×40。

Explanation of Plate II

Histology of transverse section of the digestive system in *Capitulum mitella*

1. Striated muscle, ×100; 2. Phorocyte in outer membrane, ×100; 3. Local structure of hind-esophagus, ×40; 4. Local structure of stomach, ×100; 5. Smooth muscle in stomach, ×100; 6. Stomach, ×4; 7. Transition zone of esophagus and stomach, ×10; 8. Local structure of gut, ×100; 9. Gut, ×10; 10. Fore-rectum, ×20; 11. Hind-rectum, ×10; 12. Local structure of fore-rectum, ×40; 13. Local structure of hind-rectum, ×40; 14. Anus, ×20; 15. Local structure of anus, ×40.

BM. 基膜; CL. 几丁质层; CM. 环肌层; CT. 结缔组织; E. 上皮; LM. 纵肌; MV. 微绒毛; N. 细胞核; TES. 精巢。

BM. Basement membrane; CL. Cuticle layer; CM. Circular muscle; CT. Connective tissue; E. Epithelium; LM. Longitudinal muscle; MV. Microvillus; N. Nucleus; TES. Testis.

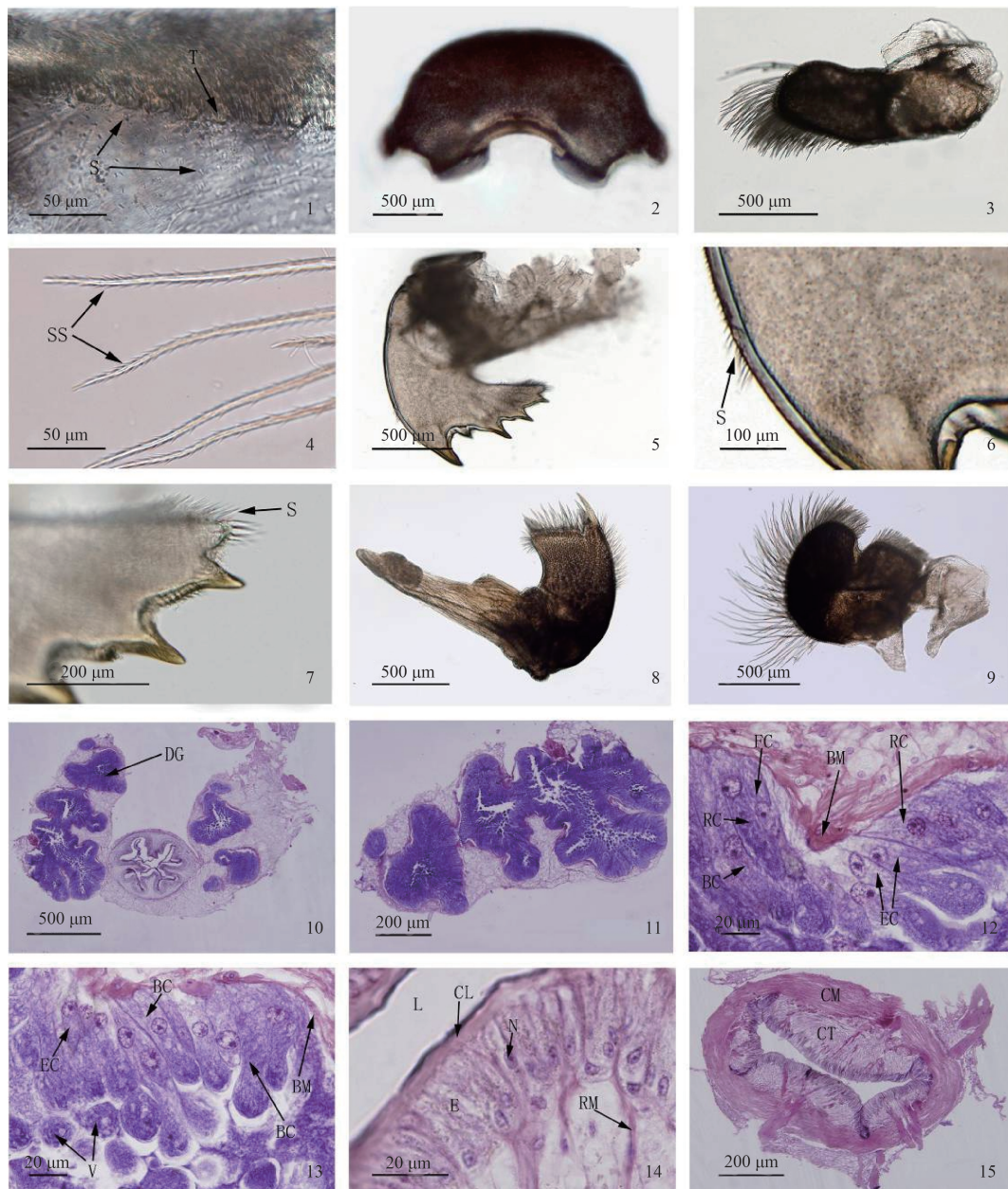
陈昭娜等: 龟足消化系统形态和组织学特点

图版 I

CHEN Zhao-Na *et al.*: Morphological and Histological Characteristics of Digestive

System in *Capitulum mitella*

Plate I



图版说明见文后

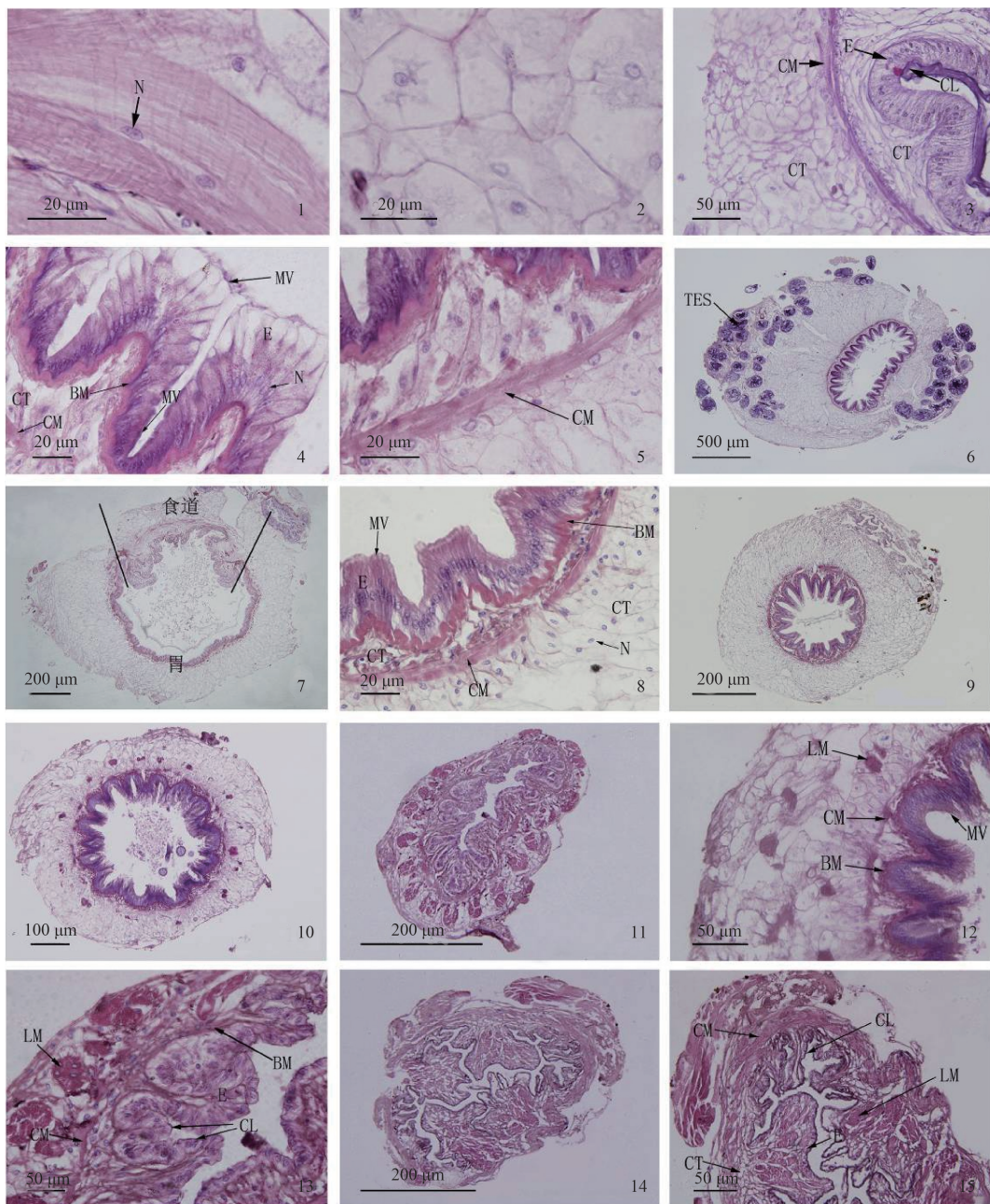
陈昭娜等:龟足消化系统形态和组织学特点

图版 II

CHEN Zhao-Na *et al.*: Morphological and Histological Characteristics of Digestive

System in *Capitulum mitella*

Plate II



图版说明见文后