

紫胫长夹蝗消化道的形态学观察^{*}

崔智芳 王 强 王云丽 申旭燕 张小民^{**}

(山西大学生命科学学院 太原 030006)

摘 要 本文通过扫描仪对紫胫长夹蝗 *Choroedocus violaceipes* Miller 消化道内外壁进行了扫描,观察到消化道各部位的形态特征:食道直管状,由多列纵行脊组成;嗉囊由 V 形区、V 形脊、柳叶脊、扇形脊和不规则脊组成;前胃杯形,由多列纵行脊组成;贲门是由 6 个凸出于肠壁的 Y 形结构环围而成;中肠膜质,约占消化道长度的 20%;幽门是由 12 个幽门瓣环围而成;回肠膜质,由 6 列纵肌环围而成;结肠较回肠细,由 6 列纵肌组成;直肠是由回肠和结肠延伸下来的 6 列纵肌组成,其最大的特征是在 6 列纵肌之间形成 6 个直肠垫。本文通过观察紫胫长夹蝗消化道的结构特点,对各部位的长度和功能进行了讨论。该研究不仅为蝗虫消化道的形态学研究提供了一个简单的研究方法,也为蝗虫生理和防蝗治蝗提供依据。

关键词 紫胫长夹蝗,消化道,形态学

Observation on the structure of alimentary canal of *Choroedocus violaceipes*

CUI Zhi-Fang WANG Qiang WANG Yun-Li SHEN Xu-Yan ZHANG Xiao-Min^{**}

(School of Life Science, Shanxi University, Taiyuan 030006, China)

Abstract The inner and outer walls of the alimentary canal of *Choroedocus violaceipes* Miller were observed with a scanner. Morphological features of the alimentary canal are as follows; the esophagus is straight and has several rows of longitudinal ridges; the crop is composed of V-shaped bends, V-shaped ridges, lanceolate ridges, fan-shaped ridges and irregular ridges; the cup-shaped proventriculus has several rows of longitudinal ridges; the cardia are surrounded by 6 Y-shaped structures that protrude from the gut wall; the midgut is membranous and comprises 20% of the length of the alimentary canal; the pylorus is surrounded by 12 pyloric valves; the ileum is membranous and surrounded by 6 rows of longitudinal ridges; the colon is thinner than the ileum and also formed of 6 rows of longitudinal ridges; the rectum is formed from 6 rows of longitudinal ridges that extended from the ileum and colon. The main feature of the rectum is that there are 6 rectal pads between the longitudinal ridges. The length and the function of each part of alimentary canal are discussed. This study not only presents a simple method for investigating the insect alimentary canal but also provides a basis for research on grasshopper physiology and locust control.

Key words *Choroedocus violaceipes*, alimentary canal, morphology

对蝗虫消化道形态学的观察,前人已经采用了多种方法,具代表性的有 Tietz (1923) 研究了 *Dissostertia carolina* 的内部解剖和中肠的组织 and 细胞结构; Hodge (1936, 1937, 1939, 1940) 研究了蚱蜢消化道的解剖构造和组织结构; Riedel (1946) 研究了 2 种 lubber grasshoppers 的内部解剖; 刘玉素和卢宝廉 (1955) 研究了东亚飞蝗消化道的结

构。前人对蝗虫消化道的研究主要是通过解剖镜和光学显微镜的石蜡切片技术。Albrecht (1953) 使用福尔马林等固定液固定和游离前肠,并通过消化、染色、脱水、透明的方法制成封片,这样可使蝗虫前肠内部的显微结构在体式显微镜下作进一步的放大,故使用该法 Muralirangan 和 Ananthakrishnan (1974) 对分布于印度的蝗虫前肠内

^{*} 资助项目: 国家自然科学基金 (30770239)、山西省自然科学基金 (2009011048)。

^{**} 通讯作者, E-mail: zhangxm@sxu.edu.cn

收稿日期: 2011-05-31, 接受日期: 2011-06-09

部脊和齿的分类特征进行了尝试性研究,并首次将蝗虫的前肠进行了分区。将蝗虫前肠进行分类特征研究的还有郑哲民和席碧侠(1996),席碧侠和郑哲民(1998,1999)。张小民等(2005,2006,2007a,2007b)通过扫描仪和扫描电镜观察了3种蝗虫的贲门瓣结构,又通过扫描仪和扫描电镜观察了中华稻蝗全消化道结构,建立了扫描仪研究蝗虫消化道内部结构的一种新方法,并通过扫描仪对10种蝗虫消化道进行了比较。

紫胫长夹蝗 *Choroedocus violaceipes* Miller 是 Miller(1934)发现于马来西亚,仅有雄性,而雌性是1974年郑哲民先生采自云南西双版纳地区,并对其形态进行了描述(郑哲民,1979)。该种蝗虫在我国主要分布于云南、广西、海南等地,属于个体较大的蝗虫之一,本研究首次通过扫描仪对其全消化道的内部结构进行了观察,不仅为蝗虫消化道的形态特征的研究提供依据,也为蝗虫分类和防蝗治蝗提供依据,同时也提供和进一步发展了蝗虫消化道研究的一种新方法。

1 材料与方法

1.1 材料

紫胫长夹蝗 *Choroedocus violaceipes* Miller 2007年采自广西来宾小平阳9(♀)、6(♂);2009年采自海南儋州热带植物园12(♀)、8(♂)。

1.2 方法

将野外采集的成虫活体标本任意取♀♂各5只,XTL-II型照相电视显微镜下解剖,将消化道取出,剥离后肠的马氏管,0.2 mol/L磷酸盐缓冲液冲洗,测量消化道各部分的长度,然后沿消化道腹面在解剖镜下剪开,0.2 mol/L磷酸盐缓冲液洗去消化道内容物,将消化道内壁翻出并铺展于玻璃板上,EPSON Perfection1200PHOTO彩色图像扫描仪扫描。

2 结果与分析

紫胫长夹蝗(♀♂)的消化道是一条从口到肛门,并贯穿于体腔的管道(图版I:4),雌雄消化道在结构上基本相同,仅在长度上有所区别。雌虫消化道的长度约为60.3 mm(平均值,下同),雄虫消化道的长度约为40.5 mm,雌虫消化道比雄虫粗壮。消化道明显包括以下几个部分:

(1) 食道(esophagus, Es):紫胫长夹蝗(♀♂)的食道为直管状,雌虫的长度约为5 mm,雄虫的约为3 mm(图版I:1A),从腹面解剖开,并展开,其外表面可看到有许多白色的气管(图版I:2, 5),而内侧有8~10条纵向的脊(图版I:3, 6)。

(2) 嗉囊(crop, Cr):在食道之后,从食道后的膨大部分到前胃(图版I:1),雌虫的长约为12 mm,雄虫的约为8 mm。紫胫长夹蝗的嗉囊包括两部分,在其前端有一个小的膨大部分(small bulge, Sb),该部位长约为2~4 mm,在其后端有一个大的膨大部分(big bulge, Bb),该部分长约为6~8 mm。其前端小的膨大部分向腹面凸起,而后端大的膨大部分向背面凸起,使得紫胫长夹蝗的前肠部分呈“S”形。在前肠的腹面有一腹沟(abdominal groove, Ag),背部有一背凸(dorsal hump, Dh)。从腹面解剖开看,在嗉囊的外表面(图版I:2, 5),有许多的气管,而内表面结构复杂(图版I:6),前端小的膨大部分包括一个“V”形区(V-shape belt)和在V形区两侧的各4列“V”形脊(V-shape ridges, Vr),V形区中间有横纹,与食道平行排列的纵行脊有明显的区别。大的膨大部分包柳叶脊(lance ridges, Lr),以及柳叶脊两侧的扇形脊(fan-shape ridges, Fr)和不规则脊(irregular ridges, Ir)(图版I:3)。柳叶脊由于中间伸展,故呈对称柳叶形,雌虫在V形脊的两侧各5列,雄虫在V形脊的两侧各3列。在柳叶脊的两侧为扇形脊,雌虫为26列,雄虫为24列。扇形脊的下端雌性各4列不规则脊。各列脊在嗉囊背面的中部汇集,并形成一个较大的隆起,成为背凸。

(3) 前胃(proventriculus, Pr):位于嗉囊的下端,从外侧看被6条胃盲囊所环绕(图版I:1~3)。解剖开从内测观察,前胃呈杯形,前粗后细,雌虫的长度约为6 mm,雄虫的约为4 mm。前胃是由多条纵行脊平行排列而成,组成前胃的纵行脊由前向后有逐渐合并的现象,故使得前胃呈杯形。

(4) 胃盲囊(gastric caecum, Gc):紫胫长夹蝗的胃盲囊,由前后两叶组成,前叶粗长,后叶细短(图版I:1A)。前叶环围在前胃的外侧,长短不一(图版I:2, 5),腹面的3条较长,雌虫约为10 mm,雄虫约为8 mm。后叶环围在中肠的外侧(图版I:1A),雌虫长约为6 mm,雄虫长约为3 mm。

(5) 贲门(cardia, Ca):位于前肠的最后端,伸入中肠。紫胫长夹蝗雌雄的贲门其结构基本相

同,均是由6个凸出于肠壁的“Y”形结构环围而成,该结构称为贲门瓣(stomodaeal valve, Sv)(图版 I:3 6;图版 II:1 A)。雌虫的Y形贲门瓣的长度约为2.5 mm,三臂的交叉点是凸起的最高点,上端约为1.5 mm,而下端约为1 mm。雄虫的贲门瓣长约为1.5 mm,上端约为1 mm,下端约为0.5 mm。

(6) 中肠(midgut, Mg):在贲门瓣和幽门瓣之间,雌雄性结构基本相同,为一层均质的膜状结构(图版 I:2, 3, 4, 6)。雌虫的平均长度约为12 mm,雄虫的平均长度约为8 mm。

(7) 幽门(pylorus, Py):紫胫长夹蝗的幽门位于中肠之后,后肠的最前端,外侧着生有多条马氏管(Malpighion tubule, Mat)(图版 I:2 5),内侧是由12个幽门瓣(pyloric valve, Pv)组成(图版 I:3, 6;图版 II:2 5),凸出于肠壁。雌虫的每个幽门瓣长约为0.8 mm,宽约为0.4 mm;雄虫的每个幽门瓣的长度约为0.5 mm,宽约为0.25 mm。

(8) 回肠(ileum, Il):位于幽门之后,雌雄的回肠结构基本相同,外侧有多条马氏管和气管(图版 I:2 4 5),解剖并展开,内侧呈杯形(图版 I:3, 6),其颜色上较结肠浅,与直肠垫相近,故从色泽上可以与结肠加以区分,也可以从结构上区分,结肠和回肠的分界线大约是在后肠最细的部位。回肠是由6条平行排列的纵行脊组成,雌虫长约为6 mm,雄虫长约为4 mm。

(9) 结肠(colon, Co):位于回肠之后,外侧有较多的气管和马氏管,在无食物的情况下是消化道中除食道外最细的部位(图版 I:4),但解剖并铺展开较食道宽的多(图版 I:3 5 6)。在结肠的后端与直肠的连接处有一明显的弯曲(图版 I:4)。在紫胫长夹蝗的多数个体中,结肠的颜色较回肠的深一些,皱褶多一些,内部是由6条纵行脊组成,6条纵行脊是由回肠延伸而来,但在结肠的部分明显变细。雌虫的结肠长约为6 mm,雄虫长约为4 mm。

(10) 直肠(rectum, Re):结肠后端膨大的部分为直肠,雌雄直肠在结构上基本相同,外侧可观察到较多的气管和马氏管(图版 I:2 5),并在结肠和直肠的连接处有一明显的弯曲,称为直肠弯(rectal curve, Rc)(图版 I:1 A)。解剖开,观察其内部结构(图版 I:2 5),直肠最大的特点是有6个直肠垫(rectal pad, Rp)(图版 II:3 6),每个直

肠垫为均匀的膜质结构,外围有一棕色的附着环(attachment ring, Ar)所环围,在每个直肠垫之间有6条由结肠延伸下来的棕色纵行脊。雌虫的直肠长约为8 mm,雄虫长约为6 mm。

(11) 肛门区(anal region):在直肠垫的后端有一深棕色的区域,雌虫约为2 mm,雄虫约为1.5 mm。该区域是由多列纵肌束组成,称肛门括约肌(musculus sphincter ani, Ma)(图版 I:3 6)。

3 讨论

3.1 研究方法

对蝗虫消化道的研究前人多采用解剖镜观察、石蜡切片、扫描电子显微镜和透射电子显微镜观察等方法,使用扫描仪对蝗虫消化道的研究是张小民等(2007a, 2007b)所建立的,并通过该方法观察了中华稻蝗、短额负蝗、东亚飞蝗、中华蚱蜢等。由于蝗虫消化道本身除中肠外,其前后肠上有各种结构,如前后肠内壁上有向内规则凸起的脊,脊上有齿,并肠壁细胞有色素沉着(图版 I:3 6),以及贲门瓣(图版 II:1 A)、幽门瓣(图版 II:2 5)和直肠垫(图版 II:3 6)等结构均可在扫描仪下成像,故通过扫描仪即可得到紫胫长夹蝗消化道内部的完整图象(图版 I:3 6),从而为蝗虫消化道的形态学研究提供了一个简单的方法。

3.2 消化道各部位的长度、形态结构和功能

(1) 食道:细管状,在消化道中所占比例雌虫8.3%,雄虫7.4%(表1),均不到10%,也是紫胫长夹蝗消化道中最细的部位,其功能仅仅是食物通过的一个管道,对食物不进行任何加工。

(2) 嗦囊:从表1可以看出嗦囊是消化道中最长的部位之一,几乎占到了消化道总长的20%,该部位脊的走向较为复杂,包括V形区、V形脊、柳叶脊、扇形脊和不规则脊,在腹面有一腹沟,背面有一背凸,该部位可以通过肌肉的扩张存储较多的食物,并通过各个方向脊的运动而促使嗦囊中的食物向多方向被挤压和搅拌,而达到与胃液混合的作用。

(3) 前胃:在消化道中仅占10%左右(表1),杯形,前粗后细,有多列纵行脊组成,其作用是下推和存储与胃液混合后的食物。

(4) 贲门:在消化道中占4%左右(表1),在前

表 1 紫胫长夹蝗各部位的长度
Table 1 The length of each part of the *Choroedocus violaceipes*'s alimentary canal

	雌 ♀ (Female)		雄 ♂ (Male)	
	长度(平均值) Length (Mean) (mm)	占消化道的百分比 Percentage of total digestive tract	长度(平均值) Length (Mean) (mm)	占消化道的百分比 Percentage of total digestive tract
食 Esophagus	5	8. 3%	3	7. 4%
嗉囊 Crop	12	19. 9%	8	19. 8%
前胃 Proventriculus	6	10%	4	9. 9%
贲门 Cardia	2. 5	4. 1%	1. 5	3. 7%
中肠 Midgut	12	19. 9%	8	19. 8%
幽门 Pylorus	0. 8	1. 3%	0. 5	1. 2%
回肠 Ileum	6	10%	4	9. 9%
结肠 Colon	6	10%	4	9. 9%
直肠 Rectum	8	13. 2%	6	14. 7%
肛门区 Anal region	2	3. 3%	1. 5	3. 7%
总长度 Total length	60. 3	100%	40. 5	100%
胃盲囊(总长度) Gastric caecum (Total length)	16	26. 5%	11	27. 2%

肠的最末端 ,并插入中肠 ,紫胫长夹蝗的贲门是由 6 各凸出于肠壁的“Y”形的贲门瓣环围而成 ,其作用是通过肌肉的收缩来控制前胃的食物进入中肠 ,并防止中肠中食物的倒流。

(5) 中肠: 在消化道中所占比例近 20% (表 1) ,是消化道最长的部位之一 ,该比例与张小民 (2007a) 对 10 种蝗虫消化道的比较学研究中中华稻蝗中肠所占的比例基本相同 ,事实上紫胫长夹蝗与中华稻蝗同属斑腿蝗科昆虫。从扫描仪图像看中肠内壁是一均匀的膜质结构 ,中肠是消化道中对食物进行消化和吸收的主要部位。

(6) 胃盲囊: 紫胫长夹蝗胃盲囊占消化道总长近 27% ,该比例与张小民 (2007a) 对 10 种蝗虫消化道的比较学研究中中华稻蝗胃盲囊所占的比例基本相同 ,胃盲囊在中肠的最前端 ,与中肠相连续 ,在功能和结构上是中肠的一个扩增。

(7) 幽门: 从表 1 可以观察到 ,紫胫长夹蝗消化道中最短的部位是幽门 ,雌虫在总消化道中所占的比例是 1. 3% ,雄虫为 1. 2%。幽门是在后肠的最前端 ,由 12 个凸出于肠壁的棒形幽门瓣组成 ,插入中肠 ,该结构主要是控制中肠食物下移的速度。

(8) 回肠: 在消化道中占 10% (表 1) ,与前胃的比例相同 ,杯形 ,前粗后细 ,结构上与直肠垫相

近 ,为均匀的膜质结构 ,功能上是对中肠消化后的食物进行脱水、挤压和下移。

(9) 结肠: 在消化道中所占的比例也是 10% (表 1) ,在消化道中是除食道外较细的部位 ,但展开后较食道宽 ,说明伸展性较食道强 ,其功能是排泄物通过的一个管道 ,控制排泄物通过的速度。

(10) 直肠: 占消化道长度的 10% ~ 15% 之间 (表 1) ,在结构上有 6 各直肠垫环围而成 ,从扫描仪图像上看 ,直肠垫与回肠相同 ,均为膜质结构。直肠是排泄物最后挤压成型和停留的场所 ,故蝗虫排除的粪便颗粒与直肠的外部形态极为相近。

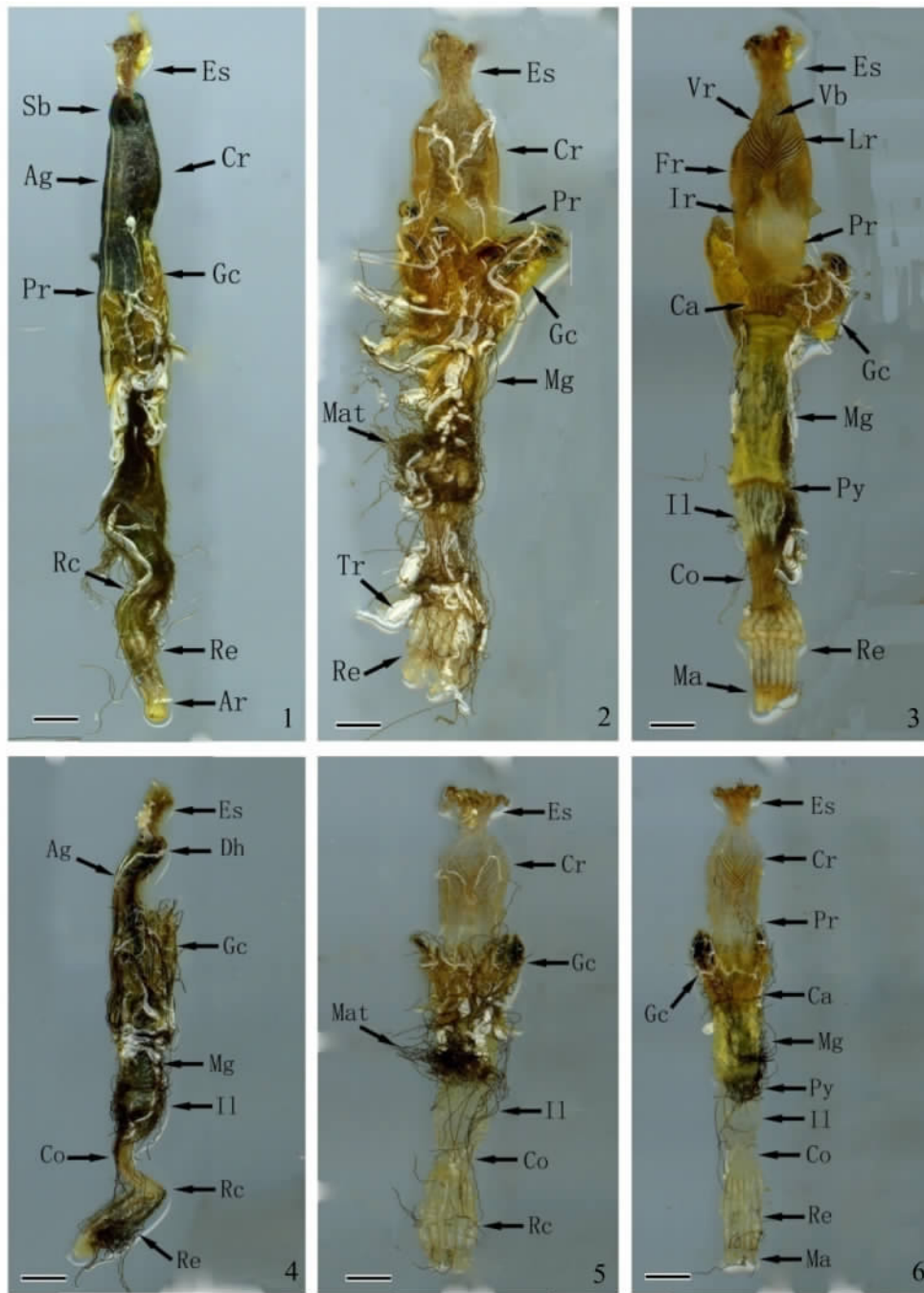
(11) 肛门区: 占消化道比例的 3% ~ 4% (表 1) ,与贲门所占比例接近 ,从结构上看是有多列纵行脊环围而成 ,其功能是控制粪便颗粒在挤压、脱水和成型之前被排出。

参考文献 (References)

Albrecht FO , 1953. The Anatomy of the Migratory Locust. The Athlone Press ,University of London. 118.
Hodge C , 1936. The anatomy and histology of the alimentary tract of the grasshopper , *Melanoplus differentialis* Thomas. *J. Morph.* , 59: 423—439.
Hodge C , 1937. Some effects of diet on the gastric epithelial cells of the grasshopper , *Melanoplus differentialis* Thomas. *Biol. Bull.* , 72: 203—211.

- Hodge C ,1939. The anatomy and histology of the alimentary tract of *Locusta migratoria* L. *J. Morph.* , 64: 375—399.
- Hodge C ,1940. The anatomy and histology of the alimentary tract of *Radinotatum carinatum* var. *peninsular* Rehn and Hebard (Orthoptera: Acrididae) . *J. Morph.* , 66(3) : 581—599.
- 刘玉素, 卢宝廉, 1955. 亚洲飞蝗 *Locusta migratoria manilensis* Meyen 消化系统的解剖和组织构造. *昆虫学报* 5(3) : 245—260.
- Miller NCE , 1934. Notes on Malayan Acrididae and descriptions of some new genera and species. *J. Fed. Malay States Mus.* , 17: 526—548.
- Muralirangan MC , Anantakrishnan TN , 1974. Taxonomical significance of the foregut armature in some Indian Acridoidea (Orthoptera) . *Oriental Insects* 8(2) : 119—145.
- Riedel FA ,1946. Connective tissue pattern in the ventriculus of certain lubber grasshoppers (Orthoptera , acrididae) . *Annals of the Entomological Society of America* , 39(2) : 298—303.
- Tietz HM ,1923. The anatomy of the digestive system of the *Carolina locust* (*D. carolina* L.) . *Ann. Ent. Soc. Amer.* , 16(3) : 256—273.
- 席碧侠 郑哲民,1998. 蝗虫前肠形态及其在分类学上的意义(直翅目: 斑腿蝗科) . *昆虫分类学报* , 20(4) : 239—244.
- 席碧侠 郑哲民,1999. 四种蝗虫前肠形态的比较研究(直翅目: 斑腿蝗科) . *动物分类学报* , 24(4) : 380—383.
- 张小民 郭亚平, 马恩波, 2007a. 蝗虫消化道结构的比较研究. *动物分类学报* , 32(3) : 643—648.
- 张小民 郭亚平 徐晶 马恩波, 2006. 中华稻蝗全消化道内壁显微结构观察. *昆虫学报* , 49(2) : 219—229.
- 张小民 李晓玲 郭亚平 马恩波, 2005. 三种蝗虫消化道贲门瓣形态的比较. *动物分类报* , 30(4) : 692—696.
- 张小民 李晓玲 郭亚平 马恩波, 2007b. 蝗虫消化道形态结构研究的一种新方法. *昆虫知识* , 44(1) : 135—137.
- 郑哲民, 1979. 思茅竹蝗及紫胫长夹蝗雌性的发现. *昆虫分类学报* , 1(1) : 67—69.
- 郑哲民 席碧侠, 1996. 蝗虫前肠形态及分类学价值的研究, 癞蝗科、瘤锥蝗科和锥头蝗科. *陕西师范大学学报(自然科学版)* 24(4) : 61—67.

图版 I 紫胫长夹蝗全消化道扫描仪图像

Plate I Scanning image of *Choroedocus violaceipes*'s alimentary canal

1. 雌虫消化道外部形态特征 Scanning image of alimentary canal(♀) Ag: 腹沟 abdominal groove ,Ar: 肛门区 anal region ,Cr: 嗉囊 crop ,Es: 食道 esophagus ,Gc: 胃盲囊 gastric caecum ,Pr: 前胃 proventriculus ,Rc: 直肠弯 rectal curve ,Re: 直肠 rectum ,Sb: 小的膨大部分 small bulge; 2. 雌虫消化道外壁形态特征 Outer walls of alimentary canal(♀) Mg: 中场 midgut ,Mat: 马氏管 Malpighian tubule ,Tr: 气管 trachea; 3. 雌虫消化道内部形态特征 The inner walls of alimentary canal(♀) Ca: 贲门 cardia ,Co: 结肠 colon ,Fr: 扇形脊 fan-shape ridges ,Il: 回肠 ileum ,Ir: 不规则脊 irregular ridges ,Lr: 柳叶脊 lance ridges ,Ma: 肛门括约肌 musculus sphincter ani ,Py: 幽门 pylorus ,Vb: V形区 V-shape belt ,Vr: V形脊 V-shape ridges; 4. 雄虫消化道外部形态特征 Scanning image of alimentary canal(♂) Dh: 背凸 dorsal hump; 5. 雄虫消化道外壁形态特征 Outer walls of alimentary canal(♂); 6. 雄虫消化道内部形态特征 The inner walls of alimentary canal(♂) (×2)。Bar = 3 mm。