

文章编号: 1000-0615(2007)03-0293-10

## 褐菖鲉消化道的组织学和组织化学

石 戈, 王健鑫, 刘雪珠, 王日昕  
(浙江海洋学院海洋科学学院, 浙江 舟山 316004)

**摘要:**利用光镜技术对褐菖鲉消化道进行了组织学和组织化学研究。组织学研究表明:褐菖鲉消化道由口咽腔、食道、胃和肠 4 部分组成。口咽腔较大,上下颌,犁骨及腭骨均有细齿带,粘膜由复层鳞状上皮组成,并含有大量黏液细胞和少量杯状细胞;食道粗而短,上皮组织包括扁平上皮层区域和单层柱状上皮层区域,上皮含有大量杯状细胞和黏液分泌细胞,粘膜层的固有膜中含有腺体;胃呈 Y 型,包括贲门、胃体和幽门 3 个区域,胃粘膜由单层柱状上皮组成,在贲门和胃体部的粘膜层中有厚的结实层,上皮有大量的胃小凹和胃腺组织;胃幽门部括约肌明显,幽门上皮不含胃小凹;胃与肠相接处有 8~9 个指状幽门盲囊,其形态学和组织学特征与前肠类似;肠道上皮由单层柱状上皮细胞组成,丰富的微绒毛形成明显的纹状缘,上皮中含有大量杯状细胞,肠道系数为 0.54。组织化学研究显示:幽门、幽门盲囊和肠上皮细胞顶端胞质和纹状缘具碱性磷酸酶活性;幽门盲囊及肠道上皮细胞顶端胞质中检测到酸性磷酸酶活性;在贲门部和胃体部的固有层以及幽门上皮还检测到酯酶活性,且酯酶定位于幽门柱状上皮细胞胞质的上半部。整个消化道的粘膜层中存在许多粘液细胞:食道上皮含大量酸性粘液细胞,胃上皮细胞均含有中性粘液,而肠道由前向后中性粘液物质逐渐减少,酸性粘液物质逐渐增多。组织学和组织化学的结果表明褐菖鲉食道有润滑和微弱的消化作用,胃有消化脂类和吸收糖类的功能;幽门和盲囊有较强的吸收脂类的功能;前肠、中肠和后肠有活跃的细胞内消化和吸收功能,整个消化道结构与其肉食性功能密切相关。

**关键词:**褐菖鲉;消化道;组织学;组织化学

**中图分类号:**S 917 **文献标识码:**A

## Study on histology and histochemistry of digestive tract in *Sebastes marmoratus*

SHI Ge, WANG Jian-xin, LIU Xue-zhu, WANG Ri-xin

(College of Marine Science, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316004, China)

**Abstract:** In the paper, the histology and histochemistry of the digestive tract in *Sebastes marmoratus* were studied by optical microscopes. The digestive tract in *Sebastes marmoratus* consists of the buccal-pharynx cavity, oesophagus, stomach and intestine. The buccal-pharynx cavity was large and there were serration cingula on the upper jaw and mandible, vomer and palatine bone; The mucosa was composed of stratified squamous epithelium with many mucous secretory cells and a few goblet cells in buccal-pharynx cavity; There were two

收稿日期: 2006-11-22

资助项目: 国家“八六三”高技术研究发展计划(2003AA623020)

作者简介: 石 戈(1965-),女,吉林白山人,副教授,主要从事生物学研究。Tel:0580-2610105, E-mail: shige2046312@163.com

通讯作者: 王日昕, Tel:0580-2550015, E-mail: wangrixin@163.com

regions in the oesophagus, including cranial with pavement epitheliums and caudal with simple columnar epitheliums, in which there were many goblet cells and mucous secretory cells as well as unusual glands in the lamina propria; The Y-shaped stomach was divided into three portions and had a single-layered columnar epithelium under which well-developed gastric glands and gastric pits were present. Sphincter was obvious in the pyloric stomach, and gastric pits had not been detected in the epithelium; There were 8–9 pyloric caeca at the joint of the stomach and intestine, of which the morphologic and histological characters were similar to the cranial intestine's. The intestine epithelium was composed of simple columnar cells with a distinct brush border, in which there were many goblet cells. Meanwhile the average intestinal coefficient of *Sebastiscus marmoratus* was calculated, which came to about 0.54. The location and semi-quantification of alkaline phosphatase, acid phosphatase, carboxylic esterase and mucosubstances in the digestive tract of *Sebastiscus marmoratus* were studied by histochemistry. The results indicated that the absorption role was supported by the presence of an intense alkaline phosphatase activity in the epithelium of the pyloric stomach, pyloric caeca and intestine; The presence of abundant acid phosphatase in the apical border of the epithelium of the pyloric caeca and the intestine showed that these cells were actively involved in the absorption and intracellular digestion of nutrient substances; And also, esterase activity were detected in the lamina propria of cardiac and fundic stomach, and apical border of the epithelium of the pyloric stomach had the intense activity. There were many mucous cells in the whole digestive tract which played an important role in the lubrication and absorption of nutrients; Large quantities of acidic mucous cells were detected in the oesophagus epithelium, and the stomach epithelium had many neutral mucous cells, while in the intestine, the distribution of neutral mucous cells was reducing from the cranial intestine to the caudal intestine, but the distribution of acidic mucous cell was reversed. The results proved that the histological and histochemical features of its digestive tract were consistent with the carnivorous habits of *Sebastiscus marmoratus*.

**Key words:** *Sebastiscus marmoratus*; digestive tract; histology; histochemistry

鱼类消化道对食物的消化和吸收是直接关系鱼类生长、发育和繁殖的重要生命活动,消化道的组织学和组织化学研究是认识和探讨鱼类摄食、消化和吸收生理机制的基础和途径之一<sup>[1]</sup>。国内外对鱼类消化道组织学和组织化学的研究较多<sup>[2-4]</sup>,但对鲷科鱼类消化道的研究则较少<sup>[5-6]</sup>。褐菖鲈(*Sebastiscus marmoratus*)俗称虎头鱼,隶属于脊索动物门、硬骨鱼纲、鲷形目、鲷亚目、鲷科、平鲷亚科、菖鲈属<sup>[7]</sup>,为暖水性底层鱼类,广泛分布于中国、朝鲜半岛、日本、菲律宾等国近海岩礁海域,是典型的岛礁定居性鱼类,营养经济价值高,素有“假石斑鱼”之美誉,是开展人工养殖与增殖放流的优良海水鱼类品种之一。目前国内外学者对褐菖鲈的生物学及其性腺发育等进行了研究<sup>[8-10]</sup>,但对其消化道的组织学和组织化学研究至今还未见报道。本文用组织学和组织化学方法对褐菖鲈消化道各部位进行相关研究,旨在比较其消化道各部位消化和吸收能力的强弱,丰富鱼类消化生理的基础知识,为褐菖鲈人工养殖中饵

料的配制和优化提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

实验用褐菖鲈为海捕活鱼,购自中国舟山国际水产城,♂ 16尾,♀ 18尾,测得体重 14.8~19.6 cm(平均体长为 16.7 cm),体重 74.8~132.5 g(平均体重为 92.5 g),然后将其解剖,测量鱼肠道长度(IL)和鱼体全长(TL)用于计算肠道系数(IC = IL/TL),并迅速进行取材,取材部位为口咽腔(舌)、食道、胃和肠。

### 1.2 方法

**组织学方法** 活体解剖取其消化系统, Bouin 氏液固定,酒精系列脱水,常规石蜡包埋,切片厚度 6 μm, H.E 染色和 Masson 氏三重染色,莱卡显微镜观察并拍照。

**组织化学方法** 新鲜组织块分别经中性甲醛 4 ℃固定,在 KD-II 型大功率致冷冰冻切片机上切片,切片厚 8 μm;或用 80% 丙酮 4 ℃固

定,石蜡包埋,切片厚度 6~8  $\mu\text{m}$ ,进行以下染色: Gomori 氏钙钴法显示碱性磷酸酶, Gomori 氏硝酸铅法显示酸性磷酸酶, Gomori 氏吐温-80 法显示酯酶,3 种酶的对照片均经 90  $^{\circ}\text{C}$  的热水处理 10 min。或经 Carnoy 氏液固定后,石蜡切片,用 AB/PAS 法显示中性和酸性粘液物质。组织化学方法,参考文献[11]的方法。根据反应后着色深浅进行半定量, - 表示阴性, + 表示阳性, + 越多表示含量越高。

## 2 结果

### 2.1 消化道外部形态

褐菖鲉的消化道由 4 部分组成:口咽腔、食道、胃和肠。其基本形态如图 1 所示,口咽腔较大,上下颌,犁骨及腭骨均有细齿带。后面紧接着是短而粗的食道,食道进入膨大的 Y 型胃,胃幽门部与肠接处有 8~9 个指状幽门盲囊,肠相对较短,无弯曲或稍微有些弯曲,中肠比前后肠要略粗,末端开口于肛门,肠道系数(IC)为 0.54。

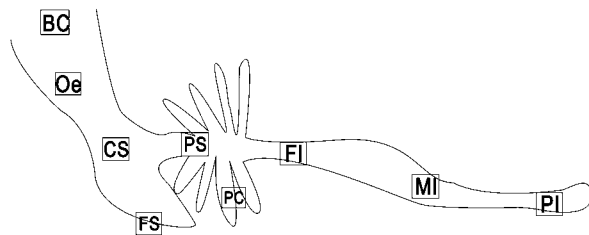


图 1 褐菖鲉消化道结构模式

Fig.1 Schematic drawing of the structure of the digestive tract in *Sebastiscus marmoratus*

BC:口咽腔;Oe:食道;CS:贲门胃;FS:胃体;PS:幽门胃;PC:幽门盲囊;FI:前肠;MI:中肠;PI:后肠

BC:buccopharyngeal cavity; Oe:Oesophagus;CS:cardiac stomach; FS:fundic stomach; PS:pyloric stomach; PC:pyloric caeca; FI:foreintestine; MI:middle intestine; PI:posterior intestine

### 2.2 组织学观察

**口咽腔** 褐菖鲉的口咽腔含有齿,舌和鳃耙,其舌由基舌骨突出并覆盖粘膜而成。口咽腔的组织结构包括粘膜层,粘膜下层和肌层,其中粘膜上皮为复层鳞状上皮,含有黏液细胞和杯状细胞,固有膜由致密结缔组织构成;粘膜下层和固有膜较难区分,都由胶原纤维和一些弹性纤维组成,但粘膜下层的结缔组织纤维之间含有纵肌纤维束(图版 I-1)。褐菖鲉口咽腔的复层上皮细胞中杯状细胞数量不多,但大都含有颗粒状内含物,而黏

液分泌细胞则数量众多(图版 I-2)。

**食道** 食道处于胃和口咽腔之间,粗而短,食道组织分为 3 层:浆膜层、肌肉层、粘膜层。浆膜层由一层很厚的结缔组织和间皮组成;肌肉层特别发达,全由横纹肌组成,肌纤维排列成环状(图版 I-3);粘膜层向食道腔突起形成许多纵行皱褶,其上有许多指状突起(食道绒毛),粘膜层的固有膜中含有腺体(图版 I-4)。在上皮组织中由于有明显的形态上的区别而被分为两个区域 - 食道前部和后部,食道前部区域由一些扁平上皮层构成,其中含有大量的表层黏液细胞,后部区域的上皮组织由与分泌活动相关的单层柱状上皮细胞所构成,上皮含有大量杯状细胞和其他黏液分泌细胞(图版 I-5)。

**胃** 褐菖鲉的胃可分为贲门、胃体和幽门 3 部分,胃组织从外到内由浆膜层、肌肉层、粘膜下层、粘膜层 4 个部分组成。在贲门部和胃体部,浆膜层很薄,肌肉层由内环肌和外纵肌组成,内环肌比外纵肌厚,粘膜层包括上皮、胃腺、固有膜和结实层组成,结实层很厚,由大量胶原纤维组成致密的网状结构(图版 I-6),胃粘膜层上皮为典型的单层柱状上皮,核位于细胞基部,在胃贲门的粘膜上皮处有少数带有囊状物质的杯状细胞(图版 I-7),在胃体部和幽门部没有发现口咽腔和食道中常见的杯状细胞。胃贲门和胃体的上皮层中有大量的胃小凹分布,在胃体尤为明显,胃腺为由固有膜向上伸出的网状纤维所包围;从胃腺横切面看,各胃腺直径大小近似,每一腺管管壁均由排列较规则的数个腺细胞组成,中间为管腔(图版 I-8)。而在幽门部环肌很厚,比贲门和胃体部的环肌要发达,并有若干胶原纤维束环绕其中,幽门括约肌明显,粘膜下层分布有少量脂肪细胞和淋巴游走细胞,并含有血管、淋巴管和静脉丛(图版 I-9),幽门部上皮无胃小凹。

**肠道** 肠道可分为前肠,中肠和后肠 3 部分,在胃和前肠之间有幽门盲囊,幽门盲囊和前肠的组织结构相似。肠组织同样由浆膜层、肌肉层、粘膜下层和粘膜层构成,其中浆膜层较薄,肌层含内环肌和外纵肌,两者之间有神经丛分布,前肠和中肠的内环肌和纵肌厚度大致相同,后肠的环肌厚度增大,而纵肌厚度变小,前肠和后肠的肌层比中肠的肌层要厚。肠的上皮由单层柱状上皮细胞组成,排列紧密,上皮下面为固有膜;其间也散布

较多杯状细胞,上皮细胞游离面具明显的纹状缘,即丰富的微绒毛。与胃上皮细胞不同的是,肠道上皮细胞质染色较深,表明它含有较多的酶类物质。上皮表面可见较多的杯状细胞开口。肠道上皮的杯状细胞有两种类型,在肠道的各区域都有常见的杯状细胞,而另一种带有颗粒内含物的杯状细胞的分布密度则在肠道从前到后呈逐渐递增趋势(图版 I -10)。肠粘膜层形成许多褶皱,其中后肠褶皱最密,呈网状褶,中肠褶皱最高,呈纵行褶(如图版 I -11),而前肠粘膜褶皱的密度和高度都低于前肠和中肠(图版 I -12);在褐菟鲳的肠道中,中肠的纹状缘最为发达,杯状细胞数量最多,后肠杯状细胞数量较多,而前肠则较少。

### 2.3 组织化学观察

**碱性磷酸酶** 在褐菟鲳食道上皮细胞中未检测到碱性磷酸酶活性,仅在其下的结缔组织中存在碱性磷酸酶活性;胃贲门部和胃体部上皮和胃小凹也未检测到碱性磷酸酶活性,仅在胃腺周围结缔组织有微弱的活性被检测到,到幽门部碱性磷酸酶活性明显增强,且上皮细胞游离端胞质处呈褐至黑色,具有很强的碱性磷酸酶活性;幽门盲囊的上皮细胞也具有较强的酶活性(图版 II -1);肠道上皮细胞游离端胞质及纹状缘具碱性磷酸酶活性,尤其前肠酶活性最强(图版 II -2),而中肠和后肠的活性逐渐减弱(表 1)。对照片上述部位均呈阴性。

**酸性磷酸酶** 消化道各部分都检测到酸性磷酸酶活性,其中中肠上皮细胞的酸性磷酸酶活性最高,并在固有层部分区域检测到强的酸性磷酸酶活性(图版 II -3),幽门盲囊和前肠、后肠的上皮酸性磷酸酶活性较高,胃体、食道上皮的酸性磷酸酶活性稍弱,贲门和幽门上皮细胞的活性最低(表 1)。对照片上述部位均呈阴性。

**酯酶** 褐菟鲳消化道各部位中幽门胃的酯酶活性明显,且酯酶定位于其柱状上皮细胞胞质的上半部(图版 II -4),贲门和胃体部的上皮未检测到酯酶活性,但在粘膜下层和固有层中有较明显的酶活性(图版 II -5,6);幽门盲囊的酯酶活性也较明显,而食道和肠道仅有微弱的酯酶活性(表 1)。对照片上述部位均呈阴性。

表 1 消化道各部位碱性磷酸酶、酸性磷酸酶和酯酶的分布情况

Tab.1 Distribution of alkaline phosphatase, acid phosphatase and esterase in the digestive tract of *S. marmoratus*

	碱性磷酸酶 alkaline phosphatase	酸性磷酸酶 acid phosphatase	酯酶 esterase
食道 oesophagus	-	++	+
贲门 cardiac stomach	+	+	++
胃体部 fundic stomach	+	++	++
幽门 pyloric stomach	++++	+	+++
幽门盲囊 pyloric caeca	+++	++	++
前肠 foreintestine	+++	++	+
中肠 middle intestine	++	+++	+
后肠 posterior intestine	++	++	+

**粘液物质** 根据 AB/PAS 染色显示结果,褐菟鲳粘液细胞基本可分为 3 类(表 2),分别为含中性粘液物质的粘液细胞,染成品红色;含酸性粘液物质的粘液细胞,染成深蓝色;含混合粘液物质的粘液细胞,染成紫红色或蓝紫色。褐菟鲳食道粘膜的上皮细胞含大量酸性粘液质的粘液细胞(图版 II -7)。贲门部和胃体部粘膜的柱状上皮细胞顶部均含有大量中性粘液物质,品红色明显(图版 II -8)。幽门部粘膜的柱状上皮细胞的黏液质分布以含中性粘液物质为主,混合黏液物质次之,

表 2 消化道中粘液物质的分布

Tab.2 Mucosubstances localization in the digestive tract of *S. marmoratus*

	酸性粘液 acidic mucosubstances	混合粘液 mixed mucosubstances	中性粘液 neutral mucosubstances
食道 oesophagus	+	++++	++
贲门 cardiac stomach	++++	-	-
胃体部 fundic stomach	++++	-	-
幽门 pyloric stomach	+++	++	+
幽门盲囊 pyloric caeca	+++	++	+
前肠 foreintestine	+++	+	+
中肠 middle intestine	++	++	++
后肠 posterior intestine	++	+++	+

酸性粘液物质最少(图版Ⅱ-9)。整个肠道由前到后的变化趋势为含中性粘液物质的粘液细胞逐渐减少,而含酸性粘液物质和混合黏液物质的粘液细胞逐渐增多(图版Ⅱ-10)。

### 3 讨论

#### 3.1 组织学

褐菖鲉栖息于岩礁区,以鱼类、长尾类、短尾类、口足类、头足类等为食,是一种食性较广的凶猛肉食性鱼类。褐菖鲉的解剖学结构和肠道系数结果(IC = 0.54)也真实的反映了其肉食性的特征<sup>[12]</sup>。

口咽腔是食物运输的主要通道,是消化道抵御环境的第一道屏障,其中分泌的黏液不仅能保护上皮细胞免受机械损伤和细菌感染,还和离子吸收有关,同时上皮细胞还分泌含硫糖蛋白和唾液酸糖蛋白来增强分泌物的粘性,以发挥更大的保护作用<sup>[13]</sup>。褐菖鲉的口咽腔上皮含有大量黏液分泌细胞和杯状细胞,这些细胞的广泛出现导致黏液的大量分泌,为褐菖鲉对坚硬食物的摄食提供了很好的润滑作用和保护作用。食道和口咽腔一样是容纳和输送摄取的食物通道,其主要功能是将食物转移到胃。褐菖鲉的食道上皮中有众多的杯状细胞和粘液分泌细胞,这些细胞在扁平细胞下排列成一层,开口于食道表面,这不仅能润滑食物,便于其吞咽,还能缓冲上皮细胞的机械损伤,支持和固定粘液物质。粘液分泌细胞内含许多嗜伊红颗粒,估计这些细胞与消化有关。褐菖鲉食道粘膜层中还含有少量腺体,这种腺体结构在青鱼,草鱼,鲢,鳙,鲤中都不存在,而在虹鳟中有,其功能可能也是用于分泌黏液物质进行食物润滑<sup>[1]</sup>。因此我们推断褐菖鲉的消化作用可能在食道就开始了,尤其是对通过咽齿咀嚼后形成的一些小颗粒食物的消化。

胃的主要功能是消化食物中的蛋白质,褐菖鲉胃组织分化明显,“Y”形结构将胃明显的分为贲门、胃体和幽门3部分,这与尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)<sup>[14]</sup>的胃结构相似,显微结构的变化也与外部形态的变化相适应,贲门和胃体部胃腺众多而发达,从胃体后段至幽门部,胃腺逐渐减少直至消失,胃贲门和胃体部的粘膜层明显厚于消化道其它部分粘膜层。胃贲门和胃体部的肌肉层非常的厚,同时在固有层和肌层之间有非

常厚的结实层,含有大量胶原纤维,这些纤维增加了胃体的弹性,使其能吞咽更大的物质和储存更多的食物。幽门胃中发达的胃粘膜下层和幽门括约肌使褐菖鲉能最充分地容纳食物并延长其停留时间,胃贲门和胃体部数量众多的胃腺可以满足褐菖鲉将所摄入的坚硬或难以消化的食物在酸性环境中长时间作用并充分泡软消化的要求。褐菖鲉胃粘膜层上皮与食道的不同,为典型的单层柱状上皮,在胃粘膜上皮中没有发现消化道常见的杯状细胞,这说明褐菖鲉的胃消化功能主要依赖于强大的胃腺。

幽门盲囊是鱼类为了增加前肠表面积所作出的适应性结构。对一些硬骨鱼类[硬头鳉(*Salmo gairdneri*),小鳍鲈(*Micropterus salmoides*),条纹鲈(*Morone saxatilis*),大西洋鳕(*Gadus morhua*),虎利齿脂鲤(*Hoplias malabaricus*)]的研究表明幽门盲囊和前肠一样行营养吸收的功能,并且可能是营养吸收的主要区域<sup>[15]</sup>。褐菖鲉的消化道含有8~9个幽门盲囊,大大增加了小肠的吸收面积,同时盲囊上皮和肠道上皮通过折叠形成丰富分支的褶皱(小肠绒毛),尤其是前肠部分,这使得在胃中已分解和部分消化的食物在盲囊和小肠内的停留时间可以尽量延长,进行小肠内的进一步消化,营养物质被充分吸收。与消化道其他部位相比,幽门盲囊和小肠上皮中的杯状细胞在种类和数量上都有明显增加,这些杯状细胞不仅可产生粘液保护上皮细胞免受消化酶类的破坏,还可对坚硬食物起到润滑作用。

#### 3.2 组织化学

碱性磷酸酶(ALP, EC 3.1.3.1)是一种膜结合酶,对高等脊椎动物的研究表明消化道中ALP可能具有以下生理功能:脂质、糖类、钙、无机磷酸盐等物质的营养吸收和运输;某些生物信号的抑制;对营养复合物的去磷酸作用;抗坏血酸磷酸酯酶的水解;蛋白质内化作用等<sup>[16]</sup>。由于碱性磷酸酶活性与脂类的吸收存在正相关关系,因此一般把碱性磷酸酶的活性作为脂类吸收强度的指示物<sup>[17]</sup>。在褐菖鲉的消化道中,碱性磷酸酶的活性在胃幽门和幽门盲囊处最强,肠道中活性稍弱,而且肠道各部分中前肠酶活性最强,中后肠的酶活性减弱。褐菖鲉肠道碱性磷酸酶的活性和分布情况与其他鱼类相似许氏平鲈(*Sebastes schlegeli*)<sup>[5]</sup>,鲤(*Cyprinus carpio*)<sup>[16]</sup>,尼罗罗非鱼<sup>[17]</sup>,叉牙鲷

(*Sarpa salpa*)<sup>[18]</sup>, 印度鲟(*Catla catla*)<sup>[19]</sup>, 麦瑞加拉鲮(*Cirrhinus mrigala*)<sup>[20]</sup>, 说明褐菖鲉肠道消化和营养的运输和上述鱼类一样主要发生在前肠区域。值得注意的是,在褐菖鲉的胃幽门和幽门盲囊部位出现了强的碱性磷酸酶活性,这种现象在其他鱼类中并不多见,仅有学者对大西洋鳕鱼幽门盲囊中的ALP进行过相应的报道<sup>[21]</sup>,说明褐菖鲉消化道对脂类的吸收有着较独特的机制。

酸性磷酸酶是溶酶体的标记酶之一,在鱼类肠道中酸性磷酸酶的活性与胞饮活性以及细胞内蛋白质消化相关,而研究表明胞饮作用也是硬骨鱼类蛋白质消化的一种可选择的途径,因此酸性磷酸酶的活性可以作为蛋白质消化强度的参照指示物<sup>[18]</sup>。褐菖鲉消化道中酸性磷酸酶的活性在盲囊和中肠部位较高,肠道中其他部位也有较强的活性,这和叉牙鲷小肠各部分酸性磷酸酶的活性分布相似<sup>[18]</sup>,说明褐菖鲉的肠道也是细胞内蛋白质消化的主要场所,同时盲囊酸性磷酸酶的高活性,说明褐菖鲉蛋白质消化的过程在幽门盲囊中就已经充分进行了。

研究表明,在大多数脊椎动物包括鱼类中非特异性酯酶和脂肪酸的甘油酯消化有关。非特异性酯酶的活性预示着消化道的这部分区域参与脂质和碳水化合物的代谢过程,并可能和羧基酯水解密切相关。由于鱼类利用脂质作为它们的营养主要来源,因此酯酶在鱼类营养吸收方面有着特殊的重要性<sup>[22]</sup>。在我们的研究中,褐菖鲉消化道酯酶活性强度表现出明显的区域性,这与其他鱼类如欧洲无须鳕(*Merluccius merluccius*)相似<sup>[23]</sup>,但在消化道各个区域的分布则不同,我们发现在褐菖鲉幽门部非特异性酯酶的活性最强,而在肠道中活性较弱。这些结果表明非特异性酯酶在褐菖鲉消化道的各个区域进行羧基酯水解(在脂质和碳水化合物代谢过程中)的强度是不同的,而且在其幽门部脂肪酸的消化能力最强。

在大多数硬骨鱼类的消化道粘膜中发现了黏液物质的存在。研究表明粘液物质与鱼类的营养吸收功能,润滑作用,大分子的运输,消化效率的提高,防止上皮发生蛋白水解,阻止细菌入侵等功能密切相关<sup>[24]</sup>。不同的黏液质有着不同的消化功能:中性黏液质可帮助消化和促进将食物乳化成食糜,促进大分子物质在细胞膜的吸收和运输,并与二糖和短链脂肪酸的吸收功能相关<sup>[3]</sup>,同时

对高浓度酸性胃容物起到一定的缓冲作用<sup>[25]</sup>。而酸性黏液质,可以调节蛋白质及其残基的转运,对消化道内粗糙原料丰富的食物起到润滑作用,并且与黏液的粘性增加有关,同时酸性黏液物质在许多鱼类摄食机制中的微粒截留方面起到重要的作用。褐菖鲉消化道中黏液物质的数量与分布情况表明:其食道主要起润滑作用,当然还可能起到保留和吸收水溶性食物和微粒的功能;贲门胃和胃部是糖类和脂肪酸吸收的主要部位;从幽门部开始蛋白质的消化和吸收开始加强,同时润滑未消化的物质向后推进到肠道末端,肠道是褐菖鲉蛋白质消化和吸收的主要场所。这种黏液物质的分布情况和其他如庸鲽(*Hippoglossus hippoglossus*)<sup>[3]</sup>,许氏平鲈<sup>[5]</sup>,北美狗鱼(*Esox lucius*)和欧洲鲶鱼(*Silurus glanis*)<sup>[25]</sup>等肉食性鱼类相似,但与短须石首鱼(*Umbrina cirrosa*)<sup>[24]</sup>,大西洋鲈(*Pleuronectes ferruginea*)<sup>[3]</sup>等不同,中性黏液物质在各种鱼类消化道的含量和分布都不尽相同,Fiertak等<sup>[26]</sup>认为可能与消化道中各种菌群的分

### 3.3 幽门和盲囊在褐菖鲉消化道中的重要作用

吴常文<sup>[8]</sup>在对舟山沿海褐菖鲉的胃肠解剖中发现,其空胃率罕见的高达94.9%,通过对褐菖鲉的消化道的研究,我们推测上述现象和褐菖鲉胃幽门和幽门盲囊强大的消化酶活性有关,研究表明在褐菖鲉的胃幽门和盲囊中检测到强的碱性磷酸酶,非特异性脂酶活性,在盲囊处还检测到强的酸性磷酸酶活性,因此大部分食物在进入幽门和盲囊部即被迅速消化和吸收。Smoot等<sup>[27]</sup>在对肉食性鱼类美洲真鲷(*Dorosoma cepedianum*)消化道的研究中也发现其幽门盲囊区域有着最强的消化酶活性,包括酯酶, $\beta$ -葡萄糖苷酶,脂肪酶和蛋白酶,其中酯酶的活性最高。类似现象也出现在六带鲈(*Caranx hippos*),斑点拟鲈(*Pseudupeneus maculatus*),虎利齿脂鲤(*Hoplias malabaricus*)<sup>[28]</sup>和大盖巨脂鲤(*Colossoma macropomum*)<sup>[29]</sup>等鱼类的消化道中。

浙江海洋学院赵盛龙副教授对褐菖鲉进行了鉴定,浙江海洋学院海洋科学学院A02生科班徐英萍,姜宁,A04生科班沈莹,王杰等同学参加本研究部分工作,特此致谢。

## 参考文献:

- [1] 楼允东. 组织胚胎学(第2版)[M]. 北京:中国农业出版社,1998:95-114.
- [2] 殷江霞,张耀光,李 萍,等. 华鲮消化道组织学与组织化学的初步研究[J]. 淡水渔业,2005,35(6):7-10.
- [3] Murray H M, Wright G M, Goff G P. A comparative histological and histochemical study of the post-gastric alimentary canal from three species of pleuronectid, the Atlantic halibut, the yellowtail flounder and the winter flounder[J]. J Fish Bio, 1996,48:187-206.
- [4] Diaz A O, Garcia A M, Devincenti C V, et al. Morphological and histochemical characterization of the mucosa of the digestive tract in *Engraulis anchoita* (Hubbs and Marini, 1935) [J]. Anat Histol Embryol, 2003, 32: 341-346.
- [5] 冯晓燕,郑家声,王梅林. 许氏平鲉消化道的组织化学研究[J]. 青岛海洋大学学报,2003,33(3):399-404.
- [6] 李 霞,王 霞. 许氏平鲉消化管上皮细胞及消化腺组织学和组织化学[J]. 大连水产学院学报,2003,18(4):241-245.
- [7] 朱元鼎. 福建鱼类志(下卷)[M]. 福州:福建科学技术出版社,1985:450-451.
- [8] 吴常文. 浙江舟山近海褐菖鲉生物学研究[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版),1999,18(3):185-191.
- [9] 林丹军,尤永隆. 卵胎生硬骨鱼褐菖鲉精巢的周期发育[J]. 动物学研究,2000,21(5):337-342.
- [10] Shinpei W, Chutima H, Osamu K, et al. Ochroconis humicola infection in red sea bream *Pagrus major* and marbled rockfish *Sebastes marmoratus* cultured in Japan [J]. Fisheries Science,2005,71:682-684.
- [11] Pearse A G E. Histochemistry, theoretical and applied (4th Edition) [M]. London: Churchill Livingstone, 1983.
- [12] Marcos Flávio P G de Moraes, Ivana de Freitas Barbola, Luis Fernando Duboc. Feeding habits and morphometry of digestive tracts of *Geophagus brasiliensis* (Osteichthyes, Cichlidae), in a lagoon of high tibagi river, parana state, Brazil [J]. Publ UEPG Biol Health Sci(Ponta Grossa), 2004,10(1): 37-45.
- [13] Tibbets I R. The distribution and function of mucous cells and their secretions in the alimentary tract of *Arrhamphus sclerolepis kreptii* [J]. J Fish Biol, 1997,50: 809-820.
- [14] Caceci T, Habback H A E, Smith S A, et al. The stomach of *Oreochromis niloticus* has three regions [J]. J Fish Bio, 1997,50:939-952.
- [15] Vania L P V, Bernardo B. Amino acids and carbohydrates absorption by Na<sup>+</sup>-dependent transporters in the pyloric ceca of *Hoplias malabaricus* (Erythrinidae) [J]. Ciência Rural (Santa Maria), 2001, 31(5): 793-797.
- [16] Julieta V, Roberto V, Oscar G, et al. Intestinal alkaline phosphatase of the fish *Cyprinus carpio*: regional distribution and membrane association [J]. The Journal of Experimental Zoology, 1997,279:347-355.
- [17] Tengjaroenkul B, Smith B J, Caceci T, et al. Distribution of intestinal enzyme activities along the intestinal tract of cultured Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. [J] Aquaculture, 2000,182:317-327.
- [18] Kozaric Z, Kuzir I S, Petrinc Z, et al. Histochemical distribution of digestive enzymes in intestine of goldline, *Sarpa salpa* L. 1758 [J]. J Appl Ichthyol, 2006,22:43-48.
- [19] Chakravorty P, Sinha G M. Detection and localization of alkaline and acid phosphatases in the digestive system of the adult *Catla catla* (Ham.), an Indian freshwater major carp by histochemical methods [J]. Gegenbaurs Morphol Jahrb, 1982,128:799-808.
- [20] Sinha G M. Histochemical localization of alkaline and acid phosphatases in the alimentary tract of hatching of a teleost fish, *Cirrhinus mrigala* (Ham.) [J]. Mikroskopie, 1979,35:101-107.
- [21] Overnell J. Digestive enzymes of the pyloric caeca and their associated mesentery in the cod (*Gadus morhua*) [J]. Comp Biochem Physiol B, 1973,46(3):519-531.
- [22] Chakrabarti I, Gani M A, Chaki K K, et al. Digestive enzymes in 11 freshwater teleost fish species in relation to food habit and niche segregation [J]. Comp Biochem Physiol A, 1995,112:167-177.
- [23] Zvonimir K, Snježana K, Srebrenka N, et al. Histochemical distribution of digestive enzymes in hake, *Merluccius merluccius* L. 1758 [J]. Veterinarski Arhiv, 2004,74(4):299-308.
- [24] Pedini V, Scocco P, Radaelli G, et al. Carbohydrate histochemistry of the alimentary canal of the shi drum, *Umbrina cirrosa* L. [J]. Anat Histol Embryol, 2001,30: 345-349.
- [25] Zdravko P, Srebrenka N, Snježana K, et al. Mucosubstances of the digestive tract mucosa in northern pike (*Esox lucius* L.) and european catfish (*Silurus glanis* L.) [J]. Veterinarski Arhiv, 2005,75(4):317-327.

- [26] Fiertak A, Kilarski W M. Glycoconjugates of the intestinal goblet cells of four cyprinids[J]. Cell Mol Life Sci, 2002, 59: 1724 – 1733.
- [27] Smoot J C, Findlay R H. Digestive enzyme and gut surfactant activity of detritivorous gizzard shad (*Dorosoma cepedianum*) [J]. Can J Fish Aquat Sci, 2000, 57: 1113 – 1119.
- [28] Rodrigo B A, Michelle M B, Patrícia M G P, et al. Alkaline proteases from digestive tract of four tropical fish [J]. Braz J Food Technol, 2003, 6(2): 279 – 284.
- [29] Bezerra R S, Santos J F D, Lino M A S, et al. Characterization of stomach and pyloric caeca proteinases of tambaqui (*Colossoma macropomum*) [J]. J Food Biochem, 2000, 24(3): 189 – 199.

## 图版说明 Explanation of Plates

### 图版 I

1. 口咽腔横切, ×100, Masson 氏三重染色; 2. 口咽腔横切示黏液分泌细胞和含颗粒物的杯状细胞, ×400, Masson 氏三重染色; 3. 食道整体横切, ×100, H.E 染色; 4. 食道横切示腺体, ×400, H.E 染色; 5. 食道横切示扁平细胞和单层柱状细胞, ×200, Masson 氏三重染色; 6. 胃贲门整体横切, ×100, Masson 氏三重染色; 7. 胃贲门横切示含囊状物的杯状细胞, ×1000, H.E 染色; 8. 胃体横切示胃腺和胃小凹, ×400, H.E 染色; 9. 胃幽门横切, ×100, Masson 氏三重染色; 10. 中肠横切示纹状缘和含颗粒物的杯状细胞, ×1000, Masson 氏三重染色; 11. 中肠整体横切, ×200, Masson 氏三重染色; 12. 前肠整体横切, ×100, H.E 染色

BB: 纹状缘; CF: 胶原纤维; CSM: 环肌; CT: 结缔组织; E: 上皮; GC: 杯状细胞; GCG: 带有颗粒物质的杯状细胞; GCV: 带囊状内含物的杯状细胞; GG: 胃腺; GP: 胃小凹; LP: 固有膜; LSM: 纵肌; LV: 淋巴管; M: 间皮; MSC: 黏液分泌细胞; NP: 神经丛; OG: 食道腺体; S: 浆膜; SC: 结实层; SCE: 单层柱状上皮; SE: 扁平上皮; SM: 粘膜下层

### Plate I

1. Transverse section of buccopharyngeal cavity, ×100, Masson's trichrome staining; 2. Transverse section of buccopharyngeal cavity, showing mucous secretory cell and goblet cells with visible granule; ×400, Masson's trichrome staining; 3. Transverse section of whole oesophagus, ×100, Haematoxylin/eosin staining; 4. Transverse section of oesophagus, showing glands, ×400, Haematoxylin/eosin staining; 5. Transverse section of oesophagus, showing simple columnar epithelium and squamous epithelium, ×200, Masson's trichrome staining; 6. Transverse section of cardiac stomach, ×100, Masson's trichrome staining; 7. Transverse section of cardiac stomach, showing goblet cells with visible secreting vesicles, ×1000, Haematoxylin/eosin staining; 8. Transverse section of fundic stomach, showing gastric glands and gastric pits, ×400, Haematoxylin/eosin staining; 9. Transverse section of pyloric stomach, ×100, Masson's trichrome staining; 10. Transverse section of intermediate intestine, showing brush border and goblet cells with visible granule, ×1000, Masson's trichrome staining; 11. Transverse section of intermediate intestine, ×200, Masson's trichrome staining; 12. Transverse section of cranial intestine, ×100, Haematoxylin/eosin staining

BB: brush border; CF: collagenous fibre; CSM: circular layers of striated muscle; CT: connective tissue; E: epithelium; GC: goblet cell; GCG: goblet cells with visible granule; GCV: goblet cells with visible secreting vesicles; GG: gastric glands; GP: gastric pits; LP: lamina propria; LSM: longitudinal layers of striated muscle; LV: lymphatic vessel; M: mesothelium; MSC: mucous secretory cell; NP: nerve plexa; OG: oesophagus glands; S: serosa; SC: stratum compactum; SCE: simple columnar epithelium; SE: squamous epithelium; SM: submucosa

### 图版 II

1. 幽门盲囊横切, 上皮细胞显示碱性磷酸酶活性(↑), ×100; 2. 前肠横切, 上皮细胞显示碱性磷酸酶活性(↑), ×100; 3. 中肠横切, 上皮细胞显示酸性磷酸酶活性(↑), ×200; 4. 胃幽门部横切, 上皮细胞显示脂酶活性(↑), ×400; 5. 胃贲门部横切, 固有膜显示脂酶活性(↑), ×200; 6. 胃部横切, 固有膜显示脂酶活性(↑), ×200; 7. 食道横切, 上皮含有酸性黏液细胞(↑), ×200; 8. 胃贲门部横切, 上皮含有中性粘液细胞(↑), ×200; 9. 胃幽门部横切, 上皮含中性(↑)、酸性(▲)和混合(\*)粘液细胞, ×400; 10. 后肠横切, 上皮含中性(↑)、酸性(▲)粘液细胞, 而且酸性粘液细胞(▲)逐渐增多, ×400

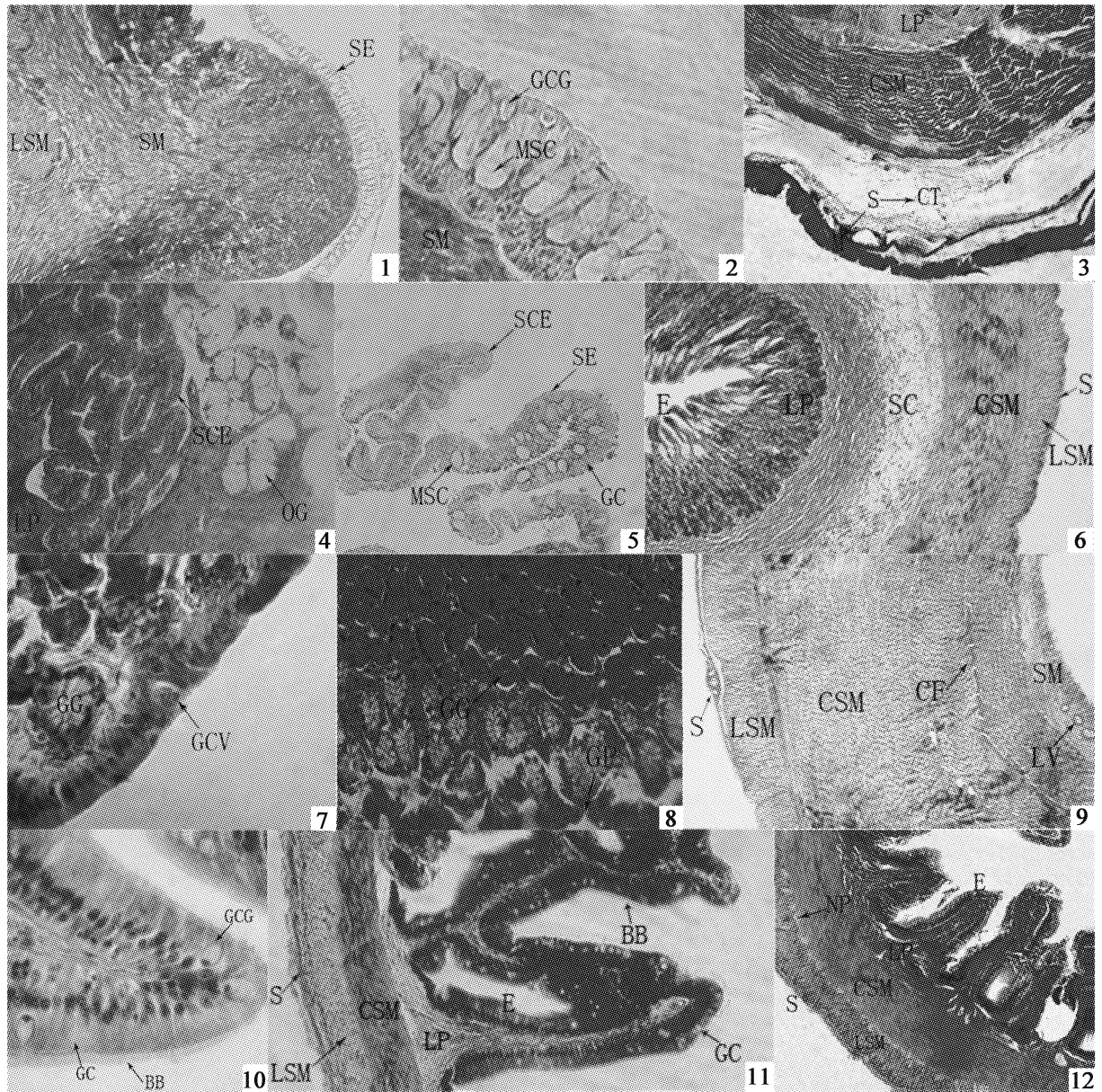
说明: 图 3~6 为冰冻切片, 其余为石蜡切片

### Plate II

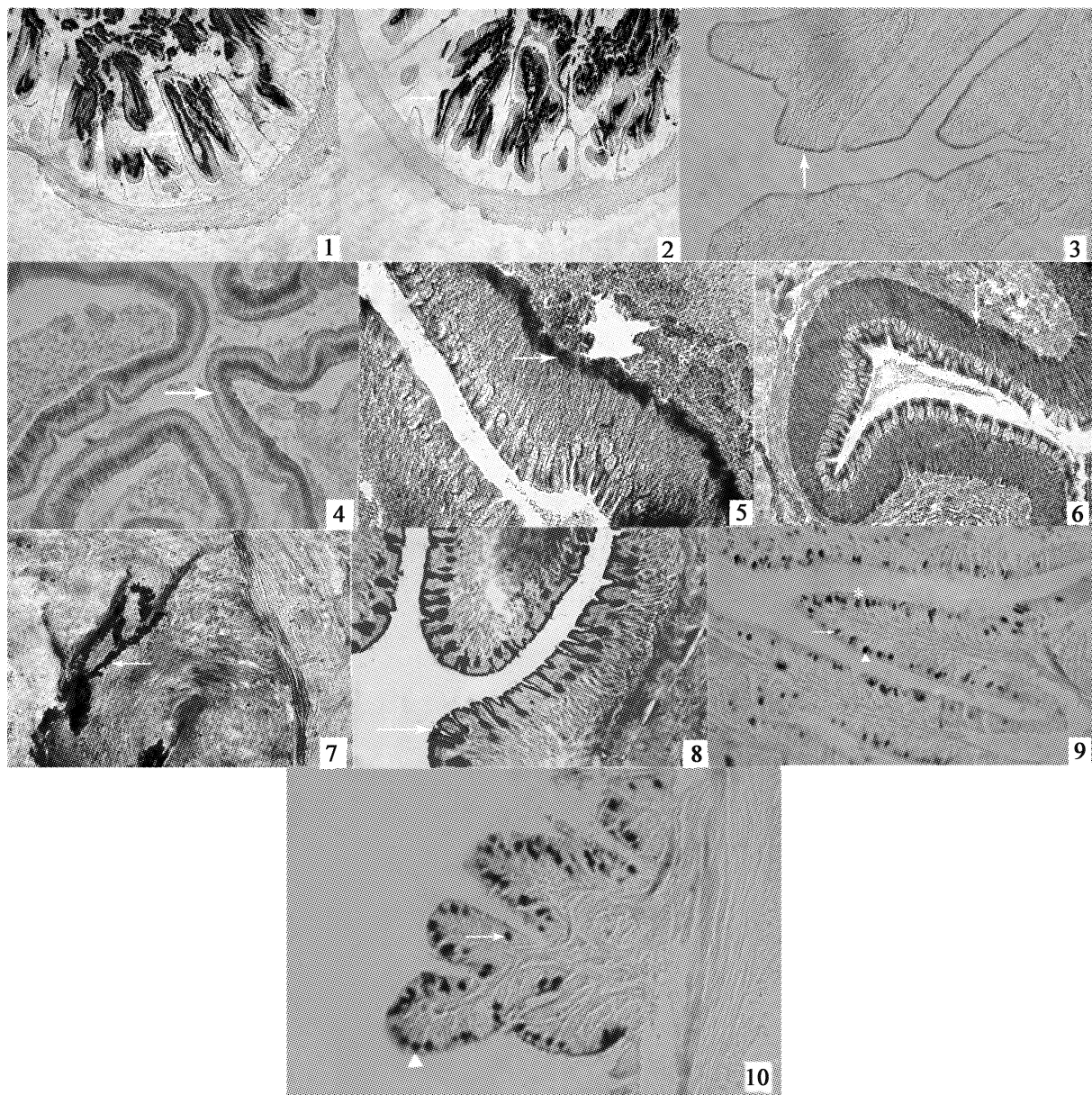
1. Section of the pyloric caeca of stomach, epithelial cell showing alkaline phosphatase activity(↑), ×100; 2. Section of the cranial intestine, epithelial cell showing alkaline phosphatase activity(↑), ×100; 3. Section of the intermediate intestine, epithelial cell showing acid phosphatase activity(↑), ×200; 4. Section of the pyloric stomach, epithelial cell showing carboxylic esterase activity(↑), ×400; 5. Section of the cardia stomach, lamina propria showing carboxylic esterase activity(↑), ×200; 6. Section of the fundic stomach, lamina propria showing non-specific esterases activity(↑), ×200; 7. Section of the oesophagus, epithelial contains acidic mucous cell(↑), ×200; 8. Section of the cardia stomach, epithelia contains neutral mucous cell(↑), ×200; 9. Section of pyloric stomach, showing neutral(↑), acidic(▲) and mixed(\*) mucous cell, ×400; 10. Section of caudal intestine, showing neutral(↑), acidic(▲) mucous cell, and acidic(▲) mucous cell gradually manifold, ×400

Explanation: Figure 3 – 6 are frozen slides, the other figure are paraffin section





图版 I Plate I



图版 II Plate II