

# 黄斑篮子鱼和金钱鱼鳃的扫描电镜观察

李加儿<sup>①</sup> 区又君<sup>①</sup> 刘 匆<sup>①②</sup>

(<sup>①</sup>中国水产科学研究院南海水产研究所 广州 510300; <sup>②</sup>上海水产大学 上海 200090)

**摘要:**对两种鲈形目鱼类黄斑篮子鱼(*Siganus oramin*)和金钱鱼(*Scatophagus argus*)的鳃结构进行扫描电镜观察。结果表明,黄斑篮子鱼和金钱鱼鳃的表面结构及微细结构与其他硬骨鱼类基本相似,鳃丝表面都具有规则或不规则分布的环形微嵴、沟、坑、孔等结构。黄斑篮子鱼的鳃片中部鳃丝表皮有大量凸起,而端部鳃丝表皮的凹凸程度明显较低,黄斑篮子鱼的鳃小片高度较金钱鱼鳃小片高。黄斑篮子鱼和金钱鱼鳃上皮的扁平上皮细胞、氯细胞和黏液细胞的形态结构及数量分布存在细微的差异。黄斑篮子鱼鳃片鳃丝的端部和中部表面有黏液细胞,金钱鱼鳃丝表面的黏液细胞很难观察到,与大多数淡水鱼类相似。黄斑篮子鱼鳃丝表面分布的氯细胞数量多于金钱鱼,这可能与两种鱼生活环境、生活习性的长期演变相关。

**关键词:**黄斑篮子鱼,金钱鱼,鳃,微细结构

中图分类号:Q954 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2007)04-89-06

## Scanning Electron Microscopy of the Gill in Rabbitfish *Siganus oramin* and Butterfish *Scatophagus argus*

LI Jia-Er<sup>①</sup> OU You-Jun<sup>①</sup> LIU Cong<sup>①</sup>

(<sup>①</sup>South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300;

<sup>②</sup>Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

**Abstract:** The gills of Rabbitfish *Siganus oramin* and Butterfish *Scatophagus argus* were observed by scanning electron microscopy. The surface architecture and ultrastructure of gill filaments and secondary gill lamellae of *S. oramin* and *S. argus* were similar to other teleosts. The gills from both *S. oramin* and *S. argus* showed regular and irregular circular microridges, indentations, micropits and crevices. The surface architecture of gill filaments in middle part of gill lamellae of *S. oramin* was concave, but that of other parts was smooth. The secondary gill lamellae of *S. oramin* were higher than those of *S. argus*. The morphology and distribution of pavement cells, mucous cells and chloride cells on gill epithelia of *S. oramin* and *S. argus* had minor difference. Mucous cells were found on the surface of gill filaments of top and middle parts in *S. oramin*, while few were observed in *S. argus*, similar to other freshwater fish. The number of chloride cells on the gill filaments of *S. oramin* was more than that of *S. argus*. This may be related to their different inhabitation environments and long-term evolution.

**Key words:** Rabbitfish *Siganus oramin*; Butterfish *Scatophagus argus*; Gill; Ultrastructure

鳃是鱼类的一个具有多种功能的器官,是鱼类进行呼吸、与外界交换气体的主要场所。鳃还参与鱼类渗透压的调节、酸碱调节及氮的分泌<sup>[1]</sup>,鳃丝上的鳃小片是完成这些生理活动的基本单位。在某些鱼类,鳃还起着过滤食物

基金项目 广东省重大科技兴海项目(No. A200051A03),广东省科技计划项目(No. 2004A20105002);  
第一作者介绍 李加儿,男,研究员,研究方向:水产养殖基础生物学 E-mail: lje001@126.com  
收稿日期 2007-02-13,修回日期 2007-05-14

的作用。自 20 世纪 60 年代以来,国内外不少学者应用电子显微镜技术,对异囊鲈(*Heteropneustes fossilis*)<sup>[2]</sup>、下口鲈(*Hypostomus plecostomus*)<sup>[1]</sup>、鲤(*Cyprinus carpio*)<sup>[3]</sup>、鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)<sup>[4]</sup>、鲫(*Carassius aurata*)<sup>[4]</sup>、胡子鲇(*Clarias fuscus*)<sup>[5]</sup>、苏氏鲢鲇(*Pangasius sutchi*)<sup>[6]</sup>、鲢点石斑鱼(*Epinephalus fario*)<sup>[7]</sup>、大眼鲈(*Siniperca kneri*)<sup>[7]</sup>、鲮(*Mugil cephalus*)<sup>[8]</sup>和鲮(*Cirrhina molitorella*)<sup>[8]</sup>等多种鱼类的鳃丝开展了大量的形态学研究。结果表明,大多数硬骨鱼类鳃的基本结构大体相似,但由于不同种类的生活习性及其生长阶段的不同,它们在鳃丝的微细结构方面仍有较大的差异。因此,研究不同种类鳃丝上的微细结构对揭示其生理活动规律,指导增殖生产具有十分重要的意义。

黄斑篮子鱼(*Siganus oramin*)和金钱鱼(*Scatophagus argus*)同属鲈形目,均为暖水性近海种类,分布于印度洋和太平洋,我国产于南海和东海南部。两种鱼的生活环境有所不同,前者常栖息于岩礁或珊瑚丛中,有时会进入咸淡水及河口,后者栖息于岩礁或海藻丛生海域,常进入咸淡水或河流中。本文通过对这两种鱼鳃丝和鳃小片及其上几种细胞的表面微细结构的观察,比较两者的差异与其生活环境之间的关系。

## 1 材料与方法

**1.1 实验动物** 实验鱼于 2003 年 4 月购自广州市黄沙水产市场,各选购 5 尾健康、正常的黄斑篮子鱼和金钱鱼鲜活成鱼,黄斑篮子鱼体重为 90~95 g,金钱鱼体重为 238~245 g。

**1.2 方法** 扫描电镜制样的材料,均取自活体实验鱼第二鳃片中部的鳃丝。将取下的部分鳃丝,用生理盐水漂洗,洗净血污和沾液后,放入 2.5%戊二醛(0.1 mol/L 磷酸缓冲液配制, pH 7.4),4℃冰箱固定 12 h;然后用 0.1 mol/L 磷酸缓冲液(pH 7.4)冲洗 3 次,每次 15 min;1%锇酸固定后,4℃冰箱保存 2 h,再用 0.1 mol/L 磷酸缓冲液冲洗 3 次,每次 15 min。50%~100%乙醇逐级脱水,醋酸异戊酯置换,常规临界干燥,

真空离子镀膜,在 Philips EM400 型扫描电镜下观察、拍照。鳃和鳃丝的各项测量值都是根据扫描电镜照片所示的比例用尺测量获得。

## 2 结果

**2.1 鳃的一般形态结构** 黄斑篮子鱼和金钱鱼鳃的基本结构相似,与其他硬骨鱼类一样,具四对鳃,每一鳃弓上有两片大小、结构相似的鳃片,每一鳃片由许多鳃丝连续紧密排列而成,每一鳃丝两侧具有许多以鳃丝为主轴,呈褶皱的、薄片状的鳃小片。

扫描电镜观察结果表明,鱼类鳃小片的形状类似流线型。黄斑篮子鱼基部鳃丝直径 91~125  $\mu\text{m}$ ,鳃丝间距 75~100  $\mu\text{m}$ ,鳃小片在鳃丝不同部位的高度不一致,鳃丝基部与中部的鳃小片较低矮,而端部的明显较高。鳃丝基部和中部的鳃小片的高度范围为 62.5~75  $\mu\text{m}$ ,鳃丝端部的鳃小片高度为 150~187.5  $\mu\text{m}$ ,宽 25~38  $\mu\text{m}$ ,厚 11.3~12.5  $\mu\text{m}$ ,鳃小片间距 11.3~15  $\mu\text{m}$ ,1 mm 鳃丝上有 35~40 片鳃小片(图版 I:1,2)。金钱鱼与黄斑篮子鱼的鳃小片形态相比较略有不同,金钱鱼中部鳃丝直径 100~125  $\mu\text{m}$ ,鳃丝间距 100~156  $\mu\text{m}$ ,其鳃丝端部、中部和基部的鳃小片的高度大体相似,为 137.5~143.8  $\mu\text{m}$ ,宽 25~37.5  $\mu\text{m}$ ,厚 11.3~13.8  $\mu\text{m}$ ,鳃小片间距 8.8~11.9  $\mu\text{m}$ ,1 mm 鳃丝上有 39~42 片鳃小片(图版 I:7,8)。

**2.2 鳃丝表面的微细结构** 参照 Laurent<sup>[9]</sup>的划分方法,把鳃小片的表面称为鳃小片表皮,其余的表面统称为鳃丝表皮,用扫描电镜观察,能在鳃丝表皮上分辨出扁平上皮细胞(pavement cells)、氯细胞(chloride cells)和黏液细胞(mucous cells)3 种细胞,鳃丝表面主要由扁平上皮细胞构成。

黄斑篮子鱼鳃丝的表面扫描电镜显示,其鳃丝不同部位表面存在两种不同的表现结构,中部鳃丝表皮有大量凸起,而端部鳃丝表皮的凹凸程度明显不如中部鳃丝(图版 I:3,4)。端部鳃丝上皮细胞表面有微嵴形成的不规则的指纹状回路,有时微嵴有融合。端部鳃丝上皮有

小型突起,在高放大倍数下观察,发现是散布的分泌孔。分泌孔的形状近圆形,直径为 1.2 ~ 1.5  $\mu\text{m}$ 。中部鳃丝表皮的分泌孔比较大,其直径 1.8 ~ 2.2  $\mu\text{m}$ ,其内可见含有若干个小型的颗粒状分泌物(图版 I 5 6)。

金钱鱼鳃丝的表面扫描电镜显示,其鳃丝表面存在两种明显不同的表观结构,端部鳃丝一部分表皮平坦,而相邻另一部分鳃丝表皮凹凸不平。基部与中部鳃丝表皮凹凸不平,表皮凸出部分相互连接,在鳃丝表面形成网状结构(图版 I 9 ~ 11)。金钱鱼的呼吸面由扁平上皮细胞所覆盖,细胞间排列紧密,扁平上皮细胞薄,高度血管化,表皮下分布大量的毛细血管而形成呼吸面隆起微嵴,细胞除边缘嵴由外至内凹陷,越往中心越低,每个细胞形成单个凹坑。端部鳃丝细胞表面比较平坦,有密集的微嵴形成清晰的立体迷宫图案,大多数扁平上皮细胞边缘微嵴突出而规则,细胞轮廓清晰,少数端部鳃丝细胞之间的界限模糊,难以确定其细胞的真实形状,其表面微嵴纹路紊乱,没有规则(图版 I 12,13)。非呼吸面主要也是由扁平上皮细胞所覆盖,细胞轮廓清晰,细胞表面的微嵴环绕成环状、沟状的迷宫图案,有的微嵴间出现愈合、间断,扁平上皮细胞之间可见氯细胞和黏液细胞的分泌孔及颗粒(图版 I 9)。非呼吸面和呼吸面的最主要区别在于前者表面较为平坦。

**2.2.1 扁平上皮细胞** 扁平上皮细胞的形态特点是表面有微嵴,其宽度 0.30 ~ 0.37  $\mu\text{m}$ 。黄斑篮子鱼扁平上皮细胞的微嵴杂乱盘绕,但彼此之间未见融合,单个细胞微嵴的形态基本一致,扁平上皮细胞表面观以不规则的六边形为主,或类似菱形的四边形,细胞间界限不清楚

(图版 I 5)。金钱鱼中部鳃丝细胞表面的微嵴以环形为主,而端部鳃丝扁平上皮细胞间界限模糊,细胞表面形态类似菱形的四边形(图版 I 11,13)。

**2.2.2 氯细胞** 黄斑篮子鱼与金钱鱼的氯细胞形态基本相似。鳃丝表面的氯细胞散布于扁平细胞之间的紧密连接处,其游离面明显向外膨胀,具密集而又纤细的微绒毛,细胞边缘低于扁平上皮细胞的表面。氯细胞的黏液表层通常沉积在扁平上皮细胞的下面,在扁平细胞之间产生“开孔”,有些可见其分泌颗粒(图版 I 5,6 9)。就数量而言,黄斑篮子鱼鳃丝表面的氯细胞数量多于金钱鱼(图版 I 4)。

**2.2.3 黏液细胞** 黏液细胞主要根据其环形开口和排出的黏液物质来识别,超微结构显示其位于扁平上皮细胞纵深处或其他扁平上皮细胞之间。虽然扫描电镜下难以观察到其具体形态,但仍可凭借其特点分辨出来。在黄斑篮子鱼鳃丝的端部和中部表面有黏液细胞,其直径为 1.3 ~ 1.86  $\mu\text{m}$ (图版 I 5 6)。也有一些表皮细胞向外突出,其表面较平滑(直径 3 ~ 5  $\mu\text{m}$ ),可能是尚未开口的黏液细胞(图版 I 3)。金钱鱼鳃丝表面的黏液细胞很难观察到,与大多数淡水鱼类相似。

**2.3 鳃小片的形态结构** 鱼类鳃小片的形状类似流线型。黄斑篮子鱼的鳃小片在鳃丝不同部位的高度不一致,鳃丝基部与中部的鳃小片较低矮,而端部的明显较高(图版 I 1,2)。金钱鱼的鳃小片与黄斑篮子鱼的形态相比较略有不同,其鳃丝端部、中部和基部的鳃小片的高度大体相似(图版 I 7,8)。两种鱼的鳃小片各部位之间的比较见表 1。

表 1 黄斑篮子鱼和金钱鱼鳃小片的比较

	高:宽 Height :width			厚度	间距
	基部	中部	端部	Thickness	Interlamellar space
	Base part	Middle part	Top part	( $\bar{x} \pm s$ ) $\mu\text{m}$	( $\bar{x} \pm s$ ) $\mu\text{m}$
黄斑篮子鱼 <i>S. oramin</i>	1:2.18	1:2.18	1:5.36	11.1 $\pm$ 1.63	13.2 $\pm$ 2.62
金钱鱼 <i>S. argus</i>	1:4.50	1:4.50	1:4.50	12.6 $\pm$ 1.77	10.4 $\pm$ 2.19

### 3 讨 论

鳃是鱼类的主要呼吸器官,鱼类循环系统中的血液与外界气体的交换,主要靠鳃部的呼吸完成。鳃由数量众多的鳃丝组成,每一条鳃丝又含有数千个鳃小片,形成极大的适于在水中进行气体交换的表面积,最大化的表面积有利于  $O_2$  和  $CO_2$  的交换。鳃小片是气体交换的场所,鳃丝和鳃小片上布满了各种复杂的管道、嵴、沟、坑等结构。通过鳃丝的水流方向与遍布鳃小片的血管中的血流方向相反。鳃丝和鳃小片的这些特点使气体、离子和渗透物质的交换最大化,使外部环境和血液之间的物质交换距离最小化,保证了处于水环境中的鱼类能顺利进行气体交换。一般来说,上层水体栖息鱼类与底栖鱼类的鳃表面存在差异<sup>[4]</sup>。活跃鱼类与缓慢活动鱼类鳃表面也有极大的不同<sup>[3]</sup>,鳃丝结构的这些细微差异可能与各种鱼类对生活的水环境的适应及其生活习性的长期进化演变相关。

方展强等<sup>[6]</sup>将苏氏鲑鳟鳃丝表面分为呼吸面(由毛细血管及微绒毛构成凹凸不平部分)和非呼吸面(由四至六边形不等的微嵴细胞构成较为平坦部分),本文所观察到的结果与方展强等所描述的情况相类似。黄斑篮子鱼的鳃丝不同部位表面存在两种不同的表观结构,中部鳃丝表皮有大量凸起,而端部鳃丝表皮的凹凸程度明显不如中部鳃丝,这种表皮凹凸不平结构增加了鳃的表面积,增大表面的阻力,延缓水流经过鳃表面的时间,从而有利于水分子和其他离子的吸附。金钱鱼端部鳃丝的一部分鳃丝表皮平坦,而相邻另一部分鳃丝表皮凹凸不平,两者可在同一区域找到,推测为鳃丝的侧面和正面的交界。细致的观察发现这两种不同的表面仍然以扁平上皮细胞为主,可能是氯细胞及黏液细胞在分布和数量上的差异及分泌的黏液层特化的一种形式。金钱鱼氯细胞数量较黄斑篮子鱼少,这也许表明金钱鱼在渗透能力和离子运输能力方面与黄斑篮子鱼存在着一定的差异。

两种鱼的鳃小片也与其他硬骨鱼类鳃小片具有相似的形态结构。由表 1 可以看到,黄斑篮子鱼和金钱鱼鳃小片形状的主要区别在鳃丝的基部及中部。两者鳃小片的高:宽比值显示出,若两种鱼类鳃小片的宽度相同,则黄斑篮子鱼鳃小片的高度仅为金钱鱼的一半。这意味着黄斑篮子鱼鳃小片对水的阻力要比金钱鱼的小得多。从保证鱼类机体摄氧的角度来看,黄斑篮子鱼的鳃小片主要不是通过高度方向而是通过宽度方向来扩展鱼体所需的呼吸面积。鳃小片变厚使气体扩散距离变大,这使得呼吸摄氧效率变低。这两种鱼类具体的呼吸摄氧效率和代谢水平的高低,有待进一步的实验去测定。

综上所述,本文通过扫描电镜观察比较,发现黄斑篮子鱼和金钱鱼对环境的适应而在鳃的微细结构上表现出一些差异。这两种近岸鱼类鳃上皮几种细胞的形态结构差异与其功能之间的关系,仍有待通过透射电镜、组织化学分析等方法 and 实验进行更深入的研究。

### 参 考 文 献

- [1] Fernandes M N, Perna-Martins S A. Epithelial gill cells in the armored catfish, *Hypostomus plecostomus* (Loricariae). *Rev Bras Biol*, 2001, 61(1): 59 ~ 63.
- [2] Rajbanshi V K. The architecture of the gill surface of the catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch): SEM study. *J Fish Biol*, 1977, (10): 325 ~ 329.
- [3] 郭淑华,王良臣. 鲤鳃表面结构扫描电镜研究. *水生生物学报*, 1988, 12(1): 54 ~ 59.
- [4] 王志余,董双林. 鲢鳃的扫描电镜观察. *大连水产学院学报*, 1990, 5(2): 69 ~ 73.
- [5] 邢维贤,安利国,杨桂文等. 胡子鲇鳃扫描电镜的观察. *水产学报*, 2000, 24(2): 101 ~ 103.
- [6] 方展强,郑文彪,肖智等. 苏氏鲑鳟超微结构观察. *水产学报*, 2001, 25(6): 489 ~ 491.
- [7] 黄建华,李加儿,刘匆等. 鲢点石斑鱼和大眼鳐的扫描电镜观察. *动物学研究*, 2005, 26(1): 82 ~ 88.
- [8] 李加儿,刘匆,区又君. 鲮和鲮鳃的扫描电镜比较观察. *动物学杂志*, 2005, 40(4): 74 ~ 78.
- [9] Laurent P. Gill internal morphology. In: Hoar W S, Randall D J. *Fish Physiology*, Vol. 10A: Gills. New York: Academic Press, 1984, 148 ~ 151.

图 版 说 明

1 ~ 6. 黄斑篮子鱼

1. 中部鳃丝 , $\times 200$  ; 2. 端部鳃丝 , $\times 200$  ; 3. 中部鳃丝表面 , $\times 2\,000$  ; 4. 端部鳃丝表面 , $\times 2\,000$  ; 5. 端部鳃丝细胞表面 , $\times 10\,000$  ; 6. 中部鳃丝细胞表面和含有分泌颗粒的分泌孔 , $\times 10\,000$ 。

7 ~ 13. 金钱鱼

7. 中部鳃丝 , $\times 200$  ; 8. 端部鳃丝 , $\times 200$  ; 9. 端部鳃丝表面 , $\times 2\,000$  示表皮平坦/凹凸交界处 ; 10. 基部鳃丝表面 , $\times 2\,000$  ; 11. 中部鳃丝表面 , $\times 2\,000$  ; 12. 中部鳃丝细胞表面 , $\times 10\,000$  ; 13. 端部鳃丝细胞表面 , $\times 10\,000$ 。

CLC : 氯细胞 ; FL : 鳃丝 ; MC : 黏液细胞 ; PVC : 扁平上皮细胞 ; SL : 鳃小片。

Explanation of Plate

1 – 6. Rabbitfish *Siganus oramin*

1. The middle part of gill filaments , $\times 200$  ; 2. The top part of gill filaments , $\times 200$  ; 3. Surface architecture of the middle part of gill filaments , $\times 2\,000$  ; 4. Surface architecture of the top part of gill filaments , $\times 2\,000$  ; 5. The cell surface of the top part of gill filaments , $\times 10\,000$  ; 6. The cell surface of the middle part of gill filaments and secretion opening containing secreted granules , $\times 10\,000$  .

7 – 13. Butterfish *Scatophagus argus*

7. The middle part of gill filaments , $\times 200$  ; 8. The top part of gill filaments , $\times 200$  ; 9. Surface architecture of the top part of gill filaments , showing the boundary between the smooth surface and concave surface , $\times 2\,000$  ; 10. Surface architecture of the base part of gill filaments , $\times 2\,000$  ; 11. Surface architecture of the middle part of gill filaments , $\times 2\,000$  ; 12. The cell surface of the middle part of gill filaments , $\times 10\,000$  ; 13. The cell surface of the top part of gill filaments , $\times 10\,000$  .

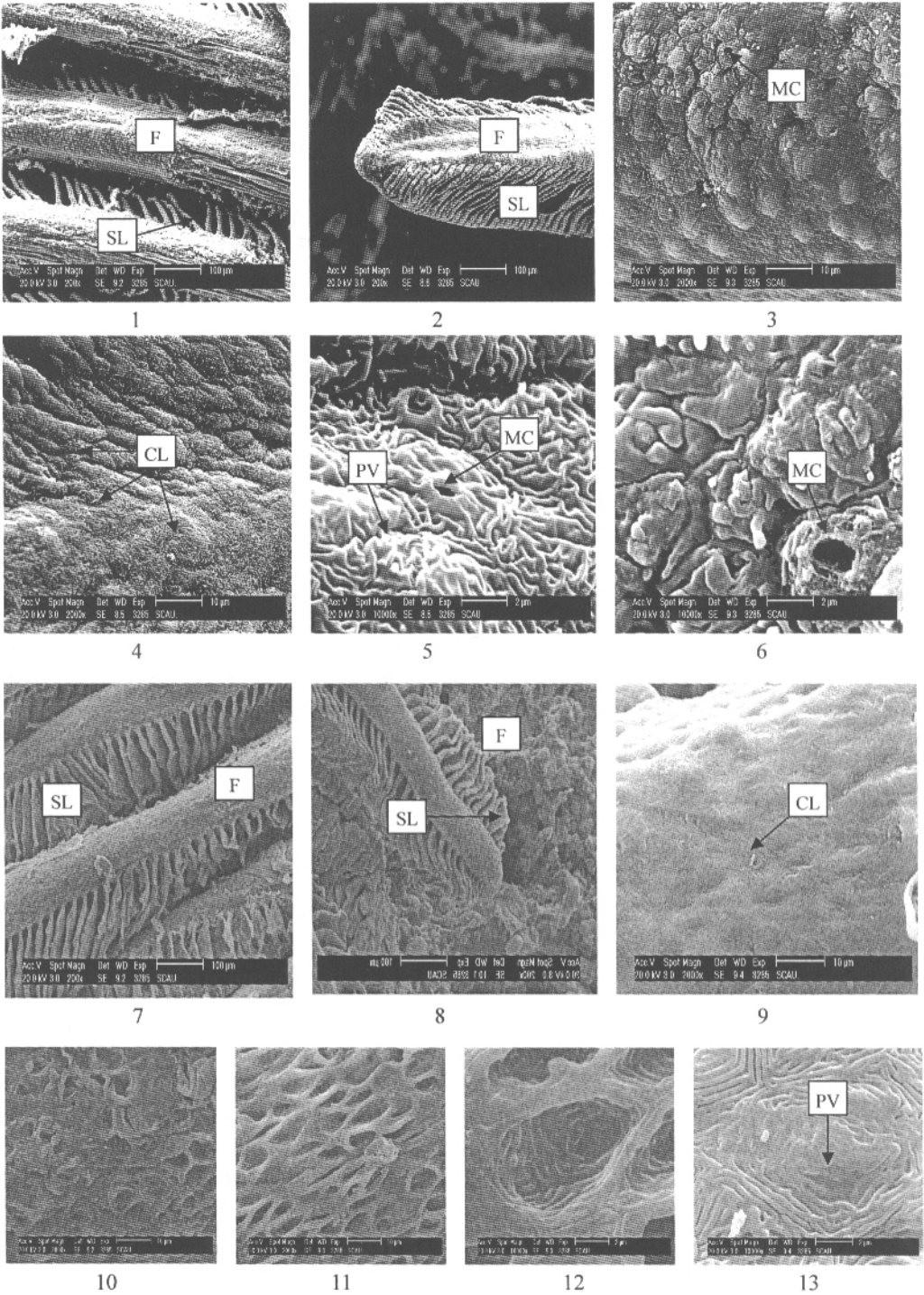
CLC : Chloride cell ; FL : Gill filament ; MC : Mucous cell ; PVC : Pavement cell ; SL : Secondary gill lamellae .

李加儿等 黄斑篮子鱼和金钱鱼鳃的扫描电镜观察

图版 I

LI Jia-Er *et al.* Scanning Electron Microscopy of the Gill in Rabbitfish *Siganus oramin*  
and Butterfish *Scatophagus argus*

Plate I



图版说明见文后