

波纹唇鱼消化道黏液细胞的类型与分布

王永波^{1,2} 陈国华^{1*} 王 珺¹ 骆 剑¹ 黄宗文¹ 尹绍武¹

(¹海南大学海洋学院 热带生物资源教育部重点实验室 海南省热带水生生物技术重点实验室,海口 570228)

(²海南省水产研究所,海口 570206)

摘 要 采用阿立新蓝过碘酸雪夫试剂染色法,研究了波纹唇鱼消化道黏液细胞的类型和分布规律。波纹唇鱼黏液细胞在消化道各部位均有分布,不同部位黏液细胞密度和类型均有差异。在靠近消化腔的部位分布Ⅱ型黏液细胞;在黏膜层基部多分布Ⅲ型和Ⅳ型黏液细胞。口咽腔、舌和食道部位主要分布Ⅱ型和Ⅳ型黏液细胞;小肠和直肠黏膜层顶部主要分布Ⅱ型和Ⅳ型黏液细胞,基部主要为Ⅲ型和Ⅳ型黏液细胞。

关键词 波纹唇鱼 消化道 黏液细胞 类型与分布

中图分类号 Q954 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2010)05-0022-07

Types and distribution of mucous cells in the digestive tracts of *Cheilinus undulates* Rüppell

WANG Yong-bo^{1,2} CHEN Guo-hua^{1*} WANG Jun¹ LUO Jian¹

HUANG Zong-wen¹ YIN Shao-wu¹

(¹Key Laboratory of Tropic Biological Resources, Ministry of Education, Hainan Provincial Key Laboratory for Tropical Hydrobiology and Biotechnology, College of Ocean, Hainan University, Haikou 570228)

(²Hainan Provincial Fisheries Research Institute, Haikou 570206)

ABSTRACT The types and distribution of mucous cells in the alimentary canal of *Cheilinus undulates* Rüppell were studied using the AB-PAS (Alcian blue and periodic acid Schiff's reagent) staining method. The mucous cells are distributed in every part of the alimentary canal of *Cheilinus undulates* Rüppell, however, the cell densities and cell types vary at different locations. Type II mucous cells are mainly located near the gastrovascular cavity, while type III and type IV mucous cells are mainly found in the bottom of the mucous layer. Buccopharyngeal cavity, tongue and esophagus mainly possess type II and type IV mucous cells. The top of protuberances in small intestine and recta is characterized by type II and type IV mucous cells, and the bottom is characterized by type III and type IV mucous cells.

KEY WORDS *Cheilinus undulates* Rüppell Digestive tract Mucous cells
Types and distribution

国家 863 项目(2006AA10A414)和国家科技支撑计划重点项目(2007BAD29B03)共同资助

* 通讯作者。E-mail: chguh@hainu.edu.cn

收稿日期: 2009-09-14; 接受日期: 2009-12-25

作者简介: 王永波(1983-), 男, 硕士, 主要从事海水鱼类人工繁殖与育种方面的研究。E-mail: wangyongbo211@163.com, Tel: (0898)62715271

波纹唇鱼 *Cheilinus undulates* Rüppell 俗称苏眉、拿破仑,隶属鲈形目、隆头鱼科、唇鱼属,是高档优质海水鱼类。目前,国外对波纹唇鱼做了一定的研究工作(Randall *et al.* 1978; Choat *et al.* 2006; Sadovy *et al.* 2004; Olivier *et al.* 2006),而国内较少(沈世杰 1993; 张贺真等 2005; 李桂英等 2005),这些研究主要集中在生态调查和种群保护方面。作者研究波纹唇鱼消化系统的组织结构时发现,该鱼无胃,消化道黏液细胞非常丰富。鱼类消化道黏液细胞能分泌多种活性物质,如酸性黏多糖、中性黏多糖、胃蛋白酶等(Harris *et al.* 1973; Shan *et al.* 1991),这些物质对鱼的许多生理功能具有重要影响。本文采用阿立新蓝过碘酸雪夫试剂染色法,对波纹唇鱼消化道中黏液细胞的类型及分布进行了深入的研究。

1 材料与方法

1.1 实验材料

试验鱼取自海南省三亚市红沙港海水网箱,是由南沙群岛、西沙群岛等南海海域捕获的野生幼鱼养成的个体,随机抽取6尾体表无伤、健康的个体,体重 322.0 ± 62.8 g,体长 22.9 ± 1.7 cm,作为本次试验的样本。

1.2 试验方法与数据处理

将实验鱼脊髓处死,解剖,取出消化道,用生理盐水洗净,分别取口咽腔、舌、食道、小肠前部(肠道第1个自然折点之前部分),小肠后部(肠道第1个自然折点和鲍氏瓣之间部分),直肠(鲍氏瓣到肛门)等用 Bouin's 液固定,石蜡包埋,常规切片、AB-PAS 染色(AB, pH 2.6),显微镜下观察并摄影。

每尾鱼的消化道各段任意取5张切片,随机选10个视野,分别测量每一视野中 $100\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$ 范围内各型黏液细胞的总数,作为该种黏液细胞的密度;并测量细胞的长径和短径来表示其大小。黏液细胞的相对分泌能力用黏液细胞的表面积($\pi \times \text{长径} \times \text{短径} / 4$)与其细胞分布密度的乘积(P)表示。

采用 Excel 和 SPSS 12.0 软件进行数据分析。

2 实验结果

2.1 波纹唇鱼消化道黏液细胞的类型及分布

根据杨桂文等(1999)、尹苗等(2000)学者对鱼类黏液细胞类型的划分方法,对波纹唇鱼消化道内的黏液细胞进行分类。该鱼消化道可分为口咽腔、食道、小肠前部、小肠后部、直肠等,消化道各部位都有黏液细胞分布,但各部位的黏液细胞的类型和密度存在差异。

口咽腔顶壁黏膜层主要含有Ⅱ型和Ⅳ型黏液细胞,并含有极少数的Ⅲ型黏液细胞。Ⅱ型黏液细胞多分布在黏膜层的表层,Ⅳ型黏液细胞多分布在黏膜层的中下层(图版 I-1)。可见波纹唇鱼口咽腔分泌物主要以酸性黏多糖为主,而中性黏多糖的分泌量较少。

舌的黏膜层中主要含有Ⅱ型和Ⅳ型黏液细胞,并含有极少数的Ⅲ型黏液细胞。Ⅱ型黏液细胞多分布在舌黏膜层的表层,Ⅳ型黏液细胞多分布在舌黏膜层的中下部,在舌轮廓乳头的基部和环沟的底部较集中(图版 I-2)。在舌的不同部位黏液细胞分布有差异,舌尖的上下黏膜层中较多,其他部位黏液细胞只分布在表面黏膜层中。可见舌的分泌物性质与口咽腔基本相同。

食道黏膜层向食道腔内突起形成许多纵行褶皱,褶皱上含有丰富的二级指状突起及三级指状突起。在黏膜层指状突起的基部,有Ⅱ型、Ⅲ型和Ⅳ型黏液细胞,以Ⅳ型和Ⅲ型为主,常呈片状分布(图版 I-3);在指状突起的顶端及游离部有Ⅱ型和Ⅳ型黏液细胞分布,数量较少。可见在食道的黏膜层中,从指状突起的顶部到底部,黏液细胞所含物质是由含酸性黏多糖为主变成以含酸性黏多糖为主的混合性的黏液物质。

食道之后既为膨大的小肠,小肠有一个折叠弯曲,食道到弯曲之间的小肠极粗,颜色略带紫色,为小肠前部,弯曲之后略细,为小肠后部,小肠和直肠之间有鲍氏瓣分开。小肠前部、后部及直肠的黏膜层中,黏液细胞以Ⅲ型和Ⅳ型为主,并含有Ⅰ型和Ⅱ型黏液细胞,黏液细胞呈成片状分布。在黏膜层指状突起的顶部和其游离

部主要有Ⅱ型和Ⅳ型黏液细胞分布(图版Ⅱ-6、图版Ⅱ-8、图版Ⅱ-10),在指状突起的底部及两个指状突起间的紧密结合处多有Ⅲ型和Ⅳ型黏液细胞分布(图版Ⅱ-7、图版Ⅱ-9、图版Ⅱ-11)。可见在肠道的黏膜层中,指状突起的顶部及其游离端黏液细胞内的黏液物质主要以酸性黏多糖为主,而位于指状突起底部的黏液细胞主要以中性黏多糖和酸性黏多糖混合黏液物质为主。

2.2 波纹唇鱼黏液细胞在消化道各部的密度及细胞大小

黏液细胞在波纹唇鱼消化道各部分的分布密度见表1。口咽腔、舌和食道各部的黏液细胞密度分别为 35.54 ± 12.59 个/ 0.01mm^2 、 28.00 ± 6.72 个/ 0.01mm^2 和 27.84 ± 11.05 个/ 0.01mm^2 ,差异不显著;小肠前部、后部和直肠黏液细胞的密度分别为 48.38 ± 26.75 个/ 0.01mm^2 、 45.79 ± 12.69 个/ 0.01mm^2 和 48.49 ± 14.46 个/ 0.01mm^2 ,差异不显著;但口咽腔、食道和食道三部分与肠道相比,黏液细胞密度低,差异极显著。

表1 波纹唇鱼消化道不同部位黏液细胞的细胞数(细胞个数/ 0.01mm^2 , mean \pm SD)

Table 1 Number of mucous cells in different parts of digestive tract of

Cheilinus undulates Rüppell (cell number/ 0.01mm^2 , mean \pm SD)

器官 Organ	黏液细胞总数 Total number of mucous cells	Type I	Type II	Type III	Type IV
口咽腔 Buccopharyngeal cavity	36.54 ± 12.59^{ac}	0	12.80 ± 6.77^c	0.83 ± 1.56^a	22.91 ± 16.40^a
舌 Tongue	28.00 ± 6.72^a	0	10.96 ± 2.95^c	0.32 ± 0.87^a	16.72 ± 6.65^a
食道 Esophagus	27.84 ± 11.05^a	0	4.88 ± 3.31^a	8.48 ± 6.03^c	14.48 ± 8.21^a
小肠前部 Anterior intestine	48.38 ± 26.75^c	2.56 ± 3.08^a	10.43 ± 6.70^{bc}	12.09 ± 8.55^{cd}	23.29 ± 14.83^a
小肠后部 Pyloric intestine	45.79 ± 12.69^c	2.34 ± 2.11^a	6.61 ± 7.25^{abc}	21.90 ± 10.13^c	14.93 ± 10.35^a
直肠 Rectum	48.49 ± 14.46^c	2.98 ± 3.36^a	13.79 ± 6.52^b	12.80 ± 6.69^{cc}	18.91 ± 8.90^a

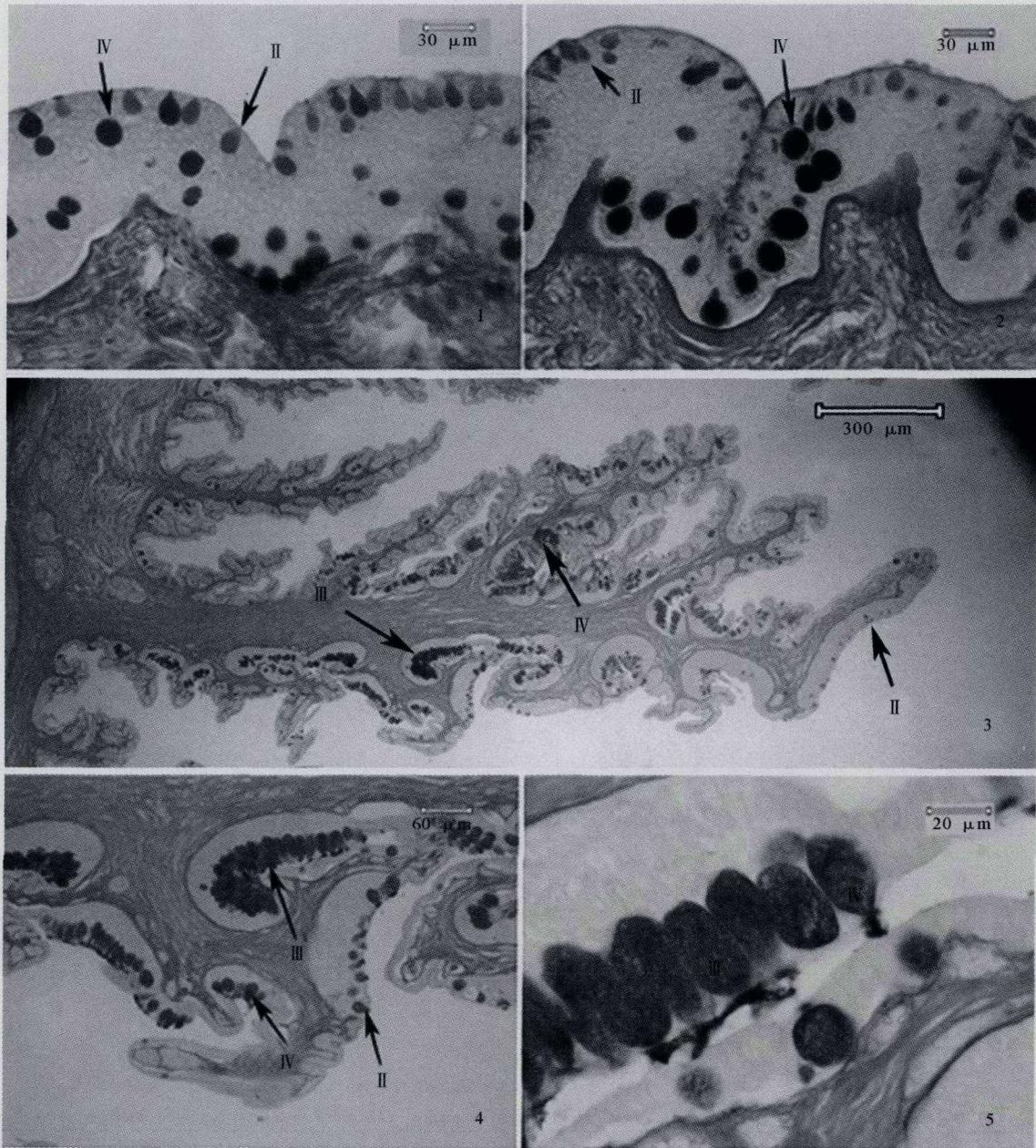
注:表1中同一型号黏液细胞同列肩标有相同字母者表示组间差异不显著($P > 0.05$),字母相邻者表示组间差异显著($P < 0.05$),字母相隔者表示组间差异极显著($P < 0.01$)

波纹唇鱼消化道各部分黏液细胞的大小也存在显著性差异(表2)。口咽腔、舌、食道部位黏液细胞的平均长径分别为 18.01 ± 1.35 、 17.23 ± 1.51 、 $24.69 \pm 3.40\mu\text{m}$,差异显著;小肠前部、后部、直肠部位黏液细胞的长径分别为 16.92 ± 1.69 、 14.84 ± 1.62 、 $16.25 \pm 3.76\mu\text{m}$,差异不显著;但口咽腔、食道、食道三部分与肠道相比,黏液细胞长径更大,差异极显著。口咽腔、舌、食道部位黏液细胞的平均短径分别为 12.55 ± 0.96 、 12.22 ± 1.62 、 $14.61 \pm 2.44\mu\text{m}$,差异不显著;小肠前部、后部、直肠部位黏液细胞的短径分别为 5.34 ± 1.27 、 3.76 ± 0.81 、 $4.22 \pm 0.96\mu\text{m}$,差异不显著;但口咽腔、舌、食道三部分与肠道相比,短径更大,差异极显著。

口咽腔、舌黏膜层中的黏液细胞多呈梨状或囊状(图版Ⅰ-1、图版Ⅰ-2),体积较大;食道黏膜层中的黏液细胞位于指状突起顶部的多呈圆球型,基部的多呈梨状或囊状(图版Ⅱ-4、图版Ⅱ-5);肠道中的黏液细胞密度最大,但黏液细胞的体积一般较小,多呈杯状和棒状,在黏膜指状突起基部的黏液细胞有些呈囊状(图版Ⅱ-7~图版Ⅱ-11)。

2.3 鱼类消化道各部位分泌能力

波纹唇鱼消化道各部位的黏液细胞数量、体积都有差异,以消化道各部位的黏液细胞相对总面积(单位面积的细胞数量与细胞平均面积之积)表示黏液细胞的分泌能力 P ,对消化道各部位的分泌能力 P 进行比较,结果见表3。可知口咽腔、舌和食道的黏液物质分泌能力 P 分别为 1596.57 ± 303.89 、 1226.35 ± 226.94 、 1827.84 ± 436.07 ,跟食道差异极显著;小肠前部、后部和直肠的黏液物质分泌能力 P 分别为 740.49 ± 356.42 、 399.70 ± 222.35 、 506.01 ± 138.04 ,差异不显著。食道和口咽腔的黏液物质分泌能力最强,远远强于肠道;小肠前部的分泌能力比其后部和直肠的要强。



1. 口咽腔;2. 舌;3. 食道横切;4,5. 食道中的黏液细胞

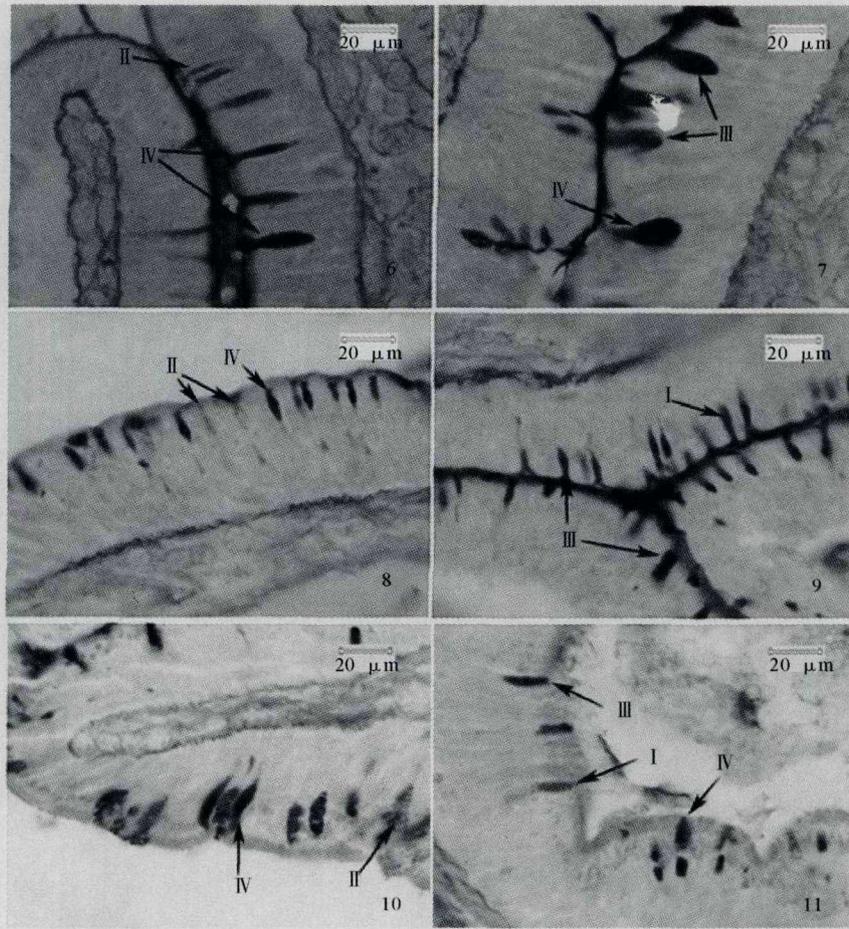
I: AB-PAS 染色呈红色, 含有 PAS 阳性的中性粘多糖; II: AB-PAS 染色呈蓝色, 含有 AB 阳性的酸性粘多糖; III: AB-PAS 染色呈紫红色, 主要含有 PAS 阳性的中性粘多糖, 同时含有少量 AB 阳性的酸性粘多糖; IV: AB-PAS 染色呈蓝紫色, 主要含有 AB 阳性的酸性粘多糖, 同时含有少量 PAS 阳性的中性粘多糖

1. Buccopharyngeal cavity; 2. Tongue; 3. Cross section of esophagus; 4, 5. Mucous cells in esophagus

I: In pure red color, only PAS positive, containing neutral mucoitin; II: Only AB positive, AB-PAS that represent pure blue color, containing acid mucoitin; III: In purplish blue color, both AB and PAS positive, containing mainly acid mucoitin and slightly neutral mucoitin; IV: Like type III, AB and PAS are all positive, but which containing mainly neutral mucoitin and slightly acid mucoitin, and represent bluish purple color

图版 I 波纹唇鱼口咽腔、舌和食道中的黏液细胞

Plate I Mucous cells in buccopharyngeal cavity, tongue and esophagus of *Cheilinus undulatus* Rüppell



6. 小肠前部黏膜层顶部;7. 小肠前部黏膜层基部;8. 小肠后部黏膜层顶部;9. 小肠后部黏膜层基部;10. 直肠黏膜层顶部;11. 直肠黏膜层基部

6. Top of mucous layer in anterior intestine;7. Basal of mucous layer in anterior intestine;8. Top of mucous layer in pyloric intestine;9. Basal of mucous layer in pyloric intestine;10. Top of mucous layer in rectum;11. Basal of mucous layer in rectum

图版 II 波纹唇鱼肠道中的黏液细胞

Plate II Mucous cells in the intestine of *Cheilinus undulates* Rüppell

表 2 波纹唇鱼消化道不同部位黏液细胞的大小(mean±SD)

Table 2 Size of mucous cells in different parts of the digestive tract of *Cheilinus undulates* Rüppell (mean±SD)

		口咽腔(μm)	舌(μm)	食道(μm)	小肠前部(μm)	小肠后部(μm)	直肠(μm)
		Buccopharyngeal cavity	Tongue	Esophagus	Anterior intestine	Pyloric intestine	Rectum
Type I	长径 Major diameter				14.21±4.87 ^a	14.09±4.32 ^a	11.90±5.75 ^a
	短径 Minor diameter				6.36±2.56 ^b	3.68±1.31 ^a	4.40±0.70 ^a
Type II	长径 Major diameter	17.95±1.95 ^a	16.35±2.66 ^a	19.83±4.39 ^a	17.50±4.35 ^a	16.75±3.61 ^a	18.36±5.71 ^a
	短径 Minor diameter	11.05±0.90 ^c	9.50±2.57 ^c	14.67±3.43 ^c	4.06±1.72 ^a	3.50±1.83 ^a	4.00±1.04 ^a
Type III	长径 Major diameter			26.29±5.31 ^c	17.09±2.48 ^a	15.33±3.14 ^a	17.72±3.85 ^a
	短径 Minor diameter			13.92±3.02 ^c	4.77±1.23 ^a	3.78±1.54 ^a	3.33±1.25 ^a
Type IV	长径 Major diameter	18.32±2.06 ^{bc}	18.08±2.02 ^b	24.33±4.55 ^d	18.00±4.04 ^{abc}	14.81±1.96 ^a	14.91±6.09 ^{ab}
	短径 Minor diameter	13.82±1.71 ^c	14.88±2.10 ^c	15.88±5.06 ^c	6.06±2.07 ^a	3.56±1.47 ^a	4.32±1.75 ^a
平均 Mean	长径 Major diameter	18.01±1.35 ^c	17.23±1.51 ^b	24.69±3.40 ^c	16.92±1.69 ^{abc}	14.84±1.62 ^a	16.25±3.76 ^{abc}
	短径 Minor diameter	12.55±0.96 ^c	12.22±1.62 ^c	14.61±2.44 ^c	5.34±1.27 ^a	3.76±0.81 ^a	4.22±0.96 ^a

注:表2中同一型号黏液细胞同行肩标有相同字母者表示组间差异不显著($P>0.05$),字母相邻者表示组间差异显著($P<0.05$),字母相隔者表示组间差异极显著($P<0.01$)

表3 消化道不同部位黏液细胞分泌能力(P)值的比较(mean±SD)

Table 3 Secretion ability of mucous cells in different parts of the digestive tract of *Cheilinus undulates* Rüppell (mean±SD)

器官 Organ	分泌能力(P) Secretion ability of mucous cells				
	总和 Total	Type I	Type II	Type III	Type IV
口咽腔 Buccopharyngeal cavity	1 596.57±303.89 ^{de}		499.95±78.45 ^e		1 142.07±220.03 ^e
舌 Tongue	1 226.35±226.94 ^{cd}		335.09±108.99 ^e		891.26±200.33 ^{de}
食道 Esophagus	1 827.84±436.07 ^e		275.72±72.82 ^{ce}	606.21±165.33 ^d	1 083.77±374.72 ^e
小肠前部 Anterior intestine	740.49±356.42 ^{ab}	43.96±19.20 ^b	148.18±68.82 ^{ab}	189.84±41.61 ^b	507.10±226.78 ^{bc}
小肠后部 Pyloric intestine	399.70±222.35 ^a	24.52±12.02 ^a	81.28±58.69 ^a	246.80±106.15 ^b	156.96±73.33 ^a
直肠 Rectum	506.01±138.04 ^a	29.59±13.25 ^a	195.62±73.54 ^{bc}	142.49±43.07 ^a	238.04±146.07 ^{ab}

注:表中同一型号黏液细胞同列肩标有相同字母者表示组间差异不显著($P>0.05$),字母相邻者表示组间差异显著($P<0.05$),字母相隔者表示组间差异极显著($P<0.01$)

3 讨论

3.1 波纹唇鱼黏液细胞的分类及其在消化道中的分布

鱼类黏液细胞的分类方式,一是根据黏液细胞的形状,划分为梨状、囊状和棒状黏液细胞(Sibbing *et al.* 1985;袁金铎等 1997)。二是根据黏液细胞所含分泌物质的化学成分不同来划分,消化道黏液细胞中黏液的主要成分是黏多糖与黏蛋白,黏多糖分中性黏多糖和酸性黏多糖,在酸性黏多糖中含有羧基(-COOH)、硫酸基(-SO₃H)和磷酸基(-OPO₃H₂),染色能使中性黏多糖着红色,AB染色(pH为2.6)能使酸性黏多糖着蓝色。根据这一原理,安利国等(2001)、尹苗等(2000、2001)、刘怀如等(2002)、王宜艳等(2004、2005)、何敏等(2007)分别对鲤鱼 *Cyprinus carpio*、胡子鲶 *Clarias fuscus*、南方鲇 *Silurus meridionalis*、皱纹盘鲍 *Haliotis discus* 和重口裂腹鱼 *Schizothorax davidi* 消化道内的黏液细胞进行了研究,并根据内含物的不同而分为I型、II型、III型和IV型黏液细胞。作者按后一种分类方式对波纹唇鱼黏液细胞进行划分。

鱼类黏液细胞在消化道中的分布,国内外都进行了大量的研究。由表1可见,波纹唇鱼肠道中含有的黏液细胞总密度比口咽腔、舌、食道中的都大,统计检验呈极显著($P<0.01$)。可知肠道中黏液细胞的数量是最多的,这与鲤鱼、胡子鲶、南方鲇和重口裂腹鱼研究结果相一致。鱼类消化道黏液细胞的密度跟其食性密切相关,一般草食性的鱼类消化道内黏液细胞数量最大,杂食性的鱼类次之,肉食性的鱼类最少(尾崎久雄等 1985)。波纹唇鱼为肉食性鱼类,但其消化道各部黏液细胞的数量比鲤鱼、胡子鲶、重口裂腹鱼等鱼类的多很多,这可能与该鱼无胃,并且肠道短有关,单位面积内黏液细胞增多有助于对食物的消化。由表2可见,食道中的黏液细胞体积最大,而肠道中黏液细胞的体积最小,这跟其他学者研究的结果也基本一致。

3.2 鱼类消化道各部分泌能力比较与波纹唇鱼的消化生理

作者认为仅从黏液细胞的密度或细胞大小研究消化道各部位的黏液分泌能力不够完整,故以消化道各部位的黏液细胞相对总体积(单位面积的细胞密度与细胞体积之积)表示黏液分泌能力,对波纹唇鱼消化道各部位的分泌能力进行比较,结果见表3。可以看出,食道和口咽腔的黏液物质分泌能力最强,远远强于肠道;小肠前部的分泌能力比其后部和直肠的更强。

波纹唇鱼口咽腔和舌上皮的黏液细胞主要以II型和IV型为主,说明该鱼在口咽腔内主要分泌酸性黏液。波纹唇鱼主要以坚硬的贝类、甲壳类为食(Randall *et al.* 1978;Choat *et al.* 2006;Sadovy *et al.* 2004),口腔内酸性的黏液物质有助于软化食物,同时还能润滑食物而保护口咽腔的上皮黏膜。值得注意的是,波纹唇鱼口咽腔的黏液数量多,更大的黏液物质分泌能力似乎可以作为缺少胃器官的补充,起到其他有胃动物中胃液的部分作用。

波纹唇鱼食道和肠道黏膜指状突起的顶端和游离面的黏液细胞全部为Ⅱ型和Ⅳ型,分泌物以酸性为主,而底部和相邻的两个指状突起之间的凹陷处的黏液细胞主要以Ⅲ型和Ⅳ型为主,分泌物中酸性物质和中性物质兼有。从消化道各部位看,食道和小肠前部分泌的酸性黏液物质较多,而小肠后部和直肠内酸性和中性两种黏液物质含量基本一致,这与波纹唇鱼的食物消化过程是相适应的,食物经过十分发达的颌齿和咽齿的嚼磨后通过食道进入小肠,食糜团内含有大量的动物骨骼,消化道各部位分泌的酸性黏液物质不仅能润滑食物,还可以软化骨骼碎片等坚硬而锋利的物质,从而更好的保护消化道黏膜层,同时酸性黏液物质易与蛋白酶形成复合物,起到稳定酶的作用。而消化道指状突起之间的凹陷处与食糜团不直接接触,分泌的黏液物质中酸性物质相对弱,可能与提供食物消化所需要的化学环境有关。

有关资料报道,黏液细胞分泌的中性黏液物质在消化道黏膜表面可形成1层黏液膜,不易被酸液破坏,有保护消化道黏膜上皮,防止蛋白酶对上皮细胞侵蚀的作用(冯晓燕等 2003)。波纹唇鱼小肠前部的纹状缘上面覆盖一层被苏木精染成紫色的嗜碱性物质,小肠后部较少(陈国华等,波纹唇鱼消化系统的组织学,手稿),从着色特性分析,这层黏液物质是酸性的,来源可能与能分泌酸性黏液物质的Ⅱ型和Ⅳ型黏液细胞有关,可以推测其黏膜指状突起的游离部具有较强的耐酸性。

参 考 文 献

- 王宜艳,孙虎山,郑美玉. 2004. 皱纹盘鲍消化道黏液细胞的类型与分布. 水产科学, 23(5): 1~4
- 王宜艳,韩强,孙虎山. 2005. 短蛸外套膜和足黏液细胞的类型与分布. 动物学杂志, 40(4): 96~99
- 尹苗,安利国. 2000. 鲤鱼黏液细胞类型的研究. 动物学杂志, 35(1): 8~9
- 尹苗,安利国,杨桂文. 2001. 胡子鲶黏液细胞类型及其在消化道中的分布. 动物学报, 47(专刊): 116~119
- 冯晓燕,郑家声,王梅林. 2003. 许氏平鲈消化道的组织化学研究. 青岛海洋大学学报(自然科学版), 33(3): 399~404
- 安利国,王钦东. 2001. 鲤稚幼鱼早期发育过程中黏液细胞的发生和变化. 水生生物学报, 25(2): 191~194
- 刘怀如,张耀光. 2002. 南方鲇消化道杯状细胞分布与类型探讨. 四川动物, 21(1): 6~8
- 何敏,张宇,方静. 2007. 重口裂腹鱼消化道黏液细胞类型及分布研究. 淡水渔业, 37(2): 24~33
- 李桂英,马晓华. 2005. 32例苏眉鱼中毒患者的急救与护理. 现代护理, 11(10): 781~782
- 沈世杰. 1993. 台湾鱼类志. 台北:台湾大学动物学系: 444~456
- 张贺真,王爱丽,刘郁. 2005. 苏眉鱼中毒的急救护理. 罕少疾病杂志, 12(4): 28~29
- 尾崎久雄著,李爱杰,沈宗武译. 1985. 鱼类消化生理(下册). 上海:上海科学技术出版社: 361~378
- 杨桂文,安利国. 1999. 鱼类黏液细胞研究进展. 水产学报, 23(4): 403~408
- 袁金铎,张明,王钦东. 1997. 淡水白鲢黏液细胞类型和分布的研究. 细胞生物学杂志, 1(增刊): 70~72
- Choat, J. H., Davis, C. R., and Ackerman, J. L. 2006. Age structure and growth in a large teleost, *Cheilinus undulatus*, with a review of size distribution in labrid fishes. Mar. Ecol. Prog. Ser. 318: 237~246
- Cinar, K., and Senol, N. 2006. Histological and histochemical characterization of the mucosa of the digestive tract in flower fish (*Pseudophoxinus antalyae*). Anat. Histol. Embryol. 35(3): 147~151
- Hsrris, J. E., Watson, A., and Hunt, S. 1973. Histochemical analysis of mucous cells in the epidermis of brownt rout *Salmo trutta*. J. Fish Biol. 5: 345~351
- Olivier, C., and Laurent, W. 2006. Site fidelity and activity patterns of a humphead wrasse, *Cheilinus undulatus* (Labridae), as determined by acoustic telemetry. Environ. Biol. Fishes, 187~196
- Randall, J. E., Head, S. M., and Sanders, A. P. L. 1978. Food habits of the giant humphead wrasse, *Cheilinus undulatus* (Labridae). Environ. Biol. Fishes, 3, 235~238
- Sadovy, Y., Kulbicki, M., Labrosse, P. et al. 2004. The humphead wrasse, *Cheilinus undulatus*: synopsis of a threatened and poorly known giant coral reef fish. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 13: 327~364
- Shan, K. K., and Agarwal, S. K. 1991. Histochemistry of adhesive disc epidermis of a hill stream fish, *Garra gotyla*. J. Animal Morphol. 38(12): 9~12
- Sibbing, F. A., and Uribe, R. 1985. Regional specializations in the oro-pharyngeal wall and food processing in the carp (*Cyprinus carpis* L.). Netherlands Journal of Zoology, 35(3): 377~422
- Zaccone, G. 1973. Morphochemical analysis of the mucous cells during the development of the respiratory tract in *Mollienisia sphenops* (Teleostei; Poeciliidae). Acta Histochem. 47(2): 233~243