

刺鲃幼鱼消化系统形态学和组织学研究

度云^{1,2}, 肖调义¹, 李伟臣²

(1. 湖南农业大学水生生物学实验室, 湖南长沙 410128;

2. 宜春学院生命科学与资源环境学院, 江西宜春 336000)

摘要: 采用活体解剖、测量、组织学、组织化学等方法, 对采自江西宜锦江的 51 尾刺鲃 (*Spinibarbus caldwelli*) 幼鱼消化系统组织和形态学进行了研究。结果表明: (1) 刺鲃消化腺包括胆囊、肝脏和胰脏, 消化道包括口咽腔、食道、肠和肛门, 无胃; (2) 口亚下位, 口咽腔占头长比例很大, 均值为 0.92; 口裂长/吻长均值为 0.86。口咽腔上皮为复层鳞状上皮, 含有大量的黏液分泌细胞和味蕾结构; (3) 食道粗短, 前段有味蕾, 内壁有较深的纵向褶皱; 肌层发达, 内外肌层间分布有发达的有髓鞘神经纤维丛; 黏膜下层有发达的黏膜肌, 黏膜层内有大量的杯状细胞、黏液分泌细胞, 还有柱状上皮区域, 游离面具有纹状缘; (4) 肠盘曲 7 次, 分为前肠、中肠和后肠, 前肠和中后肠黏膜皱褶数量、黏膜皱褶高度、柱状上皮细胞高度显著减少 ($P < 0.05$); 肠道各段肌层厚度有极显著差异 ($P < 0.01$); 杯状细胞的数量从前肠往后肠呈高-低-高趋势, 后肠数量最多, 前后肠与中肠有显著差异 ($P < 0.05$); 肠道系数为 (2.07 ± 0.03) ; (5) 食道及肠道各段粘膜上皮中下层发现数量较多嗜伊红颗粒细胞; (6) 肝不分页, 为长条形, 胆囊被肝包围, 比肝胰脏重 $(1.37 \pm 0.06)\%$ 。胰脏散布于肝脏、胆囊及消化管系膜周围, 少量组织分布于肝门静脉周围形成肝胰脏; 数个大小不一的独立 Brockmann 小体散布在食管及前肠连接部周围; (7) 肠长 (Y) 与全长 (L) 的关系呈线性相关: $Y = 2.1048L - 0.474 (R^2 = 0.669, F_{1,49} = 99.05, P < 0.01)$, 锦河刺鲃幼鱼肠道特征为杂食性偏植食性。

关键词: 刺鲃; 消化系统; 形态学; 组织学

中图分类号: Q955 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-3075(2019)04-0083-10

鱼类消化系统是由消化道和消化腺两部分组成。消化道可分为口咽腔、食道、胃、肠等。大型消化腺有肝脏和胰脏, 一些种类还有食管腺、胃腺、肠腺等小型消化腺, 来源于胚胎期的原肠, 由内胚层和脏壁中胚层细胞共同分化形成 (楼允东, 1998)。消化道主要起到摄食、运送、存储、消化食物以及吸收营养物质的作用, 此外还具有控制水分和离子平衡、调节渗透压和免疫防御等功能。消化腺主要分泌消化液, 参与消化与吸收功能, 此外还参与机体代谢等功能 (孟庆闻和苏锦祥, 1987)。鱼类消化系统的形态学和组织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 (楼允东, 1998; 林浩然, 2007)。

刺鲃 (*Spinibarbus caldwelli* Nichols) 隶属于鲤科、鲃亚科、倒刺鲃属, 俗称“娟鱼”、“阳鲃”, 广泛分布于长江、珠江、九龙江、闽江及海南岛等水系, 为中下层鱼类, 栖息于水质清澈、砾石底、水流湍急的河段, 主要以浮游植物、底栖动物以及少量浮游动物为食 (伍献文, 1964; 1977; 叶钊等, 2007, 李红敬, 2007)。刺鲃作为一种大中型的重要经济鱼类, 肉质肥嫩, 深受消费者的喜爱。近年来, 由于过度捕捞和生存环境遭到破坏, 野生刺鲃的种群数量急剧减少, 目前仅存于江西、广东、福建等。

以往有学者已对刺鲃做了大量的研究, 包括分类及生物学 (伍献文, 1964; 1977)、生物地理学与遗传特性 (唐琼英等, 2003; 黄种持等, 2008)、发育生物学 (林丹军等, 2003; 尤永隆等, 2004)、应用生态学 (黎臻, 2013; 张饮江等, 2015)。然而, 在消化系统方面, 仅见解剖学的简略描述 (叶钊等, 2007), 组织学特征尚未见报道。认识和研究刺鲃幼鱼消化系统的形态学和组织学特征, 了解消化系统结构与功能的关系, 探讨消化和吸收机理, 可为其营养学及养殖技术研究提供理论依据, 同时丰富鱼类的形态学、组织学等基础生物学资料。

收稿日期: 2017-11-18

基金项目: 国家公益性行业 (农业) 科研专项 (201303056-7)。

作者简介: 度云, 1973 年生, 男, 讲师, 在读博士, 主要从事鱼类种质资源及遗传育种研究。E-mail: fisher007@163.com

通信作者: 肖调义, 男, 1964 年生, 教授, 博士生导师, 主要从事水生经济动物育种、水生生物资源与增养殖技术研究。E-mail: tyxi-aol128@163.com

1 材料和方法

1.1 材料

2013年3-6月从江西锦江宜春上高江段收集1~2龄的野生刺鲃幼鱼51尾,健康无病,全长10.80~24.20 cm,均值(17.42±2.15) cm,体重15.40~174.80 g,暂养于实验室玻璃水族箱,48 h禁食后解剖并取材。

1.2 方法

先测量鱼体外部的全长、口裂长、吻长以及体重等生物学指标(孟庆闻和苏锦祥,1987);然后打开体腔观察消化系统形态结构,摄像并测量口咽腔长、食道长、肠长、腹腔长、肝胰脏质量等指标(潘黔生等,1996),计算公式如下:肠道系数=肠长/全长;比肝胰脏重=肝胰脏重/体重×100%。

取20尾幼鱼样本用于组织学研究,按顺序分别取肝胰脏、口咽腔、食道、前肠、中肠及后肠各3小块,置于Bouin氏液、Carnoy氏液和中性甲醛液中常温固定24~36 h,然后保存于70%酒精中。梯度乙醇脱水、Von-clear透明、常规石蜡包埋,切片厚度4~5 μm,H.E、改良Mallory三色法染色作一般组织学观察,阿尔新蓝(AB)、AB-PAS、AB-PAS-H染色主要显示黏液细胞的组化性质,黏液细胞分类参照文献(尹苗和安利国,2000),贝索封片胶封片,Motic数码显微镜(BA300)观察摄像,Motic Images Advanced 3.2软件计量,取材的每一组织结构随机取10张切片观察,每片计数5个视野,共计数50个视野。组织学形态指数测定参照陈国华等(2010)方法。

1.3 数据处理

实验数据使用Excel 2007和SPSS 19进行统计分析,描述性统计值用平均值±标准差(M±SD)表示。采用单因素方差分析(One-way ANOVA)及后续的LSD分析比较数据,判断差异显著性, $P<0.05$ 表示差异显著, $P<0.01$ 表示差异极显著。采用线性回归描述肠长与全长的关系;回归方程采用F-检验相关显著性。

2 结果

2.1 消化系统的形态特点

刺鲃口亚下位,马蹄形。口腔形状为宽扁形,口裂略深,张开程度小,不能向前伸出,口裂长/吻长为(0.86±0.09)(表1);咽部的左右两侧各有5对鳃裂贯穿,鳃弓内缘具有短而稀鳃耙,鳃耙数10~12枚

(3-4+7-8);无颌齿,咽骨狭长,下咽齿稍侧扁,末端钩状,咽齿3行,齿式2.3.5/5.3.2。口咽腔/头长为(0.92±0.04)。

刺鲃消化系统由消化道及附属腺体组成。消化道呈五环型盘曲于胸腹腔,可分为口咽腔、食道、肠和肛门4部分,无胃(图版I-a)。食道粗短,食道长/腹腔长为(0.11±0.02)。紧连食道后为肠前段,为一膨大直管(图版I-b),管径远大于中后段肠,长度约占肠长的16.93%;肠中段为肠第1个转折到最后1个转折,约占肠长的61.40%;肠后段为最后1个转折到肛门的部分,约占肠长的21.67%,共7个转折,末端开口为肛门,肠道系数为(2.07±0.03)。肠长(Y)与全长(L)的关系呈线性相关: $Y=2.1048L-0.474$, ($R^2=0.669$, $F_{1,49}=99.05$, $P<0.01$) (图1)。肝脏不分叶,呈黄褐色或淡红色,位于腹腔前端,表面有层很薄的浆膜。胰脏弥散性分布在消化管系膜及肝脏内,比肝胰脏重为(1.37±0.06)。刺鲃的消化系统参数见表1。

表1 刺鲃消化系统参数

Tab.1 Characters of digestive system of <i>S. caldwelli</i> (n=51)			
性状	数值	性状	数值
肠盘旋次数	7	比肝胰脏重/%	1.37±0.06
口裂长/吻长	0.86±0.09	肠道系数	2.07±0.03
口咽腔长/头长	0.92±0.04	食道长/腹腔长	0.11±0.02

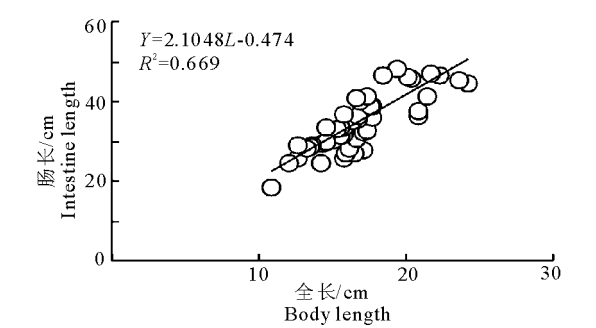


图1 刺鲃全长与肠长的关系

Fig.1 Relationship between the total length and intestine length of *S. caldwelli*

2.2 消化道组织形态指数

刺鲃消化道组织形态指数见表2。黏膜褶皱数量食道最少,为(21.02±1.16)个;前肠最多,为(46.66±2.20)个。前肠的黏膜褶皱高度最大,为(883.19±115.36) μm。食道的黏膜下层和环肌层厚度最大,分别为(223.27±65.27) μm和(147.08±18.24) μm;肛门处最小,分别为(62.92±15.00) μm和(46.15±5.13) μm。食道的纵肌层厚度最大,为(76.49±15.81) μm,后肠最小,为(31.09±

5.08) μm 。前肠浆膜层厚度最大,为(8.40 $\pm$ 0.88) μm ,中肠最小,为(2.79 $\pm$ 0.29) μm 。前肠和中后肠的黏膜皱褶数量、黏膜皱褶高度、粘膜下层厚度有极显著差异($P<0.01$)。肠道各段的纵肌层和环肌层厚度有极显著差异($P<0.01$);而粘膜下层

无显著差异。柱状细胞高度前肠最大,为(64.25 $\pm$ 11.32) μm ,与中、后肠差异显著($P<0.05$)。杯状细胞的数量后肠最大,均值为(844.07 $\pm$ 224.92)个/ mm^2 ,前肠和后肠无显著差异,前后肠与中肠有显著差异($P<0.05$)。

表 2 刺鲃消化道组织形态指数

Tab.2 Morphological indices of the *S. caldwelli* digestive tract (n=20)

形态指数	食道	前肠	中肠	后肠	肛门
黏膜皱褶/个	21.02 $\pm$ 1.16 ^g	46.66 $\pm$ 2.20 ^a	35.58 $\pm$ 1.65 ^c	34.72 $\pm$ 2.73 ^c	29.52 $\pm$ 2.48 ^e
黏膜皱褶高度/ μm	417.59 $\pm$ 319.96 ^e	883.19 $\pm$ 115.36 ^a	490.68 $\pm$ 49.65 ^c	568.62 $\pm$ 160.53 ^c	380.27 $\pm$ 50.66 ^e
黏膜下层厚度/ μm	223.27 $\pm$ 65.27 ^a	89.06 $\pm$ 22.26 ^c	82.34 $\pm$ 22.45 ^c	82.06 $\pm$ 24.88 ^c	62.92 $\pm$ 15.00 ^e
环肌层厚度/ μm	147.08 $\pm$ 18.24 ^a	119.24 $\pm$ 38.24 ^c	97.98 $\pm$ 15.85 ^e	47.77 $\pm$ 10.54 ^g	46.15 $\pm$ 5.13 ^g
纵肌层厚度/ μm	76.49 $\pm$ 15.81 ^a	51.35 $\pm$ 7.08 ^c	35.49 $\pm$ 6.66 ^e	31.09 $\pm$ 5.08 ^g	51.14 $\pm$ 10.90 ^c
浆膜层厚度/ μm	6.69 $\pm$ 1.05 ^c	8.40 $\pm$ 0.88 ^a	2.79 $\pm$ 0.29 ^e	3.08 $\pm$ 0.74 ^e	6.79 $\pm$ 0.76 ^c
杯状细胞/个 $\cdot\text{mm}^{-2}$	-	775.63 $\pm$ 140.90 ^a	640.81 $\pm$ 153.97 ^b	844.07 $\pm$ 224.92 ^a	-
柱状细胞高度/ μm	-	64.25 $\pm$ 11.32 ^a	35.33 $\pm$ 9.27 ^b	32.69 $\pm$ 6.95 ^b	-

注:同行相同字母者表示组间差异不显著($P>0.05$);字母相邻者表示差异显著($P<0.05$);字母相隔者表示差异极显著($P<0.01$)。

Note: The same superscript in the same row indicates no significant difference ($P>0.05$); Values with neighboring superscripts in the same row indicate significant difference ($P<0.05$); Values with apart superscripts in the same row indicate extremely significant difference ($P<0.01$).

2.3 消化道的组织结构

2.3.1 口咽腔 口腔顶壁与底壁主要由黏膜层、黏膜下层和肌层组成,缺乏浆膜层。黏膜层为复层鳞状上皮,有12~23层细胞,厚(159.88 $\pm$ 48.33) μm ,变化较大。在一些区域黏膜上皮向腔面凸出形成皱褶、向黏膜下层凹陷形成腺体(图版 I-c)。粘膜层由外向内可分为3层(图版 I-d),表层有角质化现象,由2~4层扁平细胞及与之相间的少量杯状细胞和大量的粘液细胞组成。中间层细胞层次较多,内有大量的黏液分泌细胞、棒状细胞和多边形细胞;AB-PAS染色切面上可见成堆的、巨型的粘液细胞(II型),呈椭圆形或近球形,内有蓝色的分泌物;在一些区域也有大量显PAS阳性粘液细胞(I型),还有少量红紫色(III型)、蓝紫色(IV型)粘液细胞分散在其中(图版 I-g)。基底层由1~2层矮柱状细胞组成。黏膜上皮是固有膜,主要由染色较深的致密结缔组织构成,固有膜向上皮突起形成乳头,支持味蕾,味蕾呈花蕾状,味孔开口略低于表层角化细胞(图版 I-f),切面尺寸(120.53 $\pm$ 20.45) $\mu\text{m} \times$ (40.92 $\pm$ 5.02) μm 。黏膜下层主要由疏松结缔组织组成,厚(311.46 $\pm$ 61.71) μm ,Mallory三色法染呈蓝色,并伸入肌层交织成网状(图版 I-e);肌层很发达,主要为横纹肌,厚度为(3.475 $\pm$ 0.96)mm。

2.3.2 食道 管壁较厚,有16~23个纵行黏膜褶皱,皱褶上富含二级指状突起,在褶皱的一些区域,一级突起和二级突起之间相互连接(图版 I-h)。食

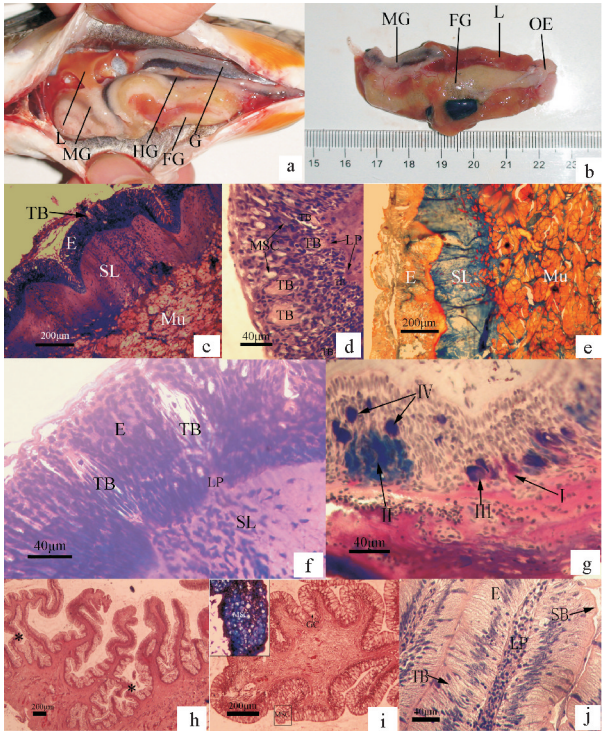
道由黏膜层、黏膜肌层、肌肉层和浆膜层组成。黏膜皱褶高(417.59 $\pm$ 319.96) μm ,黏膜上皮由复层上皮构成,黏膜上皮间有大量的杯状细胞,大小(22.22 $\pm$ 1.87) $\mu\text{m} \times$ (11.72 $\pm$ 1.28) μm ,和黏液分泌细胞在一些区域聚集成群分布(图版-i);头段上皮中有少量味蕾结构(图版 I-j);皱褶侧面可见有神经元细胞的突起与杯状细胞或粘液细胞的基底相连,控制其分泌活动;还有数量较多的颗粒分泌细胞,主要分布于粘膜上皮中下层;食道黏膜皱褶侧面以及柱状上皮区域,游离面具有纹状缘(图版 II-a)。通过AB-PAS染色法观察可以发现,食道上皮中含有的粘液细胞多呈圆形和椭圆形,主要为II型和IV型,其次是III型,I型极少(图版 II-b)。固有膜中有少量平滑肌;黏膜下层充满了内纵外环的黏膜肌,为横纹肌,厚(223.27 $\pm$ 65.27) μm ,且Mallory三色法染呈蓝色的疏松结缔组织伸入肌层交织成网状(图版 II-c)。肌层很发达,外层由纵肌组成,内层由环肌组成,厚度分别为(76.49 $\pm$ 15.81) μm 和(147.08 $\pm$ 18.24) μm ;纵肌层为括约肌,内外肌层间分布有发达的有髓鞘神经纤维丛,为运动神经末梢;每个括约肌收缩单位主要为富含骨骼肌纤维的椭圆形囊状结构(图版 II-d)。浆膜层由一薄层扁平的间皮细胞组成,厚(6.69 $\pm$ 1.05) μm 。食道周围有通过系膜与之相连的丰富的胰脏组织,其中发现数个Brockmann小体(图版 II-e)。

2.3.3 肠 前肠黏膜层向肠腔突起形成丰富的皱

褶,数量多,比较直,高(883.19 ± 115.36) μm ,分枝较少(图版 II-f)。肠中段黏膜皱褶分枝开始增加(图版 II-g),高(490.68 ± 49.65) μm 。肠后段黏膜皱褶开始出现弯曲,排列不整齐,分枝比中肠多,皱褶有多指状、人形状、倒 V 状突起等(图版 II-h),高(568.62 ± 160.53) μm 。三者的肠壁组织结构大致相似,无肠腺结构。黏膜上皮主要由高柱状的单层细胞和杯状细胞构成,柱状细胞核呈椭圆形位于细胞中下部,游离端的纹状缘明显,前、中、后肠纹状缘平均高度分别为(3.99 ± 0.61) μm 、(3.56 ± 0.62) μm 、(3.02 ± 0.81) μm ;柱状细胞高度依次递减,核大小分别为(14.48 ± 1.04) $\mu\text{m}\times$ (5.68 ± 0.58) μm 、(14.62 ± 1.73) $\mu\text{m}\times$ (5.05 ± 0.56) μm 、(12.32 ± 1.82) $\mu\text{m}\times$ (4.16 ± 0.46) μm 。肠上皮的杯状细胞有常见的杯状细胞、带有囊状内含物的杯状细胞和 H.E 染成深色的杯状细胞 3 种类型(图版 II-i);肠前段杯状细胞数量比肠中段多,却比肠后段少,从前往后分别为(775.63 ± 140.90)个/ mm^2 、(640.81 ± 153.97)个/ mm^2 、(844.07 ± 224.92)个/ mm^2 ,杯状细胞大小分别为(23.55 ± 2.86) $\mu\text{m}\times$ (8.48 ± 2.01) μm 、(22.07 ± 2.36) $\mu\text{m}\times$ (9.02 ± 1.74) μm 、(24.06 ± 2.22) $\mu\text{m}\times$ (10.60 ± 1.90) μm ,常有 2~3 个杯状细胞重叠在一起的现象(图版 II-j)。通过 AB-PAS 染色,可以观察到 4 种不同类型的黏液分泌细胞,前肠和中肠主要为 I 型和 III 型(图版 II-k, l),后肠主要为 II 型和 IV 型(图版 II-m)。肌肉层发达,环肌层远远厚于纵肌层,后肠纵肌层近肛门段为括约肌(图版 II-n)。

2.3.4 肛门 肛门是鱼类消化道的最末端,黏膜皱褶弯曲程度最大(图版 III-a),皱褶数量(29.52 ± 2.48)个,高(380.27 ± 50.66) μm 。黏膜层主要由柱状上皮、杯状细胞及黏液细胞构成,少量嗜酸性颗粒细胞分布于上皮基底部(图版 III-b)。柱状细胞高 26.81 ± 2.40 μm 。杯状细胞数量为(554.97 ± 185.68)个/ mm^2 ,大小为(18.92 ± 2.65) $\mu\text{m}\times$ (9.63 ± 1.62) μm ,含有丰富的 II 型和 IV 型黏液细胞,为($3\,070.51\pm258.26$)个/ mm^2 。黏膜下层厚(62.92 ± 15.00) μm ,环肌层厚(46.15 ± 5.13) μm ,纵肌层为括约肌,厚(51.14 ± 10.90) μm ,浆膜厚(6.79 ± 0.76) μm 。

2.3.5 肝脏 肝脏的基本单位是分界不明显的肝小叶,肝细胞呈索状,以中央静脉为中心呈放射状排列,各分支相互连接成网状,间隙为肝血窦和动静脉血管,偶见星形的枯否氏细胞(图版 III-c)。在一些



a: 刺鲃解剖图;b:刺鲃消化系统背面观;c:口咽腔横切(H.E);d:口咽腔横切(H.E);e:口咽腔横切(改良 Mallory 三色法);f:口咽腔横切示角质化上皮和味蕾(H.E);g:口咽腔横切示粘液细胞(AB-PAS);h:食道横切示皱褶连接(H.E);i:食道横切(H.E);j:食道横切示味蕾(H.E)。
OE:食道;FG:前肠;HG:后肠;MG:中肠;L:肝脏;E:上皮;LP:固有膜;SL:黏膜下层;MSC:黏液分泌细胞;GC:杯状细胞;SB:纹状缘;* : 粘膜皱褶连接;TB:味蕾;Mu:骨骼肌;P:胰腺;G:性腺;I : I 型黏液细胞;II : II 型黏液细胞;III : III 型黏液细胞;IV : IV 型黏液细胞。

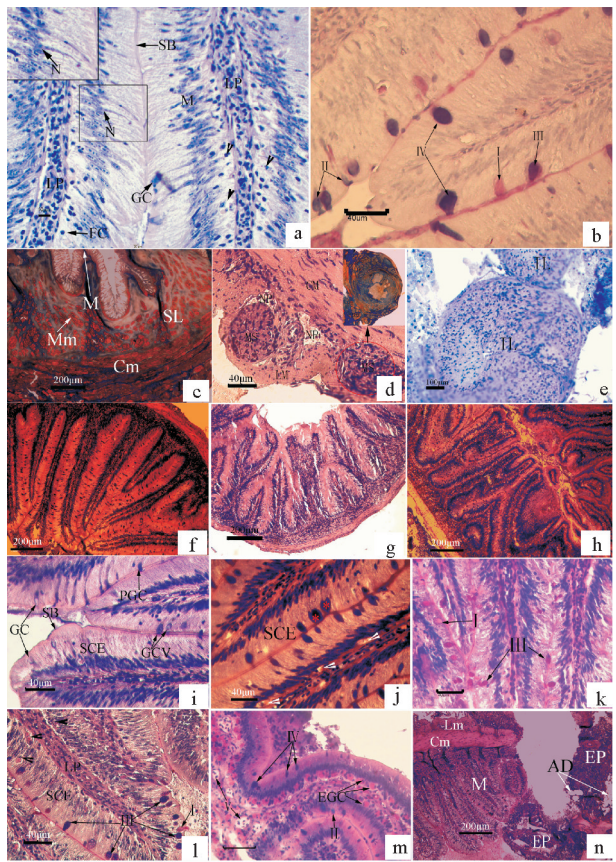
图版 I 刺鲃消化系统解剖及组织学观察

a: *S. caldwelli* anatomy;b: The back view of digestive system of *S. caldwelli*;c: Oropharyngeal cavity crosscut(H.E);d: Oropharyngeal cavity crosscut (H.E);e: Oropharyngeal cavity crosscut (Modified Mallory trichromatic method);f: Oropharyngeal cavity crosscut showing epidermal keratinocytes and taste bud(H.E);g: Oropharyngeal cavity crosscut showing the mucus secreting cell(AB-PAS);h: Oesophagus crosscut(H.E);i: Oesophagus crosscut(H.E);j: Oesophagus crosscut(H.E).
OE: oesophagus;FG: foregut;HG: hindgut;MG: mingut;L: liver;E: epithelium;LP: lamina propria;SL: submucosa;MSC: mucus secreting cell;GC: goblet cell;SB: brush border;* : The connection of mucosal folds;TB: taste bud;Mu: muscoli skeleti;P: panceas;G: gland;I : type I mucous cell;II : type II mucous cell;III : type III mucous cell;IV : type IV mucous cell.

Plate I Anatomical and histological observation of digestive system in *S. caldwelli*

区域肝细胞 PAS 染色呈阳性反应,且连接成片。肝实质中可见小叶间静脉、动脉管和小叶间胆管等结构(图版 III-d)。肝细胞排列紧密,呈多角形或卵圆形,直径(10.91 ± 1.66) μm ,细胞质丰富,细胞核圆形或卵圆形,直径(5.67 ± 0.65) μm ,位于细胞中央或偏于一侧;在一些靠近静脉血管区域,肝细胞体积明显增大(图版 III-e)。在肝实质中可见少量胰腺组

织沿静脉零散分布或围绕静脉呈环状分布,H.E 染色较深,主要由腺泡和排泄管组成,腺泡在切面上呈管状或泡状,形状极不规则(图版Ⅲ-f)。



a: 食道横切示神经元,颗粒分泌细胞,纹状缘(AB-PAS-H); b: 食道横切示粘液细胞(AB-PAS); c: 食道横切示粘膜肌(改良 Mallory 三色法); d: 食道横切示骨骼肌纤维(H.E); e: 食道横切示小体(AB-PAS-H); f: 前肠横切(H.E); g: 中肠横切(H.E); h: 后肠纵切(AB-PAS-H); i: 前肠横切示 3 种杯状细胞(AB-PAS); j: 前肠横切示重叠的杯状细胞(H.E); k: 前肠横切示粘液细胞(AB-PAS); l: 中肠横切示粘液细胞(H.E); m: 后肠横切示粘液细胞(AB-PAS-H); n: 后肠横切示括约肌(AB-PAS-H)。
M: 黏膜层; LP: 固有膜; NP: 神经丛; N: 神经元; →: 颗粒分泌细胞; PGC: H.E 正染色的杯状细胞; SCE: 单层柱状上皮; FC: 基底细胞; SB: 纹状缘; GCV: 带囊腔内含物的杯状细胞; V: 血管; Mm: 粘膜肌; Cm: 环肌层; Lm: 纵肌层; MS: 骨骼肌纤维; EGC: 嗜酸性颗粒细胞; EP: 胰腺外分泌部; IL: Brockmann 小体; AD: 脂肪组织; *: 重叠的杯状细胞。

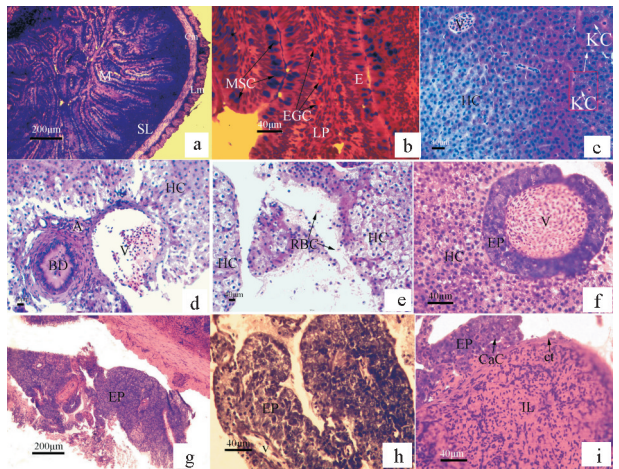
图版Ⅱ 刺鲃消化系统组织学观察

a: Cross section of esophagus showing Neuron ,granular cells, brush border (AB-PAS-H); b: Oesophagus crosscut showing the mucus secreting cell (AB-PAS); c: Oesophagus crosscut showing muscularis mucosae(Modified Mallory trichromatic method); d: Oesophagus crosscut showing skeletal muscle fiber(H.E); e: Oesophagus crosscut showing Brockmann bodies(independent islet of langerhans)(AB-PAS-H); f: Foregut crosscut(H.E); g: Mingut crosscut(H.E); h: Hindgut slitting(AB-PAS-H); i: Cross section of foregut showing goblet cells(AB-PAS); j: Foregut crosscut showing overlapping goblet cells(H.E); k: Foregut crosscut showing the mucus secreting cell(AB-PAS); l: Foregut crosscut showing the mucus secreting cell(H.E); m: Hindgut crosscut showing the mucus secreting cell(AB-PAS-H); n: Hindgut crosscut showing musculi sphincter (AB-PAS-H).

M: mucosa; LP: lamina propria; NP: nerve plexa; N: Neuron; →: granular cells; PGC: haematoxylin and eosin positive goblet cells; SCE: simple columnar epithelium; FC: basal cells; SB: brush border; GCV: goblet cells with visible secreting vesicles; V: blood vessel; Mm: mucosa muscular; Cm: circular muscle; Lm: longitudinal muscle; MS: skeletal muscle fiber; EGC: eosinophilic granule cells; EP: pancreas; IL: Brockmann bodies; AD: adipose tissue; *: overlapping goblet cells.

PlateⅡ Histological observation of digestive system in *S. caldwellii*

2.3.6 胰腺 除少量外分泌组织分布于肝脏外,绝大部分以带状或分散的腺泡群分布于消化管各段之间的系膜中(图版Ⅲ-g)。腺泡之间被较薄的结缔组织分隔,外分泌部胰腺 H.E 染色呈深蓝色,腺泡细胞呈锥形或多边形,直径 $(14.76 \pm 1.34) \mu\text{m}$,细胞核呈椭圆形或圆形,直径 $(5.73 \pm 0.59) \mu\text{m}$,靠近细胞基部;在外分泌部还可观察到大量的脂肪细胞和血管(图版Ⅲ-h)。胰岛呈椭圆形,分散在胰脏外分泌组织中,长径 $0.14 \sim 0.88 \text{ mm}$,外围被较厚的结缔组织与外分泌部分隔。胰岛细胞染色浅淡,排列成索状,与毛细血管和结缔组织相互包绕(图版Ⅲ-i)。



a: 肛门横切(AB-PAS-H); b: 肛门横切(AB-PAS-H); c: 肝脏横切(AB-PAS-H); d: 肝脏横切示胆管、动脉、胰管(AB-PAS-H); e: 肝脏横切(AB-PAS-H); f: 肝胰脏横切(H.E); g: 食道系膜附近的胰腺(H.E); h: 肠系膜附近的胰腺(AB-PAS-H); i: 胰岛与胰腺泡(H.E). HC: 肝细胞; KC: 枯否细胞; V: 静脉 vein; A: 动脉; BD: 胆管; EP: 胰腺外分泌部; CaC: 腺泡细胞; ct: 结缔组织。

图版Ⅲ 刺鲃消化系统组织学观察

a: Anus crosscut(AB-PAS-H); b: Anus crosscut(AB-PAS-H); c: Liver crosscut(AB-PAS-H); d: Liver crosscut showing artery, bile duct, pancreatic duct(AB-PAS-H); e: Liver crosscut(AB-PAS-H); f: Hepatopancreas crosscut(H.E); g: The pancreas near the mesentery of oesophagus(H.E); h: the pancreas near the mesentery(AB-PAS-H); i: Islet of langerhan and pancreatic acinar cells(H.E). HC: liver cell; KC: kupffer cell; V: vein; A: artery; BD: bile duct; EP: exocrine pancreas; CaC: acinar cell; ct: connetive tissue.

PlateⅢ Histological observation of digestive system in *S. caldwellii*

3 讨论

3.1 消化系统形态特征与食性的关系

刺鲃口咽腔占头长很大,比例均值为0.92,具主动摄食性;口裂长/吻长均值为0.86,略大于杂食性的鲤(*Cyprinus carpio*)0.4(林浩然,1962),小于凶猛肉食性鱼类鳊(*Siniperca chuatsi*)1.36和乌鳢(*Channa argus*)2.17以及黄鳝(*Monopterus albus*)2.18(潘黔生等,1996),偏杂食性。肠道系数是分析鱼类食性的重要参数之一,一般典型肉食性鱼类的肠道系数小于1;杂食性或偏重植物的杂食性鱼类肠道系数在1~3(林浩然,2007);纯植物性鱼类或碎屑食性鱼类的肠道系数在3以上,如碎屑食性的野鲮(*Labeo horie*)肠道系数可达15~20(殷名称,1995)。刺鲃肠道系数为1.62~2.54,均值(2.07±0.03),明显小于鳊(*Aristichthys nobilis*)(4.63~4.97)和鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)(6.29~7.77),大于鳙(*Elopichthys bambusa*)(0.54~0.63),相对接近于鲤(1.64~2.45)和草鱼(2.29~2.54)(殷名称,1995);刺鲃肠道的盘旋次数为7,接近于鲤(6次)和草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)(8次)(殷名称,1995),推测锦江刺鲃幼鱼符合杂食性偏重植物的肠道特征。在自然水域中,刺鲃主要以螺、虾、水生昆虫、藻类、高等植物的种子和碎屑等为食,为典型的杂食性鱼类(伍献文,1964;1977;叶钊等,2007)。李红敬(2007)研究指出珠江水系刺鲃是以底栖动物为主食,为杂食性偏肉食性;喻俊磊等(2008)研究发现长江中游信江刺鲃食性也偏肉食性。然而,温彩燕等(2005)报道北江上游刺鲃以藻类食物为主;黎臻等(2013)认为刺鲃幼鱼12 cm以上以植食性为主,主食藻类。江西锦江刺鲃幼鱼消化系统形态结构显示其符合杂食性偏重植物的特征。不同水域以及不同生长环境会造成同一种类食性的差异,不同发育阶段其消化系统结构是否有差异,有待进一步深入研究。

3.2 消化道结构与功能的关系

刺鲃口咽腔与食道粘膜上皮为复层上皮,有大量具分泌功能的粘液细胞,且口咽腔表皮有角质化易脱落,兼有防止细菌感染、耐摩擦和保护上皮细胞免受机械损伤作用(Sinha,1975)。口咽腔内的粘液还可辅助摄食及吞咽功能(Northcott & Beveridge,1988;Vandenberg et al,1994)。粘膜上皮内的味蕾有感知味觉的功能,可选择性地辨别食物,能很好地适应底栖生活。有学者根据味蕾顶端与周围表皮高

度的差异,将味蕾分为3种类型(Reutter et al,1974;Ezeasor,1982;杨秀平,1993):I型味蕾的顶部明显高于表皮,味孔也向外突出,外观上近似球形,味孔被一些长短参差不齐的纤细绒毛所填充;II型味蕾的顶部稍高于表皮,但味孔却向下凹陷;III型味蕾几乎和表皮处在同一水平面上,味孔平坦或稍有凹陷,其内有较纤细的绒毛结构。刺鲃口咽腔主要为III型味蕾,II型数量较少,主要感受化学信息的功能,兼有感受机械运动功能,可能与其主要摄食静止的食物如藻类和螺蛳有关。

食道复层上皮中含有III型味蕾,可对食物进行选择。Atama(1971)认为咽部和食道中的味蕾主要是触发鱼类的吞咽反射;粘膜层中还含有柱状上皮细胞区域,其上有明显的纹状缘,这种现象在尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)(Morrison & Wright,1999)、华鲮(*Sinilabeo rendahli*)(殷江霞等,2005)、条石鲷(*Oplegnathus fasciatus*)(王健鑫等,2006)、沟鲈(*Ictalurus punctatus*)(李萍等,2010)中有过报道,推测这部分结构有吸收离子调节渗透压的功能(Meister et al,1983)。食道内发达的褶皱能够增加与食物的接触面积,食管周围还附有胰脏组织,其分泌的胰液含脂肪酶可充分分解食物,特别是脂类食物,有利于食物的消化。食道具有发达的黏膜肌加厚肌肉层,且肌纤维间有丰富的致密结缔组织纤维伸入形成致密网状结构,使肌肉层收缩力增强,顺利将食物推向胃中消化,这与红鳍东方鲀(*Fugu rubripes*)(丛娇日等,1999)、胡子鲇(*Clarias gariepinus*)(栾雅文等,2003)的研究结果一致。纵肌层为括约肌,其有节律性的收缩功能,可防止食物倒流或进入前肠内的食物残渣回流。

鲤科鱼类一般无胃(孟庆闻和苏锦祥,1987),关于鲤科鱼类肠道的分段问题争议较大。Mevay & Kaan(1940)把金鱼(*Carassius auratus*)肠管分为肠球和肠本部两部分,一些学者将虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)的肠道分为小肠和直肠两部分(Iwai,1968;Escaffre et al,2007);黄鳝(*Monopterus albus*)(Dai et al,2007)、大口鲇(*Silurus meridionalis*)(黄峰等,2000)、犁头鳅(*Lepturichthys fimbriata*)(贾砾等,2013)的肠道都分为前肠、后肠两部分;倪达书和洪雪峰(1963)把草鱼肠道分为前、中、后三段,为多数学者所认同。刺鲃属于无胃鱼,且整个消化道没有明显的外形分段特征,但从管径、粘膜皱褶数目和高度、肌层厚度、浆膜厚度、杯状细胞的数量以及吸收细胞高度来看,肠道前段和中后段存

在显著的差异($P < 0.05$),而肠道中后段在肌层厚度和杯状细胞数量上存在显著的差异($P < 0.05$)。粘液细胞类型也有较大差异,中肠以 I 型和 III 型为主,III 型最多;后肠主要为 II 型和 IV 型,IV 型最多。这些结构和分泌物质的不同,表明肠道各段在营养物质的消化、吸收上存在差异,本研究支持倪达书和洪雪峰(1963)对草鱼消化道分段的划分。

Albrecht & Ferreira(2001)报道弗氏兔脂鲤(*Leporinus friderici*)肠道中存在 3 种杯状细胞: H.E 正染色的杯状细胞、H.E 负染色的杯状细胞以及带有分泌囊的杯状细胞,并认为这 3 种杯状细胞是由于分泌不同的粘多糖而产生染色上的差异;海鳗(*Muraenesox cinereus*)(谢嘉华和袁建军,2005)、花鲮(*Hemibarbus maculatus*)(唐云,2014)以及刺鲃肠道中的杯状细胞类型都得出一致的结果。刺鲃杯状细胞的数量从前肠往后肠呈高-低-高趋势,后肠数量最多,前后肠与中肠差异显著($P < 0.05$),这与唇鲮(*Hemibarbus labeo*)(关海红和徐伟,2012)相似。Girgis(1952)报道霍氏野鲮(*Labeo horie*)肠道各部分分布的杯状细胞数量存在差异,前肠杯状细胞庞大的数量和该鱼类摄食大量坚硬固体食物的食性相联系,因此本研究中刺鲃前肠细胞较多可能与其摄食有较硬外壳的软体动物食物如螺蛳等有关。肠后段杯状细胞密度最高,这与大口鲮(*Silurus meridionalis*)(刘怀如和张耀光,2002)、瓦氏黄颡鱼(*Pelteobagrus vachelli*)(谢碧文等,2002)、月鳢(*Channa asiatica*)(阮国良等,2004)、齐口裂腹鱼[*Schizothorax (Schizothorax) prenanti*]和重口裂腹鱼[*Schizothorax (Racoma) davidi*](方静和周毅,1995)、胡子鲇(*Clarias gariepinus*)(栾雅文等,2003)的研究结果一致,表明其可能具有促使食物残渣团的通过、粪便的排出、水分和盐分的重吸收以及增加保护粘膜的作用。

Al-Hussaini(1949)提出颗粒分泌细胞仅出现在脊椎动物各类群的部分种类中,具有种的特异性,且在不同的种类中其分布及数量也有所差异,如这类细胞分布在沟鲈的直肠黏膜层(Krementz & Chapman,1975)、齐口裂腹鱼和重口裂腹鱼(方静和周毅,1995)粘膜上皮的基部、巴西毛鼻鲶(*Trichomycterus brasiliensis*)(Oliveira & Fanta,2000)肠中段黏膜层、牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)(刘云等,2000)小肠和直肠部的黏膜层及黏膜下层、波纹唇鱼(*Cheilinus undulatus*)肠道的黏膜下层和直肠的粘膜上皮层中(陈国华等,2010)以及花鲮的食道

和肠道上皮层中(唐云,2014)。刺鲃幼鱼的消化道各段,位于粘膜上皮中下层,发现数量较多的颗粒细胞。颗粒分泌细胞除具有分泌脂肪酶、碱性磷酸酶、储存肝糖原参与消化功能外(Al-Hussaini,1949),还与巨噬细胞形成(Sire & Vernier,1992)以及机体对寄生虫叮咬引起的炎症防御有关(Chaicharn & Bullock,1967;Oliveira & Fanta,2000;Morrison & Wright,1999)。Al-Hussaini(1949)报道颗粒分泌细胞通常具有嗜酸性和嗜碱性颗粒分泌细胞两种类型,牙鲆(刘云等,2000)、波纹唇鱼(陈国华等,2010)、齐口裂腹鱼和重口裂腹鱼(方静和周毅,1995)的肠道仅发现嗜酸性颗粒分泌细胞一种类型;而在花鲮食道中发现嗜酸性和嗜中性及介于二者之间的颗粒,后肠主要为嗜酸性颗粒分泌细胞(唐云,2014)。刺鲃幼鱼的食道及肠道各段主要为嗜酸性颗粒分泌细胞,不同的部位具有不同的功能。食道和前肠嗜酸性颗粒细胞可能与免疫防御和消化功能相关,而中后肠嗜酸性颗粒细胞可能与胞饮作用行细胞内消化吸收功能相关,如后肠的嗜酸性颗粒可通过胞饮吸收的蛋白质(Magid,1975;Noaillac-Depeyre & Gas,1980;Caceci,1984)。

3.3 消化腺的特征与其进化地位

胰腺组织散布于刺鲃幼鱼的消化道系膜及肝脏中,这与花鲮(唐云,2014)、唇鲮(关海红和徐伟,2012)、沟鲈(李萍等,2010)和尼罗罗非鱼(王晓丽等,1999)等鱼类的弥散型胰腺相似;而与致密型胰腺的南方鲇不同(刘怀如,2002)。刺鲃内分泌组织除了弥散分布的胰岛外,还发现有数个较大型的主胰岛,单独存在或分布于外分泌组织中,这与乌鳢(敖竹君,1994)、鲤(楼允东,1998)等鱼类的胰岛相似。低等的无颌鱼类,胰腺内分泌组织是单独的器官与外分泌组织分开;而高等脊椎动物的胰脏是独立存在的,胰岛散在于外分泌部胰腺泡之间。刺鲃的肝脏不分叶,与高等脊椎动物分叶不同,肝脏和胰脏结构的独立性和完善性在一定程度上体现了动物由低等向高等进化的趋势。弥散分布的胰脏、独立存在的胰岛、肝脏不分页等特征说明刺鲃属于硬骨鱼类中较为原始的种类。

综上所述,刺鲃消化系统无颌齿,具发达的咀嚼型咽齿;唇、口咽腔壁具有味蕾;口宽阔,口咽腔壁厚而结实;鳃耙稀疏;前咽粘膜层具角化层;食道粗而短,前端有味蕾,食道壁具有发达的粘膜肌;无胃;肠道较长、盘旋较为复杂,无腺体;这些特征与杂食性偏植食性鱼类特点相适应。

参考文献

- 敖竹君,李季蓉,黄跃,等,1994. 乌鳢胰腺内分泌细胞的形态学和体视学研究[J]. 遵义医学院学报,13(4):299-304.
- 陈国华,王永波,王珺,等,2010. 波纹唇鱼消化系统的组织学[J]. 水生生物学报,34(4):685-693.
- 丛娇日,张朝晖,姚善成,1998. 红鳍东方鲀幼鱼消化道的组织学和形态学研究[J]. 海洋科学,22(4):53-58.
- 方静,周毅,1995. 齐口裂腹鱼和重口裂腹鱼消化道形态和组织结构的观察[J]. 四川农业大学学报,(1):101-106.
- 关海红,徐伟,2012. 唇鱼骨鱼消化系统的形态学和组织学[J]. 吉林农业大学学报,34(3):329-333,347.
- 黄峰,严安生,张桂蓉,等,2000. 大口鲶仔鱼消化道的组织学观察[J]. 华中农业大学学报,19(1):59-63.
- 黄种持,黄柳婷,林学文,等,2008. 黑脊倒刺鲃线粒体DNA多样性分析[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版),38(2):259-262,220.
- 贾砾,普炯,苏胜齐,等,2013. 犁头鳅消化系统的解剖[J]. 西南师范大学学报(自然科学版),38(5):83-87.
- 黎臻,张饮江,张乐婷,等,2013. 光倒刺鲃对水绵、轮叶黑藻、金鱼藻的摄食选择性及对水质影响[J]. 水生生物学报,37(4):735-743.
- 李红敬,2007. 珠江水系黑脊倒刺鱼巴的食性研究[J]. 安徽农业科学,35(24):7482-7483.
- 李萍,金丽,匡刚桥,2010. 斑点叉尾鲷(*Ictalurus punctatus*)消化系统形态学和组织学的初步研究[J]. 湖北农业科学,49(4):929-932.
- 林丹军,尤永隆,苏敏,2003. 黑脊倒刺鲃精巢结构和精子发生的研究[J]. 水生生物学报,27(6):563-571.
- 林浩然,1962. 五种不同食性鲤科鱼类消化道[J]. 中山大学学报(自然科学版),(3):65-78.
- 林浩然,2007. 鱼类生理学[M]. 广州:广东高等教育出版社:36-56.
- 刘怀如,2002. 南方鲇胰腺组织结构及胰腺泡的超微结构[J]. 中国水产科学,9(4):293-295.
- 刘怀如,张耀光,2002. 南方鲇消化道杯状细胞分布及类型探讨[J]. 四川动物,21(1):6-8.
- 刘云,姜国良,姜明,等,2001. 牙鲆肠淋巴样组织免疫细胞研究 I:颗粒细胞的超微结构[J]. 海洋湖沼通报,(1):13-14.
- 楼允东,1998. 组织胚胎学[M]. 北京:中国农业出版社,95-114.
- 栾雅文,张广忠,陈路,等,2003. 胡子鲶消化道组织学的初步研究[J]. 内蒙古大学学报(自然科学版),34(2):203-206.
- 孟庆闻,苏锦祥,1987. 鱼类比较解剖学[M]. 北京:科学出版社:168-174.
- 倪达书,洪雪峰,1963. 草鱼消化道组织学的研究[J]. 水生生物学集刊,(3):1-24.
- 潘黔生,郭广全,方之平,等,1996. 6种有胃真骨鱼消化系统比较解剖的研究[J]. 华中农业大学学报,(5):63-69.
- 阮国良,杨代勤,严安生,等,2004. 月鳢消化系统形态及组织学的研究[J]. 湖北农学院学报,24(3):185-189.
- 唐琼英,杨秀平,刘焕章,2003. 刺鲃基于线粒体细胞色素 b 基因的生物地理学过程[J]. 水生生物学报,27(4):352-356.
- 庾云,2014. 花鲈消化系统形态学及组织学的初步观察[J]. 四川动物,(6):879-887.
- 王健鑫,石戈,李鹏,等,2006. 条石鲷消化道的形态学和组织学[J]. 水产学报,30(5):618-625.
- 王晓丽,房慧伶,曾文宗,2004. 尼罗罗非鱼胰岛的显微和亚显结构[J]. 广西农业生物科学,23(1):47-51.
- 温彩燕,邹佩贞,陈建荣,等,2005. 北江上游光倒刺鲃生态的初步研究[J]. 韶关学院学报,26(9):74-75.
- 伍献文,1964. 中国鲤科鱼类志(下卷)[M]. 上海:上海科学技术出版社:253-255.
- 伍献文,1977. 中国经济动物志:淡水鱼类(第2版)[M]. 北京:科学出版社:36.
- 谢碧文,王志坚,2002. 瓦氏黄颡鱼消化系统组织学的初步研究[J]. 内江师范学院学报,17(2):22-27.
- 谢嘉华,袁建军,2005. 海鳗消化道的显微结构[J]. 中国水产科学,12(1):109-112.
- 杨秀平,邹海,赵爱平,1993. 鳊鱼消化道组织学的初步研究[J]. 华中农业大学学报,12(1):58-63.
- 叶钊,林岗,张盛,李秀珍,等,2007. 光倒刺鲃的食性研究[J]. 广西农业科学,38(4):455-458.
- 殷江霞,张耀光,李萍,等,2005. 华鲮消化道组织学与组织化学的初步研究[J]. 淡水渔业,35(6):7-10.
- 殷名称,1995. 鱼类生态学[M]. 北京:中国农业出版社:64-78.
- 尹苗,安利国,杨桂文,等,2000. 鲤鱼粘液细胞类型的研究[J]. 动物学杂志,35(1):8-9.
- 尤永隆,林丹军,苏敏,2004. 黑脊倒刺鲃卵子发生中生殖质的产生[J]. 动物学报,50(2):231-239.
- 喻俊磊,欧阳珊,吴小平,等,2008. 刺鲃的生物学研究[J]. 江西农业学报,20(8):80-81.
- 张饮江,黎臻,王芳,等,2015. 光倒刺鲃、白鲢协同投放抑制丝状藻(水绵)藻华围隔研究[J]. 环境科学学报,35(3):780-788.
- Albrecht M P, Ferreira N F N, Caramaschi E P, 2001. Anatomical features and histology of the digestive tract of two related neotropical omnivorous fishes (Characiformes; Anostomidae)[J]. Journal of Fish Biology,58:41-43.
- Al-Hussaini A H, 1949. On the functional morphology of

- the alimentary tract of some fish in relation to differences in their feeding habits: cytology and physiology [J]. Quarterly Journal of Microscopical Science, 3(12): 323 - 354.
- Atama J, 1971. Structures and function of the sense of taste in the catfish (*Ictalurus natalis*) [J]. Brain Behavior & Evolution, 4: 273 - 294.
- Caceci T, 1984. Scanning electron microscopy of goldfish, *Carassius auratus*, intestinal mucosa [J]. Journal of Fish Biology, 25(1): 1 - 12.
- Chaicharn A, Bullock W L, 1967. The histopathology of acanthocephalan infections in suckers with observations on the intestinal histology of two catatomid fishes [J]. Acta Zoologica, 71: 565 - 586.
- Dai X, Shu M, Fang W, 2007. Histological and ultrastructural study of the digestive tract of rice field eel, *Monopterus albus* [J]. Journal of Applied Ichthyology, 23(2): 177 - 183.
- Escaffre A M, Kaushik S, Mambrini M, 2007. Morphometric evaluation of changes in the digestive tract of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) due to fish meal replacement with soy protein concentrate [J]. Aquaculture, 273(1): 127 - 138.
- Ezeasor D N, 1982. Distribution and ultrastructure of taste buds in the oropharyngeal cavity of the rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson [J]. Journal of Fish Biology, 20: 53 - 68.
- Girgis S, 1952. On the anatomy and histology of the alimentary tract of an herbivorous bottom-feeding cyprinoid fish, *Labeo horie* (Cuvier) [J]. Journal of Morphology, 90: 317 - 362.
- Iwai T, 1968. Fine structure and absorption patterns of intestinal epithelial cells in rainbow trout alevins [J]. Zeitschrift Für Zellforschung Und Mikroskopische Anatomie, 91(3): 366 - 379.
- Krementz A B, Chapman G B, 1975. Ultrastructure of the posterior half of the intestine of the channel catfish, *Ictalurus punctatus* [J]. Journal of Morphology, 145: 441 - 482.
- Magid A M A, 1975. The epithelium of the gastro-intestinal tract of *Polypterus senegalus*, (Pisces: Brachiopterygii) [J]. Journal of Morphology, 146(4): 447 - 456.
- Meister M F, Humber W, Kirsh R, et al, 1983. Structure and Ultrastructure of the Oesophagus in Sea-water and Fresh-water Teleosts (pisce) [J]. Zoomorphology, 102 (1): 33 - 51.
- Mevay A J, Kaan H W, 1940. The digestive tract of *Carassius auratus* [J]. The Biological Bulletin, 78(1): 53 - 67.
- Morrison C M, Wright J R, 1999. A study of the histology of the digestive tract of the *Nile tilapia* [J]. Journal of Fish Biology, 54: 597 - 606.
- Noaillac-Depeyre J, Gas N, 1980. Structure and function of the intestinal epithelial cells in the perch (*Perca fluviatilis*) [J]. Anatomical Record, 195: 621 - 640.
- Northcott M E, Beveridge M C, 1988. The development and structure of pharyngeal apparatus associated with filter feeding in tilapias (*Oreochromis niloticus*) [J]. Journal of Zoology, 215: 133 - 149.
- Oliveira Ribeiro C A, Fanta E, 2000. Microscopic morphology and histochemistry of the digestive system of a tropical freshwater fish *Trichomycterus brasiliensis* (Lütken) (Siluroidei, Trichomycteridae) [J]. Revista Brasileira de Zoologia, 17(4): 953 - 971.
- Reutter K, Breipohl W, Bijvank G J, 1974. Taste bud types in fishes II. Scanning electron microscopical investigations on *Xiphophorus helleri* Heckel (Poeciliidae, Cyprinodontiformes, Teleostei) [J]. Cell & Tissue Research, 153: 151 - 165.
- Sarıeyüpoglu M, Gürçin A, Koprucu S, 2000. Histological study in the digestive tract on larval development of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792) [J]. Turkish Journal of Zoology, 22(2): 199 - 206.
- Sinha G M, 1975. A histochemical study of the mucous cells in the bucco-pharyngeal region of four Indian freshwater fishes in relation to their origin, development, curarencence and probable functions [J]. Acta Histochemica, 53S: 217 - 233.
- Sire M F, Vernier J M, 1992. Intestinal absorption of protein in teleost fish [J]. Comparative Biochemistry & Physiology Part A Physiology, 103(4): 771 - 781.
- Tang Q Y, Liu H Z, Yang X P, et al, 2005. Molecular and morphological data suggest that *Spinibarbus caldwelli* (Nichols) (Teleostei: Cyprinidae) is a valid species [J]. Ichthyological Research, 52: 77 - 82.
- Vandenberg C, Vandenboogaart J G M, Sibbing F A, et al, 1994. Implications of gill arch movements for filter feeding: An X-Ray cinematographical study of filter-feeding white bream (*Blicca bjoerkna*) and common bream (*Abramis brama*) [J]. Journal of Experimental Biology, 191: 257 - 282.

Morphological and Histological Characteristics of the Digestive System
in *Spinibarbus caldwelli*

TUO Yun^{1,2}, XIAO Tiao-yi¹, LI Wei-chen²

(1.Laboratory of Hydrobiology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128,P.R.China;
2.College of Life Science and Resources Environment, Yichun University, Yichun 336000,P.R.China)

Abstract: *Spinibarbus caldwelli* (Nichols, 1925) belongs to *Spinibarbus*, barbinae and Cypriniformes, and are primarily distributed in the waters of southern China. As a newly cultured freshwater fish species, it has great economic value and breeding prospects due to its large size, high meat quality and strong resistance to disease. In this study, we characterized the morphology and histology of the *S. caldwelli* digestive system, aiming to explore the relationship between the structure and function of the digestive system, and the mechanisms for digestion and absorption. The study provides a theoretical basis for nutrition research and improving culture technology of *S. caldwelli*. Wild *S. caldwelli* individuals of total length 10.80 – 24.20 cm and body weight 15.40 – 174.80 g were collected from the Shanggao section of Jinghe River in Yichun, Jiangxi Province. The morphological and histological features of the digestive system for 51 specimens were studied using methods from anatomy, histology and histochemistry. The features of the digestive system of *S. caldwelli* are as follows: (1) The digestive system includes two parts: the digestive tract and digestive glands. The digestive tract consists of oropharyngeal cavity, esophagus, intestine and anus, but there is no stomach. The digestive glands include the liver, pancreas and gallbladder. (2) The mouth is low and U-shaped and the snout is round and blunt. The mucosal surface of the oropharyngeal cavity is covered with squamous epithelial cells with a large number of mucus-secreting cells and small taste buds. (3) The esophagus is short and lined with squamous epithelial cells, numerous mucus secreting cells, goblet cells and the inner wall of deep longitudinal folds. The lamina propria is formed of loose connective tissue followed by a submucosa of dense connective tissue with no glands. Muscularis mucosae are observed between the lamina propria and the submucosae. The muscle layer contains myelin nerve fibers in the inner and outer layers of muscle. (4) The intestine coils 7 times and can be divided into three parts: foregut, midgut and hindgut. There are significant differences between the anterior and middle posterior segments of the intestine, including tube diameter, number and height of mucosal folds, thickness of the muscle layer, thickness of the serous membrane, number of goblet cells, and the height of resorption cells ($P<0.05$). The average intestinal coefficient of *S. caldwelli* is approximately (2.07 ± 0.03) . (5) A large number of granular cells, positive to eosin stain, are found in the mucosal layer of the esophagus and intestine. (6) The liver has a long strip shape with no leaves and the liver and pancreas are formed along the hepatic portal vein. The gallbladder is surrounded by the liver and the pancreas is scattered around the liver, gallbladder and mesentery. Brockmann bodies of different size are scattered at the junction of the esophagus and foregut. (7) The intestine length (Y) of *S. caldwelli* is a linear function of total body length (L) and can be expressed as: $Y=2.1048L-0.474$, ($R^2=0.669$, $F_{1,49}=99.05$, $P<0.01$). In summary, our results indicate that *S. caldwelli* in Jinghe River is a typical omnivorous-herbivorous fish species.

Key words: *Spinibarbus caldwelli*; digestive system; morphology; histology