

马口鱼消化道的形态及组织学结构特征

母丹利¹, 袁思平², 薛聪顺², 吴仲宁², 王建平³, 竺俊全^{1*}

(1. 宁波大学 教育部应用海洋生物技术重点实验室, 浙江 宁波 315211; 2. 宁波市鄞州区渔业技术管理服务站, 浙江 宁波 315100; 3. 宁波市海洋与渔业研究院, 浙江 宁波 315012)

摘要: 为了解马口鱼消化道的形态结构特点, 采用解剖学、石蜡切片-显微技术及扫描电镜技术观察研究了马口鱼消化道的形态及组织学结构特征。结果显示: 马口鱼消化道由口咽腔、食道、肠道组成, 无胃; 口咽腔无颌齿, 具咽齿; 舌短小, 被覆复层扁平上皮, 具少量味蕾及较多圆形粘液细胞。食道及肠道均由粘膜层、粘膜下层、肌层及外膜构成。食道粘膜层主要由复层扁平上皮构成, 杯状细胞较多, 肌层发达, 内层环肌、外层纵肌。肠道分前、中、后三段, 呈“S”形盘曲, 肠长指数 0.86~1.50; 肠内面皱褶发达, 粘膜上皮为单层柱状上皮, 其游离面有微绒毛密集排列形成的纹状缘, 后肠微绒毛密集程度略小于前中肠; 上皮细胞间分布有杯状细胞, 杯状细胞的数量前、中肠较多, 后肠后段较少, 肠管直径、肠绒毛数量及其高度由前到后渐减。马口鱼消化道的结构特征与其肉食性相适应。

关键词: 马口鱼, 消化道, 形态学, 组织学

中图分类号: S917.4

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2016) 03-0039-06

马口鱼(*Opsariichthys bidens*)属鲤形目、鲤科、马口鱼属, 俗称桃花鱼, 主要分布于中国、朝鲜、越南和日本, 多生活于溪流及水库等清澈水体中, 尤其喜在水流较急浅滩、底质为砂石的小溪和江河支流中集群生活, 以小鱼、小虾、水生昆虫等为食; 其肉质肥嫩、细软爽滑、味道独特, 颇受消费者青睐。马口鱼繁殖力强、生长快、病害少, 人工养殖条件下喂食配合饲料生长良好, 是一种适合在库叉、溪流及河道放养, 也适合设施养殖及游钓业开发的特色经济鱼类^[1-3]。有关马口鱼基础生物学研究多见于个体生殖力^[2-3]、人工繁殖和养殖^[4]、细胞遗传^[5-6]、亲缘地理^[7]、食性分析^[8]、年龄生长^[9]等方面, 消化道形态结构研究还未见报道。

鱼类消化道形态学结构特征与其食性密切相关, 对其消化道结构特征的详细了解有助于研究其消化生理。目前, 淡水鱼类消化道的组织形态学已对鲤鱼(*Cyprinus carpio*)、鲢鱼(*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙鱼(*Aristichthys nobilis*)、草鱼(*Cte-*

nopharyngodon idellus)^[10]、翘嘴红鲌(*Erythroculter ilishaeformis*)^[11]、鳊鱼(*Elopichthys bambusa*)^[12-13]、匀斑裸胸鲷(*Gymnothorax reevesii*)^[14]、犁头鳅(*Lepturichthys funbriata*)^[15]、香鱼(*Plecoglossus altivelis*)^[16]、光唇鱼(*Acrossocheilus fasciatus*)^[17]、花鲢(*Hemibarbus maculatus*)^[18]、哲罗鱼(*Hucho taimen*)^[19]、黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)^[20]及胭脂鱼(*Myxocyprinus asiaticus*)^[21]等的研究报道。本文采用解剖学、石蜡切片-显微技术及扫描电镜技术观察研究了马口鱼肠内面皱褶的结构特征, 旨在了解马口鱼消化道的形态结构特点及其与其食性的相关性, 为马口鱼消化生理学的研究积累资料, 也为其养殖提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料

实验用马口鱼于 2014 年 7 月购自宁波市鄞州盛龙特种水产养殖场, 共 24 尾, 体长 7.3~10.5 cm,

收稿日期: 2015-12-03.

宁波大学学报(理工版)网址: <http://journallg.nbu.edu.cn/>

基金项目: 国家星火计划项目(S2015C220192); 浙江省科技计划项目(2016C32062); 宁波市科技计划项目(2013C910015, 2013B82012)。

第一作者: 母丹利(1991-), 女, 河南漯河人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 水产生物学。E-mail: 18815282819@163.com

*通信作者: 竺俊全(1964-), 男, 浙江嵊州人, 教授, 主要研究方向: 水产生物学。E-mail: zhujunquan@nbu.edu.cn

体重 6.8~24.1 g.

1.2 方法

活体观察马口鱼外部形态, 测量体长、体重; 解剖观察消化器官形态及组成, 拍照记录, 测定肠长. 取口咽腔(舌)、食道、前肠、中肠、后肠部分, 切成小段后用 Bouin's 液固定 24 h, 酒精梯度浓度脱水、二甲苯透明、石蜡包埋、切片(厚度 7 μm)、贴片、展片、烘片、H-E 染色, 中性树胶封片, 显微镜(Olympus BX51)下观察并摄像, 测定食道和肠道各段粘膜皱褶的高度、数量、粘膜下层厚度、肌层厚度等参数. 取前、中、后肠部分, 用质量分数 3%戊二醛固定后, 再用质量分数 1%锇酸固定, 之后酒精梯度浓度脱水, 真空冷冻干燥、镀金后, 于日立 S-3400N 型扫描电镜下观察并摄影.

1.3 数据处理

实验数据采用 Excel、SPSS 等统计软件进行分析处理, 用平均值±标准偏差($\bar{X} \pm SD$)形式表示.

2 结果

2.1 消化道基本形态

马口鱼消化道起于口咽腔, 经食道、肠, 止于肛门, 无胃; 口端位, 形状类似马嘴, 口裂大并略微向上倾斜, 无颌齿, 具咽齿, 齿式 4/4(1·3/3·1); 舌短小, 前端游离; 食道粗短, 与口咽腔相连; 肠道呈“S”形盘曲, 其前段较粗, 向后渐变细; 胆囊

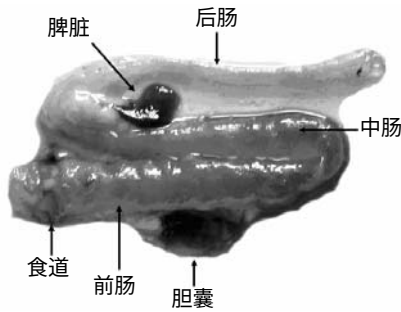


图 1 马口鱼消化道整体图

呈卵圆形, 通过输胆管和前肠相连(图 1).

马口鱼的体长及肠长测定结果见表 1, 平均体长(8.99 ± 0.98)cm, 平均体重(14.20 ± 4.73)g, 肠指数在 0.86~1.50 之间, 平均值 1.04 ± 0.15 .

表 1 马口鱼体长及肠长指数

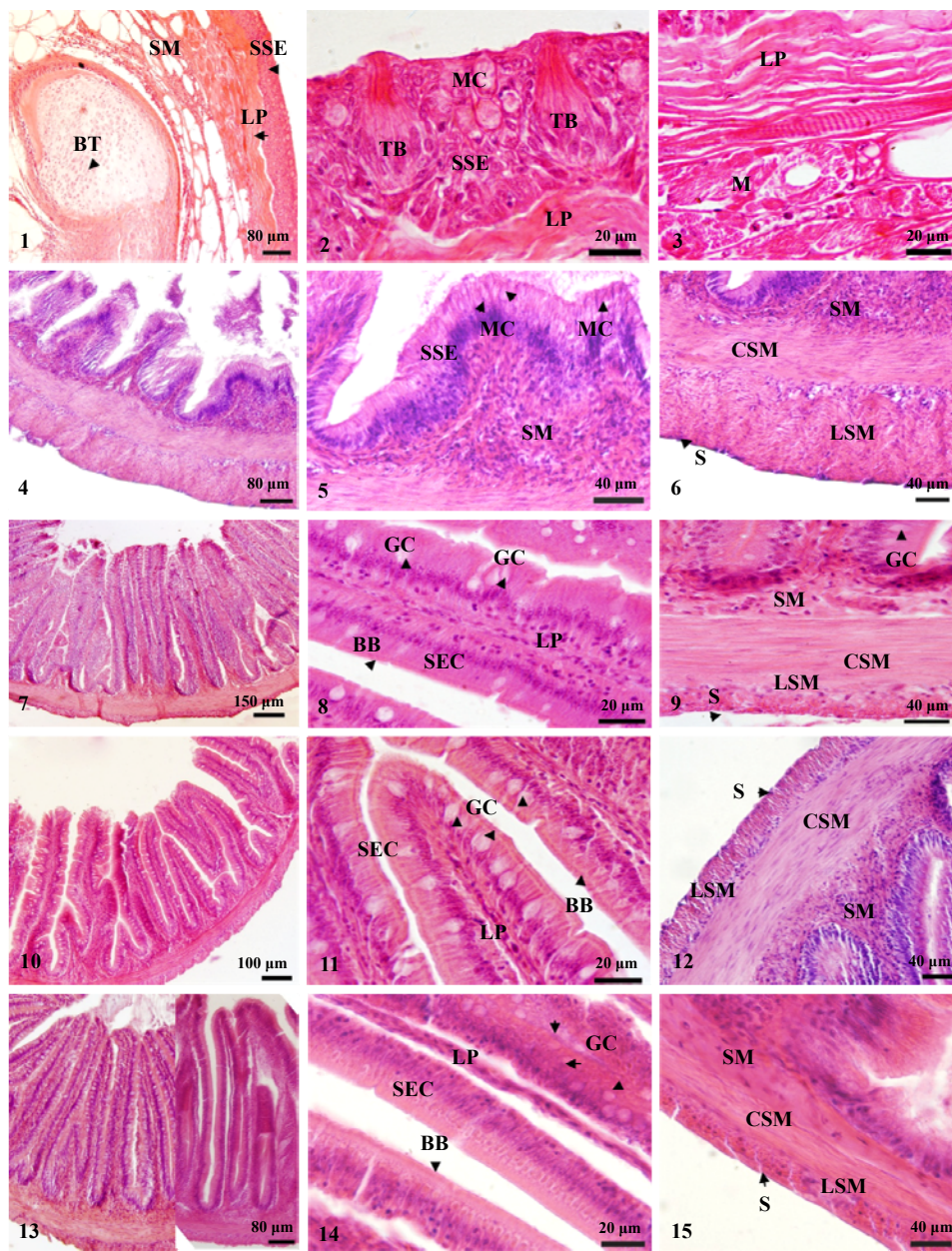
样本编号	体长/cm	肠长指数
1	9.90	1.06
2	9.10	1.04
3	9.30	1.00
4	7.40	1.08
5	7.90	0.87
6	8.50	0.95
7	7.30	0.86
8	8.00	0.99
9	8.50	0.95
10	7.60	0.88
11	8.90	1.00
12	7.60	1.03
13	9.40	1.09
14	9.40	0.98
15	8.50	1.20
16	10.50	0.93
17	10.40	0.91
18	9.50	1.08
19	9.40	1.34
20	8.80	1.50
21	9.60	1.17
22	10.20	0.97
23	10.10	1.06
24	9.90	1.15

2.2 消化道组织学结构特征

马口鱼除口咽腔外, 食道和肠道的组织学结构均分为 4 层, 由里向外依次为粘膜层、粘膜下层、肌层和外膜. 食道和肠道各段组织形态学指标测量结果见表 2.

表 2 马口鱼消化道组织形态指标($n=6$, Mean±SD)

形态指标	食道	前肠	中肠	后肠
粘膜皱褶数量	42.50±1.38	76.33 ±1.63	72.67±1.63	61.33±0.82
粘膜皱褶高度	173.79±31.55	859.62±60.07	521.82±42.71	420.29±29.33
粘膜下层厚度	41.64±7.55	31.21±3.81	23.72±3.26	21.32±2.41
环肌层厚度	84.73±4.92	107.58±24.86	68.38±9.69	50.06±4.63
纵肌层厚度	124.05±14.26	60.07±11.23	35.76±3.98	32.26±4.93



1:舌横切(复层扁平上皮、固有膜、粘膜下层、骨组织); 2:舌横切(味蕾、粘液细胞); 3:舌横切(横纹肌); 4:食道横切; 5:食道粘膜皱褶横切(复层扁平上皮、粘膜下层、粘液细胞); 6:食道肌层横切(粘膜下层环肌、纵肌、浆膜); 7:前肠横切; 8:前肠肠绒毛横切(纹状缘、杯状细胞、单层柱状上皮固有膜); 9:前肠肌层横切(粘膜下层、环肌、纵肌、浆膜); 10:中肠横切; 11:中肠肠绒毛横切(纹状缘、杯状细胞、单层柱状上皮、固有膜); 12:中肠肌层横切(粘膜下层、环肌、纵肌、浆膜); 13:后肠横切(左为后肠前段, 右为后肠后段); 14:后肠后段肠绒毛横切(单层柱状上皮、纹状缘、固有膜、杯状细胞); 15:后肠肌层横切(粘膜下层、环肌、纵肌、浆膜); BB:纹状缘; BT:骨组织; CSM:环肌; GC:杯状细胞; LP:固有膜; LSM:纵肌; M:横纹肌; MC:粘液细胞; S:浆膜; SCE:单层柱状上皮; SM:粘膜下层; SSE:复层扁平上皮; TB:味蕾

图2 马口鱼消化道显微观察

2.2.1 口咽腔(舌)

舌的结构较简单, 由基舌骨突出并外被复层扁平上皮构成(图 2-1), 上皮细胞间分布有粘液(杯状)细胞和味蕾, 味蕾顶端有味孔(图 2-2); 复层扁平上皮之下为致密结缔组织组成的固有膜; 固有

膜之下部分地方可见横纹肌纤维束(图 2-3)。粘膜下层为疏松结缔组织。

2.2.2 食道

食道内表面粘膜层突起为许多纵行皱褶, 形状宽矮(图 2-4); 粘膜上皮由复层扁平上皮细胞构

成, 其间分布有较多粘液(杯状)细胞; 上皮之下的固有膜较发达, 无粘膜肌; 粘膜下层由疏松结缔组织构成(图 2-5); 肌层发达, 内层环肌与外层纵肌分界明显; 最外层为薄层浆膜(图 2-6).

2.2.3 肠道

前肠: 横切面显微观察显示, 肠内面突起的肠绒毛发达, 多呈条状, 高度约 $(859.62 \pm 60.07) \mu\text{m}$ (表 2)(图 2-7); 粘膜上皮由单层柱状上皮细胞构成, 上皮细胞间的杯状细胞较多; 上皮之下的固有膜主要由结缔组织构成(图 2-8); 粘膜下层为疏松结缔组织, 与固有膜界限不明显. 肌层为平滑肌, 内层环肌比外层纵肌厚(图 2-9). 扫描电镜观察显示, 肠内面突起的皱褶发达(图 3-1), 皱褶表面由密集排列的微绒毛构成的纹状缘覆盖, 其上有大小不一的开孔, 系杯状细胞的分泌孔, 附近可见颗粒状分泌物(图 3-2 及 3-3).

中肠: 组织结构和前肠基本一致, 但管径较前肠小; 内面肠绒毛发达, 高度约 $(521.82 \pm 42.71) \mu\text{m}$ (表 2), 形状多样, 有呈“Z”型, 也有分叉的(图

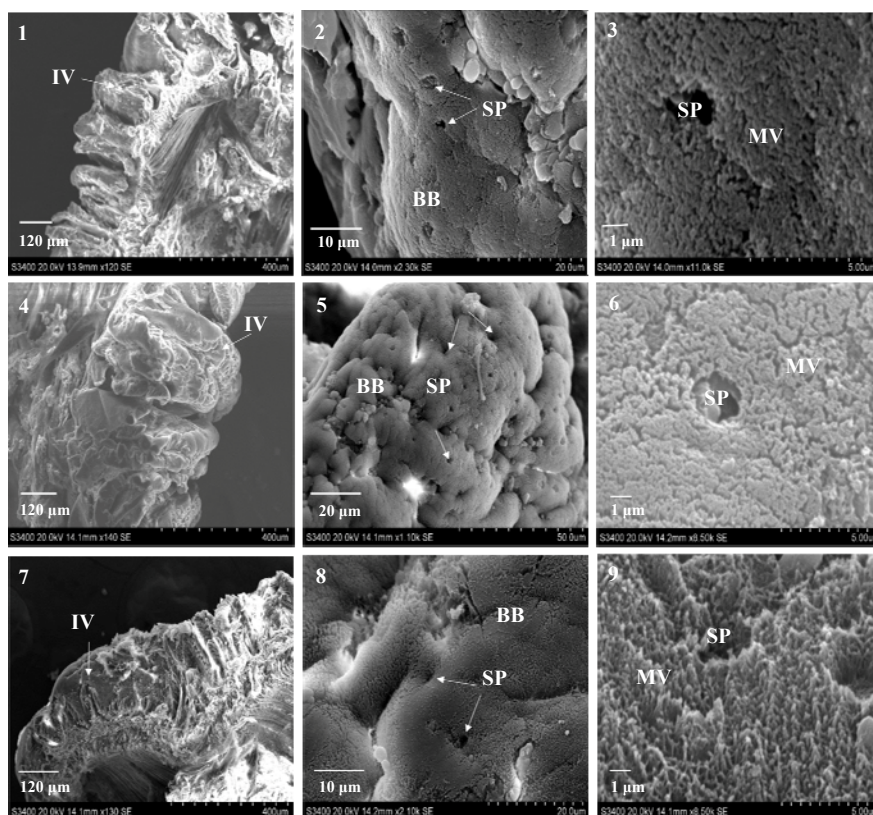
2-10); 粘膜层柱状上皮细胞间杯状细胞数目仍较多(图 2-11); 粘膜下层、肌层较前肠稍薄, 内层环肌约是纵肌 2 倍(图 2-12). 扫描电镜观察显示, 肠内面皱褶明显, 皱褶表面微绒毛密集, 可见较多杯状细胞的开孔(分泌孔), 附近可见分泌物(图 3-4、3-5 及 3-6).

后肠: 组织结构与前、中肠相似, 但肠管较前、中肠细, 内面肠绒毛仍较发达(图 2-13), 高度约 $(420.29 \pm 29.33) \mu\text{m}$ (表 2); 后肠前段柱状上皮细胞间杯状细胞较多, 后肠后段明显减少(图 2-14), 肌层较中肠明显变薄, 环肌比纵肌略厚(图 2-15). 扫描电镜观察显示, 肠内面皱褶仍较发达, 表面微绒毛密集程度比前中肠略小, 仍可见不少杯状细胞的分泌孔及分泌物(图 3-7、图 3-8 及图 3-9).

3 讨论

3.1 马口鱼肠道的分段

虞云^[18]根据粘膜皱褶数量、高度及杯状细胞数量呈现显著差异的特征将花鲢肠道分为前、中、后



1:前肠粘膜皱褶(肠绒毛); 2:前肠肠绒毛游离面(纹状缘和分泌孔); 3:前肠微绒毛和分泌孔; 4:中肠皱褶; 5:中肠肠绒毛游离面; 6:中肠微绒毛和分泌孔; 7:后肠皱褶; 8:后肠肠绒毛游离面; 9:后肠微绒毛和分泌孔; IV:肠绒毛; MV:微绒毛; SP:分泌孔

图 3 马口鱼肠道扫描电镜观察

三段. 章龙珍等^[22]发现长鳍篮子鱼(*Siganus canaliculatus*)肠道中粘膜皱褶从前到后高度依次降低, 数量逐渐减少, 依此将肠道划分为前、中、后三段. 贾砾等^[15]将犁头鳅肠道分为两部分, 靠近胃部的盘曲肠定为前肠, 而余下部分为后肠; 黄飞等^[14]发现匀斑裸胸鳉肠道各段的粘膜下层厚度、浆膜层厚度、肌层厚度以及消化道管径大小和粘膜皱褶数量存在明显差异, 由此将肠道划分为前、中、后三段. 姚荣荣^[12]等根据粘膜层厚度和粘膜皱褶高度、肌肉层的厚度及其杯状细胞的数量等将鳊鱼肠道分成前、中、后三段. 罗江波^[17]等以第1个和最后1个弯曲作为分界点将光唇鱼肠道分为前、中、后三段, 各段在肠管直径、粘膜皱褶形态特征方面存在差异. 本文中的马口鱼肠道盘曲简单, 共有2个回折, 以折点为界分为前、中、后肠三段; 前肠肠管直径最大, 粘膜皱褶最高、数量最多, 肌层最厚; 中肠次之; 后肠相应的肠管直径最小, 粘膜皱褶最低、数量最少, 肌层最薄. 这与上述鱼类肠道的分段分法基本一致^[12,14,17-18].

3.2 马口鱼消化道形态及组织结构特点

马口鱼的肠长指数约为 1.04 ± 0.15 , 与杂食性的鲤(1.0)^[10]、肉食性的翘嘴红鲌(1.119)^[11]、革胡子鲶(*Claris gariepinus*)(1.02)^[23]以及肉食偏杂食的花鲢(0.98)^[18]相近, 比肉食性的哲罗鱼(0.69)^[19]、黄颡鱼(0.58~0.62)^[20]、鳊鱼(0.52)^[13]、匀斑裸胸鳉(0.33)^[14]大, 比草食性的草鱼(2.13)^[10]、杂食性的胭脂鱼(2.13)^[21]及光唇鱼(1.84 ± 0.24)^[17]小, 比杂食性的鲢(8.49)^[10]、鳙(4.58)^[10]、黄尾密鲴(5.58)^[11]及植食性的华鲮(*Sinilabeo rendahli*)(11.1)^[24]明显小.

马口鱼舌上具较多杯状细胞和味蕾, 杯状细胞分泌的粘液有助于润滑口腔^[16], 减少机械损伤; 味蕾凸起于上皮表面, 与黄颡鱼^[25]及半滑舌鲷(*Cynoglossus semilaevis*)^[26]味蕾相似, 属 II 型味蕾, 具有机械感觉和化学感觉的功能. 马口鱼食道粘膜上皮中杯状细胞分泌的粘液能润滑食道, 防止粘膜层受损; 食道肌层十分发达, 有利于吞食食物.

马口鱼无胃, 但整个肠道的肠绒毛发达, 粘膜上皮细胞游离面都有微绒毛, 尤其是前、中肠微绒毛较为密集, 有效扩大了消化吸收面积, 弥补了无胃及肠道短的不足, 这与无胃鱼波纹唇鱼(*Cheilinus undulatus*)^[27]肠道结构特点相似. 马口鱼中肠

肠绒毛有分叉、弯曲现象, 一定程度上增大了肠消化吸收面积、延长了消化吸收时间. 另外, 肠道上皮间杯状细胞较多, 分泌的粘液可保护肠粘膜免受损害, 促进肠道的消化吸收. 黄飞等^[14]和王永翠等^[28]认为肠道粘膜表面结构及分泌能力与肠道的消化吸收能力相关. 从马口鱼肠道肠绒毛发达, 粘膜上皮表面微绒毛密集, 前中肠上皮细胞间有丰富的杯状细胞的特点, 判断其消化吸收能力较强.

马口鱼主要摄食小杂鱼、水生昆虫、枝角类等, 属小型肉食性鱼类^[8], 上述马口鱼消化道结构特点与其食性相适应.

参考文献:

- [1] 刘晓燕, 陈乘, 龚闻棋. 湖南安化马口鱼的生物学特性[J]. 北京农学院学报, 2015, 30(2):49-52.
- [2] 李强, 蓝昭军, 赵俊, 等. 广东北江马口鱼个体生殖力研究[J]. 四川动物, 2010, 29(3):440-445.
- [3] 梁正其, 杨梦双. 锦江河马口鱼的繁殖力及其生物学指标关系的研究[J]. 铜仁学院学报, 2015, 17(4):24-29.
- [4] 姜景田. 马口鱼人工繁殖及养殖试验[J]. 江西水产科技, 2010(1):27-28.
- [5] JOHANSSON F. Body shape differentiation among mitochondrial DNA lineages of *Zacco platypus* and *Opsariichthys bidens* (Cyprinidae) from the Changjiang and Xijiang river drainage areas in southern China[J]. Acta Zoologica Sinica, 2006, 52(5):948-953.
- [6] 邱晴, 罗文. 采用 RAPD 技术筛选马口鱼性别差异相关分子标记[J]. 水产养殖, 2012, 33(1):38-42.
- [7] PERDICES A, SAYANDA D, COELHO M M. Mitochondrial diversity of *Opsariichthys bidens* (Teleostei Cyprinidae) in three Chinese drainages[J]. Molecular Phylogenetics and Evolution, 2005, 37(3):920-927.
- [8] JOHANSSON F, RADMAN P, ANDERSSON J. The relationship between ontogeny, morphology, and diet in the Chinese hook snout carp (*Opsariichthys bidens*)[J]. Ichthyological Research, 2006, 53(1):63-69.
- [9] 李强, 李小芳, 蓝昭军, 等. 北江马口鱼的年龄、生长和生活史类型的研究[J]. 华南农业大学学报: 自然科学版, 2007, 28(S2):78-88.
- [10] 毕冰, 孙中武, 毛天强, 等. 鲤、鲢、鳙、草鱼消化道结构与食性的研究[J]. 水产学杂志, 2011, 24(1):26-29.
- [11] 许宝红, 王亚楠, 肖调义, 等. 4 种淡水经济鱼类消化道的组织学比较[J]. 中国农学通报, 2011, 27(32):47-55.
- [12] 姚荣荣, 陆望明, 阮国良, 等. 鳊鱼消化道组织学研究[J]. 水利渔业, 2008, 28(3):13-15.

- [13] 许亮清, 姚毅, 熊春贤. 鄱阳湖鳊鱼的形态生物学研究[J]. 江西农业学报, 2012, 24(10):133-135.
- [14] 黄飞, 王吉, 骆剑, 等. 匀斑裸胸鳔消化道的显微与超微结构分析[J]. 中国水产科学, 2014, 33(6):879-887.
- [15] 贾砾, 普炯, 苏胜齐, 等. 犁头鳅消化系统的解剖[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2013, 38(5):83-87.
- [16] 卢明明, 李海燕, 竺俊全, 等. 香鱼消化道及肝脏的形态结构特征[J]. 生物学杂志, 2012, 29(5):25-28.
- [17] 罗江波, 戴海平, 龙玲利, 等. 光唇鱼消化道的形态结构特征[J]. 生物学杂志, 2013, 30(6):59-61.
- [18] 虞云. 花鲢消化系统形态学及组织学的初步观察[J]. 四川动物, 2014, 33(6):879-887.
- [19] 关海红, 徐伟, 匡友谊, 等. 哲罗鱼消化系统的解剖学研究[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2009, 48(6):100-104.
- [20] 董婧, 刘聪, 吴高峰, 等. 黄颡鱼消化道形态与组织学研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2014, 23:4-6.
- [21] 敖雪夫, 龙战勇, 吴小平, 等. 胭脂鱼消化道黏膜上皮扫描电镜观察[J]. 南昌大学学报(理科版), 2015, 39(5):498-501.
- [22] 章龙珍, 杨金海, 赵峰, 等. 长鳍篮子鱼消化道显微与超微结构观察[J]. 水产学报, 2010, 34(2):271-277.
- [23] 申海玉, 韩超, 杨明建, 等. 革胡子鲶消化系统的组织学观察[J]. 湖北农业科学, 2014, 53(08):1857-1862.
- [24] 殷江霞, 张耀光, 等. 花鲢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.
- [25] 张根华, 李红涛, 邓少平. 黄颡鱼口须味蕾分布模式及味蛋白 α -味导素的表达[J]. 动物学报(英文版), 2006, 52(1):190-195.
- [26] 王新安, 马爱军. 半滑舌鳎口咽腔味觉器官的形态、分布与功能之间的关系[J]. 水产学报, 2008, 32(1):32-38.
- [27] 王永波, 陈国华, 王骆剑, 等. 波纹唇鱼消化系统的形态解剖与肠道上皮的扫描电镜观察[J]. 海洋通报, 2010, 29(2):199-205.
- [28] 王永翠, 李加儿, 区又君, 等. 野生与养殖黄鳍鲷消化道形态组织结构[J]. 动物学杂志, 2012, 47(3):9-19.

Morphological and Histological Structural Feature of Digestive Tract in *Opsariichthys bidens*

MU Dan-li¹, YUAN Si-ping², XUE Cong-shun², WU Zhong-ning², WANG Jian-ping³, ZHU Jun-quan^{1*}

(1.Key Laboratory of Applied Marine Biotechnology, Ministry of Education, Ningbo University, Ningbo 315211, China;

2.Fishery Administration and Technical Service Station of Yinzhou, Ningbo 315100, China;

3.Ningbo Academy of Oceanology and Fisheries, Ningbo 315012, China)

Abstract: In order to study the morphological and histological features of the digestive tract in *Opsariichthys bidens*, we observed the structure of the digestive tract using methods of anatomy, paraffin secyion-photomicrography and scanning electron microscope. The results show that the digestive tract is composed of orol-pharyngeal cavity, esophagus and intestines, but without stomach. There is no jaw teeth found, but instead pharyngeal teeth in orol-pharyngeal cavity. A small number of taste buds and a large number of mucous cells are identified in stratified squamous epithelium on short tongue. The esophagus and intestine consist of mucous membrane layer, submucosa, muscular and the outer membrane. The mucous membrane of the esophagus with numerous mucous cells is composed of the stratified squamous epithelium cells. The thick muscle layer is composed of ring muscle and longitudinal muscle. The bent 'S'-shaped intestine can be divided into foregut, midgut and hindgut. The intestine index is 0.86-1.50. Well-developed plica is present in the internal wall of the bowel, and it is lined by a simple columnar epithelium with microvillis, where the microvillis in the hindgut are sparsely populated. In contrast, the microvillis is significantly dense in population of the foregut and midgut with nearly even distribution. Goblet cells are distributed in the epithelial cells, but the number of which in the foregut and midgut is larger than that in the hindgut. In addition, the diameter of the intestine, the number and height of the intestinal villus are found to be decreasing from front to back. The digestive tract morphology of *Opsariichthys bidens* is in consistency with its predacity nature.

Key words: *Opsariichthys bidens*; digestive tract; morphology; histology

(责任编辑 章践立)