

doi: 10.7541/2017.22

## 兰州鲇与鲇消化系统的形态学及组织学比较研究

杨元昊<sup>1</sup> 王立新<sup>2</sup> 李学智<sup>3</sup> 周继术<sup>2</sup> 王绿洲<sup>1</sup> 李锋刚<sup>1</sup> 任惠丽<sup>1</sup> 韩改苗<sup>2</sup>

(1. 中国水产科学研究院黄河水产研究所, 农业部渔业环境及水产品质量中心, 西安 710086; 2. 西北农林科技大学动物科技学院, 杨凌 712100; 3. 陕西省眉县水产站, 宝鸡 722301)

**摘要:** 为探究黄河濒危鱼类兰州鲇(*Silurus lanzhouensis*)消化系统的形态学和组织学结构特点, 以鲇(*Silurus asotus*)为对照, 对兰州鲇消化系统形态学和组织学进行了深入研究。结果表明: (1)兰州鲇与鲇的消化道和消化腺形态相似, 具有肉食性鱼类的特征。兰州鲇消化道较短, 有发达的“U”型胃, 胃内皱褶明显, 无幽门盲囊, 肠道短且粗, 可分为前肠、中肠和后肠三部分, 前肠粗大, 后肠较细。两种鲇属鱼类都有独立致密的肝脏和胰脏。(2)兰州鲇的比肠长显著大于鲇( $P<0.05$ ), 比胃重、比胰脏重显著低于鲇( $P<0.05$ ), 但二者的比肠重无显著性差异( $P>0.05$ )。(3)兰州鲇胃的皱褶幅度小于鲇, 且环肌层比兰州鲇薄。兰州鲇与鲇前肠的肠黏膜均形成了大量皱褶, 肠黏膜、褶皱粗大, 但鲇的褶皱分支较细密。兰州鲇与鲇的后肠与前肠相比, 肠腔变小, 褶皱数量明显减少, 高度降低。黏膜层分布有杯状细胞和柱状细胞。兰州鲇与鲇的肝脏肝小叶间缺少结缔组织, 分界不明显, 而兰州鲇肝细胞的密度大于鲇。综上所述, 兰州鲇与鲇的消化系统相似, 均符合肉食性鱼类消化系统特征, 结合消化生理等研究结果, 表明兰州鲇的消化能力弱于鲇, 这可能是在自然情况下兰州鲇的分布区域及适应性不及鲇的原因之一。

**关键词:** 兰州鲇; 鲇; 消化系统; 组织学; 形态学

**中图分类号:** Q174 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2017)01-0174-08

黄河是我国重要的生态宝库, 兰州鲇(*Silurus lanzhouensis*)是黄河中上游生态系统中重要的生物类群, 属硬骨鱼纲、鲇形目(*Siluriformes*)、鲇科(*Siluridae*)、鲇属(*Silurus*)大型经济鱼类<sup>[1]</sup>。兰州鲇为中国特有种, 仅分布于我国黄河中上游水域, 由于其分布范围狭窄, 上游筑河拦坝, 黄河水质污染, 加之无节制捕捞, 导致兰州鲇种群数量锐减, 已被《中国物种红色名录》评估为濒危(EN)等级, 保护形势十分严峻。在2014年环境保护部、水利部和农业部主办的“十大河流水生生物名片征集活动”中, 兰州鲇被评为“黄河生物名片”。兰州鲇口感细腻、刺少肉多, 具有很高的营养价值和优良的质构品质<sup>[2, 3]</sup>, 享有“黄河活人参”之美誉, 受到人们广泛青睐。兰州鲇个体大, 经济价值高, 在鱼类种质资源相对匮乏的黄河流域, 是一种难得的具有很大开发利用潜力的地方特色鱼类种质资源。

陈湘焱<sup>[4]</sup>1977年首次定名鲇属新种兰州鲇(*S. lanzhouensis*)后, 此后相当长的一段时间内, 几乎未见对该物种的研究报道。吴旭东等<sup>[5]</sup>将兰州鲇作为宁夏鲇属鱼类的一新记录种进行了报道。从2004年起, 笔者对兰州鲇肌肉品质<sup>[2, 3]</sup>、生化生理<sup>[6-9]</sup>、遗传特性<sup>[10-12]</sup>、种群结构<sup>[13]</sup>等方面进行了深入研究和报道。本项目又对兰州鲇消化系统形态学与组织学进行了研究, 以期深入了解其消化系统的特征, 为该物种人工饲养、资源保护和黄河流域发展特色水产养殖、带动渔业扶贫、维护黄河生态安全积累基础研究资料。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验用鱼

2014年10月至11月于黄河合阳段捕兰州鲇(共15尾), 平均体长(32.333±0.872) cm; 体重(373.254±

收稿日期: 2016-01-20; 修订日期: 2016-07-14

基金项目: 陕西省水利科技项目(2011-12)资助 [Supported by the Water Conservancy Science and Technology Projects of Shaanxi Province (2011-12)]

通信作者: 杨元昊(1975—), 男, 甘肃灵台人; 硕士, 副研究员; 主要从事濒危鱼类物种保护与水产品质量安全研究。  
E-mail: 1339136832@tq.com

39.904) g。选用与兰州鲇同属鲇属(*Silurus*)的鲇(*S. asotus*)作为对照, 样品购自杨凌康乐市场, 共12尾, 平均体长(33.408±1.696) cm; 体重(295.532±47.631) g。暂养48h, 期间进行分类鉴定定种。兰州鲇眼径小, 颌须较长, 犁骨齿带不连续是其区别于鲇的3个主要特征<sup>[1]</sup>。暂养期间饥饿以排空肠胃, 解剖后计算消化道指数并观察消化道的形态结构。实验前, 试验鱼鲜活, 无病变。

## 1.2 样本处理

试验鱼经MS-222 (1 g/L)麻醉后解剖, 完整分离消化系统, 观察其结构特征并在解剖镜下拍照。分离胃、肠和肝胰脏, 并于第一回折和最后一回折处将肠划分为前、中、后三部分<sup>[7, 8]</sup>。逐尾分别测量肠长, 称量胃、肠、肝脏和胰脏重, 使用生理盐水将分离的肠、胃、肝胰脏冲洗干净, 使用4%的多聚甲醛固定备用, 固定时间不少于24h。

## 1.3 石蜡组织切片的制作

将样品用纱布包裹好, 流水冲洗24h, 经过50%、70%、80%、90%、95%和100%的乙醇逐级脱水, 二甲苯透明, 石蜡包埋。将嵌有样品的蜡块固定于小木块上, 使用手摇式切片机连续切片, 厚度为5 μm。采用HE(苏木精-伊红)染色, 中性树胶封片。最后使用倒置显微镜(OPTEC, China)观察并拍照。

## 1.4 数据处理

试验所得数据用平均值±标准差(Mean±SD)表示。采用独立样本 $t$ 检验对所得数据进行显著性分析(SPSS 20.0), 当 $P<0.05$ 时, 差异显著, 当 $P<0.01$ 时, 差异极显著。

## 2 结果

### 2.1 兰州鲇与鲇消化系统形态比较

观察发现, 兰州鲇与鲇的体腔均由围心腔、腹腔和背腔三部分组成。前半部分为围心腔、后半部分为腹腔和背腔, 背腔位于腹腔背面, 脊椎之下。心脏位于围心腔内, 消化系统位于腹腔内, 肾脏和鳔位于背腔, 鳔为1室。腹膜为白色。

兰州鲇与鲇消化系统由消化道和消化腺构成。消化道起自口, 最后从泄殖腔开口于外。消化道包括口咽腔、食道、胃、肠等部分。兰州鲇及鲇的口裂较大, 口咽腔长, 上下颌均长有绒毛状细齿。兰州鲇的口咽腔上部犁骨上附着有细齿, 分为左右两团, 呈“八”字型, 而鲇口咽腔上部犁骨附着的细齿左右连续, 呈“一”字排列。两种鱼类食道均较短, 胃膨大, 呈“U”型, 胃壁较厚, 无幽门盲囊。两

种鱼肠道均较短, 但兰州鲇的比肠长显著高于鲇( $P<0.05$ )(表 1)。以肠道的第一回折和最后一回折为划分依据, 将兰州鲇和鲇的肠道分为前、中、后三部分, 前肠膨大, 向后逐渐变小, 约占全肠的1/3。胃和肠内壁有发达的黏膜皱褶。

兰州鲇和鲇的消化腺包括肝脏、胆囊、胰脏和胃腺。肝脏呈2叶, 分布在左右两侧(图 1)。胆囊呈墨绿色, 经胆管与前肠前端相连。二者均有独立的胰脏, 位于肝脏左右叶之间, 和前肠前端相连, 开口处位于胆管开口之后。兰州鲇肠道盘区结构和消化系统侧面形态分别如图 2和图 3所示。

### 2.2 兰州鲇与鲇消化道指数的比较

如表 1所示, 兰州鲇的比肠长(0.912±0.035)显著大于鲇(0.693±0.044)( $P<0.05$ ), 但是二者的比肠重并无显著性差异( $P>0.05$ )。而兰州鲇的比胃

表 1 兰州鲇和鲇消化器官指数

Tab. 1 The digestive organ index of *Silurus lanzhouensis* and

参数Index	<i>Silurus asotus</i>	
	兰州鲇 <i>Silurus lanzhouensis</i> (n=15)	鲇 <i>Silurus asotus</i> (n=12)
体长Body length (cm)	32.333±0.872	33.408±1.696
体重Body weight (g)	373.254±39.904	295.532±47.631
比肠长 Intestine length/body length (cm/cm)	0.912±0.035	0.693±0.044*
比肠重 Intestine weight/body weight (g/g)	0.016±0.001	0.017±0.002
比胃重 Stomach weight/body weight (g/g)	0.011±0.001	0.019±0.006*
比肝胰脏重 Liver weight/body weight (g/g)	0.020±0.001	0.024±0.001*

注: 同行数值后不同上标“\*”表示差异显著( $P<0.05$ )

Note: “\*” means in the same row are significant difference at  $P<0.05$

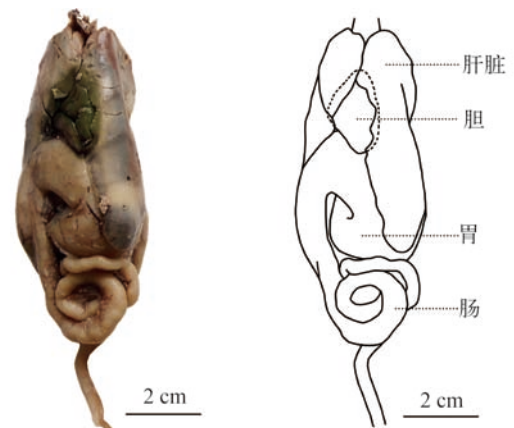


图 1 兰州鲇消化系统及肝脏的腹面形态

Fig. 1 The rearward face of digestive system and liver

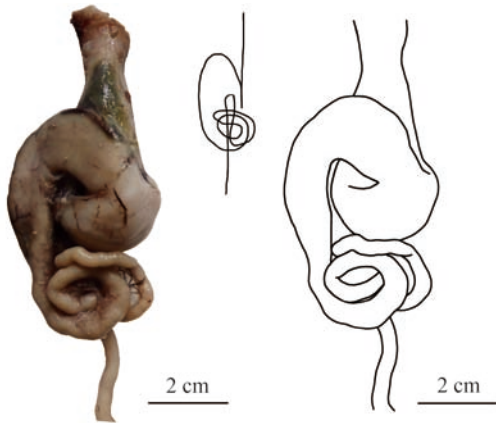


图 2 兰州鲇肠道盘曲结构  
Fig. 2 The twist structure of intestine



图 3 兰州鲇消化系统侧面形态  
Fig. 3 The side face of digestive system

重、比肝胰脏重显著低于鲇( $P < 0.05$ )。

**2.3 兰州鲇与鲇消化道及消化腺组织学比较**

**胃的比较** 如图 4 所示, 兰州鲇与鲇胃均由四层构成, 分别为黏膜层、黏膜下层、肌层和外

膜。黏膜层形成了较多的皱襞和胃小凹, 呈细长的 U 形。黏膜上皮由单层柱状细胞构成, 排列规则, 染

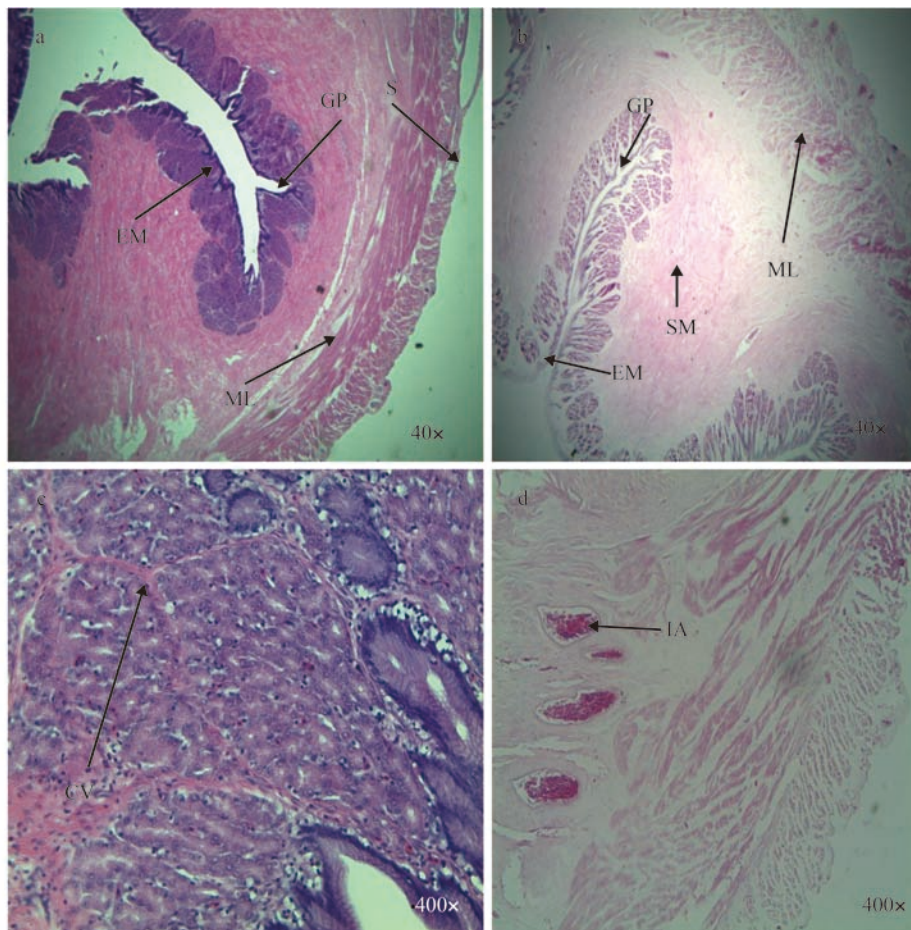


图 4 兰州鲇和鲇的胃组织结构比较

Fig. 4 The comparison of stomach tissue structure between *Silurus lanzhouensis* and *Silurus asotus*

a, c 为兰州鲇, b, d 为鲇; GP: 胃小凹; ML: 肌层; EM: 黏膜上皮; SM: 黏膜下层; IA: 动脉; S: 浆膜; CV: 毛细血管  
a, c: *Silurus lanzhouensis*; b, d: *Silurus asotus*; GP: gastric pit; ML: muscularcoats; EM: epithelium mucosae; SM: submucosa; IA: artery; S: serosa; CV: capillary vessel



色较深。黏膜上皮为胃腺组织, 由众多腺细胞规则排列构成, 切面呈现圆形、椭圆形或管状, 开口于胃小凹。黏膜层下为含有较粗血管的黏膜下层, 其下为较厚的由平滑肌组成的肌层, 肌层可分为内环肌和外纵肌。二者胃的皱襞与肠道相比, 较为平缓, 其中鲇的胃的皱襞幅度大于兰州鲇, 而兰州鲇的胃腺细胞数量较多, 更加致密。兰州鲇和鲇的环肌层均比纵肌层厚, 鲇的环肌层较兰州鲇的厚, 且最外层有外膜包被。

**前肠的比较** 如图 5 所示, 兰州鲇和鲇的前肠可分为黏膜层和浆膜。黏膜向肠腔突起, 形成了大量的皱襞及分支。兰州鲇与鲇前肠黏膜、褶皱均较为粗大, 但鲇的褶皱分支较为细密, 且其浆膜与肌层的分界不清晰。二者黏膜层均分布有杯状细胞和柱状细胞。

**后肠的比较** 如图 6 所示, 兰州鲇和鲇的后肠肠壁较薄, 分层与前肠相似。二者的后肠与前肠相比, 管径均变小, 褶皱数量减少, 高度降低。兰州鲇后肠约有 15 个较大褶皱, 大小形状不一, 褶皱细且弯曲, 分支较多; 而鲇后肠褶皱约为 20 个, 褶皱较为粗大。另外, 兰州鲇肠腔大于鲇。

**肝脏的比较** 如图 7 所示, 兰州鲇和鲇的肝脏均由肝小叶组成, 其间缺少结缔组织, 肝小叶的分界不明显, 符合一般硬骨鱼类肝脏结构特征。肝脏各部分之间相互连接, 其中肝细胞的细胞核较大, 染色较深, 细胞间分界明显, 细胞中富含细胞质。肝脏中含有丰富的小叶间静脉。在 40 倍镜下, 兰州鲇的肝细胞密度大于鲇。

### 3 讨论

#### 3.1 兰州鲇与鲇消化系统形态学观察

兰州鲇和鲇均为凶猛肉食性鱼类, 常栖息于河流缓流处或静水中下层。与其食性相适应, 二者的消化道有明显的特点: 消化道分段明显; 食道短且粗, 肌肉层比较厚, 有迅速而强大的收缩能力, 有利于推动较大型的食物进入胃中消化。胃呈“U”形且其内的皱褶很明显。肠道细长, 略带弯曲, 与胃的分界较明显。肠道短且粗, 可分为前肠、中肠和后肠三部分。其中前肠黏膜皱褶多且高, 后肠皱褶少, 管腔小, 这与其他肉食性鱼类的消化道特征相似<sup>[14-18]</sup>。肠道是鱼类消化系统中最长的一段, 肠道

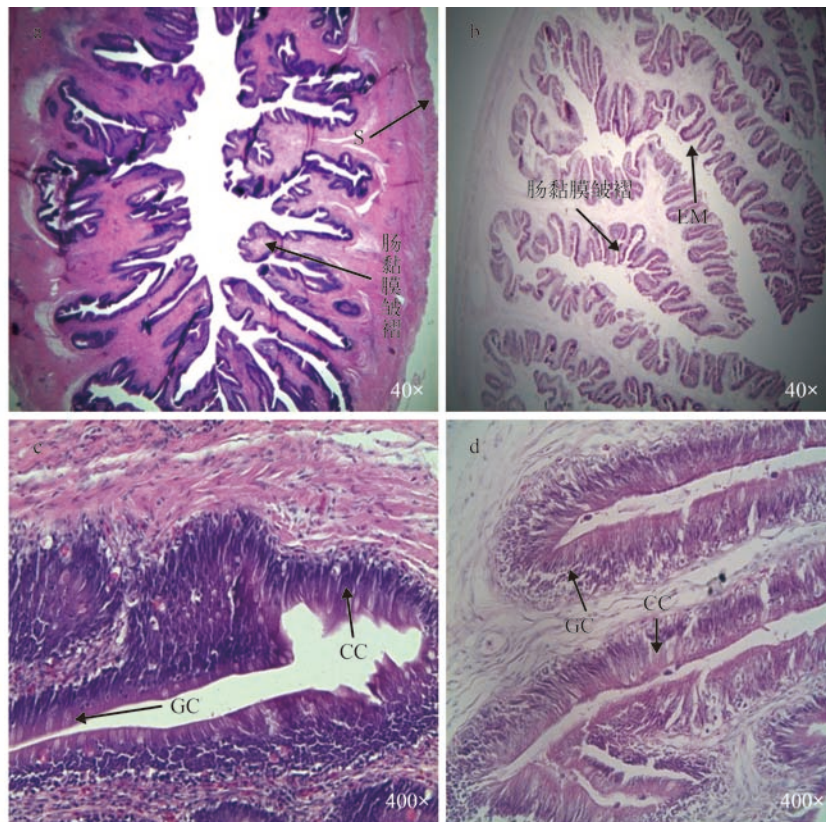


图 5 兰州鲇和鲇的前肠组织结构比较

Fig. 5 The comparison of the first half of intestinal tract tissue structure between *Silurus lanzhouensis* and *Silurus asotus*

a, c. 兰州鲇, b, d. 鲇; GC: 杯状细胞; CC: 柱状细胞; S: 浆膜

a, c. *Silurus lanzhouensis*; b, d. *Silurus asotus*; GC: goblet cell; CC: columnar cell; S: serosa

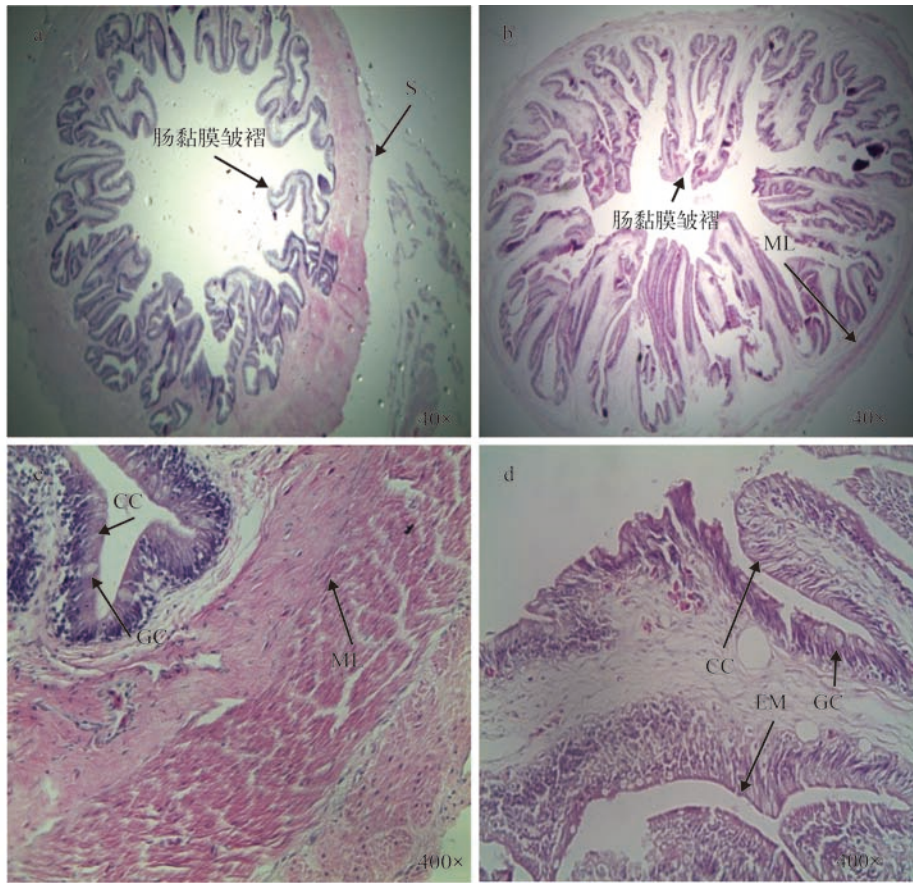


图 6 兰州鲇和鲇的后肠组织结构比较

Fig. 6 The comparison of the second part of intestinal tract tissue structure between *Silurus lanzhouensis* and *Silurus asotus*

a, c. 兰州鲇, b, d. 鲇

a, c. *Silurus lanzhouensis*; b, d. *Silurus asotus*

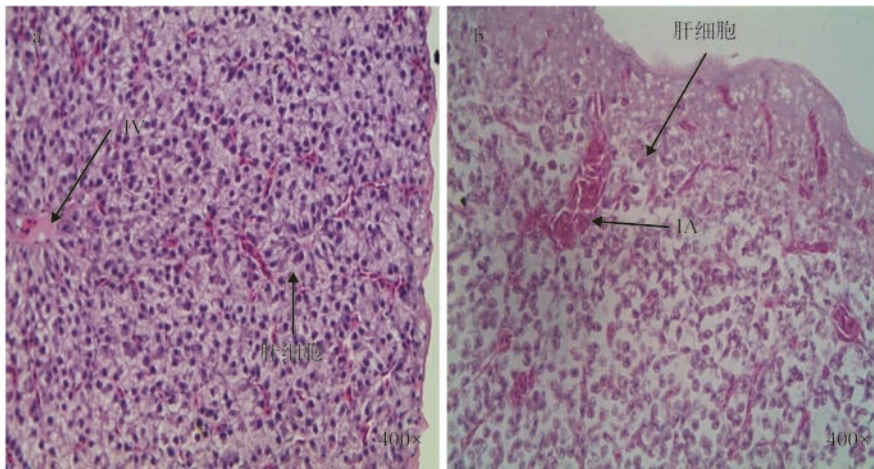


图 7 兰州鲇和鲇的肝组织结构比较

Fig. 7 The comparison of the liver tissue structure between *Silurus lanzhouensis* and *Silurus asotus*

a. 兰州鲇; b. 鲇; IV: 静脉

a. *Silurus lanzhouensis*; b. *Silurus asotus*; IV: vein

的长短与机体的消化机能强弱有关。一般来说,肉食性鱼类肠道短且粗;而草食性鱼类的食物纤维素含量高,纤维素不易被消化,需要比较长且复杂的

肠道来完成消化<sup>[19-22]</sup>。

### 3.2 兰州鲇与鲇消化道指数的比较

兰州鲇和鲇都是凶猛的肉食性鱼类,二者消化



系统的形态结构表现出了许多和食性相适应的特征。潘黔生和郭广全<sup>[23]</sup>曾对乌鳢(*Channa argus*)、鲇(*S. asotus*)、鳊(*Siniperca chuatsi*)、黄鳊(*Monopterus albus*)、黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)、大口黑鲈(*Micropterus salmoides*)这6种肉食性有胃鱼类的消化系统进行了解剖比较研究,发现这6种鱼的比肠长范围为0.4—0.82。林浩然<sup>[24]</sup>对杂食性的鲤(*Cyprinus carpio*)、草食性的草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)、滤食性的鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)和鳙(*Aristichthys nobilis*)的消化系统进行了研究,结果发现这几种鲤科鱼类的比肠长范围为1.64—7.77。此外,研究指出肉食性鱼类的肠长比体长短,而其他食性的鱼类肠长至少可以达到体长的1.5倍<sup>[17]</sup>。鱼类肠道结构与鱼类的食性也密切相关,肉食性鱼类的肠道较直,肠黏膜褶皱少,比肠长也小于草食性鱼类<sup>[25]</sup>。本研究发现兰州鲇与鲇的比肠长分别为0.912和0.693,与鳊(0.966)和鲈(0.708—0.816)接近<sup>[26]</sup>,进一步证实肉食性鱼类的肠长比体长短;而兰州鲇与鲇的比肠重并无显著性差异( $P>0.05$ ),分别为 $0.016\pm 0.001$ 和 $0.017\pm 0.002$ ,与虹鳟(0.016—0.025)接近<sup>[26]</sup>。向泉等<sup>[27]</sup>的研究表明,鲇的比胃重为0.027,而本研究发现兰州鲇与鲇的比胃重分别为0.011和0.019,略低于向泉等<sup>[27]</sup>的结果,这可能是地域间的差异引起的。兰州鲇与鲇的比肝脏重分别为0.020和0.024,略高于虹鳟(0.015)<sup>[26]</sup>。

鱼类的消化道指数,如比肠长、比肠重、比胃重、比肝脏重等,与鱼类的消化能力密切相关。当胃腔内充满食物时,胃黏膜皱褶被撑平,胃腔的面积被扩大,增大了消化面积,食物在胃里被初步消化后,进入肠内进一步被消化和吸收。除消化道外,消化腺在食物的消化吸收过程也发挥着重要作用。肝脏和胰脏是鱼类最重要的消化腺。本研究发现兰州鲇的比胃重、比肝脏重显著低于鲇( $P<0.05$ ),间接表明兰州鲇的消化能力弱于鲇。在本研究中,兰州鲇的比肠长显著大于鲇( $P<0.05$ ),而二者的比肠重差异不显著,这也表明兰州鲇肠道的消化能力较弱,需要更长的时间来完成消化过程。

### 3.3 兰州鲇与鲇消化道及消化腺组织结构比较

胃壁发达的肌肉层加强了胃的蠕动,有利于食物与消化液的充分接触。本研究发现,兰州鲇胃的皱襞幅度小于鲇,且环肌层薄于鲇,说明兰州鲇胃的消化能力弱于鲇。肠道褶皱数量的多少反映的是消化面积的大小。研究表明,兰州鲇和鲇前肠的肠黏膜均形成了大量的皱襞,肠黏膜、褶皱均粗

大,但鲇的褶皱分支更为细密,这扩大了鲇消化道与食物间的接触面积,增强了鲇的消化能力。二者黏膜层上分布有杯状细胞和柱状细胞。杯状细胞可以分泌黏液,润滑上皮,减少食物与黏膜层的摩擦,从而避免黏膜层的机械性损伤;同时其分泌的消化酶也可以帮助消化食物,因此,杯状细胞的数量及黏膜表面的结构能在一定程度上反映鱼类的消化能力。叶元土等<sup>[18]</sup>认为黏膜的表面结构、黏膜上皮杯状细胞的多少、肠道的分泌能力等均能影响胃肠道对食物的消化和吸收。二者后肠与前肠相比,管径均变小,褶皱数量和高度都有所减少。其中兰州鲇的肠腔大于鲇,可以看出,兰州鲇的消化面积小于鲇的消化面积,间接反映兰州鲇的消化能力弱于鲇,这也可能是在自然条件下,兰州鲇分布广度不及鲇的原因之一。此外,二者肝脏的肝小叶间缺乏结缔组织,分界不明显,这与沈怡<sup>[28]</sup>的结果是一致的。在本研究发现兰州鲇的肝细胞的密度大于鲇,本研究小组前期工作也表明,兰州鲇血清中的谷丙转氨酶活性( $241.30\pm 159.03$ ) U/L显著高于鲇( $131.11\pm 95.37$ ) U/L<sup>[7]</sup>,这些研究结果从组织学和血清生物学角度说明兰州鲇的肝脏参与氨基酸代谢的能力比鲇较强。

兰州鲇和鲇的消化系统形态相似,均符合肉食性鱼类消化系统的特点,但从消化生理<sup>[7, 8]</sup>、消化系统组织学等角度来看,兰州鲇的消化能力弱于鲇,这可能是在自然情况下兰州鲇的分布区域较窄、适应性不及鲇的原因之一。

### 参考文献:

- [1] Chu X L, Zheng B S, Dai D Y, et al. Fauna Sinica in China, Osteichthyes, Siluriformes [M]. Beijing: Science Press. 1999, 77—93 [褚新洛, 郑葆珊, 戴定远, 等. 中国动物志, 硬骨鱼纲, 鲇形目. 北京: 科学出版社. 1999, 77—93]
- [2] Yang Y H, Li W P, Gong Y S, et al. Analysis of biochemical composition and evaluation of nutritive quality in muscles of *Silurus lanzhouensis* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2009, 33(1): 54—56 [杨元昊, 李维平, 龚月生, 等. 兰州鲇肌肉生化成分分析及营养学评价. 水生生物学报, 2009, 33(1): 54—56]
- [3] Yang Y H, He Y L, Zhou J S, et al. Quality evaluation of the meat of *Silurus lanzhouensis*, *Silurus asotus* and *Cyprinus carpio* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2013, 37(1): 54—61 [杨元昊, 贺玉良, 周继术, 等. 兰州鲇与鲇、黄河鲤鱼肌肉品质比较研究. 水生生物学报, 2013, 37(1): 54—61]
- [4] Chen X L. A review of the Chinese siluridae [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1977, 1(1): 197—218 [陈湘彝. 我国

- 鲢科鱼类的总述. 水生生物学集刊, 1977, **1**(2): 197—218]
- [5] Wu X D, Zhang Q, Zhao H X, *et al.* A new species of catfish in Ningxia—*Silurus lanzhouensis* and its intensive morphological description [J]. *Freshwater Fisheries*, 2006, **36**(3): 26—29 [吴旭东, 张奇, 赵红雪, 等. 宁夏鲇属鱼类一新纪录种—兰州鲇形态学特征描述. 淡水渔业, 2006, **36**(3): 26—29]
- [6] Yang Y H, Zhou J S, Lu L, *et al.* A comparison study on morphological character and serum biochemical parameters between *Silurus lanzhouensis* and *Silurus asotus* [J]. *Journal of Hydroecology*, 2013, **34**(1): 87—91 [杨元昊, 周继术, 卢玲, 等. 兰州鲇与鲇形态特征和血清生化指标的比较研究. 水生态学杂志, 2013, **34**(1): 87—91]
- [7] Yang Y H, Zhou J S, Ji H, *et al.* Effect of temperature on activity of digestive enzyme in *Silurus lanzhouensis* [J]. *Journal of Zoological*, 2006, **41**(6): 104—108 [杨元昊, 周继术, 吉红, 等. 温度对兰州鲇消化酶活性的影响. 动物学杂志, 2006, **41**(6): 104—108]
- [8] Yang Y H, Wang LZ, Zhou J S, *et al.* Characteristics of physics and chemistry of digestive organs and effect of pH values on activities of digestive enzymes in *Silurus lanzhouensis* Chen [J]. *Journal of Shaanxi Normal University*, 2006, **34**(S6): 71—75 [杨元昊, 王绿洲, 周继术, 等. 兰州鲇消化器官理化特征及pH值对其消化酶活力的影响. 陕西师范大学学报, 2006, **34**(S6): 71—75]
- [9] Yang Y H, Ren H L, Li W P, *et al.* A study on hydrolytic amino acids in muscles of *Silurus lanzhouensis* in different seasons [J]. *Journal of Northwest AF University (Nature Science Edition)*, 2007, **37**(5): 759—762 [杨元昊, 任惠丽, 李维平, 等. 不同季节中兰州鲇肌肉水解氨基酸. 西北大学学报: 自然科学版, 2007, **37**(5): 759—762.]
- [10] Yang Y H, Wang F, Wang L Z, *et al.* Isolation and characterization of polymorphic microsatellite loci from *Silurus lanzhouensis* [J]. *Conservation Genetics Resources*, 2014, **6**(4): 979—981
- [11] Wang L Z, Li L, Yang Y H, *et al.* Karyotype of *Silurus lanzhouensis* [J]. *Journal of Zoological*, 2015, **50**(2): 272—276 [王绿洲, 李蕾, 杨元昊, 等. 兰州鲇染色体组型. 动物学杂志, 2015, **50**(2): 272—276]
- [12] Yang Y H, Zhou J S, Li L, *et al.* Preliminary analysis on isozymes in different tissues and population genetic structure of *Silurus lanzhouensis* [J]. *Freshwater Fisheries*, 2015, **45**(1): 25—29 [杨元昊, 周继术, 李蕾, 等. 兰州鲇不同组织同工酶及群体遗传结构初步分析. 淡水渔业, 2015, **45**(1): 25—29]
- [13] Wang F, Yang Y H, Wang S X, *et al.* Biological and population characteristics of *Silurus lanzhouensis* in Heyang, Shaanxi section of the Yellow River [J]. *Journal of Northwest AF University (Nature Science Edition)*, 2014, **42**(7): 16—21 [王丰, 杨元昊, 王实学, 等. 黄河陕西合阳段兰州鲇的生物学特性及种群特征. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2014, **42**(7): 16—21]
- [14] Yu Z N, Kong X Y, Sun S C. A study of the histology and morphology of the digestive tract of the *Chrysophrys major* [J]. *Journal of Fisheries of China*, 1997, **21**(2): 113—119
- [15] Huang F, Zou G W. Observation of the histology of the digestive tract of *Silurus meridionalis* larvae [J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2000, **19**(1): 59—63 [黄峰, 邹桂伟. 大口鲇仔鱼消化道的组织学观察. 华中农业大学学报, 2000, **19**(1): 59—63]
- [16] Li Z W, Gu C L, Hu X Y, *et al.* Observation of gastrointestinal morphological and histological in carp [C]. 2006 [李振伟, 谷长勤, 胡薛英, 等. 鲤鱼消化道形态及组织学观察. 2006]
- [17] Ye Y T. Study on the digestive ability of the stomach and intestine of *Leiocassis longirostris* and *Silurus meridionalis* [J]. *Zoological Research*, 1997, **18**(4): 305—313 [叶元土. 长吻鲢和南方大口鲈胃肠道消化能力的研究. 动物学研究, 1997, **18**(4): 305—313]
- [18] Yao C C. Preliminary observation on the morphology and histology of the alimentary tract of the Chinese paddlefish *Psephurus gladius* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1989, **13**(1): 65—75 [姚承昌. 白鲟消化道形态学与组织学的初步观察. 水生生物学报, 1989, **13**(1): 65—75]
- [19] Bing Z. Carp Tissue [M]. Beijing: Science Press. 1983, 25—68 [秉志. 鲤鱼组织. 北京: 科学出版社. 1983, 25—68]
- [20] Zhang X B, Liang X F, Zhu T, *et al.* The digestive tube development and the activity distribution of three kinds of digestive enzymes of *Ctenopharyngodon idellus* fed on different diets [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2012, **36**(3): 569—572 [张杏波, 梁旭方, 朱滔, 等. 食性对草鱼消化道发育及三种消化酶活性的影响. 水生生物学报, 2012, **36**(3): 569—572]
- [21] Chen X W, Shi Z Y, Gu Y F. Development of the digestive tract in larval Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2007, **31**(3): 400—404 [陈晓武, 施志仪, 顾一峰. 牙鲆消化道发育的组织学观察. 水产学报, 2007, **31**(3): 400—404]
- [22] Meng Q W, Su J X, Li W D. Fish Comparative Anatomy [M]. Beijing: Science Press. 1987, 76—181 [孟庆闻, 苏锦祥, 李婉端. 鱼类比较解剖. 北京: 科学出版社. 1987, 76—181]
- [23] Pan Q S, Guo G Q. The comparative anatomy study on digestive system of 6 fish species of stomach-containing teleost in freshwater [J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 1996, **15**(5): 463—469 [潘黔生, 郭广全. 6种有胃真骨鱼消化系统比较解剖的研究. 华中农业大学学报, 1996, **15**(5): 463—469]
- [24] Lin H R. Study on digestive tract of five different cyprinidae fish [J]. *Journal of Sun Yatsen University (Natural Science Edition)*, 1962, **3**: 65—78 [林浩然. 五种不同食性鲤科鱼的消化道. 中山大学学报(自然科学版), 1962,

- 3: 65—78]
- [25] Wang J L. Study on Feeding Habits of *Gymnocypris przewalskii przewalskii* [A]. In: Fish Fauna Composition and *Gymnocypris przewalskii przewalskii* Biology in Qinghai Lake Region. Beijing: Science Press. 1975, 27—36 [王基琳. 青海湖裸鲤食性的研究. 见: 青海湖地区鱼类区系和青海湖裸鲤的生物学. 北京: 科学出版社. 1975, 27—36]
- [26] Ozaki K. Fish Digestive Physiology [M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers. 1983, 79—83 [尾崎久雄. 鱼类消化生理. 上海: 上海科学技术出版社. 1983, 79—83]
- [27] Xiang X, Ye Y T, Zhou X H, *et al.* Research of *Silurus asotus* digestive performance [J]. *Feed Industry*, 2006, **26**(20): 24—27 [向泉, 叶元土, 周兴华, 等. 鲇消化性能的研究. 饲料工业, 2006, **26**(20): 24—27]
- [28] Shen Y. Study on the digestive system and digestive enzymes of four species in siluriformes [D]. Thesis for Master of Science. Northeast Forestry University, Harbin. 2007 [沈怡. 四种鲇形目鱼消化系统及消化酶的研究. 硕士学位论文. 东北林业大学, 哈尔滨. 2007]

## COMPARATIVE STUDY ON MORPHOLOGY AND HISTOLOGY OF DIGESTIVE SYSTEM OF *SILURUS LANZHOUENSIS* AND CATFISH (*SILURUS ASOTUS*)

YANG Yuan-Hao<sup>1</sup>, WANG Li-Xin<sup>2</sup>, LI Xue-Zhi<sup>3</sup>, ZHOU Ji-Shu<sup>2</sup>, WANG Lü-Zhou<sup>1</sup>,  
LI Feng-Gang<sup>1</sup>, REN Hui-Li<sup>1</sup> and HAN Gai-Miao<sup>2</sup>

- (1. Supervision & Test Center for Fisheries Environment and Quality of Fishery Products of Ministry of Agriculture, Fisheries Research Institute of Shaanxi Province, Chinese Academy of Fishery Sciences, Xi'an 710086, China;  
2. College of Animal Science and Technology, Northwest A&F University, Yangling 712100, China;  
3. Fishery Station of Meixian, Baoji 722301, China)

**Abstract:** To investigate the characters of the digestive system structure of *Silurus lanzhouensis* and enrich its reference information, a comparatively research on the morphology and histology of digestive system between *Silurus lanzhouensis* and catfish (*Silurus asotus*) was performed. The results showed: 1. The morphology of digestive tract and digestive gland of *Silurus lanzhouensis* was similar with those of catfish (*Silurus asotus*), which was characterized as carnivorous fish, suggesting the shorter digestive tract and stronger “U” type stomach. Besides, pyloric caecum was not found. They both had short and thick gut in which foregut was thicker than hindgut. The liver and pancreas in the both species were observed to be independent and pyknotic. 2. The higher relative gut length (RGL), the lower hepatosomatic index (HSI) and stomach index (STI) was found in *Silurus lanzhouensis*, compared with those of catfish (*S. asotus*) ( $P < 0.05$ ). There was no significant difference observed in the gut index (GI) between the both two species ( $P > 0.05$ ). 3. The larger fold amplitude and the thicker circular muscle layer were found in the stomach of catfish (*Silurus asotus*) in comparison with that in *Silurus lanzhouensis*. The numerous plica and the strong mucosal folds was found in the foregut of both two species, although those in catfish (*Silurus asotus*) was denser. The gut diameter, the number and height of fold was decreasing from foregut to hindgut. The goblet cells and columnar cells were distributed on the mucous membrane layer. In the hepatopancreas of the both species, the lack of connective tissue between the hepatic lobule led to the unobvious dividing line. Moreover, the density of hepatocyte was larger in *Silurus lanzhouensis* than that in catfish (*Silurus asotus*). Overall, *Silurus lanzhouensis* had the similar digestive system with catfish (*Silurus asotus*), which was characterized as carnivorous fish, but the digestive ability of *Silurus lanzhouensis* was weaker. It might be one of the reason why *Silurus lanzhouensis* had the narrower distribution and weaker adaptability than catfish (*Silurus asotus*).

**Key words:** *Silurus lanzhouensis*; *Silurus asotus*; Digestive system; Morphology; Histology