

• 研究简报 •

野生与养殖哲罗鱼消化系统及消化酶的比较研究

顾岩^{1,2}, 孙中武¹, 尹洪滨², 尹家胜²

(1. 东北林业大学 生命科学学院, 黑龙江 哈尔滨 150040; 2. 中国水产科学研究院 黑龙江水产研究所, 黑龙江 哈尔滨 150070)

摘要: 采用组织学方法对野生与养殖哲罗鱼 (*Hucho taimen* Pallas) 消化系统的形态及组织结构进行比较研究, 采用聚丙烯酰胺凝胶电泳方法比较了两个群体哲罗鱼 3 种消化酶的相对含量。结果表明, 野生与养殖哲罗鱼的消化系统在形态上存在一定差异, 在组织结构上无明显差异。两个群体哲罗鱼在食道与胃酯酶相对含量上差异不显著 ($P>0.05$), 在肝脏与幽门盲囊酯酶相对含量上差异显著 ($P<0.05$), 在肠道酯酶的相对含量上差异极为显著 ($P<0.01$)。两个群体哲罗鱼在食道与胃淀粉酶的相对含量上差异不显著 ($P>0.05$), 在肝脏与肠道淀粉酶的相对含量上差异显著 ($P<0.05$), 在幽门盲囊淀粉酶的相对含量上差异极为显著 ($P<0.01$)。哲罗鱼的蛋白酶表达存在一定的 pH 依赖性, 在体外酸性条件下 (pH 3), 两个群体哲罗鱼只有食道与胃有蛋白酶表达; 在体外碱性条件下 (pH 9), 两个群体哲罗鱼只有幽门盲囊与肠道有蛋白酶表达; 两种 pH 条件下, 两个群体哲罗鱼各组织中蛋白酶的相对含量差异均不显著 ($P>0.05$)。两个群体哲罗鱼的消化系统结构及消化酶含量所表现出的差异与其生活环境及食物有关。[中国水产科学, 2008, 15(2): 330-336]

关键词: 哲罗鱼; 消化系统; 消化酶

中图分类号: Q174

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2008)02-0330-07

鱼类的消化系统由消化管以及附属消化腺组成, 研究鱼类消化系统的形态学与组织学, 对认识和探讨鱼类食性及消化吸收的生理机制具有重要意义^[1]。国内外对鱼类消化系统的研究报道很多^[2-4], 但是关于鲑科鱼类的相关研究则较少^[5-6]。许多研究结果表明, 鱼类消化酶的种类很多, 主要有蛋白酶、淀粉酶、脂肪酶等, 而且各种消化酶在不同的 pH 条件下其活力存在一定差异^[7-8]。消化酶的活力与鱼类的食性密切相关。一般情况下, 肉食性鱼类的蛋白酶活力较高, 淀粉酶活力较低^[9]。哲罗鱼 (*Hucho taimen* Pallas) 又名哲罗鲑, 属鲑形目 (Salmoniformes), 鲑科 (Salmonidae), 鲑亚科 (Salmoninae), 哲罗鱼属 (*Hucho*), 为中国珍稀冷水性鱼类, 其天然资源濒临枯竭, 已被列入《中国濒危动物鱼类红皮书》^[10]。由于哲罗鱼种群数量稀少, 样本采集困难, 目前关于其研究报道较少, 主要集中在养殖与繁育^[11]、分子遗传多样性^[12]、营养成分分析^[13]等方面, 对其消化系统以及消化酶的研究却未见报道。目前, 哲罗鱼的人工

养殖已初具规模^[14-15]。为解决哲罗鱼人工养殖过程中鱼类摄食、消化方面的问题, 本研究通过采用组织切片及聚丙烯酰胺凝胶电泳等方法对野生与养殖哲罗鱼的消化系统及消化酶进行了比较研究, 旨在研究其消化生理、养殖以及饲料研制等提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验动物

实验用野生哲罗鱼, 于 2006 年 10 月采自乌苏里江上游虎头江段, 共取 10 尾, 体长 460~500 mm, 体质量 1 350~1 500 g。野生哲罗鱼主要栖息在温度较低、溶氧量较高的山区河流, 生活在 20℃ 以下, 水深流急、水质清澈、两岸植被繁茂的生态河流上游或支流。主要猎食鱼类或岸边的啮齿动物、蛇类或水禽。取野生样本背鳍以下、侧线鳞以上部位的 4~6 枚鳞片, 鳞片经脱脂清洗后, 在电偶联 Motic 解剖镜下观察鉴定样本的年龄。经鉴定, 实验用野生样本均为 3 龄哲罗鱼。养殖样本于 2007 年 3 月采自黑龙江水产研究所渤海冷水鱼实验站, 是由捕

收稿日期: 2007-07-17; 修订日期: 2007-10-26.

基金项目: 国家支撑计划 (2006BAD03B08-01), 国家技术基础条件平台建设项目 (2006DKA30470-005).

作者简介: 顾岩 (1981-), 女, 硕士研究生, 从事生化遗传学研究. Tel: 0451-81067281; E-mail: guyan_0301@126.com

通讯作者: 尹家胜 (1960-), 男, 研究员. E-mail: xwsc20@tom.com

获的野生鱼经人工催产孵化所得,在人工条件下养殖至3龄。共取10尾,体长350~400 mm,体质量800~1 200 g。养殖哲罗鱼饲养在人工流水的土池中,土池饲养水温10~16℃。饵料由主要由谷物、鱼粉、豆饼、多维、矿物盐等混合配制而成。

1.2 实验方法

研究用野生与养殖样本均为随机取样,将鱼饥饿24 h后,活体解剖,测其生物学参数。取其消化道各部分及消化腺,Bouin's液固定,石蜡包埋切片,厚度6~8 μm,HE染色,ZEISS显微镜观察并拍照。取哲罗鱼的食道、胃、肝脏、幽门盲囊和肠等用预冷的去离子水冲净消化道内容物,滤纸吸干水分。每1 g组织样品加入5 mL样品处理液(pH 7.0, 0.1mol/L Tris-HCl),在预冷的研钵中研碎,4℃下,15 000 g离心30 min,取上清液分装。采用聚丙烯酰胺凝胶垂直板不连续凝胶系统^[16],电泳缓冲液为pH 8.3 Tris-Gly。对每种酶进行电泳时都设置6组平行实验。电泳开始稳压50 V,进入分离胶后调

至100 V。电泳结束后,固定,染色方法参见文献[17~18]。染色后经Syngene GeneGenius凝胶成像系统拍照,Quantity One软件对图像处理分析。电泳后,蛋白酶胶板需要在不同的pH的保温液(含0.1 mol/L Gly的5 mmol/L CaCl₂溶液)中保温3 h。每种器官酶的相对含量为这一器官表达的全部酶带相对含量的总和。每种器官酶的数量为这一器官表达的全部酶带条数的总和。

1.3 数据处理

采用SPSS12.0统计软件对实验数据进行处理,P<0.05即认为有显著性差异,所有的数据结果均以平均值±标准偏差($\bar{X}\pm SD$)表示,各种酶的含量为相对值。

2 结果与分析

2.1 野生与养殖哲罗鱼消化系统参数测定

分别测得野生与养殖哲罗鱼口咽腔长/头长,比肠长(肠长/体长)。两种类型哲罗鱼的口咽腔长与头长比值具有一定区别,比肠长差别不明显(表1)。

表1 野生与养殖哲罗鱼消化系统参数
Tab.1 The digestive system exponent of wild and cultivated *Hucho taimen* n=10; $\bar{X}\pm SD$

参数 Exponent	类型 Type	
	野生型 Wild type	养殖型 Cultivated type
口咽腔长/头长 Oral cavity length / head length	0.67±0.08	0.61±0.13
比肠长 Intestine length / Body length	0.68±0.08	0.70±0.17

2.2 野生与养殖哲罗鱼消化系统形态学与组织学观察

野生与养殖哲罗鱼消化道的组成相同,包括食道、胃、幽门盲囊、肠,消化腺为肝脏(图1)。通过形态学与组织学切片观察,野生与养殖哲罗鱼的消化系统在形态上存在一定差异,在组织学上差异不明显。(图版I-1、2、4、5、7、8)。

野生与养殖哲罗鱼的口咽腔结构相似,吻尖,口端位,口裂大。口腔齿系统发达。齿外形呈圆锥状,齿体不大,数量很多且排列紧密。舌半椭圆形,前端游离但不能活动。野生、养殖两种类型哲罗鱼的食道均比较短,管壁内黏膜褶皱呈纵向排列。与养殖哲罗鱼相比,野生哲罗鱼的食道管壁肌肉发达,管腔更大,弹性更好。哲罗鱼的食道黏膜上皮一部分为复层扁平上皮;另一部分为单层柱状上皮,黏膜上皮中分布大量浅染的杯状细胞(图版I-1、2)。哲罗鱼的胃呈V型,分为贲门部、胃体部、

幽门部。在形态结构上,养殖哲罗鱼胃的贲门部与胃体部间过渡不如野生哲罗鱼明显,且胃体不够膨大,管腔小,管壁薄,弹性较差。在组织结构上,胃的黏膜上皮为单层柱状上皮,从贲门部到幽门部,

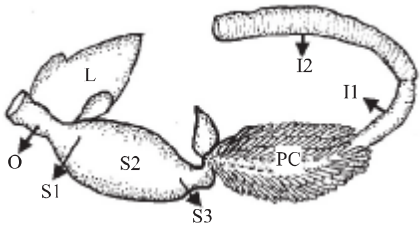


图1 哲罗鱼消化系统结构模式图
I1: 前肠; I2: 后肠; L: 肝脏; O: 食道; P: 幽门盲囊; S1: 贲门胃; S2: 胃体; S3: 幽门胃。
Fig.1 Schematic drawing of the structure of the digestive system in *Hucho taimen*
I1: foregut; I2: hindgut; L: liver; O: esophagus; P: pyloric caecum; S1: cardiac stomach; S2: fundic stomach; S3: pyloric stomach.

黏膜上皮形成的褶皱高度逐渐增加,数量逐渐增多,宽度逐渐变窄。在胃黏膜上皮与固有膜之间出现胃腺组织(图版I-3)。贲门部的胃腺较短,单层排列,腺体分支较少。胃体部和幽门部的胃腺相当发达,腺腔变大,复层排列,分支增多(图版I-4、5、6、7、8)。在胃与肠相接处,生有发达的幽门盲囊,数量很多,约有170~220条,呈花瓣状环绕肠管分布。与野生哲罗鱼相比,养殖哲罗鱼的幽门盲囊上附着有大量的油脂。幽门盲囊的黏膜上皮同样为单层柱状上皮,上皮细胞中分布有很多杯状细胞,柱状上皮游离端具有非常明显的深染的纹状缘(图版I-9)。哲罗鱼的肠较短,肠中部有明显的缢痕,分为前后两段,后肠在外观上比前肠粗大。野生哲罗鱼肠的管壁肌肉层比养殖哲罗鱼的发达,并且肠周围沉积的脂肪明显比养殖型的要少。肠的黏膜上皮为单层柱状上皮,前肠的上皮褶皱无论从数量、高度、宽度上都比后肠的发达,纹状缘也比后肠明显,杯状细胞前肠明显多于后肠。在肠的上皮与固有层之间有肠腺分布,肠腺开口于黏膜褶皱形成的隐窝之间。构成肠腺的细胞主要是单层柱状细胞与杯状细胞(图版I-10、11)。哲罗鱼的肝一叶,深紫红色,覆盖在胃上方。两种类型哲罗鱼的肝脏在形态上差异明显,养殖哲罗鱼肝脏的体积明显比野生哲罗鱼的小。在组织结构上,肝细胞围绕中央静脉呈放射状排列,在肝小叶相邻的区域,小叶间静脉,小叶间动脉,小叶间胆管常常伴行。

2.3 消化酶的检测

2.3.1 酯酶 由图2a及表2可见,两种类型哲罗鱼食道和胃均检测到3条酶带,养殖哲罗鱼表达的酶带染色较深,说明其酯酶的相对含量更高,但

与野生哲罗鱼的差异不显著($P>0.05$)。肝脏的酶谱较为复杂,野生哲罗鱼的肝脏检测出7条酶带,养殖哲罗鱼的检测出6条酶带,两者肝脏酯酶的相对含量存在显著差异($P<0.05$)。野生哲罗鱼的幽门盲囊仅表达1条酶带,养殖哲罗鱼的表达2条酶带,且两者酶的相对含量差异显著($P<0.05$)。两种类型哲罗鱼肠道的酯酶酶谱存在明显不同,野生哲罗鱼的前肠和后肠均表达1条酶带,而养殖哲罗鱼的前肠表达5条酶带,后肠表达3条酶带,且相对含量差异极为显著($P<0.01$)。

2.3.2 淀粉酶 由图2b及表3可见,两种类型哲罗鱼食道与胃均检测到5条酶带,虽然养殖哲罗鱼表达的酶带染色较深,但两者的含量差异并不显著($P>0.05$)。野生哲罗鱼的肝脏表达4条酶带,养殖哲罗鱼表达5条,两者肝脏淀粉酶的相对含量差异显著($P<0.05$)。两种类型哲罗鱼幽门盲囊均表达1条酶带,但养殖哲罗鱼幽门盲囊的淀粉酶的相对含量明显较野生哲罗鱼的高,两者含量差异极为显著($P<0.01$)。两种类型哲罗鱼肠道的淀粉酶酶谱存在明显不同,野生哲罗鱼的前肠和后肠均表达1条酶带,养殖哲罗鱼的前肠与后肠均表达2条酶带,且两者相对含量差异显著($P<0.05$)。

2.3.3 蛋白酶 由图2c、2d及表4可见,哲罗鱼消化系统的蛋白酶表达存在着一定的pH依赖性。酸性条件pH 3下,两种类型哲罗鱼都只有食道和胃有蛋白酶表达,而且均表达5条酶带,相对含量差异不显著($P>0.05$)。碱性条件pH 9下,两种类型哲罗鱼都只有幽门盲囊和肠有蛋白酶表达,而且均表达2条酶带,相对含量差异不显著($P>0.05$)。两种条件下,均未见肝脏有蛋白酶表达。

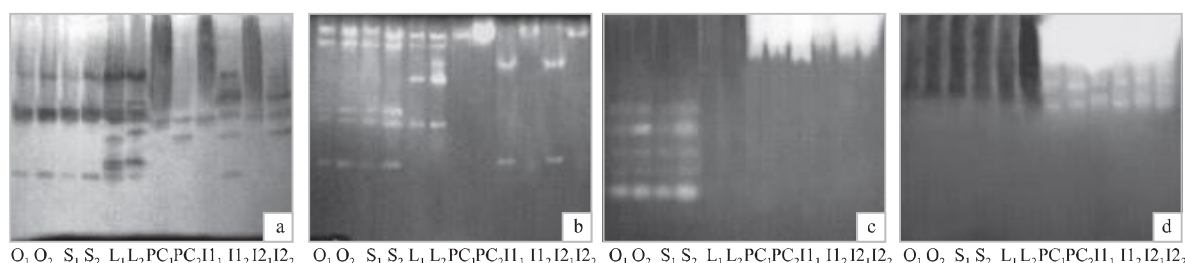


图2 哲罗鱼消化酶电泳图谱

a. 酯酶; b. 淀粉酶; c. 蛋白酶 (pH 3); d. 蛋白酶 (pH 9).

I1: 前肠; I2: 后肠; L: 肝脏; O: 食道; PC: 幽门盲囊; S: 胃. 下角标1代表野生型, 2代表养殖型.

Fig.2 Electrophoretograms of digestive enzymes of *Hucho taimen*

a.esterase; b.amylase; c.proteases (pH 3); d.proteases (pH 9).

I1: foregut; I2: hindgut; L: liver; O: esophagus; PC: pyloric caecum; S: stomach. Subscript 1 means wild type, subscript 2 means cultivated type.

表 2 野生与养殖哲罗鱼消化系统各器官酯酶的相对含量

Tab.2 Relative content of esterase in digestive system of wild and cultivated *Hucho taimen*n=6; $\bar{X} \pm SD$

类型 Type	食道 Esophagus	胃 Stomach	肝脏 Liver	幽门盲囊 Pyloric ceacum	前肠 Foregut	后肠 Hindgut
野生型 Wild type	34.7±4.6	34.1±3.2	87.2±3.7	9.1±0.8	9.4±0.7	9.0±0.6
养殖型 Cultivated type	36.9±3.1	36.2±2.8	75.8±4.2	18.4±2.0	49.5±4.4	32.7±2.8

表 3 野生与养殖哲罗鱼消化系统各器官淀粉酶的相对含量

Tab.3 Relative content of amylase in digestive system of wild and cultivated *Hucho taimen*n=6; $\bar{X} \pm SD$

类型 Type	食道 Esophagus	胃 Stomach	肝脏 Liver	幽门盲囊 Pyloric ceacum	前肠 Foregut	后肠 Hindgut
野生型 Wild type	1.9±0.04	1.8±0.02	2.0±0.03	0.7±0.03	1.0±0.02	1.1±0.01
养殖型 Cultivated type	2.3±0.03	2.7±0.04	2.9±0.04	2.1±0.02	0.6±0.001	0.7±0.001

表 4 野生与养殖哲罗鱼消化系统各器官蛋白酶的相对含量

Tab.4 Relative content of proteases in digestive system of wild and cultivated *Hucho taimen*n=6; $\bar{X} \pm SD$

器官 Apparatus	pH 3		pH 9		
	食道 Esophagus	胃 Stomach	幽门盲囊 Pyloric ceacum	前肠 Foregut	后肠 Hindgut
野生型 Wild type	69.7±3.7	71.3±4.0	41.8±3.4	40.6±2.8	40.3±3.2
养殖型 Cultivated type	81.2±4.6	84.2±4.5	43.2±3.3	40.1±3.0	40.0±2.9

3 讨论

3.1 野生与哲罗鱼消化系统的比较

鱼类消化系统的形态与食性是相适应的。潘黔生等^[19]对6种有胃真骨鱼类消化系统解剖研究结果表明,6种肉食性鱼类的口咽腔与头长的比值在0.55~0.76之间。本实验测得养殖哲罗鱼口咽腔与头长的比值以及稍小于野生哲罗鱼,推测是由于养殖哲罗鱼投喂的是人工饲料,捕食能力下降,从而导致其口咽腔与头长的比值减小。

哲罗鱼的食道短而粗,弹性好,胃内有纵向排列的褶皱,充满食物时,褶皱展平,有助于扩大管腔面积,易于吞咽体积较大的食物。肌层十分发达,利于将食物推向胃部。养殖哲罗鱼的食道无论从管壁厚度还是弹性方面,都不如野生哲罗鱼发达,可能是由于食物性质不同造成的。

对于两种类型哲罗鱼胃在外部形态上的差异,笔者认为其原因在于,野生哲罗鱼捕食鱼类等活

饵,体积较大,需要有较大的胃腔来容纳与消化食物,同时野生哲罗鱼胃的管壁厚,弹性好,更有利于搅拌与磨碎食物。而养殖哲罗鱼投喂的是人工饲料,易于消化,从而导致其胃的形态发生变化。

野生与养殖哲罗鱼幽门盲囊的主要差异在于后者幽门盲囊表面附着有大量的脂肪。推测其原因可能是养殖哲罗鱼生存范围及活动空间有限,不需主动觅食,能量消耗少,营养过剩进而导致脂肪沉积。

哲罗鱼的肠较短,分为前、后两段,后肠较前肠粗大,管壁肌肉层发达,有利于食物残渣的排出。哲罗鱼前肠的杯状细胞明显多于后肠,由于杯状细胞的多少可直接反映鱼类消化、吸收的能力,因此推测,哲罗鱼的前肠具有较强的消化吸收能力。野生哲罗鱼的肠道系数(肠长/体长)为0.68,养殖哲罗鱼的为0.70。与潘黔生等^[19]对6种有胃真骨鱼的肠道系数研究结果(0.4~0.82)相吻合。也

充分证实了肉食性鱼类肠长一般短于体长,而杂食性和草食性鱼类肠的长度通常长于体长^[20]这一结论。

3.2 野生与养殖哲罗鱼消化酶的比较

野生与养殖哲罗鱼消化系统各器官酯酶的表达存在一定的差异,养殖哲罗鱼消化系统各器官酯酶的谱带数量多,相对含量比野生哲罗鱼的高。除食道与胃之外,其他器官酯酶的相对含量差异显著($P<0.05$)。酯酶谱显示,两种类型哲罗鱼的肝脏、幽门盲囊、肠这三种器官所表达的酶带数量多,相对含量高,说明这三种器官对酯类的消化起重要作用。解剖发现养殖哲罗鱼的幽门盲囊、肠上附着大量的油脂,可能由于体内的油脂含量高,刺激了酯酶的表达与分泌。

与野生哲罗鱼相比,养殖哲罗鱼在肝脏与幽门盲囊这两种器官表达的淀粉酶的数量与相对含量更为丰富,在这两器官中的相对含量两群体差异极为显著($P<0.01$)。两群体的食道与胃表达的酶带数量相同,在相对含量上差异不显著($P>0.05$)。两者肠道淀粉酶的相对含量差异显著($P<0.05$)。哲罗鱼属肉食性鱼类,消化酶中淀粉酶的相对含量较低,这是与其食性相一致的。养殖哲罗鱼消化系统各器官淀粉酶的表达水平高于野生哲罗鱼,推测其原因在于,两者的食物来源不同,养殖哲罗鱼投喂的是人工饲料,饲料中淀粉成分较活饵的要高,从而诱导了淀粉酶的分泌。

哲罗鱼为肉食性鱼类,研究结果表明野生与养殖哲罗鱼消化系统各器官蛋白酶的相对含量差别不显著($P>0.05$)。说明养殖群体投喂的饲料中蛋白成分与野生群体捕食的活饵相似,基本满足了哲罗鱼在养殖条件下对蛋白的摄入。

参考文献:

- [1] 阮国良,杨代勤,严安生,等. 月鳢消化系统形态及组织学的研究[J]. 湖北农学院学报,2004,24(3): 185-189.
- [2] 谢碧文,王志坚. 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,2002,17(2): 22-27.
- [3] 刘飞,张轩杰,刘少军,等. 湘云鲫、湘云鲤消化道的组织学研究[J]. 中国水产科学,2001,8(3): 23-27.
- [4] Morrison C M, Wright J R. A study of the histology of the digestive tract of the Nile tilapia[J]. J Fish Biol,1999,54: 597-606.
- [5] 蒲德永,王志坚,赵海鹏. 亚东鲑消化系统的形态学和组织学观察[J]. 四川动物,2006,25(4): 825-828.
- [6] 关海虹,尹家胜,匡友谊,等. 哲罗鱼摄食器官发生、发育的初步研究[J]. 水产学杂志,2006,19(1): 26-30.
- [7] Munilla-Moran R, Saborido-Rey F. Digestive enzymes in marine species. I. Proteinase activities in gut from redfish (*Sebastes mentella*), Seabream (*Sparus aurata*) and turbot (*Scophthalmus maximus*) [J]. Comp Biochem Physiol,1996,113b, (2): 395-402.
- [8] 杨惠萍,童圣英,王子臣,等. 国内外关于水产动物消化酶研究的概况[J]. 大连水产学院学报,1998,13(3): 64-71.
- [9] 刘扬,周小秋,叶成远,等. 鱼类消化酶活性的影响因素[J]. 饲料广角,2004,18: 37-38.
- [10] 乐佩琦. 中国濒危动物鱼类红皮书[M]. 北京: 科技出版社,1998: 29-31.
- [11] 姜作发,尹家胜,徐伟. 人工养殖条件下哲罗鱼生长的初步研究[J]. 水产学报,2003,27(6): 590-594.
- [12] 佟广香,鲁翠云,匡友谊,等. 哲罗鱼基因组微卫星富集文库的构建与分析[J]. 中国水产科学,2006,13(2): 181-186.
- [13] 姜作发,刘永,李永发,等. 野生、人工养殖哲罗鱼生化成分分析和营养品质评价[J]. 东北林业大学学报,2005,33(4): 34-36.
- [14] 徐伟,尹家胜,姜作发,等. 哲罗鱼人工繁育技术的初步研究[J]. 中国水产科学,2003,10(1): 26-30.
- [15] 姜作发,尹家胜,徐伟,等. 人工养殖条件下哲罗鱼生长的初步研究[J]. 水产学报,2003,27(6): 590-594.
- [16] 张龙翔,张庭芒,李爱媛. 生化实验方法和技术[M]. 北京: 高等教育出版社,1981: 85-100.
- [17] 何忠效,张树政. 电泳[M]. 第2版. 北京: 科学出版社,1999: 284-308.
- [18] 沈怡,孙中武,尹洪滨,等. 4种鲢形目鱼消化系统蛋白水解酶[J]. 东北林业大学学报,2007,35(5): 64-66.
- [19] 潘黔生,郭广全,方之平,等. 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,1996,15(5): 463-469.
- [20] 曾端,叶元土. 鱼类食性与消化系统结构的研究[J]. 西南农业大学学报,1998,20(4): 361-364.

Comparative study on the digestive system and digestive enzymes of wild and cultivated *Hucho taimen*

GU Yan^{1,2}, SUN Zhong-wu¹, YIN Hong-bin², YIN Jia-sheng²

(1. Life Science College of Northeast Forestry University, Harbin 150040, China; 2. Heilongjiang River Fisheries Research Institute of Chinese Academy of Fishery Sciences, Harbin 150070, China)

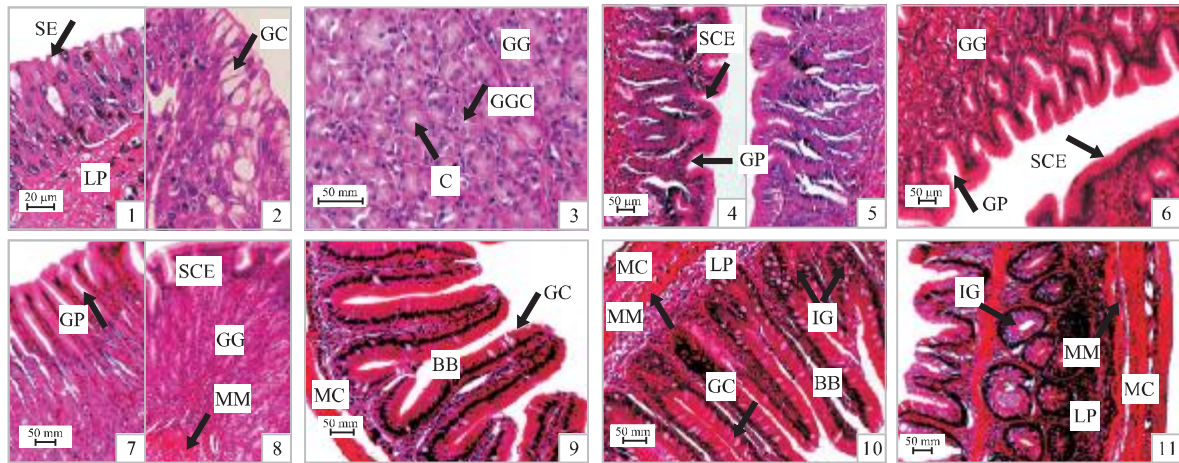
Abstract: The morphology and histology of the digestive system of wild and cultivated *Hucho taimen* has been studied using histological method. The results showed that there were some differences between the wild and cultivated types in the shape of digestive system, but the differences in histology of esophagus, stomach, liver, pyloric caecum and intestine were not clear. The digestive enzymes of the two populations were studied by means of polyacrylamide gel electrophoresis. The results showed that differences of relative esterase content in esophagus and stomach between the two populations were not significant ($P>0.05$), while in liver and pyloric caecum the differences were significant ($P<0.05$). In intestine, the relative enzyme content were extremely significant ($P<0.01$). The difference of relative amylase content in esophagus and stomach between the two populations is not significant ($P>0.05$), in liver and intestine, the difference was significant ($P<0.05$), in pyloric caecum, the difference was extremely significant ($P<0.01$). The expression of proteases relied on pH value. Only in esophagus and stomach there was protease's expression of the two populations in acidic condition (pH=3). In alkaline condition (pH=9), pyloric caecum and intestine had the expression of proteases. In both conditions, the difference relative protease content of each tissue between the two populations was not prominent ($P>0.05$). It could be concluded that difference of digestive system and digestive enzymes between the two populations relied on their living condition and food. [Journal of Fishery Sciences of China, 2008, 15 (2): 330–336]

Key words: *Hucho taimen* Pallas; digestive system; digestive enzymes

Corresponding author: YIN Jia-sheng. E-mail: xwsc20@tom.com

顾岩等：野生与养殖哲罗鱼消化系统及消化酶的比较研究

GU Yan et al: Comparative study on the digestive system and digestive enzymes of wild and cultivated *Hucho taimen*



图版 I

1: 野生哲罗鱼食道上皮横切; 2: 养殖哲罗鱼食道上皮横切; 3: 胃腺横切; 4: 野生哲罗鱼贲门胃上皮横切; 5: 养殖哲罗鱼贲门胃上皮横切; 6: 野生哲罗鱼胃体上皮横切; 7: 野生哲罗鱼幽门胃上皮横切; 8: 养殖哲罗鱼幽门胃上皮横切; 9: 野生哲罗鱼幽门盲囊横切; 10: 野生哲罗鱼前肠横切; 11: 野生哲罗鱼后肠横切。

BB: 纹状缘; C: 胃腺腔; GC: 杯状细胞; GG: 胃腺; GGC: 胃腺细胞; GP: 胃小凹; IG: 肠腺; LP: 固有膜; MC: 肌层; MM: 黏膜肌; SCE: 单层柱状上皮; SE: 扁平上皮; SM: 黏膜下层。

Explanation of Plate I

1: Transverse section of esophagus epithelium (W); 2: Transverse section of esophagus epithelium (C); 3: Transverse section of gastric glands; 4: Transverse section of epithelium of cardiac stomach (W); 5: Transverse section of epithelium of cardiac stomach (C); 6: Transverse section of epithelium of fundic stomach (W); 7: Transverse section of epithelium of pyloric stomach (W); 8: Transverse section of epithelium of pyloric stomach (C); 9: Transverse section of pyloric caecum (W); 10: Transverse section of foregut (W); 11: Transverse section of hindgut (W). W represents wild type, C represents cultivated type.

BB: brush border; C: cavity of gastric gland; GC: goblet cell; GG: gastric glands; GGC: gastric gland cell; GP: gastric pits; IG: intestinal glands; LP: lamina propria; MC: muscular coats; MM: muscularis mucosa; SCE: simple columnar epithelium; SE: squamous epithelium; SM: submucosa.