

# 斜带石斑鱼 (♀) × 鞍带石斑鱼 (♂) 杂交子代 (青龙斑) 消化系统的早期发育

李加儿<sup>①</sup> 吴水清<sup>①②</sup> 区又君<sup>①</sup> 吕国敏<sup>①</sup> 刘江华<sup>①②</sup>  
温久福<sup>①</sup> 王鹏飞<sup>①</sup>

① 中国水产科学研究院南海水产研究所, 农业部南海渔业资源开发利用重点实验室 广州 510300;

② 上海海洋大学水产与生命学院 上海 201306

**摘要:** 本文研究斜带石斑鱼 (*Epinephelus coioides*) (♀) × 鞍带石斑鱼 (*E. lanceolatus*) (♂) 杂交子代 (青龙斑) 仔、稚、幼鱼的消化系统发育, 描述了其消化器官发育过程和组织学结构特征, 充实青龙斑生物学研究文库, 为其发育生物学研究和苗种培育提供技术支撑。青龙斑苗种培育于 2012 年 6 ~ 8 月期间进行。水温为 (30 ± 1) °C, 盐度为 28 ± 1。利用形态学和连续组织切片技术, 对出膜后 0 ~ 40 日龄幼鱼的消化系统进行了观察和研究。消化系统发育可划分为内源性营养、混合营养和外源性营养 3 个阶段: 0 至 3 日龄为内源性营养阶段, 初孵仔鱼消化管为一简单的直形管, 卵黄囊大, 椭圆形, 口和肛门尚未与外界相通; 口腔中出现鳃弓的雏形, 3 日龄仔鱼食道由 2 ~ 3 层的复层立方上皮细胞组成, 形成较低的褶皱; 胃与小肠和食道的分界明显, 上皮由单层柱状细胞组成; 肠道分化, 肛门开通体外, 开始摄食; 肝细胞团和胰腺细胞团形成。4 ~ 5 日龄为混合营养阶段, 6 日龄之后进入外源性营养阶段, 卵黄囊已经完全被吸收, 前、中、后肠和直肠区分明显, 肠黏膜上皮中出现少量的杯状细胞, 由肠腔面向深层依次可以分为黏膜层、黏膜下层和浆膜层, 肌层不明显。至 25 日龄, 消化系统的结构和功能已经较为完善。38 日龄时, 胃、幽门盲囊、肠以及直肠各段分界明显, 黏膜褶皱高度为前肠 > 中肠 > 后肠; 肌层厚度为后肠 > 前肠 > 中肠; 消化道和消化腺组织结构与成鱼基本相同。青龙斑的消化系统发育和分化是与其生理功能的逐步完善同步的。

**关键词:** 斜带石斑鱼; 鞍带石斑鱼; 杂交子代; 消化道; 发育

**中图分类号:** S917.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2016) 01-73-11

## Post-embryonic Development of the Digestive System in Qinglong Grouper (*Epinephelus coioides* ♀ × *E. lanceolatus* ♂)

LI Jia-Er<sup>①</sup> WU Shui-Qing<sup>①②</sup> OU You-Jun<sup>①</sup> LÜ Guo-Min<sup>①</sup> LIU Jiang-Hua<sup>①②</sup>  
WEN Jiu-Fu<sup>①</sup> WANG Peng-Fei<sup>①</sup>

① South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Science, Key Lab for Exploitation & Utilization of Fisheries

**基金项目** 广东省海洋渔业科技推广专项 (No. B201101B04), 中国水产科学研究院基本科研业务费专项 (No. 2012A 0703), 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项 (No. 2012TS30, 2012TS31);

**第一作者简介** 李加儿, 男, 研究员; 研究方向: 水产养殖基础生物学和繁育技术; E-mail: lje001@126.com.

收稿日期: 2015-01-30, 修回日期: 2015-06-25 DOI: 10.13859/j.cjz.201601009

Resource in South China Sea, Ministry of Agriculture, Guangzhou 510300; ② College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

**Abstract:** The histology of post-embryonic development of the digestive system in Qinglong grouper (*Epinephelus coioides* ♀ × *E. lanceolatus* ♂) was studied and the developmental processes of digestive organs and their structures were described. Experiment was conducted in a rearing tank in Shenzhen Experimental Base of South China Sea Fisheries Institute from June to August, 2012. The water temperature and salinity were maintained at  $30 \pm 1^\circ\text{C}$  and  $28 \pm 1$ , respectively throughout the experiment. A total of 15 - 20 samples were collected daily from newly hatched to 15 DAH, and every two days after that up to 40 DAH. The morphological and histological techniques were used to investigate the development of digestive system from newly hatched to 40 days after hatching (DAH). Results showed that the development of digestive system in Qinglong grouper (Plate I) could be divided into three stages. The endogenous vegetative stage (0 - 3 DAH) showed a simple straight digestive track and a big yolk sac shaped in ellipse. The mouth and anus did not open, original gill arch appeared, and esophagus had 2 - 3 layers of cubical epithelium at 3DAH, forming lower folds. The mixed vegetative stage was from 4 to 5 DAH. Definite boundary could be observed among stomach, small intestine and esophagus, which were composed of simple layer of cubical epithelium. Intestine differentiated, anus opened, and began to feed. Cell groups of both liver and pancreases formed. In the exotrophic stage (after 6 DAH), the yolk sac was completely absorbed, definite boundary could be observed among foregut, midgut, hindgut and rectum, a few goblet cells were found in the epithelium of intestinal mucosa, the histological structure was composed of mucosa, submucosa and serosa, from the outside to the inside, and muscularis was not obvious. The structure and function of the digestive system became perfect at 25 DAH. Definite boundary could be observed among stomach, pyloric caeca and sections intestine (Plate II). The heights of folds in mucosa were in proper order: foregut > midgut > hindgut, and thicknesses of muscularis were in order of hindgut > foregut > midgut. Histological structures of digestive tract and digestive gland (Plate III) became similar to those of the adult. In conclusion, development and differentiation of the digestive system in Qinglong grouper are in accordance with their physiological functions in this fish.

**Key words:** *Epinephelus coioides*; *E. lanceolatus*; Hybrid; Digestive tract; Development

斜带石斑鱼 (*Epinephelus coioides*) 和鞍带石斑鱼 (*E. lanceolatus*) 都隶属于鲈形目 (Perciformes) 鲷科 (Serranidae) 石斑鱼亚科 (Epinephelinae) 石斑鱼属。斜带石斑鱼俗称青斑, 主要分布在印度-西太平洋的热带、亚热带海区, 鞍带石斑鱼俗称龙趸、龙胆石斑鱼, 主要产于东南亚、大洋洲海域 (Sadovy et al. 2000, 孙典荣等 2013)。

青龙斑 (Qinglong grouper) 是以斜带石斑鱼为母本、鞍带石斑鱼为父本杂交产生的子代。

该杂交子代具有生长速度快、存活率高、抗逆力强、饲料转换效率高、肉质鲜美等特点, 是具有明显杂种优势的石斑鱼养殖品种 (Kiryakit et al. 2011, 黄小林等 2012, 李涛等 2013, 吕国敏等 2013, 吴水清等 2014, 李加儿等 2015)。开展青龙斑仔、稚、幼鱼时期消化道的相关研究对提高青龙斑育苗成活率具有重要意义。本文对青龙斑仔、稚、幼鱼的消化系统发育的组织学进行研究, 为杂交石斑鱼发育生物学研究和鱼苗健康繁育提供理论依据,

进一步丰富石斑鱼杂交育种的生物学研究文库。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

青龙斑仔、稚、幼鱼样本于 2012 年 6 ~ 8 月采自南海水产研究所深圳试验基地,育苗生产期间水温为  $(30 \pm 1) ^\circ\text{C}$ ,盐度为  $28 \pm 1$ ,孵出仔鱼至 15 日龄每天取样,15 日龄之后每 2 d 取样 1 次,每次定时取样 15 ~ 20 尾,直至 40 日龄。

### 1.2 实验方法

所采取的青龙斑仔、稚、幼鱼用 Zeiss Stemi 2000-c 型体视显微镜解剖观察形态特征,拍照并测量相关数据。仔、稚鱼用 Bouin 液整尾固定,幼鱼解剖出消化系统固定,然后经脱水和石蜡包埋处理。切片厚度  $5 \mu\text{m}$ ,常规 H.E 染色,中性树胶封片,在 Carl Zeiss Axio Scope. A1 显微镜下,用 Q-Capture pro 6 软件摄像。

## 2 结果

### 2.1 青龙斑消化系统的形态学特征

初孵仔鱼全长  $(1.62 \pm 0.26) \text{mm}$ ,消化管为一简单的直形管,卵黄囊椭圆形,口和肛门尚未与外界相通。2 日龄仔鱼的肠管进一步增粗,食道、胃、肠区分较为明显,胃、肠已分化出腔隙(图版 I: 1 ~ 3)。38 日龄幼鱼,胃、幽门盲囊、肠以及直肠各段都有明显分界,胃部可分为贲门部、盲囊部和幽门部,其中幽门部很短,此时幼鱼消化道形态与成鱼基本相同。

### 2.2 青龙斑消化系统胎后发育组织学特征

**2.2.1 青龙斑口咽腔的发育** 初孵仔鱼消化器官尚处于未分化状态,口与肛门尚未与外界相通。2 日龄仔鱼出现了口咽腔的雏形。3 日龄仔鱼口裂形成,尚未开口,口咽腔增大,口腔中出现了鳃弓的雏形(图版 I: 2)。6 日龄仔鱼口咽腔由 2 ~ 3 层复层上皮细胞组成,可见固有膜很薄,黏膜下层不发达,鳃弓明显(图版 I: 4)。10 日龄仔鱼已有 5 对鳃弓,其中第 5 对鳃弓不

明显,可见鳃耙和鳃丝,口咽腔底部的上皮细胞不断增厚,形成舌,杯状细胞和味蕾开始出现、增多,下咽齿明显(图版 I: 4, 5)。16 日龄仔鱼口咽腔中出现横纹肌,在咽部着生有较为完善的上、下咽齿,下颌的肌层比上颌的发达。

**2.2.2 青龙斑食道的发育** 2 日龄仔鱼消化道形状侧扁,食道与胃肠区分较为明显,已分化出狭窄的管腔,其黏膜上皮为单层立方上皮细胞,肌层不发达,尚未出现褶皱(图版 I: 3, 5)。3 日龄仔鱼食道由 2 ~ 3 层的复层立方上皮细胞组成,形成较低的褶皱。6 日龄仔鱼食道黏膜上皮为复层上皮,上皮层较之前明显增厚,肌肉层增厚,上皮细胞间的杯状细胞数量增加。10 日龄仔鱼食道褶皱更加丰富,食道上皮由复层上皮细胞组成,食道和胃的连接部明显可见复层上皮细胞变成单层柱状细胞(图版 I: 6)。15 日龄仔鱼食道褶皱和杯状细胞增加。可见黏膜层、肌层和浆膜。20 日龄仔鱼食管腔内有数列纵行的黏膜褶皱,并含有大量的杯状细胞,与胃连接处的括约肌发达,靠近胃部食管的上皮细胞由复层上皮细胞转变为矮柱状单层细胞,同时杯状细胞数量减少。食道管壁肌层为横纹肌,较为发达,肌层下方可见浆膜层(图版 I: 7)。25 日龄稚鱼食道皱襞更丰富,可见空泡和杯状细胞,肌层更加发达(图版 I: 8)。38 日龄幼鱼食道可分为黏膜层、肌层和浆膜层。黏膜层向内突起形成许多的褶皱,黏膜上皮为复层上皮细胞,其中有大量的杯状细胞和空泡状结构。肌层发达,由横纹肌组成,内层为纵肌,外层为环肌,肌层后附着有浆膜层(图版 I: 9)。

**2.2.3 青龙斑胃的发育** 初孵仔鱼胃未分化,仅为一条细长的细胞管道,与食管、肠的分界不明显。2 日龄仔鱼分化出狭窄的胃腔,形成锥形胃,胃原基细胞主要为单层立方上皮细胞,细胞排列紧密,细胞呈卵圆形,细胞核较大(图版 I: 4, 5)。3 日龄仔鱼胃与小肠和食道的分界十分明显,上皮由单层柱状细胞组成。8 日

龄仔鱼胃腔进一步扩大,可见黏膜层、黏膜下层和浆膜层,黏膜褶皱较为明显,胃小凹不可见。黏膜上皮由单层柱状细胞组成,缺少黏液细胞(图版 I: 10)。10 日龄仔鱼胃分为 3 层:黏膜层、黏膜下层和浆膜层,黏膜上皮由单层柱状细胞组成,细胞核主要集中在细胞基部,黏膜下层中可见少量的胃腺细胞(图版 I: 6, 11)。15 日龄仔鱼胃与食道、胃与肠交界处出现括约肌,形成贲门部和盲囊部,其幽门部还不可见。贲门部胃壁较厚,黏膜突起在胃腔内形成较多纵行褶皱,胃腔内为高柱状细胞组成的黏膜层,黏膜下层结缔组织进一步充实完善,胃腺细胞团发达,出现了胃小凹(图版 I: 12)。20 日龄仔鱼胃可分为 3 个部分:贲门部、盲囊部和幽门部。幽门部不发达,末端连接幽门盲囊,幽门盲囊的结构和肠相似,分布有杯状细胞,纵形黏膜褶皱要比胃的其他部位多。胃腺细胞团和胃腔都很明显。25 日龄稚鱼贲门部的肌层要比食道的肌层稍薄,但是比盲囊部和幽门部的要厚。胃壁褶皱明显增多,胃腺数目增多,胃小凹较为明显。胃后部形成幽门盲囊,纵形褶皱较之前增加,同时出现空泡,杯状细胞有所增加(图版 I: 13, 14)。38 日龄幼鱼胃已经发育较为完善,胃呈“卜”形,可分为贲门部、盲囊部和幽门部 3 个部分,幽门胃后部为幽门盲囊,幽门胃很短。显微镜下可见胃由黏膜层、黏膜下层、肌层和浆膜层构成。黏膜上皮由单层柱状上皮细胞组成,细胞核位于细胞基部,细胞排列紧密,凹陷处形成胃小凹,为胃腺的开口。贲门胃和盲囊胃有大量的胃腺,黏膜褶皱丰富,幽门胃的胃腺数量明显减少。黏膜下层与固有膜的分界不明显,黏膜下层中可见血管,黏膜下层连接肌层,胃部肌层的厚度为:幽门部 > 盲囊部 > 贲门部,肌层由内层的环肌和外层的纵肌组成,二者都为平滑肌(图版 I: 15, 图版 II: 1)。幽门盲囊较发达,其结构和肠相似,上皮细胞间有大量杯状细胞和空泡结构,褶皱丰富,黏膜下层和肌层都很薄(图版 II: 2)。

**2.2.4 青龙斑肠道的发育** 2 日龄仔鱼肠道呈直管状,管壁由单层矮柱状细胞组成,细胞界限明显,有的几个细胞聚集在一起,细胞核明显,未出现黏膜褶,肠腔狭窄(图版 I: 5),此时青龙斑仔鱼为完全内源性营养。3 日龄仔鱼肠道分化明显,肠道可分为前肠、后肠和直肠,中肠不可区分,肛门开通于体外。肠腔明显增大,肠壁增厚,肠内黏膜上皮突起形成肠腔内的纵行黏膜褶,未出现杯状细胞和肠绒毛(图版 II: 3),此时青龙斑仔鱼已经能够开始摄食。6 日龄仔鱼前肠、中肠、后肠和直肠区分明显,肠黏膜上皮中出现少量杯状细胞,黏膜上皮细胞为单层矮柱状上皮细胞,由肠腔面向深层依次可以分为黏膜层、黏膜下层和浆膜层,肌层不明显。10 日龄仔鱼肠黏膜上皮层为单层柱状细胞,细胞排列较为紧密,可见杯状细胞和纹状缘,肌层不发达(图版 I: 6, 图版 II: 4)。15 日龄仔鱼肠黏膜上皮由单层高柱状细胞构成,核圆形,位于细胞基底部,上皮纹状缘明显。肠褶很多,结构与功能较为完善。20 日龄仔鱼肠腔内纵行褶皱多且高,可见大量的杯状细胞,黏膜上皮游离面纹状缘发达。肠壁结构层次分明,可分为黏膜层、黏膜下层、肌层和浆膜层(图版 II: 5)。后肠的黏膜褶皱高度低于前肠和中肠,后肠的末端为直肠,可见后肠与直肠的交界处单层柱状上皮变为复层扁平上皮,直肠的细胞矮小,褶皱明显降低,杯状细胞不可见(图版 II: 6)。25 日龄稚鱼肠道已经发育得较为完善,前肠、中肠都有大量杯状细胞,黏膜褶皱丰富。后肠杯状细胞减少,但是肌层要比前肠和中肠都发达(图版 II: 7)。38 日龄幼鱼肠道结构与成鱼相似,可分为前肠、中肠、后肠和直肠。黏膜褶皱高度为前肠 > 中肠 > 后肠;肌层的厚度为后肠 > 前肠 > 中肠;前肠和中肠的黏膜上皮细胞排列很紧密,在单层柱状上皮细胞间分布有数量众多的杯状细胞,黏膜上皮游离面纹状缘发达(图版 II: 8 ~ 10)。幼鱼直肠末端与肛门相接的部位黏膜突起较高,也由黏膜层、黏膜下层和肌层组成,

直肠黏膜上皮为复层细胞,肌层较厚,固有膜不明显,可见少量的杯状细胞(图版II:11)。

### 2.3 青龙斑消化腺的发育

**2.3.1 肝** 3日龄仔鱼在卵黄囊的周围形成肝细胞团,肝不分叶,肝细胞不规则。5日龄仔鱼肝细胞排列较为紧密,肝细胞明显,细胞核较大,核仁明显。8日龄仔鱼肝开始出现少量空泡,肝细胞索明显(图版III:1)。15日龄仔鱼肝的H.E染色颜色较浅,肝细胞为多边形,排列不紧密,细胞核较大。可见中央静脉,肝细胞向四周呈放射状排列形成肝细胞索(图版III:2)。20日龄仔鱼肝体积增大,肝形成较多空泡,肝细胞不规则,排列较为紧密,细胞核大,核仁清晰,常以肝血窦为中心,几个肝细胞集成一团,肝内中央静脉明显(图版III:3)。38日龄幼鱼肝结构与成鱼相似,肝体积很大,肝细胞相互连接,呈多角形排列成肝细胞索,以中央静脉为中心向外呈放射状排列,可见胆小管(图版III:4)。

**2.3.2 胰** 青龙斑肝和胰是相互分开的消化腺,3日龄仔鱼在肠道周围已经形成初期的胰腺细胞团,细胞染色较深,界限不明显。5日龄仔鱼胰腺细胞排列紧密,细胞界限仍不明显。8日龄仔鱼的胰腺细胞分布于肝的内侧和肠道的周围,胰体积较小,胰腺细胞染色较深,与肝可明显区分(图版III:1)。15日龄仔鱼胰腺由外分泌部腺泡和内分泌部的胰岛组成,外分泌部染色较深,胰岛染色浅。腺泡细胞界限清楚,呈多边形,中间有一个大而圆的核,核仁明显。胰腺在肠道的周围、肠系膜上均有分布(图版III:5)。20日龄仔鱼胰进一步发育,胰腺细胞紧密,胰岛和胰管都很明显。38日龄幼鱼胰腺细胞结构更为紧密,细胞核较大,H.E染色呈深蓝色,胰岛与胰腺外分泌部区分明显,胰岛由大小不一的细胞团组成,染色浅,外分泌部由腺泡和导管组成,染色较深,此时胰腺的组织结构已与成鱼相似(图版III:6)。

## 3 讨论

### 3.1 青龙斑消化系统胚后发育过程及摄食方式

青龙斑刚孵化时,其消化系统还没有完全发育形成。根据青龙斑消化系统发育的形态、结构特点,将其分为3个阶段:内源性营养阶段、混合营养阶段和外源性营养阶段。0~3日龄为内源性营养阶段,初孵仔鱼卵黄囊很大,仔鱼生长完全靠卵黄囊。至3日龄时,仔鱼消化道由原始的直线型分化出胃、前肠和后肠,口裂形成,发育快的个体口与外界相通,但用光学显微镜观察,胃肠道中还未发现食物,表明3日龄仔鱼还是由卵黄囊提供营养。3日龄仔鱼的消化系统较原始,仍不具备摄食和消化能力。

4~5日龄为混合营养阶段,这个阶段青龙斑仔鱼消化系统开始充分发育,但是消化功能仍不完善,开口饵料为小型轮虫,出膜后第4天的仔鱼可见完整的消化腺,肝和胰腺是分开的两个组织,肝、胰结构趋于完善,具有一定消化功能。此时仔鱼的生长相对缓慢、消化能力差,容易造成大量死亡,为人工育苗的第一个临界期,斜带石斑鱼(吴金英等2003)和鞍带石斑鱼(郭仁湘等2011)仔鱼开口摄食也出现这样一个危险期。混合营养期是鱼类早期生长阶段的关键过渡期,及时提供适合的开口饵料是提高仔鱼成活率的关键(何永亮等2008,区又君等2011)。

6日龄之后仔鱼进入外源性营养阶段,卵黄囊已经完全被吸收,此后青龙斑仔鱼消化系统进一步发育,至25日龄时消化系统已经分化成结构和功能较为完善的6个主要部分:口咽腔、食道、胃、肠、直肠和消化腺。本实验中对6日龄仔鱼增加投喂轮虫和桡足类,而22日龄之后投喂营养更为丰富的冰冻红虫。Chen等(2006)的研究认为,仔鱼不具备功能性的胃,其对蛋白质的消化机制不健全,而胃腺具有消化蛋白质的功能,胃腺的形成与胃蛋白酶

的分泌是仔鱼和稚鱼消化系统成熟的标志。

### 3.2 青龙斑消化系统发育特点

据报道, 2 日龄黄鳍鲷 (*Sparus latus*) 仔鱼的消化道还是一条实心管道 (王永翠等 2012)。本研究观察到, 青龙斑消化系统的发育比黄鳍鲷快, 2 日龄仔鱼食道与胃肠区分较为明显, 已分化出狭窄的管腔, 3 日龄仔鱼口裂形成, 4 日龄开始摄食, 这与斜带石斑鱼 (吴金英等 2003)、鞍带石斑鱼 (周玲等 2010) 以及鲷鱼 (*Michthys miuuy*) (孙庆海等 2005) 的发育时间大致相同, 口腔内壁上皮可见杯状细胞。有学者认为杯状细胞除了具有润滑作用外, 还可能具有胃前消化的作用 (Murray et al. 1994)。

25 日龄青龙斑稚鱼食道黏液细胞丰富, 可见贲门胃、盲囊胃和幽门胃, 黏膜褶皱厚度较高, 胃腺丰富, 稚鱼胃腺的发育明显快于斜带石斑鱼 50 日龄胃腺的发育 (吴金英等 2003), 发达的胃腺能够分泌促进细胞外蛋白质消化的盐酸和各种酶类, 从而代替了细胞内消化和胞饮作用 (Mai et al. 2005)。25 日龄稚鱼肠道分为前、中、后肠, 柱状细胞排列紧密, 黏膜上皮细胞的游离面纹状缘发达, 消化吸收能力增强, 同时鱼苗的运动器官也趋于完善, 这些结构的完善, 加强了鱼苗捕捉食物的能力。

青龙斑发育为幼鱼所需的时间 (29 ~ 33 日龄) 明显早于斜带石斑鱼 (69 日龄) (刘冬娥等 2008), 但与鞍带石斑鱼 (31 日龄) (郭仁湘等 2011) 差别不大。青龙斑胃“卜”型, 幽门部很短, 幽门部肌肉发达程度高于贲门部和盲囊部, 至幼鱼阶段消化道各部分已逐渐发育完善, 消化系统组织结构与成鱼相似。青龙斑幼鱼期胃部明显增大, 摄食食物的能力增强, 同时贲门部和盲囊部胃腺分化成熟, 使幼鱼有足够的消化胃中食物。青龙斑幼鱼肠道中有大量杯状细胞, 其有润滑食物、保护肠道的作用, 还可以与消化酶共同作用帮助消化 (马爱军等 1999)。青龙斑幼鱼的消化腺已具备完整的功能, 肝和胰相互分开, 肝出现较多空泡

状结构, 胰也分化出外分泌部和胰岛。幼鱼消化系统消化蛋白质能力的形成, 是消化腺发育程度与胃肠结构相互协调发育的结果, 胰腺发育完善并具备分泌功能, 同时肠黏膜层细胞已能够分泌各种消化酶类, 最终在胃内形成酸性消化环境 (Zambonino-Infante et al. 2008)。结果表明仔、稚、幼鱼消化系统等内部器官的发育是随着其外部形态、生长、摄食等功能的发育完善同步进行的 (何永亮等 2009)。

本文通过组织学观察研究了斜带石斑鱼 (♀) × 鞍带石斑鱼 (♂) 杂交子代青龙斑早期发育阶段消化系统的发育过程, 为杂交石斑鱼人工育苗过程中合理投喂饵料提供科学的参考依据。

### 参 考 文 献

- Chen B N, Qin J G, Kumar M S, et al. 2006. Ontogenetic development of the digestive system in yellowtail kingfish *Seriola lalandi* larvae. *Aquaculture*, 256(1/4): 489–501.
- Kiriyakit A, Gallardo W G, Bart A N. 2011. Successful hybridization of groupers (*Epinephelus coioides* × *Epinephelus lanceolatus*) using cryopreserved sperm. *Aquaculture*, 320(1/2): 106–112.
- Mai K, Yu H, Ma H, et al. 2005. A histological study on the development of the digestive system of *Pseudosciaena crocea* larvae and juveniles. *Journal of Fish Biology*, 67(4): 1094–1106.
- Murray H M, Wright G M, Goff G P. 1994. A study of the posterior esophagus in the winter flounder, *Pleuronectes americanus*, and the yellowtail flounder, *Pleuronectes ferruginea*: morphological evidence for pregastric digestion?. *Canadian Journal of Zoology*, 72(7): 1191–1198.
- Sadovy Y, Cornish A S. 2000. Reef Fishes of Hong Kong. Hong Kong: Hong Kong University Press.
- Zambonino-Infante J L, Gisbert E, Sarasquete S, et al. 2008. Ontogeny and physiology of the digestive system of marine fish larvae // Cyrino J E P, Bureau D P, Kapoor B G. Feeding and Digestive Functions in Fishes. Boca Raton: The Chemical Rubber Company Press, 281–348.
- 郭仁湘, 符书源, 杨薇, 等. 2011. 鞍带石斑鱼仔稚 (幼) 鱼的发育和生长研究. *水产养殖*, 32(4): 8–13.

- 何永亮, 区又君, 李加儿, 等. 2008. 石斑鱼人工繁育技术研究进展. 南方水产, 4(3): 75-79.
- 何永亮, 区又君, 李加儿. 2009. 卵形鲳鲹早期发育的研究. 上海海洋大学学报, 18(4): 428-434.
- 黄小林, 吕国敏, 刘付永忠, 等. 2012. 30 日龄青龙斑形态性状对体质量影响的通径分析. 广东农业科学, 39(21): 139-143.
- 李加儿, 吴水清, 区又君, 等. 2015. 斜带石斑鱼(♀) × 鞍带石斑鱼(♂) 杂交子代幼鱼消化道粘液细胞和胃泌素细胞的研究. 南方水产科学, 11(3): 67-73.
- 李涛, 吕国敏, 黄小林, 等. 2013. 青龙斑仔、稚、幼鱼形态发育及饵料转变的观察. 广东农业科学, 40(4): 108-110.
- 刘冬娥, 张雅芝, 方琼珊, 等. 2008. 斜带石斑鱼仔、稚、幼鱼的形态发育研究. 台湾海峡, 27(2): 180-189.
- 吕国敏, 黄小林, 李涛, 等. 2013. 青龙斑高位池人工育苗技术研究. 江苏农业科学, 41(11): 149-251.
- 马爱军, 雷霖. 1999. 真鲷幼鱼消化道组织学研究. 中国水产科学, 6(2): 23-26.
- 区又君, 何永亮, 李加儿. 2011. 卵形鲳鲹消化系统的胚后发育. 台湾海峡, 30(4): 533-539.
- 孙典荣, 陈铮. 2013. 南海鱼类检索: 上册. 北京: 海洋出版社, 408-426.
- 孙庆海, 施维德, 孙建璋. 2005. 鲷鱼早期发育的形态学初步研究. 南方水产, 1(6): 8-17.
- 王永翠, 李加儿, 区又君, 等. 2012. 黄鳍鲷仔、稚、幼鱼消化道形态组织学观察. 南方农业学报, 43(8): 1212-1217.
- 吴金英, 林浩然. 2003. 斜带石斑鱼消化系统胚后发育的组织学研究. 水产学报, 27(1): 7-12.
- 吴水清, 李加儿, 区又君, 等. 2014. 斜带石斑鱼(♀) × 鞍带石斑鱼(♂) 杂交子一代仔、稚鱼的异速生长. 中国水产科学, 21(3): 503-510.
- 周玲, 翁文明, 李金亮, 等. 2010. 鞍带石斑鱼胚胎发育及仔鱼形态发育、饵料转变的观察研究. 中国农学通报, 26(1): 293-302.

## 图版 I 说明

1. 2 日龄仔鱼; 2. 2 日龄仔鱼口咽腔; 3. 6 日龄仔鱼; 4. 10 日龄仔鱼口咽腔; 5. 2 日龄仔鱼消化道; 6. 10 日龄仔鱼消化道; 7. 20 日龄仔鱼食道; 8. 25 日龄稚鱼食道; 9. 38 日龄幼鱼食道; 10. 8 日龄仔鱼胃; 11. 10 日龄仔鱼胃; 12. 15 日龄仔鱼胃和胃腺; 13. 25 日龄稚鱼胃和胃腺; 14. 38 日龄幼鱼贲门部; 15. 38 日龄幼鱼胃体部。

## Explanation of Plate I

1. 2 DAH larva; 2. Buccopharyngeal cavity of 2 DAH larva; 3. 6 DAH larva; 4. Buccopharyngeal cavity of 10 DAH larva; 5. Digestive tunnel of 2 DAH larva; 6. Digestive tunnel of 10 DAH larva; 7. Esophagus of 20 DAH larva; 8. Esophagus of 25 DAH juvenile; 9. Esophagus of 38 DAH young; 10. Stomach of 8 DAH larva; 11. Stomach of 10 DAH larva; 12. Stomach and gastric gland of 15 DAH larva; 13. Stomach and gastric gland of 25 DAH juvenile; 14. Cardiac stomach of 38 DAH young; 15. Fundic stomach of 38 DAH young.

BC. 口咽腔; CS. 贲门部; E. 眼; ES. 食道; FO. 前肠; FS. 胃体部; GA. 鳃弓; GC. 杯状细胞; GG. 胃腺; GP. 胃小凹; IT. 肠道; M. 黏膜层; MC. 肌层; MT. 下咽齿; S. 浆膜; SCE. 单层柱状细胞; SE. 复层上皮; SM. 黏膜下层; ST. 胃; T. 舌; YS. 卵黄囊  
BC. Buccopharyngeal cavity; CS. Cardiac stomach; E. Eye; ES. Esophagus; FO. Foregut; FS. Fundic stomach; GA. Gill arch; GC. Goblet cell; GG. Gastric gland; GP. Gastric pit; M. Mucosa; MC. Muscular coat; MT. Mandibular teeth; S. Serosa; SCE. Single columnar epithelium; SE. Stratified epithelium; SM. Submucosa; ST. Stomach; T. Tongue; YS. Yolk sac

## 图 版 II 说 明

1. 38 日龄幼鱼幽门部; 2. 38 日龄幼鱼幽门盲囊; 3. 3 日龄仔鱼肠道; 4. 10 日龄仔鱼肠道; 5. 20 日龄仔鱼前肠; 6. 20 日龄仔鱼后肠和直肠; 7. 25 日龄稚鱼后肠; 8. 38 日龄幼鱼前肠; 9. 38 日龄幼鱼中肠; 10. 38 日龄幼鱼后肠; 11. 38 日龄幼鱼直肠。

### Explanation of Plate II

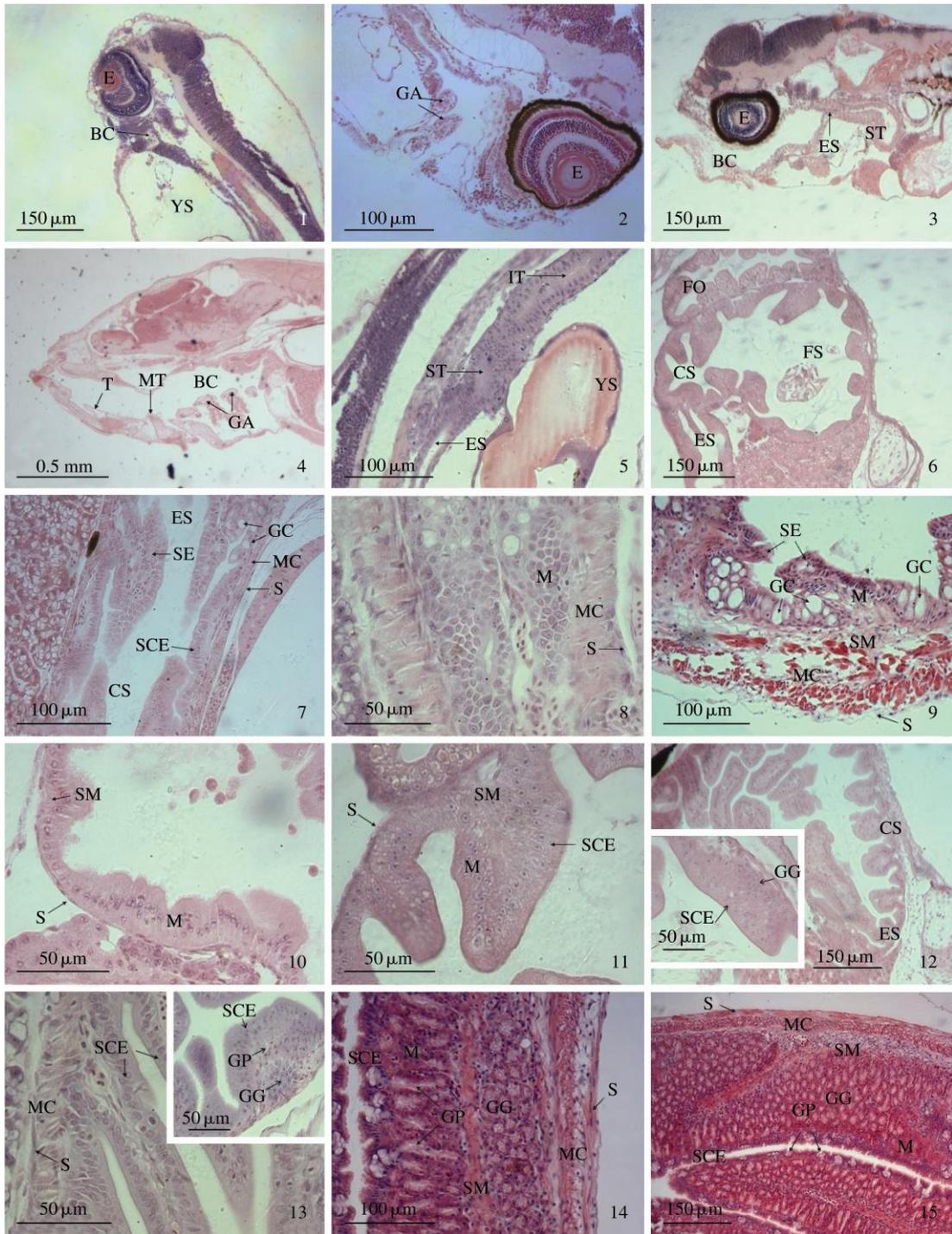
1. Pyloric stomach of 38 DAH young; 2. Pyloric caeca of 38 DAH young; 3. Intestine of 3 DAH larva; 4. Intestine of 10 DAH larva; 5. Foregut of 20 DAH larva; 6. Hindgut and rectum of 20 DAH larva; 7. Hindgut of 25 DAH juvenile; 8. Foregut of 38 DAH young; 9. Midgut of 38 DAH young; 10. Hindgut of 38 DAH young; 11. Rectum of 38 DAH young.

BV. 血管; FO. 前肠; GC. 杯状细胞; HI. 后肠; M. 黏膜层; MC. 肌层; MF. 黏膜褶皱; RE. 直肠; S. 浆膜; SB. 纹状缘; SCE. 单层柱状细胞; SE. 复层上皮; SM. 黏膜下层

BV. Blood vessel; FO. Foregut; GC. Goblet cell; HI. Hindgut; M. Mucosa; MC. Muscular coat; MF. Mucosal fold; RE. Rectum; S. Serosa; SB. Striated border; SCE. Single columnar epithelium; SE. Stratified epithelium; SM. Submucosa

李加儿等：斜带石斑鱼 (♀) × 鞍带石斑鱼 (♂) 杂交子代 (青龙斑) 消化系统的早期发育 图版 I

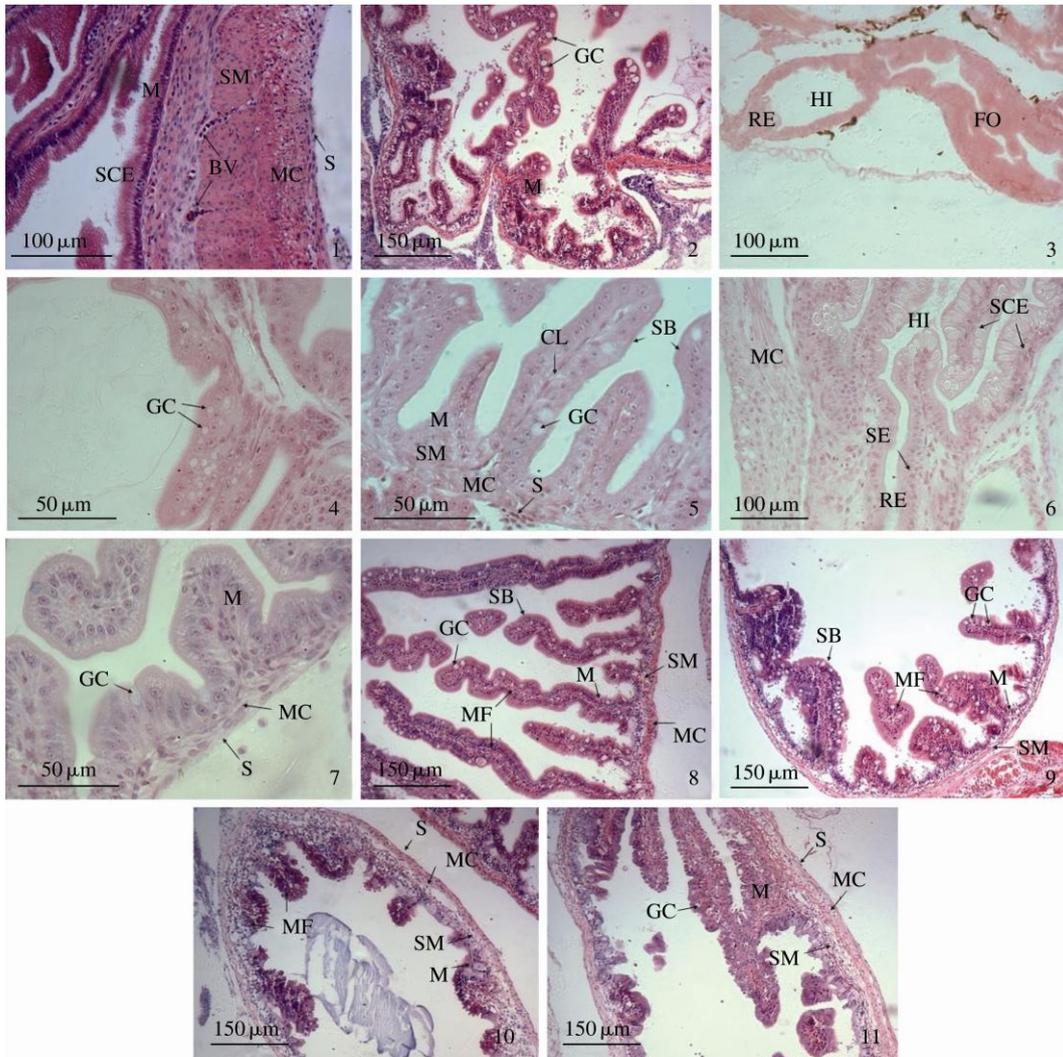
LI Jia-Er *et al.*: Post-embryo Development of the Digestive System in Qinglong Grouper (*Epinephelus coioides* ♀ × *E. lanceolatus* ♂) Plate I



图版说明见文后

李加儿等：斜带石斑鱼（♀）× 鞍带石斑鱼（♂）杂交子代（青龙斑）消化系统的早期发育 图版 II

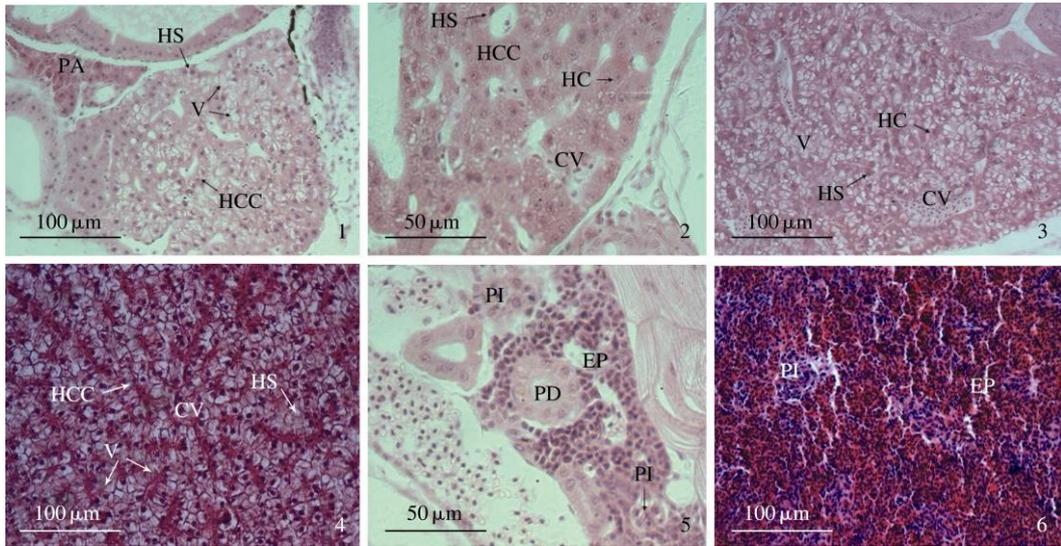
LI Jia-Er *et al.*: Post-embryo Development of the Digestive System in Qinglong Grouper (*Epinephelus coioides* ♀ × *E. lanceolatus* ♂) Plate II



图版说明见文后

李加儿等：斜带石斑鱼（♀）× 鞍带石斑鱼（♂）杂交子代（青龙斑）消化系统的早期发育 图版III

LI Jia-Er *et al.*: Post-embryo Development of the Digestive System in Qinglong Grouper (*Epinephelus coioides* ♀ × *E. lanceolatus* ♂) Plate III



1. 8 日龄仔鱼肝； 2. 15 日龄仔鱼肝； 3. 20 日龄仔鱼肝； 4. 38 日龄幼鱼肝； 5. 15 日龄仔鱼胰； 6. 38 日龄幼鱼胰。

1. Liver of 8 DAH larva; 2. Liver of 15 DAH larva; 3. Liver of 20 DAH larva; 4. Liver of 38 DAH young; 5. Pancreases of 15 DAH larva; 6. Pancreases of 38 DAH young.

CV. 中央静脉； EP. 胰外分泌部； HC. 肝细胞； HCC. 肝细胞索； HS. 肝血窦； PA. 胰； PD. 胰管； PI. 胰岛； V. 空泡

CV. Central vein; EP. Exocrine of pancreas; HC. Hepatic cell; HCC. Hepatic cell cords; HS. Hepatic; PA. Pancreas; PD. Pancreatic duct; PI. Pancreatic islet; V. Vacuoles