

# 泥鳅仔稚鱼消化道黏液细胞的发育

张建业<sup>1</sup> 杨瑞斌<sup>1,2</sup> 杨学芬<sup>1,2</sup> 王卫民<sup>1,2</sup> 魏开建<sup>1,2</sup> 樊启学<sup>1,2</sup>

1. 华中农业大学水产学院, 武汉 430070; 2. 淡水水产健康养殖湖北省协同创新中心, 武汉 430070

**摘要** 利用组织学切片及 AB-PAS 染色技术对泥鳅(*Misgurnus anguillicaudatus*)仔稚鱼(1~45 d)消化道各段黏液细胞的发育阶段进行研究。结果表明:泥鳅消化道发育过程中先后出现 I 型、II 型、III 型和 IV 型 4 种类型的黏液细胞。消化道黏液细胞最早在 3 d 的口腔、食道和 7 d 的消化道中有分布。10 d 前黏液细胞数量较少, 15 d 开始黏液细胞分布广泛, 随着仔稚鱼发育, 黏液细胞的类型逐渐由幼稚型的 I 型和 II 型为主转变为成熟型的 III 型和 IV 型细胞占主导。根据仔稚鱼消化道黏液细胞的发育和分布规律, 推测 3~10 d 为消化道发育的敏感期, 20 d 左右消化道功能发育逐渐完善。建议根据泥鳅消化功能的发育过程采用不同的饵料进行喂养以提高苗种成活率。

**关键词** 泥鳅; 仔稚鱼; 黏液细胞; 消化道; 发育

**中图分类号** 959.46<sup>+</sup>8 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2014)04-0093-06

泥鳅(*Misgurnus anguillicaudatus*)属鲤形目(Cypriniformes)、鳅科(Cobitidae)、花鳅亚科(Cobitinae)、泥鳅属(*Misgurnus*), 广泛分布于中国、日本、韩国以及东南亚, 是一种小型底栖鱼类, 具有很高的营养价值和药用价值, 一直备受人们的青睐, 素有“水中小人参”之称。近年来泥鳅的市场需求量越来越大, 野生资源已满足不了市场需要, 国内泥鳅的养殖规模也日益扩大。但在规模化养殖过程中大规模苗种的规模化供给成为生产过程中的瓶颈, 主要问题是苗种培育成活率太低, 原因尚不明确。

仔稚鱼阶段是鱼类发育的快速时期, 消化系统各器官的结构发育和功能完善直接影响仔稚鱼对营养物质的吸收利用并影响成活率, 因此, 揭示仔稚鱼消化道的变化规律对苗种培育具有重要的指导作用。鱼类消化道分布着大量的黏液细胞, 分泌的黏液含有各种水解酶、糖蛋白、黏多糖以及免疫球蛋白等, 对鱼类的消化生理功能有着重要影响<sup>[1]</sup>。黏液细胞的类型和分布变化是仔稚鱼消化道发育和功能完善的重要参考。国内外学者对鲤(*Cyprinus carpio*)<sup>[2]</sup>、鲢(*Silurus asotus*)<sup>[3]</sup>、点带石斑鱼(*Epinephelus malabaricus*)<sup>[4]</sup>、黄姑鱼(*Nibea albiflora*)<sup>[5]</sup>、西伯利亚鲟(*Acipenser baeri*)<sup>[6]</sup>、剑尾鱼(*Xiphophorus maculatus*)<sup>[7]</sup>等仔稚鱼黏液细胞的

类型、形态及分布密度和位置进行了研究, 阐明了消化功能的发育过程。目前关于泥鳅消化系统黏液细胞的发生和发育的研究尚未见报道。笔者采用组织学方法及 AB-PAS 染色技术对泥鳅仔稚鱼消化道黏液细胞的发育开展研究, 旨在通过黏液细胞的发育揭示泥鳅仔稚鱼消化道功能发育与完善的过程, 为规模化苗种培育提供理论支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验鱼饲养及采样

泥鳅亲鱼购自武汉市白沙洲市场, 实验室暂养 1 周后进行人工繁殖试验。受精卵在华中农业大学水产学院实验室内水族箱(80 cm×60 cm×50 cm)中进行孵化, 孵化时水温保持在 19~21 °C, 育苗水体充分曝气, 投放鱼苗密度控制在 200 尾/m<sup>3</sup>。将出膜后 24 h 的仔鱼定义为 1 日龄(d), 自仔鱼 3 日龄开口开始投喂轮虫, 13 日龄开始加入枝角类, 18~25 日龄加入颗粒饲料, 25 日龄以后只投喂颗粒饲料。按照 1、2、3、4、5、7、10、15、20、30、45 日龄采集发育正常仔稚鱼, 每日取样 10 尾。样品用 Bouin 氏液固定。

### 1.2 试验方法与数据处理

1) 试验方法。将试验鱼样品进行常规石蜡包

收稿日期: 2014-01-21

基金项目: 农业公益性行业科研专项(201403012)和国家自然科学基金项目(31372180)

张建业, 硕士研究生。研究方向: 鱼类种质资源保护。E-mail: tzyzyjy@126.com

通信作者: 杨瑞斌, 博士, 副教授。研究方向: 仔稚鱼发育。E-mail: rbyang@mail.hzau.edu.cn

理,进行纵向连续切片,切片厚度 5~7  $\mu\text{m}$ ,切片采用 AB-PAS 染色,中性树胶封片,OLYMPUS 显微镜观察并拍照。

对不同日龄泥鳅仔稚鱼消化道不同部位(口咽腔、食道、前肠、中肠、后肠)进行观察,统计黏液细胞的类型、数量及大小,计算黏液细胞的分布密度等<sup>[1,3]</sup>。每日龄仔稚鱼消化道各段任意取 3 张切片随机选 10 个视野,测量每个视野中 100  $\mu\text{m} \times 100 \mu\text{m}$  范围内各类型黏液细胞的总数,作为该类型黏液细胞的密度;测量细胞的长径和短径用来表示黏液细胞的大小。黏液细胞的相对分泌能力用黏液细胞相对总体积(用单位面积的细胞密度与细胞体积之积)表示<sup>[3]</sup>。

2) 数据处理。所有数据采用 Excel 和 SPSS 19.0 软件进行分析统计。利用单因素方差分析法(one way analysis of variance, ANOVA)对不同发育时期、不同部位的黏液细胞数量分布进行显著差异性分析,若发现各组存在显著差异,则以最小显著差异法(LSD)进行多重比较。所有统计值均以平均值  $\pm$  标准差(Mean  $\pm$  SD)表示,显著性水平为  $P < 0.05$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 泥鳅仔稚鱼消化道黏液细胞的分型

根据 AB-PAS 染色结果,将泥鳅仔稚鱼消化道中出现的黏液细胞分为 I~IV 4 种类型:I 型为红色,AB 阳性,PAS 阳性,含有中性黏多糖;II 型为蓝色,AB 阳性,PAS 阴性,含有酸性黏多糖;III 型为紫红色,AB 与 PAS 均为阳性,主要含有 PAS 阳性的中性黏多糖,同时含有少量的 AB 阳性的酸性黏多糖;IV 型为蓝紫色,AB 与 PAS 均为阳性,主要含有 AB 阳性的酸性黏多糖,同时含有少量 PAS 阳性的中性黏多糖。

### 2.2 泥鳅仔稚鱼消化道黏液细胞的发生

初孵仔鱼的消化道呈一条直管状,口和肛门尚未与外界联通,消化器官尚未分化。2 日龄仔鱼卵黄囊被吸收后明显变小,仔稚鱼消化系统进入了早期发育阶段。3 日龄仔鱼开口,肠管变粗,消化道明显分化为口咽腔、食道和肠道 3 个部分。根据 AB-PAS 染色结果,仔鱼在开口前消化道未发现黏液细胞的分布。仔鱼在 3 日龄开口后口腔顶部和咽部出现少量 II 型黏液细胞,呈很小的圆球形,食道中也出现形状不规则的 II 型黏液细胞(图 1-1),黏液细胞

数量较口咽腔中稍有增加,肠道中尚未发现黏液细胞。5 日龄后肠出现少量圆球形和椭圆形的 II 型黏液细胞(图 1-2)。7 日龄前肠开始出现 I 型和 III 型黏液细胞,消化道各段均有黏液细胞分布,但黏液细胞数量仍然很少,黏液细胞多呈小圆球形(图 1-3,4)。

### 2.3 泥鳅仔稚鱼消化道黏液细胞的分布

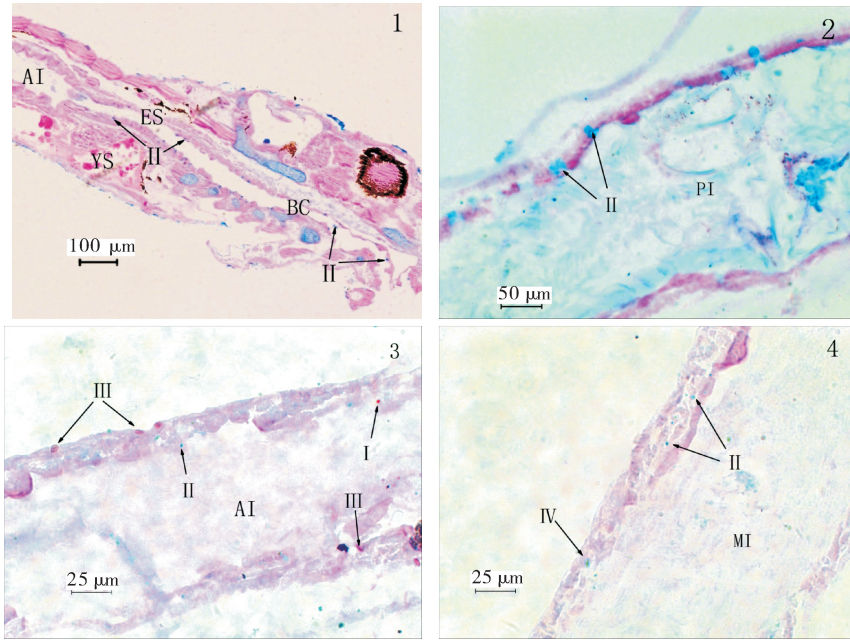
随着仔稚鱼的生长发育,泥鳅仔稚鱼消化道黏液细胞的数量也不断增加,对泥鳅仔稚鱼消化道发育进行观察,发现黏液细胞的分布和形态具有一定的规律性。口咽腔的黏液细胞主要呈圆球形,分布主要集中在口咽腔的顶部,下部分布数量不多,且口咽腔后部的分布数量较前部要多。食道中黏液细胞大多呈圆球形和棒状,也有少量囊状,黏液细胞在食道中分布很广且分布密度较大,呈多层分布,且食道靠近肠道的部分黏液细胞的分布更为集中。肠道中黏液细胞前肠和后肠较中肠分布要多,前肠与食道连接处黏液细胞的分布数量较多且多为棒状和囊状,后肠肠壁很薄,黏液细胞多为圆球形。

### 2.4 泥鳅仔稚鱼消化道黏液细胞密度变化

随着泥鳅仔稚鱼的生长发育,消化道黏液细胞的密度和分布范围越来越广,黏液细胞的类型也从幼稚型(I 型和 II 型)向成熟混合型(III 型和 IV 型)逐渐变化。不同类型黏液细胞密度变化显著,成熟混合型黏液细胞的生长速度明显大于幼稚型黏液细胞的生长速度(表 1)。

口咽腔中 10 日龄时只有 II 型和 IV 型细胞,15 日龄出现 III 型细胞,20 日龄各型黏液细胞均有出现,口咽腔中的黏液细胞以 IV 型细胞为主( $P < 0.05$ ),30 日龄以后口咽腔中以 III 型和 IV 型细胞为主( $P < 0.05$ )。不同日龄仔稚鱼口咽腔 II 型和 IV 型黏液细胞的总数多于 I 型和 III 型细胞总数。10 日龄仔鱼食道以 II 型和 IV 型细胞为主,10 日龄至 15 日龄食道黏液细胞密度增加明显( $P < 0.05$ )。20 日龄 I 型和 III 型细胞数目增多,随着仔稚鱼发育,30 日龄以后食道中以 III 型和 IV 型细胞为主( $P < 0.05$ )。

肠道中的黏液细胞随着仔稚鱼发育也发生明显的变化,10 日龄时前肠的黏液细胞总数很少,III 型较其他各型细胞更为缺乏,15 日龄时 I 型、III 型和 IV 型细胞显著增加,随着仔稚鱼生长,前肠黏液细胞主要为 III 型和 IV 型细胞( $P < 0.05$ );中肠各类型黏液细胞总数在 10 日龄到 15 日龄之间增长显著( $P < 0.05$ ),15 日龄时中肠主要以 II 型和 IV 型细胞



1:3 日龄口咽腔和食道 Sagittal section of buccopharyngeal cavity and esophagus,3 dph; 2:5 日龄后肠 Sagittal section of posterior intestine,5 dph; 3:7 日龄前肠 Sagittal section of anterior intestine,7 dph; 4:7 日龄中肠 Sagittal section of middle intestine,7 dph; AI:前肠 Anterior intestine; BC:口咽腔 Buccopharyngeal cavity; ES:食道 Esophagus; MI:中肠 Middle intestine; PI:后肠 Posterior intestine; YS:卵黄囊 Yolk sac.

图 1 泥鳅仔稚鱼消化道黏液细胞的发生

Fig.1 Occurrence of mucous cells in digestive tract of larval and juvenile loach

表 1 不同日龄泥鳅消化道不同部位黏液细胞主要类型及分布密度<sup>1)</sup>

Table 1 The density of mucous cells in different parts of digestive tract on different dph of loach

个/0.01 mm<sup>2</sup>

消化道 Digestive tract	日龄 dph	I 型 Type I	II 型 Type II	III 型 Type III	IV 型 Type IV	总数 Total
口咽腔 Buccopharyngeal cavity	10	0.00 a	0.85±0.26 b	0.00 a	0.61±0.27 b	1.46±0.38
	15	0.00 a	0.97±0.26 b	0.50±0.15 c	0.98±0.25 b	2.45±0.48
	20	0.67±0.14 a	0.98±0.12 b	1.19±0.15 b	2.00±0.19 c	4.83±0.26
	30	0.76±0.19 a	0.85±0.24 a	1.32±0.22 b	1.85±0.24 c	4.78±0.40
	45	1.05±0.38 a	1.20±0.48 a	1.88±0.42 b	2.34±0.67 b	6.47±0.73
食道 Esophagus	10	0.06±0.07 a	1.14±0.32 b	0.36±0.16 a	1.32±0.42 b	2.88±0.69
	15	0.00 a	3.58±0.88 b	0.96±0.41 c	5.82±1.08 d	10.36±1.58
	20	1.65±0.21 a	2.29±0.26 b	2.13±0.32 b	3.33±0.41 c	9.40±0.81
	30	1.56±0.25 a	1.97±0.59 ab	2.42±0.23 b	3.24±0.36 c	9.18±0.61
	45	1.78±0.70 a	2.70±0.45 b	2.95±0.31 b	5.22±0.91 c	12.65±1.34
前肠 Anterior intestine	10	0.44±0.21 a	0.60±0.23 a	0.12±0.05 b	0.62±0.29 a	1.78±0.50
	15	0.84±0.22 a	0.89±0.27 a	0.49±0.19 b	1.54±0.29 c	3.76±0.41
	20	0.55±0.13 a	0.56±0.24 a	1.75±0.32 b	1.42±0.12 c	4.28±0.42
	30	0.66±0.21 a	0.56±0.12 a	2.73±0.47 b	2.04±0.67 c	5.99±0.66
	45	0.86±0.23 a	1.21±0.43 a	3.66±0.43 b	2.84±0.35 c	8.56±0.78
中肠 Middle intestine	10	0.16±0.07 a	0.32±0.10 b	0.10±0.06 a	0.25±0.12 ab	0.83±0.25
	15	0.27±0.12 a	0.51±0.14 b	0.30±0.14 a	0.86±0.21 c	1.94±0.26
	20	0.31±0.06 a	0.71±0.15 b	0.48±0.05 c	0.87±0.13 d	2.37±0.16
	30	0.20±0.08 a	0.68±0.10 b	0.67±0.12 b	1.18±0.25 c	2.73±0.35
	45	0.48±0.19 a	0.88±0.35 ab	1.07±0.31 b	1.97±0.56 c	4.40±0.68
后肠 Posterior intestine	10	0.00 a	1.66±0.63 b	0.00 a	1.16±0.36 c	2.82±0.51
	15	0.09±0.04 a	1.00±0.24 b	0.08±0.03 a	2.56±0.53 c	3.73±0.66
	20	0.15±0.06 a	1.12±0.16 b	0.10±0.05 a	1.88±0.30 c	3.26±0.39
	30	0.17±0.06 a	0.65±0.13 b	0.15±0.07 a	2.54±0.39 c	3.51±0.42
	45	0.21±0.07 a	1.09±0.56 b	0.23±0.10 a	3.53±0.26 c	5.05±0.69

1)表中数据均为平均值±标准差，同一行中不同字母表示差异性显著(P<0.05) Values in the table are represented as Mean±SD. The data shared with different superscripts in the same row are significantly different (P<0.05).

为主,20 日龄开始黏液细胞数量增加,黏液细胞类型逐渐转为以Ⅲ型和Ⅳ型为主( $P<0.05$ );10 日龄后肠缺乏Ⅰ型和Ⅲ型黏液细胞,15 日龄时Ⅰ型和Ⅲ型已经出现,但数量较Ⅱ型和Ⅳ型相差很大( $P<0.05$ ),从 20 日龄开始黏液细胞的变化主要体现在Ⅳ型细胞的增加。

## 2.5 泥鳅仔稚鱼消化道黏液细胞大小及相对分泌能力

不同日龄泥鳅仔稚鱼消化道黏液细胞大小见表 2,同一日龄的仔稚鱼口咽腔和食道中黏液细胞的大小较为接近,且比肠道各段细胞大。随着仔稚鱼的

生长,黏液细胞的尺寸也随着变大。

不同日龄的泥鳅仔稚鱼消化道各段的黏液细胞分布数量、黏液细胞大小均有差异,用消化道各段黏液细胞的相对总体积(单位面积的细胞密度与细胞体积之积)来表示黏液细胞的分泌能力,对消化道各段黏液细胞的分泌能力的比较结果见图 2。在同一日龄,食道和口咽腔的黏液细胞分泌能力强于肠道各段,10 日龄时,后肠黏液细胞分泌能力强于前肠和中肠,15 日龄开始前肠分泌能力迅速增加( $P<0.05$ ),消化道其他各段黏液细胞的分泌能力也开始增强。20 日龄后肠道中黏液细胞的分泌逐

表 2 消化道不同部位黏液细胞大小

Table 2 The sizes of mucous cells in different parts of digestive tract of loach

日龄 dph		黏液细胞的大小/ $\mu\text{m}$ Mucus cell size (Mean $\pm$ SD)				
		口咽腔 Buccopharyngeal cavity	食道 Esophagus	前肠 Anterior intestine	中肠 Middle intestine	后肠 Posterior intestine
7	长径 Long diameter	6.89 $\pm$ 2.29	8.38 $\pm$ 1.66	5.36 $\pm$ 1.11	3.89 $\pm$ 0.70	5.78 $\pm$ 1.78
	短径 Short diameter	5.03 $\pm$ 1.53	4.85 $\pm$ 1.16	3.40 $\pm$ 0.56	2.59 $\pm$ 0.68	4.11 $\pm$ 1.47
10	长径 Long diameter	8.11 $\pm$ 2.01	10.21 $\pm$ 2.51	4.12 $\pm$ 1.21	3.46 $\pm$ 1.20	5.67 $\pm$ 1.64
	短径 Short diameter	5.12 $\pm$ 1.79	5.52 $\pm$ 0.90	2.31 $\pm$ 0.44	2.23 $\pm$ 0.81	3.98 $\pm$ 0.93
15	长径 Long diameter	11.65 $\pm$ 2.04	9.12 $\pm$ 1.81	8.08 $\pm$ 1.77	8.09 $\pm$ 1.93	6.26 $\pm$ 1.19
	短径 Short diameter	6.21 $\pm$ 2.29	4.72 $\pm$ 0.96	5.88 $\pm$ 1.30	4.29 $\pm$ 1.12	3.92 $\pm$ 0.94
20	长径 Long diameter	12.15 $\pm$ 1.93	9.84 $\pm$ 1.24	10.78 $\pm$ 1.78	5.21 $\pm$ 1.00	8.33 $\pm$ 2.90
	短径 Short diameter	7.40 $\pm$ 1.62	6.60 $\pm$ 1.34	4.51 $\pm$ 1.65	2.76 $\pm$ 0.76	4.90 $\pm$ 1.56
30	长径 Long diameter	13.14 $\pm$ 2.08	9.94 $\pm$ 1.05	9.16 $\pm$ 3.18	6.55 $\pm$ 2.78	8.68 $\pm$ 2.60
	短径 Short diameter	7.34 $\pm$ 1.54	5.27 $\pm$ 2.05	3.07 $\pm$ 1.32	2.41 $\pm$ 0.53	4.06 $\pm$ 1.39
45	长径 Long diameter	14.12 $\pm$ 1.73	11.43 $\pm$ 1.52	13.88 $\pm$ 3.60	13.36 $\pm$ 1.87	9.47 $\pm$ 2.06
	短径 Short diameter	7.32 $\pm$ 1.64	6.13 $\pm$ 1.23	6.20 $\pm$ 0.98	3.98 $\pm$ 1.55	4.32 $\pm$ 1.11

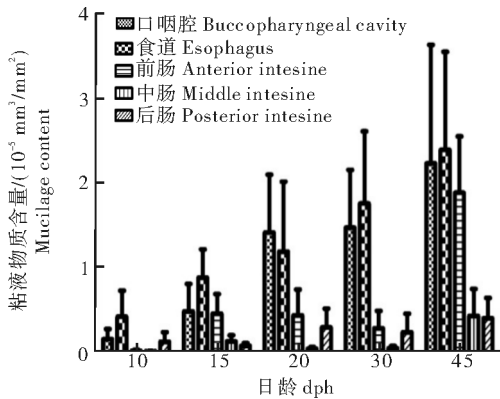


图 2 不同日龄泥鳅消化道各段黏液细胞的黏液物质的含量比较

Fig. 2 Mucilage content in different parts of digestive tract on different days of loach

渐形成前肠最强、后肠次之、中肠最弱的趋势。

## 3 讨论

### 3.1 泥鳅仔稚鱼消化道黏液细胞的分布

黏液细胞在仔稚鱼发育的各个阶段具有不同形

态及组化特征,并且黏液细胞在消化道各个部位的分布密度也不相同。本研究按照传统的黏液细胞分类方法将泥鳅消化道黏液细胞分为 4 种类型,发现泥鳅消化道黏液细胞主要以Ⅱ型和Ⅳ型细胞为主,这与鲤<sup>[8]</sup>和重口裂腹鱼<sup>[9]</sup>的消化道黏液细胞的分布情况相似,消化道中的酸性黏多糖的数量多于中性黏多糖,是因为无胃鱼类的肠道是消化吸收的重要场所。大量酸性黏多糖与蛋白酶原的分泌有关,酸性物质易与蛋白酶结合,使酶更加稳定,促进消化<sup>[10]</sup>。

泥鳅仔稚鱼消化道黏液细胞的发生发育过程与鲤<sup>[2]</sup>和鲇<sup>[3]</sup>相似,早期消化道的黏液细胞类型以含有单一粘性物质的幼稚型黏液细胞为主,而含有混合型粘液物质的Ⅲ型和Ⅳ型的成熟型黏液细胞在仔稚鱼开口一段时间后增长开始明显。本研究中,泥鳅仔稚鱼消化道中成熟性黏液细胞从 15 日龄开始增长明显,逐渐开始代替幼稚型细胞,表明泥鳅仔稚鱼消化功能的更加稳定和成熟。

### 3.2 泥鳅仔稚鱼消化道黏液细胞的功能发育

仔稚鱼发育过程中,消化道各段黏液细胞的分布密度变化和黏液细胞中黏液物质的规律性变化会导致不同阶段黏液细胞功能的变化。

泥鳅与大多数鱼类一样,消化道黏液细胞最早出现在开口后的口咽腔<sup>[4,11]</sup>。3日龄泥鳅开口后口咽腔开始出现Ⅱ型黏液细胞,表明泥鳅仔鱼开始进入摄食外源营养的时期。据报道,口咽腔中Ⅱ型和Ⅳ型黏液细胞不仅能够对吞咽食物起到润滑作用,其所分泌的酸性粘液物质中的水解酶等还具有溶菌抗菌的作用,防止病原生物从消化道进入体内,从而为开口仔鱼提供防护功能<sup>[10]</sup>。Murray等<sup>[12]</sup>在对比目鱼的研究中指出,口咽腔中中性黏液物质可用来黏着水中浮游动物,有助于鱼类获取食物,在15日龄时泥鳅口咽腔中中性黏液细胞出现,表明口咽腔的功能随着仔稚鱼发育更加完善。

泥鳅食道在仔鱼开口后出现的酸性黏液细胞起到抗菌和润滑的作用<sup>[13]</sup>。10日龄到15日龄食道中各类型黏液细胞显著增长,表明食道功能发育较快,20日龄时各型黏液细胞分布密度较为均匀,不仅含有大量酸性黏液细胞,分泌大量中性物质的Ⅰ型和Ⅲ型细胞数量也较大,这种现象类似大多数鳃科鱼类,表明食道具备了对食物的预消化的功能,可将即将进入肠道的食物团进行降解<sup>[12,14]</sup>。

7日龄时肠道各段都有黏液细胞分布表明泥鳅在7日龄时肠道逐渐开始形成消化各类营养物质的能力。泥鳅的前肠在10日龄时各型黏液细胞密度较小说明肠道消化功能还很差,15日龄以后中性黏液物质的增加显著,这就表明消化吸收的功能不断加强。中肠黏液细胞在15日龄到20日龄的转变也说明消化吸收功能的完善。研究表明,中性黏液物质具有调节消化道pH的功能,并且可以和碱性磷酸酶共存,具有消化功能<sup>[15]</sup>。除此之外,中性黏液物质与二糖和短链脂肪酸的吸收有关,中性黏液物质的存在说明前肠和中肠具有较强的脂肪吸收能力<sup>[16]</sup>。鲤中性粘液物质在肠道中分布广泛出现是在8日龄<sup>[2]</sup>,点带石斑鱼<sup>[4]</sup>肠道中性黏液细胞明显增加是在12日龄,泥鳅较它们要晚,从黏液细胞的角度来看,泥鳅的肠道消化吸收功能完善的较晚。

泥鳅是一种在溶氧低的条件下能进行肠道辅助呼吸的鱼类,它的后肠壁薄而且透明,肠壁血管丰富,被认为是进行气呼吸的重要场所<sup>[17]</sup>。本研究中,泥鳅仔稚鱼在整个发育过程中,后肠黏液细胞中

Ⅱ型和Ⅳ型细胞占很大的比重,据报道这与泥鳅后肠的辅助呼吸功能有关<sup>[18]</sup>。15日龄到20日龄,Ⅱ型和Ⅳ型细胞显著增加,20日龄后肠的黏液细胞分泌能力显著增强,可能是由于后肠气呼吸功能在这个阶段开始形成。后肠中的大量酸性黏液物质不仅为后肠提供润滑作用,让未消化的食物可以迅速通过肠壁很薄的后肠排出体外,而且为气呼吸进行气体交换提供了稳定的酸性环境,这也是大多数具有辅助呼吸功能的鱼类气呼吸器官的共有特征<sup>[18-19]</sup>。

### 3.3 泥鳅仔稚鱼培育过程中的敏感期及应对措施

变态期是仔稚鱼的敏感期之一,变态期中的仔稚鱼内部器官功能出现和完善不容忽视<sup>[20]</sup>。泥鳅在仔稚鱼阶段出现高死亡率的现象可能与消化道功能发育与完善过程有关。笔者认为,泥鳅仔稚鱼消化道刚开始发育时,消化道的主要消化功能要靠黏液细胞分泌的粘性物质进行,而泥鳅早期的黏液细胞类型单一且分泌能力差,对外源性营养物质消化吸收较差可能是导致泥鳅仔稚鱼高死亡率的一个原因。另外,泥鳅在发育过程中形成了肠道辅助呼吸功能,后肠中黏液细胞基本为酸性,导致后肠丧失了吸收部分营养物质的功能,使得消化道对部分食物的消化吸收具有局限性。根据本研究的结果,泥鳅仔稚鱼在开口后到10日龄消化道黏液细胞较少,意味着消化功能尚未完善,在生产实践中需提供易消化吸收的适口活饵料以利生长,20日龄左右消化道黏液细胞分泌广泛,且趋近成熟,消化功能趋近完善,可以进行转饵。在生产过程中加强仔稚鱼日常饲养管理将有利于提高苗种成活率。

## 参 考 文 献

- [1] HARRIS J E, WATSON A, HUNT S. Histochemical analysis of mucous cells in the epidermis of brown trout, *Salmo trutta* [J]. *Journal of Fish Biology*, 1973, 5(3): 345-351.
- [2] 安利国, 孟广勋, 杨桂文, 等. 鲤稚幼体早期发育过程中粘液细胞的发生和变化[J]. *水生生物学报*, 2001, 25(2): 191-196.
- [3] 乔志刚, 陈生智, 程鸿轩, 等. 鲈肠道黏液细胞的类型、分布、发育及分泌方式研究[J]. *分子细胞生物学报*, 2007, 40(1): 24-31.
- [4] 李鑫炜, 骆剑, 李伟萍, 等. 点带石斑鱼仔稚鱼消化系统黏液细胞的类型与分布[J]. *渔业科学进展*, 2012, 33(5): 15-24.
- [5] 辛俭, 薛宝贵, 楼宝, 等. 黄姑鱼消化道粘液细胞的类型和分布[J]. *浙江海洋学院学报*, 2013, 32(1): 10-15.
- [6] GISBERT E, SARASQUETE M C, WILLIOT P, et al. Histochemistry of the development of the digestive system of Siberi-

- an sturgeon during early ontogeny[J]. *Journal of Fish Biology*, 1999, 55:596-616.
- [7] LEKNES I L. Mucus cells in the digestive tract in prenatal Platyfish larval (Poeciliidae, Teleostei) [J]. *Journal of Veterinary Medicine*, 2011, 40:375-378.
- [8] SIBBING F A, URIBE R. Regional specializations in the epidermis of the common carp (*Cyprinus carpio* L.) [J]. *Netherlands Journal of Zoology*, 1985, 35(3):377-422.
- [9] 何敏, 张宇, 方静. 重口裂腹鱼消化道黏液细胞类型及分布研究 [J]. *淡水渔业*, 2007, 37(2):24-28.
- [10] 曹振杰, 曲世科, 丛日祥, 等. 免疫多糖对草鱼免疫功能的影响 [J]. *齐鲁渔业*, 1999, 16(3):43-44.
- [11] 关海红, 尹家胜. 哲罗鱼消化道中黏液细胞的发生和分布 [J]. *水产学杂志*, 2013, 26(5):21-26.
- [12] MURRAY H M, WRIGHT G M, GOFF G P. A study of the posterior esophagus in the winter flounder, *Pleuronectes americanus*, and the yellowtail flounder, *Pleuronectes ferruginea*: morphological evidence for pregastric digestion? [J]. *Canadian Journal of Zoology*, 1994, 72(7):1191-1198.
- [13] 刘怀如, 张耀光. 南方鲇消化道杯状细胞分布及类型探讨 [J]. *四川动物*, 2002, 21(1):6-9.
- [14] GRAU A, CRESPO S, SARASQUETE M C, et al. The digestive tract of the amberjack *Seriola dumerili*, Risso: a light and scanning electron microscope study [J]. *Journal of Fish Biology*, 1992, 41:287-303.
- [15] REIFELC W, TRAVILL A A. Structure and carbohydrate histochemistry of the intestine in ten teleostean species [J]. *Journal of Morphology*, 1979, 162:343-359.
- [16] MURRAY H M, WRIGHT G M, GOFF G P. A comparative histological and histochemical study of the post-gastric alimentary canal from three species of pleuronectid, the Atlantic halibut, the yellowtail flounder and the winter flounder [J]. *Journal of Fish Biology*, 1996, 48(2):187-206.
- [17] 刘文生, 王凤麟, 胡子鲶, 月鳢, 泥鳅具气呼吸作用器官呼吸上皮的电镜观察 [J]. *水生生物学报*, 2004, 28(5):519-526.
- [18] PARK J Y, KIM I S. Histology and mucin histochemistry of the gastrointestinal tract of the mud loach, in relation to respiration [J]. *Journal of Fish Biology*, 2001, 58:861-872.
- [19] MOITRA A, SINGH O N, MUNSHI J S D. Microanatomy and cytochemistry of the gastro-respiratory tract of an air-breathing cobitid fish, *Lepidocephalichthys guntea* [J]. *Japanese Journal of Ichthyology*, 1989, 36(2):227-232.
- [20] HOAR W S. *Fish biology* [M]. San Diego: Academic Press, 1988:1-8.

## Development of mucous cells in digestive tract of larvae and juvenile of mud loach, *Misgurnus anguillicaudatus*

ZHANG Jian-ye<sup>1</sup> YANG Rui-bin<sup>1,2</sup> YANG Xue-fen<sup>1,2</sup>  
WANG Wei-min<sup>1,2</sup> WEI Kai-jian<sup>1,2</sup> FAN Qi-xue<sup>1,2</sup>

1. Key Laboratory of Freshwater Animal Breeding Certificated by Ministry of Agriculture, College of Fisheries, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2. Freshwater Aquaculture Collaborative Innovation Center of Hubei Province, Wuhan 430070, China

**Abstract** Development of mucous cells in different parts of the digestive tract of larval and juvenile (1-45 dph) loach was observed and analyzed by histological sections and AB-PAS histochemical staining techniques. The results showed that: there were four types of mucous cells (type I, II, III and IV) during the development of digestive tract of loach. Mucous cells in digestive tract were first detected in buccopharyngeal cavity and esophagus on 3 dph and appeared in every part of the digestive tract on 7 dph. Mucous cells were few before 10 dph and were widespread in digestive tract after 15 dph. As larvae grew, mucous cells changed from infantile types (type I and type II) to mature types (type III and type IV). According to the development and distribution of mucous cells in the digestive tract of fish, 3 to 10 dph were critical periods of development of digestive tract in loach. Functions of digestive tract developed well on about 20 dph. In order to improve the survival rate of loach larvae and juvenile, appropriate managing measures based on the developmental process of the digestive tract was necessary.

**Key words** loach; larval and juvenile; mucous cells; digestive tract; development

(责任编辑:边书京)