

长江中游四大家鱼仔鱼营养状况的初步研究*

宋昭彬 曹文宣

(中国科学院水生生物研究所 武汉 430072)

摘要: 通过形态观察、食性分析及消化系统组织学检测,对长江中游四大家鱼仔鱼的营养状况进行了初步评价。仔鱼具有匀称、消瘦和很消瘦三种体型;空肠率较高,草鱼、鲢、青鱼和鳙分别为 45.16% ~ 72.13%, 30% ~ 40.91%, 31.25% ~ 67.65% 和 87.50%;依据肝胰脏和肠的组织学特征,可以将天然仔鱼的营养水平划分为很好、较好和饥饿三种。1998 年采自九江江段的样本中,遭受饥饿的草鱼、鲢、青鱼和鳙分别为 40%、48.15%、46.15% 和 60%。

关键词: 四大家鱼;仔鱼;营养状况;长江中游

中图分类号: Q493 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2001)04-14-07

The Preliminary Studies on Nutritional Condition of Larval Grass Carp, Silver Carp, Black Carp and Bighead from the Middle Reaches of the Yangtze River

SONG Zhao-Bin CAO Wen-Xuan

(Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences Wuhan 430072, China)

Abstract: The nutritional condition of the larval grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*), silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*), black carp (*Mylopharyngodon piceus*), and bighead (*Aristichthys nobilis*) from the middle reaches of the Yangtze River was evaluated based on morphological observa-

* 国务院三峡办和中国长江三峡工程开发总公司[SX(97)-17/HB]和中国科学院重大项目(KZ951-A1-102-01)资助;
第一作者介绍 宋昭彬,男,29岁,博士;研究方向:鱼类生态学;现工作单位:宁波大学水产系,浙江宁波 315211;
收稿日期:2000-12-13,修回日期:2001-02-13

tion, food analysis and histological examination. There were normal, emaciated and severe emaciated body shapes in wild larvae. The percentage of individuals with no food in guts was very high in larvae: 45.16% ~ 72.13% in grass carp, 30% ~ 40.19% in silver carp, 31.25% ~ 67.65% in black carp, and 87.5% in bighead. The nutritional condition of wild larvae could be divided into three grades: good, normal and starvation, based on the histological characteristics of liver, pancreas and intestine. In the sample from Jiujiang section of the Yangtze River, the percentage of starved individuals was 40% in grass carp, 48.15% in silver carp, 46.15% in black carp, and 60% in bighead.

Key words: Four domestic fishes; Larvae; Nutritional condition; The middle reaches of the Yangtze River

饥饿是引起仔、稚鱼大量死亡的主要原因之一,因此,鉴定天然条件下鱼苗的健康状况,对估计其年级补充量,以及研究种群变动等相当重要。评价鱼类的营养状况时,常用的方法包括实验生态学、形态学、组织学、生物化学等方法^[1,2]。对于早期鱼苗,由于其个体太小,生物化学法往往难于实施,而从形态测量、组织学切片以及消化道食物分析等途径来研究其营养水平是比较切实可行的。

由于江湖阻隔、湖泊面积缩减、不合理捕捞和水质污染等因素的影响,长江中游草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)、青鱼(*Mylopharyngodon piceus*)、鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)和鳙(*Aristichthys nobilis*)四大家鱼的早期资源量和天然捕捞量不断下降^[3]。江湖阻隔后,早期仔鱼通常只能长时间地在江中漂流,即使达到初次摄食阶段也无法进入沿江的湖泊摄食,而处于饥饿状态,这势必引起仔鱼的大量死亡。因此,评价天然鱼苗的营养水平,区分健康和饥饿个体,对估计仔鱼死亡率及早期资源量有重要意义,可为其天然资源的保护和增殖等研究提供可靠的科学依据。目前,有关四大家鱼的饥饿研究仅为在实验室条件下进行的少数工作^[4,5],还未见评价天然鱼苗营养状况的研究报道。本文主要通过形态描述、消化道解剖和消化系统组织学检测等途径,对长江中游家鱼天然仔鱼的营养状况进行初步评价。

1 材料与方法

1.1 材料采集 1998年5~6月在长江的九江江段采集家鱼仔鱼239尾,1999年5~7月分别在武汉纱帽江段和洪湖石码头江段采集仔鱼103尾和216尾,仔鱼的发育期主要集中在鳔一室期或卵黄吸尽期,少数个体进入背鳍分化期或鳔二室期。采集网具为网目0.5 mm的圆锥网。

1.2 形态观察和鱼苗保存 用于消化道食性分析的仔鱼保存在5%的福尔马林中;用于组织学切片的仔鱼先在解剖镜下观察其形态特征,然后用Bouin氏液固定24 h后,用70%酒精冲洗,最后保存在70%酒精中。

1.3 食性分析 在解剖镜下用解剖针剖开仔鱼的肠管,描述肠中摄入食物的量和食物的种类。将肠中食物量的多少划分为5个等级,0级:肠管中几无食物,或仅有一些大小不等的小砂粒;1级:肠管中仅有极少量的食物;2级:肠管中有少量食物,占肠管的1/3以下;3级:肠管中有较多食物,占肠管的1/3~1/2;4级:肠管中有很多食物,占肠管的1/2以上。

1.4 组织学切片、检测和拍照 将组织学材料脱水、透明、石蜡包埋后,做连续切片,厚度6~8 μm, H.E染色。在Olympus BH2显微镜下进行消化系统的组织学检测。用与计算机和显微镜相连的Leica数码相机拍照。

2 研究结果

2.1 形态描述 天然仔鱼的体型主要表现为三种类型:(1)鱼体很匀称;(2)鱼体消瘦,头大体小;(3)鱼体极消瘦,头大体小,该种体型的鱼苗在采集到时往往已死亡。对 1998 年采自九江江段的样本中部分卵黄囊已吸尽的仔鱼的体型观察发现,除青鱼样本太少,未检测到体型消瘦的个体外,草鱼、鲢和鳙仔鱼中身体消瘦、头大体小的个体所占的比例分别为 17.39%、58.62%和 57.14%(表 1)。

表 1 长江中游家鱼天然仔鱼的体型

种类	体型	检测的样本数	频率(%)
草鱼	匀称	19	82.61
	消瘦	3	13.04
	很消瘦	1	4.35
鲢	匀称	12	41.38
	消瘦	17	58.62
	很消瘦	0	0.00
青鱼	匀称	8	100.00
	消瘦	0	0.00
	很消瘦	0	0.00
鳙	匀称	9	42.86
	消瘦	11	52.38
	很消瘦	1	4.76

天然仔鱼通常不具胸角或仅有并不太明显的胸角,而未观察到殷名称报道的饥饿后的草鱼、鲢和鳙仔鱼在肩带处出现的尖突状胸角^[5]。

肝脏的颜色主要为红色或红褐色,不同个体的肝脏大小有较大的变化。仔鱼的胆囊可能不明显、隐约可见、小、较大或很大,胆囊中的胆汁普遍为淡黄色,少数个体的胆汁为浅绿色。仔鱼间肠管的粗细不均匀,有的个体前肠和中后肠的粗细比较一致,而有的个体的前肠较膨大。仔鱼的肠褶不明显、稍明显或很明显。可见,天然条件下,不同个体间与消化活动相关的器官的发育程度往往参差不齐。

2.2 食性分析 仔鱼消化道中的食物通常由枝角类、桡足类、轮虫和有机碎屑等组成,能鉴定的种类有:筒弧象鼻溞(*Bosmina coregoni*)、短尾秀体溞(*Diaphanosoma brachyurum*)、汤匙华哲水蚤(*Sinocalanus dorrii*)、球状许水蚤(*Schmacke-*

ria forbesi)等。此外,许多仔鱼的消化道中通常含有大量的细小砂粒。

天然仔鱼消化道中的食物往往很少,对两年中在三个江段采集仔鱼的解剖表明,空肠率均较高,其中,草鱼为 45.16%~72.13%,鲢为 30%~40.91%,青鱼为 31.25%~67.65%,鳙为 87.50%。消化道中含有食物的仔鱼中,大多数个体仅有极少量的食物(主要为一些有机碎屑),而消化道中具有较多食物的仔鱼通常很少,其中,草鱼为 0~9.15%,鲢为 18.18%~60%,青鱼为 0~32.07%,鳙为 12.5%(图 1)。

2.3 消化系统的组织学特征

2.3.1 组织学特征描述 在显微镜下检测了 1998 年采自九江江段的仔鱼的消化系统组织学切片,总体来看,草鱼、鲢、青鱼和鳙仔鱼的消化系统组织学具有相似的特征,主要表现为三种情况:①消化腺和消化道均很正常,无明显的组织学结构与功能衰退的迹象,贮存物质和酶原分泌物均很多;②消化系统组织学表现出一定的结构和功能衰退或停滞发育,具有这种组织学特征的一些仔鱼还具有或多或少的卵黄物质;③消化系统表现出明显的组织学衰退。根据这三种组织学特征,可大致将仔鱼的营养状况划分为很好、较好和缺乏(饥饿)三种水平。本文以草鱼为例,将这三种营养水平对应的组织学特性描述如下。

(1) 营养状况很好

肝脏 组织学切面通常比较致密;肝细胞很大,多角形,极少数为圆形或椭圆形,细胞间分界清晰;细胞核圆形,偏向细胞的一侧;细胞内有大量糖原和脂质贮存(H.E 染色后表现为不染色的空泡状区域);肝细胞索不明显,窦状隙不发达(图版 I:1)。

胰脏 组织学切面较疏松;胰腺泡结构很明显,腺泡细胞为短柱状或长椭圆形,细胞间的界限相当模糊;腺泡细胞上部胞质中和腺泡腔中有很多 H.E 染成紫红色的酶原分泌颗粒;胰岛明显且发达(图版 I:4)。

肠 肠绒毛多且较高,一些个体的绒毛顶部为波浪状或具有一些细小的突起,这可能与

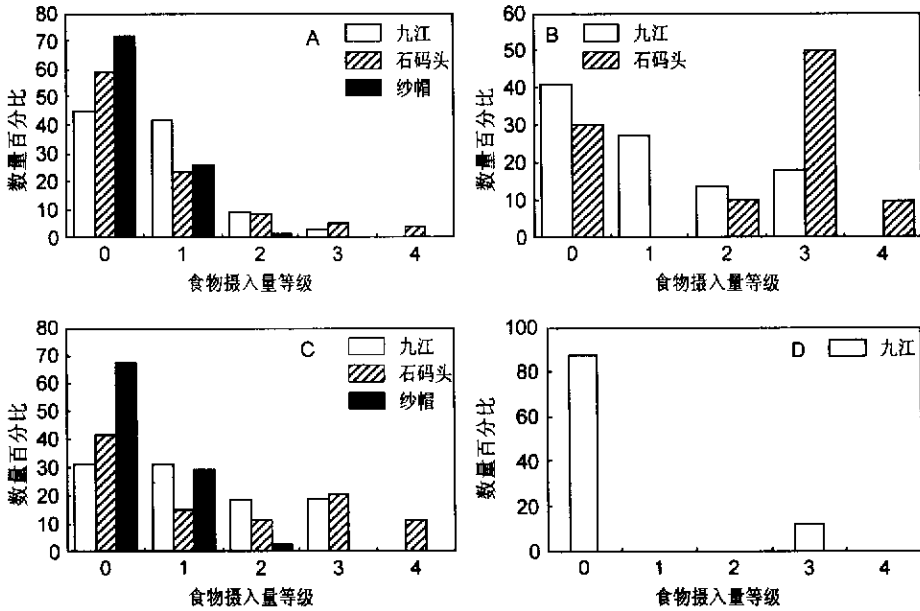


图 1 四大家鱼仔鱼肠中食物摄入量等级的频率分布

A: 草鱼; B: 鲢; C: 青鱼; D: 鳊

增加消化吸收的面积有关;上皮细胞长柱状,纹状缘明显而且完整、平滑;粘膜下层发达,可见明显的中央乳糜管;肌层发达;基膜可见;粘膜层、粘膜下层和肌层间连接紧密,相互间无明显的空隙(图版 I:7)。一些个体的消化道中还可可见食物或已消化的食物团。

(2) 营养状况较好

肝脏 组织学切面较致密;肝细胞较大,圆形或椭圆形,少数细胞为多角形,细胞间分界较清晰;大部分细胞核位于细胞的中部,少数细胞核为稍侧位;少数细胞内有一定量的糖原或脂质贮存;肝细胞索不明显,窦状隙不发达或较发达,内充满圆形未成熟的血细胞(图版 I:2)。

胰脏 组织学切面较疏松;胰腺泡结构明显,腺泡细胞间分界不清,腺泡腔中有较多 H.E 染成紫红色的酶原分泌颗粒;胰岛大而明显(图版 I:5)。

肠 肠绒毛较发达且较高;纹状缘较明显,完整且平滑;粘膜下层和肌层一般较发达(图版 I:8)。

(3) 营养缺乏

肝脏 组织学切面致密、稍疏松、疏松或呈

溃散状;肝细胞很小,几乎为圆形或卵圆形,相互间分界稍清晰或模糊;细胞核近圆形,位于细胞中部,少数仔鱼的肝细胞核呈水肿状态;个别细胞的细胞膜破裂,细胞质有丢失;细胞内几无糖原或脂质贮存,或仅极少数细胞内或细胞间有极少量的脂质或糖原贮存;肝细胞不呈细胞索排列或稍呈索状排列;窦状隙内有梭形成熟血细胞和少量圆形未成熟的血细胞(图版 I:3)。

胰脏 组织学切面一般比较致密, H.E 染色深;几乎分不出胰腺泡结构;腺泡细胞间分界不清;腺泡收缩,腺泡腔很窄,其内具有少量的酶原分泌颗粒或无酶原分泌颗粒;胰岛和胰外分泌部间的分界稍模糊(图版 I:6)。

肠 肠绒毛稍退化;绒毛上皮细胞短柱状,细胞间分界模糊;粘膜上皮中无明显的分泌细胞;纹状缘隐约可见,但不平滑,个别地方有断裂或脱落;粘膜肌层较薄,粘膜层、粘膜下层和肌层间的联系松散,有的地方粘膜层与粘膜下层甚至脱离;肠腔中偶尔可见脱落的上皮细胞残块(图版 I:9)。

2.3.2 肝细胞大小 分别测量了三种营养水

平下仔鱼的肝细胞大小,其中,多角形、卵圆形或椭圆形细胞测量的是最大直径,近圆形细胞测量的是直径。四种仔鱼的肝细胞大小见表2。

表2 家鱼仔鱼肝细胞大小

种类	营养水平	平均值 (μm)	标准差 (μm)	变异系数 (%)	测量的 细胞数
草鱼	很好	9.90	2.61	26.34	49
	较好	6.89	1.74	25.31	48
	饥饿	5.43	0.69	12.66	89
鲢	很好	11.45	1.94	16.91	32
	较好	8.60	1.42	16.54	21
	饥饿	6.90	0.62	8.94	54
青鱼	很好	11.28	2.72	24.13	30
	较好	7.96	1.80	22.61	59
	饥饿	6.17	0.96	15.51	49
鳊	很好	9.78	1.72	17.56	10
	较好	7.65	0.86	11.17	10
	饥饿	6.80	0.55	8.10	29

Kolmogorov-Smirnov 检验表明,营养水平很好的仔鱼的肝细胞比营养水平较好和饥饿仔鱼的肝细胞大得多($P < 0.001$);除鳊外,营养水平较好的仔鱼的肝细胞也显著大于饥饿仔鱼的肝细胞($P < 0.001$)。每种仔鱼中,前两种营养水平的肝细胞大小的变化范围通常较大,其变异系数一般较高;而第三种营养水平的肝细胞的大小比较集中,变异系数通常要小得多(表2)。

表3 不同营养水平仔鱼的出现率

种类	营养水平	频数	频率(%)
草鱼	好	5	20.00
	较好	10	40.00
	饥饿	10	40.00
鲢	好	7	25.93
	较好	7	25.93
	饥饿	13	48.15
青鱼	好	8	30.77
	较好	6	23.08
	饥饿	12	46.15
鳊	好	4	26.67
	较好	2	13.33
	饥饿	9	60.00

2.3.3 天然仔鱼的营养状况评价 依据仔鱼消化系统,尤其是消化腺的组织学特征,可将1998年采自九江江段的家鱼仔鱼的营养状况

大致划分为很好、较好和缺乏(饥饿)三种营养水平,各营养水平的仔鱼所占的比例见表3。从表中看出,营养水平很好的个体仅占约20%~30%,营养缺乏的仔鱼占了40%~60%。可见,天然仔鱼中,近半数个体遭受了饥饿,而仅近1/3的仔鱼能在长江中较好地摄食。

3 讨论

3.1 关于长江中游天然仔鱼的营养现状 通过形态观察和消化系统组织学的检测发现,从长江中游采集的四大家鱼仔鱼的营养水平参差不齐,有的仔鱼体型和消化系统的发育均相当正常,而有的仔鱼则表现出明显的体型消瘦和消化系统组织学结构与功能的衰退。殷名称报道,饥饿鲢、鳊和草鱼仔鱼首先出现的体征是体长增长停止,体消瘦,器官发育逐渐衰退、萎缩,胸角明显^[5]。作者在观察天然仔鱼时,同样发现了体型消瘦的个体,但并未观察到明显的胸角。王吉桥等发现,饥饿致死草鱼种的肠粘膜纹状缘萎缩、消失,肝细胞变小,核居中^[4],这在天然仔鱼消化系统切片上观察到的结果类似。因此,将具有这种体型和消化系统组织学特征的仔鱼鉴定为饥饿仔鱼是可靠的。

消化道中无食物或仅有极少量有机碎屑的仔鱼占绝大多数,且许多仔鱼的消化道中有相当多的细小砂粒。可见,在家鱼的繁殖季节,由于长江中浮游动物的密度很低*,以及江水流速快、透明度低和仔鱼运动能力较弱等因素的影响,仔鱼要获得充足的食物相当困难,一些个体可能会长时间处于饥饿状态,这与形态和组织学观察的结果是一致的。对四大家鱼仔鱼的日轮间距、耳石-鱼体大小关系以及日生长的研究均表明,长江中游仔鱼的营养水平不整齐,一些个体或相同个体的不同生存阶段遭受了饥饿*。

3.2 关于天然仔鱼营养状况的评价方法 在实验室内,采用形态学、组织学和生物化学等手

* 宋昭彬,2000.四大家鱼仔鱼耳石微结构的特征及其应用研究.中国科学院水生生物研究所,博士学位论文。

段,一般都能较好地地区分正常和饥饿仔鱼。但由于人为的饥饿和自然状态下的饥饿往往有差别,在实验室内进行饥饿实验时,仔鱼通常没有机会获得食物,但在野外,同样表现出饥饿症状的仔鱼毫无疑问是有机会摄取过食物的^[6],这种室内饥饿和野外饥饿间的差别使得在将各饥饿特征应用到天然仔鱼的营养水平评价时,还具有一定的难度。一些在实验室内较典型的饥饿体征,在天然仔鱼中并不一定能体现,如家鱼天然仔鱼在营养缺乏时胸角便不明显。O'Connell 也发现,从海洋中采集的美洲鳀(*Engraulis mordax*)饥饿仔鱼,虽然后肠粘膜有时呈溃散状态,但粘膜上皮细胞的细胞核上部仍有包含体存在;相反,在实验室饥饿的仔鱼中从未观察到这种包含体^[6]。

家鱼天然仔鱼的营养状况比较复杂,从形态测量性状上较难鉴别其健康状况;从体型上能辨认出部分营养严重缺乏的仔鱼;而消化系统的组织学检测表明,各营养水平的仔鱼主要在肝胰脏的结构与功能上有较大的差异,而肠上皮细胞的区别不是很显著。形态学指标和组织学指标判断的结果稍有出入,采自九江江段的样本中,草鱼中体型消瘦和很消瘦的个体较少,而组织学检测表明,饥饿仔鱼的比例占40%。可见,从体型上无法识别的部分营养缺乏的仔鱼,通过组织学方法则能检测到。因此,组织学的方法比形态学方法更准确可靠,而形态学方法的优点则在于比较直观、快速且操作简单,相对而言,组织学方法则比较复杂,且需要一定的专业知识。为较准确地地区分天然家鱼仔鱼的健康状况,宜选择组织学方法,同时以形态学指标作参考。

Strüssmann 等将刚孵化和饥饿 1、2、3、4、5 d 的牙汉鱼(*Odontesthes bonariensis*)仔鱼的肝脏、胰脏和后肠的组织学特征分别定为 0、1、2、3、4、5 共 6 个衰退级别(degeneration grade),衰退级别越高,表示消化系统的组织学结构与功能越退化,亦即仔鱼的饥饿程度越严重^[7]。同样,在采用组织学特征来评价四大家鱼天然仔鱼的

营养水平时,为了使结果更精确,也可参照以上的方法,在实验室内把饥饿不同时间的仔鱼的消化系统组织学特征标准化。将天然仔鱼的组织学特征与标准特征相对比,能把天然仔鱼的营养状况划分为不同的水平,对各水平出现频率的统计,可以估计出仔鱼的存活率,进而估计年级补充量。

RNA:DNA 比率可作为衡量鱼类营养状况的比较灵敏而可靠的指标,长期饥饿会使 RNA:DNA 比率下降。评价天然仔鱼的营养水平时,这应是一相当有用的途径。GrønkJær 等便采用 RNA:DNA 比率研究了波罗的海鳕(*Gadus morhua*)野生仔鱼的营养状况^[8]。

此外,耳石日轮的研究为仔鱼的营养评价提供了新的方法。通过日龄的鉴定,研究仔鱼的日生长,结合耳石生长-鱼体生长间的关系,从而对仔鱼的营养状况作出评价。

参 考 文 献

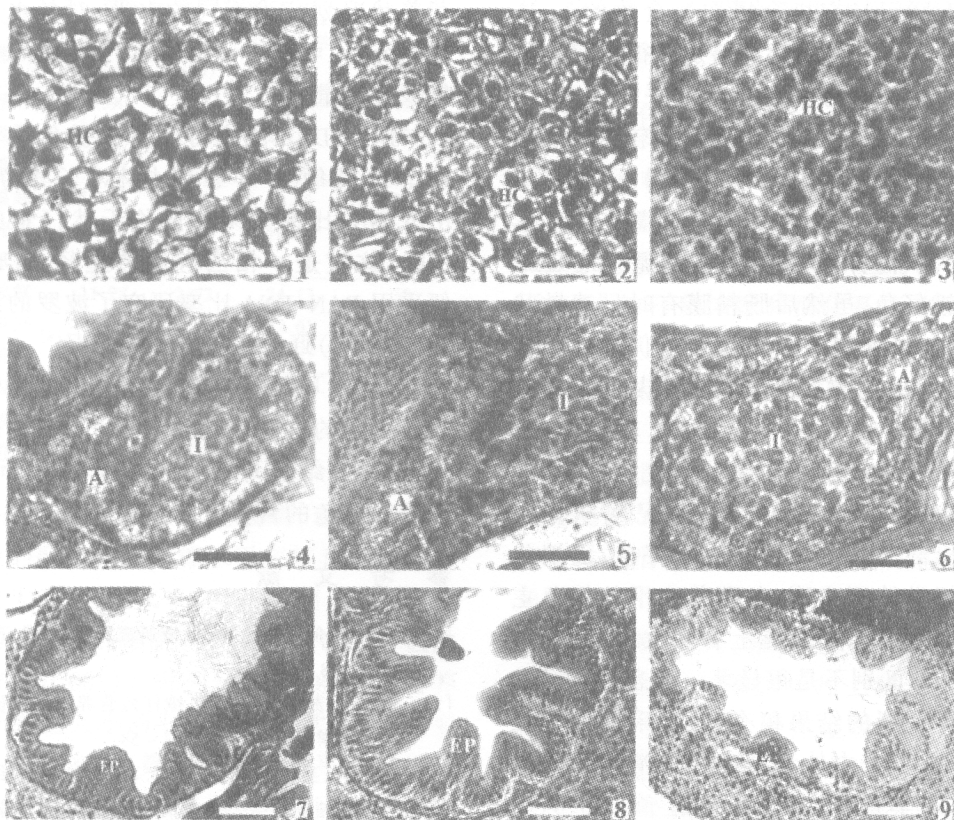
- [1] 宋昭彬,何学福.鱼类饥饿研究现状.动物学杂志,1998,33(1):48~52.
- [2] 鲍宝龙,苏锦祥.海洋饥饿仔鱼营养状况的研究.上海水产大学学报,1998,7(1):51~58.
- [3] 刘乐和,吴国屏,曹维孝等.葛洲坝水利枢纽兴建后青、草、鲢、鳙繁殖生态效应的研究.水生生物学报,1986,10(4):353~364.
- [4] 王吉桥,毛连菊,姜静颖等.鲤、鲢、鳙、草鱼苗和鱼种饥饿致死时间的研究.大连水产学院学报,1993,8(2,3):58~65.
- [5] 殷名称.鲢、鳙、草鱼、银鲫卵黄囊期仔鱼的摄食、生长和耐饥饿能力.见:中国鱼类学会编.鱼类学论文集(第六辑).北京:科学出版社,1997.69~79.
- [6] O'Connell, C. P. Percentage of starving northern anchovy, *Engraulis mordax*, larvae in the sea as estimated by histological methods. *Fish. Bull. U. S.*, 1980,78:475~489.
- [7] Strüssmann, C. A., F. Takashima. Effects of temperature upon survival and histological changes of starved pejerrey *Odontesthes bonariensis* larvae. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 1989,55:247~254.
- [8] GrønkJær, P., C. Clemmesen, M. St. John. Nutritional condition and vertical distribution of Baltic cod larvae. *J. Fish Biol.*, 1997, 51(Suppl. A):352~369.

宋昭彬等:长江中游四大家鱼仔鱼营养状况的初步研究

图版 I

SONG Zhao-Bin *et al.*: The Preliminary Studies on Nutritional Condition of Larval Grass Carp, Silver Carp, Black Carp and Bighead from the Yangtze River

Plate I



1~3: 肝脏; 4~6: 胰脏; 7~9: 肠 HC: 肝细胞; A: 胰腺泡; I: 胰岛; EP: 肠粘膜上皮

图 1~3、6 标尺为 20 μm, 图 4、5、7~9 标尺为 40 μm