

文章编号: 1000-0615(2005)04-0487-09

## 江黄颡鱼的仔稚鱼发育及行为生态学

王 武<sup>1</sup>, 边文冀<sup>2</sup>, 余卫忠<sup>1</sup>, 石张东<sup>1</sup>

(1. 上海水产大学生命科学与技术学院, 上海 200090; 2. 江苏省淡水水产研究所, 江苏 南京 210017)

**摘要:** 江黄颡鱼从出膜仔鱼至夏花历时 26 d。仔、稚鱼发育分为仔鱼前阶段、仔鱼阶段、稚鱼前阶段和稚鱼阶段; 每个阶段又分为 3 个时期, 共 12 个时期。其中仔鱼前期分为附着期、平游期和开口期。在仔鱼附着时期要提供合适的附着物; 仔鱼开口时期的饵料是小型枝角类。仔鱼阶段仍为混合营养阶段, 除消耗卵黄外, 其主要摄食枝角类。进入稚鱼阶段后, 其食性先后经 2 次转食: 第 1 次由浮游动物转为底栖动物; 第 2 次转食由底栖动物转为以动物性饵料为主的杂食性, 并开始摄食人工精饲料。根据江黄颡鱼仔、稚鱼的发育特性, 提出了一整套提高江黄颡鱼出苗率和成活率的科学方法。

**关键词:** 江黄颡鱼; 仔稚鱼发育; 行为生态学

中图分类号: S917 文献标识码: A

## Development and behavior ecology of larval and juvenile *Pelteobagrus vachelli*

WANG Wu<sup>1</sup>, BIAN Wen-ji<sup>2</sup>, YU Wei-zhong<sup>1</sup>, SHI Zhang-dong<sup>1</sup>

(1. College of Aquaculture Science and Technology, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China;

2. Freshwater Fisheries Research Institute of Jiangsu Province, Nanjing 210017, China)

**Abstract:** It took 26 days for *Pelteobagrus vachelli* to grow into juvenile after hatching. The larval and juvenile development of *P. vachelli* were divided into four stages (namely, prelarval, larval, early juvenile and juvenile stages), and each stage was also divided into 3 periods (amount to 12 periods). The prelarval period can be divided into adherence, horizontal swimming and initial bait phases. It was necessary to provide suitable adhesive things during the adherence stage. During initial bait phase, its food mainly consisted of some small Cladoceras. The larval stage was still a mixotrophic one and it mostly ingested Cladocera besides yolk. After entering the juvenile stage, its feeding characters underwent transitions twice: firstly, its foods changed from zooplankton to zoobenthos; secondly, foods changed from zoobenthos to animal-oriented polyphagia and the juvenile started to ingest artificial intensive feed. According to characters of the larval and juvenile development of *P. vachelli*, a series of scientific methods about the rates of hatching and surviving of *P. vachelli* were suggested in this article.

**Key words:** *Pelteobagrus vachelli*; the larval and juvenile fish development; behavior ecology

江黄颡鱼 (*Pelteobagrus vachelli* Richardson), 又称瓦氏黄颡鱼、硬角黄腊丁、郎丝江颡和青愣子等。胸鳍硬棘前缘光滑, 后缘有强锯齿; 头顶被薄片; 须发达, 上颌须伸过胸鳍起点; 体侧无暗色斑块。主要分布于长江、珠江、淮河、黄河及其支流

中<sup>[1]</sup>, 分类上隶属于鲇形目、鲇科、黄颡鱼属, 是该属中个体最大的一种, 2 龄鱼体重可达 150~600 g, 最大个体达 1 850 g, 其肉味道鲜美、肉质细嫩、营养丰富、无肌间刺、经济价值高、几乎无腥味, 深受消费者喜爱<sup>[2]</sup>。

收稿日期: 2004-05-11

资助项目: 安徽省科技厅 2001 年重点科研项目 (01023008); 江苏省 2001 年农业三项工程项目 (P2001-6)

作者简介: 王 武 (1941-), 男, 江苏太仓人, 教授, 主要从事集约化水产养殖研究。Tel: 021-65710522; E-mail: w.wang@shfu.edu.cn

目前江黄颡鱼的人工繁殖及苗种培育,虽取得了成功<sup>[2]</sup>,但生产上的关键问题还尚未突破。一是鱼苗出苗率低(通常仅50%左右);二是鱼苗培育池夏花鱼种成活率低(通常仅20%~30%),这也成为发展江黄颡鱼养殖的主要限制因子。目前,国内外对江黄颡鱼仔、稚鱼发育与行为生态学方面未见报道,在生产上均根据家鱼鱼苗的发育生物学特点,并采用家鱼的孵化设施和饲养方法进行。因此,江黄颡鱼仔、稚鱼的发育及其行为生态特点的研究就非常重要,只有掌握了江黄颡鱼、稚鱼的发育规律和生物学特点,才能为江黄颡鱼人工孵化和鱼苗培育提供科学依据,才能提高孵化的出苗率及夏花鱼种的成活率,并为江黄颡鱼的养殖提供广阔的前景。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料的来源

本试验的研究材料取自安徽淮南市上窑镇的安徽省科鱼类良种场。选择成熟度较好的江黄颡鱼亲本共200尾(其中雌鱼135尾,雄鱼65尾)。于2002年5月28日,采用王武等<sup>[2]</sup>提供的方法进行催产,并于30日上午11:50进行人工授精。将粘附在网片上的受精卵移入孵化槽进行孵化。孵

出仔鱼后,仔鱼前期的研究材料来自孵化槽,至下塘时,随机取500尾移入室内水族箱(100 cm × 50 cm × 40 cm)进行饲养管理,观察其行为生态情况。水温控制在25~27℃。

### 1.2 投饵方法

鱼苗下塘前2 d开始投喂蛋黄,并在投喂蛋黄同时从培育池中捞取浮游动物投喂。水族箱中每天早、晚各投饵一次。初期从鱼苗培育池中捞浮游动物投喂,后期添加人工配合饵料投喂。

### 1.3 研究方法

从仔鱼孵出到稚鱼(夏花)阶段,对同一批鱼苗进行连续观察。开始每天取样4次,以后逐渐延长至每天2次直至每天1次。每次随机取样10尾,进行形态测定后,用Bouin氏液固定后备用。鱼苗下塘后,同步采集鱼苗培育池内江黄颡鱼、稚鱼,用Bouin氏液固定后作为参照。胚后发育阶段和时期的划分参照文献<sup>[3]</sup>的方法,并按江黄颡鱼的特点稍作修改。

## 2 结果

江黄颡鱼的仔、稚鱼发育,依据外部形态、内脏器官建成和生活习性的变化,可分为仔鱼前、仔鱼、稚鱼前、稚鱼4个阶段(表1)。

表1 江黄颡鱼仔、稚鱼发育的分期和时序(水温25~27℃)

Tab.1 Stages and time sequences of larval development of *P. vachelli* (25~27℃)

发育阶段 development stage	发育时期 development period	全长(mm) total length	肛后长(mm) postanal length	距出膜时间(d) time before hatching	主要食物组成 component of food	阶段时间(d) duration time
仔鱼前阶段	附着期	4.40~7.92	2.00~4.42	3	卵黄	5~6
	平游期	7.84~8.96	4.09~5.07	4		
	开口期	8.43~9.55	4.54~5.35	5	小型枝角类	
仔鱼阶段	小型枝角类期	9.55~10.3	5.35~5.77	6	除吸收卵黄外,枝角类为主兼轮虫、桡足类、无节幼虫、藻类	4~5
	混合营养期	10.3~12.5	5.77~6.6	8		
	外源营养期	12.5~14.0	6.6~7.0	9		
稚鱼前阶段	大型枝角类期	14.0~16.0	7.0~8.5	10	大型枝角类为主,摇蚊幼虫、水蚯蚓、寡毛类等底栖动物	6~7
	第一次转食期	16.0~18.0	8.5~9.0	12		
	底栖动物期	18.0~21.0	9.0~10.4	15		
稚鱼阶段	第二次转食期	21.0~24.5	10.4~12.0	18	摇蚊幼虫、水蚯蚓、寡毛类等底栖动物为主,开始摄食人工饲料	8~9
	杂食期	24.5~29.5	12.0~14.5	22		
	夏花期	29.5~35.0	14.5~17.0	26		

### 2.1 仔鱼前阶段

此阶段从仔鱼孵化出膜至卵黄囊大部被吸收、幼鱼开始摄食外界营养为止,共历时5~6 d。根据其生活习性,可分为附着期、平游期和开口期。

附着期 出膜仔鱼的胸鳍向体两侧伸出,尾鳍鳍条分化。此期运动能力不强,主要附着生活,或靠尾部的不停摆动围绕附着物作短暂垂直运动,该期又可分为:

①刚出膜仔鱼:全长4.4~4.6 mm,肛后长为

2.0~2.1 mm,肌节数44~47对,从第12对肌节起胚体离开卵黄囊;卵黄囊大,近圆形,约为1.4 mm×1.3 mm;体淡黄色,背部略弯,头部弯向卵黄囊前方,与体轴几成直角,尾末端上翘;颌须一对,宽大桨状,略突处于头前端;嗅囊明显;眼囊圆形,无色素,眼晶体黑色;耳囊狭长,位于卵黄囊正上方略前之胚体两侧,二粒耳石晶莹剔透;鳃盖原基长方形,接颌须之后,耳囊前下方,耳囊后下方有鳃板;卵黄囊与胚体相接处有卵圆斑状的胸鳍原基。围心腔宽大,透过围心腔膜可见含有红色血液的心脏,心跳频率达每分钟113次左右。体后部侧扁,鳍褶窄而薄,连为一体,有肛凹雏形(图版I-1)。从内部解剖看,前、中、后肠明显分化,前、中肠贴于卵黄囊上,后肠在外形上可见,均为海绵状,解剖镜下未见肠腔(图版II-1)。心脏管状。刚出膜仔鱼常侧卧水底或附着于网片,运动能力不强,靠尾部的不停摆动围绕网片作短暂旋转运动,很少窜游水面,当受震动时游至中上层,而后又迅速垂直下层,静卧水底或附着于网片。

②出膜后11h仔鱼:全长5.18~5.49 mm,肛后长2.52~2.58 mm,卵黄囊椭圆形,约为(1.48~1.54 mm)×(1.09~1.15 mm)。耳囊部出现黑色素,颌须明显伸长,前缘分泌粘液,第一对颌须出现,头部略抬起与体轴成钝角,体后部伸直,鳍褶增宽连为一体(图版I-2)。

③出膜后14h仔鱼:全长5.35~5.64 mm,肛后长2.54~2.68 mm,卵黄囊椭圆形,约为(1.38~1.53 mm)×(0.88~1.10 mm)。在咽腔两侧出现3对鳃裂;颌须比出膜时伸长约1倍,前端变圆,超过头前端(图版I-3)。

④出膜后20h仔鱼:全长5.43~6.19 mm,肛后长2.55~3.25 mm,卵黄囊长椭圆形,约为(1.26~1.51 mm)×(0.78~1.06 mm),进入下颌形成期。头端从卵黄囊上抬起,口凹,上下颌分开,并伴随心脏有节律的收缩而颤动。尾循环清楚,血液红色。胸鳍增大圆叶状。眼黑色。奇鳍褶增宽但仍相连续,尾鳍褶与背鳍褶和肛后褶之间略有凹陷,尾端圆形(图版I-4)。鳃裂5对。消化道长2.0 mm,后肠呈白色海绵状,为雏形肠腔(图版II-2)。

⑤出膜后40h仔鱼:全长5.77~6.33 mm,肛后长2.91~3.25 mm,卵黄囊缩小,前后明显突

出,居维尔氏管位于腹侧,十分清晰。第2对颌须原基出现,尾鳍褶上有间叶细胞堆积,体黑色素增多(图版I-5)。出现雏形鳃弓(图版III-1)。

⑥出膜后69h仔鱼:全长7.17~7.92 mm,肛后长4.06~4.42 mm。第一对颌须伸达吻部,下颌活动频繁,胸鳍向体两侧伸出。尾鳍褶出现雏形骨质鳍条,各奇鳍褶宽度有增加,但仍连成一片(图版I-6)。消化道长3.5 mm,前肠分化出明显的口咽腔、食道和略为膨大的雏形胃,后肠末端与由肛窝渐渐向内不断凹陷形成的肛道相遇并洞穿而成肛门(图版II-3);食道背部突出的鳃管延伸膨大而成鳃雏形,尚未充气,体积很小。鳃弓明显,鳃丝两列,为7~8个芽状突起,血液流入鳃内,鳃循环开始(图版III-2)。仔鱼多静卧水底,时有近距离窜游,靠须上的粘液吸着池壁摆动尾部栖息。

平游期 出膜后4d仔鱼,全长7.84~8.96 mm,肛后长4.09~5.07 mm。胸鳍位置开始下移,尾鳍形成3枚骨质鳍条,臀鳍褶出现,间叶细胞沿臀鳍褶基部堆积成一长列鳃盖骨形成,能借助胸鳍保持平衡进行水平游动;鳃膜游离,并随鳃盖的启闭内外活动,左右鳃盖在颌部相接;下颌短于上颌,口下位;2对颌须从侧面移至颌部。(图版I-7)。消化道长3.8 mm,已前后贯通,食管管腔较肠腔小,胃明显粗于肠(图版II-4)。

开口期 出膜后5d仔鱼,全长8.43~9.55 mm,肛后长4.54~5.35 mm。运动灵活自如。颌须增长,伸达鳃盖后缘,须上出现小刺状感觉突,上下颌缘各有6~7个尖锐的颌齿。胸鳍位置开始下移,其基部有间叶细胞堆积;背部鳍褶发生缢缩,分化出背鳍褶,间叶细胞沿背鳍褶基部集中排成一长列;尾鳍具5枚骨质鳍条。卵黄囊腹侧出现色素细胞,卵黄大部分被吸收,口裂0.34~0.45 mm(图版I-8)。消化道长4.2 mm,肠发生弯曲,膨大的胃突向左侧(图版II-5)。开始摄食,肠道内有绿色胎粪排出。鳃增大,已充气,管状心脏发生弯曲,分化出心房、心室及腹大动脉基部膨大的动脉球。鳃丝增长,第一鳃弓上出现5枚雏形鳃耙(图版III-3)。

至此,仔鱼能正常游泳并开始摄食外界食物,其主要饵料是小型枝角类和轮虫。仔鱼由内生性营养转为既消耗卵黄又摄食外界食物的混合营养阶段。此时是鱼苗及时下塘的最佳时机。

## 2.2 仔鱼阶段

此阶段为混合营养阶段,即一方面继续以卵黄物质为营养,另一方面则从外界摄取食物。奇鳍褶分化为背鳍、臀鳍和尾鳍,脂鳍和腹鳍出现,体形与成体有一定差异,器官分化仍不完善。历时4~5 d。根据其摄食习性可分为:

**小型枝角类期** 出膜后6 d仔鱼,全长9.55~10.30 mm,肛后长5.35~5.77 mm。上颌须长向后超过胸鳍起点,须上有发达的感觉突,颌缘的颌齿数目增多、变密。卵黄囊上有血窦及丰富的微血管。胸鳍出现硬棘,鳍式1,3,背鳍开始形成并出现鳍条,尾鳍条17枚,尾形呈浆状。消化道长4.5 mm;鳃丝增长,鳃靶形成,鳃呈红色,鳃血循环清楚(图版I-9)。肠道食物组成中有小型枝角类、轮虫、大型枝角类、桡足类、无节幼虫、藻类和有机碎屑等,其中以小型枝角类、轮虫为主。

**混合营养期** 出膜后8 d仔鱼,全长10.3~12.5 mm,肛后长5.77~6.6 mm,卵黄囊很小。胸鳍条1,5,背鳍条1,6,臀鳍条16枚,背部鳍褶与其它奇鳍褶已分离,尾鳍中央凹陷,开始形成上叶和下叶,有尾鳍条17枚(图版I-10)。肠形成两个弯曲(图版II-6),肝几乎与胃一样大,鳔增大,心房心室紧挨,卵圆形。第一鳃弓有5枚鳃耙,每枚鳃丝向两侧突出1对~2对小鳃片(图版III-4)。食物组成中除小型枝角类、轮虫外,大型枝角类、桡足类、无节幼虫也占一定比例。

**外源营养期** 出膜后9 d仔鱼,全长12.5~14.0 mm,肛后长6.6 mm~7.0 mm,卵黄囊小,卵黄已吸收干净。胸鳍条1,7,背鳍条1,6,臀鳍条23,尾鳍条17枚。腹鳍向体侧两侧伸出,尚无鳍条(图版I-11)。消化管长8.0 mm,肠形成3个弯曲(图版II-7)。上下颌缘各有颌齿25~27个,第一鳃弓有5枚鳃耙,每枚鳃丝有4对~5对鳃小片,似羽片状排列(图版III-5)。食物组成中以大型枝角类、小型枝角类为主,还含有轮虫、桡足类、无节幼虫和藻类等。

## 2.3 稚鱼前阶段

此阶段完全以摄取外界食物获得营养,鳍褶逐渐消失,侧线和各鳍条形成,器官分化逐步完善,外形向成鱼体形过渡,历时6~7 d。

**大型枝角类期** 出膜后10 d稚鱼,全长14.0~16.0 mm,肛后长7.0~8.5 mm。背鳍鳍褶已消

失,尾鳍与脂鳍和臀鳍间相连的鳍褶已变得很窄但仍相连,尾鳍上叶略长于下叶,腹鳍出现鳍条鳍式5枚。胸鳍条1,7,背鳍条1,6,臀鳍条23枚,尾鳍条17枚(图版I-12)。小肠盘旋1圈,全长约为肠长2.5倍,胃膨大(图版II-8);第一鳃弓外列鳃丝15枚,每枚鳃丝有8~9对鳃小片(图版III-6)。食物组成中以大型枝角类为主,轮虫比例减少,开始出现摇蚊幼虫、寡毛类等底栖动物。

**第1次转食期** 出膜后12 d稚鱼,全长16.0~18.0 mm,肛后长8.5~9.0 mm。尾鳍鳍褶消失,尾鳍、脂鳍和臀鳍各自独立,但形状和成体有差异,胸鳍条1,7,背鳍条1,6,臀鳍条23,尾鳍条17枚,腹鳍条6(图版I-13)。全长约为肠长2倍,鳔两室。第一鳃弓上外列鳃丝17枚,每枚鳃丝有12对鳃小片(图版III-7)。食物组成中大型枝角类仍占大多数,摇蚊幼虫、寡毛类比例上升,同时出现水蚯蚓。

**底栖动物期** 出膜后15 d稚鱼,全长18.0~21.0 mm,肛后长9.0~10.4 mm。臀鳍鳍褶消失,侧线形成,体两侧镶有暗灰色斑块,胸鳍条1,8,背鳍条1,6,臀鳍条23,尾鳍条17枚,腹鳍条6(图版I-14)。小肠盘旋一大圈,并有2个扭曲,全长约为肠长1.8倍(图版II-9)。鳔两室,第一鳃弓上外列鳃丝20枚,每枚鳃丝有13~15对鳃小片(图版III-8)。食物组成中,摇蚊幼虫、水蚯蚓、寡毛类等底栖动物与枝角类为主的浮游动物相当。

## 2.4 稚鱼阶段

此阶段内部器官进一步完善,外部形态和食性逐渐转为与成鱼相似,历时8~9 d。共分3期:

**第2次转食期** 出膜后18 d稚鱼,全长21.0~24.5 mm(图版I-15),第一鳃弓上鳃耙6枚,外列鳃丝25枚(图版III-9)。上下颌缘各有颌齿25~27个,并出现细小犁齿,口裂4.5 mm。全长约为肠长1.6倍(图版II-10)。肠道食物组成以摇蚊幼虫、水蚯蚓、寡毛类等底栖动物为主,枝角类、桡足类等浮游动物已明显减少,并含有人工饲料。

**杂食期** 出膜22 d稚鱼,全长24.5~29.5 mm,肛后长12.0~14.5 mm(图版I-16)。第一鳃弓上鳃耙7枚,第2~4枚较大,外列鳃丝30枚(图版III-10)。紧接颌齿出现几排小齿构成蜂窝

状,犁齿增多,呈绒毛状,口裂 5 mm。小肠盘旋 1 大圈,并有 3 个扭曲,全长约为肠长 1.4 倍(图版 II-11))。肠道食物组成除摇蚊幼虫、水蚯蚓、寡毛类外,出现腹足类幼体、幼虾和人工饲料。

夏花期 出膜后 26 d 稚鱼,全长 29.5.0~35.0 mm,肛后长 14.5~17.0 mm(图版 I-17)。第一鳃弓上鳃耙 8 枚,第 2-4 枚较大,第一、二鳃弓无内鳃耙,第 5 鳃弓鳃丝退化(图版 III-11)。紧接颌齿、犁齿后均出现几排紧密呈蜂窝状小齿构成,口裂 6 mm。小肠共有 5 个盘曲,一个“S”形上紧接一大“O”盘旋,全长约为肠长 1.2 倍(图版 II-12)。各鳍褶消失,侧线形成,体两侧暗灰色斑块逐渐消失,胸鳍条 1,8,背鳍条 1,6,臀鳍条 23 枚,尾鳍条 17 枚,腹鳍条 6 枚。肠道食物组成除摇蚊幼虫、水蚯蚓、寡毛类外,腹足类幼体、幼虾、水生昆虫和人工饲料。头扁平、背部隆起、胸腹部平坦、后端稍圆、尾柄长。此时,该鱼的外部形态摄食特性与成鱼相似,内部器官发育完善。

### 3 讨论

#### 3.1 江黄颡鱼仔、稚鱼的发育分期

在水温 25~27 °C 的环境中,江黄颡从鱼苗出膜(体长 4.4~4.6 mm)生长到夏花(体长 29.5~35.0 mm),完成仔、稚鱼发育,共历时 26d 左右;如从鱼苗下塘计算,历时 21 d。参照潘炯华等<sup>[4]</sup>、王武<sup>[5]</sup>等提出的分期标准,我们认为,目前在生产上硬套家鱼仔、稚鱼的发育时期,并采用家鱼鱼苗的生物学特性和培育技术措施是造成江黄颡鱼出苗率和夏花成活率低下的主要原因。因此,我们不仅要研究仔稚鱼的形态特征,更重要的是要研究该阶段的行为生态学特点,以解决江黄颡鱼出苗率、夏花成活率低的关键问题,为养生产殖提供理论依据。

为此,我们认为江黄颡仔稚鱼发育时期应以食性和生活习性为主、兼顾其形态变化的原则来划分。根据江黄颡仔、稚鱼的食性变化和生活习性,本文将江黄颡鱼仔稚鱼发育分为 4 个阶段。每个阶段又按食性和生活习性分为 3 个时期。前后共 12 个时期,其中附着期、小型枝角类期(开口饵料)、第 1、第 2 次转食期为江黄颡仔、稚鱼发育阶段所特有的特色。

#### 3.2 江黄颡鱼仔的附着

在仔鱼前阶段的附着期,处于体内器官分化、

发育和完善时期。尽管仔鱼体内的器官有很大变化,但所要求的生态条件相同,即仔鱼需要一个安静、固着的环境,以保持机体器官的正常发育。仔鱼出膜后,在其头下部,口前缘具成对呈须状结构的粘附器。出膜后的仔鱼并不立即脱离鱼巢,仍附着在网板上。如振动网片,它们作短暂游动后,又会重新停留在附着物上。在试验初期,采用家鱼孵化桶孵化,而且待仔鱼孵出后,又随即将鱼巢捞出,仔鱼在桶内随波逐流,造成大批死亡。这也表明,仔鱼前期缺乏游泳器官,又处在各个器官发生时期,鱼苗必须处在相对静止状态,以积蓄能量,用于器官的发育和完善。仔鱼的附着器到仔鱼能平游时才消失:此时胸鳍向体两侧伸出、尾鳍鳍条已分化时期(约 3 d),仔鱼能保持平衡。由此可见,在出膜后的 3 d 时间内,仔鱼营附着生活。此时仔鱼孵化箱内的水流需缓慢,箱内的网板不能移走,以便为仔鱼提供安静的发育环境。待仔鱼开始水平游动,附着期结束,再移出网板。

#### 3.3 江黄颡鱼的食性转化

江黄颡鱼仔、稚鱼从孵化出膜到器官分化完善,外形与成鱼体形相似。其食性分内源营养、混合营养和外源营养 3 个阶段。其食物组成依次为卵黄<sup>→</sup>在吸收卵黄的同时,摄食小型枝角类(兼食轮虫、桡足类、无节幼虫、藻类等浮游生物)<sup>→</sup>大型枝角类<sup>→</sup>底栖动物(摇蚊幼虫、水蚯蚓、寡毛类)<sup>→</sup>以底栖生物为主并开始摄食人工饲料。其食性转化过程与黄颡鱼<sup>[6]</sup>相似。在生产中,江黄颡鱼苗从内源营养到混合营养,从浮游动物到底栖动物的食性转化,鱼苗最容易死亡;而其它鱼类在食性转化时也有相似情况<sup>[7-11]</sup>。因此,对这两个食性转化时期,如何根据其发育的生物学规律,投喂量多质好的适口饵料,也是提高鱼苗成活率的关键。

家鱼苗的口裂较小(0.22~0.29 mm),取食器官尚未完善<sup>[5]</sup>,开口饵料为轮虫。而江黄颡鱼在开口时(全长 8.43~9.55 mm),口裂较大(0.34~0.45 mm),鳃耙稀(第一鳃弓外鳃 5 条)颌齿发达(6~7 个),抢食能力强,开口饵料为小型枝角类。本试验曾发现,孵化箱内处于开口期的仔鱼,在饥饿状态时,有自相残杀的现象。

江黄颡鱼出膜后 12 d 左右,全长 16.0~18.0 mm,侧线形成。鱼苗开始从摄食浮游动物转为底栖动物,浮游动物在胃中很少见到,此时也是江黄颡鱼鱼苗成活率高低的时刻。而在以往

苗培育过程中,由于套用家鱼培育夏花鱼种技术,只注重浮游动物的培养,而忽视了底栖动物的培养(或补充),或直接投喂人工精饲料(豆粕糊等),造成稚鱼阶段适口饵料严重缺乏。这是夏花鱼种成活率低的主要原因。这种现象在鲇形目其它鱼类<sup>[12-15]</sup>也时有发生。

### 3.4 江黄颡鱼出苗率和发塘池夏花成活率

江黄颡仔、稚鱼发育具附着、底栖、避光、群居、转食时期易死亡等特点,在生产上除常规的培养措施外,还需采取以下关键技术:

(1)江黄颡鱼仔、稚鱼具有畏强光,底栖、集群的习性。因此在孵化时,在孵化设施上加盖遮荫,在鱼苗塘中应种植沉水植物以利于遮荫和栖息,后期投喂饲料,拟在白天投 1/3,在傍晚投 2/3。饵料须投在深水区。

(2)设计符合江黄颡鱼发育的孵化育苗设施——“蜂巢式”孵化器。该孵化器为微流水,无死角,其附卵网板通透性好,检查、洗卵方便,既可作为鱼巢,又是附着期良好的附着物。

(3)仔鱼在附着期,保持微流水,严禁抽动网板。网板到平游期后,才能提出孵化箱。

(4)提供最佳适口饵料,做到鱼苗“适时下

塘”、“饱食下塘”、在“水 高峰期下塘”。

(5)以同步培育青虾苗来替代稚鱼第一次转食所需的底栖动物。在鱼苗下塘时,随即繁育青虾苗(在发塘池的网箱内放养抱卵虾,  $7.5\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ )。待虾苗孵出后,随即泼洒豆浆,既培育虾苗,又维持大型枝角类生长。经生产性试验,采用同步培育青虾苗的江黄颡发塘池,其江黄颡夏花成活率高达 80%;而对照池虽采用人工精饲料投喂,夏花成活率在 30%左右。

(6)当稚鱼长至 22 mm 左右(约下塘后 15 d 左右),处在第 2 次转食阶段,可开始投喂人工精饲料。既可弥补鱼苗培育后期天然饵料不足,又可对江黄颡鱼进行驯化,为以后精养奠定基础。

(7)从江黄颡鱼仔稚鱼摄食特性的研究表明,该鱼的食性转化与大多数杂食性鱼类<sup>[6, 16-18]</sup>相似,都是一个渐变的过程,而不是突变过程。根据该鱼的发育阶段,生产上采取:“培育浮游动物(水)+青虾苗+人工精饲料”的饲养模式。即鱼苗下塘后分 3 个阶段进行培育;当仔稚鱼发育到食性转化时期,前后两种饵料必须交叉,使其有一段重叠时间,以适应食性的逐渐转变(图 1)。

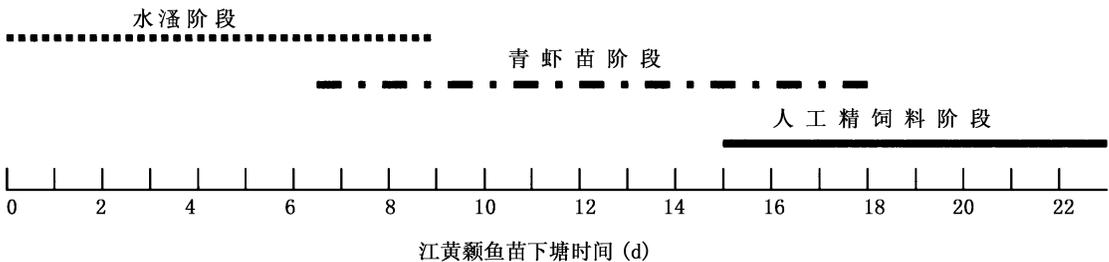


图 1 江黄颡鱼苗下塘时间

Fig. 1 Days after *P. vachelli* fry being stocked

## 4 小结

(1)江黄颡鱼的仔、稚鱼发育可分为 4 个阶段,即:仔鱼前阶段、仔鱼阶段、稚鱼前阶段和稚鱼阶段。每个阶段又按食性和生活习性分为 3 个时期,即:附着期、平游期、开口期、小型枝角类期、混合营养成期、外源营养期、大型枝角类期、第 1 次转食期、底栖动物期、第 2 次转食期、杂食期、夏花期,共 12 个时期。其中附着期、小型枝角类期(开口饵料)、第 1、第 2 次转食期是江黄颡在仔、稚鱼

发育阶段所固有的特色。

(2)刚孵出的江黄颡鱼仔鱼有 3 d 左右的附着期,因此要提供仔鱼的附着环境,如微流水和附着物,家鱼孵化设施不适合江黄颡的孵化要求。

(3)江黄颡仔鱼口裂大,颌齿发达,其开口饵料是小型枝角类,而不是轮虫类。

(4)江黄颡鱼从仔鱼下塘养成夏花仅需 20~21 d。其食性有 2 次转化。其中第 1 次在下塘 7 d 左右,由浮游动物转为底栖动物;第 2 次是仔鱼下塘 15 d 后,其食性由以底栖动物为主转为以动物

性饵料为主的杂食性鱼类。

(5) 江黄颡发塘必须采取,仔鱼在“水 高峰 期下塘”;鱼苗培育池开展青虾育苗,为食性第 1 次转化及时提供适口饵料。

参考文献:

[1] 孟庆闻,苏锦祥,缪学祖. 鱼类分类学[H]. 北京: 中国农业出版社, 1995.

[2] 王 武, 刘利平, 张克俭等. 江黄颡鱼人工繁殖的初步研究 [J]. 水产科技情报, 2001, 28(5): 195- 197.

[3] 张耀光, 何学福. 长吻 幼鱼发育的研究[J]. 水生生物学报, 1991, 15(2): 153- 160.

[4] 潘炯华, 郑文彪. 胡子鲇的胚胎和幼鱼发育的研究[J]. 水生生物学集刊, 1982, 7(4): 437- 444.

[5] 王 武. 鱼类增殖养殖学[H]. 北京: 中国农业出版社, 2000.

[6] 章晓炜, 汪雯翰, 郑 聪. 黄颡鱼仔鱼食性及生长的研究 [J]. 水产科学, 2002, 21(3): 13- 15.

[7] 马爱军, 马英杰, 姚善诚. 黑鲟消化系统的胚后发育研究 [J]. 海洋与湖沼, 2000, 31(3): 281- 287.

[8] 周 明, 韦正道, 陈海明. 松江鲈鱼初期胚胎发育阶段消化系统组织学的初步研究[J]. 现代渔业信息, 1996, 11(11): 1 - 3.

[9] Braum E. Ecology of freshwater fish production[M]. Blackwell Scientific Publications, 1981. 102- 126.

[10] Schnack D. Studies on the mortality of Pacific herring larvae

during their early development, using artificial *in situ* containments[J]. Rapp P-v Reun Cons Int Explor, Mer, 178: 135- 142.

[11] Ware D M. Behavior of first-feeding Peruvian anchoveta larve, *Engraulis ringens*[J]. J Rapp Rapp P-v Reun Cons Int Explor, Mer, 178: 467- 474.

[12] 边文冀, 陈晓辉. 黄颡鱼人工繁殖及规模化人工养殖技术 [M]. 南京: 江苏农业出版社, 2003.

[13] Makeeva A P, Emelyanova N G. Early development of the channel catfish, *Ictalurus punctatus* [J]. VOPR. - IKHTIOL, 1992, 32(5): 105- 119.

[14] Micha J C. Summary of preliminary tests for reproduction, rearing and production of an African silurd: *Clarias lazera* [A]. FAO/ CIFA Symposium on Aquaculture in Africa, Accra (Ghana) [C], 1975.

[15] Micha J C. Synthesis of research on reproduction, stocking and production in African catfish: *Clarias lazera* Val[J]. Bullfispiscic, 1975, 256: 77- 87.

[16] Conceicao L E C, Desjant L Y, Verreth J A J. Cost of growth in larval and juvenile African catfish (*Clarias gariepinus*) in relation to growth rate, food intake and oxygen consumption[J]. Aquac, 1998, 161(1- 4): 95- 106.

[17] 谢小军. 南方大口鲇的胚胎和幼鱼发育的研究[J]. 水生生物学集刊, 1982, 7(4): 437- 444.

[18] 孟庆闻, 唐宇平. 团头鲂的器官发育 [J]. 水产学报, 1986, 12 (4): 395- 407.

图版说明 Explanation of Plates

图版 I 江黄颡鱼仔、稚鱼的发育

1. 刚出膜仔鱼; 2. 出膜 11 h 仔鱼; 3. 出膜 14 h 仔鱼; 4. 出膜 20 h 仔鱼; 5. 出膜 40 h 仔鱼; 6. 出膜 69 h 仔鱼; 7. 出膜 4d 仔鱼; 8. 出膜 5d 仔鱼; 9. 出膜 6d 仔鱼; 10. 出膜 8d 仔鱼; 11. 出膜 9d 仔鱼; 12. 出膜 10d 稚鱼; 13. 出膜 12d 稚鱼; 14. 出膜 15d 稚鱼; 15. 出膜 18d 稚鱼; 16. 出膜 22d 稚鱼; 17. 出膜 26d 稚鱼

Plate I Larval development of *Pelteobagrus vachelli* Richardson

1. Newly hatched larva; 2. 11h after hatching; 3. 14h after hatching; 4. 20h after hatching; 5. 40h after hatching; 6. 69h after hatching; 7. 4d after hatching; 8. 5d after hatching; 9. 5d after hatching; 10. 8d after hatching; 11. 9d after hatching; 12. 10d after hatching; 13. 12d after hatching; 14. 15d after hatching; 15. 18d after hatching; 16. 22d after hatching; 17. 26d after hatching

图版 II 消化管的发育过程(腹面观)

1. 刚出膜; 2. 出膜后 20 h; 3. 出膜后 69 h; 4. 出膜后 4d; 5. 出膜后 5d; 6. 出膜后 8d; 7. 出膜后 9d; 8. 出膜后 10d; 9. 出膜后 15d; 10. 出膜后 18d; 11. 出膜后 22d; 12. 出膜后 26d

Plates II Development of digestive tube (ventral view)

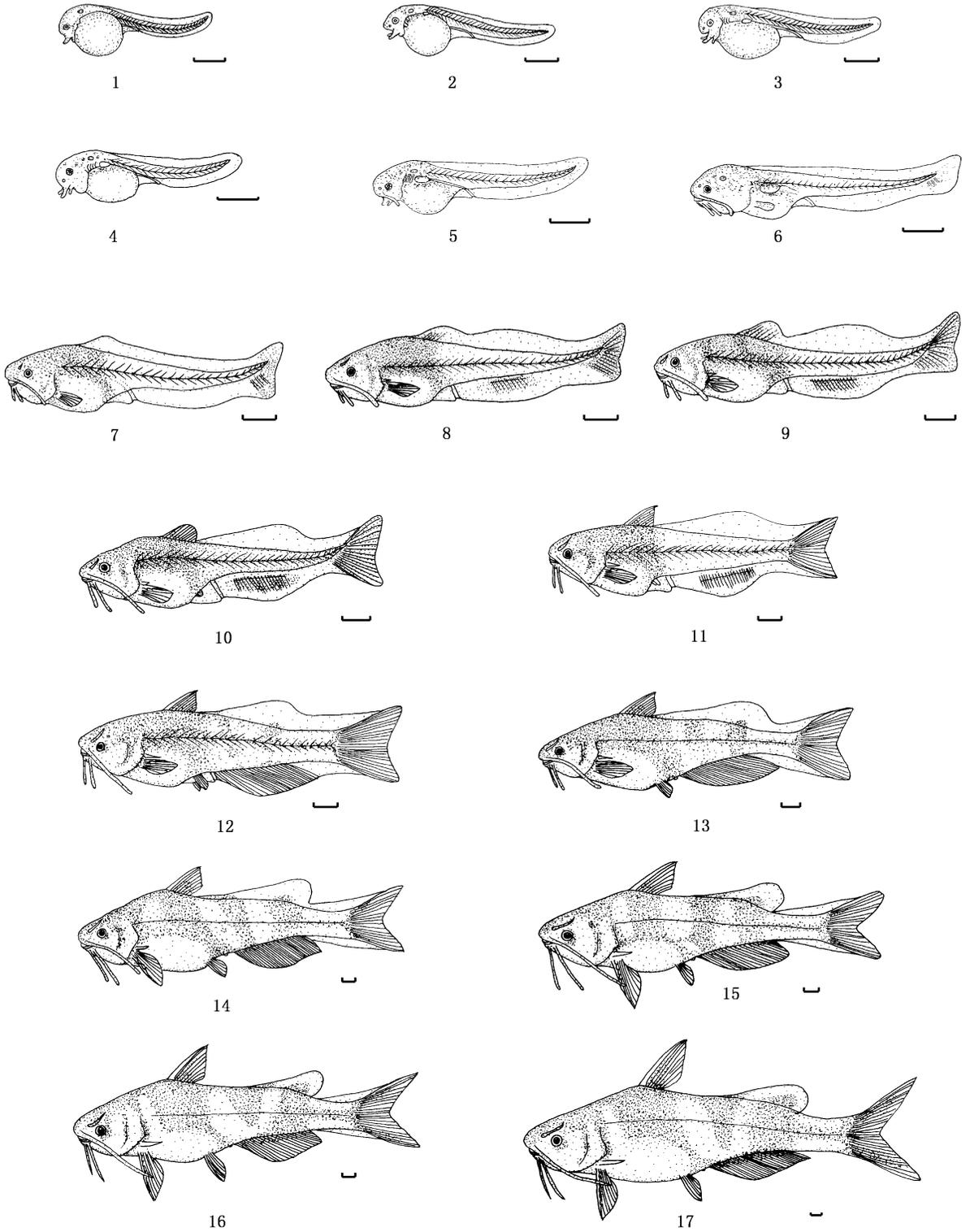
1. Newly hatched larva; 2. 20h after hatching; 3. 69h after hatching; 4. 4d after hatching; 5. 5d after hatching; 6. 8d after hatching; 7. 9d after hatching; 8. 10d after hatching; 9. 15d after hatching; 10. 18d after hatching; 11. 22d after hatching; 12. 26 after hatching

图版 III 鳃的发育(第一鳃左侧面观)

1. 出膜后 40 h; 2. 出膜后 69 h; 3. 出膜后 5d; 4. 出膜后 8d; 5. 出膜后 9d; 6. 出膜后 10d; 7. 出膜后 12d; 8. 出膜后 15d; 9. 出膜后 18d; 10. 出膜后 22d; 11. 出膜后 26d

Plates III Development of gill (left side view of 1st gill arch)

1. 40h after hatching; 2. 69h after hatching; 3. 5d after hatching; 4. 8d after hatching; 5. 9d after hatching; 6. 10d after hatching; 7. 12d after hatching; 8. 15d after hatching; 9. 18d after hatching; 10. 22d after hatching; 11. 26d after hatching



图版 I

Plate I

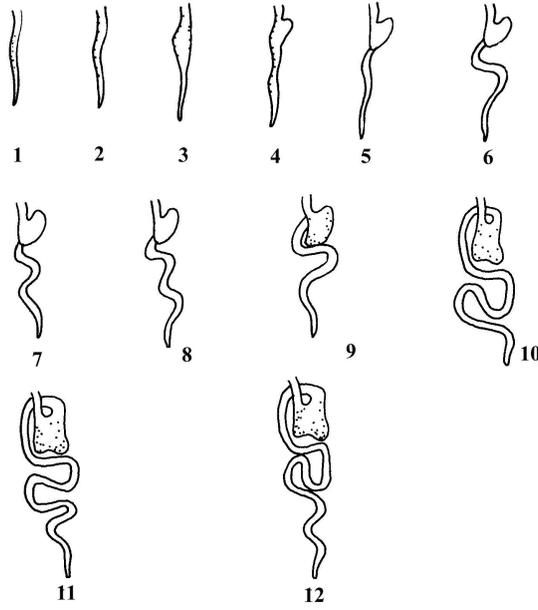


图 版 II Plate II

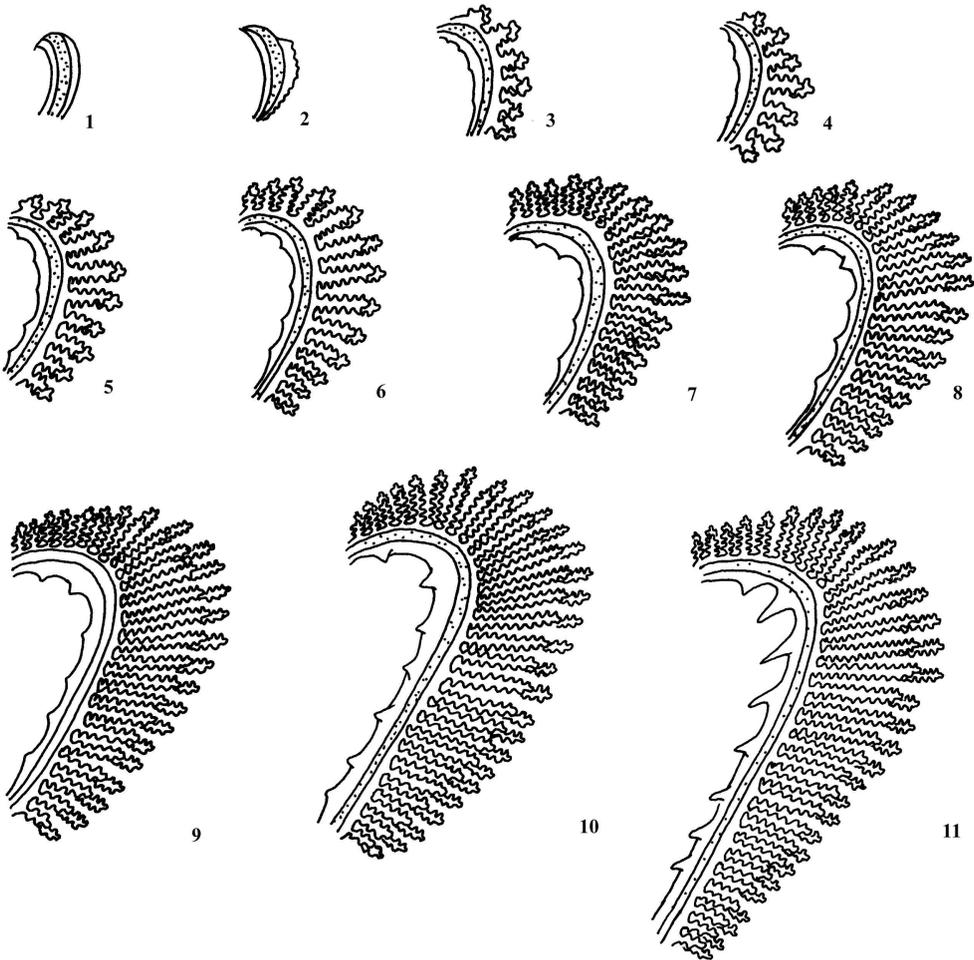


图 版 III Plate III