

鳊人工繁殖与苗种培育研究进展

沈志刚¹ 管赫赫¹ 丁运敏² 何焱¹ 高泽霞¹ 樊启学³

(1. 华中农业大学水产学院, 农业农村部淡水生物繁育重点实验室, 教育部长江经济带大宗水生生物产业绿色发展工程研究中心, 池塘健康养殖湖北省工程实验室, 武汉 430070; 2. 武汉市水产发展有限公司, 武汉 430331; 3. 湖北黄优源渔业发展有限公司, 武汉 430299)

摘要: 鳊(*Elopichthys bambusa*)是大型凶猛肉食性鱼类, 在大型水体生态系统中占据重要地位, 也是我国重要的经济鱼类。近年来, 由于种质退化、亲本数量锐减、养殖规模衰减、池塘规模化繁育技术不成熟等综合因素, 导致其产业发展停滞甚至倒退, 已无法满足市场需求。鳊亲本培育、亲本产后护理、规模化催产、驯食人工配合饲料、优良种质培育等领域仍然存在不成熟不完善之处, 有较大的研究空间。建立完善的鳊繁育技术体系对推动鳊产业可持续、高质量发展至关重要。近20年来, 鳊人工繁殖技术取得突破, 苗种培育也取得了重要进展, 特别是驯食人工配合饲料方面取得了重要突破, 给鳊产业发展提供了关键保障。文章系统总结了鳊人工繁殖与苗种培育的研究进展, 指出繁育环节中需要进一步研究和解决的问题, 特别是亲本培育与产后护理、驯食及优良种质培育等方面需要进一步开展大量研究。文章进一步提出对应建议或对策, 以期对鳊产业持续发展提供参考, 也为其他大型肉食性鱼类产业发展提供了借鉴。

关键词: 人工繁殖; 催产; 苗种培育; 肉食性鱼类; 驯食; 鳊

中图分类号: S965.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2024)07-1258-09



鳊(*Elopichthys bambusa*)是亚洲特有鱼类, 属鲤形目(Cypriniformes)、鲤科(Cyprinidae)、雅罗鱼亚科(Leuciscinae)、鳊属(*Elopichthys*), 俗称黄颡鱼、竿鱼, 有“水老虎”之称。鳊广泛分布于我国长江、珠江、黑龙江等流域, 是中上层大型凶猛肉食性鱼类^[1]。鳊生长速度快, 能清除水体中的野杂鱼和病弱鱼, 对维持水体生态系统平衡具有重要作用^[2]。该鱼肉质坚实, 味道鲜美, 富含优质蛋白质、不饱和脂肪酸和矿物质等多种营养元素^[3-5], 在水产品消费市场属高端名贵鱼类, 交易市场价格(或称塘口价格)通常超过40元/kg, 10 kg以上个体价格超过80元/kg。自20世纪50年代起, 我国科研工作者对鳊生物学特性、自然资源状况、遗传多样性、人工繁殖与养殖等进行了报道, 确定了鳊适合作为高档特色经济鱼类进行开发利用。特别是湖北丹江口鳊鱼, 由于水库清洁优质的水资源与丰富的生物类群, 其形态与品质与其他水体鳊形成明显差异,

2011年被国家质检总局纳入“中国国家地理标志产品”, 具有重要的经济和生态价值。以丹江口为重要产业发展基地, 在此先后成功实现鳊的人工孵化、食性驯化、规模养殖, 2011年丹江口鳊规模化养殖面积达667 hm², 产量达到4×10⁶ kg^[6], 高品质水产品深受消费者的青睐。

近20年来, 过度捕捞、水文改造、生境破坏等因素, 导致长江、珠江等流域鳊自然资源严重衰退^[7-10], 鳊已被列入国家重点保护濒危及受威胁水生生物种名录。与此同时, 以水库网箱养殖为主要养殖模式而发展壮大的鳊产业, 由于主要养殖模式消失和亲本数量锐减, 养殖规模急剧缩减。不仅如此, 池塘亲本培育技术与养殖技术还未及时建立成熟, 导致苗种与养殖量严重减少。由此可见, 以池塘和工厂化为主要场景的亲本培育与苗种培育技术的建立, 对鳊产业的复兴至关重要。鳊凶猛和暴躁的习性, 给亲本培育和苗种早期培育带来了极大难度,

收稿日期: 2023-10-11; 修订日期: 2023-10-26

基金项目: 湖北省重点研发计划(2021BBA233)资助 [Supported by the Key R & D Program of Hubei Province (2021BBA233)]

通信作者: 沈志刚, 副教授; 研究方向为鱼类遗传育种与繁育。E-mail: zgshen2017@mail.hzau.edu.cn

例如亲鱼在人工繁殖时易产生强烈应激导致受伤, 亲本产后死亡率较高^[11], 而鳢性成熟年龄在4龄以上, 怀卵量(>100万粒)产卵量(>5万粒/kg)大, 亲本损失导致繁育成本增加、后备亲本不足; 鳢早期残食严重, 导苗种早期培育难度大、成活率低。这些问题制约了鳢产业的发展。本研究团队自2004年起, 对鳢遗传育种、人工繁殖、苗种培育、池塘养殖等进行了研究, 积累了一批重要成果和经验。

为了促进鳢养殖产业复兴, 帮助鳢自然资源恢复并加以有效利用, 满足人们对长江等流域地方特色水产品的消费需求, 推进我国水产产业多样化、高质量发展, 本综述基于团队前期研究基础, 结合国内外研究进展, 对鳢人工繁殖与苗种培育研究方面取得的进展进行系统梳理, 总结了取得的成果和存在的问题, 并针对性地提出对策。本文也为其他大型肉食性鱼类产业发展提供了重要借鉴和参考。

1 鳢人工繁殖研究进展

1.1 鳢亲鱼培育

亲鱼培育是鳢人工繁殖的重要基础。鳢的亲本来源主要包括3种方式: (1)从大型水体如水库、江河湖泊中捕捞性成熟的野生亲鱼; (2)从自然水体捕捞小型野生鳢幼鱼, 经人工驯养培育至性成熟; (3)培育人工养殖的鳢幼鱼至性成熟^[12-14]。野生鳢性格急躁, 捕捞过程中引起应激导致受伤, 池塘驯养成活率不高, 许亮清等^[13]通过冬捕收集到4—5 kg的野生鳢, 经培育, 最终死亡率达到100%, 而捕获的全长5—7 cm的野生鳢幼鱼经驯化后能够取得较好的养殖效果。万松良等^[15]从长江收集到的野生鳢幼鱼, 经培育可明显降低鳢幼鱼的野性, 能够有效减轻操作当中因应激造成的损伤, 成活率达到85.7%。本团队于冬季通过第三方机构购买水库捕捞的3—5龄、体重在5 kg以上的大型鳢个体42尾, 转运和运输过程中应激极其强烈, 第二年开春后成活率不足20%。直接捕捞野生鳢亲鱼死亡率较高, 采取直接从野外捕捞大型个体的方式获取鳢亲鱼成活率较低, 因此建议通过后两种方式对鳢幼鱼进行培育来获得后备亲鱼, 能有效提高鳢亲鱼培育效率和后备亲鱼储备。

鳢后备亲鱼在繁殖前通常会经1—3年的强化培育。宓国强等^[16]研究发现, 在培育前期, 鳢后备亲鱼放养密度不宜过高, 后期转入流水池塘, 对鳢加强流水刺激, 繁殖当年池水流速控制在0.1—0.15 m/s, 整个培育过程始终保证饵料鱼充足, 通过上述方法, 鳢性腺发育良好, 4足龄鳢性腺成熟较好。在保证饵料鱼充足和适口的前提下, 随着鳢的生长及时调

整饵料鱼规格, 从而保证鳢后备亲鱼良好的生长发育^[13]。在培育期间, 鳢体重会成倍增长, 其中雌鱼生长速度高于雄鱼, 最终用于繁殖的雌鱼个体明显大于雄鱼^[17]。万松良等^[15]发现, 鳢雄鱼3龄少数个体可达性成熟, 4龄可全部成熟; 鳢雌鱼4龄大部分个体成熟, 5龄可全部性成熟。也有研究表明鳢在4—5龄达到性成熟, 且用于繁殖的4龄亲鱼受精率与5龄亲鱼无差异^[16]。目前有关鳢性成熟年龄观点不一致, 可能是培育方式、培育环境的差异造成, 与养殖积温关系也较为密切。

1.2 鳢人工催产及产后护理

在亲鱼选择方面, 通常发育良好的雌鱼腹部柔软膨大、生殖孔红润, 轻压腹部会有卵流出, 雄鱼腹部较为扁平, 轻压腹部后泄殖孔会有乳白色精液流出^[12]。宓国强等^[16]对不同雌雄亲鱼配比鳢人工繁殖的受精率与孵化率进行了研究, 发现雄鱼过少会对受精率产生影响, 建议雄鱼与雌鱼的比例不能低于0.75:1。鳢人工催产药物主要包括促黄体素释放激素类似物A₂ (LRH-A₂)、促黄体素释放激素类似物A₃ (LRH-A₃)、绒毛膜促性腺激素(HCG)、地欧酮(DOM)和脑垂体(PG)。宓国强等^[16]将HCG、LRH-A₂、DOM等3种催产药物进行了4种不同配制, 其中雄鱼剂量减半, 1次注射, 对不同激素和不同剂量诱导鳢产卵效果进行了对比实验, 结果发现, 除HCG和DOM的组合未能达到催产作用, 其他组合催产率均为100%。本团队采用LRH-A₂、DOM和HCG3种催产药物, 3种或2种混合使用, 根据鳢亲鱼成熟情况选择1次注射或者2次注射(第一次20%剂量, 第二次80%剂量, 针距8h), 其中LRH-A₂和HCG的组合方式能够取得较理想的催产效果, 若亲鱼发育较差, 可添加低剂量DOM增强催产力度, 但尤其需要注意DOM添加量过大会导致鳢亲鱼失明或死亡^[12]。万松良等^[15]选择DOM、LRH-A₃、B型混合激素和PG等4种催产药物混用的方式对鳢进行了催产实验, 雌鱼2次注射, 第1针占总剂量1/4, 第2针占3/4, 雄鱼1次注射, 剂量为雌鱼第2针的2/5, 最终获得100%催产率。许亮清等^[13]通过混合HCG、LRH-A₃、DOM等3种催产药物对鳢亲鱼进行催产, 1次注射, 最终3批催产的催产率在75%—100%, 指出雌鱼未产卵可能是初次性成熟个体性腺发育不良所致。催产药物的组合对鳢繁殖催产效果及影响具体列于表1。鳢繁殖特性与四大家鱼类似, 在注射完催产药物后, 可将亲鱼转置圆形产卵池中, 并通过流水刺激产卵^[16]。宓国强等^[16]对不同年龄鳢亲鱼产卵量进行了研究, 结果表明鳢亲鱼年龄对其产卵量有较大影响, 体重9.5—10 kg的4龄鳢亲鱼

平均产卵量达到48万粒, 体重16—17 kg的5龄鳊亲鱼平均产卵量达到148.75万粒, 表明5龄鳊亲鱼产卵量较高, 与成熟较好的草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)产卵量相当。

准确判断效应时间的长短是人工催产的关键^[15]。研究表明, 催产的效应时间的长短与水温、亲鱼性腺发育程度、催产药物种类及剂量、药物注射次数等因素密切相关^[11, 13]。团队研究发现^[12], 鳊一次注射比两次注射效应时间长, 在适宜的水温范围内, 水温越高, 效应时间越短。

鳊亲鱼的产卵受精有自然产卵受精和人工授精两种方式, 自然产卵受精能够减少对鳊亲鱼人工操作造成的损伤, 工作强度较小; 采取人工授精的方式可以有效提高受精率, 并且方便控制鳊幼鱼的批量繁育^[11]。结合以往研究可知, 亲鱼雌雄比例、亲鱼年龄、亲鱼性腺发育情况、效应时间把控等都会造成繁殖结果差异^[11-13, 15, 16, 18]。其中, 在人工

授精的方式下, 若操作不当(比如捕捞强度过大、机械损伤、麻醉处理不当、注射时应激强烈、转运损伤等), 会导致亲鱼产后死亡, 死亡率最高可达90%以上^[11], 因此完善鳊人工繁殖技术、建立有效亲鱼产后护理方法尤为重要。目前, 成熟的鳊亲鱼产后护理方法未见报道。

1.3 鳊孵化与胚胎发育

鳊受精卵属漂流性卵, 无黏性, 遇水后迅速膨胀^[18], 与四大家鱼卵相似。孵化方式与四大家鱼类类似, 采用孵化环道或者孵化槽进行孵化, 其中孵化用水应当进行过滤, 水中溶氧维持在4 mg/L以上^[11]。夏小平等^[11]对孵化环道孵化和孵化槽孵化进行了比较, 结果表明, 两种方式都取得了较好的孵化效果, 孵化率均超过85%, 其中孵化环道更适合用于规模化生产。

关于鳊的胚胎发育, 在20世纪60、70年代已经进行了观察研究, 梁秩荣等^[2]通过收集整理材料, 对

表 1 鳊人工催产与催产效果

Tab. 1 Induced spawning and effectiveness in yellowcheek carp *Elopichthys bambusa*

地区 Location	时间 Date	水温 Water temperature (°C)	药物与剂量 Dosage	催产 尾数 Number	针距 Interval (h)	效应时间 Effect time (h)	催产率 Spawning rate (%)	产卵量/万粒 Egg	文献来源 Literature
湖北武汉	2004.6	26.0—28.0	5A2+5D+800H*	4	N.A.	7.0—9.0	100.0	3.0 [#]	樊启学等 ^[12]
	2005.6	28.0—29.0	5A2+5D+800H*	4	N.A.	7.0—9.0	100.0	28.0 [#]	
	2006.6	26.0—28.0	5A2+5D+800H*	12	N.A.	7.0—9.0	100.0	150.0 [#]	
浙江湖州	2005.5	21.5	1200H+10A2+5D	3	N.A.	—	100.0	240.0	宓国强等 ^[16]
	2005.5	21.5	1200H+10A2	2	N.A.	—	100.0		
	2005.5	23.5	1200H+10A2+5D	5	N.A.	—	100.0	700.0	
	2006.5	25.0	1200H+10A2	10	N.A.	—	100.0	1680.0	
	2006.5	25.0	1200H+5D	1	N.A.	—	0		
	2006.5	25.0	10A2+5D	1	N.A.	—	100.0		
	2006.5	25.0	10A2+5D	1	N.A.	—	100.0		
湖北武汉	2005.5	23.5—26.5	P+H+A2	3	10.0	10.0—12.0	100.0	—	夏小平等 ^[11]
	2006.6	25.0—27.0	P+H+A2	1	8.0	8.0—10.0	100.0	—	
	2006.6	25.5—27.5	P+A2	1	N.A.	—	0	—	
	2003.6	25.5—28.5	P+H+A2	5	N.A.	10.0—14.0	80.0	—	
湖北黄石	2007.5	23.0—24.0	1st: 1D+1.5A3; 2nd: 1D+2.5A3+1P+1B	1	8.0	3.25	100.0	55.0	万松良等 ^[15]
	2007.5	24.0—25.0	1st: 0.5D+1.5A3; 2nd: 1D+2.5A3+10P+0.6B	3	8.0	3.0—4.2	100.0	88.0	
	2007.5	23.2—24.2	1st: 1.5A3; 2nd: 1.0D+2.5A3+1P+0.4 B	3	7.5	7.2—8.7	100.0	180.0	
江西南昌	2011.5	23.0	800H+4.5A3+5D	4	N.A.	11.0	75.0	22.0	许亮清等 ^[13]
	2012.5	24.0	1200H+5A3+4D	6	N.A.	10.5	83.3	145.0	
	2012.5	24.5	1000H+4A3+1.5D	4	N.A.	9.5	100.0	105.0	

注: 催产药物组合与催产效果数据根据文献资料所得^[11-13, 15, 16], 其中A2 (LRH-A₂)、A3 (LRH-A₃)、B (B型混合激素)、D (DOM)、H (HCG)、P (PG)剂量单位分别是μg/kg、μg/kg、单位/kg、mg/kg、IUv、mg/kg。湖北武汉的药物剂量未记录。1st, 第一针; 2nd, 第二针。符号“—”表示数据未记录。N.A.表示一次注射, 无针距时间。*HCG使用或未使用均可。[#] 出苗量

Note: The data on the combination of hormone and induced spawning are based on the literature information^[11-13, 15, 16], where the dosage units of A2 (LHH-A₂), A3 (LHH-A₃), B (B-type hybrid hormone), D (DOM), H (HCG), and P (PG) are μg, μg, unit, mg, IU, and mg, respectively. The hormone dosage is not recorded in Wuhan, Hubei. The symbol “—” indicates that the data is not recorded. N.A., not applicable

长江干流和汉江的鳊胚胎发育进行了总结,他们将鳊胚胎发育划分为46期,其中胚前发育阶段共30期。宓国强等^[16]指出,在水温21—23℃情况下,受精到出膜总共耗时31h 40min,积温为705.34℃·h,胚胎发育可分为受精卵、胚盘期、卵裂期、囊胚期、原肠期、神经胚期、胚孔封闭期、肌节出现期、眼基出现期、眼囊期、尾芽期、晶体出现期、肌肉效应期、心跳期和孵化期等多个主要时期。任丽珍等^[18]采用干法授精的方式获得受精卵,对鳊胚胎发育及仔鱼发育进行了观察研究,指出鳊胚胎发育主要包括胚盘期、卵裂期、囊胚期、原肠胚期、神经胚期、器官分化期和出膜7个阶段,共25个主要时期,在水温22—25℃的情况下,从受精到孵出仔鱼历时27h 45min,积温663℃·h。通过不同学者对鳊胚胎发育的研究发现,鳊胚胎发育时间较短,该特点对自然界中鳊早期开口摄食和存活有重要帮助,同时所得到的鳊胚胎发育过程基本一致,其中少数差异的主要原因可能是环境及温度的不同所致。鳊胚胎发育分期及相应特征见表2。

2 鳊苗种培育

2.1 鳊幼鱼发育

在初步掌握鳊人工繁殖的基础上,目前国内科研工作者在鳊仔稚鱼发育阶段划分和消化器官发育等方面已取得了一定的研究成果。

梁秩燊等^[2]将鳊从出膜到仔鱼长出鳞片这一阶段定义为鳊的胚后发育阶段,共分为16期,包括孵出期、胸鳍原基期、鳃弧期、鳃丝期、肠管形成期、鳔雏形期、鳔一室期、卵黄吸尽期、背鳍分化期、脊索末端上翘期、鳔二室期、腹鳍芽期、背鳍形成期、臀鳍形成期、腹鳍形成期、鳞片出现期(表3),其中鳊在臀鳍形成期(全长16 mm,受精后26d,约24日龄)时,嘴尖,端位,上、下颌相嵌,形成鳊特有的掠食性嘴型,具有与鳊成鱼相似的体型和捕食器官特征,这为后期驯食人工配合饲料提供了重要参考。郭霄峰等^[19]研究发现,湘江野生鳊在背鳍形成期和臀鳍形成期开始从浮游动物食性转变为鱼食性,与梁秩燊等^[2]研究结果相符。同样,任丽珍等^[18]也对早晚期仔鱼进行了相应研究,并对鳊的胚后发育阶段进行了分期,基本与前者一致,但各时期对应的时间有所差异,可能是由于仔鱼生长环境或者各自判断标准的不同所致。向建国等^[20]对湘江鳊仔稚鱼个体发育进行了研究,表示湘江鳊仔稚鱼生长呈分段函数,在13日龄出现节点,生长节点后生长率是节点前的5倍,并得出生长方程,其中节点前和节点后的方程分别为 $BL=0.76t+3.64$ ($n=$

256, $r^2=0.70$, $P<0.05$), $BL=4.17t-40.62$ ($n=114$, $r^2=0.84$, $P<0.05$)(式中, BL为体长, t 为日龄, n 为样本数)。

鳊是无胃鱼,消化道包括口咽腔、食道、前肠、中肠、后肠和肛门^[21]。阮国良等^[22]对鳊早期消化道组织发育进行了研究,其中受精卵及鳊仔鱼在水温为26—28℃水族箱中进行孵化饲养,开口后每日用天然饵料足量投喂1次,3日龄时,鳊仔鱼口裂明显,口腔狭长;4日龄时,初现肠腔;7日龄时,肠管延伸至肛门处,并观察到部分仔鱼已开始摄食;9日龄时,卵黄囊完全消失,且伴随着鳍条的生成,

表2 20—25℃鳊胚胎发育分期及特征

Tab. 2 Embryonic development stages and characteristics at 20—25℃ of yellowcheek carp *Elopichthys bambusa*

序号 No.	发育时期 Stage	主要特征 Main feature	持续时间 Accumulative time (h:min)
1	受精卵	圆球形,生殖质分布较均匀	0
2	胚盘期	受精卵动物极形成隆起的胚盘	0:30—0:35
3	2细胞期	胚盘第1次分裂,形成2个细胞	1:00—1:15
4	4细胞期	第2次分裂,形成4个细胞	1:10—1:25
5	8细胞期	第3次分裂,形成8个细胞	1:20—1:40
6	16细胞期	第4次分裂,形成16个细胞	1:30—1:55
7	32细胞期	第5次分裂,形成32个细胞	1:40—2:15
8	64细胞期	第6次分裂,形成64个细胞	1:50—2:40
9	多细胞期	继续分裂,原生质逐渐缩小	2:00—3:10
10	桑葚期	进一步分裂,细胞密积呈桑葚状	2:20—3:45
11	囊胚早期	囊胚层形成,细胞界限不明显	2:30—4:35
12	囊胚中期	囊胚层变低	3:00—5:35
13	囊胚晚期	囊胚层更低,变扁平	5:20—7:05
14	原肠早期	胚层下包至卵径的1/3,原生质网收缩完毕	6:25—7:45
15	原肠中期	胚层下包至1/2,卵呈灰黄色	7:30—8:55
16	原肠晚期	胚层下包至5/6,卵呈椭圆形	9:20—10:25
17	神经胚期	胚体轮廓清晰,下包7/8	10:10—11:15
18	胚孔封闭期	胚孔封闭	11:30—12:45
19	肌节出现期	胚体出现2—4对肌节	12:40—14:05
20	眼基出现期	脑泡两侧出现眼基	13:40—15:00
21	眼囊期	眼基结构内出现扁豆状眼囊	15:05—15:45
22	尾芽出现期	胚体后端伸长,形成尾芽	16:00—16:55
23	耳囊出现期	眼囊后方出现耳囊	17:20—18:15
24	晶体出现期	眼晶体形成,胚体生长	19:00—19:55
25	肌肉效应期	胚体肌肉开始抽动	19:30—20:25
26	心脏搏动期	心脏开始跳动,胚体翻转	21:35—25:20
27	孵化期	胚体剧烈抽动,卵膜软化,仔鱼出膜	27:45—31:40

注:表格根据文献资料及本团队实际观察综合所得^[2,16,18]

Note: The data are based on the literatures and the observation of our group^[2,16,18]

表 3 鳊仔鱼发育分期及特征

Tab. 3 Larval development stage and characteristics of yellow-cheek carp *Elopichthys bambusa*

序号 No.	发育期 Stage	全长Total length (mm)	主要特征 Main feature
1	孵出期	5.6	鱼体瘦长, 较透明
2	胸鳍原基期	6.4	耳囊后方出现月牙形胸鳍原基
3	鳃弧期	7.3	胚体笔直, 卵黄囊窄长, 眼黑色素出现, 呈灰黑色
4	鳃丝期	8.3	鳃弧出现鳃丝, 鳃盖膜掩盖第一鳃片
5	肠管形成期	8.7	出现肠管雏形
6	鳔雏形期	9.1	在肠管前上方出现雏形鳔, 口移至眼前缘斜下方
7	鳔一室期	9.5	鳔一室, 充气, 上颌形成, 肠管出现褶皱
8	卵黄吸尽期	10.0	卵黄囊吸收完毕
9	背鳍分化期	10.3	背鳍褶前部隆起, 近尾部背鳍褶和臀鳍褶更狭窄
10	脊索末端上翘期	11.9	背鳍褶深分化, 脊索末端上翘
11	鳔二室期	13.0	鳔前室出现
12	腹鳍芽期	14.0	腹鳍褶中部长出腹鳍芽
13	背鳍形成期	15.0	背鳍完全分化
14	臀鳍形成期	16.0	臀鳍与臀鳍褶分离, 鳊特有的掠食性嘴型形成
15	腹鳍形成期	26.8	腹鳍形成
16	鳞片出现期	34.8	鳞片开始出现, 各鳍条长成

注: 表格根据文献资料所得^[2]
Note: The table is based on the literature^[2]

进入稚鱼期; 16日龄时, 鳊稚鱼肝胰脏发达; 19日龄时, 鳊稚鱼肠道黏膜褶高度增加, 数量增多; 30日龄时, 鳊稚鱼肠道高度发育, 基本结构与成鱼相似。

综上, 从出膜到进入稚鱼期, 鳊仔鱼消化道组织不断发育和成熟, 这大大提高了鱼体的消化能力, 并导致其食性的改变, 从19日龄至30日龄这个阶段, 鳊幼鱼消化道发育完善, 推测是其驯食的关键时期。

2.2 鳊人工驯食

从活饵料驯食至人工配合饲料是苗种培育的关键环节^[23]。与鳊人工繁殖相比, 鳊人工驯食更具挑战性, 是制约鳊规模化养殖的主要难题之一。通过不断的摸索和改进, 鳊驯食技术已取得了重要突破。

阮国良等^[22]发现, 鳊在30日龄时, 肠道出现数量较多的黏液细胞, 肠道结构与成鱼相似, 是食性转变的重要标志。因此, 推测在这个时期之前是进行鳊驯食的最佳时间。杨威等^[24]研究表明, 在鳊仔鱼鳔出现后(俗称腰点长齐), 可以开始用蛋黄浆或轮虫作为开口饵料, 随后将其下塘培育; 从下塘到生长至体长2 cm左右时, 主要以轮虫、小型枝角类等小型浮游动物为食; 当体长在2—4 cm时, 主要以大型浮游动物为食, 偶尔捕食弱小鱼苗; 体长4—6 cm

时, 以捕食鱼苗为主; 体长6—7 cm后, 完全以捕食鱼苗为生; 可利用鳊幼鱼食性转换阶段进行驯食。在鳊幼鱼约30日龄, 体长达到4—5 cm后, 可开始驯食^[25—28]。传统的鳊幼鱼驯食方法通常包括两个阶段, 首先将鳊幼鱼驯至摄食冰鲜鱼或鱼糜, 待其完全或部分摄食鱼糜后, 再逐渐引入人工配合饲料; 通过将配合饲料与鱼糜混合投喂, 并逐渐增加配合饲料的比例, 直到鳊幼鱼完全摄食配合饲料; 在驯食过程中, 可以通过制造水纹水声的方式建立鳊幼鱼吃食的条件反射, 整个过程通常需要一至两周时间^[29]。为了方便驯食, 通常将鳊幼鱼从苗种培育池塘转至水泥池网箱中操作, 宗克金等^[28]研究发现, 在体积为(1.0 m×1.0 m×0.6 m)—(1.5 m×1.5 m×0.6 m)的网箱中驯食鳊幼鱼较适宜, 适当增大网箱空间能够提升驯食效率。胡培培等^[27]对不同初始密度对鳊幼鱼驯食的影响进行了研究, 建议将驯食初始密度控制在500—700尾/m³, 并随鳊幼鱼的生长逐渐调整。在驯食过程中, 鳊幼鱼个体之间常常存在大小差异, 基于团队前期研究结果分析, 这可能是由于投喂不均匀、个体间消化吸收能力不同、小鱼生长受到大鱼限制、个体接受饲料程度不同等多种因素造成的。为了保证所有鳊幼鱼都能充分摄食, 可以适当增加驯食强度, 给弱小个体创造更多摄食机会, 在每日驯食两次的条件下, 建议每次驯食3h^[26]。

近年来, 工厂化苗种培育得到广泛应用^[30, 31], 鳊苗种工厂化培育技术也逐渐成熟。王辉等^[32]建立了一种鳊鱼种工厂化培育方法, 该方法在室内进行鳊苗种培育全部过程; 在鳊苗种的早期生长阶段, 选择来源稳定、适口性良好的生物饵料进行饲喂; 待生长至体长3—3.5 cm时开始进行人工驯食配合饲料; 生长至体长5—6 cm时, 及时进行分筛, 确保所有苗种都能摄食配合饲料, 最终可以培育出生长至体长20 cm的大规格鳊苗种, 有效提高鳊苗种成活率。

本团队在对鳊幼鱼阶段消化系统发育基础上, 对驯食进行了研究, 建立了一种鳊仔鱼室内快速驯食人工配合饲料的方法, 综合生长、发育、存活结果, 建议可在鳊生长至体长2 cm左右(30日龄之前)开始驯食人工配合饲料^[33]。该方法在投喂丰年虫阶段通过灯光、停气等操作建立鳊幼鱼吃食条件反射, 开灯和停气时投喂, 关灯和开气时无食物的处理方式, 直接将鳊仔鱼从摄食丰年虫无节幼体过渡到摄食人工配合饲料, 避免了传统鳊幼鱼培育技术所使用的鱼糜、水蚯蚓或饵料鱼, 从而杜绝驯食饵料引起的病原传播、疾病发生和水环境污染

等问题,具有较高的驯食成功率和良好的驯食效果,显著提前和缩短了鳊驯食人工配合饲料的时间(图 1),有助于鳊苗种培育和工厂化养殖的发展。

2.3 鳊幼鱼残食

鳊性情凶猛,在其养殖过程中残食现象较常见,尤其在苗种阶段残食现象极为严重,导致苗种成活率低。以往研究表明,鳊幼鱼的初始放养密度、空间结构、驯食强度、饵料类型等因素都会影响残食程度,驯食期间残食率可达20%以上^[26—28]。高残食率往往伴随群体生长缓慢和生长离散扩大,个体间规格差异通常也是造成高残食率的主要原因。沈凡等^[25]发现在驯食过程中,将鳊幼鱼按不同大小规格进行分级后,可以有效减少残食现象。对于肉食性鱼类来说,自身口裂宽与猎物鱼体高度决定了猎物鱼能否被捕食^[34],本团队研究发现,鳊幼鱼群体体长在1.5—2.0 cm时就开始出现残食现象,并基于早期驯食阶段鳊幼鱼全长、口裂宽、体高建立的线性回归模型,得到捕食者与猎物的大小关系,通过对鳊幼鱼的残食现象分析,建议驯食期间(22—29日龄)应及时挑出超过平均规格1.5倍左右的个体,以消除群体中的规格差异,减少由残食引起的损失。综上所述,进一步明确鳊幼鱼培育期间的筛分策略,对提高鳊幼鱼成活率、促进生长等方面具有重要意义。

3 鳊产业问题与对策

3.1 人工繁殖技术有待优化

尽管鳊的人工繁殖在生产实践中已相对成熟,但仍存在需要改进的地方。主要表现:一是人工繁殖的催产率、受精率等并不稳定,不利于鳊产业规模化发展。二是鳊在人工繁殖时应激强烈,产后亲

本损失大,后备亲鱼常常不足。在现有鳊人工繁殖技术基础上,应进一步研究池塘条件下高效培育鳊亲本的方法,对人工催产关键技术参数进行优化,确定最佳催产剂用量、催产剂组合和催产方式,优化人工催产技术,以提高催产率、受精率。此外,需要探究降低鳊亲鱼应激的方法,例如在人为操作中使用药物或低温等方法麻醉亲鱼,并尽量减少对亲鱼的操作,以减轻应激对鳊亲鱼的损伤。还需要填补鳊亲鱼产后护理方面的空白,及时有效地对产后虚弱或受伤的亲鱼进行护理,提高鳊亲鱼产后成活率。

3.2 苗种培育技术有待完善

目前已经建立了基本的鳊苗种培育方法,且攻克了鳊幼鱼驯食技术。然而,要推进鳊养殖产业的规模化发展,需要建立更加稳定完善的鳊苗种培育技术体系。鳊苗种培育当中最大的难点仍然是驯食人工配合饲料,早期驯食给鳊幼鱼带来的影响及鳊幼鱼残食行为特征尚不明确,这些都是亟需解决的问题。在鳊幼鱼的食性转化与驯食方面,应当深入研究幼鱼早期消化系统的发育规律和消化酶的活性变化,以及驯食对肠道组织发育的影响、消化酶活性变化的影响和对肠道菌群的影响等,以确定鳊消化道发育完善的关键时间节点,并以此找到最佳的驯食策略,提高驯食成功率。此外,还需对鳊残食同类个体和食用饲料时的摄食行为特征进行研究,确定筛分起始时间、间隔时间和筛分规格对鳊残食的影响,以减少损失。在鳊幼鱼消化道未建立成熟时便产生残食现象时,应当研究通过在饲料中添加消化酶和诱食剂的方式提高饲料消化利用率和饲料接受度,从而提高驯食率,缩短驯食时间。最终,建立苗种培育关键技术,实现鳊苗种规

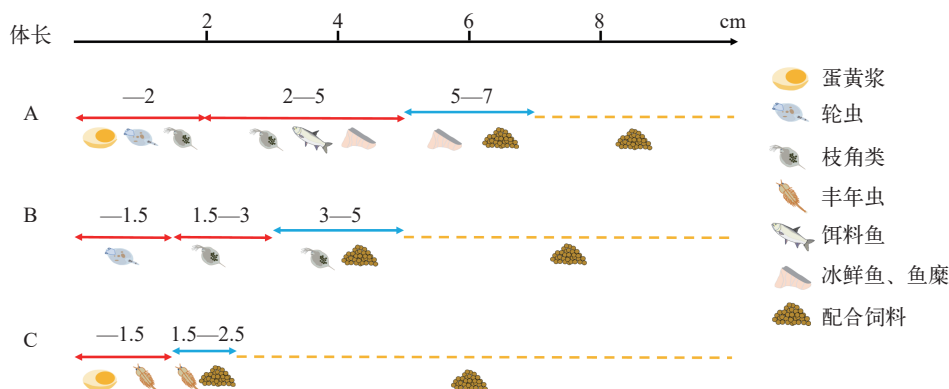


图1 鳊幼鱼培育及不同驯食方法

Fig. 1 Different methods for rearing and weaning of juvenile yellowcheek carp

A. 鳊幼鱼传统培育方法^[28—32]; B. 鳊鱼种工厂化培育方法^[33]; C. 鳊仔鱼室内快速驯食人工配合饲料的方法^[34]

A. Traditional rearing method of juvenile yellowcheek carp; B. Factory rearing method of juvenile yellowcheek carp; C. Method for fast weaning to formula feed of yellowcheek carp

模化培育与驯食,为规模化养殖提供重要保障。

3.3 鳊品种改良领域完全空白

苗种质量对鱼类产业发展至关重要。鳊产业发展30余年,其种质资源、遗传多样性、遗传结构、资源分布情况、遗传育种等方面几乎均处于空白。品种改良与产业发展相辅相成,相互促进。因此,在人工繁殖与苗种培育技术逐步成熟的基础上,开展鳊种质资源开发和品种改良,有助于其产业发展。

4 展望

鳊人工繁殖和苗种培育研究已经取得了较大进展,为鳊产业发展打下了良好基础。尽管鳊人工繁殖技术较为成熟,但在人工催产和产后护理等方面仍有待优化,确定鳊人工催产的关键技术参数、探索有效的产后护理方法,对完善鳊人工繁殖技术至关重要。除了优化人工繁殖技术,解决苗种培育问题仍是鳊产业发展的关键。鳊幼鱼驯食和残食是苗种培育的主要挑战,亟需进一步研究鳊幼鱼驯食和筛分策略,提高鳊驯食成功率,加快建立苗种规模化生产体系。在实现鳊人工繁殖与苗种培育规模化和标准化后,进一步开展鳊食用鱼池塘健康养殖技术研究和开展鳊遗传育种,形成繁殖-育苗-养殖技术体系,有助于推进鳊养殖产业健康可持续发展,更有助于长江十年禁渔政策的执行,满足人民对长江水产品的消费需求。

参考文献:

- [1] Zhu N S, Chen H X. Feeding habits of *Elopichthys bambusa* in Liangzi Lake [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1959(3): 262-271. [朱宁生, 陈宏溪. 梁子湖中鳊鱼的食性 [J]. 水生生物学集刊, 1959(3): 262-271.]
- [2] Liang Z S, Yi B L, Yu Z T. Reproductive habits and embryonic development of *Elopichthys bambusa* in the Yangtze and Hanjiang River [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1984, 8(4): 389-403. [梁秩燊, 易伯鲁, 余志堂. 长江干流和汉江的鳊鱼繁殖习性及其胚胎发育 [J]. 水生生物学集刊, 1984, 8(4): 389-403.]
- [3] Ma X F, Wang W M, Yang Z L. Biochemical composition and nutritional features of yellow-cheek carp, *Elopichthys bambusa* [J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2008, 27(6): 759-762. [马徐发, 王卫民, 杨紫兰. 鳊的生化组成与营养特性 [J]. 华中农业大学学报, 2008, 27(6): 759-762.]
- [4] Yi C P, Zhong C M. Lipid content and fatty acid profile of *Elopichthys bambusa* [J]. *Food Science*, 2013, 34(14): 255-258. [易翠平, 钟春梅. 鳊鱼的脂肪含量测定及脂肪酸成分分析 [J]. 食品科学, 2013, 34(14): 255-258.]
- [5] Wan S L, Wang L, Li J. Flesh content and nutritive composition of yellowcheek carp (*Elopichthys bambusa*) [J]. *Freshwater Fisheries*, 2008, 38(1): 27-29. [万松良, 汪亮, 李杰, 等. 鳊含肉率和肌肉营养成分分析 [J]. 淡水渔业, 2008, 38(1): 27-29.]
- [6] Zhang F Y, Zhang H. The yellowcheek carp (*Elopichthys bambusa*) in Danjiangkou has been approved by the AQSIQ as a geographical indication protected product [J]. *Fishery Guide to be Rich*, 2012(05): 7. [张飞友, 张华. 丹江口鳊鱼被国家质检总局批准为地理标志保护产品 [J]. 渔业致富指南, 2012(05): 7.]
- [7] Qi X R. Investigation on fishery resources in the upper reaches of Hanjiang River [J]. *Journal of Fisheries Research*, 2022, 44(1): 21-32. [齐喜荣. 汉江上游渔业资源调查 [J]. 渔业研究, 2022, 44(1): 21-32.]
- [8] Zhu T B, Hu F F, Meng Z H, et al. Aquatic organism resources of *Elopichthys bambusa* national aquatic germplasm reserves of the Lushanxihai Lake [J]. *Biotic Resources*, 2021, 43(2): 188-193. [朱挺兵, 胡飞飞, 孟子豪, 等. 庐山西海鳊国家级水产种质资源保护区水生生物资源初步调查 [J]. 生物资源, 2021, 43(2): 188-193.]
- [9] Li Y F, Li X H, Yang J P, et al. Status of *Elopichthys bambusa* recruitment stock after the impoundment of Changzhou Hydro-junction in Pearl River [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2015, 27(5): 917-924. [李跃飞, 李新辉, 杨计平, 等. 珠江干流长洲水利枢纽蓄水后珠江鳊鱼 (*Elopichthys bambusa*) 早期资源现状 [J]. 湖泊科学, 2015, 27(5): 917-924.]
- [10] Abbas K, Zhou X, Li Y, et al. Microsatellite diversity and population genetic structure of yellowcheek, *Elopichthys bambusa* (Cyprinidae) in the Yangtze River [J]. *Biochemical Systematics and Ecology*, 2010, 38(4): 806-812.
- [11] Xia X P, Li M G, Chen D J, et al. Study on artificial propagation technology in *Elopichthys elopichthys* [J]. *Current Fisheries*, 2007(3): 42-44. [夏小平, 李明光, 陈冬九, 等. 鳊鱼人工繁殖技术研究 [J]. 内陆水产, 2007(3): 42-44.]
- [12] Fan Q X, Du H M, Zhu B K, et al. Experiment on artificial propagation of *Elopichthys elopichthys* [J]. *Journal of Hydroecology*, 2007, 28(2): 47-48. [樊启学, 杜海明, 朱邦科, 等. 鳊人工繁殖试验 [J]. 水利渔业, 2007, 28(2): 47-48.]
- [13] Xu L Q, Xiong C X, Tu P W, et al. Study on artificial propagation technology of *Elopichthys elopichthys* in Poyang Lake [J]. *Current Fisheries*, 2012, 37(10): 66-69. [许亮清, 熊春贤, 涂彭文, 等. 鄱阳湖鳊鱼人工繁殖技术研究 [J]. 当代水产, 2012, 37(10): 66-69.]
- [14] Xie M, Zeng G Q, Wang P P. Progress on reproductive characteristics and breeding techniques of *Elopichthys bambusa* [J]. *China Fisheries*, 2015(8): 78-80. [谢敏, 曾国清, 王彭鹏. 鳊的繁殖特性及繁育技术研究进展 [J]. 中国水产, 2015(8): 78-80.]
- [15] Wan S L, Wang L, Li J B, et al. Study on the artificial propagation of yellowcheek carp, *Elopichthys bambusa*

- [J]. *Chinese Journal of Fisheries*, 2008, **21**(1): 15-20. [万松良, 汪亮, 李建斌, 等. 鳊鱼人工繁殖技术初步研究 [J]. 水产学杂志, 2008, **21**(1): 15-20.]
- [16] MI G Q, Shen T S, Xu G X, *et al.* Artificial propagation and embryonic development of *Elopichthys bambusa* [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2007, **31**(5): 639-646. [宓国强, 沈土山, 许谷星, 等. 鳊的人工繁殖与胚胎发育 [J]. 水产学报, 2007, **31**(5): 639-646.]
- [17] Luo M. Large-scale propagation and culture technology for *Elopichthys elopichthy* [J]. *Current Fisheries*, 2016, **41**(5): 80-82. [罗曼. 鳊鱼规模化繁养殖技术 [J]. 当代水产, 2016, **41**(5): 80-82.]
- [18] Ren L Z, Cheng L M, Han X L, *et al.* Embryonic and larval development of yellowcheek carp *Elopichthys bambusa* in the Yangtze River [J]. *Journal of Dalian Ocean University*, 2011, **26**(3): 215-222. [任丽珍, 程利民, 韩晓磊, 等. 长江鳊胚胎及仔鱼发育研究 [J]. 大连海洋大学学报, 2011, **26**(3): 215-222.]
- [19] Guo X F, Xiang J G, Li Y L, *et al.* Early development of digestive tract and diet transformation of wild *Elopichthys bambusa* in the Xiangjiang River [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2016, **44**(5): 316-318. [郭霄峰, 向建国, 李烟亮, 等. 湘江野生鳊消化道早期发育及食性转化 [J]. 江苏农业科学, 2016, **44**(5): 316-318.]
- [20] Xiang J G, Xiang J, Wang X L, *et al.* Somatic and lapillus otolith ontogenetic growth and development in larval and juvenile *Elopichthys bambusa* Richardson in the Xiang River [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2011, **35**(5): 817-822. [向建国, 向劲, 王星璐, 等. 湘江鳊仔稚鱼个体和耳石生长发育研究 [J]. 水生生物学报, 2011, **35**(5): 817-822.]
- [21] Yao R R, Lu W M, Ruan G L, *et al.* Histological study on digestive tract of *Elopichthys Bambusa* [J]. *Journal of Hydroecology*, 2008, **29**(3): 13-15. [姚荣荣, 陆望明, 阮国良, 等. 鳊消化道组织学研究 [J]. 水利渔业, 2008, **29**(3): 13-15.]
- [22] Ruan G L, Yang D Q, Wang W M. Ontogeny of the digestive tracts in grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*), yellowcheek carp (*Elopichthys bambusa*) and topmouth culter (*Culter alburnus*) [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2012, **36**(6): 1164-1170. [阮国良, 杨代勤, 王卫民. 草鱼、鳊和翘嘴鲌消化道组织的早期发育 [J]. 水生生物学报, 2012, **36**(6): 1164-1170.]
- [23] Hien T T T, Tam B M, Le Cam Tu T, *et al.* Weaning methods using formulated feeds for snakehead (*Channa striata* and *Channa micropeltes*) larvae [J]. *Aquaculture Research*, 2017, **48**(9): 4774-4782.
- [24] Yang W, Fan Q X. Specialized culture technology of *Elopichthys bambusa* [J]. *Animals Breeding and Feed*, 2011(9): 32-33. [杨威, 樊启学. 鳊鱼专养技术 [J]. 养殖与饲料, 2011(9): 32-33.]
- [25] Shen F, Fan Q X, Zong K J, *et al.* Effects of re-grading and re-weaning on growth, cannibalism of smaller-size juvenile yellowcheek carp (*Elopichthys bambusa*) [J]. *Freshwater Fisheries*, 2012, **42**(4): 40-46. [沈凡, 樊启学, 宗克金, 等. 再次分级、驯食对小规格鳊生长、残食的影响 [J]. 淡水渔业, 2012, **42**(4): 40-46.]
- [26] Wang K P, Fan Q X, Zhao Z B, *et al.* Effects of weaning intensity on weaning effects and growth of juvenile *Elopichthys bambusa* [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2015, **31**(2): 85-90. [王昆鹏, 樊启学, 赵忠波, 等. 驯食强度对鳊幼鱼驯食效果及生长的影响 [J]. 中国农学通报, 2015, **31**(2): 85-90.]
- [27] Hu P P, Fan Q X, Liu R P, *et al.* Effects of initial stocking density on weaning and growth of juvenile yellowcheek carp (*Elopichthys bambusa* R.) [J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2014, **33**(4): 106-111. [胡培培, 樊启学, 刘汝鹏, 等. 初始放养密度对鳊幼鱼驯食及生长的影响 [J]. 华中农业大学学报, 2014, **33**(4): 106-111.]
- [28] Zong K J, Fan Q X, Hu P P, *et al.* Effects of habitat size on weaning success and growth in juvenile yellowcheek carp (*Elopichthys bambusa*) [J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2014, **33**(1): 97-102. [宗克金, 樊启学, 胡培培, 等. 空间结构对鳊幼鱼驯食及生长的影响 [J]. 华中农业大学学报, 2014, **33**(1): 97-102.]
- [29] Chen Z, Dong S, Dai L, *et al.* Effect of food domestication on the growth of *Elopichthys bambusa* [J]. *Reproduction and Breeding*, 2021, **1**(3): 157-166.
- [30] Han X L, Wang H, Feng Y F, *et al.* Comparative study on nutritional components of *Micropterus salmoides* under different aquaculture modes [J]. *Freshwater Fisheries*, 2020, **50**(3): 87-93. [韩晓磊, 王浩, 冯一凡, 等. 不同养殖模式下加州鲈营养成分差异分析 [J]. 淡水渔业, 2020, **50**(3): 87-93.]
- [31] Mo J H, Li C Z, Wang X B, *et al.* The growth characteristics of *Micropterus salmoides* with different stocking densities in indoor recirculating aquaculture system (RAS) [J]. *Freshwater Fisheries*, 2022, **52**(3): 98-104. [莫介化, 李春枝, 王晓斌, 等. 不同养殖密度大口黑鲈在室内工厂化循环水养殖系统中的生长特性 [J]. 淡水渔业, 2022, **52**(3): 98-104.]
- [32] Wang H, Shi W J, Wang L, *et al.* Factory rearing method of juvenile yellowcheek carp: CN110476845B [P]. 2021-10-01. [王辉, 史文竞, 王龙, 等. 一种鳊鱼鱼种的工厂化培育方法: CN110476845B [P]. 2021-10-01.]
- [33] Shen Z G, Guan H H, Gao Z X, *et al.* Method for fast weaning to formula feed of yellowcheek carp [P]. CN202211257967.9 [2023-08-12]. [沈志刚, 管赫赫, 高泽霞, 等. 鳊仔鱼室内快速驯食人工配合饲料的方法 [P]. CN202211257967.9 [2023-08-12].]
- [34] Qin J, Fast A W. Size and feed dependent cannibalism with juvenile snakehead *Channa striatus* [J]. *Aquaculture*, 1996, **144**(4): 313-320.

RESEARCH PROGRESS ON THE ARTIFICIAL REPRODUCTION AND FRY CULTURE IN YELLOWCHEEK CARP *ELOPICHTHYS BAMBUSA*

SHEN Zhi-Gang¹, GUAN He-He¹, DING Yun-Min², HE Yan¹, GAO Ze-Xia¹ and FAN Qi-Xue³

(1. College of Fisheries, Key Laboratory of Freshwater Animal Breeding, Ministry of Agriculture, Engineering Research Center of Green Development for Conventional Aquatic Biological Industry in the Yangtze River Economic Belt, Ministry of Education, Hubei Provincial Engineering Laboratory for Pond Aquaculture, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; 2. Wuhan Aquatic Products Development Co. LTD, Wuhan 430331, China; 3. Hubei HuangYouYuan Fishery Development Limited Company, Wuhan 430070, China)

Abstract: Yellowcheek carp (*Elopichthys bambusa*), a large and ferocious carnivorous fish that occupies a crucial position in large aquatic ecosystems, is an important economic fish in China. In recent years, the industry of yellowcheek carp has stagnated or even regressed due to comprehensive factors such as germplasm degradation, a sharp drop in parent numbers, a decline in culture scale, and immature technology for large-scale pond culture, all of which fall short of meeting market demand. There is a large research space in the field of broodstock cultivation and postpartum care, large-scale induced spawning, weaning to formula feed, and fine germplasm cultivation in yellowcheek carp. The establishment of a robust breeding technology system is sustainable for driving the sustainable and high-quality advancement of the yellowcheek carp industry. Over the past two decades, breakthroughs have been taken in artificial propagation and rearing for yellowcheek carp, particularly in the critical aspect of transitioning to formula feeding, which provides a key guarantee for its industrial growth. This review systematically summarized the progress in artificial propagation and seedling rearing of yellowcheek carp, pointing to lingering challenges that warrant further studies (e.g., broodstock cultivation and postpartum care, weaning, and fine germplasm cultivation). It also proposes corresponding strategies and measures to address these challenges, offering a valuable reference point for facilitating the sustainable development of the yellowcheek carp industry. This review provides a valuable reference for the development of other large carnivorous fish within the industry.

Key words: Artificial propagation; Induced spawning; Seedling rearing; Carnivorous fish; Weaning; *Elopichthys bambusa*