

一种刀鲚生态养殖模式的构建

郭正龙¹, 朱永祥¹, 王耀辉¹, 刘志峰², 马爱军²

(1. 江苏中洋集团股份有限公司, 江苏 南通 226600; 2. 中国水产科学研究院黄海水产研究所 农业农村部海洋渔业可持续发展重点实验室, 山东 青岛 266071)

摘要: 刀鲚(*Coilia nasus*)是长江珍稀名贵的生殖洄游性、肉食性鱼类, 自2020年1月1日0时起, 长江10年内全面禁止刀鲚生产性捕捞。与此同时, 衍生出刀鲚池塘养殖、工厂化养殖和网箱养殖模式, 在这些养殖模式中, 由于刀鲚长期处于肥水和高密度的养殖环境内, 自身处于不安全的状态下, 造成自身的免疫机能受到抑制和抗病力下降, 导致养殖成活率低或大量死亡现象, 造成刀鲚养殖规模一直没有大的进展。本研究通过对刀鲚各个生长发育过程的特征解析, 将刀鲚生活史划分为水花开口、乌仔、稚鱼(夏花)、幼鱼和成鱼5个生长阶段, 同时将刀鲚养殖所涉及的生态系统划分为浮游植物、原生动物、轮虫(卵)、枝角类、桡足类、底栖动物幼体、鱼(虾)苗、软体、微囊配合饲料和有机碎屑、微生物8个层次, 通过结合非生态系统构建了刀鲚生态养殖系统模式。通过构建该生态养殖模式对刀鲚养殖模式进行更加深入的研究和探讨, 从而助力刀鲚产业的快速发展。

关键词: 刀鲚; 生态系统; 生态养殖; 模式

中图分类号: S965.227

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2022)1-0148-06

DOI: 10.11759/hyxx20200908002

刀鲚(*Coilia nasus*)隶属鲱形目(Clupeiformes)、鲱科(Engraulidae)、鲱属(*Coilia*), 又名长颌鲚, 俗称刀鱼, 是长江珍稀名贵的生殖洄游性、肉食性鱼类, 享有“长江三鲜”之首美誉^[1]。由于过度捕捞、环境污染、产卵场被急剧破坏等原因导致刀鲚产量逐年减少, 为了保护长江流域渔业生物资源, 2007年刀鲚被列入首批“国家重点保护经济水生动植物资源名录”。2019年12月27日, 农业农村部发布《农业农村部关于长江流域重点水域禁捕范围和时间的通告》, 自2020年1月1日0时起, 对长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区等332个自然保护区和水产种质资源保护区, 全面禁止刀鲚生产性捕捞, 禁捕期暂定10年^[2]。

刀鲚属肉食性鱼类, 在自然条件下, 刀鲚初孵仔鱼主要以原生动物为食, 开口以后, 主要摄食轮虫、桡足类、枝角类等, 成鱼主要摄食银鱼、赤眼鳟、鲫鱼、麦穗鱼、虾类等, 有时也捕食水生昆虫幼虫、河蚌钩介幼虫和贝类幼体等^[3-7]。刀鲚应激反应比较强烈, 具有“离水即死”特性, 国家有些科研单位和企业多年致力于刀鲚的培育、人工繁育、苗种培育、商品鱼养殖、病害防控及保鲜加工等技术研究, 已取得了显著的进展^[8-10], 但在生态养殖模式研究方面

进度缓慢。为了进一步优化刀鲚养殖模式, 提高养殖效率和养殖产量, 有必要对刀鲚养殖模式进行更加深入的研究和探讨, 通过构建高效生态养殖模式来助力刀鲚养殖产业的发展。

近年来, 我国刀鲚养殖模式主要有池塘养殖、工厂化养殖和网箱养殖等3种模式^[11], 在这些养殖模式中, 由于刀鲚长期处于肥水和高密度的养殖环境内, 自身处于应激的状态下, 导致自身的免疫机能受到抑制和抗病力下降, 往往会出现养殖成活率低或大量死亡现象, 造成刀鲚养殖规模停滞不前(目前刀鲚养殖规模数据)。该文从刀鲚生态和生殖洄游特性构建一个适合于刀鲚养殖完整的、高效的生态系统养殖模式, 为刀鲚养殖从业者提供参考。

1 材料

用于构建刀鲚生态养殖模式的亲鱼来自江苏中洋集团股份有限公司, 雌性亲鱼125 g以上, 雄性亲

收稿日期: 2020-09-08; 修回日期: 2020-12-31

基金项目: 江苏省重点研发计划(BE2018332)

[Foundation: Key R & D Plan of Jiangsu Province, No. BE2018332]

作者简介: 郭正龙(1974—), 男, 安徽凤阳人, 高级工程师, 学士, 主要从事鱼类繁殖研究, 电话: 13511577583, E-mail: 908353047@qq.com; 刘志峰(1987—), 通信作者, 博士, 主要从事鱼类繁育与育种研究, E-mail: liuzf@ysfri.ac.cn

鱼 100 g 以上,雌雄比为 1:1.5。整个繁育过程以及养殖模式构建过程在江苏中洋集团股份有限公司进行,养殖方式为大棚内池塘养殖,所用生物饵料全部源自集团土池培养。培养方式为:每亩水体使用 20 kg 牛粪加 2 kg 生石灰均匀搅拌后进行发酵,发酵 10 d 后进行全池泼洒,2 d 后添加有益微生物 10 kg/亩,水温 18~20 ℃,7 d 后就可以产生生物饵料;生物饵料筛选通过不同孔径大小的过滤网进行。

2 刀鲚生态养殖系统组成

同其他鱼类一样,刀鲚生态系统就是生物群落中的各种生物之间,以及生物和周围环境之间相互作用构成的统一整体,包括非生物环境和生物环境^[12],这些环境因子一方面直接影响刀鲚的生长发育,另一方面也会通过影响池塘内的物质循环、能量流动和天然饵料生物的繁育而间接影响刀鲚的生长发育,最终都影响到池塘的鱼产量和质量。同时,不断促进生物系统和非生物系统之间互相转化,可以加速该系统的能量和物质转化为鱼体组织。其中非生物系统包括太阳辐射、补偿深度、透明度、水温、池水运动、池塘土质和淤泥、溶解气体和盐类。

太阳辐射也是池水温度和浮游植物进行光合作用合成有机质物质所需的能源,池水的太阳辐射能量取决于日照时数和日照率,浮游植物对太阳辐射吸收越多,产量越高^[13-14]。池水中的浮游植物光合作用随着阳光在水中的递减而减弱,补偿深度随池水肥瘦和天气等因素的不同而有所变化。在鱼类主要生长季节,精养高产池塘的补偿深度一般不超过 1.2 m,晴天最大,依次为多云、阴天和阴雨天^[15]。池水透明度的高低反映了水中浮游植物、浮游动物、有机碎屑等悬浮物质的多寡,透明度具有季节、昼夜和水平变化,通常根据透明度的大小及其变化大致判断池塘水质的优劣。在养鱼生产中,一般肥水的透明度可控制在 25~40 cm 之间,调节透明度主要措施是适当向池塘中注入新鲜水、施肥以及合理放养一定比例的滤食性鱼类^[16]。鱼池水温直接影响鱼的新陈代谢程度和物质循环速度及饵料生物等生长发育,具有季节性和昼夜变化规律^[17-20]。池水运动主要表现在昼夜和垂直运动,池水运动把上层富氧水带到池底层,又把底层的有机物质等带到上层,改善底层溶氧状况,促进了有机质的分解,加速了物质循环,从而提高了池塘生产力^[21-22]。池塘土质包括土壤颗粒大小及其比例和含无机盐数量及成分,土质是

保持一定水位的重要因素,无机盐的成分和数量对水质和鱼类等生物的影响也是很重要的。池底淤泥中含有一定数量的有机质和氮、磷、钾等营养盐类,具有供肥、保肥和调节水质的能力,也可供生物饵料繁殖用,但是淤泥过多大量消耗氧气,易导致水质恶化和鱼病^[23]。池水中的溶解气体主要包括溶解氧、二氧化碳、氨和硫化氢等,溶解盐类主要有氯化物、氮化物、磷酸盐、碳酸盐、碳酸氢盐、硅酸盐、硫酸盐和有机物质等。

池塘生物系统主要包括浮游植物、浮游动物、底栖动物、微生物和腐屑,这些生物有些是鱼类的生物饵料,有些是鱼类的敌害,而且具有错综复杂的相互作用,影响着鱼类的生长发育和水质的变化^[24]。淡水池塘浮游植物包括蓝藻、绿藻、隐藻、甲藻、金藻、黄藻、硅藻和裸藻 8 个门的种类,它们细胞中含有各种色素能够进行光合作用,当浮游植物大量繁殖时,水体就呈现主要藻类的颜色^[25]。淡水浮游动物主要由原生动物、轮虫、枝角类和桡足类等四大类组成,决定其生物量及其组成的主要因子是营养条件、水温、捕食者和各种类的生活史特点等。浮游动物大多数是滤食性的,以细菌、腐屑和藻类为食,这些食物决定着浮游动物的总量^[26-27]。淡水底栖动物包括环节动物、软体动物和水生昆虫等,产量比较低。另外还包括人工放养的刀鲚苗种、用于调控水质和水草的花白鲢和草鱼以及刀鲚没有摄食的各种投喂鱼(虾)苗。微生物在水中繁殖很快,不仅是物质的分解者,而且在物质循环中起着重要作用。腐屑是生物尸体经微生物分解后形成的大小不等的有机屑粒,腐屑上常附着微生物、藻类、原生动物、轮虫等,因此特点使其成为水生动物的重要食物。

3 刀鲚生态养殖模式

刀鲚生态养殖就是将刀鲚的培育过程划分为 5 个阶段,即水花开口阶段,乌仔阶段,稚鱼(夏花)阶段,幼鱼阶段和成鱼阶段 5 个阶段。根据刀鲚这 5 个生长阶段的食性特征又将生态系统划分为对应的 8 个层次,即浮游植物,原生动物,轮虫(卵),枝角类、桡足类,底栖动物幼体,鱼(虾)苗,软糜、微囊配合饲料和有机碎屑、微生物。通过人为配备生物饵料培育池和营养盐类循环维持整个刀鲚生态系统的稳定性,满足刀鲚生长所需的营养物质(生态养殖模式图见图 1)。

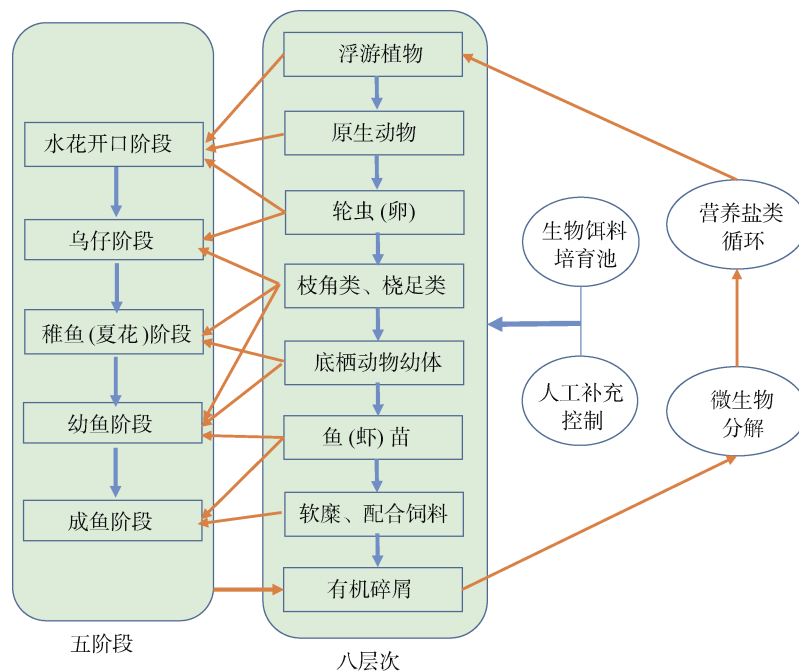


图 1 刀鲚养殖生态系统模式图
Fig. 1 Model of the *Coilia nasus* culture ecosystem

3.1 水花开口阶段

刚出膜的刀鲚水花，整个身体弯曲呈一个“逗号”形状，长约 2 mm 左右，第 2 d 达到 3 mm 左右，呈“绣花针”形状，全身呈玉白色透明，内部结构清晰可见，不能平游和开口摄食。刀鲚的卵黄囊较大，刚出膜的水花主要依靠卵黄囊中营养物质，随着水花逐渐长大，约 5 mm 后，一方面吸收卵黄，另一方面捕食外界食物，即内源性营养即将消耗完毕之前开始摄食原生动物、轮虫卵，有时也摄食单胞藻类，尤其是小球藻类，10 d 以后就可以摄食小型浮游动物。

3.2 乌仔阶段

刀鲚水花经过开口阶段，卵黄囊已全部消耗，身体呈玉白色透明，尾鳍圆而小，颌骨略有增长，无齿。在 15 d 后能摄食轮虫、枝角类和桡足类等，这时候轮虫的需求量比较大，每天按照刀鱼体重的 4%~5% 进行投喂，需要从配备生物培育池进行补充，此时也不能将大型的浮游动物和鱼(虾)苗带进来，它们会攻击刀鲚乌仔。全长 20 mm 后，尾鳍基部有一点明显的黑点，圆尾逐渐变为次生性歪尾，有齿。

3.3 稚鱼(夏花)阶段

刀鲚水花 30 d 后全长可达 30 mm，消化道已开始分化，出现可数的幽门囊^[27]，此时主要摄食枝角

类、桡足类和底栖动物的幼体，最喜摄食水生昆虫的幼体。此时，需要大量补充枝角类和桡足类，快速达到 50 mm 以上的幼体阶段。

3.4 幼鱼阶段

鱼苗和幼鱼两者之间，没有明显的界限。一般来说，鱼苗在生长发育过程中，不论形态和结构都要发生比较大的变化。幼鱼虽继续发生变化，但已和成鱼近似，到后期几乎无差别。为了便于研究，根据它们生长发育的特点，以 50 mm 为界限，50 mm 以下的叫做鱼苗，50~120 mm 的叫做幼鱼^[6]。幼鱼阶段的鳃耙数已稳定在成鱼变化幅度之内，胃已经形成，能摄食底栖动物幼体和鱼(虾)苗，但是还要补充一些枝角类和桡足类^[28]。

3.5 成鱼阶段

成鱼阶段全长超过 120 mm，主要摄食小型鱼(虾)苗和底栖动物等，经过驯化可以摄食人工软糜、微囊配合饲料，也需要人工投喂鱼(虾)苗。

4 结论

4.1 将刀鲚生长发育过程划分为 5 个阶段

根据刀鲚生长发育特征划分为水花开口阶段、乌仔阶段、稚鱼(夏花)阶段、幼鱼阶段和成鱼阶段 5 个

阶段。水花开口阶段主要是内源性卵黄囊和油球向外源性营养过渡阶段,在卵黄消耗完之前必须摄食到食物才能成活,同时,由于刚出膜的刀鲮苗口裂较小而且活动力较差,只能被动摄食原生动物或单胞藻类。乌仔阶段是指 10 mm 左右的刀鲮苗,全身呈玉白色透明,无齿,被动吞食轮虫。稚鱼(夏花)阶段是指 30 mm 左右的刀鲮苗,开始产生色素,有齿,可以主动攻击浮游动物。幼鱼阶段一般指 50~120 mm 的阶段,身体结构和器官比较稳定,可以摄食浮游动物、底栖动物和鱼(虾)苗。成鱼阶段就是通过人工投喂鱼(虾)苗、软糜、微囊配合饲料等,人工补充鱼(虾)苗,经过 1.5~2 年养殖成商品刀鲮的过程。

4.2 将刀鲮食物链划分为 8 个层次

刀鲮从出膜到养殖成商品鱼经过 5 个阶段,同时,身体结构和器官都要发生很大变化,尤其是口裂和消化器官的变化,特别是每一个阶段对摄取的食物和方式有所不同,因此,将刀鲮整个食物链划分为浮游植物、原生动物、轮虫(卵)、枝角类、桡足类、底栖动物幼体、鱼(虾)苗、软糜、微囊配合饲料和有机碎屑、微生物 8 个层次。

4.3 构建刀鲮养殖生态系统模式

依据刀鲮生长发育划分的 5 个阶段,与之相对应的食物链划分的 8 个层次,构建刀鲮养殖生物系统模式图,就可以清晰知道刀鲮养殖的各个阶段所需的生物饵料规格及品种,针对性人工培育此阶段的生物饵料,提高刀鲮养殖的成活率和品质。这样不仅能满足刀鲮养殖的各阶段的生物饵料的需求,还能人为调控刀鲮养殖生物系统的动态,形成一个非生物系统和生物系统的能量流动和物质循环的平衡状态,同时,通过配备生物饵料培育池调控可控的生物群落,实现刀鲮生态养殖的动态平衡。

参考文献:

- [1] 徐钢春, 聂志娟, 杜富宽, 等. 长江刀鲮亲鱼强化培育及自然产卵规律研究[J]. 水生生物学报, 2016, 40(6): 1194-1200.
XU Gangchun, NIE Zhijuan, DU Fukuan, et al. Intensive culture and natural spawning of broodstock *Coilia nasus* under artificial feeding conditions[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2016, 40(6): 1194-1200.
- [2] 长江流域渔政监督管理办公室. 农业农村部关于长江流域重点水域禁捕范围和时间的通告[EB/OL]. (2019-12-27)[2020-09-08]. http://www.cjyzbgs.moa.gov.cn/tzgg/201912/t20191227_6334009.htm.
- [3] 顾树信, 徐钢春, 戴玉红. 长江刀鲮标准化生态养殖[M]. 北京: 中国农业出版社, 2018: 39-46.
GU Shuxin, XU Gangchun, DAI Yuhong. Standardized ecological culture of *Coilia nasus*[M]. Beijing: China Agricultural Press, 2018: 39-46.
- [4] 李丽, 杜蓉, 刘其根, 等. 长江口青草沙水库刀鲮食性转变[J]. 中国水产科学, 2019, 26(4): 765-773.
LI Li, DU Rong, LIU Qigen, et al. The ontogenetic dietary shift of Japanese grenadier anchovy (*Coilia nasus*) in the Qingcaosha Reservoir near the Yangtze River Estuary[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2019, 26(4): 765-773.
- [5] 凡迎春, 刘其根, 胡忠军, 等. 上海淀山湖刀鲮食性研究[J]. 上海海洋大学学报, 2015, 24(6): 847-854.
FAN Yingchun, LIU Qigen, HU Zhongjun, et al. Diet of *Coilia nasus* in Dianshan Lake of Shanghai, China[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2015, 24(6): 847-854.
- [6] 魏广莲, 徐钢春, 顾若波, 等. 刀鲮的生物学及人工养殖研究进展[J]. 长江大学学报自然科学版: 农学卷, 2012, 9(7): 31-35.
WEI Guanglian, XU Gangchun, GU ruobo, et al. Research Progress on biology and artificial culture of *Coilia nasus*[J]. Journal of Yangtze University Natural Science Edition: Agriculture Science, 2012, 9(7): 31-35.
- [7] 费忠智. 长江刀鲮大规格鱼种培育技术[J]. 水产养殖, 2018, 39(3): 35-37.
FEI Zhongzhi. Large scale fingerling cultivation techniques of *Coilia nasus*[J]. Journal of Aquaculture, 2018, 39(3): 35-37.
- [8] 徐钢春, 徐跑, 顾若波, 等. 池养刀鲮(*Coilia nasus*)鱼种的摄食与生长[J]. 生态学杂志, 2011, 30(9): 2014-2018.
XU Gangchun, XU Pao, GU ruobo, et al. Feeding habits and growth characteristics of pond-cultured *Coilia nasus* fingerlings[J]. Journal of Ecology, 2011, 30(9): 2014-2018.
- [9] 徐钢春, 万金娟, 顾若波, 等. 池塘养殖刀鲮卵巢发育的形态及组织学研究[J]. 中国水产科学, 2011, 18(3): 537-546.
XU Gangchun, WAN Jinjuan, GU Ruobo, et al. Morphological and histological studies on ovary development of *Coilia nasus* under artificial farming conditions[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2011, 18(3): 537-546.
- [10] 王耀辉, 郭正龙. 人工养殖长江刀鱼常见疾病及防治方法[J]. 科学养鱼, 2014(4): 56-58.
WANG Yaohui, GUO Zhenglong. Common diseases and control methods of artificial cultured Yangtze River *Coilia nasus*[J]. Scientific Fish Farming, 2014(4): 56-58.

- [11] 王耀辉, 郭正龙, 李荣峰, 等. 长江刀鲚池塘养殖技术初探[J]. 水产养殖, 2015, 36(8): 26-27.
WANG Yaohui, GUO Zhenglong, LI Rongfeng, et al. Preliminary study on pond culture technology of *Coilia nasus*[J]. Journal of Aquaculture, 2015, 36(8): 26-27.
- [12] 薛彬, 何依娜, 梅光明, 等. 大黄鱼生态养殖系统研究[J]. 现代农业科技, 2014(16): 244-246.
XUE Bin, HE Yina, MEI Guangming, et al. Research on ecological culture system of *larimichthys crocea*[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2014(16): 244-246.
- [13] 赵文, 董双林, 李德尚, 等. 盐碱池塘浮游植物初级生产力的研究[J]. 水生生物学报, 2003, 27(1): 47-54.
ZHAO Wen, DONG Shuanglin, LI Deshang, et al. The primary productivity of phytoplankton in saline-alkaline ponds[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2003, 27(1): 47-54.
- [14] 阎喜武, 何志辉. 虾池浮游植物初级生产力的研究[J]. 水产学报, 1997, 21(3): 288-295.
YAN Xiwu, HE Zhihui. Studies on primary production of phytoplankton in shrimp ponds[J]. Journal of Fisheries of China, 1997, 21(3): 288-295.
- [15] 王武. 鱼类增养殖学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000, 44-45.
WANG Wu. Fish Aquaculture[M]. Beijing: China Agricultural Press, 2000, 44-45.
- [16] 李凯. 养鱼池的透明度及测量[J]. 内陆水产, 1999(10): 15.
LI Kai. Measurement of transparency in fish ponds[J]. Inland Fisheries, 1999(10): 15.
- [17] 冯广朋, 庄平, 章龙珍, 等. 温度对中华鲟幼鱼代谢酶和抗氧化酶活性的影响[J]. 水生生物学报, 2012, 36(1): 137-142.
FENG Guangpeng, ZHUANG Ping, ZHANG Longzhen, et al. Effects of water temperature on metabolic enzyme and antioxidase activities in juvenile chinese sturgeon (*acipenser sinensis*)[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2012, 36(1): 137-142.
- [18] 刘鹏, 宋协法, 葛长宇. 温度、体重和昼夜节律对大菱鲃幼鱼代谢的影响[J]. 河北渔业, 2009(5): 1-4.
LIU Peng, SONG Xiefa, GE Changzi. Effects of temperature, body weight and circadian rhythm on metabolism of juvenile turbot[J]. Hebei Fisheries, 2009(5): 1-4.
- [19] 李文龙, 梁兴明, 梁萌青, 等. 温度对大菱鲃幼鱼生长及免疫相关酶活性的影响[J]. 水产科学, 2017, 36(3): 311-316.
LI Wenlong, LIANG Xingming, LIANG Mengqing, et al. Effects of temperature, body weight and diurnal rhythm on metabolism of *Scophthalmus maximus*[J]. Fisheries Science, 2017, 36(3): 311-316.
- [20] 常杰, 徐革锋, 李树国, 等. 温度与盐度对细鳞鲑仔、稚鱼存活和生长的影响[J]. 水生态学杂志, 2016, 37(5): 87-91.
CHANG Jie, XU Gefeng, LI Shuguo, et al. Effect of temperature and salinity on the survival and growth of larval and juvenile stage manchurian trout (*brachymystax lenok pallas*)[J]. Journal of Hydroecology, 2016, 37(5): 87-91.
- [21] 周静, 苟婷, 张洛红, 等. 流速对不同浮游藻类的生长影响研究[J]. 生态科学, 2018, 37(6): 75-82.
ZHOU Jing, GOU Ting, ZHANG Luohong, et al. The effect of flow velocity on the growth of different phytoplankton[J]. Ecological Science, 2018, 37(6): 75-82.
- [22] 魏桢, 贾海峰, 姜其贵, 等. 再生水补水河道中流速对浮游藻类生长影响的模拟实验[J]. 环境工程学报, 2017, 11(12): 6540-6546.
WEI Zhen, JIA Haifeng, JIANG Qigui, et al. Simulation experiment of phytoplankton growth induced by flow velocity in rivers replenished with reclaimed water[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2017, 11(12): 6540-6546.
- [23] 王波, 蒋明健, 薛洋, 等. 鱼塘淤泥自动排污水质净化改良技术[J]. 南方农业, 2016, 10(19): 111-115.
WANG Bo, JIANG Mingjian, XUE Yang, et al. Water quality improvement technology for automatic sewage discharge from fish ponds[J]. South China Agriculture, 2016, 10(19): 111-115.
- [24] 魏洪祥, 石俊艳, 王晓光, 等. 卧龙湖浮游生物群落的演替, 影响因子及其水质评价[J]. 生态科学, 2018, 37(1): 55-61.
WEI Hongxiang, SHI Junyan, WANG Xiaoguang, et al. The research on driving environmental factors of plankton community succession and the assessment of water quality in Wolong Lake[J]. Ecological Science, 2018, 37(1): 55-61.
- [25] 刘乾甫, 赖子尼, 高原, 等. 珠江三角洲地区精养淡水鱼塘浮游植物功能群特征[J]. 中国水产科学, 2018, 25(1): 124-136.
LIU Qianfu, LAI Zini, GAO Yuan, et al. Characteristics of phytoplankton functional groups of intensive-culturing fishponds in the Pearl River Delta[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2018, 25(1): 124-136.
- [26] 李志斐, 谢骏, 张晓可, 等. 珠三角高产养殖池塘浮游动物群落结构及水质评价[J]. 水生生物学报, 2017, 41(5): 1071-1079.
LI Zhifei, XIE Jun, ZHANG Xiaoke, et al. Community characteristics of zooplankton and assessment of water quality in aquaculture ponds of the Pearl River Delta[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2017, 41(5): 1071-1079.
- [27] 孟顺龙, 李丹丹, 裘丽萍, 等. 团头鲂池塘工业化生态养殖系统中浮游动物群落特征分析[J]. 大连海洋

大学学报, 2018, 33(1): 57-64.

MENG Shunlong, LI Dandan, QIU Liping, et al. Community structure of zooplankton in an industrial eco-aquaculture system in a blunt-snout bream *Megalobrama amblycephala* culture pond[J]. Journal of Dalian Ocean University, 2018, 33(1): 57-64.

[28] 徐钢春. 刀鲚(*Coilia nasus*)性腺发育、人工繁殖及早期生活史的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2010.

XU Gangchun. The gonad development regularity, artificial reproduction and early life history of *coilia nasus*[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2010.

Construction of an ecological culture model of *Coilia nasus*

GUO Zheng-long¹, ZHU Yong-xiang¹, WANG Yao-hui¹, LIU Zhi-feng², MA Ai-jun²

(1. Jiangsu Zhongyang Group, Nantong 226600, China; 2. Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China)

Received: Sep. 8, 2020

Key words: *Coilia nasus*; ecosystem; ecological culture; pattern diagram

Abstract: *Coilia nasus* is a rare and valuable reproductive, migratory, and carnivorous fish in the Yangtze River. Since January 1, 2020, the Yangtze River has been banned from further productive fishing for the next ten years. Pond culture, factory culture, and cage culture of *Coilia nasus* have emerged as alternative production techniques over time. However, these breeding modes have proven to be unsafe due to long-term exposure to eutrophic water and a high-density breeding environment that inhibits their immune function and reduces disease resistance, resulting in a low survival rate or excessive deaths. As a result, there has been no significant progress in the scale of *Coilia nasus* breeding. According to the characteristics of each growth and development process, the life cycle of *Coilia nasus* is divided into five stages: hatched larvae, larvae, juveniles, young, and adult fish. The ecosystem involved in *Coilia nasus* culture is divided into eight levels: phytoplankton, protozoa, rotifers (eggs), cladocerans and copepods, benthic larvae, fish (shrimp) fry, soft and micro capsule compound feed, and organic detritus and micro-organisms. A model of the *Coilia nasus* ecological culture system was constructed by combining nonecosystems. Through the construction of this ecological breeding model, more in-depth research and discussions on its farming model could be conducted to facilitate the rapid development of the *Coilia nasus* industry.

(本文编辑: 杨 悦)