

DOI: 10.3969/j.issn.2095-9869.20250108001

http://www.yykxjz.cn/

王亚楠, 丛旭日, 董贯仓, 客涵, 王晴晴, 师吉华, 张典. 黄河刀鲚资源研究现状与展望. 渔业科学进展, 2025, 46(6): 21–32

WANG Y N, CONG X R, DONG G C, KE H, WANG Q Q, SHI J H, ZHANG D. Current research and future prospects on *Coilia nasus* in the Yellow River. Progress in Fishery Sciences, 2025, 46(6): 21–32

黄河刀鲚资源研究现状与展望*

王亚楠¹ 丛旭日¹ 董贯仓^{1①} 客涵¹ 王晴晴¹ 师吉华¹ 张典²

(1. 山东省淡水渔业研究院 农业农村部黄河下游渔业资源环境科学观测实验站 山东 济南 250013;

2. 上海海洋大学水产与生命学院 上海 201306)

摘要 刀鲚(*Coilia nasus*)是典型的溯河洄游型鱼类,曾是黄河重要的经济鱼类。受河流断流、水利工程建设、环境污染和过度捕捞等因素的影响,20 世纪 80 年代末黄河刀鲚资源逐渐枯竭;21 世纪以来,随着黄河调水调沙的推进,特别是在南水北调东线工程通水后,黄河刀鲚资源及其生境出现了向好的趋势。目前,刀鲚在东平湖和南四湖已发展成为优势种群,但在黄河下游河道和河口未发现大规模种群。与长江刀鲚相比,有关黄河刀鲚研究的历程及其资源和三场一通道信息至今尚少。为探究黄河刀鲚资源演变情况,本文综述了黄河刀鲚的生物学特征、资源状况、遗传多样性、生境履历等方面的研究现状,并结合近年来对黄河下游及其附属水体刀鲚资源的调查研究,探讨了黄河刀鲚资源发展趋势及研究方向,以期对黄河刀鲚资源的有效管理、资源修复和可持续利用提供参考。

关键词 黄河;刀鲚;生物学特征;资源状况;遗传多样性;生境履历

中图分类号 S913;S917.4 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2025)06-0021-12

刀鲚(*Coilia nasus*)隶属于鲱形目(Clupeiformes)、鲱科(Engraulidae)、鲱属(*Coilia*),广泛分布于中国、日本和韩国等海域(Hu *et al.*, 2022),是中国重要的经济鱼类(袁传宓, 1987)。刀鲚主要分布于北太平洋西部,最南可达福建宁德三沙湾外海域和闽江口外沿岸海域(许庆等, 2023),最北可达辽宁鸭绿江(胡玉海等, 2023),最西可至长江流域的洞庭湖流域(姜涛等, 2023),最东可至日本的有明海水域(姜涛, 2014)。刀鲚在我国渤海、黄海和东海的近海以及通海的江河和附属湖泊均有分布(袁传宓等, 1984)。

在黄河流域曾经存在丰富的刀鲚资源,其是黄河历史上渔业生产的主要对象之一(蔡德霖等, 1980)。但 20 世纪 70 年代以来,受水利建设、黄河断流、人

为捕捞等因素影响,黄河刀鲚资源急剧衰退,曾被认为是已经灭绝(董天威等, 2023)。2000 年以来,随着黄河调水调沙的推进与黄河禁渔期制度的实施,刀鲚重新出现在黄河下游,被视为黄河下游生态环境改善的标志性事件。目前,在黄河下游流域渔业资源调查中,刀鲚资源仍为偶见状态。自 20 世纪开始,国内逐渐展开对刀鲚资源生物学特征(王丹婷等, 2012; 张赛赛等, 2020; 李宇等, 2022; 刘若晖等, 2022; 艾龙威等, 2025)、资源保护现状(刘凯等, 2012; 毛成贵等, 2015; 束洪圈等, 2020; 洪珍珍等, 2023)、群体遗传结构(于爱清等, 2019; 轩中亚等, 2020; 陈轶聿等, 2022; 贾一帆等, 2023)、生境履历与洄游机制(姜涛等, 2022; 许庆等, 2023; 胡玉海等, 2023; 许颖等, 2024)和

* 山东省自然科学基金(ZR2020MC193; ZR2024QC057)资助。王亚楠, Email: 87486160@qq.com

① 通信作者: 董贯仓, 研究员, Email: dgc3869676@163.com

收稿日期: 2025-01-08, 收修改稿日期: 2025-01-23

人工养殖技术(王耀辉等, 2020; 郭正龙等, 2022; 胡宗云等, 2023; 刘志坚等, 2024)等方面的研究, 但多集中在长江流域以及少量辽宁地区、福建沿海的报道, 对黄河流域刀鲚的研究起步较晚。本文综述了当前黄河流域刀鲚生物学特征、资源状况、遗传多样性和生境履历方面的研究成果, 结合近年来对黄河下游及其附属水体刀鲚资源的调查研究, 以期掌握黄河刀鲚不同生态类型种群资源的恢复现状, 探讨进一步研究方向, 为其资源保护与可持续利用提供理论支撑。

1 生物学特征

1.1 生态类型

鲚属一般认为有 13 个种(Thosapom, 1980; Yang *et al.*, 2010), 但有关中国鲚属鱼类的分类长期存在一定的分歧。早期学者认为, 我国鲚属鱼类主要有刀鲚(*C. nasus*)、短颌鲚(*C. brachygnathus*)、凤鲚(*C. mystus*)和七丝鲚(*C. grayii*) 4 种; 而近期的形态学(程起群等, 2004; 杨巧莉, 2012)和分子生物学(Cheng *et al.*, 2011; 唐文乔等, 2007; 宗绍兵, 2021)分析认为, 中国鲚属只有刀鲚、凤鲚和七丝鲚 3 个有效物种, 刀鲚和短颌鲚、湖鲚(*C. nasus taihuensis*)应为同一个物种。同时, 根据栖息地环境不同, 刀鲚分成许多地方种群。袁传宓等(1976)在探讨我国鲚属鱼类分类时指出, 根据不同的生活史形式, 刀鲚分为洄游型和定居型两大类, 二者由于生活环境的变化导致形态上产生一些差异。

根据 20 世纪 60 年代的调查, 黄河刀鲚多数为洄游型, 鱼体一般较大, 在洛口、齐河、东平湖采到的标本体长在 32.0~37.0 cm 之间(邹鹏, 1960), 4 龄鱼大者体长可达 44.5 cm(蔡德霖等, 1980)。周才武等(1959)研究发现, 南四湖刀鲚来自黄河, 标本体长可达 76.4 cm。黄河刀鲚鱼体背部平直、色灰黑, 或间隔分布浅灰色带, 随上溯的过程, 体色逐渐变成淡黄, 体侧及腹部银白色。头小而尖, 吻短圆, 前部突出, 口裂大而斜, 下位。上颌骨后部游离, 向后延伸超过鳃盖骨后缘, 直达胸鳍基部, 上下颌、颞骨和犁骨上具细齿。鳃耙细长, 排列成梳状, 上有细齿。背鳍 3+10~11; 胸鳍 6, 1+10~12, 其上部 6 条游离而延长的鳍条, 向后延伸直达臀鳍基部; 臀鳍 2+87~107, 腹鳍 1+6; 尾鳍不发达, 上叶大于下叶。肝脏较大, 其长度明显超过胃, 有的可达泄殖窦。除头部外, 全身被圆鳞, 鳞易脱落, 腹具棱鳞, 无侧线(蔡德霖等, 1980)。

2000 年以来, 在东平湖和南四湖水域发现的刀鲚多为定居型。定居型刀鲚体型狭长侧薄, 体呈银白

色, 背侧颜色相对较深, 被薄圆鳞, 肝脏短而肥圆, 一般不超过胃的末端。体腔内的脂肪块小或无(袁传宓等, 1980)。繁殖期不停止摄食。孙鲁峰等(2020a)于 2017 年在南四湖采集的刀鲚样本体长范围在 8.5~22.5 cm 之间, 丛旭日等(2023)于 2021—2023 年在东平湖采集的刀鲚体长范围为 4.9~26.2 cm, 体重范围为 1.1~51.8 g, 而现有调查采集到的黄河口样本体长可达 38.0 cm, 体重可至 125.0 g, 明显高于南四湖和东平湖样本, 且体色略深, 背部呈明显青灰色(图 1)。

刀鲚不同地理种群和不同生态类型种群间在形态上存在一定差异。李秀启等(2015a)运用多变量形态度量学方法, 比较了南四湖、太湖、洪泽湖、黄河附属水体利津水库(1980 年代标本)刀鲚种群的形态差异, 发现南四湖种群和洪泽湖种群之间的形态最为接近, 利津水库种群与其他 3 个种群的差异系数较大, 影响较大的变量为体高/体长、背鳍到胸鳍长/体长、背鳍到腹鳍长/体长和腹鳍到背鳍长/体长, 定居型种群和洄游型种群形态上存在较大差别, 但需借助多个参数综合判别。艾龙威等(2025)通过形态学比较研究发现, 瓯江口、长江口、黄河口、鸭绿江口 4 个刀鲚种群间存在一定程度的形态特征分化, 且差异主要集中在躯干部与头部性状。地理距离较远的种群, 其基因交流困难, 可能形成较大的形态差异。程起群等(2004)采用逐步判别法对长江洄游型和定居型刀鲚种群形态特征的传统可量性状和框架参数进行了综合分析, 发现两种群形态差异极显著, 但差异仍然是种内不同地理种群的差异, 未达到亚种水平。刀鲚主要通过躯干和尾鳍摆动完成觅食、躲避敌害等行为(Webb, 1984; Reidy *et al.*, 2000), 头部形态差异产生的原因可能与摄食习性和栖息地环境差异有关。洄游型刀鲚采用爆发式游泳方式, 而采用该游泳方式的鱼类最重要的形态特征之一就是具有较宽的躯干(Swain *et al.*, 1999), 这可能是与定居型刀鲚产生形态差异的原因。

1.2 生活习性

历史上, 黄河刀鲚也存在洄游型和定居型两种生态类型。据记载, 黄河洄游型刀鲚于每年早春进入渤海湾, 清明前到达黄河口附近作短期停留, 就地摄食, 清明前后入河口上溯, 大多进入东平湖, 少数上溯至开封附近。在山东境内, 中上游河道及主要灌溉干渠中, 均发现刀鲚(蔡德霖等, 1980)。成鱼洄游陆续进行, 三龄鱼是洄游鱼群的主体。刀鲚上溯期间不摄食, 入东平湖后, 又重新摄食。至 5 月初(芒种前后)产卵, 鱼卵产在水草多的地方, 产卵后, 部分亲鱼顺流而下, 陆续回海, 一部分继续在湖区摄食, 一段时间之后再



图 1 黄河下游刀鲚

Fig.1 *C. nasus* in the lower Yellow River

降河入海。邹鹏(1960)发现, 鱼卵孵化成鱼苗后, 一部分随水流入黄河, 一部分在湖中生长。在黄河下游水库蓄水时, 随水纳入的幼鱼苗, 经过一年即能长成, 说明历史上在黄河流域即存在定居型刀鲚。定居型刀鲚多生活在湖泊内水流平缓水质混浊水体的表层和 中层, 成鱼分散且不行生殖洄游。性成熟年龄提前, 繁殖期仍摄食, 当年鱼即可参加产卵群体, 产卵期为 4 月底至 7 月底, 产浮性卵, 为多次分批产卵, 渔获物中湖鲚一冬龄个体占 90%以上, 补充群体数量较大。它们游泳迅速, 喜集群, 具有较强的种群扩散能力。

蔡德霖等(1980)调查发现, 黄河刀鲚的食物以虾类和小鱼为主, 亦食软体动物。近年来研究表明, 东平湖和南四湖刀鲚主要摄食体型相对较大的桡足类和枝角类等浮游动物, 随着体长的增长, 也会捕食幼

鱼和幼虾(孙鲁峰等, 2020a、2020b)。

2 资源状况

刀鲚是黄河历史上最著名的洄游型鱼类之一, 黄河刀鲚资源量曾经十分丰富, 黄河口是其主要栖息场所。同时, 溯河洄游的刀鲚还曾是南四湖、东平湖的主要经济鱼类(郭成秀等, 2009)。20 世纪 50 年代, 南四湖北与黄河水系贯通, 洄游型鱼类经东平湖进入南四湖大量繁殖, 刀鲚年产量达 2 500 t (周才武等, 1960)。20 世纪 60 年代, 山东境内刀鲚年产量在 500 t 左右, 丰产时可达 1 000~1 500 t。然而 1960 年, 黄河干涸, 基本未形成渔汛(蔡德霖等, 1980)。20 世纪 60 年代之后, 由于水文情况改变, 黄河中下游水利工程日渐增多, 刀鲚难以进入主要产卵场, 产量大减

并丧失原有的渔业地位。特别是在 20 世纪 90 年代以后,黄河断流日益严重。根据山东省黄河河务局统计数据,1991—1998 年,黄河年平均断流 107 d,1997 年黄河断流时间长达 226 d,加之黄河中下游兴修水利、水域污染等因素,产卵场、洄游通道等重要栖息地被破坏,黄河刀鲚资源急剧衰退至绝迹。

21 世纪以来,南水北调东线工程利用京杭大运河逐级提水北送,定居型刀鲚重新在南四湖出现,种群由运河航道逐步扩展到下、上级湖区的敞水区,并发展成为湖区渔业资源的优势种群(李秀启等, 2015b)。2013 年南水北调东线工程全线通水后,刀鲚在东平湖出现并快速成功建群,渔获比例逐年增大,已经成为主要经济物种。根据 2021—2023 年东平湖调查的刀鲚体长、体重数据分析,东平湖刀鲚生长表现出明显的季节性变化规律和空间异质性,而同时较高的开发率和较低的开捕体长则表明目前东平湖刀鲚已处于过度开发状态(丛旭日等, 2023)。

近年来,黄河下游河道、河口及关联河流时有发生刀鲚的报道,分布情况如图 2 (审图号:鲁 SG (2023)026)所示。2013—2015 年、2019—2021 年,本项目组在黄河山东段鱼类资源调查中发现刀鲚;2020 年 7 月,水利部黄河水利委员会技术人员在黄河口近海水域发现一条成年黄河刀鲚活体,这是 20 世纪 90

年代末以来在黄河口首次发现;2022 年,渔民在小清河入海口捕获刀鲚,为 50 年来首次在渤海湾发现;2023 年 4 月,山东省济南生态环境监测中心在黄河入海口调查发现 3 条刀鲚,最长的体长达 34.0 cm;2024 年 8 月和 9 月,济南生态环境监测中心在平阴县的黄河支流——浪溪河采集到黄河刀鲚;2024 年,本项目组在马颊河庆云段和黄河东明段采集到刀鲚样本,并在黄河东明段高村湿地水域的 eDNA 检测中发现相对较高的刀鲚序列丰度。虽然在黄河下游河道及河口尚未发现较大规模的刀鲚种群,但近年来在黄河下游采集到刀鲚的报道频繁出现(丛旭日等, 2024),说明黄河下游洄游型刀鲚已处于资源恢复阶段。

我国刀鲚以长江流域产量最高,历史上,刀鲚是长江下游及长江口水域重要的捕捞对象之一,长江刀鲚资源也经历了衰退阶段。20 世纪 70 年代刀鲚捕捞量达到峰值,最高捕捞量达 392 t,但自 20 世纪 90 年代以来,受拦河筑坝、水域污染、岸坡硬化、采砂挖沙及过度捕捞等多重因素的影响,资源量急剧衰退并且逐年下降,2016 年捕捞量仅为 3.7 t,鱼汛几近消失(Ma *et al.*, 2020; Xuan *et al.*, 2021)。马凤娇等(2022)于 2019—2021 年对长江口刀鲚生物学、资源密度及其时空分布特征等调查发现,长江口刀鲚种群生物学规格和资源密度均显著回升,自 2021 年 1 月 1 日起,

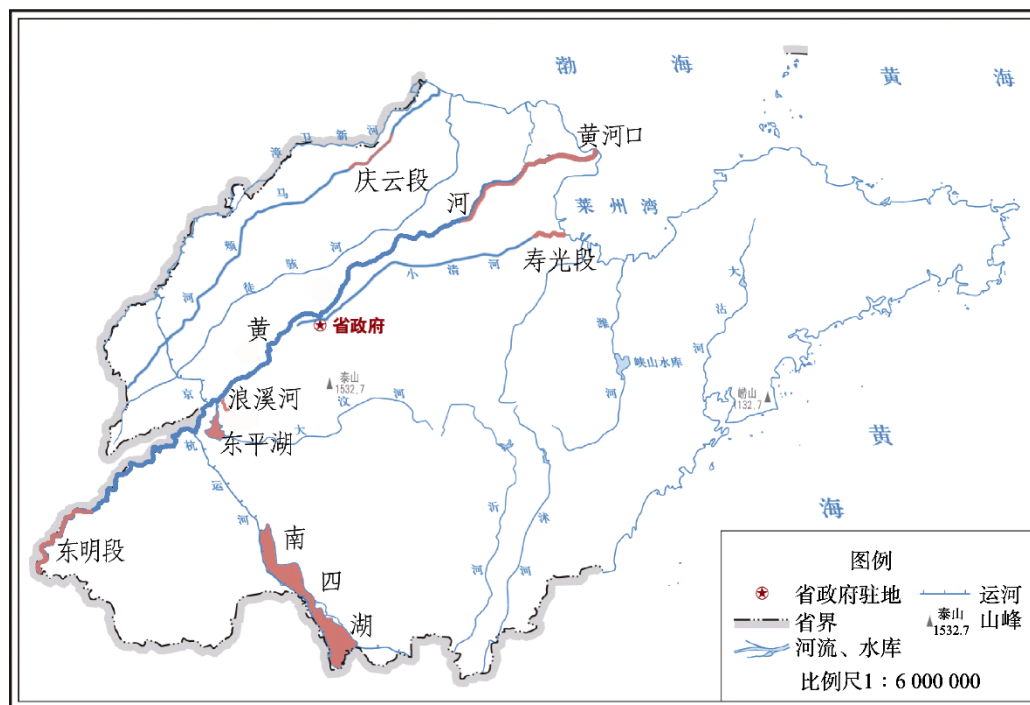


图 2 黄河下游刀鲚分布

Fig.2 Distribution of *C. nasus* in the lower Yellow River

红色区域为刀鲚分布区(截至 2024 年调查结果)。

The red area is the distribution area of *C. nasus* (survey results up to 2024).

长江流域重点水域全面禁捕及长江口禁捕管理政策的实施, 极大减轻了刀鲚捕捞压力, 呈现良好资源恢复趋势。从长江流域刀鲚资源恢复状况可以看出, 资源恢复存在滞后性, 缓解捕捞压力是资源逐渐恢复的有效保障。目前东平湖刀鲚已处于过度开发状态(丛旭日等, 2023), 因此, 应借鉴长江流域的有效经验, 结合黄河流域独特的水文和渔业资源状况, 找到适合黄河刀鲚资源恢复的管理措施。

3 遗传多样性

刀鲚在我国的地理分布很广, 不同地理种群均表现出较为丰富的遗传多样性(表 1), 环境适应能力较强, 具有很好的进化潜力。南四湖和东平湖刀鲚种群均具有较丰富的遗传多样性。通过分析东平湖和南四湖刀鲚种群线粒体控制区(D-loop)序列, 发现两湖刀鲚种群存在基因交流, 保持了相近的遗传特征(王亚楠等, 2024)。东平湖种群虽然出现的时间晚于南四湖种群, 但前者单倍型多样性值和核苷酸多样性值均高于后者。系统发育树表明, 东平湖独有单倍型单独聚为一支, 且与其他个体亲缘关系较远, 推测与东平湖独特的地理位置有关——黄河、汶河、京杭运河三大水系交汇于此, 可能有利于刀鲚种群的繁殖和扩散。

目前研究发现, 我国多数刀鲚地理种群之间并未发生遗传分化。张赛赛等(2016)分析了辽宁省辽河、

大洋河、鸭绿江和太湖刀鲚种群的遗传多样性和遗传结构, 结果表明, 辽宁地区和长江水系太湖种群间并未发生分化。李大命等(2021)对江苏省 6 个湖泊刀鲚种群的遗传多样性分析表明, 长江水系太湖种群与淮河水系的 4 个种群(高邮湖、白马湖、洪泽湖和骆马湖)未形成显著性遗传分化, 遗传变异主要来自种群内部, 而漏湖种群与淮河水系的 4 个种群形成显著的遗传差异。Ma 等(2012)对我国 4 个水系(鸭绿江、淮河、长江和闽江)的 10 个刀鲚种群的遗传结构分析发现, 闽江种群与其他种群之间存在遗传差异。二者由于水文地理隔离, 基因交流受到限制, 是导致种群遗传分化的主要因素, 也说明水系连通是鱼类扩散和基因交流的重要途径。李秀启等(2015a)运用多变量形态度量学方法, 比较研究了南四湖、太湖、洪泽湖、利津水库(1980 年代标本)的刀鲚, 发现南四湖种群和洪泽湖种群之间的形态最为接近。并采用线粒体控制区(D-loop)基因序列测定技术, 结合南四湖历史资料和渔业监测结果, 发现南四湖湖鲚和长江淮河水系种群亲缘关系较近(李秀启等, 2015b)。目前研究发现, 南四湖刀鲚种群与长江流域刀鲚亲缘较近, 与黄河附属水体利津水库(1980 年代标本)亲缘关系相对较远。推测南四湖刀鲚是 2002 年经由京杭大运河从长江和淮河水系的洪泽湖、骆马湖生态补水时, 长江的定居型刀鲚种群被带入并扩散建群。

表 1 基于线粒体 D-loop 序列刀鲚种群的遗传多样性参数
Tab.1 Genetic diversity parameters of *C. nasus* population based on mtDNA D-loop sequences

种群 Population	样本数 Number	单倍型多样性 Diversity of haplotype	核苷酸多样性 Diversity of nucleotide	文献 Reference
辽河 Liaohe	8	0.857	0.002 6	张赛赛, 2016
大洋河 Dayanghe	10	0.844	0.003 2	
鸭绿江 Yalujiang	7	0.857	0.003 5	
南四湖 Nansi Lake	39	0.806	0.005 9	王亚楠等, 2024
东平湖 Dongping Lake	38	0.819	0.011 7	
骆马湖 Luoma Lake	33	0.816	0.006 0	
洪泽湖 Hongze Lake	40	0.726	0.005 5	李大命等, 2021
白马湖 Baima Lake	40	0.918	0.006 4	
高邮湖 Gaoyou Lake	40	0.728	0.005 6	
洞庭湖 Dongting Lake	18	0.993	0.011 5	Ma et al, 2012
鄱阳湖 Poyang Lake	23	1.000	0.011 0	
巢湖 Chaohu Lake	22	0.991	0.008 5	
漏湖 Ge Lake	31	0.951	0.010 4	李大命等, 2021
太湖 Tai Lake	30	0.929	0.005 9	
长江口 Yangtze River estuary	35	0.998	0.026 2	
三家港 San Jia Gang	25	0.997	0.008 5	杨金权等, 2008
福州 Fuzhou	28	0.981	0.002 6	

4 生境履历

在鱼类中,由于生态环境的变迁,同一种鱼存在洄游型和定居型现象比较普遍,也存在洄游型刀鲚滞留于淡水湖泊或者定居型刀鲚进入通海河道后进入海洋与洄游型刀鲚杂居的情况(胡玉海等, 2023; 许颖等, 2024)。历史上黄河刀鲚的主要洄游通道为黄河干流,产卵场为东平湖,索饵育肥场和越冬场在黄河河口及近海海域。洄游型刀鲚受水环境变化影响明显,对水文连通的需求较高。20 世纪 60 年代,已有调查发现(蔡德霖等, 1980; 邹鹏, 1960),黄河刀鲚也见于不通江河的封闭或半封闭的湖泊水体中,推测可能存在洄游型和定居型两个种群。

黄河垦利段刀鲚耳石微化学研究显示,黄河口刀鲚生境履历较为复杂(丛旭日等, 2022)。观测到 2 种洄游类型:一种淡水孵化后生长轨迹多次往返于淡水—半咸水生境,不具备洄游型刀鲚应有的规律性特征

(图 3 上: D2); 另一种孵化和早期生活均在盐度较低的淡水中进行,淡水生境履历较长,索饵育肥时则进入黄河口半咸水水域(图 3 下: D5)。以 D2 为代表的群体生活史较为复杂无规律,推测可能是由于东平湖汛期放水而被动进入黄河的定居型刀鲚,其生活史轨迹受黄河水流影响较大,经过自然演化,一旦具备条件也会进行溯河洄游。推测东平湖定居型刀鲚进入黄河河道,是黄河刀鲚资源群体组成较为复杂多样的重要原因。基于耳石微化学对长江南京江段、靖江段、安庆江段、安徽段和县江段刀鲚种群的研究发现,长江刀鲚种群生境履历复杂,也存在多种生境履历模式的群体在同一水域栖息的现象(陈婷婷等, 2016a、2016b; 李孟孟等, 2017a、2017b)。

姜涛等(2013)对鄱阳湖内刀鲚的生境履历进行研究,发现长江刀鲚仍可生殖洄游回到距长江口近千千米的鄱阳湖。杨一帆等(2021)确证了赣江中溯河洄游型刀鲚的存在,并推测赣江中应该存在洄游型刀鲚

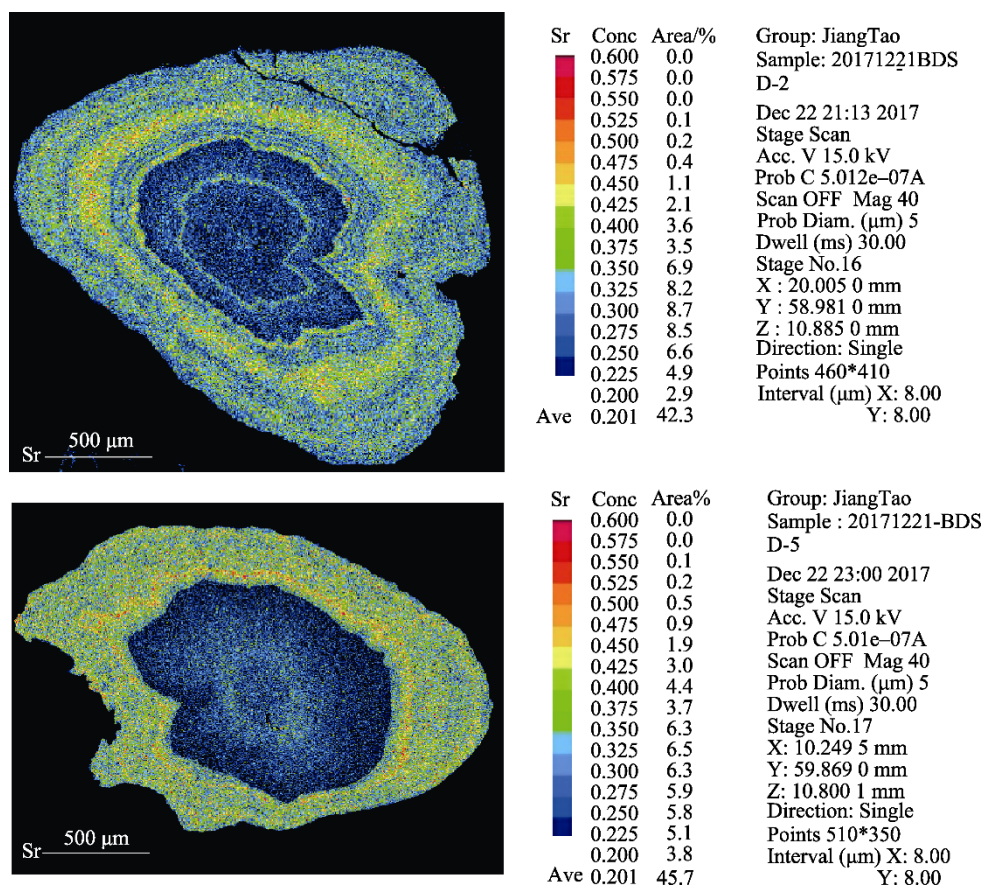


图 3 黄河垦利段 2 种洄游类型刀鲚耳石 Sr 含量的面分析图(丛旭日等, 2022)

Fig.3 Surface analysis map of Sr content in otoliths of *C. nasus* from the Kenli section of the Yellow River (Cong et al, 2022)

Sr: 锶; Conc: Sr 浓度; Area/%: 面积占比; Ave: Sr 浓度表平均值。

Sr: Strontium; Conc: Concentration of Sr; Area/%: The area proportion; Ave: The average concentration of Sr.

的产卵场。黄河垦利段刀鲚以 D5 为代表群体耳石核心区域的 Sr/Ca 值的不同,也在某种程度上反映了存在个体起源于不同产卵场的可能性。丛旭日等(2024)调查发现,随着黄河径流量的稳定化、常态化,庞口湾干涸的河段现已水量丰沛,形成河湾,为鱼类提供了天然的栖息庇护场所,少数种类会被动随调水至下游断面,另一方面东平湖不定期开闸放水,丰富了庞口湾的饵料生物,为刀鲚进入黄河提供了环境条件。现阶段东平湖与黄河的联通被水闸阻断,鱼类无法正常进入东平湖,庞口湾具备成为黄河下游鱼类栖息地和产卵场的可能。东平湖距离黄河口约 400 km,资源调查中发现,在东平湖上游的黄河东明段和高村段也有刀鲚出现,应该更加全面细致地研究黄河刀鲚的生境履历,实时掌握刀鲚的洄游路径,摸清是否存在其他的产卵场,促进洄游型刀鲚资源量的恢复。

5 结论与展望

目前,黄河下游刀鲚的资源及其栖息环境呈现向好趋势。20 世纪以来,刀鲚在黄河下游重现,最初发现于南四湖,随后分布范围扩散至东平湖,两湖刀鲚属定居型生态类群。南四湖刀鲚种群推测是生态补水过程中,长江的定居型刀鲚种群被引入并逐渐扩散建群。近年来,刀鲚出现在黄河下游河道及河口区域,然而截至目前,并未监测到大规模的洄游型刀鲚种群。黄河口刀鲚生境履历较为复杂,其三场一通道的具体情况目前尚不明确。刀鲚是研究鱼类资源保护的一种模式生物(Shen *et al.*, 2015),与长江刀鲚多元化的研究相比,有关黄河刀鲚的研究还处在起步阶段,亟待从以下方向深入展开。

5.1 完善基础生物学数据

持续补充黄河刀鲚不同地理种群的形态学数据,通过多元统计分析摸清不同种群间的形态差异程度,掌握其形态适应性特征,开展形态特征与环境因素的相关性分析,以此进一步探究形态差异与地理环境因素之间的关系。值得注意的是,东平湖和南四湖刀鲚捕捞量呈现上升趋势,这与刀鲚种群快速增殖直接相关。根据年龄和体长、体重的对应关系(刘恩生等, 2008),在已有研究中采集到的东平湖和南四湖刀鲚样本基本为 1⁺龄, 2⁺龄个体所占比例相对较小,表明黄河刀鲚出现了小型化和低龄化现象。当前,针对黄河刀鲚种群数量、年龄结构、生长速度以及繁殖力等方面,现有研究还不够全面。鱼类生长参数可以有效反映鱼类的生命周期和生长速度,既是研究鱼类资源

波动和合理利用的基础,也是渔业资源管理和保护的前提(詹秉义, 1995),基于此,应充分考量黄河刀鲚的分布范围以及栖息环境等多方面因素,采集足够数量的样本,完善其基础生物学数据,为黄河刀鲚渔业资源的精准评估与科学管理提供有力依据。

5.2 开展群体遗传结构系统分析

生物保护的最终目标是区分和保护不同的历史种群,以及保护物种种群内及种群间的多样性形式,从而加以针对性的保护(Vrijenhoek, 1994)。由于当前黄河干流及河口的刀鲚样本较少,对黄河洄游型刀鲚的群体组成、与定居型刀鲚及长江刀鲚的亲缘关系了解还不够详细。刀鲚不同生态型种群之间是否存在遗传差异,其遗传关系如何,这些问题目前并不明确。有报道称,在南水北调工程尚未实施前,黄河口刀鲚就已经出现(董天威等, 2023),因此有黄河刀鲚土著种可能一直存在的猜测。鉴于洄游型刀鲚的种群现状,有必要利用更高分辨率的二代测序技术,通过更多的遗传标记增加统计力度和分辨率,对黄河刀鲚遗传关系和种群结构开展系统的研究。

5.3 开展刀鲚栖息生境修复,摸清洄游机制和时空动态

东平湖作为黄河下游唯一湖泊以及刀鲚曾经的重要产卵场,现阶段与黄河的连通还存在水闸阻断,但在其连通处水闸外的庞口湾水域位置重要,并已有一定的刀鲚资源存在,为目前发现的唯一栖息地,故应加强对庞口湾的渔业管理,进行水生植物和湿地修复,以逐步恢复东平湖作为黄河鱼类重要产卵场及黄河山东段“一通道”的生态地位。同时,刀鲚作为一种溯河洄游型鱼类,复杂的生境履历和不同生态类型群体存在混栖,使相关渔业资源和保护工作很难有效开展(轩中亚等, 2020)。因此,需要进一步较为全面地研究两种生态型刀鲚生活习性的差异,摸清并保护其栖息水域,通过评价其生境履历,反映个体在不同生活史阶段的栖息环境。由于洄游型刀鲚的经济价值和生态意义远高于定居型刀鲚,且资源最为匮乏,因此,加强洄游型、定居型种群个体组成演替的监测,客观评价二者的可捕捞量,可为有效管理和可持续利用刀鲚资源提供理论支撑。

刀鲚在世界自然保护联盟公布的《濒危物种红色名录》中被列为“濒危”物种,《黄河高质量发展和生态保护规划纲要》也明确提出要加强土著鱼类、濒危鱼类保护。鉴于此,针对初步恢复的黄河刀鲚资源,应尽快全面调查黄河下游存在的潜在威胁因素,如相关

水利工程建设阻断鱼群上溯产卵通道、捕捞强度超过资源恢复能力、河道挖沙、水域环境污染等问题,采取适宜的保护措施,为刀鲚资源恢复提供有效保障。政府相关部门在做好汛期防洪的同时,还需建立黄河下游更为科学合理的流量调度联动机制,为进一步保护鱼类多样性、优化群落结构提供更为优良的外部条件。

参 考 文 献

- AI L W, YU Z S, ZHENG C F, *et al.* Comparative study of four different estuarine *Coilia nasus* populations in China. *Marine Fisheries*, 2025, 47(1): 64–73 [艾龙威, 俞正森, 郑春芳, 等. 我国 4 个不同河口刀鲚群体形态的比较研究. *海洋渔业*, 2025, 47(1): 64–73]
- CAI D L, JI D C, ZHOU C W. An ecological investigation and fishery of the anchovy (*Coilia ectenes* Jordan et Seale) in the lower Yellow River. *Journal of Shandong University*, 1980, 15(2): 97–107 [蔡德霖, 汲岱昌, 周才武. 黄河下游刀鲚的生态和渔业概况. *山东大学学报(自然科学版)*, 1980, 15(2): 97–107]
- CHEN T T, JIANG T, LI M M, *et al.* Inversion of habitat history for the long-jaw ecotype *Coilia nasus* collected from Nanjing section of the Yangtze River. *Journal of Fisheries of China*, 2016a, 40(6): 882–892 [陈婷婷, 姜涛, 李孟孟, 等. 长江南京江段长颌鲚生境履历的反演. *水产学报*, 2016a, 40(6): 882–892]
- CHEN T T, JIANG T, LU M J, *et al.* Microchemistry analysis of otoliths of *Coilia nasus* and *Coilia brachygnathus* from the Jingjiang section of the Yangtze River. *Journal of Lake Sciences*, 2016b, 28(1): 149–155 [陈婷婷, 姜涛, 卢明杰, 等. 基于耳石微化学的长江靖江段长颌鲚与短颌鲚生境履历重建. *湖泊科学*, 2016b, 28(1): 149–155]
- CHEN Z Y, TAO Y X, YE Q, *et al.* Age structure, growth characteristics and genetic diversity of newly-established population of shortjaw anchovy (*Coilia brachygnathus*) in the Three Gorges Reservoir area. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2022, 53(2): 430–439 [陈轍聿, 陶怡曦, 叶勤, 等. 三峡库区短颌鲚(*Coilia brachygnathus*)新建种群的年龄结构、生长特征及遗传多样性分析. *海洋与湖沼*, 2022, 53(2): 430–439]
- CHENG Q Q, LI S F. Morphological discrimination between two populations of *Coilia ectenes*. *Marine Sciences*, 2004, 28(11): 39–43 [程起群, 李思发. 刀鲚和湖鲚种群的形态判别. *海洋科学*, 2004, 28(11): 39–43]
- CHENG Q, ZHANG Q, MA C, *et al.* Genetic structure and differentiation of four lake populations of *Coilia ectenes* (Clupeiformes: Engraulidae) based on mtDNA control region sequences. *Biochemical Systematics & Ecology*, 2011, 39(4/5/6): 544–552
- CONG X R, LI X Q, DONG G C, *et al.* Preliminary investigations on *Coilia nasus* from the Kenli section of the Huanghe River based on otolith microchemistry. *Progress in Fishery Sciences*, 2022, 43(1): 31–37 [丛旭日, 李秀启, 董贯仓, 等. 基于耳石微化学的黄河垦利段刀鲚生活史初步研究. *渔业科学进展*, 2022, 43(1): 31–37]
- CONG X R, DONG G C, LI X Q, *et al.* Estimation of biological parameters, yield per recruitment, and spawning stock biomass per recruitment of *Coilia nasus* in Dongping Lake. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2023, 30(10): 1236–1245 [丛旭日, 董贯仓, 李秀启, 等. 东平湖刀鲚生物学参数、单位补充量渔获量及产卵亲体量评估. *中国水产科学*, 2023, 30(10): 1236–1245]
- CONG X R, LI X Q, DONG G C, *et al.* Fish community pattern and diversity affected by water and sediment regulation in Shandong section of the Yellow River. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2024, 48(6): 889–900 [丛旭日, 李秀启, 董贯仓, 等. 调水调沙影响下黄河山东段鱼类群落格局及多样性. *水生生物学报*, 2024, 48(6): 889–900]
- DONG T W, TU Z, CONG X R, *et al.* Study on restoration feasibility of *Coilia* resource in the Yellow River. *China Fisheries*, 2023(10): 35–36 [董天成, 涂忠, 丛旭日, 等. 黄河刀鲚资源修复可行性研究. *中国水产*, 2023(10): 35–36]
- GUO C X, ZHANG S H, LIU Z G. Biological characteristics and resource conservation strategies of *Coilia nasus* in the Yellow River estuary. *Shandong Fisheries*, 2009, 26(10): 60 [郭成秀, 张士华, 刘志国. 黄河口刀鱼的生物学特性及资源保护对策. *齐鲁渔业*, 2009, 26(10): 60]
- GUO Z L, ZHU Y X, WANG Y H, *et al.* Construction of an ecological culture model of *Coilia nasus*. *Marine Sciences*, 2022, 46(1): 148–153 [郭正龙, 朱永祥, 王耀辉, 等. 一种刀鲚生态养殖模式的构建. *海洋科学*, 2022, 46(1): 148–153]
- HONG Z Z, MEI X L, WANG M M, *et al.* A review on the biological characteristics and resource protection status of *Coilia nasus* in the Yangtze River Basin. *Journal of Aquaculture*, 2023, 44(7): 36–41 [洪珍珍, 梅肖乐, 王苗苗, 等. 长江流域刀鲚生物学特性及资源保护现状. *水产养殖*, 2023, 44(7): 36–41]
- HU Y H, JIANG T, LIU H B, *et al.* Habitat histories of different ecomorphotypes of *Coilia nasus* from the Yalu River in Dandong City of Liaoning Province based on otolith microchemical analysis. *Marine Fisheries*, 2023, 45(3): 278–290 [胡玉海, 姜涛, 刘洪波, 等. 基于耳石微化学分析的丹东鸭绿江刀鲚不同生态表型生境履历的研究. *海洋渔业*, 2023, 45(3): 278–290]
- HU Y H, JIANG T, LIU H B, *et al.* Otolith microchemistry reveals life history and habitat use of *Coilia nasus* from the Dayang River of China. *Fishes*, 2022, 7(6): 306
- HU Z Y, LIU X D, LIU Z H, *et al.* Pond culture experiment of *Coilia nasus* fry from Dayang River. *Hebei Fisheries*, 2023(12): 22–24, 47 [胡宗云, 刘新迪, 刘忠航, 等. 大洋河刀鲚苗种池塘培育试验. *河北渔业*, 2023(12): 22–24, 47]

- JIA Y F, ZHANG S S, WANG W, *et al.* Genetic diversity of *Coilia nasus* in different groups based on mitochondrial D-loop sequence. *Chinese Fishery Quality and Standards*, 2023, 13(4): 16–23 [贾一帆, 张赛赛, 王伟, 等. 基于线粒体 D-loop 序列的不同群体刀鲚遗传多样性研究. *中国渔业质量与标准*, 2023, 13(4): 16–23]
- JIANG T, LI H, YANG J, *et al.* Reappearance of anadromous *Coilia nasus* in the Xiangjiang River, Hunan Province. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2023, 30(12): 1409–1416 [姜涛, 李鸿, 杨健, 等. 湖南湘江重现溯河洄游型刀鲚. *中国水产科学*, 2023, 30(12): 1409–1416]
- JIANG T, YANG J, XUAN Z Y, *et al.* Preliminary report on the effects of resource recovery on anadromous *Coilia nasus* in Poyang Lake under the national 10-year fishing ban. *Progress in Fishery Sciences*, 2022, 43(1): 24–30 [姜涛, 杨健, 轩中亚, 等. 长江禁渔对鄱阳湖溯河洄游型刀鲚资源恢复效果初报. *渔业科学进展*, 2022, 43(1): 24–30]
- JIANG T, ZHOU X Q, LIU H B, *et al.* Two microchemistry patterns in otoliths of *Coilia nasus* from Poyang Lake, China. *Journal of Fisheries of China*, 2013, 37(2): 239–244 [姜涛, 周昕期, 刘洪波, 等. 鄱阳湖刀鲚耳石的两种微化学特征. *水产学报*, 2013, 37(2): 239–244]
- JIANG T. Study on migratory ecology of *Coilia* fish in Chinese waters inferred from otolith morphometric and microchemical characteristics. Doctoral Dissertation of Nanjing Agricultural University, 2014 [姜涛. 基于耳石形态和微化学特征的我国鲚属鱼类洄游生态学研究. 南京农业大学博士研究生学位论文, 2014]
- LI D M, TANG S K, LIU Y S, *et al.* Genetic diversity and genetic structure of *Coilia nasus taihuensis* populations in Jiangsu Province based on mtDNA control region sequences. *Marine Fisheries*, 2021, 43(2): 149–159 [李大命, 唐晟凯, 刘燕山, 等. 基于线粒体控制区的江苏湖鲚群体遗传多样性和遗传结构分析. *海洋渔业*, 2021, 43(2): 149–159]
- LI M M, JIANG T, CHEN T T, *et al.* Otolith microchemistry of the estuarine tapertail anchovy *Coilia nasus* from the Anqing section of the Yangtze River and its significance for migration ecology. *Acta Ecologica Sinica*, 2017a, 37(8): 2788–2795 [李孟孟, 姜涛, 陈婷婷, 等. 长江安庆江段刀鲚耳石微化学及洄游生态学意义. *生态学报*, 2017a, 37(8): 2788–2795]
- LI M M, JIANG T, KHUMBANYIWA D D, *et al.* Reconstructing habitat history of *Coilia nasus* from the Hexian section of the Yangtze River in Anhui Province by otolith microchemistry. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2017b, 41(5): 1054–1061 [李孟孟, 姜涛, KHUMBANYIWA D D, 等. 基于耳石微化学的长江安徽和县江段刀鲚生境履历重建. *水生生物学报*, 2017b, 41(5): 1054–1061]
- LI X Q, AN L, WANG Y N, *et al.* Morphological discriminant analysis and phylogeography of *Coilia ectenes taihuensis* in Nansi Lake on the eastern route of the south-to-north water transfer project. *Journal of Hydroecology*, 2015a, 36(2): 81–87 [李秀启, 安丽, 王亚楠, 等. 南水北调东线南四湖湖鲚种群的形态判别与地理亲缘关系. *水生态学杂志*, 2015a, 36(2): 81–87]
- LI X Q, LIU F, LENG C M, *et al.* Genetic structure and diffusion of population of *Coilia ectenes taihuensis* in Lake Nansi inferred from the mitochondrial control region. *Journal of Lake Sciences*, 2015b, 27(4): 686–692 [李秀启, 刘峰, 冷春梅, 等. 基于线粒体 DNA 控制区的南四湖湖鲚(*Coilia ectenes taihuensis*)群体遗传结构和种群扩散. *湖泊科学*, 2015b, 27(4): 686–692]
- LI Y, FENG G P, ZHANG T, *et al.* Morphological characteristics and cluster analysis of *Coilia nasus* populations from six different waters. *Journal of Hydroecology*, 2022, 43(6): 116–123 [李宇, 冯广朋, 张涛, 等. 6 个不同水域刀鲚的形态特征与聚类分析. *水生态学杂志*, 2022, 43(6): 116–123]
- LIU E S, BAO C H, WAN Q. The changes of the catch and age structure of lake anchovy and the relationship with environmental variation in Lake Taihu. *Journal of Fisheries of China*, 2008, 32(2): 229–235 [刘恩生, 鲍传和, 万全. 太湖湖鲚渔获量及年龄结构变化与环境间的相互关系(英文). *水产学报*, 2008, 32(2): 229–235]
- LIU K, DUAN J R, XU D P, *et al.* Present situation of *Coilia nasus* population features and yield in Yangtze River estuary waters in fishing season. *Chinese Journal of Ecology*, 2012, 31(12): 3138–3143 [刘凯, 段金荣, 徐东坡, 等. 长江口刀鲚渔汛特征及捕捞量现状. *生态学杂志*, 2012, 31(12): 3138–3143]
- LIU R H, SONG C, YANG G, *et al.* Morphological variation among different populations of *Coilia nasus* in the Yangtze estuary. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2022, 29(7): 969–979 [刘若晖, 宋超, 杨刚, 等. 长江口刀鲚群体形态差异研究. *中国水产科学*, 2022, 29(7): 969–979]
- LIU Z J, GUO A T, HU Z J, *et al.* Culture experiment on artificial seedlings in pond cage of *Coilia nasus*. *Scientific Fish Farming*, 2024(3): 51 [刘志坚, 郭安托, 胡忠健, 等. 刀鲚人工苗池塘网箱养殖试验. *科学养鱼*, 2024(3): 51]
- MA C Y, CHENG Q Q, ZHANG Q Y. Genetic diversity and demographical history of *Coilia ectenes* (Clupeiformes: Engraulidae) inferred from the complete control region sequences of mitochondrial DNA. *Mitochondrial DNA*, 2012, 23(5): 396–404
- MA F J, YANG Y P, FANG D A, *et al.* Characteristics of *Coilia nasus* resources after fishing ban in the Yangtze River. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2022, 46(10): 1580–1590 [马凤娇, 杨彦平, 方弟安, 等. 长江禁捕后长江口刀鲚资源特征. *水生生物学报*, 2022, 46(10): 1580–1590]
- MA J, LI B, ZHAO J, *et al.* Environmental influences on the spatio-temporal distribution of *Coilia nasus* in the Yangtze River estuary. *Journal of Applied Ichthyology*, 2020, 36(3): 315–325
- MAO C Z, JIAO X M, ZHONG J S, *et al.* Research progress on

- resource status and protection of *Coilia nasus* in Yangtze River estuary. Journal of Huaihai Institute of Technology (Natural Science), 2015, 24(3): 78–83 [毛成贵, 矫新明, 钟俊生, 等. 长江口刀鲚资源现状及保护研究进展. 淮海工学院学报(自然科学版), 2015, 24(3): 78–83]
- REIDY S P, KERR S R, NELSON J A. Aerobic and anaerobic swimming performance of individual Atlantic cod. Journal of Experimental Biology, 2000, 203(Pt 2): 347–357
- SHEN H S, GU R B, XU G C, *et al.* In-depth transcriptome analysis of *Coilia ectenes*, an important fish resource in the Yangtze River: *De novo* assembly, gene annotation. Marine Genomics, 2015, 23: 15–17
- SHU H (J /Q), ZHANG K. Investigation and protection countermeasures of *Coilia ectenes* resources in Beishan reservoir. Journal of Aquaculture, 2020, 41(4): 78–80 [束洪圈, 张坤. 北山水库刀鲚资源调查与保护对策. 水产养殖, 2020, 41(4): 78–80]
- SUN L F, LI X Q, DONG G C, *et al.* The diet composition and feeding behavior of *Coilia ectenes* in Nansi Lake on the eastern route of south-to-north water transfer project. Transactions of Oceanology and Limnology, 2020a, 42(1): 124–128 [孙鲁峰, 李秀启, 董贯仓, 等. 南水北调东线南四湖湖鲚(*Coilia ectenes*)的食物组成和摄食习性. 海洋湖沼通报, 2020a, 42(1): 124–128]
- SUN L F, LI X Q, DONG G C, *et al.* The diet composition and feeding of *Coilia nasus* in different age stages in Dongping Lake. Freshwater Fisheries, 2020b, 50(4): 47–51 [孙鲁峰, 李秀启, 董贯仓, 等. 东平湖不同年龄结构湖鲚食性研究. 淡水渔业, 2020b, 50(4): 47–51]
- SWAIN D P, FOOTE C J. Stocks and chameleons: The use of phenotypic variation in stock identification. Fisheries Research, 1999, 43(1/2/3): 113–128
- TANG W Q, HU X L, YANG J Q. Species validities of *Coilia brachygnathus* and *C. nasus taihuensis* based on sequence variations of complete mtDNA control region. Biodiversity Science, 2007, 15(3): 224–231 [唐文乔, 胡雪莲, 杨金权. 从线粒体控制区全序列变异看短颌鲚和湖鲚的物种有效性. 生物多样性, 2007, 15(3): 224–231]
- THOSAPOM W. Systematics of clupeoid fishes of the Indo-Pacific region. Faculty of Science, University of London, 1980, 432
- VRIJENHOEK R C. Genetic diversity and fitness in small populations In: LOESCHCKE V, TOMIUK J, JIAN S K eds. Conservation Genetics. Basel: Birkhäuser, 1994, 37–53
- WANG D T, YANG J, JIANG T, *et al.* A comparative study of the morphology of different geographical populations of *Coilia nasus*. Journal of Fisheries of China, 2012, 36(1): 78–90 [王丹婷, 杨健, 姜涛, 等. 不同水域刀鲚形态的分析比较. 水产学报, 2012, 36(1): 78–90]
- WANG Y H, GUO Z L, ZHU Y X, *et al.* Research on the breeding technology of *Coilia nasus* in the Yangtze River that imitates river and sea migration. Journal of Aquaculture, 2020, 41(3): 50–52 [王耀辉, 郭正龙, 朱永祥, 等. 仿江海洄游长江刀鲚繁育技术研究. 水产养殖, 2020, 41(3): 50–52]
- WANG Y N, CONG X R, DONG G C, *et al.* Genetic diversity analysis of *Coilia nasus* in Lake Nansi and Lake Dongping inferred from mitochondrial D-loop region. Chinese Journal of Fisheries, 2024, 37(3): 7–12 [王亚楠, 丛旭日, 董贯仓, 等. 基于线粒体 D-loop 区的南四湖和东平湖刀鲚遗传多样性分析. 水产学杂志, 2024, 37(3): 7–12]
- WEBB P W. Body form, locomotion and foraging in aquatic vertebrates. American Zoologist, 1984, 24(1): 107–120
- XU Q, JIANG T, YANG J, *et al.* Habitat history of *Coilia nasus* in Fujian waters based on otolith microchemical analysis. Progress in Fishery Sciences, 2023, 44(6): 116–123 [许庆, 姜涛, 杨健, 等. 基于耳石微化学分析的福建水域刀鲚生境履历研究. 渔业科学进展, 2023, 44(6): 116–123]
- XU Y, JIANG T, YANG J, *et al.* Coexistence of freshwater resident and anadromous *Coilia nasus* in the Anqing section of the Yangtze River in Anhui Province, China. Progress in Fishery Sciences, 2024, 45(4): 1–14 [许颖, 姜涛, 杨健, 等. 长江安庆江段存在溯河洄游型和淡水定居型刀鲚实证研究. 渔业科学进展, 2024, 45(4): 1–14]
- XUAN Z Y, JIANG T, LIU H B, *et al.* Genetic divergence of *Coilia nasus taihuensis* and *Coilia brachygnathus* populations based on the mitochondrial *Cyt-b* gene. Progress in Fishery Sciences, 2020, 41(4): 33–40 [轩中亚, 姜涛, 刘洪波, 等. 基于线粒体 *Cyt-b* 序列的太湖湖鲚与短颌鲚种群遗传分析. 渔业科学进展, 2020, 41(4): 33–40]
- XUAN Z Y, JIANG T, LIU H B, *et al.* Mitochondrial DNA and microsatellite analyses reveal strong genetic differentiation between two types of estuarine tapertail anchovies (*Coilia*) in Yangtze River Basin, China. Hydrobiologia, 2021, 848(6): 1409–1431
- YANG J Q, HU X L, TANG W Q, *et al.* mtDNA control region sequence variation and genetic diversity of *Coilia nasus* in Yangtze River estuary and its adjacent waters. Chinese Journal of Zoology, 2008, 43(1): 8–15 [杨金权, 胡雪莲, 唐文乔, 等. 长江口邻近水域刀鲚的线粒体控制区序列变异与遗传多样性. 动物学杂志, 2008, 43(1): 8–15]
- YANG Q L, HAN Z Q, SUN D R, *et al.* Genetics and phylogeny of genus *Coilia* in China based on AFLP markers. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2010, 28(4): 795–801
- YANG Q L. Phylogenetic analysis of genus *Coilia* in China and molecular phylogeography of *C. nasus* and *C. mystus*. Doctoral Dissertation of Ocean University of China, 2012 [杨巧莉. 中国鲚属鱼类进化关系及刀鲚、凤鲚的分子系统地理学研究. 中国海洋大学博士研究生学位论文, 2012]
- YANG Y F, JIANG T, GAO X P, *et al.* Discovery of anadromous *Coilia nasus* in the Ganjiang River, Lake Poyang Basin,

- China. Journal of Lake Sciences, 2021, 33(5): 1595–1606 [杨一帆, 姜涛, 高小平, 等. 赣江发现溯河洄游型刀鲚 (*Coilia nasus*). 湖泊科学, 2021, 33(5): 1595–1606]
- YU A Q, SHI Y H, XU J B, *et al.* Characteristic analysis of microsatellites in selected *Coilia ectenes* using a transcriptome dataset. Progress in Fishery Sciences, 2019, 40(5): 101–109 [于爱清, 施永海, 徐嘉波, 等. 长江刀鲚选育群体转录组 EST-SSR 的分布特征分析. 渔业科学进展, 2019, 40(5): 101–109]
- YUAN C M, LIN J B, QIN A L, *et al.* The classification history and present situation of *Coilia nasus* in China. Journal of Nanjing University (Natural Sciences), 1976(2): 1–12 [袁传宓, 林金榜, 秦安黔, 等. 关于我国鲚属鱼类分类的历史和现状. 南京大学学报: 自然科学版, 1976(2): 1–12]
- YUAN C M, QIN A L. Ecological habits and distribution of *Coilia* along the Chinese coast and its changes of output. Marine Sciences, 1984, 8(5): 35–37 [袁传宓, 秦安黔. 我国近海鲚鱼生态习性及其产量变动状况. 海洋科学, 1984, 8(5): 35–37]
- YUAN C M, QIN A Q, LIU R H, *et al.* On the classification of the anchovies, *Coilia*, from the Lower Yangtze River and the southeast coast of China. Journal of Nanjing University (Natural Sciences), 1980, 16(3): 67–82 [袁传宓, 秦安黔, 刘仁华, 等. 关于长江中下游及东南沿海各省的鲚属鱼类种下分类的探讨. 南京大学学报(自然科学版), 1980, 16(3): 67–82]
- YUAN C M. Reproductive migration of *Coilia ectenes*. Bulletin of Biology, 1987, 22(12): 1–3 [袁传宓. 刀鲚的生殖洄游. 生物学通报, 1987, 22(12): 1–3]
- ZHAN B Y. Fish stock assessment. Beijing: China Agriculture Press, 1995 [詹秉义. 渔业资源评估. 北京: 中国农业出版社, 1995]
- ZHANG S S, LUO J, CHEN B J, *et al.* A study on morphological differences of *Coilia nasus* from different populations. Freshwater Fisheries, 2020, 50(3): 26–33 [张赛赛, 罗珺, 陈博锦, 等. 不同群体刀鲚形态差异研究. 淡水渔业, 2020, 50(3): 26–33]
- ZHANG S S. The genetic diversity study of *Coilia nasus* of Liaoning Province in China. Master's Thesis of Dalian Ocean University, 2016 [张赛赛. 中国辽宁地区刀鲚 (*Coilia nasus*) 遗传多样性研究. 大连海洋大学硕士研究生学位论文, 2016]
- ZHOU C W, CAI D L, LI Z Q, *et al.* A preliminary survey of the four southern-lakes of Shantung. Journal of Shandong University, 1959(4): 12–40 [周才武, 蔡德霖, 李镇钦, 等. 山东南四湖鱼类研究. 山东大学学报(生物版), 1959(4): 12–40]
- ZHOU C W, LI Z Q. A preliminary study on fishery problems in Nansi Lake, Shandong Province. Journal of Shandong University, 1960(4): 31–45 [周才武, 李镇钦. 山东南四湖渔业问题的初步探讨. 山东大学学报, 1960(4): 31–45]
- ZONG S B. Population genetic structure and local adaptation of Japanese grenadier anchovy, *Coilia nasus*. Doctoral Dissertation of Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, 2021 [宗绍兵. 刀鲚种群遗传结构及本地适应性机制研究. 中国科学院大学(中国科学院海洋研究所)博士研究生学位论文, 2021]
- ZOU P. *Coilia nasus* in the lower Yellow River. Chinese Journal of Zoology, 1960(1): 31–32 [邹鹏. 黄河下游的鲚鱼. 动物学杂志, 1960(1): 31–32]

(编辑 马瑾艳)

Current Research and Future Prospects on *Coilia nasus* in the Yellow River

WANG Ya'nan¹, CONG Xuri¹, DONG Guancang^{1①}, KE Han¹,
WANG Qingqing¹, SHI Jihua¹, ZHANG Dian²

(1. Shandong Freshwater Fisheries Research Institute, Scientific Observing and Experimental Station of Fishery Resources and Environment in the Lower Reaches of the Yellow River, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Jinan 250013, China;
2. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract *Coilia nasus*, which can be migratory or sedentary, is a substantial economic fish in China and used to be an important anadromous fish in the Yellow River. It is a model organism for studying fish resource conservation. However, the *C. nasus* resources in Yellow River gradually depleted in the late 1980s because of river disconnection, water conservancy project construction, environmental pollution, and overfishing. With the promotion of the Yellow River water-sediment

① Corresponding author: DONG Guancang, Email: dgc3869676@163.com

regulation and implementation of the Yellow River Fishing Ban period system, *C. nasus* has reappeared in the Yellow River basin.

C. nasus has developed into a dominant population in Dongping Lake and Nansi Lake, but no large-scale population has been found in the channels and estuaries of the lower Yellow River. Some morphological differences can be observed between the samples from the Yellow River estuary and those from Dongping Lake and Nansi Lake. According to the relationship between age, body length, and weight, the samples from Dongping Lake and Nansi Lake collected in previous studies were basically 1⁺ age, and the proportion of 2⁺ age individuals was small, indicating miniaturization and younger age. Different geographical populations of *C. nasus* showed rich genetic diversity. Although the population of *C. nasus* in Dongping Lake appeared later than that in Nansi Lake, it was slightly more genetically diverse possibly owing to the unique geographical location of Dongping Lake. The convergence of the three major river systems, the Yellow River, the Wenhe River, and the Jinghang Canal, may be conducive to the reproduction and diffusion of *C. nasus* in Dongping Lake. Using mitochondrial control region (D-loop) gene sequencing, combined with the historical data and fishery monitoring results of Nansi Lake, we found that the *C. nasus* population in Nansi Lake was closely related to the population in the Yangtze River and Huaihe River. The *C. nasus* populations in Nansi Lake possibly originated from lakes in the Yangtze River by the urgent ecological water diversion in 2002. The population composition is not well understood because of the few samples in the main stream and estuary of the Yellow River. The habitat history of *C. nasus* in the Yellow River estuary is complicated. In history, the main migration channel of *C. nasus* in the Yellow River was the main stream of the Yellow River, the spawning ground was Dongping Lake, and the feeding and overwintering grounds were in the estuary of the Yellow River and offshore waters. Dongping Lake, as the only lake in the lower reaches of the Yellow River and once an important spawning ground for *C. nasus*, is still blocked by sluice at present. However, the water area of Pangkou Bay outside the sluice is in a significant position, and a certain amount of *C. nasus* resources already exist, which is the only habitat found at present. The resources of *C. nasus* in the Yellow River show a positive trend, but the resource amount and habitat conditions remain unclear.

This review introduces the current research status of the biological characteristics, resource status, genetic diversity, and habitat history of *C. nasus* in the Yellow River and discusses the development trend and research direction. It may serve as a reference for the effective resource management, conservation efforts, and sustainable use of *C. nasus* in the Yellow River.

Key words Yellow River; *Coilia nasus*; Biological characteristics; Resource status; Genetic diversity; Habitat history