

DOI: 10.12264/JFSC2020-0493

鄱阳湖刀鲚的鉴定与资源动态研究

吴金明¹, 李乐康², 程佩琳¹, 张辉¹, 杨海乐¹, 刘志刚¹, 高小平², 危起伟¹

1. 中国水产科学研究院长江水产研究所, 农业农村部淡水生物多样性保护重点实验室, 湖北 武汉 430223;

2. 九江市水产科学研究所, 江西 九江 332000

摘要: 为研究鄱阳湖刀鲚资源状况, 2019—2020 年在鄱阳湖开展鱼类资源调查工作, 采集到大量鲚属(*Coilia*)鱼类, 对这些样本进行了形态学和分子生物学的鉴定。随机测量 112 尾样本的上颌骨长度显著大于头长, 长颌长/头长的范围为 1.00~1.46, 平均为 1.17 ± 0.07 。使用线粒体 Cyt *b* 基因和 D-loop 控制区序列作为分子标记, 对 22 尾随机样本进行物种鉴定, 结果显示 22 尾样本均为刀鲚(*Coilia nasus*)。对其中 5 尾样本耳石的微化学特征进行了测定, 结果显示耳石锶钙比(Si/Ca)均有大于 3 的过程出现, 表明样本为溯河洄游型刀鲚。2019—2020 年, 刀鲚在鄱阳湖中的单船产量分别达到 8.1 ind/d 和 142 ind/d, 与历史数据相比, 出现了一定的增长。鄱阳湖刀鲚资源量的恢复表明长江禁渔制度实施和取消刀鲚特许捕捞制度取得了良好的效果, 建议进一步开展鄱阳湖刀鲚产卵场调查并加强栖息地保护, 促进刀鲚资源恢复。

关键词: 刀鲚; 鄱阳湖; 禁渔制度; 资源量

中图分类号: S931

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2021)06-0743-08

刀鲚(*Coilia nasus*)为鲱形目(Cluperyformes)、鲱科(Engraulidae)、鲚属(*Coilia*)鱼类, 具有淡水定居和溯河洄游两种生态表型^[1]。淡水定居型刀鲚可在淡水中完成全部生活史, 主要分布在长江中下游干流及附属湖泊中。溯河洄游型刀鲚在海水中育肥生长, 在淡水中完成繁殖, 一般在春季从海区进入淡水, 沿长江口上溯至长江中下游干流及附属的湖泊中产卵繁殖^[2-3]。两种生态表型的刀鲚在栖息水域上有较大的重合, 形态特征上也具有相似性, 因此其分类鉴定也一直是相关研究工作的难点。

鄱阳湖为中国第一大淡水湖, 平水期的水域面积可达 3150 km², 纳赣江、修河、信江、饶河、抚河等支流在江西湖口汇入长江。鄱阳湖水生生物资源丰富, 仅记录到的鱼类就有 136 种^[4]。根据

历史资料, 鄱阳湖是洄游型刀鲚的重要产卵场之一, 产卵时间从 4 月一直持续到 8 月^[2]。20 世纪 90 年代以来, 由于过度捕捞、采砂等涉水活动, 鄱阳湖刀鲚的资源量急剧下降, 已不能形成渔汛, 部分年份在渔获物中“绝迹”^[5]。中国水产科学研究院长江水产研究所、九江市水产科学研究所等科研单位在鄱阳湖持续开展了鱼类资源调查与监测工作, 在 2019—2020 年的监测中, 发现刀鲚资源出现了一定的增长。本文报道了刀鲚鉴定和资源量变化的情况, 并对资源恢复的原因进行了初步分析。

1 材料与方法

1.1 抽样捕捞

抽样捕捞水域为鄱阳湖东岸的湖口县(中心坐标: 116°11′0.70″E, 29°37′7.24″N)、都昌县(中心

收稿日期: 2020-12-22; 修订日期: 2021-01-11.

基金项目: 农业农村部财政专项“长江流域渔业资源与环境调查”; 九江市科技计划项目“鄱阳湖刀鲚资源、产卵场调查与保护研究”。

作者简介: 吴金明(1984-), 男, 副研究员, 研究方向为濒危鱼类保护, E-mail: jinming@yfi.ac.cn; 共同第一作者, 李乐康(1992-), 女, 工程师, 研究方向为渔业资源, E-mail: 197043383@qq.com

通信作者: 危起伟, 研究员, 研究方向为濒危鱼类保护, E-mail: weiqw@yfi.ac.cn; 高小平, 高级工程师, 研究方向为渔业资源, E-mail: 407219499@qq.com

坐标: 116°7′42.24″E, 29°21′1.17″N)和西岸的濂溪区(中心坐标: 116°8′45.44″E, 29°40′20.67″N)、庐山市(中心坐标: 116°2′25.14″E, 29°15′40.20″N)、永修县(中心坐标: 116°10′54.11″E, 29°9′50.01″N)水域。5 个区域均属于鄱阳湖北部湖区, 为鄱阳湖入长江水道。北部湖区全长 65 km, 宽 3~14 km, 约占湖泊总面积的 1/5。北部湖区为刀鲚洄游通道和历史产卵场区域。捕捞网具为单层定置刺网, 网目 2 cm, 网长约 300 m, 网宽 1 m, 每次捕捞时间约 10 h。在 4—6 月开展抽样捕捞, 其中 2019 年捕捞 28 船次, 2020 年捕捞 38 船次。每次捕捞完毕后, 分种统计鱼类数量, 将目视上颌长大于头长的个体初步判定为刀鲚。

1.2 形态学鉴定

从初步判定为刀鲚的样本中, 随机抽取 112 尾样本进行形态学鉴定, 采用游标卡尺(Victor 5150, 优利德, 中国)测量头长(H , mm)、上颌长(S , mm)、全长(T , mm)、体重(W , g)等指标, 计算上颌长/头长(S/H)比。

1.3 分子生物学鉴定

由于鄱阳湖存在刀鲚(*C. nasus*)和短颌鲚(*C. brachygnathus*) 2 种, 上颌长/头长的比例关系并不足以区分两种^[6], 为了进一步判定采集的样本是否为刀鲚, 从形态学鉴定为刀鲚的样本群体中随机选取 22 个样本进行分子生物学鉴定。DNA 提取、PCR 扩增、目标基因片段的克隆和测序均由武汉天一辉远公司完成。扩增 *Cyt b* 基因的引物为通用引物 L14724 和 H15915。扩增线粒体控制区 D-loop 序列的引物参考唐文乔等^[7], 引物序列为 DF1 (5'-CTAACTCCCAAAGCTAGAATTCT-3') 和 DR2 (5'-ATCTTAGCATCTTCAGTG-3')。将序列同已发表的鄱阳湖刀鲚和短颌鲚的序列进行比对。*Cyt b* 参考序列选择 Ma 等^[8]中提供的鄱阳湖刀鲚的 8 个单倍型序列, GenBank 序列号详见附表 1。D-loop 参考序列选择唐文乔等^[7]的 6 尾鄱阳湖刀鲚和 7 尾鄱阳湖短颌鲚序列, GenBank 序列号详见附表 2。*Cyt b* 和 D-loop 序列分别通过 CLUSTAL 进行多重比对, 并在 SEAVIEW 软件^[11]中对序列辅以手工校正。系统发育分析通过 Mega 7 软件^[9-10]采用最大似然法(maximum likelihood, ML)和邻接

法(neighbor-joining, NJ)分别构建分子系统发育树。Bootstrap 置信度设置为 1000 次重复。

1.4 耳石微化学特征分析

刀鲚存在淡水定居和溯河洄游两种生态类型^[1]。为鉴别采集样本的生态类型, 从判定为刀鲚的样本中随机选取 5 个样本进行耳石的原位微量元素测试分析。测试在上海海洋大学完成, 分析采用 Agilent 7700 ICP-MS 及与之配套的 NEW-WAVE 213 激光剥蚀系统。LA-ICP-MS 激光剥蚀采样采用线扫的方式, 剥蚀直径为 30 μm , 频率为 6 Hz, 能量密度约为 6 J/cm², 线扫速度为 5 $\mu\text{m/s}$, 以高纯度氦气为载气。测试前先用 NIST 610 进行仪器调试, 使之达到最优状态。测样前后共接收 60 s 空白, 样品测试时间根据测试长度而定。每剥蚀 3~4 条线插入一组 NIST 610、NIST 612、MACS-3, 对元素含量进行计算。对分析数据的离线处理(包括对样品和空白信号的选择、仪器灵敏度漂移校正、元素含量计算)采用软件 ICPMSDataCal 完成, 数据校正以 NIST 612 做外标, 由于无法分析鱼耳石中 Ca 的绝对含量, 本次校正采用半定量校正。

2 结果与分析

2.1 样品的形态学鉴定

从 2019—2020 年采集的刀鲚样本中随机测量了 112 尾, 其全长(T)范围为 225~410 mm, 平均为(289±35) mm; 体重(W)范围为 30.4~185.2 g, 平均为(61.5±30.1) g。长颌长/头长(S/H)的范围为 1.00~1.46, 平均为 1.17±0.07。2019 年(50 尾)和 2020 年(62 尾)样本的长颌长/头长(S/H)不存在显著性差异($P>0.05$)(图 1), 根据长颌长/头长(S/H)的比例, 可以判定抽样样本为刀鲚。

2.2 样品的分子生物学鉴定

将 Ma 等^[8]发表的鄱阳湖刀鲚群体的 8 个 *Cyt b* 基因单倍型序列和 NCBI 数据库中短颌鲚的 11 个单倍型序列, 同本次调查的 22 尾个体的 *Cyt b* 序列一同构建系统发育树, ML 和 NJ 树的系统发育结果高度一致。22 尾个体的 *Cyt b* 序列与 Ma 等^[8]的鄱阳湖刀鲚群体的 4 个单倍型共同构成一个单系, 支持率高达 100%(图 2)。将唐文乔

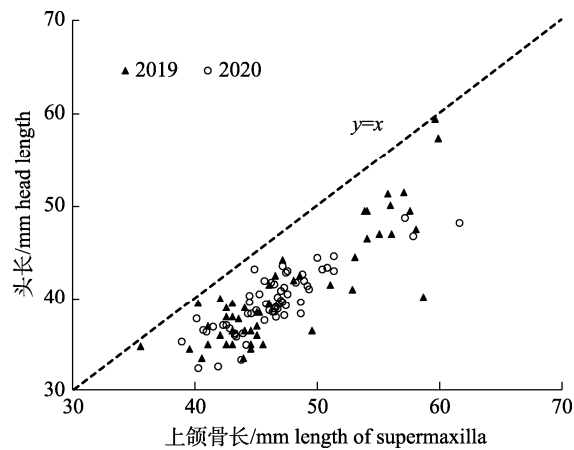


图 1 抽样样本上颌骨长与头长的关系(虚线为 $y=x$)
Fig. 1 The relationship between the supermaxilla and head length of samples (The dot line was $y=x$.)

等^[7]发表的鄱阳湖刀鲚和短颌鲚序列,同本次调查的 22 尾个体的 D-loop 序列一同构建系统发育树,ML 树和 NJ 树的系统发育结果高度一致。22 尾个体的 D-loop 序列和唐文乔等^[7]的 6 尾鄱阳湖刀鲚共同构成一个单系群,而 7 尾鄱阳湖短颌鲚单独构成单系群,支持率分别高达 100%(图 3)。分子生物学的结果确认抽样样本均为刀鲚,而非短颌鲚。

2.3 样品的洄游生活史

根据轩中亚等^[11]的研究结果,刀鲚在淡水生境中, Sr/Ca 比值一般小于 3; 在半咸水生境中, Sr/Ca 比值一般在 3~7; 在海水生境中, Sr/Ca 比值一般大于 7。本研究抽样检测的 5 尾样本均

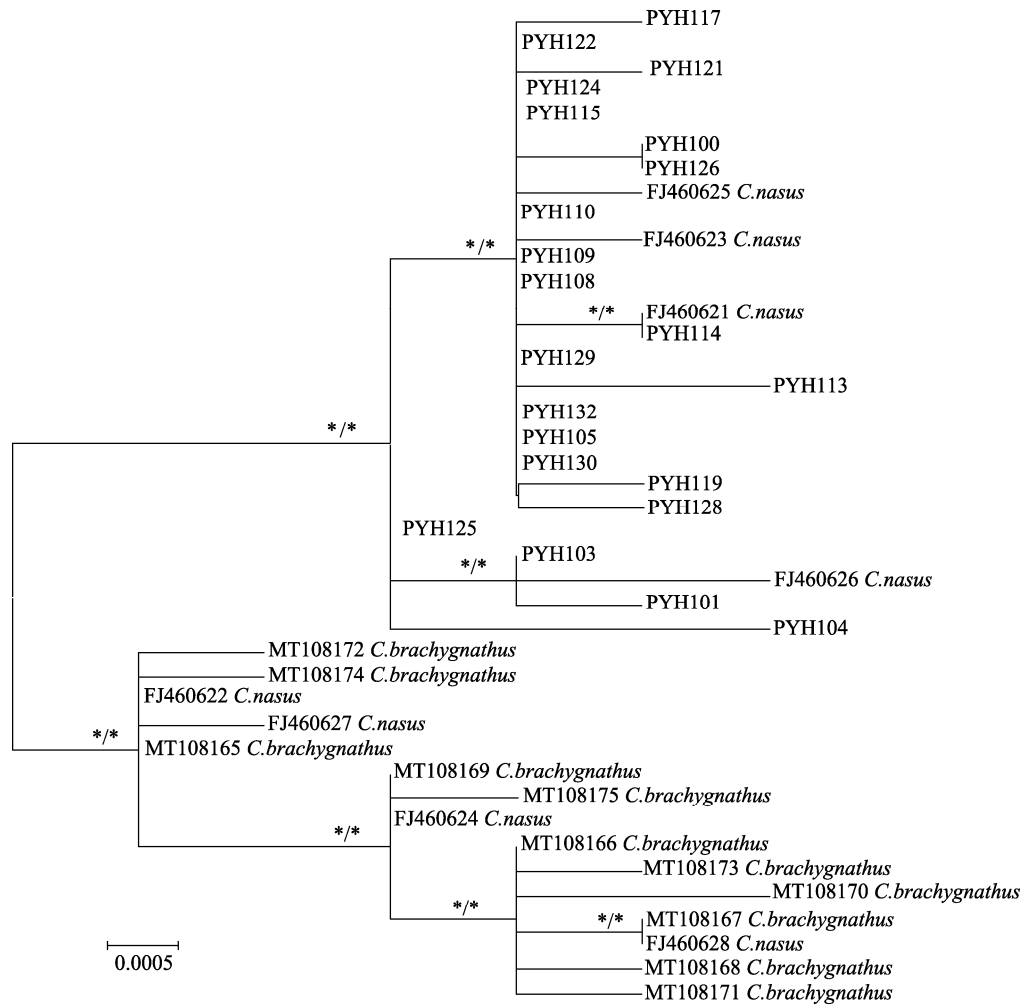


图 2 基于线粒体 Cyt b 全序列构建的鲚属鱼类的 ML 和 NJ 树
节点处的数字为 1000 次 bootstrap 检验的支持率, 100%支持率简写为*.

Fig. 2 Phylogeny tree of the genus *Coilia* based on mtDNA Cyt b sequence
The topology is based on maximum-likelihood (ML) and neighbor-joining (NJ) analyses.
Numbers at nodes are present recovery in bootstrap analysis (1000 replicates). * is the abbreviation of 100% support.

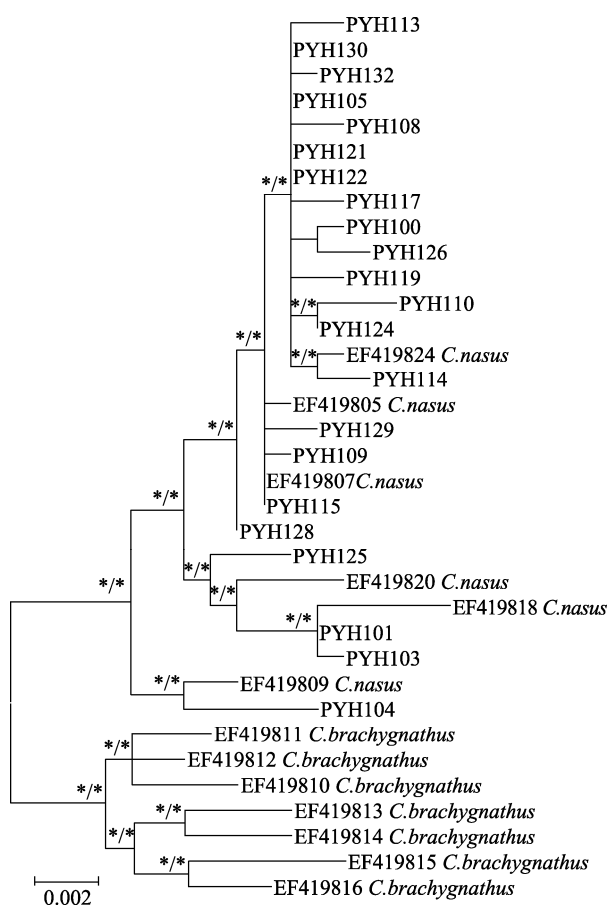


图 3 基于线粒体控制区 D-loop 全序列构建的鲚属鱼类的 ML 和 NJ 树

节点处的数字为 1000 次 bootstrap 检验的支持率, 100 支持率简写为*.

Fig. 3 Phylogeny tree of the genus *Coilia* based on the mitochondrial control region sequence

The topology is based on maximum-Likelihood (ML) and neighbor-joining (NJ) analyses. Numbers at nodes are present recovery in bootstrap analysis (1000 replicates).

* is the abbreviation of 100% support.

有 Sr/Ca 大于 3 的过程出现, 表明样本具有半咸水或海水履历, 为溯河洄游型。其中 108[#]样本表现出了比较规律的江海洄游的特性, 可分为 4 个阶段。第 1 阶段的范围为 0(即核心)~180 μm 径长, 该阶段 Sr/Ca 平均值为 2.48±1.08; 第 2 阶段的范围为 180~640 μm 径长, 该阶段 Sr/Ca 平均值为 5.64±1.92; 第 3 阶段的范围为 640~1130 μm 径长, 该阶段 Sr/Ca 平均值为 2.86±1.46; 第 4 阶段的范围为 1130 μm 径长至耳石边缘, 其 Sr/Ca 比值平均值为 4.49±1.60 (图 4)。第 1、3 和 2、4 阶段的 Sr/Ca 具有显著性差异($P<0.05$, Mann-Whitney U -test), 暗示该样本可能经历了 2 个江海洄游过程(表 1)。

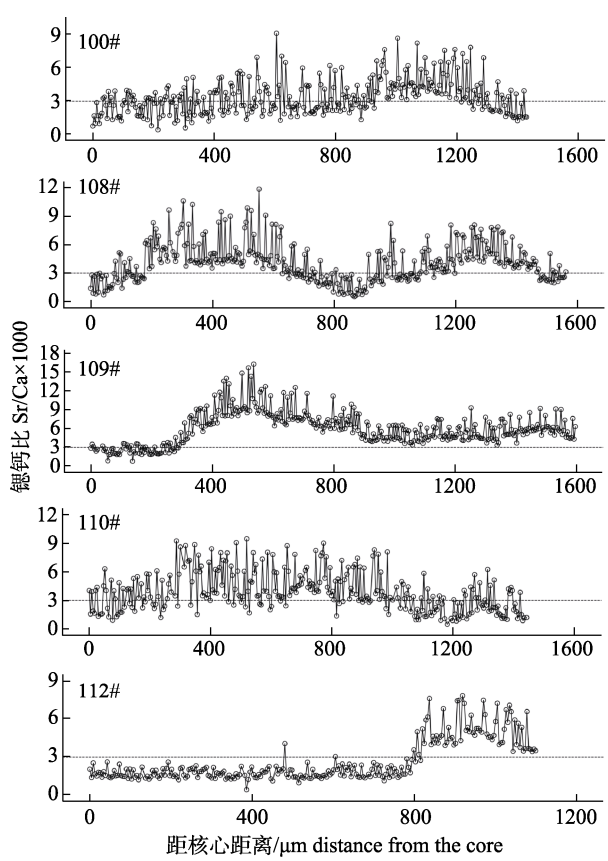


图 4 潘阳湖刀鲚抽样样本的锶钙比变化

Fig. 4 The fluctuation of Sr/Ca ratios of *Coilia nasus* samples in the Poyang Lake

表 1 潘阳湖刀鲚抽样样本耳石 Sr/Ca 动态参数

Tab. 1 Sr/Ca ratio and dynamic parameters in otoliths of *Coilia nasus* samples in the Poyang Lake

样本编号 sample no.	距核距离/μm distance from otolith core	探测点数量 detected point	锶钙比平均值 (×1000) average of Sr/Ca ratio
100 [#]	0-1430	326	3.38±1.56
108 [#]	0-180	43	2.48±1.08 ^a
	180-640	106	5.64±1.91 ^b
	640-1130	111	2.86±1.46 ^a
	1130-1570	101	4.49±1.60 ^c
109 [#]	0-280	62	2.60±0.71 ^a
	280-890	142	8.18±2.41 ^b
	890-1600	161	5.46±1.27 ^c
110 [#]	0-1450	307	3.91±2.04
112 [#]	0-790	181	1.74±0.43 ^a
	790-1100	72	4.95±1.30 ^b

注: 不同小写字母表示不同距离区间 Sr/Ca 差异显著($P<0.05$).
Note: Different lowercase letters indicate significant difference in Sr/Ca among difference distances at 0.05.

2.4 资源变动

根据鄱阳湖鱼类资源近年调查的文献数据和本次调查的结果,2010—2014年,刀鲚的平均单船捕捞量为 $1.6 \text{ ind/d}^{[4,12-13]}$,2017—2018年更是下降到了 $0.15 \text{ ind/d}^{[14]}$ 。从2019年开始,刀鲚资源呈现明显的恢复趋势,2019年单船捕捞量增长至 8.1 ind/d ,2020年激增至 142 ind/d (图5)。本研究结果表明,鄱阳湖的刀鲚资源开始出现明显恢复。

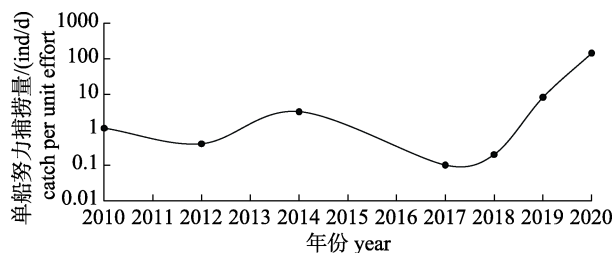


图5 2010—2020年鄱阳湖刀鲚的单船努力捕捞量
数据来源:2010年,杨少荣等^[4];2012年,贺刚等^[13];2014年,王生等^[12];2017—2018年,江西省水产科学研究所^[14];2019—2020,本研究。

Fig. 5 Catch per unit effort of *Coilia nasus* in the Poyang Lake from 2010 to 2020

Data source: 2010, Yang et al.^[4]; 2012, He et al.^[13]; 2014, Wang et al.^[12]; 2017—2018, Jiangxi Fisheries Research Institute^[14]; 2019—2020, this study.

3 讨论

3.1 专项捕捞取消和保护区禁捕对刀鲚资源恢复的作用

溯河洄游型刀鲚的经济价值高,为长江中下游重要的经济鱼类,历史上的捕捞量也相当可观。20世纪70年代,江苏省的捕捞量约为 1700 t/a ,至80年代下降到 $1500 \text{ t/a}^{[15]}$ 。80年代开始,由于捕捞、水工建设等人类活动影响,长江中下游洄游型刀鲚的产量迅速下降,90年代还能维持在 $900 \text{ t/a}^{[4]}$,而2011—2012年,年捕捞量不足 $10 \text{ t/a}^{[16]}$ (图6)。

大量的研究表明,过度捕捞是造成长江渔业资源衰退的重要因素^[17-19]。为了保护和恢复长江渔业资源,我国于2002年在长江中下游试行3个月的春季禁渔期制度;2003年起,春季禁渔期制度全面实施,长江中下游的禁渔期为4—6月;2015年开始,全江段调整为3—6月。这一禁渔期涵盖了大部分长江鱼类的繁殖期,对鱼类自然增

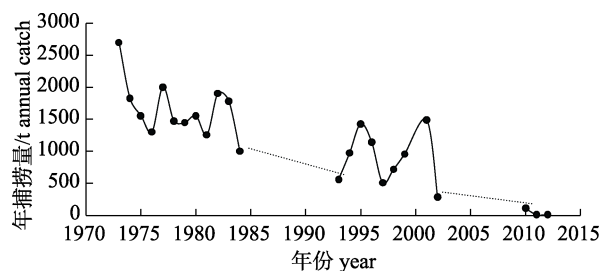


图6 长江下游刀鲚的年捕捞量

1973—1984年,1993—2002年和2010—2012年数据分别来源于袁传宓^[3],张敏莹等^[15]和刘凯等^[16]。

Fig. 6 Annual catch of *Coilia nasus* in the lower reaches of the Yangtze River

The data for 1973—1984, 1993—2002 and 2010—2012 are from Yuan^[3], Zhang et al.^[15] and Liu et al.^[16], respectively.

殖起到了一定的作用。但由于禁渔期较短,每年禁渔期结束后高强度的捕捞导致当年繁殖苗种不能形成有效的补充,从实施春禁后的渔业生产和科研监测数据来看,季节性禁渔期制度没有从根本上改变渔业资源持续衰退的趋势。于刀鲚而言,由于其经济价值高,即使在禁渔期内,限额捕捞在长江下游亦被允许。过高的捕捞压力造成了刀鲚资源的快速衰退,以至于其在鄱阳湖部分年份的商业捕捞中绝迹。

2019年,长江下游刀鲚等重要经济种的专项捕捞许可证制度取消^[20],减轻了刀鲚的捕捞压力。2020年1月1日开始,长江流域332个水生生物保护区全面禁捕^[21],长江中下游的许多保护区中包含了刀鲚的产卵场、索饵场和洄游通道等关键栖息地。例如长江刀鲚国家级水产种质资源保护区、长江扬中段暗纹东方鲀刀鲚国家级水产种质资源保护区、长江如皋段刀鲚国家级水产种质资源保护区等。保护区的全面禁捕进一步缓解了刀鲚群体的捕捞压力。代培等^[22]对2018年长江刀鲚国家级水产种质资源保护区(安庆段)的刀鲚资源监测和研究结果表明,随着下游河段逐渐停捕,保护区的资源密度及渔获规格均呈现上升趋势。在本研究中,鄱阳湖2019—2020年刀鲚的单船产量较历史数据有显著增加,推测专项捕捞制度的取消和保护区禁捕是鄱阳湖刀鲚资源恢复的重要原因。此外,从2021年1月1日开始,长江干流及重要支流将全面禁捕^[23],预测刀鲚等渔业资源的恢复效果将更加明显。

3.2 鄱阳湖刀鲚研究及保护建议

根据姜涛等^[1]的研究结果,在鄱阳湖栖息的刀鲚和短颌鲚均有溯河洄游和淡水定居 2 种生态类型。本研究从形态学、分子生物学和耳石微化学特征 3 个方面,证实了抽样检测的样本属于洄游性刀鲚。虽然抽样检测的数量不多,不能代表全貌,但至少证明洄游性刀鲚应在目前鄱阳湖鲚属资源中占据相当的比例。鉴于鲚属鱼类分类和生态型的复杂性,建议加强鄱阳湖鲚属鱼类分类学和生态学方面的研究,统一基于分子生物学的种类鉴定标准;利用耳石微化学特征、特异性寄生虫、标志放流追踪等方法研究其洄游生活史路线和过程。

鄱阳湖是目前长江水系现存的 3 个大型通江湖泊之一,对于溯河洄游型刀鲚繁殖的重要性不言而喻。根据 20 世纪 70 年代的调查结果,刀鲚在鄱阳湖中产卵场数量众多,分布在程家池、草湾湖、东湖等 20 余个子湖约 2000 hm² 水域^[2]。随着围湖开垦、挖沙等人类活动的影响,这些水域的生态环境已经发生了巨大的变迁,其环境条件可能已不再适合刀鲚产卵。因此,建议对目前刀鲚在鄱阳湖中的集中分布区开展环境调查,识别产卵场的位置、范围和环境条件,针对性地开展特别的保护措施(如繁殖期禁航、巡护、产卵场修复等),以促进长江刀鲚资源的恢复。

致谢: 本研究的耳石微化学特征分析得到了上海海洋大学李建华老师的协助和指导,谨致谢忱。

参考文献:

- [1] Jiang T, Liu H B, Xuan Z Y, et al. Classification of ecomorphotypes of *Coilia nasus* from the middle and lower reaches of the Yangtze River Basin[J]. Journal of Lake Sciences, 2020, 32(2): 518-527. [姜涛, 刘洪波, 轩中亚, 等. 长江中下游流域刀鲚(*Coilia nasus*)生态表型的划分[J]. 湖泊科学, 2020, 32(2): 518-527.]
- [2] *Coilia nasus* Resources Investigation Cooperation Group. Investigation report on *Coilia nasus* resources in the Yangtze River Basin[R]. 1977: 1-5. [长江流域刀鲚资源调查协作组. 长江流域刀鲚资源调查报告[R]. 1977: 1-5.]
- [3] Yuan C M. Changes in resources and population composition of *Coilia nasus* in the middle and lower reaches of the Yangtze River[J]. Chinese Journal of Zoology, 1988, 23(3): 12-15. [袁传宓. 长江中下游刀鲚资源和种群组成变动状况及其原因[J]. 动物学杂志, 1988, 23(3): 12-15.]
- [4] Yang S R, Li M Z, Zhu Q G, et al. Spatial and temporal variations of fish assemblages in Poyanghu Lake[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2015, 24(1): 54-64. [杨少荣, 黎明政, 朱其广, 等. 鄱阳湖鱼类群落结构及其时空动态[J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(1): 54-64.]
- [5] Poyang Lake has been banned from fishing for 14 years in spring, silverfish, *Hilsa herring* and saury are almost extinct[EB/OL]. (2015-03-23). <http://jx.sina.com.cn/news/b/2015-03-23/detail-ichmifpy1212524.shtml>. [鄱阳湖春季禁渔 14 年, 银鱼鲢鱼刀鲚等几近绝迹[EB/OL]. (2015-03-23). <http://jx.sina.com.cn/news/b/2015-03-23/detail-ichmifpy1212524.shtml>.]
- [6] Jiang T, Zhou X Q, Liu H B, et al. Two microchemistry patterns in otoliths of *Coilia nasus* from Poyang Lake, China[J]. 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[J]. 水产学报, 2013, 37(2): 239-244.]
- [7] 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[J]. 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[J]. 生物多样性, 2007, 15(3): 224-231.]
- [8] Ma C Y, Cheng Q Q, Zhang Q Y, et al. Genetic variation of *Coilia ectenes* (Clupeiformes: Engraulidae) revealed by the complete cytochrome b sequences of mitochondrial DNA[J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2010, 385(1-2): 14-19.
- [9] Galtier N, Gouy M, Gautier C. SEAVIEW and Phylo_Win: Two graphic tools for sequence alignment and molecular phylogeny[J]. Computer Applications in the Biosciences, 1996, 12(6): 543-548.
- [10] Kumar S, Stecher G, Tamura K. MEGA7: Molecular evolutionary genetics analysis version 7.0 for bigger datasets[J]. Molecular Biology and Evolution, 2016, 33(7): 1870-1874.
- [11] Xuan Z Y, Jiang T, Liu H B, et al. Are there still anadromous the estuarine tapertail anchovies *Coilia nasus* in Dongting Lake?[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2020, 44(4): 838-843. [轩中亚, 姜涛, 刘洪波, 等. 洞庭湖中是否存在溯河洄游型刀鲚[J]. 水生生物学报, 2020, 44(4): 838-843.]
- [12] Wang S, Fang C L, Zhou H M, et al. Changes in the fishing season and daily catch of *Coilia ectenes* in Poyang Lake[J]. Journal of Hydroecology, 2017, 38(6): 82-87. [王生, 方春林, 周辉明, 等. 鄱阳湖刀鲚的渔汛特征及渔获物分析[J]. 水生态学杂志, 2017, 38(6): 82-87.]
- [13] He G, Fang C L, Fu P F, et al. Effects of morphometric attributes on body weight of *Coilia ectenes* in Poyang Lake[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2015, 54(6): 1434-1436. [贺刚, 方春林, 傅培峰, 等. 鄱阳湖刀鲚形态性状对体质量的影响[J]. 湖北农业科学, 2015, 54(6): 1434-1436.]
- [14] Jiangxi Fisheries Research Institute. Poyang Lake fishery resources investigation report[R]. 2018: 1-29. [江西省水产科学研究所. 鄱阳湖渔业资源调查报告[R]. 2018: 1-29.]
- [15] Zhang M Y, Xu D P, Liu K, et al. Studies on biological characteristics and change of resource of *Coilia nasus* Schlegel in the lower reaches of the Yangtze River[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2005, 14(6): 694-698.

- [张敏莹, 徐东坡, 刘凯, 等. 长江下游刀鲚生物学及最大持续产量研究[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(6): 694-698.]
- [16] 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[J]. 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[J]. 生态学杂志, 2012, 31(12): 3138-3143.]
- [17] Xu D P, Liu K, Zhang M Y, et al. Interannual variation of the fish community composition in Anqing and Changshu section in the lower reaches of the Changjiang River[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2013, 22(9): 1156-1164. [徐东坡, 刘凯, 张敏莹, 等. 2003~2010年长江下游两江段鱼类群落结构特征的年际变动[J]. 长江流域资源与环境, 2013, 22(9): 1156-1164.]
- [18] Zhang H, Wu J M, Gorfine H, et al. Inland fisheries development versus aquatic biodiversity conservation in China and its global implications[J]. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 2020, 30(4): 637-655.
- [19] Cao W X. Several issues concerning the protection of fish resources in the Yangtze Basin[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2008, 17(2): 163-164. [曹文宣. 有关长江流域鱼类资源保护的几个问题[J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17(2): 163-164.]
- [20] Notice on adjusting the management system of special fishing in the Yangtze River Basin[EB/OL]. (2018-12-29). http://www.moa.gov.cn/gk/zcfg/gfxwj/201812/t20181229_6165854.htm. [农业农村部关于调整长江流域专项捕捞管理制度的通告[EB/OL]. (2018-12-29). http://www.moa.gov.cn/gk/zcfg/gfxwj/201812/t20181229_6165854.htm.]
- [21] Notice of the aquatic reserves list which first to completely ban the fishing in the Yangtze River Basin[EB/OL]. (2017-12-20). http://www.moa.gov.cn/nybg/2017/201712/201802/t20180202_6136343.htm. [农业部关于公布率先全面禁捕长江流域水生生物保护区名录的通告[EB/OL]. (2017-12-20). http://www.moa.gov.cn/nybg/2017/201712/201802/t20180202_6136343.htm.]
- [22] Dai P, Yan Y, Zhu X Y, et al. Status of *Coilia nasus* resources in the National Aquatic Germplasm Resources Conservation Area in the Anqing Section of the Yangtze River[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2020, 27(11): 1267-1276. [代培, 严燕, 朱孝彦, 等. 长江刀鲚国家级水产种质资源保护区(安庆段)刀鲚资源现状[J]. 中国水产科学, 2020, 27(11): 1267-1276.]
- [23] Notice on the area and time of fishing ban in the key waters of the Yangtze River Basin[EB/OL]. (2019-12-27). http://www.cjyzbgs.moa.gov.cn/tzgg/201912/t20191227_6334009.htm. [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). http://www.cjyzbgs.moa.gov.cn/tzgg/201912/t20191227_6334009.htm.]

Species identification and resource dynamics of *Coilia nasus* in the Poyang Lake

WU Jinming¹, LI Lekang², CHENG Peilin¹, ZHANG Hui¹, YANG Haile¹, LIU Zhigang¹, GAO Xiaoping², WEI Qiwei¹

1. Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuhan 430223, China;

2. Jiujiang Fisheries Research Institute, Jiujiang 332000, China

Abstract: From 2019 to 2020, a large number of *Coilia* fish samples were collected during a fish resource survey carried out in Poyang Lake, Jiangxi Province, China. Morphological and molecular biological methods were used to identify these samples. Of the 112 randomly measured samples, the supermaxilla was significantly longer than the head, and the ratio of the supermaxilla/head was 1.00 to 1.46, with an average of 1.17 ± 0.07 . D-loop sequence and Cyt *b* sequence analysis was used to compare 22 samples, and the results confirmed that the collected samples were *Coilia nasus*. The microchemical characteristics of five otolith samples were measured, and the results showed that the ratio of strontium to calcium (Si/Ca) of the otoliths was greater than 3, indicating that the samples were anadromous *C. nasus*. In 2019 and 2020, the catch per unit effort of *C. nasus* in the Poyang Lake reached 8.1 ind/d and 142 ind/d, respectively. This increase is significant compared with historical data. The recovery of *C. nasus* resources in Poyang Lake shows that the Fishing Ban in the Yangtze River and the *C. nasus* fishing permit cancellation achieved positive results. Additional investigation of the spawning grounds and habitat protection are recommended to further promote the recovery of *C. nasus* resources in the Poyang Lake.

Key words: *Coilia nasus*; Poyang Lake; Fishing Ban Policy; fish resource

Corresponding author: WEI Qiwei, E-mail: weiqw@yfi.ac.cn; GAO Xiaoping, E-mail: 407219499@qq.com

附表 1 本研究用于 Cyt b 系统发育分析的所有物种序列
Append. 1 All species gene sequences for Cyt b phylogenetic analysis in this study

物种名称 species	GenBank 编号 GenBank no.	总长度/bp total length	样本来源 sample collection	文献来源 reference
<i>Coilia nasus</i>	FJ460621	1140	江西鄱阳湖	[8]
<i>Coilia nasus</i>	FJ460622	1140	江西鄱阳湖	[8]
<i>Coilia nasus</i>	FJ460623	1140	江西鄱阳湖	[8]
<i>Coilia nasus</i>	FJ460624	1140	江西鄱阳湖	[8]
<i>Coilia nasus</i>	FJ460625	1140	江西鄱阳湖	[8]
<i>Coilia nasus</i>	FJ460626	1140	江西鄱阳湖	[8]
<i>Coilia nasus</i>	FJ460627	1140	江西鄱阳湖	[8]
<i>Coilia nasus</i>	FJ460628	1140	江西鄱阳湖	[8]
<i>Coilia brachygnathus</i>	MT108165	1141		NCBI direct submission
<i>Coilia brachygnathus</i>	MT108166	1141		NCBI direct submission
<i>Coilia brachygnathus</i>	MT108167	1141		NCBI direct submission
<i>Coilia brachygnathus</i>	MT108168	1141		NCBI direct submission
<i>Coilia brachygnathus</i>	MT108169	1141		NCBI direct submission
<i>Coilia brachygnathus</i>	MT108170	1141		NCBI direct submission
<i>Coilia brachygnathus</i>	MT108171	1141		NCBI direct submission
<i>Coilia brachygnathus</i>	MT108172	1141		NCBI direct submission
<i>Coilia brachygnathus</i>	MT108173	1141		NCBI direct submission
<i>Coilia brachygnathus</i>	MT108174	1141		NCBI direct submission
<i>Coilia brachygnathus</i>	MT108175	1141		NCBI direct submission

附表 2 用于 D-loop 系统发育分析的所有物种序列
Append. 2 All species gene sequences for D-loop phylogenetic analysis in this study

物种名称 species	GenBank 编号 GenBank no.	总长度/bp total length	样本来源 sample collection	文献来源 reference
<i>Coilia nasus</i>	EF419805	1252	上海九段沙	[7]
<i>Coilia nasus</i>	EF419807	1252	上海九段沙	[7]
<i>Coilia nasus</i>	EF419809	1252	上海九段沙	[7]
<i>Coilia nasus</i>	EF419818	1290	江苏靖江	[7]
<i>Coilia nasus</i>	EF419820	1252	上海九段沙	[7]
<i>Coilia nasus</i>	EF419824	1290	江苏靖江	[7]
<i>Coilia brachygnathus</i>	EF419810	1214	江西鄱阳湖	[7]
<i>Coilia brachygnathus</i>	EF419811	1214	江西鄱阳湖	[7]
<i>Coilia brachygnathus</i>	EF419812	1252	江西鄱阳湖	[7]
<i>Coilia brachygnathus</i>	EF419813	1252	江西鄱阳湖	[7]
<i>Coilia brachygnathus</i>	EF419814	1252	江西鄱阳湖	[7]
<i>Coilia brachygnathus</i>	EF419815	1248	江西鄱阳湖	[7]
<i>Coilia brachygnathus</i>	EF419816	1249	江西鄱阳湖	[7]