

DOI: 10.12264/JFSC2021-0412

长江口刀鲚繁殖群体组成及繁殖性能

宋超^{1,3}, 李亚鸽^{1,2}, 赵峰^{1,2,3}, 刘若晖^{1,2}, 冯广朋^{1,3}, 黄晓荣^{1,3}, 庄平^{1,2,3}

1. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 农业农村部东海与长江口渔业资源环境科学观测实验站, 上海 200090;
2. 上海海洋大学, 水产科学国家级实验教学示范中心, 上海 201306;
3. 上海长江口渔业资源增殖与生态修复工程技术研究中心, 上海 200090

摘要: 为查明当前长江口刀鲚(*Coilia nasus*)繁殖群体组成及其繁殖性能, 2021 年于长江口刀鲚汛期的 4—6 月在长江口南支水域采集生殖洄游的刀鲚繁殖群体样本 144 尾, 分析了其个体大小、性比、性腺发育分期、条件因子(K_n)、性体指数(GSI)和繁殖力(F)。结果显示, 采集样本的平均全长(TL)和体重(BW)分别为(318±34) mm 和(97.16±32.05) g, 其中, 于 4 月采集的个体最大。繁殖群体中, 雌性占优, 雌雄性比为 8 : 1。在雌性个体中, 不同月份性腺发育期组成不同, 其中 4 月以卵巢发育至 II 期个体为主。 K_n 在不同长度组和不同月份间基本一致, 其值接近或大于 1。GSI 从 4 月至 6 月随着性腺不断发育成熟而逐渐增加, 6 月最高。所选成熟个体的繁殖力从 29908 到 74041 粒不等, 平均值为(51073±11302)粒。繁殖力与全长、体重、性腺重均存在正相关关系, 其中繁殖力与性腺重的相关性最高($R^2=0.619$), 其次为全长和体重。本研究结果可用于判定当前长江口刀鲚繁殖群体的整体状况, 为后期针对该物种的保护以及管理政策制定和规划调整提供理论依据。

关键词: 长江口; 刀鲚; 繁殖性能; 条件因子; 性体指数

中图分类号: S931

文献标志码: A

文章编号: 1005–8737–(2022)07–0951–09

刀鲚(*Coilia nasus*)隶属鲱形目(Clupeiformes), 鲱科(Engraulidae), 鲚属(*Coilia*), 俗称刀鱼、鲚鱼、毛鲚、野毛鲚, 主要分布于中国、朝鲜半岛和日本, 在我国主要产于东海和黄渤海, 以及长江、钱塘江、淮河等各通海江河及其附属水体, 其中长江口是刀鲚重要的洄游通道^[1]。刀鲚产量高, 易捕捞, 曾是长江口重要的经济鱼类, 但随着工程建设、环境污染和过度捕捞等影响, 长江刀鲚资源濒临灭绝, 故近年来开展了大量关于刀鲚基础生物学^[2–3]、繁殖与养殖^[4–5]、遗传多样性^[6–7]、洄游习性^[8–9]和资源保护与管理^[10–11]等物种保护相关研究。

为了更好地保护长江刀鲚资源, 自 2021 年起长江已实施全年禁捕, 但目前仍不清楚长江口刀

鲚繁殖群体的状况。鱼类规格大小、性比、性腺成熟度、条件因子(condition factor, K_n)、繁殖力(fecundity, F)、性体指数(gonadosomatic index, GSI)等是反映鱼类繁殖性能的重要指标。其中, 条件因子通常用于分析自然环境中鱼类的健康状况^[12], 繁殖力评估是鱼类种群动力学研究的基础^[13], 性体指数是描述性腺相对大小的指标, 能够反映性腺发育的周年变化过程^[14]。鱼体规格大小可用于反映捕捞和环境退化对鱼类资源的影响状况^[15], 对于相同规格长度的鱼, 通常认为体重较大的更健康, 因为体重与能量密度成正相关, 额外的重量意味着额外的能量储备^[16]。刀鲚作为一种洄游性鱼类, 需要从近海经长江口上溯洄游产卵, 能量储备对其顺利完成产卵过程极其重要^[16–17], 故

收稿日期: 2021-08-31; **修订日期:** 2021-11-04。

基金项目: 上海市科技兴农项目(2019-02-08-00-07-F01129); 中国水产科学研究院基本科研业务费专项资金项目(2020TD13); 上海市科学技术委员会科研计划项目(21DZ1201700); 上海市优秀学术带头人计划项目(21XD1405000)。

作者简介: 宋超(1980–), 男, 博士, 副研究员, 从事渔业资源保护和生态修复研究。E-mail: songc@ecsf.ac.cn

通信作者: 赵峰, 研究员, E-mail: zhaof@ecsf.ac.cn; 庄平, 研究员, E-mail: pzhuang@ecsf.ac.cn

通过对洄游至长江口的刀鲚繁殖群体组成及繁殖性能研究, 评估目前长江口刀鲚繁殖群体的健康状况。当前, 通过掌握洄游至长江口刀鲚群体的繁殖生物学特性及健康状况, 可用于探讨其上溯洄游能力及可到达的产卵场分布区域, 为更好地保护刀鲚资源及其产卵场提供基础资料和理论依据, 并为后期针对该物种的监管以及管理政策制定和规划调整提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 材料

2021 年于长江口刀鲚汛期的 4—6 月, 在长江口南支水域利用流刺网进行采样调查(图 1), 网具规格为长 150 m, 宽 12 m, 网目 4 cm, 采样持续时间 3 h。4—6 月依次从所采渔获物中随机选取刀鲚样本 40 尾、58 尾和 46 尾, 共 144 尾。样本采集后运送至实验室测量全长(total length, TL)、体重(body weight, BW)和性腺重(gonad weight, GW)等常规生物学指标, 长度精确到 1 mm, 重量精确到 0.01 g。

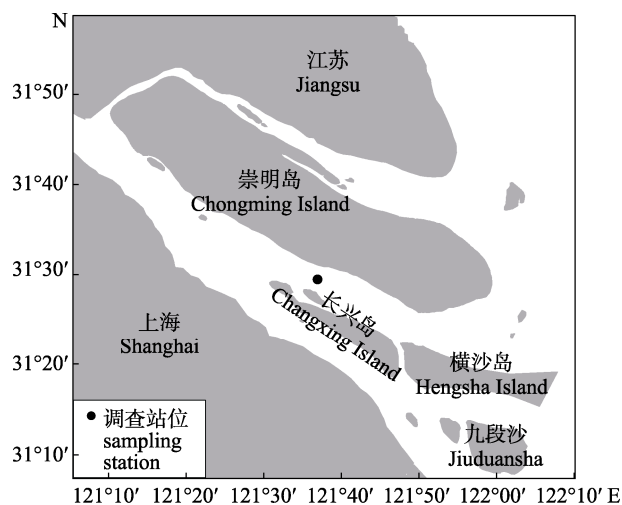


图 1 长江口刀鲚调查位点
Fig. 1 Sampling station for *Coilia nasus* from the Yangtze Estuary

1.2 样品处理

参照徐钢春等^[18-19]的方法, 依据性腺的形态学特征鉴定性别, 并判定性腺发育分期。其中, 雌雄性比通过将雌性样本数量除以雄性样本数量来计算。性体指数(GSI, %)参照文献[20-21]的公式

计算: $GSI(\%) = (GW/BW) \times 100$, 式中, BW 为体重(g), GW 为性腺重(g), 雌雄的性腺重分别为卵巢和精巢重量。

1.3 条件因子

条件因子(K_n)按以下公式进行计算^[22-23], $K_n = BW / (aTL^b)$

式中, BW 为体重(g), TL 为全长(mm), a 和 b 为拟合系数。

1.4 繁殖力

繁殖力(F)采用重量分析法测定^[24]。从每个卵巢的前、中和后部分别采集子样并称重(g), 然后统计每个子样的卵数量(粒), 采用下列公式进行计算^[13-14]: $F = (n/w) \times GW$, 式中 n 为子样中的卵数量(粒), w 为子样的重量(g), GW 为性腺重(g)。

1.5 数据处理

使用 χ^2 检验估计计性比与预期比例 1:1 的差异性。方差分析(ANOVA)用于比较不同规格间和不同月份间 K_n 差异和不同月份间 GSI 差异。独立样本 T 检验用于比较相同月份不同性别间 GSI 差异。 $P < 0.05$ 时, 表示差异显著。所有统计分析均使用 IBM SPSS Statistics 22.0 软件, 描述性统计值使用平均值 $\pm$ 标准差 ($\bar{x} \pm SD$) 表示, 制图用 ArcGIS 10.0 和 Origin 8.0 软件完成。

2 结果与分析

2.1 全长和体重的组成

本研究中刀鲚样本全长和体重组成如图 2 所示, 不同月份全长和体重均呈正态分布。所采样本的全长范围为 223~400 mm, 均值为 (318 ± 34) mm, 优势全长组为 280~360 mm, 占样本总数的 80.6%。不同月份全长分布比较, 4 月的全长规格最大, 其中有 37.5% 的个体分布在 340~360 mm 的范围内, 而 5 月和 6 月的全长相对偏小, 5 月和 6 月均有 60% 以上的个体分布在 280~340 mm 范围内(图 2a)。所采样本的体重为 24.92~192.91 g, 均值为 (97.16 ± 32.05) g, 优势体重组为 60~140 g, 占样本总数的 78.5%。不同月份体重分布比较, 4 月的体重最大, 其中有 27.5% 的个体分布在 120~140 g, 而 5 月和 6 月的体重相对偏小, 5 月和 6 月均有 65% 以上的个体分布在 60~120 g(图 2b)。

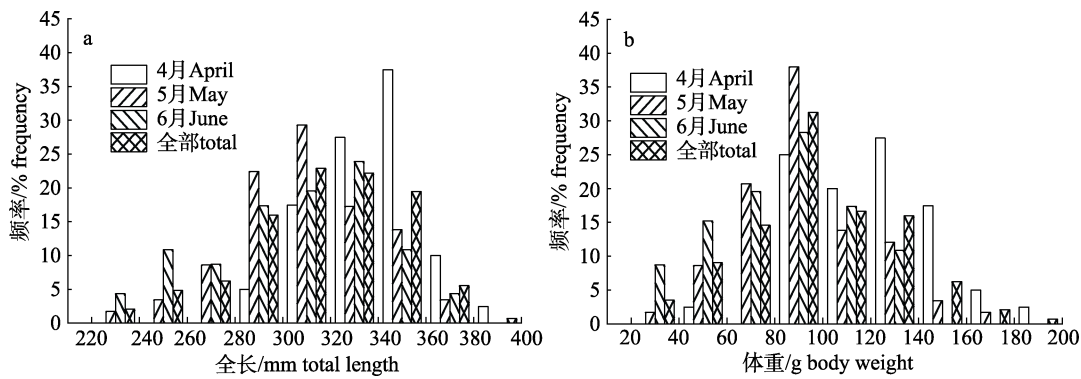


图 2 长江口刀鲚繁殖群体全长(a)和体重(b)频率分布

Fig. 2 Total length (a) and body weight (b) frequency distribution of *Coilia nasus* reproducing population from the Yangtze Estuary

本研究中, 最大规格个体为来自 4 月的雌性样本, 其全长为 400 mm, 体重为 192.91 g。

2.2 性比的组成

从表 1 可知, 在 144 尾样本中, 有 128 尾雌性个体, 占比为 88.9%, 有 16 尾雄性个体, 占比为 11.1%, 雌性个体数量占优。从不同月份雌雄性比来看, 从 4 月至 6 月雌雄性比逐渐升高, 雌性占比不断增加, 其中 4 月的性比最低, 6 月最高, 不同月份均是雌性数量占优。4 月至 6 月全部个体的

雌雄性比为 8 : 1, 可见, 在采样周期内长江口刀鲚繁殖群体组成以雌性个体为主。

2.3 性腺分期的组成

不同月份雌性繁殖群体的性腺发育分期组成存在差异(图 3), 其中 4 月以卵巢发育至 II 期个体为主, 占 73.5%, 5 月以 IV 期为主, 占 36.5%, 6 月以 III 期和 IV 期为主, 分别占 59.5%和 35.7%。可见, 4 月洄游至长江口的繁殖群体以卵巢发育至 II 期的个体为主。

表 1 不同月份长江口刀鲚雌雄群体组成

Tab. 1 Female and male population composition of *Coilia nasus* from the Yangtze Estuary during different months

月份 month	雌性 female				雄性 male				性比 sex ratio (F : M)	χ^2	自由度 df	P
	数量 number	范围/mm range	平均值/mm mean	标准差 SD	数量 number	范围/mm range	平均值/mm mean	标准差 SD				
4 月 April	34	281~400	341	26	6	303~354	326	20	5.7 : 1	11.03	1	0.001
5 月 May	52	219~372	313	32	6	252~319	284	24	8.7 : 1	21.46	1	0.000
6 月 June	42	223~376	309	37	4	258~308	281	21	10.5 : 1	18.72	1	0.000
全部 total	128	219~400	319	35	16	252~354	299	30	8 : 1	51.14	1	0.000

注: 范围和平均值数据均指全长(TL), 性比指雌性/雄性数量比值。

Note: Range and mean data refer to total length (TL), sex ratio is females/males (F/M).

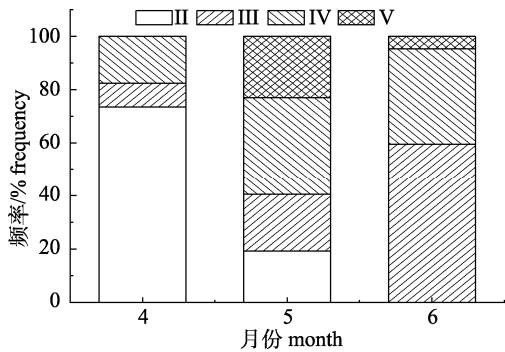


图 3 长江口刀鲚卵巢发育分期的月份变化

Fig. 3 Variation of ovaries development stages of *Coilia nasus* from the Yangtze Estuary during different months

2.4 条件因子

从不同规格组的条件因子来看(表 2), 全长 241~260 mm 和 281~300 mm 组的条件因子略低, 分别为 0.9996 ± 0.1185 和 0.9996 ± 0.1188 , 而 341~360 mm 组的条件因子最高, 为 1.0003 ± 0.1677 。比较不同月份组的条件因子(表 2), 从 4 月至 6 月略有降低, 其中 4 月条件因子最高, 为 0.9994 ± 0.0827 , 6 月最低, 为 0.9994 ± 0.0827 。对不同组内的条件因子进行比较, 不同规格和不同月份间均无显著性差异($P>0.05$)。整体来看, 不同规格和不

表 2 不同规格和不同月份长江口
刀鲚繁殖群体的条件因子

Tab. 2 Condition factor of *Coilia nasus* from the Yangtze Estuary in relation to size and month

组别 group	数量 number	平均值 /mm mean	标准差 SD	b 的 95% 置信区间 95% CI of b	P
全长规格/mm TL size					
<241	3	1.0000	0.0536	-43.13, 54.78	0.372
241–260	7	0.9996	0.1185	-4.69, 11.67	0.322
261–280	9	1.0000	0.0933	-5.55, 2.84	0.470
281–300	23	0.9996	0.1188	1.80, 6.91	0.002
301–320	33	1.0000	0.0952	-1.36, 2.50	0.549
321–340	32	1.0001	0.1225	1.05, 5.63	0.006
341–360	28	1.0003	0.1677	0.20, 8.57	0.041
>360	9	1.0000	0.0820	1.20, 6.48	0.011
月份 month					
4 月 April	40	0.9994	0.0827	2.62, 3.28	0.000
5 月 May	58	0.9949	0.1571	1.99, 3.07	0.000
6 月 June	46	0.9928	0.0895	2.74, 3.25	0.000
全部 total	144	0.9957	0.1286	2.71, 3.19	0.000

同月份的条件因子均接近或大于 1, 说明长江口刀鲚繁殖群体健康状况良好。

2.5 性体指数

图 4 为不同月份雌雄个体性体指数变化情况, 不同月份雌性的 GSI 均高于雄性, 其中 5 月和 6 月雌性的 GSI 显著高于雄性($P<0.05$)。从 4 月至 6 月, 雌雄性体指数均依次升高, 其中, 雌性个体的 GSI 从 4 月至 6 月依次显著性增加($P<0.05$), 而 6 月雄性个体的 GSI 显著高于 5 月和 4 月的 GSI ($P<0.05$)。可见, 从 4 月至 6 月, 随着性腺发育的成熟和成熟个体的比例增加, GSI 逐渐升高。

2.6 繁殖力

从所采样品中随机选取 28 尾性腺发育至 IV 期的样本进行繁殖力统计, 其规格为全长 290~358 mm, 体重 60.38~139.44 g, 通过全长与体重幂函数拟合, 所选样本为等速生长(图 5a)。在所统计的 28 尾样本中, 繁殖力范围从 29908 粒到 74041 粒, 平均值为(51073±11302)粒。每 100 g 体重的繁殖力范围为 36173~77952 粒, 平均值为(53934±11875)粒。对繁殖力与全长、体重和性腺重指标进行拟合, 其中繁殖力与全长和性腺重呈幂函数相关(图 5b, 图 5d), 与体重呈线性相关(图

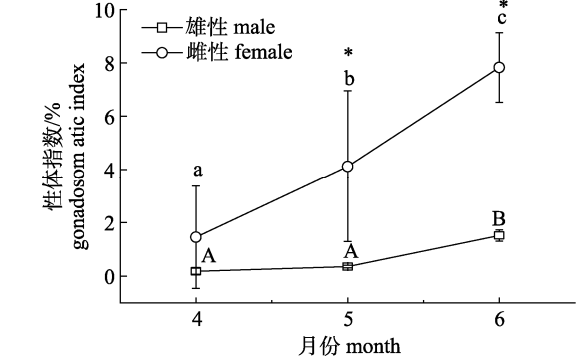


图 4 长江口刀鲚繁殖群体性体指数月份变化
小写字母表示雌性性体指数不同月份间的差异, 大写字母表示雄性性体指数不同月份间的差异, *表示同一月份性体指数在雌雄性别间的差异显著, 垂直线表示标准差。

Fig. 4 Gonadosomatic index (GSI) variations of *Coilia nasus* reproducing population from the Yangtze Estuary in different months
Small letters indicate the difference of female GSI between different months; Capital letters indicate the difference of male GSI in different months; * indicates the significant difference in GSI between female and male in the same month; Vertical bars are standard deviations (SD).

5c), 繁殖力与上述指标间均存在正相关。拟合结果表明, 随着全长、体重和性腺重的增加, 繁殖力均呈现出增加趋势, 其中性腺重与繁殖力的相关性最高($R^2=0.619$), 其次为与全长和体重。

3 讨论

3.1 长江口刀鲚繁殖群体组成

性比是种群繁殖力的重要决定因素之一, 从刀鲚汛期 4—6 月长江口刀鲚繁殖群体的雌雄性比组成来看, 不同月份均是以雌性占优, 在对其他鱼类繁殖群体的研究中也发现了类似特点^[13,25]。繁殖群体中雌性占优可能是一种维持种群数量的繁殖策略^[26]。雌性个体的数量关系到种群繁殖力的大小, 雌性个体数量上的优势使得种群具有较大的繁殖潜力^[13]。

对于不同规格大小的鱼, 其繁殖性能不同。本研究中, 洄游至长江口的刀鲚繁殖群体个体规格较大, 其体长为 203~370 mm, 平均体长为 292 mm, 尤其以 4 月的个体规格最大, 以体长 256~370 mm, 平均体长 312 mm 的 3~4 龄个体为主, 其中最大规格体长为 370 mm, 体重为 192.91 g。本研究中, 刀鲚繁殖群体最大规格已明显高于 20 世纪 80 年代后期以来的小型化个体, 略大于 1973

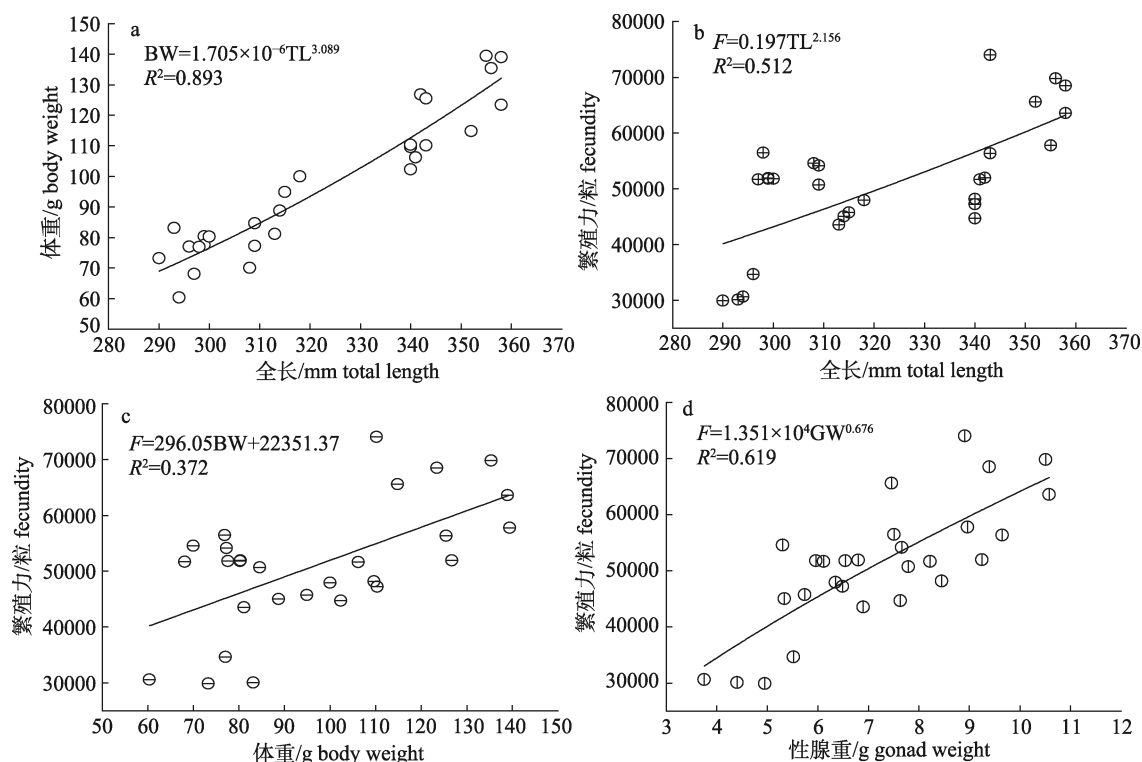


图 5 长江口刀鲚繁殖群体全长、体重、性腺重、繁殖力间的拟合关系

a. 全长-体重; b. 全长-繁殖力; c. 体重-繁殖力; d. 性腺重-繁殖力。

Fig. 5 Fitting relationship among total length (TL), body weight (BW), gonad weight (GW), fecundity (F) of *Coilia nasus* reproducing population from the Yangtze Estuary

a. Total length-body weight (TL-BW); b. Total length-fecundity (TL-F);

c. Body weight-fecundity (BW-F); d. Gonad weight-fecundity (GW-F).

年捕获的最大规格个体(体长 370 mm, 体重 178 g)^[1]。通过不同月份洄游群体的规格比较, 大规格个体最先通过长江口上溯洄游, 该特点与对凤鲚(*Coilia mystus*)洄游群体的研究结果类似^[27]。

从性腺发育来看, 4 月洄游至长江口的刀鲚繁殖群体, 以卵巢发育至 II 期个体为主, 这与以往调查结果一致^[1]。综合不同月份洄游群体的规格大小和性腺发育期来看, 4 月以大规格性腺发育至 II 期的个体为主。大规格性腺发育至 II 期的个体首先通过长江口上溯洄游, 这与洄游过程对能量的需求有关。刀鲚洄游过程的能量主要来源是脂肪^[16], 中性腺发育至 II 期的刀鲚其躯干脂肪总量达 97.73%^[27], 个体越大能量密度越高, 个体大小是保证刀鲚长距离洄游的关键^[16], 大量的能量储备可满足其长距离上溯洄游活动以及性腺发育的能量需求^[28]。综上所述, 大规格的繁殖群体首先通过长江口上溯洄游, 该结果与以前对安庆段刀鲚的研究结果不同, 以前研究中最先洄游至

安庆段的刀鲚以小规格低龄群体为主, 原因是以前刀鲚自长江口向上洄游过程中, 历经了重重捕捞, 大规格的高龄个体已很难到达长江安庆段^[3]。本研究结果表明, 长江禁捕后大规格繁殖群体可以顺利通过长江口进行上溯洄游。

3.2 长江口刀鲚繁殖性能

条件因子是鱼类健康状态的重要衡量指标, 通过条件因子研究可以反映鱼类生长、繁殖和存活等生态状况^[29]。本研究中, 不同规格和不同月份刀鲚繁殖群体的平均条件因子均接近或大于 1, 表明繁殖期洄游至长江口的刀鲚群体生理状态稳定^[30]。通过分析条件因子与 1 的偏差可以反映鱼类在野外环境中获取饵料情况^[22,30]。本研究中, 所有样本的规格均较大, 其平均体长为 292 mm。已有研究表明, 体长 250 mm 以上的刀鲚主要摄食鱼类和虾类, 故洄游至长江口的刀鲚繁殖群体可在河口通过摄食鱼虾类获取丰富的营养^[1,31-32]。目前, 长江口刀鲚繁殖群体的健康状况

良好,这与长江禁捕后保证了其更大规格的个体可以上溯洄游及在长江口水域可以获得丰富的饵料供应相关,故该物种稳定的生理条件与当前其能够获得更多饵料供应相适应。

GSI 可有效地反映硬骨鱼类繁殖过程中性腺的发育变化过程^[33]。在繁殖季节开始后,GSI 会随着性腺不断成熟而增加^[26],且在性腺成熟过程中,雌性的 GSI 远高于雄性,这意味着雌性的性腺被分配了更大比例的身体储备,该特点也出现在其他鱼类中^[33-34]。本研究,从 4 月至 6 月雌雄群体的 GSI 均呈现出逐渐增加的趋势,该结果与不同月份发育期组成变化一致,表明 4 月至 6 月长江口刀鲚繁殖群体的性腺不断发育成熟。

繁殖力体现了物种或种群对环境的适应性特征,其与鱼的体长、体重等指标密切相关,一般随着体长、体重的增加而增加^[35]。长江口刀鲚性成熟最小型为 2 龄,繁殖盛期一般在 4 月下旬至 5 月底^[1]。本研究中,采样时间为 4 月至 6 月,所分析样品的规格较大,其体长为 265~331 mm,均为 2 龄以上的成熟个体。本研究中繁殖群体的规格较大,其繁殖力也明显地大于以往研究中小规格个体的繁殖力^[36]。通过对全长和体重分别与繁殖力进行拟合,繁殖力与全长呈幂函数相关,与体重呈线性相关,该拟合结果与以往研究类似^[37]。本研究中,相同规格的个体其繁殖力也有不同,繁殖力还与卵巢大小相关。通过卵巢重与繁殖力进行拟合发现,随着卵巢重增加,繁殖力也呈现出增加的趋势。综合来看,长江口刀鲚的繁殖力与全长、体重和卵巢重之间均存在正相关,其中与卵巢重相关性最显著,这在其他鱼类的研究中也类似^[38]。繁殖力除了与个体规格和性腺发育情况相关外,其还受初次性成熟年龄、繁殖季节持续时间、饵料供应、种群密度以及生态环境等多种因素影响^[13,39-40],其与这些因素的关系还有待进一步研究。

3.3 长江口刀鲚资源保护

通过对长江口刀鲚繁殖群体的性比、个体组成和性腺发育情况的研究表明,繁殖期最先洄游至长江口的繁殖群体以大规格、性腺发育至 II 期的雌性个体为主。4 月大规格个体洄游至长江口

水域,此时性腺发育至 II 期,此后需要经过较长时间的上溯洄游,待性腺发育成熟后至产卵场繁殖。而 5 月和 6 月洄游至长江口的刀鲚个体规格相对较小,但其性腺发育较成熟,通过长江口后经过较短时间洄游即可至距离河口较近的产卵场进行繁殖。可见,不同时间洄游至长江口的繁殖群体的规格大小和性腺成熟程度是与其产卵洄游规律相符合的。

对于大规格的个体,鱼体能量相对充足,但性腺发育不成熟,需要经过长距离洄游至距河口较远的产卵场进行繁殖,而小规格个体,能量相对较少,其性腺发育较成熟,适合在距河口较近的产卵场进行繁殖。故不同时期洄游至长江口的刀鲚繁殖群体,其产卵时间和产卵场分布不同,在对其进行保护时应制定不同的保护策略。对于早期洄游群体,在上溯洄游初期即汛期以前,除了做好禁渔区线内的保护外,还应做好洄游群体的源头近海保护,使更多大规格个体顺利通过长江口上溯洄游。同时在其长距离洄游过程中进行全流域保护,使其成功达到产卵场,并做好产卵场的生态环境保护,保障其顺利繁殖。对于后期洄游至长江口的小规格繁殖群体,其能量相对较少,应做好其饵料资源及产卵场的保护,使其在河口通过摄食获取充足的能量后快速到达产卵场进行繁殖。

从条件因子来看,不同规格和不同月份繁殖群体的条件因子均接近或大于 1,洄游至长江口繁殖群体的性体指数和繁殖力等繁殖性能较好,该结果表明,当前洄游至长江口的刀鲚繁殖群体的繁殖性能和健康状况良好,这与禁捕后控制了对繁殖群体及其饵料资源的捕捞有关。目前,有更多大规格的个体可以顺利上溯进行生殖洄游,洄游过程中在长江口水域具有获取充足饵料补充的潜力,可保障其洄游过程的能量需求,鱼体健康状况良好。为了更好地保护刀鲚资源,应对其繁殖群体的个体组成、性比、条件因子、繁殖力、性体指数、性腺成熟程度等繁殖生物学指标进行长期的跟踪监测,探明其变化趋势,分析其影响因素,并评估其应对长江禁捕和环境变化的响应,旨在为刀鲚物种的保护提供基础资料和理论指导,

并通过评估当前长江口刀鲚繁殖群体健康状况,为后期针对该物种的监管以及管理政策规划和调整提供建议。

参考文献:

- [1] Zhuang P, Zhang T, Li S F, et al. Fishes of the Yangtze Estuary[M]. 2nd ed. Beijing: China Agriculture Press, 2018: 127-131. [庄平, 张涛, 李圣法, 等. 长江口鱼类[M]. 第2版. 北京: 中国农业出版社, 2018: 127-131.]
- [2] Hu Y B. A preliminary study on the age structure and growth characteristics of *Coilia mystus* and *Coilia nasus* in the Yangtze River Estuary[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2020. [胡永斌. 长江口凤鲚和刀鲚年龄结构与生长特征的初步研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2020.]
- [3] Luo Y T, Dai P, Liu S L, et al. Age structure and growth characteristics of *Coilia nasus* in Anqing section of Yangtze River during fishing season in 2018[J]. Journal of Guangdong Ocean University, 2021, 41(3): 36-43. [罗宇婷, 代培, 刘思磊, 等. 2018年长江安庆段洄游汛期刀鲚年龄结构和生长特征[J]. 广东海洋大学学报, 2021, 41(3): 36-43.]
- [4] Shi Y H, Zhang G Y, Zhang H M, et al. Complete artificial propagation and embryonic development of *Coilia nasus*[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2015, 24(1): 36-43. [施永海, 张根玉, 张海明, 等. 刀鲚的全人工繁殖及胚胎发育[J]. 上海海洋大学学报, 2015, 24(1): 36-43.]
- [5] Liu Y S, Wang J J, Zhu J M, et al. Effects of stocking density on growth of two-year old tapertail anchovy *Coilia nasus*[J]. Journal of Dalian Ocean University, 2021, 36(1): 66-73. [刘永士, 王建军, 朱建明, 等. 养殖密度对2龄刀鲚生长的影响[J]. 大连海洋大学学报, 2021, 36(1): 66-73.]
- [6] Xue D X, Yang Q L, Zong S B, et al. Genetic variation within and among range-wide populations of three ecotypes of the Japanese grenadier anchovy *Coilia nasus* with implications to its conservation and management[J]. Journal of Oceanology and Limnology, 2020, 38(3): 851-861.
- [7] Jo S G, Yoon J M. Genetic distances between tailfin anchovy (*Coilia nasus*) populations analyzed by PCR[J]. Development & Reproduction, 2021, 25(1): 59-65.
- [8] Wang M Y, Xu G C, Tang Y K, et al. Transcriptome analysis of the brain provides insights into the regulatory mechanism for *Coilia nasus* migration[J]. BMC Genomics, 2020, 21(1): 410.
- [9] Xu G C, Bian C, Nie Z J, et al. Genome and population sequencing of a chromosome-level genome assembly of the Chinese tapertail anchovy (*Coilia nasus*) provides novel insights into migratory adaptation[J]. GigaScience, 2020, 9(1): giz157.
- [10] 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.]
- [11] Wu J M, Li L K, Cheng P L, et al. Species identification and resource dynamics of *Coilia nasus* in the Poyang Lake[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2021, 28(6): 743-750. [吴金明, 李乐康, 程佩琳, 等. 鄱阳湖刀鲚的鉴定与资源动态研究[J]. 中国水产科学, 2021, 28(6): 743-750.]
- [12] Daliri M, Paighambari S Y, Shabani M J, et al. Length-weight and length-girth relationships, relative weight and relative condition factor of four commercial fish species of northern Persian Gulf [J]. Annual Research & Review in Biology, 2014, 2(1): 15-26.
- [13] Zhang Z M, Liu C J, Ding H P, et al. Reproductive biology of *Carassius auratus gibelio* in the Irtysh River, China[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2020, 44(2): 389-398. [张志明, 刘成杰, 丁慧萍, 等. 额尔齐斯河银鲫繁殖生物学研究[J]. 水生生物学报, 2020, 44(2): 389-398.]
- [14] Yang Z, Gong Y, Zhu D, et al. A preliminary study on the reproductive biology of *Coreius guichenoti* (Sauvage & Dabry de Thiersant, 1874) in the middle and lower stream of Jinsha River, China[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2018, 42(5): 1010-1018. [杨志, 龚云, 朱迪, 等. 金沙江中下游圆口铜鱼的繁殖生物学[J]. 水生生物学报, 2018, 42(5): 1010-1018.]
- [15] Welcomme R L. A review of a model for qualitative evaluation of exploitation levels in multi-species fisheries[J]. Fisheries Management and Ecology, 1999, 6(1): 1-19.
- [16] Guan W B, Chen H H. Energy dynamics in anadromous *C. ectens* during spawning and overwintering in Yangtze Estuary[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2014(4): 35-40. [管卫兵, 陈辉辉. 长江口刀鲚洄游群体和越冬群体能量利用方式[J]. 海洋湖沼通报, 2014(4): 35-40.]
- [17] Li L, Tang W Q, Zhang Y. Changes of fatty acid content and its components in different tissues during spawning migration processes of female *Coilia nasus* in the lower reaches of the Yangtze River[J]. Journal of Fisheries of China, 2019, 43(4): 790-800. [李丽, 唐文乔, 张亚. 长江下游雌性刀鲚生殖洄游过程中脂肪酸含量及其组分的变化[J]. 水产学报, 2019, 43(4): 790-800.]
- [18] Xu G C, Wan J J, Gu R B, 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. [徐钢春, 万金娟, 顾若波, 等. 池塘养殖刀鲚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.]
- [19] Xu G C, Nie Z J, Zhang C X, et al. Histological studies on testis development of *Coilia nasus* under artificial farming conditions[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2012, 31(2): 247-252. [徐钢春, 聂志娟, 张呈祥, 等. 刀鲚精巢发育的组织学研究[J]. 华中农业大学学报, 2012, 31(2): 247-252.]
- [20] Tian S Q, Gao C X, Wang S X, et al. Biological characteristics of *Coilia ectenes* in Qingcaosha reservoir[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2013, 22(6): 835-840. [田思泉, 高春霞, 王绍祥, 等. 青草沙水库刀鲚生物学特性初步研究[J]. 上海海洋大学学报, 2013, 22(6): 835-840.]
- [21] Rahman M M. Gonadosomatic index-based size at first sexual maturity of male and female *Amblygaster clupeioides* (Bleeker, 1849) (Clupeidae) on the east coast of the Malaysian peninsular[J]. Journal of Applied Ichthyology, 2017, 33(3): 579-582.
- [22] Cren E D L. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*)[J]. The Journal of Animal Ecology, 1951, 20(2): 201.
- [23] Mazumder S K, Kunda M, Iqbal M M, et al. Seasonal dynamics of stomach contents, trophic level, length-weight relationship and condition factor of *Mystus bleekeri* (day, 1877)[J]. Sains Malaysiana, 2021, 50(4): 907-918.
- [24] Rahman M M, Hossain M Y, Parvin S, et al. Fecundity of the threatened fish, *Mystus vittatus* (Siluriformes: Bagridae) in the Padma river, Bangladesh[J]. Sains Malaysiana, 2016, 45(6): 899-907.
- [25] Roshni K, Renjithkumar C R, Kurup B M. Reproductive biology of the endemic fish *Etroplus suratensis* (Cichlidae) from a tropical estuary in southern India[J]. Journal of Ichthyology, 2021, 61(3): 460-466.
- [26] Gupta S, Banerjee S. Studies on reproductive biology of *Mystus tengara* (Ham. Buch., 1822), a freshwater catfish of West Bengal, India[J]. International Journal of Aquatic Biology, 2013, 1(4): 175-184.
- [27] Wu L H, Tang W Q, Zhang Y. Research on the differences of anadromous migratory distance between *Coilia mystus* and *Coilia nasus* based on the transfer process of body lipid[J]. Journal of Fisheries of China, 2017, 41(2): 212-220. [吴利红, 唐文乔, 张亚. 从体内脂肪的转移过程探讨凤鲚和刀鲚溯河产卵洄游距离的差异性[J]. 水产学报, 2017, 41(2): 212-220.]
- [28] Ma F J, Yang Y P, Jiang M, et al. Digestive enzyme activity of the Japanese grenadier anchovy *Coilia nasus* during spawning migration: Influence of the migration distance and the water temperature[J]. Journal of Fish Biology, 2019, 95(5): 1311-1319.
- [29] Mazumder S K, Das S K, Bakar Y, et al. Effects of temperature and diet on length-weight relationship and condition factor of the juvenile Malabar blood snapper (*Lutjanus malabaricus* Bloch & Schneider, 1801)[J]. Journal of Zhejiang University Science B, 2016, 17(8): 580-590.
- [30] Jisr N, Younes G, Sukhn C, et al. Length-weight relationships and relative condition factor of fish inhabiting the marine area of the Eastern Mediterranean City, Tripoli-Lebanon[J]. The Egyptian Journal of Aquatic Research, 2018, 44(4): 299-305.
- [31] Zhuang P, Song C, Zhang L Z. Comparison of nutritive components of *Exopalaemon annandalei* and *Macrobrachium nipponensis* collected from the Yangtze Estuary[J]. Acta Zoologica Sinica, 2008, 54(5): 822-829. [庄平, 宋超, 章龙珍. 长江口安氏白虾与日本沼虾营养成分比较[J]. 动物学报, 2008, 54(5): 822-829.]
- [32] Li L, Du R, Liu Q G, 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. [李丽, 杜蓉, 刘其根, 等. 长江口青草沙水库刀鲚食性转变[J]. 中国水产科学, 2019, 26(4): 765-773.]
- [33] Guerrero H Y, Cardillo E, Poleo G, et al. Reproductive biology of freshwater fishes from the Venezuelan floodplains[J]. Fish Physiology and Biochemistry, 2009, 35(1): 189-196.
- [34] Ahamed F, Ahmed Z F, Hossain M Y, et al. Population biology of the Indian River shad, *Gudusia chapra* (Clupeidae) in the old Brahmaputra River, North-Eastern Bangladesh[J]. Sains Malaysia, 2014, 43(11): 1645-1655.
- [35] Zhan H X, Zheng Y H, Yan H, et al. Study on reproductive biology of *Schizothorax grahami*[J]. Journal of Hydroecology, 2017, 38(5): 92-96. [詹会祥, 郑永华, 晏宏, 等. 昆明裂腹鱼繁殖生物学研究[J]. 水生态学杂志, 2017, 38(5): 92-96.]
- [36] He G, Fang C L, Wu B, et al. Reproductive characteristics and situation of *Coilia ectenes* (Engraulidae) in Poyang Lake[J]. Journal of Hydroecology, 2017, 38(3): 83-88. [贺刚, 方春林, 吴斌, 等. 鄱阳湖刀鲚生殖群体特征及状况分析[J]. 水生态学杂志, 2017, 38(3): 83-88.]
- [37] 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]. Reso-

- urces 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.]
- [38] Saifullah A S M, Rahman M S, Yusuf Sharif Ahmed K. Fecundity of *Hilsa ilisha* (Hamilton, 1822) from the bay of Bengal[J]. Pakistan Journal of Biological Sciences, 2004, 7(8): 1394-1398.
- [39] Lambert Y. Why should we closely monitor fecundity in marine fish populations?[J]. Journal of Northwest Atlantic Fishery Science, 2008, 41: 93-106.
- [40] Cao L, Song B Y, Zha J M, et al. Age composition, growth, and reproductive biology of yellow catfish (*Peltobagrus fulvidraco*, Bagridae) in Ce Lake of Hubei Province, Central China[J]. Environmental Biology of Fishes, 2008, 86(1): 75-88.

Reproductive population composition and reproductive performance of *Coilia nasus* from the Yangtze Estuary

SONG Chao^{1,3}, LI Yage^{1,2}, ZHAO Feng^{1,2,3}, LIU Ruohui^{1,2}, FENG Guangpeng^{1,3}, HUANG Xiaorong^{1,3}, ZHUANG Ping^{1,2,3}

1. Scientific Observing and Experimental Station of Fishery Resources and Environment of the East China Sea and Yangtze Estuary, Ministry of Agriculture and Rural Affairs; East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China;
2. National Demonstration Center for Experimental Fisheries Science Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;
3. Shanghai Engineering Research Center of Fisheries Resources Enhancement and Ecological Restoration of the Yangtze Estuary, Shanghai 200090, China

Abstract: To determine the current reproductive population composition and reproductive performance of *Coilia nasus*, 144 fish samples were collected from the South Branch of the Yangtze Estuary from April to June 2021. The individual size, sex ratio, gonadal development stage, conditional factor (K_n), gonadosomatic index (GSI), and fecundity (F) were analyzed. The mean total length (TL) and body weight (BW) of all individuals were (318 ± 34) mm and (97.16 ± 32.05) g, respectively. Based on a comparison of the months, April had the largest individual size composition. A total of 128 female (88.9%) and 16 male (11.1%) fishes with an overall sex ratio of 8 : 1 (female: male) were collected, and female fishes were dominant. The composition of the gonadal development stages for female fishes differed in different months, and the ovary maturity of the individuals in April was mainly in the phase II stage. K_n was the same in different sizes and months, both close to or greater than 1. GSI increased gradually with the continuous development and maturity of gonads from April to June and reached the highest in June. The fecundity was found to vary from 29908 to 74041 eggs, with an average of 51073 ± 11302 eggs for the selected mature fishes. A positive correlation was found between F and TL, F and BW and between F and gonad weight (GW). The correlation between F and GW was the largest ($R^2=0.619$), followed by that between F and TL and F and BW. These findings could be used to determine the overall reproductive population distribution of *C. nasus* in the Yangtze Estuary. Collectively, these results provide basic data and a theoretical basis for later protection, management policy-making, and planning adjustment for this species.

Key words: Yangtze Estuary; *Coilia nasus*; reproductive performance; condition factor; gonadosomatic index

Corresponding author: ZHAO Feng, E-mail: zhaof@ecsf.ac.cn; ZHUANG Ping, E-mail: pzhuang@ecsf.ac.cn