

溯河洄游的长江刀鲚种群的年龄结构及其生长特征

郑飞 郭弘艺 唐文乔* 李辉华 刘东 刘至治

上海海洋大学鱼类研究室 水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室 上海 201306

摘要:溯江产卵洄游中的刀鲚 (*Coilia nasus*) 是目前长江最名贵的水产品之一。本文分析了2009年4~5月采自长江九段沙、靖江和芜湖3个江段的299尾洄游型刀鲚样本。结果显示,3个种群的体长为15.8~32.8 cm,平均(23.3±3.5)cm,18.0~24.0 cm体长组占总数的52.51%。体重为11.83~143.80 g,平均(48.19±24.89)g,10.00~50.00 g体重组占总数的59.53%。芜湖种群的体长和体重均显著小于九段沙和靖江种群(ANOVA, $P=0.000 < 0.01$)。299尾个体包括1~4龄4个年龄组,其中51.28%的九段沙个体和53.97%的靖江个体均为3龄;而多达85.26%的芜湖个体则为2龄。不论体长、体重还是年龄结构,已较20世纪70年代同江段渔获物有明显下降。结果还显示,九段沙、靖江和芜湖种群的性比分别为1:1.28、1:1.46和1:1.97,显示出沿长江往上性比逐渐增加的现象。3个种群的平均丰满度为0.35±0.05,但即使是在同龄组,靖江种群的丰满度也显著高于芜湖和九段沙种群,这可作为刀鲚在这一江段最名贵高价的一种解释。

关键词:刀鲚;洄游种群;年龄结构;生长特征;长江

中图分类号:Q958 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2012)05-24-08

Age Structure and Growth Characteristics of Anadromous Populations of *Coilia nasus* in the Yangtze River

ZHENG Fei GUO Hong-Yi TANG Wen-Qiao* LI Hui-Hua LIU Dong LIU Zhi-Zhi

Laboratory of Ichthyology, Shanghai Ocean University, Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources, Ministry of Education, Shanghai 201306, China

Abstract: *Coilia nasus* is one of the most important commercial anadromous spawning fishes in Yangtze River. In this study we analyzed the age structure and body length on 299 specimens collected at three localities, Jiuduansha (JDS) in Shanghai City, Jingjiang (JJ) in Jiangsu Province, Wuhu (WH) in Anhui Province, from April to May 2009. The results showed that the body length (BL) of *C. nasus* were 15.8 to 32.8 cm (average 23.3±3.5 cm), 52.51% of the specimens were between 18.0 and 24.0 cm. The body weight (BW) varied from 11.83 to 143.80 g with average of 48.19±24.89 g, 59.53% of them weighted from 10.00 to 50.00 g. The body length and body weight of WH population was smallest (ANOVA, $P=0.000 < 0.01$). The 299 specimens were aged in 4 classes. Of 51.28% and 53.97% of specimens in JDS and JJ population were aged at 3, respectively. In contract, 85.26% of specimen in WH population was aged at 2. Compared to the fishes harvested in 1970s, in the same section in Yangtze River, the values of BL, BW and age of the studied specimens were declined

基金项目 公益性行业(农业)科研专项(No. 201203065), 青草沙水库邻近水域生态修复专项, 国家自然科学基金项目(No. 31172407), 上海海洋大学博士启动基金项目(No. B-8812-10-0193);

* 通讯作者, E-mail: wqtang@shou.edu.cn;

第一作者介绍 郑飞, 女, 硕士研究生; 研究方向: 鱼类学; E-mail: cathy_zhengfei@126.com。

收稿日期: 2012-03-31, 修回日期: 2012-07-17

dramatically. The overall sex ratio ($\text{♀}:\text{♂}$) was 1:1.57, however, the sex ratio varied between populations, i. e. 1:1.28 for JDS population, 1:1.46 for JJ population and 1:1.97 for WH population, indicated a gradually increase trend of sex ratio along Yangtze River upwards. The average fatness of all specimens were 0.35 ± 0.05 , and the maximum value was recorded in JJ population in specimen with same age. The higher fatness of JJ population may explain why fish *C. nasus* harvested in JJ had a highest commercially value.

Key words: *Coilia nasus*; Anadromous population; Age structure; Growth characteristics; Yangtze River

刀鲚 (*Coilia nasus*) 隶属于鲱形目 (Clupeiformes) 鲚科 (Engraulidae), 又名长颌鲚, 俗称刀鱼^[1-2]。刀鲚平时生活在中国、日本和朝鲜沿海, 春季性成熟后从河口溯江而上进入江、湖中繁殖, 孵化后的幼鱼随江水返海肥育。在长江下游的太湖、巢湖等湖泊中, 生活着一种原先被称为湖鲚 (*C. nasus taihuensis*) 的淡水定居型亚种^[3-4]。但随后依据外部形态、矢耳石形态、同工酶、mtDNA 控制区和 Cyt *b* 基因等特征所作的分析, 认为湖鲚应为刀鲚的一个淡水定居种群^[5-10]。同时, 短颌鲚 (*C. brachygnathus*) 也被认为是刀鲚的一个淡水定居型种群^[7-11]。因此, 现有研究已基本澄清, 长江刀鲚具有 2 个生态类型, 一类为淡水定居生态型, 包括湖鲚和短颌鲚; 另一类为洄游生态型, 也即以前的刀鲚^[3-12]。渔业上, 定居型是低值渔品, 而溯江洄游中的刀鲚素以肉质丰腴肥嫩, 自古就与鲥鱼 (*Tenualosa reevesii*)、河鲀 (*Takifugu obscurus*) 并称“长江三鲜”, 是长江下游及河口区最名贵的水产品之一。

20 世纪 70 年代初, 我国曾较大规模开展过长江刀鲚的资源调查和一些生物学特征分析^[13-15]。近年也有一些学者对其资源动态和生物学特征作过研究^[16-19], 但还缺乏对洄游种群生物学特征的时空变化分析。本文分析了刀鲚在长江口至安徽芜湖段溯河产卵洄游过程中的一些生物学特征变化, 旨在为刀鲚的资源保护及合理利用提供基础数据。

1 材料与方法

2009 年 4 至 5 月间, 在长江的上海九段沙、江苏靖江和安徽芜湖三个江段 (图 1), 随机从正在捕捞作业且持有刀鲚捕捞许可证的渔船上采集刀鲚样本共 299 尾。采样的地点、时间及样本数等见表 1。标本经冰鲜保存后带回实验室, 称量体长 (精确至 0.1 cm) 和体重 (精确至 0.01 g)。测量后的标本先用 10% 甲醛液固定, 后转入 75% 酒精液保存, 解剖观察后保存于上海海洋大学鱼类标本馆。

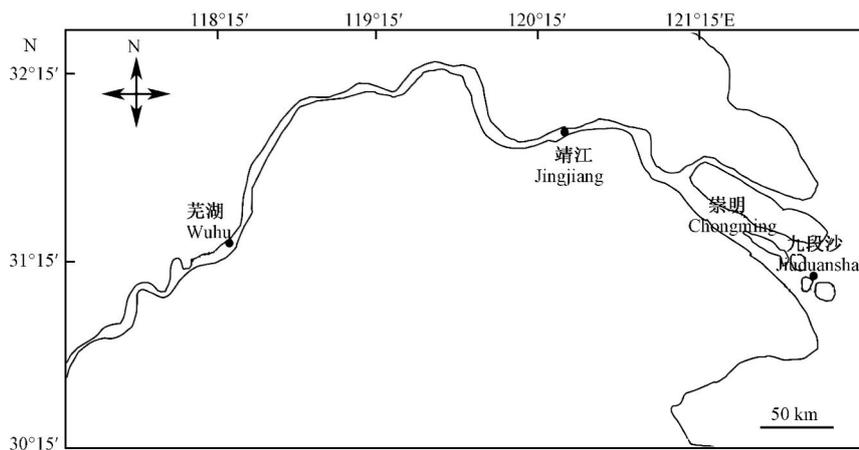


图 1 采样点

Fig. 1 Collection site

● 采样点。● Collection site.

表 1 刀鲚样本的采样地点、采样时间和样本数

Table 1 Sampling site, duration and sample size of *Coilia nasus*

采集地 Collection site	采样时间 (年-月-日) Collection date (Year-month-date)	样本数量 (尾) Number of samples (ind)
上海九段沙 Jiuduansha, Shanghai	2009-04-25	78
江苏靖江 Jingjiang, Jiangsu	2009-04-26	126
安徽芜湖 Wuhu, Anhui	2009-05-06	95

选矢耳石为年龄鉴定材料,去除包膜和黏液的耳石在 60℃ 烤箱中烘烤 24 h,在干燥器中冷却后,用电子天平称重,精确到 0.01 mg。成对 *t* 检验显示,左右矢耳石的重量无显著差异 ($P > 0.05$) 或一致性偏差,故统一选用左侧矢耳石^[7,11,17]。

因耳石磨片的制作比较费时,磨制的成功率也不高。对采自芜湖的 95 尾样本先用矢耳石磨片法鉴定年龄,和早先依据靖江标本建立的矢耳石重量与年龄的关系式进行了比较,发现两者的吻合率达 92.63% (表 2),Kolmogrov-Smirnow 双

样本检验显示,两者并无显著性差异 ($P = 0.181 > 0.05$)。因此,我们选用 $W_0 = -0.7027 + 4.6002A$ 这一关系式^[17]推算每尾刀鲚的年龄,式中, W_0 为矢耳石重 (mg), A 为年龄 (龄)。

根据 $K = 100 \times (W/L^3)$ 计算丰满度,式中, W 为体重 (g), L 为体长 (cm), K 为丰满度 (%)。数据用 Excel 2007 和 SPSS 16.0 软件处理,选用单因素方差分析 (One-Way ANOVA) 对不同参数作显著性差异分析和均值的多重比较,当 $P < 0.05$ 和 $P < 0.01$ 时,说明在 95% 或 99% 水平上具有显著或极显著差异。

表 2 芜湖种群矢耳石重量推算年龄与磨片年龄的吻合率

Table 2 The agreement for age of sample fish determined by regression of sagitta-weight and by annulus counts on sagitta in Wuhu population

年龄组 (龄) Age-group (a)	依矢耳石磨片得到的样本数 (尾) Number estimated by annulus counts on sagitta (ind)	依矢耳石重推算的样本数 (尾) Number determined by regression between sagitta-weight (ind)	吻合率 (%) Agreement
2	81	76 (5 尾被误鉴为 3 龄)	93.83
3	14	12 (2 尾被误鉴为 2 龄)	85.71
总计 Total	95	95 (7 尾被误鉴)	92.63

2 结果

2.1 不同种群的体长和体重分布 所分析的刀鲚种群体长为 15.8 ~ 32.8 cm, 平均 (23.3 ± 3.5) cm, 其中, 18.0 ~ 24.0 cm 的个体占 52.51%; 24.0 ~ 30.0 cm 的占 41.14%。体重为 11.83 ~ 143.80 g, 平均体重 (48.19 ± 24.89) g, 其中, 10.00 ~ 50.00 g 组的个体数占全部尾数的 59.53%。

九段沙种群体长为 15.8 ~ 29.8 cm, 平均 (24.1 ± 4.5) cm; 靖江种群体长为 16.1 ~ 32.8 cm, 平均 (23.8 ± 3.6) cm; 芜湖种群体长为 15.8 ~ 29.8 cm, 平均 (22.1 ± 1.6) cm。九段沙和靖江种群的优势体长组为 24.0 ~ 30.0 cm,

分别占 62.82% 和 51.59%; 芜湖种群的优势体长组为 18.0 ~ 24.0 cm, 占 89.47% (图 2)。

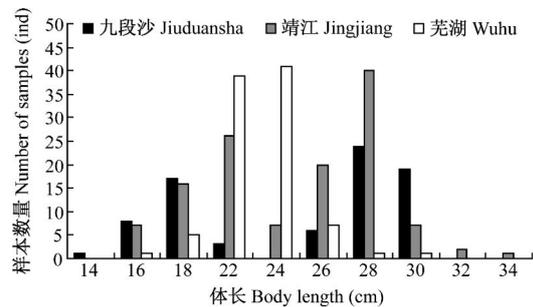


图 2 刀鲚洄游种群的体长分布

Fig. 2 Body length frequency distribution of anadromous *Coilia nasus*

靖江种群的体重最大,为 13.74 ~ 143.80 g,平均 (56.01 ± 26.27) g;九段沙次之,为 11.83 ~ 105.13 g,平均 (54.16 ± 27.87) g;芜湖最小,为 14.04 ~ 69.27 g,平均 (32.92 ± 7.93) g。3 个种群中,10.00 ~ 50.00 g 组的个体总数占全部样品的 59.53%,是优势体重组(图 3)。

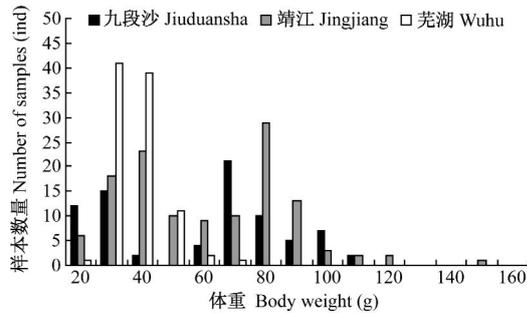


图 3 刀鲚洄游种群的体重分布

Fig. 3 Body weight frequency distribution of anadromous *Coilia nasus*

ANOVA 分析显示,芜湖种群的体长和体重均显著小于九段沙及靖江种群 ($P = 0.000 < 0.01$),九段沙与靖江种群之间的体长 ($P = 0.863 > 0.05$) 及体重 ($P = 0.852 > 0.05$) 均无显著差异。

2.2 不同种群的年龄结构和性比变化 全部 299 尾洄游型刀鲚样本,包括 1 ~ 4 龄 4 个年龄组,优势年龄组为 2 龄,占全部个体的 57.53%,其次为 3 龄,占 40.80%,1 龄和 4 龄个体均很少,分别仅占 0.67% 和 1.00%。

九段沙种群包括 1 ~ 3 龄 3 个年龄组,优势年龄组为 3 龄,占 51.28%;靖江种群包括 2 ~ 4 龄 3 个年龄组,也以 3 龄为主,占 53.97%;芜湖种群仅有 2 龄和 3 龄 2 个年龄组,85.26% 的

个体为 2 龄(表 3)。

299 尾刀鲚中 90.3% 个体可鉴定性别,雌性 105 尾、雄性 165 尾,雌雄性比为 1:1.57。其中,九段沙、靖江和芜湖种群的雌雄性比分别为 1:1.28、1:1.46 和 1:1.97,显示出沿着长江往上洄游,雌鱼逐渐减少,雄鱼逐渐增加的现象(图 4)。

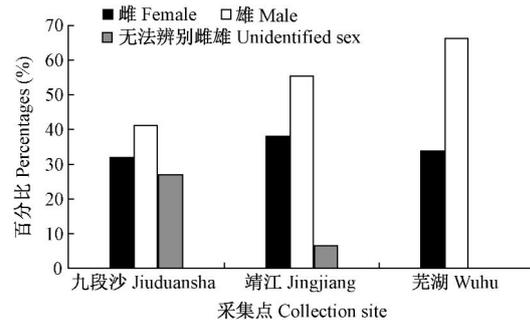


图 4 3 个种群的雌雄个体比例

Fig. 4 Proportion of female and male in the three populations

2.3 不同种群同龄个体的体长和体重变化

ANOVA 分析显示,九段沙、靖江和芜湖 3 个种群各自的 2 龄组和 3 龄组内,雌雄个体间体长 ($P = 0.307 > 0.05$) 和体重 ($P = 0.741 > 0.05$) 均无显著性差异。

2 龄组 3 个种群之间的体长也无显著性差异 ($P = 0.085 > 0.05$)。但九段沙种群的体重显著大于靖江和芜湖种群 ($P = 0.000 < 0.01$),而靖江和芜湖种群间无显著差异 ($P = 0.688 > 0.05$)。

3 龄组的体长和体重均存在着极显著差异 ($P = 0.000 < 0.01$),其中以九段沙种群的最

表 3 不同种群的年龄结构

Table 3 Age structure in the three populations

种群 Population	年龄组(龄) Age-group (a)							
	1		2		3		4	
	样本数量(尾) Samples(ind)	比例(%) Percentage	样本数量(尾) Samples(ind)	比例(%) Percentage	样本数量(尾) Samples(ind)	比例(%) Percentage	样本数量(尾) Samples(ind)	比例(%) Percentage
九段沙 Jiuduansha	2	2.56	36	46.15	40	51.28	0	0.00
靖江 Jingjiang	0	0.00	55	43.65	68	53.97	3	2.38
芜湖 Wuhu	0	0.00	81	85.26	14	14.74	0	0.00

大,芜湖种群的最小。芜湖种群的平均体重仅(43.88 ± 9.47)g,极显著小于九段沙和靖江种群($P = 0.000 < 0.01$)。

由此可见,不论是2龄组或3龄组,其平均体长和体重都有沿着长江往上洄游而逐渐变小的现象(图5,6)。

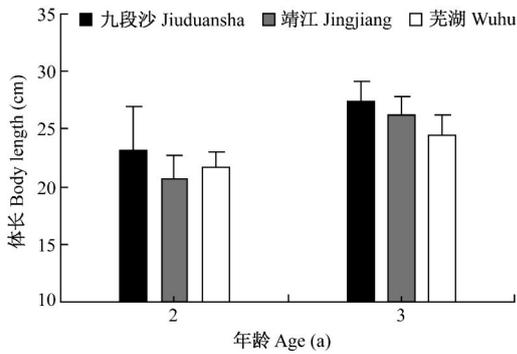


图5 3个种群同一年龄组的体长比较
Fig. 5 Body-length of fish at the same age in the three populations

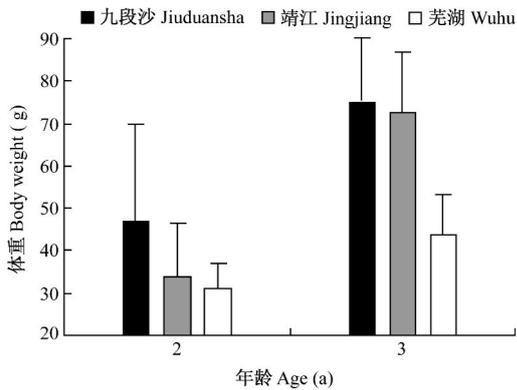


图6 3个种群同一年龄组的体重比较
Fig. 6 Body-weight of fish at the same age in the three populations

2.4 丰满度变化 299尾个体的平均丰满度为0.35 ± 0.05(0.24 ~ 0.53)。其中1龄组为0.34 ± 0.03(0.32 ~ 0.36);2龄组为0.33 ± 0.04(0.24 ~ 0.53);3龄组为0.37 ± 0.05(0.26 ~ 0.52);4龄组为0.38 ± 0.04(0.29 ~ 0.52)。以样本数较多的2龄与3龄组相比,3龄组的丰满度显著大于2龄组($P = 0.000 < 0.01$) (图7)。

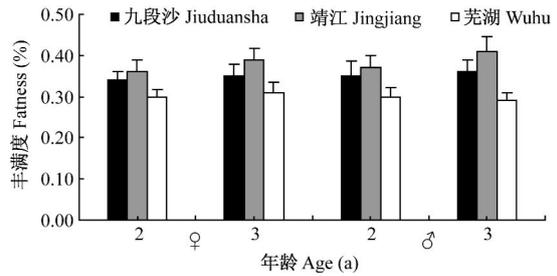


图7 3个种群同一年龄组的丰满度比较
Fig. 7 Fatness of fish at the same age in the three populations

ANOVA 分析显示,3个种群的平均丰满度具有极显著差异($P = 0.000 < 0.01$)。其中以靖江的为最大,达0.38 ± 0.04(0.29 ~ 0.52);九段沙的次之,为0.35 ± 0.04(0.24 ~ 0.53);芜湖的最小,仅0.30 ± 0.02(0.25 ~ 0.36)。

3 讨论

3.1 长江刀鲚的体长、体重和年龄结构变化

江苏省水产科学研究所等调查发现,长江自江阴至湖口江段1973~1975年刀鲚产卵种群的体长为11.8~40.0 cm,平均31.04 cm,其中30.0~36.0 cm为优势体长组,占52.80%;24.0~30.0 cm组次之,占34.56%;18.0~24.0 cm仅为7.66%^[14]。张敏莹等发现,1993~2002年南通至安庆江段刀鲚渔获物的平均体长为(29.19 ± 4.49) cm,24.0~30.0 cm体长组占49.47%,30.0~36.0 cm组占35.54%^[16]。黎雨轩发现,2006~2008年崇明、靖江、安庆江段采集的刀鲚样本,雌鱼体长2.8~34.1 cm,平均(23.6 ± 2.0) cm;雄鱼体长2.1~36.4 cm,平均(21.4 ± 2.8) cm^[19]。本研究结果显示,2009年长江刀鲚洄游种群体长范围为15.8~32.8 cm,平均(23.3 ± 3.5) cm,其中18.0~24.0 cm个体占52.51%;24.0~30.0 cm占41.14%,30.0~36.0 cm组仅为0.67%。

20世纪70年代初,长江刀鲚产卵种群的体重5.00~280.00 g,平均111.47 g,其中优势体重组为90.00~160.00 g,占总数的38.50~65.40%,小于50.00 g的仅为10.91%^[14]。1993~2002年南通至安庆江

段,体重小于 50.00 g 的个体上升至 13.47%^[16]。本研究显示,2009 年刀鲚洄游种群的体重为 11.83 ~ 143.80 g,平均仅 (48.19 ± 24.89)g,其中 10 ~ 50 g 组的小型个体已占全部样本的 59.53%。

20 世纪 70 年代初,长江刀鲚产卵种群的最大年龄可达 6 龄,3 ~ 4 龄个体占整个种群的 84.52%^[14],安徽段刀鲚的 3 ~ 4 龄个体比例也可达 74.20% ~ 79.90%^[15]。而 1993 ~ 2002 年南通至安庆江段,2 龄个体占 89.09%^[16];2006

年安徽无为江段,3 ~ 4 龄个体占 72%^[18];2006 ~ 2008 年崇明、靖江、安庆江段,也以 3 龄个体为主^[19]。本研究分析的 299 尾刀鲚样本,虽然包括了 1 ~ 4 龄 4 个年龄组,但 2 龄占全部个体的 57.53%,3 龄占 40.80%。

纵观自 20 世纪 70 年代以来对长江洄游型刀鲚种群的研究结果,可以发现,无论是体长、体重,还是年龄结构、优势年龄组,在总体上已呈现出逐渐变小的趋势,表明资源已出现严重的过渡利用(表 4,5)。

表 4 不同时期长江刀鲚产卵洄游种群的体长、体重比较

Table 4 Comparison of body length and body weight of *Coilia nasus* anadromous populations harvested at different periods in the Yangtze River

采集点 Collection site	采集时间(年) Collection date (year)	体长 (cm) Body-length	优势体长 (cm) Advantage body-length	体重 (g) Body-weight	优势体重 (g) Advantage body-weight	文献 Reference
江阴至湖口 Jiangyin to Hukou	1973 ~ 1975	11.8 ~ 40.0	30.0 ~ 36.0	5.0 ~ 280.0	90.0 ~ 160.0	[14]
南通至安庆 Nantong to Anqing	1993 ~ 2002	24.0 ~ 36.0 29.2 ± 4.5	24.0 ~ 30.0	94.3 ± 46.6	50.0 ~ 110.0	[16]
安徽无为 Wuwei, Anhui	2006	21.7 ~ 42.1	19.0 ~ 27.5	20.0 ~ 235.0	50.0 ~ 100.0	[18]
崇明 Chongming	2007	8.4 ~ 28.3	-	-	-	[19]*
靖江 Jingjiang	2007	16.4 ~ 30.8	-	-	-	[19]*
安庆 Anqing	2007	19.1 ~ 34.1	-	-	-	[19]*
靖江至芜湖 Jingjiang to Wuhu	2009	15.8 ~ 32.8	18.0 ~ 24.0	11.8 ~ 143.8	<50.0	本研究 This study

* 文献[19]仅引用了 2007 年 4 月的数据; - 表示参考文献中未有该项数据。

Only 2007 April data was cited from the nineteenth reference. - Represents the references did not include these items.

表 5 不同时期长江刀鲚洄游种群的年龄结构比较

Table 5 Comparison of age-group of *Coilia nasus* anadromous populations in the Yangtze River in different period

采集点 Collection site	采集时间(年) Collection date (year)	年龄结构(龄) Age structure (a)	优势年龄组(龄) Advantage age-group (a)	文献 Reference
江阴至湖口 Jiangyin to Hukou	1973 ~ 1975	0 ~ 6	3 ~ 4	[14]
南通至安庆 Nantong to Anqing	1993 ~ 2002	1 ~ 4	2	[16]
安徽无为 Wuwei, Anhui	2006	1 ~ 6	2	[18]
崇明、靖江、安庆 Chongming, Jingjiang, Anqing	2006 ~ 2008	0 ~ 4	2	[19]
靖江至芜湖 Jingjiang to Wuhu	2009	1 ~ 4	2	本研究 This study

本研究还显示,芜湖种群的体长和体重均显著小于九段沙和靖江种群,但九段沙与靖江种群的体长和体重并无显著性差异。所研究样本的最大年龄为 4 龄,其中 51.28% 的九段沙个体和 53.97% 的靖江个体均为 3 龄,而多达 85.26% 的芜湖个体均为 2 龄。表明体型大的高龄个体已先期被捕捞,而上溯到产卵场繁殖的个体则是低龄的小个体,这将加剧刀鲚种群的小型化进程。

3.2 性比及同龄组个体的体长、体重变化 已有资料显示,长江洄游型刀鲚种群的雌雄性比接近 1:1,但有波动^[11-19](表 6)。1~3 龄的低龄群体雄多雌少,而 4~6 龄的高龄群体则雌多雄少^[14]。本研究的雌雄比为 1:1.57,

可能也与低龄鱼较多有关。本研究也显示,刀鲚种群沿着长江往上洄游,呈现出雌鱼逐渐减少,雄鱼逐渐增加的现象,具体原因还需研究。

有资料显示,长江洄游型刀鲚的同龄雌性个体的体长和体重均比雄性的^[13-15]。但本研究对 3 个种群的 2 龄组和 3 龄组所作的分析则表明,同一种群的雌雄个体间在平均体长和体重上均无显著性差异,2 龄雄性个体的体长及体重与 1973 至 1975 年的样本相比也无显著差异,但 3 龄和 2 龄雌性个体的体长及体重均明显地变小了(表 7)。本研究还显示,2 龄组和 3 龄组,其平均体长和体重都有沿着长江往上洄游而逐渐变小的现象(图 4,5)。这表明,

表 6 不同时期长江刀鲚洄游种群的性比

Table 6 Sex ratio of anadromous populations of *Coilia nasus* in the Yangtze River at different period

采样点 Collection site	采样时间(年) Collection date (year)	样本数量(尾) Samples (ind)	性比(♀:♂) Sex ratio	文献 Reference
安徽蔡子湖 Caizi Lake, Anhui	1974	179	1:0.99	[15]
安徽丹阳湖 Danyang Lake, Anhui	1974	155	1:1.21	
江苏至安徽江段 Jiangsu to Anhui	1973	1 615	1:0.95	[14]
	1974	1 857	1:1.79	
	1975	650	1:2.17	
崇明 Chongming	2006~2007	576	1:0.70	[10]
九段沙至芜湖 Jiuduansha to Wuhu	2009	270	1:1.57	本研究 This study

表 7 不同时期长江刀鲚洄游种群相同年龄组的体长、体重比较

Table 7 Comparison of body length and body weigh between the same age of anadromous populations of *Coilia nasus* in the Yangtze River at different period

采集点 Collection site	采集时间(年) Collection date(year)	指标 Item	年龄组(龄) Age-group(a)				文献 Reference
			2		3		
			♀	♂	♀	♂	
江苏、安徽、江西 Jiangsu, Anhui, Jiangxi	1973~1975	体长(cm) Body-length	26.7 21.3~30.2	22.7 14.2~26.1	29.7 25.6~35.3	28.0 20.8~31.0	[14]
		体重(g) Body-weight	76.0~85.0	34.2 17.0~55.0	91.7 45.0~162.0	80.0 50.0~145.0	
		体长(cm) Body-length	21.2 16.8~25.9	21.8 17.7~29.8	26.8 22.2~29.6	68.3 26.2~105.1	
体重(g) Body-weight	31.6 14.0~60.5	34.8 15.0~99.7	72.0 34.1~106.0	26.1 19.8~29.4			

即使是同一年龄组,捕捞对大个体刀鲚也具有选择性。

3.3 长江刀鲚的丰满度变化 丰满度是一种表征鱼类丰满程度和营养状况的指标。本研究分析的 299 尾刀鲚样本的平均丰满度为 0.35 ± 0.05 , 与先前的研究结果很接近^[14,16,18]。不同年龄组间差异显著,3 龄组极显著地大于 2 龄组。3 个种群间也具有极显著的差异,其中靖江的平均丰满度达 0.38 ± 0.04 , 芜湖的仅 0.30 ± 0.02 。

已有研究表明刀鲚自海洋洄游进入长江口时,雄性的精巢已发育到 3 期,雌性卵巢则大多处在 2 期。溯江到达安庆江段时,大部分个体的性腺可发育到 4 期或 5 期^[20-21]。我们的观察也发现,大多数靖江种群的性腺也仅发育至 3 期,但平均丰满度却是最高,这可能是刀鲚在长途的溯江产卵洄游途中,鱼体积累的脂肪提供了性腺发育所需的主要能量^[19]。

参 考 文 献

- [1] Whitehead P, Nelson G, Wongratana T. FAO species catalogue. Vol. 7. Clupeoid fishes of the world (Suborder Clupeoidei). Part 2. Engraulidae. FAO Fisheries Synopsis, 1988, 125(7): 460-475.
- [2] 张世义. 中国动物志: 硬骨鱼纲 鲱形目 海鲱目 鲱形目 鼠鲱目. 北京: 科学出版社, 2001: 138-144.
- [3] 袁传宓, 林金榜, 秦安龄, 等. 关于我国鲚属鱼类分类的历史和现状——兼谈改造旧鱼类分类学的几点体会. 南京大学学报: 自然科学版, 1976, (2): 1-12.
- [4] 袁传宓, 林金榜, 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, 1980, (3): 67-77.
- [5] Yang J, Arai T, Liu H, et al. Reconstructing habitat use of *Coilia mystus* and *Coilia ectenes* of the Yangtze River estuary, and of *Coilia ectenes* of Taihu Lake, based on otolith strontium and calcium. Journal of Fish Biology, 2006, 69(4): 1120-1135.
- [6] 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. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2010, 385(1/2): 14-19.
- [7] 郭弘艺, 唐文乔, 魏凯, 等. 中国鲚属鱼类的矢耳石形态特征. 动物学杂志, 2007, 42(1): 39-47.
- [8] Liu J X, Gao T X, Wang Y J, et al. Sequence comparison of partial cytochrome *b* genes of two *Coilia* species. Journal of Ocean University of China, 2005, 4(1): 85-88.
- [9] 刘文斌. 中国鲚属 4 种鱼的生化和形态比较及其系统发育的研究. 海洋与湖沼, 1995, 26(5): 558-564.
- [10] 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.
- [11] 郭弘艺, 魏凯, 唐文乔, 等. 基于矢耳石形态特征的中国鲚属鱼类种类识别. 动物分类学报, 2010, 35(1): 127-134.
- [12] 程万秀, 唐文乔. 长江刀鲚不同生态型间的某些形态差异. 动物学杂志, 2011, 46(5): 33-40.
- [13] 湖北省长江水产研究所, 南京大学生物系鱼类科研组. 长江流域刀鲚生殖洄游的初步调查//长江刀鲚资源调查协作组. 长江流域刀鲚资源调查报告(内部资料). 1977: 13-19.
- [14] 江苏省水产科学研究所, 安徽省长江水产资源调查小组, 湖北省长江水产研究所. 长江流域刀鲚产卵群体组成的初步研究//长江刀鲚资源调查协作组. 长江流域刀鲚资源调查报告(内部资料). 1977: 22-30.
- [15] 安徽省长江水产资源调查小组. 长江(安徽江段)刀鲚产卵场调查报告//长江刀鲚资源调查协作组. 长江流域刀鲚资源调查报告(内部资料). 1977: 31-47.
- [16] 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. 长江流域资源与环境, 2005, 14(6): 694-698.
- [17] 郭弘艺, 唐文乔. 长江口刀鲚矢耳石重量与年龄的关系及其在年龄鉴定中的作用. 水产学报, 2006, 30(3): 347-352.
- [18] 万全, 赖年悦, 李飞, 等. 安徽无为长江段刀鲚生殖洄游群体年龄结构的变化分析. 水生态学杂志, 2009, 2(4): 60-65.
- [19] 黎雨轩. 长江洄游性刀鲚的繁殖生态学研究. 武汉: 中国科学院水生生物研究所博士学位论文, 2009: 1-117.
- [20] 陈文银, 李家乐, 练青平. 长江刀鲚性腺发育的组织学研究. 水产学报, 2006, 30(6): 773-777.
- [21] 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. 中国水产科学, 2011, 18(3): 537-546.