

福建九龙江口凤鲚的生物学特征

晁眉^{1,2}, 黄良敏^{1,2}, 李军^{1,2}, 王家樵^{1,2}, 张雅芝^{1,2}

(1. 集美大学水产学院, 福建 厦门 361021; 2. 福建省海洋渔业资源与生态环境重点实验室, 福建 厦门 361021)

[摘要] 利用2010年9月至2013年8月每季度从福建九龙江口的紫泥、岛美、浮宫3个站点的定置张网和流刺网渔获物中采集的凤鲚样本, 分析凤鲚的生物学特性. 结果表明: 1) 九龙江口凤鲚体长分布范围为44~239 mm, 优势体长为140~160 mm, 体重分布范围为0.20~69.10 g, 优势体重为0.20~20 g, 体长与体重的关系式为 $W = 1.3 \times 10^{-6} L^{3.23}$ ($R^2 = 0.88, P < 0.01, n = 927$), 体长生长方程为 $L_t = 246.75[1 - e^{-0.65(t+0.21)}]$, 体重生长方程为 $W_t = 64.94[1 - e^{-0.65(t+0.21)}]^{3.23}$, 由此可将凤鲚看做匀速生长的鱼类; 2) 凤鲚夏季洄游至九龙江产卵, 性成熟以V期为主, 冬季摄食强度最强; 3) 凤鲚的总死亡系数、自然死亡系数和捕捞死亡系数分别为2.0、0.67和1.33. 结果说明九龙江口凤鲚资源已经处于过度开发状态, 需要采取合理的保护和限制捕捞措施.

[关键词] 凤鲚; 生长; 死亡率; 九龙江口

[中图分类号] S 931.1

Biological Characteristics of *Coilia mystus* in Jiulong River Estuary in Fujian Province

CHAO Mei^{1,2}, HUANG Liang-min^{1,2}, LI Jun^{1,2}, WANG Jia-qiao^{1,2}, ZHANG Ya-zhi^{1,2}

(1. Fisheries College, Jimei University, Xiamen 361021, China; 2. Fujian Provincial Key Laboratory of Marine Fishery Resources and Eco-environment, Xiamen 361021, China)

Abstract: In this paper, the biological characteristics of *Coilia mystus* were studied based on the analysis of samples caught by stake nets and gill nets in every quarter from September 2010 to July 2013, in stations Daomei, Zini, and Fugong of Jiulong River Estuary. The results indicated that: 1) the length of *Coilia mystus* ranged between 44 to 239 mm, and the dominant length group between 140 to 160 mm; the weight of *Coilia mystus* was 0.20 to 69.10 g, and the dominant weight group between 0.2 to 20 g. The relationship between length and weight was $W = 1.3 \times 10^{-6} L^{3.23}$ ($R^2 = 0.88, P < 0.01, n = 927$). The growth equation of body length was $L_t = 246.75[1 - e^{-0.65(t+0.23)}]$, the growth equation of body weight was $W_t = 64.94[1 - e^{-0.65(t+0.25)}]^{3.23}$. 2) The *Coilia mystus* migrated to Jiulong River and spawned in summer. Sexual maturation is mainly in stage V. The highest feeding intensity of *Coilia mystus* was in winter. 3) The total mortality, natural mortality and fishing mortality were 2.0, 0.67 and 1.33, respectively. The *Coilia mystus* in Jiulong River was overfished, and reasonable protection and fishing measures would be needed.

[收稿日期] 2015-07-13

[修回日期] 2015-10-10

[基金项目] 福建省自然科学基金资助项目(2015J01618); 厦门南方海洋研究中心项目(13GQT001NF14); 福建省海洋渔业资源与生态环境重点实验室开放基金项目(ZK2014001、201504030006); 厦门南方海洋研究中心项目(13GQT001NF14)

[作者简介] 晁眉(1989—), 女, 硕士生, 从事渔业资源方向研究. 通信作者: 黄良敏(1972—), 男, 副教授, 博士, 从事渔业资源研究. E-mail: lmhuang@jmu.edu.cn.

Keywords: *Coilia mystus*; growth; mortality; Jiulong River Estuary

0 引言

凤鲚 (*Coilia mystus*) 俗称凤尾鱼、子鲚、烤籽鱼, 属鲱形目, 鳀科, 鲚属, 是一种小型河口性洄游经济鱼类, 分布于我国沿海及长江等各河口区, 是长江、珠江等江河口的主要经济鱼类, 也是福建沿岸的优势种类^[1]。

人为捕捞对渔业资源有很大影响, 研究凤鲚的生物学特征和评估目前凤鲚资源开发状态, 对于其今后的捕捞活动和资源管理都有重要的意义。关于凤鲚生物学的研究多见于长江口及其他海域^[2-10], 如倪勇等^[2]研究了长江口凤鲚的生长、繁殖和食性等生物学特征; 管卫兵等^[3]研究了长江口凤鲚的生殖特征、条件状况和生殖潜能; 仲伟等^[4]分析了瓯江的凤鲚种群生物学特征。目前尚未见有关福建九龙江口凤鲚的生态学特征研究的报道。本研究拟通过实际调查数据, 对福建九龙江口凤鲚的生物学特征进行分析和研究, 以期对该水域凤鲚渔业资源的管理和可持续利用以及今后的发展提供技术参考资料。

1 材料和方法

1.1 样品采集及测定

调查时间为 2010 年 9 月—2013 年 8 月, 在九龙江口及其附近海域设置了紫泥附近水域 (S1)、浮宫附近水域 (S2) 和岛美附近水域 (S3) 3 个站点 (见图 1), 分别位于九龙江口上游 (淡水海域, 盐度为 0)、中游 (半咸水海域, 盐度为 5~10 左右) 和下游 (海水水域, 盐度为 25~29 左右), 利用群众生产渔船, 定船、定点、定人 (4 人), 逐季于农历大潮期间进行随机采样。

样品经过初步冷冻处理后带回实验室冷冻保存。生物学测定内容包括体长 (mm)、体重 (g)、摄食等级、性别和性腺成熟度等。摄食等级根据 5 级胃饱满度^[11]判断; 性腺成熟度按照 6 级目测等级法^[11]判断。

1.2 数据分析方法

1.2.1 生长

参考文献 [12] 的体重与体长关系式: $W = aL^b$, 其中: L 为体长; W 为相对应的体重; a 和 b 是两个待确定参数, a 为生长条件因子, a 越大表示饵料基础与水文等环境条件越好, b 为幂指数系数。利用 Excel 软件对测定的体长和体重关系作图。

体长与体重生长方程采用文献 [13]¹⁹ 的 Von Bertalanfy 生长方程: $L_t = L_{\infty} [1 - e^{-K(t-t_0)}]$, $W_t = W_{\infty} [1 - e^{-K(t-t_0)}]^b$, 其中 L_t 、 W_t 分别为 t 龄鱼的体长和体重; L_{∞} 、 W_{∞} 分别为渐近体长和渐近体重; K 为生长参数; t_0 为理论上鱼体长等于 0 时的年龄, 是一个假定的理论常数, 又称初始参数。渐进体长 L_{∞} 和生长参数 K 应用 FISAT II 软件中的 ELEFAN I 技术和 Pauly 经验公式 $\ln(-t_0) = 0.3922 - 0.2752 \ln L_{\infty} - 1.038 \ln K$, 可估算 t_0 。

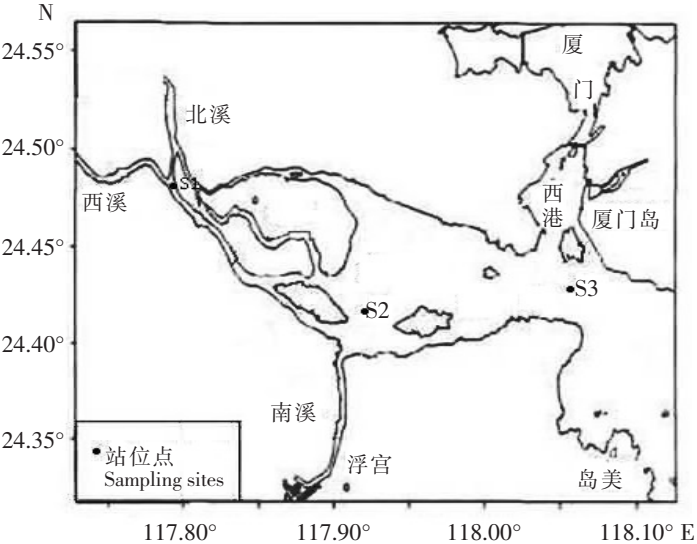


图 1 采样位置图
Fig.1 Sampling sites

对 Von Bertalanffy 体长生长方程求导，可分别求得凤鲚体长生长速度和体长生长加速度随时间 t 变化的方程，公式为：

$$dL/dt = kL_{\infty} e^{-K(t-t_0)}, d^2L/dt^2 = -k^2L_{\infty} e^{-K(t-t_0)}.$$

对 Von Bertalanffy 体重生长方程求导，可分别求得凤鲚体重生长速度和体重生长加速度随时间 t 变化的方程，公式为：

$$dW/dt = bkW_{\infty} e^{-K(t-t_0)} [1 - e^{-K(t-t_0)}]^{(b-1)},$$
$$d^2W/dt^2 = bk^2 W_{\infty} e^{-K(t-t_0)} [1 - e^{-K(t-t_0)}]^{(b-2)} (be^{-K(t-t_0)} - 1),$$

当 $d^2W/dt^2 = 0$ 时，可得体重生长拐点年龄： $t_p = \ln b/k + t_0$.

1.2.2 死亡

凤鲚的总死亡系数 Z 可用 FiSAT II 软件中的体长变换渔获曲线（Length-converted Catch Curve）法^[12,14]进行估算.

凤鲚的自然死亡率利用 Pauly 公式进行估算^[15]： $\ln M = -0.0066 - 0.279 \ln L_{\infty} + 0.6543 \ln K + 0.463 \ln T$ ，其中 T 为鱼类栖息地年平均表层水温. 得出自然死亡系数 M ，则捕捞死亡系数 $F = Z - M$ ，开发率 $E = F/Z$.

2 结果

2.1 渔获情况

3 年间在紫泥、浮宫和岛美 3 个站点共获取凤鲚样本 927 尾，14 860.6 g，其中浮宫站点数量最大，集中于春、夏、秋三季，共 390 尾，6524.8 g，占总渔获数量的 42.1%，占总质量的 43.9%；紫泥站点集中于夏、秋两季，渔获 267 尾，4055.3 g，占总渔获数量的 28.8%，占总质量的 27.3%；岛美站点集中于春、秋两季，渔获 270 尾，4280.5 g，占总渔获数量的 29.1%，占总质量的 28.8% . 3 站冬季总渔获 77 尾，815.3 g，仅占总数量的 8.3%，占总质量的 5.5% .

紫泥为淡水海域，凤鲚活动主要集中在夏秋两季；浮宫为半咸水海域，凤鲚活动主要集中在春夏秋 3 季，冬季较少；岛美为海水海域，凤鲚渔获春季最高，其次为秋季. 可见凤鲚主要集中于半咸水区域.

凤鲚渔获样品，体长范围为 44 ~ 239 mm，优势体长为 140 ~ 159.9 mm（23.54%）；体重范围为 0.20 ~ 69.10 g，优势体重为 0 ~ 10 g（36.7%），次体重为 10 ~ 20 g（34.41%）.

2.2 体长与体重的关系

根据所测定的体长、体重数据，拟合体长与体重关系（见图 2）. 表达式为：

$$W = 1.3 \times 10^{-6} L^{3.23}$$

$$(R^2 = 0.8823, P < 0.01, n = 927).$$

凤鲚的生长条件因子 a 为 1.3×10^{-6} ，表示饵料基础与水文等环境条件较好；生长指数 b 值为 3.23，可视其为匀速生长型鱼类.

2.3 体长与体重生长方程

所采集的凤鲚样品，由 FiSAT II 软件中的 ELEFAN I 技术处理体长频率，生长参数 L_{∞} 和生长参数 K 分别为 246.75 和 0.65.

根据 Pauly 经验公式： $\ln(-t_0) = -0.3922 - 0.2752 \ln L_{\infty} - 1.038 \ln K$ 得 t_0 为 -0.21，因此，

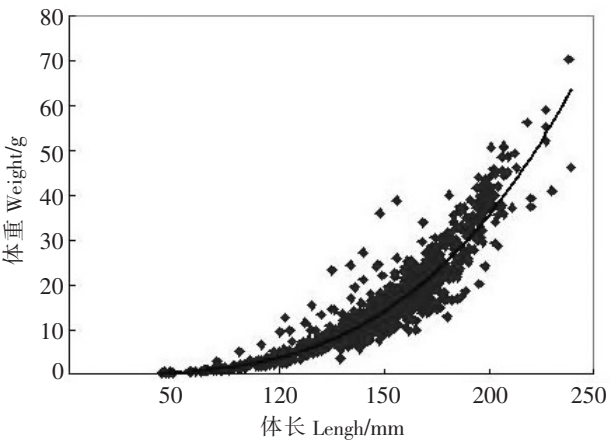


图 2 凤鲚体长和体重关系

Fig.2 The relationship between length and weight of *Coilia mystus*

该海域凤鲚的生长方程为 $L_t = 246.75[1 - e^{-0.65(t+0.21)}]$, $W_t = 69.64[1 - e^{-0.65(t+0.21)}]^{3.23}$; 凤鲚体长生长速度方程为 $dL/dt = 160.39e^{-0.65(t+0.21)}$, 体长生长加速度方程为 $d^2L/dt^2 = -104.25e^{-0.65(t+0.21)}$; 凤鲚体重生长速度方程为 $dW/dt = 146.21e^{-0.65(t+0.21)}[1 - e^{-0.65(t+0.21)}]^{2.23}$, 体重生长加速度方程为 $d^2W/dt^2 = 95.04e^{-0.65(t+0.21)}[1 - e^{-0.65(t+0.21)}]^{1.23}(3.23e^{-0.65(t+0.21)} - 1)$.

由图3、图4可见, 体长的生长曲线不具拐点, 初期上升较快, 后随着年龄的增加而逐渐趋向于渐进体长; 体重生长曲线存在一个生长拐点, 生长拐点年龄 t_p 为 1.59.

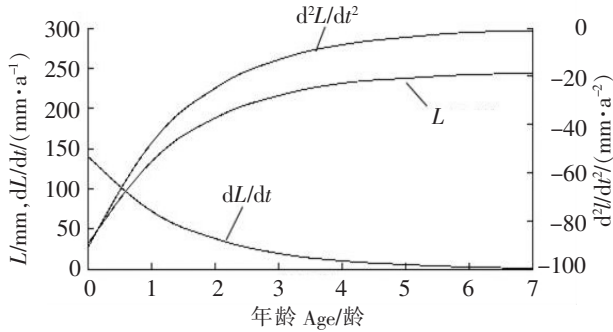


图3 凤鲚的体长生长曲线图

Fig.3 Graphs of body length growth, length growth rate and length growth acceleration of *Coilia mystus*

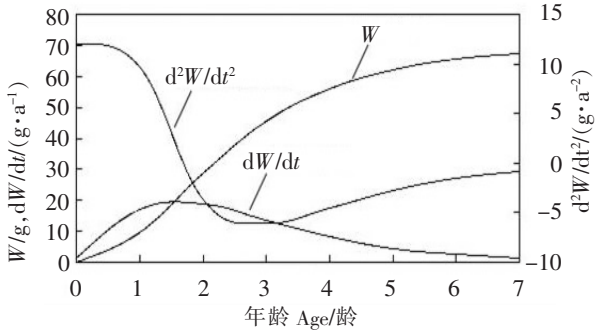


图4 凤鲚的体重生长曲线图

Fig.4 Graphs of body weight growth, weight growth rate and weight growth acceleration of *Coilia mystus*

2.4 摄食强度的季节变化

本文共分析了451尾凤鲚样品的胃肠摄食强度, 其中有摄食量的春季有36尾, 夏季143尾, 秋季172尾, 冬季87尾. 通过分析胃的饱满度得出夏季的摄食强度以1级为主, 春季和秋季的摄食强度以2级为主, 冬季的摄食强度以3级为主, 占比都大于50% (如图5所示).

2.5 繁殖习性

对427尾凤鲚进行性别鉴定, 发现雌性个体多于雄性个体. 性腺成熟度以V期为主 (占42.4%), 接着依次是IV期 (19.4%)、II期 (12.6%)、I期 (11.2%)、III期 (10.5%). 性成熟个体春季最多. 对50条III期以上凤鲚的性腺测定其繁殖力, 发现该水域凤鲚的绝对繁殖力在1920~23250粒之间, 其平均值约为8005粒.

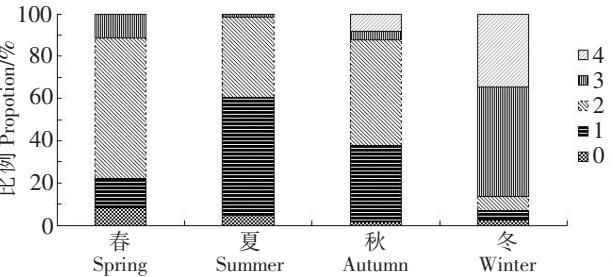


图5 凤鲚摄食强度的季节变化

Fig.5 Seasonal change of feeding intensity of *Coilia mystus*

3 讨论

3.1 凤鲚的生长特性

Ricker认为体长与体重关系式中的 b 值可用于判断鱼类是否处于等速生长. 国内外研究鱼类和渔业资源的学者, 在对大量海洋鱼类和淡水鱼类以及虾类、蟹类等的体长与体重关系进行研究后, 发现绝大多数的 b 值都在2.5~3.5的范围之间^[12]. 本研究的凤鲚群体 b 值为3.25, 可认为凤鲚为等速生长型.

有研究报道舟山近海2003年凤鲚捕捞群体优势体长为60~130 mm^{[13]20}; 长江口凤鲚2005—2009年群体优势体长为92.50~167.50 mm^{[3]3}. 本研究优势体长140~160 mm, 与长江口群体相当, 但大于舟山近海海域群体, 这可能与不同海域环境因素、摄食等有关.

3.2 凤鲚的繁殖习性、摄食特征和开发程度

凤鲚春季开始由咸水区洄游至淡水区产卵, 冬季游向大海, 属于暖温性鱼类.

本研究分析得出九龙江口凤鲚夏季的摄食强度主要为 1 级, 春季和秋季的摄食强度以 2 级为主, 而冬季的摄食强度以 3 级为主. 夏季摄食强度较低, 而冬季摄食强度较高, 可能与产卵期停止进食和食物的丰富度等有关, 这与长江口凤鲚繁殖季节摄食率较低而非繁殖季节摄食率较高的食性相似^[2]; 但与舟山近海凤鲚 6 月摄食量 2 级最多, 而 10~12 月空胃率最高^[16]的情况相反, 这可能与不同海域生存环境和生物种类组成有关.

本研究利用 FiSAT II 软件中体长变换渔获曲线法, 通过体长数据估算出九龙江口凤鲚的总死亡系数为 2, 捕捞死亡系数为 1.33, 开发率为 0.67. Gulland 认为, 鱼类资源的最适开发率约为 0.5^[17], 而九龙江口凤鲚的开发比率大于 0.5, 由此可认为其资源已处于过度利用状态. 本研究结果与王家樵等^[18]2011 年对福建沿海经济鱼类的研究结果相同, 凤鲚资源已超额开发.

目前九龙江口凤鲚已经出现过度捕捞、资源衰退的情况, 应加紧对其资源采取相关保护措施, 以实现其种群资源的可持续利用.

[参 考 文 献]

- [1] 黄良敏. 闽江口和九龙江口及其邻近海域渔业资源现状与鱼类多样性. 青岛: 中国海洋大学, 2011.
- [2] 倪勇, 王云龙, 蒋玫. 长江口凤鲚的渔业生物学特性. 中国水产科学, 1999, 6(5): 69-71.
- [3] 管卫兵, 陈辉辉, 何文辉. 长江口凤鲚生殖群体的动态特征. 渔业科学进展, 2011, 32(5): 1-9.
- [4] 仲伟, 邵鑫斌, 胡利华, 等. 凤鲚瓯江种群的生物学特性. 温州大学学报 (自然科学版), 2009, 30(4): 14-18. DOI:10.3875/j.issn.1674-3563.2009.04.003.
- [5] 曾强, 董方勇. 凤鲚繁殖群体的生物学特性及因数关系的研究. 湖泊科学, 1993, 5(2): 164-170.
- [6] 施炜纲, 王博. 长江河口区凤鲚的资源现状. 水生生物学报, 2002, 26(6): 648-653.
- [7] 刘凯, 徐东坡, 张敏莹, 等. 应用两数学模型对长江口凤鲚捕捞量建模初探. 浙江海洋学院学报, 2005, 24(3): 262-266.
- [8] 郑颖. 长江口凤鲚的资源评价. 安徽农业科学, 2012, 40(35): 17140-17143. DOI:10.3969/j.issn.0517-6611.2012.35.061.
- [9] 刘凯, 张敏莹, 徐东坡, 等. 长江口凤鲚资源变动及最大持续产量研究. 上海水产大学学报, 2004, 13(4): 298-303.
- [10] 刘守海, 徐兆礼, 田丰歌. 长江口及附近水域凤鲚摄食习性的分析. 上海海洋大学学报, 2012, 21(4): 589-597.
- [11] 陈大刚. 渔业资源生物学. 北京: 中国农业出版社, 1997: 58-59, 94.
- [12] 詹秉义. 渔业资源评估. 北京: 中国农业出版社, 2005: 18-20.
- [13] 薛利建, 周永东, 徐开达, 等. 舟山近海凤鲚生长参数及资源量、持续渔获量分析. 福建水产, 2011, 33(2): 19, 20. DOI:10.3969/j.issn.1006-5601.2011.02.004.
- [14] PAULY D, MORGAN G R. Length-based methods in fisheries research. ICLARM Conference Proceedings, 1987, 13: 468.
- [15] PAULY D. On the interrelationships between natural mortality growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. Journal du Conseil, 1980, 39(2): 175.
- [16] 周永东, 薛利建, 徐开达. 舟山近海凤鲚的生物学特性研究. 现代渔业信息, 2004, 19(8): 19-21. DOI:10.3969/j.issn.1004-8340.2004.08.007.
- [17] GULLAND J A. The fish resources of the oceans. England: West Byfleet, 1971: 255-261.
- [18] 王家樵, 张雅芝, 黄良敏, 等. 福建沿海域主要经济鱼类生物学研究. 集美大学学报 (自然科学版), 2011, 16(3): 165.

(责任编辑 朱雪莲 英文审校 马 英)