

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20211011001

http://www.yykxjz.cn/

张家旭, 王俊, 牛明香, 左涛, 常雯, 陈瑞盛. 黄河口近岸海域鲎渔业生物学特征研究. 渔业科学进展, 2023, 44(2): 20-29
ZHANG J X, WANG J, NIU M X, ZUO T, CHANG W, CHEN R S. Biological characteristics of *Liza haematocheila* in the shallow coastal waters of the Yellow River estuary. Progress in Fishery Sciences, 2023, 44(2): 20-29

黄河口近岸海域鲎渔业生物学特征研究*

张家旭^{1,3} 王俊^{1,2①} 牛明香^{1,2} 左涛^{1,2} 常雯⁴ 陈瑞盛¹

(1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所 农业农村部海洋渔业可持续发展重点实验室

山东省渔业资源与生态环境重点实验室 山东 青岛 266071;

2. 青岛市海洋科学与技术试点国家实验室海洋生态与环境科学功能实验室 山东 青岛 266237;

3. 东营市自然资源和规划局东营港经济开发区分局 山东 东营 257020;

4. 东营市海洋发展研究院 山东 东营 257091)

摘要 为探究黄河口近岸海域鲎(*Liza haematocheila*)的渔业生物学特征及资源状况,本研究根据2020年4—11月黄河口渔业生产定置网的采样数据,研究了黄河口水域重要渔业种类鲎群体的体长体重分布、体长-体重关系、繁殖、生长和死亡等渔业生物学特征和开发率。结果显示,鲎体长分布范围为45~460 mm,优势体长组为55~185 mm;体重范围为2~1100 g,优势体重组为2~80 g。方差分析表明,鲎的平均体长、体重均存在显著的月间差异;各月及全年鲎的体长-体重关系均呈显著的幂函数关系,生长类型为负异速生长。黄河口近岸海域,鲎在7月肥满度最大,而6月最小;产卵盛期为4—5月。鲎的生长速率为 $0.31 a^{-1}$,总死亡系数为 $1.42 a^{-1}$,自然死亡系数估算结果为 $0.51 a^{-1}$,捕捞死亡系数为 $0.91 a^{-1}$,其开发率为0.64,鲎种群资源被过度利用。定置网渔业生产对于黄河口渔业资源有一定的破坏作用,尤其对幼鱼和补充群体资源影响较大,应对定置网渔业生产采取必要的管理措施。

关键词 黄河口; 定置网; 鲎; 渔业生物学特征

中图分类号 S931.1 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2023)02-0020-10

黄河口及其邻近海域受到黄河调水调沙、污水排放、过度捕捞等人类活动以及气候变化的影响,渔业生物栖息环境遭到破坏,渔业生物正常繁殖和生长受到了严重的影响,渔业资源向着低营养级群体发展。同时,资源结构也有较大变化,自20世纪80年代以来,黄河口海域渔业资源持续衰退,具有较高经济价值的传统捕捞鱼类如带鱼(*Trichiurus lepturus*)、小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)等资源显著衰退(张旭等, 2009),价值低的小型鱼类和虾蟹类成为该水域的主

要渔获物(朱鑫华等, 2001; 杨涛等, 2018)。为促进生态环境修复和渔民增收,渔业管理部门开展了增殖放流、限制捕捞等资源养护措施。因此,开展鱼类生物学特征研究,可为渔业资源合理利用和增殖养护提供科学依据,为制定相关渔业政策提供支持。

鲎(*Liza haematocheila*)属鲷形目(Mugiliformes)、鲷科(Mugilidae)、鲎属(*Liza*)鱼类,是黄河口及其邻近海域的重要经济鱼类,也是黄河口近岸水域生计渔业的重要捕捞种。鲎一般在河口水域和内湾海域等半咸

* 国家重点研发计划项目(2019YFD0901201; 2019YFD0901202)和中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(2018HY-ZD0102)共同资助。张家旭, E-mail: 1317657622@qq.com

① 通信作者: 王俊, 研究员, E-mail: wangjun@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2021-10-11, 收修改稿日期: 2021-11-15

水或咸水区域活动,也可以在淡水区域中生活(朱元鼎等, 1963);受海水温度的影响,冬季时会在离岸较远、水深较深的水域越冬,直到春季水温升高后才向浅水区洄游。因为鲎肉质鲜美、易于捕获,是我国近岸人民较为喜欢的经济鱼种之一(朱元鼎等, 1963),在我国沿海近岸均有分布(成庆泰等, 1997; 庄平等, 2006)。鲎主要以有机碎屑为食,蓝绿藻(Cyanophyceae)、绿藻(Chlorophyceae)、硅藻(Bacillariophyceae)、轮虫(Rotifera)都是鲎的主要饵料(成庆泰等, 1997)。不同生态环境下鲎的生长、死亡(李明德等, 1982)、年龄(纪严等, 2018)、摄食(成庆泰等, 1997)、繁殖(朱元鼎等, 1963)等生物学特征和资源开发状况(叶金清等, 2020)等已有研究,但关于黄河口近岸水域鲎的生物学特征未见报道。

本研究根据 2020 年 4—11 月黄河口近岸海域定置网采样数据,研究鲎体长体重分布、体长-体重关系、繁殖、生长、死亡等渔业生物学特征和开发率,以为黄河口重要经济种类鲎资源增殖养护和合理开发提供科学依据,为黄河口区域生态修复等研究提供基础生物学资料。

1 材料与方法

1.1 数据来源

渔获数据来源于 2020 年 4—11 月在东营黄河口近岸海域(37°26'52"N, 118°57'59"E 附近)(图 1)逐月进行的定置网渔业生产调查。每月调查时间在大潮期(农历初三或十八)进行,每网次作业时间约为 24 h,共采集 4 个网次。调查采样的须子网主尺度为 250 m (网长) × 1.78 m (网高),囊网网目为 18 mm。

表 1 鲎各月生物学分析样品量(尾)

Tab.1 Sample quantity for data analysis of *L. haematocheila* in each month (ind.)

项目 Items	4 月 Apr.	5 月 May	6 月 Jun.	7 月 Jul.	8 月 Aug.	9 月 Sep.	10 月 Oct.	11 月 Nov.	总计 Total
体长体重分析 Body length and weight analysis	176	51	42	125	120	97	163	207	981
性腺成熟度分析 Gonadal maturity analysis	120	51	42	90	90	57	120	120	690

1.3 研究方法

1.3.1 体长体重分布 利用频率分布法对鲎的体长和体重进行统计分析,分别以 10 mm 和 10 g 为组距,各体长、体重组上限包含在各组中。利用方差分

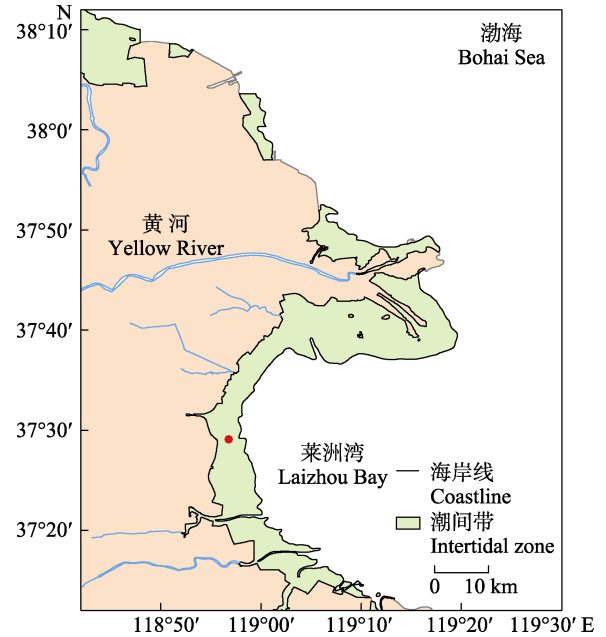


图 1 黄河口定置网调查站位

Fig.1 Set nets survey station in Yellow River estuary waters

图中实心圆表示调查采样点。

The solid circle in the figure indicates the survey sampling point.

1.2 数据处理

依据《海洋调查规范第 6 部分:海洋生物调查》(GB/T12763.6-2007)对渔获物进行分类、种类鉴定和生物学测定。每个网次随机取 50 尾样品,测量鲎的体长和体重,不足 50 尾则全部测量;在样品中随机取 30 尾进行解剖,观察其摄食等级和性腺成熟度。其中,生物学分析样品共 981 尾,性腺成熟度分析样品共 690 尾(表 1)。

析研究各月鲎的平均体长和平均体重是否有显著性差异(Pauly, 1984)。

1.3.2 体长-体重关系 鲎的体长-体重关系采用以下幂函数公式进行拟合(Ricker, 1973):

$$W=aL^b \quad (1)$$

式中, W 为鱼体重(g), L 为鱼体长(mm), a 和 b 为待确定的参数。 a 表示鱼类生长的条件因子, b 为异速生长因子, 可以反映鱼类生长发育的不均匀性。当 $b=3$ 时, 为等速生长, 体重体长同速增长; 当 $b<3$ 时, 为负异速增长, 体重较体长增长慢; 当 $b>3$ 时, 为正异速生长, 体重较体长增长快(Froese, 2006)。

采用协方差分析(ANCOVA)检验全年及月间个体体长-体重关系参数的差异, 使用 t 检验分析参数 b 与 3 的差异, 检验公式:

$$t = \frac{SD(L)}{SD(W)} \times \frac{|b-3|}{\sqrt{1-r^2}} \times \sqrt{n-2} \quad (2)$$

式中, $SD(L)$ 、 $SD(W)$ 分别为体长、体重对数的标准差, n 、 r 分别为样本量和相关系数(Morey et al, 2003)。

1.3.3 肥满度 肥满度作为反映鱼类生长情况的指标, 一定程度上也可以反映鱼类生长环境的优劣。采用以下公式进行计算(Froese, 2006):

$$F = \frac{W \times 100}{L^3} \quad (3)$$

式中, F 为鱼类肥满度, W 为鱼类体重(g), L 为鱼类体长(mm)。

1.3.4 性腺成熟度 性腺成熟度根据《海洋调查规范第6部分: 海洋生物调查》(GB/T12763.6-2007)要求, 目测法进行划分, 统计鲛各月的性腺成熟度, 绘制各月性腺成熟度比例分布图。

1.3.5 生长、死亡参数估算及资源开发利用

1.3.5.1 生长参数 采用生长方程 VBGF 来描述鲛的生长, 其公式为(Fabens, 1965):

$$L_t = L_\infty \{1 - \exp[-K(t-t_0)]\} \quad (4)$$

式中, L_∞ (cm) 为鱼类的渐近体长, K 为鱼类生长速率 (a^{-1}), t_0 为理论常数, 表示理论上当鱼类体长为 0 时的年龄。采用 ELEFAN (electronic length frequency analysis) 方法对生长参数 L_∞ 、 K 进行估算。

理论初始年龄 t_0 根据 Pauly 经验公式进行估算 (Pauly, 1979; Pauly et al, 1981):

$$\ln(-t_0) = -0.3922 - 0.2752 \ln L_\infty - 1.038 \ln K \quad (5)$$

式中, L_∞ 为渐近体长(cm), K 为生长速率 (a^{-1})。

1.3.5.2 死亡系数 利用体长转换渔获曲线 (length converted catch curves) 计算总死亡系数 (Z) (Pauly, 1979), 公式如下:

$$\ln(N_t/\Delta t) = a + bt' \quad (6)$$

式中, N_t 为 t 体长组鱼类的尾数, Δt 为相应体长组中鱼类从最小体长生长至最大体长的时间, t' 为相应体长组对应的相对年龄 (years- t_0), 拟合的数据点以“回归不采用未全部补充的年龄段和靠近渐近体长的年

龄段”为选取原则 (Pauly, 1990), 总死亡系数 (Z) 为拟合出曲线的相反数 ($-b$)。

一般使用 Pauly 经验公式来估算自然死亡系数 (M) (Pauly, 1980):

$$\lg M = -0.0066 - 0.2790 \lg L_\infty + 0.6543 \lg K + 0.4634 \lg T \quad (7)$$

式中, L_∞ 为渐近体长(cm), K 为生长速率 (a^{-1}), T 为海域平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)。

捕捞死亡系数 (F) 计算公式为:

$$F = Z - M \quad (8)$$

1.3.5.3 资源开发利用 开发率 (E) 计算公式为:

$$E = F/Z \quad (9)$$

一般认为最适开发率为 0.5, 并以此来衡量鱼类开发利用的程度 (Gulland, 1971)。

捕捞选择性 (S) 是根据渔获曲线方程计算而得, 为线性回归中未被用到的数据点所对应的观测值和期望值的比值 (何宝全等, 1988), 开捕体长 (L_{50}) 为 $S=0.5$ 时所对应的体长。捕捞选择性和鱼类体长的关系表示为:

$$S_j = \frac{1}{1 + e^{-r(L_j - L_{50})}} \quad (10)$$

式中, L_j 为体长, S_j 为对应的选择性, L_{50} 为开捕体长, r 为常数。

2 结果

2.1 体长、体重组成

4—11月, 黄河口近岸海域鲛体长在 45~460 mm 之间, 平均体长为 149 mm; 优势体长组为 55~185 mm, 占全部个体的 70.03%。方差分析结果显示, 鲛各月平均体长存在显著差异 ($P<0.05$)。其中, 5月个体平均体长最大, 为 229 mm, 优势体长组为 135~155 mm、215~275 mm; 9月平均体长最小, 为 110 mm, 优势体长组为 75~105 mm; 其他月平均体长由大到小依次为 4、6、10、11、8 和 7 月, 平均体长分别为 196、195、153、134、123 和 113 mm (图 2)。

调查期间, 鲛的体重在 2~1100 g 之间, 平均体重为 83 g, 优势体重组为 2~80 g, 占全部个体的 75.40%, 个体间体重差异较大。方差分析表明, 鲛各月平均体重存在显著差异 ($P<0.05$)。其中, 5月个体平均体重最大, 为 207 g, 优势体重为 11~60 g 和 121~180 g; 9月个体平均体重最小, 为 26 g, 优势体重组为 1~20 g; 其他月平均体重由大到小依次为 4、6、8、10、7 和 11 月, 平均体重分别为 159、90、75、65、60 和 47 g (图 3)。

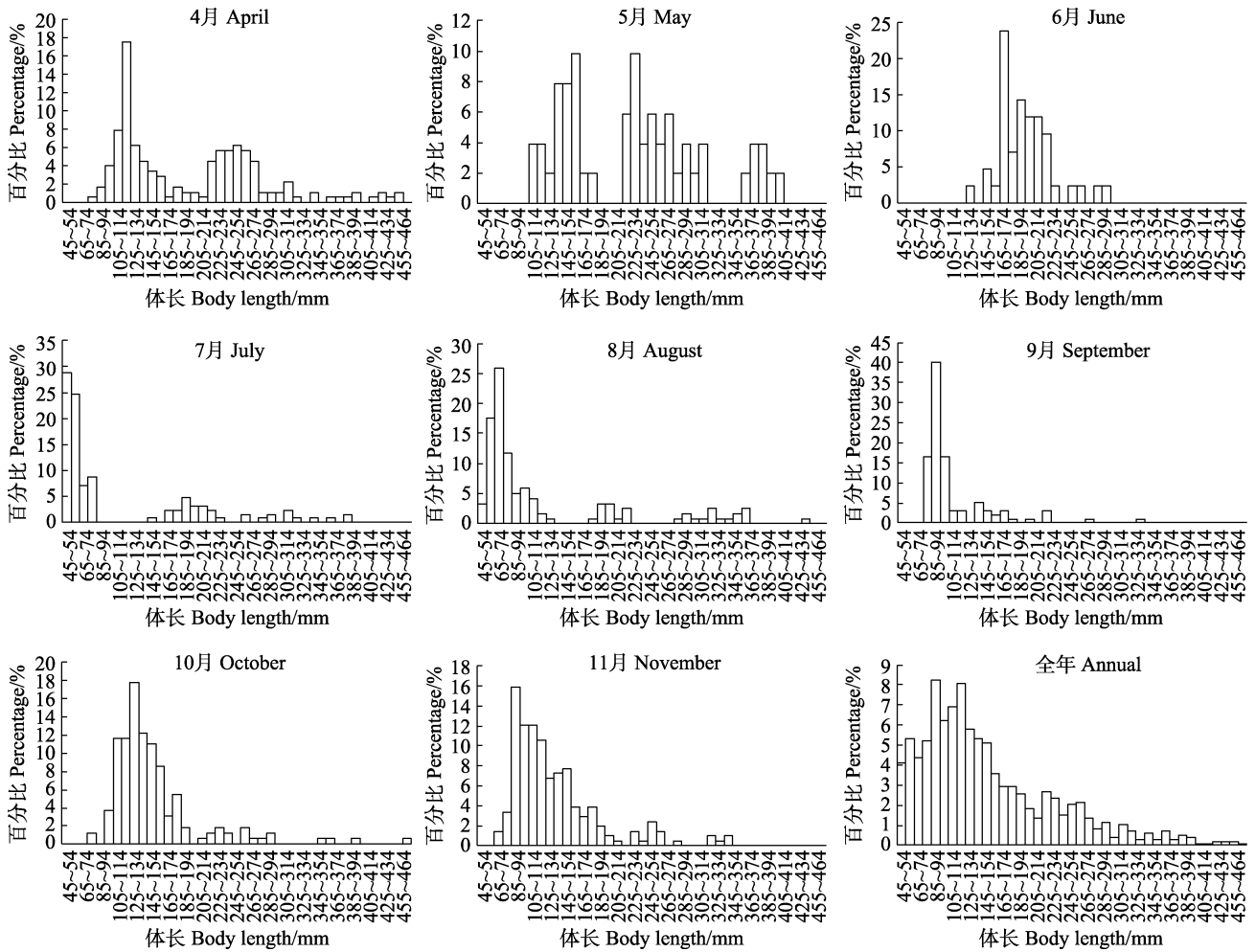


图 2 4—11 月黄河口近岸海域鲈体长分布频率直方图

Fig.2 Frequency histogram of body length of *L. haematocheila* from April to November in the shallow coastal waters of the Yellow River estuary

2.2 体长-体重关系及月变化

黄河口近岸海域鲈各月及全年的体长-体重幂函数关系显著($P < 0.05$) (图 4)。ANOVA 检验分析显示, 各月间鲈的体长-体重关系差异显著($P < 0.05$) (表 2)。条件因子 a 最大的月为 9 月(7.10×10^{-5}), 其次为 7 月和 8 月, 10 月、4 月和 5 月的条件因子相近, 6 月时最小。生长指数 b 的变化趋势与 a 相反, b 在 9 月最小, 为 2.65, 其他月的 b 值变化不大。全年体长-体重关系为 $W = 3.17 \times 10^{-5} L^{2.82}$ ($R^2 = 0.9805, n = 981$) (图 4), 经 t 检验, b 值与 3 差异显著($P < 0.05$)且 $b < 3$, 表明鲈的生长类型为负异速生长。

2.3 肥满度及各月变化

黄河口近岸海域鲈的肥满度数据分析表明, 4—6 月肥满度逐月下降, 7 月增大, 7—11 月鲈的肥满度起伏波动, 总体呈下降趋势。6 月鲈肥满度值最低, 为 1.102, 7 月鲈的肥满度最大, 为 1.535 (图 5)。

2.4 性腺成熟度

不同月鲈的性腺成熟度分析表明, 其性腺发育程度存在月间变化。每月性腺未发育的 I 期个体所占比例均超过 50%, 其中, 4 月性腺未发育的 I 期个体所占比例相对其他月最小, 占 54.62%; 其次为 III 期和 II 期个体, 所占比例分别为 34.45% 和 7.56%; 还有少量 IV 期和 V 期个体, 分别为 1.69% 和 1.68%。5 月出现 VI 期个体, 所占比例为 11.53%; I 期和 II 期个体所占比例分别为 84.61% 和 3.85%。6 月和 7 月渔获物中均仅有 I 期和 II 期的鲈个体, 分别占当月个体的 85.71%、14.29% 和 83.33%、16.67%。8—9 月, 鲈的性腺成熟度只有 I~III 期, 其中, II 和 III 期个体分别占当月个体的 10.09%、5.50% 和 14.04%、8.77%。10 月出现 IV 期个体, 所占比例为 2.48%; I 期、II 期和 III 期个体所占比例分别为 87.60%、3.31% 和 6.61%。在所有调查月中, 11 月性腺发育为 I 期的个体所占比例最大, 为 93.28%, 其余个体性腺成熟度为 II 期和 III 期, 所

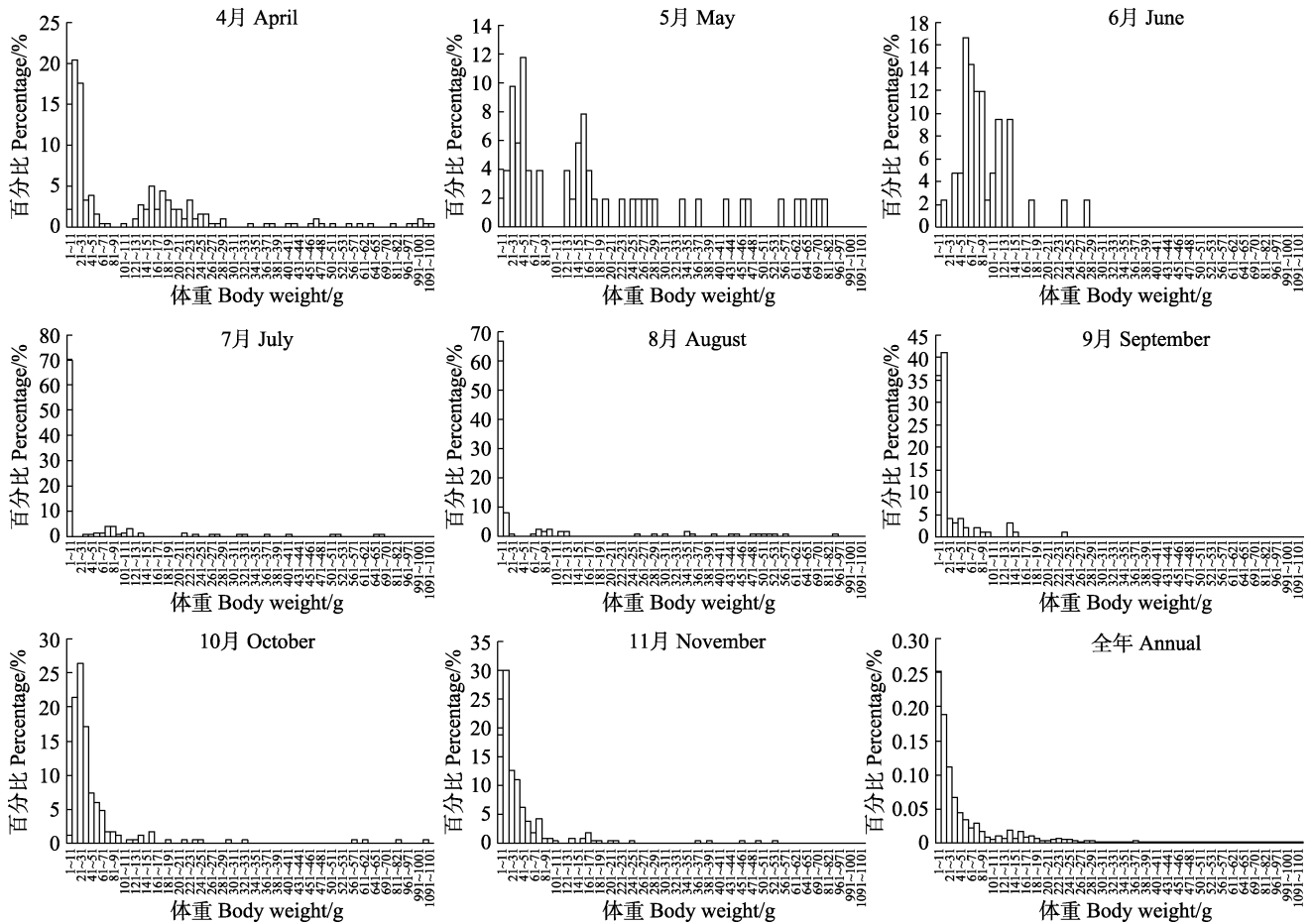


图3 4—11月黄河口近岸海域鲈体重分布频率直方图

Fig.3 Frequency histogram of body weight of *L. haematocheila* from April to November in the shallow coastal waters of the Yellow River estuary

表2 4—11月黄河口近岸海域鲈体长-体重关系

Tab.2 Length-weight relationships of *L. haematocheila* from April to November in the shallow coastal waters of the Yellow River estuary

项目 Items	4月 Apr.	5月 May.	6月 Jun.	7月 Jul.	8月 Aug.	9月 Sep.	10月 Oct.	11月 Nov.	全年 Annual
条件因子/ $\times 10^{-5}$ Conditional factors, <i>a</i>	1.97	1.96	1.74	4.80	2.57	7.10	1.98	2.47	3.17
生长指数 Growth index, <i>b</i>	2.92	2.91	2.92	2.74	2.86	2.65	2.90	2.87	2.82
样本数 Sample number, <i>n</i>	176	51	42	125	120	97	163	207	981
R^2	0.934	0.940	0.925	0.988	0.994	0.975	0.985	0.987	0.981

占比例分别为 5.04%和 1.68%(图 6)。

2.5 生长、死亡及资源利用状况

利用 ELEFAN 方法拟合鲈的生长曲线, 对其生长参数进行估算(图 7), 得到鲈的生长方程为:

$$L_t = 608(1 - e^{-0.31(t+0.39)})$$

鲈的总死亡系数根据渔获曲线计算, 选取一定的

数据点进行回归分析(图 8), 得到总死亡系数为 $1.42 a^{-1}$ 。根据 Pauly 经验公式, 鲈的自然死亡系数估算结果为 $0.51 a^{-1}$ 。由此计算获得, 鲈捕捞死亡系数为 $0.91 a^{-1}$, 其开发率为 0.64, 表明黄河口近岸海域鲈资源存在过度利用的状况。

根据渔获曲线, 利用公式 7, 求得现阶段黄河口近岸海域生产调查中鲈的开捕体长(L_{50})为 57.4 mm (图 9)。

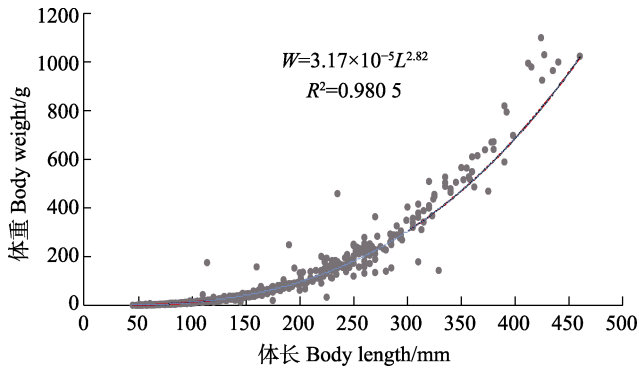


图 4 黄河口近岸海域鲈的体长-体重关系曲线

Fig.4 Length-weight relationship curve of *L. haematocheila* in the shallow coastal waters of the Yellow River estuary

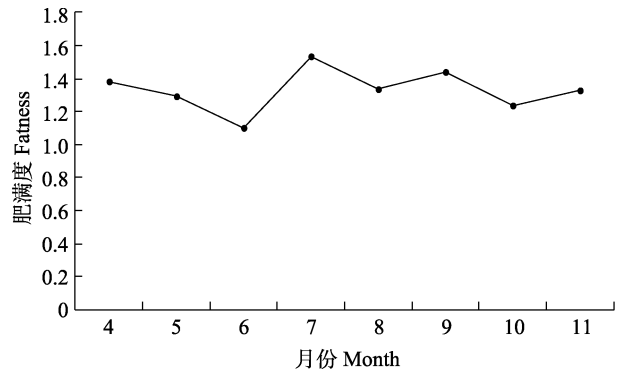


图 5 4—11月黄河口近岸海域鲈的肥满度

Fig.5 Fatness of *L. haematocheila* from April to November in the shallow coastal waters of the Yellow River estuary

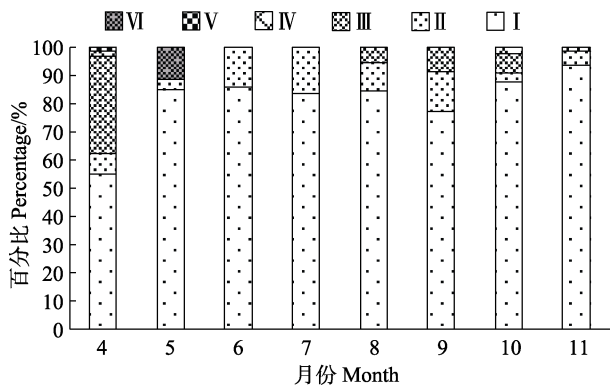


图 6 黄河口近岸海域鲈性腺成熟度各月变化

Fig.6 Monthly variations of gonadal maturity of *L. haematocheila* in the shallow coastal waters of the Yellow River estuary

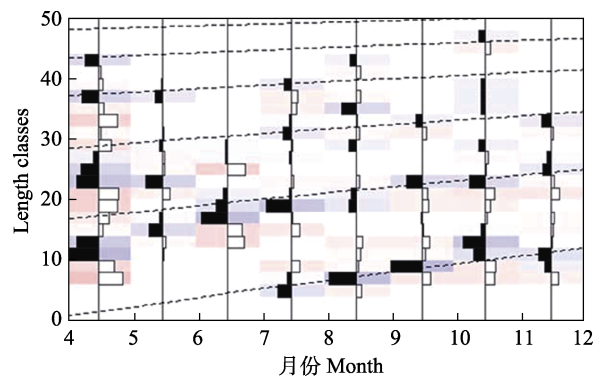


图 7 黄河口近岸海域鲈的体长频率分布和使用 ELEFAN 方法拟合的生长曲线

Fig.7 Length frequency distribution and growth curves estimated by ELEFAN of *L. haematocheila* in the shallow coastal waters of the Yellow River estuary

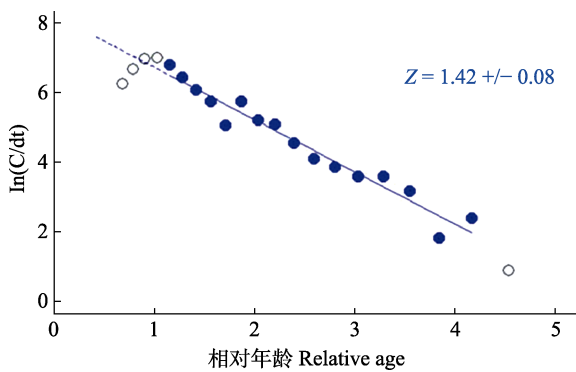


图 8 黄河口近岸海域鲈体长转换的渔获曲线

Fig.8 Length-converted catch curve for *L. haematocheila* in the shallow coastal waters of the Yellow River estuary

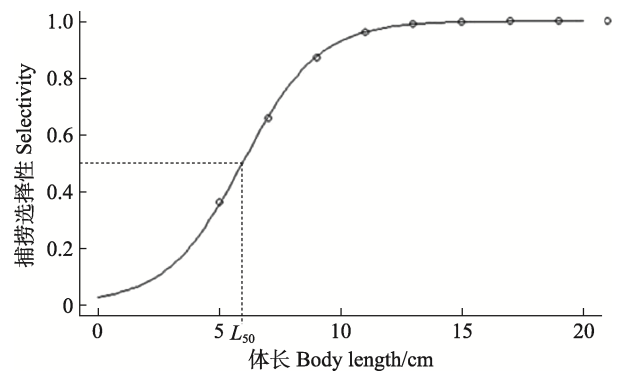


图 9 黄河口近岸海域鲈的捕捞选择性曲线

Fig.9 Size selectivity curve for *L. haematocheila* in the shallow coastal waters of the Yellow River estuary

3 讨论

3.1 群体结构

研究表明, 黄河口近岸海域鲈主要以小个体为主, 体长<200 mm 的个体占总个体数量的 78%以上。

尽管如此, 鲈的体长、体重分布频率和体长优势组的月变化, 在一定程度上反映了调查区域内它们的生长和资源补充情况。

鲈一般在每年 3 月中下旬, 从深水游向近岸浅水区索饵, 4 月后鲈会在河口及附近沿海岸域进行繁

殖,一直持续到5月(李明德等,1982)。本研究利用定置网对黄河口近岸海域鲈的调查结果表明,4月和5月均有2个优势体长组,分别对应性腺未成熟的低龄个体及产卵期的性腺成熟个体。5月后,产卵后的个体向近河口区海域迁移觅食,而低龄小个体在6月后才离开定置网生产的近岸浅水区,从而导致优势体长组和优势体重组分别从6月的165~225 mm、50~150 g,降低到7月的45~85 mm和0~10 g。而7—11月的平均体长、体重逐渐增大,优势体长组和优势体重组也逐月增加,表明从7月开始,黄河口近岸浅水区鲈大部分为当年生的个体。

3.2 繁殖特性

黄河口近岸海域捕获的鲈,性腺未发育的小龄个体所占比重较大,性腺成熟度以I期为主。李明德等(1982)曾指出,在渤海同一海区的鲈产卵有先后,通常产卵期有相对集中的2~3个高峰,黄河口近岸海域调查中,鲈在4月出现较多IV期和V期个体,5月出现VI期个体,说明4—5月是鲈的繁殖期,这与李明德等(1982)对渤海鲈的产卵盛期研究结果相似。调查期间有6个月均捕获到了鲈的较小个体(<100 mm),这也表明黄河口海域的鲈的产卵期可能较长。

3.3 生长

黄河口近岸海域鲈体长-体重关系的 b 值为2.82,表明鲈为负异速生长,本结果均小于长江口鲈的 b 值(3.124 9)(纪严等,2018)和辽河口鲈的 b 值(2.954 5)(叶金清等,2020)。研究表明,性别或种群的不同(张国政等,2010)、环境、发育阶段、捕捞强度(朱立新等,2015)、胃饱满度、个体食性的转化(董婧等,2004)等因素都会导致 b 值出现差异。

鲈的肥满度受到年龄的影响,性腺尚未成熟的I~II期个体,由于摄食强度最为旺盛,积累了较多的脂肪,从而肥满度较高;而随着年龄的增长,性腺发育,由于消耗大量脂肪供给性腺发育,鲈的肥满度下降(李明德等,1982)。4—6月黄河口近岸海域鲈性腺发育,导致肥满度下降,而到了7月,产卵后的大个体离开定置网生产的浅水区域,捕获的鲈大多为低龄小个体,肥满度升高。另一方面,相关研究表明,鱼类肥满度受其饵料丰富度和外界水温等因素的影响(栾静等,2017)。7月,黄河近岸海域水温最高,饵料丰富,这也是鲈肥满度升高的重要原因。

研究表明,渐近体长 L_{∞} 的大小一定程度上可以反映鱼类种群构成的变化趋势,过度捕捞会导致鱼类种群结构小型化和低龄化,鱼类的渐近体长也会随之

减小(林龙山,2009;叶金清等,2020)。黄河口近岸海域定置网调查获取的鲈的渐近体长为608 mm,这一结果尽管小于20世纪80年代渤海鲈的渐近体长(620 mm),但高于2018年辽河口鲈的渐近体长(404.3 mm)(叶金清等,2020),说明黄河口海域鲈群体的小型化和低龄化现象有所缓解。这一变化,可能与2017年以来我国实行更为严格的伏季休渔制度有关。同时也表明,实行较为严格的休渔政策,对大中型经济鱼类资源的恢复有着积极作用。

3.4 种群死亡参数及资源利用状况

本研究结果表明,鲈种群开发率达0.64,资源处于过度利用的水平。根据我国对渤海经济鱼类可捕体长标准的相关规定(中华人民共和国农业部,2004),鲈的可捕体长在300 mm以上。而黄河口近岸海域定置网中鲈开捕体长均小于80 mm,且低于200 mm的个体占比超过70%,而达到可捕体长标准的鲈个体仅占总尾数的5.91%。这表明黄河口近岸海域定置网渔业生产对鲈的幼体损害严重,极大影响了鲈的资源补充;同时,4—5月为鲈的繁殖盛期(见3.2),也是众多鱼类的产卵期。目前,黄河口近岸海域禁渔期同渤海一致,为5月1日—8月31日,因此,从保护幼鱼和生殖群体的角度考虑,可以将渤海近岸海域禁渔期开始时间适当提前至4月中旬,使鱼类得到生长繁殖的时间和空间(胡芷君等,2020),并增大网目尺寸,减少对幼鱼的捕捞(许庆昌等,2020),从而缓解鲈资源开发过度的情况。

3.5 资源管理和增殖放流的建议

对鲈群体结构、生长、死亡和资源开发利用的结果进行分析,发现定置网生产对黄河口近岸海域鲈资源存在过度利用的现象,尤其是对幼鱼破坏更大。一方面是因为定置网网具存在囊网网目小、选择性差等缺陷,且设置在鲈育幼场海域,从而导致捕获到较多的幼鱼个体。另一方面,通过走访调查了解到,有水产企业出于养殖需求,向渔民大量收购幼鱼,从而助长了渔民对幼鱼的捕获需求。如果对定置网生产不加以管理,必然会影响到黄河口鲈的资源养护,甚至加剧黄河口渔业资源的衰退。针对定置网网具的生产特点,本研究认为对黄河口定置网生产应采取以下措施:①增加定置网的休渔时长,4—5月为鲈的产卵盛期,而定置网具往往在每年3月就进行插网生产,所以应将渤海近岸海域休渔开始时间适当提前至4月中旬;②加强对定置网具的渔政执法管理,改进定置网具和扩大网目尺寸,禁止捕捞天然苗种。

在加强对鲈资源管理的同时,要加大对其增殖放流的力度。鲈的人工繁殖技术早已发展成熟(潘海军, 2005), 可通过在黄河口海域投放苗种, 来恢复黄河口海域的鲈资源。

参 考 文 献

- CHENG Q T, ZHOU C W. Fishes of Shandong. Ji'nan: Shandong Science and Technology Press, 1997, 243-244 [成庆泰, 周才武. 山东鱼类志. 济南: 山东科学技术出版社, 1997, 243-244]
- DONG J, WANG C, TANG M Z, *et al.* Relationship between body length and body weight of Pacific sand lance in the Yellow Sea. *Fisheries Science*, 2004, 23(10): 9-11 [董婧, 王冲, 唐明芝, 等. 黄海区玉筋鱼体长和体重的关系. *水产科学*, 2004, 23(10): 9-11]
- FABENS A J. Properties and fitting of Von Bertalanffy growth curve. *Growth*, 1965, 29(3): 265-289
- FROESE R. Cube law, condition factor and weight-length relationships: History, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 2006, 22(4): 241-253
- GULLAND J A. The fish resources of the oceans. FAO Fisheries Technical Paper No.97, 1971, 425
- HE B Q, LI H Q. Stock assessment of *Collichthys lucidus* in Pearl River estuary. *Journal of Fisheries of China*, 1988, 12(2): 124-134 [何宝全, 李辉权. 珠江河口棘头梅童鱼的资源评估. *水产学报*, 1988, 12(2): 124-134]
- HU Z J, SHAN X J, YANG T, *et al.* Preliminary evaluation of summer fishing moratorium in the Bohai Sea. *Progress in Fishery Sciences*, 2020, 41(5): 13-21 [胡芷君, 单秀娟, 杨涛, 等. 渤海伏季休渔效果初步评价. *渔业科学进展*, 2020, 41(5): 13-21]
- JI Y, ZHAO F, YANG Q, *et al.* Sagittal otolith morphology and the relationship between its mass and the age of *Liza haematocheila* in the Yangtze estuary, China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2018, 29(3): 953-960 [纪严, 赵峰, 杨琴, 等. 长江口鲈矢耳石形态特征及质量与年龄的关系. *应用生态学报*, 2018, 29(3): 953-960]
- LI M D, WANG Z W. The age and growth of mullet in Bohai Sea. *Acta Oceanologica Sinica*, 1982, 4(4): 508-515 [李明德, 王祖望. 渤海梭鱼的年龄与生长. *海洋学报(中文版)*, 1982, 4(4): 508-515]
- LIN L S. Study on the fishery biology and management strategy of *Larimichthys polyactis* in the southern Yellow Sea and the East China Sea. Doctoral Dissertation of Ocean University of China, 2009 [林龙山. 黄海南部和东海小黄鱼渔业生物学及其管理策略研究. 中国海洋大学博士学位论文, 2009]
- LUAN J, XU B D, XUE Y, *et al.* Size distribution and length weight relationships in *Pholis fangi* in Haizhou Bay. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2017, 24(6): 1323-1331 [栾静, 徐宾铎, 薛莹, 等. 海州湾方氏云鲷体长与体重分布特征及其关系. *中国水产科学*, 2017, 24(6): 1323-1331]
- Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Biological resource conservation provisions in the Bohai Sea. *Gazette of the Ministry of Agriculture of the People's Republic of China*, 2004(4): 4-9 [中华人民共和国农业部. 渤海生物资源养护规定. 中华人民共和国农业部公报, 2004(4): 4-9]
- MOREY G, MORANTA J, MASSUTÍ E, *et al.* Weight-length relationships of littoral to lower slope fishes from the western Mediterranean. *Fisheries Research*, 2003, 62(1): 89-96
- PAN H J. Artificial reproduction technology of *Liza haematocheila*. *Journal of Aquaculture*, 2005, 26(2): 24-26 [潘海军. 梭鱼的人工繁殖技术. *水产养殖*, 2005, 26(2): 24-26]
- PAULY D, David N. ELEFAN I. A BASIC program for the objective extraction of growth parameters from length-frequency data. *Meeresforschung*, 1981, 28(4): 205-211
- PAULY D. Length-converted catch curves and the seasonal growth of fishes. *Fishbyte*, 1990, 8(3): 33-38
- PAULY D. Length-converted catch curves: A powerful tool for fisheries research in the Tropics (part 2). *Fishbyte*, 1984, 2(2): 24-30
- PAULY D. On the relationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *ICES Journal of Marine Science*, 1980, 39(2): 175-192
- PAULY D. Theory and management of tropical multispecies stocks: A review, with emphasis on the Southeast Asian demersal fisheries. Metro Manila: ICLARM, 1979
- RICKER W E. Linear regressions in fishery research. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 1973, 30(3): 409-434
- XU Q C, LI X S, SUN S, *et al.* Selectivity of codend mesh of beam trawl in Laizhou Bay in autumn. *Progress in Fishery Sciences*, 2020, 41(6): 19-27 [许庆昌, 李显森, 孙珊, 等. 秋季莱州湾弓子网网囊网目尺寸选择性研究. *渔业科学进展*, 2020, 41(6): 19-27]
- YANG T, SHAN X J, JIN X S, *et al.* Long-term changes in keystone species in fish community in spring in Laizhou Bay. *Progress in Fishery Sciences*, 2018, 39(1): 1-11 [杨涛, 单秀娟, 金显仕, 等. 莱州湾春季鱼类群落关键种的长期变化. *渔业科学进展*, 2018, 39(1): 1-11]
- YE J Q, LIU G Z, YUAN X T, *et al.* Exploitation and protection of mullet *Liza haematocheila* stocks in Liaohu estuary based on biological characteristics. *Journal of Dalian Ocean University*, 2020, 35(2): 302-307 [叶金清, 柳圭泽, 袁秀堂, 等. 基于生物学特征的辽河口鲈资源开发与保护. *大连海洋大学学报*, 2020, 35(2): 302-307]
- ZHANG G Z, LI X S, ZHU J C, *et al.* The growth characteristics

- of small yellow croaker *Larimichthys polyactis* (Bleeker, 1987) under yearling in the central and southern Yellow Sea. *Progress in Fishery Sciences*, 2010, 31(3): 15–22 [张国政, 李显森, 朱建成, 等. 黄海中南部小黄鱼当年幼鱼生长特征的研究. *渔业科学进展*, 2010, 31(3): 15–22]
- ZHANG X, ZHANG X M, GAO T X, *et al.* Composition of catches by beam trawl and its seasonal variations in Yellow River estuary. *Progress in Fishery Sciences*, 2009, 30(6): 118–124 [张旭, 张秀梅, 高天翔, 等. 黄河口海域弓子网渔获物组成及其季节变化. *渔业科学进展*, 2009, 30(6): 118–124]
- ZHU L X, HOU G, LIANG Z L. Parameter estimation of the weight-length relationship of Japanese anchovy in the north Yellow Sea using Bayesian methods. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2015, 22(4): 757–769 [朱立新, 侯刚, 梁振林. 基于贝叶斯方法的黄海北部鳀鱼体长与体重关系式参数估计. *中国水产科学*, 2015, 22(4): 757–769]
- ZHU X H, LIAO F, LIU D, *et al.* Spatiotemporal pattern and dominant component of fish community in the Yellow River estuary and its adjacent waters. *Studia Marina Sinica*, 2001, 141–151 [朱鑫华, 缪锋, 刘栋, 等. 黄河口及邻近海域鱼类群落时空格局与优势种特征研究. *海洋科学集刊*, 2001, 141–151]
- ZHU Y D, ZHANG C L, CHENG Q T. *Fishes of the East China Sea*. Beijing: Science Press, 1963, 199–200 [朱元鼎, 张春霖, 成庆泰. *东海鱼类志*. 北京: 科学出版社, 1963, 199–200]
- ZHUANG P, WANG Y H, LI S F, *et al.* *Fishes of Yangtze River estuary*. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers, 2006, 188–190 [庄平, 王幼槐, 李圣法, 等. *长江口鱼类(精)*. 上海: 上海科技出版社, 2006, 188–190]

(编辑 马璀璨)

Biological Characteristics of *Liza haematocheila* in the Shallow Coastal Waters of the Yellow River Estuary

ZHANG Jiayu^{1,3}, WANG Jun^{1,2①}, NIU Mingxiang^{1,2}, ZUO Tao^{1,2}, CHANG Wen⁴, CHEN Ruisheng¹

(1. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shandong Provincial Key Laboratory of Fishery Resources and Ecological Environment, Qingdao, Shandong 266071, China; 2. Pilot National Laboratory for Marine Science and Technology (Qingdao), Laboratory for Marine Ecology and Environmental Science, Qingdao, Shandong 266237, China; 3. Dongying Natural Resources and Planning Bureau Dongying Port Economic Develop Area Substation, Dongying, Shandong 257020; 4. Marine Development Research Institute, Dongying, Shandong 257091, China)

Abstract In recent years, fishery species have decreased in size and quality in the Yellow River estuary seas due to the effects of climate change and human activities, such as water and sediment regulation of the Yellow River, overfishing, and sewage discharge, among others. At the same time, the fishery resource structure has changed greatly: Small-sized fish with low value, shrimps and crabs became the main catches. To conserve natural resources and maintain local fishery harvests, conservation efforts such as stock enhancement and fishing quotas have been employed. Research on the biological characteristics of important fish can provide a scientific basis for the rational utilization and stock enhancement of fishery resources in the future, and it can also offer support for making relevant fishery policies.

Liza haematocheila is an economically important fishery species in the Yellow River estuary and mainly feeds on zooplankton, phytoplankton, and organic detritus, which limits eutrophication and promotes energy and carbon cycling at the ecosystem level. The species plays an important role in ecosystem function and the maintenance of biodiversity. This study investigated the biological characteristics of *L. haematocheila* to provide a scientific basis for its conservation and rational

① Corresponding author: WANG Jun, E-mail: wangjun@ysfri.ac.cn

utilization in the Yellow River estuary. Furthermore, it can provide basic biological data for the study of ecological restoration in the Yellow River estuary.

This study evaluated the distribution of body length and weight, the relationship between body length and weight, reproduction, growth, death, and development. All of the analyses were based on sampling data from set nets between April and November 2020.

The body length range of *L. haematocheila* was 45~460 mm, the average body length was 149 mm, and the modal body length range was 55~185 mm. The body weight range was 2~1100 g, the average body weight was 83 g, and the modal body weight range was 2~80 g. Both the average body length and body weight were the highest in May and the lowest in September. Overall, small individuals were the most common, and individuals with a body length of less than 200 mm accounted for more than 78%. Analysis of variance showed significant monthly differences in both average body length and weight of *L. haematocheila*. The relationship between body length and body weight showed a strong correlation within and between months [$W=3.17\times 10^{-5}L^{2.82}$, ($R^2=0.9805$, $n=984$)]. The growth of *L. haematocheila* was negatively allometric, with the growth of body length being faster than that of body weight.

The body condition of *L. haematocheila* decreased with time, though it increased in July and fluctuated with a downward trend from July to November. The nadir body condition was observed in June (1.102 ± 0.173) and the peak body condition was observed in July (1.535 ± 0.467).

The rate of gonadal development varied from month to month, and the proportion of individuals who did not reach gonadal maturity was large, with an undeveloped gonad proportion of more than 50% per month. There was a peak spawning period from April to May.

The growth curve of *L. haematocheila* was fitted, and its growth parameters were estimated using the ELEFAN method. The total death coefficient of the population was estimated using a length-converted catch curve, the natural death coefficient was estimated using the empirical formula of Pauly, and the population development rate was calculated. The results indicated that the asymptotic length (L_{∞}) of *L. haematocheila* was 608 mm, the growth rate (K) was 0.31 a^{-1} , total death coefficient (Z) was 1.42 a^{-1} , natural death coefficient (M) was 0.51 a^{-1} , fishing death coefficient (F) was 0.91 a^{-1} , and its population development rate (E) was 0.64. The *L. haematocheila* resource was overfished in the shallow coastal waters of the Yellow River estuary, and its open fishing length (L_{50}) was only 57.4 mm in this production survey.

Fixed-net harvesting led to overfishing in the Yellow River estuary from April to November 2020, with juvenile fish and supplementary stocks experiencing the greatest impact. We should reconsider the management strategies for *L. haematocheila* in the Yellow River estuary, and promote stock enhancement at the same time. Artificial propagation technology for *L. haematocheila* should be considered for supplementing *L. haematocheila* in the Yellow River estuary seas. Research on the release time, release of krill size, population characteristics, growth, and development should be addressed to provide an informed and scientific basis for stock enhancement.

Key words Yellow River estuary; Set nets; *Liza haematocheila*; Fishery biological characteristics