

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2017.17083

黄河口及其邻近水域矛尾虾虎鱼渔业生物学特征

孟宽宽¹, 王晶¹, 张崇良¹, 任一平^{1,2}, 徐宾铎¹

1. 中国海洋大学 水产学院, 山东 青岛 266003

2. 青岛海洋科学与技术国家实验室, 海洋渔业科学与食物产出过程功能实验室, 山东 青岛 266071

摘要: 为了查明黄河口及其邻近水域矛尾虾虎鱼(*Chaeturichthys stigmatias*)的生物学特征, 为其渔业资源评估和管理提供基本参数, 本研究根据 2013 年 6 月至 2014 年 5 月在黄河口及邻近水域进行底拖网调查所得的矛尾虾虎鱼资源生物学数据, 对其群体组成、体长-体重关系和性成熟等渔业生物学特性进行了初步分析。结果表明, 该海域矛尾虾虎鱼体长分布范围为 25~154 mm, 平均体长为(87.77±24.18) mm, 优势体长为 60~120 mm, 占总渔获尾数的 76.71%。体重范围为 0.08~37.83 g, 平均体重为(9.1±6.905) g, 优势体重为 0~10 g, 占 63.03%。全年矛尾虾虎鱼体长(SL)-体重(W)关系式为 $W=4.7\times 10^{-6}SL^{3.183}$ ($R^2=0.962$, $n=1842$)。矛尾虾虎鱼性腺成熟度和性成熟系数均呈现出明显的月变化, 其主要繁殖期为 4—5 月, 产卵持续至 6 月上旬; 体长与性腺成熟度之间的关系无显著雌雄差异, 瞬时性成熟速率 $K=0.039$, 50%性成熟体长 $L_{50}=117.92$ mm。

关键词: 矛尾虾虎鱼; 黄河口; 体长组成; 体长-体重关系; 平均性成熟体长

中图分类号: S931

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2017)05-0939-07

河口水域生态环境十分脆弱敏感, 是淡水径流与海洋物质交换的重要海域, 其理化特征和生物特征具有独特性, 水域面积占世界沿岸水域的 15%, 对河口水域的研究具有重要生态意义^[1]。黄河口及邻近水域基础饵料丰富, 是许多重要经济种类的产卵场和育幼场^[2], 对黄、渤海渔业经济的可持续发展具有重要意义。

矛尾虾虎鱼(*Chaeturichthys stigmatias*)属硬骨鱼纲(Osteichthyes), 鲈形目(Perciformes), 虾虎鱼科(Gobiidae), 矛尾虾虎鱼属, 是虾虎鱼中的大型暖温种^[3]。矛尾虾虎鱼主要摄食钩虾类、糠虾类、瓣鳃类等, 同时也是蓝点马鲛(*Scomberomorus niphonius*)、黄鲛鰈(*Lophius litulon*)和纹细狮子鱼(*Liparis tanakae*)等大中型鱼类的捕食对象^[4-5], 其分布范围极广, 在中国沿海各海域以及日本、朝鲜均有记录^[3]。近年来, 黄河水资源过度利用, 冲淡水日趋减少; 捕捞强度不断增加, 致使渔业

资源严重衰退, 群落结构发生变化^[6]。而由于虾虎鱼类对环境具有较强的适应能力以及繁殖力强、生命周期短等特点, 加之蓝点马鲛、黄鲛鰈等捕食者减少等原因, 矛尾虾虎鱼已取代原有种类成为底栖鱼类优势种^[7-10]。国内已有多位学者对不同种类虾虎鱼的生物学开展过相关研究, 如范海洋等^[11]研究分析了黄河三角洲斑尾复虾虎鱼(*Synechogobius ommaturus*)的渔业生物学, 韩东燕等^[12]研究了胶州湾六丝钝尾虾虎鱼(*Amblychaeturichthys hexanema*)的摄食生态特征, 刘元文等^[13]对胶州湾普氏缙虾虎鱼(*Amoya pflaumi*)的生物学特性进行了初步研究。然而目前国内对于矛尾虾虎鱼的渔业生物学特征的研究仅见零星报道。

本研究根据 2013 年 6 月至 2014 年 5 月在黄河口及邻近水域进行底拖网调查所得的矛尾虾虎鱼资源生物学数据, 对其群体组成、体长-体重关系及性成熟等生物学特征进行了研究, 以期对渔

收稿日期: 2017-03-07; 修订日期: 2017-05-18.

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项经费项目(201303050).

作者简介: 孟宽宽(1991-), 男, 硕士研究生, 主要从事渔业资源与生态学研究. E-mail: mengkk91@qq.com

通信作者: 徐宾铎, 副教授. E-mail: bdxu@ouc.edu.cn

业资源评估以及其可捕规格研究提供基本参数,为黄河口及其邻近水域矛尾虾虎鱼资源的养护和可持续开发提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 数据来源及处理

本研究矛尾虾虎鱼渔业生物学测定数据来源于2013年6月、7月、8月、10月及2014年2月、4月、5月在黄河口及邻近水域的渔业资源调查。调查海区经纬度范围为119°00′~119°42′E, 37°30′~38°12′N (图1)。该调查以黄河入海口为中心,向外呈辐射状设置5条断面,从上向下依次编号为断面A~E,断面3沿水沙入海方向,中间3条断面各有4个站位,两侧2条断面各设置3个站位,河口附近的站位较密集,调查站位设置18个站点。

调查船只为260 kW底拖网单拖渔船,采样设备为底层拖网,网具网口周长30.6 m,囊网网目20 mm,拖曳时网口宽8 m。每站平均拖曳0.5 h,拖速2~3 kn。采集样品冰鲜保存,带回实验室进行分类和生物学测定,按照《海洋调查规范》^[14]进行,包括全长、体长、体重、纯体重、性别和性腺成熟度等生物学参数。

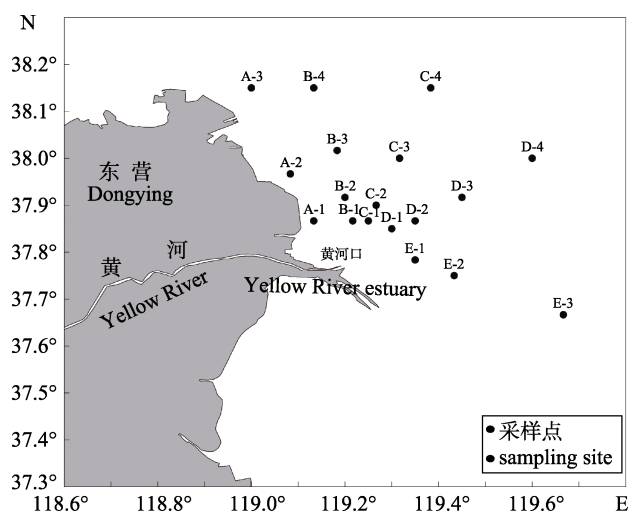


图1 黄河口及其邻近水域底拖网调查站位

Fig. 1 Sampling stations of bottom trawl survey in the Yellow River estuary and its adjacent waters

1.2 数据分析

矛尾虾虎鱼体长与体重关系用以下幂函数公式拟合^[15]: $W=aL^b$

式中, W 为鱼体重, L 为鱼体长, a 为生长的条件因子,反映种群所处环境的优劣。 b 为异速生长因子,反映生长发育的不均匀性,如 $b<3$,为负异速增长,体长的增长快于体重的增加;如 $b=3$,为等速生长,体长和体重增加等速;如 $b>3$,则为正异速生长,体重的增加快于体长的增长^[16]。

应用性成熟系数(gonado-somatic index, GSI)分析其性成熟变化,计算公式为^[18]:

$$GSI = \frac{W_G}{W_B} \times 1000$$

式中, W_G 为性腺重,单位 g; W_B 为体重,单位 g。

根据对性腺发育状态的目测观察,将性腺成熟度划分为6期,以及性未成熟(I、II、III期)、性成熟(IV、V期)、繁殖后(雄性为排精后,雌性为产卵后)(VI期)3个等级^[17-18]。

以2 cm为间距,利用不同体长组的性成熟个体百分比拟合 Logistic 曲线,推算矛尾虾虎鱼的50%性成熟体长^[19]:

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{-K(L_i - L_{50})}}$$

式中, P_i 为成熟个体占组内样本的百分比; L_i 为各体长组中值(mm), K 为瞬时性成熟速率, L_{50} 为50%性成熟体长。

使用协方差分析(ANCOVA)检验雌雄个体体长-体重关系参数的差异显著性,使用 t 检验分析参数 b 与3的差异显著性^[20]。数据分析及检验使用软件为 SPSS 19.0 和 R 3.3.2,图件绘制软件为 Surfer11。

2 结果与分析

2.1 体长、体重组成

在7个调查月中,矛尾虾虎鱼的体长范围为25~154 mm,平均体长为(87.77±24.18) mm,集中分布在60~120 mm。矛尾虾虎鱼的体长分布具有一定的月变化。其中,2月个体最大,平均体长分别为(106.2±17.46) mm,集中分布在85~130 mm;其次为4月和5月,平均体长分别为(98.56±14.11) mm和(99.02±15.01) mm,集中分布在80~115 mm和80~120 mm;7月和8月个体较小,平均体长分别为(69.92±19.15) mm和(69.66±14.33) mm,集中

分布在 40~95 mm 与 50~85 mm。除 6 月份体长频率为双峰外, 其他 6 个调查月体长频率均为单峰(表 1)。

表 1 黄河口及邻近水域矛尾虾虎鱼各月体长组成
Tab. 1 Standard length composition of *Chaeturichthys stigmatias* in the Yellow River estuary and its adjacent waters in each month

月份 month	范围/mm range	优势组/mm dominant class	比例/% percentage	均值±标准差/mm $\bar{x} \pm SD$
6 月 Jun	25-139	25-35/90-130	18.6/65.89	88.35±35.16
7 月 Jul	33-134	40-95	88.39	69.92±19.15
8 月 Aug	37-117	50-85	79.41	69.66±14.33
10 月 Oct	56-137	65-105	75.59	87.86±16.27
2 月 Feb	48-154	85-130	78.44	106.2±17.46
4 月 Apr	65-142	80-115	80.57	98.56±14.11
5 月 May	58-122	80-120	84.78	99.02±15.01
总计 total	25-154	60-120	76.71	87.77±24.18

矛尾虾虎鱼在 6 月体长分布范围较大, 其余月份体长分布范围相对较小, 50%的个体体长跨度在 30 mm 之间; 7 月、8 月平均体长较小, 2 月、4 月和 5 月平均体长较大(图 2)。

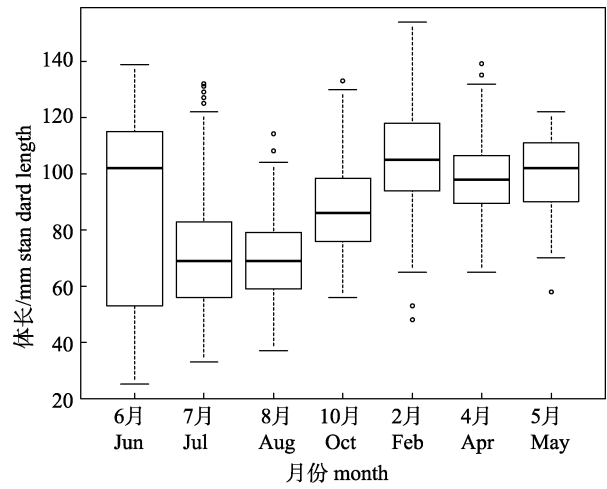


图 2 黄河口及其邻近水域矛尾虾虎鱼体长月分布箱线图
Fig. 2 Boxplot of standard length of *Chaeturichthys stigmatias* in each month in the Yellow River estuary and its adjacent waters

在 7 个调查月中, 矛尾虾虎鱼的体重范围为 0.08~37.83 g, 平均体重为(9.1±6.91) g, 集中分布在 0~10 g。体重分布具有一定的月变化。其中, 2 月个体最大, 平均体重分别为(14.87±6.98) g, 集中分布在 6~22 g; 其次为 4 月, 平均体重为(11.48±

4.54) g, 集中分布在 5~16 g; 7 月和 8 月个体较小, 平均体重分别为(4.14±3.19) g 和(4.14±2.83) g, 集中分布在 0~6 g 与 1~7 g。体重频率与体长频率分布相似, 除 6 月份为双峰外, 其他 6 个调查月体重频率均为单峰(表 2)。

表 2 黄河口及邻近水域矛尾虾虎鱼体重组成的月变化
Tab. 2 Body weight composition of *Chaeturichthys stigmatias* in the Yellow River estuary and its adjacent waters in each month

月份 month	范围/g range	优势组/g dominant class	比例/% percentage	均值±标准差/g $\bar{x} \pm SD$
6 月 Jun	0.08-32.53	0-1/7-16	24.03/46.83	10.25±7.61
7 月 Jul	0.27-17.02	0-6	77.37	4.14±3.19
8 月 Aug	0.54-19.75	1-7	81.74	4.14±2.83
10 月 Oct	1.91-25.68	2-9	74.6	7.48±4.23
2 月 Feb	1.43-37.83	6-22	78.08	14.87±6.98
4 月 Apr	2.79-26.05	5-16	77.8	11.48±4.54
5 月 May	2.69-16.85	4-14	86.95	9.38±3.60
总计 total	0.08-37.83	0-10	63.03	9.1±6.91

矛尾虾虎鱼在 5 月、6 月体重分布范围较大, 其余月份体重分布范围相对较小, 50%的个体体重跨度多在 5~10 g; 7 月、8 月平均体重较小, 2 月、4 月、5 月及 6 月平均体重较大(图 3)。

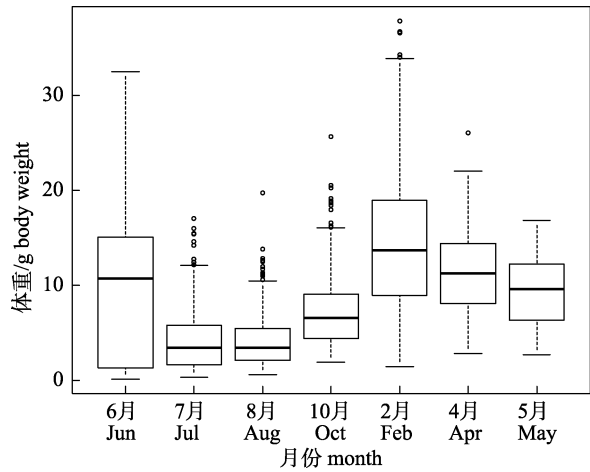


图 3 黄河口及其邻近水域矛尾虾虎鱼体重月分布箱线图
Fig. 3 Boxplot of body weight of *Chaeturichthys stigmatias* in each month in the Yellow River estuary and its adjacent waters

2.2 体长-体重关系

回归分析表明, 全年和各月的矛尾虾虎鱼体长与体重呈显著的幂函数关系($P<0.05$)(表 3)。矛尾虾虎鱼体长-体重关系有一定的月变化, 条件

表 3 黄河口及邻近水域矛尾虾虎鱼各月份体长-体重关系

Tab. 3 Length-weight relationships of *Chaeturichthys stigmatias* in Yellow River estuary and its adjacent waters in each month

项目 item	6月 Jun	7月 Jul	8月 Aug	10月 Oct	2月 Feb	4月 Apr	5月 May	全年 total
条件因子/ $\times 10^{-6}$ conditional factor, a	1.688	5.179	5.801	20.35	22.8	44.45	151.8	4.7
生长指数 growth index, b	3.387	3.16	3.14	2.841	2.853	2.702	2.389	3.183
样本数 n	129	396	301	252	543	175	46	1842
R^2	0.984	0.942	0.938	0.937	0.915	0.821	0.806	0.962

因子 a 在 6—7 月较低, 10 月至次年 5 月较高, 生长指数 b 的月变化趋势与 a 相反。

协方差分析(ANCOVA)表明, 其全年雌、雄体长-体重关系无显著性差异($P>0.05$), 因此, 将雌、雄个体合并拟合其体长(SL)-体重(W)关系: $W=4.7\times 10^{-6}SL^{3.183}(R^2=0.962, n=1842)$ (图 4), 经 t 检验 b 值与 3 存在显著性差异($t=12.397, P<0.001$), 表明其生长符合异速生长类型, 且 $b>3$, 为正异速生长。

2.3 性腺成熟度和性成熟系数

黄河口及邻近水域矛尾虾虎鱼的性腺成熟度呈现出明显的月变化(图 5)。7 月、8 月、10 月的个体全部为 I 期雌雄不分的个体, 从 2 月开始出现 II 期的个体, 占该月总个体数的 41.76%, III 期、IV 期个体数分别占 29.80%、20.99%; 4 月份 IV 期个体所占比例增加到 52.70%, III 期个体比例为 25.68%, 同时出现 8.78% 的 V 期个体, 其余均为 II 期个体(12.84%); 5 月份出现大量 VI 期个体, 占总个体数的 39.13%, III 期和 IV 期个体所占比例明显减少, 分别为 13.04% 和 17.39%, II 期个体有所增加(30.43%); 6 月 VI 期个体所占比例增加到 66.67%, 其余为 V 期个体(33.33%)。因此, 可以判断黄河口及邻近水域矛尾虾虎鱼的主要繁殖期为 4—5 月份。

根据矛尾虾虎鱼性成熟系数(Gonadal Somatic

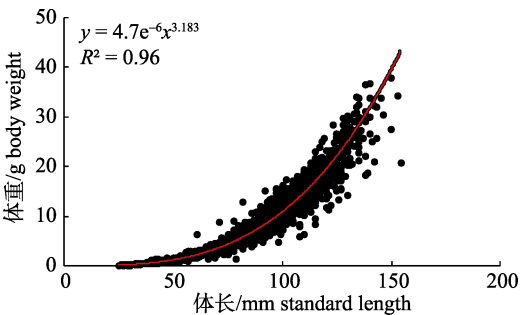


图 4 黄河口及邻近水域矛尾虾虎鱼体长-体重关系

Fig. 4 Standard length-body weight relationship of *Chaeturichthys stigmatias* in the Yellow River estuary and its adjacent waters

Index, GSI)分布箱线图可以看出, 矛尾虾虎鱼在 4 月、6 月 GSI 分布范围较大, 2 月次之, 5 月份 GSI 分布范围较小(图 6)。

方差分析表明, 其性腺成熟度与体长的关系无显著的雌雄差异($F < F_{crit}$)。因此, 将雌、雄个体合并拟合其性腺成熟度与体长的关系曲线, 符合逻辑斯谛曲线关系(图 7)。瞬时性成熟速率 $K=0.039$, 50%性成熟体长 $L_{50}=117.92\text{ mm}$ 。

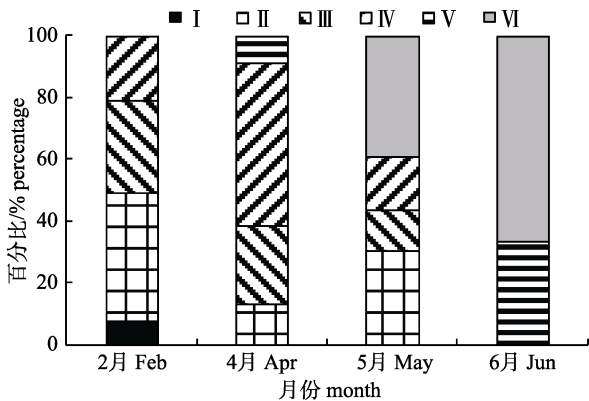


图 5 黄河口及邻近水域矛尾虾虎鱼性腺成熟度的逐月变化

Fig. 5 Monthly variation in sexual maturity of *Chaeturichthys stigmatias* in the Yellow River estuary and its adjacent waters

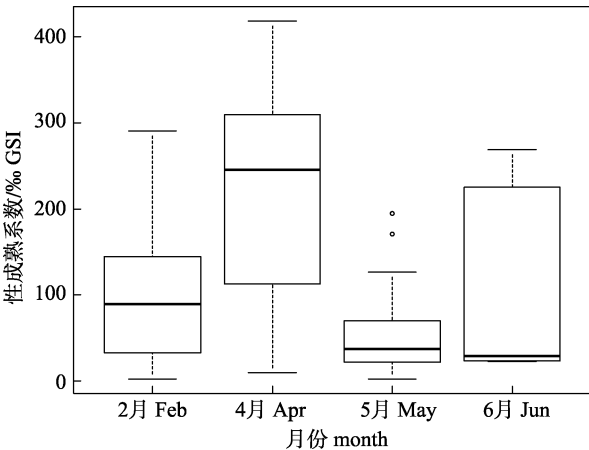


图 6 黄河口及邻近水域矛尾虾虎鱼的性成熟系数变化(箱线图)

Fig. 6 Monthly variation in gonadal somatic index of *Chaeturichthys stigmatias* in the Yellow River estuary and its adjacent waters

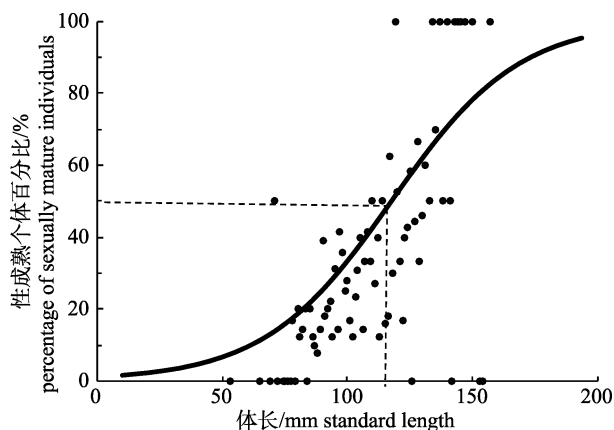


图 7 黄河口及邻近水域矛尾虾虎鱼性腺成熟度与体长的关系曲线

Fig. 7 Sexual maturity in relation to standard length for *Chaeturichthys stigmatias* in the Yellow River estuary and its adjacent waters

3 讨论

黄河口及邻近水域有较高的生物多样性, 平均生物量仅次于北黄海, 高于中国大部分海域^[21], 从而成为渤海海区重要的渔业生产地。虾虎鱼种类多、分布广, 是经过长期进化和生存竞争保留下来的重要海洋鱼类, 与其他物种共同组成了有机生命链。刘群等^[22]认为, 渤海存在 2 条主要食物链, 其中一条是多毛类、虾、蟹通过虾虎鱼等小型鱼类转为石首鱼科等底层鱼类的食物。虾虎鱼类处于底栖食物链的中间地位, 具有重要的生态学意义。矛尾虾虎鱼作为生态系中底栖生物的捕食者, 直接为生态系统提供生产力; 同时又是生态系中许多高营养级鱼类的饵料生物, 提高生态系统的顶级生产力和水域渔业生产力。

本研究中矛尾虾虎鱼群体的体长-体重关系中的幂指数 $b > 3$, 表明该群体呈现正异速生长。Stergiou 等^[23]曾指出, 在相对较低的捕捞压力下, 鱼类个体的体重增长速度提高, 表现为异速生长因子升高。虾虎鱼类经济价值有限, 个体较小, 在渔业生产中, 常常被当作小杂鱼作为其他鱼类的饲料或舍弃掉, 捕捞压力相对较小, 另外以矛尾虾虎鱼为捕食对象的石首鱼类、蓝点马鲛等渔业资源大量减少, 使矛尾虾虎鱼生长压力降低, 这可能是促使该群体呈现正异速生长的主要原因。但由于样品采样地点、鱼类所处环境因子差异往往会造成 b 值的不同, 不同海域矛尾虾虎鱼群体

间是否存在生长差异, 还需要进一步的研究。

邓维德^[24]研究指出矛尾虾虎鱼性成熟时间为每年 3 月份, 产卵期从 4 月中下旬一直持续到 5 月中下旬, 其中 4 月下旬至 5 月上旬是产卵盛期。本研究结果表明, 黄河口及邻近水域矛尾虾虎鱼主要繁殖期为 4—5 月, 产卵持续至 6 月上旬。这与上述研究结果基本一致, 但在繁殖期跨度上存在一定的差异。Bye^[25]的研究结果指出生殖周期的长短会受到生存环境的影响。黄河口及邻近水域矛尾虾虎鱼的繁殖期较长, 这可能与其独特的河口生境存在较大关系。相关研究表明, 底层水温、盐度对矛尾虾虎鱼的资源丰度分布都有显著的影响^[26], 黄河口附近海区温度、盐度的波动适宜矛尾虾虎鱼的生长, 同时有学者指出近河口浅水海域属于淤泥浅滩^[27], 富含大量的多毛类、涟虫类等底栖生物, 为底栖食性虾虎鱼类提供了丰富的饵料^[28], 这可能是造成黄河口及邻近水域矛尾虾虎鱼繁殖期较长的原因之一。

近年来, 传统渔业资源衰退严重, 渤海高营养级层次的营养级严重降低^[29]。高营养级以及经济价值较高的种类资源量减少甚至消失, 矛尾虾虎鱼作为大型经济鱼类与小型底栖动物联系的纽带^[4], 既具有重要的生态价值, 又具有一定的经济价值, 加大对其资源养护与科学管理的力度对于整个黄河口及其邻近水域渔业的可持续发展具有重要意义。

中国现行伏季休渔期为 5—9 月份, 基本覆盖矛尾虾虎鱼繁殖高峰期及其幼鱼期, 对于养护其渔业资源具有积极作用; 同时矛尾虾虎鱼主要分布于近岸海域, 非常容易受到沿海海域环境变化的影响, 而渤海海区又是中国所有海区中水质相对较差的区域, 因此加大对渤海环境的治理是保护矛尾虾虎鱼及其他经济鱼类的重要举措。

参考文献:

- [1] Shen G Y, Shi B Z. Marine Ecology[M]. Beijing: Science Press, 2010. [沈国英, 施并章. 海洋生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2010.]
- [2] Zhu X H, Miao F, Liu D, et al. Spatio-temporal pattern and dominant component of fish community in the Yellow River

- Estuary and its adjacent waters[J]. *Studia Marine Sinica*, 2001, 43(6): 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[J]. 海洋科学集刊, 2001, 43(6): 141–151.]
- [3] Zhu Y D, Zhang C L. The Fishes of East China Sea[M]. Beijing: Science Press, 1963. [朱元鼎, 张春霖. 东海鱼类志[M]. 北京: 科学出版社, 1963.]
- [4] Deng J Y, Meng T X, Ren S M. Food web of fishes in Bohai Sea[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1986, 6(4): 70–78. [邓景耀, 孟田湘, 任胜民. 渤海鱼类食物关系的初步研究[J]. 生态学报, 1986, 6(4): 70–78.]
- [5] Zhang B, Wu Q, Jin X S. Interannual variation in the food web of commercially harvested species in Laizhou Bay from 1959 to 2011[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2015, 22(2): 278–287. [张波, 吴强, 金显仕. 1959–2011年莱州湾渔业资源群落食物网结构的变化[J]. 中国水产科学, 2015, 22(2): 278–287.]
- [6] Jin X. Long-term changes in fish community structure in the Bohai Sea, China[J]. *Estu Coast Shelf Sci*, 2004, 59(1): 163–171.
- [7] Lü Z B, Li F, Qu Y B, et al. Fish community diversity in the Huanghe estuary and its adjacent area in summer, 2010[J]. *Progress in Fishery Sciences*, 2013, 34(2): 10–18. [吕振波, 李凡, 曲业兵, 等. 2010年夏季黄河口及邻近海域鱼类群落多样性[J]. 渔业科学进展, 2013, 34(2): 10–18.]
- [8] Li F, Zhang H J, Lü Z B, et al. Species composition and community diversity of nekton in Laizhou Bay, China[J]. *Biodiversity Science*, 2013, 21(5): 537–546. [李凡, 张焕君, 吕振波, 等. 莱州湾游泳动物群落种类组成及多样性[J]. 生物多样性, 2013, 21(5): 537–546.]
- [9] Yang T, Shan X J, Jin X S, et al. Keystone species of fish community in the Laizhou Bay[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2016, 40(10): 1613–1623. [杨涛, 单秀娟, 金显仕, 等. 莱州湾鱼类群落的关键种[J]. 水产学报, 2016, 40(10): 1613–1623.]
- [10] Sun P F, Shan X J, Wu Q, et al. Seasonal variations in fish community structure in the Laizhou Bay and the Yellow River Estuary[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2014, 34(2): 367–376. [孙鹏飞, 单秀娟, 吴强, 等. 莱州湾及黄河口水域鱼类群落结构的季节变化[J]. 生态学报, 2014, 34(2): 367–376.]
- [11] Fan H Y, Ji Y P, Zhang S H, et al. Research of fishery biology of the neritic fish *Synechogobius ommaturus* in the area of the Huanghe Delta[J]. *Periodical of Ocean University of China*, 2005, 35(5): 733–736. [范海洋, 纪毓鹏, 张士华, 等. 黄河三角洲斑尾复虾虎鱼渔业生物学的研究[J]. 中国海洋大学学报: 自然科学版, 2005, 35(5): 733–736.]
- [12] Han D Y, Xue Y, Ji Y P, et al. Feeding ecology of *Amblychaeturichthys hexanema* in Jiaozhou Bay, China[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2013, 24(5): 1446–1452. [韩东燕, 薛莹, 纪毓鹏, 等. 胶州湾六丝钝尾虾虎鱼的摄食生态特征[J]. 应用生态学报, 2013, 24(5): 1446–1452.]
- [13] Liu Y W, Xue Y, Ji Y P, et al. Preliminary study on biological characteristics of *Amoya pflaumi* in Jiaozhou Bay[J]. *Periodical of Ocean University of China*, 2013, 43(6): 38–43. [刘元文, 薛莹, 纪毓鹏, 等. 胶州湾普氏缢虾虎鱼生物学特性的初步研究[D]. 中国海洋大学: 自然科学版, 2013, 43(6): 38–43.]
- [14] General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine. GB/T12763.6-2007, specifications for oceanographic survey-part 6: marine biological survey[S]. Beijing: China Standards Press, 2007. [国家质量监督检验检疫总局. GB/T12763.3-2007, 海洋调查规范第6部分: 海洋生物调查[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.]
- [15] Ricker W E. Linear regressions in fishery research[J]. *J Fish Res Board Can*, 1973, 30(3): 409–434.
- [16] Froese R. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations[J]. *J Appl Ichthyol*, 2006, 22(4): 241–253.
- [17] Chen D G. Fishery Resources Biology[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1997. [陈大刚. 渔业资源生物学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997.]
- [18] Deng J Y, Zhao C Y. Marine Fisheries Biology[M]. Beijing: Agriculture Press, 1991. [邓景耀, 赵传纲. 海洋渔业生物学[M]. 北京: 农业出版社, 1991.]
- [19] Lysack W. 1979 Lake Winnipeg fish stock assessment program[R]. Manitoba Department of Natural Resources Report No. 30, 1980: 118.
- [20] Morey G, Moranta J, Massuti E, et al. Weight-length relationships of littoral to lower slope fishes from the western Mediterranean[J]. *Fish Res*, 2003, 62(1): 89–96.
- [21] Zhang Z N, Tu L H, Yu Z S. Preliminary study on the macrofauna in the Huanghe River estuary and its adjacent waters (I) The Biomass[J]. *Periodical of Ocean University of Qingdao*, 1990(2): 45–52. [张志南, 图立红, 于子山. 黄河口及其邻近海域大型底栖动物的初步研究(一)生物量[J]. 青岛海洋大学学报: 自然科学版, 1990(2): 45–52.]
- [22] Liu Q, Su Z M, Zeng X Q, et al. Studies on ichthyofauna and ecology of goby fishes in the Bohai Sea[J]. *Periodical of Ocean University of Qingdao*, 1997, 27(2): 157–165. [刘群, 苏振明, 曾晓起, 等. 渤海虾虎鱼类的生物学调查——关于区系分布与生态学基础的研究[J]. 中国海洋大学学报: 自然科学版, 1997, 27(2): 157–165.]
- [23] Stergiou K I, Moutopoulos D K. A review of length-weight relationships of fishes from Greek marine waters[J]. *Naga*, 2001, 24(1/2): 23–39.
- [24] Deng W D. A preliminary study of growth and reproduction of *Chaeturichthys stigmatias*[D]. Kunming: Yunnan Univer-

- sity, 2010. [邓维德. 矛尾虾虎鱼生长与繁殖的初步研究[D]. 昆明: 云南大学, 2010.]
- [25] Bye V G. The Role of Environment Factors in the Timing of Reproductive Cycles[M]. London: Academic Press, 1984.
- [26] Liu X, Zhang C L, Ren Y P, et al. Spatiotemporal variation in the distribution and abundance of *Chaeturichthys stigmatias* in the Yellow River estuary and adjacent waters[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2015, 22(4): 791–798. [刘潇, 张崇良, 任一平, 等. 黄河口及邻近水域矛尾虾虎鱼资源丰度的时空分布[J]. 中国水产科学, 2015, 22(4): 791–798.]
- [27] Che Y Y. The distribution and change of *Scomberomorus miphonius* resources since the Qing Dynasty in the Yellow Sea-Bohai Sea[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2012. [车媛媛. 清代以来黄渤海蓝点马鲛资源分布及渔获量变化研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2012.]
- [28] Han D Y. Study on feeding ecology of dominate goby fishes in Jiaozhou Bay[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2013. [韩东燕. 胶州湾主要虾虎鱼类摄食生态的研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2013.]
- [29] Zhang B, Tang Q S. Study on trophic level of important resources species at high trophic levels in the Bohai Sea, Yellow Sea and East China Sea[J]. Advances in Marine Science, 2004, 22(4): 393–404. [张波, 唐启升. 渤、黄、东海高营养层次重要生物资源种类的营养级研究[J]. 海洋科学进展, 2004, 22(4): 393–404.]

The fishery biological characteristics of *Chaeturichthys stigmatias* in the Yellow River estuary and its adjacent waters

MENG Kuankuan¹, WANG Jing¹, ZHANG Chongliang¹, REN Yiping^{1,2}, XU Binduo¹

1. College of Fisheries, Ocean University of China, Qingdao 266003, China;

2. Laboratory for Marine Fisheries Science and Food Production Processes, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266071, China

Abstract: Traditional fishery resources have declined in abundance or even been depleted in recent years as a result of multiple stress factors, including coastal development, marine environmental pollution, and high fishing pressure in the Yellow River estuary and its adjacent waters. *Chaeturichthys stigmatias* has increased remarkably in abundance and been a dominant species in the Yellow River estuary and its adjacent waters, owing to its high adaptability, short life history, and high fecundity, as well as the decline in abundance of predators in these same waters. In order to ascertain the fishery and biological characteristics of *Chaeturichthys stigmatias* to generate the basic parameters for its further stock assessment and management, the size composition, length–weight relationship, and sexual maturity of the species were examined based on the fishery and biological data collected in bottom trawl surveys conducted between June 2013 and May 2014 in the Yellow River estuary. The results showed that the standard length of the fish ranged between 25 and 154 mm, with a mean length of (87.77 ± 24.181) mm. The dominant standard length class was 60–120 mm, accounting for 76.71% of the total abundance. The dominant class of body mass was 0.08–37.83 g, and the mean body mass was (9.1 ± 6.905) g. The body mass class of 0–10 g dominated, occupying 63.03% of the total abundance of the species. The length–weight relationship with sex combined for the whole year was described as $W = 4.7 \times 10^{-6} SL^{3.183}$ ($R^2 = 0.962$, $n = 1842$). Monthly changes in the sexual maturity periods and gonadosomatic index of *Chaeturichthys stigmatias* were observed, where the reproductive period was from April to May and lasted to early June in the Yellow River estuary and its adjacent waters. There was no significant difference between sexes with regard to the relationship between percentage of sexual maturity and standard length of *C. stigmatias*. A logistic curve was fitted to depict the proportion of sexual maturity in relation to standard length, and the parameters were derived from the curve, with a K value of 0.039 and mean length at sexual maturity of 117.92 mm for the species in the Yellow River estuary.

Key words: *Chaeturichthys stigmatias*; Yellow River estuary; size composition; length–weight relationship; mean size at sexual maturity

Corresponding author: XU Binduo. E-mail: bdxu@ouc.edu.cn