

# 基于体长和头胸甲长建立渤海湾口虾蛄生长方程

张吉妍<sup>1</sup>, 谷德贤<sup>2</sup>, 徐海龙<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>天津农学院水产学院, 天津

<sup>2</sup>天津市水产研究所, 天津

<sup>3</sup>天津市水产生态及养殖重点实验室, 天津

收稿日期: 2025年5月23日; 录用日期: 2025年6月15日; 发布日期: 2025年6月26日

## 摘要

为获取渤海湾口虾蛄生长参数信息, 以2018年至2021年渤海湾海域科学调查捕获的口虾蛄为对象, 基于体长和头胸甲长数据, 应用长度频率分析法分性别建立Von Bertalanffy生长方程。结果显示, 以体长信息为基础建立的渤海湾口虾蛄生长方程参数渐进体长和平均生长速率分别是18.945 cm和0.417 year<sup>-1</sup>, 基于头胸甲长数据得到的渐进体长和平均生长速率分别是49.814 mm和0.311 year<sup>-1</sup>。研究表明, 渤海湾口虾蛄生长存在性别差异, 利用体长数据建立生长模型更可靠, 基于头胸甲长数据建立的生长模型存在高估生长的可能, 同时, 组距的选择对生长方程参数估算结果存在影响。

## 关键词

口虾蛄, 组距, 电子体长频率分析, 渤海湾

# Establish Growth Equations for *Oratosquilla oratoria* Based on Body Length and Carapace Length in Bohai Bay

Jiyan Zhang<sup>1</sup>, Dexian Gu<sup>2</sup>, Hailong Xu<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Fishery Sciences, Tianjin Agricultural University, Tianjin

<sup>2</sup>Tianjin Fishery Institute, Tianjin

<sup>3</sup>Tianjin Key Laboratory of Aqua-Ecology and Aquaculture, Tianjin

Received: May 23<sup>rd</sup>, 2025; accepted: Jun. 15<sup>th</sup>, 2025; published: Jun. 26<sup>th</sup>, 2025

\*通讯作者。

文章引用: 张吉妍, 谷德贤, 徐海龙. 基于体长和头胸甲长建立渤海湾口虾蛄生长方程[J]. 水产研究, 2025, 12(2): 131-139. DOI: 10.12677/ojfr.2025.122014

## Abstract

To obtain growth parameters of *Oratosquilla oratoria* in the Bohai Bay, individuals captured during scientific surveys conducted in the Bohai Bay from 2018 to 2021 were analyzed. Sex-specific Von Bertalanffy Growth Function (VBGF) were established using length-frequency analysis based on body length (BL) and carapace length (CL) data. The results showed that the parameters asymptotic length and K of VBGF for the mantis shrimp based on body length information were 18.945 cm and 0.417 year<sup>-1</sup>, respectively. The asymptotic length and K obtained based on carapace length data were 49.814 mm and 0.311 year<sup>-1</sup>, respectively. Research has shown that there are gender differences in the growth of the Bohai Bay mantis shrimp, and using body length data to establish growth models is more reliable. Growth models based on carapace length data may overestimate growth, and the choice of length class interval has an impact on the estimation of parameters in VBGF.

## Keywords

*Oratosquilla oratoria*, Class Interval Size, ELEFAN, Bohai Bay

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

个体的体长与体重随时间的推移而增加的现象称为生长, 研究鱼类的个体生长规律是开展渔业资源的群体数量变动研究和科学利用的基础[1]。生长方程是描述渔业资源体长和体质量随时间变化的数学模型, 是进行渔业资源评估与开发的重要工具。生长参数不仅是分析鱼类生活史策略的关键指标, 还为研究鱼类的生物学和生态学特征提供了基础, 同时也为评估鱼类种群结构变化趋势提供了重要依据[2]。

口虾蛄(*Oratosquilla oratoria*)隶属节肢动物门(Arthropoda)、甲壳纲(Crustacea)、十足目(Stomatopoda)、虾蛄科(Squillidae)、口虾蛄属(*Oratosquilla*) [3]。俗称虾爬子、螳螂虾、虾虎、琵琶虾、虾拔弹等。研究表明, 口虾蛄的体长与头胸甲长随生长变化具有一致性, 其形态特征与生长过程密切相关, 两者之间存在显著的线性关系[4] [5]。有资料显示, 口虾蛄的生长具有明显的季节性特征, 夏末至秋末为其快速生长期[6]。此外, 其生长参数的差异受到多种内外因素的综合影响[7]。

渔业资源评估管理中, 与年龄数据相比, 体长数据更易获取, 因此基于体长频率分布估算鱼类生物学参数的方法在资源评估中被广泛应用[8] [9]。体长与头胸甲长的选取直接影响参数估算的准确性。研究表明, 体长因其测量简便性和整体代表性, 常被作为基础生长指标而头胸甲长则因甲壳形态稳定、受测量误差影响较小, 在蜕壳周期研究中更具优势。然而, 目前针对渤海湾口虾蛄生长参数的体长频率分析研究仍较为匮乏。基于此, 本研究利用渤海湾近年来的口虾蛄生物学测定数据, 采用体长(头胸甲长)频率分析法对其生长参数进行估算, 旨在丰富渤海湾口虾蛄资源的生物学信息, 提高生长参数估算的准确性和可信度, 为其资源评估与管理提供科学依据。

## 2. 数据与方法

### 2.1. 数据来源

研究用口虾蛄为 2018 年至 2021 年 4~11 月(除各年 5 月、2010 年 11 月), 2021 年 7~11 月逐月在渤

海湾开展渔业资源调查采集的样品。调查船总吨位 64 t，主机功率 176 kw，拖网网口宽度 10 m，囊网网目尺寸 20 mm，拖网调查作业平均拖速 2.5 kn，每网作业时间均为 1 h。低温保存运回实验室，经性别鉴定后选取完整个体测量头胸甲长、kubo's 体长和体质量等生物学指标，长度精确到 0.1 cm，质量精确到 0.01 g。其中体长和头胸甲长数据用于生长方程参数估算。

## 2.2. 研究方法

口虾蛄体长及头胸甲长随时间变化规律使用 Von Bertalanffy 生长方程拟合，体长头胸甲长使用线性方程，两个关系式如下：

$$L_t = L_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}] \quad (1)$$

$$BL = a \times CL + b \quad (2)$$

式中， $L_t$  为  $t$  龄时的体长； $L_{\infty}$  为口虾蛄生长的极限体长，也称渐进体长； $K$  为口虾蛄的生长系数； $t_0$  为口虾蛄理论意义上生长起点年龄[10]， $BL$ 、 $CL$  分别为体长和头胸甲长，参数  $a$  为回归系数，参数  $b$  为截距。理论生长起点年龄  $t_0$  用 Pauly 经验公式计算：

$$\ln(-t_0) = -0.3922 - 0.2752 \ln L_{\infty} - 1.038 \ln K \quad (3)$$

为进一步研究生长过程的变化特征，将反映生长特征的生长方程对  $t$  求一阶、二阶导数，可以求得生长速度和生长加速度：

$$dl/dt = KLe^{-k(t-t_0)} \quad (4)$$

$$d^2l/dt^2 = -K^2Le^{-k(t-t_0)} \quad (5)$$

## 2.3. 组距选取

为更好的掌握组距对渤海湾口虾蛄生长方程参数的影响，更好的重构样品的体长频率分布，本研究分别将口虾蛄的体长数据按月份以 4 mm、5 mm、6 mm、7 mm、8 mm、9 mm、10 mm、11 mm 为组距进行分组，头胸甲长数据按月份以 1 mm、2 mm、3 mm、4 mm 为组距进行分组。同时，常用 Snedecor 法、Sturges 法这两种方法，平均值也作为分组组距[11]-[13]。

运用 Microsoft Excel 2024，R 4.1.2 语言程序完成统计分析。

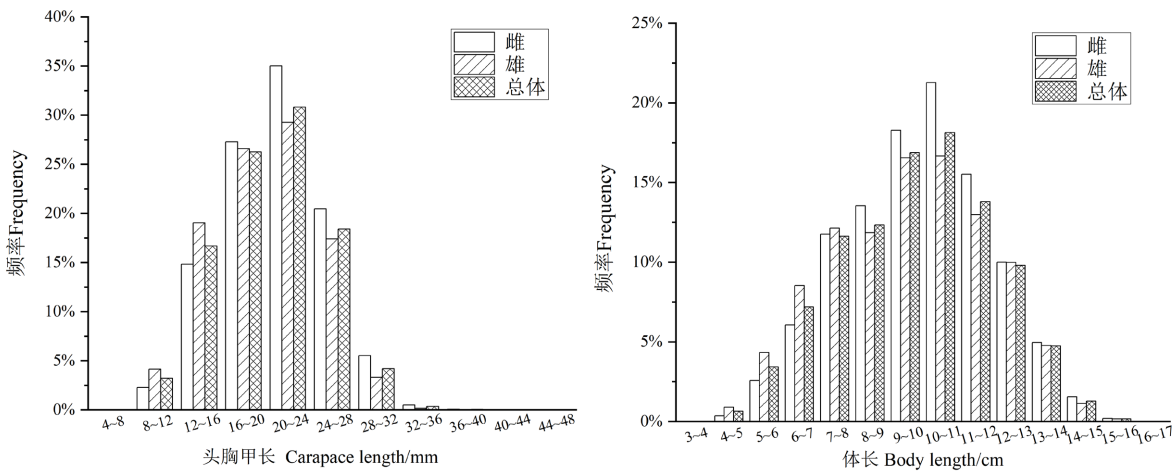


Figure 1. Distribution of carapace length and body length in *Oratosquilla oratoria*

图 1. 口虾蛄头胸甲长与体长分布图

3. 结果

3.1. 体长与头胸甲长结构特征

共采集到口虾蛄样本 27255 尾, 雌雄性比 1:1.23。根据体长的频率分布分析, 口虾蛄呈现单峰分布特征。体长范围为 3.39~16.51 cm, 头胸甲长范围为 7.5~47.0 mm, 其中雌性体长 3.39~16.30 cm, 头胸甲长 7.5~47.0 mm; 雄性体长 4.00~16.51 cm, 头胸甲长 7.5~39.1 mm。口虾蛄雌、雄个体优势体长组为 10.00~11.00 cm, 占样本总数百分比分别为 21.28%和 16.67%, 雌、雄个体优势头胸甲长组为 20.0~24.0 mm, 占样本总数百分比分别为 35.01%和 29.27% (图 1)。应用线性模型拟合, F 检验表明头胸甲长与体长之间有显著的正相关(表 1)。随体长的增加, 头胸甲长呈匀速增长, 雌雄个体间无显著差异, 雄性个体体长增长略快于雌性。

Table 1. The functional relationship between body length and carapace length

表 1. 体长 - 头胸甲长函数关系

| 样本 Sample | 参数 $a$ | 参数 $b$ | 参数 $a$ 95%置信区间 $a$ CL95% | 参数 $b$ 95%置信区间 $b$ CL95% | 决定系数 $R^2$ |
|-----------|--------|--------|--------------------------|--------------------------|------------|
| 雌性 Female | 4.2318 | 1.0542 | 4.2086~4.2551            | 1.0050~1.1035            | 0.9126     |
| 雄性 Male   | 4.5548 | 0.5208 | 4.5346~4.5750            | 0.4801~0.5615            | 0.9282     |
| 总体 Total  | 4.3965 | 0.7783 | 4.3812~4.4119            | 0.7467~0.8099            | 0.9204     |

3.2. 基于头胸甲长生长方程

不同头胸甲长组距口虾蛄生长参数存在差异(表 2)。应用 VBGF 拟合, 基于 Snedecor 法组距为 1.2 mm; 基于 Sturges 法得到雌性、雄性、总体的组距分别为 2.7 mm、2.1 mm 和 2.5 mm。在口虾蛄群体中, 头胸甲长的渐进值随组距变化未表现出显著的增大或减小趋势, 表明组距大小对头胸甲长渐进值的估算结果影响有限。此外, 雌性个体的头胸甲长的渐进值普遍大于雄性, 表明在口虾蛄中, 雌性个体在头胸甲的发育上存在一定的优势。

雌性群体口虾蛄的最优间距为 4 mm, 在生物学上能接受范围内  $Rn$  值最大值对应的  $L_{\infty}$ 和  $K$  值分别为 49.508 mm 和  $0.368 \text{ year}^{-1}$ , 其生长方程为  $CL_{\text{♀}} = 49.508[1 - e^{-0.368(t+0.65)}]$ 。雄性群体的最佳间距为 4 mm,  $L_{\infty}$ 和  $K$  值分别为 48.389 mm 和  $0.386 \text{ year}^{-1}$ , 生长方程为  $CL_{\text{♂}} = 48.389[1 - e^{-0.386(t+0.62)}]$ 。总体最佳组距为 4 mm, 49.814 mm 和  $0.311 \text{ year}^{-1}$  分别是  $L_{\infty}$ 和  $K$  值, 生长方程为  $CL = 49.814[1 - e^{-0.311(t+0.69)}]$ 。

Table 2. Estimation of growth parameters under different carapace length intervals

表 2. 不同头胸甲长组距下生长参数估计情况

| 组距/mm    | 雌性    |                |       |       | 雄性    |                |       |       | 总体    |                |       |       |
|----------|-------|----------------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|
|          | $K$   | $CL/\text{mm}$ | $t_0$ | $Rn$  | $K$   | $CL/\text{mm}$ | $t_0$ | $Rn$  | $K$   | $CL/\text{mm}$ | $t_0$ | $Rn$  |
| 1        | 0.144 | 50.319         | -1.72 | 0.191 | 0.122 | 48.564         | -2.06 | 0.208 | 0.392 | 50.397         | -0.61 | 0.159 |
| 2        | 0.291 | 48.627         | -0.83 | 0.204 | 0.701 | 51.265         | -0.33 | 0.204 | 0.407 | 51.918         | -0.58 | 0.230 |
| 3        | 0.835 | 51.895         | -0.27 | 0.201 | 0.776 | 49.914         | -0.30 | 0.194 | 0.864 | 51.261         | -0.27 | 0.199 |
| 4        | 0.368 | 49.508         | -0.65 | 0.264 | 0.386 | 48.389         | -0.62 | 0.278 | 0.346 | 49.814         | -0.69 | 0.311 |
| Snedecor | 0.111 | 49.052         | -2.27 | 0.208 | 0.125 | 50.960         | -1.98 | 0.205 | 0.207 | 49.743         | -1.18 | 0.210 |
| Sturges  | 0.539 | 51.788         | -0.43 | 0.184 | 0.742 | 50.953         | -0.31 | 0.203 | 0.853 | 50.870         | -0.27 | 0.192 |
| S 平均     | 0.846 | 51.159         | -0.27 | 0.193 | 0.315 | 51.871         | -0.76 | 0.211 | 0.454 | 48.623         | -0.53 | 0.234 |

3.3. 基于体长生长方程

不同体长组距口虾蛄的生长参数同样存在差异(表 3)。采用 VBGF 模型拟合, 基于 Snedecor 法计算获得雌性、雄性和总体的体长组距分别为 5.1 mm、5.5 mm、5.3 mm; 基于 Sturges 法则得到相应的体长组距为 8.9 mm、8.4 mm、8.3 mm。基于体长组距分组分析, 不同组距下的生长参数估算结果未发现有明显变化趋势。雌性口虾蛄的最优组距为 10 mm, 在生物学上能接受范围内  $Rn$  值最大值对应的  $L_{\infty}$  和  $K$  值分别为 18.434 cm 和  $0.39\text{ year}^{-1}$ , 其生长方程为  $BL_{\text{♀}} = 18.434[1 - e^{-0.39(t+0.80)}]$ 。雄性群体的最佳组距为 9 mm,  $L_{\infty}$  和  $K$  值分别为 18.180 cm 和  $0.432\text{ year}^{-1}$ , 生长方程为  $BL_{\text{♂}} = 18.180[1 - e^{-0.432(t+0.73)}]$ 。总体群体的最佳组距为 9 mm, 18.945 cm 和  $0.417\text{ year}^{-1}$  分别是  $L_{\infty}$  和  $K$  值, 生长方程为  $BL = 18.945[1 - e^{-0.417(t+0.75)}]$ 。

为了研究口虾蛄生长随时间的变化特征, 分别对生长方程求一阶、二阶导数, 得出体长的生长速度方程和加速度方程(图 2)。口虾蛄的体长随年龄的增长呈现出逐渐增加的趋势, 在早期阶段, 体长增长速度较快, 随年龄增加逐渐减缓。体长生长速度曲线是一条随年龄增加而减小, 直至趋近于零的曲线, 表明在幼年阶段, 口虾蛄的体长增长速度较快, 但是随着年龄的增加, 生长速度逐渐减慢; 生长加速度始终为负值, 随年龄增加而增大, 表明体长生长速度的递减程度逐渐降低。

Table 3. Estimation of growth parameters under different body length group intervals  
表 3. 不同体长组距下生长参数估计

| 组距/mm    | 雌性    |                |       |       | 雄性    |                |       |       | 总体    |                |       |       |
|----------|-------|----------------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|
|          | $K$   | $BL/\text{cm}$ | $t_0$ | $Rn$  | $K$   | $BL/\text{cm}$ | $t_0$ | $Rn$  | $K$   | $BL/\text{cm}$ | $t_0$ | $Rn$  |
| 4        | 0.175 | 17.462         | -1.88 | 0.227 | 0.170 | 18.961         | -1.89 | 0.199 | 0.199 | 19.636         | -1.59 | 0.181 |
| 5        | 0.152 | 18.966         | -2.12 | 0.198 | 0.352 | 19.856         | -0.88 | 0.185 | 0.372 | 19.648         | -0.83 | 0.216 |
| 6        | 0.231 | 17.665         | -1.40 | 0.237 | 0.391 | 19.498         | -0.79 | 0.195 | 0.372 | 19.203         | -0.84 | 0.215 |
| 7        | 0.363 | 19.833         | -0.85 | 0.260 | 0.406 | 19.082         | -0.76 | 0.262 | 0.375 | 20.022         | -0.82 | 0.313 |
| 8        | 0.357 | 20.379         | -0.86 | 0.265 | 0.384 | 19.265         | -0.81 | 0.252 | 0.442 | 18.508         | -0.71 | 0.327 |
| 9        | 0.394 | 18.800         | -0.79 | 0.304 | 0.432 | 18.180         | -0.73 | 0.293 | 0.417 | 18.945         | -0.75 | 0.363 |
| 10       | 0.390 | 18.434         | -0.80 | 0.360 | 0.401 | 18.473         | -0.78 | 0.262 | 0.367 | 18.831         | -0.85 | 0.327 |
| 11       | 0.360 | 18.976         | -0.88 | 0.321 | 0.465 | 20.124         | -0.65 | 0.284 | 0.429 | 18.321         | -0.73 | 0.347 |
| Snedecor | 0.177 | 18.854         | -1.82 | 0.229 | 0.387 | 19.405         | -0.80 | 0.182 | 0.346 | 20.070         | -0.89 | 0.219 |
| Sturges  | 0.373 | 17.627         | -0.85 | 0.277 | 0.405 | 18.787         | -0.77 | 0.286 | 0.401 | 18.956         | -0.78 | 0.336 |
| S 平均     | 0.363 | 19.833         | -0.85 | 0.260 | 0.518 | 19.093         | -0.59 | 0.242 | 0.422 | 18.691         | -0.74 | 0.272 |

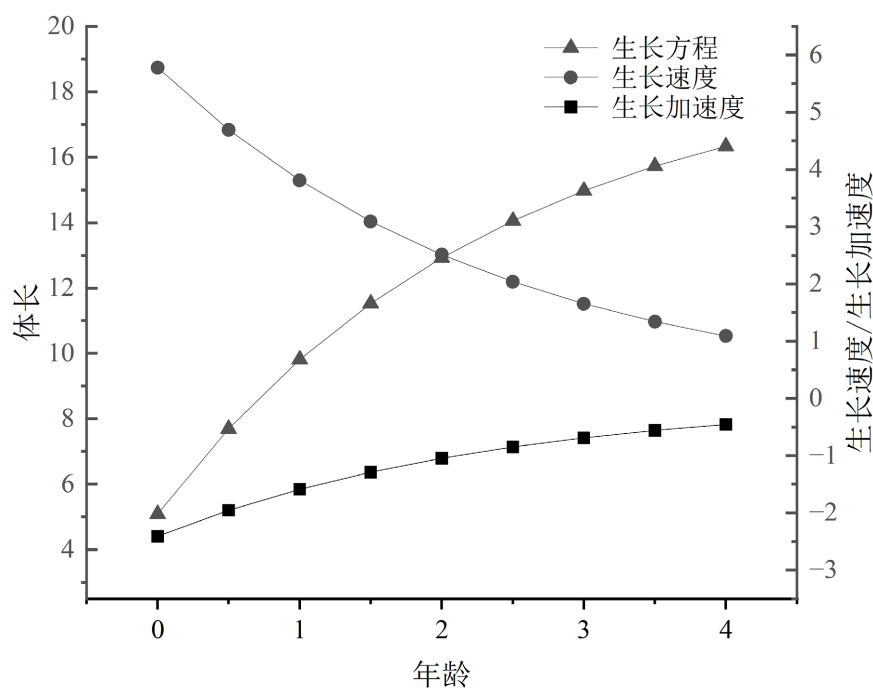
4. 讨论

鱼类生长研究是渔业资源评估中的关键环节, 其研究结果对后续的评估与管理具有重要的指导意义 [14][15]。相较于年龄鉴定数据, 体长测量数据的采集具有更高的可操作性和成本效益, 因此基于体长频率分析估算鱼类生物学参数的方法在资源评估中被广泛应用。本研究基于科学调查数据, 分析了口虾蛄雌性种群、雄性种群和混合种群体长与头胸甲长线性关系, 并探讨了不同组距对生长参数估算的敏感性, 为优化甲壳类资源评估方法提供了理论依据。

在组距选择上, 《国家海洋调查规范》通常以 10 mm 作为常规鱼类长度分组组距, 对鱼体长度过长

或过短的种类也可将组距调整为 20 mm 或 5 mm [16]。针对于口虾蛄, 既往研究存在一定分歧, 部分学者采用 5 mm 为口虾蛄体长组距[17][18], 但更多学者采用 10 mm 组距[19]-[21]。本研究发现, 雌性种群的最佳体长组距为 10 mm, 雄性为 9 mm, 总体为 9 mm, 这些结果与先前的研究基本一致。关于头胸甲长组距的研究, 本研究基于数据分布特征, 采用 4 mm 作为头胸甲长分组的组距, 能够更好地揭示不同体长范围内的生长特征。通过系统比较不同组距对生长参数估算的影响, 本研究准确捕捉了雌性、雄性和混合种群在不同生长阶段的差异, 为口虾蛄生长参数的估算提供了可靠依据。组距的选择直接影响生长模型的拟合优度和参数估计的可靠性, 因此在实际应用中, 应基于目标种群的生物学特征和数据分布特征进行优化选择。此外, 未来的研究可进一步探索环境因子(如温度、盐度、饵料生物量等)对口虾蛄生长的影响, 结合气候变化、栖息地环境等因素, 深化对其生物学特性的理解, 从而为渔业资源的可持续管理和保护提供科学依据。

口虾蛄生长周期短, 最大可生长到 4 龄, 1 龄即可性成熟[22][23]。研究表明, 生命周期较短的物种通常在 1~2 年内就能接近其渐进体长  $L_{\infty}$ , 且这些物种的生长系数( $K$  值)较高; 而生命周期较长的物种, 其  $K$  值相对较低, 生长曲线较为平缓, 需要较长时间才能达到渐进体长  $L_{\infty}$  [11]。通过收集比较各地区口虾蛄生长参数估算情况(表 4), 渐进体长的估算值各地区相近。本研究雌性群体的渐进体长值与韩国学者 SeongEun Kim [23] 笔下的研究最为接近, 雄性渐进体长值则与 Algiers [24] 海域的最为相近, 但总体差异不大, 表明其生长参数的跨区域稳定性。头胸甲长的渐进值相差较大, 与先前作者的发现略有差异的原因可能是用于参数估算方法或组中值间距的选择不同, 也有不同海区的影响。 $K$  值的差异较为明显, 这些差异与海洋环境中的温度、盐度、食物来源等因素密切相关, 反映了各海区的特点。因此, 在未来的研究中, 考虑到不同环境对口虾蛄生长的影响, 采用更加精细化的生长模型和更大范围的数据集, 能够更准确地揭示其生长规律及其与环境因素的关系。



**Figure 2.** Growth curves of *Oratosquilla oratoria*, including body length growth rate and growth acceleration curves  
**图 2.** 口虾蛄生长曲线, 体长生长速度、生长加速度曲线



**Table 4.** Estimation of growth parameters for *Oratosquilla oratoria* in various sea areas  
**表 4.** 各海区口虾蛄生长参数估算情况

| 地区                        | 长度测量 | 性别 | $L/cm$ | $K$   | $t_0$  |
|---------------------------|------|----|--------|-------|--------|
| Korea Tongyeong [23]      | $BL$ | F  | 18.45  | 0.72  | -      |
|                           |      | M  | 18.375 | 0.82  | -      |
| Central Adriatic Sea [25] | $CL$ | F  | 4.188  | 0.448 | -0.038 |
|                           |      | M  | 4.118  | 0.532 | -0.059 |
|                           |      | B  | 4.153  | 0.49  | -0.01  |
| Gulf of Tunis [18]        | $BL$ | F  | 17.91  | 1.44  | -0.57  |
|                           |      | M  | 18.83  | 1.4   | -0.39  |
| Algiers [24]              | $BL$ | F  | 18.56  | 0.67  | -0.57  |
|                           |      | M  | 18.25  | 0.69  | -0.56  |
|                           |      | B  | 18.99  | 0.48  | -0.66  |
|                           | $CL$ | F  | 4.25   | 0.64  | -0.53  |
|                           |      | M  | 3.94   | 0.71  | -0.51  |
|                           |      | B  | 4.806  | 0.34  | -0.69  |
| Perak [26]                | $BL$ | F  | 21.53  | 0.75  | -      |
|                           |      | M  | 18.38  | 1.1   | -      |
| Hong Kong [27]            | $CL$ | F  | 3.765  | 1.2   | -      |
|                           |      | M  | 3.885  | 0.48  | -      |
|                           |      | B  | 3.045  | 0.96  | -      |
| 梅州湾[5]                    | $BL$ | B  | 19.316 | 0.62  | -      |
|                           |      | B  | 17.11  | 0.67  | -      |
| Ebro Delta [7]            | $BL$ | F  | 20.00  | 1.3   | -      |
|                           |      | M  | 20.00  | 1.6   | -      |
| 本研究                       | $BL$ | F  | 18.434 | 0.39  | -0.80  |
|                           |      | M  | 18.180 | 0.432 | -0.73  |
|                           |      | B  | 18.945 | 0.417 | -0.75  |
|                           | $CL$ | F  | 4.9508 | 0.368 | -0.65  |
|                           |      | M  | 4.8389 | 0.386 | -0.62  |
|                           |      | B  | 4.9814 | 0.346 | -0.69  |

注：F 为雌性口虾蛄群体；M 为雄性口虾蛄群体；B 为总体；“-”表示没有数据。

本研究口虾蛄样本雌雄性比为 1:1.23，采集的雄性口虾蛄多于雌性，这一结果与许多研究相一致[28][29]。根据 Griffiths & Blaine 的研究表明，雌性个体倾向于选择安全的洞穴栖息，特别是在携带卵子的时候，相比之下，雄性更常在洞穴外活动，从而使它们更容易受到底拖网捕捞的影响[30]。生长参数分析显示，雌性个体具有较高的渐进长度和较低的  $K$  值，而雄性个体的生长系数较高，表明雄性个体的生长速率快于雌性。这种性别差异导致雄性个体在相同年龄阶段能够达到更大的体长，且性成熟所需的时间和

能量投入低于雌性[8] [31]。基于上述性别差异,雌性和雄性口虾蛄在生态学和生物学方面的表现存在显著的不同。雄性在生长和性成熟上相对较快,这可能使它们在竞争资源时具有优势,能够更早地参与繁殖,雌性口虾蛄的生长速度较慢,但体型通常更大,并且在繁殖期间需要更多的能量来支持卵子的发育,这些性别差异对种群的繁殖和种群结构具有重要影响。渤海湾口虾蛄的繁殖期主要集中在春季[21],这一时期水温升高,食物资源丰富,为繁殖个体提供了适宜的环境条件。研究表明,繁殖期个体的性腺发育成熟,产卵量和幼体存活率较高,是种群补充的主要来源[32]。若在繁殖期进行捕捞,不仅会直接减少繁殖个体的数量,还可能通过破坏栖息地和干扰繁殖行为,间接影响种群的补充能力。通过保护繁殖期个体,可以有效提高种群的补充量和资源恢复能力。可在繁殖期设立临时禁渔区或禁渔期,特别是在主要的繁殖场和栖息地实施局部禁渔措施,以进一步减少捕捞压力,不仅有助于维持口虾蛄种群的可持续性,还能促进生态系统的平衡。口虾蛄作为渤海湾生态系统的重要组成部分[33],其种群数量的稳定对维持食物网结构和生物多样性具有重要意义。通过保护繁殖期个体,可以提高种群的补充量,增强生态系统的抵抗力和恢复力。

口虾蛄的生长速度反映了其不同生命阶段体长增长的快慢。通过了解各个生长阶段的速度变化,可以为资源利用提供科学依据,尤其是在个体进入慢速生长期之前进行合理开发。提高开捕体长是目前口虾蛄渔业资源管理的常见方法之一,能够在降低捕捞压力的同时维持较高的渔获量[4]。初次性成熟体长是研究资源种群结构的重要指标,也是研究资源群体种群变动和科学利用资源的重要内容之一。有报道表明,口虾蛄一般性成熟体长为 7~8 cm [32],韩国 Tongyeong 地区的性成熟体长为 9.65 cm [23],渤海湾地区基于两段式体长-体质量关系得到的总体、雌性和雄性口虾蛄初次性成熟体长分别为 10.99 cm、11.01 cm 和 10.85 cm [34]。有研究表明,11 cm 是比较合理的采捕规模[32],基于现有的渔业管理 11 cm 进行年龄的推算, $t$  约为 1.33 龄。因此,从资源利用角度来看,为获得更高的商业价值理应在初次性成熟体长之后进行捕捞。

## 基金项目

天津市规划和自然资源局(天津市海洋生物资源养护工作)项目(ML2020-HP-F059),天津市级大学生创新创业训练计划项目(202410061189)。

## 参考文献

- [1] 詹秉义. 渔业资源评估[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- [2] 梁智策, 刘飞, 李世启, 等. 南渡江上游海南半鲮生物学参数估算[J]. 水生生物学报, 2021, 45(4): 881-888.
- [3] 刘瑞玉. 中国海洋生物名录[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [4] 徐善良, 王春琳, 梅文骧, 等. 口虾蛄形态参数关系的研究[J]. 浙江水产学院学报, 1996(1): 15-20.
- [5] 耿玉玲, 张崇良, 韩东燕, 等. 基于科学调查与渔业生产数据的山东近海口虾蛄生长参数估算[J]. 中国水产科学, 2019, 26(4): 756-764.
- [6] Ohtomi, J. and Shimizu, M. (1988) Growth after Recruitment Completion and Life Span of the Japanese Mantis Shrimp *Oratosquilla oratoria* in Tokyo Bay. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **54**, 1935-1940. <https://doi.org/10.2331/suisan.54.1935>
- [7] Arista, Y. and Wardiatno, Y. (2020) Population Dynamics of Mantis Shrimp *Harpisquilla harpax* and *Oratosquilla* Sp. in the Waters South of Madura Island, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, **21**, 1458-1466. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210425>
- [8] 刘元文, 薛莹, 纪毓鹏, 等. 胶州湾普氏缃虾虎鱼生物学特性的初步研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2013, 43(6): 38-43.
- [9] Kim, S., Kim, H., Bae, H., Kim, H. and Oh, C. (2017) Growth and Reproduction of the Japanese Mantis Shrimp, *Oratosquilla oratoria* (de Haan 1844) in the Coastal Area of Tongyeong, Korea. *Ocean Science Journal*, **52**, 257-265. <https://doi.org/10.1007/s12601-017-0027-2>



- [10] Pauly, D. (1990) Length-Converted Catch Curves and the Seasonal Growth of Fishes. *Fishbyte*, **8**, 33-38.
- [11] 李壮. 渔业体长频数分析法在模拟和实际渔业中的应用[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国海洋大学, 2006: 1-68.
- [12] 陈国宝, 李永振, 陈丕茂, 等. 鱼类最佳体长频率分析组距研究[J]. 中国水产科学, 2008, 15(4): 659-666.
- [13] Pauly, D., David, N. and Elefan, I. (1981) A Basic Program for the Objective Extraction of Growth Parameters from Length-Frequency Data. *Meeresforschung*, **28**, 205-211.
- [14] 赵天亚, 刘逸文, 王琨, 等. 海州湾和莱州湾短吻红舌鲷生长参数的异质性[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2022, 52(10): 167-174.
- [15] 吴斌, 方春林, 贺刚, 等. FiSATII软件支持下鄱阳湖通长江水道鲤鱼的生物学参数估算[J]. 水产科学, 2015, 34(4): 256-260.
- [16] 国家技术监督局. 中华人民共和国国家标准《海洋调查规范-海洋生物调查》(GB/T 12763.6) [S]. 北京: 中国标准出版社, 1991.
- [17] Ferrero, E.A., Marzari, R., Mosco, A., *et al.* (1988) Dynamics of Morphometric and Biochemical Parameters of the Reproductive Conditions of *Squilla mantis* Fished by Creels in the Gulf of Trieste. Use of VTGs as Biochemical Markers. *Bollettino della Società Adriatica di Scienze*, **70**, 47-59.
- [18] Mili, S. (2013) La squille *squilla mantis* des eaux tunisiennes: Eco-biologie, pêche et opportunités de valorisation. Intitut National Agronomique de Tunis.
- [19] Dinh, T.D., Moreau, J., Van, M.V., Phuong, N.T. and Toan, V.T. (2010) Population Dynamics of Shrimps in Littoral Marine Waters of the Mekong Delta, South of Viet Nam. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, **13**, 683-690. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2010.683.690>
- [20] 刘修泽, 郭栋, 王爱勇, 等. 辽东湾海域口虾蛄的资源特征及变化[J]. 水生生物学报, 2014, 38(3): 602-608.
- [21] Ragonese, S., Morara, U., Canali, E., *et al.* (2012) Abundance and Biological Traits of the spottail Mantis Shrimp, *Squilla mantis* (L., 1758)(Crustacea: Stomatopoda), off the Southern Coast of Sicily. *CBM-Cahiers de Biologie Marine*, **53**, 485-493.
- [22] 徐海龙, 郑琳琳, 梁茜, 等. 基于性腺指数估算渤海湾雌性口虾蛄初次性成熟体长[J]. 水产科学, 2024, 43(2): 225-233.
- [23] Hamano, T. and Morrissy, N.M. (1992) Growth of *Oratosquilla oratoria* (de Haan, 1844) (Stomatopoda) in the Sea of Suo-Nada, Japan. *Crustaceana*, **63**, 263-276. <https://doi.org/10.1163/156854092x00415>
- [24] Kennouche, H. and Kacimi, A. (2021) Growth Estimation and Length-Weight Relationships of Spottail Mantis Shrimp (*Squilla mantis*, Linnaeus 1758) in the Algiers Region (Southwest of Mediterranean Sea). *Applied Ecology and Environmental Research*, **19**, 5083-5101. [https://doi.org/10.15666/aecr/1906\\_50835101](https://doi.org/10.15666/aecr/1906_50835101)
- [25] Frogliia, C. (1996) Growth and Behaviour of *Squilla mantis* (Mantis Shrimp) in the Adriatic Sea. EU Study DG XIV. MED/93/016, Final Report.
- [26] Arshad, A., Sofea, T., Zamri, Z., *et al.* (2015) Population Dynamics of Mantis Shrimp, *Harpisquilla harpax* in the Coastal Waters of Pantai Remis, Perak, Peninsular Malaysia. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, **14**, 15-26.
- [27] Tao, L.S.R., Lui, K.K.Y., Lau, E.T.C., Ho, K.K.Y., Mak, Y.K.Y., Sadovy de Mitcheson, Y., *et al.* (2018) Trawl Ban in a Heavily Exploited Marine Environment: Responses in Population Dynamics of Four Stomatopod Species. *Scientific Reports*, **8**, Article No. 17876. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-35804-7>
- [28] Rao, P.Y., Prasad, D.R., Sirisha, I.R., *et al.* (2015) Meat Yield Studies in *Harpisquilla harpax* (de Haan, 1844) and *Oratosquilla anomala* (Tweedie, 1935)(Crustacea: Stomatopoda) Represented in the Shrimp Trawl Net by-Catches off Visakhapatnam, East Coast of India. *European Journal of Experimental Biology*, **5**, 6-11.
- [29] Mulyono, M., Patria, M.P., Affandi, R., *et al.* (2016) Growth Aspects of Giant Mantis Shrimp *Harpisquilla raphidea* Fabricius, 1798 Banten Bay Waters, Banten Province. *International Journal of Marine Science*, **6**, 1-14.
- [30] Griffiths, C.L. and Blaine, M.J. (1988) Distribution, Population Structure and Biology of Stomatopod Crustacea off the West Coast of South Africa. *South African Journal of Marine Science*, **7**, 45-50.
- [31] Kodama, K., Oyama, M., Lee, J., Akaba, Y., Tajima, Y., Shimizu, T., *et al.* (2009) Interannual Variation in Quantitative Relationships among Egg Production and Densities of Larvae and Juveniles of the Japanese Mantis Shrimp *Oratosquilla oratoria* in Tokyo Bay, Japan. *Fisheries Science*, **75**, 875-886. <https://doi.org/10.1007/s12562-009-0104-2>
- [32] 薛薇, 徐海龙, 郭荣佩, 等. 金乌贼生长与性腺发育特征及初次性成熟胴长估算[J]. 上海海洋大学学报, 2024, 33(3): 715-727.
- [33] 金显仕, 唐启升. 渤海渔业资源结构、数量分布及其变化[J]. 中国水产科学, 1998, 5(3): 19-25.
- [34] 徐海龙, 薛薇, 谷德贤, 等. 基于两段式模型研究口虾蛄体长-体质量关系及估算初次性成熟体长[J]. 水产学报, 2022, 46(2): 207-214.