

文章编号: 1674-5566(2020)01-0017-10

DOI:10.12024/j.sou.20190502640

## 东营池塘养殖中华绒螯蟹生长性能、性腺发育及营养品质

王世会<sup>1,2</sup>, 赵金山<sup>3</sup>, 吴旭干<sup>1,4,5</sup>, 成永旭<sup>1,4,5</sup>

(1. 上海海洋大学 农业农村部淡水水产种质资源重点实验室, 上海 201306; 2. 中国水产科学研究院黑龙江水产研究所, 黑龙江 哈尔滨 150070; 3. 东营市惠泽农业科技有限公司, 山东 东营 257503; 4. 上海海洋大学 水产科学国家级实验教学示范中心, 上海 201306; 5. 上海海洋大学 上海水产养殖工程技术研究中心, 上海 201306)

**摘要:** 为了解不同地理纬度中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)的养殖性能和常规营养成分差异, 通过连续采样和生化分析研究山东东营池塘养殖中华绒螯蟹的生长性能、生殖蜕壳率、肝胰腺指数(HSI)、性腺指数(GSI), 并进一步比较出肉率(MY)、总可食率(TEY)、肥满度(CF)和可食组织的常规营养成分。结果表明:(1)无论是雌体还是雄体, 中华绒螯蟹体质量与头胸甲长和头胸甲宽均呈幂函数相关性, 头胸甲长和头胸甲宽则呈线性函数相关。雌体平均体质量始终小于雄体, 且 7—9 月差异显著( $P < 0.05$ ); 雌雄蟹增重率(WGR)和特定生长率(SCR)均无显著性差异( $P > 0.05$ )。(2)雌体生殖蜕壳略早于雄体, 生殖蜕壳高峰出现在 8—9 月, 9 月中旬成蟹全部完成生殖蜕壳。8—10 月, 雌雄蟹 GSI 显著增加, HSI 则为下降趋势( $P < 0.05$ )。9 月上市成蟹雌体平均体质量集中于 60.00 ~ 99.99 g, 而雄体则集中于 100.00 ~ 139.99 g。(3)10 月上市成蟹雌体 GSI 和 TEY 显著高于雄体( $P < 0.05$ ), 而 MY 和 CF 则以雄体为高( $P < 0.05$ )。成蟹雌体可食组织中粗蛋白和总脂含量均高于雄体, 而水分含量则以雄体为高, 灰分含量两者差异不大。综上, 山东东营池塘养殖中华绒螯蟹生殖蜕壳高峰集中于 8—9 月, 雌雄成蟹总可食率均较高, 分别为 46.47% 和 44.81%, 可食组织具有较高的营养价值。

**关键词:** 中华绒螯蟹; 东营; 生长性能; 性腺发育; 营养品质

**中图分类号:** S 968.25 **文献标志码:** A

中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*), 俗称河蟹或大闸蟹, 隶属于节肢动物门(Arthropoda)甲壳纲(Crustacea)十足目(Decapoda)方蟹科(Grapsidae)绒螯蟹属(*Eriocheir*), 是我国重要经济养殖蟹类之一。中华绒螯蟹因味道鲜美、营养价值高而受到大众的喜爱。随着人民生活经济水平的提高及蟹文化在民众间的普及, 吃蟹现已成为当下的一种潮流, 特别是每年中秋节和国庆节期间。伴随着消费需求上升和繁育养殖技术进步, 中华绒螯蟹现已成为我国水产养殖业重要的养殖对象<sup>[1-3]</sup>。2017 年中华绒螯蟹养殖产量为 75.09 万 t, 产值超 500 亿元。2018 年中国渔业统计年鉴显示, 除北京、海南和西藏外, 其余地区均有中华绒螯蟹养殖<sup>[4]</sup>。本课题组已经初步研究

了上海崇明岛和云南西双版纳中华绒螯蟹养殖性能、性腺发育和营养品质<sup>[5-7]</sup>, 发现不同纬度地区养殖的中华绒螯蟹生长性能、可食率和营养品质等方面均存在一定的差异。为了更加全面地了解中华绒螯蟹养殖及品质状况, 亟需研究不同纬度地区中华绒螯蟹养殖性能和营养品质。

山东省东营市位于中纬度, 背陆面海, 属温带大陆性季风气候, 年平均气温 12.8 °C, 不小于 10 °C 的积温约 4 300 °C, 地处黄河入海口形成的三角洲区域, 具有区别于长江流域独特的自然环境, 土质主要是沙质盐土, 河水盐度在 2 左右。这些自然条件为产出高品质中华绒螯蟹创造了十分有利的条件, 出产的中华绒螯蟹符合“青背、白肚、金爪和黄毛”等外观评价, 但成蟹阶段养殖

收稿日期: 2019-05-09 修回日期: 2019-07-26

基金项目: 现代农业产业技术体系专项(CARS-48); 农业农村部渔业渔政管理局项目(171921301092371010); 国家自然科学基金面上项目(41876190)

作者简介: 王世会(1986—), 男, 博士研究生, 研究方向为河蟹育种与生态养殖。E-mail: firstwsh@163.com

通信作者: 成永旭, E-mail: yxcheng@shou.edu.cn

性能和营养品质却不得而知。为此初步探究了东营黄河流域池塘养殖中华绒螯蟹生长性能、性腺发育和营养品质,以期中华绒螯蟹产业发展提供基础数据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验用蟹及日常管理

实验用蟹来自于山东省东营市惠泽农业科技有限公司养殖池塘,其扣蟹蟹种购于江苏省泗洪县,为长江水系中华绒螯蟹。养殖实验共设置3个重复(池塘编号10#、11#和12#),每个池塘面积约5.33 hm<sup>2</sup>。池塘四周设置塑料防逃网,防逃网上口设置30 cm高的塑料防逃板,防逃网底端埋入土下30 cm,3月初养殖池塘经含氯石灰消毒,随后种植伊乐藻(*Elodea nuttallii*),搭配狐尾藻(*Myriophyllum verticillatum* L.)和罗氏轮叶黑藻(*Hydrilla verticillata*)。3月末扣蟹经2%高锰酸钾溶液浸泡消毒0.5 h后放养。3个池塘扣蟹平均体质量分别为10#雌体(7.18 ± 0.44) g,雄体(8.44 ± 0.62) g;11#雌体(6.81 ± 0.36) g,雄体(6.04 ± 0.31) g;12#雌体(7.88 ± 0.27) g,雄体(6.21 ± 0.25) g。密度为1.8万只/hm<sup>2</sup>,整个养殖期间合理控制水位,确保水草生长良好,密度适宜,当水温升高到12℃以上时,每天17:00投喂一次配合饲料(北京汉业科技有限公司),投喂量约占蟹体质量的1%~4%,具体根据水温和摄食情况灵活调整。每隔2 d测量1次池塘水质,根据水质情况适当换水或增施水质调节剂,确保水质良好。

### 1.2 数据采集

#### 1.2.1 生长性能

分别于4月、5月、6月、7月、8月和9月中旬,每个池塘捕捉雌雄蟹各40只准确称量(精确度=0.01 g)。称量前用干毛巾轻轻擦拭中华绒螯蟹体表水分,根据体质量数据计算增重率(weight gain rate, WGR, %)和特定生长率(specific growth rate, SGR, %/d);用游标卡尺(精确度=0.01 mm)测量养殖池塘中华绒螯蟹的头胸甲长和头胸甲宽,用于探讨体质量与头胸甲长和头胸甲宽的关系。

$$W_{GR} = 100 \times (W_t - W_{t-1}) / W_{t-1} \quad (1)$$

$$S_{GR} = 100 \times (\ln W_t - \ln W_{t-1}) / D \quad (2)$$

式中: $W_{GR}$ 为增重率; $S_{GR}$ 为特定生长率; $W_t$ 为第 $t$

月蟹的平均体质量,g; $W_{t-1}$ 为第 $t-1$ 月蟹的平均体质量,g; $D$ 为采样的间隔时间,d。

#### 1.2.2 生殖蜕壳率和性腺发育

7月15日开始,每隔15 d,每个池塘分别采集30只中华绒螯蟹(雌雄各半),参照王武等<sup>[8]</sup>的判别方法判断中华绒螯蟹是否完成生殖蜕壳并逐个进行记录,用于计算生殖蜕壳率(puberty molting rate, %)。为观察成蟹生长阶段性腺发育速度,从8—10月,每月15日从池塘中随机采集10只中华绒螯蟹(雌雄各半),用于干毛巾吸干蟹体表水分,用电子天平准确称量体质量。随后活体解剖,取出全部肝胰腺和性腺称重,用于计算肝胰腺指数(hepatosomatic index, HSI, %)和性腺指数(gonadosomatic index, GSI, %)。用游标卡尺测量成蟹的头胸甲长,用于计算肥满度(condition factor, CF, g/cm<sup>3</sup>)。

$$I_{HS} = 100 \times W_H / W \quad (3)$$

$$I_{GS} = 100 \times W_G / W \quad (4)$$

$$C_F = W / L^3 \quad (5)$$

式中: $I_{HS}$ 为肝胰腺指数; $I_{GS}$ 为性腺指数; $C_F$ 为肥满度; $W_H$ 为肝胰腺质量,g; $W_G$ 为性腺质量,g; $W$ 为体质量,g; $L$ 为头胸甲长,cm。

#### 1.2.3 上市成蟹平均体质量及其分布

9月中旬,每个池塘随机采集100只中华绒螯蟹个体(雌雄各半),逐只称重,用于计算成蟹平均体质量。参照HE等<sup>[9]</sup>分级方法进行规格分级,并依据实际情况将雌雄蟹划分为4个等级。雌体为<60.00 g,60.00~79.99 g,80.00~99.99 g和100.00~119.99 g;雄体为<100.00 g,100.00~119.99 g,120.00~139.99 g和140.00~159.99 g。记录中华绒螯蟹各体质量只数用于计算各等级所占比例。

#### 1.2.4 总可食率及其常规营养成分

精确刮取10月份采集中华绒螯蟹的一半肌肉,用于计算出肉率(muscle yield, MY, %)和总可食率(total edible yield, TEY, %)。采用冷冻干燥法测定成蟹样品可食组织(肌肉、肝胰腺和性腺)的水分含量<sup>[7]</sup>;采用AOAC<sup>[10]</sup>的方法测定成蟹样品的粗蛋白(凯氏定氮法)和灰分(550℃灼烧法)含量;采用FOLCH等<sup>[11]</sup>的方法测定成蟹样品中的总脂含量。

$$M_Y = 100 \times W_M / W \quad (6)$$

$$T_{EY} = I_{HS} + I_{GS} + M_Y \quad (7)$$

式中: $M_V$  为出肉率; $T_{EY}$  为可食率; $W_M$  为肌肉质量, g; $W$  为体质量, g。

### 1.3 数据分析

应用 SPSS 19.0 软件对实验数据进行统计分析,所有数据均采用平均值  $\pm$  标准误 (Mean  $\pm$  SE) 表示。采用 Levene 法进行方差齐性检验,当不满足齐性方差时对百分比数据进行反正弦或平方根处理。采用 One-way ANOVA 和独立  $t$  检验 (Independent samples t-test) 分析东营池塘养殖中华绒螯蟹各项指标间的差异性,  $P < 0.05$  为差异显著。

## 2 结果

### 2.1 体质量与头胸甲长和头胸甲宽的关系

中华绒螯蟹体质量与头胸甲长、头胸甲宽的关系表现为幂函数,其曲线回归方程为  $y = a \ln x + b$ 。根据幼蟹和成蟹体质量、头胸甲长和头胸甲宽的实测数据,判定雌蟹体质量与头胸甲长的关系式为  $y = 10.124 \ln x + 9.6363, R^2 = 0.9405$ ;与头胸甲宽的关系式为  $y = 9.1404 \ln x + 8.9556, R^2 = 0.9556$ 。雄蟹体质量与头胸甲长的关系式为  $y = 8.8908 \ln x + 10.19, R^2 = 0.9607$ ;与头胸甲宽的关系式为  $y = 9.8784 \ln x + 11.207, R^2 = 0.9537$ 。由回归曲线  $R^2$  数值可知此曲线拟合度好,可信度高。见图 1。

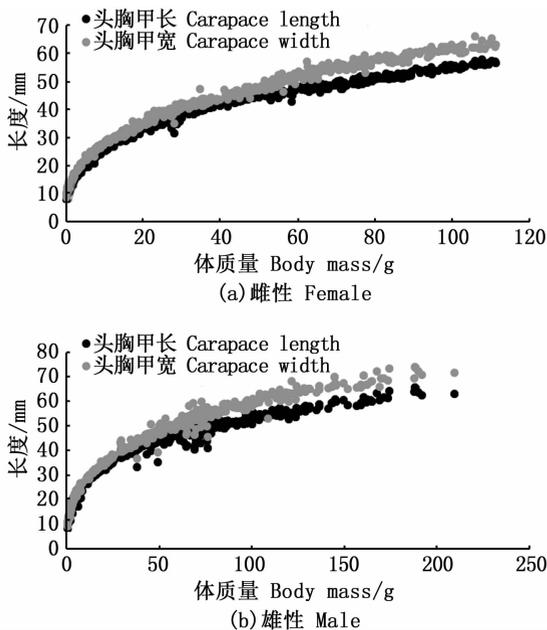


图 1 体质量与头胸甲长、头胸甲宽的关系  
Fig.1 The relationship between body mass and carapace length, carapace width

头胸甲长与宽的关系表现为线性函数,其曲线回归方程为  $y = cx + d$ 。由幼蟹和成蟹头胸甲长和头胸甲宽的实测数据,判定雌蟹头胸甲长与头胸甲宽的关系式为  $y = 1.0331x + 1.2385, R^2 = 0.9954$ ;雄蟹头胸甲长与头胸甲宽的关系式为  $y = 1.1127x - 0.1676, R^2 = 0.9956$ 。由回归曲线  $R^2$  数值可知此曲线拟合度好,可信度高。见图 2。

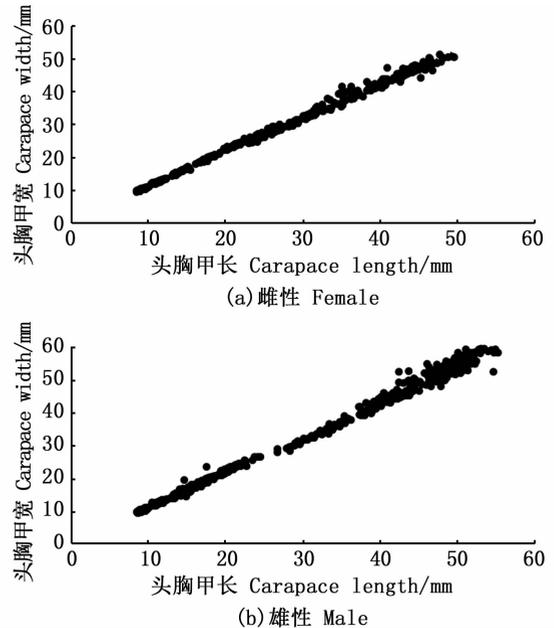


图 2 头胸甲长与头胸甲宽的关系  
Fig.2 The relationship between carapace length and carapace width

### 2.2 生长性能

由图 3 可知,8 月 6—9 日养殖池塘达到水温极值 ( $30.5\text{ }^\circ\text{C}$ ),随后开始缓慢降低。养殖池塘溶解氧为  $6.00 \sim 7.33\text{ mg/L}$ ,其中 5 月 17—18 日、25—28 日和 30 日养殖池塘溶解氧达到极值 ( $7.33\text{ mg/L}$ )。

随着时间的延长,雌雄个体平均体质量均显著增加,且雄蟹体质量始终大于雌蟹。生长前期 (4—6 月),雌雄个体平均体质量无显著性差异 ( $P > 0.05$ ),但生长后期 (7—9 月) 雄蟹平均体质量显著大于雌蟹 ( $P < 0.05$ )。见图 4。

整体上来看,随着时间的延长,雌雄个体的 WGR 和 SGR 均呈下降趋势,但均无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。雌体,5—6 月 WGR 为  $119.80\%$ ,6—7 月为  $48.55\%$ ,下降幅度最大,达到  $59.47\%$ ;SGR 呈现相似的情况,下降幅度达到  $40\%$ 。雄体,5—6 月 WGR 为  $135.89\%$ ,6—7 月为

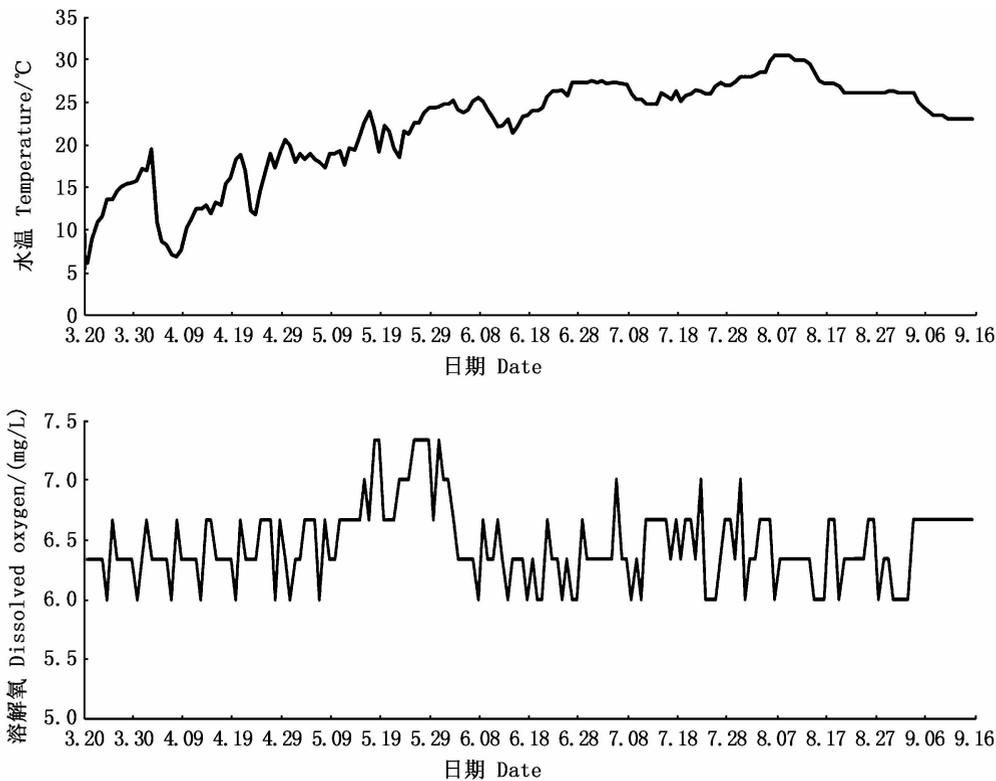
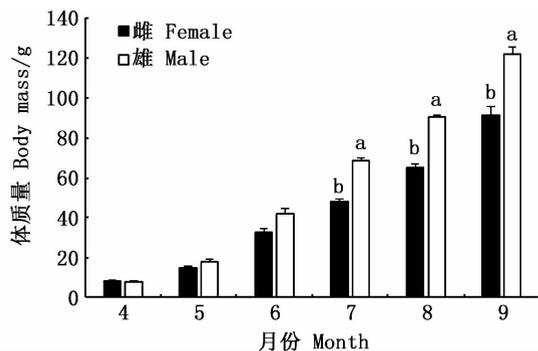


图3 东营池塘养殖中华绒螯蟹水温及溶解氧变化

Fig.3 Variation of water temperature and dissolved oxygen of cultured crab in pond from Dongying

64.92%, 下降幅度最大, 达到 52.22%; 6—7 月 SGR 为 1.71%/d, 7—8 月为 0.91%/d, 下降幅度最大(46.78%)。见图 5 和 6。



同行数据上标中不含有相同字母表示差异显著(P < 0.05)  
Values in the same column with different superscripts are significantly different (P < 0.05)

图4 成蟹养殖阶段体质量变化

Fig.4 The monthly changes of body mass during adult *Eriocheir sinensis* culture stage

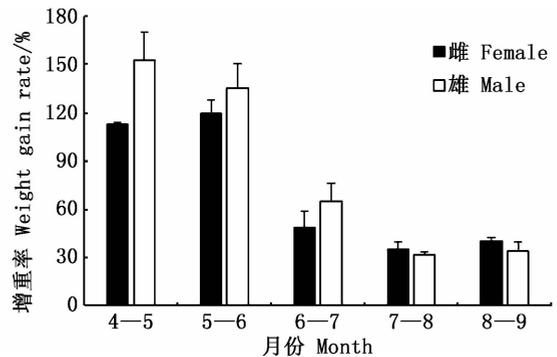


图5 成蟹养殖阶段增重率比较

Fig.5 The monthly comparison of weight gain rate (WGR) during adult *Eriocheir sinensis* culture stage

### 2.3 生殖蜕壳率和性腺发育

7月下旬,河蟹陆续开始生殖蜕壳,但比例较小。生殖蜕壳高峰出现在8月初至9月中旬,雌性生殖蜕壳要略早于雄性,至9月中旬所有雌雄个体均完成生殖蜕壳。见图7。

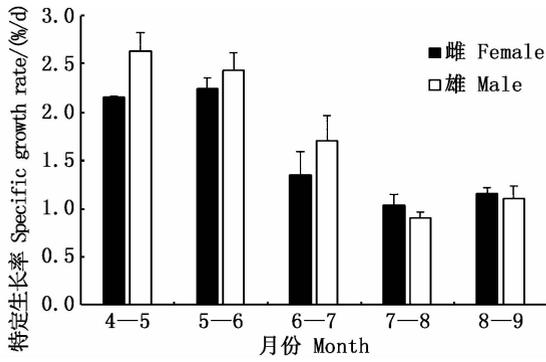


图6 成蟹养殖阶段特定生长率比较

Fig.6 The monthly comparison of specific growth rate (SGR) during adult *Eriocheir sinensis* culture stage

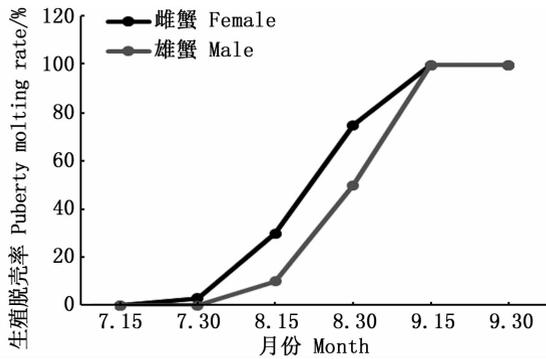


图7 成蟹养殖阶段生殖蜕壳率比较

Fig.7 The comparison of puberty molting during adult *Eriocheir sinensis* culture stage

8—10月,生殖蜕壳完成后,雌雄个体性腺发育速度显著加快(表1)。雌体肝胰腺指数(HSI)由12.52%减小到10.14%,下降了19%,其中9—10月下降幅度最大(22.42%);性腺指数(GSI)由0.08%增加到7.16%,增加了88.5倍,其中8—9月增加幅度最大(32.4倍);肥满度(CF)由0.54%增加到0.55%。雄体HSI由12.51%减小到9.74%,下降了22.14%,其中8—9月下降幅度最大(16.07%);GSI由0.57%增加到2.38%,增加了3.18倍,其中8—9月增加幅度最大(1.44倍);CF由0.58%增加到0.66%。

2.4 上市成蟹平均体质量及其分布

9月份最终养成雌蟹的平均体质量为(84.30 ± 1.68)g,雄蟹的平均体质量为(117.22 ± 1.97)g。图8表明各体质量百分比呈现正态分布。雌蟹主要集中在60.00~99.99g的体质量范围,其中体质量80.00~99.99g范围所占比例最高,为42.61%;雄蟹主要集中在100.00~139.99g的体质量范围,其中体质量100.00~119.99g范围所占比例最高,为42.14%。

2.5 总可食率及其常规营养成分

图9为10月中旬成蟹的性腺指数、肝胰腺指数、出肉率、总可食率和肥满度。雌蟹的GSI、HSI、

表1 成蟹肝胰腺指数、性腺指数和肥满度比较  
 Tab.1 Comparison of the gonadosomatic index (GSI), hepatosomatic index (HSI) and condition factor (CF) of adult *Eriocheir sinensis*

月份 Month	雌体 Female			雄体 Male		
	肝胰腺指数 HSI/%	性腺指数 GSI/%	肥满度 CF/(g/cm <sup>3</sup> )	肝胰腺指数 HSI/%	性腺指数 GSI/%	肥满度 CF/(g/cm <sup>3</sup> )
8月	12.52 ± 0.52 <sup>a</sup>	0.08 ± 0.03 <sup>c</sup>	0.54 ± 0.01	12.51 ± 0.37 <sup>a</sup>	0.57 ± 0.04 <sup>c</sup>	0.58 ± 0.01 <sup>c</sup>
9月	13.07 ± 0.30 <sup>a</sup>	2.67 ± 0.26 <sup>b</sup>	0.54 ± 0.01	10.50 ± 0.29 <sup>b</sup>	1.39 ± 0.12 <sup>b</sup>	0.63 ± 0.01 <sup>b</sup>
10月	10.14 ± 0.23 <sup>b</sup>	7.16 ± 0.21 <sup>a</sup>	0.55 ± 0.01	9.74 ± 0.46 <sup>b</sup>	2.38 ± 0.17 <sup>a</sup>	0.66 ± 0.01 <sup>a</sup>

注: 同列数据上标中不含有相同字母表示差异显著(P < 0.05)

Notes: Values in the same row with different superscripts are significantly different (P < 0.05)

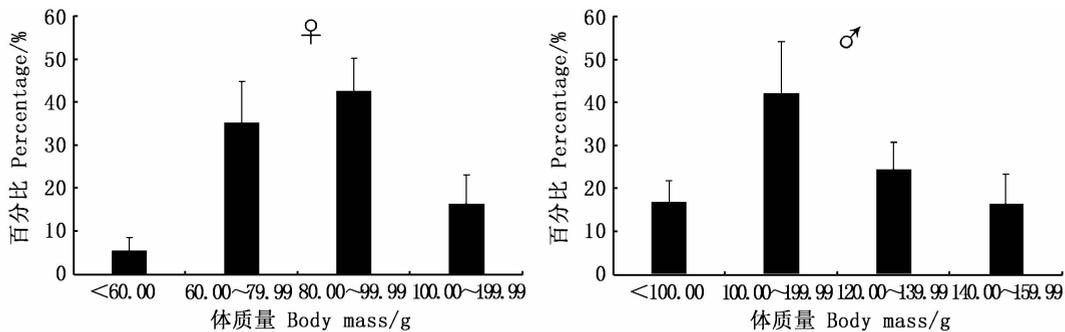
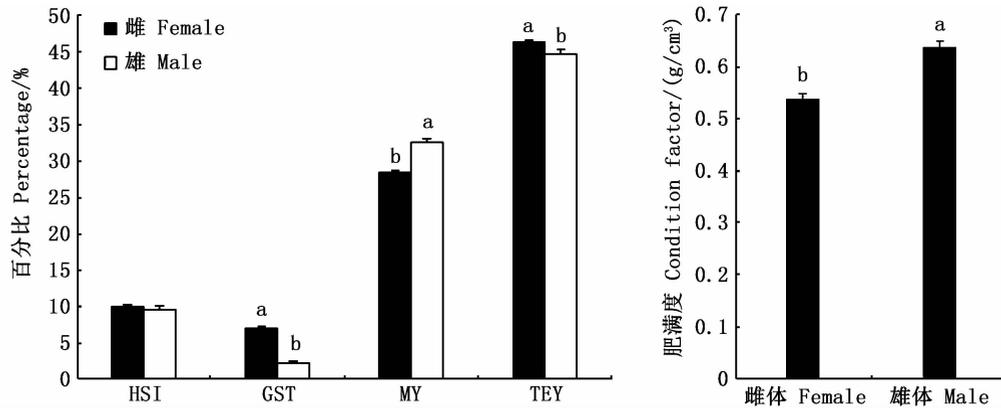


图8 9月份养成成蟹的体质量分布  
Fig.8 Distribution of body mass classes of adult *Eriocheir sinensis* in September

MY、TEY 和 CF 分别为 7.16%、10.14%、29.17%、46.47% 和  $0.55 \text{ g/cm}^3$ ；雄蟹的分别为 2.38%、9.74%、32.68%、44.81% 和  $0.66 \text{ g/cm}^3$ 。

就雌雄性别差异而言,雌体的 GSI 和 TEY 显著高于雄体 ( $P < 0.05$ ),而雄体的 MY 和 CF 均显著高于雌体 ( $P < 0.05$ )。



同行数据上标中不含有相同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )

Values in the same column with different superscripts are significantly different ( $P < 0.05$ )

图9 东营10月中旬成蟹可食组织比例和肥满度比较

Fig. 9 Edible tissue ratio and condition factor of adult *Eriocheir sinensis* from Dongying in October

就性腺而言,雌体粗蛋白和总脂含量显著高于雄体,而雄体水分含量则显著高于雌体 ( $P < 0.05$ ),灰分含量无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。就肝胰腺而言,雌体总脂含量显著高于雄体,而雄体水分含量则显著高于雌体 ( $P < 0.05$ ),粗蛋白和灰分则无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。就肌肉而言,雌体粗蛋白和总脂含量显著高于雄体 ( $P < 0.05$ ),水分和灰分含量则无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。见表2。

### 3 讨论

#### 3.1 头胸甲长、宽与体质量的相关性分析

中华绒螯蟹体表覆盖一层厚重的甲壳,具有跳跃式增长的特点,即在蜕壳过程中大量吸收水分,体质量明显增加<sup>[12]</sup>。这说明头胸甲长、头胸甲宽与体质量可能具有一定的相关性。本研究表明中华绒螯蟹体质量与头胸甲长和头胸甲宽呈幂函数相关,同时头胸甲长和头胸甲宽线性函数相关,与先前研究<sup>[13-15]</sup>结果一致,但与王静安等<sup>[16]</sup>研究存在一定差异。王静安等<sup>[16]</sup>认为雌雄中华绒螯蟹头胸甲长和头胸甲宽与体质量存在密切的线性相关性,而不是幂函数关系。这是因为王静安等仅测量体质量大于 30.00 g 的幼蟹,所以得出线性关系的结论。

与先前发表文献比较可知,体质量与头胸甲

长和头胸甲宽的函数关系不因养殖环境变化而变化,但判别关系式可能存在一定的数值差异。虽然雌雄性别差异影响判别公式的具体数值,但并不影响函数关系,这与北方长额虾 (*Pandalus borealis*)<sup>[17]</sup>相类似。但与其他十足目物种却存

表2 东营10月中旬成蟹常规营养成分比较(% ,湿质量)

Tab. 2 The proximate composition of adult *Eriocheir sinensis* from Dongying in October (% , wet mass)

项目 Item	雌体 Female	雄体 Male
性腺 Gonad		
水分 Moisture	$50.66 \pm 0.34^b$	$75.95 \pm 0.37^a$
粗蛋白 Protein	$32.43 \pm 0.77^a$	$16.38 \pm 0.18^b$
总脂 Lipid	$16.25 \pm 0.21^a$	$1.02 \pm 0.13^b$
灰分 Ash	$1.82 \pm 0.12$	$1.79 \pm 0.07$
肝胰腺 Hepatopancreas		
水分 Moisture	$37.84 \pm 0.84^b$	$43.41 \pm 1.26^a$
粗蛋白 Protein	$6.67 \pm 0.17$	$5.98 \pm 0.46$
总脂 Lipid	$50.83 \pm 0.83^a$	$44.16 \pm 0.67^b$
灰分 Ash	$0.72 \pm 0.07$	$0.76 \pm 0.07$
肌肉 Muscle		
水分 Moisture	$79.21 \pm 0.23$	$80.33 \pm 0.63$
粗蛋白 Protein	$17.80 \pm 0.14^a$	$15.85 \pm 0.06^b$
总脂 Lipid	$0.99 \pm 0.01^a$	$0.86 \pm 0.01^b$
灰分 Ash	$1.51 \pm 0.03$	$1.41 \pm 0.09$

注:同行数据上标中不含有相同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )

Notes: Values in the same column with different superscripts are significantly different ( $P < 0.05$ )

在一定差异,如挪威海螯虾(*Nephrops norvegicus*)<sup>[18]</sup>和欧洲龙虾(*Homarus gammarus*)<sup>[19]</sup>,这些物种性别影响判别函数关系式。

### 3.2 生长性能、生殖蜕壳率和性腺发育比较

甲壳动物的生长依靠蜕壳来完成,主要与蜕壳次数和每次蜕壳后的增重率有关<sup>[20]</sup>。在生长前期(4—7月),雌蟹平均体质量始终小于雄蟹,且雄蟹月增重率(WGR)和特定增长率(SGR)大于雌蟹,这与先前报道文献<sup>[5,21]</sup>基本一致,但在生长后期(7—9月)则差异不大。与同期长江流域池塘养殖中华绒螯蟹体质量<sup>[5]</sup>比较可知,东营黄河流域池塘养殖中华绒螯蟹体质量略低。有文献报道,水产动物的生长由遗传<sup>[9,22-23]</sup>和环境<sup>[24-25]</sup>两方面因素共同起作用,由于东营黄河流域养殖蟹种同为长江水系中华绒螯蟹,故推测环境因素可能是影响其体质量大小的重要因素。中华绒螯蟹 WGR 和 SGR 随着体质量增大而逐渐减小,这与甲壳动物生长特性是一致的<sup>[26-28]</sup>。

生殖蜕壳是甲壳动物由未成熟到性成熟状态转变的重要过程,是性腺快速发育的重要起点<sup>[29]</sup>。性腺发育期间,营养物质大量积累,影响到中华绒螯蟹营养品质优劣<sup>[7]</sup>。雌蟹生殖蜕壳略早于雄蟹,这与中华绒螯蟹在上海<sup>[30]</sup>和云南西双版纳<sup>[7]</sup>养殖结果一致,说明性别差异引起的生殖蜕壳早晚不因养殖环境而变化。对于雌雄性别差异而言,8月雌蟹 GSI 为 0.08%,而雄蟹为 0.57%,说明雄蟹性腺发育要早于雌蟹,这与先前报道文献结果一致<sup>[5,7,30]</sup>。8—10月,雌雄成蟹 GSI 显著增加,而 HSI 则逐渐下降。主要是因为性腺发育期间,肝胰腺中存贮的营养物质(尤其是脂质)向性腺中转移,提供其能量来源<sup>[31]</sup>。与同期上海崇明岛和云南西双版纳 GSI 比较可知,8月各纬度地区成蟹 GSI 大小分别为山东东营 < 上海崇明岛 < 云南西双版纳,但9月 GSI 大小则正好相反,即山东东营 > 上海崇明岛 > 云南西双版纳。以上数据说明长江水系中华绒螯蟹,随着地理纬度的升高(云南西双版纳 < 上海崇明岛 < 山东东营),性腺发育速度越快,推测可能是纬度越高气温越低,需要在越冬之前完成性腺发育过程,从而完成生殖洄游和整个生活史<sup>[6]</sup>。就性别差异而言,雌蟹 HSI 始终高于雄蟹,推测可能是性腺发育期间,雌蟹需要更多的能量供给卵

巢,从而促进卵巢的发育<sup>[32]</sup>。

### 3.3 可食率和常规营养成分比较

中华绒螯蟹可食组织包括肌肉、肝胰腺(蟹黄)和性腺(蟹膏),其占体质量百分比之和(总可食率)是衡量其经济价值的重要指标<sup>[33]</sup>。先前研究<sup>[34]</sup>表明上海崇明岛人工养殖长江水系中华绒螯蟹雌体的 MY 为 19.17%、TEY 为 36.23%;雄体的 MY 为 21.90%、TEY 为 31.41%。西双版纳人工养殖中华绒螯蟹长江种群雌体的 MY 为 27.56%、TEY 为 42.91%;雄体的 MY 为 30.34%、TEY 为 40.26%<sup>[7]</sup>。本研究表明池塘养殖成蟹雌体 MY 小于雄体,但 TEY 以雌体为高,这与以上研究结果一致。但本研究东营成蟹的 MY 和 TEY 数值均大于以上两地成蟹,说明不同地理纬度养殖中华绒螯蟹的出肉率和总可食率存在一定差异。就肥满度而言,本研究中成蟹肥满度均高于同期上海崇明岛和云南西双版纳成蟹,参照 NY 5064—2001 中华绒螯蟹理化指标标准<sup>[35]</sup>,东营池塘养殖成蟹均达到了一等蟹的标准。

可食组织的常规营养成分是评价水产品营养价值的重要指标之一<sup>[36]</sup>。先前有研究<sup>[2,37]</sup>表明中华绒螯蟹营养品质受遗传、养殖环境和饵料等多方面因素影响。总体来看,成蟹雌体卵巢粗蛋白和总脂含量较高,这与其为胚胎发育提供营养和能量有重要的关系<sup>[38]</sup>。成蟹肝胰腺中总脂含量较高,这与其作为甲壳动物脂质代谢和存贮中心具有重要的关系<sup>[39]</sup>。以上结论与先前的研究<sup>[7,34]</sup>是一致的。但与上海崇明岛和云南西双版纳池塘养殖长江水系中华绒螯蟹常规营养成分比较可知,东营雌蟹性腺粗蛋白含量、肝胰腺中总脂含量均高于以上两地雌蟹,而肝胰腺中粗蛋白含量却要低于以上两地,说明养殖环境、饵料等因素可能影响其常规营养成分。进一步推测中华绒螯蟹遗传性可能决定了常规营养成分的相似性,而环境和饵料等因素又决定了常规营养成分在一定范围内的异同性,这对中华绒螯蟹品质育种提供了积极地思考。

综上,东营池塘养殖中华绒螯蟹体质量与头胸甲长和头胸甲宽呈幂函数相关,头胸甲长和头胸甲宽呈线性函数相关。雌雄成蟹生殖蜕壳时间存在差异,生殖蜕壳高峰出现在 8—9 月。上市成蟹平均体质量略低于长江流域中华绒螯蟹,

但其雌雄成蟹总可食率均较高,分别为 46.47% 和 44.81%,具有较高的营养价值。

### 参考文献:

- [1] 王武,成永旭,李应森. 河蟹的生物学[J]. 水产科技情报, 2007, 34(1): 25-28.  
WANG W, CHENG Y X, LI Y S. Chinese mitten crab biology[J]. Fisheries Science & Technology Information, 2007, 34(1): 25-28.
- [2] SHAO L C, WANG C, HE J, et al. Hepatopancreas and gonad quality of Chinese mitten crabs fattened with natural and formulated diets[J]. Journal of Food Quality, 2013, 36(3): 217-227.
- [3] WANG S, HE Y, WANG YY, et al. Comparison of flavour qualities of three sourced *Eriocheir sinensis* [J]. Food Chemistry, 2016, 200: 24-31.
- [4] 农业农村部渔业渔政管理局, 全国水产技术推广总站, 中国水产学会. 2018 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2018: 34.  
Bureau of Fisheries, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, PRC, National Fisheries Technology Extension Center, China Society of Fisheries. 2018 China fishery statistical yearbook[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2018: 34.
- [5] 何杰, 吴旭干, 龙晓文, 等. 长江水系中华绒螯蟹野生和养殖群体选育子一代养殖性能和性腺发育的比较[J]. 海洋与湖沼, 2015, 46(4): 808-818.  
HE J, WU X G, LONG X W, et al. Culture performance and gonadal development of the first generation of selectively-bred Chinese mitten crabs from wild and cultured populations [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2015, 46(4): 808-818.
- [6] 赵恒亮. 池塘养殖条件下中华绒螯蟹长江、黄河和辽河 3 个地理种群成蟹形态学、养殖性能和营养品质的比较研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2016: 1-2.  
ZHAO H L. Comparative studies on morphology, culture performance and biochemical composition among Yangtze, Huang, and Liao River populations of adult *Eriocheir sinensis* reared in ponds[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2016: 1-2.
- [7] 王世会, 龙晓文, 祖露, 等. 西双版纳河蟹性腺发育规律和营养品质 [J]. 上海海洋大学学报, 2019, 28(4): 483-490.  
WANG S H, LONG X W, ZU L, et al. Gonadal development and nutritional composition of adult *Eriocheir sinensis* from Xishuangbanna [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2019, 28(4): 483-490.
- [8] 王武, 王成辉, 马旭洲. 河蟹生态养殖[M]. 2 版. 北京: 中国农业出版社, 2013: 59-84.  
WANG W, WANG C H, MA X Z. Ecological culture of Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis* [M]. 2nd ed. Beijing: China Agricultural Press, 2013: 59-84.
- [9] HE J, WU X G, LI J Y, et al. Comparison of the culture performance and profitability of wild-caught and captive pond-reared Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) juveniles reared in grow-out ponds: Implications for seed selection and genetic selection programs [J]. Aquaculture, 2014, 434: 48-56.
- [10] AOAC. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists[M]. 16th ed. Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemists, 1995.
- [11] FOLCH J, LEES M, SLOANE STANLEY G H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues [J]. The Journal of Biological Chemistry, 1957, 226(1): 497-509.
- [12] 赵乃刚, 堵南山, 包祥生, 等. 河蟹的人工繁殖与增养殖 [M]. 合肥: 安徽省科技出版社, 1988: 75-77.  
ZHAO N G, DU N S, BAO X S, et al. Artificial breeding and enhancement of Chinese mitten crab[M]. Hefei: Anhui Science and Technology Press, 1988: 75-77.
- [13] 汪留全, 周婉华. 池养中华绒螯蟹幼蟹生长特性的初步研究[J]. 水产学报, 1989, 13(1): 17-23.  
WANG L Q, ZHOU W H. The growth characteristics of juvenile of woolly handed crab (*Eriocheir sinensis*) cultivated in pond[J]. Journal of Fisheries of China, 1989, 13(1): 17-23.
- [14] ZHANG T L, LI Z J. Aspects of biology of the Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) reared in a pond [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2001, 25(5): 433-438.
- [15] 何杰. 中华绒螯蟹池塘生态养殖群体生长特征研究[J]. 水利渔业, 2005, 25(6): 10-11, 28.  
HE J. Population growth characteristics of the mitten crab in ecological aquaculture ponds[J]. Reservoir Fisheries, 2005, 25(6): 10-11, 28.
- [16] 王静安, 陈开健, 刘小燕, 等. 大通湖水域河蟹体长、体重及头胸甲关系研究[J]. 湖南文理学院学报(自然科学版), 2017, 29(1): 35-39.  
WANG J A, CHEN K J, LIU X Y, et al. Research of growth characteristics of crabs in Datong Lake[J]. Journal of Hunan University of Arts and Science (Science and Technology), 2017, 29(1): 35-39.
- [17] BUTLER T H. Growth, reproduction, and distribution of pandalid shrimps in British Columbia [J]. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 1964, 21(6): 1403-1452.
- [18] SYMONDS D J. The fishery for the Norway lobster, *Nephrops norvegicus* (L.), off the north-east coast of England [J]. Fishery Investigations, Ministry of Agriculture. Fish and Food, London, 1972, 27(3): 1-35.
- [19] SIMPSON A C. A contribution to the bionomics of the lobster (*Homarus vulgaris* Edw.) on the coast of North Wales [J]. Fishery Investigations, Ministry of Agriculture. Fish and Food, London, 1961, 23(7): 28.

- [20] KIBRIA G. Studies on molting, molting frequency and growth of shrimp (*Penaeus monodon*) fed on natural and compounded diets [J]. Asian Fisheries Science, 1993, 6 (2): 129-254.
- [21] WU X G, ZHAO H L, JIANG X D, et al. Comparison of culture performance and gonadal development of wild-caught Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* juveniles from three major river populations [J]. Fisheries Science, 2018, 84 (6): 929-937.
- [22] 高保全, 刘萍, 李健. 三疣梭子蟹‘黄选1号’生长和育种性能分析[J]. 中国水产科学, 2015, 22(1): 44-50.
- GAO B Q, LIU P, LI J. Analysis of the growth and breeding value of *Portunus trituberculatus* ‘Huangxuan No. 1’ [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2015, 22(1): 44-50.
- [23] 石连玉, 李池陶, 葛彦龙, 等. 黑龙江水产研究所鲤育种概要[J]. 水产学杂志, 2016, 29(3): 1-8.
- SHI L Y, LI C T, GE Y L, et al. A Review: common carp breeding in Heilongjiang fisheries research institute [J]. Chinese Journal of Fisheries, 2016, 29(3): 1-8.
- [24] 何杰, 吴旭干, 赵恒亮, 等. 全程投喂配合饲料条件下池养中华绒螯蟹的生长性能及其性腺发育[J]. 中国水产科学, 2016, 23(3): 606-618.
- HE J, WU X G, ZHAO H L, et al. Growth performance and gonadal development of pond-reared Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) fed formulated diets during the whole culture process [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2016, 23(3): 606-618.
- [25] YUAN Q, WANG Q D, ZHANG T L, et al. Effects of water temperature on growth, feeding and molting of juvenile Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* [J]. Aquaculture, 2017, 468: 169-174.
- [26] HARTNOLL R G. Growth [M]//ABELE L G. The Biology of Crustacea, Volume 2, Embryology, Morphology and Genetics. New York: Academic Press, 1982: 111-196.
- [27] SUDO H. Effect of temperature on growth, sexual maturity and reproduction of *Acanthomysis robusta* (Crustacea: Mysidacea) reared in the laboratory [J]. Marine Biology, 2003, 143(6): 1095-1107.
- [28] KOBAYASHI S. Molting growth patterns of the Japanese mitten crab *Eriocheir japonica* (De Haan) under laboratory-reared conditions [J]. Journal of Crustacean Biology, 2012, 32 (5): 753-761.
- [29] CRESPO B, GÓMEZ A, MAZÓN M J, et al. Isolation and characterization of Ff1 and GsdF family genes in European sea bass and identification of early gonadal markers of precocious puberty in males [J]. General and Comparative Endocrinology, 2013, 191: 155-167.
- [30] 何杰, 吴旭干, 姜晓东, 等. 野生和人工繁育大眼幼体在成蟹阶段的养殖性能比较[J]. 上海海洋大学学报, 2015, 24(1): 60-67.
- HE J, WU X G, JIANG X D, et al. Comparison of the culture performance of wild-caught and artificial breeding Chinese mitten crab megalopae reared in the grow-out ponds during the adult *Eriocheir sinensis* culture stage [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2015, 24(1): 60-67.
- [31] 成永旭, 堵南山, 赖伟. 中华绒螯蟹卵巢和胚胎发育期脂类在卵黄物质中存在的形态及其变化[J]. 动物学杂志, 1999, 34(1): 51-55.
- CHENG Y X, DU N S, LAI W. On the ultrastructure of yolk lipid distribution and its changes during the Chinese crab, *Eriocheir sinensis* ovarian maturation and embryonic development [J]. Chinese Journal of Zoology, 1999, 34(1): 51-55.
- [32] 李思发, 王成辉, 赵乃刚. 湖泊放养长江水系中华绒螯蟹的性成熟规律研究[J]. 水生生物学报, 2001, 25(4): 350-357.
- LI S F, WANG C H, ZHAO N G. Studies on gonad developmental rule of lake stocked mitten crab of Yangtze population [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2001, 25(4): 350-357.
- [33] WU X G, CHENG Y X, SUI L Y, et al. Effect of dietary supplementation of phospholipids and highly unsaturated fatty acids on reproductive performance and offspring quality of Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis* (H. Milne-Edwards), female broodstock [J]. Aquaculture, 2007, 273(4): 602-613.
- [34] 何杰, 吴旭干, 龙晓文, 等. 中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)野生和养殖蟹种对池塘养殖成蟹可食率和营养品质的影响研究[J]. 海洋与湖沼, 2016, 47(1): 140-150.
- HE J, WU X G, LONG X W, et al. Comparison in edible yield and nutritional quality of pond-cultured adult *Eriocheir sinensis* from wild-caught and pond-reared crabseeds [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2016, 47(1): 140-150.
- [35] 中华人民共和国农业部. NY 5064-2001 无公害食品中华绒螯蟹[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. NY 5064-2001 Pollution-free food Chinese mitten crab [S]. Beijing: China Standard Press, 2002.
- [36] KAUSE A, RITOLA O, PAANANEN T, et al. Coupling body weight and its composition: a quantitative genetic analysis in rainbow trout [J]. Aquaculture, 2002, 211(1/4): 65-79.
- [37] WU X G, WANG Z K, CHENG Y X, et al. Effects of dietary phospholipids and highly unsaturated fatty acids on the precocity, survival, growth and hepatic lipid composition of juvenile Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis* (H. Milne-Edwards) [J]. Aquaculture Research, 2011, 42(3): 457-468.
- [38] LIU Z J, WU X G, CHENG Y X, et al. Ovarian re-maturation following the first spawning in the Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis* (H. Milne-Edwards) [J]. Aquaculture Research, 2011, 42(3): 417-426.
- [39] VOGT G. Life-cycle and functional cytology of the hepatopancreatic cells of *Astacus astacus*, (Crustacea, Decapoda) [J]. Zoomorphology, 1994, 114(2): 83-101.

## Growth performance, gonadal development and nutritional composition of adult *Eriocheir sinensis* from Dongying

WANG Shihui<sup>1,2</sup>, ZHAO Jinshan<sup>3</sup>, WU Xugan<sup>1,4,5</sup>, CHENG Yongxu<sup>1,4,5</sup>

(1. Key Laboratory of Freshwater Aquatic Genetic Resources, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Heilongjiang Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Harbin 150070, Heilongjiang, China; 3. Dongying Huize Agricultural Technology Co., Ltd. Dongying 257503, Shandong, China; 4. National Demonstration Center for Experimental Fisheries Science Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 5. Shanghai Engineering Research Center of Aquaculture, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** The differences in culture performance and nutritional composition of adult Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) were investigated through continuous sampling and biochemical analysis. Growth performance, puberty molting rate, hepatosomatic index (HSI), gonadosomatic index (GSI), meat yield (MY), total edible yield (TEY), condition factor (CF), and nutritional composition were compared for the three edible tissues of adult *Eriocheir sinensis*. The results illustrated that: (1) Regardless of females or males, the power function model was found between body mass and carapace length or carapace width, and liner function was discovered between carapace length and carapace width. The mean body mass of females was always lower than that of males, and there was significant difference from July to September ( $P < 0.05$ ). No significant difference was found in WGR and SGR between females and males ( $P > 0.05$ ). (2) The females had slightly earlier puberty molting than males, and the peak of puberty molting appeared between August and September. All adults completed molting until mid-September. From August to October, a significant upward trend emerged in GSI of adults, while the HSI decreased ( $P < 0.05$ ). Higher proportion of female body mass was observed in 60.00–99.99 g, while males were in the range of 100.00–139.99 g in September. (3) The GSI and TEY of females were significantly higher than those of males, however, MY and CF of males were higher in October ( $P < 0.05$ ). The protein and lipid contents of female edible tissues were higher than those of males, but males had higher moisture content. No significant difference was found in ash content. Above all, the peak of puberty molting of adults in pond was observed between August and September. The total edible yield of female and male adults was 46.47% and 44.81%, respectively. Therefore, the edible tissues had higher nutritional value.

**Key words:** Chinese mitten crab; Dongying; growth performance; gonadal development; nutritional composition