

文章编号: 1674-5566(2019)04-0483-08

DOI:10.12024/jsou.20180402302

西双版纳河蟹性腺发育规律和营养品质

王世会^{1,2}, 龙晓文¹, 祖露¹, 吴旭干^{1,3,4}, 成永旭^{1,3,4}

(1. 上海海洋大学 农业农村部鱼类营养和环境生态研究中心, 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. 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; 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)

摘要: 为了解云南西双版纳池塘养殖河蟹的性腺发育规律及其成蟹的常规营养组成, 通过连续采样和生化分析研究 8—11 月该地区池塘养殖河蟹的生殖蜕壳率、肝胰腺指数 (HSI) 和性腺指数 (GSI) 变化, 进一步比较了雌雄成蟹的出肉率 (MY)、总可食率 (TEY)、肥满度 (CF)、色泽和可食组织的常规营养成分。结果显示: (1) 8 月西双版纳地区池塘养殖雌蟹已经全部完成生殖蜕壳, 此时雄蟹的生殖蜕壳率仅为 53.85%, 9 月中旬雄体全部完成生殖蜕壳; 8—11 月, 雌雄个体的 GSI 均呈显著上升趋势, 主要增加分别发生在 8—9 月, HSI 呈下降趋势 ($P < 0.05$)。 (2) 上市成蟹雌体的 HSI、GSI、TEY 显著高于雄蟹, 而 MY 和 CF 均以雄蟹较高 ($P < 0.05$)。 (3) 就色泽而言, 雄蟹肝胰腺的红色值 (a^*) 显著高于雌蟹 ($P < 0.05$), 而亮度值 (L^*) 和黄度值 (b^*) 均无显著性差异 ($P > 0.05$); 雄蟹头胸甲烘干样 L^* 和 b^* 显著高于雌蟹 ($P < 0.05$), 而 a^* 无显著差异 ($P > 0.05$)。 (4) 就常规营养成分而言, 成蟹雌体性腺中粗蛋白和总脂显著高于雄体 ($P < 0.05$), 但雄体肝胰腺中粗蛋白和灰分显著高于雌体 ($P < 0.05$); 雌雄成体肌肉中仅粗蛋白含量差异显著。 综上, 西双版纳地区池塘养殖河蟹雌雄个体的生殖蜕壳主要发生在 7—8 月和 8—9 月, 该地区雌雄成蟹可食率分别为 42.91% 和 40.26%, 可食组织均具有较高的营养价值。

关键词: 西双版纳; 河蟹; 生殖蜕壳; 性腺发育; 营养品质

中图分类号: S 966.16 **文献标志码:** A

中华绒螯蟹 (*Eriocheir sinensis*), 俗称河蟹、大闸蟹、毛蟹, 属节肢动物门 (Arthropoda)、甲壳纲 (Crustacea)、十足目 (Decapoda), 是我国重要经济养殖蟹类之一。2016 年河蟹养殖产量 81.21 万 t, 产值近 780 亿元^[1]。随着河蟹养殖品种更新、养殖技术的完善及蟹文化在民众间的普及, 河蟹迅速成为我国水产养殖业重要的养殖对象^[2-3]。河蟹的可食组织主要是肌肉、肝胰腺和性腺, 其中性腺发育优劣在河蟹可食性评价中占有重要的位置^[4]。河蟹性腺发育与诸多因素相关, 如生殖蜕壳后营养物质摄入^[5]、养殖环境^[2,6]和地理纬度等。现阶段对河蟹性腺发育营养物质摄入与养殖环境等均有一定研究, 但对不同地理纬度条件下河蟹性腺发育及营养品质研究较

少, 亟待加强。

西双版纳位于我国云南省最南端, 常年气候温暖湿润, 其年平均气温为 18~22℃。长夏无冬, 秋春相连且为期较短, 年日照 1 800~2 100 h。季节分配较均匀, 境内污染较少, 水质良好, 适于河蟹养殖。由于西双版纳地处热带湿润区, 河蟹冬季无越冬期, 因此其生殖蜕壳和性腺发育可能有别于温带地区。此外, 其营养品质是否有别于其他地区养殖河蟹, 目前尚未见相关的报道。鉴于此, 对西双版纳养殖河蟹的性腺发育规律和营养品质进行研究, 以期对河蟹性腺发育规律提供基础资料, 为河蟹的池塘养殖和强化育肥等提供实践参考。

收稿日期: 2018-04-28 修回日期: 2018-12-19

基金项目: 现代农业产业技术体系专项 (CARS-48); 上海市科技兴农推广项目 (沪农科推字〔2015〕第 1-7 号); 上海高校水产学高峰学科建设项目 (2015-62-0908); 深圳市澳华农牧有限公司横向项目 (D-8006-15-0054)

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: hrfriwsh@yeah.net

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

1 材料与amp;方法

1.1 样品采集

实验河蟹均采自云南“西双版纳神象泉大闸蟹养殖合作社”的养殖池塘。分别于8月、9月、10月和11月中旬进行采样,每次采样雌雄河蟹个体各15只,活体运输至上海海洋大学甲壳动物营养与繁殖实验室,用于后续实验。首先检查和记录生殖蜕壳河蟹数量,用干毛巾擦干河蟹体表水分后,用电子天平(精确度=0.01 g)称量体质量,采用游标卡尺(精确度=0.01 mm)测量甲壳长和甲壳宽,用于计算肥满度(condition factor, CF)。解剖取出性腺和肝胰腺并准确称重,计算性腺指数(gonadosomatic index, GSI)和肝胰腺指数(hepatosomatic index, HSI),探究西双版纳河蟹性腺发育规律。取10月份采集河蟹的一半肌肉,用于计算出肉率(muscle yield, MY)和总可食率(total edible yield, TEY)。肝胰腺、性腺和肌肉样品-20℃保存用于常规营养成分及色泽的测定。CF、GSI、HSI、MY和TEY的计算公式如下:

$$C_F = M_C / L^3 \quad (1)$$

$$G_{SI}(\%) = 100 \times M_G / M_C \quad (2)$$

$$H_{SI}(\%) = 100 \times M_H / M_C \quad (3)$$

$$M_Y(\%) = 100 \times M_M / M_C \quad (4)$$

$$T_{EY}(\%) = G_{SI} + H_{SI} + M_Y \quad (5)$$

式中: C_F 为河蟹肥满度, g/cm^3 ; M_C 为河蟹体质量; L 为河蟹甲壳长; G_{SI} 为性腺指数; M_G 为河蟹性腺质量; H_{SI} 为肝胰腺指数; M_H 为河蟹肝胰腺质量; M_Y 为出肉率; M_M 为河蟹肌肉质量; T_{EY} 为总可食率。

1.2 常规营养成分及色泽测定

河蟹样品的水分含量采用冷冻干燥法进行测定;按照AOAC^[7]的标准方法,测定河蟹样品中的粗蛋白(凯氏定氮法)和灰分(550℃灼烧法)含量;按照FOLCH等^[8]的方法,采用V(氯仿):V(甲醇)=2:1溶液提取样品中的总脂并测定其含量。参考LONG等^[9]的方法,采用色差仪(型号:CR-400,日本柯尼卡美能达公司)测定河蟹肝胰腺鲜样和头胸甲烘干样的亮度(L^*)、红度(a^*)

和黄度(b^*)值。由于头胸甲有些区域不太平整,且不同位置的颜色有一定差别,因此选择每只河蟹头胸甲上相对平整的6个测量点进行测量,取其平均值作为该个体的测量值,具体参考文献[9]。

1.3 数据处理

用SPSS 16.0软件对实验数据进行统计分析,所有数据均采用平均值±标准差(Mean±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,性腺发育过程中的性腺指数和肝胰腺指数的数据采用ANOVA进行方差分析,Duncan氏法进行多重比较;10月份雌雄河蟹的性腺指数、肝胰腺指数、出肉率、总可食率、肥满度、常规营养成分、肝胰腺和头胸甲的色泽数据采用独立 t 检验进行分析。 $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 生殖蜕壳率、性腺指数和肝胰腺指数变化

由图1可知,8月中旬雌蟹已经100%完成生殖蜕壳,此时雄蟹生殖蜕壳率仅为53.85%,9月中旬雄蟹生殖蜕壳率迅速升高为100%。由表1可知:8—11月,雌蟹的GSI显著升高,GSI增速最快发生在8—9月,增加幅度高达183.78%;雌体生殖蜕壳后HSI逐渐降低($P < 0.05$),其中10—11月下降幅度最大,为22.19%。就雄体而言:性腺指数的增加主要发生在10—11月,月增加幅度最大,达到84.82%;8—11月肝胰腺指数呈下降趋势,下降主要发生在8—9月和10—11月,下降幅度分别为30.66%和16.40%。

2.2 雌雄个体可食率的比较

由表2和图2可知:上市雄蟹的性腺指数、肝胰腺指数和总可食率分别为1.91%、8.23%和40.26%;上市雌蟹的性腺指数、肝胰腺指数和总可食率分别为5.68%、9.69%和42.91%。就雌雄性别差异而言,雌体的性腺指数和总可食率显著高于雄体,而雄体的出肉率和肥满度均显著高于雌体($P < 0.05$)。

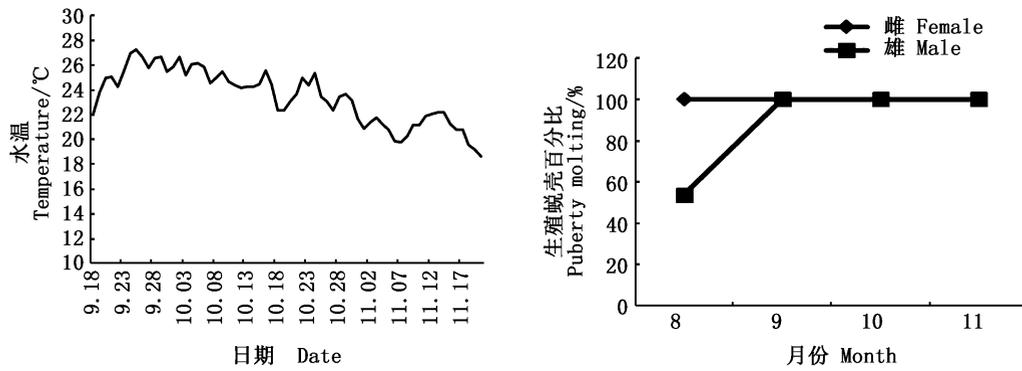


图 1 西双版纳地区池塘养殖河蟹水温及生殖蜕壳率变化

Fig. 1 Variation of water temperature and puberty molting of cultured crab in pond from Xishuangbanna

表 1 西双版纳地区河蟹性腺指数和肝胰腺指数变化

Tab. 1 The gonadosomatic and hepatosomatic indexes of *E. sinensis* from Xishuangbanna

月份 Month	雌体 Female			雄体 Male		
	数量 Number/只	性腺指数 GSI/%	肝胰腺指数 HSI/%	数量 Number/只	性腺指数 GSI/%	肝胰腺指数 HSI/%
8月 August	17	0.74 ± 0.12 ^d	12.80 ± 0.36 ^a	15	0.89 ± 0.09 ^c	12.36 ± 0.33 ^a
9月 September	15	2.10 ± 0.17 ^c	11.13 ± 0.20 ^b	15	1.15 ± 0.06 ^c	8.57 ± 0.36 ^b
10月 October	14	5.68 ± 0.30 ^b	9.69 ± 0.51 ^c	15	1.91 ± 0.12 ^b	8.23 ± 0.37 ^b
11月 November	20	9.97 ± 0.47 ^a	7.54 ± 0.34 ^d	21	3.53 ± 0.14 ^a	6.88 ± 0.27 ^c

注:同列数据上标中含有不同字母表示差异显著($P < 0.05$)

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

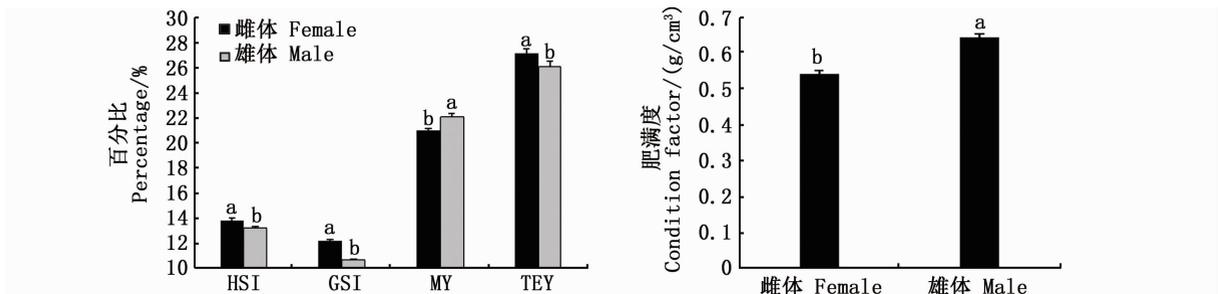
表 2 西双版纳地区河蟹成蟹的可食组织比例和肥满度的比较

Tab. 2 Edible tissue ratio and relative fatness of adult *E. sinensis* from Xishuangbanna

项目 Item	性腺指数 GSI/%	肝胰腺指数 HSI/%	出肉率 MY/%	总可食率 TEY/%	肥满度 CF/(g/cm ³)
雌体 Female	5.68 ± 0.30 ^a	9.69 ± 0.51 ^a	27.56 ± 0.49 ^b	42.91 ± 0.93 ^a	0.54 ± 0.01 ^b
雄体 Male	1.91 ± 0.12 ^b	8.23 ± 0.37 ^b	30.34 ± 0.68 ^a	40.26 ± 1.04 ^b	0.64 ± 0.01 ^a

注:同列数据上标中含有不同字母表示差异显著($P < 0.05$)

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



数据上标中含有不同字母表示差异显著($P < 0.05$)

Values with different suprscripts are significantly different($P < 0.05$)

图 2 西双版纳地区河蟹成蟹的可食组织比例和肥满度的比较

Fig. 2 Edible tissue ratio and relative fatness of adult *E. sinensis* from Xishuangbanna

2.3 雌雄成蟹的色泽比较

由表 3 可知:雌雄个体肝胰腺鲜样的亮度值

(L^*)和黄度值(b^*)无显著差异($P > 0.05$),而雄蟹肝胰腺的红度值(a^*)显著高于雌蟹($P <$

0.05);雄蟹头胸甲烘干样的 L^* 和 b^* 显著高于雌蟹 ($P < 0.05$),而两者的 a^* 无显著差异($P > 0.05$)。

表 3 西双版纳地区池塘养殖河蟹成体的色泽比较

Tab. 3 Coloration of adult *E. sinensis* in cultured pond from Xishuangbanna

项目 Item	肝胰腺 Hepatopancreas			头胸甲 Carapace		
	亮度值(L^*)	红度值(a^*)	黄度值(b^*)	亮度值(L^*)	红度值(a^*)	黄度值(b^*)
雌体 Female	60.29 ± 1.40	9.07 ± 0.77 ^b	28.65 ± 0.39	53.69 ± 0.85 ^b	17.84 ± 0.71	23.83 ± 0.63 ^b
雄体 Male	56.82 ± 1.04	12.05 ± 0.83 ^a	28.12 ± 0.66	57.88 ± 0.64 ^a	19.16 ± 0.76	26.62 ± 0.59 ^a

注:同列数据上标中含有不同字母表示差异显著($P < 0.05$)

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

河蟹肝胰腺鲜样、头胸甲烘干样外观如图 3、图 4 所示,从外观上看雌雄蟹的肝胰腺鲜样外观无明显差异,而雄蟹头胸甲烘干样亮度明显高于雌蟹($P < 0.05$)。

2.4 雌雄成蟹的常规营养成分比较

就性腺而言,雌蟹性腺粗蛋白和总脂含量显著高于雄蟹,而性腺水分含量以雄蟹较高($P < 0.05$),两者性腺灰分含量无显著性差异($P > 0.05$);就肝胰腺而言,雄体肝胰腺水分、粗蛋白和灰分含量显著高于雌体,而雌体总脂含量显著高于雄体($P < 0.05$);就肌肉而言,雌体和雄体肌肉中的水分、总脂和灰分含量均无显著性差异($P > 0.05$),而粗蛋白含量以雌体较高($P < 0.05$)。见表 4。

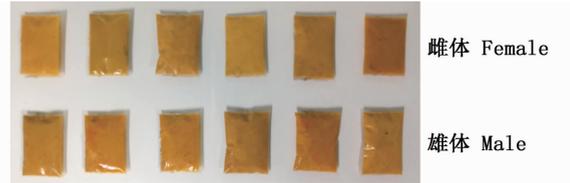


图 3 西双版纳地区成蟹肝胰腺鲜样外观对比
Fig. 3 Comparison of hepatopancreas of adult *E. sinensis* from Xishuangbanna



图 4 西双版纳地区成蟹头胸甲烘干样外观对比
Fig. 4 Color of cooked carapace of adult *E. sinensis* from Xishuangbanna

表 4 西双版纳地区成蟹常规营养成分比较(%湿质量)

Tab. 4 The proximate composition of adult *E. sinensis* from Xishuangbanna (% wet mass)

项目 Item	性腺 Gonad				肝胰腺 Hepatopancreas				肌肉 Muscle			
	水分 Moisture	粗蛋白 Protein	总脂 Lipid	灰分 Ash	水分 Moisture	粗蛋白 Protein	总脂 Lipid	灰分 Ash	水分 Moisture	粗蛋白 Protein	总脂 Lipid	灰分 Ash
雌体 Female	52.54 ± 0.54 ^b	29.46 ± 0.43 ^a	15.22 ± 0.45 ^a	1.69 ± 0.03	44.19 ± 2.31 ^b	7.72 ± 0.18 ^b	39.55 ± 1.71 ^a	1.10 ± 0.13 ^b	78.40 ± 0.43	17.65 ± 0.13 ^a	1.14 ± 0.07	1.66 ± 0.03
雄体 Male	74.84 ± 0.46 ^a	16.39 ± 0.03 ^b	0.92 ± 0.20 ^b	1.56 ± 0.06	51.21 ± 2.17 ^a	8.85 ± 0.31 ^a	32.70 ± 1.46 ^b	1.59 ± 0.04 ^a	79.21 ± 0.95	16.44 ± 0.28 ^b	1.00 ± 0.03	1.71 ± 0.09

注:同列数据上标中含有不同字母表示差异显著($P < 0.05$)

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

3 讨论

3.1 生殖蜕壳率和性腺发育比较

生殖蜕壳是河蟹卵巢发育的重要起点,河蟹在完成生殖蜕壳后,性腺迅速发育,积累大量营养物质,因此性腺发育优劣直接关系到河蟹的营养价值和经济价值^[10]。本研究表明,8月中旬雌蟹已经 100% 完成生殖蜕壳,此时雄蟹生殖蜕壳率仅为 53.85%,说明西双版纳地区池塘养殖雌

蟹生殖蜕壳早于雄蟹,这与先前研究^[11-13]结果一致。分析其可能原因为性腺发育期间,雄蟹性腺发育要略早于雌蟹^[14-16],所以雌蟹需要尽早完成生殖蜕壳,快速进入卵巢发育中,达到雌雄蟹个体性成熟一致。8—11月,河蟹 GSI 显著升高,HSI 逐渐降低,主要是因为肝胰腺中营养物质,尤其是脂质,向卵巢转化,肝胰腺提供了卵巢发育的部分能量来源^[15,17]。另据文献报道,卵黄的发生方式有两种,一种是内源性卵黄发生,另一种

是外源性卵黄发生。在卵子发生早期,卵黄的发生以内源性卵黄发生为主,而在后期以外源性卵黄发生为主^[18-19],肝胰腺提供了外源型卵黄合成的物质来源与能量来源^[20]。就雌体而言,8—9月 GSI 增幅最高,因为卵巢发育从内源卵黄合成到外源卵黄合成^[21]。就雄体而言,10—11月 GSI 增幅最大,达到 84.82%,主要原因是副性腺和输精管发育的结果^[15]。8—11月 HSI 呈下降趋势,主要下降发生在 8—9月和 10—11月。8—9月下降幅度最大,达到 30.66%,主要是因为 8—9月雌蟹生殖蜕壳期间摄食量少,需要消耗肝胰腺中大量能量物质并且生殖蜕壳后体质量显著增加,故 HSI 下降。10—11月下降幅度为 16.40%,主要原因是雄蟹在此期间上岸,摄食较少,肝胰腺中营养物质积累少,所以下降幅度较高。

西双版纳池塘养殖上市河蟹雌雄个体 GSI 分别为 5.68% 和 1.91%,而同期上海崇明岛池塘养殖河蟹雌雄个体 GSI 分别为 8.11% 和 2.28%^[22-23]。西双版纳池塘养殖河蟹生殖蜕壳略早于长江流域池塘养殖河蟹,但两者 GSI 相差较大,可能原因是西双版纳地区河蟹启动性腺发育较早,但性腺发育速度较慢造成的。即长江流域池塘养殖河蟹性腺发育速度要显著快于西双版纳地区,这与在相同条件下辽河种群性腺发育速度显著快于长江种群是相似的^[15, 23],说明地理纬度越高,河蟹启动性腺发育时间越晚,但性腺发育速度较快。可能原因是纬度越高气温越低,河蟹需要在严冬到来之前快速完成性腺发育,从而完成繁衍的目的^[23]。

雌雄间性腺发育差异结果显示,雌蟹的 HSI 和 GSI 均高于雄蟹。从种群繁衍的角度看,雌性个体比雄性个体肩负着更为繁重的繁衍后代的任务,其所需的能量也比雄性个体多,而肝胰腺为河蟹提供重要的能量来源。更深层次分析雌雄个体 HSI 和 GSI 的差异可能来自于河蟹性腺自身特点和发育上的时空差异^[15]。

3.2 雌雄个体可食率及色泽的比较分析

肌肉、肝胰腺和性腺是河蟹主要的可食组织,三者所占体质量比例是评价商品河蟹食用价值的重要指标^[24]。随着生殖蜕壳完成,河蟹雌雄个体快速启动性腺发育,性腺指数显著增加,性腺指数的增加可以提高河蟹性腺的可食性。本研究结果表明 10 月中下旬西双版纳池塘养殖雌

体成蟹总可食率大于雄体,这与何杰等^[25]研究一致。雌雄成体总可食率差异体现在雌体 GSI 和 HSI 高于雄体,而雄体 MY 则要高于雌体。长江流域河蟹出肉率为 18.75%,而西双版纳河蟹为 27.56%,说明河蟹在不同纬度地区养殖效果存在差异。从总可食率角度讲,西双版纳地区总可食率为 42.91%,而长江流域成蟹仅为 33.06%。肥满度长江蟹为 0.63 g/cm³,而西双版纳地区为 0.54 g/cm³,两者存在显著差异。参照 NY 5064—2001 中华绒螯蟹理化指标标准^[26],对西双版纳河蟹进行评价。以肥满度为评价指标,雌雄成蟹均达到一等的标准;以性腺指数为指标,雌雄蟹则均未达到二等标准。综上所述,西双版纳地区养殖河蟹的出肉率与总可食率显著高于此品种在上海崇明试验基地池塘养殖河蟹,说明河蟹在不同地理纬度下可食部分的比例会有所差异。

色泽是影响河蟹感官评价的重要指标,是影响消费者购买欲的重要因素^[9, 27]。通常来讲,甲壳动物可食组织红度值越高,则相对市场价格越高^[28-29]。亮度(L^*)、红度(a^*)、黄度(b^*)是评价水产动物色泽的重要指标,其数值与组织中的类胡萝卜素(尤其是虾青素)含量密切相关^[9]。本研究中,西双版纳地区池塘养殖河蟹雄体肝胰腺红度值显著高于雌体,分析其原因可能是由于在性腺发育过程中,雌蟹肝胰腺中的大量类胡萝卜素被转运至卵巢,而雄体则无需移至精巢,因此雄体肝胰腺中的总类胡萝卜素含量相对高于雌体^[9, 30],因此雄体肝胰腺的红度值要高于雌体。

3.3 雌雄成蟹常规营养成分比较分析

可食组织中常规营养成分是评价水产品营养价值的重要指标^[31]。河蟹营养成分组成受多种因素影响,如遗传、养殖环境和饵料等^[32-33]。雌体性腺中蛋白和脂肪含量均较高,因为卵巢中需要积累大量蛋白和脂肪营养物质为胚胎发育提供营养和能量^[34]。雄体性腺中蛋白含量较高在于精细胞中含有丰富的蛋白质。雌雄成蟹肝胰腺中脂肪含量均较高,原因是肝胰腺是甲壳动物重要的脂质代谢和存储器官^[32, 35]。雌雄成蟹肌肉蛋白含量较高,因为肌肉干物质主要由肌原纤维蛋白、肌浆蛋白和基质蛋白构成^[36]。

西双版纳池塘养殖成蟹与上海崇明池塘养殖成蟹相比较而言,雌体肝胰腺中蛋白、脂肪含

量略低;肌肉中蛋白含量略高;雄体性腺中蛋白、肌肉中蛋白含量略高,而肝胰腺中脂肪含量略低^[16, 23]。分析可能与养殖品种、养殖环境或饵料营养等有关,具体原因有待进一步深入研究。

综上所述,8月中旬西双版纳地区池塘养殖雌雄成蟹生殖蜕壳率存在差别,雌体生殖蜕壳要早于雄体,雌雄个体的生殖蜕壳分别主要发生在7—8月和8—9月。8—11月,成蟹肝胰腺指数呈下降趋势,性腺指数呈显著上升趋势。上市成蟹雌体的 HSI、GSI、TEY 显著高于雄蟹,而 MY 和 CF 均以雄蟹为高。综上分析,该地区雌雄成蟹可食率分别为 42.91% 和 40.26%,说明上市成蟹可食组织均具有较高营养价值。

参考文献:

- [1] 农业部渔业渔政管理局. 2017 年中国渔业统计年鉴 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2017: 34.
Bureau of Fisheries, Ministry of Agriculture, PRC. 2017 China fishery statistical yearbook [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2017: 34.
- [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 Y Y, et al. Comparison of flavour qualities of three sourced *Eriocheir sinensis* [J]. Food Chemistry, 2016, 200: 24-31.
- [4] 吴旭干, 成永旭, 沈斌, 等. 饲料中磷脂和高度不饱和脂肪酸对中华绒螯蟹育肥和卵巢发育的影响[J]. 上海师范大学学报(自然科学版), 2004(s1): 33-41.
WU X G, CHENG Y X, SHEN H, et al. Effect of dietary phospholipid and highly unsaturated fatty acids on fattening and ovarian development of the Chinese mitten-handed crab (*Eriocheir sinensis*) [J]. Journal of Shanghai Normal University (Natural Sciences), 2004(s1): 33-41.
- [5] 滕炜鸣, 成永旭, 吴旭干, 等. 莱茵种群和长江种群一代中华绒螯蟹性腺发育及相关生物学指数变化的比较[J]. 上海水产大学学报, 2008, 17(1): 65-71.
TENG W M, CHENG Y X, WU X G, et al. A comparative study on some biological index changes concerned with gonad development between two populations of the Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*): Rhine and Yangtze[J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2008, 17(1): 65-71.
- [6] 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, 2014: 59-84.
WANG W, WANG C H, MA X Z. Ecological culture of Chinese mitten crab aquaculture [M]. 2nd ed. Beijing: Chinese Agricultural Press, 2014: 59-84.
- [7] AOAC. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists [M]. 16th ed. Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemists, 1995.
- [8] FOLCH J, LEES M, SLOANE STANLEY G H. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues [J]. Journal of Biological Chemistry, 1957, 226(1): 497-509.
- [9] LONG X W, WU X G, ZHAO L, et al. Effects of dietary supplementation with *Haematococcus pluvialis* cell powder on coloration, ovarian development and antioxidation capacity of adult female Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis* [J]. Aquaculture, 2017, 473: 545-553.
- [10] WU X G, ZHOU B, CHENG Y X, et al. Comparison of gender differences in biochemical composition and nutritional value of various edible parts of the blue swimmer crab [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2010, 23(2): 154-159.
- [11] 倪国彬, 何杰, 赵恒亮, 等. 池塘养殖中华绒螯蟹二龄雌体生长规律和生殖蜕壳时间的研究[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2015, 34(2): 125-131.
NI G B, HE J, ZHAO H L, et al. The study of growth pattern and puberty molting time of pond-reared female Chinese mitten crab during the second year culture [J]. Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science), 2015, 34(2): 125-131.
- [12] 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.
- [13] 葛永春, 吴旭干, 姜晓东, 等. 河蟹雌雄分养对其亚成体养殖性能和性腺发育的影响[J]. 上海海洋大学学报, 2017, 26(2): 221-226.
GE Y C, WU X G, JIANG X D, et al. Effects of mono-sex culture on the culture performance and gonad development of pre-adult *Eriocheir sinensis* [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2017, 26(2): 221-226.
- [14] 赵乃刚, 堵南山, 包祥生, 等. 河蟹的人工繁殖与增养殖 [M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1988: 161-168.
ZHAO N G, DU N S, BAO X S, et al. Artificial reproduction and enhancement of Chinese mitten crab [M]. Hefei: Anhui Science and Technology Press, 1988: 161-168.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 刘筠. 中国养殖鱼类繁殖生理学[M]. 北京: 农业出版社, 1993:26-30.
- LIU Y. Chinese cultured fish reproduction physiology[M]. Beijing: Agriculture Press, 1993: 26-30.
- [19] 张天荫. 动物胚胎学[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1996:37-40.
- ZHANG T Y. Animal embryology [M]. Jinan: Shandong Science and Technology Press, 1996: 37-40.
- [20] 赖伟. 中华绒螯蟹的生活习性与生殖洄游[J]. 养鱼世界, 1994(6): 33-41.
- LAI W. Livestock habits and reproductive migration of Chinese mitten crab[J]. Fish World, 1994(6): 33-41.
- [21] WU X G, LIU M M, PAN J, et al. The ovarian development pattern of pond-reared Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis* H. Milne-Edwards, 1853[J]. Crustaceana, 2017, 90(4): 449-470.
- [22] 赵恒亮, 吴旭干, 龙晓文, 等. 长江、黄河和辽河种群中华绒螯蟹雄性成蟹可食组织营养组成的比较[J]. 中国水产科学, 2016, 23(5): 1117-1129.
- ZHAO H L, WU X G, LONG X W, et al. Nutritional composition of cultured adult male *Eriocheir sinensis* from Yangtze River, Yellow River and Liaohe River[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2016, 23(5): 1117-1129.
- [23] 赵恒亮, 吴旭干, 姜晓东, 等. 池塘养殖条件下长江、黄河和辽河种群中华绒螯蟹雌性卵巢发育和营养组成的比较研究[J]. 水产学报, 2017, 41(1): 109-122.
- ZHAO H L, WU X G, JIANG X D, et al. Comparative study on gonadal development and nutritional composition among Yangtze, Huang, and Liao River populations of adult female *Eriocheir sinensis* cultured in earth ponds [J]. Journal of Fisheries of China, 2017, 41(1): 109-122.
- [24] WU X G, CHENG Y X, SUI L Y, et al. Biochemical composition of pond-reared and lake-stocked Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* (H. Milne-Edwards) broodstock[J]. Aquaculture Research, 2007, 38(14): 1459-1467.
- [25] 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及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.
- [26] 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.
- [27] TUME R K, SIKES A L, TABRETT S, et al. Effect of background colour on the distribution of astaxanthin in black tiger prawn (*Penaeus monodon*): Effective method for improvement of cooked colour[J]. Aquaculture, 2009, 296(1/2): 129-135.
- [28] CHIEN Y H, JENG S C. Pigmentation of kuruma prawn, *Penaeus japonicus* Bate, by various pigment sources and levels and feeding regimes [J]. Aquaculture, 1992, 102(4): 333-346.
- [29] PARISENTI J, BEIRÃO L H, MARASCHIN M, et al. Pigmentation and carotenoid content of shrimp fed with *Haematococcus pluvialis* and soy lecithin [J]. Aquaculture Nutrition, 2011, 17(2): e530-e535.
- [30] 龙晓文, 赵磊, 麻楠, 等. 饲料中添加雨生红球藻粉对中华绒螯蟹成体雄蟹生化组成的影响[J]. 动物学杂志, 2018, 53(2): 278-291.
- LONG X W, ZHAO L, MA N, et al. Effects of dietary supplementation powder of *Haematococcus pluvialis* on the body biochemical composition of adult male Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) [J]. Chinese Journal of Zoology, 2018, 53(2): 278-291.
- [31] 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.
- [32] 成永旭, 堵南山, 赖伟. 不同阶段中华绒螯蟹肝胰腺的脂类及脂肪酸组成[J]. 动物学报, 1998, 44(4): 420-429.
- CHENG Y X, DU N S, LAI W. Lipid composition in hepatopancreas of Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* at different stages [J]. Acta Zoologica Sinica, 1998, 44(4): 420-429.
- [33] 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.
- [34] LIU Z J, WU X G, CHENG Y X, et al. Ovarian rematuration following the first spawning in the Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis*, (H. Milne-Edwards) [J]. Aquaculture Research, 2011, 42(3): 417-426.
- [35] VOGT G. Life-cycle and functional cytology of the hepatopancreatic cells of *Astacus astacus*, (Crustacea, Decapoda) [J].

Zoomorphology, 1994, 114(2): 83-101.
[36] 王杏, 黄展锐, 王雅玲, 等. T-2 毒素对凡纳滨对虾肌肉蛋白质含量与组成的影响[J]. 中国食品学报, 2017, 17(11): 208-215.

WANG X, HUANG Z R, WANG Y L, et al. Effect of T-2 toxin on muscle protein content and composition of *Litopenaeus vannamei*[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2017, 17(11): 208-215.

Gonadal development and nutritional composition of adult *Eriocheir sinensis* from Xishuangbanna

WANG Shihui^{1,2}, LONG Xiaowen¹, ZU Lu¹, WU Xugan^{1,3,4}, CHENG Yongxu^{1,3,4}

(1. Fish Nutrition and Environmental Ecology Research Center, 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. Key Laboratory of Freshwater Aquatic Genetic Resources, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 4. National Demonstration Center for Experimental Fisheries Science Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: This study was designed to investigate puberty molting, gonadosomatic index (GSI), hepatosomatic index (HSI), meat yield (MY), total edible yield (TEY), condition factor (CF), and their nutritional composition was compared for the three edible parts (gonad, hepatopancreas and muscle) of pond-cultured adult *Eriocheir sinensis* from Xishuangbanna. The results are shown as follows: (1) female adults had accomplished puberty molting in August, while only 53.85% in male adults. In September, all adults completed puberty molting. From August to November, the gonadal index of both adults showed a significant upward trend, and the main increase occurred in August-September, while the HSI decreased ($P < 0.05$). (2) HSI, GSI and TEY were slightly higher in female adults than male ones, while, male adults had higher MY, CF than female ones. (3) The redness (a^*) of hepatopancreas was slightly higher in male adults than female ones. However, no significant differences were found between the lightness (L^*) and yellowness (b^*). (4) The protein and lipid contents in the gonad were significantly higher in female adults than male ones ($P < 0.05$), but protein and ash contents in the hepatopancreas were higher in female ones ($P < 0.05$). Compared with female adults, only protein content was slightly different in the muscle ($P < 0.05$). In conclusion, the puberty molting of the male and female adults in pond culture crabs from Xishuangbanna mainly completed in July-August and August-September, respectively. The total edible yield rates of adult crabs were 42.91% and 40.26%, respectively. Thus, the edible tissue was of high nutritional value in this area.

Key words: Xishuangbanna; *Eriocheir sinensis*; puberty molting; gonadal development; nutritional composition