

文章编号: 1674-5566(2018)04-0487-07

DOI:10.12024/jsou.20171102177

中华绒螯蟹二龄早熟和晚熟品系第三代成蟹可食率和生化组成的比较研究

王海宁^{1,2}, 姜晓东^{1,2}, 吴旭干^{1,2,3}, 郑海地⁴, 龙晓文^{1,2}, 成永旭^{1,2,3}

(1. 上海海洋大学 农业部淡水种质资源重点实验室, 上海 201306; 2. 上海海洋大学 水产动物遗传育种上海市协同创新中心, 上海 201306; 3. 上海海洋大学 水产科学国家级实验教学示范中心, 上海 201306; 4. 浙江澳凌水产种业科技有限公司, 浙江 长兴 313106)

摘要: 采用养殖实验、活体解剖和生化分析等方法, 以未经选育的中华绒螯蟹(以下简称河蟹)养殖群体作为对照组, 测定和比较了河蟹二龄早熟和晚熟品系第三代(G3)成蟹的可食率和常规营养成分。研究结果显示: (1) 在体重接近的情况下, 无论雌雄, 三群体成蟹的性腺指数、出肉率和总可食率均无显著差异($P > 0.05$), 但二龄晚熟群体雌蟹的肝胰腺指数显著大于二龄早熟群体($P < 0.05$); (2) 就雌体常规生化组成而言, 三群体肌肉、肝胰腺和性腺的水分、粗蛋白、粗脂肪和灰分含量都没有显著差异($P > 0.05$), 尽管二龄早熟品系肝胰腺中的粗脂肪含量明显高于二龄晚熟品系, 但是两者统计学上无显著差异; (3) 就雄体常规生化组成而言, 二龄早熟品系生殖系统(含量精巢、副性腺和输精管)中粗蛋白和灰分显著高于晚熟品系($P < 0.05$), 雄体肌肉、肝胰腺和性腺中的其余指标均没有显著差异性($P > 0.05$)。综上, 整体上遗传选育对二龄早熟和晚熟品系 G3 成蟹的组织系数、可食率和可食部位中的常规营养成分影响不大, 其中仅二龄早熟 G3 雄体的肝胰腺指数显著低于二龄晚熟品系而其生殖系统中的粗蛋白和灰分含量显著高于二龄晚熟品系。

关键词: 中华绒螯蟹; 遗传选育; 可食率; 营养成分

中图分类号: S 966.1 **文献标志码:** A

中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*, 简称河蟹)是我国重要的经济蟹类之一, 具有重要的经济价值和食用价值^[1]。2016 年河蟹的养殖总产量达 81 万吨^[2], 已成为我国渔业生产中发展最为迅速、最具有特色的支柱产业之一^[3]。然而, 近年来由于在人工繁殖和养殖过程中常采用小规格亲本进行繁育、近亲繁殖以及不同水系间盲目引种杂交等原因, 长江水系养殖群体的种质退化严重, 主要表现为蟹种和商品蟹的规格变小且品质下降^[3,4], 因此开展良种选育对于河蟹养殖业健康可持续发展非常重要^[1, 5-6]。

目前我国已有五个获得国家良种委员会审定的中华绒螯蟹选育新品种, 分别为光合 1 号、

长江 1 号、长江 2 号、江海 21 和诺亚 1 号^[7], 但这些新品种主要是针对生长性状进行的选育^[8-9], 缺乏对性腺成熟时间(上市时间)和可食组织营养品质等经济性状的选育研究^[10]。本课题组自 2010 年起以长江水系野生和养殖中华绒螯蟹为选育基础群体, 以降低一龄性早熟率、提前或延后二龄成熟期和提高成蟹规格为主要选育目标, 进行二龄早熟品系和晚熟品系的良种培育, 至 2015 年已选育到第 3 代^[11]。肌肉、肝胰腺和性腺是河蟹最主要的可食组织, 可食率和生化组成是评价河蟹品质的重要依据^[12], 而课题组尚不清楚二龄早熟和晚熟品系成蟹的可食率及其生化组成, 这不利于选育效果的全面评价和将来的良

收稿日期: 2017-11-22 修回日期: 2018-01-03

基金项目: 农业部现代农业产业技术体系专项资金(CARS-48); 上海市科技兴农推广项目(沪农科推字[2015]第 1-7 号); 上海市科委工程技术中心能力提升项目(16DZ2281200); 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: 王海宁(1991—), 男, 硕士研究生, 研究方向为河蟹养殖和遗传育种。E-mail: 1738826774@qq.com

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

种推广应用。之前的研究表明,以生长性能和抗病性能为指标选育罗氏沼虾 (*Macrobrachium rosenbergii*) 数代后,其营养品质明显高于未选育群体^[13],对河蟹 2 龄性腺成熟时间选育是否会提升其营养品质是值得关注和探讨的一个科学问题。鉴于此,本研究测定并比较了二龄早熟、二龄晚熟品系和未选育群体(对照组)成蟹的性腺指数、肝胰腺指数、出肉率、总可食率和主要可食组织中的常规营养成分,以期为河蟹良种进一步选育及营养品质评价提供参考。

1 材料与方法

1.1 扣蟹来源

实验用二龄早熟、二龄晚熟品系和非选育群体的扣蟹均来自上海海洋大学崇明产学研基地,为本课题组于 2010 年底选用长江水系野生和养殖群体多年选育而来,2015 年已选育至第 3 代(G3)扣蟹阶段。两选育品系 G3 和对照组繁殖亲本的数量及平均体质量见表 1,亲本交配和幼体培育均在上海海洋大学如东河蟹遗传育种中心的池塘条件下进行,所得大眼幼体于 2015 年 5 月中旬运至上海海洋大学崇明产学研基地进行土池养殖,养殖方法参照何杰等的报道^[5],2016 年 1 月底从实验池塘中挑选一定数量附肢健全、活力较好的扣蟹用于第二年的成蟹养殖实验。

表 1 二龄早熟品系、晚熟品系 G3 及对照组的繁殖亲本的平均重量
Tab.1 The average weight of the EM, LM and control stocks.

性别 Sex	二龄早熟亲本 EM stocks	二龄晚熟亲本 LM stocks	对照组亲本 Control stocks
雌 Female	123 ^a	145 ^b	100 ^c
雄 Male	178 ^a	205 ^b	150 ^c

注:表中同行数据不包含相同字母表示差异显著($P < 0.05$),下表同

Notes: Different superscript letters show significant difference ($P < 0.05$), the same below

1.2 蟹种投放及养殖管理

成蟹养殖实验在上海海洋大学崇明实验基地的 12 口面积相等的池塘(长 × 宽 × 深 = 10.4 m × 7.6 m × 1.2 m)中进行,池塘四周设置 60 cm 高的防逃网来防止实验蟹的逃逸和混杂。3 月初从 3 个种群中选取十足健全、活力充沛、体重接近的扣蟹用于成蟹养殖实验,每口池塘各放扣蟹 90 只(雌雄各半),每种群各重复 4 口池塘,

早熟、晚熟品系及对照组雌雄个体亲本的平均规格见表 1,放养前用聚维酮碘溶液浸泡消毒 0.5 h。

当 3 月底池塘日平均水温升至 12 °C 以上时开始投喂饲料,每天 17:00 左右投喂一次,投饵约占蟹体质量的 0.5% ~ 4.0%,投喂 3 ~ 4 h 后检查食台上残饵情况,据此判断是否需要调整饵料投喂量。实验期间需根据水温的变化和伊乐藻生长情况调整水位,在伊乐藻生长茂盛的季节,适当清除过密的伊乐藻,避免造成晚上和阴雨天的缺氧。养殖期间还需要定期检测水体的 pH、溶氧、氨氮和亚硝酸盐含量,根据池塘水质情况不定期换水,每次换水 10% ~ 30%,使水质各项指标均保持在河蟹养殖的合理范围内:pH 为 7.0 ~ 8.5,氨氮 < 0.4 mg/L,亚硝酸盐 < 0.05 mg/L。

表 2 早熟晚熟品系以及对照组雌雄蟹放养平均体重

Tab.2 The initial average weight of EM, LM and control groups g

项目 Items	早熟群体 EM	晚熟群体 LM	对照组 Control
雄蟹 Male	4.79 ± 0.24	4.65 ± 0.10	4.82 ± 0.24
雌蟹 Female	4.88 ± 0.23	4.86 ± 0.16	4.91 ± 0.40
雌雄蟹平均 Average	4.84 ± 0.31	4.79 ± 0.14	4.86 ± 0.31

1.3 样品采集

2016 年 11 月底分别从每口池塘中随机采集雌雄个体各 10 只,用干毛巾擦干样品的体表水分并用电子天平(精确到 0.01 g)准确称重,然后从每口池塘挑选出体质量接近的雌雄个体各 3 只。然后进行解剖,取出样本的肝胰腺、性腺和肌肉并对各组织准确称重,从中挑选卵巢指数大于 8.00、雄性性腺指数大于 2.30 个体的样品保存于 -40 °C 冰箱中供常规生化分析。最后根据各组织重量和对应体质量计算每个样本的肝胰腺指数 (hepatosomatic index, HIS)、性腺指数 (gonadosomatic index, GSI)、出肉率 (meat yield, MY)和总可食率 (total edible yield, TEY),计算公式如下:

$$H_{IS} = H_w / B_w \times 100 \quad (1)$$

$$G_{SI} = G_w / B_w \times 100 \quad (2)$$

$$M_Y = M_w / B_w \times 100 \quad (3)$$

$$T_{EY} = H_{IS} + G_{SI} + M_Y \quad (4)$$

式中: H_w 、 G_w 和 M_w 分别为肝胰腺的重量,性腺

的重量和肌肉的重量; H_{SI} 、 G_{SI} 、 M_Y 和 T_{EY} 分别为肝胰腺指数、性腺指数、出肉率和总可食率。

1.4 生化分析

按照 AOAC^[28] 的标准方法测定水分(105 °C 下烘干至恒重)、蛋白质(凯氏定氮法)和灰分(550 °C 下灼烧至恒重)含量;按 FOLCH^[29] 法采用 V(氯仿):V(甲醇)=2:1 提取总脂并测定其含量,每种样品重复测定 4~5 次。

1.5 数据处理

所有数据采用平均值 ± 标准差表示。采用 SPSS 19.0 软件对实验数据进行统计分析,用 Levene 方法进行方差齐次性检测,当不满足使用齐性方差时进行反正弦或平方根处理,采用 One-Way ANOVA 进行方差分析,差异显著时($P < 0.05$) 再进行 Duncan's 多重比较;当数据转换后仍然不满足齐性方差时,采用 T 检验(Independent sample t-test)检查三群体各指标间的差异性。

2 结果

2.1 组织系数和总可食率

三群体成蟹的平均体质量、肝胰腺指数

(HSI)、性腺指数(GSI)、出肉率(MY)及总可食率(TEY)如表 3 所示。无论雌体还是雄体,晚熟 G3 的平均规格均高于早熟群体和对照组成蟹,但差异不显著;就雌体而言,不同群体之间的 MY 和 TEY 差异均为:早熟 G3 > 对照组 > 晚熟 G3,但同样各群体均无显著差异;就雄体而言,晚熟群体 HSI 显著高于早熟群体($P < 0.05$),对照组居于两者之间,此外,雄蟹不同群体之间 MY 和 TEY 差异为:对照组 > 晚熟 G3 > 早熟 G3,同样无显著差异;不同性别之间各组织系数也存在一定差异,具体表现为不同群体雌蟹 GSI 和 TEY 均相对较高,而雄体 MY 相对较高。

2.2 雌体生化组成

各群体雌蟹肌肉、肝胰腺和性腺组织的常规生化组成见表 4。不同群体之间各组织的水分、粗蛋白、粗脂肪和灰分含量均较接近且均无显著差异($P > 0.05$),其中仅粗脂肪含量的差异相对较为明显,表现为早熟 G3 肌肉和肝胰腺中粗脂肪含量分别比对照组合和晚熟 G3 高 8.89% 和 11.71%。此外,对照组肌肉和肝胰腺中灰分含量及其肝胰腺和性腺中粗蛋白含量均高于另外两组。

表 3 中华绒螯蟹二龄早熟、晚熟品系和对照组组织系数的比较

Tab. 3 The comparison of tissue indices of two-year adult *E. sinensis* of EM, LM and control group

项目 Items	早熟群体 EM	晚熟群体 LM	对照组 Control
雌体 Female			
体质量/g Weight	102.13 ± 15.60	108.21 ± 21.35	102.76 ± 10.70
肝胰腺指数/% HSI	8.34 ± 0.68	8.25 ± 1.57	8.68 ± 1.20
性腺指数/% GSI	8.62 ± 0.83	8.75 ± 0.60	8.52 ± 1.13
出肉率/% MY	28.14 ± 3.18	26.50 ± 3.31	27.66 ± 3.14
总可食率/% TEY	45.10 ± 3.07	43.48 ± 3.23	44.15 ± 4.20
雄体 Male			
体质量/g Weight	148.33 ± 12.04	155.12 ± 21.24	144.98 ± 18.00
肝胰腺指数/% HSI	7.40 ± 0.95 ^a	8.17 ± 1.03 ^b	7.73 ± 0.99 ^{ab}
性腺指数/% GSI	2.76 ± 0.40	2.53 ± 0.26	2.54 ± 0.99
出肉率/% MY	29.14 ± 1.83	31.67 ± 1.59	32.80 ± 2.19
总可食率/% TEY	39.92 ± 1.34	41.80 ± 2.30	43.07 ± 2.55

注:表中同行数据不含相同字母表示差异显著($P < 0.05$),下表同此

Notes: Different superscript letters show significant difference ($P < 0.05$), the same below

2.3 雄体生化组成

各群体雄蟹肌肉、肝胰腺和性腺组织的常规生化组成如表 5 所示。各组织中仅性腺中组分存在显著差异,表现为晚熟 G3 粗蛋白含量显著低于另外两组且灰分含量显著低于早熟 G3 个体

($P < 0.05$),此外,对照组肌肉中粗蛋白、粗脂肪和灰分含量均高于另外两组,而早熟 G3 肝胰腺中粗蛋白和粗脂肪含量均为最高,且均无显著差异($P > 0.05$)。

表 4 中华绒螯蟹二龄早熟、晚熟品系和对照组雌体肌肉、肝胰腺和性腺常规营养组成 (% 湿重)

Tab.4 The female's proximate composition in muscle, hepatopancreas and gonad of two-year adult *E. sinensis* of EM, LM and control group (% wet weight)

项目 Items	早熟群体 EM	晚熟群体 LM	对照组 Control
肌肉 Muscle			
水分 Moisture	78.02 ± 1.40	77.20 ± 0.80	77.90 ± 1.74
粗蛋白 Protein	17.08 ± 1.18	18.06 ± 0.79	17.59 ± 1.09
粗脂肪 Lipid	0.98 ± 0.06	0.93 ± 0.02	0.90 ± 0.05
灰分 Ash	1.48 ± 0.09	1.50 ± 0.08	1.51 ± 0.08
肝胰腺 Hepatopancreas			
水分 Moisture	43.55 ± 6.84	45.73 ± 6.04	43.92 ± 5.65
粗蛋白 Protein	7.46 ± 0.42	7.48 ± 0.27	7.71 ± 0.90
粗脂肪 Lipid	39.48 ± 4.80	35.34 ± 1.74	37.31 ± 4.85
灰分 Ash	1.04 ± 0.26	1.04 ± 0.20	1.30 ± 0.09
性腺 Gonad			
水分 Moisture	51.37 ± 1.22	50.63 ± 1.90	51.45 ± 2.27
粗蛋白 Protein	29.71 ± 0.45	29.61 ± 0.47	29.75 ± 1.16
粗脂肪 Lipid	12.52 ± 0.90	13.09 ± 0.67	12.73 ± 0.80
灰分 Ash	1.92 ± 0.12	1.88 ± 0.11	1.86 ± 0.08

表 5 中华绒螯蟹早熟、晚熟品系和对照组雄体肌肉、肝胰腺和性腺常规营养组成 (% 湿重)

Tab.5 The male's proximate composition in muscle, hepatopancreas and gonad of two-year adult *E. sinensis* of EM, LM and control group (% wet weight)

项目 Items	早熟群体 EM	晚熟群体 LM	对照组 Control
肌肉 Muscle			
水分 Moisture	79.17 ± 1.66	79.47 ± 2.17	79.17 ± 1.16
粗蛋白 Protein	17.06 ± 0.07	16.79 ± 0.90	17.13 ± 0.44
粗脂肪 Lipid	0.95 ± 0.15	0.95 ± 0.09	1.02 ± 0.06
灰分 Ash	1.42 ± 0.08	1.35 ± 0.16	1.43 ± 0.05
肝胰腺 Hepatopancreas			
水分 Moisture	50.94 ± 6.21	53.35 ± 5.39	53.65 ± 5.56
粗蛋白 Protein	8.07 ± 0.67	7.49 ± 0.27	7.50 ± 0.44
粗脂肪 Lipid	32.65 ± 5.32	32.31 ± 3.71	31.40 ± 1.63
灰分 Ash	0.94 ± 0.21	0.98 ± 0.11	0.94 ± 0.20
性腺 Gonad			
水分 Moisture	73.75 ± 2.02	76.27 ± 3.61	74.40 ± 2.49
粗蛋白 Protein	16.02 ± 0.74 ^b	15.02 ± 1.72 ^a	15.77 ± 1.04 ^b
粗脂肪 Lipid	0.71 ± 0.08	0.69 ± 0.03	0.65 ± 0.05
灰分 Ash	1.96 ± 0.04 ^b	1.75 ± 0.26 ^a	1.84 ± 0.10 ^{ab}

3 讨论

3.1 组织系数和总可食率差异

随着人们生活水平的提高以及河蟹产量的不断扩大,河蟹的营养品质越来越受到消费者的关注。在目前的养殖生产中,主要通过营养调控来提高河蟹的营养品质^[14],且遗传育种的目标也主要集中于生长性能和性腺成熟时间两大指标^[8,10],而如何通过选择育种来提高成蟹的营养品质尚未见报道。黄忠等研究表明,在相同的养

殖环境下斑节对虾(*Penaeus monodon*)不同家系之间的主要营养成分存在着显著差异^[15],这说明通过遗传选育改良甲壳动物的营养品质具有一定的可行性。

肌肉、性腺和肝胰腺是河蟹重要的可食部分,三者所占比例是评价河蟹质量的重要指标^[16-17]。本研究两选育品系和未选育组之间的组织系数和总可食率差异较小,仅早熟品系雄蟹的 HSI 显著低于晚熟品系,这可能与早熟品系提前达到性成熟,蟹肝胰腺中的能量被更多地供

给性腺的发育有关^[18-19],早熟品系雄体较高的 GSI 也证明了其性腺中更多的能量积累。而本研究中雌体各组之间的组织系数均无显著差异,这可能是由于雌蟹的成熟时间整体早于雄蟹,因此采样时各组雌体性腺早已发育完全且无需肝胰腺大量供能,各组别的组织系数也趋于稳定。就雌雄个体之间的差异而言,雌蟹整体的出肉率和总可食率略高于雄蟹,这与之前的结论是相符的^[20]。

3.2 生化组成差异

河蟹可食组织的生化组成是评价其营养价值的重要指标,而且易受遗传、环境、饵料以及自身发育阶段的影响^[17, 21-22]。本研究挑选卵巢指数高于 8.00、精巢指数高于 2.30 的成熟个体用于不同组织的常规生化分析,旨在排除因性腺发育不同步导致的营养组成差异。此外,本实验中不同组别的河蟹是在相同饲养环境、投喂相同的饲料、同期饲养的结果,因此不同组别之间的营养价值差异代表了遗传差异。

蛋白质是河蟹性腺发育的能量来源之一^[23],在雄体中,早熟品系的性腺粗蛋白高于晚熟和对照组,可能与性腺发育过程中的蛋白累积有关,在拟穴青蟹性腺的蛋白质组学分析中,性腺发育过程中存在蛋白质积累的现象^[24],同样在沙塘鳢雌雄亲鱼发育过程中,其性腺中的蛋白质也随着性腺发育而逐渐积累,在 IV 期达到最大值^[25],本研究中早熟品系个体性腺发育较早,从而促使其性腺中积累了更多的蛋白质。而不同组别之间其余各组织的生化组成均无显著差异,一方面可能是由于组织生化组成的遗传变异率较低,遗传因素对营养成分的影响缓慢,完成河蟹营养品质的改良工作将需要较多世代和较长的时间^[26],另一方面,目前的选育策略对常规营养的选育强度较低,传统的群体选育方式对营养品质的提升效果较小,选用家系选育可能会有较好的选育效果^[27]。

综上所述,经过多代对河蟹生长性能和性腺成熟时间的科学选育,其组织系数和各组织营养成分也相应地得到一些改良,但改善效果并不明显,如果在开展遗传育种改良河蟹品质的同时结合饲料营养的补充和调控以及养殖环境的改善可能会取得较好的提升效果。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 农业部渔业渔政管理局. 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2016: 44-54.
The Ministry of Agriculture Fishery and Fishery Administration. China fishery statistical yearbook [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2016: 44-54.
- [3] 王武,王成辉,马旭洲. 河蟹生态养殖[M]. 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 aquaculture [M]. Beijing: Chinese Agricultural Press, 2013: 59-84.
- [4] SUI L Y, ZHANG F M, WANG X M, et al. Genetic diversity and population structure of the Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* in its native range[J]. Marine Biology, 2009, 156(8): 1573-1583.
- [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] 张世勇,傅洪拓,乔慧,等. 中华绒螯蟹遗传育种研究进展[J]. 中国农学通报, 2013, 29(20): 39-45.
ZHANG S Y, FU H T, QIAO H, et al. Research progression genetics and breeding of *Eriocheir sinensis* [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2013, 29(20): 39-45.
- [7] 中华人民共和国农业农村部. 中华人民共和国农业部公告第 2515 号 [EB/OL]. (2017-04-18). http://www.moa.gov.cn/govpublic/YYJ/201704/t20170418_5571218.htm.
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Notice of the ministry of agriculture of the People's Republic of China No. 2515 [EB/OL]. (2017-04-18). http://www.moa.gov.cn/govpublic/YYJ/201704/t20170418_5571218.htm.
- [8] 朱清顺,柏如发,邓燕飞. 中华绒螯蟹‘长江一号’生长性能比较研究[J]. 农学学报, 2012, 2(1): 53-57.
ZHU Q S, BAI R F, DENG Y F. Comparison on growth performance of crab (*Eriocheir sinensis*) strain Chang Jiang 1 [J]. Journal of Agriculture, 2012, 2(1): 53-57.
- [9] 邓燕飞,夏爱军,潘建林,等. 中华绒螯蟹“长江1号”的

- 选育[J]. 水产养殖, 2013, 34(4): 43-47.
- DENG Y F, XIA A J, PAN J L, et al. Breeding of the new variety of *Eriocheir sinensis* named "Changjiang 1" [J]. Journal of Aquaculture, 2013, 34(4): 43-47.
- [10] 成永旭, 吴旭干, 何杰, 等. 中华绒螯蟹二龄早熟和晚熟品系选育进展[J]. 科学养鱼, 2016, (5): 15-17.
- CHENG Y X, WU X G, HE J, et al. Progress in the selection and breeding of the early mature and late mature strain of Chinese mitten crab [J]. Scientific Fish Farming, 2016, (5): 15-17.
- [11] 姜晓东, 吴旭干, 何杰, 等. 中华绒螯蟹 2 龄早熟、晚熟选育群体和非选育群体蟹种免疫性能的比较[J]. 海洋渔业, 2017, 39(2): 181-189.
- JIANG X D, WU X G, HE J, et al. Comparison of immune performance of juvenile crabseeds among the second instar early-maturing, late-maturing and non-selective populations of Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* [J]. Marine Fisheries, 2017, 39(2): 181-189.
- [12] 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体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.
- [13] 高强, 杨国梁, 王军毅, 等. 罗氏沼虾“南太湖 2 号”选育群体肌肉营养成分分析[J]. 水产学报, 2011, 35(1): 116-123.
- GAO Q, YANG G L, WANG J Y, et al. Analysis on muscle nutritive quality of a selected strain of *Macrobrachium rosenbergii*, "South Tailake No. 2" [J]. Journal of Fisheries of China, 2011, 35(1): 116-123.
- [14] 赵磊, 龙晓文, 吴旭干, 等. 育肥饲料中混合植物油替代鱼油对中华绒螯蟹成体雄蟹性腺发育、脂质代谢、抗氧化及免疫性能的影响[J]. 动物营养学报, 2016, 28(2): 455-467.
- ZHAO L, LONG X W, WU X G, et al. Effects of fish oil replacement by blending vegetable oils in fattening diets on gonadal development, lipid metabolism, antioxidant and immune capacities of adult male Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2016, 28(2): 455-467.
- [15] 黄忠, 林黑着, 黄建华, 等. 斑节对虾 6 个家系生长、饲料利用和全虾营养成分的比较[J]. 南方水产, 2009, 5(1): 42-47.
- HUANG Z, LIN H Z, HUANG J H, et al. Growth, feed utilization and whole-body composition of six *Penaeus monodon* families [J]. South China Fisheries Science, 2009, 5(1): 42-47.
- [16] 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, 2010, 38(14): 1459-1467.
- [17] 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.
- [18] 韦众, 鲍传和. 池塘养殖与湖泊放流河蟹的性腺肝脏指数比较[J]. 淡水渔业, 1999, 29(9): 16-17.
- WEI Z, BAO C H. Index number of sexual gland and liver on *Eriocheir sinensis* in pond and lake [J]. Freshwater Fisheries, 1999, 29(9): 16-17.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] BAYNE B L, BUBEL A, GABBOTT P A, et al. Glycogen utilization and gametogenesis in *Mytilus edulis* L. [J]. Marine Biology Letters, 1982, 3(2): 89-105.
- [24] 王为刚. 拟穴青蟹雌雄性腺及其不同发育阶段的差异蛋白质组学分析[D]. 厦门: 集美大学, 2011.
- WANG W G. Differential proteomic analysis in ovary and testis and their different developing stages of *Scylla paramamosain* [D]. Xiamen: Jimei University, 2010.
- [25] 杨崑. 生殖期河川沙塘鳢雌、雄亲鱼生化组成比较及营养转移的研究[D]. 重庆: 重庆师范大学, 2014.
- YANG W. Comparison of biochemical composition and trophic transfer on reproductive period of female and male fish of *Odontobutis potamophila* [D]. Chongqing: Chongqing Normal University, 2014.
- [26] GJEDREM T. Genetic variation in quantitative traits and selective breeding in fish and shellfish [J]. Aquaculture, 1983, 33(1/4): 51-72.

- [27] 沈妍, 常亚青, 刘平晋, 等. 虾夷马粪海胆 F₂ 代群体体尺、性腺性状及营养成分的分析[J]. 农学学报, 2012, 2(8): 60-67.
SHEN Y, CHANG Y Q, LIU P J, et al. Analysis of body and gonad traits & nutrient composition among F₂ generation of sea urchin *Strongylocentrotus intermedius* [J]. Journal of Agriculture, 2012, 2(8): 60-67.
- [28] AOAC. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists [M]. 16th ed. Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemists, 1995.
- [29] FOLCH J, LEE M, SLOANE STANLEY G H. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues [J]. The Journal of Biological Chemistry, 1957, 226(1): 497-509.

The comparison of edible rate and biochemical composition of the second-year early-maturing and late-maturing strains of the third selective generation during the adult culture of Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis*

WANG Haining^{1,2}, JIANG Xiaodong^{1,2}, WU Xugan^{1,2,3}, ZHENG Haidi⁴, LONG Xiaowen^{1,2}, CHENG Yongxu^{1,2,3}

(1. Key Laboratory of Freshwater Aquatic Genetic Resources, Ministry of Agriculture, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Shanghai Collaborative Innovation Center for Aquatic Animal Genetics and Breeding, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 3. National Demonstration Centre for Experimental Fisheries Science Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 4. Zhejiang Aoling Aquaculture Seed Co., Ltd, Changxing 313106, Zhejiang, China)

Abstract: This research was aimed to compare the edible rate and biochemical composition of early-maturing (EM) and late-maturing (LM) *Eriocheir sinensis* during adult culture stage with the methods of culture experiment, sentisection and biochemical analysis, and individuals without selection were served as the control. The results showed that: (1) No matter for females or males, individuals with similar weight from different groups exhibited no significant difference in gonadosomatic index (GSI), meat yield (MY) and total edible yield (TEY); (2) As for biochemical composition in muscle, hepatopancreas and gonad of females, there were no significant differences in the level of moisture, protein, lipid and ash between different groups though obviously higher level of lipids in the hepatopancreas of EM individuals; (3) As for males, the levels of protein and ash in the gonad of EM individuals were significantly higher than LM individuals and no significant difference existed in other tissues. As a whole, the selective breeding had a little influence on the edible rate yield and biochemical composition of *E. sinensis*, except for significantly lower HSI, but significantly higher level of protein and ash in the gonad of male EMs compared to LM individuals.

Key words: Chinese mitten crab; selective breeding; edible rate; nutrient content