

文章编号: 1000-0615(2019)04-0858-09

DOI: 10.11964/jfc.20171211095

长江水系野生和养殖中华绒螯蟹生殖性能、胚胎色泽和生化组成的比较

李清清^{1,2}, 吴旭干^{1,2,3}, 姜晓东^{1,2}, 苏雨^{1,2}, 郑海地⁴, 成永旭^{1,2,3*}

(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. 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: 生殖性能是评价水生动物亲本质量的重要指标, 本研究测定和比较了野生和养殖中华绒螯蟹亲本的生殖性能、胚胎质量、胚胎色泽、常规生化和脂肪酸组成。结果显示: ① 野生中华绒螯蟹亲本的生殖力、生殖指数和抱卵量略高于养殖亲本的, 但2组间无显著性差异, 野生和养殖中华绒螯蟹亲本的胚胎单卵湿重、单卵干重和卵径无显著性差异; ② 养殖组冻干胚胎的红度(a^*)、黄度(b^*)值和总类胡萝卜素含量显著高于野生组亲本, 然而2组胚胎的亮度(L^*)和色差值(dE^*)无显著性差异; ③ 2组亲本所产胚胎的水分、粗蛋白和粗脂肪含量均无显著性差异, 但其脂肪酸组成差异显著, 野生组胚胎的C18:1n9、C18:1n7、C20:4n6、C22:5n3和C22:6n3显著高于养殖组, 但其C18:2n6和C18:3n3含量显著低于养殖组。研究表明, 池塘养殖和野生亲本的生殖性能和胚胎中常规生化组成无显著差异, 但2组胚胎的色泽、总类胡萝卜素含量和部分脂肪酸组成存在显著差异, 该研究为中华绒螯蟹亲本选择、生殖性能评价和人工育苗提供了重要基础资料。

关键词: 中华绒螯蟹; 亲本来源; 生殖性能; 生化组成; 类胡萝卜素

中图分类号: Q 954.4; S 966.1

文献标志码: A

中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)简称河蟹, 是我国最重要的淡水经济养殖蟹类^[1-2], 2016年养殖产量达到81.2万t^[3]。中华绒螯蟹野生群体自然栖息地主要分布在长江、黄河、辽河、瓯江和闽江等水系^[4-6], 养殖区域主要集中在长江、黄河和辽河流域, 其中长江流域是最大的中华绒螯蟹养殖区域^[6-7]。研究表明, 长江水系中华绒螯蟹的养殖性能优于其他水系^[7]。近年来, 中华绒螯蟹育苗场为降低亲本费用, 追求短期利益, 采用小规格未经选育的池塘养殖亲本进行人工繁殖, 这样容易导致种质退化^[8]。因此, 开展中

华绒螯蟹良种选育对其养殖业的健康可持续发展具有非常重要的意义。

研究表明, 长江水系野生大眼幼体和扣蟹在成蟹池塘养殖过程中具有成活率高、大规格个体多和产量高等优点^[9-10], 因此合理利用长江野生亲本进行人工育苗和遗传选育可能具有重要的现实意义^[11]。探明甲壳动物野生亲本的生殖性能和胚胎质量对开展其遗传选育和人工育苗工作非常重要^[12]。蟹类生殖性能主要包括产卵率、抱卵量和生殖力等指标, 胚胎质量主要包括胚胎的卵径、单卵重量、孵化率和胚胎生化

收稿日期: 2017-12-17 修回日期: 2018-04-18

资助项目: 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)

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

组成等指标,它们都是评价亲本质量的重要指标^[2, 13]。在甲壳动物中,许多研究表明野生亲本比养殖亲本具有更优良的繁殖性能和胚胎质量^[14-18]。目前,我国中华绒螯蟹人工繁殖主要采用池塘养殖亲本^[5, 19],尚未见长江野生中华绒螯蟹生殖性能和胚胎质量方面的报道,这非常不利于长江野生中华绒螯蟹种质资源的合理利用。因此,比较中华绒螯蟹野生亲本和池塘养殖亲本的生殖性能,对中华绒螯蟹的选育和人工育苗具有重要的作用。

本研究测定和比较了长江水系野生和养殖中华绒螯蟹群体亲本的生殖性能、卵径、单卵重、胚胎色泽、胚胎类胡萝卜素含量、胚胎常规生化和脂肪酸组成,以期为长江水系中华绒螯蟹良种培育、人工育苗和野生种质资源评价提供基础资料和实践参考。

1 材料与方法

1.1 亲本蟹的来源

2016年11月底,从江苏镇江段(119.27°E, 32.11°N)的长江中捕捞野生2龄性成熟的中华绒螯蟹成体(称为野生组),从中挑选四肢健全、活力好、体质健壮的雌蟹40只(生物学指标性状见表1)和雄蟹20只,然后活体带回上海海洋大学崇明养殖基地。同期,养殖群体的2龄性成熟中华绒螯蟹成体(称为养殖组)来自于上海海洋大学崇明养殖基地室外土池,从中挑选四肢健全、活力好的雌蟹40只(生物学指标性状见表1)和雄蟹20只。2群体的雌雄蟹分别暂养到室内循环养殖水槽中,暂养期间每天投喂适量的配合饲料。

表1 长江野生和养殖中华绒螯蟹雌性亲本的生物学指标性状

Tab. 1 The biological characteristics of female *E. sinensis* broodstock between the wild-caught and pond-reared populations

项目 items	野生组 wild-caught population	养殖组 pond-reared population
壳长/cm carapace length	58.11±1.92	56.27±2.30
壳宽/cm carapace width	64.55±3.44	63.67±2.21
体质量/g body weight	108.60±13.47	104.38±12.67

1.2 亲本交配

2017年1月10日,在上海海洋大学崇明养殖

基地的室内循环水养殖车间内,野生组和养殖组各用3个双层PVC桶(Φ 108×H 120 cm),每个桶内放6只雌蟹和3只雄蟹进行配对。每个养殖桶内的水位保持在80 cm,盐度为17,在桶里铺一层10 cm的细沙以供中华绒螯蟹产卵,同时投入一定量的假草供其作为遮蔽物。每天记录每个桶中蟹的抱卵情况并投喂适量的中华绒螯蟹配合饲料,交配2周后挑出雄蟹以防影响雌蟹的产卵。每个雌蟹抱卵1周后,将抱卵蟹从交配桶中取出,擦干其体表水分并取下全部卵块,剔除携卵附肢后分别对卵块和去卵后的雌蟹进行称重,所有卵块保存于-80 °C冰箱用于后续实验。

1.3 亲本生殖性能测定

从野生组和养殖组中各取6只抱卵蟹(每个养殖桶内取2只)用于测定抱卵量、生殖力和生殖指数,所有抱卵蟹胚胎发育均处于囊胚期。用新鲜海水将蟹壳和卵块冲洗干净后,精确刮出腹部所有卵块,剔除携卵附肢,然后用吸水纸吸干卵表面水分后精确称重。从每只抱卵蟹的卵块中,用电子天平(赛多利斯CPA225D,精确度0.001 mg,德国)精确称重10 mg的卵块,然后精确计数,据此计算出单个卵的湿重,每只抱卵蟹重复测定3次。根据单卵湿重、卵块重量和去卵后蟹重量,计算出每只抱卵蟹的抱卵量(egg production)、生殖力(fecundity)和生殖指数(reproductive effort),具体参照吴旭干等^[13]方法进行。计算公式:

抱卵量(egg production, 个/只亲本)=卵块重量/单个卵重量

生殖指数(reproductive effort, %)=卵块重量/抱卵蟹体质量×100%

生殖力(fecundity, 个/克体质量)=抱卵量/抱卵蟹净体质量(去卵后的重量)

1.4 卵径、单卵湿重和干重测定

卵径测定 从每只抱卵蟹的卵块中随机取一部分胚胎,在显微镜下用目测尺测量卵径(精确到10 μm),每只抱卵蟹重复测定50个卵。

单卵湿重和干重测定 单卵湿重测定方法与亲本生殖性能测定方法相同,将称重后的湿卵置于70 °C烘箱中烘24 h,在干燥皿中冷却至室温后用电子天平(赛多利斯CPA225D,精确度0.001 mg,德国)精确称重,然后对烘干的卵块进行准确计数,据此计算单卵干重和湿重,湿卵

称重前需用碳酸氢氨等渗液冲洗去除表面盐分,具体方法与Wu等^[20]相同。每只抱卵蟹重复测定3次,平均值即为该蟹的单卵湿重和干重。

1.5 胚胎色泽和总类胡萝卜素含量的测定

将每个抱卵蟹的卵块(事先剔除携卵绒毛等非胚胎成分)用冷冻干燥机冻干后粉碎,粉碎后的胚胎需通过60目筛。将粉碎后的胚胎平铺在小培养皿(直径50 mm)中,用Lovibond-RT200表面色度计测量冻干胚胎的色泽,每个抱卵蟹的冻干胚胎随机测量6个点取平均值作为个体色泽的参数值,测量参数包括亮度(L^*)、红度(a^*)、黄度(b^*)和色差(dE^*)。 $L^*>0$ 时颜色偏白, $L^*<0$ 时颜色偏黑; $a^*>0$ 时颜色偏红, $a^*<0$ 时颜色偏绿; $b^*>0$ 时颜色偏黄, $b^*<0$ 时颜色偏蓝; dE^* 表示所测样品和标准白之间的色差。冻干胚胎测完色泽指标后,用于后续常规生化成分和总类胡萝卜素含量的测定。

根据Long等^[21]方法进行总类胡萝卜素提取和测定,主要步骤:取0.2~0.3 g冻干胚胎用于类胡萝卜素含量测定,采用80%丙酮溶液提取总类胡萝卜素,超声波浸提后离心取出上清液,然后用100%丙酮重复提取4~5次,直到提取液无色(基本不含有类胡萝卜素)。将合并后的上清液提取液定容到15 mL后,用分光光度计测量上清液的OD值,采用虾青素作为标准品制备标准曲线,根据标准曲线计算胚胎中总类胡萝卜素含量。为了防止类胡萝卜素的光氧化和分解,提取和测定过程均在避光条件下进行。

1.6 胚胎中常规生化成分和脂肪酸的测定

按照AOAC^[22]的标准方法测定样品中水分和粗蛋白,在105 °C下测定样品中的水分含量,用凯氏定氮法测定粗蛋白含量。用氯仿/甲醇法($V/V=2:1$)抽提总脂,具体步骤和方法参照Wu等^[21]。三氟化硼—甲醇法对提取的总脂进行甲脂化,采用正己烷提取甲酯化后的脂肪酸甲酯,使用美国Agilent7890气相色谱仪进行脂肪酸分析,色谱柱为Omegawax-320毛细管柱(30 m×0.25 mm;美国Supelco公司)。参照Supelco-37脂肪酸甲酯混合标准品(货号:47885-U,美国Supelco公司)作为脂肪酸定性的依据,脂肪酸定量均采用面积百分比法。

1.7 数据分析

所有数据均用平均值±标准差(mean±SD)表

示。所有分析均采用SPSS 18.0进行统计分析,采用Levene法对所有数据进行方差齐性检验,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。采用独立样本 t 检验方法检验2组各指标间的差异性。

2 结果

2.1 生殖性能

野生组中华绒螯蟹的平均抱卵量为27.94万个/只亲本,养殖组的平均抱卵量为24.62万个/只亲本,2组之间无显著性差异($P>0.05$) (表2)。野生组的生殖力(2 576.96个/克体质量)略高于养殖组(2 391.64个/克体质量),但2组间无显著性差异($P>0.05$)。野生组和养殖组的生殖指数分别为9.28%和8.05%,2组之间也无显著性差异($P>0.05$)。

表2 长江水系野生和养殖中华绒螯蟹生殖性能的比较

Tab. 2 Egg production per female, fecundity per unit body weight and reproductive effort of wild-caught and pond-reared *E. sinensis* broodstock

项目 items	野生群体 wild-caught population	养殖群体 pond-reared population
抱卵量/ (万个/只亲本) egg production	27.94±4.89	24.62±4.60
生殖力/ (个/克体质量) fecundity	2 576.96±282.08	2 391.64±544.11
生殖指数/% reproductive effort	9.28±1.13	8.05±1.37

2.2 胚胎质量

野生组和养殖组中华绒螯蟹的卵径分别为337.61和334.33 μm ,2组之间无显著性差异($P>0.05$) (表3)。野生组和养殖组的单卵湿重分别为34.04和34.28 μg ,2组之间无显著性差异($P>0.05$)。野生组和养殖组的单卵干重分别为11.67和11.87 μg ,2组之间也无显著性差异($P>0.05$)。

2.3 胚胎色泽和总类胡萝卜素含量

养殖组的冻干卵 a^* 值(35.32±4.57)显著高于野生组(28.44±4.55) ($P<0.05$) (表4)。养殖组的 b^* 值(50.95±4.28)显著高于野生组(45.82±3.94) ($P<0.05$)。养殖组卵的 L^* 和 dE^* 虽然略高于野生组,但2组之间无显著性差异($P>0.05$)。养殖组蟹卵的总类胡萝卜素含量显著高于野生组($P<0.05$)。

表3 长江水系野生和养殖中华绒螯蟹雌体卵径和单卵质量的比较

Tab. 3 Egg diameter, egg wet weight and egg dry weight produced by wild-caught and pond-reared *E. sinensis* broodstock

项目 items	野生群体 wild-caught population	养殖群体 pond-reared population
卵径/ μm egg diameter	337.61 \pm 9.68	334.33 \pm 11.08
卵湿重/ μg egg wet weight	34.04 \pm 3.83	34.28 \pm 6.03
卵干重/ μg egg dry weight	11.67 \pm 1.28	11.87 \pm 1.18

表4 长江水系野生和养殖中华绒螯蟹雌体胚胎色泽和总类胡萝卜素含量的比较

Tab. 4 Colour parameters and total carotenoids content of the eggs produced by wild-caught and pond-reared *E. sinensis* broodstock

项目 items	野生群体 wild-caught population	养殖群体 pond-reared population
亮度 L^*	49.69 \pm 4.62	52.74 \pm 5.41
红度 a^*	28.44 \pm 4.55 ^a	35.32 \pm 4.57 ^b
黄度 b^*	45.82 \pm 3.94 ^a	50.95 \pm 4.28 ^b
色差 dE^*	75.27 \pm 5.14	79.63 \pm 5.20
总类胡萝卜素(湿重)/(mg/g) total carotenoids	0.41 \pm 0.14 ^a	0.57 \pm 0.10 ^b

注:同行标有不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),下同
Notes: In the same row, values with different small letters mean significant differences ($P<0.05$), the same below

2.4 胚胎中常规生化成分和脂肪酸组成

野生组和养殖组中华绒螯蟹胚胎的水分含量无显著性差异($P>0.05$)(表5)。野生组和养殖组蟹冻干胚胎的粗蛋白含量分别为17.94%和20.54%,养殖组的粗蛋白比野生组的略高,但2组之间无显著性差异($P>0.05$)。野生组蟹冻干胚胎的粗脂肪(9.57%)比养殖组(10.61%)略低,但是2组间无显著性差异($P>0.05$)。野生组和养殖组蟹胚胎中的总饱和脂肪酸(ΣSFA)无显著性差异($P>0.05$);野生组蟹胚胎中的总单不饱和脂肪酸(ΣMUFA)百分含量显著高于养殖组($P>0.05$),其中野生组的C18:1n9和C18:1n7也显著高于养殖组($P>0.05$);2组总多不饱和脂肪酸(ΣPUFA)无显著性差异,但是野生组胚胎中的C18:2n6和C18:3n3显著低于养殖组($P>0.05$),而C20:4n6、C22:5n3和C22:6n3野生组显著高于养殖组($P>0.05$)。野生组胚胎中的总高度不饱和脂肪酸(ΣHUFA)含量显著高于养殖组($P<0.05$)。

表5 长江水系野生和养殖中华绒螯蟹雌体卵常规生化成分和脂肪酸的比较

Tab. 5 Moisture (wet weight), total protein (wet weight), total lipid (wet weight) and fatty acid composition (total fatty acids) of the eggs produced by wild-caught and pond-reared *E. sinensis* broodstock %

项目 items	野生群体 wild-caught population	养殖群体 pond-reared population
水分(湿重) moisture	66.17 \pm 3.83	64.93 \pm 4.18
粗蛋白(湿重) crude protein	17.94 \pm 0.95	20.54 \pm 1.96
粗脂肪(湿重) crude lipid	9.57 \pm 0.79	10.61 \pm 1.07
C14:0	1.02 \pm 0.09	1.04 \pm 0.30
C15:0	0.50 \pm 0.14	0.48 \pm 0.03
C16:0	13.64 \pm 1.35	14.93 \pm 1.76
C17:0	0.90 \pm 0.07	0.84 \pm 0.15
C18:0	5.40 \pm 0.90	5.30 \pm 0.45
ΣSFA	21.48 \pm 1.86	22.58 \pm 2.06
C16:1n7	6.28 \pm 1.09	6.06 \pm 0.80
C18:1n9	28.45 \pm 1.70 ^a	26.74 \pm 0.84 ^b
C18:1n7	5.84 \pm 0.41 ^a	4.88 \pm 0.66 ^b
C20:1n9	1.67 \pm 0.43	2.01 \pm 0.12
ΣMUFA	42.24 \pm 2.05 ^a	39.70 \pm 1.02 ^b
C18:2n6	14.72 \pm 1.63 ^b	17.98 \pm 1.06 ^a
C18:3n3	0.13 \pm 0.02 ^b	0.16 \pm 0.03 ^a
C20:4n6 (ARA)	4.78 \pm 0.87 ^a	3.21 \pm 0.76 ^b
C20:5n3 (EPA)	7.51 \pm 0.57	8.57 \pm 1.68
C22:5n3	1.50 \pm 0.22 ^a	0.79 \pm 0.21 ^b
C22:6n3 (DHA)	5.62 \pm 1.50 ^a	3.99 \pm 0.65 ^b
ΣPUFA	34.26 \pm 2.51	34.70 \pm 2.42
$\Sigma\text{n-3PUFA}$	14.76 \pm 1.61	13.51 \pm 2.34
$\Sigma\text{n-6PUFA}$	19.50 \pm 2.32	21.19 \pm 1.26
n-3/n-6	0.77 \pm 0.17	0.64 \pm 0.13
ΣHUFA	19.41 \pm 1.71 ^a	16.56 \pm 2.79 ^b

注: ΣSFA . 总饱和脂肪酸; ΣMUFA . 总单不饱和脂肪酸; ΣPUFA . 总多不饱和脂肪酸; ΣHUFA . 总高度不饱和脂肪酸

Notes: ΣSFA . total saturated fatty acids; ΣMUFA . total mono-unsaturated fatty acid; ΣPUFA . total poly-unsaturated fatty acid; ΣHUFA . total highly-unsaturated fatty acid

3 讨论

3.1 亲本来源对生殖性能和胚胎质量的影响

本研究中,从江苏镇江段的长江中捕获野

生亲本, 由于此江段属于长江中下游, 上游的中华绒螯蟹洄游到此处的群体数量较多且性腺基本发育成熟, 另外此江段不会有涨潮的现象且属于淡水, 能确保此江段成熟的雌雄个体没有交配过, 因此, 本研究中从江苏镇江段的长江中捕获的野生蟹既能保证数量充足又能保证质量, 能够代表长江水系野生群体。养殖群体是来自课题组养殖基地经过多代养殖后的长江水系养殖群体。

有关甲壳动物野生和养殖亲本的生殖性能比较研究已有一些报道, 大多数研究表明野生亲本的生殖性能要优于养殖亲本^[14-15, 23-25], 但是也有研究表明野生亲本繁殖过程中的成活率远远低于池塘养殖亲本, 野生和养殖亲本生殖性能的差异可能是由于遗传因素、营养饲料、生长环境和卵巢发育等因素决定的^[18, 26-28]。因此, 以往研究报道表明“野生亲本的生殖性能优于养殖亲本”可能是由于野生亲本规格较大造成的^[15, 17, 29]。为了消除产卵环境等因素对亲本生殖性能的影响, 本研究中将野生亲本和养殖亲本进行暂养后在相同条件下进行交配, 结果显示野生亲本的抱卵量、生殖力和生殖指数均略高于养殖亲本, 这可能是由于野生中华绒螯蟹的生长水域通常水温较低, 卵巢发育周期较长, 野生个体的卵巢指数最终高于池塘养殖个体。以往研究表明, 多种甲壳动物野生雌性成熟个体的卵巢指数要高于池塘养殖个体^[16, 18, 29]。中华绒螯蟹雌体的卵巢发育、抱卵量、生殖力和生殖指数受饵料营养影响较大^[2, 30], 亲本强化培育能显著提高中华绒螯蟹亲本的生殖性能^[2, 13]。本研究中池塘养殖亲本主要投喂本课题组优化的优质中华绒螯蟹配合饲料, 可能饲料中的营养成分相对均衡, 故池塘养殖中华绒螯蟹卵巢发育良好^[31], 这可能是造成本研究中池塘养殖亲本和野生亲本生殖性能无显著差异的重要原因。

本研究结果显示, 规格相似的野生和养殖亲本所产胚胎的卵径和卵重无显著性差异, 这也暗示中华绒螯蟹的卵径、单卵干重和湿重相对稳定, 不容易受生长条件影响。以往研究也表明, 甲壳动物不同来源亲本所产胚胎的卵径和单卵重量通常差异不显著, 如三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)^[18], 罗氏沼虾(*Macrobrachium rosenbergii*)^[12], 凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)^[32]。

3.2 亲本来源对胚胎色泽和生化成分的影响

在甲壳动物胚胎发育过程中, 色泽是评价胚胎质量和发育时期的重要指标^[33]。本研究表明养殖中华绒螯蟹所产胚胎的色泽参数(a^* 值和 b^* 值)和总类胡萝卜素均显著高于野生组, 这可能是因为养殖中华绒螯蟹生长过程中摄食饵料(配合饲料、池塘水草和螺蛳等)的类胡萝卜素含量显著高于野生亲本的天然饵料。甲壳动物组织的色泽主要与类胡萝卜素的含量和种类有关^[34-35], 类胡萝卜素对甲壳动物的繁殖、发育和生长具有重要的作用^[33, 36]。由于甲壳动物像大多数动物一样不能体内合成类胡萝卜素, 需要从食物中获取后在体内直接沉积或者转化后在体内沉积^[37], 因此探明养殖虾蟹类的生长和性腺发育阶段的类胡萝卜素营养需求非常重要^[21]。以往研究表明印度明对虾(*Fenneropenaeus indicus*)养殖亲本所产的卵中类胡萝卜素的含量显著低于野生亲本^[23], 这可能与野生印度明对虾的天然饵料为贝类和沙蚕等有关, 这些饵料中含有丰富的类胡萝卜素^[26]。

在本研究中, 虽然野生组与养殖组中华绒螯蟹胚胎的常规生化组成之间含量无显著性差异, 但是野生组胚胎中 Σ MUFA、 Σ HUFA、C18:1n9、C18:1n7、C20:4n6、C22:5n3和C22:6n3含量显著高于养殖组。HUFA对中华绒螯蟹的卵巢发育和繁殖性能都具有重要的作用^[2, 38]。本研究野生亲本所产的胚胎中含有更高含量的HUFA, 原因可能是野生和养殖亲本饵料的脂肪酸组成不同, 中华绒螯蟹在野生环境下摄入的食物种类更为丰富, 而在池塘养殖过程中主要靠人工投喂。以往研究表明, 亲本饲料中的HUFA水平对亲本肝胰腺、卵巢和亲本所产的胚胎中HUFA含量具有显著影响^[39]。本实验结果显示, 野生组胚胎的C22:6n3(DHA)和C20:4n6(ARA)显著高于养殖组, 以往研究表明, 中华绒螯蟹卵中DHA含量与胚胎孵化率和幼体质量呈正相关^[30], 这暗示野生亲本组的胚胎孵化率和发育速率可能优于养殖亲本。

综上所述, 规格相似的野生和养殖亲本的生殖性能和胚胎中常规生化组成无显著性差异, 但是野生组胚胎中C18:1n9、C18:1n7、C20:4n6、C22:5n3和C22:6n3含量显著高于养殖组, 而野生亲本所产胚胎的红度值和类胡萝卜素含量显著

低于养殖亲本的胚胎。该研究为中华绒螯蟹生殖性能评价、亲本选育和人工育苗提供重要的理论依据和实践参考意义。今后需要从遗传选育、亲本营养和产卵环境等方面研究影响中华绒螯蟹亲本繁殖性能的因素, 从而合理开发和利用长江野生中华绒螯蟹的种质资源。

参考文献:

- [1] Chen D W, Zhang M, Shrestha S. Compositional characteristics and nutritional quality of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*)[J]. *Food Chemistry*, 2007, 103(4): 1343-1349.
- [2] 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.
- [3] 农业部渔业渔政管理局. 2017中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2017.
Bureau of Fisheries and Fishery Management, Ministry of Agriculture of China. China Fishery Statistical Yearbook 2017[M]. Beijing: Chinese Agricultural Press, 2017(in Chinese).
- [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] Sui L Y, Wille M, Cheng Y X, *et al.* Larviculture techniques of Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis*[J]. *Aquaculture*, 2011, 315(1-2): 16-19.
- [6] 刘青, 刘皓, 吴旭干, 等. 长江、黄河和辽河水系中华绒螯蟹野生和养殖群体遗传变异的微卫星分析[J]. *海洋与湖沼*, 2015, 46(4): 958-968.
Liu Q, Liu H, Wu X G, *et al.* Genetic variation of wild and cultured populations of Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* from the Yangtze River, Yellow River, and Liaohe River basins using microsatellite marker[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2015, 46(4): 958-968(in Chinese).
- [7] 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体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(in Chinese).
- [8] 何杰, 吴旭干, 龙晓文, 等. 池塘养殖和野生长江水系中华绒螯蟹扣蟹形态学及生化组成的比较研究[J]. *水产学报*, 2015, 39(119): 1665-1678.
He J, Wu X G, Long X W, *et al.* Comparative studies of morphology and biochemical composition between wild-caught and pond-reared juvenile Chinese mitten crab for Yangtze population[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2015, 39(119): 1665-1678(in Chinese).
- [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] 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(in Chinese).
- [11] 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(in Chinese).
- [12] Nhan D T, Wille M, Hung L T, *et al.* Comparison of reproductive performance and offspring quality of giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) broodstock from different regions[J]. *Aquaculture*, 2009, 298(1-2): 36-42.
- [13] 吴旭干, 成永旭, 常国亮, 等. 亲本强化培育对中华绒螯蟹雌体生殖性能和Z₁幼体质量的影响[J]. *水产学报*, 2007, 31(6): 757-764.
Wu X G, Cheng Y X, Chang G L, *et al.* Effect of enriching broodstock on reproductive performance and Z₁

- quality of *Eriocheir sinensis*[J]. Journal of Fisheries of China, 2007, 31(6): 757-764(in Chinese).
- [14] Coman G J, Arnold S J, Peixoto S, *et al.* Reproductive performance of reciprocally crossed wild-caught and tank-reared *Penaeus monodon* broodstock[J]. *Aquaculture*, 2006, 252(2-4): 372-384.
- [15] Keys S J, Crocos P J. Domestication, growth and reproductive performance of wild, pond and tank-reared brown tiger shrimp *Penaeus esculentus*[J]. *Aquaculture*, 2006, 257(1-4): 232-340.
- [16] Menasveta P, Piyatiratitivorakul S, Rungsupa S, *et al.* Gonadal maturation and reproductive performance of giant tiger prawn (*Penaeus monodon* Fabricius) from the Andaman Sea and pond-reared sources in Thailand[J]. *Aquaculture*, 1993, 116(2-3): 191-198.
- [17] Peixoto S, Wasielesky Jr W, Martino R C, *et al.* Comparison of reproductive output, offspring quality, ovarian histology and fatty acid composition between similarly-sized wild and domesticated *Farfantepenaeus paulensis*[J]. *Aquaculture*, 2008, 285(1-4): 201-206.
- [18] Wu X G, Cheng Y X, Zeng C S, *et al.* Reproductive performance and offspring quality of wild-caught and pond-reared swimming crab *Portunus trituberculatus* broodstock[J]. *Aquaculture*, 2010, 301(1-4): 78-84.
- [19] Cheng Y X, Wu X G, Yang X Z, *et al.* Current trends in hatchery techniques and stock enhancement for Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis*[J]. *Reviews in Fisheries Science*, 2008, 16(1-3): 377-384.
- [20] Wu X G, Zeng C S, Southgate P C. Effects of starvation on survival, biomass, and lipid composition of newly hatched larvae of the blue swimmer crab, *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758)[J]. *Aquaculture International*, 2017, 25(1): 447-461.
- [21] Long X W, Wu X G, Zhao L, *et al.* Effects of dietary supplementation with *Haematococcus pluvialis* cell powder on coloration, ovarian development and antioxidant capacity of adult female Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis*[J]. *Aquaculture*, 2017, 473: 545-553.
- [22] AOAC. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists[M]. 16th ed. Washington DC: AOAC, 1998.
- [23] Regunathan C. Variation in reproductive performance and egg quality between wild and pond-reared Indian white shrimp, *Fenneropenaeus indicus*, Broodstock[J]. *Journal of Applied Aquaculture*, 2008, 20(1): 1-17.
- [24] Marsden G, Richardson N, Mather P, *et al.* Reproductive behavioural differences between wild-caught and pond-reared *Penaeus monodon* prawn broodstock[J]. *Aquaculture*, 2013, 402-403: 141-145.
- [25] Emerenciano M, Cuzon G, Mascaró M, *et al.* Reproductive performance, biochemical composition and fatty acid profile of wild-caught and 2nd generation domesticated *Farfantepenaeus duorarum* (Burkenroad, 1939) broodstock[J]. *Aquaculture*, 2012, 344-349: 194-204.
- [26] Wouters R, Lavens P, Nieto J, *et al.* Penaeid shrimp broodstock nutrition: an updated review on research and development[J]. *Aquaculture*, 2001, 202(1-2): 1-21.
- [27] Ibarra A M, Racotta I S, Arcos F G, *et al.* Progress on the genetics of reproductive performance in penaeid shrimp[J]. *Aquaculture*, 2007, 268(1-4): 23-43.
- [28] Racotta I S, Palacios E, Ibarra A M. Shrimp larval quality in relation to broodstock condition[J]. *Aquaculture*, 2003, 227(1-4): 107-130.
- [29] Menasveta P, Sangpradub S, Piyatiratitivorakul S, *et al.* Effects of broodstock size and source on ovarian maturation and spawning of *Penaeus monodon* Fabricius from the Gulf of Thailand[J]. *Journal of the World Aquaculture Society*, 1994, 25(1): 41-49.
- [30] Wen X B, Chen L Q, Zhou Z L, *et al.* Reproduction response of Chinese mitten-handed crab (*Eriocheir sinensis*) fed different sources of dietary lipid[J]. *Comparative Biochemistry and Physiology-Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 2002, 131(3): 675-681.
- [31] 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, 32(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, 32(3): 606-618(in Chinese).
- [32] Andriantahina F, Liu X L, Huang H, *et al.* Comparison of reproductive performance and offspring quality of domesticated Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*[J]. *Aquaculture*, 2012, 324-325: 194-200.
- [33] Zadorozhny P A, Borisovets E E, Yakush E V, *et al.* Change of carotenoid composition in crabs during embryogenesis[J]. *Journal of Evolutionary Biochemistry and*

- [Physiology](#), 2008, 44(4): 450-461.
- [34] Maoka T. Carotenoids in marine animals[J]. [Marine Drugs](#), 2011, 9(2): 278-293.
- [35] Sachindra N M, Bhaskar N, Mahendrakar N S. Carotenoids in crabs from marine and fresh waters of India[J]. [LWT-Food Science and Technology](#), 2005, 38(3): 221-225.
- [36] Britton G, Liaaen-Jensen S, Pfander H. Carotenoids[M]. Basel: Birkhäuser 2004.
- [37] Matsuno T. Aquatic animal carotenoids[J]. [Fisheries Science](#), 2001, 67(5): 771-783.
- [38] 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.
- [39] Sui L Y, Sun H X, Wu X G, *et al.* Effect of dietary HUFAs on tissue fatty acid composition and reproductive performance of Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* (H. Milne-Edwards) broodstock[J]. [Aquaculture International](#), 2010, 19(2): 269-280.

Comparison of the reproductive performance, egg colour and biochemical composition between wild-caught and pond-reared Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) broodstock originated from Yangtze population

LI Qingqing^{1,2}, WU Xugan^{1,2,3}, JIANG Xiaodong^{1,2}, SU Yu^{1,2}, ZHENG Haidi⁴, CHENG Yongxu^{1,2,3*}

(1. Key Laboratory of Freshwater Aquatic Genetic Resources, Ministry of Agriculture and Rural Affairs,

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 Industry Co., Ltd., Changxing 313106, China)

Abstract: The Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) is an important aquaculture species and food source in Eastern Asia. At the present, pond-reared broodstock are used for seed production of *E. sinensis*, and the reasonable utilization of wild-caught broodstock is conducive breeding and selection of *E. sinensis*. Reproductive performance is one of the most important indicators for the evaluation of broodstock quality in aquatic animals. This study was designed to determine and compare the reproductive performance, egg quality, colouration, proximate and fatty acid composition of wild-caught and pond-reared *E. sinensis* broodstock. The results showed that: ① the wild-caught *E. sinensis* broodstock had the slightly higher egg production, fecundity and reproductive effort than the pond-reared females, but there was no significant difference between two treatments. The egg diameter, wet weight and dry weight of individual egg were similar between two treatments. ② The eggs from pond-reared *E. sinensis* broodstock had significantly higher redness (a^*), yellowness (b^*) and total carotenoids contents than those of the eggs produced by the wild-caught broodstock, however, there are no significant differences for lightness (L^*) and colour difference (dE^*). ③ As for proximate composition of eggs, no significant differences were found for the moisture, total protein and total lipid contents between the wild-caught and pond-reared treatments. The eggs from wild-caught broodstock had the significantly higher percentages of C18:1n9, C18:1n7, C20:4n6, C22:5n3 and C22:6n3 than the eggs produced by the pond-reared broodstock, but the C18:2n6 and C18:3n3 of the wild caught broodstock were significantly lower than those of the pond-reared broodstock. In conclusion, these results indicated that the reproductive performance and egg proximate composition were similar between wild-caught broodstock and pond-reared broodstock with similar body weight, but significant differences were found on redness (a^*), yellowness (b^*), total carotenoids content and fatty acid composition in the eggs. These results could provide valuable information for the broodstock selection, evaluation of reproductive performance and artificial breeding of *E. sinensis* in the future.

Key words: *Eriocheir sinensis*; broodstock source; reproductive performance; biochemical composition; carotenoids

Corresponding author: CHENG Yongxu. E-mail: yxcheng@shou.edu.cn

Funding projects: China Agricultural Research System (CARS-48); Extension Project from Shanghai Agriculture Committee (2015-1-7); Capacity Promotion Projects of Shanghai Engineering and Technology Center from Shanghai Municipal Science and Technology Commission (16DZ2281200); Shanghai Universities Top Disciplines Project of Fisheries from Shanghai Municipal Education Committee (2015-62-0908); Technology Commission and the R&D Project from Shenzhen Alpha Feed Co. Ltd (D-8006-15-0054)