

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20240411002

http://www.yykxjz.cn/

崔超越, 耿智, 冯广朋, 张涛, 赵峰, 杨刚, 庄平, 黄晓荣. 温度对中华绒螯蟹雌蟹繁殖性能及胚胎质量的影响. 渔业科学进展, 2025, 46(3): 98–107

CUI C Y, GENG Z, FENG G P, ZHANG T, ZHAO F, YANG G, ZHUANG P, HUANG X R. Effects of temperature on reproductive performance and embryo quality of female *Eriocheir sinensis*. Progress in Fishery Sciences, 2025, 46(3): 98–107

温度对中华绒螯蟹雌蟹繁殖性能 及胚胎质量的影响*

崔超越^{1,2} 耿智^{2,3} 冯广朋^{2,3} 张涛^{2,3} 赵峰^{2,3}
杨刚^{2,3} 庄平^{2,3} 黄晓荣^{2,3①}

(1. 上海海洋大学水产与生命学院 上海 201306; 2. 中国水产科学研究院东海水产研究所 农业农村部东海与远洋渔业资源开发利用重点实验室 上海 200090; 3. 上海长江口渔业资源增殖和生态修复工程技术研究中心 上海 200090)

摘要 为探究温度对中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)雌蟹繁殖性能及所产胚胎质量的影响,开展了不同温度(6℃、9℃、12℃、15℃、18℃和21℃)下亲蟹的繁殖产卵实验,分析了各温度下雌蟹的交配率、产卵率、产卵量和生殖力等繁殖性能以及所产胚胎卵径、生化成分和脂肪酸组成等胚胎质量。结果显示,随温度的升高,亲蟹的交配率逐渐增加,产卵率、产卵量、生殖力和生殖指数均呈先上升后下降的趋势,其中温度15℃时,雌蟹的产卵率、产卵量、生殖力以及生殖指数均最高,且与其他各温度组均有显著差异($P<0.05$)。温度18℃时,所产胚胎卵径最大,平均为 $(431.17\pm13.69)\mu\text{m}$,15℃时,单个胚胎干重最重,平均为 $(31.28\pm4.61)\mu\text{g}$,但与18℃组无显著差异($P>0.05$)。随温度的升高,胚胎中灰分和磷脂呈逐渐增加的趋势,总脂肪则逐渐下降,甘油三酯和总胆固醇表现为先升高后降低的趋势,粗蛋白和水分的变化不明显;其中18℃时,胚胎中粗蛋白、甘油三酯和总胆固醇含量均最高。中华绒螯蟹胚胎中共检测出21种脂肪酸,其中,饱和脂肪酸(SFA)和单不饱和脂肪酸(MUFA)在温度12℃下总量最高,但与其他各组无显著差异($P>0.05$)。6℃下胚胎所含C20:5n3(EPA)、C22:6n3(DHA)、C20:4n6(ARA)和多不饱和脂肪酸(PUFA)的总量均最高。研究表明,温度对中华绒螯蟹所产胚胎的质量有一定影响,15℃时中华绒螯蟹繁殖性能最佳。结果为开展中华绒螯蟹繁育生物学研究提供了基础资料,同时也为长江口中华绒螯蟹渔业资源养护提供了科学支撑。

关键词 温度; 中华绒螯蟹; 繁殖性能; 胚胎质量; 脂肪酸

中图分类号 S942.1 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2025)03-0098-10

中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)俗称大闸蟹,是我国重要的淡水经济物种(堵南山,1998)。中华绒螯蟹主要分布在辽河、长江和闽江等淡水水域,作为甲壳

动物中少有的洄游性种类之一,在洄游过程中性腺逐渐发育成熟,至长江口后完成交配产卵(堵南山,2004; 姬慧等,2020)。

* 国家重点研发计划(2022YFF0608204)、“上海科技馆长三角城市群生态安全与生物多样性保护实验室”、中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(2020TD13)和国家科技资源共享服务平台共同资助。崔超越, Email: chaoyue_c@163.com

① 通信作者: 黄晓荣, 副研究员, Email: hxr828@126.com

收稿日期: 2024-04-11, 收修改稿日期: 2024-05-20

在甲壳动物的生殖过程中有多种激素参与调控作用,这些激素通过不断调整使其处于最适环境下繁育(李青等, 2019; 贺露露等, 2023)。在繁育过程中,温度能通过调控这些激素的分泌和合成水平从而使甲壳动物的繁殖受到一定的影响(Ding *et al.*, 2014)。中华绒螯蟹属于甲壳类中体温调节能力较弱的变温动物,每年11月至次年5月,亲蟹在长江口完成交配产卵及幼体早期发育,在此阶段其对环境变化较为敏感(李青等, 2019; 耿智, 2018)。水温过低可能抑制中华绒螯蟹雌蟹的产卵活动,水温过高将使后代提前孵出,导致后代存活率受到影响(赵云龙等, 1993)。因此,温度是影响中华绒螯蟹繁育的重要环境因子。

交配率、产卵率和生殖指数都是中华绒螯蟹繁殖性能的重要参数,它们作为评价亲本质量的指标,对雌蟹所产的胚胎也有较大影响(Wu *et al.*, 2007; 孙秋凤等, 2020)。胚胎的卵径、卵重、生化成分和脂肪酸组成等都是胚胎质量的评价参数,均能直接影响初孵幼体的质量(成永旭等, 2000; 吴旭干等, 2007b)。蒋刚等(2022)研究表明,温度对日本沼虾(*Macrobrachium nipponense*)的性腺发育有显著影响,但对其相对繁殖力并无显著影响。李进等(2009)研究发现,在22~32℃温度范围内,红螯螯虾(*Cherax quadricarinatus*)的抱卵率及孵化率随水温的升高逐渐增高。曾朝曙等(1991)在对锯缘青蟹(*Scylla serrata*)的研究中发现,25℃时亲蟹抱卵最佳。目前,对中华绒螯蟹繁殖性能及胚胎质量影响的研究主要集中在养殖方式(李清清等, 2019)、亲本规格(石今朝等, 2020)及盐度(黄晓荣等, 2023)等,温度对中华绒螯蟹的繁殖性能及胚胎质量的影响尚未见报道。

本实验探究了不同温度下中华绒螯蟹雌蟹的交配率、产卵率、产卵量等繁殖性能及所产胚胎卵径、重量、生化成分及脂肪酸组成等指标,旨在查明温度对中华绒螯蟹繁殖性能及所产胚胎质量的影响,为开展中华绒螯蟹的人工繁育提供基础资料,同时为长江口中华绒螯蟹渔业资源的养护提供科学支撑。

1 材料与方法

1.1 实验材料

所选中华绒螯蟹亲本来源于江苏高邮湖养殖场(119.46°E, 32.77°N),于2023年11月中旬运至实验室。亲本活力较好、附肢健全,其中,雌蟹平均体重为(87.35±6.2)g,共240只,雄蟹平均体重为(133.8±15.59)g,共120只。将雌雄亲蟹分别暂养于4个长方形的水槽中,水槽长1.80m、宽1.55m、高0.8m,

保持水深0.3m。暂养期间保持自然水温和光照,持续供氧,若有死亡个体及时清理,并根据水质监测结果不定期换水。每日08:30投喂新鲜缢蛏(*Sinonovacula constricta*),投喂量按亲蟹体重的1%~3%,并及时清除残饵。

1.2 实验分组

根据实验室对长江口温度与产卵蟹数量及分布调查结果,设置6个温度梯度:6℃、9℃、12℃、15℃、18℃和21℃,每个梯度3个平行组,每组分别放入10只雌蟹和5只雄蟹。实验开始时从暂养水槽中取相应数量的中华绒螯蟹至圆形水槽中,水槽直径1.2m、高0.6m,水深保持0.3m。实验初始平均温度为(14.8±0.42)℃,使用恒温加热棒、冷暖机及冷水机调节并控制水温。每12h升高或降低1℃,达到设定温度后进行交配实验。交配实验中各组水体盐度使用盐卤配制,盐度为18.21±0.30,pH为7.29±0.06,每天用盐度计、温度计分别对水体的盐度和温度进行校准。实验期间对中华绒螯蟹饲养和水体管理方法同上。

1.3 雌蟹繁殖性能

每日记录各水槽中亲蟹抱对和产卵情况,雌雄蟹抱对后,每隔4h检查一次雌蟹是否产卵。待雌蟹产完卵后,将各组中雄蟹移出,取出各温度下抱卵蟹所产的所有胚胎。待亲蟹交配产卵结束后,解剖各温度组中剩余的雌蟹,并观察雌蟹的纳精囊中是否含有精荚,若有即表示雌蟹交配成功。交配率(%)、产卵率(%)、产卵量(粒/g)、生殖力(粒/g)和生殖指数(%)的统计方法参考吴旭干等(2007a)。

1.4 胚胎质量评价

1.4.1 胚胎卵径及干湿重 各温度组中亲蟹产卵后,分别从抱卵蟹腹部随机取胚胎100粒左右,并在Olympus显微镜(BX51)下观察胚胎发育时期,并拍照。随后选取受精卵分裂相同时期的胚胎30~50粒,用Image-Pro-Plus 5.1软件测量其直径,结果取平均值。取干净的2~3mg胚胎放入称量皿中计数,并使用精密电子天平(GB/T 23111,购自梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司)准确称胚胎湿重,将称重后的胚胎和称量皿一起放入70℃烘箱中烘至恒重,冷却20min后,精确称量胚胎干重。具体参考石今朝等(2020)的方法计算单个胚胎的干重和湿重。

1.4.2 胚胎生化成分及脂肪酸含量 胚胎中粗蛋白含量采用凯氏定氮法测定(GB/T 6432-2018);采用酸水解法测定总脂肪含量(GB 5009.6-2016);采用气相色谱法检测脂肪酸组成及含量(GB 5009.168-2016);

各温度组取 2~3 mg 湿胚胎于 70 °C 烘干至恒重,测定胚胎水分含量;灰分含量在 550 °C 下灼烧至恒重后进行测定;采用酶联免疫试剂盒测定甘油三酯、磷脂和胆固醇的含量。

1.5 数据分析

采用 Excel 和 SPSS 26 软件制作图表和进行数据统计分析,所有数据均以平均值±标准差(Mean±SD)表示。数据分析时先用 Levene 法进行方差齐性检验,当数据满足齐性时继续分析,若不满足方差齐性时,对百分比数据进行平方根处理。采用单因素方差分析(one-way ANOVA)检验各指标在不同温度下的差异显著性,后运用 Duncan's 多重比较法分析各温度组间的差异, $P<0.05$ 为显著差异。

2 结果与分析

2.1 温度对雌蟹繁殖性能的影响

随温度的升高,中华绒螯蟹雌蟹的交配率呈逐渐增加的趋势,温度 21 °C 时最高,平均为(90±1)%,显著高于 6 °C 组与 9 °C 组($P<0.05$)。雌蟹的产卵率先升高后下降,其中 15 °C 时最高,平均为(80±10)%,与 6 °C 有显著差异($P<0.05$),但与其他各组均无显著差异($P>0.05$)(图 1)。

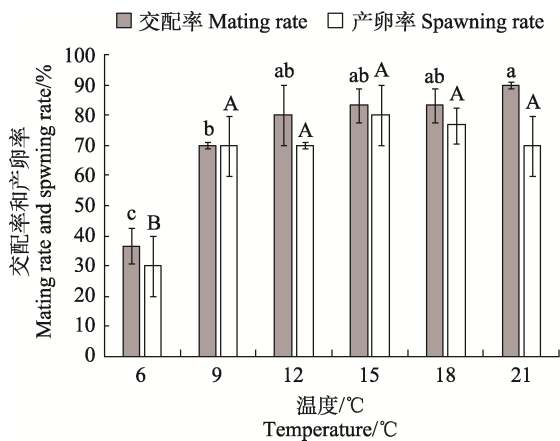


图 1 温度对中华绒螯蟹雌蟹交配率和产卵率的影响

Fig.1 Effects of temperature on mating and spawning rate of female *E. sinensis*

不同小写字母代表雌蟹交配率在不同温度组间差异显著;不同大写字母代表雌蟹产卵率在不同温度组间差异显著($P<0.05$)。

Different lowercase letters represent the mating rate of female crab in different temperature groups is significantly different; and different capital letters represent significant differences in the spawning rate of female crabs under different temperatures ($P<0.05$).

中华绒螯蟹雌蟹的产卵量、生殖力和生殖指数均随温度的升高呈先上升后下降的趋势。在温度 6 °C 时产卵量和生殖力均最低,分别为 $(15.38\pm1.81)\times10^4$ 粒/g 和 $(0.23\pm0.03)\times10^4$ 粒/g,温度升至 15 °C 时,产卵量和生殖力均达到最高,分别为 $(54.22\pm3.49)\times10^4$ 粒/g 和 $(0.61\pm0.07)\times10^4$ 粒/g,其中,产卵量显著高于其他各温度组($P<0.05$),生殖力除与 12 °C 组无差异外($P>0.05$),与其他各组均有显著差异($P<0.05$)(图 2 和图 3)。雌蟹的生殖指数在温度 15 °C 时最高,平均为 $(20.01\pm1.59)\%$,与其他各组相比均有显著差异($P<0.05$)。当温度升至 21 °C 时,生殖指数降到最低,平均为 $(7.89\pm0.93)\%$,除与 9 °C 无显著差异外($P>0.05$),与其他各组均有显著差异($P<0.05$)(图 4)。

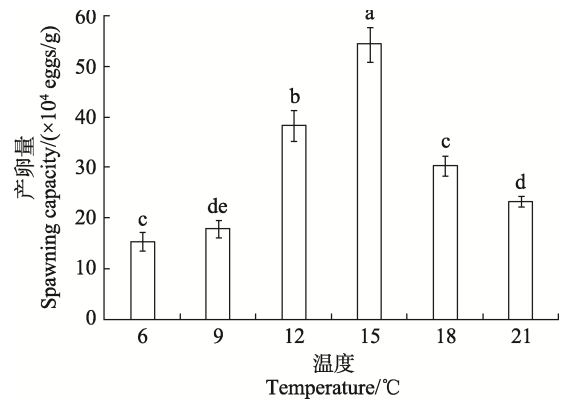


图 2 温度对中华绒螯蟹雌蟹产卵量的影响

Fig.2 Effects of temperature on spawning capacity of female *E. sinensis*

不同字母代表不同温度组间存在显著差异($P<0.05$),下同。
Different letters represent there are significant differences among different temperature groups ($P<0.05$), the same below.

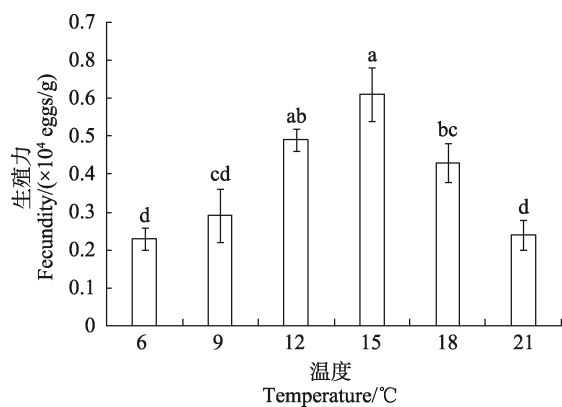


图 3 温度对中华绒螯蟹雌蟹生殖力的影响

Fig.3 Effects of temperature on fecundity of female *E. sinensis*

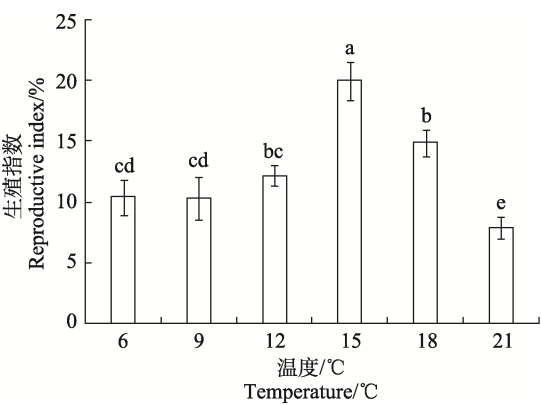


图 4 温度对中华绒螯蟹雌蟹生殖指数的影响
Fig.4 Effects of temperature on reproductive index of female *E. sinensis*

2.2 温度对胚胎卵径和单卵重量的影响

不同温度下胚胎的单个卵径和单卵湿干重量如表 1 所示。中华绒螯蟹所产胚胎的单卵直径在温度

18 ℃时最大, 平均为(431.17±13.69) μm, 除与 15 ℃组有显著差异外($P<0.05$), 与其余各组均无显著性差异($P>0.05$)。温度为 15 ℃时, 单个胚胎干重最高, 平均为(31.28±4.61) μg, 除显著高于 21 ℃外($P<0.05$), 与其余各组均无显著差异($P>0.05$)。温度 9 ℃时单个胚胎湿重最高, 平均为(51.4±4.51) μg, 除与 6 ℃组不显著($P>0.05$)外, 均显著高于其余各组($P<0.05$)。

2.3 温度对胚胎生化成分的影响

温度对胚胎生化成分的影响结果见表 2。中华绒螯蟹胚胎中总脂肪含量随水温升高逐渐降低, 其中 6 ℃时最高, 平均为(11.47±0.93)%, 粗蛋白在 18 ℃时最高, 平均含量为(20.83±1.72)%。温度 21 ℃时水分和灰分含量均最高, 平均分别为(69.17±1.83)%和(1.3±0.02)%, 21 ℃下灰分的含量除与 18 ℃无显著差异外($P>0.05$), 均显著高于其余各组($P<0.05$)。各温度下总脂肪、粗蛋白及水分含量无显著差异($P>0.05$)。

表 1 温度对胚胎卵径和重量的影响
Tab.1 Effects of temperature on diameter and weight of embryos

项目 Items	温度 Temperature					
	6 ℃	9 ℃	12 ℃	15 ℃	18 ℃	21 ℃
卵径 Egg diameter/μm	406.50±21.20 ^{ab}	405.17±20.88 ^{ab}	405.42±5.36 ^{ab}	402.58±8.46 ^b	431.17±13.69 ^a	411.42±6.15 ^{ab}
卵干重 Egg dry weight/μg	28.58±4.73 ^{ab}	25.65±2.90 ^{ab}	24.72±3.07 ^{ab}	31.28±4.61 ^a	30.43±4.54 ^{ab}	23.22±3.17 ^b
卵湿重 Egg wet weight/μg	46.81±4.19 ^{ab}	51.40±4.51 ^a	36.60±0.42 ^c	43.95±3.14 ^b	38.39±2.06 ^c	37.83±1.22 ^c

注: 同行数据上标不同字母表示组间存在显著差异($P<0.05$), 下同。
Notes: Values in each row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$), the same below.

表 2 温度对胚胎生化成分的影响
Tab.2 Effects of temperature on biochemical components of embryos

项目 Items	温度 Temperature					
	6 ℃	9 ℃	12 ℃	15 ℃	18 ℃	21 ℃
总脂肪 Total lipid/%	11.47±0.93	10.63±1.00	10.50±0.70	9.93±0.67	9.90±0.53	9.83±1.27
粗蛋白 Crude protein/%	19.50±3.18	18.90±0.69	20.83±1.17	19.13±1.14	20.83±1.72	18.77±0.76
灰分 Ash/%	0.43±0.09 ^d	0.97±0.01 ^b	0.84±0.01 ^c	0.96±0.03 ^b	1.23±0.03 ^a	1.30±0.02 ^a
水分 Moisture/%	67.83±3.72	68.03±1.43	66.33±1.63	67.9±1.85	67.10±2.26	69.17±1.83
甘油三酯 Triglyceride/(μmol/g)	22.59±0.43 ^d	24.81±0.64 ^b	23.75±0.48 ^c	25.69±0.54 ^a	26.20±0.71 ^a	24.43±0.55 ^b
磷脂 Cholesterol/(μmol/g)	739.73±14.15 ^d	788.95±10.19 ^c	756.70±17.54 ^d	825.58±22.02 ^b	830.51±11.43 ^b	890.79±8.65 ^a
总胆固醇 Phospholipid/(μg/g)	82.75±1.40 ^d	92.20±1.75 ^{bc}	92.93±2.07 ^b	90.21±2.09 ^c	97.30±1.19 ^a	92.26±1.59 ^{bc}

温度 18 ℃时, 胚胎中总胆固醇和甘油三酯的含量均达到最高, 平均分别为(97.3±1.19) μmol/g 和(26.2±0.71) μmol/g, 其中, 总胆固醇含量均显著高于其余各组($P<0.05$), 甘油三酯含量除与 15 ℃无显著性差异外($P>0.05$), 也均显著高于其他各组($P<0.05$)。温度为 21 ℃时, 胚胎中磷脂含量最高, 平均为(890.79±8.65) μmol/g, 且显著高于其他各组

($P<0.05$)。

2.4 温度对胚胎的脂肪酸组成的影响

中华绒螯蟹胚胎中共检出 21 种脂肪酸, 其中饱和脂肪酸(SFA) 9 种, 单不饱和脂肪酸(MUFA) 4 种和多不饱和脂肪酸(PUFA) 8 种 (表 3)。随温度升高, 这 3 种脂肪酸变化不明显, 其中温度为 12 ℃时, 饱和

脂肪酸与单不饱和脂肪酸的含量最高,平均含量分别为(14.58±0.97) mg/g 和(23.41±4.48) mg/g。温度为 6 ℃ 时,多不饱和脂肪酸含量最高,平均含量为(22.74±3.22) mg/g,但与其他各组无显著差异($P>0.05$)。对多不饱和脂肪酸而言,温度为 6 ℃ 时,胚胎中 C20:4n6

(ARA)、C20:5n3(EPA)和 C22:6n3(DHA)的含量均最高,平均分别为(2.96±0.44) mg/g、(4.26±0.85) mg/g 和(4.93±0.79) mg/g,其中,ARA 含量除与 9 ℃ 无显著差异外,均显著高于其余各组($P<0.05$),而 EPA 和 DHA 含量与其余各组均无显著差异($P>0.05$)。

表 3 温度对胚胎脂肪酸组成和含量的影响
Tab.3 Effect of temperature on fatty acid composition and content in embryos /(mg/g)

脂肪酸 Fatty acids	温度 Temperature					
	6 ℃	9 ℃	12 ℃	15 ℃	18 ℃	21 ℃
C14:0	0.45±0.21	0.61±0.28	0.60±0.25	0.44±0.28	0.43±0.21	0.48±0.16
C15:0	0.25±0.06 ^c	0.70±0.03 ^a	0.44±0.07 ^b	0.37±0.05 ^{bc}	0.41±0.06 ^b	0.32±0.12 ^{bc}
C16:0	9.20±0.38	8.81±0.73	9.61±0.67	8.35±1.74	8.36±1.13	8.19±0.98
C16:1	3.85±3.09	4.81±0.29	5.17±1.04	5.78±1.99	5.32±1.50	0.30±0.05
C17:0	0.26±0.06 ^c	0.55±0.08 ^a	0.36±0.01 ^b	0.36±0.02 ^b	0.31±0.04 ^{bc}	0.26±0.03 ^c
C18:0	3.05±0.30	2.67±0.30	3.10±0.80	2.73±0.30	2.86±0.57	2.52±0.52
C18:1n9c	16.75±3.34	15.99±2.85	17.40±4.34	15.32±0.93	15.66±3.41	16.52±6.26
C18:2n6c	4.92±0.85	7.20±5.02	9.02±7.15	7.66±3.52	8.15±4.53	7.78±6.35
C20:0	0.23±0.04 ^{ab}	0.25±0.02 ^a	0.22±0.01 ^{ab}	0.20±0.03 ^b	0.20±0.02 ^{ab}	0.21±0.02 ^{ab}
C18:3n3	4.04±0.62 ^a	2.84±0.78 ^b	1.74±0.31 ^{bc}	1.28±0.02 ^c	1.80±0.77 ^{bc}	1.61±0.70 ^c
C20:1	0.23±0.04	0.25±0.02	0.22±0.01	0.20±0.03	0.20±0.02	0.21±0.02
C21:0	0.09±0.01 ^b	0.13±0.01 ^a	1.74±0.31 ^c	1.28±0.02 ^c	1.80±0.77 ^c	1.61±0.70 ^c
C20:2	0.49±0.02	0.47±0.14	0.06±0.01	0.04±0.01	0.05±0.01	0.05±0.01
C22:0	0.18±0.04	0.14±0.06	0.16±0.02	0.13±0.03	0.13±0.02	0.12±0.02
C20:3n6	0.16±0.04	0.11±0.05	0.11±0.02	0.13±0.08	0.09±0.01	0.08±0.03
C20:3n3	0.54±0.08 ^a	0.33±0.01 ^b	0.30±0.08 ^b	0.21±0.05 ^b	0.25±0.06 ^b	0.28±0.04 ^b
C22:1n9	0.22±0.02 ^b	0.32±0.01 ^a	0.30±0.05 ^a	0.24±0.01 ^b	0.22±0.03 ^b	0.25±0.02 ^b
C20:4n6(ARA)	2.96±0.44 ^a	2.43±0.75 ^{ab}	1.78±0.61 ^b	1.91±0.39 ^b	1.88±0.33 ^b	1.61±0.36 ^b
C23:0	0.05±0.01 ^b	0.07±0.01 ^a	0.04±0.01 ^c	0.04±0.01 ^{bc}	0.05±0.01 ^{bc}	0.04±0.01 ^{bc}
C20:5n3(EPA)	4.26±0.85	3.33±1.02	3.26±1.28	2.94±1.91	2.84±0.94	2.85±1.10
C22:6n3(DHA)	4.93±0.79	3.69±1.79	4.57±2.35	3.72±2.88	2.69±1.84	3.29±1.77
ΣSFA	13.92±0.87	13.93±0.73	14.58±0.97	12.68±2.26	12.73±1.48	12.16±1.24
ΣMUFA	21.32±5.89	21.58±2.49	23.41±4.48	21.66±1.21	21.58±3.19	17.44±6.34
ΣPUFA	22.74±3.22	20.72±3.23	21.73±4.95	18.62±1.87	18.50±2.68	18.37±5.67
ΣHUFA	12.15±2.08	9.44±3.21	9.61±4.22	8.58±5.04	7.41±2.83	7.74±3.18

注: ΣSFA、ΣMUFA、ΣPUFA 及 ΣHUFA 分别代表总饱和脂肪酸、总单不饱和脂肪酸、总多不饱和脂肪酸及总高不饱和脂肪酸。

Notes: ΣSFA, ΣMUFA, ΣPUFA and ΣHUFA respectively represent total content of saturated fatty acids, total content of mono-unsaturated fatty acids, total content of poly unsaturated fatty acids and total content of highly unsaturated fatty acids.

3 讨论

3.1 温度对中华绒螯蟹雌蟹繁殖性能的影响

中华绒螯蟹在降河生殖洄游过程中性腺逐渐发育成熟,当亲蟹到达入海口的咸淡水交接处时,雌雄蟹开始交配产卵(杜楠等, 2024)。研究表明,中华绒螯蟹亲蟹在野外交配产卵的适宜水温为 8~14 ℃ (耿智,

2018; 张列士等, 2002; 黄瑞, 2022)。本研究发现,随温度的升高,中华绒螯蟹雌蟹的交配率逐渐增加,温度 21 ℃ 时交配率达到最高,接近 100%;中华绒螯蟹雌蟹的产卵率随温度升高呈先升高后下降的趋势,温度 15 ℃ 时达到最高。分析认为,当温度逐渐升高时,随着温度对性腺的刺激,中华绒螯蟹雌雄蟹抱对后,交配率便逐渐增加。当温度过高或过低时,中华绒螯蟹雌蟹性腺摄取营养物质及能量的效率降低,从而导

致产卵率下降。

甲壳动物的生长、蜕皮、繁殖均受到规格、盐度、温度等多种因子影响,越低等的动物,受这些因子的影响越大(石今朝等, 2020; 舒新亚等, 2006)。甲壳动物的繁殖性能包括交配率、产卵率、生殖力和产卵量等(Llodra, 2002); 其中, 产卵量和产卵率直接关系到子代的出苗情况, 因此是最重要的生殖性能指标(刘智俊等, 2017)。姚卫军(2010)研究发现, 当温度不高于 30 °C 时, 凡纳对虾(*Penaeus vannamei*)的卵巢发育速度随温度升高而加快, 性腺指数、产卵率和产卵量等生殖指标均随温度的升高而增加, 但温度高于 30 °C 时上述各指标均表现为降低趋势, 这种现象在中国对虾(*Penaeus chinensis*)(李祥云, 1995)中也有体现。本研究中, 随温度升高, 中华绒螯蟹的产卵量、生殖力和生殖指数均呈先增加后降低的趋势, 且这 3 个生殖指标在温度 15 °C 时均达到最高。这一结果与上述 2 种虾类的变化趋势一致, 可能是由于水温过高会降低消化酶的活性, 亲蟹对有利于性腺发育的营养物质利用效率降低, 性腺发育速度和程度下降, 导致性腺指数和产卵率降低。

3.2 温度对胚胎卵径及生化成分的影响

研究表明, 规格相似的野生和养殖中华绒螯蟹以及不同来源的中华绒螯蟹所产胚胎的单卵直径和单卵重量均无太大差异(李清清等, 2019; Nhan *et al*, 2009; Zouelm *et al*, 2019)。由此看出, 亲蟹所产胚胎的卵径和单卵重量不易受亲本规格及水域等的影响。本研究发现, 温度对中华绒螯蟹胚胎卵径和单卵干重均无显著影响, 但对单卵湿重有较大影响, 这一现象还有待进一步研究。

在水生生物胚胎的发育过程中, 水分所占比例最大, 其中, 其营养物质大部分来自于卵黄, 且卵黄通过各种消化酶的水解作用, 不仅能提供构建胚胎组织和器官所必需的物质, 还能释放出胚胎发育所需的能量(姚俊杰等, 2006)。卵黄的成分主要由 3 种物质组成, 分别是蛋白质、碳水化合物和脂肪, 其中, 蛋白质的组成含量相对最高, 脂类次之(田华梅等, 2002)。Babu (1987)认为胚胎的重要能量来源于蛋白质, 不仅能为胚胎供能, 还参与胚胎发育过程中组织的分化和结构物质的形成。脂类不仅能够提供胚胎发育过程中的能量物质, 也是构成生物膜的重要成分(成永旭等, 1999)。Li 等(2012)对蓝蟹(*Callinectes sapidus*)胚胎受精卵、预孵化以及初孵化时期幼体的生化成分进行了比较, 发现蓝蟹在早期发育过程中, 胚胎利用脂质和少量蛋白质构建组织。中华绒螯蟹胚胎发育和幼体变

态都需要较高的脂肪含量(成永旭等, 2000)。本研究中, 亲本所产胚胎中总脂肪的含量在 6 °C 时最高, 此后随着温度的升高逐渐下降, 这可能是随着温度的升高, 胚胎发育所消耗的能量增加, 导致脂肪含量逐渐减少。不同温度下胚胎总脂肪、水分及粗蛋白的含量尽管有所不同, 但各温度组间均无显著差异, 这表明中华绒螯蟹胚胎受精卵时期的常规生化成分较稳定, 这与不同水系及不同饲料对中华绒螯蟹胚胎生化成分的影响研究结果相似(孙秋凤等, 2020; 刘丽等, 2017)。据此得出, 中华绒螯蟹胚胎的常规生化组成较为稳定, 不易受外界因子的影响。

在中华绒螯蟹胚胎的不同发育阶段中主要脂类是甘油三酯, 甘油三酯一部分作为蚤状幼体的内源性营养物质被利用, 另一部分为胚胎发育提供能源物质。胚胎脂类中的磷脂不仅作为能源物质被消耗, 还能构建胚胎的细胞膜(成永旭等, 1999)。本研究中发现, 温度 18 °C 时, 胚胎中甘油三酯和总胆固醇的含量达到最高; 温度 21 °C 时, 磷脂含量最高。这可能是由于随着温度的逐渐升高, 中华绒螯蟹胚胎在各种消化酶的水解作用下, 发育速度加快, 所需消耗能量较多, 导致胚胎中的中性脂、胆固醇及磷脂所需含量增加, 合成速度加快, 因此, 中性脂、胆固醇及磷脂含量升高。

3.3 温度对胚胎脂肪酸组成及含量的影响

脂肪酸在甲壳动物胚胎发育过程中有着重要作用, 能影响甲壳动物的繁殖性能、胚胎发育和幼体质量(吴旭干等, 2007a; Wu *et al*, 2010; Kangpanich *et al*, 2016)。本研究检测出中华绒螯蟹胚胎共包含 21 种脂肪酸, 这与常国亮等(2014)、黄晓荣等(2023)、李清清等(2019)在不同环境条件下对中华绒螯蟹胚胎研究结果类似。由此看出, 中华绒螯蟹胚胎的脂肪酸不易受外界环境因子的影响, 且其组成相对较为稳定。本研究中, 温度 12 °C 时, 胚胎中 Σ SF 和 Σ MUFA 含量最高, 温度 6 °C 时, Σ PUFA 含量最高, 但与其他各组差异均不显著, 这可能是由于中华绒螯蟹亲本在实验过程中摄食饵料相同, 温度对其影响较小, 导致胚胎中脂肪酸含量差异不明显。

中华绒螯蟹胚胎中的 C22:6n3 (DHA)在其发育过程中扮演着重要角色, 且 DHA 含量与胚胎孵化率和幼体质量呈正相关(Wen *et al*, 2002)。适量的 HUFA 存在于甲壳动物卵巢和胚胎中, 不仅能保证胚胎的正常发育, 还能显著提高胚胎变态率、抗逆能力以及初孵幼体的成活率(吴旭干等, 2007a)。本研究发现, 温度 6 °C 时, 中华绒螯蟹胚胎中 ARA、EPA 和 DHA 的含量均最高, 温度 6 °C 接近胚胎发育的阈值(王吉桥等, 2005),

推测在此温度下胚胎需储存较高的脂肪酸以维持后期胚胎的正常发育,且在此温度下所消耗能量较少,导致 6℃ 下胚胎中总脂肪含量最高。

4 结论

温度对中华绒螯蟹繁殖性能、胚胎生化成分及脂肪酸含量均有一定影响。温度为 15℃ 时,中华绒螯蟹繁殖性能最佳;温度为 18℃ 时,所产胚胎质量相对较好。因此,建议开展中华绒螯蟹人工繁育的适宜温度为 15~18℃。目前,有关温度对甲壳类胚胎生化成分及脂肪酸含量的影响报道较少,具体影响机制还需进一步研究。

参 考 文 献

- BABU D E. Observations on the embryonic development and energy source in the crab *Xanthobidentatus*. *Marine Biology: International Journal on Life in Oceans and Coastal Waters*, 1987, 95: 123–127
- CHANG G L, CHENG Y X, DING H Y, *et al.* Comparison of GSI, gross biochemical and fatty acid composition in male gonads between normal and precocious Chinese crab, *Eriocheir sinensis*. *Journal of Henan Normal University (Natural Science)*, 2014, 42(1): 120–123 [常国亮, 成永旭, 丁怀宇, 等. 早熟中华绒螯蟹雄蟹性腺指数、性腺生化成分及脂肪酸组成变化. 河南师范大学学报(自然科学版), 2014, 42(1): 120–123]
- CHENG Y X, DU N S, LAI W. Effects of lipid nutrition on reproductive performance and larval weight of parent crabs of Chinese mitten crabs. *Journal of Fisheries of China*, 2020, 29(2): 113–118 [成永旭, 堵南山, 赖伟. 脂类营养对中华绒螯蟹亲本蟹的生殖性能和幼体质量的影响. 水产学报, 2020, 24(2): 113–118]
- 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. *Chinese Journal of Zoology*, 1999, 34(1): 51–54 [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. 动物学杂志, 1999, 34(1): 51–55]
- DING Z L, CHEN L Q, DU Z Y, *et al.* A mixture of fish oil and soybean oil as a dietary lipid source prevents precocity and promotes growth in juvenile *Macrobrachium nipponense* (De Haan). *Aquaculture Research*, 2014, 45(9): 1567–1572
- DU N, ZHANG T T, GENG Z, *et al.* Construction and application of the habitat quality index of *Eriocheir sinensis* spawning grounds. *Progress in Fishery Sciences*, 2024, 45(1): 148–160 [杜楠, 张婷婷, 耿智, 等. 中华绒螯蟹产卵场生境质量指数的构建及应用. 渔业科学进展, 2024, 45(1): 148–160]
- DU N S. Chinese mitten crab species in some genus and their English names. *Fisheries Science and Technology Information*, 1998, 25(3): 108–109, 113 [堵南山. 中华绒螯蟹的同属种类及其英文名称. 水产科技情报, 1998, 25(3): 108–109, 113]
- DU N S. Migration of Chinese mitten-handed crab *Eriocheir sinensis*. *Fisheries Science and Technology Information*, 2004, 31(2): 56–57, 94 [堵南山. 中华绒螯蟹的洄游. 水产科技情报, 2004, 31(2): 56–57]
- GENG Z. The environment adaptability and conservation strategy of *Eriocheir sinensis* in estuarine life stages. Doctoral Dissertation of East China Normal University, 2018 [耿智. 中华绒螯蟹河口生活史阶段的环境适应性及保护策略. 华东师范大学博士研究生学位论文, 2018]
- HE L L, GENG Z, HUANG X R, *et al.* Effects of salinity on five hormones in the hemolymph of *Eriocheir sinensis* before and after mating and spawning. *Progress in Fishery Sciences*, 2023, 44(5): 162–171 [贺露露, 耿智, 黄晓荣, 等. 盐度对中华绒螯蟹交配及产卵前后血淋巴中 5 种激素的影响研究. 渔业科学进展, 2023, 44(5): 162–171]
- HUANG R. Shrimp and crab breeding technology (2nd Edition). Beijing: Chemical Industry Press, 2002, 150–151 [黄瑞. 虾蟹增养殖技术(第二版). 北京: 化学工业出版社, 2022, 150–151]
- HUANG X R, HE L L, FENG G P, *et al.* Effects of salinity on reproductive characteristics and embryo quality of *Eriocheir sinensis*. *Journal of Fisheries of China*, 2023, 47(3): 121–130 [黄晓荣, 贺露露, 冯广朋, 等. 盐度对中华绒螯蟹繁殖特性及胚胎质量的影响. 水产学报, 2023, 47(3): 121–130]
- JI H, FENG G P, HUANG X R, *et al.* Variation of energy metabolising enzymes of the female non-ovigerous and ovigerous *Eriocheir sinensis* in the Yangtze Estuary. *Freshwater Fisheries*, 2020, 50(6): 107–112 [姬慧, 冯广朋, 黄晓荣, 等. 长江口中华绒螯蟹雌蟹抱卵前后能量代谢酶的变化. 淡水渔业, 2020, 50(6): 107–112]
- JIANG G, DAI Y, ZHANG Y, *et al.* Effects of temperature on the growth and reproduction performance of *Macrobrachium nipponense* from zoea to post larvae. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2022, 31(2): 365–372 [蒋刚, 戴颖, 张亚, 等. 温度对日本沼虾幼体发育及成体繁殖性能的影响. 上海海洋大学学报, 2022, 31(2): 365–372]
- KANGPANICH C, PRATOOMYOT J, SIRANONTHANA N, *et al.* Effects of arachidonic acid supplementation in maturation diet on female reproductive performance and larval quality of giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). *Peer J*, 2016, 4(1): e2735
- LI J, WEN H S. Effects of temperature on holding egg rate and hatch in *Cherax quadricarinatus*. *Modern Agricultural Sciences*, 2009, 16(4): 193–194, 196 [李进, 温海深. 温度对红螯螯虾抱卵率和孵化的影响. 现代农业科学, 2009, 16(4): 193–194, 196]

- LI M Y. Effects of temperature on the gonad development and survival rate of parent prawn *Penaeus orientalis*. Acta Ecologica Sinica, 1995, 15(4): 378–384 [李明云. 温度对中国对虾(*Penaeus orientalis*)越冬亲虾性腺发育与存活率的影响. 生态学报, 1995, 15(4): 378–384]
- LI Q Q, WU X G, JIANG X D, *et al.* 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. Journal of Fisheries of China, 2019, 43(4): 858–866 [李清清, 吴旭干, 姜晓东, 等. 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. 水产学报, 2019, 43(4): 858–866]
- LI Q, CHEN Y X. Research progress on the effect of temperature on the growth and development of shrimp and crabs. Jiangsu Agricultural Sciences, 2019, 47(10): 26–31 [李青, 陈永祥. 温度对虾蟹生长发育影响的研究进展. 江苏农业科学, 2019, 47(10): 26–31]
- LI S, CHENG Y, ZHOU B, *et al.* Changes in biochemical composition of newly spawned eggs, prehatching embryos and newly hatched larvae of the blue crab *Callinectes sapidus*. Journal of Shellfish Research, 2012, 31(4): 941–946.
- LIU L, JIANG X D, WU X G, *et al.* Effect of dietary fish oil replacement by vegetable oils on reproductive performance of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*). Journal of Shanghai Ocean University, 2017, 26(4): 941–946 [刘丽, 姜晓东, 吴旭干, 等. 育肥饲料中植物油替代鱼油对中华绒螯蟹生殖性能的影响. 上海海洋大学学报, 2017, 26(4): 501–510]
- LIU Z J, LI J Z, LU J T, *et al.* Study on ovarian development of crayfish in Chongming area, Shanghai. Fisheries Science and Technology Information, 2017, 44(1): 1–5 [刘智俊, 李建忠, 陆锦天, 等. 上海崇明地区克氏原螯虾卵巢发育规律研究. 水产科技情报, 2017, 44(1): 1–5]
- LLODRA E R. Fecundity and life-history strategies in marine invertebrates. Advances in Marine Biology, 2002, 43(5): 87–170.
- 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. Aquaculture, 2009, 298(1/2): 36–42
- SHI J Z, JIANG X D, LIU N G, *et al.* Effects of broodstock size on reproductive performance and embryo quality of *Eriocheir sinensis*. Freshwater Fisheries, 2020, 50(6): 70–76 [石今朝, 姜晓东, 刘乃更, 等. 亲本规格对中华绒螯蟹生殖性能和胚胎质量的影响. 淡水渔业, 2020, 50(6): 70–76]
- SHU X Y, GONG L J, TAO Z H, *et al.* Artificially induced synchronous spawning test of crayfish. Freshwater Fisheries, 2006, 36(5): 45–47 [舒新亚, 龚路军, 陶忠虎, 等. 人工诱导克氏原螯虾同步产卵试验. 淡水渔业, 2006, 36(5): 45–47]
- SUN Q F, JIANG X D, XU J F, *et al.* Comparison of the reproductive performance and their biochemical composition of the wild female *E. sinensis* broodstock between the Yangtze and Minjiang populations. Journal of Fisheries of China, 2020, 29(2): 226–233 [孙秋凤, 吴旭干. 长江和闽江水系野生中华绒螯蟹生殖性能及其胚胎生化组成的比较. 上海海洋大学学报, 2020, 29(2): 226–233]
- TIAN H M, ZHAO Y L, LI J J, *et al.* Biochemical changes during embryonic development in the crab *Eriocheir sinensis*. Chinese Journal of Zoology, 2002, 37(5): 18–21 [田华梅, 赵云龙, 李晶晶, 等. 中华绒螯蟹胚胎发育过程中主要生化成分的变化. 动物学杂志, 2002, 37(5): 18–21]
- Wang J Q, Zhao T, Tong Y, *et al.* Effects of embryonic developmental stages in vitro from fertilized eggs in Chinese mitten crabs *Eriocheir sinensis* on larva rearing. Journal of Dalian Fisheries University, 2005, 20(3): 192–197 [王吉桥, 张涛, 佟鹰, 等. 不同发育期中华绒螯蟹胚胎离体孵化和幼体培育的研究. 大连水产学院学报, 2005, 20(3): 192–197]
- 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. Comparative Biochemistry and Physiology, Part A: Molecular and Integrative Physiology, 2002, 131(3): 675–681
- WU X G, CHENG Y X, CHANG G L, *et al.* Effect of enriching broodstock on reproductive performance and Z_1 quality of *Eriocheir sinensis*. Journal of Fisheries of China, 2007a, 31(6): 757–764 [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 Z_1 幼体质量的影响. 水产学报, 2007a, 31(6): 757–764]
- 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. Aquaculture, 2007, 273(4): 602–613
- WU X G, YU Z Y, CHENG Y X, *et al.* Effect of four groups of live feeds on larval development, growth (from Z_4 to Megalopa) and fatty acid composition of *Eriocheir sinensis*. Journal of Fishery Sciences of China, 2007b, 14(6): 911–918 [吴旭干, 于智勇, 成永旭, 等. 4组生物饵料对中华绒螯蟹 Z_4 到大眼幼体生长发育和脂肪酸组成的影响. 中国水产科学, 2007b, 14(6): 911–918]
- WU X, CHENG Y, ZENG C, *et al.* Reproductive performance and offspring quality of Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* (H. Milne Edwards) females fed an optimized formulated diet and the razor clam *Sinonovacula constricta*. Aquaculture Research, 2010, 40(12): 1335–1349
- YAO J J, ZHAO Y L. Characteristics of several digestive enzymes and isozyme during embryonic development in prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. Fisheries Science, 2006,

- 25(12): 595–600 [姚俊杰, 赵云龙. 罗氏沼虾胚胎发育期主要消化酶和同工酶特性. 水产科学, 2006, 25(12): 595–600]
- YAO W J. Effects of different ecological conditions on gonad development of *Litopenaeus vannamei* broodstock. Master's Thesis of Guangdong Ocean University, 2010 [姚卫军. 不同生态条件对凡纳滨对虾亲虾性腺发育的影响. 广东海洋大学硕士研究生学位论文, 2010]
- ZENG C S, WANG G Z, LI S Q. Observation of embryonic development of blue crab with saw-edge edge and study on the effect of temperature on embryonic development. *Fujian Fisheries*, 1991(1): 45–50 [曾朝曙, 王桂忠. 锯缘青蟹胚胎发育的观察及温度影响胚胎发育的研究. 福建水产, 1991(1): 45–50]
- ZHANG L S, LI J. River crab breeding technology. Beijing: Jindun Publishing Press, 2002, 1–124 [张列士, 李军. 河蟹增养殖技术. 北京: 金盾出版社, 2002, 1–124]
- ZHAO Y L, DU N S, LAI W. Effects of different gradient temperature on embryonic development of the Chinese mitten-handed crab, *Eriocheir sinensis*. *Zoological Research*, 1993, 14(1): 49–53 [赵云龙, 堵南山, 赖伟. 不同水温对中华绒螯蟹胚胎发育的影响. 动物学研究, 1993, 14(1): 49–53]
- ZOU ELM H K, MOHAMADREZA. The Effects of cold plasma application on quality and chemical spoilage of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during refrigerated storage. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 2019, 28(6): 624–636

(编辑 陈 辉)

Effects of Temperature on Reproductive Performance and Embryo Quality of Female *Eriocheir sinensis*

CUI Chaoyue^{1,2}, GENG Zhi^{2,3}, FENG Guangpeng^{2,3}, ZHANG Tao^{2,3}, ZHAO Feng^{2,3},
YANG Gang^{2,3}, ZHUANG Ping^{2,3}, HUANG Xiaorong^{2,3①}

(1. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2. Key Laboratory of East China Sea & Oceanic Fishery Resources Exploitation and Utilization, Ministry of Agriculture and Rural Affairs; East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China;

3. Shanghai Engineering Research Center of Fisheries Stock Enhancement and Habitat Restoration of the Yangtze Estuary, Shanghai 200090, China)

Abstract The Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) is an economically important species in China, and its reproductive performance and embryo quality are particularly important for the quality of newly hatched larvae. *E. sinensis* is a weak crustacean thermoregulator. From November to May every year, broodstock crabs complete mating, spawning, and early larval development in the Yangtze River Estuary. During this period, they become more sensitive to environmental changes. Water temperatures that are too low or high have direct or indirect effects on the breeding of *E. sinensis*. Therefore, temperature is an important environmental factor affecting the breeding of *E. sinensis*. To explore the effects of temperature on the reproductive performance and embryo quality of female *E. sinensis*, reproduction and oviposition experiments of parent crabs at different temperatures (6 °C, 9 °C, 12 °C, 15 °C, 18 °C, and 21 °C) were conducted. Three parallel groups were set up for each temperature, and three samples were collected for each parallel group. The reproductive performance of females at different temperatures, such as mating rate, spawning rate, spawning volume, and fertility, and the quality of the embryos produced, such as egg diameter, dry weight of a single egg, and wet weight of embryos, were analyzed through observation and calculation. The crude protein content of embryos was determined using the Kjeldahl method; the total fat content was determined using acid hydrolysis; the composition and content of fatty acids were detected using gas chromatography; the moisture content of embryos was determined by taking 2–3 mg of wet

① Corresponding author: HUANG Xiaorong, Email: hxr828@126.com

embryos from each temperature group and drying them at 70 °C until constant weight; the ash content was determined by burning them at 550 °C until a constant weight; and the triglyceride, phospholipids, and cholesterol contents were determined using an enzyme immunoassay kit. The results showed that (1) with an increase in temperature, the mating rate of parent crabs increased gradually, and the spawning rate, spawning capacity, fecundity, and reproductive index first increased and then decreased. When the temperature was 15 °C, the spawning rate, spawning capacity, fecundity, and reproductive index of female crabs were the highest, with averages of $(80\pm 10)\%$, $(15.38\pm 1.81)\times 10^4$ grains/only, $(0.23\pm 0.03)\times 10^4$ grains/only, and $(20.01\pm 1.59)\%$, respectively. There were significant differences with other temperature groups ($P<0.05$). (2) At 18 °C, the egg diameter of the embryos was the largest, with an average of (431.17 ± 13.69) μm . At 15 °C, the dry weight of a single embryo was the heaviest, with an average of (31.28 ± 4.61) μg ; however, there was no significant difference between the 15 °C and 18 °C groups ($P>0.05$). (3) With an increase in temperature, the ash and phospholipid contents of the embryos increased gradually, whereas the total fat content decreased gradually. Triglyceride and total cholesterol contents first increased and then decreased, whereas crude protein and water contents did not change significantly. The crude protein, triglyceride, and total cholesterol contents in embryos were the highest at 18 °C, with an average of $(20.83\pm 1.72)\%$, (26.2 ± 0.71) $\mu\text{mol/g}$, and (97.3 ± 1.19) $\mu\text{mol/g}$, respectively. (4) Twenty-one fatty acids were detected in the *E. sinensis* embryos, of which saturated and monounsaturated fatty acids were the highest at 12 °C; however, there was no significant difference with other groups ($P>0.05$). The total contents of C20:5n3 (EPA), C22:6n3 (DHA), C20:4n6 (ARA) and polyunsaturated fatty acids in embryos at 6 °C were the highest, with an average of (4.26 ± 0.85) mg/g, (4.93 ± 0.79) mg/g, (2.96 ± 0.44) mg/g, and (22.74 ± 3.22) mg/g, respectively. This study showed that temperature had a certain effect on the quality of embryos produced by Chinese mitten crab, and its reproductive performance was the best at 15 °C. This study provides basic data for the study of the breeding biology of *E. sinensis* and scientific support for the conservation of fishery resources of *E. sinensis* in the Yangtze River estuary.

Key words Temperature; *Eriocheir sinensis*; Reproductive performance; Embryo quality; Fatty acids