

低盐度海水和淡水对中华绒螯蟹性腺发育及交配行为的影响

吴旭干^① 赵亚婷^① 何杰^① 黄庆^② 黄志峰^② 刘皓^① 成永旭^{①*}

① 上海海洋大学 水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室及上海市教委水产养殖 E-研究院 上海 201306;

② 上海市崇明县水产技术推广站 崇明 202150

摘要: 研究了低盐度海水(盐度为 15)和淡水(盐度为 0)对中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*, 以下简称河蟹)性腺发育及交配行为的影响,并比较了河蟹交配和产卵前后的性腺指数及肝胰腺指数的变化。实验分为 4 组,分别为低盐度海水雌蟹组、淡水雌蟹组、低盐度海水雄蟹组和淡水雄蟹组。结果表明,(1)各组河蟹的成活率均在 80% 左右,无显著差异($P > 0.05$);(2) 实验第 15 天、30 天和 45 天时,低盐度海水雌蟹组的卵巢指数显著高于淡水雌蟹组($P < 0.05$),低盐度海水雄蟹组的性腺指数也略高于淡水雄蟹组,但差异不显著($P > 0.05$);(3) 实验第 30 天时,低盐度海水雌蟹组的肝胰腺指数显著低于淡水雌蟹组($P < 0.05$),其余采样时间两组雌体间或两组雄体间的肝胰腺指数差异不显著($P > 0.05$),实验期间,两组雌体的肝胰腺指数均显著下降($P < 0.05$);(4) 实验第 45 天,低盐度海水雌蟹组和雄蟹组实验个体全部能够交配,有 66.7% 的低盐度海水雌蟹组的个体交配后 2 d 内产卵,淡水雄蟹组有部分个体在低盐度海水中有发情行为;(5) 低盐度海水组,雌蟹产卵后和雄蟹交配后的性腺指数均显著下降($P < 0.05$),但肝胰腺指数下降不显著($P > 0.05$)。

关键词: 中华绒螯蟹;低盐度海水;淡水;性腺发育;交配行为

中图分类号:Q955 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2013)04-555-07

Effects of Brackish Water and Fresh Water on Gonadal Development and Mating Behavior in Adult Chinese Mitten Crab

WU Xu-Gan^① ZHAO Ya-Ting^① HE Jie^① HUANG Qian^② HUANG Zhi-Feng^②
LIU Hao^① CHENG Yong-Xu^{①*}

① Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources and Aquaculture Division, E-Institute of Shanghai Universities, Shanghai Ocean University, Ministry of Education, Shanghai 201306, China;

② Shanghai Chongming County Fisheries Technical Extension Station, Shanghai Chongming 202150, China

Abstract: This study was conducted to investigate the effects of brackish water (salinity = 15) and fresh water (salinity = 0) on gonadal development and mating behavior in adult Chinese Mitten Crab, *Eriocheir sinensis*. The gonadosomatic index (GSI) and hepatosomatic index (HSI) were also compared between pre- and post-mating/spawning of *E. sinensis*. There were four treatments in the current study, i. e. females cultured in

基金项目 国家 863 高技术研究发展计划项目(No. 2012AA10A409-5),国家星火计划重大项目(No. 2011GA710001),上海市科委优秀学术带头人项目(No. 12XD1402700),上海市教委知识服务平台项目(No. ZF1206),上海高校创新团队项目(No. 2009-026),崇明县科技攻关项目(No. CK2012-07);

* 通讯作者, E-mail: yxcheng@shou.edu.cn;

第一作者介绍 吴旭干,男,副教授;研究方向:水生动物营养繁殖学与生理学;E-mail: xgwu@shou.edu.cn。

收稿日期:2012-12-01,修回日期:2013-03-13

brackish water (FB), females cultured in fresh water (FF), males cultured in brackish water (MB), and males cultured in fresh water (MF). The results showed that: (1) the survival of each treatment was around 80% and no significant difference was observed among different treatments; (2) the GSI of FB was significantly higher ($P < 0.05$) than that of FF; although the GSI of MB was higher than that of MF, no significant difference was observed between the two treatments; (3) for the samples collected at day 30, the HSI of FF was higher than that of FB, but no significant difference was detected between two male or female treatments for other samplings; (4) at day 45, all crabs from FB and MB had mating behaviors and 66.7% of FB females spawned during two days of post-mating. Some MF crabs had estrous behaviors; (5) for the successful mating couples of FB and MB, the GSI decreased significantly after mating/spawning. In conclusion, brackish water can enhance the gonadal development and mating for adult *E. sinensis*, particularly for females.

Key words: *Eriocheir sinensis*; Brackish-water; Freshwater; Gonadal development; Mating behavior

中华绒螯蟹 (*Eriocheir sinensis*, 以下简称河蟹) 是我国重要的经济蟹类, 其自然条件下的生活史较为复杂, 幼蟹及成体的生长主要在淡水中进行, 但亲本的交配、产卵、孵化及幼体发育需在河口区的半咸水中完成, 然后发育到大眼幼体阶段后再洄游进淡水水域生长 (张列士 1973)。野生河蟹通常在生殖洄游的同时性腺发育, 最后进入河口区繁殖场进行交配繁殖 (张列士等 2002)。由于潮汐和淡水径流量变化等原因, 长江下游地区, 特别是河口区的水体盐度并不稳定, 通常在枯水期带有一定的盐度 (马钢峰等 2006), 因此野生河蟹的性腺发育可能在带有盐度的水体中进行。在池塘养殖条件下, 河蟹通常在淡水中完成卵巢发育 (发育至生长成熟), 仅在海水中进行交配和繁殖 (张列士等 2002)。有研究表明, 成体河蟹对盐度的适应性较强, 可以在盐度为 0~25 的水体中生存 (贾小燕等 2012), 但低盐度水体可促进 1 龄扣蟹的生殖蜕壳提前, 从而导致高比例的性早熟率 (魏微等 2007)。迄今为止, 有关盐度对河蟹性腺发育的影响不甚清楚。

盐度刺激是河蟹交配的重要条件 (Herborg et al. 2006), 性腺发育成熟的河蟹在水体盐度 8~25、水温 8~14℃ 的条件下均可顺利交配, 长江口野生河蟹的交配主要发生在每年 12 月至翌年 3 月 (张列士等 2002)。如果在盐度刺激条件下, 河蟹的性腺发育可以加快, 那么河蟹的交配时间和产卵时间是否可以因此而提前? 在盐度刺激条件下, 性腺发育不成熟的河蟹是

否可以交配? 鉴于此, 本实验研究了低盐度海水 (盐度为 15) 和淡水对河蟹性腺发育的影响, 同时比较了低盐度海水 (盐度为 15) 和淡水养殖 (盐度为 0) 条件下, 不同时间段内河蟹在低盐度海水中的交配行为和产卵情况, 结果可以为进一步理解河蟹的性腺发育生理生态机制提供参考, 同时也可以为河蟹的亲本培育和人工繁殖提供实践依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料及养殖管理

实验用河蟹于 2011 年 10 月初取自上海海洋大学崇明实验基地, 挑选附肢健全、活力较强、体重接近的雌蟹和雄蟹各 220 只, 雌体体重为 (91.2 ± 8.2) g, 雄体体重为 (121.4 ± 10.9) g, 蟹运送到江苏如东的河蟹育苗基地, 雌雄分别暂养于 2 个水泥池中 (长 × 宽 × 高为 4.0 m × 5.0 m × 1.5 m), 暂养 1 周后用于实验。将实验用蟹按性别随机放入 4 个同前的水泥池中, 分别为低盐度海水雌蟹组、淡水雌蟹组、低盐度海水雄蟹组和淡水雄蟹组, 雌蟹每池 100 只, 雄蟹每池 75 只, 每池中蟹的总重量基本保持一致。为防止河蟹在水泥池底部爬行擦伤附肢, 池底铺设 5 cm 厚的细沙, 同时放置适量瓦片作为河蟹的隐蔽物。每日 16:00 时投喂专用的河蟹膨化饲料 (浙江欣欣饲料有限公司生产, 蛋白质 36%, 粗脂肪 10%, 灰分 12%), 投喂量为蟹体重的 1%~3%, 具体根据水温和残饵量确定, 次日上午清除残饵和死亡个体。每 2 d 测定一次水质, 根

据水质情况换水 30% ~ 50%。实验期间自然光照, 24 h 充气, 水温为 14 ~ 22℃, pH 7.0 ~ 9.0, 溶氧 > 5 mg/L, 氨氮 < 0.5 mg/L, 亚硝酸盐 < 0.15 mg/L。

1.2 实验分组和采样 实验用蟹分为 4 组, 每个水泥池为 1 组。低盐度海水雌蟹和雄蟹各 1 组, 低盐度海水采用天然海水和淡水调配而成, 盐度为 15, 该盐度主要依据张列士等 (2002) 报道的长江口河蟹交配繁殖场天然水体的盐度 (8 ~ 15) 及人工繁殖中能够顺利产卵的适宜盐度为 15 左右。淡水组雌蟹和雄蟹各 1 组作为对照, 淡水水源为曝气后的自来水, 盐度为 0。在实验开始第 0 天、15 天、30 天、45 天对各组蟹分别采样, 每组采样 6 只蟹。用吸水纸擦干蟹体表水分, 用游标卡尺精确测定甲壳长和甲壳宽, 用电子天平称重 (精确到 0.1 mg)。解剖取出肝胰腺和性腺并准确称重, 同时计算肝胰腺指数 (hepatosomatic index, HSI, %) = (肝胰腺重/体重) × 100, 性腺指数 (gonadosomatic index, GSI, %) = (性腺重/体重) × 100。

1.3 交配实验 实验第 15、30、45 天分别从 4 个实验水泥池各取 6 只蟹, 将低盐度海水组雌、雄蟹各 6 只和淡水组河蟹雌雄各 6 只分别置于 2 只小水泥池中 (长 × 宽 × 高为 2.0 m × 2.0 m × 1.5 m), 池中装有盐度为 15 海水, 水深为 15 cm, 用黑色遮阳网遮光。为便于跟踪观察和记录交配情况, 实验前分别用记号笔在甲壳上标号, 每 2 h 观察一次, 观察持续 48 h。如发现有个体交配, 待交配完毕后, 将雄体取出称重后解剖, 并统计性腺指数和肝胰腺指数, 一旦发现雌体产卵完毕也取出进行解剖并统计相关指数。交配实验 48 h 后, 将没有产卵的雌体全部解剖, 确认雌体纳精囊中是否有精荚存在, 从而确定雌体是否已经交配纳精。另取未用于交配实验的低盐度海水组雌蟹和雄蟹各 6 只称重后解剖, 统计性腺指数和肝胰腺指数, 以用于比较交配前后雄蟹及产卵前后雌蟹的指数变化情况。

1.4 数据处理 实验数据用“平均值 ± 标准

差”表示, 采用 SPSS 11.5 软件进行统计分析, 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者平方根处理, 采用 ANOVA 对实验结果进行方差分析, 采用 Tukey'S 法进行多重比较, 采用 *t*-test 分析低盐度海水和淡水对性腺发育及产卵前后各指标的影响, 以 $P < 0.05$ 为差异显著性标准。

2 结果

2.1 低盐度海水和淡水养殖条件下河蟹成活率、性腺指数和肝胰腺指数的比较 在 45 d 的养殖过程中, 4 组河蟹的成活率均在 80% 左右。图 1A 为低盐度海水组和淡水组雌蟹卵巢指数的变化情况, 在实验第 15 天和 30 天时, 这 2 组雌体的卵巢指数均比实验初显著增加 ($P < 0.05$); 在实验第 30 天时, 低盐度海水组和淡水组雌蟹的卵巢指数分别比实验初增长了 2.84 倍和 1.45 倍, 低盐度海水组的增加幅度显著高于淡水组 ($P < 0.05$); 在实验的第 15 天、30 天、45 天, 低盐度海水组雌蟹的卵巢指数均显著高于淡水组 ($P < 0.05$); 解剖时发现, 低盐度海水雌蟹组部分个体卵巢中的卵母细胞已经游离出来, 进入生理成熟状态。就雄体而言, 尽管实验过程中低盐度海水雄蟹组的性腺指数略高于淡水雄蟹组的, 但是统计学上无显著差异 ($P > 0.05$), 低盐度海水雄蟹组和淡水雄蟹组的性腺指数增长均主要发生在实验的 0 ~ 15 d, 此阶段增长超过 100% (图 1B)。

表 1 为低盐度海水和淡水对河蟹肝胰腺指数的变化情况。就雌体而言, 在第 30 天时, 低盐度海水组雌蟹的肝胰腺指数显著低于淡水组 ($P < 0.05$); 在整个实验过程中, 两组雌体的肝胰腺指数均呈现先下降后上升趋势, 最低点均出现在实验的第 30 天。就雄体而言, 低盐度海水组和淡水组雄体的肝胰腺指数均无显著差异 ($P > 0.05$), 两组雄体肝胰腺指数最低点也出现在第 30 天, 在整个实验过程中, 低盐度海水组雄蟹的肝胰腺指数下降了 12.66%, 而淡水组雄蟹的肝胰腺指数略有上升。

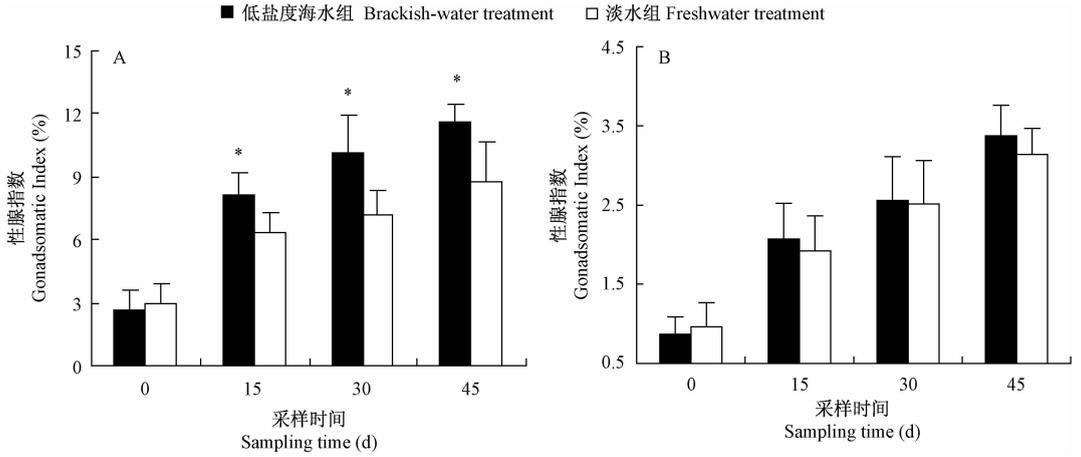


图 1 低盐度海水和淡水对河蟹雌体 (A) 及雄体 (B) 性腺指数的影响

Fig. 1 Effect of brackish water and fresh water on gonadal development of female (A) and male (B) *Eriocheir sinensis*

数据上标有“*”代表两处理组间差异显著 ($P < 0.05$)。

Values with “*” indicate significant difference between two treatments ($P < 0.05$).

表 1 低盐度海水和淡水对河蟹肝胰腺指数的影响

Table 1 Effect of brackish water and fresh water on hepatosomatic index of *Eriocheir sinensis*

时间 Time (d)	雌蟹 Female		雄蟹 Male	
	低盐度海水组	淡水组	低盐度海水组	淡水组
	Brackish water treatment	Fresh water treatment	Brackish water treatment	Fresh water treatment
0	9.21 ± 1.04 ^c	8.80 ± 0.94 ^b	7.66 ± 0.66 ^b	7.02 ± 0.91 ^{ab}
15	7.88 ± 0.60 ^b	7.66 ± 1.02 ^{ab}	6.95 ± 1.12 ^b	6.90 ± 0.62 ^{ab}
30	6.03 ± 0.56 ^a	7.26 ± 1.33 ^{a*}	5.58 ± 0.58 ^a	6.01 ± 0.69 ^a
45	6.61 ± 1.39 ^a	7.46 ± 0.93 ^a	6.69 ± 1.44 ^{ab}	7.18 ± 0.54 ^b

同列数据肩标上不具有相同字母代表同组河蟹不同采样时间间差异显著 ($P < 0.05$); 同行数据右上方标有“*”为同性别海水组与淡水组间差异显著 ($P < 0.05$)。

Values with different superscripts in the same column indicate significant difference among different sampling times of the same treatment ($P < 0.05$), and the superscript of “*” in a same line indicates significant difference between brackish water treatment and fresh water treatment of the same sex ($P < 0.05$).

2.2 低盐度海水和淡水养殖河蟹在海水中的交配行为比较 在交配实验的第 15 天和 30 天, 无论低盐度海水组还是由淡水组转入低盐度中的个体均无交配行为发生, 通过解剖确认雌体纳精囊中无精荚存在。实验第 45 d 的交配实验结果表明, 低盐度海水组全部能够交配, 交配时雄体口器中有泡沫产生, 交配 2 d 后 2/3 的雌体能够产卵, 没有产卵的雌体纳精囊中也有大量精荚存在。交配过程均是雄体主动追逐雌体, 但雌蟹对雄蟹可能具有选择性, 实验中观察到 1 只雌蟹在交配实验第 1 天分别被

3 只不同雄蟹 (11#、12#、15#) 追逐, 但是均没有交配, 交配实验第 2 天此雌蟹最终与第 4 只雄蟹 (13#) 交配成功并产卵。淡水组河蟹在第 45 天的交配实验中, 部分雄体有追逐雌体的行为, 雌蟹一直逃避和抗拒, 不肯打开腹脐让雄体交配, 故该组雌雄蟹始终没有交配成功, 即没有观察到雄体能够将第二交接器伸入到雌体生殖孔中, 通过解剖实验确认淡水组雌体纳精囊中没有精荚。

2.3 交配或产卵前后河蟹性腺指数和肝胰腺指数的比较 表 2 为低盐度海水组雄蟹交配前

表 2 交配或产卵前后河蟹性腺指数和肝胰腺指数的比较

Table 2 Comparison of gonadosomatic index (GSI) and hepatosomatic index (HSI) between pre- and post-mating/spawning *Eriocheir sinensis*

	雌蟹 Female		雄蟹 Male	
	产卵前 Pre-spawning	产卵后 Post-spawning	交配前 Pre-mating	交配后 Post-mating
性腺指数 Gonadosomatic index (%)	11.57 ± 0.91	1.71 ± 1.48 *	3.37 ± 0.39	2.22 ± 0.59 *
肝胰腺指数 Hepatosomatic index (%)	6.61 ± 1.39	6.20 ± 1.25	6.69 ± 1.44	6.49 ± 0.65

同行数据右上方含有“*”为河蟹产卵前后(♀)或交配前后(♂)差异显著($P < 0.05$)。

Values with the superscript of “*” in the same line indicate significant difference between pre-spawning and post-spawning or pre-mating and post-mating of the same sex ($P < 0.05$).

后及雌蟹产卵前后的性腺指数和肝胰腺指数。就雌体而言,产卵后的性腺指数显著下降($P < 0.05$),肝胰腺指数有下降趋势,但与产卵前差异不显著($P > 0.05$);就雄体而言,交配后的性腺指数也显著下降($P < 0.05$),肝胰腺指数下降不显著($P > 0.05$)。

3 讨论

3.1 盐度对河蟹性腺发育的影响 有关盐度对甲壳动物性腺发育影响的研究较少,有限的研究主要集中于虾类(Gelin et al. 2001, Yen et al. 2008, Ituarte et al. 2010)。研究结果表明,低盐度会抑制海水虾类的卵巢发育(Gelin et al. 2001, Janyong 2002),一定的盐度会抑制淡水虾类的卵巢发育(Yen et al. 2008, Ituarte et al. 2010)。本文研究了低盐度海水对河蟹性腺发育的影响,结果表明,低盐度海水不仅可以促进雌体的卵巢发育,而且可以促进雄体的精巢发育,这与同为河口区生殖洄游物种罗氏沼虾(*Macrobrachium rosenbergii*)的研究结果不同,低盐度海水(盐度为6)会抑制该虾的卵巢发育,导致生长变慢和产卵量下降(Yen et al. 2008)。造成这种差异的可能原因为:罗氏沼虾从海水向淡水进化比河蟹更加完善,罗氏沼虾通常在淡水中进行交配和产卵,仅幼体在低盐度海水(0~6)中生长,因此罗氏沼虾亲本对海水的适应差(Yen et al. 2008);而河蟹在很大程度上仍保留着海水甲壳类的特性,如幼体生活史复杂和幼体发育期较多等(梁象秋等 1974);河蟹卵巢的生理成熟必需在海水中完

成,只有在海水中才能产卵,幼体需要在盐度9以上的水体中才能发育成大眼幼体(张列士等 2002, 吴旭干等 2006),因此河蟹对海水的适应性较强(庄平等 2012),且低盐度海水可以促进其性腺发育。水体不同盐度对河蟹卵巢发育的影响可能是通过增加钙离子的吸收和促进雌激素的生殖调控来实现的(魏微等 2007)。低盐度海水组雌蟹在卵巢发育期间,肝胰腺指数的下降幅度大于淡水组雌蟹,这可能与低盐度组雌蟹卵巢发育显著快于淡水组雌蟹有关,其雌体肝胰腺中的营养物质被大量转移到卵巢中。由于低盐度海水可以促进河蟹性腺发育,今后可以利用低盐度海水来进行亲本培育和膏蟹育肥。

3.2 河蟹适合交配盐度及交配时间 先前的研究表明,水体中适宜盐度可以加速河蟹的交配速度(Herborg et al. 2006),实际上交配季节性腺生长成熟的河蟹在淡水中也能交配,但是无法产卵(张列士等 2002)。因为盐度刺激才能促进河蟹初级卵母细胞的生理成熟,即从卵巢组织中游离出来和进入第一次减数分裂中期,等待受精和产卵,因此淡水环境中河蟹无法产卵(Lee et al. 1989)。张列士等(2002)对长江口河蟹繁殖场的调查结果表明,河蟹在盐度8~25的条件下均可顺利交配,产卵的盐度下限为9,过低的盐度会出现“只交配不产卵”的情况,因此河蟹人工繁殖中的建议交配盐度为15左右(张列士等 2002)。本研究证实,河蟹交配过程中是雄蟹先主动追逐雌蟹,卵巢发育成熟的雌体可能

对雄体也具有一定的选择性。本研究发现,实验第 45 天淡水组部分雄体在盐度 15 的水体中对雌蟹有追逐行为,但淡水组雌蟹一直逃避和抗拒交配,淡水组雌体始终没有交配成功和产卵,这可能与此时淡水组雌体卵巢发育尚不成熟,卵巢指数低于 10% 有关。因此,我们推测卵巢发育不成熟的河蟹雌体不会接受成熟雄体的交配请求,只有性腺发育成熟的河蟹雌雄个体才可能交配成功。

张列士等(2002)对长江口野生河蟹繁殖场的调查结果表明,长江口野生河蟹交配主要发生在 12 月中旬至次年 3 月份。本研究结果表明,淡水组河蟹实验第 45 天(12 月初)基本不能交配,其主要原因是雌体卵巢尚未发育成熟,但低盐度海水组的大部分个体可以成功交配和产卵,这说明长江流域淡水养殖的河蟹亲本最佳交配时间应该在 12 月中旬以后。张列士等(2002)建议长江流域河蟹交配时间在 2 月下旬至 3 月中旬,他认为过晚交配会出现“部分雌体卵巢发育过熟,甚至发生退化和重吸收”。由于低盐度海水可以促进河蟹的性腺发育,因此,将亲本在一定盐度下饲养,可以促进其性腺发育,从而实现提早交配和繁殖。值得一提的是,不同地理种群的野生河蟹交配时间可能有所不同,如英国泰晤士河的河蟹交配主要发生在 10 月至次年 2 月,交配高峰期在 11 月份(Herborg et al. 2006),而长江口野生河蟹的交配时间主要发生在 12 月中旬至次年 3 月份,造成这种野生河蟹交配时间差异的原因主要与其性腺发育情况和生殖洄游时间有关。顾志敏等(1997)的研究表明,高纬度地区的河蟹性腺发育早于低纬度地区,因此高纬度地区河蟹开始生殖洄游的时间就早,卵巢达到生长成熟的时间也快一些,故交配时间也有所提前。英国泰晤士河口河蟹产卵场的纬度为 $51^{\circ}30'$ (Herborg et al. 2006),远高于长江口河蟹产卵场的 $31^{\circ}20'$ (张列士等 2002),因此泰晤士河口区河蟹的交配时间早于长江河口区河蟹。至于为何高纬度地区河蟹性腺发育提前则有待进一步研究。

3.3 盐度刺激河蟹交配和产卵的生理机制

盐度是河蟹产卵的必要条件,对河蟹的发情交配也具有一定的促进作用,如张列士等(2002)发现河蟹在盐度低于 9 的条件下不能产卵,有关盐度对河蟹交配和产卵的作用机制主要停留在推测阶段,概括为如下几个方面:(1)盐度促进雌蟹初级卵母细胞的生理成熟和第一次减数分裂,使得卵细胞能够从卵巢中游离出来,并停留在第一次减数分裂的中期,即等待受精阶段(张列士等 2002);(2)盐度促进雌雄河蟹接触时分泌接触性信息素(contact pheromone),这些信息素可以刺激河蟹发情和交配(Herborg et al. 2006);(3)盐度可以促进雄蟹副性腺产生某些特殊蛋白,这些蛋白可以促进雄体交配和消化精荚蛋白,从而利于精卵受精和雌体产卵(Hou et al. 2010)。有关盐度促进交配和产卵的内在生理机制和作用路径可能非常复杂,这些有待今后进一步深入研究。

参 考 文 献

- Gelin A, Crivelli A J, Rosecchi E, et al. 2001. Can salinity changes affect reproductive success in the brown shrimp *Crangon crangon*? *Journal of Crustacean Biology*, 21(4): 905–911.
- Herborg L M, Bentley M G, Clare A S, et al. 2006. Mating behaviour and chemical communication in the invasive Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 329(1): 1–10.
- Hou X L, Mao Q, He L, et al. 2010. Accessory sex gland proteins affect spermatophore digestion rate and spermatozoa acrosin activity in *Eriocheir sinensis*. *Journal of Crustacean Biology*, 30(3): 435–440.
- Ituarte R B, Spivak E D, Camiolo M, et al. 2010. Effects of salinity on the reproductive cycle of female freshwater shrimp *Palaemonetes argentinus*. *Journal of Crustacean Biology*, 30(2): 186–193.
- Janyong S. 2002. Effect of salinity levels and some minerals on ovarian development and spawning of giant tiger shrimp (*Penaeus monodon* Fabricius). Master thesis. Bangkok, Thailand: Kasetsart University, 5–42.
- Lee T H, Yamazaki F. 1989. Cytological observations on fertilization in the Chinese freshwater crab, *Eriocheir sinensis*, by artificial insemination (*in vitro*) and incubation. *Aquaculture*, 76(3/4): 347–360.

- Yen P T, Bart A N. 2008. Salinity effects on reproduction of giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *Aquaculture*, 280(1/4): 124 - 128.
- 顾志敏, 何林岗. 1997. 中华绒螯蟹卵巢发育周期的组织学细胞学观察. *海洋与湖沼*, 28(2): 138 - 145.
- 贾小燕, 庄平, 冯广朋, 等. 2012. 中华绒螯蟹雌性亲蟹血淋巴生化指标与盐度的关系. *水产学报*, 36(1): 91 - 97.
- 梁象秋, 严生良, 郑德崇, 等. 1974. 中华绒螯蟹 *Eriocheir sinensis* H. Milne-Edwards 的幼体发育. *动物学报*, 20(1): 61 - 66.
- 马钢峰, 刘曙光, 戚定满. 2006. 长江口盐水入侵数值模型研究. *水动力学研究与进展: A 辑*, 21(1): 53 - 61.
- 魏薇, 吴嘉敏, 魏华. 2007. 盐度对中华绒螯蟹性早熟生理机制的影响. *中国水产科学*, 14(2): 275 - 280.
- 吴旭干, 成永旭, 南天佐, 等. 2006. 土池低盐度水体河蟹生态育苗试验. *淡水渔业*, 36(6): 49 - 53.
- 张列士. 1973. 河蟹生活史的研究及蟹苗的捕捞. *水产科技情报*, 1(2): 5 - 21.
- 张列士, 李军. 2002. 河蟹增养殖技术. 北京: 金盾出版社, 1 - 124.
- 庄平, 贾小燕, 冯广朋, 等. 2012. 不同盐度条件下中华绒螯蟹亲蟹行为及血淋巴生理变化. *生态学杂志*, 31(8): 1997 - 2003.

江西发现深色型白鹭及蓝鹇

2013年1月19日,在江西省余干县发现深色型白鹭(*Egretta garzetta*)1只(坐标116°36'22.11"E, 28°36'07.90"N),与白色型白鹭混群站立于河边泥滩上。该鸟除头部有部分白色羽毛外,全身羽毛颜色呈深灰色,喙部及腿部颜色与白色型白鹭无异。

我国关于深色型白鹭的发现报道较少,曾偶见于香港,数量非常稀少(Viney et al. 1994)。周晓平等(2004)在厦门大兔屿发现繁殖的深色型白鹭,并对其繁殖及子代雏鸟生长进行了研究。

2011年4月14日,在南昌市青山湖燕鸣岛公园发现蓝鹇(*Latoucheornis siemsseni*)雄鸟在草地活动,周围植被主要有樟树(*Cinnamomum camphora*)、雪松(*Cedrus deodara*)、桂花(*Osmanthus fragrans*)、茶花(*Camellia japonica*)、红花檵木(*Lorpetalum chindense* var. *rubrum*) (灌木球)等。经查阅文献,此次发现蓝鹇是江西省鸟类分布新纪录,推断该鸟可能属于迁徙路过。

蓝鹇为我国特有物种,主要分布于我国中部及东南,繁殖于陕西南部、四川北部、南部及甘肃南部,越冬于湖北、安徽、福建及广东等地,主要栖于次生林及灌丛。

张微微^{①②} 应钦^{①②} 纪伟东^③ 孔凡前^④ 黄慧琴^① 石金泽^①

① 江西农业大学林学院 南昌 330045; ② 江西省鄱阳湖农业生态工程技术研究中心 南昌 330045;

③ 江西省信息技术咨询应用研究所 南昌 330046; ④ 江西省庐山自然保护区管理局 九江 332900