

文章编号: 1000-0615(2016)02-0236-07

DOI: 10.11964/jfc.20150810034

室内养殖条件下中华绒螯蟹雄性个体的生殖潜力

宣富君^{1,2}, 何杰¹, 刘乃更³, 吴旭干¹,
管卫兵⁴, 唐伯平², 周春霖², 成永旭^{1*}

(1. 上海海洋大学省部共建水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室, 上海 201306;
2. 盐城师范学院江苏滩涂生物农业协同创新中心/江苏省盐土生物资源研究重点实验室, 江苏盐城 224051;
3. 盘锦光合蟹业有限公司, 辽宁盘锦 124200; 4. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306)

摘要: 为评判中华绒螯蟹育苗工作亲本投放性比(♀:♂=2~3:1)的合理性, 通过室内连续交配实验, 对雄性个体的生殖潜力进行了研究。结果显示, 雄蟹具备完成3次连续交配活动的生殖潜力; 个体丧失交配能力前, 贡献了超过60%的精子($\geq 6 \times 10^9$ 个)等雄性产物; 多次交配活动并没有对雌蟹的个体繁殖力产生影响; 雌蟹抱卵后, 纳精囊亦没有出现明显的偏差; 实验条件和基地育苗池个体纳精囊内均还存有一定数量的精子, 表明雄蟹提供的雄性产物可以满足雌蟹受精的需要, 因此, 该性比在实际育苗生产中具有一定合理性, 而作为亲本雄蟹的大规格及自身的生殖策略则可能是中华绒螯蟹避免精子限制发生的重要原因, 其潜在的精卵比达 $(1.59 \sim 10.86) \times 10^3 : 1$ 。此外, 研究成果揭示这个被广泛采用的亲本性比存在进一步优化的可能, 可以提升至4:1。

关键词: 中华绒螯蟹; 生殖潜力; 亲本性比; 精子限制; 育苗工作

中图分类号: Q 949.24; S 917.4

文献标志码: A

精子相比于卵子, 体积小且数目巨大, 传统意义上被认为是用之不竭的; 雄性不管规格大小, 个体总是可以和多个雌性发生交配, 为雌性提供丰富的精子^[1-2], 因此, 相关领域的学者及政策决策部门长时间内认为动物群体的生殖成功仅与雌性相关, 与雄性无关或关系不大; 相应地, 在资源保护及实际繁育过程中很少考虑雄性个体的生殖贡献^[3-4]。然而, 目前越来越多的证据表明, 这一假设可能高估了十足目甲壳动物雄性个体的生殖潜力^[5-6], 精子产生实际是个耗能且相对缓慢的过程, 雄性体内不总是存有丰富的精子^[7-8]。许多经济短尾派蟹类, 如蓝蟹(*Callinectes sapidus*)^[9-11]和雪蟹(*Chionoecetes opilio*)^[12-13], 渔业上以保护雌蟹为主, 一般只选择性地捕捞规格较大的雄蟹, 致使整个生殖群

体偏雌性化, 雄蟹交配频率增加而个体生殖潜力大大降低, 造成雌蟹因得不到足够的精子而影响个体繁殖力及最终的孵化率, 即产生精子限制现象^[3-4, 14]。

中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*), 俗称河蟹, 是我国重要经济水产物种。养殖产量从1993年的1.75万t增加到2012年的71.44万t, 已成我国水产业中一项支柱性产业^[15]。中华绒螯蟹一生一般只经历一个生殖季节, 通常每年9月份完成生殖蜕壳后, 10月便开始生殖洄游, 并在每年12月初至翌年3月份, 只要条件合适, 雌雄个体就可以实现交配, 且交配后数小时或10多小时内雌蟹便可以实现第一次排卵^[15]。在实际育苗中, 亲本一般按2~3:1的雌雄性比进行投放, 即假设一只雄蟹可以成功地和2~3只雌蟹交配, 而给予它们的时

收稿日期: 2015-08-14 修回日期: 2015-11-30

资助项目: 国家“八六三”高技术研究发展计划(2012AA100809); 国家自然科学基金(31472287); 中国博士后基金(2015M571546); 江苏省自然科学基金(BK20140461); 盐城市农业科技创新专项引导资金

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

间通常为20~30 d(从亲本投放到雌蟹整体抱卵后去除雄蟹)。然而,鉴于世界其他经济蟹类资源的管理现状,这种偏雌性化的投放模式极有可能造成中华绒螯蟹育苗工作的精子限制,而此间中华绒螯蟹雄性个体的生殖潜力能否满足雌蟹生殖成功的需要,我们却知之甚少。因此,为评判中华绒螯蟹育苗过程雌雄比合理性,本实验首先在室内养殖条件下,参照雌雄3:1性比,进行雄蟹的连续交配实验,检测个体的生殖潜力。研究成果将有助于揭示中华绒螯蟹的生殖策略,并可为今后进一步优化实际育苗的相关工作提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验用中华绒螯蟹亲蟹来源于上海海洋大学崇明基地,挑选成熟雌蟹90只,雄蟹30只,运至上海海洋大学河蟹遗传育种中心盘锦光合蟹业公司江苏如东繁育基地,雌雄隔离暂养于水泥池。暂养期间每天18:00投喂一次新鲜野杂鱼,投喂量为蟹总重的10%左右,次日上午8:00~9:00时清理残饵,每日换水1/3,确保水质清新,最后从中挑选十足健全、体质健壮、性腺发育优良的亲本进行实验。

1.2 实验方法

交配实验于直径1.2 m,高0.7 m的柱状圆桶内进行,桶底铺有约10 cm厚的细沙,水深0.5 m,水体盐度25,水温15~18 °C。每个交配桶内放养4只亲蟹(雌雄3:1),放养前用电子天平和游标卡尺逐只测量个体的体质量(0.01 g)和头胸甲宽(0.1 mm)。雄蟹体质量171.50~201.23 g,头胸甲宽67.5~71.5 mm, $n=15$ 只(表1)。实验开始后,每日早上检查桶内雌蟹的抱卵情况,一旦发现个体抱卵,便立刻取出,并及时补充另一只未交配雌蟹。用镊子等工具轻轻将抱卵蟹腹部的卵刮净,参照Bas等^[16]的方法,将所获卵粒在60 °C烘箱内烘干后,称取100个卵粒干重去除总的干重,计算个体繁殖力(尽管中华绒螯蟹可多次产卵,但后续抱卵的数量、质量均远逊于第一次,且实际苗种生产中也仅采用第一次所抱卵粒的孵化幼体,故本实验以第一次雌蟹抱卵量估算个体繁殖力);同时去掉抱卵蟹的头胸甲,取出两侧纳精囊,称重后在20×物镜下涂片

检测囊内所含精荚/精子的情况(以判断雌蟹交配产卵过程是否获取了充足的精子)。预实验发现:近生殖季节末期(3月份),中华绒螯蟹在海水刺激下一有机会便会交配排卵,时间通常不会超过3 d。因此,桶内如果持续5 d未出现抱卵个体,终止实验并解剖所有亲本:雄蟹取出输精管(包含副性腺,报道称雄性生殖系统该部分也含有大量精荚/精子等产物^[17]),称重后置于10%中性甲醛中保存,并参考Kendall等^[9]的方法,用机械研磨的方法使精子从精荚中释放出来,利用血球计数板20×物镜下统计连续交配后雄蟹输精管内所含精子数(作为对照,同时解剖5只未交配个体,同样获取输精管重及相应精子数);雌蟹则通过镜检纳精囊,进一步明确桶内雄蟹参加交配活动的次数(如囊内出现乳白色精液,则雄性交配次数相应增加一次)。期间,由于人为扰动(主要是早上换水、清理残食、检查抱卵情况等),个别雌蟹出现流产,影响个体繁殖力估算,故对这部分个体本实验不做统计;另有3只雄蟹在完成2~4次交配后死亡,亦不作精子计数。

此外,为探讨实际育苗生产雌蟹获取雄性产物的情况,4月初待繁育基地育苗池内所培养亲蟹挂笼出苗后,随机抽取雌蟹105只;解剖获取纳精囊,称重后镜检囊内所含精子/精荚等雄性产物的情况。

1.3 数据分析

采用SPSS 13.0软件对实验数据进行统计分析。其中,由于参与实验的雄蟹数目有限,且个体规格较为集中,因此,实验中对雄蟹丧失交配能力前后输精管重及所含精子数目的差异比较直接选用独立变量的 t 检验(independent t test);而检测雄性各次交配活动对雌蟹个体繁殖力及纳精囊重的影响和后续与繁育基地育苗池内个体纳精囊重的比较,本实验采用了GLM模型中的协方差分析(ANCOVA),交配次数(1~6次)和纳精囊重(来源不同:室内实验条件 vs. 基地育苗池)为固定因子,雌性规格为协变量。此外,由于交配次数、个体规格及纳精囊来源等因子均未对纳精囊重产生显著影响,数据汇总后建立与头胸甲宽的散点图。

2 结果

整个实验共持续15 d。雄蟹的连续交配活动

终止前,有12只个体成功经历整个周期,其中有2只完成了3次交配,5只完成了4次,3只完成了5次,2只完成了6次,因此,雄蟹丧失交配能力前,具备连续交配3次的能力,大部分个体(10只,占83.3%)则表现出4次或以上的交配能力。

雄蟹经历连续交配,输精管(包括副性腺)的形态特征、重量及其所存储的精子数目均出现了明显的变化。交配前,输精管的贮精囊部分管径粗大且弯曲,呈乳白或白色,副性腺膨大,两者充满精荚精液成分(图1-1A);丧失交配能力后,输精管,尤其是贮精囊部分管径变细,呈白色半透明线状,副性腺部分体积也显著缩小(图1-1B)。输精管重从交配前的6.00 g下降到连续交配后2.18 g (independent *t* test: $t=11.12$, $P<0.001$),而所含精子数则从 10^{10} 下降到 3.81×10^9 ($t=9.47$, $P<0.001$,图2),因此,雄蟹丧失交配能力前贡献了超过60%的精子($\geq 6\times 10^9$ 个)和精液成分。

雌蟹的抱卵数目为18.42~63.11万粒。协方差分析表明,雌蟹除自身规格对所抱卵粒数量有明显影响外(ANCOVA: $F_{(1,33)}=6.918$, $P=0.013$),雄蟹的连续交配活动(1~6次)对其个体繁殖力并无显著作用($F_{(5,33)}=0.939$, $P=0.469$,表1)。另一

方面,交配抱卵后的雌蟹纳精囊总是含有乳白色精荚/精子等雄性产物(图1-2),但其重量分布在0.30~1.97 g之间,跟其规格($F_{(1,33)}=0.808$, $P=0.375$)和雄蟹的交配次数($F_{(5,33)}=2.378$, $P=0.060$)亦没有出现明显差异(表1)。然而,随着雄蟹连续交配活动的进行(≥ 3 次),部分雌蟹(观察到5只)左右纳精囊所接受精荚/精子等雄性产物的量发生了偏差,左右不再对称;个别纳精囊甚至出现空泡,呈透明状,囊内不含雄性产物(图1-3)。

此外,基地育苗池内雌蟹纳精囊所接受雄性产物情况与室内实验类似。挂笼出苗后的雌蟹囊内仍含有精子等雄性产物,并且个别个体两侧纳精囊也出现了不对称现象。与室内实验相比,基地育苗池个体纳精囊的重量并没有显著改变(ANCOVA: $F_{(1,147)}=1.375$, $P=0.243$),而其自身规格差异对纳精囊重量的影响也相对有限($F_{(1,147)}=3.088$, $P=0.081$,图3)。

3 讨论

通过对中华绒螯蟹雄性个体生殖潜力的研究,本实验首次对该经济水产物种育苗工作中被广泛采用的亲本投放性比(♀:♂=2~3:1)进行了评判。结果显示该性比具备一定合理性:①参

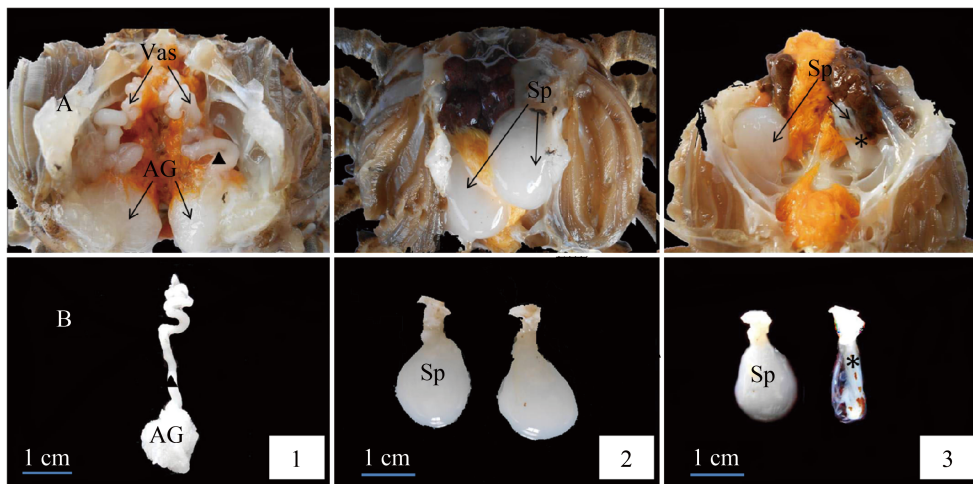


图1 中华绒螯蟹不同生殖状态雄性输精管(包括副性腺)和雌性纳精囊的形态特征

1. 雄性个体连续交配前(A)和交配后的输精管和副性腺(B),▲表示贮精囊部分;2. 雌性交配后充满精液的一对纳精囊;3. 交配后纳精囊一侧充满精液,一侧缺失(*). AG. 副性腺; Sp. 纳精囊

Fig. 1 Characteristics of male vas deferens (including accessory gland) and female spermatheca in various reproductive conditions of *E. sinensis*

1. male vas deferens and accessory gland before mating (A) and after successive mating (B), ▲ showing part of seminal vesicle in vas deferens; 2. female paired spermathecae full of seminal fluid after mating; 3. one spermatheca full of seminal fluid while the other lacked after mating. AG. accessory gland; Sp. spermatheca

表 1 中华绒螯蟹雄性个体连续交配活动对雌性个体繁殖力和纳精囊重的影响

Tab. 1 The effect of male *E. sinensis* successive mating on female fecundity and spermathecal weight

交配次数♂	体质量/g♀	头胸甲宽/mm♀	个体繁殖力/(×10 ⁴) ^a	纳精囊重/g ^a	样本量
male mating times	female body weight	female carapace width	fecundity	spermathecal weight	sampling size
1	80.95~156.63	53.5~67.2	38.28±2.62	0.79±0.09	11
2	77.95~128.01	54.0~62.0	47.93±2.61	0.90±0.09	11
3	81.85~128.56	55.5~64.4	47.83±2.90	0.74±0.10	9
4	86.66~121.50	54.0~61.9	50.38±3.38	0.76±0.12	7
5	72.28~139.98	53.0~68.0	48.02±3.92	0.55±0.14	5
6	101.90~105.61	57.6~59.5	45.27±6.20	0.88±0.22	2

注: a. 均值比较, 通过协方差统一调整到雌性个体头胸甲宽58.7 mm规格下进行; 均值误差为标准误差

Notes: a showing the mean values of fecundity and sperm number were adjusted to a common female carapace width of 58.7 mm by ANCOVA. Means errors are standard errors

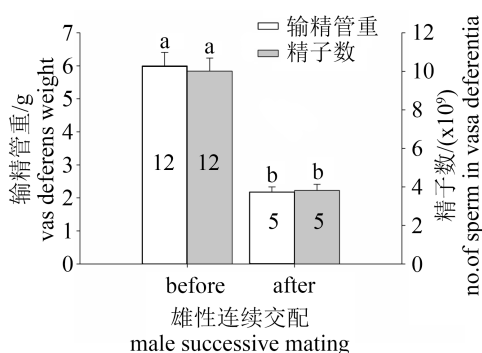


图 2 中华绒螯蟹连续交配前后雄性个体输精管重和所含精子数的变化

柱状图上数字代表样本数; 上面不同字母表示连续交配前后有显著差异($P<0.05$); 误差线表示标准误差

Fig. 2 Variations of vas deferens weight and number of sperm in vasa deferentia before and after male *E. sinensis* successive mating

Numbers in columns are sample sizes, and columns sharing different letters are significant difference($P<0.05$); Error bars are standard errors of means

与实验的雄蟹丧失交配能力前均已连续交配3次或以上, 揭示育苗过程亲本雄性个体具备完成3次交配活动的生殖潜力; ②雄蟹的多次交配活动并没有对雌蟹的抱卵量造成明显差异, 说明其连续交配活动对雌蟹个体繁殖力影响有限或没有影响; ③交配产卵后, 雌蟹在实验条件和基地育苗池个体纳精囊内始终持有一定数量的精子等雄性产物, 表明雄蟹在交配过程中提供的精子数可以满足雌性卵子受精的需要。因此, 本实验结果一定程度上反映了实际育苗工作有关一只雄蟹可以成功与2~3只雌蟹交配抱卵

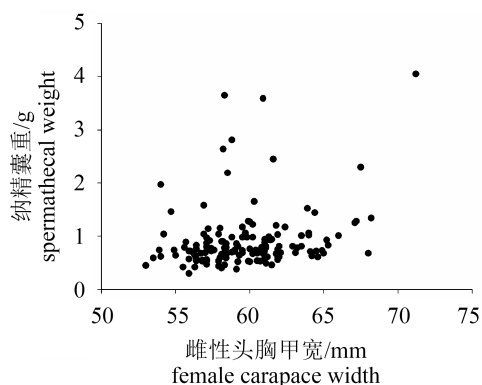


图 3 中华绒螯蟹雌性个体交配抱卵后纳精囊重与头胸甲宽的散点图

Fig. 3 The scatter diagram of female *E. sinensis* spermathecal weight versus carapace width after mating and egg-carrying

假设的成立。

中华绒螯蟹在实验过程和实际育苗中并没有出现诸如蓝蟹因精子不足而引起个体抱卵数和孵化率显著降低^[10]及雪蟹在精卵比小于7:1时拒绝产卵^[12]等精子限制现象, 其原因可以归结如下: 首先, 人们在育苗工作中通常挑选规格大、体质健壮、性腺发育优良的雄蟹作为亲本, 例如, 本次实验用蟹, 体质量均在170 g以上, 这些个体相对于其他由于实行单一选择性捕捞政策而致使整个生殖群体雄性小型化的经济蟹类而言, 亲本雄蟹可以储存更多的精子等雄性产物, 具备更强的生殖潜力, 可以和更多的雌蟹进行交配^[3-4,14]; 其次, 根据Kendall等^[9]对不同规格蓝蟹雄性个体精荚/精子等雄性产物自

我恢复能力的研究表明, 这些大规格雄蟹即使由于参与连续交配活动而丧失交配能力, 相比于其他小规格个体, 亦可能具有更强的恢复能力; 再者, 这些大规格个体的存在, 可以避免生殖群体发生诸如短足拟石蟹(*Paralithodes brevipes*)由于雌性规格偏大, 找不到合适的对象而错过最佳的繁育季节^[18]。

最后, 中华绒螯蟹的生殖策略也可能是其避免精子限制现象发生的重要原因。经过3~6次连续交配, 中华绒螯蟹雄性个体跟其他经济蟹类一样, 在贡献自身超过60%精子($\geq 6 \times 10^9$ 个)等雄性产物后丧失了交配能力。然而, 在此过程中雄蟹似乎对交配对象并没有十分严格的要求, 每次输送给雌蟹雄性产物的量比较均一, 致使交配抱卵后个体的纳精囊重并没有出现显著的差异。相应地, 雄蟹的多次交配活动并没有对雌蟹的抱卵量造成差异, 预示着目前性比(♀:♂=3:1)条件下雄蟹对雌蟹个体繁殖力的影响有限。因此, 假设雄蟹每次交配活动投入的精子数相等并完全用于最终卵粒的受精活动, 并结合每次交配后雌性的个体繁殖力(18.42~63.11万粒), 可以估算得到中华绒螯蟹可支配的潜在精卵比在 $(1.59 \sim 10.86) \times 10^3$, 高于堵南山^[19]观察到的受精过程每枚卵附着数百个精子及可以保证蓝蟹^[10]和雪蟹^[12]正常受精的25~70:1精卵比, 这也解释了交配产卵后雌性纳精囊总是存有一定数量精子的原因。

此外, 实验结果揭示这个被中华绒螯蟹育苗工作广泛采用的雌雄性比还可以进一步优化, 可提升至4:1。首先, 实验中有近50%的雄蟹具备5~6次的交配能力, 可以弥补部分个体(交配3次, 占16.7%)因达不到预定交配次数(例如4次)而造成生殖群体出现诸如雌蟹找不到交配对象而影响其正常产卵受精的问题。其次, 在实际的育苗过程中, 从亲本投放到去雄整个交配活动可持续近一个月的时间, 中间即便出现雄蟹因连续交配而丧失了交配能力, 个体也有可能像蓝蟹一样, 恢复9~20 d后继续参加交配活动^[9]。最后, 尽管个别雌蟹在雄蟹持续交配活动中出现了两侧纳精囊精荚/精子等雄性产物储存不均(一侧囊内雄性产物甚至缺失)的情况, 但短尾派蟹类卵子受精过程具备通过左右卵巢连接处单侧输送的能力^[3], 结合中华绒螯蟹纳精囊重差异不显著和以往对精卵比的分析, 可以推断这些

储存在囊内的雄性产物可以满足雌性受精的需要。

参考文献:

- [1] Levitan D R, Petersen C. Sperm limitation in the sea[J]. Trends in Ecology & Evolution, 1995, 10(6): 228-231.
- [2] Wedell N, Gage M J G, Parker G A. Sperm competition, male prudence and sperm-limited females[J]. Trends in Ecology & Evolution, 2002, 17(7): 313-320.
- [3] Sainte-Marie B. Sperm demand and allocation in decapod crustaceans[M]//Duffy J E, Thiel M. Evolutionary ecology of social and sexual systems: Crustaceans as model organisms. New York: Oxford University Press, 2007: 191-209.
- [4] Sato T. Impacts of large male-selective harvesting on reproduction: Illustration with large decapod crustacean resources[J]. Aqua-Bio Science Monographs, 2012, 5(3): 67-102.
- [5] Smith B D, Jamieson G L. Possible consequences of intensive fishing for males on the mating opportunities of *Dungeness crabs*[J]. Transactions of the American Fisheries Society, 1991, 120(5): 650-653.
- [6] Paul A J, Paul J M. Second clutch viability of *Chionoecetes bairdi* Rathbun (Decapoda: Majidae) inseminated only at the maturity molt[J]. Journal of Crustacean Biology, 1992, 12(3): 438-441.
- [7] Gage M J G, Cook P A. Sperm size or numbers? Effects of nutritional stress upon eupyrene and apyrene sperm production strategies in the moth *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae)[J]. Functional Ecology, 1994, 8(5): 594-599.
- [8] Preston B T, Stevenson I R, Pemberton J M, et al. Dominant rams lose out by sperm depletion[J]. Nature, 2001, 409(6821): 681-682.
- [9] Kendall M S, Wolcott D L, Wolcott T G, et al. Reproductive potential of individual male blue crabs, *Callinectes sapidus*, in a fished population: Depletion and recovery of sperm number and seminal fluid[J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 2001, 58(6): 1168-1177.
- [10] Hines A H, Jivoff P R, Bushmann P J, et al. Evidence for sperm limitation in female blue crabs, *Callinectes sapidus*[J]. Bulletin of Marine Science, 2003, 72(2): 287-310.
- [11] Carver A M, Wolcott T G, Wolcott D L, et al. Unnatural

- selection: Effects of a male-focused size-selective fishery on reproductive potential of a blue crab population[J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2005, 319(1-2): 29-41.
- [12] Sainte-Marie B, Lovrich G A. Delivery and storage of sperm at first mating of female *Chionoecetes opilio* (Brachyura: Majidae) in relation to size and morphometric maturity of male parent[J]. *Journal of Crustacean Biology*, 1994, 14(3): 508-521.
- [13] Sainte-Marie B, Sévigny J M, Carpentier M. Interannual variability of sperm reserves and fecundity of primiparous females of the snow crab (*Chionoecetes opilio*) in relation to sex ratio[J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2002, 59(12): 1932-1940.
- [14] Jivoff P R, Hines A H, Quackenbush S. Reproduction biology and embryonic development[M]//Kennedy V S, Cronin L E. *The Blue Crab, Callinectes sapidus*. Maryland Sea Grant: Maryland Sea Grant Program, 2007: 255-298.
- [15] 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.
- Wang W, Wang C H, Ma X Z. *Ecological Culture for Eriocheir sinensis*[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2013 (in Chinese).
- [16] Bas C C, Spivak E D, Anger K. Seasonal and interpopulational variability in fecundity, egg size, and elemental composition (CHN) of eggs and larvae in a grapsoid crab, *Chasmagnathus granulatus*[J]. *Helgolander Marine Research*, 2007, 61(4), 225-237.
- [17] 孙菊香. 中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)副性腺的结构和功能研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2007.
- Sun J X. Study on the structure and function of male accessory gland of *Eriocheir sinensis*[D]. Shanghai: East China Normal University, 2007 (in Chinese).
- [18] Sato T, Ashidate M, Goshima S. Negative effects of delayed mating on the reproductive success of female spiny king crab, *Paralithodes brevipes*[J]. *Journal of Crustacean Biology*, 2005, 25(1): 105-109.
- [19] 堵南山. 中华绒螯蟹的受精[J]. *水产科技情报*, 1998, 25(1): 9-13.
- Du N S. Fertilization of the Mitten crab[J]. *Fisheries Science & Technology Information*, 1998, 25(1):9-13 (in Chinese).

Reproductive potentiality of individual male Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) under the laboratory-reared conditions

XUAN Fujun^{1,2}, HE Jie¹, LIU Naigeng³, WU Xugan¹,
GUAN Weibing⁴, TANG Boping², ZHOU Chunlin², CHENG Yongxu^{1*}

(1. Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources,
Shanghai Ocean University, Ministry of Education, Shanghai 201306, China; 2. Jiangsu Synthetic Innovation Center for Coastal
Bio-agriculture, Jiangsu Key Laboratory for Bioresources of Saline Solis, Yancheng Teachers University, Yancheng 224051, China;
3. Panjin Guanghe Crab Industry Co. Ltd., Panjin 124200, China; 4. College of Marine Sciences,
Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: The Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* is a commercial important species in China. The aim of the study is on the individual male reproductive potentiality under the laboratory-reared conditions by evaluating the rationality of the parental sex ratio ($\text{♀} : \text{♂} = 2-3 : 1$) during the process of breeding. The results showed that male has the capacity to complete three successive mating activities; prior to losing mating ability, male has contributed more than 60% semen material including the sperm number of $\geq 6 \times 10^9$ contained in vasa deferentia; male multiple mating activities have no obvious effect on females' fecundities; after egg-carrying, female spermathecal weights displayed no distinct deviations either in the laboratory or field-reared conditions, while both spermathecae still contained certain semen material, which means that male would have provided enough sperm to satisfy females' fertilization. Therefore, this parental sex ratio should be proper and practical. Moreover, male big size and reproductive strategy should be two important factors to avoid occurrence of sperm limitation, which make the potential ratio of sperm to egg up to $(1.59-10.86) \times 10^3 : 1$. Besides, our study reveals that this sex ratio adopted extensively in process of seed breeding, can be further optimized and elevated to 4 : 1.

Key words: *Eriocheir sinensis*; reproductive potential; parental sex ratio; sperm limitation; seed breeding

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

Funding projects: National High Technology Research and Development Program 863 (2012AA100809); National Natural Science Foundation of China (31472287); China Postdoctoral Science Foundation (2015M571546); Jiangsu Provincial Natural Science Foundation of China (BK20140461); Yancheng City Agricultural Science and Technology Innovation Fund Project.