

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2019.19006

中华绒螯蟹 1 龄性早熟自交和 1 龄性早熟与 2 龄正常成熟杂交 F₁ 养殖性能及可食率比较

王世会^{1,2}, 王海宁¹, 刘青¹, 姜晓东¹, 吴旭干^{1,3,4}, 成永旭^{1,3,4}

1. 农业农村部淡水水产种质资源重点实验室, 上海海洋大学, 上海 201306;
2. 中国水产科学研究院黑龙江水产研究所, 黑龙江 哈尔滨 150070;
3. 水产科学国家级实验教学示范中心, 上海海洋大学, 上海 201306;
4. 水产动物遗传育种上海市协同创新中心, 上海海洋大学, 上海 201306

摘要: 中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*) 1 龄性早熟是目前产业发展中面临的重要问题, 为全面了解中华绒螯蟹 1 龄性早熟性状对其子代相关性状的影响, 本研究构建了 1 龄性早熟自交家系(PI)和 1 龄性早熟与 2 龄正常成熟杂交家系(PHN), 综合评估其养殖性能和可食率。结果表明: (1)在扣蟹养殖阶段, PI 组 F₁ 扣蟹平均体重始终大于 PHN 组; PI 组 F₁ 雌体的增重率(WGR)、特定生长率(SGR)和早熟率均高于 PHN 组, 雄体则较低, 但均无显著性差异($P>0.05$); PI 组 F₁ 雌体成活率显著低于 PHN 组($P<0.05$), 雄体略低于 PHN 组; PHN 组总产量较高, 但无显著差异($P>0.05$)。扣蟹终体重呈正态分布, 3.00~8.99 g 终体重扣蟹比例较高。(2)在成蟹养殖阶段, 生长前期(3—5 月)PI 组平均体重低于 PHN 组, 生长后期(7—9 月)则以 PI 组为高; 3—5 月和 7—9 月 PHN 组 F₁ WGR 和 SGR 均高于 PI 组, 而 5—7 月则以 PI 组为高; PI 组 F₁ 生殖蜕壳和性腺发育略早于 PHN 组, 无显著性差异($P>0.05$); 总体来看, PI 组 F₁ 成活率和产量均高于 PHN 组, 但饵料系数显著低于 PHN 组($P<0.05$); PHN 组 F₁ 体重<125.00 g 和≥250.00 g 的成蟹百分比较高, 两组体重<125.00 g 的成蟹存在显著性差异($P<0.05$)。(3)就总可食率(TEY)而言, PI 组 F₁ TEY 高于 PHN 组; 就肥满度(CF)而言, PI 组 F₁ 雌体高于 PHN 组, 雄体则较低, 但两组无显著性差异($P>0.05$)。综上, 1 龄早熟自交组 F₁ 具有扣蟹平均体重大、早熟率略高, 成蟹生殖蜕壳较早、成活率和产量高的特点; 而 1 龄早熟与 2 龄正常成熟杂交组 F₁ 则具有扣蟹成活率和产量高, 成蟹生殖蜕壳略晚、饵料系数低的特点。

关键词: 中华绒螯蟹; 子一代; 性早熟; 养殖性能; 可食率

中图分类号: S96

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2019)04-0664-13

中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)隶属于节肢动物门(Arthropoda)、甲壳纲(Crustacea)、十足目(Decapoda)、方蟹科(Grapsidae)、绒螯蟹属(*Eriocheir*), 俗称河蟹、毛蟹或大闸蟹。随着 20 世纪 80 年代采用人工配制海水^[1]突破了中华绒螯蟹繁育技术以来, 河蟹产业快速发展, 现已成为我国重要的淡水养殖品种之一^[2]。河蟹生活史包

括蟹苗繁育、扣蟹养殖(蟹种培育)和成蟹养殖 3 个不同的阶段^[3]。就蟹种培育阶段而言, 1 龄蟹种性早熟会导致规格小, 不能应用于成蟹阶段养殖。该问题是困扰河蟹产业发展的顽疾, 最大限度降低 1 龄蟹种性早熟比例是保证河蟹产业发展的关键要素之一^[4]。

目前, 关于河蟹 1 龄性早熟问题的形成原因

收稿日期: 2019-01-07; 修订日期: 2019-03-12.

基金项目: 农业农村部现代农业产业技术体系专项(CARS-48); 江苏省渔业科技类项目(D-2018-4); 上海市科委工程技术中心能力提升项目(16DZ2281200); 深圳市澳华农牧有限公司横向项目(D-8006-16-0088); 上海市高水平大学建设研究项目(A1-2801-18-1003).

作者简介: 王世会(1986-), 男, 博士研究生, 从事河蟹育种与生态养殖研究. E-mail: firstwsh@163.com

通信作者: 成永旭, 教授, 从事河蟹遗传育种、营养饲料及生态养殖研究. E-mail: yxcheng@shou.edu.cn

众说纷纭, 概括起来主要是遗传和环境因素。河蟹在长期进化过程中形成了自身遗传特点, 如长期地理隔离形成了中华绒螯蟹地理种群, 有辽河、黄河、长江、瓯江和闽江种群等^[5]。其中辽河种群规格较小, 生殖蜕壳提前, 具有早熟性状, 而长江种群则规格较大, 野生种具有晚熟性状^[6-7], 这些均暗示早熟性状可能与遗传相关。杜晓燕等^[8]证实遗传是蟹种性早熟的首要因素。环境因素包括水温^[9-10]、营养^[11-12]、盐度^[13-14]、水体中 Ca²⁺ 浓度^[15-16]和密度^[17]等。张列士等^[18]研究证实长江流域自然水体蟹种早熟率为 5%~10%, 而人工养殖蟹种早熟率可达 18.2%~90%。董鹏生等^[19]和王海宁等^[20]比较了中华绒螯蟹 1 龄早熟家系和 2 龄正常成熟家系子一代养殖性能差异。而 1 龄早熟自交和 1 龄早熟与 2 龄正常成熟杂交 F₁ 的养殖性能和可食率却未见报道, 这对全面评估

1 龄性早熟蟹性状是不利的。因此本文在已有研究工作基础上, 对 1 龄早熟自交(1 龄早熟自交, PI)和 1 龄早熟与 2 龄成蟹杂交(1 龄♂×2 龄♀, PHN)F₁ 的养殖性能进行全面评估, 包括扣蟹阶段生长、早熟率、成活率、产量和终体重分布; 成蟹阶段生长、生殖蜕壳、性腺发育、可食率、成活率、产量和饵料系数等指标。以期为深入研究 1 龄河蟹性早熟机制和种质资源评价提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 实验用蟹及养殖管理

1 龄早熟河蟹和 2 龄正常成熟河蟹亲本均来自上海海洋大学崇明试验基地, 2017 年 4 月初运至江苏省如东县上海海洋大学中华绒螯蟹繁育基地进行人工繁殖(亲本数量及组合见表 1)。

表 1 1 龄早熟自交和 1 龄♂×2 龄♀亲本数量和体重
Tab. 1 The number and body weight of the broodstock *Eriocheir sinensis* for the one-year precocious inbred families and hybrid families between one-year precocious crabs and two-year normally mature crabs *Eriocheir sinensis*

类别 category	性别 gender	数量/只 number	体重/g body weight (n=3, $\bar{x}\pm SE$)
1 龄早熟自交 broodstock of PI	雌 female	3	20.98±2.62
	雄 male	3	23.52±1.38
1 龄♂×2 龄♀杂交 broodstock of PHN	雌 female	3	102.46±3.02
	雄 male	3	27.08±1.84

扣蟹养殖阶段: 2017 年 5 月开始在上海海洋大学崇明试验基地养殖扣蟹, 每组设 3 个重复, 每个池塘总面积 60 m² (长×宽=7.8 m×7.8 m), 围隔中间为一水坑, 长×宽×深=6 m×4 m×0.7 m。实验网箱(长×宽×高=2 m×2 m×1 m)放入水坑中, 每网箱四周的上沿内外均设置 25 cm 高的防逃塑料板, 防止网箱内实验蟹攀爬逃逸, 同时防止外部杂蟹进入网箱内干扰实验结果。围网和网箱内各种植一定数量伊乐藻(*Elodea nuttallii*)和水花生(*Alternanthera philoxeroides*), 以供扣蟹隐蔽, 同时有利于降低网箱内的水温, 网箱内的伊乐藻、水花生分布和数量基本一致。6 月 21 日调整仔蟹密度(400 只/网箱)。PI 组 F₁ 雌体平均体重为(0.93±0.04) g, 雄体(1.17±0.28) g; PHN 组 F₁ 雌体(0.83±0.01) g, 雄体(0.78±0.02) g。养殖期间每天 17:00 投喂一次配合饲料(浙江澳华饲料有限公司), 投

喂量约占蟹体重的 5%, 具体根据水温和摄食情况灵活调整。每隔一周左右测量池塘水质, 根据水质情况适当换水或增施水质调节剂, 确保水质良好。自动水温记录仪记录池塘水表层下 30 cm 处水温。

成蟹养殖阶段: 2018 年 3 月挑选体重基本一致的蟹种用于成蟹阶段实验。PI 组 F₁ 雌体平均体重为(7.69±0.54) g, 雄体(9.49±0.87) g; PHN 组 F₁ 雌体(7.18±0.10) g, 雄体(8.82±0.88) g。每组设 3 个重复, 每个池塘水面积约 95 m² (长×宽×深=10.4 m×7.6 m×1.2 m)。池塘四周设防逃网, 防逃网上口设 35 cm 高的塑料防逃板, 防逃网底端埋入土下 30 cm。2018 年 3 月初使用漂白粉对实验池塘进行消毒, 两周后池塘内种植伊乐藻。3 月 20 日, 扣蟹经 2%高锰酸钾溶液浸泡消毒 0.5 h 后放养, 每个池塘放养 90 只扣蟹(雌雄各半)。养殖期间合理

控制水位, 确保水草生长良好, 密度适宜, 池塘边缘杂草要及时清理。当水温升高到 15℃ 以上时开始投喂人工配合饲料(浙江澳华饲料有限公司)。

1.2 扣蟹养殖性能测定

2017 年 7 月起, 每个奇数月 21 号前后测量扣蟹的生长性状, 每个扣蟹实验塘网箱中捕捉雌雄个体约 200 只(雌雄各半)。用毛巾擦干水分后准确称量(精确到 0.01 g), 用于计算增重率(weight gain rate, WGR, %)和特定生长率(specific growth rate, SGR, %/d)^[7]; 用游标卡尺(精确到 0.01 mm)测量甲壳长和甲壳宽。

$$WGR(\%)=100\times(W_t-W_{t-1})/W_{t-1};$$

$$SGR(\%/d)=100\times(\ln W_t-\ln W_{t-1})/D;$$

式中, W_t 为第 t 月蟹的平均重量(g), W_{t-1} 为第 $t-1$ 月蟹的平均重量(g), D 为采样间隔时间(d)。

9 月和 11 月采样期间, 参照王武等^[21]的方法判断扣蟹是否早熟, 准确记录早熟蟹只数, 计算早熟率。11 月 21 日养殖实验结束, 统计存活个体数, 计算成活率(survival rate, SR, %)、产量(yield, Y , kg/hm²)和最终体重^[7]。根据终体重, 将扣蟹分级, 分别为 <3.00 g, 3.00~5.99 g, 6.00~8.99 g, 9.00~11.99 g 和 ≥12.00 g 共 5 个等级, 统计各等级扣蟹所占比例。

$$SR=100\times N_F/N_I$$

$$Y(\text{kg}/\text{hm}^2)=Y_F/S$$

式中, SR 为成活率(%), N_F 为最终存活个体数, N_I 为初始投放个体数; Y 为单位面积产量(kg/hm²), Y_F 为最终产量(kg), S 为养殖水域面积(hm²)。

1.3 成蟹养殖性能测定

自 2018 年 3 月起, 5 月、7 月、9 月和 11 月 25 日前后捕捉河蟹个体约 30 只(雌雄各半)。用毛巾吸干体表水分后, 准确称量(精确到 0.01 g), 计算 WGR 和 SGR。

8 月 25 日开始, 每隔 15 d, 每个池塘分别捕捉约 30 只河蟹(雌雄各半), 参照王武等^[21]方法判断河蟹是否完成生殖蜕壳, 准确记录, 计算生殖蜕壳率。为观察成蟹性腺发育状况, 9—11 月, 每月 25 日从池塘中随机取 6 只河蟹(雌雄各半), 用干毛巾吸干蟹体表水分, 电子天平(精确到 0.01 g)精确称重。用游标卡尺(精确到 0.01 mm)测量甲壳长和甲壳宽, 计算肥满度(condition factor, CF,

g/cm³)。活体解剖, 取出全部肝胰腺和性腺称重, 计算肝胰腺指数(hepatosomatic index, HSI, %)和性腺指数(gonadosomatic index, GSI, %)。刮取 11 月河蟹一半肌肉, 计算出肉率(muscle yield, MY, %)和总可食率(total edible yield, TEY, %)^[7]。

$$CF(\text{g}/\text{cm}^3)=W/L^3$$

$$HSI(\%)=100\times W_H/W$$

$$GSI(\%)=100\times W_G/W$$

$$MY(\%)=100\times W_M/W$$

$$TEY(\%)=GSI+HSI+MY$$

式中, L 为甲壳长(cm), W_H 为肝胰腺重(g), W_G 为性腺重(g), W_M 为肌肉重(g), W 为体重(g)。

11 月下旬, 养殖实验结束, 统计存活个体数, 精确称重, 计算成活率、产量和饵料系数(feed conversion ratio, FCR)。参照 He 等^[22]分级方法进行体重分级; 雌体分为五级, 分别为 <75.00 g、75.00~99.99 g、100.00~124.99 g、125.00~149.99 g、和 ≥150.00 g; 雄体分为七级, 分别为 <125.00 g、125.00~149.99 g、150.00~174.99 g、175.00~199.99 g、200.00~224.99 g、225.00~249.99 g 和 ≥250.00 g。

$$FCR=W_F/(W_T-W_0)$$

式中, FCR 为饵料系数; W_F 为消耗的饲料总重(g); W_T 为最终养成成蟹总重(g); W_0 为起始放养扣蟹总重(g)。

1.4 数据分析

所有数据均采用平均值±标准误($\bar{x}\pm\text{SE}$)表示, 数据统计分析采用 SPSS 19.0 软件。采用 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平方根处理。采用独立 t 检验(independent samples t -test)检查各项指标间的差异性, $P<0.05$ 为差异显著, $P<0.01$ 为差异极显著。采用 GraphPad Prism 6.0 和 Excel 2003 软件绘图。

2 结果与分析

2.1 扣蟹阶段养殖性能

2.1.1 生长性能 图 1 为扣蟹养殖阶段池塘水温变化, 图 2、图 3 和图 4 为各月扣蟹平均体重、增重率和特定生长率变化。图 1 表明 2017 年 7 月 9 日养殖池塘水温达到极值(33℃), 随后水温持续稳定在 30℃ 以上, 直至 8 月下旬池塘水温开始逐渐降低。

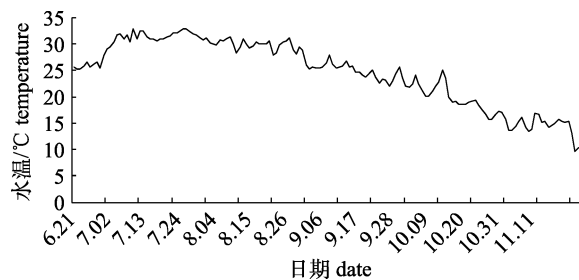


图 1 扣蟹阶段养殖池塘水温变化

Fig. 1 Variation of water temperature in pond during juvenile *Eriocheir sinensis* culture stage

由图 2 可知,随着养殖时间的延长,扣蟹体重逐渐增加。除 9 月雄体体重存在显著差异外,其余月体重均无显著差异($P>0.05$)。整个养殖期间,PI 组 F₁ 体重始终大于 PHN 组。

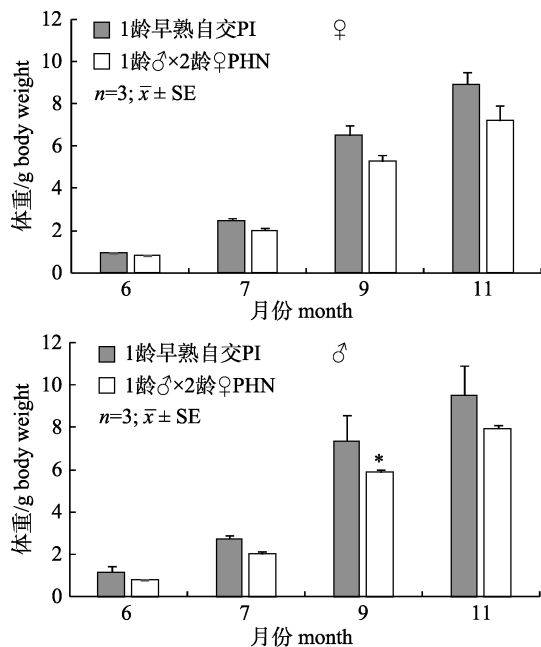


图 2 扣蟹养殖阶段体重月变化

*表示差异显著($P<0.05$)。

Fig. 2 The monthly changes of body weight during juvenile *Eriocheir sinensis* culture stage

* means significant difference ($P<0.05$).

两组亲本 F₁ 增重率(WGR)和特定生长率(SGR)如图 2 和图 3 所示。6—11 月,PI 组 F₁ 雌体 WGR 高于 PHN 组,雄体则较低,无显著性差异($P>0.05$)。SGR 的变化趋势与 WGR 相似。SGR 7—9 月最高,6—7 月居中,9—11 月最低。6—11 月,PI 组 F₁ 雌体 SGR 高于 PHN 组,雄体较低,但无显著差异($P>0.05$)。

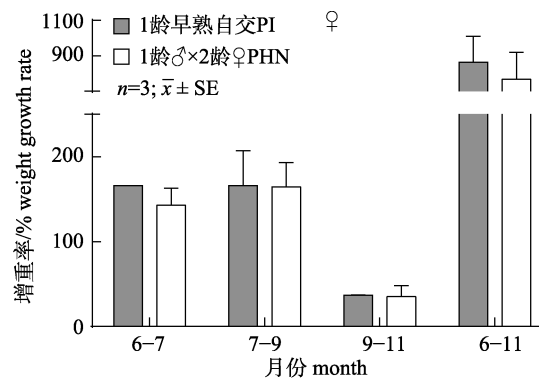


图 3 扣蟹养殖阶段增重率变化

Fig. 3 The comparison of body weight gain rate (WGR) during juvenile *Eriocheir sinensis* culture stage

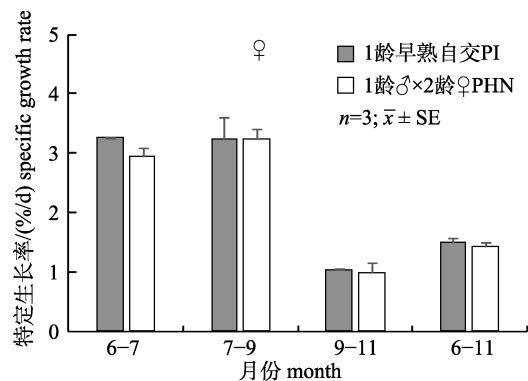


图 4 扣蟹养殖阶段特定生长率变化

Fig. 4 The comparison of specific growth rate (SGR) during juvenile *Eriocheir sinensis* culture stage

2.1.2 早熟率 PI 和 PHN 组 F₁ 扣蟹早熟率见图 5。就 PI 组 F₁ 而言, 88.33%雌蟹为非早熟蟹, 11.67%雌体为早熟蟹, 非早熟蟹与早熟蟹的比约为 8 : 1; 93.63%雄蟹为非早熟蟹, 6.37%雄体为早熟蟹, 非早熟蟹与早熟蟹的比约为 15 : 1; 雌体早熟率大于雄体, 约为 2 : 1; 对 PHN 组 F₁ 而言, 91.25%雌体为非早熟蟹, 8.75%雌体为早熟蟹, 非早熟蟹与早熟蟹的比约为 10 : 1; 90.89%雄蟹为非早熟蟹, 9.11%雄体为早熟蟹, 非早熟蟹与早熟蟹比约为 10 : 1; 雌雄体早熟率相差不大, 约为 1 : 1。PI 组 F₁ 雌体早熟率略高于 PHN 组, 雄体较低, 无显著性差异($P>0.05$)。

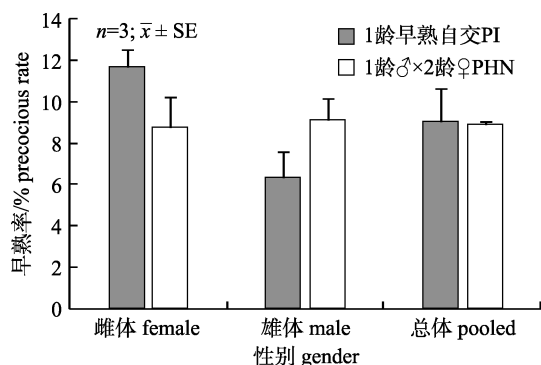


图 5 扣蟹养殖阶段的早熟率
Fig. 5 The precocious rate during juvenile *Eriocheir sinensis* culture stage

2.1.3 成活率、产量 表 2 表明, PI 组 F₁ 雌体成活率显著低于 PHN 组($P<0.05$), 雄体和总体成活率分别低 6.72%和 20.70%, 无显著差异($P>0.05$)。虽然 PHN 组 F₁ 扣蟹终体重低于 PI 组, 但雌体成活率较高, 故雌体扣蟹产量较高; 而雄体成活率差异不大, 故 PI 组雄体扣蟹产量较高。PHN 组总产量较高, 但无显著差异($P>0.05$)。

2.1.4 最终平均体重及其分布 扣蟹养殖阶段最终体重见表 3。表 3 表明, PI 组 F₁ 平均终体重高于 PHN 组, 无显著差异($P>0.05$)。PI 组 F₁ 正常扣蟹雌体、雄体和总体体重分别比 PHN 组高 27.38%、16.71%和 21.54%, 早熟蟹雌体、雄体和总体体重则比 PHN 组高 4.96%、45.34%和 24.47%。

由图 6 可知, 扣蟹终体重呈正态分布, 3.00~8.99 g 终体重扣蟹比例较高。雌体体重≤3.00 g 和 9.00~11.99 g 百分比差异显著($P<0.05$), 其余各

表 2 扣蟹养殖阶段成活率和产量比较
Tab. 2 Survival rate and yield during juvenile *Eriocheir sinensis* culture stage

n=3; $\bar{x}\pm SE$		
项目 item	1 龄早熟自交 PI	1 龄♂×2 龄♀杂交 PHN
成活率/% survival rate		
雌体 female	36.75±4.75	54.67±3.35*
雄体 male	44.00±4.50	47.17±6.17
总体 pooled	40.38±3.63	50.92±3.75
产量/(kg/hm ²) yield		
正常扣蟹 normal coin-sized crab	2782.00±125.40	3081.50±160.60
早熟蟹 precocious crab	890.60±228.20	842.90±131.60
总体 pooled	3672.60±353.60	3930.60±173.30

注: *表示差异显著($P<0.05$)。
Note: * means significant difference ($P<0.05$).

表 3 扣蟹养殖阶段正常扣蟹和早熟蟹平均终体重比较
Tab. 3 Final mean body weight of cultured *Eriocheir sinensis* during juvenile culture stage

n=3; $\bar{x}\pm SE$		
项目 item	1 龄早熟自交 PI	1 龄♂×2 龄♀杂交 PHN
正常扣蟹 normal coin-sized crab		
雌体 female	7.35±0.63	5.77±0.35
雄体 male	8.45±1.09	7.24±0.07
总体 pooled	7.90±0.86	6.50±0.21
早熟蟹 precocious crab		
雌体 female	19.89±1.21	18.95±2.58
雄体 male	25.90±5.61	17.82±1.37
总体 pooled	22.89±3.41	18.39±1.97

组均差异不显著($P>0.05$)。其中体重≥12.00 g 个体数量较多, 可能与早熟蟹比例相关。

2.2 成蟹阶段养殖性能

2.2.1 生长性能 图 7 为成蟹养殖阶段池塘水温变化, 图 8~图 10 为各月河蟹平均体重、增重率和特定生长率变化。由图 7 可知, 养殖池塘水温呈现波动性增加后逐渐降低。2018 年 7 月 30 日养殖池塘水温达到极值(31.43℃)。

由图 8 可知, 随着养殖时间的延长, 两组蟹平均体重逐渐增加。3—9 月体重增加显著, 9—11 月体重差别不大。生长前期(3—5 月), PI 组 F₁ 平均体重低于 PHN 组, 生长后期(7—9 月)则以 PI 组为高。

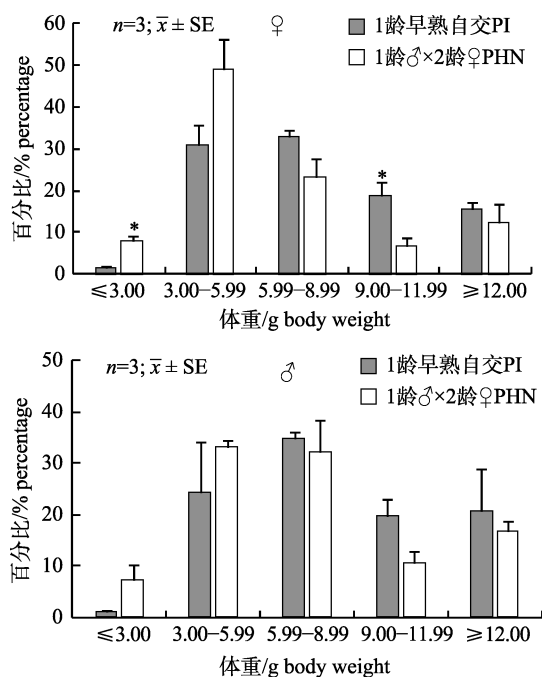


图6 最终养成扣蟹体重分布

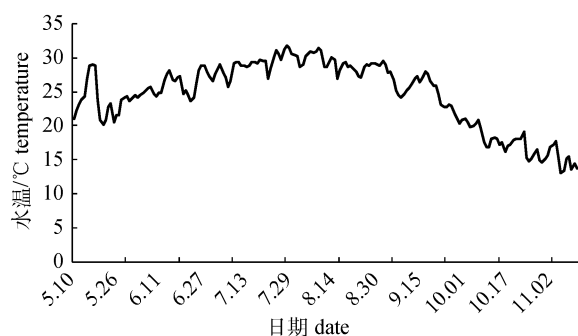
*表示差异显著($P<0.05$).Fig. 6 The frequency distribution of final body weight classes of juvenile *Eriocheir sinensis*
* means significant difference ($P<0.05$).

图7 池塘养殖中华绒螯蟹成蟹阶段水温变化

Fig. 7 Variation of water temperature in pond during adult *Eriocheir sinensis* culture stage

两组亲本F₁WGR和SGR如图9和图10所示。两组WGR和SGR整体上均呈现下降趋势,3—5月最高,9—11月最低。不论是WGR还是SGR,两组均无显著性差异($P>0.05$)。就雌体而言,3—5月和7—9月PHN组WGR和SGR高于PI组,5—7月和9—11月则较低。就雄体而言,3—5月、7—9月和9—11月PHN组WGR和SGR高于PI组,而5—7月则较低。

2.2.2 生殖蜕壳率和性腺发育

进入8月后,两

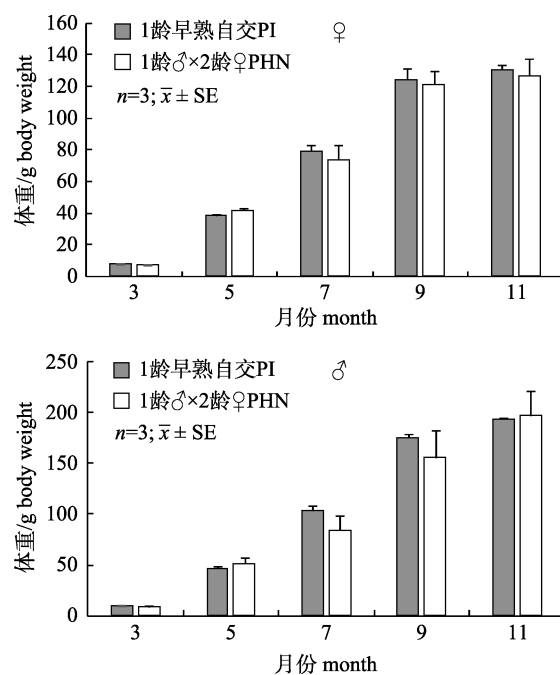


图8 成蟹养殖阶段体重月变化

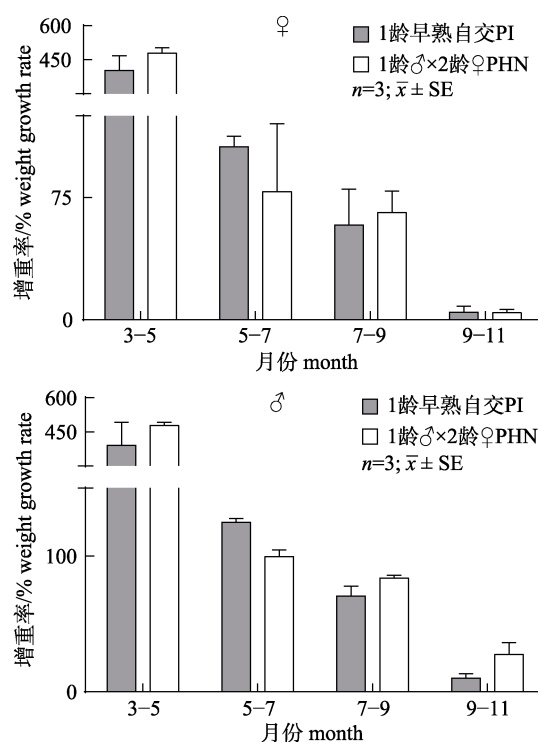
Fig. 8 The monthly changes of body weight during adult *Eriocheir sinensis* culture stage

图9 成蟹养殖阶段增重率比较

Fig. 9 The comparison of body weight gain rate (WGR) during adult *Eriocheir sinensis* culture stage

组成蟹陆续开始生殖蜕壳。PI组生殖蜕壳早于PHN组。雌体生殖蜕壳高峰出现在7月25日至8

月 25 日之间, 9 月 10 日全部完成生殖蜕壳。雄体生殖蜕壳高峰出现在 8 月 25 日至 9 月 10 日之间, 9 月 25 日全部完成生殖蜕壳(图 11)。

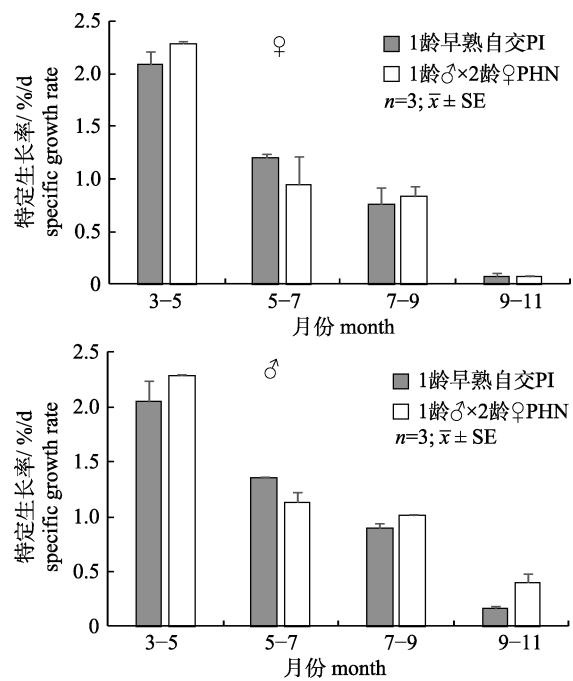


图 10 成蟹养殖阶段特定生长率比较
Fig. 10 The comparison of specific growth rate (SGR) during adult *Eriocheir sinensis* culture stage

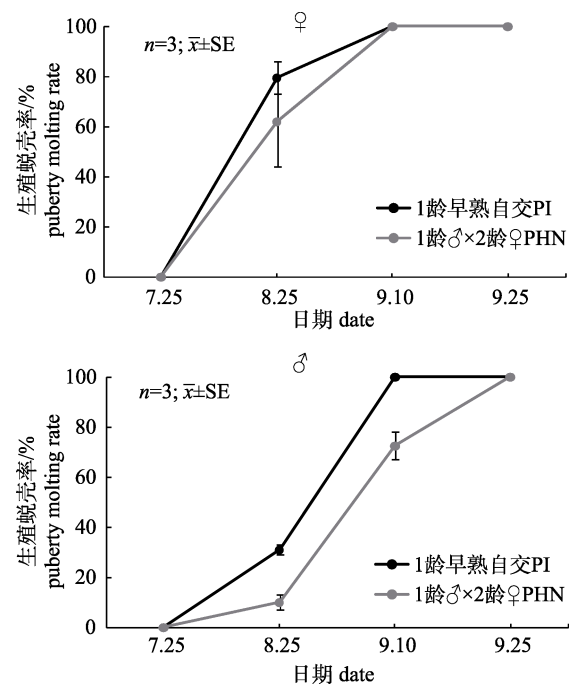


图 11 成蟹养殖阶段生殖蜕壳率比较
Fig. 11 The comparison of puberty molting during adult *Eriocheir sinensis* culture stage

生殖蜕壳完成后, 两组成蟹性腺发育速度显著加快, 其中肝胰腺指数(HSI)下降, 性腺指数(GSI)升高(表 4)。9 月 25 日和 11 月 25 日, 两组雌体 HSI 存在显著性差异($P<0.05$), 其中 PI 组 9—10 月 HSI 下降幅度最大, 达到 24.85%; PHN 组 10—11 月下降幅度最大, 达到 31.40%。9—11 月两组雌体 GSI 显著增加, 其中 9—10 月增加幅度最大, 分别达到了 264.25%和 328.89%。9—11 月两组雄体 HSI 下降幅度不大。9—10 月 GSI 增加幅度最大, 分别达到了 79.00%和 45.59%。

表 4 成蟹养殖阶段肝胰腺指数及性腺指数的比较
Tab. 4 The comparison of the gonadosomatic index (GSI) and hepatosomatic index (HSI) during adult *Eriocheir sinensis* culture stage
 $n=3; \bar{x} \pm SE$

项目 item	时间 date	雌体 female		雄体 male	
		1 龄早熟 自交 PI	1 龄♂×2 龄♀ 杂交 PHN	1 龄早熟自 交 PI	1 龄♂×2 龄♀ 杂交 PHN
肝胰腺 指数 HSI	9 月 25 日	11.95±0.30*	10.63±0.28	8.32±0.69	8.50±0.49
	10 月 25 日	8.98±0.42	9.30±0.25	9.03±0.38	7.82±0.41
	11 月 25 日	7.58±0.38*	6.38±0.22	6.05±0.56	6.33±0.38
性腺指 数 GSI	9 月 25 日	1.93±0.21	1.80±0.42	1.19±0.06	1.11±0.14
	10 月 25 日	7.03±0.25	7.72±0.71	2.13±0.12	2.04±0.16
	11 月 25 日	9.13±0.29	9.19±0.40	2.72±0.08	2.63±0.16

注: *表示差异显著($P<0.05$).
Note: * means significant difference ($P<0.05$).

2.2.3 总可食率和肥满度 11 月成蟹肝胰腺指数、性腺指数、出肉率、总可食率和肥满度见图 12 和图 13。就雌体而言, PI 和 PHN 组 HSI 分别为 7.58%和 6.38%, 存在显著性差异($P<0.05$); GSI 分别为 9.13%和 9.19%, MY 分别为 29.51%和 29.58%, TEY 分别为 46.22%和 45.15%, CF 分别为 0.58 g/cm³和 0.57 g/cm³, 四项指标均无显著性差异($P>0.05$)。就雄体而言, PI 和 PHN 组 HSI 分别为 6.05%和 6.33%, GSI 分别为 1.92%和 2.63%, MY 分别为 32.44%和 31.32%, TEY 分别为 40.41%和 40.28%, CF 分别为 0.68 g/cm³和 0.70 g/cm³, 均无显著性差异($P>0.05$)。

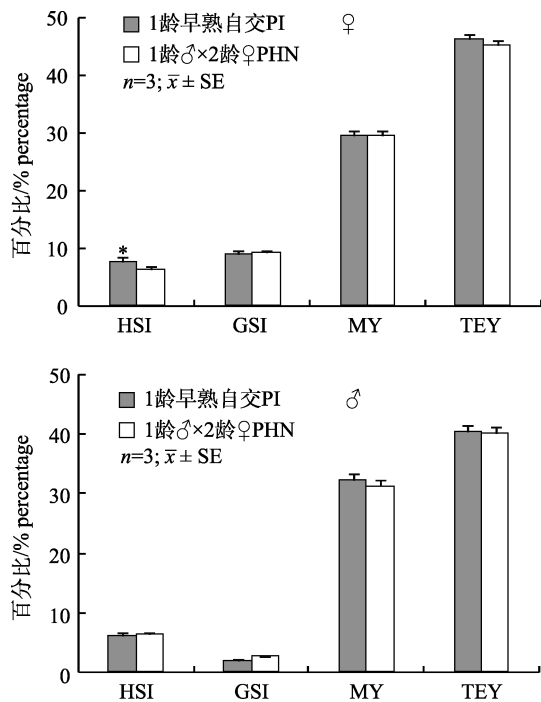


图 12 11 月成蟹可食组织比例比较
*表示差异显著($P<0.05$).
Fig. 12 Edible tissue ratio of adult *Eriocheir sinensis* in November
* means significant difference ($P<0.05$).

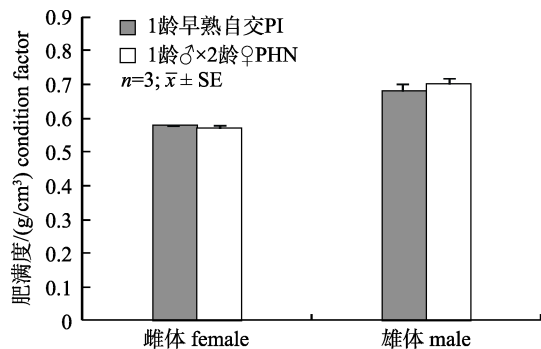


图 13 11 月成蟹肥满度比较
Fig. 13 Condition factor of adult *Eriocheir sinensis* in November

2.2.4 成活率、产量及饵料系数 成蟹阶段成活率、产量和饵料系数见表 5。表 5 表明, 两组雌体成活率相同(64.44%), 而雄体成活率相差近 10%; 总体来看, PI 组成活率较 PHN 组高约 5%, 无显著性差异($P>0.05$)。PI 组雌体产量略高于 PHN 组, 无显著性差异($P>0.05$), 雄体则显著高于 PHN 组($P<0.05$); 总体来看, 无显著性差异($P>0.05$)。PHN 组饵料系数为 3.04, PI 组为 2.38, 存在显著性差异($P<0.05$)。

表 5 成蟹养殖阶段成活率、产量和饵料系数比较
Tab. 5 Survival rate, yield and feed conversion ratio during adult *Eriocheir sinensis* culture stage

项目 item	1 龄早熟自交 PI	1 龄♂×2 龄♀杂交 PHN
成活率/% survival rate		
雌体 female	64.44±6.67	64.44±4.44
雄体 male	72.77±1.11	63.33±5.56
总体 pooled	68.33±3.89	63.89±5.00
产量/(kg/hm ²) yield		
雌体 female	460.02±58.51	422.85±13.32
雄体 male	765.37±16.63*	542.81±40.00
总体 pooled	1225.40±75.14	965.65±53.32
饵料系数 FCR	2.38±0.06	3.04±0.07*

注: *表示差异显著($P<0.05$).
Note: * means significant difference ($P<0.05$).

2.2.5 最终体重及其分布 PI 和 PHN 组雌体平均终体重分别为(130.23±3.77) g 和(126.73±10.58) g; 雄体平均终体重分别为(193.84±0.71) g 和(197.04±25.01) g。由图 14 可知成蟹终体重百分比呈正态分布。雌体主要集中于 100.00~149.99 g, PHN 组 < 75.00 g 百分比比例较高。雄体终体重分布较为分散, 体重 200.00~224.99 g 范围内所占比例最高。PHN 组体重 < 125.00 g 和 ≥ 250.00 g 百分比比较高, 体重 < 125.00 g 百分比存在显著性差异($P<0.05$)。

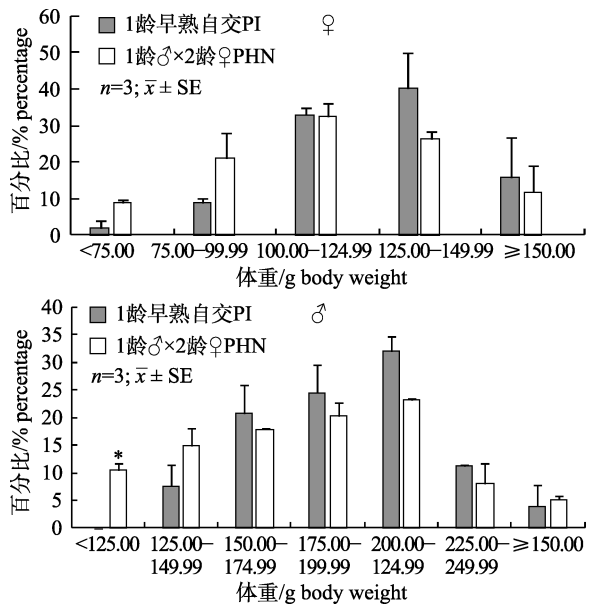


图 14 最终养成成蟹体重分布
*表示差异显著($P<0.05$).

Fig. 14 The frequency distribution of final body weight classes of adult *Eriocheir sinensis*
* means significant difference ($P<0.05$).

3 讨论

养殖性能评价是水产经济动物种质资源评价的重要组成部分,主要包括生长性状、成活率、产量和饵料系数等指标^[22]。生长性状是水产经济动物养殖过程中重点关注的经济性状,影响产业经济效益。目前我国自主培育的水产经济动物新品种,关注最多的就是生长性状^[23-25],暗示着生长性状的可遗传性。本研究比较了 1 龄早熟自交组(PI)和 1 龄早熟与 2 龄正常成熟杂交组(PHN)F₁ 生长性状的差异,结果表明 PI 组 F₁ 最终养成扣蟹和成蟹平均体重均大于 PHN 组,说明 PI 组 F₁ 生长性能优于 PHN 组。这与通常的认知相悖,因为杂交是提高基因丰富度的常用方法,一般表现其养殖性能要优于亲本自交组合^[26]。这已经在许多水产动物文献报道中提及,如扇贝^[27]、牡蛎^[28]、三疣梭子蟹^[29]等。而中华绒螯蟹种内自交组生长性能却要优于杂交组,说明影响中华绒螯蟹生长性状相关基因表达调控是相对复杂的,简单通过杂交选育提高中华绒螯蟹生长性状是较为困难的,而关于中华绒螯蟹生长性状相关基因发挥的作用及机制还需要进一步深入研究。

本研究表明 PI 组 F₁ 最终养成雌雄扣蟹体重分别为(8.94±0.57) g 和(9.55±1.38) g; PHN 组分别为(7.19±0.70) g 和(7.92±0.19) g。PI 组 F₁ 最终养成雌雄成蟹平均体重分别为(130.23±3.77) g 和(193.84±0.71) g; PHN 组分别为(126.73±10.58) g 和(197.04±25.01) g。这比已往文献报道的扣蟹、成蟹最终体重略大^[6, 19, 30],推测可能有以下两方面因素;(1) 遗传因素。本研究采用的是 1 龄性早熟个体进行自交和 1 龄性早熟与 2 龄正常成熟个体进行杂交,1 龄性早熟自交和杂交组早熟蟹占比较高,从而导致最终养成扣蟹平均体重增加。(2) 环境因素。2017 年扣蟹养殖实验期间,积温较高,养殖池塘水温≥30℃的天数占总统计天数的 26.80%。营养饲料投喂较为充足,故扣蟹平均体重较大。2018 年成蟹养殖实验期间,气温适宜,≥30℃的天数仅占总统计天数的 9.8%,同时水草密度适宜,十分有利于河蟹生长,故成蟹平均体重较大。两组 F₁ WGR 和 SGR 均呈逐渐下降的趋

势,这与已往文献报道一致^[6, 22]。

中华绒螯蟹 1 龄早熟可能是生物体的一种病理状态,也有可能是其在进化过程中对不利环境的一种适应性,从而形成了 1 龄性早熟性状并在群体中稳定遗传,增加了对环境的适应能力。性早熟在自然界甲壳动物上是广泛存在的^[31],有着很复杂的遗传与环境之间互作的关系。本研究显示 PI 组 1 龄性早熟率为 9.02%, PHN 组为 8.93%,这与已往文献报道中华绒螯蟹扣蟹养殖阶段早熟率基本一致^[6],说明 PI 和 PHN 组 F₁ 早熟率并没有显著提高,即在早熟率性状上,遗传因素可能并不起主要作用。同时 PI 组雌雄性早熟率的比约为 2:1,而 PHN 组约为 1:1,这可能是因为 PHN 组成雌体成活率高于 PI 组,较高的成活率会降低 1 龄早熟率^[32]。

成活率、产量和饵料系数等指标直接影响产业收益。本研究表明,扣蟹养殖阶段 PI 组 F₁ 雌体成活率显著低于 PHN 组($P<0.05$),这与其早熟率较高是密切相关的^[32]。与已往文献比较^[6, 22],PI 组 F₁ 雌体成活率均为最低,这是由遗传因素还是早熟率较高引起的,还需要进一步研究;PI 和 PHN 组 F₁ 雌体产量略高于已往文献报道^[6],这与扣蟹终体重较大和成活率较高有直接关系。成蟹养殖阶段,两组成活率和产量均较高,说明 1 龄性早熟自交和杂交子一代均可完成 2 龄成蟹阶段生长,而且其成活率和产量比已往报道中华绒螯蟹成活率和产量均高,这可能与 2018 年度上海崇明岛地区气候适宜有关。PI 和 PHN 组 F₁ 饵料系数分别为 2.38 和 3.04,其数值与 2 龄正常成熟蟹饵料系数无显著性差异。综上,1 龄性早熟自交和杂交组后代成活率、产量和饵料系数等经济性状与 2 龄正常成熟蟹无显著性差别。

生殖蜕壳是河蟹性腺发育的重要起点,受遗传和环境因素之间的相互作用^[22]。本研究中 PI 组 F₁ 生殖蜕壳早于 PHN 组,在环境条件基本一致的条件下,遗传因素起到了决定性的作用。分析可能与其表观遗传有关,特别是性腺发育相关基因的 DNA 甲基化^[33]。性腺发育期间,HSI 逐渐降低, GSI 逐渐升高。分析主要是因为肝胰腺是营养

物质的重要存储器官,尤其是脂质。肝胰腺中营养物质向性腺中转化,提供了性腺发育的能量来源^[34-35]。肌肉、肝胰腺(蟹黄)和性腺(蟹膏)是河蟹的三种可食组织,三者所占体重百分比之和(总可食率,TEY)是衡量其经济价值的重要指标^[36]。本研究中11月下旬PI组F₁TEY大于PHN组,在环境条件近似一致的条件下,亲本遗传背景起到了决定性的作用。PI和PHN组F₁雌体TEY分别为46.22%和45.15%,雄体分别为40.41%和40.28%,这与笔者同期间解剖和精刮中华绒螯蟹的TEY是一致的,但与已往文献报道^[30, 37]TEY相差较大,推测可能与采样时间及人员实验操作等均有关系。参照NY 5064-2001中华绒螯蟹理化指标标准^[38],对两组成蟹肥满度(CF)进行评价,结果显示两组成蟹均达到一等标准。

综上所述,1龄早熟自交组和1龄早熟与2龄正常成熟杂交组F₁养殖性能存在差异,主要体现在1龄早熟自交组F₁具有扣蟹终体重大、早熟率略高,成蟹生殖蜕壳较早、成活率和产量高的特点;而1龄早熟与2龄正常成熟杂交组F₁则具有扣蟹成活率和产量高,成蟹生殖蜕壳略晚、饵料系数低的特点。这为深入研究中华绒螯蟹1龄性早熟机制和种质资源开发利用提供了基础资料。

参考文献:

- [1] Zhao N G. Experiments on the artificial propagation of the woolly-handed crab (*Eriocheir sinensis* H. Milne-Edwards) in artificial sea water[J]. Journal of Fisheries of China, 1980, 4(1): 95-104. [赵乃刚. 用配制海水进行中华绒螯蟹人工繁殖的试验[J]. 水产学报, 1980, 4(1): 95-104.]
- [2] Bureau of Fisheries Fishery Management, Ministry of Agriculture and Rural Affairs. China Fisheries Statistical year-book in 2018[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2018: 34. [农业农村部渔业渔政管理局. 2018 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2018: 34.]
- [3] Cheng Y X, Wu X G, Yang X Z, et al. Current trends in hatchery techniques and stock enhancement for Chinese mitten crab, *Eriocheir japonica sinensis*[J]. Reviews in Fisheries Science, 2008, 16(1-3): 377-384.
- [4] Fu L L, Zhou G, Li Y H, et al. Advances in research on precociousness of *Eriocheir sinensis*[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2017, 45(12): 19-23. [付龙龙, 周刚, 李跃华, 等. 中华绒螯蟹种性早熟研究进展[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(12): 19-23.]
- [5] Wang C H, Li S F. Advances in studies on germplasm in Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis*[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2002, 9(1): 82-86. [王成辉, 李思发. 中华绒螯蟹种质研究进展[J]. 中国水产科学, 2002, 9(1): 82-86.]
- [6] 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. [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.]
- [7] Wang S H, Zhou Y C, Wu X G, et al. Comparison of culture performance of juveniles mitten handed crab (*Eriocheir sinensis*) derived from Liaohe and Minjiang River in food crab culture[J]. Chinese Journal of Fisheries, 2019, 32(2): 25-31. [王世会, 周永昌, 吴旭干, 等. 辽河和闽江水系中华绒螯蟹扣蟹在成蟹阶段的养殖性能比较[J]. 水产学杂志, 2019, 32(2): 25-31.]
- [8] Du X Y, Zhang D L. Preliminary analysis on precocious phenomenon of mitten crab, *Eriocheir sinensis* reared in ponds[J]. Journal of Dalian Fisheries University, 2000, 15(4): 254-258. [杜晓燕, 张德隆. 池养河蟹性早熟现象的初步分析[J]. 大连水产学院学报, 2000, 15(4): 254-258.]
- [9] Xu R W, Jiang J P, Lu K H, et al. A preliminary study on cause of sexual premature of *Eriocheir sinensis*[J]. Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science), 2001, 20(3): 195-198. [徐如卫, 江锦坡, 陆开宏, 等. 河蟹性早熟原因的初步研究[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2001, 20(3): 195-198.]
- [10] 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.
- [11] Cheng Y X, Wang W. The relationships between shrimp, crab lipid nutrition and precocious Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis*[J]. Scientific Fish Farming, 2000(6): 39-40. [成永旭, 王武. 虾蟹类脂类营养与中华绒螯蟹性早熟[J]. 科学养鱼, 2000(6): 39-40.]
- [12] Li X W, Li Z J, Liu J S, et al. Growth, precocity, enzyme activity and chemical composition of juvenile Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis*, fed different dietary protein-to-energy

- ratio diets[J]. *Aquaculture Research*, 2012, 43(11): 1719-1728.
- [13] Gu X Y, Jiang J P. Preliminary study on the effect of salinity on precocious maturation of Chinese mitten-handed crab *Eriocheir sinensis*[J]. *Marine Fisheries*, 2002, 24(1): 22-24. [顾晓英, 江锦坡. 盐度对河蟹性早熟影响的初步研究[J]. *海洋渔业*, 2002, 24(1): 22-24.]
- [14] Wei W, Wu J M, Wei H. Physiological mechanism of precociousness influenced by salinity in juvenile *Eriocheir sinensis*[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2007, 14(2): 275-280. [魏薇, 吴嘉敏, 魏华. 盐度对中华绒螯蟹性早熟生理机制的影响[J]. *中国水产科学*, 2007, 14(2): 275-280.]
- [15] Wu J M, Jiang X Y. The relationships between Ca^{2+} , 17β -estradiol levels in the hemolymph and precociousness of *Eriocheir sinensis*[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2001, 25(2): 112-115. [吴嘉敏, 姜新耀. 中华绒螯蟹血淋巴钙离子和 17β -雌二醇浓度与性早熟的关系[J]. *水产学报*, 2001, 25(2): 112-115.]
- [16] Wei W, Wei H. The relationships between Ca^{2+} levels in the water environment and precociousness, survival of *Eriocheir sinensis*[J]. *Freshwater Fisheries*, 2005, 35(3): 10-12. [魏薇, 魏华. 水环境中的 Ca^{2+} 浓度对中华绒螯蟹早熟和存活的影响[J]. *淡水渔业*, 2005, 35(3): 10-12.]
- [17] Li X D, Dong S L, Lei Y Z, et al. The effect of stocking density of Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* on rice and crab seed yields in rice-crab culture systems[J]. *Aquaculture*, 2007, 273(4): 487-493.
- [18] Zhang L S, Xu Q Y. Studies on sex maturity and early maturity of mitten crab (*Eriocheir sinensis*) in natural and farming water[J]. *Fisheries Science & Technology Information*, 2001, 28(3): 106-111. [张列士, 徐琴英. 自然及养殖水体河蟹性成熟和性早熟的研究[J]. *水产科技情报*, 2001, 28(3): 106-111.]
- [19] Dong P S, Liu Q, Wu X G, et al. The comparison of the growth and precocity of juvenile *Eriocheir sinensis* from one-year precocious family and two-year normally mature family during the first year culture stage[J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2016, 25(1): 51-60. [董鹏生, 刘青, 吴旭干, 等. 中华绒螯蟹 1 龄性早熟和 2 龄成熟家系扣蟹阶段生长和早熟的比较研究[J]. *上海海洋大学学报*, 2016, 25(1): 51-60.]
- [20] Wang H N, Liu Q, Wu X G, et al. Comparison of the growth and development of adult *Eriocheir sinensis* between one year precocious family and two year normally mature family during the second year culture stage[J]. *Freshwater Fisheries*, 2017, 47(3): 84-89. [王海宁, 刘青, 吴旭干, 等. 中华绒螯蟹 1 龄性早熟和 2 龄成熟家系子一代成蟹阶段生长发育性能的比较研究[J]. *淡水渔业*, 2017, 47(3): 84-89.]
- [21] Wang W, Wang C H, Ma X Z. Ecological Culture of Chinese Mitten Crab, *Eriocheir sinensis*[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2013: 59-84. [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.]
- [22] 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.
- [23] Deng F Y, 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. [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.]
- [24] Gao B Q, Liu P, Li J. Analysis of the growth and breeding value of *Portunus trituberculatus* 'Huangxuan No.1'[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2015, 22(1): 44-50. [高保全, 刘萍, 李健. 三疣梭子蟹‘黄选 1 号’生长和育种性能分析[J]. *中国水产科学*, 2015, 22(1): 44-50.]
- [25] Shi L Y, Li C T, Ge Y L, et al. A review: Common carp breeding in Heilongjiang Fisheries Research Institute[J]. *Chinese Journal of Fisheries*, 2016, 29(3): 1-8. [石连玉, 李池陶, 葛彦龙, 等. 黑龙江水产研究所鲤育种概要[J]. *水产学杂志*, 2016, 29(3): 1-8.]
- [26] Luo K, Yang G L, Kong J, et al. Analysis of the effect of hybridization between different groups of *Macrobrachium rosenbergii*[J]. *Marine Fisheries Research*, 2008, 29(3): 67-73. [罗坤, 杨国梁, 孔杰, 等. 罗氏沼虾不同群体杂交效果分析[J]. *海洋水产研究*, 2008, 29(3): 67-73.]
- [27] Cruz P, Ibarra A M. Larval growth and survival of two catarina scallop (*Argopecten circularis*, Sowerby, 1835) population and their reciprocal crosses[J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 1997, 212(1): 95-110.
- [28] English L J, Maguire G B, Ward R D. Genetic variation of wild and hatchery populations of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg), in Australia[J]. *Aquaculture*, 2000, 187(3-4): 283-298.
- [29] Gao B Q, Liu P, Li J, et al. Heterosis of F_1 *Portunus trituberculatus* from matings and crosses among different geographical populations[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2008, 39(3): 291-296. [高保全, 刘萍, 李健, 等. 三疣梭子

- 蟹(*Portunus trituberculatus*)不同地理种群内自繁和种群间杂交子一代生长性状的比较[J]. 海洋与湖沼, 2008, 39(3): 291-296.]
- [30] Zhao H L. Comparative studies on morphology, culture performance and biochemical composition among Yangtze, Huang, and Liao River populations of adult *Eriocheir sinensis* reared in ponds[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2016: 1-2. [赵恒亮. 池塘养殖条件下中华绒螯蟹长江、黄河和辽河3个地理种群成蟹形态学、养殖性能和营养品质的比较研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2016: 1-2.]
- [31] Begtashi I, Rodríguez L, Moles G, et al. Long-term exposure to continuous light inhibits precocity in juvenile male European sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L.). I. Morphological aspects[J]. Aquaculture, 2004, 241(1-4): 539-559.
- [32] He Z K, Yin J, Zhu Y Z. Co-relation between density netrition and growth prematuration of young mitten crab[J]. Fisheries Science & Technology Information, 1999, 26(2): 73-76. [何正侃, 印骏, 朱雅珠. 密度、营养与河蟹蟹种生长及性早熟之间的相关关系[J]. 水产科技情报, 1999, 26(2): 73-76.]
- [33] Crespo B, Gómez A, Mazón M J, et al. Isolation and characterization of Ff1 and Gsdf family genes in European sea bass and identification of early gonadal markers of precocious puberty in males[J]. General and Comparative Endocrinology, 2013, 191: 155-167.
- [34] 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[J]. Chinese Journal of Zoology, 1999, 34(1): 51-55. [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[J]. 动物学杂志, 1999, 34(1): 51-55.]
- [35] Li S F, Wang C H, Zhao N G. Study on gonad developmental rule of lake stocked mitten crab of Yangtze population[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2001, 25(4): 350-357. [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.]
- [36] 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.
- [37] 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. [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.]
- [38] Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. NY 5064-2001 Pollution-free food, Chinese mitten crab[S]. Beijing: Standards Press of China, 2002. [中华人民共和国农业部. NY 5064-2001 无公害食品, 中华绒螯蟹[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.]

A comparative study between culture performance and total edible yield of first-generation Chinese mitten crabs produced from inbred families and hybrid families

WANG Shihui^{1,2}, WANG Haining¹, LIU Qing¹, JIANG Xiaodong¹, WU Xugan^{1,3,4}, CHENG Yongxu^{1,3,4}

1. Key Laboratory of Freshwater Aquatic Genetic Resources, Ministry of Agriculture and Rural Affairs; Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;
2. Heilongjiang Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Harbin 150070, China;
3. National Demonstration Center for Experimental Fisheries Science Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;
4. Shanghai Engineering Research Center of Aquaculture, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

Abstract: The appearance of one-year precocious crabs is a severe problem in the development of the Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) industry. To understand the impact of one-year precocious traits of *Eriocheir sinensis* on its offspring, one-year precocious inbred families (PI) and hybrid families (PHN) comprising one-year precocious crabs and two-year normally mature crabs were constructed to comprehensively evaluate the culture performance and total edible yield of the offspring. The results illustrated that during the juvenile *E. sinensis* culture stage, the mean body weight of F₁ in PI was always higher than in PHN. The weight gain rate (WGR), specific growth rate (SGR), and precocious rate of F₁ females from PI were higher than F₁ females from PHN ($P>0.05$). The survival rate of F₁ females from PI was significantly lower than F₁ females from PHN ($P<0.05$), and the F₁ male survival rate was also slightly lower than in PHN. Although the total yield of F₁ from PHN was higher, there was no statistically significant difference ($P>0.05$). The final body weight of juveniles was normally distributed, and highest proportion of final body weights were between 3.00 g and 8.99 g. The results also showed that during the adult *E. sinensis* culture stage, the mean body weight of PI individuals was lower than those from PHN in the pre-growth period (March–May), and that the mean body weight of PHN individuals was higher than PI individuals in the late growth stage (July–September). The WGR and SGR values of PHN individuals were higher than those of PI individuals in the March–May and July–September periods. Puberty molting and gonad development was slightly earlier in PI crabs than in PHN individuals, but no statistically significant difference was observed ($P>0.05$). Overall, the survival rate and yield were higher for PI than PHN, but feed conversion ratio was significantly lower in PI individuals ($P<0.05$). A greater number of PHN crabs had final body weights of <125.00 g and ≥ 250.00 g. There was significant difference between the number of individuals in the two groups with body weights <125.00 g ($P<0.05$). In terms of total edible rate (TEY), TEY of PI was higher regardless of gender. The female TEY for PI was higher than for PI males, but there was no statistically significant difference ($P>0.05$). In summary, PI of *E. sinensis* produce individuals with larger mean body weights, slightly higher precocious rates during the juvenile culture stage, and early puberty molting, and also produce higher survival rates, and higher yields during the adult culture stage. However, PHN of *E. sinensis* produce higher survival rates and yields during the juvenile culture stage, and produce individuals with late puberty molting and lower feed conversion ratios.

Key words: *Eriocheir sinensis*; F₁; precocious; culture performance; total edible yield

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