

文章编号: 1674-5566(2016)01-0051-10

## 中华绒螯蟹一龄性早熟和二龄成熟家系扣蟹阶段生长和早熟的比较研究

董鹏生<sup>1</sup>, 刘青<sup>1</sup>, 吴旭干<sup>1,2</sup>, 何杰<sup>1,3</sup>, 常国亮<sup>2</sup>, 丁怀宇<sup>2</sup>, 王幼鹏<sup>4</sup>,  
成永旭<sup>1,3</sup>

(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, 上海 201306; 2. 淮阴师范学院 江苏省特色水产繁育工程实验室, 江苏 淮安 223300; 3. 上海海洋大学 上海市教委水产动物遗传育种协同创新中心, 上海 201306; 4. 江苏省宿迁旭邦水产科技有限公司, 江苏 泗洪 223900)

**摘要:** 河蟹一龄性早熟是扣蟹养殖过程中的一个重要问题, 通过构建一龄性早熟和二龄正常性成熟河蟹家系, 综合评估了两种家系子一代在扣蟹养殖阶段的生长、早熟率、成活率、产量、早熟蟹和正常扣蟹的平均体质量及其规格分布等参数, 结果显示: (1) 除 215 日龄雄体甲壳长外, 一龄早熟家系扣蟹在 155 和 215 日龄的体质量、甲壳长、甲壳宽、增重率(WGR)和特定生长率(SGR)均显著低于二龄成熟家系( $P < 0.05$ ); (2) 整体上两种家系子代的成活率和产量均无显著差异, 尽管一龄早熟家系子代雄体的早熟率略高于二龄成熟家系, 但是两者的差异不显著, 一龄早熟家系子代雌体无一龄早熟现象, 二龄成熟家系子代雌体的早熟率是其雄体的两倍; (3) 两种家系后代中正常扣蟹各规格比例基本呈正态分布, 雌雄体主要集中于 3~6 g 和 6~9 g 两个体质量范围, 无论雌体还是雄体, 二龄成熟家系的大规格扣蟹(体质量 > 6 g)比例较高, 一龄早熟家系的小规格扣蟹(体质量 < 6 g)比例较高。综上, 河蟹二龄成熟家系子代在扣蟹阶段的生长性能优于二龄早熟家系子代, 两者的一龄性早熟情况也有所不同, 需要进一步研究河蟹一龄性早熟的生理机制和性别差异。

**关键词:** 中华绒螯蟹; 性早熟; 扣蟹; 养殖性能; 生长

**中图分类号:** S 917 **文献标志码:** A

中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)俗称大闸蟹(以下简称河蟹), 随着 20 世纪 80 年代河蟹人工育苗和养殖技术的突破, 其人工养殖规模迅速扩大, 2013 年我国成蟹养殖总产量高达 72.99 万吨, 产值约 440 亿元, 已经成为重要的淡水养殖品种之一<sup>[1]</sup>。由于河蟹人工繁殖过程中的近亲繁殖、采用小规格亲本育苗、不同水系间盲目引种和无序养殖等原因, 导致我国主要河蟹养殖群体种质退化和混杂严重<sup>[2]</sup>, 在很大程度上影响其养殖性能, 这对河蟹养殖业造成较大的危害, 如扣蟹性早熟比例升高、二龄成蟹规格变小以及抗逆境能力变差等<sup>[2-3]</sup>。

由于河蟹出现一龄性早熟现象后, 若作为商品蟹上市, 其规格较小, 食用价值较低; 若作为蟹种, 其不能用于第二年的成蟹养殖, 因此一龄性早熟是河蟹扣蟹养殖过程中的一个重要问题<sup>[3]</sup>。目前, 有关河蟹一龄性早熟的研究较多, 其成因可能是环境积温过高<sup>[4-5]</sup>、水体盐度<sup>[5-6]</sup>、饵料营养不平衡<sup>[3, 7-8]</sup>、密度不当<sup>[9]</sup>、种质退化和混杂<sup>[7]</sup>等因素所致, 有关遗传因素对河蟹一龄性早熟的影响尚存在较大争议<sup>[5, 10-11]</sup>。野外调查结果表明, 河蟹一龄性早熟现象也存在于长江水系野生群体中, 并且通常有 5%~10% 的一龄性早熟蟹<sup>[5]</sup>, 最近与河蟹一龄性早熟相关的分子标记已

收稿日期: 2015-05-13 修回日期: 2015-08-13

**基金项目:** 国家高技术研究发展计划(2012AA10A409-5); 江苏省特色水产繁育工程实验室开放基金项目(CASB1307); 科技部科技型中小企业技术创新项目(14C26213201214); 上海市科委科研项目(13320502100, 13231203504); 上海高校水产一流学科建设项目(沪教科 2012-62)

**作者简介:** 董鹏生(1992-), 男, 硕士研究生, 研究方向为河蟹基础生物学与遗传育种。E-mail: dpsh@foxmail.com

**通信作者:** 吴旭干, E-mail: xgwu@shou.edu.cn

被陆续发现,这暗示一龄性早熟可能与遗传有关<sup>[11-13]</sup>。但是,迄今为止,尚不清楚河蟹一龄性早熟个体是否能够正常交配繁殖,其后代是否具有较高的一龄性早熟率,因此,无法确定河蟹一龄性早熟的遗传因素。

动物家系具有遗传背景清晰、环境方差小、现实遗传力大、有利于最佳基因组合保留等优点,动物家系已经成为基础生物学和遗传育种重要的研究材料<sup>[14-16]</sup>。近年来,本课题组开展了河蟹家系构建工作,发现河蟹一龄性早熟个体能够正常交配繁殖,已经建立了多个一龄性早熟(以下简称一龄早熟家系,PF)和二龄正常成熟(以下简称二龄成熟家系,NF)的河蟹家系,这为采用家系研究河蟹一龄性早熟的现象奠定了良好的基础。本文在已有研究工作的基础上,采用网箱养殖试验,综合评估了河蟹一龄早熟和二龄正常成熟家系在扣蟹养殖阶段的生长情况、早熟率、成活率、产量、早熟蟹和正常扣蟹的平均体质量及其规格分布等,以期为后续深入研究河蟹的性早熟机制、种质资源评价和良种选育等提供基础资料。

表 1 一龄早熟和二龄成熟家系繁殖亲本的数量及规格

Tab. 1 The number and size of the broodstock *E. sinensis* for the one year precocious family and two-year normally mature family

类别 category	性别 sex	数量/只 number	体质量/g body weight	体长/mm body length	体宽/mm body width
一龄性早熟家系亲本 broodstock of PF	雄	3	20.64 ± 2.27	31.63 ± 1.09	35.67 ± 1.27
	雌	3	19.74 ± 1.69	32.04 ± 1.21	36.09 ± 1.27
二龄性早熟家系亲本 broodstock of NF	雄	3	146.88 ± 31.62	58.24 ± 4.21	66.89 ± 3.18
	雌	3	98.73 ± 1.30	54.21 ± 0.74	60.09 ± 0.37

## 1.2 幼蟹放养和养殖管理

为尽量减小环境因素对河蟹家系个体表型值的影响<sup>[16]</sup>,本研究中幼体育苗和扣蟹养殖均尽量保证环境条件和养殖密度一致。实验前,大眼幼体均按照相同密度在条件相似的网箱中养殖 60 d(至 95 日龄),然后开始正式实验。

正式实验时,将挑选的实验用蟹(95 日龄)按家系分别置于 6 只网箱(长 × 宽 × 高 = 2 m × 2 m × 1 m)中,水深保持在 0.7 m 左右,每只网箱中放养一个河蟹家系,网箱内外均缝有 30 cm 高的防逃塑料板,防止幼蟹逃逸和其他野杂虾蟹等进入网箱。所有实验网箱均放置在水体联通的池塘围隔中,保证水质相似,同时网箱中放置适量水草植株供幼蟹隐蔽。养殖期间每天早、晚共

## 1 材料与方法

### 1.1 实验用蟹来源

河蟹一龄早熟和二龄成熟家系亲本均选自上海海洋大学崇明基地的实验池塘。雌、雄亲本均于 2014 年 3 月运至江苏如东中华绒螯蟹遗传育种中心基地进行人工繁殖,每对家系亲本分别在 500 L 的水槽中进行单独交配和育苗,分别获得一龄早熟和二龄成熟家系的大眼幼体。5 月中旬将培育出的两种家系大眼幼体运至上海海洋大学崇明基地进行扣蟹养殖实验。在两种家系中各挑选 3 个家系共 6 组进行对比实验,实验家系的亲本信息见表 1。由于河蟹大眼幼体及早期仔蟹阶段的成活率不稳定,且不易辨别雌雄,实验前先将河蟹大眼幼体(35 日龄)暂养至幼蟹(95 日龄)后开始正式实验。每组随机挑选 360 只幼蟹,雌雄各半,一龄早熟家系的雌、雄个体初始体质量分别为(1.12 ± 0.03) g 和(1.14 ± 0.03) g,二龄成熟家系的雌、雄个体初始体质量分别为(1.20 ± 0.02) g 和(1.25 ± 0.02) g。

投喂两次配合饲料,随着扣蟹生长依次投喂粒径分别为 1.2 mm、1.6 mm 和 1.8 mm 的扣蟹商品饲料(浙江欣欣饲料有限公司生产),投饵率 3% ~ 6%,具体根据天气和摄食情况适时调整,投喂后 3 h 左右检查和记录食台上的残饵情况,以便及时调整投喂量<sup>[17]</sup>。每隔 15 d 左右用聚维酮碘对池塘水体消毒一次,定期检测水体的温度、pH、溶氧、氨氮和亚硝酸盐含量,并根据水质情况适量换水,确保水质指标维持在适宜幼蟹生长的正常范围内。此外,定期梳理水草,使水草密度适中,防止过度生长影响扣蟹活动等<sup>[18]</sup>。

### 1.3 数据采集

#### 1.3.1 生长性能

在 95、155、215 日龄时,对每个家系网箱随机

采样 100 个个体(雌雄各约一半),具体操作如下:用毛巾轻拭蟹体表水分后,采用电子天平称重(精确到 0.01 g),游标卡尺(精确到 0.01 mm)测量甲壳长和甲壳宽,据此统计出 95 日龄、155 日龄和 215 日龄(越冬前)的生长指标,其中增重率(weight gain rate, WGR)和特定生长率(specific growth rate, SGR)的计算公式如下<sup>[19]</sup>:

$$W_{GR} \% = 100 \times (W_2 - W_1) / W_1 \quad (1)$$

$$S_{GR} \% = 100 \times (\ln W_2 - \ln W_1) / (t_2 - t_1) \quad (2)$$

式中: $W_{GR}$ 为增长率; $S_{GR} \%$ 为特定生长率; $W_1$ 和 $W_2$ 分别为日龄 $t_1$ 和 $t_2$ 时各家系子代的平均重量。

### 1.3.2 存活率、早熟率、产量和平均体质量

实验于 12 月 20 日停止(215 日龄),分别统计每个网箱中存活的正常扣蟹和一龄性早熟个体的数量和性别,雌体主要根据腹部形状及其绒毛特征区分是否性早熟,雄体根据螯足绒毛覆盖比例和交接器硬化程度区分是否性早熟<sup>[18]</sup>。分别对每个个体进行称重,据此计算存活率、早熟率、产量和平均体质量。

### 1.3.3 扣蟹平均规格和规格分级

根据每个网箱中最终捕捞的所有正常扣蟹和一龄早熟蟹总重和数量,分别计算雌、雄扣蟹和早熟蟹的平均体质量。对捕获的所有扣蟹按体质量进行规格分级,雄蟹和雌蟹均分为 5 级: $\geq 12$  g, 12~9 g, 9~6 g, 6~3 g,  $\leq 3$  g,分别

统计两个家系扣蟹各规格等级所占比例。

## 1.4 统计分析

所有数据均采用平均值 $\pm$ 标准误表示。采用 SPSS 13.0 软件对实验数据进行统计分析,用 Levene 方法进行方差齐次性检测,当不满足使用齐性方差时进行反正弦或平方根处理,用  $t$  检验(Independent samples t-test)检查两种家系各指标间的差异性,采用 Sigmaplot 10.0 软件绘图,取  $P < 0.05$  为差异显著, $P < 0.01$  为差异极显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 生长情况

一龄早熟和二龄成熟家系子代在扣蟹养殖阶段的体质量、甲壳长和甲壳宽见表 2~4。实验开始时(95 日龄)两家系体质量、甲壳长和甲壳宽均无显著差异( $P > 0.05$ );155 日龄和 215 日龄时,一龄早熟家系后代的体质量和甲壳宽均显著低于二龄成熟家系( $P < 0.05$ ),但两群体子代雄体在 215 日龄时的甲壳长无显著差异( $P > 0.05$ )。两种家系子代的增重率(WGR)与特定生长率(SGR)见图 1。一龄早熟家系在 95~155 日龄和 95~215 日龄的 WGR 和 SGR 均显著低于二龄成熟家系,一龄早熟家系在 155~215 日龄的 WGR 和 SGR 略高于二龄成熟家系,但统计学上无显著差异。

表 2 河蟹一龄早熟和二龄成熟家系子代在扣蟹阶段的体质量变化情况

Tab.2 The changes of body weight of juvenile *E. sinensis* from one year precocious family and two-year normally mature family during the first year culture stage g

采样时间 sampling time	雄体 male		雌体 female		雌雄平均 overall average	
	一龄早熟 PF	二龄成熟 NF	一龄早熟 PF	二龄成熟 NF	一龄早熟 PF	二龄成熟 NF
95 日龄 95days-age	1.13 $\pm$ 0.03	1.18 $\pm$ 0.04	1.13 $\pm$ 0.03	1.23 $\pm$ 0.04	1.13 $\pm$ 0.02	1.21 $\pm$ 0.03
155 日龄 155days-age	3.59 $\pm$ 0.24	5.25 $\pm$ 0.26 **	3.60 $\pm$ 0.32	4.64 $\pm$ 0.38 *	3.60 $\pm$ 0.20	4.94 $\pm$ 0.23 **
215 日龄 215days-age	6.65 $\pm$ 0.38	7.85 $\pm$ 0.39 *	6.29 $\pm$ 0.29	7.77 $\pm$ 0.38 **	6.47 $\pm$ 0.24	7.81 $\pm$ 0.27 **

注:同行数据右上方含“\*”代表差异显著( $P < 0.05$ ),“\*\*”代表差异极显著( $P < 0.01$ ),下表同此。

表 3 河蟹一龄早熟和二龄成熟家系子代在扣蟹阶段的甲壳长变化情况

Tab.3 The changes of carapace length of juvenile *E. sinensis* from one year precocious family and two years normally mature family during the first year culture stage mm

采样时间 sampling time	雄体 male		雌体 female		雌雄平均 overall average	
	一龄早熟 PF	二龄成熟 NF	一龄早熟 PF	二龄成熟 NF	一龄早熟 PF	二龄成熟 NF
95 日龄 95days-age	12.36 $\pm$ 0.10	12.48 $\pm$ 0.14	12.41 $\pm$ 0.09	12.64 $\pm$ 0.13	12.39 $\pm$ 0.07	12.56 $\pm$ 0.09
155 日龄 155days-age	17.25 $\pm$ 0.39	19.70 $\pm$ 0.36 **	17.17 $\pm$ 0.45	18.66 $\pm$ 0.52 *	17.21 $\pm$ 0.30	19.18 $\pm$ 0.32 **
215 日龄 215days-age	21.20 $\pm$ 0.37	22.22 $\pm$ 0.38	21.12 $\pm$ 0.35	22.44 $\pm$ 0.39 *	21.16 $\pm$ 0.25	22.33 $\pm$ 0.27 **

表 4 河蟹一龄早熟和二龄成熟家系子代在扣蟹阶段的甲壳宽变化情况  
 Tab. 4 The changes of carapace width of juvenile *E. sinensis* from one year precocious family and two-year normally mature family during the first year culture stage mm

采样时间 sampling time	雄体 male		雌体 female		雌雄平均 overall average	
	一龄早熟 PF	二龄成熟 NF	一龄早熟 PF	二龄成熟 NF	一龄早熟 PF	二龄成熟 NF
95 日龄 95days-age	13.20 ± 0.11	13.28 ± 0.12	13.19 ± 0.10	13.38 ± 0.13	13.19 ± 0.07	13.33 ± 0.09
155 日龄 155days-age	19.29 ± 0.45	22.12 ± 0.46 **	19.24 ± 0.51	21.04 ± 0.51 *	19.27 ± 0.34	21.58 ± 0.35 **
215 日龄 215days-age	23.71 ± 0.42	25.61 ± 0.68 *	23.71 ± 0.38	25.44 ± 0.43 **	23.71 ± 0.28	25.53 ± 0.40 **

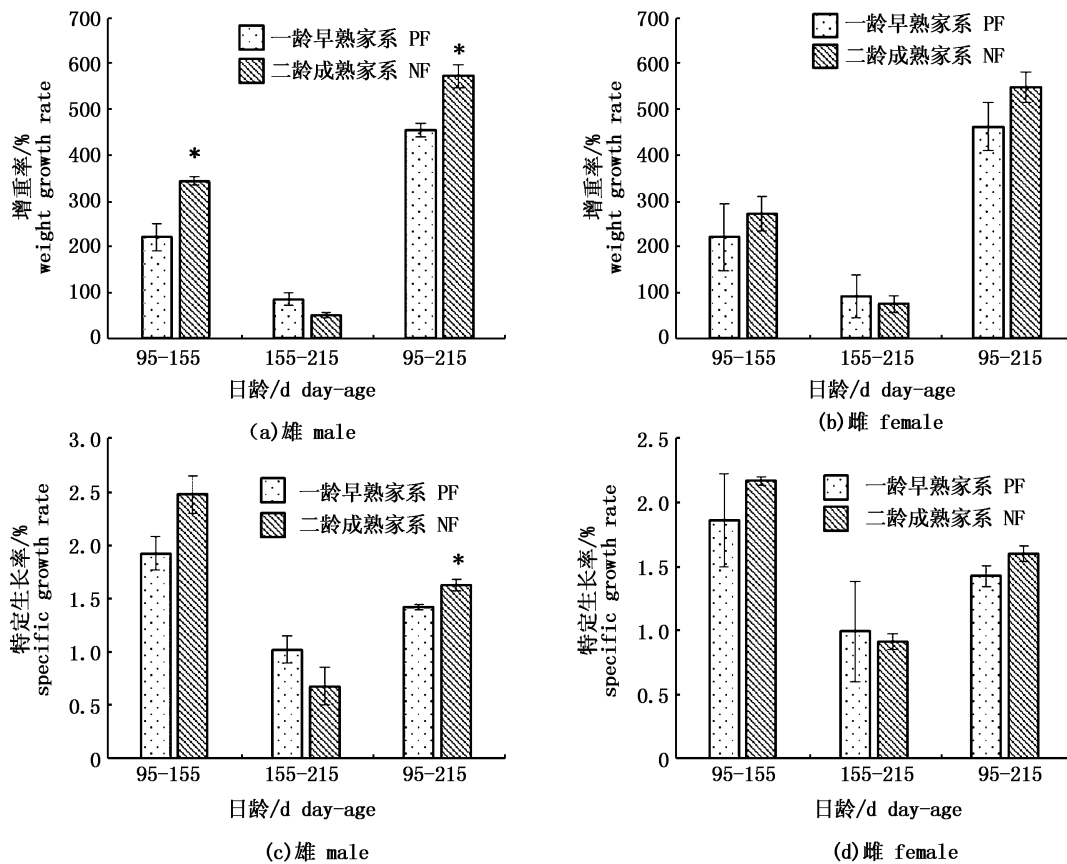


图 1 河蟹一龄早熟与二龄成熟家系子代在扣蟹养殖阶段的增重率 (WGR) 与特定增长率 (SGR) 的比较  
 Fig. 1 Mean weight gain rate (WGR) and specific growth rate (SGR) of juvenile *E. sinensis* from one year precocious family and two-year normally mature family during the first year culture stage

\* 说明两群体差异显著 ( $P < 0.05$ )。

\* indicates there was a significant difference between the two types of families.

## 2.2 成活率、早熟率和产量

对成活率而言,一龄早熟家系子代雌、雄体均略高于二龄成熟家系,但是并无显著性差异 ( $P > 0.05$ );一龄早熟家系子代雄体的早熟率略高于二龄成熟家系,一龄早熟家系子代中并没有发现雌性早熟蟹,整体上,二龄成熟家系子代的早熟率略高于一龄早熟家系,见图 2。

两种家系子代的单产结果比较见图 3。二龄成熟家系子代的雌雄扣蟹单产均略高于一龄早熟家系,但无显著差异 ( $P > 0.05$ )。两种家系子

代正常扣蟹和早熟蟹总的单产量与正常扣蟹单产的趋势相同。

## 2.3 最终规格分布及平均体质量

二龄成熟家系子代的正常扣蟹和早熟蟹的平均体质量均略高于一龄早熟家系,但无显著差异 ( $P > 0.05$ ),见图 4。图 5 显示,两种家系正常扣蟹各规格比例基本呈正态分布,雌、雄体主要集中于 3~6 g 和 6~9 g 两个体质量范围(其中占一龄早熟家系子代比例为  $81.67\% \pm 7.77\%$ ,二龄成熟家系为  $65.00\% \pm 13.23\%$ )。就雄体而

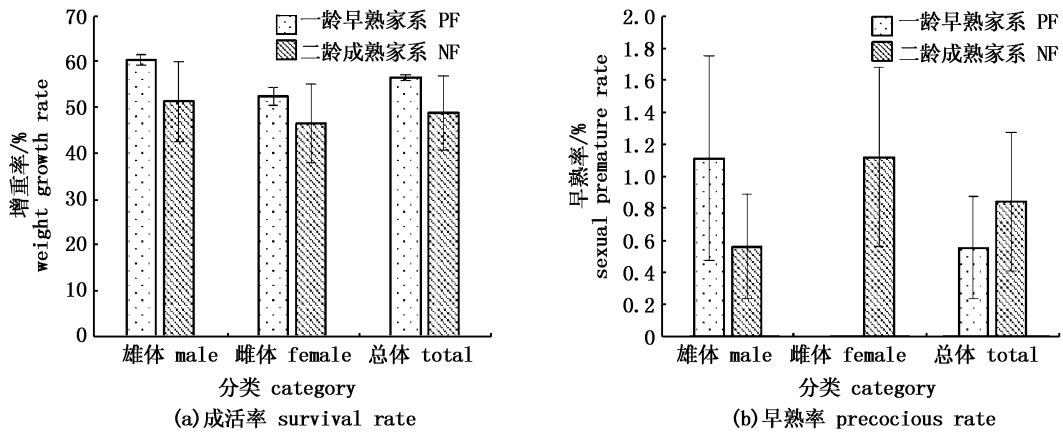


图 2 河蟹一龄早熟和二龄成熟家系成活率与早熟率的比较

Fig. 2 The percentage of survival and precocious rate of juvenile *E. sinensis* from one year precocious family and two-year normally mature family during the first year culture stage

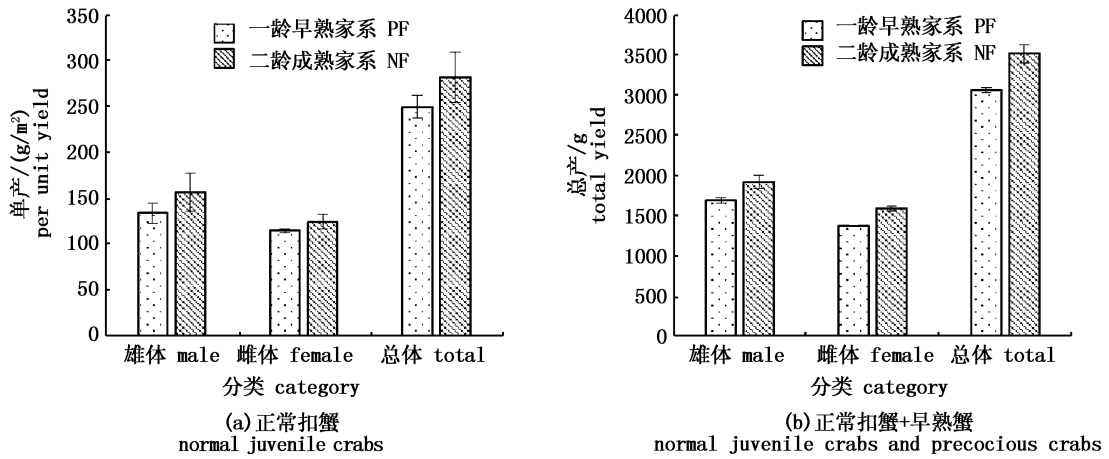


图 3 河蟹一龄早熟和二龄成熟家系的扣蟹产量的比较

Fig. 3 The yield of juvenile *E. sinensis* from one-year precocious family and two-year normally mature family during the first year culture stage

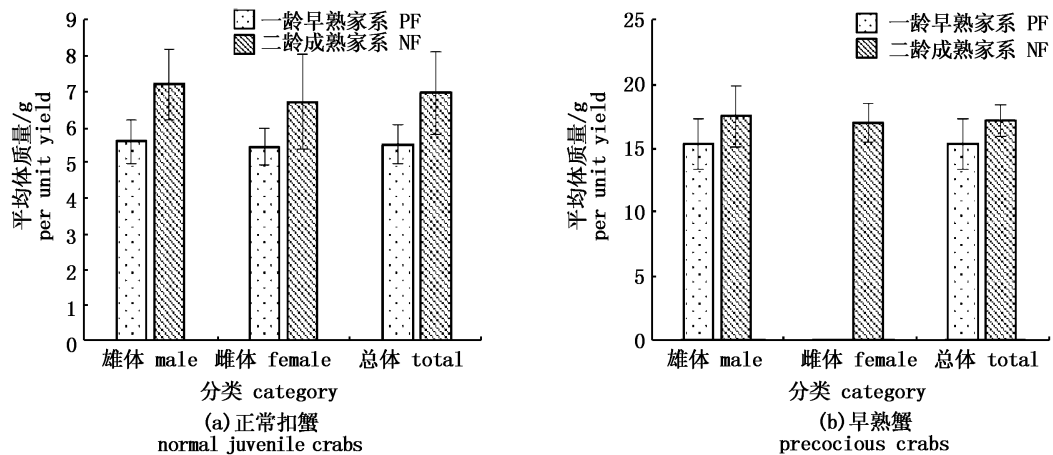


图 4 河蟹一龄早熟与二龄成熟家系子代正常扣蟹与早熟蟹体质量的比较

Fig. 4 The mean weight of juvenile and precocious *E. sinensis* from one year precocious family and two-year normally mature family during the first year culture stage

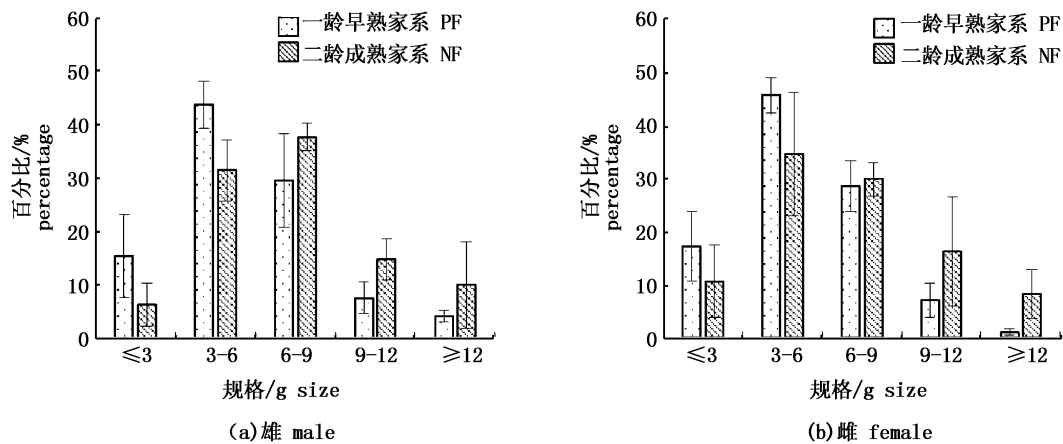


图5 河蟹一龄和二龄性成熟家系正常扣蟹的体质量分布比较

Fig. 5 Final size distribution of juvenile *E. sinensis* from one year precocious family and two-year normally mature family during the first year culture stage

言,一龄早熟家系的体质量小于6 g的个体比例大于二龄成熟家系,后者大于6 g的扣蟹比例高于前者;对于雌体,两种家系个体体质量小于6 g的比例情况与雄体基本相同,但二龄成熟家系仅体质量大于9 g的扣蟹比例高于一龄成熟家系,体质量6~9 g组两者比例接近。无论是雄体还是雌体,两家系子代在各体质量范围内的百分比均无显著差异( $P > 0.05$ )。

### 3 讨论

#### 3.1 两种家系河蟹生长和养殖性能的差异分析

本研究结果表明二龄成熟家系扣蟹阶段的平均体质量、增重率和特定生长率等生长性能指标均优于一龄早熟家系,这可能与一龄早熟家系繁殖亲本规格较小有关,导致其后代的生长性能退化<sup>[19]</sup>。先前研究表明同为二龄成熟的长江水系河蟹各家系在相似的养殖条件下,各家系扣蟹的生长性能也存在一定的差异<sup>[20]</sup>,这也暗示河蟹的生长性能与遗传有关。紫贻贝(*Mytilus galloprovincialis*)和斑节对虾(*Penaeus monodon*)的研究结果表明,相关生长性状为中等遗传力,可以通过遗传选育提高其生长性能<sup>[21-22]</sup>,有关河蟹生长性状的遗传力迄今为止尚未见报道,这有待于进一步深入研究。本研究表明两种家系在扣蟹阶段的生长趋势基本一致,实验前期(95~155日龄)的增重率和特定生长率高于后期,这与之前报道的一龄河蟹的生长规律相一致<sup>[20, 23]</sup>。就两种家系的生长性能差异而言,实验

前期二龄成熟家系的增重率和特定生长率高于于一龄早熟家系;而在实验后期(155~215日龄),后者的增重率和特定生长率高于前者,这说明两种家系在扣蟹阶段的生长特性存在一定的差异,这可能与两方面因素有关:其一,河蟹的生物学特性。两种家系在生长过程中的成活率不一致,从而导致了养殖密度有所不同,密度较低的家系通常会表现出一定的补偿生长现象<sup>[24]</sup>,这一现象在鱼类等水生生物中已经有所报道<sup>[24]</sup>。其二,是两种家系自身的遗传特性,不同遗传背景的头蟹,其扣蟹阶段的生长特性可能有所不同<sup>[25]</sup>。究竟何种原因导致一龄性早熟家系和二龄成熟家系扣蟹生长特性差异,有待进一步研究。

此外,二龄成熟家系最终平均单产较高可能是由于其最终养成的大规格扣蟹比例较多,由于不同重复间差异较大,因此统计学上差异不显著。故今后进行养殖性能研究时需要尽量增加重复数量,以提高研究的精确性。本研究中的一龄成熟家系(255.67 g/m<sup>2</sup>)和二龄成熟家系(单产280.12 g/m<sup>2</sup>)单位面积产量低于先前的池塘养殖的产量(382.2 g/m<sup>2</sup>)<sup>[23]</sup>,这可能与初始放养密度、养殖环境和饵料投喂等差异有关。

#### 3.2 两种家系一龄性早熟率的分析

河蟹在扣蟹养殖阶段的一龄性早熟是一种普遍现象,由于一龄性早熟扣蟹在第二年养成过程中基本不生长,且死亡率高,故一龄性早熟扣蟹不能作为第二年养成的蟹种,此外一龄性早熟规格较小(15~35 g),食用价值较低,因此,河蟹

一龄性早熟给河蟹养殖生产带来了巨大的危害<sup>[27]</sup>。有关河蟹一龄性早熟的研究主要集中在环境因子和饵料对其早熟的影响,缺乏对其一龄性早熟遗传和生理机制的解析<sup>[4, 10]</sup>。本研究结果表明,一龄性早熟家系的子代一龄性早熟率略低于二龄成熟家系,且没有发现早熟雌体,即使一龄性早熟的子代仅有小部分个体达到一龄性早熟,这也暗示河蟹一龄性早熟的形成原因非常复杂,作者推测认为,本研究中同一家系内出现部分性早熟个体可能与同一家系内个体间的社群行为有关,水生动物在群体养殖中出现等级分化是一种普遍现象,部分个体生长发育速度远快于其他个体乃至性早熟<sup>[28]</sup>。先前研究表明不同水系的河蟹,在扣蟹阶段一龄早熟率可能存在着一定差异<sup>[18-19]</sup>,最近河蟹一龄性早熟相关的潜在分子标记也被陆续发现<sup>[11-13]</sup>,这暗示水生动物的性早熟可能和 DNA 遗传或表观遗传有关<sup>[29-31]</sup>。本研究中一龄早熟家系早熟子代均为雄体,而二龄成熟家系子代雌体的一龄早熟率是雄体的两倍,这不仅说明河蟹一龄性早熟现象存在性别差异,且暗示河蟹一龄性早熟可能与两种家系的遗传背景有关。

### 3.3 评估扣蟹养殖性能的养殖方式的优化

鉴于河蟹扣蟹和成蟹在室内水槽生长较慢<sup>[4]</sup>,先前河蟹养殖性能的实验多在室外池塘中进行,由于池塘养殖存在水质不稳定、难以完全回捕、易逃逸和敌害生物干扰实验结果等不利因素,往往导致实验数据异常<sup>[20]</sup>,且随机误差较大使得结果不准确。因此,优化扣蟹的养殖条件从而科学评估不同家系的养殖性能非常重要。本研究中设计制作了双层网箱,网箱顶部内外均设有防攀越塑料板,用来进行扣蟹养殖实验,取得较好的实验效果,该方法具有便于日常打样收集数据、可以有效防止逃逸和外部野杂蟹进入网箱干扰实验结果以及几乎完全的回捕率等优点,有利于对扣蟹的生长和养殖性能进行科学评估。为消除环境条件和密度对实验结果的影响,在实验过程中,作者多次对养殖条件和密度进行统一,如 35 日龄和 65 日龄将各家系调整为相同的养殖密度,这在很大程度上消除了环境效应影响。但是本研究中 6 个实验家系的最终成活率略有差异,这可能会对其生长造成少量的影响。今后需要建立河蟹家系的亲权鉴定分子标记或

者小型的射频标签植入河蟹体内,实现不同家系的同池混养,从而减少环境条件对其生长和发育的影响,科学评估不同家系或种群的养殖性能<sup>[16, 32-33]</sup>。

## 4 结论

在网箱养殖的条件下,河蟹二龄成熟家系子代生长性能优于一龄性早熟家系,但前者的成活率略低,二龄成熟家系大规格扣蟹的比例高于一龄性早熟家系,故最终平均体质量和单产高于一龄性早熟家系。一龄性早熟家系和二龄成熟家系子代的一龄性早熟比例和早熟性别组成存在一定的差异,但是整体上两者的一龄性早熟率并不高,均在 1.5% 以下。今后需要进一步研究河蟹一龄性早熟的生理机制和性别差异。

## 参考文献:

- [1] 农业部渔业渔政管理局. 2014 中国渔业统计年鉴 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2014: 28-36.  
Bureau of Fisheries, Ministry of Agriculture, PRC. 2014 China fishery statistical yearbook [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2014: 28-36.
- [2] 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.
- [3] 李晓晖, 许志强, 葛家春, 等. 长江水系中华绒螯蟹种质资源研究进展 [J]. 水产养殖, 2009, 30(10): 42-47.  
LI X H, XU Z Q, GE J C, et al. Advances in germplasm research of the Chinese Mitten Crab, *Eriocheir sinensis* originated from the Yangtze River [J]. Journal of Aquaculture, 2009, 30(10): 42-47.
- [4] 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.
- [5] 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.  
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.
- [6] 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.  
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.
- [7] 李云峰, 康现江, 赵晓瑜, 等. 河蟹性早熟发生的相关内在因素研究进展[J]. 水产科学, 2005, 24(2): 34–36.  
LI Y F, KANG X J, ZHAO X Y, et al. Intrinsic factors of precocity in Mitten-handed Crab *Eriocheir sinensis* [J]. Fisheries Science, 2005, 24(2): 34–36.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 杜晓燕, 张德隆, 赵金利, 等. 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.  
DU X Y, ZHANG D L, ZHAO J L, et al. Preliminary analysis on precocious phenomenon of mitten crab, *Eriocheir sinensis* reared in ponds [J]. Journal of Dalian Fisheries University, 2000, 15(4): 254–258.
- [11] 李海燕, 侯林, 魏凤艳. 中华绒螯蟹辽河种群野生、养殖及“性早熟”个体 RAPD 分析[J]. 水产科学, 2003, 22(3): 1–3.  
LI H Y, HOU L, WEI F Y. RAPD analysis of wild, farmed, and premature Mitten-handed Crab (*Eriocheir sinensis*) in Liaohe River[J]. Fisheries Science, 2003, 22(3): 1–3.
- [12] QIU G F, XIONG L W, LIU Z Q, et al. A first generation microsatellite – based linkage map of the Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* and its application in quantitative trait loci (QTL) detection[J]. Aquaculture, 2016, 415(20): 223–231.
- [13] 唐刘秀. 中华绒螯蟹育种群体遗传特征分析及性早熟相关 SNP 标记筛选[D]. 南京: 南京师范大学, 2014: 39–44.  
TANG L X. Analysis on the genetic characteristics of breeding stocks and identification of SNPs associated with precocity of *Eriocheir sinensis*[D]. Nanjing: Nanjing Normal University, 2014: 39–44.
- [14] 李鸿鸣, 孙效文. 应用大规模家系选育技术促进辽宁海水养殖业的可持续发展[J]. 沈阳农业大学学报(社会科学版), 2002, 4(1): 7–10.  
LI H M, SUN X W. Further sustainable development of aquatic products industry of Liaoning Province by large-scale application of the genealogical technology for selection and breeding [J]. Journal of Shenyang Agricultural University (Social Science), 2002, 4(1): 7–10.
- [15] 廖昕, 王方, 崔红平. *BIGH3<sup>R555W</sup>* 突变转基因小鼠模型的建立[J]. 同济大学学报(医学版), 2013, 34(5): 11–15.  
LIAO X, WANG F, CUI H P. Establishment of *BIGH3<sup>R555W</sup>* – mutation transgenic mice [J]. Journal of Tongji University (Medical Science), 2013, 34(5): 11–15.
- [16] 王新安, 马爱军, 雷霖霖, 等. 大菱鲆不同家系生长性能的比较[J]. 海洋科学, 2011, 35(4): 1–8.  
WANG X A, MA A J, LEI J L, et al. Comparison of the growing performance of different families of turbot (*Scophthalmus maximus L.*) [J]. Marine Sciences, 2011, 35(4): 1–8.
- [17] 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.
- [18] 张列士, 李军. 河蟹增养殖技术[M]. 北京: 金盾出版社, 2002: 248–334.  
ZHANG L S, LI J. Aquaculture technology of Chinese mitten crab [M]. Beijing: Shield Press, 2002: 248–334.
- [19] 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.
- [20] 刘伟, 李应森, 王武, 等. 长江水系中华绒螯蟹不同家系扣蟹阶段生长性能的研究[J]. 湖北农业科学, 2010, 49(4): 933–936.  
LIU W, LI Y S, WANG W, et al. A comparative study of growth performance in different families of larval crab in the Yangtze River system [J]. Hubei Agricultural Science, 2010, 49(4): 933–936.
- [21] PINO-QUERIDO A, ÁLVAREZ-CASTRO J M, GUERRA-VARELA J, et al. Heritability estimation for okadaic acid algal toxin accumulation, mantle color and growth traits in Mediterranean mussel (*Mytilus galloprovincialis*) [J]. Aquaculture, 2015, 440: 32–39.
- [22] KENWAY M, MACBETH M, SALMON M, et al. Heritability and genetic correlations of growth and survival in black tiger prawn *Penaeus monodon* reared in tanks [J]. Aquaculture, 2006, 259(1–4): 138–145.
- [23] 朱孝锋, 许峰, 姚彩媛. 优质扣蟹高效培育技术[J]. 水产养殖, 2010, 31(6): 32.  
ZHU X F, XU F, YAO C Y. High quality and high efficiency cultivation technique of larval crab [J]. Journal of Aquaculture, 2010, 31(6): 32.
- [24] 张波, 唐启升. 密度对黑鲟生长及能量分配模式的影响[J]. 海洋水产研究, 2002, 23(2): 33–37.  
ZHANG B, TANG Q S. Influence of fish density on the growth rate and energy budget of *Sebastes fuscescens* [J].



- Marine Fisheries Research, 2002, 23(2): 33-37.
- [25] 耿绪云, 马维林, 孙金生. 中华绒螯蟹不同种群一龄阶段生长性能比较[C]//中国水产学会2004全国海水生态养殖学术研讨会. 海水生态养殖理论与技术: 第七节. 宁波: 中国水产学会, 2004: 67-73.
- GENG X Y, MA W L, SUN J S. Comparison of growth performance of different age stages of Chinese cashmere crab [C]//2004 Academic Seminar on the National Marine Ecological Culture of China Society of Fisheries. The Theory and Technology of Marine Ecological Culture: Seventh. Ningbo, 2004: 67-73.
- [26] 金刚, 李钟杰, 方榕乐, 等. 早熟河蟹的养殖生态学及其渔业价值评价[J]. 水生生物学报, 1998, 22(2): 143-147.
- JIN G, LI Z J, FANG R L, et al. Cultural ecology of mature yearling Chinese Mitten-handed crab, *Eriocheir sinensis* (Crustacea, Decapoda), and its fishery evaluation[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 1998, 22(2): 143-147.
- [27] 熊瑛, 王岩, 李翠. 分级对银鲫生长和个体大小差异的影响[J]. 水产学报, 2007, 31(2): 220-225.
- XIONG Y, WANG Y, LI C. Effect of size grading on growth and size variation of gibel carp (*Carassius auratus gibelio*) [J]. Journal of Fisheries of China, 2007, 31(2): 220-225.
- [28] NAVARRO-MARTÍN L, VIÑAS J, RIBAS L, et al. DNA methylation of the gonadal aromatase (*cyp19a*) promoter is involved in temperature-dependent sex ratio shifts in the European sea bass [J]. Plos Genetics, 2011, 7(12): e1002447.
- [29] CRESPO B, GÓMEZ A, MAZÓN M, et al. Isolation and characterization of *Fhl* 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.
- [30] DING Y X, HE F, WEN H S, et al. DNA methylation status of *cyp17-II* gene correlated with its expression pattern and reproductive endocrinology during ovarian development stages of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) [J]. Gene, 2013, 527(1): 82-88.
- [31] FERRARI S, CHATAIN B, COUSIN X, et al. Early individual electronic identification of sea bass using RFID microtags: A first example of early phenotyping of sex-related growth[J]. Aquaculture, 2014, 426-427: 165-171.
- [32] YANG M, TIAN C X, LIANG X F, et al. Parentage determination of mandarin fish (*Siniperca chuatsi*) based on microsatellite DNA markers [J]. Biochemical Systematics and Ecology, 2014, 54: 285-291.

## 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

DONG Pengsheng<sup>1</sup>, LIU Qing<sup>1</sup>, WU Xugan<sup>1,2</sup>, HE Jie<sup>1,3</sup>, CHANG Guoliang<sup>2</sup>, DING Huaiyu<sup>2</sup>,  
WANG Youpeng<sup>4</sup>, CHENG Yongxu<sup>1,3</sup>

(1. Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Jiangsu Engineering Laboratory for Characteristic Aquatic Species Breeding, Huaiyin Normal University, Huaian 223300, Jiangsu, China; 3. Collaborative Innovation Center of Aquatic Animal Breeding Center Certificated by Shanghai Municipal Education Commission, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 4. Suqian Xubang Fisheries Science and Technology Ltd. Co., Sihong 223900, Jiangsu, China)

**Abstract:** The appearance of one-year precocious crabs is a severe problem during the first year culture of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*), but it is unclear for the growth and precocious trait of the offspring produced by the one-year precocious crabs. Therefore, this study was conducted to investigate and compare body weight, carapace length, carapace width, weight gain rate (WGR), specific growth rate (SGR), survival rate, precocious rate, yield, distribution of body weight and final average weight of juvenile *Eriocheir sinensis* from one-year precocious family and two-year normally mature family during the first year culture stage. The results showed that: (1) except for carapace length of male crabs at 215-day-old, despite of males or females, the juveniles from the one-year precocious families had significantly lower ( $P < 0.05$ ) body weight, carapace length, carapace width, WGR and SGR than the juveniles from the two-year normally mature families at 155- and 215-day-old; (2) there was no significant difference in survival rate and yield of two types of families. Although the precocious rate of male juveniles from one-year precocious families was slightly higher than that of two-year normally mature families, no female precocious crabs was found in one-year precocious families. Overall, the precocious rate of two-year normally mature families normal crabs families was about twice that of one-year precocious families; (3) the size distribution of body weight was normal for juveniles from the two types of families, and the highest proportions of body weight were concentrated on 3–6 g and 6–9 g for both males and females despite of families; however, both male and female, two-year normally mature families had the higher proportion of large size crabs (body weight > 6 g) and lower proportion of small size crabs (body weight < 6 g) than the one-year precocious families. In conclusion, the growth performance of juveniles from two-year normally mature families was better than that of one-year precocious families during the first year culture, and the precocity rate was different for the two types of families. Therefore, the further study should be conducted to investigate the physiological mechanism and gender differences for the one-year precocity.

**Key words:** *Eriocheir sinensis*; sexual precocity; juvenile crab; culture performance; growth