

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2016.15267

全程投喂配合饲料条件下池养中华绒螯蟹的生长性能及其性腺发育

何杰^{1,2}, 吴旭干¹, 赵恒亮¹, 姜晓东¹, 葛永春³, 王幼鹏⁴, 成永旭^{1,2}

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. 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;

3. 上海登瀛水产养殖专业合作社 上海 202164;

4. 安徽华亿农牧科技发展有限公司, 安徽 合肥 230051

摘要: 于 2012 年 5 月至 2013 年 11 月, 对池养中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)全程投喂配合饲料, 观测扣蟹和成蟹阶段的生长规律、成活率、早熟率、性腺发育速度、产量、规格分布和饲料系数等。结果表明: (1)扣蟹阶段雌雄生长差异不显著($P>0.05$), 增重率(WG)和特定增长率(SGR)为先上升后下降, 整个扣蟹培育阶段的平均 SGR 为 1.9 %/d 左右; 平均成活率和早熟率分别为 10.0%和 4.9%, 雌体的早熟率显著高于雄体($P<0.05$); 一龄早熟蟹和正常扣蟹的平均体重分别为 19.8 g 和 7.5 g 左右, 一龄早熟蟹和正常扣蟹的平均产量分别为 229 kg/hm² 和 2433 kg/hm²; 扣蟹培育阶段饲料投喂主要发生在 7—10 月, 占全部饲料用量的 80%以上, 饲料投喂量与扣蟹体重及池塘水温具有一定的关系, 扣蟹阶段饲料系数(FCR)为 2.15。(2)成蟹养殖过程中, 自 6 月份起雄体体重大于雌体, 整个养殖阶段雄体的 SGR 显著高于雌体($P<0.05$); 雌雄成蟹最终平均体重分别为 126.1 g 和 181.1 g, 雌、雄及总体成活率分别为 61.30%、53.47%和 58.4%, 产量分别为 412.20 kg/hm²、536.10 kg/hm² 和 950 kg/hm²; 成蟹养殖的饲料消耗主要发生在 7—10 月, 其中育肥前期(9—11 月)的饲料用量占 50%左右, 整个成蟹养殖阶段的 FCR 为 2.63。(3)池养成蟹的生殖蜕壳主要发生在 8—9 月, 雌体比雄体早 20 d 左右; 雌体的性腺发育主要发生在生殖蜕壳后的 9—10 月, 雄体的性腺发育时间跨度较长, 生殖蜕壳前性腺指数已达 0.8%左右; 雌雄成蟹性腺发育期间肝胰腺指数均呈下降趋势。综上, 全程投喂配合饲料能保证池养中华绒螯蟹的正常生长发育, 可大规模推广应用于中华绒螯蟹养殖产业。

关键词: 河蟹; 配合饲料; 全程; 池塘养殖; 生长性能; 性腺发育

中图分类号: S966

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2016)03-0606-13

中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)俗称河蟹, 是中国重要的养殖蟹类之一^[1], 其养殖已遍及全国绝大多数省份, 2013 年中国河蟹养殖总产量达 729862 t^[2]。池塘养殖是中国河蟹养殖的主要方式, 主要以投喂冰鲜杂鱼、螺蛳、豆粕、菜粕、麸皮和小麦等饵料为主, 这些饵料存在来源不确定, 质量不稳定, 营养不均衡, 携带致病菌和容易破坏水质等缺点, 故传统的投喂模式已成为制约我

国河蟹养殖业可持续发展的重要因素之一^[3-5]。因此, 研发营养均衡、优质廉价的河蟹配合饲料是提升河蟹养殖产业的重要保障^[6]。

有关河蟹的营养需求研究及其配合饲料研发已取得较大进展^[7-11], 研究表明, 投喂河蟹配合饲料具有提高幼蟹成活率^[12]、降低幼蟹早熟率^[13]、促进成蟹性腺发育等优点^[4, 14]。但是, 这些研究主要是基于室内养殖或某一特定养殖阶段河蟹的营养

收稿日期: 2015-07-04; 修订日期: 2015-09-19.

基金项目: 科技部港澳台科技合作专项项目(2014DFT30270); 国家 863 高技术研究发展计划项目(2012AA10A409-5); 科技部科技型中小企业技术创新项目(14C26213201214); 江苏省科技厅苏北科技发展计划项目(BN2013007); 上海市科委科研计划项目(13320502100, 13231203504); 上海高校水产学一流学科建设项目(沪教科 2012-62).

作者简介: 何杰(1985-), 男, 博士, 研究方向为甲壳动物生态养殖与良种选育. E-mail: he_0902@126.com

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

需求和饲料开发, 而开发池塘养殖条件下的河蟹全程养殖饲料尚需开展大量的实验工作, 才能研发出系列化的河蟹配合饲料, 在生产规模上完全替代杂鱼等传统饵料养殖河蟹^[6, 12]。除了普遍关注的河蟹成活率、平均体重、产量和饲料系数外, 河蟹不同养殖阶段还有其他值得关注的重要指标, 如扣蟹养殖的早熟率和正常蟹种的产量, 大规格蟹的比例和性腺发育情况^[15-16]等。迄今为止, 尚未见完全投喂配合饲料的池养扣蟹和成蟹生长性能及其性腺发育的报道, 这不利于河蟹配合饲料的优化及其养殖技术的提升。本课题组在多年研究和实践的基础上, 已经开发出系列化的河蟹实用配合饲料, 全程投喂配合饲料养殖河蟹已取得了较好的养殖效果, 形成了全程投喂配合饲料的河蟹生态养殖技术体系^[6, 17], 拟进一步推广应用。本研究探讨了全程投喂配合饲料条件下池养扣蟹和成蟹的生产性能和性腺发育规律, 以期为河蟹生态养殖和配合饲料开发应用提供参考。

1 材料和方法

1.1 大眼幼体和配合饲料来源

河蟹亲本取自上海海洋大学崇明基地, 于 2011 年 12 月挑选体质健壮、规格接近的个体(雌体: 120~150 g, 雄体: 175~220 g), 运往辽宁盘锦光合蟹业有限公司如东育苗基地进行人工繁殖, 交配时雌雄性比为 2.5 : 1, 亲本交配、抱卵蟹饲

养和幼体培育均在室外土池中进行, 幼体主要依靠投喂活轮虫培育, 待变态为大眼幼体 3 d 后开始淡化, 盐度为 5 以下即可出苗。4 种规格扣蟹和 3 种规格成蟹的养殖阶段配合饲料(主要参数见表 1 和表 2)配方由本实验室提供, 委托安徽华亿农牧科技有限公司生产。扣蟹阶段饲料均为硬颗粒饲料, 成蟹阶段为沉性膨化饲料。

1.2 扣蟹池塘及养殖管理

2012 年 5 月中旬, 将淡化后的河蟹大眼幼体[体重为(7.25±0.03) mg]运回上海海洋大学崇明基地, 投放于 4 口等大的扣蟹养殖池塘(60 m×33.3 m), 每个池塘投放大眼幼体 3 kg。单个池塘呈“回”字形, 四周为环沟, 沟宽 2.5 m, 沟深 1.2 m, 中间为面积 1000 m²(40 m×25 m)的平台, 平台深 0.6 m, 池塘的四周设置 35 cm 高的塑料防逃板, 池塘内均匀种植一定量的水花生(*Alternanthera philoxeroides*)供扣蟹隐蔽, 水花生面积占池塘水面积的 50%左右。养殖期间, 按表 1 依次投喂不同规格的河蟹配合饲料, 投喂量为蟹体重的 1%~6%, 具体根据水温和摄食情况灵活调整, 每天记录每口池塘的实际投喂饲料质量; 每日定时测定池塘水温、pH 和溶氧, 每周测定两次养殖水体的氨氮和亚硝酸盐含量, 根据水质情况, 每 10 d 左右换水 1 次, 换水量根据实际情况确定, 并使用消毒剂或微生物制剂; 夏季及时梳理水花生, 防止水花生过密影响河蟹正常活动和摄食。

表 1 扣蟹养殖阶段投喂的饲料种类和营养成分
Tab. 1 The type and proximate composition of formulated diets during the juvenile *Eriocheir sinensis* culture stage

扣蟹养殖阶段 juvenile crab culture stage	粒径/mm diameter	粗蛋白含量/ (% dry weight) crude protein	总脂含量/ (% dry weight) total lipid	灰分/ (% dry weight) ash	投喂时间 feeding time	投喂频率/(time·d ⁻¹) feeding frequency
扣蟹 1# juvenile 1#	0.5	43.9	8.2	11.2	5 月中-6 月中 mid May-mid Jun	1
扣蟹 2# juvenile 2#	1.2	40.1	7.2	8.5	6 月中-7 月中 mid Jun-mid Jul	2
扣蟹 3# juvenile 3#	1.6	37.3	7.5	9.7	7 月中-8 月底 mid Jul-late Aug	1
扣蟹 4# juvenile 4#	1.8	33.2	8.9	10.1	9 月初-11 月中 early Sep-mid Nov	0.3-1

1.3 成蟹池塘及养殖管理

成蟹养殖实验于 2013 年 3—11 月在上海市崇明雨水产养殖专业合作社进行, 选择 4 口相似的成蟹养殖池塘(85 m×55 m×1.5 m), 每口池塘的周围设有 40 cm 高的塑料防逃板。2 月中旬使用漂白粉(1200 kg/hm²)对实验池塘消毒和清塘, 消毒后每口池塘种植伊乐藻(*Elodea canadensis*), 伊乐藻株距和行距分别为 1.5 m 和 1 m。3 月中旬从上述扣蟹实验塘中挑选规格相近的扣蟹[雌蟹: (7.68±1.66) g, 雄蟹: (7.23±1.70) g], 于 30 mg/L 聚维酮碘溶液中浸泡 0.5 h 后, 随机投放于 4 口池塘内, 放养密度为 10000 只/hm², 雌雄比为 1:1。

养殖期间, 水温回升到 12℃以后每天定时投喂配合饲料, 饲料种类和营养成分见表 2, 通过观察食台的残饵情况调整投喂量。随着伊乐藻的生长, 逐渐加深水位, 8 月份水位稳定在 1~1.2 m, 及时梳理池塘内伊乐藻, 使伊乐藻保持在合理的密度, 定期检测水体的温度、pH、溶氧、氨氮和亚硝酸盐含量, 每周换水 1~2 次, 每次 1/3, 每隔 15 d 使用聚维酮碘消毒 1 次。此外, 为了调节水质和控制野杂鱼, 分别于 3 月和 5 月放养部分白鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)(体重约为 65 g/条, 放养密度为 150 条/hm²)和鳊鱼(*Siniperca chuatsi*)(体长约为 4 cm, 放养密度为 225 条/hm²)鱼种。

表 2 成蟹养殖阶段投喂的饲料种类和营养成分
Tab. 2 The type and proximate composition of formulated diets during the adult *Eriocheir sinensis* culture stage

成蟹养殖阶段 adult crab culture stage	粒径/mm diameter	粗蛋白含量/ (% dry weight) crude protein	总脂含量/ (% dry weight) total lipid	灰分/% ash	投喂时间 feeding time	投喂频率/(time·d ⁻¹) feeding frequency
成蟹 1# adult 1#	2.0	41.3	10.4	9.3	4 月—6 月中 Apr—mid Jun	1
成蟹 2# adult 2#	2.5	38.8	9.5	10.5	6 月中—8 月中 mid Jun—mid Aug	1
成蟹 3# adult 3#	3.5	37.3	12.5	10.3	8 月底—11 月底 late Aug—late Nov	0.3—1

1.4 数据采集

1.4.1 扣蟹生长性能 大眼幼体放养后, 每月 20 日前后用抄网随机从各池塘中采 300~400 只幼蟹, 用毛巾擦干体表水分, 逐个称重(精确到 0.01 g), 计算每月增重率和特定生长率:

增重率 WGR(%)= 100×(W_t-W_{t-1})/W_{t-1}

特定生长率 SGR(%/d)= 100×(ln W_t-ln W_{t-1})/D

其中 W_t指第 t 月蟹的平均体重, W_{t-1}指第 t-1 月蟹的平均体重, D 为采样的间隔时间(d)。

11 月 20 日进行干塘, 分别统计雌、雄及总体的成活率、早熟率、产量、平均体重(精确到 0.01 g)、规格分布(按照扣蟹销售习惯分为 5 级: ≥12 g, 8~11.99 g, 6~7.99 g, 4~5.99 g 和 <4 g)和饲料系数(FCR)等。早熟蟹的判别参考王武等^[16]的方法, 雄体早熟蟹大螯足完全覆盖有浓密的绒毛, 甲壳颜色为墨绿色或青色, 且腹部交接器已经骨化, 腹脐下有交接器的部位已经突起, 正常雄体幼蟹大

螯上绒毛较少, 交接器为软管状; 早熟雌蟹腹部已成半圆形, 腹脐及附肢刚毛长而密。早熟率和饲料系数的计算公式如下:

早熟率(%)=早熟蟹的个体数/(早熟蟹的个体数+正常扣蟹的个体数)×100

饲料系数(FCR)=消耗饲料总重/(最终产出蟹总重-最初放养蟹苗重)

1.4.2 成蟹生长性能 2012 年 4—10 月期间, 每月 25 日前后用地笼从每口池塘内随机抓捕 60~100 只河蟹, 雌雄近似各半, 擦干体表水分后, 逐只称重(精确到 0.1 g), 分别计算各月的增重率和特定生长率; 10 月 25 日起通过徒手抓捕上岸成蟹和地笼起捕等方式捕捞各池塘成蟹, 11 月底排干池水, 捕捞全部河蟹, 分别统计各塘的雌、雄以及总体成活率、产量, 计算成蟹养殖阶段的饲料系数。根据每只池塘最终捕获成蟹总质量和数量, 计算雌雄蟹的平均体重; 参照 He 等^[11]的方法, 把

每个池塘捕获的蟹按体重进行规格分级, 雄蟹分为 7 级: ≥ 250 g, 225~249.9 g, 200~224.9 g, 175~199.9 g, 150~174.9 g, 125~149.9 g 和 <125 g; 雌蟹分为 5 级: ≥ 150 g, 125~149.9 g, 100~124.9 g, 75~99.9 g 和 <75 g, 统计各规格成蟹所占的数量比例。

1.4.3 成蟹性腺发育 自从 8 月 15 日起每隔 15 d 取样 1 次, 每池塘随机采样 60 只个体, 雌雄近似对半, 分别统计各池塘内河蟹完成生殖蜕壳的个体比例, 根据 He 等^[1]的方法判断采样个体是否已经完成生殖蜕壳。由于 8 月 25 日雌雄个体的性腺均容易采样, 故从 8 月 25 日起, 每次称重后随机采雌雄各 12 只蟹(每只池塘雌雄各 3 只)进行解剖, 取出全部肝胰腺和性腺, 精确称重(精确到 0.001 g)后, 分别计算肝胰腺指数(hepatosomatic index, HSI, %)和性腺指数(gonadosomatic index, GSI, %):

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

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

式中, W_H 为肝胰腺质量, W_G 为性腺质量, W 为体重。

1.5 数据分析

所有数据采用平均值 \pm 标准差($\bar{x} \pm \text{SD}$)表示。采用 SPSS13.0 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, 采用 Sigmaplot12.5 软件绘图, 取 $P < 0.05$ 为差异显著。

2 结果与分析

2.1 扣蟹阶段的生长性能

2.1.1 扣蟹体重、月增重率和特定生长率的变化 图 1 为池塘养殖条件下, 扣蟹体重的变化。由图可见, 6—10 月幼蟹体重逐月显著增加, 10 月下旬后无显著变化, 每月雌雄个体的平均体重均无显著差异($P > 0.05$)。就增重率(WGR)和特定增长率(SGR)而言, 整体上随养殖时间的延长呈下降趋势(图 2), 7—8 月最高, 10—11 月最低。整个扣蟹养殖期间, 扣蟹平均体重增加了 1000 倍左右, 平均 SGR 为 1.9%/d 左右。

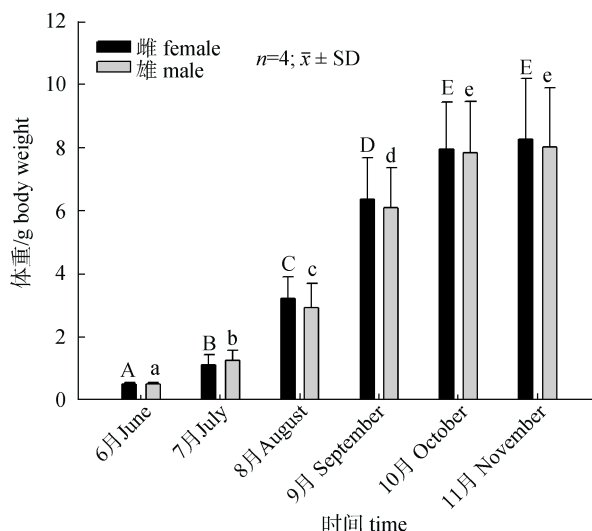


图 1 全程投喂配合饲料下池塘养殖扣蟹的体重变化
同系列柱形顶部不含相同大写(小写)字母表示雌(雄)性不同月份间差异显著($P < 0.05$)。

Fig. 1 The changes of monthly body weight(WG) of pond-reared *Eriocheir sinensis* during the juvenile culture stage based on the feeding formulated diets
Different capital (small) letters on the columns indicate significant differences among different culture stages of female (male) crab($P < 0.05$).

2.1.2 扣蟹养殖阶段的成活率、早熟率、规格、产量及饵料系数 由表 3 可见, 全程投喂配合饲料养殖条件下, 大眼幼体在扣蟹养殖阶段的成活率约为 10%, 雌雄体间无显著差异($P > 0.05$); 平均早熟率为 4.93%, 雌体早熟率(6.10%)显著高于雄体(3.75%, $P < 0.05$); 正常扣蟹的雌雄体重接近, 平均规格均为 7.5 g 左右, 正常扣蟹总产量约为 2400 kg/hm², 早熟蟹雌雄体平均规格均为 20 g 左右, 总产量约 230 kg/hm²; 整个扣蟹养殖阶段的 FCR 为 2.15, 生产 1 kg 扣蟹的饲料成本约为 6 元, 整体上饲料使用量与水温变化趋势相同, 在 7—10 月饲料使用量较大, 其中 9 月份最大, 5 月和 11 月较小, 分别为 0.89%和 1.93%(图 3); 就扣蟹体重分布而言, 主要集中于 4~12 g, 占 76.05%, 体重小于 4 g 或大于 12 g 的扣蟹比例较低(图 4)。

2.2 成蟹阶段的生长性能

2.2.1 成蟹体重、月增重率和特定生长率的变化 全程投喂配合饲料条件下成蟹养殖阶段的体重变化如图 5 所示, 3—9 月间, 体重快速增加, 并且自 6 月份起, 雌雄体规格逐渐开始分化, 雄体

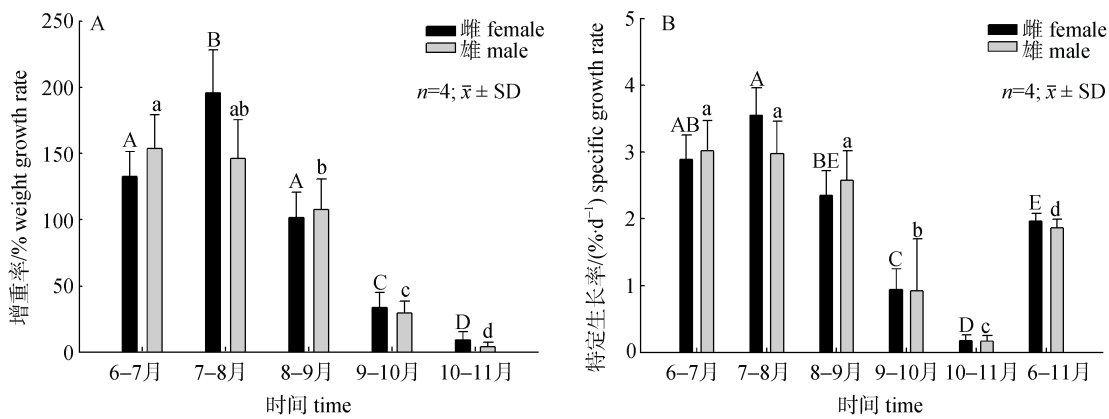


图 2 扣蟹养殖阶段月增重率(A)和特定生长率(B)的变化
同系列柱形顶部不含相同大写(小写)字母表示雌(雄)性不同阶段间差异显著($P<0.05$).
Fig. 2 The changes of mean monthly weight gain rate(WGR, A) and specific growth rate (SGR, B) of pond-reared *Eriocheir sinensis* during juvenile culture stage
Different capital (small) letters on the columns indicate significant differences among different culture stages of female(male) crab ($P<0.05$).

表 3 扣蟹养殖阶段的成活率、早熟率、扣蟹规格、产量及饵料系数
Tab. 3 Survival rate, precocious, body weight, yield and feed conversion rate (FCR)of the *Eriocheir sinensis* during the juvenile culture stage
 $n=4; \bar{x} \pm SD$

项目 item	雌体 female	雄体 male	总体 total
成活率/% survival rate	10.28±1.27	9.84±1.11	10.06±1.15
早熟率/% precocity rate	6.10±1.01*	3.75±0.75	4.93±0.89
平均体重/g body weight			
正常扣蟹 normal crab	7.53±1.48	7.55±1.53	7.54±1.50
早熟蟹 precocious crab	19.64±3.49	20.03±3.46	19.84±3.43
产量/(kg·hm ⁻²) yield			
正常扣蟹 normal crab	1226.55±120.15	1206.60±148.20	2433.00±233.55
早熟蟹 precocious crab	103.95±11.40	124.65±15.45	228.60±26.10
总产量 total yield	1330.50±138.90	1330.80±150.60	2661.60±282.75
饵料系数 FCR	—	—	2.15±0.16
饲料成本(RMB/kg) feed cost	—	—	≈6

注: “—” 代表该指标无数据. *表示雌雄间差异显著($P<0.05$)
Note: “—” represents no data for this index. “*” indictes significant differences between female and male ($P<0.05$).

体重增加较快, 雄体体重显著高于雌体($P<0.05$), 9 月下旬后雌雄体重均无显著变化; 雌雄体的 WGR 和 SGR 均随养殖时间的延长而下降(图 6), 并且 9—10 月最低; 雌雄个体的生长规律略有不同, 尤其是在 7—8 月和 8—9 月期间, 雌雄的增重率差异显著($P<0.05$), 整个成蟹养殖期间, 雄体的特定生长率(1.63)显著高于雌体(1.41)。(61.30%)略高于雄体(55.47%), 但差异不显著($P>0.05$); 所产成蟹雌雄体平均规格分别为 126.10 g 和 181.11 g; 雌雄总体产量约为 950 kg/hm², 并且雄体的最终产量(536 kg/hm²)显著高于雌体(412 kg/hm²); 整个成蟹养殖阶段的饵料系数为 2.63, 生产 1 kg 成蟹的饲料成本约为 9.6 元, 饲料使用量与水温变化趋势整体相同, 饲料使用主要发生于 7—10 月(图 7), 占总使用量的 75%以上; 所产成蟹雌体和雄体各规格所占百分比均呈正态分布(图 8), 雌体主要集中于 125~150 g 和

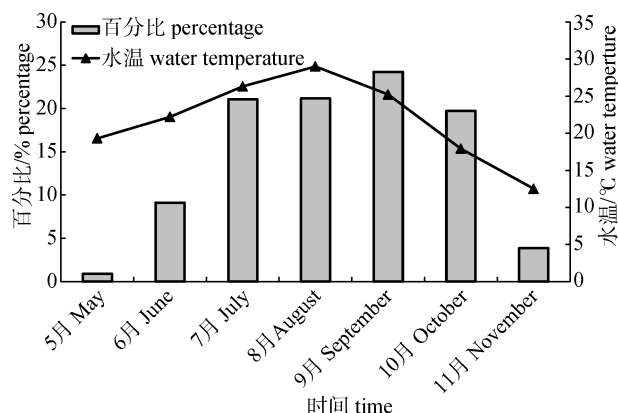


图3 池养扣蟹养殖过程中每月饲料投喂量占总用量的百分比及平均水温变化

Fig. 3 The changes of the percentage of monthly feeding formulated diets to the total feeding amount and water temperature in the ponds during the juvenile culture stage of pond-reared *Eriocheir sinensis*

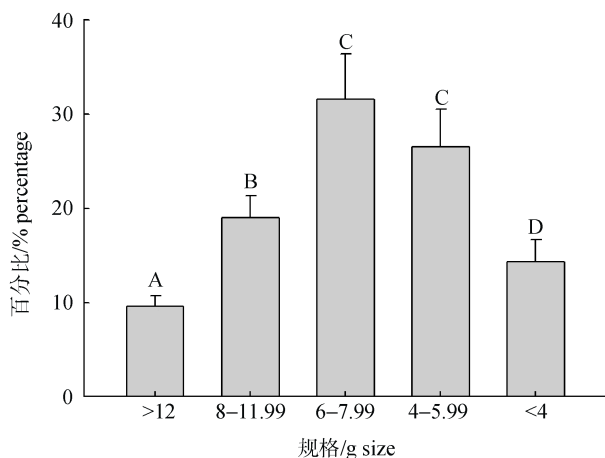


图4 正常扣蟹的规格分布
不同字母表示不同规格间差异显著($P<0.05$).

Fig. 4 Harvest size distribution of normal juvenile *Eriocheir sinensis*

Different letters on the columns indicate significant differences among different sizes($P<0.05$).

100~125 g 两个等级, 占总量的 88%左右; 雄体主要集中在 150~175 g、175~200 g 和 200~225 g 3 个等级, 占总量 83%左右, 其他规格所占比例较小。

2.3 成蟹阶段的性腺发育

自 8 月份起, 河蟹陆续开始生殖蜕壳, 9 月 25 日雌雄均基本完成生殖蜕壳(图 9), 8 月 15 日至 9 月 15 日, 雌体完成生殖蜕壳的百分比均高于雄体, 如: 8 月 25 日, 雌体生殖蜕壳完成率达 75%左右, 而雄体仅为 45%左右。生殖蜕壳完成后, 河蟹性腺指数显著升高(表 5), 雌体的性腺发育主要发生

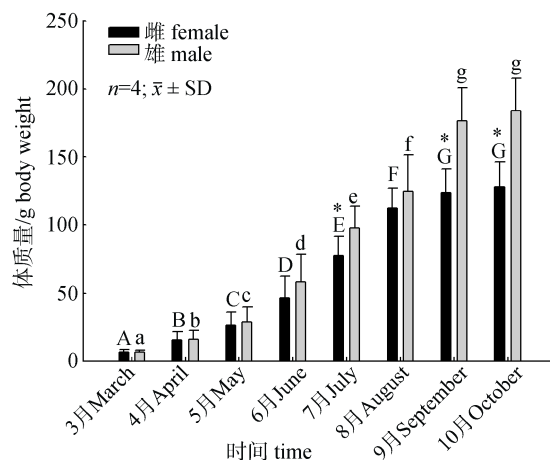


图5 成蟹养殖阶段河蟹的体重变化

同系列柱形顶部不含相同大写(小写)字母表示雌(雄)性不同阶段间差异显著($P<0.05$).

“*”表示雌雄间差异显著($P<0.05$).

Fig. 5 The changes of body weight(WG) of the pond-reared *Eriocheir sinensis* during the adult culture stage based on the feeding formulated diets

Different capital (small) letters on the columns indicate significant differences among different culture stages of female (male) crab($P<0.05$). “*” indicates significant differences between females and males($P<0.05$).

在 9—10 月; 雄体的性腺发育时间较长, 8—11 月雄体性腺指数一直呈增加趋势, 生殖蜕壳前雄体性腺指数已达 0.8%左右, 性腺清晰可见。雌雄性腺发育期间肝胰腺指数均呈下降趋势。

3 讨论

3.1 全程投喂配合饲料下池塘养殖河蟹的生长规律

本研究表明, 池塘养殖条件下全程投喂配合饲料可以保证河蟹正常生长发育, 获得较好的生长性能。本研究发现, 随着养殖时间的延长, 扣蟹和成蟹的增重率及特定生长率均逐渐降低, 且扣蟹养殖阶段的特定生长率大于成蟹养殖阶段, 这与不同阶段的生长特性及水温有关^[18]。对同种水生动物而言, 在相似的养殖条件下, 通常幼体和幼龄阶段的生长速度远快于近成体和成体阶段^[13, 18], 因此, 扣蟹养殖阶段的特定生长率高于成蟹养殖阶段。此外, 在适宜生长水温范围内, 水温越高河蟹摄食量越大, 生长速度越快^[19-20], 过高的水温反而抑制河蟹生长, 甚至导致死亡^[21]。研究显示, 网箱养殖条件下, 整个扣蟹养殖阶段河蟹蜕壳

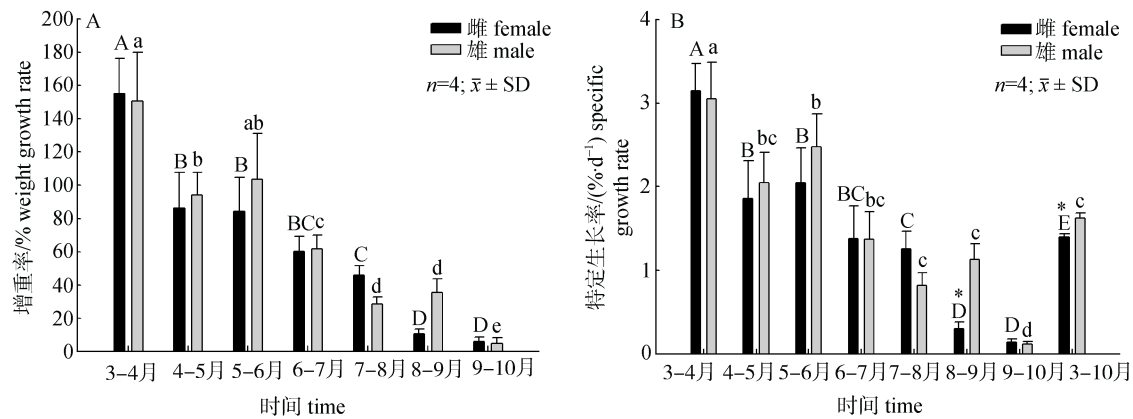


图 6 成蟹养殖阶段河蟹月平均增重率(WGR, A)和特定增长率(SGR, B)的变化

同系列柱形顶部不含相同字母表示差异显著($P<0.05$). “*”表示雌雄间差异显著($P<0.05$).

Fig. 6 Mean monthly weight gain rate(WGR, A) and specific growth rate (SGR, B) of the *Eriocheir sinensis* during the adult culture stage. Different capital (small) letters on the columns indicate significant differences among different culture stages of female(male) crab($P<0.05$).

表 4 成蟹养殖阶段的成活率、产量及饵料系数

Tab. 4 Survival, yield and feed conversion rate (FCR) of the *Eriocheir sinensis* during the adult culture stage

项目 parameter	n=4; $\bar{x}\pm SD$		
	雌体 female	雄体 male	总体 total
成活率/% survival rate	61.30±7.37	55.47±4.60	58.38±5.98
产量/(kg·hm ⁻²) yield	412.20±52.35*	536.10±55.95	948.15±78.90
饵料系数 FCR	—	—	2.63±0.33
饲料成本/(RMB·kg ⁻¹) feed cost	—	—	≈9.6

*表示雌雄间差异显著($P<0.05$)

Note: “*” indicates significant differences between female and male ($P<0.05$).

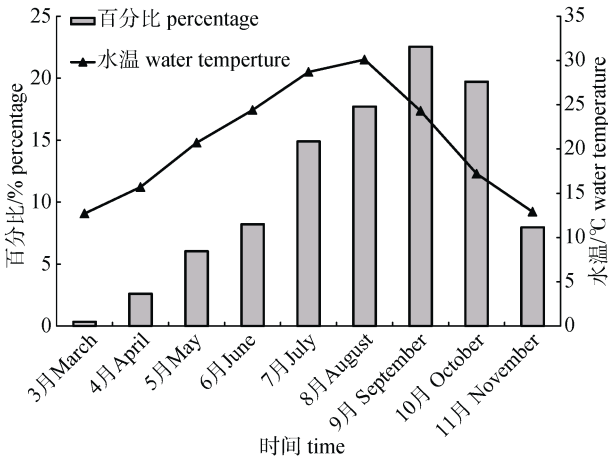


图 7 成蟹养殖阶段每月饲料投喂量占总用量的百分比及平均水温变化

Fig. 7 The changes of the percentage of monthly feeding formulated diets to the total feeding amount and water temperature in the ponds during the adult culture stage of pond-reared *Eriocheir sinensis*

9~11 次, 雌雄扣蟹生长差异不显著; 有关成蟹养殖阶段的蜕壳次数尚存在一定的争议, 有研究发现, 室内单养条件下雌雄蟹均完成 4 次蜕壳^[22]。本研究发现, 池塘养殖成蟹共有 5 次蜕壳高峰, 分别于 3 月底、4 月底、6 月初、7 月初和 8 月中下旬, 但是雌雄成蟹的生殖蜕壳时间和增重率具有一定的差异, 池塘养殖条件下雌体的生殖蜕壳时间早于雄体, 雄体的体重从 6 月份起就明显高于雌体。

3.2 全程投喂配合饲料对池塘养殖扣蟹和成蟹的养殖效果评价

饵料成本通常占河蟹养殖总成本的 30%~50%^[1, 23], 选择合适的饵料, 并科学投喂对河蟹养殖至关重要。本研究表明, 全程投喂配合饲料时, 扣蟹养殖阶段的成活率和早熟率分别为 10%

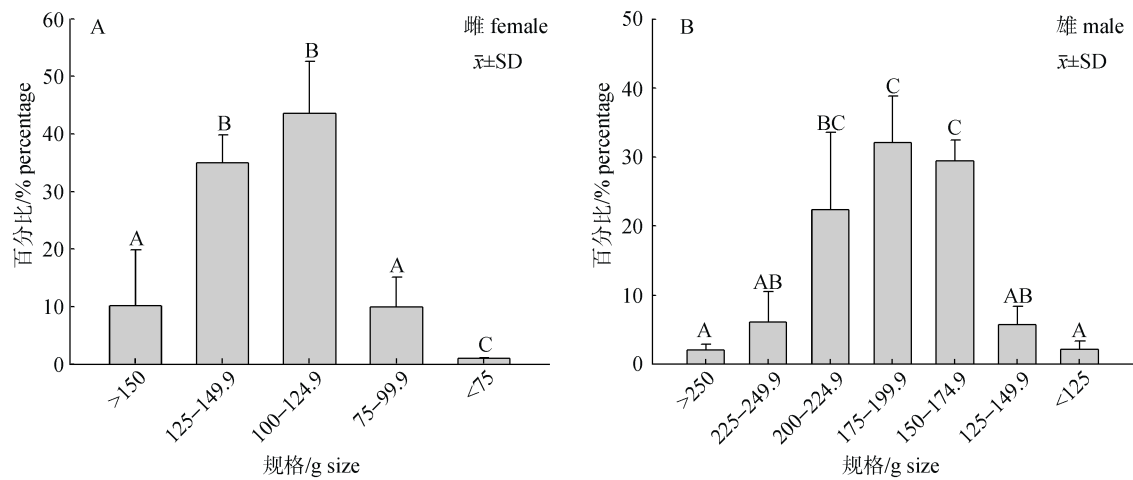


图 8 养成雌性(A)和雄性(B)成蟹的规格分布
柱形顶部不含相同字母表示差异显著($P<0.05$).
Fig. 8 Harvest size distribution of different body weight ranges of adult female(A) and male(B) *Eriocheir sinensis*
Different letters on the columns indicate significant differences among different sizes($P<0.05$).

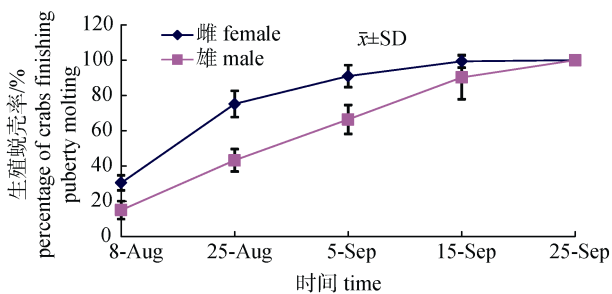


图 9 池塘成蟹养殖过程中河蟹生殖蜕壳完成率的变化
Fig. 9 The percentage of crabs that finished puberty molting during the adult culture stage of pond-reared *Eriocheir sinensis*

和 5%左右, 正常扣蟹平均体重和单产分别为 7.5 g/只和 2400 kg/hm², 饲料系数和饲料成本为 2.15 和 6 元/kg 扣蟹, 饵料成本与先前投喂豆粕、菜粕、麸皮和小麦的传统扣蟹投喂模式接近, 但是扣蟹

平均体重和单产均高于传统投喂模式^[16]。1 龄蟹性早熟是扣蟹养殖过程中的一个重要问题, 先前扣蟹养殖生产中通常采用“两头精中间粗”的原则来控制性早熟和提高蟹种越冬成活率, 即在养殖前期和末期使用高蛋白的动物性饵料, 在养殖中期(高温期)则投喂蛋白含量较低的植物性饵料。本课题组前期的研究表明, 饲料中营养组成不平衡是诱发河蟹一龄性早熟的重要因素之一, 通过平衡饲料中脂类营养可以有效降低河蟹一龄性早熟率^[13]。扣蟹养殖过程中, 由于其生长速度呈下降趋势, 故对饲料中的蛋白含量需求也有所下降, 但是蟹种越冬前对饲料中脂肪含量需求有所上升^[5, 24]。全程投喂配合养殖成蟹也取得了良好的养殖效果, 成活率、成蟹规格、单产和优

表 5 河蟹成蟹养殖阶段肝胰腺(HSI)和性腺指数(GSI)变化
Tab. 5 The changes of gonadosomatic index (GSI) and hepatosomatic index (HSI) of the *Eriocheir sinensis* during the adult culture stage of pond-reared *Eriocheir sinensis*

时间 time	HSI/%		GSI/%	
	雌体 female	雄体 male	雌体 female	雄体 male
25-Aug	9.74±1.01	9.43±1.61	0.28±0.07	0.80±0.23
10-Sep	9.63±0.83	9.09±1.79	1.01±0.31	1.03±0.23
25-Sep	9.23±0.87	8.66±0.83	2.42±0.59	1.27±0.36
10-Oct	8.46±1.06	8.08±1.15	4.56±0.62	1.78±0.42
25-Oct	7.45±0.99	7.31±0.97	9.01±0.87	2.48±0.39
10-Nov	6.51±0.75	6.67±0.91	10.45±1.26	3.04±0.58

质蟹比例均接近或超过杂鱼和螺蛳为主的投喂模式^[6, 25], 饲料系数和饲料成本分别为 2.6 和 9.6 元/kg 成蟹, 这显著低于先前全程投喂冰鲜杂鱼的饵料成本^[26]。此外, 全程投喂配合饲料可以保证河蟹正常性腺发育, 10 月下旬雌雄蟹的性腺发育已经基本成熟, 达到上市标准。因此, 全程投喂配合饲料可以获得较好的池塘养殖效果, 与传统饵料投喂模式相比, 在饵料成本、劳动强度、水质维护、免疫防病和成蟹品质等方面具有较多优势, 是河蟹养殖的主要发展方面, 值得大面积推广应用。

河蟹池塘养殖过程中不同月份的饲料用量及饵料系数等相关数据, 可为今后优化投喂策略和降低饲料系数提供基础资料。扣蟹和成蟹的饲料消耗主要发生在 6—10 月中旬, 此时期饲料使用量占各自养殖期总用量的 80% 左右, 这是因为此时期平均水温较高, 河蟹生长迅速, 而且池塘中河蟹总生物量较高, 饲料消耗较多。就扣蟹养殖而言, 10 月中下旬至 11 月的扣蟹基本不再蜕壳, 群体增重较小, 但是此时期扣蟹饲料消耗占整个扣蟹养殖阶段的 20% 左右, 这是因为扣蟹越冬前需要营养强化, 以积累营养用于越冬期的消耗, 从而提高次年成蟹养殖的早期成活率^[15], 这也是池塘养殖条件下, 扣蟹养殖阶段饲料系数高于室内水族箱养殖的原因之一^[24, 27]。就成蟹养殖而言, 9—10 月成蟹消耗饲料比例占全部饲料用量的 40% 以上, 是因为此时期雌雄性腺快速发育, 需要大量外源性营养, 因此摄食旺盛; 11 月池塘平均水温较低成蟹摄食较少。值得注意的是, 池塘养殖成蟹 9 月 15 日基本完成生殖蜕壳, 从完成生殖蜕壳到性腺发育基本成熟, 河蟹体重仅增加 8%~14%^[28], 但是此时期成蟹饲料用量占全部用量的 40% 左右, 因此造成了池塘养殖条件下成蟹养殖阶段的饲料系数高达 2.6 左右。如果仅计算成蟹生长阶段的饲料系数, 约在 1.5 左右。

3.3 全程配合饲料投喂条件下池塘养殖河蟹投喂策略和养殖技术的优化

合理的投喂策略是提高河蟹生长性能、降低饲料成本的重要手段, 迄今为止尚未见池塘养殖

条件下河蟹投喂策略的报道。河蟹的摄食与水温、生长阶段和饵料种类等多种因素有关^[19, 29], 有研究认为, 河蟹幼蟹快速生长阶段(体重为 5~45 g)投喂 4~6 次/d 较为适宜^[20], 随着投喂频率的提高, 河蟹幼蟹增重率和特定生长率呈上升趋势, 但是饲料转化效率逐渐降低, 每日投喂 2 次时, 幼蟹成活率和蜕壳率最高^[29]。作者认为: 池塘养殖条件下投喂次数需要根据池塘天然饵料、养殖密度、水温和发育阶段等因素综合考虑, 扣蟹养殖初期, 由于池塘中存在丰富的饵料生物, 因此每日投喂 1 次即可; 扣蟹养殖中期, 每日投喂 2 次可以促进其快速生长; 高温期及养殖后期, 为防止性早熟, 每日投喂 1 次为宜用; 养殖后期(越冬前)由于平均水温低于 18℃, 2~5 d 投喂 1 次即可。成蟹养殖阶段, 由于密度较低, 建议 5—10 月每天投喂 1 次, 投喂时间为傍晚 17:00—18:00, 这和河蟹晚间的摄食高峰时间(18:00~20:00)较接近, 过早投喂容易造成饲料溶失和杂鱼抢食等, 导致水质恶化和饵料系数升高, 过晚投喂会使蟹处于饥饿状态, 自相残杀而降低成活率^[22, 30]。在投喂区域上, 建议采用全池均匀投喂, 增加河蟹摄食概率, 减少因河蟹抢食而造成的打斗, 从而提高成活率。

性腺、肝胰腺和肌肉是河蟹主要的可食组织, 性腺发育状况直接关系到河蟹的食用价值和商品价格, 通过饲料中的营养调控可以促进河蟹性腺发育和提高膏蟹品质, 因此河蟹育肥饲料(性腺发育阶段的饲料)的开发利用对成蟹养殖非常重要^[3-4, 29]。本研究主要根据本课题组前期对雌性性腺发育期的营养需求进行了育肥饲料配方设计^[14], 取得了较好的育肥效果。河蟹性腺发育阶段雌雄个体的营养需求具有一定的性别差异^[3-4, 14], 两者的生殖蜕壳时间和性腺发育规律差别较大, 因此, 今后需要系统研究雌雄河蟹性腺发育期的营养需求, 开发专用的河蟹育肥饲料^[3-4, 31], 进行雌雄分养和育肥, 从而提高河蟹养殖技术和养殖效果。另外, 我们先前的研究表明采用配合饲料养殖或者育肥成蟹, 成蟹的营养组成接近或优于杂鱼组^[3-4, 25], 且不同体重组的成蟹营养组成接近^[32]。可见, 河蟹配合饲料替代传统饵料养殖成

蟹优势较多, 且具有进一步提升的空间。

尽管配合饲料具有来源稳定、质量可控、投喂方便等优点, 但是投喂配合饲料进行河蟹池塘养殖也存在一些急需解决的问题。首先, 由于河蟹具有“用大螯夹食, 用颚片咀嚼”的摄食习性^[16], 摄食过程中容易造成饲料碎屑而浪费饲料和败坏水质; 此外, 河蟹养殖池塘内通常存在一些野杂鱼, 很难完全去除, 杂鱼摄食饲料的速度远快于河蟹, 这大大影响了河蟹的正常摄食, 降低了河蟹饲料的有效利用率^[16]。因此, 提高河蟹饲料水中稳定性和控制蟹塘野杂鱼数量是全程投喂配合饲料养殖河蟹迫切需要解决的问题。通过采用优化饲料配方、沉性饲料膨化工艺和油脂真空后喷涂等技术, 目前河蟹配合饲料的水中稳定性已经可以提高到4 h以上, 饲料4 h内水中溶失率控制在8%以下, 这为河蟹配合饲料的大面积推广提供了技术支撑。蟹塘野杂鱼控制和饲料碎屑利用主要是依靠多品种套养技术来逐步解决, 运用生物种间互利共生的原理, 在成蟹池塘内套养鳊鱼、青虾(*Macrobrachium nipponense*)、鲢鱼、鳙鱼(*Aristichthys nobilis*)等种类, 其中鳊鱼可以捕食野杂鱼, 青虾和鳙鱼可以摄食残饵和有机碎饵, 鲢鳙鱼摄食浮游生物, 从而构建相对稳定的池塘养殖生态系统, 提高饲料综合利用率、促进池塘内物质循环和改善池塘水质^[1, 33]。但是, 不同河蟹养殖模式下套养种类的放养数量、规格、放养时间和捕捞策略等目前主要依赖经验^[16], 有待今后进一步深入研究, 从而优化全程配合饲料投喂下的河蟹池塘养殖技术体系。

4 结论

全程投喂配合饲料可以保证池塘养殖河蟹的正常生长发育, 在扣蟹和成蟹养殖阶段均取得了较好的养殖效果, 但是河蟹实用配合饲料研发、投喂策略及配套养殖技术还存在许多亟待研究的地方, 今后需要从河蟹的摄食生理、饲料研发、品质调控、投喂策略和养殖模式等方面进行系统研究, 从而促进全程投喂配合饲料在河蟹池塘养殖上的大面积推广应用, 保障河蟹养殖业的健康可持续发展。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] Fishery and Fisheries Administrative Bureau, Ministry of Agriculture. China Fishery Statistics Yearbook of 2014[M]. Beijing: Chinese Agricultural Press, 2014.[农业部渔业渔政管理局. 2014 年中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2014.]
- [3] Shao L C, Wang C, He J, et al. Hepatopancreas and gonad quality of Chinese mitten crabs fattened with natural and formulated diets[J]. *J Food Quality*, 2013, 36(3): 217–227.
- [4] Shao L C, Wang C, He J, et al. Meat quality of Chinese mitten crabs fattened with natural and formulated diets[J]. *J Aquat Food Product Technol*, 2014, 23(1): 59–72.
- [5] Chen L Q, Li E C. Research and progress in nutrition required by *Eriocheir sinensis*[J]. *Feed Industry*, 2009, 30(10): 1–6.[陈立乔, 李二超. 中华绒螯蟹营养需求的研究现状和进展[J]. *饲料工业*, 2009, 30(10): 1–6.]
- [6] Que Y Q, Yang Z G, Cheng Y X, et al. Ecology culture technology of large size Chinese mitten crab in Chongming county[J]. *China Fisheries*, 2012, (2): 66–67.[阙有清, 杨志刚, 成永旭, 等. 崇明县大规格河蟹生态养殖技术[J]. *中国水产*, 2012, (2): 66–67.]
- [7] Qian G Y, Zhu Q H. Optimal levels of protein, lipid and fiber for *Eriocheir sinensis*[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 1999, 6(1): 61–65.[钱国英, 朱秋华. 中华绒螯蟹配合饲料中蛋白质、脂肪、纤维素的适宜含量[J]. *中国水产科学*, 1999, 6(1): 61–65.]
- [8] Wang L Q, Hu W, Li H Y, et al. The effects of dietary lipid levels on the growth response and feed conversion efficiency of juvenile crab *Eriocheir sinensis*[J]. *Journal of Shanghai Fisheries University*, 2003, 12(1): 19–23.[汪留全, 胡王, 李海洋, 等. 饲料中脂肪水平对幼蟹生长和饲料利用率的影响[J]. *上海水产大学学报*, 2003, 12(1): 19–23.]
- [9] Wang L Q, Li H Y, Hu W, et al. The effects of dietary Cholesterol levels on the growth response and feed conversion efficiency of juvenile crab *Eriocheir sinensis*[J]. *Freshwater Fisheries*, 2004, 34(1): 13–15.[汪留全, 李海洋, 胡王, 等. 饲料中胆固醇水平对幼蟹生长和饲料利用率影响的研究[J]. *淡水渔业*, 2004, 34(1): 13–15.]
- [10] Pan L Q, Xiao G Q, Zhang H X, et al. Effects of different dietary protein content on growth and protease activity of *Eriocheir sinensis* larvae[J]. *Aquaculture*, 2005, 246(1): 313–319.

- [11] Tian W J. Effect of dietary supplementation of selenium and magnesium on growth and antioxidative capacity in juvenile Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis*[D]. Shanghai: East China Normal University, 2014: 10–43.[田文静. 饲料中添加硒和镁对中华绒螯蟹幼蟹生长、抗氧化性能的影响[D]. 上海: 华东师范大学, 2014: 10–43.]
- [12] Yang L L, Yang X Z, Zhao L L, et al. Effects of two different diets on the growth, digestive enzyme activity and haemocytes in juvenile Chinese mitten crab(*Eriocheir sinensis*)[J]. Journal of Fudan University: Natural Science, 2011, 50(5): 619–624.[杨丽丽, 杨筱珍, 赵柳兰, 等. 冰鲜野杂鱼和配合饲料对中华绒螯蟹幼蟹生长、消化酶活力及血细胞的影响研究[J]. 复旦学报: 自然科学版, 2011, 50(5): 619–624.]
- [13] Wu X G, Wang Z K, Cheng YX, 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]. Aquacult Res, 2011, 42(3): 457–468.
- [14] Wu X G, Cheng Y X, Nan T Z, et al. Effect of dietary supplementation of phospholipid and highly unsaturated fatty acids on reproductive performance and offspring quality of the Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) broodstock[J]. Aquaculture, 2007, 273(4): 602–613.
- [15] Zhang L S, Li J. Hatchery technology of *Erincheir sinensis*[M]//Zhang L S. The breeding and culture of Chinese mitten crab. Beijing, China: JingDun Press, 2002: 5–248.[张列士, 李军. 河蟹增养殖技术[M]. 北京: 金盾出版社, 2002: 5–248.]
- [16] Wang W, Wang C H, Ma X Z. Ecological Culture of Chinese Mitten Crab Aquaculture[M]. Beijing: Chinese 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.]
- [17] Que Y Q, Cheng Y X, Chen Z G, et al. The culture of Chinese mitten crab with compound feed instead of fish and other natural bait[J]. Scientific Fish Farming, 2011, 12: 64–65.[阙有清, 成永旭, 陈志刚, 等. 配合饲料替代杂鱼等天然饵料养殖河蟹[J]. 科学养鱼, 2011, 12: 64–65.]
- [18] Wu X G, Smith G, Hall M. Patterns of larval growth, lipid composition and fatty acid deposition during early to mid stages of development in *Panulirus ornatus* phyllosoma[J]. Aquaculture, 2014, 330(1/4): 63–67.
- [19] Qin W, Ma Y G, Liu W R, et al. Preliminary study on feeding ecology of Chinese mitten crab cultured with encircling gear in Yangcheng Lake[J]. Freshwater Fisheries, 2004, 34(1): 25–27.[秦伟, 马玉舸, 刘伟荣. 阳澄湖围网养殖中华绒螯蟹的摄食生态初步研究[J]. 淡水渔业, 2004, 34(1): 25–27.]
- [20] Chen L Q, Wei S T, Lai W. Research on food intake and gastric capacity of Chinese Mitten Crab[J]. Water Conservancy Fishery, 1993(4): 10–12.[陈立侨, 魏斯涛, 赖伟. 中华绒螯蟹的摄食量和胃容量研究[J]. 水利渔业, 1993(4): 10–12.]
- [21] Shi D T, Xu X, Chen X M. Relationship between growth and main meteorological factors in the growth of Chinese mitten crab[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2013, 4(4): 226–228.[时冬头, 许祥, 陈贤明. 中华绒螯蟹成蟹生长与主要气象因素的关系[J]. 江苏农业科学, 2013, 4(4): 226–228.]
- [22] Huang S, Wang Z Q, Mao H C, et al. Observation on molting and growth of adult Chinese mitten crab reared in the laboratory condition[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2014, 23(3): 359–365.[黄姝, 王中清, 茅海成, 等. 中华绒螯蟹在实验室条件下的成蟹阶段蜕壳与生长观察[J]. 上海海洋大学学报, 2014, 23(3): 359–365.]
- [23] Luo Z Q, Huang W, Li Z, et al. The cultivation of large size Chinese mitten crab in Chongming[J]. Fisheries Science and Technology Information, 2014, 41(4): 173–175, 179.[骆志强, 黄薇, 李住, 等. 崇明地区大规格中华绒螯蟹养成试验[J]. 水产科技情报, 2014, 41(4): 173–175, 179.]
- [24] Lin S, Luo L, Ye Y. Effects of dietary protein level on growth, feed utilization and digestive enzyme activity of the Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis*[J]. Aquac Nutr, 2010, 16(3): 290–298.
- [25] Que Y Q, Yang Z G, Ji L Y, et al. Effects of formulated dietary replacement of trash fish on growth performance, body composition and fatty acid composition of *Eriocheir sinensis*[J]. Journal of Fisheries of China, 2012, 36(10): 1612–1622.[阙有清, 杨志刚, 纪连元, 等. 配合饲料替代杂鱼对中华绒螯蟹生长发育、体成分及脂肪酸组成的影响[J]. 水产学报, 2012, 36(10): 1612–1622.]
- [26] Yang Z G, Que Y Q, Ji L Y, et al. Effects of replacement of trash fish with formulated feed on growth and digestive enzyme activities in Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis*[J]. Journal of Dalian Ocean University, 2013, 28(3): 293–297.[杨志刚, 阙有清, 纪连元, 等. 以配合饲料替代杂鱼对中华绒螯蟹生长及消化酶活性的影响[J]. 大连海洋大学学报, 2013, 28(3): 293–297.]
- [27] Zhao Y T, Wu X G, Chang G L, et al. Effects of dietary DHA levels on growth, lipid composition and hypoxia stress of juvenile Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis*[J]. Acta Hydro Biological Sinica, 2013, 37(6): 1133–1144.[赵亚婷, 吴旭干, 常国亮, 等. 饲料中 DHA 含量对中华绒螯蟹幼蟹生长、脂类组成和低氧胁迫的影响[J]. 水生生物学报, 2013, 37(6): 1133–1144.]

- [28] Wu X G, Cheng Y X, Shen H, et al. Effect of dietary phospholipid and highly unsaturated fatty acids on fattening and ovarian development of the Chinese mitten-handed crab (*Eriocheir sinensis*)[J]. Journal of Shanghai Normal University: Natural Sciences, 2004, 33(Suppl): 33-41.[吴旭干, 成永旭, 沈竑, 等. 饲料中磷脂和高度不饱和脂肪酸对中华绒螯蟹育肥和卵巢发育的影响[J]. 上海师范大学学报: 自然科学版, 2004, 33(增刊): 33-41.]
- [29] Li H Y, Wu L X, Chen W, et al. Effects of feeding frequency and food type on growth and energy budget of juvenile Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis*[J]. Journal of Dalian Ocean University, 2013, 28(5): 475-480.[李洪宇, 吴立新, 陈炜, 等. 投饲频率和饵料种类对中华绒螯蟹幼蟹生长及能量收支的影响[J]. 大连海洋大学学报, 2013, 28(5): 475-480.]
- [30] Wang J Q, Pang P M, Yu J, et al. Research on the selection, feeding rate and feeding rhythm of the Chinese mitten crab[J]. Water Conservancy Fishery, 2000, 20(4): 6-7.[王吉桥, 庞璞敏, 于静, 等. 中华绒螯蟹对食物的选择性、摄食量及摄食节律的研究[J]. 水利渔业, 2000, 20(4): 6-7.]
- [31] Wang Q, Ma Q, Li K, et al. Effects of dietary zing on development of reproduction system of male Chinese mitten-handed crab (*Eriocheir sinensis*)[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2005, 29(4): 417-423.[王群, 马强, 李恺, 等. 饲料中添加不同含量的微量元素锌对河蟹雄性生殖腺的影响[J]. 水生生物学报, 2005, 29(4): 417-423.]
- [32] Ji L Y, Yang Z G, Que Y Q, et al. Effects of diet on the edible part content and body composition of the female Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*)[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2012, 21(4): 561-567.[纪连元, 杨志刚, 阙有清. 饵料对雌中华绒螯蟹可食部分含量和体成分的影响[J]. 上海海洋大学学报, 2012, 21(4): 561-567.]
- [33] Wen X F, Zhang Y J, Li Z, et al. Research on effect of the comprehensive cultivation mode of the shrimp, crab, submerged plant polyculture and the ecological floating bed[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2012, 24: 138-142.[文晓峰, 张饮江, 黎臻, 等. 虾、蟹、沉水植物与生态浮床组合种养模式效果研究[J]. 广东农业科学, 2012, 24: 138-142.]

Growth performance and gonadal development of pond-reared Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) fed formulated diets during the whole culture process

HE Jie^{1,2}, WU Xugan¹, ZHAO Hengliang¹, JIANG Xiaodong¹, GE Yongchun³, WANG Youpeng⁴, CHENG Yongxu^{1,2}

1. Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources, Ministry of Education; Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2. Collaborative Innovation Center of Aquatic Animal Breeding Center Certificated by the Shanghai Municipal Education Commission, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

3. Shanghai Dengying Aquaculture Cooperatives, Shanghai 202164, China;

4. Anhui Huayi Agr-livestock Technology Co. Ltd., Hefei 230051, China

Abstract: Formulated diets are an important factor in the sustainable development of *Eriocheir sinensis* aquaculture. However, no information is available on the growth performance or gonadal development of *E. sinensis* based on the formulated diets they are fed in pond culture. Therefore, in this study, we investigated the growth performance, survival, precocity rate of first-year crabs, gonadal development of second-year crabs, crab yield, size distribution, and feed conversion rate (FCR) of *E. sinensis* during the first and second years of pond culture when fed formulated diets. (1) During the whole juvenile crab culture stage (first year), no significant difference was detected in the growth performance of males and females, the average specific growth rate (SGR) was about 1.9%/d, and growth was rapid from June to September; the mean survival and precocity rates were around 10.0% and 4.9%, respectively, and females had significantly higher precocity rates than males; at the end of the first year of culture, the bodyweights of the precocious crabs and normal juveniles were around 19.8 g and 7.5 g, respectively, whereas the average yields of precocious crabs and normal juveniles were 229 kg/hm² and 2433 kg/hm², respectively; dietary consumption mainly occurred between July and October, which accounted for more than 80% of the total feed consumption, and the feed consumption was related to the crab biomass and water temperature; FCR was around 2.15 for the whole juvenile culture period. (2) During the whole adult crab culture stage (second year), the average SGRs of the female and male crabs were about 1.6%/d and 1.4%/d, respectively, and the males grew faster than the females after June; the final mean body weights of the adult males and females were around 126 g and 181 g, respectively; the survival rates of the females and males were 61.30% and 53.47%, respectively, and the overall survival was 58.4%, whereas the yields were around 412.20 kg/hm² (females), 536.10 kg/hm² (males), and 950 kg/hm² (overall); the highest dietary consumption by the adult crabs was recorded during the period from July to October, and FCR was 2.63 for the whole adult culture stage. (3) Pubescent molting predominantly occurred from August to September, and around 20 days earlier in females than in males; the rapid gonadal development of females occurred between September and October after the pubescent molt, whereas the gonadal development of the males took longer, and the gonadosomatic index reached around 0.8% before the pubescent molt; in both females and males, the hepatosomatic index tended to decline during the gonadal development period. In conclusion, feeding pond-reared *E. sinensis* a formulated diet ensures their normal growth and development during the first and second years in culture. This regimen could be extended to large-scale aquaculture practice to improve the productivity of the *E. sinensis* farming industry.

Key words: *Eriocheir sinensis*; formulated diets; culture process; pond culture; growth performance; gonadal development

Corresponding author: WU Xugan. E-mail: xgwu@shou.edu.cn