

不同规格中华绒螯蟹母本子代的生长特性比较

陈军伟 马旭洲* 王 武 杨永超 陶 程

上海海洋大学农业部淡水水产种质资源重点实验室, 上海市水产养殖工程技术研究中心, 水产动物遗传育种中心

上海市协同创新中心 上海 201306

摘要: 为研究中华绒螯蟹 (*Eriocheir sinensis*) 不同规格母本子代的生长发育, 本实验在生态池塘中放置网箱养殖中华绒螯蟹, 按照母本规格不同设置 4 个组, 组 A、B、C 和 D 分别为母本体重 (175.7 ± 5.3) g、(150.4 ± 5.8) g、(125.6 ± 5.5) g 和 (100.2 ± 5.9) g 的子代, 4 组的父本体重无显著差异, 每个组 4 个平行, 每个平行雄蟹 10 只、雌蟹 20 只。每个网箱放养中华绒螯蟹大眼幼体 500 只, 以水花生 (*Alternanthera philoxeroides*) 为隐蔽物, 保持生长环境尽量相同且适宜生长。经过 158 d 的养殖, A、B、C 和 D 组个体的体重从 (6.0 ± 0.5) mg 分别增长到 ($7\,599.8 \pm 954.8$) mg、($6\,232.7 \pm 638.7$) mg、($6\,112.4 \pm 854.6$) mg、($5\,316.0 \pm 745.3$) mg, 分别增长了 1 266.6、1 038.8、1 018.7 和 886.0 倍, 且 A 组特定生长率显著高于 D 组 ($P < 0.05$)。蜕壳 11 次成长为 1 龄蟹种后综合指标 (体重、壳长、壳宽、体高) 最好的是 A 组, A 组显著好于 B、C、D 组 ($P < 0.05$); 次之为 B、C 组, 再者是 D 组, B 与 C 组差异不显著 ($P > 0.05$), 但均显著好于 D 组 ($P < 0.05$)。B 组成活率最高, 分别比 A、D、C 组高 1.4%、3.6%、4.6%; 次之为 A 组, 分别比 D、C 组高 2.2%、3.2%; 再者为 D 组, 比 C 组高 1.4%。综合研究表明, 在 1 龄蟹种阶段, 大规格母本后代生长性状表现出优于小规格母本后代的趋势。

关键词: 中华绒螯蟹; 母本; 网箱养殖; 成活率; 特定生长率

中图分类号: Q955 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263 (2016) 05-895-12

The Comparative Study on Growth Characteristics of Offspring Produced by Female Parents With Different Weight of the Chinese Mitten Crab (*Eriocheir Sinensis*)

CHEN Jun-Wei MA Xu-Zhou* WANG Wu YANG Yong-Chao TAO Cheng

Key Laboratory of Freshwater Fishery Germplasm Resources, Ministry of Agriculture, Shanghai Ocean University, Shanghai Engineering

Research Center of Aquaculture, Shanghai Collaborative Innovation Center for Aquatic Animal Genetics and Breeding,

Shanghai 201306, China

基金项目 上海市中华绒螯蟹产业技术体系项目, 国家星火计划项目 (No. 2011GA680001), 欧盟 FP7 亚欧水产平台项目 (No. 245020), 水产动物遗传育种中心上海市协同创新中心项目 (No. ZF1206);

* 通讯作者, E-mail: xzma@shou.edu.cn;

第一作者介绍 陈军伟, 男, 硕士研究生; 研究方向: 渔业生态养殖; E-mail: chenjunweishan@126.com。

收稿日期: 2015-08-31, 修回日期: 2015-12-14 DOI: 10.13859/j.cjz.201605020

Abstract: To study the growth and development characters of offspring of the Chinese Mitten Crab (*Eriocheir sinensis*) produced by female parents with varied body weight, we raised the offspring in the crab cages placed in a pond and performed four handlings (Fig. 1, 2). Group A: offsprings produce by females weighed 175.7 ± 5.3 g; group B: offsprings from females weighed 150.4 ± 5.8 g; group C and D: offsprings from females weighed 125.6 ± 5.5 g and 100.2 ± 5.9 g. The paternity of all the offspring were weighed 300.2 ± 9.6 g. We farmed 500 offspring of *E. sinensis* in each cage which is shaded by *Altemanthena philoxeroides*. We randomly sampled 30 offspring from each cage when 80% - 85% individuals of the crab exuviated their shells according to the shelling curcles. Totally, we took 11 samples from each cage. We weighed each individual by analytical balance scale and measured hell length and width, body height by electronic digital calipers after drying their external water using absorbent paper. The took the vertical distance from the depression of head central to the tail as the shell length and the widest part of the shell is used as the shell width, the vertical distance between the highest point of the back and abdominal as the body height. We usded Excel and SPSS 22.0 software to analyze our data. After 158 days of cultivation, the weight of offspring increased from 6.0 ± 0.5 mg to $7\ 599.8 \pm 954.78$ mg for group A, $6\ 232.7 \pm 638.68$ mg for group B, and $6\ 112.4 \pm 854.63$ mg, $5\ 316.0 \pm 745.25$ mg for group C and D, respectively. The specific growth rate of offspring in group A was significantly higher than those in group D ($P < 0.05$). The weight of group A was significantly higher than B, C, D group after 6 - 11 times molting ($P < 0.05$); The weight of D group was significantly lower than those in group A, B, C at the 6th, 7th, 10th, 11th times of molting ($P < 0.05$) (Fig. 3, Table 2). The shell length of individuals in group A was significantly longer than those in group B, C, D group at the 7th, 8th, 10th, 11 th times of molting ($P < 0.05$); the shell length of individuals in group D was significantly short than those in group A, B, C after the 11th times of molting ($P < 0.05$) (Fig. 4, Table 2). Except the 3th times of molting, the shell width of offspring in group A was significantly wider than those in group B, C, D ($P < 0.05$); the shell width offspring in group D was significantly narrower than those in group A, B, C group after the 9th and 11th times of molting ($P < 0.05$) (Fig. 5, Table 2). Except the 3th and 6th times molting, the body height of individuals in group A was significantly higher than those in group B, C, D ($P < 0.05$); the body height of individual in group D was significantly lower than those in group A, B, and C after the 2th, 8th, 9th, 10th, 11th times of molting ($P < 0.05$) (Fig. 6, Table 2). The best composite indicator (weight, shell length, shell width, body height) of the juvenile crab was taken in the individuals in group A which was significantly better than those in group B, C, D ($P < 0.05$); The next best measurement was taken from in dividuals in group B and C. All the measurement taken from individuals in group D was worst. No any significant difference in all the measurement taken from individuals from group B and group C ($P > 0.05$), all the composite indicators from offspring in Group B and C were significantly better than the those from group D (Table 2). The highest survival rate was taken from group B which was 1.4%, 3.6%, 4.6% higher than those from group A, D and C respectively; this value from group A was 2.2% and 3.2% higher than that from group D and group C respectively. The survival rate from individuals in group D was 1.4% higher than that from group C (Table 3). Our study indicated that in the one year seed breed phase, the offspring produced by female parent with larger sizes had a superior growth traits than those produced by female parent with smaller sizes.

Key words: Chinese Mitten Crab, *Eriocheir sinensis*; Female parent; Cage culture; Survival rate; Specific growth rate

中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)俗称河蟹,是我国重要的水产养殖品种之一,主要包括 3 个群体,长江蟹、辽河蟹和瓯江蟹,且 3 个群体因生长环境不同导致生长性能存在差异(李应森等 2001)。目前,国内对中华绒螯蟹群体生长特性(梁象秋等 1974,何杰 2005)的研究较少,对营养需求(赵亚婷等 2013,杨霞等 2014)、稻蟹共生(徐敏等 2014)、生态养殖(徐如卫 2007,林海等 2013)和遗传基因(王瑶等 2013,宫磊等 2014)等方面的研究较多。国外也只是对日本绒螯蟹(*E. japonica*)(Kobayashi 2012)和蜘蛛蟹科(Majidae)物种(Guerao et al. 2009, 2010, Durán et al. 2013)个体生长方面有较多报道。Hartnoll(1982)认为影响甲壳动物生长和蜕壳最重要的环境因素是水温、水质和食物,而俞宁宁(2011)则认为主要影响因素是溶氧、水温及营养。

中华绒螯蟹的高效生产模式(杨勇 2004)、群体生长特性和成活率(董江水等 2007)等一直都是养殖户和遗传育种研究者关注的焦点,都希望能培育出产量高、个体大、品质优的中华绒螯蟹。但池塘养殖中华绒螯蟹数量庞大,难于统计。因此本实验将网箱养殖与生态池塘养殖相结合,在池塘中放置网箱养殖中华绒螯蟹。通过小规模网箱养殖,解决池塘大水面养殖中华绒螯蟹环境差异大,结果评估不精确的难题。以期选育出更符合生产需要的中华绒螯蟹父母本,为中华绒螯蟹新品种培育提供数据支持。

1 材料与方法

1.1 实验地点

本实验于 2014 年 5~10 月在上海崇明县新河镇新建村上海福岛水产专业养殖合作社(31°36'N~31°33'N, 121°33'E~121°30'E)基地进行。该区属亚热带湿润季风气候,年平均气温 15.2℃,平均海拔 3.7 m,土壤肥沃,雨量充沛,适宜中华绒螯蟹的生长。

1.2 实验材料

中华绒螯蟹由上海市中华绒螯蟹产业技术体系苗种基地提供。实验按照中华绒螯蟹母本(均同时排幼,且每个处理母本不少于 10 只)体重不同设置 4 个组,组 A、B、C 和 D 分别为母本体重(175.7 ± 5.3) g、(150.4 ± 5.8) g、(125.6 ± 5.5) g 和(100.2 ± 5.9) g 的后代,父本体重均为(300.2 ± 9.6) g,每个组 4 个平行。实验池塘长宽为 59 m 和 38 m,面积 2 242 m²(图 1),实验网箱为拉链式全封闭网箱,尼龙材质,前期网箱网目大小为 1.25 mm,后期网目为 4.25 mm,网箱长×宽×高为 2.0 m×1.0 m×1.5 m。

1.3 实验设计

在同一池塘中,放置 16 个网箱,采用拉丁方设计(图 2),每排网箱间距为 2 m,每个网箱占地面积 2 m²,实验区域位于池塘正中央环沟内区域(图 1)。2014 年 5 月 15 日,将大眼幼体放养于池塘内,密度约为 315 只/m²,同时将大眼幼体按 500 只/箱放养于实验网箱中,大眼幼体均重为(6.0 ± 0.5) mg。每个网箱投放等量沉水植物伊乐藻(*Elodea nuttallii*)和浮水植物水花生(*Altemanthena philoxeroides*),并确保在养殖过程中水草覆盖面积 60%左右。在

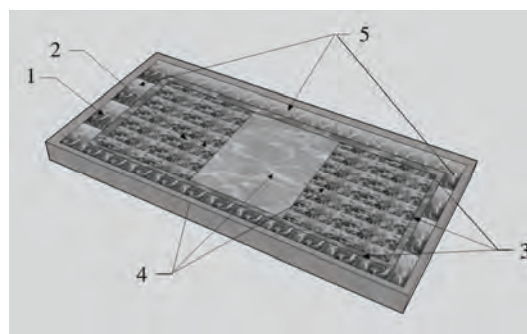


图 1 养蟹池塘示意图

Fig. 1 Schematic diagram of crab pond

1. 伊乐藻; 2. 水花生; 3. 环沟; 4. 环沟内区域; 5. 塘埂与环沟之间区域。

1. *Elodea nuttallii*; 2. *Altemanthena philoxeroides*; 3. Circular groove; 4. The area in circular groove; 5. The area between the pond dam and circular groove.

A	B	C	D
B	A	D	C
C	D	A	B
D	C	B	A

图 2 实验网箱分布图

Fig. 2 Test cages distribution

各网箱中央放置一饵料盘，长 × 宽为 0.3 m × 0.5 m，用绳系于网箱顶，可拉出水面投放饵料和观察中华绒螯蟹的摄食情况。饲料每天 17:00 时按王武等（2013）的方案投喂（表 1），并根据实际摄食情况适量增减。网箱每 4 d 清理一次，以保证网箱的透水性。

1.4 采样分析方法

根据中华绒螯蟹蜕壳周期，在 80% ~ 85% 完成蜕壳后，蟹壳刚固化时采样。采样时间根据其蜕壳周期和每天的细致观察确定。采用网捕，随机采样，不分大小，每个网箱中采集样品蟹 30 只以上。共采样 11 次，分别对应中华绒螯蟹的 11 次蜕壳。测量指标包括体重、壳长、壳宽和体高。体重采用 FA1004B 型分析天平（上海越平科学仪器有限公司，量程 0 ~ 100 g，精度 0.0001 g），单个称量，称量前用吸水纸吸去蟹体外部水分。另有 R2000-3 型台秤（奥豪斯仪器（常州）有限公司，量程 0 ~ 3 000 g，精度 0.1 g），用于称量最终中华绒螯蟹的总体重，即产量。采用 111N-102-10G 型电子数显卡尺（桂林广陆数字测控股份有限公司，量程 0 ~ 200 mm，精度 0.01 mm）测量壳长、壳宽、体高。以头中部凹陷处到尾部垂线距离为壳长；以壳的最宽处作为壳宽；以蟹体背部中央最高处到腹部的垂直距离为体高。另外，分别在第 3 次蜕壳、第 9 次蜕壳、实验结束（第 11 次蜕

表 1 蟹种在不同发育阶段的投饵状况和要求

Table 1 The feeding conditions at different developmental stages and requirements of the Chinese Mitten Crab

发育阶段 Developmental stages	季节 Season	主要饵料 Main food	质量 Quality	要求 Requirements	投饵量 The amount of diets
大眼幼体 <i>Megalopa</i>	五月中旬 Mid May	水蚤 Daphnia	活饵料 Live food	鲜活 Fresh	蟹苗在水蚤高峰期下塘 At the peak of the Daphnia put the Crab into pond
仔蟹 I ~ III 期 Crablet at stage I - III	5 月中旬至 5 月下旬 Mid May to late May	河蟹配合饲料 The formula feed of Chinese Mitten Crab	粗蛋白 42%，其中，动物蛋白占 60% 42% crude protein, which animal protein accounts for 60%	0 号破碎料 Number 0 ground feed	占蟹体重的 8% ~ 10% Accounts for 8% - 10% of the crab weight
幼蟹 I ~ III 期 Crablet at stage I - III	5 月下旬至 6 月下旬 Late May to late June			1 号料，粒径 1.8 mm Number 1 feed, grain size 1.8 mm	占蟹体重的 7% ~ 9% Accounts for 7% - 9% of the crab weight
幼蟹 IV 期 Juvenile crab at stage IV	6 月下旬至 7 月上旬 Late June to the beginning of July		粗蛋白 38%，其中，动物蛋白占 20% 38% crude protein, which animal protein accounts for 20%		占蟹体重的 6% ~ 8% Accounts for 6% - 8% of the crab weight
幼蟹 V ~ VI 期 Juvenile crab at stage V - VI	7 月中旬至 8 月 Mid July to August		粗蛋白 32%，其中，动物蛋白占 20% 32% crude protein, which animal protein accounts for 20%	2 号料，粒径 2.4 mm Number 2 feed, grain size 2.4 mm	占蟹体重的 5% ~ 6% Accounts for 5% - 6% of the crab weight
幼蟹 VII ~ VIII 期 Juvenile crab at stage VII - VIII	9 月至 10 月 September to October		颗粒饲料，粗蛋白 30% Pellet feed which crude protein accounts for 30%		占蟹体重的 3% ~ 5% Accounts for 3% - 5% of the crab weight

壳) 时 3 次统计成活率。

水质对中华绒螯蟹的生长发育非常重要, 因而对其进行了全程监测, 测量周期为每 10 d 一次。水质指标监测结果: 水温为 19.8 ~ 31.4℃, pH 为 7.3 ~ 8.4, 溶解氧为 5.0 ~ 15.0 mg/L, 氨氮 ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) 含量小于 0.1 mg/L, 亚硝酸盐氮小于 0.1 mg/L。水质指标均在中华绒螯蟹适宜生长标准之内。水样通过专业的有机玻璃采水器采取, 采取水样当场测定溶氧、pH、温度, 其他指标全部在 2 h 内带回实验室测定。溶解氧和水温采用美国 YSI550A 溶氧仪测定, pH 采用 PHSJ-3F 型实验室 pH 酸度计测定, 氨氮采用纳氏试剂光度法测定, 亚硝酸盐 ($\text{NO}_2^-\text{-N}$) 采用盐酸萘乙二胺比色法测定。

1.5 计算方法

成活率 (%) = $(a_n / a) \times 100\%$, 式中, a_n 为第 n 次蜕壳后中华绒螯蟹数量, a 为初始投放中华绒螯蟹数量。特定生长率 (%/d) = $100\% \times (\ln W_{\text{末}} - \ln W_{\text{初}}) / t$, 式中, $W_{\text{末}}$ 为最终收获中华绒螯蟹的体重, $W_{\text{初}}$ 为初始投放中华绒螯蟹体重, t 为养殖天数。

1.6 数据统计及分析

实验数据的比较采用 SPSS 22.0 的方差分析。

2 结果

2.1 体重的增长规律

从总体趋势上看, 体重随着中华绒螯蟹蜕壳呈现突跃式增长, 每次蜕壳后体重增长显著 (图 3)。除了第 2、8 次蜕壳外, 其余 9 次蜕壳后 A、B、C、D 组体重均表现出显著性差异 ($P < 0.05$) (表 2)。从第 6 次蜕壳开始, A 组体重显著高于其他 3 组 ($P < 0.05$); 而 D 组体重相对较小, 且第 6、7、10、11 次蜕壳后显著低于其他 3 组 ($P < 0.05$)。

第 11 次蜕壳后, 中华绒螯蟹成长为一龄蟹种, 据第 11 次蜕壳后体重数据, A 组体重显著高于 B、C、D 组 ($P < 0.05$), B 和 C 组之间体重差异不显著 ($P > 0.05$), B 和 C 组体重显

著高于 D 组 ($P < 0.05$)。

经过 158 d 的养殖, A、B、C 和 D 组中华绒螯蟹平均体重从 (6.0 ± 0.5) mg 分别增至 $(7\ 599.8 \pm 954.8)$ mg、 $(6\ 232.7 \pm 638.7)$ mg、 $(6\ 112.4 \pm 854.6)$ mg、 $(5\ 316.0 \pm 745.3)$ mg, 分别增长 1 266.6、1 038.8、1 018.7 和 886.0 倍, 特定生长率分别为 $(4.639\% \pm 0.097\%)$ /d、 $(4.510\% \pm 0.064\%)$ /d、 $(4.498\% \pm 0.079\%)$ /d 和 $(4.407\% \pm 0.073\%)$ /d。A 组特定生长率显著高于 D 组 ($P < 0.05$), A、B、C 组差异不显著 ($P > 0.05$), B、C、D 组差异不显著 ($P > 0.05$)。

2.2 壳长的增长规律

从总体趋势上看, 壳长随着中华绒螯蟹蜕壳呈现突跃式增长, 每次蜕壳后壳长增长显著 (图 4)。除了第 2、3、4 次蜕壳外, 其余 8 次蜕壳后 A、B、C、D 组壳长均表现出显著性差异 ($P < 0.05$)。前 4 次蜕壳, A、B、C、D 组壳长差异不显著 ($P > 0.05$)。第 5 次蜕壳后, 蜕壳时间开始显著增长; 第 7、8、10、11 次蜕壳, A 组壳长显著长于其他 3 组 ($P < 0.05$); 第 5、6、9 次蜕壳, A 组与 B、C 组差异不显著 ($P > 0.05$); B、C、D 组表现出劣势, 尤以 D 组最为明显, 且在第 11 次蜕壳后显著小于 A、B、C 组 ($P < 0.05$) (表 2)。

据第 11 次蜕壳后壳长数据, A 组壳长显著长于 B、C、D 组 ($P < 0.05$), B 和 C 组之间壳长差异不显著 ($P > 0.05$), B 和 C 组壳长显著长于 D 组 ($P < 0.05$)。

2.3 壳宽的增长规律

从总体趋势上看, 壳宽随着中华绒螯蟹蜕壳呈现突跃式增长, 每次蜕壳后壳宽增长显著 (图 5)。且 11 次蜕壳后 A、B、C、D 组壳宽均表现出显著性差异 ($P < 0.05$)。除第 3 次蜕壳 A 组壳宽显著宽于 D 组 ($P < 0.05$), A、B 和 C 组之间差异不显著 ($P > 0.05$) 外, A 组壳宽数据随着每次蜕壳自始至终均表现出显著优势, A 组壳宽均显著宽于 B、C、D 组 ($P < 0.05$); D 组壳宽在第 9、11 次蜕壳后显著小于

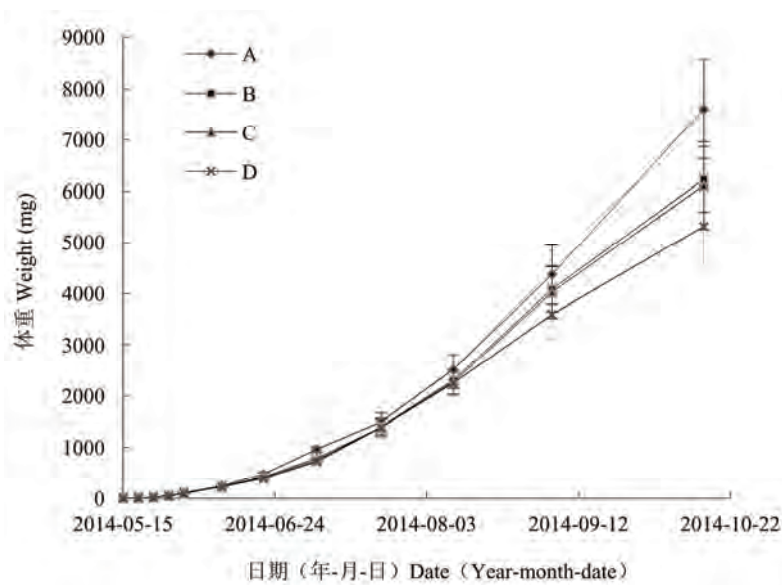


图 3 中华绒螯蟹 11 次蜕壳的体重增长变化

Fig. 3 The weight gain of the Chinese Mitten Crab in each of the eleven times of molting

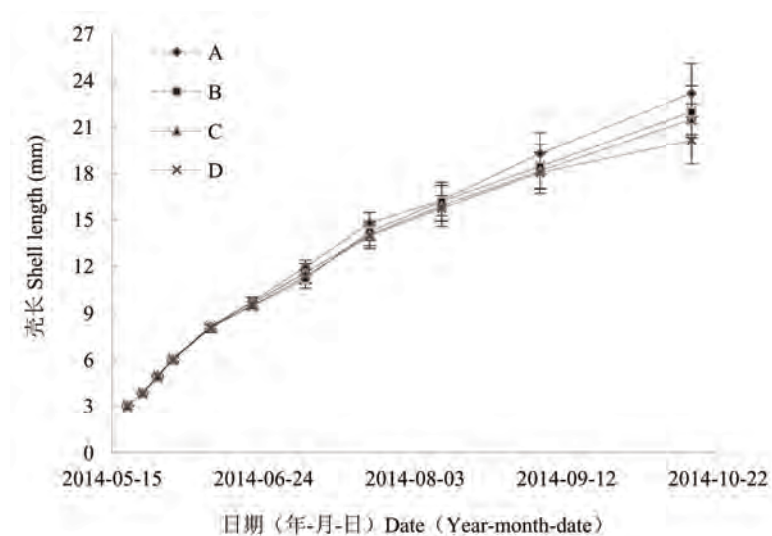


图 4 中华绒螯蟹 11 次蜕壳的壳长增长变化

Fig. 4 The shell length increase of the Chinese Mitten Crab in each eleven times of molting

A、B、C 组 ($P < 0.05$), D 组数据相对较小 (表 2)。

据第 11 次蜕壳后壳宽数据, A 组壳宽显著宽于 B、C、D 组 ($P < 0.05$), B 组壳宽显著宽于 C、D 组 ($P < 0.05$), C 组壳宽显著宽于 D

组 ($P < 0.05$)。

2.4 体高的增长规律

从总体趋势上看, 体高随着中华绒螯蟹蜕壳呈现突跃式增长, 每次蜕壳后体高增长显著 (图 6)。且 11 次蜕壳后 A、B、C、D 组体高

表 2 四种规格蟹种 11 次蜕壳生长性状的对比
Table 2 The comparison of Growth Traits between four group of the Chinese Mitten Crab at the eleven times of molting

指标 Index	蜕壳次数 Molt times											
	第 1 次 First	第 2 次 Second	第 3 次 Third	第 4 次 Fourth	第 5 次 Fifth	第 6 次 Sixth	第 7 次 Seventh	第 8 次 Eighth	第 9 次 Ninth	第 10 次 Tenth	第 11 次 Eleventh	
蜕壳日期 (月-日) Molt date (Month-date)	05-18	05-22	05-26	05-31	06-09	06-21	07-05	07-22	08-10	09-05	10-15	
体重 (mg) Weight	A	10.3 ± 0.74 ^a	22.1 ± 0.97 ^a	56.5 ± 3.70 ^a	112.8 ± 8.71 ^a	246.3 ± 11.35 ^a	478.8 ± 24.33 ^a	965.6 ± 50.28 ^a	1 497.7 ± 176.40 ^a	2 516.5 ± 287.77 ^a	4 374.7 ± 576.52 ^a	7 599.8 ± 954.78 ^a
	B	9.2 ± 0.35 ^b	21.3 ± 0.78 ^a	49.7 ± 4.12 ^b	92.3 ± 6.94 ^b	229.4 ± 9.78 ^{ab}	408.1 ± 15.78 ^b	747.4 ± 34.41 ^b	1 402.5 ± 143.53 ^a	2 304.1 ± 155.11 ^b	4 085.2 ± 442.42 ^b	6 232.7 ± 638.68 ^b
	C	8.5 ± 0.51 ^b	21.2 ± 0.83 ^a	51.1 ± 2.84 ^a	98.1 ± 9.27 ^b	238.7 ± 10.62 ^{ab}	422.8 ± 30.14 ^b	786.5 ± 47.24 ^b	1 396.2 ± 168.64 ^a	2 267.7 ± 234.99 ^b	4 027.9 ± 513.53 ^b	6 112.4 ± 854.43 ^b
	D	10.1 ± 0.68 ^a	21.1 ± 0.74 ^a	48.4 ± 3.35 ^b	102.5 ± 7.68 ^a	223.3 ± 13.81 ^b	389.4 ± 25.46 ^c	724.7 ± 39.38 ^c	1 387.4 ± 194.74 ^a	2 252.0 ± 253.43 ^b	3 597.8 ± 497.38 ^c	5 316.0 ± 745.25 ^c
壳长 (mm) Shell length	A	3.08 ± 0.07 ^a	3.87 ± 0.09 ^a	4.98 ± 0.37 ^a	6.07 ± 0.87 ^a	8.15 ± 0.11 ^a	9.76 ± 0.28 ^a	11.92 ± 0.47 ^a	14.78 ± 0.69 ^a	16.23 ± 0.97 ^a	19.27 ± 1.34 ^a	23.16 ± 1.93 ^a
	B	3.02 ± 0.03 ^b	3.85 ± 0.07 ^a	4.89 ± 0.41 ^a	6.01 ± 0.69 ^a	8.14 ± 0.26 ^{ab}	9.47 ± 0.25 ^b	11.20 ± 0.58 ^b	14.22 ± 0.57 ^b	16.17 ± 1.24 ^a	18.43 ± 1.42 ^b	21.98 ± 1.67 ^b
	C	2.98 ± 0.05 ^c	3.86 ± 0.08 ^a	4.90 ± 0.28 ^a	6.03 ± 0.92 ^a	8.11 ± 0.12 ^{ab}	9.68 ± 0.34 ^a	11.56 ± 0.61 ^b	14.03 ± 0.89 ^c	15.69 ± 1.33 ^b	18.15 ± 1.18 ^c	21.49 ± 0.98 ^b
	D	3.01 ± 0.06 ^{bc}	3.84 ± 0.07 ^a	4.96 ± 0.33 ^a	5.99 ± 0.76 ^a	8.05 ± 0.29 ^b	9.51 ± 0.23 ^b	11.34 ± 0.44 ^b	13.97 ± 0.66 ^c	15.23 ± 0.83 ^b	18.03 ± 1.34 ^c	21.43 ± 1.53 ^c
壳宽 (mm) Shell width	A	2.85 ± 0.03 ^a	3.81 ± 0.06 ^a	5.30 ± 0.13 ^a	6.93 ± 0.14 ^a	9.05 ± 0.21 ^a	10.37 ± 0.35 ^a	12.96 ± 0.61 ^a	15.57 ± 0.97 ^a	18.67 ± 1.43 ^a	21.76 ± 1.67 ^a	25.66 ± 2.01 ^a
	B	2.80 ± 0.04 ^b	3.72 ± 0.08 ^b	5.28 ± 0.17 ^{ab}	6.57 ± 0.17 ^b	8.78 ± 0.15 ^b	9.98 ± 0.24 ^b	12.34 ± 0.47 ^b	15.43 ± 0.82 ^{ab}	17.67 ± 1.21 ^b	21.27 ± 1.45 ^b	24.28 ± 1.78 ^b
	C	2.76 ± 0.03 ^c	3.73 ± 0.04 ^b	5.25 ± 0.16 ^{ab}	6.39 ± 0.09 ^c	8.86 ± 0.19 ^{bc}	10.13 ± 0.45 ^b	12.63 ± 0.56 ^b	15.36 ± 1.08 ^{bc}	17.28 ± 1.11 ^c	21.09 ± 1.75 ^b	23.72 ± 1.97 ^c
	D	2.77 ± 0.02 ^c	3.71 ± 0.03 ^b	5.19 ± 0.20 ^b	6.55 ± 0.13 ^b	8.75 ± 0.22 ^{bd}	10.02 ± 0.29 ^b	12.39 ± 0.49 ^b	15.24 ± 0.77 ^c	16.97 ± 0.94 ^d	20.78 ± 1.46 ^b	22.55 ± 1.65 ^d
体高 (mm) Body height	A	1.42 ± 0.00 ^a	1.87 ± 0.00 ^a	2.51 ± 0.01 ^a	3.24 ± 0.02 ^a	4.24 ± 0.04 ^a	5.14 ± 0.15 ^a	6.32 ± 0.27 ^a	7.98 ± 0.42 ^a	9.24 ± 0.53 ^a	10.64 ± 0.68 ^a	11.95 ± 0.83 ^a
	B	1.38 ± 0.00 ^b	1.86 ± 0.00 ^b	2.48 ± 0.01 ^{ab}	3.15 ± 0.01 ^b	4.09 ± 0.03 ^b	4.89 ± 0.11 ^b	5.89 ± 0.17 ^b	7.52 ± 0.23 ^b	8.54 ± 0.35 ^b	10.27 ± 0.41 ^b	11.23 ± 0.49 ^b
	C	1.36 ± 0.00 ^c	1.83 ± 0.00 ^b	2.45 ± 0.00 ^{ab}	3.17 ± 0.03 ^c	4.13 ± 0.05 ^{bc}	4.97 ± 0.19 ^{ab}	5.96 ± 0.26 ^b	7.46 ± 0.31 ^b	8.37 ± 0.47 ^{bc}	10.21 ± 0.51 ^b	11.08 ± 0.58 ^b
	D	1.36 ± 0.00 ^c	1.81 ± 0.00 ^c	2.54 ± 0.01 ^b	3.15 ± 0.02 ^b	4.10 ± 0.03 ^{bd}	4.83 ± 0.12 ^b	5.85 ± 0.20 ^b	7.24 ± 0.33 ^c	8.19 ± 0.41 ^c	9.98 ± 0.46 ^c	10.59 ± 0.52 ^c

同一列数据上标不同字母表示数据间有显著差异 ($P < 0.05$)。

Means in the same column with different superscripts indicate significant difference ($P < 0.05$).

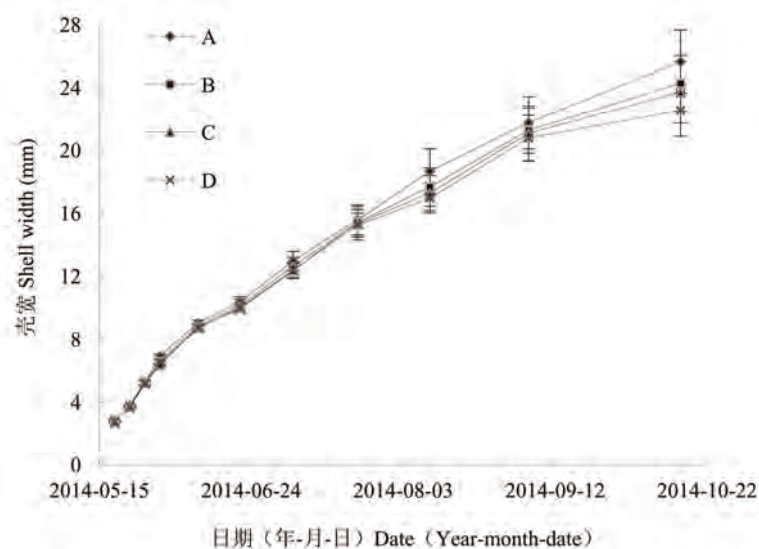


图 5 中华绒螯蟹 11 次蜕壳的壳宽增长变化

Fig. 5 The shell width increase of the Chinese Mitten Crab in each of the eleven times of molting

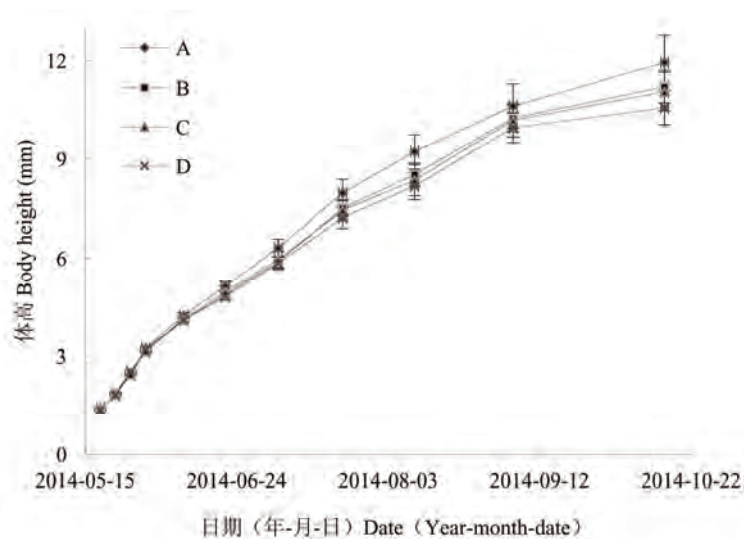


图 6 中华绒螯蟹 11 次蜕壳的体高增长变化

Fig. 6 The body height increase of the Chinese Mitten Crab in the eleven times of molting

均表现出显著性差异 ($P < 0.05$)。除第 3、6 次蜕壳外, A 组体高数据均表现出显著优势, 即 A 组体高均显著高于 B、C、D 组 ($P < 0.05$)。D 组体高数据最小, 第 3、5、6、7 次蜕壳后与 B、C 组之间差异不显著 ($P > 0.05$), 第 2、8、

9、10、11 次蜕壳后显著低于 A、B、C 组 ($P < 0.05$) (表 2)。

据第 11 次蜕壳后壳长数据, A 组体高显著高于 B、C、D 组 ($P < 0.05$), B 和 C 组之间体高差异不显著 ($P > 0.05$), B 和 C 组体高显

著高于 D 组 ($P < 0.05$)。

2.5 中华绒螯蟹成活率

第 3、11 次蜕壳后，A、B、C、D 组平均成活率差异不显著 ($P > 0.05$)；第 9 次蜕壳后，B 组平均成活率显著高于 C 组 ($P < 0.05$) (表 3)。

据第 11 次蜕壳后平均成活率数据，B 组平均成活率最高，分别比 A 组、D 组、C 组高 1.4%、3.6%、4.6%，A 组平均成活率分别比 D 组、C 组高 2.2%、3.2%，D 组平均成活率比 C 组高 1.4%。

3 讨论

3.1 长江水系中华绒螯蟹幼蟹生长和蜕壳的规律

王武等 (2013) 认为中华绒螯蟹的个体发育分为 3 个阶段，即幼体、幼蟹和成蟹。其中，幼蟹阶段指大眼幼体到一龄蟹种阶段。张庆阳等 (2015) 在实验室网箱条件下研究发现，辽河水系中华绒螯蟹幼蟹阶段蜕壳次数为 11 次，与本实验对中华绒螯蟹幼蟹阶段的观察情况相同，蜕壳次数均较王武等 (2013) 推测的多 3 次。据本实验对壳长、壳宽的测量结果，从第 3 次蜕壳 (仔蟹Ⅲ期) 开始，壳宽大于壳长，

与王武等 (2013) 研究的长江水系中华绒螯蟹情况相同。

我们研究发现，中华绒螯蟹在蜕壳后发生突跃式生长，但是同一蜕壳期的中华绒螯蟹，其蜕壳后组内各指标 (体重、壳长、壳宽等) 差异较大，这与杨培根等 (1998) 笼养中华绒螯蟹的研究结果相近。另外，随着中华绒螯蟹幼蟹的生长，尤其是第 4 次蜕壳后，其蜕壳间期时间不断增加，由最初的 3~4 d 增加至最后的 27~36 d，增长了 7~12 倍。张庆阳等 (2015) 认为蜕壳间期时长不断增加，很可能是随着中华绒螯蟹个体生长，其体积不断增加，为下一次蜕壳所需要积累的物质和能量数量也不断增加，所以蜕壳间期不断增加。

3.2 影响长江水系中华绒螯蟹幼蟹生长发育的因素

影响中华绒螯蟹幼蟹生长发育的因素主要有遗传、水温、水质、饵料和放养密度 (王武等 2013)。据报道，母体效应在鱼类早期的生长中作用比较普遍 (Vandeputte et al. 2004)。Bang 等 (2006) 采用因子设计法，将大西洋鲱鱼 (*Clupea harengus*) 仔鱼性状表型变异的母性效应与加性遗传方差 (即由基因的加性效应造成的方差，是遗传方差的一部分) 剖分开来，

表 3 四种规格蟹种平均成活率的对比
Table 3 The comparison of average survival rate between four group of the Chinese Mitten Crab

蜕壳次数 Molt times	A		B		C		D	
	存活数量 (只)	成活率 (%)	存活数量 (只)	成活率 (%)	存活数 量 (只)	成活率 (%)	存活数 量 (只)	成活率 (%)
	Survival number	Survival rate	Survival number	Survival rate	Survival number	Survival rate	Survival number	Survival rate
0	500		500		500		500	
3	317 ± 16	63.4 ± 2.6 ^a	327 ± 21	65.4 ± 3.4 ^a	322 ± 15	64.4 ± 2.4 ^a	308 ± 19	61.6 ± 3.1 ^a
9	208 ± 12	41.6 ± 2.0 ^{ab}	230 ± 13	46.0 ± 2.1 ^a	194 ± 29	38.8 ± 4.5 ^b	197 ± 9	39.4 ± 1.9 ^{ab}
11	135 ± 18	27.0 ± 2.9 ^a	142 ± 23	28.4 ± 4.6 ^a	119 ± 20	23.8 ± 3.3 ^a	124 ± 30	24.8 ± 4.9 ^a

同一行数据上标不同字母表示数据间有显著差异 ($P < 0.05$)。
Means in the same column with different superscripts indicate significant difference ($P < 0.05$).

发现在仔鱼重量及卵黄囊体积上存在明显的母性效应,遗传效应出现在仔鱼长度、卵黄囊体积、RNA 和 DNA 含量的比率等性状上。许益铵(2014)通过比较大黄鱼(*Larimichthys crocea*)体重参数和绝对增长率,得出母本体重较大的家系组多数较母本体重较小的家系组的绝对增长率大,表明多数家系表现出母本效应,因此在对生长性状良好的家系的选育上,雌性亲本来自生长性状较好的家系对后代更有利。这些与本实验的研究结果相似,一龄蟹在水温、水质、饵料和放养密度相同的条件下,大规格母本的后代在体重、壳长、壳宽和体高数据方面比小规格母本后代好。也就是说在育成一龄蟹种阶段,大规格母本后代生长发育情况优于小规格母本后代。另外,黄妹等(2014)在实验室条件对中华绒螯蟹成蟹阶段的蜕壳与生长的观察,认为在生产上为提高成蟹的养成

规格应选取规格较大的蟹种。因此推断,大规格母本后代二龄蟹育成规格优于小规格母本后代,所以大规格母本后代整个生长发育史(一、二龄蟹)优于小规格母本后代。

3.3 体重与壳长、壳宽、体高的关系

我们对 4 组中华绒螯蟹的壳长、壳宽、体高和体重的关系作回归曲线(图 7)。壳长、壳宽、体高随体重的增长均呈幂指数增长关系,且相关性极为显著,随着体重的增长,体高变化最显著,其次为壳长和壳宽。这与倪国彬等(2015)对中华绒螯蟹二龄雌蟹的研究结果一致。

3.4 关于实验和成活率

据报道,近几年来,中华绒螯蟹成蟹价格受规格影响很大,大规格中华绒螯蟹价格是小规格中华绒螯蟹价格的几倍到十几倍,且蟹种也是规格越大价格越高。另外,从遗传角度,

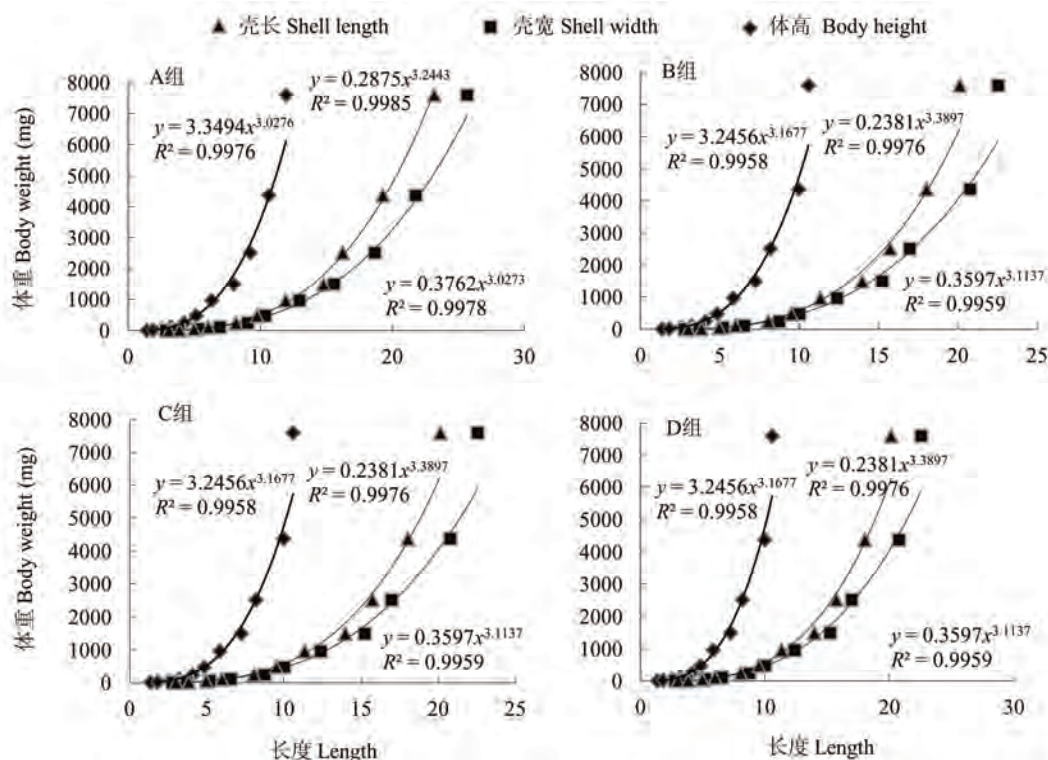


图 7 中华绒螯蟹的体重与壳长、壳宽、体高的关系

Fig. 7 Body weight as a function of shell length, shell width and body height for the Chinese Mitten Crab

有关鱼类的研究表明, 母本对子代的影响较大 (Bang et al. 2006, 许益铨 2014)。正是基于这种考虑, 本实验设置了 4 种母本规格, 分别养殖于 4 组网箱中。但平均成活率并非母本越大越高, 这是否说明蟹种大规格与高成活率不可兼得呢, 我们会在以后的实验中进一步研究。由于本实验是在网箱中进行的, 实验结果也可能存在一定的偶然因素, 今后会进行室内的对比实验, 进一步探讨长江水系中华绒螯蟹幼蟹的生长特点。

致谢 衷心感谢杨永超、陶程、吴永安和上海福岛水产专业养殖合作沈亚达理事长在实验过程中提供的帮助。

参 考 文 献

- Bang A, Grønkaer P, Clemmesen C, et al. 2006. Parental effects on early life history traits of Atlantic herring (*Clupea harengus* L.) larvae. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 334(1): 51–63.
- Durán J, Palmer M, Pastor E. 2013. Growing reared spider crabs (*Maja squinado*) to sexual maturity: The first empirical data and a predictive growth model. *Aquaculture*, 408/409: 78–87.
- Guerao G, Rotllant G. 2009. Survival and growth of post-settlement juveniles of the spider crab *Maja brachydactyla* (Brachyura: Majoidea) reared under individual culture system. *Aquaculture*, 289(1/2): 181–184.
- Guerao G, Rotllant G. 2010. Development and growth of the early juveniles of the spider crab *Maja squinado* (Brachyura: Majoidea) in an individual culture system. *Aquaculture*, 307(1/2): 105–110.
- Hartnoll R G. 1982. Growth // Abele L G. *The Biology of Crustacea: 2. Embryology, Morphology and Genetics*. New York: Academic Press, 111–185.
- Kobayashi S. 2012. Molting growth patterns of the Japanese Mitten Crab *Eriocheir japonica* (De Haan) under laboratory-reared conditions. *Journal of Crustacean Biology*, 32(5): 753–761.
- Vandeputte M, Kocour M, Maugera S, et al. 2004. Heritability estimates for growth-related traits using microsatellite parentage assignment in juvenile common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture*, 335(1/4): 223–236.
- 董江水, 陈红军, 王新华, 等. 2007. 放养密度对河蟹育成规格、产量和成活率的影响. *金陵科技学院学报*, 23(4): 95–99.
- 宫磊, 张亦陈, 孙妍, 等. 2014. 中华绒螯蟹蜕皮激素受体基因 (*Ers-EcR*) 的克隆和组织表达分析. *水产学报*, 38(6): 786–792.
- 何杰. 2005. 中华绒螯蟹池塘生态养殖群体生长特征研究. *水利渔业*, 25(6): 10–11.
- 黄妹, 王中清, 茅海成, 等. 2014. 中华绒螯蟹在实验室条件下的成蟹阶段蜕壳与生长观察. *上海海洋大学学报*, 23(3): 359–365.
- 李应森, 李思发, 王江玲, 等. 2001. 长江和辽河水系中华绒螯蟹湖泊放养生长性能的比较. *水产科学*, 20(5): 1–3.
- 梁象秋, 严生良, 郑德崇, 等. 1974. 中华绒螯蟹 *Eriocheir sinensis* H. Milne-Edwards 的幼体发育. *动物学报*, 20(1): 61–68.
- 林海, 周刚, 李旭光, 等. 2013. 夏季池塘养殖中华绒螯蟹生态系统温室气体排放及综合增温潜势. *水产学报*, 37(3): 417–423.
- 倪国彬, 何杰, 赵恒亮, 等. 2015. 池塘养殖中华绒螯蟹二龄雌体生长规律和生殖蜕壳时间的研究. *浙江海洋学院学报: 自然科学版*, 34(2): 125–131.
- 王武, 王成辉, 马旭洲. 2013. 河蟹生态养殖. 2 版. 北京: 中国农业出版社, 20–239.
- 王瑶, 杨志刚, 郭子好, 等. 2013. 中华绒螯蟹 *RXR* 基因全长 cDNA 克隆及表达分析. *水产学报*, 37(12): 1761–1768.
- 徐敏, 马旭洲, 王武. 2014. 稻蟹共生系统水稻栽培模式对水稻和河蟹的影响. *中国农业科学*, 47(9): 1828–1835.
- 徐如卫. 2007. 中华绒螯蟹土池生态育苗高产技术的研究. *浙江海洋学院学报: 自然科学版*, 26(2): 165–167.
- 许益铨. 2014. 舟山附近海域大黄鱼遗传多样性及家系的生长性状研究. 浙江: 浙江海洋学院硕士学位论文, 34–35.
- 杨培根, 李晨虹. 1998. 笼养中华绒螯蟹的蜕壳与生长. *上海水产大学学报*, 7(2): 158–161.
- 杨霞, 叶金云, 周志金, 等. 2014. 中华绒螯蟹幼蟹对亮氨酸和异亮氨酸的需要量. *水生生物学报*, 38(6): 1062–1070.
- 杨勇. 2004. 稻渔共作生态特征与安全优质高效生产技术研究. 杨

- 州: 扬州大学博士学位论文, 1-159.
- 俞宁宁. 2011. 影响中华绒螯蟹生长关键因素的分析与研究. 水产养殖, (8): 4-7.
- 张庆阳, 马旭洲, 王昂, 等. 2015. 稻田网箱养殖辽河水系中华绒螯蟹幼蟹的个体生长. 动物学杂志, 50(1): 112-121.
- 赵亚婷, 吴旭干, 常国亮, 等. 2013. 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. 水生生物学报, 37(6): 1133-1144.