

文章编号: 1674 - 5566(2016)06 - 0839 - 08

DOI:10.12024/j.sou.20160201657

中华绒螯蟹育种群体与野生群体后代生长特性比较研究

陈军伟^{1,2,3}, 马旭洲^{1,2,3}, 王武^{1,2,3}, 杨永超^{1,2,3}, 陶程^{1,2,3}

(1. 上海海洋大学 农业部淡水水产种质资源重点实验室, 上海 201306; 2. 上海市水产养殖工程技术研究中心, 上海 201306; 3. 水产动物遗传育种中心上海市协同创新中心, 上海 201306)

摘要: 为比较中华绒螯蟹育种群体与野生群体后代的生长发育, 在生态池塘中放置网箱开展了中华绒螯蟹养殖实验, 按照亲本来源和规格不同设置 3 个处理, 处理 A: 育种群体后代, 母本质量为 (150.39 ± 5.82) g, 父本质量为 (300.23 ± 9.61) g; 处理 B、C: 野生群体后代, 母本质量分别为 (150.47 ± 6.28) g 和 (250.33 ± 8.68) g, 父本质量均为 (300.56 ± 10.27) g。每个处理设 4 个平行, 每个网箱放养中华绒螯蟹 500 只, 以水花生为隐蔽物, 从大眼幼体开始养殖, 保持生长环境相同且适宜生长。经过 158 d 的养殖, 处理 A、B 和 C 的体质量分别增长 1273.00、1258.17 和 1363.95 倍。长成蟹种后综合指标最佳的是处理 C, 处理 C 的体质量、壳长和壳宽显著优于 A 和 B ($P < 0.05$)。处理 A 平均成活率最高, 分别较 B 和 C 高 1.40% 和 3.00%。综合研究表明: 大规模野生母本后代生长性状优于小规格野生母本后代与小规格育种母本后代, 存在母本效应。育种群体较野生群体更能适应池塘水体养殖环境。

关键词: 中华绒螯蟹; 野生群体; 网箱; 蜕壳; 特定生长率; 成活率

中图分类号: S 966.16 **文献标志码:** A

中华绒螯蟹 (*Eriocheir sinensis*) 俗称河蟹, 隶属于甲壳纲 (Crustacea)、十足目 (Decapoda)、方蟹科 (Grapsidae)、绒螯蟹属 (*Eriocheir*), 是我国特产, 因其具有独特的风味、营养和较高的经济价值而受到广大水产养殖者的青睐^[1]。目前, 河蟹苗种培育技术已很成熟, 池塘生态养殖被普遍采用^[2]。另外, 网箱养殖也以其机动灵活、高产等特点受到了广大渔民的爱戴, 并取得良好的经济效益^[3-4]。

目前, 国内关于中华绒螯蟹的研究主要有稻蟹共作模式对水质指标、浮游动植物群落、水稻产量等的影响^[5-8], 中华绒螯蟹蜕皮激素受体基因的克隆与表达分析^[9-10], 中华绒螯蟹饲料中主要氨基酸和脂肪酸的最适添加量^[11-12], 中华绒螯蟹配套系育种群体和野生群体遗传多样性比较分析^[13]等; 国外对日本绒螯蟹^[14] (*E. japonica*) 和蜘蛛蟹科^[15-17] (Majidae) 也有较多的

研究, 但有关长江水系中华绒螯蟹人工育种群体与野生群体后代生长特性比较的研究国外均未见报道。本实验探究了长江水系中华绒螯蟹人工育种群体与野生群体在 1 龄蟹种阶段的蜕壳、生长及形态学变化, 并作对比分析。希望为中华绒螯蟹亲本选育提供基础资料, 进一步完善中华绒螯蟹生长发育方面的研究。

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基地 ($31^{\circ}36'N \sim 31^{\circ}33'N, 121^{\circ}33'E \sim 121^{\circ}30'E$) 进行。该区环江靠海, 雨水充沛, 年平均降雨量 1 025 mm 左右, 全年的日照数为 2 094.19 h, 年平均气温 15.24 °C, 空气相对湿度常年保持在 80%, 属亚热带湿润季风气候, 平均海拔 3.73 m。

收稿日期: 2016-02-16 修回日期: 2016-06-05

基金项目: 上海市中华绒螯蟹产业技术体系项目 (D8003 - 10 - 0208); 国家星火计划项目 (2011GA680001); 欧盟 FP7 亚欧水产平台项目 (245020); 水产动物遗传育种中心上海市协同创新中心项目 (ZF1206)

作者简介: 陈军伟 (1989—), 男, 硕士研究生, 研究方向为渔业生态养殖。E-mail: chenjunweishan@126.com

通信作者: 马旭洲, E-mail: xzma@shou.edu.cn

1.2 实验材料

育种群体亲蟹是中华绒螯蟹配套选育系群体第5代(F_5)的亲本群体,由上海市中华绒螯蟹产业技术体系苗种基地提供,野生群体亲蟹2013年12月采集于长江口九段沙水域,在上海市中华绒螯蟹产业技术体系苗种基地培育。实验设置3个处理:母本重(150.39 ± 5.82)g,父本重(300.23 ± 9.61)g的育种群体后代设为A;父本重均为(300.56 ± 10.27)g,母本重分别为(150.47 ± 6.28)g和(250.33 ± 8.68)g野生群体后代设为B、C。每个处理4个平行。试验池塘长56 m,宽34 m,面积1 904 m²。实验网箱为拉链式全封闭尼龙网箱,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2.00 m×1.00 m×1.50 m。

1.3 实验设计

实验网箱12个,采用拉丁方设计放置(图1)于池塘正中央环沟内区域,每排网箱间距为2 m。2014年5月15日,将大眼幼体放养于池塘内,密度约为21万只/667 m²,同时将大眼幼体按每箱500只放养于实验网箱中,大眼幼体均质量为(6.00 ± 0.48)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。在各网箱中央放置一饵料盘,长×宽为0.30 m×0.50 m,用绳系于网箱顶,可拉出水面投放饵料和观察大眼幼体的摄食。饲料每天17:00按王武等^[18](表1)方案投喂,并根据实际摄食适量增减。网箱每4 d清理一次,以保证网箱的透水性。

表1 蟹种在不同发育阶段的投饵状况和要求

Tab.1 The feeding conditions at different developmental stages and requirements of *Eriocheir sinensis*

发育阶段 developmental stages	季节 season	主要饵料 main food	质量 quality	要求 requirement	投饵量 feeding level
大眼幼体 megalops	五月中旬	水蚤	活饵料	鲜活	蟹苗在水蚤高峰期下塘
仔蟹 I-III 期 crablet at stage I-III	5月中旬至5月下旬	河蟹配合饲料	粗蛋白42%,其中,动物蛋白占60%	0号破碎料	占蟹体质量的8%~10%
幼蟹 I-III 期 crablet at stage I-III	5月下旬至6月下旬			1号料,粒径:1.8毫米	占蟹体质量的7%~9%
幼蟹 IV 期 juvenile crab at stage IV	6月下旬至7月上旬		粗蛋白38%,其中,动物蛋白占20%	2号料,粒径:2.4毫米	占蟹体质量的6%~8%
幼蟹 V-VI 期 juvenile crab at stage V-VI	7月中旬至8月		粗蛋白32%,其中,动物蛋白占20%	2号料,粒径:2.4毫米	占蟹体质量的5%~6%
幼蟹 VII-VIII 期 juvenile crab at stage VII-VIII	9月至10月		颗粒饲料 粗蛋白30%	2号料,粒径:2.4毫米	占蟹体质量的3%~5%

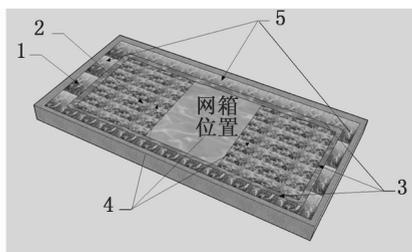


图1 实验网箱分布图

Fig.1 Test cages distribution

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

1.4 采样分析方法

1.4.1 采样时间

在河蟹大批(80%~85%)蜕壳完成后蟹壳刚固化时进行采样。

1.4.2 采样方式和数量

网捕,随机采样,不分大小,每个网箱≥30只。采样共11次,分别对应河蟹的11次蜕壳。

1.4.3 测量指标

体质量称量用分析天平(精确度0.1 mg),单个称量,称量前用吸水纸吸去蟹壳外部水分。壳长、壳宽、体高测量用电子数显卡尺,精确度0.01 mm,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。另外对成活率进行了3次统计,时间分别在第3次蜕壳、第9次蜕壳和实验

结束(第 11 次蜕壳)。

1.4.4 水质监测

水质监测每 10 d 进行一次。实验期间水温为 19.8 ~ 31.4 °C, pH 为 7.3 ~ 8.4, 溶解氧为 5.0 ~ 15.0 mg/L, 氨氮(NH₄⁺-N) 含量小于 0.1 mg/L, 亚硝酸盐氮小于 0.1 mg/L。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(NO₂⁻-N) 采用盐酸萘乙二胺比色法测定。

1.5 计算方法

$$C_n(\%) = a_n/a \times 100\% \quad (1)$$

式中: C_n 为成活率; a_n 为第 n 次蜕壳后河蟹数量; a 为初始投放河蟹数量。

$$S_{GR-n}(\%/d) = 100 \times (\ln W_n - \ln W_{n-1}) / t \quad (2)$$

式中: S_{GR-n} 为第 n 次蜕壳后的特定生长率; W_n 为第 n 次蜕壳后河蟹体质量; W_{n-1} 为第 $n-1$ 蜕壳后河蟹体质量; t 为养殖天数或蜕壳所需天数。

1.6 数据统计及分析

试验数据采用 Excel 和 SPSS 22.0 进行作图、统计和方差分析。

2 结果

2.1 体质量的增长

体质量增长见图 2 和表 2。11 次蜕壳后处理 A、B、C 体质量均表现出显著性差异($P < 0.05$): 第 1、3、4 次蜕壳后, 处理 C 体质量显著高于 B 和 A($P < 0.05$), 处理 B 体质量显著高于 A($P < 0.05$); 第 2 次蜕壳后, 处理 C 体质量显著高于 B 和 A($P < 0.05$), 处理 A 和 B 差异不显著($P > 0.05$); 第 5 次蜕壳后, 处理 C 体质量显著高于 A($P < 0.05$), 处理 A 与 B、B 与 C 差异不显著($P > 0.05$); 第 6 次蜕壳后, 处理 B 和 C 体质量显著高于 A($P < 0.05$), 处理 B 和 C 差异不显著($P > 0.05$); 第 9 次蜕壳后, 处理 A 体质量显著高于 B 和 C($P < 0.05$), 处理 B 和 C 差异不显著($P > 0.05$); 第 7、8、10、11 次蜕壳后, 处理 C 体质量显著高于 B 和 A($P < 0.05$), 处理 A 体质量显著高于 B($P < 0.05$), 见表 3。

第 11 次蜕壳后, 河蟹成长为一龄蟹种, 从第 11 次蜕壳后体质量数据可以看出, 处理 C 体质量显著高于 B、A($P < 0.05$), A 体质量显著高于 B

($P < 0.05$)。

经过 158 d 的养殖, 处理 A、B 和 C 河蟹平均体质量从(6.00 ± 0.48) mg 分别增至(7 638.20 ± 793.56) mg、(7 549.40 ± 827.67) mg 和(8 183.70 ± 987.31) mg, 分别增长了 1 273.00、1 258.17 和 1 363.95 倍, 特定生长率分别为(4.53% ± 0.08%)/d、(4.52% ± 0.09%)/d 和(4.57% ± 0.11%)/d, 处理 A、B、C 特定生长率差异不显著($P > 0.05$)。

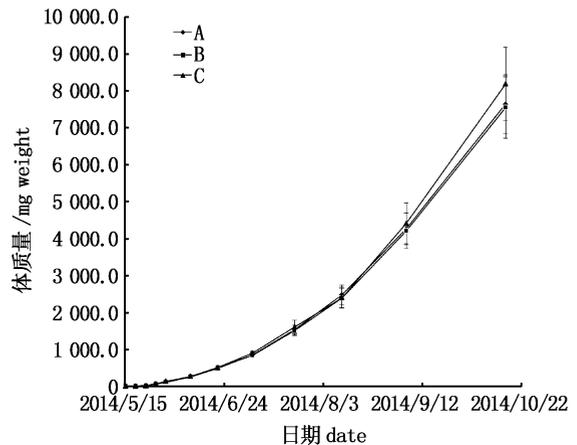


图 2 中华绒螯蟹 11 次蜕壳的体质量增长变化
Fig. 2 The eleven times molting changes
in weight gain of *Eriocheir sinensis*

2.2 壳长的增长

壳长的增长见图 3 和表 2。除第 8 次蜕壳外, 其余 10 次蜕壳后处理 A、B、C 壳长均表现出显著性差异($P < 0.05$): 第 1、5 次蜕壳后, 处理 B 和 C 壳长显著长于 A($P < 0.05$), 处理 B 与 C 差异不显著($P > 0.05$); 第 2、10 次蜕壳后, 处理 C 壳长显著长于 A 和 B($P < 0.05$), 处理 A 与 B 差异不显著($P > 0.05$); 第 3、4 次蜕壳后, 处理 C 壳长显著长于 B 和 A($P < 0.05$), 处理 B 壳长显著长于 A($P < 0.05$); 第 6 次蜕壳后, 处理 A 和 B 壳长显著长于 C($P < 0.05$), 处理 A 与 B 差异不显著($P > 0.05$); 第 7 次蜕壳后, 处理 C 壳长显著长于 B 和 A($P < 0.05$), 处理 A 壳长显著长于 B($P < 0.05$); 第 9、11 次蜕壳后, 处理 C 和 A 壳长显著长于 B($P < 0.05$), 处理 C 与 A 差异不显著($P > 0.05$)。

从第 11 次蜕壳后壳长数据可以看出, 处理 C 和 A 壳长显著长于 B($P < 0.05$), 处理 C 与 A 差异不显著($P > 0.05$)。

表 2 3 种规格蟹种 11 次蜕壳生长性状的对比
 Tab. 2 The contrast of growth traits in three sizes at eleven times molt of *Eriocheir sinensis*

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
	组别/日期 group/date	5 月 18 日 May 19th	5 月 22 日 May 23th	5 月 26 日 May 27th	5 月 31 日 May 31th
体质量/mg weight	A	9.40 ± 0.38 ^c	20.10 ± 0.71 ^b	56.50 ± 2.69 ^c	112.80 ± 7.03 ^c
	B	9.70 ± 0.54 ^b	20.30 ± 0.85 ^b	62.00 ± 3.56 ^b	121.30 ± 8.59 ^b
	C	10.20 ± 0.74 ^a	21.40 ± 0.98 ^a	70.40 ± 4.33 ^a	136.70 ± 9.72 ^a
壳长/mm shell length	A	3.07 ± 0.03 ^b	3.87 ± 0.04 ^b	4.97 ± 0.06 ^c	6.06 ± 0.12 ^c
	B	3.11 ± 0.03 ^a	3.86 ± 0.05 ^b	5.05 ± 0.07 ^b	6.13 ± 0.15 ^b
	C	3.13 ± 0.03 ^a	3.92 ± 0.05 ^a	5.26 ± 0.09 ^a	6.20 ± 0.19 ^a
壳宽/mm shell width	A	2.84 ± 0.02 ^b	3.80 ± 0.04 ^b	5.30 ± 0.09 ^c	6.94 ± 0.09 ^c
	B	2.87 ± 0.03 ^{ab}	3.82 ± 0.05 ^{ab}	5.50 ± 0.11 ^b	7.07 ± 0.14 ^b
	C	2.88 ± 0.03 ^a	3.84 ± 0.06 ^a	5.58 ± 0.13 ^a	7.12 ± 0.17 ^a
指标 index	蜕壳次数 molt times	第 5 次 fifth	第 6 次 sixth	第 7 次 seventh	第 8 次 eighth
	组别/日期 group/date	6 月 9 日 June 9th	6 月 21 日 June 21th	7 月 5 日 July 5th	7 月 22 日 July 22th
体质量/mg weight	A	258.30 ± 10.11 ^b	493.70 ± 18.88 ^b	860.50 ± 35.62 ^b	1534.80 ± 126.34 ^b
	B	259.10 ± 9.58 ^{ab}	509.80 ± 25.66 ^a	838.20 ± 38.83 ^c	1513.70 ± 144.21 ^c
	C	268.80 ± 11.33 ^a	507.90 ± 31.24 ^a	906.40 ± 46.75 ^a	1611.90 ± 179.65 ^a
壳长/mm shell length	A	8.01 ± 0.13 ^b	9.75 ± 0.26 ^a	11.52 ± 0.46 ^b	14.78 ± 0.58 ^a
	B	8.10 ± 0.18 ^a	9.77 ± 0.27 ^a	11.31 ± 0.51 ^c	14.71 ± 0.62 ^a
	C	8.15 ± 0.23 ^a	9.71 ± 0.31 ^b	11.79 ± 0.59 ^a	14.83 ± 0.81 ^a
壳宽/mm shell width	A	8.97 ± 0.15 ^b	10.77 ± 0.26 ^a	12.46 ± 0.44 ^a	15.56 ± 0.81 ^{ab}
	B	8.88 ± 0.17 ^c	10.70 ± 0.33 ^{ab}	12.38 ± 0.53 ^a	15.44 ± 0.92 ^b
	C	9.06 ± 0.22 ^a	10.59 ± 0.37 ^b	12.56 ± 0.62 ^a	15.65 ± 1.03 ^a
指标 index	蜕壳次数 molt times	第 9 次 ninth	第 10 次 tenth	第 11 次 eleventh	
	组别/日期 group/date	8 月 10 日 August 10th	9 月 5 日 September 5th	10 月 15 日 October 15th	
体质量/mg weight	A	2476.80 ± 266.71 ^a	4266.30 ± 437.53 ^b	7638.20 ± 793.56 ^b	
	B	2390.60 ± 255.67 ^b	4209.70 ± 479.35 ^c	7549.40 ± 827.67 ^c	
	C	2401.50 ± 279.46 ^b	4412.60 ± 553.66 ^a	8183.70 ± 987.31 ^a	
壳长/mm shell length	A	16.85 ± 0.95 ^a	20.19 ± 1.33 ^b	23.15 ± 1.33 ^a	
	B	16.39 ± 1.17 ^b	20.11 ± 1.38 ^b	22.86 ± 1.68 ^b	
	C	16.86 ± 1.34 ^a	20.63 ± 1.49 ^a	23.23 ± 1.77 ^a	
壳宽/mm shell width	A	18.26 ± 1.08 ^a	22.13 ± 1.46 ^a	25.67 ± 1.79 ^a	
	B	17.88 ± 1.23 ^b	21.37 ± 1.59 ^b	25.24 ± 1.99 ^b	
	C	18.11 ± 1.42 ^a	22.25 ± 1.73 ^a	25.78 ± 2.06 ^a	

注:在同一列数据右上角不同上标字母表示有显著差异($P < 0.05$)

Note: Date in the same column with different superscripts indicate significant difference ($P < 0.05$)

2.3 壳宽的增长

壳宽增长见图 4 和表 2。除第 7 次蜕壳外,其余 10 次蜕壳后处理 A、B、C 壳宽均表现出显著性差异($P < 0.05$):第 1、2 次蜕壳后,处理 C 壳宽显著宽于 A($P < 0.05$),处理 A 与 B、B 与 C 差异不显著($P > 0.05$);第 3、4 次蜕壳后,处理 C 壳宽显著宽于 B 和 A($P < 0.05$),处理 B 壳宽显著宽于 A($P < 0.05$);第 5 次蜕壳后,处理 C 壳宽显著宽于 B 和 A($P < 0.05$),处理 A 壳宽显著宽于 B($P < 0.05$);第 6 次蜕壳后,处理 A 壳宽

显著宽于 C($P < 0.05$),处理 A 与 B、B 与 C 差异不显著($P > 0.05$);第 8 次蜕壳后,处理 C 壳宽显著宽于 B($P < 0.05$),A 与 C、A 与 B 差异不显著($P > 0.05$);第 9、10、11 次蜕壳后,处理 C 和 A 壳宽显著长于 B($P < 0.05$),C 与 A 差异不显著($P > 0.05$)。

从第 11 次蜕壳后壳宽数据可以看出,处理 C 和 A 壳宽显著长于 B($P < 0.05$),C 与 A 差异不显著($P > 0.05$)。

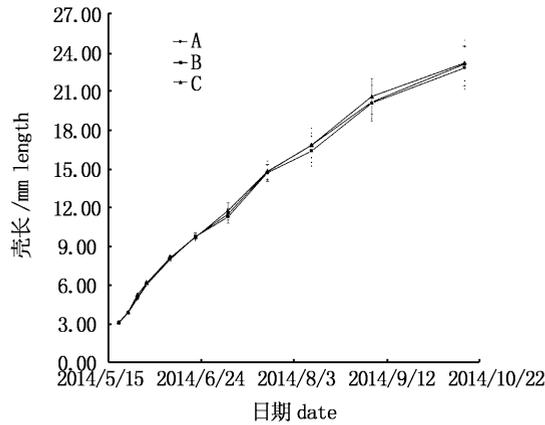


图3 中华绒螯蟹 11 次蜕壳的壳长增长变化
Fig. 3 The eleven times molting changes in carapace length increase of *Eriocheir sinensis*

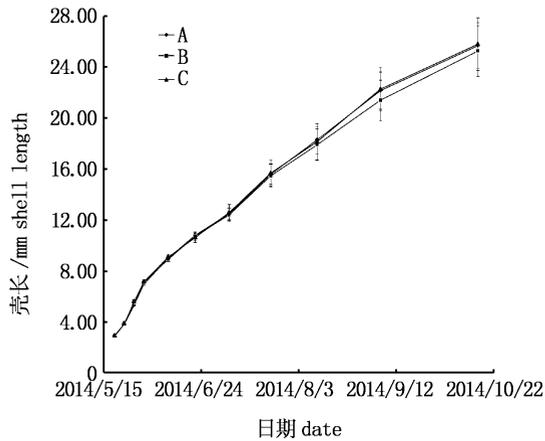


图4 中华绒螯蟹 11 次蜕壳的壳宽增长变化
Fig. 4 The eleven times molting changes in carapace width increase of *Eriocheir sinensis*

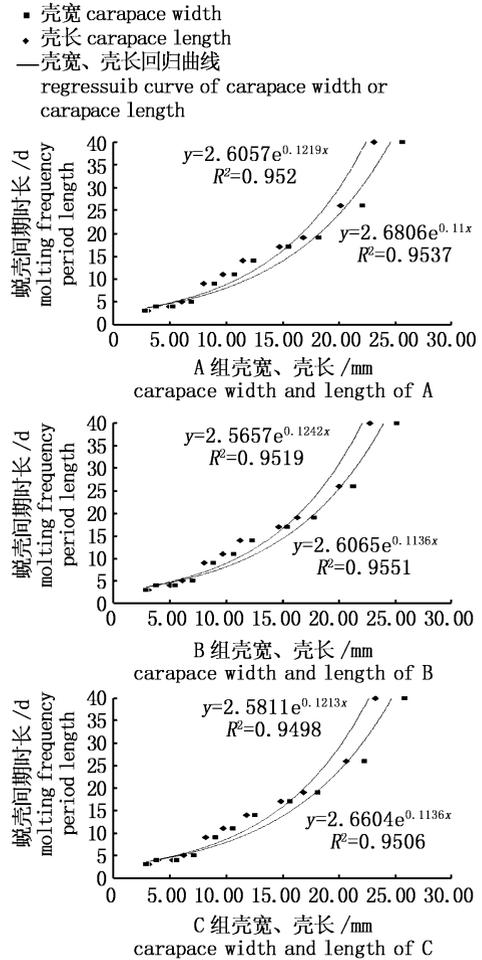


图5 中华绒螯蟹蜕壳育种群体(A)和野生群体(B、C)间期时长与壳宽、壳长的回归分析
Fig. 5 The regression analysis of molt interphase and carapace width and length of breeding population(A) and wild population(B, C) *Eriocheir sinensis*

2.4 壳长、壳宽与蜕壳间期时长的关系

长江水系中华绒螯蟹育种群体和野生群体蜕壳间期的平均时长均以壳宽或壳长的指数增长(图5,其中 R^2 为相关系数)。

2.5 河蟹成活率的对比结果

第11次蜕壳后,河蟹成长为一龄蟹种,且处理A、B、C成活率差异不显著($P > 0.05$)。从第11次蜕壳后平均成活率数据可以看出,处理A平均成活率最高,分别较B、C高1.40%、3.00%,B平均成活率较C高1.50%(表3)。

3 讨论

3.1 影响长江水系中华绒螯蟹育种群体与野生群体生长发育的因素

影响中华绒螯蟹幼蟹生长发育的因素主要有

种群来源、水质、水温、饵料、遗传和放养密度^[18]。据报道,在鱼类早期的生长中母本效应普遍存在^[19]。BANG等^[20]采用因子设计法对大西洋鲱鱼仔鱼性状表型变异的研究表明,母本效应明显存在于仔鱼重量及卵黄囊体积上。许益钊^[21]对大黄鱼的研究发现,通过比较大黄鱼的绝对增长率和体质量参数得出母本体质量较大的家系组多数较母本体质量较小的家系组大,表明多数家系表现出母本效应。因此在对育种家系的选育上,雌性亲本选择性状较好的家系对后代更有利。本实验在水温、水质、饵料和放养密度相同的条件下,一龄蟹种阶段,C在体质量、壳长、壳宽方面显著好于B,在体质量方面显著好于A;C腹

肢更长更大。即大规格野生母本后代在一龄蟹种阶段生长性状优于小规格野生与育种母本后代,存在母本效应。另外黄姝等^[22]在实验室条件下做了中华绒螯蟹成蟹阶段的蜕壳与生长观察

后认为,在生产上选取规格较大的一龄蟹种能有效提高成蟹的育成规格。因此推断,用大规格的河蟹做母本繁育的后代成蟹育成规格优于小规格母本后代。

表 3 4 种规格蟹种成活率的对比
Tab. 3 The contrast of survival rate in four sizes of *Eriocheir sinensis*

网箱号 number	A 组 A group		B 组 B group		C 组 C group	
	存活数量/只 survival number	成活率/% survival rate	存活数量/只 survival number	成活率/% survival rate	存活数量/只 survival number	成活率/% survival rate
1	132	26.40 ^a	127	25.40 ^a	119	23.80 ^a
2	145	29.00 ^a	135	27.00 ^a	128	25.60 ^a
3	148	29.60 ^a	142	28.40 ^a	133	26.60 ^a
平均值 average	141.70	28.33	134.70	26.93	126.70	25.33

注:在同一列数据右上角不同上标字母表示有显著差异($P < 0.05$)

Note: means in the same column with different superscripts indicate significant difference ($P < 0.05$)

另外,研究表明,长江水系中华绒螯蟹育种群体和野生群体蜕壳间期的平均时长均以壳宽或壳长的指数增长。此结果与张庆阳^[23]等对辽河水系中华绒螯蟹的研究结果相同,且与国外对远洋梭子蟹(*Portunus pelagicus*)的研究结果蜕壳间期时长以体长的三次方或者对数增长^[24]不同。

3.2 野生群体与育种群体比较

吴廉等^[13]通过微卫星分子标记方法研究中华绒螯蟹配套系育种群体与野生群体后认为,人工选择作用促进了配套系育种群体与野生群体的遗传分化并导致了育种群体的遗传多样性下降,而配套系育种技术可在一定程度上增加配套子代的遗传多样性。何杰等^[25]则认为,长江水系野生大眼幼体在成蟹阶段的养殖性能优于人工繁育大眼幼体。而我们研究却发现,A 在体质量、壳长、壳宽方面均显著优于 B,证明了育种工作的显著性和重要性。另外,就成活率而言,育种群体后代要比野生群体后代略高,我们认为是育种群体经过驯化更能适应池塘水体环境的缘故。由于本实验是在室外池塘网箱中进行的,实验可能存在一定的偶然因素,且主要针对的是中华绒螯蟹野生与育种群体后代一龄蟹种阶段的生长发育情况对比,今后会进行成蟹阶段的生长发育对比实验,进一步比较长江水系中华绒螯蟹野生群体与育种群体的生长发育差异。

衷心感谢陶程、杨永超、吴永安和崇明福岛水产专业养殖合作社沈亚达理事长在实验和写作过程中给予的帮助。

参考文献:

- [1] 戴恒鑫,马旭洲,李应森,等. 湖南大通湖河蟹池塘生态养殖模式对水质净化的试验研究[J]. 安全与环境学报, 2012, 12(5): 89-94.
DAI H X, MA X Z, LI Y S, et al. Purification effect of the ecological culture pattern of *Eriocheir sinensis* on the water quality in Datong Lake, Hunan [J]. Journal of Safety and Environment, 2012, 12(5): 89-94.
- [2] 何杰. 中华绒螯蟹池塘生态养殖群体生长特征研究[J]. 水利渔业, 2005, 25(6): 10-11, 28.
HE J. Population growth characteristics of the mitten crab in ecological aquaculture ponds [J]. Reservoir Fisheries, 2005, 25(6): 10-11, 28.
- [3] 雷钧镒,李猛,马旭洲,等. 大藻与青萍对网箱养殖长吻鮠氮磷排放的影响[J]. 安全与环境学报, 2013, 14(3): 205-209.
LEI J Y, LI M, MA X Z, et al. Consequential effects of *Pistiastratiotes* L and *Lemma minor* on cage aquaculture of *Leiocassis longirostris*'s emissions of nitrogen and phosphorus [J]. Journal of Safety and Environment, 2013, 14(3): 205-209.
- [4] 刘国兴,仲新玲,芦光宇,等. 软、硬底质网箱对克氏原螯虾养殖效果分析[J]. 江西农业学报, 2014, 26(9): 94-97.
LIU G X, ZHONG X L, LU G Y, et al. Effect of soft-bottom and hard-bottom net cages on raising of *Procambarus clarkii* [J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2014, 26(9) 94-97.
- [5] 李岩,王武,马旭洲,等. 稻蟹共作对稻田水体底栖动物多样性的影响[J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(7): 838-843.
LI Y, WANG W, MA X Z, et al. Effect of rice-crab culture system on zoobenthos diversity in paddy field [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2013, 21(7): 838-843.
- [6] 孙文通,张庆阳,马旭洲,等. 不同河蟹放养密度对养蟹

- 稻田水环境及水稻产量影响的研究[J]. 上海海洋大学学报, 2014, 23(3): 366-373.
- SUN W T, ZHANG Q Y, MA X Z, et al. A study on effects of different crab stocking density on water environment and rice yield[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2014, 23(3): 366-373.
- [7] 徐敏, 马旭洲, 王武. 稻蟹共生系统水稻栽培模式对水稻和河蟹的影响[J]. 中国农业科学, 2014, 47(9): 1828-1835.
- XU M, MA X Z, WANG W. Effects of different cultivation patterns on rice yield and crab in rice-crab culture system[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2014, 47(9): 1828-1835.
- [8] 张庆阳, 吕东锋, 马旭洲, 等. 稻蟹共作系统对浮游甲壳动物群落的影响[J]. 上海海洋大学学报, 2014, 23(6): 834-841.
- ZHANG Q Y, LÜ D F, MA X Z, et al. The impact of rice-crab culture system on crustacean zooplankton community[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2014, 23(6): 834-841.
- [9] 王瑶, 杨志刚, 郭子好, 等. 中华绒螯蟹 RXR 基因全长 cDNA 克隆及表达分析[J]. 水产学报, 2013, 37(12): 1761-1769.
- WANG Y, YANG Z G, GUO Z H, et al. The full length cDNA cloning and expression analysis of RXR from the Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) [J]. Journal of Fisheries of China, 2013, 37(12): 1761-1769.
- [10] 宫磊, 张亦陈, 孙妍, 等. 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[J]. 水产学报, 2014, 38(6): 786-793.
- GONG L, ZHANG Y C, SUN Y, et al. Cloning and expression analysis of ecdysteroid receptor gene (Ers-EcR) in *Eriocheir sinensis*[J]. Journal of Fisheries of China, 2014, 38(6): 786-793.
- [11] 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.
- 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 Hydrobiologica Sinica, 2013, 37(6): 1133-1144.
- [12] 杨霞, 叶金云, 周志金, 等. 中华绒螯蟹幼蟹对亮氨酸和异亮氨酸的需要量[J]. 水生生物学报, 2014, 38(6): 1062-1070.
- YANG X, YE J Y, ZHOU Z J, et al. Study on the optimal levels of dietary leucine and isoleucine for juvenile Chinese mitten crabs, *Eriocheir sinensis* [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2014, 38(6): 1062-1070.
- [13] 吴廉, 慈元吉, 黄姝, 等. 中华绒螯蟹配套系育种群体与野生群体的遗传比较与选择压力分析[J]. 中国水产科学, 2015, 22(2): 204-213.
- WU L, CI Y J, HUANG S, et al. Genetic comparison and selection pressure analysis in complete set lines breeding and wild populations of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2015, 22(2): 204-213.
- [14] KOBAYASHI S. Molting growth patterns of the Japanese mitten crab *Eriocheir japonica* (De Haan) under laboratory-reared conditions[J]. Journal of Crustacean Biology, 2012, 32(5): 753-761.
- [15] GUERAO G, ROTLLANT G. Survival and growth of post-settlement juveniles of the spider crab *Maja brachydactyla* (Brachyura: Majoidea) reared under individual culture system[J]. Aquaculture, 2009, 289(1/2): 181-184.
- [16] GUERAO G, ROTLLANT G. Development and growth of the early juveniles of the spider crab *Maja squinado* (Brachyura: Majoidea) in an individual culture system[J]. Aquaculture, 2010, 307(1/2): 105-110.
- [17] DURÁN J, PALMER M, PASTOR E. Growing reared spider crabs (*Maja squinado*) to sexual maturity: the first empirical data and a predictive growth model[J]. Aquaculture, 2013, 408-409: 78-87.
- [18] 王武, 王成辉, 马旭洲. 河蟹生态养殖[M]. 2 版. 北京: 中国农业出版社, 2013: 20-236.
- WANG W, WANG C H, MA X Z. The ecological culture of *Eriocheir sinensis* [M]. 2nd ed. Beijing: China Agriculture Press, 2013: 20-239.
- [19] VANDEPUTTE M, KOCOUR M, MAUGER S, et al. Heritability estimates for growth-related traits using microsatellite parentage assignment in juvenile common carp (*Cyprinus carpio* L.) [J]. Aquaculture, 2004, 335(1/4): 223-236.
- [20] BANG A, GRØNKJÆR P, CLEMMESSEN C, et al. Parental effects on early life history traits of Atlantic herring (*Clupea harengus* L.) larvae [J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2006, 334(1): 51-63.
- [21] 许益铤. 舟山附近海域大黄鱼遗传多样性及家系的生长性状研究[D]. 舟山: 浙江海洋学院, 2014: 34-35.
- XU Y A. Genetic diversity of the large yellow croaker from surrounding Zhou Shan waters and the research of growth traits of family[D]. Zhoushan: Zhejiang Ocean University, 2014: 34-35.
- [22] 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.
- 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.
- [23] 张庆阳, 马旭洲, 王昂, 等. 稻田网箱养殖辽河水系中华绒螯蟹幼蟹的个体生长[J]. 动物学杂志, 2015, 50(1): 112-121.
- ZHANG Q Y, MA X Z, WANG A, et al. The research of individual growth of *Eriocheir sinensis* for liaohe population

- juvenile crab in paddy field net cage[J]. Chinese Journal of Zoology, 2015, 50(1): 112–121.
- [24] MAUCLINE J. The Hiatt growth diagram for Crustacea[J]. Marine Biology, 1976, 35(1): 79–84.
- [25] 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.

The comparative study on growth characteristics of complete breeding and wild populations of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*)

CHEN Junwei^{1,2,3}, MA Xuzhou^{1,2,3}, WANG Wu^{1,2,3}, YANG Yongchao^{1,2,3}, TAO Cheng^{1,2,3}

(1. Key Laboratory of Freshwater Fishery Germplasm Resources, Ministry of Agriculture, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Shanghai Engineering Research Center of Aquaculture, Shanghai 201306, China; 3. Shanghai Collaborative Innovation Center for Aquatic Animal Genetics and Breeding, Shanghai 201306, China)

Abstract: In order to compare the growth of the progenies of breeding population and wild population of Chinese mitten crab, cages were placed in ecological ponds to conduct Chinese mitten crab breeding experiment. Three treatments were designed based on different female parent sources and specifications. A treatment: the progenies of breeding population, female parent weight was (150.39 ± 5.82) g, male parent weight was (300.23 ± 9.61) g; B, C treatment: the progenies of wild population, female parent weight was (150.47 ± 6.28) g and (250.33 ± 8.68) g respectively, male parent weight was both (300.56 ± 10.27) g. Each treatment had four replicates, each cage stocking 500 Chinese mitten crabs, camouflaged by aquatic weed and began to breed from the megalopa time, maintaining the same growth environment and appropriate growth. After 158 days of culture, A, B and C treatment weight increased by 1 273.00, 1 258.17 and 1 363.95 times respectively. C treatment index is the best treatment when growing into crab species. C treatment is significantly better than A and B treatments in weight, carapace length and carapace width ($P < 0.05$). Treatment A survival rate is the highest, 1.40% and 3.00% higher than B and C treatments respectively. The comprehensive studies showed that the growth traits of wild large size female progenies were better than wild and breeding small size female progenies, and maternal effect existed. Breeding population can better adapt to the pond water culture environment than the wild populations.

Key words: *Eriocheir Sinensis*; wild population; cages; molt; specific growth rate; survival rate