

稻田网箱养殖辽河水系中华绒螯蟹 幼蟹的个体生长

张庆阳^{①②③} 马旭洲^{①②③*} 王 昂^{①②③} 王 武^{①②③} 于永清^④

① 上海海洋大学水产与生命学院 上海海洋大学省部共建水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室 上海 201306;

② 上海市水产养殖工程技术研究中心 上海 201306; ③ 上海高校知识服务平台上海海洋大学水产动物

遗传育种中心 上海 201306; ④ 盘锦市盘山县河蟹技术研究所 盘锦 124000

摘要: 本实验在室外网箱内监测辽河水系中华绒螯蟹 (*Eriocheir sinensis*) 幼蟹阶段个体生长发育的每一次蜕壳生长情况。2013 年实验选取雄蟹和雌蟹各 200 只, 记录了每个蜕壳阶段雌蟹和雄蟹的生长, 包括壳长、壳宽、总重和蜕壳间隔时长 (d), 并且观察雌蟹和雄蟹形态特征的变化。实验共进行 111 d, 幼蟹共蜕壳 11 次。实验结束时, 雄蟹剩余 34 只, 雌蟹剩余 42 只; 雄蟹的特定生长率为 $(7.1765 \pm 0.1684) \% / d$, 雌蟹的特定生长率为 $(7.2833 \pm 0.1743) \% / d$; 雌蟹生长蜕壳过程中腹部的形态变化大, 腹部由三角形变成卵圆形; 雄蟹在生长蜕壳过程中螯足的增长明显较雌蟹快, 并且在实验最后一次即第 11 次蜕壳后螯足腹面内侧出现 1 小撮绒毛, 外侧也出现少量绒毛, 但不易被发现。

关键词: 中华绒螯蟹; 幼蟹; 生长; 蜕壳; 形态特征

中图分类号: S966.16 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2015) 01-112-10

The Research of Individual Growth of *Eriocheir sinensis* for Liaohe Population Juvenile Crab in Paddy Field Net Cage

ZHANG Qing-Yang^{①②③} MA Xu-Zhou^{①②③*} WANG Ang^{①②③} WANG Wu^{①②③} YU Yong-Qing^④

① College of Fisheries and Life, Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources Ministry of Education,

Shanghai Ocean University, Shanghai 201306; ② Shanghai Engineering Research Center of Aquaculture, Shanghai

201306; ③ Shanghai University Knowledge Service Platform, Shanghai Ocean University Aquatic Animal Breeding

Center, Shanghai 201306; ④ Crab Technology Institute of Panshan County, Panjin 124000, China

Abstract: The molt times and morphological features changes of the Liaohe population Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) were further explored. Molting and growth of juveniles of crab were observed on Juvenile carab of 200 individuals for each gender raised in net cages outdoor by recording carapace width

基金项目 上海市重点学科资助项目 (No. Y1101), 上海市高校知识服务平台上海海洋大学水产动物遗传育种中心项目 (No. ZF1206), 美国国际发展署 AquaFish CRSP 项目 (No. 11395800200);

*通讯作者, E-mail: xuzhouma@126.com;

第一作者介绍 张庆阳, 男, 硕士; 研究方向: 河蟹生态养殖; E-mail: zqy_2014@126.com。

收稿日期: 2014-06-14, 修回日期: 2014-09-23 DOI: 10.13859/j.cjz.201501014

and length, body weight, molting frequency and morphological feature changes. Male and female crabs molted 11 times during the experiment period of 111 days in 2014. Totally, 34 male crabs and 42 female crabs survived at the end of the experiment. The Special Growth Rates of male and female crabs were $(7.176\ 5 \pm 0.168\ 4)\% / d$ and $(7.283\ 3 \pm 0.174\ 3)\% / d$ respectively. The abdominal morphological of female crab were obviously changed from triangle to ovoid in molt process (Fig. 5). The Chela-foot pincers of male crab grew significantly faster than that of female crab and a bit of fluff appeared under the chela-foot and few fluff occurred on the inside and outside of the chela-foot respectively after the eleventh molt (Fig. 6 and Fig. 7).

Key words: *Eriocheir sinensis*; Juvenile crab; Growth; Molt; Morphological characteristics

中华绒螯蟹 (*Eriocheir sinensis*) 隶属于甲壳纲 (Crustacea) 十足目 (Decapoda) 方蟹科 (Grapsidae) 绒螯蟹属, 是我国最重要的水产养殖品种之一, 在我国主要分布于通海水域, 分布于辽河水系、长江水系和瓯江水系的中华绒螯蟹分别被称为辽河蟹、长江蟹和瓯江蟹 (王武 2000, 李应森等 2001a)。对不同生长环境的长期适应导致辽河蟹、长江蟹和瓯江蟹的个体生长速度和性腺发育等方面存在差异 (李应森等 2001a, b)。

关于中华绒螯蟹的研究多集中于生态养殖 (阙有清等 2012)、营养需求 (成永旭等 1988, 宋学宏等 2007, 何杰等 2013)、稻蟹共生 (李岩等 2013) 和遗传基因 (孟庆国等 2013) 等方面。对中华绒螯蟹个体生长形态学和生态学的研究甚少, 梁象秋等 (1974) 对中华绒螯蟹幼体发育做了详细的观察与研究, 将其早期发育划分为 6 个阶段, 并描述了每个阶段的个体差异, 但从大眼幼体至成蟹阶段的个体发育情况至今没有人做过详细的观察与研究。迄今为止, 对蟹类个体生长的研究主要集中于蜘蛛蟹科 (Majidae) 等海水蟹 (Guerao et al. 2009, 2010, Durán et al. 2013) 和与中华绒螯蟹蜕壳生长模式相似的日本绒螯蟹 (*E. japonica*) (Kobayashi 2012)。

本研究描述辽河水系中华绒螯蟹在 1 龄蟹种生长阶段的脱壳次数和形态学变化, 希望为中华绒螯蟹的个体生长发育提供基础资料, 进一步完善中华绒螯蟹个体发育的相关研究, 为

中华绒螯蟹的研究和养殖提供借鉴。

1 材料与方法

1.1 实验地点

实验地点选择在辽宁省盘锦市盘山县坝墙子镇姜家村稻田, 位于北纬 $40^{\circ}40'$ ~ $41^{\circ}27'$ 、东经 $121^{\circ}31'$ ~ $122^{\circ}28'$, 年平均气温 8.4°C , 无霜期 174 d, 年降雨量 612 mm。土壤为褐土 (徐明岗等 2006), 中等肥力 (胡续丽等 2006) (有机质 2.51%, 全氮 143.00 mg/kg, 全磷 66.47 mg/kg, 有效磷 14.24 mg/kg, pH 为 7.27)。

1.2 实验材料

实验蟹为辽宁省盘锦市盘山县河蟹技术研究所提供的辽河水系中华绒螯蟹大眼幼体, 体重平均 0.005 g/只 (样本量 $n=1\ 000$ 只)。实验网箱为自制的敞口圆柱形网, 网箱分为两部分, 底部和下半部为纱网, 上半部为塑料薄膜, 防止河蟹逃逸。网箱底面积为 $0.5\ \text{m}^2$, 高 0.7 m, 纱网高 0.5 m, 塑料薄膜高 0.2 m (图 1)。

1.3 实验设计

选取一定数量活动能力强的大眼幼体放入暂养箱内 (暂养箱为长 1.0 m、宽 0.5 m、高 0.4 m 的 PVC 水槽), 待第 2 次蜕壳后从中选取 400 只生长良好的二期仔蟹, 用解剖镜观察腹部形态区分雌雄, 雌雄各 200 只, 放养在网箱中, 每个网箱放 1 只, 网箱内养殖适量小茨藻 (*Najas minor*), 底部放置 20 cm 长、直径 9 cm 的半圆型 PVC 管供幼蟹隐藏。网箱网衣前期使用网目为 2 mm 的纱网, 待仔蟹壳宽长至

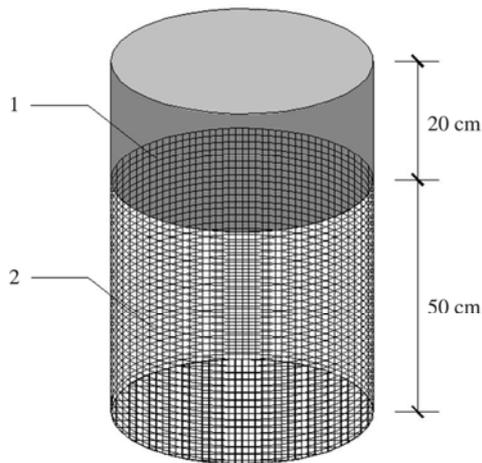


图 1 网箱示意图

Fig. 1 The cages schematic

1. 塑料薄膜; 2. 纱网。1. Plastic film; 2. Gauze element.

10 mm 时, 将网箱的网衣更换为网目 5 mm 的纱网, 并且定期清洗网箱附着物, 防止堵塞网目, 保证水流交换, 保持水质良好。幼蟹前期投喂煮熟并捣碎的肉鱼直至其长至壳宽为 10 mm, 投喂率为幼蟹体重的 8% 左右, 之后投喂新鲜的肉鱼和配合饲料, 投喂率为幼蟹体重的 4%。网箱放置在稻田水深 50 cm 左右的环沟内并固定好, 网箱间距为 10 cm。每天观察其生长和蜕壳情况, 每次蜕壳完全硬化后, 均进行形态学测定和称重, 称重使用电子天平 (精度 0.000 01 g, 量程 100 g, 赛多利斯 CPA225D)。在网箱放置温度记录仪 (rc-4, 江苏省精创电气股份有限公司), 每天记录网箱的水温。实验期间定期检测网箱内的水体理化指标。

2 结果

整个实验阶段网箱内水体理化指标, pH 6.88 ~ 7.53, 溶解氧含量 4.47 ~ 7.07 mg/L, 亚硝酸盐含量 0.026 ~ 0.036 mg/L, 氨氮含量 0.491 ~ 0.061 mg/L。各项理化指标均处于适合中华绒螯蟹生长的范围内, 不会影响其正常生长。

实验从 2013 年 6 月 9 日开始至 2013 年 10 月 20 日 (水体的平均温度低于 10°C) 结束。9 月 28 日至 10 月 20 日期间幼蟹不再蜕壳, 9 月

28 日, 存活雌蟹 42 只, 雄蟹 34 只。雌、雄蟹成活率分别为 21% 和 17%, 成活率偏低。

2.1 平均水温的变化

实验初期 (6 月 9 ~ 28 日) 水温呈逐渐上升趋势; 6 月 28 至 8 月 5 日, 水温波动较大, 其中 7 月 9 日至 7 月 18 日水温变化相对平稳; 8 月 5 日至 8 月 19 日水温变化较小, 处于一个温度较高的平稳期; 8 月 19 日后每天平均水温变化剧烈; 9 月 9 日后每天平均水温开始迅速下降 (图 2)。

2.2 生长过程河蟹壳宽、壳长与体重的变化

雄蟹从最初的壳宽 (2.97 ± 0.05) mm 长至 (29.27 ± 1.88) mm; 最初的壳长 (2.90 ± 0.12) mm 长至 (27.30 ± 1.65) mm。从第 1 次蜕壳至第 11 次蜕壳平均需要 106.5 d。平均体重从起始 0.005 0 g 增至 ($10.590 0 \pm 1.850 3$) g (表 1), 增长了 2 118 倍, 特定生长率为 ($7.176 5 \pm 0.168 4$) %/d。

雌蟹壳宽从最初的 (2.71 ± 0.05) mm 长至 (28.73 ± 1.72) mm; 壳长从最初的 (2.78 ± 0.07) mm 长到 (26.72 ± 1.42) mm。从第 1 次蜕壳至第 11 次蜕壳平均需要 104 d。平均体重从起始的 0.005 0 g 增至 ($9.891 8 \pm 1.780 7$) g (表 1), 增长了 1 978 倍, 特定生长率为 ($7.283 3 \pm 0.174 3$) %/d。

雄蟹壳宽从第 1 次至第 4 次蜕壳均为平稳增长, 之后开始下降。壳宽增长率最大为第 3 次与第 4 次蜕壳间; 最小为第 5 次与第 6 次蜕壳间。第 4 次蜕壳前, 壳长增长率与壳宽均为平稳增长, 但之后开始出现波动。壳长增长率最大为第 3 次与第 4 次蜕壳间; 最小为第 4 次与第 5 次蜕壳间。第 4 次蜕壳前, 体重增长率为平稳增长, 且最大增长率为第 3 次与第 4 次蜕壳间; 第 4 次蜕壳后出现较大波动, 最小增长率为第 6 次与第 7 次蜕壳间 (表 2)。

雌蟹第 3 次蜕壳前, 壳宽为平稳增长, 第 3 次蜕壳后开始出现波动。壳宽最大增长率为第 2 次与第 3 次蜕壳间, 最小为第 5 次与第 6 次蜕壳间, 与雄蟹相似。壳长增长率在第 4 次至

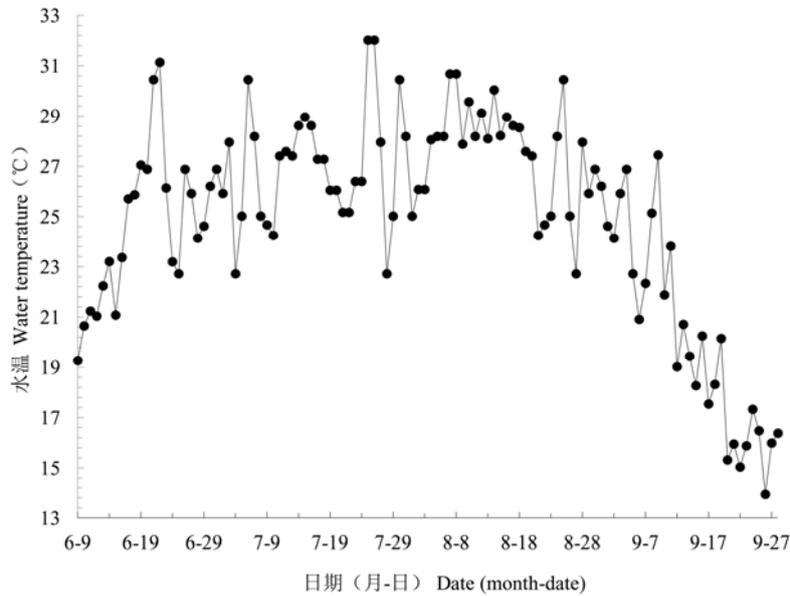


图 2 实验期间平均水温变化曲线

Fig. 2 The curve of average temperature during experiment period

表 1 辽河水系中华绒螯蟹幼蟹的生长

Table 1 Juvenile growth (with standard deviation) of Liaohe River crab *Eriocheir sinensis*

性别 Gender	幼蟹脱壳 次数 Crab stage	脱壳日期 (月-日) Date of exuviate (Month-date)	平均蜕壳间期 (d) Average molt interphase	壳宽 (mm) Carapace width	壳长 (mm) Carapace length	体重 (g) Weight
雄性 Male	0	6-9	—	—	—	0.005 0
	1	6-11 ~ 6-13	3.5	2.97 ± 0.05	2.90 ± 0.12	0.010 1 ± 0.002 0
	2	6-14 ~ 6-16	4.0	3.82 ± 0.07	3.73 ± 0.12	0.020 1 ± 0.004 0
	3	6-18 ~ 6-21	5.5	5.02 ± 0.14	4.65 ± 0.15	0.048 0 ± 0.001 1
	4	6-23 ~ 6-26	6.5	6.75 ± 0.28	6.44 ± 0.07	0.120 1 ± 0.005 0
	5	6-29 ~ 7-2	7.5	8.19 ± 0.03	7.64 ± 0.11	0.235 2 ± 0.012 0
	6	7-6 ~ 7-10	9.0	9.55 ± 0.27	9.15 ± 0.08	0.430 3 ± 0.022 0
	7	7-14 ~ 7-18	9.5	12.43 ± 0.54	11.50 ± 0.36	0.690 1 ± 0.080 1
	8	7-23 ~ 7-25	11.0	15.62 ± 0.53	14.56 ± 0.47	1.570 0 ± 0.150 5
	9	8-3 ~ 8-10	17.0	18.35 ± 1.00	17.30 ± 0.93	2.910 4 ± 0.300 2
	10	8-21 ~ 8-26	22.5	22.93 ± 1.28	21.23 ± 1.25	5.080 3 ± 0.800 4
雌性 Female	0	6-10	—	—	—	0.005 0
	1	6-11 ~ 6-13	3.5	2.71 ± 0.05	2.78 ± 0.07	0.010 1 ± 0.002 1
	2	6-14 ~ 6-16	4.0	3.59 ± 0.09	3.54 ± 0.02	0.020 1 ± 0.003 5
	3	6-18 ~ 6-21	5.5	4.97 ± 0.11	4.57 ± 0.13	0.041 0 ± 0.004 0
	4	6-23 ~ 6-26	6.5	6.72 ± 0.05	6.35 ± 0.10	0.082 0 ± 0.002 1
	5	6-28 ~ 7-1	6.5	8.11 ± 0.07	7.52 ± 0.26	0.195 2 ± 0.010 1
	6	7-4 ~ 7-9	8.0	9.45 ± 0.30	8.89 ± 0.26	0.393 1 ± 0.038 0
	7	7-11 ~ 7-15	9.0	11.44 ± 0.27	10.53 ± 0.39	0.580 1 ± 0.040 1
	8	7-19 ~ 7-23	9.5	14.49 ± 0.82	13.62 ± 0.71	1.282 4 ± 0.210 5
	9	8-30 ~ 8-7	16.5	17.09 ± 0.26	15.99 ± 0.34	2.0812 ± 0.2304
	10	8-18 ~ 8-21	21.0	22.66 ± 1.36	20.82 ± 1.20	4.710 1 ± 0.740 3
11	9-15 ~ 9-25	32.5	28.73 ± 1.72	26.72 ± 1.42	9.891 8 ± 1.780 7	

表 2 辽河水系中华绒螯蟹幼蟹的增量

Table 2 Juvenile growth increments (average) Liaohe River crab *Eriocheir sinensis*

性别 Gender	幼蟹脱壳次数 Crab stage	壳宽增长率 (%) Growth rate of carapace width	壳长增长率 (%) Growth rate of carapace length	体重增长率 (%) Growth rate of weight
	1			100
雄蟹 Male	2	33.57 ± 0.20	34.17 ± 1.24	100.00 ± 0.02
	3	31.41 ± 1.28	24.66 ± 0.00	140.00 ± 0.09
	4	34.46 ± 1.88	38.49 ± 3.07	150.00 ± 0.18
	5	21.33 ± 4.79	18.63 ± 0.42	95.83 ± 0.31
	6	16.61 ± 2.88	19.76 ± 0.69	82.98 ± 0.64
	7	30.16 ± 2.03	25.68 ± 2.86	60.47 ± 18.61
	8	25.66 ± 1.25	26.61 ± 0.13	127.54 ± 5.25
	9	17.48 ± 2.50	18.82 ± 2.64	85.35 ± 1.55
	10	24.96 ± 0.75	22.72 ± 0.67	74.57 ± 10.59
	11	27.65 ± 0.55	28.59 ± 0.21	108.46 ± 4.25
		1		
雌蟹 Female	2	32.47 ± 0.89	33.08 ± 2.83	100.00 ± 0.02
	3	38.44 ± 0.42	29.10 ± 2.96	105.00 ± 0.07
	4	35.21 ± 2.03	38.95 ± 1.82	100.00 ± 0.16
	5	20.68 ± 0.14	18.43 ± 2.27	137.80 ± 0.34
	6	16.52 ± 2.71	18.22 ± 0.65	101.54 ± 0.52
	7	21.06 ± 0.69	18.45 ± 0.95	47.58 ± 10.17
	8	26.66 ± 3.94	29.34 ± 2.02	120.69 ± 22.54
	9	17.94 ± 5.17	17.40 ± 3.82	62.50 ± 10.39
	10	32.59 ± 6.03	30.21 ± 4.84	126.44 ± 11.84
	11	26.79 ± 0.02	28.34 ± 0.61	109.98 ± 5.70

第 8 次蜕壳期间平稳增长，其他时间出现较大波动。壳长最大增长为第 3 次与第 4 次蜕壳间，最小为第 8 次与第 9 次蜕壳间。体重在第 4 次蜕壳前均为平稳增长，之后出现较大波动，最大增长率为第 4 次与第 5 次蜕壳间，最小为第 6 次与第 7 次蜕壳间（表 2）。

辽河水系中华绒螯蟹从幼蟹阶段平均体重增长曲线十分接近指数函数的变化趋势，函数生长方程为： $y = 0.005 \times 2^x$ ，其中， y 为平均体重 (g)， x 为脱壳次数（图 3）。在整个实验阶段，几乎每次蜕壳后体重为蜕壳前的 2 倍，这也解释了为什么辽河水系中华绒螯蟹在三个半月的时间体重增长两千多倍。与平均生长曲线

相比，雌蟹的生长曲线大多位于平均生长曲线的下方，而雄蟹的生长曲线大多位于平均生长曲线的上方。

2.3 生长过程形态特征的变化

据观察，中华绒螯蟹的外观形态特征在生长过程中发生一定的变化，并且雄蟹和雌蟹既有相同的形态特征变化，又有不同的形态特征变化。雄蟹和雌蟹在生长过程中的相同变化是背甲的颜色不断变深（图 4）。相对于雄蟹，雌蟹在生长过程中腹部的形态变化较大，最明显特征为腹部由三角形变为卵圆形（图 5）。雄蟹在生长过程中螯足的增长明显较雌蟹快，并且在第 11 次蜕壳后螯足腹面内侧出现一小撮绒

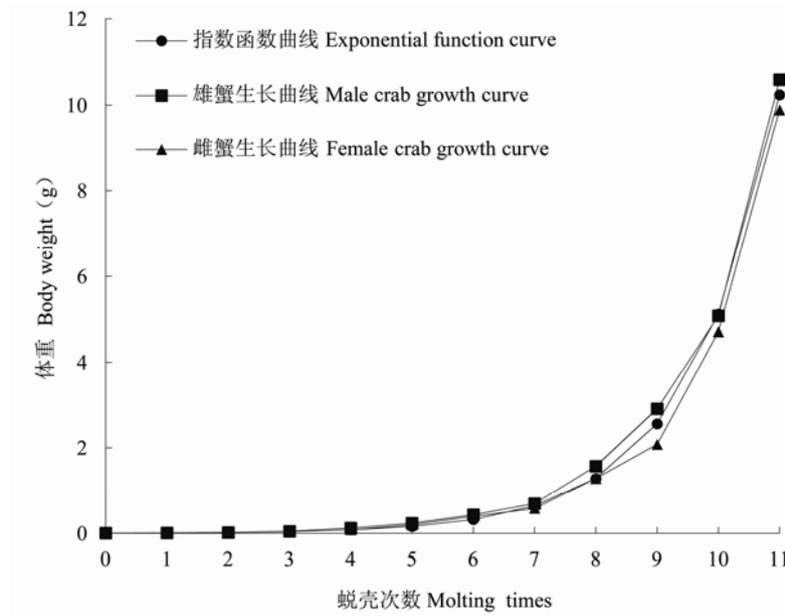


图 3 生长曲线

Fig. 3 Growth curve



图 4 辽河水系中华绒螯蟹幼蟹 11 次蜕壳的背面观

Fig. 4 The back of juvenile crab *Eriocheir sinensis* after each of the 11 molt times

1 ~ 11 数字为实验期间幼蟹蜕壳次数。

The figure under each crab indicated the molt times in the experiment period for juvenile crab.



图 5 雌蟹腹部形状的变化

Fig. 5 The abdomen of juvenile crab *Eriocheir sinensis* after each of the 11 molt times

1 ~ 11 数字为实验期间幼蟹脱壳次数。

The figure under each crab indicated the molt times in the experiment period for juvenile crab.

毛，外侧也出现少量绒毛，但是不仔细观察很难发现，在第 10 次蜕壳后并未发现这一现象（图 6）。雌蟹的螯足无此现象。雄蟹腹部的形态随着生长整体不断增大，但形状无变化，一直呈钟形（图 7）。另外一个有趣的发现就是雌蟹和雄蟹均在蜕壳前一段时间其背甲颜色呈黄褐色或黑褐色，腹甲水锈多，蜕壳后背甲颜色变淡，腹甲白。

3 讨论

3.1 对辽河水系中华绒螯蟹一生蜕壳次数的推断

关于中华绒螯蟹一生的蜕壳次数至今没有定论，多以王武（2000）和王武等（2013）所推断的一生蜕壳 18 次为主。但是根据本实验的观察，辽河水系中华绒螯蟹一生蜕壳次数很可能不是 18 次，而是 20 次。中华绒螯蟹的个体发育分为 3 个阶段，即幼体、幼蟹和成蟹（王武 2000，王武等 2013）。辽河水系中华绒螯蟹早期发育，也就是从一期蚤状幼体至大眼幼体

阶段，蜕壳次数为 5 次（梁象秋等 1974）；辽河水系中华绒螯蟹幼蟹阶段，即是本实验研究的阶段，蜕壳次数为 11 次；成蟹阶段，即从扣蟹至性成熟，虽然这一阶段没有个体生长实验的报道，但是经过近年来对此阶段辽河水系中华绒螯蟹形态特征的观察发现，此阶段的辽河水系中华绒螯蟹随着生长蜕壳，雌、雄蟹各有 4 个不同的形态特征（王武等 2013）。我们也做过成蟹阶段的个体生长实验，同样观察到以上 4 个不同的形态特征，但是由于成活率过低，未能达到实验要求的基数。根据以上变化可以推断辽河水系中华绒螯蟹在成蟹阶段蜕壳次数很可能为 4 次。本研究表明，随着中华绒螯蟹的生长，其蜕壳间期时间不断增加，由最初的 2 ~ 4 d 增加至最后的 24 ~ 38 d，辽河水系成蟹生长阶段从每年的 5 月初至 10 月初，5 个月的时间蜕壳 4 次极有可能。综上所述，推断辽河水系中华绒螯蟹一生蜕壳次数很可能是 20 次。当然成蟹阶段的蜕壳次数只是推测，具体的蜕壳次数还有待于进一步研究。

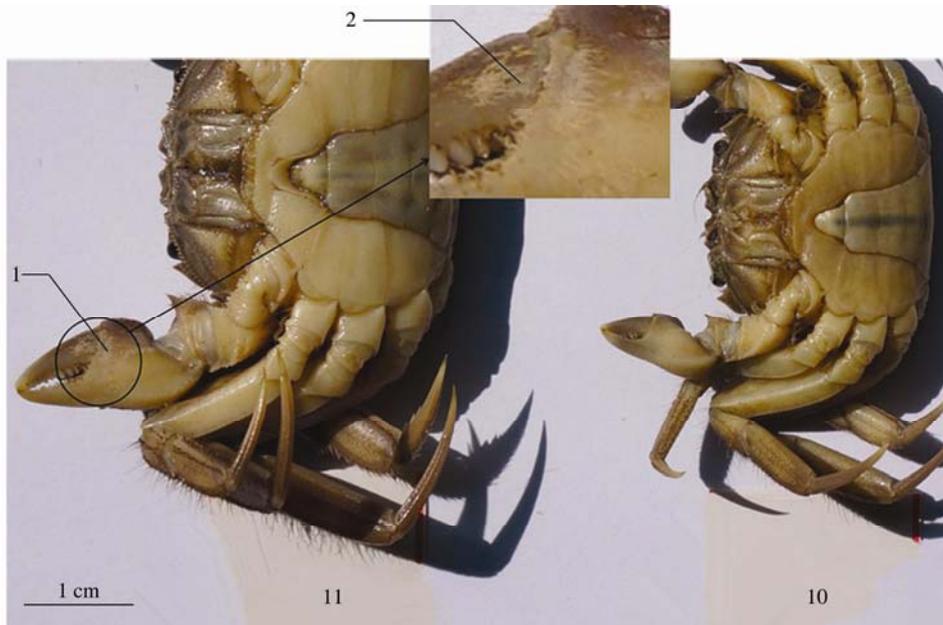


图 6 第 11 次蜕壳后雄性螯足腹面内侧出现一小撮绒毛

Fig. 6 Fluff occurred in the inside of front chela-foot at end of the 11th molt in male

1. 螯足腹面; 2. 放大后的螯足腹面内侧绒毛。

1. Front of chela-foot; 2. Front chela-foot inside molt after amplification.

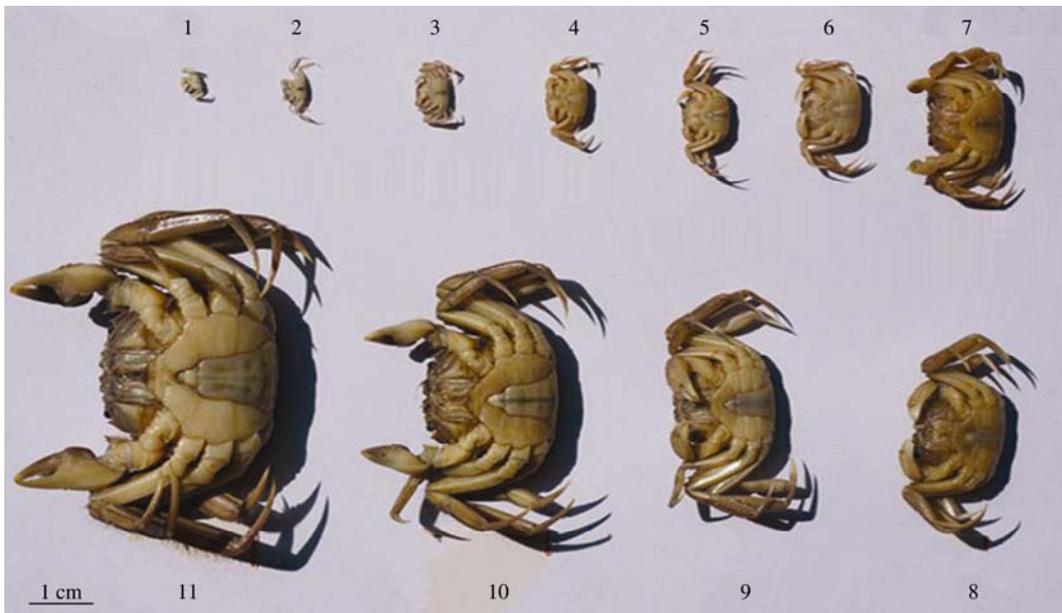


图 7 雄蟹腹部形状的变化

Fig. 7 The abdomen change of male juvenile crab after each of the 11 molts

1 ~ 11 数字为实验期间幼蟹蜕壳次数。

The figure under each crab indicated the molt times in the experiment period for juvenile crab.

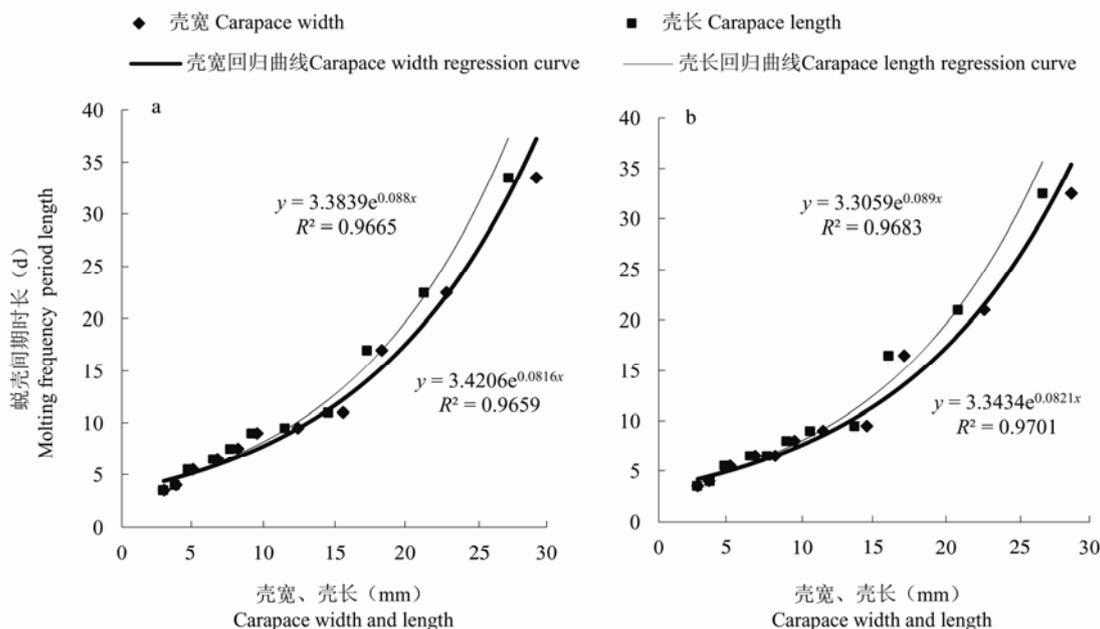


图 8 中华绒螯蟹蜕壳雄性 (a) 和雌性 (b) 间期时长与壳宽、壳长的回归分析
 Fig. 8 The regression analysis of molt interphase and carapace width and length of crabs male (a) and female (b) *Eriocheir sinensis*

3.2 辽河水系中华绒螯蟹蜕壳间期时长与壳宽、壳长的关系

据报道, 远洋梭子蟹 (*Portunus pelagicus*) 的蜕壳间期时长以体长的 3 次方增长, 或者以体长的对数增长 (Mauchline 1976), 但是本实验的研究结果却与其完全不同。我们的研究表明, 辽河水系中华绒螯蟹雌蟹和雄蟹蜕壳间期的平均时长均以壳宽或壳长的指数增长 (图 8, 其中 R^2 为相关系数)。这一现象是否存在偶然性还是相关性? 还有待于进一步研究。

3.3 影响辽河水系中华绒螯蟹幼蟹生长和蜕壳的环境因素

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 (Hartnoll 1982)。据报道, 水温 13~34℃, 蓝蟹 (*Callinectes sapidus*) 的生长随着水温的增加而增加, Mandapam 的蓝蟹养殖, 由于冬季有工业冷却水和夏季有近海冷水, 使蓝蟹从第一幼体阶段长至上市规格只需 7~8 个月, 而正常生长需要 10~11 个月 (Leffler 1972), 这与本实验结果相似。本实验

结果表明, 在水质和食物量相同的条件下, 在适宜的温度范围内, 辽河水系中华绒螯蟹的生长随温度的升高而增加, 6 月 9~28 日, 随着水温的不断升高, 幼蟹的壳宽、壳长和体重的增长率总体呈上升趋势; 当温度过高时其生长反而下降, 6 月 28 日至 8 月 25 日处于高温季节, 并且水温变化剧烈, 幼蟹的壳宽、壳长和体重的增长率较低。辽河水系中华绒螯蟹随着个体的生长, 其蜕壳间期时长不断增加, 很可能是随着河蟹个体生长, 其体积不断增加, 为下一次蜕壳所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。而雄蟹随着生长其壳宽、壳长和体重均较雌蟹高, 所以雄蟹的蜕壳间期时长较雌蟹长。

3.4 中华绒螯蟹生长特性

据报道, 放养密度对中华绒螯蟹的生长产生影响, 在饵料充足, 生长环境相同的条件下, 适宜的放养密度促进河蟹的生长, 而密度过高或过低, 均会抑制其生长 (何杰 2005, Li et al. 2007, 李文宽等 2009)。这一现象表现出中华

绒螯蟹的群体生长特性, 中华绒螯蟹在生长过程中需要一定的空间, 尤其是在蜕壳时, 软壳蟹极容易被其他个体摄食。正是基于这种考虑所以本实验采用了在网箱内进行个体生长实验, 但是本实验的成活率仍然较低, 主要原因可能是由于网箱养殖的环境较为封闭, 对于中华绒螯蟹个体的相对密度较低, 并且在实验过程中对幼蟹进行称量和观察的操作会对其造成一定损伤, 尤其在早期对仔蟹的伤害较大, 最终导致本实验成活率偏低。另外我们还发现光照在中华绒螯蟹生长蜕壳中有很重要的作用, 当其蜕壳后, 放在室内和户外有适当阳光照射的地方, 在有适当阳光照射的地方其壳完全硬化的时间明显少于在室内没有阳光直射的地方。有关以上的可能性我们会在以后的实验中进一步研究。由于本实验是在户外进行的, 实验结果可能会存在一定的偶然因素, 今后将进行室内和室外的对比实验, 进一步探讨辽河水系中华绒螯蟹的个体生长特点。

参 考 文 献

- 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.
- Leffler C W. 1972. Some effects of temperature on the growth and metabolic rate of juvenile blue crabs, *Callinectes sapidus*, in the laboratory. *Marine Biology*, 14(2): 104–110.
- Li X D, Dong S L, Lei Y Z, et al. 2007. The effect of stocking density of Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* on rice and crab seed yields in rice-crab culture systems. *Aquaculture*, 273: 487–493.
- Mauchline J. 1976. The Hiatt growth diagram for Crustacea. *Marine Biology*, 35(1): 79–84.
- 成永旭, 严生良, 王武, 等. 1988. 饲料中磷脂和多不饱和脂肪酸对中华绒螯蟹大眼幼体育成仔蟹的成活率和生长的影响. *水产学报*, 22(1): 9–15.
- 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): 10–28.
- 何杰, 王春, 邵路畅, 等. 2013. 饥饿胁迫对中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)仔蟹的影响. *生态学杂志*, 32(8): 2077–2084.
- 胡续丽, 张振和, 任春梅, 等. 2006. 盘锦地区耕地土壤养分情况简述. *垦殖与稻作*, (增刊 1): 70–71.
- 李文宽, 肖祖国, 赵晓临, 等. 2009. 中华绒螯蟹稻田放养规格和密度对其产量的影响. *水产科学*, 28(1): 36–39.
- 李岩, 王武, 马旭洲, 等. 2013. 稻蟹共作对稻田水体底栖动物多样性的影响. *中国生态农业学报*, 21(7): 838–843.
- 李应森, 郭延. 2001b. 长江蟹和辽河蟹性腺及肝脏指数的比较研究. *水利渔业*, 21(1): 10–12.
- 李应森, 李思发, 王江玲, 等. 2001a. 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.
- 孟庆国, 陈静, 黄艳青, 等. 2013. 中华绒螯蟹螺原体类螺旋蛋白 SLP25 对中华绒螯蟹和 RAW264. 7 细胞免疫反应的研究. *南京师大学报: 自然科学版*, 36(2): 2077–2084.
- 阙有清, 杨志刚, 陈志刚, 等. 2012. 崇明县大规模河蟹生态养殖技术. *中国水产*, 1(2): 66–67.
- 宋学宏, 杨彩根, 程建新, 等. 2007. 不同营养供给模式对中华绒螯蟹生长及肝胰腺白化症发病率的影响. *水产学报*, 31(4): 476–530.
- 王武. 2000. *鱼类增养殖学*. 北京: 中国农业出版社, 596–613.
- 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, 12–408.
- 徐明岗, 梁国庆, 张夫道, 等. 2006. *中国土壤肥力演变*. 北京: 中国农业科学技术出版社, 304–581.