

# 长江水系的中华绒螯蟹幼蟹在川东地区的生长性能研究

黄健<sup>1,2,3,4</sup>, 马旭洲<sup>1,2,3,4\*</sup>, 张文博<sup>1,2,3,4</sup>, 黄渊博<sup>1,2,3,4</sup>, 戴希贤<sup>1,2,3,4</sup>

(1. 上海海洋大学水产动物遗传育种中心上海市协同创新中心, 上海 201306; 2. 上海海洋大学上海水产养殖工程技术研究中心, 上海 201306; 3. 上海海洋大学农业农村部淡水水产种质资源重点实验室, 上海 201306; 4. 上海海洋大学水产科学国家级实验教学示范中心, 上海 201306)

**摘要:**2021年5月至10月,在四川省达州市开江民生渔业有限公司三清庙基地,利用幼蟹生态养殖池塘,对来自长江水系的中华绒螯蟹良种“江海21”蟹苗进行了一个养殖周期的生物学监测,旨在探讨长江水系的中华绒螯蟹蟹苗在四川开江地区的生长发育特征,为川东地区中华绒螯蟹规模化健康养殖提供理论依据。研究结果表明,在当地养殖时,大多数幼蟹的蜕壳次数为11次,蜕壳后的幼蟹生长性状和成活率都与其在长江水系中无显著差异;随着蜕壳次数的增加,幼蟹的湿重或者干体质量都呈现指数函数增长,其壳长、壳宽分别与蜕壳次数呈一元二次函数关系,其湿体质量分别与壳长、壳宽具有幂函数关系,其壳长与壳宽显著相关。开展长江水系的中华绒螯蟹1龄蟹种本地化培育具有可行性,解决了以往因长途运输而导致的蟹种成活率低和环境适应性差的问题,幼蟹的本地化培育技术措施可在川东地区应用和推广。

**关键词:**中华绒螯蟹;大眼幼体;生长性能;蜕壳

**中图分类号:**S96 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-5948(2023)05-753-08

中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*),俗称河蟹,是一种中国特有的水产经济动物<sup>[1]</sup>。自20世纪90年代中华绒螯蟹人工育苗获得成功之后,中华绒螯蟹增养殖业得到了迅猛发展。然而,在中华绒螯蟹养殖业蓬勃发展和其产量快速增加的同时,中华绒螯蟹的种质资源却在衰退,尤其以长江水系中的中华绒螯蟹最为明显<sup>[2]</sup>。盲目引种不仅会引起生活在不同水系的中华绒螯蟹的性状衰退和种质混杂,还会因为不适应当地的气候条件而使中华绒螯蟹出现早熟现象。例如,将长江水系中的中华绒螯蟹引进珠江水系后,因中华绒螯蟹种群发生变异而出现的“珠江毛蟹”就属于此类问题<sup>[3]</sup>。

目前,对中华绒螯蟹的基础生物学及其生长性能的研究已经成为研究热点。国内的相关研究大多在安徽省、江苏省和上海市等中华绒螯蟹养

殖规模较大的地区进行,也有在实验室中开展的中华绒螯蟹幼体发育研究<sup>[4]</sup>。研究表明,大通湖水域中的中华绒螯蟹头胸甲的长度、宽度、厚度都与其体质量显著正相关<sup>[5]</sup>;养殖密度对中华绒螯蟹的生长具有显著影响<sup>[6]</sup>。在养成阶段,笼养的中华绒螯蟹幼蟹的蜕壳次数显著少于池养幼蟹的蜕壳次数<sup>[7]</sup>。利用单养系统,研究了远洋梭子蟹(*Portunus pelagicus*)<sup>[8]</sup>和日本绒螯蟹(*Eriocheir japonicus*)<sup>[9]</sup>的个体生长规律。关于四川地区的中华绒螯蟹幼蟹生长特性的研究尚未见报道。

近年来,四川省的水产业蓬勃发展,四川省多地先后开始了中华绒螯蟹的养殖尝试,大部分养殖户采用了苏皖地区的精养蟹塘的养殖模式,养殖中华绒螯蟹。中华绒螯蟹蚤状幼体经历5次蜕壳后,变态为大眼幼体(俗称蟹苗)<sup>[10]</sup>。在西南地

收稿日期:2022-09-28; 修订日期:2023-03-20

基金项目:上海市现代农业产业技术体系项目(沪农科产字(2022)第4号)资助。

作者简介:黄健(1998—),男,江苏省无锡人,硕士研究生,从事河蟹生态养殖方面的研究。E-mail: 732731182@qq.com

\*通讯作者:马旭洲,副教授。E-mail: xzma@shou.edu.cn

区,养殖户利用长江水系的中华绒螯蟹苗种养殖商品蟹,由于运输距离较远和运输时间较长,常导致苗种脱水甚至死亡,而且在养殖过程中,因为中华绒螯蟹苗种的适应性较差,所以其回捕率较低。因此,在西南地区养殖中华绒螯蟹,应该培育本地苗种,以提高商品蟹的回捕率。

本研究通过监测长江水系的中华绒螯蟹幼蟹的蜕壳周期及其生理形态变化,研究长江水系的幼蟹在川东地区的蜕壳规律,以期为川东地区中华绒螯蟹苗种培育和生态养殖积累基础数据和提供技术支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验地点

在四川省达州市开江民生渔业有限公司三清庙基地(31°8'N, 107°86'E),开展实验。该区域气候属亚热带湿润气候,年平均气温为17.2℃,夏季雨量充沛。该区域的气候条件适宜中华绒螯蟹的生长和育肥。

### 1.2 实验材料

实验用蟹苗为人工选育的长江水系的中华绒螯蟹良种“江海21”。2021年4月末,研究人员在沿海中华绒螯蟹育苗场选购蟹苗(大眼幼体),并将其运输至开江民生渔业有限公司三清庙基地,开展蟹苗的本地化培育,在培育过程中,使其逐渐适应当地的气候。

### 1.3 实验池塘及其管理

选择3座开江民生渔业幼蟹养殖基地的标准化池塘,作为实验池塘。每座池塘的面积约为0.2 hm<sup>2</sup>,水源为任市河支流的河水,具有独立排水口,提前建立了标准的防逃设施。在放养蟹苗前,对所选择的池塘进行彻底消毒,去除塘底多余淤泥,只保留厚度约为10.0 cm的淤泥。2021年4月初,为了给幼蟹提供隐蔽场所,在池塘内栽种了喜旱莲子草(*Alternanthera philoxeroides*),其种植面积约为水面面积的70%。2021年7月,定期清理部分喜旱莲子草,将池塘中水草的覆盖面积控制在池塘总面积的60%左右。

### 1.4 实验设计和养殖管理

于2021年5月初,向养殖池塘中投放蟹苗,放养密度约为360万只/hm<sup>2</sup>,规格约为16万只/kg。

在大眼幼体入池时,养殖池塘的水位保持在40~50 cm。5月至6月,养殖池塘的水位控制在50~60 cm;7月下旬至9月下旬,养殖池塘的水位保持在120 cm及以上;高温天气时,养殖池塘的水位应该提高至150 cm,而且需要增加换水量,每隔15 d换水的深度为5~10 cm<sup>[11]</sup>。5月至10月养殖期间,每日观察池塘的水深状况,并根据降水情况,适当进水或者排水,以控制养殖池塘的水位。

在大眼幼体入塘前,向幼蟹养殖池塘投放水蚤等鲜活动物性饵料。养殖前期,向养殖池塘内投喂蛋白质含量较高的配合饲料。随着幼蟹的生长,应该逐步降低配合饲料的蛋白质含量。按照文献[12]中的方法,每日18时进行饲料投喂。每日巡塘,根据幼蟹的实际摄食情况,增加或者减少饲料的投喂量。

### 1.5 样品采集和测量

每日观察和记录幼蟹的蜕壳日期、蜕壳前、后的生理变化和养殖池塘中水草的生长情况、水体透明度等信息,统计长江水系的中华绒螯蟹在四川开江地区的蜕壳间隔、蜕壳蟹和死蟹的数量和死亡率等指标。

当养殖池塘大批幼蟹蜕壳结束(蜕壳率达到80%~85%)和新壳固化不久时,就开始采样。根据幼蟹蜕壳周期和每日实际观察的情况,确定具体采样时间。

采用网捕方法,随机采样。每次采样,在每座养殖池塘中,至少捕捞30只肢体完整的幼蟹(不限规格),作为幼蟹样品,运回实验室。因为长江水系的中华绒螯蟹的幼蟹在开江地区一般蜕壳11次,所以共采样11次。

在实验室中,用吸水纸擦干幼蟹样品蟹壳表面的水分;利用FA1004B型分析天平(量程为0~100 g,精度为0.01 mg),测量幼蟹个体的湿体质量(精确到0.1 mg);将吸干外壳水分的幼蟹放入烘箱中,60℃下干燥24 h<sup>[13]</sup>,之后,将其保存在真空干燥器中;利用FA1004B型分析天平,测量被烘干的幼蟹样品个体的体质量;利用电子数显卡尺,测量其壳的长度(第1额齿间最凹处至头胸甲后缘的距离)和壳的宽度(壳的最宽处)(精确到0.01 mm<sup>[14]</sup>)。

### 1.6 数据统计和分析

利用Excel 2019软件、SPSS 11.0软件和

Origin 2021 软件, 处理和分析实验数据; 利用实验数据, 拟合最优的生长变化曲线, 建立生长模型; 计算出湿质量增长率、干质量增长率、壳长增长率、壳宽增长率和特定生长率。

湿质量增长率等于蜕壳后与蜕壳前湿体质量之差除以蜕壳前湿体质量再乘以 100%。干质量增长率等于蜕壳后与蜕壳前干体质量之差除以蜕壳前干体质量再乘以 100%。壳长增长率等于蜕壳后与蜕壳前壳长之差除以蜕壳前壳长再乘以 100%。壳宽增长率等于蜕壳后与蜕壳前壳宽之差除以蜕壳前壳宽再乘以 100%。特定生长率等于蜕壳后与蜕壳前体质量的自然对数之差除以蜕壳间隔时间再乘以 100%。

## 2 结果与分析

### 2.1 幼蟹的蜕壳间隔和蜕壳次数

经过 6 个月的池塘生态养殖实验, 幼蟹的成活率约为 12.5%, 产量约为 2 250.0 kg/hm<sup>2</sup>。其中, 大多数幼蟹蜕壳 11 次, 少数幼蟹蜕壳 10 次。大眼幼体在完成第一次蜕壳后, 其成为一期幼蟹, 以此类推, 经过 11 次蜕壳后, 其成为十一期幼蟹。在长江水系的中华绒螯蟹的生长过程中, 其蜕壳的总次数基本稳定在 21 次。若中华绒螯蟹的幼蟹和成蟹的蜕壳次数发生变化, 则中华绒螯蟹的生长和育

肥将受到重大影响。在幼蟹阶段, 若蜕壳次数过多(多于 11 次)或者过少(少于 7 次), 都会影响成蟹的蜕壳次数<sup>[15]</sup>。因此, 在四川开江地区养殖的长江水系中华绒螯蟹幼蟹的蜕壳次数基本符合正常养殖水准, 能够为中华绒螯蟹生长提供充足和均衡的时间。

以长江水系的中华绒螯蟹幼蟹的蜕壳间隔天数为自变量(x), 以蜕壳次数为因变量(y), 建立的指数拟合方程为  $y=2.807e^{0.236x}$ ,  $R^2=0.986$ 。大眼幼体至第一次蜕壳的时间间隔为 3 d, 第 10 次至第 11 次蜕壳的时间间隔为 38 d, 蜕壳间隔天数不断增加, 幼蟹蜕壳的前三期的间隔时间都在 6 d 以内, 之后, 蜕壳间隔天数明显增加, 尤其是在幼蟹生长的中后期(表 1)。

### 2.2 幼蟹的湿体质量和干体质量的增长规律

由表 1 可知, 每次蜕壳后, 幼蟹的体质量(包括湿体质量和干体质量)都明显增大。研究表明, 长江水系的中华绒螯蟹幼蟹的体质量和壳长都在 5 月增长的最快, 随后其生长速度逐渐减慢, 并且在 9 月出现生长停滞期<sup>[16]</sup>。本研究的结果与此相似。经过 11 次蜕壳, 幼蟹的湿体质量从 8.7 mg 增长至 7 273.5 mg, 干体质量从 3.2 mg 增长至 1 770.1 mg。

随着蜕壳次数的增加, 幼蟹的体质量呈现指

表 1 中华绒螯蟹幼蟹各次蜕壳时的生长参数信息

Table 1 Information of growth parameters of young Chinese mitten crabs during each molting stage

蜕壳次序	蜕壳日期	湿体质量/mg	干体质量/mg	壳长/mm	壳宽/mm
第 1 次	2021-05-14	8.7±1.0	3.2±0.5	2.78±0.08	3.06±0.09
第 2 次	2021-05-18	20.7±2.2	6.1±0.9	3.73±0.12	3.84±0.11
第 3 次	2021-05-24	45.3±4.4	12.5±2.0	4.77±0.17	5.04±0.17
第 4 次	2021-06-01	96.9±14.8	26.9±5.2	6.05±0.30	6.47±0.32
第 5 次	2021-06-10	188.3±24.9	47.0±9.4	7.49±0.31	8.16±0.35
第 6 次	2021-06-20	374.7±59.3	107.7±24.2	9.23±0.50	10.18±0.53
第 7 次	2021-07-06	740.0±114.9	243.4±32.6	11.53±0.68	12.70±0.74
第 8 次	2021-07-24	1 482.7±251.3	417.5±80.7	14.46±0.71	15.99±0.82
第 9 次	2021-08-16	2 933.9±313.1	915.8±132.4	18.25±0.78	20.36±0.99
第 10 次	2021-09-14	4 589.7±487.4	1 455.0±281.6	21.62±0.77	23.65±0.56
第 11 次	2021-10-22	7 273.5±900.7	1 770.1±214.4	24.87±1.09	27.30±0.99

注: 表中数据为平均值±标准误差。

数函数增长。以长江水系的中华绒螯蟹幼蟹的湿体质量为因变量( $y$ ),以蜕壳次数为自变量( $x$ ),建立的湿体质量指数拟合方程为 $y=5.512e^{0.676x}$ ,  $n=11$ ,  $R^2=0.966$ ;建立的干体质量指数拟合方程为 $y=1.887e^{0.645x}$ ,  $n=11$ ,  $R^2=0.941$ 。从七期幼蟹开始,幼蟹的湿体质量远大于其干体质量。

在2021年5月初至8月中旬的养殖过程中,幼蟹的湿体质量增长率为94.36%~137.55%(表2)。一期与二期幼蟹之间的湿体质量增长率达到137.55%,其显著大于其他各期幼蟹之间的湿体质量增长率;大眼幼体与一期幼蟹之间、九期与十期幼蟹之间、十期与十一期幼蟹之间的湿体质量增长率显著偏小。五期与六期幼蟹之间、六期与七期幼蟹之间的干体质量增长率分别为128.92%和126.10%,其明显大于其他各期幼蟹之间的干体质量增长率;十期与十一期幼蟹之间的干体质量增长率(21.66%)显著偏小。

### 2.3 幼蟹的壳长与壳宽的增长规律

从第一次蜕壳到最后一次蜕壳,幼蟹的壳长从2.78 mm增大到24.87 mm,壳宽从3.06 mm增大到27.30 mm(见表1)。在11次蜕壳中,幼蟹的壳长与壳宽的增长规律基本一致。以壳宽为因变量( $y$ ),以为壳长为自变量( $x$ ),建立的壳宽的幂函数拟

合方程为 $y=1.045x^{1.016}$ ,  $n=11$ ,  $R^2=0.999$ 。

以长江水系的中华绒螯蟹幼蟹的壳长为因变量( $y$ ),以蜕壳次数为自变量( $x$ ),建立的壳长的一元二次拟合方程为 $y=0.159x^2+0.268x+2.414$ ,  $n=11$ ,  $R^2=0.997$ ;以壳宽为因变量( $y$ ),以蜕壳次数为自变量( $x$ ),建立的壳宽的一元二次拟合方程为 $y=0.190x^2+0.163x+2.726$ ,  $n=11$ ,  $R^2=0.999$ 。

以长江水系的中华绒螯蟹幼蟹的湿体质量为因变量( $y$ ),以壳长为自变量( $x$ ),建立的湿体质量的幂函数拟合方程为 $y=0.358x^{3.105}$ ,  $n=11$ ,  $R^2=0.998$ ;以湿体质量为因变量( $y$ ),以壳宽为自变量( $x$ ),建立的湿体质量的幂函数拟合方程为 $y=0.330x^{3.025}$ ,  $n=11$ ,  $R^2=0.997$ 。对于一期至六期的幼蟹,随着壳长和壳宽的增大,其湿体质量增幅相对较小;对于七期至十一期的幼蟹,其湿体质量大幅增大。

由表2可知,一期与二期幼蟹之间的壳长增长率(34.01%)显著大于其他各期幼蟹之间的壳长增长率,九期与十期幼蟹之间、十期与十一期幼蟹之间的壳长增长率显著小于其他各期幼蟹之间的壳长增长率。二期与三期幼蟹之间的壳款增长率(31.36%)大于其他各期幼蟹之间的壳宽增长率,九期与十期幼蟹之间、十期与十一期幼蟹之间的壳宽增长率显著小于其他各期幼蟹之间的壳宽增长

表2 中华绒螯蟹幼蟹蜕壳前、后的湿体质量、干体质量、壳长和壳宽的增长率

Table 2 The growth rates of wet weight, dry weight, shell length and shell width of young Chinese mitten crab before and after molting

项目	湿体质量增长率/%	干体质量增长率/%	壳长增长率/%	壳宽增长率/%	特定增长率/%
大眼幼体与一期幼蟹间	(40.32±3.23) <sup>d</sup>	(79.63±1.5) <sup>cd</sup>			(11.22±0.93) <sup>c</sup>
一期与二期幼蟹间	(137.55±6.75) <sup>a</sup>	(86.69±7.88) <sup>bcd</sup>	(34.01±1.49) <sup>a</sup>	(25.52±1.54) <sup>b</sup>	(21.89±0.71) <sup>a</sup>
二期与三期幼蟹间	(118.36±4.14) <sup>b</sup>	(104.35±4.54) <sup>abc</sup>	(27.97±1.29) <sup>b</sup>	(31.36±0.25) <sup>a</sup>	(12.99±0.31) <sup>b</sup>
三期与四期幼蟹间	(114.22±21.33) <sup>bc</sup>	(114.89±37.56) <sup>ab</sup>	(26.82±3.91) <sup>bc</sup>	(28.31±4.13) <sup>ab</sup>	(9.51±1.23) <sup>c</sup>
四期与五期幼蟹间	(94.36±26.17) <sup>c</sup>	(74.63±22.64) <sup>cd</sup>	(23.68±5.46) <sup>bc</sup>	(26.13±5.68) <sup>b</sup>	(7.36±1.52) <sup>d</sup>
五期与六期幼蟹间	(98.97±33.21) <sup>bc</sup>	(128.92±33.47) <sup>a</sup>	(23.29±7.22) <sup>c</sup>	(24.81±7.39) <sup>b</sup>	(6.88±1.70) <sup>d</sup>
六期与七期幼蟹间	(97.47±25.50) <sup>bc</sup>	(126.10±39.36) <sup>ab</sup>	(24.92±5.30) <sup>bc</sup>	(24.72±5.12) <sup>b</sup>	(3.77±0.72) <sup>e</sup>
七期与八期幼蟹间	(100.36±7.28) <sup>bc</sup>	(71.50±2.67) <sup>cd</sup>	(25.41±1.11) <sup>bc</sup>	(25.94±1.55) <sup>b</sup>	(4.08±0.21) <sup>e</sup>
八期与九期幼蟹间	(97.88±6.43) <sup>bc</sup>	(119.35±7.52) <sup>ab</sup>	(26.21±0.93) <sup>bc</sup>	(27.31±1.21) <sup>ab</sup>	(2.97±0.15) <sup>e</sup>
九期与十期幼蟹间	(56.44±4.89) <sup>d</sup>	(58.88±15.38) <sup>d</sup>	(18.45±0.81) <sup>d</sup>	(16.06±1.03) <sup>c</sup>	(1.53±0.09) <sup>f</sup>
十期与十一期幼蟹间	(58.47±5.16) <sup>d</sup>	(21.66±6.60) <sup>e</sup>	(15.03±1.00) <sup>d</sup>	(15.55±1.16) <sup>c</sup>	(1.20±0.09) <sup>f</sup>

注:表中数据为(平均值±标准误差)。同列数据右上角的小写字母完全不同,表示数据间差异显著( $n=3, p<0.05$ )。



注:图1中的M表示大眼幼体;C1、C2、…、C11分别表示一期幼蟹(已经蜕壳1次)、二期幼蟹(已经蜕壳2次)、…、十一期幼蟹(已经蜕壳11次)。

图1 幼蟹背部和腹部的形态变化

Fig.1 Changes in dorsal and abdominal morphology of juvenile crabs

率。这说明在第10次和第11次蜕壳后,在川东地区养殖的长江水系的中华绒螯蟹幼蟹的生长水平显著偏低。

#### 2.4 幼蟹的特定生长率的增长规律

从一期与二期幼蟹之间的特定生长率至十期与十一期幼蟹之间的特定生长率,幼蟹的特定生长率在波动减小,而且幼蟹各生长阶段的特定生长率差异显著。其中,一期与二期幼蟹之间的特定生长率(21.89%)显著大于其他各期幼蟹之间的特定生长率(见表2)。这是由于幼蟹在蜕壳前期的蜕壳间隔时间较短所致。

#### 2.5 各期幼蟹的形态

图1显示,在生长过程中,中华绒螯蟹幼蟹背甲的颜色在不断加深,从五期幼蟹开始,基本可以从幼蟹腹部的形态学特征判别出其性别。一般雄蟹的腹部呈三角状,而雌蟹的腹部大体呈圆润状。蟹螯是雄蟹形态变化最明显的部位。从六期幼蟹开始,雄幼蟹的蟹足开始长绒毛,随着蜕壳次

数的增加,雄幼蟹的蟹足绒毛的浓密程度和覆盖度都逐渐增大。此外,在蜕壳开始前的一段时间内,幼蟹背甲多呈黄褐色或黑褐色,腹甲的水锈偏多;蜕壳结束后,背甲颜色变淡,腹甲的水锈减少并且变白。随着幼蟹的生长和发育,幼蟹的刚毛量和腹肢的肢节数量也不断增大。

### 3 讨论

中华绒螯蟹个体的生长和发育由幼体、幼蟹和成蟹3个阶段构成<sup>[12]</sup>。首先,中华绒螯蟹亲蟹交配、繁育出溞状幼体;然后,经过5次变态发育,其长成大眼幼体(也就是蟹苗)<sup>[17]</sup>。在本研究中,养殖长江水系的中华绒螯蟹幼蟹的过程就是其从大眼幼体长成一龄蟹种的过程,其蜕壳的间隔时间从最初的3~4 d至后期的29~38 d。在利用稻田网箱养殖辽河水系的中华绒螯蟹幼蟹时,随着中华绒螯蟹幼蟹个体体积的增长,其下一次蜕壳所需的能量和营养物质也在不断增加<sup>[18]</sup>,因此,蜕壳间

隔的时间在加长。本研究在开江地区养殖的长江水系的中华绒螯蟹幼蟹共蜕壳11次,这与利用网箱养殖中华绒螯蟹幼蟹的蜕壳次数<sup>[19]</sup>相同。

中华绒螯蟹属于甲壳动物,其生长过程属间断性生长,因此,其生长与蜕壳相伴随。本研究发 现,中华绒螯蟹幼蟹在完成蜕壳后发生了突跃式生长,然而同一蜕壳期内的幼蟹的体质量、壳长和壳宽等指标都存在明显差异。这与笼养中华绒螯蟹幼蟹的实验结果<sup>[7]</sup>相似。这是由于只有在蜕壳后中华绒螯蟹幼蟹的壳长和体质量等才会大幅增长。因此,中华绒螯蟹幼蟹的蜕壳次数较大幅度地决定了其最后的养成规格。在本研究中,随着蜕壳次数的增加,幼蟹的干、湿体质量都呈指数增长,壳长、壳宽的拟合曲线为一元二次方程,壳长与壳宽线性相关,这与文献<sup>[20]</sup>的相关研究结果一致。

中华绒螯蟹幼蟹的形态特征可以作为其生长状况、种质鉴定和家系判别的重要指标<sup>[21-22]</sup>。随着蜕壳次数的增加,中华绒螯蟹幼蟹的生长和生理形态变化都具有一定的规律性。大通湖1龄蟹种的体质量、头胸甲长都分别与头胸甲宽显著相关<sup>[23]</sup>。本研究结果与其具有相似之处。

在本研究中,实验结束时,幼蟹的成活率约为12.5%,其小于山东省微山湖地区和苏皖地区养殖池塘中幼蟹的存活率(分别为21.39%和15%~20%<sup>[24]</sup>)。初步推断,一是由于首次在开江地区自主养殖和培育幼蟹,缺乏饲养管理、投喂饲料等方面的经验;二是夏季川东地区多高温和暴雨天气,养殖池塘水体的水质指标变化幅度较大,极易产生缺氧和泛塘现象。因此,在接下来的研究中将连续监测幼蟹养殖池塘水体中的溶解氧含量等水质指标,尤其是监测极端天气(大风、暴雨或连续高温天气)下养殖池塘中水环境的变化。当养殖池塘中的幼蟹出现缺氧现象时,应该及时、合理地使用增氧机。利用增氧机增加养殖池塘水体中的溶解氧含量是否能够提高中华绒螯蟹的成活率,未来将通过研究回答这个问题。

中华绒螯蟹幼蟹的生长性能是衡量蟹苗质量的重要指标,也是中华绒螯蟹增养殖业关注的重点。影响1龄幼蟹生长和发育的因素很多。在幼蟹养殖池塘中,水体中过低的溶解氧含量对幼蟹的生长育肥、水质和底质都会产生负面影响<sup>[25]</sup>。

维持扣蟹养殖池塘水体中溶解氧收支平衡的手段包括合理使用增氧机和定期刈割喜旱莲子草等<sup>[26]</sup>。在本研究中,2021年6月20日至7月24日,养殖池塘水体中的溶解氧含量(小于3.0 mg/L)相对较小,主要是由于夏季水温较高,水生生物代谢速率也随之加快,水体中的溶解氧消耗加快,再加上长期高温使水草大量死亡,导致养殖池塘水体的水质恶化。因此,在夏季高温天气时,必须及时刈割水草,合理使用增氧机。

在最适宜其生长的水温条件下,中华绒螯蟹幼蟹的摄食量增加,生长速度加快<sup>[27]</sup>。适宜水温持续的时间越长,幼蟹生长的速度就越快。养殖池塘水体的水温、溶解氧含量和养分含量是影响中华绒螯蟹生长的关键因素<sup>[17]</sup>。四川省达州市开江地区地处四川盆地,其气候条件与长江流域差异较大,常年无风,幼蟹养殖池塘上、下层水体交换困难,由此推测,有效积温是影响开江地区幼蟹生态养殖的关键因素。

采用生态池塘与网箱养殖相结合的养殖方式,与利用小规格母本繁殖的后代相比,利用大规格中华绒螯蟹母本繁殖的后代更具有生长优势<sup>[19]</sup>。当饲料中的二十二碳六烯酸(DHA)含量为0.2%时,中华绒螯蟹的抗低氧胁迫能力提高幅度最大<sup>[28]</sup>。在稻蟹共生生态系统中,养蟹田单穴单株水稻能有效积累生物量和改善中华绒螯蟹的生存环境<sup>[29]</sup>。在影响中华绒螯蟹土池生态育苗的因素中,分级淡化是影响育苗高产的重要因素<sup>[30]</sup>。

由于甲壳类动物定期蜕壳,在研究中对其进行标志就成为了难题。对甲壳类动物实验个体的生长差异和蜕壳规律的研究都很难在室外养殖池塘中进行,未来将在实验室中开展相关研究。

## 4 结 论

在四川省达州市开江地区,开展长江水系的中华绒螯蟹1龄蟹种本地化培育具有可行性,解决了以往因长途运输而导致的蟹种成活率低和环境适应性差的问题,幼蟹的本地化培育技术措施可在川东地区应用和推广。

本研究得到的幼蟹生长参数的经验公式可以为川东地区幼蟹本地生态养殖理论和实践提供借鉴。

## 参考文献

- [1]贾延, 马旭洲, 张文博, 等. 中华绒螯蟹幼蟹蜕壳时养殖池塘水体中浮游动物群落的结构特征[J]. 湿地科学, 2021, 19(5): 585-595.
- [2]王武. 我国河蟹养殖的现状和发展前景[J]. 内陆水产, 1998, 27(4): 2-4.
- [3]彭武汉. 中华绒螯蟹种群在珠江流域变异问题的初步探讨[J]. 水产科技情报, 1986, 14(2): 19-22.
- [4]梁象秋, 严生良, 郑德崇, 等. 中华绒螯蟹 *Eriocheir sinensis* H. Milne-Edwards的幼体发育[J]. 动物学报, 1974, 20(1): 61-75.
- [5]王静安, 陈开健, 刘小燕, 等. 大通湖水域河蟹体长、体重及头胸甲关系研究[J]. 湖南文理学院学报(自然科学版), 2017, 29(1): 35-39.
- [6]毛振方. 池塘养殖密度对中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)生长性能和养殖水环境的影响[D]. 南昌: 南昌大学, 2019.
- [7]杨培根, 李晨虹. 笼养中华绒螯蟹的蜕壳与生长[J]. 上海水产大学学报, 1998, 7(2): 158-161.
- [8]JOSILEEN J, MENON N G. Larval stages of the blue swimmer crab, *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758) (Decapoda, Brachyura) [J]. Crustaceana, 2004, 77(7): 785-803.
- [9]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.
- [10]TANGLIN Z, ZHONGJIE L, YIBO C. Survival, growth, sex ratio, and maturity of the Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) reared in a Chinese pond[J]. Journal of freshwater ecology, 2001, 16(4): 633-640.
- [11]王绍绵, 陆键, 王颖. “长江1号”河蟹不同放养密度蟹种培育试验技术总结[J]. 水产养殖, 2017, 38(2): 1-3.
- [12]王武, 王成辉, 马旭洲. 河蟹生态养殖[M]. 北京: 中国农业出版社, 2014.
- [13]王桂忠, 曾朝曙, 李少菁, 等. 饵料影响锯缘青蟹幼体干重及化学元素(C、H、N)含量的实验研究[J]. 海洋学报(中文版), 1994, 16(6): 100-107.
- [14]陈军伟, 马旭洲, 王武, 等. 中华绒螯蟹幼蟹生长和蜕壳与积温关系的研究[J]. 上海海洋大学学报, 2016, 25(5): 675-683.
- [15]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.
- [16]周刚, 朱清顺, 胡本龙. 不同水系中华绒螯蟹生长比较的初步研究[J]. 水产养殖, 2003, 24(6): 34-37.
- [17]俞宁宁. 影响中华绒螯蟹生长关键因素的分析与研究[J]. 水产养殖, 2011, 32(8): 4-7.
- [18]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.
- [19]陈军伟, 马旭洲, 王武, 等. 不同规格中华绒螯蟹母本子代的增长特性比较[J]. 动物学杂志, 2016, 51(5): 895-906.
- [20]王成辉, 李思发, 李晨虹, 等. 中华绒螯蟹长江种群与辽河种群一龄阶段的成活率与生长性能比较[J]. 上海水产大学学报, 2000, 9(2): 111-115.
- [21]何杰, 吴旭干, 龙晓文, 等. 池塘养殖和野生长江水系中华绒螯蟹扣蟹形态学及生化组成的比较研究[J]. 水产学报, 2015, 39(11): 1665-1678.
- [22]杨文斌, 苏彦平, 刘洪波, 等. 长江水系3个湖泊中华绒螯蟹形态及元素“指纹”特征[J]. 中国水产科学, 2012, 19(1): 84-93.
- [23]彭皎, 徐正刚, 唐永成, 等. 大通湖1龄中华绒螯蟹形态指标及质量参数研究[J]. 水生态学杂志, 2019, 40(1): 91-96.
- [24]杨帅帅, 吴仁福, 张保彦, 等. 大规格中华绒螯蟹亲本子代大眼幼体在微山湖地区的池塘扣蟹培育试验[J]. 水产科技情报, 2021, 48(2): 87-93.
- [25]潘腾飞, 齐树亭, 武洪庆, 等. 影响池塘养殖水体溶解氧的主要因素分析[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(17): 9155-9157.
- [26]姚宏心, 马旭洲, 张文博, 等. 中华绒螯蟹幼蟹养殖池塘溶氧收支平衡状况[J]. 上海海洋大学学报, 2021, 30(4): 634-643.
- [27]陈万光. 几种环境因子对水生动物影响的研究[J]. 洛阳师范学院学报, 2002, 21(5): 133-135.
- [28]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.
- [29]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.
- [30]徐如卫. 中华绒螯蟹土池生态育苗高产技术的研究[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2007, 26(2): 165-167.

## Growth Performance of Juvenile Chinese Mitten Crabs from the Yangtze River System in Eastern Sichuan

HUANG Jian<sup>1,2,3,4</sup>, MA Xuzhou<sup>1,2,3,4</sup>, ZHANG Wenbo<sup>1,2,3,4</sup>, HUANG Yuanbo<sup>1,2,3,4</sup>, DAI Xixian<sup>1,2,3,4</sup>

(1. *Shanghai Collaborative Innovation Center of Aquatic Animal Genetic Breeding Center, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, P.R.China*; 2. *Shanghai Aquaculture Engineering Technology Research Center, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, P.R.China*; 3. *Key Laboratory of Freshwater Aquatic Germplasm Resources, Ministry of Agriculture, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, P.R.China*; 4. *National Experimental Teaching Demonstration Center of Aquatic Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, P.R.China*)

**Abstract:** From May to October 2021, an ecological breeding pond for young crabs was used to conduct the biological monitoring of the breeding cycle on the 'Jianghai 21' crab seedlings (a good species of Chinese Mitten Crab from the Yangtze River system) at the Sanqingmiao base of Kaijiang Minsheng Fishery Co., Ltd. in Dazhou city, Sichuan province. The objective was to explore the growth and development characteristics of Chinese mitten crab seedlings from the Yangtze River system in the Kaijiang region of Sichuan, thus providing a theoretical basis for large-scale healthy farming of Chinese mitten crab in eastern Sichuan. As shown by the research results, during local farming, most young crabs shed their shells 11 times, and the growth characteristics and survival rate of young crabs after shelling were not significantly different from those in the Yangtze River system. With the increase in the number of shellings, the wet or dry body mass of young crabs all presented exponential growth. Their shell length and shell width had a one-way quadratic relationship with the number of shelling times, and their wet body mass had a power function relationship with shell length and shell width, respectively. In short, it is feasible to develop localized cultivation of one-year-old Chinese mitten crab from the Yangtze River system, which can solve the problems of low survival rate and poor environmental adaptability of crab species caused by previous long-distance transportation. Localized cultivation technical measures for young crabs can be applied and promoted in eastern Sichuan.

**Keywords:** Chinese mitten crab; large-eyed hatchling; growth performance; moulting