

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2012.00217

## 盐度对中华绒螯蟹雌性亲蟹代谢的影响

庄平<sup>1,2</sup>, 贾小燕<sup>1,2</sup>, 冯广朋<sup>1</sup>, 章龙珍<sup>1</sup>, 王瑞芳<sup>1,3</sup>

1. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 农业部海洋与河口渔业资源与生态重点开放实验室, 上海 200090;
2. 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306;
3. 华东师范大学生命科学学院, 上海 200062

**摘要:** 测定了不同盐度(0, 6, 12, 18, 24)条件下, 中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)雌性亲蟹的耗氧率、CO<sub>2</sub> 排出率及 NH<sub>3</sub>-N 排泄率, 并研究了其呼吸熵、氧氮比、代谢率及能源物质供能比随盐度的变化情况。结果表明, 体质量为 (55.59±6.24) g 的中华绒螯蟹雌性亲蟹, 在水温(16±1) °C 条件下, 盐度对其耗氧率及 NH<sub>3</sub>-N 排泄率影响显著 ( $P<0.05$ )。在实验盐度范围内(0~24), 其耗氧率及 NH<sub>3</sub>-N 排泄率均随盐度的升高而下降, CO<sub>2</sub> 排出率及代谢率的变化趋势与耗氧率一致, 且盐度为 6 的实验组亲蟹 CO<sub>2</sub> 排出率及代谢率均与对照组差异不显著 ( $P>0.05$ ), 在盐度 12~24 范围内, 亲蟹 CO<sub>2</sub> 排出率及代谢率均显著低于对照组 ( $P<0.05$ ); 呼吸熵及氧氮比均变化不显著 ( $P>0.05$ ); 能源物质以脂肪的供能比例最大, 其次是碳水化合物, 蛋白质的供能比例最小。分析认为, 中华绒螯蟹雌性亲蟹在生殖洄游过程中主要以脂肪作为供能物质, 代谢率与能量消耗逐渐降低。

**关键词:** 中华绒螯蟹; 盐度; 代谢; 耗氧率; 排氮率

中图分类号: S917

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2012)02-0217-06

中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)隶属于方蟹科(Grapsidae)绒螯蟹属, 成蟹主要分布于长江干流及其附属湖泊水库, 性腺发育至 IV 期后从淡水栖息地向河口咸水区进行生殖洄游<sup>[1]</sup>。在洄游期间, 长江口盐度是影响中华绒螯蟹生理状态最重要的水文因子之一<sup>[2-3]</sup>, 会导致蟹类能量代谢发生一系列调整变化<sup>[4]</sup>, 以便最终适应外界海水环境。刘立鹤等<sup>[5]</sup>研究认为, 足够的能量储备是中华绒螯蟹亲蟹成功繁殖的关键。耗氧率、CO<sub>2</sub> 排出率及 NH<sub>3</sub>-N 排泄率等指标是水生动物能量代谢的量化反映<sup>[6]</sup>。目前国内外对中华绒螯蟹的研究主要集中在于鳃的渗透压调节及离子转运等方面<sup>[7-9]</sup>。温小波等<sup>[10-11]</sup>曾研究了中华绒螯蟹亲蟹及幼蟹的标准能量代谢情况, 但有关中华绒螯蟹亲蟹在不同盐度条件下的能量代谢鲜见报道。近年来, 长江

口盐度变化对中华绒螯蟹亲蟹的洄游与繁殖均造成一定影响<sup>[12-13]</sup>。因此, 本实验测定了中华绒螯蟹亲蟹在不同盐度条件下的耗氧率、CO<sub>2</sub> 排出率及 NH<sub>3</sub>-N 排泄率, 并研究了其呼吸熵、氧氮比、代谢率及能源物质供能比随盐度的变化情况, 旨在丰富甲壳类生物能量学内容, 并为长江中华绒螯蟹产卵繁殖与增殖放流提供理论依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 材料

实验所用中华绒螯蟹雌性亲蟹性腺发育至 IV 期, 产自太湖。实验用蟹放置于圆形玻璃纤维缸( $\varphi=1$  m,  $H=75$  cm)中分 4 组饲养, 每组 8 只蟹, 水深 15 cm。实验用水为经净水设备(Paragon263/740F, USA)处理过的自来水, 用逐步增盐法调整

收稿日期: 2011-09-09; 修订日期: 2011-10-16.

基金项目: 国家 973 计划项目(2010CB429005); 国家公益性行业(农业)科研专项(200903048-07, 201203065); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(东海水产研究所 2011M08).

作者简介: 庄平(1960-), 研究员, 主要从事鱼类生态学研究. E-mail: pzhuang@online.sh.cn

盐度至实验水平(2~3 d), 并用便携式多参数水质分析仪(YSI 公司)校准。将实验用蟹在设定盐度下饲养 7 d, 待其初步适应盐度后, 选择体质量为(55.59±6.24) g, 壳宽为(49.23±2.15) mm 的亲蟹进行代谢实验。适应性饲养期间, 每天 18:00 按蟹体质量的 3%投喂螺肉, 并于次日 8:00 换水 1/3, 保持水中溶氧高于 5 mg/L, 氨氮低于 0.5 mg/L, 水温(16±1)℃。实验前 2 d 禁食。

## 1.2 实验方法

实验共设 5 个盐度梯度(0、6、12、18、24), 不同盐度实验水体用海水晶(深圳金创兴公司)和经除氯并充分曝气的自来水配制而成, 实验前用便携式多参数水质分析仪(YSI 公司)校准实验盐度。代谢瓶为 2.5 L 的带塞广口瓶, 装入 2.3 L 充分曝气除氯的实验用水, 将蟹单个放入后, 液体石蜡液封, 且瓶塞倒扣密封。代谢瓶放入(16±1)℃水浴装置, 自然光照(12L:12D), 每只蟹代谢实验持续 2 h, 同时设置空白对照。每次实验均在当天的同一时间段进行(08:00 开始), 每次实验分别选取 5 只蟹于不同盐度下进行代谢实验, 每个盐度 6 次重复。实验结束后用虹吸法收集代谢瓶中水样, 测定水样中溶氧(DO)、CO<sub>2</sub> 及 NH<sub>3</sub>-N 含量。DO 用 Winkler 法(碘量法)测定, CO<sub>2</sub> 含量用 NaOH 滴定, NH<sub>3</sub>-N 含量用奈氏试剂比色法测定<sup>[14]</sup>。水样采集结束后, 将蟹取出, 擦干体表水分, 用电子天平称量其湿体重(精确至 0.01 g)。

## 1.3 结果计算

中华绒螯蟹亲蟹耗氧率、CO<sub>2</sub> 排出率及 NH<sub>3</sub>-N 排泄率分别按照下式计算:

$$R = (C_0 - C_1) \times V / WT$$

式中,  $R$ : 耗氧率, mg/(g·h); CO<sub>2</sub> 排出率, mg/(g·h); 或 NH<sub>3</sub>-N 排泄率, μg/(g·h);

$C_0$ : 实验结束时对照瓶中 DO(mg/L)或代谢瓶中 CO<sub>2</sub> 含量(mg/L)、NH<sub>3</sub>-N 含量(μg/L);

$C_1$ : 实验结束时代谢瓶中 DO(mg/L)或对照瓶中 CO<sub>2</sub> 含量(mg/L)、NH<sub>3</sub>-N 含量(μg/L);

$V$ : 代谢瓶容量(L);

$WT$ : 实验蟹湿体质量(g);

$T$ : 实验时间(h)。

根据中华绒螯蟹亲蟹耗氧率、CO<sub>2</sub> 排出率及 NH<sub>3</sub>-N 排泄率计算其呼吸熵、氧氮比以及能量代谢率<sup>[6,15-16]</sup>, 依据蛋白质、糖和脂肪的卡价、氧热价和实测的耗氧率、CO<sub>2</sub> 排出率及 NH<sub>3</sub>-N 排泄率计算其能源物质供能比<sup>[17]</sup>。

$$RQ = (R_{CO_2} / 44) / (R_{O_2} / 32);$$

$$RE = 11.18 \times R_{O_2} + 2.16 \times R_{CO_2} - 9.55 \times R_{NH_3-N} / 1\ 000$$

式中,  $RQ$ : 呼吸熵;  $R_{O_2}$ : 耗氧率, mg/(g·h);  $R_{CO_2}$ : CO<sub>2</sub> 排出率, mg/(g·h);  $R_{NH_3-N}$ : 氨氮排泄率, μg/(g·h);  $RE$ : 能量代谢率, J/(g·h)。

## 1.4 数据分析

实验数据用 SPASS18.0 软件进行单因素方差分析(one-way ANOVA), Duncan 多重比较, 采用平均值±标准差( $\bar{x} \pm SD$ )表示,  $P < 0.05$  为差异显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 盐度对中华绒螯蟹亲蟹耗氧率、CO<sub>2</sub> 排出率及 NH<sub>3</sub>-N 排泄率的影响

盐度对中华绒螯蟹亲蟹耗氧率及 NH<sub>3</sub>-N 排泄率影响显著( $P < 0.05$ )(表 1)。在 0~24 盐度范围内, 中华绒螯蟹亲蟹耗氧率及 NH<sub>3</sub>-N 排泄率均随盐度升高而下降, CO<sub>2</sub> 排出率的变化趋势与耗氧率一致, 但盐度为 6 实验组亲蟹 CO<sub>2</sub> 排出率与对照组差异不显著( $P > 0.05$ ), 在盐度 12~24 范围内亲蟹 CO<sub>2</sub> 排出率显著低于对照组( $P < 0.05$ )。

### 2.2 盐度对中华绒螯蟹亲蟹呼吸熵、氧氮比、代谢率及能源物质供能比的影响

各盐度组中华绒螯蟹亲蟹呼吸熵及氧氮比与对照组相比均差异不显著( $P > 0.05$ )(表 2)。亲蟹代谢率随盐度的升高而呈降低趋势, 且盐度 6 组亲蟹代谢率与对照组差异不显著( $P > 0.05$ ), 在盐度 12~24 范围内, 亲蟹代谢率显著低于对照组( $P < 0.05$ )。在 0~24 盐度范围内, 脂肪的供能比例最大, 其次是碳水化合物, 蛋白质的供能比例最小。随着盐度升高, 脂肪的供能比例呈增大趋势, 蛋白质的供能比例在各盐度组基本趋于稳定。

## 3 讨论

中华绒螯蟹为广盐性蟹类, 是高渗调节的代

表 1 盐度对中华绒螯蟹亲蟹耗氧率、CO<sub>2</sub> 排出率及 NH<sub>3</sub>-N 排泄率的影响  
Tab.1 Effects of salinity on oxygen consumption, CO<sub>2</sub> production and ammonia-N excretion of parent *E. sinensis*  
*n*=6;  $\bar{x} \pm SD$

| 盐度<br>salinity | 耗氧率/(mg·g <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> )<br>oxygen consumption | CO <sub>2</sub> 排出率/(mg·g <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> )<br>CO <sub>2</sub> production | NH <sub>3</sub> -N 排泄率/(μg·g <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> )<br>ammonia-N excretion |
|----------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 0              | 0.133±0.021 <sup>a</sup>                                         | 0.151±0.030 <sup>a</sup>                                                                 | 1.188±0.064 <sup>a</sup>                                                             |
| 6              | 0.112±0.014 <sup>b</sup>                                         | 0.125±0.018 <sup>ab</sup>                                                                | 0.975±0.086 <sup>b</sup>                                                             |
| 12             | 0.102±0.020 <sup>bc</sup>                                        | 0.114±0.027 <sup>bc</sup>                                                                | 0.899±0.066 <sup>b</sup>                                                             |
| 18             | 0.083±0.025 <sup>cd</sup>                                        | 0.092±0.028 <sup>cd</sup>                                                                | 0.713±0.048 <sup>c</sup>                                                             |
| 24             | 0.076±0.012 <sup>d</sup>                                         | 0.082±0.012 <sup>d</sup>                                                                 | 0.632±0.104 <sup>c</sup>                                                             |

注: 同一列参数上方字母相同, 代表无显著性差异( $P<0.05$ ), 反之代表有显著性差异。  
Note: Values in the same row with the different lowercases are significantly different among these data ( $P<0.05$ ).

表 2 盐度对中华绒螯蟹亲蟹呼吸熵、氧氮比、代谢率及能源物质供能比的影响  
Tab.2 Effects of salinity on respiratory quotient, oxygen-nitrogen ratio, energy consumption and metabolic substrate ratio of parent *E. sinensis*  
*n*=6;  $\bar{x} \pm SD$

| 盐度<br>salinity | 呼吸熵<br>respiratory quotient | 氧氮比<br>oxygen-nitrogen ratio | 代谢率/(J·g <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> )<br>energy consumption | 能源物质供能比<br>PPMS:PCMS:PLMS |
|----------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 0              | 0.83±0.10 <sup>a</sup>      | 97.69±10.86 <sup>a</sup>     | 1.89±0.30 <sup>a</sup>                                          | 6.7 : 37.6 : 55.7         |
| 6              | 0.81±0.05 <sup>a</sup>      | 100.30±4.15 <sup>a</sup>     | 1.58±0.20 <sup>ab</sup>                                         | 6.6 : 34.5 : 58.9         |
| 12             | 0.81±0.06 <sup>a</sup>      | 98.49±12.51 <sup>a</sup>     | 1.44±0.29 <sup>bc</sup>                                         | 6.7 : 34.4 : 58.9         |
| 18             | 0.80±0.13 <sup>a</sup>      | 101.8±28.82 <sup>a</sup>     | 1.17±0.34 <sup>cd</sup>                                         | 6.5 : 31.2 : 62.3         |
| 24             | 0.79±0.05 <sup>a</sup>      | 98.06±7.40 <sup>a</sup>      | 0.99±0.14 <sup>d</sup>                                          | 6.4 : 14.6 : 79.0         |

注: PPMS:蛋白质提供的能量比; PCMS: 碳水化合物提供的能量比; PLMS:脂肪提供的能量比.同一列参数上方字母相同, 代表无显著差异( $P<0.05$ ), 反之代表有显著性差异。  
Note: PPMS stands for the protein metabolic substrate ratio; PCMS stands for the carbohydrate metabolic substrate ratio; PLMS stands for the lipid metabolic substrate ratio. Values in the same row with the different lowercases are significantly different among these data ( $P<0.05$ ).

表种类<sup>[18]</sup>, 盐度对其能量代谢的影响主要与渗透压调节有关<sup>[14]</sup>。本研究发现, 在 0~24 盐度范围内, 中华绒螯蟹亲蟹耗氧率随盐度的升高而逐渐降低, 且 CO<sub>2</sub> 排出率、NH<sub>3</sub>-N 排泄率及代谢率的变化趋势与耗氧率一致。这一结果与中国对虾(*Penaeus chinensis*)、日本对虾等在盐度 15~30 范围内, 耗氧率随盐度变化趋势的结论一致<sup>[19-20]</sup>。根据渗透压调节原理, 水生生物在等渗点时耗氧率与代谢率最低, 渗透压调节消耗的能量最少<sup>[21-22]</sup>。研究表明, 中华绒螯蟹等渗点在盐度 33 左右<sup>[23]</sup>, 淡水环境远离其等渗点, 需要消耗更多的能量用于渗透压调节, 因此中华绒螯蟹在淡水中耗氧率最大; 随着盐度升高, 越来越接近其等渗点, 用于渗透压调节消耗的能量减少, 因此耗氧率逐步降低, 代谢率也随之降低。研究表明, 对虾属等渗点为盐度 23~30, 张硕等<sup>[24]</sup>报道了中国对虾的耗氧率和排氮率在盐度 28 时最小。且研究发现长臂虾

科的 *Palaemonetes antenarius* 和印度明对虾(*Fenneropenaeus indicus*)处于等渗点时, 耗氧率最低<sup>[25-26]</sup>。本研究发现, 中华绒螯蟹在盐度 24 时耗氧率和代谢率最低, 表明在较高盐度水体中, 中华绒螯蟹呈现出较大的能量利用效率和较好的生长状况。中华绒螯蟹的抱卵和繁殖需要消耗一定的能量, 只有当机体能够满足自身能量消耗时才能够最终抱卵繁殖<sup>[5, 27]</sup>。潘建林等<sup>[28]</sup>研究发现, 中华绒螯蟹的最适繁殖盐度范围为 15~23, 与本研究结果一致。因此, 中华绒螯蟹人工繁殖应充分考虑不同盐度下其能量代谢情况以求最大的抱卵率和繁殖效果。中华绒螯蟹亲蟹由淡水进入咸淡水进行生殖洄游, 一方面进入长江口咸淡水后, 盐度刺激加速了其性成熟, 性腺发育至 IV 期的雌性亲蟹在咸水刺激下迅速发育到 V 期<sup>[29]</sup>, 有助于其交配繁殖; 另一方面, 进入咸淡水生殖洄游也可能是其机体储备能量用以繁殖后代的一种生殖

策略。在中华绒螯蟹亲蟹增殖放流活动中,应充分考虑其不同盐度条件下的能量代谢情况,建议选择盐度范围为 12~24 的水域进行放流,且放流前应将蟹在盐度 6 左右的低盐度水体暂养 1 周,以达到较好的效果。

动物耗氧量与排氮量的原子比称为氧氮比,若机体完全由蛋白质氧化提供能量,氧氮比约为 7;如果是蛋白质和脂肪氧化供能,氧氮比约为 24;若机体完全由脂肪或碳水化合物供能,其氧氮比将变为无穷大<sup>[21]</sup>。本研究发现,中华绒螯蟹亲蟹氧氮比均比较大,结合其能源物质供能比情况,可以认为中华绒螯蟹亲蟹主要以脂肪作为能源物质,其次是碳水化合物,蛋白质的供能比例最小。温小波等<sup>[10]</sup>研究发现中华绒螯蟹亲蟹的标准代谢底物中,蛋白质、碳水化合物和脂肪的供能比为 7.4 : 41.2 : 51.4,亲蟹标准代谢主要以脂肪作为供能物质,与本研究的结果一致。但本研究发现,随着盐度升高,脂肪作为能源物质的比例逐步加大,在盐度 24 时,蛋白质、碳水化合物和脂肪的供能比为 6.4 : 14.6 : 79.0,说明盐度升高,机体对脂类的利用增大,而对糖类的利用相对减少。分析认为,脂类是虾蟹类生长发育所需能量的主要来源<sup>[30]</sup>,特别是其中的多不饱和脂肪酸、磷脂和胆固醇,对虾蟹的成活率和生长具有重要的影响,并与其蜕皮、生殖等生命活动密切相关<sup>[31]</sup>。中华绒螯蟹亲蟹由于性腺的发育,能源物质需求量大,因此脂肪的提供显得十分重要。葡萄糖在渗透压调整过程中可迅速地作为能源物质提供能量,动用的碳水化合物以单糖形式进入血淋巴<sup>[32]</sup>,盐度 24 组较其他组更接近其等渗点<sup>[23]</sup>,因此用于渗透压调节消耗的能量减少,此时动用的碳水化合物相对减少。依据不同盐度下的能源物质供能比情况,建议中华绒螯蟹亲蟹的人工繁殖及增殖放流前的暂养应适量补充饲料中脂类成分。周洪琪等<sup>[33]</sup>应用呼吸熵方法测定中国对虾亲虾的代谢底物时认为其代谢能源物质主要是蛋白质,脂肪次之,碳水化合物的利用量最少,同时测定的平均氧氮比为 26。董双林等<sup>[34]</sup>依照实测的呼吸熵、耗氧率和氨排泄率,确定日本沼虾代谢

底物中主要以脂肪供能,而其测定的氧氮比在 50~200 之间。本研究发现不同盐度条件下,中华绒螯蟹亲蟹呼吸熵,氧氮比变化不显著,由此可以推断,盐度变化对中华绒螯蟹的能量物质来源影响不显著。

#### 4 结论

中华绒螯蟹雌性亲蟹在生殖洄游过程中,进行代谢调整及能量重新分配以逐步适应外界水体盐度变化,以脂肪作为主要能源物质,咸淡水中代谢率降低,用于自身活动的能量消耗减少,以保证机体储备足够能量用于繁殖。

#### 参考文献:

- [1] 刘凯,段金荣,徐东坡,等.长江口中华绒螯蟹亲体捕捞量现状及波动原因[J].湖泊科学,2007,19(2):212-217.
- [2] Adalto B, Mariana M L, Luiz E M N, et al. Biochemical and physiological adaptations in the estuarine crab *Neohelice granulata* during salinity acclimation[J]. Comp Biochem Physiol, 2008, 151A: 423-436.
- [3] 魏薇,吴嘉敏,魏华.盐度对中华绒螯蟹性早熟生理机制的影响[J].中国水产科学,2007,14(2):275-280.
- [4] Monika N, Magdalena G. Salinity induced changes in haemolymph osmolality and total metabolic rate of the mud crab *Rhithropanopeus harrisi* Gould, 1841 from Baltic coastal waters[J]. J Exp Mar Biol Ecol, 2008, 355: 145-152.
- [5] 刘立鹤,汤菊芬,郑石轩.甲壳动物亲体营养、能量特点及其脂质营养综述[J].饲料广角,2003(13):40-42.
- [6] 姚泰.生理学[M].北京:人民卫生出版社,2002:207-225.
- [7] Rainbow P S, Black W H. Effects of changes in salinity on the apparent water permeability of three crab species: *Carcinus maenas*, *Eriocheir sinensis* and *Necora puber*[J]. J Exp Mar Biol Ecol, 2001, 264: 1-13.
- [8] Welcomme L, Devbos P. Energy consumption in the perfused gills of the euryhaline crab *Eriocheir sinensis* adapted to freshwater[J]. J Exp Zool, 1991, 257: 150-159.
- [9] Onken H. Active NaCl absorption across split lamellae of posterior gills of Chinese crabs (*Eriocheir sinensis*) adapted to different salinities[J]. Comp Biochem Physiol, 1999, 123A: 377-384.
- [10] 温小波,陈立侨.中华绒螯蟹亲蟹的标准代谢研究[J].华东师范大学学报,2002(3):105-109.
- [11] 温小波,陈立侨,艾春香,等.中华绒螯蟹幼蟹的标准代

- 谢研究[J]. 动物学研究, 2001, 22(5): 425-428.
- [12] 施炜纲, 周昕, 杜晓燕. 长江中下游中华绒螯蟹亲体资源动态研究[J]. 水生生物学报, 2002, 26(6): 641-647.
- [13] 陈国阶. 三峡工程对生态及环境的影响及对策研究[M]. 北京: 科学技术出版社, 1995: 118-129.
- [14] 陈佳荣. 水化学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 120-139.
- [15] 李爱杰. 水产动物营养与饲料学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 65-77.
- [16] 崔奕波. 鱼类能量学的理论和方法[J]. 水生生物学报, 1989, 13(4): 369-383.
- [17] 周衍椒, 张镜如. 生理学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1995: 277-283.
- [18] Gilles R, Pequeux A, Bianehini A. Physiological aspects of NaCl movements in gills of the euryhaline crab, *Eriocheir sinensis*, acclimated to fresh water[J]. Comp Biochem Physiol, 1988, 90A: 201-207.
- [19] Chen J C, Lai S H. Effects of temperature and salinity on oxygen consumption and ammonia-N excretion of juvenile *Penaeus japonicus* Bate [J]. J Exp Mar Biol Ecol, 1993, 165: 161-170.
- [20] Nelson S G, Armstrong D A, Knight A W, et al. The effects of temperature and salinity on the metabolic rate of juvenile *Macrobrachium rosenbergii* [J]. Comp Biochem Physiol, 1977, 56A: 533-537.
- [21] 张硕, 董双林, 王芳. 虾蟹类能量代谢的研究进展[J]. 中国水产科学, 1998, 5(4): 88-92.
- [22] 屈亮, 庄平, 章龙珍, 等. 盐度对俄罗斯鲟幼鱼血清渗透压、离子含量及鳃丝  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATP 酶活力的影响[J]. 中国水产科学, 2010, 17(2): 243-251.
- [23] Roast S D. Trace metal uptake by the Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis*: the role of osmoregulation[J]. Mar Environ Res, 2002, 53: 453-464.
- [24] 张硕, 董双林, 王芳. 盐度和饵料对中国对虾碳收支的影响[J]. 水产学报, 1999, 23(2): 144-149.
- [25] Dalla V G J. Effects of salinity and temperature on oxygen consumption in a fresh water population of *Palaemonetes antennarius* (Crustacea, Decapoda) [J]. Comp Biochem Physiol, 1987 (88): 299-305.
- [26] Kutty M N, Murugapoopathy G, Krishnan T S. Influence of salinity and temperature on the oxygen consumption in young juveniles of the Indian prawn *Penaeus indicus* [J]. Mar Biol, 1971 (11): 125-131.
- [27] 周永奎. 维生素 E、 $\beta$ -胡萝卜素和微量元素铬对中华绒螯蟹亲体营养生理的影响[D]. 上海: 华东师范大学, 2005.
- [28] 潘建林, 唐建清. 用配制海水进行中华绒螯蟹人工繁殖的试验[J]. 水产养殖, 2000 (2): 28-30.
- [29] 赵乃刚, 堵南山, 包祥生. 中华绒螯蟹的人工繁殖与增养殖[M]. 合肥: 安徽科技出版社, 1988: 1-301.
- [30] 刘立鹤, 陈立侨, 李康, 等. 不同脂肪源饲料对中华绒螯蟹卵巢发育与繁殖性能的影响[J]. 中国水产科学, 2007, 14 (5): 786-793.
- [31] 戚少燕, 汪留全, 李海洋. 中华绒螯蟹脂类营养需求与代谢的研究进展[J]. 水利渔业, 2002, 22(5): 34-35.
- [32] Sancho E, Ferrando M D, Andreu E. Sublethal effects of an organophosphate insecticide on the European eel, *Anguilla anguilla*[J]. Eco Toxicol Environ, 1997, 36: 57-65.
- [33] 周洪琪. 中国对虾亲虾的能量代谢研究[J]. 水产学报, 1990, 14 (2): 114-119.
- [34] 董双林, 堵南山, 赖伟. 日本沼虾生理生态学研究 I. 温度和体重对其代谢的影响[J]. 海洋与湖沼, 1994, 25(3): 233-237.

## Effect of salinity on the metabolism of female Chinese crabs, *Eriocheir sinensis*

ZHUANG Ping<sup>1,2</sup>, JIA Xiaoyan<sup>1,2</sup>, FENG Guangpeng<sup>1</sup>, ZHANG Longzhen<sup>1</sup>, WANG Ruifang<sup>1,3</sup>

1. Key and Open Laboratory of Marine and Estuarine Fisheries Resource and Ecology, Ministry of Agriculture, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China;

2. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201316, China;

3. College of Life Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China

**Abstract:** We evaluated the effect of salinity on the metabolism of female Chinese crabs (*Eriocheir sinensis*). The crabs, body weight ( $55.59 \pm 6.24$ ) g, were held at salinities of 0, 6, 12, 18 and 24, ( $16 \pm 1$ ), and we measured oxygen consumption, CO<sub>2</sub> production, and ammonia-N excretion. Using this data, we calculated the respiratory quotient, oxygen-nitrogen ratio, energy consumption rate, and metabolic substrate ratio. Salinity had a significant effect on the oxygen consumption rate and ammonia-N excretion rate ( $P < 0.05$ ). Between salinity 0–24, the rates of oxygen consumption and ammonia-N excretion both decreased as salinity increased. We observed a similar pattern for CO<sub>2</sub> production and energy consumption, but the differences were not significant relative to the control group at salinity 6 ( $P > 0.05$ ). Between salinity 12–24, CO<sub>2</sub> production and energy consumption were significantly lower than in the control group. Salinity had no effect on the respiratory quotient and oxygen–nitrogen ratio ( $P > 0.05$ ). Our results suggest that lipids are used preferentially as an energy source. Furthermore, proteins were utilized to a much greater extent than carbohydrates. The proportion of lipids in the metabolic substrate increased as salinity increased. Conversely, the carbohydrate metabolic substrate ratio decreased as salinity increased, whereas the protein metabolic substrate ratio remained constant. At salinity 24, the ratio of protein, carbohydrate, and lipid used as metabolic substrate was 6.4:14.6:79.0. During the reproductive migration, the female Chinese crab migrates from fresh water into the Yangtze River estuary. Thus, individuals must adjust to the higher salinity and modify their energy metabolism. Our results suggest that energy consumption decreases after entering salt water, allowing female crabs to divert energy into reproduction.

**Key words:** *Eriocheir sinensis*; salinity; metabolism; oxygen consumption rate; ammonia–N excretion rate

**Corresponding author:** ZHUANG Ping. E-mail: pzhuang@online.sh.cn