

中华绒螯蟹雌性亲蟹血淋巴生化指标与盐度的关系

贾小燕^{1,2}, 庄平^{1,2*}, 冯广朋¹, 王瑞芳^{1,3}, 卢俊^{1,4}, 黄晓荣¹

(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;

4. 大连海洋大学生命科学与技术学院,辽宁 大连 116023)

摘要: 设定淡水对照组和两个盐度组(盐度 12, 盐度 25), 分别在第 0、3、6、12、24、48、72、96、144 小时取样, 研究盐度对中华绒螯蟹雌性亲蟹 6 项血淋巴生化指标的影响。结果表明, 在 0~144 h 内, 盐度组中华绒螯蟹雌性亲蟹血淋巴总蛋白(TP)含量在前 6 h 显著高于对照组($P < 0.05$), 96 h 后高低盐度组 TP 水平趋于一致, 并保持在略高于对照组的稳定水平。葡萄糖(GLU)含量随盐度的升高而增大, 盐度组 GLU 均呈先升高后降低趋势, 盐度 25 组 GLU 在 72 h 达到最大值且显著高于盐度 12 组和对照组($P < 0.05$)。盐度 12 组甘油三酯(TG)含量呈降低趋势且在 6~144 h 显著低于对照组($P < 0.05$), 72 h 后显著低于盐度 25 组($P < 0.05$), 盐度 25 组 TG 呈先下降后上升趋势, 且在 72 h 后恢复至对照水平。盐度组碱性磷酸酶(ALP)活性呈先升高后降低趋势, 盐度组乳酸脱氢酶(LDH)活性均在 3 h 达到最大值, 12 h 取得最小值。分析认为, 中华绒螯蟹雌性亲蟹由淡水进入咸水, 其血淋巴 TP、GLU、TG 含量均发生显著性变化, 推测其机体加强能量代谢, 加速动用脂类和糖类作为能源物质以应对盐度突变刺激; 并最先调节蛋白质代谢过程以响应外界环境的渗透压变化进行渗透压调节, 其机体最终能够适应外界较高盐度的水体。

关键词: 中华绒螯蟹; 盐度; 血淋巴; 能量代谢

中图分类号: S 917.4

文献标志码: A

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^[1]。中华绒螯蟹是高渗调节的代表种类^[2], 雌性亲蟹的形态、行为和能量代谢^[3-4]等特征在洄游期间会因水体盐度变化而发生相应变化, 以维持其机体渗透压平衡及种群繁衍。

水生动物血液指标被广泛用于监测生物机体的能量代谢变化^[5]。目前, 关于盐度对中华绒螯蟹渗透调节的研究主要集中于渗透压调节器官的形态及结构^[6]、鳃的离子转运代谢等方面^[7-8], 而盐度对其血淋巴指标的影响以及与能量代谢的相

关研究较少。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^[9]。本实验通过研究中华绒螯蟹雌性亲蟹血淋巴指标与盐度变化的相关性, 旨在揭示其在生殖洄游过程中能量代谢变化规律, 为长江中华绒螯蟹增殖放流和产卵场保护提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验所用中华绒螯蟹雌性亲蟹共 180 只, 性腺发育Ⅳ期, 产自太湖。亲蟹暂养容器为圆形玻璃纤维缸(Ø1 m, H75 cm), 水深 15 cm, 于每缸底用瓦片构建 2 个隐蔽场所, 亲蟹暂养两周后, 选择

收稿日期: 2011-07-06

修回日期: 2011-10-28

资助项目: 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); 国家公益性行业(农业)科研专项(200903048-07); 国家“九七三”重点基础研究发展计划(2010CB429005)

通讯作者: 庄平, E-mail: pzhuang@online.sh.cn

<http://www.sxuebao.cn>

规格一致,体质量(60.60 ± 5.74) g,壳宽(54.75 ± 5.80) mm 的亲蟹用于实验。

实验用水为经净水设备 (Paragon263/740F, USA) 处理过的自来水,曝气 3 d 以上。暂养期间,每天 18:00 投喂螺肉,并于次日 08:00 换水 1/3。自然光照 (12L:12D)。

实验容器为圆形塑料缸 ($\varnothing 20$ cm, H40 cm),水深 15 cm,每只缸内放 1 只蟹。实验盐度用海水晶(深圳金创兴公司)和自来水配制,并用便携式多参数水质分析仪 (YSI 公司) 校准。实验期间水体持续充氧,保持水中溶氧 > 5 mg/L,水温 $20 \sim 22$ $^{\circ}\text{C}$ 。

1.2 实验方法

依据长江口各采样点监测的盐度状况^[10],本实验共设 3 个盐度梯度:盐度 25 (高盐度组)、盐度 12 (低盐度组) 和淡水对照组,每个梯度 6 个重复。正式实验前 2 d 停止投饵,且整个实验周期内不投食。实验时,直接将亲蟹从暂养缸转移至各实验缸中。

于第 0、3、6、12、24、48、72、96、144 小时取样,每个取样点每盐度 6 只蟹。取样时将蟹置于冰盒中麻醉 15 ~ 20 min,快速测量体质量,壳宽。再置于冰盘中于第三步足基部抽取血淋巴,4 000 r/min 离心 20 min,取上清。用迈瑞 MI NDRAY-BS200 全自动生化分析仪测定血清葡萄糖 (GLU),总蛋白 (TP),甘油三脂 (TG),尿素 (UREA),乳酸脱氢酶 (LDH),碱性磷酸酶 (ALP) 等指标。采血及血

清指标测定均在同一天内完成。

1.3 数据处理

实验数据采用平均值 $\pm$ 标准差 (mean $\pm$ SD) 表示,并用 SPSS 18.0 软件进行单因素方差分析 (One-Way ANOVA),Duncan 多重比较, $P < 0.05$ 为差异性显著。

2 结果

2.1 盐度对中华绒螯蟹雌性亲蟹血淋巴蛋白质及其代谢产物的影响

在 0 ~ 144 h 内,盐度 12 组各取样时间点间 TP 水平均无显著性差异 ($P > 0.05$),盐度 25 组 TP 在前 6 h 显著升高 ($P < 0.05$),6 h 后各取样时间点间 TP 水平均无显著性差异 ($P > 0.05$) (表 1)。盐度组中华绒螯蟹雌性亲蟹血淋巴 TP 在前 6 h 显著高于淡水对照组 ($P < 0.05$),其它取样时间各实验组间 TP 均无显著性差异 ($P > 0.05$)。盐度组 TP 的变化均呈先升高后降低再升高趋势,且在 96 h 后盐度 12 与盐度 25 组 TP 水平趋于一致,并保持在略高于对照组的稳定水平。整个实验周期内,高低盐度组间 TP 水平无显著性差异 ($P > 0.05$)。

盐度 25 组 UREA 呈降低趋势,随盐度作用时间的延长,在 72 ~ 144 h 显著低于对照组 ($P < 0.05$),但与盐度 12 组没有显著性差异 ($P > 0.05$) (表 1)。整个实验周期内,盐度 12 组与对照组 UREA 在各时间段均无显著性差异 ($P > 0.05$)。

表 1 盐度对中华绒螯蟹亲蟹血淋巴蛋白质及尿素浓度的影响
Tab.1 Effects of salinity on haemolymph TP and UREA in *E. sinensis*

时间/h time	总蛋白/(g/L) TP			尿素/(mmol/L) UREA		
	对照 control	盐度 12 salinity 12	盐度 25 salinity 25	对照 control	盐度 12 salinity 12	盐度 25 salinity 25
0	54.43 $\pm$ 9.44 ^{a/A}	54.43 $\pm$ 4.72 ^{a/A}	54.43 $\pm$ 4.72 ^{a/A}	1.86 $\pm$ 0.42 ^{a/A}	1.86 $\pm$ 0.42 ^{a/A}	1.86 $\pm$ 0.42 ^{a/A}
3	55.22 $\pm$ 3.77 ^{a/A}	71.83 $\pm$ 3.29 ^{a/B}	75.02 $\pm$ 3.55 ^{b/B}	1.82 $\pm$ 0.04 ^{a/A}	1.83 $\pm$ 0.20 ^{a/A}	1.61 $\pm$ 0.47 ^{ab/A}
6	55.28 $\pm$ 8.80 ^{a/A}	69.33 $\pm$ 5.95 ^{a/B}	72.17 $\pm$ 3.82 ^{b/B}	1.82 $\pm$ 0.41 ^{a/A}	1.65 $\pm$ 0.36 ^{a/A}	1.56 $\pm$ 0.13 ^{ab/A}
12	56.86 $\pm$ 2.17 ^{a/A}	60.41 $\pm$ 6.75 ^{a/A}	64.21 $\pm$ 4.79 ^{ab/A}	1.87 $\pm$ 0.12 ^{a/A}	1.56 $\pm$ 0.38 ^{a/A}	1.51 $\pm$ 0.11 ^{ab/A}
24	55.96 $\pm$ 9.31 ^{a/A}	62.34 $\pm$ 2.99 ^{a/A}	60.75 $\pm$ 8.11 ^{ab/A}	1.78 $\pm$ 0.44 ^{a/A}	1.66 $\pm$ 0.61 ^{a/A}	1.54 $\pm$ 0.22 ^{ab/A}
48	58.67 $\pm$ 2.44 ^{a/A}	71.78 $\pm$ 6.89 ^{a/A}	62.36 $\pm$ 2.67 ^{ab/A}	1.96 $\pm$ 0.16 ^{a/A}	1.76 $\pm$ 0.30 ^{a/A}	1.49 $\pm$ 0.59 ^{ab/A}
72	59.33 $\pm$ 6.99 ^{a/A}	70.66 $\pm$ 2.37 ^{a/A}	69.16 $\pm$ 9.97 ^{ab/A}	2.01 $\pm$ 0.59 ^{a/A}	1.61 $\pm$ 0.14 ^{ab/AB}	1.32 $\pm$ 0.58 ^{ab/B}
96	58.16 $\pm$ 3.32 ^{a/A}	70.58 $\pm$ 6.19 ^{ab/A}	70.40 $\pm$ 7.90 ^{ab/A}	2.03 $\pm$ 0.05 ^{a/A}	1.77 $\pm$ 0.24 ^{ab/AB}	1.16 $\pm$ 0.32 ^{b/B}
144	60.71 $\pm$ 4.77 ^{a/A}	70.30 $\pm$ 9.15 ^{a/A}	71.14 $\pm$ 3.52 ^{ab/A}	2.09 $\pm$ 0.62 ^{a/A}	1.89 $\pm$ 0.48 ^{ab/AB}	1.15 $\pm$ 0.46 ^{b/B}

注:数据右上角的小写字母表示同一盐度不同时间对所测指标的影响,字母相同表示无显著性差异 ($P > 0.05$);大写字母表示同一时间不同盐度对所测指标的影响,字母相同表示无显著差异 ($P > 0.05$)。后同。

Notes: The lowercases letters denote the effect of the same salinity on the text items at the different time, and the same lowercases show no significant difference among these data ($P > 0.05$); the capital letters denote the effect of the same time on the text items among different salinity, and the same capital letters show no significant difference among these data ($P > 0.05$); The same as follows.

2.2 盐度对中华绒螯蟹雌性亲蟹血淋巴脂类及糖类影响

随盐度作用时间延长,盐度 12 组 TG 呈降低趋势,且在 6 ~ 144 h 显著低于对照组($P < 0.05$),72 h 后显著低于盐度 25 组($P < 0.05$),其它时间段内各实验组间均无显著性差异(表 2)。盐度 25 组 TG 呈先下降后上升趋势,且在 72 h 后恢复至对照水平。整个实验周期内,盐度 25 组与对照

组 TG 无显著性差异($P > 0.05$)。

中华绒螯蟹血淋巴 GLU 含量随盐度的升高而增大,盐度越高,GLU 含量越大,但随着盐度作用时间延长,盐度组的 GLU 相继升到最大值后开始逐步下降(表 2)。盐度 12 组 GLU 于 48 h 取得最大值,盐度 25 组 GLU 在 72 h 取得最大值且显著高于盐度 12 和对照组($P < 0.05$),其他时间段内各实验组间均无显著性差异($P > 0.05$)。

表 2 盐度对中华绒螯蟹血淋巴甘油三酯和葡萄糖浓度的影响
Tab.2 Effects of salinity on haemolymph TG and GLU in *E. sinensis*

时间/h time	甘油三酯/(mmol/L) TG			葡萄糖/(mmol/L) GLU		
	对照 control	盐度 12 salinity 12	盐度 25 salinity 25	对照 control	盐度 12 salinity 12	盐度 25 salinity 25
0	0.065 ± 0.006 ^{a/A}	0.065 ± 0.006 ^{a/A}	0.065 ± 0.006 ^{a/A}	0.112 ± 0.025 ^{a/A}	0.112 ± 0.025 ^{a/A}	0.112 ± 0.025 ^{a/A}
3	0.065 ± 0.007 ^{a/A}	0.051 ± 0.012 ^{ab/A}	0.065 ± 0.013 ^{a/A}	0.139 ± 0.042 ^{a/A}	0.143 ± 0.023 ^{a/A}	0.153 ± 0.081 ^{ab/A}
6	0.064 ± 0.006 ^{a/A}	0.047 ± 1.010 ^{b/B}	0.055 ± 0.010 ^{a/AB}	0.135 ± 0.044 ^{a/A}	0.153 ± 0.015 ^{a/A}	0.218 ± 0.079 ^{ab/A}
12	0.062 ± 0.007 ^{a/A}	0.046 ± 0.016 ^{b/B}	0.053 ± 0.012 ^{a/AB}	0.143 ± 0.037 ^{a/A}	0.168 ± 0.115 ^{a/A}	0.233 ± 0.091 ^{ab/A}
24	0.063 ± 0.005 ^{a/A}	0.044 ± 0.008 ^{b/B}	0.056 ± 0.017 ^{a/AB}	0.183 ± 0.031 ^{a/A}	0.197 ± 0.091 ^{a/A}	0.263 ± 0.083 ^{ab/A}
48	0.061 ± 0.006 ^{a/A}	0.042 ± 0.016 ^{b/B}	0.054 ± 0.015 ^{a/AB}	0.143 ± 0.037 ^{a/A}	0.247 ± 0.130 ^{a/A}	0.290 ± 0.136 ^{ab/A}
72	0.059 ± 0.007 ^{a/A}	0.040 ± 0.013 ^{b/B}	0.058 ± 0.012 ^{a/A}	0.110 ± 0.090 ^{a/A}	0.147 ± 0.130 ^{a/A}	0.367 ± 0.090 ^{b/B}
96	0.061 ± 0.006 ^{a/A}	0.042 ± 0.014 ^{b/B}	0.060 ± 0.019 ^{a/A}	0.116 ± 0.019 ^{a/A}	0.130 ± 0.036 ^{a/A}	0.232 ± 0.118 ^{ab/A}
144	0.060 ± 0.011 ^{a/A}	0.042 ± 0.009 ^{b/B}	0.060 ± 0.011 ^{a/A}	0.137 ± 0.021 ^{a/A}	0.153 ± 0.111 ^{a/A}	0.223 ± 0.144 ^{ab/A}

2.3 盐度对中华绒螯蟹雌性亲蟹血淋巴酶类的影响

盐度组 LDH 活性变化趋于一致,均在 3 h 达到最大值,12 h 降至最小值且显著低于淡水对照组($P < 0.05$)(表 3)。盐度 12 组 LDH 在 3 h 显著升高($P < 0.05$)后降低,48 h 后与对照组水平相近。

盐度组 ALP 活性均呈先升高后降低趋势,盐度 12 组 ALP 活性在 24 ~ 48 h 显著升高($P < 0.05$),48 h 处到达最高点后活性降低,且在 48 h 显著高于对照组和盐度 25 组($P < 0.05$)(表 3)。盐度 25 组 ALP 于 24 h 取得最大值并显著高于淡水对照组($P < 0.05$)。

表 3 盐度对中华绒螯蟹血淋巴乳酸脱氢酶和碱性磷酸酶浓度的影响
Tab.3 Effects of salinity on haemolymph LDH and ALP in *E. sinensis*

时间/h time	乳酸脱氢酶/(U/L) LDH			碱性磷酸酶/(U/L) ALP		
	对照 control	盐度 12 salinity 12	盐度 25 salinity 25	对照 control	盐度 12 salinity 12	盐度 25 salinity 25
0	48.40 ± 12.04 ^{a/A}	48.40 ± 12.04 ^{a/A}	48.40 ± 12.04 ^{a/A}	37.77 ± 6.86 ^{a/A}	37.77 ± 6.86 ^{a/A}	37.77 ± 6.86 ^{a/A}
3	43.41 ± 6.22 ^{a/A}	69.33 ± 26.78 ^{b/A}	50.35 ± 27.52 ^{a/A}	32.77 ± 4.43 ^{a/A}	34.93 ± 4.26 ^{a/A}	40.03 ± 15.43 ^{a/A}
6	45.40 ± 9.91 ^{a/A}	44.50 ± 21.03 ^{ac/A}	33.78 ± 7.86 ^{ab/A}	29.33 ± 6.17 ^{a/A}	48.88 ± 8.98 ^{ab/A}	35.43 ± 7.53 ^{a/A}
12	40.98 ± 4.48 ^{a/A}	25.06 ± 8.63 ^{c/B}	20.12 ± 9.01 ^{b/B}	29.91 ± 1.12 ^{a/A}	40.10 ± 8.70 ^{ab/A}	38.60 ± 7.92 ^{a/A}
24	36.44 ± 9.24 ^{a/A}	31.81 ± 10.94 ^{ac/A}	26.68 ± 5.35 ^{ab/A}	31.20 ± 6.68 ^{a/A}	70.25 ± 8.77 ^{bc/B}	57.23 ± 16.58 ^{a/B}
48	39.30 ± 2.50 ^{a/A}	39.31 ± 8.96 ^{ac/A}	34.72 ± 6.97 ^{ab/A}	30.01 ± 1.05 ^{a/A}	80.17 ± 4.31 ^{c/B}	36.80 ± 18.84 ^{a/A}
72	41.11 ± 4.77 ^{a/A}	48.08 ± 12.43 ^{ac/A}	43.02 ± 4.13 ^{ab/A}	29.21 ± 5.79 ^{a/A}	43.58 ± 6.02 ^{ab/A}	39.40 ± 12.17 ^{a/A}
96	40.85 ± 8.44 ^{a/A}	40.52 ± 14.52 ^{ac/A}	33.94 ± 19.72 ^{ab/A}	29.39 ± 0.22 ^{a/A}	44.73 ± 5.57 ^{ab/A}	35.10 ± 17.69 ^{a/A}
144	40.34 ± 6.94 ^{a/A}	40.83 ± 10.89 ^{a/A}	33.24 ± 25.25 ^{ab/A}	29.63 ± 6.71 ^{a/A}	32.13 ± 4.75 ^{ab/A}	35.33 ± 14.87 ^{a/A}

3 讨论

根据渗透压调节原理,水生生物在等渗点时渗透压调节消耗的能量最少,可实现最大的能量转换效率,呈现出良好的生长状况^[11-12]。本研究发现,盐度组中华绒螯蟹雌性亲蟹血淋巴 TP 在前 6 h 显著高于对照组。分析认为,中华绒螯蟹为广盐性蟹类,等渗点在盐度 33 左右^[2],由淡水进入咸水后,因盐度差减少导致渗透压调节耗能减少,蛋白质分解速度减慢,因此盐度组 TP 含量上升且高于对照组。同时,进入咸水后中华绒螯蟹 TP 水平显著升高也可能与卵黄蛋白的合成有关,中华绒螯蟹交配和产卵依赖咸水刺激,本实验所用材料为性腺发育至Ⅳ期的雌性亲蟹,在咸水刺激下可迅速发育到Ⅴ期^[13],盐度刺激加速了其性成熟,因而致使卵黄蛋白大量积累^[14],血淋巴 TP 含量升高。因此,推断中华绒螯蟹雌性亲蟹血淋巴 TP 含量升高是渗透压调节与卵黄蛋白积累共同作用的结果。王顺昌等^[15]研究发现,中华绒螯蟹雌蟹由淡水进入咸水(盐度 20)后第 24 小时血清 TP 显著升高,这与本研究结果类似。但吕富^[16]研究发现,在盐度范围 0~16,中华绒螯蟹血淋巴 TP 浓度随外界盐度升高而降低,与本研究结果不同,这可能是由于实验盐度及实验材料的发育时期不同所导致的。在本研究中,盐度组中华绒螯蟹血淋巴 TP 含量的变化主要在前 6 h,以及 6 h 后变化不显著。分析认为,中华绒螯蟹有很强的渗透压调节能力,可迅速地进行渗透压调节。Liu 等^[17]研究发现中华绒螯蟹血淋巴渗透压随盐度的升高而升高,在 3~6 h 血淋巴渗透压的升高尤为显著,这一结果支持了本研究结论。本研究发现 96 h 后盐度组 TP 趋于一致,可以推测此时机体已完成渗透压调节过程,机体蛋白质代谢情况趋于稳定。尿素为蛋白质代谢产物,其含量变化直接反映蛋白质代谢状况^[18]。本研究发现盐度 25 组尿素含量在 72 h 后显著降低。分析认为,盐度升高,氨基酸作为代谢底物的比例减少,蛋白质代谢减慢,导致其高盐度组代谢产物尿素含量降低。

脂肪是中华绒螯蟹亲蟹标准状况下最主要的供能物质^[19],当外界环境改变时,中华绒螯蟹为克服胁迫而动用脂类提供能量,酯酶活性上升而使体内脂类水解增强^[20]。甘油三酯可分解为甘

油和脂肪酸,然后释放能量^[21]。中华绒螯蟹由淡水进入盐度 12 的水体 6 h 后,血淋巴 TG 含量显著下降,表明 TG 消耗增多,显示此阶段脂类作为能源物质的比例加大,机体加速动用脂类以分解供能。推测盐度 12 组机体 TG 含量的显著下降主要与应激反应耗能有关。由淡水进入咸水后,机体产生应激反应,消耗一定的能量,因此导致盐度 25 组 TG 在前 12 h 含量下降,但随着盐度作用时间的延长,盐度 25 组 TG 在 72 h 后显著高于盐度 12 组。分析认为,盐度 25 较盐度 12 靠近其等渗点,因此渗透压调节耗能减少,血淋巴中 TG 的含量上升恢复至对照水平并高于盐度 12 组。

本研究发现,中华绒螯蟹由淡水进入咸水后,葡萄糖含量上升,且盐度越高葡萄糖含量越大。这一发现与 Al-Azhary 等^[5]报道的随着盐度升高,*Necora puber* 血淋巴葡萄糖含量升高的结论类似。Lorenzon 等^[22]发现甲壳动物血糖增加是由于高血糖激素释放,导致增加糖原利用。分析认为,中华绒螯蟹由淡水进入咸水,机体产生应激反应,在高血糖激素的作用下,加快动用糖原产生单糖,导致其血淋巴中葡萄糖含量升高。有报道糖异生途径参与了蟹类渗透压适应过程^[23],推断本研究中高盐度时葡萄糖的升高也可能与糖异生有关。随着盐度作用时间的延长,盐度组的 GLU 相继升到最大值后又开始逐步下降,作者推断,中华绒螯蟹由淡水进入咸水,应激反应后进入盐度适应阶段,盐度组较淡水对照组更接近其等渗点,因此渗透压调节耗能减少,此时动用的碳水化合物减少,因此血淋巴中 GLU 含量降低。

中华绒螯蟹由淡水进入咸水,LDH 在 3 h 显著增加,证明血淋巴中乳酸显著增加,主要归因于高盐度下机体耗氧率的增加^[5]。Clark 等^[24]研究发现盐度变化导致虾蟹产生呼吸抑制行为,因此,耗氧率的增加和组织缺氧导致糖酵解途径加速,最终导致乳酸积累。Daniel 等^[25]研究发现,蟹在 3 h 内行为变化最强烈,3 h 后活动性快速降低。因此,推断本研究中血淋巴 LDH 活性 3 h 后迅速下降与机体活动性快速降低有关。机体活动性降低乳酸的生成减少,同时乳酸的糖异生途径加速^[23],此时 LDH 活性迅速下降。

本研究中,盐度组 ALP 在 24 h 显著高于淡水对照组($P < 0.05$),Pinoni 等^[26]报道广盐性蟹在不同盐度下肌肉中的 ALP 随着盐度降低而降低,

这一发现与本研究结果类似。盐度组碱性磷酸酶活性均呈现先逐步升高后降低趋势,分析认为 ALP 可能是 Na^+/K^+ -ATP 酶的效应因子,其活性与 Na^+/K^+ -ATP 酶的活性呈负相关^[27]。

由本实验结果可知,盐度组中华绒螯蟹雌性亲蟹血淋巴各项生化指标在 96 h 均已基本保持稳定。Liu 等^[17]研究发现,蟹进入咸水后,其血淋巴渗透压 3 d 后趋于稳定。吕富^[16]对中华绒螯蟹的研究发现,盐度作用 3 d 时血淋巴渗透压、离子、TP 及 Na^+/K^+ -ATP 酶活性均处于稳定状态。因此,可以认为本实验中,中华绒螯蟹雌性亲蟹在进入咸水 96 h 后代谢情况趋于稳定,其机体已基本完成渗透压调节过程,并适应了水体盐度。受水利工程、咸水倒灌等影响,近年来,长江口不同区域的盐度持续变化^[9],本实验结果可为亲蟹对环境的适应性评估提供参考数据。此外,在中华绒螯蟹亲蟹放流活动中,应充分考虑其在不同盐度下的代谢生理情况,选择适宜盐度水域进行放流,以达到较好的效果。

4 结论

中华绒螯蟹雌性亲蟹在生殖洄游过程中,其机体进行代谢调整以逐渐适应外界水体盐度变化。进入咸水后,中华绒螯蟹雌性亲蟹加速动用脂类和糖类作为能源物质应对盐度突变刺激,并最先调节蛋白质代谢过程以响应外界环境的渗透压变化进行渗透压调节。中华绒螯蟹雌性亲蟹各项血淋巴生化指标在第 96 小时均已处于稳定状态,此时中华绒螯蟹已经完成渗透压调节过程,机体代谢情况趋于稳定,且最终能够适应外界较高盐度水体。

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] Roast S D, Rainbow P S, Smith B D, *et al.* Trace metal uptake by the Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis*: the role of osmoregulation [J]. Marine Environmental Research,2002,53:453-464.
- [3] Bianchini A, Lauer M M, Nery L E M, *et al.* Biochemical and physiological adaptations in the estuarine crab *Neohelice granulata* during salinity acclimation [J]. Comparative Biochemistry and Physiology, Part A: Molecular & Integration Physiology,2008,151(3):423-436.
- [4] McGaw I J, Reiber C L, Guadagnoli J A. Behavioral physiology of four crab species in low salinity [J]. Biological Bulletin,1999,96:163-176.
- [5] Al-Azhary D B, Tawfek N S, Meligi N M, *et al.* Physiological responses to hyper saline waters in *Necora puber*(Velvet Crab) [J]. Pakistan Journal of Physiology,2008,4(2):1-6.
- [6] 周双林,姜乃澄,卢建平,等. 甲壳动物渗透压调节的研究进展 I. 鳃的结构与功能及其影响因子 [J]. 东海海洋,2001,19(1):45-51.
- [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]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology,2001,264:1-13.
- [8] Torres G, Charmantier-Daures M, Chifflet S, *et al.* Effects of long-term exposure to different salinities on the location and activity of Na^+/K^+ -ATPase in the gills of juvenile mitten crab, *Eriocheir sinensis* [J]. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, 2007, 147: 460-465.
- [9] 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.
- [10] 庄平,刘建,王云龙,等. 长江口中华鲟自然保护区科学考察与综合管理[M]. 北京:海洋出版社,2009:19-20.
- [11] 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.
- [12] 施正峰,梅志平,罗其智,等. 日本沼虾能量收支和利用效率的初步研究[J]. 水产学报,1994,18(3):191-197.
- [13] 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.
- [14] 吴嘉敏,姜新耀. 中华绒螯蟹血淋巴和肝胰腺的总蛋白含量与性早熟的关系[J]. 水产学报,2000,24(4):306-311.
- [15] 王顺昌,许立. 不同盐度下中华绒螯蟹血清总蛋白和血蓝蛋白含量的变化[J]. 淮南师范学院学报,2003,5(3):24-26.
- [16] 吕富. 环境因子对中华绒螯蟹渗透调节的影响[D]. 青岛:中国海洋大学,2002.
- [17] Liu H, Pan L, Lv F, *et al.* Effect of salinity on hemolymph osmotic pressure, sodium concentration and Na^+/K^+ -ATPase activity of gill of Chinese

- crab, *Eriocheir sinensis* [J]. Journal of Ocean University of China, 2008, 7(1): 77–82.
- [18] Chen J C, Chi Y L. Response of oxygen consumption, ammonia-N excretion and urea-N excretion of *Penaeus chinensis* exposed to ambient at different salinity and pH levels [J]. Aquaculture, 1995, 136: 243–255.
- [19] 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: 自然科学版, 2002, (3): 105–109.
- [20] Luvizotto-Santos R, Lee J T, Branco Z P, et al. Lipids as energy source during salinity acclimation in the euryhaline crab *Chasmagnathus granulata* Dana, 1851 (Crustacea-Grapsidae) [J]. The Journal of Experimental Zoology Part A, 2003, 295 (2): 200–205.
- [21] Rocatta I S, Palacios E. Hemolymph metabolic variables in response to experimental manipulation stress and serotonin injection in *Penaeus vannamei* [J]. Journal of the World Aquaculture Society, 2000, 29: 351–356.
- [22] Lorenzon S, Giulianini P G, Ferrero E A. Lipopolysaccharide induced hyperglycaemia is mediated by CHH release in crustaceans [J]. General and Comparative Endocrinology, 1997, 108: 395–405.
- [23] Chitto A L F, Schein V, Etges R, et al. Effects of photoperiod on gluconeogenic activity and total lipid concentration in organs of crabs, *Neohelice granulata*, challenged by salinity changes [J]. Invertebrate Biology, 2009, 128: 261–268.
- [24] Clark J V. Physiological responses of adult *Penaeus semisulcatus* (De Haan) to changes in salinity [J]. Comparative Biochemistry and Physiology, Part A: Molecular & Integrative Physiology, 1992, 101 (1): 117–119.
- [25] Daniel L C, Erin K J, Iain J M. Behavioral influences on the physiological responses of *Cancer gracilis*, the graceful crab, during hyposaline exposure [J]. Biological Bulletin, 2007, 212: 222–231.
- [26] Pinoni S A, Goldemberg A L, Lopezmananes A A. Alkaline phosphatase activities in muscle of the euryhaline crab *Chasmagnathus granulatus*: response to environmental salinity [J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2005, 326: 217–226.
- [27] 徐华, 艾春香, 林琼武, 等. 盐度胁迫对锯缘青蟹体内腺苷三磷酸酶和磷酸酶活性的影响 [J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(3): 1173–1177.

The relationship between hemolymph biochemical parameters and salinity in female parent Chinese mitten crab(*Eriocheir sinensis*)

JIA Xiao-yan^{1,2}, ZHUANG Ping^{1,2*}, FENG Guang-peng¹,
WANG Rui-fang^{1,3}, LU Jun^{1,4}, HUANG Xiao-rong¹

(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 Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

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

4. College of Aqua-life Science and Technology, Dalian Ocean University, Dalian 116023, China)

Abstract: Two salinity concentrations (salinity 12, salinity 25) and a control group of fresh water were set up in the experiment. The samples were respectively taken at 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72, 96, and 144 h to study the effects of salinity changes on the hemolymph biochemical parameters of the female parent Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*). The results showed that the values of total protein (TP) in salinity concentrations were significantly higher than that of the control group during the first 6 hours ($P < 0.05$) while the values of TP in two salinity concentrations reached the same level and kept a little higher than that of the control group after 96 hours. The values of glucose (GLU) increased with the increasing of salinity concentration, and the values of GLU both increased first and then declined in the salinity concentrations. The values of GLU in salinity 25 reached the maximum level at 72 h and were significantly higher than that of the other two groups ($P < 0.05$). The values of triglycerides (TG) in salinity 12 declined gradually, and were significantly lower than that of control group during 6 – 144 h ($P < 0.05$), yet were significantly lower than that of salinity 25 after 72 h ($P < 0.05$). The values of TG in salinity 25 declined first and then increased, and reached the same level as control group after 72 h. The values of alkaline phosphatase (ALP) both increased first and then declined in the two salinity concentrations. The values of lactate dehydrogenase (LDH) in the two salinity concentrations both reached the maximum values at 3 h and reached the minimum at 12 h. The result showed hemolymph TP, GLU, and TG all changed significantly during travelling from fresh water to saline water in parent Chinese mitten crab. It could be concluded that (1) the parent Chinese mitten crab enhanced the process of energy metabolism to deal with the sudden change of salinity and increased the use of lipids and carbohydrates as energy source. (2) the parent Chinese mitten crab first regulated protein metabolism in response to the changes of external osmotic pressure and finally adapted to the high-salinity water.

Key words: *Eriocheir sinensis*; salinity; hemolymph; energy metabolism

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