

盐度和温度对中华虎头蟹 (*Orithya sinica*) 存活和摄饵的影响

廖永岩 吴 蕾 蔡 凯 潘传豪

(广东海洋大学水产学院, 湛江 524025)

摘要 进行盐度和温度对中华虎头蟹存活和摄饵影响的试验, 结果发现, 盐度骤变时, 盐度 15 ~ 40d 后蟹存活率 100%。盐度 10 ~ 45 蟹能摄饵, 日平均摄饵量达 1.31g 以上, 盐度 20 ~ 40 为蟹适宜摄饵盐度, 日平均摄饵量达 3.65g 以上, 盐度 30 ~ 35 蟹摄饵最佳, 日平均摄饵量达 5.24g 以上。盐度渐变时, 盐度 15 ~ 55 蟹 8d 后存活 100%。盐度 5 ~ 50 蟹能摄饵, 盐度 25 ~ 35 为蟹摄饵适宜盐度, 日平均摄饵量达 4.13g 以上, 盐度 30 为最佳盐度, 日平均摄饵量达 4.53g。温度骤变时, 10 ~ 30℃ 7d 后蟹 100% 存活。10 ~ 35℃ 蟹能摄饵, 日平均摄饵量达 1.10g 以上, 20 ~ 30℃ 蟹摄饵最佳, 日平均摄饵量逐渐增加, 达 8.76g 以上。温度渐变时 0 ~ 30℃ 蟹 7d 后 100% 存活, 35℃ 蟹存活率达 80%。10 ~ 35℃ 蟹能摄饵, 20 ~ 30℃ 蟹摄饵更佳, 日平均摄饵量达 12.61g 以上, 25℃ 蟹摄饵最佳, 日平均摄饵量达 14.35g。

关键词 中华虎头蟹 盐度 温度 存活 摄饵

文章编号: 1000-0933 (2007) 02-0627-13 中图分类号: Q178.0958 文献标识码: A

The effect of salinity and temperature on survivorship and food intake of tiger crab, *Orithya sinica*

LIAO Yong-Yan, WU Lei, CAI Kai, PAN Chuan-Hao

Fisheries College of Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524025, China

Acta Ecologica Sinica 2007, 27 (2): 0627 ~ 0639.

Abstract: The tiger crab, *Orithya sinica* is a commercially important, edible crab which is distributed in the north-west of the Pacific. Experiments were conducted to identify the effect of salinity and temperature on survivorship and food intake of *Orithya sinica*. The results showed that, with a quick salinity change, the survival rate of *Orithya sinica* was 100% for 8 days at salinity levels 15–40. The crab fed at salinity 10–45, the mean food intake was >1.31g/d. The crab fed well at salinity 20–40, the mean food intake was >3.65g/d. The crab fed best at salinity 30–35, the mean food intake was >5.24g/d. With the gradual salinity change, the survival rate of *Orithya sinica* was 100% for 8 days at salinity 15–55. The crab could feed at salinity 5–50. The crab fed best at salinity 25–35, the mean food intake was >4.13g/d. With quick temperature change, the survival rate of *Orithya sinica* was 100% for 7 days at 10–30°C. The crab fed at 10–35°C, the mean food intake was >1.10g/d. The crab fed best at 20–30°C, the mean food intake was >8.76g/d. With the gradual temperature change, the survival rate of *Orithya sinica* was 100% for 7 days at 0–30°C, and 80% at 35°C.

基金项目 广东省教育厅自然科学基金资助项目 (0409018)

收稿日期 2006-01-06; 修订日期 2006-09-21

作者简介 廖永岩 (1965 ~) 男, 湖南保靖人, 硕士, 副教授, 主要从事鲎和海洋蟹类生物、生态学研究。E-mail: rock6783@126.com

Foundation item: The project was financially supported by the Natural Science Foundation of the Education Department of Guangdong Province, China (No. 0409018)

Received date 2006-01-06; **Accepted date** 2006-09-21

Biography LIAO Yong-Yan, Master, Associate professor, mainly engaged in biology and ecology of horseshoe crab and marine crab. E-mail: rock6783@126.com

The crab could feed at 10–35°C. The crab fed best at 20–30°C, the mean food intake was >12.61g/d. Because, the crab could survive at the salinity 5–55, the appropriate survival salinity was 15–45, the proper salinity for food intake was 25–35, and the optimum salinity for food intake was 30, the *Orithyia sinica* is living in inshore that suit to live in relatively low salinity seawater. Because, the crab can survive at 0–35°C, can feed at 10–35°C, the proper temperature for intake of food was 20–30°C, and the optimum temperature for intake of food was 25°C. Therefore, the *Orithyia sinica* is a temperate crab that distributed in the north-west of the Pacific, from the north of South China Sea to the Korean peninsula.

Key Words: *Orithyia sinica*; salinity; temperature; survivorship; intake of food

中华虎头蟹 (*Orithyia sinica*), 俗称“老虎蟹”, 属节肢动物门 (Arthropoda), 甲壳纲 (Crustacea), 十足目 (Decapoda), 馒头蟹科 (Calappidae), 虎头蟹亚科 (Orithyinae Dana), 虎头蟹属 (*Orithyia Fabricius*)^[1, 2]; 为近海温水性大型经济蟹类, 生活于浅海泥沙底, 分布于中国广西^[3]、广东^[4]、福建^[5]、浙江^[6]、江苏^[7]、长江口^[8~9]、山东半岛^[10]、渤海湾、辽东半岛^[11]等海域^[1, 2]。朝鲜半岛、菲律宾也有分布^[1, 2, 12]。中华虎头蟹色泽鲜艳, 头胸甲呈圆形, 两鳃区各有 1 个深紫色乳斑, 整个外形与老虎头部非常相似, 尤其那两个深紫色的乳斑就像老虎的一对大眼, 因而被称为“虎头蟹”、“老虎蟹”。由于其状似虎头、颜色鲜艳, 成为了酒楼、食肆人们喜食的名菜, 价格一直在走高。同时, 因其味道鲜美, 中华虎头蟹在韩国也有非常高的消费需求^[12], 目前, 它在韩国被认为是很有养殖潜力的新品种^[12]。同时, 颜色鲜艳、美丽漂亮、虎虎生威的中华虎头蟹, 也是一种很有观赏价值的观赏蟹类, 随着人们生活水平的提高, 它很有可能发展成为一种具有巨大市场潜力的观赏动物。所以, 中华虎头蟹这个世界上的稀有品种, 除有重要的学术价值^[13]外, 也是一个很有经济价值的潜在养殖品种^[12]。但是, 由于其分布狭窄, 种群数量不大, 对其研究得相当少, 到目前为止, 世界上也仅有极少量的有关中华虎头蟹的报道。除 1976 年^[4]和 1988 年^[15]Hong 分别报道了中华虎头蟹的溞状幼体和前溞状幼体形态、1983 年 Kim^[16]报道了中华虎头蟹的卵巢重量和卵的数量及卵直径、1988 年^[17]和 1990 年 Kim^[13]分别报道了中华虎头蟹的溞状幼体和大眼幼体的生长和蜕壳、1990 年柴敏娟和郑微云^[18]报道了中华虎头蟹视网膜电图特性的昼夜节律性、2004 年 Koo 等报道了温度对中华虎头蟹幼体存活、生长、蜕壳的影响^[19]、2005 年 Koo 等^[3]报道了氨和氮对养殖期中华虎头蟹的影响, 再加上一些有关中华虎头蟹分布的报道^[3~11]外, 很难再查到其它有关中华虎头蟹的相关报道。而要进行中华虎头蟹的养殖、观赏培育及野外资源的保护和管理, 都必须先弄清楚其对环境因子的适应性。所以, 进行温度和盐度这两个最基本环境因子对中华虎头蟹影响的试验, 拟为今后的进一步研究提供基础资料。

1 材料与方法

本实验在广东海洋大学海水经济动物增养殖实验室进行。

1.1 材料

1.1.1 中华虎头蟹

试验用中华虎头蟹捕自湛江遂溪海区, 头胸甲宽 60mm、头胸甲长 70mm、体重 75g 左右。

1.1.2 海水与海沙

海水取自湛江天然海域, 沙滤后, 再经 400 目筛绢网过滤备用。盐度 29 左右, pH7.6~8.1。海沙为湛江海滩天然细海沙, 经淘洗、高锰酸钾消毒后备用。

1.1.3 饵料

饵料为去壳翡翠贻贝 (*Perna vividis*) 肉, 购于湛江东风市场。

1.1.4 海水晶

海水晶 (为海水的矿物成分结晶体, 其溶于水后配成的人工海水, 盐度和成分与天然海水近似) 为“鱼虾宝”牌速溶海水晶 97-b 型。

其它设备为广东海洋大学海水经济动物增养殖实验室常用设备。

1.2 方法

试验期间,气温 15 ~ 23℃。为防蟹打架致残,所有试验组均铺沙约 5cm 厚,用气泵不间断充气。

1.2.1 盐度对中华虎头蟹的影响

(1) 盐度骤变试验

天然海水加 24h 曝气自来水 (pH = 7.85) 和海水晶按已有方法^[20]配制 0、5、10、15、20、25、30、35、40、45、50、55 共 12 个盐度梯度 (盐度差 ± 0.5)。每梯度用 22L 容器 (盛水 20L) 2 个平行 (A、B)。将在盐度 30 里暂养 3d 以上的中华虎头蟹,一次性投入各个盐度梯度容器中,A 容器 3 只,B 容器 2 只。

10:30 和 22:30 取出残饵并投新饵料,投饵量为每次每只蟹 10g (20g/d·只)。10:30 取出残饵后,换等盐度新鲜海水 1 次。第 1 天,前 12h,每 0.5h 观察 1 次;后 12h,每 2h 观察 1 次。从第 2 天起,每 6h 观察 1 次。试验持续 8d。

(2) 盐度骤变后恢复试验

8d 盐度骤变试验完成后,将各组存活下来的蟹直接移入盐度为 30 的海水进行恢复试验,按盐度骤变模式进行中华虎头蟹活力及摄饵试验。此试验进行 2d。

(3) 盐度渐变试验

盐度渐变与盐度骤变试验基本设置和方法一致。只是第 1 天所有的容器的海水盐度为 30。第 2 天换水时,盐度 30 的组不变,高盐度均换为盐度 35 海水,低盐度均换为盐度 25 海水。此后,以盐度 5/24h 为单位,逐渐降或升至 0、5、10、15、20、25、30、35、40、45、50、55 的盐度梯度。至目标盐度后,保持盐度不变,直至试验结束。本试验进行 8d。

(4) 盐度渐变后恢复试验

盐度渐变试验完成后,再恢复到盐度 30,按盐度骤变恢复模式进行。此试验进行 2d。

1.2.2 温度对中华虎头蟹的影响

(1) 温度骤变试验

温度骤变试验设置 0、5、10、15、20、25、30、35、40℃ 共 9 个温度梯度 (温差 ± 1.0)℃。蟹暂养在 25℃,然后一次性投入各个温度组。其它方法与盐度骤变相同。本试验进行 7d。

(2) 温度骤变后恢复试验

温度骤变后恢复的方法与盐度骤变后恢复类似,只是从各个骤变温度直接恢复至 25℃。此试验共进行 2d。

(3) 温度渐变试验

用 2 个 140L 恒温母容器 (一个为升温组,一个为降温组),将蟹暂养在 25℃。第 2 天,取 5 只蟹放入 25℃ 温度组,升温组母容器升为 30℃,降温组母容器降为 20℃。第 3 天,再从升温组母容器里取出 5 只蟹,放入 30℃ 温度组,母容器升至 35℃;从降温母容器中取出 5 只蟹放入 20℃ 温度组,母容器降为 15℃。按此方法,只要蟹还没有死亡,升温组母容器最终升至 40℃ (若没死,还剩 5 只蟹),降温组母容器最终降至 0℃ (若没死,还剩 5 只蟹)。其它方法与温度骤变试验相同。本试验共进行 7d。

(4) 温度渐变后恢复试验

温度渐变后恢复的方法与温度骤变后恢复相同,从各渐变温度组直接恢复至 25℃。此试验共进行 2d。

1.2.3 饵料溶解试验

在盐度和温度对中华虎头蟹影响的试验中,均设置相应的饵料溶解试验,用以检测不同温度和盐度下的饵料溶解值,以便修正摄饵结果。

1.2.4 统计分析

因为存活率为百分数,服从二项分布,又因为本盐度或温度对幼蟹影响的试验 $n = 5$, np 或 $nq < 5$,所以由二项式 $(p + q)^n$ 展开式直接进行差异显著性检验;采用 SPSS12.0 进行 2 因素方差分析 (Two-way ANOVA) 检

验其差异显著性;用 LSR 法的新复极差检验 (SSR 检验)法 (Duncan 法)进行组间多重比较 $p < 0.05$ 为差异显著 $p < 0.01$ 为差异极显著。

2 结果与分析

所有摄饵量结果,为多只蟹的日摄饵量的平均值。

2.1 盐度对中华虎头蟹的影响

2.1.1 盐度骤变对中华虎头蟹的影响

(1) 盐度骤变对中华虎头蟹存活的影响

存活率,是指 8d 试验完成时蟹存活个数与投放总数的百分比。试验发现,盐度骤变对中华虎头蟹的存活具有明显的影响,结果见图 1。

从图 1 可见,将中华虎头蟹从盐度 30 直接投放入不同梯度的盐度中,盐度 15 至 40 均能存活 8d (192h) 以上 (存活率为 100%)。统计分析发现,从盐度 30 直接投放入盐度 5 或 50~55 时的蟹存活率与盐度 15~40 的蟹存活率间差异不显著 ($p_{(60\%, 100\%)} = 0.078, n = 5, P > 0.05$);从盐度 30 直接投放入盐度 10 或 45 时的蟹存活率与盐度 15~40 的蟹存活率间差异不显著 ($p_{(80\%, 100\%)} = 0.328, n = 5, P > 0.05$);但是,从盐度 30 直接投放入盐度 0 时的蟹存活率与盐度 15~40 的蟹存活率间差异极显著 ($p_{(0\%, 100\%)} = 0.000, n = 5, P < 0.01$),且与盐度 5 或 50~55 的蟹存活率有显著差异 ($p_{(0\%, 60\%)} = 0.010, n = 5, P < 0.05$),与盐度 10 或 45 的蟹存活率有极显著差异 ($p_{(0\%, 80\%)} = 0.000, n = 5, P < 0.01$)。

这说明,盐度 5~55 是中华虎头蟹可存活率盐度,盐度 15~40 是中华虎头蟹的适宜生存盐度。盐度为 0 (淡水)为不适宜盐度。这暗示,中华虎头蟹是一种广盐度适应性蟹类,但对高盐度的适应性强于低盐度,它不适于在淡水里生存。

(2) 盐度骤变对中华虎头蟹摄食影响

摄饵量为白天摄饵量和夜间摄饵量之和,再经饵料溶解试验修正后的值,下同。试验发现,盐度骤变对中华虎头蟹的摄饵影响明显。结果见表 1。

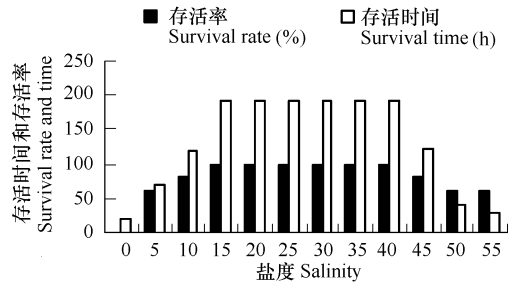


图 1 盐度骤变对中国华虎头蟹存活的影响

Fig. 1 Effect of quick salinity change on survivorship of *Orithya sinica*

表 1 盐度骤变对中华虎头蟹摄饵的影响

Table 1 The effect of quick salinity change on food intake of *Orithya sinica*

盐度组 Salinity group	不同天数下的摄饵量 Food intake of <i>Orithya sinica</i> at different time (g)									平均 Mean	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
	1 st d	2 nd d	3 rd d	4 th d	5 th d	6 th d	7 th d	8 th d				
0	0.24	/	/	/	/	/	/	/	0.03	e	E	
5	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.50	0.00	0.11	e	E	
10	0.44	1.31	1.98	1.68	1.16	1.30	1.40	1.20	1.31	d	D	
15	0.96	3.10	3.02	2.14	2.78	2.20	1.90	2.65	2.34	c	C	
20	4.10	3.88	3.80	2.90	3.74	3.50	3.55	3.70	3.65	b	B	
25	4.92	4.00	4.34	4.36	3.98	3.90	4.30	4.15	4.24	b	B	
30	8.30	6.50	4.84	5.32	4.94	5.05	5.20	5.25	5.68	a	A	
35	7.92	5.86	4.42	4.44	4.48	4.55	5.05	5.20	5.24	a	A	
40	3.50	3.90	4.62	2.91	4.18	3.80	3.75	3.50	3.77	b	B	
45	3.12	1.84	2.20	0.98	1.13	1.20	1.40	1.55	1.68	d	C	
50	2.76	0.67	0	0	0	0	0.50	0	0.49	e	DE	
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	e	E	

“/”示蟹死亡或未测,下同 The “/” shows the crab died or no measure, the same below

对表 1 的数据进行 Two-way ANOVA 分析发现,30~35 盐度下,中华虎头蟹摄饵量最大 (达 5.24g 以上),

与盐度 25 以下、40 以上有极显著差异 (Two-way ANOVA, $F_{(11,77)} = 87.84, P < 0.01$); 盐度 20 ~ 25、40 中华虎头蟹摄饵次之, 与盐度 15 以下、45 以上有极显著差异 (Two-way ANOVA, $F_{(11,77)} = 87.84, P < 0.01$)。盐度 5 以下、55 以上, 摄饵量最低, 与盐度 10 以上、45 以下蟹摄饵量有极显著差异 (Two-way ANOVA, $F_{(11,77)} = 87.84, P < 0.01$); 盐度 5 以下、50 以上, 蟹摄饵量较低, 与盐度 10 以上, 45 以下有显著差异 (Two-way ANOVA, $F_{(11,77)} = 87.84, P < 0.05$)。

这说明, 盐度 20 ~ 40 为中华虎头蟹适宜盐度, 盐度 30 ~ 35 为中华虎头蟹最适盐度, 盐度 10 ~ 45 为中华虎头蟹能摄饵盐度, 盐度 5 以下、50 以上为中华虎头蟹不适盐度。

(3) 盐度骤变后恢复对中华虎头蟹存活的影响

盐度骤变后, 再直接恢复至盐度 30, 对中华虎头蟹的影响没有盐度骤变明显, 但不同盐度的恢复, 也有一定的影响, 结果见图 2。

对图 2 的数据进行统计分析发现, 从 50 ~ 55 盐度恢复至 30 盐度时, 存活率只有 66.7%, 与从盐度 5 恢复至 30 盐度时的存活率 (100%) 差异不显著 ($p_{(66.7\%, 100\%)} = 0.297, n = 3, P > 0.05$); 与从盐度 10、45 恢复至 30 盐度时的存活率 (100%) 差异不显著 ($p_{(66.7\%, 100\%)} = 0.198, n = 4, P > 0.05$); 与从盐度 10、45 恢复至 30 盐度时的存活率 (100%) 差异不显著 ($p_{(66.7\%, 100\%)} = 0.132, n = 5, P > 0.05$)。这说明, 从 5 ~ 55 盐度恢复至盐度 30 时, 对中华虎头蟹的存活率影响不显著。

(4) 盐度骤变后恢复对中华虎头蟹摄饵的影响

盐度骤变后恢复, 对中华虎头蟹的摄饵影响明显, 结果见表 2。

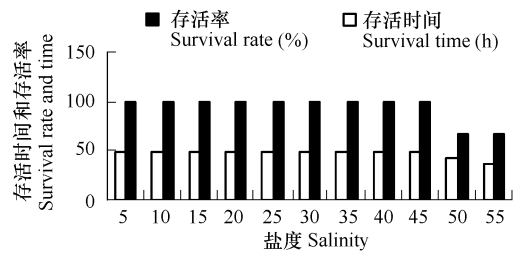


图 2 盐度骤变后恢复对中华虎头蟹存活的影响

Fig. 2 Effect of salinity resumption after quick change on survivorship of *Orithya sinica*

表 2 盐度骤变后恢复对中华虎头蟹摄饵的影响

Table 2 The effect of salinity resumption after quick change on food intake of *Orithya sinica*

比较项目 Items	从盐度渐变恢复后中华虎头蟹的摄饵量 Food intake of <i>Orithya sinica</i> after salinity resumption to 30										
	5→30	10→30	15→30	20→30	25→30	30	35→30	40→30	45→30	50→30	55→30
1 st d (g)	0.30	0.50	0.32	2.50	4.78	5.00	4.80	3.90	2.88	0.75	0.67
2 nd d (g)	0.00	0.00	0.20	5.10	5.90	6.10	5.50	6.62	4.38	1.13	1.17
平均 Mean (g)	0.15	0.25	0.26	3.80	5.34	5.55	5.15	5.26	3.63	0.94	0.92
$\alpha = 0.05$	c	c	c	ab	ab	a	ab	ab	b	c	c
$\alpha = 0.01$	B	B	B	A	A	A	A	A	A	B	B

对表 2 的数据进行统计分析发现, 盐度 30, 蟹摄饵量最大, 与从盐度 15 以下及盐度 45 以上恢复至 30 时的摄饵量有显著差异 (Two-way ANOVA, $F_{(10,10)} = 18.76, P < 0.05$)。从盐度 5 ~ 15、50 ~ 55 恢复至盐度 30 时蟹摄饵量最小, 与从盐度 20 ~ 45 恢复至 30 时蟹摄饵量有极显著差异 (Two-way ANOVA, $F_{(10,10)} = 18.76, P < 0.01$)。这说明, 盐度 20 ~ 45 为中华虎头蟹的适宜盐度, 盐度 30 为最适盐度, 而 15 以下及 50 以上的盐度为不适盐度。

2.1.2 盐度渐变对中华虎头蟹的影响

盐度渐变对中华虎头蟹的影响, 包括盐度渐变对其存活率和摄饵量的影响。

(1) 盐度渐变对中华虎头蟹存活的影响

将盐度逐渐变至 0 ~ 55 的盐度梯度时, 不同盐度梯度对中华虎头蟹的存活有一定的影响, 结果见图 3。

统计分析发现, 在盐度渐变情况下, 盐度 15 ~ 55, 中华虎头蟹均能存活 192h 以上, 存活率 100%, 与盐度 0 时蟹的存活率差异不显著 ($p_{(60\%, 100\%)} = 0.07776, n = 5, P > 0.05$); 与盐度 5 ~ 10 时蟹的存活率差异不显著

($p_{(80\%, 100\%)} = 0.32768, n = 5, P > 0.05$)。这说明, 0 ~ 55 盐度渐变对中华虎头蟹的存活率影响不显著, 影响明显小于盐度骤变。

(2) 盐度渐变对中华虎头蟹摄食的影响

盐度渐变对中华虎头蟹摄食的影响和盐度骤变有一定差别, 结果见表 3。

对表 3 的数据进行统计分析发现, 盐度 25 ~ 35 骤变下, 蟹摄饵量大, 与盐度 20 以下、40 以上有显著差异 (Two-way ANOVA, $F_{(01, 77)} = 10.85, P < 0.05$); 盐度 30 下蟹摄饵量最大, 与盐度 20 以下、40 以上有极显著差异 (Two-way ANOVA, $F_{(01, 77)} = 10.85, P < 0.01$); 盐度 5 以下、55 以上蟹摄饵量最小, 与盐度 10 ~ 50 蟹摄饵量有极显著差异 (Two-way ANOVA, $F_{(01, 77)} = 10.85, P < 0.01$)。这说明, 盐度 25 ~ 35 为中华虎头蟹适宜盐度, 盐度 30 为最适盐度, 盐度 5 以下、55 以上为不适盐度。

表 3 盐度渐变对中华虎头蟹摄食的影响

Table 3 The effect of gradual salinity change on food intake of *Orithyia sinica*

盐度组 Salinity group	不同培养天数下的蟹摄饵量 Food intake of <i>Orithyia sinica</i> at different time (g)										
	1 st d	2 nd d	3 rd d	4 th d	5 th d	6 th d	7 th d	8 th d	平均 Mean	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
0	6.06	3.43	1.65	2.05	1.20	0	0	0	1.80	c	D
5	5.50	3.36	1.76	2.00	1.29	0	0.15	0.75	1.85	c	D
10	5.52	3.27	1.48	2.07	1.08	0.96	0.72	0.92	2.00	c	CD
15	6.30	3.16	1.50	1.90	1.92	1.88	0.86	1.58	2.39	bc	CD
20	5.40	3.23	1.50	1.96	2.54	2.60	1.92	1.88	2.63	bc	CD
25	5.43	3.27	4.36	5.18	5.16	4.36	2.36	2.90	4.13	a	AB
30	6.36	3.36	5.42	5.05	5.65	3.59	3.14	3.66	4.53	a	A
35	5.40	4.42	5.65	6.00	4.44	3.20	2.75	2.74	4.33	a	AB
40	6.35	4.48	2.18	3.05	3.80	2.08	1.80	1.87	3.20	b	BC
45	5.87	4.50	2.14	1.77	2.90	1.90	1.28	1.32	2.71	bc	CD
50	6.31	4.38	2.18	1.73	0.82	2.50	1.48	1.06	2.56	bc	CD
55	5.86	4.51	2.30	1.83	0.93	0	0	0	1.93	c	D

(3) 盐度渐变后恢复对中华虎头蟹存活的影响

经 8d 盐度渐变后, 再直接恢复至 30, 对中华虎头蟹的存活有一定影响, 结果见图 4。

统计分析发现, 从盐度 0 恢复至 30 时的蟹存活率 (66.7%), 与从盐度 5 ~ 10 恢复至 30 时的蟹存活率 (100%) 差异不显著 ($p_{(66.7\%, 100\%)} = 0.198, n = 4, P > 0.05$); 与从盐度 15 ~ 55 恢复至 30 时蟹的存活率差异不显著 ($p_{(66.7\%, 100\%)} = 0.132, n = 5, P > 0.05$)。这说明 0 ~ 55 盐度范围内的渐变恢复, 对中华虎头蟹的存活率影响不大。

(4) 盐度渐变后恢复对中华虎头蟹摄食的影响

盐度渐变后恢复至 30, 对中华虎头蟹的摄食有一定影响, 结果见表 4。

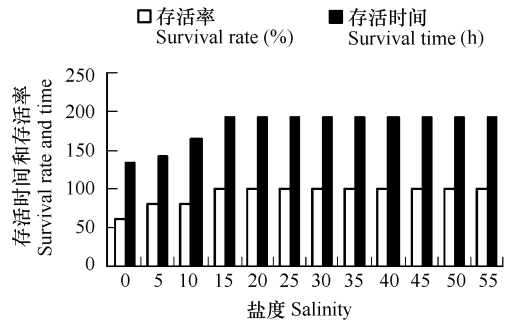


图 3 盐度渐变对中华虎头蟹的影响

Fig. 3 Effect of gradual salinity change on survivorship of *Orithyia sinica*

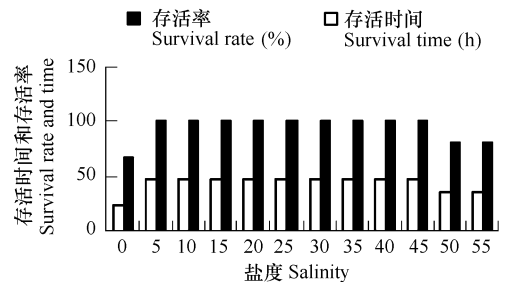


图 4 盐度渐变后恢复对中华虎头蟹存活的影响

Fig. 4 Effect of salinity resumption after gradual change on survivorship of *Orithyia sinica*

表 4 盐度渐变后恢复对中华虎头蟹摄饵的影响

Table 4 The effect of salinity resumption after gradual change on food intake of *Orithya sinica*

比较项目 Items	盐度渐变后恢复时中华虎头蟹的摄饵量 Food intake of <i>Orithya sinica</i> after salinity resumption to 30											
	0→30	5→30	10→30	15→30	20→30	25→30	30	35→30	40→30	45→30	50→30	55→30
1 st d (g)	0.00	0.25	0.63	1.38	1.74	2.10	3.82	2.40	1.10	0.60	0.37	0.00
2 nd d (g)	1.00	1.20	1.63	2.38	3.20	1.80	4.50	3.80	1.80	0.96	0.62	0.30
平均 Mean (g)	0.50	0.73	1.13	1.88	2.47	1.95	4.16	3.1	1.45	0.78	0.50	0.15
$\alpha = 0.05$	fg	efg	def	cd	bc	cd	a	b	de	efg	fg	g
$\alpha = 0.01$	FG	EFG	DEFG	CDE	BC	BCD	A	AB	CDEF	DEFG	FG	G

统计分析发现,盐度 30,蟹摄饵量最大,与从盐度 40 以上、25 以下恢复至 30 有极显著差异 (Two-way ANOVA, $F_{(01,11)} = 22.32, P < 0.01$)。从盐度 15 ~ 35 恢复至盐度 30 时蟹摄饵量较大,与从盐度 5 以下、45 以上恢复有显著差异 (Two-way ANOVA, $F_{(01,11)} = 22.32, P < 0.05$)。这说明,盐度 30 为中华虎头蟹最适盐度,盐度 15 ~ 35 为适宜盐度。

2.2 温度对中华虎头蟹的影响

温度对中华虎头蟹的影响,主要包括温度骤变和渐变对中华虎头蟹的影响。

2.2.1 温度骤变对中华虎头蟹的影响

温度骤变对中华虎头蟹的影响,主要包括温度骤变对中华虎头蟹的存活和摄饵量的影响。

(1) 温度骤变对中华虎头蟹存活的影响

温度对骤变对中华虎头蟹的存活具有明显的影响,结果见图 5。

统计分析发现,温度骤变条件下,10 ~ 30℃ 蟹存活率高 (100%),与 5℃ 下蟹存活率差异不显著

($p_{(60\%,100\%)} = 0.078, n = 5, P > 0.05$);与 35℃ 下蟹存活率差异极显著 ($p_{(20\%,100\%)} = 0.00032, n = 5, P < 0.01$);与 0℃、40℃ 下蟹存活率差异极显著 ($p_{(0\%,100\%)} = 0.000, n = 5, P < 0.01$)。5℃ 下蟹存活率较高,与 35℃ 下蟹存活率差异显著 ($p_{(20\%,60\%)} = 0.015, n = 5, P < 0.05$);与 0℃、40℃ 下蟹存活率差异极显著 ($p_{(0\%,60\%)} = 0.010, n = 5, P < 0.05$)。35℃ 下蟹存活率与 0℃、40℃ 下蟹存活率差异不显著 ($p_{(0\%,20\%)} = 0.328, n = 5, P > 0.05$)。这说明,温度骤变条件下 5 ~ 30℃ 为中华虎头蟹存活的适宜温度,0℃、35℃ 以上为不适温度。

(2) 温度骤变对中华虎头蟹摄饵的影响

温度骤变不仅影响中华虎头蟹的存活,也影响其摄饵,结果见表 5。

统计分析发现,温度 20 ~ 30℃ 下,蟹摄饵量最大,与 35℃ 以上、15℃ 以下有极显著差异 (Two-way ANOVA, $F_{(8,54)} = 17.32, P < 0.01$)。温度 15 ~ 30℃ 下,蟹摄饵量较大,与 35℃ 以上、5℃ 以下有极显著差异 (Two-way ANOVA, $F_{(8,54)} = 17.32, P < 0.01$)。这说明 20 ~ 30℃ 为中华虎头蟹最适的摄饵温度,15 ~ 30℃ 为适宜温度,5℃ 以下、35℃ 以上为不适温度。

(3) 温度骤变后恢复对中华虎头蟹存活的影响

温度骤然变后,直接恢复至 25℃,对其存活有一定

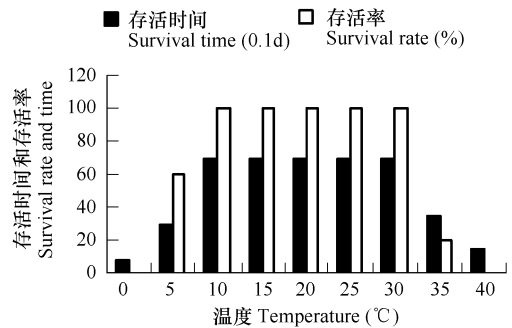


图 5 温度骤变对中华虎头蟹存活的影响

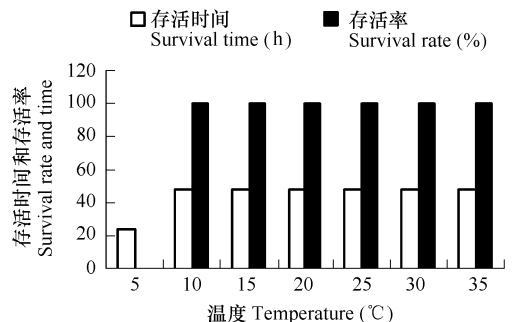
Fig. 5 Effect of quick temperature change on survivorship of *Orithya sinica*

图 6 温度骤变后恢复对中华虎头蟹存活的影响

Fig. 6 Effect of temperature resumption after quick change on survivorship of *Orithya sinica*

的影响,结果见图6。

表5 温度骤变对中华虎头蟹摄饵的影响

Table 5 The effect of quick temperature change on food intake of *Orithya sinica*

比较项目 Items	不同温度下蟹摄饵量 Food intake of <i>Orithya sinica</i> at different temperature (g)								
	0°C	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
1 st d	0	0	0.80	2.66	5.20	7.68	6.26	0	/
2 nd d	/	0	1.02	2.88	5.06	8.54	5.24	0	/
3 rd d	/	0	1.82	2.76	7.16	10.40	7.58	0.70	/
4 th d	/	0	2.30	3.32	6.94	10.66	7.90	1.70	/
5 th d	/	0	2.38	6.82	12.48	12.48	11.48	1.80	/
6 th d	/	0	2.40	6.80	12.18	12.54	11.68	1.70	/
7 th d	/	0	2.30	7.02	12.32	13.20	12.68	1.80	/
平均 Mean	0	0	1.86	4.61	8.76	10.79	8.97	1.10	0
$\alpha = 0.05$	c	c	c	b	a	a	a	c	c
$\alpha = 0.01$	C	C	BC	B	A	A	A	C	C

统计分析发现,从10~35°C恢复至25°C蟹存活率高,与从5°C恢复至25°C时蟹的存活率有极显著差异($p_{(0\%,100\%)} = 0.000$, $n = 5$, $P < 0.01$)。这说明,虽然中华虎头蟹对低温较适应,但太大的、5°C以上的低温变化,于蟹的存活不利,易造成死亡。

(4) 温度骤变后恢复对中华虎头蟹摄饵的影响

温度骤变后再恢复至25°C,对蟹摄饵也有一定的影响,结果见表6。

表6 温度骤变后恢复对中华虎头蟹摄饵的影响

Table 6 The effect of temperature resumption after quick change on food intake of *Orithya sinica*

比较项目 Items	中华虎头蟹摄饵量 Food intake of <i>Orithya sinica</i>						
	5→25°C	10→25°C	15→25°C	20→25°C	25→25°C	30→25°C	35→25°C
1 st d (g)	0	3.36	4.48	5.28	6.90	5.24	3.40
2 nd d (g)	/	3.30	5.34	6.64	8.50	6.18	4.00
平均 Mean (g)	0	3.33	4.91	5.96	7.70	5.71	3.70
$\alpha = 0.05$	d	c	b	b	a	b	c
$\alpha = 0.01$	D	C	BC	B	A	B	C

统计分析发现,从25°C恢复至25°C时,蟹摄饵量最大,与从30°C以上、20°C以下恢复至25°C时蟹摄饵量有极显著差异;从20~30°C恢复至25°C时,蟹的摄饵量大,与35°C以上、10°C以下恢复至25°C时蟹的摄饵量有极显著差异(Two-way ANOVA, $F_{(6,6)} = 60.73$, $P < 0.01$);从15~30°C恢复至25°C时,蟹的摄饵量较大,与35°C以上、10°C以下恢复至25°C时蟹的摄饵量有显著差异(Two-way ANOVA, $F_{(6,6)} = 60.73$, $P < 0.05$)。从0°C恢复至25°C时,蟹的摄饵量最小,与从10~35°C恢复至25°C时蟹的摄饵量有极显著差异(Two-way ANOVA, $F_{(6,6)} = 60.73$, $P < 0.01$)。这说明25°C为蟹摄饵最适温度,20~30°C为蟹摄饵适宜温度,10~35°C为蟹能摄饵温度。

2.2.2 温度渐变对中华虎头蟹的影响

温度渐变对中华虎头蟹的影响,包括温度渐变对中华虎头蟹的存活和摄饵的影响。

(1) 温度渐变对中华虎头蟹存活的影响

0~40°C、5°C/d的温度渐变,对中华虎头蟹有一定的影响。结果见图7。

统计分析发现,在温度渐变条件下,0~30°C蟹存活率高(100%),与35°C蟹存活率差异不显著($p_{(80\%,100\%)} = 0.32768$, $n = 5$, $P > 0.05$),与40°C蟹存活率差异极显著($p_{(0\%,100\%)} = 0.000$, $n = 5$, $P < 0.01$)。40°C蟹存活率与35°C下蟹存活率差异极显著($p_{(0\%,80\%)} = 0.00032$, $n = 5$, $P < 0.01$)。这说明,在温度渐变情

况下,中华虎头蟹的低温适应能力相当强,但它对高温的耐受性较差,40℃以上的高温,易造成死亡。

2) 温度渐变对中华虎头蟹摄饵的影响

温度渐变对中华虎头蟹的摄饵影响明显,结果见表 7。

对表 7 的数据,就 0~40℃ (6~7d)、5~40℃ (5~7d)、10~40℃ (4~7d)、15~35℃ (3~7d)、20~30℃ (2~7d) 温度渐变下的蟹摄饵量进行统计分析,结果见表 8。

从表 8 可见,0~40℃ (6~7d) 温度渐变下,20~30℃ 下蟹摄饵量最大,与 15℃ 以下、35℃ 以上蟹摄饵量有极显著差异 (Two-way ANOVA, $F_{(8,8)} = 478.89, P < 0.01$); 10℃ 以下、40℃ 蟹摄饵量最低,与 15~35℃ 下蟹摄饵量有极显著差异 (Two-way ANOVA, $F_{(8,8)} = 478.89, P < 0.01$)。

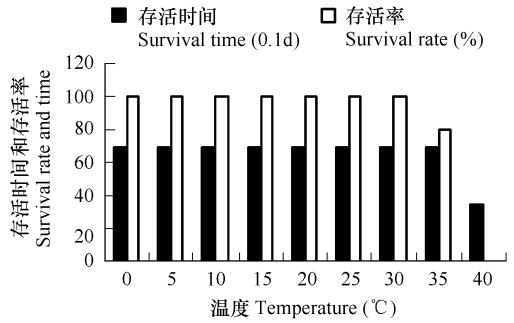


图 7 温度渐变对中华虎头蟹存活的影响

Fig. 7 Effect of gradual temperature change on survivorship of *Orithya sinica*

表 7 温度渐变对中华虎头蟹摄饵量的影响

Table 7 The effect of gradual temperature change on food intake of *Orithya sinica*

比较项目 Items	中华虎头蟹摄饵量 Food intake of <i>Orithya sinica</i> (g)								
	0℃	5℃	10℃	15℃	20℃	25℃	30℃	35℃	40℃
1 st d	/	/	/	/	/	15.09	/	/	/
2 nd d	/	/	/	/	11.74	14.72	11.26	/	/
3 rd d	/	/	/	8.15	10.82	13.70	12.48	4.55	/
4 th d	/	/	0.86	6.02	13.38	14.70	13.32	2.82	0
5 th d	/	0	0.64	6.26	14.02	14.80	13.58	5.03	/
6 th d	0	0	1.06	6.26	13.38	14.32	13.58	5.28	/
7 th d	0	0	0.76	4.60	12.34	13.88	13.02	4.48	/

表 8 温度渐变下中华虎头蟹摄饵量差异显著性比较

Table 8 Comparison of difference significance of food intake of *Orithya sinica* at gradual temperature change.

比较项目 Items	摄饵量差异显著性 Difference significance of food intake								
	0℃	5℃	10℃	15℃	20℃	25℃	30℃	35℃	40℃
6~7 d 平均 Mean (g)	0	0	0.91	5.43	12.86	14.1	13.30	4.88	0
$\alpha = 0.05$	d	d	d	c	b	a	ab	c	d
$\alpha = 0.01$	C	C	C	B	A	A	A	B	C
5~7 d 平均 Mean (g)		0	0.82	5.71	13.25	14.33	13.39	4.93	0
$\alpha = 0.05$		f	e	c	b	a	b	d	f
$\alpha = 0.01$		D	D	C	B	A	B	C	D
4~7 d 平均 Mean (g)			0.83	5.79	13.28	14.43	13.38	4.40	0
$\alpha = 0.05$			e	c	b	a	b	d	f
$\alpha = 0.01$			D	B	A	A	A	C	D
3~7 d 平均 Mean (g)				6.26	12.79	14.28	13.20	4.43	
$\alpha = 0.05$				c	b	a	ab	d	
$\alpha = 0.01$				B	A	A	A	C	
2~7 d 平均 Mean (g)					12.61	14.35	12.87		
$\alpha = 0.05$					b	a	b		
$\alpha = 0.01$					B	A	B		

5~40℃ (5~7d) 温度渐变下,25℃ 下蟹摄饵量最大,与 20℃ 以下、30℃ 以上蟹摄饵量有极显著差异 (Two-way ANOVA, $F_{(7,14)} = 816.36, P < 0.01$); 20~30℃ 下蟹摄饵量最大,与 15℃ 以下、35℃ 以上蟹摄饵量有极显

著差异 (Two-way ANOVA, $F_{(7,14)} = 816.36, P < 0.01$); 10℃以下、40℃蟹摄饵量最低,与15~35℃下蟹摄饵量有极显著差异 (Two-way ANOVA, $F_{(8,8)} = 478.89, P < 0.01$)。

10~40℃ (4~7d)温度渐变下,20~30℃下蟹摄饵量最大,与15℃以下、35℃以上蟹摄饵量有极显著差异 (Two-way ANOVA, $F_{(6,18)} = 523.13, P < 0.01$); 10℃以下蟹摄饵、40℃蟹摄饵量最低,与15~35℃下蟹摄饵量有极显著差异 (Two-way ANOVA, $F_{(6,18)} = 523.13, P < 0.01$)。

15~35℃ (3~7d)温度渐变下,20~30℃下蟹摄饵量最大,与15℃以下、35℃以上蟹摄饵量有极显著差异 (Two-way ANOVA, $F_{(4,16)} = 114.46, P < 0.01$)。

20~30℃ (2~7d)温度渐变下,25℃下蟹摄饵量最大,与20℃以下、30℃以上蟹摄饵量有极显著差异 (Two-way ANOVA, $F_{(2,10)} = 12.25, P < 0.01$)。综合分析发现,蟹摄饵量从大至小排列的温度为25℃ > 20、30℃ > 15℃ > 35℃ > 10℃ > 40、5、0℃。这说明,40、5、0℃为不摄饵温度,10~35℃为可摄饵温度,25℃为最佳摄饵温度,其次为20~30℃,再次为15℃。

(3) 温度渐变后恢复对中华虎头蟹存活的影响

温度渐变至0~35℃后,再直接恢复至25℃,对中华虎头蟹的存活有一定的影响,结果见图8。

统计分析发现,从5~35℃恢复至25℃时蟹的存活率与从0℃恢复至25℃时蟹的存活率有极显著差异 ($\chi^2_{(0\%, 100\%,)} = 0.000, n = 5, P < 0.01$)。这说明,接近0℃的低温状态下,直接恢复至25℃的常温时,可能温度变化太大、太突然,易造成中华虎头蟹死亡。

(4) 温度渐变后恢复对中华虎头蟹摄饵的影响

温度渐变后恢复,对中华虎头蟹的摄饵,也有较为明显的影响。结果见表9。

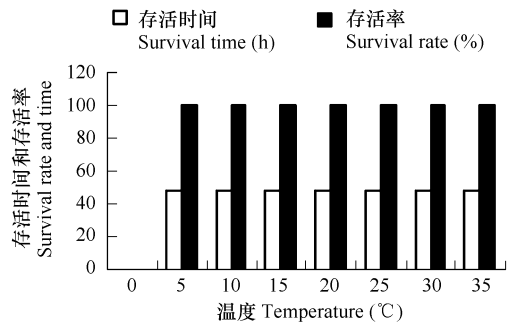


图8 温度渐变后恢复对中华虎头蟹存活的影响

Fig. 8 Effect of temperature resumption after gradual change on survivorship of *Orithya sinica*

表9 温度渐变后恢复对中华虎头蟹摄饵的影响

Table 9 The effect of temperature resumption after gradual change on food intake of *Orithya sinica*

比较项目 Items	中华虎头蟹摄饵量 Food intake of <i>Orithya sinica</i> (g)							
	0→25℃	5→25℃	10→25℃	15→25℃	20→25℃	25→25℃	30→25℃	35→25℃
1 st d	0.38	1.38	2.68	7.48	12.74	14.54	13.94	6.45
2 nd d	/	2.74	4.42	8.42	12.44	13.90	13.30	5.08
平均 Mean	0.19	2.06	3.55	7.95	12.59	14.22	13.62	5.77
$\alpha = 0.05$	e	d	d	b	a	a	a	c
$\alpha = 0.01$	E	DE	CD	B	A	A	A	BC

统计分析发现,从20~30℃恢复至25℃时蟹的摄饵量最大,与从35℃、15℃以下恢复至25℃时蟹的摄饵量有极显著差异 (Two-way ANOVA, $F_{(7,7)} = 97.57, P < 0.01$); 从15~30℃恢复至25℃时蟹的摄饵量较高,与从10℃以下恢复至25℃时蟹的摄饵量有极显著差异 (Two-way ANOVA, $F_{(7,7)} = 97.57, P < 0.01$),与从35℃、10℃以下恢复至25℃时蟹的摄饵量有显著差异 (Two-way ANOVA, $F_{(7,7)} = 97.57, P < 0.05$)。这说明,20~30℃,为中华虎头蟹最适温度,15~30℃,为中华虎头蟹适宜温度。

3 讨论

3.1 温度和盐度适应性对中华虎头蟹分布的影响

地球上共有近6000种蟹类。从海底高温热液喷口^[21]到低温的北极^[22],从淡水、河口及潮间带,至高盐、低温的深海底,都有其分布。这说明,不同的蟹,具有不同的温度和盐度适应性。温度和盐度,是影响蟹类分布的主要因素之一^[23~27]。

盐度骤变和渐变试验结果显示,5~55为中华虎头蟹能存活盐度,10~45为其能摄饵盐度,盐度25~35

为其适宜盐度,盐度 30 为其最适盐度。因为水深 10m 以上的近海海域的海水盐度一般为 35 或更高,而水深 10m 以内的近岸海域的海水盐度相对较低,一般为盐度 35 或 30 以内。这说明,中华虎头蟹为水深 10m 以内的近岸海域生存的海洋蟹类,它不太适应盐度较高的近海海域生存。盐度太低的河口区域,也不是其分布的适宜区域。

温度骤变和渐变试验结果显示,5℃ 以下、35℃ 以上为其不适存活温度,中华虎头蟹能在 5 ~ 30℃ 的温度范围内冬眠或夏眠而存活,但 20 ~ 30℃ 为其适宜温度,25℃ 为其最适温度。盐度适于中华虎头蟹生存的近岸浅海海域,相对近海较深海域来说,易受潮汐,及下雨、寒潮、夏日强阳光等气候或天气的剧烈影响,盐度、温度变化剧烈。所以,台湾以南低纬度海域的夏季高温,不适于其生存,这可能就是其主要分布于台湾海域以北海域的主要原因。而在台湾以南海域分布的少量中华虎头蟹,为求助于红树林的遮光降温作用,而转化为红树林蟹类^[3,4]。

虽然不大于 5℃ 的温度变化,中华虎头蟹能在 0℃ 的环境里存活 7d 以上。但温度恢复至 25℃ 时出现死亡。这说明,5℃ 以下的低温不适于其越冬。因为中华虎头蟹生存于温度相对变化剧烈的近岸海域,朝鲜半岛以北的近岸海域,在严寒的冬季,出现 0℃ 以下的近岸海域水温是很正常的,这也可能是其不能分布于朝鲜半岛以北高纬度冷水海域的主要原因。

试验结果显示,盐度骤变和渐变时,蟹摄饵量基本不变或在逐渐降低,而温度骤变或渐变时,摄饵量则在逐渐增加。因为温度试验时,海水盐度基本不变,为 29 左右,但进行盐度试验时,试验温度因天气逐渐变冷,昼夜温差逐渐增大,在 15 ~ 23℃ 之间波动。这说明,较大的昼夜温差波动,不利于中华虎头蟹的正常生理活动。这与其幼体的试验结果基本一致。例如,在较低的 20℃,但恒温条件下,其存活率(溞状幼体存活率 91% ~ 95%)反倒比有昼夜温差变化(21 ~ 24℃)的较高室温下培育的(溞状幼体存活率 83.3% ~ 86.6%)高^[3,17]。

因为较大的昼夜温差,不利于中华虎头蟹生存,而海水深度过浅的近岸海域,受气候或天气影响较大,昼夜温差较大,也应是其不太适应的海域。而海水过深的海域,盐度超过 35,也不太适于中华虎头蟹生存。所以,中华虎头蟹应主要分布于海水相对较深(温差相对较小),而盐度 30 左右的海域。所以,盐度 30 左右的大江、大河口的较深海域,应是其分布的主要区域。这也与野外调查的结果基本一致^[8,9]。

综上所述发现,中华虎头蟹是典型的温水近岸海洋蟹类,它只能分布于中国南海北部至朝鲜半岛狭窄纬度范围内。又因为其对 30 的较低盐度的适应性,及其对较大温差的不适应性,决定其既不能分布于较浅的温差较大的近岸海域,也不能分布于盐度较高的近海海域,故其只能分布于沿海的相对狭窄海域。又因为中华虎头没有梭子蟹那样强有力的游泳能力,迁移能力有限,没有能力通过太平洋等宽大水面,向其它海域转移,这可能就是其为西北太平洋狭窄区域分布的特有种的原因。同时,其平均怀卵量为 542×10^2 粒/只^[16],远小于远海梭子蟹等种群个体数量相当大的蟹类的怀卵量 ($50.943 \times 10^4 \sim 84.798 \times 10^4$ 粒/只)^[28],这可能是其种群个体数量远不及以上大型梭子蟹的一个重要原因。

总的来说,其相对较低的(盐度 30)的盐度适应性决定了其为近岸海洋蟹类,而近岸海域多变的温度和盐度环境,又决定了其纬度分布区域内的狭窄及摄食范围的狭窄,再加上其较低的怀卵量,注定了其为一种种群密度较小、只能分布于西北太平洋狭窄区域的一个特有种。

3.2 中华虎头蟹养殖可行性

虽然中华虎头蟹的温度、盐度适应性导致其为一个狭窄分布的地方特有种,但骤变时,8d 后中华虎头蟹存活率 100% 的盐度范围为 15 ~ 40,盐度渐变时,为盐度 15 ~ 55。这说明,中华虎头蟹存活盐度还是比较宽的。最佳摄饵盐度范围为 25 ~ 35,与育苗成功的盐度 32^[14]也基本一致。

10 ~ 30℃ 7d 后中华虎头蟹能 100% 存活,这说明,中华虎头蟹为一种温水性蟹类,对低温的耐受性较强。10 ~ 35℃ 均能摄饵,但 15 ~ 30℃ 摄饵明显,应是中华虎头蟹养殖或育苗的可行温度范围,这与在 14.5 ~ 18.2℃^[14]能育苗成功,及幼体温度适应性试验^[19]也基本一致。试验中发现,中华虎头蟹具有明显的钻沙习

性, 钻沙有助于防止蟹相互残杀, 但这也可能是造成养殖期中华虎头蟹对氨氮和硝氮敏感^[12]的原因。

在盐度 32 温度 14.5 ~ 18.2℃ 时, 中华虎头蟹经 3 期溞状幼体阶段, 约 16d 就能发育至大眼幼体^[14]。这说明, 中华虎头蟹的幼体发育相当迅速。中华虎头蟹的怀卵量与个体大小有关, 一般怀卵量为 $240 \times 10^2 \sim 1073 \times 10^2$ 粒/只, 平均 542×10^2 粒/只^[16], 数量还是算比较多的。以上结果和数据显示, 中华虎头蟹是有利于育苗和养殖的蟹类。

但是, 氨浓度大于 50mg/L, 养殖期中华虎头蟹的存活率明显下降; 当亚硝酸盐浓度大于 150mg/L 时, 养殖期中华虎头蟹的生长率也明显下降^[12]。同时, 它对温度波动较为敏感^[13, 17], 所以, 育苗和养殖时, 保持温度的相对稳定及控制氨氮和硝氮的浓度, 可能是管理的关键。再者, 虽然其在 35℃ 能摄饵, 且摄饵量还较大, 但骤变和渐变试时, 都有蟹死亡现象发生, 这说明 35℃ 已是其极端温度。这也就使得, 要在台湾海峡以南进行育苗和养殖难度加大。一般来讲, 中华虎头蟹应是台湾海峡以北养殖的适宜品种, 也对环境适应性比较强的海洋蟹类。

References :

- [1] Dai A Y, Yang S L, Chen G X. Marine crabs of China. Beijing : Ocean Press, 1986. 101 — 102.
- [2] Du N S. Carcinology. Beijing : Science Press, 1985. 864 — 866.
- [3] Lai T H, He B Y. Studies on the macrobenthos species diversity for Guangxi mangrove areas. Guangxi Sciences, 1998, 5 (3) : 166 — 172.
- [4] Zhou F, Kuang D M, Jian Y Q, et al. Primary study on the composition of mangrove community in Qi 'ao island, Zhuhai. Ecologic Science, 2003, 22 (3) : 237 — 241.
- [5] Ye S Z. Species composition and distribution characteristics of crab on Minnan-Taiwan bank fishing grounds. Marine Fisheries, 2004, 26 (4) : 249 — 254.
- [6] Chen H Y, Ruan Q Y, Zhang F M, et al. Primary investigation on crabs resource in Wenling sea area, Zhejiang Province. Journal of Lishui Teachers College, 2002, 24 (5) : 57 — 58, 77.
- [7] Cheng J H, Ling J Z, Wang Y L, et al. A preliminary research on species composition and domestication about the coastal megalopa of crabs at Dongling River mouth in north of Jiangsu Province. Journal of Fishery Sciences of China, 1997, 4 (1) : 23 — 29.
- [8] Yuan X Z, Lu J J. Studies on zoobenthos resources in the islands of the Changjiang estuary. Journal of Natural Resources, 2001, 16 (1) : 37 — 41.
- [9] Zhou X, Wang T H, Ge Z M, et al. Impact of *spartina alterniflora* invasion on the macrobenthos community of Jiuduansha 's intertidal mudflat in the Yangtze River estuary. Biodiversity Science, 2006, 14 (2) : 165 — 171.
- [10] Xu J M. Resource of crabs in Rizhao seaboard, Shandong Province. Territory and Natural Resources Study, 2002 (3) : 60 — 61.
- [11] Ma M H, Hai Z J, Feng Z Q, et al. Study on the contents, temporal and spatial trends of the contaminants in the marine animals along the coastal area near the mouth of Shuangtaihe river Liaodong Bay. Marine Environmental Science, 1999, 18 (1) : 61 — 64, 76.
- [12] Koo J G, Kim S G, Jee J H, et al. Effects of ammonia and nitrite on survival, growth and moulting in juvenile tiger crab, *Orithyia sinica* (Linnaeus). Aquaculture Research, 2005, 36 (1) : 79 — 85.
- [13] Kim Y H, Chung S C. Studies on the growth and molting of the tiger crab, *Orithyia sinica* (Linnaeus). Bulletin of the Korean Fisheries Society. Pusan, 1990, 23 (2) : 93 — 108.
- [14] Hong S Y. Zoeal stages of *Orithyia sinica* (Linnaeus) (Decapoda, Calappidae) reared in the laboratory. Publ. Inst. Mar. Sci. Natl. Fish. Univ. Busan, 1976, 9 : 17 — 23.
- [15] Hong S Y. The prezoal in various decapod crustaceans. Journal of Natural History, 1988, 22 (4) : 1041 — 1075.
- [16] Kim Y H. Studies on *Orithyia sinica* (Linnaeus) in the Western Sea. 2. Weight of ovary, number of eggs spawned and egg diameter. Bulletin of the Korean Fisheries Society. Pusan, 1983, 16 (1) : 14 — 16.
- [17] Kim Y H. Studies on laboratory growth in larva stage of *Orithyia sinica* (Linnaeus). Bull. Fish. Sci. Inst. Kunsan, 1988, 4 : 1 — 9.
- [18] Chai M J, Zheng W Y. Comparison of the circadian rhythms in ERG characteristic of some decapod crustaceans. Oceanologia et Limnologia sinica, 1990, 21 (3) : 212 — 217.
- [19] Koo J G, Jee J H, Kim J M, et al. Effect of Water Temperature on Survival, Growth and Intermolt Period of Tiger Crab, *Orithyia sinica* (Linnaeus) Larvae. Journal of Fish Pathology, 2004, 17 (2) : 139 — 144.
- [20] Liao Y Y, Li X M. Demands of *Portunus pelagicus* for environmental conditions. Acta Oceanologica Sinica, 2002, 24 (2) : 140 — 145.
- [21] Jeng M S, Ng N K, Ng P K L. Feeding behaviour : Hydrothermal vent crabs feast on sea snow. Nature, 2004, 432 : 969.

- [22] Behrlich H W. Molecular mechanisms of adaptation of low temperature in marine poikilotherms. Some regulatory properties of dehydrogenases from two Arctic species. *Marine Biology*, 1972, 13 (4): 267–275.
- [23] Luppi T A, Spivak E D, Bas C C. The effects of temperature and salinity on larval development of *Armases rubripes* Rathbun, 1897 (Brachyura, Grapsoidae, Sesamidae), and the southern limit of its geographical distribution. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2003, 58 (3): 575–585.
- [24] Gimenez L. Potential effects of physiological plastic responses to salinity on population networks of the estuarine crab *Chasmagnathus granulata*. *Helgoland Marine Research*, 2003, 56 (4): 265–273.
- [25] Frusher S D, Giddins R L, Smith T J. Distribution and abundance of grapsid crabs (Grapsidae) in a mangrove estuary: Effects of sediment characteristics, salinity tolerances, and osmoregulatory ability. *Estuaries*, 1994, 17 (3): 647–654.
- [26] Young A M. Temperature-salinity tolerance of two latitudinally separated populations of the longwrist hermit crab *Pagurus longicarpus* Say (Crustacea, Decapoda, Paguridae). *Ophelia*. 1991, 34 (1): 29–39.
- [27] O'Connor N J, Epifanio C E. The effect of salinity on dispersal and recruitment of fiddler crab larvae. *Journal of crustacean biology*. Washington DC. 1985, 5 (1): 137–145.
- [28] Potter I C, Chrystal P J, Loneragan N R. The biology of the blue manna crab *Portunus pelagicus* in an Australian estuary. *Marine biology*. Berlin, Heidelberg, 1983, 78 (1): 75–85.

参考文献:

- [1] 戴爱云, 杨思谅, 陈国孝. 中国海洋蟹类. 北京: 海洋出版社, 1986. 101~102.
- [2] 堵南山. 甲壳动物学(下). 北京: 科学出版社, 1985. 864~866.
- [3] 赖廷和, 何斌源. 广西红树林区大型底栖动物种类多样性研究. *广西科学*, 1998, 5 (3): 166~172.
- [4] 周凡, 邝栋明, 简永强 等. 珠海市淇澳岛红树林群落组成初步研究. *生态科学*, 2003, 22 (3): 237~241.
- [5] 叶孙忠. 闽南、台湾浅滩渔场蟹类种类组成及分析特征. *海洋渔业*, 2004, 26 (4): 249~254.
- [6] 陈海燕, 阮庆元, 张福明 等. 浙江省温岭海区蟹类资源的初步调查. *丽水师范专科学校学报*, 2002, 24 (5): 57~58, 77.
- [7] 程家骅, 凌建忠, 王云龙 等. 江苏省东凌河口海水蟹苗种类组成及其淡水驯化初探. *中国水产科学*, 1997, 4 (1): 23~29.
- [8] 袁兴中, 陆健健. 长江口岛屿湿地的底栖动物资源研究. *自然资源学报*, 2001, 16 (1): 37~41.
- [9] 周晓, 王天厚, 葛振鸣 等. 长江口九段沙湿地不同生境中大型底栖动物群落结构特征分析. *生物多样性*, 2006, 14 (2): 165~171.
- [10] 徐敬明. 山东日照沿海的蟹类资源. *国土与自然资源研究*, 2002 (3): 60~61.
- [11] 马明辉, 海志杰, 冯志权 等. 辽东湾双台子河海区动物体内污染物含量及时空分布. *海洋环境科学*, 1999, 18 (1): 61~64, 76.
- [12] 柴敏娟, 郑微云. 几种甲壳动物视网膜电图特性的昼夜节律性比较. *海洋与湖沼*, 1990, 21 (3): 212~217.
- [20] 廖永岩, 李晓梅. 远海梭子蟹对主要环境条件的要求. *海洋学报*, 2002, 24 (2): 140~145.