DOI号: 10.3724/SP.J.0000.2008.40534

三疣梭子蟹幼体和幼蟹的温度适应性

廖永岩　肖展鹏　袁耀阳
(广东海洋大学水产学院, 湛江　524025)

摘要: 本文研究了不同温度对三疣梭子蟹 (*Portunus trituberculatus* Miers)幼体发育和幼蟹存活及摄食的影响, 试验结果表明: 21—27℃有可能出苗, 但 21℃幼体发育相当慢; 24—27℃是适宜育苗温度, 27℃是最佳育苗温度。蟹幼体在 30℃以上仅发育至 Z_4, 18℃以下, 仅发育至 Z_{3o} 温度骤变 5d后, 幼蟹在 10—30℃存活 100%, 35℃存活 75%, 5℃以下仅能存活 4h。存活幼蟹, 20—30℃摄饵正常, 日平均摄饵量达 4.64g以上。5℃/d的温度渐变时, 幼蟹在 10—35℃存活 100%, 5℃存活 25%, 40℃存活不超过 6h。存活幼蟹, 30℃摄饵最佳, 日平均摄饵量达 9.80g 20—35℃摄饵正常, 日平均摄饵量达 5.1g以上; 15℃和 10℃摄饵很少, 日平均摄饵量分别为 0.5g和 0.1g 5℃以下及 40℃不摄饵。

关键词: 三疣梭子蟹; 温度; 人工育苗; 幼体; 幼蟹; 养殖
中图分类号: S968.25+2　　文献标识码: A　　文章编号: 1000-3207(2008)04-0534-10

三疣梭子蟹 (*Portunus trituberculatus* Miers)是太平洋西岸的一种温水性蟹类, 主要分布于我国台湾海峡以北的渤海、黄海和东海, 以及朝鲜、韩国、日本等海域[1]。三疣梭子蟹是一种重要的大型经济蟹类, 肉质鲜美, 营养丰富, 食用价值高, 不仅是我国传统的名贵海鲜, 也是一种重要的出口海产品。20世纪 90年代中期开始, 三疣梭子蟹的大规模育苗和养殖在我国逐渐推广, 目前三疣梭子蟹是世界上养殖规模最大的海洋经济蟹类。

温度是影响蟹类最重要的环境因子之一, 它能影响蟹类的神经肌肉活动、呼吸、血液循环和脂类代谢等生理活动[2], 北美邓杰内斯蟹 (*Cancer magister*)[3,4]、北太平洋的红王蟹 (*Paralithodes camtschatica*)[5,6]、北美蓝蟹 (*Callinectes sapidus*)[7,8]、锯缘青蟹[9,10]、中华绒螯蟹[11]、远海梭子蟹[12,13]等各种重要经济蟹类的温度适应性已有相当多的报道。而有关三疣梭子蟹育苗期幼体和养殖期幼蟹的温度耐受性方面的研究, 目前尚无相关报道。

经 10多年的三疣梭子蟹育苗和养殖, 已有很多在不同温度下育苗或养殖成功的经验报道。但由于仅为经验报道, 没有进行系统的研究, 结果不尽一致, 有的相差较大, 有的甚至互相矛盾[14—17]。为了避免育苗和养殖中的盲目性, 保证三疣梭子蟹养殖的可持续发展, 我们开展了三疣梭子蟹育苗期幼体和养殖期幼蟹的温度适应性研究, 拟为三疣梭子蟹的育苗、养殖、亲蟹越冬、运输及热带海域反季节养殖等提供基础资料。

1　材料与方法

1.1　材料　本研究在广东海洋大学海水经济动物增养殖实验室进行。育苗亲蟹为捕自遂溪草潭海区的抱卵蟹。卵为黄色。亲蟹体重 503—600g 背甲长 89—94mm, 宽 175—181mm, 卵团的重量约占体重的 40%。养成期三疣梭子蟹为湛江港门海区天然捕捞所得, 头胸甲宽 10cm、长 4.5cm、体重 80g左右。海水为湛江海域经沙滤的天然海水, 再经 400目筛绢网过滤后备用, 盐度 29, pH 8.1±0.2。

扁藻 (*Platymonas subcordiformis* Hazen)、褶皱臂尾轮虫 (*Brachionus plicatilis* O.F.Muller, 以下简称轮虫)的培育、卤虫的孵化及成虫培育按已有方法[18,19]进行。

1.2　方法

1.2.1　亲蟹的培育及幼体孵化　亲蟹培育和幼体孵化于 (28±1)℃温度下按远海梭子蟹育苗方式处理[19,20]。

1.2.2　幼体培育　用加热棒或制冷压缩机配合

收稿日期: 2006-10-09; 修订日期: 2007-09-15

加热棒控温 (温差 ±1℃), 设置 12℃、15℃、18℃、21℃、24℃、27℃、30℃、33℃、35℃共 9个温度组, 每组 100只刚孵化 Z_1 (Z为溞状幼体, 下标数字为幼体期数), 分盛于 2个 500mL烧杯 (每烧杯各 50只, 盛海水 500mL, 加盖)。其他幼体培育按已有方法[19]进行。

1.2.3 幼体的观察　育苗过程中, 每 12h观察一次。按幼体的强运动能力和强趋光性, 将活力分四个等级: 2/3个体达以上标准为活力强, 1/2个体达标准为活力较强, 1/3个体达标准为活力正常。不足 1/3个体达标准为活力差。

1.2.4 温度骤变试验　取 15L塑料容器, 分别装 12L海水, 设置 0℃、5℃、10℃、15℃、20℃、25℃、30℃、35℃、40℃系列温度 (用加热棒或制冷压缩机配合加热棒控温, 温差 ±1℃)。取已在 25℃暂养 5d以上的 72只蟹, 分别投入以上各温度组的塑料容器中 (每组 8只蟹, 为防相互残杀, 每组设 4个塑料容器)。9: 00放入蟹, 21: 00每只蟹投放翡翠贻贝肉 15g。第 2天开始, 每天的 9: 00回收残饵称量, 换相应温度的新鲜海水。第 1天, 每 0.5h观察一次, 连续观察 12h, 记录其活力变化、死亡等情况; 从第 2天开始, 每 12h观察一次, 共培养 5d。其他幼蟹培育参照已有方法[21]进行。

1.2.5 温度渐变试验　温度逐渐升高的试验设置 2个 140L容器为 25℃母容器。从母容器中取蟹 8只, 分别放入 4个 25℃温度组小容器中。小容器温度保持不变, 母容器升温为 30℃。第 2天, 按第 1天方法, 再从 30℃母容器蟹 8只, 分别放入 4个 30℃组小容器中, 母容器升温至 35℃。第 3天, 再从 35℃母容器分别取蟹 8只, 分别放入 4个 35℃组小容器中, 母容器升温至 40℃ (仍剩 8只蟹, 每个母容器 4只)。观察记录其活力变化, 死亡情况。21: 00每只蟹投饵 15g。第 2天的 9: 00收残饵称量。海水均每 24h换一次。温度渐变速率为 5℃ /d, 本试验共进行 5d。

温度逐渐降低的试验设置与逐渐升温的方法一致, 起始温度也为 25℃, 只是温度逐渐下降至 0℃而已。

1.2.6 海水温度变化后回到正常温度试验　完成温度骤变和渐变试验后, 未死亡的蟹全部直接恢复到正常温度 (25 ±1℃) 下, 培养时间 2d。

1.2.7 饵料溶解实验　饵料溶解对照试验按已有方法[21]进行

1.

温度下该期幼体进入下期幼体的幼体总数占总投放幼体总数的百分比 (Z_n期存活率 = 进入 Z_{n+1}个数 / 投入 Z_1个数的百分比)。阶段成活率是指某期幼体变态进入下期幼体的个数占前一期幼体变态为该期幼体总数的百分比 (Z_n期阶段存活率 = 进入 Z_{n+1}个数 /进入 Z_n个数的百分比)。幼体发育至各期所需的最短时间是指该期幼体中第一尾变态进入下一期的时间 (Z_n期所需最短时间 = 第 1尾 Z_n期幼体变态为 Z_{n+1}幼体所需的时间)。幼体发育至各期所需最长时间是指该期幼体最后一尾变态进入下一期的时间 (Z_n期所需最长时间 = 最后 1尾 Z_n期幼体变态为 Z_{n+1}幼体所需的时间)。幼体发育至各期所需的平均时间是指该期所有幼体变态成为下一期幼体时间的平均值 (Z_n期所需平均时间 = 所有 Z_n期幼体变态为 Z_{n+1}幼体所需的时间的平均值)。

1.2.9 统计分析　由二项式 $(p+q)^n$展开式直接对幼蟹存活率进行差异显著性检验; 用 SPSS12.0软件对幼蟹摄饵量和幼体存活率和发育时间结果进行 Two-way ANOVA分析检验其差异显著性; 用 Duncan法进行组间多重比较; 设置 $p < 0.05$为差异显著, $p < 0.01$为差异极显著。

2 结　果

2.1 温度对三疣梭蟹育苗的影响

温度对幼体活力的影响　共进行 23d的育苗, 通过对不同温度下幼体的活力情况进行观察发现, 不同温度下, 幼体的活力及其变化明显 (图 1): 仅 24—27℃蟹幼体一直保持活力强。21℃能保持活力强达 18d。

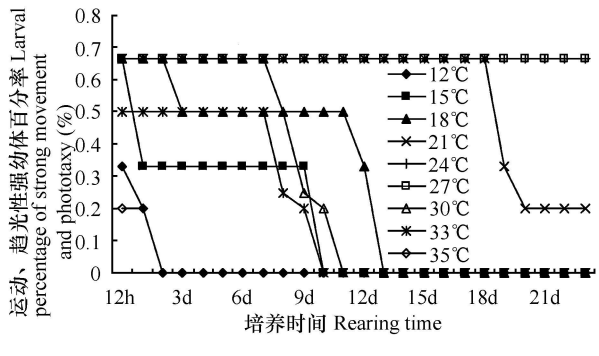


图 1　温度对三疣梭子幼体活力的影响

Fig. 1　Effect of temperature on larval vigor of *portunus trituberculatus*

温度对幼体总存活率的影响　从表 1可见, 15℃以下组　35℃组 Z还没有变态为 Z就全部死

部

死亡。30℃和 33℃组,仅只能发育至 Z_4,还没有变态为 M 就全部死亡。23d 育苗后,只有 21℃、24℃和 27℃组有幼蟹或幼体存活,但 21℃幼体发育缓慢,只有 1.3% 发育至大眼幼体,还没有第一期幼蟹出现。所以试验结束时,只有 24℃和 27℃组能育出蟹苗,且 27℃幼体存活率较高。

表 1 各温度下三疣梭子蟹不同阶段幼体的总成活率

Tab.1 Effect of different temperature on survival rate of larvae in different stages

幼体阶段 Larval stages	不同温度下各期幼体的总成活率 Survival rates of every larval stage (%)								
	12℃	15℃	18℃	21℃	24℃	27℃	30℃	33℃	35℃
Z_1	0	0	51.3	64	75.3	74.7	65.3	56	0
Z_2	–	–	10.7	36.7	46.7	43.3	23.3	23.3	–
Z_3	–	–	0	24	26	29.7	17.3	11.3	–
Z_4	–	–	–	1.3	19.3	21.7	0	0	–
M	–	–	–	–	12.7	15.2	–	–	–
C_1	–	–	–	–	5.3	8.7	–	–	–
C_2	–	–	–	–	2.2	6.1	–	–	–

注:“–”表示蟹死亡或未测,下同

Notes The "–" shows the crab died or no measure, the follow is same

统计分析结果显示:27℃组 Z_1–C_2期的蟹幼体总平均存活率最高,与 21—30℃组间差异不显著,但与 18℃以下组、35℃以上组幼体总存活率有极显著 ($F_{(8,48)} = 5.80$, $p < 0.01$)差异;24—27℃组 Z_1–Z_2期蟹幼体总存活率高,与 18℃、33℃有极显著 ($F_{(5,5)} = 14.06$, $p < 0.01$)差异;24—27℃组 Z_1–Z_3期蟹幼体总存活率最高,与 21℃、30℃以上组有显著 ($F_{(4,8)} = 17.48$, $p < 0.05$)差异;24—27℃组 Z_1–Z_4期蟹幼体总存活率最高,与 21℃组有显著 ($F_{(2,6)} = 5.80$, $p < 0.05$)差异。

温度对各期幼体的阶段成活率的影响 对表 2 的数据进行 Two-way ANOVA 统计分析,结果显示:24—27℃组 Z_1–C_2三疣梭子蟹幼体的阶段存活率最高,与 21℃以下、30℃以上组有极显著 ($F_{(8,48)} = 17.05$, $p < 0.01$)差异;21—27℃组 Z_1–Z_2期蟹幼体的阶段存活率最高,与 18℃、35℃有显著 ($F_{(5,5)} = 6.73$, $p < 0.05$)差异。

表 2 不同温度下三疣梭子蟹各期幼体的阶段成活率

Tab.2 Effect of different temperature on relative survival rates($Z_n/Z_{n-1} \times \%$) of larvae in different stages

幼体阶段 Larval stages	不同温度下各期幼体的阶段成活率 Relative survival rates of larval stages(%)								
	12℃	15℃	18℃	21℃	24℃	27℃	30℃	33℃	35℃
Z_1	0	0	51.3	64	75.3	74.7	65.3	56	0
Z_2	–	–	20.7	57.3	62	58	35.7	41.6	–
Z_3	–	–	0	65.4	55.7	68.6	74.2	48.5	–
Z_4	–	–	–	5.4	74.2	73.1	0	0	–
M	–	–	–	–	65.8	70.0	–	–	–
C_1	–	–	–	–	41.7	57.2	–	–	–
C_2	–	–	–	–	41.5	70.1	–	–	–

温度对各期幼体发育所需最短时间和最长时间的影响 对表 3 有幼体存活的最短时间数据进行 Two-way ANOVA 统计分析发现:27℃组 Z_1–C_2幼体发育最短时间短,与 24℃组有极显著 ($F_{(1,6)} = 18.02$, $p < 0.01$)差异。12℃、15℃、35℃温度组,因为不能变态为 Z_2,无法统计最小时间。

表 3　不同温度下各期幼体所经历的最小和最大时间

Tab. 3　Effect of different temperature on lasted periods of least and most times of larvae in different stages

比较项目 Items	不同温度下的最短时间和最长时间 The lasted periods of least and most times (h)								
	12℃	15℃	18℃	21℃	24℃	27℃	30℃	33℃	35℃
Z_1	–	–	66-306	60-330	54-114	48-114	42-102	42-102	–
Z_2	–	–	282-288	168-402	138-210	120-204	114-162	114-162	–
Z_3	–	–	–	354-426	186-228	180-222	162-180	162-168	–
Z_4	–	–	–	522-540*	294-336	276-330	–	–	–
M	–	–	–	–	450-516	420-474	–	–	–
C_1	–	–	–	–	498-528	468-498	–	–	–
C_2	–	–	–	–	522-540*	480-540*	–	–	–

注: “* ”表示试验结束时间

Notes: The “* ” shows the time of end of experinentation

对表 3有幼体存活的最长时间数据进行 Two-way ANOVA 统计分析, 结果显示: 24—33℃组 Z_1–Z_2期蟹幼体发育最长时间短, 与 21℃以下组有极显著 ($F_{(5,5)} = 23.25$, $p < 0.01$)差异; 21℃以下组 Z_1–Z_3期蟹幼体发育的最长时间长, 与 24℃以上组有极显著 ($F_{(4,8)} = 258.01$, $p < 0.01$) 差异; 24—27℃组 Z_1–Z_4期蟹幼体发育最长时间最短, 与 21℃组有极显著 ($F_{(2,6)} = 1928.17$, $p < 0.01$)差异。但是, 24—27℃的温度对 Z_1–C_2期蟹幼体发育最长时间影响不显著 ($F_{(1,6)} = 4.30$, $p > 0.05$)。12℃、15℃、35℃温度组, 因为不能变态为 Z_2, 无法统计最大时间。

温度对各期幼体所需平均时间的影响　对表 4有幼体存活的数据进行 Two-way ANOVA 统计分析, 结果显示: 24—33℃组 Z_1–Z_2期蟹幼体发育平均时间最短, 与 21℃以下组有极显著 ($F_{(5,5)} = 107.58$, $p < 0.01$)差异; 24—33℃组 Z_1–Z_3期蟹幼体发育的平均时间最短, 与 21℃有极显著 ($F_{(4,8)} = 25.28$, $p < 0.01$)差异; 24—27℃组 Z_1–Z_4期蟹幼体发育平均时间最短, 与 21℃组有极显著 ($F_{(2,6)} = 31.29$, $p < 0.01$)差异; 27℃组 Z_1–C_2期蟹幼体发育平均时间最短, 与 24℃组有极显著 ($F_{(1,6)} = 29.27$, $p < 0.01$)差异。12℃、15℃、35℃温度组, 因为不能变态为 Z_2, 无法统计平均时间。

表 4　不同温度下发育至各期幼体所需的平均时间

Tab. 4　Effect of different temperature on lasted periods of average times of larvae in different stages

幼体阶段 Larval stages	不同温度下幼体的平均时间 Periods of average time of larval stages (h)								
	12℃	15℃	18℃	21℃	24℃	27℃	30℃	33℃	35℃
Z_1	–	–	186	192	90	86	72	72	–
Z_2	–	–	286	288	180	168	144	144	–
Z_3	–	–	–	390	216	198	162	162	–
Z_4	–	–	–	534	324	306	–	–	–
M	–	–	–	–	480	450	–	–	–
C_1	–	–	–	–	516	486	–	–	–
C_2	–	–	–	–	534	510	–	–	–

2.2　温度对养殖期三疣梭子蟹幼蟹的影响

2.2.1　温度骤变对三疣梭子蟹的影响

温度骤变对三疣梭子蟹幼蟹存活的影响　将暂养在 25℃环境里的 80g左右的三疣梭子蟹直接投放入不同的温度组里, 发现其存活与温度有明显的关系。其存活时间, 及 5d后的存活率 (图 2)。

对图 2的数据进行二项式概率统计分析发现, 温度骤变对养殖期三疣梭子蟹幼蟹有极显著 ($p < 0.01$)影响。10—30℃组存活率最高, 与 0—5℃组、

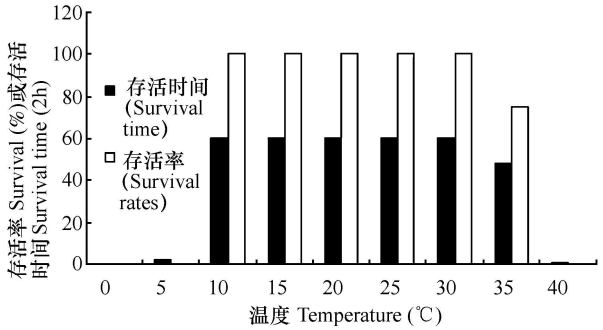


图 2 温度骤变对三疣梭子蟹幼蟹的存活的影响

Fig 2 Effect of temperature quickly on survival rates of juvenile *Portunus trituberculatus*

40℃组有极显著差异 ($p_{(0.0\%,\ 100\%)} = 0.000$, $n = 8$, $p < 0.01$), 但与 35℃组差异不显著 ($p_{(75\%,\ 100\%)} = 1 \times 0.75^8 \times 0.25^0 = 0.100$, $n = 8$, $p > 0.05$)。10—35℃组幼蟹存活率较高, 与 0—5℃组、40℃组有极显著差异 ($p_{(0.00\%,\ 75\%)} = 1 \times 0.75^0 \times 0.25^8 = 0.00002$, $n = 8$, $p < 0.01$)。

温度骤变对三疣梭子蟹摄饵的影响 对表 5的数据进行统计分析发现, 20—30℃组幼蟹摄饵量大, 与 15℃以下、35℃以上组有极显著 (Two-way ANOVA, $F_{(8,\ 32)} = 24.25$, $p < 0.01$)差异。

表 5 温度骤变对三疣梭子蟹摄饵的影响

Tab 5 The effect of acute temperature change on food intake of *Portunus trituberculatus*

温度 Temperature (℃)	三疣梭子蟹摄饵量 Food intake of *Portunus trituberculatus* (g)					
	1st d	2nd d	3rd d	4th d	5th d	平均 Mean
0	0	–	–	–	–	–
5	0	–	–	–	–	–
10	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.26
15	4.2	2.4	1.6	0.6	0.6	1.88
20	5.3	5.1	3.1	4.9	4.8	4.64
25	6.4	6.4	3.9	4.3	2.9	4.78
30	4.2	7.3	5.9	3.4	2.7	4.7
35	2.9	5.2	1.9	1.1	2.0	2.62
40	0	–	–	–	–	–

2.2.2 温度骤变后恢复对三疣梭子蟹的影响

温度骤变后恢复对三疣梭子蟹存活的影响 经5d温度骤变后, 再恢复至正常温度 (25℃), 对三疣梭子蟹的影响较小, 但由不同温度恢复过来, 仍有一定的差别 (图 3)。进行二项式概率统计分析发现, 从 10℃恢复过来组幼蟹的存活率与从 15—35℃恢复过来组有极显著差异 ($p_{(50\%,\ 100\%)} = 1 \times 0.5^8 \times 0.5^0 = 0.004$, $n = 8$, $p < 0.01$)。

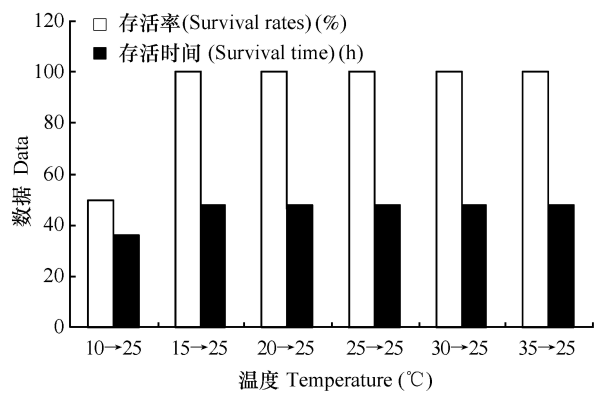


图 3 温度骤变后恢复对幼蟹存活率的影响

Fig 3 Effect of temperature on larva of *Portunus trituberculatus*

温度骤变后恢复对三疣梭子蟹摄饵的影响 经温度骤变后, 再恢复至正常温度, 三疣梭子蟹的摄饵量有一定的变化 (表 6)。对表 6的数据进行统计分析发现, 从不同温度恢复至 25℃, 对幼三疣梭子蟹有显著 (Two-way ANOVA, $F_{(5,\ 5)} = 5.67$, $p < 0.05$)影响。

2.2.3 温度渐变对幼三疣梭子蟹的影响

温度渐变对三疣梭子蟹存活的影响 温度渐变对三疣梭子蟹存活的影响与温度骤变对三疣梭子蟹存活的影响稍有不同, (图 4)。对图 4的数据进行二项式概率统计分析发现, 温度渐变对养殖期三疣梭子蟹幼蟹存活有极显著 ($p < 0.01$) 影响: 10—35℃组幼三疣梭子蟹存活率最高, 与 5℃组有极显著差异 ($p_{(25\%,\ 100\%)} = 1 \times 0.25^8 \times 0.75^0 = 0.00002$, $n = 8$, $p < 0.01$), 与 0℃、40℃组有极显著差异 ($p_{(0.0\%,\ 100\%)} = 0.000$, $n = 8$, $p < 0.01$); 5℃组幼蟹存活率较高, 但与 0℃、40℃组差异不显著 ($p_{(0.0\%,\ 25\%)} = 0.100$, $n = 8$, $p > 0.05$)。

表 6　温度骤变后恢复对三疣梭子蟹摄饵的影响

Tab 6　The effects of temperature resumption after acute change on food intake of *Portunus trituberculatus*

比较项目	不同温度下三疣梭子蟹的摄饵量 Food intake of at different temperatures(g)					
Items	10→25℃	15→25℃	20→25℃	25→25℃	30→25℃	35→25℃
1st d	4.6	7.6	12.6	8.1	4.9	2.4
2nd d	7.5	10.3	9.7	5.1	3.2	2.5
平均 Mean	6.05	8.95	11.15	6.6	4.05	2.45

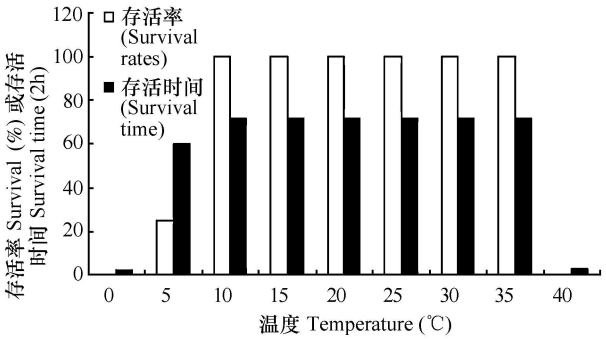


图 4　温度渐变对三疣梭子蟹幼蟹存活率的影响

Fig 4　Effect of temperature change gradually on survival rates of juvenile *Portunus trituberculatus*

温度渐变对三疣梭子蟹摄饵的影响　温度渐变对三疣梭蟹的摄饵具有明显的影响 (表 7)。0℃、40℃组幼蟹在进入该温度后第 1天就已全部死亡, 且没有摄饵; 5℃时虽然能有 25% 存活 1d以上, 但也不摄饵。对表 7的摄饵量进行 Two-way ANOVA 统计分析, 结果显示: 30℃组第 4至第 5天 (10—35℃)幼蟹摄饵量最大, 与其他组有极显著 ($F_{(5,5)} = 753.33$, $p < 0.01$)差异; 20—35℃组幼蟹摄饵量大, 与 10—15℃组有极显著差异 ($F_{(5,5)} = 753.33$, $p < 0.01$)。20—30℃组第 3至第 5天 (15—35℃)幼蟹摄饵量大, 与 15℃有极显著 ($F_{(5,5)} = 10.21$, $p < 0.01$)差异。

表 7　温度渐变对三疣梭子蟹摄饵的影响

Tab. 7　The effect of gradual temperature change on food intake of *Portunus trituberculatus*

温度	不同时间下的三疣梭子蟹的摄饵量 Food intake at different times(g)					
Temperature(℃)	1st d	2nd d	3rd d	4th d	5th d	平均 Mean
0	–	–	–	–	–	0
5	–	–	–	–	0	0
10	–	–	–	0.1	0.2	0.1
15	–	–	0.7	0.2	0.3	0.5
20	–	7.5	6.1	6.2	5.9	6.4
25	8.9	5.8	8.4	6.1	6.0	6.4
30	–	8.5	6.6	12.3	11.8	9.8
35	–	–	2.3	6.9	6.2	5.1
40	–	–	–	0	–	0

2.2.4　温度渐变后恢复对三疣梭子蟹的影响

温度渐变后恢复对三疣梭子蟹存活的影响　渐变至各温度梯度后, 10—35℃的只要没有死亡的个体, 再恢复至 25℃的正常温度, 2d内没有发现死亡, 存活率 100%。

温度渐变后恢复对三疣梭子蟹摄饵的影响　温度渐变至各温度梯度后, 再急剧恢复至 25℃的正常温度, 摄饵量发生了一定的变化 (图 5)。对图 5的数据进行 Two-way ANOVA 统计分析发现, 从 10—20℃恢复组的幼蟹摄饵量最大, 与 30—35℃恢复过来组有极显著差异 ($F_{(5,5)} = 48.18$, $p < 0.01$), 与 25—35℃恢复组有显著差异 ($F_{(5,5)} = 48.18$, $p < 0.05$)。从 35℃恢复过来组的幼蟹摄饵量最小, 与 10—30℃恢复过来组有极显著差异 ($F_{(5,5)} = 48.18$, $p < 0.01$)。

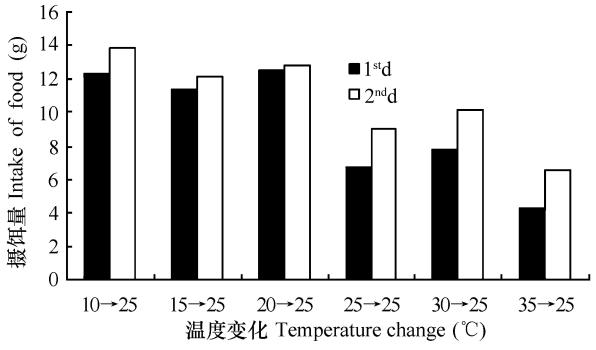


图 5 温度渐变后恢复时幼三疣梭子蟹的摄饵量比较

Fig 5 Comparison of food intake of juvenile *Portunus trituberculatus* after temperature resumption from gradual change

3 讨 论

3.1 三疣梭子蟹育苗期幼体的温度适应性

15℃以下蟹幼体均不能发育至 Z_2; 18℃以上, 才会有 Z_2、Z_3幼体出现 (表 1、表 2)。三疣梭子蟹虽然在 12℃[22]、12—15℃[23]或 13.0—19.5℃[24]均能抱卵, 但总是逐渐升温升至 20[14, 25]—22℃[26]进行孵化, 才能取得较好的育苗效果, 即三疣梭子蟹育苗温度至少在 18℃以上才能成功[26]。虽然低温能降低蟹苗的能量消耗, 有助于运输; 但低于 18℃运输, 蟹苗易死亡, 18—20℃进行苗种运输存活率高[26]。这说明 15℃以下为不能育苗温度, 18℃以上才能进行幼体培养。

35℃以上蟹幼体均不能发育至 Z_2; 33℃以下, 才会有 Z_2、Z_3、Z_4幼体出现 (表 1、表 2)。天然三疣梭子蟹, 在北部湾等热带地区, 2—4月育苗, 超过 4月以后的高温, 很难再能出苗。台湾海峡以北地区, 6月之后, 也很难再能出苗。这说明 35℃以上为不能育苗温度, 33℃以下才能进行幼体培养。

虽然 18℃蟹幼体能培养至 Z_3, 30℃、33℃蟹幼体能培养至 Z_4, 但都不能培养出幼蟹; 只有在 21—27℃, 试验结束时尚有幼蟹或幼体存活 (表 1、表 2)。20℃左右孵化的蟹幼体, 只有随着幼体发育, 逐渐升温至 26℃, 才能取得较好的育苗效果[14, 25, 26]。能成功培养出幼蟹的最高育苗温度为 29.5℃[16]。这说明 18—35℃虽然能进行三疣梭子蟹早期幼体的培养, 但只有在 21—27℃才能成功育苗。

虽然 21—27℃均能进行育苗, 但 21℃组蟹幼体的平

4) (幼体发育时间延长, 不仅增大育苗成本, 也会降低育苗的存活率, 于育苗不利)。24—27℃, 幼体存活率高 (表 1、表 2), 平均时间、最长时间、最短时间均短 (表 3、表 4); 其中, 27℃存活率最高, 发育时间最短。20—26℃[14]、23—25℃[15]、22—26℃[26]、26—29.5℃[16]均能取得较好的育苗效果。这说明 24—27℃是三疣梭子蟹育苗的适宜温度, 其中 27℃左右是育苗的最佳温度。

3.2 三疣梭子蟹幼蟹的温度适应性

温度骤变时, 5℃以下、40℃以上三疣梭子蟹幼蟹不能存活 (图 2); 温度 5℃/d渐变时, 0℃、40℃蟹不能存活 (图 4)。温度变化幅度较小时, 三疣梭子蟹在 3—5℃ (存活率达 84.5%)[23]、5.0—5.6℃ (存活率 80.6%)[22]、5—12℃ (存活率 86.7%—93.23%)[27]均能成功越冬; 但不能在 0℃越冬。三疣梭子蟹主要分布于台湾海峡以北海域, 南海北部的北部湾等海域有少量分布, 但它不会分布于赤道附近的热带海域。这说明 0℃、40℃为三疣梭子蟹幼蟹不能存活温度, 5—35℃为其能存活温度, 10—35℃存活率高。

温度骤变时, 三疣梭子蟹幼蟹在 0—5℃、40℃不能摄饵; 10—35℃能摄饵, 15—35℃摄饵较多。20—30℃摄饵量大 (表 5)。温度渐变时, 三疣梭子蟹幼蟹在 0—5℃、40℃不能摄饵; 10—35℃能摄饵, 20—35℃摄饵量大, 其中 30℃摄饵量最大 (表 7)。越冬蟹或亲蟹培育时, 水温 8℃, 仍有少量摄饵[22, 25]; 但水温降至 8℃以下[25]或 5℃以后[22], 则昼夜潜沙, 呈休眠状, 停止摄饵。水温升至 12—14℃后, 梭子蟹又开始活动并摄食[22]; 随着水温升高, 梭子蟹摄饵量增大[23], 水温 16℃以上时, 梭子蟹摄饵量明显增加[14]。11.9—33.0℃曾成功养殖三疣梭子蟹, 但 20.0—27.0℃摄食旺盛, 生长很好[17]。25—35℃也能成功养殖三疣梭子蟹[14]。这说明三疣梭子蟹幼蟹在 0℃、5℃、40℃以上不能摄饵; 10—35℃能摄饵, 但 20—35℃摄饵量大, 30℃摄饵量最大。所以, 在温度变化不大的情况下, 20—35℃为三疣梭子蟹养殖的适宜温度, 30℃左右为其养殖的最适温度。为什么三疣梭子蟹具有如此的温度适应性, 这很可能与体内的各种重要酶的温度适应性有关[28], 作者正在进行相关研究。

3.3 温度恢复对三疣梭子蟹幼蟹的影响

将温度骤变后及温度渐变后恢复至 25℃正常

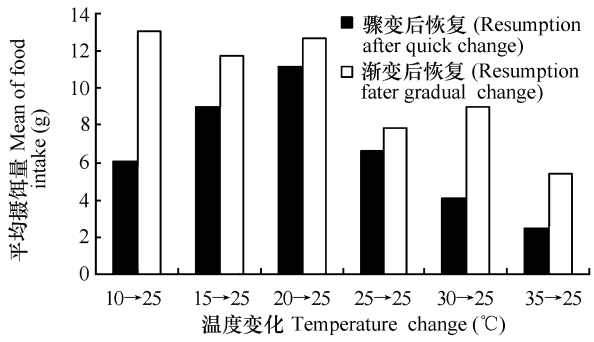


图 6　温度恢复时幼蟹的平均摄饵量比较

Fig 6　Comparison of mean fo food intake of juvenile *Portunus trituberculatus* at temperature reaumption

从图 6可见, 从 10—20℃恢复至 25℃时, 明显存在补偿性摄饵现象, 特别是温度变化不大于 5℃ /d的渐变时更为明显。这暗示养殖期三疣梭子蟹幼蟹对低温的适应可能是一种被动、休眠性适应, 不是太过剧烈的温度变化 (不超过 15℃), 对其损伤较少。而蟹对高温的适应, 可能需启动体内某种适应机制, 而启动这种适应机制, 需要一定的时间; 温度变化过大或过快, 不利于蟹启动这种适应机制, 易对蟹造成损伤, 但具体细节, 有待进一步研究。这也说明, 三疣梭子蟹是一种典型的温水性蟹类, 对低温的适应远比高温强, 这可能就是其主要分布于台湾海峡以北的渤海、黄海、东海等较冷海域, 而在热带的南海北部分布量较少[1]的原因。但是, 只要温度变化不超过 5℃ /d, 三疣梭子蟹仍能适应 35℃的高温, 且在 30℃时摄饵量最大。这也可能就是其在中国南海北部的热带海域尚有一定量分布的原因, 但其在热带海域的活动性, 冬季明显强于夏季, 因此广东、广西和海南俗称其为“冬蟹”。若要在广东、广西和海南等热带海域养殖三疣梭子蟹, 秋、冬季较为适宜。

参考文献:

[1] Shen J R, Dai A Y. A collection of illustrative plates of China animal [M]. Crustacean. Beijing: Science Press, 1964, 45—64 [沈嘉瑞, 戴爱云. 中国动物图谱. 甲壳动物. 北京: 科学出版社. 1964, 45—64]

[2] Aardt W J van. The influence of temperature on the haemocyanin function and oxygen uptake of the freshwater crab *Potamonautes warreni Calman* [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 1993, **106**(1A): 31—35

[3] Sulkin S D, McKeen G L. Larval development of the crab *Cancer magister* in temperature regimes simulating outer-coast and in-

[4] Kondzela C M, Shirley T C. Survival, feeding and growth of juvenile Dungeness crabs from southeastern Alaska reared at different temperatures [J]. *Journal of Crustacean Biology*, 1993, **13**(1): 25—35

[5] Kittaka J, Onoda S. Effect of temperature on growth and maturity of the king crabs *Paralithodes brevipes* and *P. camtschaticus* in the laboratory [J]. *Fisheries Science*, 2002, **68**(1): 921—924

[6] Shirley T C, Shirley S M. Temperature and salinity tolerances and preferences of red king crab larvae [J]. *Mar. Behav. Physiol*, 1989, **16**(1): 19—20

[7] Leffler C W. Some effects of temperature on the growth and metabolic rate of juvenile blue crabs, *Callinectes sapidus*, in the laboratory [J]. *Marine Biology*, 1972, **14**(2): 104—110

[8] Fisher M R. Effect of temperature and salinity on size at maturity of female blue crabs [J]. *Transactions of the American Fisheries Society*, 1999, **128**(3): 499—506

[9] Hamasaki K. Effects of temperature on the egg incubation period, survival and developmental period of larvae of the mud crab *Scylla serrata* (Brachyura: Portunidae) reared in the laboratory [J]. *Aquaculture*, 2003, **219**: 561—572

[10] Ruscoe I M, Shelley C C, Williams G R. The combined effects of temperature and salinity on growth and survival of juvenile mud crabs (*Scylla serrata* Forskal) [J]. *Aquaculture*, 2004, **238**(1—4): 239—247

[11] Anger K. Effects of temperature and salinity on the larval development of the Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* (Decapoda: Grapsidae) [J]. *Marine Ecology Progress Series Oldendorf*, 1991, **72**(1—2): 103—110

[12] Bryars Simon R, Havenhand Jon N. Effects of constant and varying temperatures on the development of blue swimmer crab (*Portunus pelagicus*) larvae: Laboratory observations and field predictions for temperate coastal waters [J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2006, **329**(2): 218—229

[13] Liao Y Y, Li X M. Researches into the Influence of Environmental Factor upon *Portunus pelagicus* [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2002, **24**(2): 140—145 [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]

[14] Sun X J, Lin Q Z. Technique of seedling by using overwintering parent and culturing of *Portunus trituberculatus* [J]. *China Fisheries*, 1999, (10): 39—41 [孙先交, 林庆状. 三疣梭子蟹亲蟹越冬育苗及养殖技术. 中国水产, 1999, (10): 39—41]

[15] Guo X T. Study on technique of artificial seedlings of *Portunus trituberculatus* [J]. *Shandong Fisheries*, 1996, **13**(6): 10—12 [郭新堂. 三疣梭子蟹人工育苗技术研究. 齐鲁渔业, 1996, **13**(6): 10—12]

[16] Chen G J. A probe into the technique of artificial seedlings of *Portunus trituberculatus* at high temperature period [J]. *Scientific Fish Farming*, 2001, (12): 38 [陈国俊. 三疣梭子蟹高温期育苗技术探讨. 科学养鱼, 2001, (12): 38]

[17] Wang Y S, Yu H, Fang J Z. Study on the culture of *Portunus tritu-*

究. 海洋科学, 1994, **18**(6): 18—20]

[18] Liao Y Y. The high density cultivation of *Brachionus plicatilis* and the artificial breeding of *Portunus pelagicus* with this *Brachionus plicatilis* [J]. *Marine Sciences*, 2003, **27**(4): 68—71 [廖永岩. 褶皱臂尾轮虫室内高密度培养及在远海梭子蟹育苗中的运用. 海洋科学, 2003, **27**(4): 68—71]

[19] Liao Y Y, Chen R F. The effect of sublethal concentrations of Cu, Ph, Cd and Hg on larval development of *Portunus trituberculatus* [J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2007, **27**(8): 1347—1358 [廖永岩, 陈润锋. Cu, Ph, Cd, Hg亚致死浓度对三疣梭子蟹幼体的影响. 环境科学学报, 2007, **27**(8): 1347—1358]

[20] Liao Y Y, Zeng J. The studies on artificial breeding of *Portunus pelagicus* in spring [J]. *Marine Sciences*, 2000, **24**(11): 10—15 [廖永岩, 曾进. 远海梭子蟹春季室内人工育苗的研究. 海洋科学, 2000, **24**(11): 10—15]

[21] Liao Y Y, Wu L, Cai K, *et al*. The effect of salinity and temperature on survivorship and food intake of tiger crab, *Orithyia sinica* [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, **27**(2): 627—639 [廖永岩, 吴蕾, 蔡凯, 等. 盐度和温度对中华虎头蟹 (*Orithyia sinica*)存活和摄饵的影响. 生态学报, 2007, **27**(2): 627—639]

[22] Zhang H, Cheng B P. Experimentation of parent *Portunus trituberculatus* indoor overwintering and artificial rearing ovigerous female [J]. *Hebei Fisheries*, 1997, (4): 19—20 [张海, 程宝平. 三疣梭子蟹亲蟹的室内越冬及人工抱卵实验. 河北渔业, 1997, (4): 19—20]

[23] Tang Y G, Chai M Y, Dong Y S. A probe into the *Portunus trituberculatus* live through the winter in large canopy by utilizing underground brine [J]. *Shandong Fisheries*, 2002, **19**(12): 1—2 [唐玉光, 柴孟友, 董云水. 利用地下卤水进行三疣梭子蟹大棚越冬的探讨. 齐鲁渔业, 2002, **19**(12): 1—2]

[24] Jiang H L, Cao L, Gao G B. Experimental report of artificial seedling of *Portunus trituberculatus* [J]. *Fisheries Science*, 1996, **17**(4): 24—27 [姜洪亮, 曹丽, 高广斌. 三疣梭子蟹人工育苗试验报告. 水产科学, 1996, **17**(4): 24—27]

[25] Chen W, Zhang X M, Wang L Y. Experimentation of artificial culturing *Portunus trituberculatus* indoor overwintering [J]. *Shandong Fisheries*, 1998, **15**(4): 18—19 [陈伟, 张晓明, 王力勇. 养殖三疣梭子蟹室内越冬试验. 齐鲁渔业, 1998, **15**(4): 18—19]

[26] Kong W J, Li X, Xu B, *et al*. Experimentation of artificial seedlings of *Portunus trituberculatus* [J]. *Fisheries Science*, 1999, **18**(4): 35—38 [孔维军, 李昕, 许波, 等. 三疣梭子蟹人工育苗试验. 水产科学, 1999, **18**(4): 35—38]

[27] Guo L W, Xie Y N. Technique of storing *Portunus trituberculatus* in winter by utilizing seedling workshop [J]. *Hebei Fisheries*, 2003, (6): 27—28 [郭龙文, 解延年. 利用育苗车间冬储三疣梭子蟹技术. 河北渔业, 2003, (6): 27—28]

[28] Huang X H, Chen H H, Huang Y F. Preliminary studies on isolation, purification and some properties of the β-N-acetyl-D-glucosaminidase from *Eriocheir sinensis* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2007, **31**(4): 563—569 [黄小红, 陈宏惠, 黄一帆. 中华绒螯蟹 (*Eriocheir sinensis*) N-乙酰-β-D-氨基葡萄糖苷酶的分离纯化及性质的初步研究. 水生生物学报, 2007, **31**(4): 563—569]

TEMPERATURE TOLERANCE OF LARVA AND JUVENILE OF *PORTUNUS TRITUBERCULATUS*

LIAO Yong-Yan, XIAO Zhan-Peng and YUAN Yao-Yang
(Fisheries College of Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524025)

Abstract The *Portunus trituberculatus* is a kind of edible economic crab distributing in the north-west of the Pacific, from the north of South China Sea to the Korea Peninsula. The *Portunus trituberculatus* has been cultured on a large scale in the sea area of North China. The *Portunus trituberculatus* is the sea crab which culture dimensions is the maximum in the world. For producing the data to larval rearing and Juvenile culture of *Portunus trituberculatus*, the influence of different temperatures on development of larva, survival and food intake of juvenile *Portunus trituberculatus* was investigated. The results showed that, in the 21—27℃, the zoea could be reared to juvenile crab, but at the 21℃, the zoea and megalopa developed quite slowly. It is the optimal temperature during the 24—27℃ of larval rearing. Over the 30℃, the zoea only be reared to Z_4, they all died before the megalopa stage. Below the 18℃, the zoea only be reared to Z_3, they all died before the Z_4 stage. It is proved that to rear the larva of *Portunus trituberculatus*, the 24—27℃ is optimal, the 21—27℃ is better, the 18—35℃ can, and below the 15℃ and over 35℃ can not. Five days after the temperature acute change from 25℃, the survival rates of juvenile *Portunus trituberculatus* of 80g is 100% in 10—30℃, 75% at 35℃; below the 5℃, the survival time is under 4h. The proper food intake of survivor is in 20—35℃, the daily mean food intake is over 4.64g. With the gradual temperature change of 5℃ /d from 25℃, the survival rates of *Portunus trituberculatus* are 100% in 10—35℃, 25% at 5℃, the survival time is under 6h at 40℃. The proper food intake of survivor is in 20—35℃, the daily mean food intake is over 5.1g. The optimal food intake of survivor is at 30℃, the daily mean food intake is 9.8g. The *Portunus trituberculatus* can feet at 10—35℃. But the food intake is very low at 15℃ and 10℃, the daily mean food intake is 0.5g and 0.1g respectively. This result shows that to culture the juvenile *Portunus trituberculatus* (The body weight is about 80g), the 30℃ is the optimal, the 20—35℃ is better, the 15—35℃ can, and the 0—5℃ and 40℃ can not. All the results show that the *Portunus trituberculatus* is a typical temperature crab which adapts low temperature better than high temperature. Maybe this is the reason why it mostly distributing in the relative low temperature sea area of Bohai Sea, Yellow Sea and East China Sea. But, if the gradual temperature change was below 5℃ /d, the *Portunus trituberculatus* can adapt the high temperature of 35℃, and the food intake is the optimal. Maybe this is the reason why some *Portunus trituberculatus* still can distribute in the tropic sea area of north of the South China Sea.

Key words *Portunus trituberculatus*; Temperature; Artificial seedling; Larvae; Juvenile; Culture