

三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)幼体 不同干露温度下死亡率的研究*

姜令绪^{1,2} 刘群^{1,3} 王仁杰^{1,2} 李玉全^{1,2}

(1. 青岛农业大学动物科技学院 青岛 266109; 2. 东营青农黄河三角洲盐碱地综合利用及生态农业研究中心
东营 257452; 3. 上海海洋大学水产与生命学院 上海 201306)

摘要 通过设置 15℃、20℃、25℃、30℃ 4 个干露温度梯度, 检测不同发育阶段三疣梭子蟹幼体的露空时间、死亡率、含水量、失水率及体重消耗率等指标, 分析干露温度、发育阶段与幼体死亡率的关系。结果表明, 各发育阶段的幼体死亡率均随干露时间的增加而升高($P < 0.05$); 不同温度条件下, 期幼蟹(C₁)的含水量、失水率和体重消耗率均高于期幼蟹(C₂)($P < 0.05$); C₁ 20℃时的露空时间最长, 为 11h, 半致死时间为 7—8h; 30℃时最短, 为 2h; C₁ 15℃时的露空时间最短, 为 0.5h; 20℃时最长, 为 4h。相同温度下, 幼体各发育阶段的耐干露能力为 C₁ > C₂ > Z₁ > Z₂ = M。结果说明, 温度 15℃不利于幼体的存活, 温度 25℃干露耐受性降低。因此, 20℃更有利于幼体获得长存活时间。

关键词 三疣梭子蟹, 温度, 干露, 死亡率

中图分类号 S917.4

干露是指水生动物短时间或长时间的离开水体而停留在空气、沙或土壤等介质的一种状态。水生动物离水后能维持生命活动的时间, 称为“露空时间”。露空时间越长, 表明耐干露能力越强。水生动物干露一段时间后, 体内水分蒸发、失水萎缩, 细胞内外的水平衡被打破, 不能再从周围环境中获得足够的氧气和排出二氧化碳, 造成血液的 pH 失去恒定性而窒息死亡(刘建业等, 2011)。因此, 保持细胞内外一定的含水量是生命活动的基础, 只有保证体内适量的水分, 才能维持正常的生理机能。

三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)是分布于我国、日本及朝鲜等海域, 主产于渤海、黄海和东海的大型甲壳类动物(孙颖民等, 1982; 高保全等, 2010)。目前, 我国三疣梭子蟹幼苗及商品蟹的运输以干露方式为主, 但相关研究报道很少(高保全等, 2008),

对苗期各发育阶段的耐受性未见报道。本试验以三疣梭子蟹溞状幼体(Z)、大眼幼体(M)、期(C₁)和期(C₂)幼蟹为试材, 分析干露温度对幼体死亡率的影响, 旨在了解三疣梭子蟹幼体干露过程中的水分代谢特点, 以丰富三疣梭子蟹基础生物学, 同时为苗期运输存活率的估计提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于 2010 年 4—5 月在山东省昌邑海丰水产养殖有限责任公司进行。所用试验材料三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)均取自公司育苗车间, 为同一批亲蟹所产的第三期溞状幼体(Z₃)、第四期溞状幼体(Z₄)、大眼幼体(M)、第一期幼蟹(C₁)和第二期幼蟹(C₂)。C₁、C₂ 的全甲宽和全甲长分别为

* 国家高技术研究与发展计划(863 计划)项目, 2006AA10A406 号; 山东省发改委两区建设专项资金——水产学科高效生态养殖教科研实习基地建设项目(2011 年); 国家自然科学基金项目, 31101916 号; 山东省自然科学基金项目, ZR2010CM060 号; 青岛市产学研合作引导计划, 10-3-4-5-6-jch 号; 青岛农业大学校基金, 610804 号。姜令绪, 讲师, E-mail: jianglingxu888@163.com

通讯作者: 李玉全, 博士, 副教授, E-mail: jiangfangqian@163.com

收稿日期: 2011-03-15, 收修改稿日期: 2011-05-19

(4.31±0.43)mm、(3.02±0.19)mm、(7.15±0.61)mm 和 (4.05±0.29)mm。

1.2 试验设置

C 和 C 干露试验于 50ml 烧杯中进行, 设置 15℃、20℃、25℃、30℃ 4 个温度梯度, 每个梯度用 20 个 50ml 烧杯, 各放入试材 10 只, 平放于烧杯底部。试验前对空烧杯称重(W_0)。幼蟹用滤纸吸干体表水分后放入烧杯称重, 作为初始湿重(W_1), 后分别放入(15±0.5)℃、(20±0.5)℃、(25±0.5)℃、(30±0.5)℃的泡沫箱中水浴控温使其保持在试验设计温度。试验期间空气相对湿度为 58.5%±5.5%。随时记录死亡个体数和死亡时间, 每隔 1h 称重 1 次(W_t)。幼体全部死亡时试验结束, 后将烧杯和幼蟹烘干至恒重(W_3)。

Z、Z 和 M 干露试验: 取一条湿毛巾, 含水量 70%±3.5%, 平铺于带盖的泡沫箱底部, 分别取 100 只 Z、Z、M 幼体置于毛巾上, 每隔 10min 观察 1 次, 记录死亡个数。试验期间泡沫箱内温度(20.5±1)℃, 空气湿度 68.5%±0.5%。放大镜下观察以幼体没有任何活动迹象或用滴管轻轻碰触幼体也无任何可视反应, 包括附肢划动、腹部屈伸等视为死亡。

1.3 数据处理与统计分析

含水量(%) = $(W_1 - W_3) / (W_1 - W_0) \times 100\%$; 失水率(%) = $(W_1 - W_t) / (W_1 - W_3) \times 100\%$; 体重消耗率(%) = $(W_1 - W_t) / (W_1 - W_0) \times 100\%$; 累计死亡率(%) = (死亡总数 / 实验开始时总个体数) × 100%。

借助 SPSS 11.5 软件进行数据统计分析, $P < 0.05$

为显著水平, $P < 0.01$ 为极显著水平; 借助 Excel 2003 软件作图。

2 结果与分析

2.1 死亡率分析

由表 1 得知, 随干露时间的延长, C、C 的死亡率均逐渐升高。C 幼体, 15℃时 1h 内全部死亡; 20℃时 5h 内全部死亡; 25℃时 3h 全部死亡; 30℃时 2h 全部死亡。C 幼体, 30℃时露空时间最短, 为 2.5h; 其次为 15℃时, 为 4h; 25℃时, 为 6h; 露空时间最长的为 20℃处理组, 为 11h, 半致死时间为 7—8h。说明 C 和 C 幼体在相对低温(15℃)和相对高温(30℃)条件下干露耐受性较低。

比较 C 和 C 的露空时间可以得知, 各温度梯度下 C 的露空时间均较 C 长。从最短露空时间来看, C 为 15℃, C 为 30℃, 说明 C 相对不能耐受低温, C 相对不能耐受高温; 从最长露空时间来看, 不论是 C 还是 C, 均为 20℃时, 说明 C 和 C 的最适露空温度为 20℃。

从图 1 可以看出, 随干露时间的延长, Z、Z、M 的死亡率逐渐增加, Z 自 10min 开始出现死亡, Z、M 自 20min 开始出现死亡。统计分析发现, Z 与 Z 和 M 间死亡率均达到极显著差异水平($P < 0.01$); Z 与 M 间死亡率差异不显著($P > 0.05$)。就露空时间而言, Z 为 120min, M 为 130min, 而 Z 比 Z、M 延长 120—140min。

表 1 干露温度与幼蟹死亡率(%)的关系
Tab.1 The relationship of young crab mortality (%) and desiccation temperature

时间(h)	C 温度(℃)				C 温度(℃)			
	15	20	25	30	15	20	25	30
0.5	95±7.1	0	86.7±5.8	75±0.0	33.3±0.0	0	15±0.0	65±0.0
1	100	10±0.0	96.7±3.4	90±0.0	50±10.0	5.0±7.1	30±14.1	90±7.1
1.5	100	20±0.0	85±7.1	95±0.0	60±5.8	55.0±7.1	35±0.0	93.3±0.0
2	100	30±4.1	50±8.3	100	73.3±5.3	55.0±7.1	45±7.1	96.7±7.1
2.5	100	50±0.0	80±0.0	100	83.3±11.5	55.0±7.1	60±0.0	100
3	100	80±8.1	100	100	95±7.1	55.0±0.0	65±7.1	100
4	100	75	100	100	100	10±0.0	80±4.1	100
5	100	100	100	100	100	20±0.0	90±0.0	100
6	100	100	100	100	100	25±7.2	100	100
7	100	100	100	100	100	30±4.1	100	100
8	100	100	100	100	100	65±7.2	100	100
9	100	100	100	100	100	60±0.0	100	100
10	100	100	100	100	100	75±7.1	100	100
11	100	100	100	100	100	95±7.1	100	100

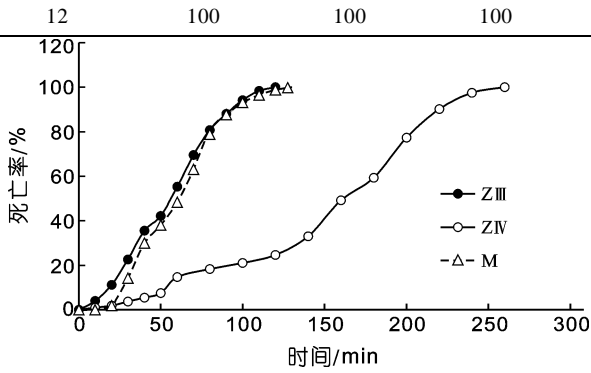


图 1 Z_{III}、Z_{IV} 和 M 幼体的死亡率
Fig.1 Mortality of Z_{III}, Z_{IV} and M larvae

2.2 水分代谢

从图 2A 和图 2B 可以看出, C₁ 干露过程中, 25℃ 时含水量和失水率均为最高, 分别为 118.3%—121.5% 和 41.6%—63.3%。其余三个温度处理组间含水量差异不显著($P>0.05$), 但失水率处理间差异达显著水平

($P<0.05$)。15℃ 时失水率最高, 为 43.7%—66.7%; 20℃ 时失水率随干露时间的延长呈现出明显的上升趋势; 30℃ 时失水率变化与 20℃ 处理组相反, 呈下降趋势。相同时间内, 15℃ 时的失水率比 20℃ 时高($P<0.05$)。

从图 2C 和图 2D 可以看出, 存活期间 C₁ 幼体 25℃ 时含水量最高; 15℃ 时含水量为 101.0%±6.9%; 20℃ 时含水量为 92.0%±13.8%, 失水率波动较大, 为 14.7%±13.3%。比较 15℃ 和 20℃ 温度组, 在同一时段, 15℃ 时失水率高于 20℃。C₁ 和 C₂ 幼体 30℃ 干露时含水量与失水率无差异($P>0.05$), 但露空时间差异显著($P<0.05$)。相同干露温度下, 说明, C₁ 较 C₂ 干露耐受性更强。

C₁ 干露过程中, 25℃ 时体重消耗率最高; 20℃ 时体重消耗率随干露时间的增加逐渐增大; 15℃ 时体重消耗率变化较平稳, 基本维持在 31.2%±7.0%; 30℃ 时体重消耗率最低(图 2E)。C₁ 干露过程中, 20℃ 和

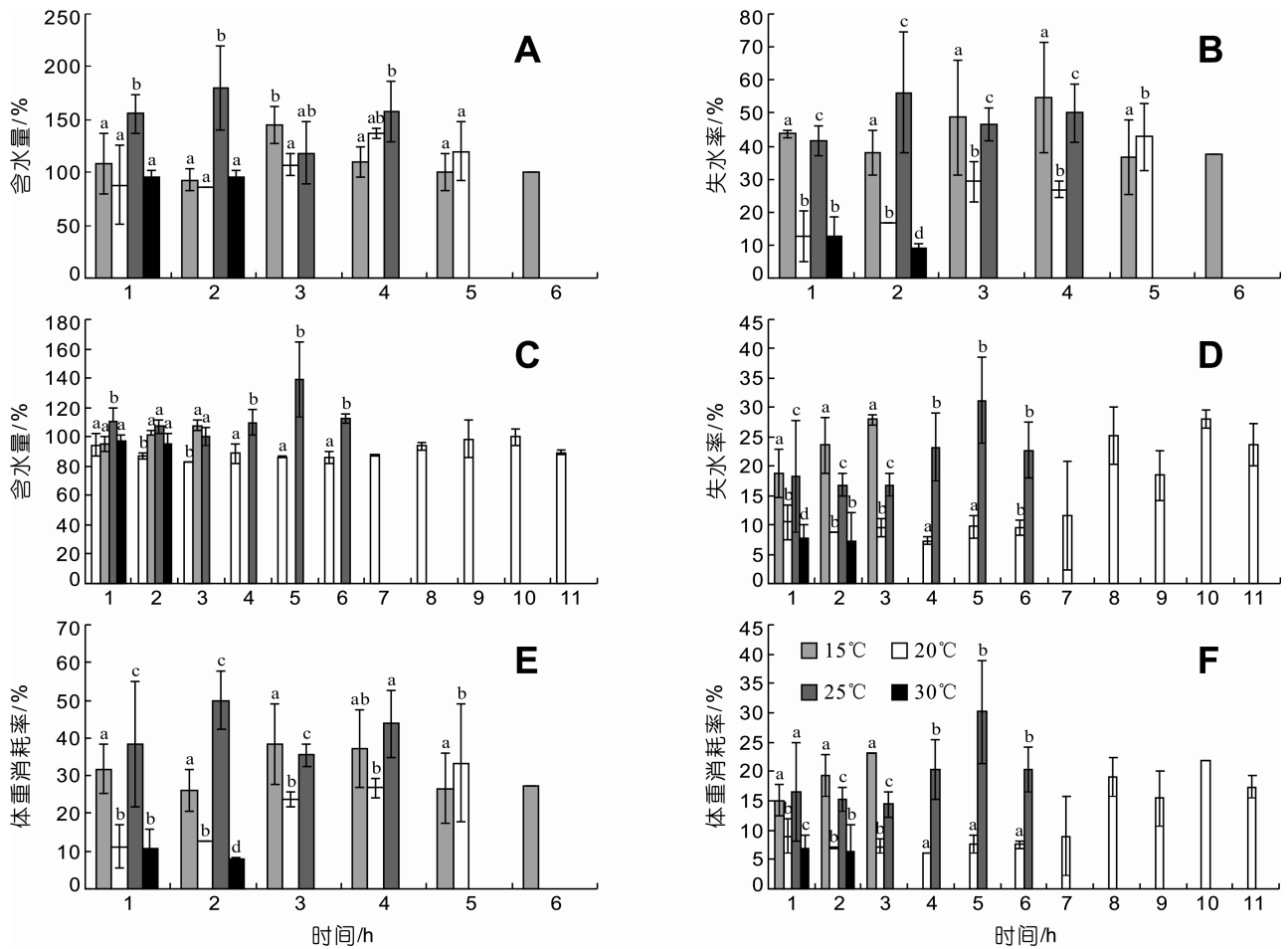


图 2 不同干露温度下幼体的水分代谢
Fig.2 Water metabolism of larvae under different desiccation temperatures

A: C 的含水量; B: C 的失水率; C: C 的含水量; D: C 的失水率; E: C 的体重消耗率; F: C 的体重消耗率。

不同字母表示处理间差异显著($P<0.05$), 下同

25℃时体重消耗率变化较大, 分别为 $11.5\% \pm 10.2\%$ 和 $19.5\% \pm 10.6\%$, 而 15℃和 30℃时波动较小分别为 $19.7\% \pm 3.3\%$ 和 $6.7\% \pm 0.2\%$ (图 2F)。蟹苗干露耐受性的强弱是蟹苗的含水量、失水率和体重消耗率三者含量多少的反映(Omori *et al.*, 1998)。从图 2E 和图 2F 可以看出, 随干露时间的逐渐增加, C、C 的体重消耗率在在一定程度上表现出增长趋势, 各温度条件下 C 的体重消耗率明显低于 C ($P<0.05$), 说明在耐干露时间上, $C > C$ 。

2.3 幼体死亡时的干重

图 3 为幼体在不同温度干露下死亡时的干重。统计分析发现, 幼体死亡时的干重处理间存在极显著的差异($P<0.01$), 各温度梯度下 C 的干重均高于 C ($P<0.05$)。不同温度下 C 的干重表现为 $15^\circ\text{C} > 20^\circ\text{C} > 30^\circ\text{C} > 25^\circ\text{C}$, 15℃和 20℃处理间差异不显著, 25℃和 30℃处理间差异不显著, 但 15℃、20℃处理与 25℃、30℃处理间差异显著($P<0.05$); C 的干重表现为 $20^\circ\text{C} > 15^\circ\text{C} > 30^\circ\text{C} > 25^\circ\text{C}$, 15℃和 30℃处理间差异不显著($P>0.05$), 其他处理间差异显著($P<0.05$)。结果说明, C 和 C 幼体死亡时的干重在 25℃时最低, 15℃或 20℃最高, 这可能与幼体在不同温度下的代谢强度有关。

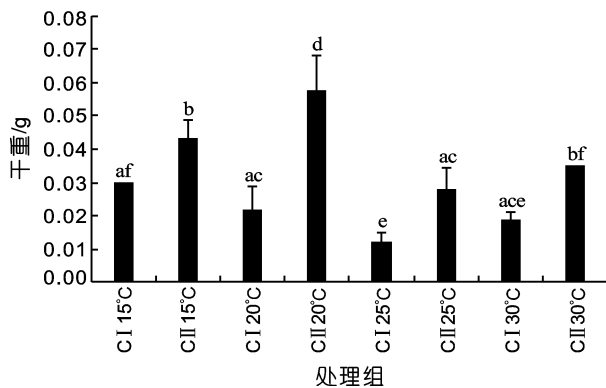


图 3 幼体干露死亡时的干重

Fig.3 Dry mass of larvae at the time of death

3 讨论

3.1 露空温度与水分代谢和露空时间的关系

蟹类露空后鳃部仍保有一定水分, 以维持气体交换和新陈代谢的正常进行(曾朝曙等, 1992), 鳃部的保水能力和机体对低含水量的耐受性决定了蟹类的露空时间(Omori *et al.*, 1998)。Grant 等(1979)报道,

生活于潮间带和潮下带的黑指锯缘青蟹(*Eurypanopeus depressus*)当机体水分损失 30.1%—32.0%时死亡。Omori 等(1998)分析认为, 两种锯缘青蟹(*Helice tridens* & *H. japonica*)干露死亡时的含水量是机体干重的 1.773 倍。因此, 机体的含水量和失水速度在一定程度上决定了蟹类的露空时间。本实验中, 25℃时的失水率高于其它温度组; 15℃时的失水率和体重消耗率均高于 20℃时; 而 20℃试验组的失水率一直维持在较低水平, 因此, 虽然 15℃和 25℃都为三疣梭子蟹的适宜温度范围(孙颖民等, 1982), 但 20℃时干露耐受性最强, 具有最长的露空时间。

因此, 从本实验的结果来看, 20℃是幼蟹的最佳露空温度。温度低(15℃), 不利于蟹苗的存活, 温度过高(25℃), 失水加快, 露空时间降低。相同温度下, 随三疣梭子蟹干露时间的增加, 幼体的死亡率增加, 干露耐受性表现为 $C > C > Z > Z = M$ 。因此, 对三疣梭子蟹幼体而言, 不论是 Z、Z、M 还是 C、C, 其成活率都与干露温度、干露时间、含水量、失水率、体重消耗率密切相关, 25℃以上的高温和 15℃以下的低温都不利于苗种的存活。

3.2 不同发育阶段幼体露空时间的差异

蟹类具有几丁质外壳, 干露时体内水分损失越少, 露空时间越长。但由于各发育阶段的结构、生理和生态特点不同, 成活率表现出一定的差异(乔振国等, 2004)。对于三疣梭子蟹幼体不同发育阶段干露耐受性分析国内外未见相关研究报道。其他蟹类上有研究认为, 蟹类的干露耐受性与其甲宽存在线性关系, 甲宽越大其干露耐受性越强(Omori *et al.*, 1998)。从本实验的结果来看, C 的露空时间远大于 C。这应该是与 C 各方面的生长发育较 C 更加成熟, 体型增大, 机体的抗逆性相对强, 头胸甲较大, 体内保有的水分相对较多, 体重消耗率低; C 和 C 形态相似, 但体型小, 虽然含水量高, 但失水率和体重消耗率更高, 故 C 的露空时间小于 C, 这与 Omori 等(1998)在两种锯缘青蟹上研究的结论一致; Z、Z 和 M 体型小而柔软, 保水性差, 且单位质量的体表面积相对较大, 增加了与空气的接触面积, 所以失水率增加。因此, Z、Z 和 M 的露空时间低于 C 和 C。这与乔振国等(2004)在锯缘青蟹上的研究结果一致。

Z、Z 和 M 干露过程中, 本实验发现 Z 的露空时间长于 Z 和 M, 其原因可能在于 Z 是 Z

与 M 的中间形态。Z 和 M 幼体形态上均较前一发育阶段发生了剧烈变化, Z 开始形成腹肢、生活方式向自游泳转变, 变态为 Z 后在形态和生活方式上未发生大的变化, 加之体型增加, 环境适应性增强, 故 Z 的干露耐受性强于 Z ; M 腹部迅速收缩、头胸甲增大变形, 体型上趋向幼蟹, 是形态变化最为显著的阶段, 变态过程中能量消耗高, 是变态成活率最低的时期, 影响了逆境抗性, 造成干露耐受性低于 Z 。

尽管本试验能够在一定程度上反映出三疣梭子蟹幼体不同温度下的露空时间, 但仍存在诸多不足, 如本试验未对干露过程中鳃部和体腔中的水分变化进行分析, 未检测干露过程中幼体生理指标的变化情况等。因此, 要明确三疣梭子蟹干露耐受性的机理, 还需进行更深入的研究。

参 考 文 献

乔振国, 张 虎, 归从时, 2004. 环境因子变化对锯缘青蟹后期幼体及仔蟹变态存活率的影响. 海洋渔业, 26(1): 40—43
刘建业, 喻达辉, 李金碧, 2011. 盐度和 pH 对合浦珠母贝

(*Pinctada fucata*)耗氧率和排氨率的影响. 海洋与湖沼, 42(4): 603—607
孙颖民, 高振亮, 刘洪尧等, 1982. 三疣梭子蟹池养生物学的初步观察. 海洋科学, (4): 40—43
高保全, 刘 萍, 李 健等, 2008. 三疣梭子蟹形态性状对体重影响的分析. 海洋水产研究, 29(1): 44—50
高保全, 刘 萍, 李 健等, 2010. 三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)体重遗传力的估计. 海洋与湖沼, 41(3): 322—326
曾朝曙, 李少菁, 1992. 温度对锯缘青蟹幼体存活与发育的影响. 水产学报, 16(3): 213—221
Grant J, Mcdonald J, 1979. Desiccation tolerance of *Eurypanopeus depressus* (Smith) (Decapoda: Xanthidae) and the exploitation of microhabitat. Estuaries, 2(3): 172—177
Liu Y, Liu Y L, Ye L C *et al*, 2009. Genetic differentiation between populations of swimming crab *Portunus trituberculatus* along the coastal waters of the East China Sea. Hydrobiologia, 618: 125—137
Omori K, Irawan B, Kikutani Y, 1998. Studies on the salinity and desiccation tolerances of *Helice tridens* and *Helice japonica* (Decapoda: Grapsidae). Hydrobiologia, 386: 27—36

LARVAE MORTALITY OF *PORTUNUS TRITUBERCULATUS* UNDER DIFFERENT DESICCATION TEMPERATURES

JIANG Ling-Xu^{1,2}, LIU Qun^{1,3}, WANG Ren-Jie^{1,2}, LI Yu-Quan^{1,2}

(1. College of Animal Science & Veterinary Medicine, Qingdao Agricultural University, Qingdao, 266109; 2. Research Center for Synthetic Use and Ecological Agriculture for Saline-alkaline Soil of Huanghe River Delta, Dongying & Qingdao Agriculture University, Dongying, 257452; 3. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai, 201306)

Abstract The swimming crab *Portunus trituberculatus* is distributed in the coastal waters of Korea Peninsula, Japan and China, and is mainly distributed in the Bohai, Yellow and East Seas in China. This species is dominant in world portunid crabs fisheries and one of the most commercially important fisheries in China. *P. trituberculatus* culture was encouraged by the increased market demand and price, and availability of good feeds. No-water transportation is the most important way of larvae and grown crab in the process of transportation. Mortality of larvae and edible quality of grown crab are significantly affected by their tolerance to desiccation. In this study, four temperatures of 15, 20, 25 and 30°C were designed. Death time, mortality, the body water content, dehydration rate and weight consumption rate in the different developmental stages from 3rd zoeal (Z₃) to 2nd young crab (C₂) were determined to analyze the relationships of temperature, developmental stage and mortality. The results showed that larvae mortality increased with the increasing desiccation time in the developmental stages ($P < 0.05$). The body water content, dehydration rate and weight consumption rate of 1st young crab (C₁) were higher than those of C₂ at the different temperatures ($P < 0.05$). Desiccation time of C₁ was the longest at 20°C, and death time and half lethal time was about 11h and 7—8h, respectively. Desiccation time of C₂ was the shortest at 15°C and the longest at 20°C, and death time was 0.5h and 4h, respectively. Desiccation tolerance of larvae was C₂ > C₁ > Z₃ > Z₂ = M at the same temperature. Therefore, larvae didn't survive well below 15°C and desiccation tolerance decreased above 25°C. Namely, it was 20°C that larvae can survive for a long time.

Key words *Portunus trituberculatus*, Temperature, Desiccation, Mortality