

研究简报

急升温对十种甲壳动物存活率的影响*

EFFECT OF SUDDEN RAISE OF TEMPERATURE ON THE SURVIVAL RATE FOR TEN SPECIES OF CRUSTACEAN

黄良民 林秋艳 袁文彬 陈清潮

(中国科学院南海海洋研究所, 广州)

Huang Liangmin, Lin Qiuyan, Yuan Wenbin and Chen Qingchao

(South China Sea Institute of Oceanology, Academia Sinica, Guangzhou)

关键词 急升温, 甲壳动物, 存活率

KEYWORDS sudden raise of temperature, crustacean, survival rate

温度是影响海洋生物生长繁殖和分布的一个重要因子。在适温范围内, 生物可以正常生长繁殖; 超过适温范围时, 生物的行为活动以及生长繁殖都将受抑制, 甚至导致死亡。张伟权等(1980)、王克行等(1984)曾观察过温度对中国对虾幼体存活率和生长的影响, 黄加祺和郑重(1986)、林森杰和李松(1988)、Bhattacharga(1984)、Bradley(1975)、Moreira(1982) 分别报道过温度与某些桡足类生长、繁殖及存活率关系的实验结果。有关虾、蟹等经济动物和浮游甲壳类的行为生态与分布, 不少学者已作过较细致的研究和论述^[2, 4, 6, 8, 9]。

为探索某些甲壳动物的适温性, 以及评价、预测沿岸工厂或动力站排放热废水对海洋生物的影响, 作者于 1987 年 12 月和 1988 年 3 月分别在海南岛澄迈湾和珠海市唐家湾开展了某些海洋生物的增温效应试验。本文报道试验结果, 着重分析和讨论十种海洋甲壳动物与急升温的关系, 并建立其相关模式, 以供参考。

材 料 与 方 法

试验材料包括精致真刺水蚤(*Euchaeta concinna* Dana)、真刺唇角水蚤(*Labidocera euchaeta* Giesbrecht)、长额刺糠虾(*Acanthomysis longirostris* Li)、中国对虾(*Penaeus orientalis* Kishinouye)幼体、墨吉对虾(*P. merguensis* De Man)、脊尾白虾(*Exopalaemon carinicauda* Hothuis)、巨指长臂虾(*Palaemon macrodactylus* Rathbun)、锯缘青蟹(*Scylla serrata* Forskal)、锐齿蛄(*Charybdis acuta*)

* 本实验工作得到何悦强研究员和温伟英副研究员的大力支持和帮助, 林燕棠副研究员和陈雪梅同志协助部分种类鉴定, 谨此一并致谢。

收稿年月: 1989年10月; 1990年5月修改。

A. Milne-Edwards)和橄榄拳蟹(*Philyra olivacea* Rathbun)等。精致真刺水蚤是从澄迈湾采集(1987年12月),中国对虾幼体和墨吉对虾分别从珠海农委虾苗场和海南大峰养虾场采集;此外,其余种类都是1988年3月从珠海唐家湾—淇澳岛附近海区采集。

几种浮游甲壳类和中国对虾幼体(无节—蚤状及糠虾幼体)用三角烧杯,其他生物用有机玻璃培养缸培养。实验设15、20、25、30、33、35、38、40°C等若干组,水温采用WMZK-01型控温仪控制,并用精密温度计校对。海水从附近海区采集,经暗置1—2天并经过滤后使用;培养墨吉对虾和精致真刺水蚤用的海水盐度为33.5‰,其余生物所用海水盐度约为20‰;pH为8左右。试验结果如下。

结果和讨论

(一) 几种浮游甲壳动物的增温效应比较

精致真刺水蚤是澄迈湾冬季浮游动物的主要优势种,1987年12月调查结果占浮游动物总数的59.2%⁽¹⁾。该种动物适生温度较低,当把它们移入25°C水体时(与自然水温差为5°C),出现附肢摆动加快,游动失去平衡,5小时后开始向底层游动;当把它们移入30°C水体时,30分钟后就丧失游泳能力,下沉水底,甚至死亡(表1)。据海岸带调查的资料,该湾夏、秋季精致真刺水蚤的数量极少,几乎匿迹⁽²⁾,而冬季则为优势种,数量最高可达994.4个/m³。可见该种浮游甲壳动物适宜于较低温度条件下繁殖生长。

表1 三种浮游甲壳动物对增温的忍受限比较

Table 1 The comparison of the tolerance of the three species of crustacean plankton increased temperature

种名	温度(°C)	50%致死时间	100%致死时间
精致真刺水蚤	25	5小时	30分钟 20分钟
	30		
	33		
长额刺糠虾	30	22小时35分钟	16小时10分钟 35分钟 10分钟
	33	1小时10分钟	
	35	20分钟	
	38		
真刺唇角水蚤	30	20小时55分钟	97小时 16小时30分钟 10分钟 5分钟
	33	2小时40分钟	
	35		
	38		

真刺唇角水蚤是珠海附近海区春季浮游甲壳动物的优势种类,占总个体数量的49.1%(1988年3月)。试验结果表明,该种动物在20—25°C时生长、活动最好,14—15°C次之,30°C时培养20小时后就有50%死亡,35°C时则10分钟后全部死亡(表1)。据实验所获数据,通过作图插值法进行定量分析,该种动物50%(1)和100%(2)死亡的忍受时间(T,分钟)与温度(t,°C)之间的关系如下:

$$\log T = 14.1142 - 0.3618t \quad (n=6, r = -0.980) \quad (1)$$

(1) 中国科学院南海海洋研究所,1988,海口火电厂海洋水环境影响评价报告书。

(2) 中国科学院南海海洋研究所,1986,广东省潮下带生物调查报告。

$$\log T = 15.4112 - 0.3918t \quad (n=6, r = -0.936) \quad (2)$$

林森杰和李松(1988)观察过温度对真刺唇角水蚤生殖率的影响,指出在 10—25°C 时其产卵率随温度而上升,在 30°C 时则下降。从他们的报道和本实验结果都表明,真刺唇角水蚤的繁殖生长不适宜较高温度。

长额刺糠虾对温度的反应不如真刺唇角水蚤敏感,在 35°C 水体中可忍受 35 分钟(表 1)。其 50% (3) 和 100% (4) 死亡的忍受时间与温度之间有以下关系:

$$\log T = 15.3951 - 0.4046t \quad (n=6, r = -0.972) \quad (3)$$

$$\log T = 16.8368 - 0.4242t \quad (n=5, r = -0.935) \quad (4)$$

若以温度(t , °C)和时间(T , 小时)为自变量作综合分析,则可获得计算该种动物死亡率(D_r , %)的模式如下:

$$D_r = -508.0119 + 17.0138t + 44.0097 \log T \quad (n=8, r = 0.791) \quad (5)$$

从珠江口海岸带调查的资料看,真刺唇角水蚤和长额刺糠虾在春季为优势种,夏、秋季数量则极少,反映出这两种动物不适宜较高温度条件下生长,但比精致真刺水蚤能忍受较高温度。美国学者⁽³⁾曾在研究比斯开湾的纺锤镖水蚤(*Acartia tonsa*)对热污染的效应问题时指出,纺锤镖水蚤对温度的忍受能力与其在原来生活环境中对自然温度的适应时间有关。这表明浮游动物对温度的忍受力不但存在种间差别,相同种类,其耐温力也随季度不同而变化。

(二) 升温对虾类的影响

1987年12月从海南岛大峰养虾场采集的墨吉对虾(体长 8—12cm 的成虾)试验的结果表明,在 25°C 和 30°C 水体中,比在自然温度(19—20°C)条件下的活动更为活跃,摄食能力也更强。这种生态行为的加速现象,可能是由于温度对生物体内原生质或酶活性的作用促使新陈代谢加快所致。但水温达 35°C 时,虾的活动出现异常,有的跳跃出水面,5 分钟后即有 70% 侧卧于水底,处于昏迷或半昏迷状态,触之不动;当把它们移回自然温度水体时,2 分钟左右附肢开始摆动,5 分钟后 85% 复活并游动,这时再把复活的虾移入 35°C 水体则显得稍微适应,但游泳能力仍比不上 35°C 以下的其它温度组,大多数侧卧于水底,有些触之才有短暂游动,有些仅附肢摆动,失去游泳能力和摄食能力,5 小时后即死亡。当水温升高至 40°C 时,5 分钟内就全部死亡(图 1)。由上可知,水温 25—30°C 为墨吉对虾成体生长活动的最佳温度,35°C 为其临界温度。据有关报道,墨吉对虾孵化期适温范围为 22—32°C,无节幼体为 23—33°C,水温高于 35°C 时,幼体附肢摆动加快,并游向水底;溞状幼体适温范围是在 20—30°C,仔虾为 20—35°C。这说明墨吉对虾在不同发育阶段的适温范围存在一定差异。不同种类的对虾,其适温范围也不同,如长毛对虾(*Penaeus penicillatus*)的生长适温为 25—32°C,幼体发育适温范围为 25—35°C,最适温度为 26—29°C。斑节对虾(*P. monodon*)的生长适温为 25—30°C;在 35°C 条件下对生长不利,其受精卵孵化时的适宜水温为 26—29°C⁽⁴⁾。

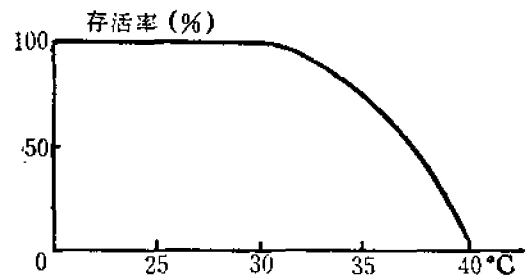


图 1 温度对墨吉对虾存活率的影响
Fig. 1 Effect of temperature on the survival rate of *Penaeus merguensis*

脊尾白虾和巨指长臂虾是从珠海淇澳岛附近海区采集,它们在 15—30°C 水温条件下生长活动都正

(3) 厦门大学海洋系海洋生物教研室编,1977,海洋污染与海洋生物。

(4) 雷铭泰,1986,虾类养殖技术,水产养殖培训班讲义之一,中国科学院南海海洋研究所。

常,在25—30°C水体中显得最活跃;在35°C时,脊尾白虾仅培养10分钟就侧卧水底,失去游泳能力,仅附肢摆动,30分钟后即死亡。巨指长臂虾的耐温力较脊尾白虾强,在35°C时培养40小时死亡67%,在38°C条件下培养10分钟后即全部死亡。但经过温度驯化(不同梯度逐渐升温驯化,每级5°C或3°C)之后,它们则能适应较高温度或延长忍受高温的时间(表2)。

表2 脊尾白虾和巨指长臂虾驯化前、后耐温力比较
Table 2 Comparison of the tolerance of *Exopalaemon*
cafnicauda and *Palaemon macrodactylus* around in
domestication for temperature

种 名	驯 化 前		驯 化 后		
	温度(°C)	忍受时间	驯化温度(°C)	刺激温度(°C)	忍受时间
脊尾白虾	35	30分钟	25	35	1小时
	38	5分钟	20	40	10分钟
巨指长臂虾	35	33小时仍正常	35	40	20分钟
	38	10分钟			

中国对虾无节—蚤状幼体(孵化3天)和糠虾幼体(孵化16天)对温度的适应有一定的差别。较低温度(14—15°C)对中国对虾无节幼体的发育反而不利,死亡率较高;在25—30°C时培养12小时后均出现蜕皮变态,但也有一些幼体在蜕皮过程中死亡(表3)。张伟权等(1980)指出,在水温为14°C的条件下,

表3 中国对虾幼体变态发育及死亡与升温的关系
Table 3 Relation of the development of metamorphosis
and death of *Penaeus orientalis* larva
with increasing temperature

温 度 (°C)	无 节 — 蚤 状 幼 体		糠 虾 幼 体	
	变态率(%)	死亡率(%)	变态率(%)	死亡率(%)
14—15	50	100	90	0
25	100	20	90	0
30	100	22	100	10
33	100	53	100	30
35	80	90	10	91

注: 试验时间用了68小时。

下,无节幼虫完成变态时间需6—7天,大部分幼虫沉底;而在21—23°C时,仅3天就完成变态,大部分幼虫活动正常;在27°C条件下,2天内就完成变态,但死亡率较高,与我们的观察结果不完全一致。这可能与南、北方自然生长环境不同有一定关系。

本试验表明,较低温度(14—15°C)对糠虾幼体生长发育的影响不明显,高温(35°C)危害较大,25分钟内死亡 55%,30 分钟后死亡率达 91%(图 2)。在 25—30°C 时糠虾幼体脱皮速度较快,游动、摄食都比较活跃。由此可见,中国对虾幼体的生长发育适温范围是在 20—30°C 之间,最佳温度为 25°C;当水温超过 30°C 时,随温度升高,死亡率增大,忍受时间缩短。中国对虾无节—蚤状幼体(6)和糠虾幼体(7)对不同温度和忍受时间(T, 小时)与死亡率(Dr, %)的相关模式如下:

$$Dr = -43.7219 + 3.4988t - 0.4598T \quad (n=9, r=0.755) \quad (6)$$

$$Dr = -381.5672 + 12.9210t - 3.1730\log T \quad (n=8, r=0.832) \quad (7)$$

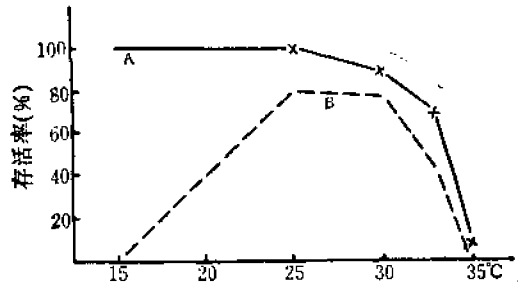


图 2 温度对中国对虾幼体成活率的影响

Fig 2 Effect of temperature on the survival rate of *Penaeus orientalis* larva

(三) 急升温对几种蟹活动的影响

试验用的几种蟹都是从珠江口淇澳岛附近海区采集。锯缘青蟹是南海北部的常见经济种类,适温范围较广,在 15—33°C 水体中都能正常活动。当移入 35°C 水体时,2 分钟内会出现明显的不适状况,左右爬动,极为不安;10 分钟后活动渐趋正常。该种类对升温的忍受力试验的结果与赖庆生(1986)报道的结果一致。橄榄拳蟹的适温性与锯缘青蟹相近,水温低于 35°C 时活动正常,当温度升至 38°C 时,则 10 分钟内就死亡。锐齿蜆忍受升温能力最差,在 30°C 条件下 10 分钟内就死亡。其 100% 死亡的温度与忍受时间(T, 分钟)的关系可用下式(8)表示:

$$\log T = 2.1446 - 0.03693t \quad (n=5, r=-0.946) \quad (8)$$

此外,我们还对锯缘青蟹进行了驯化试验,从 25°C 开始逐级升温(梯度为 5°C),观察其对温度的反应。在 25°C 水体中培养 36 小时后移入 30°C,30 分钟后再移入 35°C 水体中,依此直至 40°C 时锯缘青蟹仍没死亡;最后移入 43°C 水体中,则能忍受 49 分钟。但没有经过驯化的锯缘青蟹,在 38°C 时仅忍受 10 分钟就死亡。可见,经驯化的锯缘青蟹能忍受较高温度或延长忍受时间。

由上可知,不同种类的甲壳动物对急升温的忍受能力存在较大差别。有的种类能忍受较高温度,适温范围也较宽,如锯缘青蟹、橄榄拳蟹等;有的种类对温度比较敏感,如锐齿蜆、精致真刺水蚤等,适生温度低于 25°C;试验的几种虾类耐温力较相近,适生温度为 20—30°C。以上实验结果对于研究海洋甲壳动物的生理生态特征,以及进一步开发利用海洋生物资源和生态评价等都具有重要参考价值。

参 考 文 献

- [1] 王克行等,1984. 温度对对虾 *Penaeus orientalis* Kishinouye 生长的影响,海洋湖沼通报,(4):42—45。
- [2] 刘瑞玉等,1986. 南海对虾类,128—138,农业出版社(京)。
- [3] 林森杰、李 松,1988,真刺唇角水蚤体长和温度对生殖率的影响,厦门大学学报(自然科学版),28(5):699—698。

- [4] 陈清潮等,1974。南海的浮游挠足类,海洋科学集刊,第9集,101—137。
- [5] 张伟权等,1980。影响对虾幼虫存活原因的商榷(II),理化环境因子对受精卵和各期幼虫的影响,海洋湖沼通报,(2):41—49。
- [6] 郑重等,1984。海洋浮游生物学,289—417,科学出版社(京)。
- [7] 黄加祺,郑重。1986,温度和盐度对厦门港几种挠足类存活率的影响,海洋与湖沼,17(2):161—167。
- [8] 赖庆生,1986。锯缘青蟹在上海沿海的养殖试验,海洋渔业,(2):72—75
- [9] 戴爱云等,1986。中国海洋蟹类,81—209,海洋出版社(京)。
- [10] Bhattacharya, S. S., 1984, Individual and combined effects of salinity and temperature on the Calanoid copepoda *Paracalanus aculeatus* Hiesbrecht. *Second International Conference on Copepoda*, 8, 13—17. Ottawa, Canada. Programme and Abstract, p. 28。
- [11] Bradley, B. P., 1975, The anomalous influence of salinity on temperature tolerances of summer and winter population of the copepod *Eurytemora affinis*. *Biol. Bull.*, 148: 26—34.
- [12] Moreira, G. S. *et al*, 1982, The combined effects of temperature and salinity on the survival of *Euterpina acutifrons* (Dana) (Copepoda, Harpacticoida) from the New Zealand and Brazilian Coasts, *J. Plankton Research*, 4(1): 85—91.