

温度和盐度对厦门港几种桡足类 存活率的影响

黄加祺 郑重
(厦门大学)

提要 本文研究结果表明,温度、盐度及其交互作用对厦门港三种桡足类(中华哲水蚤 *Calanus sinicus*, 瘦尾胸刺水蚤 *Centropages tenuiremis* 和特氏歪水蚤 *Tortanus derjugini*)存活率的影响十分显著。在这三种桡足类中,以特氏歪水蚤耐温、盐的能力最强,中华哲水蚤最弱,而后者的雄体比雌体更弱。高温对冬季种群的影响很明显。温度的变化可改变动物的耐盐范围。在接近自然海区温度条件的实验组中,有较高的存活率和较大的耐盐范围。

温度和盐度是影响海洋浮游动物(特别是河口桡足类)生长、繁殖、个体大小和分布的重要环境因素^[1,4,5,7,10-12,18]。过高或过低的温度和盐度,都会引起原生质的变性而导致生物死亡。不同的动物,甚至同种动物不同发育期和不同性别,对温度和盐度的适应能力不同,都有一定适温和适盐范围。为了阐明一些桡足类对温度、盐度的适应范围及交互作用对桡足类生存和分布的影响,本文进行了温度、盐度对桡足类存活率影响的研究。有关这方面研究,以往学者对海洋底栖动物的研究较多^[1,4,5,10-12,18],而对桡足类的研究甚少。仅 Marshall 等^[14]对飞马哲水蚤 (*Calanus finmarchicus*); Lance^[13]对三种纺锤水蚤 (*Acartia* spp.); Bhattacharya^[8]对针刺拟哲水蚤 (*Paracalanus aculeatus*); Bradley^[9]对近缘真宽水蚤 (*Eurytemora affinis*); Moreira^[15,16]对尖额真猛水蚤 (*Euterpina acutifrons*); Ranade^[17]对 *Tigriopus fulvus*; Matutani^[1]对 *Tigriopus japonicus* 进行过研究。作者曾对九龙江口桡足类和盐度关系进行了初步研究^[6],主要侧重于盐度单因素对桡足类存活率的影响,并结合桡足类在自然海区的分布加以探讨。本文在此基础上,进一步研究了温度、盐度两种因素对桡足类的影响,而以存活率作为衡量影响程度的标志。

材料与方 法

1983年12月至1984年2月在厦门轮渡码头采集实验用的动物,置于200ml的结晶皿中,在室温和海水(静置两天后的澄清海水,盐度29‰左右)中喂养12小时后,挑去活动性差和附肢不全的个体,然后把实验动物置于不同温度(最低4℃,最高26℃的恒温水浴,温度误差±0.5℃)和不同盐度(10—50‰)的水中,不投饵料,24小时后检查其存活率。海水和盐卤的盐度用银量法测定,高盐水用海水加盐卤配制,低盐水则用蒸馏水把海水稀

1) 原文未见,参阅 Moreira^[16]。

收稿日期: 1984年10月5日。

释。

每次实验用动物数目一般为每个结晶皿 25—50 只。实验期间,海区现场温度为 10.2—17.0℃, 盐度为 26.3—29.0‰。用双因素方差分析法计算温度、盐度及其交互作用对动物死亡率的影响。动物存活率在不同温度、盐度中的分布图用 PC-8000 电子计算机进行数据处理和绘图。

结 果

1. 温度、盐度对中华哲水蚤的影响

对雌性中华哲水蚤进行了 5 次重复实验,其中 3 次实验在 4°, 12°, 20° 及 26℃ 温度组进行,另两次实验在 6°, 10°, 15° 及 24.5℃ 温度组进行。图 1 表示雌性中华哲水蚤的存活率在不同温度、盐度中分布的情况。可以看出,存活率越高,分布的温度、盐度范围就越狭窄。同时可见,温度、盐度及其交互作用对雌性中华哲水蚤存活率的影响是明显的。90% 及以上的存活率曲线在 10℃ 左右具有最大的盐度范围,可变化于 17.5—43.0‰,而 10% 存活率的曲线在 12℃ 左右的盐度范围最大(12.5—47.5‰)。90% 及以上的存活率的最大温度范围是盐度在 30‰ 左右,当温度达 28℃ 时,已濒临死亡。

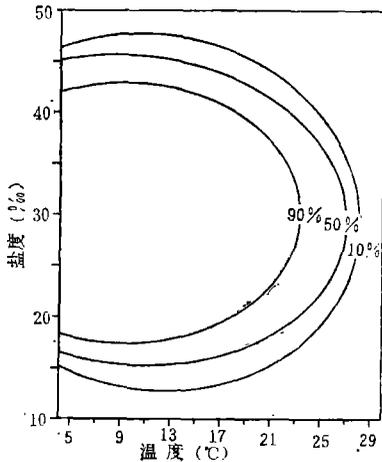


图 1 雌性中华哲水蚤的存活率在不同温度、盐度中的分布曲线

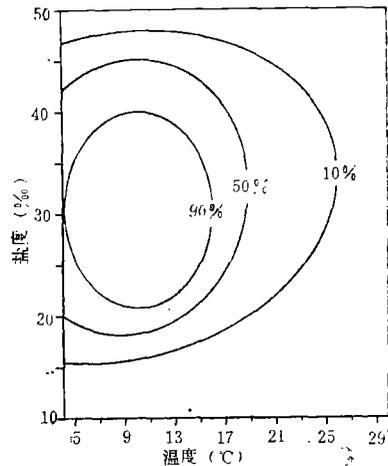


图 2 雄性中华哲水蚤在不同温度、盐度中的分布曲线

对雄性中华哲水蚤进行两次重复实验,所得的结果如图 2 所示。其 90% 及以上存活率的盐度范围为 20.8—40.0‰;温度 10℃ 左右,最大温度范围为 4—16℃,盐度为 30.5‰;50% 存活率的盐度范围是 17.9—45.2‰,其温度上限为 19℃;而 10% 存活率的盐度范围最大,为 15.3—47.9‰,而温度上限仅达 26℃。换言之,当温度高达 26℃ 时,雄性中华哲水蚤即濒于死亡。可见温度和盐度对其存活率的影响是显著的。

2. 温度、盐度对雌性瘦尾胸刺水蚤的影响

图 3 所示系 3 次重复实验得出的结果。从图中可看出,90% 及以上的雌性瘦尾胸刺水蚤存活率的最大温度范围(4—26.3℃)在盐度 27.0‰ 处,最低盐度(15.0‰)所处的温度是

15.4℃,而最高盐度(42.3‰)所处的温度是11.6℃;50%存活率最大盐度范围是12.4—44.7‰;10%存活率的盐度范围最大为9.2—47.4‰,而温度上限可达30.3℃。整个存活率的椭圆形曲线偏向右下方,这意味着高温利于动物耐低盐,而低温则利于耐高盐的倾向。

3. 温度、盐度对特氏歪水蚤的影响

特氏歪水蚤是河口性种类,对温度、盐度的适应范围(特别是盐度)比前两种大。在盐度为10—50‰的两次重复实验中,其90%及以上存活率的盐度范围可从13.1到48.3‰,温度的上限可达26℃,最低盐度处于8.4‰的温度中,而最高盐度是在14.7℃左右。整个存活率的椭圆曲线长轴偏向左下方(图4),这意味着高温较有利于动物适应高盐。反之,低温较利于动物忍耐低盐。由于其适应的温度、盐度范围大,在实验中所得50%与10%存活率的数据少,所以在图4中仅标出90%存活率的分布图。

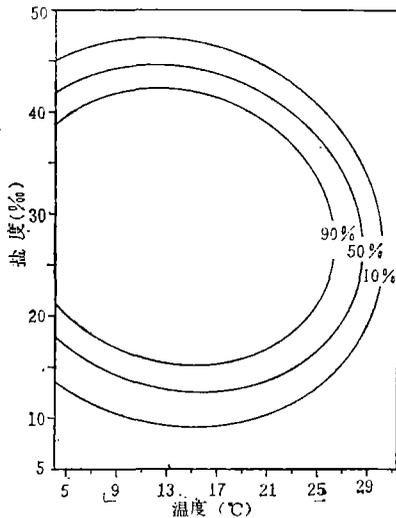


图3 雌性瘦尾胸刺水蚤存活率在不同温度和盐度中的分布曲线

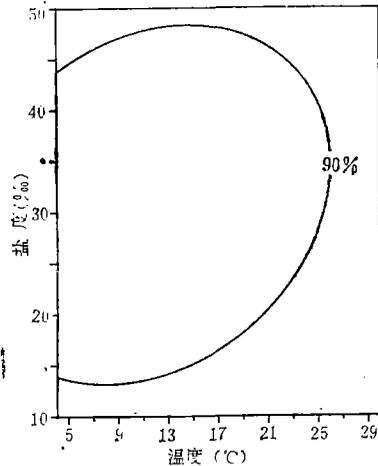


图4 特氏歪水蚤在不同温度、盐度中90%存活率的分布曲线

讨 论

1. 温度和盐度的交互作用

从上述结果可以看出,温度和盐度对三种桡足类存活率的影响是明显的。然而温度和盐度交互作用的影响如何?我们通过双因素方差分析的方法,对这三种桡足类的死亡率进行了数学统计,结果示于表1—4中,其中表1是根据前三次实验(温度组为4°,12°,20°及26℃)的数据进行计算的。

交:从表1—4可以看出,温度、盐度和这三种桡足类的死亡率有显著的相关,其 p 值都小于0.01。而温度和盐度的交互作用,除了与雄性中华哲水蚤的死亡率呈现显著相关外($p < 0.05$),与雌性中华哲水蚤、雌性瘦尾胸刺水蚤以及特氏歪水蚤的死亡率均呈现显著相关($p < 0.01$)。这说明了温度的变化,可以改变桡足类适应盐度的范围;反之,盐度越

表 1 中华哲水蚤(♀)死亡率的方差分析

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	p 值	显著性
盐度	107,949	7	15,421	99.36	<0.01	极其显著
温度	46,469	3	15490	99.81	<0.01	极其显著
盐度×温度*	26,961	21	1284	8.27	<0.01	极其显著
误差	9931	64	155			
总和	191,310	95				

* 盐度×温度表示盐度和温度的交互作用(下同)。

表 2 中华哲水蚤(♂)死亡率的方差分析

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	p 值	显著性
盐度	48,326	7	6904	22.9	<0.01	极其显著
温度	19,087	3	6362	21.1	<0.01	极其显著
盐度×温度	13,858	21	660	2.19	<0.05	显著
误差	9633	32	310			
总和	90,904	63				

表 3 瘦尾胸刺水蚤(♀)死亡率的方差分析

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	p 值	显著性
盐度	121,458	7	17,351	86.37	<0.01	极其显著
温度	16,625	3	5542	27.58	<0.01	极其显著
盐度×温度	14,577	21	694	3.46	<0.01	极其显著
误差	12,859	64	201			
总和	165,519	95				

表 4 特氏歪水蚤死亡率的方差分析

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	p 值	显著性
盐度	13,788	7	1970	11.81	<0.01	极其显著
温度	27,155	3	9052	54.29	<0.01	极其显著
盐度×温度	24,287	21	1157	6.94	<0.01	极其显著
误差	5336	32	167			
总和	70,566	63				

接近忍耐范围的上、下限,其温度的忍受范围也变窄。例如,雌性中华哲水蚤在 10℃ 左右时,其 90% 及以上的存活率的盐度范围为 17.5—43.0‰,但当温度增加到 21℃ 时,其盐度范围就变窄(23.4—37.2‰)。同样,盐度的变化也改变动物对温度的适应范围,如雌性瘦尾胸刺水蚤在盐度 27‰ 左右时,90% 的存活率具有最大的温度上限值(26.3℃)。当盐度下降到 20‰ 时,其温度上限仅达 17.8℃,耐温范围就变窄。可见,由于温度和盐度的交互作用,使存活率的分布曲线成为近椭圆形。值得注意的是,在接近自然海区的温度时,具有最大的盐度范围。例如,雌、雄性中华哲水蚤 90% 及以上的存活率在 10℃ 左右,雌性 10% 存活率在 12℃ 左右,雌性瘦尾胸刺水蚤和特氏歪水蚤 90% 及以上存活率在 13℃

左右时, 均各具有最大的盐度范围, 基本上接近海区的现场温度 (10.2—17.0℃), 这和 Lance^[13]的研究结果 (接近海区温度的实验组, 有较大的盐度范围) 相一致。

2. 三种桡足类耐温度和盐度范围的比较

由于种类新陈代谢的差异, 不同种类对环境的适应能力也有所不同, 从而引起了它们对温度和盐度的忍耐能力也有所区别。在这三个种中, 特氏歪水蚤耐盐的范围最大, 90% 及以上的存活率的上、下限都超过其他两个种类 (表 5)。由于特氏歪水蚤是河口性种, 较适应河口盐度多变的环境, 渗透压的调节能力强, 故适盐范围广。中华哲水蚤是近海种,

表 5 三种桡足类耐温度和盐度范围的比较

种类	90%存活率		50%存活率		10%存活率	
	盐度范围(‰)	温度上限*(℃)	盐度范围(‰)	温度上限(℃)	盐度范围(‰)	温度上限(℃)
中华哲水蚤 (♀)	17.5—43.0	23.2	15.2—45.6	27	12.5—47.5	28.1
瘦尾胸刺水蚤 (♀)	15.0—42.3	26.3	12.4—44.7	28.6	9.1—47.4	30.2
特氏歪水蚤 (♂, ♀)	13.1—48.3	26.0	—	—	—	—

* 因实验的最低温度值为 4℃, 比这温度更低的下限值不易测定, 故采用温度上限。

生活于比其他两种桡足类更近于盐度较为稳定的近海区域, 故其适盐范围较为狭窄。瘦尾胸刺水蚤是沿岸性种, 生活的环境处于这两种之间, 故适盐范围也处于这两个种当中。在温度方面, 中华哲水蚤的耐温范围最为狭窄, 雌体 90% 存活率的温度上限仅达 23.2℃, 当温度达 28℃ 时即濒临死亡。由于中华哲水蚤是暖温性种, 主要分布在暖温带的黄海和东海^[2,3], 因此在厦门港仅出现于冬、春两季^[7], 这时厦门港海域的温度范围为 10—21℃; 而其他两个种耐温度的范围较广, 也较接近。由于这两个种都是暖水性广布种, 终年在厦门港出现^[7], 因此对温度的反应 (特别是高温的反应) 不如中华哲水蚤那么敏感。应指出, 这两个种在九龙江口的适温范围是 10—31℃, 而在实验期间, 90% 存活率的温度上限分别为 26℃ 和 26.3℃, 瘦尾胸刺水蚤在 30.2℃ 时, 只剩下 10% 的存活率, 这与自然海区的记录有所不符。作者认为, 不同种群和世代的生理状况可能有所不同, 导致耐温度、盐度的范围也不相同。这次实验是在冬季进行, 所用动物系适应低温的冬季种群, 它们对高温就不能很好地适应, 从而影响其存活率及耐盐范围, 正如 Moreira 等^[16]对较寒冷的新西兰和较温暖的巴西尖额真猛水蚤两个种群的温度、盐度实验结果发现, 前者较能忍受低温, 而后者较能忍受高温, 两者存在着显著的差异, 提出可能存在着两个不同的生理种族 (physiological race)。

不同的性别, 由于代谢强度不同 (雄性口器较雌性退化, 摄食能力较差^[4], 甚至有的种的雄性个体不摄食)、由于氧消耗量的差异^[14]以及可能受不同性激素的影响, 因而对外界环境变化的抵抗力亦有所不同。一般, 雌体的生命力较强, 对外界更有抵抗力和适应性, 有较大的耐温和耐盐范围。从图 1, 2 可以看出, 90% 及以上的存活率的温度、盐范围较雄性分别大 7.2℃ 和 6.3‰; 50% 存活率分别大 8℃ 和 7.4‰; 雄性 10% 存活率的温度上限仅达 25.5℃, 而雌性达 28.1℃。

3. 存活率椭圆曲线长轴倾斜现象的解释

瘦尾胸刺水蚤和特氏歪水蚤存活率椭圆曲线的长轴有明显的倾斜现象(图3,4),且倾斜方向有所不同,显示出种类间的差异。瘦尾胸刺水蚤存活率椭圆曲线长轴向右下方倾斜,意味着在高温情况下较耐高盐,而低温情况下较耐低盐的倾向。许多海洋无脊椎动物也有这样的倾向,如拟真蟹(*Carcinides maenas*)、褐虾(*Crangon vulgaris*)^[1]等。一般,温度升高,代谢率上升,氧耗量增大。例如,飞马哲水蚤在20℃时的氧耗量(代谢率的标志)为10℃时的两倍以上^[4]。氧耗量增加,部分可用于低盐环境中渗透调节能量的消耗,有助于对低盐的适应能力。这可与夏季在河口出现更多近海性种类以及热带河口较寒、温带河口种类更为丰富联系起来。海洋无脊椎动物这种高温较耐低盐的倾向,可能与有些种类在温暖的季节进入河口进行繁殖有关^[1]。

特氏歪水蚤是河口种类,生理生态状况与近海种类瘦尾胸刺水蚤有所不同。其存活率椭圆曲线长轴偏向左下方,这意味着动物在高温较耐高盐,在低温较耐低盐的倾向。Kinne^[11]指出,一些生活于温度和盐度波动较大水域中的无脊椎动物,在低盐的条件下较能适应低温;反之,在高盐的条件下较能适应高温。Moreira^[15]和Ranade^[17]也得到类似的结果。Moreira认为,沿岸浅水域及岩石间水塘的环境,温度的上升常伴随着盐度的增加,水生生物这种高温/高盐,低温/低盐两种的组合,更有利于对波动较大环境的适应。九龙江口这个河口浅水域,也有类似现象,夏、秋两季盐度较高,冬、春两季盐度较低^[7]。河口种类(如特氏歪水蚤)对温度和盐度这种适应倾向(在高温较能耐高盐,在低温较能耐低盐),更有利于适应河口多变的环境。但这方面的研究还很不够,有待于进一步探讨。

参 考 文 献

- [1] 上海水产学院、山东海洋学院主编,1964。水生生物学。农业出版社,53—121页。
- [2] 陈清潮、章淑珍,1965。黄海和东海的浮游桡足类 I. 哲水蚤目。海洋科学集刊 7: 20—131。
- [3] 郑重、张松踪、李松等,1965。中国海洋浮游桡足类(上卷)。上海科学技术出版社,38—160页。
- [4] 郑重,1964。浮游生物学概论。科学出版社,1—319页。
- [5] 林笔水、吴天明、黄炳章,1983。温度和盐度对菲律宾蛤仔稚贝生长及发育的影响。水产学报 7(1): 15—23。
- [6] 黄加祺、郑重,1984。九龙江口桡足类和盐度关系的初步研究。厦门大学学报(自然科学版) 23(4): 497—505。
- [7] 黄加祺、陈柏云,1985。九龙江口桡足类的种类组成和分布。台湾海峡 4(1): 79—88。
- [8] Bhattacharya, S. S., 1984. Individual and combined effects of salinity and temperature on the Calanoid copepoda *Paracalanus aculeatus* Giesbrecht. Second International Conference on Copepoda, 1984, 8, 13—17. Ottawa, Canada. Programme and Abstract. p. 28.
- [9] 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.
- [10] Gunter, G., 1961. Some relation of estuarine organism to salinity. Limnol. Oceanogr. 6(3): 182.
- [11] Kinne, O., 1970. Temperature, Animals, Invertebrates. In: Marine Ecology (Kinne, O. ed.). Vol. 1, Part 1. Wiley (Interscience), New York. pp. 407—514.
- [12] Kinne, O., 1971. Salinity, Animals, Invertebrates. In: Marine Ecology (Kinne, O. ed.). Vol. 1, Part 2. Wiley (Interscience), New York. pp. 821—995.
- [13] Lance, J., 1963. The salinity tolerance of some estuarine plankton copepods. Limnol. Oceanogr. 8(4): 440—449.
- [14] Marshall, S. M., A. G. Nicholls and A. P. Orr, 1935. On the Biology of *Calanus finmarchicus*, Part VI. Oxygen consumption in relation to environmental conditions. J. Mar. Biol. Ass. U. K. 20(1): 1—27.
- [15] Moreira, G. S., 1975. Studied on the salinity resistance of the copepod *Euterpina acutifrons*. In: Physiological Ecology of Estuarine Organisms (Vernberg, F. J. ed.). The Belle W. Baruch Library

- in Marine Science No. 3. Univ. South Carolina Press. pp. 73—79.
- [16] Moreira, G. S., J. B. Jillett and W. B. Vernberg 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.
- [17] Ranade, M. R., 1957. Observations on the resistance of *Tigriopus fulvus* (Fischer) to changes in temperature and salinity. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 36(1): 115—119.
- [18] Vernberg, F. J. and W. B. Vernberg, 1975. Adaptation to extreme environments. In: *Physiological Ecology of Estuarine Organisms* (Vernberg, F. J. ed.). Univ. South Carolina Press. pp. 165—180.

THE EFFECTS OF TEMPERATURE AND SALINITY ON THE SURVIVAL OF SOME COPEPODS FROM XIAMEN HARBOUR

Huang Jiaqi and Zheng Zhong (Cheng, C.)
(Xiamen University)

ABSTRACT

The effects of temperature and salinity on the survival of three common copepods—*Calanus sinicus*, *Centropages tenuiremis* and *Tortanus derjugini* from Xiamen Harbour were studied under different experimental conditions. The results obtained shows that temperature, salinity and their combined effects on the survival of these copepods are very marked. Among them, *Tortanus derjugini* is the most tolerant of temperature and salinity, *Calanus sinicus* is the least. The male of the latter species is less tolerant than the female. The effect of high temperature on the survival of winter generation is highly significant. The change of temperature can affect the tolerant range of salinity of copepods. The survival and tolerant range of salinity are high at the experimental groups approximate to the sea-temperature.