

## 温度和盐度对卤虫生物学特性的影响

王睿 张闰生

(南开大学生物系, 天津, 300071)

Q959.223

A

**摘要** 本实验以产自美国旧金山湾, 我国山西运城盐湖, 河北张北, 新疆阿勒泰的两性生殖卤虫, 及产于天津塘沽、新疆艾比湖的孤雌生殖卤虫, 计3种6个品系卤虫为实验材料, 分别测量它们在不同温度下的孵化率、生长、发育及生殖的情况, 并比较了各品系卤虫对高盐的耐受性。通过体长的测量, 得出了各品系卤虫在不同温度及盐度下的生长方程。除了旧金山卤虫为耐低温高盐的种外, 张北卤虫也具有此特性。在生殖特征方面, 我国的5个地理品系卤虫之间更为接近, 而与旧金山卤虫有较大的差异。

**关键词** 卤虫, 温度, 盐度, 生物学特性。

卤虫(*Artemia*)是生活在高盐水体中的一种小型甲壳动物, 在沿海日晒盐场和内陆盐湖均有分布<sup>[1]</sup>。卤虫不仅在养殖业上有着广泛的应用, 而且在盐田生态系中也有着重要作用, 能提高原盐的质量和产量。我国北方沿海的卤虫均不耐低温高盐, 在春季产盐期, 卤虫刚孵化不久, 尚未形成大种群, 对产盐作用不大, 因此若能引进一个耐低温高盐的品种, 则即可促进盐业生产, 又可充分利用早春大量生长的藻类。有关温度和盐度对卤虫生物学特性的影响, 国外已有不少报道<sup>[2-7]</sup>, 如旧金山卤虫属于耐低温和高盐的种<sup>[2]</sup>。而有关我国卤虫, 尤其是我国内陆两性生殖卤虫生物学特性的研究尚未见系统报道。本研究以产自美国旧金山湾的卤虫及产自我国的3个两性生殖卤虫品系及2个孤雌生殖卤虫品系为材料, 分别研究它们在不同温度下卵的孵化率及生长、发育和生殖, 并比较了它们在高盐下的生长和生殖。

## 1 材料和方法

本研究以产自美国旧金山湾的两性生殖卤虫(*Artemia franciscana* 简作SF), 我国山西运城, 河北张北及新疆阿勒泰的两性生殖卤虫(*Artemia* sp. 分别简作YC, ZB和AT)及天津塘沽、新疆艾比湖的孤雌生殖卤虫(*Artemia parthenogenetica*, 分别简作TG和AB)为材料。

1.1 孵化率的测定 分别测定以上6个品系卤虫的卵在10℃、15℃、20℃及28℃下的孵化率; 取适量卤虫卵置于3.5°Be'的孵化液中, 充分水合1h后, 吸取下沉卵100粒加入50ml孵化液, 置于LRH-150光照培养箱中, 持续光照, 光强1000lx 分别测定2d、4d及8d时的孵化率, 在各温度下, 每个品系设5个平行组。

1.2 生长发育的测定 共设3个温度梯度: 15℃、20℃和28℃, 每个品系设5个平行组。

将同步孵化的无节幼体置于100ml10°Be'的培养液中, 在光照培养箱中培养。饵料为盐藻(*Dunaliella* spp.)悬浮液, 盐藻浓度为 $1.0 \times 10^6$  细胞/ml, 卤虫密度为100个/L, 每隔2d换一次培养液。同时每个品系随机抽取10个以上个体测量体长, 直至性成熟。发现死亡的卤虫即移出, 培养液也相应减少, 以保持原有密度。

1.3 卤虫繁殖的测定 分别测定15℃、20℃和28℃下卤虫开始生殖的时间(生殖前期)、两次

生殖的间隔时间(生殖间期)及前两次生殖量,在各温度下每个品系设 10 个平行。将成体卤虫放入含有 50ml 培养液的烧杯中进行培养,每个烧杯中放入相同品系的两性生殖卤虫雌雄各 1 只;同时给每个孤雌生殖的卤虫配以任一两性品系的雄体 1 只,以保持实验条件的一致,培养方法同上。在实验过程中,若雄体死亡则补充同一品系的雄体;若雌体死亡则停止培养。

1.4 高盐对生长及生殖的影响 在 20℃下,将各品系同步孵化的无节幼体培养在 23°Be' 的培养液中,培养方法同上,并与培养在 10°Be' 中的卤虫进行比较。

## 2 结果

2.1 孵化率 通过比较不同温度下 8d 的相对孵化率,可看出,ZB 和 SF 在低温下的相对孵化率较高,而 TG 和 AB 则较低(表 1)。由于 AT 和 YC 卵的质量较差孵化率很低,故在此不作比较。

2.2 生长 通过体长的测量,采用回归分析的方法得出不同温度下卤虫的生长方程(表 2),并根据方程得出卤虫的生长曲线(图 1)。

表 1 卤虫在不同温度下 8d 的相对孵化率

Table 1 The relative hatching rate of *Artemia* at different temperature after 8 days

品系 Strain	10℃	15℃	20℃	28℃
SF	0.388	0.709	0.882	1.0
ZB	0.476	0.970	1.0	0.922
TG	0.147	0.958	0.961	1.0
AB	0.173	0.471	0.817	1.0

表 2 雌体卤虫在不同温度下的生长方程

Table 2 Growth equations of female *Artemia* at different temperature

品系 Strain	温度(℃) Temperature	生长方程 growth equation	相关系数 regression coefficient
SF	15℃	$1/y = 1.9339 \cdot e^{-\frac{x}{1.3}} + 0.0693$	0.9996
	20℃	$1/y = 1.9390 \cdot e^{-\frac{x}{1.6}} + 0.0723$	0.9993
	28℃	$1/Y = 1.9442 \cdot e^{-\frac{x}{1.1}} + 0.0767$	0.9998
TG	15℃	$1/Y = 2.0133 \cdot e^{-\frac{x}{1.3}} + 0.0874$	0.9993
	20℃	$1/y = 1.9965 \cdot e^{-\frac{x}{1.3}} + 0.0861$	0.9964
	28℃	$1/y = 2.0390 \cdot e^{-\frac{x}{1.1}} + 0.0820$	0.9997
AB	15℃	$1/y = 1.8160 \cdot e^{-\frac{x}{1.3}} + 0.0799$	0.9993
	20℃	$1/y = 1.8285 \cdot e^{-\frac{x}{1.3}} + 0.0893$	0.9985
	28℃	$1/y = 1.8392 \cdot e^{-\frac{x}{1.1}} + 0.0800$	0.9996
AT	15℃	$1/y = 2.0940 \cdot e^{-\frac{x}{1.3}} + 0.0695$	0.9987
	20℃	$1/y = 2.0008 \cdot e^{-\frac{x}{1.3}} + 0.0838$	0.9982
	28℃	$1/y = 1.9564 \cdot e^{-\frac{x}{1.1}} + 0.1435$	0.9970
ZB	15℃	$1/y = 2.1344 \cdot e^{-\frac{x}{1.3}} + 0.0900$	0.9997
	20℃	$1/y = 2.0999 \cdot e^{-\frac{x}{1.1}} + 0.0852$	0.9990
	28℃	$1/y = 2.1313 \cdot e^{-\frac{x}{1.1}} + 0.0799$	0.9999
YC	15℃	$1/y = 1.9957 \cdot e^{-\frac{x}{1.6}} + 0.0966$	0.9986
	20℃	$1/y = 1.9893 \cdot e^{-\frac{x}{1.6}} + 0.0768$	0.9990
	28℃	$1/y = 1.9797 \cdot e^{-\frac{x}{1.1}} + 0.0943$	0.9999

注:Y 为体长(mm),X 为时间(d)。Note:Y:body length(mm),X,time(day)

)。由于两性生殖卤虫的雌、雄体生长曲线形状差异不大,且雌体体长一直大于雄体,故仅以雌体的生长曲线来表示其生长状况。可以看出,在本实验的 3 个温度下 SF 的生长速度都是最快的,在 15℃下,AT 和 AB 的生长速度也较快,而 YC 则生长较差;在 20℃下,YC 生长较好,AT 在生长期的前期生长不好;在 28℃下,除 SF 外,其余几个品系卤虫的生长曲线在开始时很接近,但到生长期的后期,ZB、AB 和 TG 的雌体体长比较接近,YC 和 AT 的体长则明显小于其它品系。

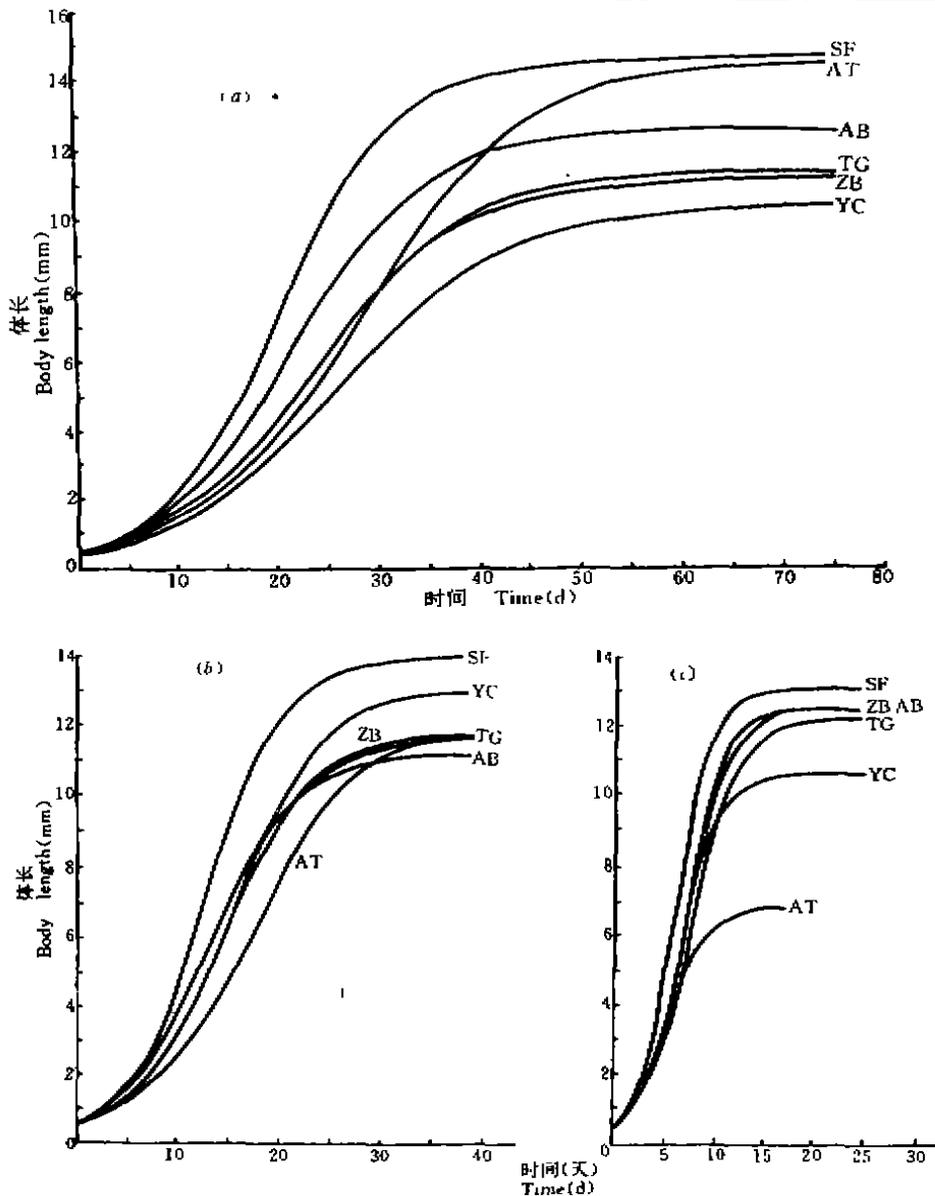


图1 各品系卤虫在不同温度下的生长曲线

Fig. 1 Growth curves of female artemia at different temperature

a, 15°C, b, 20°C, c, 28°C

**2.3 不同温度下卤虫达到性成熟时成活率的比较** 对每个温度下卤虫达到性成熟时的成活率进行了方差分析,并对有显著差异的项目进行了多重比较。在15°C下,各品系卤虫的成活率无显著差异;在20°C下,SF和TG的成活率较高,高于AB和AT,ZB和YC的成活率也高于AT;在28°C下,AT的成活率最低,仅为4%,TG的成活率则较高(表3)。

**2.4 不同温度下卤虫生殖特征的比较** 温度对所有品系卤虫的生殖前期和生殖间期均有极显著的作用(ANOVA,  $P < 0.01$  (总体方差具齐性时), 成  $\chi^2 > \chi^2_{0.01}$ , Kruskal-Wallis 检验(总体方差不具齐性时)),在同一温度下,各品系卤虫的生殖特征也存在着差异,在本实验的3种不同温度

下, SF 的生殖前期都是最短的, 在 15℃ 下, SF 的生殖前期与其它所有品系差异显著, 初次生殖量亦远大于其它品系; YC 的生殖前期最长, 与其它品系差异极显著 ( $P < 0.01$ ) 除 SF 外的 5 个品系卤虫的初次生殖量无显著差异 ( $P < 0.05$ )。在 20℃ 下, SF 的生殖前期显著短于 TG 和 AT, 其它各品系之间的生殖前期则无显著差异, 但 AB 的初次生殖量显著小于其它 5 个品系, 第二次生殖量也少于 SF、ZB 和 AT。在 28℃ 下, SF 的生殖前期显著短于其它 5 个品系, YC 和 ZB 的生殖前期也显著短于 TG 和 AB。各品系卤虫的生殖间期及前二次生殖量均无显著差异 (表 4)。

表 3 卤虫性成熟时成活率的比较

Table 3 Comparison of survival rate when matured

温度 Temperature	15℃	20℃	28℃
ANOVA	F 0.947	6.3563	3.1544
	P > 0.05	P < 0.01	P < 0.05
多重比较结果 Result of multiple comparison	SF TG ZB YC AB AT TG AB SF ZB YC		

\* 同一横线上表示无显著差异。  
\* Horizontal lines join strains which are not different at  $p < 0.05$  in multiple comparison.

2.5 各品系卤虫在超高盐度下卤虫的生长及存活 在 23‰ 的盐度下, 除 AT 不能存活外, 其它 5 个品系卤虫均可存活, 但成活率各不相同, 至性成熟时, SF 的成活率最高达 74%, ZB 和 YC 其次, 分别为 44% 和 30%, TG 和 AB 的成活率较低, 分别为 16% 和 4%。

表 4 不同品系卤虫生殖特征的比较

Table 4 Comparison of reproduction character

比较项目 Item		15℃	20℃	28℃
生殖前期 Prereproductive period	ANOVA	F 14.85	总体方差不具齐性, 采用 Kruskal-Wallis	
		P < 0.01	检验	P < 0.01
	多重比较结果 Result of multiple comparison	SF ZB TG AB AT YC SF YC ZB AB TG AT SF TC ZB TG AB		
生殖间期 Time between broods	ANOVA	F 总体方差不具齐性, 采用 Kruskal-Wallis	1.8218	0.9451
		P 检验	P > 0.05	P > 0.05
	多重比较结果 Result of multiple comparison	SF ZB TG AT AB		
初次生殖量 Output of the first brood	ANOVA	F 7.1419	5.656	1.2033
		P < 0.01	P < 0.01	P > 0.05
	多重比较结果 Result of multiple comparison	AG ZB AT YC AB SF AB YC AT ZB TG SF		
第二次生殖量 Output of the second brood	ANOVA	F 1.4894	5.5132	1.2033
		P > 0.05	P < 0.05	P > 0.05
	多重比较结果 Result of multiple comparison	AB YC TG ZB AT SF		

通过测量体长得出了 20°C 下各品系卤虫在 23Be' 下的生长方程(表 5),对 20°C 下各品系卤虫在 10Be' 和 23Be' 下相同时间内的体长进行成组数据 *t*-检验,发现 TG、AB 和 ZB 在高盐下的体长极显著小于低盐下的体长;SF 在性成熟前,高、低盐中卤虫的体长无显著差异,性成熟后高盐下的体长极显著小于低盐下的体长;YC 在性成熟前,高盐下的体长极显著小于低盐下的体长;在性成熟后,高盐下的雌体体长远小于低盐下的体长,雄体体长则无显著差异,另外经数理统计发现,在相同时间下 SF 的体长一直是最大的,而 AB 的体长几乎总是最小的。3 个两性生殖品系的雄体体长无显著差异。

表 5 各品系卤虫在高盐度下的生长方程

Table 5 Growth equations of *Artemia* under hyperhaline

品系 Strain	性别	生长方程 Growth equation	相关系数 Regression Coefficient
SF	♀	$1/y = 1.9411 \cdot e^{-\frac{t}{18}} + 0.0906$	0.9996
ZB	♀	$1/y = 2.1275 \cdot e^{-\frac{t}{15}} + 0.0796$	0.9998
YC	♀	$1/y = 2.0390 \cdot e^{-\frac{t}{13}} + 0.0687$	0.9990
TG		$1/y = 2.0220 \cdot e^{-\frac{t}{13}} + 0.0983$	0.9990
AB		$1/y = 1.8644 \cdot e^{-\frac{t}{13}} + 0.1082$	0.9980

## 2.6 高盐对生殖特征的影响

卤虫的生殖前期和生殖量均受到盐度的影响,在高盐下 TG 和 ZB 的生殖前期显著长于低盐中的卤虫, YC 仅一个雌体产生后代,而 AB 无后代产生, TG 和 SF 生殖量均显著少于低盐下的生殖量,且只进行了一次生殖,只有 ZB 的生殖间期及生殖量受盐度影响不显著。

## 3 结论与讨论

### 3.1 本实验证实了 SF 耐低温和高盐的特性

3.2 在我国的 5 个卤虫品系中, ZB 较耐低温与高盐,在低温下的相对孵化率最高,对高盐的耐受性也较强,尤以成体更耐高盐。张北坝上地区属半干旱高寒地区,卤虫多生活在季节性的盐焯中,在雨季,干涸的盐焯中盐类溶解,盐度降低,卤虫开始孵化,随着水分的蒸发盐度逐渐升高,成体生活在盐度较高的水体中,因而更能耐高盐。AT 在低温下生长较好,成活率也较高,但在 28°C 下的成活率很低,生长速度也小于其它品系,在 23Be' 下, AT 无法存活,另外 AT 的生殖方式仅为卵生而无卵胎生出现。

YC 在低温下生长不好, YC 对高盐的耐受性较差。另外,实验发现, YC 的生殖方式以卵生为主,本实验仅在 15°C 下发现有卵胎生,该结果与王宏毅等<sup>[8-9]</sup>相似;另外我们还发现, YC 的雄体多于雌体,雄体与雌体的比例范围在 1.21—1.87 之间,亦与王宏毅等<sup>[8-9]</sup>的结果相似。

本实验所采用的 6 个品系中, AT 和 YC 适应硫酸盐型水体,其它均适应氯化钠型水体,而本实验的培养液是按照氯化钠型水体的离子组成配制的,据 Vanheacke<sup>[2]</sup>,加拿大 Chaplin 湖(硫酸盐型湖泊)的卤虫在氯化钠型培养液中生活不好,本实验所得结果亦可能是由于介质不同所致。有关氯化钠型培养液对适应硫酸盐型水体卤虫的渗透压调节及生长、生殖等方面的影响,还需进一步的实验。

3.3 TG 和 AB 同属孤雌生殖卤虫,在本实验中,这两个品系的许多特征都没有显著差异:二者均不耐低温高盐。

3.4 温度和盐度对生殖特征的影响:卤虫的生殖特征受盐度影响极显著,高盐度下卤虫的生殖前期延长,生殖量减少。本结果与 Dana 等<sup>[10]</sup>、Wear 等<sup>[7]</sup>及 Von Hentig<sup>[6]</sup>的结果相似。

3.5 关于卤虫分“群”的问题, Brown<sup>[11]</sup>根据地理分布和生殖模式将世界上的卤虫分成 3 个群

(group): 孤雌生殖群 (obligate parthenogenetic populations)、旧大陆有性生殖群 (Old World sexual populations) 及新大陆有性生殖群 (New World sexual populations)。并指出, 这 3 个群在生殖及寿命方面有着显著的不同, 而孤雌生殖群在这些方面更接近于新大陆有性生殖群。在本实验中, SF 属于新大陆有性生殖群 YC、ZB 和 AT 属于旧大陆有性生殖群, AB 和 TG 属于孤雌生殖群, 从实验结果看, 新大陆有性生殖群表现出与旧大陆有性生殖群和孤雌生殖群的卤虫有显著差异。SF 的生殖前期短于其它 5 个品系 (这与 Brown<sup>[11]</sup>的结果不一致), 生殖量也较大; 从生长曲线来看, SF 也与我国的 5 个卤虫品系有明显的区别, 另外, 由于时间所限, 本实验未能对 6 个品系卤虫的总生殖量及寿命进行测量, 但从生殖前期, 生殖间期及前 2 次生殖量等特征来看, 孤雌生殖的卤虫似乎与旧大陆有性生殖群的卤虫更为接近。

### 参 考 文 献

- 1 Persoone G and Sorgeloos P. General aspects of the ecology and biogeography of *Artemia*. In: *The brine shrimp Artemia*. Vol. 3. Ecology, Culturing, Use in aquaculture. G. Persoone *et al.* (Eds), Universa Press, Wetteren, Belgium, 1980, 3—24
- 2 Vanhaecke P. *et al.* International study on *Artemia*. XXXII. Combined effects of temperature and salinity on the survival of *Artemia* of various geographical origin. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 1984, **80**:159—275
- 3 Reeve M R. Growth efficiency in *Artemia* under laboratory conditions. *Biol. Bull.* 1963, **125**:133—145
- 4 Baid I C. The effect of salinity on growth and form of *Artemia salina* (L.). *Jour. Exptl. Zool.* 1963, **153**(3):279—284
- 5 Von Hentig R. Einfluss von Salzgehalt und temperature auf entwicklung, Wachstum, fortpflanzung und Energiebilanz von *Artemia salina*. *Marine Biology*. 1971, **9**:145—182
- 6 Weir R G. and Haslett S. J. Effects of temperature and salinity on the biology of *Artemia franciscana* Kellogg from Lake Grassmere, New Zealand. 1. growth and mortality. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 1986, **98**:135—166
- 7 Weir R G. *et al.* Effects of temperature and salinity on the biology of *Artemia franciscana* Kellogg from Lake Grassmere, New Zealand. 2. Maturation, fecundity, and generation times. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 1986, **98**:167—183
- 8 王宏毅等. 运城内陆盐湖卤虫 (*Artemia* sp.) 形态和习性的初步观察. 山西师范大学学报 (自然科学版增刊), 1988, 41—52
- 9 高仁恒等. 山西运城盐湖卤虫生物量的测定. 山西师范大学学报 (自然科学版增刊), 1988, 78—86
- 10 Dana G L. and Lenz P H. Effects of increasing salinity on an *Artemia* population from Mono Lake, California. *Oecologia*, 1986, **68**:428—436
- 11 Brown R A. Partitioning genetic and environmental components of reproduction and lifespan in *Artemia*. *Ecology*. 1984, **65**:949—960

## EFFECTS OF TEMPERATURE AND SALINITY ON THE BIOLOGICAL CHARACTER OF *ARTEMIA* STRAINS

Wang Rui Zhang Runsheng

(Department of Biology, Nankai University, Tianjin, 300071)

Hatching rate, growth and reproduction of six *Artemia* strains were measured at different temperatures and salinities. The six *Artemia* strains were: *Artemia franciscana* (San Francisco Bay), *Artemia* sp. (Yuncheng, Shanxi, Zhangbei, Hebei, Aletai, Xinjiang), and *Artemia parthenogenetica* (Tanggu, Tianjin, Aibi Lake, Xinjiang).

From the body length measurement, we derived the growth equations of *Artemia* at different conditions. It was known that *A. franciscana* could tolerate high salinity and low temperature, also, we found *Artemia* from Zhangbei had this character. The reproduction characteristics among the five strains from our country are more close, and are different from those of *A. franciscana*. This conclusion is different from that of Brown (1984).

**Key words:** *Artemia*, temperature, salinity, biological character.