

温度对两品系蒙古裸腹溞 (*Moina mongolica* Daday) 种群增长和生殖的影响*

赵文 徐宪仲 王超 何志辉

(大连水产学院 生命科学与技术学院, 大连 116023)

提 要 本文报道两品系蒙古裸腹溞 (*Moina mongolica* Daday) (晋南、内蒙) 在 5 种温度梯度下 (15℃、18℃、25℃、28℃、32℃) 的种群内禀增长率 (r_m)、总生殖量、寿命、产幼间隔期、生殖频率和产幼前发育期, 以及在 28℃ 条件下两品系生物学的研究结果。结果表明, 温度对两品系蒙古裸腹溞的种群繁殖均具有显著的影响。在试验温度范围内, 随着温度升高, 两品系蒙古裸腹溞的产幼前发育期、产幼间隔期、寿命随之缩短; 而内禀增长率、总生殖量、生殖频率随温度升高而先升后降。温度 28℃ 是两品系蒙古裸腹溞种群增长的最适温度, 28 - 32℃ 是其种群增长的最适温度范围。晋南品系 10 组个体重复试验的内禀增长率结果仍高于内蒙品系。经比较可知: 在相同温度条件下, 晋南品系在种群增长能力方面要明显强于内蒙品系, 反映在前者的内禀增长率要大于后者。在相对较高或较低的温度条件下, 内蒙品系则表现出更强的耐受能力。

关键词 蒙古裸腹溞 内禀增长率 温度 地理品系

分类号 Q959.223+.15

蒙古裸腹溞 (*Moina mongolica* Daday) 是旧大陆上分布的唯一一种盐水裸腹溞^[1]。大连水产学院在国内首次报道该溞, 并将之成功驯化于海水中^[2]。该溞具有适应力强、繁殖快、营养价值高等优点, 是一种潜力很大的海水鱼虾类适口活饵料培养对象和新型海洋环境保护监测动物^[3]。关于蒙古裸腹溞的生物学、实验种群生态学、环境监测、营养成分及大规模培养等方面已进行了很多试验研究^[4-12]。目前在科研和生产中研究和应用的蒙古裸腹溞种都是 1982 年采自山西省运城地区 (晋南) 的硝池。2002 年 9 月笔者在内蒙古采得另一品系的蒙古裸腹溞 (内蒙品系), 在试验室内进行海水驯化也获得成功。温度是影响枝角类生殖和内禀增长率的最重要的环境因子, 关于温度对晋南品系 r_m 影响的报道较多, 但不同产地的蒙古裸腹溞对温度的耐受性和种群增长能力是否存在差异尚未见研究。本文旨在比较不同温度下两品系裸腹溞的内禀增长率 (r_m) 和一些种群增长参数, 并确定两品系种群快速增长的最适温度范围, 为筛选蒙古裸腹溞大规模培养的优良溞种提供一些理论依据。

1 材料与方 法

1.1 溞种与试验条件

试验所用的两品系蒙古裸腹溞种分别为晋南品系和内蒙品系。其中晋南品系于 1982 采

* 辽宁省自然科学基金(20022100, 20022099)和辽宁省教育厅攻关计划(203133209)联合资助。
2003 - 11 - 20 收稿; 2004 - 02 - 20 收修改稿。赵文, 男, 1963 生, 教授, 博士, E-mail: zhaowen@dlfu.edu.cn.

自晋南地区半咸水湖硝池(盐度 10-17)^[2],并在室内海水驯化培养至今.内蒙品系 2002 年采自内蒙古地区锡林郭勒盟扎格斯台淖尔(盐度 10-14),在试验室内驯化到海水中正常生长繁殖.试验正式开始前取两品系蒙古裸腹蚤各 1 只,在 25℃,盐度 31.5, pH8.2 条件下培养,待孤雌生殖第一代后,将母蚤吸出,继续培养幼蚤,待其生殖后继续单独保留幼体,反复进行该步骤,以求获得试验所需的同步性良好的幼蚤,获得此种幼蚤的目的是避免由于个体差异对试验结果产生影响.

1.2 试验方法

为了便于比较两种蚤种群内禀增长率,设计如下两个试验.

试验 I 不同温度对两品系蒙古裸腹蚤种群内禀增长率的影响.采用群体实验,共设 5 温度梯度 15℃、18℃、25℃、28℃、32℃.每个温度梯度两种品系各设 3 个重复(70mL 的广口瓶).悬挂于相应恒温水浴中,并向瓶内注入经处理并预热的海水 50mL.向每个瓶中随机移入 10 只幼蚤.

试验 II 相同温度(28℃)下两品系蒙古裸腹蚤的内禀增长率,采用个体试验.温度以潜水加热棒控制至恒温.两种品系各设 10 个重复(50mL 广口瓶),每瓶加入 1 只幼蚤.

试验所需的恒温水浴以 15L 容量的玻璃缸充当,将试验的广口瓶置于水浴中.海水取自黑石礁近海,经沉淀和砂滤处理后再用 300 目的筛绢网过滤和煮沸消毒,并用消毒过的淡水将盐度调至 31.5(海水煮沸消毒会使盐度升高),pH 为 8.2.试验室的光照条件保持相同,2000-3000 lx.以单种培养的海水小球藻(*Chlorella* sp.)作为蒙古裸腹蚤的食物.群体组食物投喂密度 1×10^6 cell/mL,个体组食物投喂密度 0.5×10^6 cell/mL.

试验期间每天观察一次,定时定量投喂一次,并吸出幼蚤,记录新生幼蚤和死亡成蚤的数量.每 72h 全部更换培养液一次,直至成蚤全部死亡.根据上述数据编写不同温度群体及 28℃ 条件下 10 只个体的生命表.其中生命表的编制包括日龄中值(X)、存活率(l_x)和特定年龄生育率(m_x).据此数据按公式 $\sum_{x=0}^{\infty} e^{-r_m x} l_x m_x = 1$ ^[13] 计算内禀增长率(r_m).同时计算寿命、总生殖量、产幼前发育期、产幼间隔期、生殖次数(即生殖窝数)和生殖频率(初产后雌蚤单位时间(10d)内的生殖窝数).

为了比较两品系的体长差异,选取两品系的同步培养的一龄幼蚤各 10 只,分别在 28℃ 下对两品系的生长进行了 10d 的连续测定.

数据处理时运用单、双因素方差分析以及费歇(Fisher)保护性最小差数法进行多重比较.

2 结果

2.1 温度对两品系蒙古裸腹蚤种群繁殖能力的影响

在试验温度范围内,随着温度升高,两品系蒙古裸腹蚤的产幼前发育期、产幼间隔期、寿命随之缩短;而内禀增长率、总生殖量、生殖窝数随温度升高而先升后降(图 1).在 28℃ 条件下,两品系的内禀增长率均最高,即晋南品系为 0.62 ± 0.02 ,内蒙品系为 0.57 ± 0.03 .在 32℃ 时的内禀增长率仅次于 28℃,晋南品系为 0.60 ± 0.06 ,内蒙品系为 0.52 ± 0.03 .在低于 28℃ 的各组温度试验中,内禀增长率随温度的降低而减小.方差分析表明,温度对两品系蒙古裸腹蚤的种群繁殖均具有显著的影响($p < 0.001$).

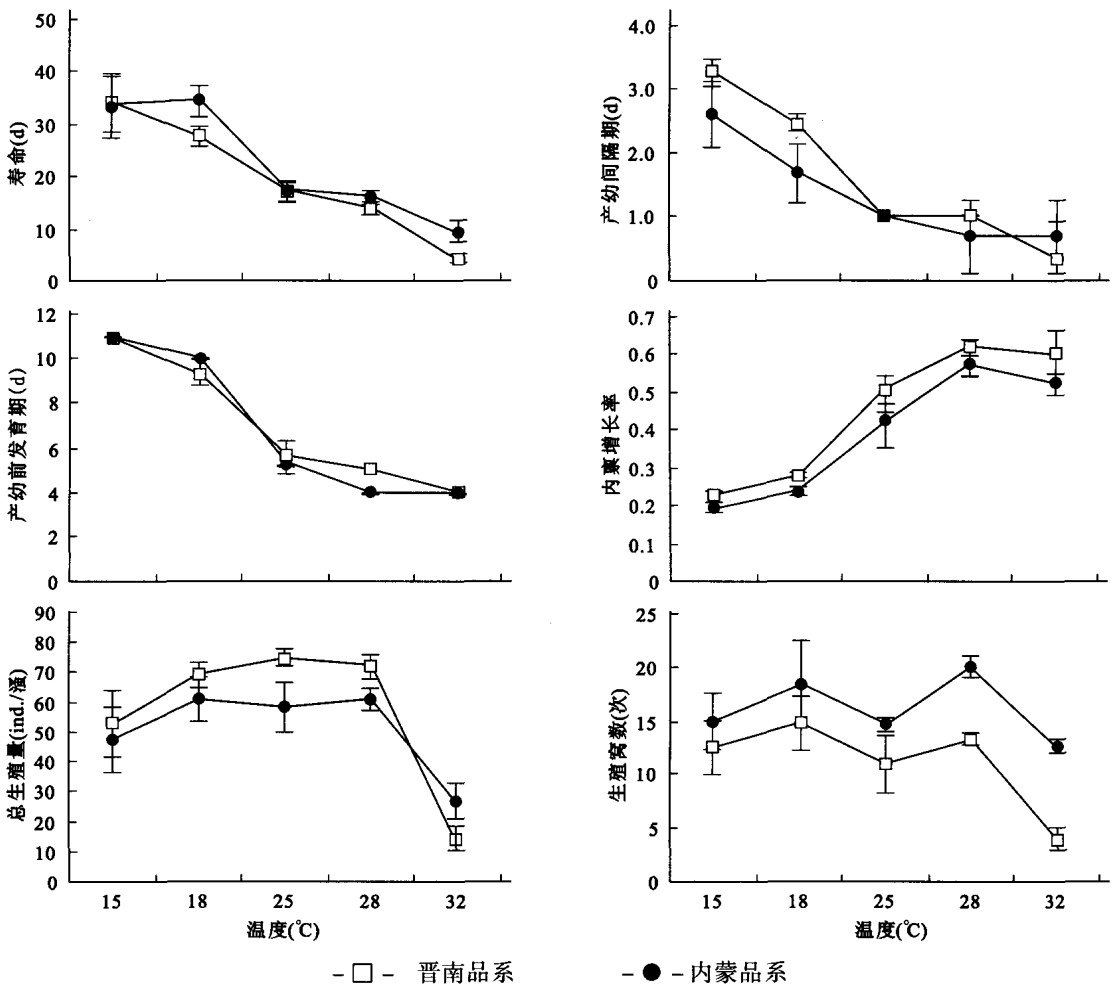


图 1 温度对两品系蒙古裸腹蚤种群增长和生殖的影响

Fig. 1 The effects of temperature on the population growth and reproduction of two different strains of *M. mongolica*

两品系蒙古裸腹蚤产幼前发育期均为 4–11d, 其他种群增长参数多少存在着差异, 28°C 以上温度下两品系蒙古裸腹蚤有些生理指标 (如生殖窝数、寿命和总生殖量) 差异显著 ($p < 0.05$)。从图 1 中可看出, 晋南品系种群增长能力在各温度梯度下都强于内蒙品系。晋南品系的产幼间隔期 ($0.33 \pm 0.58 - 2.45 \pm 0.15$ d) 略短于内蒙品系 ($0.67 \pm 0.58 - 2.60 \pm 0.53$ d), 但在高温 32°C 时内蒙品系较长。28°C 和 32°C 时的生殖频率内蒙品系显著高于晋南品系。其他温度组两者差异不显著。两品系蒙古裸腹蚤的总生殖量在一定温度范围内随温度升高而增加, 内蒙品系在 28°C, 晋南品系在 25°C 分别达到峰值, 此后, 生殖量随温度的降低而减少; 晋南品系的总生殖量 (每蚤) 范围是 $14.40 \pm 3.84 - 71.93 \pm 3.96$ 只; 内蒙品系 $26.57 \pm 5.81 - 58.27 \pm 8.60$ 只 (图 1)。25°C 以上温度组晋南品系生殖量显著高于内蒙品系 ($p < 0.05$)。晋南品系平均寿命为 $4.4 \pm 0.79 - 30.94 \pm 1.52$ d, 以 15°C 时的平均寿命最长, 34.03 ± 5.42 d, 32°C 时寿命最短, 4.40 ± 0.79 d, 内蒙品系平均寿命为 $9.57 \pm 2.06 - 34.37 \pm 3.17$ d, 在 15°C 和 32°C 时的极值分别为 34.37 ± 3.17 d 和 9.57 ± 2.04 d (图 1)。

晋南品系在生殖前,除 32℃ 组死亡率稍高,其他温度组死亡率极低;在首次产幼后,32℃ 组死亡率明显升高,死亡数接近 50%,内蒙品系也同样具有此规律。

对以上指标综合分析,晋南品系在繁殖的速率方面要快于内蒙品系。而内蒙品系对不良温度的耐受性要强于晋南品系。

2.2 同一温度下两品系蒙古裸腹蚤个体生物学试验

温度 28℃ 时,晋南品系的总生殖量平均为 65.05 ± 29.40 个/蚤。个体产前发育期时间于群体同为 4d。每蚤平均产幼蚤 5.75 ± 0.49 窝,第一窝幼蚤产出后成蚤死亡率极低,仅为 10%,极值为 1 个(表 1)。内蒙品系的总生殖量平均为 50.40 ± 32.84 个。每蚤平均产幼蚤 4.50 ± 2.50 窝。第一窝幼蚤产出后成蚤死亡数较晋南品系高,为总数的 30%(表 1)。晋南、内蒙品系的内禀增长率分别为 0.60 ± 0.002 和 0.58 ± 0.004 。

表 1 试验 II 中两品系蒙古裸腹蚤的种群增长参数(28℃)

Tab. 1 Parameters of population reproduction for two strains of *M. mongolica* in experiment II (at 28℃)

种群增长参数	地理品系	
	内蒙品系	晋南晋南
寿命(d)	11.80 ± 2.12	13.65 ± 2.05
总生殖量(ind./蚤)	58.19 ± 4.81	65.15 ± 8.70
产幼间隔期(d)	1.50 ± 0.83	1.21 ± 0.30
生殖窝数(次)	4.55 ± 1.06	5.75 ± 0.49
生殖频率(次/10d)	2.60 ± 0.14	3.10 ± 0.42
内禀增长率(r_m)	0.58 ± 0.01	0.60 ± 0.002

从图 2 可见,两品系的同日龄体长均无显著差异($p = 0.926 > 0.05$)。

3 讨论

两品系蒙古裸腹蚤来自不同的湖泊,其种群在相同条件下同日龄期的体长没有显著差别。但两品系营养成分是否存在差别尚需进一步研究。本文着重讨论两品系蚤?对温度的耐受性及其差异。众所周知,温度是影响枝角类内禀增长率的最主要环境因子^[5, 8, 14-22],本试验也证明温度对两品系蒙古裸腹蚤?的生殖和内禀增长率均具有显著的影响($P < 0.01$)。种群增长参数在 28℃ 下均较高,该试验结果与何志辉教授^[10]指出的 28℃ 是晋南品系蒙古裸

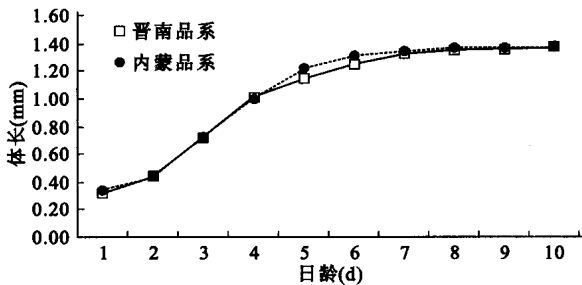


图 2 两品系蒙古裸腹蚤体长增长曲线

Fig. 2 The body length increase curve for two deferent strains of *M. mongolica* Daday

腹蚤的最适温度,也是该种裸腹蚤的最佳生存温度的结论相同。而当温度升至 32℃ 时,内蒙和晋南品系寿命有一定下降,而每窝生殖量有所增加。根据王岩^[8]等报道晋南品系在 20-30℃ 之间内禀增长率随温度的升高而增加。在 30℃ 以后内禀增长率开始下降,并认为 30℃ 是晋南品系的适温上限。本试验 32℃ 条件下的内禀增长率低于 28℃,证明了过高的水温对晋南品系的种群增长能力可能产生一定的抑

制影响。

本试验设计不同于其他研究^[4, 8, 9]中内禀增长率以单个个体或2个个体为主的试验,而采取了在实验瓶中放置10只溞的试验方法。种群密度增大造成了试验中蒙古裸腹溞的集群效应,从而改变了试验对象的繁殖、摄食、呼吸等一系列生理指标。在32℃组试验中有可能是适当的种群密度条件促进了晋南品系的摄食及繁殖力,提高了种群增长能力,最终表现出了较高的内禀增长率。关于种群密度对内禀增长率的影响以及多大的种群密度会产生拥挤效应等仍需进一步研究。

据报道^[19, 20, 22],16℃以下时一些枝角类的繁殖受到较大的负面影响,大部分已不再进行正常的孤雌生殖,转而进行两性生殖。本试验在15℃条件下两品系的蒙古裸腹溞仍然正常产夏卵,未见雄体或休眠卵。早期试验报道^[19, 20],外因中尤以拥挤、饥饿和低温为主要因子,有效调节环境条件才能诱发这种枝角类进行有性生殖或产生休眠卵。王岩^[7]认为相同温度下当蒙古裸腹溞培养密度达到5000ind/L时,种群密度便不再明显增长,种群中怀冬卵个体的比例大大增加。种群密度的变化不仅影响枝角类的生殖方式,也影响着有性个体的性比例。本试验I中两品系蒙古裸腹溞种群密度均达到5ind/mL,但并未见到冬卵出现。本试验投喂小球藻密度为 $100 \times 10^4 \text{ cell}/(\text{mL} \cdot \text{d})$,据郭东晖^[21]报道能够引起蒙古裸腹溞进行有性生殖的食物密度为 $1000 - 2000 \text{ cell}/(\text{mL} \cdot \text{d})$ 。可以推测,本试验中的投喂密度只能造成蒙古裸腹溞发育缓慢,不能对蒙古裸腹溞的生殖方式发生转变产生决定性的影响。由此可见,温度不是决定蒙古裸腹溞产休眠卵或出现有性生殖的唯一条件,种群密度、食物密度也不容忽视。同时也说明,两品系蒙古裸腹溞在本实验的温度、种群密度、食物密度条件下并无明显差异。

另一方面,从对温度的适应性上看晋南品系的种群增长能力要强于内蒙品系。尽管在较适宜温度下晋南品系的生殖指标和内禀增长率与内蒙品系存在差异多数不显著,但是一般在高温和低温情况下内蒙品系具有较强的适应能力。这种不同首先反映了两品系蒙古裸腹溞在自身性状方面的差异;其次,两个品系的自然栖息地的地理位置以及该区域理化环境因子(温度、盐度、昼夜温差、各种水化学指标)的不同造成了两品系对环境适应能力的不同,晋南品系已在本试验室培养了20a,并在海水中驯养成功,可以认为完全适应了实验室条件,而内蒙品系在人工培养状态下只有10个月,对环境改变的仍处于适应阶段,对环境的不适应抑制了其种群的增长能力。对此尚需进一步研究确定。

参 考 文 献

- 1 Goulden C E. The systematic and evolution of the Moninidae. *Trans Am Phil Soc Philadelphia*, 1968, **58**(6): 3 - 101
- 2 何志辉,秦建光,王 岩. 蒙古裸腹溞在我国的发现及其分布. 大连水产学院学报,1988, **3**(2): 9 - 14
- 3 He ZH, JG QIN, YWang, H jiang & Z Wen Biology of *Moina mongolica* (Moinidae, cladocera) and perspective as live food for marine fish larvae: review. *Hydrobiologia*, 2001, **457**: 25 - 37
- 4 何志辉,刘治平,韩 英. 盐度和温度对蒙古裸腹溞生长、生殖和内禀增长率的影响. 大连水产学院学报, 1988, **3**(2): 1 - 8
- 5 何志辉,蒋响生. 不同温度下蒙古裸腹溞对盐度变化的适应能力. 大连水产学院学报,1990, **5**(2): 1 - 8
- 6 何志辉,张雪亮,阿依古丽. 蒙古裸腹溞在海水中的极限温度和最适温度. 大连水产学院学报,1994, **9**(3): 127
- 7 王 岩. 温度对蒙古裸腹溞耗氧率的影响. 汕头大学学报(自然科学版),1999, **14**(1): 59 - 63

- 8 王 岩,何志辉,蔡 云. 温度和盐度对蒙古裸腹溞发育的影响. 海洋与湖沼, 2000, 31(1): 8 - 14
- 9 王 岩,何志辉. 温度和盐度对蒙古裸腹溞种群内禀增长能力的影响. 应用生态学报, 2001, 12(1): 91 - 94
- 10 安育新,何志辉. 海水中四种重金属对蒙古裸腹溞的毒性. 水产学报, 1991, (4): 273 - 282
- 11 童圣英,林成辉,王学涛. 蒙古裸腹溞营养成分分析与评价. 大连水产学院学报, 1988, 3(4): 29 - 34
- 12 何志辉,王 岩,崔 红,郭礼中,钱 红. 海水中大量培养蒙古裸腹溞的研究. 水产学报, 1998, 22(增刊): 17 - 23
- 13 何志辉,赵 文. 养殖水域生态学. 大连:大连出版社, 2001: 77
- 14 何志辉. 温度对多刺裸腹溞 *Moina macrocopa* Straus 的繁殖能力和内禀增长能力的影响. 大连水产学院学报, 1983, (1): 1 - 8
- 15 黄祥飞. 温度对近亲裸腹溞发育、生长和卵的生产量的影响. 水生生物集刊, 1983, 8(1): 105 - 112
- 16 黄祥飞. 温度对透明溞和隆腺溞一亚种发育、生长的影响. 水生生物集刊, 1984, 8(2): 207 - 223
- 17 庄德辉,梁彦岭. 大型溞的生长、繁殖和种群组成. 水生生物学报, 1986, 10(1): 24 - 31
- 18 梁彦龄,张国馨. 隆腺溞(*D. carinata*)的内禀增长能力. 水生生物学报, 1964, 5(1): 31 - 36
- 19 郑 重,曹文清. 中国海洋枝角类研究(生殖). 海洋学报, 1984, (6): 377 - 388
- 20 堵南山. 枝角类繁殖和世代交替. 生物学教学, 1982, (5): 4 - 7
- 21 郭东晖,曹文清,林元烧. 多世代培养蒙古裸腹溞生长与生殖的比较. 台湾海峡, 1998, 17(增刊): 49 - 53
- 22 蒋夔治,堵南山. 中国动物志(节肢动物门:甲壳纲:淡水枝角类). 北京:科学出版社, 1979

Effects of Temperature on Population Growth and Reproduction of Two Strains of *Moina mongolica* Daday (Cladocera: Moinidae)

ZHAO Wen, XU Xianzhong, WANG Chao & HE Zhihui

(College of Life Sciences and Biotechnology, Dalian Fisheries University, Dalian 116023, P. R. China)

Abstract

The intrinsic rate of increases (r_m), fecundity, longevity, reproduction interval, brood numbers and pre-reproduction period of two strains of *Moina mongolica* (Jinnan and Neimeng) were studied under 15°C, 18°C, 25°C, 28°C and 32°C. Relevant population characters of two strains of *M. mongolica* at 28°C were also studied. The results indicated that temperature is very importance to the reproduction of two both strains. The pre-reproduction period, reproduction interval, longevity decreased with increasing temperature in this experiment, also r_m , fecundity and brood numbers increased with temperature from 18°C - 28°C, while decreased with temperature > 28°C. The optimum temperature for population growth of two strains was 28°C and the range of suitable temperature for population growth was 28 to 32°C. The intrinsic rate of increases of Jinnan strain was higher than those of Neimeng strain, even if the experimental temperature reached 28°C. From the comparison of the resultant data, we are of the opinion that the population growth capacity of Jinnan strain is higher than that of the Neimeng strain, whereas Neimeng strain has stronger thermal adaptability.

Keywords: *Moina mongolica*; intrinsic rate of increase (r_m); temperature; geographical strain