

# 不同培养条件下多刺裸腹蚤 的生殖和种群增长参数\*

王金秋<sup>1</sup> 桑月婵<sup>2</sup> 堵南山<sup>2</sup> 赖伟<sup>2</sup>

(1:复旦大学环境和资源生物系,上海 200433;2:华东师范大学生物学系,上海 200062)

**提 要** 于1996年在实验室对多刺裸腹蚤(*Moina macrocopa*)种群的增长率及相关生态学参数进行了研究.结果表明,3个温度梯度(24、28和32℃)和3个面包酵母(*Saccharomyces cerevisiae*)密度( $0.25$ 、 $2.5$ 和 $25 \times 10^6 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$ )下,以28℃时内禀增长力( $r_m$ )最高;28℃时,面包酵母的投喂密度为 $2.5 \times 10^6 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时,其 $r_m$ 最大.温度28℃,面包酵母密度为 $2.5 \times 10^6 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时,该蚤的繁殖前期最短,繁殖期和寿命均最长,并且怀卵量(每窝产仔数)最大.该蚤的种群密度和瞬时增长率分别在接种后第7d和第3-4d达高峰.该蚤批量培养时采收时间以第5d为宜.

**关键词** 多刺裸腹蚤 面包酵母 温度 内禀增长力 瞬时增长率

**分类号** Q969.47

多刺裸腹蚤(*Moina macrocopa*)是常见的淡水枝角类,它分布广<sup>[1]</sup>,生长繁殖快,在自然水体中常可达到较高的种群密度,是很有前途的室内集约化培养种类的筛选对象之一.关于该蚤的生物学、生态学及培养方面已有报道,主要侧重于探讨温度对其生殖和内禀增长力的影响<sup>[2,3]</sup>,对其大量培养亦做过有益的探讨<sup>[4]</sup>,但这些研究都是对该蚤单一种的研究.本文主要研究了在不同培养条件下,其生殖及主要种群增长参数,目的在于与以往其它常见种的同类研究<sup>[5,6]</sup>进行比较,为枝角类室内集约化培养的种类筛选提供依据,同时探讨了在室内小容器培养时,其种群的动态规律,为其大批量培养的研究奠定基础.

## 1 材料和方法

### 1.1 蚤及饵料

实验用多刺裸腹蚤(以下简称蚤)系1996年10月采自上海市曹阳污水处理场,在实验室内分离,单克隆培养,得到的实验种群作为实验接种材料.所用饵料为上海酵母厂出产的健康牌速溶面包酵母(*Saccharomyces cerevisiae*)干品.酵母先配成高浓度的母液冷藏备用.

### 1.2 生命表的编制

取怀卵量较大的孤雌生殖雌体放入30mL的烧杯中预培养,投喂面包酵母,其密度为 $2.5 \times 10^6 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$ ,连续观察其生殖情况.取刚产出的幼蚤,放入盛有同样面包酵母液的5mL试管中培养,每天更换1-2次酵母液,同时分离并计数幼蚤,直至一个世代结束.实验分别在24、28、32℃下进行.每组实验20个个体;实验用过滤曝气自来水,室内自然暴气;实验室自然

\* 中国博士后科学基金和国家自然科学基金(39770579)联合资助项目.

收稿日期:1997-8-12;收到修改稿日期:1997-11-20.王金秋,女,1962年生,博士,副教授.

光照,光照周期为自然昼夜交替.内禀增长力( $r_m$ )及相关参数的计算方法参见文献[5].

在上述得到的最适温度条件下,分别投喂密度为  $0.25 \times 10^6$ 、 $2.5 \times 10^6$  和  $25 \times 10^6$  cell·mL<sup>-1</sup>的面包酵母液进行同样的实验,以期找出适宜的面包酵母投喂密度.

### 1.3 蚤实验种群变动规律的研究

在上述最适温度和面包酵母密度下,采用种群累积培养法培养该蚤.培养用 100mL 烧杯,培养体积 80mL,3 个重复;蚤的接种密度为  $2 \text{ind} \cdot (10\text{mL})^{-1}$ .每天调整 1 次饵料密度,补充蒸发的水分,同时计数蚤的密度  $N_t$ .其它培养条件同(1.2).按公式  $r_t = 1nN_t - 1nN_0/T$  计算每天蚤种群瞬时增长率  $r_t$ ,式中,  $N_t$  为第  $t$  天的种群密度,  $N_0$  为  $(t-1)$ 天种群密度,  $T=1$ .

## 2 结果

### 2.1 不同培养条件下蚤的内禀增长力及相关参数

3 个温度梯度下,以 28℃ 时蚤的内禀增长力  $r_m$  最大(表 1),为  $1.048 \text{ind} \cdot \text{d}^{-1}$ ,比 24℃ 时高近 40%,略高于 32℃ 时的 1.010;周限增长率  $\lambda$  显示出同样的趋势.净生殖力  $R_0$  也是 28℃ 时最大,达  $125.527 \text{ind}^{-1}$ ,32℃ 时最低;世代时间则以 24℃ 时为最长,并随温度的升高而降低.

在同一温度(28℃,下同)条件下,蚤的  $r_m$ 、 $R_0$  和  $\lambda$  均以饵料密度为  $2.5 \times 10^6$  cell·mL<sup>-1</sup> 为最大,其次为 0.25 时,  $25 \times 10^6$  cell·mL<sup>-1</sup> 时最小;世代时间以饵料密度为  $0.25 \times 10^6$  cell·mL<sup>-1</sup> 时最短,其次依次为 25 时和 2.5 时.

表 1 不同温度和面包酵母密度下多刺裸腹蚤的主要生殖及生态学参数

Tab.1 Major parameters of reproduction and ecology in *Moina macrocopa* at different temperature and densities of *Saccharomyces cerevisiae*

温度/℃	24	28	28	28	32
饵料密度/ $\times 10^6$ cell·mL <sup>-1</sup>	2.5	0.25	2.5	25	2.5
内禀增长力 $r_m/\text{d}^{-1}$	0.76	0.76	1.048	0.407	1.010
净生殖力 $R_0/\text{ind}^{-1}$	91.751	12.347	125.527	5.385	38.421
世代时间 T/d	5.946	3.307	4.611	4.137	3.612
周限增长率 $\lambda$	2.138	2.138	2.854	1.502	2.746
繁殖前期/d	$2.80 \pm 0.51$	$2.60 \pm 0.97$	$2.00 \pm 0.00$	$2.30 \pm 0.48$	$1.27 \pm 0.47$
繁殖期/d	$6.75 \pm 2.71$	$4.00 \pm 0.76$	$5.25 \pm 1.60$	$1.20 \pm 0.42$	$2.50 \pm 2.02$
每窝产仔数/ind	$16.68 \pm 7.81$	$5.00 \pm 2.65$	$23.98 \pm 5.72$	$9.42 \pm 6.49$	$15.39 \pm 4.88$
寿命/d	$9.58 \pm 2.50$	$6.00 \pm 2.13$	$7.25 \pm 2.14$	$2.62 \pm 1.12$	$3.92 \pm 1.94$

### 2.2 不同培养条件下蚤的生殖及寿命

2.2.1 繁殖前期和繁殖期 同一饵料密度( $2.5 \times 10^6$  cell·mL<sup>-1</sup>,下同)下,蚤的繁殖前期和繁殖期均随温度升高而缩短;同一温度(28℃)下,饵料密度为  $2.5 \times 10^6$  cell·mL<sup>-1</sup> 时,蚤的繁殖前期最短,繁殖期最长;饵料密度升高或降低一个数量级,则蚤的繁殖前期延长,繁殖期缩短.

2.2.2 怀卵量 同一饵料密度下,以 28℃ 时蚤的怀卵量最大,即每窝产仔数最多,温度升高或降低,蚤的怀卵量均降低;同一温度条件下,以饵料密度  $2.5 \times 10^6$  cell·mL<sup>-1</sup> 时蚤的怀卵量最大,其次依次为  $25 \times 10^6$  cell·mL<sup>-1</sup> 和  $0.25 \times 10^6$  cell·mL<sup>-1</sup>. 在温度 28℃、饵料密度  $2.5 \times 10^6$  cell·mL<sup>-1</sup> 实验组,蚤的怀卵量明显高于其它各组.

2.2.3 寿命 同一饵料密度下,随温度的升高,蚤的寿命依次缩短;在同一温度条件下,以

$2.5 \times 10^6 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$  的饵料密度下, 溞的寿命为最长, 升高或降低饵料密度, 均可降低溞的寿命, 尤以高饵料密度的影响显著.

### 2.3 溞实验种群的动态规律

2.3.1 种群密度变动规律 温度  $28^\circ\text{C}$ 、饵料密度  $2.5 \times 10^6 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$  的条件下培养该溞(表 2), 结果表明, 溞的种群密度随培养时间逐渐增大, 在第 7d 达高峰, 第 8d 开始下降.

表 2 多刺裸腹溞实验种群的动态

Tab.2 Dynamic of experimental population in *Moina macrocopa*

培养时间/d	1	2	3	4	5	6	7	8
种群密度/ind·(10mL) <sup>-1</sup>	6.93	10.43	21.67	98.87	265.33	356.67	452.00	348.00
	±0.41	±2.14	±2.98	±17.56	±28.73	±15.01	±45.08	±8.00
瞬时增长率 $r_c$	1.24	0.41	0.73	1.52	0.99	0.30	0.24	-0.26
	±0.09	±0.23	±0.49	±0.31	±0.27	±0.10	±0.09	±0.15

2.3.2 瞬时增长率变动规律 表 2 可见, 接种的第 1d, 溞的瞬时增长率较大, 为  $1.24\text{d}^{-1}$ , 为整个培养期的次高峰值; 瞬时增长率的最高值是在培养的 3-4d, 可达 1.52; 第 4-5d 亦较高, 为 0.99, 其它时间均较低.

## 3 讨论与结论

### 3.1 多刺裸腹溞的培养潜力

与以往同类研究<sup>[5]</sup>相比, 多刺裸腹溞的最大内禀增长力比直额裸腹溞(*Moina rectirostris*)的 0.942 高 11.3%, 分别比拟老年低额溞(*Simocephalus vetuloides*)和细长型蚤状溞(*Daphnia pulex forma schoedleri*)的 0.373 和 0.196 高 2.8 和 5.3 倍; 群体培养显示, 其种群密度达高峰的时间亦早于上述各溞<sup>[6]</sup>. 这说明, 多刺裸腹溞种群增长快, 易在较短时间内获得较多的个体. 所以, 该溞是有前途的室内集约化培养种类. 这与以往的结论<sup>[2,3]</sup>基本一致.

### 2.3 多刺裸腹溞的适宜培养条件

以往的研究<sup>[3]</sup>认为, 多刺裸腹溞为喜温性种类, 在  $28^\circ\text{C}$  时, 其内禀增长力最大,  $25^\circ\text{C}$  时, 其净生殖力最大, 其适宜培养温度为  $25-28^\circ\text{C}$ , 本研究结果与其基本一致. 所不同的是, 在本研究中, 该溞的内禀增长力与净生殖力均以水温  $28^\circ\text{C}$  时最大, 而与以往研究中净生殖力最大的水温( $25^\circ\text{C}$ )接近的温度条件下( $24^\circ\text{C}$ ), 该溞的净生殖力却比  $28^\circ\text{C}$  时有明显下降(表 1), 这可能是  $25^\circ\text{C}$  与  $24^\circ\text{C}$  对该溞的净生殖力的影响是一个关键的温度界限, 有待于进一步探讨. 另一方面, 本研究得出的最大内禀增长力和净生殖力均低于上述研究, 同时寿命亦略短, 这可能因为, 在本研究中所用的容器体积较小的缘故, 同时, 培养液(饵料)有所不同.

在本研究中面包酵母的 3 个投喂密度下,  $2.5 \times 10^6 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$  时, 该溞的内禀增长力和相关的生态学参数以及生殖和寿命等均显示了最佳值, 增加或降低一个数量级, 这些指标均趋弱或转坏. 这与拟老年低额溞和直额裸腹溞的研究结果<sup>[6]</sup>基本一致.

因此, 该多刺裸腹溞的适宜培养温度为  $28^\circ\text{C}$  左右, 面包酵母的适宜投喂密度为  $2.5 \times 10^6 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$ .

### 3.3 批量培养的适宜采收时间

根据本实验结果, 多刺裸腹溞的种群在培养的第 7 天达高峰; 其瞬时增长率的高峰值则在

培养的第 3-4d, 在第 4-5d 亦较高, 之后急剧下降. 根据种群动力学原理, 在批量培养时, 对培养物的采收时间应在种群达高峰之前, 调整增长之后, 这样, 一方面可以获得大量的动物个体, 另一方面, 也可防止种群达高峰后, 由于环境压力而造成种群破碎, 使培养失败. 所以, 多刺裸腹蚤的批量培养时, 采收时间应在培养第 5d 左右为宜. 该结论仅供该蚤大量培养时参考, 还需在大水体培养条件下做进一步的验证.

### 参 考 文 献

- 1 堵南山, 赖伟. 中国淡水枝角类的地理分布. 动物学报, 1963, 15(3):403-416
- 2 何志辉. 不同温度范围内隆线蚤和多刺裸腹蚤的生长和生殖的初步观察. 动物学杂志, 1965, (1):34-37
- 3 何志辉. 温度对多刺裸腹水蚤 (*Moina macrocopa* Straus) 的繁殖力和内禀增长能力 ( $r_m$ ) 的影响. 大连水产学院学报, 1983, (1):1-8
- 4 程汉良, 李树国. 大量培养多刺裸腹蚤的研究. 齐鲁渔业, 1994, 11(4):27-30
- 5 王金秋, 郭东辉, 堵南山等. 三种常见淡水枝角类内禀增长能力的比较研究. 华东师范大学学报(自然科学版)(动物学专辑), 1996:63-66
- 6 王金秋, 刘世昌, 郭东辉. 面包酵母的投喂密度对 3 种淡水枝角类种群增长的影响. 生态学杂志, 1997, 16(1):23-25 52

## Production and Growth Parameter for *Moina macrocopa* under Different Culture Conditions

WANG Jinqiu<sup>1</sup> SANG Yuechan<sup>2</sup> DU Nanshan<sup>2</sup> LAI Wei<sup>2</sup>

(1: Department of Environmental and Resources Biology, Fudan University, Shanghai 200433;

2: Department of Biology, East China Normal University, Shanghai 200062)

### Abstract

The population growth rate and ecological parameter for *Moina macrocopa* under different three temperature (24, 28 and 32°C) and densities of *Saccharomyces cerevisiae* ( $0.25 \times 10^6$  cell·mL<sup>-1</sup>,  $2.5 \times 10^6$  cell·mL<sup>-1</sup> and  $25 \times 10^6$  cell·mL<sup>-1</sup>) were obtained. Results indicated that the intrinsic increase rate ( $r_m$ ) reached 1.048 d<sup>-1</sup> under temperature of 28°C, higher than 0.76 d<sup>-1</sup> (24°C), and 1.010 d<sup>-1</sup> (32°C). Further comparisons showed that under culture conditions that density of *S. cerevisiae* of  $2.5 \times 10^6$  cell·mL<sup>-1</sup> and a temperature of 28°C, the  $r_m$  was maximum, the productive period and life-span of *M. macrocopa* longest, and the numbers of conceiving eggs highest. Hence, the conditions of culture density of *S. cerevisiae* of  $2.5 \times 10^6$  cell·mL<sup>-1</sup> and a temperature of 28°C were optimal for *M. macrocopa* production. Population accumulative culture experiments indicated a peak of population density of *M. macrocopa* was observed at the 7th day after inoculation. The peak instantaneous rate increase of population appeared at the 3rd to 4th day, so that a collection at the 5th day would be favored.

**Key Words** *Moina macrocopa*, *Saccharomyces cerevisiae*, intrinsic increase rate, instantaneous increase rate, temperature