

温度对发头裸腹蚤生殖能力的影响

施心路^{1,2} 鲍双燕¹ 刘桂杰¹ 齐彩花¹ 崔木子¹ 张志兵¹

(1. 杭州师范大学, 杭州市动物科学与技术重点实验室, 杭州 310036; 2. 哈尔滨师范大学生命与环境科学学院, 哈尔滨 150080)

摘要: 在实验室培养条件下饲以充足食物, 对不同温度下发头裸腹蚤 (*Moina irrasa*) 的最大生殖能力进行了研究。结果表明: 在 5 个不同温度 ((15±1)℃、(20±1)℃、(25±1)℃、(30±1)℃、(35±1)℃) 条件下, 发头裸腹蚤最大生殖个体的体长可达 1.93mm; 性成熟所需的时间分别为: 4.0d、2.36d、1.40d、1.31d 和 1.0d; 各成龄期平均产仔量为: (24.78±4.29) 个、(19.1±2.42) 个、(26.25±5.71) 个、(27.62±2.72) 个和 (19.47±3.29) 个; 平均累计产仔量则为: (87±26) 个、(159±39.5) 个、(239±21.9) 个、(130.9±36.1) 个、(81.6±17.0) 个。发头裸腹蚤的最适生殖温度在 25—30℃ 之间, 25℃ 时其累计生殖量最大, 为 (239±21.9) 个。生殖的极限温度最高约为 38℃, 生活的临界温度最高在 40℃。温度低于 1℃ 时发头裸腹蚤已不适合进行孤雌生殖。在不同温度条件下, 发头裸腹蚤性成熟所需的时间与水温的关系可用回归方程表示为: $h = 7231.4t^{-1.6167}$ 。本文亦对同属中几个相近种的生殖能力及相关生物学现象进行了探讨。

关键词: 淡水枝角类; 裸腹蚤属; 发头裸腹蚤; 温度; 生殖

中图分类号: Q178.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2009)02-0200-07

枝角类是组成淡水浮游动物的主要类群之一, 在自然水域的数量大、繁殖快, 是水生经济性动物鱼类等的良好饵料^[1-6]。由于枝角类生活在各类水域环境中, 可直接作为评价水环境质量、水中是否存在毒物及毒物的性质和强度的指示性生物。有关枝角类的生长、生殖及种群增长方面的工作国内外已有相关的报道^[5, 7-9], 但研究最多的主要集中在大型蚤 (*Daphnia magna*)^[10, 11]、隆腺蚤 (*D. carinata*)^[12-14]、蚤状蚤 (*D. pulex*)^[3] 和低额蚤属^[6, 15-20] 等个体相对较大的种类。在裸腹蚤的研究中, 国内先后有王岩、何志辉、黄飞祥、曹双俊等对蒙古裸腹蚤 (*Moina mongolica*)、近亲裸腹蚤 (*M. affinis*)、微型裸腹蚤 (*M. micrura*) 等^[21-28] 进行过研究。国外学者 Ben iler Murugan 等^[29, 30] 也先后报道过裸腹蚤的生物学研究。堵南山等^[31] 曾研究过发头裸腹蚤 (*Moina irrasa*) 生殖量的季节性变化, 葛家春和黄诚^[32]、Deng & Xie P^[33] 对发头裸腹蚤的生长、生殖也做过研究。尽管已有学者先后报道过部分裸腹蚤生殖方面的工作, 但在不同温度条件下裸腹蚤的生殖能力及极限

温度对裸腹蚤生殖能力影响方面的工作并不多见, 不少结论仍然缺少实验依据。本文根据自然水域不同季节温度变化的情况, 在实验室饲以足食条件下, 分别对 5 种不同温度下发头裸腹蚤的生殖能力进行了详细的研究, 以求为渔业生产提供详实的实验数据并为进一步深入了解裸腹蚤属各种类之间在不同温度条件下的生殖能力提供依据。

1 材料与方法

发头裸腹蚤 (*Moina irrasa*) 采自杭州市古荡农灌河 (N 30°17'39.2"; E 120°07'28.6"), 用浮游生物网捞取行孤雌生殖期间的蚤体, 将其放在装有原生境水的容器内带回实验室并进行实验前的分离驯化培养。实验时选取龄期相近, 幼体生长良好的后代为实验材料, 分别放在 10mL 的培养容器中, 每实验组动物分别为 10—16 个, 每个培养容器中各放一个刚刚出生的幼体 (一龄期), 饲以斜生栅藻 (*Scenedesmus obliquus*, 25—30 万个 /mL), 并每天补充置换部分培养液及添加部分斜生栅藻以确保食物充足。参

收稿日期: 2007-02-12 修订日期: 2008-01-03

基金项目: 国家自然科学基金 (30670222); 淡水生态与生物技术国家开放实验室基金 (009BF11); 中国海洋大学海水养殖教育部重点实验室基金 (2006027); 浙江省动物学重点学科基金部分项目资助

作者简介: 施心路 (1955—), 男, 教授, 博士; 研究方向为水生动物学。E-mail: Shixl56@163.com

通讯作者: 刘桂杰, E-mail: Liugj65@126.com

照该物种生殖及生活的温度范围, 并根据自然界裸腹蚤在生殖季节所具有的温度幅度设为 5 个温度梯度 ($(15 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、 $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、 $(30 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、 $(35 \pm 1)^\circ\text{C}$) 进行培养, 并保证光照 12h/d。实验材料每天检查 4 次 (6 00 12 00 18 00 21 00), 并从第一成龄 (开始排卵) 开始统计每一成龄所产仔数, 直至蚤体死亡。龄期数以蜕壳的次数为

依据。

2 结果

2.1 温度对性成熟的影响

在 $15-(35 \pm 1)^\circ\text{C}$ 范围内, 发头裸腹蚤性成熟所需的时间与温度成反比, 即温度越高, 性成熟所需要的时间就越短 (表 1)。

表 1 发头裸腹蚤性成熟所需时间与温度之间的关系

Tab. 1 The relationship between sex maturity and temperature in *Moina irasa*

温度 Temperature ($^\circ\text{C}$)	11 \pm 1	15 \pm 1	20 \pm 1	25 \pm 1	30 \pm 1	35 \pm 1	38 \pm 1
时间 Time (h)	463.2 \pm 33.5	96 \pm 12.5	56.7 \pm 2.3	33.8 \pm 2.4	31.5 \pm 0.0	24.2 \pm 0.0	39.7 \pm 7.2
怀卵状态 Status of breed	非正常	正常	正常	正常	正常	正常	非正常
个体数 Numeral	10	12	16	12	13	16	16

发头裸腹蚤性成熟时间与水温的关系可用回归方程表示为: $h = 7231.4t^{-1.6167}$, $R = 0.985$ 相关性极为密切。温度与性成熟时间成明显的负相关关系, 其中 h 为性成熟所需要的时间 (h), t 为实验所采用的培养温度 ($^\circ\text{C}$)。但温度超过一定限度时, 性成熟时间与温度的关系则不能用回归方程表示。

本实验对发头裸腹蚤生殖时所允许的最低和最高温度的阈值进行了观测, 在 $(11 \pm 1)^\circ\text{C}$ 下的性成熟所需时间大为延长, 通常需要约 19.3d。10 $^\circ\text{C}$ 条件下只有约 40% 行孤雌生殖的发头裸腹蚤能够进入性成熟, 而且通常只怀卵不产仔。当在较高温度 $(38 \pm 1)^\circ\text{C}$ 条件下培养时, 怀卵所需时间约需 40h, 比 $(35 \pm 1)^\circ\text{C}$ 下所需时间平均要长 15.46h, 且只有 80% 行孤雌生殖的亲蚤能够进入性成熟。这其中约有 25% 的亲体只能产仔一次, 且所产仔的数量极少, 通常只有 3—5 个, 随后亲蚤死亡。

2.2 生殖

发头裸腹蚤从刚刚产出时的幼龄期到第一成龄期 (第一次怀卵) 所需的时间与培养温度密切相关。在 $20-(35 \pm 1)^\circ\text{C}$ 范围内, 各温度梯度均只有 3 个幼龄期, 但在 $(15 \pm 1)^\circ\text{C}$ 条件下, 一部分发头裸腹蚤可有 4 个幼龄期 (占 30%), 另一部分为 3 个幼龄

期。 $(30 \pm 1)^\circ\text{C}$ 和 $(35 \pm 1)^\circ\text{C}$ 下都各有 8 个成龄期, 而 $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ 和 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ 下则可有 13 个成龄期, 因 16 龄结束后分别还有 37.5% 和 58.3% 的蚤体存活 (不久后死亡, 没有完成 17 龄)。在 $(15 \pm 1)^\circ\text{C}$ 下有 4—8 个成龄期。

2.2.1 第一成龄产仔量与温度的关系

在一定的温度 ($15-35^\circ\text{C}$) 条件下培养, 温度越低, 其第一成龄的平均产仔量反而会越高 ($(15 \pm 1)^\circ\text{C}$ 下最高, 为 19.8 ± 1.7) (图 1), 但在其余温度条件下第一成龄的平均产仔量则相差不大, 且无论是最大产仔量还是最小产仔量均在 $(15 \pm 1)^\circ\text{C}$ 下最大, 其余温度条件下的产仔量则相近 (表 2)。

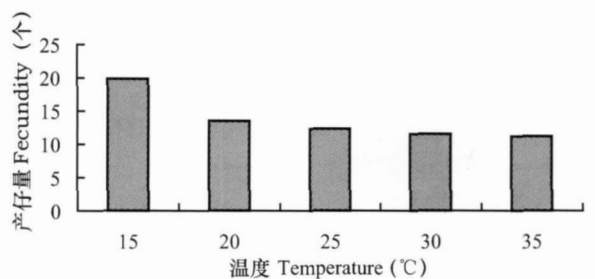


图 1 发头裸腹蚤第一成龄平均产仔量与温度的关系
Fig. 1 The relationship between mean fecundity of the first adult instar and temperature in *Moina irasa*

表 2 发头裸腹蚤第一成龄平均产仔量与温度之间的关系

Tab. 2 The relationship between mean fecundity of the first adult instar and temperature in *Moina irasa*

温度 Temperature ($^\circ\text{C}$)	15 \pm 1	20 \pm 1	25 \pm 1	30 \pm 1	35 \pm 1
平均产仔量 (个) Ave. num	19.8 \pm 1.7	13.5 \pm 1.5	12.3 \pm 2.1	11.5 \pm 1.9	11.2 \pm 1.0
最大产仔量 (个) Max. num	21	15	15	17	13
最小产仔量 (个) Min. num	17	10	9	10	9

2.2.2 不同温度条件下产仔量与龄期的关系

发头裸腹蚤从第4龄开始进入成龄期((15±1)℃下部分发头裸腹蚤从第5龄开始),即第一次怀卵,其后产仔量随龄期的增长而依次上升,待其达最大产仔量后,则逐渐开始下降。实验中发现,在每个温度条件下达到最大产仔量的龄期有所不同。(20±1)℃及(25±1)℃培养条件下的龄期最长,成龄期均可达13个,但(20±1)℃每一龄的平均产仔量比(25±1)℃相对要少,且(20±1)℃时平均每龄产仔量的波动程度也相对较大。(15±1)℃、(30±1)℃和(35±1)℃时发头裸腹蚤的龄期则相对较少,成龄期为8个,其中(30±1)℃时的最大平均产

仔量为最高(图2)。

2.2.3 产仔量与体长的关系

通常产仔量与体长并不存在非常明显的关系,严格地讲,体长与产仔量只在成龄期的开始一直到生殖的近中期(产仔量最高时期)时才存在着正比例的关系。在发头裸腹蚤,最大产卵量通常都发生在第3—5成龄之间。在(15±1)℃下,体长在1.12—1.45mm之间;(30±1)℃下,体长在1.06—1.47mm之间;(35±1)℃下,体长在1.05—1.43mm之间时,产仔量都随体长的增长而增长。(20±1)℃和(25±1)℃下发头裸腹蚤的体长在5个温度中相对较长,其产仔量也相对最高(表3)。



图2 不同温度下发头裸腹蚤成龄期与产仔量的关系

Fig. 2 The relationship between mean fecundity and adult instars of *Moina irrasa* at experimental temperature

表3 发头裸腹蚤在(20±1)℃和(25±1)℃下各成龄期平均体长及产仔量

Tab. 3 The mean length and fecundity of each adult stages of *Moina irrasa* at (20±1)℃ and (25±1)℃

成龄数	温度	平均体长	平均产仔量	温度	平均体长	平均产仔量
Adult instar	Temperature	Mean length (mm)	Mean fecundity	Temperature	Mean length (mm)	Mean fecundity
1	20℃	1.04±0.06	13.5±1.5	25℃	1.09±0.05	12.3±2.15
2		1.20±0.06	18.7±2.8		1.28±0.07	17.42±4.87
3		1.32±0.05	16.8±2.7		1.41±0.09	20.08±5.14
4		1.39±0.03	19.1±2.4		1.50±0.09	21.67±4.05
5		1.44±0.03	12.4±3.4		1.61±0.08	26.25±5.71
6		1.47±0.03	17.7±2.6		1.71±0.10	24.17±5.47
7		1.50±0.04	10.9±3.2		1.77±0.10	24.0±2.92
8		1.53±0.04	11.8±5.6		1.84±0.09	22.25±4.6
9		1.55±0.04	13.0±4.5		1.86±0.08	19.42±2.68
10		1.58±0.03	13.4±2.8		1.88±0.07	21.75±2.73
11		1.61±0.04	12.6±4.8		1.89±0.08	19.73±5.93
12		1.62±0.07	8.3±2.1		1.90±0.07	10.33±4.09
13		1.71±0.04	9±0.0		1.91±0.06	9.2±2.39
14		1.69±0.05			1.93±0.13	

2.2.4 累积产仔量与温度的关系

发头裸腹蚤在不同温度条件下每个龄期的产仔

量不同,成龄期的数目各异,所以其平均累积产仔量也不相同。实验发现,在(25±1)℃条件下平均累积

产仔量最高, 达 (239 ± 21.9) 个, 这说明 (25 ± 1) °C 是发头裸腹蚤生活的最适温度。在较低温度 (15 ± 1) °C 和较高温度 (35 ± 1) °C 下, 其平均累积产仔量均不足

100个 (表 4), 极少数个体的累积产仔量可以达到 151个和 117个, 这也说明发头裸腹蚤尽管能在此温度条件下繁殖, 但无法达到最大生殖量。

表 4 发头裸腹蚤累积产仔量与温度之间的关系

Tab 4 The relationship between fecundity and temperature of *Moina irrasa*

温度 Temperature	(15 ± 1) °C	(20 ± 1) °C	(25 ± 1) °C	(30 ± 1) °C	(35 ± 1) °C
平均累积产仔量 (个) A ve. Cumu. num	87.0 ± 26.0	159.0 ± 39.0	239.0 ± 21.0	130.7 ± 36.1	81.6 ± 17.1
最大累积产仔量 (个) M ax. Cum u. num	151	181	293	181	117
最小累积产仔量 (个) M in. Cumu. num	63	137	218	58	51

3 讨论

3.1 水温对性成熟的影响

除食物的丰欠程度外, 温度的高低是自然水环境中直接影响蚤类性成熟及种群密度的主要因素之一。郑重^[3]在温度对蚤状蚤生殖影响的研究结果表明, 温度的高低不仅可以影响到蚤类个体的大小, 也直接关系到它们繁殖的速度。一般认为, 在一定温度范围内, 在温度相对较低的条件下亲蚤的个体都相对较大, 而且每一龄期所需要的发育时间也相对较长, 这与施心路等^[16]对微齿喜马拉雅低额蚤及施心路等对北安低额蚤 (待发表) 的研究结果相同。

温度对发头裸腹蚤性成熟的影响非常显著。本实验从 (15 ± 1) °C 起, 培养温度升高 10°C (到 (25 ± 1) °C) 时, 性成熟所需的时间则仅需原来的 1/3; 升

高 20°C (到 (35 ± 1) °C) 时, 则性成熟所需要的时间约为原来的 1/4。这与黄祥飞^[24]在近亲裸腹蚤上所得结果相似。Deng & Xie^[33]在对不同食物浓度和不同温度条件下发头裸腹蚤的生长和生殖研究时的结果表明, 实验条件相同 (充足食物), 其所得的实验结果相近。

由此可见, 在一定温度范围内枝角类的性成熟所需时间随温度的升高而大幅减少的结果是该类动物的普遍现象。不同种类在同一温度条件下性成熟所需要的时间也存在着一定的差异, 从表 5 中可以发现多刺裸腹蚤和蒙古裸腹蚤在相同温度条件下均比发头裸腹蚤所需要的时间少, 而蒙古裸腹蚤在同条件下又比多刺裸腹蚤性成熟所需要的时间少。尽管同属中的不同种之间在发育速度上存在着一定的差异, 由相近种类上得到的研究结果通常在一定程度上可以反映出相近种类的某些共性特征。

表 5 不同温度条件下几种裸腹蚤从幼龄至第 1 成龄所需的时间

Tab. 5 Hours needed from the first larva to the first adult instar at different temperature in several *Moina* species

蚤种 Species	温度 Temperature (°C)	时间 Duration (h)	资料来源 Data from
多刺裸腹蚤 <i>Moina macrocpa</i>	19	68	程汉良、李树国 ^[27]
	21	46	
	25	33	
	28	24	
	31	20	
蒙古裸腹蚤 <i>Moina mongolica</i> Daddy	20	27.6 ± 0.58	王岩等 ^[1]
	25	25.3 ± 1.52	
	30	14.0 ± 0.00	
	33	13.0 ± 0.00	
	11	463.2 ± 33.5	
发头裸腹蚤 <i>Moina irrasa</i>	15	96 ± 12.5	本文
	20	56.7 ± 2.3	
	25	33.8 ± 2.4	
	30	31.5 ± 0.0	
	35	24.2 ± 0.0	
	38	39.7 ± 7.2	

3.2 水温对生殖能力的影响

在一定的温度范围内,发头裸腹蚤产卵量随着温度的升高而增大,超出最适培养温度范围时则产仔量逐渐下降,出现怀卵量变少、生殖时间加长、怀卵后不生殖或带卵死亡等现象。如持续升高或是降低到一定温度则不能怀卵,通常表现为成活一段时间后即死亡。实验证明,对发头裸腹蚤而言,在相对高温条件下的生殖阈值的上限约在 39℃左右,这与王丹丽^[17]等在老年低额蚤上所得耐高温极限温度为(38±1)℃的结论相似,但发头裸腹蚤生活时极限温度能达到 40℃,明显较老年低额蚤(38±1)℃和蚤状蚤(36±1)℃要高^[17]。

不同温度对蚤类生殖的影响已分别在蚤属(*Daphnia*)^[3-5, 7, 10, 11, 13, 17, 24]、低额蚤属(*Sinocphalus*)^[15-20]和裸腹蚤属(*Moina*)^[21-30]的某些种类上有过报道。尽管实验材料不尽相同,但从不同温度对各种蚤类生殖能力所产生的影响结果看,它们生殖时较为合适的温度大都在 15—35℃之间,而最佳繁殖温度通常也均在 20—30℃的范围内。

累计产卵量的多少可直接反映出各种蚤类对所处培养温度的适应程度。一般认为,同一种蚤类在一定温度条件下培养时累计产卵量越多,就说明该种类对此种温度越适应。虽说不同学者在各自的研究中在同等条件下所得的结论不尽相同,但我们仍然可以将同等培养条件下相近蚤类累计产卵量的最高值作为该种累计生殖量的相对参照标准。例如:在 20℃并饲以足食的条件下,大型蚤的累计产卵量为 276 个^[10],尖吻低额蚤为 248 个(*Muruga & Sivaram akrishnan* 1973)^[19],微齿喜马拉雅低额蚤 404 个^[15],近亲裸腹蚤为 214 个^[24],发头裸腹蚤为 181 个(本文)。

葛家春和黄诚^[32]在 25℃和 30℃两种温度条件下对发头裸腹蚤生殖能力的研究中发现,两种温度条件下各具 6 和 7 个成龄,平均累积产仔量分别为 117 个和 106.6 个,最高累计产仔量可分别达到 192 和 177 个。这一结果与我们实验的结果有较大的差异,本实验中,25℃和 30℃实验组的成龄数分别为 13 和 8 个,累计平均产仔量分别为 239 和 131 个,而两者的最高产仔量可分别达到 293 和 181 个。如果考虑到两实验个体所具有的不同龄期数的因素在内,所得累计产卵量应有趋同性。若将两位学者所求出的累计产仔数换算成每(成)龄的平均最高产仔量来比较可以发现,前者的每龄产仔量明显要高。尽管因葛家春和黄诚所给实验结果因生殖龄期数目

较少而无法与本实验所得结果进行详细比较,但发头裸腹蚤在 25℃和 30℃条件下的累计产仔数至少在目前可以认为至少能达到 293 和 181 个。至于为何同一种类在同一温度条件下生命周期的长短会相差这么多还有待于进一步研究。

发头裸腹蚤的最大平均产仔量通常发生在第 3—5 成龄。一般来讲,应在整个成龄期数的中间龄期。如正常情况下,蚤类的亲体可持续生殖 6—7 龄,那么最高生殖量应当发生在第 3 或第 4 成龄期;若蚤类的持续生殖可达 11—12 龄时,最高生殖量就可能就出现在 5—6 成龄附近,依此类推。这与郑重、施心路和史新柏在蚤状蚤和微齿喜马拉雅低额蚤上所得结果相同^[3, 15, 16]。

参考文献:

- [1] Jiang S Z, Du N S Fauna sinica freshwater cladocera [M]. Beijing: Science Press 1979 [蒋燮治,堵南山.中国动物志淡水枝角类.北京:科学出版社.1979]
- [2] Zhang H X, Shi X L, Chen F H. Preliminary investigation on freshwater cladocera from Harbin area [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2005, 40: 75—79 [张会新,施心路,陈凤虎.哈尔滨地区淡水枝角类的初步调查.动物学杂志,2005,40: 75—79]
- [3] Zheng Z The effects of temperature on reproduction of freshwater cladocera *Daphnia pulex* [J]. *Journal of Xiamen University*, 1953, (1): 29—36 [郑重.温度对于淡水枝角类水蚤(*Daphnia pulex*)生殖的影响.厦门大学学报,1953,(1): 29—36]
- [4] Zheng Z Studies on reproduction of freshwater cladocera [J]. *Acta Zoologica Sinica*, 1959, 1: 22—28 [郑重.淡水枝角类的生殖.动物学杂志.1959,1: 22—28]
- [5] Greeney W S C The physiological ecology of *Daphnia*: A dynamic model of growth and reproduction [J]. *Ecology*, 1990, 71: 716—732
- [6] Muruga N The biology of *Sinocphalus acutirostratus* King (Cladocera Daphniidae) Hatchability of the parthenogenetic egg cultured in artificial media [J]. *Hydrobiologia*, 1977, 54: 173—277
- [7] Green J Growth, size and reproduction in *Daphnia* [J]. *Proc Zool Soc London, Sci.*, 1956, 126: 173—204
- [8] Mocalley E The physiological ecology of *Daphnia*: Development of a model of growth and reproduction [J]. *Ecology*, 1990, 71: 703—715
- [9] Huang X F Studies on the biology of three freshwater Cladoceran species [J]. *Oceanologia Et Limnologia Sinica*, 1985, 16: 188—195 [黄祥飞.三种淡水枝角类生物学的研究.海洋与湖沼,1985,16: 188—195]
- [10] Song D X Studies on the culturing of *Daphnia magna* Straus (Crustacea Cladocera) [J]. *Acta Zoologica Sinica*, 1962, 14: 49—62 [宋大祥.大型蚤(*Daphnia magna* Straus)的初步培养研究.动物学报,1962,14: 49—62]

- [11] Zhuang D H, Liang Y L. Studies on the growth, reproduction and model of population growth of *Daphnia magna* Straus [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1986, **10**: 24—31 [庄德辉, 梁彦龄. 大型水蚤生长、生殖和种群增长的研究. 水生生物学报, 1986, **10**: 24—31]
- [12] Huang X F. Effects of temperature on development and growth of *Daphnia hyaline* and *Daphnia carinata* sp. indet (Cladocera: daphniidae) [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1984, **8**: 207—223 [黄祥飞. 温度对透明蚤和隆线蚤一亚种发育及生长的影响. 水生生物学报, 1984, **8**: 207—223]
- [13] Du N S. The growth and reproduction of *Daphnia carinata* King [J]. *Journal of East China Normal University* (Natural Science), 1983, **1**: 85—91 [堵南山, 隆线蚤生长与生殖力. 华东师范大学学报 (自然科学版), 1983, **1**: 85—91]
- [14] Liang Y L, Zhang G X. The effects of reproduction and the innate increase capacity (r_m) of *Daphnia carinata* [J]. *Journal of Dalian Fisheries University*, 1983, **1**: 1—8 [梁彦龄, 张国馨. 隆线蚤的繁殖力和内禀增长能力 (r_m) 的影响. 大连水产学报, 1983, **1**: 1—8]
- [15] Shi X L, Shi X B. Reproduction and development of *Sinoccephalus himalayensis* Krodus (Crustacea: Cladocera) [J]. *Acta Zoologica Sinica*, 1996, **42**: 287—296 [施心路, 史新柏. 微齿喜马拉雅低额蚤的生殖与发育. 动物学报, 1996, **42**: 287—296]
- [16] Shi X L, Yu L J, Zhang D W, et al. Studies on the growth and model of population growth in *Sinoccephalus himalayensis* Krodus [J]. *Oceanologia Et Limnologia Sinica*, 1997, **28**: 262—270 [施心路, 于丽杰, 张大维, 等. 微齿喜马拉雅低额蚤生长及种群增长的研究. 海洋与湖沼, 1997, **28**: 262—270]
- [17] Wang D L, Li M Y, Wang H B, et al. The effects of temperature on the innate increase capacity (r_m) of *Sinoccephalus vetulus* Muller and *Daphnia pulex* Leydig [J]. *Journal of Ningbo University*, 1996, **9**: 36—43 [王丹丽, 李明云, 汪海波, 等. 温度对老年低额蚤和蚤状蚤的繁殖能力及内禀增长率 (r_m) 的影响. 宁波大学学报, 1996, **9**: 36—43]
- [18] Kanaujia D R. Biology and ephippia development in *Sinoccephalus vetulus* (O. F. Muller 1976) (Cladocera: Daphniidae) [J]. *Indian Journal of Animal Science*, 1987, **57**: 1153—1160
- [19] Munagan N, D G Sivaram akrishnan. The biology of *Sinoccephalus aatinostratus* King (Cladocera: Daphniidae)—Laboratory studies of life span, instar duration, egg production, growth and stages in embryonic development [J]. *Freshwater Biol*, 1973, **3**: 77—83
- [20] Sharma S, B K Sharma. Observations on the longevity, instar durations, fecundity, growth and embryonic development in *Sinoccephalus exspinosus* (koch) (Cladocera: Daphniidae) [J]. *Indian Journal of Animal Sciences*, 1989, **59**: 1206—1210
- [21] Wang Y, He Z H, Cai Y. Effects of temperature and salinity on development of *Moina mongolica* Daddy (Cladocera: Moinidae) [J]. *Oceanologia Et Limnologia Sinica*, 2000, **31**: 8—14 [王岩, 何志辉, 蔡云. 温度和盐度对蒙古裸腹蚤发育的影响. 海洋与湖沼, 2000, **31**: 8—14]
- [22] He Z H. Effects of temperature and salinity on the growth, reproduction and innate increase capacity of *Moina mongolica* Daddy [J]. *Journal of Dalian Fisheries University*, 1988, **2**: 1—8 [何志辉. 盐度和温度对蒙古裸腹蚤生长、生殖和内禀增长率的影响. 大连水产学院学报, 1988, **2**: 1—8]
- [23] Zhao W, Xu X Z, Wang C, et al. Effects of temperature on the population growth and reproduction of two strains of *Moina mongolica* Daddy (Cladocera: Moinidae) [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2004, **16**: 365—370 [赵文, 徐宪仲, 王超, 等. 温度对两品系蒙古裸腹蚤 (*Moina mongolica* Daddy) 种群增长和生殖的影响. 湖泊科学, 2004, **16**: 365—370]
- [24] Huang X F. Effect of temperature on development, growth and egg production in *Moina affinis* (Cladocera: Moinidae) [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1983, **8**: 105—112 [黄祥飞. 温度对近亲裸腹蚤发育、生长和卵的生产量的影响. 水生生物学报, 1983, **8**: 105—112]
- [25] Cao S J, Lin X T, Huang C J, et al. Population growth and reproduction of *Moina micrura* Kurz [J]. *Chinese Journal Applied & Environmental Biology*, 1998, **4**: 37—39 [曹双俊, 林小涛, 黄长江, 等. 应用与环境生物学报, 1998, **4**: 37—39]
- [26] He Z H. The effects of temperature on fecundity and innate increase capacity of *Moina macrocapa* [J]. *Journal of Dalian Fisheries University*, 1983, **1**: 1—8 [何志辉. 温度对多刺裸腹蚤的繁殖力和内禀增长能力的影响. 大连水产学院学报, 1983, **1**: 1—8]
- [27] Cheng H L, Li S G. Studies on cultivating *Moina macrocapa* in large scale [J]. *Shandong Fisheries*, 1994, **11**: 27—30 [程汉良, 李树国. 大量培养多刺裸腹蚤的研究. 齐鲁渔业, 1994, **11**: 27—30]
- [28] He Z H, An S S. The adaptation to salinity in *Moina rectirostris* [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 1986, **2**: 25—27 [何志辉, 安树升. 直额裸腹蚤对海水盐度的适应能力. 动物学杂志, 1986, **2**: 25—27]
- [29] Benider A, A Tifnouti, R Pourriot. Growth of *Moina macrocapa* (Straus 1820) (Crustacea: Cladocera): Influence of trophic conditions, population density and temperature [J]. *Hydrobiologia*, 2002, **468**: 1—11
- [30] Munagan N. Egg production, development and growth in *Moina micrura* Kurz (Cladocera: Moinidae) [J]. *Freshwater Biology*, 1975, **5**: 245—250
- [31] Du N S, Lai W, Deng X H. Seasonal variations in the reproductive capacity of two species of freshwater cladocera [J]. *Oceanologia Et Limnologia Sinica*, 1964, **6**: 413—428 [堵南山, 赖伟, 邓雪怀. 两种淡水枝角类生殖量的季节变化. 海洋与湖沼, 1964, **6**: 413—428]
- [32] Ge J C, Huang C. Study on growth, reproduction of *Moina irrasa* (Cladocera) [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1999, **23**: 112—119 [葛家春, 黄诚. 发头裸腹蚤生长、生殖的研究. 水生生物学报, 1999, **23**: 112—119]
- [33] Deng D G, Xie P. Effect of food and temperature on the growth and development of *Moina irrasa* (Cladocera: Moinidae) [J]. *Journal of Freshwater Ecology*, 2003, **18** (4): 503—513

EFFECT OF THE TEMPERATURE ON THE REPRODUCTION CAPACITY OF *MOINA IRRASA*

SHI Xian-Lu^{1,2}, BAO Shuang-Yan¹, LU Gu-Jie¹, QI Cai-Hua¹, CUI Mu-Zi¹ and ZHANG Zhi-Bing¹

(1. Hangzhou Key Laboratory for Animal Science and Technology, Hangzhou Normal University, Hangzhou 310036

2. Life and Environment College, Harbin Normal University, Harbin 150080)

Abstract Samples of the *Moina irrasa* were collected in Gudang irrigation canal a small canal for agriculture in Hangzhou, Zhejiang Province (30°17'N, 120°07'E), and were given abundant food (fed with *Scenedesmus obliquus* at about the density of 3×10^5 cells/mL). The juveniles from the female parent were isolated and cultured in different temperatures ((15 ± 1) °C, (20 ± 1) °C, (25 ± 1) °C, (30 ± 1) °C, (35 ± 1) °C) respectively. The experiment was carried out under a constant light regime of 12h light 12h dark. Observed four times each day, the body length was measured, the instars duration and the brood size were recorded.

Mature age of *M. irrasa* was related to water temperature in inverse ratio, the relationship between mature age and water temperature at 15—35°C could be expressed by formula $h = 7231.4t^{-1.6167}$, and the mature age was delayed to 19.3d visibly at (11 ± 1) °C.

It was found that *M. irrasa* has 3 pre-adult instars, 3—8 adult instars at 15°C, 30°C and 35°C respectively, 12—13 adult instars at 20 and 25°C. The mean longevity of individuals was estimated to be 13.6 ± 2.1 days or 12.2 ± 3.1 instars at 25°C and 36.2 ± 5.2 days or 6.8 ± 3.1 instars at 15°C. At 15—35°C, the lower temperature, the more brood size of the first adult instars. The maximum egg production of the first adult instars was 19.8 ± 1.7 at 15 ± 1°C.

From the 4th instars (part of individual from the 5th at (15 ± 1) °C), *M. irrasa* began to reproduce, the egg production increased with the instars but began to decline after the maximum egg production appeared. The experiment showed the instars that reached the most fecundity were different in each temperature.

Usually the maximum brood size was observed from the third to the fifth adult instars. The body length was 1.12—1.45mm at (15 ± 1) °C, 1.06—1.47mm at (30 ± 1) °C and 1.05—1.43mm at (35 ± 1) °C, the fecundity increased with the body length. The body length at (20 ± 1) °C and (25 ± 1) °C and the brood size were longer than the other temperatures.

Under the condition of the 5 different temperatures (15°C, 20°C, 25°C, 30°C and 35°C), the maximum size reached 1.93mm at 25°C. From juvenile stages to adult instars at 5 different temperatures, it needed 4d, 2.36d, 1.4d, 1.31d and 1.00d respectively. The average number of egg production per adult was 24.78 ± 4.29, 19.1 ± 2.42, 26.25 ± 5.71, 27.62 ± 2.72 and 19.47 ± 3.29, and the average individual cumulative egg production was 87 ± 26, 159 ± 39.5, 239 ± 21.9, 130.9 ± 36.1, 81.6 ± 17.0 respectively. To *M. irrasa*, the most appropriate temperature for production was during of 25—30°C and the maximum individual cumulative at 25°C, which egg production was 239 ± 21.9.

The average cumulative number of egg production was less than 100 at (15 ± 1) °C and (35 ± 1) °C, only a few of individual reach to 151 and 117. It showed that although *M. irrasa* could produce, it could not reach to the maximum fecundity in this case.

The experiment showed that the temperature's upper limited for *M. irrasa* at 38°C for bear and at 40°C for living. On the condition of 11°C, the *M. irrasa* were not suitable for production in their parthenogenetic generation. Reproduction capacity and biological phenomenon in several close species to *M. irrasa* in Genus *Moina* were also discussed in present.

Key words Freshwater Cladocera; *Moina*; *Moina irrasa*; Temperature; Reproduction