

温度和盐度对蒙古裸腹蚤发育的影响*

王岩 何志辉[†] 蔡云[†]

(汕头大学海洋生物实验室 汕头 515063)

[†](大连水产学院养殖系 大连 116023)

提要 利用1982年采自晋南硝池的蒙古裸腹蚤,进行室内培养和观察,研究温度和盐度对其胚胎发育的影响。结果表明:蒙古裸腹蚤在20—33℃温度和5—40盐度条件下的胚胎发育时间为38—97h,胚后发育存在3个幼龄和4—9个成龄,幼龄的龄期均短于成龄;在20—30℃范围内,随温度升高蒙古裸腹蚤的胚胎发育时间趋短,幼龄和成龄的龄期以及蚤的寿命和最大体长明显降低,30℃后升温对蚤发育的影响明显减弱;5—40的盐度对蒙古裸腹蚤的胚胎发育时间、胚后发育的龄数和龄期影响均不显著,但该蚤在5—10盐度下寿命较长,个体也较大。上述结果显示蒙古裸腹蚤发育的最适温度和盐度分别为28℃和10,并且该蚤的胚后发育时间相对较西班牙盐水裸腹蚤短。

关键词 蒙古裸腹蚤 发育 温度 盐度

学科分类号 Q954.4

种群增长能力的高低是筛选饵料动物培养对象的首要条件之一,而浮游动物发育的快慢直接影响到其种群增长率和生产力,现有研究表明温度是制约淡水枝角类发育速度的重要外源因素(黄祥飞,1983; Botrell, 1975; Gulbrandsen *et al.*, 1990; Murugan, 1975),但关于海洋枝角类和内陆盐水枝角类发育的报道甚少。蒙古裸腹蚤是旧大陆上现存的一种盐水裸腹蚤,80年代在中国晋南半咸水湖中被首次发现并被驯化到海水中生活(何志辉等,1987),随后的研究表明,该蚤耐温和耐盐幅度广,繁殖能力强(何志辉等,1988,1994),营养价值较高,很有希望成为海水养殖人工育苗中继褶皱臂尾轮虫(*Brachionus plicatilis*)后的新的饵料动物培养对象。本文着重探讨了不同温度和盐度对蒙古裸腹蚤胚胎发育以及胚后发育时间的影响,旨在进一步确定其最适培养温度和盐度,为该蚤的生物学研究及其今后在海水养殖中的应用提供基础资料。

1 材料与方 法

实验所用蒙古裸腹蚤(*Moina mongolica* Daddy)系1982年采自晋南硝池,在大连水产学院室内海水中保存下的蚤种。实验温度以恒温水浴控制,设20℃、25℃、30℃和33℃四组(温度实验中盐度均为31.2);盐度以蒸发浓缩的海水与去氯自来水调配,设5、10、20、30和40五组(盐度实验中温度均为25℃)。以单种培养的海水小球藻(*Chlorella* sp.)为蒙

* 国家自然科学基金资助项目,38970589号。王岩,男,出生于1965年7月,博士后,副教授,现工作单位:上海水产大学渔业学院,地址:上海市军工路334号,邮编:200090, Email:wangyan@shfu.edu.cn

收稿日期:1998-06-16,收修改稿日期:1998-11-14

古裸腹蚤的食物(浓度为 4×10^6 cells / ml),用40W日光灯控制室内光暗周期比为16h:8h。

观察胚胎发育时,每组温度或盐度均设10个指管瓶,瓶内置10ml藻液和1个未怀卵的蒙古裸腹蚤,隔2—4h在显微镜下观察蚤孵育囊内胚胎的形态并测量大小,直至幼蚤出生,观察期间每天更换一次培养液。

观察胚后发育时,每组温度或盐度设15个指管瓶,瓶内置10ml藻液和1个刚被产出的蒙古裸腹蚤幼蚤,培养方法同前,隔6—12h观察蚤的蜕皮、生殖和死亡情况,测量其体长,并及时移出新生幼蚤,直至被观察蚤全部死亡为止。

2 结果

2.1 蒙古裸腹蚤的胚胎发育过程

对枝角类胚胎发育过程的划分不同作者所持标准各异,Green(1956)将大型蚤(*Daphnia magna*)的胚胎发育分为8期,其后的研究中或分为8期(Gulbrandsen *et al.*, 1990),或分为5期(Murugan, 1975),或分为4期(黄祥飞, 1983)。本实验中考虑到划为4期既便于观察,也便于同其它裸腹蚤种类的资料进行比较,故将蒙古裸腹蚤的胚胎发育亦按4期划分。

蒙古裸腹蚤的排卵过程很短,25℃下约25s排一个卵,通常在10min内卵全部排出。刚排入孵育囊的卵充满颗粒物质,形状不规则;约10min后膨大呈球形或椭球形,直径为130μm左右,内质渐透明;经约9h形成“T”形胚胎,之后在30h内相继形成头部、两对触角、5对胸肢和后腹部,此时胚胎长约350μm,头部出现一对棕红色眼点;两眼点随时间延续逐渐变大,颜色加深,间距缩短,最终合为一复眼,这时胚胎已同幼蚤形态相似,触角、胸肢和后腹部开始间歇运动;再过约9h幼蚤被排出母蚤的孵育囊。

不同温度和盐度下母蚤孵育囊内胚胎的大小和刚产出幼蚤的体长差别不大,初生幼蚤体长为450—550μm,镜下一般观察不到心脏,食道中空。幼蚤进入水中即开始摄食,体长迅速增长,蜕三次皮(蜕皮一次谓之一龄)后性腺发育成熟,再蜕一次皮进入成龄,成龄后蜕皮伴随生殖行为。

2.2 温度对蒙古裸腹蚤发育的影响

2.2.1 温度对胚胎发育的影响 20℃、25℃、30℃和33℃下蒙古裸腹蚤完成胚胎发育所需的时间平均为97.0h、54.2h、42.1h和37.4h,其中30℃下胚胎发育时间不超过20℃下的1/2。由表1可知,20—30℃下,蚤胚胎各期的发育时间均随温度升高而明显缩短,但30—33℃间胚胎发育时间差别不大,方差分析表明,升温能够显著缩短蒙古裸腹蚤的胚胎发育时间($p < 0.01$)。

表1 不同温度下蒙古裸腹蚤胚胎发育的时间(h)

Tab.1 Duration of embryonic development of *M. mongolica* at experimental temperature

胚胎发育时期	温 度(℃)			
	20	25	30	33
I	16.2±2.9	9.2±1.7	8.6±2.1	8.5±1.1
II	57.0±7.6	30.0±5.3	23.8±3.0	20.1±2.9
III	12.3±2.8	6.1±2.1	4.5±1.2	4.2±1.1
IV	11.5±1.9	8.9±2.0	5.2±1.0	4.6±1.0

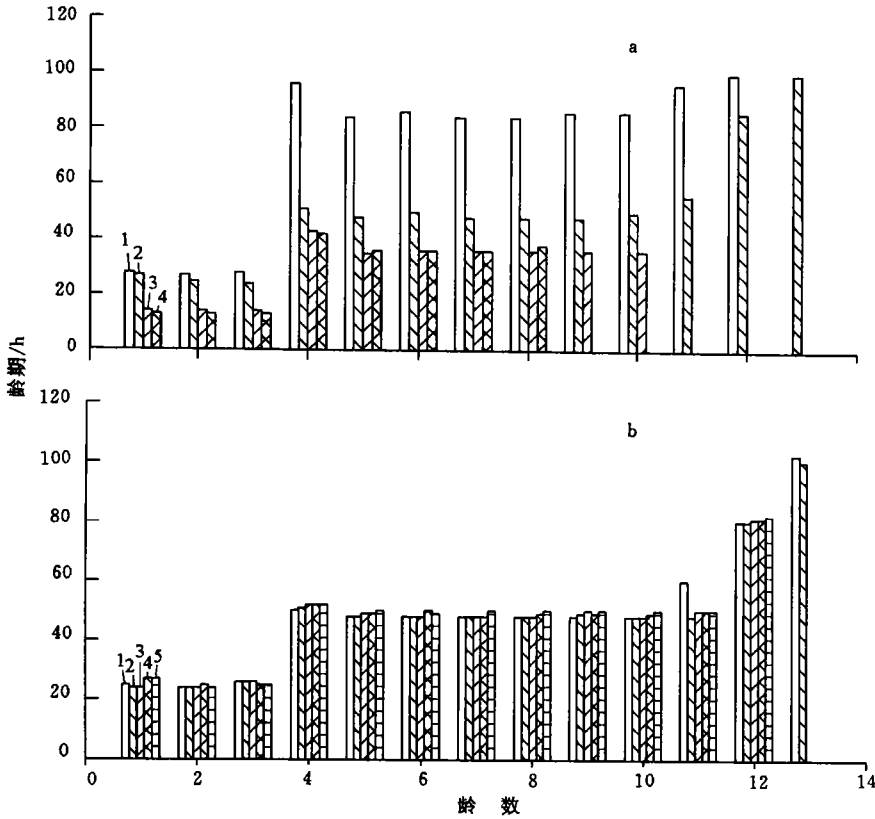


图1 不同温度和盐度下蒙古裸腹蚤的龄期

Fig.1 Duration of each instar of *M. mongolica* at experimental temperature and salinity

注: 图1a中, 1, 2, 3, 4分别代表20℃、25℃、30℃、33℃;

图1b中, 1, 2, 3, 4, 5分别代表盐度5、10、20、30、40

2.2.2 温度对胚后发育的影响 各温度下蒙古裸腹蚤均含3个幼龄, 成龄数为4—9不等, 幼龄的龄期均短于成龄, 第1个成龄(或谓成熟期)的龄期相对较长, 之后较恒定, 但第7个成龄后龄期又开始延长。图1a显示, 随温度升高, 蚤的龄期明显缩短, 20℃、25℃、30℃、33℃下蚤幼龄和成龄的龄期分别为(27.66 ± 0.58)h和(89.11 ± 6.33)h, (25.30 ± 1.52)h和(53.89 ± 12.31)h, (14.00 ± 0.00)h和(36.85 ± 2.73)h, (13.00 ± 0.00)h和(37.60 ± 2.61)h, 其中30℃下的龄期不到20℃下同龄的1/2, 但与33℃相差不多。方差分析表明20—30℃下升温蒙古裸腹蚤胚后发育前5龄的龄期显著缩短($p < 0.05$)。

20—30℃内升温蒙古裸腹蚤的寿命和个体大小均明显降低, 但30℃与33℃下蚤的存活时间和个体大小没有显著差别(表2)。实验蚤的最长寿命(S_{max} :d), 平均寿命(S_{mean} :d)和最大体长(L_{max} :mm)均与温度(T :℃)呈负相关, 回归方程分别为:

$$S_{max} = 82.09 - 2.23T \quad (r = -0.985)$$

$$S_{mean} = 57.38 - 1.65T \quad (r = -0.973)$$

$$L_{max} = 2.45 - 0.04T \quad (r = -0.997)$$

表2 不同温度下蒙古裸腹蚤的存活时间和最大体长

Tab.2 Survival time and the maximal body length of *M. mongolica* at experimental temperature

温度(℃)	50%存活时间(d)	$S_{mean}(d)$	$S_{max}(d)$	$L_{max}(mm)$
20	28	26	37	1.70
25	12	14	28	1.47
30	5	6	12	1.30
35	5	5	10	1.20

2.3 盐度对蒙古裸腹蚤发育的影响

2.3.1 盐度对胚胎发育的影响 由表3可知, 盐度为5—40时, 内蒙古裸腹蚤胚胎各期的发育时间接近, 但盐度 < 20时, 胚胎I期和II期的发育时间相对较长, IV期发育时间较短。盐度为5、10、20、30和40时, 蚤的胚胎发育时间分别平均为58.8h、60.5h、60.8h、57.5h和55.3h, 其中最快与最慢者相差不足6h。方差分析表明, 盐度为5—40时蒙古裸腹蚤的胚胎发育时间无显著差异($p > 0.05$)。

表3 不同盐度下蒙古裸腹蚤胚胎发育的时间(h)

Tab.3 Duration of embryonic development of *M. mongolica* at experimental salinity

胚胎发育时期	盐 度				
	5	10	20	30	40
I	7.9±2.0	7.2±1.8	6.3±2.3	6.2±1.8	6.2±1.6
II	37.0±5.2	37.3±3.6	37.8±6.1	36.1±4.5	34.1±4.8
III	7.8±1.9	9.1±1.4	8.2±2.0	6.1±1.0	6.1±1.7
IV	6.1±1.3	6.9±1.3	8.5±1.8	9.1±1.5	8.9±2.1

2.3.2 盐度对胚后发育的影响 在5—40盐度条件下, 蒙古裸腹蚤胚后发育的幼龄数均为3, 成龄数为8—9, 幼龄的龄期均短于成龄, 各龄龄期的变化规律与表2中的25℃组接近。由图1b可知, 盐度为5、10、20、30和40时, 蚤幼龄和成龄的龄期分别为(25.00 ± 1.00)h和(53.11 ± 10.82)h, (24.67 ± 1.15)h和(52.00 ± 10.55)h, (24.67 ± 1.15)h和(52.67 ± 10.71)h, (25.67 ± 1.15)h和(53.00 ± 10.56)h以及(25.33 ± 1.53)h和(53.67 ± 10.65)h, 各盐度下蚤的龄期很接近, 方差分析表明5—40的盐度对蒙古裸腹蚤胚后发育龄期的影响不显著($p > 0.05$)。

由表4可知, 各盐度下蒙古裸腹蚤存活的最长寿命超过24d, 最大体长超过1.4mm, 其中盐度为5—10时蚤的寿命较长, 个体较大, 盐度超过10后蚤的寿命和体长略呈降低的趋势。

表4 不同盐度下蒙古裸腹蚤的存活时间和最大体长

Tab.4 Survival time and maximal body length of *M. mongolica* at experimental salinity

盐度	50%存活时间(d)	$S_{mean}(d)$	$S_{max}(d)$	$L_{max}(mm)$
5	13	19	29	1.60
10	14	17	27	1.62
20	11	15	26	1.46
30	11	15	24	1.44
40	12	13	24	1.42

3 讨论

3.1 温度对蒙古裸腹蚤发育的影响

20—30℃内蒙古裸腹蚤胚胎发育时间随温度升高明显缩短,表明在一定范围内升温能够显著加快该蚤的胚胎发育,这符合枝角类发育的一般规律(黄祥飞, 1983; Botrell, 1975; Gordo *et al.*, 1994; Gulbrandsen *et al.*, 1990; Murugan, 1975); 30℃后升温该蚤胚胎发育不再明显加快,意味着30℃时升温对该蚤胚胎发育所产生的促进作用已近极限,因此30℃很可能就是该蚤胚胎发育的适温上限。

Botrell等(1976)和 Gulbrandsen等(1990)发现低温下枝角类的胚胎较大,认为这是由于低温下胚胎发育时间较长,在孵育囊内摄取营养的机会较多。黄祥飞(1983)发现28℃下近亲裸腹蚤(*Moina affinis*)的若虫较25℃下的若虫略大。本实验中各温度下蒙古裸腹蚤胚胎和初生幼蚤的大小差别则不明显,刚从孵育囊排出的幼蚤食道中观察不到食物的痕迹,此与 Murugan(1975)对微型裸腹蚤(*Moina micrura*)和 Gordo等(1994)对西班牙盐水裸腹蚤(*Moina salina*)的报道结果类似。看来,枝角类在孵育囊中是否已开口摄食目前还不能确定,有待进一步探讨。

本实验中蒙古裸腹蚤的存活时间和最大体长均与温度呈负相关,20—30℃间升温蚤胚后发育的龄期明显缩短,进一步支持了以往关于食物充足时温度是影响枝角类发育和生长繁殖的主要外源因素的结论(Bottrell, 1975), 30℃后继续升温对蒙古裸腹蚤的龄期影响不大,并且30℃与33℃下该蚤的成龄龄数和寿命较25℃时显著下降,蚤的死亡率大幅度增加,说明30℃已开始对蚤的生理活动产生一定抑制作用。何志辉等(1994, 1988)指出蒙古裸腹蚤在海水中耐温上限为35℃,生长和生殖的适温范围为25—28℃。王岩等(1997a)发现20—33℃内升温蒙古裸腹蚤的摄食强度增加,但超出25℃后增加的幅度开始减弱,30℃与33℃下蚤的滤水率非常接近。由此可以认为30℃是蒙古裸腹蚤生活的适温上限,而28℃很可能是该蚤的最适温度。Gordo等(1994)报道西班牙盐水裸腹蚤生长和生殖的适温范围为20—25℃,较本文确定的蒙古裸腹蚤的适温范围低5℃,西班牙盐水裸腹蚤可在盐度高达36的环境中生活,其适温范围较蒙古裸腹蚤略低的原因估计与二者长期适应的自然环境不同有关,本实验所用的蒙古裸腹蚤分布于中国内陆淡水或半咸水湖中,而Gordo等(1994)报道的盐水裸腹蚤采自西班牙海洋沿岸带的池塘。

黄祥飞(1983)发现高温下近亲裸腹蚤的幼龄数较少,但本实验中各温度下蒙古裸腹蚤的幼龄数是恒定的,其它报道中微型裸腹蚤(Murugan, 1975)和盐水裸腹蚤(Gordo *et al.*, 1994)的幼龄数也与温度无关,看来升温能否引起裸腹蚤幼龄数减少还不能定论。另外,本实验中蒙古裸腹蚤在特定温度或盐度条件下1—3龄的龄期很接近,第4龄(第1个成龄)龄期分别较第5龄、第6龄和第7龄的龄期长,5—7龄的龄期基本恒定,8龄后龄期又开始延长,这表明1—4龄为蒙古裸腹蚤体长增长期,4—7龄为生殖期,8龄后转入衰老期,这时生长和生殖都变得缓慢。

本实验中蒙古裸腹蚤的胚胎发育和胚后发育均较黄祥飞(1983)报道中的近亲裸腹蚤慢,此外,该蚤前4龄的龄期之和与4—7龄的龄期均值分别同何志辉等(1988)早期报道中的该蚤产幼前发育时间和两次生殖间隔时间接近,但其前3龄的龄期之和与4—7龄的龄期均值分别短于盐水裸腹蚤性成熟时间和两次生殖间隔时间(Gordo *et al.*, 1994)。枝角

类卵的大小与个体大小有关 (Green, 1956), Botrell 等 (1976) 认为枝角类的卵愈大其胚胎发育时间愈长, 但 Gulbrandsen 等 (1990) 发现蚤状蚤 (*Daphnia pulex*) 的胚胎发育时间与胚胎大小无关。蒙古裸腹蚤与近亲裸腹蚤个体大小相近, 其胚胎发育较后者慢很可能是由于二者长期生活的盐度不同所致。从本实验来看, 蒙古裸腹蚤发育较近亲裸腹蚤慢, 但比盐水裸腹蚤稍快, 倘从发育时间角度而论, 蒙古裸腹蚤显然较盐水裸腹蚤更适合做为培养对象。

3.2 盐度对蒙古裸腹蚤发育的影响

盐度对枝角类发育的影响至今未见过专门报道, 本实验中盐度 5—40 内蒙古裸腹蚤的胚胎发育时间和胚后发育的龄数、龄期以及存活时间和个体大小差别不显著, 说明该蚤从咸淡水向盐水迁移过程中其发育节奏、生长速度和生殖频率不会发生明显变化。何志辉等 (1990, 1988) 的研究表明蒙古裸腹蚤在 20—30℃ 下的耐盐上限可达 65.2—74.5, 在盐度 5—40 范围内生长、繁殖和种群增长能力没有显著差别。王岩等 (1997b, c) 发现该蚤在盐度为 10 时摄食和代谢相对较强。本实验中盐度为 5—10 时蒙古裸腹蚤的寿命较长和个体较大, 进一步证实该蚤虽为广盐性种类, 但更适合在盐度为 5—10 的半咸水中生活, 其摄食、发育、生长和繁殖以及代谢的最适盐度为 10, 在此盐度下培养蒙古裸腹蚤产量较高。

参 考 文 献

- 王 岩, 何志辉, 1997a. 温度和体长对蒙古裸腹蚤摄食强度的影响. 大连水产学院学报, 12(1): 1—8
- 王 岩, 何志辉, 1997b. 盐度和体长对蒙古裸腹蚤摄食强度的影响. 大连水产学院学报, 12(2): 1—6
- 王 岩, 何志辉, 1997c. 盐度对蒙古裸腹蚤耗氧率的影响. 大连水产学院学报, 12(4): 8—12
- 何志辉, 秦建光, 王 岩, 1987. 蒙古裸腹蚤在我国的发现及分布. 大连水产学院学报, 3(1): 9—13
- 何志辉, 刘治平, 韩 英, 1988. 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, 4(2): 1—8
- 何志辉, 蒋响生, 1990. 不同温度下蒙古裸腹蚤对盐度变化的适应能力. 大连水产学院学报, 5(2): 1—8
- 何志辉, 张雪亮, 1994. 蒙古裸腹蚤在海水中的极限温度和最适温度. 大连水产学院学报, 9(3): 1—7
- 黄祥飞, 1983. 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, 8(1): 105—112
- Botrell H H, 1975. Generation time, length of life, instar duration and frequency of moulting and their relationship to temperature in light species of Cladocera from the river Thames, Reading. *Oecologia (Berl.)*, 19: 129—140
- Botrell H H, Ducan A, Gliwicz Z W *et al*, 1976. A review of some problems in zooplankton production studies. *Norw J Zool*, 24: 419—456
- Green J, 1956. Growth, size, and production in *Daphnia*. *Proc Zool Soc London, Ser. B*. 126: 173—204
- Gordo T, Lubian L M, Canavate J P, 1994. Influence of temperature on growth, reproduction and longevity of *Moina salina* Daddy, 1888 (Cladocera: Moinidae). *J Plankton Res*, 16(11): 1 513—1 523
- Gulbrandsen J, Johsen G H, 1990. Temperature-dependent development of parthenogenetic embryos in *Daphnia pulex* de Geer. *J Plankton Res*, 12(3): 443—453
- Murugan N, 1975. Egg production, development and growth in *Moina micrura* Kurz (1874) (Cladocera: Moinidae). *Freshwater Biol*, 5: 245—250

EFFECTS OF TEMPERATURE AND SALINITY ON DEVELOPMENT OF *MOINA MONGOLICA* DADDY (CLADOCERA:MOINIDAE)

WANG Yan, HE Zhi-hui[†], CAI Yun[†]

(Laboratory of Marine Biology, Shantou University, Shantou, 515063)

[†](Department of Aquaculture, Dalian Fisheries College, Dalian, 116023)

Abstract Effects of temperature and salinity on development of *Moina mongolica* Daddy, a species recorded from a brackish lake located in arid regions of northern China in 1982 and of potential use as live animal food in larvae culture of marine fish, were evaluated at 20—33°C and 5—40, respectively. Duration of embryonic development of *M. mongolica* was 38—97 hours, number of instar in post-embryonic development included 3 juvenile instars and 4—9 adult instars, and duration of the juvenile instar were always shorter than the adult instar. Duration of embryonic development, duration of instar, lifespan, and maximal body length of the flea all decreased with increasing temperature from 20°C to 30°C, but no significant difference was detected between 30°C and 33°C. Lifespan and maximal body length of *M. mongolica* was little greater at 5 and 10 than at 20—40, though effects of salinity on both duration of embryonic development and duration of instar of the flea were similar under 5—40. The results show that optimal temperature and salinity for development of *M. mongolica* may be 28°C and 10, and duration of post-embryonic development of *M. mongolica* is shorter than *M. salina*, a saline cladocera distributed in Spanish coastal sea ponds.

Key words *Moina mongolica* Daddy Development Temperature Salinity

Subject classification number Q954.4