

温度对近亲裸腹溞发育、生长和卵的生产量的影响*

黄祥飞

(中国科学院水生生物研究所)

提要

近亲裸腹溞(*Moina affinis*)的胚胎发育和总生活时间与温度呈反比。其后各龄期的生长、卵的生产量与温度的变化密切相关。30℃时,总胚胎发育时间为18—20小时,平均龄期为25.1小时,总生活时间为15.7天;20℃时,总胚胎发育时间为42—48小时,平均龄期为53.2小时,总生活时间为33.3天。在30℃时,有2个成体前龄,13个成龄;而在20℃时,有3个成体前龄,12个成龄。不论30℃或20℃,幼龄的龄期短于成龄龄期。

近亲裸腹溞各个不同龄期的生长也因温度而变化。30℃时,10龄之前,以1、2龄的增长尤为迅速,而10龄以后增长速度则缓慢;在20℃时,第1—4龄,第6—7龄增长速度最快,第10龄后,增长趋于停止。30℃时,各成龄的累计产卵数为133.0个;而20℃为213.9个。30℃时卵的生产率(α值)为1.1811;高于20℃时的α值0.9643。

有关枝角类的培养,一般以溞属(*Daphnia*)作为研究对象者较多。国内,郑重(1954)^[2,3]首先对淡水枝角类蚤状溞^①(*Daphnia pulex*)的生长、生殖量以及温度对它们的影响进行了研究;宋大祥(1962)^[1]对大型溞(*Daphnia magna Straus*)的生长进行了研究。在国外,以溞属作为培养对象的则更多了,如Green(1956)^[7]研究了溞属的生长、大小和生殖量;Hall(1964)^[8]对某种透明溞(*Daphnia galeata mendotae*)在不同温度和食物条件下,卵的生产、生长和龄期进行了观察等等。但是以裸腹溞作为研究材料,不仅在国内尚未见诸于报道,就是在国外也较少。Murugan(1975)^[9]只报道了在28—30℃的温度下,微型裸腹溞(*Moina micrura Kurz*)卵的生产、发育和生长的研究结果。

据报道^[4,5],近亲裸腹溞生活于有机质丰富的水体中,国外分布比较广泛,国内仅见于南京。根据蒋燮治(1965)对东湖枝角类区系材料的收集与分析,在1956—1963年东湖没有发现该种的存在。由于东湖富营养化日益严重,枝角类的种类组成也发生了变化,近亲裸腹溞在沿岸带大量繁殖,尤其在5至7月往往成块状分布,可以预料它将在东湖浮游动物的生产量中起越来越大的作用。为此,研究它的胚胎及胚后发育,不仅为测定浮游动物次级生产提供必要的参数,而且也将为枝角类的生物学积累资料。

* 承蒙华东师范大学堵南山教授鉴定种名,陈受忠副教授审阅全文并提出许多宝贵意见,特此致谢。

① 当时称为枝角水蚤

编辑部收到稿件日期:1981年9月8日。

材 料 和 方 法

实验材料于 1981 年 5 月中旬取自东湖沿岸带。从采集的标本中挑选几个行动活泼、发育正常的怀卵雌体作为预选标本。为减少温度对后代的影响，一般采集时的水温和实验培养的温差不超过 3℃。如果超过 3℃，则逐步在不同的温度中预养。为了保持生理上的一致性，同一温度中所用的个体应来自同一个孤雌生殖雌体 (parthenogenetic female)。

培养用的容器为容量 50 毫升的小烧杯，将其放置在大的恒温水浴中 ($\pm 0.5^\circ\text{C}$) 进行培养。以东湖水经 25 号浮游生物网过滤后，作为培养基。培养基的温度必须与培养时的温度一致。培养温度为 30℃ 时，逐日换水，20℃ 时，则隔日换水。每天加喂实验室培养的小球藻 (*Chlorella pyrenoidosa*) 和栅藻 (*Scenedesmus obliquus*)¹⁾ 或鱼池中的混合藻类，以保持足够的食料(一般培养基中藻类浓度不低于 0.2×10^6 细胞/毫升)。培养时所用灯光为 2 支 40W 的日光灯，照度约在 800—1200 lx 之间。光照时间为每天 10—12 小时。

在胚胎发育过程中，一般每隔 3 小时观察一次。动物孵化后，各龄龄期及每窝产卵量则按不同的培养温度分别进行观察，30℃ 时每天观察二次 (8:00, 20:00)；20℃ 时每天一次 (8:00)。龄数以脱皮为根据，每脱一次皮，则增加一龄。动物的体长用解剖镜目测微尺进行测量。由于裸腹溞个体较小而怀卵较多，在孵育囊中卵的个数不易计数，故假定所产之卵均能孵化，以孵出的幼体作为各个成龄每窝的卵数。

结 果

1. 胚胎发育

Green^[7] 在研究大型溞的胚胎发育时，把胚胎发育时期，根据形态特征分成为 8 个阶段。本实验中，在近亲裸腹溞胚胎发育过程中这 8 个阶段均先后出现。为了容易辨认起见，本文把胚胎发育的 8 个阶段合并为 4 个阶段。每个阶段的形态特征及发育时间见表 1。结果表明：30℃ 时胚胎发育时间为 18—20 小时；20℃ 的胚胎发育时间为 42—48 小时。

表 1 近亲裸腹溞在 30℃ 和 20℃ 卵和各期胚胎发育时间

Table 1 Duration of embryonic development in *M. affinis* at 30°C and 20°C.

阶 段	形 态	发育时间(小时)	
		20℃	30℃
I	卵呈圆形或椭圆，卵膜仍旧存在	12—14	5.0—6.0
II	卵膜脱去，胚胎延长，出现头和触角的雏形，但无眼点	10—12	4.5—5.0
III	有眼点二个，由小逐渐增大，眼点红色	7—8	3.0
IV	眼点由红变黑，并融合成为一个	13—14	5.5—6.0
总 发 育 时 间		42—48	18—20

1) 由本所五室藻种组提供。

表 2 在 30℃ 和 20℃ 时, 每个龄平均体长, 每窝卵的个数, 发育时间, 累计发育时间和产卵数
 Table 2 Mean length, number of eggs/brood, duration of each instar in hours
 and cumulative frequency of in each instar at 30°C and 20°C.

龄数	平均体长		每窝卵数		每个龄累 计产卵数		每个龄期 发育时间 (小时)		累计发育 时间 (小时)	
	± S. D.		± S. D.							
	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C
1	0.50±0.04	0.48±0.02					24	13	24	13
2	0.70±0.04	0.66±0.02					24	11	48	24
3	0.90±0.06	0.78±0.03		7.3±2.4		7.3	24	18	72	42
4	1.12±0.08	0.87±0.02	21.5±3.4	7.8±2.2	21.5	15.1	48	22	120	64
5	1.22±0.04	0.94±0.02	17.2±5.8	10.2±5.2	38.7	23.3	48	18	168	82
6	1.36±0.04	1.04±0.04	29.3±8.0	13.6±2.2	68.0	38.9	48	22	216	104
7	1.56±0.06	1.10±0.02	26.6±11.2	12.8±3.0	94.6	51.7	48	18	264	122
8	1.62±0.06	1.16±0.02	24.4±4.6	14.6±3.4	119.0	66.3	48	18	312	140
9	1.66±0.04	1.23±0.04	22.3±9.4	9.9±6.4	141.3	76.2	48	21	360	161
10	1.70±0.04	1.31±0.02	15.9±11.2	12.8±6.4	157.2	89.0	51	24	411	185
11	1.73±0.04	1.36±0.02	18.2±6.6	10.7±3.8	175.4	99.7	57	24	468	209
12	1.73±0.02	1.42±0.02	14.3±10.2	12.9±5.8	189.7	112.6	72	24	540	233
13	1.74±0.02	1.46±0.02	11.2±6.6	8.9±7.2	200.9	121.5	80	36	620	269
14	1.74±0.02	1.48±0.03	8.3±3.6	8.4±6.2	209.2	129.9	82	48	702	317
15	1.74±0.01	1.49±0.04	4.7±3.7	3.1±1.6	213.9	133.0	96	60	798	377

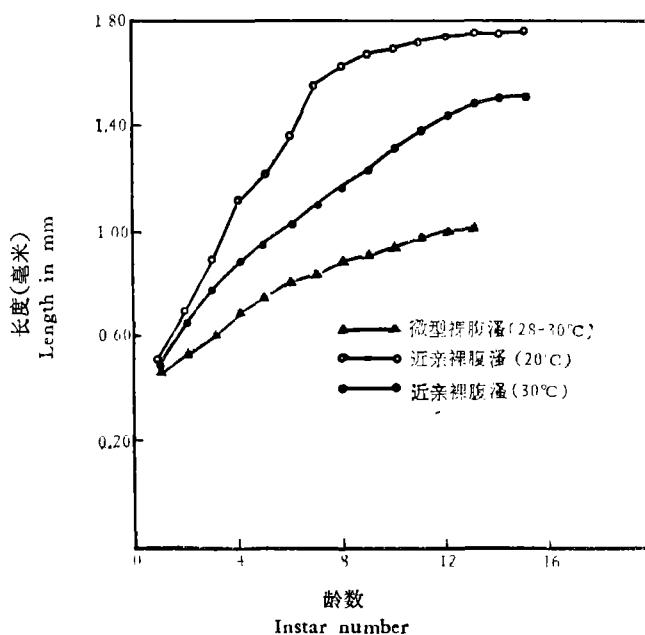


图 1 近亲裸腹溞和微型裸腹溞平均体长和龄数的关系

Fig. 1 Relationship between mean length and instar number in *Moina affinis* and *M. micrura*

2. 胚后发育

从孵育囊中刚孵化出来的幼溞, 称为若虫 (neonate), 在 30°C 时平均体长为 0.48 毫米,

而 20℃ 为 0.50 毫米。紧接着成体前龄 (per-adult instar) 或称之为幼龄 (juvenile instar)，最后为成龄 (adult instar)。培养结果表明：在 30℃ 有 2 个成体前龄和 13 个成龄；而 20℃ 时却有 3 个成体前龄和 12 个成龄。30℃ 时第 1 成龄平均长度为 0.78 毫米，最大体长为 1.49 毫米(第 13 成龄)；而在 20℃，第 1 成龄平均长度为 1.12 毫米，最大体长为 1.74 毫米(第 10 成龄)。

图 1 描绘了不同温度下，近亲裸腹溞平均体长和龄数的关系。为比较起见，同时描绘了 Murugan 已研究过的，在 28—30℃ 时，微型裸腹溞的体长和龄数的关系。从图上可以看出：在温度基本相同的情况下 (28—30℃)，这两种裸腹溞体长增长趋势基本一致。在第 10 龄之前增长较快，特别是 1, 2 龄增长尤为迅速。第 10 龄后，增长速度虽不如 1—9 龄，但还是在缓慢地增加。而在 20℃ 时，在第 1—4 龄和第 6—7 龄增长最快，第 10 龄以后，生长基本停止(表 3)。

表 3 在不同温度下，近亲裸腹溞各龄体长相对平均增长

Table 3 Relative mean growth increments of body length/instar for
Moina affinis at 30°C and 20°C

龄 数	30°C		20°C	
	平均绝对增长 (mm)	动物的数目	平均相对增长 (mm)	动物的数目
1—2	0.18	16	0.20	16
2—3	0.12	16	0.20	16
3—4	0.09	16	0.22	16
4—5	0.07	16	0.10	16
5—6	0.10	16	0.14	16
6—7	0.06	16	0.20	16
7—8	0.06	16	0.06	16
8—9	0.07	16	0.04	15
9—10	0.08	16	0.04	15
10—11	0.05	16	0.03	14
11—12	0.06	16	0	13
12—13	0.04	15	0.01	13
13—14	0.02	13	0	8
14—15	0.01	10	0	6

在不同的温度下，近亲裸腹溞不但表现在胚胎发育时间及总生活时间上有所不同；而且各龄龄期、各成龄卵的生产量也有很大的差异。在 30℃ 时(表 2)，总生活时间为 15.7 天，各龄的发育时间(龄期)以第 2 龄期最短(11 小时)，15 龄最长(60 小时)，平均龄期为 25.1 小时；在 20℃ 时，总生活时间为 33.3 天，第 1—3 龄龄期 24 小时，而第 15 龄(末龄)最长为 96 小时，平均龄期为 53.2 小时。就各个成龄的产卵量而言，在 30℃ 时，以第 5—12 龄每窝产卵数较高，平均为 12.2 个，尤以第 8 龄最高，为 14.6 个，而第 3、4、13、14 龄每窝产卵数较少，第 15 龄最少，仅为 3.1 个，平均为 6.8 个，各个成龄的累计产卵数为 133 个。在 20℃ 情况下，第 6—9 及 11 龄每窝产卵数较高，平均为 26.8 个，第 6 龄最高为 29.3 个；而第 13—15 龄产卵数较少，平均为 8.1 个，各龄累计产卵数为 213.9 个。

从实验结果来看，不论 30℃ 或 20℃，幼龄龄期比成龄龄期短。

从表 4、表 5 实验种群的存活率统计数字来看，在 30℃ 时，从 1—12 龄全部存活，从 13 龄开始死亡，到末龄（15 龄）还有 62.5% 存活。在 20℃ 时，1—7 龄全部存活，从 8 龄开始逐渐死亡，到末龄仅存 37.5%。

表 4 在 30℃ 时，实验种群存活率

Table 4 Survival rate of laboratory population at 30°C

龄 数	存活数	存活百分数 (%)
1—12	16	100.0
13	15	93.8
14	13	81.3
15	10	62.5

表 5 在 20℃ 时，实验种群存活率

Table 5 Survival rate of laboratory population at 20°C

龄 数	存活数	存活百分数 (%)
1—7	16	100
8—9	15	93.8
10	14	87.5
11—12	13	81.3
13	11	68.8
14	8	50.0
15	6	37.5

讨 论

温度对枝角类生物学的影响，早已受到许多学者的重视并进行了广泛的研究。郑重（1954）研究了温度对蚤状蚤生长的影响并认为培养在低温下的水蚤要比培养在高温下的水蚤的个体大些。温度愈低龄期愈长。目前虽缺乏温度对裸腹蚤生长影响的比较资料，但温度低个体大，龄期长；温度高个体小，龄期短在近亲裸腹蚤中却是无疑的。一个有趣的现象是：Browning（1942）^[6] 研究一种蜘蛛——*Tegenaria atrica* 的生长，发现它的龄期随着温度的增加而缩短——每增加 10℃ 龄期差不多缩短了一半。近亲裸腹蚤在 20℃ 时，平均龄期为 53.2 小时；而 30℃ 时为 25.1 小时，也就是说温度增加 10℃，龄期也差不多缩短了一半。

在正常情况下，枝角类的第 1 成龄要长于幼龄龄期，这种现象在蚤状蚤（*Daphnia pulex* Leydig）、隆线蚤（*Daphnia carinata* King）和尖吻低额蚤（*Simocephalus acutirostratus* King）都已观察到，这和本研究结果也是一致的。但是，据 Murugan（1975）^[9] 研究微型裸腹蚤的胚胎及胚后发育时，发现这种枝角类不论幼龄或成龄，其龄期均为 24 小时。而近亲裸腹蚤不论 30℃ 或 20℃ 各龄龄期是不同的。在 30℃ 时第 2 龄（幼龄）最短，为 11 小时，第 15 龄（第 13 成龄）长达 60 小时。但各龄的平均龄期却又与微型裸腹蚤基本相同。

表 6 列举了 6 种枝角类生活史的比较资料，可以明显地看出不同种枝角类在基本相同的培养温度下，胚胎发育时间，累计产卵数，成龄前龄数，成龄数和总生活时间差异很

表 6 六种枝角类生活史资料的比较
Table 6 Comparative data of the life cycle of six Cladocerans

种类	培养温度(°C)	累计产卵数	产卵率(a值)	成龄数	平均卵数/(总卵数/成龄数)	成熟前龄数	平均体长(mm)	总生长时间(天)	胚胎发育时间(时)	资料来源
角突网纹溞 <i>Ceriodaphnia cornuta</i> Sars	28—31	42	1.1959	9	4.7	2	0.660	12.0	38—40	Murugan (1975)
隆线溞 <i>Daphnia carinata</i> King	28—31	142.4	1.7695	8	17.8	5	2.900	24.0	40.8	Navaneethakrishnan & Michael (1971)
微型裸腹溞 <i>Moina micura</i> Kurz	28—30	61.2	1.0368	11	5.6	2	1.008	13.0	24.0	Murugan (1975)
近亲裸腹溞 <i>Moina affinis</i> Birge	30 ± 0.5°C 20 ± 0.5°C	133.0 213.9	1.1811 0.9643	13 12	10.2 17.8	2 3	1.490 1.750	15.7 33.3	18—20 42—48	Present work
壳纹船形溞 <i>Scapholeberis kingi</i> Sars	28—30	239.4	1.3326	17	14.1	2	0.920	20.5	24.0	Murugan & Sivaramakrishnan (1976)
尖吻低额溞 <i>Simocephalus acutirostratus</i> (King)	28—30	248.0	1.1389	18	13.8	4	3.200	44.0	46	Murugan & Sivaramakrishnan (1973)

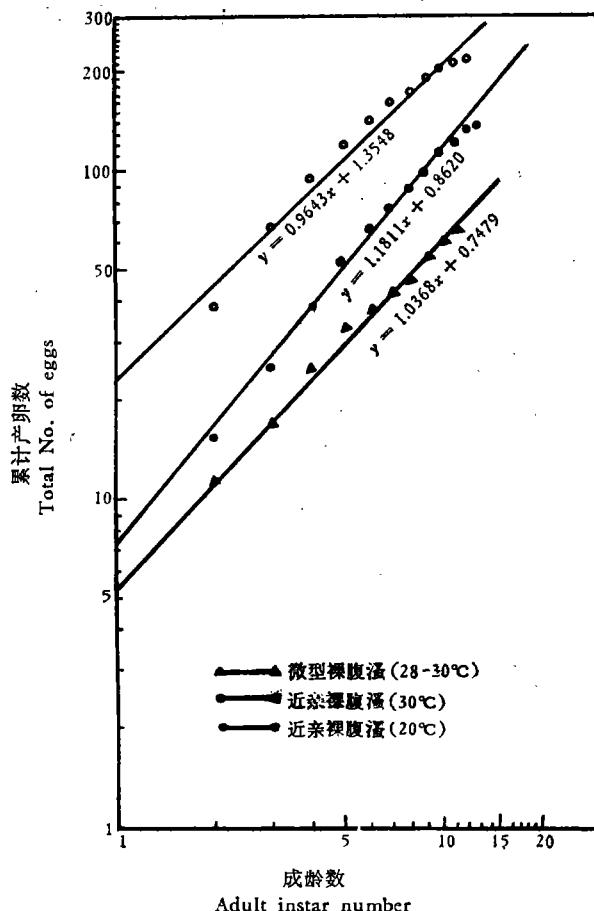


图 2 近亲裸腹溞和微型裸腹溞累计产卵数和成龄数之间关系

Fig. 2 Cumulative egg production related to adult instar numbers in *Moina affinis* and *M. micrura*

大。尖吻低额溞在 28—30℃ 培养温度下,有 4 个成龄前龄数,18 个成龄数总生活时间长达 44 天,累计产卵数高达 248 个。而角突网纹溞在 28—31℃ 培养温度下,只有 2 个成龄前龄数,9 个成龄数,总生活时间只有 12 天,累计产卵数仅为 42 个。即使同一属不同种相差也甚显著,微型裸腹溞在 28—30℃ 的温度下,有 2 个成体前龄数,11 个成龄数,总生活时间为 13.0 天,累计产卵数为 61.2 个。而近亲裸腹溞(30 ± 0.5℃)有 2 个成体前龄数,13 个成龄数,总生活时间为 15.7 天,累计产卵数为 133.0 个。微型裸腹溞各成龄的平均卵数(5.6)约为近亲裸腹溞的 1/2。

图 2 描绘了这二种裸腹溞累计产卵数和成龄数之间的关系。从回归线斜率(a 值)可以看出,30℃ 时近亲裸腹溞的卵的生产率($a = 1.1811$)大于 28—30℃ 时微型裸腹溞($a = 1.0368$);就近亲裸腹溞在不同温度中的产卵率而言,30℃ 卵的生产率大于 20℃ ($a = 0.9643$)。从表 8 可以看出, a 值在不同的种类中与累计产卵数不存在直接关系。

隆线溞累计产卵数仅为 142.4,而 a 值却高达 1.7695,为 6 种枝角类之冠;尖吻低额溞累计产卵数虽为 248 个,远高于隆线溞,而 a 值仅为 1.1389,次于隆线溞和壳纹船卵溞。

由此看来， a 值是一个综合因素的反应，与成龄龄数和各成龄产卵的平均数关系较为密切。有关这方面的问题尚待进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 宋大祥, 1962. 动物学报, 14(1): 49—61。
- [2] 郑重, 1951. 中国水生生物学汇报, 2: 1—10。
- [3] 郑重, 1954. 厦门大学学报, 4: 83—91。
- [4] 蒋燮治, 1965. 水生生物学集刊, 5(2): 220—238。
- [5] 蒋燮治、堵南山, 1979. 中国动物志 节肢动物门 甲壳纲 淡水枝角类。第54—74页。科学出版社。
- [6] Browning, H. C., 1942. Proc. Zool. Soc. Lond., 111: 303—317.
- [7] Green, J., 1956. Proc. Zool. Soc. Lond., 126: 173—204.
- [8] Hall, D., 1964. Ecology, 45(1): 94—112.
- [9] Murugan, N., 1975. Freshwat. Biol., 5(3): 245—250.
- [10] Murugan, N. and Sivaramakishnan, K. G., 1973. Freshwat. Biol., 3(1): 77—83.
- [11] Navaneethakrishnan, P. and Michael, R. G., 1971. Proc. Indian Acad. Sci., 73: 117—123.

EFFECT OF TEMPERATURE ON THE DEVELOPMENT, GROWTH AND EGG PRODUCTION IN *MOINA* *AFFINIS* (CLADOCERA, MOINIDAE)

Huang Xiangfei

(Institute of Hydrobiology, Academia Sinica)

Abstract

The embryonic and postembryonic development of the Cladoceran *Moina affinis* at 30°C and 20°C has been studied in the laboratory.

The duration of embryonic and postembryonic development is inversely proportional to the temperature. Embryonic development lasts 18—20 hrs at 30°C and 42—48 hrs at 20°C. The total life span is 15.7 days at 30°C and 33.3 days at 20°C.

There are only two pre-adult instars followed by thirteen adult instars at 30°C whereas at 20°C there are three pre-adult instars followed by twelve adult instars.

The rate of egg production on a cumulative basis varies with temperature. It is found that at 30°C *Moina affinis* has a higher rate of egg production ($a=1.1811$) than at 20°C ($a=0.9643$).

The data on the life cycle of *Moina affinis* has been compared with other five cladoceran species.