

## 武汉东湖若干轮虫卵和胚后发育时间的观察\*

黄祥飞

(中国科学院水生生物研究所, 武汉)

**提要** 在不同的实验温度下测定了武汉东湖10种体外带卵轮虫和4种非带卵轮虫卵及其胚后发育时间。结果表明,在一定温度范围内卵的发育时间随温度升高而缩短,它们间的关系可用曲线回归方程  $\ln D = a + b \ln T + c(\ln T)^2$  描述。在相同的温度培养下,体外带卵轮虫卵的发育时间一般比非带卵轮虫的时间长。初步观察结果表明,胚后发育时间亦随温度升高而缩短。实验结果表明,卵的发育时间约占世代发育时间的31%(24—41%);胚后发育时间约占69%(59—76%)。本文还同其他研究者所获得的卵的发育时间与温度间的回归方程式、胚后发育时间等作了比较,并对其所产生差异的原因进行了讨论。

轮虫是内陆水体中一类重要的水生无脊椎动物,是许多经济水生动物的重要食物<sup>[1]</sup>。特别是青、草、鲢、鳙四大家鱼,在鱼苗阶段,生长快慢和成活率的高低均与水体中轮虫的多寡有极密切的关系。有些甲壳动物,如中华绒螯蟹(*Erlocheir sinensis*)在其幼体阶段,轮虫是其优质饵料<sup>[3,4]</sup>。因此,国内外学者对轮虫的培养很感兴趣。我国对海水或半咸水中的褶皱臂尾轮虫(*Brachionus plicatilis*)的繁殖和培养已有不少研究<sup>[3,6]</sup>。在淡水轮虫中,对种群增长模式,鱼池休眠卵的分布及其萌发也有一些研究<sup>[2,5]</sup>。本文仅对东湖一些轮虫卵和胚后发育时间的观测结果作报道。

### 一、材料和方法

实验于1982年7月—1985年12月在实验室恒温条件下进行。实验材料取自武汉东湖(114°23'E, 30°33'N)。为减少温度变化对实验动物的影响,实验温度与取样时水温之差不超过3°C。测定卵的发育时间采用以下两种方法:①体外带卵的轮虫,卵发育时间的测定方法同文献[5]。②对于在水生植物或有机碎屑上产卵的非带卵轮虫,则先采集其成体轮虫并置于容量为3ml的培养皿中,根据培养温度的高低,每隔20—60min检查培养皿中是否有排出的卵。如有,就作为近似产卵时间;接着把卵分别培养并连续观察,直至孵出幼虫,将这段时间作为卵的近似孵化时间。

胚后发育时间的测定方法,则是把孵化出的幼虫分别放入3ml的培养皿中观察,并添加在实验室中培养的、处于对数生长期的小球藻。藻类的浓度约为  $0.6 \times 10^6$  cells/ml。光照强度约为500lx,光照时间在10—12h之间。观察时间间隔随温度高低而定:在20°C以上时,每两小时观察一次;20°C以下时,每4小时观察一次。培养液,在25°C以上时,每隔6小时更换;25°C以下时,每隔12小时更换。

卵的发育时间与温度曲线回归方程为:

\* 参加本项工作的还有胡春英同志及华中农业大学实习生李达、张礼清同志。  
收稿日期: 1986年11月25日。

$$\ln D = a + b \ln T + c (\ln T)^2$$

式中,  $D$  为卵的发育时间 (d);  $T$  为培养温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )。

卵的发育时间与胚后发育时间之和为世代发育时间。

## 二、结 果

### 1. 卵的发育时间

轮虫卵的发育时间随温度的增加而减少 (图 1), 它们间的关系可用曲线回归方程表示 (表 1)。

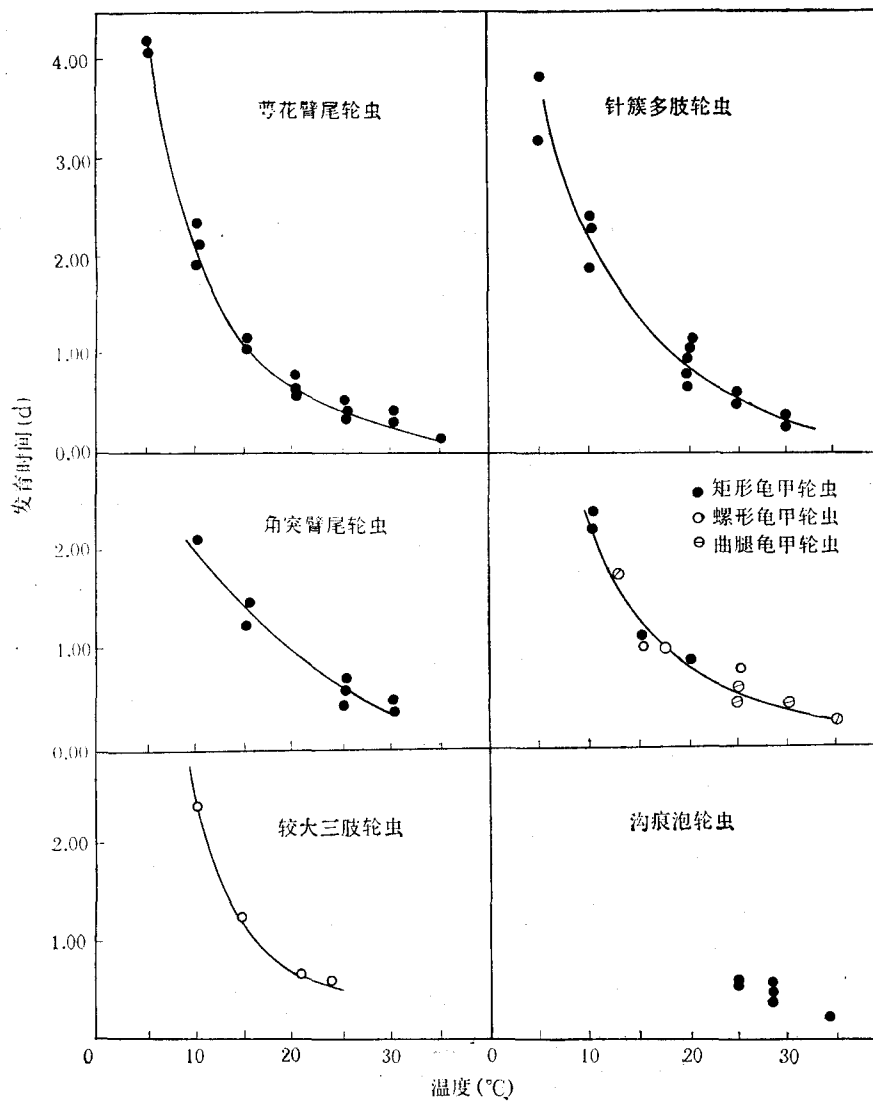


图 1 东湖几种轮虫卵的发育时间与温度间关系

Fig. 1 Relationship between egg development time and temperature for some rotifers in Lake Donghu

表 1 东湖若干种轮虫卵的发育时间观察结果

Tab. 1 The observational results of egg development time for some rotifers in Lake Donghu [Regression equation:  $\ln D = a + b \ln T + c(\ln T)^2$ ]

种 类	温度范围 (°C)	实验次数	实验时间 (年·月)	a	b	c	P
萼花臂尾轮虫	5—35	16	1982.7—1984.12	1.9244	0.2287	-0.3320	<0.01
针簇多肢轮虫	5—30	19	1983.8—1985.5	0.4627	1.2929	-0.4995	<0.01
角突臂尾轮虫	10—30	11	1982.6—1985.5	-3.5827	4.1114	-0.9832	<0.01
较大三肢轮虫	10—23	8	1984.12—1985.12	10.1698	-5.7613	0.7500	<0.01
龟甲轮虫	10—30	12	1983.12—1985.5	4.0904	-1.2020	-0.0795	<0.01
轮虫	5—35	66	1982.7—1985.12	1.2153	0.7227	-0.3996	<0.05

萼花臂尾轮虫 (*Brachionus calyciflorus*) 系淡水水体中最习见的种类之一,在东湖终年可见,数量高峰常在春季。这种轮虫在 10°C 时,卵的发育时间(2.13d)仅为 5°C 时的  $\frac{1}{2}$  左右;35°C 时约为 30°C 时的 1/3。在 5—35°C 温度范围内,卵的发育时间与温度间的回归方程为:

$$\ln D = 1.9244 + 0.2287 \ln T - 0.3320(\ln T)^2。$$

针簇多肢轮虫 (*Polyarthra trigla*) 也是最常见的轮虫之一,是武汉东湖的第一优势种,一般在夏季出现数量高峰。这种轮虫在 5°C 时,卵的发育时间为 3.5d,较萼花臂尾轮虫为短;在 10, 20, 25, 30°C 时的发育时间分别为 2.32d, 0.98d, 0.58d, 0.54d, 均比萼花臂尾轮虫相应培养温度时的发育时间长。产生这种现象的原因有待研究。

在 5—30°C 温度范围内,针簇多肢轮虫卵的发育时间与温度间回归方程式为:

$$\ln D = 0.4627 + 1.2929 \ln T - 0.4995(\ln T)^2。$$

角突臂尾轮虫 (*Brachionus angularis*) 是一种分布极广的种类,在富营养型水体中数量尤多。它在 10, 15, 25, 27, 30°C 时,卵的发育时间分别为 2.06d, 1.32d, 0.62d, 0.47d, 0.37d。在 10—30°C 温度范围内卵的发育时间与温度间回归方程为:

$$\ln D = -3.5827 + 4.1114 \ln T - 0.9832(\ln T)^2。$$

较大三肢轮虫 (*Filinia maior*) 虽是一种广生性轮虫,但在东湖仅在水温 10—25°C 的范围内出现。这种轮虫在 15°C 时,卵的发育时间 (1.20d) 恰好为 10°C 时发育时间的一半;而 20°C 时的发育时间 (0.65d) 也接近 15°C 时的 1/2。在 10—23°C 温度范围内,卵的发育时间与温度关系方程式为:

$$\ln D = 10.1698 - 5.7613 \ln T + 0.7500(\ln T)^2。$$

螺形龟甲轮虫 (*Keratella cochlearis*) 是东湖的第二优势种,通常在秋季形成高峰。该种在 15°C 时,卵的发育时间 (1.07d) 比其它轮虫要短;而在 20°C (0.87d), 25°C (0.76d) 时发育时间又比其它轮虫要长。曲腿龟甲轮虫 (*K. valga*) 在东湖仅出现在夏季,它在 25, 30°C 时的发育时间分别为 0.55d, 0.45d; 而矩形龟甲轮虫 (*K. quadrata*) 出现于冬末春初,在 10, 15°C 时,卵的发育时间分别为 2.41d, 1.14d。

根据经典的轮虫分类系统, 龟甲轮虫背板上甲片的形态、数目, 是鉴定种的重要依据, 而这在活体情况下又很难做到。为便于应用起见, 把上述三种龟甲轮虫卵的发育时间与温度一起进行统计。它们在 15—30°C 温度范围内的回归方程为:

$$\ln D = 4.0904 - 1.2020 \ln T - 0.0975 (\ln T)^2。$$

方形臂尾轮虫 (*Brachionus quadridentus*) 在 10, 15°C 时卵的发育时间分别为 2.33 d, 1.23d。尾突臂尾轮虫 (*B. caudatus*) 在 20°C 时卵的发育时间为 0.83d。沟痕泡轮虫 (*Pompholyx sulcata*) 一般在夏季出现, 它在 25, 30, 35°C 培养温下, 卵的发育时间分别为 0.65d, 0.53d, 0.51d。

椎尾水轮虫 (*Epiphanes senta*)、大肚须足轮虫 (*Euchlanis dilatata*)、尖尾疣毛轮虫 (*Synchaeta stylata*)、卜氏晶囊轮虫 (*Asplanchna brightwelli*)。等均是非带卵轮虫, 它们把卵产在水生植物或有机碎屑上, 根据本文方法②先确定近似产卵时间, 后观测卵的孵化时间。椎尾水轮虫在冬季大量出现, 在 10°C 时卵的发育时间仅为 0.48d。大肚须足轮虫、尖尾疣毛轮虫情况同椎尾水轮虫。这些轮虫卵的发育时间均少于体外带卵轮虫在相同温度下的发育时间(表 2)。产生这种差异的原因有待进一步观察。

从初步实验结果表看, 虽然有些种在相同温度下卵的发育时间相差较大, 但总趋势是卵的发育时间随温度的升高而相应缩短。为便于应用, 统计了东湖一些体外带卵轮虫卵在不同温度(5—35°C)下的发育时间, 获得了它们间的回归方程:

$$\ln D = 1.2153 + 0.7227 \ln T - 0.3996 (\ln T)^2。$$

由上述方程便可获得几种体外带卵轮虫在 5—35°C 温度范围内任一温度下卵发育所需的近似时间(图 2)。

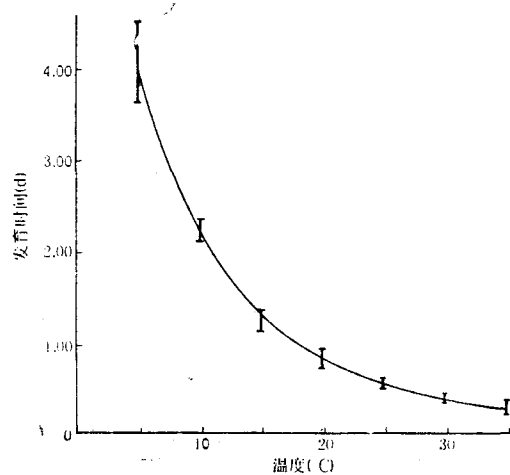


图 2 东湖若干种体外带卵轮虫在不同温度下卵的发育时间

Fig. 2 The duration of egg development at various temperatures for some ovigerous rotifers in Lake Donghu

## 2. 胚后发育时间

胚后发育必须从环境中摄取食物, 因此, 发育时间的长短, 不但与温度有关, 而且同食物量的多少、质量的优劣亦有很密切的关系。本研究是在食物供给充足的情况下, 观测在

不同温度下的发育时间的,由表 2 可以看出, 胚后发育所需的时间亦随温度升高而缩短, 但有时在相同温度下, 又相差较大。

卵的发育时间和胚后发育时间之和即为世代发育时间。不同种轮虫在不同的温度下, 卵的发育时间虽各不相同, 可是卵的发育时间占世代发育时间的百分比, 相对来说却比较稳定, 平均为 31%, 即卵的发育时间约占世代发育时间的  $\frac{1}{3}$  左右(见表 2)。

卜氏晶囊轮虫是胎生种, 从母体产出就是幼虫, 由于卵和孵巢包裹在一起, 极难判断怀卵时间, 故只估算了它的世代时间(表 2)。

表 2 东湖若干轮虫卵和胚后发育时间

Tab. 2 Time for egg and post-embryonic development for some rotifers in Lake Donghu

种 名	培养温度 (°C)	实验次数	卵的发育 时间 ( $D_e, d$ )	胚后发育 时间 ( $D_{p, d}$ )	世代时间 ( $D_{e+p, d}$ )	$\frac{D_e}{D_{e+p}}$	实验时间 (年·月)
萼花臂尾轮虫	10	3	2.13	4.87	$7.00 \pm 0.21$	0.30	1983.12
	15	3	1.10	2.19	$3.29 \pm 0.12$	0.33	1984.4
	20	3	0.62	1.34	$1.96 \pm 0.07$	0.32	1983.5
	25	4	0.48	1.02	$1.50 \pm 0.07$	0.32	1983.6
	30	4	0.34	0.49	$0.83 \pm 0.04$	0.41	1983.7—8
	35	3	0.22	0.40	$0.62 \pm 0.05$	0.35	1983.7—8
角突臂尾轮虫	25	9	0.44	1.05	$1.49 \pm 0.19$	0.30	1985.5
针簇多肢轮虫	20	11	0.84	1.95	$2.79 \pm 0.08$	0.30	1985.5
	25	7	0.37	1.12	$1.49 \pm 0.23$	0.33	1985.5
较大三肢轮虫	20	4	0.65	1.87	$2.52 \pm 0.05$	0.26	1985.5
尖尾疣毛轮虫	20	2	0.43	1.29	$1.72 \pm 0.05$	0.25	1985.5
	25	4	0.28	0.86	$1.14 \pm 0.09$	0.25	1985.5
	25	4	0.41	1.32	$1.73 \pm 0.06$	0.24	1985.5
大肚须足轮虫	25	4	0.41	1.32	$1.73 \pm 0.06$	0.24	1985.5
	卜氏晶囊轮虫	20	5		$1.73 \pm 0.08$		1983.5—7
	25	11			$1.07 \pm 0.02$		1983.5—7
椎尾水轮虫	30	7			$0.64 \pm 0.03$		1983.5
	10	1	0.48		$7.62 \pm 0.28$		1983.2

### 三、讨 论

#### 1. 不同轮虫卵的发育时间与温度回归方程式的比较

表 3 为不同研究者所获得的轮虫卵的发育时间与温度间的回归方程式, 作者根据方程计算了卵在不同温度下的发育时间。东湖萼花臂尾轮虫卵在 20°C 时的发育时间与 Pourriot 等的结果基本吻合<sup>[14]</sup>; 在 15°C 时, 介于 Pourriot 等<sup>[14]</sup>与 Halbach<sup>[9]</sup>的研究结果之间; 在 5, 10, 25°C 时的数据均比其他研究者的结果要高。这可能是因不同的生态条件所致。

根据方程计算, 不同水体中的针簇多肢轮虫, 在 10°C 时卵的发育时间均在 1.94—2.22d 之间, 基本一致; 可是在 5, 15°C 时却又相差较大。有关针簇多肢轮虫的分类, 国内外学者的意见颇有分歧, 目前比较一致的看法是, 过去认为的针簇多肢轮虫 (*Polyarthra*

*trigla*) 应分为两种, 即 (*P. dolichoptera*) 和 (*P. vulgaris*)<sup>[11]</sup>。前者是一种狭温种, 出现在冬季; 后者是广温种, 一般在初夏形成高峰。是否由于分类上不统一, 而形成卵的发育时间上较大差异尚须进一步考察。

Doohan<sup>[8]</sup> 与 Pourriot 等<sup>[14]</sup> 同样以矩形龟甲轮虫作实验, 获得了各自的回归方程, 但根据各自的方程计算所获得的结果相差较大<sup>[9]</sup>。而 Baker<sup>[7]</sup> 以螺形龟甲轮虫作实验所获得的回归方程与 Pourriot 等<sup>[14]</sup> 的矩形龟甲轮虫的回归方程计算结果却又十分吻合。东湖龟甲轮虫属卵的发育时间, 在 10, 15°C 时介于上述龟甲轮虫之间; 20°C 时的结果偏低。见表 3。

表 3 不同温度下轮虫卵发育时间<sup>1)</sup>的比较

Tab. 3 Comparison of egg development time at various temperatures for rotifers

萼花臂尾轮虫				
发育时间 (d)	$D = 117(T + 4.20)^{-1.583}$ (0.6—10.5°C) (文献[10])	$D = 30(T - 0.24)^{-1.151}$ (8.0—23.0°C) (文献[14])	$D = 4(T - 9.44)^{-0.86}$ (15—25°C) (文献[9])	$\ln D = 1.9249 + 0.2287 \ln T - 0.3320(\ln T)^2$ (5—35°C) (本文)
温度(°C)				
5	3.49			4.19
10	1.75	1.73		1.99
15		1.62	0.92	1.12
20		0.72	0.53	0.69
25			0.38	0.46
多肢轮虫				
发育时间 (d)	$D = 899(T + 4.78)^{2.248}$ (3.5—10.5°C) <sup>2)</sup> (文献[10])	$D = 7(T - 5.11)^{-0.81}$ (10—20°C) <sup>3)</sup> (文献[14])	$D = 6(T - 4.51)^{-0.983}$ (5.8—9.6°C) <sup>4)</sup> (文献[10])	$\ln D = 0.4627 + 1.2929 \ln T - 0.4995(\ln T)^2$ (5—30°C) <sup>5)</sup> (本文)
温度(°C)				
5	5.34			3.50
10	2.11	1.94	2.22	2.20
15		1.09		1.35
20		0.79		0.86
龟甲轮虫				
发育时间 (d)	$D = 28(T + 0.95)^{-1.162}$ (5—20°C) <sup>6)</sup> (文献[8])	$D = 19(T - 4.15)^{-1.054}$ (10—20°C) <sup>7)</sup> (文献[14])	$D = 14(T - 5.1)^{-0.976}$ (10—20°C) <sup>8)</sup> (文献[7])	$\ln D = 4.0904 - 1.2020 \ln T - 0.0975(\ln T)^2$ (10—30°C) <sup>9)</sup> (本文)
温度(°C)				
10	1.74	2.95	2.97	2.46
15	1.12	1.54	1.49	1.29
20	0.82	1.03	1.00	0.80

注: 1) 发育时间系根据各自方程计算, 下同; 2), 3), 4) *Polyarthra. dolichoptera*; 5) *P. trigla*; 6), 7) *Keratella. quadrata*; 8) *K. cochlearis*; 9) *Keratella*.

从上述的比较可以看出,在相同的培养温度下,同一种内卵的发育时间的差异有时大于种间,所以笔者认为,用适用范围较广的公式估算不同温度下卵的发育时间,可能是一条行之有效的途径。

## 2. 食物对轮虫胚后发育时间的影响

轮虫的胚后发育时间就是从卵孵化出幼虫至该幼虫怀卵所需的时间。目前有关这方面的报道甚少, Makarewicz<sup>[12]</sup> 报道过美国贫营养型的 Mirror 湖中一种多肢轮虫 (*P. vulgaris*) 在 17°C 培养温度下的胚后发育时间。结果表明,凡添加氮、磷营养盐类的培养液中,轮虫的胚后发育时间均为 6.0d,不添加任何营养盐类的均为 8.5d。本实验虽无 17°C 培养温度下的同种轮虫的数据,但从表 2 的结果可以看出,东湖多肢轮虫 (*P. trigla*) 的胚后发育时间要短于 Mirror 湖的多肢轮虫发育时间。

许多学者<sup>[12,13]</sup> 都证明,食物对动物的胚后发育很有影响。一般来说,食物丰富、适口,可使胚后发育时间缩短;相反,食物贫乏、低劣,则会延长胚后发育时间。

据王建报道<sup>1)</sup>,东湖浮游植物目前正向小型化发展,1—15 $\mu\text{m}$  大小的浮游植物数量很多,可以推断轮虫的食物是丰富的,所以有可能在这种生态条件下的轮虫胚后发育较快。

不同质的食物对轮虫的胚后发育时间也有较大的影响。Pilarska 用细菌和小球藻作为食物培养红臂尾轮虫 (*Brachionus rubens*), 其结果在同样温度下(21°C),用细菌作食物的胚后发育时间为 2.5d,而用小球藻作食物的仅为 1.8d<sup>[13]</sup>。

## 参 考 文 献

- [1] 王家楫,1961. 中国淡水轮虫志. 科学出版社,288页。
- [2] 李永函、丁建华、许方学,1985. 养鱼池轮虫休眠卵分布和萌发的研究. 水生生物学报 9(1): 20—32。
- [3] 郑严、田凤琴、宋立清,1979. 褶皱臂尾轮虫 (*Brachionus plicatilis* Müller) 的繁殖和培养. 海洋科学 1: 26—38。
- [4] 饶钦止、章宗涉,1980. 武汉东湖浮游植物的演变(1956—1975)和富营养化问题. 水生生物学集刊 7(1): 1—6。
- [5] 黄祥飞,1985. 温度对萼花臂尾轮虫卵的发育、种群增长和生产量的影响. 水生生物学报 9(3): 232—240。
- [6] 傅素宝、陈孝麟,1962. 壶状臂尾轮虫 *Brachionus urceus* (Linnaeus) 的培养研究. 厦门大学学报(自然科学版) 9(4): 329—331。
- [7] Baker, R. L., 1979. Birth rate of planktonic rotifers in relation to food concentration in a shallow, eutrophic lake in western Canada. *Can. J. Zool.* 57: 1206—1214.
- [8] Doohan, A., 1973. Energetics of planktonic rotifers applied to population in reservoirs. Unpubl. Ph. D. Thesis, Univ. Lond., 266pp.
- [9] Halbach, U., 1970. Einfluss der Temperatur auf die Populationsdynamik des Planktischen Rädertieres *Brachionus calyciflorus* Pallas. *Oecologia* 4: 176—207.
- [10] Herzig, A., 1983. Comparative studies on the relationship between temperature and duration of embryonic development of rotifer. *Hydrobiologia* 104(1): 237—246.
- [11] Koste, W., 1978. Rotatoria. Die Rädertiere Mitteleuropas. Gebr. Borntraeger, Berlin, Stuttgart, 673pp.
- [12] Makarewicz, J. C., 1979. Structure and function of the zooplankton community of Mirror Lake, New Hampshire. *Ecological Monographs* 49(1): 109—127.
- [13] Pilarska, J., 1972. The dynamic of Growth of experimental populations of the rotifer *Brachionus rubens* Ehrbg. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 19(3): 265—277.
- [14] Pourriot, R. & M. Deluzarches, 1971. Recherches sur la Biologie des Rotifers. 2. Influence de la température sur la durée du développement embryonnaire et post-embryonnaire. *Ann. Limnol.* 7: 25—52.

1) 王建,武汉东湖的浮游植物。

## OBSERVATION ON THE EGG AND POST-EMBRYONIC DEVELOPMENT TIME OF SOME ROTIFERS IN LAKE DONGHU, WUHAN

Huang Xiangfei

(Institute of Hydrobiology, Academia Sinica, Wuhan)

### ABSTRACT

The egg and post-embryonic development time were determined for the some rotifers in Lake Donghu. Ten ovigerous females and four non-ovigerous females of the following species were successfully cultured: *Brachionus calyciflorus*, *B. angularis*, *B. quadridentus*, *B. caudatus*, *Keratella cochlearis*, *K. quadrata*, *K. valga*, *Pompholyx sulcata*, *Polyarthra trigla*, *Filinia maior*, *Euchlanis dilatata*, *Synchaeta stylata* *Epiphanes senta*, and *Asplanchna brightwelli*. The curvilinear logarithmic equation:  $\ln D = a + b \ln T + c (\ln T)^2$  is fitted to the development times of eggs.

The development time of ovigerous females was longer than that of non-ovigerous females at same temperature. The post-embryonic development time decreased also with increasing temperature. In all the experiments of the present paper, the egg development time comprises 31% (24—41%) for generation, and 69% (59—76%) for post-embryonic development time.

The results are compared with those found in the literature, and the differences are discussed.