

# 温度对武汉东湖近邻剑水蚤发育及繁殖的影响\*

陈雪梅

(中国科学院水生生物研究所)

## 提 要

近邻剑水蚤完成一个世代所需的时间随不同的温度而有差别,在一定的温度范围内,其时间与温度呈正相关,在6.5℃时为64.3天,20℃时仅为20.2天,当25℃时则发育减慢。

近邻剑水蚤(*Cyclops vicinus vicinus* Uljanin)是湖泊、池塘中常见的浮游桡足类,也是武汉东湖桡足类中冬、春季的优势种类<sup>[1]</sup>。据1979—1983年记录,该种群每年10月上旬水温约在20—22℃时在东湖敞水区出现,至翌年5月下旬水温约在25—27℃时消失。表明温度可能是影响该种群消长的主要生态因子之一。近十多年来,国外许多研究者在研究桡足类生产量的同时,也着重研究了温度对其发育、繁殖的影响<sup>[2,12]</sup>,但在国内未见报道。

作者于1981年10月至1982年3月就温度对近邻剑水蚤各阶段发育的时间、生长、寿命及繁殖的影响进行了观察试验。

## 方 法

培养个体分放在内盛有70—80毫升过滤湖水(筛绢网孔大小为0.05毫米)的试管中,试管放在精确度为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 的恒温控制的水槽或培养箱内。在培养无节幼体、早期桡足幼体(第一—第三期)的过滤湖水中加进浓缩池塘藻类(衣藻(*Chlamydomonas*)、裸藻(*Euglena*)、隐藻(*Cryptomonas*)、栅藻(*Scenedesmus*)为主)食料密度10—20万个细胞/毫升。当培养个体进入第三桡足幼体期后,还加进酵母粉(0.3克/升)。除6.5℃的培养组每3天更换培养液外,其他温度的培养组均隔天更换培养液。每天检查个体(卵)的发育状况。用2支40瓦日光灯管供光照,光照时间每天为10—12小时。

近邻剑水蚤的幼体从卵孵出后,需经过6个无节幼体期和5个桡足幼体期,才成长为成体。

**1. 卵的发育时间的测定** 将采集或培养所得的带卵囊的雌体单个进行培养。记录从卵排出到第一无节幼体期所经历的时间(其平均值即为卵的发育时间)。

**2. 无节幼体的发育时间的测定** 把孵化出来的第一无节幼体期(每试管放进20—25

本文承陈受忠教授审阅,谨此致谢。

\* 编辑部收到日期: 1983年6月5日、

个)在原温度下继续进行培养。记录从第一无节幼体期到第一桡足幼体期所经历的时间(其平均值即为无节幼体的发育时间)。

**3. 桡足幼体的发育时间的测定** 把刚发育的第一桡足幼体期(每试管放进 10—15 个)在原温度下继续进行培养。测量其最终的(达成体)平均体长(从头胸部顶端到尾叉末端)。记录从第一桡足幼体期到雌性(或雄性)成体所需的发育时间,其平均值即为桡足幼体(雌或雄性)的发育时间。

**4. 成体的寿命及产卵力的观察** 把刚从第五桡足幼体期发育来的雌体在原来温度下分个进行培养,每一雌体配一雄体。记录第一对卵囊出现的时间、从卵孵化到另一对卵囊出现的间隔时间、卵囊含卵数,每一雌体一生的产卵次数,以及从成体到死亡所经历的时间。

**5. 温度与发育时间的关系方程式** 基本上采用 Bottrell<sup>[2]</sup>提出的曲线回归方程式以计算近邻剑水蚤的卵、无节幼体、桡足幼体的发育时间。

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

结 果

**1. 发育时间** 卵的发育时间与温度呈负相关,温度愈高,卵的发育时间愈短(表 1, 图 1)。其关系方程式为:

$$\ln D = 5.742 - 2.163 \ln T + 0.174 \ln T^2$$

$D$  代表卵的发育时间(天),  $T$  代表温度( $^{\circ}\text{C}$ )

无节幼体的发育时间与温度( $6.5\text{--}20^{\circ}\text{C}$  时)呈负相关。温度愈低,无节幼体的发育时间愈长(表 1,图 1)。但在较高温度( $25^{\circ}\text{C}$ )下,无节幼体的平均发育时间为 7.1 天,反较  $20^{\circ}\text{C}$  时减慢。其关系方程式为:

$$D = 34.432 - 2.738T + 0.066T^2$$

$D$  代表无节幼体的发育时间(天),  $T$  代表温度( $^{\circ}\text{C}$ )

表 1 不同温度下近邻剑水蚤各发育阶段的平均发育时间及比率  
Table 1 Mean development times (days) and ratios of the major life stages of *Cyclops vicinus vicinus* at different temperatures( $^{\circ}\text{C}$ )

| 温 度 $^{\circ}\text{C}$ | 卵发育时间<br>(天)        | 无节幼体发育<br>时间(天)       | 桡足幼体发育时间(天)                  |                                | 整个阶段发育时间(天)                |                              | 比 率   |       |
|------------------------|---------------------|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|----------------------------|------------------------------|-------|-------|
|                        | $E \rightarrow N_1$ | $N_1 \rightarrow C_1$ | $C_1 \rightarrow A_{\sigma}$ | $C_1 \rightarrow A_{\text{♀}}$ | $E \rightarrow A_{\sigma}$ | $E \rightarrow A_{\text{♀}}$ | $N/E$ | $C/E$ |
| 6.5 $^{\circ}$         | 9.6 $\pm$ 0.7       | 10.7 $\pm$ 0.6        | 22.4 $\pm$ 3.4               | 31.8 $\pm$ 4.3                 | 51.7 $\pm$ 4.7             | 61.1 $\pm$ 5.6               | 2.052 | 2.823 |
| 10.5 $^{\circ}$        | 5.4 $\pm$ 0.4       | 12.3 $\pm$ 0.6        | 15.2 $\pm$ 6.8               | 20.2 $\pm$ 10.5                | 32.9 $\pm$ 7.8             | 37.9 $\pm$ 11.5              | 2.278 | 3.278 |
| 15 $^{\circ}$          | 3.2 $\pm$ 0.1       | 8.6 $\pm$ 0.6         | 9.7 $\pm$ 4.9                | 15.7 $\pm$ 9.2                 | 21.5 $\pm$ 5.6             | 27.5 $\pm$ 9.9               | 2.688 | 3.969 |
| 20 $^{\circ}$          | 2.2 $\pm$ 0.2       | 6.2 $\pm$ 0.5         | 8.0 $\pm$ 5.1                | 10.3 $\pm$ 6.1                 | 16.4 $\pm$ 5.8             | 18.7 $\pm$ 6.8               | 2.818 | 4.159 |
| 25 $^{\circ}$          | 1.8 $\pm$ 0.04      | 7.1 $\pm$ 1.7         | 15.2 $\pm$ 2.1               | 16.4 $\pm$ 2.5                 | 24.1 $\pm$ 3.8             | 25.3 $\pm$ 4.2               | 3.944 | 8.778 |

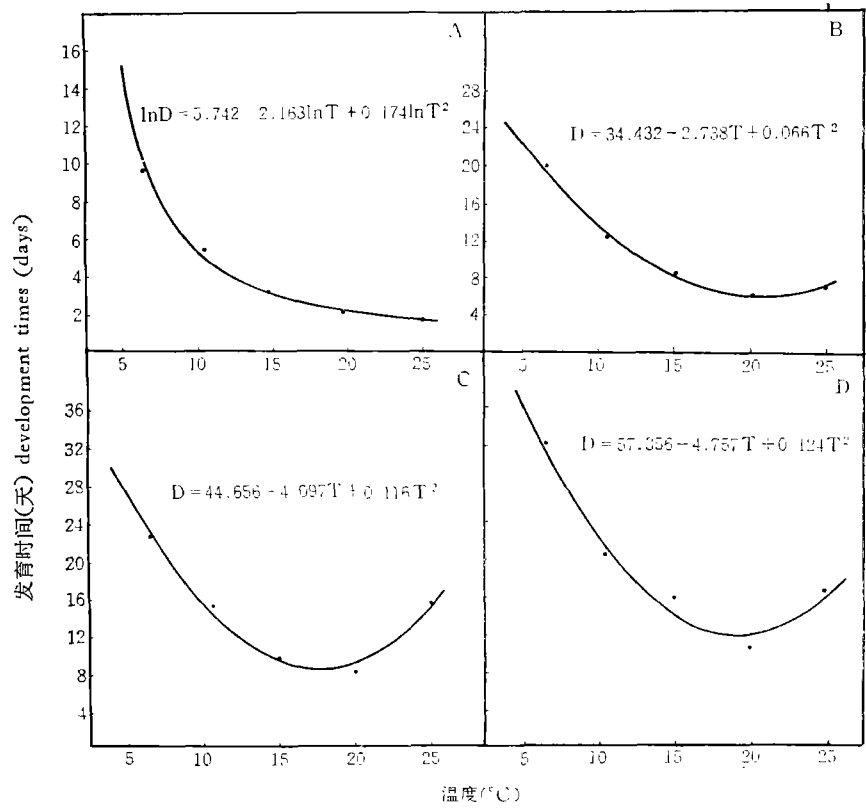


图 1 近邻剑水蚤各发育阶段的发育时间(天)与温度(°C)的相关曲线

Fig. 1 The correlative curve between development times (days) of the major life stages and temperatures (°C) of *Cyclops vicinus vicinus*.

A——卵 eggs      B——无节幼体 nauplii      C——雄性桡足幼体 male copepodites      D——雌性桡足幼体 female copepodites

在一定试验温度范围内(6.5—20℃)桡足幼体的发育时间同样与温度呈负相关。雄性桡足幼体的发育速度均较雌性为快(表 1,图 1)。但在较高温度(25℃)下,雄性为 15.2 天,雌性为 16.4 天,均较 15、20℃时的发育时间为长。其关系方程式为:

$$D_{\sigma} = 44.656 - 4.097T + 0.116T^2$$

D 代表雄性桡足幼体的发育时间(天), T 代表温度(°C)

$$D_{\text{♀}} = 57.356 - 4.757T + 0.124T^2$$

D 代表雌性桡足幼体的发育时间(天), T 代表温度(°C)

近邻剑水蚤完成一个世代(从卵到成体产出第一对卵囊)所需的时间随不同的温度而有差别,在 6.5℃ 时为 64.3 天, 10.5℃ 为 40.8 天, 15℃ 为 29.6 天, 20℃ 则为 20.2 天。无节幼体、桡足幼体的发育时间与卵的发育时间的比率均随温度的升高而延长(表 1)。

**2. 体长及寿命** 成体(雌或雄)的平均体长随不同的温度而有差异,较小的成体产生于较高的温度下,雌体均较雄体为长。桡足幼体每星期体长平均增长值随温度的升高(6.5—20℃ 时)而相应增加(表 2)。

表 2 温度对近邻剑水蚤体长、体长增长值及寿命的影响

Table 2 Effect of temperature (°C) on body length (mm), body length increment (mm) and longevity (days) of *Cyclops vicinus vicinus*

| 培养水温(℃) | 成体体长(毫米)     |                | 桡足幼体体长平均增长值<br>(毫米/星期) |                | 成体寿命(天)      |                |
|---------|--------------|----------------|------------------------|----------------|--------------|----------------|
|         | $A_{\sigma}$ | $A_{\text{♀}}$ | $C_{\sigma}$           | $C_{\text{♀}}$ | $A_{\sigma}$ | $A_{\text{♀}}$ |
| 6.5     | 1.413±0.05   | 1.882±0.05     | 0.231                  | 0.266          | 73.1±16.4    | 81.7±14.2      |
| 10.5    | 1.364±0.04   | 1.797±0.05     | 0.340                  | 0.406          | 64.1±19.9    | 77.2±15.5      |
| 15      | 1.302±0.03   | 1.745±0.03     | 0.499                  | 0.506          | 52.2±13.6    | 69.7±16.0      |
| 20      | 1.282±0.04   | 1.729±0.08     | 0.602                  | 0.771          | 43.1±11.6    | 53.9±9.0       |
| 25      | 1.195±0.04   | 1.530±0.02     | 0.269                  | 0.337          | 17.0±5.0     | 20.5±6.8       |

成体阶段的平均寿命以低温时为最长,并随着温度的升高而减短。雄体的寿命略短于雌体(表 2)。

3. 产卵力 雌性桡足幼体自达成体后到排出第一对卵囊的时间以及从前一对卵囊中的卵孵化到后一对卵囊出现的间隔时间依不同的温度而有差异,温度愈低,所需的时间愈长。卵囊平均含卵数以低温时为最多,并随着温度的升高而减少。每一雌体的产卵次数以低温时为最少,并随着温度的增加而增加(表 3)。

表 3 温度对近邻剑水蚤排卵时间、产卵量及产卵次数的影响

Table 3 Effect of temperature (°C) on egg-laying times (days), numbers of eggs laid and numbers of brood produced of *Cyclops vicinus vicinus*

| 培养水温<br>(°C) | 达成体后到第一对卵<br>囊出现的时间(天) | 从前一对卵囊中的卵<br>孵化到另一对卵囊出<br>现的间隔时间(天) | 卵囊含卵数(个)  | 每一雌体一生的<br>产卵次数 | 每一雌体一生的<br>产卵总数 |
|--------------|------------------------|-------------------------------------|-----------|-----------------|-----------------|
| 6.5          | 3.2±0.7                | 1.80±0.4                            | 74.4±17.0 | 4.5±0.5         | 334.8±39.0      |
| 10.5         | 2.9±0.3                | 0.50±0.1                            | 69.0±13.8 | 8.5±0.5         | 586.5±23.0      |
| 15           | 2.1±0.1                | 0.47±0.2                            | 52.2±17.8 | 12.5±0.5        | 652.5±39.0      |
| 20           | 1.5±0.4                | 0.35±0.2                            | 40.8±13.2 | 14.3±1.2        | 583.4±116.2     |

讨 论

(1) 温度愈高(在 6.5—20℃范围内),无节幼体、桡足幼体的发育速度愈快,但当温度升高到 25℃时,其发育速度反而减慢。Munro (1974)<sup>[7]</sup>报道过近邻剑水蚤的桡足幼体在较高温度下发育时间相对延长。Sarvala (1979)<sup>[8]</sup>在研究底栖桡足类的发育时间时也同样观察到这种现象,并认为在高温下幼体发育速度减慢的现象在桡足类是普遍存在的。根据我所野外调查资料,东湖的近邻剑水蚤种群在水温约为 25—27℃ 时在敞水区消失,说明过高水温对该种群的生存可能不适宜。

(2) Smyly (1970)<sup>[9]</sup>在研究草绿刺剑水蚤 (*Acanthocyclops viridis*) 的发育时,提到幼体的发育时间除受温度的影响外,还受食物的质和量的影响。为了解食物对近邻剑水蚤

发育的影响,从而有利于分析讨论,作者曾以煮沸过的过滤湖水为培养液,分别投入不同食物,在 15℃ 水温下喂养第三桡足幼体期。食物为酵母粉(0.5 克/升)、卤虫 (*Artemia*) 的无节幼体 (1—1.5 个/每个桡足幼体/天) 和以衣藻为主的浓缩池塘藻类 (20—30 万个细胞/毫升) 三种。隔天更换培养液。试验结果见表 4。

从表 4 可以看出,采用不同的食物培养近邻剑水蚤的桡足幼体,其长成成体的比率是有差异的。其中以酵母粉培养效果最好,经 11—18 天培养后,有 97—100 % 的第三桡足幼体期脱皮进入成体。而喂以卤虫的无节幼体者,仅 60 % 进入成体。说明近邻剑水蚤的

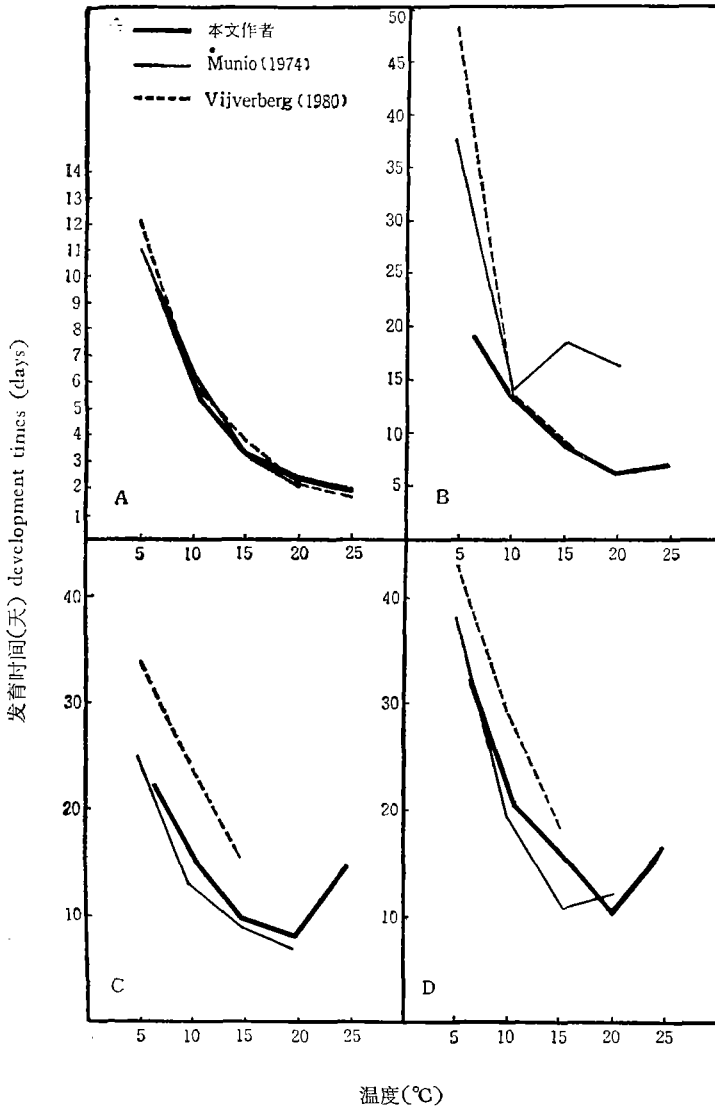


图 2 近邻剑水蚤各发育阶段的平均发育时间与温度的关系

Fig. 2 The relationship between mean development times (days) of the major life stages and temperatures (°C) of *Cyclops vicinus vicinus*

A——卵 B——无节幼体 C——雄性桡足幼体 D——雌性桡足幼体  
eggs nauplii male copepodites female copepodites

表 4 不同食物培养近邻剑水蚤的结果

Table 4 The results of culture of *Cyclops vicinus vicinus* at different diet.

|      | 食物类别 |           | 酵 母 粉 | 卤虫的无节幼体 | 浓缩池塘藻类 |
|------|------|-----------|-------|---------|--------|
|      | 项 目  |           |       |         |        |
| 实验次数 | 1    | 桡足幼体总数(个) | 35    | 18      | 36     |
|      |      | 长成成体数(个)  | 34    | 11      | 1      |
|      |      | 成体数/总数(%) | 97    | 61      | 2.8    |
|      | 2    | 桡足幼体总数(个) | 5     | 5       | 5      |
|      |      | 长成成体数(个)  | 5     | 3       | 0      |
|      |      | 成体数/总数(%) | 100   | 60      | 0      |

桡足幼体是杂食性的,其食性常随环境中的食物而异;不光吃动物性食物;也吃象酵母粉那样营养价值较高的植物性食物。在采用浓缩池塘藻类培养时,仅有 3% 左右的第三桡足幼体期进入成体。Smyly (1970)<sup>[9]</sup>提及采用纯藻类培养草绿刺剑水蚤时会推迟或阻碍后期桡足幼体脱皮成为成体。但 Munro<sup>[7]</sup>曾以混合藻类喂养近邻剑水蚤各期的幼体,均获得良好的结果。我们认为 Munro 是采用足量的混合藻类作为食料的,这种藻类在喂养过程中会大量下沉凝聚成较大的块状食物,桡足幼体很可能喜欢吞食这样的块状食物或者是吃食从藻类碎屑中繁殖起来的小型动物。

(3) 国外许多研究者<sup>[3,4,6,7,10-12]</sup>曾研究过近邻剑水蚤各发育阶段所需的时间。现列出 Munro (1974)、Vijverberg (1980) 以及作者得出的三条发育时间与温度的关系曲线以作比较(图 2)。从图中可以看出卵的发育时间三者大体相近似。但无节幼体的发育时间除 10℃外,作者与 Munro 的有明显差异,而与 Vijverberg 的只在 15 和 10℃时的结果值相一致。就桡足幼体的发育时间来说,作者的结果又低于 Vijverberg 的,而较接近于 Munro 的结果值。从讨论(2)中的观点来看,可以认为培养时食物不相同,大概是造成幼体发育时间上差异的主要原因。因为 Munro 是用足量的纤细裸藻(*Euglena gracilis*)、卵囊藻(*Oocystis* pp.)、小球藻(*Chlorella* spp.) 和红球藻(*Haematococcus* spp.) 等混合藻类加以培养的。Vijverberg 则只用过滤湖水而不加添其他食物;而作者在本试验中则在过滤湖水加进浓缩池塘藻类和酵母粉。三条曲线关系的比较表明,桡足类卵的发育时间主要受温度的影响,而其他各发育阶段的时间除受温度因子影响外,其他生态条件不同(特别是食物),亦会直接影响试验结果。

参 考 文 献

[ 1 ] 陈受忠,1965. 武昌东湖桡足类数量的周年资料. 水生生物学集刊, 5(2): 202—217.  
[ 2 ] Bottrell, H. H., 1975. The relationship between temperature and duration of egg development in some epiphytic Cladocera and Copepoda from the River Thames, Reading, with a discussion of temperature functions *Oecologia*, 18: 63—84.  
[ 3 ] George, D. G., 1976. Life cycle and production of *Cyclops vicinus* in a shallow eutrophic reservoir. *Oikos*, 26: 101—110.  
[ 4 ] Gulyas, P., 1980. The effect of temperature on the most frequent Cladocera and Copepoda spe-

- cies in Lake Velence. *Aquaculture Hungarica*, 2: 55—70.
- [ 5 ] Hunt, G. W., 1977. The effect of temperature on reproduction of *Cyclops vernalis* Fischer (Copepoda, Cyclopoida). *Crustaceana*, 32(2): 169—177.
- [ 6 ] Mitterholczer, E., 1970. Produktionsdynamik und Produktion des Zooplanktons im Griefensee und im Vierwaldstättersee. *Schweiz. Z. Hydrol.*, 32: 90—149.
- [ 7 ] Munro, I. G., 1974. The effect of temperature on the development of egg, naupliar and copepodite stages of two species of copepods, *Cyclops vicinus* (Uljanin) and *Eudiaptomus gracilis* Sars. *Oecologia*, 16: 355—367.
- [ 8 ] Sarvala, J., 1979. Effect of temperature on the duration of egg, nauplius and copepodite development of some freshwater benthic Copepods. *Freshwater Biol.*, 9: 515—531.
- [ 9 ] Smyly, W. J. P., 1970. Observations on rate of development, longevity and fecundity of *Acanthocyclops viridis* (Jurine) (Copepoda, Cyclopoida) in relation to type of prey. *Crustaceana*, 18: 21—34.
- [10] Spindler, K. D., 1971. Investigations on the influence of external factors on the duration of the embryonic development and on the moulting rhythm of *Cyclops vicinus*. *Oecologia*, 7: 342—355.
- [11] Stepanova, L. A., 1971. Produkcija massovykh form planktonnykh rakoobraznykh oz. Il'meny. *Gidrobiol. Zurn.* 7(6): 19—30.
- [12] Vijverberg, J., 1980. Effect of temperature in laboratory studies on development and growth of Cladocera and Copepoda from Tjeukemeer, The Netherlands. *Freshwater Biol.*, 10: 317—337.

# EFFECT OF TEMPERATURE ON DEVELOPMENT AND REPRODUCTION OF *CYCLOPS VICINUS VICINUS* ULJANIN FROM LAKE DONGHU, WUHAN

Chen Xuemei

(Institute of Hydrobiology, Academia Sinica)

## Abstract

*Cyclops vicinus vicinus* Uljanin is the dominant copepoda in the Lake Donghu, Wuhan. The development times of the eggs, nauplii and copepodites of *C. vicinus vicinus* were obtained by experiments at constant temperatures ranging from 6.5 to 25°C.

The duration of egg development was obviously inversely related to temperature through the whole range of experimental temperatures. Development times of nauplii and copepodites were decreased with increasing temperatures and retarded at temperature above 20°C. The relationships were expressed by various regression equations.

The female body was generally longer than that of the male, and smaller adults were generally produced at higher temperatures. The longevity of the adult stage was inversely related to temperatures.

The duration from the hatching of one brood to the extrusion into eggsacs of the next brood and the average time from the adult to the production of the first eggsacs were also decreased as temperature increased. The present results also showed the inverse relationships between clutch size, clutches per female and temperatures. The effect of diet on development of *C. vicinus vicinus* was also discussed in this paper.