

短。因此,虽然平均每雌总的产卵量随着温度的升高而增加,但在这3种温度间没有显著差

异($F_{(2, 42)} = 0.649, P = 0.528$)。

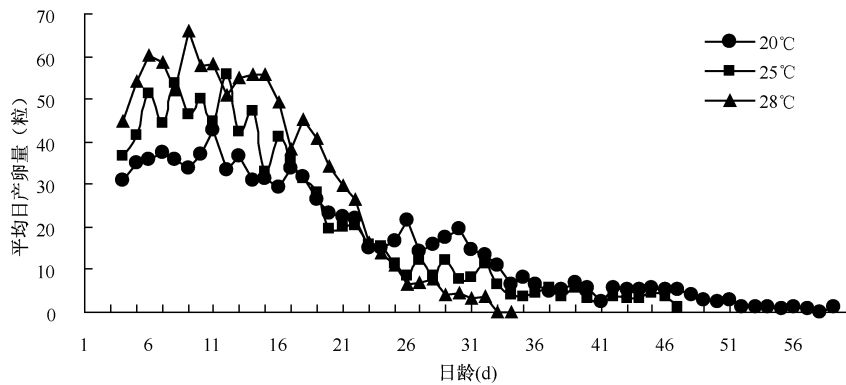


图1 不同温度下大猿叶虫繁殖雌虫的平均日产卵量

2.2 温度对大猿叶虫孵化率的影响

从图2可看出,25℃孵化率最高,为82.17%;20℃次之,为81.57%;28℃最低,为70.50%,但统计分析表明不同温度下孵化率差异不显著($F_{(2, 15)} = 3.033, P = 0.078$)。将这3种温度下每雌的平均总产卵量×各自的孵化率,可得出20、25和28℃每雌繁殖的幼虫数分别为720、754和732条。

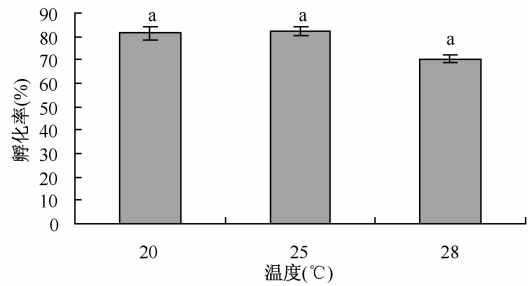


图2 不同温度下大猿叶虫的孵化率

2.3 温度对大猿叶虫繁殖成虫寿命的影响

温度对雌雄虫寿命有明显影响,随着温度的升高,成虫寿命逐渐缩短(表2)。不同温度下雌虫寿命有显著差异($F_{(2, 42)} = 0.962, P = 0.043$)。20℃的雌虫寿命显著长28℃。不同温度下雄虫寿命也有显著差异($F_{(2, 42)} = 0.978, P = 0.021$),20℃的雄虫寿命显著长于25℃和28℃。

2.4 温度对大猿叶虫繁殖后滞育成虫滞育前产卵的影响

表3显示了滞育雌虫滞育前的产卵持续时间随着温度的升高而缩短,其中在20℃的产卵持续时间显著长于25℃和28℃($F_{(2, 49)} = 4.392, P = 0.018$),总产卵量也高于25℃和28℃。但由于20℃下平均日产卵量较低,导致了不同温度下总产卵量没有显著差异($F_{(2, 49)} = 0.877, P = 0.423$)。如与非滞育雌虫比较(表1),还可看出滞育雌虫滞育前的平均日产卵量(20℃,21.77粒;25℃,31.22粒;28℃,33.87粒)明显低于非滞育雌虫的平均日产卵量(20℃,31.53粒;25℃,39.57粒;28℃,51.24粒)。

表2 不同温度下大猿叶虫繁殖成虫的寿命

寿命(d)	20℃	25℃	28℃
雌虫寿命	29.73 ± 3.05a	26.20 ± 2.50ab	22.60 ± 1.09b
雄虫寿命	30.33 ± 3.63a	22.53 ± 2.18b	21.67 ± 1.99b

表3 不同温度下大猿叶繁殖后滞育成虫滞育前的产卵情况

温度(℃)	产卵持续时间(d)	总产卵量(粒/雌)	平均日产卵量(粒/雌/d)
20	14.93 ± 3.21a	432.85 ± 114.08a	21.77 ± 3.36a
25	8.75 ± 1.26b	330.75 ± 67.29a	31.22 ± 4.32a
28	7.59 ± 1.03b	292.22 ± 54.12a	33.87 ± 3.93a

2.4.1 温度对大猿叶虫繁殖后滞育成虫滞育的影响

表4显示了在20、25和28℃条件下,

均有 30% 个体繁殖一段时间后进入滞育,其中雌虫滞育的比率随着温度的升高而略有上升,雄虫滞育的比率则随着温度的升高而略有下降,总的滞育比率在 20℃ 时略高。

表 4 不同温度下大猿叶虫的滞育情况

温度 (℃)	雌虫滞育 比率(%)	雄虫滞育 比率(%)	总滞育 比率(%)
20	13.46	18.27	31.73
25	15.09	15.09	30.19
28	16.67	14.39	31.07

3 讨论

大猿叶虫是在春秋两季繁殖夏季入土蛰伏的种类。人们通常认为昆虫夏季滞育的进化与夏季高温不利于昆虫繁殖有关。以前的研究已揭示了猿叶虫夏季滞育主要由低温诱导,当饲养的温度≤20℃ 时,所有的个体进入滞育不管光周期条件如何;当饲养的温度≥20℃ 时,进入滞育的个体随温度的升高而明显减少,高温明显抑制了长光照诱导的夏季滞育^[6]。研究提示了夏季滞育的进化与高温无关。本试验表明,大猿叶虫在 28℃ 高温的条件下虽然雌虫的寿命和产卵持续时间较 25℃ 和 20℃ 明显缩短,但由于其平均日产卵量高,导致了总产卵量仍然高于 25℃ 和 20℃。在 28℃ 高温下,幼虫的孵化率略有下降,但每雌产生的幼虫数仍高于 20℃。这些结果进一步提示了夏季高温对夏季滞育进化没有产生影响,其寄主植物的缺乏则可能是导致该虫夏季滞育进化的主要原因,因为其寄主植物只适宜在春秋两季种植。因此,该虫夏季滞育的形成是与其寄主协同进化的结果。

在少数以幼虫滞育且生活周期很长的昆虫或以成虫滞育的昆虫,经过一段时间的繁殖,能再次或多次被诱导进入滞育,已在少数鳞翅目、半翅目、鞘翅目和直翅目昆虫中得到证实^[8~13]。然而,非滞育成虫经过一段时间繁殖也能被诱导进入滞育的现象很少见报道。王小平等报道了大猿叶虫少数非滞育成虫在秋末较

低温度下繁殖一段时间后能够入土冬眠,第 2 年再出土繁殖^[7]。本试验揭示了大猿叶虫非滞育成虫无论在低温还是高温情况下均有 30% 左右的个体经历一段时间产卵后能入土夏眠。这一结果提示了非滞育成虫产卵后被诱导进入滞育的特性可能是该虫的一种遗传特性,这种特性反映了该虫滞育遗传的多样性,也是该虫分散适应的一种对策^[14],有利于种的延续。

参 考 文 献

1 Honek A., Jarosik V., Mrtinkova Z. Effect of temperature on development and reproduction in *Gastrophysa viridula* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Eur. J. Entomol.*, 2003, **100**:295 ~300.

2 许永玉, 牟吉元, 胡萃, 等. 光周期和温度对中华通草蛉成虫生殖的影响. *华东昆虫学报*, 2002, **11**(1):39 ~43.

3 王小平, 薛芳森, 戈峰, 等. 光周期和温度对大猿叶虫滞育后成虫生物学特性的影响. *昆虫学报*, 2005, **48**(2):749 ~753.

4 王洪平等. 温度对异色瓢虫生长发育和繁殖的影响. *昆虫知识*, 2009, **46**(3):449 ~452.

5 薛芳森, 李爱青, 朱杏芬, 等. 大猿叶虫生活史的研究. *昆虫学报*, 2002, **45**(4):494 ~498.

6 Xue F. S., Spieth H. R., Li A. Q., *et al.* The role of photoperiod and temperature in determination of summer and winter diapause in the cabbage beetle, *Colaphellus bowringi* (Coleoptera: Chrysomelidae). *J. Insect. Physiol.*, 2002, **48**:279 ~286.

7 王小平, 薛芳森, 华爱, 等. 大猿叶虫二次滞育和非滞育成虫产卵后滞育诱导的研究. *江西农业大学学报*. 2005, **27**(4):562 ~566.

8 Tauber M. J., Tauber C. A., Masaki S. Seasonal adaptations of insect. New York and Oxford: Oxford University Press, 1986.

9 Hodek I. Environmental regulation and some neglected aspects of insect diapause. *Entomol. Sci.*, 1999, **2**:533 ~537.

10 Tanaka S., Zhu D. H. Presence of three diapauses in a subtropical cockroach: control mechanisms and adaptive significance. *Physiol. Entomol.*, 2003, **28**(4):323 ~330.

11 Hodek I., Hodková. M. Regulation of post-dispauze reproduction by recunent photoperiodic response. In: Bennettova B., Gelbie I., Soldan T. (eds.). *Advances in Regulation of Insect Reproduction*, Vol. A. Academia, Praha, 1992. 119 ~124.

- 12 Higaki M. , Ando. Y. Seasonal and altitudinal adaptations in three katydid species; ecological significance of initial diapause. *Entomol. Sci.* , 1999, **2**(1) :1 ~ 11.
- 13 Wipking W. , Nuemann D. Polymorphism in the larval hibernation strategy of the burnet moth, *Zygaena trifolii*. In: Taylor F. , Karban R. , (eds.). The Evolution of Insect Life Cycles, Vol. A. Springer-Verlag, New York Berlin Heidelberg, 1986. 123 ~ 134.
- 14 Xue F. S. , Kallenborn H. G. Dispersive breeding in agricultural pest insects and its adaptive significance. *J. Appl. Entomol.* , 1993, **116**(2) :170 ~ 177.

温度对大猿叶虫成虫繁殖和繁殖后滞育的影响^{*}

徐 婧 匡先钜 肖花美 肖海军 薛芳森^{**}

(江西农业大学昆虫研究所 南昌 330045)

Effect of temperature on reproduction and diapause of adults in the cabbage beetle, *Colaphellus bowringi*. XU Jing, KUANG Xian-Ju, XIAO Hua-Mei, XIAO Hai-Jun, XUE Fang-Sen^{**} (*Institute of Entomology, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China*)

Abstract The cabbage beetle, *Colaphellus bowringi* Baly is a serious pest of crucifers. There are two distinct infestations in the field, one in spring and another in autumn. The beetle aestivates and hibernates as an adult in the soil. The effect of temperature on reproduction and diapause of adults in *C. bowringi* was systematically investigated at 20°C, 25°C and 28°C under L:D = 16:8. The results show that mean daily egg production was highest at 28°C (51.24 ± 2.90) eggs, significantly higher than at 25°C (39.57 ± 2.86) eggs and 20°C (31.53 ± 2.02) eggs. However, there was no significant difference in the total number of eggs per female between these three temperatures due to the shortening of egg production with increasing temperature. The hatching rate of eggs at 28°C was lower than at 20°C and 25°C, but not significantly so. The lifespan of adults shortened with increasing temperature. The longevity of females was only significantly different between 20°C and 28°C, whereas there were significant differences in the longevity of males at all three temperatures. About 30% adults entered diapause after they experienced a period of egg production. The duration of egg production for diapausing females gradually shortened with increasing temperature, and the total number of eggs produced also declined with temperature.

Key words *Colaphellus bowringi*, temperature, egg production, egg hatching, longevity, diapause

摘 要 大猿叶虫 *Colaphellus bowringi* Baly 是十字花科蔬菜上的重要害虫。在田间,该虫的繁殖期出现在春季和秋季,以成虫在土中越夏和越冬。本试验在光周期 L:D = 16:8 条件下,系统调查了不同温度(20、25 和 28 °C)对大猿叶虫非滞育成虫繁殖的影响。结果表明:每雌平均日产卵量在 28°C 最大(51.24 ± 2.90)粒,显著高于 25°C 和 20°C 的(39.57 ± 2.86)粒和(31.53 ± 2.02)粒,但由于 28°C 下的产卵持续时间明显短,导致了总产卵量在这 3 种温度间没有显著差异;28 °C 下的卵孵化率低于 20 °C 和 25 °C,但没有显著差异;随着温度的升高,成虫寿命逐渐缩短,20°C 与 28°C 间的雌虫寿命存在显著差异,20°C 与 25°C,28°C 的雄虫寿命存在显著差异;在 20、25、28°C 下,均有 30% 的个体经历一段时间繁殖后进入滞育,其滞育前的产卵持续时间随着温度的升高而明显缩短,总产卵量也随着温度的升高而下降。

关键词 大猿叶虫, 温度, 产卵量, 卵孵化率, 寿命, 滞育

昆虫是变温动物,在其生命活动(包括生长、发育、繁殖和活动等)过程中所需要的能源,主要来自太阳的辐射热,其次来源于体内新陈代谢所产生的化学能。因此温度是昆虫进行积极的生命活动所必需的一个条件,也是气象要素中对昆虫影响最为显著的因子。当食物、光照、虫口密度和其他因素保持不变时,温度成为了影响物种表现的主要因素,其中温度对昆

虫生长和繁殖的影响最为显著^[1~4]。

大猿叶虫 *Colaphellus bowringi* Baly 属鞘翅目 Coleoptera, 叶甲科 Chrysomelidae, 无缘叶甲属 *Colaphellus*, 在国内广泛分布,是十字花科蔬

^{*} 资助项目:国家自然科学基金(30460074)和江西农业大学自然科学基金(2949)。

^{**} 通讯作者: E-mail: xue_fangsen@hotmail.com

收稿日期:2009-11-18, 修回日期:2009-12-28

菜植物中一种重要的食叶性害虫,主要危害白菜(*Brassica chinensis*)、萝卜(*Raphanus sativus*)等。该虫属典型的短日照型昆虫(即长日照能诱导该虫滞育),以成虫在土中越夏和越冬^[5,6]。大猿叶虫江西修水种群繁殖和为害时间出现在春季(3月上旬至5月上旬)和秋季(9月至11月),6至8月以成虫在土中蛰伏越夏。在田间该虫一年可发生4代,春季1代,秋季1~3代^[1]。在春季该虫繁殖的温度较低,日平均气温一般低于20℃;秋季前期繁殖的温度较高,日平均气温一般在25℃左右。王小平等在18、20和25℃研究了该虫滞育后成虫的繁殖力^[3]和非滞育成虫产卵后滞育的诱导^[7]。高温下该虫的繁殖力尚缺乏研究,而了解高温下的繁殖力对分析该虫夏季滞育的进化有重要意义。

本实验在20、25和28℃下,详细观察了大猿叶虫非滞育成虫的产卵量、孵化率和寿命及其进入繁殖后被诱导进入滞育的状况,旨在探明温度对大猿叶虫非滞育成虫繁殖和滞育的影响。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

来源于江西农业大学昆虫研究所实验室2008年4月入土滞育的修水种群(29°1′N, 114°4′E)。2009年2月滞育成虫出土后在25℃,L:D=12:12的条件下连续繁殖2代,所繁殖的第3代非滞育成虫作为试验虫源。

1.2 测试方法

将繁殖的第3代非滞育成虫挑出,进行雌雄个体配对。配对后分别置于20、25和28℃饲养,每对成虫单独放入有单片滤纸保湿的培养皿($d=9\text{ cm}$)内,用新鲜白菜叶饲养在光周期L:D=16:8条件下。20℃配成52对,25℃配成53对,28℃配成66对。实验在光照培养箱中进行(LRH-250-G型),光照强度为500~700 lx,箱内的温度变化为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。每天下午4:00更换饲料和保湿滤纸,同时详细记录雌虫的产卵量及成虫的死亡情况。为了了解温度对

卵孵化的影响,每隔3日从这3种温度随机抽取100粒卵置于放有单片滤纸保湿的培养皿($d=9\text{ cm}$)内观察孵化力,共观察了6次。

1.3 滞育判断

本实验中那些经历一段时间产卵后被诱导进入滞育的成虫会钻到培养皿中保湿滤纸下不再取食,保湿滤纸还会出现成虫的挖掘痕迹,将这些成虫转入盛有泥土的培养皿中,会立即入土蛰伏。

1.4 数据处理

繁殖雌虫的产卵量,寿命等采用产卵15 d以上的数据。试验数据采用SPSS 12.0统计软件进行分析。用one-Way ANOVA进行方差分析。孵化率经反正弦平方根转换 $\arcsin(\sqrt{\quad})$ 后再进行方差分析,选用Duncan's进行比较,显著水平 $P=0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 温度对大猿叶虫繁殖的影响

温度对雌虫的平均日产卵量和前10日的产卵量有明显影响($F_{(2,42)}=14.259, P=0.000$; $F_{(2,42)}=9.394, P=0.000$)。随着温度的升高,平均日产卵量和前10日的产卵量呈增加趋势。其中平均日产卵量在20、25和28℃3种温度间有显著差异;前10 d的产卵量在25℃和28℃间差异不显著,但20℃与其他2个温度之间差异显著(表1)。

表1 不同温度下大猿叶虫繁殖雌虫的产卵量(L:D=16:8)

温度 (℃)	总产卵量 (粒/雌)	平均日产卵量 (粒/雌/d)	前10天产卵量 (粒)
20	882.33 ± 118.82a	31.53 ± 2.02 c	358.27 ± 26.99b
25	912.87 ± 116.23a	39.57 ± 2.86b	467.20 ± 40.78a
28	1038.47 ± 63.31a	51.24 ± 2.90a	557.13 ± 27.86a

注:表中数据是平均值 ± 标准误,数据标有不同字母表示差异显著($P<0.05$, Duncan's 检测)。(下表同)

从图1可看出,前期的平均日产卵量在28℃下最高,其次是25℃,20℃下最低;但后期的产卵量则相反,20℃最高,25℃次之,28℃最低。此外,产卵持续时间随着温度的升高而缩