

温度对金银花尺蠖存活和繁殖的影响^{*}

向玉勇^{1**} 汪美英¹ 张元昶¹ 刘克忠² 殷培峰¹

(1. 滁州学院 化学与生命科学系 滁州 239012; 2. 滁州学院教务处 滁州 239012)

摘 要 在室内 7 个恒温 (16、19、22、25、28、31 和 34℃) 条件下研究了温度对金银花尺蠖 *Heterolocha jinyinhuaphaga* Chu 生长发育、存活、成虫寿命及繁殖等生物学特性的影响。结果表明, 温度对其有显著的影响, 金银花尺蠖各虫态的发育历期随温度升高而明显缩短, 当温度继续升高到 34℃, 发育历期反而延长, 各虫态发育历期同温度之间呈抛物线变化; 25℃ 时金银花尺蠖各虫态的存活率最高, 均达到 90% 以上, 在高温和低温下, 存活率则明显下降; 低温条件下, 金银花尺蠖的雌性比率大于雄性的比率, 随着温度的升高, 雌性比率在不断的下降; 成虫寿命与温度成负相关, 随着温度的升高而缩短; 平均单雌产卵量在 25℃ 时最高, 为 232.34 粒, 高温和低温下, 则明显下降。

关键词 金银花尺蠖, 温度, 存活率, 成虫寿命, 性比, 产卵量

Effect of temperatures on survival and fecundity of *Heterolocha jinyinhuaphaga*

XIANG Yu-Yong^{1**} WANG Mei-Ying¹ ZHANG Yuan-Chang¹ LIU Ke-Zhong² YIN Pei-Feng¹

(1. Department of Chemistry and Life Sciences, Chuzhou University, Chuzhou 239012, China;

2. Department of Teaching Affairs, Chuzhou University, Chuzhou 239012, China)

Abstract The effect of temperature on the development, survival, adult longevity and fecundity of *Heterolocha jinyinhuaphaga* Chu was studied at seven constant temperatures (16, 19, 22, 25, 28, 31, 34℃) in a laboratory. The developmental duration of every larval instar shortened with increasing temperature up to 34℃ at which temperature development was prolonged. This indicates a non-linear relationship between temperature and development. The survival of every larval instar was the highest (>90%) at 25℃ and was obviously less at lower or higher temperatures. The proportion of females to males was higher at low temperatures and decreased with increasing temperature. Adult longevity was inversely correlated with temperature. The oviposition rate per female was the highest at 25℃ (232.34) and significantly less at lower or higher temperatures.

Key words *Heterolocha jinyinhuaphaga*, temperature, livability, adult longevity, sex ratio, oviposition amount

金银花尺蠖 *Heterolocha jinyinhuaphaga* Chu 属鳞翅目尺蛾科昆虫, 是近年来新发现的金银花主要食叶害虫之一 (姜敏等 2005; 王广军等 2005), 在浙江、河南、山东等地已有报道。该虫在安徽省 1 年发生 3 代, 10 月上旬以蛹在近土表枯叶下越冬, 越冬蛹于翌年 4 月上旬, 日平均气温达 10℃ 以上时开始羽化, 羽化多在下午和晚上进行。第 1 代幼虫盛发期在 5 月中旬, 第 2 代幼虫盛发期在 7 月中下旬, 第 3 代幼虫盛发期在 9 月下旬。低龄

幼虫在叶背面啃食叶肉, 使叶面出现许多透明小斑, 3 龄幼虫开始蚕食叶片, 使叶片出现不规则的缺刻, 5 龄幼虫进入暴食阶段, 常将叶片咬成缺刻或孔洞, 危害严重的地块金银花叶片被全部吃光, 仅剩叶脉和叶柄, 造成金银花的大面积减产, 甚至成片死亡, 给金银花生产带来严重损失。目前, 国内只有少量关于金银花尺蠖生物学特性及防治方面的研究 (姜敏等 2005; 王广军等 2005; 倪云霞等 2006; 张文冉等 2007), 而对其成虫寿命、繁殖

* 资助项目: 安徽省高等学校优秀青年人才基金项目 (2009SQRZ147)、滁州学院博士科研启动基金 (2007-08)。

** E-mail: xyy10657@sohu.com

收稿日期: 2010-08-23, 接受日期: 2010-10-09

能力还不是很清楚。温度是能显著影响昆虫种群数量变动的生态因子之一,因此,作者系统地研究了不同温度对金银花尺蠖生长发育、存活、成虫寿命及繁殖的影响,以期对预测、预报及有效防治该虫提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫的饲养

从滁州市郊三界镇野生金银花上采集金银花尺蠖幼虫,带回在光照培养箱(LRH-250-G型,广东省医疗器械厂)中饲养多代。光照培养箱光周期 L:D=14:10、温度为 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、相对湿度为 $(75 \pm 7)\%$ 。采摘新鲜的金银花叶片,洗净、擦干后放入 600 mL 的罐头瓶内饲养幼虫,每瓶放 10 头幼虫,每天换新鲜叶片。待其化蛹后,用湿润纱布铺于瓶底,每天定期检查羽化情况,把同日羽化的雌雄成虫配对后放于同一养虫笼内,用 10% 的蔗糖水补充营养,让其交配产卵。

1.2 试验方法

1.2.1 不同温度下金银花尺蠖各虫态的发育历期、存活率及性比观察 试验设 16、19、22、25、28、31、34 $^\circ\text{C}$ 7 个恒温处理。成虫羽化后放于养虫笼(30 cm×30 cm×45 cm)中使其交尾,产卵后挑 50 粒卵于湿纱布上,然后置于单个罐头瓶(约 600 mL)中,分别放入 7 个不同温度梯度的光照培养箱(LRH-250-G 型,广东省医疗器械厂)中,每天观察 3 次(8:30、14:30、20:30),记载其孵化情况。卵孵化后,用湿棉花包住金银花叶柄饲养幼虫,用纱布罩住罐头瓶口,并用橡皮筋扎紧,每天早上更换吃剩的叶片和清理虫粪,一直培养到成虫阶段,记载各虫态的发育历期、存活率和性比。实验重复 3 次。

1.2.2 不同温度下金银花尺蠖的成虫寿命及繁殖率观察 取刚羽化的金银花尺蠖雌雄虫各 20 头,配对后分别置于交配笼中,喂以 10% 的蔗糖水,然后分别放入 7 个不同温度梯度的光照培养箱中(箱内温度分别设置 16、19、22、25、28、31、34 $^\circ\text{C}$,温度波动范围为 $\pm 1^\circ\text{C}$)。每天观察产卵情况,并计数,直到成虫死亡。实验重复 3 次。

1.3 数据统计和分析

试验中的数据均利用 SPSS11.5 软件程序进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 温度对金银花尺蠖各虫态发育历期的影响

从图 1:A~E 中可以看出,随着温度的逐渐升高,金银花尺蠖各虫态的发育历期明显缩短,31 $^\circ\text{C}$ 时最短,当温度继续升高时(到 34 $^\circ\text{C}$),发育历期反而延长。各虫态发育历期(y)同温度(x)之间呈抛物线变化,其拟合方程分别为卵期: $y = 0.0339x^2 - 2.2508x + 42.924$, $R^2 = 0.9765$;幼虫期: $y = 0.1159x^2 - 7.5071x + 137.53$, $R^2 = 0.8816$;蛹期: $y = 0.0525x^2 - 3.1962x + 56.235$, $R^2 = 0.9814$;产卵前期: $y = 0.0259x^2 - 1.6343x + 28.211$, $R^2 = 0.9854$;全世代: $y = 0.2283x^2 - 14.588x + 264.9$, $R^2 = 0.9581$ 。

2.2 不同温度下金银花尺蠖各虫态的存活率

试验结果表明,温度对金银花尺蠖各虫态的存活率影响很大(表 1),从卵发育到成虫羽化,在不同温度下的存活率存在显著差异。各虫态的存活率在 25 $^\circ\text{C}$ 时最高,均达到 90% 以上,在高温和低温下,存活率则明显下降。在同一温度下,卵的存活率最高,在 16、31 和 34 $^\circ\text{C}$ 下,幼虫的存活率高于蛹,而其它温度下则低于蛹。各虫态的存活率(y)与温度(x)呈二次抛物线关系(图 2:A~C),其拟合方程分别为:卵期, $y = -0.3116x^2 + 14.413x - 73.58$, $R^2 = 0.9627$;幼虫期, $y = -0.3061x^2 + 14.316x - 80.134$, $R^2 = 0.9215$;蛹期, $y = -0.3633x^2 + 17.216x - 114.62$, $R^2 = 0.9612$ 。根据拟合方程计算可知,卵、幼虫和蛹存活的理论最适温度分别为 23.13、23.38 和 23.69 $^\circ\text{C}$;致死低温分别为 5.85、6.49 和 8.02 $^\circ\text{C}$;致死高温分别为 40.41、40.27 和 39.37 $^\circ\text{C}$ 。

2.3 不同温度下金银花尺蠖的性比

对不同温度下饲养的金银花尺蠖成虫的性比进行统计分析,结果如表 2 所示。不同温度下饲养的金银花尺蠖性比存在显著差异,表现为低温条件下(16、19、22 $^\circ\text{C}$)雌性比率大于雄性的比率;16 $^\circ\text{C}$ 时的性比最高,为 0.64,随着温度的升高,金银花尺蠖的雌性比率在不断的下降,34 $^\circ\text{C}$ 时最低,为 0.38。性比(y)与温度(x)之间呈显著的线性关系(图 3),拟合方程为 $y = -0.0141x + 0.8416$, $R^2 = 0.9702$ 。

2.4 不同温度下金银花尺蠖的成虫寿命和产卵量

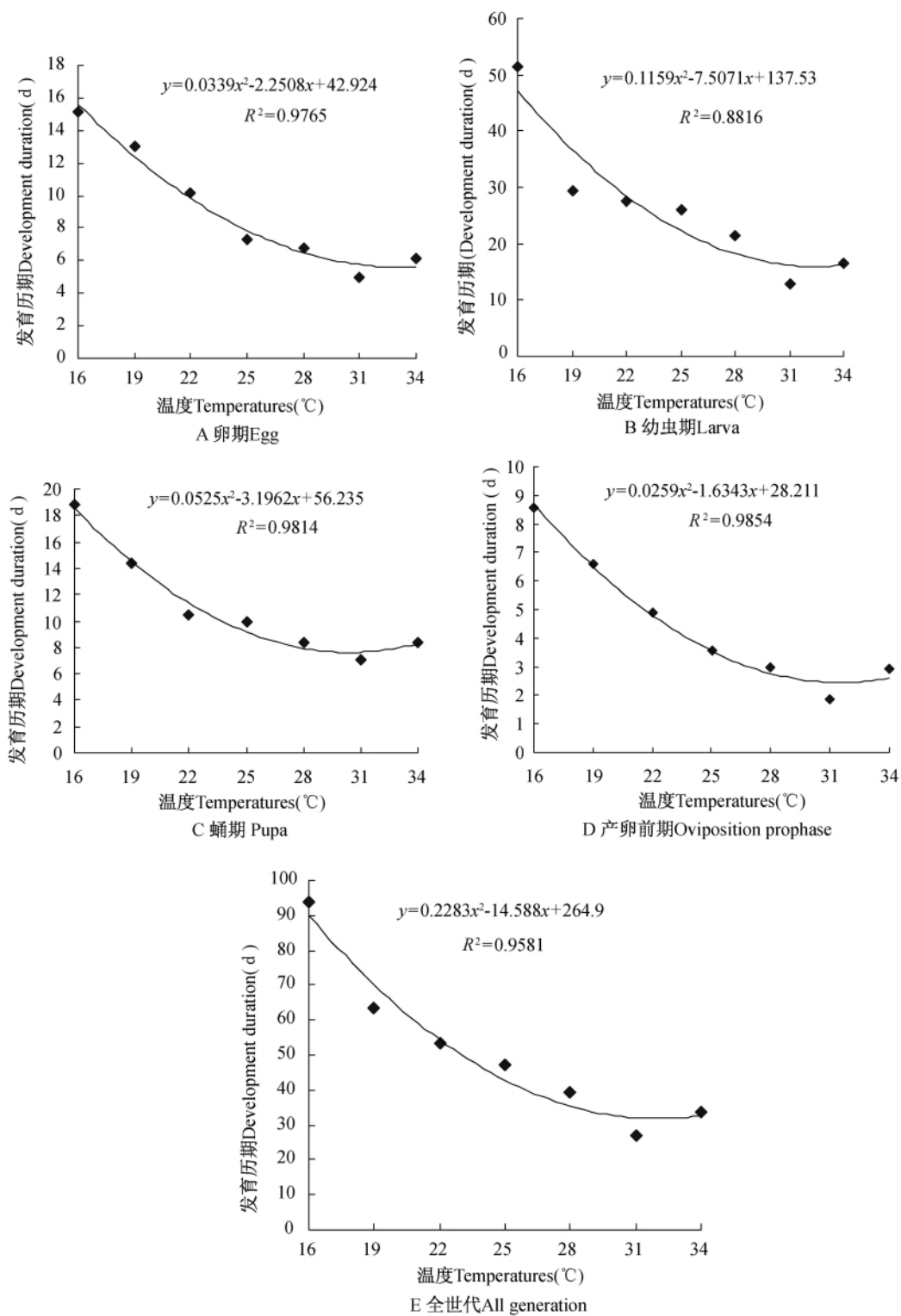


图 1 各虫态发育历期与温度的关系

Fig. 1 Relationship between each instar larva's development duration of *Heterolocha jinyinhuaphaga* and temperatures

表 1 不同温度下金银花尺蠖各虫态的存活率(%)

Table 1 Each instar larva's livability of *Heterolochoa jinyinhuaaphaga* at different temperatures

温 度 Temperature (°C)	卵 期 Egg	幼虫期 Larva	蛹 期 Pupa	全世代 All generation
16	79.52 ± 2.84cd	74.19 ± 0.85e	70.70 ± 1.44e	41.71 ± 2.16e
19	84.27 ± 1.26c	76.37 ± 1.11d	77.44 ± 1.65d	49.84 ± 0.89d
22	91.30 ± 1.43b	83.77 ± 0.95b	85.74 ± 1.44b	65.58 ± 2.24b
25	95.64 ± 0.7a	90.84 ± 0.98a	92.44 ± 1.62a	80.31 ± 3.42a
28	84.14 ± 2.08c	80.37 ± 1.14c	83.32 ± 0.91c	56.34 ± 1.17c
31	75.38 ± 1.95d	71.76 ± 0.96f	70.26 ± 1.91e	38.01 ± 1.55f
34	55.14 ± 1.93e	50.68 ± 0.78g	49.76 ± 2.3f	13.91 ± 0.73g

注:表中数据为平均数 ± 标准差,后面的英文字母为多重比较的检验结果,同一列中小写字母不同表示在 0.05 水平差异显著,下表同。

The dates in the table are mean ± SE, the letters after them indicate the results of multi comparison. The different letters in the same column are significantly different at 0.05 level. The same below.

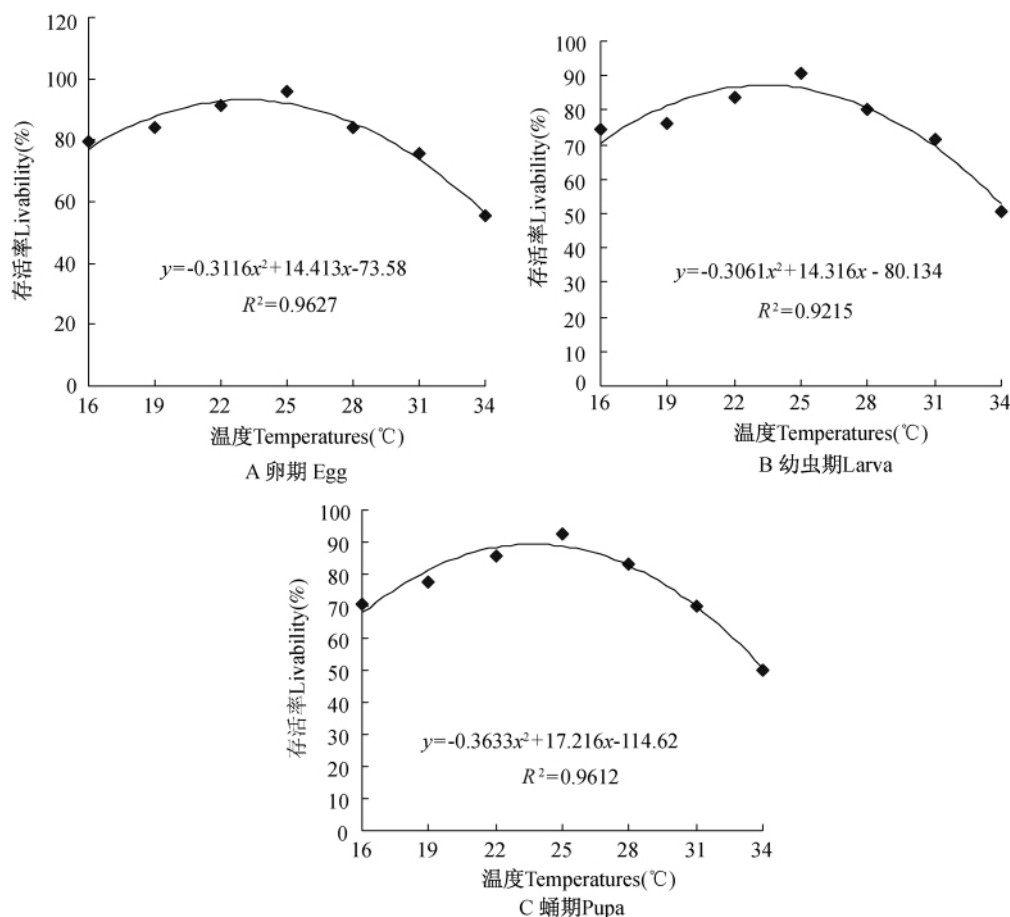


图 2 温度对金银花尺蠖各虫态存活率的影响

Fig. 2 Effect of temperatures on each instar larva's livability of *Heterolochoa jinyinhuaaphaga*

温度对金银花尺蠖成虫寿命有显著地影响(表 3)。其寿命与温度成负相关,当温度低时,寿命长,当温度逐渐升高,寿命则缩短。在 16、19、

22、25、28、31 和 34°C 下,该虫的平均寿命分别为 16.96、15.76、13.49、11.77、10.83、6.74 和 4.51 d,34°C 下的平均寿命比 16°C 时缩短了 12.44 d。

经过回归分析,金银花尺蠖的成虫寿命(y)与温度(x)呈显著的线性关系(图4),拟合方程为 $y = -0.6907x + 28.704$, $R^2 = 0.971$ 。

由表3还可以看出,温度对金银花尺蠖雌虫的产卵量也有显著影响,在7个温度梯度(16、19、22、25、28、31、34℃)下,其平均单雌产卵量分别为149.83、196.83、211.71、232.34、209.78、97.66和48.15粒,其中25℃时的产卵量明显高于其他温度。经回归分析,在16~34℃内,平均单雌产卵量(y)与温度(x)呈二次抛物线关系,拟合方程为 $y = -1.5925x^2 + 73.609x - 623.84$, $R^2 = 0.9372$ 。令其一阶导数为0,求得抛物线方程的最大值(最适产卵理论温度)为22.80℃,其拟合曲线如图5所示。

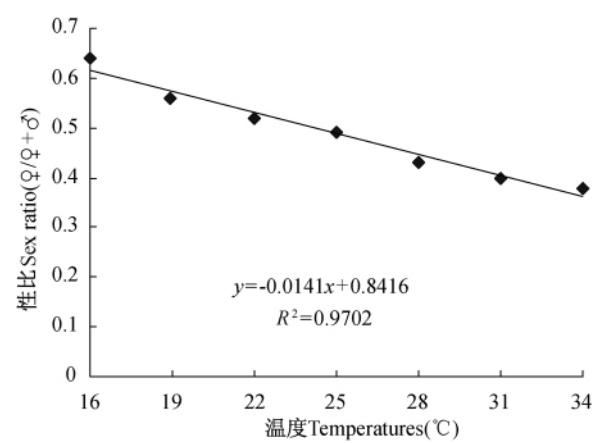


图3 不同温度下金银花尺蠖的性比
Fig.3 Sex ratio of *Heterolocha jinyinhuaphaga* at different temperatures

表2 不同温度下金银花尺蠖的性比
Table 2 Sex ratio of *Heterolocha jinyinhuaphaga* at different temperatures

温度 (°C) Temperature	16	19	22	25	28	31	34
性比 (♀ / ♀ + ♂) Sex ratio	0.64 ± 0.05a	0.56 ± 0.06b	0.52 ± 0.03b	0.49 ± 0.04bc	0.43 ± 0.03cd	0.40 ± 0.03d	0.38 ± 0.02d

表3 不同温度下金银花尺蠖的成虫寿命和产卵量
Table 3 The adult longevity and oviposition amount of *Heterolocha jinyinhuaphaga* at different temperatures

温度 (°C) Temperature	平均寿命 (d) Mean longevity	寿命范围 (d) Range of longevity	平均产卵量 (粒) Eggs laid per female	产卵量范围 (粒) Range of eggs
16	16.95 ± 0.85a	15 ~ 27	149.83 ± 25.52c	121 ~ 187
19	15.76 ± 1.02a	13 ~ 24	196.83 ± 10.51b	146 ~ 233
22	13.49 ± 1.19b	11 ~ 22	211.71 ± 11.53ab	178 ~ 270
25	11.77 ± 0.87bc	10 ~ 21	232.34 ± 18.27a	203 ~ 296
28	10.83 ± 1.76c	6 ~ 18	209.78 ± 27.63ab	180 ~ 253
31	6.74 ± 1.50d	5 ~ 13	97.66 ± 16.04d	72 ~ 115
34	4.51 ± 0.71e	3 ~ 9	48.15 ± 4.64e	35 ~ 92

3 讨论

昆虫属于变温动物,温度是影响其种群数量变化的主要生态因子之一。本试验通过设定7个不同的温度梯度,研究了温度对金银花尺蠖的生长发育、存活、成虫寿命和繁殖等生物学特性的影响,结果表明,温度对其有很大的影响,在不同温度下,该虫的发育历期、存活率、成虫寿命、性比和产卵量都有显著差异,不同虫态对温度的适应性也有明显差异。

随着温度的逐渐升高,金银花尺蠖各虫态的

发育历期明显缩短,当温度继续升高到34℃时,发育历期反而延长,各虫态发育历期同温度之间呈抛物线变化。25℃时各虫态的存活率最高,均达到90%以上,高于或低于25℃,存活率则明显下降,表明高、低温对其存活有明显地抑制作用。在同一温度下,卵的存活率最高,这可能是由于卵期比其它虫态的发育历期短(向玉勇等,2011),受温度的影响比较小。在16、31和34℃下,幼虫的存活率高于蛹,而其它温度下则低于蛹。说明在高温与低温下,金银花尺蠖幼虫的适应能力更强些,蛹期是对温度反应最敏感的虫态。

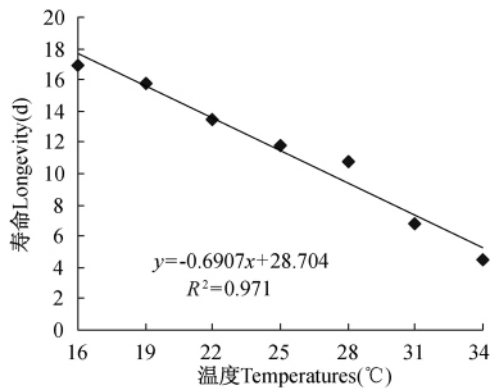


图4 成虫寿命与温度的关系

Fig. 4 Relationship between adult longevity and temperatures

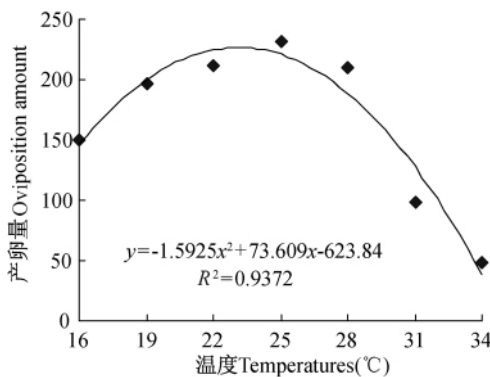


图5 产卵量与温度的关系

Fig. 5 Relationship between oviposition amount and temperatures

在本试验设置的温度范围内,随着温度的升高,金银花尺蠖的雌性比例在不断的下降。其成虫寿命与温度成负相关,随着温度逐渐升高而缩短,这与许多其他昆虫的研究结果基本一致(韦德卫等 2005;李爱华等 2006;杜娟等 2009;王洪平等 2009;李广伟等 2010)。25℃时的平均单雌产卵量最高,高温和低温条件下,产卵量明显下降,说明高温和低温对成虫交配产卵有明显地抑制作

用。试验过程中也发现,金银花尺蠖成虫在高温和低温下交配能力很弱,雌虫一般钻到金银花叶丛中静止不动或很少活动,表现出明显的休眠现象。

综合上述研究结果,温度能显著影响金银花尺蠖的存活、成虫寿命和繁殖等生物学特性,25℃时的存活率最高,产卵量最大。湿度也是影响昆虫自然种群数量的一个因素,安徽地处中纬度地带,属暖温带向亚热带过渡型湿润季风气候,气候温暖湿润。今后还需进一步研究温度和湿度的互作效应,这些将为更好地解释金银花尺蠖为何能够适应安徽地区这种气候类型,并大量发生提供理论依据。

参考文献 (References)

- 杜娟,郭建挺,张亚素,仵均祥,2009. 温度对梨小食心虫 *Grapholita molesta* Busck 生长发育及繁殖的影响. 西北农业学报, 18 (6): 314—318.
- 姜敏,邵明果,赵伯林,2005. 金银花尺蠖的生物学特性及防治技术. 山东林业科技, 1: 62—63.
- 李爱华,孙瑞红,张勇,刘秀芳,2006. 温湿度对桃小食心虫成虫生殖力的影响. 昆虫知识, 43 (6): 867—869.
- 李广伟,陈秀琳,张建萍,陈静,2010. 温度对双斑长附萤叶甲成虫寿命及繁殖的影响. 昆虫知识, 47 (2): 322—325.
- 倪云霞,刘新涛,刘玉霞,刘红彦,2006. 金银花尺蠖的药剂防治. 河南农业科学, 12: 78—79.
- 王广军,张国彦,王江蓉,2005. 金银花尺蠖的发生规律与防治技术. 中国植保导刊, 25 (3): 22—23.
- 王洪平,纪树凯,翟文博,2009. 温度对异色瓢虫生长发育和繁殖的影响. 昆虫知识, 46 (3): 449—452.
- 韦德卫,王助引,黎柳锋,曾涛,2005. 温度对双纹须歧角螟生长发育和繁殖的影响. 昆虫学报, 48 (6): 910—913.
- 向玉勇,殷培峰,汪美英,罗侠,张元昶,2011. 金银花尺蠖发育起点温度和有效积温的研究. 应用昆虫学报, 48 (1): 152—155.
- 张文冉,高殿滑,刘爱华,2007. 金银花尺蠖的发生与气象条件的关系. 气象与环境科学, 30 (4): 60—62.