

温度对大造桥虫生长发育和繁殖的影响

史树森,崔娟,徐伟,张青玲,朱诗禹
(吉林农业大学农学院/大豆区域技术创新中心,吉林 长春,130118)

摘要:为大豆田间大造桥虫发生危害的预测和防控提供依据。以大豆为寄主食料,研究了22、25、28、31、34℃共5个温度处理对大造桥虫各虫态的发育历期、发育速率、存活率和成虫繁殖的影响,测算了各虫态的有效积温。结果表明:在22~31℃范围内,各虫态发育历期均随温度升高而缩短,且卵、幼虫、预蛹及蛹期的发育速率与温度呈显著正相关;34℃高温对卵发育有明显抑制作用,1~5龄幼虫可以正常发育,但6龄幼虫无法存活;卵在22~28℃时孵化率均在98%以上,幼虫及蛹的存活率均在28℃时最高。大造桥虫卵、幼虫和预蛹的发育起点温度分别为6.68、9.10和10.97℃,有效积温分别为88.96、333.41和33.97日·度。成虫单雌产卵量在31℃时最高为754.83粒,28℃时次之为726.28粒。

关键词:大造桥虫;发育历期;发育起点温度;有效积温;存活率;繁殖
中图分类号:S435.651;S433.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1007 – 9084(2015)05 – 0707 – 06

Effects of temperature on development and reproduction of *Ascotis selenaria*
SHI Shu – sen *, CUI Juan, XU Wei, ZHANG Qing – ling, ZHU Shi – yu
(College of Agriculture, Jilin Agricultural University/Innovation Center of
Soybean Region Technology, Changchun 130118, China)

Abstract: For better prediction with effective integrated management on soybean from *Ascotis selenaria* in field, temperature effects were studied on *A. selenaria* development in greenhouse. At a series of temperature (22, 25, 28, 31 and 34℃), the developmental period, growth rate, survival rate, reproduction, threshold temperature and effective accumulative temperature for different stages on host soybean were investigated. Results showed that development duration of every stage of *A. selenaria* reduced with increasing temperatures from 22 – 31℃. There was a positive correlation between temperature and growth rates of egg, larva, pupa and prepupa. Under 34℃ the egg hatching rate decreased sharply and the 6th instar larva stopped developing and died, while 1 to 5 instar larva developed normally. Egg hatching rate was above 98% at 22 – 28℃, while survival rate of larvae and pupae were the highest at 28℃. Threshold temperature for egg, larva and prepupa were 6.68, 9.10 and 10.97℃, and the effective accumulated temperature were 88.96, 333.41 and 33.97 d ·℃ respectively. Insect fecundity was the highest at 31℃, with average 754.83 eggs laid per female, followed by 726.28 eggs laid per female at 28℃.

Key words: *Ascotis selenaria*; Developmental duration; Developmental threshold temperature; Effective accumulative temperature; Survival rate; Reproduction

大造桥虫(*Ascotis selenaria* Schiffermuller et Denis)隶属于鳞翅目(Lepidoptera)尺蛾科(Geometridae),是一种世界性害虫,广泛分布于亚洲、欧洲和非洲,在我国主要分布于东北、华北、华南、华中、华东和西南等地区^[1,2]。大造桥虫食性较杂,寄主广泛,可为害大豆、花生、棉花、苜蓿、甘蓝、大白菜等农作物及蔬菜,也可危害鳄梨、苹果、柑桔、脐橙、柠檬、核桃、水杉、桑树、樟树、咖啡、茶叶等林木果树,同时还取食小蓟、艾、牛蒡、小飞蓬等多种杂草^[3~5]。近年来,大造桥虫在大豆田的危害越来越严重,已成为我国南北方大豆田间最主要的食叶性害虫之一,其以幼虫危害大豆叶片,造成缺刻或孔洞,严重时可将叶

片食光,1头大造桥虫幼虫期可取食大豆叶片172cm²[6,7]。目前,国内外有关大造桥虫的形态特征、生活史、田间发生规律和生活习性等研究比较多[8~11],而有关温度对大造桥虫生长发育的影响,仅有少量报道[12,13]。昆虫的生长发育、生物学特性、繁殖能力和种群增长除了跟温度相关以外,还受寄主植物种类、品种的影响,并且不同地理种群随着生境的改变对不同环境的适应性呈现出差异[14,15]。本研究以大豆为寄主,研究了不同恒温条件对大造桥虫发育历期、存活率、成虫寿命、雌虫产卵等生物学指标的影响,确立了大造桥虫的发育起点温度、有效积温,以期为大豆田间大造桥虫发生危害的预测预报和制定有效防控措施提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

新鲜大豆(*Glycine max*(L.) Merr.)叶片,品种为吉农14。

大造桥虫幼虫采于吉林农业大学大豆区域创新中心试验田,采集时间为2014年6月上旬。将所采幼虫以新鲜大豆叶片在室内条件下饲养,幼虫停止取食后提供湿度适宜的消毒土壤供幼虫入土化蛹,成虫羽化后放入养虫笼内饲喂蜂蜜水补充营养。待成虫产卵后,将初产的卵作为供试虫源。

1.2 试验设计

采用RXZ430E型智能人工气候箱(宁波江南仪器厂,温度波动范围±1℃),试验设22、25、28、31、34℃共5个恒定温度梯度,光照周期为L:D=12:12,相对湿度为80%±5%。将初产受精卵置于培养皿内,每处理30粒卵,设3个重复,分别置于预先设定好的环境温度条件下;每天早8:00、晚8:00点观察记录卵发育状况及孵化数量,直至全部孵化。卵孵化后,将孵化的幼虫单头转入φ=6cm培养皿中,每个温度处理20头,重复3次,待幼虫5龄后转入50mL带通气孔的离心管中,每天定时观察幼虫的发育情况,记录幼虫的蜕皮次数、各龄历期及死亡情况。成虫羽化后转入小型养虫罐中(直径10cm,高14cm)配对并饲喂蜂蜜水,每天观测记录成虫产卵、死亡等情况。

1.3 数据统计与分析

1.3.1 不同虫态发育速率与温度关系预测模拟的建立 将不同温度下大造桥虫卵、各龄幼虫、预蛹和蛹期的发育历期进行加权平均,求出各虫态的平均发育历期,并将其转化为相应温度下的平均发育速

率 $V(V=1/N)$,再运用DPS统计软件建立发育速率(V)与温度(T)的回归模型,根据 R 和 F 值进行显著性差异分析,选择拟合程度最高的回归方程[16,17]。

1.3.2 发育起点温度和有效积温的估算 利用直接最优法[18]计算出大造桥虫各虫态(龄)的发育起点温度 C 和有效积温 K 。

发育起点温度:
$$C = \frac{\sum_{i=1}^n T_i D_i^2 - \bar{D} \sum_{i=1}^n T_i D_i}{\sum_{i=1}^n D_i^2 - n \bar{D}^2}$$

有效积温:
$$K = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_i$$

式中: T_i 为试验所设定的温度(℃); D_i 为在 T_i 温度条件下的发育历期(d); K_i 为在发育起点温度为 C 时的有效积温(日·度,d·℃)。

1.3.3 数据分析 使用Excel 2007和DPS 13.5统计软件进行处理,不同温度下各虫态发育历期、产卵量、存活率等均采用Duncan氏新复极差法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 温度对大造桥虫发育历期的影响

不同温度下大造桥虫各虫态的平均发育历期结果如表1所示。在试验温度范围内,大造桥虫卵、幼虫及蛹的历期均有随着温度的升高而缩短的趋势。卵在31℃时历期最短仅为3.65d,显著短于其它温度下卵的历期,25℃和28℃时卵历期非常接近,分别为4.56d、4.41d,而在22℃和34℃时卵历期显著延长,分别为5.83d、5.17d。各龄幼虫在22~31℃条件下均可正常生长发育,且发育历期与温度呈显著负相关,各龄幼虫发育历期随温度的升高而缩短,其中2龄幼虫在31℃的历期1.92d,虽然比28℃的1.83d略长,但二者之间无显著差异;整个幼虫历期亦随温度升高而缩短,且在不同温度下存在显著差异,22℃最长为24.01d,31℃最短仅为15.53d。预蛹和蛹期在22~31℃条件下随温度的升高而缩短,其中22℃时预蛹历期最长为3.08d,显著长于其它温度;温度对蛹历期的影响极为显著,其中在28~31℃时蛹的历期为9.50~10.87d,而在22~25℃下蛹的发育历期显著延长,长达37.89~146.17d,历期是前者的14倍。34℃高温是老龄(6龄)幼虫和蛹的致死温度,1~5龄幼虫可以正常发育,但5龄时历期显著延长。可见,28~31℃是大造桥虫各虫态生长发育的适宜温度范围。

表 1 不同温度下大造桥虫的发育历期

Table 1 Developmental duration of *Ascotis selenaria* at different temperature

温度/℃ Temperature	历期 Period/d				
	卵 Egg	1 龄 1 st instar	2 龄 2 nd instar	3 龄 3 rd instar	4 龄 4 th instar
22	5.83 ± 0.03a	4.44 ± 0.10a	2.75 ± 0.09a	2.85 ± 0.13a	3.15 ± 0.12a
25	4.56 ± 0.02c	4.35 ± 0.20a	2.07 ± 0.02 bc	2.67 ± 0.30a	3.03 ± 0.07a
28	4.41 ± 0.03c	3.47 ± 0.06b	1.83 ± 0.15c	1.96 ± 0.04b	2.12 ± 0.08b
31	3.65 ± 0.05d	3.12 ± 0.12c	1.92 ± 0.15bc	1.91 ± 0.05b	2.04 ± 0.07b
34	5.17 ± 0.14b	3.12 ± 0.15c	2.13 ± 0.15b	1.63 ± 0.10c	1.98 ± 0.17b

温度/℃ Temperature	历期 Period/d				
	5 龄 5 th instar	6 龄 6 th instar	幼虫期 Larva	预蛹 Prepupa	蛹 Pupa
22	3.84 ± 0.21a	6.98 ± 0.57a	24.01 ± 0.60a	3.08 ± 0.14a	146.17 ± 4.01a
25	3.75 ± 0.29a	6.97 ± 0.15a	22.84 ± 0.63b	2.33 ± 0.58b	137.89 ± 22.67a
28	2.46 ± 0.12c	5.10 ± 0.22b	16.94 ± 0.41c	2.10 ± 0.10b	10.87 ± 0.33b
31	2.34 ± 0.10c	4.21 ± 0.18c	15.53 ± 0.34d	1.67 ± 0.07b	9.50 ± 0.45b
34	2.97 ± 0.06b	—	—	—	—

注:表中数据为平均值 ± 标准差,同一列数据后标有不同小写字母表示经 Duncan 多重比较后差异显著(P < 0.05),下同
Note: Data are mean ± SD. Data and followed by different lowercase letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level by Duncan's multiple range tests. Same as below

2.2 大造桥虫各虫态发育速率与温度的关系

大造桥虫不同虫态发育速率与温度之间的关系模型拟合结果见表2。大造桥虫各虫态发育速率与温度均呈显著相关。在22~31℃范围内,卵、幼虫、预蛹及蛹期的发育速率与温度均呈线性关系,符合直线回归模型。幼虫各龄期的发育速率与温度之间

除3、4龄呈线性关系外,其余各龄均呈非线性关系,其中1龄幼虫的发育速率与温度之间关系符合修正负指数函数曲线模型,2龄幼虫符合二项式曲线模型,5龄幼虫符合幂函数曲线模型,6龄幼虫符合指数函数曲线模型。

表 2 大造桥虫各虫态发育速率(V)与温度(T)的回归方程

Table 2 Regression function based on temperature (T) and developemental rate (V) of *A. selenaria* at different stages

发育阶段 Developmental stage	回归方程 Regression equation	显著性检验 Significance test
卵 Egg	$V = 0.010\ 5T - 0.056\ 0$	$R = 0.968\ 9, F = 30.664\ 6, p = 0.031\ 1$
1 龄 1 st instar	$V = 0.710\ 0\exp(-26.059\ 6/T)$	$R = 0.950\ 9, F = 28.306\ 7, p = 0.013\ 0$
2 龄 2 nd instar	$V = -0.003\ 4T^2 + 0.198\ 5T - 2.357\ 5$	$R = 0.992\ 9, F = 69.241\ 3, p = 0.014\ 2$
3 龄 3 rd instar	$V = 0.022\ 4T - 0.153\ 9$	$R = 0.970\ 9, F = 49.329\ 0, p = 0.005\ 9$
4 龄 4 th instar	$V = 0.017\ 8T - 0.074\ 7$	$R = 0.925\ 0, F = 17.771\ 9, p = 0.024\ 4$
5 龄 5 th instar	$V = -0.001\ 3T^{1.687\ 0}$	$R = 0.930\ 4, F = 12.889\ 7, p = 0.069\ 6$
6 龄 6 th instar	$V = 0.031\ 6\exp(0.064\ 7T)$	$R = 0.966\ 6, F = 28.449\ 3, p = 0.033\ 4$
幼虫期 Larva	$V = 0.002\ 8T - 0.021\ 6$	$R = 0.950\ 9, F = 18.895\ 0, p = 0.049\ 0$
预蛹 Prepupa	$V = 0.029\ 2T - 0.315\ 3$	$R = 0.987\ 5, F = 78.244\ 6, p = 0.012\ 5$
蛹 Pupa	$V = 0.012\ 7T - 0.282\ 7$	$R = 0.922\ 9, F = 11.492\ 3, p = 0.077\ 1$

2.3 大造桥虫各虫态发育起点温度与有效积温

大造桥虫不同发育阶段其发育起点温度和有效积温各不相同。从表3可见,大造桥虫卵、幼虫和预蛹的发育起点温度分别为6.68、9.10和10.97℃;幼虫期所需要的有效积温最多,为333.41d·℃,卵期的有效积温为88.96d·℃,预蛹期的有效积温为33.97d·℃。在大造桥虫幼虫各龄期,完成2龄幼虫发育所需有效积温最低,为43.01d·℃,3龄、4龄和5龄次之,分别为46.06、48.94和56.07d·℃,1龄为79.76d·℃,6龄最高,达107.71d·℃。此外,由于蛹期在22℃和25℃条件下进入发育非常缓慢状态,发育历期过长,故未对其发育起点温度及有效积

温进行计算。

2.4 不同温度下大造桥虫各虫态的存活率

不同温度下大造桥虫卵、幼虫及蛹期的存活率见表4。可以看出,温度对大造桥虫各虫态的存活率均有显著影响。高温不利于大造桥虫的存活,34℃时卵的存活率最低只有7.78%,6龄幼虫、预蛹和蛹则无法存活,而低温对蛹期(预蛹+蛹)的存活率影响也较大;22℃、25℃条件下蛹期的存活率仅为36.11%和35.73%,显著低于28℃、31℃条件下的85.47%和82.50%。卵对温度的适应范围最广,在22~31℃的温度范围内,其存活率均在95%以上。各龄幼虫对温度的适应性也存在较明显的差异,1~

3 龄幼虫在 25℃ 存活率最高,4~5 龄幼虫在 31℃ 存活率最高,6 龄幼虫在 28℃ 存活率最高。就整个幼虫期存活率而言,28℃ 时的存活率最高,为 56.25%;25℃ 存活率次之,为 46.67%;31℃ 时存活率显著下降,仅为 35.91%。可见,在试验温度处理中,28℃ 条件下大造桥虫的总体存活率最高。

表 3 大造桥虫各虫态的发育起点温度和有效积温
Table 3 Threshold temperature and effective accumulative temperature (EAT) for various developmental stages of *A. selenaria*

发育阶段 Developmental stage	发育起点温度/℃ Developmental zero	有效积温/(d·℃) Effective accumulative temperature	CV
卵 Egg	6.68	88.96	0.04
1 龄 1 st instar	5.06	79.76	0.05
2 龄 2 nd instar	7.16	43.01	0.08
3 龄 3 rd instar	8.46	46.06	0.11
4 龄 4 th instar	10.46	48.94	0.17
5 龄 5 th instar	12.83	56.07	0.25
6 龄 6 th instar	11.88	107.71	0.22
幼虫期 Larva	9.10	333.41	0.06
预蛹 Prepupa	10.97	33.97	0.03

表 4 不同温度下大造桥虫各虫态的存活率
Table 4 Survival rate of *A. selenaria* at different developmental stages under different temperatures/%

发育阶段 Developmental stage	存活率 Survival rate				
	22℃	25℃	28℃	31℃	34℃
卵 Egg	100.00 ± 0.00a	98.89 ± 2.31ab	98.67 ± 0.03ab	95.56 ± 0.05b	7.78 ± 0.14c
1 龄 1 st instar	73.15 ± 1.60d	100.00 ± 0.00a	95.96 ± 3.51ab	93.30 ± 1.27bc	89.67 ± 3.93c
2 龄 2 nd instar	93.02 ± 1.23a	98.04 ± 3.40a	93.13 ± 0.74a	94.66 ± 4.64a	86.74 ± 5.53b
3 龄 3 rd instar	100.00 ± 0.00a	100.00 ± 0.00a	92.62 ± 0.86b	97.22 ± 4.81ab	94.87 ± 4.44ab
4 龄 4 th instar	90.52 ± 1.98b	91.53 ± 3.49b	92.02 ± 1.00b	100.00 ± 0.00a	88.89 ± 4.81b
5 龄 5 th instar	90.30 ± 10.01a	90.95 ± 10.14a	91.32 ± 1.19a	93.27 ± 5.92a	46.97 ± 9.46b
6 龄 6 th instar	75.91 ± 3.72ab	71.70 ± 8.98b	83.75 ± 7.14a	48.48 ± 2.62c	0.00 ± 0.00d
幼虫期 Larva	41.67 ± 2.89bc	46.67 ± 7.64b	56.25 ± 6.25a	35.91 ± 9.70c	—
预蛹 + 蛹 Prepupa + Pupa	36.11 ± 2.41b	35.73 ± 2.15b	85.47 ± 3.54a	82.50 ± 4.33a	—

注:表中数据为平均值 ± 标准差,同一行数据后标有不同小写字母表示经 Duncan 多重比较后差异显著(P < 0.05)
Note: Data are mean ± SD. Data and followed by different small letters in the same column indicate significantly different at 0.05 level by Duncan's multiple range tests

2.5 温度对大造桥虫成虫寿命及繁殖力的影响

从表 5 中可以看出,温度对大造桥虫成虫寿命及繁殖能力均有一定影响。在 22~31℃ 的温度范围内,成虫寿命在 22℃ 时最长,为 11.11d;在 25℃ 时成虫寿命最短,为 9.33d;与 28℃ 和 31℃ 条件下成虫寿命无显著差异。温度对雌成虫的产卵期也有一定的影响,随着温度的升高,产卵期相应缩短,产

卵期在 31℃ 下最短为 3.83d,显著低于 22℃ 时的产卵期 6.33d。单雌平均产卵量在 31℃ 时最高,为 754.83 粒;28℃ 时次之;而 22℃、25℃ 时(未交尾)的单雌平均产卵量,仅为 288.33 和 312.00 粒;各温度处理间的单雌日最大产卵量及单雌一生最高产卵量之间也存在较大差异。可见,28~31℃ 是有利于大造桥虫成虫繁殖和生存的环境温度。

表 5 不同温度下大造桥虫成虫产卵期、卵量、寿命
Table 5 Oviposition duration, fecundity and adult longevity of *A. selenaria* adult at different temperature

温度/℃ Temperature	单雌日最大产卵量 Maximum eggs laid per female per day	单雌一生最高产卵量 Maximum eggs laid per female	单雌平均产卵量 Number of eggs laid per female	产卵期/d Oviposition duration	成虫寿命/d Adult longevity
22	149	346	288.33 ± 59.58b	6.33 ± 1.15a	11.11 ± 1.17a
25	218	497	312.00 ± 75.44b	5.33 ± 0.87ab	9.33 ± 0.58b
28	529	1 192	726.28 ± 191.93a	5.50 ± 0.58ab	10.25 ± 0.46ab
31	508	1 249	754.83 ± 74.85a	3.83 ± 0.29 b	9.50 ± 0.46ab
34	—	—	—	—	—

3 讨论与结论

温度是气象因素中对昆虫生长发育、繁殖和存

活影响最为显著的因素^[19]。Choi 等^[12]对以人工饲料饲养的大造桥虫各虫态发育历期、发育速率,卵的孵化率及蛹的羽化率与温度的关系进行了相关研

究,研究认为,在一定温度范围内(12~30℃)大造桥虫卵、幼虫、蛹发育历期随着温度的升高而减短,高温不利于大造桥虫的存活。本研究以大豆叶片为饲料的试验结果与上述研究结论基本一致,而本试验结果显示幼虫在31℃时历期最短为15.53d,28℃时历期为16.94d,与Choi等^[12]在28℃时历期为21.8d的结果差异较大,可能因饲料性质不同所致。温度对大造桥虫的存活率有显著影响,本研究发现34℃时大造桥虫的卵可以正常孵化,但孵化率极低仅有7.78%;1~5龄幼虫可以正常发育,而6龄幼虫在该温度下无法存活,证明卵较幼虫耐受高温的能力更强^[20],这种不同虫态对温度的耐受性差异在其他昆虫中也有报道^[21,22]。综合来看28℃条件下大造桥虫存活率最高。此外,Choi等^[12]的试验结果表明,大造桥虫蛹低于25℃时可以正常羽化,不存在发育非常缓慢的情况,在16~24℃条件下,蛹历期为29.7~14.0d,而本试验结果显示在22℃和25℃条件下蛹期长达140d,两者存在较大差异,其原因有待进一步探讨。Choi等^[12]和余虹等^[13]报道大造桥虫卵发育起点温度分别为10.4℃和8.38℃,均较本文结果6.68℃高,幼虫的发育起点温度也有一定的差异,产生这些差异的原因,可能与寄主植物的选择、寄主植物营养状况以及饲养和统计方法等的差异有关^[23]。由于22℃和25℃条件下蛹期长,死亡率高,羽化时间不整齐,成虫很难及时配对,此温度条件下成虫产卵量为未交尾条件下的雌虫产卵量,显著低于28℃和31℃。

本试验在室内恒温条件下进行,所设定的实验条件都相对稳定,而自然条件下的温度变化相对较大,变温对昆虫生长发育、存活、繁殖和种群增长都有影响^[24],能自由活动的昆虫可以通过自主活动避开极端温度,并寻找“偏好”的环境温度,以利其栖息、迁移、生长发育、取食、交配和生殖^[25],因此恒温下得到的相关参数只能粗略地估计其在自然条件下的发育历期、存活率、发育起点温度及有效积温等指标,模拟自然变温条件,对大造桥虫生长发育和繁殖特性的影响,有待进一步深入探讨。

参考文献:

- [1] 董易之,陈炳旭,徐淑,等.荔枝大造桥虫幼虫龄数的划分[J].环境昆虫学报,2011,33(4):552-550.
- [2] 何本极.大造桥虫[A].中国农业百科全书昆虫卷编辑委员会主编.中国农业百科全书昆虫卷[M].北京:中国农业出版社,1990.50-51.
- [3] Wysoki M. A bibliography of the giant looper, *Boarmia*

- (*Ascotis selenaria* Schiffmuller, 1775. (Lepidoptera: Geometridae), for the years 1913-1981[J]. Phytoparasitica, 1982, 10(1): 65-70.
- [4] 李笃宽,周德荣.大造桥虫[A].萧刚柔主编.中国森林昆虫[M].北京:中国林业出版社,1992.892-894.
- [5] 刘奉昌,江尧桦.大造桥虫寄主种类调查[J].江苏林业科技,1996(2):60.
- [6] 司升云,周利琳,望勇,等.大造桥虫的识别与防治田[J].长江蔬菜,2007(8):30.
- [7] 史树森,崔娟,齐灵子,等.大造桥虫幼虫生长发育及其取食规律的初步研究[J].大豆科学,2012,31(6):972-975.
- [8] 王先炜,侯传祥.大造桥虫对火炬树的危害及其发生特点田[J].昆虫知识,1999,36(3):146-148.
- [9] Choi K S, Kim D S. Spatial distribution pattern of *Ascotis selenaria* (Lepidoptera: Geometridae) larvae in a small-scale of citrus orchard[J]. Korean Journal of Applied Entomology, 2013, 52(3): 243-248.
- [10] 刘健,赵奎军.中国东北地区大豆主要食叶害虫空间动态分析[J].中国油料作物学报,2012,34(1):69-73.
- [11] 张建强,姚艳.青尺蠖生长发育特性及危害损失测定[J].蚕学通讯,1997,17(2):13-17.
- [12] Choi K S, Kim D S. Temperature-dependent development of *Ascotis selenaria* (Lepidoptera: Geometridae) and its stage emergence models with field validation[J]. Crop Protection, 2014(66): 72-79.
- [13] 余虹,周勤,陈卫国.桑青尺蠖发育起点温度和有效积温研究[J].蚕业科学,2001,27(4):310-312.
- [14] 张治军,张友军,徐宝云,等.温度对西花蓟马生长发育、繁殖和种群增长的影响[J].昆虫学报,2012,55(10):1168-1177.
- [15] 史树森,崔娟,徐伟,等.温度对大豆食心虫卵和幼虫生长发育的影响[J].中国油料作物学报,2014,36(2):250-255.
- [16] 唐启义,冯明光.实用统计分析及其DPS数据处理系统[M].北京:科学出版社,2002.51-53.
- [17] 何嘉,高立原,张蓉,等.温度对巨膜长蝽生长发育与繁殖的影响[J].昆虫学报,2014,57(8):935-942.
- [18] 李典漠,王莽莽.快速估计发育起点及有效积温法的研究[J].昆虫知识,1986,23(4):184-187.
- [19] 刘玉娟,张天涛,白树雄,等.不同变温组合条件下二点委夜蛾的生长发育[J].昆虫学报,2014,57(10):1198-1205.
- [20] 杜尧,马春森,赵清华,等.高温对昆虫影响的生理生化作用机理研究进展[J].生态学报,2007,27(4):1565-1572

- [21] 杜艳丽,郭洪梅,孙淑玲,等. 温度对桃蛀螟生长发育和繁殖的影响[J]. 昆虫学报,2012,55(5):561 - 569.
- [22] Ma C S, Hau B, Poehling H M, The effect of heat stress on the survival of the rose grain aphid, *Metopolophium dirhodum* (Hemiptera: Aphididae) [J]. European Journal of Entomology, 2004,101(2):327 - 331.
- [23] 尚小丽,杨茂发,黄 丽,等. 温度对以白茶为寄主的米缢螟生长发育的影响[J]. 应用生态学报,2012,23(11):3 045 - 3 050.
- [24] 潘 飞,陈绵才,肖彤斌,等. 变温对昆虫生长发育和繁殖影响的研究进展[J]. 环境昆虫学报,2014,36(2):240 - 246.
- [25] Hayward S A L, Worland M R, Convey P, et al. Temperature preferences of the mite, *Alaskozetes antarcticus*, and the collembolan, *Cryptopygus antarcticus* from the maritime Antarctic[J]. Physiological Entomology,2003,28(2):114 - 121.

(责任编辑:王丽芳)

欢迎订阅 2016 年《长江蔬菜》

《长江蔬菜》创刊 30 年,先后荣获第三届全国期刊奖,2013 年中国百强期刊;为全国农家书屋重点期刊。发行量始终全国同类期刊首位;是全国基层农技专家、蔬菜生产者、种子经营商自己的杂志。设有栏目:硕园采风、产业经济、高山蔬菜、设施蔬菜机械化、品种导航、栽培技术、专家坐诊、植保技术、营销一百、土壤与肥料、蔬菜家庭农场、亚非致富经、法律在线等。

全国各地邮政局均可订阅,邮发代号:38 - 129

每月一刊,上半月出刊,每册 4.80 元,全年 57.60 元

地 址:武汉市江岸区二七路 170 号润禾大厦 邮编:430012

电 话:(027)85776183

网 站://www. cjveg. com 邮箱:cjsczszs@263. net