

温度对尖锥额野螟卵和幼虫生长发育的影响

史树森, 崔娟, 徐伟, 武婷婷, 宋鹏翔, 李维宇

(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:为探讨尖锥额野螟卵和幼虫生长发育和温度之间的关系,在室内利用人工气候箱,分别对17, 21, 25, 29, 33℃条件下卵及各龄幼虫的发育历期、发育速率、发育起点温度和有效积温及幼虫存活率进行了研究。结果表明:尖锥额野螟在17~33℃的温度范围内,卵及各龄幼虫的发育历期均随温度的升高而缩短,发育速率随温度升高而加快,采用线性回归模型和Logistic模型对卵及各龄幼虫的发育速率进行模拟分析,两种模型均能较好地反映出环境温度与卵及各龄幼虫发育速度的关系。温度对尖锥额野螟各龄幼虫存活率有一定影响,33℃高温下其存活率显著低于其他温度处理,不利于尖锥额野螟幼虫的生长发育。综合各温度下幼虫发育历期和存活率,其适宜环境温度应为25~29℃。尖锥额野螟卵的发育起点温度为9.82℃,有效积温为63.54℃·d,幼虫的发育起点温度为8.89℃,有效积温为276.50℃·d。

关键词:大豆;尖锥额野螟;发育历期;发育起点温度;有效积温

中图分类号:S433.4 **文献标识码:**A **DOI:**10.11861/j.issn.1000-9841.2015.01.0108

Effects of Temperature on Growth and Development of *Sitochroa verticalis* Eggs and Larvae

SHI Shu-sen, CUI Juan, XU Wei, WU Ting-ting, SONG Peng-xiang, LI Wei-yu

(Agricultural College of Jilin Agricultural University/ Innovation Center of Soybean Region Technology, Changchun 130118, China)

Abstract: In order to research the relationships between temperature and development of *Sitochroa verticalis*, the developmental duration, development rate, developmental threshold temperature, effective accumulative temperature and survival rate of *S. verticalis* were studied at five constant temperatures (17, 21, 25, 29, 33℃) in artificial climate boxes. The results showed that egg and larvae could grow normally in the temperature range from 17℃ to 33℃ and their developmental duration reduced with increasing temperatures. The relationship between temperature and development rate of the egg and larvae was simulated by both the Linear Day Degree model and the Logistic model. The results showed that both of the models could well reflect the relationship. Temperature also had significant effects on the survival rate of larvae. 33℃ temperature went against larvae growth and development and led to lower survival rate of larva than other temperature treatments. From those results, it could conclude that temperature had great effect on the development of *S. verticalis*, and the most suitable temperature range for the pest was 25-29℃, during which the intrinsic increase rate was higher. The developmental threshold temperature and the effective accumulated temperature was 9.82℃, 63.54℃·d for eggs and 8.89℃, 276.50℃·d for larvae.

Keywords: Soybean; *Sitochroa verticalis*; Developmental duration; Developmental threshold temperature; Effective accumulated temperature

尖锥额野螟 [*Sitochroa verticalis* (L.)], 异名 *Loxostege verticalis* L., 别名黄草地螟、黑麦黄野螟、黄草地野螟等, 属鳞翅目 (Lepidoptera) 螟蛾科 (Pyralidae), 国内主要分布于黑龙江、吉林、内蒙古、宁夏、陕西、新疆、江苏、四川、云南、山东等省区, 国外见于朝鲜、日本、印度、苏联、欧洲等地。寄主主要有大豆、苜蓿、紫苜蓿、蚕豆、胡麻、甜菜、藿香、酸模、小蓟、矢车菊、荨麻等^[1]。幼虫为害大豆叶片时吐丝缀叶作卷, 藏在其中, 取食叶片, 造成缺刻或孔洞, 大发生时可吃光整片叶, 仅留叶脉, 是东北春大豆的主要食叶害虫。目前, 对于尖锥额野螟的研究报道较少, 褚茗莉等^[2]为了区分其相似种玉米螟 [*Ostrinia*

furnacalis (Guenée)]、豆野螟 (*Pyrausta varialis* L.) 对其外部形态和生殖器进行了描述; 张蓉等^[3]对其危害苜蓿产量损失及防治指标进行了报道, Maini 等^[4]在进行玉米螟性引诱试验时发现 PAA 对尖锥额野螟也有一定的引诱作用。关于温度对尖锥额野螟卵及幼虫生长发育影响的研究未见报道。温度是影响昆虫生长发育的一个重要生态因子, 对昆虫生物学特性和种群数量变化具有重要影响^[5]。为了进一步明确环境温度对尖锥额野螟生长发育的影响, 以大豆为寄主研究了温度与其卵、幼虫生长发育及存活率的关系, 以期为该虫在大豆田的预测测报及有效控制等提供理论依据。

收稿日期: 2014-03-25

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项 (CARS-04)。

第一作者简介: 史树森 (1963-), 男, 教授, 主要从事农业害虫综合治理与昆虫资源利用的研究。E-mail: sss-63@263.net。

1 材料与方 法

1.1 供试虫源及寄主植物

供试昆虫采自吉林农业大学大豆区域技术创新中心试验田,将采集的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供幼虫入土化蛹,成虫羽化后放入养虫笼内以蜂蜜水补充营养,养虫笼内放入盆栽豆株。待成虫产卵后,将带卵块叶片取出放置于培养皿中保湿备用。

1.2 试验仪器

采用 RXZ430E 型智能人工气候箱(宁波江南仪器厂)控制温度条件,温度波动范围 $\pm 1^\circ\text{C}$,相对湿度为 $80\% \pm 5\%$ 。

1.3 试验设计

试验设 17, 21, 25, 29, 33 $^\circ\text{C}$ 共 5 个温度梯度,光照周期为 L:D = 12 h:12 h,将载有新产卵块的豆叶放入培养皿中,每皿 1 块卵,每个处理重复 4 次。每天 8:00 和 20:00 观察记录卵发育状况,待孵化后,将初孵化的幼虫单头转入 10 cm 培养皿中,以新鲜大豆叶片为食物进行饲养,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。幼虫老熟后提供湿度适宜的消毒土供其入土化蛹,将老熟幼虫入土定为幼虫期结束。

1.4 发育起点温度和有效积温的估算

根据有效积温法则,采用最小二乘法,按照张孝羲^[6]的方法计算尖锥额野螟卵及各龄幼虫的发育起点温度和有效积温。公式为:

$$K = \frac{n \sum VT - \sum V \sum T}{n \sum V^2 - (\sum V)^2}$$

$$C = \frac{\sum V^2 \sum T - \sum V \sum VT}{n \sum V^2 - (\sum V)^2}$$

再根据下面的公式计算出有效积温(K)的标准误(S_K)和发育起点温度 C 的标准误(S_C):

$$S_K = \sqrt{\frac{\sum (T - T')^2}{(n - 2) \sum (V - \bar{V})^2}}$$

$$S_C = \sqrt{\frac{\sum (T - T')^2}{n - 2} \left[\frac{1}{n} + \frac{V^2}{\sum (V - \bar{V})^2} \right]}$$

其中 T' 为理论发育期内日平均温度,由 $T' = C + KV$ 计算而得。

1.5 数据分析

使用 Excel 2007 和 DPS 13.5 统计软件进行处理^[7],不同温度下卵发育历期、幼虫历期等均采用 Duncan 氏新复极差法进行多重比较。发育速率与温度关系的拟合根据不同温度条件下尖锥额野螟卵和幼虫的发育情况利用线性回归模型^[8]与 Logistic 模型^[9]进行拟合。

2 结果与分析

2.1 温度对尖锥额野螟卵和幼虫发育历期的影响

由表 1 可知,尖锥额野螟卵在 17 ~ 33 $^\circ\text{C}$ 温度范围内均能正常发育,且发育历期随温度的上升而缩短,17 $^\circ\text{C}$ 所需发育历期最长为 8.30 d,33 $^\circ\text{C}$ 所需时间最短仅为 3.01 d,各温度间存在极显著差异(29 $^\circ\text{C}$ 与 33 $^\circ\text{C}$ 之间除外)。在试验温度范围内,尖锥额野螟各龄幼虫的发育历期都随温度的升高而逐渐缩短,1 龄幼虫 17 $^\circ\text{C}$ 条件下发育历期为 5.61 d,33 $^\circ\text{C}$ 条件下发育历期最短,为 1.56 d,各温度梯度间存在极显著差异,5 龄幼虫发育历期明显延长,各温度梯度间亦存在极显著差异,而 2、3、4 龄幼虫对温度反应则相对迟钝,在 17 $^\circ\text{C}$ 与 21 $^\circ\text{C}$ 、29 $^\circ\text{C}$ 与 33 $^\circ\text{C}$ 之间发育历期均无显著差异。从尖锥额野螟整个幼虫期来看,不同温度条件下发育历期差异极显著,17 $^\circ\text{C}$ 条件下幼虫期最长为 28.96 d,是 33 $^\circ\text{C}$ 下的 2.56 倍。由此看出,尖锥额野螟卵和幼虫期的生长发育对温度变化具有较强的敏感性。

表 1 不同温度下尖锥额野螟卵及幼虫的发育历期

Table 1 Developmental duration of *S. sticticatis* eggs and larva at different temperatures

温度 Temperature/ $^\circ\text{C}$	历期 Period/d						
	卵 Egg	1 龄 1st instar	2 龄 2nd instar	3 龄 3rd instar	4 龄 4th instar	5 龄 5th instar	幼虫期 Larva
17	8.30 \pm 0.18 aA	5.61 \pm 0.14 aA	4.29 \pm 0.25 aA	4.20 \pm 0.22 aA	5.61 \pm 0.02 aA	9.26 \pm 0.06 aA	28.96 \pm 0.25 aA
21	6.19 \pm 0.24 bB	4.13 \pm 0.23 bB	3.97 \pm 0.07 bA	3.95 \pm 0.26 aA	5.24 \pm 0.12 aA	7.23 \pm 0.14 bB	24.54 \pm 0.15 bB
25	4.02 \pm 0.03 cC	3.05 \pm 0.06 cC	2.78 \pm 0.12 cB	2.80 \pm 0.22 bB	3.43 \pm 0.39 bB	6.49 \pm 0.28 cC	18.55 \pm 0.50 cC
29	3.02 \pm 0.03 dD	2.03 \pm 0.06 dD	2.02 \pm 0.03 dC	2.19 \pm 0.10 cC	2.95 \pm 0.05 cBC	4.33 \pm 0.14 dD	13.53 \pm 0.31 dD
33	3.01 \pm 0.02 dD	1.56 \pm 0.10 eE	1.79 \pm 0.07 dC	1.85 \pm 0.04 cC	2.44 \pm 0.06 dC	3.69 \pm 0.20 eE	11.33 \pm 0.29 eE

表中数据为平均值 \pm 标准差;同一行数据后标有不同大小写字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验不同处理之间差异极显著($P < 0.01$)或显著($P < 0.05$)。

The data are mean \pm SD, followed by different lowercase or capital letters in the same row indicate significantly different at 0.05 level, or extremely significantly different at 0.01 level respectively by Duncan's new multiple range test.

2.2 尖锥额野螟卵和幼虫发育速率与温度的关系

根据尖锥额野螟在不同温度下发育历期,计算其在不同温度条件下的发育速率,分别利用线性回归模型和 Logistic 模型对草地螟卵及各龄幼虫在 17~33℃ 条件下的发育速率与温度的关系进行拟

合,结果表明卵及各龄幼的发育速率随温度升高而加快,从决定系数来看,卵及各龄幼虫发育速率与温度的线性回归模型和 Logistic 模型的决定系数均达显著水平(表 2)。

表 2 尖锥额野螟卵及各龄幼虫发育速率与温度的预测模型

Table 2 Forecast models of developmental rates of *S. stieticatis* eggs and larva at different temperatures

发育阶段 Developmental stage	线性回归模型 Linear regression model	决定系数 R ² Determination coefficient	Logistic 模型 Logistic regression model	决定系数 R ² etermination coefficient
卵 Egg	$V = -0.1314 + 0.0148 T$	$R^2 = 0.9412^{**}$	$V = 0.378841 / [1 + \exp(4.3619 - 0.20217)]$	$R^2 = 0.9706^*$
1 龄 1st instar	$V = -0.3599 + 0.0295 T$	$R^2 = 0.9650^{**}$	$V = 2.7151 / [1 + \exp(4.3345 - 0.09617)]$	$R^2 = 0.9960^{**}$
2 龄 2nd instar	$V = -0.1781 + 0.0223 T$	$R^2 = 0.9569^{**}$	$V = 1.0636 / [1 + \exp(3.0435 - 0.09657)]$	$R^2 = 0.9700^*$
3 龄 3rd instar	$V = -0.1349 + 0.0201 T$	$R^2 = 0.9645^{**}$	$V = 1.9637 / [1 + \exp(3.2496 - 0.06957)]$	$R^2 = 0.9811^*$
4 龄 4th instar	$V = -0.1003 + 0.0153 T$	$R^2 = 0.9641^{**}$	$V = 0.8201 / [1 + \exp(2.8319 - 0.08607)]$	$R^2 = 0.9721^*$
5 龄 5th instar	$V = -0.0811 + 0.0105 T$	$R^2 = 0.9488^{**}$	$V = 8.5859 / [1 + \exp(5.4230 - 0.06107)]$	$R^2 = 0.9722^*$
幼虫期 Larva	$V = -0.0296 + 0.0035 T$	$R^2 = 0.9724^{**}$	$V = 0.2863 / [1 + \exp(3.3918 - 0.07887)]$	$R^2 = 0.9902^{**}$

*表示温度与发育速率在 0.05 水平显著相关; **表示温度与发育速率在 0.01 水平极显著相关。

*and ** represent significant correlation between temperature and developmental rate at the 0.05 level and 0.01 level, respectively.

2.3 尖锥额野螟卵及幼虫的发育起点温度和有效积温

由表 3 可知,卵的发育起点为 9.82℃,有效积温为 63.54℃·d。幼虫发育起点温度为 8.89℃,完成幼虫期所需要的有效积温为 276.50℃·d,1 龄幼虫发育起点最高为 12.66℃,而 4 龄幼虫发育起点温度最低,为 7.22℃。

度间不存在显著差异;5 龄幼虫对温度反应较为敏感,温度过低或过高均不利于其存活,17℃ 时存活率为 88.80%,显著低于 25℃,33℃ 时存活率仅为 65.83%,显著低于其他温度。就尖锥额野螟整个幼虫期存活率而言,21℃ 时的存活率最高,达到 88.33%,其次为 25 和 17℃,存活率分别为 86.67% 和 86.11%,33℃ 时的存活率最低,仅为 57.88%。在 17~29℃ 温度范围内,各处理间幼虫存活率无显著差异。

表 3 尖锥额野螟卵及各龄幼虫的发育起点温度和有效积温

Table3 Developmental threshold temperature and the effective accumulative temperature (EAT) of eggs and larva of *S. stieticatis*

发育阶段 Developmental stage	发育起点温度 Developmental threshold temperature/℃	有效积温 Effective accumulated temperature /℃·d
卵 Egg	9.82 ± 2.33	63.54 ± 9.17
1 龄 1st instar	12.66 ± 1.49	32.76 ± 3.60
2 龄 2nd instar	8.72 ± 2.11	42.88 ± 5.25
3 龄 3rd instar	7.35 ± 2.05	47.86 ± 5.31
4 龄 4th instar	7.22 ± 2.08	63.02 ± 7.03
5 龄 5th instar	8.64 ± 2.32	90.68 ± 12.17
幼虫期 Larva	8.89 ± 1.66	276.50 ± 26.91

2.4 温度对尖锥额野螟各龄幼虫存活的影响

由图 1 可以看出,在 17~33℃ 温度范围内,1~4 龄幼虫对温度适应性均较强,存活率均较高,各温

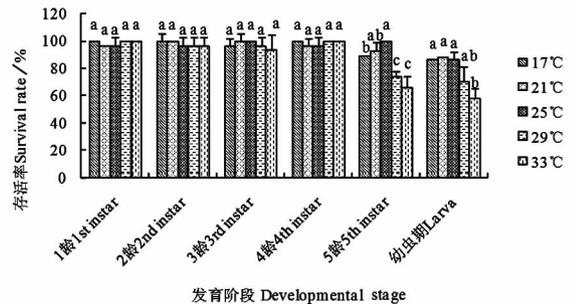


图 1 不同温度下尖锥额野螟幼虫的存活率
Fig. 1 Survival rate of *S. stieticatis* under different temperatures

3 讨论

本研究探讨了温度对尖锥额野螟卵及各龄幼虫发育和存活的影响,明确了其卵及各龄幼虫的发育

起点温度和有效积温。在试验温度 17 ~ 33℃ 范围内,尖锥额野螟卵及各龄幼虫均能正常发育,且发育历期随温度的升高而缩短,发育速率随温度的升高而加快。从已建立的线性回归模型和 Logistic 模型可以看出,虽然 Logistic 模型的决定系数均大于线性回归,但二者差异并不大,线性回归模型决定系数亦均达极显著水平,说明 17 ~ 33℃ 条件下,线性模型能够较好地拟合二者之间的关系。从简便实用的角度考虑,在实际应用中可优先使用线性回归模型对尖锥额野螟卵及各龄幼虫的发生期进行预测。

在试验温度范围内,5 龄期幼虫对温度变化最敏感,就尖锥额野螟整个幼虫期存活率而言,21℃ 时的存活率最高,17℃、21℃、25℃ 和 29℃ 之间无显著性差异。而从尖锥额野螟整个幼虫期来看,各温度处理间其发育历期差异极显著。综合各温度下其发育历期和存活率可知,25 ~ 29℃ 是尖锥额野螟幼虫的最适生长发育温度范围。

尖锥额野螟卵的发育起点温度为 9.82℃,有效积温为 63.54℃ · d,幼虫的发育起点温度为 8.89℃,有效积温为 276.50℃ · d。结合当地气候条件,利用昆虫的发育起点温度和有效积温,不仅可以了解该种害虫的地理分布,还可预测其发生期并计算出在该地区发生世代的理论值^[10]。本研究的尖锥额野螟发育起点温度和有效积温是在室内恒温条件下测得的,而昆虫的生长发育还受湿度、光照和风等多种因素的影响^[11],因此本试验结果与田间自然条件下的情况可能存在一定差异,需在现有研究的基础上,结合生产实际情况,进一步研究尖锥额野螟在自然环境条件下的发育情况。

参考文献

- [1] 王平远. 中国经济昆虫志. 第 21 册. 鳞翅目. 螟蛾科 [M]. 北京:科学出版社,1980:190 (Wang P Y. China economic insect fauna. Section 21. Lepidoptera. Pyralidae [M]. Beijing: Science Press, 1980:190.)
- [2] 褚茗莉. 沈阳地区玉米螟及其近似种的鉴别 [J]. 辽宁农业科学, 1979(3):25-27. (Zhe M L. The difference between *Ostrinia nubilalis* and its similar species in Shenyang area [J]. Liaoning Agricultural Sciences, 1979(3):25-27.)
- [3] 张蓉, 先晨钟, 杨芳, 等. 草地螟和黄草地螟危害苜蓿产量损失及防治指标的研究 [J]. 草业学报, 2005, 14(2):121-123. (Zhang R, Xian C Z, Yang F, et al. Studies on the yield damage and economic threshold of *Loxotage stictalis* and *Loxotage verticalis* to *Medicago sativa* [J]. Acta Prataculturae Sinica, 2005, 14(2):121-123.)
- [4] Maini S, Burgio G. Influence of trap design and phenylacetaldehyde upon field capture of male and female *Ostrinia nubilalis* (Hb.) (Lepidoptera, Pyralidae) and other moths [J]. Bollettino dell' Istituto di Entomologia «Guido Grandi» della Università degli studi di Bologna, 1990, 45:157-165.
- [5] 王如松, 兰仲雄, 丁岩钦. 昆虫发育速率与温度关系的数学模型研究 [J]. 生态学报, 1982, 2(1):47-58. (Wang R S, Lan Z X, Ding Y X. Studies on mathematical models of the relationship between insect development and temperature [J]. Acta Ecologica Sinica, 1982, 2(1):47-58.)
- [6] 张孝羲. 昆虫生态及预测预报 [M]. 北京:中国农业出版社, 2002:217-220. (Zhang X Y. Insect ecology and forecasting [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2002:217-220.)
- [7] 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. (Tang Q Y, Feng G M. DPS^R data processing system for practical statistics [M]. Beijing: Science Press, 2002.)
- [8] 丁岩钦. 昆虫种群数学生态学原理与应用 [M]. 北京:科学出版社, 1980:87-105, 113-121. (Ding Y X. Population mathematical principles and application of insect ecology [M]. Beijing: Science Press, 1980:87-105, 113-121.)
- [9] Davidson J. On the relationship between temperature and rate of development of insects at constant temperature [J]. Journal of Animal Ecology, 1944, 13:26-38.
- [10] 尚小丽, 杨茂发, 张昌容, 等. 温度对产虫茶昆虫紫斑谷螟生长发育的影响 [J]. 昆虫学报, 2013, 56(6):671-679. (Shang X L, Yang M F, Zhang C R, et al. Effects of temperature on the growth and development of *Pyralis farinalis* (Lepidoptera: Pyralidae), one insect used for producing insect tea in China [J]. Acta Entomologica Sinica, 2013, 56(6):671-679.)
- [11] 向玉勇, 殷培峰, 汪美英, 等. 金银花尺蠖发育起点温度和有效积温的研究 [J]. 应用昆虫学报, 2011, 48(1):152-155. (Xing Y Y, Yin P F, Wang M Y, et al. Developmental threshold temperature accumulative temperature and effective of *Heterolochoa juyiuhuaphaga* [J]. Chinese Journal of Applied Entomology, 2011, 48(1):152-155.)