

温度对豆荚野螟实验种群的影响

于彩虹¹, 林荣华^{2, 3}, 李照会^{3*}, 叶保华³

(1. 中国矿业大学(北京校区)化学环境学院, 北京 100083; 2. 农业部农药检定所生物技术研究
测试中心, 北京 100026; 3. 山东农业大学植保学院, 泰安 271018)

摘要:作为豆科蔬菜上的重要害虫, 豆荚野螟 *Maruca testulalis* Geyer 能够对豆科蔬菜造成严重危害。研究温度对豆荚野螟不同虫期发育的影响, 可以有利掌握其种群动态, 以便进行有效控制。研究了室内不同温度条件下豆荚野螟的生长发育情况, 发现在 20~32℃ 温度范围内, 随温度上升发育历期缩短; 对于不同的生活史阶段, 豆荚野螟卵、1~4 龄幼虫、蛹及整个世代受温度影响显著; 并计算得出完成全世代发育起点温度为 7.84℃, 有效积温达 474.20℃。通过内禀增长率参数的比较, 认为各参数与温度的关系均达到极显著相关, 以 29~32℃ 为豆荚野螟最适温度。

关键词:温度; 豆荚野螟; 实验种群; 发育起点温度; 内禀增长率

The effect of temperature on laboratory population of pod-borer (*Maruca testulalis* Geyer)

YU Cai-Hong¹, LIN Rong-Hua^{2, 3}, LI Zhao-Hui^{3*}, YE Bao-Hua³ (1. Beijing Campus, China University of Mining and Technology, Beijing 100083; 2. Centre of Agrochemicals for Biological and Environmental Technology, ICAMA Beijing 100026; 3. Department of Plant Protection, Shandong University of Agriculture, Taian 271018, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(7): 1561~1565.

Abstract: Pod-borer, *Maruca testulalis* Geyer, one species of important vegetable pests, feed on flowers, buds, and pods by webbing them, can do great harm to leguminous plants. As it is of economic importance in Tai'an, Shandong, tests were conducted on influence of temperature to development of the pod-borer in laboratory.

This pest was kept at constant temperatures of 20, 23, 25, 29, 32 and 36 ± 0.5℃ respectively, at relative humidity of 80% and photoperiod of $L:D=15:9$. It was investigated how constant temperatures, which experienced across the full life cycle, affected the dynamics of caged populations of *M. testulalis*. Those data was recorded about the per capita daily mortality, ecdyses, instars, and emergence rates of the adults, and the intrinsic rate of increase (R_m) and effective accumulated temperature (K) for each caged population were estimated.

At the temperature of 36℃, this pest could not live through the whole generation. Under different constant conditions within the range of 20~32℃, following the increase of temperature, the development of the pod-borer was found shortened. The stages of egg, larva of instar 1 to 4, pupa, and the whole generation were influenced greatly by temperature. The effective temperature summation of the total generation was 474.20℃. The threshold temperature of development of egg, the larva of instar 1 to 5, forepupa, pupa, adult and the whole generation were 14.55, 15.21, 8.61, 9.13, 12.30, 11.04, 16.46, 8.56, 14.90 and 7.84℃, respectively. The intrinsic rate of increase in five constant temperatures were respectively 0.026, 0.048, 0.076, 0.085 and 0.11. It was thought that the high temperature conditions of 29 or to 32℃ may increase the rate of spread of *M. testulalis* by increasing rates of increase due to rapid population growth. This paper offered guide to study and forecast on the occurrence of the pod-borer in Shandong.

Key words: *Maruca testulalis* Geyer; temperature; laboratory population; threshold temperature of development; intrinsic rate

基金项目: 山东省科技攻关资助项目

收稿日期: 2003-10-25; 修订日期: 2004-04-15

作者简介: 于彩虹(1973~), 女, 山东龙口人, 博士, 讲师, 主要从事昆虫学、生物化学与分子生物学研究。E-mail: caihongy@yahoo.com.cn

Foundation item: Programe of Science and Technology Project of Shandong Province

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: zhli@sdau.edu.cn

Received date: 2003-10-25 Accepted date: 2004-04-15

Biography: YU Cai-Hong, Ph. D., mainly engaged in entomology, biochemistry and molecular biology. E-mail: caihongy@yahoo.com.cn

of increase

文章编号:1000-0933(2004)07-1561-05 中图分类号:Q945 文献标识码:A

豆英野螟 *Maruca testulalis* Geyer 是豆科蔬菜重要的钻蛀性害虫,以幼虫蛀食为害豆科作物的花器、果荚和籽粒,还能吐丝卷叶于其中蚕食叶片以及蛀害嫩茎和取食花瓣,造成落蕾、落花和烂荚,严重影响产量和品质^[1,2]。在山东济南,该虫对豇豆为害率达 30%^[3],而河南南阳地区绿豆的被害率为 100%,花蕾最高脱落率达 80%,可降低产量 67%^[4]。在国外,Karel 报道豆英野螟幼虫对豇豆豆荚和花的为害率均达 31%,对种子的为害率达 16%^[5]。此外,豆英野螟幼虫还为害苏木科 *Caesaliniaceae*、胡麻科 *Pedaliaceae* 等 6 科 20 属 35 种植物^[6]。但是,对于豆英野螟生物学的研究少见报道。本文试图通过研究不同温度条件下豆英野螟的生长发育情况,探索豆英野螟的发生发展情况,以利豆英野螟的有效控制。

1 材料与方法

本试验于 1998 年在山东农业大学植物保护学院昆虫实验室进行。控温设备为 LRH-150 型光照培养箱,温度灵敏度 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,试验所设温度为 20、23、25、29、32 和 36 $^{\circ}\text{C}$,相对湿度为 80%左右,光照 $L:D=15:9$ 。

1.1 试验方法

将豆英野螟成虫同一天产下的卵放于直径 9 cm 培养皿,置于不同恒温温箱中,孵化幼虫立即用湿毛笔转移到指形管中,每管 1 头,以新鲜豇豆饲养,每处理不低于 50 头(粒),每天 8:00、20:00 两次观察脱皮和更换饲料,成虫按照雌雄比 2:3 的比例放置马灯罩中产卵。观察孵化、脱皮、化蛹、羽化、产卵和死亡等现象,记录实验种群的存活率、发育历期、产卵量等。

1.2 统计

将试验获得的数据(发育历期),按“最小二乘法”求直线回归方程系数和发育始点温度标准差(S_c)式,求出该虫各虫态的发育始点温度(C)、有效积温(K)。计算有效积温和内禀增长率^[7]。主要公式如下:

$$\begin{aligned} \text{有效积温} \quad K &= \frac{n \sum VT - \sum V \sum T}{n \sum V^2 - (\sum V)^2} \\ \text{发育起点温度} \quad C &= \frac{\sum V^2 \sum T - \sum V \sum T^2}{n \sum V^2 - (\sum V)^2} \\ \text{标准差} \quad S_c &= \sqrt{\frac{\sum (T - T')^2}{n}} \end{aligned}$$

式中, V 代表发育速度; T 代表温度观察值; T' 表示温度计算值; n 表示处理项目。

$$\begin{aligned} \text{净生殖率} \quad R_0 &= \sum LxMx \\ \text{平均世代周期} \quad T &= \frac{\sum xLxMx}{\sum LxMx} \\ \text{内禀增长率} \quad R_m &= \frac{\ln R_0}{T} \\ \text{周限增长率} \quad \lambda &= e^{R_m} \end{aligned}$$

式中, x 表示年龄; Lx 表示存活率; Mx 表示平均产雌率。

豆英野螟各虫态发育历期与温度统计方法采用新复极差多重比较(Duncan's multiple range test)。

2 结果与分析

2.1 温度对发育历期的影响

由于 36 $^{\circ}\text{C}$ 时卵不能孵化,故放弃之。不同温度下的测定结果如表 1。

在 20~32 $^{\circ}\text{C}$ 温度范围内,随温度上升发育历期缩短。5 个恒温条件下,整个世代发育历期的测定结果在 $\alpha_{0.05}$ 和 $\alpha_{0.01}$ 水平上差异显著。而从不同虫态的差异显著性来看,除了在 1 龄幼虫时 32 $^{\circ}\text{C}$ 条件下的测值与其它温度条件下差异显著性不明显,其余虫态时差异都显著或极显著。在 32 $^{\circ}\text{C}$ 恒温条件下的发育历期显著小于 20、23、25 和 29 $^{\circ}\text{C}$ 恒温条件下的。

根据 Fisher 的 t 值调整方法有 $P>0.05$,为相关关系显著存在。作直线相关方程 $y=a+bx$,用最小二乘法求 a, b 值。豆英野螟各虫态发育历期与温度的相关性结果如表 2。其中,卵、1~4 龄幼虫、蛹及整个世代与温度的相关系数达到 0.92 以上,受温度影响显著,5 龄幼虫、成虫与温度相关系数分别为 0.81 和 0.55,受温度影响则不显著。

2.2 有效积温与发育起点温度

表 1 不同温度下豆英野螟的发育历期

Table 1 Development of <i>Maruca testulalis</i> Geyer at different constant temperature										
温度 (℃) Temperature	卵期 Eggs	幼虫期 Larvae					预蛹期 Prepupae	蛹期 Pupae	成虫期 Adults	全世代 Total generation
		一龄 1 st instar	二龄 2 nd instar	三龄 3 rd instar	四龄 4 th instar	五龄 5 th instar				
20	4±0.47aA	2.63±0.57aA	2±0.3aA	2.02±0.19aA	2.5±0.58aA	5.19±0.44aA	1.09±0.3aA	12.1±0.89aA	4.73±2.45aA	36.23±1.89aA
23	3.88±0.21aAB	2.44±0.29bAB	1.77±0.32bA	1.81±0.29bB	2.34±0.45aA	4.43±0.51bB	1±0.31aA	8.3±1.38bB	4.68±1.6aA	30.67±2.49bB
25	3.69±0.25bBC	2.07±0.2bAB	1.56±0.2cB	1.51±0.08cC	1.99±0.34bB	3.33±0.38cC	1.09±0.19aA	7.65±0.49bB	5±1.94aAB	27.97±1.98cC
29	3.55±0.15bC	1.5±0.25bAB	1.31±0.24dC	1.31±0.26dD	1.25±0.36cC	2.75±0.36cC	1.13±0.22aA	6.67±0.48cC	5.3±2.03aAB	24.81±2.05dD
32	2±0.42cD	1.02±0.14bB	1.03±0.12cD	1.02±0.1eE	1.48±0.1dC	3.46±0.19dD	0.56±0.16bB	5.56±0.45dD	2.9±0.77bB	19.83±0.82eE

* 表中数据为均值±标准误,同一列数据后不同字母表示差异显著,其中小写字母为 $P<0.05$,大写字母为 $P<0.01$ (Duncan 新复极差统计) Data in the table are given as mean±SE, and those followed by different letters differ significantly at $P<0.05$ (small letters) and $P<0.01$ (capital letters) respectively by Duncan's multiple range test

根据有效积温公式,求得豆英野螟在不同发育阶段的有效积温和发育起点温度如表 3。

各个发育阶段的发育起点温度(℃)和有效积温(K)分别为:卵期 14.55℃和 36.06℃;幼虫期 7.75℃和 183.56℃;蛹 8.56℃和 129.90℃;成虫 14.90℃和 46.97℃;全世代:7.84℃和 474.20℃。利用 1998 年的气象资料求得高于发育始点的总有效积温为 3328.5℃,则豆英野螟在山东省的发育世代理论值为 7.0 代/a。这与实际观测值大有出入。于是利用 2 a 的观测资料,将有效积温从 6 月底温度计起,则总有效积温为 2039.01℃,求得年发生代数 为 4.3 代/a,与田间观测代数相符。

2.3 内禀增长率

豆英野螟在不同温度条件下内禀增长率及相关参数值如表 4 所示,世代平均周期与种群倍增所需日数随温度的升高而逐渐下降,由 20,23,25,29,32℃的测值分别为 33.89,26.58 d,29.13,14.40d,24.31,9.14d,23.65,8.15d,18.16,6.30d。在 5 个温度条件下的净生殖率以 29℃最高,为 7.47,其次是 32℃为 7.37。但周限增长率λ随温度上升而增加,以 32℃最高(1.12)。随着温度的升高,内禀增长率 R_m 呈上升趋势:32℃(0.11)>29℃(0.09)>25℃(0.08)>23℃(0.05)>20℃(0.03)。

表 3 豆英野螟各虫态有效积温与发育起点

Table 3 Effective temperature summation and threshold temperature of <i>Maruca testulalis</i> Geyer			
发育阶段 Stages	有效积温(℃) Effective temperature	发育起始温度(℃) Threshold temperature	有效积温公式 Equation
卵 Eggs	36.06±4.56	14.55±2.55	$T=14.55+36.06V$
一龄幼虫 1 st instar larvae	18.12±2.94	15.21±1.38	$T=15.21+18.12V$
二龄幼虫 2 nd instar larvae	24.97±1.37	8.61±0.90	$T=8.61+24.97V$
三龄幼虫 3 rd instar larvae	24.15±1.41	9.13±0.92	$T=9.13+24.15V$
四龄幼虫 4 th instar larvae	24.08±3.49	12.30±2.12	$T=12.30+24.08V$
五龄幼虫 5 th instar larvae	53.84±9.80	11.04±2.79	$T=11.04+53.84V$
幼虫期 Total larvae	183.56±9.37	7.75±0.98	$T=7.75+183.56V$
预蛹 Prepupae	8.46±3.39	16.46±3.07	$T=16.46+8.46V$
蛹 Pupae	129.90±6.88	8.56±0.80	$T=8.56+129.90V$
成虫 Adults	46.97±16.46	14.90±3.32	$T=14.90+46.97V$
全世代 Total generation	474.20±21.48	7.84±0.46	$T=7.84+474.20V$

表 4 豆英野螟不同温度条件下内禀增长率参数的测定

参数 Parameters	温度 Temperature(℃)				
	20	23	25	29	32
50%死亡时间(d) Days of median death	35	29	26	24	18
世代平均周期 T (d) Mean generation time	33.89	29.13	24.31	23.65	18.16
种群倍增所需日数 t (d) Mean doubling time	26.58	14.40	9.14	8.15	6.30
净生殖率 R_0 Net reproductive rate	2.42	4.07	6.31	7.47	7.37
周限增长率 λ Finite rate of increase	1.03	1.05	1.08	1.09	1.12
内禀增长率 R_m Intrinsic rate of increase	0.03	0.05	0.08	0.09	0.11

该虫繁殖特征各种参数与温度(x)的关系可用下列曲线回归方程(模型)来拟合:

$$R_0 = -0.04x^2 + 2.71x - 34.52 \quad R = 0.98^{**}$$
$$T = 0.04x^2 - 3.28x + 83.20 \quad R = 0.97^{**}$$
$$R_m = -0.0002x^2 + 0.02x - 0.24 \quad R = 0.98^{**}$$
$$\lambda = -0.0002x^2 + 0.017x + 0.76 \quad R = 0.98^{**}$$
$$t = 0.23x^2 - 13.25x + 200.85 \quad R = 0.98^{**}$$

经相关性检验,各个参数与温度的关系均达到极显著相关。

3 讨论

昆虫种群的发生消长要受到两个方面的制约:一是外因,即环境条件的影响,包括温、湿、光、气、风、种植制度等非生命因素和种间竞争的生命因素^[8];另一是内因,即遗传因素的影响,包括生殖能力、生理寿命等内在因素。其中作为影响昆虫的重要因素,关于温度影响的研究最为广泛^[2, 7, 10]。试验证明温度对豆英野螟种群同样表现出明显的影响作用。豆英野螟各虫态发育历期与温度关系表明 1~4 龄幼虫虫体较小,抗逆性较差且其生境以花蕾为主,受环境影响较大;蛹期由于在土中结茧羽化,会受到土温等因素的影响。而 5 龄虫由于蛀入豆荚中危害,其小环境比较稳定,受温度的影响比较小;成虫由于活动范围增加,趋利避害的能力有所加强,故受温度影响也较小。但从整个世代看,温度仍是影响豆英野螟发育的重要因素。一定温度范围内,随着温度升高,发育历期缩短,有利于种群的繁衍和扩大,豆英野螟在较高的温度(29~32℃)表现出更好的增殖趋势。通过有效积温和发育起点温度与山东气象资料拟合后,认为以 6 月份底开始计算有效积温的年发生代数与当地田间观测的情况相符合,可以认为在 6 月份后豆英野螟转移危害豇豆。虽然有豆英野螟具有迁飞性的推测^[6, 9],但是豆英野螟是否为迁飞昆虫或 6 月前有其它寄生源,有待进一步的研究。

而内在因素影响的强度可以通过一个生物学参数表现出来,这就是内禀增长率(Innate capacity of increase, R_m)。作为用以估计种群在一定环境条件下增殖潜力的一个重要的生命统计量,内禀增长能力是指种群在适宜外界条件下瞬时最大的内在增长能力。对于豆英野螟,随温度增加,内禀增长率表现为逐渐增加。昆虫种群增值能力差异往往通过内禀增长率、世代平均周期、种群倍增所需日数、净生殖率、周限增长率等体现。本试验中,虽然温度影响了净生殖率的上升,但在 32℃时世代平均周期的明显缩短弥补了净生殖率,从而使内禀增长率最大。通过有效积温和内禀增长率的测定,证明 29~32℃的温度更适合豆英野螟种群发展。试验也证明温度与内禀增长率参数具有明显的相关关系,由此建立的参数与温度的关系模型,有利于通过温度数据来预测豆英野螟的发生动态,从而为豆英野螟的生态特性和有效控制研究提供了基础依据。

References:

[1] Liu S Y. *Entomology in Agriculture*. Tianze Publishing Company, 1990. 385~386.

[2] Sharma H C. Bionomics, host plant resistance, and management of the legume pod borer, *Maruca vitrata*-a review, *Crop Protection*, 1998, **17**(5): 373~386.

[3] Zhang G R. Effect of insecticides on *Maruca testulalis* of cowpea in Ji'nan. *Chinese Vegetables*, 1991, (5): 35.

[4] Wang Z Q and Li J X. Primary research on *Maruca testulalis* Geyer. *Entomological Knowledge*, 1987, **24**(3): 153~155.

[5] Karel A K. Yield losses from and control of bean pod borers, *Maruca testulalis* (Lepidopter; Pyra-lidae) and *Heliothis armigera* (Lepidoptera; Noctuidae). *J. Econ. Entomol.*, 1985, **78** (6): 1323~1326.

[6] Ke L D, Fang J L and Li Z J. Bionomics and control of the legume pod-borer *Maruca testulalis* Geyer. *Acta Entomologica Sinica*, 1985, **28**(1): 100~104.

[7] Ding Y Q. *Mathematical ecology of insect*. Beijing: Sciences Press, 1994. 329~332.

[8] Lin R H, Li Z H, Ye B H, *et al.* Advance in the studies of the legume pod-borer, *Maruca testulalis* Geyer. *Journal of Shandong Agricultural University* (Natural Science), 2000, **31**(4): 433~436.

[9] Luo Q H, Li J W, Zhao H, *et al.* Biological characteristics of the bean pod borer and bean butterfly in Guiyang. *Entomological Knowledge*, 2003, **40**(4): 329~334.

[10] Chen X F, Ren S X, Ying X L, *et al.* The effect of temperature on laboratory population of *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, **20**(1): 129~133.

参考文献:

[1] 刘绍友. 农业昆虫学. 天则出版社, 1990. 385~386.

[3] 张桂荣. 济南豇豆上豆野螟的药效试验. 中国蔬菜, 1991, (5): 35.

[4] 汪自卿. 豆英野螟的初步研究. 昆虫知识, 1987, **24**(3) : 153~155.

[6] 柯礼道, 方菊莲, 李志强. 豆野螟的生物学特性及其防治. 昆虫学报, 1985, **28**(1) : 51~59.

[7] 丁岩钦. 昆虫数学生态学. 北京:科学出版社, 1994. 329~332.

[8] 林荣华, 李照会, 叶保华, 等. 豆英野螟 (*Maruca testulalis* Geyer) 研究进展. 山东农业大学学报, 2000, **31**(4): 433~436.

[9] 罗庆怀, 黎家文, 赵宏, 等. 贵州地区豆野螟和亮灰蝶的生物学特性. 昆虫知识, 2003, **40**(4): 329~334.

[10] 陈先锋, 任顺祥, 应霞玲, 等. 温度对孟氏隐唇瓢虫实验种群的影响. 生态学报, 2000, **20**(1): 129~133



第十五届国际植物营养大会会议通知

第十五届国际植物营养大会定于 2005 年 9 月 14~19 日在北京举行,本次大会主题是植物营养在食品安全、人体健康和环境保护中的作用,大会设有养分循环及其对生态系统的影响等十个专题,详情请见大会专题网站:www.ipnc15.com 报名联系 e-mail:registration@ipnc15.com 报名截止时间:2004 年 9 月 30 日,联系人:中国农业大学西区资源与环境学院 米国华 吴华杰,电话:010-62893423。

