

萝卜蚜和桃蚜最大发育速率温度的研究

古德就 余明恩* 张维球

(华南农业大学昆虫生态研究室, 广州, 510642)

摘要 本文研究了温度对为害蔬菜的萝卜蚜和桃蚜发育速率的影响,通过温度与这两种蚜虫发育速率的关系以模拟S型模型,并通过统计控制原理,估计了萝卜蚜和桃蚜的发育下限和最大发育速率温度,前者为 6.22℃ 和 28.53℃,后者为 2.75℃ 和 28.10℃;萝卜蚜从若蚜出生到下代若蚜出现期的有效积温为 131.58日度,桃蚜的为 140.58 日度。

关键词 萝卜蚜;桃蚜;发育下限温度;最大发育速率温度;统计控制

中图分类号 Q968.1

萝卜蚜 *Lipaphis arysimi*(Kalt.)和桃蚜 *Myzus persicae*(Sulzer)是广州地区为害蔬菜的两种主要害虫(古德就等,1990;莫蒙异等,1987)。这两种蚜虫在当地为害较严重的时间在当年的10月下旬至来年的4月中旬,而这两种蚜虫种群在田间消长的规律不尽相同,在当年的蔬菜上种群建立的迟早和来年种群在蔬菜作物上锐减甚至消失的时间也不相同。这两种蚜虫种群在田间的变动,除了受蔬菜作物、天敌等生态因素影响外,温度也是一个使蚜虫种群发生变动的重要因素(刘树生,1991;陈永年等,1992;Gu et al,1990)。

温度是昆虫生长发育和繁殖过程中的一个重要的生态因子(刘树生等,1990;刘树生,1991;陈永年等,1992)。前人在研究温度对昆虫发育的影响方面较多地注意昆虫发育下限温度(Lower development thermal threshold)(刘树生,1991)。但是在一定的高温条件下,昆虫的发育速率会受到其最大发育速率温度(Upper development thermal threshold)的抑制(Elliott et al,1988;Stiner et al,1974)。

在害虫预测预报中,有效积温常被作预测害虫种群的重要因子之一(古德就等,1986)。因此,单靠某害虫的发育起点以上的温度来作为有效积温还是不够的。因为其中有可能包括了超过害虫最大发育速率的温度。本文着重研究了广州蔬菜上萝卜蚜和桃蚜的最大发育速率温度,为蚜虫的预测与防治提供基本的理论依据。

1 材料和方法

试验所用的萝卜蚜和桃蚜均是用菜芯在室外的网室中饲养而得。试验在室内恒温箱内进行。对于萝卜蚜的试验,共设置 10,15,20,25 和 30℃ 等 5 个等级的温度($\pm 1^\circ\text{C}$)处理。对于桃蚜的试验,共设置 5,10,15,20,25 和 28℃ 等 6 个等级的温度($+1^\circ\text{C}$)处理。每个温度处理观察 40 头蚜虫,试验设置:在直径为 10 cm 的培养基中放置一片新鲜菜叶,叶面积小于培养皿底面积,叶片下垫在棉花球上,皿内加入少量水,使叶片浮在水面并固定在培养皿的中央。这样,既可以使叶片保湿,又可以避免蚜虫走失。然后在每个培养皿的菜叶上用细软毛笔接一头刚产下(4 h 龄期)的若蚜。以后每 8 h 观察一次各处理的蚜虫发育情况,同时记录死虫数和产子蚜数。每两天更换新鲜菜叶 1 次,直至最后一头虫死亡为止。试验数据处理在计算机软件 GLIM 程序上进行。

1994-05-20 收稿

* 现在深圳市龙江区工作。

2 结果和分析

2.1 蚜虫的发育下限温度及其有效积温

温度对萝卜蚜和桃蚜发育影响的试验结果详见表 1 和表 2。由表 1 和表 2 的资料,采用温度(t)与发育速率($y=1/\text{天}$)作直线回归分析,建立方程式: $y=a+bt$ 。则蚜虫发育下限温度(T_1)= $a/|b|$,所需要有效积温(DD) $1/|b|$ 日度(William, 1984)。计算所得的结果详见表 3 和表 4。由表 3 和表 4 的结果可知,萝卜蚜无翅型的若蚜期发育下限温度为 $5.04\sim 5.68\text{ }^{\circ}\text{C}$,全世代的发育下限温度为 $6.44\text{ }^{\circ}\text{C}$,其所需有效积温为 116.28 日度;有翅型若蚜的发育下限温度为 $5.29\sim 7.18\text{ }^{\circ}\text{C}$,全世代的发育下限温度为 $6.22\text{ }^{\circ}\text{C}$,其所需有效积温为 131.58 日度。因此,对于萝卜蚜来说,无论是无翅型或是有翅型,温度对它们的发育下限温度和有效积温的影响是无显著的差异。萝卜蚜的无翅型和有翅型在产仔期前(PR)所需的有效积温较少,前者为 16.49 日度,后者为 15.75 日度。而桃蚜的发育下限温度为 $1.75\sim 2.75\text{ }^{\circ}\text{C}$,全世代有效积温为 140.84 日度。由此可见,桃蚜的发育下限温度比萝卜蚜的低 $3.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

表 1 温度对萝卜蚜发育速率(d)的影响⁽¹⁾

温度/ $^{\circ}\text{C}$	10	15	20	25	30
无翅型蚜					
第一龄	4.66(0.11)	2.81(0.04)	2.19(0.07)	1.27(0.03)	1.33(0.04)
第二龄	6.19(0.10)	2.57(0.06)	1.71(0.05)	1.04(0.02)	1.05(0.04)
第三龄	5.60(0.10)	3.18(0.08)	2.09(0.06)	1.36(0.04)	1.22(0.04)
第四龄	6.86(0.07)	4.23(0.09)	2.63(0.07)	1.48(0.03)	1.52(0.06)
PR	3.77(0.07)	1.83(0.13)	1.20(0.06)	0.73(0.06)	0.73(0.06)
TBA	23.12(0.14)	12.76(0.10)	8.62(0.11)	5.13(0.21)	5.14(0.08)
TBR	26.85(0.14)	13.85(0.09)	9.84(0.13)	5.84(0.36)	5.97(0.17)
有翅型蚜					
第一龄	4.78(0.18)	2.86(0.10)	2.13(0.09)	1.02(0.07)	1.28(0.06)
第二龄	6.33(0.17)	2.40(0.33)	1.73(0.09)	1.06(0.05)	1.00(0.00)
第三龄	5.79(0.16)	3.15(0.08)	2.10(0.09)	1.36(0.09)	1.39(0.16)
第四龄	7.62(0.14)	5.45(0.13)	3.78(0.11)	2.18(0.07)	2.06(0.09)
PR	3.71(0.11)	1.91(0.09)	1.18(0.09)	0.82(0.06)	0.83(0.07)
TBA	24.39(0.36)	13.85(0.09)	9.71(0.22)	5.62(0.14)	5.57(0.08)
TBR	28.18(0.30)	15.73(0.15)	10.87(0.31)	6.53(0.18)	6.49(0.12)

(1) PR 为产子前期;TBA 为从若虫出生到成虫阶段;TBR 为从若虫出生到下一代若虫出现期;
表中括号内为标准误。

表 2 温度对桃蚜发育速率(d)的影响

温度/ $^{\circ}\text{C}$	5	10	15	20	25	28
第一龄	8.84(0.12)	4.08(0.99)	2.12(0.06)	1.66(0.04)	1.22(0.02)	1.36(0.04)
第二龄	7.83(0.10)	4.64(0.11)	2.28(0.44)	1.48(0.09)	1.27(0.04)	1.29(0.08)
第三龄	8.43(0.15)	4.82(0.08)	2.52(0.09)	1.65(0.04)	1.42(0.05)	1.52(0.06)
第四龄	9.30(0.15)	5.42(0.08)	3.07(0.06)	2.14(0.09)	1.65(0.05)	1.76(0.06)
PR	5.62(0.01)	3.85(0.12)	2.24(0.06)	1.24(0.08)	0.54(0.04)	1.22(0.12)
TBA	30.42(0.26)	19.20(0.14)	9.98(0.10)	6.94(0.12)	5.61(0.11)	5.92(0.14)
TBR	40.17(0.32)	22.85(0.19)	12.20(0.12)	8.21(0.14)	6.13(0.09)	7.15(0.18)

表 3 萝卜蚜不同龄期的发育下限温度(Tl)及其有效积温(DD)

龄期 或虫态	Tl/℃	有效积温(DD)	
		DD=1/b(日度)	回归方程 (y=a+ b t)
无翅型蚜			
第一龄	5.04	27.47	y= -0.183 1+0.036 4t(r=0.963 9)
第二龄	5.84	23.21	y= -0.251 8+0.043 1t(r=0.971 8)
第三龄	5.16	29.36	y= -0.175 9+0.034 1t(r=0.990 4)
第四龄	5.68	34.16	y= -0.166 2+0.029 3t(r=0.959 9)
PR	5.54	16.49	y= -0.336 1+0.060 6t(r=0.973 1)
TBA	6.53	101.49	y= -0.064 3+0.009 9t(r=0.977 9)
TBR	6.44	116.28	y= -0.055 4+0.008 6t(r=0.978 9)
有翅型蚜			
第一龄	7.18	20.54	y= -0.394 5+0.048 7t(r=0.934 7)
第二龄	7.09	19.84	y= -0.357 1+0.050 4t(r=0.983 3)
第三龄	5.98	27.10	y= -0.220 9+0.036 9t(r=0.969 1)
第四龄	5.29	46.95	y= -0.112 7+0.021 3t(r=0.970 2)
PR	6.23	15.75	y= -0.395 8+0.063 5t(r=0.996 5)
TBA	6.34	113.23	y= -0.056 0+0.008 8t(r=0.971 6)
TBR	6.22	131.58	y= -0.047 0+0.007 6t(r=0.972 1)

表 4 桃蚜的不同龄期的发育下限温度(Tl)及期有效积温(DD)

龄期或 虫态	Tl/℃	有效积温(DD)	
		DD = 1/b(日度)	回归方程 (y=a+bt)
无翅型			
第一龄	2.28	28.25	$y = -0.080\ 7 + 0.035\ 4t(r = 0.996\ 1)$
第二龄	2.38	28.09	$y = -0.084\ 8 + 0.035\ 6t(r = 0.989\ 1)$
第三龄	2.05	31.85	$y = -0.064\ 3 + 0.031\ 4t(r = 0.990\ 9)$
第四龄	1.79	39.06	$y = -0.045\ 7 + 0.025\ 6t(r = 0.995\ 2)$
PR	2.05	12.84	$y = -0.459\ 9 + 0.077\ 9t(r = 0.901\ 1)$
TAB	1.75	131.85	$y = -0.013\ 3 + 0.007\ 6t(r = 0.993\ 0)$
TBR	2.75	140.84	$y = -0.019\ 5 + 0.007\ 1t(r = 0.992\ 2)$

2.2 菜蚜虫的最大发育速率温度(Tu)

由表 1 和表 2 的试验结果资料,可以估计出菜蚜虫最大发育速率温度(Tu)。Stinner (1974)用 S 型的函数模型描述了温度与昆虫发育速率的关系:

$Rt=C/(1+e^{k_1+k_2t'})$
Rt= 在温度 t 时的发育速率(1/天);
C=(最大发育速率)×e^{k₁+k₂t'},即渐近值;
Tu= 最大发育速率温度;
k1, k2= 模型参数;

$t' = t, \text{ 当 } t \leq Tu \text{ 时};$
 $t' = 2 \times Tu - t, \text{ 当 } t > Tu \text{ 时}.$

根据 Sinner (1974) 的这一模型,采用试商的办法,通过非线性的回归分析,使当相关系数 r 不小于 0.95 的条件下,求取模型参数 $C.k1$ 和 $k2$ 。然后根据统计控制原理 (Sakol, 1981),采用表 3 和表 4 中的回归方程式,即可求得菜蚜虫的最大发育速率温度 (Tu),在此温度条件下,蚜虫获得最大的发育速率。其结果列于表 5 和表 6 中,从表 5 和表 6 的结果可以看出,对于萝卜蚜,无论是无翅型或是有翅型虫态,在 PR 龄期,它们的 Tu 分别为 26.48°C 和 26.94°C ,都较其它龄期的低。全世代的 Tu 为 28.53°C 和 29.23°C ;对于桃蚜,在若蚜期,其 Tu 为 $24.84 \sim 26.29^{\circ}\text{C}$,全世代的 Tu 为 28.10°C 。比萝卜蚜的低些,而在若蚜期,其 Tu 为 $24 \sim 26^{\circ}\text{C}$,与萝卜蚜若蚜期的 Tu 为 $26 \sim 29^{\circ}\text{C}$ 相比较,低 $2 \sim 3^{\circ}\text{C}$,全世代的 Tu 为 28.10°C 。这个试验结果能够较好地解释:在广州地区,由于 5 月份以后的气温超过了桃蚜若蚜的最大发育速率温度,导致桃蚜种群在田间锐减得早,而萝卜蚜的种群在田间的锐减会推迟些。

表 5 萝卜蚜发育速率的非线性模型参数及最大发育速率温度 (Tu)

龄期或虫态	k1	k2	C	Tu/ $^{\circ}\text{C}$	相关系数 (r)
无翅型蚜					
第一龄	2.839	-0.166 6	0.88	29.21	0.973 4
第二龄	4.465	-0.273 7	0.99	28.81	0.950 5
第三龄	2.233	-0.077 9	0.86	29.30	0.979 4
第四龄	2.380	-0.082 3	0.76	29.03	0.969 7
PR	4.697	-0.296 1	1.40	26.48	0.953 4
TBA	3.650	-0.216 9	0.21	27.71	0.960 9
TBR	2.293	-0.077 4	0.19	28.53	0.960 0
有翅型蚜					
第一龄	2.496	-0.118 7	0.98	27.30	0.956 0
第二龄	4.175	-0.241 1	1.05	27.63	0.989 0
第三龄	3.438	-0.212 8	0.78	27.12	0.950 0
第四龄	4.619	-0.290 9	0.49	28.30	0.956 7
PR	3.403	-0.206 6	1.32	26.94	0.965 4
TBA	5.866	-0.384 1	0.18	29.87	0.953 7
TBR	4.002	-0.251 0	0.16	29.23	0.959 5

表 6 桃蚜发育速率的非线性模型参数及最大发育速率温度 (Tu)

龄期或虫态	k1	k2	C	Tu/ $^{\circ}\text{C}$	相关系数 (r)
无翅型					
第一龄	2.653	-0.960 6	0.85	26.29	0.960 6
第二龄	3.320	-0.259 5	0.80	24.84	0.971 5
第三龄	2.571	-0.177 0	0.77	26.57	0.969 0
第四龄	1.939	-0.075 1	0.61	25.61	0.967 8
PR	2.683	-0.101 1	1.64	26.96	0.958 6
TBA	3.028	-0.240 2	0.19	28.63	0.956 5
TBR	2.592	-0.151 3	0.18	28.10	0.958 0

3 讨论

害虫发育下限和最大发育速率温度的研究,对于准确地估计害虫的有效积温,以便准确地预测害虫的发生都是重要的,也助于科学地解释害虫的发生状况,本文根据科学的统计控制原理(Sakol,1981)估计害虫的最大发育速率温度。当采用自变量与因变量来模拟模型时,这两个变量关系的存在是在一定条件下才成立的(古德就,1990; Sakol,1981),尤其是用温度和昆虫的发育速率来模拟模型时,统计控制原理更能解释温度与昆虫的发育速率的关系,就是说,在一定的温度范围,随着温度的升高,昆虫的发育速率也会增大。但不能随着温度的不断升高而不断地增大,而是有一定的限度,即在最大发育速率温度时其发育速率达到顶点。

蚜虫种群在田间的消长受很多的生态因素影响(刘树生,1991; 莫蒙异等,1987)。本文关于萝卜蚜和桃蚜的发育下限温度的研究结果比刘树生(1990)所给出的稍高 3°C ,而比陈永年(1992)的低 3°C 。产生差异的原因可能是不同地区种群、不同测定方法、设置不同的试验温度梯度以及试验误差等。但如果环境温度超过了其最大发育速率温度和发育下限温度,其发育和繁殖都会受到抑制,其种群就会锐减甚至消失。在广州地区,5月底到10月,由于气温较高,在田间的蔬菜上难于找到萝卜蚜和桃蚜,只是由于萝卜蚜的最大发育速率温度比桃蚜的高些,所以萝卜蚜种群在田间的消失较桃蚜迟些;但是,在冬季期间,由于桃蚜的发育下限温度比萝卜蚜的低,因此,桃蚜种群在田间较稳定。2至4月期间,前期桃蚜种群较多,而后期萝卜蚜的种群较多。这两种蚜虫在田间常都以“混合种群”存在。至于萝卜蚜和桃蚜种群的生命系统的研究,尤其是广东地区桃蚜的生命系统,有待于进一步的研究。

参 考 文 献

- 古德就,尹汝湛.1986.三化螟各世代累积诱蛾百分率与有效积温的关系及其应用.昆虫知识,23(2): 49~52
- 古德就.1990.相关与通径分析.自然杂志,13(12):808~813
- 古德就,余明恩,侯任环,等.1990.农药亚致死剂量对菜蚜茧蜂搜索行为影响的研究.生态学报,11(4): 324~330
- 刘树生,孟学多.1990.桃蚜、萝卜蚜发育速率与温度的关系.植物保护学报,17(2):169~175
- 刘树生.1991.温度对桃蚜、萝卜蚜种群增长的影响.昆虫学报,34:189~197
- 陈永年,文礼章,潘桐.1992.烟蚜生长发育、繁殖和存活与温湿度关系的研究.中国烟草,(2):18~23
- 莫蒙异,黄蕙英.1987.菜缢管蚜的发生规律与预测预报的研究.见:范怀忠,江佳培主编.广州蔬菜病虫害综合防治.广州:广东科技出版社,313~333
- Elliott N C, Kieckhefer R W, Walgenbach D D. 1988. Effects of constant and fluctuating temperatures on developmental rates and demographic statistics for the leaf aphid (Homoptera: Aphididae). J Econ Entomol. 81(5): 1383~1389
- Gu Dejiu, Waage J. 1990. The effect of insecticides on the distribution of foraging parasitoid, *Diaeretiella rapae* on plants. Entomophaga, 35(1): 49~56
- Sakol R R. 1981. Biometry. New York: W.H. Freeman and Company, 494~496
- Stinner R E, Gutierrez A P, Butler G D. 1974. An algorithm for temperature dependent growth rate simulation. Can Ent, 106: 519~524
- Hutchison William D. 1984. Demographic statistics for the pea aphid in Wisconsin and a comparison with other populations. Environ Entomol. 13: 1173~1181

STUDY ON THE LOWER AND UPPER DEVELOPMENT THERMAL THRESHOLDS OF APHIDS IN VEGETABLES

Gu Dejiu Yu Ming'en Zhang Weiqiu

(Lab.of Insect Ecology, South China Agr. Univ., Guangzhou, 510642)

Abstract

This paper presents the effects of temperatures on the growth rates of aphids, *Lipaphis erysimi*(Kalt.) and *Myzus persicae* (Sulzer) in vegetables in Guangzhou Region. A sigmoid function and statistical control were used to estimate the lower and upper development thermal thresholds of *L. erysimi* and *M. persicae*. The lower and upper development thermal thresholds of *L. erysimi* were 6.22 °C and 28.53 °C respectively, while the lower and upper of development thermal thresholds of *M. persicae* were 2.75 °C and 28.10 °C respectively. The effective cumulation temperatures of *L. erysimi* and *M. persicae* in the period from birth until onset of reproduction were 131.58 and 140.58 day-degree respectively. It was emphasised in the paper that the upper development thermal thresholds of insect pests should be considered when a programme of forecasting the insect pests is enforced.

Key words *Lipaphis erysimi*; *Myzus persicae*; lower development thermal threshold; upper development thermal threshold; statistical control