

温度对美洲斑潜蝇发育、存活和繁殖的影响^{*}

陈 艳^{**} 赵景玮 范青海 (福建农业大学生物防治研究所,福州 350002)

【摘要】 探讨了在光照周期为 14L ◇ 10D、R. H. 为 70 % ± 5 % 的恒温(12 ~ 35 °C)条件下美洲斑潜蝇的发育、繁殖和存活,求得美洲斑潜蝇世代的发育起点温度与有效积温分别为 8.77 °C 和 295.69 日度,给出了温度与各虫态发育速率间的函数关系,20 ~ 27.5 °C 时存活率较高,死亡主要发生在蛹期,35 °C 下蛹不能羽化。成虫寿命随温度的升高而缩短;种群增长指数于 27.5 °C 时达到最高。

关键词 美洲斑潜蝇 温度效应 种群增长

Effect of temperature on development, survival and reproduction of *Liriomyza sativae*. Chen Yan, Zhao Jingwei and Fan Qinghai (Fujian Agricultural University, Fuzhou 350002). - Chin. J. Appl. Ecol., 1999, 10(6): 710 ~ 712.

This paper studied the development, survival and reproduction of vegetable leafminer (*Liriomyza sativae*) at eight constant temperatures (12, 15, 20, 25, 27.5, 30, 32.5 and 35 °C) with 70 % ± 5 % R. H. and 14L ◇ 10D photoperiod. The initiative development temperature and the available accumulation temperature were estimated to be 8.77 °C and 295.69 day degrees, respectively. The regression equations of development rate with temperature at various immature stages were given. The survival rates at various immature stages were higher at 20 ~ 27.5 °C. Most of the death occurred at pupal stage, and no pupae could emerge at 35 °C. The longevity of the adult decreased with increasing temperature, and the population growth index reached a peak at 27.5 °C.

Key words *Liriomyza sativae*, Temperature effect, Population growth.

1 引言

美洲斑潜蝇(*Liriomyza sativae*)是一种世界性的检疫害虫,也是美洲温室蔬菜和花卉生产上的重要害虫之一。1994 年在我国广东、海南发现疫情,现已在 20 多个省(区、市)发生危害,面积达 $1.33 \times 10^6 \text{hm}^2$,严重危害蔬菜生产。温度是影响昆虫生长发育最显著的生态因子。温度对美洲斑潜蝇的影响,国外学者在不同寄主植物上进行了不少研究^[3~7,9]。我国对该虫的研究尚处于起始阶段,有关报道极少。为此,自 1996 年始对美洲斑潜蝇在不同恒温条件下的生长发育和繁殖进行了研究。

2 材料与方法

2.1 供试虫源(群体饲养)和寄主植物

美洲斑潜蝇于 1996 年 5 月采自福建农业大学校内丝瓜地,在玻璃温室内,饲养 18 个世代。每天收集预蛹,集中羽化。同天羽化的成虫,做好标记供实验用。寄主植物为豇豆(品种为之豇 28-2),用小盆(直径为 15cm)砂培。每周用营养液施肥一次,至 12 d 龄备用。

2.2 研究方法

试验在人工气候箱内进行。温度设置 8 个不同的恒温处理,即 12、15、20、25、27.5、30、32.5 和 35 °C;湿度均定为 70 % ± 5 % R. H.;光周期为 14L ◇ 10D(由定时器控制),箱内实验叶片上方用 40W 白炽灯炮照明,光照强度为 1000lx。

选取羽化 2d 的成虫,让其在 12d 龄的豆苗上产卵 6h (9 ◇ 00 ~ 15 ◇ 00)后移去成虫,镜检观察潜蝇在叶片上产卵情况,进行标记,移入不同温度的气候箱内饲养。每天 8 ◇ 00、14 ◇ 00 和 20 ◇ 00 观察记载虫态、存活状况,成虫羽化后,每只雌虫与 2 只雄虫配对(如果雄虫死亡,再移入 2d 龄的雄虫)。每 2 天更换 1 次豆苗,记载产卵量,直至成虫死亡。

3 结果与分析

3.1 不同温度下美洲斑潜蝇各虫态发育历期和速率

表 1 表示不同恒温条件下美洲斑潜蝇各虫态的历期。方差分析表明,温度对各虫态的历期均有显著的影响。卵在 12 ~ 35 °C 范围内发育速率与温度呈正相关关系,即温度越高,发育历期越短,发育速率越快;1 龄幼虫、2 龄幼虫、3 龄幼虫及预蛹在 35 °C 时发育速率较 30 °C 时的低;蛹在 35 °C 下不能羽化。

各虫态发育速率(y)与温度(x)的函数关系见表 2。根据李典谟等^[1]提出的直接最优法计算各虫态的发育起点温度与有效积温,结果见表 3。根据发育起点温度及有效积温推算,美洲斑潜蝇在福建省一年发生 13 ~ 14 代。

3.2 温度对美洲斑潜蝇各虫态死亡率的影响

从表 4 可见,温度对卵孵化影响较小,12 ~ 35 °C 孵

^{*} 福建省教委资助项目(J95026)。

^{**} 通讯联系人。现通讯处:福建出入境检验检疫局,福州 350001。
1997 - 06 - 02 收稿,1998 - 01 - 05 接受。

表 1 不同温度下美洲斑潜蝇各虫态的发育历期和速率
Table 1 Developmental time of *L. sativae* at different constant temperatures

	温度 Temperature()							
	12	15	20	25	27.5	30	32.5	35
卵 Egg	9.2 ±0.5	7.0 ±0.3	3.8 ±0.4	2.6 ±0.7	2.2 ±0.3	2.0 ±0.3	1.8 ±0.3	1.5 ±0.4
1 龄幼虫 First instar larva	8.3 ±0.6	5.9 ±0.5	2.7 ±0.4	1.6 ±0.1	1.4 ±0.7	1.2 ±0.2	1.1 ±0.2	1.1 ±0.2
2 龄幼虫 Second instar larva	6.1 ±0.4	4.6 ±0.4	2.0 ±0.5	1.4 ±0.1	1.0 ±0.6	0.9 ±0.1	0.8 ±0.1	0.9 ±0.1
3 龄幼虫 Third instar larva	8.6 ±0.6	6.3 ±0.7	3.5 ±0.7	2.2 ±0.1	1.9 ±0.3	1.7 ±0.2	1.3 ±0.7	1.4 ±0.2
预蛹 *Prepupae	5.6 ±0.8	4.1 ±0.8	3.7 ±0.6	3.0 ±0.2	2.7 ±0.5	2.5 ±0.6	2.3 ±0.4	2.4 ±0.5
蛹 Pupae	44.2 ±1.1	31.1 ±0.8	14.5 ±1.6	9.8 ±0.9	8.1 ±0.1	6.9 ±0.5	7.0 ±0.2	
世代 Generation	7.8 ±2.3	56.6 ±1.7	28.1 ±0.5	17.9 ±1.2	15.7 ±0.8	13.7 ±0.9	11.6 ±0.8	

* 3 龄幼虫的发育历期包括预蛹的历期. 发育历期的单位预蛹为 h,其余均为 d. The development time of third instar larva include the development time of prepupae. The units of developmental time are days excepting the prepupal hour.

表 2 各虫态发育速率(y)与温度(x)的函数关系式
Table 2 Regression equations of various stage of *L. sativae* between the developmental rate (y) and temperature (x)

	回归式 Regression equation	相关系数 Correlation coefficient	自由度 Degree of freedom	P 值 P value
卵 Egg	$y = - 0.2032 + 0.0239 x$	0.9952	d.f. = 6	<0.01
1 龄幼虫 First instar larva	$y = - 0.3665 + 0.0385 x$	0.9913	d.f. = 6	<0.01
2 龄幼虫 Second instar larva	$y = - 0.4724 + 0.05 x$	0.9746	d.f. = 6	<0.01
3 龄幼虫 Third instar larva	$y = - 0.2658 + 0.0291 x$	0.9855	d.f. = 6	<0.01
预蛹 Prepupa	$y = 0.0627 + 0.0109 x$	0.9838	d.f. = 6	<0.01
蛹 Pupa	$y = - 0.0597 + 0.0065 x$	0.9922	d.f. = 5	<0.01
世代 Generation	$y = - 0.0342 + 0.0036 x$	0.996	d.f. = 5	<0.01

化率均可达 90 %以上. 在 20~27.5 下各虫态死亡率均较低温或高温下的死亡率低,35 时幼虫死亡率最高,而且蛹不能羽化. 不同温度下生活于寄主植物叶片内的各龄幼虫的死亡率均较生活于叶片外的蛹低;各温度下预蛹的死亡率均较低. 美洲斑潜蝇世代的存活率以 27.5 时最高,低温或高温时,世代存活率均较低,且在 35 时世代灭绝. 世代存活率(y)与温度之间(x)呈抛物线相关, $y = - 0.9503 + 0.1443 x - 0.0031 x^2$ ($R = 0.9225^*$).

表 3 美洲斑潜蝇各虫态的发育起点温度与有效积温
Table 3 Development threshold and thermal temperatures of various stage of *L. sativae*

	卵 Egg	1 龄 First instar larva	2 龄 Second instar larva	3 龄 Third instar larva	蛹 Pupa	世代 Gener- ation
发育起点温度()	7.76	9.37	9.34	8.31	8.89	8.77
Developmental threshold temperature						
有效积温(日度)	44.29	26.57	20.49	36.70	158.30	295.69
Thermal temperature (DD)						

3.3 温度对美洲斑潜蝇繁殖的影响

温度对美洲斑潜蝇的产卵前期、产卵期、产卵量及成虫寿命均有显著的影响. 产卵期(y)与温度(x)呈

表 5 温度对成虫产卵量和寿命的影响
Table 5 Effects of temperature on oviposition and longevity of *L. sativae*

温度 Temperature ()	产卵前期 Pre - oviposition duration (d)	产卵期 Oviposition duration (d)	平均每雌每天产卵(粒) Mean fecundity per day per female	总卵量(粒) Total fecundity per female	性比 Sex ratio (:)	成虫寿命 Longevity (d)
20	2.9 ±0.5	21.9 ±5.8	3.6 ±2.5	68.6 ±2.5	1 ◇1.10	27.2 ±6.2
25	2.2 ±0.3	14.6 ±2.3	10.6 ±5.4	135.4 ±9.3	1 ◇0.96	23.6 ±5.9
27.5	1.8 ±0.5	12.6 ±3.4	12.3 ±3.8	146.9 ±10.3	1 ◇0.94	21.6 ±6.8
30	1.4 ±0.4	10.8 ±6.3	9.7 ±4.8	113.7 ±4.9	1 ◇1.04	14.9 ±4.6
32.5	1.2 ±0.5	7.8 ±2.5	9.5 ±2.6	65.7 ±5.6	1 ◇1.10	12.8 ±3.9

表 4 不同温度下各虫态的存活率(%)
Table 4 Survival of various stage of *L. sativae* at different temperatures

温度 Tempe- rature ()	卵 Egg	1 龄幼虫 First instar larva	2 龄幼虫 Second instar larva	3 龄幼虫 Third instar larva	预蛹 Prepupa	蛹 Pupa	世代 Gener- ation
12	0.932	0.922	0.924	0.914	0.988	0.548	0.393
15	0.943	0.935	0.935	0.925	0.992	0.568	0.430
20	0.994	0.993	0.991	0.994	0.994	0.707	0.683
25	0.995	0.992	0.988	0.993	0.996	0.747	0.721
27.5	0.995	0.993	0.991	0.996	0.998	0.778	0.752
30	0.946	0.937	0.963	0.968	0.994	0.650	0.534
32.5	0.931	0.908	0.954	0.962	0.994	0.572	0.441
35	0.916	0.767	0.825	0.500	0.993	0	

显著线性相关: $y = 5.6943 - 0.1405 x$ ($R = - 0.9965^{**}$);成虫平均寿命(y)与温度也呈显著线性相关: $y = 52.6244 - 1.2076 x$ ($R = - 0.9638^{**}$);成虫平均总产卵量(y)与温度(x)呈抛物曲线关系: $y = - 1207.346 + 103.0603 x - 1.9655 x^2$ ($R = 0.9934^{**}$). 平均每雌每天产卵量与总产卵量均于 27.5 下达到最高(表 5).

3.4 温度对种群增长的影响

温度对种群增长的影响是由于温度影响世代存活率、每雌产卵量及子代性比. 假设初始卵量为 N_t , 经 1 个世代后卵量 $N_{t+1} = N_t \times$ 世代存活率 \times 雌性比 \times 每

雌平均产卵量,种群增长指数 $I = N_{t+1} / N_t$. 20、25、27.5、30 和 32.5 °C 温度下美洲斑潜蝇种群增长指数分别为 22.31、49.81、56.95、29.62 和 13.80. 27.5 °C 时,种群增长最快,而超过 30 °C 时,种群增长急剧下降,种群增长指数与温度关系见图 1.

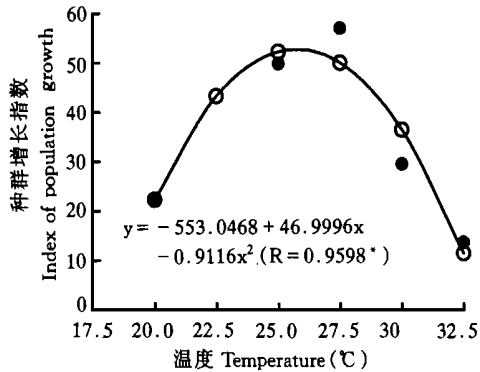


图 1 不同温度下美洲斑潜蝇种群增长指数

Fig. 1 Index of population growth of *L. sativae* at different temperatures.
 ● 实测值 Measured value, ○ 预测值 Predicted value.

4 讨 论

4.1 美洲斑潜蝇的发育起点温度与有效积温

据 Petitt 等^[7]报道,1 龄、2 龄、3 龄幼虫和蛹的发育起点温度分别为 10、9.5、9.7、7.5 °C;卵、1 龄、2 龄、3 龄幼虫发育所需日度数分别为 39.2、67.0、85.5、101.2 日度. Parkman 等^[6]对蓖麻上美洲斑潜蝇研究表明,发育起点温度卵 - 幼虫 11.1 °C,蛹 12.1 °C; Tryon 等^[9]研究了芹菜上美洲斑潜蝇蛹发育需要 127.8 日度,发育起点温度为 10.0 °C;McClanahan^[5]报道了温室马铃薯上美洲斑潜蝇发育的有效积温为 220.8 日度,发育起点温度为 12.3 °C. 康乐^[2]报道美洲斑潜蝇完成一个生活周期所需要的发育起点温度高达 14.7 °C,发育积温为 172.5 日度,与我们的研究结果出入较大. 以上多数作者采用线性日度模型来估计发育起点温度和有效积温,我们的试验通过 12~35 °C 内 8 个温度梯度的研究,利用李典谟等^[11]的直接最优法计算,所得的发育起点温度普遍比以上学者报道的低.

以上的研究结果似乎从总体表明,美洲斑潜蝇的生长发育会因取食的寄主植物种类不同而有差异. 例如蛹的发育起点温度就在 7.5~12.1 °C 间变动,差异达 5 °C 之大. 除了叶片营养条件差异外,不同植物叶肉所含化学物质的差异是否是原因之一,值得深入探讨,为抗虫育种提供根据. 此外,地理种群的不同,也可能造成以上的差异.

4.2 美洲斑潜蝇各虫态的死亡率

Petitt 等^[8]报道了叶片上美洲斑潜蝇幼虫密度对

其死亡率影响很大. 本实验也观察到这一现象,当每叶幼虫数多于 7 头时,幼虫死亡率剧增. 因此,实验中每叶幼虫数控制在 7 头以下.

蛹的死亡率较其它阶段的死亡率高,由于实验中蛹是置于用纱布保湿的培养皿中羽化,这可能使其死亡率较在土壤表层中羽化时的死亡率高. 各种温度条件下,预蛹的死亡率均较低,这主要是由于其历期很短,温度对其作用只是瞬时的.

4.3 成虫产卵量与寿命

Issa 等^[4]报道番茄上美洲斑潜蝇在 25.15 °C、47.1%~90.8% R. H. 条件下平均每雌每天产卵数为 11.79 ± 8.25 粒; Parkman 等^[6]报道蓖麻上的成虫平均每雌产生后代数为 164.5 ± 45.7 粒,成虫平均寿命 13.4 ± 2.3 d. 本研究结果的产卵量稍低,这可能是由于在成虫阶段未给补充营养所致. 根据本研究结果可以得出,美洲斑潜蝇在 32.5~35 °C 间,发育速率出现拐点,温度上升,发育速率开始转慢,且 35 °C 时蛹不能羽化.

致谢 本文在导师赵修复教授指导下进行,并得到福建省昆虫生态重点实验室的支持,特此致谢.

参考文献

- 1 李典谟、王莽莽. 1986. 快速估计发育起点温度及有效积温法的研究. 昆虫知识, (3): 183~187.
- 2 康 乐. 1995. 斑潜蝇的生态学与控制. 北京: 科学出版社.
- 3 Cruz, A., Cardona, C. J., Cruz, J. L. 1989. Life cycle, habits and natural enemies of the bean leafminer *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae). *Acta Agronomica*, **39**: 133~141.
- 4 Issa, S. and Marciano, R. 1991. Life cycle of *Liriomyza sativae* Blanchard in tomato *Lycopersicon esculentum*. *Bulletin de Entomologia Venezuelana*, **6**(1): 37~45.
- 5 McClanahan, R. J. 1980. Biological control of *Liriomyza sativae* on greenhouse tomatoes. Proc. Work. Group Integrated Control Glasshouse, Vantaa Finland. *Bull. Int. Org. Biol. Control/ West. Palearct. Reg. Sect.*, **3**(3): 135~139.
- 6 Parkman, P., Dusky, J. A., Waddill, V. H. 1989. Biological studies of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on Castor Bean. *Environmental Entomology*, **18**(5): 768~771.
- 7 Petitt, F. L., Barfield, C. S. 1991. Degree - day model for vegetable leafminer (Diptera: Agromyzidae) phenology. *Environmental Entomology*, **20**(4): 1134~1140.
- 8 Petitt, F. L., David, O. W. 1992. Intraspecific competition among same - aged larvae of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) in lima bean primary leaves. *Environmental Entomology*, **21**(1): 136~140.
- 9 Tryon, E. A., Poe, S. L. 1981. Developmental rates and emergence of vegetable leafminer pupae and their parasites reared from celery foliage. *Florida Entomologist*, **64**(4): 477~483.

作者简介 陈 艳,女,33 岁,博士,从事昆虫生态学研究,发表论文 18 篇. E-mail: qhfan @public2. fz. cn