

温度对美洲斑潜蝇生长发育的影响^{*}

曾 玲 吴佳教 梁广文

(华南农业大学昆虫生态研究室, 广州 510642)

摘要 在恒温条件下研究了温度对美洲斑潜蝇 (*Liriomyza sativae* Blanchard) 生长发育的影响, 并分别用线性回归模型和 Stinner 模型模拟温度与该害虫生长发育的关系. 结果表明, 在广州地区美洲斑潜蝇 1 a 可发生 16 个世代; 在温度为 13~34 °C 范围内, 美洲斑潜蝇各虫态发育历期均随温度的升高而缩短; 其卵、幼虫、蛹及世代的发育起点温度分别为 9.332、9.572、9.443 和 9.572 °C; 最大发育速率温度分别是 32.50、32.00、31.50 和 31.50 °C; 相应虫期的有效积温分别是 46.872、78.920、154.146 和 283.228 日度. 各龄幼虫间发育起点温度、有效积温及最大发育速率温度均以 3 龄幼虫为大. 36 °C 是美洲斑潜蝇生长发育上限温度.

关键词 美洲斑潜蝇; 温度; 发育速率; 蔬菜害虫

中图分类号 S 436.429

美洲斑潜蝇 (*Liriomyza sativae* Blanchard) 近几年来已在我国许多菜区蔓延成灾, 使蔬菜生产遭受重大损失 (康乐, 1996; 曾玲等, 1996a; 1996b; 广东省农业厅植保总站, 1996).

温度是影响昆虫生长发育和繁殖的一个重要生态因子. 关于美洲斑潜蝇生长发育与温度的关系, 在国外已有一些研究报道 (Parrella, 1987; Parkman et al, 1989; Palumbo, 1995), 但这些研究报道中未涉及各龄幼虫与温度的关系, 有的甚至将卵与幼虫合在一起考虑; 另一方面, 温度设置的间距较大, 且没有涉及极限温度, 因而难于反映温度影响的全貌. 本研究扩大温度试验范围, 缩短温度间距, 建立美洲斑潜蝇各虫期及各龄幼虫非线性发育模型, 以探讨美洲斑潜蝇发育的准确数据, 为了解该害虫的发生规律及开展其他研究打下基础.

1 材料与方法

1.1 试验虫源

在豇豆田采取带 3 龄幼虫的豆叶, 回室内待其出叶化蛹, 收集蛹并继续饲养至羽化. 将羽化的成虫接于网罩的豇豆苗上以建立室内种群.

1.2 温度设置

试验在华南农业大学中心实验室人工气候箱中进行. 气候箱型号是 FR-SP 多单元型 (日本产), 温度灵敏度为 ± 0.5 °C. 设置 13、16、19、22、25、28、31、34 和 36 °C 等 9 个等级温度, 相对湿度为 $(70 \pm 5)\%$, 光照为 12 h/d.

1.3 发育历期试验

取 2~3 片真叶期的豇豆苗留下第一真叶 (摘除子叶及多余的真叶), 置于美洲斑潜蝇实验种群中, 让其产卵 2 h 后移至上述所设温度, 每隔 4~10 h 观察 1 次美洲斑潜蝇的发育进度.

1997-10-06 收稿 曾 玲, 女, 48 岁, 副教授, 硕士

^{*} 国家科委“八五”科技攻关增强专题 (85-021-08-01), 广东省科委重点科技攻关 (9566078) 资助项目
©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.

待幼虫发育至 3 龄末,剪下虫包(带虫的叶块),置于培养皿,观察其出叶、化蛹,直至成虫羽化,记录羽化时间.

1.4 模拟方法

采用线性日度模型和 Stinner 模型(蒲蛰龙, 1990)进行模拟发育速率与温度间的关系,同时采用优选法(李超, 1985)进行估算发育起点温度和有效积温. 以上模型均在 PC-486 计算机上用 BASIC 语言和 GLIM 程序实现.

2 结果与分析

2.1 发育历期与发育上限温度

试验结果列于表 1. 从总趋势上看,在温度为 13~34 ℃范围内美洲斑潜蝇各虫态发育历期均随着温度的升高而缩短. 卵在 13 ℃下发育历期为 11.03 d,而在 34 ℃下仅需 1.88 d;幼虫期在 13 ℃下为 17.27 d,而在 34 ℃下只需 3.18 d;蛹在 13 ℃下发育历期长达 41.73 d,而在 34 ℃下缩短为 6.59 d;从整个世代来看,在 13 ℃下完成 1 个世代需要 2 个月以上(70.53 d),而在 34 ℃下完成 1 个世代只需 11.75 d. 可见低温对美洲斑潜蝇生长发育有明显的抑制作用.

从表 1 还可以看出,当环境温度高达 36 ℃时,美洲斑潜蝇卵不能正常孵化,蛹也不能正常羽化,只有幼虫期能继续生长发育,因而 36 ℃是美洲斑潜蝇发育的上限温度. 美洲斑潜蝇幼虫在 36 ℃高温下能继续生长发育,与美洲斑潜蝇幼虫潜叶习性有关.

表 1 不同温度下美洲斑潜蝇发育历期¹⁾ (1995 年 9~11 月,广州)

<i>t</i> /℃	卵期/d	幼虫期/d				蛹期/d	世代/d
		1 龄	2 龄	3 龄	合计		
13	11.03a (0.316)	4.03a (0.414)	3.79a (0.369)	9.45a (0.653)	17.27a (0.555)	41.73a (1.225)	70.53 (2.536)
16	7.61b (0.139)	3.07b (0.362)	2.83b (0.278)	6.53b (0.361)	12.43b (0.783)	24.64b (0.702)	44.88 (1.225)
19	4.83c (0.147)	1.59c (0.024)	1.72c (0.337)	4.18c (0.335)	7.49c (0.701)	15.79c (0.445)	28.33 (0.676)
22	3.77d (0.297)	1.30d (0.037)	1.41d (0.273)	2.44d (0.382)	5.15d (0.511)	11.49d (0.550)	20.58 (0.658)
25	2.94e (0.240)	1.08e (0.164)	1.18e (0.367)	2.25de (0.249)	4.51e (0.432)	10.28e (0.296)	17.86 (0.640)
28	2.35f (0.271)	1.06e (0.126)	1.07e (0.380)	2.19e (0.313)	4.32e (0.366)	8.09f (0.270)	15.30 (0.371)
31	2.00g (0.123)	0.93f (0.171)	0.81f (0.141)	1.96f (0.200)	3.70f (0.290)	6.94g (0.385)	12.73 (0.287)
34	1.88g (0.126)	0.92f (0.091)	0.73f (0.222)	1.52g (0.203)	3.18f (0.233)	6.59g (0.199)	11.75 (0.307)
36	—	0.96	0.82	1.51	3.29	—	—

1) 表中数据为 5 个重复(每个重复为 25 头以上)试验结果的平均值(36 ℃中是部分数据平均值);括号内的数据为标准误. 同列数据后面标不同英文字母者表示经 LSD 检验差异显著($P=0.05$)

2.2 发育速率、发育起点温度及有效积温

美洲斑潜蝇发育速率与温度间的线性关系如表 2 所示, 在一定的温度范围内, 其发育速率均随温度的升高而加大. 用线性回归法和优选法计算美洲斑潜蝇各虫期发育起点温度和有效积温, 计算所得的结果如表 2 所示. 由于优选法是选用变异系数作为衡量的精确性指标, 因而它能较准确地模拟昆虫的发育情况.

表 2 各虫期发育速率回归方程、发育起点温度及有效积温¹⁾

虫态 (虫期)	线性回归方程	<i>r</i>	χ^2	发育起点温度/℃		有效积温/ 日度		
				回归法	优越法	回归法	优越法	
卵	$y = -0.212 + 0.022 t$	0.997	0.768	9.636	9.332	45.45	46.872	
幼 1 龄	$y = -0.243 + 0.042 t$	0.963	0.853	5.786	9.258	23.81	18.928	
	2 龄	$y = -0.458 + 0.053 t$	0.993	0.118	8.642	8.263	18.87	19.471
	3 龄	$y = -0.220 + 0.025 t$	0.976	0.637	8.800	9.572	40.00	38.468
虫 合计	$y = -0.098 + 0.012 t$	0.985	0.527	8.167	8.860	83.33	78.920	
蛹	$y = -0.058 + 0.006 t$	0.997	2.561	9.667	9.443	166.67	154.146	
世代	$y = -0.031 + 0.004 t$	0.997	16.430	7.750	9.173	250.00	283.228	

1) 用 13~34℃范围内 8 个温度等级的测试值进行回归模拟, 经 χ^2 检验模拟值与实测值差异不显著

从表 2 可知, 美洲斑潜蝇卵和蛹的发育起点温度分别为 9.332 和 9.443℃, 有效积温分别是 46.872 和 154.146 日度. 1 龄、2 龄和 3 龄幼虫及全幼虫期计算得到的发育起点温度分别为 9.258、8.263、9.572 和 8.860℃; 有效积温分别是 18.928、19.471、38.468 和 78.920 日度. 用整个世代的资料计算结果表明, 世代有效积温为 283.228 日度, 发育起点温度为 9.173℃. 结合昆虫的生物学逻辑, 世代(或各虫态)的发育起点温度应是各虫态(或虫期)的发育起点温度中的最大温度. 由此可知, 美洲斑潜蝇整个世代的发育起点温度与幼虫期的发育起点温度一致, 均为 9.572℃(即第 3 龄幼虫的发育起点温度).

2.3 Stinner 模型与最大发育速率温度

由表 1 和表 2 的试验结果资料, 可以估计出美洲斑潜蝇最大发育速率温度(t_u), Steinner (1974)用 S 型函数模型描述了温度与昆虫发育速率的关系:

$$R_t = C / (1 + e^{k_1 + k_2 t}).$$

式中, R_t 为在温度 t 时的发育速率(1/d); $C = (\text{最大发育速率}) \times e^{k_1 + k_2 t}$; t_u 为最大发育速率温度; k_1, k_2 为模型参数; 当 $t < t_u$ 时, $t' = t$; 当 $t > t_u$ 时, $t' = 2 \times t_u - t$.

根据 Stinner 模型, 采用试商的方法, 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, 求得模型参数 C, k_1 和 k_2 , 然后结合线性模型, 即可求出发育上限温度(t_u), 即最大发育速率温度, 在此温度条件下, 美洲斑潜蝇获得最大的发育速率. 美洲斑潜蝇卵和幼虫的最大发育速率温度分别是 32.50 和 32.00℃, 世代的最大发育速率温度和蛹的最大发育速率温度值一样, 均为 31.50℃. 各龄幼虫的最大发育速率温度以 3 龄为大(见表 3).

表 3 美洲斑潜蝇发育速率 Stinner 模型参数值及其拟合性检验值

虫态(虫期)	k_1	k_2	C	$t_u/^\circ\text{C}$	r
卵	4. 614	- 0. 212	0. 560	32. 50	0. 986
若 1 龄	3. 499	- 0. 176	1. 200	30. 50	0. 980
	4. 433	- 0. 206	1. 420	33. 00	0. 964
	4. 367	- 0. 199	0. 685	33. 50	0. 952
虫 合计	3. 827	- 0. 183	0. 330	32. 00	0. 967
蛹	4. 310	- 0. 197	0. 165	31. 50	0. 996
世代	4. 220	- 0. 192	0. 092	31. 50	0. 995

3 讨论

(1) 美洲斑潜蝇发育起点温度与有效积温的试验结果与 Palumbo (1995)对莴苣上 (*Lettuce*)美洲斑潜蝇研究报道结果相似(卵至幼虫、蛹及整个世代的发育起点温度为 8.9、9.8 和 9.4 $^\circ\text{C}$, 世代有效积温为 271.6 日度), 但与 Parkman 等 (1989)对蓖麻豆 (*Castor Bean*)研究报道结果相差较大(卵至幼虫和蛹的发育起点温度分别是 11.1 和 12.1 $^\circ\text{C}$). 与后者相差较大的原因, 除美洲斑潜蝇地理种群或取食饲料有关外, 与试验设计也有关, 在分析方法基本相同的情况下, Parkman 等人报道的是 3 组温度 (20、25 和 30 $^\circ\text{C}$)的试验值线性回归结果. 而本试验则设置了 9 组温度进行测试.

(2) 根据本试验结果 (见表 2), 用整个世代的资料计算得到的美洲斑潜蝇世代发育起点温度为 9.173 $^\circ\text{C}$, 结合广州气象局提供的 1995 年广州地区气象资料 (年平均气温为 22.65 $^\circ\text{C}$), 可计算出年有效积温为 4 919.1 日度. 借此, 可推算该虫在广州地区年发生世代数为 17 代 (值为 17.37). 前人对美洲斑潜蝇的研究也是直接从世代资料的线性回归模型中求出世代的发育起点温度 (Palumbo, 1995; Webb et al, 1969). 然而, 依据昆虫的生物学逻辑, 其世代发育起点温度应是各虫态 (或虫期) 发育起点温度中的最大温度. 亦即美洲斑潜蝇世代发育起点温度为 9.572 $^\circ\text{C}$ (即取 3 龄幼虫的发育起点温度), 由此推算, 该害虫在广州地区 1 a 理论上可发生 16 个世代 (其值为 16.85). 此结果与室内饲养的结果 (16 代) 相吻合. 因而, 昆虫世代发育起点温度取各虫态 (或虫期) 发育起点温度中的最大温度, 从而推算年发生世代数, 不仅符合昆虫生物学逻辑, 而且提高了准确性.

参 考 文 献

广东省农业厅植保总站. 1997. 广东美洲斑潜蝇的发生为害调查. 广东农业科学, (1): 34 ~ 35
李 超. 1985. 昆虫发育起点温度估值的一种新方法. 生态学报, 5(2): 157 ~ 163
康 乐. 1996. 斑潜蝇生态学及持续控制. 北京: 科学出版社, 1 ~ 125
曾 玲, 吴佳教, 梁广文. 1996. 美洲斑潜蝇幼虫空间分布图式研究. 见: 周大荣主编. 中国植物保护研究进展. 北京: 中国科学技术出版社, 509 ~ 512
曾 玲, 吴佳教, 张森泉, 等. 1996. 美洲斑潜蝇幼虫田间取样方法研究. 见: 张芝利, 朴永范, 吴钜文, 主编.

- 中国有害生物综合治理论文集. 北京: 中国农业科技出版社, 781
- 蒲蛰龙. 1990. 农作物害虫管理数学模型与应用. 广州: 广东科技出版社, 45
- Parrella M P. 1987. Biology of *Liriomyza*. Ann Rev Ent 32: 201 ~ 224
- Parkman P, Dusky J A, Waddill V H. 1989. Biological studies of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on castor bean. Environ Entomol, 18(5): 768 ~ 722
- Palumbo J C. 1995. Developmental rate of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on lettuce as a function of temperature. Southwestern Entomologist, 20(4): 461 ~ 465
- Stinner R E, Gutierrez A P, Butler G D. 1974. An algorithm for temperature-dependent growth rate simulation. Can Ent 106: 519 ~ 524
- Webb R E, Smith F F. 1969. Effect of temperature on resistance in lima bean, tomato and chrysanthemum to *Liriomyza munda*. J Econ Entomol, 62(2): 458 ~ 462

EFFECTS OF TEMPERATURE ON THE DEVELOPMENT OF *Liriomyza sativae* (Diptera : Agromyzidae)

Zeng Ling Wu Jiajiao Liang Guangwen

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

Abstract

The development of the vegetable leafminer, *Liriomyza sativae* Blanchard on bean (*Vigna sesquipedalis*) at constant temperatures was studied in laboratory. Both regression equation and Stinner model were developed to analyse the relationship between temperature and the development rate of the leaf miner. The results indicated that a total of 16 generations of the leafminer occurred in vegetable area in Guangzhou a year. The development periods became shortened with the temperature increasing at the range of 13 to 34 °C. The lower development rate thermal thresholds(LDTT) of its egg, larvae, pupae and a generation were estimated to be 9.332, 9.572, 9.443 and 9.572 °C, respectively, while the temperature of the maximum development rate were 32.50, 32.00, 31.05 and 31.50 °C, respectively. The effective accumulated temperatures for egg, larval, pupal stage and a generation were 46.872 day-degree, 78.920 day-degree, 154.146 day-degree and 283.228 day-degree, respectively. Among instars of larvae, the 3rd instar had lowest LDTT and highest UDTT, and also the largest effective accumulated temperature. The UDTT of the pest of development was estimated to be 36 °C.

Key words *Liriomyza sativae* Blanchard; temperature; developmental rate; vegetable pest

【责任编辑 张 砾】