

斜纹夜蛾生长发育与温度的关系^{*}

张文军 庞义 齐艳红 古德祥

(中山大学生物防治国家重点实验室, 广州 510275)

摘 要 以白菜为食物, 在全温度范围内测定斜纹夜蛾 (*Spodoptera litura*) 的生长发育温度参数. 分别测定了斜纹夜蛾卵, 1~6 龄幼虫, 蛹发育及成虫产卵的起点温、最适温、最高温及有效积温. 结果表明 1~6 龄幼虫及成虫的死亡速率与温度有正相关关系. 卵及蛹的死亡速率与温度有负相关关系. 卵, 1~6 龄幼虫, 及蛹的存活有一最适温区, 温度愈高, 成虫的产卵量愈小. 建立了各龄幼虫日取食白菜叶量与温度的关系.

关键词 斜纹夜蛾 (*Spodoptera litura*), 发育, 取食, 生殖, 温度

分类号 Q 965.8

斜纹夜蛾 (*Spodoptera litura*) 是广布全世界的杂食性作物大害虫, 国外主要发生于东南亚及南亚, 在我国, 主要于长江以南为害严重, 该虫危害白菜、甘蓝、茄、蕃茄等蔬菜作物, 以及大田作物棉花、烟草、甘薯等, 是我国十大经济害虫之一.

斜纹夜蛾的生长发育主要依赖于温度, 食物对其发育也有重要影响^[1], 有关温度对该虫发育的影响, 过去报道较少, 已有的一项较为细致的研究是以莴苣为食物, 在适温区或半适温区内测定卵, 幼虫, 蛹及成虫的发育温度参数^[2]. 事实上, 斜纹夜蛾各龄幼虫的生长发育及取食量差异很大, 因此, 确定每龄幼虫各自的发育温度参数及取食量关系就十分必要, 另外, 对其发育的适温及高温参数, 过去没有进一步分析. 鉴于此, 作者以白菜为食物, 在全温度范围内对斜纹夜蛾各虫态的取食, 发育, 存活及生殖关系进行了详尽的研究, 以便全面揭示该虫的发育温度依赖机制, 为该虫的流行病系统模拟^[3]及综合防治提供基础.

1 材料与方法

准备温度为 20, 24, 28, 32, 36 及 40℃ 的恒温培养箱各 1 台, 每箱内置一水盘, 保持相对湿度 50% ~ 80%. 箱内各设 40 W 日光灯 2 只, 光照时间 14 h/d.

取斜纹夜蛾初产卵块, 每个温度置 50 个卵, 重复 1 次, 另取 5 个卵做取食量测定. 各箱内置温度计 1 只, 每日读取温度 3 次, 记载卵孵化日期和孵化率. 化为幼虫后, 饲喂新鲜白菜叶片, 每日记载各龄幼虫发育时间及死亡情况, 并测定取食量. 化为蛹后, 记载羽化时间. 羽化后, 将雌雄成虫两两配对, 饲以蜂蜜水, 记载产卵时间, 各日产卵量及死亡

^{*} “九五”国家重点科技攻关 (96- Col- 02- 04) 和广东省自然科学基金 (960057) 资助项目

收稿日期: 1996-11-11 张文军, 男, 32 岁, 副教授

时间等.

2 结果与分析

2.1 各虫态的发育温度参数

已测得斜纹夜蛾各虫态在不同温度下的发育速率 (1/发育历期), 可用发育速率模型^[4]描述发育速率与温度的关系.

$$V = \{K/[1 + \exp(-r(T - T_0))]\}[1 - \exp(-(T - T_L)W)][1 - \exp(-(T_H - T)W)] \quad (1)$$

式中, T 为温度 ($^{\circ}\text{C}$), V 为发育速率 (1/d), K 约为最适发育速率的 2 倍, r 为发育速率随温度的增长率, T_0 为最适发育温度, T_L 为发育起点温度, T_H 为发育高限温度, W 为发育对极端温度的忍耐性. 对前述测定结果, 以非线性的单纯型法^[5]拟合模型 (1), 得到表 1 所示的各参数, 由 χ^2 检验可知, 结果是可信的.

表 1 斜纹夜蛾各虫态发育对应于模型 (1) 的参数

Tab 1. Parameter values of *Spodoptera litura* development corresponding to eq. (1)

虫态	K	r	T_0	T_L	W	T_H	χ^2	n	p	y
卵	1.361 4	0.130 3	35.108 1	12.081 1	5.231 4	39.39 9	0.057 3	6	95	52.22
1 龄	7.390 2	0.144 6	32.062 4	14.614 7	6.821 8	40.285 3	0.663 7	6	95	7.35
2 龄	3.298 8	0.118 6	32.461 7	10.314 5	6.828 8	40.886 4	0.357 4	6	95	20.19
3 龄	3.661 4	0.141 3	33.228 1	7.218 6	6.811 4	41.961 4	0.178 9	6	95	22.49
4 龄	2.661 4	0.130 3	33.058 1	7.081 1	5.448 9	40.111 4	0.232 2	6	95	42.01
5 龄	1.511 4	0.122 3	36.328 1	4.788 6	7.361 4	42.761 4	0.153 4	6	95	78.58
6 龄	0.863 5	0.098 6	34.466 1	4.766 6	7.669 4	42.899 4	0.025 1	6	95	106.14
蛹	0.618 5	0.167 6	36.589 4	11.699 4	4.906 6	39.426 1	0.037 9	6	95	153.32
成虫	0.999 0	0.129 1	35.179 1	6.979 0	5.256 2	39.829 0	0.195 9	6	95	83.33

χ^2 为卡方值, n 为数据个数, p 为置信度 (%), y 为有效积温 ($^{\circ}\text{C}$)

根据表 1, 斜纹夜蛾各虫龄虫态的发育起点温差异较大, 总体趋势是, 幼虫虫龄愈大, 则发育起点温愈低, 对低温的忍耐性愈强, 发育最适温在 $32\sim 36^{\circ}\text{C}$ 内, 各虫态差异不大. 各虫态的发育最高温在 $39\sim 42^{\circ}\text{C}$ 内. 幼虫虫龄大, 则发育高限温也大, 对高温的忍耐性强, 卵、蛹发育及成虫产卵对高温的忍耐性相对较弱. 斜纹夜蛾是一种适应高温的害虫. 以直线回归测定有效积温, 随虫龄增大, 幼虫发育所需的有效积温增加 (表 1).

2.2 各虫态死亡率及死亡速率与温度的关系

各虫态的死亡率与温度具有如下依赖关系

$$D = a + bT + cT^2 \quad (2)$$

式中, D 为死亡率, T 为温度 ($^{\circ}\text{C}$), 死亡率与温度的关系参数见表 2 所示.

由表 2 的参数分析, 斜纹夜蛾各虫态各有一个死亡率最小, 即存活率最大的温区, 低温和高温下的死亡率均较大. 已定义死亡速率为 $|(dx/dt)/x|$

其中, t 为时间 (d), x 为虫量, 则各虫态的死亡速率与温度符合如下关系.

$$R = a + bT \quad (3)$$

式中, R 为死亡速率 (d^{-1}), T 为温度 ($^{\circ}\text{C}$). 各虫态的死亡速率参数列于表 3 中.

可见, 1~ 6 龄幼虫及成虫的死亡速率随温度升高而增大, 而卵与蛹的死亡速率则降低.

表 2 斜纹夜蛾各虫态 死亡率对应于模型 (2) 的参数

Tab. 2 Parameter values of *Spodoptera litura* mortality corresponding to eq. (2)

参数	卵	1龄	2龄	3龄	4龄	5龄	6龄	蛹
<i>a</i>	16. 601 9	0 142 2	0. 110 9	0. 419 1	1. 511 8	- 0. 040 8	3. 344 6	7. 792 3
<i>b</i>	- 0 999 2	- 0. 012 6	- 0. 006 6	- 0. 028 0	- 0. 108 2	- 0. 004 9	- 0. 248 4	- 0. 539 5
<i>c</i>	0. 015 3	0 000 3	0. 000 1	0. 000 5	0. 001 9	0. 000 4	0. 004 8	0. 009 3
<i>R</i>	0. 999 0	0 999 2	0. 999 9	0. 995 8	0. 988 1	0. 992 6	0. 994 7	0. 981 2
<i>n</i>	6	6	6	6	6	6	6	6
<i>p</i>	95	95	95	95	95	95	95	95
<i>T</i> _{max}	32. 7	21	33. 0	28. 0	28. 5	6. 1	25. 9	29. 0

R 为复相关系数, *n* 为数据个数, *p* 为置信度 (%), *T*_{max} 为存活率最大时的温度

表 3 斜纹夜蛾各虫态 死亡速率对应于模型 (3) 的参数

Tab. 3 Parameter values of *Spodoptera litura* dying velocity corresponding to eq. (3)

参数	卵	1龄	2龄	3龄	4龄	5龄	6龄	蛹	成虫
<i>a</i>	0. 354 3	- 0. 053 4	- 0 069 5	- 0. 075 9	- 0. 092 2	- 0. 129 9	- 0. 218 9	0. 050 4	- 0. 310 6
<i>b</i>	- 0. 005 9	0. 002 9	0. 003 7	0 003 9	0. 004 5	0. 006 1	0. 009 7	- 0. 001 5	0. 015 9
<i>r</i>	- 0. 995 6	0. 889 2	0. 908 2	0 911 0	0. 940 9	0. 923 1	0. 893 9	- 0. 962 2	0. 888 3
<i>n</i>	3	6	6	6	6	6	6	5	6

r 为相关系数, *n* 为数据个数

2.3 成虫的产卵量

随温度升高, 成虫的一生产卵量 (*E*) 减少, 每头雌虫的 *E* 与温度 (*T*) 具有如下关系

$$E=1\,735.061\,4-39.689\,9T\quad r=-0.901\,4,\quad n=6\tag{4}$$

在适温范围内 (20~ 36℃), 日产卵量 (*DE*) 与温度 (*T*) 具有正相关关系.

$$DE=-481.333\,3+24.141\,7T\quad r=0.771\,9,\quad n=5\tag{5}$$

2.4 各龄幼虫的取食量

据测定, 各龄幼虫的日取食量 (*P*) 与温度 (*T*) 有下列关系

$$P=a+ bT+ cT^2\tag{6}$$

式中, *P* 为日取食白菜叶鲜重量 (g/头), *T* 为温度 (℃), 各参数见表 4 所示.

1龄, 4龄和 6龄幼虫的取食活动分别在温度为 30, 30和 32, 42℃时最为活跃, 对 2龄, 3龄和 5龄幼虫, 取食活跃的温度偏高, 但从各实验温度下的单头全世代取食量来看, 斜纹夜蛾的取食活动在 30~ 36℃时最为活跃.

表 4 斜纹夜蛾各龄幼虫日取食量对应于模型 (6) 参数

Tab. 4 Parameter values of daily larva feeding amount corresponding to eq. (6)

参数	1龄	2龄	3龄	4龄	5龄	6龄
<i>a</i>	- 0. 004 2	0 048 6	0. 116 9	- 0. 033 7	1. 781 6	- 9. 015 9
<i>b</i>	0. 000 3	- 0. 003 3	- 0. 008 2	0. 007 2	- 0. 091 8	0. 641 9
<i>c</i>	- 0. 000 005	0. 000 059	0. 000 15	- 0. 000 12	0. 001 45	- 0. 009 9
<i>R</i>	0. 953 3	0 990 9	0. 994 5	0. 999 9	0. 993 6	0. 999 9
<i>n</i>	6	6	6	6	6	6
<i>p</i>	95	95	95	95	95	95

R 为复相关系数, *n* 为数据个数, *p* 为置信度 (%)

测定结果表明, 1 g 叶鲜重相当于 0.055 3 g 叶干重, 或 34.965 0 cm² 叶面积, 从而根据 (6) 式, 每头幼虫的日取食叶干重 PD (g) 及日取食叶面积 A (cm²) 与温度 T (°C) 的关系是

$$PD = 0.0553a + 0.0553bT + 0.0553cT^2 \quad (7)$$

$$A = 34.965a + 34.965bT + 34.965cT^2 \quad (8)$$

本研究首次以死亡速率作为表征斜纹夜蛾死亡特征的一种指标, 效果较为明显, 死亡速率可反映害虫在特定条件下对环境的一种内在适应能力, 具有规律性和可比性, 因此, 可将死亡速率作为一种死亡特征在今后的研究中尝试应用。以发育速率模型求取昆虫的发育温度参数, 相对于直线回归测定, 更能反映昆虫发育的内在机制, 本研究以直线回归测定值作为发育速率模型参数的初值之一, 进一步优化求解。因此, 结果将有较好的代表性。

参 考 文 献

- 1 W Y C. Notes on the life history of *Prodenia littoralis* Boisd (Lep. Noctuidae). Ling Sci J, 1937, 16 (2): 261~ 263
- 2 蒲蛰龙. 温度对斜纹夜蛾 (*Prodenia litura* Fab.) 生长发育的影响. 中山大学学报 (自然科学版), 1961, 4 27~ 35
- 3 张文军, 庞义, 齐艳红, 等. 斜纹夜蛾杆状病毒流行病模拟模型研究. 中山大学学报, 1997, 36 (1): 11~ 16
- 4 王如松. 昆虫发育速率与温度关系的数学模型研究. 生态学报, 1982, 2 (1): 54~ 59
- 5 张文军, 汪世泽, 袁志发. 单纯型算法求解非线性方程参数及拟合检验. 西北农业大学学报, 1989, 17 (增刊): 51~ 56

Relationship Between Temperature and Development of *Spodoptera litura* F.

Zhang Wenjun^{*} Pang Yi Qi Yanhong Gu Dexiang

Abstract Taking the Chinese Cabbage as the diet, temperature parameters for growth and development of *Spodoptera litura* F. were determined within entire temperature range. The base temperature for development of egg, 1st-6th instar larvae, pupae and egg laying was determined, and also the optimum temperature the highest temperature and the effective cumulative day degrees. The results showed that the relationship between dying velocity and temperature for 1st-6th instar larvae and adult shows a positive correlation, however, for egg and pupae show a negative correlation. There are optimum temperature range for survival of egg, 1st-6st instar larvae, and pupae. As the rising of temperature, the amount of egg laying will decrease.

Keywords *Spodoptera litura* F., development, feeding, reproduction, temperature

^{*} State Key Laboratory for Biocontrol, Zhongshan University, Guangzhou 510275