

溫度对斜紋夜蛾(*Prodenia litura* Fab.) 生长发育的影响

蒲蛰龙 朱金亮 陈熙雯 包金才

(生物系)

前 言

斜紋夜蛾(*Prodenia litura* Fab.)亦称蓮紋夜蛾,属鳞翅目夜蛾科,是一种食性很杂的多食性昆虫。据調查在广东省为害十六科的四十六种农作物^[1]。几乎全年內在广东有繁殖发生,冬季无休眠现象。在国内的分布甚广。

溫度因子对斜紋夜蛾生长发育影响的研究,国内外的报导不多。吳玉洲(1937)^[10]曾作生活史研究;Basu(1943;1945)^{[11]、[12]}曾进行了食物因子对其发育影响的研究及生物学观察。最近,章士美、汪广(1959)^[2]及广东省农科所(1960)^[1]均进行了生物学观察等。

目前在我国許多地区,关于此种害虫的发生规律尚未了解清楚。斜紋夜蛾为多化性鳞翅目昆虫,环境溫度高低会显著地影响它的发育速度,在一定程度上,溫度可以决定一年中出现的世代数。研究溫度因子对其生长发育的影响,并利用其有效积溫来推算各地区一年中可能发生的世代数目和发生历期,在理論与实际应用中是具有一定意义的。我們自一九六〇年二月起,在實驗室条件下着重研究了溫度因子对其生长发育的影响,已得初步結果。本文簡單的总结了溫度对斜紋夜蛾卵、成虫、蛹及幼虫各虫期发育速度的影响,并按試驗所得資料数据求出斜紋夜蛾的发育起点溫度及有效积溫数(日度),以供預測预报工作的参考。

一、試驗方法

本試驗在室內条件下进行,自一九六〇年二月起至八月止,大多数試驗組經過一次的重复处理。供試驗的斜紋夜蛾于一九六〇年一月份采自广州市郊区蔬菜園,自幼虫开始在室內 $27^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 下飼养,經過1至2代繁殖后,用作試驗材料。

實驗溫度的控制与調節是利用复式恒溫箱,箱內能任意調節到通常實驗所需的溫度,每单个箱內皆裝有測溫度的康銅热电偶及調節光照時間的自动控制設備,所有溫箱放在低溫室內,溫箱控制溫度的变动范围在 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$,箱內湿度常保持50—70%,光照

注:参加本試驗工作的同志有林佩卿、徐历杏等。

調節在接近當地夏季的日照時數13小時，光源用20W螢光灯。現將各蟲期試驗方法分別略述于后：

1. 卵：用當天晚上成蟲產下的卵，翌日上午進行處理，每組30余顆，放入 2×6 厘米（口徑 $\times$ 高）的標本管中，以白報紙及橡皮圈封蓋，放置恒溫箱內每天檢查觀察1至2次。

2. 幼蟲：用當天孵化的幼蟲，每組50頭左右，放在玻璃缸內飼養，3齡前用 5×5.5 厘米的小型玻璃缸，自4齡起用較大的 7.5×15 厘米的玻璃缸，用紗布及橡皮圈蓋扎，以防止幼蟲逃走。為保持同幼蟲外界的生活環境條件，在每個玻璃缸內預先放入約2厘米厚的經過消毒的細砂土，土壤呈濕潤狀態，其含水量約為12%。幼蟲飼料用蒿管，每天換飼料一次，添加飼料1至2次。

3. 蛹：以當天化成的蛹，按每個處理組10頭（5♀，5♂），成對放入 5.5×5 厘米的玻璃缸內，在玻璃缸內亦放有1厘米厚的細砂土，缸口用白報紙及橡皮圈蓋扎，每天觀察一次。

4. 成蟲：用當天羽化的成蟲，每個處理組用5對（♀與♂），分對飼養，放入 8×7 厘米的兩端帶鐵紗蓋的玻璃缸內，在玻璃缸的內壁約占2/3高度處，衬上一層白報紙，以方便成蟲站立活動和產卵。成蟲飼料用1:10蜜水，蜜液吸于棉花團上，放在玻璃缸內，供成蟲取食，每天檢查成蟲的產卵情況。

二、溫度對生長發育影響試驗

1. 成蟲：在適度較高溫度 26.4°C 下經3.3天開始產卵，在較低溫度 15.7°C 下經10.6天開始產卵，但當溫度高達 30.1°C 時其產卵開始時間又延長為4.5天。產卵期以 21°C 及 25.2°C 下最短，皆為1.6天。成蟲壽命受溫度影響較為明顯，高溫下壽命短，低溫下壽命長（見表1）。

（表1）斜紋夜蛾成蟲在不同溫度下的生命活動

溫 度 ($^{\circ}\text{C}$)		15.7	18.1	21.0	25.2	26.4	30.1
光 照 (小時)		13	13	13	13	13	13
開始產卵期(天)		10.6	6.2	5.0	4.6	3.3	4.5
產 卵 期 (天)		2.0	2.4	1.6	1.6	2.0	2.5
壽 命 (天)	平 均	12.1	8.9	7.5	6.1	5.2	5.0
	最 長	16.0	13.0	12.0	8.0	7.0	6.0
	最 短	8.0	6.0	6.0	4.0	3.0	3.0

2. 卵：在 10°C 下不能發育與孵化，在 15.2°C 至 28.9°C 範圍內卵期隨着溫度增高而縮短，但當溫度高達 39.2°C 時卵的孵化受到抑制，卵期顯著增長至3.9天。卵孵化率根據我們所得資料，其規律性很不明顯，有待今後再作試驗（見表2）。

(表 2) 在不同温度下斜纹夜蛾卵的孵化

温 度 (°C)	10.0	15.2	18.6	21.2	23.7	27	28.9	34.8	39.2
光照 (小时)	0	0	13	13	13	13	13	13	13
卵 数	30	30	30	30	30	31	30	30	30
孵化率%	0	87	83	69	87	90	87	50	83
卵 期 (天)	平 均	0	8.9	5.9	5.5	4.0	3.1	2.5	3.9
	最 长	0	9.0	7.0	1.5	5.0	3.2	—	—
	最 短	0	8.8	5.6	5.5	3.8	2.8	—	—

3. 幼虫: 从试验结果中看出: 幼虫在较低温 10.4°C 下及较高温 43.9°C 下皆不能正常发育及生存。在 15.1°C 至 34.2°C 间, 幼虫的发育速度则随温度升高发育相应地加快, 几乎成一定的比例关系。但当温度增至 39.9°C 时, 发育因受抑制反而减慢。幼虫的死亡率表现在 18°C 以下及 39.9°C 以上的温度下渐渐增大 (见表 3)。

(表 3) 在不同温度下斜纹夜蛾幼虫的生长发育

温 度 (°C)	10.4	15.1	18.0	21.1	23.9	27.2	29.6	34.2	39.9	43.9
光照 (小时)	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
幼 虫 数	43	50	34	42	41	35	41	37	42	38
发育期 (天)	平 均	0	50.3	37.2	25.8	20.7	14.5	12.1	10.0	0
	最 长	0	56.0	42.0	33.0	23.0	21.0	15.0	10.0	0
	最 短	0	48.0	35.0	24.0	19.0	12.0	11.0	10.0	0
死亡率%	100.0	72.0	60.0	31.0	34.2	31.4	48.8	46.0	88.1	100.0

4. 蛹: 蛹在 15°C 下发育期甚长, 平均为 39 天, 当温度增至 18.6°C 时, 平均发育期为 23.8 天, 在较高温 33°C 下仅需 7.1 天即可完成发育, 羽化出蛾。可见斜纹夜蛾蛹在较低温度 15°C 以下明显地延长了发育期, 这时是否出现低温暂时抑制其生长发育的现象, 有待深入研究 (见表 4)。

(表 4) 温度与斜纹夜蛾蛹的发育期

温 度 (°C)	15.0	18.6	20.5	23.8	26.3	31.0	33.0
光照 (小时)	0	13	13	13	13	13	13
蛹 数	27	29	30	30	30	30	18
蛹 期 (天)	平 均	39.0	23.8	17.3	12.6	9.4	7.1
	最 长	45.0	27.0	29.0	15.0	10.5	7.4
	最 短	30.7	20.0	14.0	9.3	8.0	7.0

三、斜紋夜蛾各虫期的发育起点与有效积温数

斜紋夜蛾的发育起点与有效积温的求得，系利用上述資料（见表1—4），在各虫期的試驗中选择正常发育溫度范围内若干種溫度与其发育速度，利用下列公式〔3〕、〔4〕，計算出各虫期及整代生活史的发育起点与有效积温数。

$$K = \frac{n\sum VT - \sum V \cdot \sum T}{n\sum V^2 - (\sum V)^2}, C = \frac{\sum V^2 \cdot \sum T - \sum V \cdot \sum VT}{n\sum V^2 - (\sum V)^2}$$

式中 n 为观察組数； T 为观察溫度； V 为溫度 T 下的发育速率； k 为有效积温； C 为发育起点溫度。

茲將斜紋夜蛾各虫期及整个生活史的发育起点溫度及有效积温列表計算于后：

（表5）斜紋夜蛾卵的发育起点与有效积温計算表

	T (溫度)	V (发育速度)	VT	V ²
	15.2	0.1124	1.7085	0.0126
	21.2	0.1818	3.8541	0.0331
	23.7	0.2500	5.9250	0.0625
	27.0	0.3228	8.7102	0.1041
	28.9	0.4000	11.5600	0.1600
Σ	116	1.2668	31.7589	0.3723

$$C = \frac{\sum V^2 \cdot \sum T - \sum V \cdot \sum VT}{n\sum V^2 - (\sum V)^2} = \frac{0.3723 \times 116 - 1.2668 \times 31.7589}{5 \times 0.3723 - (1.2668)^2} = \frac{2.9546}{0.2567} = 11.5^\circ\text{C}$$

$$K = \frac{n\sum VT - \sum V \cdot \sum T}{n\sum V^2 - (\sum V)^2} = \frac{5 \times 31.7589 - 1.2668 \times 116}{5 \times 0.3723 - (1.2668)^2} = \frac{11.8457}{0.2567} = 46.1(\text{日度})$$

（表6）斜紋夜蛾幼虫发育起点与有效积温計算表

	T (溫度)	V (发育速度)	VT	V ²
	18.0	0.0269	0.4842	0.0007
	21.1	0.0388	0.8187	0.0015
	23.9	0.0483	1.1544	0.0023
	27.2	0.0690	1.8768	0.0048
	29.6	0.0826	2.4450	0.0068
Σ	119.8	0.2656	6.7791	0.0161

$$C = \frac{\sum V^2 \cdot \sum T - \sum V \cdot \sum VT}{n\sum V^2 - (\sum V)^2} = \frac{0.0161 \times 119.8 - 0.2656 \times 6.7791}{5 \times 0.0161 - (0.2656)^2} = \frac{0.1283}{0.0100} = 12.8^\circ\text{C}$$

$$K = \frac{n\sum VT - \sum V \cdot \sum T}{n\sum V^2 - (\sum V)^2} = \frac{5 \times 6.7791 - 0.2656 \times 119.8}{5 \times 0.0161 - (0.2656)^2} = \frac{2.0766}{0.0100} = 207.6 (\text{日度})$$

(表 7) 斜纹夜蛾蛹的发育起点与有效积温计算表

	T (温度)	V (发育速度)	VT	V ²
	15.0	0.0256	0.3840	0.0007
	18.6	0.0420	0.7812	0.0018
	20.5	0.0578	1.1849	0.0033
	23.8	0.0794	1.8897	0.0063
	26.3	0.1064	2.7983	0.0113
	30.9	0.1316	4.0664	0.0173
Σ	135.1	0.4428	11.1045	0.0407

$$C = \frac{\sum V^2 \cdot \sum T - \sum V \cdot \sum VT}{n\sum V^2 - (\sum V)^2} = \frac{0.0407 \times 135.1 - 0.4428 \times 11.1045}{6 \times 0.0407 - (0.4428)^2} = \frac{0.6815}{0.0481} = 12^\circ\text{C}$$

$$K = \frac{n\sum VT - \sum V \cdot \sum T}{n\sum V^2 - (\sum V)^2} = \frac{6 \times 11.1045 - 0.4428 \times 135.1}{6 \times 0.0407 - (0.4428)^2} = \frac{6.8047}{0.0481} = 141.4 (\text{日度})$$

(表 8) 斜纹夜蛾成虫发育起点与有效积温计算表

	T (温度)	V (发育速度)	VT	V ²
	15.7	0.0826	1.2968	0.0068
	18.1	0.1124	2.0344	0.0126
	20.9	0.1333	2.7860	0.0178
	25.2	0.1636	4.1231	0.0274
	26.4	0.1923	5.0767	0.0370
	30.1	0.2000	6.0200	0.0400
Σ	136.4	0.8862	21.3870	0.1416

$$C = \frac{\sum V^2 \cdot \sum T - \sum V \cdot \sum VT}{n\sum V^2 - (\sum V)^2} = \frac{0.1416 \times 136.4 - 0.8862 \times 21.3870}{6 \times 0.1416 - (0.8862)^2} = \frac{0.3610}{0.0642} = 5.6^\circ\text{C}$$

$$K = \frac{n\sum VT - \sum V \cdot \sum T}{n\sum V^2 - (\sum V)^2} = \frac{6 \times 21.3870 - 0.8862 \times 136.4}{6 \times 0.1416 - (0.8862)^2} = \frac{7.4443}{0.0642} = 115.9 (\text{日度})$$

(表9) 斜紋夜蛾整個生活史的发育起点与有效积温計算表

	T (溫度)	V (发育速度)	VT	V ²
	15.3	0.0090	0.1377	0.0001
	18.3	0.0132	0.2416	0.0002
	21.0	0.0178	0.3738	0.0003
	24.2	0.0230	0.5566	0.0005
	26.7	0.0310	0.8277	0.0010
Σ	105.5	0.0940	2.1374	0.0021

$$C = \frac{\Sigma V^2 \cdot \Sigma T - \Sigma V \cdot \Sigma VT}{n \Sigma V^2 - (\Sigma V)^2} = \frac{0.0021 \times 105.5 - 0.0940 \times 2.1374}{5 \times 0.0021 - (0.0940)^2} = \frac{0.0207}{0.0017} = 12.1^{\circ}\text{C}$$

$$K = \frac{n \Sigma VT - \Sigma V \cdot \Sigma T}{n \Sigma V^2 - (\Sigma V)^2} = \frac{5 \times 2.1374 - 0.0940 \times 105.5}{5 \times 0.0021 - (0.0940)^2} = \frac{0.7700}{0.0017} = 452.9 (\text{日度})$$

綜合以上(表5至9)中計算所得結果, 現將斜紋夜蛾各虫期及整個生活史的起点发育溫度及有效积温总列表于下(见表10)。

(表10) 斜紋夜蛾各虫期的发育起点与有效积温

发育阶段	发育起点 (°C)	有效积温 (日度)
卵 期	11.5°	46.1
幼 虫 期	12.8°	207.6
蛹 期	12.0°	141.4
成 虫 期	5.6°	115.9
整代生活史	12.1°	452.9

四、斜紋夜蛾发生地理学与积温之关系

依照上述試驗結果, 斜紋夜蛾整代生活史的发育起点溫度为12.1°C, 有效积温为452.9(日度)(见表10)。我們試根据全国各地常年每月平均气温資料, 推算出各地斜紋夜蛾的发育常年可能累积的有效积温总数(k'), 并依此估計各地区一年中可能发生的世代数。

气象資料是按中央气象局1951年出版的“中国气象資料”一书內取得的全国若干地点的常年每月平均气温記錄, 按常用的公式 $K = N(T - C)$, 算出各地区常年每月可能累积的有效积温数以及全年的有效积温总数。若該月的平均气温低于发育起点溫度时, 則以零計。例如: 广州市常年平均气温(取自中央气象局1951年出版的一书中按1924—1937年間計算)如下:

月 份	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
月平均温度(°C)	13.2	14.0	17.1	21.7	26.2	27.6	28.6	28.7	27.7	23.9	20.0	16.2

因此,广州市常年气温对斜纹夜蛾整个生活史发育可以累积的有效积温总数,按 $C = 12.1^{\circ}\text{C}$ 代入公式求得为: $K = 31(13.2 - 12.1) + 30(14.0 - 12.1) + 31(17.1 - 12.1) + 30(21.7 - 12.1) + 31(26.2 - 12.1) + 30(27.6 - 12.1) + 31(28.6 - 12.1) + 31(28.7 - 12.1) + 30(27.7 - 12.1) + 31(23.9 - 12.1) + 30(20.0 - 12.1) + 31(16.2 - 12.1) = 3296.1$ (日度)

其它各地的常年有效积温总数,皆照此方法推算。现将各地区世代数推算结果列于下表(11)中。

(表11) 斜纹夜蛾在我国某些地区可能发生的世代数与积温之关系

地 名	緯 度	經 度	拔 海 (米)	年平均 温 度 (°C)	年有效累积 温度(日度) $K' = \sum(T - 12.1)$	世代数指 标 = $\frac{K'}{K}$	估计发 生代数	实 际 发生 世代数	备 考
北 京	39°54'	116°28'	42.8	11.8	1751.4	3.9	4		
济 南	36°40'	117°02'	53.9	14.6	2302.2	5.2	5		
西 安	34°15'	108°55'	395.0	14.1	1987.4	4.4	4—5		
南 京	32°03'	118°47'	67.9	15.3	2195.3	4.7	4—5		
杭 州	30°16'	120°10'	10.0	16.4	2254.1	5	5		
重 庆	29°33'	106°33'	217.1	18.7	2342.3	5.2	5		
武 昌	30°32'	114°16'	—	16.8	2432.2	5.4	5—6		
南 昌	28°41'	115°27'	—	17.1	2364.5	5.3	5—6	5—6	
福 州	25°59'	119°27'	19.8	19.8	2912	6.4	6—7		
广 州	23°08'	113°17'	13.4	22.1	3296.1	7.3	7—8		

五、討論及小結

根据我們的初步試驗結果看出,斜纹夜蛾是一种較能抗高温的昆虫。它的卵在 39.2°C 的恒温下,仍可以发育与孵化,其孵化率达83%左右。幼虫在 39.9°C 的恒温下,虽然死亡率相当高,仍有一部分可以正常的发育。依过去的研究报道,許多昆虫种类通常在 38°C 下就开始进入高温昏迷状态,而斜纹夜蛾在接近 40°C 的高温下,仍可生存,可见斜纹夜蛾的抗高温性是比较强的。在广州的一些年份里(1959年)曾大发生于炎热的7、8月份,并在自然界造成灾害。

虽然,有效积温法则有其局限性与片面性,积温数不是绝对的,而是按統計学方法計算出来的平均值,与实际情况常常有很大誤差。但是,应用有效积温来推算一些农业

害虫的常年可能发生的世代数与发生历期, 在进行预测预报时仍有一定的参考价值, 目前也常应用于生产实践中。

根据我們試驗結果, 計算出斜紋夜蛾各发育期与整个生活史发育起点和有效积温如下:

卵期发育起点为 11.5°C 有效积温常数为46.1(日度)

幼虫期发育起点为 12.8°C 有效积温常数为207.6(日度)

蛹期发育起点为 12.0°C 有效积温常数为114.4(日度)

成虫期发育起点为 5.6°C 有效积温常数为115.9(日度)

整代生活史发育起点为 12.1°C 有效积温常数为452.9(日度)

利用常年有效积温推测出各地区每年可能发生的世代数大致是:

广州 7—8代 杭州 5代

福州 6—7代 南京 4—5代

南昌 5—6代 西安 4—5代

武昌 5—6代 济南 5代

重庆 5代 北京 4代

参 考 文 献

- [1] 广东省农科所: 1960. 斜紋夜蛾的生物学观察. 广东农业 3: 58—62.
- [2] 章士美、汪广: 1959. 斜紋夜蛾 *Prodenia litura* Fab. 的初步观察. 昆虫知識 1959(3): 83—84.
- [3] 馬世駿: 1960. 几个关于害虫预测的生态学問題. 昆虫知識 1960(2): 42—46.
- [4] 林昌善、郑臻良: 1958. 有效积温法則在我国粘虫发生地理学上的檢驗. 昆虫学报 8(1): 41—56.
- [5] 阳惠霖等: 1959. 一字紋稻苞虫研究 I, 有效积温檢驗. 昆虫学报 9(2): 137—148.
- [6] 南京农学院科学研究专刊: 1961. 小地蚕卵及幼虫发育有效积温的測定及有效积温法則, 在小地蚕发生期预测应用上的討論. 小地蚕研究論文集(一): 12—22.
- [7] Шеголев, В. Н. ДР.: 1949. 农业昆虫学(中譯本)
- [8] Яхонтов, В. В.: 1960. 昆虫生态学(中譯本)
- [9] Горышин, Н. И.: 1960. 昆虫实验生态学讲义(油印本)
- [10] Ng, Y. C. 1937, Notes on the life history of *Prodenia littoralis* Boisd. (Lep. Noctuidae). Ling. Sci. J. 16(2): 261—263.
- [11] Basu, A. C. 1943. Effect of different foods on the larval and post-larval development of the moth *Prodenia litura* F. J. Bombay Nat. Hist. Soc. 44(2): 275—288.
- [12] ———— 1945. Life history and bionomics of the cauliflower pest, *Prodenia litura*. F. in Bengal. Sci. & Cult. 10(10): 420—422.