

三化螟有效积温的研究

I. 各虫态期的发育零点和其有效积温

林 郁、祝兆麒、胡家骥、柏思文

(中国农业科学院, 华东农业研究所)

叶 正 楚

(中国农业科学院 植物保护研究所)

药剂治螟, 随着农业生产大跃进的需要, 史无前例地蓬勃发展起来。过去的事实证明, 螟情测报在药剂治螟上, 起了重要的作用, 是确保治螟效果的必要措施。

目前螟情测报, 主要是根据幼虫化蛹进度以预测发生期, 还不能完全满足形势发展的要求。为了进一步提高测报的作用, 需要比较长期的发生预测办法。有效积温是长期预测的一种方法。江西农业科学研究所研究过三化螟越冬幼虫化蛹的最低温度, 认为4月间气温超过 16°C 以上时延续达9天, 越冬幼虫就能化蛹(1955)。华南农研所也曾经探讨过这问题, 报道卵的发育零点为 $14.2-14.5^{\circ}\text{C}$, 蛹为 $13.5-13.8^{\circ}\text{C}$, 卵的有效积温为 $99.831-100.535$ 日度, 蛹为 $125.811-128.282$ 日度(1957)。

有效积温在螟情预测上的应用问题, 为各方所重视, 亟待研究解决。现将我们的初步工作总结出来, 供有关方面研究参考。

一、试 验 方 法

本试验陆续进行三年(1956—1958), 分为各虫态发育零度测定和各虫态的历期观察两部分。

关于发育最低度测定的方法系在各种低温度下直接观察各虫态的生长发育, 试验所用的温箱计有 $12-20^{\circ}\text{C}$ 等多级恒温, 以及 $17-23$, $23-29$ 和 $29-35^{\circ}\text{C}$ 等三种变温, 这些温箱都放在 $2-10^{\circ}\text{C}$ 的冰库内, 各种温箱的温差均在 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 之内。供试的各虫态材料均按下列办法采集。

(1) 卵: 从田间或诱蛾灯下捕捉螟蛾, 放入 $23-50$ 厘米的圆纱笼内, 使其产卵于钵栽的水稻上面, 翌晨即采集进行各种试验。同时在钵栽的水稻上留存一定数量的卵块, 观察田间卵的历期。

试验的卵块连叶摘下, 分别放在 0.6×6.5 厘米的玻璃管中, 每管一块, 管的两端塞棉花, 若干玻璃管束为一捆, 放入 6×16 厘米的标本瓶内支架上面, 瓶底盛一层蒸馏水, 瓶盖涂凡士林密封, 然后将标本瓶放置于各级温度内。每天观察卵块孵化情况, 随发现孵化, 随计算幼虫数, 并将卵块浸入波氏(Bouin's)固定液内, 24小时后转入70%酒精内保存供检

查用。未孵化的卵块于 150 天后取出固定后亦在 70% 酒精内保存。

在检查卵块内卵粒发育之前,先浸卵块于 1—2% 氢氧化钠溶液内,于 30℃ 内放置 48 小时后取出检查,但低温处理的卵块于氢氧化钠溶液处理之后,进行脱水,又在 Carbo-Xylol (2:1) 溶液内透明后检查。

(2) 幼虫: 各代在田间采用卵块,幼虫随孵化随即开始试验。在 1.5×18 厘米的试验管中放 5 毫升许的田井氏水耕液,放进分蘖期的稻株 3 支,然后接放蚊螟 5—6 头,管口用玻纸包束的棉花塞住,隔一定的时间观察其生育情况,1—3 代各代的幼虫均在 12°、13°、14°、15° 及 16° 等 5 级低温内用分蘖期的稻株饲养。第一代饲养 175 天,第二代 133 天,第三代因冬季来临,田间水稻不能生长,饲料不继,只饲养 86 天。

(3) 蛹: 从田间采集老熟幼虫,装入 0.3×4.5 厘米的小玻管内,两端塞棉花,若干管扎为一束,放进保湿的玻缸内,复用黑布遮光。每天检查其化蛹。随发现蛹随即开始试验。

另在 6×16 厘米的标本瓶底部盛一层蒸馏水,将纱布包裹玻棒支架,放入瓶内,其上放上述盛蛹的玻管束,使玻管的一端棉花塞接触于湿纱布上面,因此小玻管束内空气保持饱和湿度。标本瓶放进温箱后又用红黑布遮光。同时以同样的材料,放于室外 0.7 米高无顶的纱笼中,上罩白铁盖,作为对照。每天观察上述各处理内蛹的羽化。

关于幼虫的饲养方面,1957 年采用 23—29℃ 和 29—35℃ 两级变温,1958 年则采用 17—23℃、23—29℃、29—35℃ 三级变温,每级的温度量同在一个温箱里面循环不息地在其一定的两端温度范围内转变,其中央温度各为 20℃、26℃ 和 32℃,亦即各该级的平均温度。幼虫也放在 6×16 厘米的试管内饲养,方法同前。但在水耕液内,增加一、二滴 0.3% 过氧化氢。饲料因试验目的不同,采用分蘖、圆稈和稻穗等不同水稻生育期的稻株。

卵和蛹的历期除了在上述 17—23°、23—29°、29—35℃ 等变温内观察外,复在田间进行观察以资比较。

二、发育零点的测定

1. 卵: 卵块在 12—18℃ 等温度内测定结果(见表 1), 17℃ 内,方有蚊螟爬出卵块, 16℃ 内则未见有孵化的卵块。在卵胚胎发育方面, 12℃ 到 14℃ 的各级温度中,胚胎都没

表 1 不同温度下卵块孵化情况 (1957)

供试温度 ℃	1 代		2 代		3 代	
	卵块数	孵化卵块数	卵块数	孵化卵块数	卵块数	孵化卵块数
14	24	0	15	0	20	0
15	24	0	15	0	20	0
16	24	0	15	0	20	0
17	24	4	15	8	20	20
18	24	6	—	—	—	—
田间	14	14	15	15	28	28

有发育。15℃ 内 66.18% 的供试卵块有少数卵粒发育,这种发育的卵粒只占总卵粒的 21.77%,胚胎虽具幼虫雛态,但体节尚不明显。16℃ 内胚胎已发育的卵块增到 64.0%,

这 64% 卵块的总卵粒内只有 75% 的卵粒已发育为幼虫形态, 体节明显, 但不能嘴孔脱离卵壳。17℃ 内有 78.03% 的卵块具有发育的卵粒, 其 97.78% 卵粒, 已有成形的幼虫, 但完全脱离卵壳孵化出来的幼虫只占发育的卵粒 42.86%, 尚有 16.25% 的蚁螟尚在卵壳和卵块之间不能孵化出来, 其余的仍在卵内。温度达 17℃ 以上时, 胚胎已发育的卵粒没有显著增加, 但孵化出来的蚁螟数量随着温度上升而逐步增加 (见表 2), 因此, 17℃ 为蚁螟孵化的最低温度 (或称发育起点), 而 16℃ 乃是胚胎发育的最低温度亦为卵的发育零点。

表 2 不同温度下卵发育情况 (1957)

供试温度 ℃	观察卵 块数(只)	发育卵数 百分率(%)	出壳幼虫 百分率
20	1522	95.6	62.94
19	333	98.5	73.27
18	612	98.69	69.77
17	406	97.78	59.11
16	100	75.0	0
15	450	21.6	0
14	100	0	0
12	100	0	0

卵孵化对低温的抵抗力与试验开始时胚胎发育程度有密切关系。从表 3 的结果来看, 卵的胚

表 3 不同温度下卵的发育与孵化情况 (1957)

处 理	在23— 29℃内 放置天 数	供试卵 粒数 (粒)	已发育的卵粒百分率(%)				未发育 的卵粒 %	孵 化 %		历 期 (天)		
			孵出卵块 的蚁螟%	已出卵壳而 在卵块内的 蚁螟%	已发育而 未出卵壳 的虫%	共计		供试卵 块 数	孵化卵 块%	最长	最短	平均
对照 (在 23—29℃ 内) 对照		1259	88.72	6.59	2.62	97.93	2.07	17	100.00	8	7	7.90
	全部	1116	67.65	17.92	9.32	94.89	5.11	30	100.00	7	6	6.10
16℃内	0	100	0	0	50.00	50.00	50.00	24	0	0	0	0
	1	1302	3.30	1.23	93.24	97.79	2.21	19	74.68	31	26	27.64
	2	1552	9.39	4.57	81.70	95.66	4.34	20	85.00	22	18	19.47
	3	1160	5.86	7.93	81.47	95.26	4.74	20	90.00	18	10	15.27
	4	1563	23.48	6.72	68.65	98.85	1.15	20	100.00	11	8	8.80
	5	1354	34.93	10.04	50.52	95.41	4.51	20	90.00	6	3	3.50
15℃内	0	100	0	0	14.00	14.00	86.00	24	0	0	0	0
	2	—	—	—	—	—	—	20	0	0	0	0
	3	1095	3.01	2.37	94.34	99.72	0.28	20	60.00	24	20	22.16
	4	1612	6.51	2.36	90.07	98.94	1.06	20	100.00	13	10	11.15
	5	1452	16.67	14.46	68.66	99.79	0.21	20	100.00	6	2	4.45
14℃内	0	100	0	0	0	0	100.0	24	0	0	0	0
	2	—	—	—	—	—	—	20	0	—	—	—
	3	—	—	—	—	—	—	20	0	—	—	—
	4	2511	4.90	1.72	92.46	99.08	0.92	20	100.00	17	12	14.50
	5	1089	16.62	8.54	73.55	98.71	1.29	20	100.00	10	3	6.00
13℃内	3	—	—	—	—	—	—	20	0	—	—	—
	4	304	2.96	1.32	95.72	100.00	—	20	10.00	21	17	19.50
	5	878	6.15	2.85	89.52	98.52	1.48	20	70.00	20	5	10.00
12℃内	3	—	—	—	—	—	—	20	0.60	—	—	—
	4	—	—	—	—	—	—	20	0	—	—	—
	5	—	—	—	—	—	—	20	0	—	—	—

胎发育愈完全而愈能在較低温度孵化。如卵块产后在高温(23—29℃)内放置一天后即移进16℃内,結果发育的卵粒达97.79%,孵化的只3.3%。在高温内放置5天的,虽然发育的卵粒沒有增加,而孵化的虫数則增到34.93%。如欲使卵粒在15℃之下发育孵化时必须要在高温内放置3天,在13—14℃下时則須延长到4天,但在12℃内卵粒完全不能发育和孵化。在低温内卵的历期与高温内放置時間有关,在高温内時間愈长,而低温内的历期愈短。如在23—29℃内放一天的卵块在16℃内的历期平均为27.6天,在23—29℃放置5天的只为3.5天。

表 4 1—3 代 幼 虫 在 不 同

处理温度 ℃	1 代 幼 虫																			
	供試虫数 (头)	92天后检查 (Ⅵ/6—Ⅸ/6)				115天后检查 (Ⅵ/6—Ⅸ/29)					126天后检查 (Ⅵ/6—Ⅹ/10)					160天后检查 (Ⅵ/6—Ⅺ/13)				
		2齡	3齡	4齡	5齡	3齡	4齡	5齡	6齡	化蛹	3齡	4齡	5齡	6齡	化蛹	3齡	4齡	5齡	6齡	化蛹
12	360																			
13	360																			
14	360	1																		
15	360	1	1	4		1	2				1		1			1			1	
16	360		1	6	3	1	2	2	1	2	1	2		2	2		1		1 3	

2. 幼虫：三化螟幼虫的发育零点,經試驗結果分析,应分为脱皮和化蛹两种。表4的結果指明,幼虫在12℃内能生活,而不能生长脱皮,13℃和14℃内幼虫能生长脱皮,但死亡很大,生存数量很少,15℃内幼虫能生长发育到6齡,但沒有化蛹的,16℃内幼虫可以順利生长发育,完成变态。

为了証实幼虫能否在12—14℃等温度内生长发育,进一步把2—3齡刚脱过皮的幼虫放进12—14℃内进行观察(表5)。12℃内幼虫能够生活若干時間,但都未見生长脱

表 5 2—3 齡幼虫在 12—14℃ 內脱皮情况 (1957)

試驗开始 时 虫 齡 (齡)	代数	12℃		13℃		14℃		备 註
		虫 数	脱皮虫数	虫 数	脱皮虫数	虫 数	脱皮虫数	
2	2			41	1	41	3	只入4齡
	3	40	0	40	4			5齡
3	2			33	11	31	14	13℃內一虫,
	3	46	0	20	0			14℃二虫入5齡
4	3	16	0					

皮,13℃内幼虫則能生长脱皮。又另有38条老熟的3齡幼虫(已过前胸腺活动的临界期的)放进13℃的温箱内,有5条幼虫脱皮,同时44条老熟的3齡幼虫放进12℃的温箱内,头部虽能現出裂縫行将脱皮,但未能完成而死亡。这些結果,都說明13℃是三化螟幼虫生长脱皮的最低温度。

幼虫的化蛹最低温度要比脱皮的最低温度高些。根据表4和表6的結果,15℃内幼

虫生活 160 天,发育到 5 齡而不能化蛹,但在 16℃ 內生活 115 天即已化蛹。因此 16℃ 是老熟幼虫化蛹的最低温度。

4 齡幼虫化蛹的抗低温能力,和其生理状态有密切关系。刚脱过皮的 4 齡幼虫在 16℃ 以下的各种温度內固不能化蛹,但是将老熟的幼虫在其身体收缩后,放进 14℃ 和 15℃ 等温度內都能順利化蛹。身体收缩已届前胸腺活动的临界期,这結果說明了前胸腺的分泌作用須在 16℃ 或以上的温度始能完成,等到生长脱皮激素已届足够的数量时,幼虫化蛹的生理作用可在 16℃ 以下的低温內照旧进行无阻。

温度下发育情况 (1957)

2 代 幼 虫									3 代 幼 虫								
供試虫数(头)	35天后检查 (Ⅶ/15—Ⅷ/29)		76天后检查 (Ⅶ/15—Ⅷ/29)			110天后检查 (Ⅶ/15—Ⅷ/2)			供試虫数(头)	70天后检查 (Ⅷ/9—Ⅷ/28)				86天后检查 (Ⅷ/19—Ⅷ/13)			
	1 齡	2 齡	2 齡	3 齡	4 齡	3 齡	4 齡	5 齡		1齡	2齡	3齡	4齡	2 齡	3 齡	4 齡	
500									600	1	1						
500	6	1							600								
500	7	30	3	5		2	2		600		2	2			2		
300	1	76	6	15	3	4	6	1	300		2	21	1	2	8	6	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表 6 越冬幼虫化蛹最低温度测定 (1957)

幼虫来源	試驗开始日期	14℃		15℃		16℃		17℃		备 註
		虫数	化蛹数	虫数	化蛹数	虫数	化蛹数	虫数	化蛹数	
双季晚稻田	10/25	43	0	0	0	43	0			在相对湿度 100% 內进行 虫体接触水分
早-时兴田	2/21	32	0	32	0	32	0	32	2	
早-时兴田	3/23	67	0	67	0	67	1	67	2	
光福稻田	4/5			20	0	20	1	31	1	在相对湿度 100% 內进行

3. 蛹: 把刚化成的虫蛹放在 14°、15°、16° 及 17℃ 等 4 級恆温內观察其发育的最低温度(表 7), 1—3 代的結果均一致指出, 蛹在 15℃ 以下的温度內均不能发育羽化为螟蛾, 一般蛹体都逐漸变黑, 干縮終趋死亡, 16℃ 內的蛹有 10.94% 能够发育羽化, 而 17℃ 內羽化的蛹数已达 60.94%。故蛹羽化的最低温度是 16℃, 与幼虫化蛹的最低温度是一致的。

蛹的发育也和卵一样, 高温处理后, 在其发育最低温度以下的温度內亦能照旧羽化。将刚化成的蛹先放 29—35℃ 內放置不同时期 (1—6 天) 后再放于 13℃、14℃、15℃ 等温度內观察其羽化 (見表 8)。在高温內放置 4 天的蛹, 在 14℃ 和 15℃ 內均能羽化, 不足 4 天的則不能, 但在 13℃ 內的都未見羽化。在 1957 年 7 月間于蛹形成后的不同时期內, 进行扎胸, 測定前胸腺活动的临界期, 在室温之下, 20 条蛹于其形成的第 2 天扎胸, 有 10 条只在扎胸的前半部化蛾, 后半部則不化蛾, 第 3 天扎胸的則前后两部分都能化蛾。在 29—35℃ 下 24 条蛹在其化成的第 3 天扎胸有一条只前半部化蛾, 9 条則前后两部分都化蛾。这些結果指示化蛹后第 3 天左右是前胸腺活动的临界期。蛹在 29—35℃ 內放置 4 天后

表7 蛹羽化的最低温度(1957)

处理温度 ℃	性 别	1 代		2 代		3 代	
		供试蛹数	羽化的蛹数	供试蛹数	羽化的蛹数	供试蛹数	羽化的蛹数
14℃	♀	11	0	12	0	10	0
	♂	14	0	8	0	10	0
15	♀	11	0	11	0	10	0
	♂	13	0	9	0	10	0
16	♀	10	0	10	2	11	1
	♂	13	3	10	1	10	0
17	♀	5	0	10	7	10	10
	♂	19	8	9	5	10	9
田 間	♀	12	11	10	10	14	13
	♂	17	12	10	9	15	14

註: 蛹羽化观察在100%相对湿度下进行

表8 不同发育程度的蛹在低温度羽化情况(1957)

温 度 ℃	性 别	蛹 羽 化 情 况												蛹 的 历 期 (天)								
		1 天		2 天		3 天		4 天		5 天		6 天		4 天			5 天			6 天		
		蛹 数	羽 化 数	蛹 数	羽 化 数	蛹 数	羽 化 数	蛹 数	羽 化 数	蛹 数	羽 化 数	蛹 数	羽 化 数	最 长	最 短	平 均	最 长	最 短	平 均	最 长	最 短	平 均
13	♀							15	0	11	0	11	0									
	♂							5	0	7	0	9	0									
14	♀					8	0	12	1	10	5	9	5			34.0	29	13	18.4	18	10	13.4
	♂					12	0	8	1	7	3	11	8			77.0	31	18	26.0	16	13	14.2
15	♀	8	0	10	0	10	0	12	5	9	8			32	22	28.4	35	19	22.6			
	♂	11	0	10	0	10	0	8	6	12	12			35	21	30.1	35	11	23.3			

表9 三化螟各虫态的发育零点(实测)

虫 态	发育起点温度℃	发育零点℃
卵胚胎发育	15℃	14℃
卵孵化	17	16
幼虫脱皮	13	12
幼虫化蛹	16	15
蛹羽化	16	15

轉移低温内,才能羽化的事实,说明蛹和幼虫一样必須在 16℃ 以上前胸腺的分泌作用完成后,才能在低温下进行生理作用。三化螟卵的发育与激素的关系虽未进行观察,但按理推論,可能与激素的活动有关,容后研究証实。

綜合上述,三化螟卵、幼虫和蛹的实测所得的发育起点温度和发育零点总结于表 10 内。

三、各虫态的有效积温

三化螟的有效积温系根据上述实测的发育零点和各虫态的历期,按着下列公式进行

計算获得的。卵、幼虫和蛹的有效积温介绍于后:

$$K = \Sigma(t - c)D$$

K = 有效积温(日度);

t = 各虫态历期内的日平均温度(°C);

c = 各虫态的发育零点(°C);

D = 各虫态的历期(天)。

1. 卵的有效积温 如上述,卵能在15°C的低温内发育,但不能孵化,若采用15°C为计算的数据,没有实际应用的意义,因此现以卵的孵化零点为计算的依据比较接近于实际。卵的有效积温从34.5日度到144.4日度不等,变异很大,总平均为81.1日度。温度不同,有效积温因之有异,一般低温内的有效积温比高温内的较少(见表10之一)。在田间自然环境中,因同代内产卵时期早晚不一,气温又有高低变动,各代平均有效积温的差异不甚显著。四年来,卵的全年平均有效积温为79.2日度,与室内的结果很接近。第1代和第3代的有效积温年度间差异不大,而第2代则有一定的变异,例如,1954年为71.6日度,1957年提高到98.6日度,比1954年增加37.71%(表10之二)。

表10 卵期 和其有效积温

一、室内测定结果

处 理	温度(°C)	供试卵数	卵 期 (天)			卵的有效积温(日度)		
			最 长	最 短	平 均	最 多	最 少	平 均
变 温	17—23°(平温20°)	18只	19	16	17.0	96	64.0	68.0
	23—29°(平温26°)	19	9	8	8.2	90	80.0	82.0
	29—35°(平温32°)	19	6	6	6.0	96	96.0	96.0
定 温	17°	32	39	31	34.5	39	31.0	34.5
	18	16	31	27	29.6	62.0	54.0	59.4
	20	17	18	10	16.0	72.0	40.0	64.0
	25	18	9	7	8.9	81.0	63.0	80.5
	30	8	9	7	7.6	126.0	98.0	106.8
	35	10	8	7	7.6	152.0	133.0	144.4

二、田间观测结果

年份	项 目	第 1 代				第 2 代				第 3 代			
		供试卵数(只)	最多	最少	平均	供试卵数(只)	最多	最少	平均	供试卵数(只)	最多	最少	平均
1954	历期(天)	24	16	14	14.6	93	8	3	7.2	35	7	6	6.2
	有效积温(日度)		97.1	65.6	83.6		101.4	52.6	71.6		85.2	80.7	82.2
1955	历期(天)	20	13	12	12.5	22	8	6	6.9	56	6	6	6
	有效积温(日度)		77.2	65.5	72.9		82.0	66.3	72.5		77.6	76.0	76.9
1956	历期(天)	10	15	6	9.8	37	8	6	7.0	42	8	7	8.1
	有效积温(日度)		92.4	53.7	72.4		93.8	66.6	80.4		88.9	70.7	79.6
1957	历期(天)	15	12	10	10.6	15	8	6	6.8	28	8	7	7.6
	有效积温(日度)		80.3	71.6	76.3		115.0	89.2	98.6		96.6	77.3	86.6
平均或共 计	历期(天)	69	16	6	11.9	167	8	3	6.97	161	8	6	6.97
	有效积温(日度)		97.1	53.7	76.3		115.0	52.6	80.8		96.6	70.7	80.4

2. 幼虫的有效积温 幼虫的有效积温从 380.8 日度到 597.6 日度, 平均为 507.2 日度 (表 11)。雌雄的区别不甚显著, 而温度间的变异较为显著, 大概温度愈低而有效积温愈高。例如, 17—23℃ 内的有效积温平均为 597.6 日度, 23—29℃ 的平均为 504.5 日度, 29—35℃ 的为 419.5 日度。这和卵的变异情况恰为相反。

表 11. 幼虫的历期和有效积温

温度(℃)	代别	年份	观察虫数	各虫龄的历期(天)						各虫龄的有效积温(日度)					
				1龄	2龄	3龄	4龄	5龄	共计	1龄	2龄	3龄	4龄	5龄	共计
17—23	1代	1958	3	12.7	14.3	13.0	16.3	18.3	74.7	101.8	114.4	104.0	130.4	146.4	597.6
23—29	1代	1957	25	5.0	5.4	6.1	8.1	10.2	34.8	70.0	75.6	85.4	113.4	142.8	487.2
		1958	4	5.3	6.0	9.8	14.5		35.5	74.2	84.0	137.2	203.0		497.0
		1958	4	5.3	5.3	7.8	8.8	10.5	37.8	77.0	74.2	109.2	123.2	147.0	529.2
		平均							36.0						504.5
29—35	1代	1957	17	4.3	3.8	4.3	7.2		19.6	86.0	76.0	86.0	144.0		392.0
		1957	11	4.0	3.8	3.5	6.2	6.0	23.6	80.0	76.0	70.0	124.0	120.0	472.0
	2代	1957	10	4.7	3.9	4.1	6.9		19.6	94.0	78.0	82.0	138.0		392.0
		1957	13	5.9	4.6	3.2	7.4		21.1	106.0	92.0	64.0	148.0		422.0
	平均								20.98						419.5

这种有效积温的变异, 据初步观察结果, 与幼虫的龄期和龄数有关。龄期延长和龄数增多都能增加有效积温。温度和食料是影响龄期和龄数的主要因素。低温不独会延长龄期, 而且会增加脱皮次数。从图 1 来看, 23—29℃ 内脱皮 4 次或 4 次以上的幼虫占总虫数 57.4%, 而 29—35℃ 内的只 43.3%, 减少 24.56%。又在 29—35℃ 内脱皮 4 次的幼虫历期平均为 23.6 天, 脱皮 3 次的只 19.6 天, 其有效积温分别为 472.0 日度和 392.0 日度,

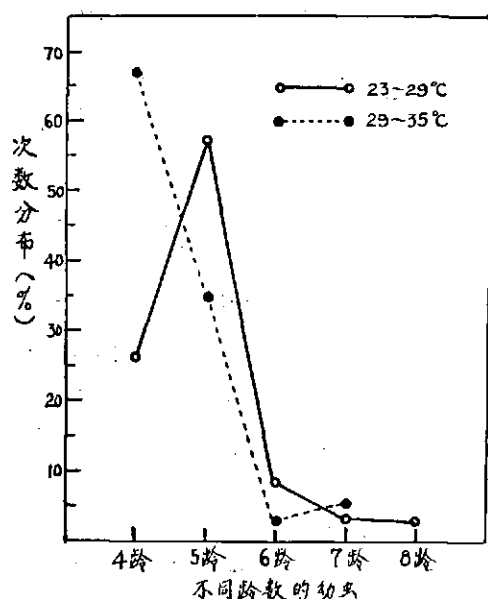


图 1 温度对幼虫龄数的影响 (1957)

相差 80 日度; 脱皮 4 次的幼虫历期在 23—29℃ 内为 34.8 天, 29—35℃ 内的减少到 23.6 天, 前者有效积温为 487.2 日度, 后者为 330.4 日度 (见表 12)。各龄幼虫对于食料的要求都不一样。1—2 龄幼虫的食料以孕穗的花和分蘖的稻株为最适宜, 3 龄以上的则为圆稈或较老的稻株。适宜的食料使幼虫的历期缩短, 龄数减少而且死亡率低。例如, 1、2 龄的幼虫食花时历期为 3—4 天, 而吃圆稈稻株的为 4—5 天; 全部用圆稈稻株饲养的幼虫多数脱皮 3 次, 生存率为 13.3%, 而全部用分蘖饲养的则脱皮 4 次的幼虫居多数 (见表 13), 生存率很低。由于温度和食料都能影响幼虫的生长发育, 在研究有效积温的应用时, 必须考虑这两种因素的作用和其相互影响。

表 12 温度对幼虫龄期的影响 (1957)

幼虫类型	温 度 ℃	观察 虫数	龄 期 (天)					幼虫期 (天)
			1 龄	2 龄	3 龄	4 龄	5 龄	
具 4 个龄 数的幼虫	23—29	1	5.0	5.0	7.0	11.0		28.0
	29—35	17	4.3	3.8	4.3	7.2		19.6
具 5 个龄 数的幼虫	23—29	25	5.0	5.4	6.1	8.1	10.2	34.8
	29—35	11	4.0	3.8	3.5	6.3	6.0	23.6

表 13 食料对幼虫龄数的影响(二代, 1957)

温度(℃)	食 料	观察 虫数						
			3 龄	4 龄	5 龄	6 龄	7 龄	8 龄
29—35	分蘖的稻株	15		66.67	13.33		20.0	
	圆稈的稻株	15		86.67	13.33			
23—29	分蘖的稻株	14		21.43	57.14		14.29	7.14
	圆稈的稻株	16	6.25	75.00	12.5			6.50

表 14 蛹 的 歷 期 与 有 效 积 温

一、室 內 测 定 結 果

处 理	温度 (℃)	雌雄 蛹	供试 蛹数	蛹的历期(天)			蛹的有效积温(日度)		
				最长	最短	平均	最多	最少	平均
定	17℃	♀	17	48	32	41.8	96	64	83.6
		♂	22	57	36	47.3	114	72	94.6
		平均				44.7			89.4
	18°	♀	23	36	25	30.0	108	75	90.0
		♂	28	35	28	31.8	105	84	95.4
		平均				30.96			92.88
温	20°	♀	131	30	19	24.1	150	95	120.5
		♂	148	30	20	25.3	150	100	126.5
		平均				24.7			123.5
	30°	♀	40	10	7	7.6	150	105	114.0
		♂	26	9	7	7.7	135	105	115.0
		平均				7.65			114.5
变	17—23°	♀	21	28	25	25.8	140	125	129.0
		♂	19	28	25	26.3	140	125	131.5
		平均				26.1			130.5
	23—29°	♀	20	10	9	9.8	110	99	107.8
		♂	20	11	10	10.2	121	100	112.2
		平均				10.0			110.0
温	29—35°	♀	20	8	7	7.8	136	119	132.6
		♂	20	8	7	7.9	136	119	134.3
		平均				7.85			133.5

二、田 間 觀 察 結 果

代 別	年 份	雌雄 蛹	供試 蛹數	蛹 历 期 (天)			蛹的有效积温(日度)		
				最长	最短	平均	最多	最少	平均
1 代	1957	♀	11	24	13	18.2	91.3	42.8	61.95
		♂	12	26	14	18.0	115.3	54.3	70.61
		平均				18.1			66.28
	1958	♀	27	28	26	27.0	57.3	50.4	55.26
		♂	18	30	27	28.2	67.4	52.8	58.31
		平均				27.6			56.53
2 代	1957	♀	10	10	8	9.0	120.8	88.3	102.63
		♂	9	10	8	9.4	122.1	100.5	108.54
		平均				9.2			105.59
3 代	1956	♀	5	12	10	10.6	114.6	96.8	103.7
		♂	3	14	12	13.0	143.6	113.8	129.6
		平均				11.5			113.4
	1957	♀	13	10	8	8.2	112.1	89.1	102.48
		♂	14	14	9	9.6	137.0	99.9	108.02
		平均				8.9			105.25

3. 蛹的有效积温 蛹的有效积温最少为 42.6 日度, 最多 143.6 日度, 相差达三倍以上, 平均为 103.7 日度。在 20℃ 以下的有效积温平均为 91.14 日度, 20° 到 30° 之間平均为 119.58 日度, 30℃ 以上的增加到 133.5 日度。南京第 1 代有效积温平均为 61.4 日度, 2、3 代的为 105.42 日度。有效积温随着温度的上升而增加, 和卵的有效积温变异情况有同样趋势。此外, 雌蛹的有效积温为 100.3 日度, 雄蛹为 107.0 日度, 雌蛹的有效积温少于雄蛹的情况, 在各种温度內甚为一致(表 14)。

綜合上述, 三化螟各虫态的平均有效积温, 卵为 76.7 日度, 幼虫为 455.7 日度, 蛹为 110.9 日度, 共計为 643.3 日度。各虫态的历期在 17—23°、23—29° 和 29—35℃ 等三种温度內, 虽因温度的升高而有所縮短, 但值得注意的, 是各种温度內各虫态的历期在整个生活史中所占的比重始終保持一定的比例, 卵平均为 15.58%, 幼虫为 63.38%, 蛹为 21.05% (表 15)。这种关系在预测发生期上有实际应用的意義。

表 15 不同温度內各虫态历期的比例

溫 度 (°C)	各 虫 态 的 历 期 (天)				各虫态历期在整个生活史的比例(%)			
	卵	幼虫	蛹	共計	卵	幼虫	蛹	共計
17—23	17.0	81.0	26.1	124.1	13.7	65.3	22.03	100
23—29	8.2	35.2	10.0	53.4	15.4	65.9	18.7	100
29—35	6.0	21.2	7.9	35.1	17.1	60.4	22.5	100
平 均					15.4	63.9	20.7	

四、发育零点的測定方法比較

按照有效积温的理論, 昆虫各虫态要在一定的温度(即发育零点)以上, 始能完成其发

育过程,完成一个发育过程所需的总热量是一个常数。这个常数在不同环境条件之下是不变的。因此计算有效积温的公式为:

$$K = \Sigma(t - c)D,$$

这公式内的温度和各虫态历期是根据实测的结果,但发育零点的测定方法有实测,图测与计算三种,测定方法不同,数值互有出入,现比较于后:

1. 图测法 先将各虫态在不同温度的历期除一,算出发育速度,然后和温度作纵横坐标制图,把各点连为直线,直线在横坐标上的交叉点即是该虫态的发育零点。兹根据 17—23°C 和 23—29°C 内各虫态的历期测定其发育零点。根据图 2 的结果,卵的发育零点为 14.5°C,幼虫为 14.2°C,蛹为 16.3°C。

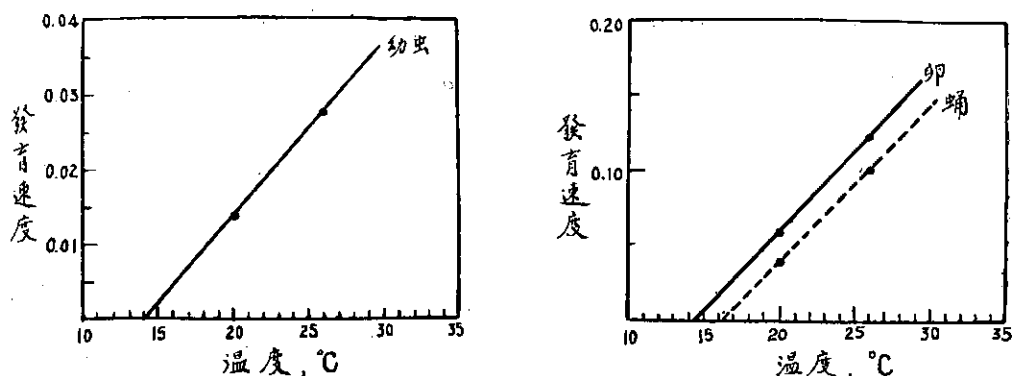


图 2 三化螟各虫态的发育零点

2. 算术计算法 从有效积温是常数的端点出发,根据各种温度内所得的结果,进行计算发育零点。现根据 17—23°C 和 23—29°C 两种温度的结果按下列公式进行计算。卵的发育零点为 14.4°C,幼虫为 15.0°C,蛹为 16.3°C。

$$C = \frac{TD - td}{D - d}.$$

C = 发育零点(°C);

T = 甲种温度(°C);

t = 乙种温度(°C);

D = 甲种温度内各虫态的历期(天);

d = 乙种温度内各虫态的历期(天)。

又根据 17—23°、23—29° 和 29—35°C 等三种温度的结果,按照下列公式计算发育零点(C)和有效积温(K)。例如卵在 17—23°C 内历期为 17 天, 23—29°C 为 8.2 天, 29—35°C 为 6 天,发育速度分别为 0.0588、0.1218 和 0.1667。计算卵的发育零点和有效积温于下:

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

n = 供试的温度

V = 发育速度

T = 各虫态的历期

温度	T (平温)	V	VT	V^2
17—23	20	0.0589	1.1764	0.0035
23—29	26	0.1218	3.1668	0.0148
29—35	32	0.1667	5.6776	0.0278
共 計	78	0.3473	9.6776	0.0461

$n = 3, \quad \Sigma T = 78 \quad \Sigma V^2 = 0.0461 \quad (\Sigma V)^2 = (0.3473)^2 = 0.1200 \quad \Sigma VT = 9.6776$

$$C = \frac{0.0461 \times 78 - 0.3473 \times 9.6776}{3 \times 0.0461 - (0.3473)^2} = \frac{3.5958 - 3.3610}{0.1383 - 0.1200} = \frac{0.2348}{0.0177} = 13.26^\circ\text{C}.$$

$$K = \frac{3 \times 9.6776 - 0.3473 \times 78}{3 \times 0.0461 - (0.3473)^2} = \frac{29.0328 - 27.0894}{0.1383 - 0.1200} = \frac{1.9434}{0.0177} = 109.79 \text{ 日度}$$

幼虫和蛹的发育零点和有效积温都依同样方法计算。

上述各种方法所测定的各虫态发育零点与有效积温列于表 16 内。从表内的结果来看,计算所得的数值都与实测的有一定的差异。在发育零点方面,卵的数值与实测的胚胎发育零点相接近,但是如前所述,卵在这种温度内不能孵化,没有实际意义;幼虫的数值都偏高;蛹的数值除了由三种温度计算的结果较接近于实测的以外,其他两种方法所得的结果都偏高了。在有效积温方面,各虫态都有差异,其中,幼虫的结果与实测的差异较大。然而实测方法的工作量较多,且需要较多的设备,不能普遍被采用,是其缺点。

表 16 不同方法所测定的发育零点与有效积温比较

测定方法	发育零点 (°C)			有效积温 (日度)			
	卵孵化	幼虫	蛹	卵	幼虫	蛹	共计
实测	16.0	12.0	15.0	81.1	507.2	103.7	692.0
图测	14.5	14.2	16.2	—	—	—	—
据20°与26°C计算	14.4	15.0	16.3	—	—	—	—
据20°C, 26°C, 32°C计算	13.3	15.8	14.5	109.8	381.6	127.1	434.3

五、摘 要

1. 三化螟卵、幼虫和蛹的发育起点和发育零点都系实测结果。卵的孵化零点为 16°C , 胚胎发育零点为 15°C , 幼虫发育零点为 12°C , 幼虫的化蛹零点和蛹的羽化零点都为 15°C 。

2. 三化螟各虫态的有效积温, 卵平均为 81.1 日度, 幼虫为 507.2 日度, 蛹为 103.7 日度, 共计为 692.0 日度。卵和蛹的有效积温随着温度的上升而增加, 而幼虫的则恰为相反。

3. 发育零点的测定方法有实测, 计算和图测三种。后面两种方法所得的结果都与实测的有一定的距离。

STUDIES ON THE PREDICATION OF THE OUTBREAK OF THE PADDY BORER, *SCHOENOBIVS INCERTELLUS* WLK., WITH THE EFFECTIVE THERMAL SUMMATION

I. THE MINIMUM TEMPERATURES OF DEVELOPMENT AND EFFECTIVE THERMAL SUMMATIONS

LIN YU, ZHAO-QI ZHU, JIA-QI HU, SZE-WAN PEI
(*Institute of East China, Academy of Agricultural Sciences*)

JEN-CHU YEH
(*Institute of Plant Protection, Academy of Agricultural Sciences*)

The determination of the minimum temperatures of development were carried out directly under lower temperatures. The results obtained are shown as in the following:

Insect stage	Minimum temperature of development, 0(°C)	Average of effective thermal summation, (day degree)
Egg:		76.7
Hatching	17	
Embryo	16	
Larva	13	455.7
Pupation	16	
Pupa	16	110.9
Total		643.3

The effective thermal summation fluctuates with temperature in a certain extent. In case of egg and pupa, it increases in proportion to temperature, while in larva, it decreases with the rise of temperature.