

低纬度地区光周期诱发 三化螟滞育的研究*

尹汝湛 古德就

(植保系)

提 要

1973~1981年进行了一系列试验来研究处于低纬度的广东翁城($24^{\circ}22'N$)、始兴县($24^{\circ}57'N$)和广州($23^{\circ}N$)第四代三化螟幼虫光周期诱发滞育的效应。结果表明,光周期是诱发滞育的主导因子。在自然光温条件下,光周期短于13小时显著地诱发三化螟滞育,长于14小时则促进化蛹,属典型的长日长反应型。在 $25^{\circ}C$ 条件下,始兴县和广州种群的临界日长分别为13小时20分和13小时18分。幼虫对光周期反应起累积效应。在 $25^{\circ}C$, LD13.5:10.5、LD14:10、LD15:9和LD24:0条件下,其临界日数依次为18、14、13和10天。幼虫对光周期反应具后效作用,短光周期不能使接受过长光周期的非滞育幼虫倒逆。广东4~5世代区第4代三化螟发育分化而形成局部世代的原因得到科学的解释。

关键词 滞育, 临界日长, 累积效应

前 言

广东大陆的中、北部($23\sim25^{\circ}N$)地区,三化螟是水稻的重要害虫,每年发生4~5个世代,第五代为不完全的局部世代。产于晚稻本田的第4代螟卵于9月上、中旬盛孵,取食为害造成枯心苗。该代前期孵化的幼虫于9月下旬至10月上旬化蛹,发育为第5代。中后期孵化的幼虫发育为老熟幼虫,10月中旬后进入越冬。长期以来,人们对这种分化的原因未能弄清。以前人们怀疑是由于低温的抑制而致,但与事实不相符,在9月中旬至10月中旬期间,环境温度在发育阈限($16^{\circ}C$)以上。杜正文等^{[3][4]}报道了南京地区三化螟光周期反应试验的结果,指出短的光周期诱发幼虫滞育,感应虫期为3龄。广东处于低纬度地区,第4代三化螟越冬的幼虫是翌年的主要虫源。第4代三化螟的分化可能与滞育有关,而滞育又可能与光周期有关。因此,从了解三化螟种群数量变动出发,应重视光周期反应的研究。这是害虫预测预报工作必须研究的问题^[5]。

作者根据翁源县翁城($24^{\circ}22'N$)、始兴县($24^{\circ}57'N$)和广州($23^{\circ}N$)三个地方

*先后参加过部分工作的有张维球、邓晓峰、张良佑、侯任环、杜佩旋、黄玉莲、林炳才、刘传禄和汤忠琦等同志及部分植保系学生。

1987年4月17日收稿

的螟虫材料，自1973～1981年进行了两项主要试验，其一是三化螟光周期反应的显著性鉴定试验，其二是光周期反应的测定。

材 料 和 方 法

（一）材料的采集

本研究采用第4代三化螟田间自然种群幼虫。于9月中旬在双季连作的晚稻田采回枯心苗，然后选取2～3龄幼虫供试。

（二）材料的装置和饲养方法

光周期反应的显著性鉴定试验，采用“集团”饲养方法，把每15～20株枯心苗和10株水稻健株放入直径15厘米、高20厘米的玻璃缸内，并加水保湿，置于自然条件下饲养。

关于光周期反应的测定试验，方法是：把幼虫从枯心苗中剥出，然后放入直径 2.5×20 厘米的玻璃试管中，内有2株12厘米长的鲜稻杆。管内保湿，管口塞以棉花。每3～4天换鲜稻杆一次，直至出现羽化孔为止。

（三）试验的设置

光周期反应显著性鉴定试验，设置两个处理，即在自然温度下，加长光照时间和自然光照时间处理。1973年的试验设置光周期为LD14:10和LD12:12两个处理。

光周期反应的测定试验，在 $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 的恒温室内设置10个不同光周期的控光箱处理，每处理含30头幼虫。

本文用化蛹率和滞育率作鉴定依据。根据国际专业文献用术语^{[8][13]}，24小时的光—暗周期用LD (L—Light, D—Dark) 表示。LD12:12指的是12小时为光相，12小时为暗相。昆虫光周期反应的日长 (day—length)，在自然条件下，指的是从日出前半小时至日落后半小时的时间。在室内试验即为光照时间。因此，不能把“日照”等同于“日长”。临界日长 (Critical day—length) 指的是使试验幼虫的滞育率达50%时的日长值。累积效应 (Cumulative effect) 指的是试验幼虫在一定的光周期处理后，累积化蛹率达50%时所需天数，叫临界日数 (Critical day number)。

结 果 和 分 析

（一）光周期反应的显著性鉴定试验

1973年的试验结果和1975与1981年的试验结果分别见表1和表2。

表1和表2的结果，经统计分析，表明不同的光照时间对三化螟幼虫化蛹率的影响是极显著的。无论在控光箱或自然光照条件下，长光照处理过的幼虫化蛹率都比短光照的显著地高。说明地处 $23\sim 25^{\circ}\text{N}$ 的第4代三化螟幼虫的光周期反应不仅存在，而且是极显著的。长光照促进幼虫化蛹，而短光照诱发幼虫滞育。以上三个年份的试验环境温度都在 25°C 以上，也就是说都在三化螟发育阈限以上^[5]，但并不能使三化螟完全化蛹。这

说明 25°C 的温度对第4代三化螟幼虫的化蛹或滞育不是主导因子，而起主导作用的是光周期。

表 1 不同光照时间对三化螟化蛹率的影响 (广东, 粤城1973)

试验	处理*	幼虫数	蛹数	总虫数	化蛹率±S.E. (%)	t 值
I	LD14:10	45	64	109	58.72±4.72	9.03 (P<0.01)
	LD12:12	104	2	106	1.89±1.32	
II	傍晚加长光 照2小时**	42	65	107	60.75±4.72	7.66 (P<0.01)
	自然光照(对照)	72	4	76	5.26±2.56	

*于9月23日~10月8日进行, 室温平均 $25\sim28^{\circ}\text{C}$ 。试验I为控光箱处理, 光源为20W日光灯; 试验II的加长光照2小时的光源为8W日光灯。

**傍晚加长光照时间2小时约与LD14:10相当。

表 2 不同光周期时间对三化螟化蛹率的影响 (广州, 石牌)

	处 理	幼虫数	蛹数	总虫数	化蛹率±S.E. (%)	t 值
1975*	傍晚加长光 照2小时	97	53	150	35.33±3.90	4.3 (P<0.01)
	自然光照(对照)	126	20	146	13.70±2.85	
1981**	傍晚加长光 照2小时	3	45	48	97.70±3.49	7.58 (P<0.01)
	自然光照(对照)	73	27	100	27.00±4.44	

*1975年9月19日~10月14日在广州石牌进行, 傍晚加长光照2小时处理的光源为60W照明白炽灯泡, 日平均温度 $26\sim28^{\circ}\text{C}$ 。

**1981年9月22日~10月18日进行, 光源为40W日光灯, 日平均温度为 $25.27\pm0.46^{\circ}\text{C}$ 。

(二) 临界光周期的测定试验

本试验以广州和始兴县第4代幼虫供试, 各设置10个不同的光周期处理, 结果(表3)表明, 广州和始兴县两地的三化螟种群的滞育率的大转折都处于LD13:11和LD13.5:10.5之间, 前者为90%以上, 后者为40%以下。由图1的光周期反应曲线, 可以估算出两地区三化螟的临界光周期, 广州种群的为13小时18分, 始兴县种群的为13小时20分。由反应曲线可知, 三化螟对光周期反应属典型的长日长反应型^{[9][11][12][18]}。

根据紫金山天文台的资料^[7], 广州和始兴县三化螟临界日长出现在9月15日。

表 3 不同光周期对三化螟幼虫滞育率的影响^{*}（%）

光周期		LD0:24	LD8:16	LD11:13	LD12:12	LD12.5:11.5	LD13:11	LD13.5:10.5	LD14:10	LD15:9	LD24:0
地 区	种 群										
始 兴 县		100 (19)	100 (21)	100 (14)	100 (20)	100 (20)	90.32 (31)	37.04 (27)	7.41 (27)	8.00 (25)	0 (22)
广 州		—	—	94.75 (19)	100 (21)	100 (22)	94.44 (18)	23.08 (15)	9.09 (22)	8.33 (24)	—

* 括号内为存活虫数。试验时间：1981年9月23日～10月18日（广州石牌）。

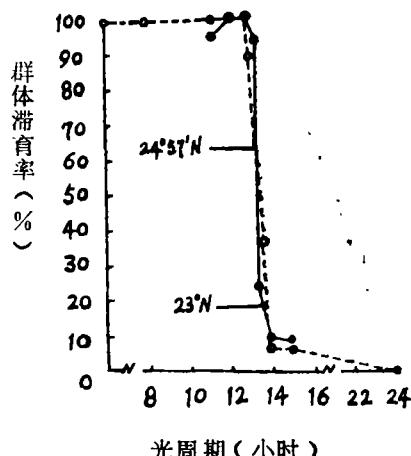


图 1 始兴县(24°57'N)和广州(23°N)第
四代三化螟幼虫光周期反应曲线

(三) 三化螟幼虫光周期反应的累积效应

三化螟幼虫对不同光周期的反应表现在其化蛹率的进度。图2是在25℃恒温下，不同的光周期处理对三化螟幼虫的累计化蛹率的影响。

由图2可以估算出在各光周期处理中，幼虫累计化蛹率达50%时所需的临界日数如下：LD13.5:10.5为18天，LD14:10为14天，LD15:9为13天，LD24:0（全光）为10天。

以上结果表明，临界日数随光周期的增长而从18天减退到10天。说明三化螟幼虫对光周期反应表现出一个累积的过程——累积效应。三化螟

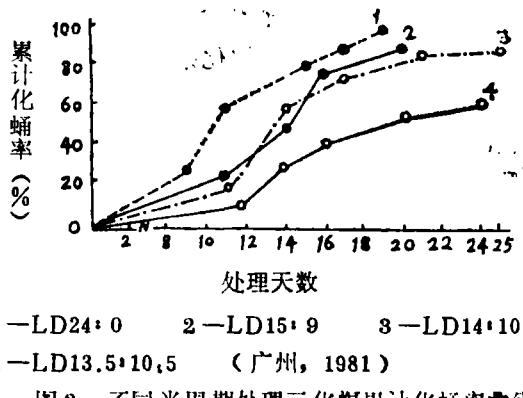


图 2 不同光周期处理三化螟累计化蛹率曲线

幼虫对长的光周期反应的累积效应较快，其化蛹进度也快些。而对较短的光周期的累积效应则较慢，其化蛹进度也就较慢。本试验亦用短于临界日长值的短光周期（LD 0:24, LD 8:16, LD11:13, LD12:12, LD12.5:11.5和 LD13:11）处理。但这些处理都不能使幼虫的累计化蛹率达50%。亦即短光周期不能起促进三化螟幼虫化蛹的累积效应。

(四) 三化螟光周期反应的后效和不可逆性

把在9月下旬至10月中旬经过长、短不同光周期处理过而不化蛹的幼虫再置于短于临界日长的自然光温条件下处理一定时间，然后检查其化蛹情况。结果见表4和表5。

表4、表5的结果明显地说明，第4代三化螟幼虫在9月中旬～10月中旬经长光周期处理期间虽不化蛹，但其光周期反应的累积效应达到了一定水平，所以把这些幼虫置于短

表4 三化螟幼虫对长、短光周期反应的后效的测定

处 理*		幼虫数	蛹数	总虫数	化蛹率(%)
1973年 II (10.8—11.3)	LD14:10	20	25	45	55.56
	LD12:12	101	3	104	2.88
1973年 II (10.8—11.3)	傍晚加长光照 2小时	20	22	42	52.38
	自然光照(对照)	72	0	72	0
1975年 (10.14—11.11)	傍晚加长光照 2小时	68	29	97	29.90
	自然光照(对照)	120	6	126	4.76
1981年 (10.18—11.10)	傍晚加长光照 2小时	0	3	3	100
	自然光照(对照)	73	0	73	0

* 傍晚加长光照时间2小时约与LD14:10相当。1973年的试验在翁城进行；1975和1981年的试验在广州石牌进行。

于临界日长的光周期中处理，长光周期促进化蛹的效应并不因此而消失，反而继续化蛹。表5结果表明，长于临界日长的LD14:10和LD15:9处理的化蛹率都达100%，而接近临界日长的LD13.5:10.5处理的化蛹率达80%。短于临界日长的各短光周期处理的幼虫无一化蛹。这显示了三化螟光周期反应的后效作用：即前经长光周期处理过且获得足够的累积效应的幼虫化蛹是不可避免的，经短光周期处理过的幼虫滞育也是不可避免的。所以三化螟光周期反应的后效是不可逆的。

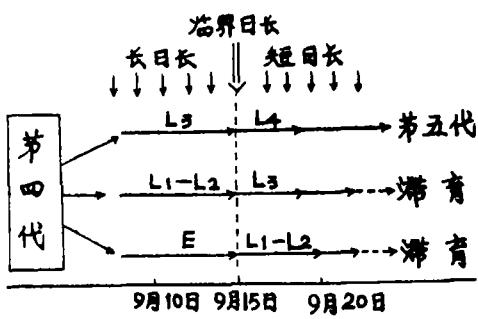
表5 三化螟幼虫对不同光周期反应后效的测定

处 理*	幼虫数	蛹数	总虫数	化蛹率(%)
LD 8:16	21	0	21	0
LD11:13	20	0	20	0
LD12:12	41	0	41	0
LD12.5:11.5	40	0	40	0
LD13:11	32	0	32	0
LD13.5:10.5	2	8	10	80
LD14:10	0	4	4	100
LD15:9	0	4	4	100

* 处理时间：10月19日～11月10日。（广州，石牌，1981）

(五) 光周期反应对第四代三化螟发育分化的影响

图3是第四代三化螟由于受到光周期影响而发生分化的模型。1981年第四代发育为第五代的比率为27%，进入滞育的为73%。在临界日长(9月15日)前，存在着卵和1、2、3龄幼虫。3龄幼虫在9月15日前后对光周期反应的累积效应达到了临界日数，则这部分3龄幼虫继续发育为第五代。其他低于3龄的幼虫由于光周期反应的累积效应不足，导致滞育，成为翌年的越冬代虫源。



E—卵；L₁、L₂、L₃、L₄分别表示第1、2、3、4龄幼虫

图3 第四代三化螟发育分化模型

结 论 和 讨 论

处于低纬度的始兴县——广州地区第4代三化螟具有明显的光周期反应。长光周期促进三化螟幼虫化蛹，短光周期诱发幼虫滞育，属典型的长日长反应型。短的光周期是第4代三化螟滞育的主导因子。其临界日长在广州和始兴县分别是13小时18分和13小时20分。如果与南京地区(32°N)三化螟的临界光周期13小时45分联在一起考察^[3]，可以证实不同纬度的同种昆虫种群临界日长值的变化规律：由低纬度向高纬度递增。1965年，Danilevskii^[10]根据对苏联不同纬度的酸模剑纹夜蛾(*Acronycta rumicis*)种群的研究结果，指出的“临界日长随纬度的升高而增长”的结论，在低纬度地区的昆虫亦有相同的表现。

本文的三化螟光周期反应的累积效应是国内首次报道的。它揭示了三化螟幼虫在一定长光周期条件下，只有经历了临界日数以上的时间才能显示出其反应的效应。如果处理时间达不到临界日数，长光周期反应的累积效应也不能充分表现出来。因此，在进行昆虫的光周期反应试验时，处理天数必须大于其临界日数。

根据紫金山天文台的资料^[7]，可知始兴县和广州三化螟种群的临界日长在9月15日。结合光周期反应的累积效应，可以解释广东三化螟4—5世代区第5代不完全世代发生的原因。我们测定临界日长时之所以用25℃，有两个原因：其一是25℃对昆虫发育和滞育是一个理想的测定温度，国际上研究昆虫光周期反应都以此温度为准^{[9][11][13]}。其二根据历年气象资料。9月中旬~10月上旬，广州和韶关地区(始兴县所在地)的旬平均温度分别是25.2~27.6℃和24.1~27.8℃，因此广东三化螟4~5世代区的第4代幼虫光周期反应的自然温度很接近25℃，各年的温度高低的不同只能影响各年的第4代发育为第5代的转化率(30%以下)。也就是说，温度较高的年份，第4代幼虫发育较早，在9月15日前后若经历足够临界日数的3龄幼虫较多，则幼虫转化为第5代的就较多，反之亦然，因此，通过对第4代3龄幼虫比率的估计而预测第5代的发生。

量和当年进入越冬的数量。

由上述可见，三化螟进入越冬状态是由于短的光周期所引起的滞育 (Diapause)，而非由低温引起的静止 (Quiescence)^{[1][3]}。因此，在三化螟进入滞育状态前的一段时间内，一般的有效积温的规则^{[2][5]}是无效的。然而幼虫进入滞育状态以后，其滞育的解除与有效积温则是有密切关联的^[1]。

引用文献

- (1) 古德就、尹汝洪：三化螟滞育解除的初步研究，《华南农业大学学报》(5) 4 1984: 62—70
- (2) 古德就、尹汝湛：三化螟各世代累积诱蛾百分率与有效积温的关系及其应用，《昆虫知识》23 (2) 1986: 49—52
- (3) 杜正文等：水稻三化螟在南京地区的光周期反应，《植物保护学报》3 (1) 1964: 1—9
- (4) 杜正文等：水稻三化螟在南京地区光周期反应的感应虫期研究，《植物保护学报》4 (1) 1965: 91—92
- (5) 林 郁等：三化螟有效积温的研究 1，各虫态期的发期零点和其有效积温，《昆虫学报》9 (5) 1959: 423—435
- (6) 赵善欢：苏联的昆虫生态学及杀虫剂的研究与应用，科学出版社，1959年
- (7) 紫金山天文台、北京天文馆：天文普及年历，科学出版社，1980年
- (8) 井上平、釜野静也：光照时间及温度对诱发二化螟滞育的影响，《日本应用动物昆虫学报》，1 (2) 1957: 100—104
- (9) Beck, S. D. , Insect Photoperiodism, Academic Press Inc. 1980
- (10) Danilevskii, A. D. , Photoperiodism and seasonal development of insect 1st English edition, Oliver and Boyd, Edinburgh and London, 1965
- (11) Leea, A. D. , The physiology of diapause in arthropods, Cambridge Univ. Press, 1956
- (12) Obrien, R. D. and Wolfe, L. S., Radiation, radiactivity and insects, Academic Press Inc. 1964
- (13) Saunders, D. S. , Insect Clocks, Pergamon Press, 1976

STUDIES ON PHOTOPERIODIC INDUCTION OF LARVAL DIAPAUSE OF
THE PADDY BORER *SCIRPOPHAGA INCERTULAS* (WALKER)
IN THE REGION OF LOWER LATITUDE

Yin Juchan Gu Dejiu

(Department of Plant Protection)

ABSTRACT

A series of experiments was carried out from 1973 to 1981 to investigate the effects of photoperiod on larval diapause of the paddy borer in the 4th generation in Shi Xing County ($24^{\circ}57'N$), Weng Cheng ($24^{\circ}22'N$) and Guang Zhou ($23^{\circ}N$) in South China.

It was shown that a short photoperiod is a major factor for larval diapause induction of the paddy borer. The day-length shorter than 13 hr. caused the larval diapause induction while the day-length longer than 14 hr. accelerated greatly the larvae to pupate without diapause in natural temperature in laboratory. The critical day-length estimated for the borer population in Shi Xing County at $25^{\circ}C$ is 13 hr. 20 min. and 13 hr. 18 min. in Guang Zhou. The cumulative effect of long day-length was shown in the borer to photoperiodic response. The critical day number (CDN) required to produce 50 per cent pupation in the condition of $25^{\circ}C$ and photoperiod of LD 13.5:10.5, LD 14:10, LD 15:9 and LD 24:0 was 18, 14, 13 and 10 days respectively. And the after-effect of photoperiodic response was shown in the borer. All the larvae of the 4th generation treated previously in $25^{\circ}C$ and long day-length (above LD 13:11) pupated in natural condition in October and November.

Although South China is in lower latitude, the photoperiodic response in the borer is very obvious. The cause that a part of the 4th generation of the borer in South China could develop into the 5th generation and other major part of the 4th generation occurred diapause, has been evidently explained. A part of the 4th generation of the borer, that developed early and became the 3rd instar larvae before the date (September 15th) of the critical day-length, could continue to develop and became the 5th generation. Other major part of larvae of the 4th generation, that developed late and still were younger than 3rd instar before the critical day-length, occurred diapause. Surviving larvae of the 5th generation also occurred diapause later.

Key words: Diapause, Critical day-length, Cumulative effect