光、温湿度对柑桔木虱发育、繁殖 与存活的影响*

杨余兵

(广东省昆虫研究所, 广州)

摘 要

本研究结果表明, 在光照强度为11000lx以下(8小时光照时为15000lx)、每天光照时间在18小时以内, 光照强度越大, 光照时间越长, 柑桔木虱雌成虫的产卵前期越短, 产卵量越大, 死亡率越低。

温度为15—34℃, 相对湿度为43—92%范围内, 温湿度对柑桔木虱卵的孵化率影响较小。柑桔木虱若虫在高温(34℃)、高湿(85%, 92%)下死亡率高, 适温(20—30℃)、低湿(43—75%)下死亡率低。湿度对柑桔木虱卵及若虫发育历期影响不大。在温度为15—34℃范围内, 温度与卵及若虫的发育历期呈抛物线关系。柑桔木虱卵及1—5龄若虫的发育起点温度分别是: 9.41℃、8.30℃、9.72℃、8.92℃、9.61℃及9.07℃, 有效积温分别是: 60.09日度、39.78日度、26.82日度、33.23日度及74.48日度。

关键词: 光, 温度, 湿度, 柑桔木虱 (*Diaphorina citri* Kuwayama), 生长。

柑桔木虱 (*Diaphorina citri* Kuwayama) 是柑桔黄龙病的传毒昆虫, 该病对柑桔生产具有毁灭性的威胁。它流行于我国南部柑桔产区。国外的资料报道, 柑桔木虱还传播印尼的叶脉韧皮部衰退病^[1], 菲律宾的叶斑驳病和印度的梢枯病^[2], 因此, 近年来引起了人们的普遍重视。以往对柑桔木虱的研究工作主要是着重于形态学、生物学及传毒的研究^[3-5], 而对柑桔木虱的生态学及发生规律研究却很少涉及。本文就光、温湿度对柑桔木虱发育、繁殖与存活的影响进行了研究, 试图弄清影响柑桔木虱种群消长的一些重要环境因子, 为制定柑桔木虱综合防治措施提供科学依据。

一、材料与方 法

1. 光照试验

柑桔树上采回木虱老龄若虫, 用毛笔转移到盆栽红柠檬 (*Citrus limonia* Osbeck) 苗上, 在25℃空调室中饲养。将同一天内羽化的雌、雄成虫各一头移入高10cm, 直径3.5cm的玻璃筒中, 玻璃筒的一端用白色尼龙纱罩住, 另一端塞上海绵, 海绵中央插入柑桔嫩梢, 并盛水以供嫩梢吸取, 管口用海绵塞住。

用日光灯作光源, 光照强度设0、1200、5500、11000及15000lx五个处理; 光照时间设每天光照6、12及18小时三个处理。每一光照强度、光照时间组合用雌、雄成虫30对, 单对于上述装置中进行试验。每天检查一次成虫的产卵及存活情况, 每天换梢一次。整个试验在

* 本研究在马世骏教授、黄明度副研究员指导下完成。蒙湖南农学院宋慧英副教授鉴定柑桔木虱标本。本厅刘仲敏同志帮助进行部分试验, 一并致谢。

本文系中国科学院科学基金资助课题内容之一。

本文于1988年12月16日收到。

空调室中进行, 温度为 $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 湿度为70—90%。

2. 温湿度试验

温度试验: 设15、20、25、30及 34°C 5个处理, 温差为 $\pm 1^\circ\text{C}$; 湿度试验设43、75、85及92% 4个处理, 分别用碳酸钾($\text{K}_2\text{CO}_3 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$), 氯化钠(NaCl), 氯化钾(KCl)及硝酸钾(KNO_3)的过饱和溶液控制^[8], 湿度变幅为 $\pm 5\%$ 。每天光照14小时, 光照强度为2000lx。每一温、湿度组合起始虫数为40头。

产卵与孵化: 用尼龙纱罩将柑桔木虱雌成虫罩于盆栽红柠檬苗嫩梢上, 置入 25°C 空调室中, 产卵4—6小时后除去雌虫及在双目解剖镜下除去不正常卵。带卵的苗的下部套入中央穿孔的橡皮塞中, 并用棉花圈实。用有机玻璃制成长16cm、宽10cm、高14cm的容器, 中间用一高7cm的有机玻璃板隔开, 一边盛过饱和盐溶液, 另一边底部中央钻一圆孔, 将带卵的红柠檬苗从孔中插入, 并用橡皮塞固定, 以保证密封。让卵在试验温、湿度下发育, 每8小时检查一次卵的孵化情况。

若虫的试验: 用毛笔将各龄若虫移至红柠檬苗嫩梢上, 每梢10头。嫩梢下部穿过橡皮塞中央的小孔, 并用棉花圈实。将橡皮塞套入盛水的广口瓶中, 使嫩梢下部接触水分, 再把广口瓶放入盛有过饱和盐溶液的干燥器中。每8小时检查一次若虫的脱皮、存活情况。

若虫试验期间, 每天换梢一次。

二、结果与分析

1. 光对柑桔木虱成虫产卵前期的影响

试验结果及统计分析结果列于表1。

表1 光照强度、光照时间对成虫产卵前期的影响

Table 1 Influence of light intensity and light duration on the preoviposition period of adults of citrus psylla

光照时间 (小时) (x_1)	光照强度(Ix) (x_2)				
	0	1200	5500	11000	15000
	产卵前期(天) (y)				
6	20天后全部死亡。	①	18.4 ± 1.3	16.4 ± 0.9	16.0 ± 0.8
12		15.7 ± 1.3	14.3 ± 0.7	12.4 ± 0.4	
18	未见产卵	14.0 ± 1.0	12.8 ± 0.9	12.7 ± 1.2	
回归方程: $Y = 20.93 - 0.40x_1 - 1.97 \times 10^{-4}x_2$					
显著性检验	$F = 14.88 > F_{0.01} = 10.92$ $F_{x_1} = 29.65 > F_{0.01} = 13.74$ $F_{x_2} = 6.30 > F_{0.05} = 5.99$				
适合性检验	$\chi^2 = 0.41 < \chi^2_{0.05} = 12.69$				
标准偏回归系数	$b'/x_1 = -0.34$ $b'/x_2 = 2.99$ $b'/x_2 = -0.12$				
平均数	$\bar{x}_1 = 12$ $\bar{x}_2 = 7433$				

注: ①仅一头雌虫在第31天产卵19粒, 6天后死亡。

从表1可知,光对木虱雌成虫产卵前期有明显的影响。在试验光照强度和光照时间范围内,光照时间越长,光照强度越大,产卵前期越短。产卵前期与光照时间、光照强度呈线性关系。回归方程为 $y = 20.93 - 0.40x_1 - 1.97 \times 10^{-4}x_2$ 。统计分析结果表明,当光照强度(x_2)保持平均水平7433lx时,光照时间每增加1(小时),产卵前期平均减少0.40(天);当光照时间(x_1)保持平均水平(12小时)时,光照强度每增加1(lx),产卵前期平均减少 1.97×10^{-4} (天)。另外,光照时间、光照强度的标准偏回归系数表明,光照时间对产卵前期的效应比光照强度对产卵前期的效应大。光照时间的效应是光照强度效应的2.99倍。

2. 光对柑桔木虱成虫产卵量的影响

成虫的产卵试验结果及统计分析见表2。从表中可见,产卵量与光照时间、光照强度呈线性关系,回归方程为: $y = -10.52 + 0.83x_1 + 8.59 \times 10^{-4}x_2$ 。统计分析结果表明,当光照强度(x_2)保持平均水平7433lx时,光照时间每增加1(小时),产卵量平均增加0.83(粒);当光照时间(x_1)保持平均水平(12小时)时,光照强度每增加1(lx),产卵量平均增加 8.59×10^{-4} (粒)。另外,光照强度、光照时间的标准偏回归系数表明,光照时间对产卵量的效应比光照强度对产卵量的效应大。光照时间的效应是光照强度效应的1.44倍。

表2 光照强度、光照时间对柑桔木虱产卵量的影响(产卵的前10天)
Table 2 Influence of light intensity and light duration on the fecundity of adults of citrus psylla

光照时间 (小时) (x_1)	光照强度(lx)(x_2)				
	0	1200	5600	11000	15000
	产卵量(粒/雌·天)(y)				
6	20天后全部死	①	1.7 ± 1.4	3.7 ± 0.8	5.8 ± 1.5
12	亡。未见产卵	0.9 ± 0.3	4.1 ± 0.9	7.2 ± 1.3	
18		3.1 ± 0.3	9.2 ± 1.7	17.0 ± 2.9	
回归方程: $Y = -10.52 + 0.83x_1 + 8.59 \times 10^{-4}x_2$					
显著性检验	$F = 18.50 > F_{0.01} = 10.92$ $F_{x_1} = 27.39 > F_{0.01} = 13.74$ $F_{x_2} = 24.91 > F_{0.01} = 13.74$				
适合性检验	$\chi^2 = 10.53 < \chi_{0.05}^2 = 12.59$				
标准偏回归系数	$b'x_1 = 1.44$ $b'x_1/b'x_2 = 1.44$ $b'x_2 = 1.00$				
平均数	$\bar{x}_1 = 12$ $\bar{x}_2 = 7433$				

注①同表1。

3. 光对柑桔木虱成虫存活的影响

试验结果及分析结果表明(见表3),雌虫死亡率与光照时间,光照强度呈线性关系。回归方程为 $y = 112.51 - 3.08x_1 - 3.20 \times 10^{-3}x_2$ 。统计分析结果表明,当光照强度(x_2)保持平均水平(6810lx)时,光照时间每增加1(小时),雌虫死亡率平均减少3.08(%);当光照时间(x_1)保持平均水平(11小时)时,光照强度每增加1(lx),雌虫死亡率平均减少 3.20×10^{-3} (%)。另外,光照强度、光照时间的标准偏回归系数表明,光照时间对雌虫存活

表 3 光照强度、光照时间对柑桔木虱雌虫死亡率的影响 (试验的前20天)

Table 3 Influence of light intensity and light duration on the female mortality of citrus psylla

光照时间 (小时) (x_1)	光照强度(I_x) (x_2)				
	0	1200	6500	11000	15000
	雌虫死亡率(%) (y)				
6		98.1 ± 1.9 ^①	82.9 ± 5.9	62.2 ± 8.0	46.4 ± 9.4
12	100.0	60.0 ± 8.3	50.0 ± 11.2	23.6 ± 9.06	
18		53.8 ± 9.8	46.9 ± 8.8	32.0 ± 9.3	
回归方程: $y = 112.51 - 3.08x_1 - 3.20 \times 10^{-3}x_2$					
显著性检验	$F = 16.87 > F_{0.01} = 9.56$ $F_{x_1} = 20.90 > F_{0.01} = 12.25$ $F_{x_2} = 19.94 > F_{0.01} = 12.25$				
适合性检验	$\chi^2 = 17.48 < \chi_{0.01}^2 = 18.48$				
标准偏回归系数	$b'x_1 = 0.64$ $b'x_1/b'x_2 = 1.45$ $b'x_2 = 0.45$				
平均数	$\bar{x}_1 = 11$ $\bar{x}_2 = 6810$				

注: ①死亡百分率 ± 标准误

的效应比光照强度对雌虫存活的效应大。光照时间的效应是光照强度效应的1.45倍。结合光照强度对成虫产卵前期、产卵量的效应, 还可看到, 光照强度对成虫发育的影响(产卵前期)不如对成虫繁殖与存活的影响大。

4. 温、湿度对柑桔木虱卵的孵化率和若虫死亡率的影响

在15—34℃温度范围内和43—92%的相对湿度下, 温、湿度对卵的孵化率影响较小, 孵化率为89.5—98.6%, 差异不显著。

对若虫的试验结果表明(表4), 柑桔木虱若虫在温度为20℃时死亡率较高, 在25℃及30℃时死亡率较低, 在34℃高温下死亡率又升高。湿度对若虫的影响表现为: 在低湿(43—75%)下若虫的死亡率较低, 在高湿(85%, 92%)下死亡率高。在温湿度的联合作用下, 若虫在高温(34℃)、高湿(82—92%)下的死亡率高; 适温(20—30℃)低湿(43—75%)对若虫存活的影响较小。若虫期的死亡率与温度、湿度呈二次曲线关系(见表4)。可以看出, 若虫期死亡率与温度呈抛物线关系; 同样, 若虫期死亡率与湿度也呈抛物线关系。但是, 温度与湿度对若虫存活的影响并不相互独立, 两者之间存在明显的交互作用($F_{x_1 \cdot x_2} > F_{0.01}$)。另外, 标准偏回归系数还表明, 温度对若虫存活的影响($b'x_1$, $b'x_1^2$)比湿度的影响大($b'x_2$, $b'x_2^2$)。

5. 温、湿度对柑桔木虱卵及若虫发育的影响

试验结果表明, 湿度对柑桔木虱卵及若虫发育历期的影响不大。温度对柑桔木虱卵、各龄若虫及整个若虫期发育历期的影响均呈现相同的趋势(表5)。即在温度15—30℃范围内, 发育历期随温度的升高而缩短, 在34℃时, 发育历期又延长。温度与发育历期之间呈抛物线关系(表5)。根据表5的结果求得柑桔木虱卵及若虫的发育起点温度和有效积温。柑桔木虱卵及1—5龄若虫的发育起点温度分别为9.41, 8.30, 9.72, 8.92, 9.61及9.07℃; 有效积

表 4 温、湿度对柑桔木虱若虫期死亡率的影响
Table 4 Influence of temperature and humidity on the mortality of nymphs of citrus psylla

温 度 (°C) (x ₁)	湿 度(%) (x ₂)			
	48	75	85	92
	死亡率(%) (y)			
20	19.1 ± 6.5 ^①	17.9 ± 6.1	20.5 ± 6.3	25.9 ± 8.7
25	11.6 ± 3.8	11.4 ± 4.2	17.3 ± 5.8	18.0 ± 6.1
30	11.8 ± 4.0	9.8 ± 4.3	22.1 ± 6.3	43.0 ± 6.0
34	23.4 ± 6.5	27.2 ± 6.7	40.8 ± 7.1	58.07
回归方程: $y = 330.99 - 16.37x_1 - 3.90x_2 + 0.27x_1^2 + 3.91 \times 10^{-2}x_1 \cdot x_2 + 2.39 \times 10^{-2}x_2^2$				
显著性检验	$F = 21.61 > F_{0.01} = 5.84$ $F_{x_1} = 27.49 > F_{0.01} = 10.04$ $F_{x_2} = 24.93 > F_{0.01} = 10.04$ $F_{x_1^2} = 24.04, F_{x_1 \cdot x_2} = 10.86, F_{x_2^2} = 20.00 > F_{0.01} = 10.04$			
适合性检验	$\chi^2 = 15.89 < \chi_{0.05}^2 = 18.31$			
标准偏回归系数	$b'_{x_1} = -16.91 \quad b'_{x_2} = -11.04$ $b'_{x_1^2} = 8.25 \quad b'_{x_2^2} = 5.61$			

注: ①同表 3。

温分别是60.03, 39.78, 26.82, 33.23, 39.76及74.49日度。

表 5 温度与柑桔木虱卵及若虫发育历期的关系

Table 5 Relation between temperature and development duration of eggs and nymphs of citrus psylla

温 度 (°C)	发育历期 (天)							
	卵	一龄若虫	二龄若虫	三龄若虫	四龄若虫	五龄若虫	若虫期	
15	11.61 ± 0.46 ^①	6.12 ± 0.09	5.80 ± 0.08	6.11 ± 0.18	7.41 ± 0.16	19.82 ± 0.28		
20	5.14 ± 0.11	3.34 ± 0.10	2.38 ± 0.04	2.78 ± 0.08	4.00 ± 0.04	5.96 ± 0.04	19.87 ± 0.27	
25	4.03 ± 0.04	2.37 ± 0.02	1.79 ± 0.01	1.87 ± 0.03	2.59 ± 0.04	5.00 ± 0.05	12.85 ± 0.16	
30	2.93 ± 0.11	1.85 ± 0.03	1.34 ± 0.02	1.75 ± 0.05	2.04 ± 0.03	3.68 ± 0.09	10.80 ± 0.20	
34	2.97 ± 0.06	2.11 ± 0.01	1.41 ± 0.01	1.75 ± 0.04	2.37 ± 0.07	3.70 ± 0.07	12.53 ± 0.10	
虫 态	回归方程						相关率(R)	x ₂
卵	$y = 37.84 - 2.38t + 0.04t^2$						0.88*	0.43*
一龄若虫	$y = 19.21 - 1.18t + 0.02t^2$						1.00*	0.04*
二龄若虫	$y = 18.99 - 1.22t + 0.02t^2$						0.88*	0.22*
三龄若虫	$y = 20.86 - 1.35t + 0.02t^2$						0.88*	0.20*
四龄若虫	$y = 24.82 - 1.57t + 0.03t^2$						1.00*	0.02*
五龄若虫	$y = 43.88 - 2.78t + 0.05t^2$						0.97*	0.58*
若虫期	$y = 86.19 - 5.76t + 0.10t^2$						1.00*	0.00*

注: ①平均数 ± 标准误

三、讨 论

光照强度、光照时间对柑桔木虱成虫的产卵前期、产卵量、雌虫死亡率都有明显的影响。根据室内同位素试验的初步结果来看,雌成虫取食量有随光强度的增加而增加的趋势。我们初步认为光对柑桔木虱成虫的影响可能主要通过影响成虫的取食而引起上面的结果。在低光强、短光照条件下,成虫不取食或取食量少,生长发育所需的能量供应不足,生长发育延缓,甚至死亡。另外,能量不足也使生殖器官的发育受到影响,性成熟晚,繁殖量降低,有的甚至不能达到性成熟,最终表现为产卵前期延长,产卵量低,雌虫死亡率高。

据报道,柑桔木虱只有在阳光充足,绿叶层稀疏,通透性良好的柑桔园中活动频繁,发生严重,而在树阴浓密或有防护林及高杆绿肥等存在的条件下,则发生较少。根据本研究结果可知,光照强度大,光照时间长,柑桔木虱成虫存活率高,繁殖量大,因而柑桔木虱发生严重。而在树阴浓密或有防护林等存在的条件下,由于柑桔园内光照强度小,光照时间短,温度较低,湿度较高,柑桔木虱发育、繁殖与存活受影响,最终表现发生量少。

Catling就温、湿度对非洲柑桔木虱(*Trioza erytrae*(Del Guercio))种群的影响进行了研究^[7-9],结果表明,高温低湿对非洲柑桔木虱的种群起极大的抑制作用。又根据非洲柑桔木虱对温、湿度的反应及在亚洲一些国家的考察结果,认为东方柑桔木虱对温、湿度的反应极可能与非洲柑桔木虱相同,即高温低湿同样对东方柑桔木虱种群不利。Lakra的研究结果却表明,相对湿度30—75%的较干燥条件有利于东方柑桔木虱种群的增长^[10]。本试验结果进一步探明,东方柑桔木虱对温、湿度的反应与非洲柑桔木虱不同,高温高湿对东方柑桔木虱的种群不利。

根据本研究结果,在柑桔生产上,可以考虑通过创造不利柑桔木虱种群发生的光、温、湿条件,以达到控制柑桔木虱种群的目的。如:(1)柑桔园内进行绿肥或生草覆盖。(2)控制好柑桔的种植密度,保证有合适的郁闭度,而且,在柑桔园中不要出现空地。(3)如有可能,在柑桔园内的一定距离营造一行防护林。(4)营造柑桔树与其它果树的混种园。如广州市园艺场的柑桔与木瓜或柑桔与香蕉混种园对控制柑桔木虱的发生起到了较好的作用。

参 考 文 献

- [1] Tritawidjaja, S. T., et al., 1965, Citrus vein-phloem degeneration virus, a possible cause of citrus chlorosis in Java. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* (88): 236—243.
- [2] Capoor, S.P. et al., 1966, Transmission of citrus greening disease by *Diaphoria citri* in India. *Proceedings of the International Symposium on Plant Pathology, New Delhi.*
- [3] Atwal, A.S., et al., 1970, Studies on the development and field population of citrus psylla *Diaphorina citri* Kuw. (Homoptera, Psyllidae). *J. Res. Punjab Agric. Univ.* 7(3): 333—338.
- [4] Catling, H.D., 1970, Distribution of psyllid vectors of citrus greening disease with notes on the biology and bionomics of *Diaphorina citri*. *FAO Plant Prot. Bull.* (18): 8—15.
- [5] 陈循洲等, 1982, 柑桔木虱生物学特性观察及其与黄龙病的关系, *中国柑桔* 47(4): 14—17.
- [6] Winston, P.W., et al., 1960, Saturated solutions for the control of humidity in biological research. *Ecology* 41(1): 232—237.
- [7] Catling, H. D., et al., 1968, Ecology of citrus psylla in the Lebata district of northern Transval.

- S. African Citrus J.* (410): 8—17.
- [8] Catling, H. D., 1969, The bionomics of the South African citrus psylla *Trioza erytreae* (Homoptera, Psyllidae). 3. The influence of extremes of weather on survival. *J. Ent. Soc. S. Africa* 32(2): 273—290.
- [9] Catling, H. D., 1972, The bionomics of the South African citrus psylla *Trioza erytreae* (Homoptera, Psyllidae). 6. Final population studies and a discussion of population dynamics. *J. Ent. Soc. S. Africa* 35(2): 235—251.
- [10] Lakra, R. K., et al., 1983, Population dynamics of citrus psylla *Diaphorina citri* Kuw. in Haryana. *Indian J. Ent.* 45(3): 301—310.

EFFECTS OF LIGHT, TEMPERATURE AND HUMIDITY ON THE DEVELOPMENT, REPRODUCTION AND SURVIVAL OF CITRUS PSYLLA

Yang Yubing

(Guangdong Institute of Entomology)

The effects of light, temperature and humidity on the development, reproduction and survival of citrus psylla (*Diaphorina citri*) have been studied with the results as follows:

1. When light intensity was below 11000 lx and light duration was below 18 hours per day, the number of eggs laid increased and the preoviposition period and mortality of females decreased both with the increases in light intensity and light duration having a greater effect. The effects of light intensity (x_2) and light duration (x_1) on the number of eggs laid (y_1), the preoviposition period (y_2) and the mortality (y_3) could be described by the following regression equations,

$$y_1 = -10.52 + 0.83x_1 + 8.59 \times 10^{-4}x_2; \quad y_2 = 20.93 - 0.40x_1 - 1.97 \times 10^{-4}x_2$$

$$y_3 = 112.51 - 3.08x_1 - 3.20 \times 10^{-3}x_2$$

2. Under the conditions of five temperatures (15, 20, 25, 30, and 34°C) with four relative humidities (43, 75, 85, and 92%) studied, no apparent effect on the percentage of hatching has been found while the nymphal mortality is high at higher temperature with higher humidity and low at moderate temperatures (20—30°C) with lower humidities (43—75%). The effect of temperature (x_1) and humidity (x_2) on the nymphal mortality (y) could be described by the regression equation

$$y = 330.99 - 16.37x_1 - 3.90x_2 + 0.27x_1^2 + 3.91 \times 10^{-2}x_1 \cdot x_2 + 2.39 \times 10^{-2}x_2^2$$

3. At a temperature in the range of 15—34°C, the effect of temperature on the development rate of eggs and nymphs could be described by parabolic curves. The threshold temperatures of the development of eggs and nymphs of the 1st, 2nd, 3rd, 4th and 5th instars were 9.41, 8.30, 9.72, 8.92 and 9.07°C, respectively. The corresponding effective accumulated temperatures were 60.03, 39.78, 26.82, 33.23, 39.76 and 74.49 day-degrees, respectively.

Key words, light, temperature, humidity, citrus psylla (*Diaphorina citri*), effect.