

## 温度对白背飞虱种群增长的影响\*

冯炳灿 黄次伟

(浙江省农业科学院植保所)

王焕弟 姚静 宋丽君

(浙江省劳改局十里丰农科所)

**摘要** 在15°—35°C范围内六种恒温条件下的试验结果表明,白背飞虱在15°—30°C之间发育正常,发育速率符合逻辑斯蒂曲线,适温为20°—30°C,最适温度在28°C左右。35°C高温和20°C以下的低温对其生长发育和繁殖都有不利影响。在试验温度下,世代存活率、雌虫产卵量和种群增长指数等皆呈抛物线趋势,由此初建了实验种群生命表,以估计发生趋势,但影响种群发展的其它因素的作用也不可忽视。

**关键词** 白背飞虱 温度影响 种群增长

近年来,白背飞虱 *Sogatella furcifera* (Horvath) 在浙江迁入量增加,为害渐趋严重,损失较大(黄次伟等,1982)。它的发生和消长受着温度等各种环境因素的影响。温度对昆虫种群的影响,国内外曾有较多的报道(吴坤君等,1978、1980;刘复生等,1982;末永一,1963)。为了了解白背飞虱的生物学特性,改进测报方法,建立综合防治体系,现将1981—1982年温度对其种群影响的试验结果分析如下,以供参考。

### 材料和方法

供试虫源为温室内饲养的白背飞虱,以水稻广陆矮4号分蘖期秧苗为食料。供试温度为15、20、25、28、30和35°C,另加-2、0和5°C等3种低温处理。前者用恒温培养箱控制温度,在黑暗下饲养;后者用冰箱控制。温差均为 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ,相对湿度保持在80—90%。

**卵期观察** 将产卵的雌成虫接在盆栽秧苗(每盆一丛稻)上产卵一昼夜后,去除成虫,将有卵秧苗整盆置于供试温度中,每种温度重复2—4次,卵数在150粒以上。当卵开始孵化时逐日检查一次孵化虫数,孵化完毕后剥查未孵化卵数,计算并比较卵历期和孵化率。

**成、若虫期观察** 成、若虫分别采用直径2.5厘米,长15厘米的两头通30目圆纱笼和玻璃管进行饲养,每笼(管)1苗1虫,均为当天羽化(或孵化)的虫子,两端用双层纱布扎紧。每处理30笼(管)以上,直立于水盆内保湿,若虫每隔两天,成虫每天更换一次无虫卵的新鲜秧苗,逐日观察若虫蜕皮、羽化和成、若虫死亡情况,并剥查成虫产卵数。

本文于1983年12月收到。

\* 本文承蒙浙江省农科院植保所巫国瑞副研究员修改,浙江农业大学植保系程家安老师提出宝贵意见,特此一并致谢。

## 结果和分析

### 一、发育起点温度和有效积温

在 15—30℃ 范围内五种恒温下的测定结果表明, 白背飞虱的发育起点温度: 卵为  $10.63 \pm 0.37^\circ\text{C}$ , 若虫为  $12.07 \pm 0.63^\circ\text{C}$ , 全代为  $10.88 \pm 0.35^\circ\text{C}$ 。有效积温: 卵为 107.91 日度, 若虫为 196.88 日度, 全代为 393.91 日度。

### 二、温度对发育历期的影响

由表 1 可知, 在 15—30℃ 范围内, 除 28℃ 下的成虫寿命较长外, 其余各虫态历期都

表 1 不同恒温下白背飞虱的发育历期

温 度 (°C)		15			20			25			28			30			35		
		$\bar{X}$	S	C.V	$\bar{X}$	S	C.V	$\bar{X}$	S	C.V	$\bar{X}$	S	C.V	$\bar{X}$	S	C.V	$\bar{X}$	S	C.V
卵期		23.1			12.0			7.4			6.4			5.5			7.5		
若 虫 期	一龄	10.7	0.6	5.62	5.1	0.8	15.63	3.6	0.8	22.22	2.5	0.6	23.71						
	二龄	8.0	0	0	4.3	0.9	21.12	2.5	0.8	32.00	2.0	0.8	40.40						
	三龄	10.0	3.5	35.0	4.1	1.4	33.89	3.3	1.6	48.48	2.1	0.9	42.65						
	四龄	11.3	1.5	13.24	4.4	0.7	15.98	3.6	1.5	41.67	3.0	1.1	37.00						
	五龄	15.7	3.8	24.25	6.1	2.2	35.95	3.8	1.1	29.33	3.0	1.2	39.33						
	全历期	55.7	6.4	11.50	27.8	1.8	6.47	15.3	1.3	8.50	11.7	1.1	9.38	11.3	1.6	14.16			
成 虫 期	雌	23.2	12.0	51.72	18.3	6.2	33.91	18.4	8.6	46.74	21.6	9.1	42.16	12.5	3.4	27.29	8.3	4.2	50.79
	雄	19.3	6.9	35.77	16.9	3.8	22.54	15.6	4.9	31.39	19.0	10.1	53.36	11.6	3.1	26.70	6.9	3.2	46.38
	平均	21.3	10.1	47.40	17.6	5.2	29.64	17.1	7.2	42.23	20.3	9.5	46.80	12.0	3.3	27.45	7.7	3.8	49.22
	产卵前期	10.7	3.8	35.38	6.0	1.8	29.85	4.9	1.1	22.45	4.4	1.3	29.82	4.2	1.3	31.02	4.8	1.5	31.25

注:  $\bar{X}$  为平均天数, S 为标准差, C.V 为变异系数。下同。

随着温度的升高而缩短; 在同一温度下, 雌成虫寿命比雄成虫长。但 20℃ 以下各虫态历期明显延长, 35℃ 下的卵历期和成虫产卵前期反比 30℃ 下有所延长, 这说明温度过低或过高都不利于白背飞虱的生长发育。

在不同温度下, 各龄若虫历期的变异系数一般较大, 而若虫全历期的变异系数却较小, 说明尽管各龄若虫个体之间差异大, 但整个若虫期因受有效积温法则的控制, 波动就小。成虫寿命和产卵前期的变异系数也较大, 说明成虫个体之间存在较大的差异。

温度与各虫态发育速率的关系, 见图 1。由图 1 曲线说明白背飞虱在较低温度时生长发育缓慢; 到达一定温度后, 几乎呈直线上升; 温度继续上升, 发育又变缓慢, 不再上升, 甚至稍有下降。

### 三、温度对存活率的影响

白背飞虱在不同温度下的卵孵化率和若虫存活率, 见表 2。

温度对卵的影响, 不仅取决于温度的高低, 而且与不同温度持续时间长短也有关系 (表 3)。如表 3 所示, 在 35℃ 下, 初产卵经 48 小时后, 孵化率明显下降; 在 15—30℃ 范围内, 除 15℃ 经 24 小时的处理有差异外, 其余处理之间差异不显著; 在 5℃ 时, 孵化率随着处理时间的延长而逐渐下降; 在 0℃ 下, 经 6 小时尚有少数孵化, 但 12 小时以上和 -2℃

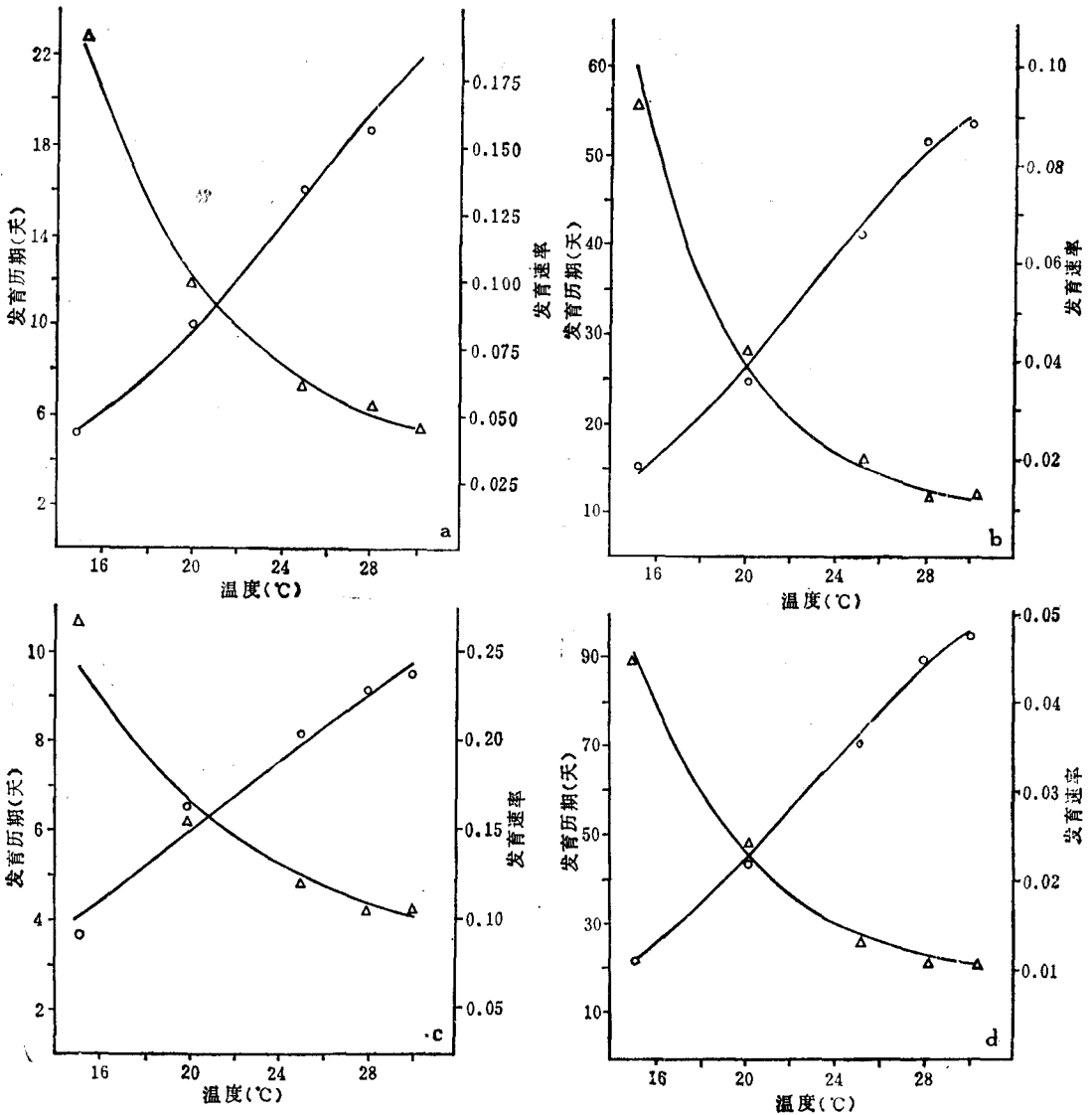


图 1 温度与白背飞虱发育历期和发育速率的关系

Δ—Δ 发育历期 (y) ○—○ 发育速率 (1/y)

$$\begin{aligned}
 \text{a. 卵} \quad y &= \frac{1 + e^{4.0139 - 0.1632x}}{0.2553} & 1/y &= \frac{0.2553}{1 + e^{4.0139 - 0.1632x}} & \text{b. 若虫} \quad y &= \frac{1 + e^{4.9995 - 0.2280x}}{0.1062} \\
 1/y &= \frac{0.1062}{1 + e^{4.9995 - 0.2280x}} & \text{c. 成虫产卵前期} \quad y &= \frac{1 + e^{2.6370 - 0.1217x}}{0.3345} & 1/y &= \frac{0.3345}{1 + e^{2.6370 - 0.1217x}} \\
 \text{d. 全代} \quad y &= \frac{1 + e^{4.4298 - 0.1970x}}{0.0588} & 1/y &= \frac{0.0588}{1 + e^{4.4298 - 0.1970x}}
 \end{aligned}$$

下的各处理均不能孵化。浙江历年冬季在 0°C 以下的天数在 9—12 天以上, 最长达 60 多天, 由此可见, 白背飞虱在浙江一般不能以卵越冬。

从表 2 还可看出, 温度对若虫的存活也有明显的影响。在 15—30°C 范围内若虫存活率对数呈抛物线趋势(见图 2), 可用回归方程式配合:

$$\log y = -1.985 + 0.275x - 0.005x^2 \quad (1)$$

表 2 不同恒温下白背飞虱卵孵化率和若虫存活率

温度(°C)	15	20	25	28	30	35
卵孵化率(%)	81.68	80.29	81.34	99.57	88.53	1.68
若虫存活率(%)	10.00	32.00	55.56	70.37	57.06	0.

式中： $y$  为若虫存活率(%)， $x$  为温度(°C)。令  $y = 0$ ，则  $x = 27.5$ 。

将 27.5 代入 (1) 式， $y = 62.55$ ，即在最适温度 27.5°C 时，若虫存活率最高达 62.55%。

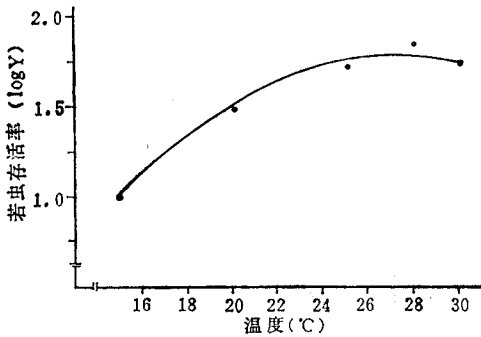


图 2 温度与白背飞虱若虫存活率的关系

图 3 综合了不同温度对白背飞虱各虫态(从卵到成虫羽化)存活率的影响。这些存活曲线表明，在 28°C 下卵和三龄若虫以前的存活率最高，三龄若虫以后逐渐下降，但仍比其余温度时高；在 25°C 和 20°C 下卵孵化率逐渐有所下降，而若虫期存活率较平稳，五龄若虫后死亡率才明显上升；在 15°C 下随着虫龄的增大，存活率几乎呈直线下降；在 35°C 下卵孵化率和若虫存活率均为最低。以上说明不同温度下的世代存活率为：28°C >

25°C > 20°C > 15°C > 35°C。因此，在 15—30°C 范围内的世代存活率对数也呈抛物线趋势(见图 4)，可配合以下方程式：

$$\log y = -1.929 + 0.2574x - 0.0045x^2 \quad (2)$$

式中： $y$  为世代存活率(%)， $x$  为温度(°C)。令  $y = 0$ ，则得  $x = 28.6$ 。

将 28.6 代入 (2) 式，得  $y = 56.5$ ，即在最适温度 28.6°C 时，世代存活率最高可达

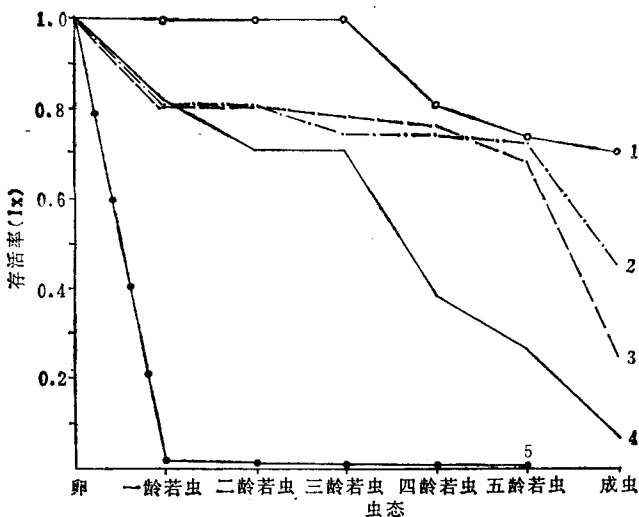


图 3 不同温度下白背飞虱的存活率曲线

1. ○—○ 28°C 2. - · - · - 25°C 3. ——— 20°C 4. ——— 15°C 5. ●—●—● 35°C

表 3 不同温度不同时间处理后白背飞虱卵孵化率

处理时间(小时)	温 度 (°C)								
	-2	0	5	15	20	25	28	30	35
6	0	11.45	61.09	90.28	96.69	82.41	100.0	97.71	87.25
12	0	0	62.59	88.66	95.28	89.08	96.67	92.18	77.04
24	0	0	52.75	69.82	82.06	87.34	86.42	98.27	86.87
48	0	0	29.53	85.82	88.05	85.62	96.77	91.12	53.80

56.5%。

#### 四、温度对成虫繁殖力的影响

试验结果表明, 温度与白背飞虱成虫产卵量对数呈抛物线型(见表 4 和图 5)。从表 4 可知, 产卵量和产卵天数的变异系数均较大, 表示成虫个体之间差异较大。温度与成虫产卵量的关系, 可用以下方程式配合:

$$\log y = -2.6495 + 0.3889x - 0.0077x^2 \quad (3)$$

式中:  $y$  为平均产卵量,  $x$  为温度(°C)

令  $y = 0$ , 则得  $x = 25.3$ 。

将 25.3 代入 (3) 式, 得  $y = 182.4$ , 即在产卵最适温度 25.3°C 时, 每头雌虫可产卵 182.4 粒。但实际所得产卵最适温度为 28°C, 这可能是供试虫源不同所致, 28°C 成虫产卵虫源来自田间, 而其余温度是温室过冬的虫源。

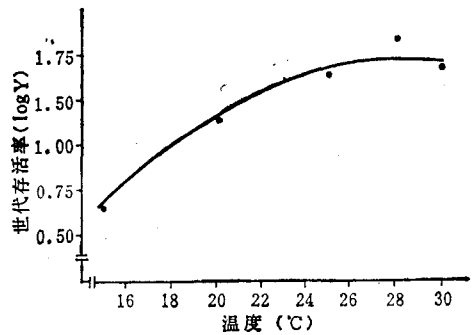


图 4 温度与世代存活率的关系

表 4 不同温度下白背飞虱雌成虫产卵量

温度(°C)	每头雌成虫产卵粒数			产卵天数			不产卵和只产卵一天的个体占%
	$\bar{x}$	S	C. V	$\bar{x}$	S	C. V	
15	33.8	29.4	87.03	3.9	2.9	74.17	43.33
20	74.5	35.8	48.12	6.1	2.6	42.83	3.3
25	133.3	59.9	44.96	8.9	4.1	46.18	3.3
28	325.8	147.3	45.21	9.4	3.1	32.55	6.67
30	116.0	52.5	45.26	6.9	3.0	43.61	10.47
35	29.8	21.0	70.47	4.3	2.2	51.16	36.66

#### 五、不同温度下白背飞虱的内禀增长力

内禀增长力 ( $r_m$ ) 是说明昆虫的发育速率, 存活率和繁殖力对种群消长的综合作用, 可以作为种群在不同温度下增长力比较的指标,  $r_m$  值大, 种群增长快;  $r_m$  值小, 种群增长慢;  $r_m$  值为负数; 种群则下降。以此可以确定何种温度对增殖最有利。根据公式:

$$r_m = \frac{\log e R_0}{T_c}$$

式中:  $R_0$  为种群净增殖率,  $R_0 = \sum l_x m_x$

$$T_c \text{ 为世代平均历期, } T_c = \frac{\sum l_x \cdot m_x \cdot x}{\sum l_x \cdot m_x}$$

$x$  为特定年龄,  $l_x$  为特定年龄  $x$  的存活率,  $m_x$  为  $x$  时的雌虫平均产雌数,  $e$  为自然对数之底。

有限增长率 ( $\lambda$ ) 公式:  $\lambda = e^{r_m}$ ,  $\lambda$  是种群在特定条件下, 经过单位时间后的增长倍

表 5 不同恒温下白背飞虱种群各参数的比较

温度(°C)	15	20	25	28	30
$T_c$	92.62	49.27	30.93	29.80	23.09
$r_m$	-0.0042	0.0417	0.1022	0.1468	0.1276
$R_0$	0.6800	7.7833	23.5930	79.3090	19.0571
$\lambda$	0.9959/天	1.0425/天	1.1076/天	1.1581/天	1.1361/天

表 6 不同恒温下白背飞虱实验种群生命表

温 度 (°C)	15	20	25	28	30	35	
起始卵数	100	100	100	100	100	100	
卵死亡率(%)	18.32	19.71	18.66	0.43	11.47	98.32	
死亡卵数	18.3	19.7	18.7	0.4	11.5	98.3	
进入一龄若虫数	81.7	80.3	81.3	99.6	88.5	1.7	
一龄死亡率(%)	13.33	0	0	0	0	7.5	
死亡虫数	10.9	0	0	0	0	0.1	
进入二龄若虫数	70.8	80.3	81.3	99.6	88.5	1.6	
二龄死亡率(%)	0	3.03	8.33	0	0	24.32	
死亡虫数	0	2.4	6.8	0	0	0.4	
进入三龄若虫数	70.8	77.9	74.5	99.6	88.5	1.2	
三龄死亡率(%)	46.15	3.13	0	18.52	6.06	67.86	
死亡虫数	32.7	2.4	0	18.4	5.4	0.8	
进入四龄若虫数	38.1	75.5	74.5	81.2	83.1	0.4	
四龄死亡率(%)	28.57	9.68	3.03	9.09	—	88.89	
死亡虫数	10.9	7.3	2.3	7.4	—	0.35	
进入五龄若虫数	27.2	68.2	72.3	73.8	—	0.05	
五龄死亡率(%)	70.0	62.5	37.5	5.0	39.0*	100	
死亡虫数	19.0	42.6	27.1	3.7	32.4	0.05	
羽化成虫数	8.2	25.6	45.1	70.1	50.7	0	
雌成虫数(性比 1:1)	4.1	12.8	22.55	35.05	25.37		
世代存活率(%)	观察值	8.2	25.6	45.1	70.1	50.7	
	估测值	8.3	26.2	49.4	56.3	55.3	
预计下代卵量	117.45	1464.6	4500.3	4492.7	3381.6		
种群增长倍数	1.17	146.5	45.00	44.93	33.82		

\* 为4—5龄若虫死亡率,由成虫羽化率推算出来。

数。

在供试温度下,白背飞虱雌雄性比假设为 1:1,由此算出了在 15—30°C 范围内五种温度下的  $R_0$ 、 $T_c$ 、 $r_m$  和  $\lambda$  值列于表 5。

从表 5 可知,在 15°C 下,世代平均历期 ( $T_c$ ) 最长,  $r_m$  为负数,  $R_0$  和  $\lambda$  值均  $< 1$ , 表示种群下降;在 20—28°C 下,  $T_c$  逐渐减少,而  $r_m$ 、 $R_0$  和  $\lambda$  值逐渐增加,表示种群逐渐上升,尤以 28°C 时种群增加最快,理论上逐日以 1.1581 倍的增长率作几何级数增加;在 30°C 下,  $T_c$  值最小,但  $r_m$ 、 $R_0$  和  $\lambda$  值反比 28°C 时小,说明种群增长速度又复减慢。

### 六、不同温度下白背飞虱实验种群生命表

根据试验结果,初步组建了在不同温度下白背飞虱实验种群生命表(见表 6)。

表 6 中,起始卵数折算为 100,各虫态死亡率为实际观察值,雌雄性比假设为 1:1,预计下代卵量是世代存活的雌成虫估测值与由方程 (3) 推算出来的每头雌成虫产卵量的乘积,种群增长指数是预计下代卵量被除当代起始卵数的商。温度与种群增长指数的关系(见图 6),可配合以下方程式:

$$y = -230.572 + 21.344x - 0.419x^2 \quad (4)$$

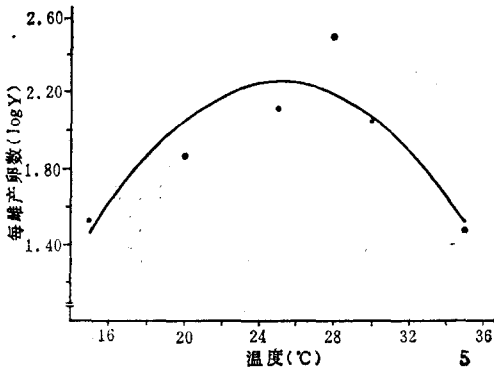


图 5 温度与白背飞虱雌成虫产卵量的关系

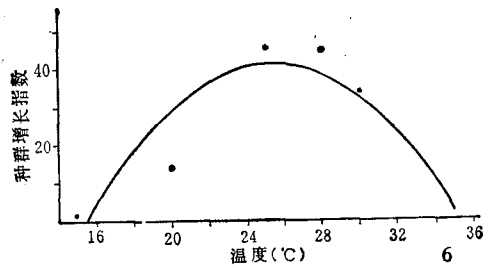


图 6 温度与种群增长指数的关系

式中:  $y$  为种群增长指数,  $x$  为温度(°C)。

令  $y = 1$ , 得  $x_1 = 15.7$ ,  $x_2 = 35.3$ 。即温度在 15.7—35.3°C 之间,白背飞虱种群呈增长趋势,低于 15.7°C 或高于 35.3°C,则种群不能增长。

## 讨 论

白背飞虱在 20—30°C 下,生长发育正常,产卵多,净增长率和内禀增长力大,种群发展快。但过低或过高温度对种群增长都不利,在低温下表现发育缓慢,历期延长,死亡率增加,产卵量和产卵速率降低;在高温时死亡率增加,孵化率和产卵量降低。

本文初建的实验种群生命表,在实际应用时需要保持稳定的环境条件,但这在自然界中是比较困难的,因为种群增长不仅受温度的影响,而且受雨日、雨量、光照等其他气候要素,以及迁飞、食料、天敌、栽培技术等多种因素的影响,对这些因素切不可忽视。尽管如此,如果环境条件比较稳定,温度又是主要因素,这样仍可根据内禀增长力和生命表来估计白背飞虱的发生趋势。

## 参 考 文 献

- 黄次伟等 1982 白背飞虱生物学特性和药剂防治研究。浙江农业科学 (3): 138—41。  
 吴坤君等 1978 不同温度下的棉铃虫实验种群生命表。昆虫学报 21(4): 385—92。  
 吴坤君等 1980 温度对棉铃虫实验种群生长的影响。昆虫学报 23(4): 358—67。  
 刘复生等 1982 温度对金边土鳖实验种群影响的研究。生态学报 2(3): 229—38。  
 末永一 1963 セジロウンカ・トセイロウンカの異常発生機構に関する生態学の研究。九州農業試験場彙報 8(1): 53—70。

INFLUENCE OF TEMPERATURE ON THE POPULATION DYNAMICS  
 OF THE WHITEBACKED PLANTHOPPER, *SOGATELLA*  
*FURCIFERA* (HORVATH)

FENG BING-CAN HUANG CI-WEI

(Institute of Plant Protection, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences)

WANG HUAN-DI YAO JING SONG LI-JUN

(Institute of Agricultural Research Shi Li Feng, Zhejiang Province)

The present paper deals with the influence of temperature on the development, survival and reproduction of the whitebacked planthopper (*Sogatella furcifera*) at six constant temperatures from 15 to 35°C.

The pest developed normally at 15 to 30°C. The rates of development were determined at five constant temperatures and fitted to a logistic curve. The favourable temperatures for the growth, survival and reproduction lay between 20 and 30°C. Development and reproduction at 35°C or below 20°C were adversely affected.

The survival rates of the whole generation, the fecundities and the increase indexes of the population all showed a parabolical trend at six constant temperatures. The life tables were preliminarily set up for the estimation of the growth tendency of the experimental populations.

**Key words** whitebacked planthopper—temperature effect—population dynamics