

# 通辽地区高粱蚜虫发生特点 及预报模式的探讨

刘 龙 纯

(哲里木盟农业科学研究所)

高粱蚜虫 (*Aphis sacchari* Zenutner) 是哲盟地区高粱的重要害虫。它年年都有发生,但不是年年大发生,间歇地出现猖獗年是它的特性。一旦猖獗发生对全盟粮食产量威胁很大。因此,搞好高粱蚜虫的预测预报,为经济有效防治提供依据是很重要的。

目前通辽地区高粱蚜虫的预测预报是按《吉林省主要农作物病虫害测报办法》进行的。鉴于高粱蚜虫的发生发展地区性差异较大,我们以哲盟农科所1959~1974年田间高粱蚜虫消长调查资料为样本,对当地蚜情变化进行了初步分析,以期研究更切合当地的短期预报方法和指标,提高预测预报的准确率。同时,根据高粱蚜虫发生量的年际演变,从长期预报方面也进行了初步探索,现分述如下。

## 一、田间动态与短期预报

(一)研究方法 根据历年田间高粱蚜虫明显初见期和最高峰期(以下简称为峰期),选取7月5日至8月5日(以下简称这段时间为“前期”)的调查记录,逐年计算百株蚜量与时间(日期数),有蚜株率与时间的相关系数。取相关系数显著的各年,以回归线的形式绘制在同一坐标上,比较初期蚜量与峰期蚜量的变化关系。

为便于比较,将峰期百株蚜量作如下分级:

最高百株蚜量(头)	发生等级	发生程度	说 明
10,000以下	1	} 轻	根据本所田间试验,结合2级以下轻发生年的蚜量统计:最高百株蚜超过50,000头时,产量损失不超过1.4%。
10,001—50,000	2		
50,001—100,000	3		
100,001—150,000	4	} 重	
150,001—200,000	5		
200,001—250,000	6		
250,001以上	7		

## (二) 结果与分析

### 1、百株蚜量变化特征及预报方程

田间前期百株蚜量和时间 的关系与下面动态方程拟合较好。

$$\ln N_2 = \ln N_1 + rt \quad (1)$$

式中  $r$  为蚜量增殖速度常数,  $t$  为蚜量增殖所历时间 (日),  $N_1$  为开始调查的百株蚜量,  $N_2$  为经过七日后的百株蚜量。

利用式 (1) 求得各年田间百株蚜量与时间的相关系数列表 1:

表 1 1959—1974年田间高粱蚜虫上升期蚜量与时间相关系数表

年 份	百株蚜量与时间相关系数 (r)	自由度 (n-2)	概 率 (P)	回 归 方 程 式
1959	0.9158 **	5	<0.01	$\ln \hat{y}_{59} = 0.1318t + 4.1332$
1960	0.9320 **	5	<0.01	$\ln \hat{y}_{60} = 0.2475t + 3.7240$
1961	0.9521 *	2	<0.05	$\ln \hat{y}_{61} = 0.2317t + 5.8117$
1962	0.9942 **	4	<0.01	$\ln \hat{y}_{62} = 0.2433t + 3.2940$
1963	0.9557 *	2	<0.05	$\ln \hat{y}_{63} = 0.2830t - 1.5481$
1964	0.9930 **	2	<0.01	$\ln \hat{y}_{64} = 0.2591t + 6.9527$
1965	0.9886 **	5	<0.01	$\ln \hat{y}_{65} = 0.2580t + 0.9008$
1966	0.9000	2	=0.10	$\ln \hat{y}_{66} = 0.1025t + 6.3798$
1967	0.9726 *	2	<0.05	$\ln \hat{y}_{67} = 0.3847t + 6.3357$
1968	0.9941 **	4	<0.01	$\ln \hat{y}_{68} = 0.3005t + 3.5676$
1969	0.9672 **	5	<0.01	$\ln \hat{y}_{69} = 0.2913t - 1.0867$
1970	0.9933 **	3	<0.01	$\ln \hat{y}_{70} = 0.3551t + 5.0215$
1971	0.8881 **	5	<0.01	$\ln \hat{y}_{71} = 0.0836t + 5.8870$
1972	0.8141 *	5	<0.05	$\ln \hat{y}_{72} = 0.2010t + 4.4107$
1973	0.7858 *	5	<0.05	$\ln \hat{y}_{73} = 0.0854t + 4.5640$
1974	0.9829 **	5	<0.01	$\ln \hat{y}_{74} = 0.2888t - 0.2543$

表 1 除 1966 年外, 相关系数均显著, 且多数年极显著。因此认为, 依此所绘制图 1 较好地反映了各年前期蚜量的变化实况。

图 1 共 15 条回归线, 1966 年资料因为 相关系数不显著没有绘入各线末端两个加注数

字，表示回归线的年份和该年峰期百株蚜量的等级数(即括号内数字)。如果让回归分析的斜率表示田间蚜量的增殖速度，截距表示初期蚜量基数，那么可以看出如上一些特点，并可根据这些特点得出相应的经验方程式：

(1) 多数年蚜量增殖速度相近，突出偏低的仅三年(1959、1971和1973)。如取图1多数回归线斜率的平均值代入式(1)，可得一适用于通辽的田间高粱蚜虫动态方程：

$$\ln N_2 = \ln N_1 + 0.28t \quad (1')$$

式(1')表明，通辽地区高粱蚜虫在上升期大约以“五天四倍，十天十六倍”的增殖度上升。按着这一上升倍数，结合防治指标估计防治适期有一定参考价值。

(2) 各年同期蚜量差异很大，但由于多数年增殖速度相近，所以可根据前期蚜量(基数)推测未来峰期蚜量。这里我们注意到，不同的调查日期，蚜量基数不同。因此，如何在不同调查日期(即不同的基数)的条件下作出同一预报是一个需要解决的问题。

如上所述，调查日期不同，基数不同，但如果把基数定在形成高峰之前的，则对应于任一日期数的田间百株蚜量，显然基数是一变数，随日期数而变。这样就可以看出，峰期蚜量的变化是由两个变化复合而成，即日期数的变化引起蚜量基数的变化，蚜量基数的变化引起峰期蚜量的变化。根据这一变化规律，通过对历年田间消长调查资料的统计，得一田间蚜量动态经验式：

$$\hat{y}_1 = 1.3368 + 0.0082 \ln x \cdot t + 0.4648 \ln x - 0.1538t \quad (2)$$

其中  $\hat{y}_1$  为峰期蚜量等级数(1—7级)， $\ln x$  为田间蚜量基数(头/百株)对数， $t$  为七月份调查日期数(日期数属时间概念，但不等于时间，它是时间里的点)。

式(2)具体表明田间蚜量从初期发展到峰期是由正负两个分量合成。正的分量为蚜量基数按一定扩大速度不断增殖扩大；负的分量是由诸如天敌、不良的气候、不营的营养以及蚜虫自身形成翅蚜而逸散等因素的影响，致使蚜量基数的扩大速度不断被削减，当达峰期时，扩大速度被削减为零。诸削减因素综合一起反映在日期数上就成为与峰期蚜量等级的负值关系。从整个公式看，日期数表现为负值可以认为是将对调查日期不同所引起的明显偏高的校正。

式(2)预报效果检验见表2：

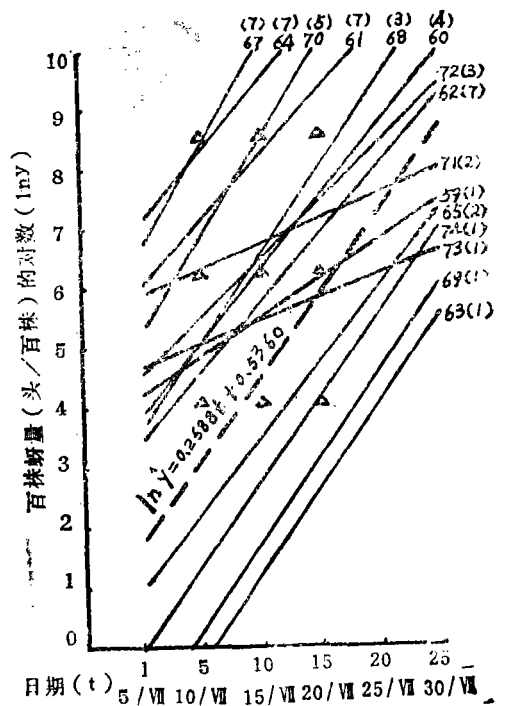


图1 百株蚜量与时间关系(一)

表2

式 (2) 样本拟合检验

年 别	百株蚜量调查数 ( $\ln x$ ) 和峰值 预报等 ( $\hat{y}_1$ )	调 查 日 期 (t)					
		5	10	15	20	25	31
1959 (1)	$\ln x$ $\hat{y}_1$	3.18 2 (-1)	5.39 3 (-2)	6.36 3 (-2)	5.91 2 (-1)	6.87 2 (-1)	7.53 2 (-1)
1960 (3)	$\ln x$ $\hat{y}_1$	3.40 2 (1)	5.56 3 (0)	6.82 3 (0)	7.66 3 (0)	7.16 2 (1)	10.42 4 (-1)
1961 (5)	$\ln x$ $\hat{y}_1$				9.05 4 (1)	10.54 5 (0)	12.37 5 (0)
1962 (7)	$\ln x$ $\hat{y}_1$	4.14 3 (4)x		5.61 2 (5)x	6.32 2 (5)x	7.64 3 (4)x	9.61 4 (3)x
1963 (1)	$\ln x$ $\hat{y}_1$	0 1 (0)	0 1 (0)	0 1 (0)	1.39 1 (0)	4.47 1 (0)	6.31 1 (0)
1964 (7)	$\ln x$ $\hat{y}_1$	7.17 4 (3)x	8.50 5 (2)	9.79 5 (2)		11.68 5 (2)	
1965 (2)	$\ln x$ $\hat{y}_1$	1.79 2 (0)	2.08 1 (1)	3.22 1 (1)	4.23 1 (1)	5.68 1 (1)	8.02 2 (0)
1966 (1)	$\ln x$ $\hat{y}_1$	6.15 4 (3)x	7.31 4 (-3)x	7.49 3 (-2)	7.75 3 (-2)		
1967 (7)	$\ln x$ $\hat{y}_1$	6.31 4 (3)x	8.72 5 (2)	10.22 5 (2)	12.02 6 (1)		
1968 (3)	$\ln x$ $\hat{y}_1$	4.03 3 (0)	4.57 2 (1)	6.72 3 (0)	8.33 4 (-1)	9.81 4 (-1)	11.09 5 (-2)
1969 (1)	$\ln x$ $\hat{y}_1$	0 1 (0)	0.69 1 (0)	0 1 (0)	3.50 1 (0)	4.88 1 (0)	6.68 1 (0)

1970 (3)	lnx $\hat{y}_1$	5.69 4 (-1)	6.61 3 (0)	8.11 4 (-1)	10.64 5 (-2)	12.17 6 (-3) <sub>x</sub>	
1971 (2)	lnx $\hat{y}_1$	5.21 3 (-1)	7.14 4 (-2)	6.88 3 (-1)	7.12 3 (-1)	7.33 2 (0)	8.19 3 (-1)
1972 (3)	lnx $\hat{y}_1$	3.97 3 (0)	7.53 4 (-1)	6.74 3 (0)	6.53 2 (1)	8.61 3 (0)	9.74 4 (-1)
1973 (1)	lnx $\hat{y}_1$	5.32 3 (-2)	5.14 3 (-2)	4.32 2 (-1)	5.66 2 (-1)	6.23 2 (-1)	7.20 2 (-1)
1974 (1)	lnx $\hat{y}_1$	0 1 (0)	1.10 1 (0)	2.20 1 (0)	4.63 1 (0)	5.95 2 (-1)	6.70 1 (0)

注：①年份下边括号内数字为该年峰期蚜量等级的实际值；②“lnx”为百株蚜量自然对数值；③调查日期下边括号内数字为误差等级数。

表2是对本所16年85次田间高粱蚜消长调查记录的拟合检验。结果表明，误差为±1级时符合61次(71.8%)，误差为±2级时符合75次(88.2%)，不符合(误差为±3级)为10次(11.8%)，基本显著。

(3)图1各回归线自然分离成两部分，1~2级在一侧，3~7级在另一侧，界限分明。今在分离部分的中间划一宽虚线，作为对未来发生轻重预报的判别指标线以指导防治。如果调查蚜量低于判别指标线则预报为轻(2级以下)，无需用药；如果高于判别指标线则预报为重(3级以上)，注意防治。图1的判别指标线可列如下式：

$$\ln \hat{y} = 0.269t + 0.536 \quad (3)$$

其中t为七月田间蚜量调查的日期数

(4)为明确通辽地区高粱蚜虫前期变化与外地不同点，我们与公主岭短期预报指标作了比较，以百株蚜量50头、500头、5000头的自然对数值为界，用“△”号按三个日期(7月10日、7月15日、7月20日)分别标注在图1坐标上。从中看出历年7月10日田间百株蚜量在50头( $\ln y = 3.91$ )以下时，都属轻发生年；在50~500头( $\ln y = 3.91 \sim 6.21$ )之间时，多数年中等以上，少数年为轻发生；在500头( $\ln y = 6.21$ )以上时，多数年重发生，个别年轻发生。这一结果与公主岭7月20日的预报指标基本相仿，所差需前移10天。

(5)图1是否符合盟内其他地区，图2给出一些证据：图2与图1比较，特点相似。其中开鲁县大榆树公社测报点，1972年田间高粱蚜在前期发展缓慢，8月中旬以后猛增，脱离了一般特征，有待进一步研究。

## 2、有蚜株率变化特征及预报方程

历年田间有蚜株率与时间的变化关系及其相关系数如表3和图3。其特点分析如下：

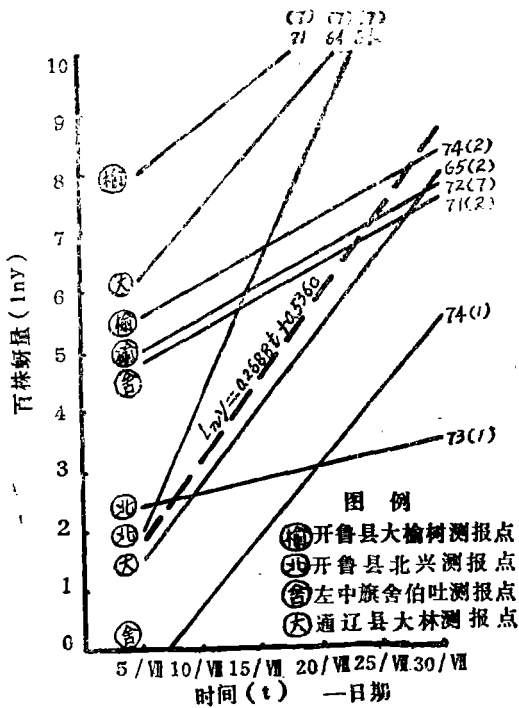


图2 百株蚜量与时间关系 (二)

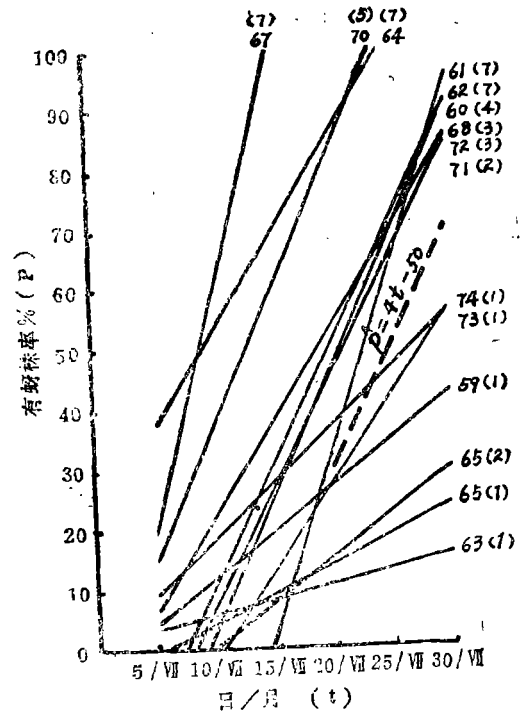


图3 有蚜株率与时间关系 (一)

表3 1959—1974年高粱蚜虫上升期有蚜株率与时间相关系数表

年 份	有蚜株率与时间 相关系数 (r)	自 由 度 (n-2)	显著性水平 (P)	回 归 方 程 式
1959	0.9837 **	4	<0.01	$\hat{Y}_{59} = 1.61t + 1.57$
1960	0.9146 **	4	<0.02	$\hat{Y}_{60} = 3.85t - 7.03$
1961	0.9950	1	<0.10	$\hat{Y}_{61} = 6.49t - 67.50$
1962	0.8759	3	<0.10	$\hat{Y}_{62} = 3.60t - 14.08$
1963	0.8635 *	4	<0.05	$\hat{Y}_{63} = 0.61t - 3.30$
1964	0.9874 **	3	<0.01	$\hat{Y}_{64} = 3.44t + 34.32$
1965	0.8434 *	4	<0.05	$\hat{Y}_{65} = 1.48t - 7.48$
1966	0.3370 ×	2	<0.10	$\hat{Y}_{66} = 0.21t + 10.09$
1967	0.9868 ×	1	<0.10	$\hat{Y}_{67} = 9.39t + 9.60$
1968	0.9232 **	4	<0.01	$\hat{Y}_{68} = 3.95t - 8.79$
1969	0.7943	4	<0.10	$\hat{Y}_{69} = 1.26t - 8.25$
1970	0.9846 **	3	<0.01	$\hat{Y}_{70} = 4.81t + 10.40$
1971	0.9650 **	4	<0.01	$\hat{Y}_{71} = 3.78t - 10.96$
1972	0.8745 *	4	<0.05	$\hat{Y}_{72} = 3.21t + 3.10$
1973	0.8794 *	4	<0.05	$\hat{Y}_{73} = 1.91t + 7.12$
1974	0.9126 **	4	<0.01	$\hat{Y}_{74} = 2.77t - 14.10$

(1) 回归线斜率表示田间高粱蚜株的扩展速度，截距表示调查始期的有蚜株率(基数)。可以看出，不同年份蚜株扩展速度不同。计算表明，历年同期有蚜株率与峰期蚜量成极显著的正相关 ( $r_{1:2} = 0.7756^{**}$ )。又据(表3)，日期数与蚜株率的变化也成显著的正相关。因而由历年田间蚜株调查资料中导出如下动态经验式：

$$\hat{y}_2 = 1.13 + 0.142P - 0.0188t - 0.00368pt \quad (4)$$

式中  $\hat{y}_2$  为峰期蚜量等级(1~7级)，P为田间有蚜株率(基数)，t为七月日期数( $t = 1, 2, \dots, 31$ )。

式(4)与式(2)类似，由于田间影响因素的存在，使有蚜株率的变化率随着日期数向前变化而不断变小，当有蚜株率100%时，扩展速度等于零。这种使蚜株扩展速度不能变小的作用，反映在日期数上就成一负值；反映在整个公式上就成一负的校正数，它不断校正由于调查期不同而出现的推断上的偏倚。需指出，有蚜株达100%时不宜使用式(4)，超出七月份也不宜使用式(4)。

式(4)预报效率检验见表4：

表4 式(4)样本拟合检验

年 别	有蚜株率(P) 峰值预报( $\hat{y}_2$ )	调 查 日 期 数 (t)					
		5	10	15	20	25	31
1959 (1)	P $\hat{y}_2$	3.5 2 (-1)	10.0 2 (-1)	19.0 3 (-2)	25.0 3 (-2)	29.0 2 (-1)	47.0 2 (-1)
1960 (3)	P $\hat{y}_2$	3.5 2 (1)	11.5 2 (1)	35.0 4 (-1)	21.5 2 (1)	89.0 5 (-2)	94.0 3 (0)
1961 (5)	P $\hat{y}_2$				28.0 2 (3)X	65.0 4 (1)	100.0 3 (2)
1962 (7)	P $\hat{y}_2$	9.0 2 (5)X		6.0 2 (5)X	21.5 3 (4)X	52.0 7.1 (0)	100.0 3 (4)
1963 (1)	P $\hat{y}_2$	0.5 1 (0)	0.5 1 (0)	0.5 1 (0)	1.5 1 (0)	7.5 1 (0)	17.0 1 (0)
1964 (7)	P $\hat{y}_2$	34.0 5 (2)	53.0 7 (0)	80.0 7 (1)	80.0 6 (1)	100.0 6 (1)	

1965 (2)	<b>P</b> $\hat{y}_2$	0.5 1 (1)	1.5 1 (1)	4.0 1 (1)	7.5 1 (1)	11.5 1 (1)	44.0 2 (0)
1966 (1)	<b>P</b> $\hat{y}_2$	8.0 2 (-1)	16.0 3 (-2)	9.0 2 (-1)	14.0 2 (-1)		
1967 (7)	<b>P</b> $\hat{y}_2$	14.5 3 (4) X	64.5 7 (0)	100.0 7 (0)			
1968 (3)	<b>P</b> $\hat{y}_2$	9.5 2 (1)	11.5 2 (1)	18.0 3 (0)	27.0 3 (0)	85.5 5 (-2)	100.0 3 (0)
1969 (1)	<b>P</b> $\hat{y}_2$	0.0 1 (0)	0.5 1 (0)	0.0 1 (0)	1.0 1 (0)	8.5 1 (0)	37.5 2 (-1)
1970 (3)	<b>P</b> $\hat{y}_2$	14.0 3 (0)	29.5 4 (-1)	65.0 7 (-4) X	88.5 7 (-4) X	100.0 6 (-3) X	
1971 (2)	<b>P</b> $\hat{y}_2$	2.5 1 (1)	9.5 2 (0)	19.0 3 (-1)	35.0 3 (-1)	59.0 4 (-2)	100.0 3 (-1)
1972 (3)	<b>P</b> $\hat{y}_2$	8.0 2 (1)	15.0 3 (0)	35.0 4 (-1)	16.5 2 (1)	51.5 3 (0)	100.0 3 (0)
1973 (1)	<b>P</b> $\hat{y}_2$	19.0 3 (-2)	12.0 2 (-1)	17.0 2 (-1)	30.0 3 (-2)	48.0 3 (-2)	64.0 2 (-1)
1974 (1)	<b>P</b> $\hat{y}_2$	0.0 1 (0)	1.0 1 (0)	1.0 1 (0)	12.0 2 (-1)	52.0 3 (-2)	63.0 2 (-1)

表中为本所16年85次田间有蚜株率调查的实际值与式(4)计算值的比较。结果表明, 误差 $\pm 1$ 级时, 符合64次(75.3%);  $\pm 2$ 级时, 符合76次(89.4%);  $\pm 3$ 级以上时为9次(10.6%), 基本显著。

式(4)较式(2)预报效果稍好, 但明显的是简化了田间调查。

(2)图3表明, 发生初期各回归线交织在一起, 很难分辨它与未来峰期蚜量的关系。但大约在7月20日以后, 回归线开始上下分开, 除1971年破格外, 轻重分开较整齐。仍利用作图法, 在轻重分开明显部分划一分界线(宽虚线), 作为判别未来轻重的指标线, 其数学式如下:

$$\hat{P}(\%) = 4t - 50 \quad (5)$$

式中  $\hat{P}$  为判别指标 (有蚜株率),  
 $t$  为调查日期数。

据式(5)表明, 通辽地区以有蚜株率作轻重预报时, 7月20日预报指标定30%为宜; 7月30日的预报指标则应改为70%。

(3) 图3是否符合盟内各地, 图4给出了与图3基本一致的证据。

## 二、蚜量变化的年际周期超长期预报

### (一) 研究方法

利用简化分波法, 将高粱蚜虫年发生程度 (峰期蚜量等级数) 混为时间的函数, 为等时间间隔的时间序列(表5); 序列中如果存在周期, 则视为由若干次级周期相互迭加所成。于是将表5的时间序列按10年, 9年, ..., 3年, 2年等九种可能周期进行排列, 利用公式

$$F = \frac{S_{\text{列间}}/n-1}{S_{\text{列内}}/n(m-1)}$$

$$S_{\text{列间}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{m_i} \left( \sum_{j=1}^{m_i} x_{ij} \right)^2 - \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i} \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} x_{ij} \right)^2$$

$$S_{\text{列内}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} x_{ij}^2 - \sum_{i=1}^n \frac{1}{m_i} \left( \sum_{j=1}^{m_i} x_{ij} \right)^2$$

筛选显著周期。式中  $n$  为周期长度 (年数),  $m$  为重复周期相互对应元素的出现次数,  $x_{ij}$  为高粱蚜虫年发生等级。

显著周期确定后, 取重复周期各对应元素的平均值作为该周期元素的理论值。

表5

通辽1949—1975年高粱蚜虫发生等级

年 别	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
等 级	7	2	2	7	2	4	2	3	6	5	1	3	5	7	1	7	2	1	7	3	1	3	2	3	1	1	3

### (二) 结果与分析

表5的时间序列, 经方差分析得出三年、五年两个显著周期, 其  $F$  值均大于  $F_{0.05}$  (表6)。

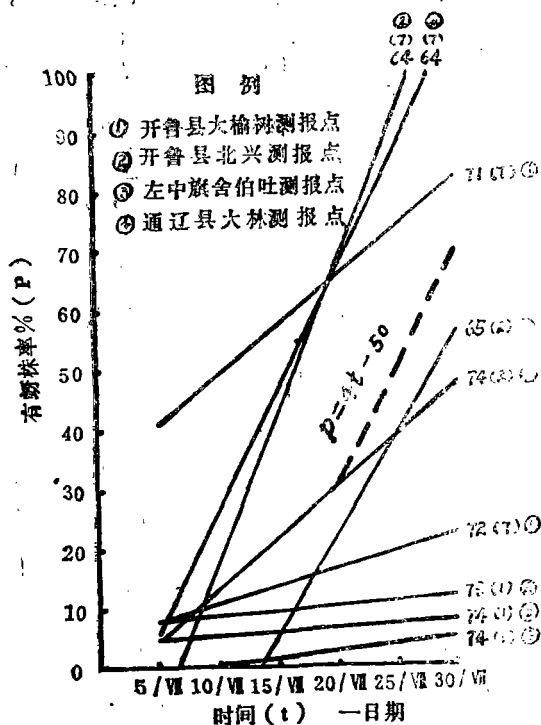


图4 有蚜株率与时间关系(二)

表6 九种周期排列的方差分析

周期(年)	10	9	8	7	6	5	4	3	2
自由度	9.17	8.18	7.19	6.20	5.21	4.22	3.23	2.24	1.25
F	1.7	1.7	0.8	0.2	1.4	3.4*	0.7	4.0*	0.8

今取三年周期为第一次周期。其元素平均值为： $T_{1,3} = 4.89, 2.56, 2.67$ 。

上述时间序列减第一次周期元，得新时间序列，再进行方差分析，五年周期仍显著，且极显著 ( $F > F_{0.01}$ )。把它作为第二次周期，其元素值：

$$T_{2,5} = 0.13, -0.83, -0.47, 2.46, -1.11。$$

对新时间序列继续分解，减去第二次周期元得的剩余序列，仍存在影响时间序列的成分，筛选结果，七年周期比较显著，元素值为：

$$T_{3,7} = 0.32, 0.76, -0.21, -1.15, -0.08, 1.12, -0.47$$

三步分解提取出三个次级周期及元素值，它们的迭加就是对原时间序列的理论描述。历史拟合检验见图5。

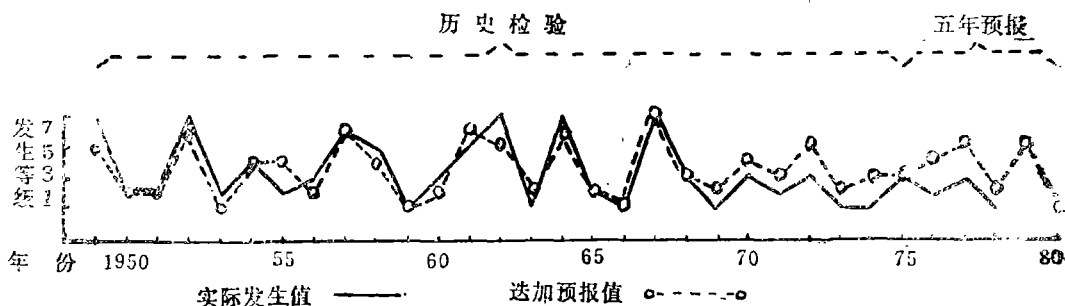


图5 高粱蚜虫发生量年际周期检验

图5表明，27年(1949—1975)的样本检验，拟合较好，历史概括率分别为： $\pm 1$ 级为1.5%， $\pm 2$ 级为100%。根据周期规律对通辽未来5年(1976—1980)所作的试报，截至1978年止，经三年实践：错差 $\pm 1$ 级间，1年对2年错；误差 $\pm 2$ 级时，3年均属相对。其余2年有待继续检验。

通观图5三十年(1949—1978)的实际值与迭加值，自1969年开始直至1978年止，实际发生值普遍低于周期计算值。这似乎说明通辽地区高粱蚜虫进入70年代后，具有变轻趋势。其原因应是人的农事活动(如害虫防治，耕作改制，品种更新等)的结果；这似乎预示着高粱蚜虫的年际发生向新的周期演变。

### 三、 结 语

根据通辽高粱蚜虫的田间动态，提出5个短期预报方程。它们各有长短，可以互补。其中(4)式使用简便而准确率略高；(2)式需要调查蚜量，稍费工，但优点是既可预报未来发生等级，也可结合防治指标作业防治适期的预报。即根据百株蚜量(基数)的对数和调查日期(t)代入(2)式，得出来发生等级；如果将当时调查的蚜量取对数( $\ln x$ )并防治指标(比如50000头/百株)代入(2)式，移项后可求得达到该防治指标时的日期数。

通辽高粱蚜虫年际周期表现较明显，这是高粱蚜虫自身生物学特性及受外界生态条件等综合影响在时间上的表现。随着时间的推移和生态条件的变化，势必影响高粱蚜虫的发生发展的周期节奏(事实上已有了这样的表现)，因此需要不断地探索和研究。