

# 河北省棉铃虫(*Helicoverpa armigera* Hübner) 种群数量的气象综合预报方法的研究

王西平\*, 杨彬云, 相 云, 于 玲

(河北省气象科学研究所, 石家庄, 050021)

**摘要:**为了客观地反映棉铃虫种群数量变化与气候背景的关系规律,创建了棉铃虫气象多时段综合因子的因子组方法;建立了贡献度权重修正的气象距离指标方法和模型;匹配以传统的多元回归模型,进行棉铃虫种群数量的气象监测和预报;将其自身生物潜能和气象条件影响相结合,建立了棉铃虫灾害的生物气象定量综合预报模型。在棉铃虫发生的气象条件评价和发生程度预测预报应用中,趋势准确率达到 93%。

**关键词:**棉铃虫种群数量;气象条件;距离模型;综合预报

## An integrated meteorological method for forecasting the cotton bollworm (*Helicoverpa armigera* Hübner) population in Hebei Province

WANG Xi-Ping, YANG Bin-Yun, XIANG Yun, YU Ling (Hebei Meteorological Institute, Shijiazhuang 050021, China)

**Abstract:** Cotton bollworm (*Helicoverpa armigera* Hübner) is the most important loss-causing insect pest in the cotton area in China. It has 4~5 generations per year and has caused serious damage to the staple crops recently in Hebei Province. The cotton bollworm disaster fluctuates mainly with the varying local climate. An integrated meteorological method was established to fully express the climatic influence on cotton bollworm to forecast and analyze the cotton bollworm occurrence in Hebei Province. (1) Eight climatic phases in a year were generated according to the cotton bollworm life table. Then the corresponding multi-phased integrated climatic factors were formulated depending on their influences on cotton bollworm. (2) Euclidean Distance model with weight correction to the integrated climatic factors was established to forecast and analyze the seriousness of the occurrence of each cotton bollworm generation. The factorial weights were determined by the correlation coefficients of the factors with cotton bollworm population. And also the multi-regression model with these factors was achieved. (3) The biological auto-regression model was built to predict the next generation's population using the current population as an independent variable. Then by integrating the results from the meteorological model and the results from the biological model according to their weights which was decided from historical data, the comprehensive method to forecast the cotton bollworm disaster was achieved. The accuracy of the predication of the bollworm population trend by this comprehensive method reached 93% in 1998~1999.

**Key words:** cotton bollworm (*Helicoverpa armigera* Hübner); forecast; integrated climatic factor; Euclidean Distance; weight; biological auto-regression.

**基金项目:**河北省科委重点研究资助项目(河北省棉铃虫灾害的气象监测和预报服务系统研究)

**收稿日期:**1999-03-11; **修订日期:**2000-11-10

**作者简介:**王西平(1964~),女,河北省定州市人,博士,高级工程师。主要从事农业气象模型与系统等研究。

\* 现在中国农业大学作物学院工作。

文章编号:1000-0933(2001)06-0948-06 中图分类号:Q968.1,S165,S435.622 文献标识码:A

棉铃虫(*Helicoverpa armigera* Hübner)在河北省棉区连年猖獗发生,其种群数量、危害程度的年际变化很大<sup>[1]</sup>。这种变化是其自身生物特性与其生存环境相互影响的结果<sup>[1~4]</sup>。其中气象条件是多变因素,尤其是在河北省内陆性季风气候区,对棉铃虫灾害发生的年季变化具有重要影响<sup>[1,3~6]</sup>。对此国内外已有的大量研究中,建立了多种气象统计模式进行棉铃虫种群动态的分析、预报<sup>[4,6~9]</sup>。这些模式与棉铃虫发生的温、湿度指标研究<sup>[3,10]</sup>相结合,为棉铃虫的发生规律及其预测防治研究起到了重要作用<sup>[1,5~8]</sup>。

棉铃虫为多虫态、世代交错发生的昆虫,适应性广且处于自然分布状态<sup>[1,2]</sup>,试验条件下的气象指标和某限定时段的分散气象要素,不能完全表述气象条件对棉铃虫影响的规律,以此为基础的棉铃虫气象分析和预报模型在实际应用中常表现出不稳定性<sup>[1,5,8]</sup>。由此,本文力求全方位地表述气象条件作为大气-生物-土壤大系统中的子系统对棉铃虫的影响,建立稳定的棉铃虫气象综合分析、预报模型,取得更好的棉铃虫灾害的监测预报效果。

### 1 资料来源及试验方法

根据气候、农业生态特点和棉铃虫种群变化规律<sup>[1]</sup>,将河北省棉区划分为冀南、冀东和冀中3个棉区,选定代表站为曲周、饶阳和正定。以植保站逐年各主要危害代的累计蛾量和累计卵量为主要指标,建立棉铃虫种群动态的历史、实时数据库。气象数据库由与棉铃虫资料对应年份和站点的气象站观测资料组成。

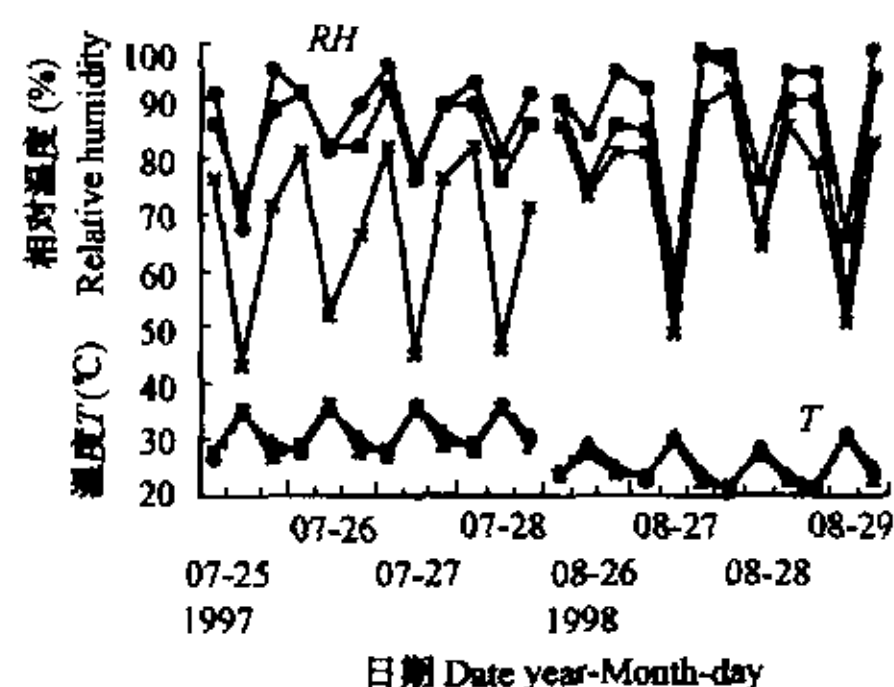


图1 夏季(每日8:00, 14:00, 20:00)棉田冠层内外空气湿度与温度

Fig. 1 Comparison of the air humidity and temperature, within and outside the cotton canopy (8:00, 14:00, 20:00 for each day)

相对湿度 RH: ■冠层上方 1.5m above canopy, ×气象站 Weather station, ●棉田冠层内 Within canopy, 温度 T: ●冠层上方 1.5m above canopy, △气象站 Weather station, \*冠层内 Within canopy

### 2.3 权重修正的气象因子集向量距离模型<sup>[9,13]</sup>

将多时段综合因子有序组合,建立气象因子集向量:

$$\Phi = \{xct_1, xct_2, \dots, xct_n\} \quad (1)$$

建立两种极端状况的参照向量,即极不利于和极有利于棉铃虫发生的气象条件向量  $\Phi_{02}, \Phi_{01}$ :

$$\Phi_{01} = \{xct_{101}, xct_{201}, \dots, xct_{n01}\} \quad (2)$$

$$\Phi_{02} = \{xct_{102}, xct_{202}, \dots, xct_{n02}\}$$

当  $Riy > 0$  时:

$$xct_{i01} = \frac{\max(xct_i) - \text{avg}(xct_i)}{\sigma(xct_i)}$$

当  $Riy < 0$  时:

$$xct_{i01} = \frac{\min(xct_i) - \text{avg}(xct_i)}{\sigma(xct_i)}$$

在棉铃虫活动季节,棉田冠层气温与气象站气温变化差异不大,冠层相对湿度与棉田土壤湿度、棉花生长长期有关,但与气象站空气相对湿度具有相同的变化趋势(见图1)。气象台站资料对棉铃虫群体所处的气象条件的时间变化和区域变化的代表性,是本文利用气象台站资料建立棉铃虫种群动态预报模型的数据基础。

### 2 棉铃虫种群发生数量的气象预报模型研究

#### 2.1 气象条件多时段综合因子的组建方法

根据河北省棉铃虫发生以及气象条件对棉铃虫影响的生物学意义和规律,将全年气象条件划分为8个时段<sup>[1~3,7~12]</sup>(见表1)。在每个时段,将温、湿、水等各种要素的常规值、极端值、强度变化,建成多时段综合因子(见表2),以表述气象条件对棉铃虫影响的延续性和综合性。

#### 2.2 气象多元回归模型的建立

利用多时段综合因子的经典统计方法,组建各棉区棉铃虫种群发生量的气象预报多元回归模型<sup>[9]</sup>,以冀东棉区为例见表3。

$$xct_{i02} = \frac{\min(xct_i) - \text{avg}(xct_i)}{\sigma(xct_i)} \quad xct_{i02} = \frac{\max(xct_i) - \text{avg}(xct_i)}{\sigma(xct_i)} \quad (3)$$

式中,  $xct_i$  为第  $i$  个因子的实际值;  $\sigma(xct_i)$ 、 $\text{avg}(xct_i)$ 、 $\max(xct_i)$ 、 $\min(xct_i)$  分别为第  $i$  个因子的历史均方差、平均值、历史最大、最小值。

表 1 河北省棉区气象条件影响棉铃虫种群数量动态的时段划分

Table 1 The phase confines used to judge the meteorological influences on the cotton bollworm population

| 时段名称<br>Phase name        | 越冬时段<br>Winter period |             | 棉铃虫活动时段<br>Bollworm active period |                 |                 |                 |                 |                   |
|---------------------------|-----------------------|-------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
|                           | Wint. 1               | Wint. 2     | 1                                 | 2               | 3               | 4               | 5               | 6                 |
| 对应棉铃虫时间<br>Bollworm state | 越冬蛹<br>Winter pupae   |             | 越冬代<br>winter gen.                | 第一代<br>1st gen. | 第二代<br>2nd gen. | 第三代<br>3rd gen. | 第四代<br>4th gen. | 越冬蛹形成<br>Pupating |
| 时段时间<br>Time of phases    | 09-01~12-31           | 01-01~03-31 | 04-01~05-10                       | 05-11~06-10     | 06-11~07-10     | 07-11~08-10     | 08-11~09-10     | 09-11~09-31       |

表 2 各时段影响棉铃虫种群动态的主要气象因子及其意义

Table 2 Meaning of the meteorological factorial in various phases

| 因子名称<br>Name of factors | 因子意义<br>Factorial meanings                      | 影响时段<br>In phases   |
|-------------------------|-------------------------------------------------|---------------------|
| Tsum1                   | 冬前段积温 $\Sigma T$ in early winter(°C)            | 越冬期 Wint. 1         |
| Tsum2                   | 复苏段积温 $\Sigma T$ in late winter(mm)             | 越冬期 Wint. 2         |
| Rsum1                   | 冬前降水 $\Sigma R$ in early winter(mm)             | 越冬期 Wint. 1         |
| Rsum2                   | 复苏段降水 $\Sigma R$ in late winter(°C)             | 越冬期 Wint. 2         |
| Twin1                   | 活动积温 Active $\Sigma T$ in winter(°C)            | 越冬期 Wint. 1+Wint. 2 |
| Twin2                   | 小于最低负积温 Minus $\Sigma(T-T_d)$ (°C)              | 越冬期 Wint. 1+Wint. 2 |
| Mdate2                  | 入冬第 1 旬 Winter starting date                    | 越冬期 Wint. 1         |
| Mdate3                  | 入春第 1 旬 Spring starting date                    | 越冬期 Wint. 2         |
| XCT1i                   | 阶段降水量之和 $\Sigma R$ for various phases(mm)       | 棉铃虫活动期 Active 1~6   |
| XCT2i                   | 降水量 > 25mm 日数 Day amount with $R > 25$ mm       | 棉铃虫活动期 Active 2~6   |
| XCT3i                   | 日最低气温最小值 Minimum value of daily $T_{\min}$ (°C) | 棉铃虫活动期 Active 1~2   |
| XCT3i                   | 相对湿度阶段平均 Averaged humidity(%)                   | 棉铃虫活动期 Active 3~6   |
| XCT4i                   | 气温日较差阶段和 $\Sigma(T_{\max}-T_{\min})$ (°C)       | 棉铃虫活动期 Active 2~6   |
| XCT5i                   | 平均气温阶段和 $\Sigma T$ for phases(°C)               | 棉铃虫活动期 Active 3~6   |
| XCT6i                   | 日最低气温阶段平均 Averaged daily $T_{\min}$ (°C)        | 棉铃虫活动期 Active 1~6   |

\* 'XCT' 的标号  $i$  表示时段序号,  $i$  is phase number in the label of 'XCT'

表 3 冀东棉区棉铃虫(棉田危害代)气象多元回归预报模型(代表站: 饶阳)

Table 3 Multi-regressive meteorological model for bollworm population forecasting in eastern cotton area in Hebei Province(from Raoyang)

| 名称<br>Forecast name  | 因子及关系式<br>Factors and formula                                               | 样本数<br>Samples | 回归系数<br>$R$ |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------|
| 二代蛾 Moth of 2nd gen. | $Y = 258.5 - 16.225 \times xct31 - 0.768 \times xct12 + 1.623 \times tsum1$ | 18             | 0.796       |
| 二代卵 Egg of 2nd gen.  | $Y = 457.9 - 3.528 \times tsum1 - 0.258 \times Rsum1 + 4.301 \times twin4$  | 18             | 0.648       |
| 三代卵 Moth of 3rd gen. | $Y = -9088.8 + 203.98 \times xct64 - 16.41 \times xct34$                    | 18             | 0.693       |
| 四代卵 Egg of 4th gen.  | $Y = -287.5 + 1.858 \times xct23 + 4.861 \times xct64$                      | 18             | 0.681       |

计算实际气象向量与两个参照向量  $\Phi_{01}$ 、 $\Phi_{02}$  之间的欧氏距离:

$$Yd_1 = \sum_{i=1,n} P_w \cdot SQR((xct'_i - xct_{i01})^2) \quad (4)$$

$$Yd_2 = \sum_{i=1,n} P_w \cdot SQR((xct'_i - xct_{i02})^2) \quad (5)$$

将其归一化处理,则气象条件利于棉铃虫发生的距离比指标:

$$Yd_i = \frac{Yd_2}{Yd_1} \quad (6)$$

式中,  $cxt'_i$  为第  $i$  个因子的标准化值,  $Yd_1$ 、 $Yd_2$  分别表示实际气象向量与易发生棉铃虫的气象向量、与不易发生棉铃虫的气象向量之间的距离。  $Yd_i$  越大,即  $\Phi$  与  $\Phi_{02}$  之间的欧氏距离越大,与  $\Phi_{01}$  之间的欧氏距离越小,气象条件利于棉铃虫发生。反之气象条件则不利于棉铃虫发生。  $P_w$  为第  $i$  因子在该距离指标中的贡献权重。其计算方法可用下列公式表示:

$$U_i = R_{iy} \cdot (1 - \sum_{j=1, j \neq i}^n R_{ij} \cdot R_{iy}) \quad (7)$$

$$QU = \sum_{i=1, n} R_{iy} - (\sum_{i=1, n} \sum_{j=1, j \neq i}^n R_{ij} \cdot R_{iy} \cdot R_{ij}) \quad (8)$$

$$P_w = \frac{U_i}{QU} \quad (9)$$

式中,  $R_{iy}$  为第  $i$  因子与棉铃虫发生量的相关系数,  $R_{ij}$  为第  $i$ 、 $j$  因子之间的相关系数,  $U_i$  表示第  $i$  因子对棉铃虫发生量的独立影响程度,  $QU$  为整个因子集的影响程度,  $P_w$  为第  $i$  因子的贡献度,即第  $i$  因子的影响在气象条件总影响中所占的比重,各因子贡献度之和  $\sum P_w = 1$ 。当  $P_w < 0$  时,说明第  $i$  因子对棉铃虫的影响已被其它因子的交叉相关所包含,在模式自动剔除。

结合贡献度权重矩阵,利用历史反查的最小误差统计分析方法<sup>[9]</sup>,建立了气象条件向量的距离比分级指标集(见表4)。当计算结果  $Ydr$  值大于第1级分级指标  $Ydr_1$ ,并小于  $Ydr_{i+1}$  时,预报棉铃虫发生程度为第1级。由此建立起棉铃虫灾害发生程度的气象向量距离预报模型。

表4 距离模型预报棉铃虫发生程度的距离比指标

Table 4 The values of meteorological Euclidean Distance for predicting the bollworm population ( $Ydr_5$ /  $Ydr_4$ /  $Ydr_3$ /  $Ydr_2$ )

| 地点 Location                              | 二代<br>for 2nd gen. | 三代<br>for 3rd gen. | 四代<br>for 4th gen. |
|------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| (冀中北)正定 (middle-northern area) Zhengding | 3.0/2.0/1.3/1.0    | 3.0/2.5/1.8/1.0    | 1.8/0.3/0.6/0.3    |
| (冀东)饶阳 (eastern area) Raoyang            | 1.7/1.4/0.8/0.6    | 3.0/2.0/1.8/0.5    | 1.9/1.3/0.7/0.3    |
| (冀南)曲周 (southern area) Quzhou            | 2.0/1.5/0.8/0.6    | 2.4/1.6/0.9/0.5    | 1.4/0.9/0.6/0.3    |

\*  $Ydr_5$ /  $Ydr_4$ /  $Ydr_3$ /  $Ydr_2$  分别为棉铃虫发生程度为5、4、3、2级的  $Ydr$  指标。棉铃虫发生等级同农业部统一指标。

表5 饶阳站棉铃虫(棉田危害代)发生自身生物潜能的相关分析

Table 5 The self-biotic analysis of cotton bollworm population in Raoyang station (listed are correlation coefficients)

| R             | 二代蛾量<br>2nd moth | 二代卵量<br>2nd ovum | 一代蛾量<br>1st moth | 三代蛾量<br>3rd moth | 三代卵量<br>3rd ovum | 四代卵量<br>4th egg |
|---------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| 二代蛾量 2nd moth | 1.0              | 0.607            | 0.393            | 0.956            | 0.695            | 0.320           |
| 二代卵量 2nd ovum |                  | 1.0              | 0.702            | 0.845            | 0.429            | 0.231           |
| 一代蛾量 1st moth |                  |                  | 1.0              | 0.950            | 0.301            | 0.115           |
| 三代蛾量 3rd moth |                  |                  |                  | 1.0              | 0.778            | 0.618           |
| 三代卵量 3rd ovum |                  |                  |                  |                  | 1.0              | 0.655           |

\* 第二代卵、蛾量与上一年第四代卵量相关系数分别为:0.505和0.560; \* 样本长度:第四代为17,第二至三代为23

## 2.4 基于其自身生物潜能的棉铃虫发生量预报模型

棉铃虫发展的生物延续性,使棉铃虫种群发生与前期的发生状态有关系<sup>[3,4,10]</sup>(见表5),用直线回归方法建立棉铃虫发生量的生物潜能预报模型:

$$y = a \cdot x + b \quad (10)$$

式中,  $y$  为发生程度预报值,  $x$  为上一代发生量,做第二代预报时,  $x$  为上年度第四代或越冬代发生量。

2.5 棉铃虫发生程度的生物气象综合预报模型 将气象条件影响与其自身生物潜能的延续性相统一,进行权重集成,建立棉铃虫生物气象综合预报模型:

$$y = \sum_{i=1,n} b_i' \cdot y_i \quad (11)$$

式中,  $y_i$  为第  $i$  种模型的预报值;  $y$  为棉铃虫发生程度的综合预报结果;  $b_i'$  为第  $i$  种模型的集成权重,模型的拟和率越高,其权重越大。这里以模型的历史回查拟合率表示为:

$$b_i' = \frac{b_i}{\sum_{i=1,n} b_i} \quad (12)$$

表 6 1980~1996 年冀南棉区二代棉铃虫累计卵量各种预报模型的历史回查效果分析

Table 6 Testing analysis of the predicting models for the bollworm egg population of 2nd generation in southern cotton area for 1980~1996

| 方法<br>Model name                     | 距离方法<br>Math. distance | 回归方法<br>Regressive | 潜能方法<br>Biotic | 综合方法<br>Integrated |
|--------------------------------------|------------------------|--------------------|----------------|--------------------|
| 预报等级最大误差 Max error(grade)            | 2                      | 2                  | 2              | 1                  |
| 误差发生率 Rate of error occurrence       | 1/17                   | 2/17               | 2/17           | 0/17               |
| 趋势拟合率 Match rate of trend prediction | 96%                    | 89%                | 89%            | 100%               |

表 7 棉铃虫危害发生程度的气象综合预报实例

Table 7 Examples for integrated forecasting of the bollworm population

|         |        | 曲周<br>Quzhou station |           |            |             | 正定<br>Zhengding station |           |            |             | 饶阳<br>Raoyang station |           |            |             |
|---------|--------|----------------------|-----------|------------|-------------|-------------------------|-----------|------------|-------------|-----------------------|-----------|------------|-------------|
|         |        | 实测<br>Obs            | 潜能<br>Bio | 距离*<br>Dis | 综合*<br>Inte | 实测<br>Obs               | 潜能<br>Bio | 距离*<br>Dis | 综合*<br>Inte | 实测<br>Obs             | 潜能<br>Bio | 距离*<br>Dis | 综合*<br>Inte |
| 1997 年  |        |                      |           |            |             |                         |           |            |             |                       |           |            |             |
| 二代      | 卵 Egg  | 2092                 | 647       | 4          | 4           | 1089                    | 785       | 5          | 4           | 988                   | 2465      | 5          | 5           |
| 2nd gen | 蛾 Moth | 96                   | 74        | 5          | 2           |                         |           |            |             |                       |           |            |             |
| 1998 年  |        |                      |           |            |             |                         |           |            |             |                       |           |            |             |
| 三代      | 卵 Egg  | 184                  | 1         | 3          | 2           | 621                     | 111       | 3          | 2           | 1308                  | 676       | 5          | 5           |
| 3rd gen | 蛾 Moth |                      |           |            |             |                         |           |            |             | 6178                  | 1040      | 4          | 5           |
| 四代      | 卵 Egg  | 1040                 | 589       | 4          | 4           | 832                     | 399       | 3          | 3           | 948                   | 1535      | 3          | 4           |
| 4th gen |        |                      |           |            |             |                         |           |            |             |                       |           |            |             |

\* 发生程度,其它以发生量表示 Is degree, others are egg or moth populations. Obs, Bio, Dis, Inte represent observed, biotic modeled, meteorological distance modeled, integrated modeled results respectively

式中,  $b_i$  为第  $i$  种模型的回查拟合率;  $n$  为集成模型的个数。从表 6、表 7 可以看出,将气象条件影响与棉铃虫本身的生物潜能进行定量综合,大大改善了实际预报准确率和历史回查拟合率。

### 3 讨论

棉铃虫与气象条件的关系存在于生物-大气-土壤大系统中,具有棉铃虫对气象条件的适应性和气象条件作为一种环境或背景对其产生影响的关系。其中气象条件对棉铃虫的影响具有时、空、数和要素间的变化与联系,在气象条件对棉铃虫影响基本规律的分析研究基础上,将棉铃虫种群演变的生物特性与气象条件影响合理结合,建立棉铃虫气象监测预报模型和信息分析方法,使其趋向于规范化、机理化,其技术具有地域移植性,希望能对昆虫气象、农业病虫害预报、以及其它生物因子的评价方法研究起到一定的参考作用。

### 参考文献

- [1] 郭向东主编. 棉铃虫防治技术. 石家庄:河北科技出版社,1994.
- [2] 戴小枫,等. 棉铃虫自然种群生命表研究. 植物保护学报,1991, 18(3): 199~206.

- [3] 蒋明星,张孝羲. 低温对棉铃虫滞育蛹活化和存活的影响. 植物保护学报, 1996, 23(4): 375~376.
- [4] 李建成,郭金霞,等. 棉铃虫猖獗危害与虫源基数及气象因子关系分析. 河北农业大学学报, 1996, 19(3): 13~16.
- [5] 盛承发. 棉铃虫灾害的现状、起因、发展趋势及对策. 中国减灾, 1992, 2(3): 7~11.
- [6] 马世骏. 论害虫大量发生及其预测(一). 昆虫学报, 1955, 5(4): 358~361.
- [7] 华尧楠,等. 气象因素对棉铃虫种群数量变动的影响. 中国农业气象, 1996, 17(1): 38~40.
- [8] 王武刚,等. 华北棉田二代棉铃虫发生程度中期预测. 植物保护, 1995, 22(1): 26~28.
- [9] 项静恬等编著. 动态和静态数据处理——时间序列和数据统计分析. 北京:气象出版社, 1996.
- [10] 王勤英,季正端. 温室效应对棉铃虫发生和危害的影响. 河北农业大学学报, 1996, 19(2): 36~40.
- [11] Murray DAH, Zalucki MP. Effect of soil moisture and simulated rainfall on pupal survival and moth emergence of *Helicoverpa punctigera*(Wallengren) and *H. armigera*(Hubner). *Journal of the Australian Entomological Society*. 1991, 29(3): 193~197.
- [12] Nanthagopal R, Uthamasamy S. Life tables for American bollworm, *Heliothis armigera* Hubner on four species of cotton under field conditions. *Insect Science and its Application*. 1989, 10(4): 521~530.
- [13] 魏淑秋,刘桂莲等编著. 中国与世界生物气候相似研究. 北京:海洋出版社, 1994.

## 《植物疾病宿主专化毒素分子遗传》介绍

(Molecular Genetics of Host-Specific Toxins in Plant Disease)——(Proceedings of the 3rd Tottori International Symposium on Host Specific Toxins, Daisen, Tottori, Japan, August 24~29, 1997)

作者: Keisuke Kohmoto 日本 tottori 大学农学院

Olen. C. Yoder 美国康耐尔大学植物病理学系

出版: Kluner Academic 出版公司

索书号: S432.4-532/T721/1997, 3rd

藏书点: 武汉大学外教中心室

本书主要目次:

1. 毒素生物合成; 2. 毒素对植物的影响; 3. 毒素的生成和致病原因的进化和遗传; 4. 感光、渗透、和寄主退化; 5. 寄主抗性和敏感性机理

本书适用于植物学、植物生理学、植物病理学等相关学科的研究人员参考。

刘丽华 武汉大学图书馆外国教材中心