

农业病虫数理统计预报

山东省农作物病虫测报站

山东科学技术出版社

一九八二年·济南

编著：华尧楠

蔡家彬、马兴洋、刘汉舒

陈克健、毛文宽、郭振宗

农业病虫害统计预报

山东省农作物病虫害测报站

*

山东科学技术出版社出版

山东省新华书店发行

山东新华印刷厂临沂厂印刷

*

787×1092毫米32开本 14.625印张 300千字

1980年12月第1版 1982年2月第2次印刷

印数：6,501—12,500

书号 16195·52 定价 1.60 元

序

为了提高农业病虫测报水平，逐步实现及时、准确地发布预报，适时开展防治，达到经济有效地控制病虫危害，山东省农作物病虫测报站组织编写了《农业病虫数理统计预报》。本书的主要特点：第一，较系统地阐述了农业病虫数理统计预报的原理和方法，并结合大量病虫发生实例，具体介绍了运算步骤；第二，应用概率论的基本原理，简化了数理统计预报方法，减少了运算工作量，并用等级代换进行两级或多级预报，特别是利用列联表分析和预报，准确率高，易学易懂，避免了数学冗长描述，具有一般数学知识的读者都能掌握应用；第三，对多年观测资料的整理、运用和预报因子的选取方法也作了重点介绍，以便建立预测式，能准确及时地发布预报；第四，随着电子计算机在农业上的广泛应用，对逐步回归分析和生命表分析法也作了较详细的介绍，以有助于进一步探索提高测报水平的新途径。本书可作植保人员的工具书，也可供农林科技人员、农林院校师生以及从事气象、水文预报工作的人员参考。

在编写过程中，得到农业部农作物病虫测报总站高级农艺师束炎南同志的支持；承山东农学院植保系牟吉元副教授审阅，并提出修改意见；部分地、县病虫测报站提供资料和参加一些运算，在此表示感谢。由于水平所限，时间短促，收集资料不够完整，难免有缺点、错误，希读者批评指正。

作者

1980年9月于济南

40135/01

目 录

第一章 农业病虫害数理统计预报的基础	(1)
§ 1 常用名词和符号	(1)
§ 2 数理统计预报的程序	(7)
§ 3 指数和对数运算	(8)
§ 4 调查数据的处理	(12)
§ 5 预报量和预报因子等级的划分	(15)
第二章 样本的几个重要特征数	(21)
§ 1 平均数	(22)
§ 2 标准差	(25)
§ 3 变异系数	(29)
§ 4 变动系数	(30)
§ 5 病情指数	(30)
§ 6 众数和中数	(32)
§ 7 几何平均数	(35)
§ 8 调和平均数	(38)
第三章 概率与分布	(41)
§ 1 事件	(41)
§ 2 概率和概率运算	(46)
§ 3 概率分布	(60)
第四章 统计检验	(70)
§ 1 t 检验	(70)
§ 2 F 检验	(78)
§ 3 χ^2 检验	(84)

§ 4 符号检验	(95)
第五章 统计图表的设计和应用	(97)
§ 1 制图	(97)
§ 2 制表	(110)
第六章 预报因子的选取方法	(117)
§ 1 相关系数法	(117)
§ 2 列联表法	(129)
§ 3 符号法	(133)
§ 4 判别式法	(135)
§ 5 方法比较和注意事项	(141)
第七章 简单函数分析法预报	(145)
§ 1 直线回归法	(145)
§ 2 分割阶差法	(165)
§ 3 直线分割和法	(168)
第八章 二次函数分析法预报	(172)
§ 1 曲线回归法	(172)
§ 2 曲线直线化回归法	(184)
第九章 综合函数分析法预报	(197)
§ 1 三变数偏相关法	(197)
§ 2 预报要素分级三变数偏相关法	(203)
§ 3 二元回归分析法	(207)
§ 4 逐步回归分析法	(212)
§ 5 预报要素分级多元回归分析法	(229)
§ 6 回归估计法	(242)
§ 7 多因子分割和法	(246)
第十章 相似相关法预报	(250)
§ 1 相似分析法	(250)
§ 2 综合距平相关法	(254)

§ 3	距平相似法	(258)
§ 4	指标交叉法	(262)
§ 5	真值图法	(268)
第十一章	列联表法预报	(277)
§ 1	列联表法	(277)
§ 2	多因子综合相关法	(285)
§ 3	简化多因子综合相关法	(296)
§ 4	分档统计法	(299)
§ 5	简化分档统计法	(305)
§ 6	多因子转移概率法	(310)
§ 7	二级条件频率差法	(314)
第十二章	统计分辨法预报	(322)
§ 1	二级分辨法	(322)
§ 2	逐步二级分辨法	(328)
§ 3	预报因子分级分辨法	(331)
第十三章	周期分析法预报	(334)
§ 1	时间序列分析法	(334)
§ 2	时间序列分析优选法	(338)
§ 3	方差分析周期外推法	(343)
§ 4	逐次方差分析周期外推法	(351)
§ 5	周期图分析法	(357)
第十四章	训练迭代法和普朗克公式预报	(368)
§ 1	训练迭代法	(368)
§ 2	普朗克公式	(382)
第十五章	生命表分析法预报	(392)
§ 1	生命表的组建方法	(392)
§ 2	生命表的分析和应用	(398)
第十六章	经验指数和指标	(407)

§ 1	水分积分指数	(407)
§ 2	温湿和温雨系数	(410)
§ 3	天气指数和指标	(414)
§ 4	综合猖獗指数	(417)
§ 5	天敌指数	(418)
第十七章	预报质量的评定	(420)
§ 1	预报的种类	(420)
§ 2	综合评定预报准确率	(421)
§ 3	统计预报成功率	(426)
§ 4	相关系数法评定	(427)
附 录		(430)
附表1	χ^2 分布表	(430)
附表2	概率单位代换检索表	(431)
附表3	相关系数显著性测验检索表	(437)
附表4	t 值测验检索表	(438)
附表5	符号检验表	(440)
附表6	F 分布表	(441)
附表7	常用对数表	(445)
附表8	反对数表	(449)
附表9	$\log \frac{x}{1-x}$ 查算表	(453)
附表10	希腊字母表	(458)

第一章 农业病虫数理统计 预报的基础

病虫测报是以生态学、数学为主体的一门综合性的学科。农业病虫数理统计预报是病虫测报学的一个分支学科，对病虫害、天敌昆虫发生一定数量特征与一定环境特征之间相关关系，用数理统计的方法进行定性和定量分析，然后发布预报，通常称农业病虫数理统计预报。

§1 常用名词和符号

农业病虫数理统计预报使用的一些专业名词和数学符号，在数理统计书中不尽一致，现将有关名词及符号的含义和用法介绍如下：

一、常用名词

预报量 预报病虫发生的主要特征，即在不同情况下，预报病虫发生期、发生量、发生范围以及危害程度等。

预报因子 简称因子，影响病虫发生的因素都是预报因子。预报因子有生物的如虫源、菌源、天敌等，非生物的如气温、降水量、相对湿度等。

预报要素 简称要素，预报量和预报因子通称为预报要素。

常数 又称常量或参数,是通过群体变数测得的数值,常以 a, b, c, m, n, k, l 等符号代表。

变数 又称变量,是常随人们测定、调查等所取的样本不同而变化的不同数值。在统计公式中常以 x, y, z, w 符号代表。 x 代表变数, $x_i = x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, i 代表变数中的任意一个值 ($i = 1, 2, 3, \dots, n$), x_n 代表第 n 个变数。

定性 观察数据和变数可以定性,也可以定量。定性是属于几种互不相容的类别中的一种,一般是非数字的。通常指发生趋势的预报,如偏重或偏轻,偏早或偏晚。没有数值,但有较明确的概念。

定量 就是用具体数值测量和预报发生期或发生量,譬如预报 5 月 8 日为一代粘虫防治适期,预报幼虫密度每平方米 31 头。

历史符合率 通常用于检验统计预报方法的优劣。即指某种统计预报方法,经历史资料验证后符合的年数。如 20 年资料,预报值与实测值相符的有 18 年,即历史符合率 90%。

预报准确率 用于检验预报的实际效果,评定预报的质量,根据预报准确率计算标准(见第十七章 §2),如发布短期预报误差 0.5 级,预报准确率 80%。

二、常用统计符号

- | | |
|--------|--------------------------|
| $<$ | 小于, 如 $8 < 12$ 。 |
| $\leq$ | 小于或等于, 如 $x_1 \leq 15$ 。 |
| $>$ | 大于, 如 $7 > 3$ 。 |
| $\geq$ | 大于或等于, 如 $x_2 \geq 10$ 。 |

$\neq$	不等于, 如 $5 \neq 6$ 。
$\equiv$	恒等于, 如 $x_0 \equiv 1$ 。
$\approx$ 或 $\doteq$	约 (近似) 等于, 如 $19.8 \approx 20$ 。
$ $	绝对值, 如 x 的绝对值写为 $ x $ 。
$\cdots$	代表省略的数 或量, 如 $x_1, x_2, \cdots, x_n$; 又如 1, 2, 3, $\cdots$, 10。
*	代表差异显著。
* *	代表差异非常显著。
∞	无穷大。
$n!$	n 阶乘 $n! = n(n-1)(n-2)\cdots 1$ 。
x, y	代表变量。
—	上划横表示平均数。
$\bar{x}, \bar{y}$	读 x 横, y 横, 分别代表 x, y 的算术平均数。
$\wedge$	帽号表示不是真值数, 是计算值或理论值。
$\hat{y}$	代表随机变量 y 的理论值或计算值。
$\dot{x}$	读 x 点, 代表中位数, 也用 M_d 来表示。
$\hat{x}$	读 x 峰, 代表众数, 也用 M_o 来表示。
$\frown x$	读 x 弧, 代表几何平均数, 也有的用 G 来表示。
$\sim x$	读 x 波, 代表调和平均数, 也有的用 H 来表示。
$\lg x$	常用对数, 即 $\log_{10} x$ 。
$\ln x$	自然对数, 即 $\log_e x$ 。
$f(x)$	函数, 如 $y = f(x)$, 表示 y 是 x 的函数, f 表示对应规律。

- i 代表变量中的任意一个值，有时也代表组距。
- n 代表数值个数或各组频数之和。
- f_i 代表第 i 组频数。
- R 代表极差，也表示复相关系数。
- P 代表概率（机率），也代表百分比（率）。
- a 、 b 分别代表直线的截距和斜率。
- $C.V.$ 代表变异系数。
- S 或 $S.D$ 代表小样本标准差或小集团样本标准差。
- σ 是 Σ 的小写，读“西格马”，代表大样本标准差或总体（集团）标准差（大小样本集团的区分，样本个数大于30的为大样本，小于30的为小样本）。
- S^2 或 V 代表方差或变异量。
- σ_x 、 σ_y 分别代表变量 x 、 y 的标准差。
- Q 代表水分积分指数。
- r 代表相关系数， r_{x_1y} 代表变量 x_1 与 y 的相关系数。
- C_1 、 C_2 代表判别系数。
- y_c 代表临界值。
- E_{RH} 表示温湿系数。
- E_R 表示温雨系数。
- H 表示预报成功率。
- α 读“阿尔法”，表示显著性水平。
- χ^2 读“卡方”，表示检验判据，如 χ^2 检验。
- ν 读“纽”，代表自由度，也有以 f 、 df 代表。
- ω_i 读“奥墨伽”，代表周期分量的振幅。
- Σ 代表和或合计。 Σ 的应用和运算是统计预报的基本运算，必须掌握。现举例说明 Σ 的性质及用法。

1. $\sum x$ 是 $\sum_{i=1}^n x_i$ 的简写, 表示从 x_1 一直加到 x_n , i 代表 x 变量中的任意一个值, $i = 1, 2, 3, \dots, n$ 。

$\sum_{i=1}^n x_i = x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n$, 代表 n 个变量。例如某病虫测报站调查二代粘虫 5 个点, 幼虫密度分别为 26、34、28、15、8 头, 每个点幼虫数都是变量, 代入 $\sum_{i=1}^5 x_i = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 26 + 34 + 28 + 15 + 8$ 。

2. $\sum_{i=1}^n (x_i + y_i) = \sum_{i=1}^n x_i + \sum_{i=1}^n y_i$ 设 $n = 4$, 变量 x_1, x_2, x_3, x_4 分别为 3, 5, 6, 7; 变量 y_1, y_2, y_3, y_4 分别为 4, 2, 1, 8。则:

$$\begin{aligned}\sum_{i=1}^n (x_i + y_i) &= (x_1 + y_1) + (x_2 + y_2) + (x_3 + y_3) \\ &\quad + (x_4 + y_4) \\ &= (3 + 4) + (5 + 2) + (6 + 1) + (7 + 8) \\ &= 36\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum_{i=1}^n x_i + \sum_{i=1}^n y_i &= (3 + 5 + 6 + 7) + (4 + 2 + 1 + 8) \\ &= 36\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}3. \sum_{i=1}^n ax_i &= ax_1 + ax_2 + ax_3 + \dots + ax_n \\ &= a(x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n) \\ &= a \sum_{i=1}^n x_i\end{aligned}$$

a 为常数 设 $a = 5$ $n = 3$

变量 x_1, x_2, x_3 分别为 4, 7, 9, 则:

$$\sum_{i=1}^n ax_i = 5 \times 4 + 5 \times 7 + 5 \times 9$$

$$= 100$$

$$a \sum_{i=1}^n x_i = 5 \times (4 + 7 + 9)$$

$$= 100$$

$$4. \sum_{i=1}^n a = a + a + a + \cdots + a$$

$$= na$$

a 为常数 设 $a = 4$ $n = 3$

$$\sum_{i=1}^n a = 4 + 4 + 4 = 12 \quad na = 3 \times 4 = 12$$

$$5. \sum_{i=1}^n (x_i + a) = (x_1 + a) + (x_2 + a) + (x_3 + a) + \cdots$$

$$+ (x_n + a)$$

$$= (x_1 + x_2 + x_3 + \cdots + x_n) + na$$

$$= \sum_{i=1}^n x_i + na$$

a 为常数 设 $a = 3$ $n = 5$

变量 x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 分别为 1, 3, 3, 4, 4,

6, 则:

$$\sum_{i=1}^n (x_i + a) = (1 + 3) + (3 + 3) + (3 + 3) + (4 + 3)$$

$$+ (4 + 3)$$

$$= 32$$

$$\sum_{i=1}^n x_i + na = (1 + 3 + 3 + 4 + 4) + 5 \times 3$$

$$= 32$$

$$6. \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 = (x_1 + x_2 + x_3 + \cdots + x_n)^2$$

设 $n=4$

变量 x_1, x_2, x_3, x_4 分别为 15, 19, 38, 72, 则:

$$\begin{aligned} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 &= (15 + 19 + 38 + 72)^2 \\ &= 20736 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 7. \Sigma(x+y)^2 &= \Sigma(x^2 + 2xy + y^2) \\ &= \Sigma x^2 + 2\Sigma xy + \Sigma y^2 \end{aligned}$$

Σx^2 代表各 x^2 之和, Σxy 代表各 x 与 y 乘积之和, Σy^2 代表各 y^2 之和。

由表 1—1 x 与 y 乘积平方表代入:

$$\begin{aligned} \Sigma x^2 + 2\Sigma xy + \Sigma y^2 &= 979 + 2 \times 890 + 1101 \\ &= 3860 \end{aligned}$$

表 1—1 x 与 y 乘积平方表

编 号	x	y	xy	x^2	y^2
1	11	21	231	121	441
2	8	17	136	64	289
3	6	5	30	36	25
4	14	13	182	196	169
5	15	8	120	225	64
6	9	7	63	81	49
7	16	8	128	256	64
Σ	79	79	890	979	1101

§ 2 数理统计预报的程序

数理统计预报农业病虫, 一般设预报量为 y , 预报因子

为 x_i ，即 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ 进行统计分析，给出一个数学模式。

如：
$$y = a_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n$$

a_0 是常数， $b_1, b_2, \dots, b_n$ 是系数，通过统计求得常数、系数后，便可建立预测式。预测时将预报因子各个 x_i 值代入，即可求出预报量。

也常常将预报量 y 和预报因子 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 进行分级，就是用分级尺度代换数值，然后用距平相关、列联表、多因子综合相关、分档统计等方法（见第十、十一章）计算理论预报值。预报要素分级不但减少运算工作量，并可提高预报准确率，在数理统计预报中已广为应用。

数理统计预报的程序，首先要有系统的测报资料，至少具备5年以上的数据。年数越多越好。然后根据实践经验和数理统计相结合的方法，选取预报因子。采用相应的数理统计预报方法进行运算，建立预报方程，及时发布病虫害发生量或发生期的预报，最后对其预报质量进行评定（图1.1）。

§3 指数和对数运算

在数理统计预报中，常常将指数曲线化为直线，即将真数变成对数再进行运算。因此，必须熟练掌握指数和对数的运算方法。

预报量与预报因子之间的关系，常常是指数函数关系。如 $y = a^x$ （ $a > 0, a \neq 1$ ），即以 a 为底的指数函数。从指数函数 $y = a^x$ 的图象看出，对于 y 的每一个确定的正值， x 也都有一定确定的值和 y 对应。这可把 y 当作自变量，而 x 就是 y

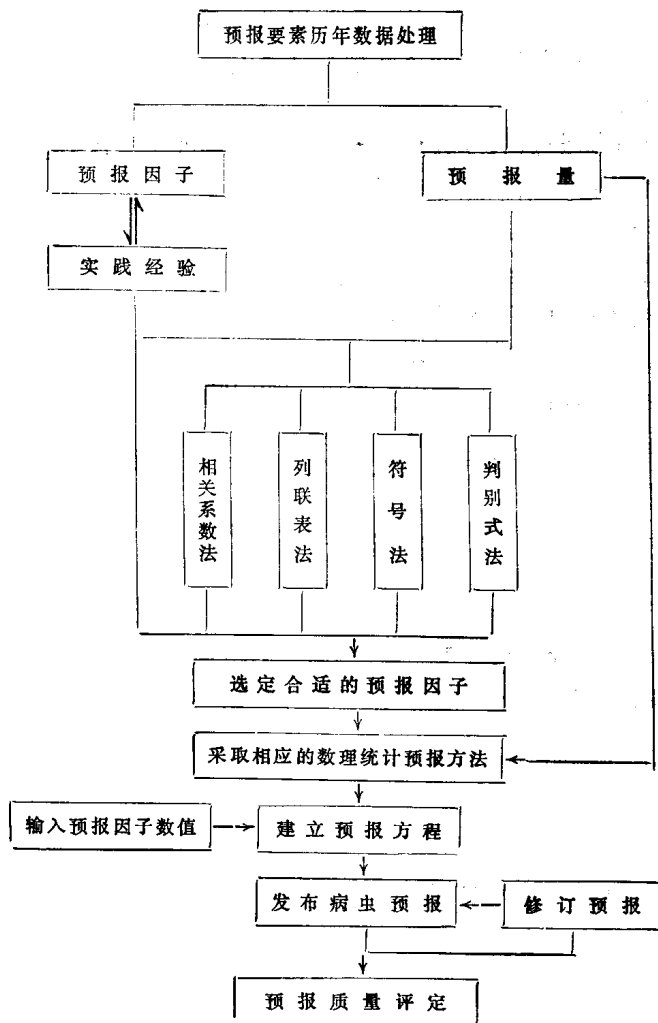


图1·1 农业病虫数理统计预报程序图

的函数，记作 $x = \log_a y$ ，这叫做以 a 为底的对数函数。这里 $a > 0$ ，且 $a \neq 1$ 函数的定义域是 $y > 0$ 。

一、指数

设 a 为任意数， n 为任意实数，则 n 个 a 的积写成 a^n 。 a 叫做底数， n 叫做指数， a^n 叫做 a 的 n 次幂。

一般的表达式为 $a^m \times a^n = a^{(m+n)}$

上式 m, n 是实数，称为指数。

指数运算的基本法则：

$$1. a^n = \underbrace{a \times a \times a \times \cdots \times a}_{(n \text{ 个 } a)}$$

$$2. a^0 = 1 \quad (a \neq 0)$$

$$3. a^{-n} = a^{0-n} = \frac{a^0}{a^n} = \frac{1}{a^n}$$

$$4. a^{\frac{m}{n}} = \sqrt[n]{a^m} \quad (a > 0)$$

$$5. a^{-\frac{m}{n}} = \frac{1}{\sqrt[n]{a^m}} \quad (a > 0)$$

$$6. a^m \times a^n = a^{m+n}$$

$$7. (a^m)^n = a^{mn}$$

$$8. \frac{a^m}{a^n} = a^{m-n} \quad (\text{如 } m > n)$$

$$9. \frac{a^m}{a^n} = \frac{1}{a^{n-m}} \quad (\text{如 } m < n)$$

$$10. (ab)^n = a^n \times b^n$$

$$11. \left(\frac{b}{a}\right)^n = \frac{b^n}{a^n}$$

$$12. \sqrt[n]{a} = a^{\frac{1}{n}}$$

$$13. \sqrt[n]{ab} = \sqrt[n]{a} \times \sqrt[n]{b} = a^{\frac{1}{n}} \times b^{\frac{1}{n}}$$