

防灾减灾

用 Fuzzy 模型预报越冬
代二化螟的发生期

倪炳卿

林永俊

(福建将乐农业局, 353300)

(福建将乐一中)

提 要

依据福建将乐县 30 年二化螟发生的历史资料, 选用上年 11 月—当年 2 月极端最低气温, 3 月 $\geq 12^{\circ}\text{C}$ 的有效积温及雨日, 上年 10 月—当年 3 月的霜日, 3 月极端最低气温, 上年末代蛾高峰日作预报因子, 运用 Fuzzy 综合决策模型^[1]对越冬代二化螟域高峰期进行预报, 历史拟合率达 96.67%, 且精细度每 3 天为 1 级, 比逐步回归分析提高 3 倍。

关键词: 二化螟 综合决策 Fuzzy 模型 预报 发生期

引 言

运用 Fuzzy 分析方法预报农作物病虫害发生程度已十分广泛, 但在发生期预报的应用却较为少见。本文依据福建将乐县 30 年二化螟发生的历史资料, 通过 Fuzzy 分析方法, 提高了测报准确率和精细度。

越冬代二化螟的发育时间主要受气候因素的支配及其它一些因素如越冬时的虫龄等的影响^[2], 每年越冬代发生期变幅较大。笔者通过相关筛选法^[3], 从 16 个因子中选出具有一定相关性且独立性较强的 6 个预报因子, 采用 Fuzzy 综合决策模型预报越冬代二化螟蛾高峰, 效果很好。

1 资料整理

6 个预报因子 x_j ($j=1, 2, \dots, 6$), x_1 : 上年 11 月—当年 2 月极端最低气温 ($^{\circ}\text{C}$); x_2 : 3 月 $\geq 12^{\circ}\text{C}$ 的有效积温 ($^{\circ}\text{C}$); x_3 : 3 月雨日 (天); x_4 : 上年 10 月—当年 3 月的霜日数 (天); x_5 : 3 月极端最低气温 ($^{\circ}\text{C}$); x_6 : 上年末代蛾高峰 (月·日)。预报对象 y : 越冬代蛾高峰 (月·日)。根据虫情发生规律, 用等差分级法将预报要素划分为 8 个等级, 即特早发生 (1 级)、早发生 (2 级)、偏早发生 (3 级)、中偏早发生 (4 级)、中发生 (5 级)、中偏迟发生 (6 级)、迟发生 (7 级)、特迟发生 (8 级), 结果见表 1。

表 1 预报要素分级值标准

级别	1	2	3	4	5	6	7	8
y	4.7—4.9	4.10—4.12	4.13—4.15	4.16—4.18	4.19—4.21	4.22—4.24	4.25—4.27	4.28 以后
x_1	≥ -1.5	-1.6—-2.3	-2.4—-3.1	-3.2—-3.9	-4.0—-4.7	-4.8—-5.5	-5.6—-6.3	≤ -6.4
x_2	≥ 400	360—399	320—359	280—319	240—279	200—239	160—199	≤ 159
x_3	≤ 9	10—12	13—15	16—18	19—21	22—23	24—26	≥ 27
x_4	0—4	5—8	9—12	13—16	17—20	21—24	25—28	≥ 29
x_5	≥ 7	6.0—6.9	5.0—5.9	4.0—4.9	3.0—3.9	2.0—2.9	1.0—1.9	≤ 0.9
x_6	8·19 以前	8.20—8.25	8.26—8.31	8.1—9.6	9.7—9.12	9.13—9.18	9.19—9.24	9.25 以后

根据表 1 标准, 把将乐县 30 年 (1963—1992 年) 预报要素代换为分级值 (表 2), 并将预报拟合结果列于表 2 ($\hat{y}$)。1993 年为试报

年, 其预测情况也列入表 2。

2 Fuzzy 综合决策模型

根据表 2 组建各预报因子 x_j 发生次数

与预报对象 y 的列联表。表3为 x_1 列联表, 其余各因子的列联表略。

表2 预报要素分级值及预测结果

年份	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	y	y	拟合结果
1963	8	2	3	8	8	3	5	5	✓
1964	1	1	5	2	3	6	4	4	✓
1965	3	4	4	4	7	8	6	6	✓
1966	1	1	4	1	5	5	1	1	✓
1967	7	2	3	4	8	2	4	4	✓
1968	6	2	5	6	8	7	6	6	✓
1969	5	4	5	2	7	6	7	7	✓
1970	5	8	6	3	5	1	8	8	✓
1971	4	4	2	5	3	1	3	3	✓
1972	2	1	1	3	8	2	4	4	✓
1973	3	1	4	1	1	1	2	2	✓
1974	8	4	2	8	8	4	5	5	✓
1975	2	3	6	1	2	2	4	4	✓
1976	6	4	6	7	8	8	8	8	✓
1977	4	1	3	4	8	7	4	4	✓
1978	5	4	8	4	3	6	8	8	✓
1979	5	6	7	1	6	5	6	6	✓
1980	3	1	8	3	1	4	4	4	✓
1981	2	2	5	4	2	4	2	2	✓
1982	4	2	4	3	1	7	2	2	✓
1983	2	5	7	3	7	6	6	6	✓
1984	4	4	5	5	8	5	8	6	×
1985	4	7	6	2	4	6	6	6	✓
1986	4	4	4	5	8	7	6	6	✓
1987	3	1	7	3	4	4	1	1	✓
1988	1	7	5	1	7	7	7	7	✓
1989	1	2	3	3	7	5	1	1	✓
1990	1	1	5	1	5	5	1	1	✓
1991	1	1	6	1	1	4	2	2	✓
1992	8	7	7	2	1	6	5	5	✓
1993	3	3	4	4	4	6	6	6	✓

表3 x_1 列联表(n_{KL})

	1	2	3	4	5	6	7	8	$n_{k\cdot}$
1	3	1	0	1	0	0	0	0	5
2	0	1	0	2	0	1	1	0	5
3	1	1	0	1	0	1	0	0	4
4	0	1	1	1	0	2	0	1	6
5	0	0	0	0	0	1	1	2	4
6	0	0	0	0	0	1	0	1	2
7	0	0	0	1	0	0	0	0	1
8	0	0	0	0	3	0	0	0	3
$n_{\cdot L}$	4	4	1	6	3	6	2	4	30

K, L 分别为 x_j 和 y 的级数, $K, L=1, 2, \dots, 8; n_{k\cdot}$ 表示 x_j 为第 k 级值总次数; $n_{\cdot L}$ 表示 y 为第 L 级值总次数; n_{KL} 表示 x_j 为第 k 级 y 取第 L 级的次数。

使用最大频数法确定各因子 x_j 所赋予的权重系数:

$$\mu(x_j) = \frac{\sum_{L=1}^8 [\max(x_{KL})]}{\sum_{j=1}^6 \sum_{k=1}^8 [\max(n_{KL})]} \quad (1)$$

$$\tilde{R} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.3333 & 0.3333 & 0.3333 & 0 \\ 0 & 0.2 & 0 & 0.2 & 0 & 0.2 & 0 & 0.4 \\ 0.2857 & 0.2857 & 0 & 0.1429 & 0 & 0.1429 & 0.1429 & 0 \\ 0 & 0 & 0.6 & 0 & 0.2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.2 & 0 & 0.2 & 0 & 0.4 & 0.2 & 0 \end{bmatrix}$$

各预报因子的权重系数组成模糊向量 X 。

$$X = [\mu(x_1) \mu(x_2) \dots \mu(x_6)] \quad (2)$$

由式(1)、(2)得出: $X = [0.1807 \quad 0.1687 \quad 0.1566 \quad 0.1446 \quad 0.1687 \quad 0.1807]$

由列联表求出各预报因子的条件概率 $p_{KL} = n_{KL}/n_{k\cdot}$, 组成 x_j 的概率矩阵 $R(x_j)$ 和预报对象 y 的评判矩阵。

$$\tilde{R}(x_j) = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{18} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{28} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ p_{81} & p_{82} & \dots & p_{88} \end{bmatrix} = [p_{KL}]$$

$$\tilde{R} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{18} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{28} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{81} & r_{82} & \dots & r_{88} \end{bmatrix} = [r_{jk}]$$

r_{jk} 是根据当年预报因子 x_j 的实测值所对应的级别 K 查出概率矩阵 $\tilde{R}(x_j)$ 中第 K 行相应的各数值 p_{KL} 。

根据式(2)和评判矩阵 $\tilde{R}$ 组建预报对象 y 的综合决策模型:

$$Y = [y_1, y_2, \dots, y_8] = [y_k] \quad (3)$$

$$y_k = \frac{1}{4} \left[\bigvee_{j=1}^6 (\mu(x_j) \wedge r_{jk}) + \bigvee_{j=1}^6 (\mu(x_j) \cdot r_{jk}) \right]$$

$$+ \sum_{j=1}^6 (\mu(x_j) \wedge r_{jk}) + \sum_{j=1}^6 (\mu(x_j) \cdot r_{jk})$$

根据预报向量 Y 中 y_k 最大值所在的级数做出预报。

现以1992年为例预报。1992年预报因子 x_1-x_6 分别为 -6.7°C , 198.7°C , 24天, 5°C , 7.7°C , 9月18日, 其相应级别为8, 7, 6, 1, 1, 7, 从计算出的概率矩阵中查出其评判矩阵:

由式(3)得出 $Y = [0.09295 \quad 0.28563 \quad 0.24993 \quad 0.2875 \quad 0.2706 \quad 0.21058 \quad 0.1096]$ 。其中 $y_5 = 0.2875$ 最大,因此预测1992年越冬代二化螟蛾高峰应为5级即中发生,即在4月19—21日,而实测值为4月21日,与实际情况相符。

3 预报效果检验

根据 Fuzzy 综合决策模型,对30年历史资料进行回报检验及对1993年试报,将预报结果($\hat{y}$)与实际情况(y)进行对照,其中预报正确30年,历史拟合率达96.67%,见表2。

4 小结

4.1 综合决策模型不但考虑了总体预报因素对预报对象的影响,各因素的权重,突出了主要因素的作用,而且兼顾了其它相关因素。因此较多保留了各预报因子对预报对象的影响信息,从而提高了测报的精细度。笔者曾将上述因子作逐步回归分析^[4],当 $F_1 = F_2 = 1.5-3$ 时,其预测式 $y = 4.871 - 0.048x_2 + 0.521x_3 + 0.217x_4 - 0.716x_5$ ($y =$ 距4月19日平均值), $S = 4.015$, $r = 0.8566$,而综合决策模型将 y 分8级,每3天1级,比逐步回归分析的模式精细度提高3倍,而且手工计算

简便,可以在基层广泛应用。

4.2 应用综合决策模型预报发生期,选择适当数量的因子是关键。它必须根据生物学特性,选择与发生期有一定关系且独立性强的因子。本文 $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$ 与 y 的简单相关系数分别为: $-0.4927, -0.7299, 0.2837, 0.3079, -0.3756, 0.2753$; 偏回归相关系数为: $-0.1973, -0.6696, 0.4743, 0.1606, -0.4576, -0.0097$ 。虽然 x_4, x_6 偏回归相关系数较低,但若将 x_6 因子去掉,则预报效果检验历史拟合率只能达86.67%, x_4, x_6 因子同时去掉,不但精细度必须降低,即 y 只能分为6级,每级4天,而且拟合率只达93.33%。

致谢:此文蒙南京农业大学耿济国、杨崇瑞教授多次修改,特此致谢。

参考文献

- 1 杨崇瑞,耿济国.病虫害模糊分析与预报.合肥:安徽教育出版社,1991.
- 2 南京农学院主编.昆虫生态及预测预报.北京:农业出版社,1985.
- 3 赵士熙,吴中孚.农作物病虫害数理统计测报 BASIC 程序库.福州:福建科学技术出版社,1989.
- 4 程极益.作物病虫害数理统计预报.北京:农业出版社,1992.

The Use of Fuzzy Comprehensive Policy-making Method in the Forecast of the Occurrence Period of Overwintering Striped Rice Borer

Ni Bingqing

(Fujian Jiangle Agriculture Bureau 353300)

Lin Yongjun

(The 1st Middle School of Jiangle County)

Abstract

According to the historical data and literature about the occurrence of striped rice borer in Jiangle County, Fujian Province, with the extreme microtherm from November of last year to February of this year and the effective accumulative temperature being equal to 12°C or higher, the rainy days in March, the frost days from October of last year to March of this year, the extreme microtherm in March, the height period of the occurrence of last generation of the snout moth as a forecasting basis, Fuzzy Comprehensive Policy-making Model is used to forecast the high period of overwintering striped rice borer. In that case, the rate of fitting with the historical cases would reach 96.67 per centum. And the precision would be up to 1 class every three days, which enhances three times of the precision of the progressive regression analysis.

Key Words: striped rice borer comprehensive policy-making Fuzzy model forecast occurrence period