

应用模糊综合评判技术预测 马尾松毛虫越冬代发生量

孙 薇

(浙江省临海市森林病虫害防治站, 临海 317000)

董林根

(浙江林学院林学系)

胡加其

(浙江省临海市森林病虫害防治站)

于琼花

(浙江省临安市林业局)

摘要 应用浙江省临海市连续 9 a 马尾松毛虫发生面积的调查资料和当地气象资料, 根据相关系数法选出预报因子, 采用模糊综合评判的 6 个数学模型预测松毛虫越冬代的发生量。经回报检验, 各数学模型预测值与实测值的吻合程度达 88.9%, 具有较好的实用价值。

关键词 马尾松毛虫; 发生量预测; 模糊综合评判

中图分类号 S763.420.5

马尾松毛虫 (*Dendrolimus punctatus*) 是临海市松林的主要害虫^[1]。长期以来, 人们较注重该虫发生期的预测预报, 对其发生量多凭经验预报。为此, 笔者利用临海市 1982~ 1991 年松毛虫调查资料及有关气象因子进行相关分析, 并将模糊综合评判技术应用于马尾松毛虫种群动态的预测, 从中探索松毛虫发生量预测预报的新方法。

1 评判模型

模糊综合评判的简单数学模型为 $Y = X \circ R$ 若已知模糊向量 X 和模糊评判矩阵 R 时, 即可进行综合评判。常用预测害虫种群发生量的模糊模型有 5 个, 最终取它们结果的 1/5 形成综合决策模型。

1.1 主要因素肯定型 (模型 I)

$$y_j = \bigvee_{i=1}^m (x_i \vee r_{ij}) \text{ 简记为 } M_1 = (\bigvee, \bigvee) \text{ 表示突出因素的作用地位。}$$

1.2 主要因素决定型 (模型 II)

收稿日期: 1997-07-17

第 1 作者简介: 孙薇, 女, 1963 年生, 工程师

$y_j = \bigvee_{i=1}^m (x_i \wedge r_{ij})$, 简记为 $M_2 = (\wedge, \vee)$, 表示主要因素的作用程度

1.3 主要因素突出型 (模型III)

$y_j = \bigwedge_{i=1}^m (x_i \cdot r_{ij})$, 简记为 $M_3 = (\cdot, \vee)$, 表示次要因素的作用程度。

1.4 因素求和型 (模型IV)

$y_j = \sum_{i=1}^m (x_i \wedge r_{ij})$, 简记为 $M_4 = (\wedge, +)$, 表示总体因素效果的作用程度。

1.5 加权平均型 (模型V)

$y_j = \sum_{i=1}^m (x_i \cdot n_{ij})$, 简记为 $M_5 = (\cdot, +)$, 表示所有因素的作用程度

1.6 综合决策模型 (模型VI)

$y_j = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^m M_i y_i$, 简记为 $M_6 = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 M_i (i = 1, 2, 3, \dots, m; j = 1, 2, 3, \dots, n)$, 反映所有因

素的综合作用程度。

依最终运算结果, 取 y_j 的最大值, 评判属某一级别。

2 预报因子的选择

预报因子的选择是预报准确与否的关键 根据已有的资料, 采用相关系数法对 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温、平均相对湿度、降水量及虫源基数等因子进行筛选, 发现越冬代松毛虫发生量与以下几个因子有着较为密切的关系。

2.1 2月中旬 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温 (x_1)

临海市 9 a 的松毛虫发生资料分析 (表 1) 表明, 上一年 2 月中旬 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 累计活动积温越高, 翌年越冬后恢复取食期松毛虫的发生量就越少; 反之, 则越大 如 1984 年和 1988 年 2 月中旬 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的累计活动积温均为 0, 翌年即 1985 年和 1989 年越冬代松毛虫的发生量分别达 19 793 hm^2 和 19 807 hm^2 。1990 年 2 月中旬 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温最高为 83.7 $^{\circ}\text{C}$, 1991 年越冬代松毛虫的发生量为最小, 仅发生 2 234 hm^2 。两者间的相关系数 $r = -0.7887 (|r| > r_{0.05} = 0.6664)$, 相关显著。故 2 月中旬 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温可作为越冬代松毛虫发生量的预报因子。

表 1 预报因子历年数据

Table 1 Data of prediction factors in different years

年度	2月中旬 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 累计活动积温 (x_1)	3月下旬平均相对湿度 % (x_2)	第 2 代松毛虫发生面积 / hm^2 (x_3)	越冬代松毛虫发生面积 / hm^2 (y)
1982	12.0		18 784.67	
1983	10.6	82	19 365.60	18 980.07
1984	0.0	80	22 299.20	18 176.53
1985	33.1	79	22 529.93	19 793.00
1986	24.0	82	6 770.00	5 882.40
1987	62.6	84	15 133.00	4 371.73
1988	0.0	83	27 031.40	10 228.73
1989	50.6	73	25 290.60	19 806.73
1990	83.7	84	4 363.20	9 063.47
1991		85		2 233.53
r_{xy}	-0.7887	-0.7489	0.6492	

2.2 3月下均平均相对湿度 (x_2)

从表 1可以看出 3月下旬平均相对湿度与当前越冬代松毛虫发生量之间存在着较为密切的负相关关系。其相关系数 $|r| = |-0.7489| > r_{0.05}$, 相关关系显著。3月下旬平均相对湿度也可作为越冬代松毛虫发生量的预报因子。

2.3 虫源基数 (x_3)

它是决定松毛虫发生量大小的最基本因素之一。通常虫源数量越多,其大发生量的可能性就越大,两者呈正相关关系。相关关系 $r = 0.6492 > r_{0.10} = 0.5822$, 呈中度相关。所以,第 2代松毛虫(即越冬前松毛虫)发生量在没有人为因素干扰情况下,可视为翌年越冬代松毛虫发生量预报的一个辅助因子。

3 预报方法及验证

3.1 预报量及预报因子分级

根据单因子相关图,确定资料分级标准(不等距分级)(表 2)

表 2 预报因子所分级标准

Table 2 Classified criterion of prediction factors

因 子	级 别			
	1	2	3	4
y	< 10.0	10.0~ 20.0	20.1~ 29.0	> 29.0
x_1	< 10.0	10.0~ 23.0	23.1~ 50.0	> 50.0
x_2	< 80.0	80.0~ 82.0	83.0~ 84.0	> 84.0
x_3	< 15.0	15.0~ 28.5	28.6~ 35.0	> 35.0

3.2 资料处理

按因子分级标准,将表 1中历年的数据加以整理,化为分级值列出(表 3)

表 3 预报因子分级值

Table 3 Classified value of prediction factors

因 子	级 值								
	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991年
y	3	3	4	1	1	2	4	2	1
x_1	2	2	1	3	3	4	1	4	4
x_2	2	2	1	2	3	3	1	3	4
x_3	2	3	3	3	1	2	4	4	1

3.3 建立单因子列联表

根据表 3的分级值,组建 x_1, x_2, x_3 的 4×4 列联表(表 4)

3.4 求模糊向量

模糊综合评判法对每个预报因子 x_i 赋予权重,组成模糊向量 X ,各预报因子 x_i 与预报对象 y 的相关程度不同,意味着各预报因子所起作用的大小不同。因此,每个预报因子与预报对象的相关系数 $r_{x_i,y}$ 可作为预报因子的权重系数。由表 1知: $r_{x_1,y} = 0.7887, r_{x_2,y} = -0.7489,$

$r_{x_3,y} = 0.6492$, 经归一化处理 ($x_i = r_{x_i,y}^2 / \sum_{k=1}^m r_{x_k,y}^2$), 得模糊向量 $X = (0.39, 0.35, 0.26)$ 。

表 4 x_2, x_2, x_3 列联表

Table 4 Tabulation of x_1, x_2, x_3

预报量 Y	因 子														
	x_1					x_2					x_3				
	k	1	2	3	4	$n \cdot l$	1	2	3	4	$n \cdot l$	1	2	3	4
1	0	0	2	1	3	0	1	1	1	3	2	0	1	0	3
2	0	0	0	2	2	0	0	2	0	2	0	1	0	1	2
L3	0	2	0	0	2	0	2	0	0	2	0	1	1	0	2
4	2	0	0	0	2	2	0	0	0	2	0	0	1	1	2
$n \cdot k$	2	2	2	3	9	2	3	3	1	9	2	2	3	2	9

3.5 建立评判矩阵

由表 4, x_1, x_2, x_3 列联表中各预报因子的条件概率 $P_{lk}^i = n_{khl} / n_{k \cdot}$, 代替模糊概率, 建立模糊评判矩阵 R

$$R = \begin{bmatrix} P_{1k}^1 & P_{2k}^1 & \dots & P_{bk}^1 \\ P_{1k}^2 & P_{2k}^2 & \dots & P_{bk}^2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{1k}^n & P_{2k}^n & \dots & P_{bk}^n \end{bmatrix}$$

以 1990 年为例, 检验评判效果. 已知上一年 2 月中旬 $\geq 10^\circ\text{C}$ 累计活动积温 (x_1) 为 50.6°C , 3 月下旬平均相对湿度 (x_2) 为 84%, 越冬前松毛虫发生量 (x_3) 为 252.91 hm^2 . 按预报因子分级标准, 即 x_1 为 4 级, x_2 为 3 级, x_3 为 4 级, 根据模糊综合评判模型 $Y = X \circ R$

$$\text{即: } Y = (0.39, 0.35, 0.26) \circ \begin{bmatrix} 0.33 & 0.67 & 0 & 0 \\ 0.33 & 0.67 & 0 & 0 \\ 0 & 0.50 & 0 & 0.50 \end{bmatrix}$$

表 5 预报效果检验

Table 5 Test of predicting effect

预测情况	发 生 实 况									历史符合率 %
	3	3	4	1	1	2	3	2	1	
	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991年	
模型 I 预测	3	3	4	1	1	2	4	2	1	100
模型 I 符合	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
模型 II 预测	3	3	4	1	1	2	4	2	2	88.9
模型 II 符合	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	
模型 III 预测	3	3	4	1	1	2	4	2	1	100
模型 III 符合	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
模型 IV 预测	3	3	4	1	1	2	4	2	1	100
模型 IV 符合	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
模型 V 预测	3	3	4	1	1	2	4	2	1	100
模型 V 符合	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
模型 VI 预测	3	3	4	1	1	2	4	2	1	100
模型 VI 符合	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

得: 模型 I $M_1 = (0.39, 0.67, 0.39, 0.50)$

模型 II $M_2 = (0.33, 0.39, 0, 0.26)$

模型 III $M_3 = (0.13, 0.26, 0, 0.13)$

模型 IV $M_4 = (0.66, 1.00, 0, 0.26)$

模型 V $M_5 = (0.25, 0.62, 0, 0.13)$

模型 VI $M_6 = (0.35, 0.59, 0.08, 0.26)$

最后结果: M_{1y_i} 的最大值为 0.67,其相应的待报级为 2级; M_{2y_i} 的最大值为 0.39,其相应的待报级为 2级; M_{3y_i} 的最大值为 0.26,其相应的待报级为 2级; M_{4y_i} 的最大值为 1.00,其相应的待报级为 2级; M_{5y_i} 的最大值为 0.62,其相应的待报级为 2级; M_{6y_i} 的最大值为 0.59,其相应的待报级为 2级。6个模型的预报均为 2级,与实况相符。其他年份的预报效果见表 5

4 小结

4.1 模糊综合评判为马尾松毛虫发生量预报开辟了一条新的技术途径。它除了具有工作量小,计算简单,与因素多少和样本容量大小关系不大等优点外,更为可取的是有 6个模型,有利于预报分析的选择,且不易出错。

4.2 预报效果的优劣在很大程度上取决于预报因子的选择,也与评判人员采用的预报模型有关。预报时要考虑到各因素之间的相互作用,进行综合分析,以提高预测预报的准确性。

参 考 文 献

1 吴鸿,黄国泽,吕晓平,等.浙江省马尾松毛虫抗药性研究.浙江林学院学报,1996,14(2): 159~ 164

Sun Wei(Forest Pest and Disease Control Station of Linhai City, 317000, PRC), Dong Linggen, Hu Jiaqi, and Yu Qionghua. **Prediction of Emergence Size of Overwintering *Dendrolimus punctatus* by Fuzzy Comprehensive Evaluation.** *Journal of Zhejiang Forestry College*, 1998, 15 (1): 76~ 80

Abstract Using the data of emergence area of *Dendrolimus punctatus* and relevant meteorological information for nine years running in Linhai City of Zhejiang Province, based on the forecasting factors selected by the method of correlation coefficients, emergence size of overwintering *Dendrolimus punctatus* of generations was predicted with six mathematical models of fuzzy comprehensive evaluation. The test results of back-report showed that the coincidence degree of predicted value and measured value of each mathematical model reached up to 88.9%.

Key words *Dendrolimus punctatus*; prediction of emergence size; fuzzy comprehensive evaluation