

3 种时间序列分析模型在水稻稻瘟病预测中的应用

康晓慧,陈 浩,张 梅

(西南科技大学 生命科学与工程学院,四川 绵阳 621010)

【摘 要】 【目的】研究 3 种时间序列分析模型对水稻稻瘟病的预测效果,为该病害的预测提供参考。【方法】以 1980—2007 年四川省剑阁县水稻种植面积和稻瘟发病面积为原始数据,分别采用时间序列分析中的滑动平均、指数平均和方差分析周期外推法建立水稻稻瘟病发病情况的预测模型,分析其预测效果,并在 2008 年的稻瘟病预测中进行了验证应用。【结果】滑动平均、指数平均和方差分析周期外推法 3 种时间序列线性模型均能较好地预测水稻稻瘟病的发病趋势,1980—2007 年其预测值与实测值的拟合度分别为 97.7%,96.1%和 99.8%;2008 年预测值与实测值的相对误差分别为 14.5%,18.1%和 8.4%。【结论】3 种时间序列分析模型均可用于水稻稻瘟病的长期预测。

【关键词】 滑动平均;指数平均;方差分析周期外推法;稻瘟病

【中图分类号】 S435.111.4⁺1;S431.9 【文献标识码】 A 【文章编号】 1671-9387(2011)06-0173-05

Application of time series analysis in the prediction of rice blast

KANG Xiao-hui, CHEN Hao, ZHANG Mei

(College of Life Science and Engineering, Southwest University of Science and Technology, Mianyang, Sichuan 621010, China)

Abstract: 【Objective】 The prediction effect of rice blast was studied to provide reference to control rice blast by time series analysis model. 【Method】 Time series analysis model was established through moving average, exponential average and period extrapolated method by variance analysis, according to the incidence of plant areas of rice and appearance of rice blast in Jiange district Sichuan province from 1980 to 2007. The forecast result was analysed and used in the appearance predication of rice blast in 2008. 【Result】 It was shown that the time series analysis linear model including moving average, exponential average and period extrapolated method by variance analysis can preferably fit the trend of rice blast. Comparing the measured value with the estimated value, their accuracy of testing-forecast from 1980 to 2007 was 97.7%, 96.1% and 99.8%, respectively; relative errors in 2008 were 14.5%, 18.1% and 8.4%, respectively. 【Conclusion】 Time series analysis model can be applied in a long-term forecasting for rice blast.

Key words: moving average; exponential average; period extrapolated method by variance analysis; *Magnaporthe grisea*

水稻(*Oryza sativa* L.)是世界上重要的粮食作物之一,在全球粮食生产和消费中占有极其重要的地位^[1]。水稻稻瘟病(*Magnaporthe grisea*)是水稻生产上的重要病害之一,与纹枯病、白叶枯病并列为水稻的 3 大病害,具有分布广泛、破坏性强和致病性高等特点,可导致水稻严重减产^[2-3]。自 20 世纪 90

年代以来,全国水稻稻瘟病年发病面积都在 380 万 km² 以上,产量损失达数亿千克^[4]。近年来,随着水稻种植面积的扩大,稻瘟病对水稻的危害愈加严重,流行年份一般减产 10%~20%,严重的可达 40%~50%,局部田块甚至颗粒无收^[5]。稻瘟病在四川省水稻各主产区均呈现出中等或偏重的发生态

* 【收稿日期】 2010-11-11

【基金项目】 国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD08A01)

【作者简介】 康晓慧(1961—),女,四川射洪人,副教授,硕士生导师,主要从事植物病理学研究。E-mail: xhuik09@126.com

势,严重地制约着当地水稻产量的提高。因此,对四川省水稻稻瘟病的发病趋势进行预测具有重要的实践意义。目前,水稻稻瘟病发病趋势预测方法有综合分析预测、以气象资料建立的数理统计模型预测、系统模拟模型预测等。

时间序列分析是数理统计预测的一种,是采用模型对所观察到的有序随机数据进行分析与处理的一种方法,常用的有滑动平均法、指数平均法、季节交乘法、季节叠加法、方法分析周期外推法、马尔科夫链法和自回归滑动平均法等^[6]。目前,时间序列分析法已在作物产量^[7]、土壤墒情^[8-9]、干旱灾变^[10]、水分动态^[11-12]和降水量^[13]预测等领域中得到了应用;回归滑动平均模型在风速预测^[14]和洪水预报^[15]中已有使用。时间序列分析方法近年被越来越多地应用于植物保护领域,如梁其伟等^[16]用 0-1

时间序列对害虫发生进行预测;华来庆等^[17]用 ARIMA 模型对黄瓜霜霉病疾病指数时间序列进行建模等。本研究以 1980—2007 年四川省剑阁县水稻稻瘟病发病面积和水稻播种面积为材料,采用时间序列分析中的滑动平均、指数平均和方差分析周期外推法对水稻稻瘟病的发病情况进行预测,以期对水稻稻瘟病的防治提供参考。

1 材料与方法

1.1 数据来源及发病率的计算

1980—2007 年四川省剑阁县水稻播种面积及稻瘟病发病面积的原始数据由四川省剑阁县植保站提供。本研究以发病面积占播种面积的比例作为当年水稻稻瘟病的发病率,1980—2007 年四川省剑阁县水稻稻瘟发病率结果见表 1。

表 1 1980—2007 年四川省剑阁县水稻稻瘟病的发病率

Table 1 Incidence of rice blast in Jiange of Sichuan during 1980—2008

年份 Year	发病率 Incidence	年份 Year	发病率 Incidence	年份 Year	发病率 Incidence
1980	0.281	1990	0.212	2000	0.310
1981	0.356	1991	0.375	2001	0.374
1982	0.347	1992	0.486	2002	0.256
1983	0.270	1993	0.496	2003	0.390
1984	0.500	1994	0.383	2004	0.376
1985	0.719	1995	0.415	2005	0.510
1986	0.506	1996	0.406	2006	0.288
1987	0.345	1997	0.378	2007	0.202
1988	0.195	1998	0.440		
1989	0.168	1999	0.473		

1.2 时间序列分析 3 种线性模型的建立^[6]

1.2.1 滑动平均模型 MA(MN) 滑动平均模型

$$MA(MN)=\frac{(x_1+x_2+\cdots+x_m)+(x_2+x_3+\cdots+x_{m+1})+\cdots+(x_m+x_{m+1}+\cdots+x_{2m})}{MN}$$

用 MA(MN)进行线性滑动平均处理,得出二次滑动平均直线趋势预测方程。具体步骤是:第 1 步,求出 t 期的 2 次滑动平均值 S_1 和 S_2 ;第 2 步,用 2 次滑动平均值之差矫正 S_1 ;第 3 步,用从 t 期到 $(t+m)$ 期的趋势估计值对第 2 步进行矫正。经上述步骤后得出的预测方程为:

$$\hat{x}_{t+1}=S_1+(S_1-S_2)+\text{趋势估计值}。$$

趋势直线的截距(α_t)和斜率(b_t)为:

$$\alpha_t=2S_1-S_2, b_t=\frac{2}{(N-1)}(S_1-S_2)。$$

最终得线性滑动平均预测方程为:

$$\hat{x}_{t+m}=\alpha_t+mb_t, m=1,2,\cdots。$$

1.2.2 指数平均模型 由滑动平均预测方程可以推出:

MA(MN)表示对 N 项滑动平均数列再进行一次 M 项滑动平均。

$$\hat{x}_{t+1}=\frac{x_t}{N}-\frac{\hat{x}_t}{N}+\hat{x}_t=\frac{x_t}{N}+\left(1-\frac{1}{N}\right)\hat{x}_t。$$

若令 $\alpha=\frac{1}{N}, 1-\alpha=1-\frac{1}{N}$, 则有:

$$\hat{x}_{t+1}=\hat{x}_t+\alpha(x_t-\hat{x}_t)。$$

从指数加权平均数的角度来看,对一个有 t 项观察值的时间数列,用加权因素 α 进行指数加权后

可得:

$$\hat{x}_{t+1}=\sum_{r=0}^{t-1}\alpha^rx_{t-r}+\sum_{r=0}^{t-1}\alpha^r。$$

当 t 很大时, α^r 可以忽略不计, $\sum_{r=0}^{t-1}\alpha^r$ 的极限是

$1/(1-\alpha)$, 则有: $\hat{x}_{t+1}=(1-\alpha)\sum_{r=0}^{t-1}\alpha^rx_{t-r}$, 展开递推式为: $\hat{x}_{t+1}=\hat{x}_t+(1-\alpha)(x_t-\hat{x}_t)。$

1.2.3 方差分析周期外推法模型 将时间序列资

料按一定的周期长度分组列表。设方差分析周期外推法模型的时间序列为 $x(t)$, 将其按周期长 n 分成 r 组, 排成如表 2 所示的顺序, 运用 DPS v3.01 专业版软件对周期显著性方差进行分析, 最后可得主要周期。

表 2 方差分析周期外推法模型的周期排列表

Table 2 Period list of period extrapolated method model by VA

组序 Group order	组 内 Intra-block						x_i
组间 Intersection	(1)	x_{11}	x_{12}	x_{13}	...	x_{1n}	x_1
	(2)	x_{21}	x_{22}	x_{23}	...	x_{2n}	x_2
	(3)	x_{31}	x_{32}	x_{33}	...	x_{3n}	x_3
	...	...	...	...	...	...	...
	(r)	x_{r1}	x_{r2}	x_{r3}	...	$x_{r\ n}$	x_r

用组内平方和(Q_1)除以相应的第 1 自由度(f_1)可得到组内均方差, 用组间平方和(Q_2)除以相应的第 2 自由度(f_2)可得到组间均方差; 组间均方差与组内均方差之比即为方差分析的 F 值。 F 值足够大时, 说明组间差异显著, 即存在显著的周期性。因此, 必须先用 F 值计算相应的置信概率, 再对置信概率最高者进行显著水平检验, 如果达到指定的显著水平, 那么该周期即为主要周期^[18]。将主要周期

及相关数据代入 DPS v3.01 软件即可进行预测。

2 结果与分析

2.1 时间序列预测值与实测值的比较

把 1980—2007 年四川省剑阁县水稻稻瘟病的发病率代入用时间序列分析方法建立的预测模型, 其预测结果和相对误差见表 3。

表 3 1980—2007 年四川省剑阁县水稻稻瘟病发病率 3 种时间序列分析模型的预测值及其误差

Table 3 Prediction and estimates and relative errors of rice blast incidence of Jiange in Sichuan Province during 1980—2007

年份 Year	实测值 Measured value	滑动平均预测模型 Model of moving average		指数平均预测模型 Model of expinential average		方差分析周期外推预测模型 Model of period extrapolated method by VA	
		预测值 Estimated value	相对误差/% Relative error	预测值 Estimated value	相对误差/% Relative error	预测值 Estimated value	相对误差/% Relative error
1980	0.281	0.281	0.00	0.281	0.00	0.264	−6.18
1981	0.356	0.328	−7.97	0.311	−12.69	0.373	4.62
1982	0.347	0.324	−6.44	0.325	−6.15	0.339	−2.11
1983	0.270	0.372	37.90	0.303	12.30	0.288	6.56
1984	0.500	0.496	−0.80	0.382	−23.65	0.497	−0.63
1985	0.719	0.575	−20.02	0.517	−28.12	0.717	−0.24
1986	0.506	0.523	3.42	0.512	1.31	0.520	2.93
1987	0.345	0.349	1.16	0.445	29.20	0.351	2.01
1988	0.195	0.236	20.83	0.345	76.66	0.202	3.17
1989	0.168	0.192	13.95	0.275	63.00	0.172	1.87
1990	0.212	0.252	18.89	0.249	17.81	0.2160	2.01
1991	0.375	0.358	−4.67	0.300	−20.11	0.360	−4.00
1992	0.486	0.452	−6.90	0.374	−22.98	0.4952	1.96
1993	0.496	0.455	−8.31	0.423	−14.74	0.4730	−4.62
1994	0.383	0.431	12.70	0.407	6.30	0.394	2.98
1995	0.415	0.401	−3.33	0.410	−1.20	0.385	−7.30
1996	0.406	0.400	−1.53	0.408	0.62	0.413	1.80
1997	0.378	0.408	7.91	0.396	4.79	0.372	−1.76
1998	0.440	0.430	−2.25	0.414	−6.00	0.4251	−3.44
1999	0.473	0.408	−13.77	0.438	−7.49	0.461	−2.62
2000	0.310	0.386	24.31	0.387	24.63	0.309	−0.35
2001	0.374	0.313	−16.16	0.382	2.06	0.373	−0.24
2002	0.256	0.340	32.72	0.331	29.36	0.264	2.98
2003	0.390	0.341	−12.65	0.355	−9.00	0.387	−0.78
2004	0.376	0.425	13.23	0.363	−3.35	0.360	−4.10
2005	0.510	0.391	−23.35	0.422	−17.32	0.544	6.54
2006	0.288	0.333	15.89	0.368	28.03	0.292	1.63
2007	0.202	0.308	52.52	0.302	49.50	0.211	4.60

从表 3 可以看出,3 种时间序列模型的预测值均存在波动,且相对误差大小不一。由此可以计算出滑动平均预测模型的平均相对误差是 13.7%,指数平均预测模型的平均相对误差是 18.5%,而方差

分析周期外推预测模型的平均相对误差只有 3.0%。对滑动平均、指数平均和方差分析周期外推法模型所得的预测值与实测值进行曲线拟合,结果见图 1。

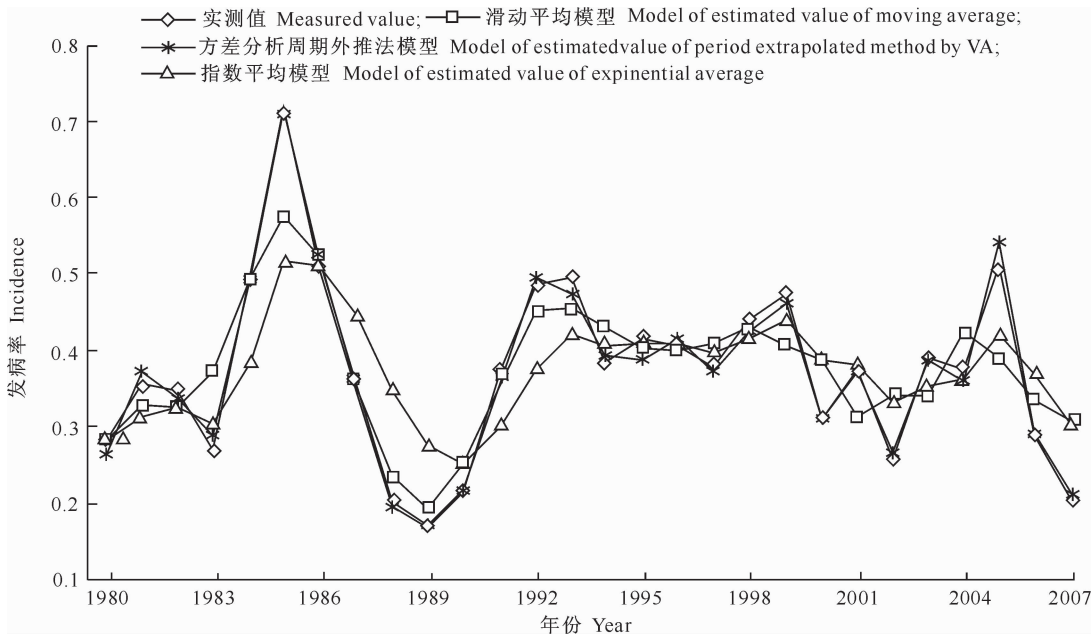


图 1 3 种时间序列分析模型对 1980—2007 年四川省剑阁县水稻稻瘟病的预测值与实测值的拟合度比较
Fig. 1 Comparison between the measured value and the estimated value of rice blast incidence of Jiange in Sichuan Province during 1980—2007 in three kinds of time series analysis

2.2 拟合度检验

计算 3 种模型预测值与实测值的拟合度:拟合度=1-残差平方和/原始序列平方和。结果表明,滑动平均模型预测值与实测值的拟合度为 97.7%,指数平均模型和方差分析周期外推法模型的拟合度分别为 96.1%和 99.8%。

2.3 3 种时间序列分析模型对水稻稻瘟病发病趋势的预测

滑动平均法的预测模型为: $\hat{x}_{27+m} = 0.296 - 0.012m$,当 $m=1$ 时,计算可得 2008 年四川省剑阁县水稻稻瘟病的发病率为 28.4%, $m=2$ 则可计算 2009 年的发病率。指数平均法的预测模型为: $\hat{x}_{t+1} = \hat{x}_t + (1-\alpha)(x_t - \hat{x}_t)$,即 $\hat{x}_{27+1} = 0.302 + (1-\alpha)(0.202 - 0.302)$,平滑系数 α 取 0.7,由此计算可得 2008 年四川省剑阁县水稻稻瘟病的发病率为 27.2%。

对 1980—2007 年四川省剑阁县水稻稻瘟病发病率的数据进行方差分析周期外推法分析,首先对主要周期进行筛选,结果见表 4。由表 4 可见,当入选周期为 9 时,该法的置信概率最大,相关系数为 0.857 0,所以主要周期选为 9。由该主要周期可预

测 2008 年四川省剑阁县水稻稻瘟病的发病率为 36.0%。

表 4 方差分析周期外推法对 1980—2007 年四川省剑阁县水稻稻瘟病发病情况的主要周期筛选结果
Table 4 Screening results of main period about incidence of rice blast in Jiange of Sichuan during 1980—2007 by period extrapolated method by VA

入选周期 Selected period	F 值 F value	置信概率 Confidence probability	相关系数 Correlation coefficient
13	2.159 7	0.919 7	0.852 7
9	6.570 0	0.999 6	0.857 0
4	7.340 5	0.998 8	0.691 7
5	4.145 8	0.988 7	0.647 3
7	4.294 4	0.994 4	0.742 3

2.4 3 种时间序列分析模型对水稻稻瘟病发病趋势预测结果的检验

滑动平均、指数平均和方差分析周期外推法 3 种时间序列方法对 2008 年四川省剑阁县水稻稻瘟病发病率的预测结果分别为 28.4%, 27.2% 和 36.0%,而 2008 年该病实际发病率为 33.2%。检验结果表明,2008 年滑动平均、指数平均和方差分析周期外推法 3 种模型预测值与实测值的相对误差分别为 14.5%,18.1%和 8.4%。

3 讨 论

本研究运用滑动平均法、指数平均法和方差分析周期外推法 3 种时间序列方法对水稻稻瘟病发病情况进行预测。结果表明,3 种方法的预测拟合度均在 96%以上,其中方差分析周期外推法预测的拟合度达 99.8%,表明预测结果和实际结果吻合度较高。一般认为,预测方法的平均相对误差在 20%以下时预报效果尚佳,在 10%以下时预报结果较准确^[6]。本研究中滑动平均法、指数平均法和方差分析周期外推法 3 种预测方法的平均相对误差分别为 13.7%,18.5%和 3.0%,都在 20%以下,其中方差分析周期外推法预测的平均相对误差在 10%以下。滑动平均法、指数平均法和方差分析周期外推法对 2008 年水稻稻瘟病发病率的预测值与实测值的相对误差分别为 14.5%,18.1%和 8.4%,可见 3 种时间序列方法对水稻稻瘟病发病情况的预测较为准确,其中方差分析周期外推法预测效果最好。

本研究结果表明,时间序列方法可以用于水稻稻瘟病发病情况的预测。张瑞英等^[19]用方差分析周期外推法对小麦条锈病进行了超长期预测,并取得了很好的效果。用滑动平均、指数平均和方差分析周期外推法 3 种时间序列方法预测时,要以历年发病率的历史资料为依据对次年发病趋势进行预测,若对其他年份进行预测则会出现较大偏差,如上述 3 种方法对 2009 年四川省剑阁县水稻稻瘟病发病率的预测结果分别为 27.2%,29.0%和 26.9%,而实际发病率为 23.5%,预测值与实测值的相对误差分别为 15.7%,23.4%和 14.4%,误差偏高。

用时间序列分析建立水稻病害长期预测模型,是一项具有战略意义的研究课题,有利于减轻基层测报人员的劳动强度,改善预报条件,提高预报水平,且能与传统测报方法取长补短,互为补充、校正。本研究只对 3 种时间序列分析预测模型进行了研究,其他几种模型是否也可用于水稻稻瘟病发病情况预测,有待于进一步研究。

〔参考文献〕

- [1] Bloom F. Rice, races, and riches [J]. Science, 2000, 288: 973.
- [2] Talbot N. On the trail of a cereal killer: exploring the biology of *Magnaporthe grisea* [J]. Annu Rev Microbiol, 2003, 57: 177-202.
- [3] Thuan N, Bigirimana J N, Roumen E, et al. Molecular and pathotype analysis of the rice blast fungus in North Vietnam [J]. Eur J Plant Pathol, 2006, 114: 381-396.
- [4] 董继新,董海涛,李德葆. 水稻抗瘟性研究进展 [J]. 农业生物技术学报, 2000, 8(1): 99-102.
- [5] Dong J X, Dong H T, Li D B. Recent advances on rice blast disease resistance [J]. Journal of Agricultural Biotechnology, 2000, 8(1): 99-102. (in Chinese)
- [6] 李朝峰,侯立刚,张学军,等. 稻瘟病的发生与防治 [J]. 垦殖与稻作, 2006(5): 58-60.
- [7] Li Z F, Hou L G, Zhang X J, et al. Occurrence and control of rice blast [J]. Reclaiming and Rice Cultivation, 2006(5): 58-60. (in Chinese)
- [8] 张孝羲,张跃进. 农作物有害生物预测学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 441-449.
- [9] Zhang X X, Zhang Y J. Crop pest predictions [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2006: 441-449. (in Chinese)
- [10] 魏周会,龚少红,冯小明. 作物产量预测的时间序列神经网络模型 [J]. 节水灌溉, 2006(6): 55-57.
- [11] Wei Z H, Gong S H, Feng X M. Study on the time series neural network model for the prediction of crop yield [J]. Water Saving Irrigation, 2006(6): 55-57. (in Chinese)
- [12] 张和喜,杨 静,方小宇,等. 时间序列分析在土壤墒情预测中的应用研究 [J]. 水土保持研究, 2008, 15(4): 82-84.
- [13] Zhang H X, Yang J, Fang X Y, et al. Application of time series analysis in soil moisture forecast [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2008, 15(4): 82-84. (in Chinese)
- [14] 杨绍辉,王一鸣,郭正琴,等. ARIMA 模型预测土壤墒情研究 [J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(2): 114-118.
- [15] Yang S H, Wang Y M, Guo Z Q, et al. Research on soil moisture forecast based on ARIMA model [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2006, 24(2): 114-118. (in Chinese)
- [16] 迟道才,张宁宇,袁 吉,等. 时间序列分析在辽宁朝阳地区干旱灾变中的应用 [J]. 沈阳农业大学学报, 2006, 37(4): 627-631.
- [17] Chi D C, Zhang N N, Yuan J, et al. Application of time series analysis in drought calamities forecast in Chaoyang [J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2006, 37(4): 627-631. (in Chinese)
- [18] 康绍忠. 土壤水分动态的随机模拟研究 [J]. 土壤学报, 1990, 27(1): 17-24.
- [19] Kang S Z. Research on stochastic simulation of soil moisture dynamics [J]. Acta Pedologica Sinica, 1990, 27(1): 17-24. (in Chinese)
- [20] 刘洪斌,武 伟,魏朝富,等. AR 模型在土壤水分动态模拟中的应用 [J]. 山地学报, 2004, 22(1): 121-125.
- [21] Liu H B, Wu W, Wei C F, et al. Soil water dynamics simulation by autoregression models [J]. Journal of Mountain Science, 2004, 22(1): 121-125. (in Chinese)
- [22] 董晓萌,罗凤娟,郭满才,等. 时间序列的自回归模型在杨凌地区降水量预报中的应用 [J]. 中国农学通报, 2007, 23(11): 403-407.
- [23] Dong X M, Luo F J, Guo M C, et al. Application of the autoregressive model of time series on the rainfall forecast of Yangling district [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2007, 23(11): 403-407. (in Chinese)

(下转第 184 页)