

小麦赤霉病流行程度的农业气象动态预测模型

袁昌洪, 刘文军, 王世华, 刘方, 景利民

(1. 江苏省泰州市气象局, 江苏泰州 225300; 2. 江苏省泰州市农业局, 江苏泰州 225300)

摘要 [目的] 建立泰州地区小麦赤霉病发生程度的动态预测模型。[方法] 以1987~2006年泰州地区小麦赤霉病发生程度为研究对象, 以旬为时间跨度, 选取相关系数较高且稳定性好的预测因子, 然后在逐步回归分析方法的基础上, 集成建立泰州地区小麦赤霉病发生程度的动态预测模式。[结果] 泰州地区影响小麦赤霉病发生程度的主要是4月下旬平均相对湿度、5月中旬平均相对湿度。从整体气象条件来看, 降水日数和平均相对湿度对小麦赤霉病的发生在气象条件上为一定的诱因。预测模式的回报检验显示该模型的预测效果比较理想。[结论] 该研究为小麦赤霉病的有效防治提供了依据。

关键词 小麦赤霉病; 发生程度; 动态预测模型

中图分类号 S431 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2009)01-00204-03

Agronomical Dynamic Forecasting Models for Epidemic Degree of *Fusarium graminearum*

YUAN Chang-hong et al (Taizhou Meteorological Bureau, Taizhou, Jiangsu 225300)

Abstract [Objective] The aim was to establish the dynamic forecasting models for occurrence degree of *Fusarium graminearum* in Taizhou area. [Method] With the occurrence degree of *F. graminearum* in Taizhou area in 1987-2006 as the research object and a period of ten days as the time span, the forecasting factors with higher correlation coefficient and good stability were selected and the dynamic forecasting models for occurrence degree of *F. graminearum* in Taizhou area was established on the basis of the stepwise regression method. [Result] The factors influencing the occurrence degree of *F. graminearum* in Taizhou area was mainly the average relative humidity in the late April and middle May. From the whole meteorological condition, the meteorological conditions of the precipitation days and the average relative humidity were the meteorological inducements for the occurrence of *F. graminearum*. The examination of the forecasting model showed that the forecasting effect of the model was ideal. [Conclusion] The research provided the basis for the effective control of the *F. graminearum*.

Key words *Fusarium graminearum*; Occurrence degree; Dynamic forecasting model

小麦赤霉病是长江中下游地区影响小麦产量、品质的主要病害之一, 其发生流行虽然与病菌基数、寄主植物状态以及气象条件有关, 但气象条件是关键性的影响因素, 是公认的典型的气象病。

泰州地区小麦赤霉病常年在4月下旬至5月中旬发生, 历史上重发年病重田块的病穗率达到80%以上, 不仅严重影响小麦质量和产量, 而且病菌产生的毒素污染麦粒, 引起人畜中毒。因此, 做好小麦赤霉病的预报研究工作就显得尤为重要。建立小麦赤霉病的系列预测模型, 在不同时期对小麦赤霉病进行准确的预测, 将有助于采取适宜的防治方案和防治物资的准备, 对小麦赤霉病进行适时适量用药防治, 以确保小麦的产量和品质, 减少农民经济损失, 保护农村和农田生态环境, 对农业可持续发展具有重要意义。

1 材料与方

1.1 资料来源 小麦赤霉病发生程度资料来自泰州所属4个市植保部门的监测数据, 这些资料均为田间自然观察圃的监测资料, 时间序列为1987~2006年; 所有的气象资料来自于泰州市气象部门, 时间序列为1986~2006年。长期预报选取上年1~12月份的气象资料, 中期预报选取上年3月至当年2月中旬的气象资料, 短期预报选取上年4月中旬至当年3月下旬的气象资料。

1.2 方法

1.2.1 小麦赤霉病流行程度分级。 赤霉病发生程度分为5级: 1级, 病穗率<10%, 发生程度为轻; 2级, 病穗率10%且<20%, 发生程度为中偏轻; 3级, 病穗率20%且<30%, 发

生程度为中; 4级, 病穗率30%且<40%, 发生程度为中偏重; 5级, 病穗率40%, 发生程度为重。

1.2.2 预测因子的选择。 预测因子选取是否恰当是预测能否成功的关键。笔者在进行相关分析的基础上, 对选取的预测因子进行稳定性检验, 以提取和预测对象关系密切的预测因子。设资料有N年, 每年的样本数为n, 计算时以开始序号*i* (*i* = 1, 2, ..., *n*-1) 和结束序号*j* (*j* = 2, 3, ..., *n*) 之间的累加值(或平均值)组成一预测因子。

在统计分析中发现预测对象和预测因子间相关系数虽然较高, 但分段来看, 有时前几年相关好, 但后几年相关差, 或反之。有的序列随着样本数的增加相关系数变小, 如在统计小麦赤霉病发生程度与地面气象要素相关时, 某因子的相关系数为0.450, 通过0.05水平的显著性检验(检验相关系数的临界值见表1), 但其滑动相关系数是逐渐变小的。如果选取这样的预测因子去建模, 往往导致预测失败。为避免这类预测因子入选, 需对达到显著性水平的预测因子进行稳定性检验^[1-2]。

表1 检验相关系数的临界值

Table 1 Correlation coefficient test of the critical value

样本数 Sample No.	信度 Reliability								
	0.50	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.005	0.002	0.001
1	0.707	0.951	0.988	0.997	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2	0.500	0.800	0.900	0.950	0.980	0.990	0.995	0.998	0.999
...
19	0.156	0.291	0.369	0.433	0.503	0.549	0.589	0.635	0.665
20	0.152	0.284	0.360	0.423	0.492	0.537	0.576	0.622	0.652

1.3 逐步回归判别分析 运用贝叶斯逐步判别分析方法建立判别函数^[1-3], 进行多类判别, 从而确定样本最可能归类。将预测对象分成C类, 对应于预测量第*g*类(*g* = 1, 2,

基金项目 泰州市政府科学技术基金项目(TL0604); 江苏省气象局科技项目(200621); 泰州市气象局科技项目(200602)。

作者简介 袁昌洪(1971-), 男, 江苏泰州人, 硕士, 工程师, 从事应用气象研究与服务工作。

收稿日期 2008-10-23

..., Q 有 m 个预测因子。若最后选入的预测因子为 X_1, X_2, \dots, X_k , 则判别方程为:

$$f_g = C_0 + \sum_{i=1}^k C_i \cdot X_i \quad (1)$$

预测时, 将某年预测因子值代入(1)式, 计算出 f_1, f_2, \dots, f_g , 取最大值所对应的类别即为该年的预测等级。

1.4 逐步回归分析^[1] 对于因变量的每一组观测值 i , 对应有一组自变量 Z_{ij} , 其中 $i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$ 。给定临界值 F , 对预测因子采用双重检验先剔除后引进的原则精选预测因子, 若最后选入的因子为 Z_1, Z_2, \dots, Z_k , 则得到的回归方程为:

$$y = C_0 + \sum_{i=1}^k C_i \cdot Z_i \quad (2)$$

将某年预测因子值代入(2)式, 计算得到 y 值即为该年的预测等级。

1.5 预测结果检验 预测模型进行最后检验时, 其预测结果小于1时设定为1, 大于5时设定为5, 在1~5之间采用四舍五入法取整。因实际赤霉病预报工作中一般都跨级预报, 所以规定预测值与实际值差1级为准确, 否则为不准确。预测准确率为预测准确的年数占预测总年数的百分比。

1.6 预测时效 长期: 在3个月以上, 中期: 1~3个月, 短期1个月以内; 长、中、短期模式的起报时间分别为当年的1月上旬、2月下旬和4月上旬。

2 泰州地区小麦赤霉病发生的特点分析

根据小麦赤霉病流行程度的分级统计, 泰州地区1987~2006年有2年重发生, 占10%; 2年中等偏重发生, 占10%; 1年中等发生, 占5%; 1年中等偏轻发生, 占5%; 14年轻发生, 占70%。小麦赤霉病大发生和重发生年的危害是相当严重的。泰州地区小麦赤霉病历年流行程度的变化见图1。

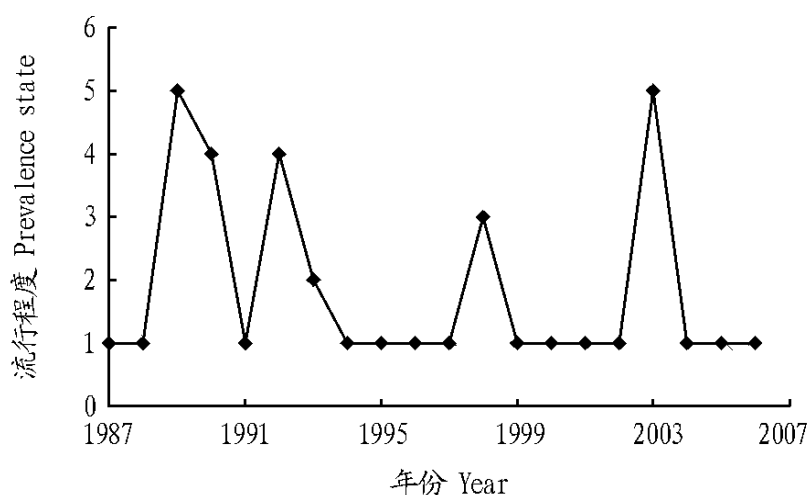


图1 泰州地区小麦赤霉病流行程度变化曲线

Fig.1 Curve of the wheat scab prevalence in Taizhou area

根据经验, 选取1986~2007年泰州地区4月中旬到5月中旬平均气温、旬降水量、旬降水日数(0.1 mm日数)、旬平均相对湿度、旬日照时数等因子进行相关分析。分析结果显示, 泰州地区4月中旬降水量、4月下旬降水日数、4月下旬降水量、4月下旬平均相对湿度、5月上旬平均相对湿度、5月中旬平均相对湿度与泰州地区小麦赤霉病流行程度相关性较高, 相关系数分别为0.454、0.461、0.524、0.529、0.572和0.676, 其中4月下旬平均相对湿度、5月中旬平均相对湿度达到极显著相关。这说明泰州地区影响小麦赤霉病发生程度的主要是4月中下旬的降水量、4月下旬的降水日数以及4月下旬和5月上中旬的平均相对湿度等因素, 尤其是4月下

旬平均相对湿度、5月中旬平均相对湿度。从整体气象条件来看, 降水日数和平均相对湿度对小麦赤霉病的发生在气象条件上为一定的诱因。

3 小麦赤霉病发生程度的气象预测模型

运用上述方法, 选取相关系数通过0.05信度检验的预测因子, 再进行稳定性检验, 然后运用(2)式建立(长期、中期和短期)气象预测模型。

3.1 小麦赤霉病发生程度的长期预测模型

$$Y_{\text{长期}} = 0.2716 X_1 - 0.0437 X_2 - 0.0077 X_3 + 0.1172 X_4 - 0.0196 X_5 + 0.0107 X_6 + 0.0095 X_7 - 0.3805 X_8 - 0.0015 X_9 - 0.1582 X_{10} - 0.0545 X_{11} - 0.0231 X_{12} + 20.7730 \quad (3)$$

式中, X_1 表示上年1月中旬平均气温; X_2 表示上年2月中旬平均相对湿度; X_3 表示上年3月下旬降水量; X_4 表示上年3月下旬降水日数; X_5 表示上年3月下旬平均相对湿度; X_6 表示上年3月下旬日照时数; X_7 表示上年5月下旬降水量; X_8 表示上年8月上旬平均气温; X_9 表示上年8月下旬日照时数; X_{10} 表示上年9月下旬平均气温; X_{11} 表示上年12月下旬降水日数; X_{12} 表示上年12月下旬日照时数。

将(3)式进行预报检验, 结果显示(表2), 1990、1994、2003年的预报结果比实际发生程度低1级, 1987、1991、2000、2002年的预报结果比实际发生程度高1级, 其余年份完全一致。按照误差小于1级的算正确的设定, 该长期预报模型的预报基本正确。

表2 长期模拟预报值与实际发生级别比较

Table 2 Long-term simulation forecast value compared with the actual level

年份 Year	预报值 Forecast value	实测值 Actual value	差值 Balance/ level	年份 Year	预报值 Forecast value	实测值 Actual value	差值 Balance/ level
1987	2	1	+1	1997	1	1	0
1988	1	1	0	1998	3	3	0
1989	5	5	0	1999	1	1	0
1990	3	4	-1	2000	2	1	+1
1991	2	1	+1	2001	1	1	0
1992	4	4	0	2002	2	1	+1
1993	2	2	0	2003	4	5	-1
1994	0	1	-1	2004	1	1	0
1995	1	1	0	2005	1	1	0
1996	1	1	0	2006	1	1	0

3.2 小麦赤霉病发生程度的中期预测模型

$$Y_{\text{中期}} = 0.0085 X_1 + 0.0189 X_2 - 0.2725 X_3 + 0.0015 X_4 - 0.3893 X_5 + 0.1662 X_6 - 0.0181 X_7 + 16.9027 \quad (4)$$

式中, X_1 表示上年5月下旬降水日数; X_2 表示上年7月中旬日照时数; X_3 表示上年8月上旬平均气温; X_4 表示上年8月下旬日照时数; X_5 表示上年8月下旬平均气温; X_6 表示上年12月下旬降水日数; X_7 表示上年12月下旬日照时数。

将(4)式进行预报检验, 结果显示(表3), 1990、1998年的预报结果比实际发生程度低1级, 1987、1991、1995、2001、2005、2006年的预报结果比实际发生程度高1级, 2003年预测值比实际发生值低2级, 其余年份预报值与实际发生值完全一致。按照误差小于1级的算正确的设定, 除2003年预报错

外,该中期预报模型的预报准确率达95%。

表3 中期模拟预报值与实际发生级别比较

Table 3 Medium-term simulation forecast value compared with the actual level

年份 Year	预报值 Forecast value	实测值 Actual value	差值 Balance/ level	级	年份 Year	预报值 Forecast value	实测值 Actual value	差值 Balance/ level	级
1987	2	1	+1		1997	1	1	0	
1988	1	1	0		1998	2	3	-1	
1989	5	5	0		1999	1	1	0	
1990	3	4	-1		2000	1	1	0	
1991	2	1	+1		2001	2	1	0	
1992	4	4	0		2002	1	1	0	
1993	2	2	0		2003	3	5	-2	
1994	1	1	0		2004	1	1	0	
1995	2	1	+1		2005	2	1	+1	
1996	1	1	0		2006	2	1	+1	

3.3 小麦赤霉病发生程度的短期预测模型

$$Y_{\text{短期}} = 0.0047X_1 + 0.0248X_2 - 0.1873X_3 - 0.0064X_4 - 0.4522X_5 + 0.1695X_6 - 0.0172X_7 + 0.2210X_8 + 15.4684 \quad (5)$$

式中, X_1 表示上年5月下旬降水量; X_2 表示上年7月中旬日照时数; X_3 表示上年8月上旬平均气温; X_4 表示上年8月下旬日照时数; X_5 表示上年9月下旬平均气温; X_6 表示上年12月下旬降水日数; X_7 表示上年12月下旬日照时数; X_8 表示当年3月上旬降水日数。

将(5)式进行预报检验,结果显示(表4),1990年的预报结果比实际发生程度低1级,1987、1991、1999、2000、2005、2006年的预报结果比实际发生程度高1级,2003年预测值比实际发生值低2级,其余年份预报值与实际发生值完全一致。按照误差小于1级算正确的设定,除2003年预报错外,该短期预报模型的预报准确率达95%。

4 结论与讨论

(1) 该模型对小麦赤霉病长期预报准确率达100%,中、短期预报准确率达95%,当然这与小麦赤霉病本身就是气象病的因素也有重要关联,同时由于大气环流变化存在时间上

的相关关系,这使得小麦赤霉病的数值预报具有了可预报性。

表4 短期模拟预报值与实际发生级别比较

Table 4 Short-term simulation forecast value compared with the actual level

年份 Year	预报值 Forecast value	实测值 Actual value	差值 Balance/ level	级	年份 Year	预报值 Forecast value	实测值 Actual value	差值 Balance/ level	级
1987	2	1	+1		1997	1	1	0	
1988	1	1	0		1998	3	3	0	
1989	5	5	0		1999	2	1	+1	
1990	3	4	-1		2000	2	1	+1	
1991	2	1	+1		2001	1	1	0	
1992	4	4	0		2002	1	1	0	
1993	2	2	0		2003	3	5	-2	
1994	1	1	0		2004	1	1	0	
1995	1	1	0		2005	2	1	+1	
1996	1	1	0		2006	2	1	+1	

(2) 中、长期预测为小麦赤霉病防治进行物资准备提供依据,而物资的采购时间与价格关系密切,因而可减少防治成本。短期预测为小麦赤霉病防治时间、用药剂量和防治次数提供依据。

(3) 动态预报模式中,预报结果比实际发生程度低1级的年份中1990年出现3次;预报结果比实际发生程度高1级的年份中1987和1991年分别出现3次,2000年(长期和短期)、2005年(中期和短期)和2006年(中期和短期)各出现2次。对这些年份赤霉病流行程度的预报结果出现了较为一致的预报偏差趋势,这可能是由于这些年份小麦赤霉病的流行与小麦易感病的花期相遇有关,需要进一步考察。

(4) 随着全球气候的变暖,整体气候带的北推,动态预报模式气象资料的采用和起报时间都需要作相应的调整,动态预报模式也要进一步优化和完善。

参考文献

- [1] 魏淑秋. 农业气象统计[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1985: 81-238.
- [2] 朱盛明. 相关系数稳定性分析方法及其应用[J]. 气象学报, 1982, 40(4): 497-501.
- [3] 胡永宏, 贺思辉. 综合评价方法[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 106-122.
- [4] 刘忠渊, 张富春, 毛新芳. 家蚕抗菌肽的特性与应用[J]. 生物技术, 2003, 13(5): 48-50.
- [5] MARCHINI D, GORDANO P C, AMONS R, et al. Purification and primary structure of ceratotoxin A and B, two antibacterial peptides from the noctuid caterpillar *Ceratitis capitata* [J]. Insect Biochem Mol Biol, 1993, 23(5): 591-598.
- [6] 黄自然, 廖富苹, 郑青, 等. 昆虫抗菌肽在医药上的应用[J]. 天然产物研究与开发, 2000, 13(2): 79-83.
- [7] 温刘发, 何丹林, 张常明, 等. 抗菌肽酵母制剂作为饲料添加剂的应用前景[J]. 中国饲料, 2001, 23: 22-23.
- [8] 郭玉梅, 戴祝英, 胡云龙. 家蚕抗菌肽的一些性质及抗肿瘤活性[J]. 南京师范大学学报: 自然科学版, 1995, 18(1): 62-67.
- [9] 贾红武, 张双全, 戴祝英. 家蚕抗菌肽对K562白血病细胞的杀伤作用及对细胞超微结构的影响[J]. 蚕业科学, 1996, 22(4): 224-228.
- [10] 张卫民, 彭朝晖, 黄自然. 柞蚕抗菌肽D对人直肠癌细胞的杀伤作用及机制[J]. 蚕业科学, 1998, 24(3): 144-148.
- [11] 黄永彤, 黄自然, 黄建清, 等. 抗菌肽与抗生素饲喂肉鸡的效果比较[J]. 广东饲料, 2004, 13(2): 24-25.
- [12] 何丹林, 温刘发, 黄自然, 等. 蚕抗菌肽AD-酵母制剂对粤黄鸡肠道消化酶和饲料品质的影响[J]. 中国家禽, 2004, 26(7): 9-10.
- [13] 南农学院学报, 1981, 2(2): 65-68.
- [14] 张双全, 屈贤铭, 戚正武, 等. 昆虫免疫应答及抗菌肽应用前景[J]. 生物化学杂志, 1987, 3(1): 11-18.
- [15] 郭华荣, 张士瑾, 孔杰, 等. 中国家蚕抗菌肽基因的PCR扩增、克隆和序列测定[J]. 山东农业大学学报, 1998, 29(3): 351-355.
- [16] MORISHIMA I, SURINAKA S, UENO T, et al. Isolation and structure of ceratotoxins, inducible antibacterial peptides from the silk worm, *Bombyx mori* [J]. Comp Biochem Physiol, 1990, 95(3): 551-554.
- [17] 董占鹏. 蚕类抗菌肽及其研究进展[J]. 蚕学通讯, 2003, 23(3): 14-20.
- [18] 赵东红, 戴祝英, 周开亚. 昆虫抗菌肽的功能、作用机理与分子生物学研究最新进展[J]. 生物工程学报, 1999, 19(3): 14-18.
- [19] BOMAN H G, FAYE L. Cell-free immunity in cecropia. A model system for antimicrobial proteins [J]. Euro Biochem, 1991, 201: 23-31.
- [20] CARLSSON A, ENGSTROM P, BENNICH H. Atatin, an antibacterial protein from *Hyalophora cecropia*, inhibits synthesis of outer membrane proteins in *Escherichia coli* by interfering with *omp* gene transcription [J]. Infect and Immunity, 1991, 59: 3040-3050.
- [21] 陈留金, 王金星. 昆虫抗菌肽研究现状[J]. 生物工程进展, 1999, 19(5): 55-60.

(上接第195页)