

水稻灌浆期动态预测气象模型研究

于成¹, 费永成², 孙磊¹, 陈乐², 亢强³

(1. 成都市气象局, 四川成都 610071; 2. 成都市农业气象试验站, 四川温江 611130; 3. 双流县气象局, 四川双流 610200)

摘要 利用成都市农业气象试验站的水稻发育期和气象资料, 在研究水稻灌浆期天数与水稻前期气象因子关系的基础上, 建立了水稻灌浆期动态预测模型。结果表明, 模型的回代和试报结果均与实际观测值相接近, 可在水稻进入抽穗期后实现对灌浆期天数的动态预测。

关键词 水稻; 灌浆期; 动态预测; 气象模型

中图分类号 S165 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)36-270-02

Study on Dynamic Meteorological Prediction Model of Rice Grain Filling Stage

YU Cheng¹, FEI Yong-cheng², SUN Lei¹ et al (1. Chengdu Meteorology Bureau, Chengdu, Sichuan 610071; 2. Chengdu Experimental Station of Agricultural Meteorology, Wenjiang, Sichuan 611130)

Abstract Based on the study of the relationship between the filling stage of days and the meteorological factors of early growth in rice, the dynamic forecasting model of rice grain filling stage was established by using rice growing period and meteorological data of Chengdu agro-meteorological station. The results showed that the results of the model are close to the actual observation, and the model can be used to predict the filling stage of days after heading stage.

Key words Rice; Filling stage; Dynamic prediction; Meteorological models

成都市的水稻自抽穗期后一般须经过近 1 个月左右的灌浆期才能进入成熟期, 水稻成熟后能否顺利收晒关系到全市粮食安全生产是否得到实现。成都市的水稻产量不仅与种植制度、植保措施等农业技术相关, 也受制于气候因素, 其中, 秋季阴雨是影响水稻产量的主要气象因子。通过准确地预测水稻灌浆期天数, 从而推测出水稻成熟时期, 对于提前做好收割准备工作、合理安排机械收割作业进度、确保全市粮食优质增产均具有十分显著的社会经济效益。国内许多学者对水稻生育期预报方法开展了研究, 如沈国权的非线性温度模型^[1]、高亮之等的“水稻钟”模型^[2]、甘维廉等的水稻品种模糊相似聚类法^[3]、郑新峰等的物候相关法^[4], 也有许多水稻生长模拟模型, 如 ORYZA2000、CERES-Rice 模型^[5]。笔者利用常规的农业气象资料, 建立一种简便的动态预测方法, 可用于业务预报服务。

1 资料与方法

1.1 资料来源 水稻发育期资料取自温江区的成都农业气象试验站 1980~2014 年作物观测资料, 观测方法遵循《农业气象观测规范》。由于温江地区水稻常年播种期在清明节前后, 成熟期在 8 月下旬~9 月上旬, 故依照平行观测原理, 选取温江区 1980~2014 年 4 月上旬~8 月下旬逐旬平均气温、降雨量和日照时数作为气象分析数据。

1.2 研究方法 水稻发育期数据为日期序列, 水稻灌浆期须经过 $D_f = D_m - D_h$ 处理, 式中, D_f 为水稻从抽穗扬花普遍期到成熟之间的灌浆期天数, D_m 为水稻成熟日期, D_h 为水稻抽穗扬花普遍期。成都的水稻常年抽穗扬花期一般在 7 月下旬~8 月上旬, 因此在 8 月中旬初~9 月上旬初以各旬

的第 1 天作为动态预报时间。在对各旬气象因子与灌浆期天数进行相关分析基础上, 对水稻前期各旬气象因子进行如公式(1)的加权处理, 得到水稻前期各综合气象因子; 再与灌浆期天数进行相关性分析。利用统计软件 SPSS 对水稻前期生长期各气象因子进行逐步回归分析, 以气象因子为自变量、灌浆期天数为因变量, 建立相应动态预报模型。

$$WX_i = \sum_{j=1}^k (x_{ij} \cdot r_{ij}) \quad (1)$$

式中, WX_i 为水稻前期综合气象因子值(如综合气温因子、综合雨量因子、综合日照因子), x_{ij} 为第 j 旬的气象因子值(如旬平均气温、旬降雨量、旬日照时数), r_{ij} 为第 j 旬该气象因子与灌浆期天数的相关系数, k 表示预报时间的前一句, 分别取 13、14 和 15 来代表 8 月上旬、8 月中旬和 8 月下旬, $j=1, 2, \dots, k$ 分别表示 4 月上旬、4 月中旬、...、预报时间的前一句。

模型检验是采用均方根误差(RMSE)分析方法对模拟值和观测值之间的一致性进行统计分析。RMSE 的值越小, 表明模型模拟值与实际观测值的一致性越好, 模型的模拟结果越准确、可靠。RMSE 的计算公式为 $RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (OBS_i - SM_i)^2}{n}}$, 式中, OBS_i 为灌浆期天数观测值, SM_i 为灌浆期天数模拟值。

2 结果与分析

2.1 气象因子对灌浆期的影响分析 选取各旬平均气温、降雨量、日照时数与水稻灌浆期天数进行相关分析, 从表 1 可以看出, 8 月上旬和 8 月中旬的旬平均气温及 8 月中旬的旬日照时数与水稻灌浆期天数呈显著负相关(显著水平 $\alpha = 0.05$), 说明在灌浆期间, 气温越高、日照充足, 水稻灌浆期就越短。

作物生长是一个连续的过程, 前期气象因子未通过显著检验并不表明对作物生长不会产生影响。为进一步研究水稻前期气象因子是否对灌浆期天数产生影响, 将前期各旬气

基金项目 成都市气象局 2014 年度业务技术研究课题“成都市农业气象指标集研究”。

作者简介 于成(1975-), 男, 四川成都人, 工程师, 硕士, 从事农业气象、农业气候资源研究和服务工作。

收稿日期 2015-11-26

象因子按公式(1)进行加权处理得到的水稻前期综合气象因子,再与灌浆期天数进行相关分析。结果表明(表2),各综合气象因子与水稻灌浆期天数的相关系数均达到极显著水平,说明水稻前期的平均气温、降雨量、日照条件均会对水稻后期灌浆期长短产生重要影响。

表1 水稻灌浆期天数与气象因子相关分析

时间	旬平均气温	旬降雨量	旬日照时数
4月上旬	0.049	-0.025	0.223
4月中旬	0.063	0.252	0.156
4月下旬	-0.225	0.201	-0.122
5月上旬	-0.167	-0.220	-0.107
5月中旬	0.073	-0.203	0.186
5月下旬	0.054	0.156	0.200
6月上旬	-0.110	0.094	-0.069
6月中旬	0.004	-0.035	0.146
6月下旬	0.003	0.195	-0.218
7月上旬	-0.045	-0.011	-0.067
7月中旬	-0.157	0.057	0.199
7月下旬	-0.005	0.191	-0.139
8月上旬	-0.371*	0.093	-0.333
8月中旬	-0.425*	-0.118	-0.408*
8月下旬	-0.196	0.007	0.043

注: * 为通过 $\alpha=0.05$ 检验。

表2 综合气象因子与灌浆期天数相关性分析

时间	综合气温 (WT)	综合雨量 (WR)	综合日照 (WS)
8月上旬	0.422*	0.492**	0.530**
8月中旬	0.473**	0.498**	0.596**
8月下旬	0.501**	0.497**	0.600**

注: * 为通过 $\alpha=0.05$ 检验, ** 为通过 $\alpha=0.01$ 检验。

2.2 动态预报模型建立 8月中旬~9月上旬以每一旬的第1天为预报时间,以前期综合气象因子为自变量,灌浆期天数为因变量,依据逐步回归原理,建立的预报模型分别为:
 $D_{j82} = 58.803 + 1.003WT_{81} + 0.037WR_{81} + 0.115WS_{81}$ ($r = 0.719$)、
 $D_{j83} = 33.985 + 0.044WR_{82} + 0.086WS_{82}$ ($r = 0.693$)、
 $D_{j91} = 34.178 + 0.045WR_{83} + 0.086WS_{83}$ ($r = 0.697$),这3个预报模型均通过 $\alpha=0.05$ 显著性检验,其中 D_{j82} 、 D_{j83} 、 D_{j91} 分别表示在8月11日、8月21日和9月1日对水稻灌浆期天数的预测值; WT_{81} 表示4月上旬~8月上旬所计算出的综合气温; WR_{81} 、 WR_{82} 、 WR_{83} 分别为4月上旬~8月上旬、4月上旬~8月中旬和4月上旬~8月下旬所计算出的综合雨量; WS_{81} 、 WS_{82} 、 WS_{83} 分别为4月上旬~8月上旬、4月上旬~8月中旬

和4月上旬~8月下旬所计算出的综合日照。

2.3 模型检验 模型检验结果表明(表3),从平均绝对误差和均方根误差 $RMSE$ 来看,8月11日、8月21日和9月1日3次对水稻灌浆期天数做出的预测结果没有很大区别,误差结果均未超过3d。通过模型逐年回代检验发现,8月21日预测的绝对误差超过8月11日预测的绝对误差的年份数仅为31%,9月1日预测的绝对误差超过8月21日预测的绝对误差的年份数仅为43%。利用动态预报模型对2015年的水稻灌浆期天数进行试预报,预测的绝对误差最多相差3d。因此,建立的模型对灌浆期天数的模拟有较高的精度,可满足农业气象业务服务需求。

表3 动态预测模型回代检验分析结果

预报时间	绝对误差 ≤ 3 d 的比 例//%	绝对误差 平均值//d	$RMSE$ //d	2015年 预测的绝 对误差//d
8月中旬	86	1.9	2.33	-3
8月下旬	80	1.9	2.42	-2
9月上旬	80	1.8	2.40	-2

3 结论与讨论

利用成都市农业气象试验站的水稻发育期和气象资料,将水稻前期各旬气象因子进行加权处理得到的水稻前期综合气象因子(综合气温、综合雨量和综合日照),再与水稻灌浆期天数进行相关分析,建立水稻灌浆期动态预测模型,结果表明,各综合气象因子与灌浆期天数均呈显著的正相关,模型回代检验和试预报结果与实际观测情况比较吻合。说明以综合气象因子为自变量建立的动态预测模型能客观反映水稻灌浆期天数的变化,可在水稻进入抽穗期后实现对灌浆期天数的动态预测。

在业务服务中,各旬气象数据及水稻观测数据均易获取,综合气象因子可通过编程自动计算,使得利用模型进行业务预测具有可操作性,有极强的应用价值。

参考文献

- [1] 沈国权. 影响作物发育速度的非线性温度模式[J]. 气象,1980(6):9-11.
- [2] 高亮之,金之庆,黄耀,等. 水稻钟模型-水稻发育动态的计算机模型[J]. 中国农业气象,1989,10(3):3-10.
- [3] 甘维廉,李文,陈丽璇,等. 福建省水稻品种生育期数学模型及其应用[J]. 中国农业气象,1996,17(4):1-7.
- [4] 郑新峰,姜文华. 物候与温度的相关性指导水稻生产[J]. 黑龙江气象,2009,26(1):28-29.
- [5] 潘永地,栗志钢. 有关水稻生育期生长模拟综述[J]. 浙江农业科学,2011(2):434-438.
- [6] 王军,许项发. 西安雾霾成因分析及对策建议[J]. 西部环境,2014(32):49-50.
- [7] 李东海,何彩霞. 浅谈雾霾天气的识别及预警策略[J]. 安徽农学通报,2011(18):165-166.
- [8] 孙亮. 城市雾霾污染的对策建议研究[J]. 华章,2014(15):114-116.

(上接第269页)

- [5] 王珊,修天阳,孙扬,等. 1960-2012年西安地区雾霾日数与气象因素变化规律分析[J]. 环境科学学报,2014(1):19-25.
- [6] 张苑. 西安地区环境空气 $PM_{2.5}$ 污染与雾霾治理研究[D]. 西安:西北大学,2014:36-37.