

文章编号: 1004- 4574(2010) 01- 0132- 04

东北玉米低温冷害监测预测系统

——在黑龙江省的应用

姜丽霞¹, 李 帅¹, 南 瑞², 闫 平¹, 朱海霞¹, 纪仰慧¹, 王秋京¹, 官丽娟¹, 王晾晾¹

(1. 黑龙江省气象科学研究所, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2. 黑龙江省气象局, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘 要: 利用东北玉米低温冷害监测预测系统预测分析了黑龙江省 1971- 2006 年各年热量年型, 计算了哈尔滨市 1984- 2006 年玉米抽雄期的冷害发生概率, 同时采用以 5- 9 月平均温度和距平作为低温冷害指标的方法计算了 1971- 2006 年低温冷害的发生状况。结果显示, 上述两种方法计算得到的低温冷害的年份与历史实况基本相符。通过对比分析发现, 有 81% 的年份两种方法计算的结果一致, 且在低温年玉米抽雄期的冷害发生概率均较大, 说明东北玉米低温冷害监测预测系统在黑龙江省的应用效果较好, 可为防灾减灾提供科学参考。

关键词: 玉米; 低温冷害; 发生概率; 应用

中图分类号: S426

文献标识码: A

Maize's chilling damage monitoring and forecasting system for Northeast China: an application to Heilongjiang Province

JIANG Li-xia¹, LI Shuai¹, NAN Rui², YAN Ping¹, ZHU Hai-xia¹,
JI Yang-hui¹, WANG Qi-jing¹, GONG Li-juan¹, WANG Liang-liang¹

(1. Heilongjiang Provincial Institute of Meteorological Sciences, Harbin 150030, China;
2. Heilongjiang Provincial Meteorological Bureau, Harbin 150001, China)

Abstract Based on Monitoring and Forecasting System of Chilling Damage to Maize in Northeast China, this paper analyzes annual heat types from 1976 to 2006 in Heilongjiang Province; calculates chilling damage occurrence probability of maize anthesis from 1984 to 2006 in Harbin, and on the other hand calculates occurrence of chilling damage with anomaly of mean temperature sum from May to September as chilling damage index. The results show that there are little differences between chilling damage years calculated using the two methods and the real chilling damage years in the past, which shows that the Monitoring and Forecasting System of Chilling Damage to Maize is useful to Heilongjiang Province, and provides scientific support to disaster mitigation decision-making.

Key words maize; chilling damage; occurrence probability; application

黑龙江省是我国的农业大省, 是主要的粮食生产基地, 全省粮食作物播种面积约占全国的 10.4%, 玉米

收稿日期: 2008- 07- 15 修订日期: 2009- 06- 21

基金项目: 国家科技支撑计划项目 (2006BAD04B02); 中国气象局气候变化专项研究 (CCSF- 09- 13)

作者简介: 姜丽霞 (1972-), 女, 高级工程师, 主要从事农业气象与气候资源研究。E-mail: jianglixia0326@yahoo.com.cn

是黑龙江省的主栽作物之一, 种植面积较大, 占粮食作物的 1/3 左右, 近十几年来, 由于作物种植结构的调整, 玉米的播种面积波动很大, 但基本都在 200 万 hm^2 以上, 1990–1992 年、1996–1999 年玉米播种面积在四大作物中居首位, 其它年份均居第二位, 可见玉米在黑龙江省的作物生产中占有重要位置。玉米为高产作物, 年总产量在 1000 万 t 左右, 约占粮豆薯总产的 40%, 因此玉米产量的变动直接影响到全省粮食产量的波动, 而气象条件是影响作物产量的重要因素, 其中热量是作物生长发育所必需的因子之一, 黑龙江省地处中高纬度, 热量资源不充足, 且变异性很大, 其与作物需要之间的矛盾较为突出, 热量稍有变动, 就有可能满足不了作物的需要, 使作物不能正常成熟, 而造成大幅度减产, 即所谓的低温冷害, 其中延迟型冷害在黑龙江省的危害比较严重^[1], 因此应用东北玉米低温冷害监测预测系统, 适时预测热量满足状况, 分析冷害发生概率, 提出相应可行的生产建议, 从而为防灾减灾提供科学依据。

1 系统简介

东北玉米低温冷害监测预测系统由中国气象科学研究院生态与农业气象研究所开发研制, 并在黑龙江省进行了推广应用。系统以 WindowsXP 为平台, 利用 VB、C++ 等可视化语言编译。系统包括三大功能模块: 数据管理模块、监测预测模块和产品分析模块。数据管理模块实现数据的设置、追加、加工和分析, 系统所用数据包括地面气象数据、区域气候模式输出数据、大气环流特征量数据和作物发育期数据; 监测预测模块实现模型编辑、监测预测、预测集成等功能, 此模块包括 4 个监测、预测模型, 分别为机理预测模型、基于统计的热量指数模型、热量年型模型和监测预测概率模型; 产品分析模块主要是实现对各类预测模型的预测结果进行分析、加工、包装, 形成图像和电子报表产品, 直接供业务使用。

2 系统应用分析

本文主要应用基于统计的热量指数模型和监测预测概率模型。

2.1 模型简介及资料

基于统计的热量指数模型为可优化模型, 该模型使用灵活, 建立后存储在系统中, 用户能够对其进行编辑、修改, 可进行删除、增加模型或因因子以及修改模式中的相关参数等操作。模型包括 6 个子模型: (1) 副高强度指数预报模型; (2) 副高面积指数预报模型; (3) 副高北界预测模型; (4) 副高脊线预测模型; (5) 大气环流指数预测模型; (6) 极涡面积、强度和位置预测模型, 系统具有预测集成功能, 对子模型预报结果进行集成, 形成最后预报结果。模型所需资料包括逐日平均气温资料和大气环流资料, 其中大气环流资料包括副高面积指数、副高强度指数、副高脊线、副高北界、极涡指数、环流指数等 6 类^[2]。

监测预测模型为固化模型, 用户不能对其进行修改。模型使用资料主要为地面气象数据和玉米发育期数据, 包括逐日平均气温、初霜日、出苗期日期、七叶期日期、抽雄期日期、成熟期日期等资料。

2.2 玉米的热量年型预测分析

温度是玉米生长发育过程中的重要环境因子之一, 其直接影响玉米的生长、分布和产量; 影响玉米的发育速度, 从而影响玉米全生育期的长短及各发育期出现的早晚, 而发育期出现的季节不同, 又会遇到不同的综合条件, 则发生不同的影响与后果。郭建平等对计算玉米生产潜力公式中的热量订正系数公式^[3]进行改进后, 得到了计算玉米热量指数的公式^[2]:

$$F(T) = 100 \times \frac{(T - T_1)(T_2 - T)^B}{(T_0 - T_1)(T_2 - T_0)^B}, \quad (1)$$

$$B = \frac{T_2 - T_0}{T_0 - T_1}.$$

上式中: T 为 5–9 月逐月平均气温; T_1 , T_2 , T_0 分别为该时段内玉米生长发育所需的下限温度、上限温度和适宜温度。该公式生物学意义明确。

根据遥相关原理, 利用当年 1 月与上年 7–12 月逐月的大气环流资料与热量指数进行逐步回归分析, 建立预测玉米生长季热量指数的统计预测模型^[4]。基于统计的热量指数预测模型包括 6 个模型: (1) 副高强度指数预报模型; (2) 副高面积指数预报模型; (3) 副高北界预测模型; (4) 副高脊线预测模型; (5) 大气环流

指数预测模型; (6)极涡面积、强度和位置预测模型, 6个模型均可预测玉米热量年型, 并可形成热量指数集成预报模型。黑龙江省玉米热量年型指标见表 1^[4]。

表 1 黑龙江省玉米热量年型指标

Table 1 Heat indices corresponding to types of year with different temperature in Heilongjiang Province

年型	低温年	正常年	高温年
$F(T)$	≤ 63.14	63.15~70.41	≥ 70.42

利用黑龙江省 1971-2006 年黑龙江省大气环流资料计算玉米各年热量年型(表 2), 本文主要应用分析热量指数集成预报模型的预报结果。从表中可以看到, 在近 36a 中, 集成预报模型预测有 9a 低温年, 1a 高温年, 26a 正常年, 其中 1971, 1972, 1974, 1976, 1981, 1987, 1990, 1991 及 2000 年为低温年; 1988 年为高温年; 其它年份为正常年。

表 2 黑龙江省 1971-2006 年热量指数集成预报模型预报热量年型结果

Table 2 Forecast results of type of years with different temperatures by heat index integrated model for Heilongjiang Province from 1971 to 2006

预报年代	预报数值	热量年型	预报年代	预报数值	热量年型	预报年代	预报数值	热量年型
1971	62.21897	低温年	1983	66.60438	正常年	1995	67.37338	正常年
1972	59.06228	低温年	1984	67.88269	正常年	1996	69.05476	正常年
1973	66.81313	正常年	1985	64.37035	正常年	1997	63.75175	正常年
1974	63.03802	低温年	1986	66.02776	正常年	1998	67.81282	正常年
1975	66.26372	正常年	1987	62.16903	低温年	1999	66.97087	正常年
1976	60.53694	低温年	1988	70.49273	高温年	2000	59.7999	低温年
1977	65.56343	正常年	1989	63.28638	正常年	2001	65.88216	正常年
1978	65.92988	正常年	1990	63.0708	低温年	2002	67.42352	正常年
1979	65.76566	正常年	1991	62.85748	低温年	2003	69.63367	正常年
1980	63.41283	正常年	1992	63.43593	正常年	2004	66.65762	正常年
1981	61.06271	低温年	1993	65.53407	正常年	2005	65.22406	正常年
1982	67.7684	正常年	1994	69.08872	正常年	2006	65.74372	正常年

2.3 玉米抽雄期冷害发生概率预测分析

利用哈尔滨 1984-2006 年的玉米抽雄期的实际观测资料, 应用监测预测概率模型计算玉米抽雄期冷害发生概率, 结果显示: 1987-1993 年、1995 年及 1996 年玉米抽雄期出现低温冷害概率较大, 为 92%, 其它年份冷害概率为 0。出现低温冷害概率较大的年份包括第 2.1 节中预测的低温年 1987, 1990, 1991 年。

2.4 对比分析

低温冷害对农业生产的危害较为严重, 许多专家开展了大量的相关研究, 在低温冷害判定指标上有多种方法^[1, 5-7]。研究表明, 东北地区粮豆产量与生长季 5-9 月的月平均温度和呈高度正相关, 因此, 可将 5-9 月的月平均温度和的距平 (ΔT_{5-9}) 作为低温冷害指标。在黑龙江省, 南北跨越约 10 个纬度, 各地海拔高度相差较大, 热量条件明显不同, 因此采用下列公式判定低温冷害:

$$Y_{cd} = \Delta T_{5-9} + 8.6116 - 0.1482(X + 0.0109H), \tag{2}$$

$$W_{cd} = \Delta T_{5-9} + 18.3029 - 0.3270(X + 0.0109H). \tag{3}$$

上式中 X 为纬度 ($^{\circ}$); H 为海拔高度 (m); Y_{cd} 和 W_{cd} 分别为一般低温冷害临界指标值和严重低温冷害临界指标值, 当 $Y_{cd} \leq 0$ 时, 则出现一般低温冷害, 当 $W_{cd} \leq 0$ 时, 则出现严重低温冷害。

利用 1971-2006 年黑龙江省各地 5-9 月的月平均温度、历年温度、纬度及海拔高度资料计算各年低温冷害临界指标值, 结果表明: 1971, 1972, 1974, 1976, 1981, 1983, 1987, 1989 及 1992 年出现了全省性低温冷害; 其它年份未出现全省性低温冷害。由于本文重点讨论内容为低温冷害, 因此利用式 (2) 和式 (3) 计算的结果不考虑高温情况, 以全省多数站点的判定结果为主, 只要未出现全省性低温冷害的年份, 均计为正常年。

由上述分析来看, 在近 36 年中, 两种方法计算结果不同的年份有 1983, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992 和 2000 年, 共 7a。计算结果相同的年份为 29a 占总年数的 81%。

2.5 热量年型预报结果检验

预报结果检验主要是通过回代检验来分析预测值与实况值之间的吻合程度。预测准确率用下式计算:

$$\text{准确率} = (1 - \frac{|\text{实况值} - \text{预测值}|}{\text{实况值}}) * 100\%$$

利用 36a 资料进行回代检验, 计算结果见表 3。由表可见, 各年预报结果检验准确率在 74.30% ~ 99.83% 之间, 平均准确率为 94.10%, 其中仅 2000 年预报准确率较低, 为 74.30%; 其它年份均在 84.99% 以上。预报准确率超过 91.44% 的年份为 27a 占总年数的 75%。

表 3 黑龙江省 1971-2006 年热量年型预报结果检验准确率

Table 3 Accuracy rate of forecasting types of years with different temperature in Heilongjiang Province from 1971 to 2006 %

预报年份	准确率	预报年份	准确率	预报年份	准确率
1971	99.08	1983	86.40	1995	98.72
1972	89.24	1984	96.97	1996	99.09
1973	95.23	1985	95.01	1997	93.46
1974	98.67	1986	96.77	1998	88.60
1975	93.09	1987	98.14	1999	98.64
1976	99.83	1988	98.99	2000	74.30
1977	96.03	1989	97.88	2001	88.59
1978	95.81	1990	92.15	2002	92.60
1979	98.19	1991	93.83	2003	99.60
1980	97.74	1992	99.28	2004	89.43
1981	84.99	1993	96.29	2005	89.47
1982	97.21	1994	91.44	2006	86.91

3 结论与讨论

本文主要应用东北玉米低温冷害监测预测系统中的基于统计的热量指数模型预测分析了黑龙江省 1971-2006 年各年热量年型, 并采用生长季温度和距平作为低温冷害指标评估分析了 1971-2006 年低温冷害状况, 两种方法计算的结果有 81% 的年份相同。热量指数模型预报结果平均检验准确率为 94.10%, 模型预测的低温年与《中国主要气象灾害分析》一书中给出的东北地区低温冷害发生年份基本一致, 与实况相符。利用监测预测概率模型计算了哈尔滨 1984-2006 年玉米抽雄期出现冷害概率, 在所预测的低温年份里玉米冷害概率均较大, 为 92%, 以上分析说明东北玉米低温冷害监测预测系统在黑龙江省预测低温冷害较为准确, 应用于农业生产中可为防灾减灾提供科学参考。系统中有关参数和指标值可进一步修改订正以提高预报准确率。

参考文献:

- [1] 孙玉亭, 曹英, 等. 黑龙江省农业气候资源及其利用 [M]. 北京: 气象出版社, 1986: 311-340.
- [2] 郭建平, 田志会, 张涓涓. 东北地区玉米热量指数的预测模型研究 [J]. 应用气象学报, 2003, 14(5): 626-633.
- [3] 高素华. 中国三北地区农业气候生产潜力及开发利用对策 [M]. 北京: 气象出版社, 1995.
- [4] 王石立, 郭建平, 马玉平. 从东北玉米冷害预测模型展望农业气象灾害预测技术的发展 [J]. 气象与环境学报, 2006, 22(1): 45-50.
- [5] 祖世亨, 闫平. 黑龙江省 2002 年夏季低温冷害及对粮食产量的影响 [J]. 黑龙江气象, 2002(4): 26-28.
- [6] 刘布春, 王石立, 庄立伟, 等. 基于东北玉米区域动力模型的低温冷害预报应用研究 [J]. 应用气象学报, 2003, 14(5): 616-625.
- [7] 祖世亨. 黑龙江省农作物冷害气候区划 (一) [J]. 黑龙江气象, 1995(3): 42-45.
- [8] 王春乙, 毛飞. 东北地区低温冷害的分布特征. 农作物低温冷害综合防御技术研究 [M]. 北京: 气象出版社, 1999: 9-15.