

东北地区玉米热量指数的预测模型研究*

郭建平¹⁾ 田志会²⁾ 张涓涓²⁾

¹⁾ (中国气象科学研究院,北京 100081) ²⁾ (北京农学院,北京 102206)

摘 要

利用1961~2000年逐月气温资料计算了东北地区分省和全区玉米的热量指数。通过对热量指数和大气环流资料的统计分析,建立了6个预测玉米热量指数的模型,各模型都能较好地预测东北地区各省及全区的玉米生长发育期间的热量状况。检验结果可以看出,所有模型的准确率较高,且稳定性较好,6个模型预测玉米热量指数的平均相对误差都在7%以下,说明了各模型都具有较好的预测能力。其中辽宁省的相对误差最小,平均在2%以下,预测效果最好,黑龙江省的平均误差最大,也都在4.5%~7%。

关键词:东北地区 玉米 热量指数 预测模型

引 言

玉米是世界性的作物,种植范围广,播种面积大,约占总种植面积的16%左右,产量占各种谷物类作物总产的22%,平均单产达2500 kg/hm²,高于水稻和麦类等。中国是主要的玉米生产国之一,播种面积和总产量居世界第二位,仅次于美国。东北地区是中国重要的粮豆生产基地,粮豆总产量占全国的12%以上,粮食商品率在40%以上,高于全国平均水平。其中玉米占粮食总产的40%左右,出口量占全国总出口量的一半以上。

东北地区农作物低温冷害是指夏季(6~8月)气温低于作物生长发育所需的温度条件,使作物生长发育延迟或开花结实受阻,从而导致减产^[1-2],是东北地区农业生产中主要的农业气象灾害之一。由于低温冷害对农作物的影响严重,1949年以来,我国的农业气象和农学专家开展了低温冷害对农作物影响的系列研究,主要研究了低温冷害的发生规律、低温冷害的气候指标、低温冷害的影响机理以及低温冷害的防御技术措施等^[1-9]。但到目前为止,对如何有效地预测低温冷害的发生还没有进行系统有效的研究。在农业生产的实践中,要准确有效地防御低温冷害对农作物的危害,准确预测低温冷害是一项十分重要和有意义的工作。本文根据玉米生长发育与热量条件的关系,计算了影响玉米生长发育的热量指数,并利用大气环流资料建立了预测玉米热量指数的系列模型,可为玉米低温冷害的预测提供必要的基础方法。

* 本文由国家科技部“十五”攻关计划“农林重大病虫害和农业气象灾害的预警及控制技术研究”之“农业气象灾害预警技术研究”(2001BA509B-13)课题和科技部社会公益性研究专项资金项目“华北干旱和东北低温冷害监测预警技术研究”共同资助。

2003-06-18 收到,2003-07-23 收到修改稿。

1 资料与方法

1.1 热量指数的计算方法

为了得到一个能避免其它非热量因素干扰,真正反映地区热量条件对作物影响的指标,就必须充分结合作物的生长发育特性,提出有明确生物学意义的新指标。为此,对计算玉米生产潜力公式中的热量订正系数公式^[10]进行改进后,获得了如下计算玉米热量指数的公式:

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

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

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(表 1)。

表 1 高产条件下玉米各发育期的 T_1 、 T_2 、 T_0 ^[10]

生长发育时期	苗期	营养生长期	营养、生殖并进期	开花—灌浆期	灌浆—成熟期
T_1	8.0	11.5	14.0	14.0	10.0
T_2	27.0	30.0	33.0	32.0	30.0
T_0	20.0	24.5	27.0	25.5	19.0

由于上式充分考虑了玉米不同生长发育时期对温度条件的要求,因此,该公式的生物学意义十分清晰,它可以反映不同时期的热量条件对玉米生长发育的影响程度。由上式还可以看出,热量条件对玉米不同发育期的影响是非线性的, $F(T)$ 值越大,则表明玉米生长季的热量条件越好,反之则热量条件越差。 $F(T)$ 的量值在 0~100 之间。此外,在我国的东北地区,农作物生长发育期间的平均气温条件一般都不超过作物所需的适宜温度条件,出现高温危害的几率较小。因此,利用上述计算的 $F(T)$ 来分析热量条件对作物的影响程度是十分有意义的,当 $F(T)$ 小于某一临界值时,玉米就有可能受到低温冷害的影响。

利用东北三省 60 个气象站 1961~2000 年的逐日平均气温资料,统计计算出该区农作物主要生长季的 5~9 月逐月平均气温并代入上式,即可获得各站历年逐月的 $F(T)$,然后计算整个生长季(5~9 月)的平均值表示玉米生长季的热量指数。各省和全区的热量指数用该省内实际使用的站点数的平均值表示。由此获得各省和全区 40 年逐年的热量指数。

1.2 热量指数预测模型的统计方法

利用 1960~2000 年逐月大气环流资料中副高面积指数、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。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。在假定用 30 年样本建立的相关统计关系稳定的前提下,前 30 年资料用于模型建立和回代检验,后 10 年资料作为独立样本用于试报检验。

2 预测模型

2.1 副高强度指数预测模型(模型 1)

利用 1961~1990 年 30 年当年 1 月和上年 7~12 月逐月的北半球副高、北非副高、北非大西洋北美副高、西太平洋副高、东太平洋副高、北美副高、南海副高、北美大西洋副高、太平洋副高强度指数与 $F(T)$ 进行相关分析,获得与 $F(T)$ 相关显著的因子见表 2。

表 2 与 $F(T)$ 相关显著的副高强度指数因子

预测因子	物理意义	预测因子	物理意义
X_1	上年 12 月北半球副高强度指数	X_2	上年 7 月北非副高强度指数
X_3	上年 8 月北非副高强度指数	X_4	上年 8 月西太平洋副高强度指数
X_5	上年 9 月西太平洋副高强度指数	X_6	上年 12 月西太平洋副高强度指数
X_7	上年 10 月南海副高强度指数	X_8	上年 7 月北美大西洋副高强度指数
X_9	上年 7 月太平洋副高强度指数	X_{10}	上年 8 月太平洋副高强度指数

利用上述相关显著的因子与 $F(T)$ 进行逐步回归分析,分别建立了辽宁省、黑龙江省、吉林省和东北全区玉米热量指数的副高强度指数预测模型:

$$\text{辽 宁: } Y_1 = 87.4724 - 0.05988 X_1 + 0.14696 X_6 + 0.03876 X_{10} \quad R = 0.7099$$

$$\text{黑 龙 江: } Y_1 = 56.0520 + 0.08367 X_1 + 0.05760 X_2 + 0.06135 X_4 - 0.06127 X_9 \quad R = 0.5040$$

$$\text{吉 林: } Y_1 = 73.2357 + 0.03800 X_1 - 0.03960 X_2 + 0.04943 X_3 + 0.20481 X_7 \quad R = 0.5651$$

$$\text{全 区: } Y_1 = 73.4193 + 0.04434 X_1 + 0.05130 X_4 + 0.16598 X_7 - 0.01755 X_9 \quad R = 0.5724$$

2.2 副高面积指数预测模型(模型 2)

利用 1961~1990 年 30 年当年 1 月和上年 7~12 月逐月的北半球副高、北非副高、北非大西洋北美副高、西太平洋副高、东太平洋副高、北美副高、南海副高、北美大西洋副高、太平洋副高面积指数与 $F(T)$ 进行相关分析,获得与 $F(T)$ 相关显著的因子见表 3。

表 3 与 $F(T)$ 相关显著的副高面积指数因子

预测因子	物理意义	预测因子	物理意义
X_1	上年 12 月北半球副高面积指数	X_2	上年 8 月北非副高面积指数
X_3	上年 10 月北非副高面积指数	X_4	上年 12 月西太平洋副高面积指数
X_5	上年 12 月东太平洋副高面积指数	X_6	上年 10 月大西洋副高面积指数
X_7	上年 11 月大西洋副高面积指数	X_8	当年 1 月南海副高面积指数
X_9	上年 10 月南海副高面积指数	X_{10}	上年 10 月北美大西洋副高面积指数
X_{11}	当年 1 月太平洋副高面积指数		

利用上述相关显著的因子与 $F(T)$ 进行逐步回归分析,分别建立了辽宁省、黑龙江省、吉林省和东北全区玉米热量指数的副高面积指数预测模型:

$$\text{辽 宁: } Y_2 = 85.0452 + 0.12552 X_2 - 0.16008 X_3 + 0.20560 X_4 - 0.49907 X_8 + 0.43194 X_9 \quad R = 0.8288$$

$$\text{黑 龙 江: } Y_2 = 59.228 + 0.62931 X_4 - 0.87339 X_6 + 0.43344 X_7 - 0.73482 X_8 + 0.41111 X_{10} \quad R = 0.6437$$

$$\text{吉 林: } Y_2 = 65.5941 + 0.27719 X_2 - 0.15616 X_3 + 0.27042 X_7 + 0.95431 X_9 -$$

$$0.12293 X_{10} \quad R = 0.6348$$

$$\text{全 区: } Y_2 = 65.3121 + 0.24087 X_2 - 0.18016 X_3 + 0.35396 X_4 - 0.85778 X_8 + 0.54328 X_9 \quad R = 0.7274$$

2.3 副高北界预测模型(模型 3)

利用 1961~1990 年 30 年当年 1 月和上年 7~12 月逐月的北半球副高、北非副高、北非大西洋北美副高、西太平洋副高、东太平洋副高、北美副高、南海副高、北美大西洋副高、太平洋副高北界与 $F(T)$ 进行相关分析,获得与 $F(T)$ 相关显著的因子见表 4。

表 4 与 $F(T)$ 相关显著的副高北界因子

预测因子	物理意义	预测因子	物理意义
X_1	当年 1 月北半球副高北界	X_2	上年 7 月北半球副高北界
X_3	上年 8 月北半球副高北界	X_4	上年 9 月北半球副高北界
X_5	上年 12 月北半球副高北界	X_6	上年 9 月北非副高北界
X_7	上年 9 月北非大西洋北美副高北界	X_8	上年 10 月北非大西洋北美副高北界
X_9	当年 1 月西太平洋副高北界	X_{10}	上年 11 月西太平洋副高北界
X_{11}	上年 12 月西太平洋副高北界	X_{12}	上年 10 月东太平洋副高北界
X_{13}	上年 11 月北美副高北界	X_{14}	上年 11 月大西洋副高北界
X_{15}	上年 10 月北美大西洋副高北界	X_{16}	上年 11 月北美大西洋副高北界
X_{17}	当年 1 月太平洋副高北界		

利用上述相关显著的因子与 $F(T)$ 进行逐步回归分析,分别建立了辽宁省、黑龙江省、吉林省和东北全区玉米热量指数的副高北界预测模型:

$$\text{辽 宁: } Y_3 = 57.965 + 0.20582 X_3 + 0.48995 X_7 - 0.33058 X_8 + 0.30342 X_{10} + 0.12903 X_{12} - 0.33921 X_{13} + 0.81893 X_{17} \quad R = 0.8195$$

$$\text{黑 龙 江: } Y_3 = 54.2382 - 1.22988 X_4 + 1.31440 X_6 - 0.96086 X_{13} + 1.47864 X_{17} \quad R = 0.6668$$

$$\text{吉 林: } Y_3 = 47.9536 + 0.63025 X_7 - 0.55284 X_8 + 0.72548 X_{10} - 0.57537 X_{11} - 0.65592 X_{13} + 1.62806 X_{17} \quad R = 0.8021$$

$$\text{全 区: } Y_3 = 40.0077 + 0.65964 X_1 + 0.94903 X_6 - 0.60326 X_8 + 0.35344 X_{10} - 0.59317 X_{13} + 0.72341 X_{17} \quad R = 0.8113$$

2.4 副高脊线预测模型(模型 4)

利用 1961~1990 年 30 年当年 1 月和上年 7~12 月逐月的北半球副高、北非副高、北非大西洋北美副高、西太平洋副高、东太平洋副高、北美副高、南海副高、北美大西洋副高、太平洋副高脊线与 $F(T)$ 进行相关分析,获得与 $F(T)$ 相关显著的因子见表 5。

表 5 与 $F(T)$ 相关显著的副高脊线因子

预测因子	物理意义	预测因子	物理意义
X_1	当年 1 月北半球副高脊线	X_2	上年 7 月北非副高脊线
X_3	上年 10 月北非大西洋北美副高脊线	X_4	上年 8 月西太平洋副高脊线
X_5	上年 7 月北美副高脊线	X_6	上年 9 月北美副高脊线
X_7	上年 8 月大西洋副高脊线	X_8	上年 9 月大西洋副高脊线
X_9	上年 11 月南海副高脊线	X_{10}	上年 9 月北美大西洋副高脊线
X_{11}	上年 10 月北美大西洋副高脊线	X_{12}	上年 11 月北美大西洋副高脊线
X_{13}	当年 1 月太平洋副高脊线	X_{14}	上年 9 月太平洋副高脊线
X_{15}	上年 10 月太平洋副高脊线	X_{16}	上年 11 月太平洋副高脊线
X_{17}	上年 12 月太平洋副高脊线		

利用上述相关显著的因子与 $F(T)$ 进行逐步回归分析,分别建立了辽宁省、黑龙江省、吉林省和东北全区玉米热量指数的副高脊线预测模型:

$$\text{辽 宁: } Y_4 = 81.1896 + 0.01699 X_1 - 0.03543 X_2 + 0.23036 X_7 + 0.35173 X_8 + 0.49415 X_{13} - 0.42702 X_{14} - 0.28010 X_{15} + 0.31623 X_{16} \quad R = 0.8339$$

$$\text{黑 龙 江: } Y_4 = 82.8342 - 0.99484 X_3 + 0.36197 X_4 + 0.67225 X_7 + 2.42607 X_{13} - 1.75826 X_{14} - 1.01908 X_{17} \quad R = 0.7310$$

$$\text{吉 林: } Y_4 = 96.6384 - 0.58309 X_2 - 0.46104 X_3 - 0.55631 X_6 + 0.65569 X_8 + 1.12047 X_{13} - 0.61743 X_{15} \quad R = 0.8314$$

$$\text{全 区: } Y_4 = 93.2174 - 0.31914 X_2 - 0.39988 X_3 + 0.39240 X_8 + 1.19069 X_{13} - 0.63465 X_{14} - 0.48725 X_{15} \quad R = 0.7968$$

2.5 大气环流指数预测模型(模型 5)

大气环流指数取欧亚纬向环流指数、欧亚经向环流指数、亚洲纬向环流指数和亚洲经向环流指数 4 个要素的当年 1 月和上年 7~12 月逐月要素作为预测因子(表 6)。

表 6 环流指数预测因子

预测因子	物理意义	预测因子	物理意义
X_1	当年 1 月欧亚纬向环流指数	X_2	上年 7 月欧亚纬向环流指数
X_3	上年 8 月欧亚纬向环流指数	X_4	上年 9 月欧亚纬向环流指数
X_5	上年 10 月欧亚纬向环流指数	X_6	上年 11 月欧亚纬向环流指数
X_7	上年 12 月欧亚纬向环流指数	X_8	当年 1 月欧亚经向环流指数
X_9	上年 7 月欧亚经向环流指数	X_{10}	上年 8 月欧亚经向环流指数
X_{11}	上年 9 月欧亚经向环流指数	X_{12}	上年 10 月欧亚经向环流指数
X_{13}	上年 11 月欧亚经向环流指数	X_{14}	上年 12 月欧亚经向环流指数
X_{15}	当年 1 月亚洲纬向环流指数	X_{16}	上年 7 月亚洲纬向环流指数
X_{17}	上年 8 月亚洲纬向环流指数	X_{18}	上年 9 月亚洲纬向环流指数
X_{19}	上年 10 月亚洲纬向环流指数	X_{20}	上年 11 月亚洲纬向环流指数
X_{21}	上年 12 月亚洲纬向环流指数	X_{22}	当年 1 月亚洲经向环流指数
X_{23}	上年 7 月亚洲经向环流指数	X_{24}	上年 8 月亚洲经向环流指数
X_{25}	上年 9 月亚洲经向环流指数	X_{26}	上年 10 月亚洲经向环流指数
X_{27}	上年 11 月亚洲经向环流指数	X_{28}	上年 12 月亚洲经向环流指数

利用上述 28 个预测因子与玉米 $F(T)$ 进行逐步回归分析,分别建立了辽宁省、黑龙江省、吉林省和东北全区玉米热量指数的环流指数预测模型:

$$\text{辽 宁: } Y_5 = 92.0856 + 0.03016 X_1 - 0.09007 X_2 - 0.01789 X_6 - 0.07840 X_8 + 0.06567 X_{11} + 0.08916 X_{22} \quad R = 0.6263$$

$$\text{黑 龙 江: } Y_5 = 71.4413 + 0.03951 X_1 - 0.40213 X_8 + 0.29412 X_{10} - 0.07709 X_{20} + 0.23920 X_{22} \quad R = 0.6943$$

$$\text{吉 林: } Y_5 = 102.213 - 0.17333 X_2 - 0.04279 X_6 - 0.03377 X_7 - 0.17562 X_8 + 0.14712 X_{22} \quad R = 0.6144$$

$$\text{全 区: } Y_5 = 95.8102 - 0.12172 X_2 - 0.20555 X_8 - 0.04207 X_{20} + 0.15373 X_{22} \quad R = 0.6158$$

2.6 极涡面积、强度和位置预测模型(模型 6)

利用 1961~1990 年 30 年当年 1 月和上年 7~12 月逐月的亚洲区极涡、太平洋区极

涡、北美区极涡、大西洋欧洲区极涡、北半球极涡的面积指数、强度指数、北半球极涡中心位置(JW)和北半球极涡中心位置(JO)与 $F(T)$ 进行相关分析,获得与 $F(T)$ 相关显著的因子见表 7。

表 7 与 $F(T)$ 相关显著的极涡因子

预测因子	物理意义	预测因子	物理意义
X_1	上年 8 月亚洲区极涡面积指数	X_2	上年 10 月北美区极涡面积指数
X_3	当年 1 月大西洋欧洲区极涡面积指数	X_4	上年 7 月大西洋欧洲区极涡面积指数
X_5	上年 8 月大西洋欧洲区极涡面积指数	X_6	上年 9 月大西洋欧洲区极涡面积指数
X_7	上年 8 月北半球极涡面积指数	X_8	上年 8 月亚洲区极涡强度指数
X_9	上年 8 月太平洋区极涡强度指数	X_{10}	上年 7 月北美区极涡强度指数
X_{11}	上年 8 月北美区极涡强度指数	X_{12}	上年 9 月北半球极涡强度指数
X_{13}	上年 10 月北半球极涡强度指数	X_{14}	上年 7 月北半球极涡中心位置(JW)
X_{15}	上年 8 月北半球极涡中心位置(JW)	X_{16}	上年 9 月北半球极涡中心位置(JW)
X_{17}	当年 1 月北半球极涡中心位置(JO)	X_{18}	上年 8 月北半球极涡中心位置(JO)
X_{19}	上年 12 月北半球极涡中心位置(JO)		

利用上述相关显著的因子与 $F(T)$ 进行逐步回归分析,分别建立了辽宁省、黑龙江省、吉林省和东北全区玉米热量指数的极涡预测模型:

$$\text{辽 宁: } Y_6 = 87.9418 + 0.03640 X_6 - 0.13412 X_8 - 0.23382 X_{10} + 0.00520 X_{15} - 0.12517 X_{17} + 0.21908 X_{18} + 0.14042 X_{19} \quad R = 0.7962$$

$$\text{黑 龙 江: } Y_6 = 69.9594 - 0.24077 X_5 + 0.12711 X_6 - 0.26281 X_9 + 0.53325 X_{18} \quad R = 0.6435$$

$$\text{吉 林: } Y_6 = 92.3773 - 0.03704 X_7 - 0.29784 X_{10} + 0.46247 X_{18} + 0.23519 X_{19} \quad R = 0.6107$$

$$\text{全 区: } Y_6 = 84.1452 + 0.09795 X_6 - 0.06417 X_{17} + 0.45199 X_{18} \quad R = 0.6275$$

利用上述资料所建立的辽宁省、黑龙江省、吉林省和东北全区预测热量指数的模型 1~6,经相关检验都达到了 0.001 的显著水平。

3 模型检验

模型检验主要是通过回代检验和试报检验来分析模型的预测值与实况值之间的吻合程度。预测准确率用下式计算:

$$\text{准确率} = \frac{|\text{实况值} - \text{预测值}|}{\text{实况值}} \times 100\%$$

3.1 回代检验

本文利用了 1961~1990 年 30 年的资料参加了模型的建立,因此,用这 30 年资料进行回代检验(表 8)。

表 8 1961~1990 年 30 年回代检验准确率

省份	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5	模型 6
辽宁省	98.81	99.03	99.04	99.03	98.62	98.97
黑龙江省	94.38	95.17	95.34	95.76	95.20	95.54
吉林省	97.10	97.19	97.78	98.81	97.20	96.86
全 区	92.90	97.51	98.04	97.99	97.30	97.45

由表可见,不同省份各模型的回代准确率几乎都超过了 95%,其中辽宁省的回代准确率最高,都在 98%以上,黑龙江省的预测准确率最低,也都在 95%左右。不同模型之间的差异不大。

3.2 试报检验

由于 1991~2000 年 10 年的资料未参加模型的建立,因此,利用 1991~2000 年资料进行模型的试报检验(表 9)。

表 9 1991~2000 年 10 年试报检验的准确率

省份	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5	模型 6
辽宁省	96.03	96.73	95.71	96.59	96.17	97.38
黑龙江省	92.02	92.47	86.33	87.49	89.89	91.00
吉林省	93.66	93.98	91.13	92.42	91.86	93.44
全区	94.03	94.60	90.80	93.43	93.96	94.40

由表可见,模型的试报准确率略低于回代准确率,但仍然较高。辽宁省各模型的试报准确率最高,都超过了 95%,黑龙江省的试报准确率最低,其中,模型 1、模型 2 和模型 6 的试报准确率在 91%以上,其它 3 个模型的试报准确率在 90%以下,但都在 86%以上。吉林省和全区各模型的预测准确率也都在 90%左右。

由此可见,利用大气环流资料建立的 6 个预测东北地区玉米生长季热量指数的模型都具有较高的精度,可以用于业务服务。

4 结论与讨论

利用 1961~2000 年逐月气温资料计算了东北地区分省和全区玉米的热量指数。通过对热量指数和大气环流资料的统计分析,建立了 6 个相关的预测玉米热量指数的预测模型,各模型都能较好地预测东北地区各省及全区的玉米生长发育期间的热量状况。通过对 1961~1990 年的回代检验和 1991~2000 年试报检验可以看出,所有模型的准确率较高,且稳定性较好(表 10)。

表 10 各模型 1961~2000 年回代和试报检验效果(平均相对误差)

省份	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5	模型 6
辽宁省	1.888	1.544	1.795	1.577	1.992	1.427
黑龙江省	6.135	5.504	6.911	6.320	6.129	5.658
吉林省	3.837	3.628	3.883	3.539	4.283	3.995
全区	6.819	3.217	3.773	3.399	3.558	3.315

由表可以看出,6 个模型预测辽宁省、黑龙江省、吉林省和全区玉米热量指数的平均相对误差都在 7%以下,说明了各模型都具有较好的预测能力。其中辽宁省的相对误差最小,平均在 2%以下,预测效果最好,黑龙江省的平均误差最大,也都在 4.5%~7%。

尽管通过各模型都能较好地预测玉米生长发育期间的热量条件,但要能准确地预测玉米的热量年型仍存在一定的困难。造成这种困难的原因主要是因为不同热量年型的热量指标差异较小,尽管热量指数的预测误差很小,但用来判断热量年型时往往还会发生错

误。因此,要准确地判断不同的热量年型还必须结合其它方法。但总体上来看,热量指数可以有效地反映作物生长季的热量状况,各模型的天气气候学意义有待进一步的分析。

参 考 文 献

- 1 王书裕. 农作物冷害的研究. 北京:气象出版社,1995.
- 2 潘铁夫. 农作物低温冷害及其防御. 北京:农业出版社,1983.
- 3 张养才,何维勋,李世奎. 中国农业气象灾害概论. 北京:气象出版社,1991.
- 4 孙玉亭,王书裕,杨永歧. 东北地区作物冷害研究. 气象学报,1983,41(3):313~321.
- 5 马树庆. 吉林省农业气候研究. 北京:气象出版社,1996.
- 6 高素华,刘玲,郭建平. 抗低温助长剂 稀土抗低温机理的试验研究. 气象学报,2000,50(增刊):936~944.
- 7 王春乙,郭建平,马树庆,等. 玉米抗低温助长剂田间试验研究. 自然灾害学报,2001,10(1):80~85.
- 8 王春乙,郭建平. 农作物低温冷害综合防御技术研究. 北京:气象出版社,1999.
- 9 毛飞,高素华,王春乙. 东北地区热量资源和低温冷害分布规律的研究. 气象学报,2000,50(增刊):871~880.
- 10 高素华主编. 中国三北地区农业气候生产潜力及开发利用对策. 北京:气象出版社,1995.

FORECASTING MODELS OF HEAT INDEX FOR CORN IN NORTHEAST CHINA

Guo Jianping¹⁾ Tian Zhihui²⁾ Zhang Juanjuan³⁾

¹⁾ (Chinese Academy of Meteorological Sciences , Beijing 100081)

²⁾ (Beijing Agricultural College , Beijing 102206)

Abstract

Using the mean monthly air temperature from 1961 to 2000, the corn heat indexes in 3 provinces and whole Northeast China are calculated. Based on the statistic analysis between heat index and atmospheric circulation data, 6 models of forecasting available the corn heat index are set up. Each model can be used to forecast heat status in the growth and development period of corn in each province and whole Northeast China. Test shows that the accuracy of all models is higher and the stability is preferable. The mean relative error of 6 models is lower than 7%. These models show the better forecasting ability. In which, the least relative error is in Liaoning province, the mean value is lower than 2%, and the forecast effect is best. The greatest relative error is in Heilongjiang province, the mean value is from 4.5% to 7%.

Key words: Northeast China Corn Heat index Forecasting model