

# 东北玉米热量指数预测方法研究( I )<sup>\*</sup>

## ——热量指数与玉米产量

郭建平<sup>1</sup>, 庄立伟<sup>2</sup>, 陈玥煜<sup>1,3</sup>

(1. 中国气象科学研究院, 北京 100081; 2. 国家气象中心, 北京 100081;  
3. 广东省气象局, 广东 广州 510080)

**摘 要:** 利用东北地区典型站点 1961–2005 年气象资料和东北 3 省 1961–2005 年玉米产量资料, 计算分析了东北不同地区玉米热量指数的变化趋势以及与产量的关系。结果表明: 受气候变暖的影响, 辽宁省热量指数出现下降的趋势, 而吉林省和黑龙江省的热量指数出现显著升高的趋势, 气候变暖对吉林省和黑龙江省玉米生产有利的。热量指数较好地反映了玉米产量与环境温度的相关关系。因此, 可通过对玉米热量指数的预测进行农作物低温冷害预测, 为农业生产防灾减灾提供决策依据。

**关键词:** 东北地区; 玉米; 热量指数; 预测; 产量

**中图分类号:** S426      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000–811X(2009)04–0006–05

### 0 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 2 500 kg/hm<sup>2</sup>, 高于水稻和麦类等。中国也是主要的玉米生产国之一, 播种面积和总产量居世界第 2 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。东北地区春玉米的生长发育受热量条件的影响明显, 高温年显著增产, 低温年由于积温不足, 在秋霜来临之前玉米不能正常成熟, 从而使百粒重下降, 并最终影响到产量。

低温冷害是东北地区主要的农业气象灾害之一。20 世纪 70 年代以来, 我国的农学专家和农业气象学专家在玉米低温冷害的机理、指标和防御措施等方面开展了大量的研究, 取得了一系列科研成果<sup>[1–9]</sup>。近年来, 科研工作者对农作物低温冷害的预测方法也进行了广泛的探索<sup>[10–15]</sup>, 取得了一定的成果。有些成果已广泛地应用于当地的农

业生产实践, 取得了良好的社会效益和经济效益。但是, 要切实做好低温冷害的防御工作, 提高防御效益, 就必须及早了解低温冷害的发生与否, 才有充分的时间准备。因此, 研究玉米热量年型的长期预测技术和方法, 对提高东北地区的农业经济效益, 保证农业高产稳产具有十分重要的现实意义。

### 1 代表站点选择

#### 1.1 代表站选择原则

选取代表站的目的主要是为了减轻计算工作量, 同时又能较好地代表区域特征。为此, 代表站的选择考虑以下几个原则: ①代表站点必须是该区域内玉米的主产区, 且玉米产量与热量条件有密切的关系; ②代表站点的玉米产量和环境热量条件, 要与该区域的历年变化趋势和平均状况相一致, 这样才能确保具有代表性, 又具有实用价值; ③各省选取的代表站点之间的位置尽量不要太接近, 避免相似气候地理环境的影响使得不同区域之间的差别不够明显; ④选取的代表站要具备完整的研究资料, 避免因观测、统计数据不足而带来人为误差。

\* 收稿日期: 2009–05–31

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划课题(2006BAD04B02)

作者简介: 郭建平(1963–), 男, 江苏昆山人, 博士, 研究员, 主要从事农业气象灾害、气候变化影响等研究。

E-mail: gjp@cma.cma.gov.cn

1.2 代表站及玉米主要发育期

根据上述原则, 利用东北地区 72 个气象站 1961 – 2005 年的气象资料及县级玉米产量统计资料的相关分析, 分别确定锦州为辽宁省的代表站, 海伦为黑龙江省的代表站, 扶余为吉林省的代表站, 同时, 扶余又可代表整个东北区域。

表 1		代表站及玉米发育期				旬/月
代表站	苗期	营养生长期	营养 – 生殖并进期	开花 – 灌浆期	灌浆 – 成熟期	
锦州	上旬/5 – 中旬/5	下旬/5 – 中旬/6	下旬/6 – 上旬/7	中旬/7 – 下旬/7	上旬/8 – 上旬/9	
扶余	中旬/5 – 下旬/5	上旬/6 – 下旬/6	上旬/7 – 中旬/7	下旬/7 – 上旬/8	中旬/8 – 中旬/9	
海伦	下旬/5 – 上旬/6	中旬/6 – 上旬/7	中旬/7 – 下旬/7	上旬/8 – 中旬/8	下旬/8 – 下旬/9	

2 热量指数计算方法

传统的方法是直接根据平均气温或大于某界限温度的积温, 利用最优分割方法将资料序列分成若干段, 每段赋予不同的含义, 代表不同的热量条件, 从而得到不同的热量指标。这种方法得到的年型一般来说缺乏农业意义, 生物学意义也不明确, 有一定的缺陷。另外也有对产量进行必要的处理, 根据经处理后的产量资料序列进行分类, 从而得到不同的年型。但这种方法难以区分不同种类的灾害或某些特殊原因(如病虫害、人为因素干扰等)的影响, 只是一个多因素对作物影响的综合反应, 因此, 也不能得到较好的热量年型。

为了得到一个能避免上述不足, 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, 有明确生物学意义的新指标。为此, 利用下式计算玉米的热量指数:

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

$$B = \frac{T_2 - T_0}{T_0 - T_1}, \quad (2)$$

式中:  $T$  为玉米主要生长季逐旬平均气温;  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_0$  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 2)。

表 2 高产条件下玉米各发育期的  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_0$    ℃

	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

式(1)充分考虑了玉米不同生长发育时期对温

东北地区地处我国的最北部, 不同地区的热量条件差异显著, 导致了玉米的品种和发育期差异明显, 为了计算结果的准确性, 根据近 20 年农业气象观测站的观测资料, 确定了各代表站玉米的发育时段(表 1)。

度条件的客观要求, 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。本研究中, 利用逐旬气象资料分别计算各代表站逐旬的玉米热量指数, 各月逐旬热量指数的平均值代表本月的热量指数, 各月热量指数之和表示各站玉米生长季的热量指数, 用于热量指数与产量的关系分析以及热量指数的预测。

3 结果分析

3.1 热量指数变化特征

农作物的生长发育与环境温度的关系十分密切, 温度偏高或偏低对农作物的生长发育都有不利的影响, 热量指数反映了农作物对环境热量状况的响应。从 1961 – 2005 年 45 年热量指数的变化趋势可以看出(图 1), 辽宁省和吉林省的热量指数较高, 对玉米生长发育的影响较小, 但两者的影响原因有差异, 辽宁省主要是由于温度偏高导致热量指数下降, 特别是 8 月份的温度偏高是导致热量指数下降的主要原因, 吉林省表现为热量仍有偏低的趋势。而黑龙江省的热量指数较低, 对玉米的生长发育有显著的抑制作用。

从 45 年热量指数的变化趋势看(表 3), 辽宁省的热量指数表现出下降的趋势, 但下降趋势不显著, 未通过显著性检验。造成热量指数下降的原因主要是气候变暖, 特别是 8 月的温度升高已超过玉米生长发育的适宜温度, 从而导致玉米全生育期热量指数的降低。由此可见, 气候变暖对辽宁省玉米生长发育有不利的影 响。吉林省玉米热量指数有微弱的上升趋势, 通过 0.02 的显著性检验。说明了在不考虑其他不利因素影响的情况下,

气候变暖对吉林省玉米生长发育有有利的作用，可以显著提高玉米的气候生产力。黑龙江省玉米热量指数表现为显著的升高趋势，通过 0.001 的显

著性检验。充分说明了黑龙江省玉米受低温的影响比较明显，气候变暖对玉米的生长发育十分有利。

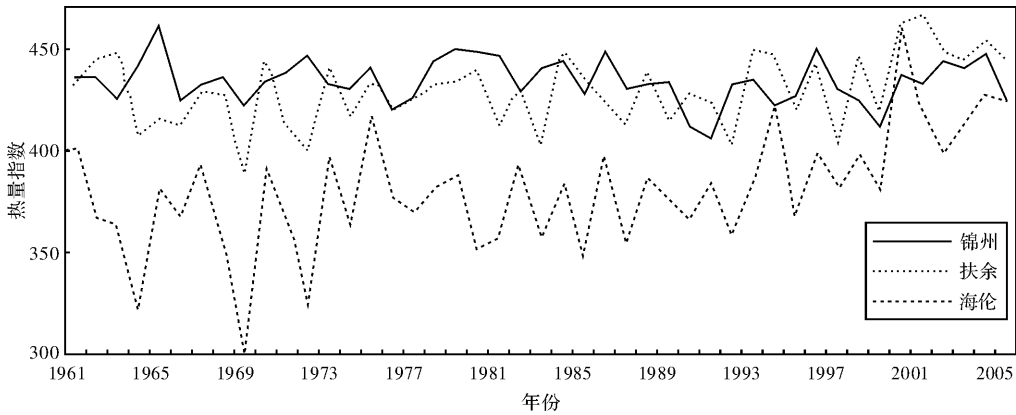


图1 东北地区代表站热量指数变化趋势

表 3 热量指数线性变化趋势		
典型站	线性趋势方程	相关系数
锦 州	$F(T) = 699.5 - 0.133\ 8X$	-0.156 2
扶 余	$F(T) = -556.0 + 0.496\ 9X$	0.359 9 *
海 伦	$F(T) = -1\ 903.5 + 1.151\ 4X$	0.501 4 **

注：X 表示年份(1961 - 2005 年)；\* 通过 0.02 显著性检验；  
\*\* 通过 0.001 显著性检验

3.2 玉米产量处理

玉米产量是在各种自然和非自然因素综合影响下形成的，一般可将玉米的实际产量分解为趋势产量和气候产量以及一部分随机因素造成的产量(或称为随机误差)。

$$Y = Y_t + Y_w + e,$$

(3)

式中：Y 为单位面积上的实际产量(kg/hm<sup>2</sup>)，也称社会产量；Y<sub>t</sub> 为趋势产量(kg/hm<sup>2</sup>)；Y<sub>w</sub> 为气候产量(kg/hm<sup>2</sup>)；e 为随机误差，一般在实际计算中可忽略。

由于实际产量的构成因素比较复杂，首先要分离出趋势产量，它主要由社会生产力决定，趋势产量的处理方法也很多，本研究中采用分段线性拟合(表 4)。由表可以看出，3 省分段拟合曲线除辽宁省 1994 - 2005 年通过 0.05 显著性检验外，其它时段都通过 0.01 的显著性检验，说明了趋势产量具有较好线性变化趋势。

玉米的气候产量是通过实际产量和趋势产量的差计算得到，即：

$$Y_w = Y - Y_t。$$

(4)

气候产量主要由天气气候条件决定，因此，

通过气候产量可以分析粮食产量与天气气候条件的关系。

表 4 粮食产量线性变化趋势			
省份	时段	线性趋势方程	相关系数
辽宁省	1961 - 1993	$Y_t = -287\ 217 + 147.24X$	0.926 3 ***
	1994 - 2005	$Y_t = -340\ 987 + 173.45X$	0.540 7 *
吉林省	1961 - 1982	$Y_t = -226\ 595 + 116.05X$	0.954 7 ***
	1983 - 2005	$Y_t = -296\ 059 + 151.87X$	0.822 8 ***
黑龙江省	1961 - 1992	$Y_t = -184\ 026 + 94.45X$	0.898 8 ***
	1993 - 2005	$Y_t = 218\ 698 - 106.99X$	-0.642 7 **

注：X 表示年份(1961 - 2005 年)；\* 通过 0.05 显著性检验；  
\*\* 通过 0.01 显著性检验；\*\*\* 通过 0.001 显著性检验

3.3 热量指数与玉米产量关系

热量指数主要反映了农作物对热量条件的响应状况，但影响农作物产量的因素很多，因此，热量指数也只是部分反映了气象条件对产量的影响。通过热量指数与农作物气象产量的分析可以看出(表 5)，热量指数较高的年份，一般气象产量为正值，也就是说有增产的趋势，但热量条件好的年份往往降水较少，干旱出现的几率大，因此部分年份会受干旱的影响大，从而出现减产。相反，热量指数小的年份，一般出现低温冷害的几率大，玉米产量会受到不利影响，这在黑龙江省和吉林省表现得比较明显，显著低温年都出现减产趋势。而辽宁省由于热量条件比较好，受低温条件的影响不明显。同时，通过表 5 也能看出，辽宁省玉米受热量条件的影响小，而吉林省和黑龙江省玉米受热量条件，特别是低温的影响大。

表 5		各省热量指数异常年份及气候产量						
辽宁省	$F(t)$ 偏高	年份	1965	1979	1980	1986	1996	2004
		$Y_w$	482	345	297	- 375	1 423	758
	$F(t)$ 偏低	年份	1966	1976	1977	1990	1991	1999
		$Y_w$	- 67	565	- 115	157	245	150
吉林省	$F(t)$ 偏高	年份	1963	1984	1993	2000	2001	2004
		$Y_w$	57	696	- 18	- 482	1 265	- 54
	$F(t)$ 偏低	年份	1969	1972	1985	1986	1997	1999
		$Y_w$	- 632	- 313	9 678	- 440	- 2 090	- 404
黑龙江省	$F(t)$ 偏高	年份	1967	1975	1994	2000	2004	2005
		$Y_w$	440	367	477	- 328	676	870
	$F(t)$ 偏低	年份	1964	1969	1972	1985	1995	1999
		$Y_w$	- 177	- 566	- 92	- 846	- 197	- 193

## 4 结论与讨论

(1) 东北地区地处高纬度, 热量资源相对缺乏, 但该区农业生产相对比较发达, 特别是玉米生产在我国占有绝对优势, 是我国玉米的优势种植带。热量条件的好坏与玉米产量有直接关系, 一般情况下, 热量条件好, 玉米产量高, 热量条件差, 玉米产量低。

(2) 东北地区玉米热量指数受气候变暖的影响显著, 辽宁省由于位置偏南, 热量条件本身较好, 受气候变暖的影响, 热量指数出现下降的趋势, 特别是夏季 8 月的热量指数下降明显。而吉林省和黑龙江省的热量指数出现显著升高的趋势, 气候变暖对吉林省和黑龙江省玉米生产有有利的影响。同时可以看出, 越往高纬度地区, 气候变暖的有利作用越明显。

(3) 热量指数较好地反映了玉米生长发育、产量与环境温度的相关关系, 热量指数越小, 玉米越易受低温冷害的影响。因此, 通过对玉米热量指数的预测可以在一定程度上预测农作物低温冷害, 为农业生产防灾减灾提供决策依据。

## 参考文献:

[1] 王书裕. 农作物冷害的研究[M]. 北京: 气象出版社, 1995.

[2] 潘铁夫. 农作物低温冷害及其防御[M]. 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[M]. 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[M]. 气象学报, 1983, 41(3): 313-321.

[5] 马书庆. 吉林省农业气候研究[M]. 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[J]. 气象学报, 2000, 50(S0): 936-944.

[7] 王春乙, 郭建平, 马书庆, 等. 玉米抗低温助长剂田间试验研究[J]. 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[M]. 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[J]. 气象学报, 2000, 50(S0): 871-880.

[10] 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.

[11] 周立宏, 刘新安. 东北夏季低温冷害的环流特征及预测的研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2000, 31(6): 537-540.

[12] 陈玥煜, 郭建平. 新疆棉花低温冷害逐步回归预测模型[J]. 中国农业气象, 2008, 29(4): 485-490.

[13] 李伟君, 王春乙. 基于多种预测模型的玉米低温冷害预测集成模型[J]. 灾害学, 2006, 21(4): 1-7.

[14] 汪秀清, 马树庆, 袭祝香, 等. 东北区夏季低温冷害的长期预报方法研究[J]. 灾害学, 2005, 20(1): 36-39.

[15] 李文亮, 张冬有, 张丽娟. 黑龙江省低温冷害发生规律及预测研究[J]. 灾害学, 2008, 23(4): 30-35.

Study on Forecasting Methods of Corn Heat Index in Northeastern China(I)  
——Heat Index and Corn Yield

Guo Jianping<sup>1</sup>, Zhuang Liwei<sup>2</sup> and Chen Yueyi<sup>1,3</sup>

(1. Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China; 2. National Meteorological Center, Beijing 100081, China; 3. Guangdong Meteorological Bureau, Guangzhou 510080, China)

**Abstract:** The change tendency of corn heat index and its correlation with corn yield in different provinces in Northeastern China is calculated and analyzed by using the meteorological data of typical stations in 1961 ~ 2005 and corn yield in 3 provinces. The results show that the heat index is of a decreasing tendency in Liaoning province, because of climate warming. But the heat index indicates an increasing tendency in Jilian and Heilongjiang provinces due to the beneficial influence of climate warming on corn production in Jilian and Heilongjiang provinces. The heat index can fairly reflect the correlation between corn yield and environmental temperature. Therefore, low temperature disaster prediction by corn heat index forecast can provide basis for decision making of agricultural disaster prevention and mitigation.

**Key words:** northeastern China; corn; heat index; forecast; yield

+++++  
(上接第 5 页)

The Definition and Identification of Potential Debris flow Gully  
——Taking the Xiluodu Reservoir Area as an Example

Zhuang Jianqi<sup>1,2,3</sup>, Pei Laizheng<sup>1,2,3</sup>, Ding Mingtao<sup>1,2,3</sup> and Chen Xingchang<sup>1,2,3</sup>

(1. Key labarotary of Mountain Hazards and Land Surface Processes, Chinese Academy of Sciences, Cehngdu 610041, China; 2. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Cehngdu 610041, China; Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** Taking the Xiluodu reservoir area as the research region, 57 active debris flows gullies in the Xiluodu reservoir area are identified on the basis of the detailed location investigation. By using the Matlab software to construct SOM neural network model and based on the samples of the 57 active debris flows, 8 indexes including drainage area, the length of main gully, gully gradient, average gradient, relative incision degree, circular ratio and erosion degree area are selected to predict the risk degree of 46 gullies along the Jinshajiang river. According the predicted results, the 46 gullies are divided into three grades: ①19 non-debris flow gullies which are distributed on the Leibo-Yongshan triangular platform. ②14 low dangerous debris flow gullies which are distributed on the trail of the reservoir area. ③13 high dangerous debris flow gullies which are distributed on the central reservoir area. These predicted results can provide the basis for ecological recovery and engineering control in the reservoir area.

**Key words:** potential debris flow gully; identification; SOM; Xiluodu reservoir area; Jinsha river basin