

东北地区玉米低温冷害气候和 经济损失风险分区

马树庆¹, 王 琪², 王春乙³, 霍治国³

(1 吉林省气象台, 长春 130062; 2 吉林省气象科学研究所, 长春 130062;

3 中国气象科学研究院, 北京 100081)

摘要: 分析了东北地区玉米低温冷害发生的热量条件、发生频率、风险指数和风险概率, 用冷害气候风险评价指标将东北地区划分成高、偏高、中等、较低和低风险 5 个玉米低温冷害气候风险区域。考虑到冷害气候风险和玉米产量和面积比例等农业生产结构因素, 建立了玉米低温冷害的气候一灾损综合风险评估模式, 并将东北地区划分成高风险、较高风险、中风险、较低风险和低风险 5 个玉米低温冷害灾损综合风险区域, 并指出各区域减缓玉米冷害风险的技术和战略措施。结果表明, 东北地区的北部、东部和中部低温冷害灾损风险较大, 吉林省西南部和辽宁省大部风险较小。

关 键 词: 玉米低温冷害; 气候风险; 灾损风险; 区划; 东北地区

文章编号: 1000-0585(2008)05-1169-09

1 引言

东北地区是我国重点出口玉米商品粮生产基地, 其中部是著名的中国东北黄金玉米带。目前东北地区玉米播种面积 600 多万 hm^2 , 约占粮食总面积的一半, 玉米年产量占全国的 30%, 其产量丰欠直接左右全国玉米生产的大局, 关系到国家粮食安全。但是, 由于气象灾害等原因, 东北地区的玉米产量不稳定, 地域变化比较大, 严重制约了我国玉米产量的稳定性和国际竞争能力。低温冷害是东北地区主要农业气象灾害之一, 是导致玉米产量不稳、品质不高的主要原因^[1~4]。由于东北地区大部气温较低, 不少年份玉米生长季积温不足, 玉米生长发育较慢, 成熟期推迟, 导致玉米在秋霜前不能正常成熟, 从而发生低温冷害, 严重冷害年份(如 1957、1969、1972 和 1976 年等)玉米减产 15% 以上^[5]。尽管近些年气候变暖使作物低温冷害的程度和频率有所下降, 但 1985、1986、1995 和 1998 等年份东北地区仍然发生了低温冷害, 即气候偏暖时期仍然会出现偏冷的阶段和低温的年份, 因此人们在制定应对气候变化的农业生产决策的时候, 仍然要考虑到低温冷害的防御问题。

有关东北地区玉米低温冷害的研究较多^[1~12], 其中玉米冷害发生的气候条件及其地理分布, 低温冷害指标及生理机制等方面已经基本定论。近几年人们还引入灾害风险分析的概念^[13~15], 对旱、涝、低温冷害和草原火灾等自然灾害发生的风险性进行了初步分析

收稿日期: 2007-12-06; 修订日期: 2008-06-10

基金项目: 国家“十·五”科技攻关项目(2004BA509B14)

作者简介: 马树庆(1959-), 男, 辽宁凤城人, 研究员。主要从事农业气象和农业生态研究及其相关业务工作。

E-mail: jlmasc@yahoo.cn

和研究^[15~18]，这种区域气象灾害风险性的定量评估比以往采用传统灾害指标和统计频率的分析更为科学。但是，采用气候风险和灾害损失风险指标进行东北地区低温冷害的风险分区研究尚未见报道。本项研究在前人有关玉米冷害指标研究及作者近年来有关玉米冷害致灾因素及风险分析的基础上^[1~6]，建立玉米低温冷害风险指数和风险概率等风险评估指标和模式，并综合多种因素，进行东北地区玉米低温冷害的气候风险区划和灾害经济损失（灾损）风险区划，为制定玉米生产规划和防灾减灾战略提供科学依据。

2 资料来源及冷害指标

本项研究采用东北地区的铁岭、扶余、长春、农安、九台等 70 个国家基本气象站的 1961~ 2005 年的气温和所在县（市）的玉米单、总产量资料，以及东北地区各县市 2001 - 2006 年玉米播种面积和粮豆（粮食和大豆）面积资料。

东北地区玉米低温冷害年指标采用王书裕、孙玉亭等^[2,6]建立的不同热量区域玉米冷害指标。一是玉米生长期内 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温 (T_1) 的距平 (ΔT_1) 在 $-50\sim -100^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 发生轻度或中度冷害；若积温距平在 $-100^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 以下发生严重冷害。二是 5~ 9 月平均气温之和的距平值指标，如表 1。按照惯例^[1~3,6]，相对气象产量减产 5%~ 15% 为一般冷害年，相对气象产量减产 15% 以上为严重冷害年。气象产量百分率= (实际单产-社会趋势单产) / 社会趋势单产，社会趋势产量采用 11 年滑动平均计算。根据各地低温冷害年对应的减产率和温度距平值，我们在表 1 基础上，考虑各地的冷害指标和热量条件，建立了冷害指标与各地热量条件的关系式（式（1）和式（2））。

表 1 东北地区不同热量条件下玉米冷害年指标（℃）

Tab 1 Maize chilling damage indexes of Northeast China in different thermal conditions (℃)

\overline{T}_2	80 0	85 0	90 0	95 0	100 0	105 0
ΔT_2	一般冷害	- 1. 1	- 1. 4	- 1. 7	- 2. 0	- 2. 3
	严重冷害	- 1. 7	- 2. 4	- 3. 1	- 3. 7	- 4. 4

$\Delta T_2 = -94.80 + 3.238\overline{T}_2 - 3.672 \times 10^{-2}\overline{T}_2^2 + 1.358 \times 10^{-4}\overline{T}_2^3$ （一般冷害） (1)

$\Delta T_2 = -80.47 + 2.963\overline{T}_2 - 3.567 \times 10^{-2}\overline{T}_2^2 + 1.367 \times 10^{-4}\overline{T}_2^3$ （严重冷害） (2)

其中， \overline{T}_2 是某地 5~ 9 月平均气温之和的多年平均值， ΔT_2 是该地用 5~ 9 月平均气温之和的距平值表示的冷害指标。达到某一级别冷害的指标值随热量资源的多少而变化，即热量不足的地方更容易发生冷害^[2,3]。这种指标是用气象条件表示的灾害指标，是用代表地田间农业气象试验资料、各地历年玉米产量和温度等资料，分析低温年减产对应的温度条件，确定在一定减产幅度下的低温值。这类指标比农学指标更便于长序列时间变化分析和区域变化分析。

3 低温冷害风险评价因子及其统计分析

3.1 玉米生长季温度条件及其不稳定性评估

日平均气温稳定通过 10°C 期间的积温 (T_1) 或 5~ 9 月平均气温的多少及其稳定程度是玉米冷害的主要致灾因素。研究表明^[2~5]，玉米生长季 5~ 9 月平均气温之和 (T_2) 低于常年 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ ，会导致玉米减产 5%~ 15%，发生轻度或中度冷害，低于常年 $3\sim 4^{\circ}\text{C}$ 则发生严重冷害；各地 5~ 9 月平均气温存在不稳定性、周期性和群发性^[4,19]，地区间差异也比较大。在这种情况下，由于目前还没有能力提前准确预报整个玉米生长季积温或平均

气温，农民春播前只能考虑当地多年平均气候状况来选购品种，遇到低温年就会发生冷害。也就是说，年际间热量条件稳定与否直接关系到该地玉米冷害发生的风险性大小，因此用 T_2 的变异系数 V_{T_2} 表明各地玉米生长季气温稳定程度大小，即：

$$V_{T_2} = \left[\sqrt{\sum (T_2 - \bar{T}_2)^2 / (n - 1)} \right] / \bar{T}_2 \quad (3)$$

东北地区东部和北部 T_2 的变异系数达 0.04，而南部为 0.02~0.03，中部为 0.03 左右（图略）。可见，北部及东部冷害风险较大，南部冷害风险较小。

除了年际变化外，东北地区热量资源的地域差异也比较大。就多年平均而言，辽宁省大部 T_1 在 3200~3500℃·d 之间， T_2 在 100℃以上；吉林省中、西部及黑龙江省西南部 T_1 在 2800~3100℃·d 之间， T_2 在 90~100℃左右；黑龙江省中部及吉林省东部半山区 T_1 在 2400~2800℃·d 之间， T_2 在 80~90℃左右；黑龙江省东部、北部及吉林省东部高海拔山区多在 2400℃·d 以下， T_2 在 60~80℃左右。东北地区最热和最冷的地方（农业区域）积温差达 1500℃·d 左右， T_2 相差 40℃左右。热量资源越贫乏的地方，发生玉米冷害的可能性越大。

3.2 玉米低温冷害发生的频率

低温冷害发生的频率（ P ）指在一定年限内冷害年占总年数的百分率。采用上述低温冷害年的指标，用 1961~2005 年 45 年的温度资料统计，东北地区北部和吉林省的东部山区一般冷害频率（ P_1 ）和严重冷害频率（ P_2 ）分别为 32% 和 25% 左右，辽宁大分别为 20% 和 10% 以下，东北地区其它县市 P_1 、 P_2 分别在 25% 和 18% 左右（图略）。

3.3 低温冷害风险指数

低温冷害风险指数是冷害强度和冷害发生频率的综合^[15]，因而能较客观地反映低温冷害的风险程度。将每个县（市）出现低温冷害的年份按一般冷害和严重冷害分为两组，求出每组出现的频数和组中值，再按下式计算风险指数 k ：

$$k = \sum_{i=1}^2 D_i / n \times H_i \quad (4)$$

式中 D_i 为 i 组出现的频数， n 为总年数， H_i 为组中值。计算结果表明（图 1），吉林省东部高寒地区及黑龙江省北部的呼玛、北安、富锦、讷河等地风险指数在 1.2 以上，其中吉林省的敦化风险指数最大，达 1.49；辽宁省中部、吉林省西部、黑龙江省西南部风险指数比较小，多在 0.74 左右，其中辽宁省的黑山仅为 0.56；黑龙江省大部 and 吉林省中部等地风险指数在 0.82~1.14 之间。

3.4 低温冷害发生的气候概率

气象要素中气温的波动符合正态分布，经过正态性检验表明，东北地区各地的历年 T_2 序列也符合正态分布^[16]，因此，我们建立低温冷害发生风险概率的概念，用正态分布函数揭示各地发生冷害的风险性大小。正态分布密度函数为：

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\delta} e^{-\frac{(x-u)^2}{2\delta^2}} \quad (5)$$

式中， $f(x)$ 为概率密度， x 为变量（ ΔT_2 ）， u 为数学期望值， δ 为标准差。对概率密度函数求积分，得到不同冷害指标下的风险概率（ F ），即

$$F = \int_{-\infty}^x f(x) dx \quad (6)$$

式中， ΔT 为一般冷害或严重冷害的指标。计算了各县（市）的 F 值，其地理分布特

征, 黑龙江省北部、东部及吉林省东部一般冷害和严重冷害的风险概率 (F_1 和 F_2 (图 2)) 分别为 30% 和 20% 以上, 发生冷害的风险性很大; 东北地区中部两级冷害概率分别在 20% ~ 30% 和 10% ~ 13% 之间, 冷害风险概率居中; 辽宁省大部两级冷害概率分别在 20% 和 10% 以下, 冷害风险较小。

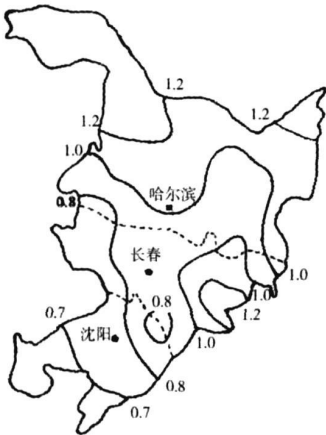


图 1 东北地区玉米冷害风险指数分布
Fig. 1 The risk index of maize chilling damage in Northeast China

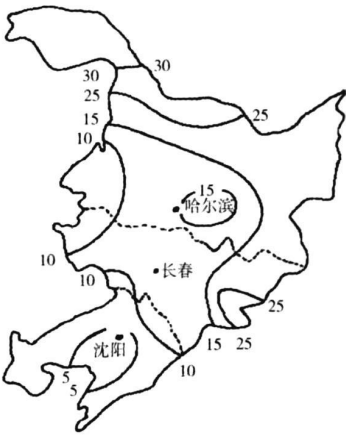


图 2 东北地区玉米严重冷害的风险概率 (%)
Fig. 2 The risk probability of maize chilling damage in Northeast China

4 玉米低温冷害气候和灾损风险分区

4.1 低温冷害气候风险分区

上述各项分析结果都在一定程度上反应了东北地区各地玉米冷害风险性大小, 但没有综合性。考虑到热量资源及其变异系数、冷害发生频率、风险概率和风险指数, 以各地 ΔT_i 、 V_{T_2} 、 P_1 、 P_2 、 F_1 、 F_2 、 K 为基本要素, 建立综合风险指数, 进行玉米冷害气候风险综合分区。 ΔT_i 为东北地区热量资源最丰富的地区 (辽宁南部) 的积温值与某县市积温值的差值, 或称积温亏缺额, 反应当地相对积温状况; V_{T_2} 是 T_2 的变异系数, 表明各地气温逐年波动 (稳定) 程度大小; P_1 和 P_2 分别是一般冷害和严重冷害年的频率; F_1 和 F_2 分别是一般冷害和严重冷害年的气候概率; K 是风险指数。这些因子对玉米冷害气候风险的作用方向是一致的, 即都是数值越大, 冷害风险越大, 因此将上述因素分别进行区域归一化处理, 然后用等权重方法求平均, 得到单县市玉米冷害气候风险综合指标 (X), 即:

$$x_j = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \tag{7}$$

$$X = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^n x_i \tag{8}$$

其中, x_1 、 x_2 , ..., x_7 分别为 ΔT_1 、 V_{T_2} 、 P_1 、 P_2 , F_1 、 F_2 、 K 的归一化指数。用各地的 X 值绘图, 兼顾地理和农业生态区域特性, 按一定的界线指标进行气候风险区划。分区结果如图 3 和表 2 所示, 黑龙江省北部、东北部和吉林省东部长白山高海拔地带 X 值大于 0.7, 冷害气候风险最大; 黑龙江省中南部和吉林省中北部 X 值居中, 玉米冷害气

候风险居中，吉林省中、西部和辽宁省大部 X 值低于 0.2，冷害气候风险较低。

表 2 东北地区玉米低温冷害气候风险分区

Tab 2 The risk division of maize chilling damage in Northeast China

区号	风险度 分区名称	气候风险 综合指标 X	地理区域
I	高风险区	> 0.7	黑龙江省北部的呼中、呼玛、孙吴、抚远等县市，吉林省东部的长白、抚松等县市。
II	较高风险区	$0.6 \sim 0.7$	黑龙江省中北部和东部的嫩江、海伦、伊春、佳木斯和鸡西等多数县市；吉林东部的敦化、蛟河、靖宇县。
III	中等风险区	$0.4 \sim 0.6$	黑龙江省中南部的齐齐哈尔、大庆、哈尔滨、牡丹江、伊兰等市县和吉林省的镇赉、扶余、榆树、吉林、通化、辽源市。
IV	较低风险区	$0.2 \sim 0.4$	吉林省的白城南部、四平大部、辽宁的铁岭、丹东和抚顺大部分县市。
V	低风险区	< 0.2	辽宁省中南部和西部的沈阳、鞍山、朝阳、大连、营口、锦州和本溪、阜新大部。

4.2 玉米低温冷害灾损风险分区

4.2.1 分区方法和结果 玉米冷害的风险除了与气候风险有关外，还与玉米产量水平和玉米种植面积结构有关。例如，中部地区的双城、农安、公主岭一带是黄金玉米带的腹地，玉米面积占粮食面积的 70% 以上，目前各县市玉米总产量都在 100 万吨以上，这些地方如遭受严重冷害，每个县市损失玉米可达 20 万吨左右，灾损风险很大。而黑龙江省北部和吉林省东部山区，玉米虽然也是主要粮食作物，但多数县市玉米面积比例较小，即使发生严重冷害，给当地带来的经济损失也相对较小。因此，应在气候风险区划的基础上，充分考虑各地玉米年产量和播种面积比重等因素，进行冷害气候和经济损失综合风险分区。

同一低温条件下不同县市玉米经济损失的差异取决于玉米总产（包括单产和面积）、玉米面积占全县粮豆（粮食和大豆）作物面积的比例和玉米品质。其中玉米面积和面积比例是两个不同的概念，由于不同县（市）耕地面积相差很大，有的县玉米总产和面积大，但是玉米面积比例不一定大，因此玉米冷害减产给当地农业经济带来的损失相对而言不一定很大；而有的县尽管玉米产量、面积都不大，但是玉米面积比例很大，则玉米冷害减产给当地农业经济带来的损失是很大的，即这里玉米冷害经济损失的风险大小考虑到玉米冷害经济损失占全县农业经济总量的比例问题。玉米品质主要与冷害气候风险有关，气候风险越大，玉米品质越差，价格越低，这在前面分析中已经包含了，此处不予考虑。同低温冷害的气候风险因素分析一样，用（7）式将玉米总产和玉米面积比例这两个灾损要素进行地域间的极差归一化处理，然后以产量优先原则加权求和，作为玉米冷害损失风险指数（ W ）：

$$W_j = 0.6Y_j + 0.4S_j \tag{9}$$

其中， Y_j 为 j 县市现阶段（2001~ 2006 年平均）的玉米总产量归一化指数， S_j 为 j 县市现阶段玉米面积比例归一化指数。采用综合气候风险指数（ X_j ）和综合灾损风险指数（ W_j ）的平均值作为气候—灾损综合风险指标（ Z ），即：

$$Z_j = 1/2(X_j + W_j) \tag{10}$$

用 Z 为区划指标按一定界线进行了分区，同时又考虑到灾损风险因素与农业地理的

相互协调, 对分区结果进行了必要的调整与完善, 最后将东北地区划分成 I ~ V 5 个玉米冷害灾损风险区域 (如图 4), 分别命名为冷害灾损高风险区 (I)、偏高风险区 (II)、中风险区 (III)、较低风险区 (IV) 和低风险区 (V), I ~ V 区的 Z 值大致为 0.6~0.7、0.5~0.6、0.4~0.5、0.3~0.4 和 0.3 以下。



图 3 东北地区玉米冷害气候风险分区
Fig. 3 The climate risk zonation of maize chilling damage in Northeast China



图 4 东北地区玉米冷害灾损风险分区
Fig. 4 The economic loss risk zonation of maize chilling damage in Northeast China

4.2.2 分区评述和减灾对策建议

I: 玉米冷害灾损高风险区。该区分两种类型:

I₁: 中部玉米冷害灾损高风险区。该区为我国东北玉米带的中北部, 即哈尔滨至长春一带, 玉米面积比例高达 70% 以上, 目前多数市县年产玉米 100 万吨以上。由于玉米生产过于集中, 因此尽管冷害气候风险不高, 但现阶段一旦发生严重冷害, 该区年损失玉米可达 200 万吨左右, 损失巨大。例如 1957、1969 和 1976 年, 该区各县玉米减产 20% 左右。该区减轻玉米冷害风险的对策是改善种植业结构, 适当压缩玉米比例, 降低晚熟玉米品种的比例。

I₂: 东部和中、北部冷害灾损高风险区。该区在地域上分两部分, 一是吉林省东部长白山区大部, 二是黑龙江省偏北部及东部大部。这些区域冷害气候风险较高, 且玉米面积比例较大, 占粮食作物的 30% 以上; 虽然多数县市玉米总产不高, 但冷害频繁, 冷害年频率达到 30% 以上, 而且冷害发生后常常给当地农业及农村经济带来灾难性的损失。该区减轻冷害风险的措施, 一是采取地膜覆盖栽培等防御冷害的实用技术, 二是降低中、中晚熟玉米品种的比例, 尽可能使用早熟玉米品种。

II: 玉米冷害灾损较高风险区域, 其中包括 II₁、II₂ 两部分:

II₁: 该区位于吉林省中部玉米主产区的周边地带及黑龙江南部多数县市。该区南部虽然冷害的气候风险较低, 但玉米比重大, 面积比例占 70% 以上; 西北部和东部冷害的气候风险较高, 玉米面积比重居中, 占粮食播种面积的 50% 左右, 因此该区冷害损失的气候风险和经济损失风险都偏高。为了减轻低温冷害风险, 该区南部应适度压缩玉米面积比例, 北部和东部应采取抗低温的栽培技术, 如地膜覆盖或选用中早熟品种。

II₂: 该区位于东北地区的北、东北和东部的 3 个角落, 气候和冷害风险类型相同, 即都是高寒地区, 冷害气候风险最高, 冷害年频率达到 30% 以上, 但玉米种植面积少、比例小、产量低, 有的地方根本不适合玉米种植。1969 和 1976 年发生低温冷害, 该区各县玉米减产 30% 左右, 但是每个县损失玉米只有几万吨。因此, 该区虽然常发生冷害, 但灾害损失较轻, 综合起来为冷害风险偏高的区域。该区减轻冷害风险的途径, 一是进一步压缩玉米比例, 改种抗寒作物, 或退耕还林; 二是采取地膜覆盖栽培等技术。

III 玉米冷害灾损中度风险区。该区大致为吉林省西部、东南部和辽宁省东北部。其中辽宁东北部和吉林省西南部冷害气候风险低于 II 区, 高于 I 区, 但玉米比重较大, 其中四平、梨树和昌图是玉米带的主要县(市), 玉米比例占 70% 以上。该区减轻冷害风险主要靠提高玉米生产水平和抗灾能力, 同时吉林省西部应适度压缩玉米比例。

IV: 玉米冷害灾损较低风险区。该区为吉林省西南部、辽宁省中北部及辽东山区的部分县市。这些县市玉米产量比重虽然不低, 但冷害气候风险较低, 很少发生严重冷害, 因此玉米生产中低温冷害风险较小。例如 1957、1969 和 1976 等典型冷害年, 该区各县玉米减产在 5% 左右, 经济损失也不大。

V: 玉米冷害灾损低风险区。该区为辽宁省的西部和中、南部县市。因积温丰富、气温较高, 发生冷害的气候风险性很小, 因此尽管玉米比重较大, 但就目前一熟制而言, 即使栽培当前的玉米晚熟品种也极少发生低温冷害, 因此总的看, 该区玉米低温冷害风险很低或基本不存在冷害风险。1957、1969 和 1976 年东北地区其他地方冷害十分严重, 但该区各县玉米减产不足 5%, 经济损失较轻; 1985 和 1993 年东北大部出现冷害, 但该区没有发生。该区应充分利用热量资源, 在水分基本得到满足的条件下, 尽可能采用晚熟玉米品种, 提高单产。

5 结论和讨论

(1) 通过对热量资源变化和玉米低温冷害风险指数和冷害气候风险概率等因素综合分析, 用玉米低温冷害综合气候风险评价指标将全区划分成高、偏高、中等、较低和很低 5 个玉米低温冷害气候风险区域。东北地区的北部、东部玉米低温冷害的风险性最大, 中部、西部部分县市居中, 吉林省西南部及辽宁省大部风险性最小。

(2) 玉米冷害致灾的气候因素及玉米生产布局的地域差异导致东北地区各地玉米冷害灾损风险差异很大。充分考虑玉米产量和面积比例等生产结构和地域布局因素, 建立了玉米低温冷害的气候—灾损综合风险评估模式, 将东北地区划分成高风险、较高风险、中风险、较低风险和低风险 5 个玉米低温冷害灾损综合风险区域。东北地区中部的长春至哈尔滨一带、黑龙江省偏北部及吉林省偏东部多数县市是玉米冷害灾损高风险区; 黑龙江省南部和北部高寒地带及吉林省东部地区为较高风险区; 吉林省西部和辽宁省东北部为中度风险区; 辽中和辽东的部分县市为较低风险区; 辽宁省的南南部为低风险区, 或基本没有冷害风险。

(3) 减缓玉米低温冷害气候和经济损失风险的主要措施, 一类是采取冷害的战略防御措施, 调整农业生态结构、作物布局和品种搭配。在玉米生产特别集中的玉米带内适当减少玉米面积比例, 实行主要粮豆作物的有机结合, 发挥综合效益; 合理进行玉米品种布局和早中晚熟品种搭配, 北部和东部低温冷凉的地区应适度压缩玉米偏晚熟品种比例。二是在低温冷凉地带推广使用抗御低温灾害的实用栽培技术, 如地膜覆盖, 使用抗寒剂,

适时早播,加强生产管理,提高玉米生产的抗低温能力。

应该强调的是,尽管 80 年代气候变暖以来东北地区玉米低温冷害的程度和频率有所下降,仅 1985、1986、1995 和 1998 年发生了轻度的低温冷害,但在生产中仍然要考虑到低温冷害的防御问题。一方面原因是,在实际生产中,农民为了提高产量,都在改用生育期较长、增产潜力更大的作物和品种,作物结构和品种布局有了较大的调整,如黑龙江省北部大豆和小麦面积逐年减少,玉米面积不断扩大,吉林省东部山区玉米面积比例也不断扩大,东北地区各地玉米偏晚熟品种比例不断扩大,从而使积温资源供求仍然处于一种紧平衡状态,如遇到低温年,冷害的经济损失将比以往更加严重。另一方面,由于异常气候事件的不断增加,各地温度和热量资源的变化幅度会加大^[19,20],在气候变暖的过程中,肯定会出现偏冷的阶段和低温的年份,而且气候变暖以冬季增温和最低温度上升为主要特征,作物生长季节变暖并不十分明显。因此,虽然气候变暖了,低温冷害仍然是东北地区主要农业气象灾害之一,人们在应对气候变化的时候,仍然要注意低温冷害的防御。

还要说明的是,由于年际气候冷暖预测的不确定性,要追求较高的粮食产量,农业生产不可能没有风险。如果把玉米等主要作物及其品种越区种植,高温年会丰收,但中、低温年都会发生冷害,导致严重减产,要冒很大风险,是不可取的。但是又不能一味追求无风险和低风险,因为那样就必须种生育期短的作物或早熟玉米品种,尽管不会有低温冷害,但是单产偏低,多数或半数年份热量资源没能充分利用,造成资源浪费。因此,实际生产中还是要按着科学的作物和品种区划办事,按着 80% 保证率活动积温的地理分布来安排作物和品种。在减轻灾害风险和追求较高产量方面,需要科学的决策。这类农业灾害风险管理问题,以及不同地区应对气候变化的作物布局和玉米等主要作物品种搭配问题,还有待于今后深入研究。

参考文献:

- [1] 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. 25~ 30
- [2] 王书裕. 作物低温冷害研究. 北京:气象出版社,1995. 116~ 120
- [3] 马树庆. 吉林省农业气候研究. 北京:气象出版社,1996. 166~ 180
- [4] 马树庆,王琪. 东北区低温冷害致灾因素的分析. 自然灾害学报,2003,12(2): 182~ 187
- [5] 马树庆,刘玉英,王琪. 玉米低温冷害动态评估和预测方法. 应用生态学报,2006. 17(10): 1905~ 1910
- [6] 孙玉亭,王书裕,杨永歧. 东北区作物冷害研究. 气象学报,1983,41(3): 313~ 321
- [7] 王春乙,郭建平. 作物冷害综合防御技术研究. 北京:气象出版社,1999. 175~ 211
- [8] 王书裕. 我国作物冷害研究进展. 气象科技,1984,(4): 75~ 79
- [9] 王春乙. 重大农业气象灾害研究进展. 北京:气象出版社,2007. 263~ 277
- [10] 王春乙,王石立,霍治国,等. 近十年来中国主要农业气象灾害监测预警与评估技术研究进展. 气象学报,2005,63(5): 659~ 671
- [11] 徐祥德,王馥棠,萧永生. 农业气象防灾调控工程与技术系统. 北京:气象出版社,2002. 10~ 85
- [12] 高素华. 玉米低温冷害机理研究综述. 见:王春乙,郭建平. 作物冷害综合防御技术研究. 北京:气象出版社,1999. 1~ 8
- [13] William J Petak, Arthur A Atkisson. Natural hazard risk assessment and polic policy anticipating: The unex pected Springer-Verag New York Inc, 1982
- [14] Vincent T Covello, Kazuhiko Kawamura, *et al.* Cooperation versus comfrontation: A comparison of approaches to envionmental risk management in Japan and the United State Risk Analysis, 1988, 8(2): 247~ 260
- [15] 李世奎,霍治国,王道龙,等. 中国农业气象灾害风险评估与对策. 北京:气象出版社,1999. 25~ 30, 222~ 229
- [16] 马树庆,王琪,袁祝香. 东北玉米低温冷害风险评估研究. 自然灾害学报,2003,12(3): 137~ 141

- [17] 霍治国, 李世奎, 王素艳, 等. 主要农业气象灾害风险评估技术及其应用研究. 自然资源学报, 2003, 18(6): 692 ~ 703
- [18] 张继权, 刘兴朋, 佟志军. 草原火灾风险评价与分区——以吉林省西部草原为例. 地理研究, 2007, 26(4): 755 ~ 761
- [19] 马树庆, 袭祝香, 安刚, 等. 吉林省农业界限温度条件变化规律研究. 地理科学, 1999, 19(1), 66~ 68
- [20] 王绍武, 马树庆, 陈莉, 等. 低温冷害. 北京: 气象出版社, 2008 (待出版).

The risk division on climate and economic loss of maize chilling damage in Northeast China

MA Shu-qing¹, WANG Qi², WANG Chun-yi³, HUO Zhiguo³

(1 Meteorological Observatory of Jilin province, Changchun 130062, China;

2 Institute of Meteorology Science of Jilin Province, Changchun 130062, China;

3 Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: The thermal condition, occurring frequency, risk index and climatic risk probability of the maize chilling damage in Northeast China were analyzed, and the synthetic climatic risk index and model were developed. Northeast China was divided into five climatic risk areas(highest, higher, moderate, lower and lowest) using synthetic climatic risk index. The risk evaluation model of climate-economic loss of the chilling damage was developed using synthetic climatic risk index, considering the maize's output and proportion of planting area. On this basis, Northeast China was divided into five typical damage areas of economic loss risk, including the highest, higher, moderate, lower and lowest one. Then the authors put forward relevant measures to reduce the damage risk in different areas.

The difference in damage risk is obvious in different areas. The northern and eastern parts of Northeast China are the highest climatic risk areas, and southwestern Jilin and most parts of Liaoning are the lower ones. The central part of Northeast China, the northern part of Heilongjiang and eastern Jilin are the highest risk areas on economic loss, western Jilin and northeastern Liaoning are moderate, the central and eastern parts of Liaoning are lower, and southern Liaoning is the lowest one even without risk.

Though the climate becomes warm, the supply-demand relation of thermal condition of maize production is still tense as a result of the increasing proportions of maize production(especially the late-ripe species). Therefore, the chilling damage risk is still high in most parts of Northeast China, and we should positively control the chilling damage under the condition of climatic change. The main measure to reduce the damage risk firstly is to improve the planting structure, adjust the maize variety proportion in different areas; and secondly is to use the cultivating technique of resisting the damage for promoting the resistibility.

Key words: maize chilling damage; climate risk; economic loss risk; division areas; Northeast China