

1980 年以来黑龙江省玉米低温冷害风险变化研究^{*}

李 帅¹, 陈 莉², 王暕暕¹, 覃 雪²

(1. 黑龙江省气象科学研究所, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2. 哈尔滨市气象局, 黑龙江 哈尔滨 150028)

摘 要: 利用黑龙江省农作物生育期观测的 24 个气象台站 1980–2010 年逐日平均气温资料和玉米生育期资料, 采用“黑龙江省玉米低温冷害综合指标体系”对黑龙江省 1980 年以来低温冷害危险性、暴露性、灾损敏感性进行了评估, 进而建立了黑龙江省玉米低温冷害风险综合评估模型。根据模型, 把黑龙江省划分为高、次高、中等、次低、低等 5 个风险区。以 1996 年为分界线, 1996–2010 年与 1980–1995 年相比, 松嫩平原西部玉米低温冷害风险增高, 三江平原西部由原来的次低风险和中等风险变为次高和高风险区。

关键词: 玉米低温冷害; 风险变化; 黑龙江省

中图分类号: P24; X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000–811X(2013)04–0099–05

黑龙江省地处中国最北部, 位于北半球中、高纬度, 是近 20 年气候显著变暖的区域之一^[1–2]。由于显著的气候变暖, 使得玉米种植区北扩明显^[3], 1995 年位于最北部的大兴安岭地区玉米种植面积仅 140 hm², 2010 年达到 1 133 hm², 增长了 7 倍有余; 而热量较充足的三江平原和松嫩平原, 由于气候变暖, 加之人们追求收益最大化的主观因素, 使得熟型偏晚的品种越来越普及^[4], 这体现了对气候变化的响应和适应。但由于气候波动的不可避免, 未来如果发生低温冷害, 即便低温程度较 1951–1980 年间轻, 仍会给黑龙江省粮食生产造成巨大损失, 因此气候变暖适应行为使黑龙江省低温冷害研究有重要的现实意义。

有关东北地区玉米低温冷害的研究主要集中在玉米低温冷害发生的气候条件、地理分布、指标及生理机制、预测预估等方面^[5–11]。近几年对玉米低温冷害的风险研究也已经逐渐开展。马树庆等^[12]利用变异系数、概率分布函数等方法分析了玉米冷害风险的地域分布, 由于没有对灾损风险量化, 基本上是对致灾因子气候危险性的分析; 2008 年马树庆等^[13]采用冷害气候风险和玉米产量、面积比例等农业生产结构因素, 建立了由冷害气候风险指标和玉米产量、面积比例等农业生产结构因素构成的玉米低温冷害的气候–灾损综合风险评估模式, 涵盖了致灾因子、灾损风险等研究, 对指导东北玉米生产非常有意义, 但其采用的低温冷害判定指标仅考虑了温度条件, 没有

与生育期的延迟等因素相结合; 朱海霞、陈莉等^[14]对黑龙江省玉米低温冷害指标进行了研究, 采用生长季气温距平和与黑龙江省综合指标体系相结合的方法, 分析了近 50 年来黑龙江省的低温冷害风险情况。本文在前人研究的基础上^[14], 对 1980 年以来的低温冷害风险的变化情况进行了分析, 希望能够使相关研究更进一步。

1 资料 and 指标

1.1 资料

由于黑龙江省玉米生育期观测资料始于 1980 年, 因此本研究时段为 1980–2010 年。具体包括黑龙江省农作物生育期观测的 24 个气象台站 (图 1) 逐年 5–10 月的逐日平均气温和玉米品种、发育期资料, 这些资料来自黑龙江省气象局; 75 个县的玉米单产和种植面积资料来源于黑龙江省统计局。

1.2 时间段的划定

有研究表明黑龙江省生长季平均气温在 1996 年发生了突变^[15], 同时东北地区玉米低温冷害强度突变发生在 1990 年代中期^[16], 因此本文分 1980–1995 年和 1996–2010 年两个时间段来分析玉米低温冷害风险的变化。

1.3 玉米低温冷害年判定指标

采用由李祎君^[6]提出, 朱海霞等^[14]修正的

^{*} 收稿日期: 2013–04–07 修回日期: 2013–05–13

基金项目: 国家公益性行业 (气象) 科研专项“东北寒地水稻低温冷害动态监测预警关键技术研究” (GYHY201306036)

作者简介: 李帅 (1972–), 男, 辽宁沈阳人, 高级工程师, 主要从事应用气象研究。E-mail: hlj_lishuai@163.com

通讯作者: 陈莉 (1972–), 女, 吉林扶余人, 教授级高级工程师, 主要研究气候与气候变化。E-mail: climate_chenli@163.com

将 1980 - 1995 年(1996 - 2010 年)各站主导指标和辅助指标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平均值，再按下式^[12-13]计算 H'_{hi} ：

$$H'_{hi} = \sum_{j=1}^2 \frac{D_{ij}}{n_i} \cdot G_{ij} \circ \quad (2)$$

式中： i 为气象台站，共 24 个； j 分为一般冷害和严重冷害两组； D_{ij} 为 i 站 j 组出现的频数； n_i 为 i 站总年数； G_{ij} 为 i 站 j 组平均值。定义第 i 站危险性评估指标值为 H_{hi} ：

$$h_{hi} = \frac{|H'_{hi}|}{\max_{j=1,24}(|H'_{hi}|)} \circ$$

而后按表 5 赋予的权重(得到方法同第 2.1 节)进行加权综合法计算，最后将所得的两组数据按表 6 赋予的权重进行加权综合法计算。

表 5 黑龙江省玉米各生育期之间重要程度
量化值和权重

	前期	中期	后期	权重	最大特征值
前期	1	1/2	1/3	0.139 6	3.053 6
中期	2	1	1/3	0.332 5	
后期	3	3	1	0.527 8	

表 6 主导指标和辅助指标间重要程度
量化值和权重

	主导指标	辅助指标	权重
主导指标	1	5	0.833 3
辅助指标	1/5	1	0.166 7

得到各站点危险性评估指标值后，利用 SPSS 软件与站点经度、纬度、海拔高度进行逐步回归分析，建立全省 1 km × 1 km 网格点危险性评估指标 H_{hj} 。

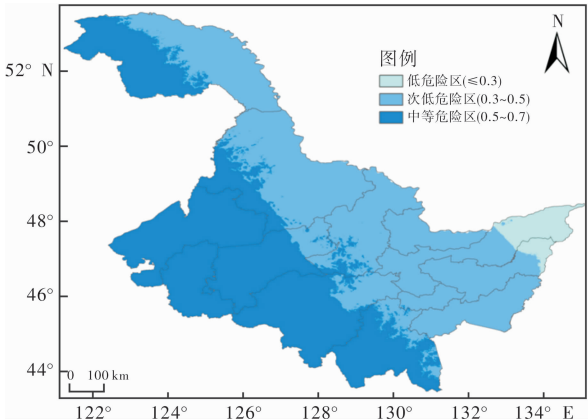
采用自然断点法(组内差异最小，组间差异最大的原则)将研究区按危险性评估值大小分为 5 级，1980 - 1995 年和 1996 - 2010 年危险性评估与区划的结果如图 2 所示。

1980 - 1995 年与 1996 - 2010 年这两段时间，黑龙江省玉米低温冷害致灾因子危险性分区差别较大，前 16 年西部、南部和北部偏西地区普遍为中等危险区，其它为次低危险区，而三江平原东部则为低危险区；后 15 年原来西部、南部及北部地区的中等危险区普遍降为次低危险区，而三江平原大部由原来的次低危险区升为中等危险区，尤其是东南部局部为次高危险区。

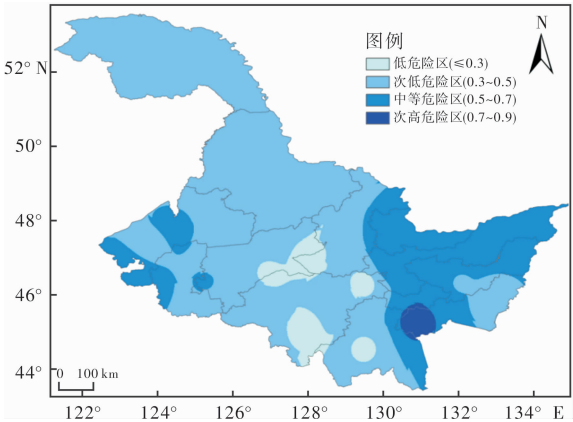
(2) 暴露性分区的变化

本研究以各地玉米种植面积比例作为暴露性评估指标，公式如下：

$$V'_{ei} = \frac{S_i}{C_i} \circ \quad (4)$$



(a)1980 - 1995 年



(b)1996 - 2010 年

图 2 黑龙江省玉米低温冷害致灾因子危险性分区

剔除种植面积或单产资料缺失的县，共选择 75 个县，即 $i = 1, 75$ ，式中： V'_{ei} 为 i 县玉米暴露性评估指标值； S_i 为 i 县玉米种植面积(hm^2)； C_i 为 i 县土地面积(km^2)。根据计算将玉米暴露程度分为 5 级，1980 - 1995 年与 1996 - 2010 年黑龙江省玉米低温冷害暴露性分区总体上看，松嫩平原为高暴露区，三江平原及东南山区为低暴露区，但 1996 - 2010 年较前 16 年，松嫩平原高暴露区变大，而三江平原西部也出现高暴露区(图略)。

(3) 灾损敏感性分区的变化

将各县玉米相对单产水平作为灾损敏感性评估指标，即：

$$V'_{di} = \frac{P_i}{P_0} \circ \quad (5)$$

式中： V'_{di} 为 i 县灾损敏感性评估指标值，其中 $i = 1, 75$ ； P_i 为 i 县玉米单产(kg)； P_0 为全省玉米平均单产(kg)。同样采用自然断点法进行分级，结果(图略)显示，无论是前 16 年还是后 15 年，大兴安岭和小兴安岭北部敏感性评估指标值普遍在 0.6 以下，为低敏感区；超过 1.2 的高敏感区主要分布在松嫩平原东部和南部山区；其它地区敏感程度处于中间水

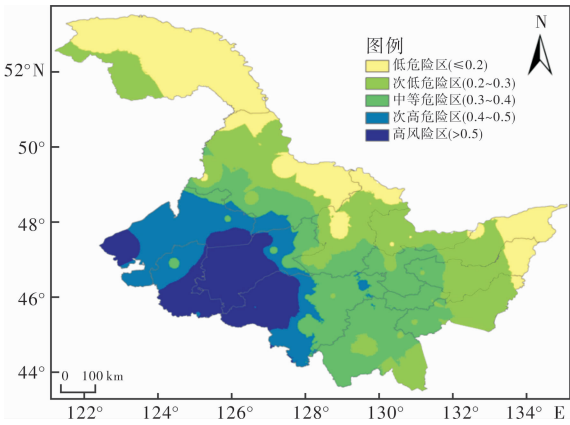
平。前后两段时间的差异主要体现在黑龙江沿岸，1996－2010 年较 1980－1995 年间，玉米低温冷害敏感性增强；三江平原大部由原来的次高敏感区变为高敏感区。

3 黑龙江玉米低温冷害风险变化

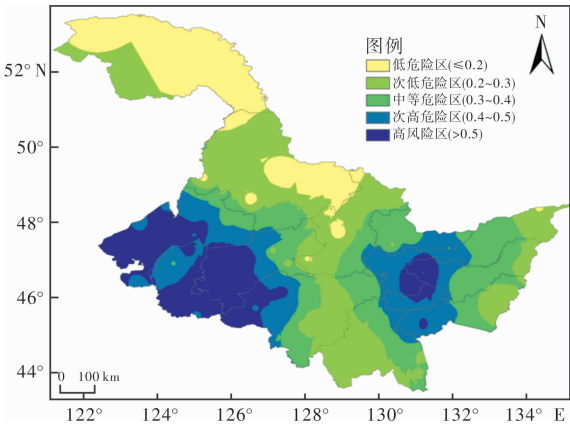
对暴露性和灾损敏感性评估指标按式(6)、(7)进行无量纲化处理,然后按照式(1) 计算各评价单元低温冷害风险指数 RH ,并采用自然断点法划分为 5 个风险等级(图 3)。

$$V_{ei} = \frac{V'_{ei}}{\max_{j=1,75}(V'_{ej})}, \tag{6}$$

$$V_{di} = \frac{V'_{di}}{\max_{j=1,75}(V'_{dj})}。 \tag{7}$$



(a) 1980－1995 年



(b) 1996－2010 年

图 3 黑龙江省玉米低温冷害风险分区

主要由于暴露性和敏感性较低，1980－1995 年与 1996－2010 年大、小兴安岭玉米低温冷害风险均为最低；松嫩平原由于致灾因子危险性较高，且暴露性和灾损敏感性一直维持较高，导致这些地区玉米低温冷害 1980 年以来一直属于高风险和

次高风险区；而地处黑龙江省东部的三江平原西部，由于 1996－2010 年较前 16 年致灾因子危险性、暴露性和敏感性均增高，使得该地区玉米低温冷害风险由原来的中等风险或次低风险转为高风险或次高风险。

4 结论

由于黑龙江省自 1990 年代中期以来气候变暖明显，本研究旨在分析最近 30 年来气候变暖前后黑龙江省玉米低温冷害风险的变化情况。依据灾害系统理论，所建立的玉米低温冷害风险模型包括了低温冷害危险性、灾损敏感性和暴露性等三方面。

结果表明，1996－2010 年较 1980－1995 年，黑龙江省玉米低温冷害致灾因子危险性分区差别较大，原来黑龙江省西部、南部及北部地区的中等风险区由于气候变暖最为显著，普遍降为次低风险区，而三江平原大部由原来的次低风险区升为中等风险区，尤其是东南部局部为次高风险区；黑龙江省玉米低温冷害暴露性分区的变化主要体现在松嫩平原高暴露区变大，而三江平原西部也出现高暴露区；黑龙江沿岸玉米低温冷害灾损敏感性增强，三江平原大部由原来的次高敏感区变为高敏感区。

从风险评估结果来看，近 30 年松嫩平原西部一直属于高风险区和次高风险区，这主要因为该区域是黑龙江省的玉米主产区，玉米种植密度大、单产高，同时致灾因子危险程度也相对较大，并且随着种植面积不断扩大、单产的不断提高以及熟性偏晚品种的选种，这一区域玉米低温冷害风险指数还将升高；大、小兴安岭地区虽然近些年玉米的种植面积有所扩大、单产也有所提高，但跟其它地区相比仍然较低，在暴露性和敏感性分区中处于最低等级分区，因此这一区域一直处于低风险区；地处黑龙江省东部的三江平原西部，由于 1996－2010 年较前 16 年致灾因子危险性、暴露性和敏感性均增高，使得该地区玉米低温冷害风险由原来的中等风险或次低风险转为高风险或次高风险区。

参考文献：

[1] 任国玉，徐铭志，初子莹，等. 近 54 年中国地面气温变化[J]. 气候与环境研究, 2005, 10(4): 717－727.
[2] 潘华盛，张桂华，徐南平. 20 世纪 80 年代以来黑龙江气候变暖的初步分析[J]. 气候与环境研究, 2003, 8(3): 348－354.

[3] 云雅如, 方修琦, 王丽岩, 等. 我国作物种植界线对气候变暖的适应性响应[J]. 作物杂志, 2007(3): 20–23.

[4] 方修琦, 王媛, 朱晓禧. 气候变暖的适应行为与黑龙江省夏季低温冷害的变化[J]. 地理研究, 2005, 24(5): 664–672.

[5] 高晓容, 王春乙, 张继权. 气候变暖对东北玉米低温冷害分布规律的影响[J]. 生态学报, 2012, 32(7): 2110–2118.

[6] 李伟君, 王远皓, 张雪芬, 等. 东北地区玉米低温冷害规律研究[J]. 自然灾害学报, 2011, 20(6): 74–80.

[7] 马玉平, 王石立, 李维京. 基于作物生长模型的东北玉米冷害监测预测[J]. 作物学报, 2011, 37(10): 1868–1878.

[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: 9–15.

[9] 陈莉, 朱锦红. 东北亚冷夏的年代际变化[J]. 大气科学, 2004, 28(2): 241–253.

[10] 王绍武, 马树庆, 陈莉, 等. 低温冷害[M]. 北京: 气象出版社, 2009: 1–134.

[11] 袁东敏, 郭建平. CO₂ 浓度增加对东北玉米生长影响的数值模拟[J]. 自然资源学报, 2010, 25(5): 822–829.

[12] 马树庆, 袭祝香, 王琪. 中国东北地区玉米低温冷害风险评估研究[J]. 自然灾害学报, 2003, 12(3): 137–141.

[13] 马树庆, 王琪, 王春乙, 等. 东北地区玉米低温冷害气候和经济损失风险分区[J]. 地理研究, 2008, 27(5): 1169–1177.

[14] 朱海霞, 陈莉, 王秋京, 等. 1980–2009 年期间黑龙江省玉米低温冷害年判定[J]. 灾害学, 2012, 27(1): 44–47.

[15] 方丽娟, 陈莉, 覃雪. 近 50 年黑龙江省作物生长季农业气候资源的变化分析[J]. 中国农业气象, 2012, 33(3): 340–347.

[16] 高晓容, 王春乙, 张继权. 东北玉米低温冷害时空分布与多时间尺度变化规律分析[J]. 灾害学, 2012, 27(4): 65–70.

[17] 李谢辉, 王磊, 谭灵芝, 等. 渭河下游河流沿线区域洪水灾害风险评价[J]. 地理科学, 2009, 29(5): 733–739.

[18] 殷杰, 尹占娥, 王军, 等. 基于 GIS 的城市社区暴雨内涝灾害风险评估[J]. 地理与地理信息科学, 2009, 25(6): 92–95.

[19] 霍治国, 李世奎, 王素艳. 主要农业气象灾害风险评估技术及其应用研究[J]. 自然资源学报, 2003, 18(6): 692–703.

[20] 葛全胜, 邹铭, 郑景云, 等. 中国自然灾害风险综合评估初步研究[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 156–232.

[21] Zhang Ji-quan. Risk assessment of drought disaster in the maize-growing region of Songliao Plain, China[J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 2004, 102(2): 133–153.

[22] 赵静, 张继权, 严登华, 等. 基于格网 GIS 的豫北地区干旱灾害风险区划[J]. 灾害学, 2012, 27(1): 55–58.

[23] 王瞭瞭, 杨晓强, 李帅, 等. 东北地区水稻霜冻灾害风险评估与区划[J]. 气象与环境学报, 2012, 28(5): 40–45.

[24] 于文金, 闫永刚, 吕海燕, 等. 基于 GIS 的太湖流域暴雨洪涝灾害风险量化研究[J]. 灾害学, 2011, 26(4): 1–6.

[25] 周华坤, 赵新全, 周立, 等. 层次分析法在江河源区高寒草地退化研究中的应用[J]. 资源科学, 2009, 27(4): 63–70.

[26] 郭志华, 刘祥梅, 肖文发, 等. 基于 GIS 的中国气候分区及综合评价[J]. 资源科学, 2007, 29(6): 2–9.

Change of Risk of Chilling Damage to Maize in Heilongjiang Province Since 1980

Li Shuai¹, Chen Li², Wang Liangliang¹ and Qin Xue²

(1. Heilongjiang Research Institute of Meteorological Science, Harbin 150030, China;
2. Harbin Meteorological Bureau, Harbin 150028, China)

Abstract: Based on the data including of daily average temperature data and date of different growing status of maize from 1980 to 2010 of 24 meteorological stations in Heilongjiang province and GIS data which the spatial resolution ratio was 1km * 1km, change of risk of chilling damage to maize since 1980 are analyzed. Initially, the risk of hazard factor is calculated by adopting the criterion of “Comprehensive Decision System of Chilling Injury for Maize in Heilongjiang Province”. Then, comparing the planting area of maize of 75 stations as the exposure degree index, risk zones of exposure degree are concluded. After that, risk zones of the sensitivity of chilling damage were outlined based on pre unit area yield of maize. At last, this article set down a comprehensive evaluation model of chilling damage to maize in Heilongjiang province. Heilongjiang province is divided into 5 parts of risk. Some conclusions are drawn, Comparing with the period before 1995, the risk of chilling damage to maize is more severe in the west area of Songnen Plain and the risk of chilling damage to maize becomes sub-high risk zone or high risk zone from sub-low risk zone or low risk zone since the mid-1980s.

Key words: chilling damage to maize; change of risk; Heilongjiang province