



未来气候情境下黑龙江省玉米低温冷害特征分析

王冬冬¹, 朱海霞², 李秀芬², 曲辉辉²

(1. 黑龙江省气象局 机关服务中心, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2. 黑龙江省气象科学研究所, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘要:为促进黑龙江省玉米播种的合理布局,基于 BCC_CSM1.1 模式模拟结果,结合玉米低温冷害指标,对未来气候情景下黑龙江省玉米低温冷害的时空分布特征进行了分析。结果表明:2020 年代至 2050 年代,一般低温冷害和严重低温冷害变化规律相似,均为 2030 年代发生频率最高,2040 年代和 2050 年代发生频率较低;2021、2024、2026、2031、2034、2035、2037、2039、2045 和 2057 年发生一般低温冷害的格点数多于 20 个,2021、2022、2023、2024、2026、2036、2037 和 2048 年发生严重低温冷害的格点数多于 20 个;严重低温冷害较一般低温冷害分布范围广,一般低温冷害的最大发生频率高于严重低温冷害。

关键词:气候变化;黑龙江省;玉米;低温冷害

黑龙江省是我国重要的粮食生产基地,2010 年玉米产量达 2 320 万 t^[1],在全国优质玉米供应中具有重要作用。同时,由于黑龙江省地处我国纬度最高地区,生长季低温产生的冷害是影响农业生产的最大气象灾害,20 世纪 50-70 年代受冷害影响农作物减产严重^[2-3]。随着气候变暖,80 年代以来气候明显变暖,90 年代后基于气象记录的低温冷害出现的频率和强度均有明显降低^[4]。但是气候变暖将导致农业的不稳定性增加^[5],黑龙江省近 50 年来气温上升 1.0 °C,活动积温增加,于是人们为了获取更高经济效益,开始选择生育期更长、所需积温更多、产量更好的玉米品种进行播种,这一行为往往抵消了气温升高带来的积温增加的效应,使玉米遭受低温冷害的频率和强度并不一定随变暖而减少^[6]。在 1980-2009 年,黑龙江省共发生 14 次玉米低温冷害,其中 1987 年最为严重^[7],大、小兴安岭及黑龙江南部山区等高海拔地区为发生玉米低温冷害的高风险区,且与 1980-1995 年相比,1996-2010 年松嫩平原西部和三江平原西部玉米低温冷害的风险均呈现增高趋势^[8-9]。有研究显示,从现在开始至 2044 年,松嫩平原东部和三江平原东部玉米低温

冷害的风险将有所增加^[10]。因此,冷害对黑龙江省玉米生产的影响仍不容小觑。

目前用于判别低温冷害的指标有 4 类:基于温度的积温及积温距平指标^[3,11-14]、作物发育期距平指标^[15-16]、热量指数^[17-20]和由几种指标组成的综合指标^[7,21],在应用过程中 4 类指标各自具备不同的优缺点,除积温及积温距平指标外,其它 3 类指标均需结合作物发育期。受作物发育期资料限制,本文拟采用积温距平类指标分析黑龙江省 2021-2060 年玉米低温冷害的特征,以期气候变化背景下黑龙江省玉米的合理布局提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

本文使用的气象数据为 BCC_CSM1.1 模式的模拟结果,选取 RCP8.5 浓度路径情景(即该情景在 2100 年达到的辐射强度约为 8.5 W·m⁻²)的逐日平均气温,黑龙江省范围内共 237 个网格格点,时长为 2021-2060 年共 40 a,时段 2021-2030 年、2031-2040 年、2041-2050 年和 2051-2060 年分别称为 2020s、2030s、2040s 和 2050s。

1.2 方法

1.2.1 冷害判定 采用中国气象局 2009 年发布的气象行业标准《QX/T101-2009 水稻、玉米冷害等级》^[22]规定的玉米冷害指标进行冷害判定。

T_{5-9} 为 5-9 月逐月平均气温之和的多年平均值,一般为 30 a 或 30 a 以上的平均值。 ΔT_{5-9} 为当年 5-9 月逐月平均气温之和与多年平均值的距

收稿日期:2017-12-28

基金项目:中国气象局气候变化专项资助项目(CCSF 201410)。

第一作者简介:王冬冬(1982-),男,黑龙江省哈尔滨市人,硕士,工程师,从事气象服务工作。E-mail: 911719091@qq.com。

通讯作者:曲辉辉(1985-),女,硕士,高级工程师,从事农业气象与气候资源利用研究。E-mail: quhuihui808@163.com。

平。若某地多年 5-9 月逐月平均气温之和的平均值(\overline{T}_{5-9})介于 85.0~90.0 ℃时,那么当 $-2.0 < \text{当地 } \Delta T_{5-9} \leq -1.7$ 时,当地玉米发生一般低温冷害,当 $-3.7 < \text{当地 } \Delta T_{5-9} \leq -3.1$ 时,则发生严重低温冷害。

表 1 玉米低温冷害指标

Table 1 Indexes of low temperature and cold damage in maize

$T_{5-9} / ^\circ\text{C}$	$\Delta T_{5-9} / ^\circ\text{C}$	
	一般冷害年	严重冷害年
	Slight cold damage	Severe cold damage
80	-1.1	-1.7
85	-1.4	-2.4
90	-1.7	-3.1
95	-2.0	-3.7
100	-2.2	-4.1
105	-2.3	-4.4

1.2.2 数据分析 空间分布特征采用 ArcGIS 软件的 IDW 模块,对研究区域内的数据处理结果进行插值,获取空间分布图。

2 结果与分析

2.1 一般冷害特征分析

由图 1 可以看出,未来 4 个年代黑龙江省玉米一般低温冷害的发生频率总体表现为先上升后下降的变化趋势,2030s 发生频率最高。2020s 黑龙江省玉米一般低温冷害全省平均发生频率约为 5%,主要发生区域为中西部和北部,一般低温冷害发生地区的冷害发生频率多为 10%,即冷害发生区域内大部分地区 10 年中仅有一年发生一般低温冷害,西南部地区一般低温冷害发生频率最高,个别模拟格点的发生频率达到了 40%,即当地每 2~3 年就会发生 1 次一般低温冷害。至 2030s,黑龙江省玉米一般低温冷害全省平均发生频率为 8%,发生范围东扩,发生频率在 20%以上的区域增加明显,大兴安岭个别模拟格点及西南部个别模拟格点玉米一般冷害发生频率高达 50%。2030s 以后,黑龙江省玉米一般低温冷害发生频率迅速降低,2040s 和 2050s 全省平均发生频率为 1%~2%,最大发生频率分别为 20%和 10%,一般冷害发生区域主要集中在西南部地区,其它区域表现为零星分布;但从分布上可以看出,2050s 较 2040s 一般冷害发生范围更小,同时全

省平均冷害发生频率也略有下降。

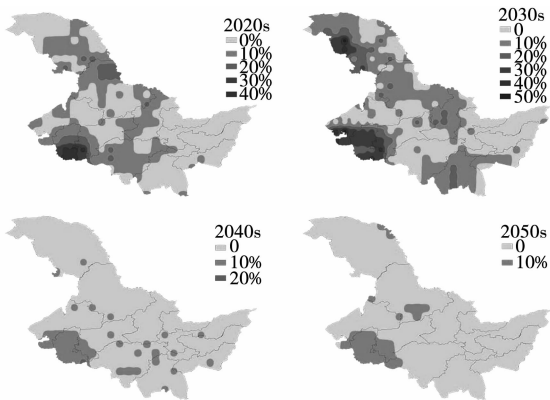


图 1 黑龙江省玉米一般低温冷害发生频率
Fig. 1 Frequency of slight cold damages of maize during each decade in Heilongjiang province

由图 2 可以看出,在 40 年间,玉米一般低温冷害发生范围较广、发生格点数在 30 个以上的年份有 2021、2031、2034、2035 和 2037 年,发生格点数为 21~30 个的年份有 2024、2026、2039、2045 和 2057 年,发生格点数为 11~20 个的年份有 2025、2032 和 2033 年,发生格点数为 1~10 个的年份有 2022、2023、2027、2028、2029、2041、2042、2047、2048 和 2060 年,其余年份全省均未发生玉米一般低温冷害。由此可见,一般低温冷害发生格点较多的时段为 2020s 和 2030s,这与图 1 的分析结果比较一致。

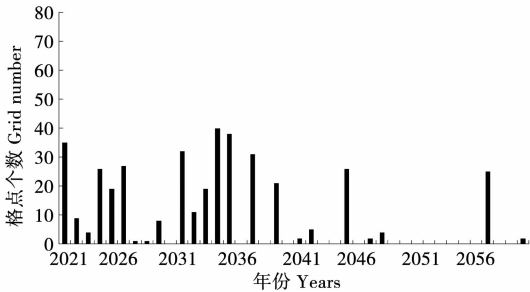


图 2 黑龙江省玉米一般低温冷害发生范围年际变化
Fig. 2 Annual variation of the grid numbers with slight cold damages of maize in Heilongjiang province

2.2 严重低温冷害特征分析

由图 3 可以看出,黑龙江省玉米严重低温冷害在各年代发生频率的变化趋势与一般低温冷害类似,均表现为先升高后下降的变化趋势,且在 2030s 发生频率最高。2020s 黑龙江省玉米严重低温冷害的全省平均发生频率为 6%,全省约有一半数量格点发生严重低温冷害,发生区域主要集中在北部地区,西南和东南部有小面积连片发

生,发生区域的发生频率多为10%,最大发生频率为30%,发生在西南部地区。2030s玉米严重低温冷害全省平均发生频率增至8%,发生范围向南扩大,发生频率为30%的区域同样有所扩大。2040s较2030s严重低温冷害的发生范围明显缩小,发生范围主要集中于中东部地区的中心区域,全省平均发生频率也明显下降,降至3%,全省最大发生频率为20%。至2040s,玉米严重低温冷害全省仅剩2个格点发生,且10年内仅发生1次。

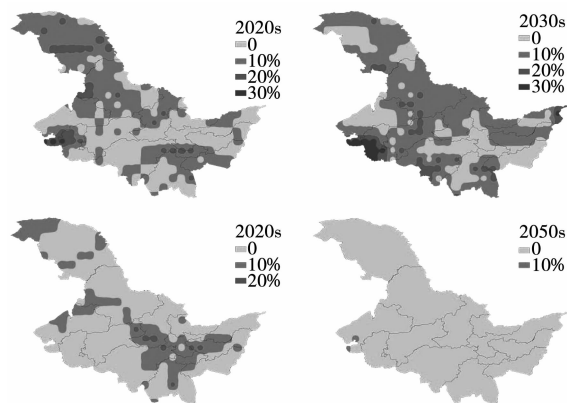


图3 黑龙江省各年代玉米严重低温冷害发生频率
Fig. 3 Frequency of serious cold damages of maize during each decade in Heilongjiang province

由图4可以看出,在40年间,2037年玉米严重低温冷害的发生范围最大,达76个格点,其它年份发生格点数均在40个以下;发生格点数为31~40个的年份有2021、2036和2048年,发生格点数为21~30个的年份有2022、2023、2024和2026年,11~20个格点发生的年份为2025、2031、2033、2034和2042年,发生格点数为1~10个的年份有2029、2032、2039、2040、2041、2045、2047和2057年,其余年份全省均未发生玉米严重低温冷害。发生严重低温冷害格点数超过20个的年份主要集中在2020s和2030s,这一分析结果与图3分析结果相吻合。

2.3 一般冷害和严重冷害比较

图5为黑龙江省玉米一般低温冷害和严重低温冷害在未来40年间的总体发生频率对比,2种冷害发生频率的平均值均为4%左右,但是空间分布上有所不同。一般低温冷害在东北部地区40年内几乎没有发生,而西南部地区发生频率较高,个别格点发生频率高于20%;而严重低温冷害全省普遍发生,除个别格点发生频率为11.0%~

17.5%以外,其余大部地区发生频率均低于10%。

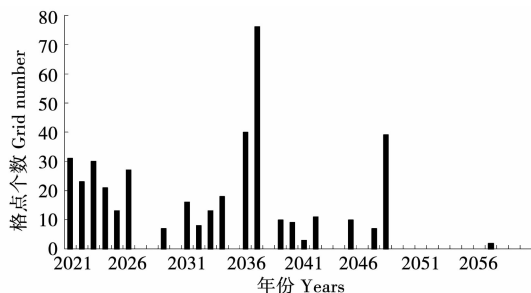


图4 黑龙江省玉米严重低温冷害发生范围年际变化
Fig. 4 Annual variation of the grid numbers with serious cold damages of maize in Heilongjiang province

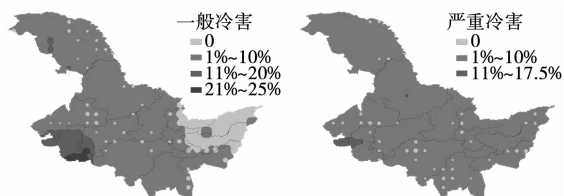


图5 2021-2060年黑龙江省玉米不同程度低温冷害发生频率
Fig. 5 Frequency of cold damage of maize from 2021 to 2060 in Heilongjiang province

3 结论与讨论

基于BCC_CSM1.1模式的模拟结果,利用气象行业标准《QX/T101-2009 水稻、玉米冷害等级》规定的玉米冷害指标进行冷害判定,采用ArcGIS软件进行结果表达。研究表明:在研究时段内,黑龙江省玉米一般低温冷害在2030s发生频率最高,2040s和2050s发生频率较低,2020s居中。严重低温冷害的发生频率在各年代间的变化规律与一般低温冷害相似。黑龙江省玉米一般低温冷害发生格点数多于20个的年份有2021、2024、2026、2031、2034、2035、2037、2039、2045和2057年,严重低温冷害发生格点数多于20个的年份有2021、2022、2023、2024、2026、2036、2037和2048年,其中2037年冷害分布最为广泛。在所选取的40年中,严重低温冷害的分布范围较一般低温冷害广泛,但是全省范围内一般低温冷害的最大发生频率高于严重低温冷害,且高频率冷害发生范围同样为一般低温冷害大于严重低温冷害。

本文对2021-2060年黑龙江省玉米一般低温冷害和严重低温冷害的时间和空间分布规律进行了分析,并对2种低温冷害进行了比较,所得结果

对黑龙江省未来 40 年的玉米生产合理规避低温冷害具有一定理论指导作用。但实际生产中,低温冷害的发生还与玉米自身的耐低温能力存在一定关系,未来可能会培育出耐低温能力较强的玉米品种;同时,还可以根据对当年气候条件的预报选择播种品种,有效降低发生低温冷害的可能性。

参考文献:

[1] 黑龙江省统计局,国家统计局黑龙江调查总队. 黑龙江统计年鉴 2011[M]. 北京: 中国统计出版社,2011: 339-341.

[2] 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,1991:72-73.

[3] 孙玉亭,王书裕,杨永岐. 东北地区作物冷害的研究[J]. 气象学报,1983,41(3): 313-321.

[4] 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.

[5] IPCC. Climate change 2007: the physical science basis,summary for policy makers[M]. Paris: IPCC WGI Fourth Report,2007: 195-199.

[6] 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.

[7] 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.

[8] 李帅,王瞭瞭,陈莉,等. 黑龙江省玉米低温冷害风险综合评价模型研究[J]. 自然资源学报,2013,28(4): 635-645.

[9] 李帅,陈莉,王瞭瞭,等. 1980 年以来黑龙江省玉米低温冷害风险变化研究[J]. 灾害学,2013,28(4): 99-103.

[10] 朱红蕊,刘赫男,张洪玲,等. 黑龙江省玉米低温冷害风险评估及预估[J]. 气候变化研究进展, 2015, 11(3): 173-178.

[11] 王书裕. 作物低温冷害研究[M]. 北京: 气象出版社, 1995: 116-120.

[12] 马树庆. 吉林省农业气候研究[M]. 北京: 气象出版社, 1996: 166-180.

[13] 毛飞,高素华,庄立伟. 近 40 年东北地区低温冷害发生规律的研究[M]//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: 17-26.

[14] 王春乙,毛飞. 东北地区低温冷害的分布特征[M]//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,1999:9-15.

[15] 高素华. 玉米延迟型低温冷害的动态监测[J]. 自然灾害学报,2003,12(2):117-121.

[16] 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.

[17] 郭建平,高素华. 东北地区农作物热量年型的划分及指标的确定[M]//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: 158-164.

[18] 郭建平,庄立伟,陈玥煜. 东北玉米热量指数预测方法研究(I)—热量指数与玉米产量[J]. 灾害学,2009,24(4): 6-10.

[19] 郭建平,陈玥煜,庄立伟. 东北玉米热量指数预测方法研究(III)—GM(1,1)预测方法[J]. 灾害学,2010,25(1): 23-26.

[20] 郭建平,陈玥煜,庄立伟. 东北玉米热量指数预测方法研究(IV)—均生函数预测方法[J]. 灾害学,2010,25(1): 27-34.

[21] 李伟君,王春乙. 东北地区玉米低温冷害综合指标研究[J]. 自然灾害学报,2007,16(6): 15-20.

[22] 霍治国,马树庆,柏秦凤. QX/T 101-2009,水稻、玉米冷害等级[S].

Analysis of Cold Damage Characteristics of Maize in Heilongjiang Province Under Future Climate Scenario

WANG Dong-dong¹,ZHU Hai-xia²,LI Xiu-fen²,QU Hui-hui²

(1. Office Service Center, Heilongjiang Provincial Meteorology Bureau, Harbin 150030, China;2. Heilongjiang Province Institute of Meteorological Sciences, Harbin 150030, China)

Abstract: In order to promote the rational distribution of maize in Heilongjiang province, time-space distribution features were analyzed for chilling damage characteristics of maize, with chilling damage indexes of maize under future climate scenario, based on meteorological data of BCC_CSM1.1 model. The results showed that from 2020s to 2050s, the frequency of the 2030s was the highest for slight cold damage and severe cold damage of maize and those of the 2040s and 2050s were lower. The grid number were over 20 spots where would happen slight cold damage in these years, such as 2021, 2024, 2026, 2031, 2034, 2035, 2037, 2039, 2045 and 2057, the grid number were over 20 spots where would happen severe cold damage in these years, such as 2021, 2022, 2023, 2024, 2026, 2036, 2037 and 2048. In term of width of area where happened severe cold damage or slight cold damage, the former was larger. In term of maximum frequency of slight cold damage or severe cold damage, the former was higher.

Keywords: climatic change; Heilongjiang province; maize; cold damage