

王秀芬, 尤飞. 吉林省作物生长季极端气温时空变化特征[J]. 灾害学, 2016, 31(4): 88–94. [WANG Xiufen and YOU Fei. Temporal and Special Change Analysis of Extreme Temperature of the Crop Growth Period in Jilin Province[J]. Journal of Catastrophology, 2016, 31(4): 88–94. doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2016.04.016.]

吉林省作物生长季极端气温时空变化特征^{*}

王秀芬, 尤 飞

(中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081)

摘 要: 利用 1961–2010 年吉林省 20 个气象站点逐日最低、最高气温资料, 选取与农作物生长较为密切的 10 个极端气温指标, 系统分析了吉林省作物生长季内极端气温指标的时空变化特征。研究结果表明: 吉林省作物生长季内极端温度指标均呈升高趋势, 其中与日最低气温相关的极端温度指标升高更快。从 1960 年代到 2000 年代, LMinT、LMaxT 和 DMinT < 0℃ 向 5 月上旬和 9 月下旬集中; HMinT 向 7 月中旬到 8 月中旬集中; HMaxT 和 DMaxT > 35℃ 向 6 月和 7 月集中。LMinT、HMaxT、HMinT 和 LMaxT4 个指标线性倾向率的空间变化趋势不明显, HMaxT、HMinT 和 LMaxT3 个指标有 2~3 个站点线性倾向率小于 0; 除 HHMinT 出现范围缩小外, LLMinT、LLMaxT 和 HHMaxT 出现范围都表现为扩大的趋势。所得结论可为明确吉林省作物生长季极端低温、高温灾害的发生时段和范围, 从而进行极端灾害的防抗避减提供参考。

关键词: 极端气温; 作物生长季; 时空变化; 发生频率; 吉林省

中图分类号: X43; P4; S50 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000–811X(2016)04–0088–07

doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2016.04.016

近百年来, 全球正在经历一次以变暖为显著特征的气候变化过程。IPCC 第 5 次评估报告表明, 1880–2012 年全球地表平均温度升高了 0.85℃ (0.65~1.06℃), 1951–2012 年全球地表平均温度的升温速率是 1880 年以来升温速率的两倍^[1]。在地表平均气温升高的背景下, 其极端值也在发生着变化, 极端天气和气候事件的频繁发生使得国内外众多学者越来越关注对极端气候的研究。近 50 年来全球极端气温事件, 尤其是与日最低气温相关的极端气温指数变化是非常显著的, 全球 70% 以上的陆地都表现为冷夜明显减少, 而暖夜明显增加^[2]。中国范围内极端最低气温显著升高, 而极端最高气温升高不多^[3–5]。霜冻日数和结冰日数明显减少, 减少显著的区域集中在北方^[5–6], 夏季日数和热夜日数明显增多, 增多显著的区域主要在中东部^[6], 且北方极端气温的变化趋势更为明显^[7–8]。从季节来看, 冬季极端温度指数的变化趋势最为明显^[9], 冷夜(昼)日数减少主要发生在冬季, 其次是春、秋季, 而暖昼和暖夜日数增加最显著的季节分别出现在秋季和夏季^[6]。另外,

许多学者还对中国局部地区的极端气温事件进行了相关研究^[10–24]。

但前人对极端气温变化的研究多集中在全国或各省、区全年或分季节极端高温和极端低温的平均变化及极端冷暖指数等的时空分布特征。东北地区是我国夏季低温多发区。近年来对东北地区极端气温的研究多采用极端气温指数来分析冷暖指数及极端气温的时空变化特征^[25–27]。然而, 农业是对气候变暖反应最为敏感的部门之一, 东北地区又是我国的粮食主产区, 系统细致地分析东北地区农作物生长季内极端高温、极端低温及相关指数的时空变化特征等方面的研究较为缺乏, 尤其是对日极端气温极值中的最值的空间变化分析更为鲜见。在前人研究的基础上, 本研究以吉林省为研究区域, 试图通过对作物生长季内日最低气温的极低值、日最低气温的极高值等 10 个指标的时空变化特征进行分析, 揭示吉林省作物生长季内极端气温的时空变异, 为研究区域农作物更好适应未来气候变化, 趋利避害, 充分利用热量资源提供科学参考。

^{*} 收稿日期: 2016–02–25 修回日期: 2016–04–18

基金项目: 国家自然科学基金项目(71303240)

第一作者简介: 王秀芬(1978–), 女, 山西寿阳人, 助理研究员, 主要从事农业减灾及农业风险管理研究。

E-mail: wangxiufen@caas.cn

通讯作者: 尤飞(1972–), 男, 山西偏关人, 副研究员, 主要从事农业区域发展研究。E-mail: youfei@caas.cn

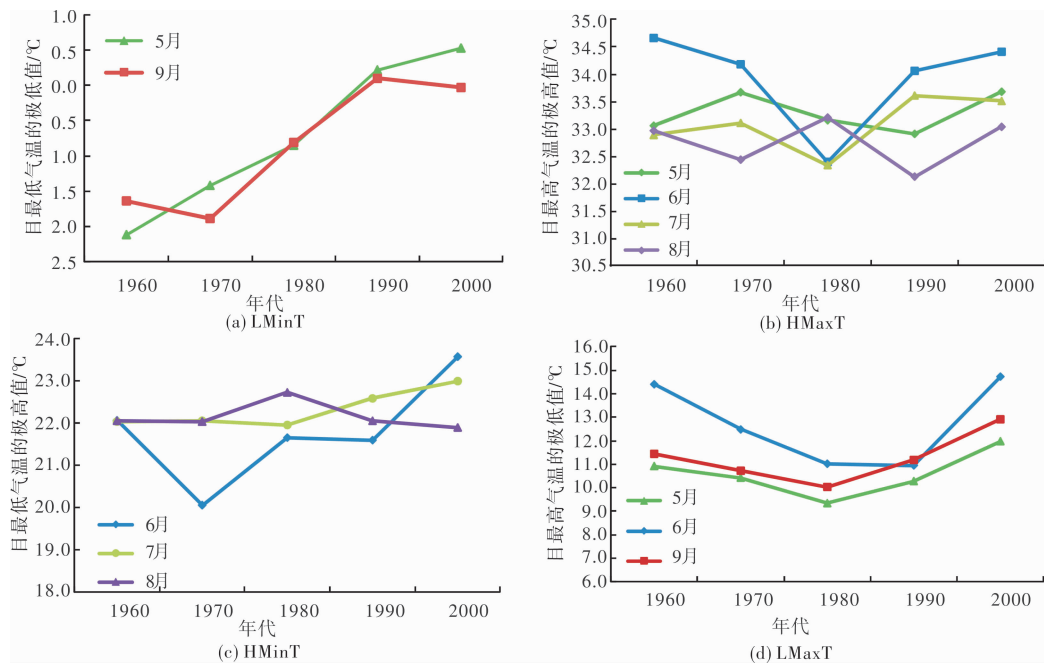


图2 LMinT、HMaxT、HMinT 和 LMaxT 年代变化趋势

平均值均转负为正，超过 0℃。LMinT 在 5 月上升的较 9 月更快；HMaxT 在 5 月、6 月、7 月和 8 月四个月的上升趋势都不明显，且波动较大，波动最大的是 6 月，最高值出现在 1960 年代，为 34.66℃，最低值出现在 1980 年代，为 32.4℃，相差 2.26℃；HMinT 在 6 月、7 月、8 月三个月表现为不同的变化趋势，6 月表现为波动上升，7 月缓慢上升，8 月基本不变；LMaxT 则在 5 月、6 月和 9 月三个月均表现为 U 型，即先下降后上升的趋势。

表 2 作物生长季极端温度指标线性变化趋势

指标	线性方程	线性倾向率	显著性水平
LMaxT	$Y=0.0273x+10.176$	0.273℃/10 年	未通过
LMinT	$Y=0.0653x-2.4397$	0.653℃/10 年	0.01
HMaxT	$Y=0.0063x+33.171$	0.063℃/10 年	未通过
HMinT	$Y=0.0161x+21.888$	0.161℃/10 年	未通过
LLMaxT	$Y=0.0179x+6.3167$	0.179℃/10 年	未通过
LLMinT	$Y=0.112x-8.0609$	1.12℃/10 年	0.01
HHMaxT	$Y=0.002x+36.971$	0.02℃/10 年	未通过
HHMinT	$Y=0.0211x+23.918$	0.21℃/10 年	0.05
DMinT < 0	$Y=-1.4413x+86.75$	-14.4d/10 年	0.01
DMaxT > 35	$Y=0.2461x+5.8033$	2.461d/10 年	未通过

(3) 极端温度指标出现时段的变化特征

从图 3 可以看出，LMinT、HMinT 和 LMaxT 三个指标出现的时段比较集中。其中，LMinT 集中出现在 5 月上旬和 9 月下旬。从总的趋势来看，LMinT 出现在 5 月上旬的频率呈减少趋势，而出现在 9 月下旬的频率呈增加趋势；HMinT 集中出现在

7 月中旬到 8 月中旬，其中又以 7 月下旬和 8 月上旬出现的频率最高，5 个年代平均出现频率为 68.4%。LMaxT 集中出现的时间与 LMinT 基本一致，即 5 月上旬和 9 月下旬，但不同的是 LMaxT 出现在 5 月上旬的频率呈增加趋势，而出现在 9 月下旬的频率呈减少趋势。而 HMaxT 则在 5 月上旬到 8 月下旬均有出现，且出现的频率相差不大，但从月份来看，以 5 月出现的频率最小，6 月出现的频率增加趋势明显，7 月出现的频率除在 1970 年代比较高外，其余 4 个年代差别不大，在 30% 左右，8 月出现的频率在 1960 和 1980 两个年代较高，约 40%，其他 3 个年代则在 20% 以内。

DMinT < 0℃ 在不同时段出现的频率的变化趋势与 LMinT 的趋势基本一致，出现在 5 月和 9 月的频率较高，且出现在 9 月的频率有增加趋势；DMaxT > 35℃ 在 6 月和 7 月出现频率最高，且出现在 6 月的频率增加趋势明显。

2.2 极端温度指标的空间变化趋势

(1) 极端温度指标空间分布

从图 4 可以看出，除 DMinT < 0℃ 指标外，极端气温各指标总体上均表现为从西北向东南递减的趋势。LMinT 变化幅度在 -4.84 ~ 1.64℃ 之间，相差 6.48℃，最低点为位于长白山脚下的松江站。HMaxT 变化幅度在 30.7 ~ 36.2℃ 之间，相差 5.5℃；HMinT 最大值出现在四平市的双阳站，为 24℃，最小值出现在白山市的长白站，为 18.9℃，相差 5.1℃；LMaxT 变化幅度在 7.8 ~ 13.3℃ 之

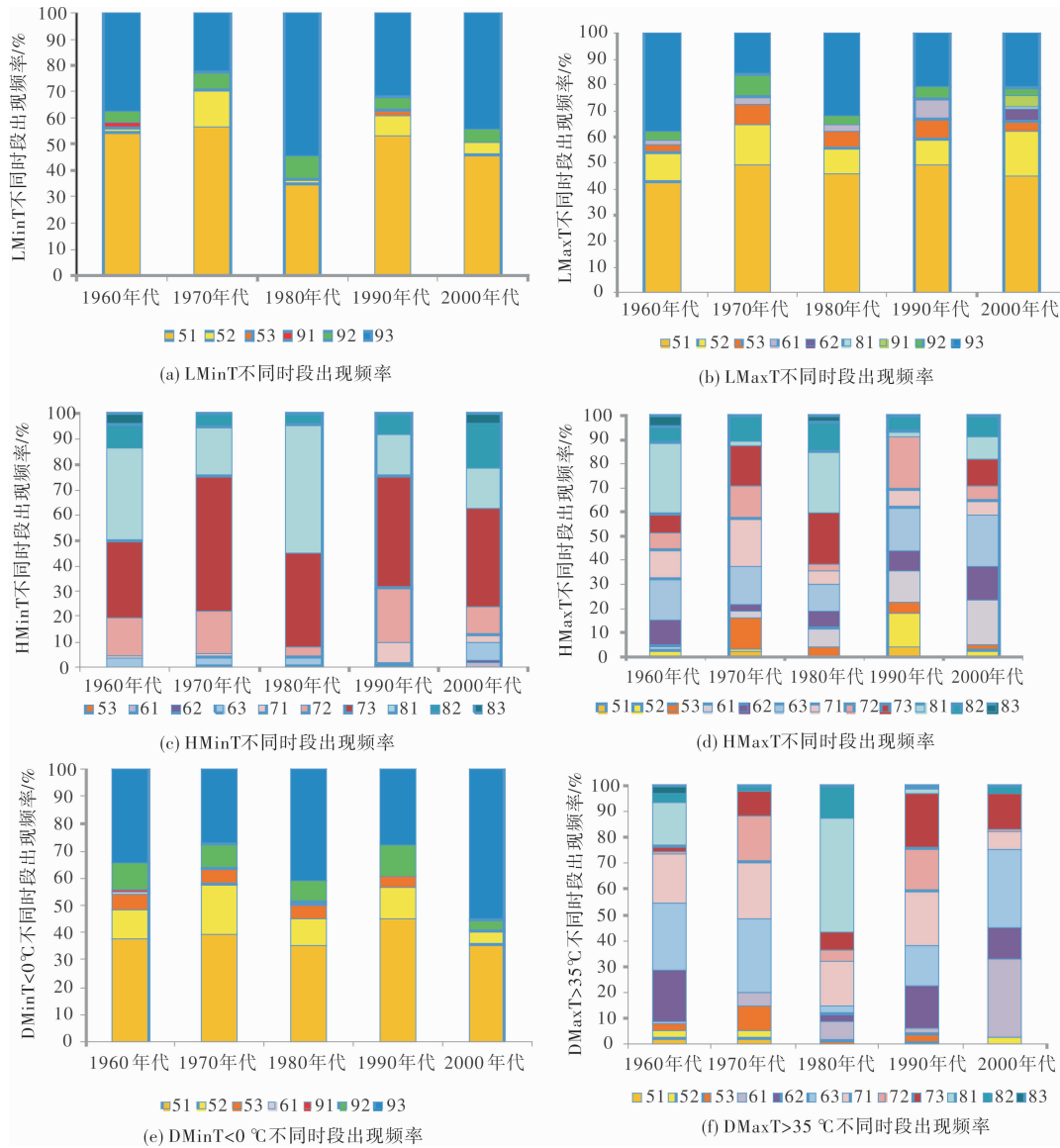


图3 极端温度指标不同年代不同时段出现频率

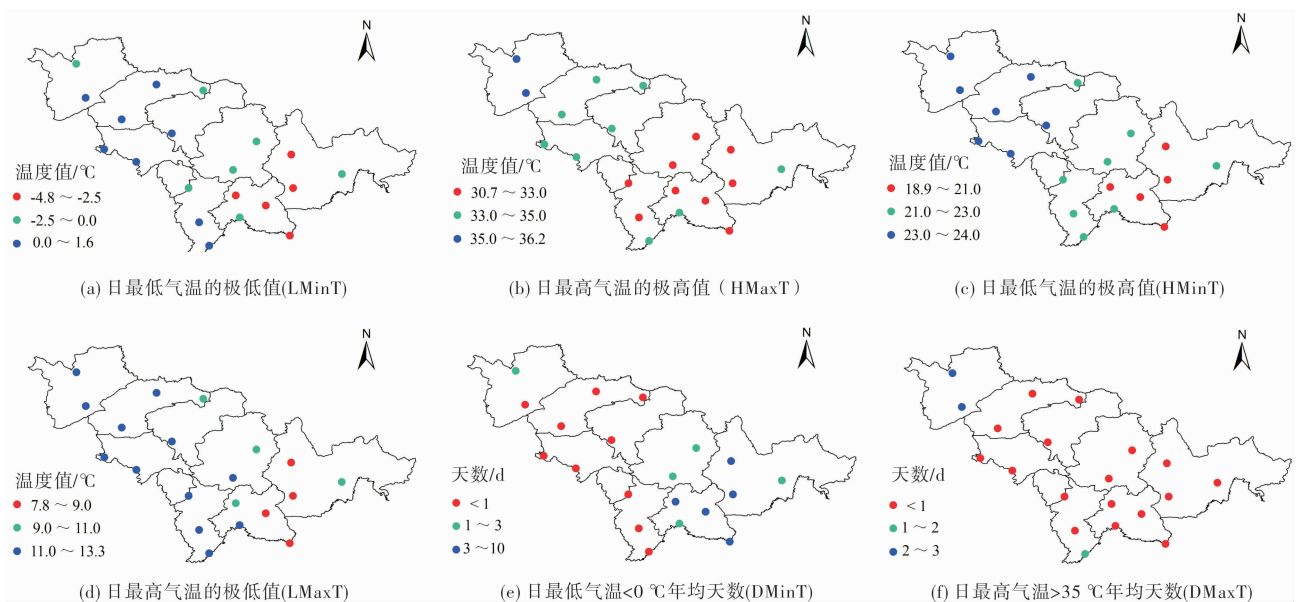


图4 极端温度指标的空间分布

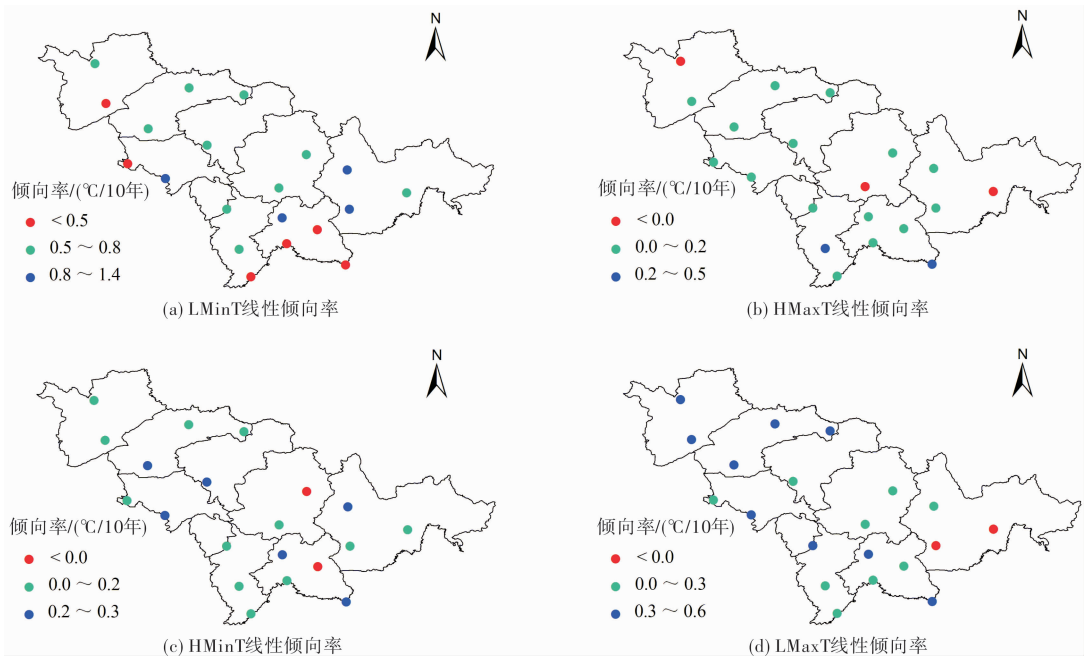


图5 极端温度指标线性倾向率的空间变化趋势

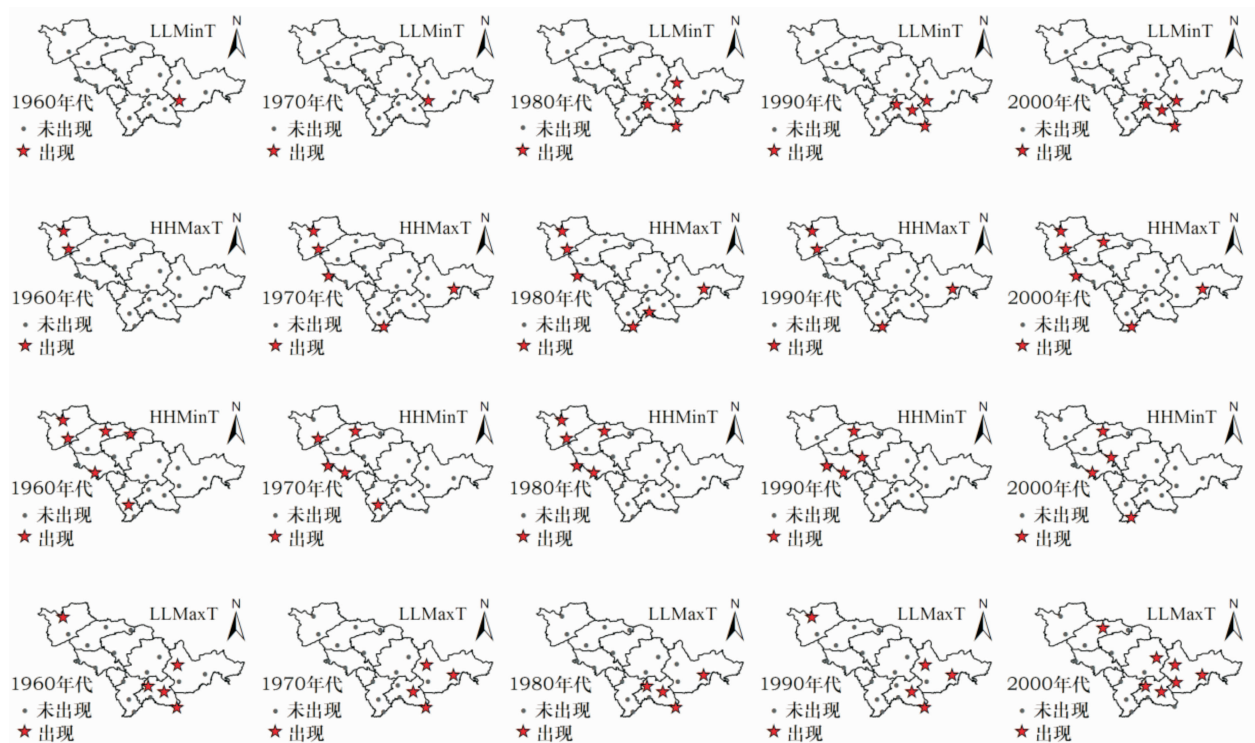


图6 LLMinT、LLMaxT、HHMinT、HHMaxT 出现地点的年代变化

间,相差 5.6℃;DMaxT>35℃指标有 55% 的站点(11 个)小于 0.3d/年,也就是说,有 55% 的站点约每 3 年中会有 1 d 的日最高气温大于 35℃,仅有 3 个站点日最高温度>35℃,年均天数大于 1 d/年,最大的是位于白城市的通榆站点,为 3.12 d/年。而 DMinT<0℃指标总体上则为从西北向东南递增的趋势。

(2)极端温度指标线性倾向率变化趋势

图 5 为 LMinT、HMaxT、HMinT 和 LMaxT 各站点线性倾向率的空间分布。从图 5 中可以看出,只有 LMinT 的 20 个站点均表现为升高趋势,且线性倾向率最大。65% 的站点的倾向率位于 0.5~1.0℃/10 年之间,有 30% 的站点(6 个)的线性倾向率小于 0.5℃/10 年,4 个主要分布在白山市及其附近,另外 2 个分布在白城和四平。线性倾向率最大的站点是 LMinT 最低的松江站,超过了 1.0℃/10

年。而 HMaxT、HMinT 和 LMaxT 三个指标并非所有站点均表现为升高趋势。HMaxT 的线性倾向率在白城市的白城站、延边州的延吉站和吉林市的桦甸站小于 0; HMinT 的线性倾向率在吉林市的蛟河站和白山市的东岗站小于 0; LMaxT 的线性倾向率在延边州的松江站和延吉站小于 0。

从空间变化趋势来看, LMinT 在白山市、白城市和通化市的南部升高最慢, 在延边州松江站升高最快; HMaxT 升温相对最快的站点主要分布白山市、通化市和松原市; HMinT 升温最快的站点主要分布白城市、四平市、长春市和延边州; LMaxT 升温最快的站点主要分布白城市和松原市。

(3) 极值中的最值空间变化趋势

图 6 依次为 LMinT、LMaxT、HMinT、HHMaxT 四个指标的 1960–2000 年代 5 个年代出现地点的空间变化。从图 6 中可以看出, 1960 年代和 1970 年代 LMinT 出现地点很固定, 20 年来都以松江站最低。但从 1980 年代开始, LMinT 出现地点以松江为中心向外围扩散, 每 10 年内, 分别有 4 个站点出现过最低值。由此可知, 随着 LMinT 的不断升高, 其出现范围也不断向周围扩散; LMaxT 在 1960 年代出现在白城市, 1970 年代以后, LMaxT 出现范围扩大, 主要出现在白城、四平、松原、通化南部和延边东部; HMinT 的出现地点有从西北向东南转移的趋势, 且 HMinT 出现的范围同时也有缩小的趋势; LMaxT 的出现范围有逐渐扩大的趋势, 从区域上来看, 表现为从东南向西北扩展, 出现站点从 1960 年代到 2000 年代呈线性增加趋势。2000 年代 LMaxT 出现在白山、延边、吉林和松原四个州市的 7 个站点。

3 讨论

全球气候变暖的背景下极端气温亦在发生变化。本文参照前人指标^[7-27], 选取农作物主要生长季为研究时段, 通过分析吉林省作物生长季内极端气温指数的时空变化特征, 明确了 50 年来极端高温、低温的时空变化趋势。研究结果显示最近 50 年吉林省作物生长季内极端高温、低温均表现为升高的趋势, 与极端低温相关的指标升高速度明显快于与极端高温相关的指标, 与前人研究结果近似^[27]。

前人针对气候变化背景下极端温度变化特征研究, 多集中在分析年际和不同季节极端气温指标的时空分布特征。这对于指导农作物生产, 避免极端灾害天气的影响仍显不足, 因为极端气温出现在作物生长的不同阶段, 其对于农作物生产的影响也会大不相同。本文以吉林省为研究对象,

基于 10 个极端积温指标, 重点分析了 4 个极值指标出现在不同时段的时代变化, 并分析了 4 个极值中的最值指标出现范围的空间变化特征, 所得结果和结论可为农作物生产中预防极端灾害发生、减少极端灾害对农作物生产的影响提供科学参考。

极端高温和低温天气出现在农作物不同生育期, 对产量的影响差别很大, 本文以旬为单位, 细致分析了极端温度指标出现在不同时段频率的变化趋势, 并且对极值中的最值指标变化进行了空间格局变化分析, 区别于以往对极端温度指标仅进行年际和季节尺度的分析。能够更加详细地刻画吉林省极端温度的变化。

4 结论

(1) 利用 1961–2010 年吉林省日最低、最高气温资料, 分析了作物生长季内极端高温和低温指标的时空变化特征。研究结果表明: 50 年来, 吉林省作物生长季内极端温度指标均呈升高趋势, 其中升高最为显著的是与日最低气温相关的极端温度指标。LMinT 的线性倾向率为 $0.653\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ 年}$, HMaxT 的线性倾向率仅为 $0.063\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ 年}$, 不足 LMinT 的 $1/10$ 。

(2) 从极端温度指标出现时段的年代变化来看, 大部分指标的出现时段表现为向某一时段集中的趋势, LMinT、LMaxT 和 DMinT $< 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 向 5 月上旬和 9 月下旬集中; HMinT 向 7 月中旬到 8 月中旬集中, 其中又以 7 月下旬和 8 月上旬出现的频率最高; HMaxT 和 DMaxT $> 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 向 6 月和 7 月集中, 其中 6 月出现的频率增加趋势明显。这有利于极端灾害的防控。

(3) 从极端温度指标的空间分布来看, 受吉林省西北低东南高地形地貌的影响, 极端温度指标总体上表现为从西北向东南递减的趋势, 即西北高东南低; 20 个站点 LMinT、HMaxT、HMinT 和 LMaxT 四个指标线性倾向率的空间分布来看, 空间变化趋势不明显, HMaxT、HMinT 和 LMaxT 三个指标有 2~3 个站点线性倾向率小于 0。

(4) 从极值中的最值空间变化趋势来看, 除 HMinT 出现范围缩小外, LMinT、LMaxT 和 HHMaxT 出现范围都表现为扩大的趋势, 这在一定程度上说明, 吉林省可能出现极端温度灾害的区域在扩大, 从空间上来说, 不利于极端灾害的防控。

参考文献:

- [1] IPCC. Summary for Policymakers of Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the

- Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[R]. Cambridge: Cambridge University Press, 2013: 4 – 6.
- [2] Alexander L V, Zhang X, Peterson T C, et al. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation [J]. J Geophy Res, 2006, D5(111): 1 – 22.
- [3] 任国玉, 初子莹, 周雅清, 等. 中国气温变化研究最新进展 [J]. 气候与环境研究, 2005, 10(4): 701 – 716.
- [4] 翟盘茂, 任福民. 中国近四十年最高最低温度变化[J]. 气象学报, 1997, 55(4): 418 – 429.
- [5] 张宁, 孙照渤, 曾刚. 1955 – 2005 年中国极端气温的变化 [J]. 南京气象学院学报, 2008, 31(1): 123 – 128.
- [6] 翟盘茂, 潘晓华. 中国北方近 50 年温度和降水极端事件变化 [J]. 地理学报, 2003, 58(S1): 1 – 9.
- [7] 周雅清, 任国玉. 中国大陆 1956 – 2008 年极端气温事件变化特征分析 [J]. 气候与环境研究, 2010, 15(4): 405 – 417.
- [8] 刘学华, 季致建, 吴洪宝, 等. 中国近 40 年极端气温和降水的分布特征及年代际差异 [J]. 热带气象学报, 2006, 22(6): 618 – 624.
- [9] You Q L, Kang S C, Aguilar E et al. Changes in daily climate extremes in China and their connection to the large scale atmospheric circulation during 1961 – 2003 [J]. Climate Dynamics, 2011, 36(11/12): 2399 – 2417.
- [10] 杨萍, 刘伟东, 王启光, 等. 近 40 年我国极端温度变化趋势和季节特征 [J]. 应用气象学报, 2010, 21(1): 29 – 36.
- [11] 王琼, 张明军, 王圣杰, 等. 1962 – 2011 年长江流域极端气温事件分析 [J]. 地理学报, 2013, 68(5): 611 – 625.
- [12] 汪宝龙, 张明军, 魏军林, 等. 西北地区近 50 年气温和降水极端事件的变化特征 [J]. 自然资源学报, 2012, 27(10): 1720 – 1733.
- [13] 刘青娥, 吴孝情, 陈晓宏, 等. 珠江流域 1960 – 2012 年极端气温的时空变化特征 [J]. 自然资源学报, 2015, 30(8): 1356 – 1366.
- [14] 李红英, 高振荣, 王胜, 等. 近 60 年河西走廊极端气温的变化特征分析 [J]. 干旱区地理, 2015, 38(1): 1 – 9.
- [15] 张照玺, 胡彩虹, 李世豪, 等. 黄河流域 1961 – 2010 年极端气温指数的时空变化特征 [J]. 气象与环境科学, 2015, 38(2): 48 – 53.
- [16] 杜军, 路红亚, 建军. 1961 – 2010 年西藏极端气温事件的时空变化 [J]. 地理学报, 2013, 68(9): 1269 – 1280.
- [17] 贾文雄. 近 50 年来祁连山及河西走廊极端气温的季节变化特征 [J]. 地理科学, 2012, 32(11): 1377 – 1383.
- [18] 王涛, 杨强, 于冬雪. 陕北黄土高原地区极端气温事件变化特征 [J]. 中国农学通报, 2015, 31(21): 239 – 243.
- [19] 马晓华, 赵景波. 1958 – 2013 年豫南地区极端气温变化特征及周期分析 [J]. 资源科学, 2014, 36(9): 1825 – 1833.
- [20] 张立伟, 宋春英, 延军平. 秦岭南北年极端气温的时空变化趋势研究 [J]. 地理科学, 2011, 31(8): 1007 – 1011.
- [21] 师银芳, 赵军. 中国西北干旱区极端气温的时空变化特征 [J]. 兰州大学学报: 自然科学版, 2014, 50(4): 529 – 533.
- [22] 郑祚芳, 丁海燕, 范水勇. 北京 1960 – 2008 年气候变暖及极端气温指数变化特征 [J]. 气候变化研究进展, 2011, 7(3): 189 – 196.
- [23] 汪宝龙, 张明军, 魏军林, 等. 1960 – 2009 年青海省极端气温事件的变化特征 [J]. 中国农业气象, 2012, 33(1): 41 – 47.
- [24] 高永刚. 黑龙江省 1967 年至 2007 年极端气温与降水综合强度的时空特征分析 [J]. 资源科学, 2012, 34(11): 2170 – 2180.
- [25] 王冀, 江志红, 张海东, 等. 1957 – 2000 年东北地区春季极端气温变化及其与北极涛动的关系 [J]. 气候变化研究进展, 2007, 3(1): 41 – 45.
- [26] 姜德君, 李治民, 王冀, 等. 近 40 年来东北地区极端气温变化特征及其影响 [C]//中国气象学会 2007 年年会气候变化分会场论文集, 2007: 541 – 546.
- [27] 严晓瑜, 赵春雨, 王颖, 等. 近 50 年东北地区极端温度变化趋势 [J]. 干旱区资源与环境, 2012, 26(1): 81 – 87.
- [28] 张养才, 何维勋. 中国农业气象灾害概论 [M]. 北京: 气象出版社, 1991.

Temporal and Special Change Analysis of Extreme Temperature of the Crop Growth Period in Jilin Province

WANG Xiufen and YOU Fei

(Institute of Agriculture Resources and Regional Planning, CAAS, Beijing 100081, China)

Abstract: Based on the daily minimum and maximum temperature data of 20 observational stations in Jilin province during 1961 ~ 2000, we selected 10 extreme temperatures indices which were more closely with the crop growth and analyzed the temporal and spatial variation characteristics of extreme temperature indices within crop growth period. The main conclusions were listed as follows: extreme temperature indices within crop growth period were all showed increasing trends except DMin $T < 0$, and the extreme temperature indices related with daily minimum temperature were faster. The occurrence frequency of LMinT, LMaxT and DMin $T < 0$ °C increased in early May and late September. The Occurrence frequency of HMinT increased during mid-July to mid-August, and the highest occurrence frequency of HMinT appeared in late July and early August. The Occurrence frequency of HMaxT and DMax $T > 35$ °C increased in June and July. The spatial changing trend of linear tendency rate of LMinT, HMaxT, HMinT and LMaxT were not obvious, there were 2 – 3 stations of every indices, whose linear tendency rates were negative. The occurrence regions of LLMinT, LLMaT and HHMaxT appeared to expand, the occurrence regions of HHMinT appeared to narrow. This study is important for clearing the changing situation of extreme temperature in Jilin province, which is helpful for the disaster defense of extreme temperature.

Key words: extreme temperature; the crop growth period; temporal and special change; frequency; Jilin provin