

近 50 年来天水市温度极值及相关天气现象对气候变化的响应

姚小英^{1,2}, 蒲金涌³, 杨小利⁴ (1. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 中国气象局干旱气候变化与减灾重点开放实验室, 甘肃兰州 730020; 2. 甘肃省天水市气象局, 甘肃天水 741000; 3. 甘肃省天水农业气象试验站, 甘肃天水 741020; 4. 甘肃省平凉市气象局, 甘肃平凉 744000)

摘要 运用天水市 7 个国家气象站 1961~2008 年温度极值及相关天气现象资料, 分析了其对气候变化的响应。结果表明, 自 1961 年以来, 该地年平均最高气温以 0.36 °C/10 年的速度升高; 年平均最低气温以 0.40 °C/10 年的速度升高。增温幅度最大的时期出现在 20 世纪 80 年代以后。年最低气温 ≤ 0 °C 的日数 0.33 d/年的速度递减; 年平均最低地表温度以 0.44 °C/10 年的速度增加; 年极端最低地表温度以 1.40 °C/10 年的速度增加; 年结冰日数 0.33 d/年的速度减少。温度极值及相关天气现象的变化必然会影响到种植业的布局及社会生活的许多方面。

关键词 温度极值; 天气现象; 气候变化; 响应

中图分类号 S162 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)26-12616-03

The Response of Extreme Value of Temperature and its Correlative Weather Phenomenon to Climate Change in Tianshui in Recently 50 Years

YAO Xiao-ying et al (Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Key Open Laboratory of Arid Change and Disaster Reduction of CMA, Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Administration, Lanzhou, Gansu 730020)

Abstract Based on data of extreme value of temperature and its correlative weather phenomenon in 7 national weather stations which located in Tianshui city from 1961 to 2008, their response to climate change had been analyzed. The result showed that the mean annual maximum temperature and mean annual minimum temperature increased by 0.36 °C and 0.40 °C every ten years respectively. The time of maximum extend of temperature rising was in later of 1980's. It also showed that the annual days which less than 0 °C decreased by 0.33 a year. It indicated that the mean surface minimum temperature and extreme surface minimum temperature increased by 0.44 °C and 1.40 °C every ten years respectively and the annual days of ice-up decreased by 0.33 d a year. There will be a big influence of variation of extreme temperature and its correlative weather phenomenon on crop farming arrangement and many aspects of social life.

Key words Extreme value of temperature; Weather phenomenon; Climate change; Response

气候变化是 20 世纪以来的地球环境最显著的变化, 针对这一问题, 20 世纪 80 年代以来, 国内外学者对中国器测时期的气候变化作了很多研究。特别是对温度的变化开展了许多分析工作, 张兰生等对中国气候变化的区域特征进行了研究^[1]; 李克让等分析了近 40 年来我国气温的长期变化趋势^[2]; 宋连春根据全国 336 个站逐旬地面温度资料, 分析了我国 40 余年温度时空变化特征^[3]; 陈隆勋等利用 400 余站的资料, 对 40 多年来我国气候变化的时空特征作了系统研究^[4]; 屠其璞等利用 160 站的温度资料建立了 1951~1996 年我国平均气温序列^[5]; 李栋梁等分析了兰州温度变化的气候背景^[6]; 许多学者对温度升高的现象、原因及机制都进行了比较详细的分析^[7-8]。在探究了温度区域性变化对全球气候变暖响应的同时, 有人还研究了这些变化对当地种植业及社会生活的影响^[9-11]。以上对温度变化及由温度变化而引起其他生态因子的变化进行研究时, 往往注重的是各种时间尺度温度均值的变化, 而对于温度极值及相关天气现象变化的报道相对较少。温度极值是天气气候异常的主要表现之一, 其变化不但影响当地种植业的分布格局, 对国民经济建设的各行业及社会生活也有较大影响。在气候变化的研究中不容忽视, 值得作更进一步地探索。笔者根据天水市境内分布气象站近 50 年的资料, 对该地域温度极值及相关天气现象进行分析研究, 以期得到其随时间变化以及对全球

气候变化响应的规律。

1 研究地域概况与资料来源

研究区域为天水市所辖 2 区 5 县 (104°35' ~ 106°44' E, 34°05' ~ 35°10' N), 北为陇西黄土高原的一部分, 南为秦岭余脉, 面积为 14 325 km²。为川、陕、甘三省交汇之处, 属半干旱半湿润气候过渡带, 是气候变化的敏感地区。

资料取自天水市境内 7 个国家气象站 1961~2008 年的各种温度极值的实测值 (表 1), 以 7 站的温度极值的平均值作为研究温度极值的时间序列值。

2 结果与分析

2.1 年气温极值的变化 年平均气温极值随时间变化比较明显 (图 1)。自 1961 年以来, 年平均最高气温线性增高的速度为 0.36 °C/10 年 ($R=0.3369, P<0.05$); 年平均最低气温线性增加速度为 0.40 °C/10 年 ($R=0.6352, P<0.001$)。年最低平均气温的线性增加速度大于年最高平均气温。年平均气温线性增加的速度介于年最高平均气温和年最低平均气温之间, 为 0.39 °C/10 年 ($R=0.5994, P<0.001$)。

年平均气温极值明显增加的转折点都出现在 20 世纪 80 年代。最高平均气温升高的转折点出现在 1989 年, 从 1989 年开始最高平均气温的增加速度为 1.00 °C/10 年 ($R=0.5178, P<0.001$); 最低平均气温的转折点出现在 1984 年, 从 1984 年开始最低平均气温增加的速度为 0.80 °C/10 年 ($R=0.7615, P<0.001$)。近 20 年间, 年平均气温极值的增加速度明显变大, 且年平均最高气温的增加速度已逐渐超过年平均最低。平均气温明显增加的转折点和最低气温相同, 也是出现在 1984 年, 温度线性增加速度也与年平均最低温度相同, 为 0.80 °C/10 年 ($R=0.6669, P<0.001$)。

基金项目 科技部公益行业 (气象) 科研专项 (GYHY200806021); 甘肃省气象局“十人计划”项目; 中国气象局兰州干旱气象研究所干旱气象基金项目 (IAM200803)。

作者简介 姚小英 (1968-), 女, 甘肃天水人, 硕士, 高级工程师, 从事气候变化及应用气象方面的研究。

收稿日期 2009-05-11

从 1961 年开始,年极端最高气温的线性增加趋势不明显,线性增加速度为 $0.39\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ 年}$ ($R=0.1328, P>0.01$),不能通过统计学假设检验。1989 以后,年极端最高气温随时间变化迹线为一个二次函数 ($Y = -0.0376X^2 + 0.8835X + 31.1280, R=0.5077, P<0.01$)。Y 为年极端最高气温, $^{\circ}\text{C}$; X 为从 1989 年算起的年份,1984 年, $X=1, \dots, 2008$ 年 $X=25$)。全年 $\geq 35.00\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的日数 20 世纪 60 年代为 6 d,70 年代为 17

d,80 年代为 20 d,90 年代为 24 d,21 世纪初为 18 d;呈逐年代增加趋势。年极端最低气温的线性增加趋势也不明显 ($R=0.0863, P>0.10$),历年最低值出现在 1991 年。1961 年以来,年最低气温 $\leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的日数呈线性减少,减少的速度为 $0.33\text{ d}/\text{年}$ ($R=0.2455, P<0.10$),表明冬季寒冷天气在逐年减少。

2.2 年地温极值的变化 年平均地温极值随时间的变化趋

表 1 研究区域内气象站地理参数及年温度极端值

Table 1 Geographic parameters of weather stations and annual extremely value of temperature in Tianshui

站名 Station name	经度 E// $^{\circ}$ Longitude	纬度 N// $^{\circ}$ Latitude	海拔//m Altitude	年极端最高气温// $^{\circ}\text{C}$ Annual extremely maximum temperature	年极端最低气温// $^{\circ}\text{C}$ Annual extremely minimum temperature	年极端最高地表温度// $^{\circ}\text{C}$ Annual extremely maximum surface temperature	年极端最低地表温度// $^{\circ}\text{C}$ Annual extremely minimum surface temperature
武山 Wushan	104.883	34.733	1495	37.3	-19.2	70.0	-21.9
甘谷 Gangu	105.333	34.750	1272	37.0	-17.5	67.9	-25.8
秦安 Qinan	105.667	34.867	1217	37.9	-18.9	69.8	-26.5
天水 Tianshui	105.750	34.750	1142	38.2	-19.2	69.7	-22.7
麦积 Maiji	105.883	34.550	1085	38.3	-18.2	66.6	-21.0
清水 Qingshui	106.150	34.750	1378	36.2	-24.9	66.1	-28.4
张家川 Zhangjiachuan	106.200	34.983	1665	34.4	-25.5	67.5	-32.3

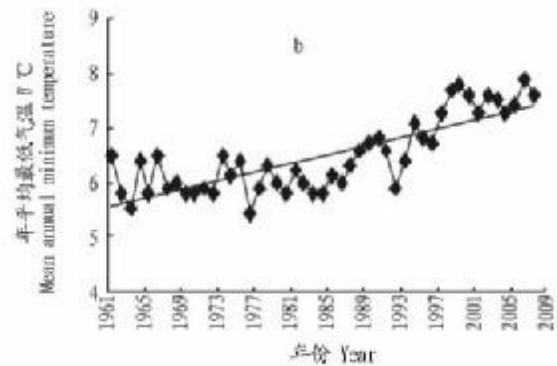
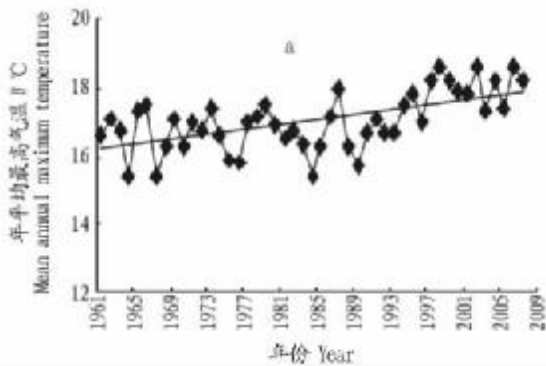


图 1 1961 ~ 2008 年天水年最高平均气温(a)及年最低平均气温(b)变化

势与年平均气温极值的变化有所不同(图 2)。自 1961 年以来,年平均最高地表温度随时间的变化不明显 ($R=0.0170, P>0.10$);年平均最低地表温度以 $0.44\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ 年}$ 的速度线性上升 ($R=0.6223, P<0.001$),明显上升转折点在 1976 年,增

温的速度为 $0.52\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ 年}$ ($R=0.5947, P<0.001$)。年平均地表温度的线性增加速度为 $0.32\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ 年}$ ($R=0.3939, P<0.05$)。

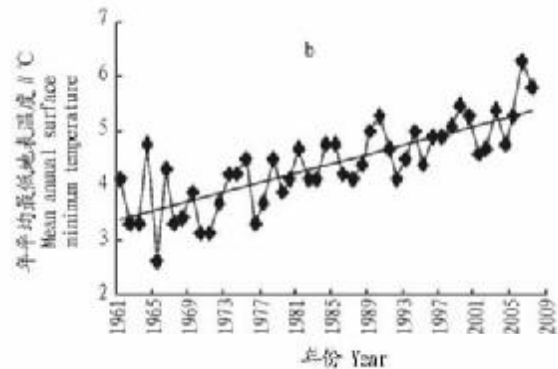
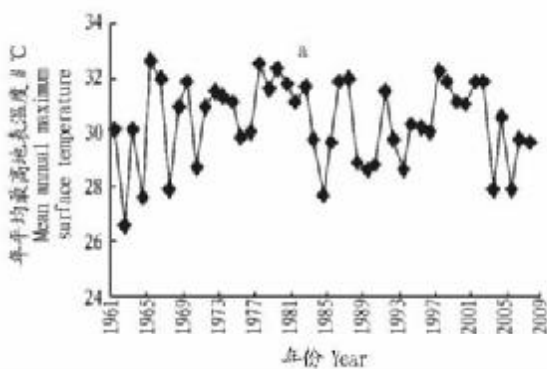


图 2 1961 ~ 2008 年天水年平均最高地表温度(a)及年平均最低地表温度(b)变化

Fig. 2 Variation of mean annual maximum surface temperature(a) and mean annual minimum surface temperature(b) in Tianshui from 1961 to 2008

年极端最高地表温度随时间线性升高的趋势不明显 ($R=0.0680, P>0.10$);年极端最低地表温度以 $1.40\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ 年}$ 线性上升 ($R=0.4276, P<0.05$)。5 cm 地温以 $0.18\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ 年}$ 的速度上升 ($R=0.2328, P<0.10$);10 cm 地温以 $0.18\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ 年}$ 的速度上升 ($R=0.2086, P>0.10$);15 cm 地温以

$0.17\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ 年}$ 的速度上升 ($R=0.2015, P>0.10$);20 cm 地温以 $0.16\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ 年}$ 的速度上升 ($R=0.1987, P>0.10$);除 5 cm 以外各层次地温随时间的线性变化规律均不明显。40 cm 地温变化与时间相关性更小 ($R=0.0011, P>0.10$);80 cm 地温以 $0.14\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ 年}$ 的速度上升 ($R=0.1923, P>$

0.10),相关性也不能通过假设检验;160 cm地温以0.18℃/10年的速度线性上升($R=0.3284, P<0.05$)。地温随时间增加的变化临界面在40 cm处,40 cm以上,随着深度的增加地温随时间增加的速度逐层减小;40 cm以下,随着深度的增加,地温随时间增加的速度逐渐增大。

2.3 最大冻土深度、最早结冰时间及霜期的变化 冻土是土壤物理性质及温度综合作用的结果。近50年甘肃黄土高原的冻土深度发生了比较显著的变化^[12]。天水市地区自1961年以来,最大冻土深度随时间线性减少,却不明显($R=0.1522, P>0.10$)。最大冻土深度主要出现在12月、1月、2月3个月份,出现在1月份的概率最大,为69%;其次为12月,概率17%;最小为2月,出现最大冻土深度的概率只为14%。

由于温度升高与冬季降水共同作用的结果,冬季降雪天数明显减少,随时间最明显的变化是从20世纪80年代后期开始,自1989年以来,以1.10 d/年的速度逐年减少($R=0.3246, P<0.10$);1989以后积雪天数也是以0.69 d/年的速度递减($R=0.3489, P<0.10$)。近10年以来,在20世纪60~70年代常见的积雪天气越来越少;20世纪末至21世纪初甚至出现了3年积雪天数不上10.00 d(1998、1999、2008年)的年份。

结冰天数也是反映温度变化的天气现象之一(图3),自1961年开始,结冰天数以0.33 d/年($R=0.2326, P<0.10$)的速度下降。比较明显的下降转折点在1969年,1969年以后线性减少的速度为0.72 d/年($R=0.5719, P<0.001$)。有霜期明显减少也始于1969年,此后其随时间线性减少的速度为0.46 d/年($R=0.2694, P<0.10$)。

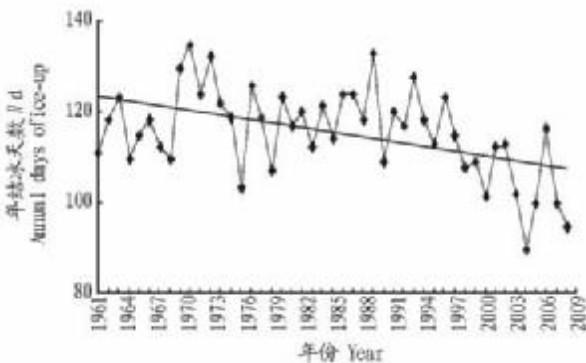


图3 1961~2008年天水年结冰天数随时间的变化

Fig.3 Variation of annual days of ice-up in Tianshui from 1961 to 2008

3 结论与讨论

温度极值及相关天气现象对气候变化的响应是全球气候变化的必然结果。近50年来,天水市区域年平均气温极值随时间呈明显的增加趋势,年平均最高气温的增长速度小于年平均最低气温;但最近20年,年平均最高气温的增温速度已超过年平均最低气温。年平均气温的增加速度介于年平均最高气温和年平均最低气温之间。年极端最高、最低气温随时间无明显变化。年最低气温 ≤ 0 ℃的日数呈明显减少之势。年平均最高地表温度、极端最高地表温度均不随时间呈明显线性增加。年平均最低地表温度、极端最低地表温度随时间呈线性增加,明显的上升转折点出现在1976年。地温随时间变化的临界面在40 cm处,40 cm以上,地温随时间增加的速度逐层降低;40 cm以下,地温随时间增加的速度逐层升高。年最大冻土深度、降雪、积雪日数、有霜日及结冰日数等与温度极值相关的天气现象基本上呈逐年减少的趋势。其中结冰日数随时间线性减少的趋势比较显著。

温度极值及相关天气现象的变化,将会直接或间接影响农作物种植布局及社会生活的各个方面。例如,最高、最低气温的出现时间及持续时间与人们的健康息息相关;最低气温 ≤ 0 ℃的日数、有霜日与秋收春播关系较大;降雪、积雪日数又关系到越冬作物越冬期间的水分保障;冻土、结冰与建筑等许多建设行业计划实施相联系。结合生产实际,温度极值及相关天气现象的研究将会更加广泛。

参考文献

[1] 张兰生,方修琦.中国气温变化的区域分异规律[J].北京师范大学学报:自然科学版,1988(3):78-85.
 [2] 李克让,林贤超,王维强.近40年我国气温的长期变化趋势[J].地理研究,1990,9(4):26-37.
 [3] 宋连春.近40年我国气温时空变化特征[J].应用气象学报,1994,5(1):119-124.
 [4] 陈隆勋,朱文琴.中国近45年来气候变化的研究[J].气象学报,1998,56(3):257-271.
 [5] 屠其璞,邓自旺,周晓兰.中国气温异常区域特征研究[J].气象学报,2000,58(3):288-296.
 [6] 李栋梁,彭素琴.兰州温度变化气候特征[J].高原气象,1993,12(1):18-26.
 [7] 张顺利,黄晓清.拉萨40余年温度变化的气候特征[J].高原气象,1997,16(3):312-318.
 [8] 沙万里,邵雪梅,黄玫.20世纪80年代以来中国气候变暖及其对自然区域界限的影响[J].中国科学(D辑),2002,32(4):317-326.
 [9] 蒲金涌,姚玉璧,马鹏里,等.甘肃省冬小麦生长发育对暖冬现象的响应[J].应用生态学报,2007,18(6):1237-1243.
 [10] 蒲金涌,姚小英,邓振镛,等.气候变暖对甘肃冬油菜(Brassic campestris L.)种植的影响[J].作物学报,2006,32(9):1397-1041.
 [11] 邓振镛,张强,蒲金涌,等.气候变暖对中国西北地区农作物种植的影响[J].生态学报,2008,28(8):3760-3768.
 [12] 蒲金涌,王位泰,姚小英,等.甘肃陇东地区季节冻土变化对气候变暖的响应[J].生态学杂志,2008,27(9):1562-1566.
 [13] 朱德志,郑显明.中药多糖抗癌研究进展[J].中草药,1999,20(1):38-41.

(上接第12578页)

[5] 青岛医学院药理组.海龙对子宫的作用[J].青岛医学院学报,1974(1):24.
 [6] 洪涛.“深海龙”的抗疲劳作用及对人体运动能力的影响[J].中国海洋药物,1995,14(2):41-45.
 [7] 张朝晖,赵怀清,徐国钧.尖海龙中甾体类化合物对小鼠心肌细胞的作用[J].海军医高专学报,1999,21(1):9-11.
 [8] 施锐,张友会,王忠革.拟海龙提取物的实验研究1:对正常人外周血淋巴细胞转化的影响以及对人癌细胞株的抑制作用[J].中国海洋药物,1993(2):4-7.
 [9] 张朝晖,倪庆桂,吴立云.粗吻海龙抗肿瘤作用的研究[J].中国海洋药

物,1998,17(4):10-12.
 [10] 李春香,边洪荣,邹国林,等.尖海龙提取物抗癌作用的研究[J].武汉大学学报,2001,47(6):761-765.
 [11] LI C X, ZHU S Y, BIAN HONG R, et al. Inhibiting Effects of *S. acus Linnaeus* Extracts on GLT-82 Tumor Cell Lines[J]. Wuhan University Journal of Natural Sciences, 2002, 7(4): 502-506.
 [12] 花金宝,朴炳奎.肿瘤虚症及扶正培本治疗的现代化免疫机制研究[J].中国中医基础医学杂志,2000,6(3):60-63.
 [13] 朱德志,郑显明.中药多糖抗癌研究进展[J].中草药,1999,20(1):38-41.