

气候变暖背景下关中地区水热资源变化分析

蔡新玲¹, 高红燕², 王繁强¹, 吴素良¹, 雷向杰¹

(1. 陕西省气候中心, 陕西 西安 710014; 2. 陕西省专业气象台, 陕西 西安 710014)

摘要: 对 1961~2007 年关中平原 30 个县(市)气温和降水资料的变化特征进行了统计分析。结果表明: 关中平原近 47 a 来年平均温度在波动中呈上升趋势, 其中冬、春季的气温升高对年平均气温的升高贡献较大。近 47 a 来降水量的年际波动较大, 总体呈弱的减少趋势。20 世纪 80 年代年降水量的增加主要是夏季降水的增加所致, 而 90 年代年降水量的减少四季均有贡献, 其中以秋季的贡献最大。在显著变暖的 20 世纪 90 年代以后, 农业气候热量资源更丰富, 但春旱频次增加, 春季作物遭受冻害的风险加大, 严重的干湿事件也有加重的趋势。

关键词: 气候变化; 降水量; 积温; 初终霜日; 关中地区

中图分类号: S162.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)03-0226-06

近百年来, 地球气候正经历着以全球气候变暖为主要特征的显著变化。政府间气候变化专门委员会(IPCC)第四次评估报告指出: 过去的 100 a (1906~2005 年)全球地表平均气温升高了 0.74℃^[1]。在全球变暖的大背景下, 中国年平均地表气温也在升高, 尤其是近 50 a 更为显著, 其中以冬季西北、华北、东北地区最为明显^[2,3]。研究表明^[4], 气候作为一个重要的外因, 对我国历史进程具有明显影响。农业是气候影响最敏感的一个生产部门^[5,6], 温度的变化直接影响到农业生产的热量资源, 而农业气候资源的年际变化也受气候年际变化的影响。

关中地区位于陕西省中部, 包括西安、宝鸡、咸阳、渭南、铜川 5 个行政市区, 总面积 553.84 万 hm², 耕地面积 175.8 万 hm², 是陕西粮、棉、油的主要产区, 同时又是我国苹果优势产业带。20 世纪 90 年代以来, 该地气温持续攀升, 生态环境发生了明显的改变。气象灾害频繁, 尤其是极端气候事件频发, 对农业生产可持续发展的负面影响逐渐显露。为此, 本文在对关中近 50 a 气候变化特征分析的基础上, 进一步分析气候变化所引发的农业气候资源及主要

农业灾害(春旱、洪涝)变化趋向, 以便在认识和利用当地气候资源的基础上, 也充分认识和了解气候变化对该地农业生产的利弊影响, 尽早采取有效的应对措施, 增强农业生产适应气候变化的应变能力。

1 资料与方法

资料来自陕西省气象信息中心。选取关中平原 30 个气象站 1961~2007 年日降水量、日平均气温和日地面最低气温资料。以年、季平均气温和降水量, 初、终霜冻日期, 稳定 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的活动积温, 春季农业干旱事件, 严重干湿事件作为主要研究对象。初霜冻日指秋季地面最低温度 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 的初日, 终霜冻日指春季地面最低温度 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 的终日。用数理统计方法分析其变化特征。

2 结果分析

2.1 热量资源变化

2.1.1 平均气温 分析近 47 a 地面气温资料(1961~2007 年), 关中平原年均温度呈逐渐升高之势。图 1 给出了关中年均温度距平曲线图。

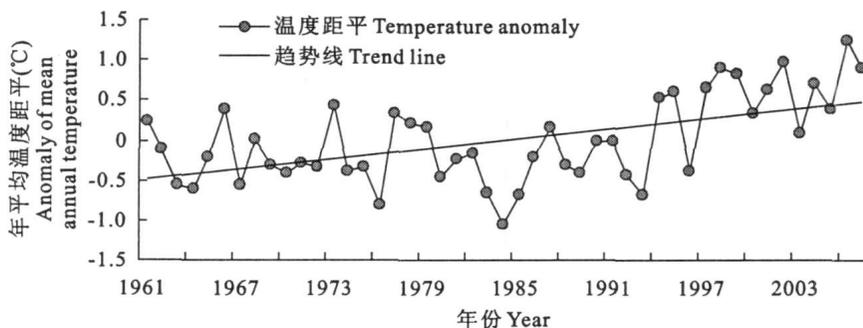


图 1 关中地区年平均温度距平变化

Fig. 1 Anomaly of mean annual temperature in Guanzhong Plain

收稿日期: 2008-11-18; 修回日期: 2009-03-13

作者简介: 蔡新玲(1969—)女, 陕西周至人, 高级工程师, 主要从事气候与环境研究。E-mail: caixinling@yahoo.com.cn

由图可见,近 47 a 关中地区年平均温度呈升高趋势,具阶段性。20 世纪 60 年代、70 年代和 80 年代关中年平均气温分别比平均值偏低 0.21℃、0.15℃和 0.36℃,90 年代比平均值偏高 0.23℃,而 2001~2007 年偏高 0.71℃。进入 90 年代中期以后,温度持续偏高,2006 年达到近 47 年的最高值。由图

还可见,关中的年平均气温在近 47 a 间增加了约 1℃。对四季平均气温的年代际变化(表 1)分析发现,春、秋、冬季气温年代变化均呈上升趋势,而夏季气温的变化趋势不明显。各季和年气温在 80 年代均较低,90 年代开始显著升高。总体来看,年平均气温的升高贡献最大的是冬季和春季。

表 1 关中 1961~2007 年平均温度和降水量年代际变化

Table 1 Mean annual temperature and precipitation for each decade and the whole period in Guanzhong Plain from 1961 to 2007

年代 Year	气温 Temperature(°C)					降水量 Precipitation(mm)				
	春 Spring	夏 Summer	秋 Fall	冬 Winter	年 Annual	春 Spring	夏 Summer	秋 Fall	冬 Winter	年 Annual
1961~1970	12.7	24.8	12.0	-0.8	12.2	156.8	224.1	216.2	16.2	613.1
1971~1980	12.8	24.3	12.2	-0.4	12.3	124.3	236.1	181.2	22.4	563.4
1981~1990	12.6	23.5	12.2	-1.8	12.1	127.2	299.3	184.1	20.6	631.6
1991~2000	13.2	24.5	12.4	0.4	12.6	122.9	240.3	144.2	15.4	523.2
2001~2007	14.4	24.5	12.7	0.8	13.1	87.5	280.0	183.0	28.3	579.4
平均 Mean	13.1	24.3	12.3	-0.4	12.4	126.1	254.4	181.7	20.1	582.3

2.1.2 农耕期增加 农耕期是指日平均气温稳定通过 0℃的持续时段日数的多少。图 2 给出了近 47 a 关中农耕期日数的变化。由图可见,随着气候变

暖,关中的农耕期日数也缓慢增加,近 47 a 来增加了约 13 d 左右。

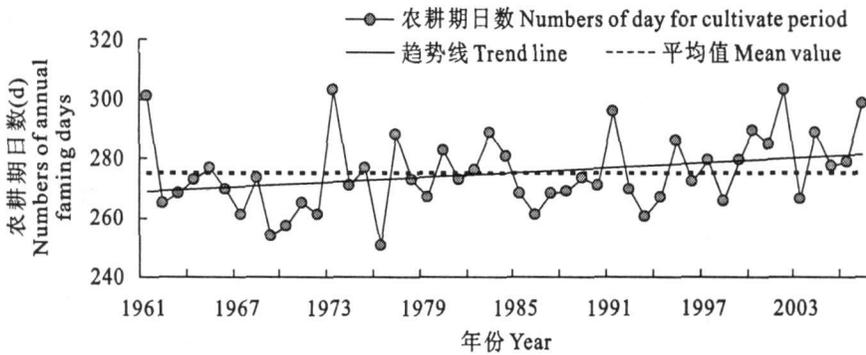


图 2 关中年农耕期日数变化

Fig. 2 Number of annual farming days

2.1.3 稳定通过 0℃及 10℃积温增加 当日平均气温稳定 ≥0℃,早春耐寒作物可以开始播种;日平均气温稳定 ≥10℃期间的积温,是衡量喜温作物可以利用资源的主要标志^[7]。由图 3 可见,关中稳定 ≥0℃的积温和稳定 ≥10℃的积温随着时间的推移呈波动上升趋势,年代际变化特征显著。在近 47 a 中,关中 ≥0℃的积温约增长了 270℃,≥10℃的积温约增长了 249℃。

响极大;终霜过晚会使喜温作物造成危害,特别是加大了果树花期遭受冻害风险。分析关中近 47 a 气象资料发现,与温度升高一致,自 20 世纪 90 年代开始,初霜日明显推迟,推迟了约 5~6 d(图 4);终霜日期的变化具有明显的阶段性,60 年代后期至 70 年代末,终霜日偏晚,80 年代初至 90 年代末,终霜日期偏早,而 2000 年以后终霜日又偏晚。结合关中平原春季气温显著升高这一变化,反映了该地近年春季频繁遭遇较强冷空气活动,作物春季遭受冻害的几率和程度在加剧。

2.1.4 初、终霜日期变化 气候变暖对关中地区的另一影响是初、终霜日期的变化。秋季初霜过早会使未成熟的作物不同程度地受害或冻死,对产量影

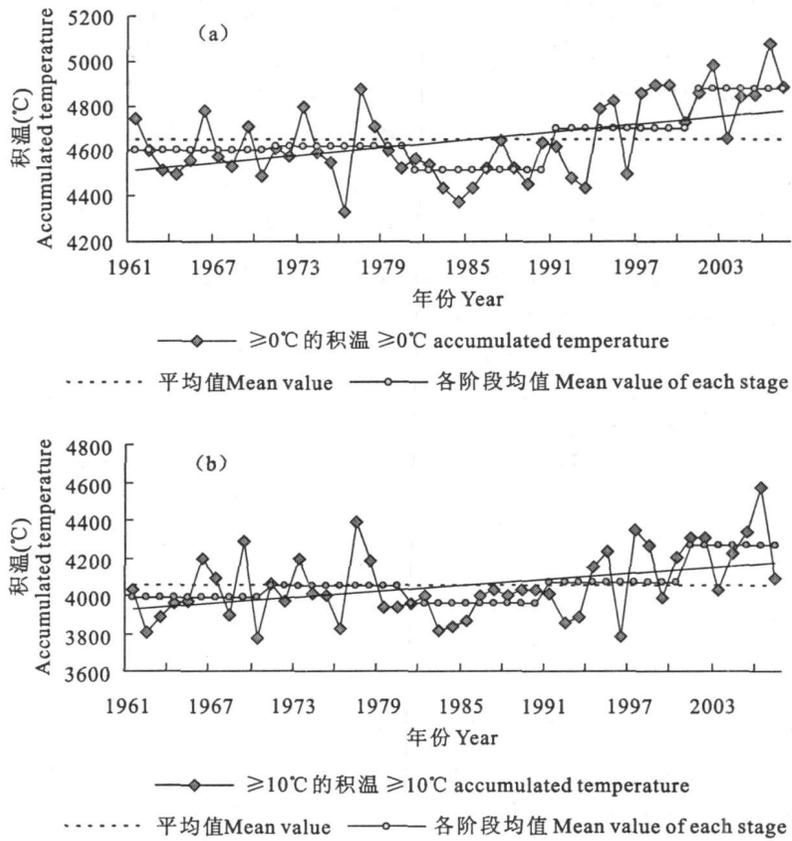


图 3 关中逐年 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温曲线

Fig.3 Year-to-year accumulated temperature change curves with $\geq 0^{\circ}\text{C}$ (a) and $\geq 10^{\circ}\text{C}$ (b) in Guanzhong Plain

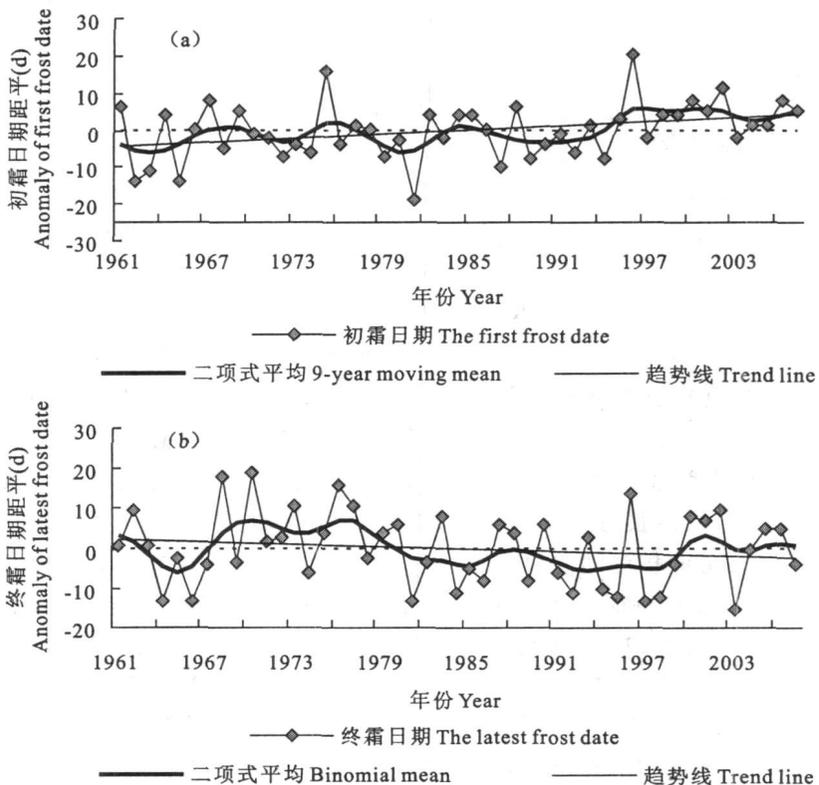


图 4 关中初、终霜日变化趋势

Fig.4 Departure curves of the first frost date (a) and the latest frost date (b) in Guanzhong Plain

2.2 水分资源变化

2.2.1 年降水量 从关中降水量的变化曲线(图5)可见,关中降水量的年际波动较大,在波动中呈弱的减少趋势。20世纪60年代至70年代降水量在多年平均值附近摆动,80年代前期降水量较多,出现了47 a来的最大值(1983年),从1985年开始降水趋向减少,1985~2002年为降水匮乏期,其间年平均降水量为531.4 mm,比历年平均值(582.3 mm)减少了

51.1 mm。其中1997年出现了47 a来的最小值,区域平均年降水量仅340 mm。2000年以后该区域降水趋于增加。从表1各季及降水量的年代际变化可见,只有春季降水量的年代际变化大体上呈减少趋势,其它季及降水量的年代际变化趋势不明显。年降水量80年代最大,90年代最小,80年代年降水量的增加主要是夏季降水的增加所致,而90年代年降水量的减少四季均有贡献,其中夏、秋季的贡献最大。

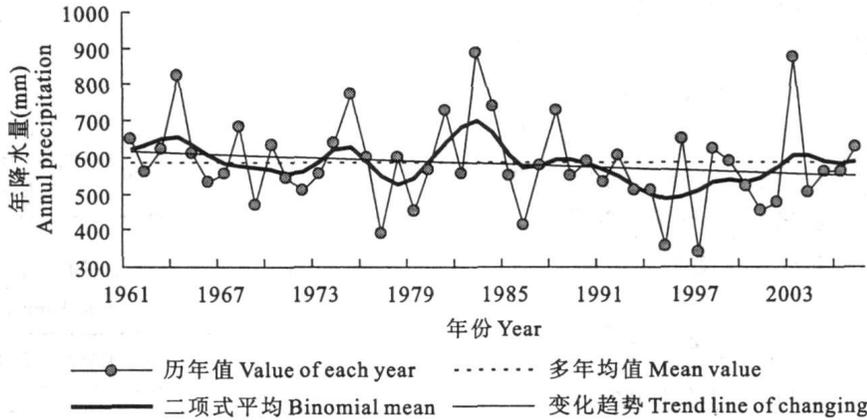


图5 关中平原年降水量变化曲线

Fig.5 Temporal variations of the basin-meand annual Precipitation in Guanzhong Plain

2.2.2 严重干湿事件变化 为了更进一步分析关中地区水分资源变化对农业的影响,在作物生长期3~10月,定义连续无雨日数不低于10 d的干燥事件为严重干燥事件,连续降雨日数不低于6 d的降水事件为严重湿润事件。严重干燥事件导致土壤缺水,使农作物体内水分亏缺,影响正常生长发育,造成减产;而严重的湿润事件伴随着低温寡照,同样影响作物的品质和产量。关中出现干旱的频次较高,时段较长,是陕西干旱灾害最重的地区。从关中地区严重干燥事件的频次图(图略)可以看出,严重干燥事件在波动中呈弱的增多趋势,严重湿润事件总体上呈弱的减少趋势,阶段性明显。严重干燥和严重湿润事件这两者的年代际变化基本上具有反位相的变化特征,但2000年以后严重干燥事件和严重湿润事件均偏多。

决了冬季新鲜蔬菜少、品种单调问题。表2给出了关中地区各年代冬季平均温度。从表2可以看出,近47年来关中冬季平均气温升高了1.6℃,每一个10 a的冬季平均气温都比前一个10 a的平均温度有一定幅度的增加。

表2 关中1961~2007年各年代冬季平均温度

Table 2 Decadal mean temperature in winter in Guanzhong Plain

年代 Decade	平均温度 Mean temperature(℃)
1961~1970	-0.9
1971~1980	-0.4
1981~1990	-0.2
1991~2000	0.4
2000~2007	0.7

3 水热资源变化对农业的影响

3.1 冬季大棚生产的成本降低

在全球气候变暖的大背景下,关中冬季的增温最为明显,特别是20世纪90年代以后,冬季温度持续升高。自1977年以来,陕西出现了历史罕见的连续十几个暖冬^[8]。在这种形势下,关中冬季蔬菜大棚生产规模明显扩大,因为温度的升高使得大棚蔬菜生产的成本降低,带动了大棚生产的迅速发展,解

3.2 冷害减少

冷害也叫低温冷害,是指在农作物生长季节、温度在0℃以上,有时甚至在20℃左右的条件下,发生不适合其生理要求的异常低温,延缓农作物的一系列生理活动,使其不能正常成熟,最终对作物的产量和品质造成显著影响。关中低温冷害的主要类型为延迟型冷害和障碍型冷害。

延迟型冷害是指作物生长期遭受较长时间的低温,生育显著延迟,以致减产。参考文献将历年≥10℃活动积温负距平值>200℃作为延迟型冷害指

标。表 3 列出了 1961~2007 年关中出现的延迟型冷害年。从表 3 可见, 关中各年代均有延迟型冷害发生, 1983 年和 1984 年连续出现冷害, 而 1996 年以后的近 10 多年没有出现冷害年。如果降低标准, 以 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温负距平值 $> 100^{\circ}\text{C}$ 作为标准, 也考虑较弱的延迟型冷害的发生情况, 以年代计算 1961 年以来延迟型冷害的发生年数, 发现不同年代的延迟型冷害发生年数为 3~4 年, 而 1996 年以后也没有出现冷害(表 4)。考虑到 3~6 月是关中作物主要营养生长期, 因此分析了近 47 年 3~6 月关中温度的变化情况。从 3~6 月平均温度距平变化曲线(图略)可见, 近 47 年来温度升高了约 1.1°C , 显然, 它减弱了作物生长期的冷害。与此同时, 随着全球气候变暖, 我国大部分地方冷害及强度在减少, 但气候变暖所引发的天气气候异常可能导致的冷害在增加。

3.3 春旱增加

各地春旱的指标差异很大。结合关中农业生产的实际情况, 如果 3~4 月的降水量 $< 50\text{ mm}$, 定义为春旱。春旱的出现影响农作物产量。图 6 是关中 1961~2007 年 3~4 月降水量图。由图可见, 20 世纪 60 年代至 70 年代初关中地区很少受到春旱的危害, 只有 1 次春旱发生; 70 年代中期至 80 年代中期是春旱多发时期, 从 1978~1987 年的 10 年间共出

现了 5 次春旱; 80 年代后期至 90 年代末也较少出现春旱, 而 2000 年以后几乎年年出现春旱。从 3~4 月降水量变化来看, 春旱程度在加重。

表 3 关中 1961~2007 年延迟型低温冷害年($^{\circ}\text{C}$)

Table 3 The years of delaying cold ham in Guanzhong Plain

年份 Year	$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 累积积温距平 $\leq 200^{\circ}\text{C}$
	$\geq 10^{\circ}\text{C}$ anomaly of accumulated temperature $\leq 200^{\circ}\text{C}$
1962	-246
1970	-282
1976	-227
1983	-241
1984	-219
1992	-202
1996	-273

表 4 关中 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温距平 $\leq 100^{\circ}\text{C}$ 延迟性低温冷害年数(a)

Table 4 The years of delaying cold ham in Guanzhong Plain

年代 Decade	$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 累积积温距平 $\leq 100^{\circ}\text{C}$
	$\geq 10^{\circ}\text{C}$ anomaly of accumulated temperature $\leq 100^{\circ}\text{C}$
1961~1970	4
1971~1980	3
1981~1990	3
1991~2000	3
2000~2007	0

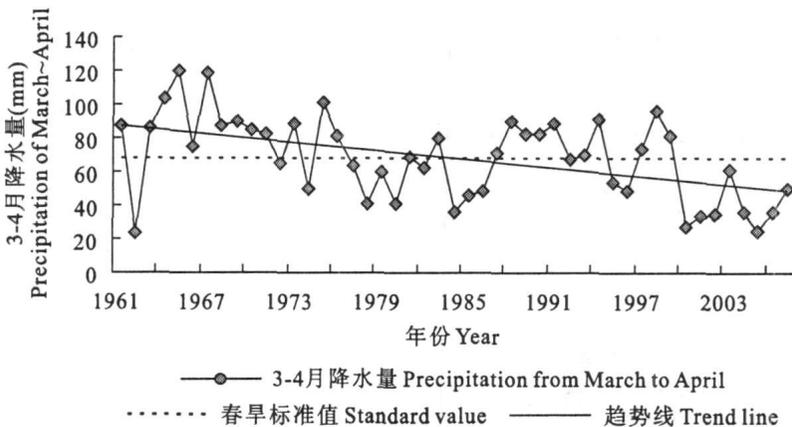


图 6 关中 3~4 月降水量变化

Fig. 6 Changes of precipitation in Guanzhong Plain from March to April

4 小结与讨论

在全球气候变暖背景下, 关中地区农业热量资源显著增加, 但季节性水分亏欠较重, 春旱频次增加, 危害程度加重。由于气温升高, 无霜期延长, 初霜日推后, 积温量增加, 积温保证率有了大幅度提高, 作物生长发育所需的热量条件得到更充分的满足。冬季负积温绝对值减少, 为冬季设施农业的发展提供了有利的气候条件。但是冬季气温偏高, 大

田越冬病虫卵死亡率降低, 易造成病虫害大面积发生而增大防治难度。

气候变化造成农业气候热量资源和农业灾害发生变化, 目前有关气候变化的成因和发展规律尚存许多的不确定性, 应加强气候变化影响评估、模拟和预测方面的研究, 以提高农业对气候变化的适应能力和对气象灾害的应变防御能力, 从而趋利弊害合理利用气候资源。

参考文献:

- [1] 水利部应对气候变化研究中心. 全球变暖及我国气候变化的事实[J]. 中国水利, 2008, (2): 28—34.
- [2] 秦大河. 气候变化科学的最新进展[J]. 科技导报, 2008, 26(7): 35—37.
- [3] 孙成权, 高峰, 曲建升. 全球气候变化的新认识——IPCC第三次气候变化评价报告概览[J]. 自然杂志, 2002, 24(2): 114—122.
- [4] 汤懋苍, 汤池. 历史上气候变化对我国社会发展的影响初探[J]. 高原气象, 2000, 19(2): 159—165.
- [5] 张家诚. 中国气候概论[M]. 北京: 气象出版社, 1991, 343.
- [6] 秦大河, 王馥棠, 赵宗慈, 等. 气候变化对农业生态的影响[M]. 北京: 气象出版社, 2003, 15—30.
- [7] 程德瑜. 农业气候学[M]. 北京: 气象出版社, 1994, 44—50.
- [8] 贺皓, 罗慧, 高红燕, 等. 陕西冷暖冬年的标准及平均环流特征分析[J]. 高原气象, 2007, 26(4): 759—764.

Analysis on change characteristics of agricultural climate resources in Guanzhong under global warming condition

CAI Xin-ling¹, GAO Hong-yan², WANG Fan-qiang¹, WU Su-liang¹, LEI Xiang-jie¹

(1. Shaanxi Climate Center, Xi'an, Shaanxi 710014, China;

2. Shaanxi Provincial Specialized Meteorological Office, Xi'an, Shaanxi 710014, China)

Abstract: Based on the meteorological data of 30 counties in Guanzhong plain from 1961 to 2007, the change characteristics of the mean temperature and precipitation is statistically analyzed. The main conclusion are summarized as follows: The mean annual temperature in Guanzhong plain has been increasing in recent 47 years because of the increase of mean temperature in spring and winter, while the annual precipitation is in a decreased trend. Increase of the annual rainfall in the 1980s is mainly attributable to the increase in summer, and decrease in the 1990s is mainly attributable to the decrease in fall. In significant warming since the 1990s, thermal resources get richer and increase in drought events in spring.

Keywords: climatic change; precipitation; accumulated temperature; first frost date and latest frost date; Guanzhong