

近53 a 山西朔州市农业气候资源变化特征分析

蔡霞¹, 吴占华¹, 梁桂花¹, 徐卫丽¹, 蔡琳²

(1. 山西省朔州市气象局, 山西 朔州 036002; 2. 山东省菏泽学院, 山东 菏泽 274000)

摘要:根据山西省朔州市气象局1957~2009年气温、降水、初霜冻、终霜冻、无霜期、 $\geq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温等资料分析了朔州市近53 a来的气候变化。结果表明:朔州市年降水量呈下降趋势,气温则呈上升趋势。1998~2009年随着年平均气温的升高和降水的显著减少,初霜冻出现连续性明显偏晚;终霜冻出现偏早趋势,从1999~2009年,终霜冻出现时间稳定偏早。无霜冻期呈延长趋势,主要由于年代际平均气温升高使初霜冻日推迟和终霜冻日提前造成的; $\geq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 活动积温呈现增加趋势。这些变化必将影响到农业生产的布局 and 结构。

关键词:气候变化;降水;气温;初终霜日;无霜期;积温;朔州

中图分类号:P468.0

文献标识码:A

引言

气候是自然环境的一个重要组成部分,与人类的生活息息相关。自然环境的变化,特别是全球气候的变化,日益成为世界各国广泛关注的问题^[1]。同时区域性气候变化也已引起人们的普遍关注,气候及其变化在很大程度上制约着地区经济的发展。一些学者曾对全国及全球近百年气温变化趋势作过深入研究,从宏观角度分析了增温趋势及时空变化特征^[2],还有些学者从理论上分析了气候趋暖对粮食生产的可能影响^[3]。王文等人对北京市近50 a气温和降水的变化及其对农业的影响作了研究^[4],孙兰东等人研究了西北地区热量资源对气候变化的响应特征^[5]。本文对朔州近53 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变化趋向,以便对充分认识和利用当地气候资源、指导工农业生产提供依据。

1 资料和方法

选取朔州市气象观测站1957~2009年的平均气温、降水量、初终霜日、无霜日、 $\geq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温等要素资料,3~5月为春季,6~8月为夏季,9~11月为秋季,12月至次年2月为冬季。气候值采用WTO规定的1971~2000年的标准气候年均

值。分析近53 a朔州市气候变化趋势及年代际特征。

采用线性趋势法分析各要素的年代际变化,年代际阶段性分析用1950年代、1960年代、1970年代、1980年代和1990年代分别代表1957~1960、1961~1970、1971~1980、1981~1990和1991~2000、2001~2009年。

2 结果与分析

2.1 温度变化特征

2.1.1 平均气温年代际变化

由图1可知:自1957年以来,朔州市气温总体呈上升趋势,53 a间出现了1个最低年(1984年气温为谷值,年平均气温为 $5.9\text{ }^{\circ}\text{C}$)和1个最高年(1998年气温为峰值,年平均气温为 $9.0\text{ }^{\circ}\text{C}$)。经线性拟合分析,平均气温上升速率为 $0.28\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。由表1知,20世纪50~60年代,年平均气温基本没有变化;1970~1980年略有增高;进入1990年代气温较1950年代增加了 $0.8\text{ }^{\circ}\text{C}$,与1980年代比增加了 $0.7\text{ }^{\circ}\text{C}$;特别是进入1990年代中期以来,气温上升迅速,最大升幅达 $1.3\text{ }^{\circ}\text{C}$,尤其是1996年以后持续升高,且气温变幅增大;到21世纪初上升到 $8.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。各年代际平均气温总体呈上升趋势。

收稿日期:2010-08-06;改回日期:2010-10-19

作者简介:蔡霞(1975-),女,工程师,现从事中长期气候预测工作。

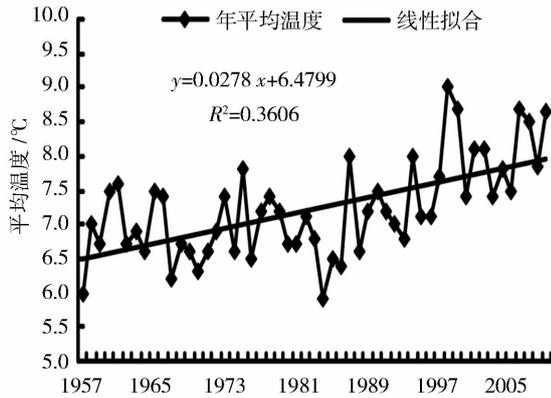


图1 1957~2009年朔州市年平均温度变化
Fig.1 Variation of annual average temperature of Shuozhou during 1957-2009

表1 朔州市1957~2009年年年代际平均气温(单位:℃)
Tab.1 Variation of decadal average temperature during 1957-2009 in Shuozhou

年代	春季	夏季	秋季	冬季	年平均
1950	8.4	20.5	6.7	-8.4	6.8
1960	8.6	20.8	7.1	-9.2	6.8
1970	8.2	20.6	7.2	-8.4	6.9
1980	8.7	20.4	7.0	-8.7	6.9
1990	9.3	20.9	7.5	-7.2	7.6
2001~2009	10.0	21.3	7.9	-7.0	8.1

2.1.2 季节变化

对季平均气温的年代际变化(图2)分析发现,四季气温年代变化均呈上升趋势,但夏季增暖幅度

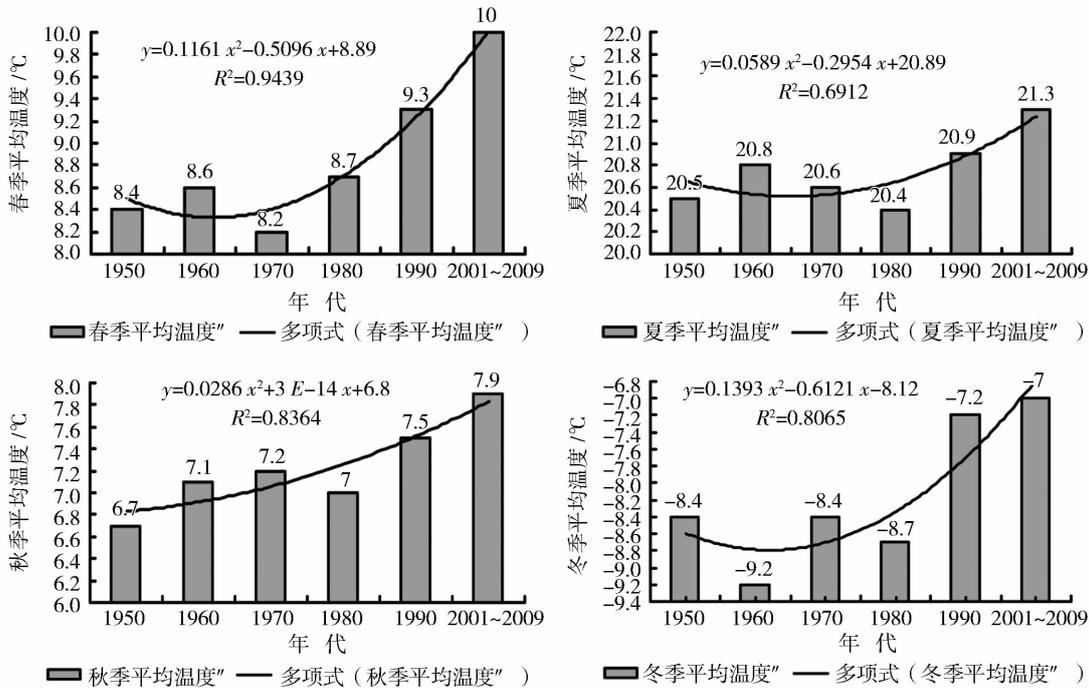


图2 朔州市四季平均气温年代际变化趋势

Fig.2 The decadal change of seasonal average temperature in Shuozhou

很小,只有0.1℃/10 a,秋季次之,增长速率为0.2℃/10 a;春季较大,增长速率为0.3℃/10 a。冬季则最大,其增长速率为0.5℃/10 a。夏、秋、冬季气温都是从1990年代才呈现出明显的上升趋势,1990年代之前有升有降。其中春季1960年代比1950年代上升0.2℃,1970年代比1960年代下降0.4℃,从1980年代开始呈上升趋势;秋季1990年代比1980年代气温升高0.5℃;冬季年代际增温非常明显,1970年代比1960年代增温0.8℃,1990年代增温显著,比1980年代增温1.5℃。说明从1990

年代以后暖冬趋势显著。进入1990年代后,四季气温突升,到21世纪除夏季外较1950年代均上升了1.0℃以上,且由朔州市四季平均气温年代际变化趋势,冬季和春季平均气温的上升趋势最明显,由此可见,年平均温度升高,气候变暖增温贡献最大的是冬季和春季。

2.2 降水变化特征

2.2.1 年际变化

统计表明,53 a来,朔州市年降水量平均值为415.4 mm。其中,最大值为705.5 mm,出现在1964

年;最小值为 195.9 mm,出现在 1972 年。朔州市 1957~2009 年历年年降水量变化从图 3 可以看出,从 20 世纪 60 年代末开始降水量呈逐渐减少趋势,1990 年代至 21 世纪趋于增加,1980 年代降水量仅为 366.4 mm,比 1950 年代减少了 101.2 mm。1990 年代降水量有恢复性增加趋势,但仍低于多年平均值。其中 1970 年代减少幅度最大,比 1960 年代减少了 66.8 mm;20 世纪 50~70 年代,降水的年度变化较为剧烈,1958,1959,1961,1964,1967,1969,1973,1977 年的降水较常年偏多 3~7 成;而偏少年只有 1962,1965,1972 年,较常年偏少 3~5 成。1970 年代末以后,呈波动变化且逐渐减少,1979~1987 年为降水匮乏期,其间年平均降水量为 349.9 mm,比历年平均值(415.4 mm)减少 65.5 mm。1988~2000 年降水呈波动性减缓变化趋势,其中出现 1995 年(656.2 mm)1 个丰水年,1993 年(269.3 mm)和 2000 年(292.4 mm)为严重干旱年。到 21 世纪初又有增加趋势,2007 年最为明显。总之,1970 年代末至 21 世纪初为枯水期,降水量距平为负值的年份明显多于正值年份,且负距平大于正距平。

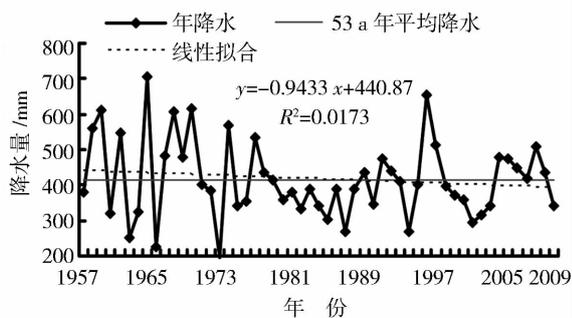


图3 朔州市 1957~2009 年年降水量变化

Fig. 3 Variation of annual precipitation during 1957-2009 in Shuozhou

2.2.2 季节变化

从表 2 可以看出,朔州市的降水特征在季节上表现为:春季占全年降水量的 15%;夏季降水量最大,约占全年降水量的 64%;秋季占 19%;冬季占 2%。尽管年平均降水量减少,但是各季降水变化并不相同。春季降水量 1970 年代减少幅度最大,比 1960 年代减少 19.6 mm,1980 年代降水略有增加,1990 年代至 21 世纪又趋向减少;夏季降水量 1970 年代减少明显,比 1960 年代减少了 40.3 mm,1990 年代比 1980 年代增加 0.3 mm,21 世纪初比 1990 年

代略有减少;秋季 1980 年代降水减少幅度最大,比 1970 年代减少 24.1 mm;冬季降水变化不太明显,1950~1970 年代逐步增加,1980~1990 年代逐步减少,21 世纪初又趋向增加。总体来讲,1970 年代降水量的减少春、夏季贡献最大,1980 年代降水量的减少秋季最明显,冬季次之。1990 年代春季、冬季比 1980 年代有所减少,夏季、秋季比 1980 年代有所增加。21 世纪初秋季、冬季比 1990 年代有所增加,春季、夏季有所减少。分析历年各季降水得出:降水的季变化为春、夏季降水呈减少趋势,其减少速率分别为 0.9 mm/10 a、9.1 mm/10 a,夏季减少尤为显著;而秋、冬季降水呈略微增加趋势,但总体变化幅度不大,说明朔州市降水减少主要是由夏季降水减少造成的。从以上分析不难看出,53 a 来,朔州市降水和气温的变化为偏暖期对应降水的偏少期,而偏冷期则对应于降水的偏多期。

表 2 朔州市 1957~2009 年年际平均降水量(单位:mm)

Tab. 2 The decadal average precipitation in Shuozhou during 1957-2009 (Unit:mm)

年代	春季	夏季	秋季	冬季	年平均
1950	65.0	306.9	90.2	4.1	467.6
1960	68.9	298.9	90.6	6.1	464.1
1970	49.3	258.6	80.9	7.9	397.3
1980	64.5	239.1	56.8	6.3	366.4
1990	60.9	259.4	85.4	5.3	410.5
2001~2009	58.4	257.4	94.1	7.2	418.2

2.3 农业气候热量资源变化

一般把农业生产所能利用、开发的那一部分气候资源称为农业气候资源^[7-8]。农业气候资源主要由光资源、热量资源、水分资源和风资源等组成,其中农业气候热量资源主要包括积温、作物生长期、无霜期、最热月平均气温等,气候变暖必将引起农业气候热量资源的变化,这将涉及到未来农业结构以及布局的调整和改进耕作体系等。

2.3.1 初霜冻日的变化

从图 4 中看出,1957~2009 年初霜冻(秋季地面最低温度 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 的初日,朔州历年平均初霜冻出现时间为 9 月 24 日)出现时间总体变化趋势不明显,但具有阶段特点。53 a 出现了 2 个初霜冻偏早期,第一个偏早期为 1965~1981 年,平均初霜冻出现时间为 9 月 19 日,比历年平均时间提前 5 d,期

间只有 1966, 1973, 1976 年晚于历年平均初霜冻出现时间, 其它年份都早于历年平均值, 且 1979 年的初霜最早冻出现在 9 月 9 日; 1984 ~ 1997 年为第 2 个初霜冻偏早期, 平均初霜冻时间出现在 9 月 20 日, 比历年平均时间提前 4 d。1957 ~ 1964 年初霜冻出现时间呈波动偏晚趋势, 平均初霜冻日出现在 9 月 29 日, 比历年平均时间偏晚 5 d; 1998 ~ 2009 年随着年平均气温的升高和降水的显著减少, 初霜冻出现连续性明显偏晚, 平均初霜冻时间为 9 月 28 日, 比历年平均时间偏晚 4 d, 12 a 间比历年平均偏早的仅有 4 a (其中 2006 年初霜冻出现在 9 月 9 日), 偏晚的有 8 a, 2007 年初霜冻出现在 10 月 14 日, 比历年平均时间偏晚 20 d, 属最晚的一年。

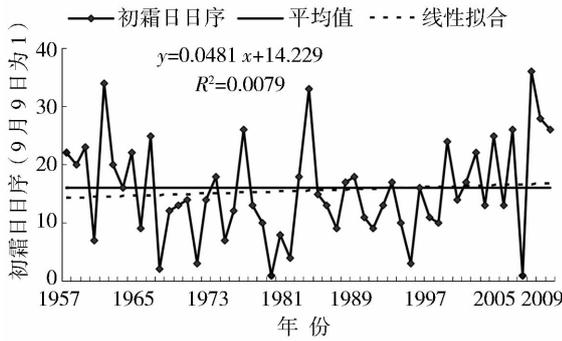


图 4 朔州初霜冻日变化趋势
Fig. 4 Variation of first frost date in Shuozhou during 1957 - 2009

图 5 显示了各年代初霜冻发生与平均气温变化的关系。1950 ~ 1970 年代随着年代平均气温的升高, 初霜冻日呈现偏早趋势。1980 年代平均气温与 1970 年代持平, 初霜冻平均出现时间为 9 月 23 日, 比历年平均时间偏晚 1 d; 1990 年代气候明显变暖, 年平均气温高达 7.6 °C, 平均初霜冻出现在 9 月 19 日, 比历年平均初霜冻出现时间推迟了 5 d。初霜冻时间的推迟, 对保障中晚熟农作物的成熟有利。

2.3.2 终霜冻日的变化

从图 6 看出, 1957 ~ 2009 年终霜冻 (春季地面最低温度 ≤ 0 °C 的终日, 朔州历年平均终霜冻出现时间为 5 月 16 日) 呈现出偏早趋势, 其变化过程可分 2 个阶段, 第 1 阶段为 1957 ~ 1981 年, 终霜冻呈波动偏晚趋势, 平均出现在 5 月 19 日, 比历年平均偏晚 3 d, 1962 年出现在 6 月 7 日, 属终霜冻出现最晚的一年; 第 2 阶段为 1982 ~ 1998 年, 随着气候变暖, 降水减少, 终霜冻出现时间呈现出连续性偏早趋

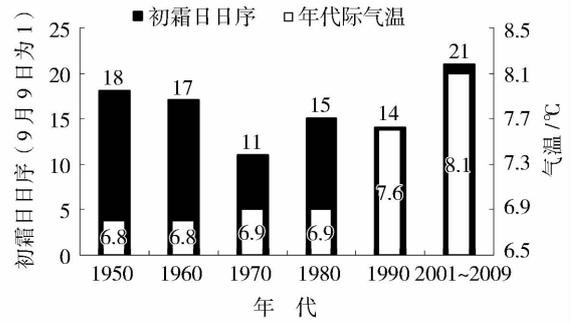


图 5 朔州初霜冻日与年代平均气温变化
Fig. 5 Decadal variation of first frost date and temperature in Shuozhou

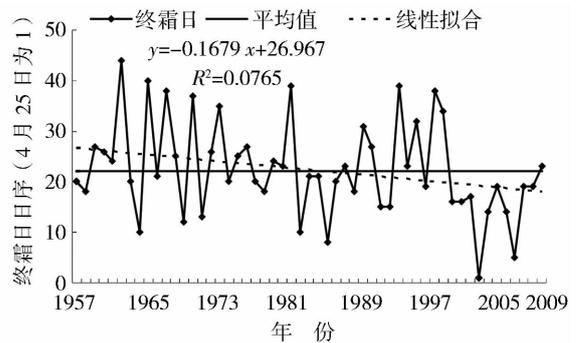


图 6 1957 ~ 2009 年朔州终霜冻日变化趋势
Fig. 6 Variation of late frost date in Shuozhou during 1957 - 2009

势, 平均终霜冻日为 5 月 17 日, 比历年平均偏早 1 d; 第 3 阶段从 1999 ~ 2009 年, 终霜冻出现时间稳定偏早, 平均为 5 月 10 日, 比历年平均提前 6 d。终霜冻的提前对适时春播和作物苗期免受冻害有利。

2.3.3 无霜冻期变化

无霜冻期是指春季地面最低温度 ≤ 0 °C 终日的次日起至秋季地面最低温度 ≤ 0 °C 初日的前一天止的持续天数。它是衡量热量状况的指标之一, 无霜冻期长则表示当地的热量资源丰富。无霜冻期较长的年份中中晚熟农作物在无霜冻期终止前可安全成熟 (朔州历年平均无霜冻期为 129 d)。从图 7 看出, 1950 年代虽然平均气温偏低 (6.8 °C), 但春、秋季气温较平稳, 无霜期比较长; 1960 年代, 秋季随着平均气温的升高和降水的偏多, 初霜日提前, 终霜推迟, 无霜冻期呈现出缩短趋势; 1990 年代以后又呈延长趋势, 主要由于年代际平均气温升高使初霜冻日推迟和终霜冻日提前造成的。

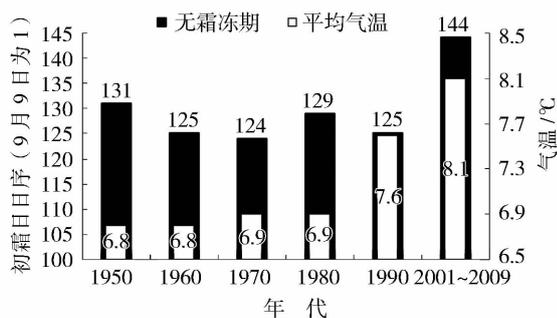


图7 朔州无霜冻期与平均气温的年代际变化趋势

Fig. 7 Decadal variation of frost-free period and temperature in Shuozhou

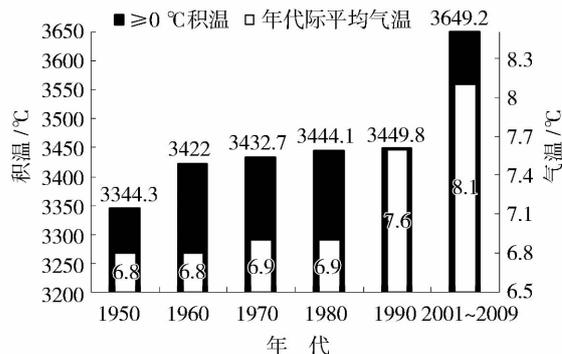


图8 朔州≥0 °C活动积温与平均气温年代际变化

Fig. 8 The decadal variation of ≥0 °C accumulated temperature and average temperature in Shuozhou

2.3.4 ≥0 °C和≥10 °C活动积温的变化

一定界限温度以上的累积温度及其持续日数是评价地区热量资源的重要指标之一。一般以日平均气温≥0 °C积温反映地区农事季节内的热量资源,而以≥10 °C积温来反映作物生长期内的热量状况^[9]。这2项积温代表当地的热量资源状况,是农业气候热量的分析和区划、农作物种植规划和引进或推广地区温度条件等的常用指标。

1957~2009年≥0 °C积温曲线变化呈现波动上升,气候平均值为3442.22 °C,期间出现1957~1959年(平均积温为3308.93 °C)、1962~1964年(3316.17 °C)、1968~1970年(3396.77 °C)、1979~1981年(3338.57 °C)、1984~1986年(3362.4 °C)和1991~1993年(3321.17 °C)连续偏少时段;1971~1973年(平均积温为3520.33 °C)和1999~2009年(3644.92 °C)活动积温在气候值以上连续变化;≥0 °C活动积温以47.85 °C/10 a倾向率增加。

由图8(图8和图9中,把最早出现在9月9日的初霜冻日序定为1,依次类推作为初霜冻日序)可见,随着年代际平均气温的升高,≥0 °C活动积温也随之增加,两者呈现出一致的上升趋势。≥0 °C活动积温的增加,使农事活动提早进行。

≥10 °C积温1953~2005年曲线变化也呈现波动上升,期间出现1957~1960年(平均积温2741.45 °C)、1962~1964年(2809.07 °C)、1969~1971年(2849.73 °C)、1984~1986年(2812.83 °C)和1989~1991(2722.9 °C)连续积温偏少年份,1966~1968年(3010.5 °C)和1998~2009年(3146.99 °C)出现连续活动积温在气候值以上变化。≥10 °C

活动积温以59.48 °C/10 a倾向率增加。

由图9可看出,≥10 °C的活动积温1950~1960年代呈现增加趋势,1970年代略有下降,从1980年代开始呈现持续上升趋势。活动积温的增加,使农作物生长季延长,对提高作物产量和作物种植结构调整提供了有利的生态环境。

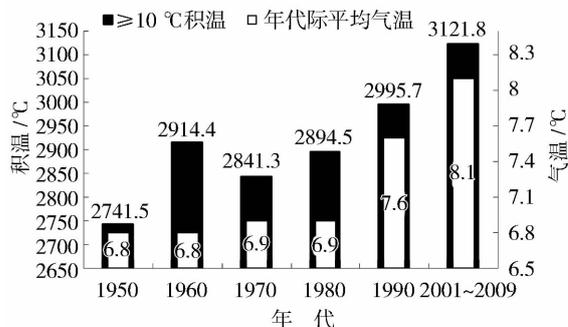


图9 朔州≥10 °C积温与平均气温年代际变化

Fig. 9 The decadal variation of ≥10 °C accumulated temperature and average temperature in Shuozhou

3 结论与讨论

(1)朔州市气温总体呈上升趋势。四季均为增暖趋势,冬、春季增暖显著,说明朔州市年平均气温升高冬、春季升温贡献最大。

(2)近53 a来,朔州市降水量总体呈减少趋势。降水的季变化为春、夏季降水呈减少趋势,夏季减少尤为显著,而秋、冬季降水呈略微增加趋势,但总体变化幅度不大,说明朔州市降水减少主要是由夏季降水减少造成的。

(3)气候变暖影响农业气候热量资源的变化。

1998~2009年随着年平均气温的升高和降水的显著减少,初霜冻出现连续性明显偏晚,终霜冻出现偏早趋势,无霜冻期呈延长趋势,主要由于年代际平均气温升高使初霜冻日推迟和终霜冻日提前造成的。

(4) ≥ 0 °C 和 ≥ 10 °C 活动积温都呈现增加趋势。随着年代际平均气温的升高, ≥ 0 °C 活动积温也随之增加,两者呈现出一致的上升趋势。 ≥ 0 °C 活动积温的增加,使农事活动提早进行。 ≥ 10 °C 的活动积温 1950~1960 年代呈现增加趋势,1970 年代略有下降,从 1980 年代开始呈现持续上升趋势。活动积温的增加,使农作物生长季延长,对提高作物产量和作物种植结构调整提供了有利的生态环境。

气候变化造成农业气候热量资源和农业灾害发生变化,使农业生产的不稳定性增加、产量波动加大。目前有关气候变化的成因和发展规律的研究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,趋利弊害合理利用气候资源。

参考文献:

- [1] 查小春. 全球气候暖干化对秦岭南北河流径流泥沙的影响研究[J]. 干旱区研究, 2002, 19(3): 62-66.
- [2] 丁一汇, 戴晓苏. 中国近百年来的温度变化[J]. 气象, 1994, 20(12): 19-25.
- [3] 高素华, 潘亚茹, 郭建平. 我国近 40 年温度变化及其对农业生产的影响[J]. 气象, 1994, 20(5): 36-41.
- [4] 王文. 近 50 a 来北京市气温和降水的变化[J]. 干旱气象, 2009, 27(4): 350-353.
- [5] 孙兰东. 西北地区热量资源对气候变化的响应特征[J]. 干旱气象, 2008, 26(1): 8-12.
- [6] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法[M]. 北京: 气象出版社, 2004. 1-50; 121-141.
- [7] 王馥棠. 近十年来我国气候变暖影响研究的若干进展[J]. 应用气象学报, 2002, 13(6): 756-764.
- [8] 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.
- [9] 何平, 贺明慧, 韩颖, 等. 20 世纪 60~90 年代辽东地区气候年代际变化特征分析[J]. 气象与环境学报, 2006, 22(3): 24-26.

Variation of Agricultural Climate Resources in Shuozhou of Shanxi in Recent 53 Years

CAI Xia¹, WU Zhanhua¹, LIANG Guihua¹, XU Weili¹, CAI Lin²

(1. Shuozhou Meteorological Bureau of Shanxi Province, Shuozhou 036002, China;

2. Heze University of Shandong, Heze 274000, China)

Abstract: According to the data of temperature, precipitation, the beginning of frost, the end of frost, frost-free period, ≥ 0 °C and ≥ 10 °C accumulated temperature from Shuozhou Meteorological Bureau in Shanxi Province during the period of 1957-2009, the climate change in Shuozhou city was analyzed. The results showed that the precipitation in Shuozhou decreased, but the temperature increased. Along with annual mean temperature's increase and precipitation's remarkable reduction during 1998-2009, the date for the beginning of frost was obviously postponed; and the date for the end of frost presented stable and early trend. The frost-free time presented prolonged tendency. The accumulated temperature of ≥ 0 °C and ≥ 10 °C presented increase trend. These changes will affect layout and structure of the local agricultural production.

Key words: climatic change; precipitation; temperature; the date of beginning and end of frost; frost-free period; accumulated temperature; Shuozhou