

近50年庆阳市气候变化特征分析

周忠文¹, 张天锋¹, 张谋草¹, 刘英¹, 薛璟轩¹, 张俊林¹, 张红妮¹, 韩博²

(1. 庆阳市气象局, 甘肃 庆阳 745000; 2. 合水县气象局, 甘肃 合水 745300)

摘要: 以全球变暖为主要特征的气候变化已成为当今世界重要的环境问题, 庆阳市是全球气候变化敏感的区域之一。为了探索环保新模式、推动人与自然和谐发展。利用庆阳市8个气象观测站1971—2020年连续50a的气象资料, 采用气候倾向率、累积距平、回归分析等方法, 分析了庆阳市气候变化基本特征。结果表明, 50年内庆阳市年平均气温呈上升趋势, 平均升高速率为0.32℃/10a, 变暖幅度高于全球和全国平均水平; 各季均增温明显, 其中春季、冬季升温幅度最大, 夏季、秋季升温幅度较小。年平均降水量呈波动增加趋势, 平均增加速率为14.5mm/10a; 各季变化趋势不一, 夏季、秋季、冬季呈增加趋势, 春季呈减少趋势。日照时数呈减少趋势, 平均减少速率为24.6h/10a; 春季为增加趋势, 夏季、秋季、冬季为减少趋势, 日照时数的季节变化与降水的季节变化呈显著负相关。整体气候由寒旱向暖湿转化, 极端天气气候事件趋多趋强, 与西北地区的气候变化趋势一致。

关键词: 庆阳市; 气候变化; 特征分析

中图分类号: P423

文献标志码: A

文章编号: 1001-1463(2022)09-0045-07

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2022.09.011](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2022.09.011)

Study on Analysis of the Climate Change Characteristics in Qingyang over the Past 50 Years

ZHOU Zhongwen¹, ZHANG Tianfeng¹, ZHANG Moucao¹, LIU Ying¹, XUE Jingxuan¹, ZHANG Junlin¹, ZHANG Hongni¹, HAN Bo²

(1. Qingyang Meteorological Bureau of Gansu Province, Qingyang Gansu 745000, China; 2. Heshui Meteorological Bureau, Heshui Gansu 745300, China)

Abstract: Global warming as the main characteristics of the climate change has become a crucial environmental problem

收稿日期: 2022-03-09; 修订日期: 2022-07-18

基金项目: 中国气象局创新发展专项(CXFZ2021Z059); 甘肃省庆阳市科技计划(QY2021B-S015); 甘肃省气象科研项目(Ms2023-13); 庆阳市气象科技项目(QY2021-10)。

作者简介: 周忠文(1974—), 男, 甘肃宁县人, 高级工程师, 主要从事应用气象研究及服务性工作。联系电话: (0934)5926889。Email: 490967352@qq.com。

平, 增产幅度大, 综合农艺性状好, 可在陇中旱作区及类似生态区种植。

由于参试各马铃薯品种试验期间晚疫病发生普遍, 花叶病毒病也均有不同程度的发生, 因此在陇中旱作区马铃薯主产区应注意加强晚疫病、花叶病毒病的防治工作, 做到及时防治。同时由于试验只进行了1a, 所获得的试验数据尚不能对参试各马铃薯品种做出比较全面的评价, 参试各马铃薯品种的丰产性、抗旱性、抗病性有待进一步试验加以验证。

参考文献:

- [1] 郭霞. 会宁县马铃薯产业发展现状与前景展望[J]. 种子科技, 2019(1): 11; 14.
- [2] 霍海霞, 海燕, 夏文龙, 等. 6个菜用型马铃薯品

种在麦积区山旱地的引种初报[J]. 甘肃农业科技, 2021, 52(5): 73-77.

- [3] 刘世海, 丁述森, 张海林, 等. 8个菜用型马铃薯品种在榆中县的引种试验初报[J]. 甘肃农业科技, 2020(10): 59-63.
- [4] 郭岷江, 罗照霞, 王鹏, 等. 山旱地马铃薯新品种(系)引种比较试验[J]. 甘肃农业科技, 2021, 52(10): 63-68.
- [5] 吕汰, 王鹏, 郭天顺, 等. 旱作区马铃薯品种引进筛选试验[J]. 中国马铃薯, 2020, 34(4): 200-206.
- [6] 中华人民共和国农业部. 农作物品种试验技术规程 马铃薯: NY/T1489—2007[S]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [7] 刘喜才, 张丽娟. 马铃薯种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.

worldwide, Qingyang is one of the regions sensitive to global climate change. To explore a new model of environmental protection and to promote the harmonious development of man and nature, meteorological data of 8 meteorological observatories from 1971 to 2020 for 50 years were used in this study, climate trend rate, cumulative anomaly, regression analysis and other methods were applied to analyze the basic characteristics of climate change in Qingyang City. The results showed that the annual mean temperature in Qingyang has been increasing over the past 50 years with an increase rate of 0.32 °C every 10 years, which was higher than the global and national average. The temperature increase in each season was obvious, and the temperature rise in spring and winter was the highest, while the temperature rise in summer and autumn was less. The annual mean precipitation increased by 14.5 mm every 10 years. The seasonal variation trend was different and showed increase in summer, autumn and winter and decrease in spring, the sunshine duration decreased by 24.6 hours every 10 years, an increasing trend in spring, and a decreasing trend in summer, autumn and winter were detected. The seasonal variation of sunshine duration was also negatively correlated with that of precipitation ($P < 0.05$). The overall climate changed from cold and drought to warm and wet, and extreme weather and climate events became more and more intense, which was consistent with the trend of climate change in northwest area.

Key words: Qingyang; Climate change; Characteristic analysis

气候变化已成为目前地球科学领域的热点问题。气候变化是指气候平均状态统计学意义上的巨大改变或者持续较长一段时间(通常为30年或更长)的气候变动,主要指气温的升高与降低,降水的增加与减少,极端天气和气候事件的增多与减少及其变化速率等。诸多研究人员已使用不同方法开展研究,揭露了气候变暖的事实^[1-12];赵月兰等^[13]、杨建明等^[14]对甘肃境内近年气候演变特征进行过分析。甘肃省东部俗称陇东,地形为黄土高原残塬沟壑区,深居内陆,远离海洋,降水总量少,是我国西北半湿润气候和半干旱气候的分界岭,具有明显的生态过渡带环境特征,是一个气候资源相对贫乏的旱作雨养农业区。地处陇东的庆阳市气候如何变化,是当地社会各界普遍关心的问题,直接关系自然灾害防御、生态环境保护、农业生产和经济发展等重大社会问题。分析庆阳市的气候变化特征,并对其影响进行评估,对探索环保新模式、推动人与自然和谐发展,促进区域经济社会发展具有重要的意义。

1 资料及方法

1.1 资料来源

选取庆阳市8个气象观测站1971—2020年的

温度、降水量、日照时数、蒸发量等气象数据作为气候指标,分析50年以来庆阳市气候变化特征。

1.2 研究区概况

庆阳市位于甘肃省最东部,陕甘宁三省区的交汇处,系黄河中下游黄土高原沟壑区,北邻毛乌苏沙漠,西靠六盘山,东接子午岭,习称“陇东”,素有“陇东粮仓”之称。全市总土地面积约27万km²,辖1区7县116个乡镇,总人口268万。庆阳市地处季风边缘地带的大陆腹部,受季风影响明显,属大陆性北温带半湿润半干旱气候过渡区,北部环县、华池、庆城三县属半干旱气候区域,其余县区属半湿润气候区域。庆阳全域属旱作雨养农业区,农业生产基本上“靠天吃饭”。庆阳市地势北高南低,海拔885~2082m,地势落差极大,且山、川、塬兼有,沟、峁、梁相间,地形复杂,坡地极多,土质疏松,植被稀少,建筑物防雨能力差,抗暴洪能力极差,是气候变化敏感区和生态环境脆弱区。

庆阳市8县区地处34°43′~36°34′N,107°13′~108°24′E,有2个国家基本气象站和6个一般气象站(表1),海拔1093.7~1481.9m。1971—

表1 1971—2020年庆阳市各县区气象站气候资料

| 站名 | 纬度 /° | 经度 /° | 海拔 /m | 平均气温 /°C | 降水量 /mm | 年日照时数 /h |
|-----------|----------|----------|----------|-------------|------------|-------------|
| 环县国家基本气象站 | 36°34′ | 107°18′ | 1255.6 | 9.3 | 427.8 | 2556.7 |
| 华池县气象站 | 36°27′ | 107°59′ | 1420.0 | 8.6 | 499.7 | 2310.0 |
| 庆城县气象站 | 35°59′ | 107°54′ | 1093.7 | 10.0 | 514.9 | 2511.6 |
| 镇原县气象站 | 34°43′ | 107°13′ | 1428.3 | 10.0 | 492.7 | 2411.4 |
| 西峰国家基本气象站 | 35°44′ | 107°38′ | 1421.0 | 9.3 | 554.2 | 2462.0 |
| 合水县气象站 | 35°47′ | 107°59′ | 1274.3 | 9.6 | 574.7 | 2443.3 |
| 宁县气象站 | 35°32′ | 107°53′ | 1135.3 | 9.5 | 577.9 | 2390.5 |
| 正宁县气象站 | 35°29′ | 108°24′ | 1481.9 | 9.1 | 630.5 | 2425.0 |

2020年平均气温8.6~10.0℃,气候温凉,冬季寒冷而漫长,夏季温热而短促,春季升温快,秋季降温迅速,昼夜温差大。极端最高气温35.5~39.9℃,极端最低气温-27.1~-19.7℃,无霜期143~163d。各县区年均日照时数2310.0~2556.7h,日照充足,光能资源丰富。各县区年降水量427.8~630.5mm,年蒸发量1348.9~1614.5mm,为年降水量的2~3倍,气候干燥。降水时空分布不均,大致从东南向西北递减,地域差异明显。降水年际波动大,季节分配不均,4—9月集中了年降水量的80%以上,雨热同季,光、温、水匹配基本合理,在作物生长季内有利于农业气候资源的综合利用。

1.3 研究方法

1.3.1 气候倾向率法 各类气象要素的变化趋势采用气候倾向率表征,用一元线性回归函数表示,即:

$$Y=a+bt$$

式中, Y 为气象要素, a 为回归常数, t 为时间变量, 定义 $b1=b \times 10$ 表示为气象要素每 10 a 的气候倾向率。

1.3.2 累积距平法 距平表示气候要素值与多年平均值的偏差,是一种常用的,用曲线直观判断变化趋势及突变时间的方法^[15]。

1.3.3 回归分析法 利用统计回归方法建立各气象要素与各类灾害之间的线性相关性,并进行显著性分析。

1.4 数据分析

数据采用 Excel 软件和函数计算进行整理分析。

2 结果与分析

2.1 气温变化趋势

由图 1 可见,庆阳市近 50 年年平均气温为 9.4℃,最高值出现在 2006 年,为 10.6℃,比常年(1981—2020年,下同)高 1.2℃;最低值出现在 1984 年,为 8.0℃,比常年低 1.4℃;1997 年以后升温更为明显。

由各季平均气温变化曲线(图1)可知,各季均增温明显。其中春季、冬季升温幅度最大,上升速率为 0.44℃/10 a 和 0.40℃/10 a;夏季、秋季升温幅度较小,上升速率为 0.19℃/10 a 和 0.21℃/10 a。

年平均气温近 50 年呈上升趋势,平均升高速率为 0.32℃/10 a,高于同期全球(0.12℃/10 a)和全国(0.23℃/10 a)平均水平^[16-17]。从各年代年平均气温变化(表2)来看,20 世纪 70、80 年代偏低,20 世纪 90 年代正常,进入 21 世纪后偏高。

表 2 庆阳市各年代年平均气温

| 年代际/年 | 平均气温/℃ | 距平/% |
|-----------|--------|------|
| 1971—1980 | 8.8 | -0.6 |
| 1981—1990 | 8.8 | -0.6 |
| 1991—2000 | 9.5 | 0.1 |
| 2001—2010 | 9.9 | 0.5 |
| 2011—2020 | 9.8 | 0.4 |

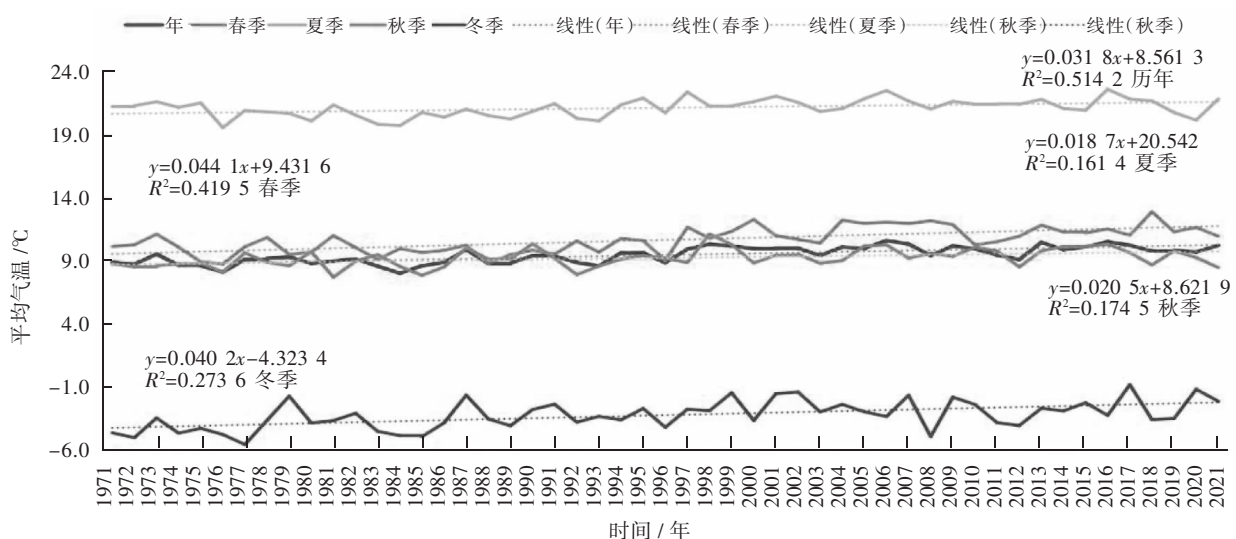


图 1 庆阳市近 50 年国家级气象站平均年、冬季、春季、夏季、秋季气温变化趋势

2.2 降水量变化趋势

由图2可见,庆阳市近50年年平均降水量为527.4 mm,最大值出现在2003年,为743.3 mm,比常年多45%;最小值出现在1997年,为362.9 mm,比常年少29%。

由各季平均降水变化曲线(图2)看,各季变化趋势不一。夏季、秋季、冬季呈增加趋势,增加速率为7.08、7.06、0.73 mm/10 a;春季呈减少趋势,减少速率为0.25 mm/10 a。

年平均降水量50年来呈波动增加趋势,增加

表3 庆阳市各年代年平均降水量

| 年代际/年 | 年平均降水量/mm | 距平/% |
|-----------|-----------|------|
| 1971—1980 | 515.3 | -2 |
| 1981—1990 | 543.0 | 4 |
| 1991—2000 | 481.6 | -8 |
| 2001—2010 | 515.6 | -2 |
| 2011—2020 | 581.9 | 13 |

速率为14.50 mm/10 a。由各年代年平均降水变化(表3)来看,年际波动幅度增大,年平均降水量以2020年后最多,为581.9 mm;其次是20世纪80年代,为543.0 mm;20世纪90年代最少,为481.6 mm。

2.3 日照时数变化趋势

采用庆阳市8个气象站1971—2021年的年平均日照时数,绘制了全市年平均日照时数演变曲线(图3)。由图3可见,50年以来年平均日照时数为2395.4 h,最多值出现在1995年,为2630.0 h,比常年偏多9%;最少值出现在1989年,为2042.5 h,比常年偏少15%。

由各季平均日照时数变化曲线看,春季为增加趋势,增加速率为7.77 h/10 a;夏季、秋季、冬季为减少趋势,减少率为15.9、17.6、0.8 h/10 a,由此可见,日照时数的季节变化与降水的季节变

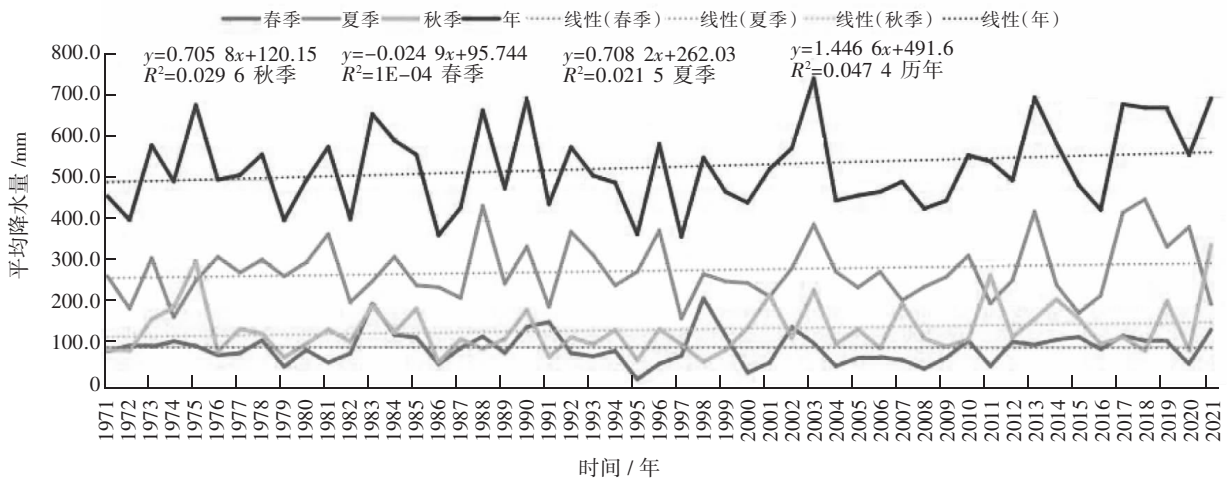


图2 庆阳市国家级气象站平均年、春、夏、秋季降水量变化趋势

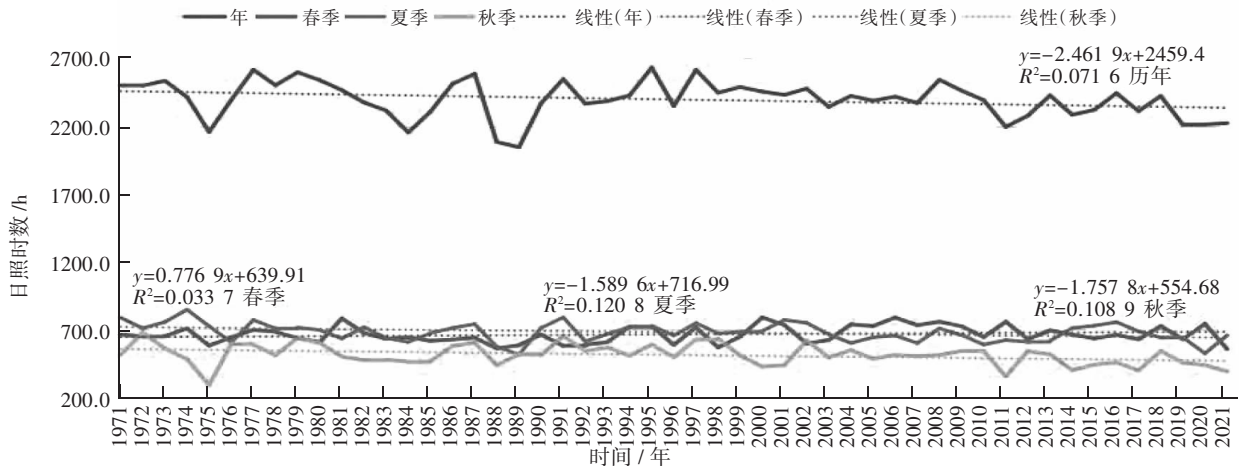


图3 庆阳市国家级气象站平均年、春季、夏季、秋季日照变化趋势

化呈显著负相关。由于秋季连阴雨增多，所以日照时数减少比较明显。

年平均日照时数 50 年呈减少趋势，线性减少速率为 24.6 h/10 a，这主要是由于降水增加、降雨日数增多引起的。由各年代年平均日照变化看(表 4)，20 世纪 70 年代、20 世纪 90 年代偏多，20 世纪 80 年代和 2020 年以后较少，与降水变化趋势呈显著负相关。但由于气温升高，可利用光照资源呈增加趋势。

表 4 庆阳市各年代年日照时数

| 年代际 /年 | 日照时数 /h | 距平 /% |
|-----------|---------|-------|
| 1971—1980 | 2 473.9 | 3 |
| 1981—1990 | 2 319.6 | -4 |
| 1991—2000 | 2 468.9 | 3 |
| 2001—2010 | 2 425.3 | 1 |
| 2011—2020 | 2 308.7 | -4 |

2.4 极端气候变化趋势

总的来看，在暖湿化气候背景下，强降水事件明显增多，气象干旱有所减少；与高温有关的极端事件增多，与低温有关的极端事件减少，冰雹、沙尘、大风和连阴雨次数均减少。

2.4.1 极端降水 50 年来，庆阳市极端日降水和年暴雨日数总体呈增多趋势(图 4、图 5)。在暖湿化气候背景下，极端性天气事件明显增多，极端性更强，短时强降水、暴雨、冰雹叠加出现。小时雨强 2019 年 7 月 21 日最大，出现在合水刘家庄，为 90.8 mm。暴雨共发生 70 场，2021 年最多，达 17 场；2018 年次之，16 场。3 h 最强降水、极值分别是 170、194.5 mm，均于 2021 年 8 月 19 日出现在镇原县闫沟村。冰雹共发生 57 次，呈逐年增多趋势，2021 年最多，为 12 场，且具有来得快、分散性强、突发性强、强度高、致灾性强的特点。

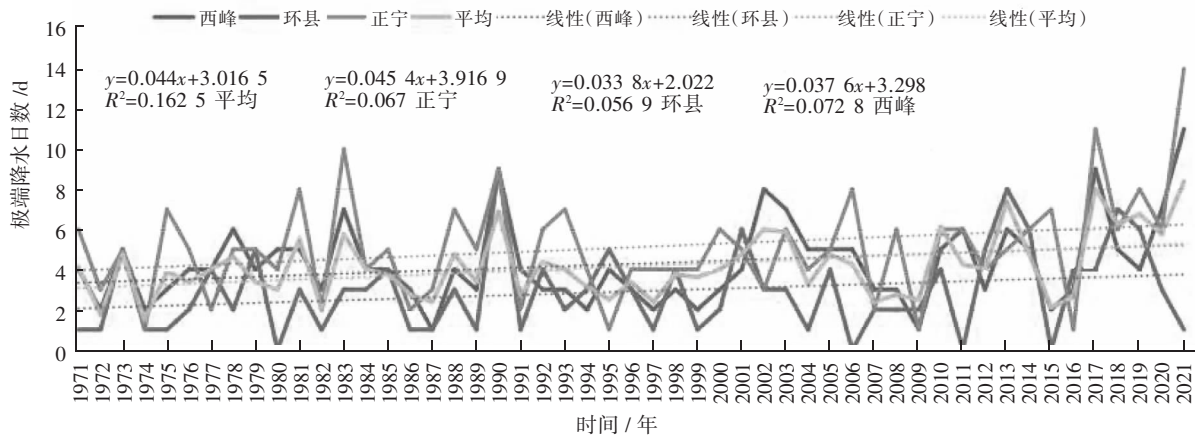


图 4 庆阳市国家级气象站日降水量≥25 mm 平均、西峰、环县、正宁出现日数

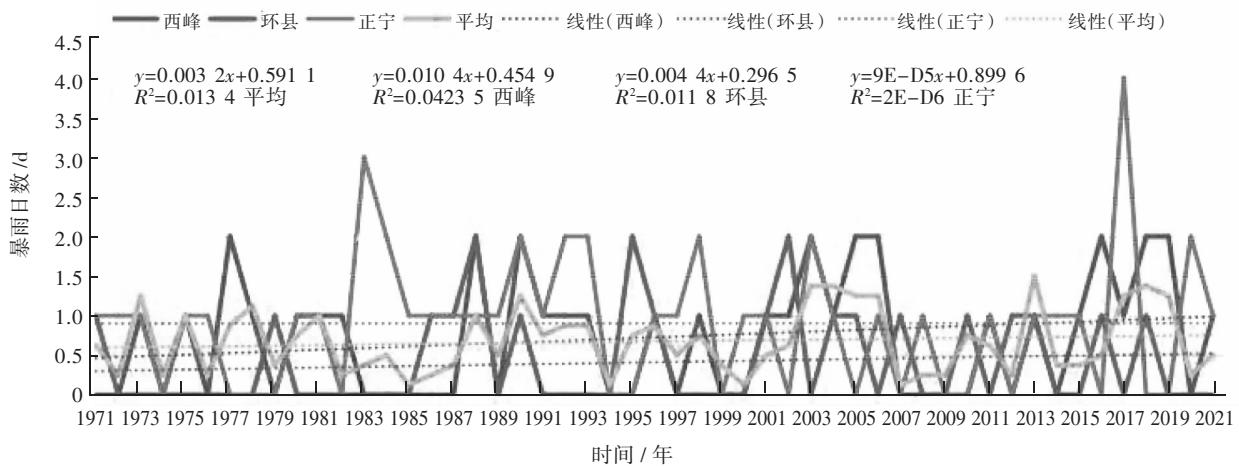


图 5 庆阳市国家级气象站平均、西峰、环县、正宁暴雨日趋势

2.4.2 极端高温 极端高温日数频次和范围均呈增加趋势，尤其近5年来更为明显。盛夏高温日数亦呈增加趋势，2017年和2020年均有台站极端高温突破历史极值，高温与干旱叠加造成的影响更加严重(图6)。

2.4.3 低温、强降温和寒潮天气 由图7可知，极端低温、寒潮、强降温总体呈减少趋势，2010年以来更为明显。但需重视如2008年的冰冻雨雪天气、2016年1月的寒潮以及2018年4月、2020年4月的寒潮天气等极端冷事件造成的严重危害。

气候变暖使得苹果生长期延长，花蕾期、开花期、坐果期提早，果树遭受花期冻害的风险增大。如图7所示，冬春季气温明显上升，导致苹果花期明显提前。21世纪以来，2/3年份的苹果始花期和盛花期出现在4月20日之前，对应4月份各旬极端最低气温有1/2年份在0℃以下，这期间苹果生长正处于花期，极端最低气温低于-3.0℃

的次数较频繁，出现花期冻害的可能性很大。2018年极端最低气温达-6.4℃，当年造成严重冻害。同期历史极端最低气温达-9.0℃，今后不排除出现类似情况。

2.5 未来暖湿化气候变化趋势预计

国家气候中心气候模式集合预估表明，中等排放情景下，未来甘肃省气温和降水仍将继续呈现上升态势，预计至2050年，年平均气温将上升2.17℃，降水增加8.4%。

3 讨论与结论

庆阳市的降水增多只是干旱地区降水的波动，虽然增幅较小，但气候暖湿化有利于作物适宜种植区的扩大和提质增产；利于生态环境改善，减缓水土流失。伴随暖湿化趋势，极端强降水和高温事件增多，寒潮霜冻、强降温等极端事件减少，但强冷事件的影响加重。特色林果业和养殖业风险加大，对农业生产影响加重。建议抓住气候暖湿化的有利机遇，趋利避害，统筹利用气候资源，

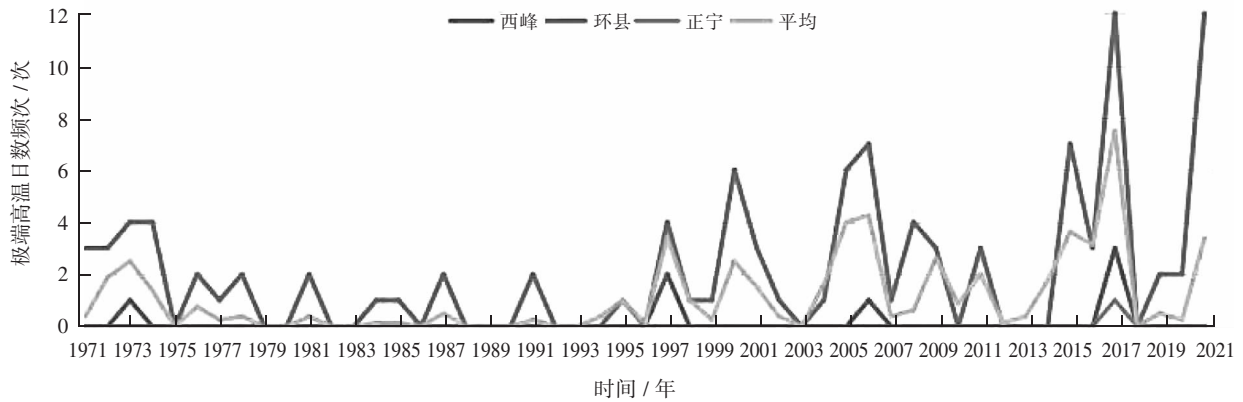


图6 庆阳市国家级气象站≥35℃高温平均、西峰、环县、正宁出现次数

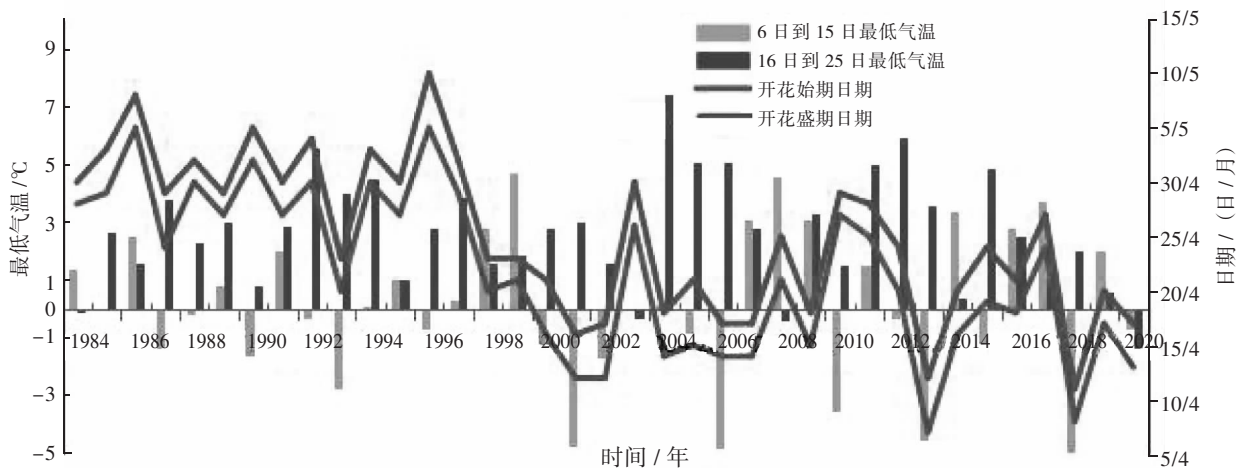


图7 合水国家气象站4月最低气温与苹果花期对应变化趋势

优化农业产业结构,完善自然灾害监测预警机制,提高对极端气候事件的防御能力。研究日照变化趋势,了解其变化的气候背景,不但对农业结构调整、合理布局农业生产有着十分重要的作用,同时还可以为太阳能的开发利用提供科学依据^[18]。

庆阳市50年以来年平均气温呈上升趋势,平均升高速率为 $0.32\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,气温变暖幅度高于全球和全国平均水平。各季均增温明显,其中春季、冬季升温幅度最大,夏季、秋季升温幅度较小。年平均降水量呈波动增加趋势,平均增加速率为 $14.5\text{ mm}/10\text{ a}$;各季变化趋势不一,夏季、秋季、冬季呈增加趋势,春季呈减少趋势。日照时数呈减少趋势,平均减少速率为 $24.6\text{ h}/10\text{ a}$,其中春季为增加趋势,夏季、秋季、冬季为减少趋势。日照时数的季节变化与降水的季节变化呈显著负相关。整体气候由寒旱向暖湿转化,极端天气气候事件趋多趋强,与西北气候变化趋势一致。近年来,在暖湿化气候背景下,强降水事件明显增多,气象干旱事件有所减少;与高温有关的极端事件增多,与低温有关的极端事件减少;极端性天气事件明显增多,极端性更强,短时强降水、暴雨、冰雹叠加出现,对农业造成的损失增加。

今后要抓住气候暖湿化机遇,加强生态环境保护,顺应气候暖湿化趋势,因地制宜,宜林则林,宜草则草,加大黄土高原沟壑贫困区植树造林,减少水土流失,逐步改善生态环境。针对气候变化新特点,因地制宜调整各类特色作物的耕作制度,加强农业生产管理措施,改善农业基础设施,减缓气候变化的不利影响。充分考虑气候风险因素,加大极端天气气候事件和灾害防御科普宣传力度,提升社会整体防灾减灾意识与适应能力。要进一步加强气候变化监测与气候规律研究,完善自然灾害监测预警机制,建立防雹增雨作业示范区、防霜试验示范点、综合农业防灾减灾示范园,加强作业效益评估,增强科学利用云水资源和防御冰雹等气象灾害的能力。

参考文献:

[1] 丁一汇,任国玉,石广玉.气候变化国家评估报告(I):中国气候变化的历史和未来趋势[J].气候变化

- 研究进展,2007(s):1-5.
- [2] 秦大河,陈振林,罗勇,等.气候变化科学的最新认知[J].气候变化研究进展,2007,3(2):63-73.
- [3] 郭江勇,陈少勇,高蓉,等.气温变暖对西北西风带冬季气温的影响分析[J].中国沙漠,2010,30(1):175-181.
- [4] 唐国利,任国玉.近百年来我国地表气温变化的再分析[J].气候与环境研究,2005,10(4):791-798.
- [5] 任国玉,徐铭志,初子莹,等.近54年中国地面气温变化[J].气候与环境研究,2005,63(6):942-956.
- [6] 孙林海,赵振国.我国暖冬气候及其成因分析[J].气象,2004,30(12):57-60.
- [7] 屠其璞,邓自旺,周晓兰.中国气温异常的区域特征研究[J].气象学报,2000,58(3):288-296.
- [8] 江志红,丁裕国.近百年上海气候变暖过程的再认识——平均温度与最低、最高温度的对比[J].应用气象学报,1999,10(2):151-159.
- [9] 马柱国,符凉斌,任小波,等.中国北方年极端温度的变化趋势与区域增暖的联系[J].地理学报,2003,58(s):11-20.
- [10] 陈文海,柳艳香,马柱国.中国1951—1997年气候变化趋势的季节特征[J].高原气象,2002,21(3):251-257.
- [11] 施雅风,沈永平,李栋梁,等.中国西北气候由暖干向暖湿转型的特征和趋势探讨[J].第四纪研究,2003,23(2):152-164.
- [12] 任朝霞,杨达源.近50a西北干旱区气候变化趋势研究[J].第四纪研究,2006,26(2):299-300.
- [13] 赵月兰,何临平.和政县近30年大(暴)雨气候演变特征及灾害分析[J].甘肃农业科技,2013(10):28-30.
- [14] 杨建明,王胜.近38年肃北县气温变化趋势分析[J].甘肃农业科技,2012(1):24-26.
- [15] 简咏梅,李奇.昌吉市近50年春播期浅层地温变化特征分析[J].甘肃农业科技,2021,52(11):50-55.
- [16] 董思言,高学杰.长期气候变化——IPCC第五次评估报告解读[J].气候变化研究进展,2014(1):56-59.
- [17] 张存杰,黄大鹏,刘昌义,等. IPCC第五次评估报告气候变化对人类福祉影响的新认知[J].气候变化研究进展,2014,10(4):5.
- [18] 李海花,刘大锋,刘娟,等.阿勒泰地区1961—2007年日照时数变化特征分析[J].甘肃农业科技,2010(2):30-32.