

文章编号: 2096-1618(2024)02-0216-07

甘肃白银农作物生长期降水量时空变化及干旱风险评估

邵清军^{1,2}, 张俊红^{1,2}, 徐科展², 郭凯忠², 杨博成², 景怀玺²

(1. 兰州中心气象台, 甘肃 兰州 730200; 2. 白银市气象局 甘肃 白银 730900)

摘要:为更好地分析甘肃白银农作物生长期降水量时空变化特征,利用白银市4个国家气象站1961–2022年和37个区域气象站点1994–2022年降水日资料,并采用经验正交函数分解(EOF)、小波分析、Mann-Kenda II法及目估适配线法等方法,着重对农作物生长期降水量的空间异常特征、周期性、突变性及干旱风险进行讨论和评估。结果表明:农作物生长期降水量从南向北递减。受地形影响,高值区位于南部地区最南端,低值区位于北部地区呈“钳形状”干舌当中,空间异常形态主要表现为3种形式:一致型、南北相反型、地形型;年际变化北部地区有增加趋势且不显著,南部地区有减少趋势且显著,存在30 a、10~15 a的年代际周期变化,目前均处于相对偏少期;用pearson-III分布较好地拟合白银市农作物生长期不同保证率下的降水值,并以此为依据,将研究区按农作物生长期的降水量划分为4个区:可用区、短缺区、紧缺区、稀有区,其干旱风险分别为20%、35%、65%、90%。

关键词:农作物生长期;降水时空变化;干旱风险评估

中图分类号:P461

文献标志码:A

doi:10.16836/j.cnki.jcui.2024.02.013

0 引言

降水多寡反映一个地区的旱涝状况或干湿程度^[1-4]。甘肃是典型的雨养农业区,对自然降水依赖程度非常高,一遇干旱年景,将造成农作物不同程度减产,个别地方甚至绝收,可见通过探讨研究甘肃旱作区农作物不同生育期降水变化以及影响需求响应,对当地政府指导农业生产具有非常重要的现实意义。有关针对甘肃不同气候区不同时段农作物生育期降水变化与土壤湿度关系方面的研究成果较多,瞿汶等^[5]将甘肃研究区域分为河东和河西两个片区,分析近43年降水资源变化对农业的影响。研究指出:春小麦、秋作物生育期降水量随着气候变暖,河西中东部为增多趋势,河东为减少趋势,极端干旱事件频繁发生;陆登荣等^[6]分析了甘肃河东雨养农业区旬降水量变化及其与土壤湿度关系,指出:农作物生长期旬降水量的空间分布表现为南部型和东部型,南部型降水量大值区主要发生时段3月上旬到6月中旬,东部型降水量大值区主要发生时段6月下旬到11月下旬,旬降水量与旬土壤湿度呈显著正相关;姜惠峰等^[7]对甘肃陇东地区春耕春播关键期降水气候变化特征及农业生产对策研究分析认为:甘肃陇东地区春耕春播期降水量偏少的概率高达54.7%,干旱发生的几率较高,对春耕春播生产造成不利影响;陈少勇等^[8]研究甘肃旱作区农作物

生长期降水对土壤水分的影响,指出陇中土壤湿度对降水的敏感性大于陇东南。在上述分析研究中,有关进一步分析甘肃旱作区农作物生长不同生育期降水变化及其干旱风险评估方面的研究文献并不多见。

对位于甘肃中部的白银市而言,有关降水气候特征变化分析研究中,仅利用4个国家气象站观测资料,站点极为稀少,即便是将气候资料拓展到周边站点,也很难精确地反映小区域范围不同地形条件下气象要素变化的实际状况,难以满足气候资源开发利用以及气象业务服务精细化的需求。随着人工观测雨量点和区域气象站降水资料的积累,为精细化分析小区域范围降水气候资源变化提供了新数据。因此,有必要对白银市农作物生长期降水时空分布特征以及影响进行评估,一方面为当地政府科学合理利用降水资源分布实施人工增雨工程和指导农业生产提供技术支撑;另一方面为揭示甘肃中部农作物生长期降水气候变化特征提供基础资料。

1 资料与方法

1.1 研究区概况

白银市地处甘肃中部,濒临腾格里沙漠边缘,既是河西走廊与黄土高原的过渡地带,又是干旱与半干旱过渡区,位于103°33'E~105°34'E和35°33'N~37°38'N,海拔高度在1275~3321 m,南北相距380 km,东西相距140 km,区域面积21158 km²,北部地区临近乌鞘岭山

收稿日期:2023-09-03

基金项目:中国气象局核心技术发展专项资助项目(YBGJXM2019 05-09)

通信作者:张俊红. E-mail:346917221@qq.com

脉,平坦多丘陵地带,南部地区接壤华家岭山脉,沟壑纵横多山区地带,地形南北狭长,地势南高北低,东陡西缓,南北气候差异大,境内有寿鹿山、长岭山、哈思山、屈吴山和铁木山等山脉,复杂的地形地貌形成复杂的气候环境和不同的气候资源。全市近70%的耕地以旱作雨养农业为主,农作物生长期(4-10月)降水占全年降水的90%以上,春季、春末夏初、伏期和秋季干旱发生频率高^[9],对农业生产、人畜饮水和生态环境构成重大影响(图1)。

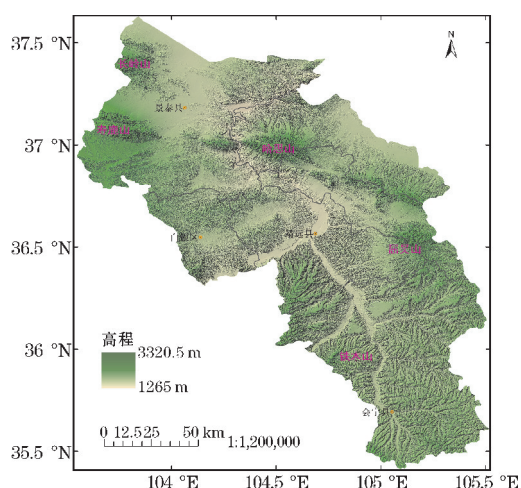


图1 白银市地形地貌图

1.2 资料来源

选取白银市气象局资料室整编的1961-2022年白银市所辖景泰、白银、靖远、会宁等4个国家气象站降水日资料,1994-2007年37个人工雨量点降水日资料;选取甘肃省气象信息与技术装备保障中心提供的白银市59个区域气象站与37个人工雨量点对应的区域气象站2008-2022年降水日资料,建立全市41个站点农作物生长期降水量时间序列并分析其气候变化特点(说明:随着2007年区域气象站建设及2008年正式投入业务使用,人工雨量点数据用区域气象站代替。就区域气象站降水日资料^[10],采用甘肃省气象信息与技术装备保障中心经过筛选、检测、对比、校正等数据质量控制方法,剔除其异常错误记录而得到的整编资料。当某站日降水资料缺测,本研究用邻近站点代替,保证资料完整性)。通常情况下,把干湿地区划分指标定义为年降水量250 mm、500 mm的等值线作为干旱区、半干旱区和湿润区的分界线^[11]。以此为依据,将白银市北部的景泰县、白银区、靖远县划分为干旱区,会宁县划分为半干旱区。

1.3 研究方法

利用经验正交函数分解(简称EOF)方法^[12],分析农作物生长期降水空间分布异常特征;利用线性趋势估

计方法^[13],分析农作物生长期降水年际变化趋势;利用小波分析方法^[14],分析农作物生长期降水多时间尺度的周期性变化特征;利用Mann-Kendall法^[15],分析农作物生长期降水突变性特征;利用目估适配线法^[16-17],分析农作物生长期降水变化的拟合保证率。其中,目估适配线法是以经验保证率点据为基础,选配一条拟合较好的理论保证率曲线与经验保证率点据相配合来估计样本总体的统计规律。具体步骤如下:

(1)对于连续时间序列资料变量 x_i 由大到小按序号 $m(m=1,2,\dots,n)$ 进行排列,计算出经验保证率:

$$P_m = \frac{m}{n+1}$$

(2)选用pearson-III概率密度函数曲线作为分布线型,采用矩法计算曲线参数初始值: \bar{x} 为平均值, k_i 为随机变量与平均值之比值并称之为模比系数, c_v 为变差系数, c_s 为偏态系数(根据经验验证:通常情况下 c_s 取 c_v 的倍数值)。

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$k_i = \frac{x_i}{\bar{x}}$$

$$c_v = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}$$

(3)根据计算确定的 c_v 、 c_s 值,查“pearson-III分布曲线的模比系数 k_p 值表”,得到不同理论保证率 p 下的 k_p 值,即可反推计算拟合变量 x_p 值:

$$x_p = k_p \bar{x}$$

(4)以 x_i 、 x_p 为等距纵坐标, p_m 、 p 为非等距横坐标,将拟合曲线和经验点据绘制到同一张图上。通过调整 c_s 值得到不同的拟合曲线,目测选定拟合效果最佳的一条适配线,作为计算变量估计值的依据。

2 结果分析

2.1 农作物生长期降水量空间分布特征

2.1.1 空间分布特征

如图2所示,白银市作物生长期降水量的空间分布不均匀,从南向北递减,高值区存在一个主中心和2个次中心,主中心位于南部地区与之接壤的华家岭山脉迎风坡西北端,成为全市最显著的高值中心,次中心位于境内长岭山、哈思山等山脉迎风坡西南端;低值区位于北部地区自东北向西南方向分两路伸入境内形成“钳形状”干舌当中,成为全市最显著的低值中心。由此可见,白银市多山脉地形特征为农作物生长提供了不同的气候环境条件。

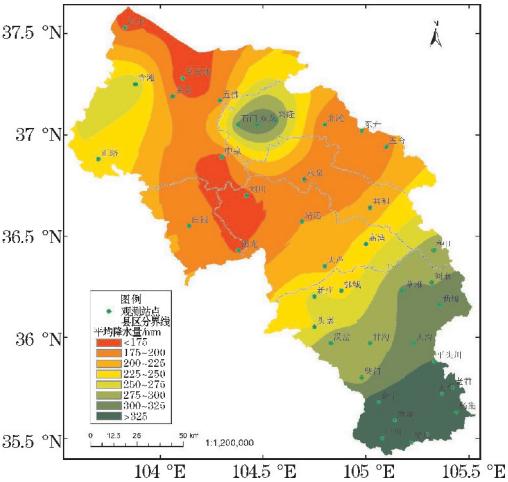


图 2 1994–2022 年白银市农作物生长期降水量空间分布图

2.1.2 空间异常特征

为分析白银市农作物生长期降水量的空间异常特征,采用 1994–2022 年 4–10 月全市 41 个站点降水量场资料进行 EOF 分解,取前 3 个特征向量并绘制图 3。结果发现:第一特征向量 LV1、第二特征向量 LV2、第三特征向量 LV3 方差的贡献率分别为 53.78%、17.29%、9.65%,累计方差达 80.72%,收敛速度极快,表明前 3 个特征向量较好地反映了降水量场空间异常变化的主要特征信息:(1)一致型,由图 3(a)可以看出,各站点第一特征向量值均为正,其变化呈明显的正相位,反映出白银市各地降水变化具有非常相似的一致性,且特征向量值从南向北递减,这与大尺度环流场即高原季风、东亚夏季风及其副热带高压系统对水汽的输送有关^[18–20],南部地区水汽输送多,则降水量相

对较多,北部地区受高原的阻挡作用水汽输送少,则降水量相对较少;(2)南北相反型,由图 3(b)可以看出,北部地区站点第二特征向量值均为负,南部地区站点第二特征向量值均为正,零线自西南–东北方向刚好穿越靖远县和会宁县域交界处,即大芦–高湾–共和一线,南北变化呈显著的反位相,说明南北气候差异明显,北部地区相对干旱少雨,南部地区相对湿润,反映了白银市干旱和半干旱的基本气候事实;(3)地形型,由图 3(c)可以看出,受区域和华家岭山脉影响,景泰县长岭山、寿鹿山分别对应寺滩、正路等站点,靖远县哈思山对应石门、双龙和兴隆等站点,屈吴山对应会宁县刘寨、新源等站点以及华家岭迎风坡西北端对应杨集、老君、太平、新添、候川和中川等站点,其第三特征向量值均为正,与降水量高值区相对应;在北部地区景泰县本站和红水、漫水滩、五佛、中泉等站点,白银区本站和四龙等站点,靖远县本站和刘川、大芦、水泉、共和、北滩、东升、五合等站点第三特征向量为负,靖远县哈思山迎风坡站点第三特征向量为正,以上站点围成的区域呈现“钳形状”负值区,与降水量低值区相对应。究其原因:白银市北部地区地处青藏高原东北侧地形弯曲曲率最大处,西风带气流受侧边界动力作用影响所产生的反气旋下沉气流最强,加之乌鞘岭山脉以及区域山脉的背风坡叠加效应,不利于成云致雨^[21]。由此可见,除西风带、高原季风、东亚夏季风影响使得白银市农作物生长期降水空间分布异常复杂多变的特征外,与区域内山脉等地形的阻挡抬升也有非常大的关系,主要体现出 3 种变化形态:一致型、南北相反型和地形型。

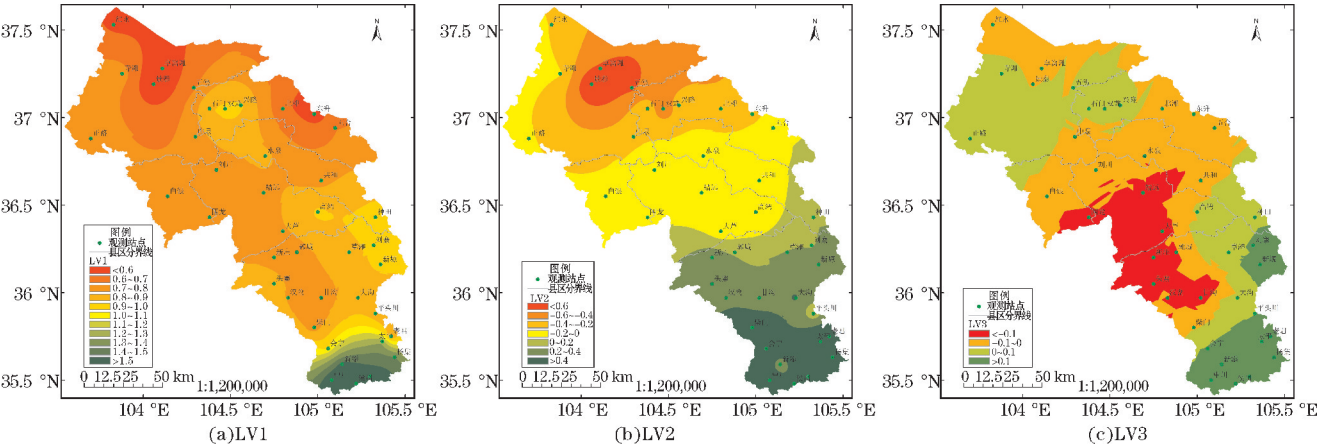


图 3 1994–2022 年白银市农作物生长期降水量 EOF 分解的 3 个特征向量分布

2.2 农作物生长期降水量时间变化特征

2.2.1 年际及年代际变化特征

选取白银站代表北部地区,会宁站代表南部地区,并绘制图 4,结果显示在 62 年的时间尺度上,白银市北部地区和南部地区农作物生长期降水年际和年代际

变化趋势有明显差异,北部地区有增加趋势且不显著,年倾向率 3.608 mm/10 a,未通过可信度检验,大致经历了 1966–1976 年、1991–2007 年缓慢下降阶段,1961–1966 年明显上升阶段,1977–1990 年、2008–2018 年缓慢上升阶段;南部地区有减少趋势且显著,年倾向率在 -15.934 mm/10 a,通过可信度 $\alpha = 0.01$ 检验,大致

经历了 1961–1970 年的明显下降阶段,1990–2005 年缓慢下降阶段,2006–2016 年缓慢上升阶段。目前,南北均处于相对减少趋势阶段。李栋梁等^[22]研究中国西北地区现代气候变化,揭示了西北地区气候由暖干向暖湿的变化,指出西北地区西部,包括新疆大部、祁连山区、河西走廊,降水明显增加;而西北地区东部降水持续减少,从而印证了这一研究成果。说明白银市农作物生长期降水的年际变化北部地区与甘肃河西地区一致,南部地区与甘肃河东地区一致。本文未将月际和季节变化列入讨论(图略)。具体情况是:利用 1961–2022 年 3–11 月白银市 4 个国家气象站逐年逐月降水资料进行分析显示,月际、季节变化均呈单峰型,降水主要集中在 5–9 月,8 月最多;夏季最多,秋季次之,春季较少。

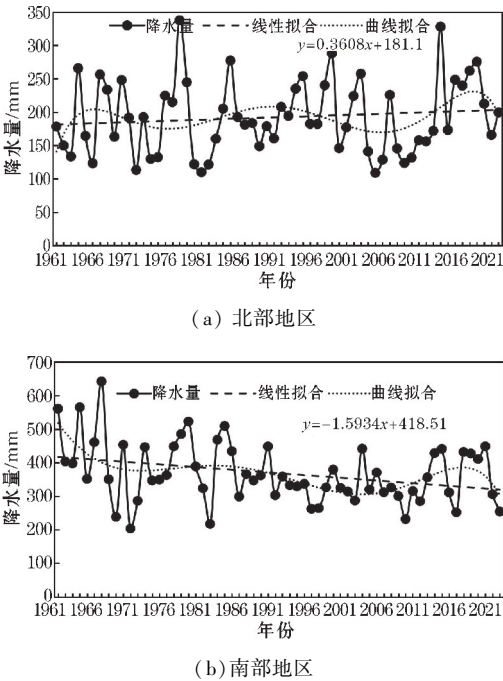


图 4 1961–2022 年白银市北部地区和南部地区农作物生长期降水量趋势变化

2.2.2 周期及突变性变化特征

小波分析显示结果(图 5):在伸缩尺度 30 a 左右层次上,均完成了 2 个振荡期;在伸缩尺度 10 ~ 15 a 层次上完成了 5 个振荡期。另外,也明显存在 5 a 的准周期变化。目前,北部、南部地区均处于相对偏少期,这说明白银市农作物生长期降水南北地区周期性变化基本无显著性差异。

Mann-Kendll 法显示结果(图 6):UF、UB 为正、逆秩序列统计量,显著水平 $U_{0.05} = \pm 1.96$,用 A、B 分别表示,UF 曲线均穿过 0.05 检验信度水平线,UB 曲线均未穿过 0.05 检验信度水平线,虽然 UF 曲线和 UB 曲线有交叉,20 世纪 60 年代至 21 世纪 00 年代末期年际变幅较小且稳定,21 世纪 10 年代中期以来年际变幅不稳定性

明显增大,南北部地区变化基本一致,但均未出现突变。

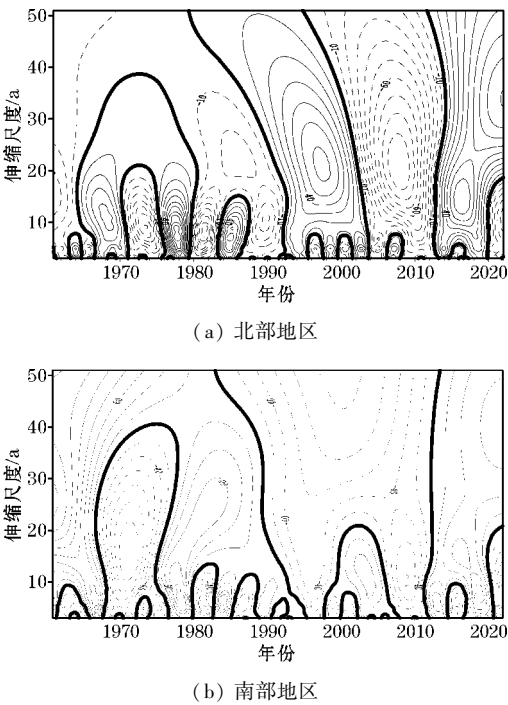


图 5 白银市农作物生长期降水量北部地区和南部地区小波分析结果

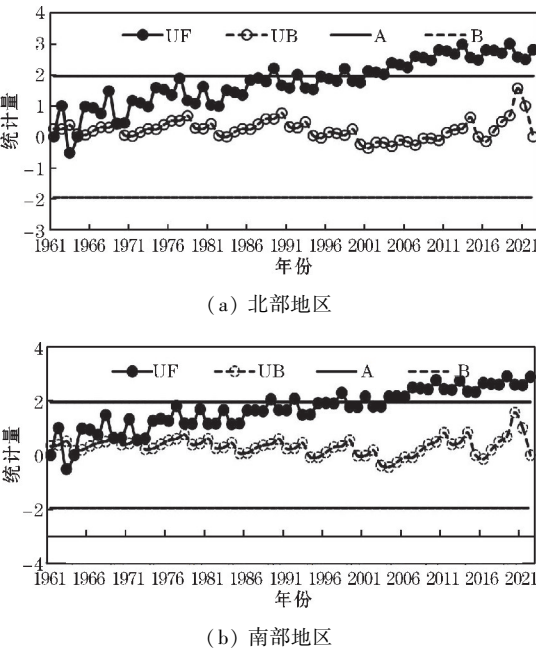


图 6 1961–2022 年白银市农作物生长期降水量 Mann-Kendall 的突变检验

2.3 农作物生长期降水干旱风险评估

2.3.1 降水保证率变化特征

降水量年际变化不服从正态分布,而是接近 pearson-Ⅲ分布,因而使用 pearson-Ⅲ分布曲线在不同理论保证率下可得到不同的降水拟合值,图 7 为 1994–2022 年白银市农作物生长期不同山脉迎风坡 4 个站点降水拟合情况,当 c_s 取 $2C_v$ 、 $3C_v$ 和 $3.5C_v$ 时,分别绘

制出第一、第二、第三条适配线,观察 pearson-Ⅲ 分布曲线与经验点据配合较好的一条作为降水量计算的依据,故选择新添站第三条、石门站第二条、种田站第一

条、寺滩站第二条为最优适配线,其余 37 个站点以此类推。由此可见,pearson-Ⅲ 分布曲线能够较好地拟合白银市农作物生长期降水量。

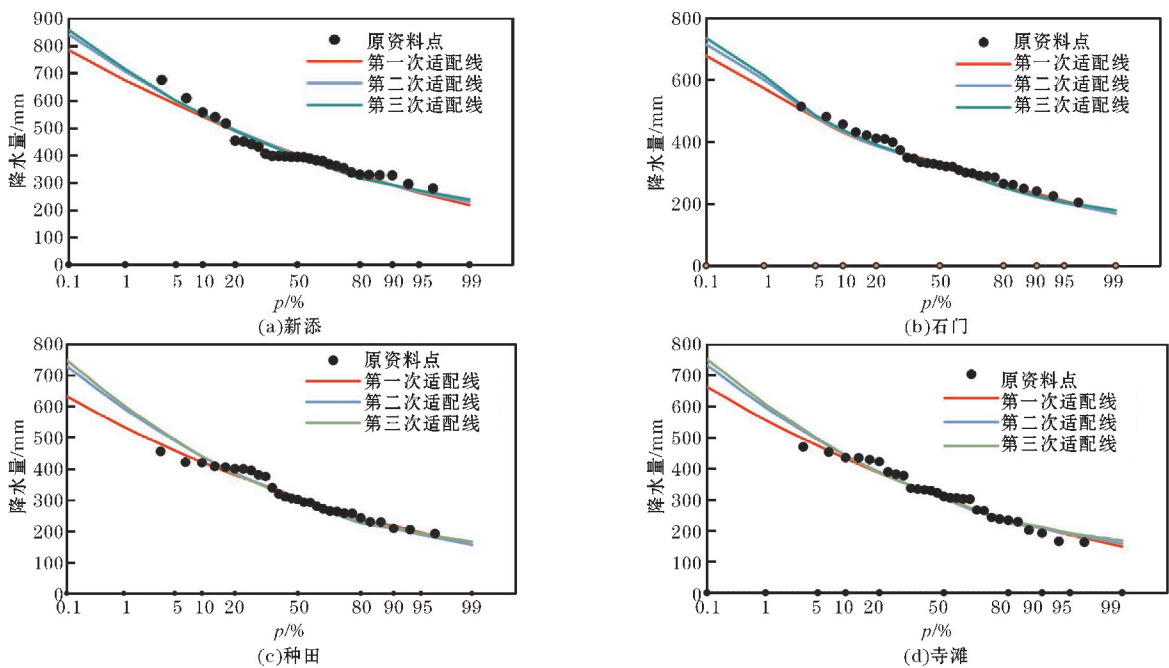


图 7 pearson-Ⅲ 型分布在不同理论保证率下拟合白银市不同山脉迎风坡降水曲线示意图

刘宏谊等^[23]在研究甘肃主要农作物需水量时空变化特征中指出,农作物生长期耗水量至少300 mm以上,再分析白银市夏、秋粮作物产量与降水量相关关系结果表明(图略),正常年景对应的农作物生长期降水量一般也在300 mm以上,表 1 为白银市农作物生长期 41 个站点拟合降水量,可以看出,不同保证率下达 300 mm 以上站点的具体变化情况:在 $P=20\%$ 的保证

率下有 20 个站点,占全市站点的48.8%;在 $P=50\%$ 的保证率下有 16 个站点,占全市站点的39.0%;在 $P=80\%$ 的保证率下有 5 个站点,占全市站点的 12.2%,表明降水保证率越低,300 mm 以上降水的站点数越多,与实际状况相差较大;降水保证率越高,300 mm 以上降水的站点数越少,与实际状况基本接近。

表 1 1994–2022 年白银市农作物生长期 41 个站点各级保证率降水量

单位:mm

站点	$P=20\%$	$P=50\%$	$P=80\%$	站点	$P=20\%$	$P=50\%$	$P=80\%$
景泰	226.6	176.9	132.7	北滩	185.7	150.1	119.2
正路	311.8	243.4	182.5	高湾	318.3	248.4	186.3
五佛	202.3	157.9	118.4	东升	227.7	177.7	133.3
草窝滩	202.3	157.9	118.4	兴隆	374.3	319.0	250.4
芦阳	198.8	148.3	107.3	会宁	389.7	332.6	272.1
寺滩	388.5	303.2	227.4	郭城	314.9	254.5	202.1
中泉	171.5	133.8	100.4	头寨	318.9	257.8	204.6
红水	196.7	153.5	115.1	大沟	367.9	310.8	256.9
白银	245.4	191.6	143.7	汉岔	374.2	316.2	261.3
四龙	212.0	165.5	124.1	侯川	454.0	383.5	317.0
靖远	250.7	202.6	160.9	刘寨	364.6	308.1	254.6
水泉	201.4	157.2	117.9	太平	446.3	377.0	311.6
共和	257.0	200.6	150.5	新庄	309.4	261.4	216.0
种田	380.5	308.1	239.0	新塬	380.7	307.7	244.3
刘川	203.0	158.5	118.8	中川	494.4	399.7	317.3
双龙	395.7	330.3	258.1	平头川	384.4	300.1	225.0
五合	242.1	189.0	141.7	杨集	434.8	367.3	303.6
大芦	261.6	204.2	153.1	新添	493.0	398.5	316.3
石门	390.6	336.0	252.0				

2.3.2 干旱风险区划

绘制白银市农作物生长期保证率达 80% 的拟合降水量和降水量达 300 mm 以上不同保证率变化(图 8)进行对比看出:保证率达 80% 拟合降水量与 300 mm 以上降水不同保证率的空间分布基本一致,表明同一保证率不同拟合降水量能够反映该区域降水气候的干湿变化,同样在同一降水量不同保证率也能够反映该区域降水气候的干湿变化^[24]。因此,将以农作物生长期 300 mm 作为干旱风险评估指标,对研究区进行气候区划,既可作为干旱气候预测预警业务指标,又可作为当地政府指导农业生产的科学依据。

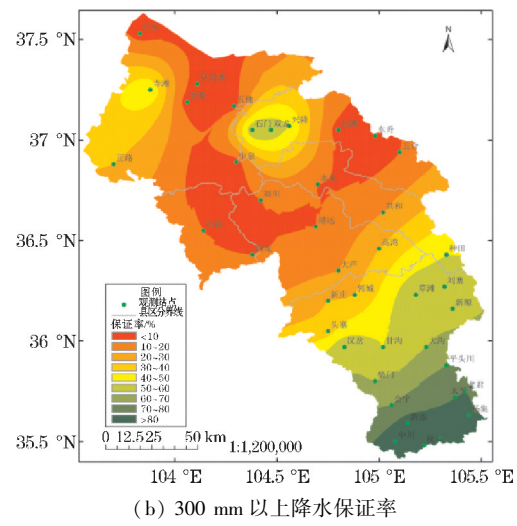
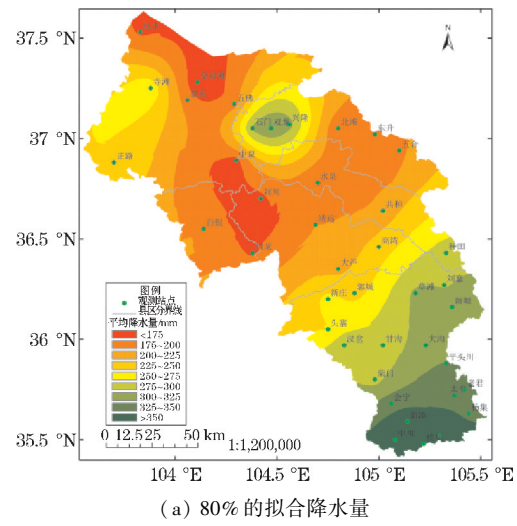


图 8 白银市农作物生长期各站点保证率为 80% 的拟合降水量和拟合降水量达 300 mm 以上的不同保证率

降水量可用区:农作物生长期降水量 300 mm 保证率 $\geq 80\%$,主要包括会宁县南部的新添、中川、候川、太平、老君和杨集等乡镇。该区有 20% 的年景降水量不足 300 mm,即干旱风险仅有 20%,风险较低。

降水量短缺区:农作物生长期降水量 300 mm 保证率 50% ~ 80%,平均保证率 65%,主要包括会宁中北部的柴门、平头川、大沟、汉岔、甘沟、草滩、刘寨、新源等乡镇,靖远县北部的种田、石门、双龙、兴隆等乡镇。

该区降水量达 300 mm 以上的重现期为“三年二遇”,即平均三年一旱,干旱风险 35%,风险较高。

降水量紧缺区:农作物生长期降水量 300 mm 保证率 20% ~ 50%,平均保证率 35%,主要包括会宁县北部的头寨、新庄、郭城等乡镇,靖远县南部的大芦、高湾、共和等乡镇,景泰县西北部的寺滩、正路等乡镇。该区降水量达 300 mm 以上的重现期为“三年一遇”,即平均三年二旱,干旱风险 65%,风险高。

降水量稀有区:农作物生长期降水量达 300 mm 以上保证率 1% ~ 20%,平均保证率 10%,是白银市最干旱区,主要包括靖远县北部的北滩、东升、五合、水泉、刘川等乡镇,白银区四龙等乡镇;景泰县中北部红水、草窝滩、五佛、中泉等乡镇。该区降水量达 300 mm 以上重现期“十年一遇”,即平均十年九旱,干旱风险 90%,风险极高。

3 结论

对白银市农作物生长期降水时空分布特征及其影响进行评估,得出以下结论:

(1) 白银市农作物生长期降水量从南向北递减,高值区位于南部地区与之接壤的华家岭山脉迎风坡西北端,成为全市最明显的高值中心;低值区位于北部地区呈“钳形状”干舌当中,成为全市最明显的低值中心;空间异常特征的主要形式表现为 3 种形态:一致型、南北相反型、地形型。

(2) 白银市农作物生长期降水量北部地区有不显著增加趋势,南部地区有显著减少趋势,20 世纪 60 年代中期至 21 世纪 00 年代末期年际变幅较小,变化相对平稳,21 世纪 10 年代初期年际变幅加大,不稳定性明显增加。

(3) 白银市农作物生长期降水量南北部均存在 30 a、10 ~ 15 a 周期变化。另外,有 5 a 的准周期性变化,无突变特征,目前均处于相对偏少期。

(4) 用 pearson-III 分布较好地拟合了白银市农作物生长期在不同保证率下的降水量,降水保证率越低,与实际状况相差较大;降水保证率越高,与实际状况基本接近。以降水量 300 mm 的保证率将白银市农作物区划分为 4 个区:可用区、短缺区、紧缺区、稀有区,其干旱风险分别为 20%、35%、65%、90%,既可作为干旱气候预测预警业务指标,也可作为当地政府指导农业生产科学依据。

参考文献:

[1] Zhang J Y, Dong W J, Fu C B, et al. The influence of vegetation cover on summerrainfall in China: A statistical analysis of NDVI and climate [J]. Advances in Atmospheric Sciences, 2003, 20(6): 1002-1006.

- [2] IPCC. Summary for policymakers of climate change 2007: the physical science basis [M]. Cambridge University prss, 2007: 301–303.
- [3] 王磊, 文军, 韦志刚, 等. 中国西北部西部土壤湿度及其气候响应[J]. 高原气象, 2008, 27(6): 1257–1266.
- [4] 杨歆雨, 张容焱, 潘航, 等. 福建省多维度气象干旱特征时空分布分析[J]. 气象, 2022, 48(12): 1565–1576.
- [5] 瞿汶, 刘德祥, 赵红岩, 等. 甘肃省近43年降水资源变化对农业的影响[J]. 干旱区研究, 2007, 24(1): 56–60.
- [6] 陆登荣, 黄斌, 王劲松, 等. 甘肃河东雨养农业区旬降水量变化与土壤湿度关系[J]. 2011, 29(1): 230–235.
- [7] 姜惠峰, 王智丽, 王位泰, 等. 甘肃陇东地区春耕春播关键期降水气候特征及生产对策研究分析[J]. 中国农学通报, 2017, 33(10): 113–117.
- [8] 陈少勇, 郭玉珍, 郑延祥, 等. 甘肃旱作农业区降水对土壤水分的影响[J]. 中国沙漠, 2012, 32(1): 155–162.
- [9] 陈少勇, 何世博, 贺红梅, 等. 白银市气候资源特征及开发应用[J]. 成都信息工程学院学报, 2002, 17(2): 272–276.
- [10] 庄晓翠, 张云惠, 周雪英, 等. 新疆短时强降水天气雷达回波特征[J]. 气象, 2021, 47(11): 1402–1415.
- [11] 苏占胜, 陈晓光, 黄峰, 等. 基于GIS的宁夏气候要素推算及农业气候资源分析[J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(4): 242–249.
- [12] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法[M]. 北京: 北京气象出版社, 2000: 135–139.
- [13] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 北京气象出版社, 2007: 99–104.
- [14] 李栋梁, 谢金南, 王蕾, 等. 甘肃河东降水量的周期变化[J]. 高原气象, 2000, 19(3): 296–303.
- [15] 符艳红, 谢世友, 高洁, 等. 基于Mann-Kendll法的嘉陵江流域降水量时空分布规律[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2018, 40(6): 132–138.
- [16] 林两位, 王莉萍. 用pearson-III概率分布推算重现期最大日降水量[J]. 气象科技, 2005, 33(4): 314–317.
- [17] 林莺, 李世才. 水文频率曲线简捷计算和绘图技术[J]. 水利水电技术, 2002, 33(7): 52–66.
- [18] 白虎志, 谢金南, 李栋梁, 等. 近40年青藏高原季风变化的主要特征[J]. 高原气象, 2000, 20(1): 22–27.
- [19] 黄荣辉, 顾雷, 陈际龙, 等. 东亚季风系统的时空变化及其对我国气候异常影响的最近研究进展[J]. 大气科学, 2008, 32(4): 691–719.
- [20] 王宝鉴, 李栋梁, 黄玉霞, 等. 东亚季风异常与西北东部汛期降水的关系分析[J]. 冰川冻土, 2004, 26(5): 563–568.
- [21] 白虎志, 李栋梁, 陆登荣, 等. 西北地区东部夏季降水日数的变化趋势及其气候特征[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(3): 133–140.
- [22] 李栋梁, 魏丽, 蔡英, 等. 中国西北现代气候与未来趋势展望[J]. 冰川冻土, 2003, 25(2): 135–142.
- [23] 刘宏谊, 马鹏里, 杨兴国, 等. 甘肃省主要农作物需水量时空变化特征分析[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(1): 39–44.
- [24] 尹文有, 郑皎, 王继红, 等. 年最大雨日量极值分布拟合与推算[J]. 气象科技, 2011, 39(2): 137–140.

Spatial-Temporal Changes and Drought Risk Assessment of Precipitation During Crop Growth Period in Baiyin City Gansu

SHAO Qingjun^{1,2}, ZHANG Junhong^{1,2}, XU Kezhan², GUO Kaizhong², YANG Bocheng², JING Huaixi²

(1. Lanzhou Central Meteorological Observatory, Lanzhou 730200, China; 2. Baiyin Meteorological Bureau, Baiyin 730900, China)

Abstract: To better analyze the variation characteristics of precipitation during the crop growth period in Baiyin city of Gansu province, Based on daily precipitation data from 4 national meteorological stations from 1961 to 2022 and 37 regional meteorological stations from 1994 to 2022 in Baiyin City, and methods such as empirical orthogonal function decomposition (EOF), wavelet analysis, Mann-Kendall method, and visual estimation fitting line method are used, emphasis was placed on discussing and evaluating the spatial anomaly, periodicity, mutation, and drought risk of precipitation during the crop growth period. The results indicate that the precipitation during the crop growth period decreases from south to north. For the terrain influence, high-value areas are located at the southernmost point of the southern region, which borders the southern region, while the low value area is located in the northern region in a “clasp-shaped” tongue, the spatial anomaly mainly manifests in three forms: consistent type, north-south opposite type, and terrain type. The interannual changes show an increasing trend but not significant in the northern region, while a decreasing trend and significant in the southern region, there are interdecadal cycles of 30 a and 10–15 a, both of which are currently in a relatively low period. The pearson-III distribution was used to fit the precipitation values of different guarantee rates during the crop growth period in Baiyin City. Based on this, the precipitation during the crop growth period was divided into four zones: available zone, shortage zone, scarce zone, and rare zone, with drought risks of 20%, 35%, 65%, and 90%, respectively.

Keywords: crop growth period; spatiotemporal variation of precipitation; drought risk assessment