

衢州市气候变化特征及其农业影响分析

陈晓, 任耘*, 任英俊

成都信息工程大学管理学院, 四川 成都 610225

DOI:10.61369/EAE.2025050007

摘 要 : 本文基于衢州市 1981–2020 多年份的气象数据, 查看了该市气温及降水的时空变化特征。着重对其对当地农业生产 (如水稻、柑橘等主要作物) 的潜在影响与适应性对策进行了探讨, 结果表明: 衢州市气温呈现明显的上升走向, 温度增加速率为 $0.409^{\circ}\text{C}/10\text{a}$; 年降水量呈波动性增加, 增长速率为 $32.33\text{ mm}/10\text{a}$, 其中春季升温最快 $0.52^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, 但季节差异显著, 夏季增多而秋季减少。这些变化引发农业热量资源的增加, 作物潜在生长的季节延长, 但与此同时也加剧了春季低温、阴雨、夏涝和秋旱等农业气象灾害风险。本研究主张, 应当构建基于气候变化的适配模式适应型农业布局, 增强农业公共气象服务精准预警的实力, 并针对主要作物提出防灾减灾管理手段用以保障衢州市农业实现可持续的高质量发展。

关 键 词 : 衢州市; 气候变化; 农业生产; 农业气象灾害; 公共气象服务; 适应策略

Analysis of Climate Change Characteristics and Their Agricultural Impacts in Quzhou City

Chen Xiao, Ren Yun*, Ren Yingjun

College of Management, Chengdu University of Information Technology, Chengdu, Sichuan 610225

Abstract : Based on multi-year meteorological data from 1981 to 2020, this study examines the spatial and temporal variations of temperature and precipitation in Quzhou City. It further explores their potential impacts on local agricultural production—particularly on major crops such as rice and citrus—and discusses corresponding adaptation strategies. The results indicate that the mean temperature in Quzhou has shown a significant upward trend, with an increase rate of 0.409°C per decade. Annual precipitation has fluctuated but generally increased at a rate of 32.33 mm per decade. The fastest temperature rise occurs in spring (0.52°C per decade), while notable seasonal differences are observed, with increases in summer and decreases in autumn. These climatic changes have enhanced thermal resources and extended the potential growing season for crops, but they have also intensified the risks of agro-meteorological disasters such as spring cold spells, continuous rainfall, summer floods, and autumn droughts. The study suggests establishing a climate-adaptive agricultural layout model, strengthening the precision early-warning capacity of public meteorological services, and developing disaster prevention and mitigation measures for key crops to ensure the sustainable and high-quality development of agriculture in Quzhou.

Keywords : Quzhou City; climate change; agricultural production; agrometeorological disasters; public meteorological services; adaptation strategies

引言

全球气候变化已成为当今人类社会面临的主要挑战之一, 其对自然生态系统和农业生产的影响尤为突出。农业是最依赖气候条件的产业之一, 气温升高、降水时空分布异常以及极端天气事件频发, 正在深刻改变作物的生长周期、产量稳定性与区域种植格局。对于以农业为主的地区而言, 气候变化导致的热量和水分资源重新分配, 以及灾害风险的持续上升, 已直接影响到粮食安全与农民生计。

衢州市位于浙江省西部、钱塘江上游, 属于典型的亚热带季风气候, 四季分明、雨热同期, 光热条件优越, 是浙江重要的粮食、柑橘及茶叶生产基地。近年来, 衢州市气候变暖趋势明显, 极端高温、连阴雨、秋季干旱等农业气象灾害频率上升, 对主要作物生产造成一定影响。与此同时, 复杂的地形条件使得气候变化在区域内表现出差异性, 增加了农业气象服务与管理的难度。

第一作者: 陈晓 .Email: 2642248376@qq.com

通信作者: 任耘 .Email: 450785331@qq.com

国外的 IPCC 系列报告^[1]中展现了对气候变化与农业响应的研究,表现了全球变暖的现状以及农业生态系统中潜藏的风险,而国内学者大多从全国或省域的尺度去探讨气候变化规律和农业适应性对策,如翟盘茂^[3]、王绍武^[4]等揭示了我国气温与降水等气象因子的时空差异,然而此类研究中针对浙江省中西部山区精细化研究的数量相对不足,特别是缺乏将长时期气候序列的变化与农业气象服务体系相结合的研究。

本文在这样的背景下,探讨衢州市在近四十年的气候变化特征,主要研究气温、降水等气象因子的时空变化,分析突变时期,探讨气候变化对主要农作物生长条件的影响,计划揭示气候变化对衢州农业气候资源及灾害风险格局的作用,进而从公共气象服务范畴出发提出适应性对策,给区域农业防灾减灾、气候风险管理与可持续发展提供科学凭据。

一、数据来源与研究方法

本研究所用气象数据来源于中国气象数据网(<https://data.cma.cn>)及衢州市国家基准气象站观测资料,时间范围为1981年1月1日至2020年12月31日。所用数据包括日平均气温、最高气温、最低气温和日降水量。为保证数据的完整性和准确性,对原始数据进行了质量控制与一致性检验,剔除明显异常值,并采用邻近台站资料和《浙江水文年鉴》数据进行插补和比对。数据处理遵循《中国气象数据质量控制技术规范(QX/T 1059-2018)》标准。

在此基础上,选取了能够反映农业气候资源变化的主要指标,如 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温、无霜期以及各季节降水距平等,用于分析气候变化对区域热量和水分条件的影响。数据的整理与绘图主要通过 Python 3.11 和 Excel 完成。趋势与突变分析则借助王毓森^[2]开发的“水文时间序列趋势变化及突变分析系统”进行。该系统集成了线性趋势计算、滑动 T 检验、累积距平分析及 Mann-Kendall(M-K)非参数检验等方法,能够较为准确地识别气候序列中的长期变化趋势及突变特征。

气温与降水变化趋势采用线性回归法分析,其回归系数反映气候要素随时间变化的速率;突变分析采用 M-K 检验判断时间序列是否存在显著转折点,显著性水平取 0.05。通过年代际距平比较,揭示气候要素在不同阶段的偏差特征。部分指标结果辅以滑动平均平滑处理,以识别长时间尺度的波动变化趋势。

综合以上方法,本研究主要针对衢州市近40年来气温和降水的变化特征展开分析,识别其趋势变化和突变时期,并探讨气候变化对当地农业热量条件、水分供给及主要作物生长环境的影响,为后续气象服务改进和农业管理决策提供参考依据。

为进一步揭示气温与降水在不同阶段的变化特征,计算了1981—2020年各年代际的气温和降水距平(表1)。表1显示了衢州市气候要素的阶段性波动情况,为后续的趋势分析和突变检验提供了基础数据支撑。

表 1 衢州市年平均气温与降水年代际距平表(1981—2020)

年份	年降水距平(mm)	平均气温距平($^{\circ}\text{C}$)
1981-1990	-56	-0.58
1991-2000	98.15	-0.18
2001-2010	172.83	0.23
2011-2020	130.72	0.56

二、结果与分析

(一) 气温变化特征

根据衢州市1981—2020年气象资料统计,40年间年平均气温为 17.78°C ,呈显著上升趋势。年均气温的线性倾向率为 $0.409^{\circ}\text{C} \cdot 10\text{a}^{-1}$,说明该地区增温明显。气温最高值出现在2020年(19.29°C),最低值为1984年(16.70°C),年际变化平稳,符合亚热带季风气候特征。线性回归与显著性检验结果显示,升温趋势在 $p < 0.05$ 水平下通过统计检验。

Mann-Kendall(M-K)突变检验结果(见图3)显示,衢州市年平均气温在20世纪90年代末出现明显跃升,突变点主要集中在1997—1998年之间。累积距平分析和滑动 T 检验结果(见图1)与此一致,均表明区域气候由偏冷阶段转入持续偏暖阶段。该突变意味着衢州市气候特征发生阶段性转折,热量资源显著增加,但同时极端高温天气和热害发生的风险也随之上升。

年代际变化特征进一步表明,20世纪80年代气温整体偏低(距平 -0.58°C),为“冷周期”;90年代起气温逐步升高,进入21世纪后四季气温全面转正,2011—2020年代际距平达 $+0.56^{\circ}\text{C}$ 。特别是春季增温速率最快,达 $0.52^{\circ}\text{C} \cdot 10\text{a}^{-1}$,夏季增温最慢($0.24^{\circ}\text{C} \cdot 10\text{a}^{-1}$),秋冬季次之($0.44^{\circ}\text{C} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 和 $0.41^{\circ}\text{C} \cdot 10\text{a}^{-1}$)。

这种季节性的不均衡升温对农业生产产生了明显影响。春季气温上升有助于早稻提早播种、加快热量积累,但也容易导致作物返青过早,增加倒春寒发生的可能。夏季高温持续时间延长,使水稻抽穗期遭受热害的风险上升。秋季变暖有利于晚稻灌浆和果实糖分积累,而冬季升温则在一定程度上减轻了柑橘等作物的冻害风险,但对于梨、桃等需冷量较高的果树,可能造成休眠不足等问题。总体而言,气候变暖提升了农业热量资源的利用水平,但也要求种植结构与灾害防御体系进行相应的适应性调整。

图1展示了1981—2020年衢州市年平均气温及其变化趋势,可以看出增温趋势显著,突变特征清晰,与东部亚热带地区普遍的变暖特征基本一致。

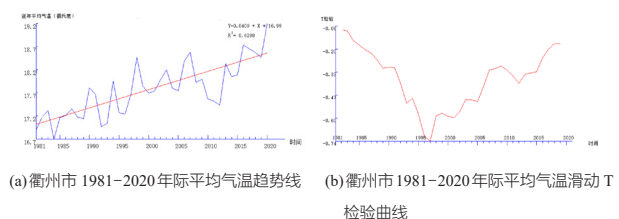


图 1 年平均气温变化趋势(1981—2020)

（二）降水变化特征

1981—2020年衢州市年平均降水量为1723 mm，总体呈波动性增加趋势，倾向率为 $32.33 \text{ mm} \cdot 10\text{a}^{-1}$ ，但未通过显著性检验，说明增幅不稳定。年降水量最大值出现在2015年（2559 mm），最小值出现在2004年（1282 mm），年际波动幅度较大。五年滑动平均曲线呈“丰—枯—丰”循环特征，降水变化具有明显的阶段性。

突变分析结果表明，2009年前后是衢州市降水序列的重要转折期。M-K检验与滑动T检验结果一致，均显示2009年之后年际降水差异明显增大，极端降水事件的发生频率显著上升。此后强降雨和区域性洪涝在夏季出现得更加频繁，干湿波动幅度加大，说明衢州市降水结构逐渐趋于不稳定。

从年代际变化看，20世纪80年代降水距平为 -56 mm ，属偏干时期；90年代转为偏湿（距平 $+98 \text{ mm}$ ），水分条件较充足；2001—2010年代际再次偏干（距平 -173 mm ），春夏干旱现象突出；2011—2020年又重新进入偏湿阶段（距平 $+131 \text{ mm}$ ）。这种“干—湿—干—湿”的周期性变化反映了区域水文气候的不确定性，也对农业生产中的水资源调配提出了更高要求。四季降水分配差异明显。春季降水略有增加（ $2.17 \text{ mm} \cdot 10\text{a}^{-1}$ ），但升温使土壤蒸发加快，易出现“春旱”；夏季降水显著增多（ $82.85 \text{ mm} \cdot 10\text{a}^{-1}$ ），强降雨易引发涝害并导致寡照天气；秋季降水减少（ $-14.3 \text{ mm} \cdot 10\text{a}^{-1}$ ），加重晚稻灌浆期和柑橘膨大期的干旱风险；冬季降水上升（ $34.13 \text{ mm} \cdot 10\text{a}^{-1}$ ），有助于补充底墒、改善春耕水分条件。总体来看，衢州市农业水分格局呈现出“春旱—夏涝—秋旱”的特征，降水时空分布不均已成为影响农业稳产的关键因素。图2展示了1981—2020年衢州市年降水量的变化趋势，可见降水波动显著加剧，突变之后丰枯转换更为频繁。

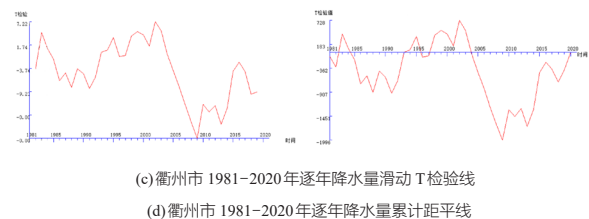
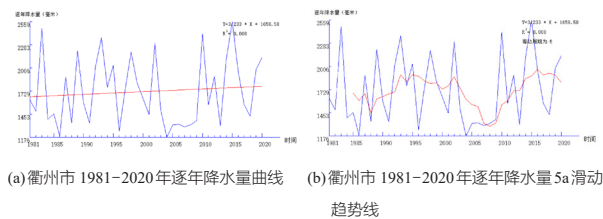


图2年降水量变化趋势（1981—2020）

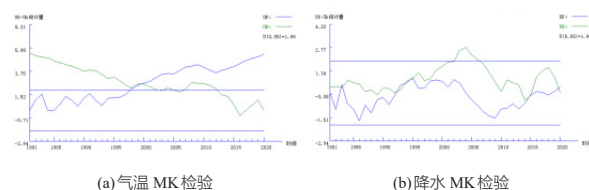


图3气候突变分析图

（三）农业气候资源变化及影响

气候变暖导致衢州市农业气候资源总体改善。根据气象资料推算， $\geq 10^\circ\text{C}$ 活动积温与无霜期均有显著延长趋势，热量资源充裕提高。热量增加有利于双季稻安全生产、晚稻成熟度提升及柑橘糖分积累。冬季温和化使得越冬冻害风险下降，为发展中亚热带果树创造条件。

气候变化使农业面临的风险明显增加。春季升温过快，早播作物易遭受倒春寒；夏季高温与强降水叠加，水稻常出现热害与渍涝并发的情况；秋季降水偏少，易引发秋旱，影响作物灌浆进程和果实品质。季节性极端事件的增强，使传统种植制度和农业用水方式面临新的挑战。从农业管理的角度看，衢州市需要建立灵活的气候适应机制。在热量资源总体充足的背景下，可适当调整作物布局，例如优化双季稻比例，推广耐热、耐湿品种。同时应加强农田水利工程建设与排涝设施的维护，以缓解“夏涝秋旱”的水分矛盾。此外，还应依托公共气象服务体系，完善精细化气候风险预警。结合M-K检验识别的突变节点（图3），可将1998年（气温突变）和2009年（降水突变）视为农业防灾减灾的重要气候分界点。通过强化季节预测与灾害监测，构建“预警—响应—评估”一体化管理体系，以提升农业系统应对气候波动和极端事件的韧性。

（四）综合分析

综上所述，1981—2020年间，衢州市气候整体呈现出“显著增温、波动增湿”的特征。气温升高趋势明显，并伴随显著的年代际突变；降水量虽总体增加，但季节分配仍不均衡。气候变化在改善农业热量条件、延长作物生长期长的同时，也使气象灾害呈现出多样化和高频化的特点。未来对农业气候资源的利用，应由“单一追求增产”转向“风险平衡与系统韧性提升”。图4概括了衢州市气温与降水变化的主要趋势及其对农业的综合影响。从图中可以看出，在气候变暖与增湿的总体格局下，农业系统表现出“热量充足、水分失衡、灾害强化”的基本特征。这一特征表明，农业发展需更加依托气象科技支撑与管理手段的优化，实现对

气候变化的动态适应和风险调控。

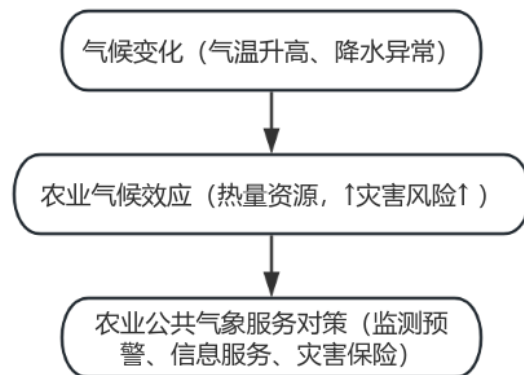


图4气候变化对农业影响与应对示意图

三、讨论与对策

近40年来,衢州市气候总体呈现出显著增温、波动增湿的特征。气候变暖一方面改善了农业热量条件,延长了作物生长期,但另一方面也带来了季节性干旱、暴雨和高温等气象灾害风险的上升,农业气候资源表现为“热量充足、水分失衡、灾害强化”的综合特征。如何在气候变化背景下保持农业生产的稳定与安全,已成为区域农业发展的重要课题。

气温上升使 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温和无霜期显著延长,为水稻、柑橘等主要作物提供了更加充足的热量条件。然而,春季升温过快易导致作物提前返青,增加倒春寒发生的风险;夏季高温日数增多,水稻抽穗期热害概率上升;秋季降水偏少,则加剧晚稻及果树生长后期的干旱胁迫。降水分布的不均衡使“春旱、夏涝、秋旱”现象并存,农业水分矛盾日益突出。总体来看,气候变暖在提升热量资源利用效率的同时,也增强了农业生产过程的不确定性。

针对这些变化,衢州市的农业适应策略应从结构调整、工程防御与气象服务三个方面协同推进:

(1) 优化种植布局与品种结构。

应根据热量资源变化趋势,适度调整作物布局,扩大双季稻

及耐高温经济作物的种植比例,推广抗热、抗湿、抗旱新品种。同时,合理安排播种和收获时间,尽量避开高温和强降雨集中期,以降低灾害风险。

(2) 强化农田水利与节水技术建设。

加快完善排涝与蓄水设施,推广喷灌、滴灌等高效节水技术,提高用水效率实现精准化农业灌溉,从而缓解“旱涝并存”的风险,增强农田系统的水资源调控能力。

(3) 提升农业公共气象服务能力。

依托气象部门的监测和预报体系,建立面向主要农作物的气候风险预警与信息服务平台。发展智慧农业系统,将天气预报、墒情监测和灾害预警有机融合到农事管理中。通过“气象+农业+保险”模式,推动天气指数保险的应用,完善灾害风险分担机制,提升农户的抗风险能力。

未来,应进一步完善区域气候风险评估与分区管理体系,构建“监测—预警—应急—评估”一体化的公共气象服务链条,实现从气候信息获取到农业决策的精准对接。总体而言,气候变化对衢州市农业既带来了挑战,也孕育着新的机遇。通过科学开发利用环境资源、强化气象服务的科技支撑与创新,能够有效提升农业系统的气候适应能力,促进区域农业的高质量与可持续发展。

参考文献

- [1] IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[J]. 2013.
- [2] 王毓森. 水文时间序列趋势变化及突变分析系统开发与应用研究[D]. 南京信息工程大学, 2016.
- [3] 翟盘茂, 王绍武. 中国气候变化研究的回顾与展望[J]. 气象学报, 1999, 57(3): 257-266.
- [4] 王绍武, 施能, 龚道溢. 近百年来我国气温变化的特征[J]. 大气科学, 1998, 22(4): 345-353.
- [5] 刘玲玲, 徐影. 浙江省气候变暖对农业生产的影响及适应对策[J]. 中国农业气象, 2019, 40(6): 405-412.
- [6] 张丽, 赵志强. 华东地区气候变暖与极端气温事件分析[J]. 气象科技, 2017, 45(2): 231-236.
- [7] 杨勇, 陈建华. 农业气象服务的现状与发展趋势[J]. 气象与环境科学, 2018, 41(3): 145-151.
- [8] 衢州市气象局. 衢州市气候变化监测公报(1981-2020).