

# 甘孜近60年气候生产力变化特征

张桂萍<sup>\*</sup>, 肖国杰<sup>#</sup>, 张伟超, 范玲玲

成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都

收稿日期: 2022年10月19日; 录用日期: 2022年11月18日; 发布日期: 2022年11月28日

## 摘要

为了研究甘孜气候生产力变化特征, 利用1960~2019年甘孜逐日气温、降水量、日照时数和空气相对湿度等气候统计资料, 采用Thornthwaite Memorial模型计算气候生产力, 并通过线性倾向趋势分析、Mann-Kendall检验和小波分析, 对气候生产力的年际变化趋势、突变情况和周期进行分析。结果表明: 气候生产力上升趋势显著, 增幅为 $14.38 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})/10\text{a}$ , 且在2009年发生突变, 其周期以准28a的周期振荡为主。气候生产力受到温度、降水量、日照时数和相对湿度的共同影响, 随温度、降水量的增减而增减, 随日照时数、相对湿度的增减而减增。

## 关键词

甘孜, 气候生产力, 气候变化, Mann-Kendall检验, 小波分析

# Characteristics of Climate Productivity Change in Ganzi in Recent 60 Years

Guiping Zhang<sup>\*</sup>, Guojie Xiao<sup>#</sup>, Weichao Zhang, Lingling Fan

School of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu Sichuan

Received: Oct. 19<sup>th</sup>, 2022; accepted: Nov. 18<sup>th</sup>, 2022; published: Nov. 28<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

In order to study the change characteristics of climate productivity in Ganzi, the climate statistical data of daily temperature, precipitation, sunshine duration and air relative humidity in Ganzi from 1960 to 2019 are used. The Thornthwaite Memorial model is used to calculate climate productivity, and the interannual change trend, mutation and cycle of climate productivity are ana-

<sup>\*</sup>第一作者。

<sup>#</sup>通讯作者。

lyzed through linear trend analysis, Mann-Kendall test and wavelet analysis. The results show that the climate productivity has a significant upward trend, with an increase of 14.38 kg/(hm<sup>2</sup>·a)/10a, and a sudden change occurred in 2009, with a period of quasi-28-year. Climate productivity is affected by temperature, precipitation, sunshine duration and relative humidity. It increases or decreases with the increase or decrease of temperature and precipitation, and decreases with the increase or decrease of sunshine duration and relative humidity.

## Keywords

Ganzi, Climate Productivity, Climate Change, Mann-Kendall Test, Wavelet Analysis

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

当今全球性气候变暖趋势显著,给生态环境和社会经济发展带来很大的影响,引发了全球社会的普遍关注。IPCC 的第 5 次评估报告指出,自 1950 年以来,地球表面气温及海洋温度均出现上升的趋势,地表温度增幅在过去 30a 达到前所未有的地步[1]。我国也明显受到气候变暖的影响,主要表现为我国农业生产所需的气候资源时间空间分布不均匀,农业生产空间分布不平衡和作物产量波动变化等方面[2]。而气候生产力是指,假设作物品种、土壤、种植技术适宜条件下,在当地自然环境条件下作物可能获得的单位面积最高产量,是衡量农业气候资源的一项重要指标[3]。全球性的气候变暖对甘孜气候生产力产生影响,掌握该地区气候生产力的变化规律,对合理利用气候资源,提高粮食产量具有重要意义[4]。国外有学者研究表明,气温和降水量的估算参数表明,气候变化对中东和北非地区的农业生产具有显著的非线性影响[5]。我国有学者认为,气候生产力受到气温、降水的双重影响,气候变暖有利于安徽省气候生产力的提高,但只有在水分充足的环境下,气候生产力提高的幅度才会更大[6]。未来气候变化情况下,“暖湿型”气候变化趋势对提升山东省作物气候生产力有利;“冷干型”气候对冀东地区气候生产力增加最不利[7]。

甘孜州位于四川省的西部,是青藏高原向云贵高原和四川盆地过渡的地带,气候变化敏感。按纬度划分,甘孜州属于亚热带地区,但由于地势较高,且高山、高原广布,则形成了典型的高原大陆型气候区,干、雨季分明[8]。本文研究甘孜地区气候生产力的变化特征,旨在合理开发利用该地区气候资源。

## 2. 资料与方法

### 2.1. 资料概况

本文主要分析了 1960~2019 年间甘孜地区气候生产力变化特征,选取的数据是中国气象数据网提供的甘孜站 1960~2019 年逐日的日平均气温、日降水量、日平均相对湿度和日照时数。

### 2.2. 研究方法

采用 Thornthwaite Memorial 物理模型[9]来估算气候生产力;用线性倾向估计法[10]来分析气候生产力的主要线性变化趋势,趋势的大小以及趋势的显著性特征等;用小波分析法[11]来研究各时间尺度上气候生产力的周期性;用 Mann-Kendall 检验[12]对其做相应的突变分析。

本研究采用较为广泛应用的 Thornthwaite Memorial 物理模型来估算气候生产力, 其表达式如下:

$$P_v = 3000(1 - e^{-0.0009695(V-20)}) \quad (1)$$

$$V = \frac{1.05R}{\sqrt{1+(1.05R/L)^2}} \quad (2)$$

$$L = 300 + 25t + 0.05t^3 \quad (3)$$

### 3. 研究结果

#### 3.1. 气候生产力的年际变化特征

图 1 为甘孜地区年平均气候生产力随时间的趋势变化状况。由图 1 可知, 甘孜地区近 60a 平均气候生产力为 881.2 kg/(hm<sup>2</sup>·a), 年平均气候生产力具有显著波动上升的趋势, 平均每 10a 增加 14.38 kg/(hm<sup>2</sup>·a), 相关系数为 0.592, 通过了  $\alpha = 0.01$  的极显著水平检验。最大值出现在 2019 年, 年气候生产力为 985.8 kg/(hm<sup>2</sup>·a); 最小值出现在 1997 年, 年气候生产力为 794.1 kg/(hm<sup>2</sup>·a), 最大值与最小值相差 191.7 kg/(hm<sup>2</sup>·a)。

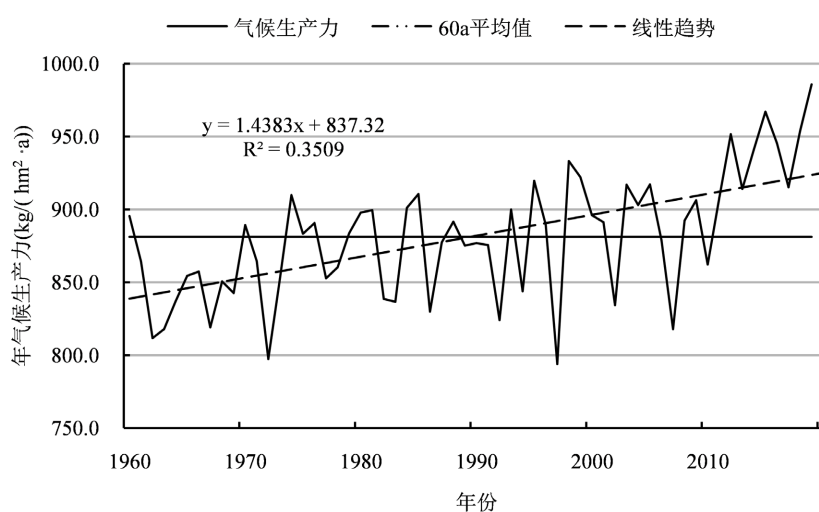


Figure 1. Interannual trends of climate productivity

图 1. 气候生产力的年际变化趋势

#### 3.2. 气候生产力的突变检验

对近 60a 甘孜地区气候生产力时间序列进行 Mann-Kendall 检验, 检验结果如图 2 所示。自 1974 年正向时间序列统计值 UF 始终大于 0, 到 1998 年 UF 值开始超过临界值 1.96, 且一直升高, 表明甘孜地区的气候生产力呈现上升趋势, 从 1998 年开始这种上升趋势尤为显著。UF 曲线和 UB 曲线交于 2009 年, 该交点位于临界线外, 通过 t 检验发现 2009 年是气候生产力突变年。

#### 3.3. 气候生产力的周期变化特征

为了获得甘孜地区气候生产力的多时间尺度特征, 对近 60a 甘孜地区年气候生产力时间序列进行 Morlet 连续复小波变换分析, 结果如图 3 所示。总的来说, 甘孜地区 60a 来年气候生产力只存在着 25~30a 的 1 类尺度的周期变化规律。同时还可以看出, 25~30a 尺度的周期变化在整个分析时段表现很稳定, 具

有全域性。

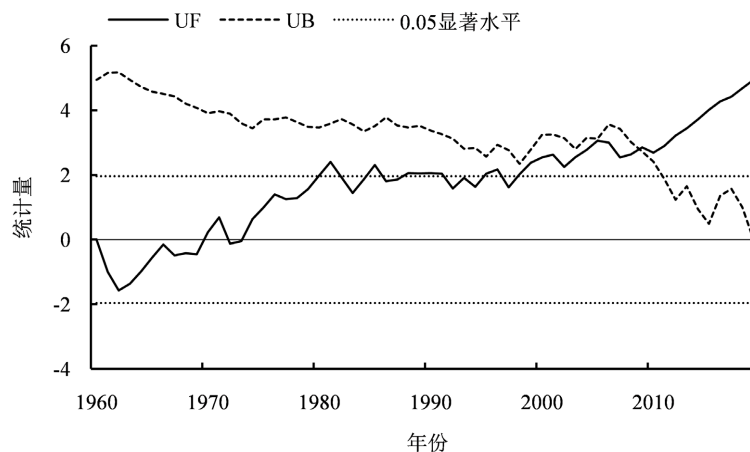


Figure 2. Mutation test of climate productivity

图 2. 气候生产力的突变检验

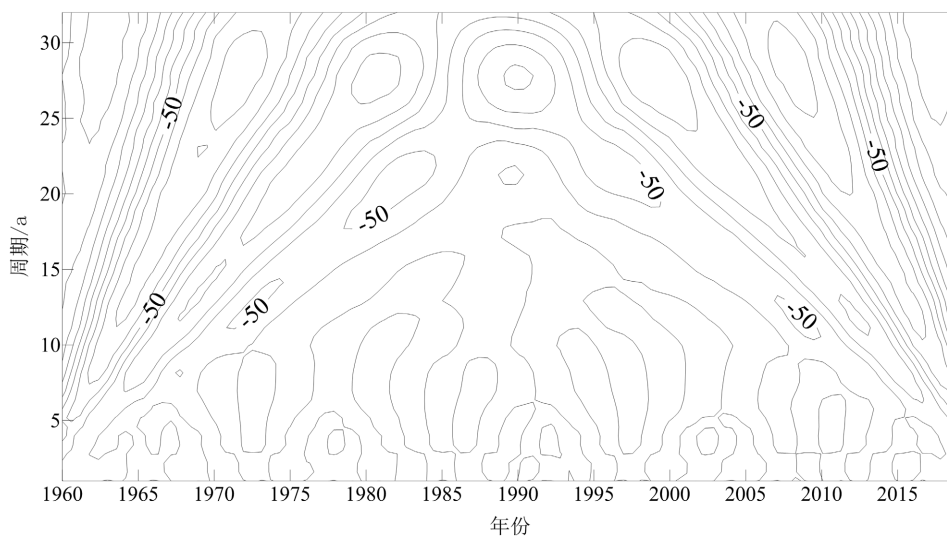


Figure 3. Wavelet analysis of climate productivity

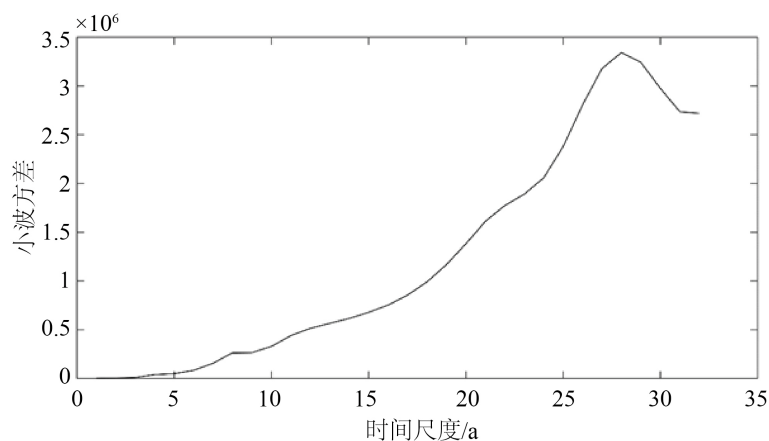
图 3. 气候生产力的小波分析

为了确定近 60a 来甘孜地区年气候生产力演化过程中存在的主周期,对年气候生产力进行方差分析,结果如图 4 所示。图中只存在 1 个较为明显的峰值,对应的是 28a 的时间尺度。最大峰值对应的即是 28a 的时间尺度,表明 28a 左右的周期震荡最强,为年气候生产力变化的第一主周期。

### 3.4. 气候变化对气候生产力的影响

对甘孜地区气候生产力与年平均气温、年降水量、年日照时数和平均相对湿度进行相关分析,结果如表 1 所示,可以看出气候生产力与年平均气温、年降水量的相关性都为正相关且极为显著,气候生产力与年降水量的相关性明显高于其它因子的相关性。气候生产力与年日照时数、平均相对湿度表现为负相关,且其与日照时数的负相关性极显著,但与相对湿度的负相关未通过  $\alpha = 0.05$  的显著性检验。以上表明气候生产力同时受到气温、降水和日照时数的共同影响。全球气候的变暖有利于甘孜地区气候生产

力的提高,若降水充足,气候生产力将会进一步提高;而日照时数会受降水影响,因此与气候生产力呈负相关。



**Figure 4.** Variance analysis of climate productivity  
**图 4.** 气候生产力的方差分析

**Table 1.** Correlation between climate productivity and temperature, precipitation, sunshine duration and relative humidity  
**表 1.** 气候生产力与气温、降水量、日照时数和相对湿度的相关性

时间段	相关系数			
	年平均气温	年降水量	年日照时数	年平均相对湿度
1960~2019 年	0.602**	0.842**	-0.380**	-0.096

注：“\*\*”表示相关性通过 0.01 的显著水平检验。

## 4. 结论

本文利用甘孜站的观测资料,分析了甘孜地区 1960~2019 年气候生产力变特征,得到以下主要结论:甘孜年气候生产力呈现显著上升趋势,增幅为  $14.38 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})/10\text{a}$ ,且在 2009 年发生突变,其周期以准 28a 的周期振荡为主。气候生产力主要受年平均气温、年降水量和年日照时数的共同影响,且与年平均气温、年降水量都具有良好的正相关性,与年日照时数呈负相关,与相对湿度的相关性不显著。

## 基金项目

成都信息工程大学 2022 年大学生创新创业训练计划项目(202210621036)和入库项目(202210621001k)共同资助。

## 参考文献

- [1] 沈永平, 王国亚. IPCC 第一工作组第五次评估报告对全球气候变化认知的最新科学要点[J]. 冰川冻土, 2013(5): 10-18.
- [2] 潘根兴, 高民, 胡国华, 等. 气候变化对中国农业生产的影响[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(9): 1698-1706.
- [3] 宋连春. 干旱地区气象研究[M]. 北京: 气象出版社, 2003: 256-297.
- [4] 黄维, 邓祥征, 何书金, 等. 中国气候变化对县域粮食产量影响的计量经济分析[J]. 地理科学进展, 2010, 29(6): 677-683.
- [5] Albohgdady, M. and El-Hendawy, S.E. (2016) Economic Impacts of Climate Change and Variability on Agricultural

- Production in the Middle East and North Africa Region. *International Journal of Climate Change Strategies & Management*, **8**, 463-472. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-07-2015-0100>
- [6] 邱阳阳, 吴奕霄, 熊世为, 等. 安徽省近 55 年气候变化及其对气候生产力的影响[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(17): 290-294.
- [7] 韩玮, 韩永红, 杨沈斌. 1961-2011 年山东气候资源及气候生产力时空变化特征[J]. 地理科学进展, 2013, 32(3): 425-434.
- [8] 周长艳, 岑思弦, 李跃清, 等. 四川省近 50 年降水的变化特征及影响[J]. 地理学报, 2011, 66(5): 619-630.
- [9] Lieth, H. (1975) Modeling the Primary Productivity of the World. In: *Primary Productivity of the Biosphere*. Springer, Berlin, Heidelberg, 237-263. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-80913-2\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-642-80913-2_12)
- [10] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法[M]. 北京: 气象出版社, 2016: 39-42.
- [11] Donald B. Percival, Andrew T. Walden. 时间序列分析的小波方法[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006: 356-435.
- [12] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 第二版. 北京: 气象出版社, 2007: 68-88.