

# 西昌地区气候生产潜力的变化特征分析

张伟超\*, 肖国杰#, 张馨月, 杨 涵, 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18日; 录用日期: 2022年11月16日; 发布日期: 2022年11月24日

## 摘 要

利用西昌地区1960~2019年地面国际交换站气候资料日值数据, 根据Thorntwaite Memorial模型计算了西昌地区的气候生产潜力, 运用了趋势分析、突变分析、相关分析等方法, 分析了西昌地区近60a气候生产潜力的变化趋势以及气候变化对气候生产潜力的影响。结果表明, 1960~2019年, 西昌地区气候生产潜力变化介于1125.1~1668.0 kg/(hm<sup>2</sup>·a)之间, 年均气候生产潜力为1458.7 kg/(hm<sup>2</sup>·a), 气候生产潜力波动幅度较大, 总体呈小幅度上升趋势, 气候倾向率为14.1 kg/(hm<sup>2</sup>·a)/10a。1984年为气候生产潜力从偏低时期转为偏高时期的分界年。气候生产潜力年代际变化与年代际降水量的变化趋势一致, 总体呈先升高后降低的趋势, 且气候生产潜力最高值与降水量最高值均出现在20世纪90年代。

## 关键词

西昌, 气候生产潜力, 气候倾向率, 累积距平

# The Effect of Climate Change on Climate Potential Productivity in Xichang Region

Weichao Zhang\*, Guojie Xiao#, Xinyue Zhang, Han Yang, Lingling Fan

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

Received: Oct. 18<sup>th</sup>, 2022; accepted: Nov. 16<sup>th</sup>, 2022; published: Nov. 24<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

Using the daily climate data of the terrestrial international exchange station in Xichang Region from 1960 to 2019, the climate potential productivity of Xichang was calculated according to the Thornthwaite Memorial model. The trend analysis, mutation analysis and correlation analysis were used to analyze the change trend of climate potential productivity in Xichang region in the

\*第一作者。

#通讯作者。

past 60 years and the impact of climate change on climate potential productivity. The results show that from 1960 to 2019, the climate potential productivity in Xichang region changed from 1125.1 kg/(hm<sup>2</sup>·a) to 1668.0 kg/(hm<sup>2</sup>·a), and the average annual climate potential productivity was 1458.7 kg/(hm<sup>2</sup>·a). The climate production potential fluctuated greatly and tended to rise slightly in general. The climate tendency rate was 14.1kg/(hm<sup>2</sup>·a)/10a. The year 1984 was the dividing year when the climate production potential changed from a low period to a high period. The interdecadal variability of climate potential productivity is consistent with the trend of interdecadal variability of precipitation. The overall trend is to rise first and then decrease, and both the highest value of climate potential productivity and the highest value of precipitation appeared in the 1990s.

## Keywords

Xichang, Climate Potential Productivity, Climatic Tendency Rate, Cumulative Anomaly

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

近年来,气候变化逐渐成为人们关注的焦点。中国气候变化蓝皮书(2021)指出,2020年,全球平均温度较工业化前水平(1850~1900年平均值)高出1.2℃,是有完整气象观测记录以来的三个最暖年份之一,中国是全球气候变化的敏感区和影响显著区[1]。在如今的气候变化背景下,已经有很多学者对我国各地区的气候生产潜力变化及影响因素进行了研究。降水和气温时空组合变化直接影响江西省气候生产潜力的状况,但降水对江西省生产潜力的影响高于气温[2];陕西省气候生产潜力随温度或降水的增加而增加[3];影响山东省气候生产潜力的主要因素是温度和降水,其中降水是制约山东省气候生产潜力发展的主要因素[4];内蒙古地区降水量不变或增加有利于气候生产潜力的增加,而降水量减小则不利于气候生产潜力的提高[5]。都兰地区气温、降水生产潜力和气候生产潜力均呈增加趋势,气候生产潜力对降水量变化敏感[6]。藏西南高原气候生产潜力受温度和降水共同决定,空间分布差别较大,和降水相关性显著,与温度的相关性不显著[7]。未来“暖湿型”的变化趋势使得安徽省气候生产潜力有较大的上升空间[8]。柴达木盆地降水对气候生产潜力的影响较气温更明显[9]。格尔木盆地气温升高、降水量增加有利气候生产潜力提高,降水量对气候生产潜力影响较气温更明显[10]。上海市气候生产潜力受气温和降水的综合影响,降水对气候生产潜力起主导作用[11]。渝西片区温度的升高有利于生产潜力的增加,水是制约气候生产潜力的最大因素[12]。

西昌位于四川省西南部,属热带高原季风气候区,冬暖夏凉、四季如春,雨量充沛、光热资源丰富,研究其气候生产力的变化特征对该地的生产生活发展具有一定意义。

## 2. 资料与方法

### 2.1. 资料概况

使用资料为西昌地区1960~2019年地面国际交换站气候资料日值数据,选取的数据是中国气象数据网提供的。利用60a逐日平均气温和降水量来分析气候变化对气候生产潜力的影响与气候生产潜力的变化特征。

## 2.2. 研究方法

计算气候生产潜力的方法有许多, 各具优缺点。本文采用 Thornthwaite Memorial 模型[13], 根据气温、降水、以及蒸散量与气候生产潜力的关系对气候生产潜力进行计算, 其表达式如下:

$$Y_{cpp} = 3000 \left[ 1 - e^{-0.0009695(P-20)} \right]$$

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

$$L = 300 + 25T + 0.05T^3$$

式中:  $Y_{cpp}$  为气候生产潜力[ $\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ];  $P$  为年均实际蒸发量(mm);  $R$  为年降水量(mm);  $L$  为年均最大蒸发量(mm);  $T$  为年均气温( $^{\circ}\text{C}$ )。

## 3. 研究结果

### 3.1. 气候生产潜力的年际变化

图 1 为基于 Thornthwaite Memorial 模型估算出的西昌地区 1960~2019 年气候生产潜力的值。从统计结果来看, 西昌地区年均气候生产潜力 1960~2019 年平均值为  $1458.7 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ , 其中最低值出现在 2011 年, 为  $1125.1 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ , 较平均值低  $333.6 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ; 最高值出现在 1998 年, 为  $1668.0 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ , 较平均值高  $209.3 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ , 最大值与最小值相差  $542.9 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。从变化趋势来看, 近 60a 来西昌地区气候生产潜力波动幅度较大, 上升趋势不明显, 气候倾向率为  $14.1 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})/10\text{a}$ , 相关系数  $r = 0.260$ , 通过了  $\alpha = 0.05$  的显著性检验, 即回归方程是显著的。由多项式拟合曲线可以看出西昌地区的气候生产潜力变化大体呈先升高后降低, 再升高再降低最后升高的波动形势。其中 1966~1977、1996~2008 年呈现下降趋势, 1960~1965、1978~1995、2009~2019 年呈上升趋势。

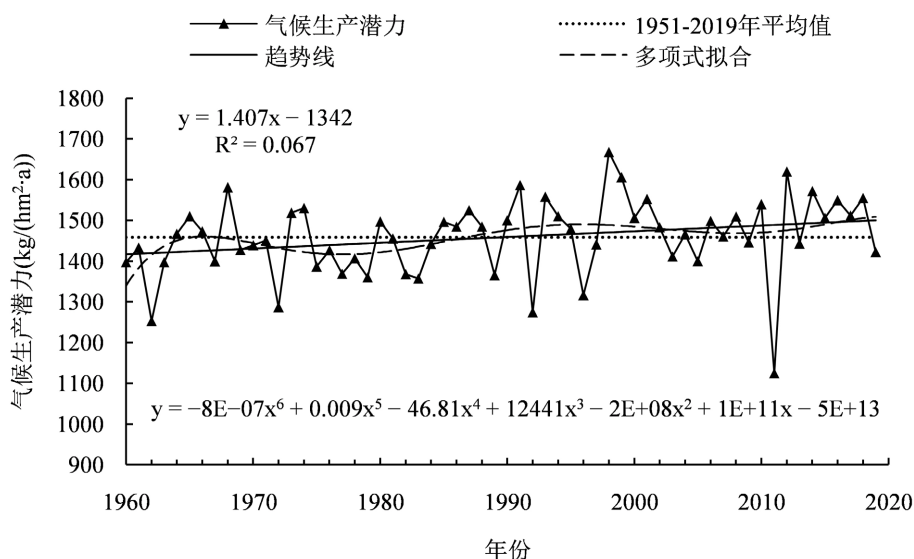


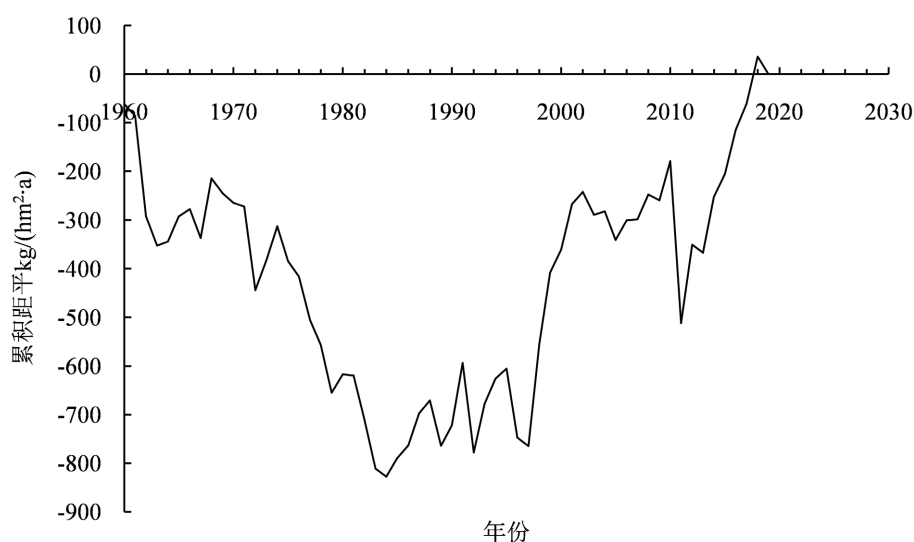
Figure 1. Interannual variation of climate potential productivity in Xichang region in 1960~2019

图 1. 1960~2019 年西昌地区气候生产潜力年际变化

### 3.2. 气候生产潜力累积距平分析

图 2 为 1960~2019 年累积距平曲线, 西昌地区气候生产力的累积距平以负值为主, 大体呈先降低后

升高的趋势。其变化可进一步分为如下几个阶段：1960~1963 年趋势曲线下降，该段时间气候生产潜力减少；1964~1973 年间为气候生产潜力的波动时期，气候生产潜力变化不大；1974~1984 年曲线下降，且在 1984 年气候生产潜力累积距平低落至最小值，为-827.4 kg/(hm<sup>2</sup>·a)，表明这一点为从气候生产潜力偏低时期转为偏高时期的分界年；1985~1996 年曲线再次呈波动态势；1997~2001 年曲线大幅度上升，该段时间内气候生产潜力增加；2002~2009 年气候生产潜力再次波动，变化幅度不大；2010~2011 年累积距平呈现短暂下降趋势，表明该时间跨度内气候生产潜力值有大的减少；2012~2018 曲线再次上升，气候生产潜力增加，且在 2018 年累积距平达到 60a 来最大值，为 36.0 kg/(hm<sup>2</sup>·a)；2018~2019 年曲线下降，气候生产潜力再次减少。以累积距平最低值 1984 年为界，前 25 年的气候生产潜力累积距平总值为-10280.1 kg/(hm<sup>2</sup>·a)，后 35 年的累积距平总值为-15052.1 kg/(hm<sup>2</sup>·a)，可以看出在分界年后气候生产潜力累积距平总值小于分界年前的累积距平总值。



**Figure 2.** Cumulative anomaly of climate potential productivity in Xichang region  
**图 2.** 西昌地区气候生产潜力累积距平

**Table 1.** Interdecadal variability of climate potential productivity in Xichang region  
**表 1.** 西昌地区气候生产潜力年代际变化

时段/年	气温/°C	降水/mm	气候生产潜力均值/ kg/(hm <sup>2</sup> ·a)	生产潜力最高值 (年份)/kg/(hm <sup>2</sup> ·a)	生产潜力最低值 (年份)/kg/(hm <sup>2</sup> ·a)
1960~1969	16.9	979.4	1434.2	1581.1 (1968)	1253.2 (1962)
1970~1979	16.7	944.6	1417.7	1530.1 (1974)	1287.2 (1972)
1980~1989	17.0	972.1	1447.8	1524.9 (1987)	1357.5 (1983)
1990~1999	17.0	1105.7	1494.3	1668.0 (1998)	1274.7 (1992)
2000~2009	17.4	993.9	1473.6	1552.6 (2001)	1399.8 (2005)
2010~2019	17.8	1014.6	1484.6	1620.0 (2012)	1125.1 (2011)

### 3.3. 气候生产潜力年代际变化

由表 1 可以看出,西昌地区气候生产潜力年代际变化虽有小幅波动,但总体呈先升高后降低的趋势,与降水的变化趋势一致。20 世纪 70 年代气候生产潜力均值是自 20 世纪 60 年代以来各年代的最低值,其值为 1417.7 kg/(hm<sup>2</sup>·a),较 1960~2019 年均值低 41.1 kg/(hm<sup>2</sup>·a),其中年均生产潜力最低值出现在 1972 年,为 1287.2 kg/(hm<sup>2</sup>·a),较同年代最高值低 242.9 kg/(hm<sup>2</sup>·a),比本年代均值低 130.5 kg/(hm<sup>2</sup>·a);20 世纪 90 年代气候生产潜力均值是最高值,为 1494.3 kg/(hm<sup>2</sup>·a),较 1960~2019 年均值高 35.6 kg/(hm<sup>2</sup>·a),其中最高值年份为 1998 年,达到了 1668.0 kg/(hm<sup>2</sup>·a),也为近 60a 来的最高值,高同年代最低值 393.3 kg/(hm<sup>2</sup>·a),比本年代均值高 174.7 kg/(hm<sup>2</sup>·a),同时本年代的降水量也为最高值,达到了 1105.7 mm。

## 4. 结论

本文基于对西昌地区 1960~2019 年气温和降水资料的处理,对气候生产潜力的计算结果进行分析,得到如下结论:

1) 受温度与降水的影响,1960~2019 年西昌地区气候生产潜力变化介于 1125.1~1668.0 kg/(hm<sup>2</sup>·a),年均气候生产潜力为 1458.7 kg/(hm<sup>2</sup>·a),气候生产潜力波动幅度较大,总体呈上升趋势,气候倾向率为 14.1 kg/(hm<sup>2</sup>·a)/10a。

2) 气候生产潜力累积距平结果显示,西昌地区气候生产潜力的累积距平以负值为主,其总体呈先下降后上升的趋势。1984 年累积距平值最低,为-827.4 kg/(hm<sup>2</sup>·a),是气候生产潜力从偏低时期转为偏高时期的分界年;2018 年累积距平达到最高值,为 36.0 kg/(hm<sup>2</sup>·a)。

3) 西昌地区气候生产潜力年代际变化总体呈先升高后降低的趋势,且与年代际降水量的变化趋势一致,气候生产潜力最高值与降水量最高值均出现在 20 世纪 90 年代。

## 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] 中国气象局气候变化中心. 中国气候变化蓝皮书(2021) [M]. 北京: 科学出版社, 2021: 11-12.
- [2] 安彬, 肖薇薇, 张淑兰, 王乐. 近 58 年江西省气候及其生产潜力时空变化特征[J]. 水土保持研究, 2020, 27(4): 122-127.
- [3] 冯瑞. 1958-2013 年陕西省气候生产潜力的时空变化[J]. 河南科技, 2021, 40(24): 116-118.
- [4] 刘焕彬, 邱黎. 1961-2019 年山东省气候生产潜力时空变化特征[J]. 农业工程, 2021, 11(2): 59-68.
- [5] 刘新, 刘林春, 尤莉, 张宇. 内蒙古地区气候生产潜力变化及其敏感性分析[J]. 中国农业气象, 2018, 39(8): 531-537.
- [6] 陆广彦, 王发科, 党汉峰, 戴广婷, 许圆圆. 都兰县气候变化对气候生产潜力的影响[J]. 现代农业科技, 2021(13): 194-196+205.
- [7] 李焱, 靳甜甜, 高秉丽, 张云霞, 巩杰. 1901-2017 年藏西南高原气候及其生产潜力时空变化[J/OL]. 自然资源学报: 1-17. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1912.N.20210926.1526.002.html>, 2021-09-27.
- [8] 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.
- [9] 王发科, 雷玉红, 韩廷芳, 蔡玉琴. 柴达木盆地气候生产潜力变化及其敏感性分析[J]. 青海草业, 2019, 28(4): 37-41+28.
- [10] 王发科, 雷玉红, 曾国云, 都占良, 颜亮东. 格尔木地区气温和降水变化对气候生产潜力的影响[J]. 现代农业科技, 2020(14): 192-193+196.

- [11] 闫军辉, 王娟, 马彩杰, 等. 上海市近 145 年气候变化对气候生产力的影响[J]. 信阳师范学院学报(自然科学版), 2020, 33(3): 392-397.
- [12] 张爽, 李强, 吉莉, 等. 渝西片区 1970-2014 年气候变化特征及其对生产潜力的影响[J]. 中国农学通报, 2018, 34(12): 112-117.
- [13] Leith, H. and Box, E. (1972) Evapotranspiration and Primary Productivity. *Climatology*, New Jersey, USA, 10-32.