

刘芳,黄珩,黎金玲,等.近 50 年桂西北地区农业气候生产力时空变化特征[J].气象研究与应用,2022,43(2):58–62.

Liu Fang,Huang Heng,Li Jinling,et al. Temporal and spatial variation characteristics of agro-climatic productivity in northwest Guangxi in recent 50 years—Take Hechi as an example[J].Journal of Meteorological Research and Application,2022,43(2):58–62.

近 50 年桂西北地区农业气候生产力时空变化特征

——以河池为例

刘 芳,黄 珩,黎金玲,黄秀秀,周慧僚

(广西壮族自治区河池市气象局,广西 河池 547000)

摘要:以河池市为例,利用 1971—2020 年该市平均气温、降水量等气象观测资料,使用 Thornthwaite Memorial 模型等方法研究了河池市农业气候生产力时空变化特征。结果表明,近 50a 河池市平均气温整体呈一定的上升趋势,升温速率平均为 $0.153^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{a})^{-1}$;年总降水量呈微弱增加趋势,变化速率为 $17.01\text{mm}\cdot(10\text{a})^{-1}$;农业气候生产力总体呈上升趋势,其变化速率为 $10.401(\text{kg})\cdot(\text{m}^2\cdot\text{a})^{-1}\cdot(10\text{a})^{-1}$,且距平波动较大,正距平年份多于负距平年份,空间分布为西低东高,倾向率呈自西向东逐渐增加的特征。

关键词:桂西北地区;Thornthwaite Memorial 模型;农业气候生产力

中图分类号:S162

文献标识码:A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2022.2.10

引言

气候变化一直都是全球关注的热点问题,不仅直接关系着人类的日常生活,还与交通出行、工农业生产及生态环境等问题密切相关^[1-4]。IPCC 第五次评估报告指出,近百年来(1880—2012 年)全球地表温度上升了 0.85°C ^[5-7],在这一背景下,各地区气候均发生异常变化,由此对人类日常生活、生态环境、经济社会的快速发展等产生的影响愈发不容忽视。其中以农业对气候变化的反应最为敏感。气候生产力指一个区域的气候资源状况^[8]。农业气候生产力指在当地的气候条件下植物或作物每年单位面积上可能生产的有机干物质重量^[9]。国内外学者对气候生产力方面开展了大量研究^[10-12]。李颜颜等利用河南省近 54a 的气象资料,对农业气候生产力时空特征进行研究,结果表明降水量是影响农业气候生产力的主导因素^[13];廖雪萍等应用迈阿密模型(Miami Model)和桑斯韦特纪念模型(Thornthwait

Montreal Model)估算了广西冬季平均温度、降水量的作物生产量和平均蒸散量的作物气候生产力^[14];潘虹等探讨了贵州省气候生产潜力的时空变化特征以及地形因子和气候因素^[15];韩玮等用 Thornthwaite Memorial 模型研究了植被气候生产力的时空演变,分析气温和降水与气候生产力敏感性,指出降水量少是限制气候生产力的主要因素^[16]。

桂西北地区主要种植玉米、水稻等;特色农业包括甘蔗、蚕桑、油茶、核桃等,并逐渐发展成为当地农民增产增收的重要经济支柱。然而,来随着全球加剧变暖,极端气候逐渐增多,对当地农业安全生产构成了严重威胁。“气候生产力”作为农业生产中的重要组成部分,也必然会受到一定程度的影响。故研究桂西北区域的农业气候资源状况,掌握其变化规律对于合理利用气候资源有重要的现实意义,对保障农业生产的稳定性具有促进作用^[10,17-18]。

本文以桂西北地区—河池市作为研究对象,基于河池各县 50a 的气象观测资料,选用了 Lieth 等提

收稿日期:2021-11-19

基金项目:广西自然科学基金(2020GXNSFAA297122)、中国气象局软科学研究项目(2021ZZXM15)、河池市气象局气象科研计划项目(202205)和(202203)

作者简介:刘芳(1971—),女,广西柳城人,高级工程师,从事气象服务与应用气象工作。E-mail:lf5626@163.com

出的 Thornthwaite Memorial 模型^[19],运用反距离加权插值(inverse distance weighted,简称 IDW)法分析,分析了解气候变化对农业气候生产力影响,为合理开发当地气候资源提供科学依据。

1 资料与方法

1.1 研究区概况

河池市位于广西西北部,云贵高原南麓,河池市是广西主要的喀斯特地貌资源分布区,地形复杂多样,结构较为复杂,属于亚热带季风气候区,具有冬短而暖和、夏长而炎热、雨量充沛、光照充足、无霜期长等特点,年平均气温为 20.1℃,年平均降水量为 1517.2mm,特殊的地形和气候条件为农作物的生长创造了有利条件。

1.2 数据来源

选取河池市建站时间较长的 10 个县区气象站 1971—2020 年逐月气温和降水等观测资料,数据来源于广西壮族自治区气象信息中心。

1.3 研究方法

(1)气候倾向率

在气象分析中,最常用的线性拟合是最小二乘法,即 $y=at+b$,其中 y 为气候要素, t 为时间序列,通过拟合计算公式可以算出常数 a 、 b 的值,通过一阶曲线的变化,得出结论 a 为正(负)表示增加(减小)趋势,0 表示趋势无变化, b 为偏差系数。

(2)气候变率

气候变率反映了气候变化幅度大小,主要包括相对变率与绝对变率两种类型,计算公式依次如下:

$$V_r = \frac{\frac{1}{n} \sum |x_i - \bar{x}|}{\bar{x}} \quad (1)$$

$$V_a = \frac{1}{n} \sum |x_i - \bar{x}| \quad (2)$$

上述公式当中, V_r 代表相对变率; V_a 代表绝对变率, x_i 代表气象台站每年的降水量; \bar{x} 代表气象台站多年降水量的平均值; n 代表研究年份的数量。

(3)Thornthwaite Memorial 模型

Thornthwaite Memorial 模型^[17]使用以下公式来表达:

$$P_v = 30000[1 - e^{-0.009695(V-20)}] \quad (3)$$

$$V = 1.05R / [1 + (1.05R/L)^2]^{1/2} \quad (4)$$

$$L = 0.05T^3 + 25T + 300 \quad (5)$$

其中, P_v 代表气候生产力,其单位为 $\text{kg}(\text{m}^2 \cdot \text{a})^{-1}$;

V 代表年平均蒸散量, R 代表年降水量, L 代表平均蒸发量,以上几个气象要素的单位均为 mm ; T 代表年平均气温,其单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。

2 结果与分析

2.1 气温变化特征

2.1.1 年际变化特征

1971—2020 年河池市年平均气温变化见图 1。近 50a 来河池市年平均气温的变化倾向率为 $0.153^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$,通过了信度 $\alpha=0.01$ 显著性检验,升高趋势明显。1971—2020 年河池市年平均气温为 20.0°C ,峰值与谷值分别出现在 2003 年、1984 年,分别为 20.8°C 、 18.9°C ,峰值与谷值之间相差 1.9°C 。

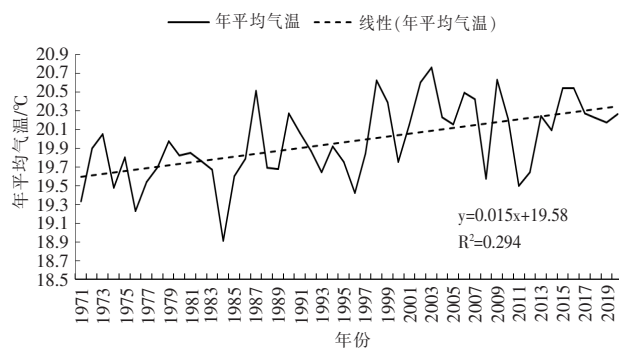


图 1 1971—2020 年河池市年平均气温变化趋势

将 1971—2020 年划分为 5 个时间段,每 10a 作为一个时间段,对各时段的气候变率进行计算与分析得出表 1。1971—2020 年、2001—2010 年的气温上升速率最显著,相对变率与绝对变率最高,其次为 1991—2000 年、2011—2020 年。三个年代气温的相对变率与绝对变率均高于近 50a 气温变率,气温起伏变化较为明显,会影响该市的农业气候生产力。

表 1 1971—2020 年河池市各年代平均气温及其气候变率表

年代	平均气温($^{\circ}\text{C}$)	相对变率	绝对变率($^{\circ}\text{C}$)
1971—1980	19.7	0.01	0.26
1981—1990	19.8	0.01	0.24
1991—2000	19.9	0.02	0.40
2001—2010	20.3	0.03	0.43
2011—2020	20.2	0.02	0.22
1971—2020	20.0	0.02	0.31

2.1.2 空间变化特征

对河池市各站点气温数据统计,得到 50a 来河池市年平均气温及其倾向率的空间分布,1971—

2020 年河池市年平均气温整体上呈南高北低、西高东低的分布特征,年平均气温的大值区主要集中在河池市的南部与西部地区,如都安、巴马、宜州、天峨等县区,年平均气温均高于 20.0°C ,其中都安与天峨年平均气温最高(22.2°C);年平均气温的低值区出现在河池市的北部与东部,南丹年平均气温最低(17.2°C)。

1971—2020 年河池市各站点气温倾向率均表现为正值,表明了各个站点的平均气温均呈升温趋势,然而各个站点气温上升速率却不尽相同,各站点平均气温倾向率在 $0.11\sim 0.21^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{a})^{-1}$ 之间,其中南丹的气温倾向率最高,宜州次之,而天峨气温倾向率最低($0.11^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{a})^{-1}$)。

2.2 降水变化特征分析

2.2.1 年际变化特征

对 1971—2020 年河池市年平均降水量进行统计见图 2。近 50a 来河池市年平均降水量的变化倾向率为 $17.01\text{mm}\cdot(10\text{a})^{-1}$,未通过显著性检验,可见变化趋势不明显,但也呈现出一定的波动变化。据统计,1971—2020 年河池市年平均降水量为 1517.2mm ,峰值与谷值分别出现在 1994 年与 2009 年,年总降水量分别为 2104.8mm 、 1100.1mm ,峰值与谷值之间相差 1004.6mm 。

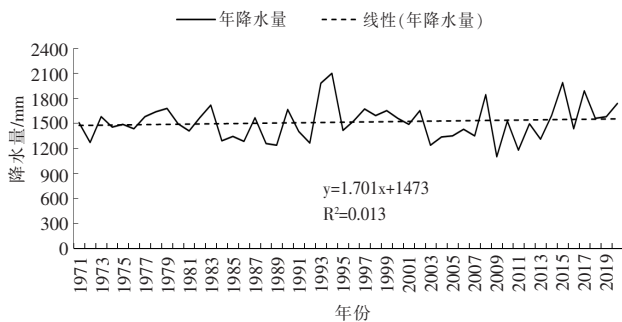


图 2 1971—2020 年河池市降水量的年变化趋势图

把 1971—2020 年河池市年平均降雨量划分 5 个时间段,由表 2 可见,在 1991—2000 年河池市年平均降水量达到最多,达 1619.8mm ,与 1971—2020 年平均降水量 1517.2mm 相比,增加了 102.6mm 。1971—2020 年各时间段绝对变率最大值和最小值分别为 290.3mm 、 224.4mm ,分别出现在 1981—1990 年、2011—2020 年。由此可见,1971—2020 年降水量波动变化大,导致旱涝灾害发生频率较高,进而使农业气候生产力也极易产生大幅波动变化。

表 2 1971—2020 年河池市各年代平均降水量及其气候变率表

年代	平均降水量(mm)	相对变率	绝对变率(mm)
1971—1980	1515.2	0.17	228.3
1981—1990	1436.1	0.18	290.3
1991—2000	1619.8	0.23	285.7
2001—2010	1434.7	0.17	248.8
2011—2020	1580.2	0.22	224.4
1971—2020	1517.2	0.19	255.5

2.2.2 空间变化特征

1971—2020 年河池市年平均降水量整体上呈南多北少的分布特征,年平均降水量大值区主要集中在河池市的都安、大化、巴马、东兰等县区,其年平均降水量均多于 1400mm ,其中都安年平均降水量最多,达到 1800mm 左右;年平均降水量低值区出现在河池市的北部与东部的部分县区,如宜州、环江、天峨等,在 1300mm 左右。

1971—2020 年河池市各站点降水倾向率的变化范围位于 $-4.88\sim 35.8\text{mm}\cdot(10\text{a})^{-1}$ 之间。整体而言,河池市年降水量的倾向率表现为正值的站点多于负值的站点,即大多数县区年平均降水量呈增加趋势。其中河池市罗城、巴马降水量的变化幅度不大,其降水倾向率分别为 $1.59\text{mm}\cdot(10\text{a})^{-1}$ 、 $8.70\text{mm}\cdot(10\text{a})^{-1}$;而宜州、凤山、环江等县区降水量变化幅度较大,尤其是环江降水量倾向率最大,为 $35.78\text{mm}\cdot(10\text{a})^{-1}$ 。

2.3 农业气候生产力的变化特征分析

2.3.1 时间变化特征

以气候生产力模型为依据,对河池市 1971—2020 年的农业气候生产力进行计算(图 3)。由图可见,近 50a 来河池市农业气候生产力波动较大,年平均气候生产力通过信度 $\alpha=0.10$ 显著性检验,可见年平均气候生产力呈上升趋势,其变化速率为

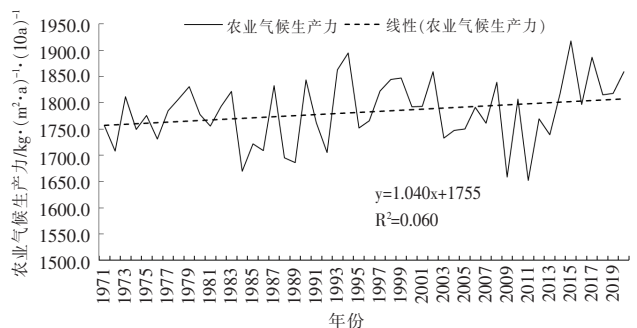


图 3 1971—2020 年河池市年农业气候生产力变化趋势图

$10.401\text{kg}\cdot(\text{m}^2\cdot\text{a})^{-1}\cdot(10\text{a})^{-1}$ 。农业气候生产力的峰值与谷值分别出现在 2015 年、2011 年, 分别为 $1917.2436\text{kg}\cdot(\text{m}^2\cdot\text{a})^{-1}$ 、 $1651.8281\text{kg}\cdot(\text{m}^2\cdot\text{a})^{-1}$ 。

图 4 给出了近 50a 河池市农业气候生产力的距平值。在研究时段内河池市农业气候生产力距平波动较大, 且正距平年份多于负距平年份, 其中 2015 年农业气候生产力正距平达到最大, 为 $135.2\text{kg}\cdot(\text{m}^2\cdot\text{a})^{-1}$ 。

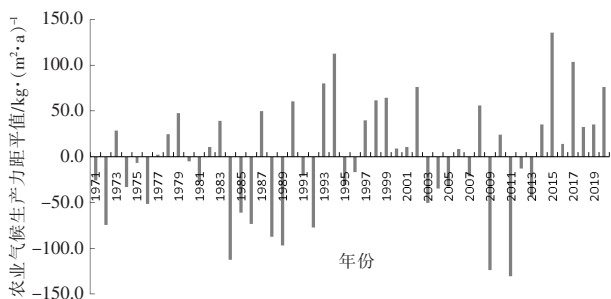


图 4 1971—2020 年河池市年农业气候生产力距平值变化趋势图

2.3.2 空间变化特征

近 50a 来河池市农业气候生产力空间分布为西低东高的特征, 而且各地区农业气候生产力有所不同。河池市都安、金城江区、宜州等市区的农业气候生产力较高, 超出 $1500\text{kg}\cdot(\text{m}^2\cdot\text{a})^{-1}$, 都安最多 ($1600\text{kg}\cdot(\text{m}^2\cdot\text{a})^{-1}$), 天峨、东兰与南丹等地区农业气候生产力较低, 在 $1100\sim 1200\text{kg}\cdot(\text{m}^2\cdot\text{a})^{-1}$ 之间, 其中南丹最低, 仅为 $1100\text{kg}\cdot(\text{m}^2\cdot\text{a})^{-1}$ 左右。

河池市各地区农业气候生产力的变化趋势也存在差异, 整体呈自西向东逐渐增加的分布特征, 其农业气候生产力的倾向率位于 $0.4\sim 1.9\text{kg}\cdot(\text{m}^2\cdot\text{a})^{-1}$ 之间, 表明近 50a 来各市区农业气候生产力均呈增加趋势。其中巴马、凤山、东兰农业气候生产力的倾向率较低, 其中巴马倾向率最低, 在 $0.4\text{kg}\cdot(\text{m}^2\cdot\text{a})^{-1}\cdot(10\text{a})^{-1}$ 左右; 罗城、宜州、环江农业气候生产力的倾向率较高, 其中宜州最高, 在 $1.9\text{kg}\cdot(\text{m}^2\cdot\text{a})^{-1}\cdot(10\text{a})^{-1}$ 左右。

3 结论和讨论

基于河池市建站时间较长的 10 个县区气象站 1971—2020 年逐月气温和降水等观测资料, 统计分析了近 50a 河池市气温、降水量及农业气候生产力等的时空变化特征, 其主要结论如下:

(1) 1971—2020 年河池市年平均气温呈明显上升的变化趋势, 升温速率为 $0.153\text{℃}\cdot(10\text{a})^{-1}$ 。各市县

区气温倾向率均表现为正值, 且表现出东高西低的特点, 罗城和宜州的气温倾向率最高, 而天峨、凤山与巴马的气温倾向率最低。

(2) 1971—2020 年河池市年总降水量呈微弱增加趋势, 其变化速率为 $17.01\text{mm}\cdot(10\text{a})^{-1}$, 变化趋势不明显。年降水量的倾向率表现出正距平年份多于负距平年份的特点, 即大多数地区年平均降水量呈增加趋势。

(3) 1971—2020 年河池市农业气候生产力总体上呈上升趋势, 上升速率为 $10.401\text{kg}\cdot(\text{m}^2\cdot\text{a})^{-1}\cdot(10\text{a})^{-1}$ 。农业气候生产力距平波动较大, 正距平年份多于负距平年份, 且出现正距平年份的降水量也较大。河池市农业气候生产力空间分布不均, 河池市都安、河池、宜州等市县的农业气候生产力较高, 天峨、东兰与南丹等地区农业气候生产力较低。

影响河池市农业气候生产潜力的主要因素是温度和降水, 其中降水是制约河池市农业气候生产潜力发展的主要因素。在全球气候变暖的大背景下, 未来河池市降雨时空分布不均现象更加严峻, 不利于河池市农业气候生产潜力提高。同时河池多山地, 土壤蓄水保水能力差, 降雨不足会制约农业生产发展, 因此兴修水力、合理开发利用水资源, 保障农业生产用水, 促进当地农业增产增收。

参考文献:

- [1] 余秋实, 邵燕林. 基于气候生产力模型的安徽省气温与降水的变化分析[J]. 阜阳师范大学学报(自然科学版), 2021, 38(1): 97-103.
- [2] 廖雪萍, 黄梅丽, 雍阳阳, 等. 气候变化对广西农业影响的研究进展与展望[J]. 气象研究与应用, 2020, 41(4): 72-80.
- [3] 何洁琳, 李艳兰, 蔡悦幸, 等. 广西区域气候变化的研究新进展[J]. 气象研究与应用, 2020, 41(4): 56-61.
- [4] 何洁琳, 谢敏, 黄卓, 等. 广西气候变化事实[J]. 气象研究与应用, 2016, 37(3): 11-15.
- [5] 秦大河. 气候变化科学与人类可持续发展[J]. 地理科学进展, 2014, 33(7): 874-883.
- [6] Parry M L, Canziani O F, Palutikof J P, et al. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [7] IPCC. Climate change 2013: the physical science basis. [R]. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.
- [8] 高素华, 黄增明. 海南岛农业气候生产力的估算[J]. 热带气象, 1986(4): 327-335.
- [9] 周留根. 农业生产力评价分析和优化系统研究 [D]. 南

- 京:南京农业大学, 2005.
- [10] 桑林,余乐福.华北地区夏季降水的气候特征分析[J].气象研究与应用,2018,39(1):24-27,65.
- [11] Salinger M J.Climate Variability and Change: Past, Present and Future: An Overview [J].Climatic Change, 2005, 70 (1/2):9-29.
- [12] 封珊,徐长乐.全球气候变化及其对人类社会经济影响研究综述[J].中国人口资源与环境,2014,24(S2):6-10.
- [13] 李颜颜,康国华,张鹏岩,等.基于 Thornthwaite Memorial 模型的近 54 年河南省农业气候生产力时空变化特征分析[J].江苏农业科学,2018,46(7):287-293.
- [14] 廖雪萍,刘一江,李耀先,等.未来气候情景下广西冬季农业气候生产潜力的变化特征[J].西南农业学报,2017,30 (2):438-443.
- [15] 潘虹,邱新法,廖留峰,等.近 50 年贵州省气候生产潜力时空变化特征[J].干旱区资源与环境,2014,28(11):158-163.
- [16] 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.
- [17] 谢少凤,况雪源,钟利华.广西春播期降水变化的气候诊断分析[J].广西气象,2001(1):40-43,46.
- [18] 黄雪松,周惠文,黄梅丽,等.广西近 50 年来气温、降水气候变化[J].广西气象,2005(04):9-11.
- [19] Leith H, Box E.Evapotranspiration and Primary Productivity[M].New Jersey: Climatology, 1972.

Temporal and spatial variation characteristics of agro-climatic productivity in northwest Guangxi in recent 50 years—Take Hechi as an example

Liu Fang, Huang Heng, Li Jinling, Huang Xiuxiu, Zhou Huiliao
(Hechi Meteorological Bureau, Hechi Guangxi 547000, China)

Abstract: Taking Hechi City as an example, this paper studied the temporal and spatial variation characteristics of agro-climatic productivity in Hechi by using the Thornthwaite Memorial model and other meteorological observation data such as average temperature and precipitation in recent 50 years. The results show that the average temperature in Hechi has a certain upward trend from 1971 to 2020, with an average warming rate of $0.153^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$. The annual total precipitation shows a slight increasing trend with a changing rate of $17.01\text{mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$. The agricultural climatic productivity shows an upward trend with a variation rate of $10.401(\text{kg}) \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{a})^{-1} \cdot (10\text{a})^{-1}$. The anomaly fluctuates greatly, the positive anomaly years are more than the negative anomaly years. The spatial distribution is lower in the west and higher in the east, and the trend rate gradually increases from west to east.

Key words: Northwest Guangxi; Thornthwaite Memorial model; agro-climatic productivity