

王建东,黄翠银,丁美花,等.来宾市气候变化特征及其对甘蔗影响分析[J].气象研究与应用,2022,43(4):128–132.

Wang Jiandong,Huang Cuiyin,Ding Meihua,et al.Characteristics of climate change and its impact on sugarcane in Laibin City[J].

Journal of Meteorological Research and Application,2022,43(4):128–132.

# 来宾市气候变化特征及其对甘蔗影响分析

王建东<sup>1</sup>,黄翠银<sup>2</sup>,丁美花<sup>3\*</sup>,谢映<sup>3</sup>

(1.来宾市气象局,来宾 546100;2.广西壮族自治区气候中心,南宁 530022;

3.广西壮族自治区气象科学研究所,南宁 530022)

**摘要:**利用气候倾向率、MK 突变检验等数理统计分析方法,对来宾市 1970—2020 年的年、季及甘蔗关键生育期的温光水等气象条件进行时空变化趋势分析。结果表明,来宾市温度和降水呈现波动增加的趋势,日照时数呈现波动降低的趋势,温度、降水和日照都存在明显突变点;温光水等气象条件及变化趋势有利于甘蔗生长和产量形成,但 10—12 月日照时数的降低趋势对糖分积累存在不利影响。

**关键词:**气候变化;甘蔗;关键生育期;来宾

**中图分类号:** S162

**文献标识码:** A

**doi:** 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2022.4.21

## 引言

来宾市地处广西的桂中地区,是重旱的高频中心<sup>[1]</sup>,也是冷空气南下的通道,热量条件适宜甘蔗种植<sup>[2]</sup>。全市甘蔗种植面积约为 11.67 万 hm<sup>2</sup>,主要分布在兴宾区(占 7 成)、武宣县、象州县和忻城县,为广西第三大甘蔗种植地区,蔗糖业是来宾市经济支柱产业之一,研究气候变化及其对该地区甘蔗种植的影响具有重要意义。对于来宾当地甘蔗气候方面的研究很少,黄健君等分析了“来宾市兴宾区 2007/2008 年度气象条件对甘蔗产量和蔗糖分的影响评估”<sup>[3]</sup>;廖雪萍等总结并展望了气候变化对广西农业生产的影响和未来重点研究方向<sup>[4]</sup>,并指出广西甘蔗各个生育期多呈干旱化趋势;陈燕丽等采用标准化降水蒸散指数作为干旱指标,深入分析广西甘蔗不同生育期干旱时空演变特征及规律<sup>[5]</sup>;卢小凤等研究了气候变化背景下广西甘蔗秋旱演变特征分析<sup>[6]</sup>;陈燕丽等分析了宿根蔗生长发育变化特征及不同生

育期气象条件差异及对宿根蔗生长发育的影响<sup>[7]</sup>;谭佳勇等分析了气候变化对河池市甘蔗生长的影响<sup>[8]</sup>。上述研究者从常规序列尺度分析气象条件对甘蔗生长发育的影响,或者是分析气候变化背景下气象灾害的时空变化规律,而针对甘蔗关键生育期开展关键影响因子的气候变化特征分析的文献尚不多见。本文参考翟颖佳等各地区气候特征分析方法<sup>[2,9–12]</sup>、甘蔗气候、甘蔗分布<sup>[13–22]</sup>,基于来宾市气温、降雨、日照等气象观测资料,利用气候倾向率、MK 突变检验等数理统计分析方法,分析来宾市气候变化特征及其对甘蔗生长生育的影响,对于合理开发利用当地气候资源、气候预测、气象灾害防御能力建设、甘蔗生产合理布局及新品种选育具有重要参考意义。

## 1 资料与方法

研究资料采用了来宾市兴宾区、武宣、象州、金秀、忻城五个气象观测站 1970—2020 年各月气温、

收稿日期:2022-01-18

基金项目:科技成果转化与应用项目(来科转 182215)、山洪地质灾害防治气象保障工程 2019 年建设项目、卫星专项资金(141022011000200002)、广西自然科学基金项目 2020GXNSFAA159092 和国家公益性行业(气象)科研专项重点项目(GYHY201406030)、来宾市气象科学研究与技术开发项目(来气科 202102)

作者简介:王建东(1995—),男,广西鹿寨人,本科,助理工程师。

\* 通讯作者:丁美花(1973—),女,山东青岛人,硕士,正研级高级工程师,主要从事遥感技术应用研究工作。E-mail:ddding1030@163.com

降水、积温、日照时数及年极端最高气温、极端最低气温<sup>[4]</sup>。来宾市 2002—2019 年甘蔗单产等数据。对年、季度、甘蔗茎伸长期(6—9 月)和糖分积累期(10—12 月)两个关键发育期进行气候倾向率计算、MK 突变检验以及极端气温统计等数理统计方法分析。

2 结果与分析

2.1 来宾市气候要素年变化特征

通过对 1970—2020 年的气象要素观测数据分析(五站数据平均),来宾市近 50a 平均气温为 20.3℃,平均降水量 1452.6mm,年日照时数为 1474.3h,平均积温为( $\geq 10^{\circ}\text{C}$ )6836.5℃。气温每 10a 上升 0.19℃,降水量每 10a 增加 6.03mm,日照时数每 10a 减少了 33.54h,积温( $\geq 10^{\circ}\text{C}$ )每 10a 增加 86.62℃。年降水量最小值 820.3mm (1989 年兴宾区),最大值 2407.3mm (1994 年金秀县)。象州县日照时数最多(1608.8h),金秀县日照时数最少(1160.5h)。除金秀县、忻城县之外,其他县区日照时数均呈减少的趋势,其中兴宾区呈现明显减少趋势(每 10a 减少了 70.82h)。年度积温最高为武宣县(7341.74℃),最低为金秀县(5665.12℃),均呈现增加趋势。有效积温初日在 2 月 10 日—3 月 10 日之间,终日在 12 月 10

日—12 月 31 日之间。

2.2 来宾市气候要素季节变化特征

2.2.1 平均气温

来宾市春季平均气温为 20.5℃、夏季 27.3℃、秋季 21.6℃、冬季 12.0℃。各季度均呈现增温趋势,其中春、秋、冬季节增温幅度高,夏季增温幅度低。增幅分别为:春季 0.205℃/10a,夏季 0.092℃/10a,秋季、冬季均为 0.217℃/10a,均通过 0.05 的显著性检验,增温明显。四季平均气温年际间呈波动变化状态,其中春季年际波动较大,冬季变化较平缓。

2.2.2 极端最高、最低气温

来宾市极端最高气温为 40℃(出现在 1971 年象州县),极端高温阈值 38.38℃,出现频率为 13%。其中武宣县 34℃及以上高温天气出现的频率最高,出现频率为 10%,高温天气主要出现在 7 月 10 日至 7 月 20 日之间。

来宾市极端最低气温为-5.5℃(出现在 1982 年金秀县),极端低温阈值为-1.88℃,出现频率为 14%。最低气温大多出现在金秀、忻城两县。

除武宣外,来宾市的极端最高气温、最低气温呈现均为上升的趋势,同时极端最低气温比极端最高气温上升幅度大(表 1)。

表 1 1970—2020 年来宾市极端气温气候倾向率

要素	兴宾区	象州	武宣	忻城	金秀
极端最高气温/℃	39.6	39.4	39.7	40	33.7
气候倾斜率/℃·(10a) <sup>-1</sup>	0.026	0.076	-0.102	0.071	0.175
极端最低气温/℃	-1.6	-1.6	-1.6	-0.3	-5.5
气候倾斜率/℃·(10a) <sup>-1</sup>	0.332	0.02	0.11	0.24	0.22

2.2.2 降水量和日照时数

来宾市春季降水量为 431.5mm、夏季 668.8mm、秋季 221mm、冬季 141.9mm。春夏两季降水量约占年总降水量的 75%,夏季占年降水量的 46%。春季每 10a 降雨减少 7.58mm,夏、秋、冬三季每 10a 降水

增加 3.79~12.57mm。与之相对应春季的日照时数变多,夏、秋、冬三季的日照时数呈下降趋势(表 2)。来宾市春季日照时数为 257.0h、夏季 507.9h、秋季 464.8h、冬季 240.5h。

表 2 1970—2020 年来宾市季节降水量、日照时数气候倾向率

	春季	夏季	秋季	冬季
降水量/mm	431.5	668.8	211.0	141.9
气候倾向/mm·(10a) <sup>-1</sup>	-7.58	7.06	12.57	3.79
日照时数/h	257.0	507.9	464.8	240.5
气候倾向率/h·(10a) <sup>-1</sup>	1.69	-10.8	-10.1	-8.3

## 2.3 来宾市甘蔗关键发育期气候要素变化特征

甘蔗整个生长期要求年平均温度  $18\sim 30^{\circ}\text{C}$ , 年降雨量  $\geq 1200\text{mm}$ , 年积温需  $5500^{\circ}\text{C}\sim 8500^{\circ}\text{C}$ , 年日照时数  $1200\sim 1400\text{h}$ <sup>[23]</sup>。茎伸长期最适温度为  $25\sim 30^{\circ}\text{C}$ , 关键期气温超过  $34^{\circ}\text{C}$  伸长受抑, 低于  $20^{\circ}\text{C}$  则伸长缓慢; 茎伸长期甘蔗需水量约为  $830\text{mm}$ <sup>[24]</sup>。10—12 月雨量、10—12 月日照时数、10—12 月温度日较差是影响蔗糖分含量的重要气象因子<sup>[25]</sup>, 其中温度日较差  $10^{\circ}\text{C}$  左右对蔗糖分积累有利。最低气温达到  $1.0^{\circ}\text{C}$  以下时, 甘蔗开始出现冻害, 当气温  $\leq -2.0^{\circ}\text{C}$  时出现严重冻害。

### 2.3.1 甘蔗茎伸长期

#### (1) 平均气温

来宾市 6—9 月平均气温为  $23.2^{\circ}\text{C}$ , 通过了 0.01 水平的显著性检验, 每 10a 上升  $0.12^{\circ}\text{C}$ 。通过 M-K 突变检验分析得出, 气温在 1982 年发生急剧变化, 突变前后平均气温差达到了  $0.54^{\circ}\text{C}$ 。平均气温呈现出东低西高的空间分布特征, 其中金秀县、象州县平均气温为  $23.2\sim 24^{\circ}\text{C}$ , 武宣县及以西的甘蔗主产区平均气温都在  $27\sim 28^{\circ}\text{C}$  之间, 是最适宜甘蔗茎伸长的温度。

#### (2) 平均降水、蒸发和相对湿度

在甘蔗茎伸长期, 来宾各县(区)的年均降水量为  $417.14\sim 989.53\text{mm}$  之间, 时间变化上, 降水量呈增加趋势, 各县(区)的增幅在  $7.00\sim 44.99\text{mm}$  之间, 其中象州县增幅在  $36.5\sim 45.0\text{mm}$  之间, 而忻城、合山、兴宾区的增幅均小于象州( $7.0\sim 28.9\text{mm}$  之间)。甘蔗茎伸长期平均降雨量为  $682.26\text{mm}$ , 每 10a 增加  $9.15\text{mm}$ , 在 2002 年发生突变, 突变后降雨量增加  $47.3\text{mm}$ ; 6—9 月平均蒸发量为  $601.3\text{mm}$ , 每 10a 减少  $62\text{mm}$ , 通过了 0.01 的显著检验; 6—9 月相对湿度为  $79.9\%$ , 略有增加。

#### (3) 日照时数

在甘蔗茎伸长期内, 来宾各县(区)的年均日照时数在  $475.39\sim 760.59\text{h}$  之间, 呈现西高东低的分布特征, 其中武宣县、兴宾区、忻城县日照时数为  $690\sim 760\text{h}$  之间(图略), 金秀县日照时数呈上升趋势, 其它县(区)日照时数均有不同程度的下降, 忻城县下降幅度最大。甘蔗茎伸长期平均日照时数为  $685.1\text{h}$ , 每 10a 减少了  $0.8\text{h}$ 。通过 M-K 突变检验分析, 突变点位于 1982 年, 前后相差为  $59.17\text{h}$ 。

#### (4) $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温

来宾各县(区)的平均积温在  $2896.1\sim 3481.9^{\circ}\text{C}$

之间, 除金秀积温较低外, 其他县区的积温均在  $3400^{\circ}\text{C}$  左右(图 2 略)。甘蔗茎伸长期  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  平均积温为  $3346.4^{\circ}\text{C}$ , 每 10a 增加  $11.32^{\circ}\text{C}$ 。各县区的积温均呈增加趋势, 其中兴宾区、金秀每 10a 增加  $16.0^{\circ}\text{C}$  以上。

### 2.3.2 甘蔗糖分累积期

从 10 月开始, 来宾市甘蔗进入糖分积累期。按照对甘蔗糖分积累的关键气象影响因子开展其气候要素变化分析。

#### (1) 平均降水、蒸发及相对湿度

10—12 月平均降水量为  $168.6\text{mm}$ , 每 10a 增加  $8.0\text{mm}$ ; 10—12 月平均蒸发量为  $345.4\text{mm}$ , 降幅达到  $13.448\text{mm}\cdot(10\text{a})^{-1}$ ; 相对湿度为  $72.9\%$ , 无明显变化。甘蔗糖分积累期降水量呈现东西多中间少的空间分布趋势, 其中金秀县、象州的东北部(降水量为  $176\sim 184\text{mm}$ , 甘蔗主产区的兴宾区的降水最少( $146\sim 156\text{mm}$ ); 兴宾区、忻城县、合山市降水增加幅度较小, 象州县降水增加幅度大。

#### (2) 日照时数

10—12 月来宾市平均日照时数为  $420.9\text{h}$ , 每 10a 减少  $12.5\text{h}$ 。突变时间为 1991 年, 突变后日照时数减少  $25.7\text{h}$ , 呈现出明显的下降趋势。金秀县、象州县日照时数在  $341\sim 378\text{h}$  之间, 武宣县及兴宾区东部地区日照时数最高(超过  $420\text{h}$ ), 有利于该地区种植的甘蔗糖分累积。除了金秀县的日照时数呈增加趋势之外, 来宾市其他县(区)均呈下降趋势。

#### (3) 温度日较差

10—12 月温度日较差平均值为  $8.8^{\circ}\text{C}$ , 每 10a 降低了  $0.2^{\circ}\text{C}$ , 通过了 0.1 显著水平的检验。其中东部地区日较差较高, 在  $9.4\sim 9.1^{\circ}\text{C}$  之间, 兴宾区和忻城的日较差稍低, 在  $8.6\sim 8.7^{\circ}\text{C}$  之间。五个县区均呈现下降趋势, 忻城、金秀、象州每 10a 下降了  $0.14^{\circ}\text{C}$ , 而兴宾区和武宣每 10a 下降了  $0.25^{\circ}\text{C}$ 。

## 2.4 来宾市甘蔗单产对气候变化的响应

甘蔗茎伸长期来宾市平均气温为  $23.2^{\circ}\text{C}$ , 降水量为  $682.26\text{mm}$ , 日照时数为  $685.1\text{h}$ , 积温  $3346.4^{\circ}\text{C}$ , 平均蒸发量为  $601.3\text{mm}$ , 相对湿度为  $79.9\%$ 。平均温度呈缓慢增加趋势, 降水量呈微弱增加趋势, 日照时数呈微弱减少趋势, 蒸发量呈下降趋势, 相对湿度呈弱增加趋势变化。平均温度达到甘蔗生长最适温度, 积温呈现缓慢增加, 但降水量未能满足甘蔗生长需水量要求。

甘蔗糖分累积期降雨量为  $168.6\text{mm}$ , 日照时数

为 420.9h, 温度日较差平均值为 9.0℃, 蒸发量为 345.4mm, 相对湿度为 72.9%。降水量呈缓慢增加趋势, 蒸发量、日照时数和日较差均呈下降趋势。

来宾市甘蔗年均单产为  $4.86\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$  呈现缓慢增加趋势。2005 年的单产 ( $4.03\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$ ) 较低而 2017 单产 ( $5.97\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$ ) 最高, 2017 年的年均气温、降雨、日照等气候要素均高于 2005 年, 特别是年降雨量, 2017 年比 2005 年多 325.8mm。2017 年茎生长期降雨量比

2005 年多 104.6mm, 而茎生长期的日照时数、日较差比 2005 年分别少 15.5h、0.9℃。

通过相关性分析(表 3)得出甘蔗单产与年均气温、年降水的相关性较高(0.64), 其中茎生长期与降雨量的相关系数为 0.51, 而于日较差呈现负相关(-0.35)。说明气温、降雨的增加对于甘蔗产量的增加起着较为重要的作用, 而日较差的下降也对甘蔗产量增加起着一定积极作用。

表 3 来宾市甘蔗单产与气候要素的相关系数

相关性	年平均气温	年降雨量	年日照	降雨(茎生长期)	日照(茎生长期)	年日较差
单产	0.65	0.64	0.20	0.51	-0.03	-0.35

### 3 结论

通过对来宾市 50a 气候要素变化特征及其对甘蔗影响分析可以得出如下结论:

(1) 来宾市山区和冬季平均温度增幅大于其他地区 and 季节。而冬季温度升高有利于甘蔗安全越冬。来宾市年均降水量变化呈微弱增加趋势, 空间和季节分布不均匀, 山区降水总量大于平原地区, 但增幅小于平原地区。夏、秋、冬三季均呈现增长趋势, 春季为下降趋势, 容易出现春旱, 不利于春耕春种, 而夏秋两季的降水增加可以缓解夏秋连旱, 有利于甘蔗的生长发育及产量提高。

(2) 来宾市气候条件基本能够满足甘蔗正常生长发育需求。年积温能满足甘蔗全生育期的热量需求。甘蔗茎伸长期平均温度为甘蔗生长最适温度, 降水量未能满足甘蔗生长需水量要求, 但各关键气象要素的变化趋势有利于甘蔗茎生长。糖分积累期来宾市各县(区)少雨的气候特征适宜甘蔗糖分累积, 但日照时数、日较差呈缓慢下降趋势, 会对甘蔗糖分积累有些许影响, 与谭佳勇等<sup>[8]</sup>研究结论基本一致。

#### 参考文献:

- [1] 杨星星, 杨云川, 邓思敏, 等. 基于 SPEI 的广西干旱综合特征及农业旱灾风险研究[J]. 水土保持研究, 2020, 27(4): 113-121.
- [2] 黄梅丽, 苏志, 周绍毅. 金秀大瑶山旅游气候资源评估[J]. 广西气象, 2006, 27(2): 18-21.
- [3] 黄健君, 刘春峰. 来宾市兴宾区 2007/2008 年度气象条件对甘蔗产量和蔗糖分的影响评估[J]. 广西蔗糖, 2008(4): 28-30.

- [4] 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.
- [5] 陈燕丽, 蒙良莉, 黄肖寒, 等. 基于 SPEI 的广西甘蔗生育期干旱时空演变特征分析[J]. 农业工程学报, 2019, 35(14): 149-158.
- [6] 卢小凤, 匡昭敏, 李莉, 等. 气候变化背景下广西甘蔗秋旱演变特征分析[J]. 南方农业学报, 2016, 47(2): 217-222.
- [7] 陈燕丽, 冯利平, 丁美花, 等. 广西宿根蔗生育期气象变化特征及其影响[J]. 气象, 2016, 42(12): 1554-1559.
- [8] 谭佳勇, 刘芳, 黄秀秀. 河池甘蔗气候适宜度特征及其变化趋势分析[J]. 贵州气象, 2017, 41(3): 61-64.
- [9] 翟颖佳, 李耀辉, 陈玉华. 全球及中国区域气候变化预估研究主要进展简述[J]. 干旱气象, 2013, 31(4): 803-813.
- [10] 刘志丰. 2015—2019 年胶州地区气候变化特征分析[J]. 现代农业科技, 2021(5): 193-196.
- [11] 高华东, 邓艳君, 费强, 等. 1961—2018 年荆州市气候变化特征分析[J]. 湖北农业科学, 2020, 59(16): 66-71.
- [12] 李传林, 朱江. 气候变化对森林的危害——以干旱为例[J]. 水土保持应用技术, 2014(3): 31-33.
- [13] 覃卫坚, 李栋梁. 近 50a 来广西各级降水气候变化特征分析[J]. 自然资源学报, 2014, 29(4): 666-676.
- [14] 刘武, 莫家尧. 来宾近 55a 降水气候特征分析[C]. 第四届广西防灾减灾与可持续发展论坛论文集广西气象学会会议论文集, 广西北海, 2014.
- [15] 王绍武. 近百年我国及全球气温变化趋势[J]. 气象, 1990, 16(2): 11-15.
- [16] 莫丽霞. 1960—2015 年广西极端气温和降水事件的变化研究[D]. 兰州大学同等学力人员申请学位学位论文, 2017.
- [17] 肖清媛. 1989—2018 年贵溪市气候变化特征分析[J]. 现



- 代农业科技,2019(14):195.
- [18] 吴绍洪,罗勇,王浩,等.中国气候变化影响与适应:态势和展望[J].科学通报,2016,61(10):1042–1054.
- [19] 孟宪红,陈昊,李照国,等.三江源区气候变化及其环境影响研究综述[J].高原气象,2020(6):1133–1143.
- [20] 邹晓蔓,傅漫琪,王小慧,等.1985—2018年中国甘蔗生产时空变化及区域优势分析[J].中国农业大学学报,2022,27(6):121–126.
- [21] 鲁韦坤,周云,何雨岑.云南甘蔗种植气候类型和特点[J].科技气象,2016,44(5):849–851.
- [22] 张跃彬,樊仙,毛均,等.中国主产蔗区气候生态空间分布特征研究[J].西南农业学报,2021,34(10):2282–2287.
- [23] 郭昌东,黄国靓,所妍枫.近57年资源县山区冬季气候变暖特征分析[J].气象研究与应用,2018,39(3):38–41.
- [25] 苏永秀,李政,孙涵.基于GIS的广西甘蔗种植气候区划[J].中国农业气象,2006,27(3):252–255.
- [26] 龙国夏,李桂峰,程延年.气候变化对我国甘蔗生产的影响[J].中国农业气象,1994,15(4):23–25.

## Characteristics of climate change and its impact on sugarcane in Laibin City

Wang Jiandong<sup>1</sup>, Huang Cuiyin<sup>2</sup>, Ding Meihua<sup>3\*</sup>, Xie Ying<sup>3</sup>

(1. Laibin Meteorological Bureau, Guangxi Laibin 546100, China;

2. Guangxi Climate Center, Nanning 530022, China;

3. Guangxi Institute of Meteorological Sciences, Nanning 530022, China)

**Abstract:** The trends of temporal and spatial variation of meteorological conditions such as temperature, light, and water in Laibin City during the year, season, and key sugarcane growth period from 1970 to 2020 were examined using mathematical statistical analysis methods like climate tendency rate and MK mutation test. The findings were as follows: The amount of precipitation and temperature showed an increasing trend in Laibin City, while the amount of sunshine per hour decreased. Temperature, precipitation, and sunshine all experienced noticeable abrupt changes. Meteorological conditions such as temperature, light and water were beneficial to sugarcane growth and yield development, but the declining trend in sunshine duration from October to December had a negative impact on sugar accumulation.

**Key words:** Climate change; sugarcane; key growth period; Laibin