

文章编号:1673-8411 (2015) 01-00100-05

广西右江河谷旱作灌溉需水量变化特征

陆耀凡¹, 廖雪萍², 陈欣³, 史彩霞⁴, 林振敏²

(1. 百色市气象局, 广西 百色 533000; 2. 广西气象减灾研究所, 南宁 530022; 3. 田东县气象局, 广西 田东 531500; 4. 广西气象服务中心, 南宁 530022)

摘要:利用百色、田阳、田东和平果气象观测站 1971~2013 年历年实测的逐日降水量资料以及平果站 1990~2013 年甘蔗、1994~2013 玉米发育期观测资料,采用美国农业部土壤保持局推荐的有效降水量算法,对右江河谷甘蔗、玉米旱作各生育期需水量、水分盈亏、灌溉需水量情况以及变化规律进行分析。结果表明,右江河谷各县区甘蔗以及除平果外大部分县区玉米的全生育期平均水分条件是亏缺的,甘蔗全生育期水分亏缺主要由茎伸长-成熟期缺水引起,该生育期阶段多年平均灌溉需水量为 220mm;玉米全生育期水分亏缺则主要由播种-出苗及乳熟-成熟期缺水引起,其中以播种-出苗期缺水最多,该发育阶段多年平均灌溉需水量为 30mm。近 40 年来,右江河谷甘蔗各生育期有效降水量和水分盈亏指数的变化呈减少和下降的趋势,灌溉需水量的变化则呈增加趋势;大部分县区玉米除乳熟-成熟期外,其余各生育期有效降水量和水分盈亏指数的变化呈微弱减少和下降趋势,灌溉需水量的变化则呈微弱增加趋势。

关键词:右江河谷;旱作;灌溉需水量;变化;特征

中图分类号:P49

文献标识码:A

Variation characteristics of dry farming irrigation water demand in Youjiang valley of Guangxi

Lu Yaofan, Liao Xueping, Chen Xin, Shi Caixia, Lin Zhenmin

(1. Baise Municipal Meteorological Service, Baise Guangxi 533000; Guangxi Meteorological Disaster Reduction Institute, Nanning Guangxi 530022; 3. Tiandong County Meteorological Service, Tiandong Guangxi 531500; 4. Guangxi Meteorological Service Center, Nanning Guangxi 530022)

Abstract: Based on the daily precipitation data from 1971 to 2013 of baise, Tian Yang, Tiandong and sugar cane growth observation data (1990 ~ 2013) and maize growth observation data (1994 ~ 2013) in Pingguo, water demand, water balance, the irrigation water demand and their variation during all growth period of sugarcane and maize in Youjiang valley were analyzed by the calculation method of effective rainfall recommended by USDA. Results show that average moisture conditions during the whole growing period of sugarcane and maize in each county of Youjiang valley, except maize in Pingguo County, are deficiency. Water deficit in the whole stages of sugarcane is mainly led by the water shortage during stem elongation period to the mature period (the average irrigation water requirement of years is 220mm) ; by contrast, the water shortage during sowing - emergence and milk - mature period mainly causes the water deficit of maize, and the shortage during sowing- emergence (the average irrigation water requirement of years is 30mm) , in the most. In recent 40 years, the variation of effective rainfall and water balance index of each growth period of sugarcane in Youjiang river valley show decreasing and the trend of decline, while the irrigation water requirement is increased; except during the milk - mature period, effective rainfall and water balance index of each growth period of maize in most counties of Youjiang river valley show slightly reducing and falling trend, while the irrigation water demand is weakly increased.

Key Words: Youjiang valley; dry farming; irrigation water demand; variation; characteristics

全球气候变暖使持续性和季节性的干旱成为威胁农业生产的重要因素之一,保障有效灌溉仍然是

确保农作物稳产高产的重要手段^[1]。研究区域作物灌溉需水量,对有效利用水资源提高作物产量以及

收稿日期:2014-12-22

基金项目:广西自然科学基金资助(2011GXNSFA018008)

作者简介:陆耀凡(1966-),男,工程师,主要从事应用气象业务管理与研究。

实现水资源合理调配具有十分重要的意义。作物需水量及其灌溉需水量与变化规律的研究一直受到国内外许多学者的重视,20 世纪 20 年代丁颖教授在广州进行水稻需水量试验,到了 20 世纪 80 年代初我国作物需水量研究与灌溉试验工作进入第 2 次高潮^[2],有很多学者主要运用能量平衡法即彭曼方程开展了农田、作物需水量及灌溉量的计算方法、预测模型、空间分布规律等方面的研究,取得了系列成果^[3-9],之后随着全球气候变暖导致干旱极端事件频发、水资源匮乏,不少学者开始关注气候变化对作物灌溉量影响的研究^[10-11]。右江河谷是广西少雨地区之一,且降水量季节分布不均,年际变化大,春旱和秋旱频繁发生,其中春旱发生的频率达 70%~90%;随着气候的变暖,该区除 3、6、7 月份外,其余月份干旱有所加剧^[12]。旱灾已成为制约右江河谷甘蔗、玉米等旱地作物生长发育以及产量提高的主要气象因素^[13-15]。因此开展右江河谷旱作灌溉需水量研究,通过计算右江河谷甘蔗、玉米旱作生育期有效降水量、水分盈亏指数和灌溉需水量,掌握需水量的变化规律,为制定旱作灌溉决策和水资源规划提供重要依据。

1 资料与方法

1.1 研究区概况

右江河谷位于云贵高原余脉之内,在广西百色市的中部,包括右江区、田阳县、田东和平果县的平原地带,呈东南—西北走向,东西长 $1.30 \times 10^5 \text{m}$,南北宽 $2 \times 10^4 \text{m}$,土地总面积 $3.4 \times 10^6 \text{km}^2$,其中耕地面积 $7.04 \times 10^4 \text{km}^2$,占百色市耕地的 27.2%,人口 75 万^[16]。该区年平均气温 22.0°C , $\geq 10^\circ\text{C}$ 活动积温 7730°C ,无霜期 345d,太阳辐射年总量 $460 \text{KJ}/\text{cm}^2$ 左右,是广西辐射量最丰富的地区之一;年降雨量 1086~1325mm,年降水变率 15%。研究区以早玉米—晚稻—冬菜一年三熟为主,在旱地较多的地方,主要是春秋玉米复种、玉米与甘蔗间种。右江河谷已于 2008 年列入我国甘蔗布局优势区域之一,同时也是广西玉米主产区之一^[17]。截止 2010 年,右江河谷甘蔗种植面积约 $4.7 \times 10^4 \text{km}^2$,约占百色市甘蔗种植面积的 98%;玉米种植面积也达到了 $3.3 \times 10^4 \text{km}^2$,约占百色市玉米种植面积的三分之一。

表 1 右江河谷甘蔗、玉米全生育期及各发育期需水量

作物	各生育期需水量 (mm)					
	全生 育期	发株— 茎伸长	茎伸长— 成熟	抽雄—乳 熟	乳熟— 成熟	
甘蔗	478.2	43.5	434.7			
春玉米	全生 育期	播种— 出苗	出苗— 拔节	拔节— 抽雄	抽雄—乳 熟	乳熟— 成熟
	176.4	38.7	30.6	21.0	36.2	49.9

1.2 资料来源

所用 1971—2013 年历年逐日降水量资料取自百色、田阳、田东和平果 4 个县区气象观测站历年实测值。

考虑到右江河谷各县区的气候条件相差不大,甘蔗(宿根)、(春)玉米的播种、生长发育进度差异不大,因此各站甘蔗、玉米平均发育期由平果站 1990~2013 年甘蔗、1994~2013 玉米各发育期实测值统计所得。

1.3 灌溉需水量计算方法

1.3.1 作物需水量 E_{Tc}

为方便起见,本文参考易燕明等人用彭曼公式计算得到的百色甘蔗、玉米逐旬需水量^[10],推算出右江河谷甘蔗、玉米全生育期及各发育期的平均每日需水量。

1.3.2 水分盈亏指数 CWSDI

用水分盈亏指数表征旱作各生育期水分盈亏程度^[13]。即

$$\text{CWSDI} = (\text{Pe} - \text{ETc}) / \text{ETc} \quad (1)$$

其中 ETc 为研究对象甘蔗、玉米生育期阶段内的需水量, Pe 为相应生育期阶段内有效降水量。 $\text{CWSDI} > 0$ 表示水分盈余, $\text{CWSDI} = 0$ 表示水分收支平衡, $\text{CWSDI} < 0$ 表示水分亏缺。本文采用美国农业部土壤保持局推荐的有效降水量分析法^[19]计算 Pe , 即:

$$\text{当日降水量 } P < 8.3 \text{mm 时, } p_e = P(4.17 - 0.2P) / 4.10 \quad (2)$$

$$\text{当日降水量 } p \geq 8.3 \text{mm 时, } p_e = 4.17 + 0.1p \quad (3)$$

1.3.3 灌溉需水量 I_s

灌溉需水量是作物生育期内总需水量与总有效降水量之差^[12]。表达式为:

$$I_s = \sum \text{ETc} - \sum \text{Pe} \quad (4)$$

式中, $\sum \text{ETc}$ 是作物生育期总需水量, $\sum \text{Pe}$ 是作物生育期总有效降水量。

1.4 气候倾向率

气象要素的趋势变化采用一元线性回归方程 $X(t) = at + b$ ($t = 1, 2, \dots, n$) 来拟合,其中 x 为气象要素值, t 为年序数, a 为趋势变化率,它的绝对值大小可表示气象要素随时间变化的速率,用最小二乘法确定,一般采用 $a \times 10$ 年来衡量气候倾向率,单位为某要素单位/10a,当 a 为正时表示序列随时间呈上升趋势,反之则为下降趋势。采用气象要素与时间之间的线性相关系数(r)对线性趋势进行显著性检验,给定显著性信度水平 α ,若 $|r| > r_\alpha$,表示气象要素随时间的变化趋势显著,否则表明变化趋势不显著^[14]。

2 结果与分析

2.1 作物需水量

表 2 右江河谷甘蔗、玉米全生育期有效降水量、水分盈亏指数和灌溉需水量年代际变化

年代	各项指标					
	Pe(mm)		CWSDI		Is(mm)	
	甘蔗	玉米	甘蔗	玉米	甘蔗	玉米
20 世纪 70 年代	373	172	-0.22	-0.01	105	4
20 世纪 80 年代	358	173	-0.25	-0.02	120	4
20 世纪 90 年代	346	165	-0.29	-0.06	132	11
21 世纪前 10 年	330	170	-0.31	-0.04	148	7

根据平果站甘蔗、玉米生育期观测资料,统计出作物各发育期平均普遍期:甘蔗发株 3 月 13 日、茎伸长 6 月 25 日、成熟 11 月 17 日,全生育期(发株-成熟)为 3 月 13 日至 11 月 17 日。玉米播种 2 月 10 日、出苗 2 月 26 日、拔节 5 月 1 日、抽雄 5 月 18 日、乳熟 6 月 11 日、成熟 7 月 1 日,全生育期(播种-成熟)为 2 月 10 日至 7 月 1 日。参考易燕明等人研究结果,右江河谷甘蔗、玉米全生育期及各发育期的需水量见表 1。

2.2 有效降水量及其变化特征

2.2.1 甘蔗生育期有效降水量及其变化特征

右江河谷甘蔗全生育期有效降水量 333mm(田阳、百色)~381mm(平果),平均为 350mm。由图 1 可见,1971~2013 年右江河谷甘蔗全生育期及各发育期有效降水量的变化呈减少趋势,减幅全生育期为 11mm~15mm/10a,茎伸长-成熟期为 9mm~13mm/10a,发株-茎伸长期为 1mm~4mm/10a。其中全生育期的减少趋势平果达到极显著水平($p<0.01$),田阳、百色的减少趋势达到显著水平($p<0.05$),田东的减少趋势则不显著;茎伸长-成熟期的减少趋势除百色达到了极显著水平外,其余各县减少趋势达到显著水平;发株期-茎伸长期各县区的减少趋势均不显著。由表 2 可看出右江河谷甘蔗全生育期有效降水量的年代际变化特征呈现出不断减少的趋势。

2.2.2 玉米生育期有效降水量及其变化特征

右江河谷玉米全生育期有效降水量 155mm(田

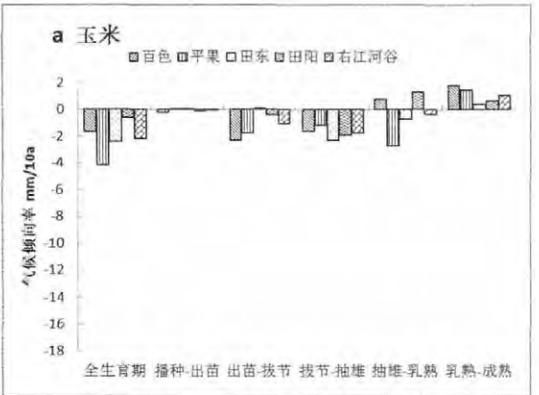
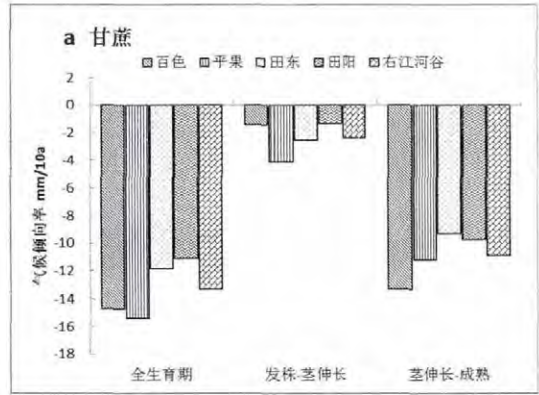
阳)~194mm(平果),平均为 169mm。由图 1 可见,1971~2013 年右江河谷玉米除乳熟-成熟期有效降水量的变化呈微弱增加趋势外,全生育期及其余各生育期的有效降水量的变化呈微弱减少或不明显趋势。右江河谷玉米全生育期及各生育期有效降水量的变化趋势均不显著。由表 2 可看出右江河谷玉米 90 年代的有效降水量较其它年代偏少,21 世纪前 10 年次少。

2.3 水分盈亏指数及其变化特征

2.3.1 甘蔗生育期水分盈亏指数及其变化特征

右江河谷甘蔗全生育期水分盈亏指数为-0.31~-0.21,平均为-0.27,表示各县区甘蔗全生育期水分亏缺,百色和田阳水分亏缺最多;发株-茎伸长期水分盈亏指数为 1.93~2.60,表示各县区该生育期阶段的水分有盈余;茎伸长-成熟期水分盈亏指数为-0.53~-0.48,表示各县区该生育期阶段的水分均亏缺。

由图 1 可见,1971~2013 年右江河谷甘蔗全生育期及各生育期水分盈亏指数的变化呈下降趋势,全生育期降速为 0.02~0.03/10a,表明水分亏缺呈现出增大趋势。全生育期各县区水分盈亏指数的下降趋势均达到显著水平;茎伸长-成熟期百色、平果的下降趋势达到显著水平,其余县的下降趋势不显著;发株-茎伸长期各县区的下降趋势均不显著。由表 2 可看出右江河谷甘蔗水分盈亏指数的年代际变化特征呈现出不断下降的趋势。



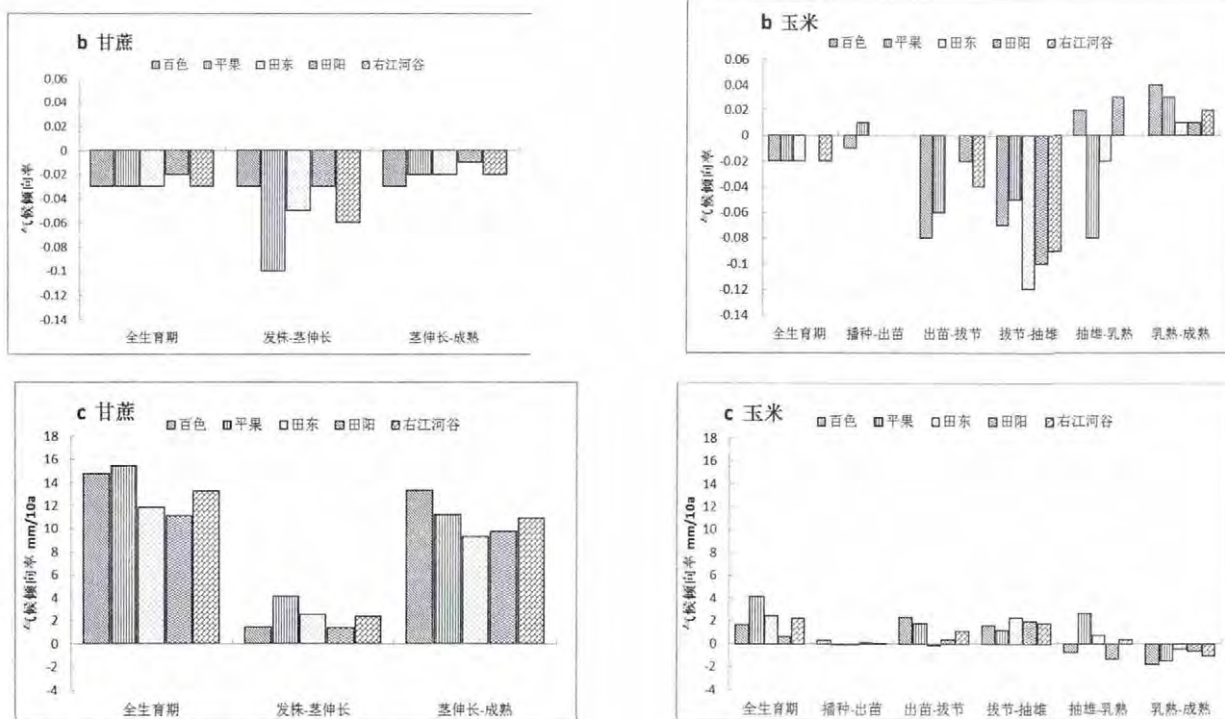


图1 1971~2013年右江河谷甘蔗、玉米全生育期及各生育期的有效降水量

(a)、水分盈亏指数(b)、灌溉需水量(c)气候倾向率

2.3.2 玉米生育期水分盈亏指数及其变化特征

右江河谷玉米全生育期水分盈亏指数-0.12(田阳)~-0.10(平果), 平均为-0.04, 除平果全生育期水分盈余外, 其余3个县区水分亏缺, 以田阳亏缺最大。

各生育期情况: 除播种-出苗及乳熟-成熟期各县区水分亏缺外, 其余各生育期均为盈余, 其中播种-出苗的水分亏缺最大, 平均水分盈亏指数达到-0.77。

由图1可见, 1971~2013年右江河谷大部分县

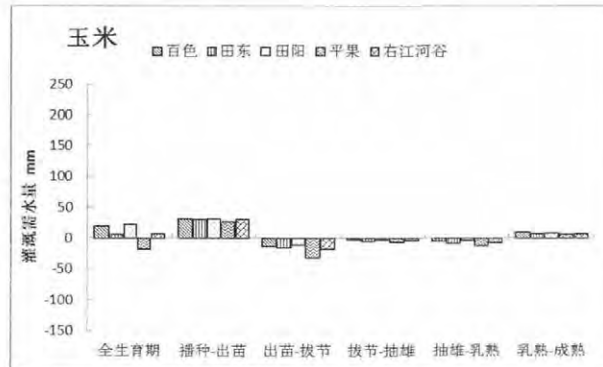
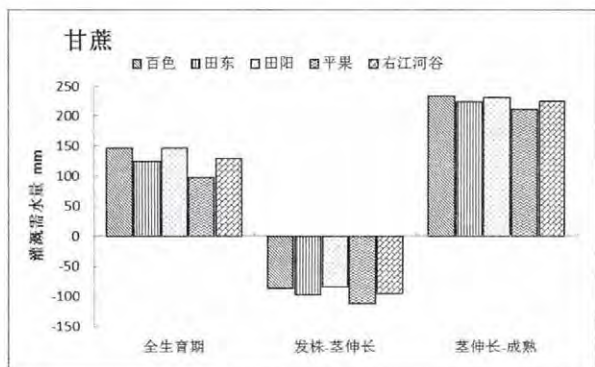


图2 右江河谷甘蔗、玉米全生育期及各生育期多年平均灌溉需水量

区玉米全生育期及出苗-拔节期、拔节-抽雄期的水分盈亏指数的变化呈微弱下降趋势, 其余生育期部分县区水分盈亏指数的变化呈微弱上升趋势。右江河谷玉米全生育期及各生育期的水分盈亏指数的变化趋势均不显著。由表2可看出90年代右江河谷玉米全生育期水分盈亏指数因其同年代平均有效降水量最少也呈现出最低的特征。

2.4 灌溉需水量及其变化特征

2.4.1 甘蔗生育期灌溉需水量及其变化特征

由图2可见, 右江河谷甘蔗全生育期灌溉需水量为97mm(平果)~146mm(田阳), 平均为128mm。其中发株-茎伸长期各地水分盈余平均为95mm, 不需灌溉; 茎伸长-成熟期各地灌溉需水量为210mm~232mm。

由图 1 可见,1971~2013 年右江河谷甘蔗全生育期及茎伸长-成熟期的灌溉需水量的变化呈上升趋势,全生育期平均升幅为 13mm/10a,除田东上升趋势不显著外,百色、田阳上升趋势达到显著水平,平果达到了极显著水平;茎伸长-成熟期平均升幅为 11mm/10a,百色的上升趋势达到极显著水平,其余三县的上升趋势均达到显著水平。由表 2 可看出右江河谷甘蔗全生育期灌溉需水量的年代际变化特征呈现出与有效降水量相反的变化趋势。

2.4.2 玉米生育期灌溉需水量及其变化特征

由图 2 可见,右江河谷玉米全生育期灌溉需水量平均为 7mm,其中,百色、田阳灌溉需水量最大,约为 20mm,平果水分有盈余。但各生育期灌溉需水量有所不同:除出苗-拔节、拔节-抽雄、抽雄-乳熟各地的水分有盈余外,播种-出苗及乳熟-成熟各地均需灌溉,播种-出苗各县区平均灌溉需水量为 30mm,乳熟-成熟期平均灌溉需水量为 7mm。

由图 1 可见,1971~2013 年右江河谷玉米全生育期及拔节-抽雄期的灌溉需水量的变化呈微弱增加趋势,其余各生育期灌溉需水量的变化呈微弱减少或不明显趋势。右江河谷各地玉米全生育期及各生育期灌溉需水量的变化趋势均不显著。由表 2 可看出右江河谷玉米全生育期灌溉需水量以 90 年代的最大,21 世纪前 10 年的次之。

3 结论与讨论

(1)右江河谷甘蔗、玉米全生育期的平均有效降水量分别占其平均需水量的 73%、96%,说明该区的自然降水基本能满足春玉米生长发育的要求,但不能满足甘蔗生长发育的要求。从各生育期来看,玉米播种-出苗期、甘蔗茎伸长-成熟期的平均有效降水量分别仅占其平均需水量的 23%、48%,可见自然降水远不能满足右江河谷玉米播种以及甘蔗关键生长期的需水要求。

(2)右江河谷各县区甘蔗以及除平果外大部分县区玉米的全生育期平均水分条件是亏缺的,甘蔗亏缺比玉米的大,其中百色、田阳的亏缺最大。甘蔗全生育期水分亏缺主要由茎伸长-成熟期缺水引起,该发育期正是甘蔗生长发育需水关键期,其多年平均灌溉需水量为 220mm,与李国章^[5]研究结果基本一致;玉米全生育期水分亏缺则主要由播种-出苗及乳熟-成熟期缺水引起,其中以播种-出苗期缺水最多,该发育阶段多年平均灌溉需水量为 30mm,与刘钰等人^[22]研究结果基本相符。平果因出苗-拔节期水分盈余较多而使其全生育期平均水分有盈余,但实际上平果的播种-出苗期水分仍亏缺而需要依赖灌溉来保障正常的播种出苗。

(3)近 40a 来,右江河谷甘蔗全生育期及各生育期的有效降水量和水分盈亏指数的变化呈减少和下降的趋势,灌溉需水量的变化则呈增加趋势;大部分县区玉米除乳熟-成熟期外,全生育期及其各生育期有效降水量和水分盈亏指数的变化呈微弱减少和下降趋势,灌溉需水量的变化则呈微弱增加趋势。

本文关于右江河谷甘蔗、春玉米生育期的需水量是直接引用前人研究结果,没有考虑因参考作物蒸散量变化而引起作物需水量的变化,以后将加强右江河谷旱作蒸散量变化规律研究,进一步修订完善该区旱作需水量以及灌溉定额。

参考文献:

- [1] 王广伦,李昱文,张才喜,等.珠三角地区一季中晚稻种植模式气候适应性[J].广东气象,2008,30(5):38-39+42.
- [2] 杜尧东,王广伦,刘锦奎,宋丽莉.雷州半岛农业高效用水的途径与措施[J].广东气象,2004,26(2):34-36.
- [3] 陈桂标.揭阳春旱与对策[J].广东气象,2003(02):47-48.
- [4] 李春梅,杜尧东,黄珍珠.温度对晚稻产量影响的积分回归分析[J].广东气象,2004,26(2):25-26+7.
- [5] 王华,黄珍珠,陈慧华.广东省水稻稻飞虱发生的气象等级指标[J].广东气象,2011,26(2):42-44.
- [6] 李建新.普宁市主要粮食和经济作物气候适应性及优化布局[J].广东气象,2011,(3):44-45+48.
- [7] 苏永秀,陈靖.雨量综合指标在旱地作物产量预报中的应用[J].气象研究与应用,1992,13(1):44-47.
- [8] 周文志,黄光总,林建新,等.青狮潭暴雨气候特征统计分析[J].气象研究与应用,2009,30(4):10-13.
- [9] 黄中雄,苏永秀.2000 年广西晚稻生育期间的农业气象条件分析[J].气象研究与应用,2001,22(1):52-54.
- [10] 易燕明.作物水分盈亏状况分析及灌溉量估算初探[J].气象研究与应用,1989,10(4):48-50+54.
- [11] 张凌云,李家文,朱斌,等.柳州 2010 年早春干旱及其对农业的影响[J].气象研究与应用,2011,32(1):52-54+57.
- [12] 周冬梅,欧阳兆云,张和稳,等.田阳干旱指数对旱玉米产量影响的农业气候评价[J].气象研究与应用,2014,35(3):75-78.
- [13] 陈中云,罗楠,徐永灵.贵州省主要作物农业气候实时客观评价系统研究[J].气象研究与应用,2005(S1):169-170+173.
- [14] 范伶俐.试论气候变化对我国水资源的影响[J].气象研究与应用,2002,23(4):43-44.
- [15] 韦金海,莫蕤.影响右江河谷“优果工程”的农业气象灾害及对策[J].气象研究与应用,2007,28(S1):92-94.
- [16] 曹宜南,徐文材.全区年降水之末——右江河谷一带[J].气象研究与应用,1985,6(4):19-20.
- [17] 林振敏,姚才,郑宏翔,等.广西 6-8 月分级降水的气候特征[J].气象研究与应用,2007,28(2):36-41.