

基于累积相对湿润指数的遵义市农业干旱特征研究

乔姗姗¹, 潘红卫¹, 雷宏军¹, 徐建新¹, 商崇菊²

(1. 华北水利水电大学 水利学院, 郑州 450045; 2. 贵州省水利科学研究院 防灾减灾所, 贵阳 550002)

摘要: 为了给区域农业干旱评估、风险管理及应用决策提供科学依据, 基于遵义地区及其周边国家级气象站点1953—2012年资料, 考虑作物实际蒸散量及贵州喀斯特地貌对降水的有效利用能力, 利用累积相对湿润指数对贵州省遵义地区农业干旱情况进行了评估。结果表明, 遵义市县域净灌溉需水量年均值在160~353 mm之间, 遵义各县域累积相对湿润指数 M_a 的年际变化范围为-0.44~0.68, 年均在-0.24~0.23之间, 1953—2012年累积相对湿润指数呈现略下降趋势。8—10月是抗旱管理的关键月份。遵义市累积相对湿润指数 M_a 在空间上呈现从北到南逐渐减小的分布特征, 中部的桐梓县, 南部的遵义县、湄潭县、余庆县是抗旱管理的重点县域。

关键词: 遵义市; 累积相对湿润指数; 农业干旱; 时空分布; 影响因素

中图分类号: P333; S423

文献标志码: A

doi: 10.13522/j.cnki.ggps.2017.08.018

乔姗姗, 潘红卫, 雷宏军, 等. 基于累积相对湿润指数的遵义市农业干旱特征研究[J]. 灌溉排水学报, 2017, 36(8): 109-114.

0 引言

近100 a来, 我国的地表平均温度上升了0.8~1.5 °C^[1]。气候变暖使作物生长季内的潜在蒸散量增加, 导致土壤有效水分下降, 从而增加农业灌溉的需水量^[2]。农业是用水大户, 气候变化改变了我国的水资源时空分配, 加剧了干旱灾害的发生频率^[3]。自20世纪90年代开始, 我国每年因干旱所造成的灾害面积大约2000万hm²^[4], 尤其是近年来, 西南地区旱灾屡有发生, 2001—2013年贵州省干旱频发且有明显的加重趋势。因此, 如何在气候变暖背景下做好农业用水管理、农业干旱的监测评估与风险管理是当前面临的重大挑战。

区域干旱管理的关键是选取合理的评估指标, 目前对农业干旱的指标及应用已有较多研究。例如, 通过标准化降雨蒸散指数分析了云南省夏玉米生长季内的干旱时间变化和空间变化特征^[5]; 利用作物水分亏缺指数研究了玉米生育期内四川省干旱时空特征^[6]; 利用相对湿润指数分析了近50 a西南地区干旱的年际变化规律^[7]; 利用累积相对湿润指数分析了江淮地区旱涝时空规律^[8]。标准化降水指数虽能反映同时间尺度的降水异常, 却忽略了土壤水分平衡和作物需水特征这二大农业干旱监测的重要因素; 水分亏缺指数需要修正水分盈缺系数, 且未考虑降雨的有效性, 限制了其可应用性; 累积相对湿润指数考虑了作物需水特征, 却未考虑土壤对降水的有效利用能力。而遵义市具有典型的喀斯特地貌占其总面积的75%, 其土壤薄、坡度大、降雨下渗严重、保水差^[9], 土壤对降水的有效利用系数不同于其他地区, 应考虑其区域性特征。基于此, 参考相关研究成果, 考虑作物需水特征和遵义地貌对降水的有效利用能力, 以有效降水量和作物实际蒸散量计算相对湿润指数, 建立适合遵义地区的农田干旱评估指标, 实现农业干旱的逐月滚动评价, 以期从作物生长的水分供需态势评估遵义市农业干旱情况。

收稿日期: 2017-01-04

基金项目: 国家自然科学基金项目(U1504512); 河南省科技创新人才项目(174100510021); 水利部公益性行业科研专项(201301039)

作者简介: 乔姗姗(1990-), 女。硕士研究生, 主要从事水资源高效利用研究。E-mail: 1316670991@qq.com

通信作者: 雷宏军(1975-), 男。副教授, 博士, 主要从事节水灌溉理论与技术及水资源高效利用研究。E-mail: hj_lei2002@163.com

1 材料与方法

1.1 研究区概况

遵义市位于贵州省北部,海拔1 000~1 500 m,地处北纬27°8'—29°12',东经105°36'—108°13',年平均气温15.1℃,1953—2012年多年平均降水量为1 146 mm,属亚热带季风气候。遵义市地形起伏大。全市南北相距232.5 km,东西绵延247.5 km,土地总面积30 762 km²,耕地面积约占土地总面积的96%(包括自然土和水田、旱地),素有“黔北粮仓”之称,粮食产量大致占贵州省总量的1/4,是贵州省重要的粮食生产基地。

1.2 数据来源

气象数据来自1953—2012年遵义市及其附近的7个国家级气象站点(湄潭、遵义市区、习水、桐梓、思南、金佛山、酉阳)逐日气象资料,包括气温、空气湿度、日照时间、风速、降水等。根据《遵义市统计年鉴》记载的遵义市各县市1953—2012年主要农作物(小麦、玉米、水稻、油菜)生育期的资料,合理确定作物系数、种植日期和生育阶段划分等。

1.3 研究方法

1.3.1 净灌溉需水量

ET_0 的计算参照FAO于1998年会议推荐修订的计算模型Penman-Montieth方程,研究表明P-M公式在西南地区有良好的适用性^[10]。

作物的净灌溉需水量等于生育期内的作物需水量与有效降水量之差^[11]。兹以月为时间尺度计算灌溉需水量,即 $IR=K_c ET_0-\alpha P$,其中 IR 为净灌溉需水量(mm), K_c 为作物系数, ET_0 为计算时段内的潜在蒸散量(mm), P 为计算时段内的降水量(mm), α 为月尺度有效降水利用系数。 α 取值参考文献[12]。

1.3.2 累积相对湿润指数

气象业务上的相对湿润指数(M)是降水量与潜在蒸散量之差与潜在蒸散量的比值,反映了实际降水供水与最大水分需要量的平衡关系,是一个反映农业旱涝的指标^[8]。农业旱涝与作物生长状况紧密相关,兹拟用作物蒸散量取代潜在蒸散量,以有效降水量取代降水总量,同时结合作物需水特性建立反映降水与作物需水二者平衡关系的相对湿润指数 M_0 。

为了反映农业旱涝渐变的累积过程,在计算逐月相对湿润指数 M_0 的基础上,计算逐月的累积相对湿润度,其计算公式为:

$$M_a = kM_0 + (1-k) \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{n+1-i}{\sum_{i=1}^n i} M_i \right) \right], \quad (1)$$

式中: M_a 为累积相对湿润指数; k 为权重系数,与平均气温相关,其取值参见文献[8]; M_0 为当月的相对湿润度指数; M_i 是前 i 月的相对湿润指数; n 为向前滚动的月数,与季节有关,冬季取3,春、夏、秋季取2。

2 结果与分析

2.1 相对湿润指数的年际变化

遵义市及其周边各站点1953—2012年相对湿润指数的年际变化如图1所示。图1显示,各站点 M_a 与 IR 在极值变化上具有一致性, IR 较大的年份,对应年份的 M_a 较小, M_a 与有效降水量在峰值变化上具有一致性,有效降水量较大的年份, M_a 也较大,这表示累积相对湿润指数的大小在一定程度上可以表征农田缺水量的程度,可反映地表干旱情况; M_a 的变化可反映水分的供需态势。各站点净灌溉需水量年际变化范围在201~527 mm之间,均值在160~353 mm之间,年均值最大和最小的站点分别为思南和金佛山站点,其数值分别为353、160 mm。7个站点中,酉阳气象站需水量最大值出现在1966年,为394 mm,其余站点净灌溉需水量最大值均出现在2011年,其中思南站为527 mm,且其在1963年、1966年、1978年和2009年净灌溉需水量也较高,这些特征值与代表年份贵州省作物需水量的年际变化^[12]具有一致性。各站点 M 年际变化范围为-0.21~3.17,其极值波动变化规律与 M_a 呈现一致性,且历年数值远大于 M_a 。各站点 M_a 的年际变化范围为-0.44~0.68,年均值在-0.24~0.23之间。7个站点中,思南、湄潭、桐梓、遵义站点的净灌溉需水量较大,其 M_a 相对较小。7个站点的 M_a 与 IR 的逐年变化趋势一致, IR 在波动中呈现略上升趋势, M_a 呈现略下降趋势,表明1953—

2012年遵义地区农田需水强度在逐渐增强。

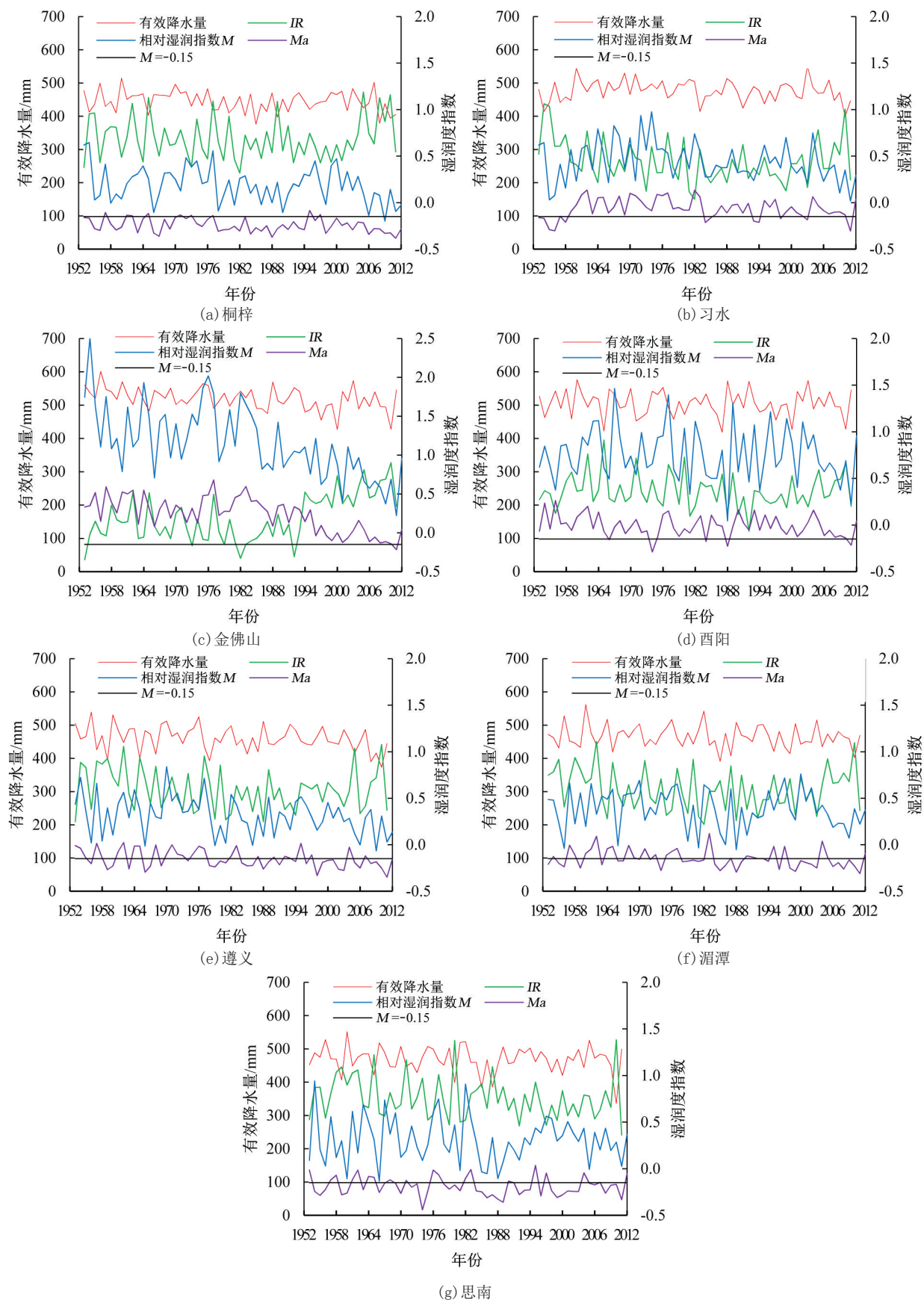


图1 遵义市及其周边各站点1953—2012年相对湿润指数的年际变化

各站点的 M_a 在年内变化具有一致性,为了更好地展示 M_a 的年内变化,选取位于遵义地区中心位置的桐梓站点作为典型站点,比较1953—2012年、2009—2011年各月平均 M_a 的变化,见图2。

从图2可以看出, M_a 年内变化总体上呈现“W”曲线变化, 最低值出现在4月和9月, 分别为-0.62和-0.56。2009年7月—2010年4月, M_a 均出现大幅下降, 远低于历史同期均值, 与贵州地区2009年7月—2010年5月发生的夏秋连旱叠加冬春连旱的特大干旱事件存在较好的一致性。2011年2—9月 M_a 低于历史同期均值, 与贵州2011年发生特大干旱的历史事件有较好的一致性。

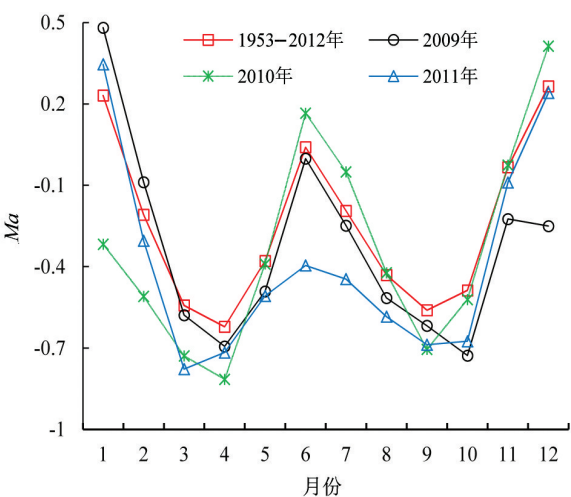


图2 桐梓站月累积相对湿度指数对比

图2表明, 各月 M_a 变化范围为-0.62~0.23, 均值为-0.24, 且3—5月、8—10月的 M_a 较低; 8—10月的数值居全年最低, 分别为-0.43、-0.56和-0.49, 表明在这些月份易于发生干旱。 M_a 受前期水分收支平衡的影响, 在一定程度上具有滞后性。6月之后 M_a 出现急剧下降, 10月开始急剧上升, 根据上述 M_a 的分布规律可知, 易发生春旱、夏旱叠加秋旱, 且后者更严重。

2.2 累积相对湿度指数的年代际变化特征

由表1可知, 桐梓站 M_a 在波动中呈逐渐减小的趋势, 表明1953—2012年农田需水强度呈逐渐增大趋势。1980年以前均为正距平, 以后主要为负距平, M_a 在1980年以后距平绝对值逐渐增大, 2000—2012年较为突出, 为-0.032。

表1 桐梓站累积相对湿度指数的年代际距平

时间段	1953—1959年	1960—1969年	1970—1979年	1980—1989年	1990—1999年	2000—2012年
距平值	0.014	0.012 9	0.043	-0.038	0.014	-0.032

2.3 累积相对湿度指数的空间特征

遵义市各县 M_a 及 IR 的空间分布如图3所示。从图3可看出, 二者在空间上相互照应, 余庆县 M_a 较小, 为-0.24, 其 IR 在各县中最高, 为332.07 mm; IR 最小的是道真县, 但其 M_a 最大, 为0.18。遵义市 M_a 的空间分布特征明显, 总体呈现从北到南逐渐减小的趋势, 呈现梯度变化, 表明农业干旱需水由北到南逐渐增加。图3还显示道真县、务川县和赤水县 M_a 较大, 南部的遵义县、湄潭县和余庆县 M_a 和中部的桐梓县 M_a 较小, 遵义县、湄潭县、余庆县、桐梓县这4个县净灌溉需水量较大, 应该作为抗旱管理的重点区域, 道真县、务川县、赤水县可以作为一般区域。

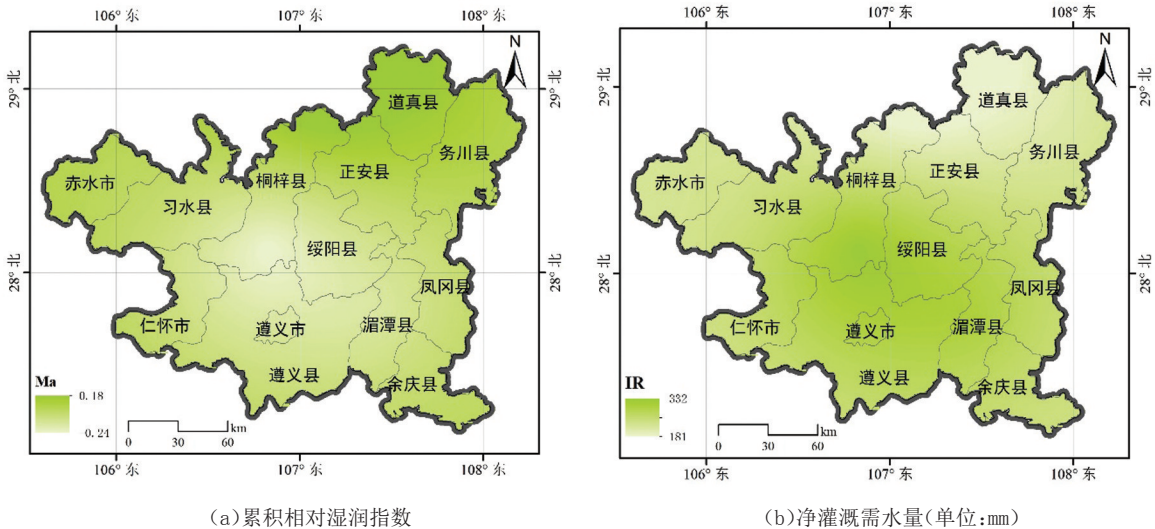


图3 遵义市累积相对湿度指数与净灌溉需水量的空间分布

2.4 累积相对湿度指数影响因素的分析

一个区域的地表干湿状况反映了当地的水分收支情况, 其影响因素包括降水(有效降水)、温度、潜在蒸散量、净灌溉需水量。为探究这些因素对累积相对湿度指数的影响程度, 对1953—2012年桐梓站逐年数据

进行相关分析,分析结果如表2所示。

表2 桐梓站各要素与相对湿润指数、累积相对湿润指数的相关系数

时段		降水	ET_0	IR	有效降水量	温度
全年	M_a	0.491**	-0.505**	-0.524**	0.523**	-0.357**
	M_0	0.538*	-0.352**	-0.479**	0.835**	-0.317**
春	M_a	0.447**	-0.373**	-0.381**	0.51**	-0.23
	M_0	0.550**	-0.711**	-0.113**	0.802**	-0.450**
夏	M_a	0.572**	-0.820**	-0.827**	0.590**	-0.657**
	M_0	0.678**	-0.918**	-0.976**	0.693**	-0.683**
秋	M_a	0.566**	-0.295*	-0.441**	0.861**	-0.076
	M_0	0.524**	-0.036**	0.138	0.859**	0
冬	M_a	0.401*	-0.269**	-0.409**	0.392**	-0.161
0.78	M_0	0.913**	-0.404**	-0.882**	0.948**	-0.086

注 *和**分别表示达到0.05和0.01显著性水平。

如表2所示,有效降水与 M_0 、 M_a 的关系最为密切,均在0.01水平显著正相关。除冬季外,春季、秋季、夏季,其相关系数均在0.5以上,有效降水量的波动直接影响湿润指数的变化,2000—2012年贵州地区有效降水量的减少是导致其干旱频发的决定因素。夏季影响湿润指数的主要因素是潜在蒸散量与温度,相关研究^[10]表明影响潜在蒸散量的因素较为复杂,除温度外还有风速、辐射等,兹不做深入探究。因此,夏季蒸散量是决定湿润指数变化的主要因素,在实际应用中,对地表蒸散进行实时监测可以了解土壤干湿状况。影响春季相对湿润指数的主要因素是净灌溉需水量和有效降水量,净灌溉需水量 IR 是由 ET_0 与有效降水量组成,因此,相对湿润指数与 ET_0 、净灌溉需水量、有效降水量的相关系数均较高。

3 讨论

相对湿润指数是一个表征地表干湿状况的物理量,主要考虑降水与蒸散,该指数是以土壤水分收支平衡为基础的干旱评定指数,反映作物生长的水分平衡特征^[13],适用于作物生长季节内旬以上尺度的干旱预测与评估^[7],但农业干旱不同于气象干旱,除了考虑降水异常之外,还需要考虑农作物生长发育和产量,农业干旱的形成与作物的生长过程密切相关,是一个逐步累积,前期干旱程度对当前干旱状况产生累积影响的过程^[8]。王明田等^[7]以相对湿润指数 M 为指标对西南地区干旱情况进行时空分析,提出年尺度的划分标准: $M>-0.15$ 为无旱,当 $-0.3<M<-0.15$ 为轻旱,贵州省的年干旱频率0-5%,此干旱频率远小于历史灾情记录,以此标准划分,各站点中只有习水站在2009年、2011年 M 小于-0.15,划分为轻旱年,这与遵义市实际灾情记录也存在一定出入,同时也体现了区域的特殊性。文中以有效降水量取代降水量,以作物实际蒸散量取代潜在蒸散量计算出遵义市各站点 M_a 的年际变化范围为-0.44~0.68,年均都在-0.24~0.23之间,较文献[7]计算的相对湿润指数 M 的数值低。因此,针对文中年尺度的累积相对湿润指数标准划分问题,提出以下建议供参考:以 $M_a>-0.3$ 正常, $-0.35<M_a<-0.3$ 轻旱, $M_a<-0.35$ 重旱为标准划分。根据此标准划分结果:1953—2012年桐梓县轻旱频率为21%,相当于5年1遇,重旱有5 a,分别是1963年、1974年、1988年、2009年、2011年,以上结果与遵义市历史灾情记录吻合性较好。由表2可知,2000—2012年 M_a 的距平值较小,为-0.032, M_a 数值越小,表明干旱缺水强度越强。由此可见,2000年以来遵义地区缺水强度增大,与参考文献[10]的相关结论:自2000年以来,西南地区暖干化趋势增强,有明显干旱化的趋势,进入相对干旱期,具有一致性。文献[14]中表明:1960—2011年西南地区趋于干旱,变干增幅以21世纪初期最为显著,与文中分析结果“1953—2012年,净灌溉需水量 IR 呈现略升高的趋势,遵义地区农田需水强度在逐渐增强”相一致。因此,文中以有效降水量取代降水量,以作物实际蒸散量取代潜在蒸散量分析遵义地区农业干旱特征,所得结果具有合理性。

除了可以对年尺度干旱进行评估,累积相对湿润指数也可以实现逐日,逐旬、逐季的干旱监测与评估,同时在区域上也可以实现县域的干旱监测评估与风险管理,这对以后实际应用有较好的参考价值。

4 结 论

1)时间上,遵义市各县年净灌溉需水量在160~353 mm之间。遵义市各县累积相对湿润指数 M_a 的年际变化范围为-0.44~0.68,年均-0.24~0.23之间。1953—2012年 M_a 呈略下降趋势,2000年以来较为突出。 M_a 的逐月数值变化范围为-0.62~0.23,均值为-0.24,8—10月的 M_a 较低,是农业干旱较严重的月份。

2)空间上,遵义市 M_a 总体呈现从北到南逐渐减小的分布特征。东北部的道真县 M_a 较大,灌溉需水量较小,南部的遵义县、湄潭县、余庆县,中部的桐梓县 M_a 较小,这4个县是抗旱管理的重点区域。

3)影响遵义市累积相对湿润指数的主要因素是有效降水量。

参考文献:

- [1] 王鹤龄,王润元,张强,等.气候变暖对甘肃省不同气候类型区主要作物需水量的影响[J].中国生态农业学报,2011,19(4):866-871.
- [2] 张建,王国庆,杨扬,等.气候变化对中国水安全的影响研究[J].气候变化研究进展,2008,4(5):290-295.
- [3] 杨涛,陆桂华,李会会,等.气候变化下水文极端事件变化预测研究进展[J].水科学进展,2011,22(2):279-286.
- [4] 黄荣辉,周连童.我国重大气候灾害特征形成机理和预测研究[J].自然灾害学报,2002,11(1):1-9.
- [5] 许玲燕,王慧敏,段琪彩,等.基于SPEI的云南省夏玉米生长季干旱时空特征分析[J].资源科学,2013,35(5):1024-1034.
- [6] 张玉芳,王明田,刘娟,等.基于水分盈亏指数的四川省玉米生育期干旱时空变化特征分析[J].中国生态农业学报,2013,21(2):236-242.
- [7] 王明田,王翔,黄晚华,等.基于相对湿润指数的西南地区季节性干旱时空分析特征[J].农业工程学报,2012,28(19):85-91.
- [8] 马晓群,吴文玉,张辉.利用累积湿润指数分析江淮地区农业旱涝时空变化[J].资源科学,2008,30(3):371-377.
- [9] 戴智慧.贵州坡地黄壤水分时空变异特征研究[D].重庆:西南大学,2009.
- [10] 苏秀程,王磊,李奇临,等.近50a中国西南地区地表干湿状况研究[J].自然资源学报,2014,29(1):104-116.
- [11] 马黎华,康绍忠,粟晓玲,等.农作区净灌溉需水量模拟及不确定性分析[J].农业工程学报,2012,28(8):11-18.
- [12] 雷宏军,乔姗姗,潘红卫,等.贵州省农业净灌溉需水量与灌溉需求指数时空分布[J].农业工程学报,2016,32(12):115-121.
- [13] 姚玉璧,王劲松,尚林军,等.基于相对湿润指数的西南春季干旱10年际演变特征[J].生态环境学报,2014,23(4):547-554.
- [14] 王允,刘普幸,曹立国,等.基于湿润指数的1960—2011年中国西南地区地表干湿变化特征[J].自然资源学报,2014,29(5):830-838.

Analyzing the Drought Characteristic of Zunyi Using the Accumulated Relative Humidity Index

QIAO Shanshan¹, PAN Hongwei¹, LEI Hongjun¹, XU Jianxin¹, SAHNG Chongju²

(1. School of Water Conservancy, North China University of Water Conservancy and Electric Power, Zhengzhou 450045, China;

2. Center for Disaster Prevention and Mitigation, Water Resources Research Institute of Guizhou Province, Guiyang 550002, China)

Abstract: This paper analyzed the characteristics of drought in Zunyi based on national meteorological data measured from weather stations within Zunyi City and its proximal areas from 1953 to 2012. The accumulated relative humidity index (M_a) was calculated from the actual crop evapotranspiration and the effective rainfall in a Karst region. The results showed that from 1953 to 2012, the annual average net irrigation water requirement ranged from 160 mm to 353 mm in this region. The value of M_a in seven counties of Zunyi decreased with the inter-annual M_a ranging from -0.44 to 0.68 and the annual average ranging from -0.24 to 0.23. The likely occurrence of drought was between August and October. The accumulated humidity index M_a in the region decreased from the north to the south. Tongzi County, Meitan County, Yuqing County and Zunyi County were the counties where greatest care should be taken in managing droughts.

Key words: Zunyi city; accumulated humidity index; agricultural drought; spatial and temporal distribution; influencing factor

责任编辑:刘春成