

李莉, 匡昭敏, 莫建飞, 等. 广西甘蔗秋旱灾害风险评估技术初步研究. 应用气象学报, 2016, 27(1): 95-101.
doi:10.11898/1001-7313.20160110

广西甘蔗秋旱灾害风险评估技术初步研究

李莉¹⁾²⁾ 匡昭敏^{1)2)*} 莫建飞¹⁾²⁾ 刘芳³⁾ 黄肖寒³⁾

¹⁾ (广西壮族自治区气象减灾研究所, 南宁 530022)

²⁾ (国家卫星气象中心遥感应用试验基地, 南宁 530022)

³⁾ (广西壮族自治区河池市气象局, 河池 547000)

摘 要

为增强对广西甘蔗秋旱灾害的风险评估和应急管理的能力, 利用气象、植被、基础地理信息和社会经济数据, 根据风险三角形理念, 从广西甘蔗秋旱灾害的危险度、受灾可能性和承灾体脆弱度 3 个方面, 选择因子构建甘蔗秋旱灾害风险评估的指标体系, 采用层次分析法构造判断矩阵以确定各指标和因子的权重, 构建评估模型, 并计算广西甘蔗秋旱灾害风险指数, 再基于 GIS 绘制广西甘蔗秋旱灾害风险区划, 结果显示: 高风险区和较高风险区主要分布在来宾和崇左等市的局部地区, 低风险区主要分布在桂东南地区。利用灾情数据进行验证表明: 广西甘蔗秋旱灾害风险分布与甘蔗灾情损失空间分布情况基本一致。

关键词: 广西; 甘蔗; 秋旱; 风险三角形

引 言

干旱是人类所面临的发生频率最高、影响范围和程度最大的一种自然灾害, 它对居民生活、农业生产和其他社会经济活动的影响超过了其他自然灾害。各国都很重视干旱灾害风险评估及其防灾减灾工作, 体现在加强研究干旱灾害发生的机理及干旱监测预测以及开展多种形式的灾情评估^[1-4]。干旱对农业的影响尤其巨大, 涉及国家粮食安全, 因此, 农业干旱风险评估是干旱风险管理的核心内容之一。

目前, 农业干旱风险评估主要针对农业旱灾及其影响的农业系统要素进行量化和评价^[5-11], 气候、地表下垫面、水资源的地区差异性导致不同地区发生干旱的原因和产生的危害及影响也有明显区别, 因此, 干旱评估具有一定的地域和时间范围限制。近年来, 承灾对象的研究主要集中在区域农业或小

麦、玉米和水稻等粮食作物^[12-15], 经济作物、蔬菜作物等研究较少; 风险评估研究主要选择多方面指标结合数学或物理方法构建评估模型, 评估干旱的强度、范围和危害程度, 方法包括概率统计^[16-17]、人工神经网络^[18-20]、灰色关联分析^[21-22]等基于数理统计的数学方法, 还包括基于小样本量的信息扩散的模糊数学方法^[23-25]以及基于地理信息系统的空间分析方法^[26-27]等。上述方法在应用中绝大部分是针对特定领域(如农业)的一些方面或其显著特征进行研究, 部分评价过程较依赖于主观经验或简单数学公式, 在承灾体的脆弱程度方面考虑稍欠缺, 未能全面综合反映干旱灾害造成的影响。层次分析法(AHP)是对事件的专家意见和客观分析判断相结合获得各因素对事件影响的权重值的方法^[28-30]。由于灾害形成的影响因子普遍错综复杂, 不确定性很大, 因此, 以 AHP 确定因子权重, 再借助地理信息系统(GIS)的空间分析优势, 二者结合应用使确定评估因子的过程更具有逻辑性和系统性, 也使灾

2015-08-14 收到, 2015-09-28 收到再改稿。

资助项目: 国家重点基础研究发展计划(2013CB430205), 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201406030), 广西自然科学基金项目(2014GXNSFBA118219, 2013GXNSFAA019282)

* 通信作者: email: kzhaomin@163.com

害评估具有更强的可行性。

广西是我国年降水量最丰富省份之一,但因广西地处东亚季风区域,受季风影响,降水时空分布不均匀,季节性干旱频繁发生,对广西农业生产造成严重影响。蔗糖产业是广西农业生产中最主要的经济支柱产业之一,甘蔗在秋季处于茎伸长后期和糖分积累期等生长关键期,如遭受严重的干旱灾害,处于茎伸长期的甘蔗会降低光合作用强度,加强呼吸作用,影响甘蔗伸长,导致产量明显下降;处于糖分积累期的甘蔗糖分含量降低,胶质比例增大,出糖率和回收率就会下降,商品糖品质下降。因此,有可能影响糖业市场的价格走向,进而导致整个产业链受影响,对于蔗农和当地农业经济都有不利影响。目前对广西甘蔗干旱灾害风险的评估研究较少,所以需要加强对这方面的研究工作,为甘蔗灾害风险管理和灾前防御提供决策依据。本研究拟针对广西甘蔗秋季(9—11月)干旱灾害,根据风险三角形理论^[31],构建甘蔗秋旱灾害风险评估的指标体系,利用 AHP 构建判断矩阵确定因子及指标权重,建立甘蔗秋季干旱灾害风险评估的数学模型,进行广西甘蔗秋季干旱灾害的风险评估,并根据结果应用 GIS 技术绘制风险等级分布图。

1 数据

数据主要包括 1961—2010 年广西资料完整的 88 个气象站逐日降水资料,广西 1:5 万比例尺的县界和水系、100 m×100 m 分辨率的高程等基础地理信息数据,近 10 年 9—11 月归一化植被指数(NDVI)遥感信息数据,市县级行政区域的水库总库容、甘蔗种植面积、人均国民生产总值(人均 GDP)等社会经济数据,以及市县级 1983—2010 年甘蔗因旱损失灾情数据。对上述数据进行归一化处理以消除量纲的影响,采用 GIS 中的反距离权重(inverse dis-

tance weighted, IDW)插值方法进行插值,建立全广西栅格数据集,其分辨率为 1 km×1 km。

2 方法

2.1 甘蔗秋旱灾害风险评估指标体系的构建

近 10 年,风险三角形理念被引入气象灾害风险评估中并频繁应用,在干旱风险评估方面,干旱风险可表示为干旱危险性、承灾体受灾可能性和承灾体脆弱性三者的乘积。

结合广西甘蔗秋季干旱灾害发生的特点,特别考虑广西地形、地貌的特殊性以及比较完整的资料数据的可获取性等因素,从致灾因子(如降水量)、孕灾环境(如地形、水系、植被等)、承灾体(如甘蔗种植面积)与防灾能力(水库等水利设施)4 个方面,构建满足甘蔗干旱灾害风险评估的数据库。在此基础上,以干旱危险度、承灾体受灾的可能性及其脆弱度 3 个因子建立评估模型,并采用层次分析法建立多层次的递阶结构,因子层对指标层有支配作用,指标层对因子层有影响作用,依照专家打分原则构造判断矩阵,对从属于上一层各个因素的同一层内的因素两两比较,进行层次单排序,对每个成对比较的判断矩阵求解最大特征根和特征向量,计算判断矩阵的随机一致性比例式(1),通过一致性检验确定判断合理,从而确定各层因子和指标的权重(表 1)。

$$R_C = \frac{I_C}{I_R} = \frac{(\lambda_{\max} - n)/(n - 1)}{I_R}, \quad (1)$$

式(1)中, R_C 为矩阵的随机一致性比例, I_C 为矩阵的一致性指标, I_R 为矩阵的平均随机一致性指标, λ_{\max} 为矩阵最大特征根, n 为矩阵阶数。 $R_C < 0.1$, 说明判断矩阵有满意的一致性,判断合理; $R_C = 0.1$, 判断矩阵有较好的一致性,较合理; $R_C > 0.1$, 判断矩阵不符合一致性原则,其结果不具备可信度。

表 1 广西甘蔗秋旱灾害评估指标体系及权重

因子	因子权重	指标	指标权重
干旱危险度(H)	0.5282	少雨日数(H_D)	0.5276
		水系(H_W)	0.2621
		地形(H_T)	0.2103
承灾体受灾可能性(E)	0.2835	种植面积(E_A)	1.0000
承灾体脆弱度(V)	0.1883	植被 NDVI(V_N)	0.5937
		人均 GDP(V_G)	0.1334
		水库库容(V_C)	0.2729

根据计算,由于旱危险度、承灾体受灾可能性和承灾体脆弱度 3 个因子构造的判断矩阵的 R_c 为 0.0074;由少雨日数、水系和地形 3 个指标构造的判断矩阵的 R_c 为 0.0164;由植被 NDVI、人均 GDP 和水库库容 3 个指标构造的判断矩阵的 R_c 为 0.0811。 R_c 均小于 0.1,说明上述判断矩阵一致性好,其结果具有可信度。

2.2 干旱危险度

广西受季风影响降水时空分布不均,主要经济作物甘蔗遭受季节性干旱灾害的频率非常高。甘蔗遭受干旱的原因主要是甘蔗多种植在旱坡地上,大部分无灌溉条件,其生长所需水分基本上依靠天然降水,持续缺乏降水直接影响甘蔗干旱发生的强度,因此,选择少雨日数(日降水量小于 5 mm)作为表征甘蔗秋旱灾害危险度的指标之一。从本质上考虑,干旱即水分匮乏,从干旱的形成机制及背景分析主要探究水系和地形等孕灾环境指标对甘蔗旱灾形成的综合贡献,如影响开挖种植沟深浅、是否利于覆土及降水保蓄保肥等。地形指标由地势和地形变化两个因素构成,地势用高程描述,地形变化用高程标准差描述。水系指标由与水体距离和河网密度两个因素构成,用以指示水系的调蓄能力和复杂程度,反映发生旱灾的可能性。

收集整理 1961—2010 年秋季(9—11 月)广西 88 个气象站少雨日数、相应时段的平均少雨日数等数据,经过标准化计算,得到少雨日数距平指标 H_D 。少雨日数越多,距平值越大,表明降雨补给机会越少,对干旱影响越大。

地形指标包含高程和高程标准差,从广西全区分辨率为 100 m×100 m 的数字高程模型(DEM)数据中提取。根据广西地形四周高中间低、山地多平原少的特点,按高程值大小将地势分为 4 级,数值范围分别为 $A_1 \leq 100$ m, 100 m < $A_2 \leq 300$ m, 300 m < $A_3 < 700$ m, $A_4 \geq 700$ m;地形变化以高程标准差表示,每个像元值采用空间滤波方法计算该像元与以其为中心的周围 8 个像元的标准差而得到,按照高程标准差大小将地形变化分为 3 级,数值范围分别为 $B_1 \leq 1$ m, 1 m < $B_2 < 10$ m, $B_3 \geq 10$ m。对于广西,高程越小,高程标准差越小,即地形越平缓,起伏越小,越利于水土保持,影响越小越不易形成灾害,则危险性越低。对高程和高程标准差的不同分级组合采用专家打分进行赋值(表 2),构建广西地形指标 H_T 。

表 2 地形指标赋值表
Table 2 Topographic index assignment

高程	高程标准差		
	B_1	B_2	B_3
A_1	0.4	0.5	0.6
A_2	0.5	0.6	0.7
A_3	0.6	0.7	0.8
A_4	0.7	0.8	0.9

水系指标包含与水体距离及河网密度,从广西比例尺为 1:5 万的基础水系数据中提取。河网越密,获取水分补给的机会越多,越不易形成干旱灾害。河网密度即单位流域面积上的河流总长度,通过软件计算获得,规范化处理并赋 0~1 之间数值作为其影响值,河网越密,赋值越小。与水体越接近,越易获取水分补给,对干旱形成的影响越小;离水体越远,越难以补充水分,对干旱的影响越大。根据距离水体远近的影响将影响区分为一级和二级,并赋值 0~1,赋值原则是大型水体和一级河流的一级影响区内值最小,小型水体和二级河流的二级影响区值最大(影响区宽度划分标准见表 3),设水域面积为 S_w ,其中 C_1 为大型河流,包括省内四大水系的干流, C_2 为小型河流,包括省内四大水系的支流和其他河流, C_3 为湖泊和水库(0.1×10^4 km² < $S_w \leq 1 \times 10^4$ km²)和 C_4 为湖泊和水库(1×10^4 km² < $S_w \leq 10 \times 10^4$ km²), C_5 为湖泊和水库($S_w > 10 \times 10^4$ km²)。以此构建得广西水系指标 H_w 。

表 3 河流、湖泊和水库影响区等级划分标准
Table 3 Classification standards of rivers, lakes and reservoir affected zones

水体类型	影响区宽度/km	
	一级影响区	二级影响区
C_1	8	12
C_2	6	10
C_3	0.5	1
C_4	2	4
C_5	3	6

根据层次分析法计算所确定的各项指标权重(表 1),对上述 3 个指标采用加权综合计算方法,建立并应用 GIS 中的栅格运算方法计算甘蔗秋旱灾害危险度指数

$$H = W_D H_D + W_w H_w + W_T H_T, \quad (2)$$

式(2)中, W_D , W_w , W_T 分别为少雨日数、水系和地形指标的权重。

2.3 承灾体受灾可能性

甘蔗受秋旱灾害可能性是指可能受到秋旱影响的甘蔗等财产,一个地区可能遭受灾害损失的财产密度越高,范围越大,灾害的风险也越大。结合依照数据可获取程度考虑,主要选择甘蔗种植面积指标表征,甘蔗种植面积越大,暴露性越大,受灾可能性也越大。采用统计部门提供的甘蔗种植面积数据,进行归一化处理以消除量纲的影响,通过 GIS 中的 IDW 插值方法进行插值,生成甘蔗种植面积(E_A)指标的分辨率为 $1\text{ km} \times 1\text{ km}$ 的栅格数据。

根据层次分析法计算所确定的指标权重(表 1),建立并应用 GIS 中的栅格运算方法计算甘蔗秋旱受灾可能性指数

$$E = W_A E_A, \quad (3)$$

式(3)中, W_A 为甘蔗种植面积指标的权重。

2.4 承灾体脆弱度

承灾体脆弱程度是指甘蔗、财产所有者等遭受秋旱灾害影响的程度大小。主要选择 NDVI、人均 GDP 和水库库容等 3 个指标。选择多年秋季时段的晴空遥感数据,该时段中广西所在地大宗作物是甘蔗,其他作物如水稻等已收获,通过波段运算得到植被 NDVI 指标(V_N),该指标能够较好地反映甘蔗生长状态;水库库容是水库某一水位以下或两水位之间的蓄水容积,体现水库所在区域蓄水能力,反映区域可供灌溉潜力;水库库容和人均 GDP 体现当地政府、居民削弱灾害影响、减少灾害损失的能力,反映出承灾体耐受灾害的程度。因此,当甘蔗 NDVI 值越大、水库库容越大、人均 GDP 越高时,该甘蔗种植区域承受秋旱灾害的能力越强,其承灾体脆弱程度越低。采用统计部门提供的人均 GDP、水库库容等数据,进行归一化处理以消除量纲的影响,采用 GIS 中的 IDW 插值方法进行插值,生成人均 GDP (V_G)、水库库容(V_C)等指标的分辨率为 $1\text{ km} \times 1\text{ km}$ 的栅格数据集。

根据层次分析法计算所确定的各项指标权重(表 1),对上述 3 个指标采用加权综合计算方法,建立并应用 GIS 中的栅格运算方法计算甘蔗秋旱脆弱度指数

$$V = W_N(1 - V_N) + W_G(1 - V_G) + W_C(1 - V_C), \quad (4)$$

式(4)中, W_N , W_G , W_C 分别为植被 NDVI、人均

GDP 和水库库容指标的权重。

2.5 甘蔗秋旱灾害风险综合评估模型构建

甘蔗秋旱灾害风险的大小受秋旱灾害危险度、甘蔗等承灾体受灾可能性和脆弱度等因子的影响。上述因子对广西甘蔗秋旱灾害风险的构成提供不同程度的贡献,根据表 1 中的因子权重,构建并应用 GIS 中的栅格运算方法计算广西甘蔗秋旱灾害风险综合评估模型:

$$R = W_H H \cdot W_E E \cdot W_V V. \quad (5)$$

式(5)中, W_H , W_E , W_V 分别为危险度因子、承灾体受灾可能性因子和脆弱度因子的权重。

3 甘蔗秋旱灾害风险区划及验证

3.1 甘蔗秋旱灾害风险区划

根据甘蔗秋旱灾害风险综合评估模型,将秋旱灾害危险度、承灾体受灾可能性和承灾体脆弱度等结果进行空间尺度匹配,根据表 1 中的因子权重,计算得到广西甘蔗秋旱灾害风险指数。利用正态分布取值法,结合甘蔗历史干旱灾情数据,将广西甘蔗秋旱灾害风险指数分为 5 级,叠加由遥感数据提取的甘蔗种植空间分布矢量,绘制广西甘蔗秋旱灾害风险区划图(图 1)。

高风险区:主要分布在来宾市辖区中北部及崇左扶绥县的中部和北部等地。这些区域是广西甘蔗种植最为集中的地区,甘蔗作为秋旱的承灾体,秋旱的暴露度此时最高,受灾可能性也达到最高。且秋季降水量少,降水日数也少,地形以中、高丘陵为主,河网不发达,秋旱危险度极高。该区域人口经济较差,抗灾能力较低,承灾体的脆弱度较高。综合评价上述区域甘蔗秋旱灾害风险最高。

较高风险区:主要分布在来宾市辖区、崇左市辖区和崇左扶绥县等地。来宾和崇左两个市是广西甘蔗种植面积最大的地市,在秋旱灾害下暴露程度很高,受灾可能性较高;来宾市是广西秋季降水最少的地区之一,崇左市以喀斯特地貌为主,丘陵、山地多,水系不发达,危险度较高;但两市辖区内分布有一些大、中型水库,有利于降低承灾体的脆弱度。综合评价上述区域甘蔗秋旱灾害风险较高。

中等风险区:主要分布在崇左市大部、来宾市辖区东部及西部、柳州柳城县和柳江县、河池宜州市辖区东部以及南宁市辖区西部等地。柳州、河池和南宁 3 个市是广西甘蔗种植面积次于崇左和来宾的地

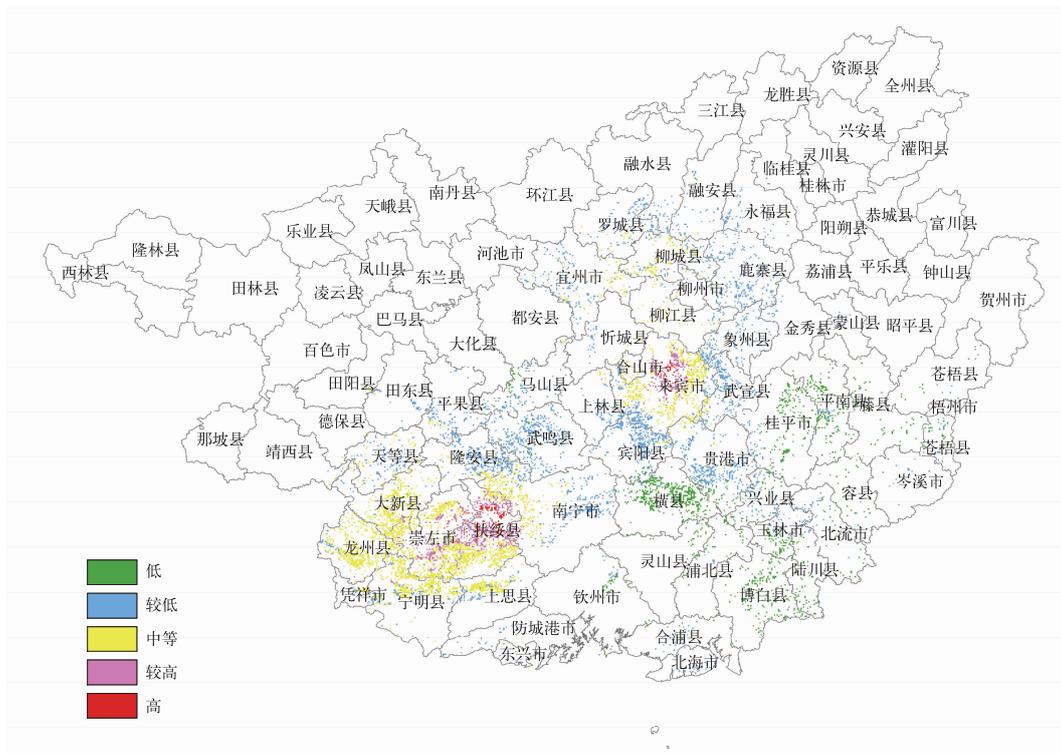


图 1 广西甘蔗秋旱风险区划

Fig. 1 Regionalization of autumn drought risk of sugarcane in Guangxi

市,甘蔗秋旱的暴露程度略高,则受灾可能性略高。上述区域秋季降水较少,但红水河、柳江、邕江等珠江支流及其水库增强了促进降水的能力和灌溉潜力,南宁等市县地形略为平缓,利于地表蓄水,且为广西区内人口经济较好的地区,抗灾能力较强,因此,危险度和脆弱度均略低。

较低风险区:主要分布在柳州市中南部、来宾市大部、南宁市中北部、百色市右江河谷以及贵港市辖区等地。这些区域种植甘蔗的面积相对略少,甘蔗秋旱的暴露程度略低,则受灾可能性略低。虽然秋季降水少,且来宾、百色、崇左属于秋季旱区,但这些区域水系分布较多,降低了甘蔗秋旱的危险度。植被覆盖及长势尚较好,水库较多,人口经济较好,则甘蔗秋旱的脆弱度比较低。

低风险区:主要分布在桂东南及桂南沿海的部分县市。这些区域种植甘蔗面积较少,受灾可能性相应也低。降雨丰富,河网密集,地势很低,甘蔗秋旱的危险度很低。人口经济情况良好,水库也比较多,植被长势较好,因此,甘蔗秋旱的脆弱度也低。

3.2 区划结果的验证

应用 1983—2010 年广西甘蔗干旱灾情多年平均数据,通过 ARCGIS 的多变量分析中栅格图层相

关分析工具,计算图层间相关系数,对比验证甘蔗秋旱灾害风险分布与甘蔗因旱灾经济损失空间分布。

计算得到广西甘蔗秋旱灾害风险分布与甘蔗因旱灾损空间分布的相关系数为 0.651,且达到 0.05 显著性水平,验证结果显示,广西甘蔗秋旱灾害风险分布与甘蔗因旱灾损空间分布基本一致。相比较未引入该理论的农业综合秋旱风险评估结果与农业综合灾情实况相关系数为 0.584^[32],验证精度更高。

4 结论与讨论

研究表明,基于风险三角形理论,并集合 AHP 和 GIS 优势针对甘蔗进行秋旱风险评估方法是可行的。风险区划结果反映广西甘蔗秋旱风险程度的区域性差异是甘蔗秋旱的致灾、孕灾、承灾、抗灾等影响因素贡献比例不同导致的,与选择适合且具有可行性的评估指标有极大关系。得到如下结论:

1) 选择少雨日数作为直观的突出降水变异特征指标,从气象角度反映干旱,并选择水系、地形等体现空间差异性的孕灾环境背景指标,补充反映复杂的作物干旱现象可能发生的严重程度,以此建立的危险度因子即可从形成干旱的气象、地形和水分

补给等方面有效指示甘蔗干旱风险的程度。

2) 暴露在危险度因子影响范围内的承灾体,从数据可获得性和可靠性考虑,选择甘蔗种植面积为指标,客观反映受秋旱灾害的可能性大小,有效体现出当发生秋旱灾害时,甘蔗作为直接承灾体暴露在危险度因子下的数目或价值量越大,遭受灾害可能性越大。

3) 当承灾体遭受秋旱灾害后,需要选用合适的指标衡量遭受灾害的程度大小,本研究引入植被指数这一遥感参数,直观体现了甘蔗在遭受秋旱时的生理特征,即受灾程度大小,同时具有遥感监测范围的优势,选用水库库容指标反映区域灌溉潜力,人均GDP反映财产持有者减灾防灾的能力,后两个指标是间接体现甘蔗受灾时减轻灾害的程度,因此,3个指标建立的承灾体脆弱度因子可达到评估效果。

仍有部分影响因素未被作为评估指标,如甘蔗品种和种植管理技术等方面,可侧面反映甘蔗的抗旱能力,但需要解决如何进行量化表达的问题。所建立的模型和等级划分,需通过持续性监测以进一步验证,并优化模型指标、因子和权重,使其更适宜于服务灾前防御和灾中减损工作,增加甘蔗抗旱增产的途径,使其应用更具有针对性,避免盲目抗旱,更有效实现甘蔗的高产、高糖和高效益,达到甘蔗生产的可持续发展。

参考文献

- [1] Schneider P J, Schauer B A. HAZUS: Its development and its future. *Natural Hazards Review*, 2006, 7(2): 40-44.
- [2] Wilhite D A. Drought and Water Crises: Science, Technology and Management Issues//Soils, Plants, and the Environment/Boca Raton, Florida: CRC Press, 2005: 39-72.
- [3] Yao Guozhang. Disaster Management System of Japan: Researches and Lessons. Beijing: Peking University Press, 2009: 64-89.
- [4] 侯威, 杨杰, 赵俊虎. 不同时间尺度下气象旱涝强度评估指数. *应用气象学报*, 2013, 24(6): 695-703.
- [5] Shamsuddin S, Houshang B. Drought risk assessment in the western part of Bangladesh. *Natural Hazards*, 2008, 46(3): 391-413.
- [6] 陈晓楠, 段春青, 刘昌明, 等. 基于两层土壤计算模式的农业干旱风险评估模型. *农业工程学报*, 2009, 25(9): 51-55.
- [7] 张继权, 严登华, 王春乙, 等. 辽西北地区农业干旱灾害风险评估与风险区划研究. *防灾减灾工程学报*, 2012, 32(3): 300-306.
- [8] Richter G M, Semenov M A. Modeling impacts of climate change on wheat yields in England and Wales: Assessing drought risks. *Agricultural Systems*, 2005, 84: 77-97.
- [9] 罗伯良, 黄晚华, 帅细强, 等. 湖南省水稻生产干旱灾害风险区划. *中国农业气象*, 2011, 32(3): 461-465.
- [10] 冯建设, 王建源, 王新堂, 等. 相对湿度指数在农业干旱监测业务中的应用. *应用气象学报*, 2011, 22(6): 766-772.
- [11] 王明田, 张玉芳, 马均, 等. 四川省盆地玉米干旱灾害风险评估及区划. *应用生态学报*, 2012, 23(10): 2803-2811.
- [12] 任义方, 赵艳霞, 王春乙. 河南省冬小麦干旱保险风险评估与区划. *应用气象学报*, 2011, 22(5): 537-548.
- [13] 张存杰, 王胜, 宋艳玲, 等. 我国北方地区冬小麦干旱灾害风险评估. *干旱气象*, 2014, 32(6): 883-893.
- [14] 宋艳玲, 蔡雯悦, 柳艳菊, 等. 我国西南地区干旱变化及对贵州水稻产量影响. *应用气象学报*, 2014, 25(5): 550-558.
- [15] 蔡福, 张淑杰, 纪瑞鹏, 等. 近30年辽宁玉米水分适宜度时空演变特征及农业干旱评估. *应用生态学报*, 2015, 26(1): 233-240.
- [16] 李世奎, 霍治国, 王素艳, 等. 农业气象灾害风险评估体系及模型研究. *自然灾害学报*, 2004, 13(1): 77-87.
- [17] 钟秀丽, 王道龙, 李玉中, 等. 黄淮海区小麦拔节后霜害的风险评估. *应用气象学报*, 2007, 18(1): 102-107.
- [18] 魏一鸣, 万庆, 周成虎. 基于神经网络的自然灾害灾情评估模型研究. *自然灾害学报*, 1997, 6(2): 1-6.
- [19] 罗莹, 金龙, 王业宏. 旱涝灾害的门限神经网络预报模型. *灾害学*, 2003, 18(2): 1-6.
- [20] 李英柳. 神经网络在环境灾害预测中的应用进展. *地质灾害与环境*, 2010, 21(1): 8-11.
- [21] 张星, 陈惠, 周乐照. 福建省农业气象灾害灰色评价与预测. *灾害学*, 2007, 22(4): 43-45; 56.
- [22] 张星, 郑有飞, 周乐照. 农业气象灾害灾情等级划分与年景评估. *生态学杂志*, 2007, 26(3): 418-421.
- [23] 康永辉, 解建仓, 肖飞鹏, 等. 广西大石山区干旱灾害模糊风险评估与区划研究. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2012, 40(4): 223-229.
- [24] 康永辉, 解建仓, 黄伟军, 等. 基于干旱综合指数的模糊信息分配法的农业干旱风险评估研究. *干旱地区农业研究*, 2013, 31(6): 174-180.
- [25] 丁青云, 艾萍, 吴军澜, 等. 基于信息扩散理论的干旱灾害风险评估. *中国农村水利水电*, 2015(3): 99-102.
- [26] 霍治国, 李世奎, 王素艳, 等. 主要农业气象灾害风险评估技术及其应用研究. *自然资源学报*, 2003, 18(6): 692-703.
- [27] 扈海波, 轩春怡, 诸立尚. 北京地区城市暴雨积涝灾害风险评估. *应用气象学报*, 2013, 24(1): 99-108.
- [28] 王洪芬. 计量地理学概论. 济南: 山东教育出版社, 2001: 185-207.
- [29] 李永, 胡向红, 乔箭. 改进的模糊层次分析法. *西北大学学报: 自然科学版*, 2005, 35(1): 11-12; 16.
- [30] 陈家金, 李丽纯, 林晶, 等. 福建省枇杷气象灾害综合风险评估. *应用气象学报*, 2014, 25(2): 232-241.
- [31] Plate E J. Flood risk and flood management. *J Hydrology*, 2002, 267(1-2): 2-11.
- [32] 李莉, 匡昭敏, 莫建飞, 等. 基于AHP和GIS的广西秋旱灾害风险等级评估. *农业工程学报*, 2013, 29(19): 193-201.

Assessment of Autumn Drought Risk of Sugarcane in Guangxi

Li Li¹⁾²⁾ Kuang Zhaomin¹⁾²⁾ Mo Jianfei¹⁾²⁾ Liu Fang³⁾ Huang Xiaohan³⁾

¹⁾ (*Guangxi Institute of Meteorological and Disaster-Mitigation Research, Nanning 530022*)

²⁾ (*Remote Sensing Application Test Base, National Satellite Meteorological Center, Nanning 530022*)

³⁾ (*Hechi Meteorological Bureau of Guangxi, Hechi 547000*)

Abstract

Guangxi is one of the annual precipitation-rich regions of the country. However, seasonal drought occurs in high frequency because of spatiotemporal nonuniform distribution of rainfall. Seasonal drought has rather large influences on the agricultural production, especially on the sucrose industry, which is one of the most important economic pillar industries in Guangxi. Autumn is the critical elongation and sugar accumulation stage for sugarcane. Severe autumn drought will cause a decline in production, or which at sugar accumulation stage, will decrease sugar content, increase pectin weight, reduce sugar yield and recovery rate, and cause a decline in commodity quality. Therefore, it will affect the sugar market and the whole industry chain, as well as sugarcane farmers and the local agricultural economy. In order to strengthen the risk assessment and emergency management capability of the autumn drought disasters of sugarcane, according to the concept of risk triangle, the autumn drought risk assessment indicator system is established. Indicators of system are determined according to drought risk, possibility of disaster, vulnerability of disaster bearing body, by use of meteorological data, vegetation, basic geographic information and socio-economic data from the database. The database is constructed for risk assessment of drought disasters of sugarcane, including disaster-causing factors (such as rainfall), disaster-forming environment (such as topography, hydrographic net, vegetative cover, etc.), disaster bearing body (such as sugarcane planting area, economy, etc.), and disaster prevention and mitigation capability (such as reservoir and other water conservancy facilities). Then factor weights are obtained by analytic hierarchy process (AHP), and the comprehensive assessment model is established and calculated to get the disaster risk index, which are regionalized by geographic information system (GIS). The distribution indicates that the highest and higher risk areas include the part of Laibin and Chongzuo, which are the largest main sugarcane-producing regions, at the top of the planting area list, the medium risk area consists the most part of Chongzuo, the east and west of Laibin, the south-central of Liuzhou, the west of Nanning, and the lowest risk areas include the southeast of Guangxi.

Validating results show that the distribution of autumn drought disaster risk of sugarcane is basically consistent with the spatial distribution of drought disaster losses. The analysis also shows that regional differences of drought risk of sugarcane is reflected, because of different effects of hazard, formative, damage and disaster relief, by choosing the right and feasibility evaluation metrics appropriately. Above all, the autumn drought risk assessment method is feasible by introducing risk triangle theory and taking advantage of AHP and GIS, and the evaluation is more reasonable with higher verification accuracy.

Key words: Guangxi; sugarcane; autumn drought; risk triangle