

文章编号:1673-8411 (2015) 01-0086-06

# 广西糖料蔗寒冻害风险评估与风险区划研究

谭宗琨<sup>1, 3</sup>, 刘世业<sup>2</sup>, 欧钊荣<sup>3</sup>

(1.国家气象卫星中心遥感应用试验基地, 南宁, 530022; 2.广西浦北县气象局, 浦北, 30003; 3.广西气象减灾研究所, 南宁, 5300022)

**摘 要:**基于广西 1961~2013 年冬季寒冻害过程最低气温资料、地理信息数据及地表反射率资料,采用统计学中的多元回归法,构建了基于地理信息与地表反射率相耦合的最低气温降尺度模型及区域 250m×250m 网格点逐年冬季寒冻害过程最低气温数据库。在此基础上,结合糖料蔗寒冻害等级指标,对广西区域糖料蔗寒冻害时空分布特征进行了分析,并编制了广西区域糖料蔗不同寒冻害等级频率图及糖料蔗寒冻害产量损失率图,同时对广西糖料蔗寒冻害风险等级进行划分及评述。这一结果对糖料蔗种植优化布局及政策性农业保险费率的确定有积极意义。

**关键词:**糖料蔗;寒冻害;风险;评估;区划

中图分类号:P49

文献标识码:A

## Study on the chilly or freezing injury risk evaluation and regionlization of the sugarcane in Guangxi

Tan zong-kun<sup>1</sup>, Liu Shi-ye<sup>2</sup>, Ou Zhao-rong<sup>3</sup>

(1. Remote Sensing Application and Test Base of National Satellite Meteorological Centre, Nanning, 530022; 2.Guangxi Pubei County Meteorological Service, Pubei, 535300; 3. Guangxi Meteorology Disaster Reduction Institute, Nanning,530022)

**Abstract:** Based on the minimum temperature of chilly or freezing injury process from the winter of 1961 to 2013, the geographic information data and the surface reflectivity data of Guangxi, the reduced scale model of the minimum temperature based on integrating geographic information and the surface reflectivity and the database of area 250m×250m grid point of the minimum temperature of chilly or freezing injury process were set up by the multiple regression method of statistic. On the basis of these, the time-space distribution characteristics of sugar-cane chilly or freezing injury was analyzed by combining the sugarcane the chilly or freezing injury indexes and the different chilly or freezing injury grade frequency figure and chilly or frozen injury yield loss rate figure were drawn. The sugarcane chilly or freezing injury risk grade was divided into seven regions and each region was commended respectively. The results is helpful for the sugarcane planting optimization layout and determination of policy-oriented agricultural insurance rates

**Key Word:** sugarcane; chilly or freezing injury; risk; evaluation; regionlization

## 0 引言

寒冻害是广西糖料蔗主产的主要气象灾害之

一。榨季寒冻害的发生,尤其是大范围、严重寒冻害的发生,不仅造成本榨季大面积糖料蔗受害,糖料蔗产量和蔗糖含糖量不同程度下降,导致制糖企业进

收稿日期:2014-11-25

基金项目:广西自然科学基金项目“广西甘蔗种植寒冻害风险区划与评估研究 (2012GXNSFAA053190)”;国家科技支撑计

划项目课题“亚热带主要农作物寒冻害评估与监测预警技术研究”(2008BADB8B01)。

作者简介:谭宗琨(1966-),男,广西浦北人,教授级高工,研究方向:生态与应用气象。

厂原料严重不足及增加蔗糖回收成本,而且还直接影响到糖料蔗留种及宿根糖料蔗的正常发莖,最终波及下一榨季糖料蔗产量的构成,给广大蔗农及企业带来巨大的经济损失<sup>[1-6]</sup>。进入二十一世纪以来随着桂东南和沿海地区经济产业结构的调整,以及在全球气候变暖背景下,广西糖料蔗一直呈现向西、向北拓展态势,这对加快广西西部、北部山区“三农”经济发展起了积极作用,但糖料蔗生产遭遇寒冻害高风险已成为糖业发展面临的焦点问题。对此,前人对寒冻害给糖料蔗生产带来危害等问题已做了大量调查和分析研究<sup>[6-11]</sup>,并取得一系列研究成果,但涉及糖料蔗种植的风险等问题研究尚未看到相关报道。鉴于气温是反映近地层系统热量状态的综合指标,同时也是评估农作物遭受寒冻害程度、灾害损失及种植风险程度的关键指标之一,拟通过构建区域历年冬季寒冻害过程逐日最低气温降尺度模型,建立任意网格点逐年寒冻害过程低温数据库,结合糖料蔗寒冻害等级指标和相应灾损指标,开展区域糖料蔗寒冻害风险分析与区划研究,以便为广西区域进一步优化蔗糖产业的布局,提高风险决策管理水平及实施政策性糖料蔗种植保险等提供依据。

1 资料来源与方法

1.1 资料来源

广西区域各县、市气象台站 1961–2013 年冬季(12–2 月)逐日最低气温资料来源于广西壮族自治区气候档案馆;区域 250m×250m 网格点经度、纬度、海拔高度、坡度、坡向及地表发射率等来源于 1:25 万基础地理信息数据及广西区域冬季晴空 EOS/MODIS 卫星数据。

1.2 方法

1.2.1 寒冻害过程筛选

根据谭宗琨<sup>[12]</sup>等研究确定的糖料蔗不同寒冻害类型的致灾等级标准(表 1、表 2),首先是筛选确定逐年冬季糖料蔗寒冻害过程。其中糖料蔗辐射型寒冻害过程标准为:广西区域 1/3 以上气象台站出现  $T_{min} \leq 1.0^{\circ}C$ ,则  $T_{min} \leq 1.0^{\circ}C$  的第一天作为辐射型寒冻害过程的开始日期,连续 3d 以上, $T_{min} \geq 1.1^{\circ}C$  则  $T_{min} \geq 1.1^{\circ}C$  的第一天辐射型寒冻害过程的结束日期。糖料蔗平流型寒冻害过程标准为:持续 5 天  $T_{min} \leq 3.9^{\circ}C$ ,则  $T_{min} \leq 3.9^{\circ}C$  的第一天作为平流型寒冻害过程的开始日期,连续 5 天  $T_{min} \geq 4.0^{\circ}C$ ,则  $T_{min} \geq 4.0^{\circ}C$

表 1 甘蔗辐射型寒冻害等级指标及灾损指标

致灾等级	1 级(轻)	2 级(中)	3 级(重)	4 级(严重)
最低气温( $^{\circ}C$ )	0.0~1.0	-1.0~ 0.1	-2.0~-1.1	$\leq$ -2.1
过程日最低气温 $\leq 1^{\circ}C$ 持续天数	1~2	3~4	5~6	>6
(d)				
过程日最低气温 $\leq 1^{\circ}C$ 的 积 寒	0.1~2.0	2.1 ~7.0	7.1 ~20.0	>20.1
( $^{\circ}C$ )				
寒害特征	部分蔗叶受害干枯,但生长点未受害	大部蔗叶受害、干枯,部分甘蔗生长点受害、变软、变黑	叶片干枯,生长点及蔗茎上部芽变软、变黑,死亡	蔗茎冻坏变质,纵剖蔗茎呈红色或褐色,并有酸味或腐臭味,部分宿根冻死,无法萌芽和出苗
产量损失	$\leq$ 5.0%	5.0~10.0%	10.0~20.0 %	>20.0 %
糖分损失	0.2% ~0.5%	0.6%~1.0%	1.1%~2.0%	>2.1%

表 2 甘蔗平流型寒冻害等级指标及灾损指标

致灾等级	1 级（轻）	2 级（中）	3 级（重）	4 级（严重）
最低气温 （℃）	2.0~4.0	0.0~1.9	-1.5~ -0.1	<-1.5
过程日最低 气温≤4℃ 持续天数 （d）	5~8	9~15	16~28	≥28
过程日最低 气温≤4℃ 的积寒（℃）	10.0~50.0	50.1~300.0	300.1~900.0	≥900.1
寒害特征	叶片青绿无明显受害， 但生长点变黑坏死，梢 部侧芽变软，剖面为黄 褐色，地下茎蔗芽未受 害	多数叶片的叶尖及 1/3~1/2 叶面积枯白， 生长点及梢部蔗芽变黑 坏死，中下部蔗芽受伤， 地下茎蔗芽影响不明显	叶片大部枯白，仅叶鞘和 近叶鞘三叉口叶片有条斑 状绿色，生长点及大部分 蔗芽死亡，地下茎蔗芽的 一、二节未受害	蔗叶枯白，蔗茎侧芽死亡， 纵剖蔗茎节间呈黄色腊肉 状或水煮状，地下茎一、 二节芽冻死，三、四节芽 部分冻死，纵剖呈水煮状
产量损失	≤5.0%	5.0~10.0%	10.0~20.0 %	>20.0 %
糖分损失	0.2% ~0.5%	0.6%~1.0%	1.1%~2.0%	>2.1%

的第一天辐射型寒冻害过程的结束日期。

1.2.2 数据的提取

运用 ARCGIS 软件，构建广西区域 250×250m 网格点,并根据格点的地理坐标信息,从数字高程数据中提取对应格点的经度、纬度、海拔高度、坡度、坡向等信息,应用 ENVI 软件,从 EOS/MODIS 数据中 提取对应格点的地表反射率值。

1.2.3 区域寒冻害过程气温降尺度模型及数据库的构建

为了客观地描述广西区域寒冻害过程最低气温的空间变化,根据广西各地气候差异特点,应用数理统计学中的多元线性回归分析方法,按行政分区,在全区 91 个县、市气象台站中随机抽取 1/3~1/2 县、市气象台站冬季寒冻害过程逐日最低气温与气象台站对应的经度、纬度、海拔高度、坡度、坡向及地表反射率等数据构造寒冻害过程逐日最低气温空间变化模型若干个，从中选取回代拟合效果较的模型作为该日最低气温降尺度模型，并以此推算任意格点的最低气温。关系模型为：

T=f(φ,φ,h,α,β,κ)+ξ

(1)

式中 T 为台站气温实况值;φ,φ,h,α,β,κ 分别代表纬度、经度、海拔高度、坡度、坡向和地表反射率;ξ 为残差项,称为综合地理残差,可认为 φ,φ,h,

α,β,κ 所拟合的气候学方程的残差部分,即

ζ=T-f(φ,φ,h,α,β,κ)

(2)

应用上述模型,将广西区域内 250m×250m 网格点的经度 φ、纬度 φ、海拔高度 h、坡度 α、坡向 β 和地表反射率值 κ 等数据分别代入模型方程,推算寒冻害过程某日最低气温在 250m×250m 网格上的分布;再以 91 个气象台站的该日最低气温残差值为样本,运用反距离权重插值法,得到最低气温值 250m×250m 网格的残差分布；将 250m×250m 网格的模型值与残差值相加,得到该日 250m×250m 网格最低气温值。

同理,分别构建寒冻害过程中逐日 250m×250m 网格最低气温值，并提取区域每个格点在寒冻害过程中逐日最低气温的最小值,在 GIS 中,将格点值转化为栅格数据，得到此次寒冻害过程广西区域的空间分布图。

运用以上方法，创建得到广西 1961 年至 2013 年冬季寒冻害天气过程逐日最低气温资料数据库。

2 结果分析

2.1 广西区域糖料蔗寒害冻害年代变化特征

基于建立的历年冬季不同寒冻害类型过程格点逐日最低气温数据库，统计分析不同寒冻害类型出

现频率及年代变化特征, 结果表明: 广西冬季糖料蔗寒冻害发生类型主要以辐射型寒冻害为主。其中糖料蔗寒冻害发生范围站全区县市 50% 以上的辐射型寒冻害约占 83%, 平流型寒冻害约占 17%。

在 1961~2013 年 53 个冬季中, 50% 以上县市达到糖料蔗寒冻害标准的冬季有 32 个, 约占总年数的 60%; 出现全区性霜冻日数有 138d, 平均每个冬季 2.6d; 若以发生全区性霜冻天气的冬季来计算, 则平均达 4.2d。从发生全区性糖料蔗寒冻害的月份分布来看, 最早出现在 1983 年 11 月 29 日, 最迟为 1986 年 3 月 3 日。其中 12 月下旬到 1 月中旬为广西全区性糖料蔗寒冻害天气过程高发期, 约占总数的 72.3%。从年代变化看, 广西冬季糖料蔗寒冻害均有发生, 仅是影响范围及程度不同而已。其中上一世纪 60 年代初至 70 年代中期 (1960~1976 年) 为冻害频发时段, 平均每年出现冻害 236 站次; 上一世纪 70 年代后期至本世纪 10 年代初为寒冻害相对低值期, 平均每年出现冻害 96 站次。仅 1982/1983、1999/2000、2007/2008、2013/2014 年冬季寒冻害站次在平均值以上, 其余冬季的冻害站次均在多年平均值之下。

## 2.2 广西区域糖料蔗寒冻害空间分布特征

基于建立的历年冬季寒冻害过程格点逐日最低气温数据库, 采用排序法, 分别提取任意格点逐年冬季极端最低气温。在此基础上, 根据糖料蔗辐射型、平流型寒冻害等级指标, 分别统计任意格点糖料蔗无寒冻害和轻度寒冻害、中等程度寒冻害、重度寒冻害及严重寒冻害等级的频率, 即年极端最低气温  $\geq 4.0^{\circ}\text{C}$ 、 $2.0\sim 3.9^{\circ}\text{C}$ 、 $1.1\sim 1.9^{\circ}\text{C}$ 、 $0.0\sim 1.0^{\circ}\text{C}$ 、 $-1.0\sim 0.1^{\circ}\text{C}$ 、 $-2.0\sim -1.1^{\circ}\text{C}$  和  $\leq -2.0^{\circ}\text{C}$  频率, 并形成如图 1、2、3 (见彩页) 的区域糖料蔗不同寒冻害类型等级频率分布图。

纵观图 1、2、3, 不难发现: 广西区域糖料蔗辐射型寒冻害发生频率呈纬向趋重的变化态势, 即桂南地区无论是轻度、中等程度, 还是重度寒冻害, 其出现频率均为最低, 其次是桂中地区, 桂北地区出现频率最高。而同一纬度, 东部区域糖料蔗寒冻害出现频率高于西部区域, 这一地域分布规律可能是广西西部地区地处云贵高原过度地带, 北方冷空气南下时受云贵高原的阻挡, 冷空气路径大多偏东所致。而广西区域糖料蔗平流型寒冻害频率的空间分布纬向特征则不如辐射型寒冻害明显 (图略), 这可能是广西区域平流型寒冻害过程发生频率相对少, 且多为北方弱冷空气南下与西南暖湿气流在华南上空交绥

形成华南静止锋, 气温南北差异较小所致。

## 2.3 区域糖料蔗寒冻害致灾强度及灾损评估

分别统计任意格点年极端最低气温  $-10.0^{\circ}\text{C}\sim 10.0^{\circ}\text{C}$  之间级差为  $1.0^{\circ}\text{C}$  的频率, 经检验: 结果发现广西区域任意格点极端最低气温频率曲线大多呈现正态分布趋势, 仅是峰值对应的温度值不同而已。如地处糖料蔗大田生产北部的柳州市鹿寨县、中部的南宁市横县和南部的北海市合浦县年极端最低气温频率大致呈现正态分布趋势 (详见图 4、5、6)。

因此, 各网格点以寒冻害过程极端最低气温致灾因子的糖料蔗寒冻害冻害风险概率密度可采用正态分布函数进行计算。

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

为了合理评估糖料蔗寒害、冻害致灾强度风险, 以网格点历年寒冻害过程极端最低气温序列和糖料蔗寒冻害等级指标来估算不同致灾强度等级下的风险概率。定义: 不同致灾强度等级的累积风险为致灾强度风险指数。致灾强度风险指数 (I) 是致灾强度

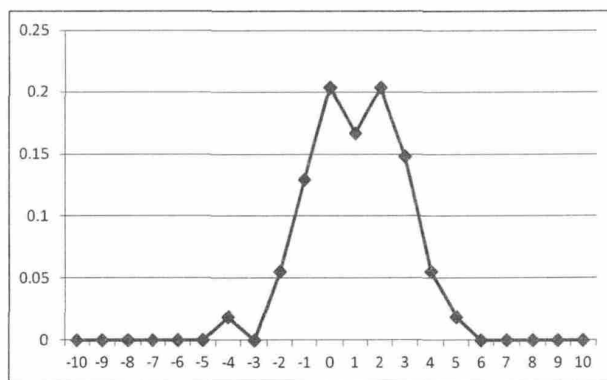


图 4 广西柳州市鹿寨县年极端最低气温频率分布曲线

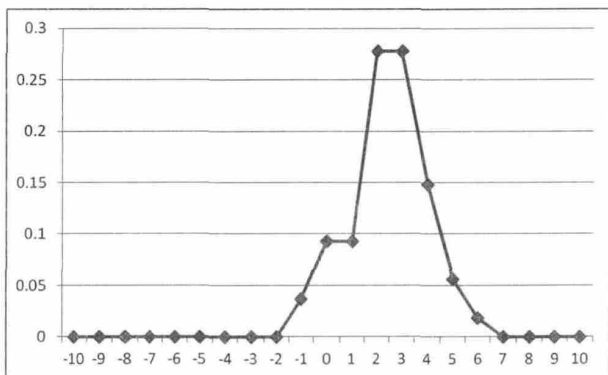


图 5 广西南宁市横县年极端最低气温频率分布曲线



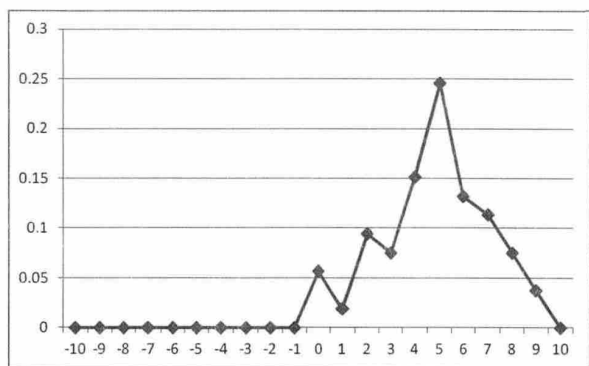


图6 广西北海市合浦县年极端最低气温频率分布曲线

(G)的不同等级( $i$ )及其相应出现概率( $P$ )的函数,如果将致灾强度等级进行足够细分,则其模型可表达为:

$$I=F(G,P)=G \int_i^n P(G) dG = \sum_{i=1}^n G_i P_i \quad (3)$$

根据(3)式,分别求出广西区域任意格点糖料蔗不同致灾强度等级下的风险概率。在此基础上,结合不同致灾等级下相应的产量损失等级,即可求出广西区域任意格点寒冻害糖料蔗减产率,并得到广西区域糖料蔗寒冻害减产率分布图(图7,见彩页)。

从图7广西区域糖料蔗寒冻害减产率分布图可以看出,广西区域糖料蔗寒冻害减产率大致呈现纬向分布,即桂南蔗区糖料蔗寒冻害减产率较低,其次是桂中地区,桂北地区风险区糖料蔗寒冻害减产率最大。而同一纬度,东部区域糖料蔗寒冻害减产率高于西部区域,高海拔区域糖料蔗寒冻害减产率高于低海拔区域。

根据广西区域糖料蔗寒冻害等级分布及减产率等级分布,将广西区域糖料蔗种植寒冻害风险划分为7大区域,即减产率<2.0%的为无寒冻害风险区、2.0~4.9%为低寒冻害风险区、5.0~9.9%为中等寒冻害风险区、10.0~14.9%为较高寒冻害风险区、15.0~19.9%为高寒冻害风险区、≥20.0%为不宜种植区。具体分区如下:

**无寒冻害风险区:**主要位于北海市辖区、合浦县、钦州市钦南区、防城港市港口区、东兴市和博白县南部等。该区域轻度糖料蔗寒冻害发生频率小于5%,极少发生中等程度或以上寒冻害。此外,该区域热量条件丰富,冬季气温大部时段适宜糖料蔗生长,是迟熟糖料蔗品种和良种繁殖最适宜区域。但值得

指出的是,该区域为热带气旋或台风影响主要区域,大风和强降水极易造成糖料蔗倒伏、折断,进而影响产量和糖分的提高。

**低寒冻害风险区:**主要包括南宁、玉林、崇左三市辖区、县及钦州市钦北区、浦北县、灵山县,防城港市防城区、上思县及百色市的右江河谷等地大部。该区域轻度糖料蔗寒冻害发生频率小于10%,糖料蔗中等程度寒冻害发生频率不足5%,热量条件丰富,是广西糖料蔗发展重点区域和最大生产区域。但该区域春旱发生频率较高,因此,选育选种耐寒抗旱,以及抗旱保苗是该区域发展糖料蔗优先考虑的主要问题之一。

**中等寒冻害风险区:**包括来宾市兴宾区、武宣县、象州县、忻城县和柳州市辖区、柳江县、柳城县、鹿寨县及河池市金城江区、都安、大化、巴马、宜州市等地大部,环江、罗成两县南部,梧州市辖区、苍梧、藤县、岑溪、平南、德保、靖西等地局部。该区域中等程度糖料蔗寒冻害发生频率10~20%,糖料蔗重度寒冻害发生频率不足5%,热量条件较丰富,是广西当前糖料蔗第二大区域,也是今后糖料蔗拓展主要区域。由于该区域发生轻度和中等程度寒冻害频率较高,同时也是秋旱影响较重区域,因此,该区域拓展糖料蔗生产基地时,在注意做好糖料蔗品种属性搭配的同时,积极采取有效措施减少秋旱的影响。

**较高寒冻害风险区:**中等寒冻害风险区以北、高寒冻害风险区以南区域。主要包括永福、荔浦、蒙山三县南部,平乐县局部、百色市德保、靖西、那坡、田林、西林、隆林等县局部。该区域中等程度糖料蔗寒冻害发生频率20~40%,糖料蔗重度寒冻害发生频率10~15%。该区域虽为糖料蔗基地拓展潜在区域,但因中等程度和重度寒冻害发生频率较高,热量条件相对不足,因此,该区域发展糖料生产应以耐寒、早熟品种为主,并注意选择常年寒冻害较轻地块作为留种用地,砍收后及时用蔗叶覆盖蔗地,以减少寒冻害发生对宿根的影响。

**高寒冻害风险区:**包括西林、田林、隆林、凌云、乐业、天峨、凤山、东兰、南丹、桂林市辖区、临桂、灵川、阳朔、钟山、昭平、蒙山等地大部,永福、荔浦、环江等3县中部以北,融水、融安、恭城3县中部及富川、贺州市八步区局部、大明山海拔1000米以上山地。该区域糖料蔗中等程度以上寒冻害发生频率为65%以上,其中重度以上寒冻害发生频率为40~50%之间,糖料蔗宿根大多年份无法安全越冬,因

此,该区域不宜大面积发展糖料蔗,局部地区种植应选择早熟、耐寒糖料蔗品种,砍收后及时用蔗叶覆盖蔗地,以减少寒冻害发生对宿根的影响。

不宜种植区:资源、龙胜、三江、灌阳四县大部,融安、融安、恭城、兴安、富川、贺州市八步区6县区、北部及大瑶山等地。该区域糖料蔗重度以上寒冻害发生频率大于60%,且寒冻害发生时间为广西区域最早、结束时间最晚,寒冻害日期最短,热量条件无法满足糖料蔗正常生长。此外,重度以上寒冻害的高发不仅造成当年糖料蔗产量及糖分含量不同程度下降,而且糖料蔗宿根也无法安全越冬,因此,该区域不宜种植糖料蔗。

### 3 结论与讨论

(1) 广西区域糖料蔗寒冻害风险分析与评估,是基于对历年冬季寒冻害过程极端最低气温和糖料蔗寒冻害等级和灾损等级指标进行的。但由于各地种植水平、种植品种及制糖企业压榨期间的调度管理水平等差异,糖料蔗遭受寒冻害后,损失也不尽相同。因而,风险度也不尽相同。

(2) 不同等级寒冻害的发生概率是评价一个区域寒冻害对糖料蔗影响的主要依据之一。概率较之频率更稳定,也更具有理论意义。通过构建历年冬季寒冻害过程逐日最低气温模型推算格点逐日最低温度,在此基础上,采用排序法提取任意格点逐年极端最低气温,并以此确定各网格点最优的概率分布函数,更接近实况。

(3) 广西地形地貌复杂,桂西南、桂西北、桂中、桂东北等地以连片喀斯特岩溶地貌为主,而桂东、桂南则山地、丘陵、谷底、平地等并存。海拔800米以上的中山和桂西南、桂西北、桂东北等地喀斯特岩溶地貌区极少或无法种植糖料蔗,而桂东、桂东南在二十世纪已退出糖料蔗种植。因此,广西区域糖料蔗寒冻害风险分析是基于广西行政区域进行的,与当前糖料蔗实际种植分布存在一定的出入,有待进一步研究。

#### 参考文献

[1] 何燕, 谭宗琨, 冯源.1999年严重霜冻、冰冻天气对广西农业的影响[J].广西气象, 2000(1): 6-8.

- [2] 覃蔚谦.从建国后数次冻害看今冬冻害甘蔗的损失[J].广西蔗糖, 2000(1): 14-18.
- [3] 卓英育.1999年甘蔗霜害情况调查及对策[J].广西农学报, 2001(3): 40-43.
- [4] 石登武, 韦东料, 丁丽琼.2008年低温冰冻灾害对甘蔗生产的影响[J].农业科技通讯, 2009, 5: 74-76.
- [5] 曾昭座, 韦坚, 韦日辉, 等.柳江县甘蔗低温冻害情况调查及分析[J].甘蔗糖业, 2008, 4: 16-18.
- [6] 邓展云, 刘海斌, 张革民, 等.2007—2008年榨季广西甘蔗霜冻发生危害规律的调查[J].中国糖料, 2009(1): 47-50.
- [7] 谭宏伟, 李杨瑞, 周柳强, 等.霜冻天气对桂中地区主栽甘蔗品种生长及蔗糖分的影响[J].广西农业科学, 2010, 41(4): 326-328.
- [8] 李杨瑞, 方锋学, 吴建明, 等.2010/2011榨季广西甘蔗生产冻害调查及防御对策[J].南方农业学报, 2011, 42(1): 37-42.
- [9] 杨荣仲, 李杨瑞, 王维赞.等.阴雨霜冻条件下的甘蔗耐寒评价分析[J].西南农业学报, 2011, 24(3): 1065-1071.
- [10] 何燕, 谭宗琨, 李政等.基于GIS的广西甘蔗低温冷害区划研究.西南大学学报, 2007, Vol129(9): 81-85
- [11] 谭宗琨, 欧钊荣, 何燕.广西蔗糖发展主要气象灾害分析及蔗糖产业优化布局的研究.甘蔗糖业, 2006(1): 17-21, 33
- [12] 谭宗琨, 黄城华, 孟翠丽, 等.甘蔗寒冻害等级指标及灾损指标的初步研究, 中国农学通报, 2014, 30(28): 169-181.
- [13] 吴兴国.广西冬季重大霜冻天气过程特征分析.广西气象, 2003, 24(1): 3-5
- [14] 易燕明, 李秀存, 苏志.广西重大低温雨雪冰冻天气过程概念模型和预报研究.广西气象, 2002, 23(4): 32-34
- [15] 黄崇福, 刘新立, 周国贤等以历史灾情资料为依据的农业自然灾害风险评估方法自然灾害学报, 1998, 7(2): 1-9
- [16] 任鲁川区域自然灾害风险分析研究进展地球科学进展, 1999, 14(3): 242-246
- [17] 谭宗琨广西农业气象灾害风险评价及灾害风险区划.广西气象, 1998.19(1): 44-50
- [18] 周寅康自然灾害风险评价初步研究自然灾害学报, 1995, 4(1): 6-11



谭宗琨等：广西糖料蔗寒冻害风险评估与风险区划研究

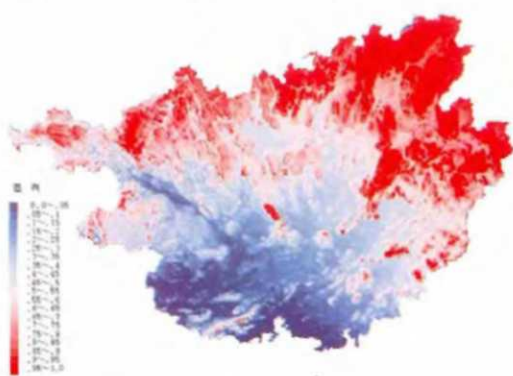


图1 广西区域糖料蔗轻度以上辐射型寒冻害频率分布图

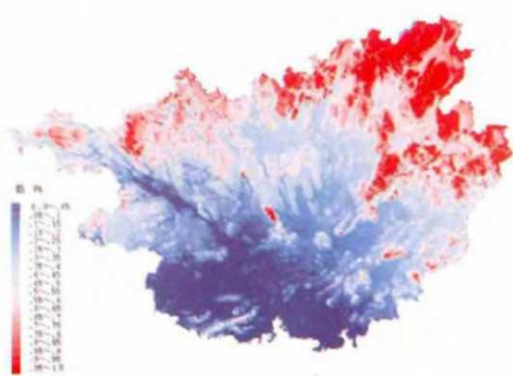


图2 广西区域糖料蔗中等程度上辐射型寒冻害频率分布图

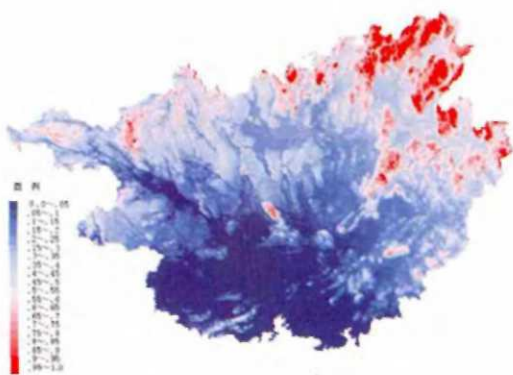


图3 广西区域糖料蔗重度以上辐射型寒冻害频率分布图

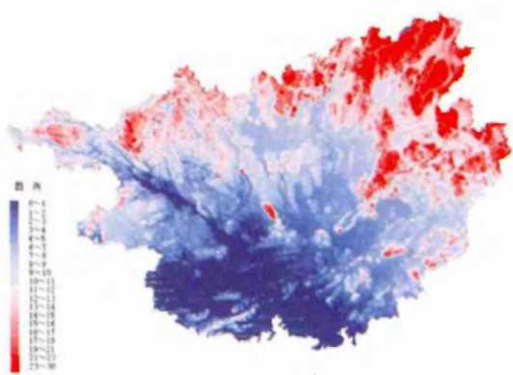


图7 广西区域糖料蔗寒冻害减产率分布图

陈关清等：贵州铜仁暴雨和冰雹雷达回波特征对比分析

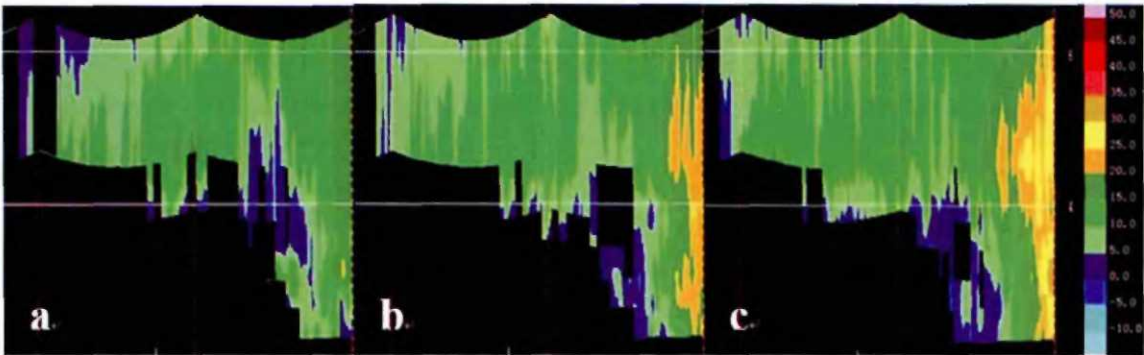


图1 2013年3月19日不同时段（19：44—20：13）反射率因子剖面图

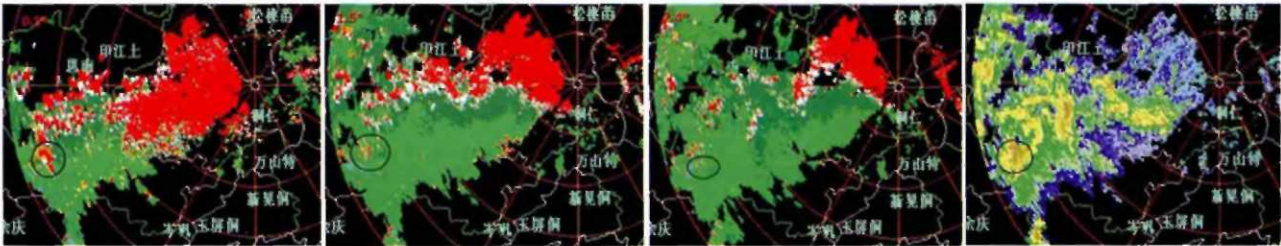


图2 2014年5月25日04:19不同仰角径向速度PPI（单位：m/s）与反射率因子（单位：dBZ）