

赣南脐橙低温冻害天气指数保险设计

张韵启

(赣州市气象局,江西赣州 341000)

摘要:利用赣州脐橙种植区 17 县(市、区)气象站 1961—2016 年的逐年年极端最低气温及出现日期、1999—2014 年脐橙单产等资料,建立了赣南脐橙低温冻害天气指数保险的赔付标准;基于自然灾害风险理论对赣南脐橙低温冻害风险进行评估,并依此评价修订保险费。通过构建数学模型,利用 LINGO 软件来求解规划方程,得出保险费为 67 元/666.7 m²。

关键词:低温冻害;天气指数保险;LINGO;赣南脐橙

中图分类号:F840.64

文献标识码:A

脐橙产业属于赣南特色主导产业,也是赣南地区的一大品牌。经过几十年的发展,赣南脐橙种植面积居世界第一,是全国最大的脐橙产区,但低温冻害等气象灾害影响脐橙的产量,制约着脐橙产业的发展,影响果农的经济收入^[1]。如 1999 年 12 月出现严重冻害,次年产量和产果面积均减少一半以上^[2]。早在 2012 年,国务院《关于支持赣南等原中央苏区振兴发展的若干意见》指出要开展脐橙保险^[3]。2016 年赣州市人民政府办公厅下发了《关于加快推进全市农业保险的通知》(赣市府办字〔2016〕156 号),通知要求积极开展农业特色产业保险,开办脐橙、烟叶、肉牛等商业保险险种,服务农业特色产业发展。开展赣南脐

橙天气指数保险研究,不仅可以为建立和完善脐橙政策性农业保险方案提供技术支撑,也可为开展其他作物政策性农业保险提供参考依据。

天气指数保险(Index-based weather insurance)是指把一个或几个气象条件对农作物损害程度指数化,保险合同以这种指数为基础,当指数达到一定水平并对农产品造成一定影响时,投保人即可获得相应标准的赔偿^[4]。天气指数保险作为一种新型的农业保险,具有客观性、独立性、指数结果可重复性、赔付的简便性等特点^[5-7]。近年来,天气指数保险模式已经在美国、加拿大等发达国家及印度、墨西哥、马拉维等一些发展中国家研究试点成功^[4]。我国近年来也有关于天气指数保

收稿日期:2019-03-05

作者简介:张韵启(1992—),女,汉,江西赣州人,硕士,助理工程师,从事农业气象工作。

技能竞赛考试系统[J],山东气象,2008,28(4):43-44.

[3] 罗曼,李旋.综合气象业务职业技能大赛中观测数据处理技巧[J].南方农机,2019(1):215-216.

[4] 施丽娟,张雪芬,杨志彪,等.全国地面气象观测技能竞赛考点分析[J].气象水文海洋仪器,2013(3):102-105.

[5] 李竹林.试卷质量的统计分析与评价[J].教学与管理,2006(12):60-62.

[6] 王纪军,任国玉,匡晓燕,等.河南省月和年降水正

态性分析[J].气候与环境研究,2010(4):522-528.

[7] 万家华.数据挖掘技术在学生成绩分析中的应用研究[J].哈尔滨师范大学自然科学学报,2016,32(6):38-41.

[8] 侯建忠,井宇,陈小婷,等.2016年商洛“7·30”局地突发性大暴雨综合分析及预报着眼点探讨[J].陕西气象,2017(5):1-5.

[9] 李明娟,戴昌明,井宇.智能网格预报业务发展前景下预报员作用的思考[J].陕西气象,2018(3):46-48.

险的研究。杨太明^[8-9]等设计了夏指数保险及水稻高温热害天气指数保险,以反映降水量、高温热害对作物减产的影响,构建了天气指数模型,提出了赔付标准。孙擎^[10]等用 Weibull 分布模拟不同地区发生早稻高温逼熟的概率,结合减产率来确定早稻高温逼熟气象灾害指数的保险费率。娄伟平^[11-13]等设计了柑桔天气指数及茶叶霜冻天气指数,以反映温度对作物产量的影响,为保险费率的设定提供依据。根据赣南脐橙越冬期低温冻害导致的脐橙产量损失与气象因子存在的关系,提出脐橙低温冻害保险的赔付标准,并结合脐橙低温冻害的风险分布,设定不同的保险费,从而设计出赣南脐橙低温冻害天气指数保险产品。

1 资料与方法

1.1 资料

气象资料来自赣州 17 县(市、区)气象站,包括 1961—2016 年逐年年极端最低气温及出现日期。脐橙产量资料来自赣州市统计局,包括 17 县(市、区) 1999—2014 年脐橙单产及挂果面积。地理信息数据来自江西省气候中心,包括赣州市 DEM 地理信息、土地利用资料和植被数据等。社会经济资料来自政府门户网站,包括以县(市、区)为单元的行政区年末实际耕地面积、GDP 等。

1.2 脐橙低温冻害天气指数保险指标设计

冻害是影响赣南脐橙种植的主要气象灾害之一^[14]。国内学者^[15]在研究浙江桔区柑桔受冻指标时提出,影响柑桔冻害的主要因子是低温强度和持续时间,冻害的温度指标可以用极端最低气温来表示。

考虑到天气指数要计算简单,便于理解和推广,基于 17 县(市、区)气象站的气象数据及农业资料,通过分析越冬期极端气温与脐橙单产减产率的关系,选取脐橙越冬期的极端最低气温作为冻害天气指数(T)。

1.3 脐橙低温冻害天气指数保险费计算

综合考虑保险公司和农户的利益,保险公司的赔付额及农户的损失都要降到最低,可以建立一个指标框架来进行评价,用 LINGO 软件来求解规划问题。为方便计算,将保险公司期望赔偿

不发生赔付要投入的保险费来计算。将以上指标变为目标函数,来表示保险公司的赔付率和农户的损失。当目标函数 D 最小时,保险公司的赔付及农户的损失相对最小,便求解出了最优保险费,则目标函数可表示为

$$D_{\min} = BP/M + M(1-P)L, \quad (1)$$

式中, B 表示保险金额, P 表示灾害概率, M 表示保险费, L 表示柑橘类保险投保人负担比。考虑到农业保险费不宜过高,假定一个 100 元/666.7 m^2 的上限,则约束条件为: $0(\text{元}/666.7 \text{ m}^2) < M < 100(\text{元}/666.7 \text{ m}^2)$ 。根据江西省农业保险保费补贴管理办法,柑橘保险类保险省财政补贴 10%,市财政补贴 10%,县财政补贴 20%,投保人承担 60%,因此 L 为 0.6。

1.4 脐橙低温冻害天气指数保险费的修订

气象要素存在着空间差异,各地区脐橙受到的低温冻害强度和频率也都存在差异,不同地区的作物种植面积、高程和植被等也是影响作物产量的重要因素。利用气象、地理、土地利用和社会经济数据,从低温冻害危险性、环境脆弱性、风险敏感性、防灾减灾能力 4 个方面构建赣南脐橙低温冻害风险评价模型^[3],从而对不同风险区域设定合理的保险费。

1.4.1 致灾因子危险性评价 影响脐橙低温冻害程度的因子主要有冻害的强度和概率。利用冻害频次与损失量的乘积来表示致灾因子的危险性。公式为

$$H = FS, \quad (2)$$

式中, H 表示致灾因子危险性指数, F 表示冻害频次, S 为损失量。 F 越大,则该地区遭受低温冻害的风险越大。冻害频次的统计方法:只要该地区某一年份出现日极端最低气温 $\leq -3 \text{ }^\circ\text{C}$ 的冻害,便记为出现一次冻害。损失量 S 可用来分析灾害强度分布的地域差异, S 越大,表示该地区历史上遭受灾害的强度越大,反之越小。

实际产量可分离成气象产量和趋势产量,若 y 表示实际产量, y_t 表示趋势产量, y_i 表示气象产量,则相对气象产量 y_i 表示为

$$y_i = y_t / y_t = (y - y_t) / y_t. \quad (3)$$

当相对气象产量为负值时,表

利于作物的生长,造成作物减产,则可用其绝对值表示该年减产率。实际产量用单产来表示,趋势产量的计算采用二次曲线法来模拟。损失量定义为受灾年减产率的平均值,用平均减产率表示。

首先对冻害频次及损失量进行计算,然后对致灾因子危险性进行评价,并将评价进行归一化处理。插值采用反距离权重法,分级方法采用自然断点分级法(以下等级划分方法类同),共分为低、中、高 3 个危险等级。

1.4.2 孕灾环境敏感性评价 从脐橙低温冻害的机理分析,选取高程及土地利用类型来表示孕灾环境敏感性,公式为

$$E=aQ+bK, \quad (4)$$

式中, E 表示孕灾环境敏感性指数, Q 表示高程, K 表示土地利用类型, a 和 b 为权重系数,其中 $a=0.7, b=0.3$ 。

首先对高程及土地利用类型进行归一化处理,然后进行孕灾环境敏感性评价,采用自然断点分级法将孕灾环境敏感性进行区划,分为低敏感区、中等敏感区和高敏感区。

1.4.3 承灾体脆弱性评价 承灾体是灾害风险作用的对象,是蒙受灾害的实体。即低温冻害只有作用于承灾体造成损失时,才形成灾害。其易损程度与单产有关,采用脐橙的单产变异系数来表示易损性。选取作物种植面积比来构成作物的暴露性,即脐橙种植面积越多,当有灾害发生时,可能受到的损失就越大。公式^[8]如下

$$V=CW, \quad (5)$$

式中, V 表示承灾体脆弱性指数, C 表示作物种植面积比率, W 表示产量变异系数。

先计算出作物种植面积比例及产量变异系数,然后进行低温冻害脆弱性评价与分析。作物种植面积比例的计算公式为

$$C=C_1/C_2, \quad (6)$$

式中, C_1 表示某县脐橙种植面积, C_2 表示某县耕地面积(单位均为 666.7 m^2)。产量变异系数计算公式为

$$W=\sigma/\bar{x}, \quad (7)$$

式中, σ 表示某县脐橙单产标准差, \bar{x} 表示某县脐

1.4.4 防灾减灾能力评价 防灾减灾能力是对脐橙低温冻害的预防和应对的能力,反映了社会经济能力在抵御灾害方面所起的作用。主要考虑人均 GDP 对防灾减灾能力的影响,防灾减灾能力指数用 R 来表示,选取赣南各县的人均 GDP 数据,绘制赣南地区人均 GDP 分布图,并进行归一化处理,用自然断点分级法进行划分,共分为低、中、高三个防灾减灾能力区。

1.4.5 综合灾害风险评价 根据赣南脐橙低温冻害风险与冻害危险性、环境脆弱性、风险敏感性、防灾减灾能力的关系,构建赣南脐橙低温冻害风险指数,公式为

$$A=mH+nE+pV+q(1-R), \quad (8)$$

式中, A 表示赣南脐橙低温冻害风险指数, H 、 E 、 V 、 R 分别表示致灾因子危险性指数、孕灾环境敏感性指数、承灾体脆弱性指数、防灾减灾能力指数。 m 、 n 、 p 、 q 为各评价因子的权重系数,分别为 0.6 、 0.2 、 0.1 、 0.1 。

风险指数较大,则脐橙出现低温冻害的风险大,冻害风险指标较高的区域为风险 I 区,因此设定该区的费率浮动系数大;剩下为风险 II 区。

2 结果与分析

2.1 脐橙低温冻害风险评估

赣南脐橙低温冻害致灾因子危险性分布如图 1a 所示,致灾因子危险性的高风险中心有三个,兴国、石城的大部分地区处于高风险中心,崇义县中部有一个高风险中心。由图 1b 可知,孕灾环境的高敏感区各县均有分布。从图 1c 可看出,承灾体脆弱性的高风险中心有一个,位于寻乌、安远的大部分地区及会昌南部地区。由图 1d 可知,龙南、崇义、定南、大余、全南、南康、赣县的防灾减灾能力较强。如图 2 所示,赣南脐橙低温冻害综合风险的高风险区主要分布在北部的石城、兴国,此外西部的崇义及东南部的安远各有一个高风险中心;寻乌县全境及大余、上犹、全南、定南的大部分地区处于中等风险区。将上述区域设为风险 I 区,其他区域设为风险 II 区。根据风险评估的结果,依据经验,设置风险 I 区的费率浮动系数为 1.2 ,风险 II 区的费率浮动系数为 1.0 。

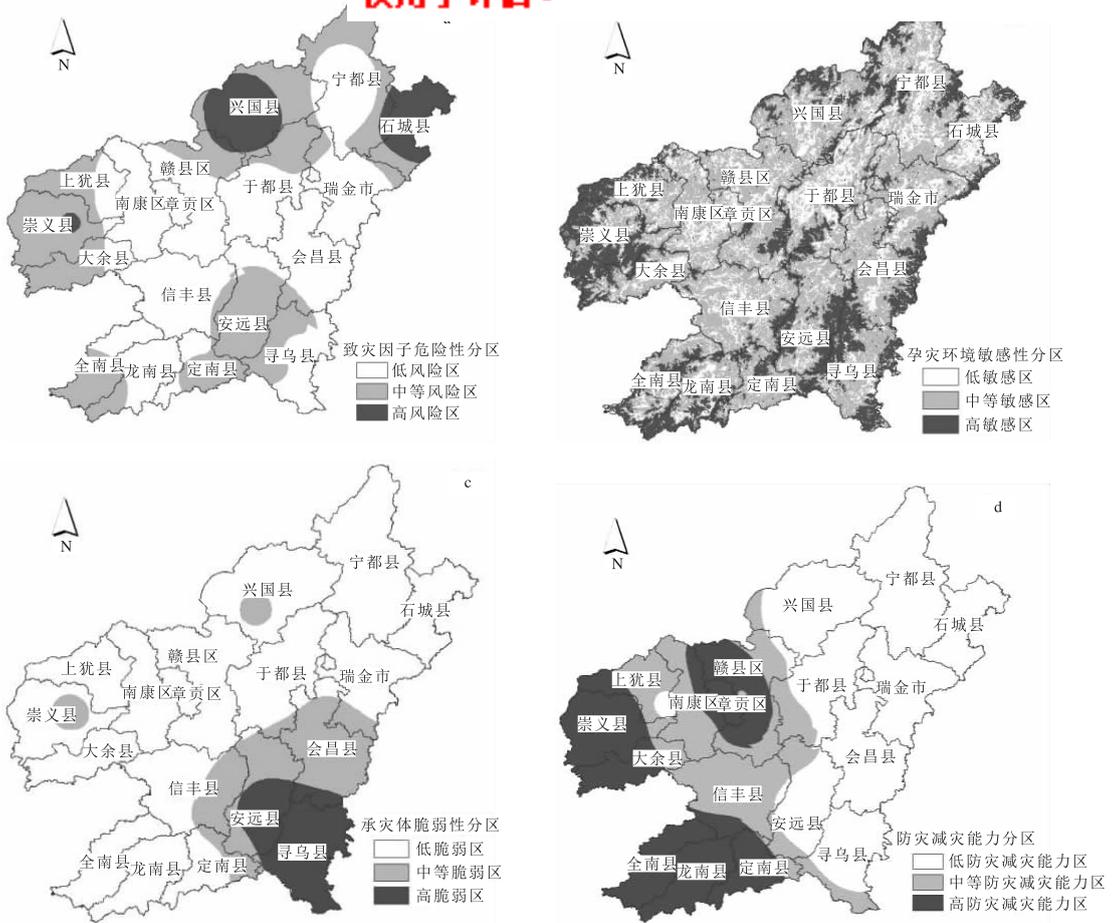


图 1 赣南脐橙低温冻害综合风险各指标分布

式中, X 表示减产率(%)。

极端最低气温每下降 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, 减产率就增加 7%。赣南脐橙越冬期低温冻害天气指数保险的理赔依据为冻害天气指数与脐橙经济损失之间的关系。利用公式(9)得出赣南脐橙低温冻害天气指数与减产率的关系(见表 1)。

表 1 赣南脐橙低温冻害天气指数与减产率的关系 %

T	X
$-3\text{ }^{\circ}\text{C} < T$	$0.0 \sim < 25.7$
$-5\text{ }^{\circ}\text{C} < T \leq -3\text{ }^{\circ}\text{C}$	$25.7 \sim < 39.7$
$-7\text{ }^{\circ}\text{C} < T \leq -5\text{ }^{\circ}\text{C}$	$39.7 \sim < 53.7$
$T \leq -7\text{ }^{\circ}\text{C}$	$53.7 \sim 100.0$

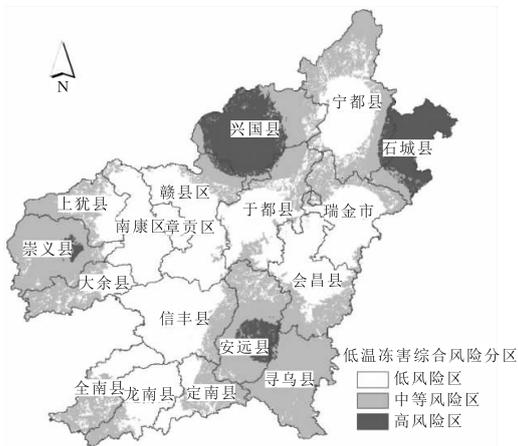


图 2 赣南脐橙低温冻害综合风险空间分布

2.2 冻害天气指数与减产率的关系

根据 17 县(市、区)气象站低温冻害的发生情况, 统计出各站的冻害天气指数与减产率, 并分析两者的相关性, 运用回归分析法, 可得到回归方程

$$X = 0.047 - 0.07T, \quad (9)$$

2.3 脐橙低温冻害天气指数保险赔付标准

赣南地区脐橙产量可达 $1 \sim 1.5\text{ t}/666.7\text{ m}^2$, 按照市场平均价格 $6\text{ }000\text{ 元}/\text{t}$ 推算, 丰收时产值可以达到 $6\text{ }000\text{ 元}/666.7\text{ m}^2$ 以上, 保障水平取 50%,

则保险金额为 3 000 元/666.7m²。将极端最低气温代入式(9)中可得减产率,则赔偿金额=保险金额×减产率。将保险金额 $B=3\ 000$ 元/666.7m²,灾害概率 $P=0.47$, $L=0.6$ 代入公式(1)中,在 LINGO11.0 中运行得出保险费 M 为 67 元/666.7 m²。则某地区保险费 M_i 可以由保险费率浮动系数和保险费 M 的乘积来求得,经计算得到风险 I 区保险费为 80.4 元/666.7 m²,风险 II 区保险费为 67 元/666.7 m²。

3 结论与讨论

(1)根据赣州脐橙种植区 17 个气象站点逐年极端最低气温及出现日期、脐橙单产等资料,建立了赣南脐橙低温冻害天气指数保险的赔付标准,发现越冬期极端最低气温(T)每下降 1℃,减产率就增加 7%,并依此作为赔付损失的依据。基于自然灾害风险理论对赣南脐橙低温冻害风险进行评估,对风险 I 区和风险 II 区分别设定 1.2、1.0 的费率浮动系数。运用数学模型,采用 LINGO 求解规划方程,得出保险费为 67 元/666.7 m²。

(2)天气指数保险中的基差风险难以避免,但如何减小基差风险是设计产品的关键。基于自然灾害风险理论对赣南脐橙低温冻害风险进行了评估,针对不同风险地区采用不同的费率浮动系数,并依此修订了保险费,减小了基差风险。

(3)对于传统的农业保险,在经营中存在着系统风险、道德风险等弊端,天气指数保险将灾害损失指数化,投保人根据每个天气指数对应的减产情况得到相应的赔偿,避免了逆向选择和道德风险。目前赣南地区的传统脐橙政策性农险,保险金额按平均 2 000 元/666.7 m² 确定,保险费为 40 元/666.7 m²,理赔时需要现场查勘和定损。本研究设计的天气指数保险金额为 3 000 元/666.7 m²,保险费为 67 元/666.7 m²,比现行的保险金额更高,保险费也相应更高一些,但定损时只需根据相应的极端最低气温来核定赔偿金额,规避了逆向选择和道德风险。

(4)未来,如何让农户理解和接受天气指数保险是值得深入探讨的。农户的家庭收入、柑橘收入比重、农户对保险的认可度与农户购买天气指

参考文献:

- [1] 谢远玉,谢勇. 赣南脐橙种植气候区划[J]. 江西气象科技,2003(4):36-38.
- [2] 谢远玉,张智勇,黄雪松,等. 赣南脐橙冻害风险评估和区划[J]. 自然灾害学报,2013,22(6):217-222.
- [3] 肖木兰. 赣南脐橙的农业保险费率测算与政策研究[D]. 南昌:南昌大学,2014.
- [4] 储小俊,曹杰. 天气指数保险研究述评[J]. 经济问题探索,2012(12):135-140.
- [5] 吴敏. 我国农产品天气指数保险研究[D]. 长沙:中南林业科技大学,2016.
- [6] 宋博,穆月英,侯玲玲,等. 基于 CVM 的我国农业气象指数保险支付意愿分析——以浙江柑橘种植户为例[J]. 保险研究,2014(2):54-63.
- [7] 邓芳,袁舒颖,周发明. 互助农业保险模式的应用研究——以石门县柑橘保险为例[J]. 湖南农业科学,2009(8):169-172.
- [8] 杨太明,许莹,孙喜波,等. 安徽省夏玉米干旱天气指数保险产品的设计及应用[J]. 气象,2016,42(4):450-455.
- [9] 杨太明,孙喜波,刘布春,等. 安徽省水稻高温热害保险天气指数模型设计[J]. 中国农业气象,2015,36(2):220-226.
- [10] 孙擎,杨再强,殷剑敏,等. 江西早稻高温逼熟气象灾害指数保险费率的厘定[J]. 中国农业气象,2014,35(5):561-566.
- [11] 娄伟平,吴利红,倪沪平,等. 柑橘冻害保险气象理赔指数设计[J]. 中国农业科学,2009,42(4):1339-1347.
- [12] 娄伟平,吉宗伟,邱新法,等. 茶叶霜冻气象指数保险设计[J]. 自然资源学报,2011,26(12):2050-2060.
- [13] 娄伟平,吴利红,陈华江,等. 柑橘气象指数保险合同费率厘定分析及设计[J]. 中国农业科学,2010,43(9):1904-1911.
- [14] 赖晓桦,谢上海,邓苏平,等. 赣南脐橙冻害调查研究及成因分析[J]. 中国园艺文摘,2010,26(1):141-143+110.
- [15] 黄寿波. 柑桔冻害及其防御技术[J]. 中国农业科学,1985(4):92-93.