

石家庄樱桃低温冻害天气指数保险纯费率的厘定

刘思廷^{1,2,3} 杨晔^{1,2} 高祺^{1*} 曹春莉¹

(1 石家庄市气象局, 石家庄 050081; 2 成都信息工程大学, 成都 610225;

3 河北省气象与生态环境重点实验室, 石家庄 050022)

摘要 利用典型樱桃园区 2018—2020 年物候观测数据及相近区域气象观测站气温数据、2006—2020 年国家自动气象观测站气温数据, 确定了低温冻害研究时段, 并按照积温(Growing Degree Days, GDD)模型划分了樱桃生育期气象指标, 参照 QX/T 88—2008 作物霜冻害等级中樱桃不同生育期低温冻害指标, 构建了以日最低气温、日平均气温、持续时间构成的低温冻害指数模型, 进而建立了低温冻害指数与减产率线性回归模型; 通过对比分析泊松分布、信息扩散方法、正态分布、韦伯分布 4 种概率分布模型在樱桃低温冻害指数分布中的适用检验, 选取通过卡方拟合优度检验且差值标准差最小的信息扩散方法模型, 厘定了石家庄露天樱桃低温冻害天气指数在不同触发条件下的保险纯费率, 最高为 2.045%, 最低为 0.173%。研究表明: 在数据量较小的情况下, 信息扩散方法模型的分布形态更加符合真实的概率分布形态, 为尚未开展长序列观测的农作物天气指数保险产品的设计提供了理论思考。

关键词 樱桃低温冻害; 天气指数保险; 分布模型; 纯费率

中图分类号: P429, S166 **DOI:** 10.19517/j.1671-6345.20220123 **文献标识码:** A

引言

近年来, 樱桃作为可供观赏、休闲采摘的高商业价值的经济果树品种, 已经成为石家庄都市现代农业发展中的重点推广树种。但在生产中发现, 春季低温冻害是当地制约樱桃生产的主要气象灾害之一, 如花期低温可降低柱头萌发率, 甚至造成花器冻害, 导致品质和产量显著下降, 严重时几近绝产^[1]。如 2020 年 4 月 22—23 日出现强冷空气, 连续低温造成赞皇县处于初果期的樱桃受冻严重, 导致樱桃减产 40%。天气指数保险因其具有信息高度透明、保障效率较高等突出的优势, 广泛被采纳^[2]。目前, 石家庄地区针对樱桃果树天气指数保险的研究尚未见相关报道。因此, 探索樱桃低温冻害天气指数保险、进而提升樱桃种植风险防御能力尤为迫切。

我国农业天气指数保险产品的研发成果自 21 世纪初以来逐渐增多^[3], 在农作物低温冻害天气指

数保险研究方面, 陈盛伟等^[2]基于最低气温设计出山东栖霞市苹果开花期低温冻害气象指数保险产品; 黄川荣等^[3]、汪春晖等^[4]、陶红超等^[5]相继针对福建省春茶萌芽至采摘期不同地区低温冻害发生概率开展了茶叶寒冻害气象指数分级产品研究; 孔维财等^[6]综合考虑了低温强度和持续时间的影响, 设计出了南京市油菜的低温冻害天气指数保险产品; 匡昕等^[7]利用分布函数拟合减产率与油桃花期、幼果期冻害指数, 研究确定了浙江地区油桃冻害气象指数产品; 娄伟平等^[8-9]针对浙江省柑橘采用分布模型拟合低温冻害发生概率设计出了冻害天气指数保险产品, 同时, 建立了柑橘生育期低温冻害等 3 种主要气象灾害的综合气象灾害天气指数^[10]; 张丽等^[11]在确定低温冻害指数与气象产量关系的基础上综合考虑了树龄, 建立了宜昌市脐橙冻害保险天气指数模型; 易永力^[12]等基于低温冻害发生概率、灾损率与赔付比例 3 个因子厘定了河北省承德地区露地大白菜低温冻害保险费率; 杨洁^[13]、吴岳^[14]、

<http://www.qxkj.net.cn> 气象科技

河北省石家庄市气象局科研项目(KY2012)“石家庄地区樱桃低温冻害天气指数保险产品初探”资助

作者简介: 刘思廷, 女, 1992 年生, 本科, 工程师, 主要研究方向为应用气象与气象服务, Email: 767582972@qq.com

收稿日期: 2022 年 3 月 23 日; 定稿日期: 2023 年 2 月 21 日

* 通信作者, Email: gq7618@sina.com

周军伟^[15]分别设计出了适用于砀山酥梨、湘北柑橘、山东栖霞苹果的低温冻害天气指数保险产品。综合来看,当前已有的针对多生育期的农作物低温冻害天气指数保险产品通常采用了同一低温冻害指标,而未考虑农作物不同发育期的低温冻害指标的差异性,因此在实际应用中存在较大的局限性,关于樱桃尤其是樱桃多生育期综合低温冻害的天气指数保险产品的相关研究更为鲜见。

因此,本文基于前人研究基础,利用石家庄市典型樱桃种植园区物候、产量、气象数据和樱桃不同发育期冻害指标,在以积温模型划分物候期的基础上,建立了低温冻害指数与减产率线性回归模型,进而通过对比分析不同概率分布模型在樱桃低温冻害指数分布中的适用检验,择优厘定了樱桃低温冻害天气指数保险产品纯费率,以期为当地丰富农业保险产品、提高果农抵御气象灾害风险能力提供技术支撑,推进石家庄气象指数保险服务,保障樱桃高质量发展。

1 材料与方 法

1.1 资料来源

物候数据:2018—2020 年石家庄市典型樱桃园区栾城苏园、赞皇鲍家滩、井陘梨岩、平山鸿润实际物候观测数据(表 1)、减产率数据(表 2),物候观测标准参照《农业气象观测规范——自然物候分册》。

栾城、平山、井陘低温冻害数据来源于物候记录、园区调研,赞皇低温冻害数据来源于保险机构。由于单次低温冻害减产率较难界定,故利用气象行业标准 QX/T 88—2008 作物霜冻害等级^[16]中对受害株率和减产率的对应关系,并通过专家咨询确定栾城、平山、井陘园区单次低温冻害减产率。

表 1 石家庄市域典型樱桃园区物候观测日期

园区	年份	花芽膨大期	花蕾期	初花期	盛花期	初果期
栾城苏园	2018	03-26	03-29	04-01	04-05	04-15
	2019	03-21	03-27	04-02	04-03	04-15
	2020	03-19	04-01	04-03	04-07	04-15
赞皇鲍家滩	2019	03-14	03-20	03-24	03-26	04-07
	2020	03-12	03-18	03-22	03-26	04-11
井陘梨岩	2020	03-17	04-03	04-04	04-07	04-13
平山鸿润	2020	03-15	03-20	03-22	03-23	04-05

表 2 石家庄市域典型樱桃园区冻害发生时间及减产率

园区	年份	低温冻害出现日期	减产率/%
栾城苏园	2018	04-07	15
		03-22	0
	2019	03-24	20
		03-28	20
	2020	04-11	0
		03-29—31	30
赞皇鲍家滩	2019	03-27—28	20
		04-22—23	40
	2020	03-27—28	10
井陘梨岩	2020	04-11	0
		04-22	0
平山鸿润	2020	无	0

气象数据:分别以栾城窦峪、赞皇土门、井陘天户峪、平山岗南区域自动气象观测站资料作为栾城苏园、赞皇鲍家滩、井陘梨岩、平山鸿润典型园区的气象环境分析资料。基于 2017—2020 年冻害研究时段 4 个区域气象站与相应国家站日气温数据进行相关性分析,日最低气温相关系数分别为 0.969、0.889、0.976、0.982,日平均气温相关系数分别为 0.995、0.895、0.949、0.898,均通过 0.01 水平显著性检验,以此为基础,对 4 个区域自动站资料进行了延长,将资料由 2017—2020 年延长至 2006—2020 年。

1.2 研究方法

1.2.1 概率分布模型

1.2.1.1 泊松分布模型(Poisson distribution)

泊松分布适合于描述单位时间(或空间)内随机事件 x 发生的次数。其模型为:

$$P(D_x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^{D_x}}{D_x!}, \quad D_x = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (1)$$

式中, D_x 表示低温冻害指数, λ 是低温冻害指数年分值的平均发生率,即保险时段内低温冻害指数的期望。

1.2.1.2 信息扩散方法(Information diffusion method)

信息扩散理论信息扩散原理是一种处理不完备信息的模糊方法,利用适当的扩散函数,将观测样本点集值化的方法^[17-20]。设 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$ 为低温冻害指数论域,即理论上可能出现的低温冻害指数, $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 为低温冻害实际记录, $x_1,$

x_2, \dots, x_n 为实际发生的低温冻害指数, 则某一个观测样本 x 可以通过式(2)将其携带的信息扩散给论域 V 中的所有点:

$$f_i(v_j) = \frac{1}{\rho \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x_i - v_j)^2}{2\rho^2}\right] \quad (2)$$

$$i = 1, 2, \dots, n \quad j = 1, 2, \dots, m$$

式中, ρ 称为扩散系数, 可根据样本集合中样本的最大集 b 和最小值 a 及样本个数 m 来确定:

$$\rho = \begin{cases} 0.8146(b-a) & m=5 \\ 0.5690(b-a) & m=6 \\ 0.4560(b-a) & m=7 \\ 0.3860(b-a) & m=8 \\ 0.3362(b-a) & m=9 \\ 0.2986(b-a) & m=10 \\ 2.6851(b-a)/(m-1) & m>10 \end{cases} \quad (3)$$

令 $A = \max_{1 \leq j \leq m} \{f(v_j)\}$, 则相应的模糊子集隶属

函数为 $u_x(v_j) = \frac{f(v_j)}{A}$, 归一化信息分布后得到

$$u_{xi}(v_j) = \frac{F_i(v_j)}{\sum_{j=1}^m F_i(v_j)}, \quad u_{xi}(v_j) \text{ 为样本点 } x_i \text{ 的归一化}$$

信息分布, 对 $u_{xi}(v_j)$ 进行处理, 则可以得到低温冻

害风险评估结果, 即 $l(v_j) = \sum_{j=1}^m u_{xi} v_j$ (其物理意义

是由观测样本经过信息扩散后, 得出结果, 如果低温冻害的观测值只能取论域 V 中的一个, 在将 x_i 看成是样本点代表时, 观测值为 v_j 的样本点个数为

$$l(v_j), \text{ 则概率估计值为: } p(v_j) = \frac{l(v_j)}{\sum_{j=1}^n l(v_j)}.$$

1.2.1.3 正态分布模型(Normal distribution)

正态分布, 也称高斯分布(Gaussian distribution), 在概率分布中应用最为广泛, 其概率密度函数为:

$$f(D_x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{(D_x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right], \quad -\infty < D_x < +\infty \quad (4)$$

式中, D_x 表示低温冻害指数, μ 期望值为位置参数, σ 标准差为尺度参数。

1.2.1.4 韦伯分布模型(Weibull distribution)

韦伯分布, 在可靠性分析和寿命检验中被广泛应用, 其概率密度函数为:

$$f(D_x) = \frac{k}{\varepsilon} \left(\frac{D_x}{\varepsilon}\right)^{k-1} \exp\left(-\frac{D_x}{\varepsilon}\right)^k, \quad D_x \geq 0 \quad (5)$$

式中, D_x 表示低温冻害指数, ε 为形态参数, k 为尺度参数。

1.2.2 物候积温模型

积温模型又称生长度日(Growing Degree Days, GDD)模型, 被广泛地用于预测木本植物的春季物候期^[21-26]。其具体公式为:

$$G_{DD} = \sum_{t=t_0}^{t_x} \max(T_A(t) - T_b, 0) \quad (6)$$

式中, G_{DD} 为计算得到的积温, t_x 代表各物候期的开始日期, t_0 为积温开始累积的日期, $T_A(t)$ 为第 t 天的日平均气温, T_b 为阈值或基础温度。

研究表明, 连续 5 日平均气温高于 6 °C 樱桃开始生长^[27-28], 本研究中 t_0 为连续 5 日平均气温高于 6 °C 的始日, T_b 为 6 °C。

也有试验表明发育速率与温度的关系是非线性的^[22], 即 GDDS 模型, 具体计算公式为:

$$G_{DDS} = \sum_{t=t_0}^{t_x} \frac{28.4}{1 + e^{-0.185(T_A(t) - 18.4)}} \quad (7)$$

1.2.3 纯费率厘定方法

保险的纯费率等于保险损失的期望值, 即纯保费占保险金额的比例, 各级低温冻害指数的纯费率:

$$R = \sum_{i=1}^n L_i E_i \quad (8)$$

式中, R 为纯费率, L_i 为各级低温冻害指数造成的减产率, E_i 为各级低温冻害指数发生的期望。

2 结果与分析

2.1 樱桃低温冻害研究时段的确定

由前人研究得知, 连续 5 日平均气温高于 6 °C 时樱桃开始生长^[27-28], 低于 0 °C 时樱桃会出现轻度冻害^[16, 29-30], 故本文将 5 日滑动平均日平均气温稳定通过 6.0 °C 的初日作为研究时段的始期, 日最低气温低于 0 °C 的最终日期作为研究时段的末期。基于区域站延长气温资料统计分析, 日平均气温稳定通过 6 °C 的初日最早出现在 2 月 21 日(2007 年赞皇), 低于 0 °C 的最终日期为 4 月 24 日(2020 年赞皇)。因此, 确定冻害研究时段为 2 月下旬至 4 月下旬。

2.2 冻害等级划定

冻害划定方法有多种, 要素通常包括日最低气温、持续时间^[31]或仅包含日最低气温^[18, 32]。本文依据气象行业标准 QX/T 88—2008 作物霜冻害等

级^[16],确定樱桃不同发育期发生冻害的最低气温界限指标:花芽膨大期-1.0℃,花蕾期-1.0℃,初花期-0.5℃,盛花期0.0℃,初果期0.0℃。

樱桃生育期内往往发生多次低温冻害,其强度不仅与日最低气温有关,还与冻害发生天数等有关,在樱桃生育期内发生的冻害往往呈现叠加效应^[6,8-9]。综合考虑樱桃发育期低温强度与持续天数的影响,设计低温冻害指数 T_{LD} 计算公式为:

$$T_{LD} = \begin{cases} T_L - T_0, & T \geq 0 \\ T_L - T_0 + T/2, & T < 0 \end{cases} \quad (9)$$

式中, T_L 表示日最低气温, T_0 表示低温冻害界限气温, T 表示日平均气温。如果连续两天或两天以上达到低温冻害起始气温,则低温冻害指数为:

$$T_{LD} = \sum_{i=1}^n \frac{T_{LD,i}}{n} - n \quad (10)$$

式中, n 为低温冻害天数, $T_{LD,i}$ 为第 i 天低温冻害指数。

2.3 低温冻害指数

2.3.1 物候积温模型的确定

基于 2018—2020 年典型樱桃园区气象资料和物候观测资料,带入式(6)、式(7),并计算两种积温模型标准差(表 3),结果表明,GDD 积温模型标准差较小。因此,本文应用 GDD 积温模型,以物候期积温均值结合专家问询,划分物候期,各物候期对应积温结果见表 4。

表 3 石家庄典型樱桃园区积温模型标准差均值 ℃

模型	花芽膨大期	花蕾期	初花期	盛花期	初果期
GDD	16.5	24.6	18.6	21.2	22.2
GDSS	23.8	27.3	25.1	30.7	40.5

表 4 石家庄区域樱桃各物候期 6.0℃ 以上有效积温 ℃

花芽膨大期	花蕾期	初花期	盛花期	初果期
25	70	80	95	140

2.3.2 低温冻害指数

基于石家庄市域典型樱桃园区延长序列日最低气温、日平均气温、持续时间及物候期划分指标,按照式(9)、(10)计算低温冻害指数。对低温冻害指数与实际减产率进行分析(图 1),其线性关系为:

$$Y = 0.0686T_{LD} - 0.0105, R^2 = 0.6579 \quad (11)$$

依据近 15 年低温冻害指数实际发生情况划分冻害等级: $-1 \leq T_{LD} < 0$ 、 $-2 \leq T_{LD} < -1$ 、 $-3 \leq$

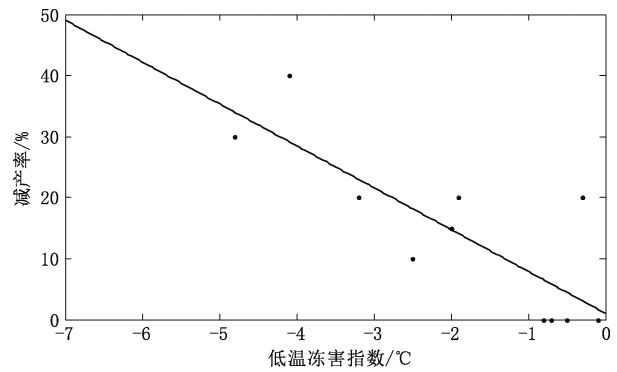


图 1 樱桃减产率与低温冻害指数线性关系

$T_{LD} < -2$ 、 $-4 \leq T_{LD} < -3$ 、 $-5 \leq T_{LD} < -4$ 、 $-6 \leq T_{LD} < -5$ 、 $T_{LD} < -6$,各低温冻害指数发生概率、平均减产率如表 5 所示。

表 5 低温冻害指数发生年概率及对应减产率

等级	发生条件	概率/%	减产率/%	平均减产率/%
1	$-1 \leq T_{LD} < 0$	5.000	0~7.9	4.0
2	$-2 \leq T_{LD} < -1$	2.833	7.9~14.8	11.3
3	$-3 \leq T_{LD} < -2$	2.833	14.8~21.6	18.2
4	$-4 \leq T_{LD} < -3$	1.667	21.6~28.5	25.1
5	$-5 \leq T_{LD} < -4$	1.333	28.5~35.4	31.9
6	$-6 \leq T_{LD} < -5$	0.500	35.4~42.2	38.8
7	$T_{LD} < -6$	0.000	42.2~100	71.1

2.4 樱桃低温冻害天气指数保险纯费率的厘定

2.4.1 低温冻害指数分布函数拟合

分别计算低温冻害指数概率泊松分布、信息扩散分布、正态分布、韦伯分布的概率密度模型。其中,泊松分布的参数 $\lambda = 1.9907$,正态分布的位置参数 $\mu = 1.9907$,尺度参数 $\sigma = 1.6604$,韦伯分布的尺度参数 $k = 1.1699$,形态参数 $\epsilon = 5.7265$ 。

2.4.2 分布函数选择

分别对泊松分布、信息扩散方法、正态分布、韦伯分布与实际概率进行卡方拟合优度检验,其值分别为 1.478%、0.092%、1.153%、1.338%,差值标准差分别为 0.804%、0.031%、0.670%、0.931%,信息扩散分布模型的卡方值和差值标准差均为最小;且通过对比图 2,发现泊松分布、正态分布、韦伯分布的分布形态与实际发生频率形态差异较大,信息扩散方法的分布形态与实际发生频率形态基本一致。因此,本文选取信息扩散方法来估算低温冻害指数概率。

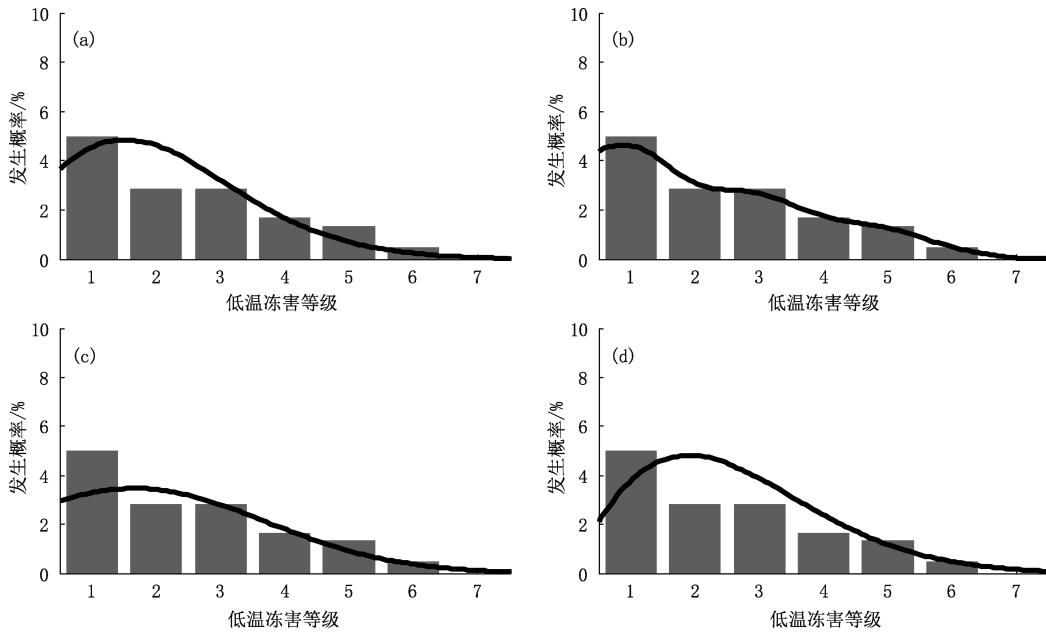


图 2 低温冻害等级发生概率拟合结果:(a)概率泊松分布模型,(b)信息扩散方法模型,(c)正态分布模型,(d)韦伯分布模型

2.4.3 低温冻害天气指数保险纯费率的厘定

依据式(11)计算不同触发条件下的纯保费率,结果见表 6。随着触发条件一列低温冻害指数的不断降低,其发生的概率也随之降低,纯保费率也依次减小。

表 6 不同触发条件下的纯保费率

触发条件	纯保费率/%
$-1 \leq T_{LD} < 0$	2.045
$-2 \leq T_{LD} < -1$	1.843
$-3 \leq T_{LD} < -2$	1.524
$-4 \leq T_{LD} < -3$	1.010
$-5 \leq T_{LD} < -4$	0.600
$-6 \leq T_{LD} < -5$	0.173

经调查,露天樱桃生产成本为 90000 元/hm²,触发条件为 $-1 \leq T_{LD} < 0$ 时,保费为 1840.5 元/hm²。石家庄市域仅赞皇开展了樱桃特色农业保险业务,保费为 3000 元/hm²,保险时段为 3 月 1 日至 6 月 30 日,共计 123 d,保险范围包括低温冻害、连阴雨、大风、冰雹等樱桃生育期内造成减产的所有灾害性天气。而本文包括 2 月下旬至 4 月下旬共计 69 d,且仅包含低温冻害一种灾害性天气。通过查证 2019 年、2020 年樱桃生育期实际发生灾害、定损情况(表 7),认定该纯费率的厘定符合实际。

表 7 2019 年、2020 年赞皇樱桃生育期实际发生灾害、定损

年份	日期	灾害种类	减产率/%
2019	03-31	低温冻害	30
2020	03-28	低温冻害	20
	04-22	低温冻害	40
	05-07	雨涝	40
	05-17	冰雹	30

3 结论与讨论

本文基于前人研究综合考虑了樱桃在春季不同发育期低温冻害的触发条件,选取较优物候积温模型划分了樱桃物候期,建立了以日最低气温、日平均气温、持续时间为要素的低温冻害指数模型和低温冻害指数与减产率的线性关系模型,进而通过对比分析 4 种理论分布模型选取最优模型厘定了不同触发条件下的樱桃低温冻害保险纯费率,经实际灾情理赔检验,研究结果符合 2019 年、2020 年樱桃保险服务实际。

通过本研究,发现在灾情数据样本较小的情况下,信息扩散方法模型的分布形态更加符合真实的概率分布形态,为尚未开展长序列观测、产量记录的果树天气指数保险的设计提供了思路。与以往研究

相比,本文设计的低温冻害天气指数保险产品针对樱桃春季多生育期,在实际应用中,相比于单生育期天气指数保险产品更加便于投保人与保险公司进行投保、赔付;在确定低温冻害指数指标时,利用物候积温模型划分了物候期,同时参照 QX/T 88—2008 作物霜冻害等级中不同物候期的指标,细化了春季发育期低温冻害指标,提高了低温冻害指数模型准确率;低温冻害指数模型依据日最低气温、日平均气温建立,同时考虑了持续低温的叠加效应,能综合反映樱桃春季低温冻害实际情况。

由于距离、海拔差等原因区域站气温数据不能完全代表园区,且基于市场化应用考虑,在确定低温冻害指数时未考虑降水、相对湿度等气象要素和园区管理等因素的综合影响,模型结果与实际造成的冻害可能存在一定偏差。今后,随着园区物候观测数据、气象数据的积累、农田小气候站网的完善,结合园区试验的开展,将不断完善樱桃低温冻害天气指数模型,提高模型准确率,改进天气指数保险产品,为保障樱桃园区高质量发展提供技术支撑。

参考文献

- [1] 徐相明,顾品强,陈琛,等.湿度偏低对2016年上海奉贤黄桃开花坐果的影响及致灾风险[J].气象科技,2020,48(6):903-310.
- [2] 陈盛伟,李彦.区域性苹果低温冻害气象指数保险产品的设计——以山东省栖霞市为例[J].保险研究,2015(12):78-87.
- [3] 黄川容,陈家金,孙朝锋,等.福建省茶叶寒冻害气象指数保险分级设计[J].中国生态农业学报(中英文),2021,29(12):2074-2083.
- [4] 汪春晖,陈志杰,陈家金,等.茶叶寒冻害天气指数保险设计[J].气象科技,2020,48(1):141-146.
- [5] 陶红超,陈家金,陈志彪,等.基于危险性评估的福建省茶叶寒冻害保险费率厘定[J].中国生态农业学报(中英文),2020,28(11):1778-1788.
- [6] 孔维财,高苹,徐敏.油菜低温冻害天气指数保险研究[J].江苏农业科学,2021,49(7):244-248.
- [7] 匡昕,陈嵘徐.油桃冻害气象指数保险设计[J].浙江农业学报,2014,26(6):1660-1666.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 娄伟平,吴利红,邱新法,等.柑桔农业气象灾害风险评估及农业保险产品的设计[J].自然资源学报,2009,24(6):1030-1040.
- [11] 张丽,孟芳,孙艳丽,等.宜昌市脐橙冻害保险天气指数模型设计[J].绿色科技,2022,24(14):239-242,280.
- [12] 易永力,彭九慧,赵春雷.露地大白菜低温冻害气象指数保险费率厘定方法研究[J].广东农业科学,2020,47(5):137-145.
- [13] 杨洁.砀山酥梨低温冻害天气指数保险定价研究[D].蚌埠:安徽财经大学,2019.
- [14] 吴岳.柑桔低温冻害气象指数保险研究——以湖北石门为例[D].长沙:湖南农业大学,2017.
- [15] 周军伟.苹果低温冻害气象指数保险产品的设计研究——以山东省栖霞市苹果低温冻害为例[D].泰安:山东农业大学,2014.
- [16] QX/T 88—2008 作物霜冻害等级[S].中华人民共和国气象行业标准,2008.
- [17] 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[J].中国农村水利水电,2015(3):99-102.
- [18] 于小兵,俞显瑞,吉中会,等.基于信息扩散的东南沿海台风灾害风险评估[J].灾害学,2019,34(1):73-77.
- [19] 管玥,刘佳鸿,何奇瑾,等.基于信息扩散理论分析华北平原夏玉米花期高温热害的风险概率[J].中国农业气象,2021,42(7):606-615.
- [20] 陈海涛,邱林,王文川,等.基于信息扩散和混沌理论的西安市玉米生育期旱涝特征[J].地理学报,2020,75(9):1893-1906.
- [21] 仲舒颖,葛全胜,戴君虎,等.中国典型观赏植物花期模型建立及过去花期变化模拟[J].资源科学,2017,39(11):2116-2129.
- [22] 王焕炯,陶泽兴,葛全胜.气候波动对西安39种木本植物展叶始期及其积温需求的影响[J].植物生态学报,2019,43:877-888.
- [23] 张利华,任曙霞,张永强.梨花始花期预报[J].气象科技,2012,40(3):485-488.
- [24] 姚日升,涂小萍,丁焯毅.宁波桃树花期预报法[J].气象科技,2014,42(1):180-186.
- [25] 刘中新,朱慧丽,李建平,等.麻城龟峰山古杜鹃花期滚动预报方法探讨[J].气象科技,2016,44(1):131-135.
- [26] 赵洪杰,闫景东,陈广瑞,等.积温对比法在鸭梨始花期预报中的应用[J].气象科技,2019,47(5):872-879.
- [27] 张平,张鹏,刘辉,等.不同低温处理对樱桃冷害发生的影响[J].食品科学,2012,33(12):303-308.
- [28] 周晓丽.渭北大樱桃种植与气象[M].北京:气象出版社,2016.12:18-20.
- [29] 付全娟,魏国芹,杨兴华,等.低温对甜樱桃花期的影响[J].北方园艺,2017(02):179-183.
- [30] 赵伟,祁英华.春季气候冻害指标——以贵德县为例[J].江西农业,2018(20):51-52.
- [31] 赵玉兵,李武龙,陈利英,等.河北省太行山区核桃萌芽幼果期温度适宜度模型构建及应用[J].气象科技,2022,50(1):155-160.
- [32] 姜燕敏,金志凤,李仁忠,等.浙南春茶早春霜冻的时空分布特征[J].气象科技,2016,44(6):1066-1070.

Estimate of Net Premium Rate of Cherry Low-Temperature Freezing Disaster Weather Index Insurance in Shijiazhuang

LIU Siting^{1,2,3} YANG Ye^{1,2} GAO Qi¹ CAO Chunli¹

(1 Shijiazhuang Meteorological Bureau, Shijiazhuang 050081; 2 Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225; 3 Hebei Key Laboratory of Meteorology and Ecological Environment, Shijiazhuang 050022)

Abstract: The data used in this study includes cherry phenological observation data and temperature observation data in the cherry planting area for 2018 – 2020 and the temperature data of the national automatic meteorological observation station in 2006 – 2020 in Shijiazhuang. The research period is determined by adopting mathematical statistical methods, and the meteorological indicators of cherry fertility are delineated according to the GDD(Growing Degree Days) model. Subsequently, by referring to the “Crop Frost Damage Grade”, the daily minimum temperature, the daily average temperature and duration are selected as the elements of the low-temperature freezing injury index in this paper. The linear regression model between low-temperature freezing injury index and yield reduction rate is established. Compared to the four probability distribution models, including poisson distribution, information diffusion method, normal distribution and Weber distribution, the results show that the information diffusion method passes the chi-square goodness of fit test, and its RMSE value of the model is the minimum. Therefore, the information diffusion method is the most suitable low-temperature freezing injury index distribution model. The study finally determines the weather index insurance net premium rate under different trigger conditions of low-temperature freezing injury in Shijiazhuang. The maximum rate is 2.045%, and the minimum is 0.173%. At the same time, this study finds that in the case of a small amount of data, the distribution pattern of the information diffusion method model is more consistent with the real probability distribution pattern. And this model provides a theoretical model for the crop weather index insurance products, for which long-series observations have yet to be conducted.

Keywords: cherry low-temperature freezing disaster; weather index insurance; distribution model; net premium rate