

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.
doi:10.15889/j.issn.1002–1302.2021.07.042

油菜低温冻害天气指数保险研究

孔维财¹,高 苹²,徐 敏²

(1.江苏省南京市高淳区气象局,江苏南京 211300;2.江苏省气候中心,江苏南京 210008)

摘要:利用 1961—2019 年油菜生育期内逐日气象资料、油菜产量和低温冻害数据,确定由最低气温构成的低温冻害天气指数指标,分析减产率和天气指数的关系,建立天气指数模型,使用燃烧定价法厘定了天气指数保险的纯保费率,并根据相关政策和实际情况,确定不同触发条件下的差异保费率、赔付标准,设计油菜低温冻害天气指数保险合同。低温冻害天气指数保险产品依托于相关国标、文献和实际情况,指标客观、操作方便,设计思路可为相似区域油菜低温冻害天气指数研究提供借鉴。

关键词:油菜;低温冻害;天气指数;保险;纯保费率;气象灾害

中图分类号: F840.66 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002–1302(2021)07–0244–05

我国油菜可分为春油菜和冬油菜,其中冬油菜种植面积占绝大多数,且主要集中在长江流域^[1]。江苏省气象条件优越,适宜油菜生长,是我国重要的油菜种植区域。2019 年江苏省油菜种植面积为 14.4 万 hm^2 ,总产量为 50.5 万 t,约占全国总产量的 13%^[2]。近年来,受粮油价格上涨影响,农民种植油菜的积极性提高,外加油菜花观光旅游经济的发展,种植面积不降反增。

天气指数保险是一种区别于传统的、基于损失赔付的新型保险产品,其赔付标准为保险合同中约定的天气指数数值或级别。天气指数保险能排除传统统计方法计算中存在的 uncertainty。灾害评估是研究天气指数保险的前提条件。我国学者已经做了大量相关研究,栾庆祖等研究了水果冰雹灾损评估方法^[3],金志凤等研究了浙江茶叶天气指数保险^[4],李德等研究了砀山酥梨花期低温冷害风险评估方法^[5],任义方等研究了江苏水稻高温热害天气指数保险^[6],金志凤等研究了浙江茶叶冻害评估方法^[7],这些方法的广泛应用,使天气指数的研究取得了阶段性的成果。如何把农业灾害风险评估方法应用于天气指数保险是防灾减灾的重点之一。

杨太明等研究了安徽夏玉米干旱、水稻高温热害、冬小麦种植天气指数保险^[8–10],曹雯等研究了宁夏枸杞病害天气指数保险,这些农业灾害风险评估方法与天气指数保险相结合的产品得到了良好的推广和应用,并取得了较好的服务效果^[11]。受全球气候变暖影响,江苏低温冻害频次增多、强度增强,低温冻害是油菜的重要自然灾害之一,油菜苗期低温、蕾薹期倒春寒、开花期低温均会造成油菜不同程度的减产。江苏省曾在 1961 年、1969 年、1976 年、1980 年、1994 年、2008 年、2018 年出现过较严重的低温冻害,对油菜产量产生较大的影响。因此,开展提高油菜低温冻害的防灾减灾能力、灾后恢复生产的研究十分必要。农业保险是常用的风险转移的手段,常规农业保险在查险、定损、理赔、估价等方面存在较大分歧,基于天气指数保险能较好地解决这些问题。因不同区域气候的差异性,针对江苏省油菜天气指数保险的研究较少,本研究将为江苏省油菜低温冻害天气指数保险设计提供依据,对于拓展天气指数保险领域,规避油菜种植低温冻害风险很有必要。

1 资料与方法

1.1 资料来源

选取高淳国家气象站 1961—2019 年油菜播种到成熟期(根据生育期观测资料,确定多年平均起止日期为 9 月 21 日至翌年 5 月 22 日)的气象数据;收集整理了南京市高淳区油菜种植面积、总产、单产资料和灾情信息,油菜数据来源于南京市统计年

收稿日期:2020–07–25

基金项目:国家重点研发计划(编号:2019YFD1002201);南京市气象局自立科研项目(编号:NJ201802)。

作者简介:孔维财(1986—),男,江苏南京人,硕士,工程师,主要从事农业气象研究。E-mail:946959277@qq.com。

通信作者:徐 敏,硕士,高级工程师,主要从事农业气象研究。
E-mail:amin0506@163.com。

鉴,灾情信息来源于《中国气象灾害大典(江苏卷)》和南京市气象局的历年灾情记录。

1.2 减产率计算

产量主要受农业生产水平和气象条件的影响^[12],可将油菜单产分解为随生产力变化的趋势产量、随气象条件变化的气象产量、随机变量 3 个部分,计算公式如下:

$$Y = Y_w + Y_t + \varepsilon. \quad (1)$$

式中, Y 为实际单产; Y_w 为气象产量; Y_t 为趋势产量,趋势产量由 5 年滑动平均值求得; ε 为随机变量,由政策等因素导致,占比小,可忽略。

低温冻害对油菜产量的影响因地区、年份而异,为便于对比分析,本研究通过气象产量计算相对气象产量,把相对气象产量中负值部分定义为减产率,计算公式如下:

$$S = \begin{cases} \left| \frac{Y_i - Y_t}{Y_t} \right| \times 100\% & Y_i < Y_t \\ 0 & Y_i \geq Y_t \end{cases} \quad (2)$$

式中: S 为减产率; Y_i 为第 i 年实际单产。

1.3 天气指数选取

油菜极易受苗期低温、蕾薹期倒春寒、开花期低温影响,且各生育期同一低温造成的灾害程度不一致^[13-14]。油菜苗期生长最适温度为 $10 \sim 20^\circ\text{C}$,当最低气温降至 $-5 \sim -3^\circ\text{C}$ 时,叶片轻度受冻;降至 $-9 \sim -6^\circ\text{C}$ 时,叶片严重受冻,外围大叶基本冻死,低于 -10°C 时心叶冻死,植株死亡。冬油菜一般在开春后,气温稳定在 5°C 以上时现蕾,气温在 10°C 以上时可迅速抽薹,若蕾薹期气温低于 -2°C 将严重受冻,造成裂薹和死蕾;开花期遇到 5°C 以下低温,开花会明显减少^[15]。

天气保险指数的选取既要准确反映实际损失、受人为影响小,也要客观稳定、有效控制基差风险,在实际操作中要易于保险公司定损和理赔、易于投保人理解和推广^[16]。相关研究表明,油菜对低温敏感,减产与低温关系密切,且低温不受人为影响,便于投保人理解和操作,适合构建天气指数。本研究根据油菜对低温的敏感性、不同生育期低温致灾性,参考 GB/T 27959—2011《南方水稻、油菜和柑桔低温灾害》《实用农业气象指标》《高淳县农业气候手册》,把低温冻害临界指标分为 3 级:1 级冻害影响较轻,2 级冻害影响中等,3 级冻害严重、减产明显,每个等级有对应的最低气温范围,见表 1。其中苗期分为 3 个等级,蕾薹期和开花期各设置 1 个等级。

表 1 油菜低温冻害临界指标

生育期	低温冻害等级	温度范围 ($^\circ\text{C}$)	平均起止日期
苗期	1(轻)	$-5 \sim -0$	9 月 21 日至翌年 1 月 29 日
	2(中)	$-9 \sim -6$	
	3(重)	< -10	
蕾薹期	3(重)	< -2	1 月 30 日至 3 月 17 日
开花期	3(重)	< 5	3 月 18 日至 5 月 8 日

油菜低温冻害不仅与极端最低气温相关,还与持续时间有关,在油菜生育期出现的冻害,造成的灾害一般呈现叠加的效应^[17]。为反映低温冻害的累计效应,综合考虑低温强度和持续时间对油菜的影响,设计低温冻害天气指数,公式如下:

$$F = \sum_{j=1}^n H_j. \quad (3)$$

式中: F 为低温冻害天气指数; H_j 为某年的第 j 次低温冻害的灾害等级; n 为 1 个油菜生育期内低温冻害灾害出现的次数。

1.4 纯保费率计算

纯保费率的计算是保险合同设计的重要组成部分,也是低温冻害风险的主要体现。天气指数纯保费率的计算一般采用燃烧定价法来计算,该方法是通过假设未来期望损失率与历史损失分布相同,通过历史数据来估算期望值的一种方法^[18-20]。计算公式如下:

$$R = \frac{E[\text{loss}]}{\lambda\mu} = E[\text{loss}] = \sum_{k=1}^n S_k P_k. \quad (4)$$

式中, R 为纯保费率; $E[\text{loss}]$ 为期望损失率; λ 为保障比例; μ 为预期油菜单产比例; λ 、 μ 均取值为 100% ^[21]; S_k 为第 k 级低温冻害的减产率; P_k 为第 k 级低温冻害的发生概率; k 为低温冻害等级。

1.5 天气指数保险合同设计

保险赔偿的触发条件及相应的赔付标准是油菜低温冻害天气指数保险合同的核心部分,其赔付公式如下:

$$I = \begin{cases} \left(\frac{S - S_{\min}}{S_{\max} - S_{\min}} \right) Q & F_m \geq F_0 \\ 0 & F_m < F_0 \end{cases}. \quad (5)$$

式中: I 为单位面积赔付金额; Q 为保额; S_{\max} 为最高减产率(历史最高减产率为 40.3%); S_{\min} 为赔付触发值对应的减产率; F_m 为第 m 年天气指数; F_0 为保险赔付触发值。当天气指数大于或等于触发值时,投保人可获得保险赔偿。投保人可以根据历史灾情及实际情况,选择适合的触发值条件进行投保,

以获得更好的经济效益。

2 结果与分析

2.1 油菜产量及低温变化规律分析

随着科学技术的发展、农业机械化的推进、优良种子的推广和政策的支持,油菜产量呈现波动上升的趋势,线性趋势倾向率为 $445.4 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot 10 \text{ 年})$ 。近 59 年油菜产量经历了 3 个明显的上升阶段(图 1),分别为 20 世纪 60 年代到 70 年代末、20 世纪 80 年代、20 世纪 90 年代到 21 世纪 10 年代末;近 59 年油菜产量有 3 个明显的波谷,当实际产量低于趋势产量时为减产年份,1977 年、1988 年、2011 年减产明显,分析其原因为 1977 年出现了 $-12.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的极端最低气温, $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下低温有 52 d,低温冻害严重,减产明显;1988 年油菜生育期内极端最低气温为 $-6.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下低温有 30 d,减产率最小;2011 年油菜生育期内极端最低气温为 $-8.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下低温有 51 d,减产率小于 1977 年。

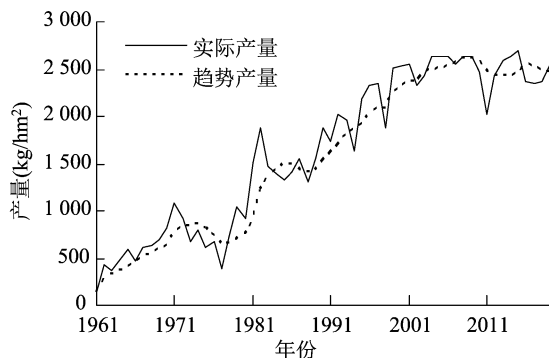


图1 油菜实际产量与趋势产量的时间序列

气温是影响油菜生长发育和产量形成的重要气象因子。南京市高淳区 1961—2019 年年极端最低气温呈升高的趋势(图 2),气候倾向率为 $0.57 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ 年}$ ($r^2=0.187, P<0.001$),历史极端最低气温为 $-14.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$,出现在 1969 年,年最低气温最高值为 $-1.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$,出现在 2019 年。油菜生育期低温持续时间对产量也有很大的影响。油菜生育期低温天数呈现波动下降的趋势(图 3),其中 $<5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 天数下降趋势最大,线性趋势倾向率为 $-4.7 \text{ d}/10 \text{ 年}$,下降趋势最小的为 $<-5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 天数,线性趋势倾向率为 $-1.0 \text{ d}/10 \text{ 年}$ 。1977 年 $<-5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 天数最多,此年油菜出现明显减产,与图 1 中产量下降的趋势吻合;1968 年 $<0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 天数最多,为 72 d,但 1968 年极端最低气温相对较高,为 $-5.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$,油菜产量未出现明

显下降,2001 年 $<0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 天数最少,为 8 d;1970 年 $<5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 天数最多,为 124 d,此年极端最低气温为 $-10.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$,油菜出现小幅减产。年极端最低气温的升高趋势及油菜生育期低温天数下降趋势可能与全球的气候变暖背景有关。

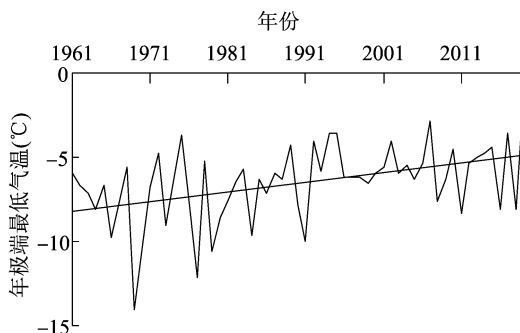


图2 油菜生育期年极端最低气温

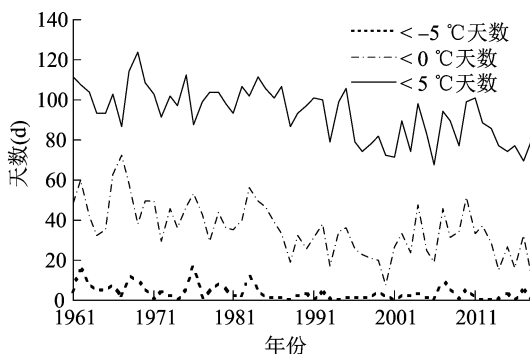


图3 油菜生育期年低温天数

2.2 天气指数模型构建

由于天气指数保险存在基差风险,本研究根据《中国气象灾害大典(江苏卷)》和南京市气象局灾情记录对油菜样本进行筛选,去除非低温冻害导致油菜减产的年份。根据公式(3)计算低温冻害天气指数,结果(图 4)表明,近 59 年以来,油菜低温冻害天气指数最大值为 103,出现在 1968 年;最小值为 10,出现在 2017 年,其中 75% 的天气指数在 20~60 之间, $F \leq 20$ 出现的概率为 10%, $F \geq 80$ 出现的概率为 5%,极值的出现概率较小。

为建立油菜低温冻害天气指数模型,采用油菜减产率与天气指数进行回归分析(图 5),得到减产率与低温冻害天气指数的关系模型,如公式(6)所示,减产率与低温冻害天气指数相关系数 0.30,通过了 0.05 显著性水平检验。

$$S = 0.159F + 3.685. \quad (6)$$

根据天气指数的影响程度,将天气指数分为 5 级(表 2),Ⅱ、Ⅲ级发生概率为 77.2%;Ⅰ级发生概

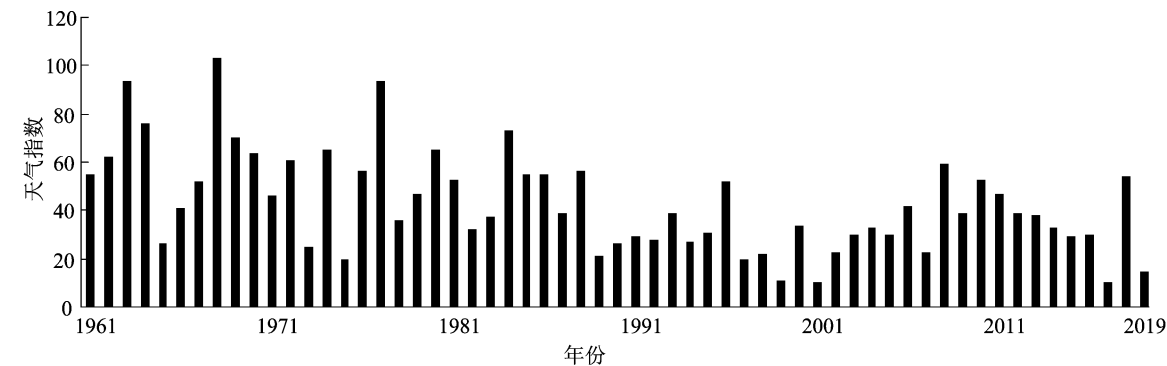


图4 油菜低温冻害天气指数

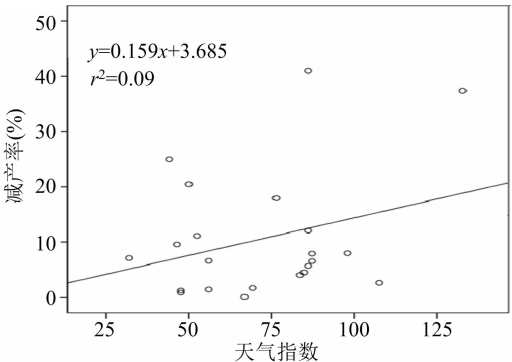


图5 油菜低温冻害天气指数与减产率散点

率较小,且对油菜生长影响较小,平均减产率为 5.4%;Ⅳ级影响较大,平均减产率为 14.9%,但发生概率较低,概率仅为 9.1%;Ⅴ级对油菜影响极大,但发生概率最小,仅为 4.6%。由此可见,低温冻害一般会造成油菜减产 3.8%~19.6%,这与实际生产较一致,因此,本研究构建的天气指数合理可行。

表2 油菜低温冻害天气指数与减产率的关系

等级	F 取值范围	发生概率 (%)	减产率 (%)	平均减产率 (%)
I	$1 \leq F \leq 20$	9.1	3.8~6.9	5.4
Ⅱ	$21 \leq F \leq 40$	36.3	7.0~10.0	8.5
Ⅲ	$41 \leq F \leq 60$	40.9	10.1~13.2	11.7
Ⅳ	$61 \leq F \leq 80$	9.1	13.3~16.4	14.9
Ⅴ	$81 \leq F \leq 100$	4.6	16.5~19.6	18.1

2.3 天气指数合同设计

保额一般通过生产成本或产量确定,一般为最近连续 5 年平均产量的 40%~80%。参照江苏农业保险网(<http://www.jsnx.org/>)及相关研究,本研究将 2015—2019 年的平均产量、油菜最新平均单价和历史最大减产率相乘获得保额。油菜历史最高减产率为 40.3%,按照现在油菜的市场价计算,保额为 10 591.8 元/hm²,这与《江苏省政策性农业保

险油菜种植保险条款》《省政府办公厅关于做好 2014 年全省农业保险工作的通知》[苏政发(2014) 21 号]中规定的 1 hm² 油菜保险金额 3 个档次(6 000、8 250、10 500 元)中第 3 个档次十分吻合。

免赔额是指在保险合同中规定的损失在一定限度内保险人不负赔偿责任的额度,主要是为了减少频繁发生的小额赔付,提高被保险人的责任心和注意力,降低保险机构的经营成本,按照相关规定,本研究定义损失率 10% 为免赔额,代入公式(5),计算出赔付标准,见表 3。

表3 油菜低温冻害天气指数赔付方案

天气指数取值范围	赔付比率 (%)	赔付金额 (元/hm ²)
$F \leq 20$	0.0	0.0
$21 \leq F \leq 40$	24.4	2 584.4
$41 \leq F \leq 60$	48.2	5 105.2
$61 \leq F \leq 80$	72.0	7 626.1
$81 \leq F \leq 100$	95.8	10 146.9
$F > 100$	100.0	10 591.8

2.4 天气指数保险费率的厘定

基于分析 1961—2019 年油菜生育期气象资料,得出低温冻害天气指数与灾害发生概率,代入公式(4)计算出不同触发条件下纯保费率和保费,见表 4。当触发值 F_0 为 81 时,保费最低为 84.7 元/hm²,在历史数据中只触发过 1 次。相比较而言,触发值 F_0 为 41 或 61 时,灾害发生概率大、获得赔付可能性高,且保费少、经济效益高。投保人可根据实际情况,选择合适的触发条件,以便在低温冻害中获得更大收益。

3 结论与讨论

本研究在国内外学者研究成果的基础上,通过分析 1961—2019 年油菜生育期气象数据、油菜产量

表 4 油菜低温冻害天气指数不同触发条件下纯保费率和保费

F_0 取值	纯保费率 (%)	保费 (元/hm ²)
21	10.4	1 101.5
41	6.8	720.2
61	2.1	222.4
81	0.8	84.7

和低温冻害灾害数据,针对油菜生育期灾害分析了减产率和低温冻害天气指数的关系,建立了低温冻害天气指数模型,线性模型相关系数 0.30,通过了 0.05 水平显著性检验,厘定了天气指数保险的赔付标准,设计了天气指数保险产品,以期江苏省保险公司开展油菜天气指数保险提供科学的依据。

本研究在确定油菜低温冻害指标时参考了农业气象专家建议和实际工作经验,也查阅了相关国标、气象指标书籍;天气指数选择是依据长时间序列的气象与产量数据,避免了因数据少而导致的不稳定现象;天气指数是依据最低气温建立的,也考虑了持续低温的叠加效应,能综合反映油菜低温冻害的情况,在实际操作中,方便投保人与保险公司进行投保和赔付,操作方便简单的同时也减少了争议的发生;本指数保险产品以 10% 为免赔额,设计了不同出发条件下纯保费率和保费,纯保费率为 0.8%~10.4%,保费为 84.7~1 101.5 元/hm²,方便投保人根据实际情况选择适合的保险触发条件,以获得更大收益。

2018 年全国性特大雪灾持续时间长、降水量大、最低温度低,油菜低温冻害严重,据相关统计,南京市高淳区油菜赔付金额达 2 218.0 万元,受此影响,2019 年高淳油菜投保面积有所上升,为 2.66 万 hm²,仍不到总种植面积的一半。在实际工作中发现,高淳区一些油菜种植大户参与积极性较高,但大多数地区仍以农户为种植单位,且种植地域不集中、管理技术水平差异较大,造成了油菜保险推广困难,在以后的工作中,有待结合区域自动站数据开发精细化天气指数,寻找保险的突破口,以更好地适应农业保险的实际需要。

油菜生育期低温冻害不仅与低温强度和持续时间有关,还与 1 d 中低温出现时段、降温幅度、降水量、日照时间等有关,为方便计算和应用,本研究只选择低温及持续时间作为天气指数指标,同时,文中天气指数保险产品只适用于单个灾害,而在油菜生育期中,多种气象灾害会起到叠加效果,在以

后的研究中,有待研发更全面且具符合生物学意义的天气指数。

参考文献:

[1] 鞠英芹,杨霏云,马德栗,等. 江淮地区油菜渍害的时空分析[J]. 自然灾害学报,2017,26(6):136-146.

[2] 张 佩,吴 田,姚 薇,等. 江苏省油菜全生育期气候特征的变化分析[J]. 江苏农业科学,2015,43(9):118-121.

[3] 栾庆祖,董鹏捷,叶彩华. 面向气象指数保险的水果冰雹灾害灾损评估方法[J]. 中国农业气象,2019,40(6):402-410.

[4] 金志凤,叶建刚,杨再强,等. 浙江省茶叶生长的气候适宜性[J]. 应用生态学报,2014,25(4):967-973.

[5] 李 德,杨太明,戚尚恩,等. 黄河故道砀山酥梨花期低温冷害风险的评估方法初探[J]. 中国农业气象,2009,30(4):611-615.

[6] 任义方,赵艳霞,张旭晖,等. 江苏水稻高温热害气象指数保险风险综合区划[J]. 中国农业气象,2019,40(6):391-401.

[7] 金志凤,胡 波,严甲真,等. 浙江省茶叶农业气象灾害风险评价[J]. 生态学杂志,2014,33(3):771-777.

[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] 杨太明,刘布春,孙喜波,等. 安徽省冬小麦种植保险天气指数设计及应用[J]. 中国农业气象,2013,34(2):229-235.

[11] 曹 雯,武万里,杨太明,等. 宁夏枸杞炭疽病害天气指数保险研究[J]. 干旱气象,2019,37(5):857-865.

[12] 徐 敏,徐经纬,高 苹,等. 不同统计模型在冬小麦产量预报中的预报能力评估——以江苏麦区为例[J]. 中国生态农业学报(中英文),2020,28(3):438-447.

[13] 张学昆,张春雷,廖 星,等. 2008 年长江流域油菜低温冻害调查分析[J]. 中国油料作物学报,2008,30(1):122-126.

[14] Xu S J,Chong K. Remembering winter through vernalisation[J]. Nature Plants,2018,4(12):997-1009.

[15] 杨霏云. 实用农业气象指标[M]. 北京:气象出版社,2015.

[16] 李懿珈,叶 涛,德庆卓嘎,等. 基于遥感植被指数的西藏那曲地区畜牧业旱灾指数保险产品的设计研究[J]. 农业现代化研究,2018,39(4):680-688.

[17] 周 嘉,王小巍,周安宁,等. 平凉市苹果花期冻害政策性农业保险气象理赔指数设计[J]. 湖北农业科学,2017,56(16):3144-3148.

[18] 王新伟,杜明哲,王 丽,等. 河南省花生连阴雨灾害气象指数保险设计[J]. 生态学杂志,2018,37(11):3390-3395.

[19] Zhou L H,Yan T,Chen X,et al. Effect of high night temperature on storage lipids and transcriptome changes in developing seeds of oilseed rape[J]. Journal of Experimental Botany,2018,69(7):1721-1733.

[20] Gu X B,Li Y N,Du Y D. Biodegradable film mulching improves soil temperature, moisture and seed yield of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.)[J]. Soil & Tillage Research,2017,171:42-50.

[21] 郑小琴,赖焕雄,徐宗焕. 台湾热带优良水果(寒)冻害气象保险指数设计[J]. 西南农业学报,2011,24(4):1598-1603.