

曹雯,成林,杨太明,等,2019.河南省冬小麦拔节-抽穗期干旱天气指数保险研究[J].气象,45(2):274-281. Cao W, Cheng L, Yang T M, et al, 2019. Study on weather index insurance of drought damage at jointing-heading stage of winter wheat in Henan Province[J]. Meteor Mon, 45(2): 274-281 (in Chinese).

河南省冬小麦拔节-抽穗期干旱天气指数保险研究^{*}

曹雯^{1,2} 成林^{1,3} 杨太明² 许莹²

1 中国气象局·河南省农业气象保障与应用技术重点开放实验室, 郑州 450003

2 安徽省农业气象中心, 合肥 230031

3 河南省气象科学研究所, 郑州 450003

提 要: 利用1971—2014年河南103个台站地面气象逐日观测资料和冬小麦产量资料, 选择对产量有明显影响的拔节-抽穗期干旱作为天气指数保险设计的气象灾害类型, 分析了河南冬小麦拔节-抽穗期干旱发生基本规律, 并开展干旱风险评估。定义降水负距平百分率作为冬小麦干旱天气指数, 并利用173组典型灾害样本建立了冬小麦拔节-抽穗期干旱天气指数与减产率的关系模型; 在此基础上, 初步设计了冬小麦干旱天气指数保险产品, 并基于风险评估结果对天气指数产品费率进行修订。结果表明, 河南冬小麦干旱程度总体由西南向东北增强; 拔节-抽穗期, 豫北地区的干旱风险最高; 其次是豫西北、豫东和豫中; 豫西南和豫南的风险相对较低; 基于天气指数模型和历史赔付状况分析, 将降水负距平百分率60%作为触发值, 并确定了不同干旱天气指数等级的赔付标准; 基于干旱风险评估结果修订后的河南各地区的天气指数保险费率在9.2%~11.2%, 单位面积保费在29.8~36.3元·亩⁻¹。

关键词: 干旱, 天气指数, 冬小麦, 风险

中图分类号: S-9, P49

文献标志码: A

DOI: 10.7519/j.issn.1000-0526.2019.02.012

Study on Weather Index Insurance of Drought Damage at Jointing-Heading Stage of Winter Wheat in Henan Province

CAO Wen^{1,2} CHENG Lin^{1,3} YANG Taiming² XU Ying²

1 Henan Key Laboratory of Agrometeorological Support and Applied Technique, CMA, Zhengzhou 450003

2 Anhui Agrometeorological Center, Hefei 230031

3 Henan Institute of Meteorological Science, Zhengzhou 450003

Abstract: Based on surface meteorological observations and yield data of winter wheat at 103 stations in Henan Province from 1971 to 2014, the characteristics of winter wheat drought damage were analyzed. Besides, the drought condition at jointing-heading stage, which has a serious effect on yield was selected as a meteorological disaster type of the model design of the weather index insurance and the disaster risk assessment was carried out. Negative anomaly percentage of precipitation was defined as drought index of winter wheat and the model that described the relationship between drought index and yield reduction was also established using 173 groups of typical disaster samples. On this basis, the weather index insurance product of winter wheat drought damage was developed and the premium rates of different regions were revised based on the results of the drought risk assessment. The results showed that the level of winter wheat drought increases from the southwestern part to the northeastern part in Henan Province. During the

^{*} 中国气象局·河南省农业气象保障与应用技术重点开放实验室项目(AMF201605)和中国气象局旱区特色农业气象灾害监测预警与风险管理重点实验室开放研究基金项目(CAMF-201601)共同资助

2018年1月28日收稿; 2018年12月4日收修定稿

第一作者: 曹雯, 主要从事农业灾害与气候资源研究. Email: sgfxxy_0@163.com

jointing-heading stage, the highest risk was found in the northern part, followed by the northwestern, eastern and central parts, and the risk of the southwestern and the southern parts is relatively lower. Based on the drought index model and the analysis of historical payments, negative anomaly percentage of precipitation of 60% was considered as the payment trigger value, and the payment standards of different levels of drought weather index were determined. Considering the results of the drought risk assessment, the revised premium rates of different regions in Henan are 9.2%—11.2%, and corresponding premiums of unit area are 29.8—36.3 Yuan · mu⁻¹.

Key words: drought, weather index, winter wheat, risk

引 言

河南是我国重要的冬小麦商品粮生产基地(陈怀亮等,2006),其小麦总产量高低在全国占有举足轻重的地位。在全球气候变暖背景下,天气、气候条件年际变化很大(张爱民等,2007;孙劭等,2018),冬小麦生育期气象灾害呈多发、频发和重发态势。干旱是河南冬小麦主要的农业气象灾害,发生频率高,持续时间长,波及范围大(吴荣军等,2013;廖要明和张存杰,2017),对冬小麦高产稳产有重要影响,因此提高冬小麦种植的干旱防灾减灾能力以及灾后恢复能力是关系到粮食安全保障的一项重要任务。

天气指数农业保险是规避农业生产风险、提高防灾减灾及灾后恢复能力的有效手段,20世纪90年代以来逐渐受到国内外专家学者重视并开展了大量研究工作。南非、墨西哥和美国设计了降水指数保险,以降低旱涝灾害对当地农业造成的风险(Karuaihe et al,2006;Barnett and Mahul,2007;Paulson and Hart,2006);加拿大设计了高温指数保险,以减少高温给玉米和饲草种植带来的损失(Varangis et al,2005);南非针对霜冻灾害设计了霜冻气象指数保险,以分散霜冻灾害给苹果种植带来的风险(Hess and Syroka,2005)。我国学者也开展了天气指数保险研究,如针对浙江省柑橘的冻害天气指数保险(毛裕定等,2007)、浙江茶叶的霜冻天气指数保险(娄伟平等,2011)、山东省小麦和玉米的干旱指数保险(杨丽,2013)、江苏省冬小麦的天气指数保险(李思佳,2013)以及安徽冬小麦、水稻和玉米生育期主要灾害的天气指数保险(杨太明等,2013;2015;2016)。这些天气指数保险产品已得到推广应用,并取得了较好的服务效果。

农业气象灾害风险评估是开展天气指数保险的

基础性工作之一。根据我国不同区域、不同作物的主要农业气象灾害,已经建立了大量的农业气象灾害风险评估方法,如针对东北玉米冻害、华北冬小麦干旱、长江中下游水稻高温热害等的农业气象灾害风险评估体系(王春乙等,2010),针对河南省小麦3种主要农业气象灾害的综合风险评估模型(陈怀亮等,2006);应用风险评估技术,对云南省冬小麦干旱(胡雪琼等,2011)和内蒙古马铃薯干旱灾害风险(王永利等,2017)进行研究;基于不同强度干旱出现频率、造成的减产率、承灾体密度及各地抗灾能力的陕西省冬小麦干旱风险评估模型(朱琳等,2002);基于年次概率的湖南春玉米种植风险模型(陆魁东等,2007);福建省枇杷气象灾害综合风险评估模型(陈家金等,2014);基于信息扩散模糊数学方法的福建农业气象灾损风险评估模型(张星等,2009)。这些方法与结果已经广泛用于指导农业气象防灾减灾,并取得了较好的应用效果。如何将农业气象灾害风险评估方法与天气指数保险相结合,为不同区域、不同农作物提供科学的天气指数农业保险是当前农业气象防灾减灾研究的重点之一。

鉴于河南干旱灾害发生频繁,对小麦生产造成巨大经济损失,急需开展干旱灾害风险评估和转移技术研究,最大限度减轻灾害造成的影响,为粮食安全提供科学的气象服务保障。通过对已有研究进展的梳理和总结,发现天气指数保险产品的设计需要针对区域、作物和灾害进行。虽然目前有关河南冬小麦干旱灾害的研究成果较多(陈怀亮等,2006;方文松等,2008;刘荣花,2008;任义方等,2011),然而针对该地区干旱灾害天气指数保险研究在国内开展较少。因此本研究将为河南冬小麦干旱天气指数保险产品提供依据,对于拓展天气指数保险研究领域,实现河南冬小麦生产过程中的干旱灾害风险规避,保障种植户的经济利益很有必要。

1 资料与方法

1.1 研究资料

本研究所用资料主要包括地面气象观测资料、冬小麦产量资料及生育期资料,均来源于河南省气象科学研究所。地面气象观测数据集包含 1971—2014 年河南省 124 个气象站点地面气象要素逐日观测值。在对资料进行适当的质量控制后,选取 103 个站点(图 1)1971—2014 年资料供本研究使用。103 个站点分属豫北、豫西、豫中、豫东和豫南区。冬小麦产量数据集包含这 103 个站点(县)1971—2014 年冬小麦单产、播种面积和总产资料。冬小麦生育期资料包含了河南省 30 个站(县)近 30 年来冬小麦各生育普期的时间。根据资料确定了河南各区冬小麦拔节-抽穗期的普遍时段。豫北和豫西地区的拔节-抽穗期为 4 月 1—30 日。豫中、东和南的拔节-抽穗期为 3 月 21 日至 4 月 20 日。

1.2 研究方法

1.2.1 干旱天气指数选取

降水、温度等天气变量与农作物的生长发育及其产量形成有很高的相关性。因此,根据天气指数应满足的标准(刘布春和梅旭荣,2010),需筛选出与作物产量损失高度相关的气象要素来构造对应的灾害指数。本文选取降水距平百分率来表征河南省冬小麦干旱,并且将降水距平百分率的负值设计为干旱天气指数 H_w 。

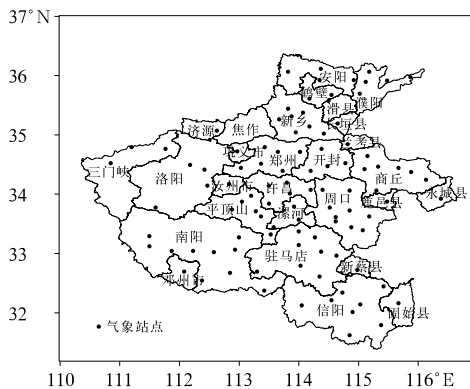


图 1 河南省气象站点分布

Fig. 1 Distribution of meteorological stations in Henan Province

$$H_w = -P_a = -\frac{P - \bar{P}}{\bar{P}} \times 100\% \quad (1)$$

式中, H_w 为冬小麦干旱天气指数(单位: %), P_a 为降水量距平百分率(单位: %), P 为某时段降水量(单位: mm), $\bar{P}$ 为计算时段 30 年(1981—2010 年)平均降水量。

1.2.2 气象产量分解

利用时间序列分析拟合趋势产量以得到气象产量(y_w)和相对气象产量(y'_w),减产率即为相对气象产量中的减产部分,相对气象产量为负值表示减产,通过计算获得 1971—2014 年河南省冬小麦减产率数据。

$$y_w = y_s - y_t \quad (2)$$

$$y'_w = \frac{y_w}{y_t} \times 100\% \quad (3)$$

式中, y_s 是实际产量, y_t 是趋势产量。通常将 $y'_w < -5\%$ 视为减产年。因此,定义 $y'_w < -5\%$ 作为冬小麦受旱减产指标, $y'_w < -5\%$ 的数值为减产率(马晓群等,2010)。

1.2.3 干旱保险风险评估

针对某个省(区、市)或较大范围地区开展天气指数设计时,为了实现不同区域的差别费率,灾害风险评估是修订保险费率的的基础性工作和依据。天气指数保险风险评估一般不考虑地理位置、水利设施、防灾能力、经济水平、各种作物对灾害抵抗能力的强弱以及农户经营管理水平的高低等,主要考虑致灾因子危险性(任义方等,2011)。

致灾因子危险性是造成干旱灾害的可能程度。危险性越小,发生旱灾的可能性越小,对冬小麦生产影响的程度越小;反之,发生旱灾的可能性越大,对冬小麦生产影响就越大。用干旱频率(F)和干旱强度(Q)的乘积来表示河南冬小麦拔节-抽穗期干旱致灾因子危险性(E):

$$E = F \times Q \quad (4)$$

将河南冬小麦干旱的致灾因子危险性评价结果进行无量纲化处理,得到致灾因子危险性指数,将其作为河南冬小麦干旱灾害风险指数。

1.2.4 纯保险费率厘定

纯保险费率一般是以投保人所投保标的物的历史上长时期的平均损失率(保额损失率)作为依据来确定(刘布春和梅旭荣,2010;虞国柱和冯文丽,2016)。因此,纯费率即理论损失率就等于单位面积

标的物的灾害损失率的数学期望(刘布春和梅旭荣, 2010)。

$$Rate = E(loss) = \sum (Lr_i \times p_i) \quad i > m \quad (5)$$

式中, $Rate$ 为纯保险费率, $E(loss)$ 为标的物的灾害损失率的数学期望。 Lr_i 为第 i 等级的保险灾害损失率, 本研究中即为冬小麦减产率; p_i 为第 i 等级灾害损失(减产率)的发生概率或频率; i 为气象灾害(天气指数)等级; m 为天气指数赔付触发值对应的灾害等级。

2 结果分析

2.1 河南省冬小麦拔节-抽穗期干旱规律分析

拔节-抽穗期为河南省冬小麦干旱的易发期、敏感期及对产量影响的关键期。冬小麦拔节-抽穗期内, 河南省降水量呈明显的纬向分布, 由南向北逐渐递减(图 2a)。黄河以北地区, 冬小麦拔节-抽穗期降水量小于 30 mm; 淮河以南地区降水量普遍超过 70 mm; 淮河以北, 黄河以南地区降水量为 30~70 mm。

降水距平百分率为负值时表示冬小麦可能发生不同程度的干旱。降水距平百分率负值越小(即绝对值越大), 表明干旱程度越严重。图 2b 展示了河南省冬小麦拔节-抽穗期负降水距平百分率的空间分布特征。从图中可以看出, 冬小麦拔节-抽穗期有两个干旱程度严重的区域, 一是豫北的安阳和鹤壁, 另一个是豫中的开封—许昌—漯河交界地区及平顶山, 降水距平百分率小于 -54%; 新乡、鹤壁、滑县、

濮阳、永城等地的降水距平百分率为 -54%~-51%。这些地区的降水较常年值平均偏少 5 成以上。豫西和豫南的降水距平百分率大于 -45%, 水分亏缺程度相对较轻。其他地区的降水距平百分率在 -51%~-45%, 都存在程度较重的干旱。

2.2 河南冬小麦拔节-抽穗期干旱风险评估

不同地区常年气候是影响作物产量进而影响保险费率的重要因素。因此, 本研究针对河南冬小麦拔节-抽穗期干旱灾害开展基于致灾因子危险性的风险评估, 为干旱天气指数保险纯费率修订提供基础和依据。

从图 3a 中可以看出, 河南冬小麦拔节-抽穗期干旱强度由北向南减弱。黄河以北地区的干旱强度普遍超过 0.75, 其中安阳、鹤壁和新乡的干旱强度最强; 淮河以南地区干旱强度基本都在 0.60 以下, 其中信阳干旱强度相对最弱; 黄河以南和淮河以北之间地区的干旱强度在 0.60~0.75。图 3b 是河南冬小麦拔节-抽穗期干旱频率空间分布。豫北和豫西的干旱发生频率较高, 普遍接近于 1, 即几乎每年都发生干旱; 豫南和豫西南的干旱频率相对较低, 为 0.70~0.85; 其他地区的干旱频率在 0.85~0.95。综合干旱强度和干旱频率, 并进行标准化后, 获得河南冬小麦拔节-抽穗期的干旱致灾因子危险性指数。致灾因子危险性由北向南减弱。豫北地区的危险性最高, 为 0.85~1.00; 其次是豫西北、豫东和豫中大部, 为 0.60~0.85; 豫南和豫西南的危险性相对较低, 普遍未超过 0.35; 其他地区的危险性在 0.35~0.60(图 3c)。

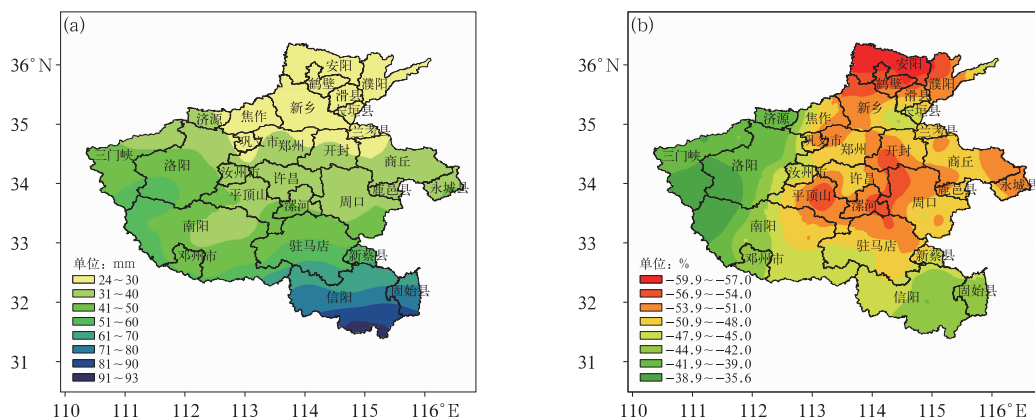


图 2 河南冬小麦拔节-抽穗期降水量(a)和负降水距平百分率分布(b)

Fig. 2 Distribution of precipitation (a) and negative percentage of precipitation (b) at jointing-heading stage of winter wheat in Henan Province

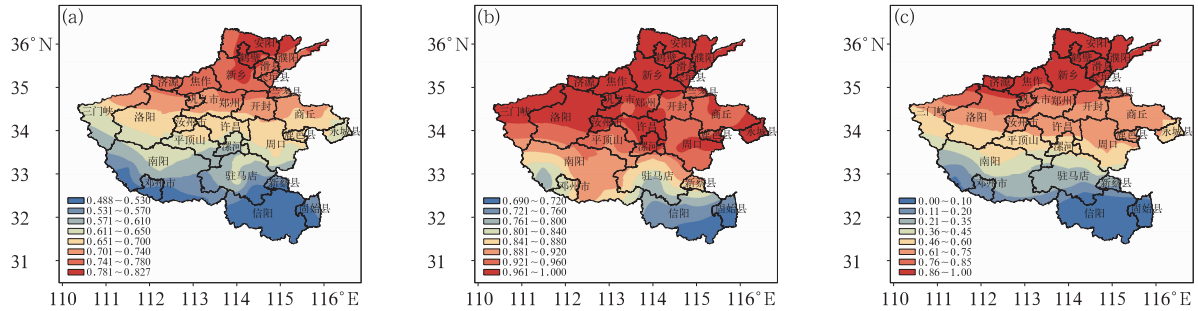


图 3 河南冬小麦拔节-抽穗期干旱强度(a)、频率(b)和干旱致灾危险性(c)空间分布
Fig. 3 Distribution of drought intensity (a), drought frequency (b) and drought dangerous degree (c) at jointing-heading stage of winter wheat in Henan Province

2.3 河南冬小麦干旱天气指数模型建立

作物减产的发生不一定是由气象灾害所导致,所以小麦干旱天气指数和小麦的减产率并不是绝对的对对应关系(杨丽,2013)。因而,在确定河南冬小麦拔节-抽穗期干旱天气指数与减产率的关系之前,需要选取河南冬小麦主要因拔节-抽穗期干旱灾害造成减产的数据样本进行研究。样本数据应满足两个条件,即拔节-抽穗期发生明显干旱灾害(降水距平百分率小于-30%)以及导致当年冬小麦发生减产(减产率超过5%)。如果减产主要是由于其他生育期的严重灾害所导致,则样本被剔除。最终,选出173个由拔节-抽穗期干旱灾害造成河南冬小麦减产的年份和相应站点作为研究的数据样本。

基于提取的173组降水距平百分率和减产率的数据样本,对河南省冬小麦拔节-抽穗期干旱天气指数(降水距平百分率的负值)与冬小麦的减产率进行回归分析,得到冬小麦干旱天气指数与减产率的关系模型:

$$y = 0.3204H_w - 0.0264 \quad (6)$$

式中, y 为冬小麦减产率(单位:%), H_w 为冬小麦拔节-抽穗期干旱天气指数(单位:%),回归方程的相关系数为0.73,通过0.05的显著性水平检验,拟合程度较高(图4)。

同时根据回归方程,求出不同干旱天气指数对应的减产率,如表1所示。可以看出,干旱天气指数越大,即干旱程度越重,减产率越高;而且表中列出的干旱天气指数与减产率之间的关系等级,与刘荣花(2008)研究划分的干旱灾害指标等级基本一致,说明建立的干旱天气指数与冬小麦减产率关系模型合理可行。

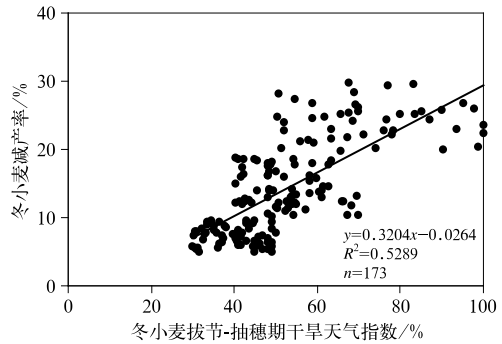


图 4 河南冬小麦拔节-抽穗期干旱天气指数与冬小麦减产率的关系
Fig. 4 Relationship between drought weather index and yield reduction rate at jointing-heading stage of winter wheat in Henan Province

表 1 河南冬小麦拔节-抽穗期干旱天气指数与减产率之间的关系

Table 1 Relationship between drought weather index and yield reduction rate at jointing-heading stage of winter wheat in Henan Province	
冬小麦干旱天气指数/%	冬小麦减产率/%
30	7.0
40	10.2
50	13.4
60	16.6
70	19.8
80	23.0
90	26.2
100	29.4

2.4 河南冬小麦干旱天气指数产品设计

2.4.1 干旱天气指数赔付标准制定

河南冬小麦拔节-抽穗期干旱天气指数保险的赔付公式可以表示为:

$$I = \left(\frac{y - y_{\min}}{y_{\max} - y_{\min}} \right) \times Q \quad (7)$$

式中, I 是单位面积保险赔偿金额(单位:元·亩⁻¹, 1亩≈666.7 m²), y 为冬小麦减产率, $y_{\min}$ 是赔付触发值对应的减产率, $y_{\max}$ 是最高减产率(30%), Q 是保险金额(单位:元·亩⁻¹)。因此赔付标准的制定包括确定单位面积保险金额和天气指数触发值及其对应的减产率。

根据调研结果,在没有灾害情况下,河南省冬小麦单产可达每亩 450 kg;按照市场价格每千克 2.4 元推算,丰收亩产值可达到 1080 元·亩⁻¹。表 1 显示,冬小麦拔节-抽穗期发生干旱灾害最高可导致冬小麦减产约 30%(干旱天气指数为 100%时),而丰收亩产值为 1080 元·亩⁻¹,则拔节-抽穗期干旱最高导致冬小麦损失 324 元·亩⁻¹(干旱天气指数为 100%时),即保险金额为 324 元·亩⁻¹。

由于天气指数保险不需要田间查勘的过程,而是根据天气指数来决定赔偿(庾国柱和冯文丽, 2016),可能会出现指数赔付和实际损失不匹配的现象,称为基差风险(刘布春和梅旭荣, 2010)。为了避免或降低基差风险,将历史天气指数平均赔付与历史平均产量损失进行对比,通过迭代计算,寻找使两者尽可能一致的天气指数,从而确定河南冬小麦拔节-抽穗期干旱天气指数保险赔付的触发值。从图 5 中可以看出,干旱天气指数为 60%时,历史天气指数平均赔付与历史平均产量损失最接近,分别为 154.2 和 154.7 元·亩⁻¹,满足赔付基差风险最小的原则要求,所以将天气指数——60%作为干旱保险赔付的触发值。

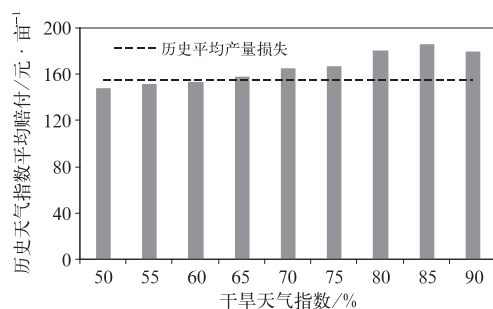


图5 河南冬小麦拔节-抽穗期,不同干旱天气指数值对应的历史平均赔付

Fig. 5 Historical average compensation for different drought weather indexes at jointing-heading stage of winter wheat in Henan Province

在冬小麦干旱天气指数保险赔付具体实施前,首先计算并判断干旱天气指数是否超过赔付的触发值 60%,如果不超过,则不赔付;如果超过触发值,则根据建立的干旱天气指数与减产率的关系模型,获得相应的减产率,并利用式(7)计算赔付金额。表 2 中列出了部分干旱天气指数对应的减产率、赔付比例和单位面积赔付金额。

表 2 河南冬小麦拔节-抽穗期干旱天气指数赔付标准

Table 2 Compensation standard of drought weather index at jointing-heading stage of winter wheat in Henan Province

冬小麦干旱天气指数/%	冬小麦减产率/%	赔付比例/%	赔付金额/元·亩 ⁻¹
60	16.6	0	0.0
65	18.2	12.5	40.5
70	19.8	25.0	81.0
75	21.4	37.5	121.5
80	23.0	50.0	162.0
85	24.6	62.5	202.5
90	26.2	75.0	243.0
95	27.8	87.5	283.5
100	29.4	100.0	324.0

2.4.2 干旱天气指数保险费率厘定和修订

通过对河南省冬小麦拔节-抽穗期干旱天气指数保险的历史灾害平均损失率进行计算,来厘定纯保险费率。依据 2.4.1 节确定的干旱天气指数触发值 60%,并基于河南省 103 个气象站点 1971—2014 年的气象资料,利用式(5)和式(6),计算获得河南冬小麦拔节-抽穗期干旱天气指数纯保险费率为 9.2%,纯保费=保险金额×纯保险费率=29.8 元·亩⁻¹。

不同地区的天气指数保险费率主要受到气候条件的影响而存在差异。因此,针对河南省冬小麦拔节-抽穗期干旱灾害开展天气指数设计时,为了实现县级水平上的差别费率,应当利用各县的干旱风险评估结果来对冬小麦干旱天气指数保险费率进行修订。本研究中,风险评估的结果(即标准化风险指数)可以视作对河南省内各县风险总量的表达。在风险总量大的县,因灾赔付额度超过保费收入的可能性与幅度均较大,因此需要适当收取较高的风险附加费率来保障承保公司的财务安全以及业务的可持续性。用风险指数的相对大小来对费率进行修订,在风险指数高(低)的县,收取较高(低)的风险附加费率。本研究将风险附加费率的最高值定为

2%,即干旱风险指数为1的县,将有2%的风险附加费率(史培军等,2011)。按照式(8),基于河南省冬小麦拔节-抽穗期干旱风险评估结果,对省内各县的干旱天气指数保险费率进行修订。经过修订后的河南各县的天气指数保险费率在9.2%~11.2%,单位面积保费在29.8~36.3元·亩⁻¹。实际应用时,修订费率缺乏的县建议使用与其气候、地形相似的邻近县的修订费率和保费。

$$Rate_j = Rate + E_j \times 2\% \quad (8)$$

式中, $Rate_j$ 为修订后的各县天气指数保险费率, $Rate$ 为基础纯费率, E_j 为各县的干旱灾害风险指数。

3 结论与讨论

本研究利用1971—2014年河南103个台站地面气象逐日观测资料和冬小麦产量资料,分析了河南冬小麦拔节-抽穗期干旱发生基本规律,开展了基于致灾因子危险性的冬小麦拔节-抽穗期干旱风险评估,建立了干旱天气指数与减产率关系模型;在此基础上,制定了冬小麦干旱天气指数保险赔付标准,厘定了保险纯费率,并基于风险评估结果对不同地区的天气指数产品费率进行修订。主要研究结论如下:

(1) 河南省冬小麦拔节-抽穗期内,降水量呈明显的纬向分布,由南向北逐渐递减,与之对应的是干旱程度总体由西南向东北增强。拔节-抽穗期干旱风险评估结果也表明豫北地区的风险最高;其次是豫西北、豫东和豫中;豫西南和豫南的风险相对较低。

(2) 定义降水负距平百分率作为河南冬小麦干旱天气指数。利用173组典型灾害样本建立的冬小麦拔节-抽穗期干旱天气指数与减产率的关系模型为 $y=0.3204H_w-0.0264$,模型相关系数为0.73。基于模型确定的干旱天气指数与减产率之间的关系等级,与已有研究划分的干旱指标等级基本一致,说明建立的关系模型合理可行。

(3) 根据冬小麦拔节-抽穗期干旱发生规律和干旱天气指数与减产率的关系,并结合市场调研和历史赔付状况,初步设计了干旱天气指数保险产品,确定了触发值和不同干旱天气指数等级的赔付金额;基于灾害风险评估结果修订后的河南各地区的天气指数保险费率在9.2%~11.2%,单位面积保费在29.8~36.3元·亩⁻¹。

本研究主要是通过对历史资料的统计分析建立河南冬小麦天气指数模型,从理论上初步设计了天气指数产品,后期还需要通过试点应用对相关参数进行验证修订。

参考文献

- 陈怀亮,邓伟,张雪芬,等,2006.河南小麦生产农业气象灾害风险分析及区划[J].自然灾害学报,15(1):135-143. Chen H L, Deng W, Zhang X F, et al, 2006. Analysis and zoning of agrometeorological disasters risk for wheat growing in Henan Province[J]. J Natural Disaster, 15(1):135-143(in Chinese).
- 陈家金,李丽纯,林晶,等,2014.福建省枇杷气象灾害综合风险评估[J].应用气象学报,25(2):232-241. Chen J J, Li L C, Lin J, et al, 2014. Integrated risk evaluation on meteorological disasters of loquat in Fujian Province[J]. J Appl Meteor Sci, 25(2): 232-241(in Chinese).
- 方文松,刘荣花,马志红,等,2008.河南省冬小麦干旱评估指标初探[J].气象与环境科学,31(3):12-14. Fang W S, Liu R H, Ma Z H, et al, 2008. Preliminary study on drought evaluation indices of winter wheat in Henan[J]. Meteor Environ Sci, 31(3):12-14(in Chinese).
- 胡雪琼,吉文娟,张茂松,等,2011.云南省冬小麦干旱灾损风险区划[J].大气科学学报,34(3):356-362. Hu X Q, Ji W J, Zhang M S, et al, 2011. Drought risk regionalization for winter wheat in Yunnan Province[J]. Trans Atmos Sci, 34(3):356-362(in Chinese).
- 李思佳,2013.基于灾害风险分析的农业气象指数保险研究[D].南京:南京信息工程大学. Li S J, 2013. Study on agrometeorological index insurance based on disaster risk analysis[D]. Nanjing: Nanjing University of Information Science and Technology(in Chinese).
- 廖要明,张存杰,2017.基于MCI的中国干旱时空分布及灾情变化特征[J].气象,43(11):1402-1409. Liao Y M, Zhang C J, 2017. Spatio-temporal distribution characteristics and disaster change of drought in China based on meteorological drought composite index[J]. Meteor Mon, 43(11):1402-1409(in Chinese).
- 刘布春,梅旭荣,2010.农业保险的理论与实践[M].北京:科学出版社. Liu B C, Mei X R, 2010. Theory and Practice of Agricultural Insurance[M]. Beijing: Science Press(in Chinese).
- 刘荣花,2008.河南省冬小麦干旱风险分析与评估技术研究[D].南京:南京信息工程大学. Liu R H, 2008. Study on drought risk analysis and assessment technology of winter wheat in Henan Province[D]. Nanjing: Nanjing University of Information Science and Technology(in Chinese).
- 娄伟平,吉宗伟,邱新法,等,2011.茶叶霜冻气象指数保险设计[J].自然资源学报,26(12):2050-2060. Lou W P, Ji Z W, Qiu X F, et al, 2011. Design of weather index insurance contact for tea frost[J]. J Natural Resour, 26(12):2050-2060(in Chinese).
- 陆魁东,黄晚华,方丽,等,2007.气象灾害指标在湖南春玉米种植区划中的应用[J].应用气象学报,18(4):548-554. Lu K D, Huang

- W H, Fang L, et al, 2007. The climatic zoning of spring maize in Hunan based on meteorological disaster indexes[J]. *J Appl Meteor Sci*, 18(4): 548-554 (in Chinese).
- 马晓群, 姚筠, 许莹, 2010. 安徽省农作物干旱损失动态评估模型及其试用[J]. *灾害学*, 25(1): 13-17. Ma X Q, Yao Y, Xu Y, 2010. A model for dynamic assessment of crop yield losses from drought and its tryout in Anhui Province[J]. *J Catastrophology*, 25(1): 13-17 (in Chinese).
- 毛裕定, 吴利红, 苗长明, 等, 2007. 浙江省柑桔冻害气象指数保险参考设计[J]. *中国农业气象*, 28(2): 226-230. Mao Y D, Wu L H, Miao C M, et al, 2007. A reference design for citrus freeze damage insurance by using meteorological index in Zhejiang Province[J]. *Chinese J Agrometeor*, 28(2): 226-230 (in Chinese).
- 任义方, 赵艳霞, 王春乙, 2011. 河南省冬小麦干旱保险风险评估与区划[J]. *应用气象学报*, 22(5): 537-548. Ren Y F, Zhao Y X, Wang C Y, 2011. Winter wheat drought disaster insurance risk assessment and regionalization in Henan Province[J]. *J Appl Meteor Sci*, 22(5): 537-548 (in Chinese).
- 史培军, 王静爱, 叶涛, 等, 2011. “全国种植业保险区划”研究报告[R]. 北京: 中国保险监督管理委员会. Shi P J, Wang J A, Ye T, et al, 2011. National Crop Insurance Zoning Research Report [R]. Beijing: China Insurance Regulatory Commission (in Chinese).
- 孙劭, 王东阡, 尹宜舟, 等, 2018. 2017 年全球重大天气气候事件及其成因[J]. *气象*, 44(4): 556-564. Sun S, Wang D Q, Yin Y Z, et al, 2018. Global major weather and climate events in 2017 and the possible causes[J]. *Meteor Mon*, 44(4): 556-564 (in Chinese).
- 庾国柱, 冯文丽, 2016. 一本书明白农业保险[M]. 郑州: 中原农民出版社. Tuo G Z, Feng W L, 2016. A Book to Understand the Agricultural Insurance[M]. Zhengzhou: Zhongyuan Farmer Press (in Chinese).
- 王春乙, 张雪芬, 赵艳霞, 2010. 农业气象灾害影响评估与风险评价[M]. 北京: 气象出版社. Wang C Y, Zhang X F, Zhao Y X, 2010. Impact Assessment and Risk Evaluation of Agrometeorological Disasters[M]. Beijing: China Meteorological Press (in Chinese).
- 王永利, 侯琼, 苗百岭, 等, 2017. 内蒙古马铃薯干旱风险区划[J]. *应用气象学报*, 28(4): 504-512. Wang Y L, Hou Q, Miao B L, et al, 2017. Drought risk regionalization of potatoes in Inner Mongolia[J]. *J Appl Meteor Sci*, 28(4): 504-512 (in Chinese).
- 吴荣军, 史继清, 关福来, 等, 2013. 基于风险区划的农业干旱保险费率厘定——以河北省冬麦区为例[J]. *气象*, 39(12): 1649-1655. Wu R J, Shi J Q, Guan F L, et al, 2013. Agricultural drought premium ratemaking based on risk zoning for winter wheat region in Hebei Province[J]. *Meteor Mon*, 39(12): 1649-1655 (in Chinese).
- 杨丽, 2013. 山东省小麦玉米干旱指数保险研究[D]. 南京: 南京信息工程大学. Yang L, 2013. Design of wheat and corn drought index insurance in Shandong Province[D]. Nanjing: Nanjing University of Information Science and Technology (in Chinese).
- 杨太明, 刘布春, 孙喜波, 等, 2013. 安徽省冬小麦种植保险天气指数设计与应用[J]. *中国农业气象*, 34(2): 229-235. Yang T M, Liu B C, Sun X B, et al, 2013. Design and application of the weather indices of winter wheat planting insurance in Anhui Province[J]. *Chinese J Agrometeor*, 34(2): 229-235 (in Chinese).
- 杨太明, 孙喜波, 刘布春, 等, 2015. 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*, 36(2): 220-226. Yang T M, Sun X B, Liu B C, et al, 2015. Design on weather indices model for insurance of rice heat damage in Anhui Province[J]. *Chinese J Agrometeor*, 36(2): 220-226 (in Chinese).
- 杨太明, 许莹, 孙喜波, 等, 2016. 安徽省夏玉米干旱天气指数保险产品设计与应用[J]. *气象*, 42(4): 450-455. Yang T M, Xu Y, Sun X B, et al, 2016. Design and application of the drought weather index insurance of summer corn in Anhui Province[J]. *Meteor Mon*, 42(4): 450-455 (in Chinese).
- 张爱民, 马晓群, 杨太明, 等, 2007. 安徽省旱涝灾害及其对农作物产量影响[J]. *应用气象学报*, 18(5): 619-626. Zhang A M, Ma X Q, Yang T M, et al, 2007. The influence of drought and waterlogging disasters on crop yields in Anhui Province[J]. *J Appl Meteor Sci*, 18(5): 619-626 (in Chinese).
- 张星, 张春桂, 吴菊薪, 等, 2009. 福建农业气象灾害的产量灾损风险评估[J]. *自然灾害学报*, 18(1): 90-94. Zhang X, Zhang C G, Wu J X, et al, 2009. Risk assessment of yield losses from agrometeorological disasters in Fujian Province[J]. *J Natural Disaster*, 18(1): 90-94 (in Chinese).
- 朱琳, 叶殿秀, 陈建文, 等, 2002. 陕西省冬小麦干旱风险分析及区划[J]. *应用气象学报*, 13(2): 201-206. Zhu L, Ye D X, Chen J W, et al, 2002. The drought risk assessment and division of winter wheat in Shaanxi Province[J]. *J Appl Meteor Sci*, 13(2): 201-206 (in Chinese).
- Barnett B J, Mahul O, 2007. Weather index insurance for agriculture and rural areas in lower-income countries[J]. *Amer J Agric Econ*, 89(5): 1241-1247.
- Hess U, Syroka J, 2005. Weather-based insurance in Southern Africa: The case of Malawi[M]// *Agriculture and Rural Development Discussion*. Washington, D C: The World Bank.
- Karuaihe R N, Wang H H, Young D L, 2006. Weather-based crop insurance contracts for African countries[C]// *International Association of Agricultural Economists Conference*. Gold Coast: International Association of Agricultural Economics.
- Paulson N D, Hart C E, 2006. A spatial approach to addressing weather derivative basis risk: a drought insurance example[C]// *2006 Annual Meeting of American Agricultural Economics Association*. Long Beach: Agricultural and Applied Economics Association.
- Varangis P, Skees J, Barnett B, 2005. Weather indexes for developing countries[M]// *Dischel R S. Climate Risk and the Weather Market*. London: World Bank, University of Kentucky and University of Georgia.