

张勇,屈振江,刘璐,等. 农业保险气象服务关键技术的应用与展望[J]. 陕西气象,2022(5):65-71.

文章编号:1006-4354(2022)05-0065-07

农业保险气象服务关键技术的应用与展望

张勇^{1,2},屈振江^{2,3},刘璐^{1,2},梁轶^{1,2},罗斌⁴

(1. 陕西省农业遥感与经济作物气象服务中心,西安 710016;

2. 陕西省气象局秦岭和黄土高原生态环境气象重点实验室,西安 710016;

3. 陕西省气象科学研究所,西安 710016;

4. 中华联合财产保险股份有限公司陕西分公司,西安 710075)

摘要:农业保险是气象灾害重要的风险管理工具。研究通过分析气象科技服务农业保险的现状,以陕西省气象部门为例系统总结了气象部门利用现有技术手段服务农业保险创新发展的具体实践,为农业保险高质量发展要求下气象服务关键技术精准承保、理赔等农业保险全流程中的应用提供思路和建议。围绕解决农业保险道德风险大、勘灾成本高、理赔纠纷多、信息不对称以及基差风险等现实需求,提出基于差异化费率和气象指数化的保险产品的设计、基于农业大数据和卫星遥感的投保校验、直通式的保户精准服务、基于多源数据融合技术支撑的格点化理赔核算、基于互联网的信息对称公示、基于物联网的精细化监测及服务链延伸等服务技术,并结合未来可能的应用场景进行具体分析展望。

关键词:保险科技;气象服务;农业保险;气象指数;卫星遥感;气候变化

中图分类号:F842.6

文献标识码:A

农业保险作为一种气象灾害风险分散和管理工具,在规避生产风险、稳定农民收入、乡村振兴等方面发挥了“稳定器”和“助推器”作用。截止2021年,陕西农业保险总保费已达21.95亿元,共为597万户次参保农户提供风险保障1549亿元,涉及种植、养殖、林业等领域,为农业产业可持续发展提供了金融支持;但由于科技创新手段支撑不足,农业保险“五公开三到户”难度较大,管理相对粗放,存在虚假投保、勘灾成本高、理赔纠纷多、信息不透明、道德风险高等难点^[1-2],距离精准承保、理赔的要求还有一定差距。同时,随着全面脱贫和乡村振兴战略实施,农产品从单纯提高产量到品质提升转变,农业期货和精准农业对保险提出更高要求,保险与农业产业总体发展的需求还有不小距离^[2-3]。这些都是农业保险迈向高质

量发展阶段进程中亟待解决的问题,解决这些问题一方面需要政策制度、政府与保险机构运行机制、保险机构经营管理等方向的变革与创新。另一方面还需要气象等行业的科技手段支撑,以提升效率强化创新应用来助力农业保险的转型升级^[4],以科技创新来驱动农业保险高质量发展^[5-7]。

农业保险面临的自然灾害风险主要以气象灾害为主,随着农业保险领域的快速发展,农业保险对气象服务的需求快速增长,要求提供针对农业保险的精细化气象服务。国务院颁布的《关于加快发展现代保险服务业的若干意见》文件中,明确提出鼓励探索气象指数保险等创新产品和服务。2016年以来的中央一号文件多次提出探索实施气象指数保险试点。2021年,中国气象局与国家

收稿日期:2022-06-13

作者简介:张勇(1985—),男,汉族,甘肃天水人,硕士,工程师,研究方向为经济林果气象灾害。

通信作者:屈振江(1977—),男,汉族,陕西凤翔人,硕士,正研级高级工程师,主要从事果业气象和气候变化适应研究。

基金项目:陕西省气象局秦岭和黄土高原生态环境气象重点实验室开放基金课题(2019Y-10,2022G-7)

发展和改革委员会联合印发的《全国气象发展“十四五”规划》中指出,服务金融保险气象部门要承担指数设计、天气指数保险气象认证表出具,同时做好农业金融扶贫工作技术支撑等落地工作。发展“气象+保险”服务新模式,发挥气象科技优势,促进气象科技成果转化,通过农业保险气象科技创新助力农业保险产品、承保理赔机制和服务创新提升农业保险创新力和科技转化水平已成为科技创新驱动农业保险发展的重要内容之一^[8-10],亟需气象部门开展农业保险气象服务关键技术的应用研究和布局。本文分析了气象科技服务农业保险的现状,并以陕西气象部门为例总结了气象部门利用现有技术手段服务农业保险创新发展的具体实践,为农业保险高质量发展要求下气象服务关键技术在精确承保、理赔等农业保险全流程中的应用提供思路和建议。

1 气象科技服务农业保险现状

1.1 气象科技服务农业保险国内外现状

目前,气象科技在农业保险领域的应用中,国内外主要集中在气象指数保险产品应用研究、气象预报预警、精细化农业气象灾害风险区划评估、气象灾害损失评估、农业遥感监测分析等方面。其中,农业气象指数保险产品应用是气象科技最重要的应用场景,国内外围绕扩大气象指数应用范围、气象指数模型测算、费率厘定等内容,以降低基差风险为目标开展相关研究,增强农业气象指数产品的适用范围、实用性和合理性^[11-14]。针对保户和保险机构的气象防灾减灾需求,研究主要集中在分区域、分作物的农业气象灾害指标上^[15-17],以提供基于位置、分作物、覆盖农业生产全流程的农用天气预报预警服务^[18-20]。针对农业保险逆选择问题,主要开展基于区域气象站、海拔、地形等的精细化农业气象灾害风险区划研究,为农业保险费率厘定提供订正依据,基于农业气象灾害风险实现差异化费率^[21-23]。针对农业保险理赔查勘定损,开展分作物、分灾种的气象灾害指标研究,结合农业产业、地理信息数据等,提升农业气象灾害损失评估定量化水平^[24-27]。近年来,遥感技术在农业保险领域的应用研究快速发展,其中作物长势以及洪涝、干旱等灾害遥感监测

分析是农业遥感应用的重要研究方向^[28-31],相关成果已逐步发展为气象部门的农业遥感监测业务,为农业保险承保、理赔提供重要科学参考。

1.2 气象科技服务陕西农业保险现状

陕西农业气候资源丰富,陕北北部是中国马铃薯优势产区之一,渭北和陕北南部是全球最大的优质苹果集中连片基地,关中是粮食生产和设施农业的集中区,陕南是纬度最高的茶叶产地。2021年,全年园林水果面积116.97万 hm^2 ,其中苹果和猕猴桃栽培面积全国第一、设施农业规模居西北首位^[32]。陕西农业生产中面临的主要风险是霜冻、干旱、冰雹、洪涝等气象灾害,是影响和制约农业产业提质增效、增产增收的主要因素之一。2016年以来,围绕农业保险需求,陕西气象部门在气象指数产品设计、气象信息精准发布、农业气象灾害风险区划评估、农业气象灾害损失评估、农业遥感监测等方面提供了较为全面的专业气象服务。

1.2.1 气象指数产品设计 调研农业保险气象服务需求,根据县域气象、产业、作物物候、灾情等数据,确定苹果花期冻害、苹果果实膨大期干旱、茶叶冬春低温冻害、花椒低温冻害、花椒生长季干旱气象指数,构建气象指数与减产率的关系模型,厘定保险费率,确定赔付触发值和赔付等级,开展苹果、茶叶和花椒气象指数保险产品应用研究,与中华保险、锦泰保险公司合作在旬邑、富县、安塞、白水、西乡、韩城等县域进行试点。其中,2017年以来茶叶冬春低温冻害气象指数保险连续五年在茶叶种植县进行试点,为5.4万 hm^2 茶园提供风险保障。2022年,茶叶气象指数保险工作由陕西省财政厅等部门牵头在陕南全面推广。

1.2.2 气象信息精准发布 向农业保险相关部门及工作人员和投保户推介陕西智慧农业气象APP和陕西气象APP,通过APP提供精确到县、镇一级的农业气象灾害监测、预报、预警情报和防灾减灾措施。建立联系人制度,组建微信群和QQ群,第一时间发送气象灾害信息,保障气象信息及时到达保户发挥减灾效益。

1.2.3 农业气象灾害风险区划评估 利用近30年来陕西及周边省份气象站和1000余个加密区

域气象站气象观测数据、果品产量品质和果树物候资料、不同果树气象灾害历史灾情信息等多源数据资料,基于 GIS 技术完成了陕西苹果、猕猴桃、鲜食葡萄、白梨、柑橘、大樱桃、红枣 7 种果树 24 种农业气象灾害的精细化风险区划评估,并在延安开展乡镇级别的苹果冰雹灾害风险等级区划,为农业保险承保、差异化费率厘定提供科学参考。

1.2.4 农业气象灾害损失评估 针对农业保险需求,综合应用区域气象站观测资料、雷达卫星资料,制作“夏季陕北玉米高温干旱监测评估”、“春季延安苹果花期低温冻害影响评估”、“春夏延安苹果冰雹灾害分析”等服务产品,开展乡镇级别的农作物干旱、苹果花期冻害、苹果冰雹的精细化服务,提供量化的灾害损失评估分析结果,为政府决策、保险勘灾定损和保险理赔提供科学参考。

1.2.5 多源卫星农业遥感监测 以 30 m 分辨率的晴空 Landsat8 卫星数据、10 m 分辨率的哨兵卫星数据以及多时相 16 m 空间分辨率的高分一号(GF-1)卫星宽覆盖(wide field of view, WFV)影像数据为数据源,构建遥感分类的时间序列数据集,提取小麦、玉米、苹果种植区,通过时序遥感影像生成作物生长过程曲线,在分区域单元等不同尺度上进行分析和对比,开展小麦、玉米、苹果长势动态监测,为政府决策、农业保险承保、理赔提供科学参考。

2 气象服务关键技术应用思路

随着“气象+保险”服务的深入,气象部门面向农业保险的专业气象服务能力得到提升,跨行业领域合作共享得到加强,气象科技成果推动了陕西农业保险的科技创新^[33],为覆盖农业保险全流程的气象服务关键技术应用提供基础。目前,单一灾种的农业气象指数产品保障水平仍然有限,需要发展农业综合气象指数保险产品,提高气象指数产品适用性。农业气象信息发布精准度仍有待提升,需要与保险机构合作推动信息共享,打通信息通道,实现针对保户的快速信息发布,并推动保险机构主动支持气象部门采取人工影响天气等防灾减灾措施,减少保户损失。农业精细化风险区划评估有待扩大,需要扩大县域级别的气象

灾害风险区划范围,为农业保险承保、差异化费率厘定提供更大支撑。农业气象灾害损失评估的时空尺度和精度有待提高,需要发展网格化评估体系,为保险理赔服务提供量化分析参考。气象科技创新成果转化有待加大,需要研发基于雷达、模式资料的冰雹、大风服务产品,应用农业遥感产品,为农业保险理赔服务提供技术支持。农业保险气象科技创新缺乏平台支撑,需要平台支持气象科技成果转化,驱动保险承保理赔机制创新和服务创新。

围绕农业保险服务中遇到的问题,应加大气象服务技术在农业保险服务中的应用(图 1),发挥气象部门科技优势,使气象服务覆盖农业保险全流程,发展农业保险气象服务关键技术。以代表县为试点,通过农业、气象、卫星遥感及保险数据的深度融合,创新气象指数保险产品,发展直通式精细化气象服务,基于农业大数据和卫星遥感开展承保信息服务,开发专业服务产品支持理赔信息服务,基于物联网实现精细化监测及服务链延伸。搭建农业保险气象服务平台,支撑气象指数保险产品设计、气象服务信息的精准推送、精准承保理赔信息服务,实现定制化的气象精细化监测评估、农产品气候认证溯源的延伸服务,将气象服务延伸到农业产业的各环节,推进农业保险气象服务模式的创新与实践。

3 气象服务关键技术 在农业保险服务中的应用展望

3.1 创新气象指数保险产品

针对县域冻害、干旱、大风和暴雨等开展精细化气象灾害风险评估,为农业保险费率厘定提供参考。发展农业综合气象指数保险产品,通过调查分析、资料收集处理、指数选取、综合气象指数模型构建与订正、赔付触发值和赔付等级确定、费率厘定等关键技术途径构建覆盖农作物主要气象灾害的综合气象指数保险产品,提升气象指数保险产品实用性和适用范围,满足保户农业保险的多层次需求。

3.1.1 精细化气象灾害风险区划评估产品 完善农业灾害指标体系,针对县域农作物,依托乡镇气象站数据、高分辨率地理信息数据,开展农作物

规范的保险数据及服务接口,打通保险机构平台和气象服务平台信息通道,通过保户、基层保险机构移动端应用收集、共享农业保险、种植、物候、气象灾害等数据,为农业保险精细化气象服务提供基础信息。

3.2.2 直通式精准化气象服务 基于农业保险基础信息,强化移动端应用,根据保户位置和需求,提供精细化气象预警信息实时推送服务、气象要素监测预报服务;结合农作物不同生长阶段对气象条件的要求,提供覆盖农作物全生育期过程的精细化气象服务产品、农情信息和气象预警等服务,实现保险理赔的气象预报预测,推动保险机构主动支持气象部门采取人工影响天气等防灾减灾措施,降低保户农业气象灾害损失^[19,36]。

3.3 基于农业大数据和卫星遥感的承保信息服务

3.3.1 利用土地利用和确权数据开展基于田块的承保真实性分析 优化和完善承保流程,增加采集土地确权代码,将承保数据匹配土地确权数据和种植普查信息,利用确权码进行比对分析,开展基于田块的农业保险承保户身份信息、承保面积的真实性分析。分析产生的疑误数据反馈给保险机构做进一步的现场勘验,并对土地所有权信息、土地性质、地块面积、地块类别、土地利用类型和地力等级等信息进行完善,为农业保险精准承保理赔提供信息参考。

3.3.2 利用农业种植分布遥感数据开展承保种植真实性普查 通过外业采样建立小麦、玉米、苹果分类的训练样本数据,采用机器学习算法,利用误差矩阵方法进行检验和噪声滤波处理,制作分辨率优于10 m的小麦、玉米、苹果种植分布遥感图,将自然资源部门研制的分类数据作为校验数据,并采用1 m高分辨率的卫星遥感影像结合地面无人机多光谱对校验疑误数据进行验证,提高小麦、玉米、苹果遥感分类结果中面积和种植信息的准确率。将承保区域内保户信息与小麦、玉米、苹果的面积、种植遥感信息进行匹配,进行农业保险种植标的物及面积真实性普查。

3.4 开发专业服务产品支持理赔信息服务

3.4.1 基于投保点位置的格点化指数型产品 通过国家级多元融合的高分辨率格点化实况产品

结合陕西本地国家站、区域站的实测数据进行校验,建立陕西本地格点化实况数据集,设计网格化的农业气象指数保险理赔核算模型和产品,可基于投保点位置计算气象指数,减少原来基于地面气象站点的理赔计算误差,提升理赔的科学性和准确性。

3.4.2 基于校验机制和卫星遥感技术的非指数化灾害服务产品 针对难以指数化的冰雹、大风等气象灾害,开展基于雷达监测数据、地面风场模拟数据的核灾技术研发^[37],将冰雹、风场识别结果与保险报案数据进行位置比对,筛选超出冰雹落区、大风区域范围的报案数据。对筛选出的位置疑误报案数据,利用无人机地面验证结合卫星遥感影像进行校验,对受灾区域和面积进行辨识^[38-39],提供气象灾害损失评估产品。由保险机构参考评估产品进行理赔,对争议数据由保险机构进行现场勘验确定理赔数据,提高理赔效率。

3.4.3 基于互联网的理赔信息公示和无纸化理赔 基于第三方在互联网平台开发农业保险气象服务模块,将保险服务过程数据向保险主体开放。保户可查询参保农业地块的气象监测信息和核算理赔结果。保险机构和管理部门可实时查询各自权限下的承保理赔情况,实现农业保险的第三方对称公示,减少因信息不对称而产生的“道德风险”,提升理赔效率。同时,可为每位保户提供承保期内的气象灾害理赔信息二维码,实现农业保险灾害理赔的无纸化证明及业务化运行。

3.5 基于物联网的精细化监测及服务链延伸

3.5.1 基于保险物联网的拓展气象精细化监测网 为提高理赔效率,减少理赔纠纷,兼顾为精准农业提供环境信息,利于智能数据系统决策,在承保大户农田内布设气象环境物联网监测设备,采集农业气象环境数据。由气象环境监测服务终端定时将采集到的气象环境数据进行数字化处理,并上传数据到物联网监控管理平台和管理人员的手机上,实现农业气象环境数据统计、分析以及报警,为种植管理、农业保险理赔提供依据。

3.5.2 精准服务延伸保险服务链 延伸农业保险作为分散灾害风险、降低受灾损失的最低保障这一基本功能,从单纯保障生产到提升农业种植

效益转变,增强农业保险在现代农业发展中的作用。农业保险行业掌握着保户的精细化种植信息,数据有待进一步挖掘提升,可在精准种植提升品质方面进行探索。建设农业智慧气象 APP,利用高分辨率的格点实况监测和预报产品,将基于农田位置的农业气象监测和预报数据与水肥管理、农事活动、病虫害防治信息进行融合,考虑品种和物候差异,可提供基于保户田块的实时生产建议提醒,为基于位置的农产品气候品质认证和溯源提供基础。同时,基于农业大数据平台和农业观测体系,探索开展农产品产量、品质定量预测分析,可为农产品“保险+期货”的对冲式服务提供科学参考^[40-41],将气象服务延伸至农业类天气衍生品。

3.6 推进农业保险气象服务平台研发

建立农业保险气象服务平台,将本地格点化实况数据集,智能网格预报数据、土地确权数据、农业遥感种植分布数据、土地利用数据引入平台,基于多源数据融合,支撑农业气象指数保险产品创新、直通式精细化农业保险气象服务、基于农业大数据和卫星遥感的承保信息服务、农业保险专业气象服务产品研发^[42]、基于物联网的精细化监测及服务链延伸。平台可基于保户位置,查询网格气象信息、气象服务信息、专业服务产品,进行气象灾害监测,辅助设计网格化气象指数保险产品,开展农业保险气象信息公示和证明。

气候变化背景下,农业生产面临的极端天气气候事件明显增多,强度明显增强。据统计,近30年来(1990—2019年),全球92.4%的保险损失是由气象及其衍生灾害引起的。农业保险已经成为现代农业风险管理体系不可或缺的组成部分,在保障国家粮食安全、稳定农民收入方面发挥了越来越重要的作用,但相对于乡村振兴战略和农业保险高质量发展的新要求还有较大差距。随着气象科技的快速发展,精细化预报水平逐步提高,高分辨率的多元融合格点实况产品投入业务化,气象大数据和卫星遥感应用等气象服务技术瓶颈得到突破,为科技赋能农业保险向精细化、精准化的高质量发展提供了技术支撑,也为有效防范化解气象灾害风险、最大限度地减轻气象灾害

带来的不利影响和财产损失、检验气象技术发展水平提供了全面的应用场景。

参考文献:

- [1] 柴智慧,赵元凤. 农险市场中的保险公司道德风险研究[J]. 保险研究,2019(7):45-52.
- [2] 王德宝,王国军. 中国农业保险的发展成就、存在问题及对策建议[J]. 金融与经济,2014(5):78-84.
- [3] 王克,何小伟,肖宇谷,等. 农业保险保障水平的影响因素及提升策略[J]. 中国农村经济,2018(7):34-45.
- [4] 冯文丽,庾国柱. 农业保险转型升级需要科技支撑[EB/OL]. (2018-06-12) [2022-06-01]. http://pl.sinoins.com/2018-06/12/content_263725.htm.
- [5] 张峭,赵思健. 中国农业保险科技发展意义、挑战及建议[J]. 科技中国,2022(3):45-49.
- [6] 朱俊生,张峭. 科技运用促进农业保险高质量发展[J]. 中国保险,2022(4):22-27.
- [7] 张志鹏,陈盛伟. 保险科技在农业保险领域的发展现状与应用前景分析[J]. 对外经贸,2020(5):107-110.
- [8] 钱林浩.“气象+”赋能保险我国气象指数保险发展迅速[N]. 金融时报,2022-05-25(10).
- [9] 张永. 农业保险需要气象科技服务[N]. 中国气象报,2012-0525(3).
- [10] 刘映宁. 开展政策性农业保险气象服务的思考[J]. 陕西气象,2009(4):48-50.
- [11] AWONDO S N, KOSTANDINI G, SETIMELA P, et al. Multi-site bundling of brought tolerant maize varieties and index insurance[J]. Journal of Agricultural Economics, 2020, 71(1):239-259.
- [12] BOYD M, PORTH B, PORTH L, et al. The Design of weather index insurance using principal component regression and partial least squares regression: the case of forage crops[J]. North American Actuarial Journal, 2020, 24(3):355-369.
- [13] 杨晓娟,刘布春,刘园,等. 陕西长武玉米降水指数保险设计[J]. 生态学杂志,2021,40(3):899-907.
- [14] 秦涛,朱彩霞. 云南核桃干早气象指数保险产品的设计[J]. 中国农业气象,2021,42(12):1057-1067.
- [15] WIENAND K, ANDREA M, MATTHIAS B, et

- al. Can satellite-based weather index insurance improve the hedging of yield risk of perennial non-irrigated olive trees in Spain? [J]. *Agricultural and Resource Economics*, 2020, 65(1): 66-93.
- [16] 刘凯文, 刘可群, 邓爱娟, 等. 基于开花期地域差异的中稻高温热害天气指数保险设计[J]. *中国农业气象*, 2017, 38(10): 679-688.
- [17] 屈振江, 周广胜, 魏钦平. 苹果花期冻害气象指标和风险评估[J]. *应用气象学报*, 2016, 27(4): 385-395.
- [18] 郭建平. 农业气象灾害监测预测技术研究进展[J]. *应用气象学报*, 2016, 27(5): 620-630.
- [19] 郑治斌, 艾劲松, 浦燕鸿. 湖北省现代农业气象服务体系发展探析[J]. *现代农业科技*, 2021(15): 176-179+185.
- [20] 李杨, 王晓丽, 李隆腾. 气象服务在促进内蒙古政策性农业保险事业发展中的作用[J]. *内蒙古气象*, 2012(2): 43-45+52.
- [21] KER A P, TOLHURST T N, LIU Y. Bayesian estimation of possibly similar yield densities: Implications for rating crop insurance contracts[J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 2015, 98(2): 360-382.
- [22] 赵思健, 张峭, 聂谦, 等. 农作物气象灾害风险识别与评估研究[J]. *灾害学*, 2018, 33(2): 51-57.
- [23] 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.
- [24] 赵铁松, 张安凝知, 胡会芳. 暴雨洪涝灾害对农作物损失定量评估研究[J]. *湖北农业科学*, 2022, 61(3): 36-41.
- [25] 赵佳琪, 张强, 朱秀迪, 等. 中国旱灾风险定量评估[J]. *生态学报*, 2021, 41(3): 1021-1031.
- [26] 高庆法, 朝鲁门, 王鹏飞. 量化气象灾害评估在农业保险中应用[J]. *北京农业*, 2015(20): 170-172.
- [27] 吴春艳, 李慧君, 叶彩华. 北京地区玉米风灾损失定量评估模型研究[J]. *气象与环境科学*, 2015, 38(1): 114-118.
- [28] ZORMAND S, JAFARI R, KOUPAEI S S. Assessment of PDI, MPDI and TVDI drought indices derived from MODIS Aqua/Terra Level 1B data in natural lands [J]. *Natural hazards (Dordrecht)*. 2016, 86(2): 757-777.
- [29] 权文婷, 王旭东, 李红梅. 基于 FY-3D/MERS I-II 数据的陕西农业干旱遥感监测应用研究[J]. *干旱地区农业研究*, 2021, 39(1): 158-163.
- [30] 陈帮乾, 云挺, 安锋, 等. 基于 Landsat 和 Sentinel-2 时间序列影像的海南西部橡胶林龙卷风灾情评估[J]. *遥感学报*, 2021, 25(3): 816-829.
- [31] 蒙继华, 付伟, 徐晋, 等. 遥感在种植业保险估损中的应用[J]. *遥感技术与应用*, 2017, 32(2): 238-246.
- [32] 陕西省统计局. 2021 年陕西省果业发展统计概览 [EB/OL]. (2022-04-01) [2022-06-01]. http://tjj.shaanxi.gov.cn/tjsj/tjxx/qs/202204/t20220401_2216053.html.
- [33] 许光清, 陈晓玉, 刘海博, 等. 气候保险的概念, 理论及在中国的发展建议[J]. *气候变化研究进展*, 2020, 16(3): 373.
- [34] 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.
- [35] 于小兵, 张琦, 王旭明. 气象灾害综合指数保险研究: 以北京市棉花为例[J]. *灾害学*, 2022, 37(1): 18-24.
- [36] 郑治斌, 陈波. 气象参与农业保险有关研究[J]. *湖北农业科学*, 2016, 55(20): 5419-5426.
- [37] 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.
- [38] 陈爱莲, 赵思健, 朱玉霞, 等. 遥感技术在种植收入保险中的应用场景及研究进展[J]. *智慧农业(中英文)*, 2022, 4(1): 57-70.
- [39] 张舒昊. 基于 GIS 的巴彦淖尔市政策性农业保险气象灾害评估方法初探[J]. *现代农业*, 2021(6): 109-111.
- [40] 姚凤阁, 薛力勃, 梁珈源. 天气衍生品对农作物产量波动的对冲效果研究[J]. *价格理论与实践*, 2021(12): 126-129+201.
- [41] 曹婷婷, 葛永波. 中国金融扶贫的创新举措: 以苹果“保险+期货+银行”为例[J]. *金融理论与实践*, 2018(12): 90-96.
- [42] 欧善国, 彭晓丹, 黄俊. 气象指数保险平台设计与实现[J]. *农业工程*, 2020, 10(8): 48-53.