

引文格式: 佟金萍, 王慧, 马剑锋. 降雨指数期权与农业天气风险防范——基于济南棉花种植的实证分析 [J]. 常州大学学报(社会科学版), 2020, 21 (2): 60-69.

降雨指数期权与农业天气风险防范 ——基于济南棉花种植的实证分析

佟金萍, 王慧, 马剑锋

摘 要: 天气风险是农业生产面临的主要风险, 天气衍生品作为农业天气风险管理的主要金融创新工具, 能够有效防范农业天气风险。降雨指数期权将金融衍生工具应用于降雨类天气风险管理领域, 对于防范农作物种植风险, 提高农户收入及维护社会稳定具有重要意义。与以往利用农作物全生育期累积降雨量来设计降雨指数类天气期权的做法不同, 文章着重考虑不同生育期的降雨特征对农作物生长的影响, 以此作为不同生育期降雨指数期权合约的设计依据, 并基于2017年济南棉花种植数据进行实证分析。研究表明: 农户可以根据农作物不同生长阶段的降雨预测, 灵活地选择是否购买及购买何种降雨指数期权合约, 以防范降雨量过多或过少可能带来的农业天气风险, 保障农户利益, 为相关风险主体提供天气风险管理的多样性选择。

关键词: 天气风险; 降雨指数期权; 风险防范; 生育期; 合约设计

作者简介: 佟金萍, 管理学博士, 常州大学商学院教授、硕士研究生导师; 王慧, 常州大学商学院硕士研究生; 马剑锋, 常州大学商学院讲师、硕士研究生导师。

基金项目: 国家社会科学基金一般项目“基于降雨量指数保险的农业干旱风险控制及对策研究”(15BGL128); 高校“青蓝工程”优秀青年骨干教师培养资助项目(苏教师[2014] 23号); 江苏省第五期“333工程”第三层次培养对象资助项目(苏人才办[2016] 8号); 江苏省研究生科研创新计划“基于降雨指数的天气衍生品合约设计及应用”(SJKY19_1734); 国家重点研发计划项目“‘水—能源—粮食’协同安全保障关键技术”(2017YFC0404600); 国家自然科学基金重点课题“变化环境下水资源冲突管理研究”(71433003)。

中图分类号: F304 **文献标志码:** A **Doi:** 10.3969/j.issn.2095-042X.2020.02.007

我国自然气候恶劣, 农业受天气影响巨大。其中, 干旱、洪涝等与降雨相关的天气风险对我国农业造成的影响尤为严重。《中国水旱灾害公报》数据显示, 2000—2017年仅旱涝灾害就导致年均农作物受灾面积约 1.04×10^7 hm²。天气风险对我国农业的影响越来越大, 而现有的农业天气风险管理措施又存在缺陷, 并不能有效发挥作用, 所以有效地管理和防范农业天气风险迫在眉睫。天气衍生品作为防范天气风险的金融创新工具, 不受个体行为与市场参与者的主观影响, 能够避免传统农业保险存在的道德风险、逆向选择等问题^[1-2], 已逐渐成为防范农业天气风险的重要手段^[3]。

棉花是重要的经济作物和主要的纺织原料, 在国民经济发展中的地位举足轻重。由于气候的异常变化, 棉花种植面积不断减少, 棉花产量也出现了不同幅度的下降。棉花的生长发育离不开

适量的水分, 降雨量过多或过少都会对棉花的生长发育产生不利影响。国家统计局数据显示, 频繁的旱涝灾害导致棉田受灾面积占播种面积的 3%~5%。如何防范因降雨量导致的农业天气风险? 解决了这个问题, 不仅有助于稳定农作物生产, 而且有利于保障农户利益, 促进社会稳定。对棉花产业来说, 有效防范降雨类天气风险则能够在很大程度上保障国家经济发展所需的棉花产量。基于此, 本文将考察降雨指数类天气期权对棉花种植风险防范问题。

目前, 天气衍生品的相关研究聚焦气温指数类天气期权^[4-7], 且大多集中于期权定价, 主要包括两个方面的内容: 一是基于天气因素时间序列预测和天气期权定义的期权直接估值研究^[8-10], 二是常规期权估值法(如蒙特卡罗模拟^[11]、均衡定价模型^[12]等)在天气期权定价应用中的可行性研究^[13-14]。针对降雨指数类天气期权的专门论述则较少, 现有研究主要涉及合约标的指数和降雨量预测模型的选择: 降雨类合约标的指数目前主要采用累积降雨量, 降雨量预测模型一般选择 ARMA 时间序列模型^[15]、马尔科夫模型^[16]、神经网络模型^[17-18]、概率分布函数模型^[19]等。总之, 现有研究侧重于天气期权定价、天气因素预测等方面, 较少考虑天气因素变化对农作物不同生长阶段的影响。实际上, 在棉株的生长发育过程中, 耗水量并不是一成不变的, 早期由于生长较慢耗水量相对少, 中期生长加快耗水量逐渐增多, 后期随着棉株生长衰退耗水量又有所减少。可见, 不同生育期降雨量对棉花生长产生直接影响。因此, 忽略不同生育期降雨量对农作物生长的影响, 粗放式地采用全生育期累积降雨量设计降雨指数期权合约缺乏一定的客观性和科学性。针对这一问题, 本文以农作物不同生育期的降雨特征为依据, 设计分阶段降雨指数类天气期权, 基于济南棉花种植数据进行实证分析, 以期更精准地防范降雨对棉花造成的天气风险。

一、研究区域选择与棉花生育期划分

(一) 研究区域选择

山东省是我国重要的产棉区之一, 植棉历史悠久, 棉花种植面积和产量均位列全国第二, 而近年来不管是植棉面积还是植棉产量都出现了不同程度的锐减现象。2017 年, 山东省棉花种植面积降至 $2.91 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 与 2008 年相比减少了 $5.98 \times 10^5 \text{ m}^2$; 棉花总产量降至 $3.45 \times 10^8 \text{ kg}$, 与 2008 年相比产量减少了 $6.97 \times 10^8 \text{ kg}$, 种植面积和总产量均降至新中国成立以来的最低点。济南位于山东省的中西部, 是鲁西一带的植棉聚集地, 其棉花产量约占全省的 4%, 棉田经济效益较好。但是, 济南受季风气候的影响, 全年降雨的时间分布严重不均。其中, 春季降雨只占全年降雨的 10%左右, 夏季降雨却占全年降雨的 70%左右, 棉花生育期恰遇雨季, 旱涝灾害频发, 棉花产量受损, 农民收益降低。因此, 针对济南棉花种植设计相应的生育期降雨指数期权合约具有一定代表性, 能为棉花种植者防范旱涝灾害风险提供帮助。

(二) 棉花生育期划分

棉花全生育期一般划分为 5 个阶段: 播种期、苗期、蕾期、花铃期、吐絮成熟期。棉花对水分的需求受生育期、气候、栽培条件等因素的影响, 并遵循一定的规律。在播种期和苗期, 棉花植株小, 根系少, 生长较慢, 需水量较少; 在蕾期, 气温逐渐升高, 棉株生长加快, 对水分需求较上一阶段逐渐增多; 花铃期是棉株生长发育最旺盛的时期, 也是需水最多的时期; 到了吐絮期, 棉株生长开始衰退, 需水量又逐渐减少^[20]。棉花的生长周期因地理位置而异。在济南, 棉花通常在 4~5 月份播种, 9~10 月份采收。根据种植经验, 同时考虑相关数据的易获性, 本文将济南的棉花生育期划分为 4 个阶段(其中播种期时间较短, 将其与苗期合并), 见表 1。

二、降雨指数期权合约设计

与以往的研究将天气指数衍生品合约期限设定为整个生长期的做法不同,本文针对农作物的不同生育期分别设计相应的天气指数衍生品合约。

(一) 合约标的

常见的降雨标的指数有累积降雨量指数(RVD)和累积雨天指数(RLD)。与累积雨天指数相比,累积降雨量指数更容易获取,且数据精确性较高,也符合农作物自然生长对水的需求规律,故选取累积降雨指数作为期权合约标的指数。具体地,依据月累积降雨量计算不同生育期的累积降雨量,作为降雨指数期权的合约标的。

$$RVD = \sum_{t=1}^T RV_t, t=1, 2, 3, \dots, T \quad (1)$$

式中:RVD表示月累积降雨量指数, RV_t 表示某月第 t 天的降雨量, T 表示该月的总天数。

(二) 合约规格

合约规格设置是否得当对于天气指数衍生品合约的流动性具有很大的影响,合约规格一般由合约乘数来体现。衍生品合约的名义价值是标的指数与某一规定货币金额的乘积,某一规定的货币金额即为合约乘数。设置合约乘数不仅要考虑交割地区的消费和资金状况,还要考虑合约指数的特征,因此,不同地区不同指数的合约乘数可能会有所不同。例如:在温度指数期货合约中,芝加哥商业交易所(CME)对美国、欧洲等国家设置的合约乘数为20(美元或英镑),即一个1000的制热日指数期货(HDD)对应的合约名义价值为 $1000 \times 20 = 20000$ 美元;而针对日本设置的合约乘数为2500日元,即一个制冷日指数期货(CDD)为100,则其对应的合约名义价值就为 $100 \times 2500 = 250000$ 日元。综合考虑我国农户的资金状况、降雨指数、温度指数的差异,将合约乘数设置为1000元人民币,则相应的期权名义价值为1000倍的降雨指数。

(三) 执行价格

常规期权的标的物为实物商品,具有交易价格,其执行价格为交易双方协议的在合约期内执行买权或卖权的价格,执行价格一经商定就不会受实际价格变动的影响。不同的是,降雨指数期权标的物为累积降雨量,而累积降雨量本身并不是商品,不具有交易价格。因此,降雨指数期权合约的执行价格为交易双方约定的执行降雨量指数,同样不随合约期内降雨量大小而变动。此外,在常规的期权交易中,期权的执行价格通常与标的物在期权到期日的交易价格非常接近。那么,在设计棉花生育期降雨指数期权合约时,也要尽量使制定的各生育期执行降雨量接近合约到期时该年棉花各生育期对应的实际累积降雨量。故将未来年份各生育期的累积降雨量预测值作为对应生育期期权合约的执行降雨量指数,即棉花生育期降雨指数期权合约的执行价格。

(四) 期权履约

降雨指数期权属于欧式期权,即买方只能在期权到期日行权。期权合约到期时,官方气象部门发布天气状况,期权合约就立即进行结算。降雨指数期权的执行是无法进行实物交割的,通常采用现金结算方式履约。降雨指数期权合约包括降雨指数看涨期权(rainfall call option)合约和降雨指数看跌期权(rainfall

表1 济南棉花生育期划分

生育期	时间	天数
苗期	4~5月	61
蕾期	6月	30
花铃期	7~8月	62
吐絮成熟期	9~10月	61

put option) 合约两种类型^[20]。农户比较农作物生育期的累积降雨量预测值（即执行降雨量）和实际值，并依据比较结果来判断购买降雨指数看涨期权或降雨指数看跌期权、是否执行相应期权。

$$F_{cr} = 1000 \times \max(RVD - k_r, 0), r = 1, 2, 3, 4 \tag{2}$$

$$F_{pr} = 1000 \times \max(k_r - RVD, 0), r = 1, 2, 3, 4 \tag{3}$$

式中： F_{cr} 、 F_{pr} 分别表示棉花各生育期降雨指数看涨、看跌期权的收益或损失； k_r 表示未来年份棉花各生育期（苗期、蕾期、花铃期、吐絮期）的累积降雨量预测值； $r = 1, 2, 3, 4$ ，分别对应棉花的各生育期（苗期、蕾期、花铃期、吐絮期）。

（五）合约架构

根据上述分析，拟定棉花生育期降雨指数期权合约架构（见表 2）。

表 2 棉花生育期降雨指数期权合约架构

合约名称	苗期期权合约	蕾期期权合约	花铃期期权合约	吐絮期期权合约
期权形式	欧式期权	欧式期权	欧式期权	欧式期权
相关指数	RVD	RVD	RVD	RVD
合约期限	苗期	蕾期	花铃期	吐絮期
执行价格	K_1	K_2	K_3	K_4
最小跳动单位	1 个 RVD 指数点	1 个 RVD 指数点	1 个 RVD 指数点	1 个 RVD 指数点
结算制度	现金交割	现金交割	现金交割	现金交割

注： K_1 、 K_2 、 K_3 、 K_4 分别为未来年份棉花各生育期（分别对应苗期、蕾期、花铃期、吐絮期）的累积降雨量预测值。

三、模型建立与数据来源

降雨指数期权合约的执行价格与未来年份农作物各生育期的累积降雨量预测值密切相关。为了进一步衡量降雨量对农作物产量的影响贡献程度，合约设计还需从农作物实际产量中分离出因降雨等天气因素引发的气候产量。可见，降雨量的准确预测和农作物气候产量的有效剥离对于降雨指数期权合约的设计至关重要。

（一）不同生育期的降雨量预测模型

由于降雨量存在波动性大和序列零值问题，所以准确地预测降雨量难度较大。自回归滑动平均模型（ARMA）在预测降雨序列时，既考虑了时间序列的依存性，又兼顾了随机波动的干扰性，恰好解决了上述两个难点，较为准确地反映了降雨序列的统计规律。因此，选择 ARMA 模型预测累积降雨量。

$$y_t = c + \sum_{i=1}^p \varphi_i y_{t-i} + \sum_{j=1}^q \theta_j \varepsilon_{t-j} + \varepsilon_t \tag{4}$$

式中： y_t 是目标预测值，即月累积降雨量预测值； c 是常数； φ_i 是自回归系数， $i = 1, 2, 3, \dots$ ， p ； θ_j 是移动平均系数， $j = 1, 2, 3, \dots, q$ ； ε_t 为随机误差项； p 、 q 分别为自回归阶数、移动平均阶数。

建模具体步骤：首先，对待检序列 $\{y_t\}$ 进行平稳性检验；其次，依据序列 $\{y_t\}$ 的自相关性和偏自相关性，确定 p 、 q 的值；再次，利用最小二乘法估算 c 、 φ_i 、 θ_j 等参数，从而获得式

(4) 的具体表达式;最后,求各月累积降雨量预测值,得到各生育期的累积降雨量预测值。

(二) 气候产量的计算模型

农作物的实际产量一般可以分解为趋势产量(Y_t)和气候产量(Y_w)两部分,其中,趋势产量衡量社会经济条件和生产力技术水平对农作物实际产量的贡献,气候产量衡量气候波动因素对农作物实际产量的贡献^[21]。以棉花为例的降雨指数期权合约设计与棉花气候产量的变化紧密相关,如何从棉花实际产量中分离出气候产量关系到降雨量对棉花产量的贡献程度。目前,直线滑动平均法因其模拟时不必假定历史产量的变化曲线类型,避免了一定的主观性,也不会损失样本数量,常被用于模拟趋势产量^[22]。农作物实际产量线性趋势方程^[23]为

$$Y_s(t) = a_s + b_s t \quad (5)$$

$$\bar{Y}_i(t) = \frac{1}{m} \sum_{s=1}^m Y_s(t) \quad (6)$$

式中: $Y_s(t)$ 为每个线性趋势方程在 t 点上的函数值; $s = n - k + 1$ 为方程个数; n 为实际产量序列个数30(1987—2016年); k 为区间长度,一般来说,为尽可能地消除短周期波动对趋势产量的影响, k 的取值需要足够大,综合考量待模拟序列个数和相关文献^[24], k 取值18,则方程个数 s 为13; t 为时间序列号; $\bar{Y}_i(t)$ 为该年棉花单产的趋势产量; m 为样本序列个数,其取值与 n 和 k 有关。结合对应年份棉花的实际单产,利用实际产量减去趋势产量即可得出该年的棉花气候单产。

(三) 数据来源

降雨量数据主要来自《山东省统计年鉴》、中国气象科学数据共享网(<http://data.cma.cn>),棉花产量数据来自《山东省统计年鉴(1987—2017年)》。

四、实证分析

(一) 不同生育期累积降雨量预测

考虑数据的可获性,选定济南市2017年作为合约设计及购买期权的验证年份。先要知道2017年济南市棉花不同生育期的降雨量预测值,以获取合约的执行价格。由于月度降雨量数据具有明显的季节性特征,选取济南1987—2016年各生育期对应的月累积降雨量数据,预测2017年相应生育期所对应的月累积降雨量,具体步骤如下:首先,为判断济南棉花生育期对应的各月累积降雨序列是否平稳,对其进行ADF单位根检验,结果见表3。该降雨序列的检验统计量ADF值均小于对应的三个显著性水平值,所以该序列不具有单位根,是平稳序列,可以建立ARMA模型。其次,根据序列一阶差分后的自相关函数图和偏自相关函数图,建立各月累积降雨量预测模型,得到2017年济南市棉花各月和各生育期累积降雨量预测结果(见表4)。最后,对各月降雨序列预测模型进行残差序列相关性检验, F 统计量和 R^2 统计量均接受残差不存在序列相关性检验,故建立各模型可以用来预测该降雨序列。

2017年济南棉花各生育期的累积降雨量预测值与实际值相比较,平均相对误差MPE为0.04,远远低于10,且Theil不等系数为0.045,说明预测精度比较高,预测效果良好。即上述模型可以用于预测济南市棉花各生育期累积降雨量,各生育期累积降雨量预测值可以作为降雨指数期权合约的执行降雨量。由于受到厄尔尼诺以及拉尼娜等事件的影响,处于梅雨期的济南市7月份的降雨量反而低于往常值,降雨偏少,因此花铃期的累积降雨量预测结果偏低。

表 3 降雨序列 ADF 检验结果

月份	ADF	P	显著性水平		
			1%	5%	10%
4	-5.16	0.0003	-3.69	-2.97	-2.63
5	-6.11	0.0000	-3.68	-2.97	-2.62
6	-4.82	0.0006	-3.68	-2.97	-2.62
7	-5.59	0.0001	-3.68	-2.97	-2.62
8	-6.12	0.0000	-3.68	-2.97	-2.62
9	-5.62	0.0001	-3.68	-2.97	-2.62
10	-4.76	0.0007	-3.68	-2.97	-2.62

表 4 2017 年济南市棉花各生育期累积降雨量预测值 mm

生育期	月份	模型	预测值		实际值
			月累积降雨量	生育期累积降雨量	
苗期	4	ARIMA (0, 1, 1)	29	92	93
	5	ARIMA (0, 1, 1)	63		
蕾期	6	ARIMA (1, 1, 1)	92	92	94
花铃期	7	ARIMA (0, 1, 2)	202	366	332
	8	ARIMA (0, 1, 4)	164		
吐絮期	9	ARIMA (1, 1, 0)	19	51	48
	10	ARIMA (0, 1, 3)	12		

(二) 棉花气候产量分离

从 1987—2017 年济南市棉花的趋势单产、气候单产结果（如图 1）来看，棉花的趋势单产表现为一条平稳光滑的曲线，且一直呈上升趋势，与实际单产的变化趋势基本一致，这说明近 30 年济南市的社会经济条件以及棉花生产技术等不断改善，带来了棉花单产的大幅提升。而气候单产则表现为一条不连续变化的折线，波动较大，与实际单产的波动特征具有很高的一致性，可见气候条件是造成济南市棉花产量年际不连续变化的主要原因。一般来说，气候产量主要是由温度、光照、降雨等气候要素综合作用的结果。因此，为了进一步说明降雨量是影响济南棉花产量的主要气候因素之一，有必要对棉花各生育期累积降雨量与气候单产的相关关系进行分析。

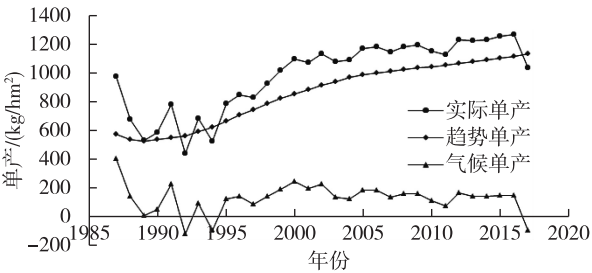


图 1 济南市棉花实际单产、趋势单产和气候单产

一条不连续变化的折线，波动较大，与实际单产的波动特征具有很高的一致性，可见气候条件是造成济南市棉花产量年际不连续变化的主要原因。一般来说，气候产量主要是由温度、光照、降雨等气候要素综合作用的结果。因此，为了进一步说明降雨量是影响济南棉花产量的主要气候因素之一，有必要对棉花各生育期累积降雨量与气候单产的相关关系进行分析。

(三) 各生育期累积降雨量与棉花气候单产相关性分析

由于近年来气候变化异常，年代久远的数据缺乏一定的现实性和参考性，故仅选取近 20 年的济南市棉花各生育期累积降雨量与棉花气候单产的数据进行相关性分析，分析结果如图 2（*r* 为相关系数）。首先，就各生育期累积降雨量和气候单产关系的整体趋势而言，除个别年份以

外,棉花气候单产分别与苗期、蕾期、花铃期、吐絮期的累积降雨量呈现负、正、负、正的相关性;其次,由相关系数可知:苗期、蕾期的累积降雨量与棉花气候单产的相关性较弱,而花铃期、吐絮期与棉花气候单产的相关性较强,尤其是处于棉花生长中期耗水量较大的花铃期的累积降雨量与棉花气候单产相关性最强,即该地区降雨量对棉花生长中后期的影响相对较大,这与棉花生长需水规律是相吻合的。这一结果证明降雨量是影响棉花气候单产的主要气象因素之一,为设计济南市棉花各生育期降雨指数期权合约提供了依据。

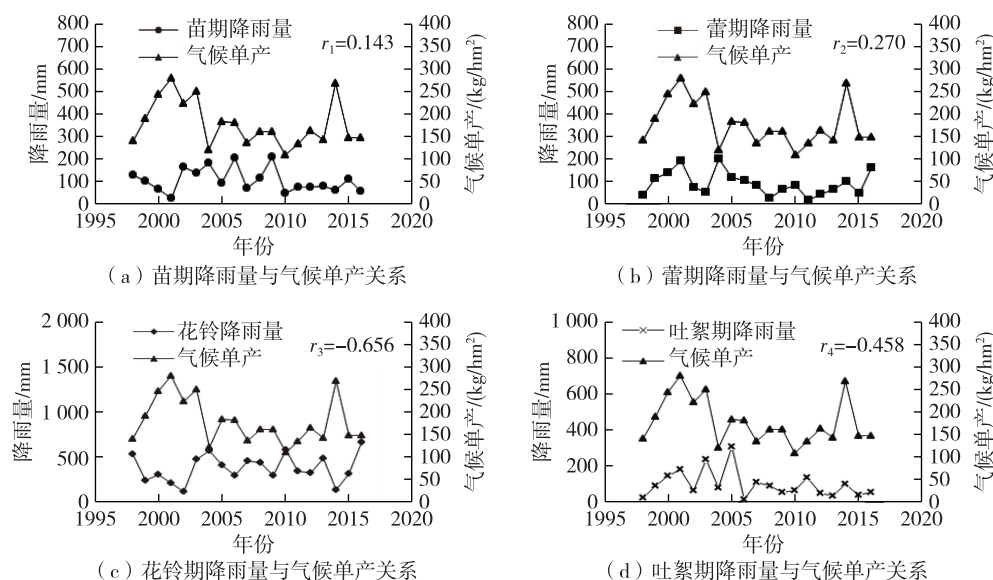


图2 济南市棉花各生育期累积降雨量与棉花气候单产关系图

(四) 济南棉花各生育期降雨指数期权合约设计

由济南棉花各生育期累积降雨量与气候单产的相关关系可知,不同生育期的累积降雨量对棉花生长的影响不同。在蕾期和吐絮期,济南棉花生长会受到降雨量不足的影响;而在苗期、花铃期,济南棉花生产则易受到降雨量过多的影响。因此,对棉花种植者来说,若为规避蕾期、吐絮期降雨量不足可能带来的棉花减产风险,可以购买一个降雨指数看跌期权来对冲风险;为规避苗期、花铃期降雨量过多所导致的棉花减产风险,可以购买一个降雨指数看涨期权来对冲风险。现以2017年济南棉花种植数据为例设计棉花各生育期降雨指数期权合约,并对其适用性进行验证,合约内容见表5。

当合约到期时,根据实际的RVD与预测RVD的大小以及所购买的棉花生育期期权类型,选择是否执行期权。

由表5可知,2017年,济南棉花苗期、蕾期累积降雨量预测值均小于相应的累积降雨量实际值,即实际的RVD高于合约价格。不同的是,苗期降雨量偏多不利于增加棉花产量,蕾期降雨量足够多反而有助于棉花生长。因此,若农户购买了苗期的看涨期权,则当期权合约到期时,农户将选择执行期权,从而可以获得1000元赔偿金额以补偿因降雨量偏多而造成的棉花减产所带来的损失;相反,对于购买了蕾期看跌期权的农户来说,合约到期时将选择不行权,此时虽然损失了相应的期权费,但棉花产量会因偏高的降雨量而有所增加,农户因此获得的收益足以弥补损失的期权费。2017年,济南棉花的花铃期实际累积降雨量332小于累积降雨量预测值366,这就意味着降雨量相对较少。此时若农户购买了看涨期权,合约到期时应选择不行权,只损失期权费用。花铃期偏低的降雨量反而能够带来棉花单产的增加,增加的销售收入可以弥补损失的期权费。

用。吐絮期累积降雨量预测值 51 大于实际的累积降雨量 48，即实际的 RVD 低于合约价格，吐絮期累积降雨量不足。若农户购买了吐絮期看跌期权，合约到期时应选择执行期权，从而可以获得 3000 元赔偿金额以补偿因降雨量不足、棉花减产所导致的损失。2017 年济南棉花实际单产 $1.04 \times 10^3 \text{ kg/hm}^2$ ，比 2016 年减产 $2.30 \times 10^2 \text{ kg/hm}^2$ ，根据国家棉花市场监测系统数据，2017 年棉农交售籽棉价格年度均价为 6.73 元/千克，减产所致损失为 1547.90 元。若棉农购买分阶段降雨指数期权，则可在苗期和吐絮期共获得 4000 元赔偿金额，足以弥补棉花减产所带来的损失。

表 5 2017 年济南棉花各生育期降雨指数期权合约设计

合约名称	苗期期权合约	蕾期期权合约	花铃期期权合约	吐絮期期权合约
期权类型	看涨卖权	看跌卖权	看涨卖权	看跌卖权
相关指数	RVD	RVD	RVD	RVD
合约期限	4.10—5.31	6.10—6.30	7.10—8.31	9.10—10.31
执行价格	92	92	366	51
最小跳动单位	1 个 RVD 指数点	1 个 RVD 指数点	1 个 RVD 指数点	1 个 RVD 指数点
结算制度	现金交割	现金交割	现金交割	现金交割
实际降雨量	93	94	332	48
是否行权	是	否	否	是
赔偿金额	1000	0	0	3000

五、结论与建议

以不同生育期降雨量对农作物生长的影响作为依据，设计了分阶段降雨指数期权，基于 2017 年济南棉花种植数据进行了实证分析，从金融创新视角探讨了降雨指数期权对于防范降雨类天气风险的作用，得到以下结论：

第一，降雨指数期权以不同生育期的降雨指数（可通过实时动态监测获得）作为期权标的，期权定价机制与损失补偿过程更加的透明化，弥补了传统农业保险信息不对称、理赔难等不足。

第二，与以往利用全生育期设计的降雨指数期权相比，考虑农作物不同生育期降雨特征的降雨指数期权更加贴合农作物生长需水规律，可在不同生育期购买不同种类的期权合约，最大程度防范降雨量过多或过少在不同生育阶段给农作物带来的农业天气风险。

第三，农户可以根据农作物不同生长阶段的降雨预测，灵活地选择是否购买及购买何种降雨指数期权合约，这在很大程度上保障了农户利益。

近年来，随着气候条件愈发严峻，降雨、温度等气候异常波动给农业生产带来极大的不确定性。为更有效地防范农业天气风险，除了积极开发新型天气指数衍生品工具外，还需采取以下措施：

第一，加大对天气指数产品的宣传力度。透明化定价与赔偿机制，帮助农户了解应用天气指数产品的成本和收益，鼓励农户购买天气指数产品。

第二，因地制宜地设计相关天气指数产品。就降雨指数期权的设计而言，我国不同地区降雨状况存在较大差异，并且各地农作物对于水分的需求也不相同，这就需要结合各区域的实际情况

设计相应天气指数产品。

第三,针对具体农作物,开发、设计天气指数产品。应根据农作物不同生育阶段的天气因素的影响特征来设计相应的天气指数衍生品合约,而不是一概而论;第四,丰富天气指数产品的种类。现有天气指数产品种类较少,常见的天气指数产品已无法满足农户需要。近年来雾霾、台风等异常天气状况频发,给农户带来巨大的损失,设计天气指数期权产品对我国天气风险管理具有重要的意义。

参考文献:

- [1] 马剑锋, 佟金萍, 秦腾. 农作物旱灾保险费率的动态估计及预测 [J]. 统计与决策, 2016 (16): 163-166.
- [2] 许玲燕, 王慧敏, 陈军飞, 等. 基于农作物生长季的干旱指数巨灾期权契约设计研究 [J]. 干旱区资源与环境, 2018, 32 (7): 140-146.
- [3] 李铭, 张艳. “保险+期货”服务农业风险管理的若干问题 [J]. 农业经济问题, 2019, 40 (2): 92-100.
- [4] 王明亮, 何建敏, 曹杰. 基于气温指数的我国天气衍生品定价研究 [J]. 数理统计与管理, 2015, 34 (2): 217-227.
- [5] 陈百硕, 李守伟, 何建敏, 等. 天气衍生品中时变均值回复的气温预测模型研究 [J]. 管理工程学报, 2014, 28 (2): 145-150.
- [6] 李永, 吴丹. 气温期权定价方法比较分析与实证检验 [J]. 管理评论, 2013, 25 (5): 19-25.
- [7] 李永, 夏敏, 梁力铭. 基于 O-U 模型的天气衍生品定价研究——以气温期权为例 [J]. 预测, 2012, 31 (2): 18-22.
- [8] ŠALTYTĖ BENTH F E. A critical view on temperature modelling for application in weather derivatives markets [J]. Energy economics, 2012, 34 (2): 592-602.
- [9] AHČAN A. Statistical analysis of model risk concerning temperature residuals and its impact on pricing weather derivatives [J]. Insurance: mathematics and economics, 2012, 50 (1): 131-138.
- [10] ELIAS R S, WAHAB M I M, FANG L. A comparison of regime-switching temperature modeling approaches for applications in weather derivatives [J]. European journal of operational research, 2014, 232 (3): 549-560.
- [11] ZENG L X. Pricing weather derivatives [J]. The journal of risk finance, 2000, 1 (3): 72-78.
- [12] LEE Y, OREN S S. An equilibrium pricing model for weather derivatives in a multi-commodity setting [J]. Energy economics, 2009, 31 (5): 702-713.
- [13] MIRCEA B H, CRISTINA C. The use of the Black-Scholes model in the field of weather derivatives [J]. Economics and finance, 2012, 3: 611-616.
- [14] CAO M, LI A, WEI J. Weather derivatives: a new class of financial instruments [EB/OL]. (2014-09-07) [2019-10-27]. http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1016123.
- [15] 徐淑琴, 雷兴元, 刘宇佳, 等. 基于时间序列与小波分析耦合模型区域降雨量预测研究 [J]. 东北农业大学学报, 2015, 46 (11): 63-69.
- [16] 宋帆, 杨晓华, 武翡翠, 等. 基于聚类分析的模糊马尔科夫链在降雨量预测中的应用 [J]. 节水灌溉, 2018 (10): 33-36.
- [17] 黄豪南, 郑祥, 韦勇凤. 基于 BP 神经网络-SARIMA 组合模型对气象要素预测与天气多因子期权的估值 [J]. 投资研究, 2018, 37 (5): 82-97.
- [18] 黄建风, 陆文聪. 基于小波-NAR 神经网络的气象要素时间序列预测与天气指数彩虹期权估值 [J]. 系统工程理论与实践, 2016, 36 (5): 1146-1155.
- [19] 刘凯文, 苏荣瑞, 耿一风, 等. 考虑生育期需水量的荆州棉花旱涝等级划分方法 [J]. 中国农业气象, 2014, 35 (3): 317-322.
- [20] 王慧, 王慧敏. 水灾害期权设计及其定价模型研究 [J]. 预测, 2008, 27 (4): 39-45.
- [21] 约翰·赫尔. 期权、期货及其他衍生产品 [M]. 张陶伟, 译. 北京: 人民邮电出版社, 2011: 37-41.
- [22] 胡慧芝, 刘晓琼, 王健力. 气候变化下汉中盆地水稻产量变化研究 [J]. 自然资源学报, 2018, 33 (4): 609-620.
- [23] 张峭. 中国粮食生产的波动分析及短期预测方法 [M]. 北京: 中国农业科学院, 1998: 17-19.
- [24] 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.

Rainfall Index Options and Agricultural Weather Risk Prevention: An Empirical Analysis Based on Cotton Planting in Jinan

Tong Jinping, Wang Hui, Ma Jianfeng

Abstract: Weather risk is the main risk faced by agricultural production. As a major financial innovation tool for agricultural weather risk management, the weather derivative can prevent agricultural weather risks effectively. Rainfall index options are to apply financial derivative tools to the field of weather risk management associated with rainfalls. It is of great significance to prevent the risks of crop planting, improve the income of farmers and maintain social stability. Different from the previous practices of using cumulative rainfalls during the whole growth period of crops to design rainfall index weather options, this paper focuses on the impacts of rainfall characteristics on crop growth during different growth periods, using which as the design basis for rainfall index option contracts during different growth periods and carries out an empirical analysis based on the cotton planting data of 2017 in Jinan. It is found that farmers can flexibly choose whether to purchase or not and which rainfall index option contract to purchase according to the rainfall forecasts of different growth periods of plants so as to prevent agricultural weather risks caused by excessive or insufficient rainfalls, guarantee the interests of farmers and provide the relevant risk subjects with a variety of choices for weather risk management.

Keywords: weather risks; rainfall index options; risk prevention; growth periods; contract design

(收稿日期: 2019-11-14; 责任编辑: 沈秀)