

杨大明,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. 气象, 42(4):450-455.

# 安徽省夏玉米干旱天气指数 保险产品设计与应用<sup>\*</sup>

杨大明<sup>1,2</sup> 许莹<sup>1,2</sup> 孙喜波<sup>3</sup> 张建军<sup>1,2</sup>

1 安徽省农业气象中心,合肥 230031

2 农业气象灾害评估与风险转移实验室,合肥 230031

3 国元农业保险公司,合肥 230031

**提 要:** 利用安徽省夏玉米种植区 15 个农业气象观测站点 1971—2010 年的逐日降水资料并结合区域夏玉米抽雄—乳熟期(产量形成关键期)的降水距平与夏玉米干旱减产率进行分析,建立了干旱天气指数模型。提出夏玉米干旱的保险赔付标准,并利用各市(县)的干旱风险评估结果修订干旱天气指数保险费率,最终得到各地区的夏玉米干旱天气指数保险产品。将设计的保险产品安徽省淮北市濉溪县试验应用,该产品可以基本反映实际夏玉米干旱风险状况,有助于农业保险公司客观、快捷地提供农业灾害的经济补偿。

**关键词:** 夏玉米, 干旱, 天气指数, 保险

**中图分类号:** P456

**文献标志码:** A

**doi:** 10.7519/j.issn.1000-0526.2016.04.008

## Design and Application of the Drought Weather Index Insurance of Summer Corn in Anhui Province

YANG Taiming<sup>1,2</sup> XU Ying<sup>1,2</sup> SUN Xibo<sup>3</sup> ZHANG Jianjun<sup>1,2</sup>

1 Agricultural Meteorological Centre of Anhui Province, Hefei 230031

2 Agricultural Meteorological Disaster Assessment and Risk Transfer Laboratory, Hefei 230031

3 Guoyuan Agricultural Insurance Company, Hefei 230031

**Abstract:** In order to establish the drought weather index insurance model of summer corn, this paper analyzed the relationship between the precipitation anomaly from the male stage to the ripening stage (critical period of yield formation) and historical yield loss based on the 1971—2010 daily precipitation data from 15 agrometeorological observation stations, proposed the standard of insurance claims of summer corn drought, and then revised the insurance rate using the result of drought risk assessment. The drought weather index insurance products of summer corn were obtained and later the insurance products were applied in Suixi County of Huaibei City, Anhui Province as an experiment. The results show that the application of weather index insurance product can basically reflect the actual drought risk of summer corn, and objectively and quickly provide the economic compensation of agricultural disaster.

**Key words:** summer corn, drought, weather index, insurance

\* 国家自然科学基金面上项目(71473127)、国家科技支撑计划课题(2012BAD04B09)和安徽省科技攻关项目(1501031078)共同资助  
2015 年 11 月 6 日收稿; 2016 年 2 月 24 日收修定稿  
第一作者:杨大明,主要从事农业气象灾害研究. Email:ytm0305@126.com

## 引言

玉米是安徽省仅次于水稻、小麦的第三大粮食作物,也是重要的饲料和工业原料。安徽省玉米种植以夏玉米为主,目前全省每年玉米种植面积稳定在80万 $\text{hm}^2$ 以上,总产超过400万t,2014年种植面积达到85万 $\text{hm}^2$ ,总产突破460万t。安徽省夏玉米主产区主要集中在沿淮淮北旱作区,基本为雨养农业,生长季降水变率大,时空分布严重不均,旱灾发生普遍。一旦在关键生长期遭遇干旱,极易导致颗粒无收,农民损失惨重(郭建平等,2003;刘玲等,2006;吕厚荃等,2002)。干旱年份一般可造成减产15%以上,甚至达到40%。农业保险是减轻农民种植风险的一种重要方式,一旦作物遭受农业保险规定范围内的损失,保险公司将对农民予以补偿(杨小利,2014)。

农业保险中的天气指数保险是一种新型保险形式,它以客观的气象数据作为费率厘定与损失赔偿的依据,有效克服了传统保险中存在的道德风险、逆向选择等难题,近年来在各国得到广泛研究和应用。国外,南非、墨西哥和美国设计了降水指数保险,来降低干旱对农业造成的风险(Raphael et al, 2006; Barry et al, 2007; Paulson et al, 2006)。加拿大科研人员设计了高温指数保险来减少高温对玉米和饲草产量造成的损失(Varangis et al, 2005)。南非的苹果合作社针对霜冻灾害设计了霜冻气象指数保险来分散霜冻灾害给苹果种植带来的风险(Hess et al, 2005)。国内,毛裕定等(2007)通过对浙江省柑桔主产区年极端最低气温的风险分析,提出以柑橘冻害气象指数作为冻害保险赔付标准。刘映宁等(2010)根据陕西苹果花期低温冻害的不同等级,开发了苹果花期冻害保险指数。娄伟平等(2011)根据茶叶遭受霜冻的损失率与最低气温的关系,设计了浙江省茶叶霜冻气象指数。杨太明等(2013)针对小麦生长过程中的五种主要农业气象灾害,设计了安徽冬小麦种植天气指数保险产品,并在宿州市进行推广和应用取得了良好的效果。朱俊生(2011)以安徽省水稻干旱和高温热害指数保险为例,开展中国天气指数保险试点的运行及其评估。

由于安徽省夏玉米在整个生育期中,以抽雄—乳熟期缺水最严重(张建军等,2014),降水量只有需水量的64%,这也是夏玉米产量形成的关键期,对

产量影响很大;其他时段降水量普遍能够满足夏玉米需水要求。因此,本文拟通过分析安徽省夏玉米抽雄—乳熟期(产量形成关键期)的降水距平与夏玉米干旱减产率,提出夏玉米干旱的保险赔付标准,并利用各市(县)的干旱风险评估结果修订干旱天气指数保险费率,最终得到各地区的夏玉米干旱天气指数保险产品。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料来源

选择安徽省夏玉米种植区15个代表站点(图1)1971—2010年的降水、气温及日照时数等气象数据,并收集整理各县经纬度、高程等地理数据和各县近40年(1971—2010年)夏玉米的产量及发育期资料。以上数据均源自安徽省气象信息中心。

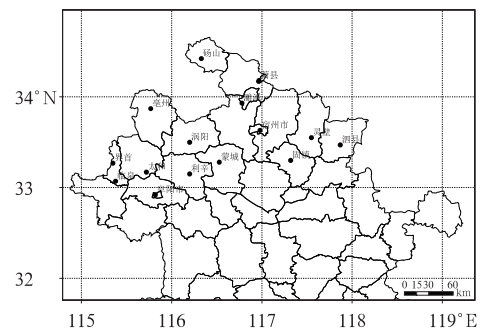


图1 安徽省夏玉米农业气象基本观测站分布

Fig. 1 Distribution of summer corn basic agrometeorological observation stations in Anhui

夏玉米生育期观测资料、单产数据的处理和天气指数模型采用常规统计分析手段进行处理,利用SPSS、Excel等软件进行统计分析。

### 1.2 夏玉米干旱天气指数选取原则

参照安徽冬小麦天气指数设计原则(杨太明等, 2013),夏玉米干旱天气指数要选择受人为因素影响小、计算简单,便于理解和推广的指标。国内进行干旱监测的各种干旱指标中,降水距平百分率指标具有以上特点,且资料容易获取,在气象干旱、农业干旱等领域中得到了广泛的应用。因此,本文基于安徽省15个市(县)气象站的气象数据以及农业气象观测站资料,通过分析安徽省夏玉米不同生长阶段降水负距平与作物产量的关系,来构建安徽省夏玉

米的干旱指数。

选择夏玉米抽雄—乳熟期(8月中旬至9月上旬)降水负距平作为安徽省夏玉米干旱天气指数。降水负距平是指降水百分率的负值。

降水量距平百分率是指某时段降水量与常年同期平均降水量的差值占常年同期平均降水量的百分率:

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

式中,  $P_a$  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 40 年平均降水量(单位: mm)。

### 1.3 淮东北地区夏玉米干旱天气指数保险费率的修订

受夏玉米干旱典型个例数量限制, 本文在计算天气指数与减产率关系时用到的数据是淮东北地区 15 个站点的数据, 而各地由于受作物种植面积、地形和经济发展水平等因素的影响, 夏玉米发生干旱的风险也不同。应当结合各地区干旱风险评估结果来对夏玉米干旱天气指数保险费率进行修订。

依据灾害系统理论, 分别在致灾因子危险性 & 承灾体脆弱性两个部分评估的基础上, 综合确定区域灾害风险指数( $R$ )。即:

$$R = f(E, V) \quad (2)$$

式中,  $E$  为致灾因子危险性指数,  $V$  为承灾体脆弱性指数。

首先分别对灾害系统中的致灾因子危险性和承灾体的脆弱性进行评价; 然后将评价结果进行无量纲化处理, 得到  $E$  和  $V$ ; 最后综合两者, 从而得到各种作物的综合灾害风险指数。

#### 1.3.1 致灾因子危险性评价

干旱的致灾因子危险性指干旱灾害发生的可能性及其可能造成的损失大小。因此本文从干旱强度和干旱频率两方面来描述干旱致灾危险性。

$$E = F \cdot Q \quad (3)$$

式中,  $E$  表示干旱的致灾因子危险性;  $F$  表示某段时间发生干旱的频率, 其计算方法见式(4);  $Q$  表示某段时间的平均干旱强度, 其计算方法见式(5)。

$$F = \frac{n}{N} \quad (4)$$

式中,  $n$  表示降水量小于作物潜在蒸散量的年数,  $N$  表示总年数。

$$Q = 1 - \bar{M} \quad (5)$$

式中  $\bar{M}$  表示缺水年份降水满足率的平均值, 缺水年份降水满足率( $M$ )的计算公式如下:

$$M = \frac{R}{ET_m} \times 100\% \quad (6)$$

式中,  $R$  表示某时段的降水量(单位: mm),  $ET_m$  是该时段的作物潜在蒸散量(单位: mm)。

$$ET_m = K_c ET_0 \quad (7)$$

式中,  $K_c$  为作物系数,  $ET_0$  为参考作物蒸散量(单位: mm);  $ET_0$  的计算采用 1998 年联合国粮食及农业组织(FAO)推荐并修订的 FAO Penman-Monteith(P-M)模型(Allen et al, 1998), 其中作物系数反映了作物蒸腾、土壤蒸发的综合效应, 受作物类型、气候条件、土壤蒸发、作物生长状况等多种因素影响, 一些学者采用 FAO 推荐的标准作物系数, 将作物系数根据作物发育期分为发育初期、中期和后期三个标准作物系数, 但标准作物系数在不同地区使用的效果有一定的差异, 需用当地资料进行验证; 本文查阅相关文献, 借鉴前人安徽省部分站点作物系数实测的研究成果(马晓群等, 2010; 彭世彰等, 2004), 并经过本省订正获得安徽省夏玉米的逐月作物系数(表 1), 作物系数通过安徽省各台站的历年观测资料确定。

表 1 夏玉米逐月作物系数

Table 1 The monthly crop coefficient of summer corn

月份	6	7	8	9	10
夏玉米	0.65	1.35	1.74	1.06	1.00

#### 1.3.2 承灾体脆弱性评价

承灾体的脆弱性由易损性和暴露性两个指标刻画, 易损性由单产水平控制, 暴露性由种植规模控制。由此, 构建了承灾体脆弱性评价的概念模型如下:

$$V = B1 \times B2 \quad (8)$$

式中,  $V$  表示承灾体(或农作物)的脆弱性指数;  $B1$  表示作物的暴露性, 即作物种植面积比率;  $B2$  表示作物易损性, 即作物产量变异系数。其中, 承灾体易损性是指暴露在自然灾害中的承灾体承受灾害打击的能力, 也就是在遭受灾害打击后, 该承灾体的可能损失量。因此, 本文中作物受灾害(包括干旱)的影响产量变化越大, 作物的易损性也越大。

作物种植比率: 某种作物占耕地面积的比例越大, 那么一旦有灾害发生, 该种作物遭受打击的可能性越大, 可能的损失就越大。由此, 给出作物种植比

率计算公式:

$$B1 = \frac{S_i}{S_j} \quad (9)$$

式中,  $S_i$  表示某县某种作物种植面积(单位:  $\text{hm}^2$ ),  $S_j$  表示某县的农作物耕地面积(单位:  $\text{hm}^2$ )。

产量变异系数:单产变异系数越大,表明作物单产的波动性越大,生产就越不稳定,那么作物产量越容易受外界影响,公式如下:

$$B2 = \frac{\sigma}{\bar{c}} \quad (10)$$

式中,  $\sigma$  表示作物单产的标准差(单位:  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ),  $\bar{c}$  表示作物的平均单产(单位:  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )。

### 1.3.3 综合灾害风险评价

依据农业气象灾害的风险与致灾因子危险性和承灾体的脆弱性的关系。构建综合灾害风险评价模型如下:

$$R = aE + bV \quad (11)$$

式中,  $R$  表示某种作物的风险指数,  $E$  为某种作物致灾因子危险性指数,  $V$  为某种作物(承灾体)脆弱性指数。  $a$  和  $b$  为权重系数(综合灾害风险与相对气象产量的相关系数最大时所对应的权重),夏玉米权重系数  $a=0.5, b=0.5$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 夏玉米干旱天气指数与减产率的关系

参照式(1),推导出夏玉米抽雄—乳熟期干旱天气指数(即降水负距平)的计算公式:

$$H = -\frac{P_c - \bar{P}_c}{\bar{P}_c} \times 100\% \quad (12)$$

式中,  $H$  为夏玉米抽雄—乳熟期的干旱天气指数(单位: %),  $P_c$  为夏玉米抽雄—乳熟期的实际降水量(单位:  $\text{mm}$ ),  $\bar{P}_c$  为夏玉米抽雄—乳熟期 40 年(1971—2010 年)平均降水量(单位:  $\text{mm}$ )。

结合安徽省夏玉米生长发育资料,对各市(县)夏玉米抽雄—乳熟期(8 月 11 日至 9 月 10 日)的降水量数据进行统计,分别得到安徽省沿淮淮北 15 个夏玉米代表站 1971—2010 年历年夏玉米干旱天气指数。基于各站夏玉米产量数据按照直线滑动平均法求出其产量趋势方程,模拟出趋势产量,可得到各站历年夏玉米减产率(许莹等,2009)。再将各站夏玉米干旱天气指数与夏玉米减产率进行相关分析,

得到相关系数。

安徽省夏玉米干旱天气指数与减产率的回归方程为:

$$X = 0.278H + 11.84 \quad (13)$$

式中,  $X$  为夏玉米的减产率(单位: %),  $H$  为夏玉米干旱天气指数(单位: %)。对其进行检验,  $P$  值为 0.019 与 0.007,通过了  $\alpha=0.05$  显著性水平检验。安徽省夏玉米干旱天气指数与减产率的回归方程判定系数  $R^2$  为 0.336,通过了  $\alpha=0.05$  显著性水平检验,说明回归方程具有较好的拟合程度,较好地反映了安徽省夏玉米干旱灾害与减产之间的关系。根据式(13)计算得到表 2,反映出夏玉米干旱天气指数与玉米减产率之间的关系,表 2 与安徽省夏玉米干旱等级(表 3)相一致,说明式(13)较符合实际情况。

表 2 安徽省夏玉米干旱天气指数与减产率之间关系  
Table 2 Relationship between drought weather index and yield reduction rate of summer corn in Anhui

夏玉米干旱天气指数 $H/\%$	减产率 $X/\%$
10	15
15	16
20	17
25	19
30	20
35	22
40	23
45	24
50	26
55	27
60	29
65	30
70	31
75	33
80	34
85	35
90	37
95	38
100	40

表 3 淮北玉米干旱等级划分

Table 3 Division of drought grade of summer corn in Huaibei

干旱等级	减产率 $X/\%$	夏玉米抽雄—乳熟期干旱天气指数 $H/\%$
轻旱	$X < 10$	$H < 10$
中旱	$10 \leq X \leq 23$	$10 \leq H \leq 40$
重旱	$23 < X \leq 31$	$40 < H \leq 70$
严重干旱	$X > 31$	$H > 70$

从表 2 可以看出,当夏玉米干旱天气指数为

50%时,当地玉米减产率为 26%;当夏玉米干旱天气指数为 70%时,玉米减产率为 31%;当夏玉米干旱天气指数为 100%时(表示期间没有降水),玉米减产率为 40%。

## 2.2 安徽夏玉米干旱风险评估

根据式(2)计算安徽夏玉米干旱风险评估结果见表 4,其中数据标准化计算方法如下。

$$z' = \frac{z - z_{\min}}{z_{\max} - z_{\min}} \quad (14)$$

式中, $z'$ 为标准化后的新数据, $z$ 为原数据, $z_{\min}$ 为所有数据中的最小值, $z_{\max}$ 为所有数据中的最大值。

表 4 安徽省夏玉米干旱风险评估结果

Table 4 The drought risk assessment result of summer corn in Anhui

站名	致灾因子危险性(E)	承灾体脆弱性(V)	旱灾综合风险(R)	标准化( $z'$ )旱灾综合相对风险
砀山	0.382	0.074	0.228	0.441
萧县	0.286	0.192	0.239	0.552
亳州	0.333	0.092	0.213	0.290
临泉	0.397	0.173	0.285	1.000
界首	0.342	0.160	0.251	0.664
太和	0.381	0.077	0.229	0.448
濉溪	0.306	0.096	0.201	0.176
涡阳	0.379	0.084	0.231	0.473
利辛	0.360	0.118	0.239	0.547
蒙城	0.344	0.164	0.254	0.697
宿州	0.346	0.126	0.236	0.518
灵璧	0.255	0.150	0.203	0.191
泗县	0.270	0.129	0.199	0.157
固镇	0.279	0.087	0.183	0.000
阜南	0.328	0.109	0.218	0.344

## 2.3 夏玉米干旱天气指数保险的赔付标准

根据农户介绍,在没有灾害情况的下,安徽省淮北市玉米产量可以达到  $500 \text{ kg} \cdot \text{mu}^{-1}$  ( $1 \text{ mu} \approx 666.7 \text{ m}^2$ );按照目前市场价格  $2.2 \text{ 元} \cdot \text{kg}^{-1}$  推算,丰收亩产值可达到  $1100 \text{ 元} \cdot \text{mu}^{-1}$ 。由表 1 可知,夏玉米干旱最高可导致玉米减产 40%,丰收亩产值为  $1100 \text{ 元} \cdot \text{mu}^{-1}$ ,则干旱最高导致玉米损失  $440 \text{ 元} \cdot \text{mu}^{-1}$ ;结合当地实际情况,选择 70%的保障水平,即保险金额为  $305 \text{ 元} \cdot \text{mu}^{-1}$  ( $70\% \times 440 \text{ 元} \cdot \text{mu}^{-1}$ )。表 5 中,每亩赔付金额=每亩保险金额×赔付比例。

通过计算发现淮北市各站点 1971—2010 年平均发生赔付概率为 10.8%;发生赔付年份的平均

赔付金额为  $146.3 \text{ 元} \cdot \text{mu}^{-1}$ ;淮北市夏玉米干旱指数保险费率=发生赔付概率×发生赔付年份的平均赔付金额= $10.8\% \times 146.3 \text{ 元} \cdot \text{mu}^{-1} \approx 16 \text{ 元} \cdot \text{mu}^{-1}$ 。

因此,淮北市夏玉米干旱天气指保险费率为  $16 \text{ 元} \cdot \text{mu}^{-1}$ ;保险费计算公式为:保险费=保险费率×保险数量(mu);保险玉米的单位保险金额为  $305 \text{ 元} \cdot \text{mu}^{-1}$ ;当夏玉米干旱指数大于 40%起赔,赔付标准见表 5。

表 5 夏玉米干旱天气指数保险赔付标准

Table 5 The payment standard of summer corn drought weather index insurance

夏玉米干旱天气指数 H/%	X/%	赔付比例 /%	赔付金额 /元·mu <sup>-1</sup>
$H \leq 40$	23	0	0
$40 < H \leq 45$	24	8	25
$45 < H \leq 50$	26	17	51
$50 < H \leq 55$	27	25	76
$55 < H \leq 60$	29	33	102
$60 < H \leq 65$	30	42	127
$65 < H \leq 70$	31	50	153
$70 < H \leq 75$	33	58	178
$75 < H \leq 80$	34	67	203
$80 < H \leq 85$	35	75	229
$85 < H \leq 90$	37	83	254
$90 < H \leq 95$	38	92	280
$95 < H \leq 100$	40	100	305

## 2.4 夏玉米干旱天气指数保险费率的修订

在拟定气象保险费率时,当地的天气指数及作物减产率是影响其费率的重要因素(吴荣军等,2013)。然而,不同地区常年气候、作物的种植面积、地形和植被等也是影响作物产量的重要因素。因此,需要结合各地区夏玉米干旱风险评估结果,对夏玉米干旱天气指数保险费率进行修订。修订公式为:

$$R_z = z'F \quad (15)$$

式中, $R_z$ 为不同站点夏玉米干旱天气指数保险费率(单位:元·mu<sup>-1</sup>), $F$ 为夏玉米干旱天气指数保险基准费率(单位:元·mu<sup>-1</sup>), $z'$ 为不同站点夏玉米标准化的干旱综合风险系数(依据各站点干旱风险评估值,由表 4 确定)。

## 2.5 应用

2015 年 8 月,安徽省气象局联合国元农业保险公司在安徽省淮北市濉溪县开展玉米干旱指数保险试点投保工作。与濉溪县 6 位玉米种植大户签订玉

米干旱指数保险合同,共投保夏玉米 2822 mu,保险金额 860710 元。自 8 月 11 日至 9 月 10 日,干旱指数大于 40%时,启动赔付。2015 年 8 月淮北地区连续降水,经查阅和分析气象观测资料,2015 年 8 月 11 日 00 时至 9 月 10 日 24 时濉溪县观测站,干旱指数为 38.7%,干旱指数未达到保险赔付条件,未产生保险赔付。保险试点结束后调查发现,试点地块玉米长势良好,未发生干旱灾害,印证玉米干旱指数保险可以基本反映实际干旱风险状况。

### 3 结论和讨论

本研究以安徽省夏玉米为研究对象,在总结归纳国内外研究成果的基础上,通过统计分析气象资料、作物产量数据和生育期资料,基于自然灾害风险评估理论对安徽省夏玉米干旱风险进行了综合评估,建立了安徽省夏玉米干旱天气指数,研究了玉米减产率与干旱指数之间的关系,厘定出夏玉米干旱天气指数保险费率,设计了安徽省夏玉米干旱天气指数保险产品。

本研究提出的天气指数保险具有几个方面的特色:(1)干旱天气指数保险建立在气象因子与作物减产率的关系模型基础上,以保险公司和农户以外的第三方提供的气象资料作为参保和赔付依据,在应用中避免了参保与赔付过程中保险双方的争议;(2)在实际应用中依据客观气象资料,即可获得每个县(市)的赔付率,与农民的实际产量无关,除具有理赔操作方便、简单等优点外,也有利于促进风险大的区域的农民加大玉米田间管理力度及种植结构的优化调整。(3)本指数依据灾害风险大小,设计了濉溪县的保险免赔额及相对应的费率,降低逆选择,有助于各级风险区域农民投保的积极性;(4)天气指数保险中纯保险费率是根据长序列的历史气象资料计算获得,避免因产量资料短而不稳定的问题。

气象指数保险一般只适用于单灾,而对于多种自然灾害(Multiperil)叠加的气象指数保险有待进一步探讨和研究。建议气象指数保险先在单灾发生频繁地区进行试点应用,对于多种自然灾害叠加发生的地区,仍以传统保险产品为主,气象指数产品作为补充。

本文在研究的过程中仍存在一些问題,如在玉米生长关键期前遇强降水或长时间干旱对夏玉米产量的影响等,仍需要对其不断改进。天气指数设计时采用的数据,其采集地点与参保地块之间的环境

差异,会否导致产生系统误差,这将是下一步设计天气指数需要解决的主要问题。

### 参考文献

- 郭建平,田志会,张涓涓. 2003. 东北地区玉米热量指数的预测模型研究. 应用气象学报,14(5):626-633.
- 刘玲,郭建平,高素华. 2006. 低温、干旱并发对玉米影响的评估研究. 气象,32(4):116-120.
- 刘映宁,贺文丽,李艳丽,等. 2010. 陕西果区苹果花期冻害农业保险风险指数设计. 中国农业气象,31(1):125-129.
- 姜伟平,吉宗伟,邱新法,等. 2011. 茶叶霜冻气象指数保险设计. 自然资源学报,26(12):2050-2060.
- 吕厚荃,杨霏云,钱控. 2002. 干旱条件下夏玉米耗水分析. 气象,28(2):38-41.
- 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. 灾害学,25(1):13-17.
- 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. 中国农业气象,28(2):226-230.
- 彭世彰,索丽生. 2004. 节水灌溉条件下作物系数和土壤水分修正系数试验研究. 水利学报,35(1):17-21.
- 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. 气象,39(12):1649-1655.
- 许莹,马晓群,岳伟. 2009. 安徽省一季稻涝灾损失定量评估研究. 安徽农业科学,37(2):722-726.
- 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. 中国农业气象,34(2):229-235.
- 杨小利. 2014. 甘肃平凉市苹果花期冻害农业保险风险等级评估. 干旱气象,32(2):281-285.
- 张建军,盛绍学,王晓东. 2014. 安徽省夏玉米生长季干旱时空特征分析. 干旱气象,32(2):163-168.
- 朱俊生. 2011. 中国天气指数保险试点的运行及其评估——以安徽省水稻干旱和高温热害指数保险为例. 保险研究,(3):19-25.
- Allen R G, Pereira L S, Raes D, et al. 2007. Crop evapotranspiration. Rome: FAO Irrigation and Drainage Paper, 1998.
- Barry J B, Olivier M. 2007. Weather index insurance for agriculture and rural areas in lower-income countries. Amer J Agri Economi, 89(5):1241-1247.
- Hess U, Syroka J. 2005. Weather-based insurance in Southern Africa: The case of Malawi Agriculture and Rural Development Discussion. The World Bank, Washington, D C,13.
- Paulson N D, Hart C E. 2006. A spatial approach to addressing weather derivative basis risk: Adrought insurance example // 2006 Annual Meeting of American Agricultural Economics Association. Iowa State University, Ames.
- Raphael N K, Holly H W, Douglas L Y. 2006. Weather-based crop insurance contracts for african countries // International Association of Agricultural Economists Conference. Gold Coast, Australia.
- Varangis P, Skees J, Barnett B. 2005. Weather indexes for developing countries // Dischel R S. Climate Risk and the Weather Market. World Bank, University of Kentucky and University of Georgia.