

曾小艳,郭兴旭. 极端天气、粮食产量波动与农业天气风险管理[J]. 江苏农业科学,2017,45(11):306-309.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.11.079

极端天气、粮食产量波动与农业天气风险管理

曾小艳¹, 郭兴旭²

(1. 湖北工程学院经济与管理学院,湖北孝感 432000; 2. 湖北省武汉市科技金融创新促进中心,湖北武汉 430070)

摘要:在所有自然灾害中,气象灾害占80%以上,其中最主要的是农业气象灾害。阐述了气候变化与极端天气事件的关系,以及二者带来的中国农业生产中的主要气候风险。采用面板数据模型,选取湖北省78个县市区1990—2009年与粮食有关的生产数据和气候数据,实证分析气候因子对粮食产量的影响。结果表明,平均气温、降水、日照变化均存在对粮食产量影响的最大值,影响呈倒“U”形结构,说明粮食生长需要稳定的气候条件,气候风险会对粮食生产产生负面影响。管理天气风险的传统农业保险存在信息不对称等问题,天气指数保险和天气衍生品作为农业天气风险管理的重要创新工具,能够化解农业保险所面临的道德风险问题,成为转移农业天气风险的有效路径。

关键词:气候变化;气候风险;粮食产量;面板数据模型;风险管理

中图分类号: F840.66 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)11-0306-04

1 气候变化与极端天气事件

气候变化是全球可持续发展面临的挑战性问题。经济发展对资源的依赖性较强,因此更容易受到气候波动的影响^[1]。温室效应是由人类活动与自然共同导致的,温室效应影响天气。大多数温室效应是由于温室气体的自然增长,少部分温室效应是因人类焚烧化石燃料、砍伐森林、破坏植被等导致的^[2]。IPCC(联合国政府间气候变化小组)研究表明:全球年平均气温在100年内(1906—2005年)上升0.74℃。我国北方地区年平均气温升高明显,尤其是东北地区与华北地

区的增温幅度较大^[3]。中国地表年平均气温升高0.5~0.8℃。

中国的降水量因气候变暖呈不均衡态势。长江中下游地区与东南地区近50年的年均降水量增加了60~130mm,东北南部、华北、西北东部的年降水量呈下降趋势^[4]。农业生产中应特别注意极端天气和水分条件的变化,气候异常变动会导致农业生产不稳定,高温使得半干旱和干旱地区荒漠化更加严重,强降水会引起洪涝等灾害频繁发生。

因温室气体增温不均,热带和极地之间的温差将变小,这将显著改变天气系统的热动力机制,引起大气环流与洋流的格局变动,导致极端天气事件发生的强度和频率均增加^[5-6]。极端天气是超出正常天气状况的现象。近年来,全球极端天气事件的发生越来越频繁(表1),极端天气带来的经济损失也在逐渐增加。

极端天气事件在中国表现为高温干旱天气频率增加,北方地区尤其是西北地区近20年来高温天数显著增加,东北、华北平原和西北旱区的旱灾发生频率显著增大^[4]。气候变暖将加剧我国北方地区的干旱状况,使得南方地区高温热害

收稿日期:2016-03-25

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金(编号:71503073);教育部人文社会科学青年基金(编号:16YJC630002、14YJC630021);湖北工程学院科学研究项目(编号:201618)。

作者简介:曾小艳(1984—),女,湖北京山人,博士,讲师,研究方向为农村金融与保险。E-mail: xiaoyanzeng128@qq.com。

通信作者:郭兴旭,硕士,经济师,研究方向为农业风险与农业保险。

机械扶持、关联技术攻关、科技成果应用转化等科技任务,进一步落实支农惠农政策,根据设施农业科技发展趋势和实际生产需要灵活调整农业补贴的范围和额度,保障财政资金持续支持设施农业科技创新发展,扩充设施农业科技开发与引进内容;创新投融资方式,鼓励工商资本、民营资本、外商资本、金融资本等参与设施农业科技建设,健全设施农业投融资服务体系。

4.5 健全社会化服务体系,加速提升设施农业服务能力

构建与设施农业结构相适应、功能相匹配的覆盖全程、综合配套、便捷高效的农业综合服务体系,健全设施农业专业人才培养体系,充分发挥农技部门在先进适用技术的引进、试验、示范、推广、培训、咨询等服务中的指导作用,调动农业园区(基地)、科技示范户在农业科技推广中的主导作用,强化合作社、协会、龙头企业、家庭农场、职业农民等新型经营主体

对设施农业科技成果转化的能动性,不断提升技术培训和科技示范的应用推广程度。

参考文献:

- [1] 蒋和平,王有年,辛岭. 北京设施农业发展现状、问题与对策[J]. 北京农学院学报,2009,24(3):28-31.
- [2] 王志刚,李腾飞. 设施农业的发展分析及未来展望——以北京市为例[J]. 农业展望,2012(5):25-27.
- [3] 王晓蓉,贾宝红,王丽娟,等. 都市设施农业科技需求意愿及其影响因素分析[J]. 江苏农业科学,2012,40(3):413-415.
- [4] 李中华,王国占,齐飞. 我国设施农业发展现状与发展思路[J]. 中国农机化学报,2012,33(1):7-10.
- [5] 李中华,丁小明,王国占. 北京市设施农业装备发展现状研究[J]. 中国农机化学报,2014,35(5):300-302.

表 1 2012 年全球部分地区极端天气灾害

时间	地区	极端天气
2012 年 2 月	意大利、波兰、瑞士、罗马尼亚等欧洲国家	寒流袭击,一些地区出现百年来最低气温,持续严寒致死 600 多人
2012 年 3 月	澳大利亚新南威尔士州	125 年来的最强降水,引发严重洪灾
2012 年 3 月	西班牙	70 年来最干旱的冬天,引发丛林火灾
2012 年 4—7 月	朝鲜西海岸地区	持续干旱,朝鲜气象水文局称为 50 年不遇
2012 年 2 月	我国云南省	大旱天气
2012 年 6 月	我国浙江省、江西省、福建省等省	暴雨洪灾
2012 年 7 月	我国北京市	几十年不遇特大暴雨,出现泥石流
2012 年 8 月	我国东部沿海地区	“布拉万”台风侵袭

及伏旱更加严重。中国南方地区虽然降水量较充足,但由于时空分布不均匀,伏旱、季节性干旱与秋旱时常发生,严重影响粮食生产。近年来,福建省、江西省、湖南省、浙江省等地区陆续发生了严重的伏旱、秋旱,给粮食生产带来了巨大损失^[7]。

中国长江及以南区域的极端降水事件发生更为频繁,江淮流域的暴雨、洪涝灾害明显增加。长江流域自动观测站资料表明,长江流域大部分地区年平均降水量逐渐增加,暴雨天数增多。长江上游夏季暴雨期逐年提前,在暴雨期间,长江中下游处于梅雨时节,同时发生的 2 种情况使上游来水成为负担,发生洪灾的概率因此增大。暴雨频率增加会导致土壤侵蚀、水土流失,使得泥石流和滑坡等地质灾害的频率和强度增大,这些都将对农业生产产生严重的影响^[8]。

2 中国农业生产中的主要天气风险

气象灾害对中国农业生产影响严重。如春季的低温连阴雨影响江南早稻的育秧期,寒露风影响晚稻的抽穗扬花,干热风影响北方冬麦区小麦生长,夏季低温影响东北水稻、高粱、大豆生长,高温干旱、洪涝、霜冻等灾害性天气影响华南及江淮地区农作物的收获。中国农业生产面临的主要天气风险是干旱、洪涝、寒灾、冷灾等^[9]。

旱灾是影响中国农业生产的首要天气灾害。中国季风气候明显,季风的不稳定性导致干旱频繁发生。旱灾主要发生在北方黄淮海平原与河套平原、南方的江南丘陵与云贵高原。2000 年是自 1949 年以来我国干旱最为严重的一年,冬小麦主产区严重干旱,东北三省、长江下游与四川地区的秋粮损失严重,全国因旱灾减产粮食 25%;河北省、河南省、山东省、江苏省等 15 个粮食主产区 2009 年初出现大面积干旱,0.09 亿 hm^2 左右作物受旱严重;2010 年,云南、贵州、广西、四川、重庆西南 5 省(市、区)遭遇特大旱灾,受旱作物面积 604.53 万 hm^2 ,重旱面积达到 190.07 万 hm^2 ,干枯约 101 万 hm^2 ,造成经济损失超过 350 亿元;2012 年 2 月,云南省大旱,90 个监测站点发生了气象干旱,旱灾造成直接经济损失达 23.42 亿元,农业损失达 22.19 亿元。

中国大部分地区年降水量不同年份间变化较大,都集中在夏季,洪涝灾害发生频繁。1998 年,全国共有 29 个省(市、区)受灾,洪灾导致粮食减产 6 033 万 t,减产幅度达 12%;江南、华南、江淮、西南、东北等地区于 2010 年前后多次发生大范围强降雨,洪灾使 0.13 亿 hm^2 农作物受灾,减产粮食 3 421 万 t,减产幅度达到 6%;2012 年 6 月下旬,浙江省、江西省、福建省等省发生暴雨洪灾,总经济损失达 172.54 亿元。

雪灾和低温冻害会导致农作物的冻伤与减产。2002 年 4 月,山东省 43 个县发生严重霜冻灾害,作物受灾面积达 51 万 hm^2 ,直接经济损失约 64 亿元;2008 年初,我国南方发生大范围雨雪冰冻天气,农业遭受严重损失,成灾面积达 0.174 亿 hm^2 ,绝收面积达 197.1 万 hm^2 。仅江苏省农业损失就达 10.9 亿元,占全部经济损失的 50%。

3 气候风险对湖北省粮食产量的影响

湖北省是粮食大省,享有“湖广熟、天下足”的美誉。中国的粮食安全主要依靠粮食核心生产区,2004 年湖北省被中央确定为 13 个粮食主产省份之一。气候变化使我国干旱、高温等气象灾害发生更加频繁,气候灾害带来的巨大损失严重影响中国粮食安全。

3.1 模型设定与指标选取

农作物生长受光、水、温等因素共同作用,气候因素影响生产要素的使用效率。传统 C-D 生产函数在描述产量与生产要素的关系时起到了重要作用^[3]。分析气候因素对粮食产量的影响时,同样采用经济-气候模型,即将气候因子也作为外生变量引入 C-D 生产函数模型^[10-11]:

$$\ln y_{it} = \alpha_0 + \sum_{k=1}^K \hat{\alpha}_k \ln x_{kit} \quad (1)$$

式中: y_{it} 表示*i*区域在时间*t*的粮食产量, x_{kit} 表示因素*k*在*i*区域时间*t*的投入量, $\alpha_j(j=0,1,\cdots,K)$ 为待估计参数。设定农作物产量是各投入要素、技术、管理、土地、气候因子的函数,虽然气候因素不是生产因素,它却影响生产要素投入的数量。

粮食产量作为解释变量,选择的解释变量包括农业劳动力、播种面积、有效灌溉面积、机械总动力、化肥施用量等。气候因子也作为解释变量,具体表现为以 1 年为单位的年平均气温、年平均降水总量与年平均日照总时数,同时,在解释变量中加入气候因子的二次项,以更贴近实际情况。除了各主要投入要素外,引入时间趋势项*t*,体现技术进步对粮食产量的影响。各主要变量的描述性统计见表 2。

由表 2 可知,粮食产量和各主要投入因素最大值、最小值间的差距很大,波动幅度也大,这反映了生产投入与获得收益之间的不确定性。主要原因是粮食种植的分布区域较广,相应的水平差异也较大。气候因素中,气温的波动相对较小,降水、日照的波动较大,3 个气候因子的变化都会对粮食产量造成不同程度的影响。

各投入要素中除了播种面积之外,其他要素并不仅用于粮食作物。为了单独计算对粮食的要素投入量,衡量粮食生

表 2 湖北省粮食生产主要变量的描述性统计

项目	粮食产量 (万 t)	有效灌溉面积 (万 hm ²)	化肥施用量 (t)	农业劳动力 (万人)	机械总动力 (万 kW)	播种面积 (万 hm ²)	平均气温 (℃)	平均降水总量 (mm)	平均日照总时数 (h)
平均值	32.09	3.15	32 607	159.2	21.4	5.98	16.65	1 304.23	1 720.91
标准偏差	27.31	3.12	32 522	96.9	23.0	4.08	1.14	513.61	433.77
最小值	0.13	0.01	206	8.0	1.1	0.04	11.47	473.30	809.30
最大值	256.52	39.43	417 352	811.6	294.5	37.95	18.80	10 095.60	11 551.80

产中各县市的农业劳动力、化肥施用量以及机械总动力、有效灌溉面积的大小,对一些主要变量进行了处理:将每种投入量都乘以粮食种植面积与总农作物种植面积的比值。其中:灌溉投入 = 有效灌溉面积 × (粮食播种面积/农作物播种面积);化肥投入量 = 化肥施用量 × (粮食播种面积/农作物播种面积)^[11-12]。

机械总动力和农业劳动力这 2 种投入要素也应用在整个农业部门,不仅是粮食种植上,相应地也对它们进行调整:农业机械投入量 = 农业机械总动力 × (农业总产值/农林牧渔总产值) × (粮食播种面积/农作物播种面积);农业劳动力投入量 = 农林牧渔业从业人员数 × (农业总产值/农林牧渔总产值) × (粮食播种面积/农作物播种面积)。

3.2 模型估计

采用的数据是湖北省 78 个县市的面板数据。面板数据因为同时具有横截面、时间 2 个维度,能够解决单独的截面或

时间序列数据所不能解决的问题,它也能显著增加样本空间,提高自由度,可以提供更多的个体信息,进而使估计结果更为准确^[13]。现有研究常常对混合 OLS 方法、固定效应模型(FE, fixed effects model)和随机效应模型(RE, random effects model)进行比较,选取其中一种估计方法。但是如果面板数据存在组内自相关、组间异方差或组间截面相关等问题时,上述方法的估计效果并不理想。这种情况下,可以考虑用可行广义最小二乘法进行估计(feasible GLS, FGLS)^[11-13]。

采用 Stata10.0 软件,分别使用混合回归、固定效应模型(FE)、随机效应模型(RE)、FGLS 对模型进行估计,结果见表 3。其中混合回归、FE、RE 都采用了聚类稳健标准差。根据估计结果可以看到,FE、RE 和混合回归的估计效果均不理想,FGLS 的估计结果最为稳健。采用 Stata10.0 软件对面板数据进行统计检验,结果见表 4。

表 3 湖北省粮食生产模型的估计结果

分析方式	混合回归	固定效应模型	随机效应模型	FGLS
有效灌溉面积	0.221 *** (7.08)	-0.070 4 * (-2.04)	0.079 8 ** (3.29)	0.151 *** (11.59)
化肥施用量	0.199 *** (7.22)	0.126 *** (5.85)	0.169 *** (7.09)	0.141 *** (17.88)
农业劳动力	-0.053 0 (-1.20)	0.025 7 (0.84)	0.011 3 (0.35)	0.172 *** (8.16)
机械总动力	0.052 5 (1.86)	0.072 2 *** (3.78)	0.079 7 *** (4.34)	0.054 3 *** (3.33)
播种面积	0.639 *** (8.41)	0.575 *** (10.65)	0.547 *** (9.41)	0.541 *** (22.48)
平均气温	36.85 * (2.57)	-0.372 (-0.03)	9.005 (0.59)	26.44 *** (4.18)
气温二次项	-3.598 * (-2.51)	0.106 (0.08)	-0.798 (-0.54)	-2.555 *** (-4.04)
平均降水	0.220 (0.66)	0.006 24 (0.04)	-0.066 8 (-0.37)	0.505 ** (3.00)
降水二次项	-0.026 4 (-0.60)	-0.005 58 (-0.24)	0.003 11 (0.13)	-0.073 5 ** (-3.08)
平均日照	0.510 (0.89)	-0.410 (-1.21)	-0.270 (-0.76)	0.433 * (2.25)
日照二次项	-0.068 7 (-1.05)	0.042 0 (1.08)	0.026 8 (0.66)	-0.049 4 * (-2.20)
时间趋势项				0.017 7 *** (10.00)
常数项	-88.73 * (-2.45)	8.427 (0.25)	-16.76 (-0.43)	-96.37 *** (-5.87)

注:“***”“**”“*”分别代表在 1%、5%、10% 水平显著;括弧中数据为标准误。

表 4 粮食生产模型检验结果

检验内容	检验结果
组间异方差检验	P 值 $> \chi^2 = 0.000\ 0$
组内自相关检验	$F(1, 77) = 41.060; P$ 值 $> F = 0.000\ 0$
组间截面相关检验	Pesaran's 检验值 $= 67.416; P$ 值 $= 0.000\ 0$

根据检验结果,沃尔德检验强烈拒绝“组间同方差”的原假设,认为存在“组间异方差”;同时,也强烈拒绝“不存在一阶组内自相关”的原假设。表 4 仅列出了 Pesaran's 检验,事实上,Friedman 与 Frees 检验的 P 值均小于 0.01,因此强烈拒绝“无截面相关”的原假设,认为存在组间截面相关。综合考虑上述结果和模型的最终估计结果,本研究最终选取 FGLS 估计方法,该方法能较好地解决上述问题,使模型估计结果更为稳健^[13]。

3.3 估计结果分析

根据上述分析以及 FGLS 估计结果,可以得到包含气候因子在内的各因素对粮食产量的影响程度。

3.3.1 除气候因子外其他投入要素的影响 根据各投入要素对粮食产量的边际影响,可以发现估计结果中播种面积系数为 0.541,在 1% 水平上显著。相对土地因素来说,其他投入要素的估计系数都较小。这是因为可耕地面积,尤其是较肥沃土地面积因为城镇化而递减,环境问题也造成土地的降级和荒废^[5]。土地可增加面积的减少使土地要素成为粮食种植面积扩大的严重约束。化肥施用量与机械总动力对粮食产量的影响也为正。化肥施用量的估计系数为 0.141,在 1% 水平上显著,表明在粮食生产中化肥施用非常密集,边际影响为正。机械总动力的系数为 0.054 3,在 1% 水平上显著,但

相对土地要素的影响来说较小。这是因为,与中国其他地区一样,湖北省也是以单个家庭经营为主,没有使用较大规模机械,小规模机械的使用更为普遍。农业劳动力与有效灌溉面积的系数分别是 0.172、0.151,说明对粮食产量的增长作用均为正向。

3.3.2 气候变化的影响 根据模型估计结果,各气候因素对粮食产量影响中,气温的影响在 1% 水平上显著。依据气温项以及气温的二次项系数,可以看出气温变化对粮食产量的影响为抛物线形式 ($-2.555 \ln t_{em}^2 + 26.44 \ln t_{em}$),呈现倒“U”形曲线,表明气温变化对粮食作物产量影响存在最大值。降水变化的影响在 5% 上显著,同气温变化一样,降水变化对粮食产量影响的表现形式也是抛物线 ($-0.073 5 \ln r_{ain}^2 + 0.505 \ln r_{ain}$)。类似地,日照也具有对粮食产量影响的最大值,在 10% 水平上显著。

粮食作物生长需要较稳定的气温、降水、日照。气温过高、降水过少、日照强度过高均会引起干旱,气温过低会发生冻害,降水过多则会导致洪涝灾害的发生^[14-16]。这些都会对粮食生产产生负面影响。

4 农业天气风险管理实现路径

在全球气候变暖和变化异常的大背景下,常有低温、干旱、洪涝、龙卷风等灾害性天气出现,严重威胁粮食生产。从世界各国的经验来看,农业保险是转嫁农业天气风险的重要途径。但在实践上,各国农业保险都面临着信息不对称而导致的逆向选择、道德风险及灾后理赔效率低、成本高、误差大等问题,造成需求有限、供给不足的窘境。市场需求是金融创新的重要动力之一,天气指数保险和天气衍生品是一种新兴的金融衍生工具,它们的交易标的是与天气相关的指数,如温度指数、风速指数、降水量指数、降雪量指数等,这有利于农业生产者对天气风险进行套期保值。天气指数产品所依据的都是由气象部门提供的气温、降水量、风速等数据,因此客观性强,得到的信息不会受合约持有者影响,很大程度降低了道德风险。农业生产者可以直接参与购买天气衍生品或天气指数保险;农业生产者也可以先购买农业保险,由保险公司或再保险公司用所得保费收入来购买天气衍生品,用以对冲农业天气风险。这些方式扩大了风险承保范围,能够将农业天气风险转移给更有能力或更愿意承担风险方,因此有利于借助资

本市场分散与转移农业天气风险。也有助于化解农业保险所面临的道德风险,保障国家粮食安全,增加农民收入以及促进农业和农村经济发展。

参考文献:

- [1] Matsumoto K, Andriosopoulos K. Energy security in East Asia under climate mitigation scenarios in the 21st century[J]. *Omega*, 2016, 59: 60-71.
- [2] 埃里克·班克斯. 天气风险管理:市场、产品和应用[M]. 北京:经济管理出版社,2010.
- [3] 崔静,王秀清,辛贤,等. 生长期气候变化对中国主要粮食作物单产的影响[J]. *中国农村经济*, 2011(9): 13-22.
- [4] 肖风劲,张海东,王春乙,等. 气候变化对我国农业的可能影响及适应性对策[J]. *自然灾害学报*, 2006, 15(6): 327-331.
- [5] 蔡运龙. 全球气候变化下中国农业的脆弱性与适应对策[J]. *地理学报*, 1996, 51(3): 202-212.
- [6] 丁一汇. 中国气候变化——科学、影响、适应及对策研究[M]. 北京:中国环境科学出版社,2012.
- [7] 周曙东,周文魁,林光华,等. 未来气候变化对我国粮食安全的影响[J]. *南京农业大学学报(社会科学版)*, 2013, 13(1): 56-65.
- [8] 王向辉,雷玲. 气候变化对农业可持续发展的影响及适应对策[J]. *云南师范大学学报(哲学社会科学版)*, 2011, 43(4): 18-24.
- [9] 霍治国,李世奎,王素艳,等. 主要农业气象灾害风险评估技术及其应用研究[J]. *自然资源学报*, 2003, 18(6): 692-703.
- [10] 曾小艳. 农业天气风险管理的金融创新路径研究[D]. 武汉:华中农业大学,2013.
- [11] Holst R Y, Grün C. Climate change, risk and grain yields in China[J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2013, 12(7): 1279-1291.
- [12] 周曙东,朱红根. 气候变化对中国南方水稻产量的经济影响及其适应策略[J]. *中国人口·资源与环境*, 2010, 20(10): 152-157.
- [13] 陈强. 高级计量经济学及 Stata 应用[M]. 北京:高等教育出版社,2010.
- [14] 马锐,江敏,石春林. 气候变化对农业影响评价研究进展[J]. *江苏农业科学*, 2015, 43(10): 16-19.
- [15] 张怡,史本林. 气候变化对豫东冬小麦产区的综合影响[J]. *江苏农业科学*, 2015, 43(2): 336-339.
- [16] 陈波,方伟华,何飞,等. 湘江流域洪涝灾害与降水的关系[J]. *自然灾害学报*, 2008, 17(1): 92-96.