

# 玉米主产区农户灾害适应性行为及其效用分析

## ——基于单产和生产效率视角

许朗<sup>a,b</sup>, 凌玉<sup>a,b</sup>

(南京农业大学 a.经济管理学院; b.中国粮食安全研究中心, 江苏 南京 210095)

**摘要:** 中国四大玉米主产区普遍受到了旱灾和涝灾的影响, 其中旱灾影响的面积更广。基于农业部农村固定观察点和气象科学数据共享服务网的统计数据, 采用固定效应模型分析农户的灾害适应性行为对玉米主产区生产的影响发现: 对于单产而言, 旱灾的被动应对行为和提前预防行为对各地区均有显著正向影响; 涝灾的提前预防行为对各地区均有显著正向影响, 而被动应对行为却只对黄淮海和西南两个地区有显著正向影响。对生产效率而言, 旱灾的被动应对行为对北方和西南两个地区有显著负向影响, 提前预防行为以显著正向影响为主; 涝灾的被动适应行为对黄淮海和西南两个地区分别有正、负向显著影响, 而提前预防行为以显著正向影响为主。提前预防行为总体上要优于被动应对行为, “未雨绸缪”有其重要价值。

**关键词:** 灾害; 玉米种植; 适应性行为; 生产效率

中图分类号: F326.11

文献标志码: A

文章编号: 1009-2013(2016)03-0027-08

### Adaptive behavior and utility analysis of farmers in the main maize production areas:

#### Based on the perspective of per unit area yield and production efficiency

XU Lang<sup>a,b</sup>, LING Yu<sup>a,b</sup>

(a.College of Economics & Management; b. China Food Security Research Centre, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

**Abstract:** China's four major producing area of maize broadly influenced by drought and flood, and the drought affects broader. Based on Ministry of Agriculture and the rural fixed observation point and the China Meteorological data sharing service network statistics, using fixed effect model to analyze the effect of the disaster adaptive behavior of farmers to the main maize production areas, the author finds out that: when concerning with yield, farmers' passive drought coping behavior and prevention behavior have a significant positive effect on various regions; farmers' prevention behavior against the floods has a significant positive effect on various regions, while farmers' passive coping behavior have significant positive effect only at two areas, the Huang-Huai-Hai area and the southwest of China. As for production efficiency, farmers' passive drought coping behavior has significantly negative effect at North China and South China, prevention behavior has a significant positive impact; the farmers' passive floods adaptation behavior has respectively positive and negative significant effect at two regions of Huang-Huai-Hai and southwest of China, and farmers' prevention behavior has a significant positive impact. Overall, prevention is superior to the passive coping behavior.

**Keywords:** disasters; maize plantation; adaptation; production efficiency

收稿日期: 2016-04-08

基金项目: 国家社会科学基金重大项目(13&ZD160); 国家自然科学基金项目(7157030792); 国家软科学研究计划项目(2014GXQ4D184); 农业部软科学研究项目(201531-1); 江苏省软科学研究项目(BR2015043); 江苏省高校优势学科建设工程资助项目(PAPD)

作者简介: 许朗(1961—), 男, 江苏扬州人, 教授、博士, 主要研究方向为农业技术经济。

### 一、问题的提出

作为农业大国和人口大国, 确保粮食生产安全始终是中国农业发展政策最主要的目标之一。2014年全国粮食总产量实现历史性“十一连增”, 国内粮食总供给达到最高水平。但是, 较高水平的粮食供给并不意味着中国粮食安全问题的解决。随着近年来气候变暖、极端气候事件频发, 气候因子对粮

食生产的影响作用日渐增强<sup>[1]</sup>,逐渐成为主导粮食安全的核心要素。

中国历来是农业自然灾害多发的国家,其中洪涝、干旱是分布面最广、危害最大的灾害。据统计,中国旱灾占57%,水灾占30%<sup>[2]</sup>,此类农业气象灾害的发生造成了巨大的经济损失,并且严重损害了农业生产。在气象灾害面前,中国农业表现出明显的脆弱性和暴露度<sup>[3]</sup>。粮食生产受气象灾害影响极大,气象灾害已经对中国的粮食生产造成了不可忽视的影响。

人类应对气候变化的主要措施包括减缓和适应两类行为,减缓行为在短期内往往难以奏效,在这种情况下,应该尽快采取具有针对性的适应行为<sup>[4-5]</sup>。若粮食生产部门缺乏足够的旱涝灾后适应能力,气候变化将会导致粮食产地的转移,增大粮食生产总供给的不确定性,增强粮食产量的年度间波动,从而影响到国内外粮食市场的稳定性<sup>[2]</sup>。因此,加强对气象灾害适应性的研究,不断提高农业生产部门的抗灾能力,减少受灾面积和受灾损失,对于稳定粮食生产、保障粮食供给具有重要意义。

笔者拟基于中国农村固定观察点的调查数据和中国气象数据共享信息服务网提供的气象灾害数据,以中国玉米遭受的旱涝灾害为例,分析比较各玉米主产区农户灾害适应性行为对生产影响的

差异,以期增强农业部门的抗灾能力、合理分配抗灾资源、保障粮食安全提供参考。

## 二、玉米主产区灾情及农户适应性行为

### 1. 玉米主产区的旱涝灾情

近年来,中国玉米种植面积和产量增长迅速。至2014年,全国玉米种植面积已增加到37 123千公顷,分别比水稻、小麦多22.48%和54.23%,占全国粮食作物总种植面积的32.93%。玉米总产量已增加到21 565万吨,分别比水稻、小麦多4.43%和70.87%,占全国粮食作物总产量的35.53%<sup>①</sup>。玉米已经真正成为左右中国粮食形势的关键作物<sup>[6]</sup>。玉米年平均总产量超过1 000万吨的省(自治区)有7个,分别是吉林、山东、黑龙江、河南、河北、内蒙古和辽宁。中国玉米在各个气候带、各种地形条件下均有种植。自然资源的特点、社会经济因素和生产技术的变迁形成了中国不同的玉米种植区域,主要可以分为北方春播玉米区、黄淮海夏播玉米区、西南山地玉米区、南方丘陵玉米区、西北灌溉玉米区和青藏高原玉米区6个大区,其中前面四个玉米区是中国玉米主产区。笔者基于中国气象科学数据共享服务网的灾害数据,整理了2003—2010年四大玉米主产区遭受旱涝灾害的情况(表1)。

表1 2003—2010年玉米主产区受灾面积统计

公顷

年份	全国合计		北方春播玉米区		黄淮海夏播玉米区		西南山地玉米区		南方丘陵玉米区	
	旱灾	涝灾	旱灾	涝灾	旱灾	涝灾	旱灾	涝灾	旱灾	涝灾
2003	784 804	594 670	426 269	47 867	140 201	206 468	96 000	96 000	122 401	244 401
2004	623 270	160 134	393 469	28 467	100 067	66 934	56 800	48 400	72 934	16 267
2005	438 269	272 668	231 668	40 400	51 200	98 934	132 534	83 667	22 867	49 600
2006	1 000 405	194 334	460 936	25 800	249 868	84 734	270 868	45 934	18 733	37934
2007	1 242 540	258 001	951 471	35 867	137 001	49 934	89 067	82 067	65 067	90 200
2008	515 469	135 401	328 402	41 934	129 867	37 934	50 800	44 267	6 400	11 267
2009	971 138	207 334	556 136	16 000	287 735	84 600	81 734	39 400	45 534	67 400
2010	522 003	526 669	136 867	95 800	81 334	139 534	299 001	133 601	4 867	157 734

注:四个种植区共计包含773个台站,表中为各个种植区内台站灾害数据的加总。数据来源:中国气象科学数据共享服务网,作者整理。

总体来看,旱灾影响的玉米种植面积较涝灾更广。分区域来看,北方春播玉米区旱情最为严重;黄淮海地区涝灾较为严重;西南山地玉米区和南方丘陵玉米区的灾害情况没有前两个主产区严重,但西南山地玉米区旱灾和涝灾均较为频繁,南方丘陵玉米区遭遇涝灾时受害范围更广。

### 2. 农户的适应性行为

联合国政府间气候变化专门委员会(Intern-

governmental Panel on Climate Change,简称IPCC)第四次评估报告认为,实际的或者预期的气候变化会给自然系统和人类系统造成各种影响,在这种影响面前,自然系统和人类系统是脆弱的,适应就是为降低这种脆弱性而提出的倡议和采取的措施,可以分为提前适应(预防)和被动适应(应对)<sup>[7-8]</sup>。农户会根据当地的灾害情况,调整农业生产行为<sup>[9]</sup>,这些行为均是在当期的灾害发生之前做出,称之为提

前预防行为。这种类型的灾害适应性行为的意义在于降低灾害发生时的损失。研究表明,对于干旱、半干旱地区的玉米生产来说,地膜覆盖<sup>[10]</sup>、玉米品种<sup>[11]</sup>对抗灾有重要作用。还有一个抗灾减灾的重要措施是水利设施建设<sup>[12]</sup>。调整产业结构是农户面对自然灾害和气候变化时最大的农业生产调整行为。这里包括三方面:其一,农户可能选择在种植业内部进行调整,改良或调整作物品种,减少高耗水作物的生产,选择抗涝性、抗旱性强的作物,发展集约型循环生态农业和特色农业<sup>[13-14]</sup>。其二,农户可能选择在农业内部进行调整,根据气候变化的特点放弃种植业,转向畜牧业、渔业等其他农业产业。其三,农户也可能跳出农业部门,转向非农部门。随着经济的发展,非农就业机会不断增加,农户最终在哪个行业就业,由扣除迁移成本后的报酬率决定<sup>[15]</sup>。针对玉米作物,笔者将农户根据往年灾情更换品种、使用地膜、改变种植规模以及水利设施建设等灾害适应性行为归为提前预防行为。

被动应对行为是指在灾害发生时或发生后,农户根据灾害的规模、强度进行针对性的补救措施,称之为补救性行为<sup>[16]</sup>。已有研究认为,化肥使用和灌溉是保证持续产出的重要因素<sup>[17-19]</sup>。因此,旱灾发生时,要充分发挥应急抗旱水源工程的作用,浇水保苗<sup>[20]</sup>;涝灾过后,除了尽快排涝,还要追施肥料补充土壤损失的养分。针对玉米作物,笔者研究的被动应对行为主要包括旱涝灾后的补救性灌溉、追加化肥两项。

### 三、研究方法与模型构建

由于各区自然条件不同,面对旱涝灾害,采取的适应性行为可能不同。不同适应性行为的生产效果会存在差异。适应性行为对玉米生产的影响可以从单产和生产效率两个角度来考察。笔者首先将单产作为被解释变量,构建固定效应模型,分析玉米主产区农户采取的适应性行为对单产的影响。借助统计上的显著性判断对玉米单产有重要影响的适应性行为。由于适应性行为本身的特性,笔者预计其系数在显著的情况下为正。如果某适应性行为对单产的影响在统计上显著,则表明其对抗灾、减灾起到了作用。然后,笔者将生产效率作为被解释变量,构建固定效应模型,考察玉米主产区农户采取的适应性行为对生产效率的影响。需要说明的是,

对生产效率的影响分析必须基于对单产影响的结果,若统计上没有证据判断某适应性行为的存在,则效率部分无法对该行为进行分析。

国外现有对玉米单产影响因素的研究涉及水资源利用、灌溉、化肥使用、气候灾害、品种以及降水等方面<sup>[21-24]</sup>。国内学者对玉米单产及其影响因素的研究认为,化肥施用量、人工投入和机械<sup>[25-26]</sup>、灌溉、品种<sup>[27]</sup>以及水利设施建设等是影响玉米增产的主要因素。基于前述分析,笔者选择化肥、灌溉、农膜、种子、种植规模和水利设施建设当年支出六个适应性行为变量与灾害的交互项来表示气象灾害的适应机制。选用滞后一期的水利设施保有量、灌溉及其平方、化肥及其平方、受灾面积、农家肥、投工量、机械、农药以及温度、降水、日照及其平方作为控制变量。设定的个体固定效应模型为:

$$yield_{it} = \alpha_i + adp_{it} * dis_{it} + Z_{it} + \varepsilon_{it}$$

$$i=1,2,\dots,N; t=1,2,\dots,T$$

其中,  $adp$  表示两类适应性行为的变量集合,包含上述六个适应性行为变量;  $dis$  为旱灾或涝灾的受灾面积,两者构成交互项;  $Z$  为上述控制变量组。

需要说明的是,期初的水利设施保有量会对当期的产出发挥作用,所以取滞后项,其它变量则不需要滞后。化肥、灌溉、农膜、种子、农家肥、机械和农药等变量根据每亩的费用进行量化,为剔除通货膨胀的影响,用生产资料指数平减。温度和降水和日照等自然条件变量使用的是玉米生长期内的月均温度、月均降水和月均日照。另外,生产要素对单产的影响可能是非线性的。以温度为例,气温对粮食单产的影响可能是呈现一条开口向下的抛物线关系,过低或过高的温度都可能不利于粮食生长,温度对粮食单产的贡献可能存在一个最佳区间<sup>[15]</sup>。因此,笔者将灌溉、化肥、温度、降水、日照等生产要素变量的平方项纳入模型予以考虑。

笔者借助 DEA 方法计算生产效率变量。参考已有文献,笔者选取的产出变量是玉米单产,投入变量包括机械、农药、灌溉、化肥、农家肥、投工量、种子、农膜、农药、农具等。然后,笔者使用静态面板数据模型分析农户灾害适应性行为对生产效率的影响。已有研究认为农户户主受教育年限<sup>[28]</sup>、技术培训和商品率、种植规模及其平方<sup>[29]</sup>等因素会对粮食生产效率产生影响。因此,参考已有研究,除六个灾害适应性行为与灾害的交互项外,笔者还选择了户主文化程度、当年是否参加农业技术教育

或培训、商品率、种植规模及其平方项等作为控制变量。此外,笔者在模型中引入了可能对生产效率产生影响的其他家庭人口特征,如人口负担系数和户主年龄等。

#### 四、数据来源与计量结果分析

##### 1. 数据来源及描述性分析

笔者将气象灾害数据与农业部农村固定观察点村级层面的调查数据相结合,构成面板数据。具体方法为:首先根据固定观察点的村名单定位各村的经纬度,根据灾害数据来源台站的编号定位各台站的经纬度,然后依据球面距离计算公式,匹配出地理距离上最近的村和台站。笔者的农户样本成为固定观察点中100个村1399个农户、2003—2010年8年的观测值,平均每个村包含14户农户。部分变量(如水利设施建设当年支出等)无法从农户

层面获取,笔者选用该户所在村层面的变量进行替代。笔者的气象数据样本(包括受灾面积、温度、降水、日照)为与样本村距离最近的台站数据。

变量的均值描述和对比如表2所示。平均来讲,北方春播玉米区是旱灾较为严重的地区,黄淮海夏播玉米区是涝灾较为严重的地区。在基础设施建设方面,北方春播玉米区的水利设施保有量最多,黄淮海夏播玉米区的水利建设增长最快。在生产投入方面,西南山地玉米区的人工使用更为密集,北方春播玉米区和黄淮海夏播玉米区的机械使用远超其它两个地区,四个地区的农药投入和化肥使用量相差不大。在农户家庭特征方面,四个地区的户主受教育程度、户主年龄差异不大,北方春播玉米区家庭的抚养比最小。从玉米的产销角度讲,北方春播区的玉米商品率最高。

表2 玉米主产区各变量的描述性统计

		北方春播玉米区	黄淮海夏播玉米区	西南山地玉米区	南方丘陵玉米区
村层面变量					
旱灾受灾面积	公顷	435 655.50	147 160.70	134 600.70	44 853.60
涝灾受灾面积	公顷	80 187.10	114 920.60	80 500.40	58 753.60
水利设施保有量	万元	1 532.13	794.63	462.76	415.48
水利设施建设当年支出	万元	109.80	145.45	102.26	106.43
温度	0.1 摄氏度/月	181.87	227.51	240.39	223.03
降水	0.1 毫米/月	99.54	104.54	143.16	127.24
日照	0.1 小时/天	72.06	60.81	40.05	42.80
户层面变量					
单产	公斤/公顷	6806.70	6540.15	5497.05	5227.50
生产效率		0.73	0.69	0.65	0.86
玉米播种面积	公顷	0.67	0.38	0.13	0.23
化肥	元/公顷	1684.50	1500.30	1603.80	1498.65
农家肥	元/公顷	158.85	160.80	177.75	182.25
人工	日/公顷	142.50	161.70	280.50	213.75
机械	元/公顷	919.80	553.35	385.20	369.45
灌溉	元/公顷	49.80	171.45	94.65	50.25
农膜	元/公顷	7.50	3.90	17.10	2.70
种子	元/公顷	431.55	410.55	314.10	385.65
农药	元/公顷	126.15	119.85	113.40	114.00
户主文化程度	年	6.99	6.90	6.14	6.99
人口负担系数	(比值)	0.77	1.040	1.03	1.03
当年是否参加农技教育或培训	(虚拟变量)	0.09	0.03	0.04	0.42
商品率	(比值)	0.91	0.89	0.81	0.71
户主年龄	岁	50.76	52.47	53.89	53.53

数据来源:农业部农村固定观察点和气象科学数据共享服务网。

##### 2. 适应性行为对单产的影响分析

通过回归分析灾害适应性行为对单产的影响,可以借助统计上的显著性判断各地区有显著影响的灾害适应性行为。为了避免旱灾和涝灾之间的多

重共线性问题,笔者将两种灾害进行分开检验<sup>[2]</sup>。旱涝灾害的对应情况如表3所示。

总的来看,对于旱灾来说,被动应对行为和提前预防行为对保障各地区的玉米单产均表现出显

著的促进作用；而对于涝灾来说，提前预防行为有助于保障各个玉米主产区的单产水平，而被动应对行为却只对黄淮海夏播玉米区和西南山地玉米区两个地区的单产表现出较好的保障作用。

表 3 玉米主产区农户旱涝灾害适应性行为对单产影响的估计结果

	北方春播玉米区		黄淮海夏播玉米区		西南山地玉米区		南方丘陵玉米区	
	旱灾	涝灾	旱灾	涝灾	旱灾	涝灾	旱灾	涝灾
被动应对行为								
化肥×受灾面积	0.002 (0.002)	0.000 4 (0.000 4)	0.007 (0.009)	0.005 6** (0.002 4)	0.008* (0.005)	0.005 1* (0.002 8)	-0.001 (0.001)	0.001 4 (0.000 8)
灌溉×受灾面积	0.001** (0.001)	-0.000 2 (0.000 1)	0.005* (0.003)	-0.003 7 (0.003 3)	0.003** (0.001)	-0.001 6 (0.001)	0.004** (0.002)	-0.005 7 (0.004)
提前预防行为(滞后一期)								
农膜×L1 受灾面积	0.006** (0.003)	0.001 (0.000 8)	-0.053 (0.042)	-0.040 (0.060 5)	0.003** (0.001)	0.002 (0.001 3)	0.561 (0.351)	-0.759 (0.514 3)
种子×L1 受灾面积	0.015* (0.008)	0.003* (0.001 6)	0.112*** (0.038)	0.085 (0.060 5)	0.068*** (0.025)	0.039** (0.018 1)	0.260 (0.262)	0.329** (0.142 5)
种植规模×L1 受灾面积	-0.230 (0.298)	-0.044 (0.037)	-0.012** (0.005)	-0.009** (0.005)	-0.018** (0.008)	-0.010** (0.005)	0.262 (0.233)	0.334* (0.192)
水利设施建设当年支出×L1 受灾面积	0.000 1* (0.000 06)	0.000 1* (0.000 05)	0.000 2** (0.000 08)	0.000 2* (0.300 58)	-0.444 2 (0.000 05)	-0.256 8 (0.000 05)	0.000 1** (0.000 05)	0.000 1*** (0.000 09)
控制变量								
L1 水利设施保有量	0.025** (0.011)	0.026*** (0.009 8)	0.015** (0.007)	0.014** (0.006 5)	0.017** (0.007)	0.017* (0.009 6)	0.022** (0.009)	0.021*** (0.007 2)
受灾面积	-0.02*** (0.005)	-0.003* (0.001 6)	-0.05*** (0.018)	-0.041*** (0.013 2)	-0.02*** (0.006)	-0.009* (0.005)	-0.05*** (0.017)	-0.066** (0.032 3)
农家肥	-0.04 (0.05)	-0.04 (0.03)	0.27* (0.15)	0.26 (0.28)	1.00 (0.71)	1.02 (2.33)	0.65 (0.66)	0.67 (0.75)
投工量	1.28* (0.67)	1.26* (0.67)	1.42** (0.63)	1.47** (0.69)	4.30** (2.13)	4.17* (2.41)	3.74** (1.53)	3.82*** (1.23)
机械	0.66*** (0.22)	0.69*** (0.24)	1.02** (0.43)	1.04** (0.47)	-0.24* (0.14)	-0.23 (0.15)	0.98* (0.52)	1.00* (0.57)
农药	-0.33 (0.23)	-0.34 (0.45)	-8.99 (6.39)	-8.74 (7.76)	4.97 (3.65)	4.83* (2.7)	2.06* (1.22)	2.75 (1.96)
温度	0.38* (0.21)	0.37** (0.16)	0.15* (0.08)	0.15** (0.07)	-0.13 (0.09)	-0.14 (0.1)	0.12* (0.07)	0.11** (0.05)
温度平方	-0.003** (0.001)	-0.003*** (0.001 2)	-0.002** (0.001)	-0.002** (0.001)	0.003* (0.002)	0.003 (0.001 8)	-0.009* (0.005)	-0.010* (0.005 6)
降水	1.31*** (0.42)	1.26*** (0.43)	2.27*** (0.69)	2.19*** (0.8)	10.57*** (3.29)	10.88*** (3.77)	0.80** (0.36)	0.82** (0.4)
降水平方	0.005* (0.003 2)	0.005 (0.003 3)	-0.007** (0.003 2)	-0.007*** (0.002 6)	-0.007* (0.003 9)	-0.008* (0.004 3)	-0.003 (0.003)	-0.003 (0.002 3)
日照	1.33* (0.7)	1.29** (0.63)	2.16** (1.05)	2.08** (0.87)	2.79* (1.67)	2.86** (1.32)	0.64 (0.45)	0.66** (0.33)
日照平方	-0.008 (0.014 6)	-0.008* (0.004 5)	-0.002 (0.012 7)	-0.002 (0.001 4)	-0.002 (0.002)	-0.002 (0.001 6)	0.003 (0.003 2)	0.002 (0.0025)
灌溉	0.88** (0.38)	0.91** (0.43)	0.17*** (0.06)	0.16** (0.07)	0.60*** (0.21)	0.58** (0.27)	0.53** (0.22)	0.52** (0.24)
灌溉平方	-0.01 (0.009)	-0.015 (0.013 9)	0.05 (0.037)	0.052 (0.035 1)	-0.03 (0.024)	-0.034 (0.025 9)	-0.02 (0.013)	-0.015 (0.011 6)
化肥	2.24** (1.03)	2.16** (1.05)	0.73* (0.39)	0.76* (0.43)	1.29 (0.96)	1.32* (0.78)	1.15* (0.68)	1.13** (0.56)
化肥平方	-0.26 (0.174)	-0.269** (0.1237)	0.16 (0.124)	0.151 (0.228 8)	0.12* (0.059)	0.114 (0.078 9)	-0.10* (0.057)	-0.107 (0.098 9)
时间趋势项	-0.07 (0.1)	-0.075 (0.081)	-0.04 (0.03)	-0.043** (0.021)	-0.01** (0)	-0.007 (0.013)	0.03 (0.04)	0.027 (0.024)
个体固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
农户观测样本量	2877	2877	4900	4900	588	588	1428	1428
包含样本村数量	30	30	43	43	15	15	12	12
F 值	46.25***	42.03***	25.54***	34.86***	92.89***	23.91***	36.41***	26.36***
R <sup>2</sup>	0.26	0.24	0.19	0.15	0.29	0.40	0.38	0.31

注：括号内为标准误；\*、\*\*和\*\*\*分别表示在10%、5%和1%的水平上显著。

北方春播玉米区应对旱灾有显著影响的被动应对行为是灾后的补救性灌溉,以及使用地膜、变更玉米品种、增减水利设施建设当年支出等提前预防行为;应对涝灾有显著影响的适应性行为是变更玉米品种、增减水利设施建设当年支出等提前预防行为。

黄淮海夏播玉米区应对旱灾有显著影响的被动应对行为是灾后的补救性灌溉,以及变更玉米品种、变更种植规模、增加水利设施建设当年支出等提前预防行为;应对涝灾有显著影响的适应性行为是补救性施肥措施,以及变更种植规模、增加水利设施建设当年支出等提前预防行为。

西南山地玉米区应对旱灾的被动应对行为包括受灾之后的补救性灌溉和施肥,以及使用地膜、变更玉米品种、变更种植规模等提前预防行为;应对涝灾有显著影响的被动应对行为是灾后的补救性施肥,以及变更玉米品种、变更种植规模等提前预防行为。

南方丘陵玉米区应对旱灾有显著影响的被动应对行为是灾后的补救性灌溉,以及增加水利设施建设当年支出等提前预防行为;应对涝灾有显著影响的行为是变更玉米品种、变更种植规模、增减水利设施建设当年支出等提前预防行为。

另外,控制变量的估计结果显示,各地水利设施保有量对单产有显著的正向影响,肥料、人工、机械、灌溉等生产资料对单产有显著的正向影响,日照、温度、降水都是玉米生产的重要自然因素。从各地区横向的比较结果来看,北方春播玉米区水利设施保有量的边际贡献更高;南方丘陵玉米区受旱涝灾害的影响更大;西南山地玉米区和南方丘陵玉米区较其它两个地区有更高的劳动力边际产出,间接说明这两个地区的资本配置不足。

### 3. 适应性行为对生产效率的影响分析

同样因为可能的多重共线性问题,笔者将两种灾害进行分开检验。表4显示了旱灾和涝灾的适应性行为对玉米生产效率的影响情况。总的来看,对于旱灾来说,被动应对行为对北方春播玉米区、西南山地玉米区生产效率有显著负向影响,提前预防行为对生产效率以显著正向影响为主。对于涝灾来说,提前预防行为对生产效率的影响以正向为主,而被动适应行为对黄淮海和西南两个地区生产效

率分别有正、负向显著影响。

北方春播玉米区应对旱灾采取的被动适应行为中,补救性灌溉对于生产效率表现出显著的负向影响,而使用地膜、变更玉米品种等提前预防行为能显著促进生产效率的提高;对于涝灾来说,变更玉米品种能显著促进生产效率的提高,而改变水利设施建设当年支出对生产效率的影响为负。

黄淮海夏播玉米区应对旱灾时,变更玉米品种和玉米种植规模等提前预防行为能显著地促进生产效率的提高;应对涝灾时,补救性施肥措施等被动应对行为和变更种植规模等提前预防行为对于生产效率表现出显著的正向影响。

西南山地玉米区对旱灾采取的补救性施肥和灌溉措施对生产效率有显著负向影响,而使用地膜、变更玉米品种等提前预防行为对生产效率的影响显著为正,变更种植规模的影响显著为负。对于涝灾来说,补救性施肥等被动应对行为和变更种植规模等提前预防行为对于生产效率的影响显著为负,而变更玉米品种能显著提高玉米的生产效率。

南方丘陵玉米区应对旱灾时,增加水利设施建设当年支出等提前预防行为对生产效率表现出显著的正向影响。对于涝灾来说,变更玉米品种和增加水利设施建设当年支出等提前预防行为显著地促进了生产效率的提高。

另外,控制变量的估计结果显示,参加农业技术教育或培训、以出售为目的种植玉米对生产效率也有积极作用;在一定范围内扩大种植规模对生产效率有积极影响,然而存在最优的规模,因而规模与效率呈现“倒U型”的特征。人口负担系数和户主年龄对于效率的影响不显著。从横向来看,在黄淮海夏播玉米区和南方丘陵玉米区,户主文化程度的提高有助于促进生产效率的提高;相对其他三个区来说,北方春播玉米区的玉米商品率能够显著地促进生产效率的提高。

由上述实证结果知,被动应对行为多对生产效率有负向影响,提前预防行为多对生产效率有正向影响。因此,从提高生产效率的角度出发,提前预防行为要优于被动应对行为,“未雨绸缪”有其重要价值。另外,各地也应该根据实际情况选择合适的提前预防行为,因为部分提前预防行为并未起到提高生产效率的作用。

表4 玉米主产区旱涝灾农户旱涝灾害适应性行为对生产效率影响的估计结果

	北方春播玉米区		黄淮海夏播玉米区		西南山地玉米区		南方丘陵玉米区	
	旱灾	涝灾	旱灾	涝灾	旱灾	涝灾	旱灾	涝灾
被动应对行为								
化肥×受灾面积	-0.001 8 (0.001 5)	-0.000 3 (0.000 3)	0.004 3 (0.002 7)	0.003 4** (0.001 3)	-0.001 1* (0.000 6)	-0.0007** (0.0003)	-0.009 1 (0.006 6)	-0.012 2 (0.011 6)
灌溉×受灾面积	-0.02** (0.012)	-0.004 (0.004)	0.01 (0.008)	0.010 (0.008)	-0.04*** (0.014)	-0.025 (0.019)	0.05 (0.044)	0.068 (0.044)
提前预防行为(灾害滞后一期)								
农膜×L1 受灾面积	0.01** (0.004)	0.002* (0.001)	-0.04 (0.042)	-0.030 (0.023)	0.02** (0.009)	0.011 (0.011)	-0.06 (0.062)	-0.081 (0.069)
种子×L1 受灾面积	0.03* (0.016)	0.005** (0.002)	0.07** (0.032)	0.055 (0.034)	0.01* (0.007)	0.007* (0.004)	0.05 (0.034)	0.063* (0.032)
种植规模×L1 受灾面积	0.01 (0.004)	0.001 (0.001)	0.03* (0.017)	0.023* (0.012)	-0.08* (0.043)	-0.047* (0.028)	0.04 (0.033)	0.057 (0.039)
水利设施建设当年支出 ×L1 受灾面积	-0.001 (0.001)	-0.000 2* (0.000 1)	0.006 (0.004)	0.004 5 (0.004 3)	0.003 (0.003)	0.0018 (0.002)	0.005** (0.002)	0.006 1** (0.002 8)
控制变量								
户主文化程度	1.98 (4.23)	1.93 (3.14)	2.01** (0.96)	1.94* (1.02)	-0.55 (0.41)	-0.53 (0.42)	2.86** (1.33)	2.96** (1.44)
人口负担系数	-32.20 (40.8)	-31.54 (43.65)	-19.03 (18.74)	-19.73 (12.34)	0.97 (0.67)	1.01 (0.66)	-20.26 (15.45)	-19.73 (17.88)
农业技术教育或培训	10.67* (6.29)	10.36 (7.55)	7.82* (4.22)	7.55** (3.7)	6.06 (4.83)	5.82* (3.32)	8.99* (5.06)	9.27** (3.85)
商品率	45.94*** (17.02)	44.24*** (16.67)	40.87** (18.35)	41.83** (17.36)	41.22 (29.3)	39.76* (21.43)	34.58** (17.07)	35.57* (19.96)
户主年龄	-0.56 (0.37)	-0.55 (0.74)	1.30 (1.15)	1.26 (1.37)	-1.79 (1.12)	-1.86 (1.62)	0.13 (0.09)	0.13 (0.14)
种植规模	6.27*** (1.9)	6.47*** (1.66)	3.86*** (1.25)	3.74*** (1.17)	5.19** (2.13)	5.35*** (1.71)	4.45** (2.07)	4.35*** (1.4)
种植规模平方项	-0.53*** (0.14)	-0.51** (0.22)	-0.65** (0.3)	-0.67** (0.29)	-1.34** (0.62)	-1.29** (0.51)	-1.16** (0.48)	-1.12*** (0.42)
农户观测样本量	2 877	28 77	4 900	4 900	588	588	1 428	1 428
包含样本村数量	30	30	43	43	15	15	12	12
F 值	30.62***	30.33***	7.12***	6.60***	24.89***	26.87***	18.64***	6.81***
R <sup>2</sup>	0.19	0.18	0.10	0.12	0.14	0.13	0.10	0.10

注：回归运算前，本表使用的效率变量在[0, 1]区间的基础上扩大100倍至[0, 100]区间；括号内为标准误；\*、\*\*和\*\*\*分别表示在10%、5%和1%的水平上显著。

## 五、结论及其启示

上述研究表明，中国四大玉米主产区普遍受到了旱灾和涝灾的影响，其中旱灾影响的面积更广。采用固定效应模型分析农户的灾害适应性行为对玉米主产区生产的影响发现：对于单产而言，旱灾的被动应对行为和提前预防行为对各地区均有显著正向影响；涝灾的提前预防行为对各地区均有显著正向影响，而被动应对行为却只对黄淮海和西南两个地区有显著正向影响。对生产效率而言，旱灾的被动应对行为对北方和西南两个地区呈显著负向影响，提前预防行为以显著正向影响为主；涝灾的被动适应行为对黄淮海和西南两个地区呈正、负向显著影响，而提前预防行为以显著正向影响为主。可见，从提高玉米生产效率的角度出发，提前预防类适应性行为的效果要优于被动应对类适应

性行为。

上述结论对于中国四大玉米主产区应对旱涝灾害，提高生产效率具有如下启示：对于北方春播玉米区，东北平原地势平坦，非常适宜发展玉米地膜覆盖技术，应用生产性调整积极适应气象环境的变化。另外，缺乏稳产高产的新品种是限制其玉米生产效率的主要因素之一<sup>[11]</sup>，选育或引进早熟、高产、抗倒伏、适宜密植和机械化作业的新杂交种，亦是应对灾害的有效措施。对于黄淮海夏播玉米区，地力不足是限制玉米产量的主要因素，因此种植规模的调整对该区玉米产业的发展具有重要的意义。对于西南山地玉米区，玉米大部分没有灌溉条件，以天养为主；土地贫瘠，易涝易旱，且漏水漏肥。在高寒丘陵地区应推广玉米覆膜，争农时、夺积温；同时应扩大杂交玉米种植面积，充分挖掘地方种质资源，不断扩大杂交优良品种的面积。对于南方丘陵玉米区，玉米多半是

种植在丘陵山坡上,对水利设施的要求较高,应加强对现有水利设施的管理,减少水利设施受到的自然和人为因素的破坏,保障其充分发挥抗灾、救灾的功能,从而满足玉米生长的需求,促进玉米产业的发展。

#### 注释:

- ① 资料来源:《中国农村统计年鉴》。
- ② 北方春播玉米区包括黑龙江、吉林、辽宁、宁夏和内蒙古的全部,山西的大部,河北、陕西和甘肃的一部分,是中国的第一大玉米产区,常年玉米种植面积占全国的40%左右。黄淮海夏播玉米区包括黄河、淮河、海河流域中下游的山东、河南,河北的中南部,山西中南部,陕西中部,江苏和安徽北部的徐淮地区,是中国第二大玉米产区,也是最大的夏玉米集中产区,占全国玉米种植面积的30%以上。西南山地玉米区包括四川、广西、云南和贵州,湖北和湖南的西部丘陵山区以及陕西南部丘陵区,占全国玉米种植面积的20%以上。南方丘陵玉米区包括广东、海南、福建、浙江、江西和台湾等全部,江苏和安徽的南部,广西和湖南、湖北的东部,玉米种植面积较小,只占全国玉米种植面积的7%左右。西北灌溉玉米区包括新疆的全部和甘肃的河西走廊,只占全国玉米种植面积的4%左右。青藏高原玉米区包括青海和西藏,占全国玉米种植面积的1%以下。
- ③  $Distance_{ij} = R * \text{Acos}(\text{Cos}(Ia_i) * \text{Cos}(Ia_j) * \text{Cos}(Io_i - Io_j) + \text{Sin}(Ia_i) * \text{Sin}(Ia_j))$  式中,  $Distance_{ij}$  是  $i$  村、 $j$  站台的距离,  $R$  是地球半径,  $Io$  和  $Ia$  代表经度和纬度,并规定东经为正,西经为负,北纬为正,南纬为负。如果是角度,则代入公式计算应转化为弧度。

#### 参考文献:

- [1] 陈卫洪, 谢晓英. 气候灾害对粮食安全的影响机制研究[J]. 农业经济问题, 2013(1): 12-19.
- [2] 周力, 周曙东. 极端气候事件的灾后适应能力研究——以水稻为例[J]. 中国人口·资源与环境, 2012, 22(4): 167-174.
- [3] 姜彤, 李修仓, 巢清尘, 等. 《气候变化2014: 影响、适应和脆弱性》的主要结论和新认知[J]. 气候变化研究进展, 2007, 3(3): 123-131.
- [4] 周景博, 冯相昭. 适应气候变化的认知与政策评价[J]. 中国人口·资源与环境, 2001(7): 57-61.
- [5] 林而达, 吴绍洪, 戴晓苏, 等. 气候变化影响的最新认知[J]. 气候变化研究进展, 2007, 3(3): 123-131.
- [6] 杨红旗, 路凤银, 郝仰坤, 等. 中国玉米产业现状与发展问题探讨[J]. 中国农学通报, 2011, 27(6): 368-373.
- [7] Watson R T and the Core Writting Team. Climate Change 2001[C]. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- [8] Watson R T and the Core Writting Team. Climate Change 2007[C]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [9] 吕亚荣, 陈淑芬. 农民对气候变化的认知及适应性行为分析[J]. 中国农村经济, 2010(7): 75-86.
- [10] 闫根海, 杨晓军, 王斌, 等. 地膜覆盖对玉米产量及其土壤状况的影响[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(12): 6405-6406, 6413.
- [11] 汪黎明, 王庆成, 孟昭东. 中国玉米品种及其系谱[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2010.
- [12] 范世友, 王越人, 姜海英. 玉米抗旱栽培技术[J]. 内蒙古农业科技, 2010(2): 121.
- [13] 王加华. 清季至民国华北的水旱灾害与作物选择[J]. 中国历史地理论丛, 2003(1): 84-91.
- [14] 程静, 陶建平. 全球气候变暖背景下农业干旱灾害与粮食安全: 基于西南五省面板数据的实证研究[J]. 经济地理, 2010(9): 1524-1527.
- [15] 周力, 周应恒. 粮食安全、气候变化与粮食产地转移[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(7): 162-168.
- [16] 冯晓龙, 陈宗兴, 霍学喜. 基于分层模型的苹果种植农户气象灾害适应性行为研究[J]. 资源科学, 2015, 37(12): 2491-2500.
- [17] Fan T, Stewart BA, Payne W A, et al. Supplemental irrigation and water-yield relationships for plasticulture crops in the Loess Plateau of China[J]. Agronomy Journal, 2005, 97(1): 177-188.
- [18] 何凌云, 黄季焜. 土地使用权的稳定性与肥料使用——广东省实证研究[J]. 中国农村观察 2001(5): 42-48.
- [19] 周晶, 陈玉萍, 丁士军. 中国粮食单产波动分解及其预警分析[J]. 农业技术经济, 2013(10): 106-113.
- [20] 王向辉. 西北地区环境变迁与农业可持续发展研究[D]. 西安: 西北农林科技大学, 2011.
- [21] Kustu M D, Fan Y, Rodell M. Possible link between irrigation in the U.S. High Plains and increased summer streamflow in the Midwest[J]. Water Resources Research, 2011, 47(3): 77-79.
- [22] Aghion P, Howitt P. Endogenous Growth Theory[M]. Cambridge, MA, MIT Press, 1998.
- [23] Brown Molly E, Funk Chris C. Food Security Under Climate Change [M]. Washington: NASA Publications, 2008, 131.
- [24] Campbell K M. Climatic Cataclysm: The Foreign Policy Arid National Security Implications of Climate Change[M]. Washington: Brookings Institution Press, 2008: 217-220.
- [25] 张成龙, 柴沁虎, 张阿玲, 等. 中国玉米生产的生产函数分析[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2009(12): 2021-2031.
- [26] 黎红梅, 李波, 唐启源. 南方地区玉米产量的影响因素分析——基于湖南省农户的调查[J]. 中国农村经济, 2010(7): 87-93.
- [27] 李少昆, 王崇桃. 中国玉米产量变化及增产因素分析[J]. 玉米科学, 2008(4): 26-30.
- [28] 王筠菲. 气候变化对水稻生产和效率的影响评价——以江苏省为例[D]. 南京农业大学, 2012.
- [29] 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.

责任编辑: 李东辉