



柏青云, 沈倩岭, 张剑, 臧敦刚, 张宽, 潘越. “知天而作”: 气象服务与农业经济增长[J]. 中国农业大学学报, 2025, 30(9): 217-231.

BAI Qingyun, SHEN Qianling, ZHANG Jian, ZANG Dungang, ZHANG Kuan, PAN Yue. “Farming in accordance with climate”: Meteorological services and agricultural economic growth[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2025, 30(9): 217-231.

DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2025.09.20

“知天而作”: 气象服务与农业经济增长

柏青云 沈倩岭* 张剑 臧敦刚 张宽 潘越

(四川农业大学 经济学院, 成都 611130)

摘要 为探究如何缓解我国农业发展的“气候锁定”困境,以我国开展的“标准化气象为农服务政策”作为农业气象服务强化的准自然实验,运用2011—2021年我国县域面板数据,建立多期双重差分模型,并结合平行趋势检验、安慰剂检验、异质性处理效应检验与PSM-DID估计等方法,评估气象服务对县域农业经济增长的影响。结果表明:气象服务显著推动了农业经济增长;所在县域的互联网发展水平、农业机械化水平强化了气象服务对农业经济增长的促进效应;气象服务对农业经济增长的促进效应在中西部、粮食主产区更为显著,且该政策效果会随所在县域极端天气比例和经营规模的增大而增强。为此,应优化农业气象灾害风险评估体系、构建气象信息数字发布网络、发挥农业气象业务人员作用,从而实现农业经济持续增长。

关键词 气象服务; 农业经济增长; 标准化气象为农试点政策; 多重差分模型

中图分类号 F323

文章编号 1007-4333(2025)09-0217-15

文献标志码 A

“Farming in accordance with climate”: Meteorological services and agricultural economic growth

BAI Qingyun, SHEN Qianling*, ZHANG Jian, ZANG Dungang, ZHANG Kuan, PAN Yue

(School of Economics, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China)

Abstract To explore how to alleviate the “climate lock-in” dilemma in China’s agricultural development, this study takes the “Standardized Agricultural Meteorological Services Policy” as a quasi-natural experiment for the strengthening of agricultural meteorological services. Using a set of county-level panel data from 2011 to 2021, this study constructs a multi-period difference-in-differences model. Parallel trend tests, placebo tests, heterogeneous treatment effect tests, and PSM-DID estimation are employed to evaluate the impact of meteorological services on county-level agricultural economic growth. The results show that: Meteorological services have significantly promoted agricultural economic growth; The level of internet development and agriculture mechanization in a county enhances the positive effect of meteorological services; The positive impact of meteorological services is more pronounced in central and western regions and major grain-producing areas; The effectiveness of policy increases with the proportion of extreme weather and the scale of operations of the county. Accordingly, it is recommended to optimize the agricultural meteorological disaster risk assessment system, establish a digital network for climate information dissemination, and leverage the role of agricultural meteorological personnel to achieve sustained agricultural economic growth.

Keywords meteorological services; agricultural economic growth; standardized meteorological services for agriculture pilot policy; difference-in-differences model

收稿日期: 2025-04-07

基金项目: 国家社会科学基金一般项目(22BGL071);四川省社科规划重大项目(SC22ZD005);川西北生态经济发展研究中心一般项目(CXBSTJJ202403)。

第一作者: 柏青云(ORCID:0009-0005-1681-0352),博士研究生,E-mail:2022108007@stu.sicau.edu.cn

通讯作者: 沈倩岭(ORCID:0000-0001-6822-8130),教授,博士生导师,主要从事农村与区域发展研究,E-mail:qianling@sicau.edu.cn

“不违农时,谷不可胜食也”(《孟子·梁惠王上》),即农业顺应自然律动,不反其道而行,将会获得丰收。由于农业生产存在“靠天吃饭”的弱质性,当面临严峻的自然风险时,不仅会损害当期农业生产收益,而且会对未来恢复再生产产生阻碍^[1]。在全球气候变暖的趋势下,干旱、洪涝等气象灾害变得频繁与强烈,对农业生产造成较大损失,严重影响农民生计和农业发展^[2]。预计到2030年,气象灾害可造成中国三大主粮作物(水稻、小麦和玉米)减产8%^①。2024年中央一号文件明确指出“加强气象灾害短期预警和中长期趋势研判,健全农业防灾减灾救灾长效机制。农业生产越来越强调气候因素^[3],气象服务被视为引领农业生产从依赖自然条件的“靠天吃饭”向主动利用气象信息的“知天而作”转变的关键途径。据2021年中国农业气象服务效益评估调查显示,全国农业气象服务贡献率为4.8%,气象服务效益值约3472.6亿元^[4]。利用气象服务来改善对气候变化敏感的决策,提升了决策质量、创造了社会价值^[5],还可能成为适应与减缓气候变化的重要战略。在气候脆弱性较高的农村,气象服务对于预测灾害事件及增强农业韧性发挥着重要作用。气象服务通过传播气象信息和知识,帮助农户采取预防措施应对灾害,提升农业防灾减灾水平,为适应气象变化提供支持^[6]。一方面,气象服务使农民能够依据气象变化来调整农业生产活动,避免不利影响。有助于降低生产成本,提升农业产出的经济效益^[7]。另一方面,气象资源也是农业生产不可或缺的自然资源^[8],与其他农业生产资料同样具有不可替代的作用。气象服务通过合理利用气象资源,为农业生产的适应性提供了关键支持。因此,研究气象服务与农业经济增长两者的关系,不仅可以探明气象服务对农业经济增长的内在机理,还有助于突破我国农业发展的“气候锁定”困境。

农业经济增长的影响因素复杂多样,涉及诸如政府政策、基础设施建设、农业技术等多个方面。在政策因素方面,已有研究发现粮食价格支持^[9]、财政分权^[10]、新一轮农地确权^[11]等对农业经济增长具有重要影响;在基础设施建设方面,已有研究探究了现代物流发展^[12]、公路基础设施建设^[13]、农田水利与能源供应设施^[14]等对农业经济增长的作用效

果;在农业技术方面,相关研究对偏向性技术进步^[15]、农业科技创新投入^[16]、绿色技术进步^[17]等因素进行了重点讨论。

气象服务与农业经济增长关系的研究中多以理论分析、预测评价为主。气象服务被认为是提高人们管理气候风险的重要组成部分^[18]。当气象服务以小农户可以理解的形式展示时,可有效减缓气候变化对农业生产的威胁,化解农业生产气候风险。通过对气象资源合理利用,能激发农业生产的无限潜力^[19],提高农业产量^[20]。农业领域不同行业对气象服务的需求存在显著性差异。种植业主要关注降雨和气温;畜牧业虽然对气象因素的依赖性较低,但也需关注气温、降雨和强对流天气^[4]。在实践应用方面,已有研究通过气象数据构建农情遥感监测与预警系统,开展作物长势、产量预测^[21-22]、灾害损失评价^[23]等研究。

现有关于农业经济增长影响因素的研究,主要聚焦于政府政策、基础设施建设以及农业技术进步等方面。在当前气候变化加剧、极端天气事件频发的背景下,作为农业应对气象灾害的策略—气象服务,其对于农业经济增长的作用尚未得到深入的实证探讨。已有关于气象服务与农业经济关联的研究呈现出2个特征:一方面,大量文献侧重于气象服务的现状描述与实践应用;另一方面,部分研究从理论层面探讨气象服务在辅助农民生产决策、规避气象风险、减少灾害损失等方面的潜在价值,系统性的实证分析仍较为薄弱。因此,为探究气象服务如何缓解我国农业发展的“气候锁定”困境,本研究拟以2014年起实施的标准化气象为农服务试点政策为准自然试验,利用2011—2021年中国县域面板数据,构建多期双重差分模型,评估气象服务对农业经济增长的影响;进一步从互联网发展水平与农业机械化水平2个维度分析调节效应;从地区差异、极端气候灾害及农业经营规模3方面开展异质性分析。以期为保障国家粮食安全提供理论支持与政策参考。

1 政策背景与机理分析

1.1 政策背景

为深入贯彻落实党中央、国务院对气象为农服务工作的要求,提高农业气象服务和农村气象灾害

①世界资源研究所. <https://mp.weixin.qq.com/s/BaKNT-w9UENDTdrvFqlbg>.

防御水平,中国气象局依托中央财政“三农”服务专项,从2013年起在全国范围内组织开展了气象为农服务标准化创建工作。2014年1月全国共有23个县(市、区)入选“标准化气象为农服务”首批名单。同年11月,又有29个县(市、区)被增选为示范县。2016年,示范县(市、区)的数量新增31个。2017年,新增40个示范县(市、区)。到了2018年,有20个县(市、区)被纳入示范名单。标准化气象服务试点项目的核心目标是提升基层农业气象服务的标准化和规范化水平,从而增强农村气象灾害防御能力,促进农业可持续增长。该试点项目主要聚焦于以下4个关键建设内容:1)气象预警信息发布系统的建设。通过建立气象预警电子显示屏示范系统,确保气象预警信息能够及时有效地传达给农村地区,提高农民对气象变化的应对能力;2)县级农业气象服务平台的建立。通过建立县级农业气象服务平台,提供更加精准和专业的农业气象服务,帮助农民更好地安排农业生产活动;3)农业气候区划和风险区划的完成。通过完成主要农作物或特色农业的精细化农业气候区划和主要农业气象灾害风险区划,为农业生产提供科学的气候风险预判;4)重点加强乡镇、村气象信息人员队伍建设,对农户减灾增收开展相关培训。

1.2 机理分析及研究假说

1.2.1 气象服务对农业经济增长的影响

信息不对称理论认为,在市场经济条件下,个体在信息的掌握程度上存在差异,这使得他们在市场交易中处于不同的地位,掌握更多信息的个体通常占据有利位置,信息匮乏的个体往往处于不利地位^[24]。信息不对称现象在农村地区广泛存在,农户往往只能依靠个人经验进行生产决策,阻碍了农业经济发展。农业是高度依赖气象条件的产业,极端天气的频发加剧了农业生产的脆弱性。对农户而言,极端天气是风险的表征,势必造成农业收益的不确定性。但要准确估计未来气象成灾的概率,需要获取气象信息,这正是农户所不具备的能力^[25]。气象信息的可及性与可用性被视为农业适应气象灾害的有力手段^[26]。推动农业经济增长需要获取和利用可行的气象信息,尤其是气象预报、灾害预警^[27]。具体来说,气象服务对农业经济增长的影响主要体现在以下4方面:第一,气象服务提高农业信息化水平,缓解气象信息不对称。气象服务通过对

农业生产过程中的气象条件进行监测、预报、评估和预警。有助于农业经营者及时获取天气信息,为种植管理、灾害预防和收成预测等活动提供气象信息支撑,化解农业生产风险;第二,气象服务优化农业生产要素配置。农业全链条生产经营主体借助气象服务可以根据水、温、光、气等气象资源的年、季、月变化规律对农业要素进行优化配置^[7],如水资源管理、土地耕作规划、农资施用、农产品储存等,以实现农业经济效益最大化;第三,气象服务提高农业抵御灾害水平。气象服务包括农业气象灾害风险评估、编制农业气象灾害风险区划。这些措施不仅强化了对农业风险区域的灾情监测和防御体系建设,而且提升了农业生产的适应能力、减灾能力^[28],最终促进了农业经济的持续增长;第四,气象服务有助于提高农产品品质。优质的农产品需要良好的气候环境^[29]。气象服务通过适应策略制定、作物适宜种植区划分,提供农产品气候品质认证、特色农产品开发等路径提高农产品品质,从而促进农业经济增长。由此,提出假设1:

H1:气象服务推动农业经济增长。

1.2.2 气象服务影响农业经济增长的调节效应

根据现代网络经济理论和信息经济学理论^[30],互联网将信息、信息元和物元集合为一个整体。互联网技术能够实现信息发出者、接收者、信息、信息承载物的实时一体化,消除了时间和空间的障碍,加速先进农业技术和信息等资源向农户高效流动^[31],促进气象服务发挥更大效用。从供给层面看,基于互联网技术集成先进的传感器和监测设备,如土壤湿度传感器、自动气象站等,实现了对气象参数的实时监测。为气象服务实施提供了更高的准确度,帮助农民更好地应对气候变化和天气波动。从需求层面看,通信网络等设施为气象数据的快速传输提供了保障。农民借助QQ、微信等数字软件可以及时接收气象信息,如灾害预警或农时建议,确保他们能够在极端天气来临前采取应对措施,避免或减少损失,促进农业经济增长。据此,提出假设2:

H2:县域层面的互联网发展水平增强了气象服务对农业经济增长的促进效果。

农业生产具有较强的季节性,一旦错过最佳的播种、收获等作业时间,便会导致作物减产。作为现代技术的物质载体,农业机械化能显著缩短劳动

时间,提高生产效率^[32],有助于应对不断变化的天气模式,以减轻气候灾害的影响。尤其是在农忙季节,依靠人工抢收抢种不及时的现象时常发生。农业机械可以根据气象服务快速调整生产活动,最大化利用气象信息,实现高效作业。以降低传统农业种植可能错过时令带来的风险^[33],推动农业经济增长。一方面,农业机械可以利用气象服务提供的实时天气信息,在精准作业中发挥重要作用。例如,精准播种机可以根据土壤湿度、降水预测等气象数据和农田的实际情况,合理安排种植,提高农田产出。另一方面,农业机械在病虫害防治方面也能有效结合气象信息。农用无人机可以在气象条件合适(如低风速)时喷药,保证药剂的附着效果,促进农业经济增长。综上,提出假设3:

H3:县域层面的农业机械水平增强了气象服务对农业经济增长的促进效果。

2 研究设计

2.1 数据来源

本研究使用数据的时间范围为2011—2021年。数据主要来源:通过查询中国气象局官方网站获得“标准化气象为农服务”政策的试点名单;县级地形坡度数据、县级高程数据来自国家基础地理信息中心;气候指标包括平均气温、极端天气占比均来源于国家气象信息中心;县级经济控制变量、农业发展控制变量、调节变量来自《中国县域统计年鉴》^[34]。

2.2 模型构建

2.2.1 基准回归模型

标准化气象为农示范政策是一个渐进实施的政策,这为本研究采用多期双重差分模型评估政策效果提供了条件。因此,使用多期双重差分模型,检验标准化气象为农服务示范政策是否促进了县域农业经济增长。实证评估模型设定如下:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 DID_{it} + \beta_2 X_{it} + v_t + u_i + \epsilon_{it} \quad (1)$$

式中: Y_{it} 为农业经济增长; i 为县域; t 为年份; DID_{it} 为气象服务。 β_0 为常数项, β_1 为气象服务变量待估系数, β_2 为各控制变量待估系数, u_i 为县域固定效应, v_t 为时间固定效应, ϵ_{it} 为随机干扰项。 X_{it} 为控制变量,分为地理条件、气候条件、社会经济条件、农业发展条件4个维度。本研究借鉴龚斌磊等^[10]的处理方法,分别生成事前控制变量与时间固定效应交

互项。通过以上方式控制政策实施前不同地区可能存在的时间趋势差异。

2.2.2 调节效应检验模型

通过构建气象服务与互联网发展的交互项以及气象服务与农业机械化的交互项,检验交互项系数的显著性来分析气象服务对农业经济增长的调节效应。考虑到模型可能存在的多重共线性问题,将调节变量分别中心化处理后生成交互项纳入模型。本研究构建调节效应模型如下:

$$Y_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 DID_{it} + \alpha_2 M_{it} + \alpha_3 (DID_{it} \times M_{it}) + \alpha_4 X_{it} + v_t + u_i + \epsilon_{it} \quad (2)$$

式中: M_{it} 指调节变量互联网发展与农业机械化, $DID_{it} \times M_{it}$ 为交互项; α_0 为常数项; α_1 、 α_2 、 α_3 、 α_4 为对应变量的相关系数;其余变量的含义与式(1)相同。

2.3 变量选取

2.3.1 被解释变量

被解释变量为农业经济增长。本研究使用农林牧渔业总产值衡量。为避免通货膨胀对估计结果造成影响,参照刘晓丽等^[35]的方法,以2011年为基期的GDP折算指数进行平减,剔除名义产值中蕴含的价格因素,得到不变价格计量的实际数值。并选取第一产业增加值作为替换指标,进行稳健性检验。

2.3.2 核心解释变量

核心解释变量为气象服务。某个县域被列入标准化气象为农服务示范县名单的当年及以后年份赋值为1,否则变量取值为0。

2.3.3 调节变量

引入互联网发展水平、农业机械化水平2个调节变量。具体而言,以宽带入户率表征互联网发展水平,以农业从业人口人均机械动力衡量农业机械化水平。

2.3.4 控制变量

参照龚斌磊等^[10]的研究,控制变量主要包括以下4方面:一是地理条件特征因素,包括平均高程和地形起伏度。二是气候条件特征因素,即平均气温;三是社会经济条件因素,包括2010年县人均生产总值和2010年县人均财政支出;四是农业发展条件,包括2010年农民收入水平和2010年耕地面积所占比例。

本研究主要变量定义与描述性统计结果如表1所示。

表 1 主要变量描述性统计
Table 1 Descriptive statistics of key variables

变量类型 Variable type	变量名称 Variable name	定义 Definition	均值 Mean	标准差 SD
被解释变量 Dependent variable	农业经济增长 Agricultural economic growth	农林牧渔业总产值,亿元	42.124 2	40.751 3
核心解释变量 Core explanatory variable	气象服务 Meteorological services	是否进入“标准化气象为农服务县”名单: 实施当年及以后各年=1,其他=0	0.027 9	0.164 6
地理条件变量 Geographical condition variables	地形起伏度 Terrain undulation	县域地形起伏度,m	0.734 1	0.938 5
	平均高程 Mean elevation	县域平均高程,m	564.258 7	743.565 6
气候条件变量 Climate condition variables	平均气温 Mean temperature	2010年县域平均气温,℃	13.934 8	4.969 9
社会经济变量 Socioeconomic variables	经济发展水平 Level of economic development	2010年县域人均生产总值,元/人,取对数	9.942 7	0.678 3
	财政支出水平 Level of fiscal expenditure	2010年县域人均财政支出,元/人	3 755.636 3	4 228.458 3
农业发展变量 Agricultural development variables	农民收入水平 Level of farmers' income	2010年县域农民可支配收入(元),取对数	8.700 8	0.451 6
	农业经营规模 Scale of agricultural operations	2010年县域耕地面积所占比例,取对数	7.544 3	1.168 6
调节变量 Moderating variables	互联网发展 Internet development	县域宽带户数/总户数	0.623 7	1.290 8
	农业机械化 Agricultural mechanization	县域农业机械总动力/农业从业人口,万 W/人	0.482 9	1.068 4

3 实证结果与分析

3.1 气象服务影响农业经济增长的基准回归结果

表2为气象服务对农业经济增长影响的基准回归结果。可见:所有估计结果的气象服务系数都是显著为正,说明回归结果是稳健无误的。加入所有

控制变量后气象服务变量的回归系数为0.417 4,在1%水平下显著为正。气象服务围绕关键农时季节、农事活动开展农用天气预报、气象预警,实现气象信息在农业生产经营主体间的可用性与可及性,破解气象信息不对称,保障农业顺利生产,从而促进农业经济增长。即验证了假设1。

表2 气象服务影响农业经济增长的基准回归结果
Table 2 Baseline regression results of the impact of meteorological services on agricultural economic growth

变量 Variable	加入时间固定效应和县域固定效应 Incorporating time fixed effects and county fixed effects	加入地理条件×时间固定效应 Incorporating geographical conditions× Time fixed effects	加入气候条件×时间固定效应 Incorporating climatic conditions× Time fixed effects	加入社会经济条件×时间固定效应 Incorporating socioeconomic conditions× Time fixed effects	加入农业发展条件×时间固定效应 Incorporating agricultural development conditions× Time fixed effects
气象服务 DID	0.514 9*** (0.144 3)	0.464 5*** (0.143 7)	0.451 0*** (0.142 2)	0.428 8*** (0.143 7)	0.417 4*** (0.143 9)
时间固定效应 Time fixed effects	YES	YES	YES	YES	YES
县域固定效应 County fixed effects	YES	YES	YES	YES	YES
地理条件×时间固定效应 Geographical conditions× Time fixed effects	NO	YES	YES	YES	YES
气候条件×时间固定效应 Climatic conditions× Time fixed effects	NO	NO	YES	YES	YES
社会经济条件×时间固定效应 Socioeconomic conditions× Time fixed effects	NO	NO	NO	YES	YES
农业发展条件×时间固定效应 Agricultural development conditions× Time fixed effects	NO	NO	NO	NO	YES
常数项 Constant term	4.198 1*** (0.010 8)	3.999 2*** (0.028 7)	3.691 0*** (0.183 6)	0.411 8 (0.801 3)	1.213 0 (0.928 3)
样本量 Sample size	22 572	22 572	22 572	22 572	22 572
R ²	0.878	0.880	0.880	0.881	0.882

注:*** $P<0.01$ 、** $P<0.05$ 、* $P<0.1$ 。表中括号里的数字表示稳健标准误。“YES”和“NO”分别代表控制此类变量和不控制此类变量。下同。
Note: *** $P<0.01$, ** $P<0.05$, and * $P<0.1$. Values in parentheses are the robust standard errors. YES indicates that this type of variable has been controlled for, while NO indicates that this type of variable has not been controlled for. The same below.

3.2 气象服务影响农业经济增长的稳健性检验

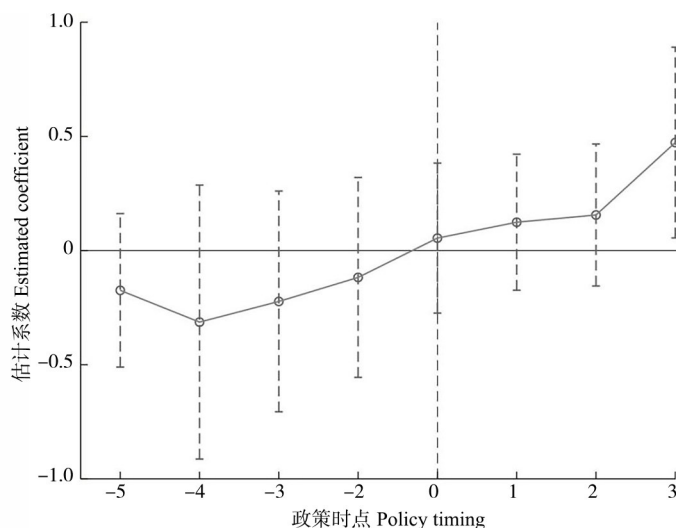
3.2.1 气象服务影响农业经济增长的平行趋势检验

图1为平行趋势检验的具体估计结果。可见:在政策实施前,气象服务对农业经济增长的影响系数均不显著;政策实施后,气象服务对农业经济增长的影响系数在第3年及之后显著为正。表明平行

趋势检验通过。

3.2.2 气象服务影响农业经济增长的安慰剂检验

通过随机化处理组进行安慰剂检验,考察是否因为遗漏变量而导致估计结果有偏差。由于“伪”处理组是随机产生的,不会对被解释变量产生显著影响,其估计系数应在0附近。本研究重复了500次随机生成过程开展安慰剂检验。图2为气象



横坐标表示“气象服务”政策实施的前后时期。—5为政策实施前5年及更早年份；—4为政策实施前第4年；—3为政策实施前第3年；—2为政策实施前第2年；0为政策实施当年；1为政策实施后第1年；2为政策实施后第2年；3为政策实施后第3年及以后年份。

The horizontal axis indicates the periods before and after the implementation of the “meteorological services” policy. Specifically, —5 represents the fifth year before the policy implementation and earlier; —4, the fourth year before; —3, the third year before; —2, the second year before; 0, the year of implementation; 1, the first year after; 2, the second year after; and 3, the third year after the policy implementation and the years thereafter.

图1 气象服务影响农业经济增长的平行趋势检验结果

Fig. 1 Parallel trend test results of the impact of meteorological services on agricultural economic growth

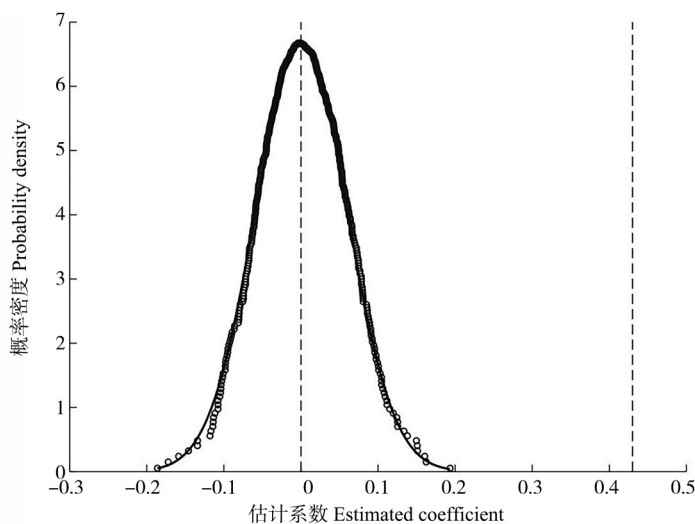


图2 气象服务影响农业经济增长的安慰剂检验结果

Fig. 2 Placebo test results of the impact of meteorological services on agricultural economic growth.

服务影响农业经济增长的安慰剂检验结果。可见：随机生成处理组的估计系数在0附近，距基准回归系数0.417 4较远。这一结果进一步剔除了不可观测的偶然因素对农业经济增长水平的影响，间接表明农业经济增长水平的提升确实与气象服务政策有关。

3.2.3 排除同期重大政策干扰

气象服务对农业经济增长的政策效应可能受到

其他相关政策干扰，造成基准回归结果的偏差。通过对相关资料的搜集整理，发现2项可能与气象服务相似的政策影响县域农业经济增长。一是中国农业农村部推进信息进村入户工程试点政策。该试点政策以村级信息服务能力建设为着力点，以满足农民生产生活信息需求为落脚点，切实提高农民信息获取能力。使得农民更加容易获取气象信息，从而可能会影响农业经济增长。二是为加速传统农业向现代农业

转型,农业农村部于2010年启动了“国家现代农业示范区”的创建项目。“国家现代农业示范区”是采用现代经营管理方式的可持续发展的现代农业示范区域。具有组织方式先进、资源利用高效、降低自然风险、综合效益显著的特征,会对农业经济增长产生重要影响。为了排除上述政策可能对基准回归结果造成的

干扰,本研究在基准回归模型中加入2项政策的虚拟变量进行回归,纠正可能因为这些政策而引起的结果偏差。表3为排除同期重大政策干扰的回归结果。可见:在剔除信息进村入户与国家现代农业示范区2项政策影响后,气象服务促进农业经济增长的政策效果依然十分显著。

表3 排除同期重大干扰政策后的回归结果
Table 3 Regression results after excluding concurrent major interfering policies

变量 Variable	引入信息进村入户 试点 Introduction of the “information into villages and households” pilot program	引入国家现代农业 示范区试点 Introduction of the “national modern agricultural demonstration zone” pilot program	两项试点同时引入 Simultaneous introduction of both policy pilot programs
气象服务 DID	0.398 6*** (0.144 9)	0.411 2*** (0.143 6)	0.393 3*** (0.144 7)
信息进村入户 Information access for villages and households	0.328 0*** (0.113 8)		0.314 0*** (0.113 9)
现代农业园区建设 Modern agricultural park development		0.307 5*** (0.072 9)	0.302 5*** (0.073 0)
时间固定效应 Time fixed effects	YES	YES	YES
县域固定效应 County fixed effects	YES	YES	YES
地理条件×时间固定效应 Geographical conditions×Time fixed effects	YES	YES	YES
气候条件×时间固定效应 Climatic conditions×Time fixed effects	YES	YES	YES
社会经济条件×时间固定效应 Socioeconomic conditions×Time fixed effects	YES	YES	YES
农业发展条件×时间固定效应 Agricultural development conditions×Time fixed effects	YES	YES	YES
常数项 Constant term	1.181 0 (0.928 8)	1.046 1 (0.926 2)	1.018 2 (0.926 6)
样本量 Sample size	22 572	22 572	22 572
R ²	0.882	0.882	0.882

3.2.4 滞后一期处理及控制联合固定效应

考虑到标准化气象为农示范政策对农业经济增长的影响可能存在时间滞后效应,同时为了削弱反向因果关系的影响,将标准化气象为农示范政策滞后一期处理重新进行模型检验。滞后一期处理的回归结果见表4。可见:气象服务系数显著为正,政策效果依然十分显著。不同城市在农业经济增

长的实际状况和目标上存在差异,对政策的理解和执行方式也不尽相同。这些差异导致了城市间农业经济增长趋势的异质性,进而影响各城市的农业增长水平。因此,在模型中加入城市与时间的联合固定效应进行回归。可见:气象服务回归系数在1%显著水平下对农业经济增长产生正向影响。

表 4 滞后一期及控制联合固定效应的回归结果

Table 4 Regression results with a one-period lag and combined fixed effects controlled

变量 Variable	滞后一期处理 Regression results with one-period lag treatment	控制联合固定效应 Control for combined fixed effects
气象服务 DID	0. 357 6** (0. 148 4)	0. 582 3*** (0. 116 3)
时间固定效应 Time fixed effects	YES	YES
县域固定效应 County fixed effects	YES	YES
地理条件×时间固定效应 Geographical conditions×Time fixed effects	YES	YES
气候条件×时间固定效应 Climatic conditions×Time fixed effects	YES	YES
社会经济条件×时间固定效应 Socioeconomic conditions×Time fixed effects	YES	YES
农业发展条件×时间固定效应 Agricultural development conditions×Time fixed effects	YES	YES
城市×时间固定效应 City-time fixed effects	NO	YES
常数项 Constant term	1. 480 3* (0. 860 8)	−1. 453 1 (1. 474 3)
样本量 Sample size	20 520	22 517
R ²	0. 896	0. 920

3.2.5 更换被解释变量及删除直辖市样本

表 5 为更换被解释变量及删除直辖市样本的回归结果。具体结果如下：

1)更换被解释变量的回归结果。在使用第一产业增加值作为被解释变量的回归结果中可见：气象服务的估计系数显著为正，说明气象服务有助于提升县域农业经济增长。

2)删除直辖市样本的回归结果。在删除北京、上海、天津和重庆 4 个直辖市重新进行回归的结果中可见：气象服务的估计系数显著为正，基准估计结果依然稳健。

3.2.6 其他稳健性检验

Goodman-Bacon 分解法异质性处理效应检验、平行趋势敏感性分析和 PSM-DID 模型估计的稳健性检验结果均表明气象服务显著促进农业经济增长，进一步验证了基准结果的稳健性与可靠性。

3.3 气象服务影响农业经济增长的调节效应检验

由表 6 可见：气象服务变量系数在 1% 水平下显著为正；互联网发展水平在 1% 水平下显著为正；交互项也在 1% 水平下显著为正。说明互联网发展在气象服务影响农业经济增长中发挥调节作用。

互联网具备流动性、流通性的优势特征，能够打破时空界限。通过加快要素流动、数据信息传递、技术扩散等方式促进气象服务发挥更大效用，进而实现农业经济增长。由此，假设 2 得到证实。农业机械化作为调节变量的回归结果表明：气象服务在 1% 水平下显著为正；农业机械化水平在 1% 水平下显著为正；交互项在 10% 水平下显著为正。说明农业机械化在气象服务影响农业经济增长中发挥调节作用。农业机械通过气象服务提供的信息可以更灵活地应对不断变化的天气模式，在生长季节更快地完成农业活动，以减轻气候灾害的影响，进而增加农业产出。至此，假设 3 得证。

3.4 气象服务影响农业经济增长的异质性分析

3.4.1 气象服务影响农业经济增长的区域异质性

气象服务影响农业经济增长的区域异质性回归结果见表 7。地理区域异质性回归结果表明：气象服务对中西部农业经济增长具有显著的正向影响，对东部地区没有显著影响。可能原因如下：第一，东部地区经济发展水平较高，农业在整体产业结构中的比重相对较低，第二、第三产业主导地位明显，对农业经济增长的拉动作用有限。第二，农业产业结构

表5 更换被解释变量与删除直辖市样本回归结果

Table 5 Regression results with changed dependent variable and exclude samples from direct-controlled municipalities

变量 Variable	更换被解释变量 Change the dependent variable	删除直辖市样本 Exclude samples from direct-controlled municipalities
气象服务 DID	0.861 4** (0.368 9)	0.300 3** (0.151 2)
时间固定效应 Time fixed effects	YES	YES
县域固定效应 County fixed effects	YES	YES
地理条件×时间固定效应 Geographical conditions×Time fixed effects	YES	YES
气候条件×时间固定效应 Climatic conditions×Time fixed effects	YES	YES
社会经济条件×时间固定效应 Socioeconomic conditions×Time fixed effects	YES	YES
农业发展条件×时间固定效应 Agricultural development conditions×Time fixed effects	YES	YES
常数项 Constant term	14.620 7*** (3.906 5)	1.425 1 (0.918 6)
样本量 Sample size	22 572	21 978
R ²	0.931	0.882

表6 气象服务影响农业经济增长的调节效应检验结果

Table 6 The moderating effect test results of meteorological services on agricultural economic growth

变量 Variable	互联网发展调节效应检验 The moderating effect test of internet development.	农业机械化调节效应检验 The moderating effect test of agricultural mechanization
气象服务 DID	0.416 9*** (0.143 3)	0.394 7*** (0.149 9)
互联网发展 The development of the internet	0.065 4*** (0.014 0)	
DID×互联网发展 DID×The development of the internet	0.120 9*** (0.027 6)	
农业机械化 Agricultural mechanization		0.047 6*** (0.014 3)
DID×农业机械化 DID×Agricultural mechanization		0.440 9* (0.244 1)
时间固定效应 Time fixed effects	YES	YES
县域固定效应 County fixed effects	YES	YES
地理条件×时间固定效应 Geographical conditions×Time fixed effects	YES	YES
气候条件×时间固定效应 Climatic conditions×Time fixed effects	YES	YES
社会经济条件×时间固定效应 Socioeconomic conditions×Time fixed effects	YES	YES
农业发展条件×时间固定效应 Agricultural development conditions×Time fixed effects	YES	YES
常数项 Constant term	1.031 7 (0.926 4)	1.224 4 (0.927 5)
样本量 Sample size	22 572	22 572
R ²	0.882	0.882

存在显著地区差异。中西部地区农业仍以粮食和传统种植业为主,生产过程对气象条件高度敏感,对农业气象服务的依赖程度更强;而东部地区农业多元化程度较高,设施农业、观光农业等新型业态占比较大,气象条件对其生产过程的影响相对较小。粮食功能区异质性回归结果表明气象服务对粮食主产区的农业经济增长影响更大。可能原因如下:第一,粮食主产区以大宗粮食作物为主,其生产周期长、过程

复杂,极易受气温、降水、湿度等气象因素影响,因而对气象服务依赖性更强。第二,为保障国家粮食安全,政府在主产区配备了更完善的农业支持系统,包括更密集的农业气象观测站点、更系统的预报预警机制和更频繁的农技信息培训。第三,粮食主产区农民整体具备较强的生产组织化程度和政策接受能力,更容易将气象信息融入日常管理实践中,从而提高气象服务的实际利用率。

表 7 气象服务影响农业经济增长的地区异质性回归结果

Table 7 The regional heterogeneity regression results of meteorological services' impact on agricultural economic growth

变量 Variable	地理区域异质性 Geographical regional heterogeneity		粮食功能区异质性 Heterogeneity of grain function zones	
	东部 Eastern	中西部 Central and western	粮食主产区 Main grain-producing areas	非粮食主产区 Non-grain main production areas
气象服务 DID	-0.026 5 (0.171 2)	0.437 7** (0.171 6)	0.501 5** (0.235 2)	0.314 2** (0.102 3)
时间固定效应 Time fixed effects	YES	YES	YES	YES
县域固定效应 County fixed effects	YES	YES	YES	YES
地理条件×时间固定效应 Geographical conditions×Time fixed effects	YES	YES	YES	YES
气候条件×时间固定效应 Climatic conditions×Time fixed effects	YES	YES	YES	YES
社会经济条件×时间固定效应 Socioeconomic conditions×Time fixed effects	YES	YES	YES	YES
农业发展条件×时间固定效应 Agricultural development conditions×Time fixed effects	YES	YES	YES	YES
常数项 Constant term	0.952 7 (1.498 4)	3.027 2** (1.355 8)	0.402 0 (1.587 5)	1.403 3* (0.807 8)
样本量 Sample size	6 501	16 071	13 574	8 998
R ²	0.906	0.873	0.870	0.909

3.4.2 气象服务影响农业经济增长的极端天气异质性

气象服务影响农业经济增长的极端天气异质性分析结果见表 8。可见:气象服务在极端天气比例高的样本中更能发挥对农业经济增长的推动作用。这主要因为农业生产对自然环境高度依赖,当极端天气频发时,农业生产面临的气象风险显著增加。气象服务通过提供提前预警和灾害风险评估,

能够有效帮助农户调整播种时间、加强田间管理、优化水资源调度,从而促进农业经济增长。因此,气象服务在此类地区不仅提供信息保障,更成为农户灾害管理决策的重要依据,体现出更为直接和显著的经济增长效应。相比之下,在极端天气比例较小的地区,气候状况相对稳定,农业生产面临的风险较低,气象服务的灾害防御和风险缓释功能难以充分发挥,其作用相对有限。

表8 气象服务影响农业经济增长的极端天气、经营规模异质性回归结果

Table 8 The heterogeneity regression results of meteorological services' impact on agricultural economic growth by extreme weather and farm operation scale

变量 Variable	极端天气异质性 Extreme weather heterogeneity		经营规模异质性 Heterogeneity of operating scale	
	极端气候比例低 Low proportion of extreme climates	极端气候比例高 High proportion of extreme climates	小经营规模 Smallholder farming	大经营规模 Large-scale farming
气象服务 DID	0.227 4 (0.176 5)	0.673 6** (0.264 1)	0.492 7 (0.350 1)	0.354 8*** (0.115 3)
时间固定效应 Time fixed effects	YES	YES	YES	YES
县域固定效应 County fixed effects	YES	YES	YES	YES
地理条件×时间固定效应 Geographical conditions×Time fixed effects	YES	YES	YES	YES
气候条件×时间固定效应 Climatic conditions×Time fixed effects	YES	YES	YES	YES
社会经济条件×时间固定效应 Socioeconomic conditions×Time fixed effects	YES	YES	YES	YES
农业发展条件×时间固定效应 Agricultural development conditions×Time fixed effects	YES	YES	YES	YES
常数项 Constant term	1.180 3 (0.955 4)	2.189 7 (2.325 9)	1.816 7 (1.310 3)	2.080 6 (1.279 9)
样本量 Sample size	11 045	11 339	11 640	10 871
R ²	0.906	0.877	0.863	0.914

注：根据极端气候天数占比的中位数，将样本划分为极端天气比例低和极端天气比例高两组；根据农村人均农作物播种面积的中位数，将样本划分为小规模经营组和大规模经营组。

Note: Based on the median proportion of extreme weather days, the sample is divided into two groups: low and high extreme weather proportions; based on the median of rural per capita sown area of crops, the sample is divided into two groups: small-scale and large-scale farming.

3.4.3 气象服务影响农业经济增长的经营规模异质性

气象服务影响农业经济增长的极端天气异质性分析结果见表8。可见：气象服务在经营规模大的样本中更能发挥对农业经济增长的推动作用。小规模经营农户通常面临资金短缺、技术装备落后等问题，缺乏建设防洪设施、节水灌溉系统或购置农机设备的能力，即使获得气象信息，也可能因资源约束无法有效转化为实际的应对行为，导致气象服务的防灾减灾效果难以体现。相比之下，大规模经营主体拥有更多的资金、机械与技术，能够更好地应用气象信息。例如，在收到降雨预警后，规模化经营者可快速组织农机作业、调度灌溉系统或调配劳动力资源，从而显著降低气象灾害带来的损失。

4 结论与政策启示

“顺天时以耕，仓廩丰盈，食之不尽。”本研究为探究气候服务如何缓解我国农业发展的“气候锁定”困境，以我国实施的“标准化气象为农服务县”作为农业气象服务强化的外生冲击，基于2011—2021年中国县域面板数据，建立多期双重差分模型，探究了气象服务对农业经济增长的影响。主要结论如下：

1)气象服务在1%显著水平下对农业经济增长产生正向影响。经过一系列稳健性检验后，研究结果仍然成立；

2)互联网发展、农业机械化在气象服务对农业经济增长推动过程中发挥正向调节作用；

3)气象服务的增长效应还表现出一定的异质性。对于中西部地区、粮食主产区而言,气象服务推动农业经济增长的作用更为明显。在极端天气异质性方面,极端天气比例越大,气象服务对农业经济增长作用越明显。在经营规模异质性方面,经营规模越大,气象服务的推动效果越好。

本研究理论与经验分析结果有以下政策含义:一是推动气象服务数字化转型。构建覆盖广泛的气象信息数字发布网络,加强农业气象服务数字基础设施建设(如5G基站)。将气象服务搭载到数字服务平台,让农户通过手机软件、公众号、微信群、QQ群获取气象服务产品。实现气象信息的“进村入户”。二是充分发挥农业气象业务技术人员作用。可依托县域农技推广中心或村级信息服务点,建立“技术人员包村联系制”,即每位农业气象技术人员对口联系若干行政村,通过微信群、村广播、定点咨询等多种方式与农户建立常态化、直通式联系。结合当地现代农业等示范区,安装必要的农业智能气象观测设备。提供农业气象灾害监测预警评估培训,帮助农民识别和防范可能的气象灾害,提升农民识灾、防灾能力。三是健全农业气象灾害风险评估与防御体系。推动县级政府制定农业气象灾害防御计划,并将其纳入地方发展规划中。组织开展气象灾害风险调研、分区和评估,构建涵盖综合作物生长、生理特性和受损影响的农业气象灾害指标体系。发展基于集成作物模型、指标评价和遥感监测的农业气象灾害定量评估技术体系,提升农业生产应对气象灾害的能力。

参考文献 References

- [1] 郑嫻,刘家成,安宁. 自然风险对农地资源配置效率的影响:基于风险应对能力差异视角[J]. 资源科学, 2024, 46(4): 829-840
Zheng S, Liu J C, An N. The impact of natural risks on the allocation efficiency of farmland resources: From the perspective of risk coping capability differences[J]. *Resources Science*, 2024, 46(4): 829-840 (in Chinese)
- [2] 王莹,陈卫洪. 极端气候、农机作业服务市场与粮食产量:基于13个粮食主产区面板数据的实证分析[J]. 农业技术经济, 2024(10): 70-90
Wang Y, Chen W H. Extreme climate, agricultural machinery operation service market and food production: An empirical analysis based on panel data from 13 major grain-producing areas [J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2024(10): 70-90 (in Chinese)
- [3] 高雪,李谷成,尹朝静. 气候变化下的农户适应性行为及其对粮食单产的影响[J]. 中国农业大学学报, 2021, 26(3): 240-248

- Gao X, Li G C, Yin C J. Farmers' adaptation to climate change and its impact on grain yield[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2021, 26(3): 240-248 (in Chinese)
- [4] 王宇虹,宋建洋,裴顺强,张晓美,李筱竹,汪岩,潘煜. 基于不同行业 and 用户主体的农业气象服务需求[J]. 科技导报, 2023, 41(21): 69-78
Wang Y H, Song J Y, Pei S Q, Zhang X M, Li X Z, Wang Y, Pan Y. On agrometeorological service demands as for different production industries and user[J]. *Science & Technology Review*, 2023, 41(21): 69-78 (in Chinese)
- [5] Hewitt C D, Stone R. Climate services for managing societal risks and opportunities[J]. *Climate Services*, 2021, 23: 100240
- [6] 卢泓钢,程相波,张俊彪. 数字气象信息服务对稻农气候适应性行为的影响:基于TAM和TPB整合框架[J]. 中国农业大学学报, 2025, 30(2): 189-202
Lu H G, Cheng X B, Zhang J B. Impact of digital meteorological information services on the climate adaptation behavior of rice farmers: Based on TAM and TPB integration frameworks [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2025, 30(2): 189-202 (in Chinese)
- [7] 黄秋菊,高学浩,姜海如. 气象经济学学科建设与发展基础问题研究[J]. 西部论坛, 2017, 27(3): 1-7
Huang Q J, Gao X H, Jiang H R. Research on the basic issues for meteorological economics construction and development[J]. *West Forum*, 2017, 27(3): 1-7 (in Chinese)
- [8] 张利国,谭笑,肖晴川,刘爱文. 基于气候资源投入的中国农业生态效率测度与区域差异[J]. 经济地理, 2023, 43(4): 154-163
Zhang L G, Tan X, Xiao Q C, Liu A W. Agricultural eco-efficiency measurement and regional difference in China based on the climate resource input[J]. *Economic Geography*, 2023, 43(4): 154-163 (in Chinese)
- [9] 台德进,蔡荣. 粮食价格支持政策与农业绿色增长:促进或抑制[J]. 贵州财经大学学报, 2024(2): 91-100
Tai D J, Cai R. Grain price support policy and agricultural green growth: Promotion or inhibition?[J]. *Journal of Guizhou University of Finance and Economics*, 2024(2): 91-100 (in Chinese)
- [10] 龚斌磊,张启正,袁菱苒,马光荣. 财政分权、定向激励与农业增长:以“省直管县”财政体制改革为例[J]. 管理世界, 2023, 39(7): 30-46
Gong B L, Zhang Q Z, Yuan L R, Ma G R. Fiscal decentralization, targeted incentives and agricultural growth: Evidence from China's Province-managing-county fiscal reform[J]. *Journal of Management World*, 2023, 39(7): 30-46 (in Chinese)
- [11] 王国运,陈波. 新一轮农地确权与中国农业增长:基于面板工具变量法的实证研究[J]. 中国农村经济, 2022(12): 54-72
Wang G Y, Chen B. The effects of the new round of agricultural land titling on China's agricultural growth: An empirical study based on panel instrument variables approach [J]. *Chinese Rural Economy*, 2022(12): 54-72 (in Chinese)
- [12] 侯石安,胡杨木. 现代物流、要素投入对贵州农业经济增长的影响:基于贵州省1995—2018年时间序列数据[J]. 贵州社会科学, 2019, (3): 126-132
Hou S A, Hu Y M. Modern logistics and factor inputs on the growth of Guizhou's agricultural economy: Based on time series data of Guizhou

- Province from 1995 to 2018 [J]. *Guizhou Social Sciences*, 2019, (3): 126-132 (in Chinese)
- [13] 罗斯炫,何可,张俊彪. 修路能否促进农业增长? 基于农机跨区作业视角的分析[J]. 中国农村经济, 2018, (6): 67-83
- Luo S X, He K, Zhang J B. Can road construction promote agricultural growth? An analysis based on the perspective of cross-regional operation of agricultural machinery[J]. *Chinese Rural Economy*, 2018(6): 67-83 (in Chinese)
- [14] 张亦弛,代瑞熙. 农村基础设施对农业经济增长的影响:基于全国省级面板数据的实证分析[J]. 农业技术经济, 2018(3): 90-99
- Zhang Y C, Dai R X. Influence of rural infrastructure on the economic growth of agriculture: An empirical analysis based on the national provincial panel data[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2018(3): 90-99 (in Chinese)
- [15] 杨万平,张琪. 偏向性技术进步对中国农业全要素生产率增长的影响研究[J]. 商业经济与管理, 2024(7): 52-66
- Yang W P, Zhang Q. Research on the impact of biased technological progress on the growth of total factor productivity in Chinese agriculture[J]. *Journal of Business Economics*, 2024(7): 52-66 (in Chinese)
- [16] 邓翔,王仕忠. 农业科技创新投入对农业经济增长影响研究[J]. 东岳论丛, 2020, 41(12): 109-120, 192
- Deng X, Wang S Z. Research on the impact of investment in agricultural science and technology innovation on agricultural economic growth [J]. *Dongyue Tribune*, 2020, 41(12): 109-120, 192 (in Chinese)
- [17] 闫桂权,何玉成,张晓恒. 绿色技术进步、农业经济增长与污染空间溢出:来自中国农业水资源利用的证据[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(12): 2921-2935
- Yan G Q, He Y C, Zhang X H. Green technology progress, agricultural economic growth and pollution space spillover effect: Evidence of agricultural water utilization process in China[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2019, 28(12): 2921-2935 (in Chinese)
- [18] Vaughan C, Dessai S, Hewitt C, Baethgen W, Terra R, Berterretche M. Creating an enabling environment for investment in climate services: The case of Uruguay's National Agricultural Information System [J]. *Climate Services*, 2017, 8: 62-71
- [19] Bernardi M. Understanding user needs for climate services in agriculture[J]. *Wmo Bull*, 2011, 60: 67-72
- [20] Bacci M, Idrissa O A, Zini C, Burrone S, Sitta A A, Tarchiani V. Effectiveness of agrometeorological services for smallholder farmers: The case study in the regions of Dosso and Tillabéri in Niger[J]. *Climate Services*, 2023, 30: 100360
- [21] 吴炳方,蒙继华,李强子. 国外农情遥感监测系统现状与启示[J]. 地球科学进展, 2010, 25(10): 1003-1012
- Wu B F, Meng J H, Li Q Z. Review of overseas crop monitoring systems with remote sensing[J]. *Advances in Earth Science*, 2010, 25(10): 1003-1012 (in Chinese)
- [22] 潘友菊,徐玉婷,於冉,徐国良,周艳,李英妮. 气候智慧型农业研究:热点、趋势和展望[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2023, 31(1): 136-148
- Pan Y J, Xu Y T, YU R, Xu G L, Zhou Y, Li Y N. Climate-smart agriculture research: Hotspots, trends, and prospects[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2023, 31(1): 136-148 (in Chinese)
- [23] 吴炳方,张森,曾红伟,张鑫,闫娜娜,蒙继华. 大数据时代的农情监测与预警[J]. 遥感学报, 2016, 20(5): 1027-1037
- Wu B F, Zhang M, Zeng H W, Zhang X, Yan N N, Meng J H. Agricultural monitoring and early warning in the era of big data[J]. *Journal of Remote Sensing*, 2016, 20(5): 1027-1037 (in Chinese)
- [24] Krawitz L, Newhouse H. A survey of external users of NWS information[J]. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 1978, 59(10): 1288-1296
- [25] 胡新艳,郑沃林. 气候变化、农业风险与农户农业保险购买行为[J]. 湖南师范大学社会科学学报, 2021, 50(2): 95-104
- Hu X Y, Zheng W L. Climate change, agricultural risk and farmers' purchasing of agricultural insurance[J]. *Journal of Social Science of Hunan Normal University*, 2021, 50(2): 95-104 (in Chinese)
- [26] Brausmann A, Flubacher M, Lechthaler F. Valuing meteorological services in resource-constrained settings: Application to smallholder farmers in the Peruvian Altiplano[J]. *Climate Risk Management*, 2021, 34: 100360
- [27] Mase A S, Prokopy L S. Unrealized potential: A review of perceptions and use of weather and climate information in agricultural decision making [J]. *Weather, Climate, and Society*, 2014, 6(1): 47-61
- [28] Fang F, Wang J, Jia J Y, Yin F, Huang P C, Wang D W. Dynamic assessment and prediction of potato disaster loss risk in Gansu Province, China[J]. *Ecological Indicators*, 2024, 168: 112626
- [29] 霍治国,江梦圆,匡昭敏,李莉,孔瑞,李春晖,张海燕. 国外农产品气候品质评价研究进展[J]. 中国农业资源与区划, 2022, 43(9): 34-49
- Huo Z G, Jiang M Y, Kuang Z M, Li L, Kong R, Li C H, Zhang H Y. Review on climate quality evaluation of agricultural products in foreign country [J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2022, 43(9): 34-49 (in Chinese)
- [30] Akerlof G A. The market for "lemons": Quality uncertainty and the market mechanism[J]. *The Quarterly Journal of Economics*, 1970, 84(3): 488
- [31] 刘子涵,辛贤,吕之望. 互联网农业信息获取促进了农户土地流转吗[J]. 农业技术经济, 2021(2): 100-111
- Liu Z H, Xin X, Lv Z W. Does farmers' access to agricultural information on the internet promote the land transfer?[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2021(2): 100-111 (in Chinese)
- [32] 薛超,史雪阳,周宏. 农业机械化对种植业全要素生产率提升的影响路径研究[J]. 农业技术经济, 2020(10): 87-102
- Xue C, Shi X Y, Zhou H. Influence path of agricultural mechanization on total factor productivity growth in planting industry [J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2020(10): 87-102 (in Chinese)
- [33] 张露,罗必良. 小农生产如何融入现代农业发展轨道? 来自中国小麦主产区的经验证据[J]. 经济研究, 2018, 53(12): 144-160
- Zhang L, Luo B L. How can small farmers be incorporated into modern agricultural development? Evidence from wheat-producing areas of China [J]. *Economic Research Journal*, 2018, 53(12): 144-160 (in Chinese)
- [34] 国家统计局. 中国县域统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社, 2011—2021

National Bureau of Statistics. *China County Statistical Year Book* [M].
Beijing: China Statistic Press (in Chinese)

Liu X L, Han K Y. Fiscal support for agriculture, labor transfer and
agricultural economic growth[J]. *Modern Economic Research*, 2023(7): 115-
122 (in Chinese)

[35] 刘晓丽,韩克勇. 财政支农、劳动力流转与农业经济增长[J]. 现代经济探讨,
2023(7): 115-122

责任编辑: 杨爱东



第一作者简介：柏青云,四川农业大学经济学院农村与区域发展专业博士研究生。主要从事数字素养、农业经济发展相关研究。博士期间参研国家社科基金项目 2 项、省部级项目 3 项;发表 SCI、SSCI 论文 4 篇;参编财政部规划教材 1 部;1 份政策建议获得省部级领导肯定性批示(排名第 5);获得研究生学业奖学金、优秀学生干部、优秀党建干部、优秀共产党员等荣誉称号。



通讯作者简介：沈倩岭,四川农业大学经济学院教授,经济学博士,博士研究生导师。长期从事农村与区域发展领域的研究。主持或参研国家社会科学基金、四川省哲社重大项目等科研课题 20 余项。出版学术专著 5 部、省部级规划教材 2 部。在 CSSCI、SCI、SSCI 收录期刊发表学术论文 20 余篇。