

智慧农业对粮食安全的影响及其异质性研究

陈明涛

重庆师范大学, 重庆 401331

DOI:10.61369/IED.2025050028

摘 要： 粮食安全是国家稳定和发展的基础，与区域安全、国家安全、人的安全密切相关，是当今时代的重大议题。本文以中国2537个县域2010–2023年的数据为基础构建数字乡村试点政策对粮食安全效应的双重差分模型（DID）。数字乡村试点政策显著增强了我国粮食安全能力，并经稳健性检验证实可靠，且对发展程度较后的西部地区和粮食产区提升效果尤为突出。为此，研究倡导合理选取试点城市、创新政策支持、重视农民科技素养的提升，为保障粮食安全提供支撑。

关 键 词： 智慧农业；数字乡村建设；粮食安全

Research on the Impact of Smart Agriculture on Food Security and Its Heterogeneity

Chen Mingtao

Chongqing Normal University, Chongqing 401331

Abstract： Food security is the foundation of national stability and development, closely related to regional security, national security, and human security, and is a major issue in today's era. This paper constructs a difference-in-differences (DID) model of the effect of digital village pilot policies on food security based on data from 2,537 counties in China from 2010 to 2023. The digital village pilot policy has significantly enhanced China's food security capabilities, and its reliability has been confirmed through robustness testing. The improvement effect is particularly prominent in the less developed western regions and grain-producing areas. Therefore, the study advocates for the rational selection of pilot cities, innovative policy support, and emphasis on improving farmers' scientific and technological literacy to provide support for ensuring food security.

Keywords： smart agriculture; digital village construction; food security

引言

习近平总书记强调“手中有粮、心中不慌”是永恒真理，凸显粮食安全的重要性。2023年，得益于强农惠农政策，我国粮食总产达6.95亿吨，人均占有量远超国际安全线。同时，流通储备体系完善和供给侧改革也助力了粮食安全。但我国粮食供需紧平衡和结构性矛盾依然存在^[1]。当前，以大数据、区块链、5G等为代表的新一代信息技术正深刻改变农业。但耕地资源紧张、机械化及信息技术应用不足制约了传统农业。因此，发展智慧农业是提升土地效率、突破发展瓶颈、保障国家粮食安全的关键战略。

一、文献综述

本文旨在系统梳理相关研究进展，并探讨发展的方向。李晨^[2]进一步揭示粮食生产空间向北方主产区过度集中的趋势，加剧了生态压力与市场波动风险。马瑞等^[3]的省级面板分析则警示，粮食安全水平与科技创新水平呈现两极化趋势，区域不均衡问题突出。张永旺等^[4]强调现行农业支持政策与国际规则协调不足，制约产业国际竞争力。我国政府高度重视智慧农业的战略地位，出台了《数字乡村发展战略纲要》等政策文件，明确提出发展智慧

农业和实施智慧农业工程。刘靓^[5]、刘勇和唐霞^[6]研究表明，计算机视觉技术作为“数字世界的慧眼”，在智能农机精准作业、作物监测、病虫害识别等方面展现出独特优势。杨骞和金华丽^[7]基于主粮种植户的实证研究发现，智慧农业通过降低信息不对称，在“量”上实现粮食生产减损，在“质”上优化资源配置，从而显著提升粮食全要素生产率。李娜等^[8]、孙学涛和张丽娟^[9]构建的智慧农业发展指数显示，2017–2021年全国但整体仍处较低阶段，且区域差距持续扩大，在高标准农田区域的促进作用存在明显的“富裕地区偏好”。

作者简介：陈明涛（1998.11–），男，汉族，四川成都人，学历：研究生在读，研究方向：农业经济。

综上所述，保障国家粮食安全面临总量紧张、结构矛盾、区域失衡和国际风险等多重压力，需要综合管理。本文从智慧农业视角，以数字乡村建设试点为切入点，运用县域数据和 DID 方法，评估该政策对粮食安全的影响及其机制。主要创新点在于：一是验证了智慧农业（数字乡村）对粮食安全的促进作用；二是基于县域大样本，揭示了政策效果在不同地区和粮与非粮产区的差异。

二、变量选取与数据处理

变量选取

被解释变量：本文被解释变量为粮食安全，参照廖开妍^[10]做法以县域粮食总量来衡量。“大食品观”的兴起拓展了我们对食物质量、安全和可持续性的关注，这是进步。但无论如何拓展视角，粮食产量始终是粮食安全不可动摇的根基。

解释变量：本文的核心解释变量为数字乡村建设试点政策变量，即政策虚拟变量与时间虚拟变量的交互。控制变量：本文还选取了除实验因素以外其他影响实验粮食安全水平的变量作为控制变量：农业从业人员数量（Per）、金融发展水平（Fin）、经济发展水平（Gdppc）、人口密度（Pop）、城镇化率（Urb）、基础设施水平（base）。

数据来源：本文所用数据为2010—2023年县域平衡面板数据。数据来源于历年《中国区域经济统计年鉴》、《中国县域统计年鉴》利用插值法对部分数据缺失值进行了补全。

三、实证结果分析

模型构建

数字乡村建设试点作为一项外生性政策干预，在不同城市间具有显著的异质性特征。为科学评估其效果，本研究采用双重差分模型（DID）这一准自然实验方法。本研究构建了数字乡村建设试点政策对粮食安全水平影响效应的双重差分计量模型，通过纵向和横向比较试点城市在政策实施前后的变化，捕捉时间维度上和空间上的政策效应，并且严格满足平行趋势假设。

为检验智慧农业对粮食安全的直接助推作用，建构如下基准模型

$$Y_{it} = \delta_0 + \delta_1 Did_{it} + \mu X_i + \gamma + \delta + \varepsilon$$

倾向得分匹配法（PSM）为政策实验组匹配到具有相似特征的对照组，消除对照组样本选择偏差及 DID 估计偏误。进一步构建 PSM-DID 模型，对原始数据进行倾向得分匹配后，使用 DID 模型进行回归分析。

公式如下

$$Y_{it}^{psm} = \delta_0 + \delta_1 Did_{it} + \mu X_i + \gamma + \delta + \varepsilon$$

在模型中，i 代表城市，t 代表年份。被解释变量 Y_{it} 是城市 i 在第 t 年的粮食安全水平综合指标，该指标通过取对数处理。核心解释变量 Did_{it} 是政策虚拟变量与时间虚拟变量的交互项。其系数 δ_1 即为我们关注的“数字乡村政策”的实施效果。 X_i 是一

系列控制变量。模型加入了城市个体固定效应 γ_i ，来捕捉城市固有特征趋势和年份固定效应 δ_t 控制时间层面共同冲击，并包含随机扰动项 ε_{it} 以缓解遗漏变量问题。

四、回归分析

在进行回归分析之前首先对原始面板数据进行 Hausman 检验，选择固定效应模型。表 xxx 展示了基准回归结果。回归结果表示数乡村试点政策对粮食安全有显著的提升效果。在无控制变量时数字乡村试点政策对粮食安全存在 8.9% 的提升效果。加入控制变量后，模型的拟合优度以及影响效应均提升政策效果提升至 10.3% 以上。

变量	(1)	(2)
Did	0.089***	0.103***
Per		0.348***
Gdppc		0.047***
Fin		-0.000
Pop		-0.000***
Urb		-0.112***
Base		0.000**
年份及地区	控制	控制
常数项	11.686***	7.301***
样本量	32981	32981
r ²	0.981	0.981
F	34.034	48.109

* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01

五、稳健性检验

考虑到直辖市在行政层级、政策资源禀赋等方面与省级行政区存在系统性差异，可能对估计结果产生干扰。表 X 第 (1) 列结果显示，在 1% 水平上显著，表明直辖市样本未对结论产生决定性影响。为缓解极端值对估计结果的潜在偏误，本文对连续型变量进行上下 1% 的双侧缩尾处理。表 X 第 (2) 列显示，缩尾后核心变量的证实结论不受极端观测值的支配性影响。通过改变样本量来检测样本数据的可靠性，保留 2016 年后的数据进行回归。表 X 第 (3) 列结果显示，回归依然显著，且交互项系数符号与基准回归保持一致。

变量	(1) 剔除直辖市	(2) 缩尾	(3) 保留政策前后 4 年
Did	0.106***	0.085***	0.056***
控制变量	控制	控制	控制
年份及地区	控制	控制	控制
样本量	32123	32981	20296
r ²	0.981	0.983	0.991
F	47.914	49.544	10.058

* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01

又考虑到数字乡村试点政策可能存在的内生性问题，本文采用倾向得分匹配（PSM）方法，为实验组匹配相似特征的控制组样本，减少选择偏差。随后进行的PSM-DID回归分析再次证实，该政策对粮食安全具有显著正向作用，且影响程度与基准回归结果基本一致，增强了结论的可靠性。

六、异质性分析

从回归结果来看：第一、第（1）列至第（4）列的回归表示按照区域进行划分西、中、东、东北地区。回归证明西部地区通过数字乡村建设实现了更高水平的粮食安全，并且得到了更显著的政策效用。东、中、东北地区从数字乡村试点政策中收获的治理效益远低于西部城市，系数估计在统计意义上也不显著。第二、东部地区凭借区位、资源、产业优势，数字乡村建设起步早、基础好。但正因为此，这些技术的应用效果提升速度不如预期显著，呈现出“边际递减”的迹象；第三、第（5）列和第（6）列表示粮食产区和非粮食产区来划分。回归显示：数字乡村建设水平每提升1单位，能显著提升主产区粮食安全系数。这可能是政策红利在主产区更显著，非主产区需探索差异化路径。

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Did	0.031	0.058	0.187***	0.013	0.101***	0.072
_cons	9.852***	12.977***	7.320***	6.404***	7.172***	7.515***
样本量	6630	8801	12987	2522	18278	14703
r2	0.987	0.979	0.981	0.983	0.978	0.980
F	19.563	24.684	34.409	7.222	8.224	9.328

* p < 0.1, ** p < 0.05, *** p < 0.01

七、研究结论

本研究利用我国2537个县域2010–2023年的面板数据，构建双重差分模型，评估了数字乡村试点政策对粮食安全水平的影响。研究发现：第一，数字乡村试点政策显著提升了粮食安全水平，且该结论通过了稳健性检验。第二，数字乡村试点城市对不同地区、粮产区和非粮产区存在较显著的异质性。西部地区基础设施和经济水平相对滞后，这种“滞后”状态反而使其在数字乡村建设中更具发展弹性和潜力，处于边际效用递增阶段。中、东、东北地区未受到显著性影响。与此同时，数字乡村建设对粮食产区的粮食安全影响具有显著提升。我国数字乡村建设对粮食安全水平提升存在巨大潜力，将数字技术深度融入粮食生产全链条中，精准赋能粮产区与非粮产区差异化发展需求，是也释放这一潜力重要路径。

八、政策建议

首先，在稳妥推进数字乡村建设与保障县域粮食安全的政策导向下，需建立基于区域资源禀赋与粮食功能定位的差异化评估机制，综合评估遴选试点区域的必要性、可行性和科学性。其次，创新政策支持机制，改革补贴方式，将农机补贴转向智慧农业设备。这一转向的核心动因在于，传统农机购置补贴对粮食增产的边际效应正呈现显著递减趋势^[11]。最后，数字技术在农业领域的深度应用及其效能释放，高度依赖于具备相应知识结构与技能素养的高素质从业者。在农业院校增设数字农业专业，定向培养“智慧新农人”^[12]，是突破瓶颈、推动智慧农业落地的必要举措。

参考文献

- [1] 杜志雄. 全方位夯实粮食安全根基 [J]. 红旗文稿, 2023(2): 29–32.
- [2] 李晨. 我国粮食生产空间格局演变趋势、形成机理及应对策略 [J]. 行政管理改革, 2025, (03): 77–87. DOI:10.14150/j.cnki.1674-7453.2025.03.006.
- [3] 马瑞, 王紫博, 张厚力. 中国粮食安全与科技创新的耦合协调特征及障碍因子 [J]. 统计与决策, 2025, 41 (06): 53–58. DOI:10.13546/
- [4] 张永旺, 张寒, 赵敏娟. 粮食安全背景下农业制度型开放的价值意蕴、经验借鉴与路径选择 [J]. 经济学家, 2025, (04): 89–99. DOI:10.16158/j.cnki.51-1312/f.2025.04.011.
- [5] 张雨舒. 计算机视觉技术在智能化农业机械中的应用 [J]. 信息与电脑 (理论版), 2023, 35(23):38–40.
- [6] 刘勇, 唐霞. 计算机视觉技术在智慧农业中的应用 [J]. 中国农业资源与区划, 2024, 45(12):84.
- [7] 杨骞, 金华丽. 智慧农业与粮食安全要素生产率——“赋能”和资源配置的视角 [J]. 农村经济, 2025, (01):46–56.
- [8] 李娜, 张馨月, 张美慧. 中国智慧农业发展指数测度与分析 [J]. 经济与管理评论, 2025, 41(01):135–147.DOI:10.13962/j.cnki.37-1486/f.2025.01.012.
- [9] 孙学涛, 张丽娟. 高标准农田建设对智慧农业的影响研究 [J]. 现代经济探讨, 2025, (03):111–122+132.DOI:10.13891/j.cnki.mer.2025.03.002.
- [10] 廖开妍, 杨锦秀, 曾建霞. 农业技术进步、粮食安全与农民收入——基于中国31个省份的面板数据分析 [J]. 农村经济, 2020, (04):60–67.
- [11] 王晓君, 何亚萍, 蒋和平. “十四五”时期的我国粮食安全：形势、问题与对策 [J]. 改革, 2020, (09):27–39.
- [12] 郝爱民, 谭家银. 数字乡村建设对我国粮食体系韧性的影响 [J]. 华南农业大学学报 (社会科学版), 2022, 21(03):10–24.