

农业机械化对粮食产量影响的实证研究 ——以四川省为例

周 露 李 明*
(成都信息工程大学)

DOI: 10.65285/RWYSHKX.V2I3.011

摘 要: 本文以四川省2000–2022年省级层面数据为样本,采用OLS模型实证检验农业机械化水平对粮食产量的影响。研究发现:第一,农业机械化水平对粮食总产量具有显著正向促进作用,机械化水平每提升1个单位,粮食总产量的对数值平均增加0.171;第二,农业机械化对粮食产量的促进作用存在门槛效应,仅在机械化水平较高或非灾害年份显著;第三,从分维度来看,作业程度和保障能力对粮食产量的正向影响显著,而综合效益的影响不显著。基于研究结论,本文提出加强基础设施建设、推广先进技术、完善政策法规、提升农民技能等政策建议。

关键词: 农业机械化; 粮食产量; 门槛效应; 四川省; OLS模型

Empirical Study on the Impact of Agricultural Mechanization on Grain Yield ——A Case Study of Sichuan Province

Lu Zhou Ming Li*

Chengdu University of Information Technology

Abstract: This paper takes the provincial-level data of Sichuan Province from 2000 to 2022 as the sample and employs the OLS model to empirically examine the impact of agricultural mechanization level on grain output. The findings are as follows: First, the level of agricultural mechanization has a significant positive effect on total grain output. Specifically, for every one-unit increase in the mechanization level, the logarithm of total grain output increases by an average of 0.171. Second, the promotional effect of agricultural mechanization on grain output exhibits a threshold effect, which is significant only when the mechanization level is relatively high or in years without severe disasters. Third, from a dimensional perspective, both the degree of mechanized operations and the capacity for mechanization support exert significant positive influences on grain output, whereas the comprehensive benefits dimension does not show a statistically significant effect. Based on the research conclusions, this paper proposes policy recommendations including strengthening infrastructure construction, promoting advanced technologies, improving policies and regulations, and enhancing farmers' skills.

Keywords: Agricultural Mechanization; Grain Output; Threshold Effect; Sichuan Province; OLS Model

前言

粮食安全是“国之大者”——这是二十大报告定下的基调,“全方位夯实粮食安全根基”被明确写入文件。四川产量常年产量维持在3500万吨。但存在现实矛盾城镇化步子迈得快,村里青壮年劳动力往外走,光靠人力下田,规模化生产无法运转。这时候农业机械化被推到台前,成了回答“谁来种地”“如何种好地”这两问的关键抓手。

机械化对产量的作用,主要体现在优化流程、提效率这两条线上。王晓文等人2022年的研究中提到:机械化能压缩粮食生产里的“非生产性损失”,放到丘陵山区,增产效果反而更明显。不过技术的影响要看发展阶段,也看外部条件配不配合。

四川的地形条件,丘陵山地占大头,大型农机进去施展不开,这些年靠推广适配的小型机型慢慢撬开局面。另一个变量是气候——亚热带季风区灾害来得频。所以把四川农业机械化对粮食产量的影响掰开看,特别是其中的异

质性特征,对后面制定差异化策略、提升粮食综合生产能力具有重要意义。

一、影响机制与研究假设

(一) 影响机制

农业机械化对粮食产量的影响可通过三个维度实现:生产环节优化方面,机械化作业贯穿耕整地、播种、田间管理、收获等全过程,机械化播种可使玉米漏播率平均降低50–60%,机械化收获可大大降低粮食损耗率;生产效率提升方面,机械化通过替代人力、缩短作业时间、提高作业精度,实现规模经济效益;抗风险能力增强方面,机械化作业能够减少因天气变化、劳动力短缺等因素对粮食生产的不利影响。

(二) 异质性分析

从内部发展水平的门槛约束来看,当农业机械形成规模化使用后,可以更大程度地发挥作用,形成规模经济。在低水平阶段,农机适配性不足,机播、机收等关键环节

覆盖率较低,增产效应不稳定。从外部灾害冲击的情境限制来看,自然灾害会通过破坏生产基础设施、损毁作物生长条件,抵消技术进步的正向影响。

四川省农业机械化发展存在显著的阶段差异:2000–2009年机械化水平均值仅0.08,2010–2022年均值提升至0.62,两阶段的装备覆盖度、技术适配性差异显著。

基于上述分析,提出如下假设:

假设1:农业机械化水平的提升对四川省粮食总产量具有显著正向促进作用。

假设2:农业机械化水平对四川省粮食总产量的正向促进作用存在异质性,即受机械化内部发展水平的门槛约束与外部农业灾害冲击的情境限制。

二、研究设计

(一) 模型构建

本文采用的是四川省2000–2022年省级层面数据,核心目标是实证检验四川省农业机械化水平对粮食产量的影响效应。选用普通最小二乘法(Ordinary Least Squares, OLS)构建线性回归模型。具体如下:

$$\text{Product}_t = \alpha_0 + \alpha_1 \text{Machine}_t + \alpha_2 \text{Control1}_t + \alpha_3 \text{Control2}_t + \cdots + \alpha_k \text{Controlk}_t + \varepsilon_t$$

其中,Product_t是被解释变量,由粮食总产量表示;Machine_t是核心解释变量,由通过熵值法测算得出的农业机械化水平表示;Control1_t、Control2_t…Controlk_t是一系列控制变量; ε_t 表示扰动项。

(二) 变量选取

被解释变量:粮食总产量,衡量2000–2022年四川省水稻、小麦、玉米三大粮食作物总产量。

核心解释变量:农业机械化水平,由熵值法测算,涵盖作业程度、保障能力和综合效益三个维度。

控制变量:农药使用量、农化化肥施用量、农村用电量、财政农业支出、农膜使用量。

(三) 数据来源与描述性统计

本文使用的是2000–2022年四川省省级层面数据,主要来自于《中国农业机械工业年鉴》《中国统计年鉴》《中国农业年鉴》《四川省统计年鉴》《四川农村年鉴》等。为避免异方差性,对被解释变量和所有控制变量取对数,部分缺失值利用线性插值法填补。主要变量的描述性统计见表1。

表1 变量描述性统计

变量	均值	标准差	最小值	最大值
粮食总产量(百万吨)	32.92	2.024	28.5	36.2
农业机械化水平	0.381	0.322	0.04	0.95
农药使用量(万吨)	5.538	0.683	4.2	6.8
农化化肥施用量(万吨)	230.874	17.892	195	260
农村用电量(亿千瓦时)	153.619	50.705	80	240
财政农业支出(亿元)	605.873	503.592	120	1800
农膜使用量(万吨)	10.812	2.134	7.5	14.5

三、实证结果与分析

(一) 相关性分析

本文通过相关系数矩阵分析了粮食总产量与农业机械化以及其他控制变量之间的关系。粮食总产量与农业机械化水平的相关系数为0.853,且在1%统计水平下显著,表明二者存在强烈的正向线性关联,这一结果初步验证了农业机械化水平提升可能促进粮食总产量增长的理论假设。

从控制变量来看,农村用电量与粮食总产量的相关系数达0.784,显著正向关联体现了能源基础设施对产量的支撑作用。财政农业支出与粮食总产量相关系数为0.807,且在1%水平上显著,反映出政府支持在粮食生产中的关键作用。农膜使用量与粮食总产量相关系数为0.626,且在1%水平上显著,契合四川丘陵地区生产实际。农药使用量与粮食总产量呈显著负相关,可能是因为机械化精准植保技术推广实现了“减量增效”。

(二) 基准回归结果分析

表2呈现了逐步纳入控制变量后农业机械化水平对粮食总产量的回归结果。列(1)为仅包含核心解释变量与常数项的回归结果,列(2)则呈现了纳入全部控制变量后的回归结果。列(2)显示农业机械化水平的系数为0.171,且在10%统计水平下显著,意味着农业机械化水平每提升1个单位,粮食总产量的对数值平均增加0.171,假设1得到验证。此外,列(2)的结果中R²提升至0.903,表明纳入控制变量后模型解释力大幅增强,能解释90.3%的粮食产量变异。

从控制变量来看,农药使用量的系数为1.173且在1%水平上显著,反映出在机械化精准植保推广背景下,适量农药投入对病虫害防治的正向作用充分释放。农化化肥施用量的系数为-2.063且在1%水平上显著,契合四川省的“化肥减量增效”政策导向与化肥边际效益递减规律。财政农业支出的系数为0.112且在5%水平上显著,体现了政府农业支持政策的实效。

(三) 分维度回归结果

本文进一步将农业机械化水平拆解为作业程度、保障能力与综合效益三个维度,以探究不同维度对粮食产量的差异化影响。结果显示,作业程度系数为0.299且在10%统计水平下显著,作业程度直接关联耕、播、收、灌等生产关键环节,是机械化“从装备到产出”的核心转化载体。保障能力系数为0.503且在10%水平显著,表明保障能力作为机械化发展的物质基础,对产量有着较强的支撑作用。综合效益系数为0.639但未通过显著性检验,可能是因为综合效益是机械化、自然条件、市场价格等多因素叠加的结果。

(四) 稳健性检验

本文分别从排除外生冲击、处理极端值、替换核心解释变量测算方法三个维度进行稳健性检验。首先,剔除2019年和2020年的样本以排除新冠疫情干扰,结果显示核心解释变量系数为0.176且在10%统计水平上显著,与基准回归结果一致。其次,对所有连续变量进行上下1%缩尾

处理,核心解释变量系数仍为0.171且在10%水平上显著。最后,通过主成分分析法重新测算核心解释变量,结果显示新变量系数为0.030且在10%统计水平上显著,系数符号与显著性水平保持与基准一致。三种稳健性检验方法下,农业机械化水平对粮食总产量的正向影响均成立,充分证明基准结论具备较强稳健性。

(五) 异质性分析

本文从内部发展水平与外部灾害冲击两个维度对基准回归结果展开异质性分析。首先,以“农业机械化水平”的中位数为界限将样本分为两组。结果显示,农业机械化低水平组的核心解释变量系数为0.597但未通过统计显著性检验,而农业机械化高水平组的核心解释变量系数为0.184且在5%统计水平上显著正向。这一结果说明农业机械化对粮食总产量的促进作用存在门槛效应,仅当农机形成规模化与协同化优势后,其增产作用才具备统计可靠性与经济显著性。

其次,以“农业受灾面积”的中位数为界限将样本分为两组。结果显示,农业受灾严重组的核心解释变量系数为0.447但未通过显著性检验,非农业受灾严重组系数为0.359且在1%统计水平上显著。这一结果表明,外部灾害冲击会制约农业机械化发挥增产效应,即农业机械化的增产效果具有“环境依赖性”,需以相对稳定的自然条件为前提。

综合来看,本文的异质性分析从“内部发展水平-外部环境冲击”的统一体系维度,拓展了基准回归结论,假设2得到验证。

五、结论与政策建议

(一) 研究结论

本文以四川省2000-2022年省级数据为样本,实证检验了农业机械化水平对粮食产量的影响效应及其异质性特征。主要结论如下:

第一,农业机械化水平对四川粮食总产量具有显著正向促进作用。基准回归显示,机械化水平每提升1个单位,粮食总产量对数值平均增加0.171,表明机械化发展对粮食产量提升具有稳定促进作用。

第二,农业机械化对粮食产量的促进作用存在门槛效应。异质性分析表明,仅在机械化水平较高或非灾害年份,农业机械化对粮食产量的促进作用才显著,说明其增产效应受内部发展水平与外部灾害冲击的双重制约。

第三,从分维度看,作业程度和保障能力对粮食产量的正向影响显著,而综合效益的影响不显著,说明机械化增产效应主要体现在作业环节的效率提升与装备保障能力的增强。

(二) 政策建议

基于上述结论,提出以下建议:

第一,加强农业机械化基础设施建设。加大对现代农业机械的投入,推动大型联合收割机、拖拉机、播种机等

设备的广泛应用。在粮食主产区设立机械化服务中心,降低单个农户的购机成本。推进农业道路、仓储设施、灌溉系统等基础设施的建设与改造。

第二,推广先进适用的农业机械技术。重点引入精量播种机、无人驾驶拖拉机、智能化植保无人机等适合本地农业生产的设备。建立农业机械共用服务中心,降低农户购买机械的负担。鼓励高校与企业合作,开发具有地方特色的农业机械。

第三,完善农业机械化相关政策和法规。加大对农业机械购置的财政补贴力度,提高补贴比例。制定切合四川省实际的农业机械化标准,建立示范农场引导先进技术的推广与普及。加强农业机械化相关法律法规的执法力度,确保农业机械在作业过程中的安全性和环保标准。

第四,提升农民对农业机械化的认知和技能。开展针对农业机械的基础知识培训,通过实地演示和操作示范,使农民掌握机械的使用技巧和维护保养方法。推行“农机+”模式,通过与农民合作社、农业企业的合作,引导农民参与到集体购机、共享设备。

参考文献:

- [1] 刘一潭,杨建国.四川省农业机械化发展面临的困难与建议[J].农业机械学报,2005(9):60-63.
- [2] 杨敏丽,白人朴.中国农业机械化发展的不平衡性研究[J].农业机械学报,2005(9):60-63.
- [3] 李行,白丽,马成林,等.2005~2015年吉林省农机装备水平预测分析[J].农业机械学报,2005(11):89-92.
- [4] 吴维雄,陈建,马荣朝.四川省农业机械化发展水平评价与分析[J].西南大学学报(自然科学版),2008(1):130-133.
- [5] 王晓文,袁寿其,贾卫东.丘陵山区农业机械化现状与发展[J].排灌机械工程学报,2022,40(5):535-540.
- [6] 田富强,熊友,胡红,等.四川省农业机械化发展现状及建议[J].中国农机化学报,2024,45(4):321-327.
- [7] 何清燕,应婧,郭鹏,等.四川省农机装备发展需求与对策[J].中国农机化学报,2024,45(10):338-343.
- [8] 曹楠楠,张洁瑕.我国农业机械化对农民增收贡献率实证分析[J].中国农机化学报,2024,45(9):327-332.
- [9] 肖子艳.金融支持对我国农业机械化发展的影响研究[D].武汉工程大学,2023.
- [10] 张雨鑫,吴晓华.中国粮食主产区农业机械化发展研究[J].合作经济与科技,2022(17):8-11.
- [11] 辛可元.我国农业机械化发展过程、影响因素及对策分析[J].智慧农业导刊,2022,2(11):73-75.
- [12] 赵颖文,许钰莎,张越,等.四川省粮食增产的贡献因素分析及粮食安全对策研究[J].中国食物与营养,2022,28(3):9-14.

作者简介:周露(1997-),女,汉族,四川宜宾人,成都信息工程大学,硕士,研究方向:农村社会发展。