

中国农业机械购置补贴政策对农业机械使用效率的影响

——基于DEA-tobit两阶段法的实证分析

许耘浩

重庆大学公共管理学院, 重庆

收稿日期: 2023年2月6日; 录用日期: 2023年3月6日; 发布日期: 2023年3月15日

摘要

本文首先使用DEA模型, 测度2009~2019年全国28省市的农业机械使用效率, 并分析变化趋势及区域差异。结果表明: 2009至2019年期间, 我国农业机械使用效率呈现小幅增长趋势变化, 且在2009至2010年、2011至2012年以及2014至2015年三个时段呈下降趋势出现拐点。再使用tobit模型分析得到农业机械购置补贴对农业机械使用效率的影响为: 随着农机存量日趋饱和, 导致出现未用于农业生产的机械存量比例上涨、单位农机作业面积减少等问题, 对农业机械使用效率产生负向影响, 自2014年起农业机械购置补贴政策发生调整, 之后产生的政策调整效应对农业机械使用效率产生正向影响。同时, 农机使用效率还受到了农机推广培训、地区经济发展水平、农机专业合作社及农业机械跨区作业面积的影响。

关键词

农业机械购置补贴, 农机社会化服务, 技术效率, 农机使用效率

Impact of the Chinese Allowance for Purchasing Agricultural Machinery on the Efficiency of Agricultural Machinery

—An Empirical Analysis Based on DEA-tobit Two-Stage Method

Yunhao Xu

School of Public Policy and Administration, Chongqing University, Chongqing

Received: Feb. 6th, 2023; accepted: Mar. 6th, 2023; published: Mar. 15th, 2023

Abstract

In this paper, DEA model is used to measure the efficiency of agricultural machinery in 28 provinces and cities from 2009 to 2019, and analyze the changing trend and regional differences. The results show that from 2009 to 2019, the efficiency of agricultural machinery in China showed a small growth trend, and showed a downward trend from 2009 to 2010, 2011 to 2012 and 2014 to 2015. Then using tobit model analysis, the influence of agricultural machinery purchase subsidy on the use efficiency of agricultural machinery is as follows: With the increasing saturation of agricultural machinery stock, the proportion of machinery stock that is not used for agricultural production increases and the working area of unit agricultural machinery decreases, which has a negative impact on the efficiency of agricultural machinery use. Since 2014, the policy of the allowance for purchasing agricultural machinery has been adjusted, and the subsequent policy adjustment had a positive impact on the efficiency of agricultural machinery. At the same time, the efficiency of agricultural machinery is also affected by the promotion of agricultural machinery training, regional economic development level, agricultural machinery professional cooperatives and cross-regional operation area of agricultural machinery.

Keywords

Allowance for Purchasing Agricultural Machinery, Social Services of Agricultural Machinery, Technical Efficiency, Efficiency of Agricultural Machinery

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

种植农业是我国国民经济的重要基础，中国约三分之四的可耕地用来进行粮食生产。中国的粮食安全提问，一直是当前关乎国计民生、亟需解决问题的重中之重。从1997年开始，受世界粮食持续减少的影响，中国农民粮食种植积极性下降，从1997年至2003年用作主要口粮的小麦、稻米的播种面积不断减少，甚至出现了六连降。与此同时，由于城镇化率的日益增加和农业的人口持续性向都市迁移，导致一方面农业剩余劳动力总量变化呈现减少态势；另外在人口结构上老年及女性占比逐步增加。这种劳动力供应不足的情况不利于农业发展，为适应这种转变，中国传统工业如何“反哺”传统农业的一些相关政策措施应运而生。2004年我国正式颁布《农业机械化促进法》，并且随之正式实施农业机械购置补贴政策；提升农业耕、种、收全过程的农业综合生产机械化装备水平；为切实保证国家粮食供应安全稳定和广大农民群众增产增收。在这项制度实行十几年来，补贴的深度与广度都在持续的扩大，而与其配套的体系也在不断完善优化中，与全国粮油直补、农业良种补贴、和农资产品统一补贴，并列为我国的四大农业补贴。

国外较少有单独研究农机购置补贴的文献，而是将其作为一种农业财政支持政策。Recio (2003)的论文中认为改善农业补偿能力的途径：采取完善农机补偿经销商活动、提高补偿、缩短补偿时[1]。国内虽然对于农业机械购置补贴政策的研究较发达国家更晚，但是已有的研究相对较为丰富，主要集中于该政策与农业机械化水平、农业产业、农户购机行为之间的影响研究。张宗毅等(2009)实证分析农业机械化水

平的影响因素, 研究发现: 我国农业在 2020 年对农业机械化水平的需求会达到约 74%, 财政资金的大力支持非常重要[2]。高玉强(2010)通过省级面板数据对农业机械购置补贴政策有效性进行了实证分析。研究得出: 在单位土地农机总动力诸多影响因素中, 单位土地农机购置补贴对其的影响显著[3]。

增加我国农机保有总量、提高农业机械装备的生产水平是我国农业机械购置补贴直接目的。农业机械本身相较于农药、化肥等其他生产性投入有所不同, 它具有耐用性。农业机械购置补贴对农业机械技术的进步产生影响的同时, 也会对农业机械存量增加产生持续性影响。但农机存量补贴的大幅增加也并不意味着一定会有助于全面提升我国农业机械化发展水平, 农业机械存量的有效利用和效果则在全面评估农机补贴的政策成效时才更需要进一步被重视。对于我国农业机械的使用及其效率问题, 研究者们已经进行过了国内外若干次有意义的理论探讨, 但至少在其效率定义、计算研究方法层面以及效率影响的因素的分析等层面上仍还存在进一步深入的研究探索与进一步完善研究的空间。曹光乔、张宗毅(2008)使用数据包络分析法(DEA)模型对 2001~2005 年全国各地区的农业机械化效率及技术进步结果进行计算分析, 研究得出: 促进农业机械使用的因素的有很多, 如: 土地流转、社会化服务、跨区作业服务等[4]。文献整理研究发现: 我国整体农机化效率偏低, 地区差异较大, 农业机械的使用效率值得更多关注。

随着政府对农机购置补贴政策的不断完善, 中国农村已经开始大量采用农业机械化服务, 比如跨区作业、农机专业合作社等, 以此来优化农机设施, 提高农机利用率, 促进农业机械化发展。潘经韬(2017)随着农业机械技术的不断进步和农业机械化的飞速发展, 农业机械的服务市场正面临着前所未有的竞争压力, 从而导致了挤出和挤入的现象。补贴政策的力度加大有利于农业机械服务市场的发展农业机械社会化服务组织有助于形成良性的农机化发展局面[5]。

本文旨在研究我国农业机械购置补贴政策实施过程中, 农业机械使用效率如何变化? 不同地区是否具有差异性? 农业机械购置补贴政策是否提高了农业机械使用效率, 其作用机制是什么? 首先提出农业机械购置补贴政策对农业机械使用效率的影响作用机制, 采用 DEA 指数方法测度 2009~2019 年全国 28 省市的农业机械使用效率, 并分析变化趋势及区域差异, 再使用 tobit 回归模型进行农业机械购置补贴政策对农业机械使用效率的影响。

2. 理论分析

2.1. 技术效率

Farrell (1957)等最早系统地对生产的效率问题作出进行了实证分析, 并首次把生产的效率分别衡量定义为价格效率(price efficiency)和与技术效率(technical efficiency) [6]。前者所衡量到的问题是如何选择一个最优的要素投资集只需要同时考虑到投入的成本价格和最终产出的价格, 后者的则仅仅是如何用一个已经被给定了的要素价格集来最终实现其最大的生产率, 并完全不需要同时考虑到投资的成本价格和最终产出价格。以产出为角度出发, 数据包络分析法(DEA)被广泛应用来评估“生产部门”和“规模有效”之间的差异, 它以一定的非参数方法来衡量, 即在保持一定投入的前提下, 使得“规模有效”和“技术有效”的实际产出达到最佳状态。随着规模报酬的不断改变, 我们发现技术效率可以被划分为两个部分: 技术效率和规模效率。

2.2. 农业机械使用效率

张宗毅(2008)将技术效率、纯技术效率和规模效率和全要素生产率指数作为农机化效率指标[4]。本文旨在研究当下现有的农业机械能否在农业生产过程中充分使用, 所以将农业机械综合技术效率(crste)定为农业机械使用效率。在给定农业生产要素技术水平下, 为满足一定水平的农业机械化作业需求, 农业机械最小投入量与实际农机保有量的比例。

2.3. 农机社会化服务

农机实行社会化经营服务, 通过组织农机专业户、农机生产协作等组织形式来组织进行我国农业机械化生产经营的各个主要环节乃至整个全产业链过程, 然后再相应地依据相关法律规定与农机合同约定缴纳农机相应税费。我国最典型代表的农机作业社会化的服务组织形式之一是在粮食产区进行的农机跨区作业。中国的农机植保社会化专业服务组织机构目前正逐步处在快速发展成熟的新阶段, 业务侧重点也将逐步由单一耕、收生产环节逐步转为更全面系统的整个耕、种、灌溉、植保、收割的生产周期过程。

2.4. 作用机理分析

中国农业机械购置补贴政策具有多目标性, 包括提升农机化作业水平、提高农业机械装备总量、优化农机保有结构、促农业技术进步、提高农业生产等。政策通过合理确定生产补贴项目农机具补贴的具体品目范围并组织实施和分级定量审核, 建立新型农机具生产技术补助产品目录, 选择适应我国当前新型农机具现代化和生产发展潮流需要的新型农业机具, 引导技术创新进步和农业生产技术更新升级。首先由于补贴目录内与未给予补贴的农业机械及其配套产品之间的价格相比有所下降, 从而缓解农户的资金约束, 激励其选择购买补贴目录内的农业机械来替代未给予补贴的同类型机械。从而导致补贴目录内农业机械的购买量上升, 特别是在农机政策的普遍推广执行实施后, 大大地提高了新型节能的新型高效作业农机产品及其它关键的作业生产环节农械产品的市场购买量, 促使了农械经营者们在作业生产的过程管理中变得更加专业, 机械高效作业农机的产品适用的范围上也随之有所的拓展, 优化调整了生产作业的环节, 促进实现了农业耕种收的全程农业机械化, 大大地提高改善了我国农业机械器的使用效率。但是农业机械购买量和存量的持续性上升可能会引起补贴负向效应的出现。实际中农业生产区域内的农业机械作业需求量不会无休止增加, 具有饱和性。农业机械存量的快速持续上涨, 可能使得实际未用于农业生产的机械存量比例上涨, 导致单位农机作业面积减少; 部分农户因为价格因素, 对补贴的农业机械盲目购买, 忽视农业生产中的实际需求, 形成存量冗余, 导致农业机械的使用和效能显著降低(曹光乔, 2010)。提高新型农机的运用和效益就意味着我们要在同时更加重视提高农业生产新型机械化的发展的过程和中产成品质量、经济效益水平和可持续性。农机的利用和效益的低下都会直接使广大农民手中的农用机械投资收益大大降低, 抑制农民购置新型农机产品的生产积极性, 造成闲置农机投资引起农机投资市场出现不稳定局面, 这有悖于政策制定的基本目标。

3. 农业机械使用效率测算与指数分解

3.1. 模型构建农业机械使用效率测算方法

本文主要采用数据包络分析(DEA)分析方法对农业机械的使用效率和其分解指标进行测量。DEA用于测度生产函数效率的方法该测度方法最大的一个优点之一就是, 不要求用户事前预先了解生产函数效率的计算类型, 不太易发生效率计算类型设定有误之类的问题。数据包络分析法(DEA)一开始是由 Charnes 和 Cooper (1989)所发明出来的, 其优点是一种测量效果的更为广泛普遍使用的非参数法, 其原理就是采用线性规划的方法, 然后设置多个投入与多个产出指标, 以相对有效地评估相同类型且具有可比性的决策单元, 并且无需构建生产函数模型, 这就避免了因设定具体的生产函数而导致的一些主观性因素所造成的结果偏差, 从而提高结果的精确性和准确性。数据包络分析法主要包含两种模型, 一种是规模报酬不变的 CCR 模型, 另一种是规模报酬可变的 BCC 模型, 模型中设有 n 个决策单元 DMU_j ($j = 1, 2, \dots, n$), 每一个决策单元都有 m 种输入指标与 r 种输出指标, 而 X_j 与 Y_j 则分别代表投入与产出指标。 $X_j = (X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{mj})^T > 0$, $Y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{rj})^T > 0$, $j = 1, 2, \dots, n$, CCR 的模型基本形式为:

$$\min \theta$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j \leq \theta X_{j_0} \\ \text{s.t. } \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_j \leq Y_{j_0} \\ \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

在此加入阿基米德无穷小量 ε 以及输入输出的松弛变量 s_m^- 、 s_r^+ ，CCR 模型变为：

$$\begin{aligned} & \min(\theta - \varepsilon \sum s_m^- \sum s_r^+) \\ & \begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j + S = \theta X_{j_0} \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_j - S = Y_{j_0} \\ \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n, S \geq 0, S_+ \geq 0 \end{cases} \end{aligned}$$

上式 θ 是决策单元 DMU_j 技术效率指数， λ_j 是决策单元 DMU_j 组合权重，在模型中加入约束条件可变成 BCC 模型：

$$\begin{aligned} & \min(\theta - \varepsilon \sum s_m^- - \sum s_r^+) \\ & \begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j + S = \theta X_{j_0} \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_j - S = Y_{j_0} \\ \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n, S_- \geq 0, S_+ \geq 0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \end{cases} \end{aligned}$$

在该模型中 $\theta = 1$ ， $s_m^- = s_r^+ = 0$ ，则说明决策单元 DMU_j 有效； $\theta \neq 1$ ， $s_m^- \neq 0$ 或者 $s_r^+ \neq 0$ ，说明决策单元 DMU_j 弱有效；如果 $\theta < 1$ ，说明决策单元呈无效。

3.2. 农业机械使用效率测算

DEA 模型表明，当生产的技术价值与商品的市场价值相同时，通过控制投资的比例，可以达到最低的生产成本，从而提高农业机械的使用效率。因此，我们可以把这种方法称为农业技术效率。鉴于农业机械操作的成本可以被有效地控制，本文采用基于投入导向的规模报酬可变模型(BCC-I)。

3.3. 指标选取和数据

2004 年农业机械购置补贴政策开始试点实施，至 2008 年这一政策已经覆盖了全国各地的农牧业县(场)。自政策实施以来，农机补贴的类型不断增加，品目越来越丰富。到 2009 年全国农机补贴的大类基本固定为 12 个，具体补贴品类为 175 种左右，各地对补贴的具体品目具有一定弹性，可结合实际需求在中央补贴资金范围内增加不超过 30 个品目，且该变化持续至 2014 年。为了促进粮食、棉花、油脂、糖类等重要农作物的全面机械化，确保具有针对性和精确度，2014 至 2015 年出现明显调整。故本文将研究时段起点选择为 2009 年，2014 年为调整效应的时间节点(图 1)。

本文旨在探究农业生产过程中农业机械的整体使用，且农业生产中的三大基本环节分别为耕、种、收，故将产出指标选择为机耕面积、机播面积及机收面积，投入指标包括：年末机械总动力、乡村农机从业人数、拖拉机配套农具数量(表 1)。该七项指标均取自 2009~2019 年《中国农业机械工业年鉴》。由于 2009~2019 年研究时段内西藏自治区、海南省、新疆维吾尔自治区及新疆建设兵团在各项数据指标的数据中存在较多缺失，故将这四个省份单元剔除；且 2017 年全国 28 个省的数据存在缺失及失真，因此将 2017 年的各项数据剔除。本文最终以 28 个省区为决策单元(DMU)，运用 DEAP 2.1 软件测算农业机

械综合技术效率(即农机使用效率)。

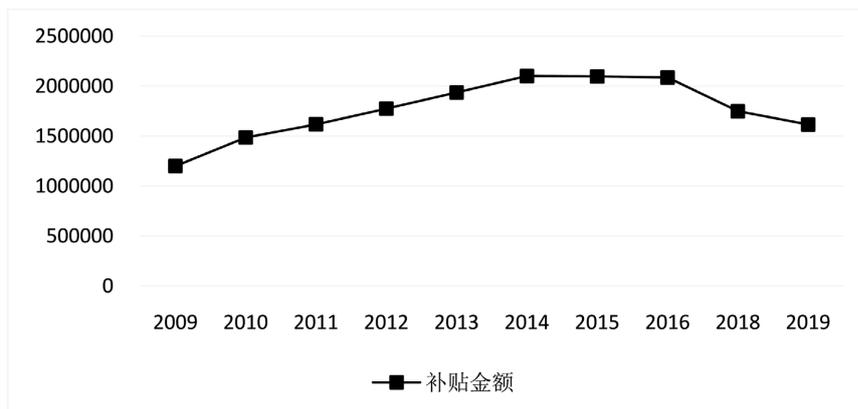


Figure 1. China's central agricultural machinery purchase subsidy fund from 2009 to 2019
图 1. 我国 2009~2019 年中央农机购置补贴资金

Table 1. Input-output indicators
表 1. 投入产出指标选取

		指标	
投入	机械动力投入	农业机械总动力(千瓦时)	
	配套作业机械投入	拖拉机配套农机具数量(台)	
	人力投入	乡村农机从业人员(人)	
产出		机耕面积(千公顷)	
		机播面积(千公顷)	
		机收面积(千公顷)	

3.4. 描述性统计

投入产出指标描述性统计如表 2 所示。

Table 2. Descriptive statistics of input-output indicators
表 2. 投入产出指标描述性统计

变量	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
机耕	280	3832.905	3085.728	10.83	14560.84
机播	280	2704.13	3509.236	9.52	14436.91
机收	280	3228.284	9136.987	38.73	147291
农业机械总动力(千瓦时)	280	3473.706	2983.128	93.97	13353.02
拖拉机配套农机具数量(台)	280	131.726	179.522	0.38	760.61
乡村农机从业人员(人)	280	1,781,366	1,676,895	12,853	6,864,639

3.5. 农业机械使用效率指数测算结果及分解

受我国农机跨区作业地域的社会经济条件与当地自然环境条件的共同影响,省际农机的使用和效益

差别很大。如表 3，总体上来看，我国有二十八个试点省市农机有偿使用后综合考核科技效能指标的效益平均数仅为 0.610，分解到户后的规模效益平均数仅为 0.903 始终远远超过了纯农机科技效益平均数 0.669。由此可以说明，各省农机的使用和规模程度普遍较高，农机的规模化跨区作业已经占有到了一个主要的地位；但其农机综合运用的能力相对较低。但随使用时间的推移，农机的使用效率、纯技术效益差异和生产规模效率之间的显著差异正呈近年来逐渐的减少的态势，表明企业在国家补贴等政策因素的共同影响作用下，管理创新与企业科技创新的整体管理创新水平正在进一步提高。其中，重庆、上海和中国黑龙江等三个试点省(市)的综合技术利用率均达了 1.000，位于生产技术前沿。而河北、浙江、福建、山东、安徽、湖北、河南、广西、云南、甘肃、青海和宁夏的综合技术效率均低于 0.50，其中山东、河北、河南、湖北作为粮食主产区，粮食产量高，但其农机使用效率低，可能的原因是：一是省内农机保有量过剩，2009~2019 山东省年末农业机械总动力均值位于 28 省市第一位，湖北省位于第四位。其二可能是我国推行农业机械跨区服务政策影响，二省 2009~2019 年间跨区服务作业面积分别为全国第二、第八，省内统计的机械化作业面积有可能低于其实际农机实际作业面积。四川也作为粮食主产区，也可能由于农机保有量过剩、跨区作业服务导致综合技术效率偏低。福建、甘肃和青海因为由于复杂的地理条件导致农业机械使用情况不理想，不利于大批量农机化作业。

Table 3. Comprehensive efficiency of agricultural machinery in 28 provinces and cities regions from 2009 to 2019
表 3. 2009~2019 年 28 省市区域农业机械综合使用效率

地区	省市	crste	vrste	scale	地区	省市	crste	vrste	scale
东部地区	北京	0.863	1.000	0.863	西部地区	内蒙古	0.706	0.719	0.982
	天津	0.976	0.980	0.996		广西	0.486	0.660	0.708
	河北	0.436	0.479	0.911		重庆	1.000	1.000	1.000
	上海	1.000	1.000	1.000		四川	0.690	0.803	0.864
	江苏	0.552	0.592	0.935		贵州	0.566	0.606	0.900
	浙江	0.462	0.567	0.815		云南	0.316	0.468	0.669
	福建	0.331	0.407	0.811		陕西	0.660	0.686	0.962
	山东	0.347	0.355	0.977		甘肃	0.367	0.385	0.965
	广东	0.521	0.828	0.620		青海	0.276	0.427	0.647
	均值	0.610	0.690	0.881		宁夏	0.444	0.470	0.940
中部地区	山西	0.627	0.649	0.962	东北地区	辽宁	0.759	0.769	0.987
	安徽	0.432	0.435	0.993		吉林	0.609	0.624	0.977
	江西	0.843	0.969	0.861		黑龙江	1.000	1.000	1.000
	河南	0.372	0.373	0.997		均值	0.789	0.798	0.988
	湖北	0.456	0.471	0.970		粮食主产区	0.633	0.673	0.915
	湖南	0.978	1.000	0.978		非粮食主产区	0.603	0.641	0.920
	均值	0.789	0.798	0.988		全国均值	0.610	0.669	0.903

从我国地理区域划分来看，也存在差异。在东北地区，综合技术效率平均值达到 0.789，而规模效率则达到 0.988，这使得该地区在全国排名第一。然而，其他三个地区的综合技术效率水平都低于 0.8，而

规模效率则高于 0.8，这表明规模化经营对综合技术效率具有积极的影响，与先前的研究结果一致。在纯技术效率方面，东北地区达到 0.798，而西部地区最低。根据综合技术效率的分析，这种低效率的状况主要是由于纯技术效率偏低所造成的。

粮食主产区的农机综合技术效率整体上高于非粮食主产区。粮食主产区省份农机综合技术效率指标为 0.633 已超过了全国的平均指标 0.610，而在非粮食主产区的则为 0.603 低于了全国平均水平。这主要是由于目前中国的粮食作物主产区都比较的注重在粮食作物的生产加工过程中实现的农业高度的机械化，粮食作物的生产加工过程中的机器作业对于农业劳动力资源的利用替代也更为广泛。

为从整体上分析农业机械使用效率的变化趋势，得出全国 28 省市 2009~2019 年全国农机使用效率均值变化趋势(图 2)。分解后的纯技术效率也较低，农机使用效率与纯技术效率的变动趋势保持一致，二者从 2009~2019 呈现小幅增长趋势，二者涨幅均为 13%。且在 2009~2010、2011~2012 以及 2014~2015 年段出现拐点呈下降趋势。这些变化意味着随着时间推移，农业机械保有量日趋饱和，农机使用效率也较为稳定。

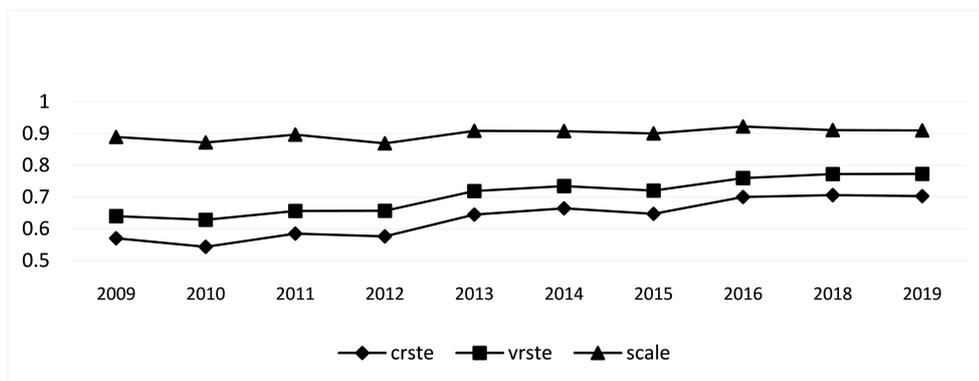


Figure 2. Average utilization efficiency of agricultural machinery in 28 provinces and cities from 2009 to 2019
图 2. 2009~2019 年 28 省市农机使用效率均值

4. 农业机械购置补贴对农业机械使用效率的影响

4.1. 模型构建及变量选取

4.1.1. 模型构建

DEA 指数法所得值为被解释变量，因采用 DEA 方法测度的农业机械使用效率，故本文采取选择受限被解释变量模型中的混合 tobit 模型来进一步探究农业机械购置补贴对农业机械使用效率影响。模型如下：

$$y_{it} = \alpha + \beta_1 subs_{it} + \beta_2 training_{it} + \beta_3 edv_{it} + \beta_4 coop_{it} + \beta_5 crosser_{it} + \varepsilon_{it}$$

上式中 y_{it} 为农业机械使用效率，用测算出来的全国 28 个省的 crste 指数来表示； $subs_{it}$ 为核心解释变量为农业机械购置补贴金额；农业机械使用效率 $training_{it}$ 为推广培训费用； edv_{it} 为地区经济发展水平； $coop_{it}$ 为农机专业合作社年末机构数， $crosser_{it}$ 为农机跨区作业面积。 β 为各个解释变量的系数， α 为常数项， ε_{it} 为随机干扰项， i 表示省份， t 表示年份。

4.1.2. 核心变量及来源

农业机械购置补贴作为该模型的核心解释变量。已有的研究中，农业机械购置补贴作为我国实施的重大支持型政策，对我国农业生产有着不可忽视的作用。

农业机械购置补贴采用的指标为 2009~2019 中央财政购机补贴资金额。数据源自农机 360 网站以及《中国机械工业年鉴》。

4.1.3. 控制变量及来源

地区经济的发展水平会使得农民购买农机具的意愿也会发生变化。经济发达的地区，劳动力价格更高，因此更有可能采用农业机械来提高农业生产效率。相比之下，经济欠发达地区农村劳动力资源相对匮乏，因此更加重视农机装备的替代利用，以提高农业生产效率，减少农民的负担，促进农业可持续发展。通过对中国各省份年度 GDP 数据的分析，可以更好地了解当地经济发展水平，从而更有针对性地推广和应用先进的适用于农民的新型农业机械装备，从而大大提高农业生产效率。推广培训。指农业机械财政投入中用于农业机械技术推广、示范演示以及操作人员培训等费用支出。该投入有利于提高农业生产经营人员对农业机械相关操作技术的熟练程度，提高农业机械普及率，促进农业机械的使用。

农业机械技术推广、示范演示以及操作人员培训有助于农业机械普及，提高农业生产者对农业机械操作技术的熟练程度，进而促进农业机械使用效率提升。本文用农业机械财政在此方面的投入作为测量农业机械推广培训的指标。

农业机械社会化服务可以在降低农业机械使用的成本同时，提高农业生产各环节的机械化程度，促进农业机械效率的提高。据此模型引入农业机械专业合作社和农机跨区作业面积两个变量。农机专业合作社是我国依法成立的以农机服务为主的经济合作组织。农业机械使用是现代化农业中必要环节，但农机尤其是大型农机或者高科技农机，价格高，操作技术复杂，单个农户购买、持有和使用成本高，而农机专业合作社凭借其资金优势、专业技术优势，以向农业生产经营者提供农机化服务的方式促进农机生产实现组织化、规模化、专业化，有利于农业机械使用效率的提高。

农机跨区作业面积。是指农业机械参加农业跨区机械化作业或项目作业服务时所需完成作业的总作业面积。农机实行跨区化作业，为了切实进一步的提高农机资源的合理、高效使用率，以提高农机生产运营各方主体各方的经济利益水平和农业生产为主要目标，拓宽扩大了农机的使用推广区域，极大的增加农民了对农机生产投入带来的经济收益，充分的调动起了广大农民群众投入使用农机、发展新型农机投入生产经营的积极性。

4.1.4. 描述性统计

变量的描述性统计如下表 4 所示。

Table 4. Descriptive statistics of average data of agricultural machinery use efficiency in 28 provinces from 2009 to 2019
表 4. 2009~2019 年 28 个省份农机使用效率平均数据描述性统计

变量	样本量	标准差	最小值	最大值
农业机械购置补贴(<i>subs</i>)	280	47896.81	3000.00	195210.00
推广培训(<i>training</i>)	280	8790.82	10.00	77768.01
地区经济发展水平(<i>edv</i>)	280	18466.91	939.70	107986.90
农机专业合作社(<i>coop</i>)	280	1870.45	18.00	9048.00
农机跨区作业面积(<i>crosser</i>)	280	1431.02	2.47	6357.00

4.2. 模型回归结果与分析

变量面板 tobit 模型估计结果如下表 5 所示。

Table 5. Panel tobit model estimation results
表 5. 面板 tobit 模型估计结果

变量	crste	vrste	scale
lnsubs	-0.119*** (0.0209)	-0.100*** (0.0178)	-0.0534*** (0.0169)
lntraining	0.0168** (0.00827)	0.0140** (0.00696)	-0.00329 (0.00694)
lnedv	0.111*** (0.0381)	0.141*** (0.0335)	0.0382 (0.0282)
lncoop	0.0537*** (0.0200)	0.0392** (0.0170)	0.0213 (0.0157)
lncrosser	0.0747*** (0.0178)	0.0222 (0.0159)	0.0551*** (0.0126)
policy	- -	- -	- -

注：① 括号内数字是各系数的 z 统计量；② ***、**、* 分别表示 1%、5%、10% 的显著性水平。

4.2.1. 原始效应分析

首先本文采用面板 tobit 模型分别估计综合技术效率(crste)、纯技术效率(vrste)和规模效率(scale)的影响因素，且为了方便模型检验将变量取对数化。结果如下：

实证结果表明：

农业机械购置补贴对农业机械使用效率具有显著负向影响。被测各省所获的中央农业机械购置补贴每增加一万元，农业机械使用效率就下降 11.9%、纯技术效率下降 10%、规模效率下降 5%，这主要原因可能是：随着时间的推移，农业机械的作业需求逐渐稳定，在农机作业需求稳定的情况下，补贴政策带来的农机存量的增加使得农机装备水平的快速上升。从而导致农机保有量呈现饱和，农业机械单位作业面积减少。补贴在一定程度上会增强从事小规模农业生产的农户持有农机的意愿，使其持有的农业机械数量增加，这不利于农业生产中农机要素投入的经营、管理以及规模化作业。

地区经济发展机械化水平将对提高农业机械的使用效率产生明显的正向影响。各省市份和地区 GDP 增加值每二年增长约 1 亿元，综合使用效率提高 11.1%、纯技术效率提高 14.1%。主要影响因素还可以认为是：经济发展水平相对较高发达的农村地区一般多是地处我国中、东部，二三四产业所占产值比比重都很大，农村劳动力资源相对也比较丰富紧张，而且往往因为其地势坡度较小且相对比较平坦和广阔，从而需要更加强调农业机械及其对农业劳动力资源的有效替代作用来更好适应我国规划区内发展的现代化农村的生产发展需要。在经济条件比较相对成熟稳定的区域，农民们的经济收入水平就更高，农机的购买服务能力也相应地就会更强。在国家农业机械购置补贴政策的积极影响作用下，农民将更多偏向重于如何选择性能先进价格合理可靠的大中型通用农机，以及如何实施更加科学和合理有效的现代化农械生产作业和管理，这样就可以有效大大地提高我国农械的使用效益

农机专业合作社对农业机械使用效率具有显著正向影响。农机专业合作社机构每增加一个，农机使用的综合技术效率增加 5.37%、纯技术效率增加 3.92%。主要原因可能是：农机专业合作社比个体户更有生机和活力，可以实现将全国所有的不同作业用途下的各种农业机械进行了有机的结合、统一的管理，进行了更加

安全高效优质的农业耕、种、收全流程化作业的机械化服务，大大地提高了农械的使用和效益，减少了作业的时间；还将可有效促进我国农业机械化新的设备、新技术等的开发引进，提高我国农机化装备技术水平。能够把各种不同功能的农业机械进行有机组合、统一管理，开展更为有效的耕、种、收全程化的服务，提高农机使用效率，缩短作业时间；还可以加速农业新机具、新技术的推广，提升农机化装备水平。

农机跨区作业对农业机械使用效率具有正向影响。农机跨区作业面积每增加一千公顷，农业机械使用效率提高 7.47%、规模效益指数提高 5.51%。利用我国农产品跨区耕种和收割作业的作业时间差、地域差异来实施小型农机的跨区机械化作业，减少浪费了小型农机具设备的生产投资和回收利用时间，促进我国农械资源的实现和优化的配置，必须认真处理解决好我国农民一家一户小规模的生产作业与跨区机械化的大规模作业实施之间存在的问题。可以改变过往每家每户买农机的低效率局面。在当下农业劳动力转移大背景下，农机跨区作业有利于节省农业生产支出，同时与农业劳动力流动趋势相适应，实现农民季节性就业，促进农机社会化服务。

推广培训有利于农业机械使用效率的提高。配套农机推广培训与农机购置补贴均作为我国农机化投入，目的都是为了提升农业生产的效率、降低劳动成本、减轻农业从业者的负担，促进我国农业机械现代化，稳定农业生产。农业机械技术推广培训促进了农机科技成果转化应用和集成，提升农业生产经营者在农业机械选择、购买、使用和管理上的素质能力，以此有助于提高农机使用效率。

4.2.2. 政策调整效应分析

从 2004 年到 2014 年，由于政府大幅提高购买农业机械的补贴，补贴的种类和数量也大幅增加，使得 2014 年的农业机械购买补贴达到 2009~2014 年间的数值顶点，但是随后又开始逐渐减少。2015 年，政府颁布“缩范围、控定额、促敞开”九字方针，重新审视补贴结构，排除过剩、低端、低附加值的农业机械产品，并且将补贴额度降至市场饱和、价格下跌的水平。应当大幅削弱补贴政策在市场中的过度干预作用。因此本文在原效应的基础之上增加了政策年份虚拟变量 *policy*，2009 至 2013 年为 0，2014 年起之后为 1。结果如下表 6：

Table 6. Tobit model estimation results of policy adjustment effect
表 6. 政策调整效应面板 Tobit 模型估计结果

VARIABLES	crste	vrste	scale
	crste	vrste	scale
Insubs	-0.114***	-0.0983***	-0.0445***
	(0.0205)	(0.0177)	(0.0164)
Intraining	0.0152*	0.0133*	-0.00507
	(0.00815)	(0.00696)	(0.00678)
lnedv	0.0599	0.117***	0.00224
	(0.0412)	(0.0369)	(0.0279)
lncoop	0.0393*	0.0332*	0.00118
	(0.0202)	(0.0174)	(0.0158)
lncrosser	0.0842***	0.0269*	0.0662***
	(0.0176)	(0.0163)	(0.0124)
policy	0.0636***	0.0282	0.0631***

注：① 括号内数字是各系数的 z 统计量；② ***、**、* 分别表示 1%、5%、10% 的显著性水平。

实验结果表明：

政策效应对农机使用效率及纯技术效率具有正向影响，政策效应使得原效应模型中农机购置补贴对农机使用效率的负向影响系数由 0.119 变为 0.114、对纯技术效率的负向影响系数由 0.100 变为 0.098、对规模效率的负向影响系数由 0.053 变为 0.044。因此可以说明购置补贴的政策调整对农机使用效率具有正向影响。可能的原因是农机购置补贴政策由以前的补贴额度逐年提升、补贴范围和种类不断扩大调整为提高补贴效率。激发了高效及关键作业环节所需机具的购买，农机装备结构性改善，推进了全耕种环节的机械化。

4.2.3. 模型稳健性检验

本文采用改变样本容量方法进行稳健性检验，剔除 2009、2018 和 2019 三年进行回归，原始效应结果如下表 7：

Table 7. Results of robust test of the model

表 7. 模型稳健性检验结果

变量	crste	vrste	scale
lnsubs	-0.174 ^{***} (0.0338)	-0.147 ^{***} (0.0264)	-0.0670 ^{**} (0.0262)
lntraining	0.0191 [*] (0.0104)	0.0142 ^{**} (0.00824)	-0.00195 (0.00825)
lnedv	0.202 ^{***} (0.0595)	0.225 ^{***} (0.0476)	0.0406 (0.0349)
lncoop	0.0509 ^{**} (0.0258)	0.0304 (0.0212)	0.0370 ^{**} (0.0185)
lncrosser	0.0490 [*] (0.0269)	0.0447 ^{**} (0.0209)	0.0221 (0.0150)
policy	- -	- -	- -
Constant	-0.202 (0.568)	-0.421 (0.475)	0.865 ^{**} (0.341)
Observations	196	196	196
Number of code	28	28	28

注：① 括号内数字是各系数的 z 统计量；② ^{***}、^{**}、^{*} 分别表示 1%、5%、10% 的显著性水平。

政策调整效应如下表 8：

Table 8. Results of robust test of the model

表 8. 模型稳健性检验结果

变量	crste	vrste	scale
lnsubs	-0.166 ^{***} (0.0334)	-0.147 ^{***} (0.0273)	-0.0564 ^{**} (0.0255)

Continued

Intraining	0.0159 (0.0104)	0.0132 (0.00839)	-0.00112 (0.00802)
lnedv	0.148** (0.0618)	0.210*** (0.0527)	0.00126 (0.0333)
lncoop	0.0605* (0.0255)	0.0234 (0.0223)	0.00913 (0.0197)
lncrosser	0.0310 (0.0274)	0.0444* (0.0229)	0.0360** (0.0152)
policy	0.0501** (0.0233)	0.0168 (0.0193)	0.0536*** (0.0167)
Constant	0.306 (0.586)	-0.240 (0.529)	1.128*** (0.332)
Observations	196	196	196
Number of code	28	28	28

注：① 括号内数字是各系数的 z 统计量；② ***、**、* 分别表示 1%、5%、10% 的显著性水平。

回归系数在符号上一致，只在其显著性和其值大小有所不同。因此可得农业机械的购置补贴政策措施对提高农机综合使用效率方面的影响相关研究结论具有稳健性。

5. 研究结论及政策建议

5.1. 结论

本文首先用 DEA 模型进行农机使用效率测算及其指数分解，随后使用 tobit 模型探究农业机械购置补贴政策对农机使用效率的影响。结论如下：

整体来看，20089~2019 年我国 28 省市农机使用效率虽有三次下降时段，但仍处于缓慢增长趋势，未来有较大提升空间。纯技术效率与农机使用效率基本同步变化，规模效率一直处于较高位置。各省农业生产的农用机械使用规模化程度较高，农机存量不断增加，而农机有效利用率和存量管理水平却处于较低水平。2014 年以前农机购置补贴带来的农机存量增加与劳动力、农机实际使用量不匹配，使得农机购置补贴政策对农机使用效率产生负向影响。

2014 年后我国进行农业机械购置补贴政策调整，从“量”向“质”进行转变发展，改善补贴结构，不是再一味地增加补贴额度，而是将以高效、精准、高质量为原则，让农业机械购置补贴更为符合我国农业机械实际发展情况、农业机械化发展趋势，使得购置补贴的政策调整效应对农业机械使用效率产生正向作用。

农机使用效率还直接受到了当地农机的推广和培训、区域农业经济发展的水平、农机专业合作社、跨区作业地面积等的影响。农业机械的推广和培训将间接地通过对基层农业机械化生产和经营服务管理人员中的各类农业机械操作使用技能水平能力的全面提升，进而有效带动基层农业机械操作使用水平效益水平的提高。区域的经济发展和水平提高能够直接使在该一地区内发展的农业机械化生产更多具有一定基础，当地的从事机械化农业机械化生产活动的经济人也更有经济能力去选择购买和合理利用各种优质的农业机械，更有利于当地农业机械资源的综合利用和效率提升。

农机使用效率还受到了农机推广培训、地区经济发展水平、农机专业合作社及农业机械跨区作业面积的影响。农业机械的推广和培训将间接地通过对基层农业机械化生产和经营服务管理人员中的各类农业机械操作使用技能水平能力的全面提升,进而有效带动基层农业机械操作使用水平效益水平的提高。区域的经济发展和水平提高能够直接使在该一地区内发展的农业机械化生产更多具有一定基础,当地的从事机械化农业机械化生产活动的经济人也更有经济能力去选择购买和合理利用各种优质的农业机械,更有利于当地农业机械资源的综合利用和效率提升。由于多种原因的影响,农业机械的使用效率在全国各地都有显著的差异,特别是在不同的经济区域,以及粮食主产地与非粮食主产地之间。

5.2. 政策建议

可以注重农机购置补贴政策的结构性调整对农机使用效率的改善作用,动态调节年度农机设备购置补贴总的补助资金额度结构和购置补贴农机设备机具的具体品种数量和补贴范围。重点用于补助当前农村发展生产中急需购置且机具保有量还未达到饱和水平的新型农业机械,淘汰一些技术过气、低效落后的农村老式农用机具;引导广大农机拥有者积极做好农用机械的报废与更新,健全新型高效农机装备的示范推广和鉴定评估与资金补助等机制,采取开展宣传与培训服务等多种方法手段来引导带动农民新型节能高效环保农机装备以及农村重要生产作业过程环节农机装备的集中购买推广与示范应用,以切实保障补贴和有效提高农机补贴政策对我国农机装备结构布局的整体优化效果。

应该加强对农机社会化服务的重视,以消除资本、技术、设备、运营管理以及土地使用权等方面的障碍,促进农业机械化 and 农业机械使用的发展。为此,可以建立一些具有较强组织性的农机专业合作社,以提升农机设备的质量,优化资源配置,实施规模化的作业以及托管服务;同时,还可以利用大型农业机械实现跨越地域的作业和服务,以满足不同的需求。通过采用先进的农业技术和设备,从传统的农耕生产方式到采取大规模、高效、环保的农业经营,我们正在朝着一条以机械为主导的、具有现代特色的农业发展之路迈进。并且还可以有效解决农业劳动力季节性流动等劳动力不足导致的被动农业生产状况。

因地制宜的制定农业机械购置补贴政策,提高政策在不同经济区域、不同自然地形条件的实施灵活性,例如在经济发达、地形较为平缓开阔、土地经营规模较大的区域,增加对于大中型农业机械的补贴力度;在丘陵山地地带,则增强小型便利农业机械的补贴力度。

提高农业机械购置补贴政策的落实效率,简化政策落实步骤,提升政策执行效率,强化全程监管力度,使得政策实施各环节、政策作用主体之间的公平公正,理顺政府、农业机械生产企业、农业机械生产经营人员之间的关系,加强管理水平。

应加大对新技术的推广和科技培训的投入,并且多方应围绕重点领域加强合作,突破农业重大专项科技,推广新技术和新机具。为了确保培训工作的顺利进行,在投资资金方面应当结合实际情况,合理分配和规划资金,以支持农机推广和培训工作的开展。通过加强培训,提升基层农业生产人员的技能水平,有效提升农业机械的使用效率,从而促进农业可持续发展和进步。

基金项目

重庆三峡库区农业面源污染问题研究——基于农业经营主体视角(CYS18058)。

参考文献

- [1] Recio, B., Rubio, F. and Criado, J.A. (2003) A Decision Support System for Farm Planning Using AgriSupport II. *Decision Support Systems*, **36**, 189-203. [https://doi.org/10.1016/S0167-9236\(02\)00134-3](https://doi.org/10.1016/S0167-9236(02)00134-3)
- [2] 张宗毅,周曙东,曹光乔,王家忠. 我国中长期农机购置补贴需求研究[C]//纪念中国农业工程学会成立三十周年暨中国农业工程学会 2009 年学术年会(CSAE 2009). 纪念中国农业工程学会成立 30 周年暨中国农业工程学会

2009 年学术年会(CSAE 2009)论文集, 2009: 110-115.

- [3] 高玉强. 农机购置补贴与财政支农支出的传导机制有效性——基于省际面板数据的经验分析[J]. 财贸经济, 2010(4): 69-76.
- [4] 张宗毅, 曹光乔. “十五”期间中国农机化效率及其地区差异[J]. 农业工程学报, 2008(7): 284-289.
- [5] 潘经韬. 基于 DEA 模型的湖北省农机购置补贴政策绩效评价[J]. 新疆农垦经济, 2017(5): 5-12.
- [6] Caves, D.W., Christensen, L.R. and Diewert, W.E. (1982) Multilateral Comparisons of Output, Input and Productivity Using Superlative Index Numbers. *The Economic Journal*, **92**, 73-86. <https://doi.org/10.2307/2232257>