

探究中国农业机械总动力对农业总产值的影响

——基于各省份的面板数据的实证研究

李文惠*, 廖 昕, 党亚峥#

上海理工大学管理学院, 上海

收稿日期: 2022年10月31日; 录用日期: 2022年11月23日; 发布日期: 2022年11月30日

摘 要

本文基于1991~2020年四川、山东、广东、江苏、河南、黑龙江六个省份的面板数据, 构建面板回归模型, 探究中国农村农业机械总动力对农业总产值的影响, 同时将农作物总播种面积作为这一影响过程的中介变量, 化肥施用量作为调节变量。结果表明: 农业机械总动力对农业总产值的影响是正相关的, 并且这一影响是通过中介变量农作物总播种面积来实现的, 调节变量化肥施用量也可以对这一过程起到正向促进作用。最后基于此结论提出相应的政策建议。

关键词

农业机械总动力, 农业总产值, 面板回归模型, 中介效应, 调节效应

To Explore the Influence of China's Agricultural Machinery Total Power on Agricultural Gross Output Value

—Empirical Study Based on the Panel Data of Each Province

Wenhui Li*, Xin Liao, Yazheng Dang#

Business School, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai

Received: Oct. 31st, 2022; accepted: Nov. 23rd, 2022; published: Nov. 30th, 2022

Abstract

Based on the 1991~2020, Sichuan, Shandong, Guangdong, Jiangsu, Henan, Heilongjiang six prov-

*第一作者。

#通讯作者。

inces panel data, build the panel regression model, to explore China's rural agricultural machinery total power influence on agricultural output, at the same time will affect the process of crop planting area as the intermediary variable, find as a moderator variable. The results showed that the total power of agricultural machinery had a positive correlation with the total agricultural output value, and this effect was realized through the mediating variable of total sown area of crops, and the regulating variable of fertilizer application could also play a positive role in promoting this process. Finally, some policy suggestions are put forward based on this conclusion.

Keywords

Total Power of Agricultural Machinery, Gross Agricultural Output Value, Panel Regression Model, Mediating Effect, Adjust the Effect

Copyright © 2022 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

从目前农业发展现状来看, 农业作为我国的第一产业, 是最基本的生产部门, 是我国国民经济的基础。一般利用农业总产值来反映一个国家或地区农业生产的总规模和总水平, 因此弄清农业总产值的影响因素对农业生产具有重要的现实意义。在众多影响农业总产值的因素中, 农业机械化是发展农业科技的重要基础, 是增加农民收入的有效途径, 是形成农业现代化的必要条件。但当前我国农业的基础地位依然较脆弱, 原因是我国农业基础设施薄弱, 抗灾害能力差, 农业生产的技术装备水平、劳动生产率水平较低等。从农业农村部发布的《“十四五”全国农业机械化发展规划》中可以看出, 目前对农业机械化的高质量发展提出了新的更高的要求。其中衡量农业机械化的重要标准是农业机械总动力, 它是指用于农、林、牧、渔业的各种动力机械的动力总和, 因此研究农业机械总动力对农业总产值的影响, 可以有效反应农业总产值规模的变化, 更对日后解决农业方面的短板具有重要作用。

从目前已有的研究来看, 对农业机械总动力本身及其影响的讨论层出不穷: 吐尔逊·买买提、丁为民、谢建华(2016)用时间序列组合有效预测了农业机械总动力[1], 张雄一、徐新良、张正等(2020)对2000~2017年中国农业机械总动力水平空间演变特征进行了分析, 得到我国省域间农业机械总动力水平发展不均衡的结论[2], 但都并未指出其对农业的影响与作用。另有一些更加详细的文献从农业的某个角度出发来探究其与农业机械总动力之间的关系, 例如孔喜梅、和杰(2018)在对中国农业机械总动力与农业劳动生产率关系进行研究后得到农业机械总动力和农业劳动生产率两者之间有长期均衡关系, 即农业劳动生产率会随着农业机械总动力的提升而增加[3]; 范淼(2022)应用灰色关联法分析农业机械动力的变化得到谷物单位面积的产量取决于农业机械的总量[4], 但仅得到农业机械动力在农业生产的某一方面所起的作用。近年来还有一些研究范围扩展到对国家总体的农业总产值的研究, 赵朝丛、杨明(2020)针对全国农业总产值的时间序列数据建立多元线性回归模型, 实证分析了农业机械化对我国农业生产总值的影响[5]; 孙杨、胡治文、郑素芳(2008)以机械总动力为影响因子探究了农业总产值的影响因素[6]。

综上, 经过归纳分析已有文献发现, 大部分研究都只针对农业机械化在农业生产的某一方面所起的作用或并总体从国家层面进行考虑, 又或者选取一段时间内我国总体的农业总产值, 目前并未有对各省构成的面板数据进行农业机械化与农业总产值关系方面的研究, 因此本文要通过对面板数据建立面板回归模型得到农业机械总动力对农业总产值影响的真实情况, 选取具有代表性的省份建立面板数据, 包

括了不同省份之间的横向因素，得出更具说服力的结果。并在影响过程的研究中加入农作物总播种面积作为中介变量和化肥施用量作为调节变量探究农业机械总动力对农业总产值影响过程中存在的影响因素，希望能够为农业机械化的进程提供一定的参考。

2. 变量选取、模型构建与数据来源说明

2.1. 变量定义与描述

变量定义表如下表 1 所示。

Table 1. Definition of variables

表 1. 变量定义表

变量类型	符号	变量含义
被解释变量	yield	农业总产值(单位: 亿元)
解释变量	motivate	农业机械总动力(单位: 万千瓦)
控制变量	electricity	农村用电量(单位: 亿千瓦)
中介变量	area	农作物总播种面积(单位: 千公顷)
调节变量	fertilizer	化肥施用量(单位: 万吨)
交互项	mix	$\left(\text{motivate}_i - \frac{\sum_{i=1}^{30} \text{motivate}_i}{30} \right) \times \left(\text{fertilizer}_i - \frac{\sum_{i=1}^{30} \text{fertilizer}_i}{30} \right)$

1) 被解释变量

农业总产值(yield): 农业总产值是一定时期(通常为一年)内以货币形式表现的农、林、牧、渔业全部产品的总量, 反映农业生产总规模和总成果。计算方法是: 按农林牧渔业产品及其副产品的产量分别乘以各自单位产品价格求得, 少数生产周期较长、当年没有产品或产品产量不易统计的, 采用间接方法计算其产值, 最后将四业产品产值加总。

2) 解释变量

农业机械总动力(motivate): 农业机械总动力指主要用于农、林、牧、渔业的各种动力机械的动力总和。包括耕作机械、排灌机械、收获机械、农用运输机械、植物保护机械、牧业机械、林业机械、渔业机械和其他农业机械, 按功率折成瓦计算。不包括专门用于乡、镇、村、组办工业、基本建设、非农业运输、科学试验和教学等非农业生产方面用的动力机械与作业机械。

3) 控制变量

农村用电量(electricity): 用电量影响着日常的农业劳动, 从而对农业总产值造成影响。作为农村经济发展的基础产业, 农村电网的作用是不可取代的。目前我国农村用电在全国总用电量里的比例逐年提高, 我国农村的电力供需仍处于比较高的地位。

4) 中介变量

农作物总播种面积(area): 农业产量的大小在一定程度上取决于播种的有效面积。是指全年各季各种农作物播种面积的总和。现行农业统计制度规定, 全年农作物总播种面积是指应该在本年度内收获的农产品的作物的播种面积之和。

5) 调节变量

化肥施用量(fertilizer): 农作物的生长离不开化肥的使用, 适度的施加化肥可以有效促进农作物的生

长。农用化肥施用量是指本年内实际用于农业生产的化肥数量，包括氮肥、磷肥、钾肥和复合肥。复合肥按其所含主要成分折算。

2.2. 模型构建

本文选取的会对农业总产值造成影响的变量包括农业机械总动力、农村用电量、农作物总播种面积和化肥施用量，因此为探究所有可能会对农业总产值造成影响的变量的联合作用效果，建立模型如下：

$$\text{yield} = \beta_1 \text{motivate} + \beta_2 \text{electricity} + \beta_3 \text{area} + \beta_4 \text{fertilizer} + u_i \quad (1)$$

为进一步探究农业机械总动力能够促进农业产值增长的机制，下面将农作物总播种面积作为中介变量，化肥施用量作为调节变量，农业机械总动力作为自变量，农业总产值仍作为因变量来探究三者之间的影响机制(如图 1)。由农业机械总动力与农作物总播种面积的定义可知，农业机械动力是用于农、林、牧、渔业的各种动力机械的动力，因此动力的投入量会在一定程度上决定农作物的播种面积，在相关的实证研究中，黄龙俊江、宁凌以江西省为例得到在长期关系中农业机械化对水稻播种面积是正向的影响 [7]，同时农作物播种的面积必然对农业总产值产生一定影响，因此农作物的播种面积可做农业机械总动力对农业总产量影响的中介变量来发挥作用。因此建立如下三变量中介效应模型：

$$\text{yield} = \beta \text{motivate} + u_i \quad (2)$$

$$\text{area} = \beta \text{motivate} + u_i \quad (3)$$

$$\ln \text{yield} = \beta_1 \ln \text{motivate} + \beta_2 \ln \text{area} + u_i \quad (4)$$

化肥的施用量具有增加作物产量、提高土壤肥力、发挥良种潜力、发展经济作物森林和草原的物质基础等作用，在上述的影响过程中，其作为调节剂可能会在农业机械总动力对农作物总播种面积的影响中起到调节作用，因此继续将化肥施用量作为该影响过程的中介变量建立调节效应模型：

$$\text{area} = \beta_1 \text{motivate} + \beta_2 \text{fertilizer} + \beta_3 \text{mix} + u_i \quad (5)$$

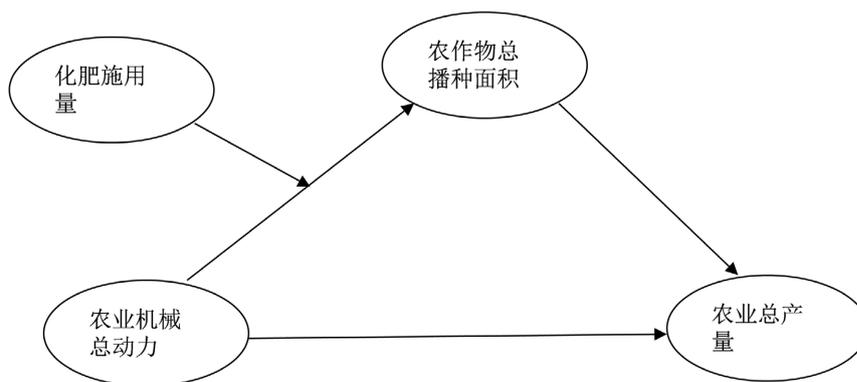


Figure 1. The relationship between variables
图 1. 变量之间作用关系

针对以上对中介效应和调节变量的分析过程，本文建立如下模型：

2.3. 样本选择与数据来源

为了能够正确得到农业机械总动力对农业总产的影响，同时能够提高研究效率，本文选取四川、山东、广东、江苏、河南、黑龙江这六个农业最发达的省份作为研究对象的个体，数据选择的范围是 1991~2020 年共 30 年的数据，将各省的每年的农业总产值作为被解释变量，农业机械总动力作为解释变量，其它能

够影响农业总产值的因素例如农村用电量、农作物总播种面积和化肥施用量作为控制变量，所选取的数据来源于 1991~2020 年历年的《中国农村统计年鉴》，该年鉴每年由国家统计局农村社会经济调查司发布，由中国统计出版社进行出版，从来源方面保证了数据的真实性与可靠性。

3. 农业机械总动力与农业总产值关系的实证分析

3.1. 农业总产值的可视化与检验

1) 做农业总产值在 6 个省的时间趋势图，结果如图 2 所示。从图中可以看出，所选用的 6 个省总体上呈上升趋势，但上升的程度及方式不同，例如山东、广东、河南、黑龙江在最近几年都出现过农业总产量先下降后上升的趋势，而四川、江苏农业总产值的上升趋势则较为平稳。

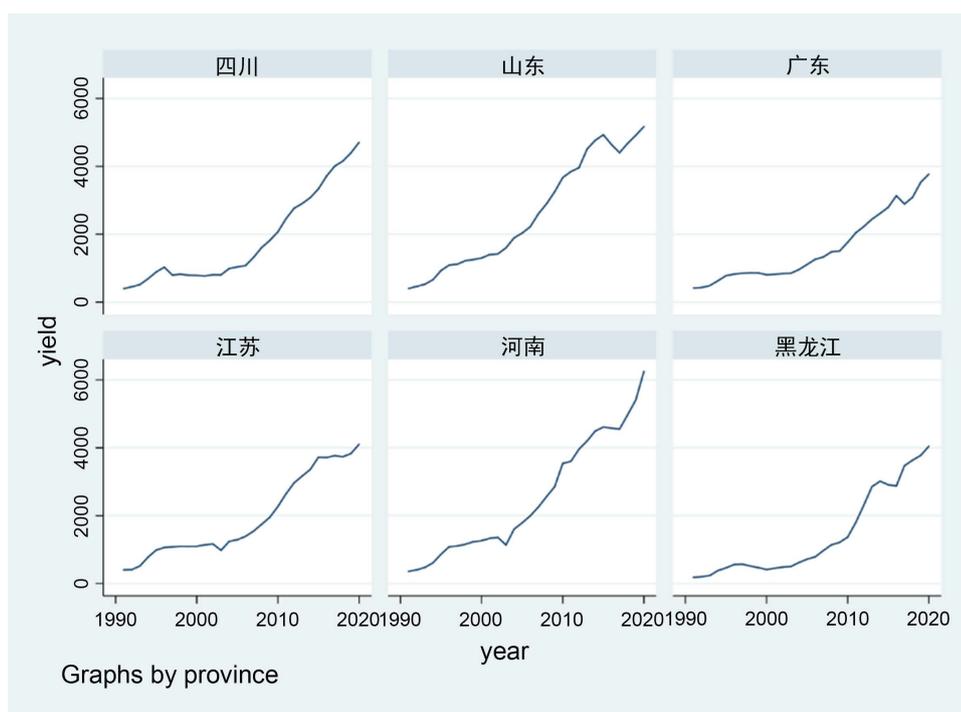


Figure 2. Time trend line chart of total agricultural output of six provinces

图 2. 六个省的农业总产值的时间趋势图

2) 面板数据的平稳性检验

一般情况下，大多经济数据都不平稳，直接进行面板回归容易导致伪回归现象。因此为了减少此现象带来的不利影响，在进行回归前需要对面板数据进行单位根检验。表 2 显示了对被解释变量、解释变量、控制变量使用 IPS 检验的方法进行单位根检验得到的 p 值结果：

IPS 检验的原假设是数据存在单位根，由表 2 的结果可知所有变量的 p 值都不能拒绝原假设，因此面板数据的每个时间序列都存在单位根。

对于有单位根的变量，传统的处理方法是进行一阶差分而得到平稳序列。但一阶差分后变量的经济含义与原序列并不相同，不利于对结果的分析，我们仍然希望使用原序列进行回归。因此对于面板数据中的每个时间序列都是单位根过程的情况，采取进一步的面板协整检验，考察变量之间是否存在长期均衡的协整关系，即本来几组不平稳的时间序列，存在一些线性组合使面板数据整体达到平稳。如果多个单位根变量之间由于某种经济力量而存在“长期均衡关系”，则可以使用原序列进行回归。

Table 2. The results of the IPS test
表 2. IPS 检验结果

变量名称	p 值
yield	0.895
motivate	0.581
electricity	0.999
area	0.913
fertilizer	0.384

3) 为了验证面板数据是否存在协整效应, 进行灵活的 Westerlund 检验, 并包括时间趋势项:

Table 3. The result of the Westerlund test
表 3. Westerlund 检验结果

	统计量	p 值
Variance ratio	2.3295	0.0099

表 3 所汇报的 Variance ratio 统计量的 p 值为 0.0099 小于 0.05, 故强烈拒绝“不存在协整关系”的原假设。

综上所述, 该面板数据变量之间存在长期均衡的协整关系从而达到整体平稳的效果, 因此可以使用原数据进行面板回归。

3.2. 模型结果分析

3.2.1. 面板回归模型选择

在对面板数据进行回归时, 本文使用 LSDV 法检验出原数据存在个体效应, 因此在混合回归和个体固定效应模型之间选择个体固定效应模型; 使用 LM 检验判定样本存在个体随机效应, 在混合回归和随机效应模型之间选择随机效应模型; 最后采用豪斯曼检验在固定效应与随机效应之间选择固定效应模型。因此选取固定效应模型分析农业机械总动力对农业总产值的影响更合适。但是, 面板数据模型容易出现组间异方差与组内序列相关等问题, 导致普通最小二乘法估计出现失效。为了减少序列相关和异方差, 本文采用沃尔德检验模型是否存在组间异方差和组内自相关, 采用 Breusch-Pagan LM 检验是否存在组间同期相关。如果存在组内序列相关与组间异方差, 则采用全面 FGLS 对模型进行回归分析。检验结果显示, 采用全面 FGLS 模型最为合适。

3.2.2. FGLS 模型建立

1) 根据模型的检验结果, 考虑组间异方差、组内自相关以及组间同期相关的同时存在, 使用全面 FGLS 的估计方法对模型进行估计, 首先探究所有变量对农业总产值的联合作用效果, 结果如表 4 所示模型(1)的结果, 由回归结果得到该模型整体的 F 检验对应的 p 值小等于 0.0000 小于 0.001, 表明上述模型很好的拟合了解释变量、控制变量与被解释变量之间的关系。并且从全面 FGLS 模型估计结果看: 农业机械总动力显著促进我国农业总产值的增长, 农业机械动力每增加 1 万千瓦, 农业总产值增加 1400.344 万元。针对此结论, 可提出相应的有利于农业机械动力投放的建议: ① 推进农机社会化服务; ② 出台购置农机相关的补贴政策; ③ 多渠道宣传提升农业机械化水平; ④ 将动力与不同的使用情况相适应。

除了农业机械化率这个解释变量外,控制变量中农村用电量、农作物总播种面积对农业总产值的增长有一定的抑制作用,这可能与农业现代化的改良有关:化肥施用量促进农业总产值的增长。

2) 中介效应回归

首先利用各省份的面板数据建立 FGLS 模型,可分别得到模型(2)、(3)、(4)的检验结果(见表 4)。从模型(2)的结果可以发现,农业机械总动力与农业总产值在 1%水平下呈现显著抑制作用,说明了农业机械总动力增加能够有效促进农业总产值的增长。从模型(3)的结果可以发现,引入中介变量农作物总播种面积在之后,农业机械总动力与农作物总播种面积在 1%水平下呈现显著促进作用,说明了农业机械总动力增加同样能够有效促进农作物总播种面积的增长。最后求解农业机械总动力和农作物总播种面积联合起来对农业总产值的回归结果,由于多个变量同时参与回归,因此对每个变量都进行对数处理,可以起到降低样本异方差程度、减少变量的波动与其他变量的波动水平相适应的作用。从模型(4)的回归结果可以发现,当引入农作物总播种面积指标时,农业机械总动力与农作物总播种面积关于碳排放分别在 1%和 5%下显著,因此同样能够证明农作物总播种面积在农业机械总动力与农业总产值之间存在部分中介效应,农业机械总动力能够通过自身的动力效应来影响农业总产值,农业机械总动力也可以通过调节农作物总播种面积,调整农业总产值,达到增收的目的,因此增大农作物种植的有效面积是促进农业机械总动力对农业总产值正向作用的有效措施。

Table 4. The results of regression models

表 4. 模型回归结果

变量	模型(1) yield	模型(2) yield	模型(3) area	模型(4) lnyield	模型(5) area
motivate	0.1400344*** (5.33)	0.1358225*** (4.56)	0.1251872** (2.82)	—	0.4721031*** (7.59)
electricity	-0.4339113* (-2.07)	—	—	—	—
area	-0.0506421* (-2.34)	—	—	—	—
fertilizer	1.571951* (2.32)	—	—	—	7.690977*** (5.38)
lnmotivate	—	—	—	0.4861033*** (8.12)	—
lnarea	—	—	—	-0.1719291* (-2.53)	—
mix	—	—	—	—	-0.000179*** (-12.91)

注: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$ 。

3) 调节效应回归

前文已证明农业机械动力对农作物播种面积确有促进作用,接下来探究是否存在某一调节变量对这一促进过程有影响。一般来讲,农作物的生长离不开化肥的使用,适度的施加化肥可以有效促进农作物的生长,因此选择化肥施用量作为这一过程的调节变量验证其影响效果,此时农作物播种总面积就作为因变量。在验证调节效应的过程中,首先要对自变量、调节变量去中心化,并将二者相乘得到

交互项,前提条件是农业机械总动力对农作物播种总面积的影响是显著的,这在模型(3)中已得以证明,第二步是将自变量、调节变量、交互项同时放进来观察回归结果,得到表 4 中模型(5)的 FGLS 回归结果,通过引入化肥施用量后,模型(5)中农业机械总动力、化肥施用量与二者之间的交互项均在 1% 下显著,且化肥施用量对应的系数为 $7.690977 > 0$,表明了化肥施用量能够对农业机械总动力促进农作物总播种面积起到正向调节的作用,因此在日常的耕作过程中要注意合理使用环境友好型的化肥,可以起到事半功倍的效果。

4. 结论与建议

根据修正后的利用全面 FGLS 模型的回归结果,农业机械总动力对农业总产值的影响是正相关的,应用农业机械可以有效地提升农业总产值,这也符合农业的发展规律:应用农业机械最大的优势就是提高了生产效率,在同样的时间内应用机械比人力能够生产更多的农作物,进而得到更大的农业总产值。其中通过中介效应回归模型验证了这一过程是农业机械总动力通过促进农作物总播种面积进而促进了农业总产值的增长。而且在农业机械总动力促进农作物总播种面积的增长的过程中,增加化肥使用量可以加强这一促进作用。

参考文献

- [1] 吐尔逊·买买提,丁为民,谢建华. 时间序列组合预测模型研究:以农业机械总动力为例[J]. 南京农业大学学报, 2016, 39(4): 688-695.
- [2] 张雄一,徐新良,张正,等. 2000-2017 年中国农业机械总动力水平空间演变特征[J]. 浙江农业学报, 2020, 32(4): 714-722. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1004-1524.2020.04.19>
- [3] 孔喜梅,和杰. 中国农业机械总动力与农业劳动生产率关系的研究[J]. 安阳工学院学报, 2018, 17(3): 39-43. <https://doi.org/10.19329/j.cnki.1673-2928.2018.03.010>
- [4] 范淼. 应用灰色关联法分析农业机械动力变化研究[J]. 现代化农业, 2022(4): 90-91. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-0254.2022.04.041>
- [5] 赵朝丛,杨明. 农业机械化对我国农业生产总值的影响[J]. 农村实用技术, 2020(11): 82-83+86.
- [6] 孙杨,胡治文,郑素芳. 农业总产值影响因素的分析——以机械总动力为影响因子[J]. 内蒙古科技与经济, 2008(21): 2-3.
- [7] 黄龙俊江,宁凌. 基于协整分析的农业机械化、城乡经济发展与水稻播种面积关系研究——以江西省为例[J]. 中国农机化学报, 2022, 43(3): 227-236. <https://doi.org/10.13733/j.jcam.issn.2095-5553.2022.03.030>