

农业机械化发展对粮食生产的影响

——基于机械异质性^①和区域异质性的分析

付华 李萍¹

【摘要】在我国农业现代化的动态演进过程中,农业机械化作为农业现代化的重要表征,反映出不同发展时期的阶段性特征、对粮食生产的时代影响及其认识的变化深入。本文基于2001—2017年的面板数据,构建超越对数生产函数,分别以东、中、西部地区及坡度等级进行分组估计,分析了不同区域、不同类型农业机械的投入产出弹性及粮食产出增量贡献率。主要结论如下:第一、农业机械的发展对于稳定粮食生产具有重要影响,以往用农业机械总动力表征的农业机械化水平分析对粮食及农业生产的影响,可能低估了农业机械对粮食生产的贡献。第二、不同地区之间农业机械的适用性有所差异,这种差异源自不同地区的坡度等级,在高坡度等级的地区,小型农机更为适用,在低坡度等级的地区,大中型农机则更为适用。由此提出的政策建议聚焦在两个方面:一是进一步优化农业机械发展结构,制定差异化的支持政策,因地制宜的发展不同类型农业机械;二是激励提高农业机械的使用效率,促进全程机械化、全面机械化、高质量供给、高效能应用方向发展。

【关键词】农业现代化 农业机械 粮食生产 大中小型农机 区域异质性

【中图分类号】:F303 **【文献标识码】**:A **【文章编号】**:1000-8306(2020)12-0040-16

一、引言

粮食安全一直是我国实现经济发展、社会稳定和国家安全的“压舱石”。党的十九大报告、中央一号文件等多次提出“藏粮于地、藏粮于技”的要求。特别是当前面临复杂的国际局势,今年以来的新冠肺炎疫情影响下,多个粮食生产大国宣布限制粮食出口、加大本国粮食储备;全球多地发生蝗虫灾害,导致主要粮食出口国减产形成粮价上涨;^[1]全球政治经济格局转换,中美摩擦长期化、全面化,以及逆全球化加剧。上述多种因素交织叠加,为应对21世纪以来尤其是当前正处于的“百年未有之大变局”的现实背景下,党的十九届五中全会再次提出保障国家粮食安全,提高农业质量效益和竞争力,“中国人要把饭碗端在自己手里”,比以往更具战略意义和现实意义。

农业的出路在现代化,农业现代化的关键在科技进步,而“藏粮于技”中的农业机械化作为科技进步、农业现代化最重要的内容和表征,农业机械的高质量发展和利用不但对稳定粮食生产、保障粮食和主要农产品的有效供给,发挥着极为重要的压舱石作用,而且是我国实现粮食产业乃至农业高质量发展的重要方面。^{[2][3]}回顾新中国农业现代化进程,折射出农业机械化的阶段性特征及其对粮食生产的时代影响。

第一阶段:新中国成立之初至20世纪70年代末,以机械化、水利化、化肥化、电气化的“老四化”为特征的中国农业现代化体系的初步建立,推进了农田水利等基础设施的建设和农业技术推广体系的构建。在这一阶段,“国家工业化”发展战略的实施,致力于把我国由落后的农业国逐步变为先进的工业国,一方面影响了其阶段性发展目标是以提高劳动效率、粮食增产为主,遵循的

¹**作者简介:**付华(1990-),西南财经大学经济学院,博士生。电子邮箱:swufefuhua@126.com。

李萍(1958-),西南财经大学经济学院,教授。电子邮箱:liluph@swufe.edu.cn。

基金项目:国家社会科学基金西部项目“基于农村集体资产股权量化改革的农民财产性收入增长机制研究”(2017XJY015)。

是“技术为主范式”；^[4]另一方面,计划经济体制下“城市倾斜”政策的导向,农业投入相对有限,因而,农机投资主体虽主要由国家和集体承担,但总量严重不足。客观来看,尽管这一阶段农机动力或农机数量上仍有所发展,但机械化水平总体上较为落后,相应地,农业机械化的目标主要在于“推行增产措施和推广先进经验,以增加产量”。^②

第二阶段:20 世纪 80 年代至 21 世纪初,改革开放重大战略的实施,以科学化、商品化、机械化、集约化、社会化和产业化等“多化并举”为基本特征,伴随农村联产承包责任制、活跃农村市场等改革的推进,开启了“经营与技术相结合”的中国农业现代化之路的新征程。

在这一阶段,农户获得自主决策经营、产出利益挂钩的权利,极大地调动了农民农业生产经营的积极性,农户有了购买经营农机的权利和行为,农业机械的经营主体也由过去国家和集体承担转变为由国家、集体、农户联合经营和合作经营共存的局面,^[5]以家庭为基本经营单位决定了农业机械发展呈现出小型化的基本特征。在这一阶段,粮食生产目标开始从增加产量、满足温饱的“数量”向兼顾“数量和效益”转变。^[6]

第三阶段:21 世纪以来,从党的十六大至党的十八大,随着社会主义市场经济体制的逐步完善,依靠城乡统筹发展战略推进农业现代化建设,以确保国家粮食安全、农民增收和农业可持续发展为基本目标,走向了探索“技术与制度相结合”的“中国特色农业现代化道路”的阶段。在经历快速城镇化背景下,大量农业劳动力的外流,农业劳动力呈现“老龄化、女性化”趋势,这为农业机械替代劳动力提出了现实需求。^[7]

此外,随着农村土地产权制度进一步创新,确权颁证、土地流转及其适度规模经营的开展,为农业机械化的推广创造了现实的条件和环境。相应地,随着农机化相关法律法规的颁布,以及农机社会化服务规划纲要^③的提出,促进了农业机械社会化服务的多元化、专业化发展,这一时期大中型农机获得了长足的发展。同时,“多予少取放活”的方针和“三项补贴”等粮食生产惠农政策,进一步调动了粮农生产的积极性,以保障粮食增产和农民增收。

第四阶段:2012 年党的十八大开启了新时代,推动农村新型工业化、信息化、城镇化和农业现代化“新四化”的同步发展,我国农业现代化走向新发展理念下创新转型的新阶段,农业现代化更突出了“质量效应与环境友好”的“中国特色农业现代化道路”的新要求。在这一阶段,大力实施乡村振兴、城乡融合发展的新战略,积极构建现代农业产业体系、生产体系、经营体系,培育农业农村发展的新动能。

一方面,伴随以家庭农场、专业大户、农业企业为代表的新型农业经营主体的加速形成,^[8]农业机械化外部服务市场规模的不断扩大,出现了一批以提供农业机械服务的新型服务主体,大中型农机得到广泛应用;另一方面,以家庭为单位的经营主体仍占比较高,小型农业机械仍具有不可替代性,因此形成了大中型农机和小型农机共同发展的格局。

再则,随着技术的开发与应用,农机应用丰富、农机信息服务平台、大数据测算平台等“互联网+农业”基础设施的不断完善,呈现出农业现代化和信息化深度融合的特征。在这一时期,推动藏粮于地、藏粮于技的落实落地,则更为强调“以科技为支撑走内涵式现代农业发展道路”。

本文着眼于我国农业现代化进程中,尤其是 21 世纪以来农业机械化发展及其利用对我国粮食生产的影响问题。本文在下文的内容安排为:第二部分为文献综述,论述农业机械化发展与粮食生产关系的认识;第三部分,我国农业机械化发展水平及其利用与粮食产量的统计分析。第四部分研究假设与模型设定,关于本文模型的选取及数据来源;第五部分实证过程及结果分析;第六部分针对全文的研究结论提出针对性建议。

二、文献综述

随着实践的发展,我们对农业现代化道路内涵的认识也在不断地深入,与此同时,也影响了各个时期农业机械化发展对粮食生产及其目标调整变化地认识。特别是改革开放以来,实事求是地看待我国现实的国情农情,极大地影响了学界对农业现代化、农业机械化发展与粮食生产关系新的认识和探讨。其中,“人多地少”的矛盾和土地细碎化被认为是制约农业机械化发展和粮食生产的重要因素,而这也一度影响了改革开放以后国家对农业机械的科研投入。^[9]

首先,对于将“人多地少”矛盾作为阻碍农业机械化的主要障碍这一观点的前提提出异议。如托马斯和罗巴特(1997)^[10]认为中国农业剩余劳动力被夸大,王检贵和丁守海(2005)^[11]认为中国农业剩余劳动力存在高估且劳动力供给能力已经大大下降。Cai Fang 和 Wang Meiyang(2008)^[12]考虑到农业劳动力的年龄结构,剔除 40 岁以上和 20 岁以下部分,农业劳动力不到 4300 万,农业劳动力是否存在剩余值得商榷。

李喜梅(2016)^[13]2011—2015 年的跟踪调查发现,传统农区农业劳动力的过剩与短缺并存,并且过剩率有所下降而短缺率呈现加快上升趋势。实际上,随着我国城镇化进程的加快,在劳动力流失背景下农业机械化对粮食的增产效应早已形成学界广泛共识。^{[14][15]}而我国农业机械化的快速发展,正是诱致性技术变迁理论的现实体现。

其次,土地细碎化也是作为阻碍农业机械化的障碍之一,众多研究关注了土地细碎化问题。一方面,随着农村土地产权制度改革的深化和农村土地流转的加快,地块合并、交换等方式缓解了土地细碎化程度;另一方面,不同农作物种类具有不同的细碎化水平,特别是对粮食作物来说,通过发展不同类型的农业机械及其利用方式同样也可以破解土地细碎化难题。^[16]另外,由于农村劳动力的大量转移以及农业机械化的发展,农机社会化服务市场获得了较快发展并逐渐形成了一种成熟的市场模式。^{[17][18]}

自 1996 年中国开始推广农业机械跨区域作业以来,出现了一大批专门从事“翻地、耕地、收割的农业机械化服务供给者”,^[19]他们解决了大部分农户“买不起、不会用”农业机械的难题,同时也大大提升了农业机械的使用效率。可以说,农机跨区域作业解决了以家庭为单位小规模生产和机械化大规模作业的根本矛盾,实现了小规模农业使用大型机械进行规模化、标准化作业的现实道路。

因此,可以看出,我国提升农业机械化水平的形式主要有两种:一种是农业机械的自用,主要用于满足自家农业生产的需要,以小型农业机械为主;另一种是面向社会化服务的高效率、专业化的农业机械服务,以大中型农业机械为主,通过在特定的农业生产季节内完成大规模的农业生产性服务。^[20]

从现有研究来看,关于我国农业机械化发展对促进粮食生产重要作用的相关研究不胜枚举,为我国农业机械化道路的发展以及稳定粮食增产提供了众多真知灼见,但现有研究仍有些许不足。

一是鲜有关注到农业机械结构,并未对农业机械进行分类。事实上,大中型农机和小型农机^①的作业范围、服务规模均有差异,并且不同时期内不同类型农业机械发展水平并不相同,因而对粮食生产的影响也应有所差异。

二是现有研究较少考虑区域异质性的影响,特别是针对地形坡度等级划分区域来考察不同地区适宜发展的农业机械类型。实际上,近十多年来,我国农业机械的发展呈现出大中型农业机械与小型农业机械发展的不平衡现象,大中型农业机械快速发展和规模扩大已经到了较高水平,^②而小型农业机械发展则相对缓慢。

鉴于我国大国小农的基本国情,以小农户家庭经营为基础与多种形式适度规模经营为引领相协调,仍是未来很长一段时间我们必须坚持的基本经营原则。面对大量小农户能否进入现代农业发展轨道的现实问题,客观上需要我们在继续发展大规模的大中型农业机械的同时,大力发展和推广应用小型农业机械,后者将成为促进小农户与现代农业对接不可或缺的重要一环。

同时,考虑我国广大农村地势多样的实际情况,大中型是升不仅需要一定规模条件下发挥作用,适宜在地势平坦的田间进

行高效作业,也需要在更为宽阔的机耕道上转移,而西部山区或者坡度等级较高地区往往难以满足其作业的基本条件,转而需要小型农业机械发挥其适用性及其效率提高的作用。因此,区分不同类型农业机械,考虑不同区域的异质性影响,既是满足我国农业生产现实情况的需要,也有利于农业机械的结构优化、效率提升,实现我国农业机械高质量发展。

在现有研究的基础上,结合本文的研究视角,拟从以下几个方面展开研究:一是构建超越对数生产函数,利用农业机械总动力、农用柴油施用量估计产出弹性及粮食产出增量贡献率,明确农业机械化发展对我国粮食生产的影响;二是从东、中、西部地区,分别比较不同地区、不同类型农业机械的投入产出弹性及粮食产出增量贡献率;三是将各省(区、市)按照坡度等级分类,进行分组估计大中型农机和小型农机投入产出弹性及粮食产出增量贡献率,并得出本文的研究结论和对策建议。

三、我国农业机械化发展水平及其利用与粮食产量:统计分析

(一)我国农业机械化水平整体发展态势与粮食产量的关系

在农业发达的国家农业生产中机器是不可或缺的生产要素,农业机械贯穿农业生产的各个环节,农业机械化发展水平是衡量农业现代化的重要标志,其重要性不言而喻。进入 21 世纪以来,随着我国城镇化水平的不断提升,大量农业劳动力转移到非农领域,但事实上粮食产量却并未受到明显冲击,在此背景下农业机械化的发展对粮食的增产效应得到了学界的普遍共识。^[14]

如图 1 所示,我国粮食产量从 2001 年的 45263.7 万吨增长至 2015 年的 66060.3 万吨,农业机械总动力从 2001 年的 55172 万千瓦增长至 2015 年的 111728 万千瓦。2001—2017 年,农业机械总动力和粮食产量均经历了稳定增长且趋势较为契合,这也说明我国农业机械化发展对粮食稳定生产的重要作用。

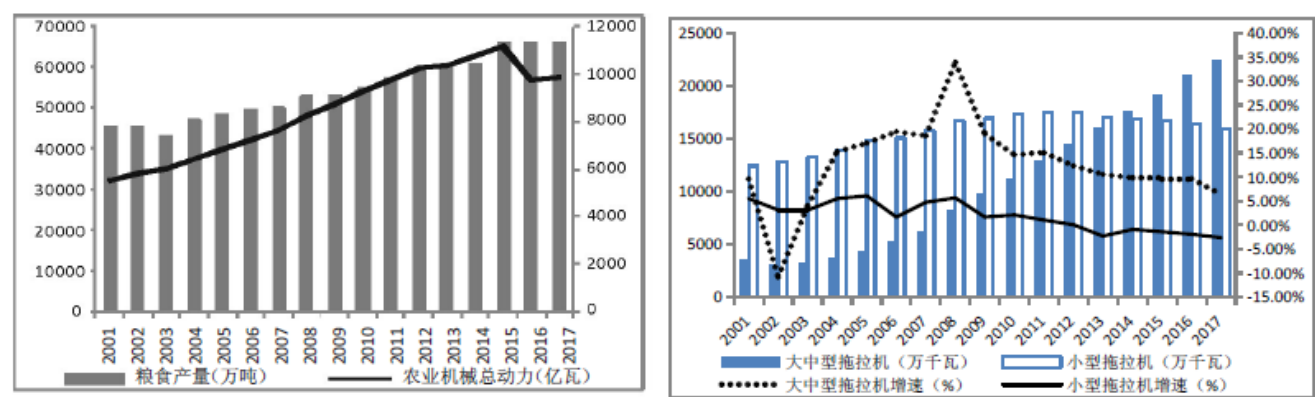


图 1 2001—2017 年我国粮食产量、农业机械总动力,大中型拖拉机、小型拖拉机总动力及增长情况

数据来源《:中国统计年鉴》(2002—2018)《中国农业机械工业年鉴》(2002—2018)。

从不同类型农机^⑥来看,2001—2017 年,小型拖拉机动力增长幅度不大,特别是 2010 年以后,呈现缓慢下降的趋势;而这一期间大中型拖拉机动力则经历了加速增长的态势,从 2001 年的 3445.55 万千瓦增长至 2017 年的 21057.62 万千瓦,增长了约 5.11 倍。

与之相对应的是,我国农业机械化水平的快速提升,2017 年,中国农作物耕种收综合机械化率同比提高 1 个百分点,与 2012 年相比提高 10 个百分点。其中,小麦综合机械化率达到 95%;玉米综合机械化率达到 84%,机收率达 69%,同比提高 2.5 个百分点;水稻综合机械化率突破 80%,主要粮食作物的机械化水平取得了实质性提升。^⑦

(二)东、中、西部农机使用情况与粮食产量的关系

众所周知,农业生产呈现一定的周期性和季节性,农业机械的使用也展现类似的特征。农业机械的周期性使用和闲置,使得农业机械拥有量不能反映农机的使用频率和效率。作为一个存量指标,农业机械拥有量不能较好地衡量一个地区农业机械的实际使用情况。

而农用柴油作为农业机械的互补品,且一般为就地使用,能够更为客观地反映某一地区农业机械的实际使用情况。因此,为了比较不同区域、不同类型农业机械的使用情况,需构造农业机械使用率指标。考虑到数据的可获得性和可比性,本文利用农用柴油施用量/农业机械动力来衡量农业机械的使用率。

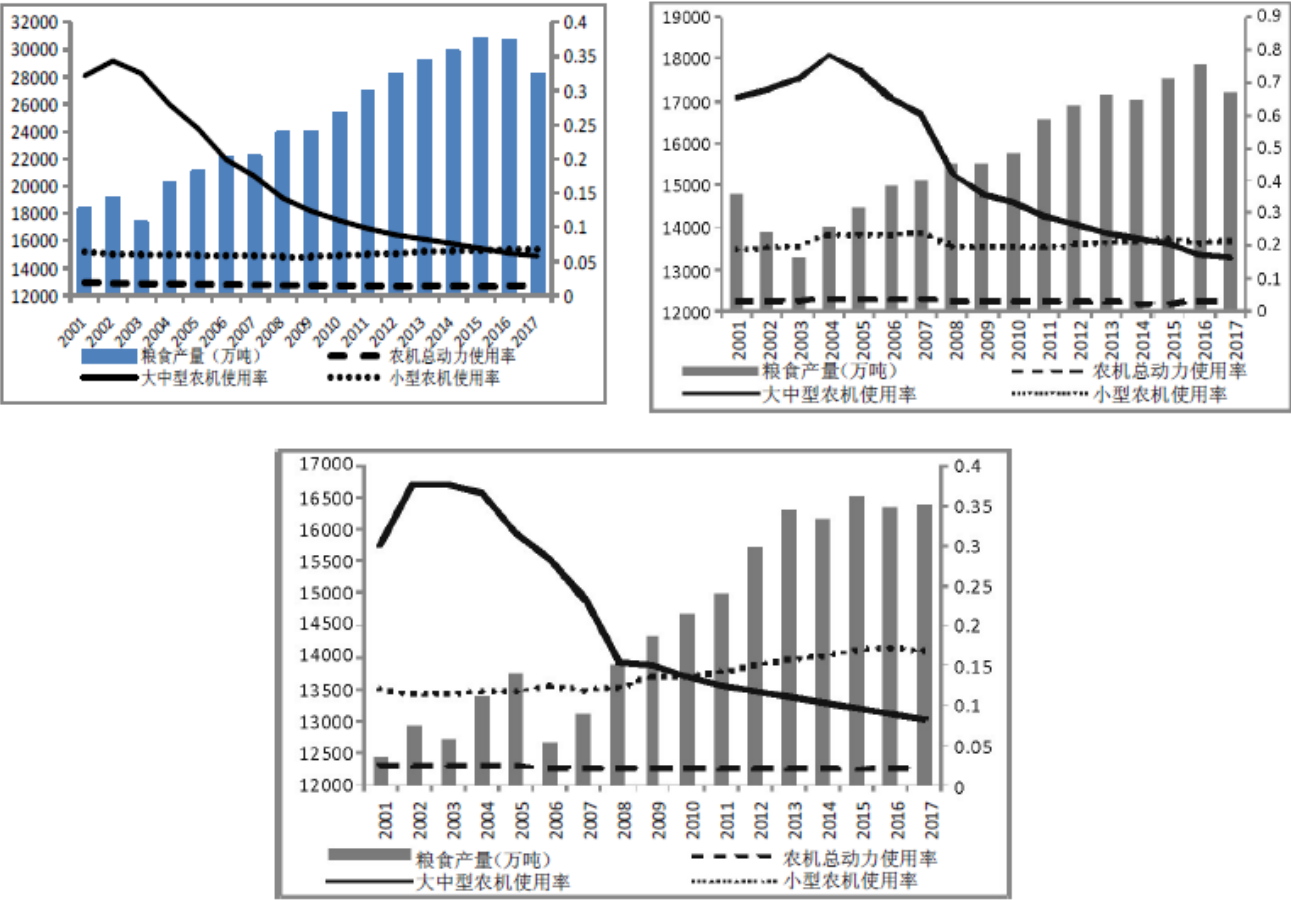


图 2 依次为 2001—2017 年东部、中部、西部地区粮食产量与不同类型农机使用率

数据来源:《中国农村统计年鉴》(2002—2018)。

图 2 反映了东、中、西部地区农业机械总动力、大中型农机、小型农机的使用率以及粮食产量的关系。首先,从农业机械使用率情况来看,东、中、西部地区农业机械总动力使用率波动幅度最小且呈现小幅下滑趋势,大中型农机使用率波动幅度最大且呈现大幅下滑趋势,而小型农机使用率则有一定程度的提升。

其次,从农业机械使用率与粮食产量关系来看,农机总动力使用率与粮食产量相关系数东部高于西部、西部高于中部,大中型

农机使用率与粮食产量相关系数东部高于中部、中部高于西部,小型农机使用率与粮食产量相关系数西部高于中部、中部高于东部。

最后,从农业机械使用效率来看,农业机械总动力使用率东部高于西部、西部高于中部;大中型农机使用率东部高于中部、中部高于西部;小型农机使用率东部高于西部、西部高于中部。这反映了农业机械在不同区域对粮食生产的影响,且发展结构、利用效率及其变动趋势均有所差异。

四、研究假设与模型设定

(一)研究假设

从上文对东、中、西部不同类型农业机械使用率的统计分析可知,西部地区农业机械总动力、大中型农机、小型农机的动力均不及中部、东部地区,而西部地区农业机械的使用率却高于中部地区。

这里容易产生一个疑问,是否因为农业机械总动力越高,用上述农业机械使用率指标计算出的农业机械使用率越低?可以从两个方面进行回答:一是从农业机械拥有量来看,2017年中部地区农业机械总动力拥有量最高,但其使用率处于西部和东部之间。

二是在2001—2009年,农业机械总动力东部高于中部,2010—2017年农业机械总动力中部超过东部,而从农业机械总动力使用率来看,东部始终高于中部地区。因此,从上述分析中可知,并不是因为农业机械拥有规模导致计算出的农业机械使用率低的現象。

除此之外,还需要回答:为什么大中型农机的使用率出现大幅下降的趋势,而小型农机的使用率则是稳中有升?再者,从农业机械的使用率差异来看,东、中、西部大中型农机使用率差异变动趋势较为一致,而小型农机使用率的差异表现不同步,即西部地区小型农机使用率呈现缓慢提升的态势,而东、中部使用率则保持平稳。

可能存在的解释是,进入21世纪以来,在“技术与制度相结合”、突出“质量效应与环境友好”的中国特色农业现代化新阶段的新要求下,我国农业机械化发展结构经历的较大变化,特别是自2004年以来,我国农业机械化发展的支持政策偏好,大中型农业机械获得了迅猛发展,供给不足的局面得到扭转。

但同时由于农业机械的使用范围和应用深度并未同步改善,所以,单一的农机使用的频率大为降低,导致了农业机械的应用效率不高。加之,我国幅员辽阔,不同地区自然地理条件和农业资源禀赋存在较大差异,人均耕地面积较少的中部、山地占比较高的西部地区则更为适合小型农业机械作业。基于以上讨论,本文提出假说1和假说2。

假说1:从大中型农业机械对粮食生产的要素投入产出弹性及要素贡献率来看,东部、中部高于西部;从小型农业机械对粮食生产的要素投入产出弹性及要素贡献率来看,西部高于中部、东部。

假说2:坡度等级越高的地区,小型农业机械对粮食生产的要素投入产出弹性及要素贡献率越高,大中型农业机械对粮食生产的要素投入产出弹性及要素贡献率越低;反之,坡度等级越低的地区,小型农业机械对粮食生产的要素投入产出弹性及要素贡献率越低,大中型农业机械对粮食生产的要素投入产出弹性及要素贡献率越高。

(二)模型设定

1. 超越对数生产函数。生产函数是测度产出弹性的基本形式,但是使用不同的生产函数对产出弹性进行估计时,其假设条件

也有所不同。在生产函数的设定上,最常用的函数形式是柯布-道格拉斯(C-D)生产函数和超越对数(Translog)生产函数。

前者的优点是形式简单、参数少、便于估计,缺点是需要假定要素替代弹性不变;后者虽然放宽了条件但函数形式较为复杂,且容易存在多重共线性问题。但超越对数生产函数更具一般性,设定形式更为灵活,可适用于多要素情形,另外,在估计产出弹性时,可以完全由实际数据进行估计与检验,无须进行先验设定,所以本文选择构建超越对数生产函数形式。引入粮食播种面积、机械化水平、化肥施用量和第一产业劳动力数四个指标,因此,本文构建的生产函数具体形式如下:

$$\ln P_{it} = \beta_0 + \sum_{m=1}^4 \beta_m \ln X_{mit} + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^4 \sum_{n=1}^4 \beta_{mn} \ln X_{mit} \ln X_{nit} + \sum_{m=1}^4 \beta_{tm} t \ln X_{mit} + \beta_t t + \frac{1}{2} \beta_{tt} t^2 + \mu_i + \theta_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

(1)式中, P_{it} 表示*i*省份在*t*年粮食产量(万吨),其中 X_{mit} ($m=1, 2, 3, 4$)分别表示粮食播种面积(千公顷); L 为化肥施用量(万吨); F 为第一产业劳动力数(万人); R 为农业机械总动力(万千瓦); M 、 μ_i 为省份固定效应, θ_t 为年份固定效应, ε_{it} 表示服从正态分布 $N(0, \sigma^2)$ 的随机误差项。选择时间和省份双向固定效应的原因是,能够有效控制时间因素和地区因素的影响,如省份遗漏变量的影响以及控制所有省份共同面临的时间冲击等。

为区分不同类型农业机械的产出弹性,将(1)式中农业机械总动力 M 用大中型农机 LM 和小型农机 SM 替换。其具体形式如下:

$$\ln P_{it} = \beta_0 + \sum_{m=1}^5 \beta_m \ln X_{mit} + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^5 \sum_{n=1}^5 \beta_{mn} \ln X_{mit} \ln X_{nit} + \sum_{m=1}^5 \beta_{tm} t \ln X_{mit} + \beta_t t + \frac{1}{2} \beta_{tt} t^2 + \mu_i + \theta_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

2. 要素投入产出弹性测度。假定粮食的生产函数为:

$$P = F(L, F, M, R) \quad (3)$$

(3)式中,粮食产量为 P , 农业机械投入为 M , 粮食播种面积为 L , 劳动力数量为 R , 在粮食生产函数中,农业机械投入产出弹性为

$$\varepsilon_M = (\partial P / P) / (\partial M / M) = (\partial P / \partial M) (M / P) = MP_M (M / P) \quad (4)$$

(4)式中, MP_M 表示农业机械的边际产出, ε_M 表示农业机械投入每增加1%带来粮食产量增加的百分比。

$$\varepsilon_M = \partial \ln P_{it} / \partial \ln M_{it} = \beta_M + \beta_{ML} \ln L_{it} + \beta_{MF} \ln F_{it} + \beta_{MR} \ln R_{it} + \beta_{MM} \ln M_{it} \quad (5)$$

为了比较农业机械实际使用情况,本文用农用柴油施用量来表示农业机械的实际使用水平,用农用柴油施用量 OM 替换上式中农业机械投入 M , 可得农业机械实际使用的产出弹性;同理,为比较不同类型农业机械产出弹性,大中型农机 LM 小型农机 SM 替换上式中农业机械投入 M , 可得不同类型农业机械产出弹性。

3. 要素投入产出对粮食产出增量的贡献率。对粮食生产的各种要素投入的最终目标都是促进粮食产出增加,考虑各种要素对农业产值增量的贡献率,有利于厘清不同要素在实现农业产值增加这一过程中的贡献程度;不同要素产值增量贡献率的差异也是

要素投入量变化的直接反映。

一般来说农业生产中的要素产出弹性为正。^[21]因此,产出增量贡献率的正负就是投入量的变化,如果投入减少,则粮食产出增量减少,产出增量贡献率为正;如果投入量减少,粮食产出增加,粮食产出增加量增加,则产出增量贡献率为负。要素对粮食产出增加量的贡献率为:

$$\eta_M = \varepsilon_M \times (\Delta M/M) / (\Delta P/P)$$

(6)

(6)式中,η_M表示某种要素对粮食产出增量的贡献率,ε_M表示要素M的产出弹性,ΔM/M表示要素M的增长率,ΔP/P表示粮食产出的增长率。

(三)数据来源

结合数据的可获得性,本文搜集了全国[®]31个省、自治区、直辖市(下文简称省市)2001—2017年的省际面板数据进行研究。农业机械总动力、大中型和小型拖拉机动力数据来源于历年《中国农业机械工业年鉴》,粮食产量、粮食播种面积、化肥施用量、第一产业劳动力数、农用柴油施用量等指标数据来源于历年《中国农村统计年鉴》《中国统计年鉴》。

为了分析农业机械化水平对不同区域粮食生产的影响,按照我国区域的划分,将全国31个省市分为东、中、西部地区。根据中国农业区划委员会颁发的《土地利用现状调查技术规程》按地表面元陡缓程度将耕地坡度划分为5个等级,即≤2°(Ⅰ级)、2°~6°(Ⅱ级)、6°~15°(Ⅲ级)、15°~25°(Ⅳ级)、>25°(Ⅴ级)。Ⅲ级与Ⅳ级坡度地区为缓坡地或梯田,Ⅴ级为陡坡地。

本文的所使用的坡度数据来源于STRM海拔高程数据,通过ArcGIS处理后统计得到。另外,由于本文仅从各省市的坡度进行分类,因此将各省市按上述坡度分级的面积比重大小进行比较,且面积占比最大部分所在坡度等级定义为该省市的坡度等级。

五、实证过程及结果分析

(一)农业机械产出弹性及粮食产出增量贡献率

表1中模型一和模型二均分别采用了混合OLS估计、固定效应和随机效应的估计结果。通过对超越对数生产函数中所有交互项和平方项的联合显著性检验发现(p<0.0000),通过1%的水平下的显著性检验,说明本文采用超越对数生产函数是合理的。另外,通过Hausman检验结果表明,采用时点和个体双固定效应模型更为合适。

表1 超越对数生产函数估计结果

模型一				模型二			
变量	混合 OLS	固定效应	随机效应	变量	混合 OLS	固定效应	随机效应
lnL	1.6480*** (0.1993)	0.9203*** (0.2540)	0.9515*** (0.2262)	lnL	1.0264*** (0.2292)	0.6881*** (0.2362)	0.7629*** (0.2243)
lnR	0.5951***	0.7401**	0.7452***	lnR	0.4651**	0.8816***	0.7332**

	(0. 2031)	(0. 3246)	(0. 2939)		(0. 1885)	(0. 3098)	(0. 2929)
lnF	-1. 2420*** (0. 1971)	-0. 9216*** (0. 2875)	-0. 9227*** (0. 2478)	lnF	-1. 3722*** (0. 1888)	-1. 0797*** (0. 2484)	-1. 0211*** (0. 2260)
lnM	-0. 0147 (0. 1781)	0. 2749 (0. 1825)	0. 3040* (0. 1647)	lnOM	0. 7935*** (0. 1158)	0. 6843*** (0. 1390)	0. 6425*** (0. 1324)
lnL*lnL	-0. 0426* (0. 0232)	-0. 0766*** (0. 0351)	-0. 0599*** (0. 0258)	lnL*lnL	-0. 0255 (0. 0253)	0. 0394 (0. 0274)	0. 0140 (0. 0244)

注：*、**、***分别表示在 10%、5%、1%的水平上显著。

从表 2 报告的结果来看,不论是农业机械总动力还是农用柴油施用量,其投入产出弹性及粮食产出增量的贡献率整体都呈现增长趋势;从两者的差异来看,农用柴油施用量投入产出弹性及粮食产出增量的贡献均高于农业机械总动力,这表明以往用农业机械总动力表征的农业机械化水平分析对粮食及农业生产的影响,这可能低估了农业机械对粮食生产的贡献。

其原因是,一方面,近年来,由于农业机械跨区域作业的现象广泛存在,比如大中型农机的跨省作业,小型农业在村域或者镇域范围的使用,使得各地区实际使用农业机械水平往往高于用拥有农业机械规模衡量的水平;另一方面,由于农业机械总动力往往只能表示所拥有的机械情况,并不能反映实际农业机械的使用频率、使用范围和作业规模。

表 2 2001—2017 年农业机械及农用柴油投入产出弹性及粮食产出增量贡献率

年份	模型一		模型二	
	要素产出弹性	要素贡献率	要素产出弹性	要素贡献率
2001	0. 0941	-0. 0393	0. 6023	-0. 5029
2002	0. 0960	0. 0188	0. 6047	0. 2363
2003	0. 0967	-0. 1315	0. 6092	-1. 6566
2004	0. 1024	0. 1529	0. 6222	1. 8577
2005	0. 1074	0. 0488	0. 6274	0. 5699
2006	0. 1124	0. 0540	0. 6305	0. 6057
2007	0. 1178	0. 0150	0. 6367	0. 1623
2008	0. 1228	0. 0908	0. 6337	0. 9366
2009	0. 1288	0. 0080	0. 6389	0. 0791

2010	0.1344	0.0656	0.6437	0.6287
2011	0.1393	0.1180	0.6471	1.0968
2012	0.1441	0.0939	0.6510	0.8483
2013	0.1480	0.2360	0.6543	2.0870
2014	0.1520	0.0322	0.6567	0.2780
2015	0.1557	0.4046	0.6589	3.4229
2016	0.1738	0.0003	0.6572	0.0026
2017	0.1752	0.0197	0.6572	0.1475

注：由作者计算得出。

(二)不同区域农业机械产出弹性及粮食产出增量贡献率

1. 按东、中、西部地区和坡度等级的估计结果。

表 3 按东、中、西部地区和坡度等级估计结果

变量	东、中、西部地区			坡度等级		
	东部	中部	西部	I 级	II 级	III级
lnL	0.554*** (0.220)	0.212* (0.120)	0.339* (0.230)	0.917** (0.435)	6.528*** (2.001)	3.551* (2.020)
lnR	0.652** (0.305)	0.509* (0.271)	1.044** (0.492)	0.530* (0.306)	6.348* (3.508)	2.518** (1.189)
lnF	0.842* (0.453)	1.712** (0.753)	0.528*** (0.101)	0.251*** (0.039)	10.450** (4.886)	0.879* (0.508)
lnLM	0.261** (0.119)	0.134* (0.077)	0.100 (0.087)	0.146** (0.079)	0.310* (0.182)	0.782** (0.394)
lnSM	-0.398 (0.661)	-0.902** (0.366)	0.210*** (0.081)	-0.215** (0.079)	2.896*** (0.932)	1.108** (0.563)

lnL*lnR	0.026 (0.034)	-0.249* (0.141)	-0.049 (0.059)	-0.046*** (0.009)	0.428 (0.716)	0.431* (0.231)
lnL*lnF	-0.023 (0.279)	0.306 (0.279)	0.066 (0.061)	0.023 (0.053)	0.495 (0.695)	0.287 (0.269)
lnL*lnLM	-0.087 (0.067)	0.059 (0.067)	0.059** (0.028)	0.060** (0.025)	-0.125*** (0.037)	-0.436 (0.315)
lnL*lnSM	-0.134 (0.111)	0.075*** (0.031)	0.079** (0.041)	-0.066** (0.028)	0.352** (0.144)	0.300 (0.234)
lnR*lnF	-0.229*** (0.076)	-0.055 (0.076)	0.036 (0.055)	-0.056 (0.043)	-1.916*** (0.224)	-0.189* (0.106)
lnR*lnLM	-0.071* (0.039)	0.026 (0.039)	0.089*** (0.023)	-0.081*** (0.016)	0.202* (0.133)	0.139 (0.217)
lnR*lnSM	0.071** (0.029)	0.074 (0.129)	-0.093* (0.066)	0.085** (0.039)	-0.106 (0.327)	-0.054 (0.117)
lnF*lnLM	0.096** (0.047)	0.024 (0.047)	0.019* (0.010)	-0.002 (0.024)	-0.028 (0.184)	0.247** (0.115)
lnF*lnSM	0.146 (0.102)	-0.051 (0.102)	0.032 (0.022)	0.005 (0.052)	0.228 (0.241)	-0.223 (0.184)
lnLM*lnSM	0.080*** (0.022)	-0.074*** (0.022)	0.025*** (0.006)	0.030* (0.015)	-0.076 (0.050)	-0.007 (0.009)
常数项	-5.075*** (1.315)	3.054*** (1.315)	1.776* (1.003)	-0.848 (2.482)	-5.263*** (1.606)	28.253* (15.876)

注：*、**、***分别表示在 10%、5%、1%水平上显著。

从东、中、西部分组估计的结果来看,大中型农机(lnLM)估计系数在东部地区通过 5%的显著性水平检验,在中部地区通过 10%的显著性水平检验,在西部地区不显著;小型农机(lnSM)在东、中部地区的估计系数为负,在西部地区则通过 1%的显著性水平检验。这表明,在不同区域间,大中型农机和小型农机对粮食产出的影响具有区域异质性。

2. 东、中、西部农业机械投入产出弹性及粮食产出增量贡献率。

表 4 2001—2017 年东、中、西部大中型农机和小型农机产出弹性及粮食产出增量贡献率

年份	东部				中部				西部			
	大中型农机		小型农机		大中型农机		小型农机		大中型农机		小型农机	
	要素 贡献	产出 弹性	要素 贡献	产出 弹性	要素 贡献	产出 弹性	要素 贡献	产出 弹性	要素 贡献	产出 弹性	要素 贡献	产出 弹性
2001	-0.099	0.237	0.039	-0.093	-0.088	0.210	-0.173	0.414	-0.047	0.113	-0.175	0.418
2002	0.048	0.244	-0.020	-0.100	0.042	0.214	0.082	0.421	0.022	0.112	0.081	0.416
2003	-0.343	0.253	0.125	-0.092	-0.298	0.219	-0.565	0.415	-0.153	0.112	-0.564	0.415
2004	0.389	0.260	-0.124	-0.083	0.334	0.224	0.609	0.408	0.161	0.108	0.631	0.423
2005	0.121	0.267	-0.034	-0.075	0.103	0.228	0.181	0.398	0.047	0.103	0.196	0.431
2006	0.131	0.272	-0.030	-0.062	0.110	0.230	0.185	0.386	0.048	0.100	0.211	0.439
2007	0.036	0.280	-0.007	-0.051	0.030	0.234	0.048	0.374	0.012	0.095	0.057	0.447
2008	0.212	0.287	-0.023	-0.031	0.176	0.238	0.261	0.353	0.067	0.091	0.339	0.459
2009	0.018	0.291	-0.001	-0.021	0.015	0.240	0.021	0.342	0.005	0.086	0.029	0.468
2010	0.144	0.296	-0.007	-0.014	0.118	0.242	0.162	0.333	0.040	0.082	0.232	0.476
2011	0.254	0.300	-0.004	-0.005	0.206	0.243	0.274	0.323	0.067	0.079	0.410	0.483
2012	0.197	0.302	0.001	0.001	0.159	0.243	0.205	0.315	0.049	0.075	0.319	0.490
2013	0.482	0.302	0.010	0.006	0.386	0.242	0.490	0.307	0.117	0.073	0.791	0.496
2014	0.064	0.303	0.002	0.011	0.051	0.241	0.064	0.300	0.015	0.070	0.106	0.502
2015	0.787	0.303	0.038	0.015	0.624	0.240	0.761	0.293	0.176	0.068	1.319	0.508
2016	0.001	0.302	0.000	0.020	0.000	0.239	0.001	0.284	0.000	0.066	0.001	0.512
2017	0.034	0.301	0.003	0.024	0.027	0.238	0.031	0.276	0.007	0.065	0.058	0.515

注：由作者计算得出。

表 4 报告了东、中、西部大中型和小型农机产出弹性及粮食产出增量贡献率情况。分东、中、西部来看,在大中型农机的产出弹性及粮食产出增量贡献率的比较中,东部高于中部、中部高于西部;小型农机的产出弹性及粮食产出增量贡献率的比较中,西部高于中部、中部高于东部;假说 1 得以验证。从区域内部来看,东部地区大中型农机产出弹性及粮食产出增量贡献率高于小型农机,中、西部地区小型农机产出弹性及粮食产出增量贡献率高于大中型农机,这表明不同地区之间农业机械的适用性有所差异,这种区域异质性的差异是否源于各地区的坡度等级差异,需要进行坡度等级分组来进一步验证。

3. 不同坡度等级农业机械投入产出弹性及粮食产出增量贡献率。

从坡度等级分组的估计结果同样显示了区域异质性。从坡度等级分组估计结果来看,坡度等级越高,大中型农机投入产出弹性及粮食产出增量贡献率越低,而小型农机投入产出弹性及粮食产出增量贡献率则越高;从坡度等级内部来看,I级坡度地区大中型农机的投入产出弹性及粮食产出增量贡献率高于小型农机,II级坡度地区大中型农机的投入产出弹性及粮食产出增量贡献率高于小型农机,而III级坡度地区大中型农机的投入产出弹性及粮食产出增量贡献率低于小型农机。这表明,在高坡度等级的地区,小型农机更为适用,在低坡度等级的地区,大中型农机将会得到更为广泛的应用,假说2得到验证。上述假说1和假说2的验证,反映了农业机械在不同区域对粮食生产的影响,不同类型的农业机械利用效率有所差异;农业机械利用效率的差异源自区域异质性如坡度等级;不同区域适宜发展不同类型的农业机械,优化农业机械发展结构,则更能提高农业机械的利用效率。

表5 2001—2017年不同坡度大中型农机和小型农机产出弹性及粮食产出增量贡献率

年份	I级				II级				III级			
	大中型农机		小型农机		大中型农机		小型农机		大中型农机		小型农机	
	要素 贡献	产出 弹性	要素 贡献	产出 弹性	要素 贡献	产出 弹 性	要素 贡献	产出 弹 性	要素 贡献	产出 弹性	要素 贡献	产出 弹性
2001	-0.237	0.567	-0.116	0.279	-0.155	0.372	-0.090	0.216	-0.102	0.245	-0.208	0.499
2002	0.111	0.568	0.054	0.276	0.072	0.369	0.043	0.220	0.050	0.257	0.096	0.490
2003	-0.776	0.571	-0.380	0.279	-0.503	0.370	-0.332	0.244	-0.379	0.279	-0.645	0.474
2004	0.851	0.570	0.420	0.281	0.536	0.359	0.388	0.260	0.417	0.279	0.700	0.469
2005	0.258	0.569	0.129	0.283	0.158	0.347	0.123	0.270	0.124	0.272	0.213	0.470
2006	0.273	0.568	0.138	0.286	0.164	0.340	0.140	0.291	0.132	0.275	0.223	0.464
2007	0.072	0.567	0.037	0.289	0.042	0.330	0.040	0.311	0.035	0.276	0.059	0.459
2008	0.418	0.566	0.218	0.295	0.236	0.319	0.248	0.336	0.202	0.273	0.337	0.457
2009	0.035	0.563	0.018	0.297	0.019	0.310	0.022	0.350	0.016	0.266	0.028	0.457
2010	0.274	0.561	0.146	0.298	0.147	0.300	0.178	0.365	0.129	0.264	0.222	0.455
2011	0.474	0.559	0.254	0.300	0.248	0.293	0.322	0.380	0.222	0.262	0.383	0.452
2012	0.362	0.556	0.196	0.301	0.187	0.286	0.256	0.392	0.169	0.259	0.294	0.451
2013	0.882	0.553	0.480	0.301	0.449	0.282	0.638	0.400	0.405	0.254	0.722	0.453
2014	0.116	0.550	0.064	0.301	0.058	0.276	0.086	0.408	0.053	0.249	0.096	0.454
2015	1.421	0.547	0.781	0.301	0.703	0.271	1.076	0.414	0.626	0.241	1.187	0.457
2016	0.001	0.545	0.001	0.301	0.001	0.267	0.001	0.421	0.000	0.235	0.001	0.460
2017	0.061	0.542	0.034	0.301	0.030	0.265	0.048	0.428	0.026	0.231	0.052	0.462

注：由作者计算得出。

六、研究结论与政策意涵

在我国农业现代化的动态演进过程中,农业机械化作为其中的重要内容,对提高我国农业整体技术水平、挖掘我国粮食生产潜力有着不可低估的重要影响。当前,我国农业机械的发展仍面临结构不优、使用效率较低的问题,不仅阻碍我国农业机械的高质量发展,还制约我国粮食生产、农业现代化发展的机械化水平。本文着眼于 21 世纪以来农业机械化发展及其利用对我国粮食生产的影响问题,利用 2001—2017 年省际面板数据,构建超越对数生产函数,首先利用农业机械总动力、农用柴油施用量估计产出弹性及粮食产出增量贡献率,然后分别以东、中、西部地区及坡度等级进行分组估计,分析了不同区域不同类型农业机械的投入产出弹性及粮食产出增量贡献率。研究的主要结论如下:

第一,利用农业机械总动力、农用柴油施用量估计测算的投入产出弹性及粮食产出增量的贡献率整体呈现增长趋势,表明农业机械的发展对稳定粮食生产具有重要影响。农用柴油施用量投入产出弹性及粮食产出增量的贡献均高于农业机械总动力,表明以往用农业机械总动力表征的农业机械化水平分析对粮食及农业生产的影响,因为忽略了农业机械的使用频率或效率,这可能低估了农业机械对粮食生产的贡献。

第二,在大中型农机的投入产出弹性及粮食产出增量贡献率的比较中,东部高于中部、中部高于西部;在小型农机的投入产出弹性及粮食产出增量贡献率的比较中,西部高于中部、中部高于东部;另外,东部地区大中型农机产出弹性及粮食产出增量贡献率高于小型农机,中、西部地区小型农机产出弹性及粮食产出增量贡献率高于大中型农机,这表明不同地区之间农业机械的适用性有所差异。

第三,坡度等级越高,大中型农机投入产出弹性及粮食产出增量贡献率越低,而小型农机投入产出弹性及粮食产出增量贡献率则越高;Ⅰ级坡度地区大中型农机的投入产出弹性及粮食产出增量贡献率高于小型农机,Ⅱ级坡度地区大中型农机的投入产出弹性及粮食产出增量贡献率高于小型农机,Ⅲ级坡度地区大中型农机的投入产出弹性及粮食产出增量贡献率低于小型农机。这表明,在高坡度等级的地区,小型农机更为适用,在低坡度等级的地区,大中型农机将会得到更为广泛的应用。

基于上述研究结论,为进一步优化我国农业机械发展结构、提高农业机械利用效率,实现我国农业机械的高质量发展,本文提出以下政策建议:

第一,进一步优化农业机械发展结构。将支持以大中型农业机械发展为主的购置政策调整为支持购置大中型农机和兼顾小型农机发展的购置政策,特别是根据各地区耕地坡度的实际情况,制定差异化的支持政策,因地制宜地发展不同类型农业机械。如Ⅲ级坡度及以上地区(山区),应当大力支持小型或超小型农机的发展,更有利于粮食的生产,而在广大平原地区(Ⅰ级坡度和Ⅱ级坡度),则鼓励支持大中型农机的发展。

第二,激励提高农业机械的使用效率,促进全程机械化、全面机械化、高质量供给、高效能应用方向发展。一方面,惠农政策中给予农户适当合理的油费补贴,鼓励支持农业机械的跨区域作业、各类农机服务组织的发展,加快农田宜机化改造等,扩大农业机械的作业区域和作业规模;另一方面,扩展农业机械的应用深度,如当前农业机械主要应用在耕地、机耕、机收等环节,逐步拓展到喷药、施肥、灌溉、田间管理等更多的环节中,扩大农业机械的作业范围、提升使用频率,将科技元素的开发与应用赋能农业机械,促进农机化与信息化深度融合。

注释:

①本文中“机械异质性”指的是不同类型农业机械即大中型机械、小型农业机械,其具体分类口径见④。

②1956年制定的《1956年到1967年全国农业发展纲要(草案)》。

③2004年《中华人民共和国农机化促进法》颁布,2006年农业部制定《全国农机社会化服务“十一五”规划纲要》。

④本文所指的大中型农机和小型农机是按照《中国农业机械工业年鉴(2018)》中拖拉机动力统计口径,大中型拖拉机动力为14.7kW及以上,小型拖拉机动力为2.2-14.7kW,214-235。

⑤《中国农业机械工业年鉴》(2001—2018)的数据显示,大中型农机从2001年的3445.55万千瓦增长至2017年的21057.62万千瓦,增长了约5.11倍;小型农机总动力从2001年的12433.81万千瓦增长至2017年的15919.79万千瓦,增长了约28.04%。

⑥“2018年农业农村部根据工业和信息化部标准对拖拉机的分类进行重新定义,把大中型拖拉机和小型拖拉机的分类标准由发动机功率14.7千瓦改为22.1千瓦”。统计口径与往年不可比,故本文数据选取截至2017年。资料来源:《中国农村统计年鉴(2018年)》,北京:中国统计出版社,37-39。

⑦数据来源:中国机械工业年鉴编辑委员会、中国农业机械工业协会(编)《中国农业机械工业年鉴(2018)》,北京:机械工业出版社,127-128。

⑧基于数据可得性,本文数据不包含我国港、澳、台地区。

参考文献:

- [1]张秀青.全球粮食市场形势、异动风险及应对措施——基于保障国家粮食安全的国际视角分析[J].价格理论与实践,2020(5):4-8.
- [2]王瑞峰,李爽,王红蕾,等.中国粮食产业高质量发展评价及实现路径[J].统计与决策,2020,36(14):93-97.
- [3]辛岭,安晓宁.我国农业高质量发展评价体系构建与测度分析[J].经济纵横,2019(5):109-118.
- [4]蒋永穆,卢洋,张晓磊.新中国成立70年来中国特色农业现代化内涵演进特征探析[J].当代经济研究,2019(8):9-18,113.
- [5]方师乐,黄祖辉.新中国成立70年来我国农业机械化的阶段性演变与发展趋势[J].农业经济问题,2019(10):36-49.
- [6]王钢,钱龙.新中国成立70年来的粮食安全战略:演变路径和内在逻辑[J].中国农村经济,2019(9):15-29.
- [7]郑旭媛,徐志刚.资源禀赋约束、要素替代与诱致性技术变迁——以中国粮食生产的机械化为例[J].经济学(季刊),2017,16(1):45-66.
- [8]林文声,王志刚,王美阳.农地确权、要素配置与农业生产效率——基于中国劳动力动态调查的实证分析[J].中国农村经济,2018(8):64-82.
- [9]伍骏骞,方师乐,李谷成,等.中国农业机械化发展水平对粮食产量的空间溢出效应分析——基于跨区作业的视角[J].中国农村经济,2017(6):44-57.

-
- [10]托马斯·罗斯基, 罗伯特·米德. 关于中国农业劳动力数量之研究[J]. 中国农村观察, 1997(4):30-41.
- [11]王检贵, 丁守海. 中国究竟还有多少农业剩余劳动力[J]. 中国社会科学, 2005(5):27-35+204-205.
- [12]Fang Cai,Wang Meiyun.A counterfactual analysis on unlimited surplus labor in rural China[J].China & Economy, 2008, 16(1):51-65.
- [13]李喜梅. 传统农区农业劳动力过剩与短缺并存的困境及其出路[J]. 农业经济, 2016(9):74-75.
- [14]王欧, 唐轲, 郑华懋. 农业机械对劳动力替代强度和粮食产出的影响[J]. 中国农村经济, 2016(12):46-59.
- [15]方师乐, 卫龙宝, 伍骏骞. 农业机械化的空间溢出效应及其分布规律——农机跨区服务的视角[J]. 管理世界, 2017(11):65-78, 187-188.
- [16]刘超, 朱满德, 陈其兰. 农业机械化对我国粮食生产的影响:产出效应、结构效应和外溢效应[J]. 农业现代化研究, 2018, 39(4):591-600.
- [17]高鸣, 宋洪远. 粮食生产技术效率的空间收敛及功能区差异——兼论技术扩散的空间涟漪效应[J]. 管理世界, 2014(7):83-92.
- [18]杨进, 吴比, 金松青, 等. 中国农业机械化发展对粮食播种面积的影响[J]. 中国农村经济, 2018(3):89-104.
- [19]刘凤芹. 农业土地规模经营的条件与效果研究:以东北农村为例[J]. 管理世界, 2006(9):71-79, 171-172.
- [20]纪月清, 钟甫宁. 非农就业与农户农机服务利用[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2013, 13(5):47-52.
- [21]盖庆恩, 朱喜, 程名望, 史清华. 土地资源配置不当与劳动生产率[J]. 经济研究, 2017, 52(5):117-130.