

农业机械化服务对粮食生产成本效率的影响

——来自中国小麦主产区的经验证据

虞松波,刘 婷,曹宝明

(南京财经大学 粮食经济研究院,江苏 南京 210023)



摘 要 运用超越对数 SFA 模型测算 1994—2016 年中国 15 个小麦主产地区成本效率,继而构建空间杜宾计量模型考察农业机械化服务对小麦生产成本效率的直接影响与空间溢出效应。结果表明:中国小麦生产成本效率仍存在 17.3% 的损失;农业机械化服务对小麦成本效率具有正向显著的直接效应和空间溢出效应,即本区域农机化水平对其他区域小麦成本效率有显著的正向影响;从空间维度来看,农业机械化的空间溢出效应主要表现在经度相近地区之间,纬度相近地区之间并不显著;从时间维度看,2004 年前后农业机械化的空间溢出效应具有明显差异,2004 年之后空间溢出效应更加明显。据此提出农机补贴向农机服务组织倾斜,建设和推广农机信息平台以及作物种植沿经度布局的政策建议。

关键词 农业机械化服务;成本效率;空间溢出;时空维度

中图分类号:F 326.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-3456(2019)04-0081-09

DOI 编码:10.13300/j.cnki.hnwkxb.2019.04.009

多年来,中国政府一直将促进农民增收作为制定农业政策的根本出发点,并试图通过增加粮食产量来实现这一政策目标。然而粮食生产成本的迅速攀升推动着粮食价格刚性上涨,直接加剧了粮食生产成本和收益的不确定性,粮食产量最大化与农民经济效益最大化并未表现出完全一致性。换言之,粮食产量的增加未必能有效促进种粮农民收入增加,导致粮食市场一度出现“增产不增收”的矛盾现象。可见,农民经济效益最大化不仅受粮食产量的影响,还与粮食生产成本及其效率高低息息相关。劳动力是粮食生产中占比较大的投入要素,近年来,随着城镇化进程的加快以及人口红利的逐渐消失^[1-2],中国粮食生产开始步入人工成本快速增长的发展通道。根据诱致性技术变迁理论,人工成本的上涨将促进其与其他要素间的相互替代,农业生产环节则主要表现为农业机械的大量应用。实际上,在国家立法和农机具购置补贴政策的双重推动下,通过充分利用南北地域间农作物耕种、收获的时间差异,农村市场已经探索出一条“农民购买服务,农机跨区作业”的生产性服务道路^[3]。那么,农业机械化发展是否具有提高粮食生产成本效率的经济效益?农机跨区作业的社会化服务又将如何影响粮食生产成本效率? 均有待进一步的考察和分析。

农业机械化是实现农业现代化的重要标志和前提,在相关政策支持下,中国农业机械化水平不断提高。当前农机总动力已经突破 10 亿千瓦,截至 2017 年底,大中型拖拉机和小型拖拉机拥有量达到 670.08 万台和 1 634.24 万台,分别是 1978 年的 12.02 倍和 11.9 倍。分品种来看,小麦是农业机械化程度最高,也是最早实现农机跨区作业的粮食作物,其农机社会化服务体系已逐步从成长期迈入成熟期,因此以小麦为例讨论农业机械化对粮食生产的影响显得更为科学。小麦农机跨区服务可追溯至

收稿日期:2019-02-12

基金项目:国家粮食行业公益性科研专项项目“粮食产后损失浪费调查及评估技术研究”(201513004)。

作者简介:虞松波(1964-),男,博士研究生;研究方向:现代粮食流通产业政策。

通讯作者:曹宝明(1964-),男,教授,博士;研究方向:粮食经济。

20 世纪 80 年代,山西省个别农机户通过利用南北地区小麦生长周期差异,自发地从南至北为农户机收小麦,由此拉开中国农机跨区服务的序幕^[4]。2016 年,小麦机耕、机播、机收面积比例分别高达 91.8%、87.9%和 93.7%,基本实现全程机械化作业,成为现阶段耕种收综合机械化率最高的农作物,并且大多通过购买农机社会化服务完成。从跨区收麦面积上看,2016 年小麦跨区联合机收总面积达 756.6 万公顷,共涉及 25 个省市自治区,其中以黄淮海地区的安徽、山东、河南、河北及江苏五省为主,占跨区收麦总面积比例达 78.9%^[5]。农机社会化服务已逐渐成为农业机械化、市场化的一种较为成熟的模式^[6]。农机与人工间的要素替代不仅缓解劳动力季节性供给不足的矛盾,且具有显著的增产效应^[7],但是既定产量下,农机投入的降本增效作用却缺乏关注。另外,根据已有研究,农机跨区服务使得各地农业机械化投入对粮食生产成本效率的作用不仅表现为对当地的直接影响,还具有对周边地区的空间溢出效应^[7]。据此,本文以 1994—2016 年中国 15 个小麦主产区作为研究对象,探索农机投入及其跨区服务对粮食生产成本效率的影响。

一、文献回顾

国内外学者围绕农业生产成本效率的问题从不同视角进行了大量有益探索,对本文的研究具有参考和借鉴价值。国外相关研究如,Gautam 等、Thath 和 Sanusi 等分别测算印度谷物、柬埔寨水稻以及尼日利亚玉米的成本效率,并从农户个体特征以及农业生产经营特征等方面对成本效率差异进行解释^[8-10]。国内学者也对此进行较多讨论,并取得相对一致的结论,认为粮食生产存在成本效率的损失,但就效率损失的影响因素而言,研究角度各不相同。代表性文献如,杨浩然等认为要素配置效率低下是我国小麦成本效率损失的重要原因^[11];刘强等则分别从土地细碎化的负面效应以及生产性服务的积极效应入手,对水稻生产成本效率损失原因进行解释^[12-13]。然而,农村劳动力非农转移背景下农业机械大量投入对粮食生产成本效率的影响仍缺乏关注。

农业机械化服务对粮食的增产效应已得到学术界的普遍认可,认为农业机械化的推广对于粮食产量以及播种面积均存在显著的促进作用^[14-16],但是在农业机械化服务是否能够提高粮食生产成本效率问题上,学者们并未得出一致结论。一种观点认为农机服务可通过科技引入效应和劳动替代效应提高小麦生产技术效率^[17],进而有助于小麦生产成本的降低,优化成本结构,降低成本效率损失。另外,单个农户的农机服务需求聚合为足够的市场容量时将诱导农机服务组织的发育,产生农机市场社会分工,且农机市场纵向分工和农机市场容量具有相互促进效应。也就是说,大范围农机跨区作业促进分工深化,诱导市场容量进一步扩大,实现“服务规模经济性”^[18]。因此,对农机投资者或者农机生产性服务提供者来说,分工深化促进农机购置和使用费用更大规模的分摊,进一步降低农机使用成本,提高成本效率^[19]。另一种观点则认为,农业机械化服务本质上属于雇工劳动,与家庭自用工相比具有异质性,容易产生相对效率低、不易进行质量考核的困难,内生出高昂的监督成本,可能加剧农业生产成本效率的损失^[20]。由此可以看出,农机服务究竟对粮食生产成本效率有何影响,是一个存在争议而有待挖掘的现实问题。

现有文献基于不同的方法和不同的品种,对粮食生产成本效率进行相关分析,基本上存在以下共识:目前国内粮食生产仍存在一定程度的成本效率损失,损失程度因品种和地区而异。这为本文的研究提供有益的参考和借鉴,但仍存在以下不足:首先,现有研究大多关注农业机械化服务的产出效应,却忽视其降本增效的经济效益。其次,农机跨区服务对成本效率的影响缺乏空间和时间维度上更具层次性的分析。据此,本文在测算小麦主产区成本效率的基础上,分析农业机械化服务对小麦生产成本效率的影响,并从时间和空间维度论证农业机械投入及其跨区服务对小麦生产成本效率的贡献。这不仅为政府支农政策的制定提供理论依据,并且对促进农民增收亦具有重要的现实意义。

二、研究方法 with 数据来源

1. 研究方法

(1)粮食生产成本效率测算。现有研究中对于成本效率的测算主要有数据包络法(DEA)以及随机前沿方法(SFA)。 DEA 方法对于生产技术及其效率形式不做限制,容易忽略数据的随机扰动。相对而言, SFA 方法则事先设定函数形式和随机扰动项分布形式,能够更好地拟合农业生产中如气候条件、自然灾害等外生不确定因素的影响。这里参考陈琼^[21]的研究,使用 SFA 计算粮食生产成本效率。通过将 Battese 等^[22]的理论模式与实际问题相结合,设定小麦成本效率测算的经验模型如下:

$$\begin{aligned} \ln C_{it} = & \beta_0 + 1/2\varphi_{qq}(\ln q_{it})^2 + \varphi_q \ln q_{it} + \beta_l \ln p_{lit} + \beta_h \ln p_{hit} + \beta_j \ln p_{jit} + \\ & \beta_z \ln p_{zit} + 1/2\beta_{ll}(\ln p_{lit})^2 + 1/2\beta_{hh}(\ln p_{hit})^2 + 1/2\beta_{jj}(\ln p_{jit})^2 + \\ & 1/2\beta_{zz}(\ln p_{zit})^2 + \beta_{lh} \ln p_{lit} \ln p_{hit} + \beta_{lh} \ln p_{lit} \ln p_{hit} + \beta_{lj} \ln p_{lit} \ln p_{jit} + \\ & \beta_{lz} \ln p_{lit} \ln p_{zit} + \beta_{hj} \ln p_{hit} \ln p_{jit} + \beta_{hz} \ln p_{hit} \ln p_{zit} + \beta_{jz} \ln p_{jit} \ln p_{zit} + \\ & \beta_{ql} \ln q_{it} \ln p_{lit} + \beta_{ql} \ln q_{it} \ln p_{lit} + \beta_{qj} \ln q_{it} \ln p_{jit} + \beta_{qz} \ln q_{it} \ln p_{zit} + \\ & \theta_i t + 1/2\theta_{it} t^2 + \nu_{it} - u_{it} \end{aligned}$$

(1)

式(1)中, i 表示样本地区; t 表示时间; C_{it} 表示第 i 地区第 t 年小麦总生产成本; q_{it} 为第 i 地区第 t 年小麦单位面积产量; p_{lit} 、 p_{hit} 、 p_{jit} 及 p_{zit} 分别表示劳动力、化肥、机械与种子四种主要投入要素价格。时间因素 t 纳入回归,用以表示技术进步对粮食生产成本效率的影响。 ν_{it} 是随机误差项, u_{it} 为非负的成本非效率项,反映生产单位的成本浪费情况,将在下一步空间计量模型中充当被解释变量。

(2)粮食生产成本效率的空间自相关性。为避免空间计量模型的滥用,在空间回归之前进行空间自相关分析是十分必要的,因为空间自相关性是空间统计分析的重要前提。实际空间计量分析中,常用空间自相关 Moran' I 指数来判断是否存在空间关联。其计算公式为:

$$\text{Moran's } I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (Y_i - \bar{Y})(Y_j - \bar{Y})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}}$$

(2)

式(2)中, $S^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 / n$, $\bar{Y} = \sum_{i=1}^n Y_i / n$; Y_i 代表第 i 个区域的样本值,此处为小麦生产成本效率值或者农机总动力值; n 为观测单元总数,即 15 个小麦主产地区; W_{ij} 为空间权重矩阵, i 和 j 空间距离远近对空间关联特征具有差异性影响,因此可构建基于距离函数的空间矩阵,即假设 i 和 j 空间距离越近则相互影响越大,反之越小^[23]。本文采用省会城市 i 和省会城市 j 之间的交通时间的倒数来构建空间权重矩阵^①。

(3)空间杜宾模型。与传统计量模型相比,空间计量模型更加关注现实生活中广泛存在的空间依赖性^[24],打破了经典计量经济学模型关于样本相互独立的基本假设。空间面板模型(SAR)包含空间滞后变量(空间滞后模型 SLM)或者误差项服从空间自回归过程(空间误差模型 SEM)。 SLM 模型考虑的是某地区因变量依赖于邻近地区因变量, SEM 模型则假设空间效应来自于误差项,受未知因素影响^[25]。本文采用 LeSage 等^[24]构建的较 SLM 模型和 SEM 模型更具一般性的空间杜宾模型(SDM)。空间杜宾模型既具有同时考虑因变量和自变量空间相关性的优势,还能关注来自不同维度并作用于因变量的因素,因此能够更好地捕捉农业机械化的空间溢出效应。为检验空间计量模型(SLM 或 SEM)是否优于传统面板模型,需基于传统面板模型计算残差的拉格朗日乘数检验(LM)和

① 罗斯炫等的研究显示,公路基础设施的完善能够为农机跨区作业提供便利,促进机械自愿在区域间充分流动和合理配置^[29]。因此,以往研究大多采用两省会城市之间的欧式直线距离的倒数构建权重矩阵是不合理的,两地的交通便利程度会极大地影响农机跨区作业的实现程度,为了避免欧式直线距离造成的偏差,本研究选取省会城市间交通时间的倒数构建空间权重矩阵,交通时间由谷歌地图查询得到。

稳健拉格朗日乘数检验(robust-LM)。若拒绝原假设,则认为空间计量模型更适合数据描述,下一步检验 SDM 模型是否适用。SDM 模型形式如式(3):

$$y_{it} = \delta \sum_{j=1}^N w_{ij} y_{jt} + x'_{it} \beta + \sum_{j=1}^N w_{ij} x'_{jt} \theta + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it}$$

(3)

为检验 SDM 的适用性,需进行 Wald 检验,即检验两个假设条件:

$$H_0^1: \theta = 0$$

(4)

$$H_0^2: \theta + \delta \beta = 0$$

(5)

假设一和假设二分别用于判定 SDM 可否退化为 SLM 和 SEM,只有当两个假设同时被拒绝时,才能认为 SDM 是更加合适的模型。此外,空间效应、时间效应需运用 Hausman 检验来判定其是随机还是固定的形式。对于 SAR、SEM 和 SDM 固定效应模型中参数存在的偏误,这里根据 Lee 等^[26]提供的有偏修正 MLE 方法进行参数估计。

根据检验结果,本文的空间杜宾模型可设定如下:

$$\begin{aligned} ce_{it} = & \alpha_0 + \delta W \times ce_{it} + \alpha_1 \lnmec_{it} + \alpha_2 \lnold_{it} + \alpha_3 \lnroad_{it} + \alpha_4 \lnarea_{it} + \\ & \alpha_5 \lnai_{it} + \beta_1 W \times \lnmec_{it} + \beta_2 W \times \lnold_{it} + \beta_3 W \times \lnroad_{it} + \\ & \beta_4 W \times \lnarea_{it} + \beta_5 W \times \lnai_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \end{aligned}$$

(6)

式(6)中, ce_{it} 为被解释变量,表示*i*地区*t*年度小麦生产成本效率值, $\lnmec_{it}$ 为解释变量,表示*i*地区*t*年度农业机械总动力值,为了消去量纲的影响,这里对各解释变量进行取对数处理。 $W \times ce_{it}$ 和 $W \times \lnmec_{it}$ 分别为被解释变量和解释变量的空间滞后项,由变量与空间权重矩阵相乘得到。此外,本文从农业发展条件和社会经济环境两方面分别选取各地区劳动力老龄化比例、小麦播种面积和等级公路里程数、第一产业增加值占比等作为控制变量。 ε 是随机扰动项。

2.数据来源及变量说明

考虑到中国各地区小麦播种面积和产量的差异以及数据可获性,这里选取河北、山西、内蒙古、黑龙江、江苏、安徽、山东、河南、湖北、四川、云南、陕西、甘肃、宁夏、新疆 15 个省或自治区 1994—2016 年面板数据作为研究样本。文中所用数据来自于历年《全国农产品成本收益资料汇编》《中国统计年鉴》《中国农村统计年鉴》等。

小麦生产成本效率(ce)。本文采用超越对数形式的 SFA 方法进行分析,将每个地区视为一个决策单元。小麦单位面积产量为被解释变量,考虑劳动力、化肥、机械、种子四种主要生产要素投入^①。这里,参考 Napasintuwong 等^[27]的处理方法,以单位面积日用工费用代理劳动力价格,并采用农村居民消费价格指数进行平减;以单位面积化肥费用与化肥折纯量之比代理化肥价格,并采用化肥价格指数进行平减;以单位面积种子费用与种子用量之比代理种子价格,并用其价格指数进行平减。考虑到机械投入数量的数据可获性问题,这里借鉴林善浪等^[28]的做法,采用机械农具价格指数代理机械价格。文中所涉及的价格指数均以 1993 年为基期进行折算。

农业机械化水平(mec)。现有文献通常选取“农机总动力值”和“耕种收综合机械化率”两种指标来衡量农业机械化发展水平,考虑到本文研究的是农机跨区作业的空间效应问题,因此这里的农业机械化水平实际上指的是各地区农业机械储备量,“耕种收综合机械化率”等其他指标无法满足本文研究对象的特点,用“农机总动力值”表征最为合理。另外,由于年鉴中缺乏对小麦农机总动力值的单独统计,因此,这里将采用小麦种植面积与农作物总种植面积之比来对农机总动力值进行折算,并将其作为小麦生产农业机械化水平的代理变量。

① 首先,实际调查中发现小麦生产农机操作中存在因农户不法监管造成的浪费现象,导致小麦单位面积产量因未考虑农机浪费损失而偏低,但这种偏低程度较小,且是系统性的,对本文主要研究目的的实现影响不大。其次,小麦生产成本是总成本的主要部分,占比近 80%,主要由物质服务费用与人工成本组成,而物质与服务费用主要由种子费、化肥费以及机械作业费构成^[30],据此,结合前人的研究和小麦生产成本构成实际,选取劳动力、化肥、机械、种子四种主要生产要素来对小麦生产成本效率进行测算。

控制变量。本文从地区生产条件和社会经济环境两方面考虑控制变量。地区生产条件方面,使用农村老龄人口比重、小麦种植面积以及等级公路里程数等 3 个控制变量;社会经济环境方面引入第一产业增加值比重这一变量控制地区农业综合发展水平。

上述变量的定义与描述性统计详见表 1。

表 1 变量定义与描述性统计

变量	定义	均值	标准差
成本函数			
生产总成本(C)	单位面积小麦生产总成本/(元/千公顷)	192.41	53.88
小麦产量(q)	单位面积小麦总产量/(千克/千公顷)	308.61	77.01
劳动力价格(p_l)	单位面积劳动力费用/用工数量/(元/日)	13.76	11.24
化肥价格(p_h)	单位面积化肥费用/化肥折纯用量/(元/千克)	2.1	0.27
机械价格(p_j)	机械农具价格指数	43.71	31.27
种子价格(p_z)	单位面积种子费用/种子用量/(元/千克)	1.33	0.29
农业机械化水平(mec)	农业机械总动力值/万千瓦时	851.05	1 050.21
控制变量			
老龄化(old)	农村 65 岁及以上人口/15~64 岁人口/%	11.86	3.82
种植面积($area$)	小麦种植面积/万公顷	159.34	130.66
等级公路里程($road$)	等级公路里程数/万公里	11.16	7.21
第一产业增加值比重(ai)	第一产业增加值/地区生产总值	15.96	5.97

三、结果与分析

1.小麦生产成本效率的测算结果分析

随机前沿成本函数的估计结果如表 2 所示,根据变差率 γ 可判断非效率项的影响是否存在,若变差率为 0,则说明实际成本与前沿成本的偏差仅由随机误差项决定,反之,若越接近于 1,则说明该偏差受成本非效率项的影响程度越大。估计结果显示,成本函数变差率为 0.942,说明成本非效率项对成本效率的影响远大于随机误差项。这一结果表明,我国各地区小麦成本差别主要是成本效率损失造成的。表 3 所示为小麦生产成本效率情况,由于篇幅限制,此处仅列出全国层面数据。从样本地区效率值来看,可发现 1994—2016 年各省或自治区小麦生产成本效率整体平均值为 0.827,可见中国小麦生产成本效率整体处于较高水平,但仍存在 17.3%左右的效率损失。从小麦生产成本效率的总体发展走势来看,虽然波动幅度较小,但依然呈现逐年递减的趋势,恰好与我国日益增加的粮食生产成本相契合。这可能是由于当前农业政策多以增产为导向,而缺乏对粮食生产成本效率的关注,因而出现实际生产过程中的资源利用低效的问题。此外,小麦生产成本效率最低值为 2016 年甘肃省(0.729),最高值为 1994 年黑龙江省(0.902),从小麦成本效率最高和最低值出现的省份可以看出,在其他生产要素同质的情况下,两地区地形地貌条件的差别导致的农业机械化程度的差异可能是导致成本效率不同的原因之一。因此,接下来本研究将着重分析农业机械化对中国小麦生产成本效率的影响。

表 2 随机前沿成本函数模型估计结果

变量	系数值	标准误
$\ln p_l$	1.549 ***	0.328
$\ln p_h$	-0.242	0.699
$\ln p_j$	-0.909 **	0.352
$(\ln p_l)^2$	0.048 *	0.025
$(\ln p_h)^2$	0.063	0.063
$(\ln p_j)^2$	0.004	0.014
$\ln p_l \times \ln p_h$	-0.102 *	0.052
$\ln p_l \times \ln p_j$	-0.060	0.036
$\ln p_h \times \ln p_j$	0.087 *	0.045
$\ln q$	0.222	0.934
$(\ln q)^2$	-0.030	0.090
$\ln q \times \ln p_l$	-0.179 ***	0.058
$\ln q \times \ln p_j$	0.173 **	0.068
$\ln q \times \ln p_h$	0.082	0.127
t	-0.383 **	0.171
t^2	-0.016 ***	0.003
$cons$	-6.297	5.653
σ^2	0.122	0.046
γ	0.942	0.022
Log likelihood	326.663	

注:(1)*、**、*** 分别表示变量在 10%、5%和 1%水平上显著;下同。(2)为避免解释变量数量过多造成统计效率降低,本研究使用其他要素与种子的相对价格来代替单一要素价格。

2.农业机械化对小麦成本效率空间溢出效应实证

表 3 小麦成本效率样本平均值

结果分析

实际中,进行空间计量模型估计之前可通过 Moran's I 指数值初步判断因变量及自变量是否存在空间相关性,Moran's I 指数的取值范围是 $[-1,1]$,大于 0 表明空间正相关,小于 0 为空间负相关,等于 0 则不相关。检验结果显示,样本时间段内小麦生产成本效率和农业机械化水平的 Moran's I 指数均为正,分别在 0.06 和 0.1 水平上下浮动,并且由 P 值可知二者均在 5%显著性水平上通过检验,可初步判断因变量小麦生产成本效率与自变量农业机械化水平在各省域间存在一定空间关联及依赖特征。因此,研究农业机械化水平对小麦生产成本效率的影响不可忽视地理空间效应在相邻省域之间产生的溢出效应。此外,判定空间计量模型优越性的拉格朗日乘数检验(LM)和稳健拉格朗日乘数检验(Robust-LM)的检验结果如表 4 所示,四种模型回归结果均在 1%置信水平上通过检验,可以证明 SLM 和 SEM 模型同时成立,空间面板模型相对于非空间模型更适合数据描述,可以构建空间杜宾模型进行估计。

表 4 LM 检验结果

	混合回归模型	空间固定效应模型	时间固定效应模型	空间和时间双固定模型
LM spatial lag	42.973***	541.456***	8.511***	17.292***
Robust-LM spatial lag	33.654***	216.873***	62.684***	21.743***
LM spatial error	218.288***	374.786***	21.485***	42.080***
Robust-LM spatial error	208.970***	50.203***	75.658***	49.531***

通过 Hausman 检验结果确定,本研究采用空间和时间固定效应回归模型,并根据 Lee^[26] 的建议,采用 MLE 估计方法进行参数的有偏修正,估计结果如表 5 所示。从 R^2 和似然比的结果值来看,模型拟合效果较好。而判断空间杜宾模型是否可以简化为 SLM 或 SEM 的 Wald 检验和 LR 检验也显示:Wald-lag 和 LR-lag 的值分别为 175.84 和 159.09,均在 1%置信水平下通过检验,可以拒绝原假设 $\theta=0$,即式(4);同理,Wald-error 和 LR-error 也在 1%置信水平拒绝 $\theta+\delta\beta=0$ 的假设,即式(5),故本研究的空间杜宾模型不可简化为 SLM 或 SEM 模型。

表 5 SDM 模型估计及检验结果

变量	模型 1		模型 2		模型 3	
	系数	t 值	系数	t 值	系数	t 值
$W \times ce$	0.437***	6.428	-0.132	-1.038	0.969***	188.242
$\ln mec$	0.100***	3.948	0.111***	4.595	0.025	0.925
$\ln old$	-0.054**	-2.011	0.062***	2.741	0.185***	3.333
$\ln road$	0.046***	2.998	0.067***	5.484	-0.011	-0.581
$\ln area$	-0.225***	-8.289	-0.015	-0.561	-0.091**	-2.432
$\ln ai$	0.200***	11.941	0.003	0.021	0.256***	5.818
$W \times \ln mec$	0.345**	2.243	0.173**	2.259	0.060	1.441
$W \times \ln old$	0.0583	0.439	0.161**	2.005	0.328***	4.221
$W \times \ln road$	0.313***	3.637	0.257***	5.916	0.040*	1.878
$W \times \ln area$	0.859***	5.792	0.193**	2.185	0.153**	2.430
$W \times \ln ai$	0.350**	2.572	0.053	1.045	-0.284***	-3.803
R^2	0.675		0.792		0.891	
似然比	657.314		436.464		100.481	
Wald-lag	175.853***		222.998***		204.778***	
LR-lag	159.094***		132.231***		159.094***	
Wald-error	142.178***		169.675***		172.628***	
LR-error	131.893***		122.514***		131.893***	

为比较不同区域间农业机械化服务对小麦生产成本效率的影响差异,这里分别对总体样本,以及

沿纬度和沿经度的部分省份进行回归分析。模型 1 表示总体样本的回归结果,模型 2 表示经度位置相近的安徽、河南、山东、河北四省回归结果,模型 3 则表示纬度位置相近的四川、湖北、安徽、江苏四省。模型 1 的实证结果表明,农业机械化水平、农业生产条件及社会经济环境等因素均显著影响小麦生产成本效率。农业机械化水平不仅对当地的小麦生产成本效率具有积极影响,用来衡量其空间溢出效应的空间滞后项 $W \times \ln mec$ 的系数也显著为正,说明农业机械化对周边地区的小麦生产成本效率也具有积极的正面效应,能够发挥降本增效的经济效益。需要注意的是,各自变量对小麦生产成本效率的直接效应、空间溢出效应以及总效应大小需要通过偏微分求解方法计算得到(见表 6)。由表 6 结果可知,农业机械化对小麦生产成本效率的直接影响弹性为 0.078,空间溢出效应方面的间接影响弹性为 0.524,可见农机跨区作业的空间溢出效应贡献更大,农机作业的服务对象主要是周边地区。下面,本研究将从农业机械化作业的空间维度和时间维度深挖其空间溢出效应的作用规律。

表 6 各自变量的直接效应、间接效应和总效应(总样本)

	直接效应		间接效应		总效应	
	系数	<i>t</i> 值	系数	<i>t</i> 值	系数	<i>t</i> 值
$\ln mec$	0.078**	2.409	0.524*	1.882	0.602	1.472
$\ln old$	-0.050	-1.635	0.070	0.287	0.019	0.074
$\ln road$	0.069***	3.802	0.572***	3.402	0.642***	3.570
$\ln area$	-0.171***	-5.141	1.315***	4.483	1.143***	3.620
$\ln ai$	0.230***	10.097	0.750**	2.900	0.981***	3.558

(1)空间维度。表 5 中模型 2 和模型 3 分别显示经度相近四省和纬度相近四省的回归结果,对比发现,经度相近省份之间,农业机械化对小麦生产成本效率的影响十分显著,且空间滞后项 $W \times \ln mec$ 也显著为正。农业机械化的直接影响弹性与间接影响弹性分别为 0.106 和 0.146(见表 7),空间溢出效应占其总效应 58.16%。相较而言,纬度相近省份的农机作业对本区域以及周边地区小麦生产成本效率均不显著,且农业机械化服务对小麦生产成本效率的空间溢出效应在统计上也不显著。正好验证中国农机作业跨纬度而行的现实特征。

中国农业机械化跨区服务主要是利用区域间作物生长周期的差异性,把握不同地区相同生产环节的时间差展开服务。所以这种跨区服务通常是在经度相近的地区之间展开,通过不同纬度之间的作物生长的时间间隔实现更大面积的作业,最终实现农机购置和使用费用更大规模的分摊,进一步降低农机使用成本,提高成本效率。因此,从空间维度上看,农业机械化服务沿经度作业比沿纬度作业对小麦生产成本效率的空间溢出效应更显著。

表 7 农业机械化对小麦成本效率直接效应、间接效应和总效应(空间维度)

	直接效应		间接效应		总效应	
	系数	<i>t</i> 值	系数	<i>t</i> 值	系数	<i>t</i> 值
经度相近四省	0.106***	4.758	0.146*	2.122	0.251**	2.845
纬度相近四省	0.058**	2.659	0.139	1.877	0.197*	2.188

(2)时间维度。为深入探究农业机械化空间溢出效应在时间维度上的分布规律,本研究将样本数据划分为 1994—2004 年和 2005—2016 年两个时间段。2004 年国家颁布实施《中华人民共和国农业机械化促进法》,这是中国第一部关于农业机械化的法律,农机社会化服务也得到国家法律认可。同年,财政部、农业部共同启动实施农机具购置补贴政策,为农业机械化发展增添了发展动力。此后,不管是农机储备量还是农机化服务人员数量都开始快速增长。因此,2004 年是中国农业机械化发展的关键节点,是农业机械化道路由初步形成迈向发展深化的重要转折。2004 年前后,农业机械化对小麦生产成本效率的直接效应、间接效应和总效应回归结果也正与这一发展历程相契合。2004 年以前,农业机械化不仅无显著的空间溢出效应,并且对本区域小麦生产成本效率也表现出显著的负向影

响,说明劳动力价格相对低廉,农机服务的使用并不能降低小麦生产成本效率,反而加剧成本效率损失。而 2004 年后,农业机械化对小麦生产成本效率的直接效应与间接效应均显著为正,正说明在国家立法和农机补贴政策的双重推动下,农业机械化降本增效的经济效应逐渐凸显,也证明了国家支持农业机械化发展政策的正确性(见表 8)。

表 8 农业机械化对小麦成本效率直接效应、间接效应和总效应(时间维度)

	直接效应		间接效应		总效应	
	系数	t 值	系数	t 值	系数	t 值
1994—2004	−0.106***	−5.197	−0.091	−0.836	−0.197	−1.623
2005—2016	0.211***	6.934	0.428***	3.221	0.639***	4.112

四、结论与建议

本研究选取 1994—2016 年中国 15 个小麦主产省份面板数据为样本,基于超越对数随机前沿成本函数测算小麦生产成本效率,继而采用空间杜宾模型从直接效应和空间溢出效应两方面实证研究农业机械化对粮食生产成本效率的影响。研究表明:第一,整体而言,我国小麦生产成本效率处于较高水平,但从总平均值来看,仍有 17.3%的效率损失,说明小麦生产过程中存在一定程度的资源浪费或资源利用率低的情况。第二,农业机械化对小麦生产成本效率具有正向促进作用,并且农机生产性服务通过跨区作业的形式还将对周边地区小麦生产成本效率产生有利影响。第三,从空间分布来看,农业机械化的空间溢出效应主要体现在沿经度作业,沿纬度作业的空间溢出效应则不显著。第四,从时间维度来看,2004 年前后农业机械化对小麦生产成本效率的影响具有显著差异,2004 年后农机作业的空间溢出效应更加明显,说明政府政策支持对此发挥明显作用。

基于上述结论,提出如下建议:(1)国家应继续在农机购置补贴、农机深松整地补助、全程机械化示范等政策上加大补贴力度,且农机补贴应向具有较强能力的经营服务主体予以倾斜,提高资源利用效率,为农户提供更低成本、更高质量的农机服务。(2)积极推动农业机械作业信息平台建设,在全国推广使用“农机跨区作业直通车”“全国农机化生产信息服务平台”等信息系统,实现农机服务组织与小农户之间农机服务供求信息的有效对接,加强各区域的协调与合作,实现区域间农业机械资源的合理流动和科学调配。(3)考虑到农业机械沿经度作业的经济效益,农作物种植的区域专业化可呈纬度差异化布局,有助于农机社会化服务市场的培育,也更有利于将小农生产引入现代农业的发展轨道。

参 考 文 献

[1] 蔡昉.人口转变、人口红利与刘易斯转折点[J].经济研究,2010,45(4):4-13.

[2] 盖庆恩,朱喜,史清华.劳动力转移对中国农业生产的影响[J].经济学(季刊),2014,13(3):1147-1170.

[3] 孔祥智,周振,路玉彬.我国农业机械化道路探索与政策建议[J].经济纵横,2015(7):65-72.

[4] 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.

[5] 中华人民共和国农业部.中国农业机械化年鉴[M].北京:中国农业科学技术出版社,2017.

[6] 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.

[7] 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.

[8] GAUTAM M,NAGARAJAN H K,PRADHAN K C. Technical,economic and allocative efficiency and its determinants of Indian agricultural farmers using ARIS/REDS panel data[R].New Delhi:NCAER working papers on decentralisation and rural governance in India,December,2012.

[9] THATH R. Factors affecting cost efficiency of Cambodian rice farming households[J]. Forum of international development studies,2014,45(2):18-38.

[10] SANUSI S M,SINGH I. Empirical analysis of economies of scale and cost efficiency of small-scale maize production in Niger State,Nigeria[J]. Indian journal of economics and development,2016,12(1):55-64.

[11] 杨浩然,刘悦.中国小麦和苹果生产的成本效率分析[J].农业经济问题,2016,37(1):16-25,110.

[12] 刘强,刘琦,杨万江.农户土地经营规模对我国水稻生产成本效率的影响分析[J].中国农业大学学报,2017,22(4):153-161.

[13] 刘强,杨万江,孟华兵.农业生产性服务对我国粮食生产成本效率的影响分析——以水稻产业为例[J].农业现代化研究,2017,38(1):8-14.

[14] 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.

[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] 黄玛兰,李晓云,游良志.农业机械与农业劳动力投入对粮食产出的影响及其替代弹性[J].华中农业大学学报(社会科学版), 2018(2):37-45,156.

[17] 胡伟,张正河.农机服务对小麦生产技术效率有影响吗? [J].中国农村经济,2018(5):68-83.

[18] 张露,罗必良.小农生产如何融入现代农业发展轨道? ——来自中国小麦主产区的经验证据[J].经济研究,2018,53(12):144-160.

[19] 蔡键,唐忠.华北平原农业机械化发展及其服务市场形成[J].改革,2016(10):65-72.

[20] 孙新华.农业经营主体:类型比较与路径选择——以全员生产效率为中心[J].经济与管理研究,2013(12):59-66.

[21] 陈琼,李瑾,王济民.基于 SFA 的中国肉鸡养殖业成本效率分析[J].农业技术经济,2014(7):68-78.

[22] BATTESE G E,COELLI T J,Frontier production functions,technical efficiency and panel data:with application to paddy farmers in India [J]. Journal of productivity analysis,1992(3):153-169.

[23] PARENT O,LESAGE J P. Using the variance structure of the conditional autoregressive spatial specification to model knowledge spillovers [J]. Journal of applied econometrics,2008 (2):235-256.

[24] LESAGE J,PACE R K. Introduction to spatial econometrics [M]. New York:CRC Press,2009:27-41.

[25] ELHORST J P. Applied spatial econometrics:raising the bar [J]. Spatial economic analysis,2010,5(1):9-28.

[26] LEE L F,YU J. Estimation of spatial autoregressive panel data models with fixed effects [J]. Journal of econometrics,2010 (2): 165-185.

[27] NAPASINTUWANG O,EMERSON R D. Institutional and socioeconomic model of farm mechanization and foreign workers[C]. Providence,Rhode Island:American agricultural economics association annual meeting,July,2005.

[28] 林善浪,叶炜,张丽华.农村劳动力转移有利于农业机械化发展吗——基于改进的超越对数成本函数的分析[J].农业技术经济, 2017(7):4-17.

[29] 罗斯炫,何可,张俊飏.修路能否促进农业增长? ——基于农机跨区作业视角的分析[J].中国农村经济,2018(6):67-83.

[30] 邓大才.我国粮食生产成本的结构演化及发展趋势[J].中州学刊,2008(4):25-28.

(责任编辑:毛成兴)