



徐霞,耿献辉,吕杰,尹冠球. 农机投入结构优化对农业产出的影响机制——基于东北三省粮食种植户的实证分析[J]. 中国农业大学学报, 2026, 31(03): 320-333.

XU Xia, GENG Xianhui, LYU Jie, YIN Guanqiu. Impact mechanism of optimized agricultural machinery input structure on agricultural output: An empirical analysis from grain farmers in Northeast China[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2026, 31(03): 320-333.

DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2026.03.25

农机投入结构优化对农业产出的影响机制 ——基于东北三省粮食种植户的实证分析

徐霞¹ 耿献辉¹ 吕杰² 尹冠球^{2*}

(1. 南京农业大学 经济管理学院 南京 210095;

2. 沈阳农业大学 经济管理学院 沈阳 110866)

摘要 针对农业劳动力成本攀升与土地资源约束趋紧的现实问题,基于2023年我国东北三省1526户粮食种植户调查数据,构建“农机投入结构—要素重组—农业产出”的理论框架,采用连续型农机投入结构指数(农机外包服务投入占比)嵌入超越对数生产函数,并引入三阶交互项,实证分析农机投入结构对农业产出的影响及其机制。结果表明:1)农机投入结构显著促进粮食产量提升,主要采用土地扩张与劳动力替代效应实现;2)高质量农机外包服务及联合购买模式显著增强了农机投入结构的增产作用;3)异质性分析表明,农机投入结构对小规模农户和兼业农户的粮食产量促进效果更为显著。基于研究结果提出如下政策建议:推动农机补贴从购置补贴向应用补贴转型,提升农机外包服务质量,推广联合购买模式,并加强对小规模及兼业农户的支持,为服务规模经营与土地规模经营的协同推进提供实践路径。

关键词 农机投入结构;超越对数生产函数;要素配置;粮食产量

中图分类号 S232.6

文章编号 1007-4333(2026)03-0320-14

文献标志码 A

Impact mechanism of optimized agricultural machinery input structure on agricultural output: An empirical analysis from grain farmers in Northeast China

XU Xia¹, GENG Xianhui¹, LYU Jie², YIN Guanqiu^{2*}

(1. College of Economics and Management, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;

2. College of Economics and Management, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China)

Abstract To clarify how the rising cost of agricultural labor and tightening land constraints impact the choice of mechanization pathways, the survey data from 1 526 grain-producing households in the three northeastern provinces of China on 2023 are employed to build a “agricultural machinery input structure-factor reallocation-grain output” framework. Continuous agricultural machinery input structure index (share of outsourced machinery services) is embedded in a translog production function, and third-order interaction terms are introduced to empirically analyze the impact of agricultural machinery input structure on grain output and its underlying mechanism. The results show that: 1) Agricultural machinery input structure significantly raises grain output, mainly through land expansion and labor-substitution effects; 2) High quality outsourced machinery services and

收稿日期: 2025-07-08;接受日期: 2025-11-15

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(72373101);国家社会科学重大项目(22&ZD083);教育部人文社会科学研究青年项目(23YJC790177)

第一作者: 徐霞(ORCID:0000-0001-6916-532X),博士研究生,E-mail:xuxia20212021@163.com

通讯作者: 尹冠球(ORCID:0000-0002-5127-5982),副教授,博士,主要从事农业要素配置与效率研究,E-mail:gloriaquiu@syau.edu.cn

joint purchase models markedly enhance the yield-boosting effect of agricultural machinery input structure; 3) Heterogeneity analyses reveal that the positive effect of agricultural machinery input structure on grain output is more pronounced for small-scale and part-time farmers. Based on the findings, the following policy suggestions are put forward: the government should shift machinery subsidies from purchase-oriented to application-oriented support, improve the quality of outsourced machinery services, promote joint purchase models, and pay special attention to assisting small-scale and part-time farmers, thereby providing a practical pathway for the coordinated advancement of service scale and land scale farming.

Keywords agricultural machinery input structure; translog production function; factor allocation; grain output

农业增产增效是应对资源环境约束、实现粮食安全战略的核心命题。在人口红利消退与农业劳动力机会成本攀升的背景下,农业机械化作为资本深化与技术渗透的关键载体,已成为重构农业生产要素配置的核心动力^[1]。近年来,在政府大力支持下,农业机械化快速发展,2000—2023年我国农业机械总动力年均增长率为3.41%^[2]。2023年全国农作物耕种收综合机械化率达74.3%,其中,小麦、水稻、玉米三大主粮基本实现机械化,分别达到97.81%、88.03%、91.67%^[3]。现有研究充分肯定了机械化在农业增产、增收、增效方面的积极作用^[4-6]。相比小型农机,大型农机的作业效率更高,经济效果更好^[7]。然而,宏观层面的分析无法辨析农机投入结构的异质性效果。自购农机与外包服务在要素配置逻辑上存在显著差异^[8],且小农经济背景下土地细碎化与机械化需求的适配矛盾日益凸显。揭示农机投入结构对农业产出的作用机制,不仅是优化农机政策的关键理论依据,更是实现小农户与现代农业有机衔接的实践亟需。

农户机械投入决策受到家庭禀赋与制度环境的双重约束。在家庭禀赋维度,土地经营不足引致的农机固定成本分摊困境,驱使小农户采用外包服务实现农机要素投入^[9],而非农就业带来的劳动力机会成本上升,进一步强化其对农机社会化服务的路径依赖^[10]。在制度环境维度,农地确权政策强化农户外包服务偏好^[8];农机购置补贴则采用“价格效应”与“溢出效应”双重渠道,既降低农户自购农机的边际成本,又扩大服务市场的供给规模^[11]。值得注意的是,2类机械投入方式并非互斥:已有研究表明未购买外包服务而全部由自己完成机械作业的家庭农场占比不到一半,大部分同时采纳了农机外包服务^[8],印证了威廉姆森关于资产专用性与合约多样性的理论预期^[12]。这种互补性特征是构成我国服务规模经营与土地规模经营二元协同的微观

基础^[13],并发挥分工整合效应促进农户收入提升^[14-15]。

发展市场化农机外包服务是破解“人多地少”资源禀赋约束的帕累托最优解^[16]。新结构经济学框架下,农机外包服务的规模化供给采用要素替代弹性提升与技术扩散效应,为小农户衔接现代农业提供了低成本的转型路径,因而成为政策设计与学术研究的焦点。从政策演进视角看,我国农业规模经营发展已从单一“土地规模导向”转向“服务规模经营主导、多元形式并存”的新范式^[17]。已有研究围绕农机外包服务的经济与环境效应展开了多维探讨。经济效应层面,农机外包服务可使生产效率提升、粮食增产、农户收入提高^[4-6]。环境效应层面,农机外包服务采用精准施肥、秸秆还田等方式减少碳排放^[18-19]。值得关注的是,近年研究逐步揭示机械投入方式的异质性效应。已有研究发现外包服务与自购农机虽均促进土地规模扩张,但前者采用劳动力替代实现规模经济,后者则依赖劳动力补偿从而形成“锁定效应”^[20];进一步研究表明,农机外包服务释放家庭劳动力非农转移,可提高兼业收入,而自购农机因资产专用性约束,对收入结构的优化效果不显著^[21]。这些发现表明,不同的机械投入方式可能对农业生产存在异质性影响效果。已有研究提供了有益启示,但存在以下局限:1)研究视角割裂,宏观研究忽视农机投入方式异质性,微观分析偏重对购买服务的单一效果评价,未能充分解析农机投入结构对农业生产的影响。2)测度方法存在局限,现有文献多采用二元选择变量(如“是否购买服务”)或离散型分类变量(如“全部自购或部分外包”)^[20-21]。此类方法难以量化农机投入结构连续的变化,导致异质性路径的量化评估存在系统性偏差。3)机制解析不足,尽管已有研究关注到机械对劳动力替代或土地规模扩张的独立影响,却缺乏对要素配置作用的系统性考察。

基于此,本研究构建“农机投入结构—要素重组—农业产出”的理论框架,选取我国东北三省1526户粮食种植户为样本,采用超越对数生产函数进行实证回归分析,阐明农机投入结构对农业生产的影响程度及其作用机制,以期为推动农业机械化发展和优化农机政策设计提供科学依据与实践参考。

1 理论分析与研究假说

1.1 农机投入结构增产效应与要素交互作用机理

分工经济理论表明,分工深化是经济增长的根源。与自购农机所形成的“内部规模经济”相比,农机外包服务采用纵向分工将农户纳入社会化生产网络,形成外部“服务规模经济”。农机投入结构采用以下2条路径影响粮食产量:在技术效率提升路径方面,农机外包服务主体凭借规模经济和技术专业化,引入先进农机装备与精准作业技术,降低单位产出的边际成本^[1,22],其作业效率显著高于自购农机^[7]。在要素配置优化机制方面,农机投入结构借助非线性交互效应,重构劳动力、土地、化肥要素组合,形成具有增产效应的协同路径。

农业机械化采用资本对劳动的替代降低劳动力需求。然而,自购农机与外包服务对劳动力要素投入的影响存在差异。自购农机因操作仍依赖家庭劳动力,其替代效应主要体现在辅助性环节,仅能部分替代老人、妇女等低效率劳动力。相比之下,外包服务依托大型农机具有更高的替代弹性^[23],能够实现劳动力全面替代,释放青壮年劳动力进行非农转移^[21],并直接减少单位产量所需的劳动力投入^[24]。

土地规模与机械容量的匹配度是提高农机作业效率的前提。资产专用性理论强调,农机资产因专用性强而具有不可分割性,难以实现与土地的最优配置,进而造成资源闲置与效率损失。与之相反,外包服务依托成本分摊机制和外部规模经济,可使土地与农机达到最佳适配状态。具体而言,机械维修与折旧费用由多户共同承担,单户固定成本随之下降,资本约束得以突破,土地经营规模扩张至最优水平^[25]。服务组织将分散地块整合为连片作业区,减少农机空转与搬运损耗,保障作业效率。小农户采用外包服务分享外部规模经济收益,单产得以提升。

机械化作业采用精准变量施肥技术保证施肥均匀性,提高化肥施用深度及利用效率^[17]。机械配施化肥还能实现定时、定量精准施肥,从而减少单位面积施用量。相比自购农机,购买服务在减少化肥投入方面具有双重优势:1)技术优势。服务组织凭借专业化的农机装备,掌握精准施肥技术,并以技术溢出促进科学施肥^[26]。2)要素市场整合。服务组织集中采购有机肥、生物农药等高效率生产要素,提升化学品利用率,降低单位产出的污染排放强度^[27]。已有研究表明,机械化的化肥减施效果主要源于外包服务^[28]。然而,值得注意的是,这一正向效应并非无条件成立。高效机械化施肥可能诱发“回弹效应”,出现“杰文斯悖论”,即边际成本下降刺激需求增加。此外,在信息不对称情形下,农机外包服务主体可能增加化肥用量补贴固定成本,进一步推高施用量^[29]。由此可见,农机外包服务对化肥投入的影响具有双重性。一方面,技术溢出效应通常发挥正向作用。服务组织依托专业化机械装备和规范操作,掌握精准变量施肥与深施技术,在施肥均匀性、入土深度以及养分利用率方面优势明显。这种技术扩散可以改善小农户施肥方式,推动科学施肥和绿色生产普及。在耕地质量较好、农户教育水平较高、绿色生产政策激励较强的地区,技术溢出效果更明显,能够有效减少化肥使用量并降低面源污染。另一方面,回弹效应则可能削弱甚至逆转上述正向作用。高效机械化施肥显著降低施肥的边际成本,农户在追求短期产量最大化时,易增加化肥施用量,导致整体用量不降反升。尤其是在土地碎片化严重、农户存在“重产量轻环境”偏好的地区,回弹效应往往更为突出。此外,信息不对称可能放大这种现象:服务组织为分摊固定成本,可能在作业中提高化肥用量,加剧过量施肥的问题。因此,农机外包服务与化肥减量之间的关系并非一致,而是取决于制度环境、市场成熟度以及农户特征等多重因素。

基于此,提出假说1:农机投入结构能够显著提升农业产出。

假说1a:农机外包服务投入的增加能够显著减少劳动力要素投入。

假说1b:农机外包服务投入的增加能够显著增加土地要素投入。

假说1c:因技术溢出和回弹效应的反向作用效

果,农机外包服务投入对化肥要素的影响不确定。

1.2 服务质量与联合购买模式的异质性作用机理

服务质量会影响农机投入结构的增产效果。农机外包服务的本质是委托代理关系,其核心特征是信息不对称。代理人的机会主义行为与委托人监督困难直接影响服务质量。具体而言,农机外包服务主体可能采取降低作业精度(如浅耕、浅施)、缩短作业时间等粗放行为,以此追求利润最大化^[30],并最终导致单产下降。此外,农户因技术知识匮乏与监督成本高昂,难以有效约束代理人行为,从而放大了机会主义行为的潜在风险^[31]。因此,不同的服务主体所提供服务并非同质,高质量的服务能够更有效地提升农业产出水平。

基于此,提出假说2:高的服务质量更有利于农机投入结构发挥增产效果。

联合购买模式可以突破土地细碎化约束,进而增加粮食产量。小规模土地的分散性导致大型农机需要频繁转移和调整,增加了作业时间和设备磨损^[32]。相邻地块农户委托同一服务主体开展连片机械作业,机械作业效率随之显著提高,农机外包服务的单位成本相应降低。同时,规模化连片土地更有利于大型农机装备的进场,也利于先进生产技术的推广应用,从而提升农业生产效率,并增加粮食产量。总之,服务联合购买模式能够有效缓解单个农户经营规模小、土地细碎带来的禀赋约束,提升农业产出。

基于此,提出假说3:服务联合购买模式更有利于农机投入结构发挥增产效果。

2 研究设计

2.1 数据来源

本研究数据来源于2023年7—9月在辽宁、吉林、黑龙江3省开展的实地调查,调查对象为水稻和玉米种植户。项目组采用分层随机抽样方法,共选取了22个县(区),涵盖黑龙江、吉林、辽宁3省的多个重点农业区域。在每个县(区)随机抽取2或3个乡镇,每个乡镇再抽取2或3个村,最终在每个村随机选择约15户种植农户。调查以“一对一”访谈形式完成问卷填写,内容涉及农户基本信息、家庭情况和农业生产经营情况。同时,项目组对村干部进行访谈,了解村庄土地、劳动力及产业发展情况。本次调查共收集1 879份问卷,剔除全程托管、数据

缺失及异常值样本后,最终获得有效问卷1 526份。

2.2 变量选取

本研究所涉及主要变量的描述性统计结果见表1。

1)产出变量。本研究以农户家庭年粮食产量作为因变量,统计水稻和玉米两种作物的农户家庭年产量。

2)投入变量。生产函数中的投入要素包括机械、劳动力、土地与化肥。机械投入用机械总费用衡量,涵盖农机外包服务费用及自家机械折旧费用,后者参照相关文献方法测算^[33];劳动力投入为农业生产过程中自家劳动力与雇佣劳动力投入的总工时;土地投入以农户家庭实际经营的耕地面积表示,计算方式为家庭承包地面积加上转入土地面积并减去转出土地面积;化肥投入以折纯量指标衡量。

3)核心自变量。本研究的核心自变量为农机投入结构,其定义为农机外包服务费用占机械投入费用的比值。该指标不仅反映农户在机械使用上的投入规模,还揭示其在“自有机械—外包服务”之间的投入方式选择,体现农户对农机外包服务的依赖程度。与机械投入这一总量变量相比,农机投入结构更能揭示农机投入方式差异对产出的影响,因此为本研究重点考察的核心变量。

4)控制变量。参考已有研究^[21,24],引入个体特征、家庭特征、生产经营特征和外部环境特征作为控制变量。

2.3 模型构建

随机前沿生产函数能够精确量化各投入要素对产出的具体影响,并且能够捕捉要素之间潜在的非线性关系。因此,本研究选择随机前沿生产函数中的超越对数生产函数作为基准模型。该函数形式不仅适用于分析农机投入结构对农业产出的直接影响,还能有效评估农机外包服务投入与其他生产要素的交互作用。超越对数生产函数被认为最贴近“真实”的生产过程,其设定无需限定各要素替代弹性完全相同或者要素替代弹性之和为1,并且允许粮食生产要素投入与产出之间存在非线性关系。模型具体设定如下:

$$\ln Y_i = \alpha_0 + \sum_{j=1}^4 \alpha_j \ln x_{ij} + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^4 \alpha_{jj} (\ln x_{ij})^2 + \sum_{j=1}^3 \sum_{k \neq j}^4 \alpha_{jk} \ln x_{ij} \ln x_{ik} + \gamma C_i + \epsilon_i \quad (1)$$

表1 变量描述性统计特征

Table 1 Descriptive statistical characteristics of variables

变量类别 Variable type	变量 Variable	变量说明 Description of the variable	均值 Mean	标准差 Standard deviation
产出变量 Output variable	粮食产量	农户家庭年粮食产量, kg, 取对数	10.651	1.146
	机械投入	农机外包服务费用+机械折旧费用, 元, 取对数	8.320	1.996
投入变量 Input variable	劳动力投入	自家劳动力投入+雇佣劳动力投入, d, 取对数	5.644	1.215
	土地投入	家庭实际经营耕地面积, hm ² , 取对数	1.018	1.098
	化肥投入	化肥折纯量, kg/hm ² , 取对数	8.736	1.155
核心自变量 Core independent variable	农机投入结构	农机外包服务费用/机械投入费用, %	0.657	0.387
个体特征 Individual characteristics	年龄	岁	57.048	9.897
	受教育程度	农户接受正规教育的时间, a	7.953	2.795
	健康状况	1=非常不健康, 2=不健康, 3=一般, 4=健康, 5=非常健康	4.005	1.029
家庭特征 Family characteristics	老龄人数占比	家庭60岁以上人数/家庭总人数, %	0.323	0.347
	劳动力占比	家庭务农人数/家庭总人数, %	0.648	0.265
	非农收入占比	家庭非农就业收入/家庭总收入, %	0.154	0.234
生产经营特征 Production and operation characteristics	耕地质量	1=低等地, 2=中等地, 3=高等地, 4=优等地	2.407	0.857
	耕地细碎程度	耕地面积/耕地块数, hm ² /块	1.140	2.342
	农业保险	1=是, 0=否	0.693	0.462
	是否种植玉米	1=是, 0=否	0.585	0.493
外部环境特征 External environment characteristics	最近3年是否有自然灾害	1=是, 0=否	0.526	0.499
	土地流转占比	同村参与土地流转的农户/全村农户, %	0.353	0.283

式中: $\ln Y_i$ 为农户 i 的家庭年粮食产量, 采用取对数形式; i 为样本农户; $\ln x_{ij}$ 为农户 i 的第 j 种投入要素, 包括机械投入、劳动力投入、土地投入、化肥投入, 采用取对数形式; k 表示与 j 成对的另一种投入要素 ($k \neq j$ 且 $k > j$); C_i 为控制变量向量, 包括农户的个体特征、家庭特征、生产经营特征和外部环境特征变量; α_0 、 α_j 、 α_{jj} 、 α_{jk} 和 γ 为待估计系数; ϵ_i 为随机误差项。

进一步, 本研究参考 Meng 等^[7]的研究, 在模型中引入农机投入结构、机械投入以及其他投入要素之间的交互项。为准确识别这些系数, 构建如下生产函数模型:

$$\ln Y_i = \alpha_0 + \sum_{j=1}^4 \alpha_j \ln x_{ij} + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^4 \alpha_{jj} (\ln x_{ij})^2 + \sum_{j=1}^3 \sum_{k \neq j}^4 \alpha_{jk} \ln x_{ij} \ln x_{ik} + \delta_1 S_i + \delta_2 S_i \times \ln M_i + S_i \times \ln M_i (\beta_1 \ln L_i + \beta_2 \ln T_i + \beta_3 \ln F_i) + \gamma C_i + \epsilon_i \quad (2)$$

式中: S_i 为农机投入结构; $\ln M_i$ 、 $\ln L_i$ 、 $\ln T_i$ 、 $\ln F_i$ 为机械投入、劳动力投入、土地投入、化肥投入, 采用取对数形式; δ_1 、 δ_2 、 β_1 、 β_2 和 β_3 为待估计系数。

3 结果分析

3.1 农机投入结构对农业产出的影响及要素重组作用

本研究采用逐步回归的方法, 分析农机投入结

构对农业产出的影响,结果见表2。在控制其他投入要素与农户异质性之后,农机投入结构对农业产出在1%的水平上显著为正,说明优化农机投入结构是提升农业产出的有效路径,验证假说1。进一步分析发现,农机投入结构不仅能够直接提升农业产出,还借助劳动力替代和土地利用优化实现要素投入的重组效应,但在化肥投入方面尚未表现出显著作用,即在要素替代和重组方面,农机外包服务

投入对劳动力、土地和化肥3种生产要素的影响呈现差异化特征。具体地,在劳动力投入方面,农机外包服务投入能够显著减少劳动力要素的投入,其交互项“农机投入结构 $\times$ 机械投入 $\times$ 劳动力投入”的系数在1%的水平上显著为负,验证假说1a。表明农机外包服务弥补了劳动力不足带来的生产空缺,不仅是效率提升的选择,也是劳动力约束下的必然结果。在土地投入方面,农机外包服务投入显

表2 农机投入机构对农业产出的影响

Table 2 Impact of agricultural machinery input structure on agricultural output

变量 Variable	基准回归 Benchmark regression	加入结构变量 Adding structural variables	加入控制变量 Adding control variables
农机投入结构 Agricultural machinery input structure		0.092*** (0.028)	0.092*** (0.028)
农机投入结构 $\times$ 机械投入 Agricultural machinery input structure $\times$ machinery input		0.078*** (0.018)	0.064*** (0.018)
农机投入结构 $\times$ 机械投入 $\times$ 劳动力投入 Agricultural machinery input structure $\times$ machinery input $\times$ labor input		-0.077*** (0.019)	-0.076*** (0.019)
农机投入结构 $\times$ 机械投入 $\times$ 土地投入 Agricultural machinery input structure $\times$ machinery input $\times$ land input		0.043** (0.019)	0.047*** (0.018)
农机投入结构 $\times$ 机械投入 $\times$ 化肥投入 Agricultural machinery input structure $\times$ machinery input $\times$ fertilizer input		0.009 (0.017)	0.004 (0.016)
机械投入 Machinery input	-0.033 (0.027)	0.013 (0.034)	-0.005 (0.033)
劳动力投入 Labor input	0.053 (0.082)	0.106 (0.087)	0.094 (0.086)
土地投入 Land input	0.845*** (0.054)	0.744*** (0.056)	0.738*** (0.055)
化肥投入 Fertilizer input	-0.903*** (0.229)	-0.776*** (0.245)	-0.837*** (0.242)
机械投入 $\times$ 机械投入 Machinery input $\times$ machinery input	0.009** (0.004)	0.007 (0.004)	0.009** (0.004)
劳动力投入 $\times$ 劳动力投入 Labor input $\times$ labor input	0.004 (0.015)	0.003 (0.016)	0.003 (0.015)
土地投入 $\times$ 土地投入 Land input $\times$ land input	-0.101*** (0.035)	-0.055 (0.037)	-0.045 (0.037)
化肥投入 $\times$ 化肥投入 Fertilizer input $\times$ fertilizer input	0.121*** (0.027)	0.105*** (0.029)	0.112*** (0.029)
机械投入 $\times$ 劳动力投入 Machinery input $\times$ labor input	-0.009 (0.007)	-0.052*** (0.013)	-0.050*** (0.013)
机械投入 $\times$ 土地投入 Machinery input $\times$ land input	0.007 (0.009)	0.018 (0.012)	0.021* (0.012)
机械投入 $\times$ 化肥投入 Machinery input $\times$ fertilizer input	-0.010 (0.009)	0.012 (0.012)	0.010 (0.012)

表2（续）

变量 Variable	基准回归 Benchmark regression	加入结构变量 Adding structural variables	加入控制变量 Adding control variables
劳动力投入×土地投入 Labor input × land input	0.127*** (0.015)	0.139*** (0.017)	0.128*** (0.017)
劳动力投入×化肥投入 Labor input × fertilizer input	−0.103*** (0.014)	−0.049*** (0.019)	−0.040** (0.018)
土地投入×化肥投入 Land input × fertilizer input	−0.042* (0.023)	−0.103*** (0.028)	−0.117*** (0.028)
年龄 Age			0.001 (0.001)
教育水平 Education level			−0.003 (0.003)
健康状况 Health status			0.012 (0.008)
老龄人数占比 Proportion of elderly			−0.052** (0.026)
劳动力占比 Proportion of labor force			−0.020 (0.029)
非农收入占比 Proportion of non-farm income			0.025 (0.032)
耕地质量 Land quality			0.007 (0.009)
耕地细碎程度 Degree of land fragmentation			0.009** (0.004)
农业保险 Agricultural insurance			−0.024 (0.017)
是否种植玉米 Whether planting corn			0.116*** (0.018)
最近3年是否有自然灾害 Whether there were natural disasters in the past three years			−0.104*** (0.017)
土地流转占比 Proportion of land transfer			0.025 (0.029)
常数项 Constant term	13.126*** (1.002)	12.035*** (1.093)	12.302*** (1.076)
Wald 卡方统计量 Wald chi-square statistic	21 324.030	21 278.710	22 563.640
随机误差项标准差 Standard deviation of random error term	0.143	0.152	0.148
无效率项标准差 Standard deviation of inefficiency term	0.526	0.505	0.492
无效率与随机误差比值 Ratio of inefficiency to random error	3.674	3.334	3.318
样本量 Sample size	1 526	1 526	1 526

注：括号内表示标准误；*、**、***分别表示在10%、5%、1%水平上显著。下表同。
Note: The values in parentheses represent standard errors. *, ** and *** represent significant statistics at the levels of 10%, 5% and 1%, respectively. The same below.

著增加土地要素的利用效率,交互项“农机投入结构×机械投入×土地投入”的系数在5%的水平上显著为正,验证假说1b。说明农机外包可以打破土地碎片化和资金不足的制约,减少机械搬运与空转损耗,从而推动土地资源的优化配置。在化肥投入方面,农机外包服务投入的影响并不显著,验证了假说1c。理论上,农机外包服务具有减少化肥投入的潜力,但在现实情境下,这一效应常常受到农户施肥习惯、服务环节覆盖不足以及信息不对称等因素的制约。实证结果也印证了已有研究所指出的化肥投入双重效应,即在不同的环境与条件下,外包服务既可能依托技术溢出效应带来科学施肥和绿色生产的改进,也可能因回弹效应而诱发化肥使用量的增加^[26-29]。

3.2 稳健性检验

采用替换模型与增加控制变量2种方式检验实证结果的稳健性,结果见表3。在替换模型方面:

1)引入逆概率加权模型。利用个体接受处理的概率估计值,并将其倒数作为权重对样本加权,以减轻样本选择偏差带来的内生性问题。具体而言,根据农机投入结构变量的四分位点将农户划分为4个组别:农机投入结构<0.300为对照组;0.300≤农机投入结构<0.800为低比例组;0.800≤农机投入结构<1.000为中比例组;农机投入结构=1.000为高比例组。结果显示,在低比例组、中比例组和高比例组中,农机投入结构均表现出显著的增产效应,证明本研究结论的可靠性;2)采用普通最小二乘法(OLS)替换原有的超越对数生产函数模型。结果表明,农机投入结构对农业产出在1%的水平上显著为正,说明结论具有稳健性。在增加控制变量方面:在原有模型中加入其他投入变量,包括种子费用和农药费用,以更加全面地反映农业生产中的其他投入要素。结果表明,农机投入结构对农业产出仍在1%的水平上显著为正,证明本研究结论的可靠性。

表3 替换模型与增加控制变量的稳健性检验结果
Table 3 Robustness test results from model replacement and the addition of control variables

变量 Variable	低比例组 ^① Low proportion group	中比例组 ^② Medium proportion group	高比例组 ^③ High proportion group	OLS 模型 OLS model	增加控制变量 Add control variable
农机投入结构 Agricultural machinery input structure	0.466*** (0.139)	0.253* (0.147)	1.719*** (0.138)	0.121*** (0.032)	0.088*** (0.028)
农机投入结构×机械投入 Agricultural machinery input structure×machinery input	1.182*** (0.020)	4.019*** (0.847)	3.622*** (1.227)	0.081*** (0.020)	0.060*** (0.018)
农机投入结构×机械投入×劳动力投入 Agricultural machinery input structure×machinery input× labor input	0.367 (0.696)	-0.976 (1.025)	-2.934** (1.188)	-0.070*** (0.020)	-0.071*** (0.018)
农机投入结构×机械投入×土地投入 Agricultural machinery input structure×machinery input× land input	3.192*** (1.100)	7.116*** (1.725)	9.991*** (2.410)	0.046** (0.022)	0.039** (0.018)
农机投入结构×机械投入×化肥投入 Agricultural machinery input structure×machinery input× fertilizer input	2.566*** (0.868)	5.332*** (1.740)	8.193*** (2.071)	0.004 (0.020)	0.005 (0.016)
其他投入 Other inputs					0.096*** (0.015)
控制变量 Control variables	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制

表3（续）

变量 Variable	低比例组 ^① Low proportion group	中比例组 ^② Medium proportion group	高比例组 ^③ High proportion group	OLS模型 OLS model	增加控制变量 Add control variable
拟合优度 Goodness of fit				0.918	
Wald卡方统计量 Wald chi-square statistic					22 873.600
随机误差项标准差 Standard deviation of random error term					0.148
无效率项标准差 Standard deviation of inefficiency term					0.483
无效率与随机误差比值 Ratio of inefficiency to random error					3.261
样本量 Sample size	363	152	638	1 526	1 526

注：①0.300≤农机投入结构<0.800；②0.800≤农机投入结构<1.000；③农机投入结构=1.000。
Note: ① 0.300≤agricultural machinery input structure<0.800; ② 0.800≤agricultural machinery input structure <1.000; ③ agricultural machinery input structure=1.000.

3.3 进一步分析

3.3.1 服务质量

在农业生产中,服务质量作为农业机械化服务的重要组成部分,对农业产出的提升与生产效率的改善具有深远影响。良好的服务质量不仅能提高农机使用效率,还能优化资源配置、降低生产过程中的不确定性,从而推动农业整体效益的提升。本研究服务质量包括服务态度满意度和服务效果评价,采用李克特量表进行测度。服务态度满意度以“农户对服务者的服务态度”进行衡量,分为“非常不好、不好、一般、好、非常好”5个等级,依次赋值为1、2、3、4、5分;服务效果评价则以“与农机外包服务前相比,农户家庭总收入变化”进行衡量,分为“明显下降、下降、一般、上升、明显上升”5个等级,对应赋值为1、2、3、4、5分,结果见表4。服务质量的提高,包括服务态度满意度和服务效果评价的显著改善,均使农机投入结构对农业产出表现出显著提升作用。具体而言,较高的服务质量能够提升农机使用效率,减少生产过程中因操作不当或管理不到位所带来的不确定性,从而推动资源的优化配置和生产效率的提高。因此,提升服务质量不仅是提高单

一环节效率的需要,更是释放农机投入结构整体效益的关键,验证本研究假说2。

3.3.2 联合购买

在农业现代化进程中,农业生产方式的转变和农机外包服务的推广对粮食产量的提升具有重要意义。然而,除了技术本身的进步以外,农户之间的合作模式也对农业生产效率和产出产生深远影响。服务联合购买模式作为一种创新的合作方式,能够利用资源整合和规模效应,进一步提升农业生产效率和粮食产量。本研究采用“您是否和地块相邻的农户一起购买服务”衡量农户是否选择联合购买农机外包服务,并采用“服务主体是否同时为您与相邻地块农户一起提供服务”衡量服务提供者是否提供联合农机外包服务。表5示出基于联合购买模式的分析结果。从农户和服务提供者视角出发,均验证了联合购买在农机投入结构与粮食产出之间的积极作用。具体来看,采纳联合购买模式和提供农机外包服务的群体中,农机投入结构对粮食产量的促进作用显著,说明联合购买模式以合作方式分担成本、提升服务质量并扩大规模效应,能够显著放大农机投入结构的产出效益,验证本研究假说3。

表 4 服务质量的估计结果
Table 4 Estimation results of service quality

变量 Variable	服务态度满意度 Service attitude satisfaction		服务效果评价 Service effectiveness evaluation	
	小于均值 Below the mean	大于均值 Above the mean	小于均值 Below the mean	大于均值 Above the mean
农机投入结构 Agricultural machinery input structure	−0.036 (0.056)	0.297*** (0.044)	0.049 (0.033)	0.351*** (0.064)
控制变量 Control variables	已控制	已控制	已控制	已控制
Wald 卡方统计量 Wald chi-square statistic	7 669.780	16 899.610	17 164.670	8 325.710
随机误差项标准差 Standard deviation of random error term	0.109	0.151	0.119	0.155
无效率项标准差 Standard deviation of inefficiency term	0.519	0.467	0.519	0.439
无效率与随机误差比值 Ratio of inefficiency to random error	4.774	3.089	4.358	2.835
样本量 Sample size	353	1 173	995	531

3.4 异质性分析

3.4.1 耕地面积异质性

表 6 示出家庭耕地面积分组的异质性分析结果。根据家庭耕地面积(S)的四分位点将农户划分为 4 个组别： $S<1.200\text{ hm}^2$ 、 $1.200\leq S<2.267\text{ hm}^2$ 、 $2.267\leq S<6.400\text{ hm}^2$ 以及 $S\geq 6.400\text{ hm}^2$ 。结果表明，当农户家庭耕地面积 $S<2.267\text{ hm}^2$ 时，农机投入结构对农业产量具有显著正向影响。这表明对于耕地面积较小的农户，农业投入结构变化在提高农业产出方面具有积极的促进作用。而对于耕地面积较大的农户而言，农机投入结构对农业产量影响不显著。其原因可能在于，大规模农户在实践中倾向于自购农机，这种方式更具成本效益，因此对外包服务的依赖程度较低^[20]。由此可见，农机投入结构在小规模农户群体中的增产效果更为显著。

3.4.2 非农就业异质性

随着农村经济结构的多元化，非农就业机会的增加为农户提供了额外的收入来源，同时也对农业生产方式产生了深远的影响。因此，本研究进一步探讨非农就业的异质性影响，结果见表 7。对于没有非农就业的农户（占比 52.03%），农机投入结构对农业产出的促进作用并不显著。相比之下，对于有非农就业的农户（占比 47.97%），农机投入结构的作用效果显著增强。这一差异可能源于非农就业为农户提供了额外的经济保障，使其能够支付农机外包服务的费用，从而实现资源配置的优化并提高农业产出^[34]。进一步，在非农收入占比高于均值的群体中，农机投入结构对农业产出均表现出正向促进效应，表明非农收入在一定程度上强化了农机投入结构对粮食生产的积极作用。

表 5 联合购买的估计结果

Table 5 Estimation results of joint purchase

变量 Variable	联合购买农机外包服务 Joint purchase of agricultural machinery services		提供联合农机外包服务 Provide joint agricultural machinery services	
	否 No	是 Yes	否 No	是 Yes
农机投入结构 Agricultural machinery input structure	0.056* (0.031)	0.403*** (0.083)	0.073** (0.033)	0.178** (0.074)
控制变量 Control variables	已控制	已控制	已控制	已控制
Wald 卡方统计量 Wald chi-square statistic	16 514.740	7 465.760	14 227.240	9 877.910
随机误差项标准差 Standard deviation of random error term	0.147	0.128	0.154	0.114
无效率项标准差 Standard deviation of inefficiency term	0.497	0.464	0.493	0.483
无效率与随机误差 比值 Ratio of inefficiency to random error	3.374	3.618	3.190	4.235
样本量 Sample size	1 110	416	1 014	512

表 6 家庭耕地面积(S)分组的异质性分析

Table 6 Heterogeneity analysis by household cultivated land area (S)

变量 Variable	$S < 1.200 \text{ hm}^2$	$1.200 \leq S < 2.267 \text{ hm}^2$	$2.267 \leq S < 6.400 \text{ hm}^2$	$S \geq 6.400 \text{ hm}^2$
农机投入结构 Agricultural machinery input structure	0.448*** (0.076)	0.158*** (0.053)	-0.078 (0.068)	-0.151 (0.100)
控制变量 Control variables	已控制	已控制	已控制	已控制
Wald 卡方统计量 Wald chi-square statistic	1 703.940	330.160	408.870	950.760
随机误差项标准差 Standard deviation of random error term	0.151	0.136	0.168	0.122
无效率项标准差 Standard deviation of inefficiency term	0.472	0.500	0.507	0.486
无效率与随机误差 比值 Ratio of inefficiency to random error	3.138	3.662	3.025	3.980
样本量 Sample size	380	382	381	383

表 7 非农就业的异质性分析

Table 7 Heterogeneity analysis of non-agricultural employment

变量 Variable	是否非农就业 Whether engaged in non-farm employment		非农收入占比 Proportion of non-farm income	
	否 No	是 Yes	低 Low	高 High
农机投入结构 Agricultural machinery input structure	0.041 (0.039)	0.112*** (0.038)	0.063* (0.035)	0.107** (0.042)
控制变量 Control variables	已控制	已控制	已控制	已控制
Wald 卡方统计量 Wald chi-square statistic	11 405.390	14 219.940	15 660.040	9 515.790
随机误差项标准差 Standard deviation of random error term	0.153	0.108	0.152	0.084
无效率项标准差 Standard deviation of inefficiency term	0.502	0.481	0.496	0.496
无效率与随机误差比值 Ratio of inefficiency to random error	3.278	4.446	3.256	5.911
样本量 Sample size	794	732	1 045	481

4 结论与建议

本研究基于 2023 年我国东北三省 1 526 户粮食种植户的调查数据,采用超越对数生产函数模型,系统分析农机投入结构对农业产出的影响机制及其异质性效应,得出以下主要结论:

1)农机投入结构显著提高粮食产量,土地扩张与劳动力替代间接强化增产效应。农机外包服务不仅直接提升农业生产效率,还优化了土地和劳动力要素配置,形成协同增产路径。

2)服务质量的改善,包括服务态度满意度和服务效果评价,显著增强农机投入结构对农业产出的正向影响;联合购买模式借助规模化作业和资源整合,进一步提升农机投入结构的增产效果。

3)异质性分析表明,农机投入结构的增产效应在家庭耕地面积<2.267 hm²及非农就业程度较高(即家庭成员参与非农就业且非农收入占比高于均值)的农户群体中更为突出。表明农机外包服务在缓解小农户资源约束和促进兼业农户增收方面具

有重要作用。

基于以上结论,本研究提出以下建议:

1)应推动农机补贴从购置补贴向应用补贴转型,以优化农机投入结构。当前农机购置补贴政策虽加快农机普及,却未能充分释放农机外包服务潜力。建议政府探索与作业量挂钩的应用补贴机制,对购买外包服务的农户或提供服务的主体给予一定比例的费用返还,既可减轻农户经济负担,又能培育健康的农机服务市场,实现服务规模经营与土地规模经营的协同推进。

2)提升农机外包服务质量,完善服务监督与激励机制。高质量服务是农机外包服务发挥增产效应的关键。政府应加快农业机械化与标准化作业,推动农业生产专业化、集约化;建立健全服务质量监督机制,制定科学服务标准,对表现优异的服务组织给予政策奖励,对因服务瑕疵导致农户减产的服务主体予以处罚,以规范市场秩序。

3)推广联合购买模式,重点支持小规模及兼业农户。针对小农户土地细碎化问题,政府或村集体

可牵头搭建联合购买平台,整合分散地块,推动连片作业,降低农机作业成本;以采用专项补贴、技术培训等方式,帮助小规模农户和兼业农户更好利用农机外包服务,促进其与现代农业的有机衔接,进一步释放农机外包服务的规模效应。

参考文献 References

- [1] Deng X, Xu D D, Zeng M, Qi Y B. Does outsourcing affect agricultural productivity of farmer households? Evidence from China [J]. *China Agricultural Economic Review*, 2020, 12(4):673-688
- [2] 国家统计局. 农业机械总动力(万千瓦)[DB/OL]. (2025-10-12). <https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01>
National Bureau of Statistics. Total agricultural machinery power(10 000 kW) [DB/OL]. (2025-10-12). <https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01> (in Chinese)
- [3] 冀名峰. 为践行大食物观提供坚实的装备支撑 [EB/OL]. (2025-10-12). https://jhs.moa.gov.cn/gzdt/202412/t20241212_6467888.htm
Ji M F. Providing solid equipment support for implementing the "big food" perspective [EB/OL]. (2025-10-12). https://jhs.moa.gov.cn/gzdt/202412/t20241212_6467888.htm (in Chinese)
- [4] 贺登科, 何蒲明, 魏君英, 田红宇. 农机服务外包对农民收入的影响研究[J]. 中国农机化学报, 2025, 46(2):337-343
He D K, He P M, Wei J Y, Tian H Y. Study on the impact of agricultural machinery service outsourcing on farmers' income[J]. *Journal of Chinese Agricultural Mechanization*, 2025, 46(2):337-343 (in Chinese)
- [5] 宦梅丽, 侯云先, 吕静. 农机作业服务对中国粮食生产技术效率的影响:基于共同前沿方法的考察[J]. 农林经济管理学报, 2022, 21(2):136-145
Huan M L, Hou Y X, Lyu J. Agricultural mechanization service and technical efficiency in China's grains production: A meta analysis[J]. *Journal of Agro-Forestry Economics and Management*, 2022, 21(2):136-145 (in Chinese)
- [6] 孙顶强, 卢宇桐, 田旭. 生产性服务对中国水稻生产技术效率的影响:基于吉、浙、湘、川4省微观调查数据的实证分析[J]. 中国农村经济, 2016(8):70-81
Sun D Q, Lu Y T, Tian X. Influence of productive services on the technical efficiency of rice production in China: An empirical analysis based on the micro-survey data of Jilin, Zhejiang, Hunan and Sichuan Provinces [J]. *Chinese Rural Economy*, 2016(8):70-81 (in Chinese)
- [7] Meng M, Yu L, Yu X H. Machinery structure, machinery subsidies, and agricultural productivity: Evidence from China [J]. *Agricultural Economics*, 2024, 55(2):223-246
- [8] 李宁, 汪险生, 王舒娟, 李光泗. 自购还是外包:农地确权如何影响农户的农业机械化选择?[J]. 中国农村经济, 2019(6):54-75
Li N, Wang X S, Wang S J, Li G S. Self-purchasing or outsourcing: How does farmland right confirmation affect farmers' choice of agricultural mechanization?[J]. *Chinese Rural Economy*, 2019(6):54-75 (in Chinese)
- [9] Zheng H Y, Ma W L, Guo Y Z, Zhou X S. Interactive relationship between non-farm employment and mechanization service expenditure in rural China [J]. *China Agricultural Economic Review*, 2022, 14(1):84-105
- [10] 纪月清, 王亚楠, 钟甫宁. 我国农户农机需求及其结构研究:基于省级层面数据的探讨[J]. 农业技术经济, 2013(7):19-26
Ji Y Q, Wang Y N, Zhong F N. Study on the demand of agricultural machinery of Chinese farmers and its structure: Based on the data at the provincial level [J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2013(7):19-26 (in Chinese)
- [11] 杨青, 贾杰斐, 刘进, 许庆. 农机购置补贴何以影响粮食综合生产能力:基于农机社会化服务的视角[J]. 管理世界, 2023, 39(12):106-123
Yang Q, Jia J F, Liu J, Xu Q. How does the subsidy to the purchase of agricultural machinery and tools affect the overall grain production capacity: Based on the perspective of socialization services of agricultural machinery [J]. *Journal of Management World*, 2023, 39(12):106-123 (in Chinese)
- [12] Williamson O E. *The mechanisms of governance* [M]. New York: Oxford University Press, 1996
- [13] 胡凌啸. 中国农业规模经营的现实图谱:“土地+服务”的二元规模化[J]. 农业经济问题, 2018(11):20-28
Hu L X. The reality of agricultural scale management in China: The mode of "land+ service" [J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2018(11):20-28 (in Chinese)
- [14] 吕杰, 徐霞, 尹冠球. 农户双规模经营如何提高种粮收入?[J]. 干旱区资源与环境, 2024, 38(2):96-103
Lv J, Xu X, Yin G Q. How does dual scale management of farmers increase crop income?[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2024, 38(2):96-103 (in Chinese)
- [15] Yin G Q, Xu X, Piao H L, Lyu J. The synergy effect of agricultural dual-scale management on farmers' income: Evidence from rural China [J]. *China Agricultural Economic Review*, 2024, 16(3):591-607
- [16] 杜鹰. 小农生产与农业现代化[J]. 中国农村经济, 2018(10):2-6
Du Y. Small-scale production and agricultural modernization [J]. *Chinese Rural Economy*, 2018(10):2-6 (in Chinese)
- [17] 张露, 罗必良. 农业减量化:农户经营的规模逻辑及其证据[J]. 中国农村经济, 2020(2):81-99
Zhang L, Luo B L. Agricultural chemical reduction: The logic and evidence based on farmland operation scale of households [J]. *Chinese Rural Economy*, 2020(2):81-99 (in Chinese)
- [18] 张梦玲, 陈昭玖, 翁贞林, 张予涵. 农业社会化服务对化肥减量施用的影响研究:基于要素配置的调节效应分析[J]. 农业技术经济, 2023(3):104-123
Zhang M L, Chen Z J, Weng Z L, Zhang Y H. Research on the influence of agricultural socialized services on fertilizer reduction: Based on the regulation effect of element configuration [J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2023(3):104-123 (in Chinese)
- [19] 李园园, 薛彩霞, 柴朝卿, 李卫, 姚顺波. 保护性耕作机械能否带动保护性耕作净碳汇的空间外溢:基于农机跨区服务视角[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2024, 32(2):283-296
Li Y Y, Xue C X, Chai C Q, Li W, Yao S B. Can conservation tillage machinery drive the spatial spillover of the net carbon sink of conservation tillage: Based on the perspective of cross-zone service of agricultural machinery [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2024, 32(2):283-296 (in Chinese)
- [20] Qian L, Lu H, Gao Q, Lu H L. Household-owned farm machinery vs. outsourced machinery services: The impact of agricultural mechanization on the land leasing behavior of relatively large-scale farmers in China [J]. *Land Use Policy*, 2022, 115:106008
- [21] 孟盟, 于冷. 服务与自营:农机技术采纳方式如何影响家庭劳动力配置:基于CFPS农户微观调查数据[J]. 农业技术经济, 2024(6):69-89
Meng M, Yu L. Service and self-operation: How does the adoption of agricultural machinery affect intra-household labor allocation based on the CFPS household micro data [J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2024(6):69-89 (in Chinese)
- [22] 卢华, 周应恒, 张培文, 耿献辉. 农业社会化服务对耕地撂荒的影响研究:基于中国家庭大数据库的经验证据[J]. 中国土地科学, 2022, 36(9):69-78
Lu H, Zhou Y H, Zhang P W, Geng X H. Impact of socialized agricultural services on farmland abandonment: Empirical evidence based on Chinese

- family database[J]. *China Land Science*, 2022, 36(9):69-78 (in Chinese)
- [23] Liu Y M, Hu W Y, Jetté-Nantel S, Tian Z H. The influence of labor price change on agricultural machinery usage in Chinese agriculture[J]. *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue Canadienne D'agroeconomie*, 2014, 62(2):219-243
- [24] 钟甫宁, 陆五一, 徐志刚. 农村劳动力外出务工不利于粮食生产吗:对农户要素替代与种植结构调整行为及约束条件的解析[J]. *中国农村经济*, 2016(7):36-47
- Zhong F N, Lu W Y, Xu Z G. Does rural labor out-migration jeopardize grain production: Analysis on the behavior and constraints of farmers' factor substitution and planting structure adjustment[J]. *Chinese Rural Economy*, 2016(7):36-47 (in Chinese)
- [25] Ma W L, Renwick A, Grafton Q. Farm machinery use, off-farm employment and farm performance in China[J]. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 2018, 62(2):279-298
- [26] 梁志会, 张露, 张俊飏. 土地转入、地块规模与化肥减量:基于湖北省水稻主产区的实证分析[J]. *中国农村观察*, 2020(5):73-92
- Liang Z H, Zhang L, Zhang J B. Land inward transfer, plot scale and chemical fertilizer reduction: An empirical analysis based on main rice-producing areas in Hubei Province[J]. *China Rural Survey*, 2020(5):73-92 (in Chinese)
- [27] 杨子, 张建, 诸培新. 农业社会化服务能推动小农对接农业现代化吗:基于技术效率视角[J]. *农业技术经济*, 2019(9):16-26
- Yang Z, Zhang J, Zhu P X. Can specialized agricultural services promote small farmers to be involved in modern agriculture: Based on the perspective of technical efficiency[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2019(9):16-26 (in Chinese)
- [28] 万凌霄, 杨果. 农业机械对化肥施用影响的路径及效果研究[J]. *中国生态农业学报(中英文)*, 2023, 31(4):643-653
- Wan L X, Yang G. Influence pathways and effects of agricultural mechanization on the application of chemical fertilizers[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2023, 31(4):643-653 (in Chinese)
- [29] Zhang C, Hu R F, Shi G M, Jin Y H, Robson M G, Huang X S. Overuse or underuse? An observation of pesticide use in China[J]. *Science of the Total Environment*, 2015, 538:1-6
- [30] 蔡键, 刘文勇. 农业社会化服务与机会主义行为:以农机手作业服务为例[J]. *改革*, 2019(3):18-29
- Cai J, Liu W Y. Agricultural social service and opportunistic behavior: Take agricultural machinery operation services as example [J]. *Reform*, 2019(3):18-29 (in Chinese)
- [31] 官梅丽, 侯云先. 农业生产环节外包中服务质量控制契约研究[J]. *农林经济管理学报*, 2020, 19(3):288-296
- Huan M L, Hou Y X. Quality control contract model of service in agricultural production outsourcing [J]. *Journal of Agro-Forestry Economics and Management*, 2020, 19(3):288-296 (in Chinese)
- [32] 曲朦, 赵凯. 不同土地转入情景下经营规模扩张对农户农业社会化服务投入行为的影响[J]. *中国土地科学*, 2021, 35(5):37-45
- Qu M, Zhao K. Impact of operation scale expansion on farmers' investment behavior of agricultural socialized services under different land transfer scenarios[J]. *China Land Science*, 2021, 35(5):37-45 (in Chinese)
- [33] 周庆海, 万希宁. 固定资产折旧方法比较及应用思考[J]. *财会月刊*, 2011(23):48-49
- Zhou Q H, Wan X N. Comparison of fixed-asset depreciation methods and implications for practice [J]. *Finance and Accounting Monthly*, 2011(23):48-49 (in Chinese)
- [34] 杨震宇, 陈风波, 张日新. 非农就业与农业外包服务行为:对“替代效应”与“收入效应”的再考察[J]. *农业技术经济*, 2022(3):84-99
- Yang Z Y, Chen F B, Zhang R X. Non-agricultural employment and agricultural production service adoption: A re-examination of substitution effect and income effect[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2022(3):84-99 (in Chinese)

责任编辑: 刘迎春



第一作者简介: 徐霞, 南京农业大学农业经济管理专业博士研究生, 研究方向为农业经济理论与政策。博士期间参与国家社会科学基金重点项目(22AZD045)及南京市农业农村局的等多项课题, 参与《协同推进新型城镇化与乡村振兴研究》著作撰写。曾获研究生国家奖学金、沈阳农业大学“优秀研究生”、省级“优秀毕业生”等荣誉。在《干旱区资源与环境》、*China Agricultural Economic Review*等期刊发表论文3篇。擅长计量分析模型, 热爱阅读与数据探索。



通讯作者简介: 尹冠球, 经济学博士, 沈阳农业大学经济管理学院副教授, 硕士生导师。先后于日本北海道大学获农学硕士学位、京都大学获经济学博士学位, 致力于农业要素配置与效率研究, 在理论建模与实证分析方面具有扎实基础。在《干旱区资源与环境》、*China Agricultural Economic Review*、*International Review of Economics & Finance*等期刊发表学术论文8篇。主持教育部人文社科青年项目、中国博士后科学基金、辽宁省社科重点项目等省部级以上课题5项, 作为核心成员参与国家自然科学基金面上项目、国家社会科学重大项目等3项国家级项目。担任 *China Agricultural Economic Review* 和 *Frontiers in Sustainable Food Systems* 等期刊的匿名审稿人。