



蔡辛娟,马骥.“包干制”还是“作业制”:施肥托管方式对玉米化肥施用水平的影响[J]. 中国农业大学学报,2025,30(10):91-102.

CAI Xinjuan, MA Ji. “Contract system” or “operation system”: Effect of fertilization trusteeship on fertilizer application level in maize [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2025, 30(10): 91-102.

DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2025.10.08

“包干制”还是“作业制”： 施肥托管方式对玉米化肥施用水平的影响

蔡辛娟 马骥*

(中国农业大学 经济管理学院,北京 100083)

摘要 为明晰不同施肥托管方式对化肥施用水平的影响,基于全国12省1511户玉米种植户的农业生产托管和化肥投入等调研数据,采用多元处理效应模型,实证分析“作业制”和“包干制”托管对化肥施用水平的影响及其机制。结果表明:1)相较于施肥不托管,“作业制”和“包干制”托管均可显著降低化肥施用水平,且“包干制”托管的化肥减量效果更为显著,该结论经稳健性检验后依然成立。2)“作业制”和“包干制”托管均以减少施肥次数为手段,有效降低化肥施用水平。3)从劳动力、土地、信息和知识等要素的异质性看,相比“作业制”,“包干制”托管更能显著降低农户的化肥施用水平,老年农户、小规模农户、低信息水平的农户和参与培训的农户更容易通过“包干制”托管降低化肥施用水平。基于研究结果提出如下政策建议:促进农业生产托管服务精准化,分类推广施肥托管方式,差异化培训赋能农户能力提升以及加强托管激励机制与效果监测。

关键词 化肥施用水平;“作业制”;“包干制”;异质性

中图分类号 F326.6

文章编号 1007-4333(2025)10-0091-12

文献标志码 A

“Contract system” or “operation system”: Effect of fertilization trusteeship on fertilizer application level in maize

CAI Xinjuan, MA Ji*

(College of Economics and Management, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract To clarify the impact of different fertilization trusteeship methods on the level of chemical fertilizer application, based on the survey data of 1 511 maize growers in 12 provinces across the country, such as agricultural production trusteeship and fertilizer input, multivariate treatment effect model was used to empirically analyze the effects and mechanisms of the “operation system” and the “contract system” trusteeship on the level of chemical fertilizer application. The results show that: 1) Compared with the non-trusteeship of fertilization, both the “operation system” and the “contract system” trusteeship can significantly reduce the level of chemical fertilizer application, and the chemical fertilizer reduction effect of the “contract system” trusteeship is more significant, and this conclusion is still valid after the robustness test. 2) Both the “operation system” and the “contract system” trusteeship are effective in reducing the level of fertilizer application by reducing the number of fertilizations. 3) From the perspective of the heterogeneity of labor, land, information and knowledge, compared with the “operation system”, the “contract system” trusteeship can significantly reduce the level of

收稿日期: 2025-03-31

基金项目: 中德合作项目(DFG328017493/GRK 2366)

第一作者: 蔡辛娟(ORCID:0009-0008-3123-0999),博士研究生,E-mail:caixjljy68@163.com

通讯作者: 马骥(ORCID:0000-0002-1853-556X),教授,博士生导师,主要从事农产品市场与政策、农户经济、资源与环境经济政策研究,E-mail:majj@cau.edu.cn

fertilizer application of farmers, and the elderly farmers, small scale farmers, farmers with low information level and farmers participating in the training are more likely to reduce the level of chemical fertilizer application through the “contract system” trusteeship. Based on the research results, the following policy suggestions are put forward: Promoting the precision of agricultural production trusteeship services, promoting the fertilization trusteeship method by classification, empowering farmers to improve their capacity through differentiated training, and strengthening the trusteeship incentive mechanism and effect monitoring.

Keywords fertilizer application level; “operation system”; “contract system”; heterogeneity

随着化肥对粮食增产的边际贡献率逐渐降低,过量施肥所引发的农业面源污染问题愈发严峻,甚至对粮食安全和食品安全构成了重大威胁^[1],必须采取有效措施加以应对。在传统生产模式下,农户往往增加农药、化肥投入来规避种植风险,引致生产成本攀升、环境污染等负外部性问题,随着社会分工与产权细化,农业生产托管以专业农事管理弥补部分农户种粮能力的退化和断层^[2],其投入服务化与产出服务化加快了农业发展方式绿色转型^[3-4],优化农业产出和种植收入^[5-6]。农业生产托管在政策设计和经验事实上,被视为小农户有机衔接现代农业的有效路径和战略选择,为突破农业发展的资源环境约束提供了可能。

已有研究主要从农业生产托管的化肥减量效应评估、施肥环节托管选择2个方面讨论农业生产托管与化肥施用的关系。农业生产托管对化肥减量影响的研究存有争议,正向观点认为托管通过机械替代与技术引进的路径实现化肥减量^[7-8],负向观点认为托管作业质量良莠不齐、服务商资本逐利性等因素阻碍化肥减量^[9-10]。已有研究对农户施肥环节托管选择的探讨不够深入,农业生产托管的本质是生产过程或者某一环节的规模化,这种规模化需要标准化的农业生产资料和农业机械化来实现^[11]。已有研究普遍将施肥环节和其他农业生产环节纳入同一分析框架,如与病虫害统防统治并称为技术密集型环节^[12],或直接将施肥环节纳入农业生产托管的采纳数量及程度的综合考量之中^[13],鲜有文献从实证视角单独对施肥环节托管进行详述。姜长云等^[3]以山东莒县为例进行案例分析结果表明,“包干制”托管的化肥减量效果优于农户自购自施,结合施肥环节可分性,施肥托管情形仍可进一步讨论。托管的广度与深度对化肥施用水平的影响可能存在明显差异,不能一概而论。

已有关于农业生产托管对化肥施用影响的研究既未达成一致结论,又未结合现实深入挖掘,存

在进一步拓展空间:1)就施肥环节而言,有肥料供应与机械施肥的不同服务组合,不同施肥服务选择对施肥效果的影响具有差异性,现有实证研究并未进行深入探讨。2)托管纵向分工程度不同,施肥托管服务对化肥施用影响的情境依赖与群体特征亦不同,应突出异质性机制,使得建议更具针对性。基于此,本研究利用全国12省1511户玉米种植户的农业生产托管和化肥投入等调研数据,采用多元处理效应模型,分析不同施肥托管方式对化肥施用水平的影响,以期为农业生产托管转型升级、农户行为决策优化与乡村生态振兴战略提供有益参考。

1 理论分析与研究假说

1.1 施肥托管方式影响农户化肥施用水平的理论分析

依据诱致性技术变迁理论,当某一生产要素出现供应短缺或成本攀升时,农户往往会主动选择用其他相对充裕且成本更低的要素替代。随着我国经济的持续发展和科技的不断进步,农业的禀赋条件发生了深刻变革,农业生产的发展阶段也从传统依赖土地投入的土地集约型,逐步向注重劳动力优化配置的劳动节约型以及依靠科技赋能的技术创新型转变。这一转变不仅优化了农业生产方式,还为小农户更好地融入社会分工和市场经济体系创造了有利条件。

伴随农业分工的发展,农业生产环节的可分性增强,促使农户将部分生产环节外包,拓宽了服务交易的选择空间。就施肥环节托管而言,相比于施肥不托管,可分为“作业制”和“包干制”2种方式。“作业制”指服务商利用农业机械和先进技术为农户提供机械施肥作业服务,即农户决定施肥量,服务商凭借机械技术完成精准施肥,相比传统人工施肥,这种方式更加均匀、高效,能显著提升化肥利用率。“包干制”指服务商负责采购化肥和施肥作业的托管方式,这种方式体现了服务商凭借专业技术和

丰富知识为农户提供高效管理服务,从而实现对农户自身管理要素的高级替代。在购肥环节,服务商利用社会网络、市场谈判能力和规模优势,在化肥的价格、质量和数量上更具保障;在施肥环节,服务商普遍拥有与其服务内容、服务能力相匹配的专业农业机械、设备及技术力量,能够精准高效地完成施肥任务。

基于此,提出假说1:相比于施肥不托管,“作业制”和“包干制”托管更利于促进农户化肥减量,且“包干制”比“作业制”托管更利于降低化肥施用水平。

作物在不同生长阶段对养分的吸收需求不同,施肥次数和施肥量对维持土壤养分平衡至关重要。农户受限于劳动力短缺和时间成本约束,倾向于减少施肥次数以降低劳动投入,但容易导致单次施肥剂量过大,形成“一炮轰”的施肥情况,不仅会造成肥料浪费,还可能导致养分流失和土壤肥力下降。相比之下,服务商利用机械化设备和专业雇工团队,能够根据作物的生长特性和土壤肥力状况,精准规划施肥次数和施肥量,采用少量多次的施肥策略确保作物在各个生长阶段都能获得适量养分。在相同产量目标下,这种方式可以有效减少单次施肥量,进而降低总施肥量。

基于此,提出假说2:相比于施肥不托管,“作业制”和“包干制”托管会通过减少施肥次数进而降低化肥施用水平。

1.2 施肥托管方式影响农户化肥施用水平的异质性分析

农户在农业生产经验、技能水平、信息素养等方面存在差异,导致“作业制”和“包干制”托管对化肥减量的影响具有异质性。对于代际群体,现有研究以1980年为分界点,1980年及以后出生的群体为新生代,1980年之前出生的群体为老一代^[14]。老一代农户的家庭劳动力和知识资源相对稀缺,“包干制”托管可以将劳动力从繁琐的施肥环节中解放出来,避免因技术不足导致的化肥浪费;而新生代农户受教育程度相对较高,对新技术和现代化农业设备的接受能力更强,能够更好地辨别肥料质量和使用效果,会偏向亲自参与施肥过程,减少对服务商的依赖,增强对生产过程的控制。

土地规模异质性方面,依据相关文献对种植户耕地规模的划分标准^[15],可将样本农户划分为小规模

模(种植面积(S) $\leq 0.667\text{ hm}^2$)、中规模($0.667 < S \leq 3.333\text{ hm}^2$)和大规模($S > 3.333\text{ hm}^2$)3组。从规模经济理论看,大规模农户在“包干制”下通过技术整合和规模优势实现化肥减量,但由于大规模农户本身已经具备一定的机械化和基础管理,化肥减量空间相对有限;而中小规模农户的土地细碎化程度高,通过“包干制”托管可以弥补其机械化和专业化短板,提升化肥利用效率,化肥减量效果更为突出。

基于此,提出假说3:“作业制”和“包干制”托管对农户化肥施用水平的影响在劳动力、土地等传统要素上存在异质性。

信息水平影响农户对托管服务的认知和接受程度,进而调节托管方式对化肥施用水平的效果。互联网使用时长反映了农户获取和处理信息的能力^[16],低信息水平的农户对复杂的绿色施肥技术和化肥减量的长期效益缺乏深入了解,容易因信息不足而采取过量施肥的保守策略。相比之下,高信息水平的农户利用互联网等渠道获取更多关于绿色施肥的科学知识,对生态效益和经济效益的认知更清晰,因此更愿意通过“包干制”托管降低化肥施用水平。“包干制”托管将施肥环节整体外包给服务商,避免了农户因信息不足而导致的过量施肥问题,综上,“包干制”托管在低信息水平农户群体中发挥的化肥减量效果更为显著。

根据社会认知理论,培训能够帮助农户加工信息、提炼知识,形成更科学的化肥使用观念^[17]。参加过技术培训的农户在化肥减量的认知水平和技术接受能力方面表现更强,能更好地理解并配合“包干制”托管中的绿色施肥技术,更愿意接受精准施肥方案,从而显著降低化肥施用水平;而未参加培训的农户可能对化肥减量增效技术了解不足,但“包干制”托管通过土壤检测和标准化施肥等手段,仍能降低化肥施用水平,只是由于农户缺乏主动配合,化肥减量效果不如参加培训的农户显著。

基于此,提出假说4:“作业制”和“包干制”托管对农户化肥施用水平的影响在信息、知识等新型要素上存在异质性。

2 数据来源、变量选取与模型选择

2.1 数据来源

本研究根据多阶段分层抽样和随机抽样相结合的方法,考虑不同区域经济发展与粮食生产功能定位

等因素,采用随机抽样方式以广西、河南、湖南、吉林、江苏、陕西、黑龙江、山东、安徽、河北、甘肃、四川共12个省份为样本省份。根据2024年各县市的种植面积进行排序,在每个省份随机抽取4个县(市);根据农户的人均收入情况进行排序,每个县随机抽取3个乡镇,按照相同的原则在每个乡镇选择2个村,并依据农户种植规模进行分类,在不同规模种植户中进行随机抽样,每个村抽取8~10位农户。由于玉米是我国第一大粮食作物,种植分布更为广泛,样本量更多,在微观分析上更能展示农业生产托管分布及特征,故本研究主要分析玉米种植户生产行为。调研问卷主要采用一对一访谈方式,调研内容主要包括农户个人及家庭情况、三大主粮种植投入情况、农业生产托管情况和粮农认知等。为保证调研数据准确性与后续研究科学性,经过仔细审核去掉样本关键信息不完备、逻辑关系错乱等质量较差的问卷后,最终筛选保留1 511个玉米种植户样本。

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)被解释变量。结合《国家农业可持续发展试验示范区(农业绿色发展先行区)管理办法(试行)》^[18]的通知,以化肥折纯量反映农业生产中化肥施用水平,折纯量指把氮肥、磷肥、钾肥分别按含氮、含五氧化二磷、含氧化钾的百分比进行折算后的数量。参考相关研究^[19-20],对化肥折纯量取自然对数。

2)核心解释变量。农户施肥托管方式分为施肥不托管、“作业制”托管和“包干制”托管3种情形。

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
被解释变量 Explanatory variables	化肥施用水平	化肥折纯量, kg/hm ² , 取对数。	5.917	0.419
核心解释变量 Core explanatory variables	施肥托管方式	0=未托管, 1=“作业制”, 2=“包干制”	0.636	0.715
机制变量 Mechanism variables	施肥次数	玉米生长期施肥次数	1.678	0.811
工具变量 Tool variables	同村农户采用农机服务的比例	同村采用农机服务的农户/全村农户, %	0.891	0.155
个体特征 Individual characteristics	性别	1=男, 0=女	0.938	0.240
	年龄	岁	57.750	10.088
	受教育程度	a	9.045	3.045
家庭特征 Family characteristics	是否有兼业人员	1=是, 0=否	0.584	0.493
	粮食种植收入占比	粮食种植收入/家庭总收入, %	0.598	0.321
	是否新型农业经营主体	1=是, 0=否	0.304	0.460
	是否有村干部	1=是, 0=否	0.160	0.367
土地特征 Land characteristics	种植规模	种植面积, hm ²	3.093	12.093
	是否土地流转	1=是, 0=否	0.379	0.485
	耕地质量	1=差, 2=中等, 3=好	2.277	0.556
	地貌类型是否为平地	1=是, 0=否	0.778	0.416
区域特征 Area characteristics	是否粮食主产区	1=是, 0=否	0.713	0.453
品种特征 Breed characteristics	是否轮作	1=是, 0=否	0.752	0.432

3) 机制变量。施肥次数是施肥管理中的关键环节,专业化分工将传统农户的自主施肥决策转化为服务商的标准化服务,进而降低化肥施用水平。

4) 控制变量。参考已有研究^[5, 21],引入个体特征、家庭特征、土地特征、区域特征及品种特征等因素作为控制变量。

5) 工具变量。参考同群效应理论,农户为避免因信息不足而遭受损失,往往会在决策和行为上倾向于与群体保持一致。因此,本研究选择同村农户采用农机服务的比例作为工具变量。一方面,施肥托管高度依赖农机作业,二者密切相关;另一方面,同村农户采用农机服务的情况与样本农户选择施肥托管的决策存在关联,满足工具变量的相关性条件。同时,同村农户采用农机服务的比例不会直接作用于农户的化肥施用水平,符合工具变量的外生性原则。

2.3 模型选择

本研究重点分析施肥托管方式对化肥施用水平的影响,建立如下模型:

$$Y_i = X_i\alpha + D_i\gamma + \epsilon_i \quad (1)$$

$$D_i^* = Z_i\beta + \mu_i \quad (2)$$

式中: i 为样本农户; Y_i 为化肥施用水平; X_i 为农户个体特征、家庭特征、土地特征、区域特征及品种特征等外生变量; D_i 为农户施肥托管方式选择变量,其值由潜变量 D_i^* 的值决定; Z_i 为外生变量; α 、 γ 和 β 为待估计系数; ϵ_i 和 μ_i 为随机误差。

如果 D_i 为外生变量,则可以使用普通最小二乘法方程(OLS)直接估计施肥托管方式选择对化肥施用水平的影响,但施肥环节托管是农户基于有限理性“自选择”的结果,其行为会受到可观测因素和不可观测因素共同影响,且 ϵ_i 和 μ_i 分别包含不可观测因素,可能同时影响农户施肥托管方式选择和化肥施用水平,从而导致 ϵ_i 和 μ_i 存在相关性。为解决内生性及多元选择问题,本研究参考Deb等^[22]提出的可估计内生选择变量的多元处理效应模型(Multivariate treatment effect model, MTE),以克服因不可观测因素影响引致的“隐性偏误”,模型采用两步估计策略,具体如下:

第一步运用混合多项Logit模型对农户的施肥托管方式选择及其影响因素进行估计,模型设定如下:

$$P(D_i = j | Z_i) = \frac{\exp(\alpha + \beta_j Z_i)}{1 + \exp(\alpha + \beta_j Z_i)} \quad (3)$$

式中: $P(D_i = j | Z_i)$ 为农户 i 选择施肥托管方式 j 的概率; α 和 β 为待估计系数。

第二步运用OLS估计方程测度施肥托管方式对农户化肥施用水平的影响,模型设定如下:

$$Y_i = X_i\alpha + D_i\gamma + \rho\sigma_\epsilon\lambda_i \quad (4)$$

式中: λ_i 为农户 i 的风险; ρ 为 (ϵ_i, μ_i) 的相关系数,若系数估计值显著则说明存在内生性问题; σ_ϵ 为误差项的标准差。在第一步和第二步的回归方程中,影响选择的变量 Z_i 和影响结果的变量 X_i 可以有重叠,但 Z_i 至少包含1个变量不在 X_i 中,即选择合适的变量影响农户施肥托管服务方式但不影响农户化肥施用水平的变量,可将其视为工具变量。

3 实证结果与分析

3.1 施肥托管方式对农户化肥施用水平的影响

本研究采用MTE模型和OLS方程就不同施肥托管方式对农户化肥施用水平的影响进行分析,结果见表2。Wald检验结果(Prob>chi2=0.000)显示所有回归系数共同等于零的假设被拒绝。在不可观测因素影响方面,“包干制”的不可观测因素 λ_3 在1%水平上显著,说明施肥托管方式选择与化肥施用水平之间存在内生关系,从而表明MTE模型估计结果更为合理。MTE模型结果显示:与农户施肥不托管相比,“作业制”和“包干制”托管对化肥施用水平均有显著负向影响,表明选择施肥托管可以降低化肥施用水平,且选择“包干制”托管的化肥减量效果优于“作业制”,此结论验证了假说1。关于其他可观测因素对化肥施用水平的影响,家庭中是否有兼业人员、是否粮食主产区、是否轮作对化肥施用水平均为显著负向影响,而农户是否是新型农业经营主体、是否是村干部、种植规模与地貌类型是否为平地对化肥施用水平产生显著正向影响,究其原因,化肥的养分含量直接影响土壤地力与作物生长,然而,农户对土壤和肥料的养分含量认知不足^[23],尤其是规模较大的农户,由于对地块肥力特征了解有限,为规避风险并追求利润最大化,往往倾向于增加化肥施用量。此外,平地地块土地质量较好,生产风险相对较低,农户可能为了追求更高产量而过度施肥。

表2 施肥托管方式对农户化肥施用水平的估计结果

Table 2 Estimation results of fertilizer trusteeship method on farmers' fertilizer application level

变量 Variable	多元处理效应模型 Multivariate treatment effect model			OLS方程 OLS equation
	选择“作业制” Select “operation system”	选择“包干制” Select “contract system”	结果方程 Result equation	
“作业制” “Operation system”			−0.099*** (0.031)	−0.107*** (0.022)
“包干制” “Contract system”			−0.622*** (0.035)	−0.298*** (0.033)
性别 Gender	0.176 (0.288)	0.997 (0.620)	0.077 (0.051)	0.036 (0.040)
年龄 Age	0.002 (0.007)	−0.021** (0.011)	0.002 (0.001)	0.002* (0.001)
受教育程度 Educational attainment	−0.038 (0.024)	−0.041 (0.034)	−0.000 2 (0.004)	−0.000 07 (0.003)
是否有兼业人员 Whether have part-time employees	−0.295** (0.147)	0.481** (0.218)	−0.070*** (0.023)	−0.096*** (0.022)
粮食种植收入占比 Proportion of income from grain planting	−0.344 (0.225)	0.014 (0.323)	0.032 (0.032)	0.011 (0.032)
是否新型农业经营主体 Whether is new agricultural business entity	−0.021 (0.172)	2.140*** (0.223)	0.131*** (0.026)	0.063*** (0.023)
是否有村干部 Whether have village cadre	0.527*** (0.198)	1.272*** (0.253)	0.069** (0.029)	0.034 (0.026)
种植规模 Planting scale	0.062*** (0.018)	0.089*** (0.018)	0.006*** (0.002)	0.003** (0.001)
是否土地流转 Whether land is transferred	0.043 (0.157)	0.293 (0.221)	0.023 (0.023)	0.024 (0.023)
耕地质量 Land quality	0.006 (0.129)	0.187 (0.182)	−0.027 (0.019)	−0.029* (0.018)
地貌类型是否为平地 Whether geomorphic type is flat	0.157 (0.176)	−0.139 (0.251)	0.071*** (0.025)	0.083*** (0.026)
是否粮食主产区 Whether is main grain producing areas	0.481*** (0.163)	−0.068 (0.231)	−0.121*** (0.024)	−0.112*** (0.023)
是否轮作 Whether is crop rotation	−0.599*** (0.172)	0.090 (0.285)	−0.057* (0.031)	−0.085*** (0.028)
同村农户采用农机服务的比例 The proportion of farmers in the same village using agricultural machinery services	4.835*** (0.562)	3.820*** (0.792)		−0.054 (0.080)
常数项 Constant term	−4.591*** (0.797)	−6.681*** (1.241)	5.960*** (0.109)	6.061*** (0.117)
替代弹性 Lnsigma		−2.626*** (0.576)		
“作业制”的不可观测因素(λ_2) Unobservable factors of “operation system”(λ_2)		−0.019 (0.029)		

表 2（续）

变量 Variable	多元处理效应模型 Multivariate treatment effect model			OLS 方程 OLS equation
	选择“作业制” Select “operation system”	选择“包干制” Select “contract system”	结果方程 Result equation	
“包干制”的不可观测因素(λ_3) Unobservable factors of “contract system”(λ_3)		0.395*** (0.012)		
对数似然值 Log likelihood		-1 963.119		
$P>\chi^2$ 检验值 Prob>chi2		0.000		

注：***、**、*分别表示在 0.01、0.05 和 0.10 的显著性水平上通过检验；MTE 模型采用 z 检验，OLS 方程采用 t 检验，括号内均为标准误；工具变量通过了 OLS 模型与 2SLS 模型检验。下同。

Note: ***, ** and *are statistically significant at the significance level of 0.01, 0.05 and 0.10, respectively. The z -test is used for the MTE model, the t -test is used for the OLS equation, and the standard errors in parentheses are all in parentheses. The tool variables are tested by the OLS model and the 2SLS model. The same below .

3.2 稳健性检验

采用子样本回归和增加控制变量 2 种方式对 MTE 模型估计结果进行稳健性检验，其中，子样本回归参考了陈宏伟等^[24]的研究，为避免纳入过多非

劳动力样本造成的估计偏误，剔除全样本中 ≥ 65 岁的农户；对原模型新增“最大地块离家距离”、“是否购买农业保险”和“住址与农资店距离”3 个控制变量，结果见表 3。经 MTE 模型重新测算后，无论是

表 3 子样本回归和增加控制变量的稳健性检验结果
Table 3 Robustness test results for subsample regression and add control variables

变量 Variable	子样本回归 Subsample regression	增加控制变量 Add control variable
“作业制” “Operation system”	-0.342*** (0.041)	-0.093*** (0.034)
“包干制” “Contract system”	-0.179*** (0.053)	-0.619*** (0.036)
控制变量 Control variables	已控制	已控制
常数项 Constant term	6.157*** (0.132)	5.827*** (0.129)
替代弹性 Lnsigma	-1.367*** (0.138)	-2.450*** (0.656)
“作业制”的不可观测因素(λ_2) Unobservable factors of “operation system”(λ_2)	0.292*** (0.040)	-0.029 (0.034)
“包干制”的不可观测因素(λ_3) Unobservable factors of “contract system”(λ_3)	-0.155*** (0.046)	0.391*** (0.020)
对数似然值 Log likelihood	-1 526.525	-1 954.083
$P>\chi^2$ 检验值 Prob>chi2	0.000	0.000
样本量 Observation	1 129	1 511

子样本回归还是增加控制变量,系数结果与表2的估计结果基本一致,即前述实证结果较为稳健。

3.3 机制检验

不同施肥托管方式对化肥施用水平影响机制的估计结果见表4。“作业制”和“包干制”托管均能减少施肥次数,但其化肥减量的策略和效果存在差异。在“作业制”托管情形下,服务商按次收费且施

肥决策权在农户手中,为降低成本并保障产量,农户通常会减少施肥次数并增加单次施肥量,这可能导致总施肥量相对较高。而在“包干制”托管情形下,服务商收取固定服务费用并负责整个周期的施肥服务,因此更倾向于优化施肥计划并精确控制施肥量,以降低成本并提高收益,从而实现更少的总施肥量。

表4 不同施肥托管方式对化肥施用水平影响机制的估计结果

Table 4 Result of the influence mechanism of different fertilization trusteeship methods on fertilizer application level

变量 Variable	施肥次数 Number of fertilizations	变量 Variable	施肥次数 Number of fertilizations
“作业制” “Operation system”	−0.423*** (0.155)	“作业制”的不可观测因素(λ_2) Unobservable factors of “operation system”(λ_2)	0.318* (0.190)
“包干制” “Contract system”	−0.298** (0.122)	“包干制”的不可观测因素(λ_3) Unobservable factors of “contract system”(λ_3)	0.112 (0.126)
控制变量 Control variables	已控制	对数似然值 Log likelihood	−2 947.949
常数项 Constant term	2.420*** (0.187)	$P>\chi^2$ 检验值 Prob>chi2	0.000
替代弹性 Lnsigma	−0.417*** (0.116)		

3.4 异质性分析

3.4.1 代际群体异质性

不同代际的农户在经验积累、技术接受度、风险偏好及资源可得性等方面具有差异,进而影响农业生产决策,表5示出基于代际群体和种植规模的异质性分析结果。无论是老一代还是新生代农户,相较于施肥不托管,“包干制”托管都能显著减少化肥施用水平,且在老一代农户中,化肥减量效果更为突出。从人力资本角度看,老一代农户由于教育水平较低、学习新技术能力较弱,自主施肥时多依赖传统经验,施肥量往往偏高,而“包干制”托管直接弥补了其技术短板,化肥用量的边际改善更为显著。相比之下,新生代农户借助互联网能较容易掌握基础的科学施肥知识,自主施肥时用量相对更合理,因此“包干制”托管带来的化肥减量幅度相对较小。

3.4.2 种植规模异质性

针对不同规模农户,“作业制”与“包干制”托管

的化肥减量效果存在显著差异(表5)。对于中小规模农户,与施肥不托管相比,“作业制”和“包干制”托管均能显著减少化肥施用水平,但“包干制”托管的效果更为显著。这是因为中小规模土地细碎化导致机械化作业效率低、成本高,而服务商通过“包干制”托管能够整合小块土地资源,实现化肥集中采购和精准施用,弥补了农户的机械化短板,显著降低了化肥施用量。对于大规模农户,“包干制”托管虽能显著降低化肥施用水平,但其减量效果不如中小规模农户显著。大规模农户土地集中度高,本身具备一定的技术力量和管理能力,但面对复杂的施肥流程,仍倾向于将施肥环节托管给专业公司或机构,以确保施肥的科学性和有效性。

3.4.3 信息水平异质性

以“您每次从网上浏览农业信息的平均时长”表征农户互联网信息获取情况,借鉴夏显力等^[25]的做法,以均值为临界点,将全样本分为“低信息水平”和“高信息水平”2组进行分析,结果见表6。无

表 5 代际群体和种植规模的异质性分析

Table 5 Heterogeneity analysis of intergenerational groups and planting scales

变量 Variable	老一代 ^① Old generation	新生代 ^① New generation	小规模 ^② Small scale	中规模 ^② Medium scale	大规模 ^② Large scale
“作业制” “Operation system”	-0.040 (0.057)	-0.145 (0.152)	-0.242*** (0.047)	-0.197** (0.093)	0.069 (0.118)
“包干制” “Contract system”	-0.569*** (0.043)	-0.369** (0.164)	-0.777*** (0.053)	-0.464*** (0.088)	-0.299** (0.119)
控制变量 Control variables	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
常数项 Constant term	5.968*** (0.112)	7.126*** (0.472)	5.973*** (0.117)	6.321*** (0.171)	5.880*** (0.320)
替代弹性 lnsigma	-1.875*** (0.296)	-1.030*** (0.175)	-2.390*** (0.331)	-1.485*** (0.323)	-1.455*** (0.484)
“作业制”的不可观测因素(λ_2) Unobservable factors of “operation system”(λ_2)	-0.098 (0.067)	0.015 (0.174)	0.151*** (0.045)	0.024 (0.107)	-0.225* (0.126)
“包干制”的不可观测因素(λ_3) Unobservable factors of “contract system”(λ_3)	0.349*** (0.029)	-0.142 (0.161)	0.377*** (0.019)	0.233*** (0.083)	0.140 (0.124)
对数似然值 Log likelihood	-1 745.561	-190.966	-1 132.975	-468.095	-257.006
$P > \chi^2$ 检验值 Prob > chi2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
样本量 Observation	1 355	156	879	415	217

注：①老一代，1980年之前出生；新生代，1980年及以后出生。②小规模、中规模和大规模分别指，种植面积 $\leq 0.667 \text{ hm}^2$ 、 $0.667 \sim 3.333 \text{ hm}^2$ （含）和 $> 3.333 \text{ hm}^2$ 。

Note: ① Old generation, born before 1980 and new generation, born in 1980 and later. ② Small scale, medium scale and large scale refer to the planting areas $\leq 0.667 \text{ hm}^2$, $0.667 \sim 3.333 \text{ hm}^2$ (inclusive) and $> 3.333 \text{ hm}^2$, respectively.

论农户信息水平高低，“包干制”托管都能有效降低化肥施用水平，且在低信息水平情形下效果更显著。低信息水平的农户因缺少现代农业技术知识和精准施肥能力，常因信息不对称导致过量施肥，而“包干制”托管通过专业指导和管理，避免了这一问题，因此化肥减量的边际贡献较高。相反，高信息水平的农户虽掌握较多信息，但可能因信息过载难以做出完全精确的决策，若选择“作业制”托管保留施肥决策权，可能无法达到预期的精准施肥效果，甚至造成施肥增加的现象。

3.4.4 技术培训异质性

以“是否参与农业技术培训”将农户分为未参

与培训组与参与培训组，不论农户是否参与培训，“包干制”托管均能有效降低化肥施用水平，且在参与培训的情况下效果更佳（表6）。相比之下，“作业制”托管对技术培训的敏感度较低，一方面，由于资产专用性的影响，农户在专业分工下更倾向于选择“作业制”托管；另一方面，“作业制”托管的流程相对固化，可能限制了人力资本的作用，即使农户接受培训后能力提升，也难以通过决策参与体现出来。而“包干制”托管则不同，技术培训提升了农户的人力资本，使其能够更有效地监督服务商并识别技术缺陷，从而降低代理成本，进一步优化化肥减量效果。

表6 信息水平和技术培训的异质性分析
Table 6 Heterogeneity analysis of information levels and technical training

变量 Variable	低信息水平 Low level of information	高信息水平 High level of information	未培训 Not trained	培训 Trained
“作业制” “Operation system”	−0.030 (0.053)	0.303*** (0.003)	0.056*** (0.006)	−0.064 (0.060)
“包干制” “Contract system”	−0.636*** (0.048)	−0.300*** (0.003)	−0.414*** (0.009)	−0.649*** (0.048)
控制变量 Control variables	已控制	已控制	已控制	已控制
常数项 Constant term	5.968*** (0.132)	6.041*** (0.008)	6.069*** (0.019)	5.702*** (0.140)
替代弹性 Lnsigma	−2.184*** (0.522)	−5.002*** (0.119)	−4.294*** (0.124)	−2.009*** (0.344)
“作业制”的不可观测因素(λ_2) Unobservable factors of “operation system”(λ_2)	−0.144** (0.058)	−0.379*** (0.0006)	−0.139*** (0.002)	−0.058 (0.065)
“包干制”的不可观测因素(λ_3) Unobservable factors of “contract system”(λ_3)	0.370*** (0.026)	−0.008*** (0.001)	0.317*** (0.001)	0.391*** (0.021)
对数似然值 Log likelihood	−1 230.022	−683.004	−808.476	−1 079.194
$P>\chi^2$ 检验值 Prob>chi2	0.000	0.000	0.000	0.000
样本量 Observation	950	561	709	802

4 结论与政策建议

本研究基于全国12省1 511户玉米种植户的农业生产托管和化肥投入等调研数据,运用MTE模型实证研究不同施肥托管方式对农户化肥施用水平的影响差异,主要结论如下:1)相较于施肥不托管,“作业制”与“包干制”托管均可显著降低化肥施用水平,且“包干制”托管的化肥减量效果优于“作业制”托管。2)机制分析表明,“作业制”托管与“包干制”托管均通过减少施肥次数来降低化肥施用水平。3)从劳动力与土地等传统要素异质性看,无论是老一代还是新生代农户,“包干制”托管均能显著降低化肥施用水平,且老一代农户的化肥减量效果更明显。对于不同规模农户,“包干制”托管的化肥减量效果均优于“作业制”托管,但大规模农户的减量效果弱于中小规模农户。4)从信息与知识等新型要素异质性看,无论农户信息水平高低以及是否参与培训,“包干制”托管的化肥减量效果均优于

“作业制”托管,尤其在低信息水平农户和参与培训的农户中更具减量优势。

基于以上研究结论,本研究提出如下政策建议:1)促进农业生产托管服务精准化。鼓励服务商在托管薄弱环节上推行“包干制”,探索“技物结合”、“技术托管”、“农资+科技+服务”等组合创新服务模式,健全农业生产托管朝着农资、农机与农艺供应结合方向转变。2)分类推广施肥托管方式。针对不同群体推广适配托管方式,如新生代农户优先推广“包干制”托管,释放其决策灵活性与技术学习能力优势。同时充分考虑地区农户结构、土地资源条件和信息水平等因素制定托管方式推荐清单,因地制宜选择适合的托管模式。3)差异化培训赋能农户能力提升。依靠村级信息服务站、短视频平台等渠道定期推送施肥技术指南,减少信息不对称,在实行“包干制”托管地区重点培训施肥决策优化、土壤检测结果解读、服务合同谈判等内容,提升农户自主决策能力。4)加强托管激励机制与效果

监测。对选择托管的农户按实际减量效果发放生态补贴,对“包干制”托管设置更高补贴系数,激发农户选择积极性,并定期跟踪不同群体的托管方式选择与化肥减量效果,依据农户反馈与生态数据及时调整政策工具组合。

参考文献 References

- [1] 樊胜根, 孟婷. 新形势下中国农食系统转型的理论构建与政策路径[J]. 学习与探索, 2024(5): 2, 26-35, 176
Fan S G, Meng T. Theoretical construction and policy paths to the transformation of China's agrifood systems under the new situation[J]. *Study & Exploration*, 2024(5): 2, 26-35, 176 (in Chinese)
- [2] 芦千文, 苑鹏. 农业生产托管与稳固中国粮食安全战略根基[J]. 南京农业大学学报: 社会科学版, 2021, 21(3): 58-67
Lu Q W, Yuan P. Agricultural production trusteeship and strengthening the foundation of food security strategy[J]. *Journal of Nanjing Agricultural University: Social Sciences Edition*, 2021, 21(3): 58-67 (in Chinese)
- [3] 姜长云, 芦千文. 中国农业的服务化转型和农业新质生产力的成长[J]. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2024(6): 1-11
Jiang C Y, Lu Q W. The service-oriented transformation of agriculture and growth of new quality productive forces in agriculture [J]. *Journal of Huazhong Agricultural University: Social Sciences Edition*, 2024(6): 1-11 (in Chinese)
- [4] Yao W, Zhu Y Y, Liu S Y, Zhang Y. Can agricultural socialized services promote agricultural green total factor productivity? from the perspective of production factor allocation[J]. *Sustainability*, 2024, 16(19): 8425
- [5] 李亚娟, 唐文慧, 马骥. 农业生产托管影响粮农增收的机制及环节异质性[J]. 中国农业大学学报, 2024, 29(8): 300-313
Li Y J, Tang W H, Ma J. Mechanism of agricultural production trusteeship affecting farmer's household income and its link heterogeneity[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2024, 29(8): 300-313 (in Chinese)
- [6] Chen T, Rizwan M, Abbas A. Exploring the role of agricultural services in production efficiency in Chinese agriculture: A case of the socialized agricultural service system[J]. *Land*, 2022, 11(3): 347
- [7] 卢洋啸, 孔祥智. 农业生产托管的形成机制与服务模式分析[J]. 现代经济探讨, 2021(6): 119-125, 132
Lu Y X, Kong X Z. Analysis on the formation mechanism and service mode of agricultural production trusteeship[J]. *Modern Economic Research*, 2021(6): 119-125, 132 (in Chinese)
- [8] 曹铁毅, 周佳宁, 邹伟. 土地托管与化肥减量化: 作用机制与实证检验[J]. 干旱区资源与环境, 2022, 36(6): 34-40
Cao T Y, Zhou J N, Zou W. Effects of land trusteeship on fertilizer input reduction: Mechanism and empirical test[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2022, 36(6): 34-40 (in Chinese)
- [9] 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)
- [10] 耿宁, 潘佳燕. 农业生产托管如何影响农户绿色技术采纳?[J]. 中国人口·资源与环境, 2024, 34(4): 210-220
Geng N, Pan J Y. How does agricultural production trusteeship influence farmers' adoption of green technologies?[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2024, 34(4): 210-220 (in Chinese)
- [11] 王楚涵, 李伟民. 农业生产托管“新模式”与农户经营行为研究: 基于农户生产决策的模型分析[J]. 辽宁大学学报: 哲学社会科学版, 2022, 50(1): 70-78
Wang C H, Li W M. A new model of agricultural production trust and farmers' business behavior: An analysis based on farmers' production decisions [J]. *Journal of Liaoning University: Philosophy and Social Sciences*, 2022, 50(1): 70-78 (in Chinese)
- [12] 何蒲明, 郭雪峰, 魏君英. 农业生产托管与保障粮食安全: 基于江汉平原的调研证据[J]. 农业经济, 2024(4): 20-22
He P M, Guo X F, Wei J Y. Agricultural production trusteeship and ensuring food security: Based on the investigation evidence of Jianghan Plain [J]. *Agricultural Economy*, 2024(4): 20-22 (in Chinese)
- [13] 张仁慧, 朱玲, 赵凯. 邻里效应对农户粮食生产托管的影响: 基于河南省周口市 617 户小麦种植户的经验证据[J]. 经济与管理研究, 2023, 44(5): 75-92
Zhang R H, Zhu L, Zhao K. Impact of neighborhood effect on farmers' grain production trusteeship: Empirical evidence from 617 wheat growers in Zhoukou, Henan Province [J]. *Research on Economics and Management*, 2023, 44(5): 75-92 (in Chinese)
- [14] 王璐瑶, 李谷成. 数字金融使用对农户农地流转行为的影响[J]. 中国农业大学学报, 2025, 30(1): 293-304
Wang L Y, Li G C. Influence of digital finance use on the farmland transfer behavior of farmers [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2025, 30(1): 293-304 (in Chinese)
- [15] 晁娜娜, 杨纳华. 耕地规模、农业保险认知及其潜在需求的多样化: 基于全国 6 492 个粮食种植户的考察[J]. 财经科学, 2017(5): 67-79
Chao N N, Yang R H. Cultivated land scale, cognition of agricultural insurance and diversification of potential demand of agricultural insurance products: Based on the survey of 6 492 grain growers in China [J]. *Finance & Economics*, 2017(5): 67-79 (in Chinese)
- [16] 张文娥, 罗宇, 高军军, 彭凌志, 赵敏娟. 互联网使用促进农户参与“粮改饲”了吗: 基于农牧交错带农户调研的微观证据[J]. 中国农业大学学报, 2024, 29(3): 287-300
Zhang W E, Luo Y, Gao J J, Peng L Z, Zhao M J. Does Internet use promote farmers' participation in 'Food-fodder change': Micro evidence based on farmer surveys in the agro-pastoral ecotone [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2024, 29(3): 287-300 (in Chinese)
- [17] 王建华, 周瑾, 任敏慧. 政府规制对养殖户畜禽废弃物资源化处理的影响分析: 基于多维认知的中介效应模型[J]. 中国农业资源与区划, 2023, 44(11): 39-52
Wang J H, Zhou J, Ren M H. Analysis on the impact of government regulation on the recycling of livestock and poultry waste by farmers: Mediating effect model based on multidimensional cognition [J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2023, 44(11): 39-52 (in Chinese)
- [18] 农业农村部, 国家发展和改革委员会, 科技部, 财政部, 自然资源部, 生态环境部, 水利部, 国家林业和草原局. 国家农业可持续发展试验示范区(农业绿色发展先行区)管理办法(试行)[EB/OL]. (2018-12-20). http://www.moa.gov.cn/nybg/2018/201812/201901/t20190106_6166194.htm (in Chinese)
Ministry of Agriculture and Rural Affairs, National Development and Reform Commission, Ministry of Science and Technology, Ministry of Finance, Ministry of Natural Resources, Ministry of Ecology and Environment, Ministry of Water Resources, National Forestry and Grassland Administration. Measures for the management of the national pilot demonstration zone for sustainable agricultural development (pilot zone for green agricultural development) (for trial implementation) [EB/OL]. (2018-12-20). http://www.moa.gov.cn/nybg/2018/201812/201901/t20190106_6166194.htm

6166194. htm (in Chinese)
- [19] 徐志刚, 郑娜, 刘馨月. 农业机械化对粮食高质量生产影响与环节异质性: 基于黑、豫、浙、川四省调查数据[J]. 宏观质量研究, 2022, 10(3): 22-34
Xu Z G, Zheng S, Liu X Y. The impact of agricultural mechanization on high quality grain production and the heterogeneity of links: Based on the survey data of Heilongjiang, Henan, Zhejiang and Sichuan Provinces[J]. *Journal of Macro-Quality Research*, 2022, 10(3): 22-34 (in Chinese)
- [20] 梁志会, 张露, 张俊飏. 土地要素市场化配置对农户化肥用量的影响[J]. 资源科学, 2022, 44(8): 1533-1544
Liang Z H, Zhang L, Zhang J B. Impact of the market-based allocation of farmland on farmers' chemical fertilizer input [J]. *Resources Science*, 2022, 44(8): 1533-1544 (in Chinese)
- [21] 王如玉, 肖海峰. 种养结合能否提升肉羊养殖环境技术效率: 基于不同种养结合模式的MTE模型分析[J]. 中国农业大学学报, 2024, 29(3): 260-273
Wang R Y, Xiao H F. Can the combination of planting and breeding improve the environmental technical efficiency of mutton sheep breeding: MTE model analysis based on different combination modes of planting and breeding[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2024, 29(3): 260-273 (in Chinese)
- [22] Deb P, Trivedi P K. Maximum simulated likelihood estimation of a negative binomial regression model with multinomial endogenous treatment[J]. *The Stata Journal*, 2006, 6(2): 246-255
- [23] 刘晓燕, 章丹, 徐志刚. 粮食规模经营户化肥施用也“过量”吗: 基于规模户和普通户异质性的实证[J]. 农业技术经济, 2020(9): 117-129
Liu X Y, Zhang D, Xu Z G. Does grain scale farmers also overuse fertilizer: Based on the heterogeneity of large-sized farmers and small-sized farmers[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2020(9): 117-129 (in Chinese)
- [24] 陈宏伟, 穆月英. 节水灌溉设施的粮食生产增效机制[J]. 华南农业大学学报: 社会科学版, 2021, 20(4): 76-89
Chen H W, Mu Y Y. Research on the grain production productivity increasing mechanism of water-saving irrigation infrastructure[J]. *Journal of South China Agricultural University: Social Science Edition*, 2021, 20(4): 76-89 (in Chinese)
- [25] 夏显力, 崔民. 农业托管服务对化肥减量施用的影响[J]. 华南农业大学学报: 社会科学版, 2023, 22(6): 88-101
Xia X L, Cui M. Impact of fertilization custody services on fertilizer reduction [J]. *Journal of South China Agricultural University: Social Science Edition*, 2023, 22(6): 88-101 (in Chinese)

责任编辑: 刘迎春



第一作者简介: 蔡辛娟, 中国农业大学经济管理学院博士研究生, 专业方向为农业经济理论与政策研究, 在《中国畜牧杂志》《中国兽医杂志》等期刊发表论文, 读博期间参与中德合作项目“粮食-饲料-能源玉米生产系统磷资源高效利用”、中英农业微塑料项目“Impact of agricultural microplastics on food security and sustainable development”等多项课题, 参与洱海流域农业绿色高值产业发展、干旱区半干旱区地膜回收利用、2024年全国科学施肥项目等农村调研活动。



通讯作者简介: 马骥, 中国农业大学经济管理学院教授、博士生导师, 中国农业大学农产品市场研究中心主任。长期从事农业经济、消费经济与环境经济政策的研究和教学工作, 重点研究领域为粮食与畜牧产业可持续发展、农产品市场与消费、农业资源环境政策与绿色发展。已主持国家自然科学基金、农业农村部、北京市以及世界银行(WB)、欧盟(EU-Link)、中德(IRTG)、中英(GRCF)国际合作等项目 50 余项, 重点参与国家社科基金重大项目 2 项, 出版著作 5 部, 在国内外学术期刊发表研究论文百余篇, 获得省部级奖励 1 项。目前担任中国林牧渔业经济学会常务理事、中国合作经济学会供应链专业委员会常务委员, 内蒙古“三区”引进人才、北京市“人才京郊行”专家顾问, 北京市农产品市场监测预警专家, 京津冀蛋鸡产业协同创新研究院首席产业经济科学家。