

生产性服务外包是否促进了测土配方施肥技术采纳 ——以小麦为例

万凌霄 蔡海龙*

(中国农业大学 经济管理学院,北京 100083)

摘要 为了解中国小麦种植户生产性服务外包对测土配方施肥技术采纳的影响,运用7个粮食主产区826户微观数据,通过内生转换概率模型(ESP)讨论了农户将生产服务外包时对其测土配方施肥技术采纳的影响。结果表明:1)生产性服务外包对测土配方施肥技术采纳有显著正向影响,且农户具有减量施肥需求会更倾向于将服务外包;2)随着服务外包程度的提升,测土配方施肥技术采纳的效果更好;3)此外,生产性服务外包对经营规模较小的农户测土配方施肥技术采纳的带动效果更明显。因此,应当考虑发展各地生产性服务市场,并提升小农户对生产性服务外包的认识,促进中国农业生产减量施肥与可持续发展。

关键词 生产性服务外包; 测土配方施肥技术; 减量施肥; 农业可持续发展

中图分类号 F325.2 文章编号 1007-4333(2022)06-0236-12 文献标志码 A

Does production service outsourcing promote the adoption of soil testing for formulated fertilization technology: Taking wheat as an example

WAN Lingxiao, CAI Hailong*

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

Abstract To analyze the impact of production service outsourcing by Chinese wheat growers on the adoption of testing soil for formulated fertilization technology of Chinese wheat growers, a micro data of 826 farmers in 7 main grain producing areas was used and the endogenous switching probit model (ESP) was adopted. The results show that 1) The outsourcing has a significant positive impact on the adoption of testing soil for formulated fertilization technology, and farmers who have the need to reduce fertilization are more inclined to outsource; 2) With the improvement of outsourcing, the effect of adopting testing soil for formulated fertilization technology is better; 3) In addition, outsourcing has a more obvious driving effect on the adoption of soil testing and formula fertilization technology for farmers with smaller scales. Therefore, it is necessary to consider the development of productive service markets in various regions, and enhance smallholder farmers' awareness of outsourcing, so as to promote the reduction of fertilization and sustainable development of agricultural production in China.

Keywords production service outsourcing; testing soil for formulated fertilization; reduced fertilization; sustainable agricultural development

化肥对中国粮食单产以及农业生产效率的提升起了重大贡献^[1]。根据官方统计数据,1978—2019年,中国粮食总产量从3.05亿t提升至2019年的6.64亿t,年增长率为1.66%。同时间段内,中国

农用化肥施用量(折纯量)从1978年的884万t增长到2019年的5403.6万t^[2]。除技术变迁以及制度变革以外,化肥施用是农业生产效率提升最重要的因素之一^[3-4],1978—2006年中国化肥对粮食增

收稿日期:2021-09-17

基金项目:国家自然科学基金委员会(71503250)阶段性成果

第一作者:万凌霄,博士研究生,E-mail:lindseywan@cau.edu.cn

通讯作者:蔡海龙,教授,主要从事农业经济理论与政策、农业产业组织研究,E-mail:caihlmail@cau.edu.cn

长的贡献率为57%^[5]。基于化肥对农业生产的重要性,中国逐渐形成了以增施化肥增产的粗放型农业生产方式。然而,过度施肥造成了严重的资源危机,包括土壤酸化和温室气体排放等,也给中国农产品质量以及粮食安全造成了威胁,影响了农业可持续发展。尽管目前中国单位种植面积上的化肥使用量已远超过全球平均水平,但依然呈现明显上升趋势^[6]。因此,减量施肥对中国来说是亟待解决的问题。

农学领域的专家通过田间试验等方法验证了测土配方施肥技术应用能够有效降低化肥施用量、提升土壤肥力以及化肥施用效率^[7]。农户作为技术应用的主体,大部分研究讨论了其技术采纳的影响因素,主要包括:一是包括风险规避意识,农户会因为避免应用新技术带来减产风险而选择不进行技术采纳^[6]。二是农业技术高资本投入障碍。测土配方施肥技术作为资金与知识密集型的技术,由于高初始投入制约了农户技术采纳^[8]。不少学者也在探讨如何弥补上述技术特征以及农户禀赋的差异来促进技术采纳,包括增强农户信贷或资金获取能力以及区域基础设施建设^[9-10]。三是技术学习成本以及技术采纳客观门槛等^[11]。测土配方施肥技术作为知识密集型技术,需要付出学习成本获取相关技术知识以突破技术难点^[12-13]。研究发现,通过电子设备、同伴效应、农业培训以及社会网络等方式扩充农户信息渠道来源是促使农户进行技术采纳的有效手段^[14-16]。除上述原因之外,农业技术的应用还需要一定的客观经营门槛,包括机械装备只有在大规模农场中能够实现应用^[17]。

上述研究都是基于农户作为技术采纳主体,而中国的现实状况是大部分种粮农户会选择将生产性服务外包,由服务商进行农业生产。小麦作为中国三大粮食作物之一,种植区域在全国最为广泛、开展生产性服务最早并且生产性服务比例最大。早在2006年,中国各地便针对小麦开展了生产性服务外包^[18]。Lewis等^[19]以及孙小燕等^[18]的研究证明了服务外包对农户绿色生产技术采用具有正向影响。此外,也有研究表明服务市场的出现有助于技术装备的使用^[17],这意味着服务外包往往伴随着新技术的引入。那么在中国小麦生产的具体现实下,随着生产主体的改变对测土配方施肥技术采纳又会有怎样的影响?其中的机理又是什么?以往的研究虽肯定了生产性服务外包对绿色生产技术采纳的作用,

然而并未将农户、服务商以及技术特征联系起来,从而探讨服务外包的引入对测土配方施肥技术采纳的影响。基于此,本研究立足于中国小麦生产服务外包的现实,以小麦种植为例分析服务外包对测土配方施肥技术采纳的影响。与以往研究不同,本研究在理论层面识别了服务商测土配方施肥技术采纳的动力,并结合农户特征,揭示服务外包对减量技术采纳的内在机理。特别是突破以往以农户为技术采纳主体的单项思维,通过分析决策中技术采纳主体变化揭示服务外包对测土配方施肥技术采纳的机制及可行策略。此外,在方法层面,考虑到农户服务外包的样本选择偏差以及特征差异,采用内生转换概率模型(ESP)矫正不可观测变量导致的偏误以及自选择问题,以准确分析服务外包对测土配方施肥技术采纳的效果。

1 理论分析

1.1 生产服务外包对测土配方施肥技术影响的逻辑

农户基于家庭劳动力、资金以及信息等要素的限制,会将生产各环节外包给拥有机械设备、劳动力以及技术的专业服务商。服务商则会利用比较优势改善农业生产要素配置并提升农业生产效率。由于测土配方施肥技术采纳需要具备充足的技术知识、市场信息以及良好的技术装备,而这些要素的引入需要一定的农地规模门槛^[20],这时主张以分工的方式实现服务规模经营的生产性服务便进入了学界视野。根据上述分析,需要重视一个问题:虽然大部分时候农户都是技术采纳者,但基于前述的现实,可以认为在长时间内小麦生产中技术采纳者会逐步转向服务商。

从技术特征出发,测土配方施肥技术主要是根据实现小麦目标产量的总需肥量、不同生长时期的需肥规律和肥料效应,通过测土仪明确在作物需肥规律基础上,提出肥料(主要是氮、磷、钾肥)的施用量、施肥时期和施用方法。一般,这一技术在现实中对土壤的营养元素需求进行测量,并在播种时按照土壤需求施用基肥,此后在种植过程中根据植物的长势、叶色等特征考虑补肥或追肥。生产性服务外包主要涉及产中环节,包括耕地、播种、植保、灌溉以及收割等环节^[21]。此外,需要提到的是除单项环节的组合使用之外,农户还能够使用将产中环节全部委托给服务商的全程服务外包形式。此时,整体技术应用则由服务商完成。因此,测土配方施肥

技术与服务外包相关的环节主要包括播种、植保以及全程服务外包。过去,都是农户对测土配方施肥技术采纳做出决策。然而,当农户选择服务外包后,服务商能够为农户提供产中各项服务。这意味着,农户一旦购买了相关生产服务,服务商将会替代农户进行农业生产决策,进行技术应用^[17]。

相较而言,服务商比农户具有获取低价农资和装备以及信息的能力。首先,服务商与要素市场紧密连接,通过大规模采购以及市场议价能力获取较为优质低价的生产要素^[22],例如农业机械、测土配肥仪、配方肥等一系列技术装备和农资,降低了生产要素获取成本。其次,服务主体具有专业的知识水平以及甄别测土配方施肥技术用量的能力。这是因为技术采纳需要较高的学习成本获取专业知识,而服务提供主体能够有效在要素及产品市场上甄别信息^[23],同时具备专业的技术人员对肥料配施进行有效用量判断,并对技术用量进行定量化以及标准化控制。此外,由于服务商能够有效获取产品市场的信息,对于市场价格信息较为敏感,从而具有改进技术的需求。

当农户选择将生产服务外包后,服务商便引入自身知识并对技术使用过程实施标准化控制。此时,测土配方施肥技术采纳决定是由生产性服务商决定的,农户只需要跟随生产性服务商所做的测土配方施肥技术采纳策略,被动接受最终技术采纳结果。其中,部分农户有减量施肥的意识,但由于相关技术知识和技术装备的缺失,虽对技术采纳有需求,但缺乏技术采纳的能力^[18]。剩下的农户将生产性服务外包,但对减量施肥无需求。但通过服务外包带来的测土配方施肥技术引入,跨越了改变农户信息获取以及资金状况的障碍,让上述两类农户都被动接受了服务商的技术采纳决策。由以上分析,得到假说1:

H1:生产性服务外包能够带动农户应用测土配方施肥技术。

1.2 生产性服务外包不同程度对测土配方施肥技术采纳的影响

依据现实,农户对服务外包的选择不止涉及到购买状况,还涉及到对服务购买的程度。虽然农户只要将生产性服务外包,技术采纳者则有可能转变为服务商。但部分服务外包的情况下,仍有可能是农户在进行决策。因此,相对全程服务外包,部分服务外包仍有可能需要农户自己采纳测土配方施肥技

术。具体而言,测土配方施肥技术应用产中环节涉及到播种以及植保环节。因此,采用测土配方施肥技术时,首先需要运用土壤监测设备仪器进行测试以了解土壤供肥状况,并根据土壤需肥量选择配方肥作为基肥。在此基础上,会在播种时期施用基肥,这一过程既能够人工完成也能通过机械替代。后期,在种植过程中还需要根据作物的长势以及时期针对作物需要的肥料进行补肥和追肥。农户如只购买播种以及植保环节中的部分服务时,其余环节技术应用程序还需自己完成。相对而言,农户由于信息获取以及技术装备应用障碍,在自己决策时无法有效识别肥料配比和用量,同时有效进行机械施肥。而农户将全程生产服务外包时,服务商会全程考虑土壤需肥状况和作物长势,甄别技术及肥料用量和配比,并运用机械精准施用配方肥。此时,标准化程度更高,技术应用程度也更强。由此,得到假说2:

H2:农户将全程服务外包时,测土配方施肥技术的采纳程度会更高。

1.3 生产性服务外包对不同规模农户测土配方施肥技术采纳的影响

除上述分析外,还需要结合测土配方施肥技术属性以及农户要素禀赋特征,审视生产性服务外包与技术应用之间的关系。一般来说,测土配方施肥这类技术采纳需要大量专业知识,并需要测土配方施用仪、机械装备的使用,因此属于知识以及资金密集型技术,需要充足的资本以及知识储备。规模较大的农户具有较为充足的资金以及农业生产知识,这暗含着大规模农户往往具有较少的技术采纳约束^[12]。然而中国小麦种植户仍以小规模农户为主,收入和受教育水平都较低,因此技术应用约束较强。生产环节外包服务则通过低价技术装备以及专业技术知识引入,采用标准化施肥技术,弥补了小规模农户面对的技术采纳约束,最终带动小规模农户采纳测土配方施肥技术。由此,得出假说3:

H3:生产性服务外包带动小规模农户进行测土配方施肥技术采纳的效果更显著。

具体生产性服务外包对测土配方施肥技术采纳机制如图1所示。

2 数据来源与变量选择

2.1 数据来源

本研究数据来源于中国农业大学农业农村发展研究院2019年返乡调研农户数据。调研选择了中

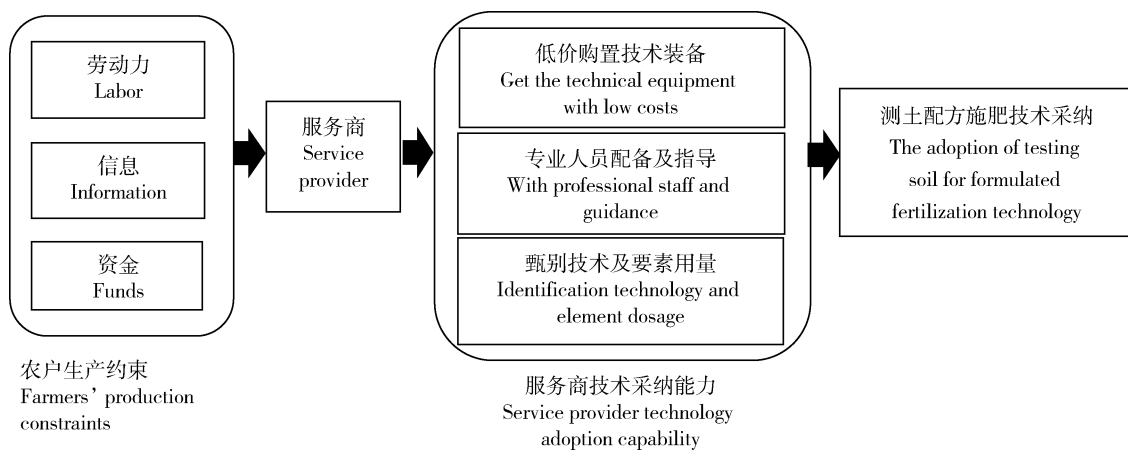


图1 理论机制图

Fig. 1 Theoretical mechanism diagram

国安徽、湖北、河南、四川、江苏、山东和河北省7个粮食主产区进行调研。选择这几个省的原因在于：一是粮食主产区是中国粮食生产的主要来源，2018年粮食主产区粮食产量占全国粮食总产量的78%^①，对粮食主产区进行调研能够聚焦于粮食安全问题。二是这上述地区都是小麦种植大省，而本研究重点关注小麦这一品种，因此选取这几个地区作为调研地点能够一定程度上反映小麦的生产性服务外包发展状况。调研时采用了多阶段抽样方法。首先，我们在选定的省份内招募家乡在上述地区的调研员；之后，让每省调研员在其所在市随机选择2个村；最后，调研员在每个村随机选择10~15个农户进行调研。在调研过程中，使用结构化的调查问卷对农户进行了面对面访谈。调研内容包括问卷调研年份前一年即2018年农户个人及家庭特征状况（例如年龄、教育程度、种植规模和家庭规模等）、农作物种植情况、生产要素投入状况、生产性服务外包状况以及测土配方施肥技术采纳状况等。为聚焦本研究议题，我们最终只保留种植小麦的农户，剔除了关键信息缺失的变量，并对农户家庭收入以及经营规模按照1%进行“缩尾”处理，以消除异常值的影响，最终得到有效样本826个，包括23个市65个村。

2.2 变量选择

本研究最主要的目标是探讨生产性服务外包对测土配方施肥技术的影响。因此根据测土配方施肥技术特点，借鉴孙杰等^[24]的研究将测土配方施肥技

术采纳以二元变量来衡量。此外，本研究的核心自变量为生产性服务外包。现实中，测土配方施肥技术与生产性服务相关环节主要涉及播种以及植保环节，此外全程服务外包时农户会将耕地、播种、植保、灌溉以及收割等全程环节委托给服务商生产，此时服务商会决策是否使用技术。因此，为聚焦测土配方施肥技术采纳，本研究定义农户使用播种、植保以及全程服务外包的任意一项及以上为生产性服务外包。为进一步考虑不同服务外包程度对测土配方施肥技术采纳的影响，本研究也单独将全程服务外包与部分服务外包分开讨论。生产性服务中除去全程服务外包外，当农户购买播种以及植保这两项服务任意一项及以上时，定义农户使用了部分服务外包。

表1详细定义了本研究所需变量并进行了描述性统计。根据已有研究，本研究其他控制变量选择了农户个体特征，包括性别、年龄、受教育水平、健康状况、风险规避意识以及减量施肥需求状况；家庭特征，包括外出务工比率、收入水平；生产特征，包括经营规模、土壤质量、产品质量认证状况；外部环境，包括农业生产经营培训状况以及信息渠道。此外，其他控制变量中还包含省级虚拟变量，以控制当地地形、气候、降水以及病虫害等自然特征以及传统观念的影响^[25-26]。根据描述性统计，采用测土配方施肥技术的样本占总样本的22.2%。使用生产性服务外包的农户占总样本的70.3%。其中，购买部分服

① 根据中华人民共和国国家统计局年度数据计算而成。

务的农户占 56.5%，而购买全程服务的农户占 13.8%。由此可以看出大部分小麦种植户会选择购买生产性服务以进行农业生产，而使用部分服务外包的农户占大多数。

表 1 变量定义及描述性统计

Table 1 Variable definition and descriptive statistics

变量 Variable	含义与赋值 Definition and assignment	平均值 Mean	标准差 Standard deviation
被解释变量			
测土配方施肥技术 Technology	未采纳=0;采纳=1	0.222	0.416
核心解释变量			
生产性服务外包 Outsource	购买“全程服务、播种以及植保”任意一项及以上;否=0;是=1	0.703	0.457
购买部分服务 Partial outsourcing	购买“播种以及植保”任意一项;否=0;是=1	0.565	0.426
全程服务购买 Full outsourcing	购买服务外包;否=0;是=1	0.138	0.379
其他控制变量			
性别 Gender	女性=0;男性=1	0.737	0.440
年龄 Age	受访者实际年龄/岁	53.642	11.408
受教育程度 Education	文盲或半文盲=1;小学=2;初中=3;高中=4;大学=5;大学以上=6	2.794	0.973
健康状况 Health	很差=1;较差=2;较好=3;很好=4	3.650	0.566
风险规避意识 Risk	风险规避型=0;非风险规避型=1	0.145	0.353
减量施肥需求状况 Demands of fertilizer reduction	否=0;是=1	0.332	0.471
外出务工比率 Proportion of migrant workers	外出务工人员占家庭劳动力比例	0.432	0.389
家庭收入水平 Income	家庭总收入取对数	10.791	0.939
经营规模 Scale	家庭小麦种植面积/hm ²	0.822	40.418
土壤质量 Quality of soil	很差=1;较差=2;一般=3;较好=4;很好=5	3.194	0.771
产品质量认证状况 Quality of product	是=1;否=0	0.017	0.129
农业经营培训状况 Techtrain	是=1;否=0	0.242	0.429
信息渠道 Information	是否与企业、电商、合作社合作以及本村是否有其他人将生产性服务外包加总/条	0.308	0.661
机械拥有数量 Machinery	家庭拥有农业机械的总数量/台	0.881	1.585

3 实证模型与计量结果

3.1 模型设置

传统解决自选择的方法为倾向性匹配得分估计(PSM)模型以及递归双变量概率(RBP)模型等。但本研究在解决自选择问题上,采用了相对而言更具优势的内生转换概率(ESP)模型^[27]。一是 ESP 模型解决了可观测变量与不可观测变量之间选择偏差问题;二是 ESP 模型能够分别估算生产性服务外包与未外包农户进行测土配方施肥技术采纳的影响因素。运用 ESP 模型研究生产性服务外包对农户测土配方施肥技术采纳影响分为两步。第一步是农户决定是否将生产性服务外包,即式(1);第二步则是采用 Probit 模型测算生产性服务外包对测土配方施肥技术采纳的影响。两个条件方程取决于农户是否将生产性服务外包,因此可以将等式表示为:

$$S_i^* = \gamma Z_i + \mu_i \quad S_i = 1 \text{ if } S_i^* > 0 \quad (1)$$

$$Y_{1i}^* = \alpha_1 X_{1i} + \beta_1 S_{1i} + \epsilon_{1i}$$

$$Y_{1i} = \begin{cases} 1 & \text{if } Y_{1i}^* > 0 \\ 0 & \text{if } Y_{1i}^* \leq 0 \end{cases} \quad \text{if } S_i = 1 \quad (2)$$

$$Y_{0i}^* = \alpha_0 X_{0i} + \beta_0 S_{0i} + \epsilon_{0i}$$

$$Y_{0i} = \begin{cases} 1 & \text{if } Y_{0i}^* > 0 \\ 0 & \text{if } Y_{0i}^* \leq 0 \end{cases} \quad \text{if } S_i = 0 \quad (3)$$

式中: S_i 为二元选择变量农户是否将生产性服务外包; γ 表示农户特征变量的待估参数; μ_i 为随机误差项。需要注意的是,农户是否将生产性服务外包这一选择可能会受到不可观测因素的影响(例如农户的认知能力、信贷状况等),这一系列因素可能与最终农户测土配方施肥技术的采纳相关。虽然 S_i^* 不能被直接观测到,但可以由特征观察变量 Z_i 的函数表示 Y_{1i}^* 和 Y_{0i}^* 分别表示生产性服务外包与未外包农户测土配方施肥技术采纳的潜变量; Y_{1i} 和 Y_{0i} 分别表示观察到农户的测土配方施肥技术采纳选择, $Y_{1i}=1$ 表示农户采纳此类技术,否则则为0。 X_i 表示一系列影响农户采纳测土配方施肥技术的向量(例如年龄、受教育状况、家庭人数和非农务工比例等); β_1 和 β_0 表示生产性服务对测土配方施肥技术影响的待估参数; ϵ_{1i} 和 ϵ_{0i} 为误差项,分别表示生产性服务外包农户与未外包农户测土配方施肥技术采纳的不可观测变量。

基于式(1)、(2)和(3),假设 μ_i 、 ϵ_{1i} 和 ϵ_{0i} 符合均值为零的联合概率分布,其矩阵表示为:

$$\Omega = \begin{bmatrix} 1 & \rho_0 & \rho_1 \\ & 1 & \rho_{10} \\ & & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

式中: ρ_1 是式(1)误差项 μ_i 及式(3)误差项 ϵ_{1i} 的相关系数; ρ_0 是 μ_i 及式(3)误差项 ϵ_{0i} 的相关系数; ρ_{10} 则是 ϵ_{1i} 和 ϵ_{0i} 的相关系数。由于 Y_{1i} 和 Y_{0i} 无法同时观察到,此模型中 ρ_{10} 无法估计。在 ESP 模型运行中,能够自动生成 ρ_1 和 ρ_0 并纳入服务外包农户以及未将服务外包的农户测土配方施肥技术采纳模型之中,以校正不可观测因素引起的选择偏差。

通过估计式(1)、(2)和(3)能够了解影响农户选择生产性服务外包的决策因素,以及服务外包与未将服务外包农户测土配方施肥技术采纳的影响因素。此外,上述等式的估计系数能够矫正不可观测变量引起的偏差,以有效计算服务外包对测土配方施肥技术采纳的平均处理效应。借鉴 Lokshin 等^[27]的设定,本研究计算了实验组(ATT)和对照组(ATU)的平均处理效应。其中,ATT表明服务外包农户,选择与未选择将服务外包时测土配方施肥技术采纳概率;而 ATU 表明未将服务外包的农户,选择与未选择将服务外包时测土配方施肥技术采纳概率。平均处理效应 ATT 与 ATU 的计算式为:

$$\begin{aligned} \text{ATT} &= \frac{1}{N_1} \sum_{i=1}^{N_1} [Pr(Y_1 = 1 | S = 1, X = x) - \\ &\quad Pr(Y_0 = 1 | S = 1, X = x)] = \\ &= \frac{1}{N_1} \sum_{i=1}^{N_1} \left[\frac{\Phi_2(\alpha_1 X_1, Z\gamma, \rho_1) - \Phi_2(\alpha_0 X_0, Z\gamma, \rho_0)}{F(Z\gamma)} \right] \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \text{ATU} &= \frac{1}{N_0} \sum_{i=1}^{N_1} [Pr(Y_1 = 1 | S = 0, X = x) - \\ &\quad Pr(Y_0 = 1 | S = 0, X = x)] = \\ &= \frac{1}{N_0} \sum_{i=1}^{N_1} \left[\frac{\Phi_2(\alpha_1 X_1, -Z\gamma, \rho_0) - \Phi_2(\alpha_0 X_0, -Z\gamma, \rho_0)}{F(-Z\gamma)} \right] \end{aligned} \quad (6)$$

式中: N_1 和 N_0 分别表示服务外包与未外包农户的样本数量; $Pr(Y_1=1|S=1, X=x)$ 与 $Pr(Y_0=1|S=1, X=x)$ 表示观测到的服务外包与未将服务外包的农户测土配方施肥技术采纳的概率; $Pr(Y_0=1|S=1, X=x)$ 与 $Pr(Y_1=1|S=0, X=x)$ 表示在反事实框架下两组农户测土配方施肥技术采纳概率; Φ_2 表示二元分布的累积函数; F 表示正态分布的累积函数。

3.2 计量结果及分析

3.2.1 生产性服务外包对测土配方施肥技术采纳的影响分析

农户生产性服务外包与测土配方施肥技术采纳联立的估计结果如表2所示。结果表明,生产性服务外包与未外包农户有关采纳测土配方施肥技术的决定因素有着显著差异。表2结果显示土地质量、户主健康状况、家庭机械拥有状况、家庭外出务工比率以及减量施肥需求都是农户选择生产性服务的重要原因。一般来说,土地质量较差更需要采用机械以及技术从而促使生产力的提升,因此土地质量较差的农户会倾向于将生产性服务外包以使用机械和技术。健康状况较差的农户更有可能选择将生产性服务外包,这是因为健康状况较差意味着农户受到劳动力约束,农业生产劳动力投入有限,因此需要购买服务维持正常的农业生产。机械拥有数量越少的农户更有可能将生产性服务外包是因为在播种环节中多需要使用大规模机械,而农户如无法自购则会选择购买机械服务。需要说明的是,家庭外出务工比率也在5%的统计性水平下显著。不难理解,农户外出务工比率越高意味着家庭农业生产劳动力不足,因此农户会选择将生产性服务外包以弥补家庭劳动力的约束。除此之外,农户减量施肥需求会影响其生产性服务外包的选择。随着中国农业绿色生产转型以及减量施肥概念的宣传,很多农户逐渐意识到减量施肥的重要性。但受限于资金以及知识状况,农户自己减量施肥具有难度,因此会选择将生产性服务外包以期通过服务商来减量施肥。

事实上,ESP选择方程的主要目的是解决无法观测变量对结果方程的估计偏差。按照Lokshin等^[27]的设定,选择方程中需要包括至少一个工具变量,排除在测土配方施肥技术采纳方程之外以避免选择方程缺少工具变量导致ESP模型被非线性识别。因此,本研究将村级变量“农业生产组织数量”作为工具变量。由于服务来源大多是区域内的服务组织,因此村级服务组织数量代表着服务外包的供给,数量越多则农户服务外包的可能性则越高。因此,该变量将影响农户对生产性服务外包的决策。为了验证工具变量的有效性,本研究借鉴杨志海^[28]的检验方法,在引入其他控制变量的前提下,将农户是否将生产性服务外包以及测土配方施肥技术对村级农业生产组织数量进行回归,从而验证工具变量的有效性。结果表明村级农业生产组织数量对农户

生产性服务外包决策有显著正向影响,而对测土配方施肥技术采纳的影响未通过显著性检验,因此认为该工具变量有效。

从服务外包与未外包农户的技术采纳水平来看,由于农户很难预测在采纳测土配方施肥技术之后收入的变化,因此风险规避型的农户会倾向于不采纳该项技术。家庭收入是解释生产性服务外包与未外包农户测土配方施肥技术采纳的重要因素。这是因为,收入水平较低的农户暗含着具有技术升级约束,倾向于采纳传统的农业生产技术例如化肥等^[29],而不是使用具有资本以及知识要求的测土配方施肥技术。但这类农户在将生产性服务外包后,服务提供方能够突破农户的资本约束带动其采纳测土配方施肥技术。结果表明,经营规模有助于促进生产性服务外包农户采纳测土配方施肥技术,但对未将服务外包的农户影响不显著。这可能是因为农户将服务外包之后,服务商由于具备专业技能知识从而弥补了大规模农户熟练工缺失的问题。而经过农业生产经营培训的农户不论是否将服务外包,都会正向显著影响测土配方施肥技术采纳。这是因为当农户在经过培训之后,能够进一步获取关于技术的知识,提升其对技术的认知,从而促进技术采纳。此外,不具备减量施肥需求的农户将生产性服务外包后,最终也能够采纳测土配方施肥技术。这表明减量施肥需求低的农户在生产服务外包后,更有可能采纳测土配方施肥技术。这也与本研究的理论部分保持一致,一旦农户将生产服务外包,服务商将按照自己技术采纳标准使用测土配方施肥技术。而无减量施肥需求的农户初始技术采纳意愿以及能力都较低,在生产服务外包后,由于服务商的技术引入提升了这类农户的技术应用水平。

ρ_0 在1%的统计性水平下显著,这表明农户在选择是否将生产性服务外包时需要会受到不可观测因素的影响,如不对样本进行纠正可能在测土配方施肥技术采纳估计时会出现偏误。 ρ_1 衡量的是农户生产性服务外包选择方程与测土配方施肥技术采纳结果方程之间相关系数。该系数为正,意味着采用测土配方施肥技术可能性较高的农户更有可能将生产性服务外包。此外,结果显示Wald联合检验相关系数显著不为零,拒绝了原假设。这意味着农户生产性服务外包选择方程与测土配方施肥技术采纳方程之间没有相关性,也证明了ESP模型优于普通的Probit以及PSM模型。

表 2 生产性服务外包选择与测土配方施肥技术采纳决策影响因素
Table 2 Factors influencing the selection of outsourcing and the adoption of
testing soil for formulated fertilization technology

变量 Variable	农户服务外包选择方程 Outsource select equation of farmers	测土配方施肥技术采纳 Tech	
		生产性服务外包农户 Outsource	生产性服务未外包农户 Not outsource
年龄 Age	0.191(0.160)	-0.196(0.137)	0.192(0.272)
性别 Gender	0.003(0.007)	0.007(0.006)	0.005(0.011)
受教育程度 Education	0.130(0.082)	0.091(0.073)	-0.234(0.145)
风险规避意识 Risk	-0.155(0.195)	-0.127 (0.192)	-0.774** (0.366)
土地质量 The quality of soil	-0.167* (0.097)	-0.037(0.078)	0.067(0.176)
健康状况 Health	-0.244** (0.101)	0.040(0.112)	0.169(0.243)
家庭收入水平 Income	-0.151* (0.084)	-0.217*** (0.075)	0.142(0.143)
经营规模 Scale	0.001(0.002)	0.008** (0.003)	0.003(0.002)
产品质量认证状况 Quality of product	-0.025(0.497)	1.273(0.782)	0.392(0.681)
农业生产培训状况 Techtrain	-0.158(0.169)	0.346** (0.147)	1.291*** (0.477)
信息渠道 Information	-0.036(0.109)	-0.019(0.097)	-0.016(0.158)
机械拥有数量 Machinery	-0.132** (0.063)	-0.071(0.090)	-0.106(0.158)
外出务工比率 Proportion of migrant workers	0.687*** (0.328)	-0.444(0.291)	0.603(0.536)
减量施肥需求 Demands of fertilizer reduction	2.069*** (0.367)	-0.402*** (0.133)	1.029(1.065)
村级农业生产组织数量 Number of organizations	3.163*** (0.154)		
常数项 Cons	-0.012(1.150)	1.352(1.003)	-2.955(2.566)
ρ_1		0.139(0.266)	
ρ_0			-0.593*** (0.127)
Log pseudolikelihood	-580.694		
Wald test of indep. Eqns. ($\rho_1 = \rho_0$)	Chi ² (17)=261.01, Prob>chi ² =0.000		
样本量 Sample	826	496	330

注：***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 的统计水平上显著。下同。

Note: ***, ** and * indicate significant effects of the variables at 1%, 5% and 10% levels, respectively. The same below.

3.2.2 处理效应分析及稳健性检验

在运用 ESP 模型后,结合估计系数以及方程(5)和(6)计算出生产性服务外包对测土配方施肥技术的平均处理效应(ATT 和 ATU)。具体而言,ATT 估计值在 1% 的统计性水平下显著,表明农户生产性服务外包后测土配方施肥技术采纳的可能性

提升了 8.7%。同时,ATU 的估计值也正向显著,表明未将生产性服务外包的农户如果将服务外包测土配方施肥技术采纳的可能性会提升 28.9%。这也验证了本研究的假说 1。

此外,为保证结果的稳健性,本研究也采用了几种稳健性检验。一是采用倾向性得分匹配(PSM)

表3 生产性服务外包对测土配方施肥技术采纳的平均处理效应
Table 3 The average treatment effect of outsourcing on the adoption of testing soil for formulated fertilization technology

方法 Method	实验组 ATT	<i>t</i> 值	对照组 ATU	<i>t</i> 值
内生转换概率模型 ESP	0.087*** (0.017)	5.130	0.289*** (0.039)	7.373
倾向性得分匹配(一对一匹配) PSM (One to one)	0.153*** (0.065)	2.34	0.056(0.054)	1.02
倾向性得分匹配(K阶近邻) PSM (K-Nearest)	0.150*** (0.048)	3.12	0.096* (0.053)	1.81
倾向性得分匹配(半径匹配) PSM (Radius)	0.131*** (0.044)	2.96	0.120*** (0.040)	3.00
倾向性得分匹配(核匹配) PSM (Kernel)	0.134*** (0.043)	3.13	0.128*** (0.039)	3.29

注:PSM的ATT与ATU的标准误与*t*值均为采用bootstrap方法重新抽样500次所获。下同。

Note: The standard errors and t-values of PSM's ATT and ATU were obtained by re-sampling 500 times using the bootstrap method. The same below.

方法;二是在PSM方法的基础上尝试多种匹配方法。所有的稳健性检验都表明,生产性服务外包对测土配方施肥技术采纳有显著正向影响。

3.2.3 生产性服务外包不同程度对测土配方施肥技术采纳分析

由于小麦测土配方施肥技术采纳涉及播种、植保以及全程服务外包,一方面农户由于资金、技术以及劳动力约束对环节需求程度不同;另一方面当农户将生产环节外包后,服务商会对各环节测土配方施肥技术采纳进行决策。然而,不同服务外包程度也涉及到不同农业生产主体。因此,不同服务外包程度会对最终测土配方施肥技术采纳具有不同影响。

根据表4的估计结果,除购买部分服务的农户ATT未通过显著性检验,其余估计结果皆通过显著性检验。农户购买部分服务时,ATU在1%的统计水平下显著,这表明未将服务部分外包的农户若将服务外包,测土配方施肥技术采纳的概率会提升8.5%。而当农户全程服务外包时,能够比未全程服务外包的农户技术采纳可能性高21.3%。同时,未将全程服务外包的农户如全程外包,技术采纳的可能性将会提升20.9%。可以发现,随着农户生产性服务外包程度的提升,测土配方施肥技术采纳可能性也增加了。上述结果证明了本研究的假说2。

对此结果,可能是因为以下两个原因。其一,从农业生产决策主体角度来看,当农户只将部分服务外包时,生产决策主体包括服务商或者农户。农户除跟随服务商测土配方施肥技术采纳的标准化操作外,还需要自己在生产中进行技术采纳决策。这时候,那些对减量施肥无需求并且技术采纳受到约束的农户在自己决策的过程中不会采纳测土配方施肥技术,抑或采纳程度较低。而农户将全程服务外包后,决策主体只有服务商,由于技术装备获取能力、低价配方肥获取以及专业人员对技术用量的甄别与标准化使用,相比部分环节外包的农户测土配方施肥技术采纳可能性会更高。其二,从外包环节的标准化程度来看,一般来说播种环节的标准化程度较高,农户决策与外包服务商决策差异不大^[28]。而像植保这些需要技术以及丰富农业管理知识的环节,外包后治理效果会显著提升^[30]。服务商将按照土壤需肥状况进行标准化操作,进行测土配方施肥技术应用。因此,将全程环节外包后,测土配方施肥技术的采纳效果更明显。

3.2.4 生产性服务外包对测土配方施肥技术采纳群组差异性分析

为进一步理解生产性服务外包对不同样本群体农户测土配方施肥技术采纳的影响,本研究依据经营规模对农户进行分组。这是因为农户技术采纳受

表4 不同服务外包程度对测土配方施肥技术采纳的平均处理效应

Table 4 The average treatment effect of different outsourcing levels on the adoption of testing soil for formulated fertilization technology

外包程度 Degree of outsourcing	实验组 ATT	<i>t</i> 值	对照组 ATU	<i>t</i> 值
部分服务外包 Partial outsourcing	0.062(0.047)	1.309	0.085*** (0.014)	6.038
全程服务外包 Full outsourcing	0.213*** (0.039)	5.400	0.209*** (0.018)	11.615

到经营规模、信息渠道以及机械装备获取的限制,而小规模农户则暗含着上述技术采纳条件的约束。基于此,本研究进一步分析农户将生产性服务外包对不同规模农户技术采纳的带动效果。本研究按照经营规模将农户划分为 0.067 hm² 以下、0.067 hm² 及以上两类^①。

根据表5的估计结果,生产性服务外包对不同群组农户测土配方施肥技术带动效果具有差异。就经营规模而言,生产性服务外包对 0.067 hm² 以下小农户测土配方施肥技术采纳的带动效果更显著。

出现上述结果的原因可能是由于测土配方施肥技术不仅需要技术装备的应用,同时需要获取优质农资并对用量进行有效甄别。相对来说,对于经营规模较小的农户,本身要素禀赋较差,依靠自身的能力很难采纳测土配方施肥技术。而经营规模较大的农户大部分都是大户以及家庭农场,依托其较好的要素禀赋,具备自己采纳测土配方施肥技术的能力。因此,在农户选择生产性服务外包后对这类农户技术采纳的边际提升作用有限,对小农户的带动效果更明显。这也验证了本研究的假设3。

表5 生产性服务外包对不同规模农户测土配方施肥技术采纳的平均处理效应

Table 5 The average treatment effect of outsourcing on the adoption of adoption of testing soil for formulated fertilization technology by farmers of different scales

经营规模 Scale	实验组 ATT	<i>t</i> 值	对照组 ATU	<i>t</i> 值
<0.067 hm ² 以下	0.738*** (0.094)	7.851	0.919*** (0.087)	10.569
≥0.067 hm ² 及以上	0.412*** (0.091)	4.529	0.810*** (0.063)	12.782

4 结论与政策建议

测土配方施肥被认为是减量施肥以及促进农业可持续发展的有效技术,然而在中国的采纳率仍较低,迫切需要寻找促进该技术应用的有效方式。本研究结合中国小麦种植户服务外包不断提升的现状,考虑技术采纳决策主体差异,采用内生转换概率模型(ESP)以明确生产性服务外包对测土配方施肥技术采纳的影响。主要得出以下几点结论:

1) 生产性服务外包可以促使测土配方施肥技术

的最终采纳。其中,对减量施肥有需求的农户更有可能将生产性服务外包促使测土配方施肥技术采纳;2) 由于不同服务外包程度致使决策主体以及技术采纳标准化差异,测土配方施肥技术采纳程度不同,因此全程服务外包更有利于最终测土配方施肥技术的采纳;3) 相较规模较大这类要素禀赋较好的农户,生产性服务外包对要素禀赋较差的小农户测土配方施肥技术的带动效果更好。

基于上述结论,本研究得到以下启示:第一,基于小麦种植生产服务外包较广的基本现实,以及服

① 本研究借鉴第三次农业普查对农业经营耕地的标准进行划分,同时学界也经常以 10 亩为标准来研究小农户^[31],由于 1 亩约为 0.067 hm²,此处换算成国际通用单位公顷。

务外包能够促进测土配方施肥技术采纳研究结果,因此各地需要不断发展以及完善生产性服务市场,促使技术采纳水平的提升。第二,由于服务外包程度较高对测土配方施肥技术采纳效果更好,因此应该发挥村集体以及农业生产组织的作用将小农户集中起来进行服务外包,促进农业生产标准化以及绿色化。第三,由于服务外包对要素禀赋较差的小农户测土配方施肥技术采纳的效果更好,基于中国在今后较长时期内农业生产经营仍以小农户为主的现状。因此,需要提高小农户对服务外包的认识,并通过发展服务市场让小农户将生产性服务外包,以促进中国农业可持续发展。

参考文献 References

- [1] Huang J K, Hu R F, Cao J M, Rozelle S. Training programs and in-the-field guidance to reduce China's overuse of fertilizer without hurting profitability[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2008, 63(5): 165A-167A
- [2] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2018
National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. *China Statistical Yearbook* [M]. Beijing: China Statistics Press, 2018 (in Chinese)
- [3] Lin J Y. Rural reforms and agricultural growth in China[J]. *American Economic Review*, 1992(82): 34-51
- [4] Sun Y, Hu R, Zhang C. Does the adoption of complex fertilizers contribute to fertilizer overuse: Evidence from rice production in China[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2019, 219(5): 677-685
- [5] 王祖力, 肖海峰. 化肥施用对粮食产量增长的作用分析[J]. 农业经济问题, 2008(8): 65-68
Wang Z L, Xiao H F. Analysis of the effect of chemical fertilizer application on the increase of grain output[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2008(8): 65-68 (in Chinese)
- [6] 仇焕广, 栾昊, 李瑾, 汪阳洁. 风险规避对农户化肥过量施用行为的影响[J]. 中国农村经济, 2014(3): 85-96
Qiu H G, Luan H, Li J, Wang Y J. The impact of risk aversion on farmers' behavior of excessive fertilizer application [J]. *China's Rural Economy*, 2014(3): 85-96 (in Chinese)
- [7] Evenson R E, Gollin D. Assessing the impact of the green revolution, 1960 to 2000[J]. *Science*, 2003, 300(5620): 758-762
- [8] Mottaleb K A. Perception and adoption of a new agricultural technology: Evidence from a developing country [J]. *Technology in Society*, 2018(55): 126-135
- [9] Foster A D, Rosenzweig R. Microeconomics of technology adoption[J]. *Annual Review of Economics*, 2010, 2(1): 395-424
- [10] Aker J C. Dial "A" for agriculture: A review of information and communication technologies for agricultural extension in developing countries[J]. *Agricultural Economics*, 2011, 42(6): 631-647
- [11] World Bank. World development report 2008: Agriculture for development[R]. Washington DC: World Bank, 2008
- [12] Emerick K, de Janvry A, Sadoulet E, Dar M H. Technological innovations, downside risk, and the modernization of agriculture[J]. *American Economic Review*, 2016(106): 537-1561
- [13] Yu J, Nathan P Hendricks. Input use decisions with greater information on crop conditions: Implications for insurance moral hazard and the environment[J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 2020, 102(3): 826-845
- [14] Rogers E M. A prospective and retrospective look at the diffusion model[J]. *Journal of Health Communication*, 2004(9): 13-19
- [15] Jalan J, Somanathan E. The importance of being informed: Experimental evidence on demand for environmental quality [J]. *Journal of Development Economics*, 2008(87): 14-28
- [16] Kassie M, Teklewold H, Jaleta M, Marennya P, Erenstein O. Understanding the adoption of a portfolio of sustainable intensification practices in eastern and southern Africa[J]. *Land Use Policy*, 2015(42): 400-411
- [17] Lu L, Reardon T, Zilberman T. Supply chain design and adoption of indivisible technology[J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 2016, 98(5): 1419-1431
- [18] 孙小燕, 刘雍. 土地托管能否带动农户绿色生产[J]. 中国农村经济, 2019(10): 60-80
Sun X Y, Liu Y. Can land trusteeship drive farmers' green production[J]. *China's Rural Economy*, 2019(10): 60-80 (in Chinese)
- [19] Lewis B D, Pattinasarany D. Determining citizen satisfaction with local public education in Indonesia: The significance of actual service quality and governance conditions[J]. *Growth and Change*, 2009, 40(1): 85-115
- [20] 张露. 小农分化、行为差异与农业减量化[J]. 农业经济问题, 2020(6): 131-142
Zhang L. Differentiation of smallholders, differences in behavior and reduction in agriculture [J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2020(6): 131-142 (in Chinese)
- [21] 姜长云. 论农业生产托管服务发展的四大关系[J]. 农业经济问题, 2020(99): 55-63
Jiang C Y. On the four relations in the development of agricultural production trusteeship service [J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2020(9): 55-63 (in Chinese)
- [22] 穆娜娜, 钟真, 孔祥智. 交易成本与农业社会化服务模式的选择: 基于两家合作社的比较研究[J]. 农林经济管理学报, 2019, 18(3): 366-375

- Mu N N, Zhong Z, Kong X Z. Transaction cost and the choice of agricultural socialized service mode: Based on a comparative study of two cooperatives [J]. *Journal of Agriculture and Forestry Economics and Management*, 2019, 18(3): 366-375 (in Chinese)
- [23] 杨子, 饶芳萍, 诸培新. 农业社会化服务对土地规模经营的影响: 基于农户土地转入视角的实证分析[J]. 中国农村经济, 2019(3): 82-95
- Yang Z, Rao F P, Zhu P X. The impact of agricultural socialization services on land scale management: An empirical analysis based on the perspective of farmers' land transfer[J]. *China Rural Economy*, 2019(3): 82-95 (in Chinese)
- [24] 孙杰, 周力, 应瑞瑶. 精准农业技术扩散机制与政策研究: 以测土配方施肥技术为例[J]. 中国农村经济, 2019(12): 65-84
- Sun J, Zhou L, Ying R Y. Research on the diffusion mechanism and policy of precision agriculture technology: Taking testing soil for formulated fertilization technology as an example[J]. *China's Rural Economy*, 2019(12): 65-84 (in Chinese)
- [25] Hu R F, Cai Y Q, Chen K Z, Huang J K. Effects of inclusive public agricultural extension service: Results from a policy reform experiment in western China [J]. *China Economic Review*, 2012, 23(4): 962-974
- [26] Haghjou M, Hayati B, Choleki D M. Identification of factors affecting adoption of soil conservation practices by some rainfed farmers in Iran [J]. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2014, 16(4): 957-967
- [27] Lokshin M, Sajaia Z. Impact of interventions on discrete outcomes: Maximum likelihood estimation of the binary choice models with binary endogenous regressors [J]. *The Stata Journal*, 2011, 11(3): 368-385
- [28] 杨志海. 生产环节外包改善了农户福利吗: 来自长江流域水稻种植农户的证据[J]. 中国农村经济, 2019(4): 73-91
- Yang Z H. Does outsourcing improve the welfare of farmers: Evidence from rice farmers in the Yangtze river basin [J]. *China Rural Economy*, 2019(4): 73-91 (in Chinese)
- [29] Adnan N, Nordin S M, Ali M. A solution for the sunset industry: Adoption of green fertiliser technology amongst Malaysian paddy farmers [J]. *Land Use Policy*, 2018(792): 575-584
- [30] 张忠军, 易中懿. 农业生产性服务外包对水稻生产率的影响研究: 基于358个农户的实证分析[J]. 农业经济问题, 2015, 36(10): 69-76
- Zhang Z J, Yi Z Y. Research on the impact of agricultural productive service outsourcing on rice productivity: Based on the empirical analysis of 358 farmers [J]. *Issues of Agricultural Economy*, 2015, 36(10): 69-76 (in Chinese)
- [31] 张云华, 彭超, 张琛. 氮元素施用与农户粮食生产效率: 来自全国农村固定观察点数据的证据[J]. 管理世界, 2019, 35(4): 109-119
- Zhang Y H, Peng C, Zhang C. The use of nitrogen element and grain production efficiency: Evidence from national fixed point survey data [J]. *Management World*, 2019, 35(4): 65-81 (in Chinese)

责任编辑: 王岩