

# 施药服务外包有助于农药减量施用吗?

——来自 CLES 的经验证据

钱 龙<sup>1</sup>, 饶清玲<sup>2</sup>, 陆华良<sup>3\*</sup>

(1.南京财经大学粮食和物资学院,江苏南京 210023;

2.上海财经大学 财经研究所,上海 200433;

3.南京审计大学 商学院,江苏南京 211815)



**摘 要** 有效减少农业生产中的农药施用对提升农产品品质和实现农业高质量发展至关重要。基于中国土地经济调查(CLES)2020年和2021年两年混合截面数据,探讨了施药环节服务外包对农药减量施用的影响及其作用机制。研究发现:第一,施药环节外包显著减少了农药施用。在调整样本组合、聚焦水稻种植户,处理选择性偏误和考虑内生性问题后,结论依然稳健。第二,机制检验表明,施药服务外包通过缓解劳动力约束和实现规模效应来减少农药施用,而农药类型替代这一路径没有得到验证。第三,情境性分析表明,前端环节外包程度强化了施药环节外包减少农药施用的促进效应,而上年度病虫害强度会弱化施药环节外包带来的农药减量效果。以上结论说明施药服务外包在减少农药施用中发挥着积极作用,需加快提升施药服务外包普及率,助力“双减”战略的实现。

**关键词** 施药服务外包; 社会化服务; 农药减量; 中国土地经济调查

**中图分类号:**F323.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-3456(2025)02-0103-13

**DOI 编码:**10.13300/j.cnki.hnwkxb.2025.02.009

适度的农药投入是防治病虫害的关键手段之一<sup>[1-2]</sup>,对稳定粮食等农产品生产和保障农户经营收益等方面有着十分重要的作用。然而,中国“大国小农”的基本国情,以及“人地矛盾”下长期以提升产量为目标的主流经营模式,使得以小农户为主体的中国农业经营者普遍存在农药施用不规范和滥施农药行为<sup>[3]</sup>,进而导致国内农业生产中农药施用量远远超出国际公认的安全用量上限<sup>[4]</sup>。据估计,中国农药单位面积使用量高达全球平均水平的4倍<sup>[5]</sup>。过量施用农药引致了农产品农药残留超标、农业面源污染加剧和食品安全事件频发等一系列负外部性<sup>[6-7]</sup>,引起社会广泛重视。

为有效降低农药施用强度,2015年农业部发布《到2020年农药化肥使用量零增长行动方案》,正式开展全国性的农药减量增效行动。2016年中央“一号文件”再次强调实施农药零增长行动,2019年中央“一号文件”则在零增长目标提前实现的基础上,进一步提出了农药施用量负增长的新目标。2021年,农业农村部等6部门印发《“十四五”全国农业绿色发展规划》,明确提出农药减量是实现农业绿色发展目标的重要组成。为加快推进农药减量增效,2022年底,农业农村部制定了《到2025年化学农药减量化行动方案》,持续推进农药减量增效。从公开数据来看,近年来国内农药减量颇具成效。“十三五”期间年均农药使用量,比“十二五”期间减少9.4%。2021年农药使用量24.8万吨,比2015年减少16.8%,使用量已连续6年负增长<sup>①</sup>。尽管如此,当前减量增效程度距离《“十四五”推进农业农村

收稿日期:2024-04-16

基金项目:国家自然科学基金面上项目“农业社会化服务对化学农资减量施用的影响:理论机制、效应识别与政策优化”(72273061);  
国家自然科学基金面上项目“农村产业数字化与农民增收:机理、绩效和政策”(72273016);全国粮食和物资储备青年拔尖人才服务行业需求自主选题项目“消费环节粮食浪费的状况、成因和对策研究”(QN2024908)。

\*为通讯作者。

① 数据来源于《2023 中国农业农村发展趋势报告》。

现代化规划》中所提出的到2025年农药利用率达到43%的规划目标仍有一定差距。因此,如何进一步推进农药减量,继而推动农业绿色转型仍然是一个亟待解决的现实问题。

有效减少农业生产中的农药施用,关键在于促成微观经营主体的行为转变。通过文献梳理,发现这一领域研究颇为丰富,学者们从微观个体主观和客观维度特征<sup>[8-9]</sup>、家庭特征<sup>[4-5,10]</sup>、农业经营特征<sup>[11-12]</sup>、市场环境与政策特征<sup>[13-14]</sup>等多重视角,探讨了哪些因素能影响农药减量施用。但是多年的实践表明,在激励明显不足的情形下,仅仅依靠分散的小农户,希望其自发转为绿色生产方式的效果并不佳<sup>[15]</sup>,而借助服务外包来推进减量化生产或将成为更行之有效的路径。

近年来,国内农业生产中的社会化服务或生产环节服务外包日渐兴起,市场规模不断扩大,有力推动了农业综合生产能力提升和农业生产方式转变<sup>[16]</sup>。服务外包不仅能够克服小农分散经营所引致的效率损耗问题<sup>[17-18]</sup>;而且能够依托服务供给所衍生的规模经济和范围经济,促进农业投入品的高效利用及农业生产方式转型<sup>[19-20]</sup>。基于农业纵向分工愈益深化这一现实背景,有部分学者探寻了生产环节服务外包如何影响农药减量施用<sup>[21-22]</sup>。基本逻辑为:农事活动可分离性会诱使农户将施药环节内嵌至社会化分工体系,此时农药施用主体转变为外包服务商,而服务组织能凭借其专业化生产优势实现高效精准化作业,进而助推农药减量施用<sup>[23]</sup>。但也有一些文献注意到,随着服务组织商业化,服务商会过度强调化学农资功效,反而造成农户超量购买与过量施用化学农资<sup>[24-25]</sup>。还有少数学者发现,社会化服务对化学农资施用没有显著影响<sup>[26-28]</sup>。可见,对于农业社会化服务如何影响化学农资施用没有形成定论。之所以存在分歧,一个重要原因是既有研究鲜有精准识别单一施药环节服务外包如何影响农药减量施用。

需要指出的是,既有研究为本文奠定了良好基础,但目前针对农业生产环节服务外包带来的农药减量效应的内在机理及约束条件仍存在有可探讨空间。事实上,服务外包既能以迂回方式将新要素与新技术引入小农经营中,从而破除减量化的技术门槛并促进高效农药的减量替代;亦能实现农业机械对劳动的有效替代以推动劳动节约型技术进步<sup>[29]</sup>,由此诱使农户摒弃传统的少次过量、加大用药剂量施用模式,而以适量施药模式代之。再者,生产环节服务外包会诱致农户扩大农地经营规模,通过发挥规模效应以降低农业化学品投入<sup>[15]</sup>,且农地规模经营会进一步诱发农业服务规模经营<sup>[30]</sup>,借助服务规模经济来实现农药减量<sup>[31]</sup>。目前,对上述路径的阐述和验证相对不足。此外,农业社会化服务目前已经突破单一环节,形成了多环节服务情形<sup>[20]</sup>。施药服务是产中环节,相对独立,但其减量效果可能会受到产前服务环节的制约(如耕地、育秧、栽种等等)。然而,鲜有文献讨论前端环节外包程度如何调节农药施用服务外包对农药减量的影响效果。另外,施用农药的目的是减少虫害,以实现稳定生产和提升农作物产量,但是施药量不只取决于农户禀赋,虫害发生和农户相应的历史记忆作用也不容忽视,毕竟历史记忆会显著影响个体的预期和行为<sup>[32-33]</sup>。然而,鲜有文献讨论农户不同灾害经历背景下,施药服务外包影响农药减量化的效果有何差异。

有鉴于此,本文拟基于中国土地经济调查(CLES)2020年和2021年混合截面数据,尝试验证施药环节服务外包对农药减量施用的影响及其作用机制。本文可能的贡献有:第一,不同于现有文献以全环节的社会化服务为研究对象,本文针对性地考察了施药环节服务外包对农药减量施用的影响,以单一环节切入既提供了更具精准性的经验证据,又拓宽了相关研究视角。第二,文章基于农药类型替代、缓解劳动力不足和实现规模效应三个维度,构建了施药服务外包影响农药减量施用的理论框架,丰富了服务外包促进农药减量化生产的机制研究。第三,进一步考察了施药服务外包对农药减量化施用的异质性效应,揭示了不同条件下施药服务外包的效应发挥成效,有助于为制定针对性的社会化服务推广政策提供参考。

## 一、理论分析与研究假说

在农业劳动力大量转移、雇佣成本迅速上涨背景下,越来越多农户选择服务外包主体提供的社会化服务来协助完成农业生产<sup>[34]</sup>。由于经营规模较小,自购农机成本偏高和有效利用率偏低,大多数

传统农户更倾向将全部或者部分生产环节剥离并外包给专业的生产服务提供方<sup>[35]</sup>。近10年来,农业社会化服务市场不断扩大,越来越多农户被卷入生产环节服务外包体系<sup>[14]</sup>,从自我服务转换为他者服务,这已然成为传统小农在综合考量自身资源禀赋、经营能力及成本收益后的最优选择<sup>[36]</sup>。而施药环节作为农业生产链的关键一环,因其作业过程具有明显的复杂性、时效性和周期性等特征<sup>[37]</sup>,加上农业经营主体渐呈弱质化和短缺化,使得农户逐渐内嵌至社会化分工与生产性服务外包之中。

既有研究指出,处于生产前沿面的服务外包能显著改变农户要素投入组合及其农业生产经营方式<sup>[38]</sup>,但施药服务外包的外部效应如何延伸至农药施用领域仍有待考究。在主观意愿层面,施药服务外包经营主体通常有自发的减量倾向<sup>[22]</sup>。一方面,农药减量施用有利于节约单位面积农药投入成本<sup>[39]</sup>,契合了服务外包主体追求利润最大化的经营目标;另一方面,绿色低碳生产方式有助于提升农产品附加值及溢价能力,并为服务组织累积行业声誉资本<sup>[21]</sup>;双重驱动下或将诱使服务外包商自发缩减农药施用量。而在客观能力方面,施药服务外包亦可依托其先进生产设备及专业化生产技术(如植保无人机技术),通过引入先进生产要素、缓解劳动力约束和实现高效精准施药等路径来诱发施药方式转型<sup>[40]</sup>,突破传统施药的效率边界。综上,施药环节服务外包或能助推农药减量。据此,提出研究假设H<sub>1</sub>:

H<sub>1</sub>:施药服务外包有助于减少农药施用量。

对于施药服务外包诱使农药减量的具体渠道,本文认为可能存在以下3个路径。

其一,促进农药类型替代。相对传统化学农药,高效低毒低残留农药能够有效减轻农产品农药残留,并提高病虫害的自然控制能力,以此降低单位耕地面积农药使用量。相对小农户,服务外包组织的信息获取能力更强,能够更多接触新型农药,而且服务组织的施药装备更先进、作业方式更先进,能够配合新型农药的施用<sup>[41]</sup>。而且,由于需求量大、谈判能力更强,社会化服务组织通常能在市场上以较低成本拿到新型化学农资品<sup>[42]</sup>。正如部分研究所证实,生产性服务外包恰能以迂回方式将此类新要素与新技术引入传统经营体系中<sup>[30,43]</sup>,从而破除农药量化的技术门槛,提升高效农药类型的可及性和普及面。此外,施药服务外包商亦能依托大批量、集中化采购形成要素交易的成本优势<sup>[22]</sup>,通过降低高效农药的购入成本来实现对传统农药的减量替代。综上,施药服务外包可能通过促进农药类型替代进而实现农药结构性减量。

其二,缓解劳动力不足。当前,农户施药的主流方式是少次过量,为保障效果,单次的用药剂量通常比较大。虽然这种模式存在农药施用效率低下、负面环境效应较大等问题,但相对节省劳动力。近年来,大规模劳动力非农转移和留守劳动力老龄化、弱质化现象愈发明显<sup>[10]</sup>,致使劳动力要素愈渐稀缺<sup>[44]</sup>,少次过量的施药方式更是愈发普遍。然而,根据诱致性技术变迁理论,资源稀缺性会诱致微观生产主体以相对丰裕的廉价要素对相对昂贵稀缺要素进行替代,形成以劳动节约型技术为主的技术选择偏向<sup>[45]</sup>。这在现实中集中表现为以机械为代表的先进技术越来越多替代相对稀缺的农业劳动力,包括自购农机等先进设备,或更多依靠掌握现代先进技术的服务外包方<sup>[46]</sup>。对施药环节而言,相对传统的人工施药,有先进技术支持的施药服务外包能够实现对劳动力的有效替代,比如近年来日趋普遍的无人机飞防服务。相对传统的人工施药,此类劳动节约型技术能够更好支撑多次适量的施药模式,减少因劳动力不足而不得不选择的少次过量施用模式,继而助推农药减量施用。

其三,实现规模效应。已有研究指出,扩大农地经营规模能实现降本增收<sup>[47]</sup>。但农地经营规模扩张会面临有限的劳动、技术和资本禀赋等多重制约。而社会化服务组织恰能通过替代劳动投入、引入专业生产技术和节省自购农机成本等渠道来缓解家庭资源禀赋约束<sup>[38]</sup>,进而为其扩大农地经营规模提供外在推力。规模经营所衍生的规模效应表现为单位面积生产要素投入的下降<sup>[3]</sup>,对农药投入而言,其规模效应实现路径为:一是缓解耕地细碎化和实现地块集中,便于服务外包主体通过连续性作业来提升操作精准度,以此降低单位面积农药施用量<sup>[48]</sup>。二是农地规模经营进一步诱发了服务规模经营,而规模服务主体能够依托其专业化生产优势改进农业生产要素投入结构,并通过大规模同质化生产获取规模经济效益<sup>[31]</sup>,由此推动农药高效施用和减量投入。综上,施药服务外包或能通过实

现规模效应进而驱动农药增效化减量。据此,提出研究假说H<sub>2</sub>:

H<sub>2</sub>: 施药服务外包会通过促进农药类型替代、缓解劳动力不足和实现规模效应三个路径来减少农药用量。

事实上,囿于农村有效劳动力短缺及农业生产技术不足等约束条件,农户除将喷洒农药环节外包给专业化服务组织外,亦逐渐将过去由自己从事的耕地、育秧、栽种和收割等劳动密集型生产环节剥离并嵌入社会化分工体系。而社会化服务作为一项生产性技术投资,可能会因各生产环节的联结而诱发外溢效应<sup>[46]</sup>。由此推测,施药服务外包的农药减量效应发挥可能受制于农户在其前端环节的服务外包参与状况。具体而言:其一,从交易成本视角来看,受农业生产特性及农机作业服务市场松散的契约关系影响,农户购买农机服务通常面临一定的交易成本和不确定性风险;但随着农户参与前端生产环节外包程度的深化,其越易与服务外包组织在长期互动中建立起稳定的契约机制和双向信任关系<sup>[19]</sup>,从而降低购买施药服务外包的信息搜集成本、议价成本和监督成本等方面的交易成本,以增强农户卷入施药环节外包的概率。其二,从技术和知识外溢视角来看,一方面,以大型农机为主导的农机服务通常会在耕地环节进行深耕整地,而深耕深松作业方式有助于提升土壤通透性,进而促进耕地质量改善和农药有效利用<sup>[20]</sup>。另一方面,购买社会化服务组织主导下的前端环节外包项目有助于农户拓宽信息获取渠道,为其以低成本享受信息资源共享机制提供便利,进而助力农户获取减量知识积累和提高生态农业认知,并推动其积极协同服务外包商进行农药减量化生产。据此,提出研究假说H<sub>3</sub>:

H<sub>3</sub>: 前端环节服务外包参与程度有助于强化施药服务外包对农药减量施用的影响效应。

前景理论认为,前期实际结果会影响人们的风险态度和决策。前期盈利会使人们的风险偏好增强;而前期损失会加剧以后亏损的痛苦,风险厌恶程度会提高<sup>[49]</sup>。前景理论在多个领域得到了验证,受此启发,本文认为施药环节服务外包对农药施用量的影响可能会受到上一年度病虫害发生频率和灾害强度的影响。其逻辑如下:农药施用很大程度上取决于经营主体对病虫害发生概率的判断,如果上一年度病虫害发生较多,给农业生产带来了诸多负面效应,那么本年度为稳定和提升农业经营收益,农户会主观更倾向多施农药,主动要求服务外包方多施用农药以保证控虫效果。相对普通农户,尽管服务外包方掌握了科学施药的技术,但由于农业生产的多环节和不可控性,为避免少施药带来的产量损失和维护自我声誉,只收取固定费用的服务商通常会尊重农户意见而多施药,从而在竞争中获得更多农户青睐<sup>[40]</sup>。相反,如果上一年度病虫害较轻,农户会更加乐观和倾向少施用农药,从而更易接受服务外包方科学施用和减少施用量的建议。这两类差异化心理预期可能会影响施药环节外包带来的农药减量效应。施药服务外包影响农药减量施用的路径见图1。据此,提出研究假说H<sub>4</sub>:

H<sub>4</sub>: 上一年度遭受病虫害强度会负向调节施药服务外包对农药减量施用的影响效应。

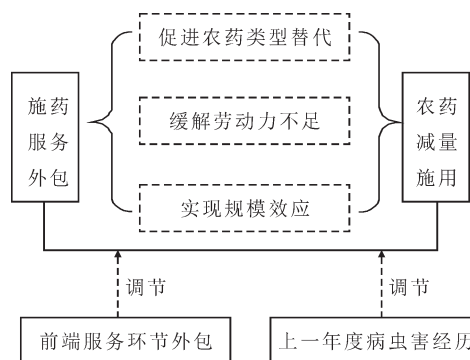


图1 施药服务外包影响农药减量施用的路径

## 二、数据来源、变量选取与模型设定

### 1. 数据来源

本文所用数据来自南京农业大学金善宝农业现代化发展研究院于2020年和2021年组织开展的中国土地经济调查(China land economic survey, CLES)。该调查项目于2020年完成了基线调研,调研范围覆盖江苏省13个地级市,调查采用PPS抽样法(probability proportionate to size sampling, PPS)于每个地级市中抽取了2个调研区县,每个区县抽取2个样本乡镇,每个乡镇抽取1个行政村,每个村随机调查约50户农户。2021年,CLES项目开展了追踪调查,但在疫情影响下该年仅完成了

对江苏省12个地级市的追踪调查,平均样本追踪率为63.8%;对于未追踪到的农户,已按原样本量用该村其他农户予以补充,以保持样本总量不变。由于经济作物和粮食作物农药施用差异较大,只保留种植粮食作物的调查户。结合研究所需指标,本文合并了2020年和2021年两个年度的调查数据,并以2020年为基准参照,得到一个混合截面数据集。剔除关键信息缺失或异常的样本后,共获取1356份有效问卷。

## 2. 变量选取

(1)因变量。农药施用因类型多样、配方差异较大,且药剂需要和水进行混合使用,导致很难对农药施用情况进行精准量化研究<sup>[14]</sup>。既有研究通常选取单位面积农药施用量、农药施用次数、农药施用花费或者是否过量施用农药等指标,来近似衡量农药施用强度<sup>[1,5,21]</sup>。鉴于多数农户在种植过程中更清楚其农药投入额而非施用量<sup>[4]</sup>,故本文拟利用亩均农药费用来刻画其农药施用多寡,并依据当地物价水平对数据进行平减处理。

(2)核心自变量。本研究旨在探究施药服务外包对农药减量化施用的影响效应,故选取农户在喷洒农药环节是否参与外包这一指标予以表征<sup>[50]</sup>。如若农户参与施药外包,将施药环节交给服务主体来完成,则赋值为1;否则赋值为0。

(3)机制变量。结合理论分析与数据可得性,本文选取该农户是否施用高效农药、农业劳动力投入和农地转入规模分别作为类型替代、劳动力约束和规模效应的代理变量,以便开展相应机制检验。其中,施用高效农药与否以该农户是否使用高效低毒低残留农药加以表征<sup>[42]</sup>,农业劳动力投入以农作物亩均自投劳动力工日予以测度<sup>[34]</sup>,农地转入规模则以农户在当年转入的土地面积总和予以衡量。

(4)控制变量。为避免遗漏变量导致的估计偏误,借鉴已有研究<sup>[25,37,51]</sup>,从农户个体特征、家庭特征、地块经营特征以及政策因素等维度添加控制变量。其中,农户个体特征拟纳入农户年龄、健康状况、受教育年限、务农经验和兼业状况;农户家庭特征选取务农劳动力占比、是否建档立卡户以及家庭年收入;地块经营特征选取最大地块面积、地块数量、地块离水泥路距离、地块灌溉条件、土壤肥力和洪涝灾害频次;政策因素拟引入政府补贴收入这一变量予以表征<sup>[12]</sup>。三大粮食作物的差异也需要控制,为此引入粮食作物虚拟变量来排除干扰。此外,为控制区域层面潜在因素的影响,以受访者所在地级市是否属于苏南地区为基准,引入是否为苏中和是否为苏北两个地区虚拟变量。最后,由于所用数据为两年混合截面数据,故在模型中将年份以虚拟变量形式加以控制。变量说明及描述性统计如表1所示。

## 3. 模型设定

为检验施药环节服务外包对农药减量的影响,拟构建如下基准模型:

$$Pesticide_i = \alpha_0 + \alpha_1 Outsourcing_i + \alpha_2 Control_i + \epsilon_{i1} \quad (1)$$

式(1)中, $Pesticide_i$ 表示农户*i*的农药施用情况, $Outsourcing_i$ 表示农户*i*的施药服务外包参与状况, $Control_i$ 代表一系列控制变量,具体包括农户个体特征、家庭特征、地块经营特征及政策因素等维度。 $\alpha_0$ 为常数项, $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 为待估系数, $\epsilon_{i1}$ 为随机扰动项。

为考察施药服务外包能否通过促进农药类型替代、缓解劳动力不足和实现规模效应,进而助推农药减量化生产,本文拟结合前述理论分析构建实证模型,以对施药服务外包与农药减量施用之间的作用机制展开检验。需要说明的是,由于传统的三步验证法难以避免的内生性弊端,本文选择了相对可信的两步验证法<sup>[52]</sup>。机制检验模型如下:

$$EffectPesti_i = \beta_0 + \beta_1 Outsourcing_i + \beta_2 Control_i + \epsilon_{i2} \quad (2)$$

$$AgriLabor_i = \delta_0 + \delta_1 Outsourcing_i + \delta_2 Control_i + \epsilon_{i3} \quad (3)$$

$$TransLand_i = \varphi_0 + \varphi_1 Outsourcing_i + \varphi_2 Control_i + \epsilon_{i4} \quad (4)$$

式(2)–式(4)中, $EffectPesti_i$ 、 $AgriLabor_i$ 和 $TransLand_i$ 分别表示农户*i*高效农药施用状况、农业劳动力投入状况及其农地转入规模,作为类型替代、技术进步和规模效应的代理变量; $\beta_0$ 、 $\delta_0$ 、 $\varphi_0$ 为常数项, $\beta_1$ 、 $\beta_2$ 、 $\delta_1$ 、 $\delta_2$ 、 $\varphi_1$ 、 $\varphi_2$ 均为待估系数, $\epsilon_{i2}$ 、 $\epsilon_{i3}$ 、 $\epsilon_{i4}$ 为随机扰动项,其余变量的解释与式(1)保持一致。

表1 变量定义及描述性统计

变量	变量说明	均值	标准差
农药投入	亩均农药实际投入费用/元,取对数	4.417	0.731
施药服务外包	施药环节是否参与服务外包:是=1;否=0	0.105	0.307
施用高效农药	是否使用高效低毒低残留农药:是=1;否=0	0.774	0.418
农业劳动力投入	亩均自投劳动力工日/天数,取对数	2.393	0.944
农地转入规模	该年转入村组内机动地和其他农户土地的面积总和/亩,取对数	0.696	1.504
年龄	受访者年龄	60.834	9.458
健康状况	自评健康状况:丧失劳动能力/差=0;中/良/优=1	0.858	0.350
受教育年限	受访者在学年数	6.502	3.953
务农经验	16岁前是否经常干农活:是=1;否=0	0.774	0.418
兼业状况	该年从事非农工作天数/天数,取对数	1.478	2.330
务农劳动力占比	家庭从事农业劳动人数占家庭总人数的比重/%	0.506	0.289
是否建档立卡户	是否是建档立卡低收入户:是=1;否=0	0.063	0.244
家庭年收入	该年家庭全年收入/元,取对数	7.283	3.703
最大地块面积	最大地块的经营面积/亩	2.463	1.538
地块数量	农户承包的地块数量	3.797	1.996
地块离水泥路距离	地块离最近硬化水泥道路距离/里	0.572	0.928
地块灌溉条件	该地块能否灌溉:是=1;否=0	0.892	0.310
土壤肥力中等	中等=1;上等和差等=0	0.480	0.500
土壤肥力上等	上等=1;中等和差等=0	0.428	0.495
洪涝灾害频次	2017—2019年该地块受洪涝灾害次数	0.939	1.293
政府补贴收入	该年获得的政府补贴收入/元,取对数	6.179	2.029

### 三、实证结果与分析

#### 1. 基准回归

利用Stata17进行拟合估计,基于式(1)的基准回归结果如表2所示。为提升估计结果可信性,本文采用逐步回归法进行估计。结果显示,不论控制其他变量与否,施药服务外包的显著性水平及其作用方向均未发生变化,说明施药服务外包对农药投入有稳健的负向影响。即参与施药环节外包有助于实现农药减量化施用,假说H<sub>1</sub>得到初步验证。

#### 2. 稳健性检验

(1)调整样本组合。前述基准回归中利用两期微观调查数据所合并成的混合截面数据集进行了估计,考虑到第二期调查的平均样本追踪率高达63.8%,故本文拟进一步筛选出已追踪到的农户样本,将其组合为两期平衡面板数据予以再检验。经LM检验和Hausman检验,本文更适用于随机效应模型;但由于随机效应模型假设个体异质效应与所有解释变量均不相关,该假设在实际中往往难以满足。因此,为提升模型估计结果的可信度,本文分别采用混合最小二乘法(POLS)、随机效应法(RE)、极大似然估计法(MLE)和组间估计法(BE)开展多重估计。结果显示(表3),施药服务外包对农药施用仍然有显著负向影响,表明施药环节外包有助于驱动农药减量化生产,假说H<sub>1</sub>得以证实。

(2)聚焦水稻种植户。本文使用的CLES数据针对的是江苏省,由于江苏农户主要种植水稻,此次获得的样本主要是水稻种植户。为避免农作物差异带来的可能偏差<sup>[3]</sup>,本文进一步聚焦水稻种植户进行稳健性检验。结果显示,施药服务外包始终负面影响农药施用,表明施药环节服务外包确实有效减少了亩均农药施用量,假说H<sub>1</sub>再次得到验证。

(3)处理选择性偏误。参与施药环节外包是农户基于自身资源禀赋考量后的自选择行为,进而导致估计结果产生偏差。内生转换模型(ESR)能够同时消除由可观测因素和不可观测因素所造成的选择性偏误,故本文拟利用ESR模型对施药服务外包与农药减量施用之间的关系进行再检验。其中,工具变量选择遵循已有研究<sup>[19]</sup>,选取“同村除该农户外其余农户的施药服务外包参与率/%”这一

指标。选取缘由如下:一方面,同村域地形、服务外包普及率等生产条件相似,因此同村其他农户的施药服务外包参与率能在一定程度上反映该农户的生产外包参与意愿,满足相关性要求。另一方面,同村其他农户参与施药环节外包不会直接影响该农户自身农药施用决策,满足工具变量与被解释变量的外生性要求。

ESR模型拟合结果显示(表4),选择方程中Wald检验在1%的统计水平上拒绝了选择方程和决定方程相互独立的原假设,说明整体上模型具备较强显著性; $\rho^0$ 的系数亦在1%的统计水平上显著,表明基准回归可能存在自选择偏误,采用ESR模型是合理的<sup>[53]</sup>。

本文进一步测算了基于内生转换模型(ESR)的平均处理效应,并与OLS估计结果相比较。结果显示(表5),施药服务外包仍负向影响农药减量施用,假说H<sub>1</sub>再次得到验证。

(4)内生性讨论。基准模型还可能因反向因果、遗漏变量及测量误差而存在内生性。为此,本文拟构建工具变量模型进一步验证上述研究结论。估计结果显示(表6),首先,DWH检验通过了5%的统计水平上的显著性检验,证实模型存在内生性问题;其次,第一阶段回归结果中工具变量对施药服务外包存在显著正向影响,且联合显著性检验的F值大于经验值10,表明不存在弱工具变量问题;最后,第二阶段回归结果显示,在排除内生性干扰后,施药服务外包仍在5%的显著性水平上负向影响单位面积农药投入,再度佐证了假说H<sub>1</sub>成立。为确保拟合结果稳健性,在表6第(2)列中使用对弱工具变量更不敏感的有限信息最大似然法(LIML)进行再估计,其回归系数及显著性程度与IV-2SLS结果保持一致,亦可证实列(1)模型拟合结果可信,施药服务外包负向影响农药施用的结论稳健。

#### 四、机制检验与拓展性分析

##### 1. 作用机制验证

上文发现施药服务外包对农药投入具有明显负向影响,诸多稳健性检验亦证实了这一结论。这里拟结合前述理论分析对施药服务外包影响农药减量施用的具体路径进行检验。

(1)促进农药类型替代。理论分析指出,施药服务外包可能通过促进农药类型替代进而实现农药减量施用,但拟合结果显示(表7第(1)~(2)

表2 施药服务外包与农药减量施用:基准回归 N=1356

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
施药服务外包	-0.239** (0.095)	-0.242*** (0.093)	-0.244*** (0.094)	-0.251*** (0.094)
年龄		-0.003 (0.002)	-0.004* (0.003)	-0.004 (0.003)
健康状况		-0.092* (0.050)	-0.086* (0.051)	-0.078 (0.050)
受教育年限		0.010* (0.006)	0.009 (0.006)	0.006 (0.006)
种植经验		0.012 (0.060)	0.010 (0.060)	0.022 (0.060)
非农工作天数		-0.013 (0.010)	-0.014 (0.010)	-0.011 (0.010)
务农劳动力占比			0.077 (0.070)	0.088 (0.068)
建档立卡户			0.029 (0.077)	0.077 (0.074)
家庭年收入			0.005 (0.006)	0.004 (0.006)
最大地块面积				0.039*** (0.013)
地块数量				0.002 (0.009)
地块离水泥路距离				0.001 (0.019)
地块灌溉条件				0.310*** (0.074)
土壤肥力(差等为基准)				-0.095
土壤肥力中等				(0.066)
土壤肥力上等				-0.004 (0.066)
洪涝灾害频次				-0.005 (0.016)
政府补贴收入				0.024** (0.011)
粮食作物虚拟变量	已控制	已控制	已控制	已控制
年份虚拟变量	已控制	已控制	已控制	已控制
地区虚拟变量	已控制	已控制	已控制	已控制
常数项	4.423*** (0.063)	4.655*** (0.191)	4.641*** (0.192)	4.135*** (0.231)
F值	5.32***	3.43***	2.66***	3.79***
R <sup>2</sup>	0.017	0.024	0.025	0.061

注:\*\*\*、\*\*和\*分别表示在1%、5%和10%的水平上显著;括号内数值为稳健标准误,下同。

列),施药服务外包对农药类型替代的估计系数未通过显著性检验,说明施药服务外包的农药减量效应发挥并非通过更替高效农药类型这一路径。其缘由是:农业生产比较收益偏低,而高效低残留农药相较传统农药而言投入成本较高;加之施药环节的生产作业标准化程度较低,其服务外包质量难以监督和考核<sup>[54]</sup>,更替农药类型或将使得农作物面临潜在产量损失等诸多不确定性风险。故在短期利益相近情形下,服务主体缺乏更换为新型高效农药类型的激励。

(2)缓解劳动力不足。表7第(3)列结果表明,施药服务外包对农业劳动力投入的影响通过了1%显著性水平且影响为负,说明施药服务外包能够实现对劳动力有效替代来缓解劳动力不足,而此类劳动力节约型技术进步有助于减少单次加大剂量的施用方式,继而助推农药轻简化施用<sup>[10]</sup>。这与前文理论预期相一致,这一机制得到验证。为提升拟合结果可信度,本文采用两阶段工具变量法予以再估计,其中工具变量仍选取“同村除该农户外其余农户的施药环节外包参与率/%”这一指标(下同)。第(4)列的结果显示,施药服务外包对农业劳动力投入的影响系数仍然显著为负,表明施药环节外包通过缓解劳动力不足这一路径来助推农药减量的结论可信。

(3)实现规模效应。由表7第(5)列可知,施药外包决策变量在1%的显著性水平上正向影响农户农地转入规模。这与理论分析相符,即施药服务外包有助于放松农户家庭资源禀赋约束,进而诱使其实现农地规模经营<sup>[38]</sup>。而农地规模经营有益于改进农机作业效率以降低单位面积农地农药施用量和施用损耗<sup>[48]</sup>,并通过诱发服务规模经营以实现大规模同质化生产,进而助力农药增效与减量施用。为确保这一机制可信,本文采用IV-2SLS法开展稳健性检验,结果显示(表7第(6)列),施药服务外包对农地转入规模存有显著正向影响,表明施药环节外包的确会诱使农户扩大农地规模,并通过此路径来实现农药减量施用。

总结而言,促进农药类型替代这一路径并不存在,施药服务外包主要依赖缓解劳动力不足和实现规模效应两大路径来促进农药减量施用,假说H<sub>2</sub>得到了部分证实。

## 2. 情境性分析

由于农业生产特性,施药环节服务外包与其他环节服务外包相对独立,可由农户单独购买。本文猜测施药服务外包的农药减量效应发挥可能受制于农户在农业种植链条前端的服务外包参与状

表3 稳健性检验:调整样本组合与聚焦水稻种植户

变量	POLS	RE	MLE	BE	水稻种植户
施药服务外包	-0.410** (0.169)	-0.377*** (0.112)	-0.379*** (0.111)	-0.590*** (0.158)	-0.346*** (0.112)
控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
F值/ chi <sup>2</sup> 值	2.60***	50.31***	48.84***	2.99***	2.16***
N	499	499	499	499	1056

表4 稳健性检验:处理选择性偏误

变量	选择方程		决定方程	
	是否参与施药服务外包	未参与施药服务外包	未参与施药服务外包	参与施药服务外包
施药服务外包IV	3.023*** (0.378)			
控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制
rho <sup>0</sup>		0.800*** (0.064)		
rho <sup>1</sup>				0.244 (0.200)
Wald检验	39.75***			
N	1342	1199	143	

表5 服务外包对农药减量施用的平均处理效应

农药投入	ATT	OLS
施药服务外包	-1.262*** (0.041)	-0.251*** (0.094)

表6 稳健性检验:处理内生性

变量	N=1342	
	(1) IV-2SLS	(2) LIML
	第二阶段	
施药服务外包	-0.765** (0.308)	-0.765** (0.308)
控制变量	已控制	已控制
	第一阶段	
施药服务外包IV	0.679*** (0.104)	0.679*** (0.104)
控制变量	已控制	已控制
DWH检验	3.532**	
第一阶段F值	42.541***	



表7 施药服务外包与农药减量施用:机制检验

变量	促进农药类型替代		缓解劳动力不足		实现规模效应	
	(1)OLS	(2)IV-2SLS	(3)OLS	(4)IV-2SLS	(5)OLS	(6)IV-2SLS
第二阶段回归						
施药服务外包	-0.012 (0.038)	0.157 (0.153)	-0.244*** (0.088)	-1.373*** (0.416)	0.469*** (0.147)	1.988*** (0.696)
控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
F值/Wald $\chi^2$	2.56***	53.74***	4.65***	86.49***	9.87***	197.4***
第一阶段回归						
施药服务外包IV		0.679*** (0.104)		0.673*** (0.104)		0.679*** (0.104)
控制变量		已控制		已控制		已控制
DWH检验		1.275		9.344***		5.697**
第一阶段F值		42.541***		42.245***		42.541***
N	1356	1342	1349	1335	1356	1342

况。因此将施药前耕地、育秧和栽种环节视为链条前端的生产环节,并基于前端环节外包决策与前端环节外包程度两个维度,实证检验该情景依赖特征存在与否。

首先,考察施药服务外包与农药减量施用之间的联系是否因前端环节外包决策差异而有所不同。前端环节外包决策以农户是否参与前端生产环节中任一环节的服务外包加以表征;若已参与,则赋值为1;否则赋值为0。拟合结果如表8第(1)~(2)列所示,相对未参与前端环节外包的农户而言,施药服务外包对已参与者有更为显著的减量效应,研究假说H<sub>3</sub>得到验证。

其次,考察前端环节外包程度在施药服务外包与农药减量施用的影响路径中的调节效应。前端环节外包程度则以农户参与前端环节外包的个数加以衡量。估计结果如表8第(3)列所示,交互项对农药投入的影响系数在10%统计水平上显著为负,说明前端环节外包程度强化了施药环节外包对农药减量施用的促进效应,假说H<sub>3</sub>被再度证实。

本文按照农户家庭上一年度农业经营中遭受病虫害次数是否超过样本均值,将样本区分为上一年度虫害较重和上一年度虫害较轻两个子样本。结果显示(表9),无论是对病虫害较重的样本还是对病虫害较轻的样本,施药环节外包均能显著减少农药施用量。然而,就边际影响效果来看,施药服务外包能够更加有效地降低上一年度病虫害强度较轻那组农户的农药施用量。这与预期相符,即去年遭受病虫害较轻的农户,由于预期更好和对未来经营更加乐观,会更多尊重服务组织的合理建议,此时施药环节外包带来的农药减量效应更佳。这证实了历史是重要的<sup>[32]</sup>,前景理论在农药减量施用领域得到了印证,研究假说H<sub>4</sub>成立。

### 3. 进一步讨论

由上述讨论得知,施药服务外包有助于农药减量施用,这无疑肯定了农业社会化服务对农药减量有积极推动作用。那么值得思考的是,农户

表8 施药服务外包与农药减量施用:基于前端环节服务外包参与状况的情境性分析

变量	(1)	(2)	(3)
	参与前端生产环节外包	未参与前端生产环节外包	
施药服务外包	-0.247** (0.099)	-0.012 (0.247)	-0.064 (0.093)
前端环节外包参与程度			-0.044** (0.022)
施药服务外包×前端环节外包参与程度			-0.153* (0.092)
控制变量	已控制	已控制	已控制
F值	3.19***	2.97**	3.91***
N	947	409	1356

表9 施药服务外包与农药减量施用:基于去年受病虫害情况的情境性分析

变量	上一年度虫害较重 (去年病虫害次数超过均值)	上一年度虫害较轻 (去年病虫害次数低于均值)
	施药服务外包	-0.202* (0.122)
控制变量	已控制	已控制
F值	3.24***	2.44
N	572	784

在喷洒农药环节自购农机提供自我服务是否同样具备减量效果呢?若亦具备,则说明服务外包对农药减量的促进作用存在一定程度的高估。鉴于此,借鉴杨高等<sup>[22]</sup>的研究,进一步以农户是否使用自有农机施药这一指标替代核心解释变量并开展拟合回归。表10结果显示,农户使用自购农机施药对农药投入无显著负向影响,侧面印证服务外包具有更明显的农药减量效果。究其原因:其一,农户自购农机多是小型的,和家庭劳动力更多是互补型的<sup>[34]</sup>,施药环节仍然有赖于自身劳动力投入,难以有效缓解农业劳动力约束进而促进减量化生产;其二,小农户普遍存在经营规模偏小且分散等问题,这不易于实现土地规模效应以降低单位面积农药投入。当然,上述解释仅为初步猜测,有待后续研究予以验证。

表10 进一步讨论:使用自有农机的农药减量效应

N=1310	
变量	农药投入
是否使用自有农机施药	-0.017 (0.042)
控制变量	已控制
F值	3.39***

## 五、结论与启示

减少农药施用是“双减”战略的核心构成,也是提升农产品品质和实现农业高质量发展的必备前提。国内社会化服务方兴未艾,越来越多农户被卷入农业分工,这可能会对农业绿色化生产有重要影响。基于这一考虑,本文从施药服务外包的视角探索了实现农药减量化的可能性。基于中国土地经济调查(CLES)2020年和2021年两年混合截面数据,本文发现施药环节外包显著减少了农药施用量。这一发现在调整样本组合、聚焦水稻种植户、处理选择性偏误和考虑到内生性问题后依然成立。即施药领域农业社会化服务的发展能够有效促进农药减量。对施药环节服务外包减少农药施用的机制探索发现,促进农药类型替代这一路径并不存在,施药服务外包主要通过缓解劳动力不足和实现规模效应来减少农药施用。情境性分析表明,参与前端环节外包程度会强化施药环节服务外包对农药减量施用的促进效应,而上一年度遭受病虫害强度会弱化施药环节服务外包带来的农药减量效果。

基于上述发现,本文提出以下几点政策启示。第一,施药环节服务外包能够有效减少单位面积农药施用量,表明农业社会化服务发展有助于农业减量化生产的实现。当前,中国农业生产中的社会化服务越来越普遍,越来越多农户开始采纳包括施药环节在内的外包服务。但是从采纳比例来看,选择服务组织来替代自己施药的农户占比还是偏低。CLES数据显示,只有10.5%的农户选择了此类服务。这主要是因为施药效果和农产品产量的关联更为密切,会显著影响农户的经济利益,而服务合约很难对施药过程和施药结果进行限定,导致施药环节的普及较为困难。但随着农村人口“空心化”和农业劳动力的日益老龄化,普及这一环节的社会化服务十分迫切。后续为更好实现农药减量,要加快提升施药服务外包普及程度,从需求和供给两个层面同时发力,解决农户的忧虑和关心点,提供合约方式适宜、更高质量的施药服务外包,加快破解施药环节外包市场发育不足的瓶颈。

第二,提升农业技术缓解劳动力不足,推进规模经营是有效减少农药施用的两个关键手段。本文证实,当前的农业社会化服务主要通过缓解劳动力不足和促进劳动力节约型农业技术采纳,推进农地流转和实现规模经济来实现农药减量施用。因此,为了更有效地减少农业生产中的农药投入,需要高度重视这两个关键的影响路径。可鼓励相关农机公司加大农药施用领域的技术研发,通过政府引导和加大补贴来促进先进装备和技术的应用;应推动农地流转来鼓励规模经营主体发展壮大,加大土地整治力度和小田并大田,鼓励小农户尤其是细碎化经营的小农有偿退出农业来实现连片经营,进而改善农药施用社会化服务带来的农药减量效应。

第三,从发展重点来看,应鼓励服务主体提供多环节乃至全环节的服务外包。本文证实,参与前端环节服务外包能够增强施药环节服务外包带来的减量化效果,因此一方面可通过补助来鼓励农户采购多环节服务外包,另一方面可支持服务主体优化服务内容和提供服务的方式,通过不同环节的搭配和捆绑销售来提升“前段环节+施药环节”的覆盖率。另外,针对上一年度病虫害情况会负向调

节施药环节服务外包对农药减量使用的影响,为缓解可能的负面影响,需要重点关注上一年度遭受病虫害比较严重地区的农药施用情况,通过加大科学施药宣传来扭转农户的心理惯性,尽可能地避免历史惯性带来的不利影响。

需要承认的是,本文还有不足之处。首先,本文使用亩均农药费用来刻画其农药施用多寡,虽有其合理性,但仍有一定局限性。这也是由于农药类型和构成的复杂性,导致很难测度农药准确用量。因此,后续实现指标更新是一个潜在研究方向。其次,由于病虫害治理的特殊性,农药减量通过规模效益这一机制来实现是需要土地连片经营和农户统防统治来予以支撑的。严格来说,验证这一机制要获得更加准确的地块层面信息。但囿于数据限制,本文无法做到,这一点有待后续研究完善。再次,本文的工具变量是一个常规的IV,被一些研究证实不那么外生,如何找到一个更优的工具变量,也是一个潜在的改进方向。

### 参 考 文 献

- [1] 应瑞瑶,朱勇.农业技术培训方式对农户农业化学投入品使用行为的影响——源自实验经济学的证据[J].中国农村观察,2015(1):50-58.
- [2] HUANG Y Z, LUO X F, TANG L, et al. The power of habit: does production experience lead to pesticide overuse? [J]. Environmental science and pollution research, 2020, 27(20): 25287-25296.
- [3] QIN S L, LV X Y. Do large-scale farmers use more pesticides? Empirical evidence from rice farmers in five Chinese provinces [J]. Journal of integrative agriculture, 2020, 19(2): 590-599.
- [4] 王成利,刘同山.农地退出意愿对化肥、农药使用强度的影响——基于鲁、苏、皖三省农户的实证分析[J].中国人口·资源与环境,2021,31(3):184-192.
- [5] 高晶晶,史清华.农户生产性特征对农药施用的影响:机制与证据[J].中国农村经济,2019(11):83-99.
- [6] 李昊,李世平,南灵.农药施用技术培训减少农药过量施用了吗?[J].中国农村经济,2017(10):80-96.
- [7] SCHREINEMACHERS P, TIPRAQSA P. Agricultural pesticides and land use intensification in high, middle and low income countries [J]. Food policy, 2012, 37(6): 616-626.
- [8] 米建伟,黄季焜,陈瑞剑,等.风险规避与中国棉农的农药施用行为[J].中国农村经济,2012(7):60-71.
- [9] 黄季焜,齐亮,陈瑞剑.技术信息知识、风险偏好与农民施用农药[J].管理世界,2008(5):71-76.
- [10] 纪月清,刘亚洲,陈奕山.统防统治:农民兼业与农药施用[J].南京农业大学学报(社会科学版),2015,15(6):61-67.
- [11] 张超,孙艺夺,孙生阳,等.城乡收入差距是否提高了农业化学品投入?——以农药施用为例[J].中国农村经济,2019(1):96-111.
- [12] 蔡荣,汪紫钰,钱龙,等.加入合作社促进了家庭农场选择环境友好型生产方式吗?——以化肥、农药减量施用为例[J].中国农村观察,2019(1):51-65.
- [13] 黄祖辉,钟颖琦,王晓莉.不同政策对农户农药施用行为的影响[J].中国人口·资源与环境,2016,26(8):148-155.
- [14] SUN Y D, HU R F, 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: 677-685.
- [15] 罗小锋,杜三峡,黄炎忠,等.种植规模、市场规制与稻农生物农药施用行为[J].农业技术经济,2020(6):71-80.
- [16] 芦千文.农业生产托管与金融支农惠农强农机制创新[J].农村金融研究,2024(7):28-42.
- [17] 周娟.基于生产力分化的农村社会阶层重塑及其影响——农业社会化服务的视角[J].中国农村观察,2017(5):61-73.
- [18] 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.
- [19] 张梦玲,陈昭玖,翁贞林,等.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.
- [20] 姜长云.农业强国建设的切入点:加强农业品牌建设和社会化服务[J].改革,2023(11):107-116.
- [21] 郑纪刚,张日新,曾昉.农地流转对化肥投入的影响——以山东省为例[J].资源科学,2021,43(5):921-931.
- [22] 杨高第,张露,岳梦,等.农业社会化服务可否促进农业减量化生产?——基于江汉平原水稻种植农户微观调查数据的实证分析[J].世界农业,2020(5):85-95.
- [23] 李翠霞,许佳彬,王洋.农业绿色生产社会化服务能提高农业绿色生产率吗[J].农业技术经济,2021(9):36-49.
- [24] 王常伟,顾海英.市场VS政府,什么力量影响了我国菜农农药用量的选择?[J].管理世界,2013(11):50-66.
- [25] SCHREINEMACHERS P, GROVERMANN C, PRANEETVATAKUL S, et al. How much is too much? Quantifying pesticide

- overuse in vegetable production in Southeast Asia[J].*Journal of cleaner production*, 2020, 244:118738.
- [26] MARENIA P P, BARRETT C B. Soil quality and fertilizer use rates among smallholder farmers in western Kenya[J]. *Agricultural economics*, 2009, 40(5):561-572.
- [27] OBISESANA A, AKINLADE R J, FAJIMI F O. Determinants of fertilizer use among smallholder food crop farmers in Ondo State, Nigeria[J]. *American journal of research communication*, 2013, 1(7):254-260.
- [28] 秦诗乐, 吕新业. 市场主体参与能否减少稻农的农药过量施用?[J]. *华中农业大学学报(社会科学版)*, 2020(4):61-70.
- [29] 孙中义, 王力, 李兴锋. 人口老龄化、农业社会化服务与农业高质量发展[J]. *贵州财经大学学报*, 2022(3):37-47.
- [30] 罗必良. 论服务规模经营——从纵向分工到横向分工及连片专业化[J]. *中国农村经济*, 2017(11):2-16.
- [31] 彭新宇. 农业服务规模经营的利益机制——基于产业组织视角的分析[J]. *农业经济问题*, 2019(9):74-84.
- [32] 道格拉斯·诺斯. 理解经济变迁过程[M]. 钟正生, 刑华, 译. 北京: 中国人民大学出版社, 2013.
- [33] 钱龙, 冯永辉, 钱文荣. 农地确权、调整经历与农户耕地质量保护行为——来自广西的经验证据[J]. *农业技术经济*, 2021(1):61-76.
- [34] QIAN L, LU H, GAO Q, et al. 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.
- [35] 沈剑波, 张蕴灵, 袁俊林, 等. 中国农业社会化服务水平评价指标体系构建与发展对策[J]. *农业展望*, 2023, 19(10):60-68.
- [36] 谢琳, 张禹欣, 钟文晶. 农业社会化服务组织何以促进化肥减量——基于经营主体的匹配效应研究[J]. *华中农业大学学报(社会科学版)*, 2022(2):47-56.
- [37] 卢华, 陈仪静, 胡浩, 等. 农业社会化服务能促进农户采用亲环境农业技术吗[J]. *农业技术经济*, 2021(3):36-49.
- [38] 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.
- [39] TANG L Q, LIU Q, YANG W J, et al. Do agricultural services contribute to cost saving? Evidence from Chinese rice farmers[J]. *China agricultural economic review*, 2018, 10(2):323-337.
- [40] ZHOU X S, MA W L, LI G C, et al. Farm machinery use and maize yields in China: an analysis accounting for selection bias and heterogeneity[J]. *Australian journal of agricultural and resource economics*, 2020, 64(4):1282-1307.
- [41] PAN D, HE M M, KONG F B. Risk attitude, risk perception, and farmers' pesticide application behavior in China: a moderation and mediation model[J]. *Journal of cleaner production*, 2020, 276:124241.
- [42] 张瑞娟, 宦梅丽. 农业生产托管: 模式、成效及启示——来自黑龙江省兰西县的经验[J]. *重庆社会科学*, 2020(10):5-17.
- [43] 郑旭媛, 林庆林. 生产外包服务发展对农村劳动力非农化配置的影响——基于农户异质性与环节异质性的视角[J]. *农业技术经济*, 2021(6):101-114.
- [44] 罗浩轩. 农业要素禀赋结构、农业制度安排与农业工业化进程的理论逻辑探析[J]. *农业经济问题*, 2021(3):4-16.
- [45] 郑旭媛, 徐志刚. 资源禀赋约束、要素替代与诱致性技术变迁——以中国粮食生产的机械化为例[J]. *经济学(季刊)*, 2017, 16(1):45-66.
- [46] 陈哲, 李晓静, 夏显力. 参与环节外包对农户生产效率的影响研究——基于陕西省关中平原887份农户调研数据[J]. *农业技术经济*, 2022, (11):131-144.
- [47] 许庆, 尹荣梁, 章辉. 规模经济、规模报酬与农业适度规模经营——基于我国粮食生产的实证研究[J]. *经济研究*, 2011, 46(3):59-71.
- [48] 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.
- [49] KAIINEMAN D, TVERSKY A. Prospect theory: an analysis of decision under risk [J]. *Econometrica*, 1979, 47(2):263-292.
- [50] WU H X, HAO H T, LEI H Z, et al. Farm size, risk aversion and overuse of fertilizer: the heterogeneity of large-scale and small-scale wheat farmers in northern China[J]. *Land*, 2021, 10(2):111.
- [51] 梁志会, 张露, 刘勇, 等. 农业分工有利于化肥减量施用吗? ——基于江汉平原水稻种植户的实证[J]. *中国人口·资源与环境*, 2020, 30(1):150-159.
- [52] 江艇. 因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J]. *中国工业经济*, 2022(5):100-120.
- [53] LOKSHIN M, SAJAJIA Z. Maximum likelihood estimation of endogenous switching regression models [J]. *The stata journal*, 2004, 4(3):282-289.
- [54] 孙顶强, ASMELASH M, 卢宇桐, 等. 作业质量监督、风险偏好与农户生产外包服务需求的环节异质性[J]. *农业技术经济*, 2019(4):4-15.

## Does Outsourcing of Pesticide Application Service Help Reduce Pesticide Use?

—Empirical Evidence from CLES

QIAN Long, RAO Qingling, LU Hualiang

**Abstract** Effective reduction of pesticide application in agricultural production is crucial for improving the quality of agricultural products and realizing high-quality agricultural development. Based on two-year mixed cross-section data from the China Land Economic Survey (CLES) in 2020 and 2021, this paper explores the effect of outsourcing of pesticide application service on pesticide reduction and its mechanism. The findings reveal three key points: first, agricultural outsourcing service significantly reduced pesticide application. This finding remains robust after adjusting sample combinations, putting emphasis on rice farmer, dealing with selectivity bias and considering endogeneity. Second, mechanism tests demonstrate that outsourcing of agricultural service could reduce pesticide application through labor constraint alleviation and scale effect realization, while the hypothesized pathway of pesticide variety substitution was not verified. Third, contextual analysis indicates that the intensity of front-end outsourcing amplifies the pesticide-reduction effect of application outsourcing on pesticide reduction, while the intensity of diseases and pests in the previous year weakens the pesticide reduction effect of application outsourcing. This paper indicates that application service outsourcing plays a positive role in promoting pesticide reduction, and it is necessary to accelerate the adoption rate of application service outsourcing, so as to further help promote the strategy of “dual reduction”.

**Key words** outsourcing of pesticide application service; agricultural social services; pesticide reduction; CLES

(责任编辑:王 薇)