

规模农户病虫害防治机械投资及其效应

李成龙¹, 张 良², 周 宏^{1*}

(1.南京农业大学 经济管理学院, 江苏南京 210095;
2.江苏省社会科学院农村发展研究所, 江苏南京 210004)



摘 要 利用江苏省水稻产业体系对规模种植户的调研数据,使用 Heckman 样本选择模型,从作业质量风险认知和作业及时性风险认知角度出发分析病虫害防治环节影响规模种植户机械投资和投资水平的原因,并进行稳健性检验,在此基础上分析投资机械自给服务对农户农业产出的影响。研究发现:规模种植户是否进行机械投资以及投资水平不仅受外包服务作业质量风险认知的影响,农户对于外包服务作业的及时性风险认知也是影响其机械投资的关键,并且农户的风险规避程度在风险认知影响病虫害防治机械投资决策之间具有显著的调节作用。进一步分析发现,规模农户投资病虫害机械自我防治可以显著提升农业产出水平。

关键词 规模种植户; 病虫害防治; 风险认知; 机械投资

中图分类号: F304.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-3456(2022)03-0058-12

DOI 编码: 10.13300/j.cnki.hnwkxb.2022.03.006

农业分工深化是实现农业规模经营的重要路径选择^[1],农业专业化分工对于提升农业生产效率^[2],促进农户增收^[3]具有重要意义。当前,我国以家庭承包经营为基础、以公共服务机构为主导,多元化和市场化的市场主体广泛参与的新型农业社会化服务体系不断完善。在劳动力成本不断上涨的现实背景下,参与分工成为众多农户的选择,但是从病虫害防治环节来看,众多规模种植户仍会选择投资机械自我服务,而不是购买市场服务,为何在专业化服务不断发展的情况下规模户会投资机械自我服务?不同服务模式对农户农业产出是否存在差异?

近年来相关学者对农户病虫害防治服务外包的选择进行了广泛探讨。从农户的内部特征来看,张利国等研究认为户主的文化程度是影响服务外包的深层根源^[4]。此外,在劳动力老龄化和雇工成本不断上涨的情况下,受制于家庭劳动力禀赋的约束,农户更倾向于服务外包^[5]。对于植保无人机等大中型机械来说其更适合规模化作业,而土地的细碎化会降低农户的服务外包^[6],但土地规模足够大到可以充分分摊机械购置成本的情况下会出现自购农机替代购买服务的情况^[7]。孙顶强等认为风险规避程度较高的农户会降低外包支出,而植保环节的作业质量不易监督,因而会抑制农户的服务需求^[8]。从外部环境等来看,Grossman 认为制度环境是影响农户技术采纳的关键因素^[9],政府部门的技术指导和培训可以有效促进农户采纳病虫害外包服务^[10]。而且在农村社区环境中,农户的生产决策不仅受自身因素的影响,还受周围农户的影响,应瑞瑶等研究发现农户采纳统防统治技术服务对周围农户具有一定的示范效应^[11]。

以上研究从不同角度对影响农户病虫害防治服务外包的因素进行了有益的探讨,然而病虫害防治环节的特殊性使得影响植保机械需求的相关因素在农户之间存在差异,小农户受制于规模约束往往不会选择购买机械^[12],而规模户在市场服务和自给服务的选择中也表现出差异性的特征^[13]。由于病虫害防治环节的作业特征,使得外包服务存在一定风险,农户的风险认知程度对行为决策起着重

收稿日期:2022-01-21

基金项目:江苏省现代农业(水稻)产业技术体系产业经济项目(JATS2021427)。

*为通讯作者。

要影响,而相关研究缺乏针对规模种植户病虫害防治机械投资的探讨,尤其是对规模种植户风险认知对其投资决策的影响研究,并且不同服务模式的选择对农业产出是否存在异质性影响也需进一步分析。风险认知是影响农户投资的重要影响因素,虽然有研究分析了植保环节服务质量风险对农户服务外包选择的影响,但是,农业生产具有典型的时间节律性^[14],区域内病虫害防治作业时间不仅高度统一^[15],而且还存在突发性和爆发性特征,如果不能及时防治规模户将承担重大损失,而相关研究往往忽视农时特点可能带来的生产风险。另外,农户对待风险的态度与其生产决策也具有紧密关系,风险规避程度越高的农户越倾向于采纳规避风险的策略^[16]。投资机械自给服务可能会降低外包服务过程中的机会主义行为和不及时作业带来的影响,从而影响农户的农业产出。

基于此,本文以水稻规模种植户为研究对象,基于风险认知—机械投资—农业产出的分析框架,首先分析规模户病虫害防治外包服务的质量风险认知和及时性风险认知对其机械投资的影响,并在此基础上分析风险规避的调节效应,然后进一步探究投资机械自给服务对农户农业产出的影响。

一、理论分析与研究假说

病虫害外包防治的作业质量风险问题是小农户和规模户面临的共同问题,但是规模户还面临及时性作业风险,作业质量风险和及时性风险主要是由环节作业技术标准和病虫害防治的农时特点带来的。相比于小农户,规模种植户可以利用自身的土地规模优势合理分担机械购置成本,但是对于那些未达到自我服务投资最佳规模门槛的种植户仍有可能选择购买机械,这可能与其风险认知水平有关,不同农户对这两种风险的认知存在差异,从而影响其服务方式的选择。另外,规模户的风险规避程度也存在差异,这也可能影响到其投资决策。进一步的,受制于病虫害防治技术和市场情况的影响,规模户不同病虫害防治模式的选择可能对农业产出也会产生差异性影响。

1. 风险认知与机械投资

从环节作业的技术和标准来看,生产环节外包存在一定的不确定性,不同环节的外包作业给农户带来的潜在风险不同。对于那些作业效果不能有效监督的环节,规模农户潜在的风险认知会促进其进行自我服务。耕、种、收环节的专业化服务相对成熟,标准化程度较高,作业的效果质量可以及时观察到,对农业生产带来的风险相对较小,而病虫害防治环节具有复杂性和作业效果的不确定性,其作业效果表现为事后监管,外包服务质量难以及时考核,监督成本较高,且作业效果具有不可逆性,外包服务作业的风险较大。相比于小农户,规模户在病虫害防治环节承担的风险更大,但是规模户之间的风险认知水平也存在差异,是否选择购买机械自给服务与其对外包服务质量风险认知水平密切相关,外包服务的质量风险感知水平越高越会促进机械投资。

从农时特点来看,不同环节作业窗口期长短不同,不能在有效作业时间内完成作业,农户将承担一定的风险。病虫害防治的有效作业时间通常为2~3天,而耕、种、收环节有效作业时间长达10天甚至半月,并且病虫害具有突发性、爆发性以及多次作业的特征。病虫害发生时,小农户由于面积小,仅靠一个劳动力就可以完成防治,规模种植户种植面积较大,为最大限度地降低病虫害带来的损失,其往往具有紧迫性的服务需求,但是在病虫害爆发期,市场服务需求会急剧增加,受制于地区病虫害防治服务市场发展水平的限制,需求在某一时刻急剧增加时会导致地区服务需求的拥挤,并且由于作业窗口期的限制,病虫害防治难以依靠跨区作业来及时完成作业。服务需求的及时性风险认知会影响到其投资决策,当农户感知到不及时作业带来的损失超过机械投资成本的情况下,其会倾向于机械投资,也即外包服务及时性风险认知水平越高其越倾向于投资机械自我服务。

通过以上分析可以看出,规模农户病虫害防治环节会受外部服务市场的作业质量和服务需求拥挤的约束,而农户对外包服务的作业质量风险和及时性风险的认知情况会促进其做出有利于自己的理性选择。基于上述分析,本文提出假说1:

H₁:病虫害防治机械对于规模农户存在显著的风险管理效应,规模户对服务外包的作业质量风险认知和及时性风险认知水平的提升会促进其投资机械自我服务。

2. 风险规避的调节效应

风险规避理论认为,存在不确定性的情况下,农户对风险的反应为风险规避,农户在追求利润最大化的同时需要考虑保障的问题。农业生产机械对于规模经营农户存在显著的风险管理效应。为及时有效的进行作业,降低风险,规模生产者往往将主动权掌握在自己手中。农业机械所带来的风险管理效应越强,对农户面临生产风险时的期望效用提升就越大^[17]。

不同农户之间的风险偏好程度存在差异,越是风险规避的农户其风险承受能力越低,当外包服务存在风险的情况下,风险规避的农户采纳外包服务的可能性越低。此外,农户的风险规避水平还可以有效调节风险认知对行为决策的影响。风险认知是农户对风险的个体感知,但是不同农户之间的风险承受能力存在差异,对于风险规避程度较高的个体,即使其风险感知水平较低,但其仍可能采取风险性较低的行为,以规避风险可能给自己带来的损失,也即当农户感知到病虫害防治外包存在的风险时,风险规避程度较高的农户会进一步采取积极的风险规避措施,从而降低对外包服务的依赖程度,更倾向于自己购买机械进行自我服务。基于上述分析,本文提出假说2和假说3:

H₂: 农户服务方式的选择与其风险规避程度密切相关,风险规避程度越高的农户越会选择购买农机自我服务。

H₃: 农户风险规避在风险认知影响服务方式选择上具有调节作用,风险规避程度越高时,感知到外包服务风险的农户越会选择购买机械进行自我服务。

3. 投资机械自给服务与农业产出

外部服务可能存在的风险会对农户农业生产带来不利影响。由于病虫害发生的复杂性,需要对不同农户病虫害发生情况进行有针对性的用药。并且在病虫害爆发期,服务需求急剧增长的情况下,服务组织为追求收益的最大化,往往需要不间断的在农户间作业以提升作业速度,增加作业面积,在这过程中可能存在的施药不均等情况会影响防治效果。规模户在购买机械自给服务的情况下,可以按照病虫害发生发展情况有针对性用药,并可以降低外部服务施药不均等带来的弊端,促进农业产出增加。另外,病虫害发生时,施药不及时也会对农户农业产出带来不利影响,尤其是在病虫害爆发期,市场需求急剧增加,规模户完全依赖外部服务组织的情况下可能产生施药延误的情况,在购买机械自给服务的情况下,规模户可以灵活方便的及时施药,将主动权掌握在自己手中,降低施药延误带来的不利影响,提升农业产出。基于此本文提出假说4:

H₄: 规模农户病虫害防治环节机械投资自给服务可以降低外包服务的道德风险和施药不及时等带来的弊端,有利于农业产出的增加。

二、数据与研究设计

1. 数据来源

本文所使用的数据来自江苏省水稻产业体系调研组于2020年10月份至2021年7月份开展的水稻入户调研。江苏省是水稻生产的大省也是中国粮食生产的主要省份,在粮食生产方面具有较好的代表性,此外在推进农业规模化发展过程中,江苏省农地流转发展状况良好,农地规模户发展有序,这些都可以为本研究的开展提供较为便利的条件。不同学者对规模户有不同的定义,而第三次全国农业普查对种植业规模化的标准设定为,一年二熟及以上地区露地种植农作物的土地达到50亩及以上,江苏省主要以稻麦两季作物生产为主,本文将水稻种植规模在50亩及以上的农户定义为规模农户。

本次调研使用分层抽样的方法,首先,根据江苏省区域经济发展水平和规模化发展情况分别在苏南、苏北和苏中地区分阶段进行了调研,共调研了淮安、盐城、宿迁、徐州、苏州、无锡、南通和泰州8个地级市。然后每个地级市随机抽取1~2个县级市,根据各镇水稻规模化的高、中、低发展情况选取3~6个镇,每个镇随机抽取5~6个村庄,最后每个村庄随机抽取4~6个水稻规模种植户。调查内容主要涉及户主及家庭特征、土地经营情况、机械投资及对外服务情况、本地服务市场情况等。本次调研共回收问卷782份,剔除重要变量缺失的问卷,有效问卷为718份,有效率91.82%。

2. 模型设定

(1) Heckman 样本选择模型。规模农户病虫害防治机械的投资包含两个互不独立的决策过程, 第一阶段为农户是否进行投资, 第二阶段为投资水平。在农户未进行投资的情况下, 其投资水平是无法观测的。部分规模农户存在机械投资的意愿, 但可能存在的一些因素使其放弃了机械投资, 这就会使得机械投资水平信息缺失, 如果直接使用普通最小二乘法估计投资水平, 那么估计结果可能存在样本选择偏差, 而 Heckman 模型可以有效解决样本选择带来的内生性问题。它的原理是通过建立 Probit 选择模型, 估计存在选择偏差变量发生的可能性, 并计算出每个样本用于修正选择偏差的逆米尔斯比率, 带入第二阶段的结果方程中。具体模型设定如下:

$$I_i = \alpha_0 + \alpha_1 R_i + \beta_1 P_i + \gamma_i X_i + \varepsilon_i, I_i = \begin{cases} 1, & \text{若 } I_i^* > 0 \\ 0, & \text{若 } I_i^* \leq 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$Y_i = \alpha_2 + \alpha_3 R_i + \beta_2 P_i + \gamma_i C_i + \theta_i \lambda_i + \varepsilon_i, Y_i = \begin{cases} d, & \text{若 } I_i = 1 \\ 0, & \text{若 } I_i = 0 \end{cases} \quad (2)$$

式(1)为选择方程, 式(2)为结果方程, I_i 表示规模户是否进行病虫害防治机械投资, 取值为1时表示农户进行机械投资, 取值为0则表示未投资, Y_i 为农户投资水平。 I_i^* 表示不可观测的潜变量, d 为规模户机械投资水平。 $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \gamma_i$ 和 θ_i 为待估参数, ε_i 为残差项。 R_i 表示农户的风险认知情况, 包含服务外包的作业质量风险认知和作业的及时性风险认知, P_i 表示农户的风险规避程度, X 和 C 为影响农户病虫害防治机械投资和投资水平的控制变量。 λ_i 为逆米尔斯比率, 利用式(1)的估计结果计算得到, 将 λ_i 带入式(2)中可以克服样本选择偏差带来的结果偏误, 同时 λ_i 的显著性也是决定 Heckman 模型使用合理的检验指标。

在影响农户机械投资决策的因素 X 中必须包含一个影响投资决策但不影响投资水平的因素, 本文用农机手雇佣容易程度来识别。像植保无人机作业过程中通常需要飞控员、观察员、配药员等多个机手配合操作完成, 自走式喷杆喷雾机同样也需要多人的配合, 尤其是懂技术、懂驾驶的农机手, 而这类农机人员往往较少, 农机手雇佣难度较大的情况下可能会制约其机械投资。

(2) 调节效应模型。农户的风险规避程度在风险感知影响其行为的过程中具有一定的调节效应, 即使农户风险感知水平较低, 但是高风险规避的农户感知到风险存在的情况下会积极采取规避风险的措施。调节效应模型构建如下:

$$M_i = \alpha_4 + \alpha_5 R_i + \beta_3 P_i + \varphi_i R_i \times P_i + \gamma_i C_i + \sigma_i \quad (3)$$

式(3)中, M_i 表示农户是否投资以及投资水平, R_i 和 P_i 分别表示规模户的服务外包风险认知和风险规避程度, $R_i \times P_i$ 为服务外包风险认知与风险规避程度的交乘项, C_i 为主要控制变量, $\alpha_4, \alpha_5, \beta_3, \varphi_i$ 和 γ_i 为待估参数, σ_i 为残差项。

(3) 倾向得分匹配方法。为研究规模农户购买机械自给服务对其农业产出的影响, 直接分析自给服务和外包服务两类农户之间产出的差异, 其结果可能存在偏误, 因为其他农业生产特征也可能影响农户的农业产出, 而倾向得分匹配方法可以减少这种干扰, 并且无法观测到自给服务的农户在进行外包作业时的农业产出。倾向得分匹配方法是通过构建反事实框架的方式, 对于可观测变量构造出对照组和参与组, 然后进行匹配, 得到平均处理效应。具体匹配过程如下:

首先, 使用 Logit 模型估算出每个农户的倾向得分值。在 X_i 确定的情况下, 农户购买机械进行自给服务的条件概率为:

$$P_r(X_i) = P_r(D_i = 1 | X_i) \quad (4)$$

X_i 为处理组可观测变量, 根据匹配变量的系数计算得到规模种植户的倾向匹配得分:

$$P(X_i) = P_r(D_i = 1 | X_i) = \frac{\exp(\beta X_i)}{1 + \exp(\beta X_i)} \quad (5)$$

式(5)中, $\exp(\beta X_i) / [1 + \exp(\beta X_i)]$ 为累积分布函数, X_i 为可能影响农户投机病虫害防治机械

自给服务的变量集, β 为相关变量的系数, 据此获得倾向得分后, 得出农户投资机械自给服务对农业产出的平均处理效应(ATT), 表达式如下:

$$ATT = E[Y_i^1 - Y_i^0] = E[Y_i^1 - Y_i^0 | D = 1] = E[Y_i^1 | D = 1] - E[Y_i^0 | D = 1] \quad (6)$$

式(6)中, Y_i^1 和 Y_i^0 分别表示农户自给服务和外包服务的农业产出情况, $D=1$ 为处理组农户的集合。

3. 变量说明与描述性统计

(1) 被解释变量。本文探讨水稻规模种植户的风险认知对其病虫害防治机械投资的影响, 被解释变量包含是否进行病虫害防治环节的机械投资以及单位面积投资额。当农户回答病虫害防治环节由自己购买机械进行服务时取值为1, 否则取值为0。参考徐志刚等^[18]的研究, 单位面积投资额用植保机械总价值与种植面积的比值表示。是否进行机械投资反映的是农户的服务选择行为, 而单位面积投资额反映的是农户的投资水平。

(2) 核心解释变量。农户病虫害防治不仅面临外包服务的质量风险, 而且还面临作业的及时性和紧迫性, 对于规模户来说是否可以及时获取服务的风险感知很大程度上影响着其投资决策, 相关研究往往忽视规模户这一风险认知的影响, 本文的核心解释变量包含外包服务的质量风险认知以及外包服务的作业风险认知。

① 质量风险认知。质量风险认知是指农户是否认为将病虫害防治环节交由服务组织作业会存在质量风险。病虫害防治不同于其他环节, 其外包质量不能及时有效监督, 并且病虫害具有阶段性和多次性的防治特点, 如果某一节点出现问题, 就会对农业产出产生不利影响, 造成农业减产。朱丽娟等认为服务外包存在事中监督难和最终结果的不可分割性等问题影响着农户服务选择^[19], 而梁杰等也研究发现外包监督难易程度带来的交易不确定性也影响着农户服务选择^[20], 参考以上研究, 本文质量风险认知用如下问题来测量: “您认为将病虫害防治环节外包给服务组织是否会存在质量风险”, 当农户回答“是”时则认为其感知到外包服务质量风险的存在, 否则外包质量风险感知不存在。

② 作业风险认知。陈品等研究发现施药环节的农时延误对水稻产量具有明显的负向影响^[21]。由于病虫害具有突发性和爆发性特点, 如果农户不能及时防治将会产生重大风险损失。在病虫害发生时, 农户的需求往往会存在“需求拥挤”, 并且病虫害防治作业周期较短, 短期内如果不能有效防治, 农户将承担重大损失。此外, 不同地区的防治组织发展程度存在差异, 不能及时获得外部服务组织提供的服务时, 农户出于需求风险的考虑将会做出不同的服务选择。张永占等指出规模经营受工资和农时的双重约束^[22], 刘家成等也指出不同环节对农时的需求性不同, 导致交易成本存在差异^[23]。参考刘家成等的研究, 本文中规模户作业风险认知用如下问题来测量: “您认为病虫害防治外包服务是否会存在防治不及时的风险”, 农户回答“是”则认为农户感知到了不及时防治的生产风险, 反之则认为外包服务不及时防治的生产风险感知不存在。

由表1可以看出, 质量风险认知方面, 认为病虫害防治作业外包存在风险的农户占比为41.64%, 超过了样本总数的三分之一, 而认为外包存在质量风险且进行机械投资的农户占比为93.92%。作业风险认知方面, 有42.89%的规模农户认为病虫害防治作业外包可能导致不及时防治的后果, 而这类农户中进行机械投资的数量占比为96.95%。由此可以看出, 外包服务可能存在的质量风险和不及时性风险与农户机械投资具有密切联系。

③ 风险规避。风险规避是与风险偏好相对应的概念, 相关研究对于风险偏好的测度主要使用实验经济学或是量表答题的方式进行测度。本文中对风险规避测量使用Holt等^[24]实验经济学的方法并进行了简化, 实验过程中设置了5套问题, 受访者在5组游戏中通过抛硬币的方式依次进行选择, 在最终的风险确定时, 将高风险选项赋值为1, 低风险选项赋值为0, 参考仇焕广等^[25]的研究, 计算受

表1 农户不同类型风险认知与自我服务投资情况 N=718

风险类型	认知情况		投资情况	
	频数	占比/%	频数	占比/%
质量风险认知存在	299	41.64	278	93.92
作业风险认知存在	308	42.89	287	96.95

访者的风险规避程度值,计算方法如下:

$$\text{风险规避} = 1 - \left(\frac{\text{高风险方案选择次数}}{5} \right)$$

最终得到风险规避系数,风险规避取值范围为0~1,取值越高表示规模户越是风险规避者。具体的风险规避设计方案见表2。

(3)控制变量。结合相关的文献^[26-28],本文控制了规模种植户的户主特征(包含户主的年龄、受教育水平、水稻规模种植年限)、生产经营特征(水稻经营面积、家庭农业劳动力数量、农业收入)等可能影响农户进行机械投资的相关变量。

①户主特征。相关研究认为农户年龄越大,其越倾向于选择保守的农业生产经营方式^[29],年龄越大的农户对外部有风险的服务接受程度越低,

更愿意自己防治。受教育水平高的农户通常可以更好地对农业生产的交易成本进行衡量,进而可能促进其投资机械,同时,其较强的交际能力和解决问题能力也可能促进其对市场服务需求的增加。水稻规模种植年限可以表征其经验资本^[30],种植年限越长农户所掌握的农业生产经验越丰富,可以意识到病虫害防治过程中可能出现的问题,可能会促进其进行农业机械的投资。

②生产经营特征。耕地面积越大的农户可以有效分摊农机购买的机械成本从而实现规模经济效益^[31],并且随着农地规模的增加其面临的外部服务风险的损失也会更多,因而选择购买机械自我服务的概率越高。土地的细碎化程度会对农户的服务选择产生重要影响,土地的细碎化会增加作业的难度,规模户为降低细碎化对自购机械带来的难题可能更倾向于服务外包,但与此同时土地的细碎化也可能增加服务外包的成本,具体影响需进一步探讨。已有研究主要使用辛普森指数^[32]、地块数^[33]和平均地块规模^[34]来表示细碎化程度,基于调研数据,本文使用平均地块规模来表示。家庭劳动力数量越多越可以满足自我服务投资所诱致的劳动力需求,家庭劳动力丰富的农户有充足的时间和精力投入到自我服务上。种植业收入水平的提升可以为农户购买病虫害防治机械提供经济支持,农户可以负担得起较为高效且价格较高的机械。

③其他变量。农业机械补贴对农户农机购置产生重要影响,当前的农机购置补贴多倾向于大中型农机,纪月清等^[35]研究发现,农机购置补贴可以有效促进大中型机械的购买。

(4)工具变量。在农户购买机械的情况下,测量其对服务外包的风险认知可能存在一定偏误,为降低内生性带来的影响,本文进一步使用工具变量方法进行估计。朱薇羽等通过服务可获性对专业化种植的影响研究发现,相比于村外服务,本村服务更有利于促进农户的专业化生产^[36]。罗明忠等研究认为不签订契约会面临交易过程中的机会主义行为以及违约风险,而书面合同的法律约束力更强,更有利于规避机会主义行为^[37]。基于上述分析,本文中外包服务质量风险认知的工具变量为周围农户病虫害防治外包是否均与服务组织签订合同,不及时作业风险认知的工具变量为本地提供病虫害防治服务组织的数量。服务合同的签订可以对服务组织形成一定约束,进而降低服务接受者服务质量风险担忧,而本地服务组织较多的情况下,作业需求集中的时间段内,农户可以有更多的选择,提升其服务可获性,从而降低作业的不及及时性带来的风险。

表3为相关变量的定义以及描述性统计情况,可以看出,进行病虫害防治机械投资的农户占样本总数的41%,其中样本农户的机械投资平均水平达到了每公顷0.18万元。认为病虫害外包防治存在质量风险和作业及时性风险的农户分别达到了42%和43%,说明众多农户感知到了外包服务的风险。农户的风险规避均值为0.5,多数农户为中度风险规避者。户主平均年龄为53岁,平均受教育年限7.7年,规模种植年限达6.11年,样本中规模种植户的水稻种植面积达到了24.25公顷。从变量的差异情况来看,农业收入水平之间的差异最大,风险规避程度的差异最小,总体上相关变量可以满足分析的基本要求。

表2 风险规避程度的实验设计

游戏方案	奖励方案A/元		奖励方案B/元	
	正面	反面	正面	反面
1	250	250	200	300
2	250	250	150	350
3	250	250	100	400
4	250	250	50	450
5	250	250	0	500

表3 变量定义及描述性统计

变量名	变量定义	平均值	标准差
是否进行机械投资	是否购买大中型等高效施药机械,是=1;否=0	0.41	0.49
机械投资水平	病虫害防治机械总价值/水稻种植面积/(万元/公顷)	0.18	0.30
质量风险认知	您认为将病虫害防治环节外包给服务组织是否会存在质量风险?是=1;否=0	0.42	0.49
作业风险认知	您认为病虫害防治外包服务是否会存在防治不及时的风险?是=1;否=0	0.43	0.49
风险规避程度	风险规避取值0~1,值越大表示越是风险规避者	0.50	0.33
户主年龄	户主的实际年龄	52.62	8.35
户主受教育水平	户主实际接受教育年限	7.74	3.63
规模经营年限	农户水稻规模种植年限	6.11	3.80
水稻经营面积	农户实际经营水稻面积/公顷	24.25	18.12
土地细碎化	实际经营水稻面积/经营地块数	0.46	0.25
家庭农业劳动力数量	家庭中务农劳动力数量	2.20	0.86
农业收入水平	农户上一年家庭农业收入水平/万元	31.89	26.51
农机补贴	购置病虫害防治机械的补贴额度/万元	0.68	1.42
农机手雇佣容易度	植保环节农机操作人员雇佣容易程度,非常难=1;比较难=2;一般=3;比较容易=4;非常容易=5	1.94	1.25
周围农户病虫害防治外包是否均与服务组织签订合同	周围农户病虫害防治外包均与服务组织签订合同,是=1;否=0	0.58	0.49
本村提供病虫害防治服务组织的数量	本村提供病虫害防治服务组织的数量	3.18	2.49
农业产出水平	单位面积水稻产量对数值	7.14	0.09
农业投入水平	单位面积农业投入对数值	7.01	0.09

注:农业投入包含土地费用、种苗投入、肥料投入、耕种收机械服务费用、灌溉费用、雇工投入。

三、结果与分析

1. 基准回归结果

为降低可能存在的样本选择偏差对结果造成的影响,本文使用Heckman模型对规模户病虫害防治机械投资的情况进行了分析。表4汇报了相关变量对规模户病虫害防治机械投资的影响结果,结果显示,逆米尔斯比率通过了1%的显著性检验,表明分析过程中样本选择偏差是存在的。

由表4的实证结果可以看出,外包服务的质量风险认知和作业风险认知对规模户的投资决策具有显著正向影响,分别通过了10%和1%的显著性检验,表明在病虫害防治环节,规模农户感知到外部服务组织提供服务存在质量风险时其更倾向于不进行服务外包,而是选择自己购买机械的方式完成病虫害的防治。当规模户感知到外部服务组织不能及时满足自身病虫害防治需求时,其也会倾向于购买机械自我服务。现实中出现的防治纠纷通常以未有效防治或防治不及时为主,而防治效果的不理想将会导致作物减产,规模户会承担较大损失。另外,质量风险认知以及作业风险认知分别在5%和1%的显著性水平上促进了规模户投资水平的提升,农户感知到外包服务存在质量风险以及病虫害发生时单纯依靠外部服务组织提供服务可能会造成防治的不及时,农户更倾向于提升自身机械投资水平,以及时高效地进行病虫害防治。此外,随着农户风险规避程度的提升,其也更倾向于购买机械自我进行病虫害防治,风险规避程度对单位面积投资水平的提升也具有显著促进作用,越是规避风险的农户越倾向于提升其机械投资水平。

其他影响因素方面,水稻经营面积的增加促进了病虫害防治机械的投资,并且对单位投资额也具有显著促进作用。在自身规模达到一定程度时,可以充分分摊购置机械的成本,实现自我服务的规模经济,降低了单位面积投资成本,从而更愿意购买机械满足自身病虫害防治需求,当种植规模较大时,农户也更倾向于投资价格较高且高效率的机械。农业收入水平的提升促进了病虫害防治机械

表4 风险认知、风险规避对病虫害防治机械投资的影响

N=718

变量名称	模型1是否投资		模型2投资水平	
	系数	标准误	系数	标准误
质量风险认知	3.3031*	1.7079	0.1417**	0.0721
作业风险认知	4.4487***	1.3900	0.2670***	0.0940
风险规避程度	6.8060***	2.2074	0.3806***	0.0826
户主年龄	0.0113	0.0528	-0.0038**	0.0018
户主受教育水平	-0.2189*	0.1244	-0.0220***	0.0045
规模经营年限	0.3135**	0.1232	0.0009	0.0036
水稻经营面积	0.0933**	0.0419	0.0021**	0.0009
土地细碎化	2.3121	1.8781	0.0372	0.0567
家庭农业劳动力数量	-0.8126	0.6314	0.0159	0.0167
农业收入水平	0.0387*	0.0231	0.0014**	0.0006
农机补贴	0.2037	2.9666	0.0648***	0.0091
农机手雇佣容易度	0.8951***	0.4829		
常数项	-11.8836***	4.5467	-0.2208	0.1806
<i>mills</i>	0.2102***	0.0932		

注:***、**、*分别表示在1%、5%、10%水平上显著,下同。

的投资,同时对投资水平也具有显著的促进作用,分别通过了10%和5%的显著性检验。农业收入水平的提升可以为农户提供更多的经济支持,同时农户可以负担得起植保机械的投资支出,规模户也会根据需求选择更高效的农业机械。农机手雇佣情况在1%的显著性水平上促进了机械投资决策,病虫害防治机械的投资通常需要匹配一定的农机操作人员,而农机手的可获性会影响到规模户的投资决策,规模户雇佣农机手越容易的情况下其越倾向于机械投资,反之则会降低其机械投资决策。

规模经营年限在5%的显著性水平上促进了农户病虫害防治机械的投资,但对单位面积投资额不具有统计上的显著影响。规模经营年限较长的农户具有丰富的生产经验,可以通过自我服务投资满足农业生产的需要但不会盲目增加投资。户主通常是农业家庭经营的重要决策者,户主年龄和受教育水平显著降低了单位面积机械投资水平,随着年龄的增加和受教育水平的提升,农户更倾向于保守化投资,不会盲目的进行较多的投资,满足自身基本病虫害防治需求既可。农机补贴对农户农机购买具有正向影响,在1%的显著性水平上促进了农机投资水平的提升,通常马力越大效率越高的机械购置补贴额度越高,补贴额度的增加促进了农户对大中型及高效植保机械的购买。

2. 稳健性分析

(1)IV-Heckman模型的实证结果分析。在分析农户风险认知对病虫害防治机械投资的影响中,考虑到风险认知可能因双向因果关系等造成的内生性问题,本文进一步使用IV-Heckman模型进行稳健性分析。参考连玉君等^[38]的研究,第一阶段,通过风险认知对工具变量和外生变量的回归得到农户风险认知潜变量的拟合值,其中外包服务质量风险认知的工具变量为周围农户病虫害防治外包是否均与服务组织签订合同,作业合同的签订可以对服务组织形成约束,农户也可以依据合同进行索赔。不及时作业风险认知的工具变量为本地提供病虫害防治服务组织的数量,服务组织数量越多越可能降低农户的不及时性作业的风险,降低农户作业风险认知程度。第二阶段,使用Heckman两步法将风险认知的拟合值代入模型对农户机械投资决策方程和投资水平作进一步估计。具体的模型估计结果见表5。

在控制了可能存在的内生性和样本选择问题后,可以看出模型3和模型4中质量风险认知和作业风险认知对病虫害防治机械投资和投资水平均具有显著的影响。通过检验发现,工具变量的 t 值均在1%的统计水平上显著,并且逆米尔斯比率也通过了1%的显著性检验,一定程度上证明使用IV-Heckman模型的回归结果是可靠的,验证了 H_1 。同时农户的风险规避程度对病虫害防治机械的投

投资决策和投资水平也具有显著的影响,分别通过了5%和1%的显著性检验,且得到进一步证明。

(2)更换样本后的实证结果分析。由于部分规模种植户进行病虫害防治机械投资在满足自身病虫害防治需求的情况下还会将剩余服务能力向周围农户释放,以获取收益、降低机械投资的成本沉淀。而是否向周围农户提供服务可能影响到规模种植户的投资决策以及投资水平,通常这部分农户的机械投资决策具有多重目的,因此本部分将存在向周围农户提供作业服务的样本进行剔除,使用IV-Heckman模型进一步分析农户的风险认知、风险规避程度对病虫害防治机械投资的影响(见表6)。结果显示,在剔除对外提供作业服务的农户样本后质量风险认知和作业风险认知仍然显著促进了机械投资,同时也促进了投资水平的提升。同样的,风险规避程度也具有显著影响,稳健性分析进一步验证了前文的结果。

3. 风险规避的调节效应

农户风险认知对机械投资的影响可能因农户的风险规避程度产生差异,当农户感知到风险时,越是风险规避的农户越有可能采取积极的规避措施。风险规避在风险认知影响农户行为过程中发挥着显著的调节作用。使用IV-Heckman模型进行风险规避的调节效应检验,检验结果见表7。结果显示质量风险认知和作业风险认知与风险规避程度的交互项对农户的投资决策具有显著的促进作用,但对投资水平的影响不显著。对于规模种植户来说,农户所能承受的风险程度是影响其投资决策的重要因素。如果农户是风险规避的,当其感知到病虫害外包防治存在风险时,其会积极采取自己购买机械的方式来降低可能存在的风险,以提升其风险管理能力,保证正常的农业生产经营。

4. 病虫害防治投资机械自给服务对农业产出的影响

表8为使用不同倾向得分匹配方法得到的病虫害防治自给服务对农户农业产出水平的影响,可以看出几种匹配方法的结果差异较小,且平均处理效应均通过了1%的显著性检验,表明病虫害防治环节,同服务外包的农户相比,通过投资机械自给服务的农户其农业产出水平将明显得到提升。

由于当前病虫害防治环节的社会化服务仍处于不断发展阶段,行业的作业标准不一,服务质量难以有效判定,且病虫害发生的复杂性加剧了作业的难度,事后监督很容易诱发机会主义行为。而规模户在投资机械自给服务的情况下,可以根据病虫害发生发展情况有针对性地施药,提升了施药的有效性和准确性,起到有效维稳农业产出的作用。另外,病虫害爆发时期市场服务需求容易产生季节性拥挤,而农户机械投资促进了病虫害防治的灵活性,降低了对外部服务的依赖,病虫害发生时可以及时防治,可以有效降低防治延误发生率,提升防治效果。

四、结论与建议

农地的规模经营已经成为当前中国农业发展的重要方向,但与小农户相比规模生产者对病虫害

表5 稳健性分析: IV-Heckman模型

变量名	N=718	
	模型3 是否投资	模型4 投资水平
质量风险认知	4.5928** (1.9698)	0.3080*** (2.6246)
作业风险认知	4.8090*** (3.5843)	0.3105*** (2.8562)
风险规避程度	4.4440** (2.2807)	0.3760*** (0.3080***)
控制变量	已控制	已控制
常数项	-8.6597** (-2.5480)	-0.2767 (-1.3883)
<i>mills</i>	0.2926*** (2.7912)	

注:控制变量的估计结果与基准回归结果无较大差异,不再赘述,括号内为标准误,相关控制变量同表4,下同。

表6 稳健性分析:剔除对外服务供给农户样本

变量名	N=646	
	模型5 是否投资	模型6 投资水平
质量风险认知	4.6759** (1.9953)	0.2493* (1.8586)
作业风险认知	4.7771*** (3.5241)	0.2894** (2.5194)
风险规避程度	4.4169** (2.2551)	0.4720*** (3.6123)
常数项	-8.7135** (-2.5342)	-0.1356 (-0.5765)
<i>mills</i>	0.2747*** (2.3641)	

表7 风险规避的调节效应

N=718

变量名	模型7	模型8	模型9	模型10
	是否投资	投资水平	是否投资	投资水平
质量风险认知	3.3579** (2.4060)	0.4391*** (3.1492)		
作业风险认知			3.6325*** (2.9931)	0.3160*** (2.7552)
风险规避程度	2.6361** (2.0565)	0.2838* (1.9068)	7.1804*** (2.7837)	0.4393*** (3.3686)
质量风险认知×风险规避程度	6.0169*** (4.3656)	0.1361 (1.4043)		
作业风险认知×风险规避程度			5.6108** (2.2328)	0.1058 (0.9656)
控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制
常数项	-7.1906*** (-2.9515)	-0.1644 (-0.7937)	-12.9380** (-2.3833)	-0.1382 (-0.6935)
<i>mills</i>	0.3369*** (3.9925)		0.3019** (2.1827)	

表8 规模农户病虫害防治自给服务对农业产出的影响

匹配方法	处理组	控制组	ATT
匹配前	7.2147	7.0951	0.1195*** (0.0048)
近邻匹配	7.2147	7.0717	0.1430*** (0.0194)
半径匹配	7.2159	7.0763	0.1397*** (0.0209)
核匹配	7.2147	7.0694	0.1453*** (0.0191)

注:括号内为标准误,近邻匹配 $n=1$,半径匹配 $n=0.01$,核匹配带宽为0.01。

防治服务具有更多且更及时的需求,服务外包抑或自我服务的选择很大程度上受农户的风险认知和风险规避程度的影响。本文使用江苏省水稻规模种植户的调研数据,从风险视角对当前众多规模种植户投资病虫害防治机械自我服务的原因做了进一步解释。由于病虫害防治的服务的特殊性,规模种植户会面临服务质量和不及时作业的双重风险,而这会对农户的服务选择产生重要影响,但其服务选择也与农户的风险规避程度密切相关。研究表明:规模种植户关于病虫害防治外包的质量风险认知和作业及时性风险认知均可以显著促进自我服务投资的产生,同时对于投资水平的提升也具有显著正向影响。此外,规模农户的风险规避程度也是影响其购买机械自我服务的关键因素,具体表现为越是风险规避的农户越倾向于自我服务投资,并且风险规避程度可以显著调节风险认知对投资决策的影响。通过投资机械进行病虫害防治自给服务可以降低外包服务可能存在的不良影响,对于农业产出水平的增加具有显著促进作用。

基于研究结果提出以下建议:第一,推动服务组织的规范化发展,提升服务组织的作业质量。农业行政主管部门要加强对防治组织的监督与管理,提升病虫害防治服务组织的规范化水平,促进农户对防治组织的信任水平的提升。农委或植保站等加大对服务组织的定期培训力度,提升服务组织的技术操作水平和用药水平,通过指导建立健全服务组织的制度及作业合同等,帮助服务队伍实现规范化管理,降低农户对服务组织作业质量的担忧。第二,推进服务组织的多元融合发展,提升市场化水平。农村服务市场的熟人社会特征不利于市场竞争秩序的良好发展,而服务组织的市场化水平不足成为制约服务组织发展壮大的重要因素,政府等部门可以通过资金支持加大对服务组织的支持力度,完善补贴方式,吸引扶持工商企业和社会资本等兴办专业化服务组织,推进公益性和经营性服务的融合,促进服务组织的多元化发展,促进服务市场的良性竞争。第三,推进区域病虫害的联防联控与标准化区域防治服务站的建设。依托村委会加强农户与服务组织的信息交流,推进区域病虫害

的联防联控,通过资金支持、药剂补贴等推进标准化区域防治服务站的建设,加强服务组织管理,通过区域服务站统一管理,转变分散化防治方式,提升重大病虫害的协调防控能力。

参 考 文 献

- [1] 张露,罗必良. 规模经济抑或分工经济——来自农业家庭经营绩效的证据[J]. 农业技术经济, 2021(2): 4-17.
- [2] 刘魏,张应良,王燕. 农地经营规模扩大刺激了农户跨区作业需求吗? ——以水稻劳动密集型环节为例[J]. 贵州大学学报(社会科学版), 2020, 38(1): 49-61.
- [3] 武舜臣,钱煜昊,于海龙. 农户参与模式与农业规模经营稳定性——基于土地规模经营与服务规模经营的比较[J]. 经济与管理, 2021, 35(1): 30-35.
- [4] 张利国,吴芝花. 大湖地区种稻户专业化统防统治采纳意愿研究[J]. 经济地理, 2019, 39(3): 180-186.
- [5] 李成龙,周宏. 劳动力禀赋、风险规避与病虫害统防统治技术采纳[J]. 长江流域资源与环境, 2020, 29(6): 1454-1461.
- [6] 张燕媛,张忠军. 农户生产环节外包需求意愿与选择行为的偏差分析——基于江苏、江西两省水稻生产数据的实证[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2016(2): 9-14, 134.
- [7] 邸帅,高飞,纪月清. 规模、服务质量风险与农户植保机械作业外包——以新疆玛河流域为例[J]. 农业现代化研究, 2020, 41(2): 285-293.
- [8] 孙顶强, MISGINA A, 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.
- [9] GROSSMAN L S. Pesticides, caution, and experimentation in st. Vincent, Eastern Caribbean[J]. Human ecology, 1992, 20(3): 315-336.
- [10] 段培,王礼力,罗剑朝. 种植业技术密集环节外包的个体响应及影响因素研究——以河南和山西631户小麦种植户为例[J]. 中国农村经济, 2017(8): 29-44.
- [11] 应瑞瑶,徐斌. 农户采纳农业社会化服务的示范效应分析——以病虫害统防统治为例[J]. 中国农村经济, 2014(8): 30-41.
- [12] 胡雯,张锦华,陈昭玖. 小农户与大生产:农地规模与农业资本化——以农机作业服务为例[J]. 农业技术经济, 2019(6): 82-96.
- [13] 张宗毅,杜志雄. 农业生产性服务决策的经济分析——以农机作业服务为例[J]. 财贸经济, 2018, 39(4): 146-160.
- [14] 李宁,汪险生,陆华良. 新型农业经营主体农机作业服务的双重角色及其动态转变:一个初步的分析框架[J]. 农业经济问题, 2021(2): 38-53.
- [15] 钟甫宁. 正确认识粮食安全和农业劳动力成本问题[J]. 农业经济问题, 2016, 37(1): 4-9, 110.
- [16] BARHAM B L, CHAVAS J P, FITZ D, et al. Risk, learning and technology adoption[J]. Agricultural economics, 2015, 46(1): 11-24.
- [17] 陈新建,黄嘉升. 生产风险、风险规避与农户农业生产机械投资——购买机械还是购买服务?[J]. 农业现代化研究, 2020, 41(5): 803-812.
- [18] 徐志刚,崔美龄. 农地产权稳定一定会增加农户农业长期投资吗? ——基于合约约束力的视角[J]. 中国农村观察, 2021(2): 42-60.
- [19] 朱丽娟,顾冬冬,张扬,等. 服务外包、契约选择对小麦生产技术效率的影响——基于河南省100个村3305个农户的实证分析[J]. 中国农业大学学报, 2021, 26(9): 231-243.
- [20] 梁杰,高堃,高强. 交易成本、生产成本与农业生产环节外包——基于农地禀赋效应调节视角[J]. 资源科学, 2021, 43(8): 1589-1604.
- [21] 陈品,孙顶强,钟甫宁. 劳动力短缺背景下农时延误、产量损失与外包服务利用影响[J]. 现代经济探讨, 2018(8): 112-118.
- [22] 张永占,刘馨月,徐志刚. 工资与农时双重约束下的粮食规模户农时调整行为及影响研究[J]. 农业技术经济, 2021(11): 4-15.
- [23] 刘家成,徐志刚. 农户生产外包联合行动的规模效应、行动逻辑与环节异质性[J]. 农业技术经济, 2021(1): 4-19.
- [24] HOLT C A, LAURY S K. Risk aversion and incentive effects[J]. American economic review, 2002, 92(5): 1644-1655.
- [25] 仇焕广,陆岐楠,张崇尚,等. 风险规避、社会资本对农民工务工距离的影响[J]. 中国农村观察, 2017(3): 42-56.
- [26] 胡新艳,张雄,罗必良. 服务外包、农业投资及其替代效应——兼论农户是否必然是农业的投资主体[J]. 南方经济, 2020(9): 1-12.
- [27] 谢琳,钟文晶,罗必良. 农业生产服务的自主供给与市场供给:相互关系与政策思路[J]. 江海学刊, 2017(3): 55-62, 238.
- [28] 王全忠,周宏. 农业生产性投资、流转租期与效益追求方式[J]. 华南农业大学学报(社会科学版), 2017, 16(5): 15-27.
- [29] 李成龙,周宏. 农户会关心租来的土地吗? ——农地流转与耕地保护行为研究[J]. 农村经济, 2020(6): 33-39.
- [30] 李立朋,李桦. 农户施药量选择的邻里效应——基于外部技术获得、经验资本的调节作用分析[J]. 长江流域资源与环境, 2020, 29(11): 2508-2518.
- [31] 曹铁毅,周佳宁,邹伟. 规模化经营与农户农机服务选择——基于服务需求与供给的二维视角[J]. 西北农林科技大学学报(社会

- 科学版),2021,21(4):141-149.
- [32] TAN S, HEERINK N, KRUSEMAN G, et al. Do fragmented landholdings have higher production costs? Evidence from rice farmers in Northeastern Jiangxi province, P.R. China[J]. China economic review, 2008, 19(3):347-358.
- [33] 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]. 2011(3):59-71.
- [34] 罗必良,万燕兰,洪炜杰,等. 土地细碎化、服务外包与农地撂荒——基于9省区2704份农户问卷的实证分析[J]. 经济纵横,2019(7):63-73.
- [35] 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.
- [36] 朱薇羽,朱臻,李博伟. 农机服务外包及其可获得性差异对专业化种植的影响——基于浙江省的实证数据[J]. 世界农业,2020(11):101-111,124.
- [37] 罗明忠,邓海莹. 风险偏好何以影响农机社会化服务契约选择? ——以小麦收割环节为例[J]. 农林经济管理学报,2020,19(1):1-9.
- [38] 连玉君,黎文素,黄必红. 子女外出务工对父母健康和生活满意度影响研究[J]. 经济学(季刊),2015,14(1):185-202.

Investment in Pest Control Machinery of Large-scale Farmers and Its Effect

LI Chenglong, ZHANG Liang, ZHOU Hong

Abstract This paper uses the survey data of large-scale farmers in the rice industry system in Jiangsu Province, and uses the Heckman sample selection model to analyze the reasons for the impact of pest control on machinery investment and investment level of large-scale farmers from the perspectives of risk perception of operation quality and operation timeliness and conduct a robustness test. On this basis, the impact of investing in machinery self-sufficiency services on the agricultural output of farmers is further analyzed. It is found that large-scale farmers' willingness to invest in machinery and the level of investment are affected not only by the farmers' quality risk perception of outsourcing service operations, but also by the farmers' timeliness risk perception of outsourcing service operations, and the degree of risk aversion of farmers plays a significant regulatory role in the impact of risk perception on investment in pest control machinery. Further research shows that large-scale farmers' investment in pest control machinery can significantly improve agricultural output.

Key words large-scale farmers; pest control; risk perception; machinery investment

(责任编辑:金会平)