

农户数字技术采纳程度对绿色农业生产技术应用的影响研究

吴莹 吴朝宝 李佳琪

江西农业大学经济管理学院, 中国·江西 南昌 330045

摘要: 农业作为国民经济的基础, 正迎来数字化的转型。本研究基于江西“双百双千”项目调研数据, 采用 Ordered Probit 模型探讨农户数字技术采纳对绿色农业生产技术应用的影响, 并通过工具变量法与条件混合估计法 (CMP) 解决内生性问题。研究结果显示, 农户数字技术的采纳程度与绿色农业生产技术的应用之间存在显著的正向关系。这一发现强调了在现代农业发展中, 提升农户数字技术采纳能力的重要性。因此, 未来应加大对农户的数字技术培训力度, 完善相关政策支持, 营造有利的市场环境, 以推动农户更好地应用数字技术, 促进绿色农业的可持续发展。
关键词: 数字技术采纳程度; 绿色农业生产技术; Ordered Probit 模型; CMP

Research on the Influence of Farmer's Digital Technology Adoption Degree on the Application of Green Agricultural Production Technology

Ying Wu Chaobao Wu Jiaqi Li

School of Economics and Management, Jiangxi Agricultural University, Nanchang, Jiangxi, 330045, China

Abstract: Agriculture, as the foundation of the national economy, is ushering in the digital transformation. Based on the research data of Jiangxi “double hundred and double thousand” project in this study, the ordered probit model is used to explore the influence of the adoption of farmer digital technology on green agricultural production technology, and then the endogenous problem is solved through the tool variable method and conditional mixed estimation method (CMP). The results show that there is a significant positive relationship between the degree of digital technology and the application of green agricultural production technology. This finding highlights the importance of improving farmers' ability to adopt digital technologies in the development of modern agriculture. Therefore, in the future, we should increase the digital technology training for farmers, improve the relevant policy support, and create a favorable market environment, so as to promote farmers to better apply digital technology and promote the sustainable development of green agriculture.

Keywords: digital technology adoption degree; green agricultural production technology; Ordered Probit model; CMP

0 前言

随着社会经济的快速发展和人们对食品安全和环境保护意识的提高, 越来越多的关注开始集中于绿色农业生产技术的应用。绿色农业生产技术的主要目标是通过数字技术的应用, 实现智能化、精细化和可持续化的农业生产, 并提高农产品的产量和质量, 同时减少农业对环境的负面影响。农户在农业生产中扮演着重要角色, 他们对数字技术的接受与应用程度将直接影响绿色农业生产技术的效果。然而, 目前相关研究中对农户数字技术采纳程度对绿色农业生产技术应用的影响的研究还较为有限。因此, 本研究旨在深入探讨农户数字技术采纳程度与绿色农业生产技术应用之间的关系, 并分析其影响因素。通过对农户采纳数字技术的情况进行调查和研究分析, 可以为推广和应用绿色农业生产技术提供重要的决策依据和理论支持。

随着对环境保护的日益关注, 绿色生产技术已成为农业绿色生产转型的重要途径^[1,2], 同时根据《中国绿色专利

统计报告》, 2014—2017 年, 中国绿色专利申请量达 24.9 万件, 年均增速高于中国发明专利整体年均增速 3.7 个百分点。说明中国已经进入了绿色生产转型阶段。而绿色生产技术是以资源循环为核心, 兼顾整治生态环境的新生产技术, 具有正的外部性公益性技术^[2,3]。2023 年中央“一号文件”指出, 在新的历史发展阶段, 必须坚定不移推进生态文明建设, 其中强调要加快农业绿色化转型和绿色生产技术的推广应用, 以推动农业农村绿色发展。农村环境问题的日益严峻、生产资源的过度使用以及农业废弃物的不合理处置, 迫切需要农村普及绿色生产技术, 以促进农村生产绿色改革。如何使农户采纳绿色生产技术, 实现农业生产绿色发展, 已经成为当前研究的重要课题^[1,3]。

实际上, 农户作为农业生产的关键主体, 对绿色生产技术的采纳接受意愿以及采纳程度并不高。尽管许多学者发现资源禀赋、社会规范和社会信任等社会资本以及政府和市场等因素影响农户采纳绿色生产技术意愿, 由于中国绿色农

产品市场刚刚起步，在市场和监督机制方面尚未成熟，同时绿色生产成本相对高于传统生产，所以农户采纳绿色生产技术与农户经济效应关系尚不明确。由于农户个体内在观念、个体追求等非经济因素也会影响农户绿色生产技术采纳，加以政府的制度约束，所以农户采纳绿色生产技术与农户非经济效应关系有待研究。基于此，论文意在研究绿色生产技术采纳与农户效应的关系，以此揭示农户采纳绿色生产技术的内在机制。

与以往的研究相比，论文的边际贡献体现在以下几个方面：第一，现有关于绿色生产技术采纳的研究文献大多基于外部因素探究农户采纳意愿方面研究。由于农户采纳绿色生产技术与否关键取决于农户的效应，因此论文从农户内在因素探究农户的绿色生产技术采纳。第二，多种因果识别策略的应用，以保证识别的准确性。论文采用工具变量法、倾向得分匹配等方法控制其内生性问题以及数据质量变化引起的误差，通过替换相关变量、模型，以保证分析结论的稳健性。

1 理论分析与研究假说

1.1 理论分析

1.1.1 技术接受模型（TAM）

在农户采纳数字技术这一情境下，依据 TAM 模型，农户对新技术的接受程度由感知有用性与感知易用性决定。具体来讲，农户会考虑数字技术是否能带来诸如提高产量、降低成本等实际效益，以及操作是否简便易行，这些因素会左右他们采用数字技术的意愿。此外，数字技术对农户运用绿色农业生产技术有推动作用，当数字技术能让农户更便利地获取绿色生产技术相关知识和操作方法时，农户应用绿色技

术的概率就会增加。

1.1.2 创新扩散理论

该理论指出，创新的扩散受到创新自身特性、传播渠道、时间和社会系统的影响。数字技术属于创新的一种，其在农户群体中的传播速度和广度会对绿色农业生产技术的推广产生影响。例如，数字技术可以充当绿色农业生产技术的传播工具，加速绿色技术在农户中的推广。

1.2 研究假说

在研究框架中，我们将通过统计分析方法检验农户数字技术采纳程度对绿色农业生产技术应用的影响关系。具体来说，我们将运用相关分析、回归分析等方法，探讨农户数字技术采纳程度与绿色农业生产技术应用之间的关联程度和影响程度。基于对当前技术进步趋势的观察，认识到绿色农业对于可持续发展的必要性，同时注意到农户行为在数字技术影响下的变化，以及初步证据和案例研究显示数字技术采纳与绿色农业生产技术应用之间存在正相关关系。因此，论文提出假说 H1：农户数字技术采纳程度与绿色农业生产技术应用存在正向关系。进而推动农业向更加环保和高效的方向发展。

2 变量选择与模型设定

2.1 变量选择

- ①被解释变量：绿色农业生产技术采纳程度。
- ②核心解释变量：数字技术使用能力——利用互联网搜寻所需要的农业信息、通过网络采购农业生产资料占比。
- ③控制变量：年龄、性别、文化程度、是否是村干部、劳动力人数、您家是否参加农民专业合作社（见表 1）。

表 1 变量的定义及描述性统计

	变量名称	含义	均值	标准差
被解释变量	在农业生产中应该积极使用绿色生产技术	1= 完全不同意；2= 不太同意；3= 一般；4= 比较同意；5= 非常同意	4.1887	0.8057
核心解释变量	会利用互联网搜寻所需要的农业信息	1= 完全不同意；2= 不太同意；3= 一般；4= 比较同意；5= 非常同意	2.6315	1.4305
	通过网络采购农业生产资料占比	1=0%~20%；2=20%~40%；3=40%~60%；4=60%~80%；5=80%~100%	1.0922	0.4630
控制变量	性别	1= 男；2= 女	1.2020	0.4016
	年龄	1=12~18（少年）；2=18~40（青年）；3=40~48（壮年）；4=48~66（中年）；5=66+（老年）	3.9617	0.8652
	文化程度	1= 未上过学；2= 小学；3= 初中；4= 高中（中专）；5= 大专及以上	2.9130	1.0073
	是否是村干部	1= 否；2= 是	1.2720	0.4451
	您家劳动力人数（16-64）	1=0 人；2=1~2 人；3=3~4 人；4=5~6 人；5=7 人及以上	2.6263	0.9384
	是否参加农民专业合作社	1= 否；2= 是	1.2143	0.4104

2.2 模型设定

使用在农业生产中使用绿色农业技术的态度作为绿色技术采纳程度，由于农户的态度是一个存在一定次序的离散变量，并且基于多重共线性结果分析，接着运用 stata18.0 软件，采用 Ordered Probit 模型分析农户数字技术采纳程度

对绿色农业生产技术的影响，研究通过问题“您会利用互联网搜寻所需要的农业信息吗？”设计为 5 个选项，并对满意度由低到高依次取值为 1、2、3、4、5，是典型的有序多分类响应变量，通过参考已有研究多采用 Ordered Probit 模型进行计量分析，论文建立如下计量模型识别待估参数。

Technology application= $\alpha_1(DT_i) + \phi_1 Control_i + \varepsilon_i + c_1$ (1)

Technology application= $\begin{cases} 1, \text{Technology application}_i \leq r_1 \\ 2, r_1 < \text{Technology application}_i \leq r_2 \\ 3, r_2 < \text{Technology application}_i \leq r_3 \\ 4, r_3 < \text{Technology application}_i \leq r_4 \\ 5, r_4 < \text{Technology application}_i \leq r_5 \end{cases}$ (2)

上式中，Technology application为被解释变量绿色农业生产技术应用，r1、r2`r5是截点，满足r1 < r2 <…r5，DT、Control 分别表示为数字技术采纳程度、控制变量； α_1 、 ϕ_1 分别表示各变量的待估计参数； ε 是随机扰动项，c为常数项。

3 实证分析结果

3.1 基准回归结果

首先对互联网使用和其他控制变量进行了多重共线性检验，发现方差膨大因子（VIF）的值均小于5且容许度大于0.2，这说明各变量之间不存在多重共线性，如表2所示。经过多重共线性检验之后，借助有序Probit模型考察互联网使用对农户绿色农业技术采纳强度的影响。相关回归结果如表3所示。

表 2 多重共线性检验

Variable	VIF	1/VIF
x	1.000	1.000
Mean VIF	1.000	

结果表明，数字技术使用正向影响农户绿色农业技术采纳强度，并且在1%的显著性水平下通过检验。与数字技术采纳程度较低的农户相比，使用数字获取农业生产技术信息的农户更倾向于采纳多项绿色农业技术。固定其他因素不变，农户的互联网使用程度每增加1，不采纳绿色农业技术的概率减少0.1%，不太同意采纳绿色农业技术的概率减少

0.3%，觉得无所谓采纳绿色农业技术的概率增加1.3%，比较同意采纳绿色农业技术的概率增加0.8%，完全同意采纳绿色农业生产技术的概率增加2.6%。控制变量中，文化程度、劳动力人数、是否参加农民合作社对农户绿色农业技术采纳强度有显著正向影响。各变量的边际效应在绿色农业技术采纳强度为5处发生变化，这5处之前和之后的边际效应符号相反。这说明使用数字技术采纳对于获取生产技术信息、年龄较小、性别为男、文化程度较高、家中劳动力人数多、参加农民合作社的农户不采纳绿色农业技术和同意采纳绿色农业技术的概率更低，同时这五个变量提高了农户采纳绿色农业技术的概率。

3.2 内生性问题

数字技术使用行为与绿色农业技术采纳行为之间可能存在反向因果或遗漏变量导致的内生性问题，比如农户可能在使用了绿色农业技术之后为了更好地获取绿色农业技术信息而选择通过互联网搜寻查看技术资料。为解决这一问题，将工具变量法和条件混合过程估计法相结合进行内生性检验，选择“您能判断通过网络渠道所获取信息的真假”作为工具变量，因为当农户认为网上信息的可信度较高时便会将互联网作为信息获取渠道，从而增加农户使用互联网获取生产技术信息的可能性，但该变量不会直接影响农户采纳绿色农业技术。运用条件混合过程估计法（CMP）需要同时估计两个方程，第一个方程以互联网使用为被解释变量，以工具变量为核心解释变量，并加入第二个方程中除互联网使用外的所有其他解释变量；第二个方程估计互联网使用对绿色农业技术采纳行为的影响。表4报告了CMP估计结果，第一个方程的估计结果显示互联网信息的可信性判断对农户使用互联网有显著正向影响，说明互联网信息的可信性符合工具变量的使用条件。混合回归的nsig1值显著（D=0.0000），似然比检验通过，因此模型估计结果显著。

表 3 农户数字技术采纳程度对绿色农业生产技术应用影响的估计结果

变量	系数	边际效应				
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
利用互联网搜寻所需要的农业信息	0.0693***	-0.0011***	-0.0032***	-0.0133***	-0.0086***	0.0262***
	(0.0202)	(0.0004)	(0.0010)	(0.0039)	(0.0025)	(0.0076)
通过网络采购农业生产资料占比	0.0966**	-0.0015**	-0.0044**	-0.0185**	-0.0120**	0.0365**
	(0.0494)	(0.0009)	(0.0023)	(0.0095)	(0.0061)	(0.0186)
年龄	0.0367	-0.0004	-0.0013	-0.0054	-0.0035	0.0105
	(0.0356)	(0.0005)	(0.0016)	(0.0065)	(0.0042)	(0.0128)
性别	0.0406	-0.0006	-0.0019	-0.0078	-0.0050	0.0153
	(0.0657)	-0.0011	(0.0030)	(0.0126)	(0.0082)	(0.0248)
文化程度	0.1087***	-0.0017***	-0.0050***	-0.0208***	-0.0135***	0.0411***
	(0.0297)	(0.0006)	(0.0015)	(0.0057)	(0.0038)	(0.0111)
是否是村干部	-0.0130	0.0002	0.0006	0.0025	0.0016	-0.0049
	(0.0574)	(0.0009)	(0.0026)	(0.0110)	(0.0071)	(0.0217)
您家劳动力人数	0.0771***	-0.0012***	-0.0035***	-0.0148***	-0.0096***	0.0291***
	(0.0258)	(0.0005)	(0.0013)	(0.0050)	(0.0032)	(0.0097)
您家是否参加农民合作社	0.1733***	-0.0028***	-0.0079***	-0.0332***	-0.0215***	0.0655***

在控制万联网使用的内生性后，万联网使用对绿色农业技术采纳强度仍具有显著正向影响。同时， atanhrho_{12} 值不显著，表明基准回归并不存在严重的内生性问题³⁵¹。联网使用对农户绿色农业技术采纳强度影响的估计仍以表 3 中的结果为准。表 4 中的结果也进一步表明互联网使用能提高农户的绿色农业技术采纳强度。

表 4 互联网使用对农户绿色农业技术采纳强度影响的
CMP 估计结果

方程设定	数字技术使用	绿色农业技术
互联网的可信程度	0.5438***	
	(0.0204)	
利用互联网搜寻所需要的农业信息		0.5381***
		(0.0207)
控制变量	已控制	已控制
样本量	2114	

3.3 稳健性检验

为检验上述回归结果的稳健性，采用有序 Logit 模型代替有序 Probit 模型，对基准回归进行重新估计。结果如表 5 所示，数字技术使用对农户的绿色农业技术采纳强度具有显著正向影响。因此，文中关于数字技术使用程度对绿色农业技术采纳强度影响的估计结果是稳健的。

表 5 稳健性检验结果

变量	绿色农业技术采纳程度
数字技术使用	0.1141***
	(0.0342)
网络购买农业生产工具	0.1455*
	(0.0820)
样本量	2114

4 结论与建议

4.1 结论

本研究的目的是探究农户数字技术采纳程度对绿色农业生产技术应用的影响。通过调查和分析数据，我们得出以下结论：①农户数字技术采纳程度对绿色农业生产技术应用有显著影响。研究结果表明，农户对数字技术的采纳程度越高，越容易应用绿色农业生产技术。数字技术的采纳能够提高农户的信息获取能力，加速农业生产过程中的数据收集和分析，从而提高农业生产效率和农产品质量。②农户对数字技术的认知和技能水平是影响采纳程度的重要因素。研究结果显示，农户对数字技术的认知和技能水平越高，越容易采纳和应用数字技术来支持绿色农业生产。因此，加强农户的数字技术培训和教育是提高农户数字技术采纳程度的关键。③政策支持和市场环境对农户数字技术采纳程度的影响不容忽视。研究结果表明，政府的政策支持和市场环境的变化对农户数字技术采纳程度有一定的影响。政府可以通过制定相关政策，提供数字技术的培训和支持，以及改善市场环境，推动农户更好地采纳数字技术，并应用于绿色农业生产中。

④农户数字技术采纳程度与农业可持续发展密切相关。数字技术的采纳能够提高农业生产效率和资源利用效率，减少农药和化肥的使用，促进绿色农业发展。因此，提高农户数字技术采纳程度能够推动农业实现可持续发展。

综上所述，本研究结果表明农户数字技术采纳程度对绿色农业生产技术应用具有重要影响，而农户对数字技术的认知和技能水平、政策支持和市场环境等因素也会对采纳程度产生影响。因此，在未来的研究和实践中，应加强农户数字技术培训和教育，完善政策支持和市场环境，进一步推动农户数字技术的采纳和应用，促进绿色农业的可持续发展。

4.2 建议

在本研究的基础上，针对农户数字技术采纳程度对绿色农业生产技术应用的影响，以下是一些建议的进一步研究方向：

深入了解数字技术对绿色农业生产技术应用效果的影响机制：进一步研究可以深入探讨农户数字技术采纳程度对绿色农业生产技术应用效果的具体影响机制。可以通过定性和定量方法，探索数字技术在提升绿色农业生产技术应用效果方面的中介和调节作用。

比较不同数字技术对绿色农业生产技术应用效果的影响：不同的数字技术在农户中的普及度和应用效果可能存在差异。进一步的研究可以比较不同数字技术对绿色农业生产技术应用效果的影响，以提供更具体的指导和建议。

探索农户数字技术采纳过程的影响因素：农户数字技术采纳过程中可能存在多个影响因素，如个人特征、社会环境、政策支持等。进一步的研究可以深入探索这些影响因素，并分析它们对数字技术采纳程度和绿色农业生产技术应用的影响。

研究数字技术在农村地区的推广策略：数字技术的推广在农村地区可能面临着多种困难和挑战。进一步的研究可以探索适合农村地区的数字技术推广策略，包括宣传教育、培训支持、政策引导等方面的措施。

通过进一步的研究，可以更加深入地了解农户数字技术采纳程度对绿色农业生产技术应用的影响机制和效果，为农业的可持续发展提供更加科学的理论基础和实践指导。以上是一些可能的进一步研究建议，希望对您研究有所帮助。

参考文献：

[1] 罗岚,杨小芳,牛文浩,等.认知规范、制度环境与果农绿色生产技术多阶段动态采纳过程——基于Triple-Hurdle模型的分析[J].农业技术经济,2021:1-16.

[2] 刘可,齐振宏,黄炜虹,等.资本禀赋异质性对农户生态生产行为的影响研究——基于水平和结构的双重视角分析[J].中国人口·资源与环境,2019,29(2):87-96.

[3] 李晓静,陈哲,刘斐,等.参与电商会促进猕猴桃种植户绿色生产技术采纳吗?——基于倾向得分匹配的反事实估计[J].中国农村经济,2020(3):118-135.

作者简介：吴莹（1999-），女，中国江西九江人，硕士，从事农村资源环境管理与可持续发展研究。