

# 农户数字素养对化学农药减量使用的 影响及其机制研究

张鹏<sup>1,4</sup>, 李小红<sup>2</sup>, 吴雨<sup>3</sup>

(1. 西南财经大学经济学院, 四川 成都 611130; 2. 西南财经大学经济与管理研究院, 四川 成都 611130;  
3. 南京农业大学金融学院, 江苏 南京 210095;  
4. 西南财经大学《经济学家》编辑部, 四川 成都 610074)

**摘要:**推进农药减量化是全方位夯实粮食安全根基, 加快农业绿色发展的必然要求。本文立足于我国农业绿色转型和数字经济快速发展的实践背景, 探讨分析了农户数字素养对其化学农药减量使用的影响。本文基于中国家庭金融调查数据, 构建了农户数字素养指数, 发现农户数字素养提升会显著促使其农药使用减量。从农药使用的三个重要环节施药者、施药机械选择和施药技术出发, 探索了这种影响的内在机制, 发现了数字素养提升可以帮助农户树立绿色生产理念、选择高效施药机械、学习科学施药技术。异质性分析表明, 数字素养对小规模种植户、未转入耕地的农户、所在村没有农业职业经理人的农户的农药使用减量边际效应更显著。本文的边际贡献在于, 提供了数字技术介入对农户生产决策行为的影响效果, 揭示了农户数字素养对农药使用决策的重要性。在推进农业农村现代化和大力实施乡村振兴战略的背景下, 本文的研究结论为促进绿色农业发展和保障粮食安全提供了微观基础和有益启示。

**关键词:** 农药减量; 数字素养; 绿色农业; 粮食安全

中图分类号: F302.4

文献标识码: A

文章编号: 1005-0566(2024)02-0064-10

## Impact of farmers' digital literacy on pesticide reduction and their mechanism

ZHANG Peng<sup>1,4</sup>, LI Xiaohong<sup>2</sup>, WU Yu<sup>3</sup>

(1. School of Economics, Southwestern University of Finance and Economics, Chengdu 610030, China;

2. Research Institute of Economics and Management,

Southwestern University of Finance and Economics, Chengdu 610030, China;

3. School of Finance, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;

4. Editorial Office of Economist, Southwestern University of Finance and Economics, Chengdu 610074, China)

**Abstract:** Reducing pesticide use is an inevitable requirement for consolidating the foundation of food security and accelerating the green development of agriculture. Based on the practical background of China's agricultural green transformation and the rapid development of digital economy, this paper discusses and analyzes the impact of farmers'

收稿日期: 2023-07-18 修回日期: 2023-10-23

**基金项目:** 国家社会科学基金重点项目“数据要素促进共同富裕的理论机制与实践路径的政治经济学研究”(23AZD084); 国家社会科学基金项目“新时代背景下我国玉米供需平衡问题研究”(18XJY013); 成都市新时代基层治理现代化研究基地项目(CDSZ21B002); 教育部人文社科后期资助项目“中国家庭数字金融行为变化及影响研究”(21JHQ060)。

**作者简介:** 张鹏(1978—), 男, 四川广元人, 经济学博士, 西南财经大学经济学院硕士生导师, 《经济学家》编辑部副研究员, 研究方向为农业经济理论与政策。通信作者: 吴雨。

digital literacy on their chemical pesticide reduction use. Using the data from China's household and finance survey to construct a digital literacy index and analyses the impact of digital literacy on farmers' pesticide reduction. The findings demonstrate that increasing farmers' digital literacy significantly promotes pesticide reduction, even when endogeneity issues are taken into account using instrumental variables. And exploring the internal mechanisms of this effect from three crucial pesticide application components: pesticide applicator, spraying equipment and spraying techniques, we find that increasing digital literacy will help farmers to establish the idea of environmentally friendly production, choose cost-effective spraying machines, and be knowledgeable about scientific spraying techniques. Heterogeneity analysis reveals that among small-scale farmers, those who are not transferring into land, and those whose villages do not have agricultural professional managers, the improvement of digital literacy has more marginal impact on the reduction of pesticide use. The contribution of the article is to show how digital technology interventions affect farmers' behavior in making production decisions and to highlight the significance of farmers' digital literacy in making pesticide use decisions. The research findings of this paper present micro-foundation and ideas for improving green agricultural development and food security under the background of promoting agricultural and rural modernization and speeding up the rural revitalization strategy.

**Key words:** pesticide reduction; digital literacy; green agriculture; food security

粮食安全是“国之大者”，确保粮食安全和农产品的质量是建设农业强国的首要任务。农药是现代农业生产不可或缺的生产资料，对防治农作物病虫害、增强自身粮食和重要农产品有效供给作用重大。但不科学、不合理的使用也会给农产品质量和生态环境带来负面影响。根据联合国粮农组织(FAO)数据显示,2020年中国平均每公顷耕地的农药用量是1.95 kg,高于世界平均水平1.81 kg。其中全年杀虫剂使用量为70 804.73 t,高于美国65 770.8 t<sup>①</sup>。而经科学测算,2020年我国水稻、小麦、玉米三大粮食作物农药利用率仅为40.6%<sup>②</sup>。同年,农业农村部制定了《到2025年化学农药减量化行动方案》,提出进一步减少化学农药使用总量,水稻、小麦、玉米等主要粮食作物化学农药使用强度(单位播种面积化学农药使用折百量)力争比“十三五”期间降低5%。推进农药减量化是全方位夯实粮食安全根基,加快农业全面绿色转型的必然要求,也是保障农产品质量安全、加强生态文明建设的重要举措。“大国小农”是我国的基本国情农情,以农户为主的家庭生产经营是我国农业生产经营的主要形式。而农户在面临农业生产风险时往往依赖更多的农药投入,

因此农户是化学农药使用减量的关键主体。

农药使用是农业生产行为中非常重要的研究议题。大量实证研究从农民的个人特征、家庭生活特征和外部因素等方面分析了农户农药使用行为。早期研究主要分析个体差异引致的农药使用差异,从农户性别、年龄、风险态度、受教育程度等方面进行分析。规避风险的农户,为降低生产损失,农药使用量会越多<sup>[1]</sup>。农民受教育水平越高,越有可能按照说明使用农药,减少农药的使用量<sup>[2]</sup>。随后,对农药使用的研究视角进一步扩展,部分学者聚焦于家庭特征,发现家庭经济状况、生产经营规模、销售模式等因素均可能影响农户使用农药。家庭收入越高,经济实力越强,农民购买更昂贵的生物农药的可能性就越大,也更有可能理性使用农药<sup>[3]</sup>。而且,家庭种植规模越大,农民就越能合理估计和部署农药使用量<sup>[4]</sup>。还有学者从外部因素进行分析,发现政府给农户进行技术培训会提高农民的农药使用技术和认知水平,促使其合理使用农药,减少农药使用量<sup>[5]</sup>。同时,政府提供的生态农业补贴也有助于农户采取绿色生产行为<sup>[6]</sup>。新型农业经营主体对农业生产过程和生产质量会提出严格要求,农民加入新型农业经营

① 数据来源:FAO数据库, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RP>。

② 数据来源:《化肥农药使用量零增长行动目标顺利实现 我国三大粮食作物化肥农药利用率双双达40%以上》, [https://www.moa.gov.cn/xw/zwdt/202101/t20210117\\_6360031.htm](https://www.moa.gov.cn/xw/zwdt/202101/t20210117_6360031.htm)。

主体后受制于群体规范,也不太可能过度使用剧毒杀虫剂,农药使用减量概率提高 43.7%<sup>[7]</sup>。农药店店主的农药施用技术和药品知识水平关系着能否正确地向农户传递施药信息,从而影响农户是否合理使用农药<sup>[8-9]</sup>。农药大容量包装会显著增加农户的农药用量,而包装的功能专用性、质量可靠性、储存风险性等信号显示可以规范农药使用<sup>[10]</sup>。

近年来,已有学者关注到数字技术对农业生产的影响,如互联网发展<sup>[11]</sup>、数字推广<sup>[12]</sup>等对农业绿色生产均产生了影响。参与电商能够提升农户的绿色生产认知、促使农户为追求消费者正向口碑采取绿色生产行为<sup>[13]</sup>。而农产品电商的参与需要农户具备一定的数字工具使用、信息利用和机会识别的能力。只有具备较高数字素养的群体才能更好地应用数字技术,共享数字红利。政府也注重提升农民数字素养和技能,将现代生产要素导入小农户,提升其科技水平和生产效率。因此研究农户的数字素养与农药使用的关系,通过有效途径规范新型农民的农药使用行为,成为降低农药用量、提高农药使用率最现实、最有效的路径之一。

本文立足于数字经济条件下现代农业绿色转型的背景,分析了农户数字素养对粮食作物种植户化学农药使用的影响方向和影响机理。其可能的边际贡献主要体现在以下两个方面。一是,既有农药使用相关研究多依赖于局部地区的调研和实验数据,较少基于全国的数据作整体的观测,难以准确刻画出全国的普遍性情况。本文利用具有全国代表性的农户微观数据进行实证分析,可弥补这一不足,为制定和完善相关政策提供坚实的理论依据。二是,在数字经济的时代背景下,本文从“数字素养”这一视角分析农户农药使用行为,揭示了农户农药减量使用的新路径,有助于深刻认识数字技术在农业可持续发展中的作用,进一步推动农业绿色转型和发展。

## 一、理论基础与作用机制

### (一) 理论基础

农药作为特殊的生产要素,只有存在病虫害时才能发挥作用。Lichtenberg 等<sup>[14]</sup>将农药投入作

为损失控制引入生产函数中,提出了损失控制函数。以广为熟知的杀虫剂为例,假设农药对害虫数量的控制函数如下:

$$A = A_0[1 - P_i(T)] \quad (1)$$

式(1)中, $A_0$ 为未使用农药时单位面积耕地的害虫数量,对单位面积耕地使用农药量  $T$ ,杀死的害虫比例为  $P(T)$ ,  $0 \leq P(T) \leq 1$ 。 $P_i(T)$  是随农户特征变换的函数, $i$  表示第  $i$  个农户。假设  $Y$  为单位面积耕地上作物的产量,是土地、劳动力、化肥等一系列生产要素的函数, $Q(X)$  表示无病虫害时潜在单位面积产量,农作物受害虫影响的比例为  $\theta$ ,受害虫影响的减产量是  $D(A)$ 。因此,受害虫影响下的单位面积产量的生产函数可表示为:

$$Y = (1 - \theta)Q(X) + \theta Q(X)[1 - D(A)] \quad (2)$$

结合式(1)和式(2),使用农药之后的损失控制生产函数为:

$$Y = (1 - \theta)Q(X) + \theta Q(X)[(1 - D(A_0(1 - P_i(T))))] \quad (3)$$

假设粮食销售价格  $p$ 、农药购买价格  $c$ ,除农药外的其他生产要素  $X$  的价格标准化为  $q$ ,农户的利润为:

$$r = pY - Xq - cT \quad (4)$$

将式(3)代入式(4),单位面积作物生产的利润为:

$$r = p\{(1 - \theta)Q(X) + \theta Q(X)[1 - D(A_0(1 - P_i(T)))]\} - cT - Xq \quad (5)$$

令  $f(T) = 1 - D\{A_0[1 - P_i(T)]\}$ ,即损失控制函数。通常采用指数形式,即  $f(T) = 1 - e^{-\lambda_i T}$ ,其中  $\lambda_i$  表示第  $i$  个农户对农药的认知水平。将  $f(T)$  表达式代入式(5), $\partial r / \partial T = 0$ ,得到农药的最佳使用量为:

$$T = \frac{1}{\lambda_i} \ln \frac{p\theta Q(X) \lambda_i}{c} \quad (6)$$

从式(6)可以看出,农户对农药的认知水平  $\lambda_i$  是影响农药使用的关键因素之一。根据李忠鞠等<sup>[9]</sup>的调查显示,42.1%的农户农药使用量信息源自于个人经验。而随着数字经济的快速发展,数字素养作为新型人力资本与农户农药使用



行为有着密切的联系。

## (二)作用机制

农药作为特殊的农业生产资料,使用过程十分复杂。不仅要对症下药,保证药效的发挥效果还要与药品搭配、施药机械、施药环境等相关。因此,施药者、施药机械选择和施药技术等环节均影响着农药的使用,而数字素养提升可以通过影响施药者的使用理念、施药机械选择、施药技术等系统性地、全方位地影响农户农药使用行为。

第一,农户数字素养与绿色生产理念树立。信息获取是农户应用现代农业技术的关键因素之一,在“互联网+农业”的背景下,农户通过互联网拓宽了获取和理解农业信息的渠道,获取有关农药科学选择的技术信息和知识,更多地了解农药有效减量技术、生物防治替代等,减少不必要的化学农药使用,从而提高其绿色生产认知。同时,互联网上传播的大量食品安全和农业污染信息,诱发农户的情感共鸣和危机意识,激发他们的责任感,增强绿色生产意识<sup>[15]</sup>。此外,通过购物网站、直播带货、朋友圈等电商销售方式,农产品生产端与消费端直接对接。农户了解到消费者对多样化的优质生态农产品的需求,并感受到绿色农产品的品质价值,意识到消费者对绿色农产品的“优质优价”需求和实现可能,促使农户生产消费者偏好的绿色生态农产品<sup>[13]</sup>。

第二,农户数字素养与高效施药机械选择。植保机械落后是造成农药用量大的重要原因之一。目前,我国植保药械仍以手动喷雾器、电动喷雾器、背负式弥雾机为主,存在机型老化的问题。通过掌握和运用数字农业工具,根据农田状况、作物需求和病虫害情况,更精确地确定农药的使用时机、剂量和频率,改善和管理农药使用计划。数字素养提升促进家庭选择高效施药机械,选择无人机喷洒农药可以提高喷洒效率、精确施药。并且无人机喷洒农药可以在复杂地形和较高的地势上操作,比如山区、丘陵地带等,覆盖到传统机械无法到达的地区,确保农药的全面覆盖。

第三,农户数字素养与科学施药技术学习。一方面,数字素养提升促进农户获得农业技术指

导,专业学习农药使用技术。农业技术培训能提高农户的认知水平、学习能力和实际操作能力,减少农户在技术使用过程中出现的阻碍,降低信息传递过程中和实际操作时的信息不对称。农户利用互联网工具能方便、快捷地与农业技术人员进行沟通交流,获得更多的农业技术指导。同时,数字技术为农户提供了在线培训和接受教育的机会。农户可以通过在线课程、视频教学等途径学习专业的农药知识。另一方面,数字素养提升可以增强农户社会互动,加强农药使用技术的经验学习。熟人社会是中国农村的底色,农民会更加重视左邻右舍的推荐以及实际看到的效果,因此会更倾向于向种植大户学习施药技术。通过互联网和社交媒体,农户可以实时交流和了解其他地区或同种类农户在农药使用方面的成功经验,帮助其采用更有效的农药管理方法。也更为方便地向种植大户和种粮能手请教成功生产经验,有效降低农户的技术学习成本,促进农户积累技术知识从而实现“干中学”<sup>[16]</sup>。

## 二、研究设计

### (一)数据来源

本文使用西南财经大学的中国家庭金融调查(简称“CHFS”)数据。这次调查在全国范围内采用PPS的方法进行抽样,保证了样本的随机性与代表性。该调查在2019年收集了家庭科技与生活、农业生产经营方面的详细信息,为本文提供了完备的数据支撑。实证分析时,选取实际从事粮食作物种植的家庭,剔除变量缺失值、处理变量极端值后,得到4118个农户样本。

### (二)变量设置

1. 解释变量。党的十八大以来,网络强国建设、数字中国战略决策和不断完善的数字基础设施,为全民数字素养提升提供了良好的数字生态和信息化环境。2021年相继出台的《提升全民数字素养与技能行动纲要》(以下简称《行动纲要》)和《2022年提升全民数字素养与技能工作要点》等政策文件,明确了提升全民数字素养与技能的指导思想、基本原则、发展目标、主要任务和保障措施等。而且,随着农村地区通信基础设施趋于完

善,农村和城市基本实现“同网同速”,数字鸿沟问题已从先前的“接入性鸿沟”转换为现阶段的“使用性鸿沟”问题。农民恰是数字弱势群体之一,也是弥合数字鸿沟的重点关注对象。

《行动纲要》明确提出数字素养与技能是数字社会公民学习工作生活应具备的数字获取、制作、使用、评价、交互、分享、创新、安全保障、伦理道德等一系列素质与能力的集合。参考这个定义,基于 CHFS 问卷的内容,本文从家庭数字工具使用、数字生活、数字信息获取、数字金融使用等四个维度出发衡量家庭数字素养,具体如表 1 所示。①拥有智能手机或者电脑是家庭数字设备接入的工具基础;②是否使用互联网进行社交、获取新闻资讯,以此衡量家庭能否通过数字渠道获取信息;③是否使用互联网进行娱乐、游戏,以此衡量家庭能否通过数字渠道丰富生活内容,是否使用互联网购买产品衡量家庭能否通过数字渠道扩大消费选择范围,是否使用移动支付衡量家庭能否通过数字渠道提高生活便利程度;④是否使用互联网借贷或购买互联网理财产品衡量家庭的数字金融服务使用情况以及能否通过数字渠道创造收入。

表 1 农户数字素养界定

农户 数字素养	数字设备接入	是否拥有互联网接入工具,包括智能手机或者电脑
	数字信息获取	使用互联网进行社交、获取新闻资讯
	数字生活	使用互联网进行游戏、娱乐等
		使用互联网购物
	数字金融使用	是否使用移动支付 是否使用互联网借贷、购买互联网理财产品

采用主成分因子分析法构建家庭数字素养指标,KMO 检验值为 0.842 0 大于 0.7 适宜采用主成分因子分析法,依据特征值大于等于 1 的原则保留一个主成分因子表示数字素养。根据表 2 中的各因子载荷,采用 Bartlett 方法计算得出家庭数字素养指数。

2. 被解释变量。CHFS 问卷中详细询问了家庭水稻、小麦、玉米、土豆、甘薯和豆类共 6 类粮食作物的播种面积以及粮食作物总的农药使用量。

加总得出粮食作物总的播种面积,从而算出亩均粮食作物农药使用量。

表 2 农户数字素养因子分析结果

因子	特征值	构成变量	因子载荷	KMO
Factor1	3.486 18	拥有互联网接入工具	0.714 3	0.816 5
Factor2	0.806 69	使用互联网进行游戏、娱乐等	0.695 6	0.917 8
Factor3	0.593 64	使用互联网购物	0.858 7	0.816 2
Factor4	0.489 75	使用移动支付	0.730 9	0.898 2
Factor5	0.354 81	使用互联网进行社交、获取新闻	0.749 9	0.821 2
Factor6	0.268 92	使用互联网金融服务	0.786 7	0.822 6
2019 年全样本				0.842 0

3. 控制变量。为了更加准确地研究数字素养对于农户农药使用行为的影响,避免因遗漏变量而导致有偏估计,在数据可得性和可靠性的基础上尽可能控制相关影响变量。本文参照已有研究,引入了 3 个层面的控制变量:一是户主个人层面,主要控制年龄、性别、受教育程度、婚姻状况和政治状况等;二是家庭层面,包括家庭的劳动力人数、不健康人数比、农业生产经营收入占家庭总收入比以及每一类粮食作物的种植情况;三是村庄层面,控制所在村庄银行数。表 3 为变量的定义及描述性统计情况,其中粮食作物种植户的数字素养指数均值为 -0.307 9,亩均粮食作物农药用量为 356.79 毫升,72.92% 的农户种植玉米,其次 38.27% 的农户种植水稻,这与 2019 年中国主要粮食作物种植面积比例较为一致<sup>③</sup>。

### (三) 实证模型

本文采用线性回归模型进行分析,模型设定如下:

$$Y_{i,c} = \alpha_0 + \alpha_1 Digital\_literacy_{i,c} + X\beta + \theta_c + \varepsilon_i \quad (7)$$

式(7)中, $i$ 表示家庭; $c$ 表示家庭所在城市,其中  $X$  表示一系列控制变量; $\theta_c$  表示城市固定效应; $\varepsilon_i$  表示残差项; $Y_{i,c}$  表示农户  $i$  亩均粮食作物农药使用量; $Digital\_literacy_{i,c}$  为本文核心解释变量农户  $i$  数字素养水平; $\alpha_1$  是本文重点关注的系数特征; $\alpha_1$  为负数表明数字素养提升会降低农户农药使用量。

③ 数据来源:《国家统计局农村司高级统计师黄秉信解读粮食生产情况》, [http://www.stats.gov.cn/xxgk/jd/sjjd2020/201912/t20191206\\_1764869.html](http://www.stats.gov.cn/xxgk/jd/sjjd2020/201912/t20191206_1764869.html)。

表3 变量定义及描述性统计情况

变量	含义或赋值	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
因变量						
亩均粮食作物农药使用量	粮食作物总的农药使用量/总播种面积(单亩/百毫升)	4 118	3.567 9	5.148 6	0.05	40
自变量						
数字素养	数字素养指数,因子分析所得	4 118	-0.307 9	0.924 0	-1.248 7	1.439
数字素养得分	数字素养得分,等值加总所得	4 118	2.091 8	1.996 2	0	6
控制变量						
户主年龄	户主年龄	4 118	56.437 1	10.832 2	18	85
户主年龄平方/100	户主年龄的平方除以100	4 118	33.024 5	12.173	3.24	72.25
户主受教育年限	受教育年限	4 118	7.583 1	3.127 0	0	19
户主性别	男性=1,女性=0	4 118	0.885 1	0.318 9	0	1
户主婚姻状况	已婚=1,其他情况=0	4 118	0.916 5	0.276 7	0	1
户主政治状况	中共党员=1,其他情况=0	4 118	0.127 2	0.333 3	0	1
家庭不健康人数比	家庭身体状况不健康人数/总人数	4 118	0.091 9	0.184 3	0	1
家庭劳动力人数	劳动年龄为16岁到60岁	4 118	1.791 4	1.297 4	0	8
农业收入占家庭总收入比	农业生产收入/家庭总收入	4 118	0.363 8	0.339 0	0	1
种植水稻	水稻种植面积大于0为1,否则为0	4 118	0.382 7	0.486 1	0	1
种植小麦	小麦种植面积大于0为1,否则为0	4 118	0.310 3	0.462 7	0	1
种植玉米	玉米种植面积大于0为1,否则为0	4 118	0.729 2	0.444 4	0	1
种植土豆	土豆种植面积大于0为1,否则为0	4 118	0.130 9	0.337 3	0	1
种植甘薯	甘薯种植面积大于0为1,否则为0	4 118	0.126 5	0.332 5	0	1
种植豆类	豆类种植面积大于0为1,否则为0	4 118	0.150 3	0.357 4	0	1
村庄银行数	本村庄范围内银行网点(包括ATM机)数量	4 118	0.425 7	0.880 4	0	7
中介变量						
关注经济、金融信息	回答为非常关注、很关注和一般则取值为1,否则为0	4 118	0.219 5	0.414 0	0	1
是否环保处理秸秆	秸秆用于还田、加工成饲料、制造化工原料、用于清洁能源的开发和用作建筑材料则取值为1,否则为0	4 118	0.651 8	0.476 5	0	1
获得农业技术指导	获得=1,反之=0	4 118	0.159 1	0.365 8	0	1
使用农业机械化	使用=1,反之=0	4 118	0.839 1	0.367 5	0	1
使用机械喷洒农药	使用=1,反之=0	4 118	0.178 0	0.382 6	0	1
Ln(社会交往支出)	Ln(人情往来、红包支出)	4 118	4.018 7	3.838 2	0	12.624 8

### 三、实证分析

#### (一) 基准结果

表4汇报了数字素养对粮食作物亩均农药使用量的模型回归结果。其中,第(1)列的结果表明,在控制了其他变量的情况下,数字素养提升可显著降低农户粮食作物农药使用量。数字素养指数每提升一个标准差,农户亩均粮食作物农药使用量(百毫升)减少0.042 2(0.235 1×0.924/5.148 6)个标准差。

不过农户数字素养可能存在内生性问题,即农户出于合理使用农药的目的而使用互联网搜寻信息、学习技术等。由于数字素养和金融知识一样,都是人力资本“质”的重要体现,因此本文参考尹志超等<sup>[17]</sup>的做法,选取受访者父母中最高受教育水平作为数字素养的工具变量,解决可能存在的内生性问题。虽然CHFS 2019年的

问卷中未询问受访者父母的受教育情况,但CHFS是一项追踪调查,该调查在2017年询问了受访者父母的受教育情况。因此,本部分选取2019年追踪到的2017年样本进行分析,符合条件的共1 784个样本。第(2)列汇报了工具变量第一阶段回归结果,F值为56.05,父母受教育年限回归系数在1%的水平上显著为正,表明父母受教育程度越高,农户的数字素养水平越高。Hausman检验的P值为0.000,表明原方程的确存在内生性问题导致的估计偏误。为了检验工具变量的有效性,进行了Cragg-Donald Wald检验,F statistic值为37.392,大于期望最大值为10%的弱工具变量阈值16.38,说明不存在弱工具变量问题。第(3)列汇报了工具变量第二阶段回归结果,数字素养的系数仍然显著为负,在缓解了内生性问题后结论依然成立。



表 4 数字素养影响农户农药使用量的影响结果

变量	(1)	(2)	(3)
	亩均粮食作物 农药使用量	数字素养	亩均粮食作物 农药使用量
数字素养	-0.235 1** (0.102 8)	—	-1.919 1** (0.909 1)
父/母受教育年限	—	0.032 5*** (0.005 5)	—
控制变量	Yes	Yes	Yes
城市固定效应	Yes	Yes	Yes
第一阶段 F 值	—	56.05	—
Kleibergen-Paap rk LM statistic/ Chi-sq(1)	—	—	34.191 (0.000 0)
P-val	—	—	—
Cragg-Donald Wald F statistic	—	—	37.392
N	4 118	1 784	1 784
R <sup>2</sup>	0.154 1	0.414 0	0.107 7

注：\*、\*\*、\*\*\* 分别表示在  $p < 0.1$ ,  $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$  时有统计学意义；括号内是聚类到社区层面的稳健标准误。无特殊说明，下同。

由于家庭各类粮食作物的种植规模不同，玉米、水稻和小麦的种植面积往往更大，对农药的需求量不一样。在厘清数字素养提升能够降低粮食作物农药总量的基础上，本文进一步分析数字素养对每种粮食作物农药使用的影响。由于问卷中尚未对每种粮食作物的农药使用量进行详细统计，本文根据每类粮食作物的播种面积占总播种面积的比例乘以总的农药用量粗略估计每类粮食作物的亩均农药用量，从而分析数字素养对不同粮食作物农药使用量的影响。尽管每种粮食作物的生长习性不一样，单由种植面积来核实农药使用量，这样的做法略微粗糙，但在数据有限的情况通过此方法可以初步窥视数字素养对不同粮食作物种类种植户的影响，以便于更有针对性地制定相关政策。表 5 以每类粮食作物亩均农药使用量作为被解释变量，呈现了数字素养提升对不同种类粮食作物农药使用量的回归结果。第(1)列到第(3)列的结果表明，数字素养提升可以促使小麦、玉米、大豆 3 类粮食作物农药使用量显著降低，第(4)列和第(6)列的结果表明数字素养对水稻、红薯作物的农药使用量的结果虽然不显著，但是其关系仍然是负向关系。玉米、水稻和小麦是我国三大主要农作物，豆类播种面积也在逐年增加。数字素养提升对玉米、小麦和大豆的农药使用量具有显著的减量影响，表明提升数字素养可以广泛地、普遍地影响粮食作物种植户农药减量行为，进一步说明了提升农民数字素养对促进绿色农业

发展、保障粮食安全的重要意义。

表 5 数字素养对每类粮食作物亩均农药使用量的影响结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	小麦	玉米	大豆	水稻	土豆	红薯
数字素养	-0.356 7** (0.150 3)	-0.255 4** (0.107 1)	-0.668 3* (0.346 4)	-0.269 7 (0.198 1)	0.007 7 (0.272 4)	-0.404 3 (0.354 7)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
城市 固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
N	1 255	2 986	582	1 563	514	486
R <sup>2</sup>	0.130 7	0.168 2	0.254 1	0.155 9	0.273 1	0.252 1

## (二) 机制分析

1. 增强信息获取能力、树立绿色生产理念。个人经验是农户农药使用知识的主要信息来源，农户农药施用技术知识和信息比较匮乏，且面临着较高的信息获取成本<sup>[9]</sup>。但随着互联网技术的不断发展和普及，人们逐渐从传统的媒体渠道转向使用搜索引擎、社交媒体、在线新闻等方式获取所需的信息。数字素养提升增强了农户通过互联网获取信息的能力，并保持对信息的持续高度关注。表 6 第(1)列呈现了数字素养提升对农户关注经济、金融信息的结果，数字素养提升会促进农户更多地关注经济信息，从而农户接收到的绿色农业产品的需求信息更多，对绿色农业的认知会越高。我们进一步衡量数字素养提升对农户绿色生产认知的影响。秸秆综合利用、秸秆能源化和饲料化利用是防治农业污染、绿色农业的重要方式之一，是家庭的绿色生产意识的重要体现。第(2)列的结果表明，数字素养提升会显著促使家庭绿色环保的处理秸秆，与姜维军等<sup>[11]</sup>的结论一致。表明数字素养提升会促使家庭关注经济信息、提高绿色生产认知、树立绿色生产理念，从而在农业生产过程中会更注重科学用药或生物防治，降低农药用量。

表 6 数字素养影响农户农药使用量的机制分析结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	关注 经济信息	环保处理 秸秆	使用农业 机械化	使用机械 喷洒农药	获得农业 技术指导	Ln(社会 交往支出)
数字素养	0.039 8*** (0.008 8)	0.020 3** (0.009 5)	0.031 0*** (0.006 4)	0.024 2*** (0.007 0)	0.022 2*** (0.008 0)	0.856 7*** (0.078 6)
控制变量	是	是	是	是	是	是
城市 固定效应	是	是	是	是	是	是
N	4 118	4 118	4 118	4 118	4 118	4 118
R <sup>2</sup>	0.100 3	0.277 5	0.270 4	0.346 2	0.277 5	0.179 6

2. 提高农业机械化水平，选择高效施药机械。第(3)列汇报了数字素养提升影响农户使用农业机械的结果，表明数字素养提升可以推动农户使用农业机械，提升农业生产效率。使用机械化工

具和应用程序,可以提高农业生产效率,促使作物科学生长,降低农药需求量以及改善农药使用计划。在第(4)列,更为直接地分析农户使用机械喷洒农药的情况,发现数字素养提升显著推动了农户使用机械喷洒农药,提高施药效率和精准度。

3. 获得农业技术指导,学习科学施药技术。第(5)列的结果表明数字素养提升显著提高了农户获得农业技术指导的机会,农户获得专业的农业技术培训可显著降低农药用量<sup>[5,18]</sup>。农户专业地学习农药施用技术和知识,更好地把握农药的类型、用量及使用损失率,在使用农药时能更好地对症下药。互联网的普及和应用提供了线上、远程的沟通渠道,增强了农户的社会互动。通过手机、平板电脑以及其他媒体,农户可以更方便快捷地与亲朋好友、种植大户、种植能手等交流沟通,学习其农药使用经验<sup>[19]</sup>。利用家庭节假日和红白喜事送出礼金对数值来衡量家庭的社会互动水平,第(6)列的结果发现数字素养提升显著增强了农户社会互动。农户通过网络信息传播和在线交流提升了家庭的社会互动水平,增加了农药施用技术的经验学习。

### (三)异质性分析

现实中不同情境下,数字素养对农户农药使用行为的影响存在差异。本文从作物种植规模、家庭是否转入耕地、所处村庄是否有农业职业经理人等方面分析数字素养对农户使用农药的异质性影响。

1. 作物种植规模。根据粮食作物种植面积等分为小规模种植户和大规模种植户两组,表7 Panel A 中报告了数字素养提升对不同规模种植户农药使用的影响,数字素养提升对小规模种植户的农药减量行为的边际效应更为显著。这可能是因为小规模农户存在着过量、滥用农药的可能更大。种植规模越大,更注重农业管理,农户会更积极主动地搜寻农药使用资讯和信息,使用农药时会更加规范;反之,一些小规模分散经营者使用农药较为随意。另外,种植大户会考虑使用生物农药或绿色农药,在面对病虫害防治效果不佳时,更多考虑农药残留情况进而更换药剂;小规模种植户则会考虑使用省时省力的高毒农药,在防治效果差时会加大剂量多次喷洒。而且因为农技推广部

门人手不足问题<sup>[20]</sup>,有时候技术人员只能集中精力对种植大户给予针对性指导,而对小农户指导不够。而数字素养提升可以弥补传统模式下小规模农户绿色生产理念落后、农药认知不足,学习施药技术机会缺失等问题,从而对小规模农户农药使用减量的影响更显著。

2. 是否转入耕地。根据问卷中“去年,您家转入了以下哪些类型的土地”的问题,选择了“耕地”的农户定义为转入耕地的农户,反之则为未转入耕地的农户。Panel B 呈现了分组回归的结果,结果表明数字素养提升对未转入耕地种植户农药减量的边际效果更加显著。土地转入是农业生产经营主体扩大经营规模的重要途径。农户转入土地之后,种植规模扩大,经营更加规模化,在农业生产过程中会更加注重施药规范性。同时因为土地转入时支付了租金,增加了生产成本,会精细控制农药成本从而降低总成本。而未转入土地者一般是小农户,生产规模较小,单位面积的农药使用量会更大。且在农业生产过程中,未支付土地的成本,在进行总体农业生产成本控制时会放松农药的成本,未严格计划农药用量。数字素养提升可以帮助未转入耕地的农户改善农药使用观念和行为习惯,从而降低其农药使用量。

表7 数字素养影响农户农药使用量的异质性分析结果

Panel A	(1)	(2)
	小规模种植户	大规模种植户
数字素养	-0.317 2* (0.183 9)	-0.084 6 (0.087 4)
控制变量	Yes	Yes
城市固定效应	Yes	Yes
N	2 063	2 025
R <sup>2</sup>	0.161 6	0.172 0
Panel B	(1)	(2)
	未转入耕地种植户	转入耕地种植户
数字素养	-0.234 1** (0.111 1)	-0.113 4 (0.423 2)
控制变量	Yes	Yes
城市固定效应	Yes	Yes
N	3 549	541
R <sup>2</sup>	0.158 1	0.334 2
Panel C	(1)	(2)
	本村没有农业职业经理人	本村有农业职业经理人
数字素养	-0.231 9** (0.116 3)	-0.245 3 (0.247 6)
控制变量	Yes	Yes
城市固定效应	Yes	Yes
N	3 235	866
R <sup>2</sup>	0.174 5	0.181 8



3. 所在村庄是否有农业职业经理人。农业职业经理人是专门从事农业相关生产和经营的负责人,能够通过使用先进技术引导农民科学种地、科学管理农业生产。因此,如果一个村已经有了农业职业经理人,其农户有更多的机会接受农业技术指导。根据 CHFS 对应的社区/村级问卷中“本社区/村农业职业经理人的数量”的问题,大于 0 表示本村拥有农业职业经理人,反之没有。Panel C 呈现了分组回归的结果,表明数字素养对所在村庄没有农业职业经理人的种植户农药减量的边际效应更强,数字素养提升在农业绿色生产中发挥的作用对当前农技推广培训体系具有很好的补充作用。

#### (四) 稳健性分析

1. 更换指数构建方法进行稳健性检验。采用等权法加总测算农户数字素养得分,并利用数字素养得分进行回归分析。表 8 第(1)列呈现了数字素养得分对农户农药使用量的回归结果,数字素养得分的系数显著为负。这表明数字素养得分越高,农户亩均粮食作物农药使用量会显著降低,和前述结论一致。

2. 更换指数构建层级进行稳健性检验。根据 CHFS 对应的社区/村级问卷中宽带覆盖水平情况、是否实行网格化治理、是否有电子商务经营户等 3 个方面构建数字乡村指数,衡量该村数字乡村建设水平。农户数字素养提升是数字乡村建设的重要内容之一,一般而言村庄数字乡村建设水平越高,村民的数字素养水平将会越高。第(2)列呈现了数字乡村建设水平与农户农药使用情况的回归结果,结果表明数字乡村建设水平越高,农药使用量会显著降低,符合前文基本结论。

表 8 稳健性检验结果

变量	(1)	(2)
	亩均粮食作物农药使用量	亩均粮食作物农药使用量
数字素养得分	-0.166 6** (0.069 4)	-
数字乡村建设指数	-	-0.184 3* (0.099 6)
控制变量	Yes	Yes
城市固定效应	Yes	Yes
N	4 118	3 536
R <sup>2</sup>	0.153 9	0.088 4

#### 四、结论与政策建议

本文基于全国性微观调查数据,构建农户数

字素养指数,实证研究发现数字素养提升会显著促使粮食作物种植户农药使用减量,推动农户绿色生产。机制分析得知:数字素养提升会促使农户提高信息关注度、增加信息获取,树立绿色生产理念;数字素养提升推动农户机械化生产,选择高效的施药机械;数字素养提升增加农户获得农业技术指导的机会、进行专业学习,增强农户的社会互动、加强经验学习,学习科学施药技术。异质性分析表明,数字素养提升对小规模种植、未转入耕地、所在村没有农业职业经理人的农户农药使用减量边际效应更显著。基于以上分析,本文提出以下政策建议。

第一,完善数字工具接入,精准“三农”信息提供。在数字乡村建设过程中,进一步完善农村网络服务平台和基础信息系统外,还需拓展家庭数字工具的接入。深化契合农业农村现代化的创新应用,提供符合现代农业场景的信息内容,丰富化肥、农药等农业科技信息资讯,支持“三农”优质主题的内容创作。建立较为完备的病虫害预测预报系统,加强信息精准供给。同时,利用村庄数字化管理平台,通过乡村治理平台,精准地向农户传递信息。

第二,构建农户数字素养与技能发展培育体系。围绕数字生活、生产、学习、创新等需求,运用视频、动画、直播等载体形式,丰富数字素养与技能教育培训资源。积极发挥短视频、电商等既有市场媒介和平台的作用,把优质培训资源以亲和、生动、经济的方式及时引流目标农户。鼓励乡村组织数字素养与技能宣讲公益团队,开展“数字技能进农村、进农户、进农田”等宣传推广活动。鼓励新型农民成为数字服务志愿者、引导员,帮助引导传统农民用好数字产品和服务。

第三,发挥新型农业经营主体、农村职业经理人与小农户的联结作用。鼓励农户进行土地整理和土地流转,促进土地规模化经营,推动新型农业经营主体发展。以合作社负责人、返乡农民工、返乡创业大学生等为重点对象培育农村职业经理人,经营和管理农民合作社等组织。创建新型农业经营主体与小农户的利益联结机制,发挥新型农业经营主体生产要素优势互补的组织化效应,加速传统农户向专业化的现代农户转型升级<sup>[20]</sup>。

第四,扩大绿色防控技术实施示范户和示范点,充分发挥种植大户和种粮能手的带头示范效应。针对性地为专业大户提供生物药品、施药新装备,对化肥农药减量、秸秆综合利用、农膜和农药包装回收等绿色农业生产行为,开展区域补偿试点工作。推广绿色环保农机应用,加大对精准施药的农机装备的补贴力度。对于成本较高的大中型机具,如植保无人机等,支持发展农机社会化服务,加快“互联网+农机作业”应用,提升农机服务效率,扩展农机服务领域。

第五,强化农业技术推广与数字技术相结合。针对当前我国农技推广体系存在的农技推广行政化、政府公共信息服务能力弱化和“下乡入户”人力短缺等问题<sup>[21]</sup>,强化农技推广与数字技术相结合。使用农技推广应用软件APP、视频号和公众号等,对农药施用技术制作生动形象的科普视频,针对当季易发的农作物病虫害实时更新防治技术的图文,利用互联网传播的便利性、实时性以及资料的重复利用性,强化推广。丰富农技培训内容,除常规的农技内容外,还可积极反馈市场对绿色产品、生态产品的需求,引导农户树立绿色生产理念。

#### 参考文献:

- [1]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.
- [2]SHARMA R, PESHIN R, SHANKAR U, et al. Impact evaluation indicators of an integrated pest management program in vegetable crops in the subtropical region of Jammu and Kashmir, India[J]. Crop protection, 2015(67): 191-199.
- [3]SHARIFZADEH M S, ABDOLLAHZADEH G, DAMALAS C A, et al. Farmers' criteria for pesticide selection and use in the pest control process [J]. Agriculture, multidisciplinary digital publishing institute, 2018, 8(2): 24.
- [4]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.
- [5]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, 83, 95.
- [6]毛慧,曹光乔. 作业补贴与农户绿色生态农业技术采用行为研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2020, 30(1):

49-56.

- [7]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.
- [8]李忠翰,张超,孙生阳,等. 双重身份下农药店主的农药销售与施用行为[J]. 中国软科学, 2023(2): 95-103.
- [9]李忠翰,张超,胡瑞法,等. 化肥农药经销店对农户的技术服务及其效果研究[J]. 中国软科学, 2021(11): 36-44.
- [10]张露,罗必良. 农药减量:挖掘包装容量的秘密[J]. 中国农村经济, 2022(11): 59-81.
- [11]姜维军,颜廷武,张俊飏. 互联网使用能否促进农户主动采纳秸秆还田技术:基于内生转换 Probit 模型的实证分析[J]. 农业技术经济, 2021(3): 50-62.
- [12]毛慧,刘树文,彭澎,等. 数字推广与农户化肥减量:来自陕西省苹果主产区的实证分析[J]. 中国农村经济, 2023(2): 66-84.
- [13]王翠翠,夏春萍,童庆蒙,等. 电商参与促进农户绿色生产吗:基于3省4县812户果农的实证研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2022, 32(5): 132-143.
- [14]LICHTENBERG E, ZILBERMAN D. The econometrics of damage control-why specification matters [J]. American journal of agricultural economics, ames: amer agricultural economics assoc, 1986, 68(2): 261-273.
- [15]KANSIME M K, ALAWY A, ALLEN C, et al. Effectiveness of mobile agri-advisory service extension model: evidence from direct2farm program in India [J]. World development perspectives, 2019(13): 25-33.
- [16]王格玲,陆迁. 社会网络影响农户技术采用倒U型关系的检验:以甘肃省民勤县节水灌溉技术采用为例[J]. 农业技术经济, 2015(10): 92-106.
- [17]尹志超,宋全云,吴雨. 金融知识、投资经验与家庭资产选择[J]. 经济研究, 2014, 49(4): 62-75.
- [18]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.
- [19]ZHAO Q, PAN Y, XIA X. Internet can do help in the reduction of pesticide use by farmers; evidence from rural China [J]. Environmental science and pollution research, 2021, 28(2): 2063-2073.
- [20]张鹏,刘承. 农地政策演变机理及其启示[J]. 浙江社会科学, 2021(12): 4-12.
- [21]孙生阳,孙艺夺,胡瑞法,等. 中国农技推广体系的现状、问题及政策研究[J]. 中国软科学, 2018(6): 25-34.

(本文责编:润 泽)