

互联网的不同使用对职业农民病虫害绿色防控技术采纳的影响

——基于全国 2544 名农民的调查数据

曾俊霞

(中国社会科学院 农村发展研究所, 北京 100732)

摘要: 一些研究发现, 互联网的使用可以增进农户病虫害绿色防控技术的采纳率, 但是没有区分互联网不同使用(有无生产性使用)的影响。互联网属于技能偏向型技术进步, 对普遍低学历的农民来说“使用”不代表“会用”。利用 2019 年 2544 名职业农民的调查数据统计发现, 20.32% 的农民只使用通信娱乐功能, 他们的病虫害绿色防控技术采纳率仅为 30.95%, 而有生产性使用的农民的采纳率为 44.55%。在运用 Logit、Probit、LPM 回归的基础上又使用双重稳健模型 IPWRA、AIPW 检验, 结果稳定一致。双重稳健模型表明, 有生产性使用的农民采纳病虫害绿色防控技术的概率提高了 6.55 个百分点, 相当于采纳率提高了 15.68%, 具有统计和经济意义上的显著性。

关键词: 绿色农业; 病虫害绿色防控技术; 互联网使用; 职业农民

中图分类号: F323.3

文献标志码: A

文章编号: 1009-2013(2023)03-0035-10

The impact of different uses of the internet on professional farmers' adoption of green technology for preventing and controlling diseases and pests: Based on 2544 farmers nationwide

ZENG Junxia

(Institute of Rural Development, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100732, China)

Abstract: Previous studies have found that the uses of the internet can increase the adoption of green technology for preventing and controlling diseases and pests among farmers. However, they do not distinguish between the effects of the different uses of the internet (with or without productive use). The Internet is a skill-biased technological progress which majority of the under-educated farmers can only use but don't know how to make good use of. Based on the data and statistics of 2544 skilled farmers in 2019, it is found that 20.32% of them use the internet only for communication and entertainment. The adoption rate of green technology for preventing and controlling diseases and pests is just 30.95% while the adoption rate among the professional farmers is 44.55%. Logit, Probit, and LPM regression analysis have been used to analyze the statistics and the methods of double robust model IPWRA and AIPW have been used to validate the results. The findings echo one another. The result from double robust model shows that the adoption rate of green technology for preventing and controlling diseases and pests among the professional farmers increased by 6.55%, and that means the adoption rate increased 15.68%, which is statistically and economically significant.

Keywords: green agriculture; green technology for preventing and controlling diseases and pests; internet use; professional farmer

收稿日期: 2023-03-24

基金项目: 国家社会科学基金重大项目(22ZD112, 21ZDA054); 中央农业广播电视学校(农业农村部农民科技教育培训中心)农民素质发展追踪调查项目

作者简介: 曾俊霞(1979—), 女, 山西太原人, 博士, 助理研究员, 主要研究方向为农村人力资源、农业农村人才。

一、问题的提出

中国农作物有害生物种类多、危害重, 常见农作物病虫害有 1700 多种, 每年都有重大病虫害流行和爆发, 导致农作物大面积减产甚至绝收^[1]。农

药作为重要的农业生产资料,对防病治虫、促进农业稳产高产起到了至关重要的作用^[2]。但是,农药过量施用导致农业生态环境恶化、农产品残留超标、农业生产成本增加等问题普遍存在^[3]。中国农药使用量是世界平均水平的2.5倍^[4],2020年中国农药使用强度为7.84千克/公顷,比国际警戒线(7千克/公顷)高出12%^①。农药利用率较低,大量农药通过径流、渗漏、飘移等流失,污染土壤、水环境,影响农田生态环境安全。2020年中国水稻、小麦、玉米三大粮食作物农药利用率仅为40.6%^②,相比欧美发达国家小麦、玉米等粮食作物50%~60%的农药利用率^[5],低了10~20个百分点。中国农业必须及时扭转过分依赖化学农药的局面,大力发展病虫害绿色防控技术^[6]。

病虫害绿色防控技术以“预防为主、综合防治”的植保方针和“绿色植保”的理念为依据,以减少化学农药用量为目的,采用生态调控、生物防治、物理防治等绿色防控措施,降低环境与土壤污染,为农产品质量安全、生态安全、粮食安全提供重要保障,并有助于农户增加产量、提高净收入和福利水平^[7]。当前,中国农业总体病虫害绿色防控覆盖率不高,尤其是作为生产经营主体的农户对病虫害绿色防控技术的采纳率比较低。2021年中国主要农作物病虫害绿色防控覆盖率只有46%,虽然比2015年提高了23个百分点^③,但是绝对值仍然不高。王翠翠等基于2021年3省812户果农的调查发现,只有25.37%的农户采用了物理防控技术,26.97%的农户采用了生物防控技术^[8]。李明月等对湖北省2017年1116家农户的研究发现,只有20.6%的农户采用过生物农药、灯光诱杀害虫或高效喷雾技术中的任意一种技术^[9]。高杨等对山东省2018年445户菜农的研究发现,只有31.5%的菜农采用过绿色防控技术^[10]。因此,从病虫害绿色防控技术应用推广的角度探寻提高微观农户病虫害防控技术采纳的有效对策仍是当务之急。

国内外学者对农户农业绿色生产技术采纳行为及影响因素开展了丰富的研究。现有文献主要考察了农户个体特征、家庭特征、生产经营特征、外部特征等对农业绿色生产技术采纳行为的影响。其中,个体特征因素主要为性别^[11]、年龄^[12]、受教育程度与技术培训^[13,14]、环保与健康认知^[15]、信息获取能

力^[10]、风险规避意识^[16]等;家庭特征因素主要为家庭收入^[17]、兼业化程度^[18]、劳动力非农转移^[19]、家庭代际影响^[9]等;生产经营特征因素主要为土地经营规模^[20,21]、土地产权类型和质量^[22,23]、是否加入合作社^[24]、是否采用农业外包服务^[25]等;外部特征因素主要包括邻里效应^[4]与社会网络^[26]等。

以互联网为代表的信息与通信技术(Information and Communication Technology, ICT),近几年来在全球范围内快速发展与应用,对世界范围内生产、营销、消费和管理等方面都带来了深刻变革^[27]。一些研究关注到互联网使用可以提高农户绿色生产技术的采纳率^[8,10,28-30]。但是多数研究对互联网使用的界定仅停留在“是否使用”上,没有对互联网使用进行区分(比如分为生活性使用和生产性使用^[31]),忽视了互联网的不同使用对农户绿色技术采纳的影响可能不同。互联网属于技能偏向型技术进步(Skill-Biased Technical Change, SBTC),学历越高、技能越强的劳动者,将互联网用于学习、工作的可能性就越高,互联网对其劳动生产率、就业率的促进作用就越强;而学历越低、技能越低的劳动者,将互联网用于休闲、娱乐的时间越长,对其劳动生产率、就业率的促进作用就越弱^[32,33],甚至还可能带来明显的负面影响^[34]。农民普遍受教育程度不高,互联网使用技能往往不足,使用互联网除了通信外,更多的是用于休闲娱乐,而用于信息浏览和商务活动等生产性用途的明显较少^[35]。尤其伴随着中国智能手机的普及,互联网的普及率和网民互联网的使用时间都快速增加(中国互联网络信息中心数据显示,截至2022年6月,互联网普及率已经达到74.4%,人均上网时长达到每天4.2小时),互联网对经济、社会等方面包括农业生产的影响正逐渐从“用不用”的问题转移到“如何用”的问题上来。

基于此,本文拟研究互联网的不同使用对农民病虫害绿色防控技术采纳的影响。本文的贡献有两方面:第一,在互联网逐渐普及、使用时间与日增加的背景下,对互联网使用进行区分,研究不同使用对农民病虫害绿色防控技术采纳的影响。第二,本文使用具有全国代表性的调查数据研究职业农民的互联网使用与绿色生产技术采纳。职业农民不同于一般农民,他们拥有一定的技能、从事较大规

模的农业生产经营活 动, 市场化程度更高^[36]。职业农民是现代农业的主体, 是解决中国“未来谁种地”的最佳人选^[37]。与一般农民相比, 职业农民的受教育程度相对更高, 在新技术采纳方面也存在明显不同^[38]。但是, 中国职业农民的人力资本绝对水平并不高, 2020 年初中及以下学历的占比高达 49%^[39]。面对技能偏向型技术的互联网应用, 职业农民也可能同样面临着低技能约束带来的互联网使用收益不足。

二、理论分析与研究假说

互联网的使用是多方面的, 使用最多的是交流沟通和网络娱乐功能(本文合并简称为“通信娱乐”功能)。根据人们使用互联网的目的, 互联网的使用分为交流沟通、网络娱乐、信息获取、商务交易、网络金融、公共服务六大类^[40,41]。所有使用中, 交流沟通和网络娱乐应用是最多的。截至 2022 年 6 月, 中国 10.51 亿网民中, 即时通信用户规模占 97.7%, 网络视频用户规模占 94.6%。通信娱乐功能的城乡网民使用差异最小, 这和通信娱乐功能需求大、易掌握有关。2015 年农村网民中使用即时通信、网络视频的占比仅小于城市网民 3.4 和 8.8 个百分点, 但使用网络购物、网上银行的占比小于城市网民 17.8 和 17.1 个百分点^[41]。这几年, 随着抖音、快手等网络视频的兴起, 农村网民网络娱乐功能的使用率快速增加。

为了研究互联网的不同使用对农民病虫害绿色防控技术采纳的影响, 结合农民职业特点, 本文把农民的互联网使用简单分为两类, 第一类是有生产性使用, 第二类是无生产性使用(仅通信娱乐)。第一类有生产性使用是指使用互联网学习农业生产经营知识、获取产品或服务市场信息、从事农产品电子商务。第二类无生产性使用则指仅仅使用了互联网的通信娱乐功能, 没有使用互联网的其他功能服务于农业生产。

互联网媒体为了吸引人们的更多关注与使用, 会按照人们的兴趣自动推送更多相同领域的信息。逐渐地, 人们使用互联网接触到的信息领域会越来越排他性地集中, 将自己桎梏于像蚕茧般的“茧房”中, 形成“信息茧房”^[35]。对于那些仅使用互联网通信娱乐的农民, 就会通过不断排斥其他非休闲娱

乐信息的方式, 集中接收到更多休闲娱乐信息, 接触到农业生产技术等信息的机 会越来越少, 从而造成个体的互联网使用收益不足。有生产性使用的农民, 处于有益于农业生产的“信息茧房”中, 能源源不断地获取农业生产信息, 有助于提高其对绿色生产技术的采纳。

互联网是有效的、快速的信息传播渠道, 农民通过互联网可以非常便捷地获得农业生产经营知识, 缓解信息约束, 降低信息成本, 提高其绿色生产技术的信息积累和认知水平^[42], 从而有助于他们的绿色生产技术采纳。

有生产性使用的农民, 使用社交性的互联网平台(比如微信、抖音、快手等)来观看学习绿色生产技术, 获得了超出本地社交范围、更大地域范围的同行交流, 形成了“互联网资本”, 并通过互联网资本扩大了社会资本, 形成了一种不同于以往地域限制内的网络嵌入^[43]。社会网络的拓展^[12]和网络的嵌入^[44]可以提高农民对绿色生产技术的认知、降低绿色生产技术的感知实施难度。同时也可能通过线上方式产生“邻里效应”, 增加农民对绿色技术的理性模仿、跟从和采纳行为^[4]。

有生产性使用的农民, 通过互联网获取农产品、绿色生产技术服务等市场信息, 有助于他们对比绿色技术的经济效益和投入成本, 增强对农业绿色技术风险的防控和增加预期收益, 从而增加他们对绿色生产技术的采纳意愿和采纳概率^[29]。

有生产性使用的农民, 通过互联网从事农产品电子商务, 会促进其对绿色生产技术的采纳。相比传统的线下农产品商务活动, 农民利用互联网线上购买农资, 购买交易环节更少、选择更多, 成本更低; 农民利用互联网线上销售农产品, 销售交易环节更少, 交易成本更低, 经济收益更高, 能促进其生产性投资意愿^[45]。互联网农产品电子商务市场, 信息更加对称、价格更加透明, 绿色农产品相比普通农产品实现“优质优价”的可能性更大^[46]。伴随生产性投资意愿和绿色农产品价格预期的提高, 农民投资采纳农业绿色生产技术的概率提高^[8,30]。

基于上述分析, 本文提出研究假说: 与无互联网生产性使用的农民相比, 有生产性使用的农民病虫害绿色防控技术的采纳概率更高。

三、数据与方法

(一) 数据来源

本文所使用的数据来源于2019年中央农业广播电视学校(农业农村部农民科技教育培训中心)组织、中国社会科学院农村发展研究所主要参与的农民素质发展追踪调查。该调查对象是职业农民。根据《“十三五”全国新型职业农民培育发展规划》,职业农民是以农业为职业、具有相应的专业技能、收入主要来自农业生产经营并达到相当水平的现代农业从业者。该调查样本为研究互联网不同使用对职业农民绿色生产技术采纳的影响提供了非常坚实的数据基础。调查在全国30个省份(不含台湾、香港、澳门和西藏)进行,具体抽样原则为:第一,在每个省(区、市)内,按照人均GDP排名把所有县(市、区)分成3层,每层随机抽取2个,共抽取6个县(市、区)。第二,在每个县(市、区)内,根据乡镇农民人均可支配收入把所有乡镇分成3层(高、中、低),每层随机抽取2个乡镇,共抽取6个乡镇。第三,在每个乡镇内不同的村庄随机调查10名职业农民。调查共获得中国30个省(区、市)168个区县的9227个有效样本数据,其中6404个样本农民获得当地农业农村部门颁发新型职业农民证书^④。

小麦、玉米和稻谷是三种最主要的粮食作物(简称“三大主粮”),播种面积和化学农药使用量是所有农作物中最多的,“三大主粮”病虫害绿色防控对于全面推进农药减量增效意义重大。因此,本文最终使用的是主要作物为“三大主粮”并获得新型职业农民证书的2544名职业农民的样本数据。

(二) 变量选择与说明

1. 被解释变量

本文对病虫害绿色防控技术的界定借鉴了联合国环境规划署的相关概念。联合国环境规划署将绿色生产技术分为三类,第一类是有机肥技术,第二类是防治病虫害和杂草管理的自然技术方法,第三类是减少农产品和食品变质的管理及技术方法。本文聚焦于病虫害防治环节,选取最主要的生物农药、物理防控技术(如杀虫灯、诱虫板等)和生物防治技术(以虫杀虫、以菌杀菌等)的使用情况为被解释变量。当职业农民采纳其中任何一种或多种

技术时,被解释变量取值为1,否则取值为0。样本统计结果显示,“三大主粮”职业农民样本中,采用生物农药、物理防控和生物防治技术的农民占比分别为28.50%、16.12%和9.87%,使用了以上至少一种病虫害绿色防控技术的农民占比为41.78%,这说明即使是中国现代农业主力军的职业农民,他们的病虫害绿色防控技术采纳率也并不高。

2. 核心解释变量

本文的核心解释变量是互联网的不同使用,使用互联网的设备包括手机、电脑、平板电脑等终端设备^⑤。本文把农民的互联网使用分为两类,第一类是使用互联网用于帮助农业生产,如学习农业生产经营知识、获取产品或服务市场信息、从事农产品电子商务,简称“有生产性使用”,赋值为1。第二类是“无生产性使用”,指仅仅使用了互联网的通信和娱乐功能,而没有使用互联网服务于农业生产,赋值为0。需要说明的是,互联网是多功能复合型的,各种使用之间存在交叉。通信和娱乐是最基本、最容易的使用,第一类“有生产性使用”的农民中也分别有94.03%、54.32%的农民使用了通信和娱乐功能。

3. 控制变量

根据已有文献,农民个人特征、家庭特征、生产经营特征等是影响农民绿色生产技术采纳的重要因素。结合数据可得性,本文选取个人特征(性别、年龄、受教育程度、是否技术技能人才、是否村干部)、家庭特征(入户路类型、家庭人口数量、家庭农业劳动力数量)、生产经营特征(土地经营总面积、生产经营类型、最主要作物类型、是否为家庭农场、是否加入合作社、是否和农业公司有合作)作为影响农民农业绿色技术采纳的控制变量。另外,考虑到不同省份在地理、经济、政策等方面的差异,进一步控制了省份地区变量。

各变量的定义和描述性统计结果见表1。

(三) 方法

1. 基准回归模型

为了估计互联网的不同使用对职业农民病虫害绿色防控技术采纳的影响,本文构建模型如下:

$$y_i = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot production_use_i + \alpha_2 \cdot X_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

(1)式中,因变量 y_i 是0-1变量,表示第 i 个受访者是否使用了病虫害绿色防控技术(否=0,是

=1)。考虑到因变量是 0-1 变量,本文使用的计量回归模型有 Logit、Probit 和线性概率回归模型(LPM)。

核心解释变量 $production_use_i$ 是 0-1 变量,表示个体是否存在互联网的生产性使用(否=0,是

=1); X_i 是控制变量,主要包括受访者的个体特征、家庭特征和农业生产经营特征变量(表 1),以及省份变量。

表 1 变量说明及描述性统计

变量	变量名称	变量定义及赋值	均值	标准差
被解释变量	病虫害绿色防控技术采纳	病虫害绿色防控技术的采纳,如生物农药、物理防控技术(如杀虫灯、诱虫板等)和生物防治技术(以虫杀虫、以菌杀菌等)的任一种:无=0;有=1	0.418	0.493
核心解释变量	互联网的不同使用	有无农业生产性使用,如学习农业生产经营知识、获取产品或服务市场信息、从事农产品电子商务的任一种:无=0;有=1	0.797	0.402
控制变量	性别	女性=0,男性=1	0.825	0.38
个体特征	年龄	周岁	46.614	8.184
	受教育程度	小学及以下=1;初中=2;高中(中专/技校)=3;大专及以上=4	2.419	0.716
	技术技能人才	是否获得农民技术职称或国家职业资格证书:否=0;是=1	0.259	0.438
	村干部	是否村党支部书记、村主任等村两委成员:否=0;是=1	0.233	0.423
家庭特征	入户路	入户路的类型:泥土路=1;砂石路=2;水泥或柏油路=3	2.575	0.735
	家庭人口	家庭人口数量(人)	4.558	1.606
	家庭农业劳动力	家庭务农为主的劳动力数量(人)	2.434	0.993
生产经营特征	土地经营总面积	种植小麦、玉米和稻谷三种作物的耕地面积(亩)取自然对数	178.608	237.629
	农业生产经营类型	纯种植类=0;种养结合类=1	0.302	0.459
	最主要作物	产值最大的农作物:玉米=1;小麦=2;水稻=3	2.222	0.873
	家庭农场	是否为工商、农业农村部门登记的家庭农场:否=0;是=1	0.291	0.454
	合作社	是否参加农民专业合作社或其他合作组织:否=0;是=1	0.360	0.48
	与农业企业合作	是否与农业企业有合作关系:否=0;是=1	0.305	0.461

注:土地经营总面积均值和标准差报告的为原始值(非自然对数值)。

2. 双重稳健模型

有互联网生产性使用的农民群体可能是一个具有选择性的群体,或许存在某些特征既影响农民使用互联网生产性服务功能,也影响他们病虫害绿色防控技术的采纳,但是这些特征又很难观察和测量。因此,使用 Logit、Probit 或 LPM 回归模型估计可能存在样本选择性偏差导致的内生性问题。本文使用双重稳健模型 IPWRA 和 AIPW 来缓解内生性问题。两种模型在估计方法上均是回归修正模型(Regression Adjustment, RA)和逆概率加权模型(Inverse Probability Weighting, IPW)估计方法的结合。两种模型通过使用选择模型的估计结果对结果模型的估计结果进行校正从而一定程度上缓解内生性问题。采用 IPWRA 和 AIPW 处理效应模型估计的优点是,不同时要求结果模型和选择模型的设定都是准确的,只要二者有一个设定准确,则估计结果便具有稳健性,因而具有双重稳健性。不仅如此,即使结果模型和选择模型的设定均存在偏误,其估计误差也相对较小。本文将生产性使用

的职业农民样本作为处理组,将无生产性使用的职业农民样本作为控制组,构建回归方程如下:

$$production_use_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot Z_i + u_i \quad (2)$$

$$y_i = \delta_0 + \delta_1 \cdot W_i + v_i \quad (3)$$

(2)式是互联网使用方程,用来估计个体互联网的生产性使用概率,(3)式是病虫害绿色防控技术采纳方程,用来估计个体是否采纳病虫害绿色防控技术。互联网使用方程中的 Z_i 表示可能影响个体互联网生产性使用的变量, β_1 是其估计系数;绿色技术采纳方程中的 W_i 表示可能影响个体采纳病虫害绿色防控技术的变量, δ_1 是其估计系数。

处理效应模型的估计具体分三步:IPWRA 模型中,第一步是运用 Logit 模型估计互联网使用方程并计算逆概率权重;第二步是使用第一步计算出的逆概率权重对病虫害绿色防控技术采纳方程进行估计,进而计算出个体采纳病虫害绿色防控技术的预测概率;第三步是分别计算处理组、控制组个体采纳病虫害绿色防控技术的概率均值,两组概率均值之间的差异便是互联网生产性使用对农民病

虫害绿色防控技术采纳的影响。AIPW 模型, 第一步和 IPWAR 模型相同; 第二步在不使用第一步计算得到的逆概率权重的情况下对病虫害绿色防控技术采纳方程进行估计; 第三步则使用第一步计算得到的逆概率权重对估计出的处理组、控制组个体采纳病虫害绿色防控技术的预测概率取加权平均, 得到的两组概率均值之间的差异便是互联网生产性使用对农民病虫害绿色防控技术采纳的影响。

互联网使用方程中的自变量包括受访者所在区县农民互联网农业生产性使用的平均值、本户是否有宽带入户, 以及方程(1)的所有控制变量。病虫害绿色防控技术采纳方程中的自变量包括方程(1)中的所有控制变量。

四、实证结果分析

(一) 描述性统计分析

统计结果表明, 职业农民中男性占比达 82.5%, 平均年龄为 46.6 岁, 受教育程度在高中及以上的占到近 40%。和全国农业从业者相比, 职业农民具有“男性化、年轻化、相对高文化”的特征^[47]。“三大主粮”职业农民的平均种植面积达到 178.6 亩, 远高于小农户。职业农民的生产经营具有“适度规模化”特征。他们当中成立家庭农场、加入合作社、与农业企业合作的占比分别为 29.1%、36.0% 和 30.5%, 具有一定的“组织化”特征。职业农民已经和一般农民区分开来, 是中国农业先进生产力的代表^[48]。

统计结果表明, 79.68% 的职业农民有互联网生产性使用, 仍然有约 1/5 的 (20.32%) 职业农民只使用通信娱乐功能, 而没有任何生产性使用。通信主要包括打电话、聊微信, 休闲娱乐则包括观看网络视频和玩网络游戏等, 职业农民的前者使用合计占比为 95.05%, 后者为 47.01%。从互联网的不同使用来看, 无生产性使用的职业农民中只有 30.95% 的人采纳了病虫害绿色防控技术, 而有生产性使用的职业农民该占比为 44.55%, 比前者高出 13.60 个百分点。互联网的不同使用与职业农民病虫害绿色防控技术采纳两者之间存在显著的统计相关性。

互联网不同使用的职业农民, 在一些控制变量上也存在显著性差异。如相比无生产性使用的农民, 有生产性使用的农民年龄小 3.58 岁; 高中及以

上学历的占比多 13.97 个百分点; 家庭入户路为水泥或柏油路的占比多 11.34 个百分点; 土地经营平均面积多 61.80 亩, 几乎是前者的 1.5 倍; 农业生产的组织化程度也更高, 家庭农场的占比、加入合作社的占比、与农业企业合作的占比都更高一些。这说明两类职业农民可能存在一些系统性差异, 在回归分析中需要考虑内生性问题。

(二) 基准回归结果

职业农民的病虫害绿色防控技术采纳是一个 0-1 变量, 分别采用 Logit 模型、Probit 模型、LPM 模型计算互联网不同使用的影响 (表 2)。表 2 的 3 个回归模型结果均表明, 相比无互联网生产性使用, 有生产性使用的职业农民病虫害绿色防控技术的采纳概率显著更高。3 个模型的系数和显著性都非常一致, 以 Logit 模型为例, 边际系数为 0.1147, 说明有互联网生产性使用的职业农民病虫害绿色防控技术的采纳概率提高了 11.47 个百分点, 在 1% 的水平上显著。

控制变量的个人特征变量中, 职业农民的受教育程度对其病虫害绿色防控技术采纳有显著的促进作用。相比只有小学学历的职业农民, 初中、高中、大专及以上学历的职业农民病虫害绿色防控技术的采纳概率分别增加了 8.65、11.58 和 18.15 个百分点 (以 Logit 模型为例)。这和以往研究结果一致, 绿色生产技术为知识密集型生产要素, 提高农民的受教育程度有助于绿色生产技术采纳^[13,18]。控制变量的家庭生产经营特征变量中, 土地经营规模对病虫害绿色防控技术的采纳有显著促进作用。随着土地经营规模面积的增加, 病虫害绿色防控技术带来收益增加、成本降低, 职业农民采纳概率也随之增加。也有研究发现, 某些绿色生产技术的采纳 (如测土配方施肥技术) 与土地经营面积, 只在一定规模范围内 (比如 225 亩以内) 存在线性关系, 但超过该规模后绿色技术的采纳率并没有显著增加^[20]。作物种类上, 相比玉米, 种植小麦、水稻的农民绿色技术采纳概率分别高出 10.76 和 22.29 个百分点 (以 Logit 模型为例)。在中国, 小麦和水稻是两大主粮, 玉米是饲料的重要原材料, 因此从消费者需求端来看, 对玉米的绿色品质要求会低于小麦和水稻; 而水稻相比小麦的消费量更大, 需要防治的害虫种类更多, 消费者对水稻的绿色品质要求更高。

表 2 职业农民病虫害绿色防控技术采纳的模型估计结果
(平均边际效应)

变量	(1) Logit	(2) Probit	(3) LPM
互联网的不同使用	0.1147*** (0.0301)	0.1118*** (0.0297)	0.1098*** (0.0292)
性别	-0.0364 (0.0320)	-0.0356 (0.0318)	-0.0346 (0.0312)
年龄	-0.0002 (0.0012)	-0.0003 (0.0012)	-0.0002 (0.0012)
受教育程度(以小学为参照组)			
初中	0.0865* (0.0444)	0.0862* (0.0440)	0.0784* (0.0436)
高中	0.1158** (0.0487)	0.1150** (0.0486)	0.1069** (0.0487)
大专及以上	0.1815*** (0.0647)	0.1811*** (0.0644)	0.1744*** (0.0644)
技术技能人员	-0.0179 (0.0299)	-0.0196 (0.0300)	-0.0178 (0.0300)
村干部	-0.0400 (0.0280)	-0.0383 (0.0277)	-0.0377 (0.0285)
入户路(以泥土路为参照组)			
砂石路	-0.0173 (0.0421)	-0.0130 (0.0414)	-0.0174 (0.0414)
水泥或柏油路	0.0276 (0.0342)	0.0274 (0.0338)	0.0270 (0.0338)
家庭人口	0.0068 (0.0081)	0.0070 (0.0081)	0.0071 (0.0083)
家庭农业劳动力	-0.0062 (0.0104)	-0.0061 (0.0105)	-0.0065 (0.0106)
土地经营面积的 ln 值	0.0281** (0.0112)	0.0287*** (0.0110)	0.0289*** (0.0110)
种养结合	0.0084 (0.0262)	0.0073 (0.0258)	0.0096 (0.0261)
最主要作物(以玉米为参照组)			
小麦	0.1076* (0.0587)	0.1086* (0.0581)	0.1063* (0.0625)
水稻	0.2229*** (0.0477)	0.2202*** (0.0470)	0.2072*** (0.0478)
家庭农场	-0.0080 (0.0284)	-0.0079 (0.0283)	-0.0062 (0.0296)
加入农民合作社	0.0462* (0.0255)	0.0467* (0.0253)	0.0452* (0.0258)
与农业企业合作	0.0580** (0.0289)	0.0593** (0.0288)	0.0595** (0.0294)
省份	控制	控制	控制
样本量	2544	2544	2544
虚拟 R ²			
似然对数值			-1643.701

注：***、**和*分别表示在 1%、5%和 10%的水平上显著；括号内为系数标准误。

(三) 双重稳健模型

考虑到内生性问题，本文综合使用 IPWRA 和 AIPW 两种双重稳健模型来缓解内生性问题。本文先估计了互联网使用方程(表 3)和病虫害绿色防

表 3 影响互联网使用的 Logit、Probit、LPM 模型边际估计结果

变量	(1) Logit	(2) Probit	(3) LPM
区县平均互联网的不同使用	0.7354*** (0.0421)	0.7473*** (0.0388)	0.8915*** (0.0271)
家庭互联网入户	0.0733*** (0.0261)	0.0732*** (0.0257)	0.0933*** (0.0302)
性别	0.0157 (0.0223)	0.0109 (0.0216)	0.0099 (0.0233)
年龄	-0.0071*** (0.0010)	-0.0068*** (0.0010)	-0.0066*** (0.0011)
受教育程度(以小学为参照组)			
初中	0.1114*** (0.0372)	0.1159*** (0.0375)	0.1472*** (0.0386)
高中	0.1571*** (0.0390)	0.1613*** (0.0391)	0.1898*** (0.0406)
大专及以上	0.1826*** (0.0477)	0.1857*** (0.0471)	0.2140*** (0.0463)
技术技能人员	-0.0217 (0.0182)	-0.0204 (0.0175)	-0.0203 (0.0174)
村干部	0.0381* (0.0230)	0.0334 (0.0220)	0.0342 (0.0249)
入户路(以泥土路为参照组)			
砂石路	0.0410* (0.0245)	0.0400* (0.0240)	0.0460* (0.0265)
水泥或柏油路	0.0748*** (0.0220)	0.0744*** (0.0217)	0.0767*** (0.0238)
家庭人口	0.0007 (0.0051)	0.0006 (0.0050)	0.0010 (0.0053)
家庭农业劳动力	0.0005 (0.0071)	0.0002 (0.0071)	-0.0019 (0.0073)
土地经营面积的 ln 值	0.0184*** (0.0071)	0.0198*** (0.0069)	0.0174** (0.0072)
种养结合	0.0235 (0.0161)	0.0210 (0.0161)	0.0303* (0.0183)
最主要作物(以玉米为参照组)			
小麦	0.0051 (0.0304)	0.0038 (0.0286)	-0.0121 (0.0271)
水稻	0.0148 (0.0249)	0.0165 (0.0235)	0.0140 (0.0266)
家庭农场	-0.0120 (0.0208)	-0.0111 (0.0201)	-0.0106 (0.0200)
加入农民合作社	0.0075 (0.0179)	0.0073 (0.0176)	0.0077 (0.0180)
与农业企业合作	0.0171 (0.0190)	0.0127 (0.0188)	0.0183 (0.0197)
省份	控制	控制	控制
样本量	2544	2544	2544
虚拟 R ²			
似然对数值			-940.444

注：***、**和*分别表示在 1%、5%和 10%的水平上显著；括号内为系数标准误。

控技术采纳的选择方程,然后估计了结果模型中互联网不同使用对农民病虫害绿色防控技术采纳的处理效应。两种模型估计结果均表明,相比无互联网生产性使用的职业农民,有生产性使用的病虫害绿色防控技术采纳概率更高。

在互联网使用方程中,回归结果(表3)表明:所在区县的职业农民互联网生产性使用的均值高、家庭拥有宽带入户、年龄小、受教育程度高、入户路为水泥或柏油路、土地经营规模大的职业农民有互联网生产性使用的显著更多。互联网生产性使用的确是偏向人力资本、物质资本更高的农民^[45]。这表明,在当今互联网信息时代,处于人力资本和物质资本底层的农民群体,仍然需要更多的互联网使用科学培训以提高其使用技能和信息技术利用水平,从而跨越互联网使用城乡之间的“数字鸿沟”^[27]。

表4给出了双重稳健模型中职业农民采纳病

虫害绿色防控技术的概率预测。IPWRA和AIPW模型的结果都表明,与无互联网生产性使用的农民相比,有生产性使用的农民病虫害绿色防控技术采纳概率更高。表4平均处理效果(ATE)的估计表明,互联网生产性使用对农民病虫害绿色防控技术采纳具有显著的正向影响。双重稳健模型中核心解释变量的平均边际效应在0.0655~0.0741,其绝对值要略小于Logit、Probit、OLS模型的回归结果(表2)。说明在缓解内生性问题后,互联网生产性使用对农民病虫害绿色防控技术采纳的影响有所下降。鉴于总样本中41.78%的职业农民采纳病虫害绿色防控技术,因此,职业农民病虫害绿色防控技术采纳概率能提高15.68%~17.74%,这说明互联网生产性使用对农民病虫害绿色防控技术采纳的影响不仅具有统计显著性,也具有经济意义上的显著性。

表4 互联网不同使用对职业农民病虫害绿色防控技术采纳影响的估计结果(双重稳健模型)

变量	IPWRA 模型			AIPW 模型		
	Logit	Probit	LPM	Logit	Probit	LPM
无生产性使用	0.3606*** (0.0261)	0.3614*** (0.0266)	0.3674*** (0.0272)	0.3685*** (0.0307)	0.3684*** (0.0306)	0.3685*** (0.0304)
有生产性使用	0.4347*** (0.0112)	0.4342*** (0.0112)	0.4341*** (0.0112)	0.4351*** (0.0119)	0.4350*** (0.0119)	0.4340*** (0.0120)
ATE	0.0741*** (0.0282)	0.0727** (0.0287)	0.0667** (0.0292)	0.0666** (0.0327)	0.0666** (0.0326)	0.0655** (0.0324)

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的水平上显著,括号内为标准误。

五、结论与政策建议

病虫害绿色防控技术是有效解决农药过量低效使用,保护生态环境,实现传统化学防治向现代绿色防控转变的重要途径。但是目前农作物的病虫害绿色防控覆盖率还不高,农户微观层面对病虫害绿色防控技术的采纳率也不高。很多研究发现,互联网的使用对农户病虫害绿色防控技术的采纳产生了积极影响,但是没有区分互联网的不同使用(有无生产性使用)对病虫害绿色防控技术采纳带来的不同影响。本文研究了2019年2544名职业农民的互联网使用情况,发现仍然有20.32%的职业农民只使用互联网的通信娱乐功能,没有使用互联网的任何有助于农业生产的服务功能,比如线上学习知识技术、搜索产品或服务市场信息和从事农产品电子商务。研究发现,有互联网生产性使用的职业农民采纳病虫害绿色防控技术的占比为41.78%,比

无生产性使用的职业农民高出13.60个百分点。本文在运用Logit、Probit、LPM回归分析的基础上又使用双重稳健模型IPWRA、AIPW的方法检验,结果稳定一致。双重稳健模型表明,有互联网生产性使用的职业农民病虫害绿色防控技术的采纳率提高了6.55个百分点。鉴于全部样本中只有41.78%的职业农民采纳了病虫害绿色防控技术,那么,这相当于互联网生产性使用会使职业农民病虫害绿色防控技术采纳率提高15.68%。

互联网属于技能偏向型技术进步,需要使用者具备一定的使用技能。农民普遍低学历、低技能,他们对于互联网的使用还存在着很大的不足。未来,即使互联网在农民中全部普及,但是“使用”不代表“会用”,可能的结果就是互联网使用带来的“信息鸿沟”更为明显,导致农民在农业绿色生产技术采纳和经济收益上的差距更加扩大。

农业农村部在2016年开始启动“农民手机应

用培训周”活动,提出要将手机变成“新农具”,培训农民使用手机查询信息、获取服务、开展电子商务等。手机应用培训工作开展 6 年来,培训受众累计已超过 1.4 亿人次。但是每年仅仅一周的培训时间还不够,培训的范围也不够大。政府应该加大互联网使用的培训,让更多的农民尤其是低技能、低学历的农民学会使用互联网。这样才能发挥互联网对农业绿色生产技术采纳的积极促进作用。

注释:

- ① 数据来源:根据《中国统计年鉴 2021》《中国农村统计年鉴 2021》计算得到。
- ② 数据来源:中国政府网,《利用率过 40%:化肥农药使用量零增长行动实现目标》,2021-1-17. http://www.gov.cn/xinwen/2021-01/17/content_5580552.htm.
- ③ 数据来源:农业农村部网站,《农业农村部关于印发〈到 2025 年化肥减量行动方案〉和〈到 2025 年化学农药减量行动方案〉的通知》,2022-12-1. <http://www.moa.gov.cn/govpublic/ZZYGLS/202212/t20221201-6416398.htm>.
- ④ 2012 年中央一号文件指出要“大力培育新型职业农民”,随后原农业部印发了《关于新型职业农民培育试点工作的指导意见》,提出新型职业农民认定管理是培育工作的重要一环。各地根据实际情况出台了新型职业农民认定管理的方案并付诸实施。2014-2015 年,全国共有 1121 个县开展认定工作,认定新型职业农民 21 万余人,占当期培育总数的 10.89%。2019 年之后,部分地区将新型职业农民证书更名为高素质农民证书。
- ⑤ 智能手机的普及大大提高了互联网的使用。根据中国互联网络信息中心(CNNIC)的数据,2022 年,中国手机网民规模达 10.47 亿,几乎每一个拥有智能手机的人(99.6%)都会使用手机上网。调查显示,职业农民智能手机的拥有率接近 100%。

参考文献:

- [1] 王桂荣,王源超,杨光富,等. 农业病虫害绿色防控基础的前沿科学问题[J]. 中国科学基金, 2020, 34(4): 374-380.
- [2] ZHANG C, GUANMING S, JIAN S, et al. Productivity effect and overuse of pesticide in crop production in China[J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2015, 14(9): 1903-1910.
- [3] 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.
- [4] 唐林,罗小锋. 邻里效应能否促使稻农施用生物农药?——基于鄂、赣、浙三省农户调查数据的考察[J]. 自然资源学报, 2022, 37(3): 718-733.
- [5] 丛晓男,单菁菁. 化肥农药减量与农用地土壤污染治理研究[J]. 江淮论坛, 2019(2): 17-23.
- [6] 吴孔明. 中国农业害虫绿色防控发展战略[M]. 北京:

科学出版社, 2016: 38.

- [7] GAO Y, NIU Z, YANG H, et al. Impact of green control techniques on family farms' welfare[J]. *Ecological Economics*, 2019, 161: 91-99.
- [8] 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.
- [9] 李明月,罗小锋,余威震,等. 代际效应与邻里效应对农户采纳绿色生产技术的影响分析[J]. 中国农业大学学报, 2020, 25(1): 206-215.
- [10] 高杨,牛子恒. 风险厌恶、信息获取能力与农户绿色防控技术采纳行为分析[J]. 中国农村经济, 2019(8): 109-127.
- [11] WANG W, JIN J, HE R, et al. Gender differences in pesticide use knowledge, risk awareness and practices in Chinese farmers[J]. *Science of the Total Environment*, 2017, 590: 22-28.
- [12] 杨志海. 老龄化、社会网络与农户绿色生产技术采纳行为——来自长江流域六省农户数据的验证[J]. 中国农村观察, 2018(4): 44-58.
- [13] PAN D, KONG F, ZHANG N, et al. Knowledge training and the change of fertilizer use intensity: Evidence from wheat farmers in China[J]. *Journal of Environmental Management*, 2017, 197: 130-139.
- [14] 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.
- [15] SCHREINEMACHERS P, CHEN H, NGUYEN T T L, et al. Too much to handle? Pesticide dependence of smallholder vegetable farmers in Southeast Asia[J]. *Science of the Total Environment*, 2017, 593: 470-477.
- [16] GONG Y, BAYLIS K, KOZAK R, et al. Farmers' risk preferences and pesticide use decisions: Evidence from field experiments in China[J]. *Agricultural Economics*, 2016, 47(4): 411-421.
- [17] TEKLEWOLD H, KASSIE M, SHIFERAW B. Adoption of multiple sustainable agricultural practices in rural Ethiopia[J]. *Journal of Agricultural Economics*, 2013, 64(3): 597-623.
- [18] 孔凡斌,钟海燕,潘丹. 小农户土壤保护行为分析——以施肥为例[J]. 农业技术经济, 2019(1): 100-110.
- [19] 张聪颖,霍学喜. 劳动力转移对农户测土配方施肥技术选择的影响[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2018(3): 65-72.
- [20] 夏雯雯,杜志雄,郜亮亮. 土地经营规模对测土配方施肥技术应用的影响研究——基于家庭农场监测数据的观察[J]. 中国土地科学, 2019, 33(11): 70-78.
- [21] 朱淀,张秀玲,牛亮云. 蔬菜种植农户施用生物农药意愿研究[J]. 中国人口资源与环境, 2014, 24(4): 64-70.
- [22] 钱龙,缪书超,陆华良. 新一轮确权对农户耕地质量

- 保护行为的影响——来自广西的经验证据[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2020(1): 28-37.
- [23] 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.
- [24] MA W, ABDULAI A, GOETZ R. Agricultural cooperatives and investment in organic soil amendments and chemical fertilizer in China[J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 2018, 100(2): 502-520.
- [25] 郑纪刚, 张日新. 外包服务有助于减少农药过量施用吗——基于经营规模调节作用的分析[J]. 农业技术经济, 2022(2): 16-27.
- [26] KASSIE M, TEKLEWOLD H, JALETA M, et al. Understanding the adoption of a portfolio of sustainable intensification practices in eastern and southern Africa[J]. *Land Use Policy*, 2015, 42: 400-411.
- [27] 程名望, 张家平, 李礼连. 互联网发展、劳动力转移和劳动生产率提升[J]. 世界经济文汇, 2020(5): 1-17.
- [28] 桑贤策, 罗小锋. 新媒体使用对农户生物农药采纳行为的影响研究[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2021(6): 90-100.
- [29] 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.
- [30] 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.
- [31] 张京京, 刘同山. 互联网使用让农村居民更幸福吗?——来自CFPS2018的证据[J]. 东岳论丛, 2020, 41(9): 172-179.
- [32] 毛宇飞, 曾湘泉. 互联网使用是否促进了女性就业——基于CGSS数据的经验分析[J]. 经济学动态, 2017(6): 21-31.
- [33] DETTLING L J. Broadband in the labor market: the impact of residential high-speed internet on married women's labor force participation[J]. *ILR Review*, 2017, 70(2): 451-482.
- [34] BAO T, LIANG B, RIYANTO Y E. Unpacking the negative welfare effect of social media: Evidence from a large scale nationally representative time-use survey in China[J]. *China Economic Review*, 2021, 69: 101650.
- [35] 罗明忠, 刘子玉. 互联网使用、阶层认同与农村居民幸福感[J]. 中国农村经济, 2022(8): 114-131.
- [36] 杜志雄. 家庭农场: 乡村振兴战略中的重要生产经营主体[J]. 经济日报, 2018-01-23.
- [37] 朱启臻, 杨汇泉. 谁在种地——对农业劳动力的调查与思考[J]. 中国农业大学学报(社会科学版), 2011, 28(1): 162-169.
- [38] 张瑞娟, 高鸣. 新技术采纳行为与技术效率差异——基于小农户与种粮大户的比较[J]. 中国农村经济, 2018(5): 84-97.
- [39] 农业农村部科技教育司, 中央农业广播电视学校. 2021年全国高素质农民发展报告[M]. 北京: 中国农业出版社, 2021: 8.
- [40] CNNIC 中国互联网络信息中心. 第50次《中国互联网络发展状况统计报告》[R]. 2022: 35.
- [41] CNNIC 中国互联网络信息中心. 2015年农村互联网发展状况研究报告[R]. 2016: 20.
- [42] MA W, NIE P, ZHANG P, et al. Impact of Internet use on economic well-being of rural households: Evidence from China[J]. *Review of Development Economics*, 2020, 24(2): 503-523.
- [43] POOL B. How will agricultural E-Markets evolve?[R]. 2001: 19.
- [44] 程琳琳, 张俊飏, 何可. 网络嵌入与风险感知对农户绿色耕作技术采纳行为的影响分析——基于湖北省615个农户的调查数据[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(7): 1736-1746.
- [45] 曾亿武, 郭红东, 金松青. 电子商务有益于农民增收吗?——来自江苏沭阳的证据[J]. 中国农村经济, 2018(2): 49-64.
- [46] ZHAO L, WANG C, GU H, et al. Market incentive, government regulation and the behavior of pesticide application of vegetable farmers in China[J]. *Food Control*, 2018, 85: 308-317.
- [47] 曾俊霞, 郜亮亮, 王宾, 等. 中国职业农民是一支什么样的队伍——基于国内外农业劳动力人口特征的比较分析[J]. 农业经济问题, 2020(7): 130-142.
- [48] 张晓山. 建立职业农民注册登记制度[J]. 农民科技培训, 2012(5): 8.

责任编辑: 李东辉