

# 互联网发展环境下多维教育对农户IPM技术 采纳行为的影响研究

陈哲<sup>1</sup>, 李晓静<sup>2</sup>, 夏显力<sup>1\*</sup>

(1.西北农林科技大学经济管理学院,陕西杨凌712100;  
2.烟台大学经济管理学院,山东烟台264005)



**摘要** 在构建互联网发展环境下多维教育影响农户IPM技术采纳行为的理论框架基础上,利用猕猴桃主产区陕西和四川两省686份种植户微观调研数据,采用熵值法从互联网渗透度和互联网使用度两个维度构建村域层面的互联网发展环境指数,探讨互联网发展环境在多维教育与农户IPM技术采纳关系中的作用。研究表明:(1)多维教育(学历教育、互联网学习)各维度均能直接促进农户采纳IPM技术;(2)互联网发展环境降低农户IPM技术采纳过程中对学历教育的依赖性,但显著增强默会知识和互联网学习在其中的积极作用,在处理学历教育存在的内生性问题后,上述研究结论依然具有稳健性;(3)进一步地在考虑种植户规模异质性基础上,互联网发展环境对小规模农户学历教育影响IPM技术采纳的弱化作用更为明显,对大规模农户互联网学习影响IPM技术采纳的强化作用更为明显。因此,建议政府持续改善农村教育基础环境,积极探索和创新多维教育体系,增加农户技术知识和经验积累,进而促进农户IPM技术采纳行为。

**关键词** 互联网发展; 多维教育; IPM技术; 默会知识; 互联网学习

**中图分类号**:F323.3 **文献标识码**:A **文章编号**:1008-3456(2022)03-0083-13

**DOI编码**:10.13300/j.cnki.hnwkxb.2022.03.008

中国作为农药生产和使用大国,过量施用农药的现象在农作物生产中普遍存在<sup>[1]</sup>,在给生产者带来经济效益的同时,也引发了食品农药残留超标及环境污染等问题,严重威胁农业可持续发展<sup>[2]</sup>。对此,中国政府从发达国家农业病虫害治理实践中引入病虫害综合防治技术(简称“IPM技术”),IPM技术是指在特定的环境和病虫害的种群动力学范畴之内,以适合当地气候、生态环境和生物物种的方式,通过利用一切适用的包括物理、化学、生物等技术措施或技术组合,来防治病虫害带来农作物减产进而降低生产者经济损失的农作物综合耕作策略<sup>[3]</sup>。近年来,在中国农业生产的实践中,大量农户采用IPM技术不仅能在有效降低化学农药使用剂量状况下依旧维持生产作物产量的稳定,且较为低廉的技术实施成本也显著降低了农户农业生产性投入,最终能为农户带来显著的经济、社会和环境多重效益<sup>[4]</sup>。虽然,IPM技术在中国的应用推广为农业可持续发展、生态环境保护和食品安全保障等提供了重要的物质基础和技术支撑,但就实际而言,受农户自身受教育程度不高、技术认知不足等因素和政府行政命令下的农技推广活动的影响,农户采用IPM技术的比例仍然较低。因此,如何有效提高农户IPM技术采纳效率成为亟待解决的重要议题。

综观现有文献研究,已有较多学者从以下几个方面探讨影响农户IPM技术采纳的因素:一是从政策因素视角展开分析,Kaiser等<sup>[5]</sup>对德国勃兰登堡草原地区的农户采纳保护性耕作技术进行了案例研究,表明补贴政策有助于提高农户IPM技术采纳;储成兵<sup>[6]</sup>研究证实政府对绿色技术的宣传能够显

收稿日期:2021-06-13

基金项目:国家社会科学基金项目“生产托管促进小农户与现代农业发展衔接的机制、效应与政策优化研究”(21BJY187)。

\*为通讯作者。

著提升农户采纳IPM技术的效率。二是从个体特征视角展开分析,傅新红等<sup>[7]</sup>研究发现户主性别和受教育程度均会显著影响农户采纳生物防治技术,且户主拥有较高文化程度的家庭更愿意采纳IPM技术;Abdollahzadeh等<sup>[8]</sup>进一步证实了户主受过良好教育的家庭更愿意采纳IPM技术。三是从家庭特征视角展开分析,张云华等<sup>[9]</sup>发现家庭人口数量和耕地规模等均影响农户采纳IPM技术;喻永红等<sup>[3]</sup>研究发现种植规模和地块分散程度会显著影响农户采用IPM技术的意愿,种植规模越大的农户倾向于采用物理防治型IPM技术。综上所述,国内外学者对影响农户采纳IPM技术的因素均进行了深入研究,其中教育对农户IPM技术采用行为的影响也引起较多学者的关注,但目前对此问题的研究仍存在广阔的研究空间。现有学者的研究多将教育等同于学历教育,而忽视了非正规教育路径选择所带来的差异性影响。而中国农业生产者多以自我雇佣为主,农户获取农业生产知识的途径具有多维性,不仅包含正规学历教育的知识获取途径,还包含了如默会知识、互联网学习等非正规教育知识获取途径。基于此,在分析农户教育对IPM技术采纳的影响因素时,若仅评估学历教育单一维度的影响效应会降低研究的精度,因此有必要深入探讨多维教育对农户IPM技术采纳的影响,进而深入揭示影响农户采纳行为的真正诱因。

近年来,互联网技术在农村的快速应用与发展不仅改变了农村原有社会经济环境,颠覆了农户的传统生产与生活方式,也显著改善了农户互联网和大数据的应用能力,对农户行为决策产生了深刻的影响<sup>[10]</sup>。具体而言,一方面,互联网发展削减了农村获取技术信息的壁垒,提高了技术经验与知识的流通速度,对农户知识边界、思维方式、社会交往方式均产生巨大冲击,且农户借助互联网开展网络教育、远程教育等教育活动成为农村居民获得信息与知识的新方式<sup>[11]</sup>;另一方面,互联网发展改变了传统的农产品交易方式,线上交易打破了地域和时间的限制,能够方便农户及时有效了解消费者的个性化和绿色农产品的消费需求,且消费者的反馈机制促使农户铸就良好口碑,追求正向社会评价,进而会倒逼农户采纳绿色生产技术<sup>[12]</sup>。因而,在当前探讨农户行为问题有必要将农村互联网发展环境作为外部环境纳入分析框架进行研究。

基于此,本文利用陕西省、四川省猕猴桃种植户的微观调研数据,在构建多维教育、互联网发展环境与农户IPM技术采纳关系理论框架的基础上,从互联网渗透度和使用度两个维度构建村域层面的互联网发展环境指数,深入探讨多维教育与农户IPM技术采纳的关系,并对互联网发展环境在多维教育与IPM技术采纳中的调节作用进行进一步验证。此外,考虑到多维教育可能存在的内生性问题,本文采用工具变量法予以纠正。

## 一、理论分析与研究假设

### 1. 多维教育对农户IPM技术采纳的影响

教育被认为是培养个人技能的一项重要投资,教育过程是个体知识、技能、思想和品格等方面的训练与开发过程<sup>[13]</sup>。一般而言,教育具有多维属性,传统的学历教育和职业教育等正规教育方式虽然是居民获取知识的主要途径,但在当前大众媒体和互联网高度发达的条件下,居民通过非正规教育方式获取知识的门槛正逐步降低,例如默会知识、互联网学习、交互学习等正成为居民接受教育和获取知识的新途径<sup>[11]</sup>。借鉴已有研究,本文将农户接受教育方式分为学历教育、默会知识和互联网学习三个维度,多维教育对农户IPM技术采纳的影响主要表现为以下方面:

(1)学历教育对农户IPM技术采纳的影响。学历教育是指个体通过正规学校教育所获得的知识 and 资质<sup>[14]</sup>。学历教育对农户IPM技术采纳的影响体现在两个方面:一是学历教育不仅能够显著提高农户对IPM技术知识和信息的理解和反应能力,还能够锻炼农户的自主学习能力和辩证思考能力,拥有较高受教育程度的农户更易于掌握新技术原理及操作规范,增进农户对IPM技术的掌握能力和运用效果;二是学历教育水平较高的农户往往更能意识到环境污染会带来农业生产的不可持续性,其更有可能参加到环境改善的农业技术实施项目中<sup>[15]</sup>,对IPM技术采纳意愿更高。基于此,本文提出如下假设:

H<sub>1</sub>: 学历教育促进农户IPM技术采纳。

(2)默会知识对农户IPM技术采纳的影响。默会知识最早是由迈克尔·波兰尼提出,相对于显性知识而言,其表征为一种在行动中的知识或内在于行动中的知识,即由社会关系互动所带来的隐形知识<sup>[16]</sup>。在广大农村生产实践中,默会知识主要指农户与亲属、朋友、村委会、外界信息源及政府的交流和接触中所获取的隐形知识<sup>[17]</sup>,默会知识对农户IPM技术采纳的影响主要表现在两个方面:一是社会网络的学习效应。IPM技术采纳是一个循序渐进的动态过程,农户开始可能对IPM技术的属性及特征并不熟悉,往往会通过非正式网络内成员间的互动实现知识学习和信息分享,从而提升其采纳效率<sup>[18]</sup>。二是社会网络的示范效应。IPM技术采纳者的成功经验具有较大的示范效应,周边农户会积极汲取成功者的技术知识及技术难点,进行技术模仿和改进实现技术知识的内化,从而提高其IPM技术采纳效率<sup>[19]</sup>。基于此,本文提出如下假说:

H<sub>2</sub>:默会知识促进农户IPM技术采纳。

(3)互联网学习对农户IPM技术采纳的影响。随着互联网、移动互联网终端的普及,较多学者关注到利用互联网进行学习成为农户信息获取与知识教育的新方式<sup>[20]</sup>。互联网学习主要是指学习者利用互联网或移动互联网设备,以网络教育、远程教育等方式,获取农业知识和信息的学习行为。互联网学习对农户IPM技术采纳的影响主要表现在两个方面:一是互联网学习能够满足农户个性化技术信息需求。互联网学习能够满足学习者灵活、开放、个性化的学习需求,农户利用互联网平台进行快速且高效的学习工作来提升认知能力,进而优化或改变传统经营思想,获取更多农业新技术信息,促进农户IPM技术采纳效率提升。二是互联网学习拉近了农户技术需求方与技术供给方之间的距离。互联网学习能够利用互联网平台的扁平化结构和信息交互功能超越时空的限制,促使农业生产经营者“足不出户”就能增进个人能力,且借助互联网平台能够加快IPM技术知识的交流和扩散速度,IPM技术推广和应用转化的速度也会随之增强,农户IPM技术采纳效率也会明显提升<sup>[21]</sup>。基于此,本文提出如下假说:

H<sub>3</sub>:互联网学习促进农户IPM技术采纳。

## 2. 互联网发展环境对农户IPM技术采纳的影响

在信息技术飞速发展的今天,互联网技术发展逐步融入农村社会经济各个层面,对农户决策行为会产生重要影响<sup>[22]</sup>。互联网发展环境对农户IPM技术采纳的影响主要体现在两个方面:一是良好的互联网发展环境能够帮助农户扩大信息获取和搜寻的范围,打破农户原有信息传播的传递层级,使得技术信息扩散的即时性和互动性明显增强,而农户在频繁的互动和交流过程中,能够有效提升其获取和搜集IPM技术知识的效率,进而促进IPM技术采纳<sup>[23]</sup>。二是良好的互联网发展环境为农户扩大社交范围奠定了基础,借助互联网技术工具能够突破地域和时间的限制,农户的社交范围和互动频率都得到明显提升,通过便捷沟通和交流不仅有效改善了农户间社交关系,也促进了技术经验和知识的流通<sup>[12]</sup>,从而提升其IPM技术采纳效率。基于此,本文提出如下假说:

H<sub>4</sub>:互联网发展环境促进农户IPM技术采纳。

## 3. 互联网发展环境在多维教育与农户IPM技术采纳关系中的调节作用

互联网发展实际具备技术和市场外部环境的双重特征,互联网发展环境下多维教育对农户IPM技术采纳的影响,实质上是互联网发展环境与多维教育所形成的交互作用对农户IPM技术采纳的影响,具体而言:

(1)互联网发展环境调节学历教育对农户IPM技术采纳的影响。互联网发展环境对学历教育和IPM技术采纳关系的影响可能分为以下两种情况:一是互联网发展环境拓宽了农户的知识边界。互联网作为农户获取知识信息的技术接口,能够帮助农户较快认知、学习和重组现有知识储备<sup>[24]</sup>,进而有效降低农户对学历教育的依赖,削弱学历教育对农户IPM技术采纳效率的影响;二是互联网发展环境改善了农户思维方式。互联网具有开放、高效和便捷优势,农户通过使用互联网能够用“网络分析”代替“个体判断”和用“数据分析”代替“经验复制”,避免由于个人经验分析带来的农业决策失误<sup>[25]</sup>。基于此,本文提出如下假说:

H<sub>5</sub>:互联网发展环境对学历教育与农户IPM技术采纳关系产生显著的负向调节作用。

(2)互联网发展环境调节默会知识对IPM技术采纳的影响。互联网发展环境对默会知识和IPM

技术采纳关系的影响可能从以下两个方面发挥作用:一是互联网发展环境拓宽了农户的社会网络规模。良好的互联网发展环境降低了农户的信息交流成本,强化了基于亲缘、地缘等关系的社会互动和社会学习<sup>[26]</sup>,促进了知识转移、提升了默会知识的获取,显著增强默会知识对农户IPM技术采纳的影响。二是较好的互联网发展环境提升了农户对默会知识的解读能力。默会知识具有难以言述、难以编码、难以传达、难以共享的特征,农户很难从默会知识中演绎或者归纳出技术规则与技术应用原理,更不能产生较为系统化的技术应用方法<sup>[27]</sup>。较好的互联网发展环境能够有效促进农户采用科学化的技术方式解读技术直觉背后的默会知识,从而显著提高农户解读默会知识的能力和效率,进而显著提升默会知识对IPM技术采纳的影响<sup>[25]</sup>。基于此,本文提出如下假说:

H<sub>6</sub>:互联网发展环境对默会知识与农户IPM技术采纳关系产生显著的正向调节作用。

(3)互联网发展环境调节互联网学习对IPM技术采纳的影响。互联网发展环境对互联网学习和IPM技术采纳关系的调节作用体现在以下两个方面:一是良好的互联网发展环境营造了良好的互联网学习氛围。处于互联网发展环境较好地区的农户拥有较为完善的信息服务平台,进入信息服务平台较为便利<sup>[28]</sup>,激发农户更加依赖互联网进行自发的搜索式学习,从而促进农户IPM技术采纳;二是互联网发展环境下便于农户获取精准信息,降低互联网学习的盲目性。较好的互联网发展环境能够帮助农户借助于数据分析工具,及时的检索技术培训视频、技术使用、推广和销售等服务,激发农户有目的的认知、比较、学习<sup>[22]</sup>,促进农户更为精准地获取和匹配到所需的农业技术信息,提升互联网学习对IPM技术采纳的影响。基于此,本文提出如下假说:

H<sub>7</sub>:互联网发展环境对互联网学习与农户IPM技术采纳关系产生显著的正向调节作用。

为此,本文构建了互联网发展环境下多维教育对农户IPM技术采纳行为影响的理论分析框架,如图1所示。

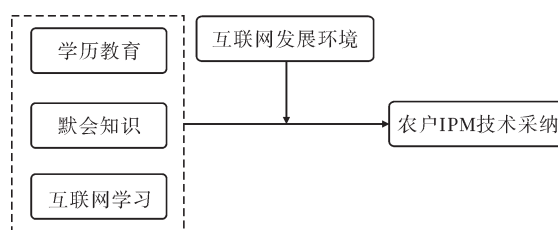


图1 互联网发展环境下多维教育对农户IPM技术采纳的影响机理

## 二、数据来源、研究方法和变量选取

### 1. 数据来源

本文研究所采用数据来源于“猕猴桃产业技术体系”课题组2018年9—10月对猕猴桃种植户的调研数据。课题组采用分层逐级抽样和随机抽样相结合的方式,具体抽样过程为:首先,选取中国猕猴桃种植面积最大的两个省份,分别为陕西省、四川省;其次,在选取的省份中各抽取三个典型的县(市);再次,在每个县(市)随机抽取4~5个镇;然后,在每个镇随机抽取3个村;最后每个村随机抽取8~10户猕猴桃种植户进行一对一面访调查。本次调研共发放问卷702份,剔除数据缺失和前后矛盾的问卷后共获得有效问卷686份,有效回收率为97.72%。

### 2. 变量选取

(1)被解释变量:农户IPM技术采纳。若农户选择使用寄生性天敌和捕食性天敌防治技术等IPM技术,则变量赋值为1,反之为0。

(2)解释变量:多维教育。本文将多维教育用三个维度进行表征:①学历教育,本文以户主受教育程度来衡量;②默会知识,基于Olaisen等<sup>[29]</sup>的研究和农户默会知识获取的特点,采用农户通过与亲属交流互动获取技术知识、与朋友交流互动获取技术知识、与村委会干部交流互动获取技术知识以及与地方政府和农技推广部门交流获取技术知识四个题项进行衡量,并对此进行技术处理,采用SPSS软件进行因子分析以合并变量;③互联网学习,本文采用互联网学习(搜索农业技术方面信息或主动利用互联网学习农业技术)的频率来衡量。

(3)调节变量:互联网发展环境。本文基于祝仲坤等<sup>[30]</sup>的研究,并结合数据可获取性采用互联网渗透度和使用度两个维度来衡量村域互联网发展环境,其中,互联网渗透度表现了互联网的村域覆

盖情况,互联网使用度表现了农户对互联网的微观使用状况。本文采纳客观赋权的熵值法确定指标权重,具体权重如表1所示。

表1 村域互联网发展环境指数

维度	指标选取	指标定义	均值	标准差	指标权重	维度权重
互联网渗透度	村域快递点数	所在村庄拥有的快递点数量	1.410	1.471	15.114	
	村域电商服务站数	所在村庄拥有的电商服务站数量	0.790	0.909	16.648	66.004
	村域网络普及程度	所在村庄每家拥有通网电脑的平均数量	0.494	0.500	34.242	
互联网使用度	村域网络信息获取率	所在村庄通过网络获取信息的家庭数占村庄总家庭数的比例/%	32.292	11.027	9.212	
	村域网络销售使用率	所在村庄在网上销售农产品的家庭数占村庄总家庭数的比例/%	29.211	14.733	12.472	33.996
	村域网络购物使用状况	所在村庄每家每周使用网络购物的平均次数	3.991	5.005	12.312	

(4)工具变量。本文参照Wahba等<sup>[31]</sup>的做法,采用留一法将除去自身的村域内其他农户受教育程度的均值作为学历教育的工具变量。本研究选取的工具变量满足两个条件:一是与作为解释变量的学历教育变量相关,二是与模型的误差项不相关。一般而言,农户学历与同村内其他人的受教育程度存在较强的相关性,但除去自身村域内其他个体受教育程度的平均状况并不会直接影响该农户IPM技术采纳,基本满足外生性假设。因此,使用留一法选择工具变量的方法在实证研究中得到了广泛的应用,在一定条件下是一个可行的工具变量,后文实证分析部分将严格检验工具变量选取的合适性。

(5)控制变量。依照部分学者<sup>[12,23,32]</sup>的研究,本文选取了个人特征、生产经营特征、区域特征等控制变量,具体变量定义及描述性统计如表2所示。

表2 变量定义及描述性统计

变量名称	变量定义与赋值	均值	标准差
IPM技术采纳	是否采纳IPM技术:是=1;否=0	0.405	0.491
互联网发展环境	由熵值法得到	0.379	0.288
学历教育	户主受教育程度:小学以下=1;小学=2;初中=3;高中/中专/技校=4;大专及以上=5	2.850	0.722
默会知识	因子分析得到	0.546	0.190
互联网学习	使用电脑、手机等现代媒介获取或学习农业技术信息的频率:从不=1;很少=2;有时=3;经常=4;频繁=5	2.268	1.074
村均受教育程度	村域内其他农户受教育程度的平均值	2.850	0.345
<b>个人特征</b>			
户主性别	户主性别:男=1;女=0	0.956	0.205
户主年龄	户主年龄	58.491	9.905
<b>生产经营特征</b>			
劳动力数量	家庭劳动力数量	2.468	0.926
外出务工比例	外出务工人员占家庭劳动力人数的比重/%	32.004	33.282
农业机械投资	农户拥有的农业机械的总价值/万元	0.335	0.447
家庭年收入	家庭2017年的总收入/万元	9.085	13.367
猕猴桃收入占比	猕猴桃收入占家庭年收入的比重/%	49.074	28.831
经营规模	实际经营猕猴桃的面积/公顷	0.419	0.518
土地细碎化	猕猴桃地块的数量	4.121	3.123
耕地质量	家庭耕种猕猴桃最大地块的土壤质量:非常差=1;比较差=2;一般=3;比较好=4;非常好=5	3.389	0.964
是否加入合作社	是否加入合作社:是=1;否=0	0.217	0.413
借贷约束	您家借贷的难易程度:非常容易=1;比较容易=2;一般=3;比较难=4;非常难=5	2.885	1.164
<b>区域特征</b>			
距乡镇距离	所在村庄距乡镇的距离/千米	4.977	3.461
省份	所在省份:陕西=1;四川=0	0.582	0.494

### 3. 研究方法

(1) 基准回归模型。农户 IPM 技术采纳为二值选择问题,因此构建二元 Probit 模型估计多维教育对农户 IPM 技术采纳的影响。同时,为考察互联网发展环境下多维教育对 IPM 技术采纳的影响,本文加入了多维教育与互联网发展环境的交互项进行分析,具体模型如下:

$$Tech_i = \beta_0 + \beta_1 edu_{1i} + \beta_2 ecom_{2i} + \beta_3 edu_{1i} \times ecom_{2i} + \eta control_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

式(1)中,  $Tech_i$  为第  $i$  个农户的 IPM 技术采纳,  $edu_{1i}$  为第  $i$  个农户的多维教育状况(包括学历教育、默会知识、互联网学习),  $ecom_{2i}$  为第  $i$  个农户所处的互联网发展环境,  $edu_{1i} \times ecom_{2i}$  为多维教育与互联网发展环境的交互项,  $control_i$  为第  $i$  个农户的控制变量,  $\varepsilon_i$  为服从标准正态分布的随机干扰项,  $\alpha, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \eta$  均为待估参数。

(2) 内生性分析。在估计多维教育对农户 IPM 技术采纳的影响时,存在同时影响户主学历教育状况和 IPM 技术采纳的不可观测因素,会造成遗漏变量偏误,存在内生性问题。由于学历教育存在内生性,也导致了学历教育与互联网发展环境的交互项也存在明显的内生性,将村均受教育程度与互联网发展环境的交互项作为学历教育与互联网发展环境的工具变量也纳入方程。两阶段最小二乘法(2SLS 模型)是解决内生性问题的常用方法,其主要估计步骤如下:

第一步,分别以内生变量学历教育和学历教育与互联网发展环境的交互项为被解释变量,以工具变量村均受教育程度、村均受教育程度与互联网发展环境的交互项和控制变量为解释变量进行 OLS 回归:

$$edu_{11} = \alpha_0 + \alpha_1 ecom_{2i} + \alpha_2 redu_i + \alpha_3 redu_i \times ecom_{2i} + \alpha_4 control_i + \mu_i \quad (2)$$

$$edu_{11} \times ecom_{2i} = \delta_0 + \delta_1 ecom_{2i} + \delta_2 redu_i + \delta_3 redu_i \times ecom_{2i} + \delta_4 control_i + \nu_i \quad (3)$$

式(2)~(3)中,  $edu_{11}$  为学历教育,  $redu_i$  为村均受教育程度,  $\alpha_i$  和  $\delta_i$  为待估参数,  $\mu_i$  和  $\nu_i$  为随机误差项。

第二步,将第一步回归得到的学历教育、学历教育与互联网发展环境的交互项的拟合值带入式(1)中进行 Probit 估计。

$$Tech_i = \beta_0 + \beta_1 \widehat{edu_{11}} + \beta_2 ecom_{2i} + \beta_3 \widehat{edu_{11} \times ecom_{2i}} + \eta control_i + \varepsilon_i \quad (4)$$

(3) 工具变量外生性检验。虽然采用工具变量是识别因果关系的主要解决方式之一,但任何一个工具变量都只是相对外生,往往难以符合工具变量的严格外生假定。为了进一步验证工具变量的外生性,本文采用 Conley 等<sup>[33]</sup>提出的方法检验工具变量非完全外生时估计结果的稳健性,即假定工具变量是不完美的,允许工具变量与被解释变量之间存在部分相关关系。在此基础上,可将检验模型设定为:

$$Tech_i = \beta_0 + \beta_1 edu_{1i} + \beta_2 ecom_{2i} + \delta control_i + \gamma redu_i + \varepsilon_i \quad (5)$$

式(5)中,  $redu_i$  为工具变量。令  $\gamma$  的支撑集为一有界闭集  $\Gamma$ ,则在  $\gamma$  不为 0 的前提下,在  $\Gamma$  中任选  $\gamma$  构造  $\beta_1$  的有效置信区间,所有可能取到的  $\gamma$  所构造的  $\beta_1$  的置信区间集称为  $\beta_1$  的置信区间组合,由此可得到  $\beta_1$  的上下限,所得置信区间若下限与零线相交,则表明 IV 估计在 95% 的置信水平下不再显著,IV 估计与零线相交的点对应的  $\gamma$  值越小,则表明 IV 估计越稳健。

## 三、实证结果与分析

### 1. 基准回归结果

本文基准回归结果如表 3 所示。Model1 仅加入学历教育、互联网发展环境两个变量,结果显示互联网发展环境对 IPM 技术采纳的影响在 5% 水平上显著为正,  $H_4$  得以验证; Model2 在 Model1 的基础上加入控制变量,结果显示学历教育对 IPM 技术采纳的正向影响依旧显著,  $H_1$  得以验证; Model3 在 Model2 的基础上加入学历教育与互联网发展环境的交互项,发现交互项对 IPM 技术采纳的影响在 1% 水平上显著为负。即村域互联网发展对学历教育具有一定的替代作用,也就是说互联网的发

展削弱了学历教育对IPM技术采纳的影响,这可能是因为互联网发展为农户获取农业技术提供了知识与信息搜寻的环境,替代了学历教育对IPM技术采纳的影响。

Model4引入默会知识、互联网发展环境以及控制变量,研究发现默会知识对IPM技术采纳的影响为正但未通过显著性检验,拒绝 $H_2$ ,说明基于亲缘地缘的默会知识提供的市场及技术信息不足,对农户IPM技术采纳的影响作用较小;Model5在Model4的基础上引入默会知识与互联网发展环境的交互项,结果表明,交互项对农户IPM技术采纳的影响在1%水平上显著为正,说明互联网发展能够放大默会知识对IPM技术采纳的影响,即在互联网发展水平越高的地区,默会知识对农户IPM技术采纳的正向影响越显著。这可能是由于互联网发展环境较好地区,邻里亲友之间通过互联网工具实现了交流内容的多样化,形成的技术知识密度较高、有效内容较多,从而促进IPM技术采纳。

Model6引入互联网学习、互联网发展环境以及控制变量,研究发现互联网学习对IPM技术采纳的影响在1%水平上显著为正,说明互联网学习能够为农户IPM技术采纳提供信息渠道,提高农户IPM技术采纳, $H_3$ 得以验证;Model7在Model6基础上增加交互项,结果表明,交互项对IPM技术采纳的影响在1%水平上显著为正,说明互联网发展环境下,农户采纳IPM技术对互联网学习的依赖程度明显提升,可能的原因是,互联网发展程度高的地区,良好的互联网基础设施和互联网技术工具能够增强农户检索信息能力,进而促使农户更快地获取农业相关技术信息,促进农户IPM技术采纳。

进一步地,绘制调节效应图探究多维教育与互联网发展环境的交互项对农户IPM技术采纳行为的影响。由图2a可知,在互联网发展环境较差情境下,学历教育与农户IPM技术采纳关系的直线斜率为正,而在互联网发展环境较好情境中,斜率为负,说明互联网发展环境对学历教育与农户IPM技术采纳关系产生显著的负向调节效应, $H_4$ 得以验证;由图2b可知,在互联网发展环境较差情境下,默会知识与农户IPM技术采纳关系的直线斜率为负,在互联网发展环境较好情境下,二者关系的直线斜率则变为正,说明互联网发展环境对默会知识与农户IPM技术采纳关系产生显著的正向调节效应, $H_5$ 得以验证;由图2c可知,在互联网发展环境较差情境下,互联网学习与农户IPM技术采纳关系的斜率为正,而在互联网发展环境较好情境中,二者的斜率明显增大,说明互联网发展环境对互联网学习与农户IPM技术采纳关系产生显著的正向调节作用, $H_6$ 得以验证。

综上所述,互联网发展环境与多维教育的各个维度产生相互作用,改变了农户知识存量、社会互动以及学习路径,调节了多维教育对农户IPM技术采纳的影响,具体而言:一是村域互联网发展并未能激发农户学历教育对IPM技术采纳的积极影响,而是通过互联网发展带来的新知识替代了农户对学历教育的依赖,影响IPM技术采纳;二是村域互联网发展并不能替代默会知识对农户IPM技术采纳的影响,而是通过拓宽农户亲朋好友间的交流内容和增加交流有效性对IPM技术采纳产生影响;三是村域互联网发展有效促进农户通过互联网学习获取更有效的IPM技术信息。

## 2. 内生性问题

影响农户学历教育的因素比较多,可能存在部分变量既会影响农户的学历教育,又可能同时对农户IPM技术采纳行为产生影响,比如农户学习能力、风险偏好等,因此,有必要考虑学历教育的内生性问题。表4报告了使用村均受教育程度作为工具变量的估计结果,Model8~9均采用2SLS模型进行估计。Model8结果表明,在不纳入交互项的情况下,工具变量村均受教育程度在1%的显著性水平上对农户学历教育和IPM技术采纳均产生正向影响,工具变量检验结果显示,一阶段 $F$ 值为14.430,大于经验值10,且Wald检验值为6.040,在5%的显著性水平上拒绝村均受教育程度是外生的假设,说明工具变量选取是较为合适的。Model9结果表明,在纳入交互项的情况下,工具变量村均受教育程度在1%的显著性水平上对学历教育产生显著正向影响,且其与互联网发展环境的交互项也在1%的显著性水平上对学历教育与互联网发展环境的交互项产生正向影响,同时学历教育、互联网发展环境在1%的显著性水平上对农户IPM技术采纳存在正向影响,学历教育与互联网发展环境的交互项在1%的显著性水平上对IPM技术采纳存在负向影响。工具变量的检验结果显示,一阶段 $F$ 值分别为13.570和278.030,均大于经验值10,且Wald检验值为4.760,在10%的显著性水平上拒

表3 互联网发展环境下多维教育对农户IPM技术采纳的影响:基准回归结果

N=686

变量	Model1	Model2	Model3	Model4	Model5	Model6	Model7
互联网发展环境	0.149** (0.062)	0.228*** (0.073)	1.020*** (0.249)	0.226*** (0.074)	-0.049 (0.181)	0.493*** (0.060)	0.236* (0.140)
学历教育	0.188*** (0.025)	0.125*** (0.025)	0.245*** (0.046)				
学历教育×互联网发展环境			-0.276*** (0.084)				
默会知识				0.058 (0.090)	-0.180 (0.157)		
默会知识×互联网发展环境					0.568* (0.307)		
互联网学习						0.209*** (0.010)	0.165*** (0.023)
互联网学习×互联网发展环境							0.114** (0.056)
户主性别		-0.028 (0.082)	-0.045 (0.082)	-0.045 (0.083)	-0.049 (0.084)	-0.042 (0.064)	-0.043 (0.063)
户主年龄		-0.004** (0.002)	-0.003* (0.002)	-0.005** (0.002)	-0.004** (0.002)	-0.004*** (0.002)	-0.004*** (0.002)
劳动力数量		0.014 (0.021)	0.010 (0.021)	0.013 (0.021)	0.014 (0.021)	0.018 (0.018)	0.018 (0.018)
外出务工比例		0.026*** (0.010)	0.027*** (0.010)	0.025** (0.010)	0.026** (0.010)	0.007 (0.009)	0.007 (0.009)
农业机械投资		0.112*** (0.042)	0.116*** (0.042)	0.100** (0.043)	0.105** (0.043)	0.100*** (0.033)	0.098*** (0.033)
家庭年收入		0.036 (0.030)	0.039 (0.030)	0.041 (0.030)	0.041 (0.030)	0.027 (0.025)	0.028 (0.025)
猕猴桃收入占比		0.001** (0.001)	0.001* (0.001)	0.001* (0.001)	0.001** (0.001)	0.001 (0.001)	0.001 (0.001)
经营规模		0.142*** (0.040)	0.136*** (0.040)	0.162*** (0.040)	0.159*** (0.040)	0.113*** (0.034)	0.111*** (0.033)
土地细碎化		-0.002 (0.006)	-0.001 (0.006)	-0.002 (0.006)	-0.002 (0.006)	-0.002 (0.005)	-0.002 (0.005)
耕地质量		0.032* (0.019)	0.033* (0.019)	0.041** (0.019)	0.040** (0.019)	0.050*** (0.016)	0.049*** (0.016)
是否加入合作社		0.007 (0.041)	0.019 (0.041)	0.004 (0.042)	0.005 (0.041)	0.009 (0.035)	0.004 (0.034)
借贷约束		-0.044*** (0.015)	-0.044*** (0.015)	-0.053*** (0.015)	-0.052*** (0.015)	-0.044*** (0.013)	-0.044*** (0.012)
距乡镇距离		-0.064** (0.031)	-0.062** (0.031)	-0.072** (0.032)	-0.076** (0.032)	-0.094*** (0.026)	-0.089*** (0.026)
省份	未控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制

注:表中报告了估计的边际效应,括号内为稳健标准误,\*、\*\*和\*\*\*分别表示在10%、5%、1%的水平上显著,后表同。

绝工具变量外生性的假设,说明使用工具变量对模型进行估计是有必要的。综上,在处理内生性问题后,学历教育对农户IPM技术采纳依旧存在显著正向影响,且互联网发展环境在其中依旧发挥负向调节作用,上述研究结论依旧具有稳健性。



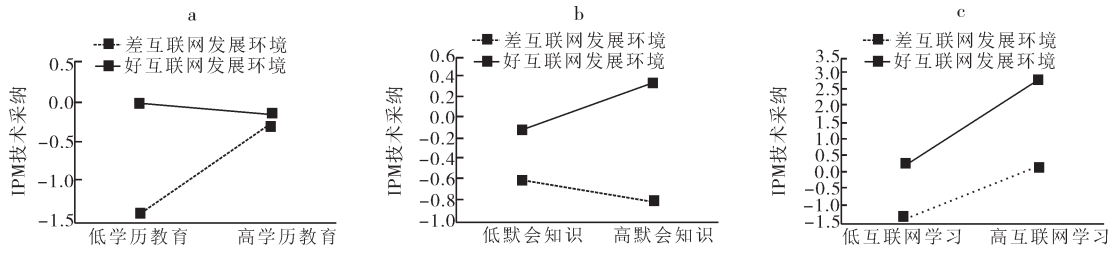


图2 互联网发展环境分别对学历教育、默会知识及互联网学习与农户IPM技术采纳关系的调节

表4 工具变量回归结果

N=686

变量	不纳入交互项工具变量		纳入交互项工具变量		
	Model8		Model9		
	学历教育	IPM技术采纳	学历教育	学历教育×互联网发展环境	IPM技术采纳
村均受教育程度	0.908*** (0.074)		0.928*** (0.108)	-0.004 (0.056)	
村均受教育程度×互联网发展环境			-0.065 (0.263)	0.884*** (0.135)	
互联网发展环境	-0.021 (0.110)	0.679*** (0.224)	0.165 (0.758)	0.315 (0.388)	4.667** (2.182)
学历教育		0.886*** (0.224)			1.364*** (0.347)
学历教育×互联网发展环境					-1.390* (0.762)
控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
常数项	0.317 (0.357)	-3.384*** (0.941)	0.267 (0.411)	-0.004 (0.210)	-4.747*** (1.200)
F值		14.430			278.030
R <sup>2</sup>		0.257			0.876
Wald chi2		121.160***			124.360***
Wald 检验		6.040**			4.760*

### 3. 工具变量的外生性检验

根据2SLS模型回归结果已知内生变量学历教育对农户IPM技术采纳的影响系数显著为正,进一步地采用置信区间集合方法(UCI)进行工具变量2SLS再次估计,为确保结论稳健,设定支撑集为对称集合 $[-0.05, 0.05]^0$ ,在95%的置信区间下,UCI方法得到的学历教育系数的置信区间为(0.074, 0.361),并绘制了随着工具变量排他性约束的变动内生变量学历教育系数值的稳健置信区间。图3显示,随着工具变量村均受教育程度严格外生性假定被违背程度 $\delta$ 的逐渐增强( $|\delta|$ 逐步增大),学历教育的置信区间也在对应增大,但依旧保持为正,这与基准回归结果和2SLS估计结果一致。综上,即使考虑工具变量可能存在的非严格外生性,本文的IV估计结果仍然是稳健的。

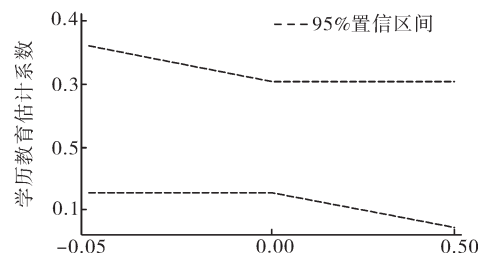


图3 学历教育的系数稳健置信区间

① 本文还将支撑集设定为 $[-0.10, 0.10]$ ,得到的户主受教育程度系数的置信区间为(0.019, 0.418)。

#### 4. 互联网发展环境下多维教育对不同规模农户IPM技术采纳的影响

为了比较不同规模农户的多维教育与农户IPM技术采纳是否存在差异,本文将户均猕猴桃经营规模大于5亩的农户定义为大规模种植户,小于或等于5亩的猕猴桃种植户定义为小规模种植户<sup>①</sup>,异质性分析结果如表5所示。对于小规模种植户,在Model10~12中分别加入互联网发展环境与学历教育、默会知识、互联网学习的交互项,研究发现互联网发展环境显著地削弱了学历教育对其IPM技术采纳的影响,显著增强了默会知识、互联网学习对其IPM技术采纳的影响。而对于大规模种植户,在Model13~15中分别引入以上交互项,研究结果表明互联网发展环境会削弱学历教育对其IPM技术采纳的影响,显著增强互联网学习对其IPM技术采纳的影响,此外,互联网发展环境增强默会知识对其IPM技术采纳的影响但并不显著。对比大小规模种植户的影响效果发现,互联网发展环境对小规模农户学历教育影响IPM技术采纳的削弱作用更大,对大规模农户互联网学习影响IPM技术采纳的强化作用更大。其原因可能是,相对于大规模种植户,小规模种植户大多受教育年限比较短,严重限制了他们对农业新技术的认知,而较好的互联网发展环境能够快速帮助小规模种植户利用互联网获取新技术知识,会显著替代其学历教育对IPM技术采纳的影响。而大规模种植户对新技术的信息获取和认知能力本身较强,在较好的互联网发展环境下,其更有资金和意愿通过开展互联网学习,进而提升其采纳效率。当然,为了进一步验证上述结果的稳健性,以县域户均猕猴桃种植面积4.5亩或以6亩为界重新划分大小规模种植户,最终发现两种分类方式中各变量回归系数的稳健性和方向均未发生较大变化,再次说明上述研究结果的稳健性<sup>②</sup>。

表5 互联网发展环境下多维教育对不同规模农户IPM技术采纳的影响

变量	小规模种植户			大规模种植户		
	Model10	Model11	Model12	Model13	Model14	Model15
互联网发展环境	0.910** (0.367)	-0.386 (0.271)	0.212 (0.204)	1.088*** (0.349)	0.069 (0.249)	0.262 (0.186)
学历教育	0.220*** (0.061)			0.287*** (0.075)		
学历教育×互联网发展环境	-0.287** (0.122)			-0.266** (0.119)		
默会知识		-0.296 (0.215)			-0.178 (0.226)	
默会知识×互联网发展环境		0.911** (0.459)			0.561 (0.419)	
互联网学习			0.173*** (0.034)			0.156*** (0.032)
互联网学习×互联网发展环境			0.061 (0.080)			0.165** (0.078)
控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
观测值	383	383	383	303	303	303

#### 5. 稳健性检验

为了进一步验证结果的稳健性,本文尝试控制不同的地区固定效应来检验计量结果的稳健性。

① 5亩为样本种植规模的中位数。

② 以往学者大多从规模绝对量或相对量来划分大小规模户,本文探讨的种植规模是一个相对概念,且不需要严格的界定规模户。因此,本文按照上述两种标准进行检验,但受限于文章篇幅,结果未在文中进行汇报。

在上文的回归中控制了省级虚拟变量,此处将通过控制市级和县级虚拟变量进行稳健性检验。表6结果显示,在控制市级固定效应和县级固定效应后,各变量回归系数的显著性和方向与基准回归结果基本保持一致,这再次说明本文的结论具有较好的稳健性。

表6 稳健性检验结果

N=686

变量	控制市级			控制县级		
	Model16	Model17	Model18	Model19	Model20	Model21
互联网发展环境	0.997*** (0.248)	-0.049 (0.181)	0.228 (0.141)	0.979*** (0.248)	-0.059 (0.181)	0.202 (0.141)
学历教育	0.242*** (0.046)			0.243*** (0.046)		
学历教育×互联网发展环境	-0.272*** (0.084)			-0.274*** (0.083)		
默会知识		-0.163 (0.156)			-0.150 (0.156)	
默会知识×互联网发展环境		0.548* (0.306)			0.527* (0.306)	
互联网学习			0.167*** (0.024)			0.165*** (0.024)
互联网学习×互联网发展环境			0.113** (0.056)			0.115** (0.056)
控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
市级	已控制	已控制	已控制	—	—	—
县级	—	—	—	已控制	已控制	已控制

#### 四、结论与政策启示

本文利用陕西省、四川省猕猴桃种植户的微观调研数据,在构建微观互联网发展环境指数的基础上,验证了多维教育对农户IPM技术采纳的影响,并对互联网发展环境在其中的调节作用进行验证。主要结论有:猕猴桃种植户的IPM技术采纳率仅为40.50%,仍有较大提升空间;学历教育、互联网学习均对农户IPM技术采纳行为有显著的正向促进作用,且互联网学习的促进效应更为强烈;此外,互联网发展环境在多维教育与农户IPM技术采纳中发挥了重要的调节作用,互联网发展环境弱化了学历教育对农户IPM技术采纳的影响,强化了默会知识和互联网学习对农户IPM技术采纳的影响,上述结论在考虑内生性后依然稳健。进一步地,互联网发展环境对小规模农户学历教育影响IPM技术采纳的弱化作用更明显,对大规模农户互联网学习影响IPM技术采纳的强化作用更明显。

基于以上结论,本文有以下政策启示:一是,政府应深入推进教育进村入户精准服务,改善农户接受教育的设施环境,着力解决农户农业发展的创新技术等紧迫且重要的知识与技能需求,提升农户农业生产经营能力。二是,政府要在有条件的地区积极探索和创新多维教育体系,将基础教育、职业教育、技能培训和互联网教育等多维教育有机结合,有效扩大农户人力资本存量,积累丰富的技术经验。三是加强互联网基础设施建设,降低农户获取互联网技术和信息的接入门槛,显著提升互联网技术的普及率和利用率,有效保障农户能够利用互联网工具获取农业创新技术,提升家庭农业经营决策水平。

## 参 考 文 献

- [1] 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.
- [2] 童霞,高申荣,吴林海.农户对农药残留的认知与农药施用行为研究——基于江苏、浙江473个农户的调研[J].农业经济问题,2014,35(1):79-85.
- [3] 喻永红,张巨勇.农户采用水稻IPM技术的意愿及其影响因素——基于湖北省的调查数据[J].中国农村经济,2009(11):77-86.
- [4] 赵连阁,蔡书凯.晚稻种植农户IPM技术采纳的农药成本节约和粮食增产效果分析[J].中国农村经济,2013(5):78-87.
- [5] KAISER T, ROHNER M, MATZDORF B, et al. Validation of grassland indicator species selected for result-oriented agri-environmental schemes[J]. Biodiversity and conservation, 2010, 19(5): 1297-1314.
- [6] 储成兵.农户病虫害综合防治技术的采纳决策和采纳密度研究——基于Double-Hurdle模型的实证分析[J].农业技术经济,2015(9):117-127.
- [7] 傅新红,宋汶庭.农户生物农药购买意愿及购买行为的影响因素分析——以四川省为例[J].农业技术经济,2010(6):120-128.
- [8] ABDOLLAHZADEH G, SHARIFZADEH M S, DAMALAS C A. Perceptions of the beneficial and harmful effects of pesticides among Iranian rice farmers influence the adoption of biological control[J]. Crop protection, 2015, 75: 124-131.
- [9] 张云华,马九杰,孔祥智,等.农户采用无公害和绿色农药行为的影响因素分析——对山西、陕西和山东15县(市)的实证分析[J].中国农村经济,2004(1):41-49.
- [10] 万宝瑞.我国农村又将面临一次重大变革——“互联网+三农”调研与思考[J].农业经济问题,2015,36(8):4-7.
- [11] 王金杰,李启航.电子商务环境下的多维教育与农村居民创业选择——基于CFPS2014和CHIPS2013农村居民数据的实证分析[J].南开经济研究,2017(6):75-92.
- [12] 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.
- [13] 杨芷晴.教育如何影响农业绿色生产率——基于我国农村不同教育形式的实证分析[J].中国软科学,2019(8):52-65.
- [14] 王兴稳,钱忠好.教育能促进农地承包经营权流转吗——基于江苏、湖北、广西、黑龙江4省1120户农户的调查数据[J].农业技术经济,2015(1):11-21.
- [15] 沈伟腾,胡求光,李加林,等.中国区域生态效率的时空演变及空间互动特征[J].自然资源学报,2020,35(9):2149-2162.
- [16] 迈克尔·波兰尼.自由的逻辑[M].冯银江,李雪茹,译.长春:吉林人民出版社,2011.
- [17] CLIFTON R, REEVES M C, KALER J, et al. Best practice versus farm practice: perspectives of lecturers and students at agricultural colleges in England on management of lameness in sheep[J]. Journal of rural studies, 2020, 74: 67-75.
- [18] 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.
- [19] 佟大建,黄武.社会经济地位差异、推广服务获取与农业技术扩散[J].中国农村经济,2018(11):128-143.
- [20] 赵建国,周德水.教育人力资本、互联网使用与新生代农民工职业选择[J].农业经济问题,2019(6):117-127.
- [21] 倪喆.“互联网+”时代农业发展新常态研究[J].农村经济,2017(9):14-18.
- [22] 郭建鑫,赵清华,赵继春.农民互联网应用采纳决策及应用强度影响因素研究——基于北京郊区712名农民的调查数据[J].华中农业大学学报(社会科学版),2017(5):56-62.
- [23] 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.
- [24] 苏岚岚,孔荣.互联网使用促进农户创业增益了吗?——基于内生转换回归模型的实证分析[J].中国农村经济,2020(2):62-80.
- [25] 张在一,毛学峰.“互联网+”重塑中国农业:表征、机制与本质[J].改革,2020(7):134-144.
- [26] 王子敏.互联网、社会网络与农村流动人口就业收入[J].大连理工大学学报(社会科学版),2019,40(3):15-23.
- [27] 贺斌.默会知识研究:概述与启示[J].全球教育展望,2013,42(5):35-48.
- [28] 赵建国,周德水.教育人力资本、互联网使用与新生代农民工职业选择[J].农业经济问题,2019(6):117-127.
- [29] OLAISEN J, REVANG O. Exploring the performance of tacit knowledge: how to make ordinary people deliver extraordinary results in teams[J]. International journal of information management, 2018, 43: 295-304.
- [30] 祝仲坤,冷晨昕.互联网与农村消费——来自中国社会状况综合调查的证据[J].经济科学,2017(6):115-128.
- [31] WAHBA J, ZENOU Y. Out of sight, out of mind: migration, entrepreneurship and social capital[J]. Regional science and urban economics, 2012, 42(5): 890-903.
- [32] 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.
- [33] CONLEY T G, HANSEN C B, ROSSI P E. Plausibly exogenous[J]. Review of economics and statistics, 2012, 94(1): 260-272.

## Research on the Impact of Multi-dimensional Education on Farmers' Adoption of IPM Technology in the Internet Development Environment

CHEN Zhe, LI Xiaojing, XIA Xianli

**Abstract** Based on the establishment of a theoretical framework for multi-dimensional education to influence farmer's adoption of IPM technology in the Internet development environment, 686 micro-survey data of growers in main kiwifruit production areas of Shaanxi and Sichuan provinces were used to obtain information from the Internet penetration and utilization while applying the entropy method. From the two dimensions a village-level Internet development environment index was constructed and the role of the Internet development environment in the relationship between multi-dimensional education and farmers' adoption of IPM technology was explored. The results show that all dimensions of multi-dimensional education (including academic education and e-learning) directly promote farmers' adoption of IPM technology. The Internet development environment reduces farmers' dependence on academic education in the process of adopting IPM technology, but it has significantly enhanced the positive role of tacit knowledge and e-learning, and the findings remain robust after addressing the endogeneity of academic education. Further taking into account the heterogeneity of grower size, the weakening effect of the Internet development environment on the academic education of small-scale farmers on the adoption of IPM technology is more apparent, and the strengthening effect on the e-learning of large-scale farmers on the adoption of IPM technology is more prominent. Therefore, it is recommended that the government continue to improve the rural education infrastructure and actively explore and innovate a multidimensional education system to increase farmers' technical knowledge and experience, which in turn promotes their technology adoption behavior.

**Key words** Internet development; multi-dimensional education; IPM technology; tacit knowledge; e-learning

(责任编辑:余婷婷)