



中国农业资源与区划

Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning

ISSN 1005-9121, CN 11-3513/S

《中国农业资源与区划》网络首发论文

题目：智能终端使用、膳食健康意识与绿肥稻作系统扩散
作者：张康洁，李福夺，尹昌斌
收稿日期：2022-12-30
网络首发日期：2023-04-18
引用格式：张康洁，李福夺，尹昌斌. 智能终端使用、膳食健康意识与绿肥稻作系统扩散[J/OL]. 中国农业资源与区划.
<https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3513.S.20230418.1327.008.html>



网络首发：在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认：纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

绿色发展 ·

智能终端使用、膳食健康意识与绿肥稻作系统扩散

张康洁^{1*} 李福夺^{2※} 尹昌斌²

(1. 中国社会科学院农村发展研究所, 中国 北京 100732; 2. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 中国 北京 100081)

摘要 [目的]在“健康中国”战略深入实施背景下,推进食物系统转型对改善居民膳食健康具有重要意义。[方法]文章基于安徽、湖南和广西三省区 934 份实地调查数据,综合运用 PLS-SEM、Ordered logit 等模型探究了智能终端使用对自留口粮农户膳食健康意识的影响,并进一步揭示这种意识向健康型食物系统转型实践即绿肥稻作系统采纳行为转化的机理。[结果]研究发现:智能终端使用可以通过消除信息不对称,对农户绿肥稻作系统价值认知、口粮健康感知和健康关注程度具有正向强化作用;口粮健康感知与健康关注可分别与绿肥稻作系统价值认知构成链式中介因子,在智能终端使用和采纳行为之间发挥中介作用。[结论]因此,该文提出,应通过进一步提高智能终端在农村的普及率、增加绿肥稻作系统的在线曝光率来推进绿肥稻作系统在中国南方稻区的推广扩散,并注重改善农户的采纳持续性和采纳质量,以改善农村居民膳食健康。

关键词: 绿肥稻作系统 采纳行为 智能终端使用 膳食健康意识 自留口粮农户

中图分类号: F323.3;TS201.4 **文献标志码:** A

0 引言

2023 年中央一号文件提出要“树立大食物观”,推动“构建多元化食物供给体系”。发展大食物观,要以粮食为基础。《中国居民膳食指南科学研究报告(2021)》显示,谷类食物是我国居民尤其是农村居民膳食的主体,也是人体能量的重要来源。特别是稻米,作为我国第一大主粮,产量约占全国粮食总产量的 40%,且 60%以上的人口以其为主食,稻米安全与营养已成为影响人体膳食健康的重要一环。然而,已有研究发现,在当前农作模式下,对土壤重金属吸收程度最高的谷类作物也是水稻,这是多年来有毒稻米事件频发的主要原因^[1]。另一方面,稻米虽然能够为人体提供大量能量,但常规稻米中钙、铁、锌等微量营养素含量稀少,即使长期持续摄入也无法满足人体对营养元素的基本需求^[2],从而成为人体膳食健康体系中的薄弱环节。为此,我国相继出台《中国的粮食安全白皮书》(2019)、《优质粮食工程“六大提升行动”方案》(2021)等系列政策文件,强调要大力发展全谷物等新型

收稿日期: 2022-12-30

作者简介: 张康洁(1989-),女,山东聊城人,博士后。研究方向:农业绿色发展

※通讯作者: 李福夺(1989-),男,山东德州人,博士后。研究方向:农业资源与环境经济。E-mail:lifuduo@caas.cn

***资助项目:** 国家社会科学基金重大项目“生态补偿与乡村绿色发展协同推进体制机制与政策体系研究”(批准号:18ZDA048);中国博士后科学基金面上项目资助“耕地质量保护目标下农户绿肥轮作采纳动力机制研究”(批准号:2021M693446);中国社会科学院博士后创新项目“农户绿色生产的动力机制与政策保障研究”。

营养健康食品，这为大力支持优质稻米等粮食产品的安全营养升级扩版提供了有力保障。

提升稻米安全性的方式主要有化学品减量化和土壤重金属治理等^[3]，预防微量营养素缺乏的途径则包括饮食结构调整、膳食营养补充剂、食品强化和作物营养强化等^[2]。但在现实中，由于农事农艺、加工工艺复杂性和增产增效目标的限制，食物安全与营养强化通常较难同步实现^[4]。最新研究发现，推进传统稻作系统向绿肥稻作系统转型，是在保障粮食稳定增产的同时，从生产端全面提升稻米安全和营养特性的有效措施。例如，在安全性方面，Wang等^[5]分析发现，绿肥稻作系统通过减少酸可提取态重金属和可还原态重金属，将其转变为更稳定的残渣态重金属，减低土壤中生物可利用重金属浓度，进而减少稻米中重金属的积累。在营养性方面，王赞等^[6]、卜容燕等^[7]通过测定，发现绿肥稻米中大部分微量营养素含量均有不同程度的提升。

尽管绿肥稻作系统终端产品的品质提升价值已被揭示，但如何促进此系统推广扩散以实现健康效应的广泛外溢，目前学术界尚缺乏有效探索。在中国，小农户占据了农业生产经营主体的绝大部分，而在南方稻作区多数小农户具有“自留口粮”的习惯^[8]。与完全商品化农户相比，自留口粮农户更关注“吃的健康”，通过遵循生命逻辑满足家庭成员的膳食安全和营养效用^[9]。从这一点来看，自留口粮农户理应成为绿肥稻作系统推广的主要对象。而现实中，自留口粮农户由于面临较为严重的“信息壁垒”，使其难以及时、全面地获取与膳食健康有关的决策支持信息，这不利于绿肥稻作系统在微观农户层面的扩散。在这种情境下，若向农户提供所需信息可能会提高行为发生的边际可能性^[10]。

农村互联网的普及与发展给农业信息的纵深传播提供了新契机。《互联网发展统计报告》显示，截至2020年12月，农村网民人数超过3.09亿，其中超过2.3亿人使用智能手机和家庭作为主要终端。智能终端正成为农户获取信息最主要的渠道，学者们也开始关注智能终端使用对农户生产决策的影响。例如，Dehnen-Schmutz等^[11]研究发现，智能终端使用提高了农户参与农业科学项目的意愿；Ma等^[12]指出智能终端使用促进了农户采纳农业化学品减施行为。如此，智能终端能否通过传播与绿肥稻作系统相关信息以改善农户膳食意识，进而促进其采纳绿肥稻作系统？鉴于此，本研究拟重点探讨智能终端使用、膳食健康意识与绿肥稻作系统扩散三者之间的关系。其贡献在于，将微观层面绿肥稻作系统扩散与农村居民膳食健康建立内在联系，明确农村信息化背景下，智能终端使用促进膳食健康意识向绿肥稻作系统采纳行为转化的机理。具体主要探究如下问题：口粮健康感知与健康关注是否可分别与绿肥稻作系统食物品质改善价值认知构成链式中介因子，在智能终端使用和采纳行为之间发挥中介作用？相关结果对破解因信息不对称而带来的绿肥稻作系统扩散困境具有重要价值。

1 理论框架与研究假设

认知行为理论指出，认知是对行为进行的解读，它可以直接影响行为主体最终的实施抉择。在本研究中，农户对绿肥稻作系统价值认知主要体现在两个方面，一是对绿肥稻作系统口粮安全改善价值的认知，二是对其口粮营养改善价值的认知。当农户认识到绿肥稻作系统的独特价值时，会产生一定的心理认同感，促使农户做出采纳决策。而农户认知的形成往往

受“自动化思考”机制的影响^[13]。自动化思考是指通过长时间的农业生产经验积累而形成的某种相对固定的行为模式，此时，农户许多零散或错置的认知可能会导致行为偏差，若想改变这种状况，必须对认知进行修正及正向强化。农业信息化快速发展背景下，农村互联网的接入和智能终端的普及为农民获取与绿肥稻作系统价值相关的信息提供了多元、有效的渠道^[14]。信息获取有利于修正农户对绿肥稻作系统价值初始认知的偏差，并进一步强化对系统价值正确认知的理解、提高认知全面性，进而在心理诱发机制的作用下催化绿肥稻作系统采纳行为的产生^[15]。据此，提出如下假设：

H1：对自留口粮农户而言，绿肥稻作系统价值认知在智能终端使用与采纳行为之间发挥中介作用。

健康关注和口粮健康感知是影响居民寻求健康食物的两个直接动因^[16-17]。已有研究表明智能终端的使用与农户信息关注度具有显著正相关系^[18]，智能手机等智能终端能够直接为农村居民提供相关信息，还可以通过构建社会关系网络拓展信息获取渠道。健康关注作为信息关注的重要组成部分，是自留口粮农户追求安全、营养饮食意识的表现，也是个体进行认知性分析的基础。关注行为会提高人们的认知水平^[19]，若农户对健康关注程度越高，越可能会提高其对绿肥稻作系统价值认知的水平。由此可知，智能终端使用可以通过提高农户健康关注度进而提升对系统的价值认知。在本研究中，口粮健康感知作为一种行为态度，是指农户对自身所生产和摄入食物安全性和营养性的综合评价^[20]。而信息源会影响人的认知过程，进而影响行为决策。通过智能终端使用获取的相关信息，会提高自身口粮健康感知程度，增强农户对绿肥稻作系统价值认知的认同感，进而促进其采纳行为。由以上可知，智能终端作为农户获取信息的重要渠道，可以打破信息壁垒、提高传播效率，提升农户的信息储备水平^[21]，改善农户的健康关注和口粮健康感知水平，进而加深农户对绿肥稻作系统价值的认知水平。同时，考虑到上文智能终端使用、绿肥稻作系统价值认知和采纳行为之间的关系，提出如下假设：

H2：对自留口粮农户而言，健康关注和绿肥稻作系统价值认知在智能终端使用与采纳行为之间发挥链式中介作用。

H3：对自留口粮农户而言，口粮健康感知和绿肥稻作系统价值认知在智能终端使用与采纳行为之间发挥链式中介作用。

本研究的理论分析框架如图 1 所示。

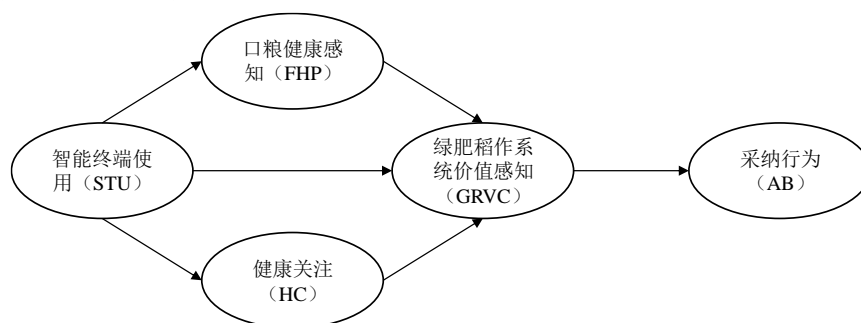


图 1 理论框架

2 数据来源、变量选取与计量模型

2.1 数据来源

根据图 1 研究框架,按照结构合理、逻辑性强、问题简洁、长度适度的原则设计调查问卷,主要包括农户个人和家庭特征、智能终端使用情况、健康健康关注与口粮健康感知情况、绿肥稻作系统价值认知及采纳行为四部分内容。问卷设计完成后,由专家小组对每个题项的科学性、合理性及可行性开展评估。随后,于 2019 年 11 月在安徽巢湖进行预调查,获得 152 份样本;根据预调查数据分析结果排除存在共线性、信度不足等不可靠的题项,得到可用于正式调查的最终版本调查问卷。

正式研究数据来源于 2019 年 11 月—2020 年 1 月在安徽、湖南和广西三省区开展的实地调查。样本省份选择的依据概述如下:一是三省区皆处于南方水稻主产区,水稻种植面积、产量皆居全国前列;二是它们均具有悠久的绿肥文化,且当地政府都比较重视恢复性发展绿肥,享有大规模推广绿肥稻作系统的政策条件。此调研主要采取典型抽样与随机抽样相结合的形式开展。具体而言,鉴于所选省份中的一些县不具备推广绿肥稻作系统的地理或经济条件,应将这些县从总样本库中排除,因此采用典型抽样方法获取样本县。然而,在同一个县内,地理和气候条件通常差别不大,可以采用不成比例的随机抽样来确定样本乡镇和村庄,而以完全随机抽样的形式选取样本农户。如此,在每个省区抽取 2 个县(安徽为巢湖、贵池,湖南为长沙、赫山,广西为隆安、灵川),每个县选择 3 个乡镇,每个乡镇选择 4 个村,在每个村随机抽取 15 个从事粮食生产经营的农户。以采用面对面访谈的方式通过对家庭中实际从事农业生产、具有劳动能力的成年人开展调查收集问卷数据,最终回收 1080 份问卷,剔除存在极端值、数据大量缺失等无效问卷,获取有效问卷 934 份,有效回收率达 86.5%。

从表 1 可知,样本农民以男性为主,50 岁以上的农民占总样本人数的 68%,初中及以下的农民占近 80%。可见,农村劳动力受教育程度总体较低,且具有老龄化特征。在家庭规模方面,4~5 人中等规模家庭占样本总数的近一半。73.3%的被调查家庭稻田经营面积在 0.67 公顷以下,这突出了我国小农生产的基本特征。此外,超过 60%的被调查家庭收入在 3 万元以上,这与家庭较小的农田经营面积并不相符,说明其收入有较大部分可能来自非农部门。此结论与《中国人口与就业统计年鉴(2019)》中的实际数据相吻合。

表 1 描述性统计分析

指标	定义	频数	百分比(%)	测度方法	平均值	标准差
性别 (GENDER)	男	622	66.5	男=1;	0.666	0.472
	女	312	33.5	女=0		
年龄 (AGE)	≤40	85	9.1	实际值 (岁)	54.691	5.299
	41~50	214	22.9			
	51~60	376	40.3			
	>60	259	27.7			
受教育程度 (EDUC)	文盲	43	4.6	文盲=1; 大专及以上=5	2.871	0.865
	小学	256	27.4			
	初中	445	47.6			
	高中	158	16.9			
家庭规模	大专及以上	32	3.4	实际值	4.709	1.777
	≤3	231	24.7			

(FAS)	4~5	438	46.9	(人)		
	>5	265	28.4			
家庭收入	<3	341	36.5	实际值	13.938	14.568
(FAI)	3~9	363	38.9	(万元/年)		
	>9	230	24.6			
稻田面积	<0.33	427	45.7	实际值	0.475	1.809
(PFA)	0.33~0.67	258	27.6	(公顷)		
	>0.67	249	26.7			

2.2 变量选取及描述性统计分析

农村信息化促进了农民生活方式的变革,使用智能终端进行信息搜索已成为农民获取信息的主要方式。家庭电脑和智能手机以其便捷性和低成本性,正发展成为农民可获取和使用的主要智能终端。基于此,本研究以日常生活中农户对此两种设备的使用情况为依据建立智能终端使用测度指标。对于健康关注方面,参考李瑞锋等^[22]、张颖南等^[23]的研究,从对健康的重视程度和公共健康事件关注程度两个层面进行测度。借鉴廖芬^[2]的研究,将口粮健康感知分解为口粮安全现状感知和口粮营养现状感知两个测度指标。立足绿肥稻米的健康改善功效,以农户对绿肥稻作系统改善口粮安全与营养的价值认知为标准,建立起绿肥稻作系统价值认知测度指标体系。对于绿肥稻作系统采纳行为,它主要包括采纳年限和采纳质量两个重要方面,其中,采纳年限表示农户对该稻作系统的认可程度,反映了系统发展的可持续性;而采纳质量反映农户在系统采纳中的投入情况,决定了终端产品绿肥稻米品质提升的程度。因此,以采纳年限和采纳质量测度绿肥稻作系统采纳行为具有理论可行性。具体见表 2。

表 2 变量名称及测量题项

潜变量	可观测变量	编码	测量题项
智能终端使用 STU	使用家庭电脑	STU1	日常生活中是否使用家庭电脑浏览与绿肥稻作系统相关的信息: 否=0, 是=1
	使用智能手机	STU2	日常生活中是否使用智能手机浏览与绿肥稻作系统相关的信息: 否=0, 是=1
健康关注 HC	对健康的重视程度	HC1	对食物安全与营养的重视程度: 不重视=1, 不太重视=2, 3=一般, 4=比较重视, 5=非常重视
	公共健康事件关注程度	HC2	对毒大米等公共健康事件的关注程度: 从不关注=1, 偶尔关注=2, 有时关注=3, 比较关注=4, 非常关注=5
口粮健康感知 FHP	口粮安全现状	FHP1	当前口粮(稻米)的安全性如何: 很不安全=1, 较不安全=2, 一般=3, 比较安全=4, 非常安全=5
	口粮营养现状	FHP2	当前口粮(稻米)的营养性如何: 很不营养=1, 较不营养=2, 一般=3, 比较营养=4, 非常营养=5
绿肥稻作系统价值认知 GRVC	口粮安全改善价值	GRVC1	采纳绿肥稻作系统有利于改善稻米的安全性: 很不赞同=1, 较不赞同=2, 不清楚=3, 比较赞同=4, 非常赞同=5
	口粮营养改善价值	GRVC2	采纳绿肥稻作系统有利于改善稻米的营养性: 很不赞同=1, 较不赞同=2, 不清楚=3, 比较赞同=4, 非常赞同=5
采纳行为 AB	绿肥稻作系统采纳年限	AB1	近五年中有几年采纳了绿肥稻作系统: 从未采纳=1, 1年=2, 2年=3, 3年=4, 4年及以上=5

由图 2 各可观测变量的描述性统计分析可知，受访农户中，使用家庭电脑的比例超过 40%，而使用智能手机的比例较高，接近 60%，这可能与智能手机具有较高的携带和使用便捷性以及较低购买成本有关。85%的受访农户对健康具有较高的重视程度，而关注公共健康事件的比例相对较低，为 48.2%。关于口粮健康感知，分别有 64.7%和 60.2%的农户感知到当前口粮的安全性与营养性存在较大的不足，而认为口粮是安全的和营养的比重仅有 22.8%和 15.4%。调查显示，认识到采纳绿肥稻作系统能够显著改善稻米的安全性和营养性的农户比例分别为 84.1%和 78.2%，此反映出—个事实，即南方稻区悠久的绿肥文化和早期绿肥应用的经历已深入塑造了农民特别是中老年农民的价值观，使其相信并认同绿肥稻作系统的健康改善价值。从采纳行为来看，一半以上的受访者近五年中有至少 3 年采纳了绿肥稻作系统，70%以上至少有 1 年的采纳经历，而绿肥生长期采纳 3 种及以上农事农艺措施的比例仅有 40%，这说明，虽大部分农户已采纳绿肥稻作系统，但却未高度关注采纳质量问题，从而影响终端产品绿肥稻米质量的提升和健康效应的发挥。

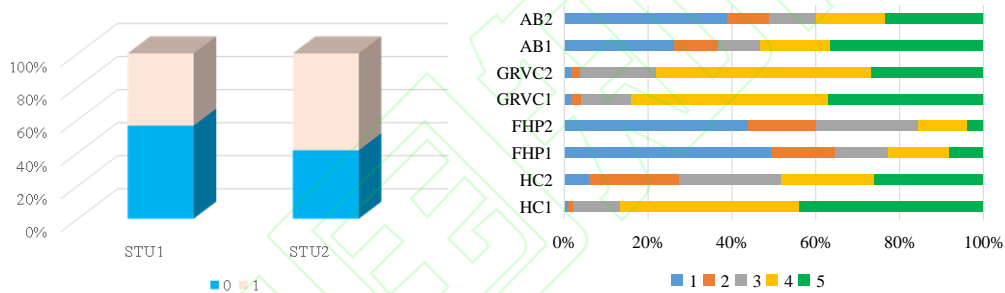


图 2 可观测变量的描述性统计分析

2.3 计量模型

本研究采用偏最小二乘结构方程模型(PLS-SEM)进行实证建模。它是基于 PLS 回归提出的一种综合性方法，主要由结构模型、测量模型组成，前者用于描述外、内生潜变量间的关系，而后者用来表示潜变量与可观测变量间的关系。已有研究证明，与 SEM 相比，PLS-SEM 更适合于探索性或扩张性的理论模型^[24]，其对数据样本量和分布状态要求不高，不仅可以使误差项为最小化，同时还能有效处理共线性问题。此部分主要采用 Smart PLS 3.0 版本对数据开展分析。

结构模型可以被定义为：

$$\eta = \beta\eta + \Gamma\xi + \zeta \tag{1}$$

其中， $\eta, \beta, \xi, \zeta \in R^n$ ， $\Gamma \in R^{m \times n}$ 。 η 是由 m 个内生潜变量组成的 $m \times 1$ 形式的向量；

ξ 是由 n 个外生潜变量组成的 $n \times 1$ 形式的向量； Γ 是一个 $m \times n$ 结构的系数矩阵，它反映了

了外生潜变量 ξ 对内生潜变量 η 的影响。由于 PLS 表示递归关系，因此有：

$$\eta_j = \sum_i \beta_{ji} \eta_i + \sum_b \gamma_{jb} \xi_b + \zeta_j \quad (2)$$

其中, β_{ji} 和 γ_{jb} 各表示内、外生潜变量的系数; ζ_j 是内生残差项。

测量模型可以被定义为:

$$X = \Lambda_\xi + \varepsilon_x \quad (3)$$

$$Y = \Lambda_\eta + \varepsilon_y \quad (4)$$

其中, x, y 分别表示外生潜变量 ξ 和内生潜变量 η 的可观测变量; Λ_ξ 是一个 $q \times n$ 结构的系数矩阵, Λ_η 是一个 $p \times m$ 结构的系数矩阵, 权重由以下公式进行估计:

$$\hat{\xi}_l = \sum_h w_{lh} x_{lh} \quad (5)$$

$$\hat{\eta}_l = \sum_k w_{lk} x_{lk} \quad (6)$$

式中, w_{lh} 和 w_{lk} 分别为用于估计潜变量 ξ 和 η 的第 h 个和第 k 个权重。

3 实证结果与分析

3.1 测量模型结果与分析

本研究通过信度检验以及收敛效度、区别效度检验来开展测量模型评估。

信度是指测量结果的稳定性, 一般测量误差越小, 表明结果稳定性越高^[25]。以往研究常通过 *Cronbach's alpha* 和 *CR* 进行问卷结果的信度检验。一般将 0.7 作为这两个指标的阈值极限, 数值越高代表信度越高^[26]。它们不同之处在于, 通常用 *Cronbach's alpha* 检验潜变量与观察变量之间的内部一致性, 而 *CR* 应用范围更广。表 3 为 *Cronbach's alpha* 和 *CR* 的结果, 可见各指标均符合相应的约束条件。

效度用来反映模型测量的准确性, 若效度愈高, 测量结果愈能准确反映被测内容的真实特征。它主要分为收敛效度、区别效度两种。前种主要用于检验潜变量之间的相关性, 其最常用的评价指标是平均方差提取(AVE)和因子载荷。当 AVE 和因子载荷均大于 0.5 时, 可以认为经过检验的模型具有足够的收敛效度^[24]。由表 3 可知, AVE 和因子载荷结果等各指标值皆在 0.5 以上, 说明具有良好的收敛效度。使用区别效度检验潜变量之间的差异。衡量区别效度的方法主要有变量交叉载荷法、弗奈尔—拉克准则和 HTMT 比率三种, 它们存在不同的阈值限制。本研究给出了利用弗奈尔—拉克准则进行检验的结果(表 4), 每个维度的 \sqrt{AVE} 都大于与其它维度的相关系数^[27], 可见测量模型均存在良好的区别效度。

表 3 信度及收敛效度检验

题项	平均值	标准差	载荷系数	Cronbach's α	CR	AVE
STU1	0.436	0.496	0.782	0.711	0.789	0.814
STU2	0.585	0.493	0.921			

FHP1	2.168	1.380	0.877			
FHP2	2.145	1.206	0.927	0.775	0.898	0.814
HC1	4.281	0.767	0.974			
HC2	3.418	1.237	0.778	0.873	0.768	0.746
GRVC1	4.155	0.841	0.953			
GRVC2	3.998	0.819	0.941	0.886	0.946	0.897
AB1	3.267	1.649	0.927			
AB2	2.757	1.645	0.896	0.798	0.908	0.831
DST	3.599	1.654	1.000	1.000	1.000	1.000
DH	3.921	1.460	1.000	1.000	1.000	1.000

表 4 潜在构面的区别效度

弗奈尔—拉克准则 (Fornell-Larcker criterion) :							
	STU	FHP	HC	GRVC	AB	DST	DH
STU	0.810						
FHP	0.338	0.902					
HC	0.139	0.034	0.739				
GRVC	0.196	0.223	0.595	0.947			
AB	0.459	0.522	0.001	0.319	0.912		
DST	0.537	0.485	0.016	0.334	0.675	1.000	
DH	0.545	0.476	0.037	0.378	0.658	0.612	1.000

3.2 结构模型结果与分析

3.2.1 估计结果与分析

根据图 3 和表 5, 智能终端使用在 5% 的显著性水平上对绿肥稻作系统价值认知具有正向影响 ($Cof.=0.052$, $p=0.036$), 而绿肥稻作系统价值认知能够显著促进农户采纳此系统 ($Cof.=0.318$, $p=0.000$), 这表明绿肥稻作系统价值认知可能在智能终端使用与采纳行为之间具有中介作用; 为此, 进一步采用 Bootstrap 方法进行中介效应验证, 如表 7 所示, 路径“STU→GRVC→AB”的特定间接效应值为 0.185, 且 95% CI 的高值与低值区间不包含 0, 说明绿肥稻作系统价值认知在智能终端使用与采纳行为之间发挥着显著的中介效应。由此, 假设 H1 得到验证。

同时, 智能终端使用对农户的口粮健康感知 ($Cof.=0.338$, $p=0.000$) 和健康关注 ($Cof.=0.139$, $p=0.001$) 具有显著的正向影响, 而口粮健康感知 ($Cof.=0.185$, $p=0.000$) 和健康关注 ($Cof.=0.581$, $p=0.000$) 均在 1% 的显著性水平上正向影响绿肥稻作系统价值认知, 这说明, 智能终端使用、口粮健康感知/健康关注、绿肥稻作系统价值认知与采纳行为之间也存在链式相关关系; 经中介效应检验, 路径“STU→FHP→GRVC→AB”和“STU→HC→GRVC→AB”的特定间接效应值分别为 0.020 和 0.026, 且 95% CI 的高低值区间均不包含 0 (表 6), 这表明, 口粮健康感知与绿肥稻作系统价值认知、健康关注与绿肥稻作系统价值认知均在智能终端使用和采纳行为之间发挥链式中介作用, 从而假设 H2 和 H3 得到验证。

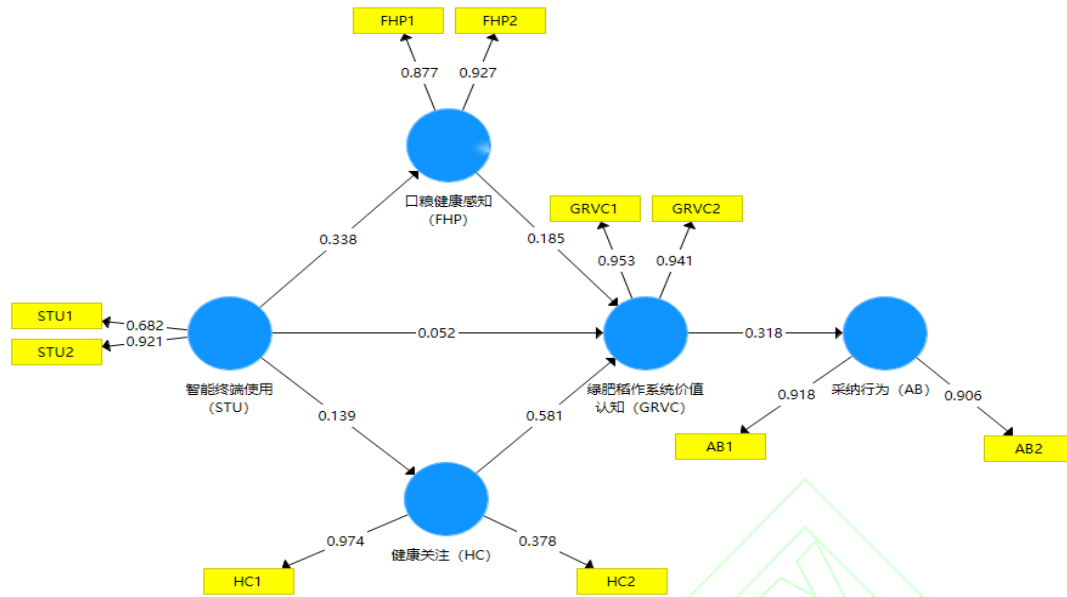


图 3 智能终端使用对自留口粮农户绿肥稻作系统采纳行为的影响

表 5 路径系数

作用路径	路径系数 (Cof.)	标准差 (S.D.)	T 统计量	P 值
STU→FHP	0.338	0.030	11.168	0.000
STU→GRVC	0.052	0.023	8.033	0.036
STU→HC	0.139	0.043	3.243	0.001
FHP→GRVC	0.185	0.023	8.033	0.000
HC→GRVC	0.581	0.027	21.797	0.000
GRVC→AB	0.318	0.026	12.322	0.000

表 6 智能终端使用影响的特定间接效应和总间接效应

作用路径	效应值	标准差 (S.D.)	T 统计量	P 值	Bias-Corrected 95%		Percentile		
					CI		95% CI		
					Lower	Upper	Lower	Upper	
特定间接效应:									
STU→GRVC→AB	0.185	0.015	12.050	0.000	0.001	0.034	0.002	0.034	
STU→FHP→GRVC→AB	0.020	0.004	5.125	0.000	0.014	0.029	0.014	0.029	
STU→HC→GRVC→AB	0.026	0.008	3.066	0.002	0.010	0.044	0.009	0.041	
总间接效应:STU→AB	0.062	0.012	5.030	0.000	0.040	0.088	0.038	0.085	

3.2.2 进一步分析智能终端使用对绿肥稻作系统采纳影响的边际效用

上文验证了智能终端使用可以通过口粮健康感知与绿肥稻作系统价值认知、健康关注与绿肥稻作系统价值认知两条作用路径对农户绿肥稻作系统采纳行为产生促进效应，那么，不同智能终端使用强度对农户采纳行为的影响是否存在异质性？本研究以采纳智能终端的种数表征智能终端使用强度，其取值范围为 0~2；而因变量绿肥稻作系统采纳年限和采纳质量均为取值 1~5 的有序变量，因此，亦可采用 Ordered logit 模型进行分析。

由表 7 回归结果可知,在控制其他因素不变的情况下,智能终端使用强度每提升 1 个单位,五年中农户绿肥稻作系统采纳 1、2、3 年的概率分别显著降低 20.4%、5.5%和 1.7%,而采纳 4、5 年的概率分别明显提高 3.4%和 24.3%。其表明智能终端使用强度的增加有助于激励、引导农户持续产生绿肥稻作系统采纳行为。对此做出的解释为,智能终端使用强度与信息丰度密切相关,强度越大,所接触的信息面越广、获取的信息量越大,则对口粮健康的感知越清晰^[28];同时,信息暴露往往还会引起个人对食品健康问题的关注,进而“倒逼”农户去探寻健康食物信息并将生产这种安全、营养食物纳入家庭农业生产安排^[29]。

由表 8 回归结果可知,在其他因素不变的情况下,智能终端使用强度每提升 1 个单位,绿肥稻作系统采纳质量为 1 和 2 的概率分别在 1%水平上降低 22.3%和 1.3%,而采纳质量为 3、4、5 的概率分别在 1%水平上提高 1.4%、6.8%和 15.4%。由此可知,提高智能终端使用强度能够降低绿肥稻作系统低采纳质量发生的可能性,而增加高采纳质量发生的概率。可能的原因是,一方面高强度的智能终端使用意味着更多的技术信息可以被获取,这有利于提高农户的技术应用能力^[30];另一方面,充分的信息暴露能够让农户更加了解绿肥稻作系统的健康改善价值,从而激励其自觉提高采纳质量、生产高品质的绿肥稻米^[31]。

表 7 智能终端使用(STU)对采纳年限(AB1)的影响及边际效应

变量	系数 (Cof.)	AB1=1	AB1=2	AB1=3	AB1=4	AB1=5
STU	1.105*** (0.091)	-0.204*** (0.018)	-0.055*** (0.008)	-0.017*** (0.005)	0.034*** (0.007)	0.243*** (0.020)
GENDER	-0.499*** (0.137)	0.092*** (0.025)	0.025*** (0.007)	0.008*** (0.003)	-0.015*** (0.005)	-0.110*** (0.030)
AGE	0.015** (0.007)	-0.003** (0.001)	-0.001** (0.001)	-0.002* (0.001)	0.001* (0.002)	0.003** (0.002)
EDUC	-0.062 (0.081)	0.011 (0.015)	0.003 (0.004)	0.001 (0.001)	-0.002 (0.002)	-0.014 (0.018)
FAI	-0.019*** (0.003)	0.003*** (0.002)	0.002*** (0.002)	0.002*** (0.001)	-0.001*** (0.001)	-0.004*** (0.001)

表 8 智能终端使用(STU)对采纳质量(AB2)的影响及边际效应

变量	系数 (Cof.)	AB2=1	AB2=2	AB2=3	AB2=4	AB2=5
STU	0.943*** (0.088)	-0.223*** (0.021)	-0.013*** (0.004)	0.014*** (0.004)	0.068*** (0.009)	0.154*** (0.015)
GENDER	-0.213 (0.134)	0.050 (0.032)	0.003 (0.002)	-0.003 (0.002)	-0.015 (0.010)	-0.035 (0.022)
AGE	0.002 (0.007)	-0.001 (0.002)	-0.001 (0.001)	0.001 (0.001)	0.002 (0.001)	0.002 (0.001)
EDUC	-0.033 (0.080)	0.008 (0.019)	0.002 (0.001)	-0.004 (0.001)	-0.002 (0.006)	-0.005 (0.013)
FAI	-0.010*** (0.003)	0.002*** (0.001)	0.001** (0.001)	-0.002** (0.001)	-0.001*** (0.001)	-0.002*** (0.001)

3.3 稳健性检验

考虑到老年农户本身的身体机能正在退化,其健康状况可能容易受到内生因素的影响,故本研究适合采用剔除部分样本的方法对进行稳健性检验。具体方案为,将年龄大于 65 岁的样本在总样本库中剔除,然后再次进行实证分析。结果如图 5 所示。可见,剔除部分样本

后，农户的绿肥稻作系统采纳行为仍对其健康改善具有显著的促进作用，且膳食结构对采纳行为影响健康改善这一过程的正向调节效应亦具有显著性。同样，采用 Bootstrap 方法进行检验，智能终端使用对绿肥稻作系统采纳行为影响的特定间接效应和总间接效应与总样本的估计结果在路径系数大小、显著性方面均未发生改变。据此，表明模型的稳健性得到验证。

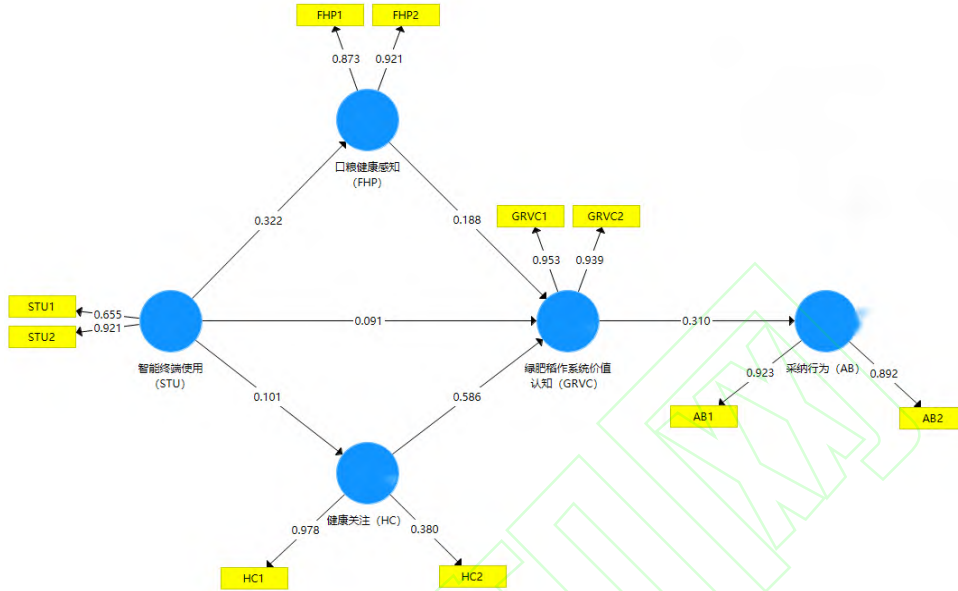


图 4 稳健性检验结果

注：限于篇幅，稳健性检验中系数以外的其它统计量及特定间接效应和总间接效应的结果不予报告。

4 主要结论与启示

本文基于 2019 年 11 月—2020 年 1 月在安徽、湖南和广西三省区开展的实地调查，综合运用 PLS-SEM、Ordered logit 等模型探究了智能终端使用对自留口粮农户膳食健康意识的影响，并进一步揭示这种意识向健康型食物系统转型实践即绿肥稻作系统采纳行为转化的机理。研究结果显示：口粮健康感知与绿肥稻作系统价值认知、健康关注与绿肥稻作系统价值认知均在智能终端使用和采纳行为之间发挥链式中介作用，表明智能终端使用可以发挥信息扩散作用，通过改善农户的口粮健康感知、健康关注以及绿肥稻作系统价值认知，进而通过多元路径催生绿肥稻作系统采纳行为。同时，从边际效应来看，提高智能终端使用强度有助于改善绿肥稻作系统的采纳可持续性和采纳质量，进而可以对自留口粮农户健康产生积极影响。

根据上述研究结论，为促进农户采纳绿肥稻作系统以强化膳食健康水平，本文得到以下启示：第一，相比传统稻作系统，绿肥稻作系统不仅能够保障粮食稳定增产，还能从生产端全面提升稻米安全和营养特性进而改善人体健康。为此，应在南方稻区大力发展绿肥稻作系统，促进稻米生产由低端向更为优质的绿肥稻米升级扩版，以满足人们安全、营养、优质的消费需求。第二，采纳绿肥稻作系统是自留口粮农户健康改善的前提，由于面临“信息孤岛”，往往会导致农户做出“不采纳”的非理性决策，但在当前农村信息化进程不断深入的背景下，智能终端使用在很大程度上打破了“信息壁垒”。因此，政府应进一步加快农村“新基建”

发展,推动数字乡村工程建设,以提高农户使用智能终端普及率,促进农民生产生活方式的信息化变革。第三,考虑到信息披露有助于改善农户的口粮健康感知、健康关注和绿肥稻作系统价值认知,因此,可以通过信息形成机制增加相关信息的在线曝光率,强化农户理解,进而促进农户采纳绿肥稻作系统。

参考文献

- [1] 王成尘,田稳,向萍,徐武美,管冬兴,马奇英.土壤-水稻/小麦重金属吸收机制与安全调控.中国环境科学,2022,42(02):794-807.
- [2] 廖芬.作物营养强化农产品改善人口营养健康的经济评价研究.华中农业大学,2020.
- [3] 张康洁,于法稳,尹昌斌.产业组织模式对稻农绿色生产行为的影响机制分析.农村经济,2021(12):72-80.
- [4] 张俊伶,张江周,申建波,田静,金可默,张福锁.土壤健康与农业绿色发展:机遇与对策.土壤学报,2020,57(04):783-796.
- [5] Wang, Y., Liang, H., Li, S.. Co-utilizing milk vetch, rice straw, and lime reduces the Cd accumulation of rice grain in two paddy soils in south China. Science of the Total Environment, 2022(806): 150622.
- [6] 王赟,徐昌旭,周国朋,常单娜,高嵩涓,曹卫东.连续种植翻压紫云英减施化肥对江西早稻产量、品质及土壤肥力的影响[J].植物营养与肥料学报,2021,27(10):1735-1745.
- [7] 卜容燕,韩上,程文龙,胡润,朱勤,李敏,王慧,唐杉,武际.皖南单季稻区种植利用紫云英对水稻产量、氮肥利用率及稻米品质的影响[J].中国土壤与肥料,2022(08):184-190.
- [8] 李福夺,尹昌斌.政府介入何以影响农户绿肥种植意愿?——基于南方稻区农户调查的实证分析.农业经济与管理,2022(01):33-44.
- [9] 潘素梅,周立.“一家两制”:农户的差序责任意识与差别化生产.探索,2015(06):143-149.
- [10] 曾晶,青平,李剑,郭喆.营养信息干预对农户作物营养强化新品种采纳的影响.华中农业大学学报(社会科学版),2021(03):30-38+184.
- [11] Dehnen-Schmutz, K., Foster, G. L., Owen, L., Persello, S.. Exploring the role of smartphone technology for citizen science in agriculture. Agronomy for Sustainable Development, 2016, 36(2), 1-8.
- [12] Ma, W., Zheng, H.. Heterogeneous impacts of information technology adoption on pesticide and fertiliser expenditures: Evidence from wheat farmers in China. The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics, 2021,59,1-21.
- [13] 许佳彬,王洋,李翠霞.环境规制政策情境下农户认知对农业绿色生产意愿的影响——来自黑龙江省698个种植户数据的验证.中国农业大学学报,2021,26(02):164-176.
- [14] 崔凯,冯献.供需视角下的农村信息传播:国内外研究述评与展望.中国农村观察,2017(01):127-139+144.
- [15] 李文欢,王桂霞.互联网使用有助于农户参与黑土地质量保护吗?.干旱区资源与环境,2021,35(07):27-34.
- [16] 吴粹中.消费者健康关注、舆情感知与绿色食品消费意愿:不同消费群体的比较研究.商业经济研究,2021(23):58-61.
- [17] Li, F., Zhang, K., Hao, A., Yin, C., Wu, G.. Environmental behavior spillover or public information induction: Consumers' intention to pay a premium for rice grown with green manure as crop fertilizer. Foods, 2021(10):1285.
- [18] 王阳,贾晋.智能手机与农户创业决策——基于中国农村家庭数据的实证.软科学,2021,35(10):138-144.
- [19] 王积龙.雾霾区和非雾霾区大学生风险感知与政策认知的实证研究.现代传播(中国传媒大学学报),2018,40(12):121-127.
- [20] 孙倩,李晓云,杨志海,张晓娇.粮食与营养安全研究评述及展望.自然资源学报,2019,34(08):1782-1796.
- [21] 姜维军,颜廷武,张俊鹰.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(03):50-62.
- [22] 李瑞锋,肖海峰.我国贫困农村地区居民的家庭食品安全影响因素分析.农业技术经济,2007(03):44-49.
- [23] 张颖南,易加斌.青年消费者食品消费中的健康认知及行为关系研究.哈尔滨商业大学学报(社会科学版),2021(04):95-104.
- [24] Si, H., Shi, J. G., Tang, D., Wu, G., Jing, L.. Understanding intention and behavior toward sustainable usage of bike sharing by extending the theory of planned behavior. Resources, Conservation & Recycling, 2019, 152, 1-10.
- [25] Ajzen, I.. Perceived Behavioral Control, Self-Efficacy, Locus of Control, and the Theory of Planned Behavior. Journal of Applied

- Social Psychology,2002, 32, 665-683.
- [26] Chaudhuri, S.. Wage inequality in a dual economy and international mobility of factors: do factor intensities always matter?.
Economic. Modeling, 2008, 25(6), 1155-1164.
- [27] Fornell, C., Larcker, D.F., 1981. Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. Journal
of Marketing Research,1981,18, 39.
- [28] 向运华,金巧森,王晓慧.智能手机使用会影响老年人的老化态度吗?——来自中国老年社会追踪调查(CLASS)的证据[J].东南
学术,2023(01):150-161.
- [29] 江晓东,高维和,梁雪.冲突性信息对消费者信息搜索行为的影响——基于功能性食品健康声称的实证研究[J].财贸研
究,2013,24(02):114-121.
- [30] 闫贝贝,张强强,刘天军.手机使用能促进农户采用IPM技术吗[J].农业技术经济,2020(05):45-59.
- [31] Li, F. D., Zhang, K. J., Yang, P., Jiao, J., Yin, Y. S., Zhang, Y. N., Yin, C. B.. Information exposure incentivizes consumers to pay a
premium for emerging pro-environmental food: Evidence from China [J]. Journal of Cleaner Production,2022,132412.

INTELLIGENT TERMINAL USE, DIETARY HEALTH AWARENESS AND DIFFUSION OF GREEN MANURE-RICE CROPPING SYSTEM*

Zhang Kangjie ¹, Li Fuduo ^{2*}, Yin Changbin ²

(1. Rural Development Institute, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100732, China;

(2. Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing
100081, China)

Abstract Under the background of the in-depth implementation of “Healthy China” strategy, it is of great significance to promote the transformation of food system to improve residents' dietary health. Based on 934 field questionnaires from Anhui, Hunan and Guangxi provinces, the PLS-SEM model and Ordered Logit model were used to explore the effects of intelligent terminal use on the dietary health awareness of self-ration farmers, as well as the the mechanism of the transformation of this awareness into a practice of food system transformation, namely the green manure-rice cropping system adoption behavior. Results showed that: the use of intelligent terminal had a positive effect on farmers' value cognition of green manure-rice cropping system, food health perception and health concern degree by eliminating information asymmetry; food health perception and health concern degree formed chain mediators with the value cognition of green manure-rice cropping system, respectively, and played a mediating role between intelligent terminal use and adoption behavior. Therefore, it is suggested that the popularization of green manure-rice cropping system in southern China should be promoted by further increasing the penetration rate of smart terminals in rural areas and increasing the online exposure rate of the innovative farming system. Besides, attention should be paid to improving the sustainability and quality of adoption of farmers, so as to improve the dietary health of rural residents.

Keywords green manure-rice cropping system; adoption behavior; intelligent terminal use; dietary health awareness; self-ration farmers