

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2018.11.014

# 农户对水稻低碳生产技术的 采纳意愿研究<sup>①</sup>

张露<sup>1</sup>, 郭晴<sup>2</sup>, 李文静<sup>3</sup>, 张俊飏<sup>1</sup>

1. 华中农业大学 经济管理学院, 武汉 430070; 2. 广东外语外贸大学 经济贸易学院, 广州 510420;  
3. 中国地质大学(武汉) 经济管理学院, 武汉 430074

**摘要:** 全球气候变暖引发了各界的关注, 由于农业生产对气候变化的高度依赖性和敏感性, 气候变化对农业生产的影响已逐步成为农业领域研究的热点问题。低碳农业生产技术可以从根源上减少碳排放, 具有较好的发展前景。研究农户采纳水稻低碳生产技术的影响因素和干预路径, 对有效推动低碳农业生产技术和中国低碳农业生产具有重要的现实意义。该文基于湖北省水稻产地 1 115 户农户的调查数据, 对农户采纳水稻低碳生产技术的因素进行了分析, 并基于改进的 UTAUT(技术采纳与利用整合理论)模型构建农户水稻低碳生产技术采纳的概念模型, 采用 PLS-SEM(基于偏最小二乘法的方差分析法)对农户采纳水稻低碳生产技术的关键影响因素和干预路径进行分析。研究表明: ① 提高农户的气候变化认知有助于提高农户采纳低碳生产技术的意愿; ② 低碳农业生产技术的实施成本对农户采纳意愿具有显著的负向影响; ③ 农户对低碳农业生产技术的采纳受周围人群的影响较为显著; ④ 技术门槛和实施条件等表征便利条件对农户采纳低碳生产技术具有显著的促进作用。

**关键词:** 气候变化; 低碳生产技术; 水稻; 采纳意愿; UTAUT(技术采纳与利用整合理论)

**中图分类号:** F323.3

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-9868(2018)11-0094-10

农业生产对气候具有较强的依赖性和敏感性, 采用积极的应对策略可以有效避免和减缓气候变化带来的潜在风险, 促进农业的健康可持续发展。根据政府间气候变化委员会(IPCC)的统计, 农业碳排放被全球认定碳排放的贡献度已高达 30%, 农业碳减排已成为亟待解决的重大问题<sup>[1]</sup>。研究水稻这一世界上消费最多的谷物对环境产生的影响, 对于评估农业对全球人为温室气体排放的影响至关重要<sup>[2]</sup>。中国作为水稻生产大国和消费大国, 水稻释放的温室气体备受关注。我国农业部门已经制定了应对气候变化的农业政策。走农业低碳化发展道路, 积极应对全球气候变化是中国农业经济可持续发展的必然选择<sup>[3]</sup>。

保护性耕作被认为是农业部门实现固碳和减排的最有效技术措施之一<sup>[4]</sup>。稻田低碳生产的关键要素是如何同时减少 CH<sub>4</sub> 和 N<sub>2</sub>O<sup>[5]</sup> 排放。Yang 等<sup>[6]</sup>的研究表明, 适当的作物管理可以提高收获指数, 并实现增加粮食生产和节约用水的双重目标。低碳生产技术具有显著的环境外部性, 可以提高水稻生产的固碳减排效果。农户是否采用农业技术会受到其技术采纳态度和技术推广服务因素的影响, 如政策满意度和农业技

① 收稿日期: 2017-10-14

基金项目: 国家自然科学基金青年项目(41501213); 教育部哲学社会科学重大课题攻关项目(15JZD014); 广东国际战略研究院招标课题(17ZDA19)。

作者简介: 张露(1987-), 男, 博士, 副教授, 主要从事农业经济管理研究。

通信作者: 郭晴, 讲师。

术培训<sup>[7]</sup>。农户对投入变动不大且具有增产效果的低碳技术措施的意愿采用率较高,农户家庭及个人特征对不同类型低碳技术措施采用意愿的影响没有一致性,而城市化水平高的区域农户采用低碳技术措施的意愿总体较高<sup>[8]</sup>。但新型农业经营主体自身缺乏发展低碳农业的动力<sup>[9]</sup>。

目前我国碳减排领域的技术采纳研究已相继开展,对低碳农业生产技术的研究主要针对采纳意愿影响因素的分析,而关于低碳生产技术采纳的干预路径亟需进一步探索。本文探索影响农户采纳水稻低碳生产技术的关键因素,为开展水稻低碳技术的推广提供理论基础。目前研究主要从资源禀赋、农户特征、技术因素、制度及环境等层面考察农户技术采纳意愿的影响<sup>[10]</sup>,也有研究学者从心理机制层面开展对农业采纳意愿的影响因素分析<sup>[11]</sup>,但鲜有研究对农户采纳低碳水稻生产技术的采纳意愿和采纳行为的影响因素和干预路径进行分析。鉴于此,本文从稻农对气候变化应对态度入手,以信息技术推广领域被广泛采纳的 UTAUT 模型为理论基础,试图探索在农业技术推广领域中,农户采用水稻低碳技术的影响因素和干预路径,并以问卷调查验证稻农低碳生产技术采纳影响因素的作用机制,为应对农业发展领域的生产技术推广和碳减排提供依据。

## 1 理论模型与研究假设

### 1.1 理论模型

不少研究表明,水稻低碳技术对产量具有显著的促进作用。水稻低碳技术的推广和应用,需要综合考虑碳减排、农业增产、农民增收 3 个方面的诉求<sup>[8]</sup>。而站在农户的角度,是否采纳低碳生产技术,要受到农户自身禀赋、家庭特征、技术特性和政府政策等多种因素的影响<sup>[12-13]</sup>。低碳技术措施对水稻产量的影响有增无减,单纯免耕措施可减少直接能源的排放,但对作物增产效果不明显<sup>[14]</sup>。在采用一定技术措施的低碳生产管理方式的基础上,水稻产量一般高于当期常规生产方式的产量<sup>[15]</sup>。

Mekuria 等<sup>[16]</sup>的研究表明,在农场这一层级经济回报是驱使农民采用农业技术最重要的单一因素。行为态度、主观规范和知觉行为控制交互影响农户的低碳生产意向,且低碳生产意向对农户的低碳生产行为有显著的正向影响<sup>[17]</sup>。Zhang 等<sup>[18]</sup>认为经验影响农户对低碳农产品的态度,低碳农产品的价格优势越明显,农户采取低碳农业生产的态度越积极。Ng 等<sup>[19]</sup>的研究则表明,与其他农户交流频繁的农户更愿意从事新型农业实践。一般情况下,农户年龄与农业技术的采纳呈反向作用关系<sup>[12]</sup>。乔金杰等<sup>[20]</sup>的研究表明,补贴政策对技术采用具有显著的促进作用,而技术风险对技术采用具有显著的阻碍作用。兼业化程度越高,越倾向于选择节约劳动与改善水稻品质的水稻种植技术<sup>[21]</sup>。提高农户对气候变化的认知能显著增强其对减排技术的采纳意愿,通过科技示范户对减排技术的试验示范能显著提高减排技术采纳数量<sup>[13]</sup>。朱萌等<sup>[22]</sup>认为,应将传统散户中的男性稻农作为优先推广目标,坚定不移地对种稻大户提供农业机械补贴。

技术采纳模型(TAM)被广泛应用于新技术的采纳和推广分析中,为解释外部变量对行为意图的影响提供了一个基本框架。Venkatesh 等<sup>[23]</sup>对传统的采纳模型进行了整合,提出了技术采纳与利用整合理论(Unified Theory of Acceptance and Use of Technology, UTAUT)模型,该模型对使用行为的解释效度达到最高,因此被广泛应用于电子商务和信息技术等多个领域。UTAUT 模型对个人行为的解释力度比 TAM 高出 10%左右, Venkatesh 等<sup>[24]</sup>新增了年龄、性别和经验 3 个调节变量的作用,扩展后的 UTAUT 模型在技术使用时的方差贡献率达到 12%。

在上述农户采纳水稻低碳生产技术影响因素分析的基础上,本文基于 UTAUT 模型,从气候变化认知、水稻种植环保意识、期望效用、努力期望、社会影响、使用成本、便利条件、水稻低碳生产技术采纳意愿和实际使用维度,探索农户低碳生产技术采纳意愿和采纳行为的概念模型,进而对农户采纳水稻低碳生产技术的影响因素和干预路径进行分析。从农户自身来看,农户对自然环境的感知是其采纳低碳农业技术的基础,提高气候变化认知水平和环境保护意识有利于增强农户对水稻低碳生产技术的意愿,进而对农户

的实际使用产生影响. 农户的期望效用和努力期望是其采纳低碳农业技术的先决条件, 如果农户认为采用低碳农业技术能使自身收益具有较强的可实现性, 对低碳农业技术的采纳意愿也会增强, 进而影响最终的实际使用情况. 从农户所处的外部环境来看, 社会影响、使用成本和便利条件也是影响农户采纳低碳农业技术的重要因素. 其中, 社会影响和便利条件正向影响农户采纳意愿, 技术门槛、便捷的物资获取渠道和周围农户的正面导向有利于农户对低碳农业技术的采纳; 而使用成本负向影响农户采纳意愿, 保守的技术采纳态度和对经济利益的过度重视会对农户的采纳意愿产生消极影响. 一般认为, 女性在采纳新技术方面比较保守, 而男性对新生事物的接受能力更具有优势, 因此户主性别会显著影响农户水稻低碳生产技术的采纳和应用. 稻农需要采纳低碳生产技术保障经济效益, 同时农户对水稻低碳生产技术的期望效用评估中也包括了对气候变化、环境和风险的认知.

## 1.2 研究假设

本文认为, 农户低碳生产技术采纳意愿主要指农户是否采取低碳生产技术的主观想法, 使用行为则表现为将采纳低碳生产技术的主观想法应用到水稻生产中的实际行为. 农户对气候变化的认知和环保意识会影响其对低碳农业的看法, 从而影响其对水稻低碳生产技术的采纳和使用. 如果个人因为采纳某种技术而使自己的工作效率得以提高, 那么其对水稻低碳生产技术和管理措施的使用意愿会更加强烈. 努力期望一般指个人在采纳某种新技术时需要付出的努力程度. 当稻农发现水稻低碳生产技术和管理措施易于掌握和控制, 则其采纳意愿和使用行为会更加强烈. 个人在采纳某种新技术或使用某种新产品时所受周围人群的影响程度, 即表现为该技术采纳过程中的社会影响. 在水稻低碳生产技术推广过程中, 根据趋同性原理, 若周围大多数人采纳某项技术, 那么个人也会认为该技术具有较强的可操作性, 采纳该技术的意愿就会更加强烈. 使用成本也是农户采用低碳农业技术的重要因素, 当技术转换成本高于农户可接受成本的上限, 农户也会降低其对低碳农业技术的采纳意愿. 若稻农能够很及时、准确地获得水稻低碳生产的技术指导, 购买相关物资和售后服务也很便捷, 其对技术采纳意愿也会更强烈.

结合上述分析, 本文提出如下假设: ① 农户的气候变化认知对其自身的环保意识具有显著的正向影响; ② 农户的环保意识对其自身的期望效用具有显著的正向影响; ③ 农户的气候变化认知、水稻种植环保意识、期望效用、努力期望、社会影响和便利条件均对农户的采纳意愿有显著的正向影响, 使用成本对农户的采纳意愿有显著的负向影响; ④ 农户的采纳意愿和便利条件均对其自身的实际采用具有显著的正向影响. 本文提出的研究假设和影响路径详见表 1. 此外, 本文选取户主性别、兼业程度、务农年限和户主受教育程度作为调节变量, 对模型进行深入分析.

表 1 研究假设

假设内容	对应路径
H <sub>1a</sub> : 农户的气候变化认知对其自身的环保意识具有显著的正向影响	气候变化认知→环保意识
H <sub>1b</sub> : 农户的气候变化认知对其自身的采纳意愿具有显著的正向影响	气候变化认知→采纳意愿
H <sub>2a</sub> : 农户的环保意识对其自身的期望效用具有显著的正向影响	环保意识→期望效用
H <sub>2b</sub> : 农户的环保意识对其自身的采纳意愿具有显著的正向影响	环保意识→采纳意愿
H <sub>3a</sub> : 农户的期望效用对其自身的采纳意愿具有显著的正向影响	绩效期望→采纳意愿
H <sub>4a</sub> : 农户的努力期望对其自身的采纳意愿具有显著的正向影响	努力期望→采纳意愿
H <sub>5a</sub> : 社会影响对农户的采纳意愿具有显著的正向影响	社会影响→采纳意愿
H <sub>6a</sub> : 使用成本对农户的采纳意愿具有显著的负向影响	使用成本→采纳意愿
H <sub>7a</sub> : 便利条件对农户的采纳意愿具有显著的正向影响	便利条件→采纳意愿
H <sub>7b</sub> : 便利条件对农户的实际采用具有显著的正向影响	便利条件→实际采用
H <sub>8a</sub> : 农户的采纳意愿对其自身的实际采用具有显著的正向影响	采纳意愿→实际采用

## 2 数据和方法

### 2.1 样本数据

基于上述分析的理论模型,本文设计了结构化的调查问卷,对农户水稻低碳生产技术采纳意愿进行分析.问卷围绕农户基本生活情况、稻农气候变化感知、农户意识、对水稻低碳生产技术和措施的管理措施的采纳意愿等层面展开.在分析稻农对气候变化的感知方面,从气候变化的严重性、气候变化对水稻种植的影响程度、气候变化应灾行为 3 个角度测度农户对气候变化的感知程度.本文为了测度农户对气候变化认知、环保意识,农户采纳低碳生产技术的期望效应、努力期望、社会影响、采纳条件和采纳意愿等设置了一系列题项,问卷题项主要采用 Likert(李克特)五点量表(表 2).

表 2 测量变量及含义

维度	变量名	题 目
气候变化认知	X11	气候变化对农业生产的影响程度
	X12	近几年出现的气候现象对您家水稻种植的影响程度
	X13	平时关注气候变化(气象变化、灾害预警等)相关信息
环保意识	X21	我知道少施化肥和农药对环境和土壤有利
	X22	我知道免耕或少耕有利于土壤和环境
	X23	我觉得我有义务减少农业生产对环境的污染
期望效用	X31	采用水稻种植相关低碳技术和管理措施的必要程度
	X32	率先采纳低碳农业技术将在未来使我受益
	X33	采纳低碳生产技术是光荣的
努力期望	X41	学习水稻低碳生产技术和措施对我很容易
	X42	我能很容易地获得低碳生产技术相关信息
	X43	我能很容易地从传统水稻生产模式转为低碳生产
	X44	我具备从事水稻绿色低碳生产的经济条件(成本)
社会影响	X51	对于一项新的农业技术或管理模式的采纳方式
	X52	如果科技示范户/种植大户/合作社采纳水稻低碳生产技术效果好,我会跟着采纳
	X53	如果周围多数人采用低碳生产技术,我也会采用
实施成本	X61	政府补贴多少您才愿意采纳这些水稻低碳生产技术或措施
	X62	相比于环境保护,我更在乎经济利益
	X63	依靠大量化肥、农药的传统生产方式没必要改变
	X64	对于新的农业技术,我常常抱有警惕,不易信任
便利条件	X71	一年内乡镇技术人员前来现场指导频次如何
	X72	购买测土配方肥、生物农药等低碳物资很便捷
	X73	农技人员会及时准确地进行水稻低碳生产的技术指导
采纳意愿	X81	新推广的低碳技术或措施采纳意愿
	X82	经过合作社或种植大户示范之后的低碳技术采纳意愿
	X83	在政府补贴的情况下对水稻低碳生产技术的采纳意愿
	X84	我有意向采纳低碳农业技术
实际采用	X91	低碳施肥:使用测土配方肥、有机肥与无机肥混合施用、先种豆类等绿肥、秸秆还田
	X92	低碳农药技术:使用微生物源、植物源等生物农药,减少无机农药施用量
	X93	在水稻生长过程中,我能做到低碳、环保

本文采用的样本数据来自于 2015 年在湖北省开展的农户水稻低碳生产技术采纳意愿调查问卷, 实地调研涵盖 10 个地区. 样本选取采用分层抽样和随机抽样相结合的方式展开, 随机抽取样本村和样本户, 并进行一对一的访谈调查. 实地调研共收集样本 1 200 份, 问卷回收后课题组成员对所有收集的问卷进行核查, 删除有关键问题遗漏和逻辑错误的问卷, 共获得有效问卷 1 115 份. 本文从户主信息识别农户家庭的基本特征, 其中户主信息包括户主性别、教育年限、务农年限和兼业程度. 本文的样本在不同农户家庭类型中的分布可以表征农户家庭的不同特性, 样本农户特征见表 3.

表 3 样本特征分布情况

样本特征	频数	频率/%	
性别	男性=1	782	70.13
	女性=2	333	29.87
是否兼业	是=1	328	29.42
	否=0	787	70.58
受教育年限	文盲、半文盲	301	27.00
	小学	332	29.78
	初中	353	31.66
	高中及以上	129	11.57
务农年限	29 年及以下	238	21.35
	30~39 年	416	37.31
	40~49 年	292	26.19
	50 年及以上	169	15.16

## 2.2 研究方法

本文旨在分析气候变化认知、环保意识、农户期望、社会影响及便利条件与农户低碳水稻生产技术采纳意愿与行为之间的逻辑关系. 由于上述涉及到的变量难以直接测量, 对于多因素多路径的回归分析方法适合采用结构方程模型的建模方法进行分析. 本文以改进的 UTAUT 模型作为理论基础, 在上述构建理论模型的基础上, 采用 PLS 结构方程模型建模方法, 对农户采纳水稻低碳生产技术的关键影响因素和干预路径进行实证分析.

## 3 研究结果与讨论

### 3.1 结构方程模型有效性检验

在上述构建水稻低碳生产技术采纳的理论模型基础上, 本文采用 PLS-SEM 进行结构方程建模分析, 依据 Smartpls(偏小二乘法统计软件)进行模型拟合. 首先对样本数据的信度和效度进行检验. Henseler 等<sup>[25]</sup>的研究结果表明, 在基于方差估计的结构方程模型中, 相比 Fornier-Lacker 准则和交叉因子载荷准则, HTMT 准则更能稳定检验区分效度. 因此, 本文主要采用 Cronbach's(克隆巴赫系数)、CR(组合信度)和 AVE(平均方差抽取)共同检验因子的建构信度和效度, 采用 Heterotrait-Monotrait 比率检验因子的区分效度. 检验结果表明, Cronbach's  $\alpha$  均在 0.7 以上, 表示因子信度很好; 组合信度 CR 均在 0.7 以上, AVE 值均在 0.5 以上, 表示测量模型具有较好的聚合效度(检验结果见表 4); HTMT 值均小于 0.85, 表示因子具有较好的区分效度(表 4、表 5).

表 4 测量模型信度和建构效度检验结果

潜变量	Cronbach's $\alpha$	CR	AVE	潜变量	Cronbach's $\alpha$	CR	AVE
气候变化认知	0.734	0.849	0.653	实施成本	0.731	0.832	0.553
环保意识	0.713	0.835	0.629	便利条件	0.702	0.831	0.622
期望效用	0.735	0.85	0.654	采纳意愿	0.714	0.821	0.535
努力期望	0.731	0.832	0.557	实际采用	0.701	0.834	0.626
社会影响	0.704	0.828	0.616				

表 5 测量模型区分效度检验结果 HTMT

	便利条件	采纳意愿	环保意识	努力期望	期望效用	实施成本	社会影响	实际采用
采纳意愿	0.301							
环保意识	0.307	0.579						
努力期望	0.447	0.685	0.599					
期望效用	0.286	0.831	0.734	0.695				
实施成本	0.340	0.622	0.448	0.399	0.588			
社会影响	0.166	0.597	0.304	0.417	0.428	0.334		
实际采用	0.528	0.517	0.494	0.587	0.535	0.443	0.292	
气候认知	0.088	0.440	0.237	0.178	0.302	0.182	0.199	0.160

本文采用 Bootstrapping(后继状态的值函数估计当前值函数的方法)抽样对模型检验结果的显著性进行分析,将抽样框设置为 500. 抽样检验后的模型路径系数见表 6.

表 6 研究假设检验结果

假 设	路径系数	重复抽样路径系数	标准差	T 值	显著性
气候认知大于环保意识	0.182	0.185	0.035	5.124	***
气候认知大于采纳意愿	0.176	0.176	0.023	7.776	***
环保意识大于期望效用	0.557	0.559	0.025	22.727	***
环保意识大于采纳意愿	0.055	0.055	0.030	1.819	ns
期望效用大于采纳意愿	0.317	0.316	0.036	8.688	***
努力期望大于采纳意愿	0.177	0.179	0.029	6.123	***
社会影响大于采纳意愿	0.189	0.187	0.032	5.851	***
实施成本大于采纳意愿	-0.170	-0.171	0.026	6.555	***
便利条件大于采纳意愿	0.030	0.031	0.022	1.359	ns
便利条件大于实际采用	0.310	0.312	0.028	11.155	***
采纳意愿大于实际采用	0.316	0.316	0.024	12.966	***

注:\*\*\*, \*\*, \* 分别表示在  $p=0.001$ ,  $p=0.01$ ,  $p=0.05$  的水平上显著.

根据上述数据分析和模型检验结果,研究发现农业气候认知对环保意识和采纳意愿均有显著的积极影响;环保意识对期望效用具有显著的积极影响,路径系数为 0.559,环保意识对采纳意愿的影响在 0.05 的水平上不显著;稻农对水稻低碳生产技术的期望效用和努力期望对其低碳生产技术的采纳意愿均有显著的

积极影响; 社会影响对采纳意愿有显著的正向影响; 相比之下实施成本对采纳意愿具有显著的负向影响, 即实施成本越高, 稻农的低碳生产采纳意愿越低; 便利条件对低碳生产技术采纳意愿具有显著的正向影响, 而便利条件对实际采用的影响不显著; 稻农采纳意愿对实际采用具有显著的积极影响。

### 3.2 基于农户特征的讨论

本文在上述结构方程建模分析的基础上, 对稻农兼业化程度和稻农务农年限 2 个变量的调节效应进行了检验。首先, 将整体样本兼业化程度和务农年限分为不同的群组, 然后采用结构方程模型的多组对比分析进行估计, 并检验上述变量对农户水稻低碳生产技术采纳路径的调节效应。为了克服分组后小样本带来的回归估计偏误, 本文采用 Bootstrapping 对模型进行估计, 重复抽样值设为 1 000。

首先, 根据户主是否兼业将样本分为户主兼业和户主非兼业 2 组, 并采用 Smartpls 中的 Multi-Group 分析模块进行多组比较分析, 分析结果见表 7。本文对户主兼业分析结果表明: ① 兼业农户和非兼业农户的气候认知对环保意识均具有显著影响, 路径系数分别为 0.185 和 0.186, 且分别在  $p=0.001$  和  $p=0.01$  的水平上显著, 但两者干预作用大小无显著差异; ② 不管农户是否兼业, 气候变化认知对采纳意愿的影响均在  $p=0.001$  的水平上显著, 且兼业农户与非兼业农户干预路径存在显著差异, 即兼业农户气候变化认知对采纳意愿的影响要显著大于非兼业农户, 两者差异在  $p=0.05$  的水平上显著; ③ 对兼业农户而言, 社会影响对采纳意愿的干预作用显著, 路径系数为 0.233, 且在  $p=0.001$  的水平上显著, 而对非兼业农户而言, 这一干预作用不显著; ④ 在实施成本方面, 兼业农户和非兼业农户对采纳意愿均有显著的负向影响, 两者路径系数分别为  $-0.248$  和  $-0.145$ , 且在  $p=0.001$  的水平上显著, 但二者之间的差异不显著。

表 7 户主兼业与否的结构方程模型分析

假 设	非兼业-路径系数	兼业-路径系数	Diff(兼业-非兼业)
气候认知大于环保意识	0.185***	0.186**	0.001
气候认知大于采纳意愿	0.154***	0.228***	0.047*
环保意识大于期望效用	0.541***	0.592***	0.050
环保意识大于采纳意愿	0.066 ns	0.025ns	0.041
期望效用大于采纳意愿	0.284***	0.398***	0.114
努力期望大于采纳意愿	0.193***	0.117*	0.076
社会影响大于采纳意愿	0.233***	0.087ns	0.145
实施成本大于采纳意愿	$-0.145$ ***	$-0.248$ ***	0.102
便利条件大于实际采用	0.268***	0.414***	0.146**
便利条件大于采纳意愿	0.053ns	0.014ns	0.067
采纳意愿大于实际采用	0.349***	0.230***	0.119

注: \*\*\*, \*\*, \* 分别表示在  $p=0.001$ ,  $p=0.01$ ,  $p=0.05$  的水平上显著。

本文根据户主务农年限将样本分为 4 组: 其中务农年限在 29 年及以下的为第 1 组, 这一组代表新一代的务农群体; 30~39 年的为第 2 组, 该组样本所处的群体具有一定的务农经验, 40~49 岁为第 3 组, 50 岁及以上为第 4 组。按户主务农经验划分的结构方程模型分组估计结果见表 8。研究结果表明, 在环保意识对采纳意愿的干预作用中, 务农经验在 29 年及以下的群体干预效用最大, 其次为拥有 30~49 年务农经验的群体; 气候变化认知对务农年限在 50 年及以上的群体干预作用不显著; 而拥有 50 年以上的务农经验的群体其采纳意愿受社会影响和便利条件的影响最为显著。

表 8 户主务农年限的结构方程模型分析

	0~29 年	30~39 年	40~49 年	50 年及以上
气候认知大于环保意识	0.224**	0.254***	0.111ns	0.113ns
气候认知大于采纳意愿	0.203***	0.178***	0.211***	0.110ns
环保意识大于期望效用	0.594***	0.557***	0.554***	0.491***
环保意识大于采纳意愿	0.004ns	0.116ns	-0.002ns	0.068ns
期望效用大于采纳意愿	0.334***	0.289***	0.350***	0.270**
努力期望大于采纳意愿	0.135**	0.137**	0.177**	0.288**
社会影响大于采纳意愿	0.205***	0.188**	0.114ns	0.306***
实施成本大于采纳意愿	-0.154**	-0.226***	-0.212***	-0.026ns
便利条件大于实际采用	0.220**	0.349***	0.287***	0.390***
便利条件大于采纳意愿	0.084ns	0.012ns	0.056ns	-0.039ns
采纳意愿大于实际采用	0.383***	0.297***	0.266***	0.378***

注:\*\*\*, \*\*, \* 分别表示在  $p=0.001$ ,  $p=0.01$ ,  $p=0.05$  的水平上显著。

## 4 结论与建议

本文以长江流域的典型稻农作为研究对象,利用改进的 UTAUT 模型分析了气候变化认知、环保意识、期望绩效、努力期望、社会影响、便利条件等对农户水稻低碳生产技术采纳意愿和采纳行为的影响机理,并采用结构方程模型分析农户水稻低碳采纳的关键影响因素和影响路径。主要结论如下:① 农户的气候变化认知对水稻低碳生产技术的采纳具有显著的积极影响,气候变化对农业生产感知程度的提高有助于农户采纳低碳生产技术;② 低碳农业生产技术的实施成本对农户采纳意愿具有显著的负向影响,即政府补贴政策越低,技术风险和采纳成本越高,农户采纳低碳生产技术的可能性就越低;③ 社会影响对低碳技术的采纳具有显著的积极影响,表明农户在采纳低碳生产技术方面受周围人群的影响较大,种粮大户示范和技术推广活动等均对低碳生产技术采纳具有显著的积极作用,且对于务农年限越久的稻农,该影响更为显著;④ 便利条件对农户采纳低碳生产技术具有显著的正向影响,即当农户认为其采纳低碳生产技术更加便利时,其采纳行为更为强烈;⑤ 社会影响对非兼业农户的采纳意愿具有显著影响,而对兼业农户的采纳意愿无显著影响;⑥ 气候变化认知对拥有 50 年以上务农经验的群体作用不显著,而对新型务农群体和中等年限务农群体具有显著影响。

针对上述研究结论,本文提出以下政策建议:① 提高农户的环保意识和气候变化认知,加大气候变化对农业生产影响的教育宣传,鼓励农户采取积极措施应对气候变化所带来的负面影响;② 提高农业低碳生产技术的成熟度,降低低碳生产技术的实施风险,通过田间实验和技术推广降低低碳农业生产技术实施所带来的风险和门槛,进而推动农户采纳农业低碳生产技术;③ 加大农业科技推广活动的示范力度,提高社会影响对农户低碳农业生产技术的影响力度,通过种粮大户的技术示范提高低碳农业生产技术的推广力度;④ 保障农户实施低碳生产技术的生产条件,本文的研究结果表明,便利条件对农户采纳低碳生产技术的实际行为具有积极的促进作用,能提高兼业农户的实际采用,因此在推动农户新技术采纳的过程中,需降低农户低碳农业生产技术的使用门槛,进而提高稻农对低碳农业生产技术的采纳;⑤ 作为以粮食种植为主要收入来源的群体,应大力开展针对非兼业农户的培训和低碳生产技术示范,提高水稻低碳生产技术示范效应对非兼业农户的影响。

## 参考文献:

- [1] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). FAO Statistical Yearbook 2013-World Food and Agriculture [C]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013.
- [2] NUNES F A, SEFERIN M, MACIEL V G, et al. Life Cycle Greenhouse Gas Emissions from Rice Production Systems in Brazil: a Comparison Between Minimal Tillage and Organic Farming [J]. Journal of Cleaner Production, 2016, 139: 799-809.
- [3] 严立冬, 邓远建, 屈志光. 论生态视角下的低碳农业发展 [J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(12): 40-45.
- [4] 王金霞, 张丽娟. 保护性耕作技术对农业生产的影响: 黄河流域的实证研究 [J]. 管理评论, 2010, 22(6): 77-84.
- [5] 周 胜, 宋祥甫, 颜晓元. 水稻低碳生产研究进展 [J]. 中国水稻科学, 2013, 27(2): 213-222.
- [6] YANG J, ZHANG J. Crop Management Techniques to Enhance Harvest Index in Rice [J]. Journal of Experimental Botany, 2010, 61(12): 3177-3189.
- [7] 许 朗, 刘金金. 农户节水灌溉技术选择行为的影响因素分析——基于山东省蒙阴县的调查数据 [J]. 中国农村观察, 2013(6): 45-51.
- [8] 祝华军, 田志宏. 稻农采用低碳技术措施意愿分析——基于南方水稻产区的调查 [J]. 农业技术经济, 2013(3): 62-71.
- [9] 杨 果, 陈 瑶. 新型农业经营主体参与低碳农业发展的激励机制设计 [J]. 中国人口·资源与环境, 2016, 26(6): 94-99.
- [10] 孔祥智. 西部地区农业技术应用的效果、安全性及影响因素研究 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.
- [11] 李后建. 农户对循环农业技术采纳意愿的影响因素实证分析 [J]. 中国农村观察, 2012(2): 28-36.
- [12] 黄季焜, 罗斯高. 中国水稻的生产潜力、消费与贸易 [J]. 中国农村经济, 1996(4): 21-27.
- [13] 米松华, 黄祖辉, 朱奇彪, 等. 农户低碳减排技术采纳行为研究 [J]. 浙江农业学报, 2014, 26(3): 797-804.
- [14] 李成芳, 曹凑贵, 汪金平, 等. 不同耕作方式下稻田土壤 CH<sub>4</sub> 和 CO<sub>2</sub> 的排放及碳收支估算 [J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(12): 2482-2488.
- [15] 徐国伟, 吴长付, 刘 辉, 等. 麦秸还田及氮肥管理技术对水稻产量的影响 [J]. 作物学报, 2007, 33(2): 284-291.
- [16] MEKURIA W, GETNET K, NOBLE A, et al. Economic Valuation of Organic and Clay-Based Soil Amendments in Small-Scale Agriculture in Lao PDR [J]. Field Crops Research, 2013, 149(2): 379-389.
- [17] 侯 博, 应瑞瑶. 分散农户低碳生产行为决策研究——基于 TPB 和 SEM 的实证分析 [J]. 农业技术经济, 2015(2): 4-13.
- [18] ZHANG J J, ZHENG X P, ZHANG X S, et al. Farmers Information Acceptance Behavior in China [J]. African Journal of Agricultural Research, 2010, 5(3): 217-221.
- [19] NG T L, EHEART J W, CAI X M, et al. An Agent-Based Model of Farmer Decision-Making and Water Quality Impacts at the Watershed Scale Under Markets for Carbon Allowances and a Second-Generation Biofuel Crop [J]. Water Resources Research, 2011, 47(9): 113-130.
- [20] 乔金杰, 穆月英, 赵旭强, 等. 政府补贴对低碳农业技术采用的干预效应——基于山西和河北省农户调研数据 [J]. 干旱区资源与环境, 2016, 30(4): 46-50.
- [21] 朱 萌, 齐振宏, 罗丽娜, 等. 基于 Probit-ISM 模型的稻农农业技术采用影响因素分析——以湖北省 320 户稻农为例 [J]. 数理统计与管理, 2016, 35(1): 11-23.
- [22] 朱 萌, 齐振宏, 罗丽娜, 等. 不同类型稻农保护性耕作技术采纳行为影响因素实证研究——基于湖北、江苏稻农的调查数据 [J]. 农业现代化研究, 2015, 36(4): 624-629.
- [23] VENKATESH V, DAVIS F D. User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View [J]. Mis Quarterly, 2003, 27(3): 425-478.
- [24] VENKATESH V, THONG J Y L, XU X. Consumer Acceptance and Use of Information Technology: Extending the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology [J]. Mis Quarterly, 2012, 36(1): 157-178.
- [25] HENSELER J, RINGLE C M. A New Criterion for Assessing Discriminant Validity in Variance-Based Structural Equation Modeling [J]. Journal of the Academy of Marketing Science, 2015, 43(1): 115-135.

# Farmers' Willingness to Adopt Rice Low-Carbon Production Technology: Influencing Factors and Intervention Paths

ZHANG Lu<sup>1</sup>, GUO Qing<sup>2</sup>, LI Wen-jing<sup>3</sup>, ZHANG Jun-biao<sup>1</sup>

1. School of Economics and Management, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2. School of Economics and Trade, Guangdong University of Foreign Studies, Guangzhou 510420, China;

3 School of Economics and Management, China University of Geosciences (Wuhan Campus), Wuhan 430074, China

**Abstract:** Global warming has attracted the attention of all walks of life of the world. Due to the fact that agricultural production is highly dependent on and sensitive to climate change, the impact of climate change on agricultural production has gradually become a hot issue in the field of agriculture. Low-carbon agricultural production technology has good prospects for development, for it can reduce carbon emission at the source. Therefore, it is of vital important to analyze the factors and intervention paths of farmers' low-carbon production technology adoption on rice, which can improve the low-carbon technology promotion and production in China. In a study reported in this paper, the factors that influenced farmers' willingness to adopt rice low-carbon production technology were analyzed based on the survey data of 1115 farmer households in Hubei province to achieve this goal, and a conceptual model of low-carbon production technology of rice was constructed based on the modified UTAUT model. PLS-SEM was used as the estimation method to analyze the key factors and key intervention paths of low-carbon rice technology adoption. The results showed that improving the farmers' awareness of climate change can help improve the farmers' willingness to adopt low-carbon production technology; the implementation cost of low-carbon agricultural production technology has a significant negative impact on farmers' adoption willingness; farmers' low carbon adoption can be influenced significantly by the behaviors of the people around; and the technical barriers and the implementation of conditions, such as the convenience of the conditions for farmers to adopt low-carbon production technology, has a significant impact on the agricultural technology promotion. Based on the results above, we suggest that greater efforts should be made to improve propaganda and education about the impact of climate change on agricultural production among the farmers so as to improve their awareness of environmental protection and climate change; the maturity of agricultural low-carbon production technology should be improved and the risk of low-carbon production technology reduced; a better job should be done in the demonstration activities of agricultural science and technology; and to create favorable conditions for the farmers to adopt the low-carbon production technology.

**Key words:** climate change; low-carbon production technology; rice; adoption willingness; UTAUT (unified theory of acceptance and use of technology)