周宏，乔梦媛．农户乡村数字治理参与、环境认知与绿色生产技术采纳——以江苏省水稻种植户为例［J］．山西农业大学学报（社会科学版），2025，24（4）：35-46.
ZHOU Hong，QIAO Mengyuan. Farmers′ participation in rural digital governance， environmental awareness， and adoption of green production technologies： a case study of rice farmers in Jiangsu Province［J］. Journal of Shanxi Agricultural University（Social Science Edition），2025，24（4）：35-46.
DOI：10.13842/j.cnki.issn1671-816X.2025.04.004

农户乡村数字治理参与、环境认知与绿色生产技术采纳

——以江苏省水稻种植户为例

周宏，乔梦媛
（南京农业大学 经济管理学院，江苏 南京 210095）

摘 要：绿色生产技术采纳行为是推进农业绿色发展和农业提质增效的重要举措。利用江苏省2024年水稻种植户的微观调查数据，采用Tobit模型分析了农户乡村数字治理参与对其绿色生产技术采纳行为的影响及其作用机制，并进一步探讨了绿色生产技术采纳对农业环境效率的影响。研究发现，农户乡村数字治理参与目前处于中等偏下水平，主要是通过绿色生产价值感知参与和乡村环境协同治理意识参与促进了绿色生产技术的采纳。机制分析表明，环境认知在农户乡村数字治理参与和农户的绿色生产技术采纳行为之间起中介作用。异质性分析发现，相对于小农户，农户乡村数字治理参与对规模户的绿色生产技术采纳影响更为显著，通过进一步分析发现，规模户中参加产业组织的农户其影响效果要大于未参与产业组织的农户。据此，从提高农户乡村数字治理参与度、优化农业经营结构、加强农业环境政策和科学生产知识的宣传等方面提出政策建议，有助于提升农户的绿色生产技术采纳行为，从而减少农业面源污染，促进农业的绿色可持续发展。

关键词：农户乡村数字治理参与；绿色生产信息价值感知参与；乡村协同治理意识参与；环境认知；绿色生产技术采纳
中图分类号：F323.3 **文献标识码：**A 文章编号：1671-816X（2025）04-0035-12

一、研究背景

当前，农业生产过程中过量使用化肥、农药等生产要素以期获得更大收益的“粗放式”生产行为使得我国农业面源污染问题比较突出，造成了农业环境效率的低下，不利于农业高质量、可持续发展。而促进农户采纳绿色生产技术是推进农业绿色发展和农业提质增效的重要举措[1]，《“十四五”全国农业绿色发展规划》指出，要通过加强农业资源保护利用、农业面源污染防治、农业产地环境保护治理、打造绿色低碳农业产业链等工程推进农业的全面绿色转型。在各方的共同努力下，我国农业绿色发展取得了显著成效，农业绿色发展水平稳步提升，农业化肥农药减量增效成果显著，但仍存在可进步的空间。过去，农户受绿色生产信息可获得性限制和乡村协同治理意识薄弱等问题的困扰，在实际生产中采纳绿色生产技术的概率较低，不利于农业的绿色可持续发展。

技术的进步，尤其是互联网的发展，使得“数字”逐渐成为战略性资源和新的生产要素。党的二十大报告和《数字乡村发展战略纲要》明

收稿日期：2025-02-18 **修回日期：**2025-03-05
基金项目：国家自然科学基金面上项目“共同富裕目标下数字乡村建设纾解农户相对贫困：机制、效果评价与实践探索”（72273065）；江苏省现代农业（水稻）产业技术体系产业经济项目（JATS2023431）
作者简介：周宏，研究方向：农业经济管理研究。

确指出，要提升乡村治理数字化水平，着力发挥信息化在乡村数字治理中的支撑作用，以服务全面推进乡村振兴。乡村数字治理是解决传统乡村治理难题的迫切需求，也是国家治理体系现代化进程中的一项重要任务[2]。我国农业种植规模大，经营主体多，土地相对分散且不易监测，仅仅依靠政府指导监督的种植模式存在着管理难度大、效率低等困境，而农户是农业生产决策的制定者和实施者，也是农村公共事务治理的出发点和落脚点[3]，其绿色生产技术的采纳及采纳强度是改善农业生产环境、实现农业绿色发展的关键，因此有必要使其参与到农业环境问题的治理中来，从而实现多元主体协同治理的有效机制[4]。相较于传统的治理模式，乡村数字治理模式可以使农户接触到更多优质的绿色生产信息，这能够改变农户对绿色生产的价值感知，进而促使其绿色生产行为的产生，此外，乡村数字治理模式搭建起了农户、政府间的双向沟通渠道，能够增加农户的集体荣誉感和社会责任感，进而促使其在实际生产中采取更有利于乡村可持续发展的绿色生产技术。因此，从农户视角出发，探讨农户乡村数字治理参与对绿色生产技术采纳的影响至关重要，这对于充分发挥村民的参与主动性和创造性，加快建设多元主体共建共治共享的新格局，提高农业生产环境治理效果，实现农业的绿色可持续发展等具有重要的现实意义。

已有研究从不同角度探讨了农户的绿色生产技术采纳行为，有研究认为，农户的绿色生产行为可以兼顾经济效益与生态效益[5]，但绿色生产技术的采纳程度仍较低，绿色生产技术的推广仍存在困境。已有文献聚焦于政府的技术推广，农户的个人特征[6-9]、家庭特征和经营特征[10-11]，市场等经济因素，社会网络[6]和群体决策等社会特征对于绿色生产技术采纳的影响。随着互联网技术的发展，“数字”要素逐渐渗透到农业领域，学者们进一步提出，互联网使用[12]、电商参与[13]、数字农技推广服务[14]、数字金融[15]、农户的数字素养[16]等能够正向影响农户绿色生产技术选择的积极性。受限于信息获取渠道和获取能力的限制，不同农户获取的绿色生产信息往往存在差异性，且农户的环境协同治理意识存在差异性，这会影响到其绿色生产技术的采纳，而农户乡村数字治理参与模式能够发挥信息效应和渠道效应，从而有效缓解以上难题。已有学者充分肯定了农户乡村数字治理参与所带来的协同治理效应[17]，因此，农户乡村数字治理参与可能会促进农户的绿色生产技术采纳行为。

已有文献为本文的研究奠定了基础，但是仍存在进一步拓展的必要。乡村治理数字化水平的发展为农户绿色生产技术的采纳和农业的可持续发展带来了新的机遇，但已有文献尚未将农户乡村数字治理参与同绿色生产技术采纳联系起来并做进一步的探讨，而以互联网技术为核心的乡村数字治理促进了农户的有效参与，能够提高农户参与农业环境治理的积极性和主动性，有助于实现农业环境的协同治理。鉴于此，本文立足于农户这一微观视角，基于江苏省水稻种植户的微观调研数据，运用Tobit模型探讨了农户乡村数字治理参与对其绿色生产技术采纳的影响及其作用机制，并进一步分析了农户绿色生产技术采纳的环境效益，是对现在研究的补充和完善，能够为进一步推动乡村数字治理效能、减少面源污染和推进农业绿色发展提供新的视角和思路，具有重要的理论价值和实践意义。

二、理论分析与研究假说

（一）农户乡村数字治理参与对绿色生产技术采纳行为的影响效应

立足于乡村治理实践需求，不断提高乡村多元治理能力，有效促进乡村治理效能的改善[17]，农户作为农业生产行为的决策者和实施者，其主体性参与是推动绿色生产技术采纳行为的关键，对农村环境治理的效果有显著影响[18]，其作用发挥既要以提升农户对于绿色生产的认同感为基础，又要优化治理结构保障农民参与的权力。而互联网、大数据等现代化信息技术赋能乡村治理为农业绿色发展带来了新的机遇，农户可以借助数字化工具和平台等数字要素高效便捷参与到乡村治理的各个领域，从而实现绿色生产价值感知的增强和乡村协同治理意识的提升，这有助于农户绿色生产技术的采纳。一方面，乡村数字治理参与能够拓宽农户获取绿色生产信息的渠道、质量和效率，这有助于实现信息资源的优化配置，从而有效缓解信息不对称现象，增强农户对绿色

生产的价值感知。研究表明，农户的绿色生产决策在很大程度上会受到所掌握的绿色生产信息的约束[17]，农户通过信息共享、交流互动、参加线上培训等方式能够对绿色生产技术、绿色生产经验、绿色优质农产品行情信息等有更加深入的了解，且来自官方渠道的生产信息更具有科学性、权威性和信服力，有助于增加农户的绿色生产知识储备、提高其绿色生产技术应用能力，从而增强农户的绿色生产价值感知，有效缓解因为信息不对称所导致的绿色生产行为缺失现象。

另一方面，乡村数字治理参与能够增强农户的集体荣誉感和责任感。农户乡村数字治理参与正在逐步改变传统的“干部干，群众看”现象，转而形成了“带动群众一起干”的新型治理格局。以村务微信群为代表的数字治理平台能够突破时空限制，建立起了政府、农户等主体间的信息传递和反馈渠道[20]，而村务信息的公开和共享、环境舆论监督等促进了村民知情权、监督权和表达权的回归，可以增强农户的“主人翁”意识和乡村治理责任感。此外，乡村数字治理模式也能有效促进村民的联结，增强他们对于村庄的认同感[21]，这有助于提高农户参与乡村治理的积极性和主动性。随着农户乡村协同治理意识的增强和乡村治理责任感的提升，他们在进行农业生产时采纳亲环境行为的可能性就越高，越有利于村庄的可持续发展。此外，数字治理模式为农户提供了便捷高效的沟通反馈渠道，使他们能够通过乡村数字治理平台积极关注、讨论和反映村庄农业生产环境问题，农户可以基于“有则改之，无则加勉”的原则，进行环境舆论监督和自我管理，这种参与方式能够增强农户对环境问题的认识和环境治理的责任感，进一步提升农户的环境协同治理意识，进而促使他们在生产实践中采纳更有利于村庄绿色发展的绿色生产技术。

基于以上分析，提出相应的假说：

H1：农户乡村数字治理参与能够促进其绿色生产技术的采纳。

H1a：农户乡村数字治理参与通过绿色生产信息获取、绿色生产技术培训等方式提升了农户的绿色生产价值感知，这能够促进农户的绿色生产技术采纳；

H1b：农户乡村数字治理参与通过村务信息共享、环境舆论监督等方式增强了农户的乡村协同治理意识，这能够促进农户的绿色生产技术采纳。

（二）农户乡村数字治理参与对绿色生产技术采纳行为的机制研究

环境认知是指农户对环境知识、绿色生产技术的了解程度，以及对周围农业环境好坏及其变化的感知与认知程度[22]，环境认知水平高的农户更有可能制定亲环境决策[23]，并且这种认知水平会加强个体环保意愿向行为的转化[24]。“知—信—行”理论强调知识的积累能够促进态度的转变，并最终实现行为的形成[20]，这一理论突出了知识对态度、认知乃至行为的重要性，对于环境经济研究具有显著贡献。认知行为理论进一步指出，农户的环境认知水平越高，对亲环境行为所带来的效益认同感越强，因此，采纳绿色生产技术的可能性越高。通过参与乡村数字治理，农户不仅能够获得更多的绿色生产信息和技术指导，还能享受到更加便捷的信息交流平台和服务支持，这有助于提高农户对环境问题的认知水平和理解深度，增强其对农业绿色可持续发展的认同感。而环境认知的提升能够激发农户采纳绿色生产技术的积极性和主动性，进而促进其采纳更多的绿色生产技术。

基于以上分析，提出假说2：

H2：环境认知在农户数字治理参与影响绿色生产技术采纳的过程中发挥中介作用。

三、研究设计

（一）数据来源

本研究数据来源于江苏省水稻产业技术体系产业经济课题组2024年7月对江苏省徐州市、宿迁市和淮安市等地水稻种植户开展的实地调研。江苏省是中国的主要粮食生产基地之一，水稻产量稳居全国前列，具有一定的区域代表性。近年来，江苏省积极响应国家政策，致力于推动农业的绿色发展，通过多渠道、多路径推进化肥、农药减量增效。据《县域数字乡村指数（2020）》可知，江苏省各县域乡村数字治理水平位居全国前列，因此，以其为研究对象分析农户乡村数字治理参与对其绿色生产技术采纳的影响使研究结果更具有可靠性，能够为其他地区提供一些参

考。调研依据分层随机抽样的原则确定调研地点，问卷内容包括种植户个人基本特征、家庭特征、水稻生产经营情况、数字乡村建设情况和智慧种植情况等，剔除数据严重缺失的无效问卷，最后获得有效问卷268份。

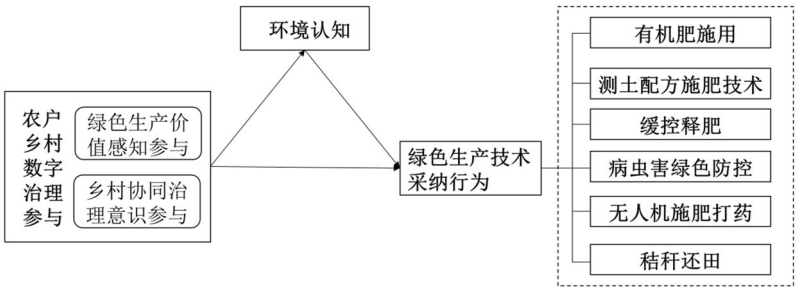


图1 理论分析框架图

（二）变量选择

1. 被解释变量：绿色生产技术采纳行为

农户的绿色生产技术采纳行为是一个涉及多环节的行为，本文从施肥方式、施药方式和秸秆处理等方面衡量农户的绿色生产技术采纳，实际选取了有机肥施用、测土配方施肥技术、缓控释肥技术、病虫害绿色防控技术、无人机施肥打药技术以及秸秆还田共6项，在调研过程中分环节询问农户的生产情况，然后进行汇总，如果农户采纳该技术则赋值为1，否则赋值为0。为有效衡量农户绿色生产技术采纳行为程度，本文采用加权平均的方式对其进行处理，进而计算出介于0～1的绿色生产技术采纳行为综合值。

2. 核心解释变量：农户乡村数字治理参与

在乡村数字治理评价框架的搭建上，学术界目前尚未得出统一的结论，但学者们多从治理过程和治理效果两个维度来进行评价[25]，因此，有学者以乡村数字治理平台接入情况[20]、乡村数字治理参与者数量和乡镇提供数字治理平台数量[24]作为乡村数字治理的代理变量。也有学者关注到农户的参与情况，通过询问具体的问题来判断农户乡村数字治理参与程度。有学者从数字党群教育参与、数字村务管理参与和数字民主监督参与三个方面衡量农户的参与情况[17]，并进一步通过加总计算的方式得出农户的参与度。也有学者将农户乡村数字治理参与行为分为受邀性行为和创造性行为[27]，通过“您会经常浏览村务微信群里发布的治村信息”和“您会在村务微信群中积极发布治村意见”两个题型来进行测量，陈卫平等采用“参与村庄活动”“参与村庄事务讨论”“向村委或村干部就村庄发展方面的事务表达意见和建议”3个题项因子分析的综合指标来衡量外出务工村民的乡村治理参与度[21]。由此可见，乡村数字治理不是简单的技术嵌入，从农户参与情况来衡量的乡村数字治理更具有可靠性和信服力。相对于传统的乡村治理模式，数字治理模式提高了农户的参与度，使农户通过搜寻、交流等方式获得更多的农业生产信息，有助于改变农户的绿色生产价值感知，而村务微信群等数字平台的搭建破解了村务信息传播难、官民沟通难等问题，能够增强农户的“主人翁”意识和治理责任意识，提高其意见表达能力，进一步激发其参与乡村治理的积极性，这有助于实现乡村共建共治共享的智慧化治理活动。基于以上分析，参考已有研究及调研区域的乡村数字治理实际情况，本文进一步将农户乡村数字治理参与行为分为农户绿色生产价值感知参与和农户乡村协同治理意识参与两个维度，并基于此设计评价指标，每个维度下选取2个指标，每个指标下面包含3个测量题项，最后通过加权方式衡量农户的乡村数字治理参与度。其中，测量题项以“是否参与”来进行赋值，若农户每项存在对应的参与行为，则赋值为1，否则为0，考虑到将不同的问题直接加总所形成的参与程度介于0～12，可能存在一定的误差，因此，本文将三级指标所对应的3个问题通过加权平均的方式进行处理，使得每个二级指标的综合值控制在0～1之间，并通过加权平均的方式对其进行处理，得到一个介于0～1的农户乡村

数字治理参与变量。农户乡村数字治理参与对应的指标及测量题项如表1所示。

表1 农户乡村数字治理参与变量各维度的测量题项

一级指标	二级指标	指标解释
绿色生产价值感知参与（dp1）	绿色生产信息获取	您是否通过村微信群等数字平台获取了更多的农业绿色生产相关信息
		您是否有通过村微信群等数字平台与其他稻农交流分享过绿色生产经验
		您是否接收过村微信群等数字平台发布的有机稻米市场行情信息
	绿色生产技术培训	您是否线上参加过水稻化肥减量增效技术培训（直播、视频等）
		您是否线上参加过水稻病虫害绿色防控技术培训（直播、视频等）
		您是否线上参加过无人机施肥、打药等绿色农机技能培训（直播、视频等）
乡村协同治理意识参与（dp2）	村务信息共享	您是否关心村微信群、公众号等数字平台发布的村庄日常事务及新闻
		您是否有通过村微信群、公众号等数字平台接收过农业政策信息
		您是否在村微信群等数字平台进行过村务交流讨论
	环境舆论监督	您是否接收过村微信群、公众号等数字平台发布的财务公开信息（补助通知等）
		您是否有通过数字平台反映农业生态环境等问题
		您是否在村微信群等数字平台提出过意见或建议

3. 机制变量：环境认知

参考已有文献[28]做法，结合本研究和调研中的实际情况，从环境知识和环境感知两个角度考察农户环境认知，通过询问农户“您是否了解绿色农业生产技术”“您是否了解当地的农业环境政策”“您是否了解绿色农产品市场的供需情况”来测量农户的环境知识，然后通过加权平均的方式进行赋值，通过询问农户“您认为农药、化肥施用过量及农业生产废弃物不当处理是否会破坏生态环境”“您认为绿色生产技术是否有利于水稻增产增收”“您是否认同无人机打药更能减少环境污染”来衡量农户的环境感知，然后通过加权平均的方式对其进行赋值，最后得到一个介于0～1之间的环境认知变量。

4. 控制变量

为排除其他影响因素对研究结果的干扰，本研究选取农户的个人特征、家庭特征和经营特征作为控制变量纳入模型。其中，个人特征包括受访者性别（X_1）、年龄（X_2）、受教育年限（X_3）；家庭特征包括家中是否有人为村干部（X_4）、兼业情况（X_5）；经营特征包括水稻经营规模（X_6）、水稻种植经验（X_7）、是否加入合作社（X_8）等。本文各变量的定义、赋值和描述性统计分析结果如表2所示。

（三）模型设定

本文首先检验农户乡村数字治理参与对绿色生产技术采纳的影响，考虑到处理后的核心解释变量为受限变量，参考李成龙等[1]的研究，本文使用Tobit模型进行分析，从而能够减少结果的不稳定性，模型设定如下：

$$adoption^{*}=\beta_0+\beta_1 dp+\beta_2 \mathrm{X}+\varepsilon \tag{1}$$

$$adoption=\begin{cases}\mathrm{adoption}^{*}, \text{if adoption}^{*}>0\\ 0 \quad\quad , \text{if adoption}^{*}\leqslant 0\end{cases} \tag{2}$$

其中，$adoption$为农户的绿色生产技术采纳行为，若潜变量 $adoption^{*}\leqslant 0$，则$adoption=0$；若潜变量 $adoption^{*}>0$，则被解释变量 $adoption=adoption^{*}$，dp为农户乡村数字治理参与，X为控制变量，ε为随机误差项，假设其服从均值为0、方差为δ^2的正态分布。

进一步地，本文关注农户乡村数字治理参与影响其绿色生产技术采纳行为的内在作用机制，考虑环境认知的中介效应，本文通过两阶段来进行验证，第一阶段验证农户乡村数字治理参与对环境认知的影响，第二阶段验证环境认知对绿色生产技术采纳行为的影响。对应的模型设定如下：

$$ec=\delta_0+\delta_1 dp+\beta_3 X_k+\varepsilon_i \tag{3}$$

$$adoption=\alpha_0+\alpha_1 dp+\alpha_2 ec+\alpha_3 X_k+\varepsilon_i \tag{4}$$

在该式中，ec代表机制变量环境认知，δ、β是农户乡村数字治理参与和控制变量的待估系数，ε_i为扰动项，且服从正态分布。

表2 变量的定义、赋值及描述性统计

变量定义	变量赋值	均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量					
农户绿色技术采纳行为（adoption）	稻农生产实践中采取的绿色生产技术数量	0.39	0.21	0	1
核心解释变量					
农户乡村数字治理参与（dp）	2个二级指标加权平均求得	0.37	0.27	0	1
绿色生产价值感知参与（dp1）	对应的2个三级指标加权平均	0.27	0.23	0	0.83
乡村协调治理意识参与（dp2）	对应的2个三级指标加权平均	0.46	0.35	0	1
机制变量					
环境认知（ec）	对应的2个二级指标加权平均	0.50	0.23	0	1
控制变量					
性别（X_1）	1=男，0=女	0.89	0.31	0	1
年龄（X_2）	农业决策者实际年龄（周岁）	55.56	10.05	26	78
受教育水平（X_3）	农业决策者的受教育年限	9.15	3.47	0	16
家中是否有干部（X_4）	1=是，0=否	0.25	0.44	0	1
兼业类型（X_5）	1=纯农业；2=农业为主；3=非农为主	1.46	0.69	1	3
水稻经营规模（X_6）	水稻种植面积（亩）	175.94	308.45	1	2600
水稻种植经验（X_7）	水稻种植年限（年）	18.88	15.29	1	55
是否加入产业组织（X_8）	是=1，0=否	0.26	0.44	0	1

四、实证结果与分析

（一）回归结果

本文首先检验农户乡村数字治理参与对其绿色生产技术采纳行为的影响，为保证回归结果的准确性和可靠性，本研究在回归前对各变量进行了多重共线性检验，检验结果表明VIF的最大值为2.13，平均值为1.49，说明变量之间不存在严重的多重共线性问题。

为保证回归结果的稳健性，参考张岳等[4]的处理方式，在不加入控制变量的条件下进行回归，然后加入控制变量进行回归，回归结果见表3中的模型（1）和模型（2）。模型（1）的系数为0.3271，回归结果通过了1%的显著性水平检验，说明农户乡村数字治理参与能够显著正向影响其绿色生产技术采纳行为。模型（2）加入控制变量后，回归系数仍然为正，且在1%的水平上显著，这说明农户乡村数字治理参与能够显著促进其绿色生产技术采纳行为，H1得以验证。接着，本文进一步验证农户绿色生产价值感知参与和乡村协同治理意识参与对农户绿色生产技术采纳行为的影响，回归结果分别见表3模型（3）和模型（4）。从农户绿色生产价值感知参与维度来看，模型（3）的回归结果显示其在1%的水平上显著正向影响农户的绿色生产技术采纳行为，H1a成立，农户乡村数字治理参与能够通过交流互动、培训等方式打破信息壁垒，使其从多渠道、多路径获得农业绿色生产信息，有助于改变农户对绿色生产的价值感知，促使其在农业生产中采纳绿色生产技术；从乡村协同治理意识参与维度来看，模型（4）的回归结果显示其在1%的水平上显著正向影响农户的绿色生产技术采纳行为，H1b成立，农户乡村协同治理意识参与能够提高农户的集体荣誉感和责任感并促使其参与到村庄环境治理中来，进而提高农户在生产决策时采纳绿色生产行为的概率。通过对比模型（3）和模型（4）的系数可以发现，农户绿色生产价值感知参与对绿色生产技术采纳行为的影响略大于乡村环境协同治理意识参与的影响，主要原因可能是农户获取的绿色生产信息可以直接提高其对绿色生产技术的认知和应用能力，并用来指导绿色生产实践，而农户乡村环境协同治理意识的提高到行为的转化可能是包括生活、生产环境等多方面的，且其作用的发挥需要一定的时间。

控制变量方面，种植规模（X_6）、农户产业组织参与（X_8）在1%的显著性水平上正向影响绿色生产技术采纳，种植规模越大，农户采纳绿色生产技术的亩均成本就越低，规模经济所产生的经济效益能够驱动农户采纳绿色生产技术。农户参与合作社等产业组织后，在其中获得的农业

生产服务能够使其接触到更多的绿色生产知识与信息，且组织内绿色生产规模户所带来的群体效应在一定程度上也能促进农户的绿色生产技术采纳行为。种植经验（X_7）在1%的显著性水平上负向影响绿色生产技术采纳，可能的原因是长期种植的农户已经形成了固定的农业生产习惯和管理模式，基于信息不对称、成本效益权衡等因素，对新技术的接受程度较低，且自身风险规避程度高，不愿意接受新技术所带来的结果不确定性，从而造成了种植经验反向影响农户绿色生产技术采纳行为。农户的兼业类型（X_5）在10%的显著性水平上负向影响农户的绿色生产技术采纳，可能的原因是农户有非农就业后，其农业生产时间投入较于纯农就业的农户就会减少，而有机肥施用等绿色生产技术的采纳依赖于劳动力的投入，从而降低了其绿色生产技术采纳程度。

表3 农户乡村数字治理参与对绿色生产技术采纳影响的回归结果

	(1)	(2)	(3)	(4)
农户乡村数字治理参与（dp）	0.3271***	0.2220***		
	(0.0457)	(0.0507)		
绿色生产价值感知参与（dp1）			0.2708***	
			(0.000)	
乡村协调治理意识参与（dp2）				0.125***
				(0.0385)
性别（X_1）		0.0494	0.0451	0.0546
		(0.0371)	(0.0369)	(0.0377)
年龄（X_2）		0.0011	0.0009	0.0008
		(0.0014)	(0.0014)	(0.0014)
受教育水平（X_3）		−0.0018	−0.0012	−0.0003
		(0.0040)	(0.0041)	(0.0041)
家中是否有干部（X_4）		−0.0195	−0.0179	−0.0181
		(0.0277)	(0.0274)	(0.0281)
兼业类型（X_5）		−0.0373**	−0.0374**	−0.0371**
		(0.0171)	(0.0170)	(0.0174)
水稻经营规模（X_6）		0.0001***	0.0002***	0.0002***
		(0.0000)	(0.0004)	(0.0000)
水稻种植经验（X_7）		−0.0024***	−0.0024***	−0.0025***
		(0.0009)	(0.0008)	(0.0009)
是否加入产业组织（X_8）		0.0748***	0.0817***	0.0817***
		(0.0268)	(0.0261)	(0.0272)
常数项	0.2703***	0.2703***	0.2927***	0.2914***
	(0.0208)	(0.0906)	(0.0885)	(0.0921)

注：***、**、*分别代表在1%、5%、10%的统计水平上显著，括号内为稳健标准误

（二）影响机制检验

根据前文的分析可知农户乡村数字治理参与能够促进其绿色生产技术采纳行为，本文进一步探索了其影响机制，回归结果如表4所示。其中，模型（2）采用Tobit模型进行回归，其回归结果表示，农户乡村数字治理参与能够提高农户的环境认知，模型（3）同时加入自变量农户乡村数字治理参与和中介变量环境认知，并运用Tobit模型进行验证，回归结果显示，农户乡村数字治理参与对农户绿色生产技术采纳行为的影响系数由0.2220下降到0.1548，表明农户乡村数字治理参与能够通过提高农户的环境认知进而促进农户的绿色生产技术采纳行为，H2得以验证，此外，根据回归结果对比可知，环境认知在农户乡村数字治理参与和绿色生产技术采纳行为之间发挥部分中介作用。

（三）稳健性检验

为保证回归结果的稳健性，本文采用两种方式进行检验。一种是更换回归模型，采用OLS模型进行估计，一种是更换被解释变量衡量方法，

用绿色生产技术采纳的数量来衡量农户的绿色生产技术采纳，考虑到这种衡量方式具有明显的递进关系，因此采用有序Probit模型进行估计。OLS回归模型结果显示，农户乡村数字治理参与仍然在1%的显著性水平上正向影响其绿色生产技术采纳（β_1=0.2167，p<0.001），回归结果具有稳健性，更换被解释变量衡量方式后，有序Probit模型回归结果显示，农户乡村数字治理参与仍然在1%的显著性水平上正向影响其绿色生产技术采纳（β_1=1.5311，p<0.001），再次验证了回归结果的稳健性。

表4 环境认知的中介作用检验结果

	（1）	（2）	（3）
	adoption	ec	adoption
农户乡村数字治理参与	0.2220***	0.4780***	0.1548***
	（0.0507）	（0.0512）	（0.0578）
环境认知			0.1446**
			（0.0621）
控制变量	已控制	已控制	已控制
常数项	0.2703***	0.3022***	0.2260**
	（0.0906）	（0.0914）	（0.0917）

注：***、**、*分别代表在1%、5%、10%的统计水平上显著，括号内为稳健标准误

（四）异质性分析

种植规模分组异质性分析。种植规模大的农户在农业生产过程中往往会更加关注科学生产知识，且风险承担能力和资金投入能力高于小规模种植户，因此，采纳绿色生产技术的概率较大，参考已有文献的相关研究，本文以3.33公顷（50亩）为标准将种植户划分为小农户和规模户，从而进行异质性分析，回归结果见表5的模型（1）和模型（2）。结果显示。农户乡村数字治理参与在1%的显著性水平上正向影响规模户的绿色生产技术采纳，回归系数为0.1958，在10%的显著性水平上正向影响小农户的绿色生产技术采纳，回归系数为0.1090，这说明农户乡村数字治理参与对规模户的影响大于对小农户的影响。可能的原因有二，一是小农户水稻种植以满足自家粮食需求为主，市场交易规模小，因此对于绿色农产品的市场信息和绿色生产技术的关注程度不够高；二是即使部分小农户参与了乡村数字治理，但是受自家水稻种植规模的限制，采纳绿色生产技术的亩均成本较高，基于经济学理性人假说，农户绿色生产技术采纳程度也会偏低。

表5 异质性分析

	种植规模		是否加入产业组织		是否加入产业组织（规模户）	
	（1）	（2）	（3）	（4）	（5）	（6）
	规模户	小农户	未参加	参加	未参加	参加
农户乡村数字治理参与	0.1958***	0.1090*	0.2399***	0.2072**	0.1487*	0.3008***
	（0.0641）	（0.0653）	（0.0589）	（0.1004）	（0.0803）	（0.1044）
控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
常数项	0.4337***	−0.1339	0.1643	0.5462***	0.4055	0.6793***
	（0.1166）	（0.1149）	（0.1061）	（0.1889）	（0.1492）	（0.1948）
N	151	117	197	71	95	56

注：***、**、*分别代表在1%、5%、10%的统计水平上显著，括号内为稳健标准误

是否参与产业组织分组异质性分析。根据表5模型（3）和模型（4）的回归结果发现，对于那些未加入产业组织的农户来说，其乡村数字治理参与在1%的显著性水平上显著促进了绿色生产技术采纳行为，相比之下，参加产业组织的农户乡村数字治理参与仅在10%的显著性水平上影

响其绿色生产技术采纳行为，影响力度较未参与产业组织的农户较弱，这与现有文献的研究结果存在差异。通过进一步分析显示，在本体系调研区域内，参加产业组织的农户主要为规模户，占比高达78.87%，而非规模户参与产业组织的比例相对较低。为了深入分析产业组织参与的异质性影响，排除经营规模这一因素的干扰，本研究进一步对规模户是否参与产业组织进行了异质性分析，回归结果如表5模型（5）和模型（6）所示。通过对比发现，对于参与产业组织的农户，其乡村数字治理参与对绿色生产行为采纳程度的影响更为显著。这表明，这些农户更有可能将他们在数字治理参与中所获得的信息和感知转化到实际的生产决策中，从而提高了他们采纳绿色生产技术的行为。

（五）进一步探讨

农业环境效率是环境效率概念在农业领域的延伸与应用，强调经济效益和环境效益的统一，其所衡量的是农业生产活动是否在农业生态系统的可承受范围内进行[29]，也是衡量农业可持续发展的重要指标。农业环境效率是实现绿色农业与资源可持续化的核心关键。微观层面的农业环境效率可以用于测算农业生产过程中各种投入、经济产出和环境影响之间的关系。前面的研究已经证明农户乡村数字治理参与能够显著正向影响其绿色生产技术采纳行为，那么，农户的绿色生产行为能否提高农业环境效率呢？本文从微观层面测算了稻农的农业环境效率，并进一步分析了农户的绿色生产技术采纳对农业环境效率的影响。

具体而言，考虑到选择微观农户作为研究对象，更适用于可变规模报酬（variable returns to scale，VRS）模型[30-31]，本文选择了VRS限定条件下的超效率SBM模型对农业环境效率进行了测度；考虑到测算出来的农业环境效率存在截断现象，进一步采用Tobit模型检验了农户绿色生产技术采纳对农业环境效率的影响。其中，测算农业环境效率时，选择劳动、机械、化肥和农药、灌溉等作为投入，水稻亩均产值作为期望产出，又考虑到农药和农膜用量少且不易测量，选择化肥作为主要的农业面源污染，参考已有文献的相关研究[32-34]，将化肥面源污染强度作为非期望产出，并采用单位调查的清单分析法对其进行测算，具体的投入产出指标如表6所示。

表6 水稻生产环境效率评价指标体系

指标类别	分类指标	变量说明
农业生产要素投入	劳动投入	水稻生产亩均劳动用工量（天）
	机械投入	水稻机械服务亩均费用（元）
	灌溉投入	亩均灌溉成本（元）
	化肥投入	亩均施肥成本（元）
	农药投入	亩均农药成本（元）
期望产出	水稻产值	水稻亩均产值（元）
非期望产出	面源污染	化肥面源污染强度指数

超效率SBM模型的测算结果显示，江苏省268个水稻种植决策单元的农业环境效率平均值为0.5452。参考黄玛兰等[31]的研究，本文将农业环境效率划分为高、中、低三个组别，高效率组农业环境效率大于或等于1，表明农业生产活动处于生产前沿面；中效率组和低效率组的农业环境效率值分别为大于0.8且小于1和小于0.8，说明农业生产尚未达到生产前沿面，存在效率损失。根据表7的效率值，可以发现调研区域内稻农的农业环境效率呈现出两极分化现象，其中低效率组的数量远大于高效率组和中效率组，因此，未来农业环境治理的重点应放在努力减少低农业环境效率组数量的同时，提升高效率组的数量，以促进农业环境效率的整体提升。

表7 样本区域农户农业环境效率值

分组	高效率组（AEE≥1）	中效率组（0.8≤AEE<1）	低效率组（AEE<0.8）	样本总体
户数	53	6	209	268
均值	1.1074	0.8276	0.3900	0.5452
比例	19.78%	2.24%	77.99%	/

接着，本文采取Tobit模型对绿色生产技术采纳与农业环境效率进行了回归，回归结果如表8所示。回归结果显示，农户的绿色生产技术采纳行为在5%的显著性水平上正向影响农业环境效率，这可能是有机肥等的施用能够减少化肥面源污染，提高期望产出，进而促进了农业环境效

率的提高，这也进一步证实了农户在生产过程中需要关注生产要素使用量的规范化和标准化，以减少对环境的污染。同时启示我们，未来在进行绿色生产技术推广和政策制定时，除了关注绿色生产技术的采纳外，还应注重科学生产实践，特别是化肥施用量，农药、农膜使用量的宣传推广，这对于减少农业面源污染、提高农业环境效率，实现农业的绿色可持续发展至关重要。

表8 Tobit模型回归结果

	(1)
	农业环境效率
绿色生产技术采纳	0.2553**
	(0.1122)
控制变量	已控制
常数项	0.2045
	(0.1681)
N	268

注：***、**、*分别代表在1%、5%、10%的统计水平上显著，括号内为稳健标准误

五、研究结论与政策建议

（一）研究结论

改善农业生产环境，实现农业绿色可持续发展，离不开农户的参与。本文基于江苏省水稻种植户的微观调查数据，融合“知—信—行”理论、认知行为理论和协同治理理论，以环境认知作为中介变量，深入探讨了农户乡村数字治理参与对农户绿色生产技术采纳行为的影响及其作用机制。此外，本文运用超效率SBM模型测算了农业环境效率，并借助Tobit模型分析了农户绿色生产技术采纳与农业环境效率的关系。研究结果表明：农户乡村数字治理参与能够正向影响其绿色生产技术采纳行为，农户乡村数字治理参与程度越高，越能够促进绿色生产技术的采纳，且农户绿色生产价值感知参与和乡村协同治理意识参与均对其有正向影响。当前，农户的乡村数字治理参与程度平均值为0.37，农户绿色生产价值感知参与程度和乡村协同治理意识参与程度平均值分别为0.27和0.46，均处于中等偏下水平，因此，未来可以考虑促进农户参与乡村数字治理的程度。环境认知在农户乡村数字治理参与影响其绿色生产技术采纳的过程中发挥中介作用，农户的环境认知水平平均值为0.5。

异质性分析发现，相较于农户的个人特质和家庭特征，经营特征对农户绿色生产技术采纳行为的影响更大，主要体现在水稻经营规模、农户是否参与产业组织的正向影响和水稻种植经验的负向影响。此外，农户非农就业的程度越大，农户的绿色生产技术采纳行为程度越低。

本文进一步探讨了农户的绿色生产行为对环境的影响，考虑到农业环境效率是衡量农业可持续发展的关键指标，本文分析了农户的绿色生产技术采纳对农业环境效率的影响，结果显示，农户的绿色生产技术采纳能够在10%的显著性水平上正向影响农业环境效率，即农户的绿色生产技术采纳程度越高，农业环境效率的值就越高。样本区域内农户农业环境效率的平均值为0.5452，高效率组农户占比19.78%，低效率农户占比高达77.99%，远大于中效率组，因此未来可以考虑进一步扩大中高效率组农户的份额。

（二）政策建议

基于以上分析，本文提出如下政策建议。

一是立足乡村实际需求，着力提高农户在绿色生产价值感知、乡村协同治理意识等方面的数字化参与程度，推进乡村治理的数字化转型，形成乡村多元主体共建共治共享的新型治理格局。不断创新与完善农村数字基础设施建设，持续改善乡村治理的现代化水平。围绕农户绿色生产价值感知的实际需求，便捷农户参与乡村数字治理的方式，创新农户参与的形式，通过绿色生产信息共享、绿色生产技术培训等方式为农户提供清晰易懂的绿色生产信息，用来指导农业生产实践。围绕乡村多元主体协同治理的实际需求，通过公开村务信息，畅通社情民意，搭建沟通反馈渠道等方式增强农户的社会责任感和协同治理意识，从而激发农户参与乡村数字治理的内生动力。

二是要加强农业环境政策和科学生产知识的宣传，尤其要关注化肥、农药、农膜等生产要素使用量的宣传和监督，提高农业环境效率，促进农业的绿色可持续发展。

三是优化农业经营结构，支持适度规模经营。通过政策引导和技术支持，提升规模户的绿色生产技术采纳行为，并形成规模户带动小农户进行绿色生产的局面。此外，鼓励农户参与产业

组织，通过提高集体行动能力进而促进绿色生产技术的采纳。

参 考 文 献

[1] 李成龙，周宏．资源禀赋、政府培训与农户生态生产行为[J]．农业经济与管理，2022（5）：22-30.

[2] 吴爽，李哲．多元主体协同参与乡村数字治理的路径探索[J]．山西农业大学学报(社会科学版)，2023，22（6）：98-105.

[3] 苗珊珊，吴曦，许增巍．数字治理新实践：虚拟公共空间何以促进村民公共事务参与——基于乡村微信群的实证分析[J]．山西农业大学学报(社会科学版)，2024，23（1）：23-34.

[4] 张岳，冯梦微，易福金．乡村数字治理对农户垃圾分类的影响效果与机制研究[J]．世界农业，2023（11）：78-90.

[5] 刘可，齐振宏，黄炜虹，等．资本禀赋异质性对农户生态生产行为的影响研究——基于水平和结构的双重视角分析[J]．中国人口·资源与环境，2019，29（2）：87-96.

[6] 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.

[7] 杨彩艳，齐振宏，黄炜虹，等．效益认知对农户绿色生产技术采纳行为的影响——基于不同生产环节的异质性分析[J]．长江流域资源与环境，2021，30（2）：448-458.

[8] 张丰翼，颜廷武，张俊飚．社会互动对农户绿色技术采纳行为的影响：基于湖北省1004份农户调查数据的分析[J]．生态与农村环境学报，2022，38（1）：43-51.

[9] 彭新慧，闫小欢．互联网使用对苹果种植户绿色生产技术采纳行为的影响[J]．北方园艺，2022（17）：147-153.

[10] 刘杰，李聪，王刚毅．农户组织化促进了绿色技术采纳?[J]．农村经济，2022（1）：69-78.

[11] 万凌霄，蔡海龙．合作社参与对农户测土配方施肥技术采纳影响研究——基于标准化生产视角[J]．农业技术经济，2021（3）：63-77.

[12] 沈玉洁，裴小涵，赵敏娟．互联网使用对农业碳排放效率的影响——来自豫湘黑三省粮食种植户的实证检验[J]．资源科学，2024，46（7）：1314-1329.

[13] 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.

[14] 高天志，冯辉，陆迁．数字农技推广服务促进了农户绿色生产技术选择吗——基于黄河流域3省微观调查数据[J]．农业技术经济，2023（9）：23-38.

[15] 李家辉，陆迁．数字金融对农户采用绿色生产技术的影响[J]．资源科学，2022，44（12）：2470-2486.

[16] 孙子烨，宫思羽，余志刚．数字素养对农户绿色生产技术采纳的影响[J]．中国农业大学学报，2024，29（4）：12-26.

[17] 苏岚岚，彭艳玲．农民数字素养、乡村精英身份与乡村数字治理参与[J]．农业技术经济，2022（1）：34-50.

[18] 唐林，罗小锋，黄炎忠，等．劳动力流动抑制了农户参与村域环境治理吗？——基于湖北省的调查数据[J]．中国农村经济，2019（9）：88-103.

[19] 闫迪，郑少锋．信息能力对农户生态耕种采纳行为的影响——基于生态认知的中介效应和农业收入占比的调节效应[J]．中国土地科学，2020，34（11）：76-84，94.

[20] 张岳，冯梦微，易福金．乡村数字治理对农户垃圾分类的影响效果与机制研究[J]．世界农业，2023（11）：78-90.

[21] 陈卫平，孙欣．数字治理平台对外出务工村民参与乡村治理的影响及其机制——基于技术赋能视角的实证研究[J]．学术研究，2023（12）：107-116，177.

[22] 丁翔，李世平，南灵，等．社会学习、环境认知对农户亲环境行为影响研究[J]．干旱区资源与环境，2021，35（2）：34-40.

[23] 张杰，魏荟茹，袁岿然，等．社会资本、环境认知水平与农户环境治理参与行为——基于环塔生态脆弱区881份农户的调研数据[J]．干旱区资源与环境，2024，38（6）：88-98.

[24] 贾亚娟，张新奇．环境认知、感知利益对消费者参与快递包装分类回收意愿与行为悖离的影响[J]．资源科学，2022，44（10）：2060-2073.

[25] 高道明，赵一夫，潘彪．我国乡村治理水平评价及影响机制研究[J]．农业技术经济，2024（3）：94-113.

[26] 张岳，易福金．乡村数字治理的幸福效应[J]．南京农业大学学报(社会科学版)，2023，23（5）：152-164.

[27] 熊春林，黄炯，贺容煜，等．乡村数字治理的村民参与行为研究——基于湖南省36个村务微信群688名村民的实证分析[J]．湖南农业大学学报(社会科学版)，2024，25（5）：67-77.

[28] 唐林，罗小锋，张俊飚．环境规制如何影响农户村域环境治理参与意愿[J]．华中科技大学学报(社会科学版)，2020，34（2）：64-74.

[29] 聂弯，于法稳.农业生态效率研究进展分析[J].中国生态农业学报，2017，25（9）：1371-1380.
[30] Battese G E，Coelli T J. Frontier production functions，technical efficiency and panel data：with application to paddy farmers in India[J]. The journal of productivity analysis，1992，3（1）：153-169.
[31] 黄玛兰，曾琳琳，李晓云.LCA和DEA法相结合的农业生态效率研究——兼顾绿色认知和环境规制的影响[J].华中农业大学学报(社会科学版)，2022（1）：94-104.
[32] 陈敏鹏，陈吉宁，赖斯芸.中国农业和农村污染的清单分析与空间特征识别[J].中国环境科学，2006（6）：751-755.
[33] 史常亮，李赟，朱俊峰.劳动力转移、化肥过度使用与面源污染[J].中国农业大学学报，2016，21（5）：169-180.
[34] 文高辉，王夏珏，胡贤辉，等.耕地规模、细碎化对化肥面源污染的影响[J].中国生态农业学报(中英文)，2023，31（7）：1081-1093.

Farmers´ participation in rural digital governance， environmental awareness， and adoption of green production technologies： a case study of rice farmers in Jiangsu Province

ZHOU Hong，QIAO Mengyuan

（*College of Economics and Management*， *Nanjing Agricultural University*， *Nanjing* 210095， *China*）

Abstract：The adoption of green production technologies is a critical measure to promote the green development of agriculture and improve agricultural quality and efficiency. Utilizing micro-survey data from rice farmers in Jiangsu Province，this article employs the Tobit model to analyze the impact of farmers′ participation in rural digital governance on their adoption behavior regarding green production technologies and further explores how the adoption of these technologies affects agricultural environmental efficiency. The study reveals that farmers′ participation in rural digital governance is currently at a moderate-to-low level but significantly promotes the adoption of green production technologies，primarily through enhanced perception of the value of green production and increased awareness of collaborative rural environmental governance. Mechanism analysis indicates that environmental awareness plays a mediating role between farmers′ participation in rural digital governance and their adoption behavior of green production technologies. Heterogeneity analysis shows that participation in rural digital governance has a more significant impact on the large-scale farmers′ adoption of green production technologies compared to small-scale farmers. Further analysis shows that among large-scale farmers，those who participate in industrial organizations experience greater effects than those who do not. Based on these findings，this paper proposes policy recommendations that focus on increasing farmers′ participation in rural digital governance，optimizing farm business structures，and strengthening the promotion of agri-environmental polices and scientific production knowledge. These measures are conducive to enhancing farmers′ adoption of green production technologies，thereby reducing agricultural non-point source pollution and promoting the green and sustainable development of agriculture.

Keywords：Farmers′ participation in rural digital governance； Participation in perceiving the value of green production information； Participation in rural collaborative governance awareness； Environmental awareness； Adoption of green production technologies

（编辑：程俐萍）