

引用格式:麻吉亮,王法麟,吴姝奇.灾害经历如何影响农户技术采纳?——以抗旱适应性技术为例[J].技术经济,2026,45(10):102-116.
Ma Jiliang, Wang Falin, Wu Shuqi. How do disaster experiences affect farmers' adoption of technologies? A case study of drought-adaptive technologies[J]. Journal of Technology Economics, 2026, 45(10): 102-116.

灾害经历如何影响农户技术采纳?

——以抗旱适应性技术为例

麻吉亮¹,王法麟¹,吴姝奇²

(1.中国农业科学院农业经济与发展研究所,北京 100081;2.呼和浩特市贸易发展和投资促进中心,呼和浩特 010050)

摘要:全球气候变化提高了极端天气事件的发生频率和严重程度,干旱风险已从偶发性冲击演变为农业生产中的常态性胁迫,而农户的适应性技术采纳是构建农业防灾体系的微观基础。基于中国食用豆主产区三地561户农户的实地调研数据,以抗旱措施为研究对象,从技术采纳和气象服务付费两个层面,系统考察农户采纳气候适应性技术的驱动机制。研究结果表明:第一,气候灾害冲击是驱动农户采纳抗旱技术的核心因素,但影响强度存在异质性,对采用抗旱种子、变换种植结构、变换播种或收获时间及采用气象服务均具有显著促进作用,但对增加灌溉无显著影响,反映出适应性技术采纳存在资源约束门槛;第二,在需要持续付费的技术采纳中,支付意愿是决定农户技术支付能力的核心前提,支付意愿的形成主要由受灾严重程度驱动。研究揭示了农户技术采纳行为中“灾害驱动—技术分化—意愿主导—能力制约”的行为逻辑,为理解农户在气候变化下的决策机制提供了新的经验证据。研究结论为完善农业防灾减灾政策、优化气象服务供给模式具有参考价值,也为针对不同类型农户制定差异化技术推广策略提供了实证依据。

关键词:气候变化;灾害冲击;技术采纳;支付意愿;支付能力;农户行为

中图分类号:F3 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-980X(2026)10-0102-15

DOI:10.12404/j.issn.1002-980X.J26040302

一、引言

气候变化是影响农业生产的主要威胁之一,是全球面临的严峻挑战之一。联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)在第五次评估报告中指出,全球变暖趋势仍在持续,从1880—2012年全球平均陆地和海洋表面温度升温0.85℃。根据2022年发布的《第四次气候变化国家评估报告》,中国是受全球气候变化影响最敏感的区域之一,升温速率高于全球平均,并且降水时空分布差异大,强降水事件趋多趋强,面临洪涝和干旱双重影响。中国气象局发布的《中国气候变化蓝皮书(2022)》显示,1951—2021年,中国地表年平均气温每10年升温0.26℃;1961—2021年,中国平均年降水量平均每10年增加5.5毫米。2021年中国降雨时空分布变化较大,华北地区平均降雨量为1961年以来最多,而华南地区平均降雨量为近10年最少。尽管得益于高标准农田建设,中国的受灾面积逐年减少,2021年农业受灾面积为11739千公顷,约占农作物总播种面积的7%。干旱不仅导致当年粮食减产,还通过土壤墒情恶化、农业投入品效率下降等途径,影响后续生产周期的产出能力^[1-2],严重威胁国家粮食安全。特别是在农民收入对农业依赖度较高的地区,气象灾害直接降低农户的收入质量^[3],加剧了农村贫困脆弱性。因此,深入研究农户应对干旱的适应性技术采纳行为,对于降低农业经济损失、保障粮食供给稳定、筑牢国家粮食安全防线具有重要的现实意义。

收稿日期:2026-04-03

基金项目:国家自然科学基金面上项目“气候感知对农户适应性决策的影响及其路径优化研究——以玉米种植农户为例”(72374198);国家重点研发计划课题项目“黑土地保护性技术模式推广机制创新与试点示范——黑土地保护性利用技术模式区域适宜性评估与推广机制创新及应用”(2024YFD1200905)

作者简介:麻吉亮(1986—),博士,中国农业科学院农业经济与发展研究所研究员,博士研究生导师,研究方向:农业技术经济;(通信作者)王法麟(2002—),中国农业科学院农业经济与发展研究所硕士研究生,研究方向:农业技术经济;吴姝奇(1995—),硕士,呼和浩特市贸易发展和投资促进中心,研究方向:农业管理。

农户是农业生产的基本单元,其自主适应行为是构建农业防灾减灾体系的重要微观基础。农户的气候适应性技术是指针对实际或预期的气候刺激,对自然或人类系统进行调整,从而减轻气候危害或利用有利机会。农业中常见的适应方法包括采用更耐旱的作物和牲畜品种、调整灌溉方式、实行作物多样化种植、采用作物与牲畜混合耕作系统,以及改变播种日期^[46]。了解影响农民采用适应措施的因素和阻碍,不仅有助于提升农民应对气候风险挑战的能力,还能加强相关政策的制定与改进。

现有文献对农户气候适应性技术采纳行为进行了系统探索,现有研究取得的共识是:在理论框架方面,构建较为完整的农户适应性采纳决策分析框架,从传统的人口特征、社会经济条件拓展到社会制度、文化氛围、气候变化感知等多维层面^[7-9]。尤其是在发展中国家情境下,体现出农户适应性技术采纳决策的复杂性。在研究对象上,已有文献涵盖了品种选择、灌溉调整、生计多样化等多种适应性措施^[10-12],积累了丰富的跨国和跨区域经验。但多数研究将不同的适应性技术视为独立选择,现实中农户往往组合采用多种技术,且不同适应性技术之间可能存在替代或互补关系。此外,现有研究对新兴技术的采纳的探讨较为薄弱,关于农户对数字化、信息化适应技术的支付意愿和支付能力尚处于起步阶段。为此,本文聚焦农业生产中的抗旱情境,系统考察农户抗旱技术采纳的驱动因素。通过构建组合型适应性技术变量,分析农户适应性技术组合选择的逻辑路径,同时引入内生处理效应模型,获得可靠的气候冲击、支付意愿与支付能力之间的关系推断。期望从理论层面丰富农户气候适应行为的研究视角,为新时期中国农业防灾减灾体系建设及粮食安全战略的稳步推进提供一定支撑。

二、理论分析与研究假设

气候变化已经成为威胁农业生产最为确切的长期趋势之一,而干旱风险已逐渐演变为常态性胁迫,深刻影响农业生产稳定性和农户生计安全。在此背景下,适应成为比缓解更为紧迫且可行的策略选择^[13]。与大规模基础设施建设等宏观适应性措施相比,农户基于自身条件采纳的适应性技术具有响应速度快、调整成本低、针对性强的优势^[14],是构建农业韧性体系的微观基础。然而,现实中农户对气候变化相关的技术采纳率并不理想,存在技术供给与采纳需求之间不匹配的困境。因此,回答哪些因素阻碍或驱动农户采纳气候适应性技术,气候灾害的直接冲击是否会改变农户的决策逻辑的问题十分必要。

(一) 理论基础

农户技术采纳行为的理论解释经历了从线性扩散模型到多因素整合模型的演进。Rogers^[15]的创新扩散理论最早系统揭示了技术在社会系统中的传播过程,强调技术的相对优势、兼容性、复杂性、可试性和可观察性5个感知特征影响个体的技术采纳决策。此后,Ajzen^[16]提出的计划行为理论认为,个体的行为意愿由行为态度、主观规范和知觉行为控制三个变量共同决定,成为目前农户行为研究中应用最广泛的理论框架之一。Davis^[17]的技术接受模型则聚焦于信息技术的采纳,以感知有用性和易用性为核心变量,解释个体对技术的主观评价如何决定采纳意愿。

本文以计划行为理论为基本分析框架,主要基于以下考虑:农户面对灾害冲击时,其技术采纳决策可以从上述三个维度加以解释。灾害经历会改变农户对技术价值的评价,属于行为态度的变化。社会网络和信息渠道构成主观规范的影响来源;而技术实施需要的外部资源配套直接影响农户的知觉行为控制。在此基础上,引入前景理论中的损失规避概念加以补充。该理论指出,个体对损失的敏感程度远高于对收益的敏感程度,且损失越大,规避损失的动机越强。这一机制有助于理解为何受灾严重程度而非单纯的受灾与否,是触发农户为气象服务付费的关键变量。此外,还引入技术门槛的概念,用以区分不同技术在采纳过程中所面临的约束条件差异,从而解释灾害冲击为何对某些技术影响显著,而对另一些技术影响有限。

综合上述理论视角,本文的分析逻辑是:灾害冲击通过改变农户的行为态度来驱动技术采纳意愿,但这一意愿能否转化为实际行为,受到知觉行为控制的调节,即技术门槛的高低决定了意愿向行为转化的通畅程度。对于气象服务这类需要持续付费的高门槛技术,灾害严重程度通过损失规避机制进一步强化行为态度,推动农户跨越付费的心理门槛。

(二) 农户适应性技术采纳的影响因素

关于农户对气候变化适应和影响农户适应的因素分析,国内外学术界已从宏观和微观层面开展了一定程度的研究,但以抗旱为目的采用适应措施的深入研究很少。有很多因素被发现会影响农民的适应性决策。在调查农民的适应性行为时,通常使用年龄、性别、教育水平、家庭规模、收入,以及获得农业推广、信贷和信息的机会^[18-22]。还有一些其他因素适用于特定环境。例如,在爱荷华州,农民对气候变化的信念和担忧被证明会影响农民对适应和缓解战略的态度^[23]。根据现有研究,影响农户采用适应措施的关键因素可以分为5大类,分别为人口和社会经济因素,资源、服务和技术因素,制度和政治因素,社会和文化因素,认知和心理因素^[24]。在这些研究中,教育水平、年龄、收入和农户的种植规模是最受学者关注的关键因素。

教育是农民适应水平和形式的一个重要因素。教育使农民能够获得更多的信息且更容易接受新鲜事物,鼓励他们在耕作实践中采用改进的技术^[25-27]。研究发现,教育可以增加采取适应性措施的概率,如土壤保持和改变种植日期^[19],并对适应性产生积极影响^[28]。

农户的年龄对采取适应性技术有两种截然不同的论点。一方面,年龄大的农民在耕作实践方面有相当丰富的经验。他们对气候变化的现实有广泛的观察知识,可能明白适应对农民生计的必要性。这说明他们采取适应性措施的可能性更大。例如,户主的年龄越大,采取植树和灌溉等措施的可能性就越大^[8]。如果农民有更多的耕作经验,他们也更有可能采取适应性措施^[21]。另一方面,农民的年龄越大,他们就会越保守。年龄大的农民似乎很难在他们的耕作实践中采用技术创新。例如,年龄对采用改进的土壤保护技术有负面影响^[29]。

收入代表农户的富裕程度。它有助于农民决定是否愿意采取适应性措施。较高的收入使农民能够采取昂贵的、更有效的措施来应对气候变化。研究发现,收入通常对农业技术的采用有积极的作用^[30]。农业收入和非农收入都被发现对农民的适应性行为产生显著影响。农业收入越高,采取保护土壤、改变播种日期和作物品种多样化等措施的概率越高。而较高的非农收入则有助于增加灌溉和改变种植日期^[19]。

种植规模是农户的资源禀赋。种植规模越大,农户对气候变化的关注就越多,因而感知气候变化的可能性也将越大,相应采取适应性行为的可能性也越大。姚升^[27]基于安徽省的调查数据发现种植规模对农户采用适应性策略有积极影响。相应地,如果该农户为纯农户,说明该农户的收入主要依靠农业产出,因此会更加关注气候变化;同时,纯农户获取信息的能力较兼业户和干部户要弱一些。

农户作为有限理性经济人,其技术采纳决策建立在成本与收益比较之上。在常态下,农户可能因为信息不对称、技术采纳成本或风险规避等原因维持既有生产经营习惯。然而,一旦亲身经历气候灾害并遭受实际损失,其风险感知将发生显著变化。参考“可得性启发式”认知规律^[31],近期发生的、冲击强烈的负面事件会使农户高估其再次发生的概率和可能造成的损失。因此,经历过减产的农户会预期未来干旱风险更高,进而提高对抗旱适应性技术的需求强度。

此外,灾害经历会改变农户对技术价值的评估。在农户未经历气候灾害时,抗旱适应性技术的预防收益难以被直接感知,农户认为技术采纳成本高于其带来的潜在收益^[32]。在灾害发生后,避免再次减产的预期收益能够与技术采纳的直接成本进行比较,农户在认为减灾收益超过采纳成本时,技术采纳便成为理性选择。

然而,灾害冲击对技术采纳的驱动作用并非对所有技术同等有效,不同适应性技术所面临的约束条件不同^[33-34],导致灾害冲击的实际影响存在异质性。其根源在于:不同技术嵌入不同层次的技术与资源耦合体系中,其采纳门槛各不相同^[35]。而灾害冲击主要作用于农户的主观意愿,对客观约束条件的改变能力有限。具体可以分为:低门槛技术属于农户可独立决策、成本相对可控、不依赖外部资源配套的适应性技术。这类技术的决策链条短,从意愿形成到行为采纳之间的转化阻力小,灾害冲击能够直接驱动农户采纳行为。高门槛技术则不仅依赖农户的主观意愿,还需要相应的资源配套或支付能力作为支撑。这意味着高门槛技术的决策链条引入了一个关键环节:外部资源条件或内部经济条件对农户适应性技术采纳的约束作用^[36-37]。具体而言,高门槛技术的采纳与基础设施配套、经济投入能力等条件高度关联,并且上述条件不随灾害冲击的发生而改善。因此,即使灾害冲击显著提升了农户的主观意愿,如果缺乏相应的外部资源条件

或内部经济条件,意愿向技术采纳的转化仍会受到实质性阻碍,灾害冲击的驱动作用会被削弱或抵消。

基于上述探讨,本文提出假设:

气候灾害冲击对农户抗旱技术采纳具有显著正向影响,且该影响对采纳门槛较低的适应性技术更为明显。经历过气候减产的农户,对于旱风险的感知更为深刻,对抗旱技术的价值评估更高,因此更倾向于采纳这些技术以应对气候变化威胁(H1)。

(三) 农户技术支付意愿的影响因素

从经济学视角来看,农户是否愿意采纳某种适应性技术,本质上是在给定约束条件下追求效用最大化的理性决策过程。借鉴消费者行为理论^[38],农户对气候适应性技术的有效需求需要满足两个条件:一是具有购买意愿,即农户主观上认可该技术的价值并希望获取;二是具有支付能力,即农户客观上能够承担技术获取的成本。只有当购买意愿与支付能力同时具备,潜在需求才能转化为现实需求,技术才能得到农户采纳。

相较于单一的技术采纳决策,农户对气象预测服务的付费决策更为复杂。借鉴消费决策理论^[39-40],支付意愿与支付能力之间存在既相互关联又相互区别的关系。支付意愿是主观偏好的表达,反映农户对技术价值的认可程度;支付能力是客观条件的体现,受农户收入水平、支出结构、政策补偿程度等因素约束^[41-43]。理论上,支付意愿可以转化为支付行为,但这种转化受支付能力的制约——即便农户认可技术价值,若缺乏相应的经济能力,其支付意愿也难以落地。反之,支付能力强的农户,若对技术价值缺乏认可,同样不会产生有效支付^[44-45]。

基于上述理论基础,本文将影响农户适应性技术支付意愿的因素归纳为4个层面:一是农户个体和家庭特征,农户作为技术采纳的决策主体,其个体和家庭特征直接影响其认知能力和决策偏好。二是农户生产经营特征,经营规模越大的农户,面临的气候风险敞口越大,潜在的灾害损失也越高,因此更有动机通过技术手段分散风险。同时,规模经营往往伴随更高的专业化程度和更强的成本分摊能力,使其技术采纳的边际收益更高^[35]。三是外部环境 with 政策制度,农户的技术决策并非在真空中进行,而是嵌入特定的社会网络和政策环境之中。通过农技推广部门、合作社、邻里交流、大众传媒等多元渠道获取信息的农户,对技术的了解更全面,信任度更高,支付意愿也更强^[46]。四是风险认知与灾害经历,农户对气候变化的感知和灾害经历是触发适应行为的重要动因,农户个体更容易对近期经历或印象深刻的事件做出反应^[47-48]。经历过气候减产损失的农户,对于旱风险的威胁有更直观的认知,对技术价值的评估也更积极。

从行为经济学视角来看,一般消费决策逻辑是意愿先行、能力跟进^[49]。对于气象预测咨询服务这类小额、重复性的消费品,消费者的首要决策是“要不要买”,一旦决定购买,支付额度在可承受范围内自然确定,收入差异并不构成主要障碍。

支付意愿反映农户对气象预测资讯服务价值的主观评价,与其他适应性技术类似,遵循预期收益与技术成本的比较逻辑。如果预期收益大于采纳技术的成本,则形成积极意愿,这一阶段的决策主要受认知因素、风险倾向、信息获取能力等主观因素的影响^[50-51]。在形成支付意愿后,支付能力的作用机制体现为预算约束内的释放,即为农户在给定意愿下的经济可行性,即使农户形成了付费意愿,其最终能为气象预测资讯服务支付的额度还受到收入水平、刚性支出压力等客观经济条件的制约^[52]。

再进一步分析,在气象服务的付费决策中,灾害冲击的强度比是否发生具有更强的解释力^[49,54]。原因在于,更换抗旱种子等基础抗旱适应性技术的成本较低、决策风险小,农户只要经历过减产,无论程度轻重,就可能出于预防心理而采纳。但对于需要持续付费的气象服务,农户会进行更为审慎的成本收益衡量。此时,灾害的严重程度成为关键解释变量。人们对损失的敏感程度远高于对收益的敏感程度,且损失越大,规避损失的动机越强。经历过严重减产的农户,经济损失更大,对气候风险的敏感度和恐惧感也更为强烈,导致其对于规避损失有较高的期望,而气象预测资讯服务是能够提前预警、帮助规避风险的信息工具,期望价值也随之提升。相比之下,仅经历轻微减产或未减产的农户,对气象服务的边际收益感知较弱,付费意愿相对降低。

基于上述探讨,本文提出假设:

农户受灾严重程度正向影响支付意愿。经历过因气候变化威胁而严重减产的农户对风险保障的需求更迫切,因此更愿意为气象预测服务付费。(H2)

三、研究设计

(一) 模型构建

本文的计量模型包括普通最小二乘(OLS)回归、二元 logistic 回归和平均处理效应(ATE)模型。为探究农户抗旱技术采纳的影响因素,构建基准回归模型以检验核心解释变量、控制变量与农户抗旱技术采纳程度之间的关系。考虑到因变量的取值特征,采用 OLS 进行基准回归估计,具体模型设定如式(1)所示。

$$Y_i = \alpha_0 + \alpha_1 X_{\text{disaster}} + \beta X_{\text{control}} + \gamma_j \text{City}_j + \varepsilon_i \quad (1)$$

其中: Y_i 为农户的抗旱技术采纳程度,取值为 1~3,取值越大代表农户的采纳强度越高; X_{disaster} 为核心解释变量,即农户是否因气候灾害而造成减产,为二元虚拟变量; X_{control} 为控制变量组,包含农户个体及家庭特征变量; City_j 为市级固定效应变量,用于控制不同地区宏观环境、政策差异等不可观测因素的影响,基准组设定为江苏省南通市; ε_i 为随机误差项; α, β 为待估系数。

二元 Logit 模型用来研究每种抗旱技术采用的影响因素,抗旱措施的采用与否是一个二元变量。因此,采用二元 Logit 回归作为计量模型,设定如式(2)所示。

$$P(y_i = 1 | X_i, \beta) = F(X_i' \beta) = \frac{\exp(X_i' \beta)}{1 + \exp(X_i' \beta)} = \frac{1}{1 + \exp(-X_i' \beta)} \quad (2)$$

其中: $P(y_i = 1 | X_i, \beta)$ 为在给定解释变量 X_i 的条件下,相应个体选择采纳 ($y_i = 1$) 的概率。为反映农户是否采纳某项抗旱技术的二元被解释变量; X_i 为解释变量向量; X_i' 为 X_i 的转置,即解释变量行向量 β 为待估系数向量。经过变换,可以得到式(3)。

$$\ln odds_i = \ln \left(\frac{P(y_i = 1)}{1 - P(y_i = 1)} \right) = X_i' \beta \quad (3)$$

其中: $odds_i$ 为几率,即事件发生概率与不发生概率之比。与线性概率模型(LPM)相比,Logit 模型把在 $[0, 1]$ 上预测概率的问题转化为在实数轴上预测一个事件发生的几率问题,其因变量是某个具体选择的几率比的对数。其中 $y_i = 1$ 事件的概率 p 可由 $\frac{odds}{1 + odds}$ 计算得出。

本文将农户是否愿意为气象服务资讯付费这个二元变量作为内生处理效应回归(ETR)中的处理变量。这是一种有效和无偏的估计,原因有二:一是通过变量支付意愿可以区分愿意付费和不愿意付费的农户之间的差异。二是当使用二元变量进行估计时,ETR 可以充分调整潜在的样本选择偏差。使用 ETR 可以通过消除源于可观测因素和不可观测因素产生的偏差,产生一致的估计值。

假设农户是否愿意为气象服务咨询付费用 d_i 表示,关于农户愿意为气象服务咨询付费金额用 Y_{payment} 表示,可以建立以下基本模型:

$$Y_{\text{payment}} = \beta_1 X_i' + \beta_2 d_i + \varepsilon_i \quad (4)$$

$$d_i = \begin{cases} 1, & \omega_i \gamma + \mu_i > 0 \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (5)$$

其中: X_i' 为预先确定的会显著影响农户的付费情况 (Y_{payment}) 的特征变量; d_i 为受制于显著内生性二元处理变量; ω_i 是预先确定的农户的可观测的特征变量,与变量 X_i' 有重合的部分;误差项 ε_i 和 μ_i 是均值为零的双变量正态。协方差矩阵显示如式(6)所示。

$$\begin{bmatrix} \sigma^2 & \sigma_{\mu\varepsilon} \rho_{\mu\varepsilon} \\ \sigma_{\mu\varepsilon} \rho_{\mu\varepsilon} & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

其中: $\text{var}(\varepsilon_i) = \sigma^2$, $\text{cov}(\varepsilon_i, \mu_i) = \sigma_{\mu\varepsilon}$, $\text{corr}(\varepsilon_i, \mu_i) = \rho_{\mu\varepsilon}$ 。如果 $\rho_{\mu\varepsilon}$ 在统计学上是显著的,这表明由于样本选择

偏差,存在明显的内生性。本文用最大似然估计器拟合这个约束模型,并在表 4 中展示了关于农户对气象资讯支付能力的 ETR 估计结果。

(二) 变量选取

1. 被解释变量

本文选取的被解释变量为农户抗旱技术采纳,具体包含两个层次:

第一个层次是基础抗旱技术的采纳强度,参考毛慧等^[32]的分级处理办法,以抗旱措施有序变量加以度量,取值 1~3,分别代表“未采取任何措施”“采取 1~2 种抗旱措施”和“采取 3~5 种抗旱措施”,反映农户在面对干旱风险时所采取的技术组合的广度。数值越大表示采纳的技术种类越多,适应行为的强度越高。此外,参考米松华等^[54]的方法,对农户采纳的抗旱措施采用计数变量度量。

第二个层次是气象预测资讯服务的采纳决策。本文将该服务单独列出并采用支付意愿加以度量,是因为该技术需要农户额外付费方可获取,决策逻辑涉及是否愿意付费和愿意付多少两个层次。在具体测度上,参考条件价值评估法的通行做法^[55-56],选取是否愿意为农业气象预测资讯服务付费的二元选择变量(用以度量农户对气象服务技术的采纳意愿)和以 0 元为起点、5 元为步长的五级量表(用以度量农户愿意支付的金额区间,反映其在该技术上的采纳程度)。

上述两个层次在逻辑上是统一的。支付意愿本质上是农户对气象预测资讯服务这一特定技术的采纳意愿,与基础技术决策的采用在决策逻辑上是同构的。区别在于技术属性,气象服务需要付费获取。因此,其采纳决策自然表现为是否愿意付费和愿意付多少两个层次。前者决定是否采纳,后者刻画采纳的深度,二者共同构成从采纳意愿到采纳程度的完整观测链条。

2. 核心解释变量

农业生产过程中受灾情况及其严重程度是核心解释变量。参考已有研究^[57-58]对农户气候变化感知与灾害经历的虚拟变量和有序变量分级测度方式,将受灾情况用二元选择变量度量,询问农户近五年内,是否因为种植关键期的气候变化恶劣,导致了农业生产减产。在此基础上,进一步对承认存在因气候变化导致减产的农户询问其减产严重程度,分为 0~4 级,分别表示“未造成减产”“不严重”“严重”“非常严重”。

3. 控制变量

除了受灾情况及其严重程度外,仍有其他因素可能会对农户的适应性技术采纳决策和支付意愿产生影响。根据现有文献^[59-61]的支撑,选择年龄、是否纯农户、经营耕地面积、农户总收入、农户总支出作为控制变量。另外,为了控制不同调研地区的异质性,构建市级区域虚拟变量,考察市级地区固定效应。

本文涉及的变量描述性统计结果见表 1。

表 1 描述性统计结果

变量		变量含义	(1)	(2)	(3)	(4)
			均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量(抗旱技术采纳)	抗旱措施(有序变量)	1=未采取任何适应性措施;2=采取 1~2 种抗旱措施;3=采取 3~5 种抗旱措施	2.63	0.66	1.00	3.00
	抗旱措施(计数变量)	采取抗旱措施的数量	2.98	1.33	0	5.00
	使用抗旱种子	1=使用抗旱种子	0.52	0.50	0	1.00
	增加灌溉量	1=增加灌溉量	0.77	0.42	0	1.00
	变换种植结构	1=变换种植结构	0.76	0.43	0	1.00
	变换播种或收获时间	1=变换播种或收获时间	0.70	0.46	0	1.00
	适应性技术支付意愿(气象预测资讯服务)	1=愿意采纳气象预测资讯服务	0.34	0.47	0	1.00
	适应性技术支付能力	以 0 元为起点,5 元为步长的支付能力五级量表	0.72	1.23	0	4.00
解释变量	是否因气候灾害而减产	1=存在因气候灾害而减产的经历	0.51	0.50	0	1.00
	受灾减产严重程度	0=未造成减产;1=不严重;2=严重;3=非常严重	1.00	1.09	0	3.00

续表

变量		变量含义	(1)	(2)	(3)	(4)
			均值	标准差	最小值	最大值
控制变量	年龄	农户年龄	60.31	12.38	0	95.00
	文化程度	1=未上过学;2=小学;3=初中;4=高中; 5=中专和职高;6=大学专科及以上	2.09	1.37	0	6.00
	纯农户	1=纯农户	0.65	0.48	0	1.00
	耕地面积	农户耕地面积(亩)	49.76	126.64	0	2415.00
	家庭总收入	农户总收入(万元)	7.73	12.97	0	207.00
	家庭总支出	农户总支出(万元)	5.94	10.59	0	128.20

注:1 亩≈666.7 平方米。

从被解释变量来看,样本农户抗旱措施有序变量的均值为 2.63,表明农户的采纳程度介于 1~2 项和 3~5 项,计数变量的均值为 2.98,表明农户平均采纳约三项抗旱适应性技术。其中,采用抗旱种子的农户占比约 52%,增加灌溉量的农户占比约 77%,变换种植结构的占比为 76%,变换播种或收获时间的占比为 70%,说明增加灌溉量和变换种植结构适应干旱灾害冲击更为普遍。在气象预测资讯服务方面,仅有约 34%的农户明确表示愿意为该服务付费,支付能力均值为 0.72,对应平均支付意愿金额每月为 5~10 元,反映出现阶段农户对气象预测资讯服务的付费意愿整体处于较低水平,且支付能力有限。

从解释变量来看,样本农户中有 51% 的农户表示曾因气候灾害导致减产,受灾减产严重程度的均值为 1.00,介于“未减产”与“不严重”之间,表明样本农户整体受灾程度较轻。此外,控制变量显示样本农户存在三种特征:一是农户户主平均年龄为 60.31 岁,最大年龄为 95 岁,且文化程度均值为 2.09,平均为小学水平,表明农户老龄化趋势明显,文化程度普遍较低;二是纯务农农户占比 65%,耕地面积均值为 49.76 亩,标准差高达 126.64,说明农户经营规模存在明显分化;三是农户平均总收入 7.73 万元,平均总支出 5.94 万元,平均收支基本平衡,但标准差较大,显示出农户之间经济状况存在较大差异。

(三)数据来源

利用 2020—2022 年农业农村部国家现代农业产业技术体系(食用豆)子项在山西省忻州市、吉林省白城市及江苏省南通市收集到的调研数据,旨在系统了解食用豆种植农户的生产经营状况、气候变化感知及适应性技术采纳行为。样本地区的选择兼顾了中国地理分布及气候特征的差异性。忻州市位于黄土高原东部,属温带大陆性气候,干旱频发且灌溉条件有限;白城市地处松嫩平原西部,为典型的半干旱区,农业生产对降水和抗旱技术依赖较强;南通市位于长江三角洲,属亚热带湿润气候,农业基础设施较为完善。三地分别代表北方干旱半干旱区与南方湿润区的典型农业生态类型,为比较分析不同气候背景下农户适应性行为提供了良好的场景支撑。调研共收到有效问卷 580 余份,去除有关食用豆种植、农业技术服务、农户特征控制变量异常及缺失样本,最终筛选出 561 份农户样本,具有较强的代表性。

本文选择食用豆种植农户作为研究对象,主要基于以下考量,旨在更准确地捕捉灾害经历对农户技术选择与支付意愿的影响。一是食用豆种植对干旱胁迫更为敏感,农户的技术需求更易被灾害经历激活。与主粮作物相比,食用豆虽具有一定的抗旱耐瘠特性,但其形态、生理过程及基因表达对水分亏缺极为敏感^[62]。这意味着,一次中等程度的干旱就足以造成显著经济损失,农户的灾害感知更强烈,从而更有可能触发对抗旱适应性技术的支付意愿。而在主粮作物上,由于国家最低收购价政策、农业保险覆盖及灌溉设施较为完善,灾害冲击对农户决策的影响可能被削弱,观察到的灾害与技术采纳关系可能低估真实效应。二是食用豆是市场化程度较高的经济作物,农户的技术决策自主性更强。与主粮作物受国家价格调控和储备政策深度干预不同^[63],食用豆价格主要由市场供需决定,农户的种植收益更多取决于其技术选择和风险管理能力^[64]。因此,农户在面对灾害冲击时,更有动力自主决策是否购买抗旱种子、是否调整播种时间、是否订阅气象服务。选择食用豆作为研究对象,能够更纯净地估计灾害经历对农户真实支付意愿的影响,避免主粮作物研究中政策变量的混杂干扰。

四、实证结果分析

(一) 基准回归结果

表2展示了农户抗旱技术采纳影响因素的基准回归估计结果。其中,(1)列和(2)列为 OLS 模型的估计结果,因变量为“抗旱措施”,取值为1~3,分别表示农户未采用任何抗旱措施、采用1~2项抗旱措施、采用3~5项措施,以表示农户对抗旱措施的采纳程度。所有模型均控制了市级固定效应,基准组为江苏省南通市。

在仅纳入核心解释变量时,气候灾害减产经历在1%的水平上显著为正,表明经历过减产的农户抗旱技术的采纳程度更高。在加入农户特征控制变量后,气候灾害减产经历仍然在1%的水平上显著为正,核心结论稳健。纯农户在5%水平上显著为负,表示纯农户的抗旱技术采纳程度显著低于兼业户。此外,在市级固定效应方面,忻州市和白城市的系数均在1%的水平上显著为负,表明两地区的农户抗旱技术采纳程度显著低于基准组南通市。

以上结果表明:第一,气候灾害冲击是驱动农户采纳抗旱技术的关键性因素,经历过气候灾害而减产的农户,其抗旱技术采纳程度比未受灾农户高出约0.45个等级。产生这一结果的原因在于:灾害经历通过风险认知强化和预期效用重构两条路径发挥作用。在认知路径上,亲身遭受减产损失使农户对于旱风险的主观评估概率显著上升,风险感知从抽象的可能性转变为具体的威胁;在预期效用路径上,灾害经历改变了农户对技术成本的核算方式,未受灾时技术被视为额外支出,受灾后技术被重新定义为避免损失的投入,减灾收益被纳入成本收益考量并占据更高权重。两条路径共同驱动农户采纳多种适应性技术以降低未来损失。并且,这一效应不受农户年龄、收入等特征的干扰,说明灾害冲击具有独立且稳健的驱动作用。第二,纯农户是抗旱技术推广的短板,采纳程度显著低于兼业户。可能的原因有三个:一是信息约束,纯农户获取新技术信息渠道有限,对先进抗旱适应性技术的了解不足;二是风险规避倾向,纯农户的全部收入依赖农业生产,对带来不确定性的决策都更为谨慎,倾向于维持已有的耕作方式;三是资金约束,采纳适应性技术在短期内会带来更多的生产成本,对资金相对紧张的纯农户构成现实经济门槛。第三,地区异质性显著,这一异质性展示出技术采纳与地区资源禀赋密切相关,体现在三地在水资源禀赋、农田水利基础设施和客观气候条件上的系统性差异。南通市地处湿润区,水系发达,农田水利基础设施完善,农户已有较好的灌溉条件,无须额外增加灌溉量;而忻州市、白城市属于半干旱区,农户可能依赖增加灌溉量的方式应对干旱,但白城市可能受限于农田灌溉设施不足,导致增加灌溉量存在困难。这一地区异质性的深层机制在于:地区资源禀赋决定了农户面临的客观约束条件,进而调节了从灾害冲击到技术采纳的转化链条。

(二) 异质性分析

表3展示了五项具体抗旱措施采纳影响因素的异质性分析结果。气候灾害减产经历对采用抗旱种子、变换种植结构、变换播种或收获时间及购买气象预测服务均有显著正向影响,但是减产经历对增加灌溉量技术没有显著影响。在系数方面,抗旱种子的系数为1.383,气象预测服务的系数为0.653,代表减产农户采用抗旱种子的发生比约为未减产农户的3.99倍,而愿意为气象服务付费的发生比约为1.92倍,相差两倍以上。

表2 基准回归结果

变量	(1)	(2)
	抗旱措施	抗旱措施
是否因气候灾害而减产	0.440 *** (0.0740)	0.446 *** (0.0737)
耕地面积	0.0000518 (0.000246)	0.000472 (0.000360)
市级固定效应—忻州市	-0.478 *** (0.0735)	-0.485 *** (0.0747)
市级固定效应—白城市	-1.335 *** (0.0760)	-1.339 *** (0.0815)
年龄		-0.000827 (0.00209)
纯农户		-0.0799 ** (0.0369)
总收入		-0.00459 (0.00323)
总支出		-0.000731 (0.00302)
Constant	2.884 *** (0.0203)	3.005 *** (0.144)
样本量	561	561
R ²	0.557	0.562

注:***、**、* 分别表示1%、5%、10%的显著性水平;括号内为异方差稳健标准误。

表 3 异质性分析结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	抗旱种子	增加灌溉	变换种植结构	变换播种或收获时间	气象预测服务
是否因气候灾害而减产	1.383 *** (-0.419)	0.822 (-0.572)	1.200 *** (-0.327)	0.726 ** (-0.35)	0.653 ** (-0.315)
耕地面积	0.000329 (-0.00133)	0.00309 * (-0.00178)	-0.00000545 (-0.002)	0.00202 (-0.00131)	-0.000494 (-0.00148)
年龄	-0.000736 (-0.0112)	0.0029 (-0.0205)	-0.00025 (-0.0107)	0.00147 (-0.0113)	-0.0147 (-0.00965)
纯农户	-0.522 ** (-0.261)	-0.367 (-0.362)	-0.753 *** (-0.249)	0.618 *** (-0.238)	0.328 (-0.234)
总收入	0.00871 (-0.0143)	-0.0476 *** (-0.016)	-0.0221 * (-0.0123)	-0.0111 (-0.016)	0.000233 (-0.0113)
总支出	-0.0119 (-0.023)	0.011 (-0.0192)	-0.0274 (-0.0195)	-0.0221 (-0.018)	0.0263 ** (-0.0127)
市级固定效应—忻州市	-5.807 *** (-0.617)	2.254 ** (-1.018)	-3.287 *** (-0.481)	-2.114 *** (-0.432)	2.057 *** (-0.391)
市级固定效应—白城市	-4.502 *** (-0.566)	-4.240 *** (-0.576)	-3.479 *** (-0.468)	-4.081 *** (-0.424)	0.283 (-0.394)
Constant	3.612 *** (-0.89)	2.191 (-1.42)	3.620 *** (-0.846)	1.746 ** (-0.808)	-1.672 ** (-0.689)
样本量	561	561	561	561	561
pseudo- R^2	0.435	0.576	0.262	0.264	0.221

注：***、**、* 分别表示 1%、5%、10% 的显著性水平；括号内为异方差稳健标准误。

基于上述结果发现两类异质性：第一，灾害冲击是驱动农户采纳抗旱技术的普遍因素，但影响存在技术异质性。购买种子、调整农时等适应性技术，成本可控，对基础设施的要求低，属于农户可以独立决策的适应性行为，灾害冲击能够直接激发农户的风险规避动机。灾害冲击虽然能激发需求，但无法突破资源约束^[63]，灌溉行为不仅需要农户有采纳意愿，还依赖于水资源可得性、灌溉设施、用水成本等多重外部条件，即使农户因灾害冲击而强烈希望增加灌溉，但当地缺乏水源或灌溉设施不足，也存在“有心无力”的情况，因此农户在权衡下对不同的适应性技术采纳表现出异质性。第二，地区异质性揭示出地域资源禀赋也会决定适应性技术的选择路径，技术推广策略必须因地制宜。半干旱区水资源紧缺，农户被迫依赖灌溉和气象信息等方式来应对干旱，但在其他技术上受制于经济条件和基础设施条件，而降水充沛、基础设施完善、农户平均收入高的地区，农户在适应性技术上的选择空间大，采纳水平也相应较高。

(三) 进一步分析：农户气象资讯服务支付意愿与支付能力的传导关系

前文将气象预测资讯服务纳入抗旱技术体系，与抗旱种子、增加灌溉、变换种植结构、变换农时四项措施一并分析了灾害冲击对农户技术采纳的影响。然而，气象服务在抗旱技术体系中具有特殊地位：第一，与前述四项措施不同，气象服务通常需要农户额外付费才能获取优质、定制化的信息，其决策逻辑涉及农户“是否愿意付费”和“能够付多少”两个层次，而其他措施仅需农户决定“是否采用”；第二，气象服务属于信息赋能型技术，能够提升其他物化技术的实施效率，是抗旱技术体系中的高级形式。因此，本部分将气象服务作为抗旱技术的一个特殊子集，单独考察其支付意愿与支付能力的传导关系。

本文选择农户对气象预测资讯服务的支付意愿和支付能力作为研究内容，具有充分的政策依据和现实意义。在政策层面，气象付费增值服务是实现服务可持续供给的重要路径，并且明确农户支付意愿是探索成本回收机制的基础^[66]。在实践层面，高质量、定制化的气象信息服务能够帮助农户提升产量、增加应对气候风险的能力^[67]。因此，选择考察农户对气象预测服务的支付意愿与支付能力，既是回应政策关切的现实需要，也是探索气象服务市场化定价机制的理论基础。

表 4 展示了农户对气象预测资讯服务支付意愿与支付能力的影响因素。采用 ETR 模型，同时估计两个

方程,即(1)列为支付能力方程,(2)列为支付意愿方程。

在支付意愿方程中,农户年龄显著负向影响农户的支付意愿,表明年龄越大的农户为气象预测资讯服务付费的意愿越低。减产严重程度、是否为纯农户显著正向影响农户的支付意愿,表明遭受减产越严重的农户支付意愿越强,并且纯农户比兼业户具有更强的支付意愿。在支付能力方程中,支付意愿系数为2.0890,且显著正向影响支付能力,表明愿意付费的农户比不愿意付费的农户在支付能力等级上高出约2.09个单位,这是支付意愿对支付能力的平均处理效应。此外,模型中的 $Ath(\rho_{\mu\epsilon})$ 未通过显著性检验,表明支付意愿方程与支付能力方程的误差项之间不存在显著相关性,即支付意愿在支付能力方程中可视为外生变量,不存在严重的内生性偏误。

以上结果表明:一是支付意愿的形成主要受受灾经历驱动,其作用机制在于受灾严重程度通过改变农户的损失规避强度来影响支付意愿。遭受严重减产的农户,经济损失惨重,对再次遭受同样损失的恐惧感强烈,因而赋予气象服务以更高的心理价值,从而表现出更强的支付意愿。相比之下,轻度受灾或未受灾的农户,对气象服务的边际收益感知较弱,支付意愿较低,表明先进技术的付费决策需要更强的风险信号来跨越技术采纳的心理门槛,与研究假设H2相符。二是支付意愿是决定支付能力的核心因素,支付意愿是农户行使支付能力的前提条件,反映出农户的技术付费决策是两阶段决策过程。这一传导结果反映出农户的付费决策是两阶段过程,农户首先需要在主观上形成对适应性技术价值的认可,即支付意愿,然后才能在客观经济条件约束下决定支付额度,即支付能力。这一传导机制的本质是:支付意愿是技术采纳的心理前提,支付能力是技术采纳的物质边界,二者存在先后顺序。三是农户的收入和支出水平对支付意愿和支付能力均无显著的直接影响,这与收入水平决定支付能力的直觉相悖。造成这一现象的原因可能是气象预测资讯服务的支付额度相对较小,对于大部分农户而言属于小额支出。因此,收入差异并未成为支付意愿和支付能力的主要约束。

(四) 稳健性检验

1. 更换被解释变量的度量方式

在基准回归中,建立抗旱措施有序变量以度量农户的抗旱适应性技术采纳程度。为了避免变量构造方式对回归结果的影响,将被解释变量更换为农户采纳抗旱适应性技术的数量,并采用泊松回归模型重新估计,回归结果见表5。(1)列的结果将改变种植结构和改变播种或收获时间纳入技术变量;(2)列仍然只包

表4 内生效应处理模型结果

变量	(1)	(2)
	支付能力	支付意愿
年龄	-0.00339 (0.00316)	-0.0102** (0.00482)
纯农户	-0.0600 (0.0637)	0.2220* (0.1260)
耕地面积	0.000533 (0.000504)	-0.000153 (0.000751)
总收入	-0.00430 (0.00399)	-0.000802 (0.00776)
总支出	0.00199 (0.00778)	0.00431 (0.00828)
减产严重程度	0.00263 (0.0294)	0.380*** (0.0527)
支付意愿	2.0890*** (0.0922)	
Constant	0.2540 (0.2160)	-0.4020 (0.3300)
$Ath(\rho_{\mu\epsilon})$		-0.00501 (0.0178)
$\ln(\sigma)$		-0.3310*** (0.0405)
样本量		561

注:***、**、*分别表示1%、5%、10%的显著性水平;括号内为异方差稳健标准误。

表5 泊松回归结果

变量	(1)	(2)
	抗旱措施	抗旱措施(仅技术手段)
是否因气候变化而减产	0.271*** (0.0630)	0.243*** (0.0709)
耕地面积	0.000486 (0.000419)	0.000522 (0.000481)
年龄	0.0000173 (0.00148)	0.000821 (0.00182)
纯农户	-0.0428 (0.0283)	-0.0957** (0.0373)
总收入	-0.00378 (0.00251)	-0.00323 (0.00262)
总支出	-0.00288 (0.00285)	-0.00304 (0.00294)
市级固定效应—忻州市	-0.408*** (0.0619)	-0.611*** (0.0693)
市级固定效应—白城市	-1.205*** (0.109)	-1.420*** (0.129)
Constant	1.346*** (0.101)	0.606*** (0.124)
样本量	561	561
pseudo- R^2	0.105	0.093

注:***、**、*分别表示1%、5%、10%的显著性水平;括号内为异方差稳健标准误。

括使用抗旱种子和增加灌溉量两种技术手段。

表 5 的泊松回归结果显示,核心解释变量正向显著影响农户采纳适应性技术数量,与基准回归结果一致,即气候变化冲击对农户抗旱适应性技术采纳具有稳健的促进作用。其他控制变量的显著性与方向也与基准回归基本一致,纯农户、总收入显著负相关。市级固定效应方面,忻州市和白城市的系数均负向显著,与基准回归一致。上述结果表明,在更换被解释变量度量方式后,核心结论未发生改变,基准回归结果具有较好的稳健性。

2. 更换回归方法

在机制分析部分,采用 ETR 模型分析农户对气象预测服务的支付意愿与支付能力,并验证了支付意愿的外生性。为进一步检验结论的稳健性,此处将支付能力作为因变量,采用 OLS 进行估计,重点考察“是否因气候灾害而减产”对支付能力的影响。

表 6 的 OLS 回归结果,灾害冲击仍然显著正向影响支付能力,表明经历过减产的农户具有更高的支付能力,与内生处理效应模型中的结论一致。此外,农户年龄与支付能力显著负相关,与机制分析中的年龄对支付意愿的负向影响一致。上述结果进一步证明 ETR 模型的稳健性,即灾害冲击通过影响支付意愿进而提升支付能力的逻辑链条是可靠的。

综上所述,无论是更换变量度量方式还是更换回归方法,核心结论均未发生实质性改变,表明实证结果具有良好的稳健性。

表 6 OLS 回归结果

变量	(1)
	支付能力
年龄	-0.00775* (0.00468)
纯农户	0.0445 (0.1040)
耕地面积	0.000266 (0.000839)
总收入	-0.00371 (0.00507)
总支出	0.00764 (0.00904)
是否因气候灾害而减产	0.8250*** (0.1050)
Constant	0.7060** (0.3320)
样本量	561
R ²	0.135

注:***、**、* 分别表示 1%、5%、10% 的显著性水平;括号内为异方差稳健标准误。

五、结论与政策建议

(一) 研究结论

本文基于忻州市、南通市、白城市三地 561 户农户的实地调研数据,以抗旱适应性技术为研究对象,系统考察农户在气候变化背景下应对干旱风险的技术采纳行为及其驱动机制。通过构建有序变量和二值变量度量抗旱措施采纳,采用 OLS 模型、Logit 模型、ETR 模型等方法进行实证分析,并经过稳健性检验,得出以下主要结论。

第一,气候灾害冲击是驱动农户采纳适应性技术的核心因素,但不同技术之间存在异质性。经历过气候灾害冲击而减产的农户,其抗旱技术采纳水平显著更高。具体而言,气候灾害冲击对农户采用抗旱种子、变换种植结构、变换播种或收获时间和采用气象预测资讯服务均具有促进作用,但对增加灌溉量不存在显著影响。这一差异揭示了技术采纳的门槛差异和层次逻辑,面对灾害冲击,农户可以先通过独立决策的基础技术进行响应,随着受灾程度的加深,再进一步寻求高层次的技术保障,体现了从被动应对到主动预警的适应升级路径。

第二,支付意愿是决定支付能力的前提,且支付意愿的形成受到受灾严重程度的驱动。内生处理效应模型显示,愿意为气象预测资讯服务付费的农户,其支付能力比不愿付费的农户高出约 2.09 个等级。而支付意愿本身主要受到受灾严重程度的正向影响,代表灾害经历存在累积效应,是否受灾与受灾的严重程度同样关键。

第三,农户类型与收入水平显著影响技术采纳决策,但影响方向因技术而异。纯农户在抗旱种子采纳上显著低于兼业户,反映出纯农户可能存在信息获取能力弱、风险规避倾向强或资金约束等问题。但纯农户对气象服务的支付意愿却显著高于兼业户,说明其对风险保障的需求更为迫切。收入较高的农户反而减

少灌溉次数,可能因其有能力采用更高效的适应技术,减少了对粗放式灌溉调整的依赖。此外,收入差异并未成为支付能力的主要约束,支付意愿的形成更多取决于风险认知和价值认可。

(二) 政策建议

基于上述研究结论,本文分别从识别、响应、定价和农户异质性方面提出政策建议。

第一,更新农户受灾分级评估机制,为精准推广和干预提供数据基础。气候灾害冲击显著促进农户对适应性技术的采纳,受灾严重程度也是驱动适应性技术支付意愿的关键变量。因此,精准识别和划分农户的受灾等级是实现分级响应的前提。这要求以现有农业保险理赔数据、农业农村部门灾情统计报表、气象部门的灾害监测数据及村级田间快速评估结果为基础,整合多源灾损数据,将每户受灾信息录入数据库,并据此制定简易、可操作的受灾分级标准。此外,应建立年度动态更新机制,每年收获季过后,由乡镇基层农技服务站牵头,组织人员对农户受灾信息进行核实和更新,形成年度受灾台账。相关数据不仅用于指导当年的灾后技术推广,还可以作为下一年度农业保险保费补贴、抗旱物资分配等工作的重要依据。在具体执行中,应根据忻州市、南通市、白城市三地在基准回归和异质性分析中呈现的技术采纳特征,制定差异化的数据采集与联动方案。白城市技术推广基础薄弱,应重点完善灾损数据的村级采集网络,为精准推送基础技术信息提供数据支撑。忻州市农户对灌溉和气象服务两类技术依赖较强,需加强气象监测与农业灾情的联动,提升气象服务的针对性和时效性。南通市作为基准组,各项技术采纳系数均相对较高,可依托其现有农业服务体系,探索数据共享机制。

第二,建立灾后分级响应机制,统筹基础技术推送、分级推广气象服务等工作任务。灾害冲击驱动农户从基础技术到高级技术的适应性升级路径,受灾严重程度是驱动技术支付意愿的关键变量。因此,需要依据评估出的受灾等级,实施差异化的灾后响应方案。灾后响应需把握 48 小时窗口期,及时启动分级响应,具体任务涵盖信息发布、技术指导、服务推送和物资协调等方面。此外,依据受灾严重程度等级,实施基础技术全覆盖、进阶技术精准推送的策略,既要确保每位受灾农户都能获得低成本、易操作的适应性技术,如推送抗旱品种及购买渠道、农时调整指引等,也要关注到中重度受灾农户的风险规避需求,额外推送气象增值服务的免费试用或折扣订阅信息,引导其从基础技术升级到信息预警的高级技术保障。

第三,气象服务实行基础免费与增值付费的分层定价机制。支付意愿是支付能力的前提,支付意愿的形成更多取决于风险认知和价值认可。因此,政策重点应放在提升农户风险认知和服务价值感知上,而非单纯依赖收入补贴。需要明确服务分层,气象服务基础层包括天气预报、天气预警等公共信息,应通过多种渠道向所有农户免费推送,保障基本公共服务均等化;增值层包括关键生育期农事建议、中长期气候预测等专业化服务,要通过强化村务公开栏、农业保险套餐等渠道,加强气候风险沟通与价值传递,让农户直观感受到气候变化威胁的事实和气象服务的价值,从而提升其支付意愿和支付能力。

第四,分类施策推进农户适应性技术采纳工作,针对纯农户在基础技术采纳上显著低于兼业户。但对气象服务的支付意愿更强,需要引导其将高意愿转化为高能力,应通过政府、村集体或合作社等渠道开展专题技术培训服务,降低其技术信息获取门槛。同时,应将其作为付费气象增值服务的重点推广对象,提供差异化补贴政策或金融支持工具。与之相对的,针对高收入农户转向更高效的适应性技术呈现出的替代效应,应通过遴选示范户、组织田间观摩和经验分享等方式,实现正向激励循环和先进技术的扩散。

参考文献

- [1] 孙宇,黎新伍,黄静文.干旱区农业生态效率与经济韧性协同权衡识别及其驱动因素[J].水土保持通报,2025,45(5):347-359.
- [2] 陈钦萍,刘振滨,杨建州.干旱灾害对农业技术效率的影响——基于灌溉水平的门槛效应[J].中国沙漠,2022,42(3):213-221.
- [3] 秦增洋,李明亮,李锦,等.极端天气风险对农民收入质量的影响研究——基于直接影响与空间溢出双重视角[J].中国农业资源与区划,2025,46(11):86-100.
- [4] MDODA L, NAIDOO D, NCOYINI-MANCIYA Z, et al. Adaptation measures to drought risk perceived by smallholder crop farmers in the Eastern Cape Province, South Africa: Implications for food and nutrition security[J]. Sustainability, 2024, 16(24): 23.
- [5] FANADZO M, NCUBE B, FRENCH A, et al. Smallholder farmer coping and adaptation strategies during the 2015-18 drought in the Western Cape, South Africa[J]. Physics and Chemistry of the Earth, 2021(124): 11.

- [6] KRAMER B, WELLENSTEIN H, WAWERU C, et al. Looks matter? Field performance and farmers' preferences for drought-tolerant maize in Kenya[J]. *Agricultural Systems*, 2025(229): 104434.
- [7] WANG T, JIN H, SIEVERDING H L. Factors affecting farmer perceived challenges towards precision agriculture[J]. *Precision Agriculture*, 2023, 24(6): 2456-2478.
- [8] ZHANG S, SUN Z, MA W, et al. The effect of cooperative membership on agricultural technology adoption in Sichuan, China[J]. *China Economic Review*, 2020, 62: 15.
- [9] 仇焕广, 苏柳方, 张伟彤, 等. 风险偏好、风险感知与农户保护性耕作技术采纳[J]. *中国农村经济*, 2020(7): 59-79.
- [10] BOTERO H, BARNES A P, PEREZ L, et al. The determinants of common bean variety selection and diversification in Colombia[J]. *Ecological Economics*, 2021, 190: 12.
- [11] 尚燕, 熊涛, 李崇光. 农业保险对农户节水灌溉技术采纳行为的影响研究[J]. *华中农业大学学报(社会科学版)*, 2024(2): 122-133.
- [12] 陈俞全, 韩潇, 聂凤英. 自然灾害对我国农户生计多样化的影响研究[J]. *中国农业资源与区划*, 2024, 45(10): 37-50.
- [13] 段宏波, 汪寿阳. 减缓与适应: 中国应对气候变化的成本收益分析[J]. *中国科学院院刊*, 2018, 33(3): 284-290.
- [14] 沈金龙, 许航, 李佳芬, 等. 气候变化适应性行为对农户水贫困的影响[J]. *资源科学*, 2023, 45(7): 1410-1423.
- [15] ROGERS E M. *Diffusion of innovations*[M]. Glencoe: Free Press of Glencoe, 1962.
- [16] AJZEN I. The theory of planned behavior: Frequently asked questions[J]. *Human Behavior and Emerging Technologies*, 2020, 2(4): 314-324.
- [17] DAVIS F D. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology[J]. *MIS Quarterly*, 1989, 13(3): 319-340.
- [18] BRYAN E, DERESSA T T, GBETIBOUO G A, et al. Adaptation to climate change in Ethiopia and South Africa: Options and constraints[J]. *Environmental Science & Policy*, 2009, 12(4): 413-426.
- [19] DERESSA T T, HASSAN R M, RINGLER C, et al. Determinants of farmers' choice of adaptation methods to climate change in the Nile Basin of Ethiopia[J]. *Global Environmental Change*, 2009, 19(2): 248-255.
- [20] ESHAM M, GARFORTH C. Agricultural adaptation to climate change: Insights from a farming community in Sri Lanka[J]. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2012, 18(5): 535-549.
- [21] FOSU-MENSAH B Y, VLEK P L G, MACCARTHY D S. Farmers' perception and adaptation to climate change: A case study of Sekyedumase district in Ghana[J]. *Environment, Development and Sustainability*, 2012, 14(4): 495-505.
- [22] HASSAN R, NHEMACHENA C. Determinants of African farmers' strategies for adapting to climate change: Multinomial choice analysis[J]. *African Journal of Agricultural and Resource Economics-Afjare*, 2008, 2(1): 83-104.
- [23] ARBUCKLE J G, MORTON L W, HOBBS J. Farmer beliefs and concerns about climate change and attitudes toward adaptation and mitigation: Evidence from Iowa[J]. *Climatic Change*, 2013, 118(3/4): 551-563.
- [24] DANG H L, LI E, NUBERG I, et al. Understanding farmers' adaptation intention to climate change: A structural equation modelling study in the Mekong Delta, Vietnam[J]. *Environmental Science & Policy*, 2014(41): 11-22.
- [25] 龚亚珍, 陈湛, 关宝珠, 等. 贫困地区农户适应气候变化的行为及影响因素研究——基于澜沧江流域的实证分析[J]. *北京林业大学学报(社会科学版)*, 2016, 15(3): 42-49.
- [26] 朱红根, 周曙东. 南方稻区农户适应气候变化行为实证分析——基于江西省36县(市)346份农户调查数据[J]. *自然资源学报*, 2011, 26(7): 1119-1128.
- [27] 姚升. 气候变化背景下的农户技术选择——基于安徽省小麦种植户的调查数据[J]. *江苏农业科学*, 2015, 43(5): 444-447.
- [28] DERESSA T T, HASSAN R M, RINGLER C. Perception of and adaptation to climate change by farmers in the Nile basin of Ethiopia[J]. *The Journal of Agricultural Science*, 2010, 149(1): 23-31.
- [29] SHIFERAW B, HOLDEN S T. Resource degradation and adoption of land conservation technologies in the Ethiopian Highlands: A case study in Andit Tid, North Shewa[J]. *Agricultural Economics*, 1998, 18(3): 233-247.
- [30] KNOWLER D, BRADSHAW B. Farmers' adoption of conservation agriculture: A review and synthesis of recent research[J]. *Food Policy*, 2007, 32(1): 25-48.
- [31] 刘畅. “可得性启发式”理论对个人所得税税收遵从的影响研究——基于问卷调查的分析[J]. *税收经济研究*, 2017, 22(4): 73-80.
- [32] 毛慧, 付咏, 彭澎, 等. 风险厌恶与农户气候适应性技术采用行为——基于新疆植棉农户的实证分析[J]. *中国农村观察*, 2022(1): 126-145.
- [33] USTA A T, GOK M S. Adaptation to climate change: State of art technologies[J]. *Kybernetes*, 2025, 54(9): 4572-4593.
- [34] BURGER M N, MAHABADI D, VOLLAN B. Technology-minded climate delegates support less stringent climate policies[J]. *Nature Sustainability*, 2024, 7(11): 7.
- [35] SELLARS S C, THOMPSON N M, WETZSTEIN M E, et al. Does crop insurance inhibit climate change technology adoption?[J]. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2022, 27(3): 22.
- [36] 张梦圆, 刘文超. 农业生产中的雇工约束、技术采纳与产出效率[J]. *技术经济*, 2025, 44(9): 14-29.

- [37] 陈钊涵, 赵敏娟. 资本禀赋对农户有机肥替代技术采纳行为影响及作用机制[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版), 2024, 24(3): 116-127.
- [38] 赖俊明. 感知产品创新的作用研究——消费者采纳视角[J]. 技术经济与管理研究, 2017(11): 52-56.
- [39] 李福夺, 傅汇艺, 毕晓易, 等. 西南贫困地区农户生产决策行为——理论构建与实证分析[J]. 四川农业大学学报, 2016, 34(3): 391-396.
- [40] 赵晓颖, 郑军, 张明月, 等. 基于改进 TPB 框架的新型农业经营主体绿色生产决策机制研究[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2021, 29(9): 1636-1648.
- [41] MELKETO T, TOLOSSA D, ABI M, et al. Index-based livestock insurance schemes to manage climate risks in Ethiopia: Determinants of farmer's willingness to pay and lessons learned from Dasenech district, South Omo[J]. *Frontiers in Climate*, 2025, 6: 14.
- [42] PISSARRA T C T, FERNANDES L F S, PACHECO F A L. Production of clean water in agriculture headwater catchments: A model based on the payment for environmental services[J]. *Science of The Total Environment*, 2021(785): 147331.
- [43] 文高辉, 杨钢桥, 张海鑫, 等. 基于支付能力与支付意愿的农地整理项目后期管护农户出资分析[J]. 中国土地科学, 2014(10): 68-75.
- [44] 贾国宁, 黄平. 基于支付能力与支付意愿的居民生活用水水价承受能力研究——以广州市番禺区为例[J]. 中国环境科学, 2012, 32(3): 547-555.
- [45] 王舒娟. 小麦秸秆还田的农户支付意愿分析——基于江苏省农户的调查数据[J]. 中国农村经济, 2014(5): 74-85.
- [46] KUMAR P. Capacity constraints in operationalisation of payment for ecosystem services (PES) in India: Evidence from land degradation[J]. *Land Degradation & Development*, 2011, 22(4): 432-443.
- [47] KHANAL U, WILSON C, LEE B L, et al. Influence of payment modes on farmers' contribution to climate change adaptation: Understanding differences using a choice experiment in Nepal[J]. *Sustainability Science*, 2018, 14(4): 1027-1040.
- [48] 石志恒, 于世捷. 受灾经历、社会网络嵌入和种植业农户投保行为[J]. 世界农业, 2024(6): 63-74.
- [49] JUST D R, MESSER K D. The behavioral revolution in agricultural and resource economics: A perspective on the past and the future[J]. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 2025, 50(4): 27.
- [50] SHAIKH I M. Applying the consumption values theory to explain farmers' choice of interest-free agriculture financing products[J]. *Journal of Islamic Marketing*, 2024, 15(10): 2652-2668.
- [51] 李博伟. 异质性信息对淡水养殖户采纳两型生产技术的的影响——以社会网络为工具变量的实证检验[J]. 技术经济, 2021, 40(8): 126-132.
- [52] 林黎, 李敬, 肖波. 农户绿色生产技术采纳意愿决定: 市场驱动还是政府推动? [J]. 经济问题, 2021(12): 67-74.
- [53] XUE C, QIAO D, AZIZ N. Influence of natural disaster shock and collective action on farmland transferees' no-tillage technology adoption in China [J]. *Land*, 2022, 11(9): 23.
- [54] 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.
- [55] OUEDRAOGO M, BARRY S, ZOUGMORE R B, et al. Farmers' willingness to pay for climate information services: Evidence from cowpea and sesame producers in Northern Burkina Faso[J]. *Sustainability*, 2018, 10(3): 16.
- [56] 宋博, 穆月英, 侯玲玲, 等. 基于 CVM 的我国农业气象指数保险支付意愿分析——以浙江柑橘种植户为例[J]. 保险研究, 2014(2): 54-63.
- [57] KAMAU M, MBURU J, MILLS B, et al. Farmers' willingness to pay for agro-weather advisories: Implications for long term support of weather information in Kenya[J]. *Agricultural Systems*, 2026(231): 104509.
- [58] 陈煌, 王金霞, 黄季焜. 农户采取抗旱适应性措施的决定因素研究[J]. 水利经济, 2013, 31(5): 53-7.
- [59] 李美佳, 林光华. 灾害损失可控性、受灾经历与农户极端气候响应[J]. 农业技术经济, 2023(6): 4-16.
- [60] 黄善林, 邓月洪. 经营规模、黑土地保护技术采纳与农地经营效率——农地细碎化的调节效应[J]. 中国土地科学, 2025, 39(1): 70-81.
- [61] 丁娇娇, 赵霞. 农业生产性服务、技术认知与耕地保护技术采纳行为——基于黄淮海平原小麦种植户数据[J]. 中国农业资源与区划, 2026, 47(1): 19-29.
- [62] MKINDI A G, COE R, STEVENSON P C, et al. Qualitative cost-benefit analysis of using pesticidal plants in smallholder crop protection[J]. *Agriculture-Basel*, 2021, 11(10): 13.
- [63] TRAUB J, KELLY J D, LOESCHER W. Early metabolic and photosynthetic responses to drought stress in common and tepary bean[J]. *Crop Science*, 2017, 57(3): 1670-1686.
- [64] TAN Y, YUE R, CHEN L, et al. Grain price support policy and the distortion of market price[J]. *China Agricultural Economic Review*, 2024, 16(3): 507-526.
- [65] ASEETE P, BARKLEY A, KATUNGI E, et al. Public-private partnership generates economic benefits to smallholder bean growers in Uganda [J]. *Food Security*, 2023, 15(1): 201-218.
- [66] OOSTERWIJK A, CHOUCANE H, RYAN M, et al. Environmental, economic, and social impacts of precision agricultural technology:

Convergences and divergences between theory and practice[J]. *Journal of Rural Studies*, 2026(123): 104007.

- [67] PAPARRIZOS S, MILOŠEVIĆ D, PODRAŠIANIN Z, et al. Evaluating weather and climate information services for heat and drought adaptation in Southeast Europe: Gaps, opportunities and design principles[J]. *Climate Services*, 2025(40): 100626.

How Do Disaster Experiences Affect Farmers' Adoption of Technologies? A Case Study of Drought-adaptive Technologies

Ma Jiliang¹, Wang Falin¹, Wu Shuqi²

(1. Institute of Agricultural Economics and Development, Chinese Academy of Agricultural Science, Beijing 100081, China;

2. Hohhot Trade Development and Investment Promotion Center, Hohhot 010050, China)

Abstract: Global climate change has increased the frequency and severity of extreme weather events. Drought risk has evolved from an occasional shock into a persistent stressor in agricultural production. Farmers' adoption of adaptive technologies is regarded as the micro-level foundation for building an agricultural disaster prevention system. Field survey data were collected from 561 farmer households in three major edible bean production areas in China. The driving mechanism of farmers' adoption of climate-adaptive technologies was systematically examined from two dimensions: technology adoption and payment for meteorological services, with drought-resistant measures as the research object. The results indicate that climate disaster shocks are a core factor driving farmers' adoption of drought-resistant technologies. However, the strength of the impact is heterogeneous. Significant positive effects are found on the adoption of drought-resistant seeds, changes in planting structure, changes in sowing or harvesting time, and the adoption of meteorological services. No significant effect is found on increased irrigation. This reflects a resource constraint threshold in the adoption of adaptive technologies. Secondly, in the adoption of technologies requiring continuous payment, the core prerequisite determining farmers' payment capacity is identified as willingness to pay. The formation of willingness to pay is mainly driven by the severity of disaster losses. The behavioral logic of "disaster-driven—technology differentiation—willingness-led—capacity-constrained" in farmers' technology adoption behavior is revealed. New empirical evidence is provided for understanding farmers' decision-making mechanisms under climate change. Reference value for improving agricultural disaster prevention and mitigation policies and optimizing the supply model of meteorological services is provided by the conclusions. Empirical evidence is also provided for formulating differentiated technology extension strategies for different types of farmers.

Keywords: climate change; disaster shock; technology adoption; willingness to pay; payment capacity; farmer behavior