

# 技术培训、经济补贴与农户生物农药 施用技术扩散行为\*

蒋琳莉<sup>1,2</sup> 黄好钦<sup>1</sup> 何可<sup>3</sup>

**摘要：**本文基于激励理论和认知理论探究不同类型农业环境政策（技术培训、经济补贴）对农户生物农药施用技术扩散行为（试用行为、采用行为、推荐行为）的影响及其内在作用机理，并在真实情境下开展田野实验进行实证检验。研究发现：在试用行为方面，经济补贴与技术培训均存在显著的直接影响，前者的影响表现出即效性，而后者表现出时滞性，且后者可通过环境责任意识的中介效应影响农户试用行为；在采用行为方面，经济补贴存在显著的直接影响，而技术培训可通过环境责任意识的中介效应影响农户采用行为；在推荐行为方面，技术培训不仅存在显著的直接影响，还能够通过生态价值认同、自我效能感知的中介效应影响农户推荐行为，实现新技术由个体向群体扩散，而经济补贴不存在显著影响。本文的结论对于精准设计农业环境政策、有效促进农户绿色生产行为转变与技术扩散具有重要意义。

**关键词：**田野实验 农业环境政策 技术培训 经济补贴 技术扩散行为

**中图分类号：**F323.3 **文献标识码：**A

## 一、引言

农业生态资源可持续利用是实现农业经济绿色增长的必要条件。在传统农业生产模式中，农药、化肥和农膜等农用化学品的大量投入，引致农业面源污染、土壤板结、生态失衡等问题，阻碍了农业生产的可持续发展。一直以来，如何推进农业绿色发展都是党中央、国务院高度关注的问题。2017年中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于创新体制机制推进农业绿色发展的意见》，对农业绿色发

\*本文研究获得国家自然科学基金青年科学基金项目“农业环境政策对农户绿色生产行为影响效应的田野实验研究——以生物农药施用为例”（编号：72003051）、教育部人文社会科学研究青年基金项目“农户低碳生产行为的决策机理与干预机制研究——源自实验经济学的证据”（编号：19YJC790048）和中国博士后科学基金第74批面上资助项目“农业碳交易的政策红利：发生机理、效应评估与农户响应”（编号：2023M743858）的资助。感谢匿名审稿专家提出的宝贵意见和建议，文责自负。本文通讯作者：何可。

展进行了系统性的顶层设计。2024年中央“一号文件”再次强调“坚持产业兴农、质量兴农、绿色兴农”<sup>①</sup>。2024年3月李强总理在第十四届全国人民代表大会第二次会议上的政府工作报告也指出，需要制定支持绿色低碳产业发展政策，大力发展绿色低碳经济。现阶段，中国农业发展正处在由粗放增长向绿色增长的转型时期（刘畅和于晓华，2023），这场绿色变革将逐步从“攻坚战”转为“持久战”（金书秦等，2024）。在这一过程中，农业环境政策作为制度性因素对农业发展具有重要的引导作用，它能够通过政府的“有形之手”逐渐改变农户行为的边界约束（李冬青等，2021），改善农业生态环境，进而影响农业发展路径。这正是推动农业生产绿色转型与实现农业经济绿色增长的微观基础。

那么，在农业环境政策导向下，绿色生产技术是如何扩散到农户生产过程中的？农户做出的技术扩散行为又遵循何种逻辑？理论上，由技术培训、经济补贴等农业环境政策所产生的外部激励能够通过影响农户绿色生产认知、动机、意愿等心理过程，改变其生产方式，并使绿色生产技术得到扩散。一方面，相关研究表明，接受过技术培训的农户采纳绿色生产技术的概率更大（Thomas et al., 2019；王学婷等，2021），且培训频率对采纳效果具有显著的正向影响（崔民等，2021）。李成龙和周宏（2022）指出，政府培训和技术指导能够提升农户认知能力，进而影响农户生态生产行为。另一方面，现金补贴可以降低绿色生产的成本投入，农户出于经济理性的考虑，会有更多动力参与绿色生产，其采纳绿色生产技术的行为会更早（毛慧和曹光乔，2020），且这类绿色生产要素投入行为还能够显著提高农户收入（王建华等，2024）。左巧丽等（2022）认为，政府补贴力度对小规模农户绿色生产行为存在显著正向影响。影响机制方面，部分学者探讨了技术学习（Usman and Ahmad, 2018）、技术效益（Liu et al., 2022）和技术认知（石志恒和张可馨，2022）等因素在技术培训对农户绿色生产行为的影响路径中发挥的中介作用；也有学者研究表明，农户环境危机意识对其有机肥施用行为的正向影响受到了政府补贴的强化（余威震等，2020），且农户风险偏好、风险意识对节水灌溉技术采用意愿的影响也受到政府补贴的调节（Hu et al., 2022）。

然而，在农业生产实践层面，上述政策效果却不尽如人意。王建华等（2015）研究表明，政府组织的培训与发放的经济补贴对于控制农户过量施药的作用较为有限。虽然政策补贴能够通过降低农户生产成本提升农户使用环保型投入品的积极性，但对农户生态转型意愿的影响却不明显（杨玉苹等，2019），且存在农业绿色补贴绩效不高、农业绿色补贴政策统筹不够、农业绿色补贴执行难度大等问题（蔡保忠等，2023）。范东寿等（2023）研究发现，绿色农业补贴的化肥减量效应在不同作物上呈现出明显的异质性。也有学者指出，单一经济补贴政策不足以转变农户的生产行为（Medellín-Azuara et al., 2012）。技术培训虽然对农户化肥减量化行为有正向促进作用，但对农户有机肥使用行为和测土配方施肥行为不存在显著的影响（李立朋等，2022），且对农户化肥施用量的影响在不同情境下具有显著的异质性（刘宇荧等，2022）。可见，学者在这一领域的研究并未取得一致结论，这表明农业环境政策在真实情境中对农户绿色生产行为的影响及其机制具有一定复杂性。

<sup>①</sup>参见《中共中央 国务院关于学习运用“千村示范、万村整治”工程经验有力有效推进乡村全面振兴的意见》，[https://www.gov.cn/zhengce/202402/content\\_6929934.htm](https://www.gov.cn/zhengce/202402/content_6929934.htm)。

事实上,大多数研究仅通过问卷调查法调研农户对农业环境政策的态度、认知和生产行为状况,可能存在选择偏差和政策内生性等问题,从而导致最终结论产生偏误。本文尝试通过真实的田野实验解决这一问题。田野实验具有较好的内部有效性和外部有效性,能够减少甚至消除内生性所带来的估计偏误,也可以克服实验室实验对被试行为检验的外部有效性的不足,使得因果识别结果更为准确(罗俊等,2015)。在农户生产行为研究领域,鲜有学者通过田野实验方法考察不同类型农业环境政策对农户技术扩散行为的影响。

鉴于此,本文基于激励理论和认知理论探究不同类型农业环境政策对农户生物农药施用技术扩散行为的影响及其内在作用机理,并在真实情境下开展田野实验进行实证检验。农业环境政策能否激发农户生物农药施用技术扩散行为(以下简称“农户技术扩散行为”)?若能,农业环境政策对农户技术扩散行为的作用机制如何?不同类型农业环境政策的影响是否相同?对于上述问题的回答,有助于摆脱当前农业绿色发展进程中中小农户内生动力不足的困境,促进农业经济绿色增长。相较于以往研究,本文的边际贡献主要体现在:第一,通过农业环境政策田野实验,在真实情境下检验农业环境政策对农户技术扩散行为的影响,为政策效果评估提供新的研究路径和方法。第二,揭示技术培训、经济补贴两类农业环境政策影响农户技术扩散行为作用机制的差异,为精准设计农业环境政策提供数据支持。

## 二、概念界定、理论分析与研究假说

### (一) 概念界定

1. 农业环境政策。农业环境政策是指将农业生产和环境保护相结合的农业政策,其目标是促进农业生产活动、农业资源与生态环境的协调可持续发展(黄祖辉等,2016),大致可以分为命令控制型政策、经济激励型政策和公众参与型政策(闵继胜和孔祥智,2016)。近年来,由于命令控制型政策可能产生过高的监管成本和社会舆论压力,农业环境政策逐渐向较为温和的经济激励型政策和公众参与型政策转变。其中,公众参与型政策主要运用宣传培训手段,以环保理念培育、技术指导培训等智力支持方式,引导农户主动参与绿色生产(例如生物农药施用技术培训、环境保护知识宣传等);经济激励型政策主要运用经济补贴手段,以给予农户现金、物资补贴等财力支持方式,激励农户参与绿色生产(例如生物农药补贴、秸秆还田补贴等)。鉴于此,本文将所探讨的农业环境政策聚焦于技术培训与经济补贴两类,前者是指通过技术培训提升农户绿色生产认知,以智力支持引导农户采用绿色生产技术来保护农业生态环境(李成龙和周宏,2022);后者是指向农户发放绿色生产现金补贴,以财力支持促进农户采用绿色生产技术,达成保护农业生态环境的目标(毛慧和曹光乔,2020)。

2. 农户技术扩散行为。农业技术扩散是指新型农业生产技术通过特定渠道向农户、合作社、涉农企业等技术受众推广,并在不同主体之间和不同地点之间传播的多阶段动态社会过程(蔡丽茹等,2022)。考虑到技术受众在获取信息后并非立即做出采用决策,而是需要经历一个认知与学习的过程,本文将农户生物农药施用技术扩散行为分为农户对该技术的试用行为、采用行为与推荐行为,其中试用行为在前,采用行为和推荐行为在后。具体而言,在生物农药施用技术推广阶段,个体农户首先会

做出试用决策，当农户在试用过程中逐步掌握生物农药施用技术后，可能在后续生产环节做出继续采用决策；与此同时，农户生活在农村熟人社会网络中，在看到生物农药施用效果后，农户可能会做出推荐决策，推动生物农药施用技术采用由农户个体向群体扩散。

## （二）理论分析与研究假说

经济学视角下的外部性是指经济主体的行为对社会其他主体的福利产生了非市场化的影响。农户绿色生产行为能够带来农业生态环境的改善，将产生一定的正外部性。同时，农户绿色生产行为类似于公共物品的私人供给，因此，需要政府制定相关激励政策对农户绿色生产方式加以引导和干预，使边际个人收益和边际社会收益逐步趋于一致，从而实现外部效应内部化。从激励理论来看，政府制定农业环境政策意味着建立一种保护农业生态环境的激励机制（毛显强等，2000），其中的技术培训和经济补贴这两类政策分别缓解了农户采纳新技术的信息约束和经济约束，为农户采纳新技术提供了智力和财力支持，有助于促进农户生产行为的转变。

与此同时，基于技术接受模型（technology acceptance model，简称 TAM）的理论框架可知，当外部因素（例如环境约束、政策影响等）提高了个体对新技术的感知有用性和感知易用性评价，个体将对新技术抱有积极态度，进而产生持续性采纳的意愿和行为。在此基础上，本文从认知理论视角对该模型进行拓展，认为技术培训、经济补贴等农业环境政策所带来的外部激励能够通过影响农户绿色生产行为认知、动机等心理过程，进而使其生产方式发生转变，由此实现“农业环境政策→农户认知→农户行为”这一中介路径。

其中，农户认知包括生态价值认同、环境责任意识、自我效能感知 3 个心理变量，它们均能够在农业环境政策影响农户绿色生产行为过程中起到中介作用。相关研究表明，技术培训能够通过帮助农户获得绿色生产相关信息与技术，增强农户自身实施绿色生产的信心和能动性（自我效能感知的变化），进而影响其绿色生产行为（李红莉等，2021）；经济补贴能够让农户在获得经济收益的同时，对绿色生产的生态价值产生一定理解与认同（生态价值认同的变化），进而影响其绿色生产行为（余威震等，2020）；农业环境政策实施所形成的绿色环保社会氛围与规范，能够强化农户对环境保护的责任感（环境责任意识的变化），进而影响其绿色生产行为（李紫娟等，2018）。

1. 技术培训对农户技术扩散行为的直接影响。在农户面对新型农业生产技术的初期，由于缺乏权威的信息获取途径，农户的信息搜寻成本和技术采用风险偏高。技术培训通过现场技术指导，向农户提供了生物农药施用方法、环保特性、防控效果等信息，可降低农户施用生物农药的风险和不确定性（王学婷等，2021），从而影响农户技术扩散行为。其一，官方机构组织的技术培训确保了信息的准确性和有效性，不但降低了农户信息搜寻的时间成本，而且减少了农户采用新技术的风险和不确定性。相较于具有高毒性的化学农药，生物农药利用生物活体或其代谢产物有针对性地防治农作物病虫害，既不破坏农业生态环境，又保障了施药者自身安全。因此，当参与技术培训获取生物农药相关信息后，农户出于维护多方利益的考虑，有可能发生试用行为。其二，农户通过参加技术培训，较为全面地掌握了生物农药施用技术，且在见证生物农药试用的实际效果之后，逐步减少了对生物农药的药效风险、环保效益、健康威胁等方面的担忧，这将会促进农户做出持续采用生物农药的行为决策。其三，农户

生活在农村的熟人社会中（方平和周立，2017），互联的农村社会网络使得技术信息得以迅速扩散，逐步释放知识溢出的正外部性。农户参与生物农药施用技术培训后，在与邻居、亲戚、朋友等“自家人”群体交往过程中，有可能向他们推荐生物农药，实现生物农药施用技术由个体向群体扩散。根据以上分析，本文提出假说 H1。

H1：技术培训会促进农户生物农药施用技术扩散行为（试用行为、采用行为、推荐行为）。

2. 农户认知在技术培训与技术扩散行为之间的中介效应。在农户认知中，生态价值认同反映了农户对生物农药的生态效益认知，环境责任意识表现为农户对农业生态环境保护主体责任的主观意识和心理认知，自我效能感知体现了农户对获取生物农药信息与从事绿色生产的难易程度认知（应瑞瑶和朱勇，2015；刘妙品等，2019）。农户认知在技术培训与技术扩散行为之间的中介效应体现在三方面：其一，农户通过参与技术培训提高了自己对生物农药改善农业生态环境的生态效益的认知水平，由此认同施用生物农药产生的生态价值。面对农业生态环境污染现状，农户对生物农药生态价值认可度越高，其试用、采用、推荐生物农药的概率也更高。其二，由于技术培训拓宽了农户对生物农药所带来生态效益的认知边界，能够有效提升农户保护农业生态环境的责任意识（李紫娟等，2018）。环境责任意识越强，农户参与环保行动的内生驱动力越大（Hines et al., 1987），发生技术扩散行为的概率越高。其三，技术培训建立了农户获取生物农药信息的渠道，增强了农户对自身掌握相关技术的信心和能动性（李红莉等，2021），也有助于农户识别生物农药质量与效果。因此，参加过技术培训的农户做出技术扩散行为决策的概率更大。根据以上分析，本文提出假说 H2。

H2：技术培训通过农户生态价值认同、环境责任意识、自我效能感知的中介效应影响农户生物农药施用技术扩散行为。

3. 经济补贴对农户技术扩散行为的直接影响。农户作为理性经济人，其农业生产行为受到成本与收益的影响（Schultz, 1983）。在新技术信息相对匮乏的情况下，农户采用生物农药可能会降低其经济收益：一方面可能增加农药投入成本，另一方面农产品的产量与质量也缺乏保障。为此，经济补贴可以缓解农户采用生物农药的经济约束，从而影响农户的技术扩散行为。其一，经济补贴通过降低农户购买生物农药的成本投入，能够有效地激发农户试用生物农药的行为（毛慧和曹光乔，2020）。其二，虽然经济补贴仅作为农户行为的外部诱发性因素，不提供生物农药的有效信息，但在试用过程中，农户为了降低技术风险，会尽可能地搜寻相关信息，在这一过程中，农户对生物农药的了解程度也会随着试用效果的呈现逐步提高。因此，农户生物农药施用行为可能由外部“诱发”转变为个体内部“自发”行为，在试用结束后农户仍会在下一阶段生产中继续采用生物农药。其三，农业生态效益具有非竞争性和非排他性的公共物品特征，若要提供和维护农业生态效益，需要克服集体行动困境。在经济补贴的“诱发”下，农户参与保护农业生态环境的行动成本下降，试用过生物农药的农户可能产生推荐行为，进而激发农业生态环境保护的集体行动。根据以上分析，本文提出假说 H3。

H3：经济补贴会促进农户生物农药施用技术扩散行为（试用行为、采用行为、推荐行为）。

4. 农户认知在经济补贴与技术扩散行为之间的中介效应。经济补贴是一种外部诱发性因素，对农户技术扩散行为产生的是一种外部驱动力（左巧丽等，2022）。相较技术培训而言，经济补贴虽不能

直接提供生物农药施用技术信息，但农户作为生产者，具备从生物农药施用的生产实践中进行信息搜寻与“干中学”的能力，从而在一定程度上降低生物农药施用决策风险。在这一过程中，农户基于自身生产实践获取相关信息与经验，可能对生物农药的生态效益产生认同感，逐渐形成保护农业生态环境的责任意识，并增强自身掌握生物农药施用技术的信心（余威震等，2020）。随着农户生态价值认同、环境责任意识、自我效能感知水平的提升，他们做出生物农药施用技术扩散行为决策的概率逐渐变大。根据以上分析，本文提出假说 H4。

**H4:** 经济补贴通过农户生态价值认同、环境责任意识、自我效能感知的中介效应影响农户生物农药施用技术扩散行为。

综上所述，技术培训和经济补贴作为农业环境政策中两类重要的支持形式，在促进农户采纳新技术方面能够相互补充。其中，技术培训提供了必要的知识和技能，帮助农户理解和掌握生物农药的正确施用方法，从而降低了技术采纳的信息障碍（王学婷等，2021）；经济补贴则通过财政激励减轻了农户的经济负担，使得初期的技术试用和采纳成为可能（左巧丽等，2022）。上述农业环境政策对农户技术扩散行为潜在的影响具体表现为：一方面，从激励理论视角，二者可能对农户生物农药施用技术扩散行为产生直接影响；另一方面，从认知理论视角，二者可能通过改变农户生态价值认同、环境责任意识和自我效能感知等认知变量，对农户生物农药施用技术扩散行为产生间接影响。

农业环境政策对农户生物农药施用技术扩散行为的作用机理如图 1 所示。

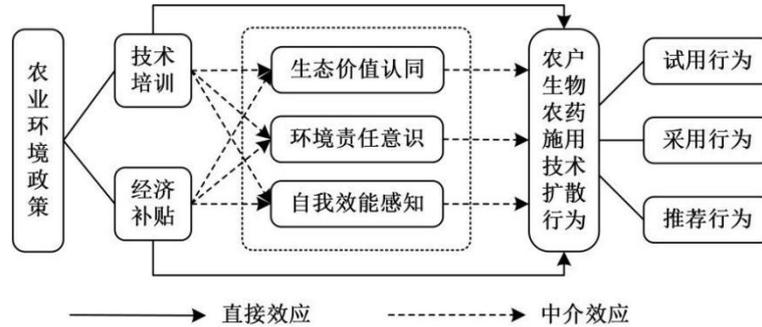


图 1 农业环境政策影响农户生物农药施用技术扩散行为的作用机理

### 三、田野实验设计

#### （一）情景设计

为最大程度模拟政府政策实施情景，课题组与湖北省枝江市农业技术推广中心合作，启动了一项新型生物农药试用项目。农业技术推广中心作为官方代表，参与该项目的全部实施过程。该项目向农户提供本季（2021 年晚稻季）水稻病虫害防治所需生物农药，并实施技术培训政策（以生物农药施用技术培训为例）、经济补贴政策（以生物农药购买补贴为例）和无配套政策 3 种推广方案。

#### （二）实验区域

课题组选择湖北省枝江市作为农业环境政策田野实验区域，主要基于以下考虑：其一，湖北省是中国水稻种植重点省份，拥有六个国家农业绿色发展先行区，且枝江市作为首批“全国农业科技现代

化先行县”，在农业实践中积累了丰富的经验，具有推动农业生产绿色转型的现实需求；其二，枝江市是课题组农村固定观察点之一，前期已有较好的微观调研基础，课题组明确知晓当地并未正式推广过本次实验所用新型生物农药，具备实验实施的前提条件；其三，当地农户水稻种植、农药施用等基本情况符合中国中部平原地区水稻种植的普遍现状。与此同时，为了规避外部因素对本次实验可能产生的干扰问题，课题组采取了以下三种做法：第一，选择同一县市行政区划范围内的水稻种植户，以减轻空间异质性对水稻种植的影响；第二，在一季水稻生长期开展实验并收集实验数据，以避免季节性因素的影响；第三，选择不同乡镇作为实验组和对照组，以避免不同类型政策的交叉干扰。基于以上考虑，课题组将田野实验开展时间定为2021年7月至10月（参考当地晚稻种植周期），并在湖北省枝江市下辖不同的乡镇分别实施不同的政策干预。在枝江市农业技术推广中心的支持下，课题组从枝江市的9个乡镇（街道）中随机抽取3个乡镇（街道），并以随机抽签法决定各乡镇（街道）实施何种推广方案（选定技术培训政策、经济补贴政策和无配套政策3种推广方案之一），每个乡镇（街道）随机抽取2~3个行政村（社区）。最终，该项目确定在问安镇实施技术培训政策（设置为技术培训组），在安福寺镇实施经济补贴政策（设置为经济补贴组），在董市镇不实施任何配套政策（设置为对照组），共计8个行政村、308户农户参与实验。

### （三）实验干预

结合当地农业生产实际，课题组设置实验干预如表1所示。针对技术培训组农户，由农技专家定期开展生物农药施用技术的线下集中培训与线上信息服务；针对经济补贴组农户，实施项目现金补贴干预；针对对照组农户，不实施任何干预。为控制成本与风险，每户农户仅以1~2亩稻田参与项目。

表1 农业环境政策田野实验干预

实验分组	行政村	样本农户	实验干预		
			专家	专家	项目
技术培训组	2	102	是	是	否
经济补贴组	3	102	否	否	是
对照组	3	104	否	否	否
总计	8	308			

1.技术培训。技术培训内容包括生物农药施用方法、药效质量、生态友好特性、绿色农业与环保知识等。由农业技术推广中心的驻村农技专家负责技术指导培训，于7月上旬（第一次晚稻病虫害防治前）和8月中旬（晚稻病虫害高发期）对技术培训组农户进行现场集中培训，整个实验周期内共计2次线下集中培训，每次时长为1个小时。线上信息服务包括信息推送和信息咨询：前者指由农技专家通过课题组官方微信，以视频和文案方式向该组农户推送生物农药施用步骤、生态效益、环保特性等相关技术信息；后者指当该组农户在遇到水稻病虫害防治问题时，通过微信或电话主动向农技专家咨询关于生物农药施用的技术信息。其中，线上信息推送每两周进行1次，整个实验周期共计7次。

2.经济补贴。课题组联合当地农业技术推广中心向经济补贴组农户承诺，在生物农药试用项目结束后，向该组农户发放生物农药现金补贴，补贴比例为生物农药零售价格的35%。这一具体补贴比例

的设定主要参考了2014—2018年世界银行贷款广东农业面源污染治理项目中的高效低毒农药补贴比例。课题组选择按固定比例而不是固定金额设置经济补贴标准，主要是考虑到不同地区生物农药的市场价格差异，设定补贴比例标准为各地政策的适应性和灵活性提供了空间，使得补贴金额可以根据不同地区的具体情况而变化。同时，在现实案例中，35%的补贴比例既能够提供足够的经济激励，促使农户尝试施用生物农药，又不至于补贴金额过高而对政府财政造成过大压力，在一定程度上能够保证补贴政策的可操作性与适宜性。在实验过程中，课题组先给予每位经济补贴组农户一张“现金兑换券”，并在后续两次电话反馈调查中再次告知该组农户生物农药现金补贴信息；实验结束时，经济补贴组农户可凭“现金兑换券”获得项目发放的现金补贴。

#### （四）实验过程

田野实验分为基线调查、实验干预与跟踪反馈、后测调查三个阶段（如图2所示），共持续17周。首先，课题组于2021年7月上旬对参与项目的农户进行基线调查，调查内容包括：①个体特征、家庭特征（含生产经营特征）；②过去农药施用的实际情况；③对绿色生产的生态价值认同、环境责任意识、自我效能感知水平。需要说明的是，各村村干部事先不了解关于实验干预的任何信息，只负责通知农户参加本次项目介绍会。同时，在项目介绍会上仅告知农户这是一项生物农药试用项目，而不透露实验的真实目的，以保证田野实验是在农户真实的生产状态下进行的。基线调查结束后，所有参与项目的农户均以家庭为单位添加了课题组官方微信。其次，在实验干预阶段，课题组针对3个乡镇分别实施3种不同的推广方案，具体而言：①针对技术培训组农户，由农技专家定期开展生物农药施用技术的线下集中培训与线上信息服务；②针对经济补贴组农户，实施项目现金补贴干预；③针对对照组农户，不实施任何干预。在此期间，课题组通过电话、微信等通信方式开展实验跟踪反馈调查，收集农户生物农药试用情况、水稻病虫害防治情况等反馈信息，并鼓励农户在调配农药、喷洒农药时拍照或录视频并将照片和视频发送至官方微信，以实施线上监督。最后，课题组于10月下旬对参与项目的农户进行后测调查，调查内容包括：①农户生物农药施用次数、实验结束后是否继续采用生物农药以及是否推荐他人施用生物农药等情况；②对绿色生产的生态价值认同、环境责任意识、自我效能感知水平。此外，经济补贴组农户可在实验结束时凭“现金兑换券”向课题组领取现金补贴。

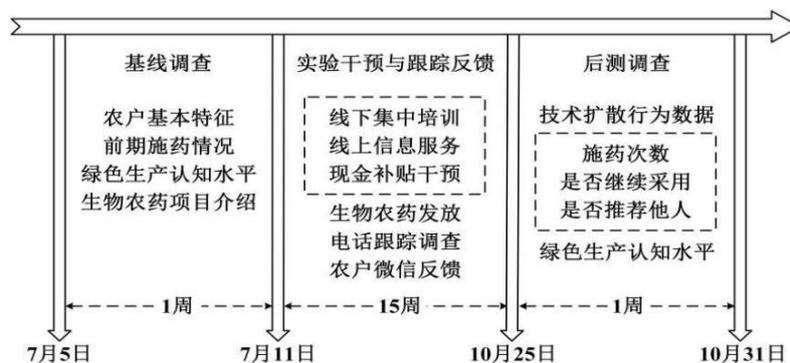


图2 农业环境政策田野实验的实施过程

## 四、变量与模型选择

### （一）变量选择

本文实证分析所用数据来源于田野实验基线调查的农户基本特征数据，以及实验结束后调查的农户绿色生产认知水平与技术扩散行为数据。

1.被解释变量。本文的被解释变量为农户技术扩散行为，包括试用次数（表征“试用行为”）、是否继续采用（表征“采用行为”）、是否推荐给他人（表征“推荐行为”）。由于水稻在种植周期中需进行三次病虫害防治，本文对试用次数进一步区分为第一次是否施药、累计两次施药次数、累计三次施药次数，以测度农业环境政策对农户试用行为在时间上的累积影响。

2.核心解释变量。本文的核心解释变量为技术培训和经济补贴，代表农业环境政策的两类具体干预形式。其中，技术培训以农户是否接受生物农药施用技术培训测度，经济补贴以农户是否接受生物农药现金补贴测度。

3.中介变量。本文的中介变量为生态价值认同、环境责任意识和自我效能感知，从三个方面衡量了农户对绿色生产的认知情况。其中，生态价值认同是指农户对生物农药施用带来生态效益的认知，环境责任意识是指农户对稻田生态环境保护主体责任的认知，自我效能感知是指农户对获取生物农药信息难易程度的认知。

4.控制变量。为了防止遗漏变量带来的内生性问题，本文将农户个体特征、家庭特征（含生产经营特征）纳入计量模型，以增强政策干预变量系数的准确性。借鉴已有研究（盖豪等，2021；李昊等，2022；杨高第和张露，2022），个体特征的控制变量包含受访者年龄、性别、受教育年限、是否村干部、是否党员、务农年限；家庭特征的控制变量包含家庭年收入、是否科技示范户、家庭人口、耕地面积、是否加入农业合作社、农业收入占比、是否土地流转、农业劳动力数量、耕种稻田面积、同期稻谷产量、距乡镇距离。

本文所选变量定义及描述性统计结果如表2所示。

表2 变量定义及描述性统计结果

变量	定义及赋值	均值	标准差
农户技术扩散行为			
试用次数			
第一次是否施药	第一次水稻病虫害防治是否施用生物农药：是=1，否=0	0.975	0.155
累计两次施药次数	前两次水稻病虫害防治累计施用生物农药次数（次）	1.877	0.379
累计三次施药次数	三次水稻病虫害防治累计施用生物农药次数（次）	2.560	0.698
是否继续采用 <sup>a</sup>	下一季水稻种植是否继续采用生物农药：是=1，否=0	0.303	0.460
是否推荐给他人 <sup>b</sup>	是否向邻居、朋友或亲戚推荐生物农药：是=1，否=0	0.947	0.224
政策干预			
技术培训	是否接受生物农药施用技术培训：是=1，否=0	0.313	0.465
经济补贴	是否接受生物农药现金补贴：是=1，否=0	0.338	0.474

表2 (续)

农户认知			
生态价值认同	您对施用生物农药等水稻绿色生产技术可以生产绿色生态稻米的认可程度：非常认可=5，比较认可=4，一般=3，不太认可=2，非常不认可=1	4.356	0.716
环境责任意识	您在水稻种植过程中会尽量平衡稻谷带来的经济效益与稻田生态环境保护吗？一定会=5，经常会=4，一般会=3，偶尔会=2，完全不会=1	4.049	0.916
自我效能感知	您认为很容易获得生物农药等水稻绿色生产技术的相关信息吗？非常容易=5，比较容易=4，一般=3，不太容易=2，非常不容易=1	3.856	0.847
控制变量			
年龄	受访者年龄（岁）	56.412	8.736
性别	受访者性别：女=1，男=0	0.419	0.494
受教育年限	受访者接受学历教育的年数（年）	9.261	2.371
是否村干部	受访者是否村干部：是=1，否=0	0.106	0.308
是否党员	受访者是否党员：是=1，否=0	0.141	0.348
务农年限	受访者从事农业生产的年数（年）	34.789	11.703
家庭年收入	家庭全年总收入（万元）	2.937	1.160
是否科技示范户	是否科技示范户：是=1，否=0	0.141	0.348
家庭人口	家庭总人口数（人）	4.173	1.551
耕地面积	家庭耕地总面积（亩）	16.803	23.087
是否加入农业合作社	是否加入农业合作社：是=1，否=0	0.264	0.442
农业收入占比	农业收入占家庭总收入比例，分成5档：占比为0~20%的取值10%，占比为21%~40%的取值30%，依此类推	0.408	0.278
是否土地流转	是否参与土地流转：是=1，否=0	0.250	0.434
农业劳动力数量	家庭中参加农业生产的人口数（人）	2.056	0.796
耕种稻田面积	家庭稻田总面积（亩）	13.194	19.859
同期稻谷产量	上一年同期稻谷产量（吨）	4.899	5.815
距乡镇距离	住址离乡镇中心的距离（千米）	4.717	3.465

注：a 农户在回答“继续采用”之后，还实际订购了一定数量的下一季水稻种植所需的生物农药；b 农户在回答“推荐给他人”之后，还实际填写了所推荐邻居、朋友或亲戚的真实姓名。

## (二) 模型选择

1. Probit 模型与 o-Probit 模型。样本农户第一次是否施药为虚拟变量，采用 Probit 模型进行估计；虽然累计两次施药次数、累计三次施药次数均为计数变量，但考虑其不满足“均值等于方差”的基本假定，不宜采用 Poisson 模型估计。鉴于累计两次施药次数、累计三次施药次数同时也可看作有序变量，故采用 o-Probit 模型估计。由此，构建回归模型如下：

$$P(y_{i1} = 1 | T_{in}, X_i) = \Phi \left( \alpha_1 + \sum_{n=1}^2 \beta_n T_{in} + \delta_1 X_i + \mu_{i1} \right) \quad (1)$$

$$y_{i2}^* = \alpha_2 + \sum_{n=1}^2 \beta_{2n} T_{in} + \delta_2 X_i + \mu_{i2} \quad (2)$$

$$y_{i2} = \begin{cases} 0, & y_{i2}^* \leq r_1 \\ 1, & r_1 < y_{i2}^* \leq r_2 \\ 2, & y_{i2}^* > r_2 \end{cases} \quad (3)$$

$$y_{i3}^* = \alpha_3 + \sum_{n=1}^2 \beta_{3n} T_{in} + \delta_3 X_i + \mu_{i3} \quad (4)$$

$$y_{i3} = \begin{cases} 0, & y_{i3}^* \leq k_1 \\ 1, & k_1 < y_{i3}^* \leq k_2 \\ 2, & k_2 < y_{i3}^* \leq k_3 \\ 3, & y_{i3}^* > k_3 \end{cases} \quad (5)$$

(1) 式中： $y_{i1}$  表示样本农户第一次是否施药，下标  $i$  表示第  $i$  位样本农户； $P(y_{i1} = 1)$  表示样本农户第一次施药的概率； $\Phi(\cdot)$  为标准正态的累积分布函数； $T_{in}$  表示样本农户所接受的政策干预变量 ( $n=1$  表示技术培训， $n=2$  表示经济补贴)； $X_i$  表示样本农户个体特征、家庭特征等控制变量； $\alpha_1$  为模型的截距项， $\beta_{1n}$  为政策干预变量回归系数， $\delta_1$  为控制变量回归系数， $\mu_1$  为随机误差项。

(2) ~ (5) 式中： $y_{i2}$ 、 $y_{i3}$  表示样本农户累计两次施药次数、累计三次施药次数； $y_{i2}^*$ 、 $y_{i3}^*$  表示不可观测的潜变量； $T_{in}$  和  $X_i$  含义与上文一致； $r_1$ 、 $r_2$  和  $k_1$ 、 $k_2$ 、 $k_3$  均表示未知的切割点，分别满足  $r_1 < r_2$  和  $k_1 < k_2 < k_3$ ； $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$  为模型的截距项， $\beta_{2n}$ 、 $\beta_{3n}$  为政策干预变量回归系数， $\delta_2$ 、 $\delta_3$  为控制变量回归系数， $\mu_2$ 、 $\mu_3$  为随机误差项。

与此同时，是否继续采用、是否推荐给他人作为虚拟变量，本文采用 Probit 模型进行估计，构建回归模型如下：

$$P(y_{i4} = 1 | T_{in}, X_i) = \Phi \left( \alpha_4 + \sum_{n=1}^2 \beta_{4n} T_{in} + \delta_4 X_i + \mu_{i4} \right) \quad (6)$$

$$P(y_{i5} = 1 | T_{in}, X_i) = \Phi \left( \alpha_5 + \sum_{n=1}^2 \beta_{5n} T_{in} + \delta_5 X_i + \mu_{i5} \right) \quad (7)$$

(6) 和 (7) 式中： $y_{i4}$  表示样本农户是否继续采用， $y_{i5}$  表示样本农户是否推荐给他人； $P(y_{i4} = 1)$ 、 $P(y_{i5} = 1)$  表示样本农户继续采用、推荐他人施用生物农药的概率； $T_{in}$  和  $X_i$  含义与上文一致； $\alpha_4$ 、 $\alpha_5$  为模型的截距项， $\beta_{4n}$ 、 $\beta_{5n}$  为政策干预变量回归系数， $\delta_4$ 、 $\delta_5$  为控制变量回归系数， $\mu_4$ 、 $\mu_5$  为随机误差项。

2. 因果逐步回归检验法。本文采用因果逐步回归检验法检验生态价值认同、环境责任意识、自我效能感知等认知变量的中介效应，具体分为三个步骤：一是政策干预对样本农户技术扩散行为影响的回归分析；二是政策干预对认知变量影响的回归分析；三是政策干预、认知变量对样本农户技术扩散行为影响的回归分析。按照因果逐步回归检验法，构建回归模型如下：

$$Y_i = \alpha + \sum_{n=1}^2 \beta_n T_{in} + \delta X_i + \mu_i \quad (8)$$

$$M_i = \alpha' + \sum_{n=1}^2 \beta'_n T_{in} + \delta' X_i + \mu'_i \quad (9)$$

$$Y_i = \alpha'' + \sum_{n=1}^2 \beta''_n T_{in} + \gamma M_i + \delta'' X_i + \mu''_i \quad (10)$$

(8)~(10)式中： $T_{in}$ 和 $X_i$ 含义与上文一致， $M_i$ 表示样本农户生态价值认同、环境责任意识、自我效能感知等认知变量； $\alpha$ 、 $\alpha'$ 、 $\alpha''$ ， $\beta_n$ 、 $\beta'_n$ 、 $\beta''_n$ 和 $\delta$ 、 $\delta'$ 、 $\delta''$ 分别为模型截距项、政策干预变量和控制变量对应的回归系数， $\gamma$ 为认知变量回归系数， $\mu$ 、 $\mu'$ 、 $\mu''$ 为随机误差项。

## 五、模型估计结果分析

### (一) 平衡性与随机性检验

本次生物农药试用项目共招募 308 户农户参与实验，在实验结束时共回访了 284 户农户，缺失的 24 户农户因工作或家庭事务外出，无法在调查当天返回居住地，回访率为 92.21%。一方面，本文对技术培训组、经济补贴组和对照组的农户特征进行了平衡性检验，选取基线调查数据中年龄、性别、受教育年限等 10 个受访者和农户特征变量，共计进行了 30 对组间均值差异检验，结果如表 3 所示。其中，仅有 5 对检验结果具有统计水平上的显著性（占比为 16.67%）。总体而言，三组样本农户不存在显著的选择性偏差。另一方面，本文通过游程检验进一步判断田野实验所选样本农户的随机性（以变量均值为参考值）。表 3 中检验结果表明，仅有性别与耕地面积拒绝随机样本原假设，总体而言，样本农户满足随机性要求。

表 3 样本农户特征平衡性与随机性检验结果

变量	均值			组间均值差异检验			游程检验
	技术培训组 (A)	经济补贴组 (B)	对照组 (C)	A-C	B-C	A-B	A+B+C Prob> z
年龄	57.551 (8.762)	55.688 (7.960)	56.091 (9.394)	1.460 (1.329)	-0.403 (1.249)	1.863 (1.229)	0.630
性别	0.326 (0.471)	0.604 (0.492)	0.323 (0.470)	0.003 (0.069)	0.281*** (0.069)	-0.278*** (0.071)	0.080
受教育年限	9.303 (2.352)	9.404 (2.281)	9.073 (2.489)	0.101 (0.338)	0.331 (0.342)	0.230 (0.357)	0.910
是否村干部	0.124 (0.331)	0.083 (0.278)	0.111 (0.316)	0.012 (0.047)	-0.028 (0.043)	0.040 (0.045)	0.600
是否党员	0.180 (0.386)	0.094 (0.293)	0.152 (0.360)	0.028 (0.054)	-0.058 (0.047)	0.086* (0.050)	0.500
务农年限	36.011 (12.553)	34.865 (10.111)	33.616 (12.336)	2.395 (1.817)	1.248 (1.618)	1.147 (1.670)	0.760

表3 (续)

是否科技示范户	0.135 (0.343)	0.115 (0.320)	0.162 (0.370)	-0.027 (0.052)	-0.047 (0.050)	0.020 (0.049)	0.350
家庭人口数量	3.978 (1.270)	4.094 (1.577)	4.424 (1.727)	-0.447** (0.223)	-0.330 (0.237)	-0.116 (0.212)	0.960
耕地面积	20.033 (25.888)	16.627 (27.165)	14.069 (14.321)	5.964** (3.012)	2.558 (3.097)	3.406 (3.908)	0.030
农业劳动力	2.000 (0.707)	2.104 (0.718)	2.061 (0.935)	-0.061 (0.122)	0.044 (0.120)	-0.104 (0.105)	0.250
样本量	89	96	99				

注：①\*\*\*、\*\*和\*分别表示 1%、5%和 10%的显著性水平；②括号内为标准差或标准误；③考虑到研究对象是农户，选取受访者所有的个体特征和是否科技示范户、家庭人口数量、耕地面积、农业劳动力这 4 个相对重要的家庭特征进行检验。

(二) 基准回归结果分析

本文以对照组作为参照，采用 Probit 模型与 o-Probit 模型检验技术培训与经济补贴对农户技术扩散行为的直接影响。需要说明的是，为了更好地解释农业环境政策对农户试用行为在时间上的累积影响，同时便于对多次回归结果进行比较，这里汇报了第一次是否施药、累计两次施药次数与累计三次施药次数对应的平均边际效应，回归结果如表 4 所示。

表 4 技术培训与经济补贴对农户技术扩散行为直接影响的回归结果

变量	(1)		(2)		(3)		(4)		(5)	
	第一次是否施药		累计两次施药次数		累计三次施药次数		是否继续采用		是否推荐给他人	
	回归系数	边际效应	回归系数	边际效应	回归系数	边际效应	回归系数	边际效应	回归系数	边际效应
技术培训	0.963 (0.645)	0.045 (0.029)	0.680** (0.281)	0.112** (0.045)	0.396** (0.196)	0.137** (0.067)	0.204 (0.221)	0.066 (0.071)	0.589* (0.335)	0.061* (0.036)
经济补贴	0.997* (0.510)	0.046* (0.026)	0.807*** (0.285)	0.132*** (0.046)	0.638*** (0.192)	0.221*** (0.063)	0.428** (0.204)	0.138** (0.065)	0.427 (0.307)	0.044 (0.032)
控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
常数项	4.381***						-1.799*		0.753	
样本量	284	284	284	284	284	284	284	284	284	284
(伪) R <sup>2</sup>	0.236		0.105		0.042		0.073		0.131	

注：①\*\*\*、\*\*和\*分别表示 1%、5%和 10%的显著性水平；②括号内为稳健标准误；③控制变量同表 2；④对于 o-Probit 模型的回归结果，Stata 软件仅呈现切割点数值而不是常数项，故 (2) 列、(3) 列回归结果没有汇报对应的常数项。

1.对试用行为的影响。农户试用行为以试用次数来测度，分别选取第一次是否施药、累计两次施药次数、累计三次施药次数作为被解释变量。表 4 (1) 列结果显示，在控制其他变量的情况下，相比对照组农户，经济补贴组农户试用生物农药的概率显著提高了 4.6%。这表明，即使在缺乏正式信息来

源时,农户试用行为仍能被经济理性有效激发。然而,技术培训的影响并不显著,说明初次培训效果有限,未能完全消除农户对生物农药施用技术的疑虑和担忧。表4(2)列结果显示,技术培训与经济补贴的正向影响均具有统计上的显著性。可见,技术培训虽然无法在短期内促使农户改变生产决策,但在经过多次线上与线下培训后,随着农户获取的信息集合逐渐完备,技术风险逐渐被克服,技术培训能够促进农户试用生物农药。与此同时,经济补贴作为外部诱发性因素,也可能会激发农户自主学习行为。实地调查发现,经济补贴组农户会向农资店主咨询生物农药相关信息以避免潜在的技术风险,并做出试用生物农药的生产决策。表4(3)列结果显示,技术培训与经济补贴对农户试用行为的影响在累计三次施药情况下依然显著。可见,在整个实验周期中,经济补贴的影响效应应具有即效性,技术培训则表现出一定的时滞性,两者均可发挥持续的影响。

2.对采用行为的影响。农户采用行为以试用结束后下一季水稻种植是否继续采用生物农药来测度,实证结果如表4(4)列所示。农户接受经济补贴后,他们继续采用生物农药的概率可以显著提高13.8%;而农户在接受技术培训后,他们继续采用生物农药的概率并不高于对照组。对技术培训组农户而言,虽然培训可能降低农户信息搜寻的时间成本,但无法降低生物农药的购买成本。由于农药投入成本增加,影响了农户水稻种植的经济效益,因此技术培训组农户可能在试用结束后不再继续选择生物农药。对经济补贴组农户而言,现金补贴意味着部分生物农药成本由政府分摊,农户实际支付价格下降,因而经济补贴组农户继续采用生物农药的概率更大。

3.对推荐行为的影响。农户推荐行为以是否向邻居、朋友或亲戚推荐生物农药施用技术来测度。表4(5)列结果表明,农户接受技术培训后,发生推荐行为的概率显著提高6.1%。在有限理性下,农户生产决策并非完全独立,而是在农户群体之间形成了隐性的联合决策,农户推荐行为体现了生物农药施用技术由农户个体向群体扩散的途径。考虑到农药作为保障农产品产量的重要投入要素,与农业生产经济效益密切相关,农户只有在系统掌握生物农药的药效质量、环保特性、施用方法等信息的前提下,才会引发推荐行为。技术培训组农户通过线下集中培训、线上信息服务获得了较为充足的生物农药相关知识和信息,因而推荐行为发生的概率更大。虽然经济补贴可以降低生物农药购买成本,但无法有效解决生物农药相关技术信息稀缺的问题,这制约了经济补贴组农户推荐给他人。

### (三) 稳健性检验

本文采用模型替换法进行稳健性检验,用Logit模型替代Probit模型,用负二项式模型替代o-Probit模型,以验证技术培训与经济补贴对农户技术扩散行为影响的稳健性,回归结果如表5所示。表5(1)~

(3)列结果表明:经济补贴可显著提高农户第一次试用生物农药的概率,而技术培训组与对照组相比无差异;在中后期的水稻病虫害防治中,技术培训、经济补贴均可显著提高农户持续试用生物农药的概率。这表明,经济补贴对激发农户试用生物农药的行为具有即效性,而技术培训则表现出时滞性。

表5(4)列结果表明,当农户面对新型生物农药时,经济补贴可提高农户从试用过渡为继续采用的概率。表5(5)列结果表明,技术培训可以显著提高农户向他人推荐生物农药的概率,从而形成技术由个体向群体的扩散。经与表4结果对比可知,Logit模型回归系数的符号方向、变量的显著性与Probit模型的估计结果基本一致,同时负二项式模型回归系数的符号方向、变量的显著性与o-Probit模型的

估计结果也基本一致。综上所述，基准回归结果具备稳健性。

表 5 技术培训与经济补贴对农户技术扩散行为直接影响的回归结果（稳健性检验）

变量	(1) 第一次是否施药 (Logit模型)		(2) 累计两次施药次数 (负二项式模型)		(3) 累计三次施药次数 (负二项式模型)		(4) 是否继续采用 (Logit模型)		(5) 是否推荐给他人 (Logit模型)	
	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误
技术培训	2.428	1.504	0.090**	0.036	0.099**	0.046	0.322	0.373	1.197*	0.711
经济补贴	2.188*	1.192	0.092***	0.032	0.143***	0.041	0.696**	0.347	0.981	0.669
控制变量	已控制		已控制		已控制		已控制		已控制	
常数项	8.531***		0.742***		1.132***		-3.121*		0.621	
样本量	284		284		284		284		284	
(伪) R <sup>2</sup>	0.254		0.003		0.005		0.075		0.142	

注：①\*\*\*、\*\*和\*分别表示 1%、5%和 10%的显著性水平；②标准误为稳健标准误；③控制变量同表 2。

(四) 影响机制分析

1. 农户认知在技术培训与技术扩散行为之间的中介效应检验。本文从生态价值认同、环境责任意识、自我效能感知的认知视角，探讨两类农业环境政策影响农户技术扩散行为的机制。如表 6 所示，农户认知在技术培训对技术扩散行为的影响中发挥了中介效应。

表 6 农户认知在技术培训与技术扩散行为之间的中介效应检验结果

变量	(1) 累计三次施药次数		(2) 生态价值认同		(3) 环境责任意识		(4) 自我效能感知		(5) 累计三次施药次数	
	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误
技术培训	0.165**	0.074	0.170	0.133	0.291*	0.159	0.261*	0.144	0.134*	0.074
生态价值认同									0.018	0.042
环境责任意识									0.112***	0.040
自我效能感知									-0.045	0.038
控制变量	已控制		已控制		已控制		已控制		已控制	
常数项			4.181***		4.168***		4.090***			
样本量	188		188		188		188		188	
(伪) R <sup>2</sup>			0.063		0.142		0.131			

变量	(6) 是否继续采用		(7) 生态价值认同		(8) 环境责任意识		(9) 自我效能感知		(10) 是否继续采用	
	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误
技术培训	0.124*	0.069	0.244*	0.143	0.310*	0.159	0.284*	0.152	0.100	0.069
生态价值认同									0.028	0.045
环境责任意识									0.086**	0.039
自我效能感知									-0.013	0.038

表 6 (续)

控制变量	已控制		已控制		已控制		已控制		已控制	
常数项			3.845***		4.053***		4.019***			
样本量	188		188		188		188		188	
(伪) R <sup>2</sup>			0.083		0.159		0.147			
变量	(11)		(12)		(13)		(14)		(15)	
	是否推荐给他人		生态价值认同		环境责任意识		自我效能感知		是否推荐给他人	
	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误
技术培训	0.082**	0.038	0.250*	0.143	0.313*	0.160	0.284*	0.152	0.052	0.037
生态价值认同									0.047**	0.020
环境责任意识									0.009	0.018
自我效能感知									0.049**	0.024
控制变量	已控制		已控制		已控制		已控制		已控制	
常数项			3.793***		4.025***		4.024***			
样本量	188		188		188		188		188	
(伪) R <sup>2</sup>			0.084		0.159		0.147			

注：①\*\*\*、\*\*和\*分别表示 1%、5%和 10%的显著性水平；②标准误为稳健标准误；③控制变量同表 2；④在累计三次施药次数、是否继续采用、是否推荐给他人作为被解释变量的 o-Probit 模型或 Probit 模型回归结果中，仅汇报平均边际效应；⑤若技术培训对该中介变量的影响显著，且在两者同时加入回归模型后该中介变量是显著的，则中介效应成立。

由表 6 (1) ~ (5) 列结果可知，环境责任意识在技术培训对农户试用行为的影响中发挥显著的中介效应。技术培训通过向农户传递生物农药的生态效益知识，提高了农户保护农业生态环境的责任意识水平，因此，农户对环境责任认知的深化将有效促进农户生物农药试用行为。由表 6 (6) ~ (10) 列结果可知，环境责任意识在技术培训对农户采用行为的影响中发挥显著的中介效应。综合前文分析，技术培训为农户提供的生物农药施用技术指导和环保教育，在一定程度上提升了他们的环境责任意识水平，激发了他们保护生产与生活环境的生态理性，最终促使农户选择在下一季水稻种植中继续采用生物农药。由表 6 (11) ~ (15) 列结果可知，生态价值认同、自我效能感知在技术培训对农户推荐行为的影响中发挥显著的中介效应。技术培训拓宽了农户的认知边界，使得生物农药的生态效益知识在群体中外溢，引发正向的知识溢出效应，提升了农户对生物农药生态价值的认同感。单个农户的认知变化会进一步影响农户群体的生产决策，个体农户为了改善农业生态环境，可能会向社会网络中其他农户推荐生物农药。与此同时，考虑生物农药施用效果与水稻种植的经济收益密切相关，农户必须掌握充足的生物农药施用技术知识和信息，才得以避免经济收益减少的风险。而技术培训为农户搭建了便捷的信息获取渠道，提高了农户获取生物农药相关信息的可能性，增强了农户识别生物农药质量与效果的能力。在有信心获取足够信息和掌握生物农药施用技术的情况下，单个农户为了实现农业生态环境保护，可能会向周围农户群体推荐生物农药。

2.农户认知在经济补贴与技术扩散行为之间的中介效应检验。农户认知在经济补贴与技术扩散行为之间的中介效应检验结果如表7所示。回归结果表明,生态价值认同、环境责任意识、自我效能感知在经济补贴对农户试用行为、采用行为、推荐行为的影响中均不发挥中介效应。究其原因,经济补贴虽然可以通过降低生物农药购买成本的方式从外部“诱发”农户行为改变,但无法提供充足的信息来提升农户生态价值认同、环境责任意识与自我效能感知等认知水平,未能从内部影响农户生产决策。

表7 农户认知在经济补贴与技术扩散行为之间的中介效应检验结果

变量	(1)		(2)		(3)		(4)		(5)	
	系数	标准误								
经济补贴	0.207***	0.059	0.290**	0.114	0.053	0.155	0.177	0.132	0.200***	0.061
生态价值认同									0.011	0.041
环境责任意识									0.077**	0.036
自我效能感知									-0.017	0.039
控制变量	已控制									
常数项			3.910***		3.948***		5.102***			
样本量	195		195		195		195		195	
(伪) R <sup>2</sup>			0.081		0.055		0.073			
变量	(6)		(7)		(8)		(9)		(10)	
	系数	标准误								
经济补贴	0.149**	0.066	0.294**	0.115	0.087	0.158	0.190	0.135	0.120*	0.066
生态价值认同									0.071	0.051
环境责任意识									0.048	0.038
自我效能感知									0.008	0.040
控制变量	已控制									
常数项			3.585***		3.837***		4.928***			
样本量	195		195		195		195		195	
(伪) R <sup>2</sup>			0.094		0.075		0.087			
变量	(11)		(12)		(13)		(14)		(15)	
	系数	标准误								
经济补贴	0.048	0.033	0.296**	0.115	0.068	0.157	0.171	0.134	0.044	0.031
生态价值认同									-0.023	0.021
环境责任意识									0.006	0.015
自我效能感知									0.066***	0.023
控制变量	已控制									

表 7 (续)

常数项		3.575***	3.934***	5.024***	
样本量	195	195	195	195	195
(伪) R <sup>2</sup>		0.094	0.080	0.093	

注：①\*\*\*、\*\*和\*分别表示 1%、5%和 10%的显著性水平；②标准误为稳健标准误；③控制变量同表 2；④在累计三次施药次数、是否继续采用、是否推荐给他人作为被解释变量的 o-Probit 模型或 Probit 模型回归结果中，仅汇报平均边际效应；⑤若经济补贴对该中介变量的影响显著，且在两者同时加入回归模型后该中介变量是显著的，则中介效应成立。

综上所述，技术培训对农户试用行为和推荐行为存在显著的直接影响（假说 H1 部分成立），同时技术培训还能够通过农户认知的中介效应影响农户试用行为、采用行为和推荐行为（假说 H2 的前半句成立），体现出政策效果的扩散性。具体来看，环境责任意识在技术培训对农户试用行为、采用行为的影响中发挥显著的中介效应，生态价值认同、自我效能感知在技术培训对农户推荐行为的影响中发挥显著的中介效应。经济补贴对农户试用行为和采用行为产生显著的直接影响（假说 H3 部分成立），体现其政策效果的即效性，但对农户推荐行为不存在显著影响。此外，生态价值认同、环境责任意识、自我效能感知在经济补贴对农户试用行为、采用行为、推荐行为的影响中均不发挥中介效应（假说 H4 不成立）。可见，技术培训和经济补贴作为农业环境政策中两类重要的支持形式，在促进农户生物农药施用技术扩散行为（试用行为、采用行为、推荐行为）方面能够相互补充，二者的影响机制如图 3 所示。其中，经济补贴对农户试用和采用行为的直接效应得到验证，说明这类政策在初期的新技术试用和采用阶段能够起到助推作用；技术培训对农户技术扩散行为的直接效应和中介效应均得到验证，尤其对农户推荐行为的影响效应更为显著，说明这类政策有助于实现新技术由个体向群体扩散。

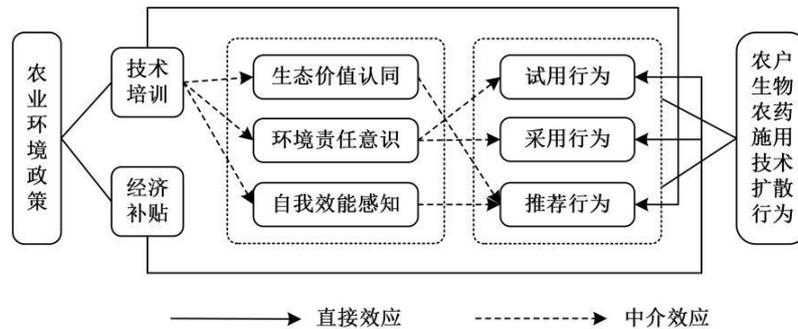


图 3 不同类型农业环境政策对农户生物农药施用技术扩散行为的影响机制

## 六、结论与启示

农业环境政策是引导农户生产行为转变的重要措施，也是推动农业生产绿色变革的动力来源。本文通过开展真实情景下的农业环境政策田野实验，探讨了技术培训和经济补贴这两类政策对农户生物农药施用技术扩散行为（试用行为、采用行为、推荐行为）的影响，得出主要结论如下：

第一，技术培训、经济补贴会促进农户生物农药施用技术扩散行为。在试用行为方面，经济补贴的影响具有即效性，而技术培训则表现出一定的时滞性；在采用行为方面，经济补贴可以显著提高农户继续采用生物农药的概率，而技术培训的影响不显著；在推荐行为方面，技术培训可以显著提高农户推荐行为发生的可能性，而经济补贴的影响不显著。

第二，农户认知在技术培训对生物农药施用技术扩散行为的影响中发挥中介效应，但在经济补贴对技术扩散行为的影响中不发挥中介效应。环境责任意识在技术培训对农户试用行为、采用行为的影响中发挥中介效应；生态价值认同、自我效能感知在技术培训对农户推荐行为的影响中发挥中介效应。

综上所述，经济补贴对农户试用和采用行为的直接效应得到验证，说明这类政策在初期的新技术试用和采用阶段能够起到助推作用；技术培训对农户技术扩散行为的直接效应和中介效应均得到验证，尤其对农户推荐行为的影响更为显著，说明这类政策有助于实现新技术由个体向群体扩散。二者作为农业环境政策中两类重要的支持形式，在促进农户采纳新技术方面能够相互补充。

根据以上结论，本文得出以下政策启示。

第一，多元化绿色生产技术培训，培育农户绿色生产理念。在技术培训政策实施过程中，根据当地农业产业制定成体系的绿色生产技术推广课程，积极开展以应用性知识为主的线下集中培训，农技专家可深入田间进行现场教学和操作示范。考虑到线上信息服务不受时间与空间的限制，并且可规避外部环境中不可控因素的干扰，应将线上信息服务与线下集中培训配套实施。此外，线上信息服务也可引入社会主体参与，鼓励农资企业开通电话咨询热线，满足农户对农业生产技术的个性化线上咨询需求，全面提升农户对绿色生产的认知水平。

第二，精准化绿色生产经济补贴，诱发农户绿色生产行为。在经济补贴政策实施过程中，需要对农户实际的绿色生产行为进行跟踪监督，开展动态的经济补贴政策。为了避免监督成本过高，村干部可通过微信等低成本线上通信平台，要求农户在进行绿色生产时拍摄照片或视频并将其发送至线上监督平台，并以此作为现金补贴发放的凭证。当农户对绿色生产技术的应用程度达到一定阶段后，可视具体情况逐步降低补贴力度，直至实现补贴政策的阶梯式平稳退出。考虑到单纯的经济激励可能不足以实现新技术在群体层面的扩散，有条件的地区可同步实施经济补贴和技术培训的组合政策，既能降低农户尝试和采纳新技术的成本（缓解经济约束），又能提高农户对新技术的认知和理解（缓解信息约束），以兼顾政策效果的即效性和扩散性，充分发挥综合性政策的协同效应。

为了得到更客观和更全面的效果评价，未来的研究需要在以下三个方面进行拓展和深化：一是在更长的时间跨度上进行实验，以便能够观察和记录农业环境政策对继续采用行为和推荐行为的长期影响。二是收集更详细的成本和收益等经济数据，以便能够更客观地评估新技术应用的经济效益。三是补充不同类型政策之间交互影响的实验组，以便同步测度综合性政策的协同效应。

#### 参考文献

1.蔡保忠、王秀秀、史芳、曾福生，2023：《我国农业绿色补贴的环境效应、效果评价与政策优化》，《农业现代化研究》第4期，第567-574页。

- 2.蔡丽茹、吴昕晖、杜志威, 2022: 《环境友好型农业技术扩散的时空演化与影响因素——基于社会网络视角》, 《地理研究》第1期, 第63-78页。
- 3.崔民、张济舟、夏显力, 2021: 《参与培训对农户生态农业技术采纳行为的影响——基于生态认知的中介效应和遮掩效应》, 《干旱区资源与环境》第11期, 第38-46页。
- 4.范东寿、杨福霞、郑欣、张巧丹, 2023: 《绿色农业补贴的化肥减量效应及影响机制——来自有机肥补贴试点政策的证据》, 《资源科学》第8期, 第1515-1530页。
- 5.方平、周立, 2017: 《多元理性主导农户的差别化生产研究——基于6省区农户的多案例分析》, 《中州学刊》第6期, 第27-33页。
- 6.盖豪、颜廷武、周晓时, 2021: 《政策宣传何以长效? ——基于湖北省农户秸秆持续还田行为分析》, 《中国农村观察》第6期, 第65-84页。
- 7.黄祖辉、钟颖琦、王晓莉, 2016: 《不同政策对农户农药施用行为的影响》, 《中国人口·资源与环境》第8期, 第148-155页。
- 8.金书秦、张哲晰、胡钰、杜志雄, 2024: 《中国农业绿色转型的历史逻辑、理论阐释与实践探索》, 《农业经济问题》第3期, 第4-19页。
- 9.李成龙、周宏, 2022: 《资源禀赋、政府培训与农户生态生产行为》, 《农业经济与管理》第5期, 第22-30页。
- 10.李冬青、侯玲玲、闵师、黄季焜, 2021: 《农村人居环境整治效果评估——基于全国7省农户面板数据的实证研究》, 《管理世界》第10期, 第182-195页。
- 11.李昊、曹辰、李林哲, 2022: 《绿色认知能促进农户绿色生产行为吗? ——基于社会规范锁定效应的分析》, 《干旱区资源与环境》第9期, 第18-25页。
- 12.李红莉、张俊飏、张露、罗斯炫, 2021: 《气候变化认知对农户适应性耕作行为的影响——基于湖北省“十县千户”的田野调查》, 《中国农业资源与区划》第2期, 第236-248页。
- 13.李立朋、丁秀玲、李桦, 2022: 《农户绿色施肥行为的关联效应及影响因素研究——以陕北绿色农业建设先行区为例》, 《中国农业资源与区划》第9期, 第71-78页。
- 14.李紫娟、孙剑、陈桃, 2018: 《农户绿色防控技术采纳行为影响因素——基于湖北省265户柑橘种植户调查数据的分析》, 《科技管理研究》第21期, 第249-254页。
- 15.刘畅、于晓华, 2023: 《农业转型和乡村振兴背景下的乡村“再野化”: 生态系统服务视角的分析》, 《中国农村经济》第4期, 第50-67页。
- 16.刘妙品、南灵、李晓庆、赵连杰, 2019: 《环境素养对农户农田生态保护行为的影响研究——基于陕、晋、甘、皖、苏五省1023份农户调查数据》, 《干旱区资源与环境》第2期, 第53-59页。
- 17.刘宇荧、李后建、林斌、傅新红, 2022: 《水稻种植技术培训对农户化肥施用量的影响——基于70个县的控制方程模型实证分析》, 《农业技术经济》第10期, 第114-131页。
- 18.罗俊、汪丁丁、叶航、陈叶烽, 2015: 《走向真实世界的实验经济学——田野实验研究综述》, 《经济学(季刊)》第3期, 第853-884页。

- 19.毛慧、曹光乔, 2020: 《作业补贴与农户绿色生态农业技术采用行为研究》, 《中国人口·资源与环境》第1期, 第49-56页。
- 20.毛显强、郭秀锐、胡涛, 2000: 《激励生态农业发展的环境经济政策分析》, 《中国人口·资源与环境》第2期, 第66-69页。
- 21.闵继胜、孔祥智, 2016: 《我国农业面源污染问题的研究进展》, 《华中农业大学学报(社会科学版)》第2期, 第59-66页。
- 22.石志恒、张可馨, 2022: 《农户绿色防控技术采纳行为研究——基于“信息—动机—行为技巧”干预模型》, 《干旱区资源与环境》第3期, 第28-35页。
- 23.王建华、刘苗、李俏, 2015: 《农产品安全风险治理中政府行为选择及其路径优化——以农产品生产过程中的农药施用为例》, 《中国农村经济》第11期, 第54-62页。
- 24.王建华、周瑾、任敏慧, 2024: 《农业生产者绿色生产要素投入行为的收入效应》, 《西北农林科技大学学报(社会科学版)》第1期, 第110-123页。
- 25.王学婷、张俊飏、童庆蒙, 2021: 《参与农业技术培训能否促进农户实施绿色生产行为? ——基于家庭禀赋视角的ESR模型分析》, 《长江流域资源与环境》第1期, 第202-211页。
- 26.杨高第、张露, 2022: 《农业生产性服务对农户耕地质量保护行为的影响——来自江汉平原水稻主产区的证据》, 《自然资源学报》第7期, 第1848-1864页。
- 27.杨玉苹、朱立志、孙炜琳, 2019: 《农户参与农业生态转型: 预期效益还是政策激励? 》, 《中国人口·资源与环境》第8期, 第140-147页。
- 28.应瑞瑶、朱勇, 2015: 《农业技术培训方式对农户农业化学投入品使用行为的影响——源自实验经济学的证据》, 《中国农村观察》第1期, 第50-58页。
- 29.余威震、罗小锋、唐林、黄炎忠, 2020: 《农户绿色生产技术采纳行为决策: 政策激励还是价值认同? 》, 《生态与农村环境学报》第3期, 第318-324页。
- 30.左巧丽、杨钰蓉、李兆亮、李晓玲, 2022: 《农户化肥减量替代意愿研究: 基于价值认知和制度情境的分析》, 《世界农业》第4期, 第83-95页。
- 31.Hines, J., H. Hungerford, and A. Tomera, 1987, "Analysis and Synthesis of Research on Responsible Environmental Behavior: A Meta-Analysis", *Journal of Environmental Education*, 18(2): 1-8.
- 32.Hu, L., A. Channa, X. Liu, G. Lakhani, M. Meraj, Q. Lu, and Q. Wang, 2022, "Risk Characteristics, Government Subsidies and Farmers' Willingness to Adopt Water-Saving Irrigation Techniques", *Irrigation and Drainage*, 71(1): 255-267.
- 33.Liu, Y., R. Shi, Y. Peng, W. Wang, and X. Fu, 2022, "Impacts of Technology Training Provided by Agricultural Cooperatives on Farmers' Adoption of Biopesticides in China", *Agriculture*, 12(3): 316.
- 34.Medellín-Azuara, J., R. Howitt, and J. Harou, 2012, "Predicting Farmer Responses to Water Pricing, Rationing and Subsidies Assuming Profit Maximizing Investment in Irrigation Technology", *Agricultural Water Management*, Vol. 108: 73-82.
- 35.Schultz, W., 1983, *Transforming Traditional Agriculture*, Chicago and London: The University of Chicago Press, 36-48.

36.Thomas, F., E. Midler, M. Lefebvre, and S. Engel, 2019, "Greening the Common Agricultural Policy: A Behavioral Perspective and Lab-in-the-Field Experiment in Germany", *European Review of Agricultural Economics*, 46(3): 367-392.

37.Usman, M., and M. Ahmad, 2018, "Parallel Mediation Model of Social Capital, Learning and the Adoption of Best Crop Management Practices: Evidence from Pakistani Small Farmers", *China Agricultural Economic Review*, 10(4): 589-607.

(作者单位: <sup>1</sup>五邑大学经济管理学院;

<sup>2</sup>广东省习近平新时代中国特色社会主义思想研究中心五邑大学研究基地;

<sup>3</sup>华中农业大学农业绿色低碳发展实验室)

(责任编辑: 尚友芳)

## **The Impacts of Technical Training and Economic Subsidies on Farmers' Diffusion Behaviors of Bio-pesticide Application Technology**

JIANG Linli HUANG Haoqin HE Ke

**Abstract:** Based on incentive theory and cognitive theory, this paper explores the impacts and internal mechanisms of different types of agricultural environmental policies (technical training and economic subsidies) on farmers' diffusion behaviors (trial behaviors, adoption behaviors, and recommendation behaviors) of bio-pesticide application technology, and carries out a field experiment in real situations to empirically test the effects of different policies. The results show that both economic subsidies and technical training have significant direct effects on farmers' trial behaviors. The former has an immediate effect, while the latter has a certain time lag. Meanwhile, technical training also affects farmers' trial behaviors through the mediating effect of environmental responsibility awareness. In terms of adoption behaviors, economic subsidies have a significant direct impact, while technical training affects farmers' adoption behaviors through the mediating effect of environmental responsibility awareness. In terms of recommendation behaviors, technical training not only has a significant direct impact, but also can influence farmers' recommendation behaviors through the mediating effect of ecological value identification and self-efficacy perception, realizing the diffusion of new technologies from individuals to groups, while economic subsidies have no significant impact. The conclusions of this paper are of great significance for the accurate design of agricultural environmental policies, and the effective promotion of the transformation of farmers' green production behaviors and technology diffusion.

**Keywords:** Field Experiment; Agricultural Environmental Policy; Technical Training; Economic Subsidy; Technology Diffusion Behavior