

土地细碎化与农户环境友好型技术采纳决策

——以测土配方施肥技术为例

岳梦 张露 张俊飏¹

(1. 华中农业大学 经济管理学院, 武汉 湖北 430070;

2. 湖北农村发展研究中心, 武汉 湖北 430070)

【摘要】: 利用湖北省 1710 份农户的微观数据, 运用 Double-hurdle 模型, 实证分析土地细碎化对农户环境友好型技术采纳决策的影响。研究表明: (1) 总体来说, 土地细碎化对农户是否采纳环境友好型技术, 以及采纳密度(采纳环境友好型技术的面积/总农地经营面积)均产生负向影响; (2) 对男性和低自我效能感知主体而言, 土地细碎化对其是否采纳环境友好型技术决策和采纳密度决策均产生负向影响; 而对女性和高自我效能感知主体, 则未产生显著影响; (3) 土地细碎化对强社会网络主体的是否采纳决策产生影响, 对其采纳密度决策不产生影响, 土地细碎化对弱社会网络主体的是否采纳和采纳密度决策均产生负向影响; (4) 土地细碎化对低农业收入依赖主体的采纳密度决策以及高农业收入依赖主体的是否采纳决策产生负向影响, 对低农业收入依赖主体的是否采纳决策以及高农业收入依赖主体的采纳密度决策不产生影响; (5) 土地细碎化对平原地区农户的是否采纳决策不产生影响, 对其采纳密度决策产生影响, 土地细碎化对非平原地区农户的是否采纳和采纳密度决策均产生负向影响。据此, 建议着力推进高水平良田建设, 激励农户环境友好型技术采纳决策的政策制定需要充分考虑农户异质性影响, 实施精准施肥政策, 并充分考虑不同自然环境特征(如地形等)的影响, 针对平原和非平原地区的农户, 采取差异化的激励策略。

【关键词】: 技术采纳 采纳密度 土地细碎化 Double-hurdle 模型

【中图分类号】: F323.3 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1004-8227(2021)08-1957-12

近年来, 我国农业综合生产能力实现突破式发展。1978~2018 年, 我国粮食产量年均增长率为 1.94%, 1998~2018 年, 农林牧渔业增加值年均增长 7.90%, 超过同期全国人口增长速度和世界粮食和农业增长速度^[1]。在我国农业实现跨越式发展的同时, 主要生产要素化肥的使用量却高居世界前列, 虽然目前用量的增长速率得到控制, 但总量仍然居高不下且利用效率堪忧。国家统计局数据显示, 2017 年我国化肥施用折纯量达 5653.42 万 t, 占同期世界化肥施用量的 1/3, 同时单位耕地面积化肥投放量是欧盟的 2.5 倍和美国的 2.6 倍^[1]。2015 年我国三大粮食作物的化肥平均利用率为 35.2%, 远低于发达国家 50%~65% 的平均水平^[2]。过量与低效的化肥施用造成严重的大气污染、土壤盐渍化和地下水硝酸盐超标等环境问题, 并最终通过生物循环系统对粮食安全和人体健康造成重大威胁^[3]。

我国政府高度重视化肥过度施用问题, 2013~2019 年, 中央一号文件连续 7 年强调化肥污染治理问题, 十九大报告更是指

¹作者简介: 岳梦(1995~), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为农业资源与环境经济学. E-mail: yuemeng000001@163.com

张露 E-mail: luzhang@mail.hzau.edu.cn

基金项目: 国家社会科学基金项目(19BGL192)

出要“推进乡村绿色发展，强化土壤污染管控和修复，加强农业面源污染防治，打造人与自然和谐共生发展新格局”。如何引导农户科学合理施肥，避免化肥过量施用成为目前亟需解决的现实问题。

以测土配方施肥为代表的环境友好型技术对缓解农业面源污染具有重要意义^[4]。既有针对环境友好型技术的环境和经济绩效的研究表明，其普遍具有缓解农业面源污染，改善农户家庭收入，协助解决农村贫困问题等作用。例如，基于对土壤状况的科学测定和养分元素的合理配比，测土配方肥不仅有助于避免氮肥等养分元素的盲目过量施用现象，而且有助于增加作物对养分元素的吸收效率，使得作物生产的环境目标与经济目标实现相容。农户的测土配方施肥技术采用率每增加 1%，化肥施用量可以降低 0.09% (0.45kg/hm²)，同时水稻单产可以提高 0.04% (2.91kg/hm²)^[3]。

进一步地，在现行农业家庭经营制度下，广泛且大量存在的农户对环境友好型技术的采纳是其潜在经济与环境绩效得以切实发挥的重要前提和基础。于是，既有研究也揭示出部分影响农户采纳环境友好型技术的关键因素。具体来说，主要包括 4 个方面：(1) 农户家庭特征，包括户主年龄、家庭人均收入、人均耕地面积等^[5]；(2) 农业经营特征，例如种植规模、灌溉条件、土壤肥力等^[1]；(3) 农户心理认知，涉及品种特性认知、自我效能感知、环境影响认知等^[6]；(4) 市场与政府等外部因素，涵盖农户是否获得补贴、市场信息不对称程度、政府是否提供相关技术培训等^[7]。

但值得注意的是，首先，已有研究对于环境友好型技术的采纳多关注是否采纳，相对忽视对具体采纳密度的刻画。事实上，农户的决策过程包含两个阶段：第一个阶段农户就是否采用既定技术或进行某项行为进行决策；第二个阶段农户就技术的应用范围或行为程度进行决策^[8-11]。其次，在剖析土地要素对环境友好型技术采纳的影响时，已有研究多关注土地规模，相对忽视地块层面的揭示^[12]。部分考虑土地细碎化问题的相关研究，也仅将其作为控制变量，未对其作用机理和作用效果进行详细的挖掘。

据此，首先阐述土地细碎化程度影响测土配方肥等环境友好型技术采纳的逻辑机理，然后运用湖北省 1710 个农户的调查数据，实证分析土地细碎化程度对农户环境友好型技术采纳与否决策和采纳密度决策的影响。本文的边际贡献在于，理论层面，揭示土地细碎化与农户采纳环境友好型技术间的理论与逻辑关联；实践层面，为测土配方肥等环境友好型技术推广提供理论依据与决策参考。

1 理论逻辑

土地细碎化是指单一农户经营多块互不相邻土地，细碎地块阻碍农户成片、集中、规模经营，土地利用呈现分散、无序状态^[13]。2003 年中国农户平均土地经营规模 0.5011hm²，户均 5.722 块，平均每块土地面积 0.088hm²^[13]。而第二次全国土地调查结果计算可知，2013 年我国户均土地经营规模已下降至 0.495hm²^[14]。可见，全国农村土地细碎化问题趋于严峻。

已有研究表明，在农业劳动力转移方面，土地细碎化会降低农户参与非农劳动供给的概率以及非农劳动供给时间^[9]；在农业社会化服务发展方面，土地细碎化会抑制作物生产环节外包程度^[15]；在农业生产效率改进方面，土地细碎化会阻碍平均土地综合产出率的提高，降低农业复种指数，对粮食生产的规模报酬具有负影响^[16,17]。然而，鲜见研究探讨土地细碎化程度对农业环境友好型技术采纳的影响^[18]。

Spence 的技术采纳模型认为技术采纳主要包括 5 个阶段：认知、兴趣、评价、尝试及采纳或拒绝^[19] (图 1)。Spence 认为个体在采纳新技术之前，首先收集与新技术相关的信息，形成关于新技术的认知、兴趣与评价，并由此可能进行小规模的尝试采纳该技术。但经过小规模的尝试技术创新后，个体面临有两种选择：一种是经过尝试后因种种因素导致个体对新技术不满意从而拒绝使用，另一种是经过尝试后对使用效果感到满意从而采用该项新技术。借鉴 Spence 的技术采纳模型并结合我国农村的现实情况，农户在对新技术经过了认知、兴趣、评价和尝试 4 个阶段后，面临第一阶段的采纳与否的决策，若农户选择采纳该项技术，则需要根据现实主客观条件决定技术的实施范围，即第二阶段的采纳密度决策。然而，较之于是否采纳决策，采纳密度决策所受的约束条件更多。农户即便有大规模实施环境友好型技术的意愿，但其技术密度决策可能受到土地细碎化程度、经

营规模、自身身体机能弱化等多种条件的进一步制约^[20]。据此，本文突破已有研究对是否采纳决策的探讨，分两阶段(包括是否采纳与采纳密度)揭示土地细碎化的影响。

具体来说，土地细碎化影响农户环境友好型技术的采纳的理论逻辑在于：

(1) 土地细碎可能形成农户心理层面的“破窗效应”，从而降低农户对环境友好型技术的采纳意愿与采纳密度。Kelling&Wilson 所提出的破窗效应(Broken Windows Theory)指出，如果有人破坏了某建筑的窗户玻璃，而又得不到及时的维修，这类示范性的纵容可能诱使人去继续破坏。破窗效应从人与物的关系出发，强调环境对人的行为具有强烈的暗示性和诱导性。在农户技术采纳的情境中，农户对于连片化的、高品质的土地容易形成禀赋效应，即农户会将连片化的、高品质的农田视为生活保障与情感基础。出于继续维护农田质量以实现可持续生产的目的，农户会倾向在连片化的高质量农地上增加投资，采纳环境友好型技术；反之对于细碎程度高的农田，农户容易形成心理层面的“破窗效应”，反向激励农户继续维持旧有生产方式，阻碍农户采纳有益于提高环境水平与耕地质量的新技术。即使农户受补贴等政策工具诱导，在细碎的农田上采纳了环境友好型技术，其心理上的“破窗效应”亦难以帮助农户形成持续的正向心理激励，可能阻碍农户扩大采用规模致使农户仅在小范围内采纳以应对补贴的监督机制。

(2) 土地细碎会增加劳动强度，在农业劳动力弱质化的现实背景下，可能削弱农户环境友好型技术采纳意愿以及采纳密度。到 2030 年，农村 60 岁及以上老人占农村劳动力的占比将达到 33.80%，劳动力老龄化是我国农村普遍存在的现实问题^[21]。在劳动能力、认知能力以及学习能力方面，老龄农户均逊色于年轻农户，采纳绿色技术时面临更多阻碍。研究表明，衡量土地细碎化程度的辛普森指数每增加一个单位，农业生产的劳动力成本则提高 38.6%^[22]。显然，土地细碎化可能显著增加劳动力的作业强度，从而在青壮年劳动力大量非农转移背景下，为农户是否采纳环境友好型技术造成阻碍。进一步地，试图吸引老龄化的剩余劳动力提升环境友好型技术的采纳密度，亦需要支付更高的货币与非货币成本。

(3) 土地细碎提高了农户的技术采纳成本，为农户获得规模经济造成了阻碍，继而对农户采纳环境友好型技术以及提高采纳密度造成负向影响。以测土配方肥为例，在施用测土配方肥前，专业农技人员需要对农田进行土壤测试和肥料田间试验，然后根据作物需肥规律、土壤供肥性能和肥料效应，提出具体的肥料数量、施肥时期和施用方法。一方面，土地细碎化使得农户的田地分散在不同位置，而不同区位的土壤条件可能存在异质性问题，由此造成土壤测试费用的成倍增长；另一方面在施用测土配方肥的过程中，细碎化的田块增加农业劳动者在转换劳动地点和运送生产资料方面的时间消耗和其他交通成本^[23]。由此，因为土地呈现细碎化特征，农户所经营的土地难以达到环境友好型技术的经营规模门槛，造成技术利用的成本效率低下，继而成为技术是否采纳决策与采纳密度决策的阻碍。

(4) 土地细碎不利于农业生产服务外包，难以通过农业生产服务组织带动测土配方施肥等环境友好型技术的采纳。孙小燕等^[24]指出，农业生产服务组织配有大量测土配方施肥仪、无人植保飞机等绿色生产机械，能以较低价格向农户提供绿色生产服务，从而带动农户采纳环境友好型技术，并通过规模化、专业化的服务过程，统一提高农户的环境友好型技术采纳密度。但目前小规模、细碎化的农地大量存在，土地细碎程度每上升一个单位，农户在劳动密集型环节和技术密集型环节选择外包的概率分别降低 0.0142 以及 0.0103 个单位^[25]。因此，细碎化的土地也使得农户所经营的土地规模未能达到卷入农业社会化服务的规模门槛，从而制约其通过外包服务或者卷入农业社会化工分来间接实现环境友好型技术采纳。

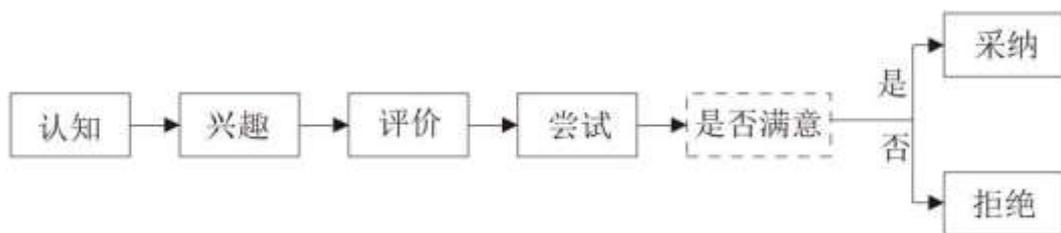


图 1 Spence 技术采纳模型结构框图

2 数据、变量和模型

2.1 数据来源

样本数据为 2018 年湖北省水稻主产区农户的调查数据。湖北省是中国重要的农业产区之一，2017 年中稻和一季晚稻播种面积为 1920.5 千 hm^2 ，占全国中稻和一季晚稻总播种面积的 9.59%，因而研究区域选择具有合理性。鉴于湖北省包括三大水稻种植区，即江汉平原、鄂东单双季水稻板块，鄂中丘陵、鄂北岗地单季水稻板块和鄂东北粳稻板块，本文根据板块规模确定样本县抽样个数，并考虑各县种植面积的大小随机抽取 2~3 个乡镇(街道、管理区)，然后在每个样本乡镇(街道)随机抽取 2 个行政村，最后在每个样本村随机选取 50 位农户进行问卷调查，共计获得有效问卷 1752 份，剔除无效问卷后最终获得 1710 份有效问卷，问卷有效率为 97.60%，其中，平原地区样本量为 759 份，非平原地区样本量为 951 份。调查样本的人口统计特征分布如表 1 所示。

表 1 调查样本的统计特征分布

类型	选项	样本量	比例	类型	选项	样本量	比例	
性别	男	1539	90.00%	受教育程度	6 年及以下	937	54.80%	
	女	171	10.00%		7~9 年	565	33.04%	
年龄	< 60 岁	919	53.74%		10~12 年	192	11.23%	
	≥60 岁	791	46.26%		13 及以上	16	0.94%	
家庭农业劳动力人数	1~5 人	1010	59.06%		经营规模	0~0.67 hm^2	832	48.65%
	6~8 人	566	33.10%			0.67~1.33 hm^2	417	24.39%
	9 人及以上	134	7.84%	1.33 hm^2 及以上		461	26.90%	
家庭农业收入占比	0~20%	458	26.78%	地块数量	0~10	1273	74.44%	
	20~80%	696	40.70%		10~20	246	14.39%	
	80~100%	556	32.51%		20 及以上	191	11.17%	

由表 1 样本农户的基本特征可以看出，由于调查时间在收稻季节外出兼业人员返乡较多，被调查者中男性居多，其占比为 90%；调查对象多为中老年人，年龄在 60 岁及以上的农户所占比例高达 46.26%；受教育程度在初中及以下学历的农户占比 87.84%；农业劳动力少于 5 人的家庭占比最大为 59.06%；经营规模小于 0.67 hm^2 的农户数量最多为 48.65%；地块数量少于 0.67 hm^2 的农户家庭最多，占比为 74.44%；农业收入依赖方面，农业收入占比位于 0.20~0.80 区间内的农户所占比重最大，为 40.70%。2018 年《中国统计年鉴》数据显示，2017 年湖北省农村居民中男性与女性的比例分别为 57.21%和 42.79%，户均人口数量为 3.02 人，户均经营面积为 0.59 hm^2 。样本数据与总体宏观统计数据分布大体一致，说明本文分析数据具备代表性。

2.2 变量定义

被解释变量。本文第一个因变量是农户的测土配方施肥技术的采纳决策，设为 y_i ，如果农户在 2017 年的农业种植生产活动

中采纳了测土配方施肥技术, 则 $y_1=1$, 若没有采纳则 $y_1=0$; 本文第二个因变量为农户实际的测土配方施肥技术采纳密度, 具体表达为 2017 年施用测土配方肥的水田面积/水田总经营面积, 设为 y_2 。

解释变量。目前地块数量是衡量土地细碎化的常用指标之一^[9]。但单一以地块数量衡量土地细碎化程度忽略了经营规模的影响。假设规模经营户 A 和小农户 B 有相同的地块数量, 若以地块数量衡量土地细碎化程度, 则 A 与 B 的土地细碎化程度相同, 这显然是不恰当的。由此, 本文选择相对指标, 即每公顷均地块数(地块数/经营总面积), 作为土地细碎程度的衡量指标。每公顷比均地块数越高, 表明一公顷地被分成的地块数量越多, 则土地细碎化程度越高^[24]。

控制变量。(1)户主个体特征: 性别、年龄、受教育程度、风险认知、自我效能感知、社会网络。农户的人口特征已经被证实对农户的技术采纳决策产生差异化影响, 自我效能感知反映出农户关于采纳新技术的自身资源认知, 社会网络象征着农户为对于相关信息和资源的获取能力^[26]; (2)家庭特征: 家庭农业劳动力人数、农业收入依赖程度。家庭农业劳动力人数可反映出家庭在劳动力方面提供的支持, 农业收入依赖程度反映出农业在农户家庭中的重要性^[27]; (3)生产特征: 土壤肥力、灌溉条件。优越的生产条件如土壤肥力和灌溉条件有利于环境友好型技术发挥最大效用, 从而影响农户的技术采纳决策^[28]。

表 2 变量定义与描述性统计

变量	含义与赋值	均值	标准差
是否采纳	2017 年农业经营中是否采纳测土配方施肥技术, 1=是, 否=0	0.205	0.404
采纳密度	2017 年施用测土配方肥的水田面积/水田总经营面积 (%)	0.887	0.258
土地细碎程度	2017 年家庭经营水田地块总数/水田总经营面积 (%)	9.706	7.617
性别	农业经营决策者性别, 女性=1, 男性=0	0.100	0.300
年龄	2017 年农业经营决策者实际年龄(岁)	58.213	9.898
受教育程度	农业经营决策者实际受教育年限(年)	6.283	3.492
自我效能感知	我具备采纳新技术的资源, 如时间、金钱和精力等, 1=完全不同意, 2=比较不同意, 3=一般, 4=比较同意, 5=非常不同意	3.114	1.106
环保认知	我认为我有责任保护环境, 1=完全不同意, 2=比较不同意, 3=一般, 4=比较同意, 5=非常不同意	3.863	0.922
土壤肥力	稻田土壤肥力, 1=差, 2=中等, 3=好	2.213	0.656
灌溉条件	稻田灌溉是否便利, 1=是, 否=0	0.653	0.476
社会网络	姓氏是否为本村大姓, 1=是, 否=0	0.460	0.499
家庭农业劳动力人数	家庭中农业劳动力人数(人)	5.175	2.124
农业收入依赖程度	农业收入/家庭总收入 (%)	0.512	0.352

2.3 模型选择

如前所述，农户测土配方施肥技术的采用行为是两个阶段决策相结合的过程。第一个阶段是农户决定是否采纳测土配方施肥技术，即是否采纳决策；第二个阶段是农户决定测土配方施肥技术的施用范围，即采纳密度决策。完整的测土配方施肥技术采用决策是是否采纳决策和采纳密度决策两个阶段的决定同时成立。运用 Tobit 模型可能将农户是否采纳测土配方施肥技术决策过程与采纳密度决策过程视为同一过程。相较而言，Double-Hurdle 模型更为适合探析两阶段决策过程^[29]。该模型放松了 Tobit 模型的假设条件，是否采纳决策方程与采纳密度决策方程可以有不同估计系数，因而更为适合分析两个不同决策阶段的影响因素，并消除了两个阶段的内生性问题，使得分析验证更具科学性与严谨性^[30]。Double-Hurdle 模型方程如下：

(1) 是否采纳决策：

$$\begin{aligned}
 D_i^* &= Z_i \alpha + u_i, \quad u_i \sim (0, 1), \\
 \begin{cases} D_i = 1, & \text{if } D_i^* > 0 \\ D_i = 0, & \text{if } D_i^* \leq 0 \end{cases}
 \end{aligned} \tag{1}$$

式中： D_i^* 是采纳决策的潜变量，当观测值 $D_i=1$ 时，表示农户采用测土配方施肥技术；当 $D_i=0$ 时，表示农户不采用测土配方施肥技术。 Z_i 是影响农户采纳决策的变量。

(2) 采纳密度决策：

$$\begin{aligned}
 Y_i^* &= X_i \alpha + V_i, \quad V_i \sim (0, 1), \\
 \begin{cases} Y_i = Y_i^*, & \text{if } D_i = 1 \text{ 且 } Y_i^* > 0 \\ D_i = 0, & \text{其他} \end{cases}
 \end{aligned} \tag{2}$$

式中： Y_i^* 是采纳程度的潜变量，当 $D_i^*>0$ 且 $D_i=1$ 时， $Y_i=Y_i^*$ ， Y_i 为第 i 个农户测土配方施肥技术的采用程度。

3 实证结果与分析

3.1 土地细碎化程度对农户行为决策的影响

分析结果表明，关键变量土地细碎程度在 10% 的显著水平上显著，即土地细碎程度对农户采纳测土配方施肥技术具有负向影响(表 3)。首先，在主观方面，土地细碎程度容易使农户形成心理层面的“破窗效应”，反向鼓励农户维持旧有生产方式，阻碍农户采纳有益于提高环境水平与耕地质量的新技术；其次，在客观方面，分散的田块增加了农户的采纳成本，使农户所经营的土地难以达到环境友好型技术的经营规模门槛，造成技术利用的成本效率低下。因此土地细碎化程度对农户的测土配方施肥技术的采纳决策产生负向影响。

3.2 土地细碎程度对农户密度决策的影响

分析结果显示，土地细碎程度在 1% 的显著水平上显著，对农户测土配方施肥技术的施用范围具有负向影响(表 4)。在农业劳动力大量非农转移情形下，农业劳动参与率和有效劳动供给均已相对有限，土地细碎化程度进一步加剧劳动力短缺问题，从而为扩大测土配方施肥技术施用范围造成阻碍。访谈调查表明，农户倾向在主要的大田块施用测土配方施肥技术而放弃相对较偏远地方的田块，所以土地细碎在一定程度上压缩了农户对测土配方施肥技术的施用范围。

表 3 农户是否采纳测土配方施肥技术回归结果

指标	系数	标准误
土地细碎程度	-0.010*	0.005
性别	-0.175	0.128
年龄	-0.004	0.004
受教育程度	0.001	0.011
自我效能感知	0.107**	0.031
环保认知	0.077*	0.040
土壤肥力	0.320***	0.056
灌溉条件	0.279***	0.080
社会网络	0.083	0.071
家庭农业劳动力人数	-0.043**	0.018
农业收入依赖程度	-0.257**	0.107
常数项	-1.722***	0.368

表 4 农户测土配方施肥技术采纳密度回归结果

指标	系数	标准误
土地细碎程度	-0.006**	0.002
性别	-0.018	0.052
年龄	0.002	0.002
受教育程度	-0.004	0.004
自我效能感知	-0.006	0.011
环保认知	0.007	0.015
土壤肥力	0.037*	0.021
灌溉条件	0.030	0.032
社会网络	-0.028	0.027
家庭农业劳动力人数	-0.003	0.007

农业收入依赖程度	-0.168***	0.041
常数项	0.834***	0.143

3.3 稳健性检验

为分析上述实证结果的稳健性，本文运用 Heckman 模型重新检验土地细碎程度对农户测土配方施肥技术采纳决策的影响。由表 5 可以看出，逆米尔斯比率 λ 在 10% 显著性水平上显著，即本文模型存在选择性偏误。但将逆米尔斯比率 λ 作为修正变量放入第二阶段的密度决策模型中发现，细碎化程度对农户的测土配方施肥采纳决策与密度决策均产生负向影响，与表 3、表 4 结果一致。因此本文结果具有稳健性。

表 5 稳健性检验结果

指标	是否采纳决策		密度决策	
	系数	标准误	系数	标准误
土地细碎程度	-0.010*	0.005	-0.005*	0.002
性别	-0.175	0.128	0.003	0.057
年龄	-0.004	0.004	0.003	0.002
受教育程度	0.001	0.011	-0.004	0.004
自我效能感知	0.107***	0.031	-0.018	0.012
环保认知	0.077*	0.040	-0.002	0.017
灌溉条件	0.279***	0.080	-0.004	0.040
社会网络	0.083	0.071	-0.037	0.028
家庭农业劳动力人数	-0.043**	0.018	0.002	0.008
农业收入依赖程度	-0.258**	0.107	-0.137***	0.047
土壤肥力	0.320***	0.056	-	-
常数项	-1.722***	0.368	1.154***	0.193
λ	-0.154*	0.086		

3.4 异质性分析

进一步关注土地细碎程度在不同农户群体间的作用是否存在异质性。根据文献综述，本文分别从性别、自我效能感知、社会网络、农业收入依赖性以及地域特征，共计 5 个维度对样本农户分类，然后利用 Double-hurdle 模型分析土地细碎程度对各

类主体测土配方施肥采纳决策的影响。5种异质性分类群组的回归结果如表6、表7所示。

伴随中国农村的生产模式逐渐由“男耕女织”转变为“男工女耕”，农业从业人员以女性为主的局面日渐凸显。因此从性别角度探讨土地细碎程度对农户的技术采纳决策的影响具有现实意义。异质性结果表明，对男性农户而言，土地细碎程度对其是否采纳测土配方施肥技术以及采纳范围均产生显著影响；但对于女性农户，土地细碎程度对其两个阶段的采纳决策均不产生显著影响(表6)。原因在于：其一，我国农村的大多数男性农户不仅需要从事农业生产，还需要通过外出务工获得兼业收入，因此和女性农户相比，男性农户在外工作时间长，且劳动强度较大。高强度劳作任务、因外出务工而造成时间、空间等多方面的制约，从而对男性农户形成技术采纳阻碍。其二，1982~2010年，女性农业劳动力占总农业劳动力的比重从34.99%上升至44.66%，“男工女耕”的分工模式已是现实农村的常态，女性农户也逐渐拥有充分的农业决策权^[31]。和男性农户相比，女性农户受时间和空间的限制较小，有更多时间和精力缓解土地细碎化带来的负面影响，继而尝试环境友好型技术并扩大采纳规模，因此土地细碎化程度对女性农户的环境友好型技术两个阶段采纳决策均不产生影响。

表6 不同性别、自我效能感知群组回归结果

指标	男性农户		女性农户		高效能认知农户		低效能认知农户	
	是否采纳	采纳密度	是否采纳	采纳密度	是否采纳	采纳密度	是否采纳	采纳密度
土地细碎程度	-0.007***	-0.011**	0.004	0.020	-0.002	-0.005	-0.012***	-0.019**
性别	—	—	—	—	-0.083	-0.393**	0.088	0.220
年龄	0.002	0.004	0.002	-0.011	0.002	0.001	0.002	-0.014*
受教育程度	-0.005	0.009	0.033*	-0.088**	-0.006	-0.005	0.000	0.010
自我效能感知	-0.004	0.127***	-0.043	-0.040	—	—	—	—
环保认知	0.008	0.048	-0.073	0.301**	0.027	0.024	-0.033	0.148**
土壤肥力	0.039*	0.354***	-0.061	0.009	0.041*	0.284***	0.035	0.358***
灌溉条件	0.031	0.273***	0.202*	0.256	0.034	0.240**	0.041	0.411***
社会网络	-0.029	0.075	-0.045	0.172	-0.027	0.018	-0.062	0.206
农业劳动力人数	0.002	-0.033*	0.004	-0.171***	0.003	-0.052**	-0.016	-0.026
农业收入依赖程度	-0.162***	-0.278**	-0.036	-0.086	-0.153**	-0.188	-0.126*	-0.413**
常数项	0.818***	-1.815***	1.121**	-0.845	0.686***	-1.199***	1.051***	-1.383**

表7 不同社会网络、农业收入依赖群组回归结果

指标	强社会网络农户		弱社会网络农户		低农业收入依赖农户		高农业收入依赖农户	
	是否采纳	采纳密度	是否采纳	采纳密度	是否采纳	采纳密度	是否采纳	采纳密度

土地细碎程度	-0.006*	-0.001	-0.006**	-0.016*	-0.001	-0.011*	-0.016***	-0.001
性别	0.009	-0.107	-0.174	-0.02	-0.025	-0.192	-0.093	-0.127
年龄	0.001	-0.007	0.002	0.002	0.000	-0.002	0.008**	-0.010
受教育程度	0.003	0.002	0.004	-0.006	-0.007	0.008	0.002	-0.009
自我效能感知	-0.006	0.091*	0.114***	0.004	0.001	0.083**	-0.029	0.143**
环保认知	0.004	0.021	0.162***	0.008	0.005	0.071	0.004	0.096
土壤肥力	0.039	0.272***	0.375***	0.039	0.014	0.348***	0.092**	0.268***
灌溉条件	0.083*	0.169	0.382***	-0.023	0.039	0.203**	0.005	0.409***
社会网络	—	—	—	—	-0.014	0.007	-0.074	0.204*
农业劳动力人数	-0.010	-0.055**	-0.026	0.001	0.002	-0.026	-0.009	-0.074**
农业收入依赖程度	-0.244***	-0.043	-0.432***	-0.107**	—	—	—	—
常数项	0.885***	-1.147**	-2.431***	0.762***	0.861***	-1.905***	0.412	-1.751***

自我效能感知是指在个体进行某项行为前，本人评价自身所具有的可完成该行为的条件、信念或主观感受^[32]。在实施某项决策的过程中遇到困难时，若个体相信自身有能力获得理想中的结果并尽力避免消极后果，将更加有动力解决问题并进一步推进决策实施。本文将自我效能感知大于等于 3 的农户视作高自我效能感知农户，小于等于 2 的农户视作低自我效能感知农户。结果显示，土地细碎程度对高自我效能感知农户是否采纳决策以及采纳范围决策均不产生显著影响，而对于低自我效能感知农户，土地细碎程度对其两个阶段决策均产生负向影响(表 6)。可能的原因是，农户的高自我效能感知，一方面反映出其主观评价自身拥有较好的技术采纳客观条件，如金钱、时间、技术等，因此在采纳技术以及提高采纳密度的过程中，有能力利用自身的资源与技术解决困难；另一方面，高自我效能感知反映出农户的信心水平高，在主观意愿上愿意尝试新技术。因此，对高自我效能感知的农户，土地细碎化对其两个阶段的采纳决策均不产生影响。反之，低自我效能感知的农户主观评价自身采纳新技术能力较低且信心较弱，无能力及信心解决因土地细碎带来的劳动强度增大、农业成本提高等问题，因此土地细碎化负向影响其是否采纳决策，并阻碍其继续扩大采纳面积。

社会网络是联结行动者的一系列社会联系或社会关系，具有帮工支持、信息获取、互动学习等重要功能，是影响农业技术推广的重要因素之一^[33]。本文将农户样本分为强社会网络农户(户主姓氏为本村大姓)、弱社会网络农户(户主姓氏不是本村大姓)。结果表明，强社会网络农户其是否采纳决策受到土地细碎化程度的影响，但其采纳密度决策不受影响；弱社会网络农户其是否采纳决策以及采纳密度决策均受到土地细碎程度的影响(表 7)。可能的原因是，第一，农户对于测土配方施肥技术的认知，不仅受到亲戚朋友等社会网络信息渠道的影响，农技推广部门也是重要的宣传门户。由此，在农户的第一个阶段的决策过程中，社会网络的信息获取与互动决策机制发挥的作用可能弱于农技推广部门，社会网络不能缓解土地细碎化带来的负面影响。所以，无论是低社会网络农户还是高社会网络农户，农户的第一个阶段决策均受到土地细碎程度的影响。第二，如前文所述，较之于是否采纳决策，采纳密度决策将受到约束条件更多。但强社会网络关系的农户可通过成员之间的合作与互惠，获得帮工支持，解决因土地细碎化、因扩大采用范围而带来的劳动力短缺问题。因此，强社会网络农户的第二阶段决策不受土地细碎程度的影响。而社会关系较弱的农户因自身社会关系支持有限，所以其采纳密度决策依旧受到土地细碎程度的负向影响。

据全国农村固定观察点数据，2018 年我国农村纯农户占比 10.3%，I 型兼业农户占比 11.6%，II 型兼业农户占比 20.6%，非农

户占比 57.5%，不同农户对农业收入的依赖程度发生分化^[34]3。本文根据农业收入占家庭总收入的比重，将样本农户分为低农业收入依赖（农业收入占比低于等于 0.50）和高农业收入依赖（农业收入占比高于 0.50）。结果显示，低农业收入依赖农户其是否采纳决策不受土地细碎程度的影响，但其采纳密度决策则受到土地细碎程度的影响；与之相反，高农业收入依赖农户的是否采纳决策受到土地细碎程度的影响，而采纳密度决策则不受影响（表 7）。主要原因如下：其一，在是否采纳决策阶段，不同田块之间的异质性会带来土壤测试费用以及要素运输成本的增加。兼业分化具有收入增加效应，低农业收入依赖农户有相对充足的经济实力应对因土地细碎化带来的采纳成本的提高，所以在是否采纳决策阶段，土地细碎化的负向效应不显著。与低农业收入依赖农户相比，高农业收入依赖农户总体收入水平较低，应对因土地细碎程度带来的采纳成本增加的能力较弱。其二，在采纳密度决策阶段，务农机会成本上涨会导致低农业收入依赖农户减少其家庭成员的农业劳动投入时间，仅维持基本技术采纳需求，从而限制其采纳密度进一步扩大。即土地细碎加剧了农业劳动力减损效应，为低农业收入依赖农户进一步提升采纳面积造成阻碍^[35]。高农业收入依赖农户则可能倾向通过转入土地以实现规模经营，由此在一定程度上克服土地细碎带来负面影响，并形成技术采纳的规模经济性，所以高农业收入依赖农户的采纳决策密度未受土地细碎程度影响。

地理因素对农户采用新技术有明显的约束作用，从影响农户相关技术信息获取效率等方面影响农户的技术采纳决策^[36]。湖北省根据地势可以划分为江汉平原、鄂西山地、鄂北岗地、鄂东低山丘陵四个地区。本文将位于江汉平原地区的农户分为平原地区农户，其余地区农户视为非平原地区农户。结果表明，平原地区农户的是否采纳决策不受土地细碎程度的影响，但是其采纳密度决策受到土地细碎程度负向影响；非平原地区农户的是否采纳决策和采纳密度决策均受到土地细碎程度的影响（表 8）。可能存在的原因是：第一，平原地区地势平坦开阔，总体上土地细碎化程度较低，土地细碎程度不是影响平原地区农户是否采纳决策的显著因素；但是非平原地区农地分散，加剧了农户心理层面“破窗效应”以及提高农户的采纳成本，从而阻碍非平原地区农户在第一阶段采纳技术。第二，在农户的采纳密度阶段，平原地区农户若想继续扩大技术采纳范围，土地细碎程度将对其家庭劳动供给等方面的能力进一步提出挑战，从而影响采纳范围的扩大；同时，《中国劳动统计年鉴（2015）》的数据显示，河北、江苏、河南等平原地区农户人均可支配收入为 11703.55 元，明显高于广西、四川、重庆、贵州等非平原地区的 8547.99 元，因此非平原地区农户的家庭经济状况要差于平原地区农户，应对因为土地细碎程度造成的成本的上升的能力较差，所以其采纳密度决策依旧受到土地细碎程度的负向影响。

表 8 不同地域群组回归结果

指标	平原地区		非平原地区	
	是否采纳	采纳密度	是否采纳	采纳密度
土地细碎程度	0.013	-0.010*	-0.013*	-0.005*
性别	-0.536**	-0.041	0.046	0.006
年龄	0.003	0.003	-0.013**	0.002
受教育程度	-0.016	0.006	0.008	-0.014*
自我效能感知	0.125***	-0.021*	0.086*	0.014
环保认知	0.092	0.006	0.078	-0.002
土壤肥力	0.376***	-0.006	0.247***	0.074**
灌溉条件	0.292**	-0.038	0.320***	0.056
社会网络	0.029	-0.008	0.229**	-0.066

农业劳动力人数	-0.061**	0.001	-0.032	-0.011
农业收入依赖程度	-0.626***	-0.101**	0.019	-0.236***
常数项	-2.012***	0.924***	-1.380***	0.847***

4 结论与政策建议

基于理论逻辑推演,本文揭示出土地细碎化对环境友好型技术采纳决策的影响机理。同时,结合 Double-hurdle 模型和 1710 份农户的田野调查数据,本文对影响机理进行实证检验,并辨析出性别、自我效能感知、社会网络、农业收入依赖性和地域特征,共计五维差异情景下影响的异质性。

主要研究结论为:(1)土地细碎化对农户是否采纳环境友好型技术,以及采纳密度均产生负向影响。这意味着旨在改进土地细碎化程度的高质量良田建设可以显著激励农户采纳环境友好型技术,扩大减量技术的受众群体,并且可以提升潜在和既有采纳者的采纳密度。(2)在农业决策主体特征层面,对男性和低自我效能感知主体,土地细碎化对其是否采纳环境友好型技术决策和采纳密度决策均产生负向影响。同时,土地细碎化对强社会网络主体的是否采纳决策产生影响,土地细碎化对弱社会网络主体的是否采纳和采纳密度决策均产生负向影响。此外,土地细碎化对低农业收入依赖主体的采纳密度决策以及高农业收入依赖主体的是否采纳决策产生负向影响。这表明土地细碎化对农户环境友好型技术的采纳存在明显的异质性特征,需要针对不同特征的农户采取靶向、精准化的激励策略。(3)在农业生产环境特征层面,土地细碎化对平原地区农户的采纳密度决策产生影响,土地细碎化对非平原地区农户的是否采纳和采纳密度决策均产生负向影响。这表明在土地细碎化对农户环境友好型技术采纳的影响中,不仅决策主体的特征产生影响,生产自然环境特征的影响也客观存在。

主要政策启示为:(1)着力推进高水平良田建设,加快土地流转,通过土地置换、土地平整以及土地流转市场等方式,在同村内尽量实现以家庭为单位的土地集中连片,降低农地细碎程度,为推广环境友好型技术,提高环境友好型技术采纳程度创造外部条件。(2)农技推广部门应该有重点、有条件地甄别技术受众群体,根据各群体特性开展精准施策。例如,对低自我效能感群体,通过创新技术培训方式、建立示范基地等方式,为其提供有效的技术支持,加深其对环境友好型技术特性、施用方式的认知,从而缓解土地细碎程度对其是否采纳和采纳密度决策的负面影响。(3)充分考虑不同自然环境特征(如地形等)的影响,在致力于通过土地细碎化程度改善激励环境技术采纳的过程中,针对平原和非平原地区的农户,采取差异化的激励策略。

主要研究贡献为:首先,突破既有研究将环境友好型技术采纳决策视为单一阶段决策的局限,将采纳决策分解为是否采纳决策与采纳密度决策,细致阐明土地细碎化影响农户环境友好型技术采纳的作用机理,并提供实证证据。其次,突破既有研究将农地规模理解为经营规模的局限,从地块规模,即土地细碎化程度视角,揭示出其对环境友好型技术采纳的影响。最后,突破既有研究以决策主体特征挖掘影响异质性的局限,考虑生产自然环境特征造成的要素禀赋差异及其潜在影响,从而在技术-农户匹配时,避免关键变量的遗漏。

主要研究展望为:一方面,本研究考虑决策主体特征和自然环境特征的潜在影响,分别以关键的心理和环境特征变量,就土地细碎化对环境友好型技术采纳的影响进行分析,但并未考虑两类变量影响的潜在交互性,建议后续研究进一步挖掘二者的交互性及其对技术采纳决策的影响。另一方面,本研究主要的调查地区集中于湖北省,虽然湖北省在水稻生产中占据重要地位,但东北等地区的水稻生产同样贡献显著,所以建议后续研究扩大抽样范围,以增强研究结论的可拓展性。

参考文献:

[1]张聪颖,霍学喜.劳动力转移对农户测土配方施肥技术选择的影响[J].华中农业大学学报(社会科学版),2018,(3):

[2]宁启文. 三大主粮化肥农药利用率明显提升[N]. 农民日报, 2015-12-03(1).

[3]罗小娟, 冯淑怡, 石晓平, 等. 太湖流域农户环境友好型技术采纳行为及其环境和经济效应评价——以测土配方施肥技术为例[J]. 自然资源学报, 2013, 28(11):1891-1902.

[4]王世尧, 金媛, 韩会平. 环境友好型技术采用决策的经济分析——基于测土配方施肥技术的再考察[J]. 农业技术经济, 2017(8):15-26.

[5]BOLLINGER B. Green technology adoption: An empirical study of the Southern California garment cleaning industry[J]. Quantitative Marketing and Economics, 2015, 13(4):319-358.

[6]蔡荣, 汪紫钰, 钱龙, 等. 加入合作社促进了家庭农场选择环境友好型生产方式吗?——以化肥、农药减量施用为例[J]. 中国农村观察, 2019(1):51-65.

[7]COHEN M C, LOBEL R, PERAKIS G. The impact of demand uncertainty on consumer subsidies for green technology adoption[J]. Management Science, 2016, 62(5):1235-1258.

[8]储成兵. 农户病虫害综合防治技术的采纳决策和采纳密度研究——基于 Double-Hurdle 模型的实证分析[J]. 农业技术经济, 2015(9):117-127.

[9]纪月清, 熊晶白, 刘华. 土地细碎化与农村劳动力转移研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2016, 26(8):105-115.

[10]卢华, 胡浩. 非农劳动供给: 土地细碎化起作用吗?——基于刘易斯拐点的视角[J]. 经济评论, 2017(1):148-160.

[11]杨宇, 李容, 吴明凤. 土地细碎化对农户购买农机作业服务的约束路径分析[J]. 农业技术经济, 2018(10):17-25.

[12]刘乐, 张娇, 张崇尚, 等. 经营规模的扩大有助于农户采取环境友好型生产行为吗——以秸秆还田为例[J]. 农业技术经济, 2017(5):17-26.

[13]李功奎, 钟甫宁. 农地细碎化、劳动力利用与农民收入——基于江苏省经济欠发达地区的实证研究[J]. 中国农村经济, 2006(4):42-48.

[14]席莹, 吴春梅. “三权分置”下农地细碎化治理的社会路径及其效果、效益分析——基于“沙洋模式”的考察[J]. 长江流域资源与环境, 2018, 27(2):318-327.

[15]王水连, 辛贤. 土地细碎化是否阻碍甘蔗种植机械化发展?[J]. 中国农村经济, 2017(2):16-29.

[16]刘涛, 曲福田, 金晶, 等. 土地细碎化、土地流转对农户土地利用效率的影响[J]. 资源科学, 2008(10):1511-1516.

[17]郭贯成, 丁晨曦. 土地细碎化对粮食生产规模报酬影响的量化研究——基于江苏省盐城市、徐州市的实证数据[J]. 自然资源学报, 2016, 31(2):202-214.

-
- [18]李子琳, 韩逸, 郭熙, 等. 基于 SEM 的农户测土配方施肥技术采纳意愿及其影响因素研究[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(9):2119-2129.
- [19]SPENCE W R. Innovation:The communication of change in ideas,practices and products[M].London:Chapman e Hall, 1994.
- [20]杨宇, 李容, 吴明凤. 土地细碎化对农户购买农机作业服务的约束路径分析[J]. 农业技术经济, 2018(10):17-25.
- [21]乔志霞, 霍学喜. 农业劳动力老龄化对土地利用效率的影响[J]. 华南农业大学学报(社会科学版), 2017, 16(5):61-73.
- [22]王亚辉, 李秀彬, 辛良杰. 耕地地块细碎程度及其对山区农业生产成本的影响[J]. 自然资源学报, 2019, 34(12):2658-2672.
- [23]纪月清, 顾天竹, 陈奕山, 等. 从地块层面看农业规模经营——基于流转租金与地块规模关系的讨论[J]. 管理世界, 2017(7):65-73.
- [24]孙小燕, 刘雍. 土地托管能否带动农户绿色生产?[J]. 中国农村经济, 2019(10):60-80.
- [25]展进涛, 张燕媛, 张忠军. 土地细碎化是否阻碍了水稻生产性环节外包服务的发展?[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2016, 16(2):117-124, 155-156.
- [26]董莹, 穆月英. 农户环境友好型技术采纳的路径选择与增效机制实证[J]. 中国农村观察, 2019(2):34-48.
- [27]毛慧, 周力, 应瑞瑶. 风险偏好与农户技术采纳行为分析——基于契约农业视角再考察[J]. 中国农村经济, 2018(4):74-89.
- [28]姚科艳, 陈利根, 刘珍珍. 农户禀赋、政策因素及作物类型对秸秆还田技术采纳决策的影响[J]. 农业技术经济, 2018(12):64-75.
- [29]崔悦, 赵凯, 贺婧, 等. 水稻优生区农户资本禀赋对其耕地保护决策行为的影响——基于双栏模型的实证研究[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2019, 27(6):959-970.
- [30]CRAGG J G. Some statistical models for limited dependent variables with application to the demand for durable goods[J]. *Econometrica*, 1971, 39(5):829-844.
- [31]蔡弘, 黄鹂. 农业女性化下农村妇女生产参与及其生产意愿研究——安徽省调查实例[J]. 人口与发展, 2017, 23(2):2-13, 21.
- [32]SHERER M, MADDUX J E, MERCANDANTE B, et al. The self-efficacy scale:Construction and validation[J]*Psychological reports*, 1982, 51(2):663-671
- [33]杨芳, 张应良, 刘魏. 社会网络、土地规模与农户生产性投资[J]. 改革, 2019(1):97-108.

[34]江鑫, 黄乾. 耕地规模经营、农户非农兼业和家庭农业劳动生产率——来自湖南省的抽样调查证据[J]. 农业技术经济, 2019(12):4-20.

[35]陈美球, 袁东波, 邝佛缘, 等. 农户分化、代际差异对生态耕种采纳度的影响[J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(2): 79-86.

[36]张舰, 韩纪江. 有关农业新技术采用的理论及实证研究[J]. 中国农村经济, 2002, (11):54-60.

注释:

1 数据来源: <http://data.stats.gov.cn>(国家统计局).

2 数据来源: <http://data.chinabaogao.com/nonglinmuyu/2019/OR43P602019.html> (中国报告网).

3 农业总收入占家庭生产性总收入 95%以上的农户为纯农户, 农业总收入占家庭生产性总收入达 50%~95%的农户为 I 型兼业农户, 农业总收入占家庭生产性总收入 5%~50%的农户为 II 型兼业户, 农业总收入占家庭生产性总收入 5%以下的农户为非农户.