中国农业大学学报 2024,29(6):249-262
Journal of China Agricultural University http://zgnydxxb.ijournals.cn

孙彬涵,罗小锋,唐林,桑贤策. 缘何有机肥在经济作物中推广更顺利? ——基于市场环境的讨论[J]. 中国农业大学学报,2024,29(06):249-262.
SUN Binhan, LUO Xiaofeng, TANG Lin, SANG Xiance. Why does organic fertilizer promotion go smoother in cash crops? An analysis based on market environment[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2024, 29(06): 249-262.
DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2024.06.25

缘何有机肥在经济作物中推广更顺利?
——基于市场环境的讨论

孙彬涵[1] 罗小锋[2*] 唐 林[3] 桑贤策[1]
(1. 华中农业大学 经济管理学院,武汉 430070;
2. 华中农业大学 湖北农村发展研究中心,武汉 430070;
3. 武汉工程大学 法商学院,武汉 430205)

摘 要 为探究有机肥替代技术在经济作物和粮食作物种植中应用存在差距的原因,通过构建"作物类型-市场环境感知-有机肥施用行为"的逻辑框架,基于豫鄂两省987个农户的微观调查数据,利用Probit和Tobit模型,分析农户主营作物类型对有机肥施用行为的影响效应,并使用层级回归法检验其作用机制。结果表明:1)相较于种粮户,有机肥替代技术在经济作物种植户中的采纳率及采纳程度明显更高;2)农户主营作物类型通过影响价格感知作用于其有机肥施用行为,在控制作物特性差异后该效应仍然存在,而销量感知的中介作用不显著;3)作物类型通过价格感知影响农户有机肥施用行为的作用路径,仅存在于以市场收益为导向的利润型农户中,对自给型农户有机肥施用行为的影响有限。因此,应该进一步规范粮食农产品市场秩序,保障优质优价机制的有效运行,并强化技术推广举措的针对性,促进有机肥替代技术入户,助力农业绿色发展。

关键词 有机肥;经济作物;粮食作物;市场环境感知
中图分类号 F323.3 **文章编号** 1007-4333(2024)06-0249-14 **文献标志码** A

Why does organic fertilizer promotion go smoother in cash crops? An analysis based on market environment

SUN Binhan[1], LUO Xiaofeng[2*], TANG Lin[3], SANG Xiance[1]
(1. College of Economics & Management, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;
2. Hubei Rural Development Research Center, Wuhan 430070, China;
3. School of Law and Business, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430205, China)

Abstract In order to finding the causes for the gap in the application of organic fertilizer substitution technology between cash crops and grain crops, this study constructed a logical framework of "type of crop-market environment perception-organic fertilizer application behavior". The Probit and Tobit models were adopted to analyze the effects of farmers´ main type of crop on organic fertilizer application behavior, based on micro-survey data of 987 farmers in Henan and Hubei provinces. The mechanism was verified using cascade regression method. It was found that: Firstly, the adoption rate and substitution ratio of organic fertilizer substitution technology among cash crop farmers are higher than those of grain crop farmers. Secondly, the type of crop influences farmers´ organic fertilizer application behavior through their

收稿日期:2024-01-02
基金项目:国家自然科学基金面上项目(72073048);中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(2662022JGYJ001);教育部人文社科一般项目(23YJC790121)
第一作者:孙彬涵(ORCID:0009-0002-3854-564X),博士研究生,E-mail:sunbinhan@webmail.hzau.edu.cn
通讯作者:罗小锋(ORCID:0000-0002-5439-4186),教授,主要从事农业经济理论与政策、农业资源与环境经济研究,E-mail:luoxiaofeng@mail.hzau.edu.cn

perception of the price, and the influence persists after the differences in crop characteristics are controlled. But the mechanism of volume perception is not significant. Lastly, the mechanism of type of crop through the perception of price to influence farmers' organic fertilizer application behavior exists only among farmers who prefer market returns, and the effect is not significant on subsistence farmers. Therefore, the market of grain products should be further regulated, and the certification system of high-quality agricultural products should be improved. To guarantee the effective operation of the high quality and price mechanism, more targeted technology promotion initiatives should be taken to promote organic fertilizer substitution technology to households and contribute to the green development of agriculture.

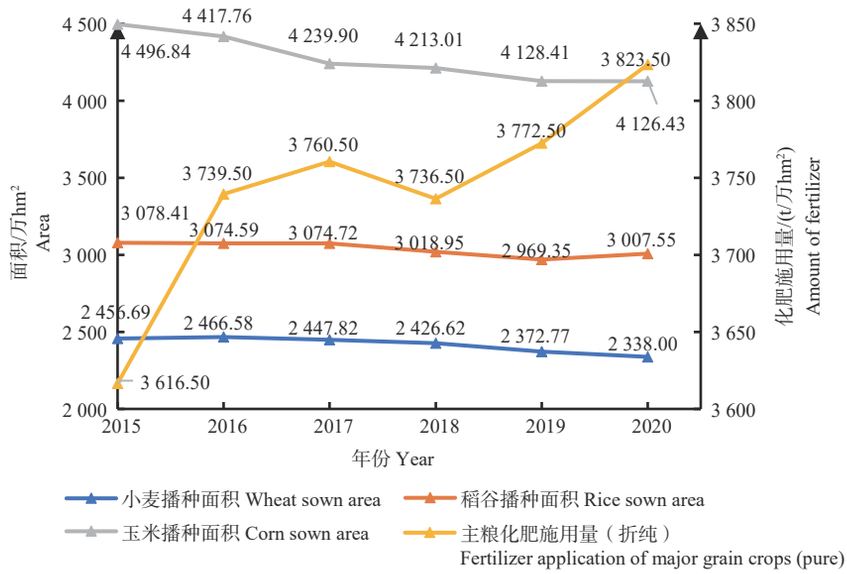
Keywords organic fertilizer; cash crops; grain crops; market environment perception

化肥为作物生长提供了充足的营养元素补给，不仅保障着全球粮食安全，为解决贫困和饥饿问题做出巨大贡献，还优化了水果、蔬菜等多种农产品的供给结构，满足了人民对美好生活的需求。然而，不科学投入会带来面源污染、资源枯竭等环境压力[1]。为减轻这一消极影响，重构人与自然和谐共生的发展模式，自2015年来，我国循着“精、调、改、替”的技术路线，持续推进化肥减量事业，化肥施用量逐年走低。有机肥替代技术作为主要手段之一，在其中发挥了关键作用。

为高效推广有机肥替代技术，现有研究普遍着眼于农业生产决策者的有机肥施用意愿与行为。从实地调查结果来看，绝大多数农户对于有机肥的施用效果给予肯定评价，并且有超过90%的受访农户表示愿意采纳有机肥替代技术。但将内在意愿转化为实际行动的农户仅占59.14%，即有机肥施用意愿与行为之间存在严重的背离现象[2]。基于这一问题，学者们试图探索影响农户采纳有机肥替代技术的根本原因，所形成的研究成果大体可分为2支文献：一支着眼于有机肥施用主体特征，研究证实农户的性别、年龄、学历水平和健康状况等个体特征，以及有机肥替代技术的价值感知、风险感知等心理认知特征是影响农户采纳该技术的重要因素[3-6]。但亦有学者指出，有机肥作为一种传统的生产资料，在农业生产中的应用历史悠久，农户对其有着清晰的认识和丰富的使用经验，技术认知可能并非关键原因[2]。因此，聚焦于有机肥施用的技术环境的讨论形成了另一支文献，发现在种养分离和农村劳动力转移的大环境下，有机肥难以获取和劳动力供给不足成为阻碍农户技术采纳的栓塞所在[2,7]。同时，稳定的土地产权、明确的社会规范、完善的政策支持等制度环境会左右农户的有机肥施用及模式选择[8-11]。

已有研究获得了大量创新性成果，具有较强的理论意义和现实价值，但仍存在一定的拓展空间。一方面，从我国种植业发展变迁的轨迹来看，化肥施用总量下降的可喜局面背后仍存在不可忽视的矛盾和问题。有机肥替代技术仅在经济作物种植中得到了较好地推广和应用，部分地区的技术采纳率高达9成[6]。但该技术在粮食作物种植中的普及举步维艰[12]，粮食生产所用化肥总量下降的表象是以缩小播种面积为代价的结果[13]，单位面积耕地的化肥施用量不降反升（图1）。另一方面，当前大部分研究仍停留在“农户是否施用有机肥”的技术采纳决策层面，而对于影响化肥减量效果更为关键的“有机肥替代程度”关注不足。研究发现，即使是施用了有机肥的种粮户，其有机肥替代程度也处于较低水平，远不及经济作物[14]。究竟为何有机肥替代技术在两类作物生产中的应用存在如此差别？又该如何化解粮食生产中有机肥推广不畅的症结？现有研究没有给出明确答案。

不可否认，市场激励是农业技术扩散的重要驱动力[15]。当市场能够为高质量农产品提供额外的经济激励时，农户会主动付出时间、精力和物质成本来调整生产行为[16-17]，如培肥地力、减施农药等[18-19]，从而追求更高的效用水平，同时也有助于形成可持续的发展模式[20-21]。那么，市场环境是否会影响有机肥替代技术在2类作物种植中的应用？具体的作用路径如何？回答上述问题有助于规范市场秩序，完善市场机制，从而打破当前粮食生产中有机肥替代不畅的僵局，在更高水平上推进农业绿色发展，实现乡村生态振兴。基于此，本研究聚焦于有机肥替代技术在经济作物及粮食作物中的应用差异，并站在市场环境的角度对内在机制进行探索分析，期望为有机肥替代技术在粮食生产中的普及提供新思路。



数据来源于国家统计局及《全国农产品成本收益资料汇编(2021)》[22]

Data source: National Bureau of Statistics and *National Compendium of Cost and Benefit Information on Agricultural Products* (2021)

图 1　2015—2020 年我国 3 大主粮作物播种面积及化肥施用情况

Fig. 1　Planting area and fertilizer application of China's major grain crops from 2015 to 2020

1　理论分析与研究假说

1.1　作物类型对农户有机肥施用行为的影响

有机肥是指含有有机物的肥料，主要包括动物排泄物、动植物残体等。作为传统的作物营养源，有机肥为农户所熟知和熟悉，具备丰富土壤有机质、改善农产品品质等功效[2]。

经济作物与粮食作物的产品特征和作物管理方式存在较大差异，可能是导致有机肥替代技术采纳现状存在差距的重要原因。一方面，从农产品质量的易识别性来看，相较于粮食作物农产品，经济作物农产品的品质优劣可以通过“卖相”或即食品尝的方式快速判断。换言之，经济作物农产品的品质相对而言更加直观。因此，经济作物种植户需要格外注重对农产品质量的把控，会更倾向于通过施用有机肥寻求农产品品质的改善。另一方面，从田间管理的劳动力投入水平来看，由于单位质量有机肥的营养含量偏低，其施用量往往要高出化肥数倍[23]，再加上土地细碎化带来多地块间运输转场成本的增加[24]，采纳有机肥替代技术需要更多的劳动力投入。在粮食作物的生产过程中，机械替代人力的现象非常普遍[25]，同时劳动力投入还具有鲜明的季节性特征[26]。而经济作物精细化培育的诸多环节必须由人工操作完成(如枝叶修剪、成果套袋及采收)，且生产环境以山地和丘陵为主，增加了应用机械的难度，故经济作物种植户的劳动力投入相对较为密集，为其采纳有机肥替代技术创造了有利条件[27]。基于此，本研究提出假说：

H1：经济作物种植户采纳有机肥替代技术的可能性更高；

H2：经济作物种植户施用有机肥替代化肥的程度更高。

1.2　市场环境感知对作物类型与农户有机肥施用行为关系的影响

从目标行为理论可知，在既定目标的驱动下，农户会对自身所拥有的土地、劳动力、资本、技术、信息等资源进行充分地整合与优化。因此，在市场回报优厚的前提下[15,28-29]，农户愿意为迎合市场需求而调整生产方式，提供广受青睐的高质量农产品①。

市场环境感知对农户有机肥施用行为的影响。如前所述，农户为生产高质量农产品增施有机肥，必然伴随着额外的劳动力投入、经济支出、信息搜寻等成本。因此，只有当农户认为高质量农产品交

①当前学界对于高质量农产品并未明确定义，但综合来看，高质量农产品相较于普通农产品具有化学品投入更少、环境负担更轻、果实品质更加优良的特点。因此，本研究将生产过程中施用了有机肥的农产品定义为高质量农产品。

易能够实现可观的经济效益时,其生产行为才会被市场需求所引导[15]。而市场收益的提升离不开价格和销量这2个关键因素[30],故本研究将市场环境感知定义为:农户作为生产者在参与市场交易活动的过程中,对于市场质价匹配机制和产品销售效率的实际评价。农户的市场环境感知将影响其生产决策:一方面,倘若农户认为市场具有辨别高质量农产品并赋予较高价格的能力,其有机肥施用行为将受到良好市场环境的正向激励[31]。另一方面,随着健康、安全的饮食观念深入人心[32],庞大的市场消费需求下,销量增长同样可以带来收入水平的提高,从而吸引农户主动增加高质量农产品的供给[30]。

作物类型对农户市场环境感知的影响。根据交易标的物可以将农产品市场划分为多个子市场,农户作为生产者将活跃在其主营作物所对应的农产品子市场内。由于消费者更多通过外观来判断农产品优劣[33],即买方与卖方之间的农产品质量信息不对称程度会因交易标的物不同而存在差异。譬如,水果、蔬菜等经济作物的品质提升可以通过果皮硬度、色泽等直观展现[34-35]。而小麦、水稻等粮食作物的品质改善大多体现在蛋白质含量、最大拉伸阻力、口感等方面,难以观测的内在性质变化需要通过专业测定或蒸煮加工才能证明[36-38]。故此,大多数粮食作物相较于经济作物势必面临着质量识别的困境,优质优价的市场机制无法有效运行,销路也难以打开,农户施用有机肥的积极性受到打击。

综上,农户主营作物类型将影响其市场环境感知,进而导致有机肥施用行为存在差异。故提出假说:

H3:作物类型通过农户的市场环境感知影响其有机肥施用行为;

H3a:作物类型通过农户的价格感知影响其有机肥施用行为;

H3b:作物类型通过农户的销量感知影响其有机肥施用行为。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

本研究数据来自课题组于2020年7—8月份赴河南和湖北省开展的“九县千户”农业生产调查。选取两省作为研究区域主要出于以下考虑:1)豫鄂2省均为我国产粮大省,小麦和水稻生产水平分别处于全国第一梯队。2)河南省政府坚持以“四优四化”为重点,大力发展优质蔬菜、优质林果等特色经济作物。湖北果菜茶产业长期稳定发展,打造了宜昌红茶、秭归脐橙等多个地理标志品牌。3)自2017年起,2省在农业农村部指导下积极开展有机肥替代化肥行动,成效斐然。综上,豫鄂两省农户为本研究提供了较为合适的研究对象。

首先参照地区经济和农业发展水平,选取新安、孟津、安阳、汤阴、蕲春、英山、秭归、夷陵和枝江共9个县作为初级抽样单位。其次,依据各县人口分布及作物种植规模,各抽取4~6个乡镇,再从各乡镇随机选取2~3个行政村。最后,参照村庄花名册进行等距抽样(距离为5),确定10~20个受访农户,并选取家庭主要农业劳动力进行访问。为确保问卷质量的可靠性,课题组通过规定统一的访谈话术,尽可能控制调研员误差。

问卷内容主要包括农户家庭基本情况、农资投入情况、村庄环境治理现状等。经数据筛查,获得适用于本研究的有效样本987个,其中经济作物种植户231个,种粮户756个。

2.2 模型设定及变量选取

2.2.1 农户主营作物类型对有机肥施用行为的直接影响

构建农户有机肥施用行为决策模型如下:

$$Y_i = \alpha + \alpha_1 C_i + \sum_{k=1}^{n} \alpha_{2k} X_i + D_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

$$Y = Y_i^*, Y_i^* > 0 \text{且} Y_i^* \sim N(0, \delta^2) \quad (2)$$

式(1)中:Y_i是因变量,表示农户农业生产中的有机肥投入行为,包括有机肥替代技术采纳行为及有机肥替代程度。技术采纳与否为常见的二元选择问题,故通过稳健Probit估计方法进行回归,以尽可能减少异方差问题的影响。在估计作物类型对有机肥替代程度的影响时,由于样本农户存在未施用有机肥的情况,其有机肥替代程度为0,也即样本中存在左归并问题。因此,使用Tobit模型进行拟合估计。此时,式(2)中:Y_i^*是农户有机肥施用量不为0时的潜在因变量,Y_i则是左归并后的因变量。C_i是核心变量,表示农户主营作物类型,若是经济作物则赋值为1,反之则为0,表示粮食作物。X_i表示控制变量。借鉴已有研究[2],主要从4个方面选取可能影响农户有机肥投入的控制变量,分别是受访农户劳动力统计特征、心理认知特征、家庭及农业生

产特征、政府推广措施。D_i是受访农户所处省份的地区虚拟变量，用于控制自然环境等固定效应。α是截距项，α_1、α_{2k}为回归系数，ε_i是随机扰动项。变量的具体含义见表1。

表1　变量设置及描述性分析

Table 1　Variable description and descriptive statistical

变量 Variable	含义 Definition	均值 Mean	标准差 SD
采纳行为 Adoption behavior	是否采纳有机肥替代技术：否＝0，是＝1	0.242	0.429
替代程度 Substitution ratio	主营作物生产中有机肥施用量占施肥总量的比例	0.628	0.283
作物类型 Type of crop	主营作物类型：粮食作物＝0，经济作物＝1	0.234	0.424
价格感知 Perception of price	高质量农产品的售价更高，当前市场是优质优价的：1＝非常不同意，2＝较不同意，3＝一般，4＝较同意，5＝非常同意	3.171	1.128
销量感知 Perception of sales	高质量农产品的销量更高：1＝非常不同意，2＝较不同意，3＝一般，4＝较同意，5＝非常同意	3.734	0.877
性别 Gender	受访者性别：女＝0，男＝1	0.605	0.489
年龄 Age	受访者实际年龄，岁	57.285	9.500
健康状况 Health condition	受访者自评健康状况：1＝非常差，2＝较差，3＝一般，4＝较好，5＝非常好	3.838	0.947
受教育水平 Years of education	受访者实际受教育时长，年	7.552	4.075
干部身份 Official employee	是否是村干部等公职人员：否＝0，是＝1	0.120	0.325
品质提升作用认知 Perception of quality enhancement	施用有机肥能够提升农产品品质：1＝非常不同意，2＝较不同意，3＝一般，4＝较同意，5＝非常同意	3.876	0.844
环境改善作用认知 Perception of environmental improvement	施用有机肥能够改善生态环境：1＝非常不同意，2＝较不同意，3＝一般，4＝较同意，5＝非常同意	$-5.61e^{-07}$	1
种植规模 Land area	农户主营农作物种植面积，hm^2	0.835	4.798
耕地质量 Land quality	土壤肥力：较差＝1，一般＝2，较好＝3	2.345	0.658
年收入 Annual income	农户家庭年收入，万元	7.522	14.160
农业劳动力投入 Agriculture labor force	家庭从事农业生产的劳动力数量	1.758	0.672
农业技术培训 Agricultural technical training	是否参加农业技术培训：否＝0，是＝1	0.497	0.500
有机肥补贴 Subsidies	施用有机肥是否获得补贴：无＝0，有＝1	0.016	0.126
地区（以河南为参照） Region	以省份为单位设置虚拟变量：其他＝0，湖北＝1	—	—

注："替代程度"指标的全样本均值及标准差不具有实际意义，故仅统计采纳有机肥替代技术的农户。下同。"环境改善作用认知"通过分别询问农户对"有机肥施用能够改善土壤质量、水污染、空气污染"的看法，再使用主成分分析聚类得到，其中KMO（0.678）和Bartlett球形度检验（1645.892***）表明上述变量适合进行因子分析。

Note: The full sample mean and standard deviation of the indicator 'substitution ratio' are not meaningful, so only farmers adopting the technology are counted. The same as below. The 'perception of environmental improvement' is obtained by asking farmers' opinions on 'organic fertilizer can improve soil quality, water pollution, and air pollution'. The principal component analysis is used, among which the KMO (0.678) and Bartlett test (1645.892***) indicate that the above variables are suitable.

2.2.2 作物类型影响农户有机肥施用行为的作用路径

本研究使用层级回归法建立影响效应检验模型[39-40]。第一步回归同式(1),第二、三步如下:

$$M_i = b + \beta_1 C_i + \sum_{k=1}^{n} \beta_{2k} X_i + D_i + \partial_i \quad (3)$$

$$Y_i = \gamma + \gamma_1 C_i + \gamma_2 M_i + \sum_{k=1}^{n} \gamma_{3k} X_i + D_i + \mu_i \quad (4)$$

式中:M_i为农户的市场环境感知,分别从农产品价格和销量2个维度进行考察[30],较高的得分意味着农户对农产品市场环境较为认可。b、γ是常数项,β_1、β_{2k}、γ_1、γ_2、γ_{3k}为待估系数,∂_i、μ_i为随机干扰项。其余符号含义均和式(1)相同。

2.3 描述性统计分析

本研究按照主营作物类型将农户分为经济作物种植户和种粮户,并对2组农户的生产投入特征及市场环境感知进行组间均值t检验(表2)。不难发现,经济作物种植户和种粮户在农业生产的肥料投入方面存在较大差异。首先,种植经济作物的肥料投入远高于粮食生产。其次,经济作物种植中施用有机肥的可能性、用量及替代程度均显著高于种粮户。在劳动力投入方面,经济作物种植户的劳动力投入水平明显高于种粮户。此外,经济作物种植户对有机肥的品质提升作用、优质优价的市场环境更为认可,但2组农户对于高质量农产品的销量感知并不存在明显差异。上述结果初步证实有机肥在经济作物中推广更顺利,但这仅仅是根据描述性统计分析发现,若要得出具有说服力的结论,仍需进一步实证检验。

3 实证结果与分析

3.1 农户主营作物类型对有机肥施用行为的影响

首先使用农户有机肥施用行为对作物类型进行逐步回归。由表3可知,随着控制变量趋于全面,模型的拟合优度不断提升。而作物类型的影响始终正向显著,这在一定程度上说明了模型估计结果的稳健性。后续分析主要围绕模型3和6的估计结果展开。

核心变量的影响。农户主营作物类型对有机

表2 样本农户的生产投入特征及市场环境感知情况

Table 2 Characteristics of respondents' inputs and perception of market environment

变量 Variable	均值 Mean		均值差异 Differences in means
	粮食作物种植户 Grain crops growers	经济作物种植户 Cash crops growers	
肥料成本,(元/hm²) Cost of fertilizer	2 228.760	4 874.910	2 646.150***
化肥施用量,(kg/hm²) Amount of chemical fertilizer	922.343	1 708.283	785.940***
采纳行为 Adoption behavior	0.130	0.610	0.481***
有机肥施用量,(kg/hm²) Amount of organic fertilizer	2 384.543	6 308.033	3 923.490***
替代程度 Substitution ratio	0.531	0.696	0.165***
农业劳动力投入 Agriculture labor input	1.734	1.835	0.101**
品质提升作用认知 Perception of quality enhancement	3.847	3.974	0.127**
价格感知 Perception of price	3.000	3.732	0.732***
销量感知 Perception of sales	3.724	3.766	0.043

注:*、**、***分别表示变量通过10%、5%、1%水平的显著性检验。下同。

Note: *, ** and *** indicate variables pass the significance test at 10%, 5%, and 1% level, respectively. The same below.

表 3　农户主营作物类型对有机肥施用行为的影响

Table 3　Impact of type of crop on respondents' organic fertilizer application behavior

变量 Variable	采纳行为（Probit＋Robust） Adoption behavior			替代程度（Tobit） Substitution ratio		
	模型 1 Model 1	模型 2 Model 2	模型 3 Model 3	模型 4 Model 4	模型 5 Model 5	模型 6 Model 6
作物类型 Type of crop	1.408 ***	1.383***	1.839***	1.011***	0.890***	1.115***
	（0.102）	（0.111）	（0.159）	（0.076）	（0.072）	（0.093）
性别 Gender		−0.116	−0.130		−0.074	−0.067
		（0.108）	（0.114）		（0.064）	（0.063）
年龄 Age		−0.007	−0.004		−0.003	−0.001
		（0.006）	（0.006）		（0.004）	（0.004）
健康状况 Health condition		0.067	0.039		0.045	0.028
		（0.057）	（0.065）		（0.035）	（0.034）
受教育水平 Years of education		0.024	0.017		0.018**	0.013*
		（0.015）	（0.011）		（0.008）	（0.008）
干部身份 Official employee		0.264*	0.072		0.196**	0.094
		（0.146）	（0.146）		（0.095）	（0.092）
品质提升作用认知 Perception of quality enhancement		0.254***	0.226**		0.171***	0.149**
		（0.064）	（0.068）		（0.042）	（0.041）
环境改善作用认知 Perception of environmental improvement		0.131**	0.263***		0.112***	0.182***
		（0.052）	（0.067）		（0.035）	（0.038）
种植规模 Land area		−0.003**	−0.004**		−0.001	−0.002*
		（0.001）	（0.002）		（0.001）	（0.001）
耕地质量 Land quality		0.061	0.042		0.030	0.016
		（0.078）	（0.085）		（0.047）	（0.047）
年收入 Annual income		0.016**	0.021**		0.007*	0.008**
		（0.008）	（0.009）		（0.004）	（0.004）
农业劳动力投入 Agriculture labor force		0.186***	0.112		0.122***	0.073
		（0.070）	（0.076）		（0.046）	（0.046）
农业技术培训 Agricultural technical training			0.658***			0.340***
			（0.110）			（0.067）
有机肥补贴 Subsidies			−0.104			0.049
			（0.411）			（0.179）
地区 Region	未控制	未控制	已控制	未控制	未控制	已控制
LR χ^2	191.56***	224.87***	238.53***	217.74***	313.23***	381.38***
Pseudo R^2	0.184	0.254	0.319	0.168	0.242	0.294
样本量 Observations	987	987	987	987	987	987

注：括号内为（稳健）标准误，下同。

Note: Standard errors in parentheses, the same below.

肥替代技术采纳行为和替代程度均存在显著的正向影响。即相较于种粮户,经济作物种植户在生产中更有可能施用有机肥,且生产用肥中有机肥所占比例更高,假说1和2成立。这是因为:经济作物农产品质量易于被识别和区分的特性,导致农户产生了通过施用有机肥来改善农产品质量的需求。与此同时,经济作物种植户为完成细致的生产作业所投入充足的劳动力,为有机肥替代技术的落地提供了先决条件。此外,通过实地走访发现,分别有81.7%和69.5%的受访农户认为有机肥具有丰富土壤有机质和改善作物品质的作用,同时有70.3%的受访农户认为有机肥肥效温和缓慢,供肥时滞长的短板非常明显。不过,柑橘、茶叶种植户纷纷表示,由于果树和茶树需要常年照料,相对长效的有机肥恰恰能够得到更加充分地吸收和利用,还可以改善后续生长周期所获农产品的质量,因此他们也乐于采纳该技术。由此可见,部分经济作物多年生长的属性,决定了其更容易从有机肥替代化肥中获得长期收益,这可能也是该技术在经济作物生产中推广顺利的重要原因之一。

控制变量的影响。家庭农业劳动力技术认知特征、经营特征、政府推广措施对农户有机肥施用行为的影响通过了显著性检验。具体来看,对有机肥的农产品品质提升效果及环境友好属性予以肯定的农户,更倾向于通过施用有机肥改进作物品质,并舒缓过量农资投入导致的土壤板结、水体污染等问题。大规模种植下的有机肥施用对劳动力、资本等生产要素投入有着更高的要求,故呈现出一定的阻碍作用。高收入家庭的经济禀赋较为丰裕,在使用有机肥替代化肥时面临的经济门槛较低。开展技术培训是政府推广农业技术的主要抓手,通过讲授、演示等多样化的培训方式能够有效提高农业劳动力质量,助力技术扩散。此外,受教育水平仅对有机肥替代程度存在正向影响,但对技术采纳决策并无显著作用。可能的解释是,长期的生产耕作经历致使农户对有机肥的肥效了然于心,学历水平并不是其技术采纳的关键所在。但为达到理想施肥效果所需的有机肥投入水平的确定,则需要一定的科学知识作为参考,故而受教育水平在替代程度决策中充当重要角色。

3.2 作物类型影响农户有机肥施用行为的机制分析

相较于粮食作物,经济作物种植中有机肥替代技术的应用更加广泛和普遍,这一现象背后的影响机制有待挖掘。正如前述,农户的市场环境感知会因交易的农产品不同而存在差异,从而影响农户决策。基于此,本研究采用层级回归检验步骤来验证农户市场环境感知在作物类型对其有机肥施用行为影响中的作用,得到结果如表4。

表3中模型3和6的回归结果显示,作物类型变

表4 作物类型影响农户有机肥施用行为的机制分析

Table 4 Mechanism analysis of the impact of type of crop on respondents' organic fertilizer application behavior

变量 Variable	模型7:价格感知 Model 7: Perception of price	模型8:销量感知 Model 8: Perception of sales	模型9:采纳行为 Model 9: Adoption behavior	模型10:替代程度 Model 10: Substitution ratio
作物类型 Type of crop	0.324*** (0.098)	−0.117 (0.105)	1.796*** (0.159)	1.067*** (0.092)
价格感知 Perception of price			0.161*** (0.058)	0.105*** (0.032)
销量感知 Perception of sales				
控制变量 Control variable	已控制	已控制	已控制	已控制
Wald χ^2/LR χ^2	337.39***	631.91***	244.70***	392.60***
Pseudo R^2	0.112	0.255	0.327	0.303
样本量 Observations	987	987	987	987

注:模型7和8使用Oprobit进行估计,模型9、模型10分别使用稳健Probit、Tobit进行估计。

Note: Models 7 to 8 were estimated using Oprobit, and models 9 and 10 were estimated using robust Probit and Tobit, respectively.

量对农户的有机肥替代技术采纳行为及有机肥替代程度存在显著的正向影响。表4中模型7的结果说明，经济作物种植户对市场“质价匹配”环境的评价更高，相比之下，粮食市场优质优价机制的运转稍显乏力。模型9～10为引入价格感知变量的回归估计，价格感知对农户采纳有机肥替代技术及提升有机肥施用比例的促进作用均通过1%显著性水平的检验。综上，作物类型通过农户的价格感知影响其有机肥施用行为的作用路径得到验证，假说3a成立。

从表4中模型8的估计结果可以看出，农户对高质量农产品销量的感知并未受到其主营作物类型的明显影响。进一步使用非参数百分位Bootstrap法检验（置信水平为95%，重复次数1 000）[40]，结果显示置信区间为[－0.087 3，0.015 7]（包含0），即销量感知的作用路径不成立，假说3b未能得到验证①。可能的解释是：在实际销售时，无论是果菜茶等经济作物还是水稻、小麦等粮食产品，其出售渠道均以商贩打包收购为主（占比分别为72.49%和80.34%）。虽然商贩收购价格相较于企业、商超并不占优，但上门收购和钱货两清的交易模式节约了农户的存储、运输成本和不确定性风险[41]，农户也乐于选择该渠道。在该交易模式下，市场消费偏好对农产品进行筛选进而影响销量的作用被弱化，买卖双方的博弈更多的集中在价格层面。并且，农户销往市场的农产品数量很大程度上取决于产量，即农户所意识到的销量增加其实是有机肥配施的增产效应，但有机肥的贡献更多体现在改善农产品品质以及提高售价方面[42]。综上，交易数量并非有机肥替代技术在2者之间推广现状大相径庭的真实原因，与之相比，交易价格更为关键。

3.3　稳定性检验

3.3.1　基准回归的稳定性检验

本研究分别采取以下措施对基准回归的结果进行稳定性检验：1）模型置换。使用稳健Logit回归方法估计作物类型对农户有机肥替代技术采纳行为的影响；2）替换因变量。使用“单位面积耕地有机肥成本占肥料成本的比例”来表征有机肥替代程度，并使用Tobit模型进行回归估计。由表5可知，核心变量的影响方向及显著性与基准回归一致，可以认为基准回归的结果是可靠的。

表5　基准回归的稳定性检验结果

Table 5　Robustness test of basic regression

变量 Variable	模型11：模型置换 Model 11：Model replacement	模型12：替换因变量 Model 12：Replace the dependent variable
作物类型 Type of crop	3.254***	0.975***
	（0.296）	（0.082）
控制变量 Control variable	已控制	已控制
LR χ^2	212.87***	378.02***
Pseudo R^2	0.318	0.313
样本量 Observations	987	987

注：模型11使用稳健Logit估计，模型12使用Tobit估计。

Note：Model 11 was estimated using robust Logit，Model 12 was estimated using Tobit.

3.3.2　作用路径的稳定性检验②

1）排除不同作物自身性质差异的影响。由于各类作物的理化性质存在差别，适宜的有机肥替代比例也各有不同。如果粮食作物的最佳有机肥替代比例本就低于经济作物，那么粮食作物种植中低比例的有机肥施用就并非来源于价格感知的影响，而是农户把握科学用肥准则的结果。为排除这一因素的干扰，本研究通过查阅相关文献发现，为实现农产品产量和品质的提升，粮食作物的最佳有机肥替代比例约为60%，高于经济作物的该项指标（约30%）[35,43-46]，初步说明上述问题并不存在。本研究还从实证角度，参考最佳替代比例对被解释变

①由于销量感知的作用路径不成立，故后续分析中不再过多讨论。

②为节约篇幅未汇报具体结果，感兴趣的读者可向作者索要。

量赋值后再进行层级回归检验①,价格感知的影响路径仍然成立。

2)讨论层级回归检验法的有效性。由于层级回归法检验作用路径可能存在统计功效不足及估计偏误问题,故参考江艇[47]进行如下检验和处理。

一是解释变量与中介变量之间可能存在高度相关性所带来的低统计功效问题。本研究对表4中模型9~10进行多重共线性检验。结果表明各解释变量的VIF值均<5。即在控制中介变量后,模型解释变量间并不存在严重的共线性问题,统计功效得以保障。

二是在层级回归检验作用路径的过程中,可能由于解释变量与中介变量互为因果而导致内生偏误存在。具体而言,农户的价格感知可能是长期关注主营农产品价格波动并参与市场交易而形成的主观认识,反之,农户所种植作物的选择也可能是出于对各类农产品市场行情考察的结果。本研究通过工具变量法解决这一潜在问题。选取"农户家有耕地的地形②"作为工具变量的原因在于:我国幅员辽阔,地貌复杂多变,地壳自然运动形成的地势对于农业生产活动的开展具有不可忽视的影响[26,48]。所以,地形差异将直接影响农户对作物品种的选择。但与此同时,地形这一客观存在的事物与农户的市场环境感知并没有直接联系,满足了工具变量的相关性和外生性假定。CMP方法估计结果显示,两阶段回归残差的相关性检验参数atanhrho_12未能通过显著性检验,说明Oprobit回归的结果并未受到内生性问题的严重污染[49]。本研究还使用2SLS进行估计,Hausman检验同样未发现显著的内生性问题,也即表4中模型7的回归结果是可靠的。

4 进一步研究

农户的市场环境感知是影响其有机肥施用的重要因素。但这一影响效应所暗含的前提假定是:农户的农业生产目的在于盈利。然而,在城镇化、产业发展多元化的背景下,农民进城务工的现象屡见不鲜,多渠道就业弱化了土地的生计功能[50]。考虑到这一现实情景,本研究根据生产目标对样本农户进行区分,以此来探究农户价格感知影响效应的异质性。参考已有研究[51],根据农户所生产农产品的出售比例将样本农户分为2组,若商品化率高于50%,划分为利润型农户,反之则划分为自给型农户。分组回归的估计结果如表6。

比较发现,以满足家庭需求为主的自给型农户因参与市场交易的程度较低,其价格感知通常并不敏感,故不会因所营作物类型而存在差异,同时也无法显著影响农户的有机肥施用行为。而以追求收益为目标的利润型农户会密切关注市场动向,了解市场供需及消费偏好。因此,在不同农产品子市场中,利润型农户的市场环境感知仍呈现出明显差异。并且,利润型农户会根据自身感知适时调整生产行为,以追求收益的最大化。综上,对于利润型农户而言,农户的价格感知在作物类型影响其有机肥投入中的作用仍然存在。

5 研究结论与政策建议

5.1 研究结论

在我国化肥减量的进程中,有机肥替代技术的应用在经济作物与粮食作物种植之间形成鲜明对比。为探讨这一现象背后的原因,本研究基于豫鄂两省987个样本农户的微观调查数据,从市场环境角度进行解释。主要结论如下:1)有机肥替代技术在经济作物种植户中的采纳率及采纳程度均高于种粮户。2)作用路径分析发现,农户主营作物类型通过影响其价格感知,进而作用于农户的有机肥施用决策,但销量感知的作用未得到验证。3)异质性分析结果表明,作物类型通过价格感知影响农户有机肥施用行为的作用路径,仅存在于以追求生产利润为目标的农业生产中,以自给自足为生产目标的农户受市场因素影响较小。

5.2 政策建议

根据研究发现,引申出以下政策启示:一方面,应充分重视市场价格机制在有机肥替代技术扩散过程中的有益影响。通过健全市场质量标准体系,合理利用质量检测技术、质量认证标识等方式提高粮食农产品的质量信息透明度,并加大对"以次充好"现象的打击力度,减少"柠檬市场"的消极影响,保障优质优价机制有效运行。另一方面,要营造积极的政策环境,贯彻落实科教宣传、示范指导等多项措施为一体的有机肥替代技术推广工作,重点推

①若农户的实际有机肥替代比例高于其所种植作物类型的最优标准,则视为达标,赋值为1,反之则为0。

②问卷题项设置为"您家耕地的地形是:平原=1,丘陵=2,山地=3"。

表 6　农户价格感知影响的的异质性分析

Table 6　Heterogeneity analysis of the impact of farmers′ price perceptions

变量 Variable	自给型农户（商品化率 ≤50%） Subsistence farmers （Commercialization rate ≤50%）			利润型农户（商品化率＞50%） Profit-oriented farmers （Commercialization rate＞50%）		
	模型 13 Model 13	模型 14 Model 14	模型 15 Model 15	模型 16 Model 16	模型 17 Model 17	模型 18 Model 18
作物类型 Type of crop	0.167	1.356***	1.048***	0.260*	1.727***	0.958***
	（0.366）	（0.514）	（0.365）	（0.141）	（0.196）	（0.103）
价格感知 Perception of price		0.098	0.095		0.221***	0.128***
		（0.101）	（0.078）		（0.073）	（0.036）
控制变量 Control variable	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
Wald χ^2/LR χ^2	62.08***	45.51***	66.48***	313.81***	207.58***	355.10***
Pseudo R^2	0.076	0.317	0.269	0.143	0.349	0.327
样本量 Observations	267	267	267	720	720	720

注：模型 13 和 16 的因变量为价格感知，使用 Oprobit 回归；模型 14 和 17 的因变量为采纳行为，使用稳健 Probit 回归；模型 15 和 18 的因变量为替代程度，使用 Tobit 回归。

Note: The dependent variable for models 13 and 16 is perception of price and estimated using Oprobit model. The dependent variable for models 14 and 17 is adoption behavior, which is estimated using robust Probit model. The dependent variable for models 15 and 18 is substitution ratio, which is estimated using Tobit model.

进粮食生产中有机肥替代化肥。在开展工作时更应讲究方式方法，关注农户分化的客观事实，根据技术推广的目标群体灵活设计具体措施，针对不同生产目标的农户采取差异化的引导和激励策略，以此提升技术推广工作的精度和效率。

参考文献　References

[1] 曾琳琳，李晓云，杨志海．作物种植专业化与化肥减量来源：兼顾经营规模的影响[J]．自然资源学报，2022，37(7)：1707-1721
Zeng L L, Li X Y, Yang Z H. Crop specialization and chemical fertilizer reduction: The pathway of operation scale [J]. *Journal of Natural Resources*, 2022, 37(7): 1707-1721 (in Chinese)

[2] 黄炎忠，罗小锋，刘迪，余威震，唐林．农户有机肥替代化肥技术采纳的影响因素：对高意愿低行为的现象解释[J]．长江流域资源与环境，2019，28(3)：632-641
Huang Y Z, Luo X F, Liu D, Yu W Z, Tang L. Factors affecting farmers' adoption of organic fertilizer instead of chemical fertilizer: Explaining the phenomenon of farmers' little behavior with strong willingness[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2019, 28(3): 632-641 (in Chinese)

[3] 胡乃娟，孙晓玲，许雅婷，周子阳，朱利群．基于 Logistic-ISM 模型的农户有机肥施用行为影响因素及层次结构分解[J]．资源科学，2019，41(6)：1120-1130
Hu N J, Sun X L, Xu Y T, Zhou Z Y, Zhu L Q. Influencing factors of farmers' organic fertilizer application behavior and their stratification based on Logistic-ISM model[J]. *Resources Science*, 2019, 41(6): 1120-1130 (in Chinese)

[4] 姜立康，赵伟，周霞．感知价值及政策规制对农户有机肥替代化肥意愿与行为一致性的影响[J]．中国农业大学学报，2023，28(8)：306-322
Jiang L K, Zhao W, Zhou X. Effects of perceived value and policy regulation on farmers' willingness and behavior consistency of organic fertilizer to replace chemical fertilizer[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2023, 28(8): 306-322 (in Chinese)

[5] Lu H, Hu L, Zheng W, Yao S, Qian L. Impact of household land endowment and environmental cognition on the willingness to implement straw incorporation in China[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2020 (262): 121479. [2024-01-02]. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.121479

[6] 陶源，仇相玮，周玉玺，胡继连．风险感知、社会信任与农户有机肥替代行为悖离研究[J]．农业技术经济，2022(5)：49-64
Tao Y, Qiu X W, Zhou Y X, Hu J L. The conflict between risk perception, social trust and farmers' organic fertilizer substitution behavior[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2022(5): 49-64 (in Chinese)

[7] 左喆瑜．农户对环境友好型肥料的选择行为研究：以有机肥及控释肥为例[J]．农村经济，2015(10)：72-77
Zuo Z Y. A study on farmers' choice behavior of environment-friendly fertilizers: An example of organic fertilizers and controlled-release fertilizers[J]. *Rural Economy*, 2015(10): 72-77 (in Chinese)

[8] Holden S, Lunduka R. Do fertilizer subsidies crowd out organic manures: The case of Malawi[J]. *Agricultural Economics*, 2012, 43(3): 303-314

[9] 石志恒，杨泽赟．社会资本对农户有机肥施用意愿与行为悖离的影响：基于信息可得性的中介效应分析[J]．中国农业大学学报，2023，28(11)：

279-294
Shi Z H, Yang Z Y. Influence of social capital on farmers' willingness and behavior to apply organic fertilizer: Analysis of mediation effect based on information availability[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2023, 28(11):279-294 (in Chinese)

[10] 周力, 王镱如. 新一轮农地确权对耕地质量保护行为的影响研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(2):63-71
Zhou L, Wang Y R. The impact of new round of farmland right verification on the behavior of land quality protection[J]. *Population, Resources and Environment*, 2019, 29(2):63-71 (in Chinese)

[11] Pascal G, Pascal M, Emmanuelle T. Ecological compensation: How much and where[J]. *Ecological Economics*, 2021, 190: 107191. [2024-01-02]. DOI:10.1016/j.ecolecon.2021.107191

[12] 杨高第, 张露. 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[J]. 自然资源学报, 2022, 37(7):1848-1864
Yang G D, Zhang L. Impact of agricultural productive services on farmland quality protection behaviors of farmers: Evidence from the main rice-producing areas in Jianghan Plain[J]. *Journal of Natural Resources*, 2022, 37(7):1848-1864 (in Chinese)

[13] 赵明正, 赵翠萍, 李天祥, 贾小虎, 吴杰. "零增长"行动背景下中国化肥使用量下降的驱动因素研究:基于LMDI分解和面板回归分析[J]. 农业技术经济, 2019, 296(12):118-130
Zhao M Z, Zhao C P, Li T X, Jia X H, Wu J. Driving forces analysis for China's recent fertilizer use reduction under the "zero growth" action plan: Estimation based on the LMDI approach and panel regression analysis[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2019, 296(12): 118-130 (in Chinese)

[14] 李成龙, 周宏. 农户会关心租来的土地吗:农地流转与耕地保护行为研究[J]. 农村经济, 2020(6):33-39
Li C L, Zhou H. Do farmers care about leased land: A study of agricultural land transfer and farmland conservation behavior[J]. *Rural Economy*, 2020(6):33-39 (in Chinese)

[15] 王常伟, 顾海英. 市场VS政府, 什么力量影响了我国菜农农药用量的选择[J]. 管理世界, 2013(11):50-66,187-188
Wang C W, Gu H Y. The market VS the government: What forces affect the selection of amount of pesticide used by China's vegetable grower[J]. *Journal of Management World*, 2013(11): 50-66, 187-188 (in Chinese)

[16] Alexander C, Goodhue R E, Rausser G C. Do incentives for quality matter[J]. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 2007, 39(1):1-15

[17] 杨玉苹, 朱立志, 孙炜琳. 农户参与农业生态转型:预期效益还是政策激励[J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(8):140-147
Yang Y P, Zhu L Z, Sun W L. Farmers' participation in agro-ecological transformation: Expected benefits or policy incentives [J]. *China Population, Resources and Environment*, 2019, 29 (8) : 140-147 (in Chinese)

[18] 王桂霞, 杨义风. 农户有机肥替代化肥技术采纳行为决定:市场驱动还是政府激励:基于农户分化视角[J]. 农村经济, 2021(4):102-110
Wang G X, Yang Y F. To make decision on adopting organic fertilizer instead of chemical fertilizer: Market-driven or government incentives [J]. *Rural Economy*, 2021(4):102-110 (in Chinese)

[19] Zhao L, Wang C, Gu H Y, Yue C Y. Market incentive, government regulation and the behavior of pesticide application of vegetable farmers in China[J]. *Food Control*, 2018, 85:308-317

[20] 张建杰, 张改清. 优质小麦种植户麦作经营行为研究:基于对河南省试点县的调查[J]. 经济经纬, 2019, 36(3):25-32
Zhang J J, Zhang G Q. Research on wheat growing and management behavior of high-quality wheat growers: Based on the investigation of wheat pilot counties in Henan[J]. *Economic Survey*, 2019, 36(3):25-32 (in Chinese)

[21] 李赵盼, 郑少锋. 地理标志使用对农户农地质量提升行为影响研究:基于市场激励的中介效应分析[J]. 中国土地科学, 2021,35(3):40-48
Li Z P, Zheng S F. Study on the influence of geographical indication on farmers' behavior of improving farmland quality: Analysis of mediation effect based on market incentives[J]. *China Land Science*, 2021, 35(3): 40-48 (in Chinese)

[22] 国家发展和改革委员会价格司、价格成本调查中心.《全国农产品成本收益资料汇编*2021*》[M]. 北京:中国统计出版社,2021
Price Division and Price and Cost Survey Center of the National Development and Reform Commission. *National Compendium of Cost and Benefit Information on Agricultural Products 2021* [M]. Beijing: China Statistics Press, 2021 (in Chinese)

[23] 孔凡斌, 钟海燕, 潘丹. 小农户土壤保护行为分析:以施肥为例[J]. 农业技术经济, 2019, 285(1):100-110
Kong F B, Zhong H Y, Pan D. Analysis of soil conservation behavior among small-scale farmers: A case study of fertilization[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2019, 285(1):100-110 (in Chinese)

[24] 纪月清, 顾天竹, 陈奕山, 徐志刚, 钟甫宁. 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, 286(7):65-73
Ji Y Q, Gu T Z, Chen Y S, Xu Z G, Zhong F N. Agricultural scale management from the plot level: A discussion based on the relationship between turnover rent and plot size[J]. *Journal of Management World*, 2017, 286(7):65-73 (in Chinese)

[25] 刘家成, 钟甫宁, 徐志刚, 仇焕广. 劳动分工视角下农户生产环节外包行为异质性与成因[J]. 农业技术经济, 2019, 291(7):4-14
Liu J C, Zhong F N, Xu Z G, Qiu H G. Heterogeneity and causes of farmer's production link outsourcing behavior from the perspective of division of labor[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2019, 291(7): 4-14 (in Chinese)

[26] 钟甫宁, 陆五一, 徐志刚. 农村劳动力外出务工不利于粮食生产吗:对农户要素替代与种植结构调整行为及约束条件的解析[J]. 中国农村经济, 2016(7):36-47
Zhong F N, Lu W Y, Xu Z G. Is rural labor migration detrimental to food production: An analysis of factor substitution and planting restructuring behavior of farmers and constraints [J]. *Chinese Rural Economy*, 2016(7):36-47 (in Chinese)

[27] 张苇锟, 郑沃林. 土地转入对农业兼业经营的影响: 基于用工需求的异质性分析[J]. 农业经济与管理, 2022(5):50-63
Zhang W K, Zheng W L. Impact of land transfer on concurrent agricultural operations: A heterogeneous analysis based on labor demand [J]. *Agricultural Economics and Management*, 2022 (5) : 50-63 (in Chinese)

[28] 朱红根, 陈昭玖, 翁贞林, 刘小春. 稻作经营大户对专业合作社需求的影响因素分析:基于江西省385个农户调查数据[J]. 农业经济问题, 2008(12):71-78,112
Zhu H G, Chen Z J, Weng Z L, Liu X C. The analysis of factors impacting on large rice-operating farmers' demand for professional cooperatives: Based on the survey of 385 farmers in Jiangxi Province[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2008(12):71-78,112 (in Chinese)

[29] Zhu Q H, Li Y, Geng Y, Qi Y. Green food consumption intention, behaviors and influencing factors among Chinese consumers[J]. *Food*

Quality and Preference, 2013, 28(1): 279-286

[30] 张连华，霍学喜．农户商品有机肥投入的市场激励研究：基于农地确权调节效应的分析[J]．长江流域资源与环境，2020，29(7)：1663-1673
Zhang L H, Huo X X. Market incentive research on farmers' commercial organic fertilizer input: An analysis based on regulation effect of farmland certification [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2020, 29(7): 1663-1673 (in Chinese)

[31] 蔡荣，韩洪云．合同生产模式与农户有机肥施用行为：基于山东省348户苹果种植户的调查数据[J]．中国农业科学，2011，44(6)：1277-1282
Cai R, Han H Y. Contract production and farmer's organic fertilizer use behavior: An empirical analysis based on the survey data of apple growers in Shandong Province [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2011, 44(6): 1277-1282 (in Chinese)

[32] 张艳，黄炎忠．地理标志品牌参与对农产品质量安全的影响研究[J]．华中农业大学学报：社会科学版，2022(5)：123-135
Zhang Y, Huang Y Z. Research on the influence of geographical indication brand participation on the quality and safety of agricultural products [J]. *Journal of Huazhong Agricultural University: Social Sciences Edition*, 2022(5): 123-135 (in Chinese)

[33] 康婷，穆月英．产销信息不对称对农户过量施肥行为的影响[J]．西北农林科技大学学报：社会科学版，2020，20(02)：111-119
Kang T, Mu Y Y. Asymmetry of production and marketing information and farmers' behavior of fertilizer overuse [J]. *Journal of Northwest A&F University: Social Science Edition*, 2020, 20(2): 111-119 (in Chinese)

[34] 蒋洪丽，雷琪，吴淑芳，冯浩．蚯蚓粪有机肥袋料栽培对番茄生长、产量和品质的影响[J]．中国土壤与肥料，2022，304(8)：191-197
Jiang H L, Lei Q, Wu S F, Feng H. Effect of vermicompost organic fertilizer bagged cultivation on tomato growth, yield and quality [J]. *Soil and Fertilizer Sciences in China*, 2022, 304(8): 191-197 (in Chinese)

[35] 万连杰，何瑞杰，何满，田洋，郑永强，吕强，谢让金，马岩岩，邓烈，易时来．有机肥替代化肥对"爱媛28号"橘橙产量和品质的影响[J]．西南大学学报：自然科学版，2023，45(2)：36-44
Wan L J, He R J, He M, Tian Y, Zheng Y Q, Lv Q, Xie R J, Ma Y Y, Deng L, Shi Y L. Effects of partial substitution of chemical fertilizer with organic fertilizer on yield and quality of 'Ehime 28' [J]. *Journal of Southwest University: Natural Science Edition*, 2023, 45(2): 36-44 (in Chinese)

[36] Xu F, Liu Y, Du W, Li C, Guo H. Response of soil bacterial communities, antibiotic residuals, and crop yields to organic fertilizer substitution in North China under wheat-maize rotation [J]. *Science of the Total Environment*, 2021, 147248. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.147248

[37] 丁维婷，房静静，武雪萍，张继宗，张久明，张军政，刘亦丹，宋霄君，李婧妤，郑凤君，张孟妮，刘晓彤．有机肥替代化肥不同比例对黑土土壤微生物学性质及春麦产量品质的影响[J]．中国土壤与肥料，2021，292(2)：44-52
Ding W T, Fang J J, Wu X P, Zhang J Z, Zhang J M, Zhang J Z, Liu Y D, Song X J, Li J Y, Zheng F J, Zhang M N, Liu X T. Effects of different ratios of organic fertilizers instead of chemical fertilizers on black soil microbiological properties and spring wheat yield and quality [J]. *Soil and Fertilizer Sciences in China*, 2021, 292(2): 44-52 (in Chinese)

[38] 赵紫薇，欧张丹，田茂平，赵书慧，陈玉梅，张振华．湖南怀化花洋溪村"贡田"稻米品质的影响因素分析[J]．植物营养与肥料学报，2023，29(2)：334-344
Zhao Z W, Ou Z D, Tian M P, Zhao S H, Chen Y M, Zhang Z H. Factors related to rice taste and nutritional quality in the 'Gongtian' of Huayangxi Village, Huaihua, Hunan [J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizers*, 2023, 29(2): 334-344 (in Chinese)

[39] Baron R M, Kenny D A. The moderator-mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations [J]. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1986, 51

[40] 温忠麟，叶宝娟．中介效应分析：方法和模型发展[J]．心理科学进展，2014，22(5)：731-745
Wen Z L, Ye B J. Analyses of mediating effects: The development of methods and models [J]. *Advances in Psychological Science*, 2014, 22(5): 731-745 (in Chinese)

[41] 陈晓琴，王钊．农户农产品销售渠道选择行为研究：基于重庆市479名农户的调查数据[J]．调研世界，2017(2)：24-28
Chen X Q, Wang Z. A study of farmers' agricultural marketing channel selection behavior: Based on the survey data of 479 farmers in Chongqing [J]. *The World of Survey and Research*, 2017(2): 24-28 (in Chinese)

[42] 王晓焕，李桦，薛彩霞．有机肥技术采纳可以促进茶农增收吗[J]．干旱区资源与环境，2022，36(7)：56-61
Wang X H, Li H, Xue C X. Adoption of organic fertilizer technology can promote tea farmers to increase income [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2022, 36(7): 56-61 (in Chinese)

[43] 赵军，李勇，冉炜，张瑞福，沈标，沈其荣．有机肥替代部分化肥对稻麦轮作系统产量及土壤微生物区系的影响[J]．南京农业大学学报，2016，39(4)：594-602
Zhao J, Li Y, Ran W, Zhang R F, Shen B, Shen Q R. Effects of organic manure partial substitution for chemical fertilizer on crop yield and soil microbiome in a rice-wheat cropping system [J]. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 2016, 39(4): 594-602 (in Chinese)

[44] 刘红江，陈虞雯，孙国峰，陈留根，郑建初．有机肥—无机肥不同配施比例对水稻产量和农田养分流失的影响[J]．生态学杂志，2017，36(2)：405-412
Liu H J, Chen Y W, Sun G F, Chen L G, Zheng J C. Effects of different organic-inorganic fertilizer combination ratios on rice yield and nutrient loss with surface runoff [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2017, 36(2): 405-412 (in Chinese)

[45] 王子腾，耿元波，梁涛，胡雪荻．减施化肥和配施有机肥对茶园土壤养分及茶叶产量和品质的影响[J]．生态环境学报，2018，27(12)：2243-2251
Wang Z T, Geng Y B, Liang T, Hu X D. Effects of reducing chemical fertilizer and organic fertilizer combination on tea garden soil and tea yield and quality [J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 2018, 27(12): 2243-2251 (in Chinese)

[46] 耿川雄，张茜，朱红业，鲁耀，陈拾华，尹艳琼，刘发伦，李春慧，段宗颜．化肥不同减量比例对白菜、甘蓝产量和肥料利用率的影响[J]．西南农业学报，2021，34(5)：1047-1053
Geng C X, Zhang X, Zhu H Y, Lu Y, Chen S H, Yin Y Q, Liu F L, Li C H, Duan Z Y. Effects of different proportion of chemical fertilizer reduction on yield and fertilizer utilization of Chinese cabbage and cabbage [J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2021, 34(5): 1047-1053 (in Chinese)

[47] 江艇．因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J]．中国工业经济，2022(5)：100-120
Jiang T. Mediating effects and moderating effects in causal inference [J]. *China Industrial Economics*, 2022(5): 100-120 (in Chinese)

[48] 张寒，周正康，杨红强，刘璨．劳动力成本上升对农户营林投入结构的影响：基于林业社会化服务供给约束的视角[J]．中国农村经济，2022(4)：106-125
Zhang H, Zhou Z K, Yang H Q, Liu C. The impact of increased labor costs on farmers' input structure of forestland management: An analysis

from the perspective of supply constraints of forestry socialized services [J]. *Chinese Rural Economy*, 2022(4):106-125 (in Chinese)

[49] Roodman D. Fitting fully observed recursive mixed-process models with cmp[J]. *The Stata Journal*, 2011, 11(2):159-206

[50] 张露. 小农分化、行为差异与农业减量化. 农业经济问题[J]. 2020(6):131-142

Zhang L. Small household differentiation, behavioral differences and agricultural chemical reduction [J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2020(6):131-142 (in Chinese)

[51] 黄炎忠,罗小锋. 既吃又卖:稻农的生物农药施用行为差异分析[J]. 中国农村经济,2018(7):63-78

Huang Y Z, Luo X F. 'Both to eat and sell': An analysis of biological pesticides application behaviors of different rice farmers [J]. *Chinese Rural Economy*, 2018(7):63-78 (in Chinese)

责任编辑:王岩

第一作者简介:孙彬涵,华中农业大学经济管理学院博士研究生在读。曾获国家励志奖学金、国家留学基金委公派留学奖学金、华中农业大学研究生甲等奖学金、华中农业大学优秀毕业生、优秀学生干部、优秀团员、三好学生等荣誉。参与国家自然科学基金面上项目、国家社会科学基金重点项目、农业农村部软科学项目、华中农业大学乡村振兴研究院项目等多项课题的申请、实施及结项工作,主持华中农业大学博士研究生科研创新"春华"项目一项。专业方向为农业资源与环境经济,主要关注农业生产化学品投入过量及农村人居环境整治等问题,并多次深入农村开展田野调查,力求从实践中探寻真知。所形成的部分学术成果已公开发表至CSSCI来源期刊,部分学术论文在"2022年中国农林经济管理学术年会" "中国农业技术经济学会2023年学术研讨会"等国家级会议进行分会场汇报,并荣获"2022年中国农林经济管理学术年会优秀论文"。

通讯作者简介:罗小锋,博士,教授,博士生导师,现任华中农业大学经济管理学院副院长及湖北生态文明建设研究院院长。兼任中国农业经济学会青年(工作)委员会副秘书长、中国农业技术推广协会推广理论与方法研究委员会副秘书长。长期以来,主要围绕农业资源与环境经济、农业经济理论与政策等开展了大量研究。先后主持国家社会科学基金重点项目、国家自然科学基金面上项目、国家社会科学基金重大项目、国家自然科学基金重点项目等课题30余项。以第一作者或通讯作者身份在《中国农村经济》《农业经济问题》《中国人口·资源与环境》和*Food Policy*等期刊上累计发表学术论文120余篇,在中国农业出版社、科学出版社出版学术专著3部。获得国务院第二次全国农业普查招标课题一等奖、农业农村部软科学优秀研究成果奖、湖北省社会科学优秀成果奖等各类奖励近20项,在《经济日报》《农民日报》等发表策论4篇。