



张燕媛, 蔡荣. 农业保险对农户农药过量施用的影响[J]. 中国农业大学学报, 2024, 29(09): 296-306.

ZHANG Yanyuan, CAI Rong. Impact of agricultural insurance on farmers' pesticide overuse [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2024, 29(09): 296-306.

DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2024.09.25

农业保险对农户农药过量施用的影响

张燕媛¹ 蔡荣^{2*}

(1. 南京林业大学 经济管理学院, 南京 210037;

2. 南京财经大学 粮食和物资学院, 南京 210003)

摘要 为探究农业保险对农户农药过量施用的影响及其原因, 基于2020年中国土地经济调查数据, 采用改进的损害控制生产函数对水稻种植户农药施用边际生产率进行测算, 在此基础上采用工具变量模型判断农业保险对农户农药过量施用程度的影响, 并进一步从农药施用的风险特征及风险来源视角揭示影响背后的深层原因。结果表明: 1) 从经济学角度看, 样本地区绝大多数农户在农药施用中存在过量行为; 2) 农业保险不仅未带来农药减量效应, 反而在一定程度上加剧了农户农药过量施用; 3) 这一影响与样本地区农药施用主要呈现出的风险增强效应有关, 原因在于作物生长期遭遇的气象风险要超过病虫害风险。政府应考虑将农业保险补贴额度与农业生产技术选择相对接, 积极引导、鼓励农户采用农药减量生产技术。

关键词 农业保险; 边际生产率; 农药过量施用; 损害控制生产函数

中图分类号 F323.2; F842.6

文章编号 1007-4333(2024)09-0296-11

文献标志码 A

Impact of agricultural insurance on farmers' pesticide overuse

ZHANG Yanyuan¹, CAI Rong^{2*}

(1. College of Economics and Management, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China;

2. College of Food and Strategic Reserves, Nanjing University of Finance and Economics, Nanjing 210003, China)

Abstract To investigate the impact of agricultural insurance on the overuse of pesticides and the reasons behind it, based on the 2020 China land economic survey data, this study measured the marginal productivity of pesticide application by rice farmers using an improved damage control production function. Then, an instrumental variable model was used to analyze the impact of agricultural insurance on farmers' pesticide overuse, and the deeper reasons behind the impact from the perspective of the pesticide risk characteristics and risk sources were revealed. The results showed that: Most of the farmers in the study area had excessive pesticide application behavior from an economic point of view. Participation in agricultural insurance did not reduce the use of pesticides but exacerbated pesticide overuse to a certain extent. This effect was related to the risk-increasing effect of pesticide application in the study area because the risk of pest infestation was exceeded by the meteorological hazards faced during the growing period of crops. This study suggested that the governments should connect the amount of agricultural insurance subsidy with the type of agricultural production technology chosen, and provide guidance to farmers to adopt pesticide-reducing production technologies.

Keywords agricultural insurance; marginal productivity; pesticide overuse; damage control production function

收稿日期: 2023-12-27

基金项目: 国家自然科学基金项目(72003090, 72173060)

第一作者: 张燕媛(ORCID: 0000-0002-3969-4324), 副教授, 主要从事农业经济与政策研究, E-mail: yzhang@njfu.edu.cn

通讯作者: 蔡荣(ORCID: 0009-0007-7765-3877), 教授, 主要从事农业经济与政策研究, E-mail: xiaopg918@126.com

受气候变化、耕作方式改变等影响,中国农作物病虫害一直呈多发、频发态势。农药是保障国际粮食安全的重要生产资料和战略物资,在控制农作物病虫害、稳定粮食和主要农产品产量以及保障农户收入等方面发挥了积极作用^[1]。据估计,受益于农药施用,中国水稻、小麦、玉米三大主粮作物每年损失减少比例分别约为55.2%、21.3%和19.0%^[2]。然而,中国农业生产中农药施用强度长期远超世界平均水平,普遍存在过量施用行为,不仅导致农药利用率较低,也给食品安全、生态环境、人体健康造成极大隐患^[3]。在新发展时期,持续推进农药减量不仅是促进农业高质量发展、加快农业发展方式绿色转型的必然要求,也是保障农产品质量安全、加强生态文明建设的重要举措。

关于农户农药过量施用的原因,已有研究进行了诸多探讨,主要形成以下观点:一是家庭联产承包责任制“均田到户”带来的“大国小农”及细碎化土地经营格局,客观上抑制了农业新技术采用,从而加剧了农药施用需求^[4-5];二是农技推广体系改革使得基层农技推广逐步转向有偿技术服务,基层农技员从事农药销售助推了农户过量施药行为^[6-7];三是农户因缺乏新技术和病虫害防治技术的信息与知识,导致盲目施用农药行为^[8-9];四是传统小农普遍表现出风险厌恶特征,研究发现越厌恶风险的农户越容易施用更多的农药,以避免可能发生的病虫害造成的损失^[10-11]。此外,也有研究从友好型农药标签^[12]、农药店主身份^[13]、生产环节外包^[14]和技术培训^[15]等视角展开分析,旨在探索推进农药减量化的可行路径或措施。

农业保险作为化解农业生产风险的重要政策工具,在财政补贴和推广政策的支持下得到迅猛发展。2021年我国农业保险实现保费收入965.18亿元,为1.88亿户次农户提供风险保障47800亿元^[16]。由于农业保险发挥效能与农药施用具有较大相似性,不少研究认为两者很可能存在因果关联。例如,张弛等^[1]研究发现参保地块的农药施用次数显著低于未参保地块,其他学者^[17-19]在各自的研究中也证实参保农户的农药施用强度会显著降低。但是,也有研究^[20-21]得到相反结论,认为参与农业保险会导致农药施用量上升。已有研究之所以存在结论差异,很可能在于模型遗漏了某些关键变量(如病虫害严重程度),导致估计结果有偏。另外,本研究认为仅

仅关注农药施用量或农药开支的变化难以揭示农药施用过量情况,农药施用量或开支大并不意味着施用就过量,而可能是在病虫害呈重发态势下防治的必然响应。

基于上述背景,本研究拟利用2020年中国土地经济调查(CLES)数据,以江苏省868户水稻种植户为样本,采用改进的损害控制生产函数对农户农药过量施用程度进行度量,使用工具变量模型考察农业保险对农户农药过量施用程度的影响,并检验农药施用的风险特征及风险来源,揭示影响背后的深层机制,以期对农业保险是否影响农药过量施用程度这一问题给出实证解答,并为进一步推动农业保险发展提供对策建议。

1 理论分析

为揭示参与农业保险对农户农药施用的影响机理,参考Horowitz等^[22],基于效用最大化目标函数构建理论分析框架。假设农户生产函数为 $y=f(x,z,\epsilon)$,其中, y 为产出, x 为农药投入, z 为其他要素投入(如化肥、劳动等), ϵ 为作物生长所处的自然环境。为简化分析,假设 ϵ 包含2种状态:未发生自然灾害(如气象灾害、病虫害等),赋值为0;发生自然灾害,赋值为1。已有研究^[23-24]发现农户农药施用量与农药施用的风险特征有关。因此,进一步定义风险降低型投入和风险增加型风险投入:若 $\partial f(x,z,1)/\partial x > \partial f(x,z,0)/\partial x > 0$,即农药投入在发生自然灾害情境下的边际生产率较高,表明其具有风险降低特征;若 $\partial f(x,z,0)/\partial x > \partial f(x,z,1)/\partial x > 0$,即农药投入在发生自然灾害情境下的边际生产率较低,表明其具有风险增加特征;若 $\partial f(x,z,0)/\partial x > \partial f(x,z,1)/\partial x$, $\partial f(x,z,1)/\partial x < 0$,即农药投入在发生自然灾害情境下的边际生产率较低且为负值,表明其具有强风险增加特征。Horowitz等^[22]指出若作物生长的环境风险或不确定性 ϵ 主要源自病虫害,则农药施用在发生病虫害时的边际生产率往往较高,从而具有风险降低特征;若作物生长的环境风险或不确定性 ϵ 主要源自降雨、干旱等气候因素,则农药施用在未发生自然灾害时的边际生产率较高,从而具有风险增加特征。在实践中,由于上述2类风险同时存在,从而导致农药施用的风险特征难以事先确定,主要取决于2类风险或不确定性因素的强弱。

假设农户追求的目标函数是效用最大化,对于未参与保险的农户,期望效用函数表示为:

$$EU(\pi) = (1 - \theta)U[pf(x, z, 0) - \omega x - \kappa z] + \theta U[pf(x, z, 1) - \omega x - \kappa z] \quad (1)$$

式中: $U(\cdot)$ 为效用函数, 且有 $U'(\cdot) > 0$, $U''(\cdot) < 0$; θ 为发生自然灾害的概率; p 为产出价格; ω 为农药单位成本, κ 为其他要素投入单位成本。基于式(1)对农药投入 x 求一阶偏导, 得到未参与保险农户的边际期望效用函数为:

$$\begin{aligned} \frac{\partial EU(\pi)}{\partial x} = & (1 - \theta)U'[pf(x, z, 0) - \omega x - \kappa z] \cdot \\ & \left[p \frac{\partial f(x, z, 0)}{\partial x} - \omega \right] + \theta U'[pf(x, z, 1) - \omega x - \kappa z] \cdot \\ & \left[p \frac{\partial f(x, z, 1)}{\partial x} - \omega \right] \end{aligned} \quad (2)$$

对于参与保险的农户, 假设单位面积保费为 C , 当单位面积水稻产量 y 低于临界产量 y^* 时, 将启动赔付, λ 为赔付率, 农户得到的赔偿金额为 $\lambda(y^* - y)$; 若单位面积水稻产量 y 不低于临界产量 y^* 时, 赔付方案不启动。参与保险农户期望效用函数表示为:

$$EU(\pi^*) = (1 - \theta)U[pf(x, z, 0) - \omega x - \kappa z - C] + \theta U[pf(x, z, 1) - \omega x - \kappa z + \lambda(y^* - y) - C] \quad (3)$$

基于式(3)对农药投入 x 求一阶偏导, 得到参与保险农户的边际期望效用函数为:

$$\begin{aligned} \frac{\partial EU(\pi^*)}{\partial x} = & (1 - \theta)U'[pf(x, z, 0) - \omega x - \kappa z - C] \cdot \\ & \left[p \frac{\partial f(x, z, 0)}{\partial x} - \omega \right] + \theta U'[pf(x, z, 1) - \omega x - \kappa z + \\ & \lambda(y^* - y) - C] \left[p \frac{\partial f(x, z, 1)}{\partial x} - \lambda \frac{\partial f(x, z, 1)}{\partial x} - \omega \right] \end{aligned} \quad (4)$$

由式(3)和式(4)可知, $\partial EU(\pi^*)/\partial x$ 和 $\partial EU(\pi)/\partial x$ 孰高孰低与 C , $\lambda(y^* - y) - C$ 以及 $\partial f(x, z, 1)/\partial x$ 的取值相关。其中, 单位面积保费 C 一般为正; $\lambda(y^* - y) - C$ 衡量灾害发生时损失补偿能否弥补保费支出, 在实践中通常为负, 因为在农业保险保费补贴政策下, 农户购买农业保险实际缴纳的保费金额很小; $\partial f(x, z, 1)/\partial x$ 的取值则取决于农药施用的风险特征, 当具有强风险增加特征时为

负, 否则为正。因此, 农业保险对农户农药施用的影响与农药施用风险特征相关且需要通过实证检验来回答。

2 数据来源与计量模型

2.1 数据来源

本研究使用的数据来源于2020年南京农业大学中国土地经济调查(CLES)调研。调查问卷内容涵盖土地市场、农业生产、乡村产业、生态环境、脱贫攻坚、农村金融等方面。调研采用PPS抽样, 在江苏省13个地级市中抽取26个调研区县, 在每个区县分别抽取2个样本乡镇, 每个乡镇抽取1个行政村, 每个村随机抽取50户农户, 样本共计52个行政村和2600户农户。在此基础上, 选取2019年种植水稻的农户作为研究对象, 并对空缺值、极端值等进行处理, 最终研究样本为868户。其中, 投入产出数据均是基于农户经营的最大地块。

2.2 计量模型

2.2.1 损害控制模型

与资本、劳动力、土地等生产要素对作物产量的影响机制不同, 农药施用对潜在产出没有直接影响, 而是通过控制病虫害达到减少产量损失的目的^[25]。由于使用对称性的传统生产函数通常会高估农药施用的边际生产率, 应当采用不对称处理, 在传统生产函数设定中考虑农药投入的损害消减作用^[26-27]。因此, 本研究首先构建引入损害控制的生产函数 $y = F[z, G(x)]$, 其中 $G(\cdot)$ 表示损害控制函数, 反映农药施用实现的损害消减效果, 并采用最常见的非对称处理形式 $y = F(z)G(x)$ 。在上述情况下, 损害控制函数 $G(\cdot)$ 的值限定在区间 $[0, 1]$ 内, 满足此条件的分布形式较多, 如指数分布、威布尔分布、逻辑分布等。出于计算简便、易于理解、对数据拟合度较好等原因, 指数分布最受青睐^[26, 28]。但是, 容易被忽视的问题是, 由于损害控制函数的估计参数被事先限定为非负, 可能导致模型其他参数的估计受到不可估测的影响, 并且该模型还隐含假设农药施用的边际生产率必须为正值, 这与实际情况不太相符, 因为过量施用农药可能会损害作物正常生长^[29]。Saha等^[30]对损害控制函数形式曾给出了一个简单的线性处理方式, 放弃对损害控制函数中估计参数的取值限制, 但由此带来另一个问题, 即损害控制函数的取值很可能超出上限1, 导致

参数估计缺乏明确的经济学解释,故该模型在提出之后并未受到重视。为了规避估计参数的符号预设问题,并将损害控制函数的取值限制在合理区间内,同时考虑允许农药施用的正负边际产出,参考Guan等^[29]的思路,将损害控制函数设定为 $G(x) = \exp[-(\lambda_0 + \lambda_1 x)^2]$ 。

在传统的投入产出关系分析中,C-D生产函数是最常见的形式,本研究结合C-D生产函数与上述损害控制函数构建模型,并且由于农药品种繁多,同种农药浓度剂型各不相同,获取并合计各类农药剂量存在难度,因此以产值和投入成本作为变量^[28,31],将模型完整表达式设定如下:

$$\ln y_i = \beta_0 + \sum \beta_n \ln z_{n,i} - (\lambda_0 + \lambda_1 x_i)^2 + \beta_{A_1} A_{1,i} + \beta_{A_2} A_{2,i} + \mu_i \quad (5)$$

式中:下标*i*表示第*i*个农户;*y*为水稻产值,其值等于水稻单产乘以水稻出售单价,由于农户自填的水稻出售单价存在空缺值和极端值,故使用水稻出售单价的中位数替代(2.3元/kg);*x*为农药投入;*z_n*为其他要素投入,包括种子投入、灌溉投入、家庭劳动力投入、雇佣劳动力投入、机械投入和化肥投入;控制变量*A₁*表示最大地块特征变量,参考已有研究^[1,17],包括地块面积、地形、灌溉能力、肥力等;控制变量*A₂*表示农户特征变量,参考已有研究^[11,31],包括户主性别、年龄、受教育年限、农业培训、非农就业、组织参与以及与农药施用相关的技术获取等; β, λ 为待估参数; μ 为随机误差项。由于模型中产出*y*和农药投入*x*均为货币表示,*y*对*x*求偏导可得到农药施用的边际产值MVP,表示农药支出每增加1元带来的水稻产值增加量。MVP=1表示农户处于经济最优农药施用状态,MVP>1表示农户农药施用不足,MVP<1表示农户农药施用过量,偏离1的距离越远,意味着农药过量施用程度越严重。

2.2.2 工具变量模型:控制函数法

为进一步考察农业保险是否会缓解农药过量施用,构建如下计量模型:

$$E_i^* = \delta_0 + \delta_1 I_i + \delta_{A_1} A_{1,i} + \delta_{A_2} A_{2,i} + \zeta_i \quad (6)$$

$$E_i = \begin{cases} E_i^*, E_i^* > 0 \\ 0, E_i^* \leq 0 \end{cases} \quad (7)$$

式中:被解释变量*E*表示农药过量施用程度,若施用未过量(农药施用的边际产值MVP≥1),赋值为0,若施用过量(MVP<1),赋值为1-MVP,值越大,

意味着过量程度越大;*E^{*}*表示被解释变量的潜变量;核心解释变量*I*表示是否参与农业保险;控制变量最大地块特征*A₁*和农户特征*A₂*的设置与式(5)保持一致; δ 为待估参数; ζ 为随机误差项。鉴于*E*取值具有归并特征,宜采用Tobit模型。

此外,有研究^[22]认为农药的施用将改变作物预期产量,从而可能影响保险购买决策,使得模型估计存在内生性。本研究认为这种反向因果关系的可能性相对较小,就决策时间而言,一般保险购买决策在前,农药施用决策在后。农户投保水稻保险后,其合同的保险责任期间自保险水稻直播齐苗或移栽成活后起,至成熟收割时止;水稻施药时间一般为直播后20~25天或移栽后15~20天、水稻分蘖末期、水稻破口期以及水稻穗期。但是,考虑到除草剂有可能在保险责任起始之前已经施用,加之可能存在遗漏变量问题带来的内生性,借鉴已有研究^[17-18,32],选取村级层面农业保险参与度(该村除样本自身外参保农户与全体农户之比)作为内生解释变量*I*的工具变量。通常情况下,受到同伴效应的影响,村级层面参保比例可能影响某个农户的保险参与决策,工具变量满足相关性约束;且理论上该工具变量不能通过内生解释变量以外的途径影响农户农药施用行为,工具变量满足排他性约束。

因此,采用控制函数法(CF)对模型进行估计^[33]。鉴于核心解释变量*I*是二值变量,先对内生变量方程进行Probit估计,构建如下计量模型:

$$I_i = \varphi_0 + \varphi_1 I_i^* + \varphi_{z_1} A_{1,i} + \varphi_{z_2} A_{2,i} + \xi_i \quad (8)$$

式中:*I^{*}*为作为工具变量的村级层面农业保险参与度;控制变量最大地块特征*A₁*和农户特征*A₂*的设置与式(5)保持一致; φ 为待估参数; ξ 为随机误差项。进一步,基于式(8)得到农户参与农业保险的概率预测值,并将该概率预测值代替式(6)中的*I*进行估计,以实现模型内生变量问题的控制。

2.3 统计描述

对模型中所使用的主要变量进行统计描述结果(表1)显示,样本农户有93%的户主为男性,年龄均值约为61岁,平均受教育程度约为7年,35%接受过农业技术教育或培训,平均非农工作天数约为66天。样本农户中,5%表示未加入农民专业合作社等组织,23%表示获得过病虫害防治技术推广服务。另外,49%的样本农户参与了农业保险。被调查的

最大地块的平均规模为0.69 hm²,其中92%都是平地,绝大多数都方便灌溉,地块肥力较好的占46.3%。有15%的农户表示被调查地块遭受了干旱、洪涝等气象灾害,有11%的农户表示遭受了病虫害。从水稻投入产出情况看,农药投入为1 553.09元/hm²,机械作业投入和化肥投入分别达到2 760.27和2 915.60元/hm²,水稻产量和产值分别为8 542.39 kg/hm²和1 9647.49元/hm²。

表1 模型变量的定义与统计描述
Table 1 Variable definition and descriptive statistics of model

变量 Variable	变量定义 Variable definition	均值 Mean	标准差 Standard deviation
产出变量 Output variable			
水稻产量 Rice yield	单位面积产量, kg/hm ²	8 542.39	1 343.60
水稻产值 Rice output value	单位面积产值, 元/hm ²	19 647.49	3 090.29
投入变量 Input variable			
种子投入 Seed input	种子用量, kg/hm ²	93.93	87.43
灌溉投入 Irrigation input	灌溉费用, 元/hm ²	819.47	719.14
家庭劳动力投入 Household labor input	家庭用工, 天/hm ²	213.35	313.57
雇佣劳动力投入 Employed labor input	雇工费用, 元/hm ²	686.00	1535.90
机械投入 Machinery input	机械作业费用, 元/hm ²	2 760.27	1 734.79
化肥投入 Fertilizer input	化肥费用, 元/hm ²	2 915.60	993.55
农药投入 Pesticide input	农药费用, 元/hm ²	1 553.09	799.56
最大地块特征变量 Characteristics of the largest plot			
地块面积 Plot area	hm ²	0.69	2.78
地形 Terrain	是否平地:是=1;否=0	0.92	0.27
灌溉能力 Convenient irrigation	是否方便灌溉:是=1;否=0	0.97	0.17
肥力 Soil fertility	差=1;中=2;好=3	2.38	0.64
农户特征变量 Characteristics of farmers			
性别 Gender	男=1;女=0	0.93	0.26
年龄 Age	岁	61.08	9.65
受教育程度 Education level	年	7.03	3.49
农业培训 Agricultural training	是否受过农业技术教育或培训: 是=1;否=0	0.35	0.48
非农就业 Non-farm employment	非农工作天数, 天	65.88	110.65
组织参与 Organization participation	是否加入合作社等组织:是=1;否=0	0.05	0.22
技术获取 Technology acquisition	是否获得病虫害防治技术:是=1;否=0	0.23	0.42
保险参与 Insurance participation	是否参与农业保险:是=1;否=0	0.49	0.50
灾害变量 Disaster variable			
气象灾害 Meteorologic disasters	是否遭受气象灾害:是=1;否=0	0.15	0.36
病虫害 Pest	是否遭受病虫害:1=是;0=否	0.11	0.31
地区变量 Regional variable	苏南=1;苏中=2;苏北=3	2.29	0.78

3 实证分析结果

3.1 农药边际生产率估计

分别采用最小二乘法(OLS)和非线性最小二乘法(NLS)对传统生产函数和损害控制生产函数模型

进行参数估计,估计结果见表2。从投入变量的系数符号看,除种子投入、家庭劳动力投入外,其他均为正值,与生产理论的预期一致。种子和家庭劳动力投入的系数为负值,意味着2类要素存在过量投入现象,这在以往研究^[28,34]中有类似发现。在传统生产函

数和损害控制生产函数模型中,农药投入的系数均通过了显著性检验,表明农药投入对水稻产值存在显著影响。根据损害控制生产函数模型估计所得参数 λ_0 和 λ_1 以及水稻产值和农药投入的值,进一步计算损害控制生产函数的农药边际生产率,得到其均值为 0.371,且约有 97% 的农户农药边际生产率小于 1,这与以往研究^[6,35]结果接近,表明农药施用总体呈现过量现象。需要指出的是,与传统生产函数模型估计结果比较发现,若将农药投入同其他生产要素做一样的对称性处理,得到农药边际生产率的均值为 0.273,导致农药边际生产率低估,这与以往研究^[26-27]所持观点相反。这是因为,本研究对损害控制函数的形式设定有别于上述研究中通常使用的指数分布形式,不仅未对模型估计参数给出非负限定,而且允许农药边际生产率为负的情况存在,从而最大限度降低了模型参数估计偏误。

表 2 传统生产函数和损害控制生产函数模型的参数估计结果

Table 2 Estimation results of traditional production function and damage control production function

变量 Variable	传统生产函数		损害控制生产函数	
	Traditional production function		Damage control production function	
	系数 Coefficient	稳健标准误 Robust standard error	系数 Coefficient	稳健标准误 Robust standard error
种子投入对数 Logarithm of seed input	−0.001	0.005	−0.002	0.005
灌溉投入对数 Logarithm of irrigation input	0.001	0.003	0.001	0.003
家庭劳动力投入对数 Logarithm of household labor input	−0.011**	0.005	−0.011**	0.005
雇佣劳动力投入对数 Logarithm of employed labor input	0.003*	0.002	0.003*	0.002
机械投入对数 Logarithm of machinery input	0.005	0.004	0.005	0.004
化肥投入对数 Logarithm of fertilizer input	0.037**	0.017	0.035**	0.017
农药投入对数 Logarithm of pesticide input	0.012*	0.007	—	—
地块面积 Plot area	0.001	0.001	0.001	0.001
地形 Terrain	0.028	0.019	0.028	0.019
灌溉能力 Convenient irrigation	0.018	0.036	0.015	0.037
肥力:中 Soil fertility: medium	0.078***	0.024	0.075***	0.024
肥力:好 Soil fertility: high	0.119***	0.024	0.118***	0.024
性别 Gender	0.017	0.023	0.015	0.023
年龄 Age	0.000	0.001	0.000	0.001
受教育程度 Education level	0.005***	0.002	0.005***	0.002
农业培训 Agricultural training	0.007	0.014	0.005	0.014
非农就业 Non-farm employment	0.000*	0.000	0.000*	0.000
组织参与 Organization participation	−0.016	0.029	−0.013	0.029
技术获取 Technology acquisition	0.005	0.016	0.006	0.016
常数项 Constant	9.290***	0.169	9.417***	0.172
λ_0	—	—	−0.258***	−0.058
λ_1	—	—	0.002***	0.000
地区变量 Regional variable	是 Yes		是 Yes	
F 检验值 F test value	4.01***		—	
R^2	0.103		0.107	

注:*,**和***分别表示在 10%、5% 和 1% 水平上显著,表 3 和表 4 同。

Note: *,** and *** indicate the significance level of 10%, 5%, and 1%, respectively. Table 3,4 is the same as Table 2.

3.2 参与农业保险对农户农药过量施用程度的影响

采用控制函数法对式(6)进行估计结果见表3,可以看出核心解释变量的估计结果非常稳健。以模型3为例进行分析,农户参与农业保险对其农药过量施用程度的影响系数为正,且在1%的水平上通过显著性检验,意味着农户参与农业保险未能降低农药过量施用程度,反而加剧农药过量施用,这与Li等^[24]、He等^[25]的分析结论一致。农业保险对农作物在生长过程中因遭受自然灾害、病虫害等而导致的减产或绝收,按照合同要求对农户进行赔付,具体降低经营风险的功能。根据风险平衡理论,农户在经营过程中某个方面的风险下降会使其

在其他方面愿意承受更大的风险^[36]。参与农业保险后,农户在农药施用中可能更愿意冒险。结合前文理论分析,若农药施用具有风险降低特征,则表现为减少农药投入;若农药施用具有风险增加特征,则表现为增加农药投入。因此,农业保险之所以加剧农户农药过量施用,其原因主要在于农药施用的风险特征。此外,控制变量的估计结果显示,组织参与对农户农药过量施用程度的影响系数为负,且在5%的水平上通过显著性检验,意味着相较于未参与任何组织的农户,参与合作社等组织的农户农药过量施用程度较低,这可能是因为组织身份的群体规范作用对农药过量施用行为具有抑制作用^[37]。

表3 参与农业保险对农户农药过量施用程度影响的回归结果
Table 3 Regression results of the impact of agricultural insurance on pesticide overuse

变量 Variable	模型1 Model 1		模型2 Model 2		模型3 Model 3	
	系数	稳健标准误	系数	稳健标准误	系数	稳健标准误
	Coefficient	Robust standard error	Coefficient	Robust standard error	Coefficient	Robust standard error
保险参与 insurance participation	0.191***	0.063	0.183***	0.064	0.207***	0.068
地块面积 Plot area	—	—	0.000	0.000	0.000*	0.000
地形 Terrain	—	—	0.086*	0.046	0.080*	0.046
灌溉能力 Convenient irrigation	—	—	−0.032	0.092	−0.031	0.087
肥力:中 Soil fertility: medium	—	—	−0.034	0.051	−0.028	0.049
肥力:好 Soil fertility: high	—	—	−0.037	0.052	−0.037	0.049
性别 Gender	—	—	—	—	−0.135**	0.065
年龄 Age	—	—	—	—	−0.000	0.002
受教育程度 Education level	—	—	—	—	0.003	0.004
农业培训 Agricultural training	—	—	—	—	−0.045	0.032
非农就业 Non-farm employment	—	—	—	—	0.000	0.000
组织参与 Organization participation	—	—	—	—	−0.140**	0.069
技术获取 Technology acquisition	—	—	—	—	−0.052	0.035
常数项 Constant	0.592***	0.033	0.584***	0.114	0.726***	0.168
地区变量 Regional variable	是 Yes		是 Yes		是 Yes	
Wald χ^2 检验值 Wald χ^2 test value	10.610**		17.460**		33.880***	

注:模型1~3分别为基准模型,基准模型加入最大地块特征,以及基准模型同时加入最大地块特征和农户特征。
Note: Models 1~3 represent the benchmark model, the benchmark model with characteristics of the largest plot, and the benchmark model with characteristics of the largest plot and characteristics of farmers, respectively.

3.3 农药施用的风险特征及风险来源检验

为检验农药施用的风险特征,使用基于矩的方法(Moment-based approach)^[38]构建方差模型:

$$V_i = \eta_0 + \eta_n A_{n,i} + \sigma_i p_i + \tau_i \tag{9}$$

式中:被解释变量 V 为单位面积水稻产量的方差,

使用估计生产函数所得的残差平方项衡量;核心解释变量为农药投入 x ;控制变量 A_n 包括最大地块特征 A_1 , 农户特征 A_2 和其他要素投入 A_3 (具体变量见表1); η 和 σ 为待估参数; τ 为随机误差项。

方差模型估计结果(表4)显示,当使用传统生

表4 农药施用的风险特征方差模型和风险来源产量模型的回归结果

Table 4 Regression results of variance model of risk characteristics and yield model of risk sources of pesticide application

变量 Variable	方差模型 Variance model		产量模型 Yield model
	传统生产函数 Traditional production function	损害控制生产函数 Damage control production function	
农药投入 Pesticide input	0.273*** (0.074)	0.067 (0.079)	0.479*** (0.173)
农药投入平方项 Quadratic term of pesticide input	—	—	−0.000** (0.000)
气象灾害 Meteorologic disasters	—	—	−90.146 (273.567)
气象灾害与农药投入的交互项 Interactive term of meteorologic disasters and pesticide input	—	—	−0.275* (0.161)
病虫害 Pest	—	—	−311.215 (333.828)
病虫害与农药投入的交互项 Interactive term of pest and pesticide input	—	—	−0.029 (0.184)
常数项 Constant	−6.807*** (1.712)	−4.324** (1.829)	6300.036*** (599.126)
控制变量 A ₁ Characteristics of the largest plot	是 Yes	是 Yes	是 Yes
控制变量 A ₂ Characteristics of farmers	是 Yes	是 Yes	是 Yes
控制变量 A ₃ Other inputs	是 Yes	是 Yes	是 Yes
控制变量 A ₄ Quadratic term of other inputs	否 No	否 No	是 Yes
地区变量 Regional variable	是 Yes	是 Yes	是 Yes
F 检验值 F test value	2.750***	1.660**	4.440***
R ²	0.064	0.040	0.145

注：方差模型中的投入变量为对数形式；括号中为标准误。

Note: The input variables in the variance model are in the log form. Standard errors are in parentheses.

产函数的残差平方项作为被解释变量时,农药投入对水稻产量方差的影响系数为正,且在5%的水平通过显著性检验,意味着农药施用增加了水稻产量变化和农业生产风险,说明在样本地区,农药施用表现出风险增加特征,这与预期一致。

针对农药施用风险特征的形成机理,由于在损害控制生产函数的基础上加入自然灾害与农药投入的交互项后,NLS估计无法收敛,参照Salazar等^[24]的做法,构建水稻产量模型,并设定二次函数形式,模型设定如下:

$$y_i = \alpha_0 + \alpha_n A_{n,i} + \phi_1 x_i + \phi_2 x_i^2 + \gamma_1 D_{1,i} + \gamma_2 D_{1,i} * x_i + \gamma_3 D_{2,i} + \gamma_4 D_{2,i} * x_i + \nu_i \quad (10)$$

式中:被解释变量 y 为水稻产量;核心解释变量包括农药投入 x 、是否发生严重气象灾害 D_1 、是否发生严重病虫害 D_2 ;控制变量 A_n 包括最大地块特征 A_1 ,农户特征 A_2 ,其他要素投入 A_3 和其他要素投入的二次

项 A_4 (具体变量见表1); α, ϕ 和 γ 为待估参数; ν 为随机误差项。

产量模型估计结果(表4)显示,气象灾害 D_1 和农药投入 x 的交互项系数为负,且在10%的水平通过显著性检验,病虫害 D_2 和农药投入 x 的交互项系数不显著,这一结果表明受糟糕的气候灾害影响,农药施用的边际生产率会有所下降,并且发生严重病虫害抑或未发生严重病虫害,农药施用的边际生产率不存在显著差异。Salazar等^[24]在其研究中有类似发现,该文对越南稻农农药施用与生产风险之间的关系做了实证考察,发现农药过量施用使得农户生产风险加剧,农药施用具有风险增强特征,且其风险主要源自气象灾害。对农药施用风险特征与风险来源的分析结果进一步支撑了前文研究结论,即由于农药施用具有风险增强特征,使得农业保险对农药施用的影响不降反增。农药施用之所

以展现出风险增强特征,Horowitz等^[39]给出了合理解释,认为主要是源于较坏的气候条件。这是因为,好的气候条件有利于作物生长,在好的气候条件下会有更多作物需要保护,使得农药施用的边际生产率较高;但是,如果发生较为严重的气象灾害,作物生长遭受损失,此时增施农药的边际生产率下降,使得农药施用具有风险增强特征。

此外,农药施用之所以未能表现出风险降低特征,可能的原因包括:1)农作物病虫害监测预警体系的建立使农户能够及时掌握与病虫害发生规律及预防有关的信息,从而使病虫害的严重危害得到有效控制。自2002年起,我国开始逐步建立农作物病虫害监测预警平台,持续健全农作物病虫害监测预警体系,明确各级地方政府依法管理和严格履行相应的农作物病虫害监测预警职责。2)不少农户基于作物损失风险规避考虑,不论病虫害是否严重,在施用农药过程中均采取严重病虫害下的用药剂量。以往研究^[28,40]发现,农户中有相当高的比例会选择高于推荐剂量施用农药,且对推荐剂量是否合理不清楚。长此以往,形成的不合理施药习惯成为了推动农药减量的重要障碍^[41]。

4 结论与启示

在满足对病虫害防治的前提下尽可能实现农药减量已成为社会共识。一种普遍观点认为,农业保险因与农药投入兼具化解农业生产风险的功能,有望成为推动农药减量的重要政策工具。然而,该观点成立的前提是增加农药投入有助于降低农业生产风险。事实上,已有的绝大多数研究都隐含假设农业产出为既定不变,对于农药投入的风险效应判断,主要是从能否减少农业产出损失的角度进行阐释,其缺点是忽略了潜在的农业产出受气候因素的影响。若考虑潜在的农业产出可变,则农药施用是否具有风险降低特征存在不确定性。从理论模型的推导结论看,农业保险能否降低农药施用与农药施用的风险特征有很大关系。

为实证检验农业保险对农户农药过量施用的影响,本研究使用江苏省水稻种植农户调查数据,构建改进的损害控制生产函数对农户农药过量施用程度进行度量,使用工具变量模型考察参与农业保险对农户农药过量施用程度的影响,并进一步对农药施用的风险特征与风险来源进行检验。研究

结果表明:1)在样本地区,绝大多数农户都存在农药过量施用的问题,甚至有少数农户的农药边际生产率出现了负值,意味着这部分农户的农药过量施用程度已经对作物生长产生了负面影响;2)农业保险对样本地区农户农药过量施用程度具有显著正向影响,参与农业保险未能产生农药减量效应,反而在一定程度上加剧农药过量施用程度,与农业绿色发展存在冲突;3)农业保险对农药过量施用程度的增扩效应与农药施用的风险特征有关,样本地区农户的农药施用具有风险增加特征,而这一特征主要源自生产过程中遭遇的较坏的气候条件。

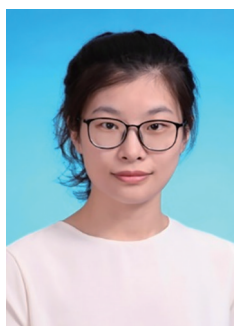
基于以上分析结论,本研究认为应当对农业保险有助于促进农药减量的观点持谨慎态度,建议对这一结论的成立前提开展扎实严谨的实证调查研究。目前国内外研究并未对这一问题形成一致观点,不论是针对美国等发达国家还是针对菲律宾等发展中国家的实证研究,都有不少得到了与本研究相同的分析结论。此外,在农业保险发展过程需要重点做好2方面工作:1)将农业保险补贴额度与农业生产技术选择相对接,积极引导、鼓励农户采用农药减量生产技术,推动中国农业保险向环境友好型的绿色保险转变;2)切实做好重大病虫害监测预警,精准诊断病虫害,做到对症高效用药,同时继续加强高标准农田建设,提高应对各种不利气候条件的“韧性”,从根本上改变农药施用风险特征的决定与约束条件。

参考文献 References

- [1] 张驰,吕开宇,程晓宇. 农业保险会影响农户农药施用吗?来自4省粮农的生产证据[J]. 中国农业大学学报, 2019, 24(6): 184-194
Zhang C, Lv K Y, Cheng X Y. Does agricultural insurance affect farmers' application of pesticides? Empirical evidence from grain farmers in 4 provinces[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2019, 24(6): 184-194 (in Chinese)
- [2] 刘万才,刘振东,黄冲,陆明红,刘杰,杨清坡. 近10年农作物主要病虫害发生危害情况的统计和分析[J]. 植物保护, 2016, 42(5): 1-9, 46
Liu W C, Liu Z D, Huang C, Lu M H, Liu J, Yang Q P. Statistics and analysis of crop yield losses caused by main diseases and insect pests in recent 10 years[J]. *Plant Protection*, 2016, 42(5): 1-9, 46 (in Chinese)
- [3] 姜健,周静,孙若愚. 菜农过量施用农药行为分析:以辽宁省蔬菜种植户为例[J]. 农业技术经济, 2017(11): 16-25
Jiang J, Zhou J, Sun R Y. Study on excessive application of pesticide in vegetable: Base on damage control model[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2017(11): 16-25 (in Chinese)
- [4] Gao J, Gai Q, Liu B, Shi Q. Farm size and pesticide use: Evidence from agricultural production in China [J]. *China Agricultural Economic Review*, 2021, 13(4): 912-929

- [5] Wu Y Y, Xi X C, Tang X, Luo D M, Gu B J, Lam S K, Vitousek P M, Chen D L. Policy distortions, farm size, and the overuse of agricultural chemicals in China[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2018, 115(27): 7010-7015
- [6] Sun S Y, Zhang C, Hu R F. Determinants and overuse of pesticides in grain production: A comparison of rice, maize and wheat in China[J]. *China Agricultural Economic Review*, 2020, 12(2): 367-379
- [7] Pan D, Zhang N, Kong F B. Does it matter who gives information? The impact of information sources on farmers' pesticide use in China[J]. *Journal of Asian Economics*, 2021, 76: 101345
- [8] 黄季琨, 齐亮, 陈瑞剑. 技术信息知识、风险偏好与农民施用农药[J]. 管理世界, 2008(5): 71-76
Huang J K, Qi L, Chen R J. Technical information knowledge, risk preference and farmers' application of pesticides [J]. *Management World*, 2008(5): 71-76 (in Chinese)
- [9] 王绪龙, 周静. 信息能力、认知与菜农使用农药行为转变: 基于山东省菜农数据的实证检验[J]. 农业技术经济, 2016(5): 22-31
Wang X L, Zhou J. Ability of information, cognition and the behavior transformation of farmers using pesticides: Base on the empirical data of farmers in Shandong province[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2016(5): 22-31 (in Chinese)
- [10] Liu E M, Huang J K. Risk preferences and pesticide use by cotton farmers in China[J]. *Journal of Development Economics*, 2013, 103: 202-215
- [11] Gong Y Z, Baylis K, Kozak R, Bull G. Farmers' risk preferences and pesticide use decisions: Evidence from field experiments in China[J]. *Agricultural Economics*, 2016, 47(4): 411-421
- [12] 陈菊慧, 白军飞, 马英辉, 周蒙. 友好型标签能促进农药减量吗? 来自随机干预实验的证据[J]. 中国农村经济, 2022(9): 124-144
Chen J H, Bai J F, Ma Y H, Zhou M. Can friendly labels reduce pesticides use? Empirical evidence from a randomized controlled trial [J]. *Chinese Rural Economy*, 2022(9): 124-144 (in Chinese)
- [13] 李忠鞠, 张超, 孙生阳, 胡瑞法. 双重身份下农药店主的农药销售与施用行为[J]. 中国软科学, 2023(2): 95-103
Li Z J, Zhang C, Sun S Y, Hu R F. Pesticide sales and application behavior of pesticide shopkeepers under dual identities [J]. *China Soft Science*, 2023(2): 95-103 (in Chinese)
- [14] 郑纪刚, 张日新. 外包服务有助于减少农药过量施用吗: 基于经营规模调节作用的分析[J]. 农业技术经济, 2022(2): 16-27
Zheng J G, Zhang R X. Can outsourcing reduce pesticide overuse? Analysis based on the moderating effect of farmland scale[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2022(2): 16-27 (in Chinese)
- [15] 李昊, 李世平, 南灵. 农药施用技术培训减少农药过量施用了吗?[J]. 中国农村经济, 2017(10): 80-96
Li H, Li S P, Nan L. Can technical training reduce pesticide overuse?[J]. *Chinese Rural Economy*, 2017(10): 80-96 (in Chinese)
- [16] 赵阳. 发挥再保险作用服务乡村全面振兴[N]. 人民日报, 2022-2-10(7)
Zhao Y. Give full play to the role of reinsurance to serve the comprehensive rural revitalization[N]. *People's Daily*, 2022-2-10(7) (in Chinese)
- [17] Feng S Z, Han Y J, Qiu H G. Does crop insurance reduce pesticide usage? Evidence from China[J]. *China Economic Review*, 2021, 69: 101679
- [18] Li H J, Yuan K H, Cao A D, Zhao X M, Guo L L. The role of crop insurance in reducing pesticide use: Evidence from rice farmers in China[J]. *Journal of Environmental Management*, 2022, 306: 114456
- [19] Mao H, Chen S J, Ying R Y, Fu Y. How crop insurance influences agrochemical input use: Evidence from cotton farmers in China [J]. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 2023, 67(2): 224-244
- [20] Li T, Chen L H, Li X X, Li S, Chen H B, Ji L. The impact of cost-of-production insurance on input expense of fruit growing in ecologically vulnerable areas: Evidence from Shaanxi province of China [J]. *Sustainability*, 2021, 13(21): 12083
- [21] He J, Zheng X Y, Rejesus R, Yorobe J Jr. Input use under cost-of-production crop insurance: Theory and evidence [J]. *Agricultural Economics*, 2020, 51(3): 343-357
- [22] Horowitz J K, Lichtenberg E. Insurance, moral hazard, and chemical use in agriculture [J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 1993, 75(4): 926-935
- [23] Möhring N, Dalhaus T, Enjolras G, Finger R. Crop insurance and pesticide use in European agriculture [J]. *Agricultural Systems*, 2020, 184: 102902
- [24] Salazar C, Rand J. Pesticide use, production risk and shocks. The case of rice producers in Vietnam [J]. *Journal of Environmental Management*, 2020, 253: 109705
- [25] Lichtenberg E, Zilberman D. The econometrics of damage control: Why specification matters[J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 1986, 68(2): 261-273
- [26] Babcock B A, Lichtenberg E, Zilberman D. Impact of damage control and quality of output: Estimating pest control effectiveness[J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 1992, 74(1): 163-172
- [27] Chambers R G, Karagiannis G, Tzouvelekas V. Another look at pesticide productivity and pest damage [J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 2010, 92(5): 1401-1419
- [28] 朱淀, 孔震, 顾建平. 农户过量施用农药的非理性均衡: 来自中国苏南地区农户的证据[J]. 中国农村经济, 2014(8): 17-29, 41
Zhu D, Kong X, Gu J P. The irrational equilibrium of farmer's households' overusing pesticides: Evidence from farmer's households in the southern region of Jiangsu province, China [J]. *Chinese Rural Economy*, 2014(8): 17-29, 41 (in Chinese)
- [29] Guan Z F, Lansink A O, Wossink A, Huirne R. Damage control inputs: A comparison of conventional and organic farming systems[J]. *European Review of Agricultural Economics*, 2005, 32(2): 167-189
- [30] Saha A, Shumway C R, Havenner A. The economics and econometrics of damage control [J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 1997, 79(3): 773-785
- [31] 王建华, 马玉婷, 王晓莉. 农产品安全生产: 农户农药施用知识与技能培训[J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(4): 54-63
Wang J H, Ma Y T, Wang X L. Agricultural production safety: Farmers' pesticide application knowledge and technical training [J]. *China Population, Resources and Environment*, 2014, 24(4): 54-63 (in Chinese)
- [32] Lyu K Y, Barré T J. Risk aversion in crop insurance program purchase decisions: Evidence from maize production areas in China [J]. *China Agricultural Economic Review*, 2017, 9(1): 62-80
- [33] Wooldridge J M. Control function methods in applied econometrics [J]. *Journal of Human Resources*, 2015, 50(2): 420-445
- [34] Mey Y D, Demont M, Diagne M. Estimating bird damage to rice in Africa: Evidence from the Senegal River valley [J]. *Journal of Agricultural Economics*, 2012, 63(1): 175-200
- [35] Yang M S, Zhao X, Meng T. What are the driving factors of pesticide overuse in vegetable production? Evidence from Chinese farmers [J].

- China Agricultural Economic Review*, 2019, 11(4): 672-687
- [36] Ifft J E, Kuethe T, Morehart M. Does federal crop insurance lead to higher farm debt use? Evidence from the Agricultural Resource Management Survey (ARMS)[J]. *Agricultural Finance Review*, 2015, 75(3): 349-367
- [37] 李昊, 李世平, 南灵, 赵连杰. 农户农药施用行为及其影响因素: 来自鲁、晋、陕、甘四省693份经济作物种植户的经验证据[J]. *干旱区资源与环境*, 2018, 32(2): 161-168
- Li H, Li S P, Nan L, Zhao L J. Behavior of economic crop growers' pesticide application and the influencing factors[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2018, 32(2): 161-168(in Chinese)
- [38] Antle J M. Testing the stochastic structure of production: A flexible moment-based approach[J]. *Journal of Business & Economic Statistics*, 1983, 1(3): 192-201
- [39] Horowitz J K, Lichtenberg E. Risk-reducing and risk-increasing effects of pesticides[J]. *Journal of Agricultural Economics*, 1994, 45(1): 82-89
- [40] 田云, 张俊彪, 何可, 丰军辉. 农户农业低碳生产行为及其影响因素分析: 以化肥施用和农药使用为例[J]. *中国农村观察*, 2015(4): 61-70
- Tian Y, Zhang J B, He K, Feng J H. Farmers' behavior of low-carbon agricultural production and influencing factors: Based on the survey data in Hubei province[J]. *China Rural Survey*, 2015(4): 61-70 (in Chinese)
- [41] Huang Y Z, Luo X F, Tang L, Yu W Z. The power of habit: Does production experience lead to pesticide overuse? [J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2020, 27(20): 25287-25296
- 责任编辑: 刘迎春



第一作者简介: 张燕媛, 管理学博士, 南京林业大学经济管理学院副教授, 硕士生导师, 主要从事农业经济理论与政策研究。主持国家自然科学基金青年基金和教育部人文社会科学研究项目青年基金各1项。在 *China Agricultural Economic Review*、*Journal of Integrative Agriculture*、《中国农村经济》《华中农业大学学报(社会科学版)》等期刊发表多篇学术论文。



通讯作者简介: 蔡荣, 管理学博士, 南京财经大学粮食和物资学院教授, 硕士生导师, 主要研究领域为农业经济、农村发展、粮食安全等。主持和主要参与国家级、省部级课题10余项, 在《中国农村经济》《农业经济问题》《经济评论》等期刊发表多篇学术论文。