

DOI: 10.13733/j.jcam.issn.2095-5553.2025.03.013

崔椿浩, 李韬, 李婷, 等. TPB 与 NAM 框架下农户农药减量行为的决策因素研究——来自中西部 5 省区 870 份经济作物种植户的经验证据[J]. 中国农机化学报, 2025, 46(3): 79–86, 92

Cui Chunhao, Li Tao, Li Ting, et al. Study on decision factors of pesticide reduction behavior of farmers under the framework of TPB and NAM: Empirical evidence from 870 cash crop farmers in 5 provinces of central and western China [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2025, 46(3): 79–86, 92

TPB 与 NAM 框架下农户农药减量行为的决策因素研究^{*}

——来自中西部 5 省区 870 份经济作物种植户的经验证据

崔椿浩, 李韬, 李婷, 姬明月

(西北农林科技大学经济管理学院, 陕西杨凌, 712100)

摘要:农户是施用农药的主要行为人,探究其在农业生产中减少农药施用量的影响因素对我国农业发展作用重大。依据计划行为理论(TPB)和规范激活理论(NAM)相关内容,构建理性和感性双重因素影响下农户采纳农药减量行为的结构方程模型,对中西部 5 省区 870 份经济作物种植户的调研数据进行实证研究,分析农户采取农药减量行为的关键影响因素。研究发现:对农户农药减量有显著影响且影响由强到弱的理性行为依次是主观规范、态度和知觉行为控制,标准化系数依次为 0.166、0.157 和 0.125。在感性行为因素中,个人规范对农户农药减量有显著正向影响,标准化系数为 0.218。理性行为中的主观规范和态度可以正向影响个人规范,标准化系数依次为 0.141 和 0.121,最终促进农户农药减量意愿。主观规范和个人规范在理论假设模型中是较为重要的因素,提升这两个因素可以对其他因素产生积极影响,最终有利于农户农药减量意愿。

关键词:农户;农药减量;计划行为理论;规范激活理论;结构方程模型

中图分类号:S435; F301 **文献标识码:**A **文章编号:**2095-5553 (2025) 03-0079-09

Study on decision factors of pesticide reduction behavior of farmers under the framework of TPB and NAM: Empirical evidence from 870 cash crop farmers in 5 provinces of central and western China

Cui Chunhao, Li Tao, Li Ting, Ji Mingyue

(College of Economics and Management, Northwest A & F University, Yangling, 712100, China)

Abstract: The farmer household is the main agent of pesticide application, it is of great importance for our country agriculture development to explore the influence factor of reducing the pesticide application amount in the agricultural production. According to the theory of planned behavior (TPB) and the theory of normative activation (NAM), a structural equation model of farmers' pesticide reduction behavior under the influence of rational and perceptual factors was constructed, an empirical study was carried out on 870 Cash crop farmers' survey data from five provinces in central and western China to analyze the key influencing factors of farmers' pesticide reduction. The results showed that the rational behaviors with significant impact on pesticide reduction were subjective norm, attitude and perceived behavior control, and the standardization coefficients were 0.166, 0.157 and 0.125, respectively. Among the perceptual behavior factors, personal norms had a significant positive effect on pesticide reduction, and the standardized coefficient was 0.218. Subjective norms and attitudes in rational behavior can positively influence individual norms, the standardization coefficient is 0.141 and 0.121, and finally promote farmers' willingness to reduce pesticide. Subjective norm and individual norm are important factors in the theoretical hypothesis model. Promoting these two

收稿日期:2023 年 7 月 30 日 修回日期:2023 年 9 月 14 日

^{*} 基金项目:国家自然科学基金面上项目(72273106,71773090);陕西省社会科学基金项目(2022R039);陕西省农业协同创新与推广联盟 2022 年软科学项目(LMR202208)

第一作者:崔椿浩,男,1998 年生,山东莱州人,硕士研究生;研究方向为农业经济与农村金融。E-mail: cchlmm2023@163.com

通讯作者:李韬,男,1978 年生,湖南娄底人,博士,教授;研究方向为农业经济与农村金融。E-mail: jgxyjgxy@yeah.net

factors can have a positive impact on other factors, and ultimately benefit farmers' willingness to reduce pesticide.

Keywords: farmers; pesticide reduction; theory of planned behavior; normative activation theory; structural equation model

0 引言

农药是现代农业生产不可或缺的生产资料,对防治农作物病虫害、保障农作物产量有着重大影响。然而,目前中国的农药施用量远远超出经济意义上的最优用量,对我国农业可持续性发展造成了严重危害^[1]。2022 年 11 月 18 日,农业农村部对农药施用问题印发《到 2025 年化学农药减量化行动方案》,要求扎实推进化学农药减量化工作。我国中西部地区的生态环境较为脆弱,探究如何促进该地区农户农药减量行为,对于实现我国农业绿色高质高效发展,保护中西部地区生态环境具有重要意义。

现阶段关于农户施用农药减量行为的研究,大多集中在 3 个方面:(1)基于政府层面,从乡村制度和种植监管等角度研究对农药施用的影响。研究表明,政策性农业保险^[2]、政府的监管和补贴^[3]、规模经营制度^[4]、参与合作社组织^[5]和农药信息是否对称^[6]等都会影响农药减量化水平;(2)基于社会层面,探讨在不同的社会市场环境等因素下对农药施用的影响。这方面的研究表明,社会网络^[7]、市场激励与约束^[8]、邻里效应^[9]、外包服务^[10]、耕地细碎化程度^[11]和病虫害防治^[12]都会影响农药施用水平;(3)基于农户层面,从农户家庭自身特点角度进行分析影响农户农药施用的重要因素。这方面的研究显示,农户种植规模^[10]、兼业化水平^[13]、种植技术^[14]、风险感知^[15]、环境认知^[16]和效益感知^[17]等都会影响农药施用水平。

已有文献为本文研究提供了良好基础和重要启示,但也存在着不足。一是已有关于农药施用的文献大多聚焦于外部现实因素的考察,对影响农户理性行为的内在心理活动研究较为薄弱;二是虽然已有文献表明个人规范等感性行为会影响农户的行为意愿^[18],但对农户理性行为是否会促进其感性行为变化的研究稍显不足。鉴于此,本文尝试以计划行为理论(TPB)和规范激活理论(NAM)为依据,通过构建农户农药减量结构方程模型,运用中西部 5 省区 870 份经济作物种植农户的调研数据,实证分析农户采取农药减量行为的关键影响因素。

1 研究设计与研究方法

1.1 理论框架与研究假说

1.1.1 计划行为理论(TPB)框架

经济学的基本假设是“经济人假说”。农户对于农

药的施用选择是在谋求最优利益的情况下,根据自身家庭特征和客观的自然社会经济环境,做出的生产投资和技术采纳行为。计划行为理论(TPB)则认为,行为意向(BI)体现了个体对待某一特殊活动的采行意图,受到态度(ATT)、主观规范(SN)和知觉行为控制(PBC)等因素影响^[19]。

其中,态度(ATT)是对于采取某种行为是否有利的认知或评价。在本文中,态度代表了农户对农药减量行为的概念化认知或评价,是通过日常生活中的知识学习和信息获取形成的。政府培训、社会宣传和个人学习使农户关注到农药过量施用的危害,掌握了绿色种植技术,对农药减量行为形成了概念化的态度认知,有助于农户安全施用农药和绿色生产^[20]。赵晓颖等^[21]研究表明,态度正向影响新型农业经营主体的绿色生产决策。由此提出假说 H1:农户的态度(ATT)对农药减量意愿(BI)产生显著的正向影响。

主观规范(SN)是个人在对其实施某种特殊活动时感觉到的社会压力。在生产和销售过程中,政府、市场和合作社组织通过政策规定、技术检测和责任追溯等手段对农产品进行安全监管^[22],其中,政府监管居于核心地位,对实现农药减量发挥了关键作用。对于农户,政府的监管以及对错误行为的惩罚措施是其最直观的社会压力来源,在政策和法规的要求下,农户出于减少成本的需要,主动规范自身生产行为,促进了主观规范(SN)的形成,进而影响农户规范生产行为。张瑞增等^[18]研究表明,主观规范激发了农户绿色优质农产品生产意愿。由此提出假说 H2:农户的主观规范(SN)对农药减量意愿(BI)产生显著的正向影响。

知觉行为控制(PBC)是基于以往经验做出行为时的判断认知,与该行为所面临的机遇成正比,与所面临的阻碍成反比。经消费者行为研究表明,随着经济不断发展以及生活不断富裕,农产品消费会由关注数量转为关注质量,广大消费者也由此更加关注食品安全与饮食健康,并愿意为食品安全支付额外费用^[23]。需求和收入的双重增长满足了经济利益最大化的机遇需要,农户知觉行为控制得到提高,促使其绿色生产,石志恒等^[24]研究表明,知觉行为控制正向影响农户绿色生产意愿^[25]。由此提出假说 H3:农户的知觉行为控制(PBC)对农药减量意愿(BI)产生显著的正向影响。

1.1.2 规范激活理论(NAM)框架

规范激活理论(NAM)是指依据个人规范(PN)或

者社会义务可能去做出利他行为的模式^[26]。研究表明,理性行为往往指导着人们的经济活动^[27],但规范激活理论中的个人规范(PN)却会在个人道德等观念的作用下将外部不成文的规范内化,从而做出利他的非理性行为,这与理性的“经济人假说”相悖。石志恒等^[24]对于甘肃省农户的微观数据研究表明,经济理性不仅直接作用于农户的绿色生产意愿,还通过情感态度对绿色生产意愿产生了影响。赵秋倩等^[28]研究也指出,道德责任感在社会规范影响农户农药减量化施用过程中发挥正向中介作用,农户的社会规范表现在日常行为活动需考虑道德谴责与舆论压力,并对违反公共利益与公共约定的行为进行惩戒监督,其作用与理性因素中主观规范(SN)和知觉行为控制(PBC)等具有相似之处。据此分析,感性因素可能正向影响农户绿色生产意愿,理性因素则可能正向影响感性因素,最终影响农户绿色生产意愿。

如果农户意识到过量施用农药危害的不仅是食品安全,还可能严重危害农业可持续发展,这在一定程度会决定农户生产行为^[29]。根据上文计划行为理论框架分析,通过政府培训、社会宣传和个人学习,农户对农药过量施用行为评价后产生态度(ATT),在评价过程中,农户提升了对过度使用农药、不恰当处理农业生产垃圾等意识及破坏环境行为的认知,塑造了环保价值观,有助于个人规范(PN)的形成^[30];政府在种植和农药施用过程中往往采取描述性和命令性的方式进行监管,这增加了农户过量施药的经济成本和社会压力,在主观规范(SN)的作用下农户对施用农药的看法容易发生改变,潜移默化影响着日常生产决策,进而在生产过程中形成了个人规范(PN)^[31];种植经济作物是为了获得更多的经济利益,因此市场需求的变化常常引起农户生产观念发生改变,对绿色高质量农产品需求的增加为农户提供了致富的机遇,也减轻了农户对销售和收入是否增长的疑虑,农户知觉行为控制(PBC)得到增强,在利益刺激下可能会内化为农户个人规范(PN)^[32]。综上所述,提出假说:

H4:农户的个人规范(PN)对农药减量意愿(BI)产生显著的正向影响。

H5:农户的态度(ATT)对个人规范(PN)产生显著的正向影响。

H6:农户的主观规范(SN)对个人规范(PN)产生显著的正向影响。

H7:农户的知觉行为控制(PBC)对个人规范(PN)产生显著的正向影响。

1.1.3 TPB—NAM 综合框架

在以往文献的基础上^[18, 33],尝试构建 TPB—

NAM 综合框架,从态度变量、主观规范变量和知觉行为控制变量对农户个人规范和农药减量意愿的双重作用进行分析,旨在结合 TPB 和 NAM 变量,提高模型预测能力,探究影响农户农药减量意愿的作用路径,理论假设模型详见图 1。

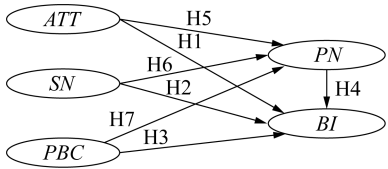


图 1 理论假设模型

Fig. 1 Theoretical hypothesis model

1.2 数据来源与研究设计

1) 数据来源。所调研的中西部 5 省份为宁夏回族自治区、内蒙古自治区、陕西省、山西省、河南省,于 2020 年 8—9 月开展经济作物农户调研走访。调研采用分层抽样调查的方法,首先,在样本的每个省(区)采用随机抽样方法抽取两个样本县;然后,在每个样本县随机抽取 3 个样本乡(镇);其次,在每个样本乡(镇)随机抽取 3 个样本村;最后,从每个样本村中随机选取 8~15 个农户作为问卷调查对象。通过调查员入户面对面访谈,剔除数据残缺、不完整及不合理的问卷,获得有效问卷 870 份,详见表 1 和表 2,样本有效率达 98.76%。构建结构方程模型样本量满足可测变量的 5 倍以上,符合结构方程需用大样本分析的数量要求。

表 1 调研省份及有效问卷数量

Tab. 1 Survey provinces and the number of valid questionnaires

区域 省份	西部地区		中部地区		合计	
	宁夏回族自治区	陕西省	内蒙古自治区	山西省	河南省	5 省 (自治区)
农户/户	182	168	177	162	181	870

2) 潜变量测量。结合郭清卉等^[7, 32]研究进行量表设计^[34],选取态度变量、主观规范变量、知觉行为控制变量和个人规范变量作为影响农户农药减量意愿的主要因素,详见表 3。其中,将农户自身对农药危害的认知和与各部门的交流学习作为态度的可测变量;由于政府监管居于监管体系的核心地位,将政府对种植和农药施用的监督作为主观规范的可测变量;被研究群体是经济作物种植户,其生产经营往往围绕市场的需求开展,将绿色农业发展是否能引领致富、是否符合当前市场经济的要求等变量作为知觉行为控制的变量;将农户是否对农业垃圾、农药、套袋和地膜等环保处理的认知作为个人规范的可测变量;将农户是否会减少农药投入和力度作为农药减量意愿的可测变量。

表 2 样本基本情况
Tab. 2 Basic condition of the sample

指标	分类	人数	占比/%	指标	分类	人数	占比/%
户主性别	男	824	94.71	一年内务农 时间/月	≤3	196	22.53
	女	46	5.29		3~6	176	20.23
年龄/岁	≤40	97	11.15		6~9	189	21.72
	40~50	178	20.46	家庭劳动力/人	>9	309	35.52
	50~60	251	28.85		≤2	449	51.61
	60~70	243	27.93		3	183	21.03
	>70	101	11.61		≥4	238	27.36
受教育程度	未受过教育	55	6.32	种植面积/hm ²	≤0.5	296	34.03
	受过小学教育	268	30.80		0.5~1.5	340	39.08
	受过初中教育	406	46.67		>1.5	234	26.89
	受过高中及以上教育	141	16.21	是否减少农药 投入	是	359	41.26
务农年限/年	≤10	138	15.86	减少农药投入的 力度	否	511	58.74
	10~20	144	16.55		很小	252	28.97
	20~30	196	22.53		比较小	259	29.77
	>30	392	45.06		一般	112	12.87
					比较大	132	15.17
					很大	115	13.22

表 3 变量定义及赋值
Tab. 3 Variable definition and assignment

潜变量	可测变量	赋值	均值
态度 <i>ATT</i>	是否认为过度施用农药有害 <i>ATT1</i>	是=1, 否=0	0.49
	是否主动获取技术推广部门关于农药使用的信息 <i>ATT2</i>	1=很少, 2=较少, 3=一般, 4=比较多, 5=很多	2.46
	是否主动与农技部门交流 <i>ATT3</i>	1=很少, 2=较少, 3=一般, 4=比较多, 5=很多	2.63
主观规范 <i>SN</i>	当地是否监督种植 <i>SN1</i>	是=1, 否=0	0.51
	对农药施用是否监督 <i>SN2</i>	是=1, 否=0	0.74
知觉行为控制 <i>PBC</i>	绿色农业发展是否能引领致富 <i>PBC1</i>	是=1, 否=0	0.14
	绿色农业发展是否符合当前市场经济的要求 <i>PBC2</i>	是=1, 否=0	0.12
	绿色农业发展符合本地资源和区位优势的程度 <i>PBC3</i>	1=很不符合, 2=比较不符合, 3=一般, 4=比较符合, 5=很符合	1.82
	周边人对绿色农业发展的看好程度 <i>PBC4</i>	1=很不好, 2=比较不好, 3=一般, 4=比较好, 5=很好	1.87
个人规范 <i>PN</i>	是否有对农业生产垃圾环保处理的认知 <i>PN1</i>	是=1, 否=0	0.55
	是否有对农药环保处理的认知 <i>PN2</i>	是=1, 否=0	0.56
	是否有对套袋环保处理的认知 <i>PN3</i>	是=1, 否=0	0.36
	是否有对地膜环保处理的认知 <i>PN4</i>	是=1, 否=0	0.55
农药减量意愿 <i>BI</i>	是否减少农药投入 <i>BI1</i>	是=1, 否=0	0.41
	减少农药投入的力度 <i>BI2</i>	1=很小, 2=较小, 3=一般, 4=比较大, 5=很大	2.54

2 结果与分析

2.1 描述性统计分析

从收集数据所知,样本户主主要为男性,年龄普遍偏大,50 岁以上的受访者占样本总数的 68.39%,83.79%的受访者未受过高中及以上教育,受教育程度偏低。务农年限超过 30 年和每年务农月数在 6 个月

以上的受访者分别占样本总数的 45.06%和 57.24%。受访者家庭劳动力数量主要为 2 人及以下的占样本总数的 51.61%,种植规模以中小规模为主,面积少于 1.5 hm² 的受访者占样本总数的 73.11%。

根据调研情况可知,愿意进行农药减量的受访者占样本总数的 41.26%,农药减量力度很小和比较小的农户占样本总数的 58.74%,这说明在中西部 5 省

份的农业种植中,不愿进行农药减量的现象仍较普遍,可以看出采取有效措施干预农户施用农药过量行为刻不容缓。

2.2 信度与效度检验

信度能够反映数据的可靠性以及一致性,代表数据的稳定性和集中程度,效度能够反映数据的准确性,代表其测量真实情况的能力。因此,对量表数据利用 SPSS17.0 和 AMOS22.0 软件代入理论假设模型中进行测试,得到各项指标如表 4 所示。

表 4 中,各可测变量因子标准负荷均大于 0.7,符合要求。各潜变量 *Cronbach's Alpha* 值大于 0.7,组成信度 *CR* 值大于 0.8,收敛效度 *AVE* 值大于 0.5,均符合要求。进一步针对量表中的潜变量和可测变量进行分析,如表 5 所示。5 个潜变量对 15 种可测变量的分析能力为 77.419%,表明将 15 种可测变量被试分为 5 个潜变量是合理的,对所反映的问题存在较高的结构效度。

表 4 信度和效度检验
Tab. 4 Reliability and validity test

潜变量	可测变量	标准负荷	<i>Cronbach's Alpha</i>	<i>CR</i>	<i>AVE</i>
态度 <i>ATT</i>	<i>ATT1</i>	0.755	0.799	0.897 5	0.746 3
	<i>ATT2</i>	0.910			
	<i>ATT3</i>	0.917			
主观规范 <i>SN</i>	<i>SN1</i>	0.888	0.749	0.875 7	0.778 8
	<i>SN2</i>	0.877			
知觉行为控制 <i>PBC</i>	<i>PBC1</i>	0.949	0.823	0.955 8	0.844 1
	<i>PBC2</i>	0.961			
	<i>PBC3</i>	0.882			
	<i>PBC4</i>	0.880			
个人规范 <i>PN</i>	<i>PN1</i>	0.777	0.774	0.850 7	0.588 1
	<i>PN2</i>	0.814			
	<i>PN3</i>	0.714			
	<i>PN4</i>	0.759			
农药减量行为 <i>BI</i>	<i>BI1</i>	0.940	0.718	0.942 4	0.891 2
	<i>BI2</i>	0.948			

表 5 总方差分解表
Tab. 5 Total variance breakdown table

成分	初始特征值			提取平方和载入			旋转平方和载入		
	合计	方差的/%	累积/%	合计	方差的/%	累积/%	合计	方差的/%	累积/%
1	3.526	23.51	23.51	3.526	23.51	23.51	3.397	22.648	22.648
2	2.929	19.529	43.039	2.929	19.529	43.039	2.412	16.078	38.726
3	2.139	14.257	57.296	2.139	14.257	57.296	2.281	15.208	53.934
4	1.632	10.882	68.179	1.632	10.882	68.179	1.898	12.656	66.591
5	1.386	9.241	77.419	1.386	9.241	77.419	1.624	10.829	77.419
6	0.804	5.358	82.777						
7	0.55	3.665	86.442						
8	0.502	3.349	89.791						
9	0.384	2.563	92.355						
10	0.349	2.326	94.681						
11	0.294	1.962	96.643						
12	0.174	1.158	97.801						
13	0.157	1.043	98.845						
14	0.103	0.685	99.53						
15	0.07	0.47	100						

2.3 模型适配度检验和修正

2.3.1 模型适配度检验

为了保证理论假设模型的科学合理性,对数据和假设模型的拟合程度进行检验,运用 AMOS22.0 软件将量表数据代入后进行数据拟合,检验后发现拟合结果较差,详见表 6。具体反映为:(1)卡方自由度比表示模型间拟合度的比较,其数值一般为 2~5,数值越小模型拟合度越高,修正前卡方自由度比为 6.830,表明拟合度较差。(2)渐进残差平方和的平方根是评价模型拟合的指数,越接近 0 表示拟合越好,修正前拟合

结果为 0.082,大于 0.05,表明模型拟合一般。综上所述,需要对模型进一步修正。

2.3.2 模型修正

为了对拟合的理论假设模型进行准确的评价并选择最优模型,对理论假设模型采取 MI 指数修正等方法,对变量间的路径关系进行调试,增加了两条可测变量路径,使得到的新模型通过拟合指标检验,修正后的模型拟合指标(表 7)比修正前拟合指标(表 6)均有进一步提高,修正后的模型标准化路径系数如图 2 所示。

表 6 拟合指标检验(修正前)
Tab. 6 Pre-correction fitting index test

指标类型	检验统计量	标准划定	实际值	拟合结果
绝对拟合	卡方自由度比(χ^2/df)	<3	6.830	较差
	拟合度指数 GFI	>0.9	0.917	良好
优度指标	渐近残差平方和的平方根 $RMSEA$	<0.05	0.082	较差
	残差平方和的平方根 RMR	<0.05	0.022	良好
增值拟合	比较拟合指数 CFI	>0.9	0.940	良好
优度指标	规模拟合指数 NFI	>0.9	0.930	良好
	Tucker—Lewis 指数 TLI	>0.9	0.924	良好
	递增拟合指数 IFI	>0.9	0.940	良好

表 7 拟合指标检验(修正后)
Tab. 7 Modified fitting index test

指标类型	检验统计量	标准划定	实际值	拟合结果
绝对拟合	卡方自由度比(χ^2/df)	<3	2.948	良好
	拟合度指数 GFI	>0.9	0.965	良好
优度指标	渐近残差平方和的平方根 $RMSEA$	<0.05	0.047	良好
	残差平方和的平方根 RMR	<0.05	0.022	良好
增值拟合	比较拟合指数 CFI	>0.9	0.980	良好
优度指标	规模拟合指数 NFI	>0.9	0.971	良好
	Tucker—Lewis 指数 TLI	>0.9	0.975	良好
	递增拟合指数 IFI	>0.9	0.980	良好

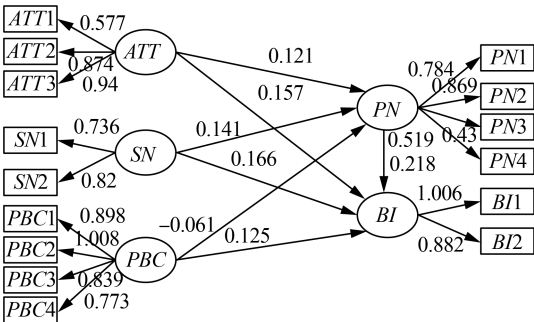


图 2 理论假设模型标准化路径系数图(修正后)
Fig. 2 Standardized path coefficient diagram of modified theoretical hypothesis model

对增加路径进行分析,详见表 8。修正模型所增加路径均在 1%水平下显著,且协方差的标准路径系数为正值。根据实际情况,地膜与套袋同属于塑料制品,是否有对地膜环保处理的认知与是否有对套袋环保处理的认知有相关关系显然成立。此外,绿色农业发展是否能引领致富,以及左邻右舍、亲朋好友对绿色农业发展的看好程度同属于人们的期望值,二者之间

也有一定的相关关系。

表 8 增加路径分析
Tab. 8 Add path analysis

增加路径	Estimate	S.E.	C.R.	P
$PN4 \longleftrightarrow PN3$	0.069	0.007	9.506	***
$PBC4 \longleftrightarrow PBC1$	0.053	0.005	11.720	***

注:***表示在 1%水平上通过显著性检验。下同。

2.4 估计结果分析

由表 9 可知,在 TPB—NAM 整体模型的假设检验结果中,除假说 H7 外,其他检验结果均符合原有假设。理性行为中的变量态度(ATT)、主观规范(SN)和知觉行为控制(PBC)均对农药减量意愿(BI)产生显著的正向影响,假说 H1、假说 H2 和假说 H3 得到验证,标准化路径系数依次为 0.157、0.166、0.125。感性行为中个人规范(PN)也显著正向影响农药减量意愿(BI),H4 得到验证,标准化路径系数为 0.218。其中,态度(ATT)、主观规范(SN)对个人规范(PN)有显著正向影响,假说 H6 和假说 H7 得到验证,标准化路径系数为 0.121 和 0.141,知觉行为控制(PBC)对个人规范(PN)影响不显著,假说 H7 不成立。

表 9 模型估计结果
Tab. 9 Model estimation result

	未标准化系数	S.E.标准误	标准化系数	P 值显著性	假说验证
$BI \longleftarrow ATT$	0.268	0.059	0.157	***	H1 成立
$BI \longleftarrow SN$	0.228	0.057	0.166	***	H2 成立
$BI \longleftarrow PBC$	0.189	0.048	0.125	***	H3 成立
$PN \longleftarrow ATT$	0.277	0.046	0.218	***	H4 成立
$PN \longleftarrow SN$	0.164	0.052	0.121	***	H5 成立
$PN \longleftarrow PBC$	0.152	0.049	0.141	***	H6 成立
$PN \longleftarrow PBC$	-0.073	0.043	-0.061	—	H7 不成立

2.5 因果关系检验

Dematel 因果关系检验法是根据对体系中各个因素进行的逻辑联系和直观作用矩阵,判断要素内部的相互关系以及在各个因素体系中的地位。剔除不显著的变量路径,剩余变量的因果关系检验见表 10。

表 10 Dematel 因果关系检验结果
Tab. 10 Dematel causality test results

综合影响矩阵	影响度 D 值	被影响度 C 值	中心度 D+C 值	原因度 D-C 值(R)
ATT	1.185	0.000	1.185	1.185
SN	1.326	0.000	1.326	1.326
PBC	0.407	0.000	0.407	0.407
PN	0.710	0.853	1.564	-0.143
BI	0.000	2.775	2.775	-2.775

其中个人规范(PN)和农药减量意愿(BI)是负值,表明为受影响因素。态度(ATT)、主观规范(SN)和知觉行为控制(PBC)为正值,表明是影响因素。影响因素中,中心度较高的是主观规范(SN)和个人规范(PN),说明在模型中这两个影响因素较为重要。

3 讨论

1) 在以往构建TPB—NAM综合框架的文献研究中,大多是基于理性行为和感性行为两个独立的维度,而忽视了二者之间的作用关系。在现实过程中,农户的理性因素也可能在一定程度上对感性因素产生影响,进而影响个体行为。在已有研究的基础上加入理性行为对感性行为的影响路径,能够优化TPB—NAM综合框架,探究理性行为与感性行为对农药减量意愿的影响并揭示理性行为对感性行为作用的效应机理,对鼓励农户采取农药减量行为具有现实意义和价值。

2) 通过对中西部5省份经济作物种植户的调查数据分析,发现农户态度、主观规范、知觉行为控制和个人规范等理性行为和感性行为均正向影响农药减量意愿,这与石志恒等^[24]研究结果一致。在所研究群体中,农户的态度和主观规范均对个人规范形成起到促进作用,知觉行为控制对农户个人规范的影响却不显著。这可能的原因是:从可测变量均值可知,态度、主观规范和个人规范相对较强,知觉行为控制相对较弱,代表农户采纳农药减量行为的能力较弱。这可能的原因是:中西部地区缺乏科学的运输方式和高效的售卖渠道,农户长久以来处于产业链低端,市场红利并未有效转化为经济效益,绿色农产品的增收能力受到限制,在一定程度上抑制了农户知觉行为能力的形成,使个人规范不易受知觉行为控制影响。

3) 运用结构方程模型对TPB—NAM综合框架进行验证时,可以结合Dematel因果关系检验法分析要素内部的相互关系以及在各个因素的框架中的重要程度^[34]。发现主观规范和个人规范这两个因素中心度较高,在理论假设模型中这两个影响因素较为重要。通过增强农户主观规范的方式,规范农户生产行为,进而促进农户个人规范的形成,将有利于提升农户农药减量意愿。

4 结论与建议

4.1 结论

在参考以往学者研究的基础上,运用计划行为理论和规范激活理论相关内容,基于中西部5省区870份经济作物种植户的调研数据,分析态度、主观规范、知觉行为控制等理性因素和个人规范等感性因素

对农户农药减量意愿的影响作用,并在此基础上进一步分析理性因素与感性因素的作用关系,研究所得结论与前提假说基本一致。

研究表明:(1)理性因素中,农户的主观规范、态度和知觉行为控制对农药减量意愿有正向影响作用,三者影响程度由强到弱,标准化系数依次为0.166、0.157和0.125。(2)感性因素中,农户个人规范对农药减量意愿有显著正向影响,标准化系数为0.218,个人规范则受到理性因素中主观规范和态度的正向影响,标准化系数依次为0.141和0.121。(3)采用优化后的TPB—NAM理论假说模型能够较好验证农户农药减量行为的决策因素,其中主观规范和个人规范是较为重要的因素,提升这两个因素可以对其他因素产生积极影响,最终促进农户农药减量意愿。

4.2 建议

1) 打造农产品种植监督服务体系,坚持“预防为主、综合防治”方针,结合不同地区种植条件,在减药保产的基础上制订颁布农药施用标准,建立合理合情的奖惩机制,加强农户对施用农药的规范感知,促进主观规范的形成;完善产前培训环节,强化科学安全用药指导,农技部门定期开展技术示范,运用电视、网络、新闻媒体等主流平台,推送相关理论知识,增强农户环保意识,加速态度转变;着力谋划“产前技术培训、产中监督管控、产后质量检测、运输高效快捷、销售货真价实”的一条龙的产业布局,降低农户采纳农药减量行为后的可能风险,使农户能够得到农药减量切实收益,有助于形成农户知觉行为控制。

2) 聘请农业生产指导员下乡知识普及,对科学选药、精准施药、安全用药进行指导,在乡村树立“农药施用示范户”典型,进行通报表彰和荣誉鼓励,增强农户的个人规范。在进行农药安全知识推广的同时,探索农药施用补贴机制,提高农户按照农药施用标准生产的积极性,从而促进态度和主观规范向农户个人规范的转变。

参 考 文 献

- [1] 王成利,刘同山. 农地退出意愿对化肥、农药使用强度的影响——基于鲁、苏、皖三省农户的实证分析[J]. 中国人口资源与环境, 2021, 31(3): 184—192.
- [2] 秦国庆,杜宝瑞,贾小虎,等. 政策性农业保险的化肥、农药、农膜减量效应分析[J]. 中国农业大学学报, 2023, 28(1): 237—251.
- Qin Guoqing, Du Baorui, Jia Xiaohu, et al. Analyze the reduction effect of policy-oriented agricultural insurance on chemical fertilizer, pesticide and agricultural plastic film [J]. Journal of China Agricultural University, 2023,

- 28(1): 237—251.
- [3] 崔亚飞, 周荣. 基于 Meta 的农户农药使用行为影响因素综合效应量评估[J]. 中国农业资源与区划, 2019, 40(8): 29—37.
- Cui Yafei, Zhou Rong. Evaluation of the overall effect of influencing factors of Chinese farmers' pesticide use behavior based on meta [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2019, 40(8): 29—37.
- [4] 吴诗嫒, 祝浩, 卢新海, 等. 不同模式土地整治、农地细碎化与农户生态生产行为——以农药、化肥施用为例[J]. 中国农业资源与区划, 2024, 45(1): 1—10.
- Wu Shiman, Zhu Hao, Lu Xinhai, et al. Different modes of land consolidation, farmland fragmentation and farmers' ecological production behavior: Taking the application of pesticides and fertilizers as examples [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2024, 45(1): 1—10.
- [5] 李成龙, 周宏. 组织嵌入与农户农药减量化——基于江苏省水稻种植户的分析[J]. 农业现代化研究, 2021, 42(4): 694—702.
- [6] 邵宜添. 信息对称促进农药减量化——理论模型、典型案例与监管策略选择[J]. 浙江农业学报, 2022, 34(6): 1326—1337.
- [7] 郭清卉, 李世平, 南灵. 社会学习、社会网络与农药减量化——来自农户微观数据的实证[J]. 干旱区资源与环境, 2020, 34(9): 39—45.
- [8] 黄炎忠, 罗小锋, 唐林, 等. 市场信任对农户生物农药施用行为的影响——基于制度环境的调节效应分析[J]. 长江流域资源与环境, 2020, 29(11): 2488—2497.
- [9] 唐林, 罗小锋. 邻里效应能否促使稻农施用生物农药?——基于鄂、赣、浙三省农户调查数据的考察[J]. 自然资源学报, 2022, 37(3): 718—733.
- [10] 蔡文聪, 霍学喜, 杨海钰. 扩大种植规模还是参与外包服务: 农药减量化的逻辑选择[J]. 干旱区资源与环境, 2023, 37(2): 50—58.
- [11] 李昊, 银敏华, 马彦麟, 等. 种植规模与细碎化对小农户耕地质量保护行为的影响——以蔬菜种植中农药、化肥施用为例[J]. 中国土地科学, 2022, 36(7): 74—84.
- Li Hao, Yin Minhua, Ma Yanlin, et al. Effects of planting scale and fragmentation on the behavior of smallholders' farmland quality protection: Taking the application of pesticide and fertilizer in vegetable cultivation as an example [J]. China Land Science, 2022, 36(7): 74—84.
- [12] 陈欢, 周宏. 加强农业面源污染防治与绿色兴农策略研究——病虫害统防统治实现农药减量的生态效应分析[J]. 价格理论与实践, 2022(9): 183—187, 208.
- [13] 吕新业, 李丹, 周宏. 农产品质量安全刍议: 农户兼业与农药施用行为——来自湘赣苏三省的经验证据[J]. 中国农业大学学报(社会科学版), 2018, 35(4): 69—78.
- [14] 石志恒, 符越. 技术扩散条件视角下农户绿色生产意愿与行为悖离研究——以无公害农药技术采纳为例[J]. 农林经济管理学报, 2022, 21(1): 29—39.
- [15] 齐琦, 周静, 王绪龙. 农户风险感知与施药行为的响应关系研究——基于辽宁省菜农数据的实证检验[J]. 农业技术经济, 2020(2): 72—82.
- [16] 张露. 小农分化、行为差异与农业减量化[J]. 农业经济问题, 2020(6): 131—142.
- [17] 杜森, 赵丽, 马群, 等. 效益认知、经营特征对农户绿色生产行为影响分析——基于山东省 432 家种植户的调查数据[J]. 农业展望, 2022, 18(6): 66—73.
- [18] 张瑞增, 唐若迪, 姚瑶, 等. TPB—NAM 框架下规模农户绿色优质农产品生产意愿研究——基于江苏省的调查数据[J]. 中国农业资源与区划, 2023, 44(4): 184—194.
- Zhang Ruizeng, Tang Ruodi, Yao Yao, et al. Study on the willingness of large-scale farmers to produce green and high-quality agricultural products under TPB—NAM framework: Based on survey data of Jiangsu Province [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2023, 44(4): 184—194.
- [19] Ajzen I. The theory of planned behavior [J]. Organizational Behavior and Human Decision Processes, 1991, 50(2): 179—211.
- [20] 黄炎忠, 罗小锋, 李容容, 等. 农户认知、外部环境 with 绿色农业生产意愿——基于湖北省 632 个农户调研数据[J]. 长江流域资源与环境, 2018, 27(3): 680—687.
- Huang Yanzhong, Luo Xiaofeng, Li Rongrong, et al. Farmer cognition, external environment and willingness of green agriculture production: Based on the survey data of 632 farmers in Hubei Province [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2018, 27(3): 680—687.
- [21] 赵晓颖, 郑军, 张明月, 等. 基于改进 TPB 框架的新型农业经营主体绿色生产决策机制研究[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2021, 29(9): 1636—1648.
- Zhao Xiaoying, Zheng Jun, Zhang Mingyue, et al. Mechanism of green production decision-making under the improved theory of planned behavior framework for new agrarian business entities [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2021, 29(9): 1636—1648.
- [22] 代云云, 徐翔. 农户蔬菜质量安全控制行为及其影响因素实证研究——基于农户对政府、市场及组织质量安全监管影响认知的视角[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2012, 12(3): 48—53, 59.
- [23] 王建华, 葛佳烨, 刘苗. 民众感知、政府行为及监管评价研究——基于食品安全满意度的视角[J]. 软科学, 2016, 30(1): 36—40, 65.
- [24] 石志恒, 崔民, 张衡. 基于扩展计划行为理论的农户绿色生产意愿研究[J]. 干旱区资源与环境, 2020, 34(3): 40—48.
- [25] 金岳. 农户亲环境行为及其影响因素研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2021.
- [26] Schwartz S H. Normative influences on altruism [M]. Advances in Experimental Social Psychology, 1977.

(下转第 92 页)

果表明,与传统 PID 控制和 WOA—PID 控制相比,IWOA—PID 控制系统的平均响应时间更快(2.98 s),平均稳态误差更小(11.3%),满足田间生产对高效、精准喷药的需求。

参 考 文 献

- [1] 王果, 张晓, 陈晓, 等. 农药精准施用技术与装备研究现状及展望[J]. 中国农机化学报, 2023, 44(6): 68—73.
Wang Guo, Zhang Xiao, Chen Xiao, et al. Current research status and prospects of precision pesticide application technology and device [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2023, 44(6): 68—73.
- [2] 郭娜, 胡静涛. 基于 Smith—模糊 PID 控制的变量喷药系统设计及试验[J]. 农业工程学报, 2014, 30(8): 56—64.
- [3] 周良富, 薛新宇, 周立新, 等. 果园变量喷雾技术研究现状与前景分析[J]. 农业工程学报, 2017, 33(23): 80—92.
Zhou Liangfu, Xue Xinyu, Zhou Lixin, et al. Research situation and progress analysis on orchard variable rate spraying technology [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2017, 33(23): 80—92.
- [4] 许景辉, 王雷, 谭小强, 等. 基于 SOA 优化 PID 控制参数的智能灌溉控制策略研究[J]. 农业机械学报, 2020, 51(4): 261—267.
- [5] El-Gendy E M, Saafan M M, Elksas M S, et al. Applying hybrid genetic—PSO technique for tuning an adaptive PID controller used in a chemical process [J]. Soft Computing, 2020, 24(5): 3455—3474.
- [6] Dey S, Dey J, Banerjee S. Optimization algorithm based PID controller design for a magnetic levitation system [C]. 2020 IEEE Calcutta Conference (CALCON). IEEE, 2020: 258—262.
- [7] 王福忠, 陶新坤, 田广强. 基于改进果蝇算法优化的微电网逆变器恒功率控制算法[J]. 电力系统保护与控制, 2021, 49(21): 71—79.
- [8] 赵泽能, 许敏界, 华珊, 等. 基于 WOA 优化模糊 PID 的设施智能水肥系统设计与实现[J]. 节水灌溉, 2023(9): 64—70.
- [9] 蒋凌云, 魏庆来, 张峰华, 等. 基于改进粒子群优化算法的 PID 控制器参数整定[J]. 控制工程, 2024, 31(3): 470—477.
- [10] 刘遥. 基于粒子群优化算法的精准施药过程自抗扰控制研究[D]. 重庆: 重庆科技大学, 2023.
- [11] Mirjalili S, Lewis A. The whale optimization algorithm [J]. Advances in Engineering Software, 2016, 95: 51—67.
- [12] 徐辰华, 李成县, 喻昕, 等. 基于 Cat 混沌与高斯变异的改进灰狼优化算法[J]. 计算机工程与应用, 2017, 53(4): 1—9, 50.
- [13] 曾祥秋, 叶瑞松. 基于改进 Logistic 映射的混沌图像加密算法[J]. 计算机工程, 2021, 47(11): 158—165, 174.
Zeng Xiangqiu, Ye Ruisong. Chaotic image encryption algorithm based on improved Logistic map [J]. Computer Engineering, 2021, 47(11): 158—165, 174.
- (上接第 86 页)
- [27] 郭清卉. 基于社会规范和个人规范的农户亲环境行为研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2020.
- [28] 赵秋倩, 夏显力. 社会规范何以影响农户农药减量化施用——基于道德责任感中介效应与社会经济地位差异的调节效应分析[J]. 农业技术经济, 2020(10): 61—73.
Zhao Qiuqian, Xia Xianli. How does social norms affect the reduction of pesticide application by farmers? Analysis of the regulating effect of the difference between the mediating effect of moral responsibility and social economic status [J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2020(10): 61—73.
- [29] 李昊, 曹辰, 李林哲. 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[J]. 干旱区资源与环境, 2022, 36(9): 18—25.
- [30] 郭清卉, 李昊, 李世平, 等. 个人规范对农户亲环境行为的影响分析——基于拓展的规范激活理论框架[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(5): 1176—1184.
- [31] 郭清卉, 李世平, 李昊. 社会规范、个人规范与农户有机肥施用行为研究——基于有机肥认知的调节效应[J]. 干旱区资源与环境, 2020, 34(1): 19—26.
Guo Qinghui, Li Shiping, Li Hao. Social norms, personal norms and farmers' organic fertilizer application behavior: Based on the moderating effect of organic fertilizer cognition [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2020, 34(1): 19—26.
- [32] 郭清卉, 李昊. 蔬菜种植户个人规范的影响因素研究——以绿色农药施用为例[J]. 绿色科技, 2022, 24(9): 234—238.
- [33] 贾丽, 乔光华. 高校学生减少食物浪费行为的决策因素研究——基于计划行为理论和规范激活理论的综合框架[J]. 干旱区资源与环境, 2022, 36(7): 38—46.
Jia Li, Qiao Guanghua. Determinants of university student's food waste prevention behavior: An analysis based on the theory of planned behavior and norm activation model [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2022, 36(7): 38—46.
- [34] 项朝阳, 纪楠楠. 社会资本对农户化肥农药减量技术采纳意愿的影响——基于学习能力的中介和生态认知的调节[J]. 中国农业大学学报, 2021, 26(2): 150—163.
Xiang Chaoyang, Ji Nannan. Impacts of social capital on farmers' willingness to adopt for chemical fertilizer and pesticide reduction technology: Based on the mediating effect of learning ability and the moderating effect of ecological cognition [J]. Journal of China Agricultural University, 2021, 26(2): 150—163.