

区域异质性视角下农户农药施用行为研究

——基于非线性面板数据的实证分析

侯建昀,刘军弟,霍学喜

(西北农林科技大学 西部农村发展研究中心,陕西 杨凌 712100)



摘要 构建农户农药施用行为的选择模型,运用环渤海湾与黄土高原两大苹果优势产区 635 个样本农户的面板数据,从高毒农药施用和农药投入 2 个维度刻画农户农药施用行为的规律及其决定因素。研究表明:农户农药施用行为区域差异显著,环渤海湾地区的高毒农药施用概率与农药投入水平均高于黄土高原地区;高毒农药施用与农药投入的农户决策机理及其决定因素具有差异;其中,高毒农药对绿色农药的低成本经济替代是导致农户施用高毒农药的主要原因。提出政策建议:政府应进一步加强食品安全规制,引导农户规范施用农药,推进产业组织建设,促进绿色农药技术创新,完善市场机制建设,加强农户教育,重视技术推广与示范。

关键词 区域异质性;气候条件;农药施用行为;农产品安全;非线性面板数据;生态环境

中图分类号:F323.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-3456(2014)04-0001-09

当前,农药过量施用、特别是高毒农药^①施用造成的面源污染严重威胁生态安全与人类的可持续发展^[1]。而我国的情况尤为突出,我国农药施用量是标准施用量和国际平均施用量的数倍^[2]。更为严峻的是,被《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩联合国公约》^[3]认定的高毒农药中,我国农户施用比例高达 40%。在此背景下,从生态环境的可持续发展和食品质量安全角度来看,禁止高毒农药和控制农药过密施用已成为我国迫切须要解决的重大学术和政策命题。而解决这一问题的首要前提,就是系统地归纳梳理农户这一微观经营主体的农药施用行为特点和规律,进而为引导农户向环境友好型农业生产方式转变奠定基础。

农药施用行为是农户在利益机制的驱动下,根据自身禀赋,在自然、社会经济因素约束下所做的技术选择,自然因素与社会经济因素共同但以不同的方式影响农户的农药施用行为^[3]。我国幅员辽阔,区域要素赋予农户的绝对与相对水平上的环境差异极大,无疑会对农户的技术选择产生重要的影响^[4]。

本文拟通过构建农户农药施用行为的选择模

型,运用 2009—2011 年 7 省 124 个村 635 个样本农户的微观面板数据,从高毒农药施用行为和农药投入水平 2 个维度刻画农户农药施用行为的规律及其决定因素。在此基础上,提出削减农户过量施用农药与频繁施用高毒农药的政策建议。

一、文献综述

通过公共政策干预削减农药污染是发达国家的主要举措,政策效率与制度安排是关注的焦点,因而相关研究围绕量化评估诱导农户减少农药施用、消除或降低负外部性的各类政策机制的效率与效果而展开。来自美国堪萨斯州和亚拉巴马州的研究表明,对农药征收从价税可以大幅降低农药用量,但是农产品产出也会受到不同层次的影响^[5-6]。荷兰针对农户的经济激励政策模拟研究表明,补贴和税收政策并不能有效诱导农户用低毒农药替代高毒农药,而农药配额政策对削减高毒农药施用量具有显著作用^[7]。为积极应对人类新千年可持续发展面临的重大挑战,世界粮农组织批判性地系统总结了过去半个世纪所采用的集约化作物生产模式的利弊得

收稿日期:2014-03-04

基金项目:国家自然科学基金项目“农产品供应链质量规制研究”(71203181);国家现代农业产业技术建设项目“苹果产业经济研究”(CARS-28);教育部人文社会科学项目“‘农超对接’情景中农产品质量规制研究”(12YJC790117);中央高校基本业务费资助项目“‘农超对接’情景中农产品质量规制研究”(QN201165)。

第一作者:侯建昀(1989-),男,博士研究生;研究方向:农产品国际贸易。E-mail:2012060362@nwsuaf.edu.cn

通讯作者:刘军弟(1981-),男,副教授,博士;研究方向:食品安全。E-mail:liujundi@nwsuaf.edu.cn

失,提出了“作物生产可持续集约化”(sustainable crop production intensification, SCPI)的耕作模式,倡导采用生态系统方法为主的病虫害综合治理体系逐步替代农药密集投入为主的化学防治体系^[8]。

发展中国家的农药规制仍处于探索发展阶段,农药施用及其规范主要依靠农户的自发性行为,因而研究围绕农户认知、行为特征及其影响因素展开。有益的借鉴可以归纳为:第一,发展中国家普遍存在农药过量施用现象,农户缺乏对农药的专业认知与使用技能是导致农药施用不规范的重要影响因素^[9-10],正规教育、职业技术教育等人力资本投资,有助于规范农户的农药施用行为^[11-13];第二,农户对农药残留、环境污染及其相关法律法规的认知是影响其选购与施用农药的重要因素,但影响方向与作用机理尚未形成一致性结论^[14-15];第三,经济因素,尤其是产品预期收益和基于病虫害防控效果度量的农药投入成本是影响农户农药施用行为的关键因素^[16-17];第四,农户及其禀赋,如年龄、性别、家庭农业劳动力数量、生产规模、组织化程度等因素不同程度影响农户农药施用行为^[18]。

国内外相关研究表明:农药施用作为农业生产系统中的重要组成部分,受区域性自然因素与社会经济因素的共同影响,但作用机理不相同。因而,仍有 2 个问题值得探讨:(1)施用高毒农药与农药过量投入是当前农户不规范施用农药的 2 种主要行为,其决策机理及其决定因素是否存在差异;(2)在农业生产系统中,自然因素与社会经济因素各自以何种方式影响农户的农药施用行为以及是否存在区域差异。本文在以往研究的基础上,拟就这 2 个问题进行探讨。

二、理论框架与模型构建

1. 理论框架

农户农药施用行为是在一定社会经济和制度环境中,在既定资源和市场约束下,为了实现农户家庭利益最大化目标做出的要素配置和技术选择。在市场化和专业化持续深化的背景下,从事商品化农产品生产的农户更多地参与市场交换和劳动分工,其生产经营活动受到社会经济、资源以及环境因素的综合影响。

本文采用农业系统理论的思想将影响农户农药

施用行为的因素综合起来进行考察。归纳和抽象各种经验性的认知之后,可以发现,区域内农业经济因素、农业自然因素和农村社会因素共同影响农业生产系统的运行(见图 1)。

(1)农业经济因素。劳动力与土地要素条件及其比例关系是影响农户生产经营决策与技术选择的基本经济因素。一般而言,紧张的人地关系将导致农户追求农产品产量的增长而忽视产品质量安全^[19]。因而,农户在栽培制度选择、要素配置等生产决策时,容易呈现出诸如不规范施用农药等短期化行为倾向。本文选择家庭农业劳动力数量与经营规模度量劳动力与土地要素对农户农药施用决策的影响,且预期家庭农业劳动力数量对农户施用高毒农药与农药投入具有反向作用,而经营规模具有正向作用。

农业技术装备水平一般通过影响农户施用农药的成本与效率,进而影响农户农药的选择及施用行为。本文预期以农药施用设备和灌溉条件为代表的农业技术装备水平现代化程度越高,越有助于诱导农户规范施用农药。

在特定的生产技术与市场交易条件下,要素价格和产品价格共同决定农户的技术选择与生产决策。本文预期农产品价格上升,为了追逐更高利润,农户会增加农药要素投入,而农药价格下跌农户则会减少农药投入,寻求物理或生物防治等替代技术。替代技术用以表征在特定技术水平下,农户农药施用的机会成本。本文预期,物理或生物防治等替代技术有助于诱导农户规范施用农药^③。

(2)农业自然因素。气候条件的变化对农户农药施用行为的影响最为直接,其作用机理表现为 2 个方面:一是气候条件的变化将显著地影响农作物病害和虫害的地域分布及发生频率;二是气候条件影响药剂的理化性质,即不同气候条件下农药施用效果有所差别。无疑,这将直接影响农户对农药的选择及其施用数量和频率。农户出于利润最大化的考虑,势必针对性地调整农田管理技术与要素投入水平以适应气候因子的变化。其中,温度、降水、日照、无霜期是影响病虫害生理活动与药剂理化性质的主要因子。一般而言,气温升高、降水增加易于诱发病虫害,而霜降和日照可以抑制病虫害的发生。因而,本文预期气温、降水对农户规范施用农药具有负向影响,霜降和日照则有正向影响。

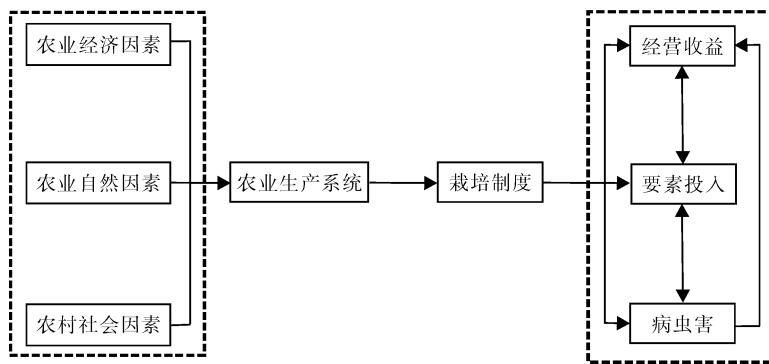


图1 农业生产系统的组成与运行机制

(3)农村社会因素。组织化和社会化程度影响农户对农药选择及施用技术的可行能力。例如,农民专业合作社作为农户的自组织机构,通常在产前为社员供给农资(如农药、化肥等)、产中技术指导、产后收购农产品和提供市场信息等服务。因而,合作社既能帮助社员降低农药施用成本,并能以低成本获取技术指导,同时也可以通过产后收购的协议规范成员农药施用行为。本文预期,组织化程度对农户规范施用农药具有正向影响。

农户年龄、受教育水平、种植经验等人口社会学及禀赋特征会对农户农业生产决策提供经验支持。首先,已有研究表明,年轻者较年老者有更强的安全农药施用意识与学习能力^[20]。本文预期,年龄对农户规范施用农药具有负向影响。其次,受教育程度作为表征人力资本的重要指标,可以度量农户对农业生产要素的认知水平及其对新技术的学习、应用能力。本文预期,受教育水平对农户规范施用农药具有正向影响。再次,从作物栽培学的角度来看,多年生经济作物对农户的农艺技术要求较高,技术培训与种植经验的积累有助于提高精细化管理技术在生产经营中的应用。本文预期,技术培训经历和种植经验对农户规范施用农药均具有正向影响。

技术认知是农户技术选择行为的基础。在有效市场中,农户对无公害生产和农药残留的认知水平越高,农户将倾向于减少禁用农药的施用;但如果市场失灵或存在信息不对称,农户会产生机会主义行为,不规范施用农药的概率会提高。本文预期,技术认知对农户规范施用农药具有正向影响。

2. 模型构建

为检验理论框架中农户农药施用行为决定因素的假设,进而探寻这些决定因素对农户农药施用行为影响的规律和方向,构建2个模型,分别从高毒农

药施用和农药投入水平2个角度对农户农药施用行为进行考察。

首先,由于不可观测效应Probit模型是估计含有面板数据二值结果的通用模型^[21],因此本文选择面板数据的Probit模型来考察农户的高毒农药施用行为。进一步地,由于随机参数模型易于通过标准的计量软件估计^[22],且容许多种误差结构^[23],因而被广泛地应用于离散选择模型的面板数据研究中。参照Butler和Moffit的研究^[24],随机效应Probit模型的具体形式设定如下:

$$\begin{aligned} h_i^* &= X_i' \beta + \alpha_i + \eta_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (t = 1, \dots, T) \\ h_i &= 1(h_i^* > 0) \end{aligned} \quad (1)$$

式(1)需要满足

$$\Pr[h_i = 1 | X_i, \beta, \alpha_i] = \Phi(X_i' \beta + \alpha_i) \quad (2)$$

式(1)和式(2)中, X_i' 表示一组自变量的向量, α_i 表示不可观测效应, β 表示待估参数, η_i 表示个体效应, $\Phi(\cdot)$ 表示标准正态累计分布函数。已知式(2),并假定具有条件独立性,那么,对第 i 个观测值 $h_i = (h_{i1}, \dots, h_{iT})$ 的联合密度是:

$$f(h_i | X_i, \alpha_i, \beta) = \prod_{t=1}^T \Phi(\alpha_i + X_i' \beta)^{y_{it}} (1 - \Phi(\alpha_i + X_i' \beta))^{1-y_{it}} \quad (3)$$

对于二值数据,其条件概率也是条件均值,因此:

$$E[h_i | \alpha_i, X_i] = \Phi(\alpha_i + X_i' \beta | \alpha_i, X_i) \quad (4)$$

随机效应极大似然估计量假定,个体效应服从正态分布, $\alpha_i \sim N[0, \sigma_a^2]$ 。 β 与 σ_a^2 的随机效应极大似然估计量是求对数似然函数 $\sum_{i=1}^N \ln f(h_i | X_i, \beta, \sigma_a^2)$ 的极大值,其中:

$$f(h_i | X_i, \beta, \sigma_a^2) = \int f(h_i | X_i, \alpha_i, \beta) \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_a^2}} \exp\left(-\frac{\alpha_i}{2\sigma_a^2}\right) d\alpha_i \quad (5)$$

式(5)中的积分不存在闭形式解,因而一种标准计算方法是运用数值求积法进行计算。

其次,为了验证农户农药投入水平及其影响因素,需要构建的第二个模型是线性的面板数据模型。由于在模型中引入了虚拟变量,因此将模型具体形式设定为随机效应模型:

$$y_{it} = X'_{it}\delta + \omega_i + \zeta_{it}, i = 1, 2, \dots, n, t = 1, \dots, T$$

(6)

式(6)中, y_{it} 表示第 i 个农户在 t 时期农药投入

水平(具体以“ 677 m^2 平均农药投入金额”表征), X_{it} 和 δ 都是 $k \times 1$ 的列向量,表示解释变量(变量及其赋值详见表 1)及其相应的系数, ζ_{it} 是随机误差项。从渐近形式上来看,随机效应模型的 MLE 和 GLS 估计量是等价的,但 GLS 对误差项的分布没有 MLE 严格,因而在随机效应模型回归中应用更广泛。本文将进行 GLS 估计。

表 1 变量定义及赋值

变量名称	变量内涵	变量赋值
农业经济因素		
家庭农业劳动力数量(X_{1t})	家庭农业从业人数	人数
经营规模(X_{2t})	挂果果园面积/ 666.7 m^2	面积
灌溉条件(X_{3t})	果园是否具有灌溉条件	是=1; 否=0
农药施用设备(X_{4t})	是否具有打药设备	是=1; 否=0
农药施用成本(X_{5t})	单位农药使用成本/元	农药使用成本
产品价格(X_{6t})	农产品销售单价/(元/kg)	销售价格
物理防治技术(X_{7t})	是否采用物理防治技术	是=1; 否=0
生物防治技术(X_{8t})	是否采用生物防治技术	是=1; 否=0
农业自然因素		
温度(X_{9t})	所在地区年均气温/℃	温度
降水量(X_{10t})	所在地区年降水量/mm	降水量
无霜期(X_{11t})	所在地区年无霜期天数	无霜天数
日照时间(X_{12t})	所在地区年日照时数	年日照时数
农村社会因素		
组织化程度(X_{13t})	是否参加农民专业合作社	是=1; 否=0
年龄(X_{14t})	户主年龄/岁	实际年龄
受教育水平(X_{15t})	户主受正规教育水平	1=小学以下; 2=小学; 3=初中; 4=高中; 5=大专及以上
种植经验(X_{16t})	农户从事该农产品种植年限	种植年限
技术培训经历(X_{17t})	是否参加过农业技术培训	是=1; 否=0
无公害认知(X_{18t})	农户是否知道无公害农产品	是=1; 否=0
农药残留认知(X_{19t})	农户是否知道农药残留及危害	是=1; 否=0

三、数据来源与描述统计分析

1. 数据来源

以苹果为例,选择苹果种植户作为微观调查主体,分析区域异质性视角下,农户施用农药行为影响因素,主要基于以下考虑:第一,苹果作为重要的多年生经济作物,安全生产与质量控制的投资门槛与技术要求高,且易受市场影响,因而农户在安全生产方面的技术选择及其行为具有弹性;第二,苹果作为我国第一大水果,种植广泛,便于考察农户行为的区域差异;第三,苹果作为主要的日常消费水果,其质量安全至关重要。美国农业部(USDA)和美国食品药品管理局(FDA)于 2000—2009 年对果蔬农药残留和农药种类的检测结果显示:苹果抽样的农药残留在 53 种果蔬抽样中排名第一^①;2012 年山东烟台地区苹果“毒套袋”事件,引发社会各界对苹果安

全生产的高度关注,也对学界以苹果为代表的多年生高价值农产品种植户的安全生产行为及其控制机制研究提出了新的要求^[25]。

数据来源于 2012 年 3—6 月对环渤海湾和黄土高原两大苹果产区的辽宁、河北、山东、河南、山西、陕西、甘肃等 7 个主产省 635 个样本农户的实地调查,以及中国气象资料年鉴和各省统计年鉴。近 5 年,环渤海湾与黄土高原两大产区苹果种植面积与产量占全国的比例均在 90% 以上,能够较好的代表全国情况。农户抽样采用概率比例规模抽样(PPS)与简单随机抽样相结合的方法,共分为 4 个阶段。第一阶段,将农业部《苹果优势区域布局规划》(2008—2015)中涉及到的 122 个苹果基地县设定为初级抽样单位^②,按 PPS 抽样要求从中抽选 15 个样本县;第二、三阶段,继续按照 PPS 抽样要求从每个样本县抽选 3 个样本乡、每个样本乡抽选 3 个样本村;第四阶段,在每个样本村简单随机抽选 5 个样本

农户进行调查,样本地区分布见2。调查农户635个,得到有效问卷612份,有效率为96.38%。问卷内容涵盖了农户由2009—2011年的苹果生产、销售的全过程。

表2 样本地区分布

项目	黄土高原产区				环渤海湾产区			合计
	甘肃	陕西	山西	河南	河北	山东	辽宁	
样本数	89	91	92	91	91	90	91	635
占比/%	14.01	14.33	14.49	14.33	14.33	14.17	14.33	100

2. 苹果种植户农药施用行为的特征

调查数据显示,苹果种植户每个产季施用农药7~9次,所用农药包括禁用农药和普通农药。统计分析可知,国家禁用高毒农药仍被大范围施用,但区域之间有所差异。以施用频数最高的乐斯本为例,环渤海湾产区样本农户施用禁用农药的比例高于黄

土高原产区,老果区样本农户施用比例高于新果区。山东作为典型的老果区,施用比例高达86.04%;而河北作为新兴产区,施用比例仅为28.89%(见表3)。此外,采用过物理和生物防治措施的样本农户比例分别为84.09%和42.9%,但效果有限,说明对化学农药的替代技术仍有待于进一步发展。

表3 2009—2011年样本农户禁用农药施用情况

施用农药	环渤海湾产区						黄土高原产区							
	辽宁		山东		河北		河南		山西		陕西		甘肃	
	频数	比重/%	频数	比重/%	频数	比重/%	频数	比重/%	频数	比重/%	频数	比重/%	频数	比重/%
乐斯本	57	62.63	78	86.04	67	72.83	64	71.91	54	59.34	51	56.04	26	28.89
氧化乐果	3	3.30	20	22.22	6	6.52	9	10.11	4	4.40	8	8.79	6	6.67
福美胂	6	6.59	9	10.00	32	34.78	28	31.46	18	19.78	7	7.69	6	6.67
灭多威	5	5.49	5	5.56	0	0.00	3	3.37	2	2.20	0	0.00	0	0.00

注:由于篇幅关系,表3仅列示苹果种植中施用频率较高的几种禁用农药;频数是指调查区域内施用过高毒农药样本农户数量;比重是指调查区域内施用过高毒农药的样本农户占该区域样本农户的比例。

从购买农药支出来看(见表4),调查期内主产省样本农户农药投入水平均呈上升趋势,均值由2009年的607.37元/666.7 m²增加到2011年的777.51元/666.7 m²。分区域来看,环渤海湾产区农药投入高于黄土高原产区。其中,山东农药投入显著高于其他省份,2009—2011年平均投入为1 111.86元/666.7 m²。

四、模型估计结果与讨论

运用环渤海湾与黄土高原两大产区的调研数据分别对式(1)与式(6)进行估计。回归结果表明:面板方差对总方差贡献(rho)似然比检验拒绝原假设,表明面板估计量显著优于混合估计量;瓦尔德检验、极大似然比检验、卡方检验均拒绝模型无效的原假

设,表明模型整体拟合较好。

1. 农业经济因素的影响

家庭农业劳动力数量对高毒农药施用具有显著正向影响,反映出农业劳动力数量较多的家庭,消除了农药施用的劳动力供给约束,进而导致这部分农户施用农药的积极性。经营规模对高毒农药施用与农药投入均具有显著负向影响,原因有二:一是要素投入具有规模效应,经营规模越大,要素边际投入递减;二是规模种植户参与市场专业化分工,科学、安全生产是其必然选择。

灌溉条件对环渤海湾产区高毒农药施用具有显著负向影响,原因是适时灌溉有助于降低干旱天气诱发的果园病虫害概率,进而会减少高毒农药的施用。但该变量在黄土高原地区影响不显著,可能

表4 2009—2011年样本农户农药支出水平

元/666.7 m²

年份	环渤海湾产区				黄土高原产区			主产省均值
	河北	山东	辽宁	河南	陕西	山西	甘肃	
2009	628.53	994.43	588.79	618.37	444.01	417.52	565.39	607.37
2010	717.58	1107.67	667.64	684.89	491.21	464.19	639.94	682.43
2011	762.62	1233.47	778.04	801.75	550.19	525.74	796.44	777.51
平均	702.91	1111.86	678.16	701.67	495.14	469.15	667.26	689.10

表 5 回归结果

变量	模型一		模型二	
	是否施用高毒农药		农药投入水平	
	黄土高原区	环渤海湾区	黄土高原区	环渤海湾区
农业经济因素				
家庭农业劳动力数量(X_{1t})	0.615 5** (0.017)	0.504 1** (0.0110)	-0.037 6 (0.5110)	-0.037 0 (-0.1363)
经营规模(X_{2t})	-0.246 5*** (0.0000)	-0.179 9*** (0.0000)	-0.009 8 (0.2310)	-0.038 5* (-0.0525)
灌溉条件 X_{3t}	-0.154 8 (0.7320)	-0.179 9*** (0.0000)	0.049 9 (0.3530)	0.009 5** (-0.0443)
打药施用设备(X_{4t})	0.208 4** (0.0190)	0.598 5 (0.1690)	0.261 7** (0.0110)	-0.202 4 (-0.4495)
农药施用成本 X_{5t}	-0.641 6*** (0.0070)	-0.290 4 (0.1540)	-0.075 9*** (0.0040)	-0.040 9* (-0.0799)
产品价格(X_{6t})	-0.105 3 (0.6680)	-0.053 0 (0.8110)	0.070 6*** (0.0000)	0.072 5* (0.0510)
物理防治技术(X_{7t})	-0.593 8 (0.2100)	-1.143 5** (0.0360)	-0.341 1*** (0.0000)	-0.137 3 (-0.3005)
生物防治技术(X_{8t})	0.308 1 (0.6440)	-1.316 2** (0.0410)	0.188 5 (0.1400)	-0.285 6 (-0.4651)
农业自然因素				
温度(X_{9t})	-0.031 4 (0.5420)	0.173 7 (0.4150)	0.029 0*** (0.0000)	0.016 0** (0.0414)
降水量(X_{10t})	0.001 0 (0.5820)	0.000 3 (0.8820)	0.000 4*** (0.0000)	0.000 2*** (0.0001)
无霜期(X_{11t})	-0.002 4 (0.8340)	0.002 4 (0.9340)	-0.001 4 (0.3390)	0.002 8*** (0.0010)
日照时间(X_{12t})	0.000 1 (0.7650)	-0.000 8 (0.4090)	0.000 1** (0.0120)	-0.000 2*** (-0.0003)
农村社会因素				
组织化程度(X_{13t})	-2.423 5*** (0.0000)	-1.533 6*** (0.0050)	-0.227 4*** (0.0080)	-0.006 2 (-0.1444)
年龄(X_{14t})	0.003 3 (0.8710)	0.024 1* (0.0670)	0.021 8*** (0.0000)	0.022 5** (0.0167)
受教育水平(X_{15t})	1.032 0 (0.0000)	-0.031 4 (0.8580)	0.017 9 (0.717)	0.102 7** (0.0155)
种植经验(X_{16t})	0.008 9 (0.7700)	0.021 3 (0.2620)	0.037 0*** (0.0000)	0.056 9** (0.0497)
技术培训经历(X_{17t})	0.395 6 (0.3870)	-0.730 4** (0.0100)	0.049 9 (0.5960)	-0.132 6 (-0.2858)
无公害认知(X_{18t})	-3.451 7*** (0.0000)	-0.412 8 (0.1080)	-0.135 2 (0.1110)	-0.049 9 (-0.1795)
农药残留认知(X_{19t})	-0.444 3 (0.3810)	-0.794 7*** (0.0100)	-0.079 4 (0.4650)	-0.001 0 (-0.1606)
Prob>chi2	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
Rho 似然比检验	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
瓦尔德检验	151.630 0	92.200 0	459.130 0	1285.030 0
组内 R^2	—	—	0.471 0	0.705 1
组间 R^2	—	—	0.235 0	0.114 8
正群 R^2	—	—	0.242 0	0.135 2

注: **、* 分别表示估计结果在 1%、5%、10% 的水平上显著; 括号内数字表示回归系数的 P 值。

的原因在于黄土高原属于干旱半干旱地区, 绝大多数果园属于雨养农业, 灌溉作用有限。

打药施用设备对黄土高原区的高毒农药施用与农药投入水平具有显著正向影响, 但在环渤海湾区

不显著。可能原因是,在环渤海湾的山东、辽宁、河北等地区,打药外包业务较为发达,对农户自己施药形成替代,而在黄土高原区,情形与之相反。

农药施用成本对黄土高原区高毒农药施用与农药投入均具有显著负向影响,说明价格杠杆是管制高毒农药、引导农户规范施用农药的可行措施。与绿色农药相比,高毒农药高效而低价,这是高毒农药被频繁施用的主要原因。而绿色农药价格居高不下的重要原因是,农药技术创新缓慢,研发主要集中于美、日、欧等发达国家,发展中国家既难以从发达国家低价获取低毒药剂的技术专利,又无力补贴农户购置绿色农药^⑥。因而,增加经济可行的绿色农药供给是削减高毒农药的根本途径。

产品价格对农药投入具有显著正向影响,表明只要农药对利润的边际贡献大于零,农户必定会选择增加投入,以获取更高的收益。现阶段,我国农产品质量安全市场准入管理比较粗放,农户的安全生产行为尚无法得到市场的有效回报,这是导致农户过量施用农药追求产出数量而忽视质量安全的根本原因。

物理和生物防治技术对环渤海湾产区的高毒农药施用表现出显著的替代效应,而在黄土高原地区影响不显著。可能的原因是,黄土高原区是苹果新兴产区,替代技术尚处于起步阶段,技术的集成程度低、操作难度大,替代效应尚不明显。

2. 农业自然因素的影响

气候条件对高毒农药施用无显著影响,这证实了高毒农药对绿色农药的低成本经济替代是导致农户施用高毒农药的主要原因。气候条件对农药投入的影响具有显著区域差异。具体而言,气温、降水量农药投入具有显著正向影响,与预期一致。近40年来,苹果主产区冬季气温的持续回暖导致作物病虫害的发生世代、越冬北界、海拔及分布范围发生变化,病虫害发生面积、危害程度和发生频率均呈增长趋势。环渤海湾地区相对暖湿,无霜期增加有利于病虫害越冬,因而对农药投入有显著正向影响;日照增加有助于抑制病虫害发生,因而对农药投入有显著负向影响。黄土高原属于干旱半干旱地区,日照增加会导致气温上升而引发病虫害,因而对农药投入有显著正向影响。

3. 农村社会因素的影响

组织化程度对高毒农药施用与农药投入具有显著负向影响,表明加强产业组织建设、提高产业纵向

一体化程度,有助于规制农户安全生产行为、提高农产品质量安全供给水平。

户主年龄通过检验,影响为正。这说明,果农年龄越大,对病虫害风险更为敏感,经验驱使其过量施用农药保证农产品产出数量而忽略质量安全。受教育水平对环渤海湾区农药投入有显著正向影响,与预期相反,可能的原因是教育水平较高的农户更具有生产投资意识,倾向于高投入—高产出的经营模式。种植经验有助于果农提高果园经营管理水平,但即有经验反过来也可能阻滞新技术的采纳和应用。由此,农户更倾向于通过过密化投入农药来抵御病虫害风险,因而种植经验对农药投入表现出显著的正向影响。

技术培训经历呈现出地区差异性,在模型1的渤海湾地区回归结果显示,参加技术培训可以显著地降低使用高度农药的概率,黄土高原区的回归结果不显著,主要是由于两大优生区的技术培训侧重点和培训方式不同所致。对无公害苹果的认知在模型1的黄土高原地区具有负向影响,且在1%的水平上显著;对农药残留认知在模型1的环渤海湾区具有显著的负向影响,两个变量在模型2中都不显著。原因在于两个地区的农户在苹果生产中存在路径依赖,山东和陕西的苹果产业受初期生产和市场条件的制约,在发展初期阶段选择了不同的发展方式,并导致苹果生产方式逐渐分化,因而影响方向和路径具有差异性。

五、结论与建议

通过对7省635个样本农户的微观行为分析,得到以下结论:(1)农业经济因素、农业自然因素和农村社会因素构成的农业生产系统各因子共同但以不同的机理影响农户的农药施用行为。(2)农户农药施用行为具有显著的区域差异,无论高毒农药施用还是农药投入水平,环渤海湾地区均显著高于黄土高原地区。(3)高毒农药施用与农药投入的决策机理及其决定因素具有差异。其中,高毒农药对绿色农药的低成本经济替代是导致农户施用高毒农药的主要原因;而决定病虫害生理分布与药剂理化性质的自然因素则是影响农户农药投入决策的基本因素。

为引导农户规范施用农药,提出以下建议:

(1)扶持农民专业合作社发展,充分利用合作社产前农资供给、产中技术指导、产后农产品购销服务功能

规制农户生产行为。(2)加强与加快技术研发,增加经济可行的绿色农药供给与化学药剂的替代技术。(3)利用价格杠杆,通过税收、补贴、配额等措施影响农户对农药的选择决策。(4)完善产品认证、分级与农产品质量安全市场准入制度,健全激励农户规范施用农药的市场机制。(5)加强对农户的技术培训,提升农户对农产品安全认知水平,进而提高农户科学选配与施用农药的技术水平。(6)推进农业生产技术推广与示范,提高农户安全生产与环保意识。

参 考 文 献

- [1] FAO. The state of food and agriculture:2010-2011[EB/OL]. (2011-03-15)[2013-06-21]. <http://www.fao.org/home/en/>.
- [2] HUANG J, CHEN R, MI J, et al. Farmers' seed and pest control management for Bt cotton in China[M]// TRIRR R. Biology and Agricultural Management: Transgenic Cotton, Rural Institutions and Resource-poor Farmers, New York: Taylor & Francis e-Library, 2009.
- [3] 张云华,马九杰,孔祥智,等.农户采用无公害和绿色农药行为的影响因素分析——对陕西、山西和山东 15 县(市)的实证分析[J].中国农村经济,2004(1):41-49.
- [4] 林毅夫.制度、技术与中国农业发展[M].上海:三联出版社,1992.
- [5] CHEN P C, MCINTOSH C S, EPPERSON J E. The effects of a pesticide tax on agricultural production and profit[J]. Journal of Agribus, 1994, 12 (2):125-138.
- [6] SHUMWAY C R, CHESSER P R, PESTICID. Cropping patterns and water quality in south central Texas[J]. Journal of Agricultural and Applied Economics, 1994, 26 (1):224-240.
- [7] THERDORS S, SPIRO E, SREFANOU O L. Can economics incentives encourage actual reductions in pesticide use and environment spillovers? [J]. Agricultural Economics, 2012, 43 (3):267-276.
- [8] 联合国粮食及农业组织.节约与增长——小农作物生产可持续集约化决策者指南[EB/OL]. (2011-04-18)[2013-04-05]. <http://www.fao.org/docrep/014/i2215c/i2215c00.pdf>.
- [9] The World Bank. China's compliance with food safety requirements for fruits and vegetables[M]. Peking: China Agriculture Press, 2005.
- [10] ABHILASH P C, NANDITA S. Pesticide use and application: an Indian scenario[J]. Journal of Hazardous Materials, 2009, 165 (1-3):1-12.
- [11] SULE I, ISMET Y. Fruit-growers' perceptions on the harmful effects of pesticides and their reflection on practices: The case of Kemalpasa, Turkey[J]. Crop Protection, 2007, 26 (7):917-922.
- [12] 周洁红,胡剑锋.蔬菜加工企业质量安全管理行为及其影响因素分析——以浙江为例[J].中国农村经济,2009(3):45-56.
- [13] 童霞,吴林海,山丽洁.影响农药施用行为的农户特征研究[J].农业技术经济,2011(11):71-83.
- [14] 王志刚,吕冰.食品安全规制下农户农药使用行为的影响机制分析——基于山东省蔬菜出口产地的实证调研[J].中国农业大学学报:社会科学版,2011(3):164-168.
- [15] 王永强,朱玉春.启发式偏向、认知与农民不安全农药购买决策——以苹果种植户为例[J].农业技术经济,2012(7):48-55.
- [16] FAO. The state of food insecurity in the world 2005[EB/OL]. (2005-11-18)[2013-05-15]. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/008/a0200e/a0200e.pdf>.
- [17] 李明川,李晓辉,傅小鲁,等.成都地区农民农药使用知识、态度和行为调查[J].预防医学情报杂志,2008(7):521-525.
- [18] 李红梅,傅新红,吴秀敏.农户安全施用农药的意愿及其影响因素研究——对四川省广汉市 214 户农户的调查分析[J].农业技术经济,2007(5):99-103.
- [19] BRUCE L, GARDNER G, RAUSSER C. Handbook of agricultural economics, volume 1A: agricultural production[M]. Holland: North-Holland, 2001:208-258.
- [20] 马飞,孔祥智.农户安全农药选配行为影响因素分析——基于陕西 5 个苹果主产县的调查[J].农业技术经济,2011(5):4-11.
- [21] JERRERY M, WOOLDRIDGE. Econometric analysis of cross section and panel data[M]. Cambridge: MIT Press Cambridge, 2002.
- [22] JEFFREY M. WOOLDRIGDE. Simple solutions to the initial conditions problem in dynamic, nonlinear panel data models with unobserved heterogeneity[J]. Journal of Applied Econometrics, 2005, 20(1):39-54.
- [23] JAMES H. The incidental parameters problem and the problem of initial conditions in estimating a discrete time-discrete data stochastic process[C]. Manski: McFadden D(eds) MIT Press, 2005:179-195.
- [24] BULTER J, MOFFIT R. A computationally efficient quadrature procedure for the one-factor multinomial probit model[J]. Econometrica, 1982, 50(3):761-764.
- [25] 霍学喜,侯建昀.中国苹果生产技术效率与要素产出弹性分析——以陕西、山西、甘肃 10 个苹果重点县苹果种植户为例[J].西北农林科技大学学报:社会科学版,2012,12(6):75-80.

注 释:

- ① 本文所涉及的高毒农药品种均依据农业部、工信部、环保部、工商总局、质检总局联合发布的《高毒农药禁限用公告(1586 号)》与农业部制定的《无公害食品——苹果生产技术规程》(NY/T5012—2002)界定。

- ② 简称《斯德哥尔摩公约》，于2001年通过、2004年生效，旨在禁用或限制生产持久性有机污染物。持久性有机污染物具有高毒、持久、生物积累性和亲脂性四大特征，高毒农药是典型的持久性有机污染物。
- ③ 调查中，样本农户使用的物理防治技术主要有粘虫板、杀虫灯等，生物防治技术主要有天敌、性诱杀剂等。
- ④ 相关数据来自 John S. Martha L, Diana H, et, al. USDA pesticide data program: pesticide residues on fresh and processes fruit and vegetables, grains, meats, milk and drinking water [EB/OL]. (2010-11-03) [2013-06-21] <http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>.
- ⑤ 农业部《苹果优势区域布局规划》(2008—2015)中，环渤海湾地区包括53个苹果基地县，其中山东25个、辽宁14个、河北14个；黄土高原地区包括69个苹果重点县，其中陕西28个、甘肃18个、山西20个、河南3个。
- ⑥ 以最新公布禁用农药硫丹为例，世界上仅有法国、德国、日本、美国等少数国家有能力研发新的化学物质替代硫丹。尽管如此，硫丹尚无经济可行的替代品。

Regional Heterogeneity and Farmer Households' Pesticide Adaption

——Empirical Evidence from Nonlinear Panel Data

HOU Jian-yun, LIU Jun-di, HUO Xue-xi

(Institute of Rural Western Development, Northwest Agriculture & Forestry University,
Yangling, Shanxi, 712100)

Abstract This paper builds a selection model of farmers' behavior of application of pesticides and uses 635 panel data of samples of households from two main apple planting areas of loess plateau and area around the Bohai gulf for estimation. It describes the laws in farmers' behavior of application of pesticides and its determinants from two dimensions, namely the application of high toxic pesticides and the pesticides input. Research reveals a significant regional difference in farmers' behavior of application of pesticides, with the application of high toxic pesticides and pesticide input levels in the area around the Bohai gulf higher than those in the loess plateau region in average; and the mechanism of decision-making and determinants vary in two regions too. It further shows that the low cost of high toxic pesticides highly explains farmers' behavior in abandoning the green pesticides. It is proposed that the government should enhance the rules and regulations for food safety, induce farmers to apply pesticides normally, elevate the construction of industrial organizations, facilitate the innovations in green pesticide technology, perfect the construction of market mechanism, strengthen education to popularize new agricultural technology among farmers.

Key words regional heterogeneity; climate condition; behavior of pesticide application; safety of agricultural product; nonlinear panel data; ecological environment

(责任编辑：张 艳)