

引用格式:李昊,李世平,南灵,等. 中国农户环境友好型农药施用行为影响因素的Meta分析[J]. 资源科学, 2018, 40(1): 74-88.  
[Li H, Li S P, Nan L, et al. A Meta-analysis of farmers' environment-friendly pesticide application behavior in China[J]. *Resources Science*, 2018, 40(1): 74-88.] DOI:10.18402/resci.2018.01.08

# 中国农户环境友好型农药施用行为影响因素的Meta分析

李 昊,李世平,南 灵,李晓庆

(西北农林科技大学经济管理学院,杨凌 712100)

**摘 要:**为进一步揭示影响农户农药施用行为的关键因素并深入分析研究层面分歧的原因,以国内外43篇已公开发表的期刊文献为基础数据库,运用Meta分析方法剖析中国范围内农户农药施用行为的关键因素是否完全同质,在允许异质性存在的条件下影响农户农药施用的关键因素及不同因素影响强度随时间的变化规律。结果表明:①农户农药施用行为的关键因素并非完全同质,年龄、家庭年收入、对农药知识的了解等存在显著异质性。②农户性别、教育程度、风险偏好、对农药知识的了解、种植年限、农业收入占比、是否参加过农药施用培训和是否有农药残留检测是影响农户施药行为的关键因素。③随时间推移,受教育程度、风险偏好、对农药知识的了解、是否参加农药施用培训和政府宣传支持对农户施药行为影响强度逐渐增加;性别和农业收入占比影响显著且趋势较为稳定;其余变量影响强度均不同程度的减弱。最后基于实证结果提出政策和学术两个层面的建议。

**关键词:**农药施用行为;农户;环境友好;影响因素;Meta分析

DOI: 10.18402/resci.2018.01.08

## 1 引言

目前,中国是世界上最大的农药生产和消费国,农药施用年增长率达4.9%<sup>[1]</sup>。农药用量居高不下至少可归结为四个原因:①人多地少的基本国情和不断增长的人口对粮食安全形成的内在压力。中国有十三多亿人口,但人均耕地面积仅为世界平均水平的40%<sup>[2]</sup>,未来一段时间内,人口将继续增长,确保国家粮食安全仍是各级政府的重要战略目标。②经济作物高市场价值的特征和农户自身的逐利性造成农药市场刚性需求有增无减。当前,以大棚种植为代表的反季果蔬具有可观的市场利润空间,但大棚为作物提供适宜生长环境的同时,也成为细菌和病虫害滋生的温床,受利益因素驱动,其农药用量远高于传统粮食作物。③农村劳动力转移成为农药大量使用的重要推力。农药等现代

农业生产要素的引入,对以劳动密集投入为主的传统农业形成有力替代,但也一定程度上造成对农药的过度依赖。④以小农经营为主的中国农业,农药施用监管成本过高,为农业环境政策的有效执行带来巨大挑战。自20世纪90年代起,中国逐步推行绿色食品、有机食品和安全食品等的生产,对农药施用标准也做出进一步规定,但“人均一亩三分,户均不过十亩”的小农经营方式,造成政府对农药施用监管乏力,禁用农药的施用仍然存在<sup>[3]</sup>。不可否认,农药等现代农业生产要素的不断涌入为保障农业生产做出了重要贡献,但其不合理施用所引起的食品安全和农业面源污染已成为世界范围内的重要议题,该问题在中国尤为严重。为此,中国农业部发布了《到2020年农药使用量零增长行动方案》<sup>[1]</sup>。在此背景下,如何实现农户环境友好型农药施用行

收稿日期:2017-03-20;修订日期:2017-10-22

基金项目:国家社会科学基金项目(17BJY067)。

作者简介:李昊,男,河南新乡人,博士生,主要研究方向为资源经济与环境管理。E-mail: li1hao23@163.com

通讯作者:李世平, E-mail: lishiping68@126.com

1) 农业部. [http://www.moa.gov.cn/govpublic/ZZYGLS/201503/t20150318\\_4444765.htm](http://www.moa.gov.cn/govpublic/ZZYGLS/201503/t20150318_4444765.htm).

2018年1月

为对农业发展具有重要的理论和现实意义。

## 2 文献梳理与评述

对“如何实现农户环境友好型农药施用行为转变”的剖析,破题的关键在于了解究竟是什么因素影响农户农药施用行为。目前已有较多学者对此问题进行了研究,大体可分为五个方面因素,即农户个体特征、家庭特征、认知特征、种植特征和外部条件因素。

(1)个体特征对农户农药施用行为的影响。一般认为,农业生产者性别差异影响其农药施用行为<sup>[4]</sup>,女性个体更倾向施用生物农药<sup>[5]</sup>;也有研究表明,女性户主更可能过量施用农药<sup>[6]</sup>。户主年龄越小、受教育水平越高,越倾向于采取安全的配药方式<sup>[7]</sup>。同样有研究表明,教育程度对农户农药投入量无显著影响。风险规避使农户施用更多的农药以避免损失<sup>[8]</sup>。

(2)家庭特征对农户农药施用行为的影响。童霞等认为农户家庭总人口和农业劳动力越多,越会减少农药加量施用;对收入的关注导致随家庭总收入的提高,环境友好的农药施用行为可能性降低<sup>[9]</sup>。蔡银莺等研究表明,增加家庭收入能显著降低农户农药减量化施用的受偿额度<sup>[10]</sup>。胡定寰等认为家庭总人口对是否施用无公害农药并无显著性影响<sup>[11]</sup>。王建华等认为农业劳动力人数对规范的农药施用行为产生了正效应,在一定程度上保证劳动力供给能增加安全农产品供给倾向<sup>[12]</sup>。

(3)认知特征对农户农药施用行为的影响。农业生产者对农药的认知水平决定其农药施用行为<sup>[13]</sup>。对农药残留的了解有助于农户选择合理的农药施用方式<sup>[7]</sup>。对人体健康和环境污染的关注能有效抑制农户过量施用农药<sup>[14]</sup>。同样也有研究表明,对环境污染的关注并未减少农药的过量施用<sup>[15]</sup>。虽然较多农户了解农药施用的不良影响,但对改良的新型农药却持观望态度<sup>[16]</sup>。

(4)种植特征对农户农药施用行为的影响。种植规模较大的农户会增加农药施用成本,因此更倾向于选择合理的农药配比方式,但随着种植年限的增加,病虫害耐药性可能增强,农户越可能选择高于标准浓度的农药配比<sup>[17]</sup>。Gong等却认为种植规模不影响农户农药施用决策<sup>[18]</sup>。农业收入占比越

高,农户对农业依赖越强,因此为防范风险更倾向过量施用农药<sup>[19]</sup>。任重等认为农业收入占比较高的农户更期望施用无公害农药提高农作物质量,从而增加收益;对安全农产品价格预期越高,越能促进农户施用无公害农药<sup>[20]</sup>。

(5)外部条件对农户农药施用行为的影响。通常接受过农药施用技术培训的农户更了解农药施用规范,进而促进其环境友好型的农药施用行为<sup>[21]</sup>。农作物生产过程监督能显著增强农药安全施用行为<sup>[22]</sup>。王常伟等调查发现,农产品农药残留检测可有效规范农户农药施用行为,但是否加入合作社、政府宣传和管制却没有抑制农药超量施用<sup>[19]</sup>。

农户不合理的农药施用行为对农业环境、食品安全等具有重要影响,剖析影响农户农药施用行为的关键因素,并据此提出政策建议是当前学术界研究的逻辑主线。目前国内外学者对农户农药施用行为的研究已积累了大量的经验证据,为本研究提供了丰富的理论和经验借鉴,但仍存在可拓展空间:①究竟是什么因素影响农户环境友好型农药施用行为并未达成一致意见;②不同学者研究间的分歧并未得到有效解释,为宏观政策的制定带来极大困扰,而该分歧在农户个体水平的抽样研究中无法给出答案;③大量经验证据是站在以农户为研究对象的个体水平上,对于研究层面本身的研究并未引起足够重视。

本文认为,不同研究间的分歧主要源于两个方面:①影响农户环境友好型农药施用行为的关键因素并非完全同质;②不同因素会随时间产生强弱程度的变化。基于此,本文从研究层面出发,采用Meta分析尝试回答以下三个问题:①在中国范围内,影响农户环境友好型农药施用行为的关键因素是否完全同质;②在允许异质性存在的条件下,影响农户环境友好型农药施用行为的关键因素是什么;③不同影响因素是否随时间发生强弱程度的变化。

## 3 研究方法

Meta分析是一项可整合多个独立研究、得出更为稳健结果的统计技术<sup>[23]</sup>,广泛应用于医学领域。随着学科间交叉化和边缘化以及方法学的不断渗透,近年来被逐渐引入到心理学、社会学和经济学等研究领域,其分析过程主要包括效应量选择、异质性检验确定固定或随机效应模型、发表偏倚检验和校

正、敏感性分析、累积Meta分析和Meta回归分析。

### 3.1 效应量及固定、随机效应模型选取

(1)效应量。效应量选择的关键是使不同研究具有可比性,根据Hunter等<sup>[24]</sup>的建议,本文选取与样本量无关且无量纲的Cohens'd作为效应量,其转换方式请参考Lipery等<sup>[25]</sup>,效应量公式为:

$$EF = \frac{\bar{X}_t - \bar{Y}_t}{S_{pool}^2} \quad (1)$$

$$S_{pool}^2 = \frac{(n_X - 1)S_X^2 + (n_Y - 1)S_Y^2}{n_X + n_Y - 2} \quad (2)$$

式中EF为效应量Cohens'd;  $\bar{X}_t$ 为实验组均值;  $\bar{Y}_t$ 为对照组均值;  $S_{pool}^2$ 为组间方差;  $n_X$ 和 $n_Y$ 分别为实验组和对照组的样本量;  $S_X^2$ 和 $S_Y^2$ 分别为实验组和对照组的方差。效应量大于零表示正向影响,反之为负向影响,进而通过检验判断其显著性。

(2)固定、随机效应模型选取。固定效应模型假设研究的样本来源是同质的,总体中存在一个真实的效应量;随机效应模型放宽了该假设,认为样本来源可以是异质的,在效应量整合时应考虑组间方差的影响。本文选择Q统计量对组间方差进行检验<sup>[26]</sup>。公式如下:

$$\hat{\theta}_k = \theta + u_k + \sigma_k \varepsilon_k \quad (3)$$

$$w_k = \frac{1}{\sigma_k^2 + \tau^2} \quad (4)$$

$$Q = \sum_{k=1}^K w_k \left( \hat{\theta}_k - \frac{\sum_{k=1}^K w_k \hat{\theta}_k}{\sum_{k=1}^K w_k} \right)^2 \quad (5)$$

式中 $\hat{\theta}_k$ 为效应量估计值;  $\theta$ 为真实效应量;  $u_k$ 为组间效应;  $\sigma_k$ 为效应量的标准差;  $\varepsilon_k$ 为测量误差;  $w_k$ 为倒方差权重;  $\hat{\sigma}_k^2$ 为效应量方差估计值;  $\tau^2$ 为组间方差估计值; Q为异质性检验Q统计量。

### 3.2 发表偏倚检验及校正

发表偏倚是常见的小样本效应,即样本较小且显著的结果更易发表<sup>[27]</sup>。发表偏倚会降低分析结果的精度,甚至可能带来误导性结论。本文用倒漏斗图和线性回归方法检验发表偏倚<sup>[28]</sup>,存在发表偏倚

用Trim and Fill非参数方法校正<sup>[29]</sup>。

### 3.3 敏感性分析

Meta分析所用样本为各个独立研究,可能出现离群值,故用径向图和Leave one out方法<sup>[30]</sup>对整合效应量进行敏感性分析,观察效应量、95%置信区间和异质性检验结果的变化,以检验离群值。

### 3.4 累积Meta分析

农户农药施用行为的关键性因素可能随时间发生变化,本文用累积Meta分析<sup>[31]</sup>来检验某一特定因素随时间的强度变化,考虑到数据获取时间的精度,与传统采用发表年方式不同,本文以抽样时间为参照。

### 3.5 Meta回归分析

为进一步揭示某一特定因素存在的异质性,引入调节变量(文献编码过程的特征变量),通过Meta回归分析寻找异质性来源。公式如下:

$$y_i = \beta_k w_k x_i + \varepsilon \quad (6)$$

式中 $y_i$ 为效应量估计值;  $x_i$ 为调节变量;  $\beta_k$ 为回归系数;  $w_k$ 为权重;  $\varepsilon$ 为残差。

## 4 数据来源及变量选取

### 4.1 数据来源

数据来源于已公开发表的期刊论文。中文检索数据库包括中国知网<sup>1)</sup>、万方数据知识服务平台<sup>2)</sup>和维普期刊资源整合服务平台<sup>3)</sup>,英文检索数据库包括Web of Science<sup>4)</sup>、Elsevier<sup>5)</sup>、SpringerLink<sup>6)</sup>、Wiley Online Library<sup>7)</sup>、ProQuest<sup>8)</sup>、SAGE<sup>9)</sup>和谷歌学术<sup>10)</sup>等。中文检索词包括农药、行为、意愿、影响因素、选择、用量、间隔期、施用、安全、农户、过量、环境友好、环境等及其组合,英文检索词为Pesticide(s)、Behavior\*、Willingness、(Influence) Factor(s)、Decision-making、Choice、Overuse、Safety、Farmer(s)、Environment-friendly、Pest (Control)等及其组合。初步检索得到文献记录10 380篇,删除重复记录剩余7409篇,通过题目和摘要阅读剔除不相关文献7242篇,进而通过全文阅读,补充原文参考文献引用但未被检索过程检索出的遗漏文献7篇,最后通过如

1) 中国知网. <http://www.cnki.net/>. 2) 万方数据知识服务平台. <http://www.wanfangdata.com.cn/>. 3) 维普期刊资源整合服务平台. <http://qikan.cqvip.com/>. 4) Web of Science. <http://apps.webofknowledge.com/>. 5) Elsevier. <http://www.sciencedirect.com/>. 6) SpringerLink. <https://link.springer.com/>. 7) Wiley Online Library. <http://onlinelibrary.wiley.com/>. 8) ProQuest. <https://search.proquest.com/>. 9) SAGE. <http://journals.sagepub.com/>. 10) 谷歌学术. <http://scholar.google.com/>.



2018年1月

下标准确定本文所用样本量43篇:

(1)原文写作语言为中文或英文;

(2)研究区域为中国境内,有明确的东、中、西部地域样本区分,跨三大地理区域或全国水平研究,且未明确区分样本来源的文献排除;

(3)原文为农户个体层面农药施用行为(包括意愿,在文献编码中区分)影响因素的量化研究,有不同因素与行为之间的量化关系,非量化研究排除;

(4)原文明确提供效应量Cohen's  $d$ 或有足够信息可通过计算转化为效应量及其方差、标准差,提供明确的有效样本量;

(5)为确保研究间的独立性,对相同数据来源分别发表在不同期刊的文献,选择其中量化分析更为全面的文献。

## 4.2 文献编码

不同的独立研究,其区域选择、实证方法等不同可能带来结果的差异,因此,本文对原文编码过程力求详细体现各独立研究的特点,具体包括第一作者姓名、抽样时间、发表年、期刊名称、研究区域、种植类型、研究方法、变量测量方式、期刊影响因子及期刊来源等(表1)。

上述文献检索和编码过程由本文四位作者独立完成,不一致之处讨论解决,初次检索时间为2017年1月18日,二次检索时间为2017年3月1日。

## 4.3 变量选取

结合农户农药施用行为影响因素的经验证据,并依据Meta分析效应量个数不低于5的经验法则,本文最终选取农户个体特征、家庭特征、认知特征、种植特征和外部条件因素5类共19个变量,变量说明及理论预期见表2(见79页)。

# 5 结果分析

## 5.1 效应量及发表偏倚

综合效应量及其显著性检验、异质性检验和发表偏倚检验结果如表3(见80页)所示。其中年龄、家庭年收入、对农药知识的了解和农业收入占比四个变量为随机效应模型估计结果,其他为固定效应模型估计结果。年龄、种植规模和是否有农药残留检测三个变量存在发表偏倚,用Trim and Fill非参数方法校正(表4和图1,见80页),图1中空心圆表示已有研究的效应量,叉号为填补值。

(1)个体特征。性别对农户环境友好型农药施用行为具有显著的负向影响,与女性相比,男性更倾向采用不利于环境的农药施用行为;年龄存在发表偏倚,漏斗图右侧填补12篇文献,校正后仍不显著,可能意味着年龄的影响并非是线性的;年龄存在显著的异质性,此处暂不讨论;教育程度越高的农户,越可能出现环境友好型的农药施用行为;风险厌恶者更担心病虫害等带来的损失,对环境友好型农药施用有显著负向影响。

(2)家庭特征。家庭人口数、家庭年收入和劳动力人数对农户环境友好型农药施用行为均不产生显著性影响。其中家庭人口数不显著的原因可能是该变量并不能真实反映农户家庭生存压力,即家庭人口数越多并不意味着需要赡养或抚养人口越多;此外,随着农民收入的多元化和农业副业化,农业本身可能并不是农户家庭主要收入来源,故对农户农药施用行为不产生显著性影响。家庭年收入的多寡并不能反映农户是否以农业为主要收入来源,这也可能是导致该变量不显著的主要原因,其异质性的原因后文讨论。劳动力人数影响不显著的原因可能是:一方面目前农业生产仍主要依靠现代农业生产要素的投入,劳动力对农药施用的反向替代作用有限;另一方面中国农户年龄仍普遍较大,受劳动能力和教育程度限制,对环境友好型农药施用方式选择并无倾向。

(3)认知特征。对环境污染和人体健康影响的认知并不显著影响农户农药施用行为,在一定程度上也反映出目前较多农户的农业环境保护意识、农药施用对自身健康的影响关注不足,这一点也可在农户对农药知识的了解中得到验证。对农药知识了解越多,越能显著促进农户合理施药,且该变量影响较大。

(4)种植特征。种植规模存在发表偏倚,倒漏斗图左侧填补7篇文献,校正后呈现显著的异质性,仍未对农户农药施用行为产生显著影响,且其效应极小,在目前仍以小农生产为主要经营特征的中国农村地区,大规模种植相对较少,每户种植面积差异不大,这也可能是该变量不显著的重要原因。种植年限与预期一致,传统的农药施用方式等种植习惯较难改变,对农户环境友好型农药施用具有显著的负向影响。农业收入占比存在显著的异质性,该

表1 文献编码

Table 1 Document coding

第一作者	发表年	期刊来源	影响因子	所属地域	种植类型	研究方法	样本量	因变量类型
张慧静 <sup>[32]</sup>	2016	北大核心	0.619	东部	经济作物	二项 Logit	293	意愿
瞿逸舟 <sup>[33]</sup>	2013	省级	0.292	东部	NA	二项 Logit	237	行为
胡定寰 <sup>[11]</sup>	2006	CSSCI	2.111	东部	经济作物	二项 Logit	126	行为
张复宏 <sup>[34]</sup>	2013	CSSCI	3.345	东部	经济作物	二项 Logit	479	意愿
方秋平 <sup>[35]</sup>	2011	CSSCI	2.230	东部	经济作物	二项 Logit	490	行为
王洪丽 <sup>[36]</sup>	2014	省级	0.413	中部	粮食作物	二项 Logit	293	意愿
任 重 <sup>[20]</sup>	2016	CSSCI	1.859	东部	粮食作物	二项 Logit	609	意愿
方学伟 <sup>[37]</sup>	2014	北大核心	0.461	西部	经济作物	二项 Logit	400	行为
牛亚丽 <sup>[22]</sup>	2014	北大核心	0.759	东部	经济作物	二项 Logit	484	行为
毛 飞 <sup>[7]</sup>	2011	CSSCI	2.416	西部	经济作物	二项 Logit	462	行为
李红梅 <sup>[38]</sup>	2007	CSSCI	2.416	西部	NA	二项 Logit	214	意愿
崔新蕾 <sup>[39]</sup>	2011	北大核心	0.847	中部	粮食作物	二项 Logit	183	意愿
王志刚 <sup>[40]</sup>	2012	CSSCI	3.088	东部	NA	Probit	390	意愿
娄博杰 <sup>[41]</sup>	2014	CSSCI	1.184	东部	NA	二项 Logit	474	行为
吴雪莲 <sup>[42]</sup>	2016	北大核心	1.232	中部	NA	二项 Logit	467	意愿
王永强 <sup>[17]</sup>	2013	CSSCI	1.762	西部	经济作物	Probit	285	行为
朱 淀 <sup>[43]</sup>	2014	CSSCI	2.111	东部	粮食作物	二项 Logit	648	行为
乔立娟 <sup>[44]</sup>	2014	省级	0.609	东部	NA	Probit	283	意愿
田 云 <sup>[45]</sup>	2015	CSSCI	1.888	中部	NA	二项 Logit	387	行为
傅新红 <sup>[46]</sup>	2010	CSSCI	2.416	西部	NA	二项 Logit	406	意愿
江激宇 <sup>[47]</sup>	2012	CSSCI	2.416	东部	经济作物	Probit	151	行为
蔡 荣 <sup>[48]</sup>	2012	北大核心	1.232	东部	经济作物	Probit	348	行为
李秀义 <sup>[21]</sup>	2013	CSSCI	0.535	东部	经济作物	Probit	335	行为
吴林海 <sup>[49]</sup>	2011	CSSCI	0.489	中部	粮食作物	二项 Logit	233	行为
邢永华 <sup>[50]</sup>	2014	北大核心	0.565	西部	经济作物	二项 Logit	249	行为
王常伟 <sup>[19]a</sup>	2013	CSSCI	4.600	东部	经济作物	Probit	643	行为
王志刚 <sup>[51]</sup>	2012	CSSCI	3.088	东部	经济作物	Probit	392	行为
魏 欣 <sup>[52]</sup>	2012	CSSCI	0.908	西部	经济作物	二项 Logit	220	行为
贾雪莉 <sup>[14]</sup>	2011	北大核心	0.783	东部	经济作物	二项 Logit	182	行为
朱 淀 <sup>[5]</sup>	2014	CSSCI	3.088	东部	经济作物	二项 Logit	294	意愿
蔡书凯 <sup>[53]</sup>	2011	北大核心	2.188	中部	粮食作物	Tobit	596	行为
赵连阁 <sup>[54]</sup>	2013	CSSCI	2.111	中部	粮食作物	联立方程	287	行为
李光泗 <sup>[55]</sup>	2007	CSSCI	1.184	东部	经济作物	线性回归	440	行为
周 峰 <sup>[56]</sup>	2008	CSSCI	1.401	东部	经济作物	二项 Logit	181	行为
钱韵旭 <sup>[57]</sup>	2013	北大核心	1.960	西部	经济作物	二项 Logit	231	意愿
童 霞 <sup>[9]</sup>	2011	CSSCI	2.416	东部	NA	偏最小二乘法	237	行为
周 峰 <sup>[58]</sup>	2007	CSSCI	2.230	东部	经济作物	二项 Logit	331	行为
高晨雪 <sup>[59]</sup>	2013	CSSCI	2.416	中部	粮食作物	协方差模型	264	行为
Liangxin Fan <sup>[11]</sup>	2015	SCI	3.976	西部	粮食作物	结构方程模型	79	行为
Dongpo LI <sup>[60]</sup>	2012	SCI	0.216	东部	NA	线性回归	199	行为
Yazhen Gong <sup>[18]</sup>	2016	SCI	1.739	西部	NA	Tobit	259	行为
Jiehong Zhou <sup>[61]</sup>	2009	SCI	3.388	东部	经济作物	两组比较	507	行为
Yongqiang Wang <sup>[3]</sup>	2015	SCI	3.388	西部	经济作物	泊松回归	472	行为

注:NA为缺失值;a. 为该研究样本中有23份问卷源于安徽(中部省份),由于其占全部643份样本比例较小,故将研究地区视为东部;期刊影响因子为2017年3月1日的复合影响因子;受表格大小限制,表中仅为部分编码信息。

2018年1月

表2 变量及测量方式

Table 2 Variables and variable measurement method

变量	变量含义	测量方式	预期方向
1. 个体特征			
性别	男或女	二分类变量	-
年龄	户主年龄	有序分类或连续型变量	-
教育程度	户主受教育水平	有序分类、连续或二分类变量	+
风险偏好	风险规避、中性和偏好	有序分类或二分类变量	-
2. 家庭特征			
家庭人口数	家庭总人数	有序分类或连续型变量	+/-
家庭年收入	调查年农户家庭全部收入	有序分类、连续或二分类变量	+/-
劳动力人数	家庭农业劳动力人数	有序分类或连续型变量	+
3. 认知特征			
环境污染	农药施用对环境污染的认知	有序分类或二分类变量	+
人体健康	农药施用对人体健康的影响	有序分类或二分类变量	+
农药知识	对农药施用知识的了解	有序分类或二分类变量	+
4. 种植特征			
种植规模	种植农作物总面积	有序分类、连续或二分类变量	+/-
种植年限	从事农业生产年数	有序分类或连续型变量	-
农业收入占比	农业收入占家庭总收入比例	有序分类、百分比或二分类变量	-
安全农产品价格预期	对安全农产品市场价格的预测	有序分类或二分类变量	+
5. 外部因素			
技术培训	是否接受过农药施用培训	二分类变量	+
合作社	是否参加了合作社	二分类变量	+
农药残留检测	是否有农药残留检测	二分类变量	+
生产过程检测	是否有生产过程检测	二分类变量	+
政府宣传支持	政府是否宣传和支持环境友好型施药	有序分类或二分类变量	+

变量越高,意味着农户家庭收入来源更加依赖农业,为防范风险带来的损失更倾向出现不合理的农药施用行为。安全农产品的价格预期对农户环境友好型农药施用行为无显著影响,可能的原因是目前中国通过认证进行销售的农产品有限,多数农产品未通过认证,单个农户即便生产出安全农产品也无法通过有效的途径通向目标市场,受市场信息渠道等多方面因素制约,农户的预期很难转变为实践。

(5)外部条件。参加农药施用技术培训的农户更清楚农药施用流程及高毒农药等带来的危害,会显著提高环境友好型农药施用行为。是否参加合作社对农户农药施用行为无显著影响,可能因为并非所有合作社都起到了规范农户施药行为的作用。是否有农药残留检测存在发表偏倚,校正后仍对农户农药施用行为具有显著正向影响,且这一政策的刚性要求对农户农药施用行为具有较强的约

束力。农业生产过程检测和政府宣传支持并未产生显著性影响,一方面表明了农业生产过程难以检测和检测成本高的特征,另一方面也反映出目前政府对农户环境友好型农药施用方式的引导不足。

5.2 敏感性分析

为验证上文分析结果的稳健性,采用Leave one out方法和径向图对数据分析结果进行检验,由于分析结果过多,Leave one out结果从略,仅以一个显著性因素和一个非显著性因素径向图为代表进行说明(图2,见81页)。图中的点代表模型拟合的残差,横轴标准误倒数表示研究精度,从纵轴Z统计量的零点出发,通过图中残差点形成的射线投射到右侧弧线对应的值为该残差点对应的实际观测值,即效应量。

由图2(见81页)分析可知,教育程度和家庭年收入效应量的Z统计量均围绕零刻线上下均匀分布,且没有明显的趋势变化;此外,Leave one out分

表3 综合效应量及检验

Table 3 Comprehensive effect size and test

变量	效应量	标准误	$Q$	$P_Q$	$\tau^2$	$Z_B$	$P_B$	$n$	$N$
性别	-0.137**	0.054	29.402	0.134	0.000	0.983	0.326	23	8 055
年龄	0.011	0.028	71.386	0.002***	0.011	-2.821	0.005***	42	14 550
教育程度	0.155***	0.028	55.166	0.101	0.000	1.474	0.140	44	14 286
风险偏好	0.094**	0.047	4.373	0.358	0.000	1.318	0.188	5	2 268
家庭人口数	-0.015	0.044	7.934	0.968	0.000	0.689	0.491	18	4 508
家庭年收入	0.035	0.064	43.087	0.007***	0.028	1.083	0.279	24	6 745
劳动力人数	0.006	0.022	20.629	0.112	0.000	-0.241	0.810	15	5 096
对环境污染的认知	0.059	0.101	2.050	0.915	0.000	1.257	0.209	7	1 714
对人体健康的影响	-0.148	0.105	3.377	0.497	0.000	1.473	0.141	5	1 213
对农药知识的了解	0.373***	0.090	46.757	0.002***	0.072	-0.628	0.530	24	7 544
种植规模	0.011	0.012	39.048	0.125	0.000	2.732	0.006***	31	10 070
种植年限	-0.059**	0.026	16.923	0.658	0.000	0.487	0.626	21	7 827
农业收入占比	-0.164***	0.061	51.795	0.000***	0.032	-0.879	0.379	21	7 839
安全农产品价格预期	0.013	0.038	4.992	0.661	0.000	1.198	0.231	8	3 528
是否参加培训	0.315***	0.051	30.662	0.164	0.000	1.463	0.144	25	7 234
是否参加合作社	0.222	0.146	5.910	0.949	0.000	0.825	0.410	14	4 971
是否有农药残留检测	0.504***	0.180	6.663	0.247	0.000	2.187	0.029**	6	2 906
是否有生产过程检测	0.241	0.187	1.069	0.899	0.000	0.183	0.855	5	2 597
政府的宣传和支持	0.116	0.137	3.443	0.632	0.000	0.111	0.911	6	2 642

注： $Q$ 为异质性检验 $Q$ 统计量； $P_Q$ 为异质性检验显著性 $P$ 值； $\tau^2$ 为组间方差； $Z_B$ 为发表偏倚检验 $Z$ 统计量； $P_B$ 为发表偏倚显著性检验 $P$ 值； $n$ 为效应量数； $N$ 为总样本量；\*\*\*、\*\*、\*分别表示在1%、5%、10%水平上显著，下同。

表4 发表偏倚校正

Table 4 Correction of publication bias

变量	效应量	标准误	$Q$	$P_Q$	$\tau^2$	方向	$N_S$	$SE_N$
年龄	0.056	0.039	109.992	0.000***	0.017	右侧	12	4.213
种植规模	0.004	0.012	71.210	0.001***	0.000	左侧	7	3.693
农药残留检测	0.351**	0.167	12.935	0.074*	0.000	左侧	2	1.784

注： $N_S$ 为Trim and Fill非参数校正填补文献的数量； $SE_N$ 为 $N_S$ 的标准误。

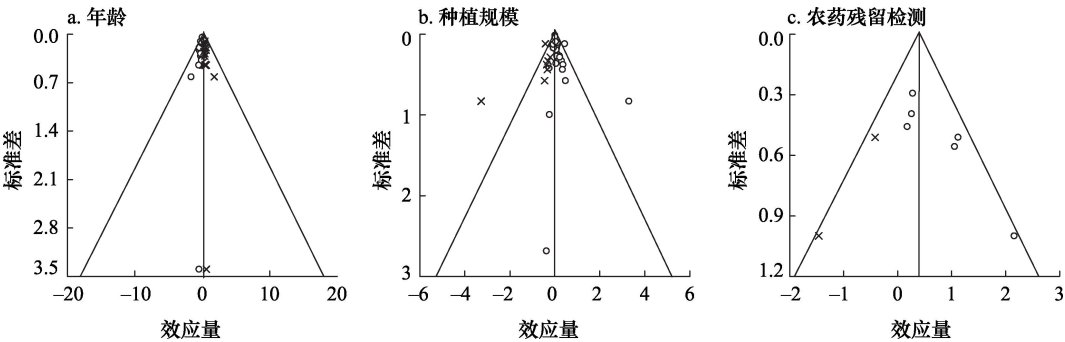


图1 发表偏倚校正倒漏斗图

Figure 1 Funnel plot of publication bias correction  
注：空心圆表示已有研究的效应量，叉号表示填补值。



2018年1月

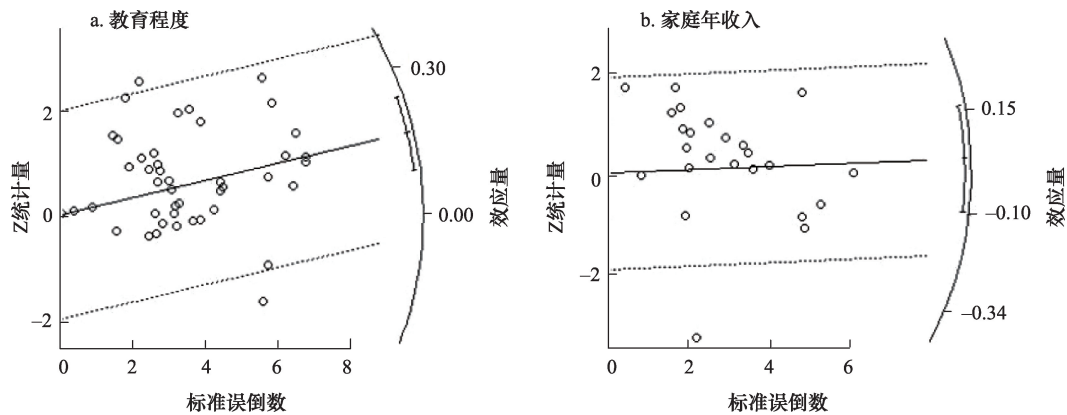


图2 敏感性分析径向分布

Figure 2 Sensitivity analysis with radial distribution

析结果表明,每移除一篇文献后效应量显著性、置信区间、异质性检验结果和发表偏倚检验结果均未发生显著性变化。由此推断5.1章节中分析结果具有较强的稳健性。

### 5.3 累积Meta分析

为检验农户环境友好型农药施用行为的19个影响因素强度随时间的变化,采用累积Meta分析将某一变量下相同研究文献按照抽样年份逐一添加,结果如图3所示。图3中缺失的年份代表该年没有对应的效应量,图中线段空心圆代表累积效应量,左右两侧为95%置信区间,置信区间变窄表明研究的精度提高,置信区间通过0表示不显著。

由图3分析可知,就农户个体特征而言,性别对农户环境友好型农药施用行为的影响由不显著逐渐变为显著,且其精度不断提高,近年来呈现出稳定的负向影响。年龄的研究精度不断提高,但其影响并不显著,且随时间不断减弱。随着教育在农村地区不断受到重视,其影响程度呈现出不断增强的趋势。风险偏好对农户农药施用行为的影响较为稳定,影响强度有逐渐增加的趋势。

从农户家庭特征来看,家庭人口数随时间的推移基本维持在零附近,这也意味着该变量对农户施药行为无影响。家庭年收入在2009年之前对农户农药施用行为具有微弱影响,之后该影响消失,可能是因为早期农户收入水平相对较低,家庭收入对农业生产投入影响较大,近年来随着农村生活水平的提高,家庭收入已不再是限制农户农药投入的关键因素。早期的农业劳动力人数也是农户农药施

用的关键,在收入水平较低时,为减少农药等投入,劳动力较多的家庭通常以更多劳动力投入来替代农药投入,节约生产成本,随着进城的农民工逐渐增加和农户收入来源的多样化,农民也越来越意识到自己劳动的成本,即便家庭劳动力较多,也不倾向以劳动投入替代农药施用,这也可能是导致近年来家庭劳动力对农户农药施用不产生影响的原因。

就农户认知特征而言,环境污染认知对农户环境友好型农药施用行为影响不断减弱。人体健康影响的认知围绕零刻线波动,目前并无明显变化趋势,一定程度上说明农民在农药施用决策中对自己健康的影响并未引起足够重视。对农药知识了解的影响强度随时间逐渐增加,表明该变量在目前农户环境友好型农药施用行为中具有重要作用。

从种植特征来看,种植规模对农户环境友好型农药施用行为的影响随时间逐渐变小,近年来逐渐趋于零。种植年限的影响呈先增加后减小的趋势,虽然目前仍显著抑制农户环境友好型农药施用行为,但该效应在不断减弱。农业收入占比影响显著且较为稳定。安全农产品价格预期的影响效应趋于零。

就外部条件变量来讲,参加技术培训对农户环境友好型农药施用行为的影响逐渐增强。参加合作社的影响不显著,且其效应不断弱化。虽然农药残留检测作为强制性管制手段更能规范农户施药行为,但其作用强度随时间呈下降趋势。生产过程检测的影响强度波动变化,目前对农户农药施用行为并未产生显著影响。随着近年来政府对农业面源污染的关注,其宣传和支持力度也逐渐增加,虽



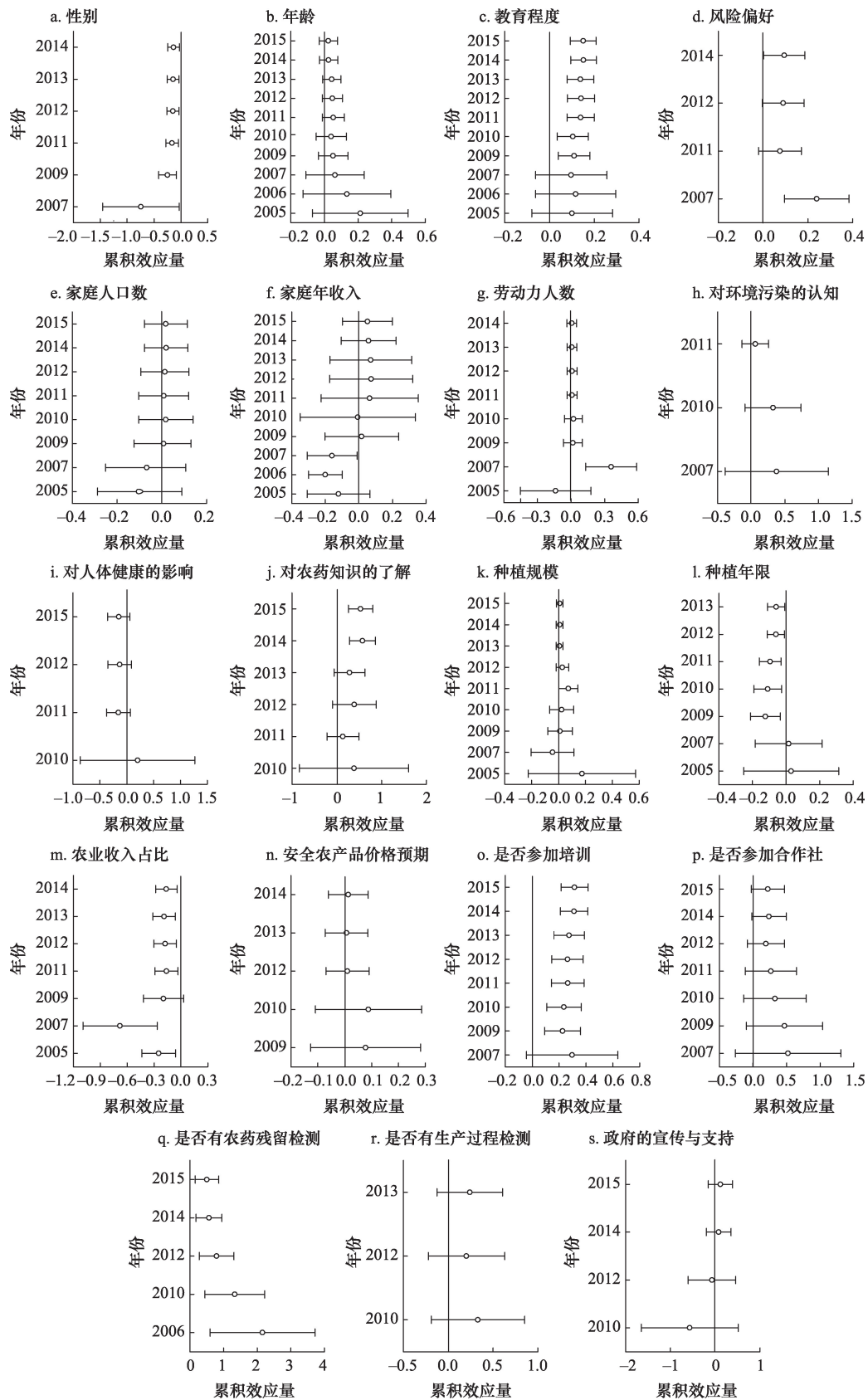


图3 累积Meta分析趋势

Figure 3 Cumulative meta-analysis

2018年1月

目前对农户农药施用行为并未产生显著性影响,但该影响强度有逐渐增加的趋势。

#### 5.4 Meta回归分析

由于年龄、家庭年收入、对农药知识的了解、种植规模和农业收入占比五个变量存在异质性(发表偏倚校正后农药残留检测存在异质性,但效应量个数较少,故省略),故引入调节变量进行Meta回归分析以寻找异质性来源(表5)。

由表5分析可知,年龄在引入调节变量后异质性不再显著,其异质性主要来源为研究区域和研究

方法。年龄的影响效应在东部和西部地区差异较小且不显著,中部显著低于东部地区。与Logit模型相比,Probit模型和结构方程模型研究结果差异不大,但采用Tobit模型的估计结果显著偏高。

引入调节变量后,家庭年收入对农户环境友好型农药施用行为影响的异质性消失,其异质性主要源于抽样时间、期刊来源、期刊影响因子、研究区域、研究方法和因变量类型。其中家庭年收入的影响随抽样时间逐渐降低;与省级期刊相比,核心期刊和CSSCI期刊更倾向于发表家庭年收入影响较

表5 Meta回归分析结果

Table 5 Regression of meta-analysis

变量	指标	系数	标准误	变量	系数	标准误	变量	系数	标准误
年龄	截距	0.065	0.342	对农药知识的了解	-4.708**	2.340	家庭年收入	6.495**	2.540
	连续型变量	0.108	0.115					0.543	0.814
	二分类变量	0.160	0.414		1.098	0.807		0.803	0.643
	抽样年份	-0.017	0.017		0.373**	0.190		-0.725**	0.343
	核心期刊	0.352	0.219					-1.945***	0.701
	CSSCI	0.205	0.187		-0.773	1.053		-2.913**	1.126
	SCI	0.001	0.029		-3.624	2.509		-0.090	0.552
	影响因子	0.014	0.035		1.040	0.669		1.899***	0.728
	中部地区	-0.500**	0.247					-0.247	0.697
	西部地区	0.068	0.084		0.478	0.783		-3.007**	1.346
	经济作物	-0.137	0.197						
	Probit模型	0.125	0.114		-0.233	0.675		-2.190**	0.977
	Tobit模型	0.502***	0.143					-3.818**	1.769
	结构方程模型	-0.120	0.237					-2.722**	1.090
	行为	-0.225	0.286		0.793	0.543		-1.447***	0.555
	异质性检验	$Q=13.180$	$P_Q=0.356$		$Q=3.436$	$P_Q=0.488$		$Q=15.395$	$P_Q=0.181$
种植规模	截距	2.778*	1.538	农业收入占比	1.386	1.257			
	连续型变量	-0.624	0.388		-0.655***	0.332			
	二分类变量				-0.106	0.305			
	抽样年份	-0.102	0.072		-0.075	0.099			
	核心期刊	-0.049	1.028		-0.453	0.614			
	CSSCI	-0.710	0.750		-0.901	0.597			
	SCI				-0.597	0.543			
	影响因子	-0.032	0.177		0.171	0.198			
	中部地区	-0.926	0.587		-0.538	0.479			
	西部地区	-0.137	0.524		0.490	0.387			
	经济作物	-1.154*	0.686		-0.750	0.587			
	Probit模型	0.695	0.460		-0.420***	0.112			
	Tobit模型	0.361	0.387						
	结构方程模型								
	行为	-0.099	0.240		0.380	0.308			
	异质性检验	$Q=26.899$	$P_Q=0.043$		$Q=7.660$	$P_Q=0.467$			

注:缺失值较多或一致的调节变量在分析中移除;a为比例变量。

弱或负向影响的文献;期刊影响因子越高,越倾向于发表影响较大的文献;西部地区该因素的影响最弱;与Logit模型相比,Probit模型、Tobit模型和结构方程模型研究结果的效应更小或易产生负效应;家庭年收入在农户农药施用意愿和行为研究中有显著差异,对行为的影响更低,这也意味着用意愿来代表行为的分析可能并不合理。

农药知识的了解在引入调节变量后异质性得到控制,其异质性原因为抽样时间。抽样时间越近,农药知识的了解对农户环境友好型农药施用行为影响越大,这也充分体现了随时间的推移,农户对农药施用知识的了解逐渐增强,对施药行为的影响也逐渐强化。

种植规模在引入调节变量后异质性仍未得到控制,只有种植类型变量在10%水平上显著,即与粮食作物种植户相比,种植规模对农户环境友好型农药施用行为的影响在经济作物种植户中略小,可能在粮食作物和经济作物种植户中,个体特征和家庭特征等变量的影响存在差异,意味着应将农户进一步区分为不同种植类型,以详细比较不同类型农户农药施用行为的成因差异。

农业收入占比引入调节变量后不存在异质性,异质性来源为变量测量方式和研究方法。与有序分类测量方式相比,用比例测量的农业收入占比对农户农药施用行为影响更弱。从统计学角度看,通常认为比例变量比有序分类变量携带的信息量更大,由此推断,目前用有序分类变量表示的农业收入占比对农户农药施用行为的影响结果较实际值偏高。与Logit模型相比,Probit模型得出的影响效应较弱。

## 6 结论和启示

在中国农户范围内,影响农户环境友好型农药施用行为的关键因素是完全同质的吗?本文的回答是否定的。年龄、家庭年收入、对农药知识的了解、种植规模和农业收入占比具有显著异质性。年龄的异质性源于研究区域和研究方法的差异;家庭年收入的异质性是因为抽样时间、期刊来源、期刊影响因子、研究区域、研究方法和因变量类型的不同;对农药知识了解的异质性原因是抽样时间的不同;种植规模的异质性可能是农户种植类型的差异

所致;农业收入占比的异质性来源为变量测量方式和研究方法。允许异质性存在的条件下,影响农户环境友好型农药施用行为的关键因素为农户性别、教育程度、风险偏好、对农药知识的了解、种植年限、农业收入占比、是否参加过农药施用培训和是否有农药残留检测。随时间推移,受教育程度、风险偏好、对农药知识的了解、是否参加农药施用培训和政府宣传支持对农户施药行为影响强度有增加的趋势;性别和农业收入占比影响显著且趋势较为稳定;其余变量的影响均不同程度的减弱。

针对上述分析结果提出两个层面的建议:

(1)政策层面。①通过正式或非正式教育加强对农业生产者尤其是男性的农药施用知识和技术的培训;②完善农村农业保险体系,增强农户风险抵御能力;③拓宽农户收入渠道,逐步降低部分依农为生的农户对农业收入的依赖;④进一步强化农业合作社等农村基础性组织的监管,确保其能真正为农户提供生产性帮助和支持。促进农户逐步向环境友好型农药施用方式转变。

(2)研究层面。①由于影响农户施药行为的影响因素在中国范围内并非完全同质,因此在农户个体层面的抽样调查中有必要将农户细分,如按其种植类型、年龄段等特征进行分类,进一步详细考察农户施药行为的特征;②加强不同群体、不同地区等影响农户施药行为关键因素的差异分析,更为细致的差异不应仅归为地区差异;③方法的选择会影响分析的结果,在今后的研究中应注意不同方法的交叉和比较运用,对同一问题的分析可采用多方法比较分析,得出更稳健的结论;④随时间的发展,影响农户施药行为的关键因素及强度在不断变化,今后的研究设计应更多的以半开放或开放式问卷为基础,从农户角度阐述对其施药行为具有影响的关键因素,避免封闭式问卷所带有的研究者更强的主观倾向;⑤变量的测量应进一步结合统计学方法,以尽可能实现所测变量携带更多的信息;⑥对农户农药施用行为的分析中,应将意愿和真实行为加以区分。

**致谢:**非常感谢表1第一作者及共同作者为本研究提供的数据支撑;特别感谢匿名审稿专家和责任编辑的宝贵意见,文责自负。



2018年1月

## 参考文献(References):

- [1] Fan L X, Niu H P, Yang X M, *et al.* Factors affecting farmers' behaviour in pesticide use: Insights from a field study in northern China[J]. *Science of the Total Environment*, 2015, 537: 360–368.
- [2] Zhang F, Chen X, Vitousek P. Chinese agriculture: an experiment for the world[J]. *Nature*, 2013, 497(7447): 33–35.
- [3] Wang Y Q, Wang Y, Huo X X, *et al.* Why some restricted pesticides are still chosen by some farmers in China? Empirical evidence from a survey of vegetable and apple growers[J]. *Food Control*, 2015, 51: 417–424.
- [4] Kruger D J, Polanski S P. Sex differences in mortality rates have increased in China following the single-child law[J]. *Letters on Evolutionary Behavioral Science*, 2011, 2(1): 1–4.
- [5] 朱淀, 张秀玲, 牛亮云. 蔬菜种植农户施用生物农药意愿研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(4): 64–70. [Zhu D, Zhang X L, Niu L Y. Vegetable farmers' willingness to adopt biopesticides[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2014, 24(4): 64–70.]
- [6] Schreinemachers P, Chen H, Nguyen T T L, *et al.* Too much to handle? Pesticide dependence of smallholder vegetable farmers in South-east Asia[J]. *Science of the Total Environment*, 2017, 593: 470–477.
- [7] 毛飞, 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): 4–12. [Mao F, Kong X Z. Analysis on the influencing factors of farmers' safety pesticide matching behavior—based on the investigation of 5 major apple county in Shaanxi Province[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2011, (5): 4–12.]
- [8] 米建伟, 黄季焜, 陈瑞剑, 等. 风险规避与中国棉农的农药施用行为[J]. 中国农村经济, 2012, (7): 60–71. [Mi J W, Huang J K, Chen R J, *et al.* Risk evasion and pesticide application behavior of Chinese cotton farmers[J]. *Chinese Rural Economy*, 2012, (7): 60–71.]
- [9] 童霞, 吴林海, 山丽杰. 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. [Tong X, Wu L H, Shan L J. Study on the characteristics of farmers' pesticide application[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2011, (11): 71–83.]
- [10] 蔡银莺, 余亮亮. 重点开发区域农田生态补偿的农户受偿意愿分析—武汉市的例证[J]. 资源科学, 2014, 36(8): 1660–1669. [Cai Y Y, Yu L L. Ecological compensation for agricultural land in the key development area of Wuhan based on the willingness of farmers[J]. *Resources Science*, 2014, 36(8): 1660–1669.]
- [11] 胡定寰, 陈志钢, 孙庆珍, 等. 合同生产模式对农户收入和食品安全的影响—以山东省苹果产业为例[J]. 中国农村经济, 2006, (11): 17–24. [Hu D H, Chen Z G, Sun Q Z, *et al.* Impact of contract production mode on farmers' income and food safety: a case study of apple industry in Shandong province[J]. *Chinese Rural Economy*, 2006, (11): 17–24.]
- [12] 王建华, 马玉婷, 李俏. 农业生产者农药施用行为选择与农产品安全[J]. 公共管理学报, 2015, 12(1): 117–126. [Wang J H, Ma Y T, Li Q. Agricultural products security and the choice of agricultural producers' pesticide application behavior[J]. *Journal of Public Management*, 2015, 12(1): 117–126.]
- [13] 王建华, 马玉婷, 刘茁, 等. 农业生产者农药施用行为选择逻辑及其影响因素[J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(8): 153–161. [Wang J H, Ma Y T, Liu Z, *et al.* Behavior choice logic and influencing factors of agricultural producers' pesticide application[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2015, 25(8): 153–161.]
- [14] 贾雪莉, 董海荣, 戚丽丽, 等. 蔬菜种植农户农药使用行为研究—以河北省为例[J]. 林业经济问题, 2011, 31(3): 266–270. [Jia X L, Dong H R, Qi L L, *et al.* Study on using pesticide behavior of the vegetable growers—in Hebei province[J]. *Issues of Forestry Economics*, 2011, 31(3): 266–270.]
- [15] Jallow M F A, Awadh D G, Albaho M S, *et al.* Pesticide risk behaviors and factors influencing pesticide use among farmers in Kuwait [J]. *Science of the Total Environment*, 2017, 574: 490–498.
- [16] 郝成元, 张永领, 朱宗泽. 基于问卷调查的耕地利用问题感知研究[J]. 资源科学, 2010, 32(1): 64–70. [Hao C Y, Zhang Y L, Zhu Z Z. A perception study on cultivated land utilization based on questionnaire surveys[J]. *Resources Science*, 2010, 32(1): 64–70.]
- [17] 王永强, 朱玉春. 农户过量配比农药影响因素分析[J]. 经济与管理研究, 2013, (10): 86–91. [Wang Y Q, Zhu Y C. Influencing factors of farmers' pesticides overuse[J]. *Research on Economics and Management*, 2013, (10): 86–91.]
- [18] Gong Y Z, Baylis K, Kozak R, *et al.* Farmers' risk preferences and pesticide use decisions: evidence from field experiments in China [J]. *Agricultural Economics*, 2016, 47(4): 411–421.
- [19] 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 [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]. *Management World*, 2013, (11): 50–66.]
- [20] 任重, 薛兴利. 粮农无公害农药使用意愿及其影响因素分析—基于609户种粮户的实证研究[J]. 干旱区资源与环境, 2016, 30(7): 31–36. [Ren Z, Xue X L. Analysis on the will of the nonpollution pesticide use and its influencing factors—an empirical study based on 609 farmers[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2016, 30(7): 31–36.]
- [21] 李秀义, 官志强. 农药安全施用方式及其影响因素分析—以福建安溪茶农为例[J]. 西安电子科技大学学报(社会科学版), 2013, 23(6): 84–93. [Li X Y, Guan Z Q. Analysis on the safety behavior in pesticide application and its influencing factors—a case study of Anxi tea farmers, Fujian[J]. *Journal of Xidian University (Social Science Edition)*, 2013, 23(6): 84–93.]
- [22] 牛亚丽. 农户对接视角下农户农产品质量安全控制行为及其影响因素分析—基于辽宁省484个果蔬农户的调查[J]. 四川农业

- 大学学报, 2014, 32(2): 236-241. [Niu Y L. The analysis on farmers' quality and safety control behavior and its influencing factors in "farmer-supermarket direct purchase"-based on the survey from 484 farmers in Liaoning province[J]. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 2014, 32(2): 236-241. ]
- [23] Morren M, Grinstein A. Explaining environmental behavior across borders: a meta-analysis[J]. *Journal of Environmental Psychology*, 2016, 47: 91-106.
- [24] Hunter J E, Schmidt F L. *Methods of Meta-analysis: Correcting Error and Bias in Research Findings*[M]. Thousand Oaks: Sage publications, 2004.
- [25] Lipsey M W, Wilson D B. *Practical Meta-analysis*[M]. Thousand Oaks, CA: Sage publications, 2001.
- [26] Pigott T. *Advances in Meta-analysis*[M]. New York: Springer Science & Business Media, 2012.
- [27] Franco A, Malhotra N, Simonovits G. Publication bias in the social sciences: unlocking the file drawer[J]. *Science*, 2014, 345(6203): 1502-1505.
- [28] Moreno S G, Sutton A J, Ades A E, *et al.* Assessment of regression-based methods to adjust for publication bias through a comprehensive simulation study[J]. *BMC Medical Research Methodology*, 2009, 9(2): 1-17.
- [29] Rothstein H R, Sutton A J, Borenstein M. *Publication Bias in Meta-analysis: Prevention, Assessment and Adjustments*[M]. Chichester: John Wiley & Sons, 2006.
- [30] Wallace B C, Schmid C H, Lau J, *et al.* Meta-analyst: Software for meta-analysis of binary, continuous and diagnostic data[J]. *BMC Medical Research Methodology*, 2009, 9(1): 1-12.
- [31] Lau A, Li K Y, Yang W F, *et al.* Induction chemotherapy for squamous cell carcinomas of the oral cavity: a cumulative meta-analysis[J]. *Oral Oncology*, 2016, 61: 104-114.
- [32] 张慧静, 周静, 和梦琳, 等. 菜农使用无公害或绿色农药意愿的影响因素研究-基于山东省蔬菜种植户的调查[J]. *农业经济*, 2016, (4): 27-29. [Zhang H J, Zhou J, He M L, *et al.* Factors affecting the use of pollution-free or green pesticide in vegetable growers-based on the investigation of vegetable growers in Shandong province[J]. *Agricultural Economy*, 2016, (4): 27-29. ]
- [33] 瞿逸舟, 阳检, 吴林海. 分散农户农药施用行为与影响因素研究[J]. *黑龙江农业科学*, 2013, (1): 60-65. [Qu Y Z, Yang J, Wu L H. The scattered farmers' behaviors of pesticide application and the influencing factors[J]. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, 2013, (1): 60-65. ]
- [34] 张复宏, 胡继连. 基于计划行为理论的果农无公害种植行为的作用机理分析-来自山东省16个地市(区)苹果种植户的调查[J]. *农业经济问题*, 2013, 34(7): 48-55. [Zhang F H, Hu J L. Analysis of workable mechanism on behavior of fruit grower planting pollution-free and high-quality apple based on the theory of planned behavior: Evidence from field investigation of apple growers from 16 cities in Shandong province[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2013, 34(7): 48-55. ]
- [35] 方秋平, 代云云, 徐翔. 基于组织视角的安全蔬菜生产者道德风险分析-以江苏省为例[J]. *南京农业大学学报(社会科学版)*, 2011, 11(1): 44-50. [Fang Q P, Dai Y Y, Xu X. On moral hazard of security vegetable produces from organizational perspective: Taking Jiangsu province as an example[J]. *Journal of Nanjing Agricultural University(Social Sciences Edition)*, 2011, 11(1): 44-50. ]
- [36] 王洪丽, 杨双, 徐晓红, 等. 吉林省水稻质量安全农户认知与种植意愿分析[J]. *吉林农业科学*, 2014, 39(6): 76-80. [Wang H L, Yang S, Xu X H, *et al.* Analysis on the farmers' cognition and planting willingness on the quality safety of rice in Jilin province [J]. *Journal of Jilin Agricultural Sciences*, 2014, 39(6): 76-80. ]
- [37] 方学伟, 马惠兰, 宋耀辉. 新疆棉农生产行为影响因素分析[J]. *江苏农业科学*, 2014, 42(10): 452-455. [Fang X W, Ma H L, Song Y H. Factors influencing cotton farmers' production behavior in south of Xinjiang[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2014, 42(10): 452-455. ]
- [38] 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户农户的调查与分析[J]. *农业技术经济*, 2007, (5): 99-104. [Li H M, Fu X H, Wu X M. The willingness of farmers' safe application of pesticides and its influencing factors-Investigation and analysis of 214 farmers in Guanghan city, Sichuan province[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2007, (5): 99-104. ]
- [39] 崔新蕾, 蔡银莺, 张安录. 农户参与保护农田生态环境意愿的影响因素实证分析[J]. *水土保持通报*, 2011, 31(5): 125-130. [Cui X L, Cai Y Y, Zhang A L. Farmers' willingness to protect farmland ecological environment and influencing factors[J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2011, 31(5): 125-130. ]
- [40] 王志刚, 姚一源, 许栩. 农户对生物农药的支付意愿: 对山东省莱阳、莱州和安丘三市的问卷调查[J]. *中国人口·资源与环境*, 2012, 22(S1): 54-57. [Wang Z G, Yao Y Y, Xu X. Farmers' willingness to pay for bio-pesticides: Based on the survey conducted in Laiyang, Laizhou, and Anqiu in Shandong province[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2012, 22(S1): 54-57. ]
- [41] 娄博杰, 宋敏, 张庆文, 等. 农户高毒农药施用行为影响因素分析-以东部六省调研数据为例[J]. *农村经济*, 2014, (7): 108-112. [Lou B J, Song M, Zhang Q W, *et al.* Factors affecting the behavior of farmers' highly pesticide application-taking the six provinces in eastern China as an example[J]. *Rural Economy*, 2014, (7): 108-112. ]
- [42] 吴雪莲, 张俊飏, 何可. 农户高效农药喷雾技术采纳意愿-影响因素及其差异性分析[J]. *中国农业大学学报*, 2016, 21(4): 137-148. [Wu X L, Zhang J B, He K. Farmers' willingness to adopt the effective pesticide spraying technology: influencing factors and group heterogeneity[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2016, 21(4): 137-148. ]
- [43] 朱淀, 孔霞, 顾建平. 农户过量施用农药的非理性均衡: 来自中

2018年1月

- 国苏南地区农户的证据[J]. 中国农村经济, 2014, (8): 17-29. [Zhu D, Kong X, Gu J P. Irrational equilibrium of farmers' excessive application of pesticides: evidence from farmers in southern China[J]. *Chinese Rural Economy*, 2014, (8): 17-29. ]
- [44] 乔立娟, 王健, 李兴. 农户农药使用风险认知与规避意愿影响因素分析[J]. 贵州农业科学, 2014, 42(3): 237-241. [Qiao L J, Wang J, Li X. Analysis on impact factors of the risk perception and aversion will of farmers' pesticide use behavior[J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2014, 42(3): 237-241. ]
- [45] 田云, 张俊飏, 何可, 等. 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, et al. Analysis on low-carbon production behavior of farm households and its influencing factors-taking fertilizer application and pesticide use as an example[J]. *China Rural Survey*, 2015, (4): 61-70. ]
- [46] 傅新红, 宋汶庭. 农户生物农药购买意愿及购买行为的影响因素分析-以四川省为例[J]. 农业技术经济, 2010, (6): 120-128. [Fu X H, Song W T. Analysis on the factors affecting the purchase intention and behavior of farmers' biological pesticide-taking Sichuan province as an example[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2010, (6): 120-128. ]
- [47] 江激宇, 柯木飞, 张士云, 等. 农户蔬菜质量安全控制意愿的影响因素分析-基于河北省藁城市151份农户的调查[J]. 农业技术经济, 2012, (5): 35-42. [Jiang J Y, Ke M F, Zhang S Y, et al. Analysis on the influencing factors of farmers' quality control of vegetable quality-based on 151 farmers in Gaocheng city, Hebei province[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2012, (5): 35-42. ]
- [48] 蔡荣, 韩洪云. 农民专业合作社对农户农药施用的影响及作用机制分析-基于山东省苹果种植户的调查数据[J]. 中国农业大学学报, 2012, 17(5): 196-202. [Cai R, Han H Y. Impact of cooperative on farmers' pesticide application behavior and its influence mechanism: an empirical analysis based on the survey data of apple growers in Shandong province[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2012, 17(5): 196-202. ]
- [49] 吴林海, 张秀玲, 山丽杰, 等. 农药施药者经济与社会特征对施用行为的影响: 河南省的案例[J]. 自然辩证法通讯, 2011, 33(3): 60-68. [Wu L H, Zhang X L, Shan L J, et al. The impact of economic and social characteristics of scattered farmer household on pesticide application behavior: the case in Henan province[J]. *Journal of Dialectics of Nature*, 2011, 33(3): 60-68. ]
- [50] 邢永华, 赵宏, 苏效东, 等. 青海某地大棚蔬菜种植者农药使用行为影响因素初步分析[J]. 环境卫生学杂志, 2014, 4(4): 340-343. [Xing Y H, Zhao H, Su X D, et al. Impact factors on behavior of using pesticide in greenhouse vegetable growers in Qinghai [J]. *Journal of Environmental Hygiene*, 2014, 4(4): 340-343. ]
- [51] 王志刚, 李腾飞. 蔬菜出口产地农户对食品安全规制的认知及其农药决策行为研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2012, 22(2): 164-169. [Wang Z G, Li T F. A study on farmers' cognitive of food safety regulation and their decision-making behavior of pesticide use in the export-oriented vegetable production area[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2012, 22(2): 164-169. ]
- [52] 魏欣, 李世平. 蔬菜种植户农药使用行为及其影响因素研究[J]. 统计与决策, 2012, (24): 116-118. [Wei X, Li S P. Vegetable growers pesticide use behavior and the influencing factors[J]. *Statistics and Decision*, 2012, (24): 116-118. ]
- [53] 蔡书凯, 李靖. 水稻农药施用强度及其影响因素研究-基于粮食主产区农户调研数据[J]. 中国农业科学, 2011, 44(11): 2403-2410. [Cai S K, Li J. Pesticide application intensity by farmers and its influences-based on the investigation data of farmers from major grain producing areas[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2011, 44(11): 2403-2410. ]
- [54] 赵连阁, 蔡书凯. 晚稻种植农户IPM技术采纳的农药成本节约和粮食增产效果分析[J]. 中国农村经济, 2013, (5): 78-87. [Zhao L G, Cai S K. Analysis of pesticide cost savings and grain yield increased by IPM technology in late rice farmers[J]. *Chinese Rural Economy*, 2013, (5): 78-87. ]
- [55] 李光泗, 朱丽莉, 马凌. 无公害农产品认证对农户农药使用行为的影响-以江苏省南京市为例[J]. 农村经济, 2007, (5): 95-97. [Li G S, Zhu L L, Ma L. The impact of pollution-free agricultural products certification on farmers' pesticide use-a case study of Nanjing, Jiangsu province[J]. *Rural Economy*, 2007, (5): 95-97. ]
- [56] 周峰, 徐翔. 无公害蔬菜生产者农药使用行为研究-以南京为例[J]. 经济问题, 2008, 341(1): 94-96. [Zhou F, Xu X. Study on using pesticide behavior of the producers of non-environmental pollution vegetable[J]. *On Economic Problems*, 2008, 341(1): 94-96. ]
- [57] 钱韵旭, 杨悦, 赵伟, 等. 药农使用绿色农药意愿的影响因素分析-基于云南省文山州三七产区的调查[J]. 中国中药杂志, 2013, 38(20): 3453-3457. [Qian Y X, Yang R, Zhao W, et al. Analysis on influential factors of Chinese medicinal herb growers' willingness to use green pesticides: Evidence on panax notoginseng production areas in Wenshan, Yunnan province[J]. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2013, 38(20): 3453-3457. ]
- [58] 周峰, 徐翔. 政府规制下无公害农产品生产者的道德风险分析-基于江苏省农户的调查[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2007, (4): 25-31. [Zhou F, Xu X. Analyzing moral hazard behaviors of non-environmental pollution agri-product producers under the government regulation-Based on a survey of rural households in Jiangsu[J]. *Journal of Nanjing Agricultural University(Social Sciences Edition)*, 2007, (4): 25-31. ]
- [59] 高晨雪, 汪明, 叶涛, 等. 种植行为及保险决策在不同收入结构农户间的差异分析[J]. 农业技术经济, 2013, (10): 46-55. [Gao C X, Wang M, Ye T, et al. Analysis on the differences between planting behavior and insurance decision-making among farmers with different income[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2013, (10): 46-55. ]
- [60] Li D P, Nanseki T, Takeuchi S, et al. Farmers' behaviors, percep-



tions and determinants of pesticides application in China: evidence from six eastern provincial-level regions[J]. *Journal of the Faculty of Agriculture*, 2012, 57(1): 255–263.

[61] Zhou J H, Jin S S. Safety of vegetables and the use of pesticides by farmers in China: evidence from Zhejiang province[J]. *Food control*, 2009, 20(11): 1043–1048.

## A Meta-analysis of farmers' environment-friendly pesticide application behavior in China

LI Hao, LI Shiping, NAN Ling, LI Xiaoqing

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

**Abstract:** The main purposes of this study were to reveal key factors influencing farmers' pesticide application behavior, and reasons for differences in research level. A total of 43 papers were selected from China and abroad. We explored the following issues: whether key factors in pesticide application in China are completely homogeneous; key factors influencing the application of pesticide in farmers under the condition of allowing the existence of heterogeneity; and trends in key factors over time. The meta-analysis method includes effect size selection, fixed or random effect model selection depending on the existence of heterogeneity, publication bias tests and correction, sensitivity analysis, cumulative meta-analysis and meta-regression analysis. The Q statistic was used to test whether there was heterogeneity. If variables are homogeneous in farmers, the fixed effect model is used, if variables are heterogeneous, then the random effect model is used. Results showed that farmers' pesticide application behavior was not completely homogeneous. There was significant heterogeneity among age, household income, knowledge of pesticide use, scale of cultivation and ratio of agricultural income. The key factors influencing behavior included gender, educational level, risk appetite, knowledge of pesticide use, farming experience, proportion of agricultural income, pesticide application training and pesticide residue detection. The trend in educational level, risk appetite, pesticide related knowledge, participation in pesticide application technical training and government propaganda support increased over time. However, variables including gender and agricultural income accounted for a significant impact, while the trend was nearly stable. The remaining variables gradually decreased. Based on these results, two suggestions spanning policy and academic are proposed.

**Key words:** pesticide application behavior; farmers; environment-friendly; influence factors; Meta-analysis