第42卷第5期
2021年9月

农业现代化研究
RESEARCH OF AGRICULTURAL MODERNIZATION

Vol. 42 No. 5
Sept., 2021

引用格式：
孙生阳, 李忠鞠, 张超, 胡瑞法. 技术信息来源对水稻农户病虫草害防治行为的影响[J]. 农业现代化研究, 2021, 42(5): 900-908.
Sun S Y, Li Z J, Zhang C, Hu R F. Effects of technological information sources on farmers' pest control behaviors[J]. Research of Agricultural Modernization, 2021, 42(5): 900-908.
DOI: 10.13872/j.1000-0275.2021.0072

技术信息来源对水稻农户病虫草害防治行为的影响

孙生阳[1]，李忠鞠[2]，张超[3]，胡瑞法[2*]

（1. 中共中央党校（国家行政学院）经济学教研部，北京 100091；2. 北京理工大学管理与经济学院，北京 102488；3. 北京理工大学人文与社会科学学院，北京 102488）

摘 要：病虫草害防治是水稻生产最关键的环节之一，科学正确的技术信息在提高农户病虫草害防控能力和保障国家粮食安全方面发挥了重要作用。基于长江中下游流域3个省的963户水稻农户调查数据，采用Probit和Tobit模型，分析病虫草害发生和农户防治行为的现状，探讨不同技术信息来源对农户病虫草害防治行为的影响。结果表明，在病虫草害层面，农户累计面临病虫草害发生种次10 003次，其中被农户防治的病虫草害种次占比仅为34.29%；在农户层面，平均每户的病虫草害防治率仅为35.20%。中国多元化的农业社会化服务体系已经形成，除个人经验外，农技员和农药零售店是农户获取技术信息的主要来源。相比于农药零售店提供的技术信息，农技员提供的技术信息对农户病虫草害防治概率和病虫草害防治率均有显著的正向影响，但农技员的技术服务效果并未在不同类型的病虫草害防治中形成一致性结论。因此，政府部门应该建立农作物病虫草害监测制度、深化农技推广体系改革、加强对农药零售店的技术指导与培训、鼓励统防统治等病虫草害防治商业服务体系的发展。

关键词：技术信息来源；病虫草害防治；农药；水稻；农业技术推广

中图分类号：F326.11; F323.22　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1000-0275（2021）05-0900-09

Effects of technological information sources on farmers' pest control behaviors

SUN Sheng-yang[1], LI Zhong-ju[2], ZHANG Chao[3], HU Rui-fa[2]

(1. Department of Economics Teaching and Research, Party School of the Central Committee of C.P.C (National Academy of Governance), Beijing 100091, China; 2. School of Management and Economics, Beijing Institute of Technology, Beijing 102488, China; 3. School of Humanities and Social Sciences, Beijing Institute of Technology, Beijing 102488, China)

Abstract：Pest control is one of the most necessary links in rice production. Scientific and correct technological information has played an important role in improving farmers' pest control capability and ensuring the national grain security. Based on a survey data of 963 rice farmers in 3 provinces in the middle and lower reaches of the Yangtze River basin, this study analyzed the current situation of pest occurrence and farmers' pest control behaviors by the Probit and Tobit models and discussed the effects of different technological information sources on farmers' pest control behaviors. Results show that there were total of 10 003 observations regarding pest occurrence for rice farmers, of which only 34.29% of them were controlled by farmers at the pest observation level. In addition, the average pest control rate per farmer is only 35.20% at the farm level. A diversified rural social service system has been gradually established in China. In addition to personal experience, agricultural extension agents and pesticide retailers are the main technological information sources for farmers. Compared with that from pesticide retailers, technological information from agricultural extension agents has significantly positive effect on the probability and the rate of pest control. However, the technological service effects of agricultural extension agents have not reached a consistent level in the control of different types of pests. Therefore, the government should establish a monitoring system for pests, deepen the reform of the agricultural extension system, strengthen technological guidance and training for pesticide retailers, and encourage the development of commercial service systems for the pest control such as specialized and unified prevention.

Key words：technological information; pest control; pesticide; rice; agricultural extension

基金项目：国家重点研发计划项目（2016YFD0201301）；国家自然科学基金项目（71803010, 71661147002）。
作者简介：孙生阳（1992—），男，河南郑州人，博士，主要从事农业技术经济研究，E-mail: sunsy@ccps.gov.cn; 通信作者：胡瑞法（1960—），男，河南灵宝人，教授，博士生导师，主要从事农业科技政策研究，E-mail: ruifa@bit.edu.cn。
收稿日期：2021-03-18；**接受日期：**2021-06-08
Foundation item: National Key R&D Program of China (2016YFD0201301); National Natural Sciences Foundation of China (71803010, 71661147002).
Corresponding author: HU Rui-fa, E-mail: ruifa@bit.edu.cn.
Received 18 March, 2021; **Accepted** 8 June, 2021

病虫草害防治已经成为“十四五”期间增强农业综合生产能力的一项重要工作。在农业生产面临的诸多灾害风险中，病虫草害暴发是直接威胁国家粮食安全的主要灾害风险之一[1]。中国政府长期以来重视病虫草害防治工作，2020 年通过的《农作物病虫害防治条例》(国令第 725 号) 从保障国家粮食安全和农产品质量安全的角度对病虫草害防治作出了一系列的制度安排。相关研究表明，病虫草害防治涉及农药施用范围、施用量、施用方法和施用时间等技术知识，在农户缺乏相关专业技术知识的前提下，技术信息是影响农户病虫草害防治行为的关键因素[2]。当前中国多元化的农业社会化服务体系已经初步形成[3]，深入考察不同社会化服务提供的技术信息对农户病虫草害防治行为的影响，对于政府部门制定引导农户科学防治病虫草害和健全农业社会化服务体系建设的政策具有重要参考价值。

农药在挽回由病虫草害发生所造成的粮食产量损失方面发挥了重要作用[4-5]。大田试验发现，如果农户在水稻生产中完全不施用农药防治病虫草害，则病虫草害对水稻生产造成的产量损失将达到 77.94%[6]。正因为如此，包括中国在内的世界主要水稻生产国家均在生产中高度依赖农药施用[7-8]，且在病虫草害防治层面和农户层面均存在不同程度的农药过量施用问题[9-10]。按不变价格计算，2016 年中国水稻的单位面积农药费用为 233.29 元 /hm^2，分别是同期玉米和小麦单位面积农药费用的 3.47 和 3.20 倍[8]。学术界关于水稻农户农药施用行为的研究已经十分丰富。第一，许多研究基于利润最大化理论[11]，认为农药的最优经济施用量满足农药施用的边际收益等于边际成本，当农药的边际成本高于边际收益时，则存在过量施用[12-13]。有研究表明，当前 96% 的水稻农户在经济意义上过量施用了农药[14]。第二，也有研究以农户防治的病虫草害为研究对象，发现水稻农户平均每次施用 2.2 种有效成分的农药来防治 4.5 种病虫草害，通过将各有效成分农药的指数施用量与参考农药的推荐施用量对比后发现，农户在防治二化螟、稻飞虱和稻曲病等病虫害时存在农药过量与不足施用并存的现象[9]。第三，有研究以每种有效成分农药的登记信息作为参考，通过将水稻农户所施用有效成分农药的推荐防治对象范围与实际防治的病虫草害种类进行对比，发现水稻农户在防治次要病虫害时的农药正确施用率偏低，仅为 17.5%[15]。

为引导农户科学施用农药防治病虫草害，学术界对农户农药施用行为的决定因素进行了充分探讨。除农户风险偏好[16]、农作物商品化率[17]、种植规模调整[18]、家庭财产[19]和缺乏专业知识[20]等因素导致的不科学防治行为以外，近年来许多研究也开始关注技术信息来源对农户农药施用行为的影响[21-22]。如胡瑞法等[23]研究发现，农技员、农药零售店、生产大户和亲戚邻居等均是农户获取农药施用技术信息的渠道，其中农技员和农药零售店是农户的主要技术信息来源；陈欢等[24]通过研究农户的农药施用成本与施用次数，指出信息传递渠道对农户农药施用行为有显著影响，且政府宣传和农技培训渠道提供的信息有助于降低农户的农药施用成本与施用次数；Jin 等[25]和 Schreinemachers 等[26]的研究则发现，农药零售店提供的技术信息导致了农户过量施用农药现象的发生。2006 年新一轮的政府农业技术推广体系改革虽然增加了农技员为农户提供技术服务的时间，但却导致了基层农业技术推广体系行政化较为严重的问题，其中政府农业技术推广部门专业不对口人员的比例从 2002 年的 27% 提高到了 2015 年的 36%[3]。这可能导致农技员为农户提供技术服务效果的降低。

综上所述，以往研究围绕农户施用农药防治病虫草害行为及其决定因素进行了比较充分的讨论。需要说明的是，尽管以往研究从不同角度考察了农户的农药过量和不足施用行为[27]，但深入探索农户是否防治农业生产中暴发的每一种病虫草害的研究还较为不足。事实上病虫草害发生的时效性较强[28]，即一旦发生病虫草害，如果农户不及时防治或者错过最佳防治期，就可能造成较大损失甚至农作物绝收的风险[29]。从技术信息来源的角度看，如果农户能够在每次病虫草害暴发前获得准确的病虫草害防治时间技术信息，则农户防治每一种暴发的病虫草害概率将会增加；相反，如果农户不能获得准确的病虫草害防治时间技术信息，则可能错过最佳农药防治时期 (即病虫草害已经在农田里发生时才进行防治或来不及防治)，那么将会对农作物产量造成较大损失[30]。目前尚未有研究就技术信息来源对农户是否防治农业生产中暴发的每一种病虫草害的影响进行深入探索。

鉴于此，本文试图回答三个科学问题：1）农户在面临每一种暴发的病虫草害时是否选择施用农药进行针对性防治，防治不同类型病虫草害行为之间是否存在显著差异；2）农户的病虫草害防治时间技术信息由谁提供；3）不同部门提供的技术信息如何影响农户的病虫草害防治行为。为了更好地回答上述问题，本文利用长江中下游江苏、浙江和

湖北 3 个省的水稻农户调查数据，基于同一个样本村内农户面临的病虫草害发生风险一致的假定，采用 Probit 和 Tobit 模型，在分析农户是否施用农药对每一次发生的病虫草害进行针对性防治的基础上，探讨不同类型技术信息来源对农户是否防治病虫草害和农户病虫草害防治率的影响。本文相较于以往研究的价值在于从农户是否防治水稻生产中暴发的每一种病虫草害这一新视角考察农户行为，并探索技术信息来源对病虫草害防治这一重要农业生产环节的影响。

1 研究方法

1.1 数据来源

本文所用数据来自于课题组 2016 年 10 月至 11 月对长江中下游流域水稻主产区江苏、浙江和湖北 3 个省的调查。根据国家统计局的数据，2015 年长江中下游流域稻谷总产量为 10 950.0 万 t，占全国总产量的 51.6%，其中江苏、浙江和湖北 3 个省稻谷总产量达到 4 324.6 万 t，占长江中下游流域稻谷总产量的 39.5%。因此，本次调查的样本省份具有代表性。

对于所选取的每个样本省，采用随机抽样的方法选择样本县、乡、村和农户。具体而言，在每个样本省，按照省内各县农民人均纯收入的高低分成 2 组，从每组中随机抽取 2 个县；在每个样本县内，按照同样方法选取 2 个乡镇，并进而选取 2 个村庄；在样本村庄，随机抽取 20 个左右的农户进行入户调查，并且通过询问村干部等方式获取样本村的基本信息。由于在浙江省嵊州市崇仁镇随机抽样的样本村中农户较少，故在崇仁镇多抽取了一个样本村作为补充。因此，本次调查共包括 3 个省 12 个县 24 个乡 49 个行政村的 972 户农户。其中，由于有 9 户农户在水稻生产中完全不施用农药或者完全不能提供病虫草害防治的相关信息。因此，本文最终的研究样本为 963 户农户，并对每一户的最大水稻种植地块进行投入产出调查。

为了达到本文的研究目的，课题组与经济学、农学和植保学领域专家讨论，设计了一份半结构化问卷进行调查。调查内容主要包括农户的个人与家庭特征、病虫草害防治时间的技术信息来源和病虫草害防治行为等相关信息。其中，农户的个人与家庭特征主要包括户主的性别、年龄、受教育程度、农户的水稻种植总面积和家庭房产估值等；农户的病虫草害防治时间技术信息来源主要包括个人经验、农技员、农药零售店和其他技术信息来源；病虫草害防治行为主要包括农药施用次数、农药的化学名称与有效成分含量、农药施用量、农药价格和防治目标病虫草害种类等。

1.2 概念界定

如何界定农户病虫草害防治行为是本文关注的核心问题。鉴于病虫草害具有迁飞性，本文假定同一个样本村内农户面临的病虫草害发生风险是一致的，即同一个样本村内的病虫草害发生种类、时间、范围和程度是一致的。将基于此假定研究农户在面临每一种病虫草害暴发时是否施用农药对其进行针对性防治的行为。

根据病虫草害的种类，本文分别定义了“防治种次”和“发生种次”两个概念。其中，防治种次即农户在整个水稻生长期内防治病虫草害的种类次数；发生种次即样本村内所有农户防治病虫草害的种类次数。由于发生种次的信息无法直接在农户调查中获取，因此本文对病虫草害发生种次的处理方法为：将同一样本村内每一位农户所提供的病虫草害防治种次进行归纳汇总；去掉被重复防治的病虫草害种类后即为该村病虫草害的发生种次。例如，两个处于同一样本村内的农户 A 和 B，其中农户 A 在整个水稻生长期内防治了二化螟、稻飞虱和草害这 3 种病虫草害；农户 B 在整个水稻生长期内防治了三化螟和草害这 2 种病虫草害。对于农户 A 和 B 来说，其防治种次分别为 3 和 2；对于处于同一样本村的农户 A 和 B 来说，其所面临的病虫草害发生种次均为 4，分别为二化螟、三化螟、稻飞虱和草害。

鉴于农户防治不同类型病虫草害时的行为存在差异 [15]，本文根据当地农技员和植保专家的建议，对农户防治的 30 种病虫草害按主要虫害、主要病害、次要虫害、次要病害和草害进行分类。其中，主要虫害包括稻纵卷叶螟、稻飞虱和二化螟；主要病害包括稻瘟病和纹枯病；次要虫害包括蚜虫、小菜蛾、蝗虫、大螟等 11 种虫害;次要病害包括立枯病、霜霉病、稻粒黑粉病和疫霉病等 13 种病害。

1.3 变量选取

1）被解释变量。本文的第一类被解释变量为定义在病虫草害层面的虚拟变量，即农户面临全部病虫草害发生种次时是否施用农药对每一次发生的病虫草害进行针对性防治，如果农户施用农药防治该次病虫草害，则记为 1；否则，则记为 0。本文的第二类被解释变量为定义在农户层面的病虫草害防治率，即农户在整个水稻生长期内病虫草害防治种次占病虫草害发生种次的比例。

2）关键解释变量。本文的关键解释变量为农户病虫草害防治时间的技术信息来源。当前，多元化的农业社会化服务体系已经形成，不同类型的农业社会化服务组织均承担着向农户提供病虫草害防治技术信息的职能[23]。根据课题组在江苏、浙江和湖北 3 个省调查的结果显示，在目前生产条件下，农户个人经验、农技员和农药零售店是农户最主要的技术信息来源。另外，有部分农户选择父母传授、亲戚邻居和网络信息媒体等渠道获取病虫草害防治时间的技术信息，但由于样本较小，为了保证估计结果的无偏性，故将这类信息来源归类为其他技术信息来源。因此，本文在计量模型中加入了个人经验、农技员和其他技术信息来源的虚拟变量，并以农药零售店提供的技术信息作为对照。

3）控制变量。相关研究已经表明，农户的病虫草害防治行为不仅受到技术信息来源的影响，还可能受到其他因素的影响。为此本文结合已有文献，考虑的控制变量主要包括病虫草害发生类型的虚拟变量（主要虫害、次要虫害、主要病害和次要病害，以草害作为对照）、病虫草害发生的比例（主要虫害、次要虫害、主要病害和次要病害发生种次占全部病虫草害发生种次的比例）、农户个人与家庭特征和省份虚拟变量（江苏省和湖北省，以浙江省作为对照）。

关键解释变量和控制变量中农户个人与家庭特征的描述性统计具体详见表 1。

表 1　农户技术信息来源和个人与家庭特征的描述性统计

Table 1　Descriptive statistics of farmers' technological information sources and individual and family characteristics

变量类型	变量名称	变量定义及说明	均值	标准差
关键解释变量	个人经验	是否来自个人经验：1= 是，0= 否	0.35	0.48
	农技员	是否来自农技员：1= 是，0= 否	0.34	0.47
	农药零售店	是否来自农药零售店：1= 是，0= 否	0.15	0.36
	其他技术信息来源	是否来自其他技术信息来源：1= 是，0= 否	0.16	0.37
控制变量	性别	男性：1= 是，0= 否	0.91	0.28
	年龄	户主 2016 年的年龄（周岁）	57.67	9.50
	受教育程度	户主的受教育程度（年）	6.71	3.29
	种植总面积	农户的水稻种植总面积（hm^2）	2.25	11.80
	家庭房产估值	农户的家庭房产估值（$\times10^5$ 元）	3.52	16.67

1.4 模型设定

1）技术信息来源对农户是否防治病虫草害影响的模型。本文首先在病虫草害防治层面构建一个计量经济学实证模型，估计农户面临全部病虫草害发生种次时是否施用农药对每一次发生的病虫草害进行针对性防治。建立的模型具体为：

$$\mathrm{CON} = \alpha_0 + \alpha_1\mathrm{INF} + \alpha_2\mathrm{PD} + \alpha_3 X + \mathrm{PRO} + u \quad (1)$$

式中，被解释变量 CON 代表农户是否防治病虫草害的虚拟变量，解释变量包括病虫草害防治时间技术信息来源的虚拟变量（INF）、病虫草害发生类型的虚拟变量（PD）、一系列体现农户个人与家庭特征的控制变量（X）和省份虚拟变量（PRO）。u 是随机误差项，α_0~α_3 是模型的待估系数。技术信息来源对农户是否防治病虫草害的影响可能会因病虫草害类型而异，进而本文对农户是否防治主要虫害、次要虫害、主要病害、次要病害和草害分别进行估计。鉴于被解释变量 CON 是一个二元虚拟因变量，采用 Probit 回归模型进行估计。

2）技术信息来源对农户病虫草害防治率影响的模型。本文在农户层面构建一个计量经济学模型，估计技术信息来源对农户在整个水稻生长期内病虫草害防治率的影响。建立的模型具体为：

$$\mathrm{RAT} = \beta_0 + \beta_1\mathrm{INF} + \beta_2\mathrm{PP} + \beta_3 X + \mathrm{PRO} + \varepsilon \quad (2)$$

式中，被解释变量 RAT 代表农户的病虫草害防治率，解释变量包括病虫草害防治时间技术信息来源的虚拟变量（INF）和各类型病虫草害发生比例（PP）。ε 是随机误差项，β_0~β_3 是模型的待估系数。本文同样对农户的主要虫害防治率、次要虫害防治率、主要病害防治率、次要病害防治率和草害防治率分别进行估计。鉴于被解释变量 RAT 是一个受限因变量，使用普通最小二乘法（OLS）回归可能导致参数估计存在偏差，因此采用 Tobit 回归模型进行估计。

2 结果与分析

2.1 病虫草害发生与农户防治行为分析

统计结果表明，963 户农户累计面临病虫草害发生种次为 10 003 次，其中主要虫害、次要虫害、主要病害、次要病害和草害发生种次分别为 2 886、2 332、1 900、1 922 和 963 次（表 2），说明在水稻生产中主要虫害的暴发最为频繁，这与 Widawsky

等[31]和 Sun 等[15]发现农户在水稻生产中杀虫剂施用次数最多的研究结论相一致。在 10 003 次病虫草害发生种次中，农户病虫草害防治种次为 3 430 次，仅占发生种次的 34.29%，说明农户在面临超过 1/3 的病虫草害发生时并没有施用农药进行针对性防治。如果从农户防治不同类型病虫草害的行为上看，农户的次要虫害和次要病害防治种次仅占发生种次的 8.75% 和 9.68%，说明水稻生产中次要病虫害的暴发并不是农户的主要防治对象。Zhang 等[9]的研究也提供了类似的结论，在水稻、玉米、小麦和棉花生产中，农户在次要病虫害防治中普遍存在农药不足施用的现象。

表 2 病虫草害发生种次与防治种次

Table 2 Number of observations regarding pest occurrence and control

病虫草害类型	发生种次（次）	防治种次（次）	比例（%）
全部病虫草害	10 003	3 430	34.29
主要虫害	2 886	1 375	47.64
次要虫害	2 332	204	8.75
主要病害	1 900	755	39.74
次要病害	1 922	186	9.68
草害	963	910	94.50

注：发生种次和防治种次为 963 户农户累计面临的病虫草害发生种次和防治种次。

统计分析结果还表明，农户面临主要虫害发生的比例最高，平均每户面临主要虫害发生种次占全部病虫草害发生种次的 30.48%；草害发生的比例最低，平均每户面临草害发生种次占全部病虫草害发生种次的 10.19%（表 3）。对于农户的病虫草害防治率来说，平均每户的病虫草害防治率仅为 35.20%，如果从主要虫害、次要虫害、主要病害、次要病害和草害的角度分析，平均每户的防治率分别为 47.65%、8.15%、39.41%、9.41% 和 94.50%。

表 3 病虫草害发生比例与防治率

Table 3 Proportion of pest occurrence and control rate

病虫草害类型	发生比例（%）	防治率（%）
全部病虫草害	-	35.20
主要虫害	30.48	47.65
次要虫害	22.06	8.15
主要病害	19.80	39.41
次要病害	17.47	9.41
草害防治	10.19	94.50

注：发生比例为 963 户农户面临各类型病虫草害发生种次占全部病虫草害发生种次比例的平均值；防治率为 963 户农户各类型病虫草害防治种次占病虫草害发生种次比例的平均值。

2.2 技术信息来源与病虫草害防治率分析

按照病虫草害防治时间的技术信息来源进行分类，以描述农户病虫草害防治率与信息来源之间的关系。在全部病虫草害防治中，选择农技员的农户平均病虫草害防治率达到 37.35%（表 4），是 4 种技术信息来源中病虫草害防治率最高的信息来源，分别比选择个人经验、农药零售店和其他技术信息来源农户的平均病虫草害防治率高出 2.14、3.82 和 5.15 个百分点。但从防治不同类型病虫草害的角度上看，农技员提供技术信息服务的效果存在差异。如在主要虫害防治中，选择个人经验农户的平均主要虫害防治率达到 49.36%，是 4 种技术信息来源中主要虫害防治率最高的信息来源；在次要病害防治中，选择其他技术信息来源农户的平均次要病害防治率达到 11.74%，是 4 种技术信息来源中次要病害防治率最高的信息来源。

表 4 不同技术信息来源农户的病虫草害防治率（%）

Table 4 Farmer's pest control rate by technological information sources

病虫草害类型	全部	个人经验	农技员	农药零售店	其他技术信息来源
全部病虫草害	35.20	35.21	37.35	33.53	32.20
主要虫害	47.65	49.36	49.34	44.37	43.44
次要虫害	8.15	8.11	7.87	8.46	8.55
主要病害	39.41	38.39	44.80	32.07	37.10
次要病害	9.41	9.13	9.71	6.89	11.74
草害	94.50	92.26	95.41	93.79	98.06
样本数	963	336	327	145	155

2.3 技术信息来源对农户是否防治病虫草害的影响

以从农药零售店获取病虫草害防治时间技术信息为对照，分析技术信息来源对农户是否防治病虫草害的影响。Probit 模型估计结果表明，农技员可以使得农户防治病虫草害的概率显著提高。在其他因素不变的情况下，相比于农药零售店提供的病虫草害防治时间技术信息，农技员使得农户防治病虫草害的概率在 1% 水平上显著地提高 5.0%（表 5）。如果从防治不同类型病虫草害的角度看，技术信息来源对农户是否防治病虫草害行为的影响存在差异。在主要虫害防治中，相比于农药零售店提供的病虫草害防治时间技术信息，个人经验和农技员可

表 5　技术信息来源对农户是否防治病虫草害的边际影响
Table 5　Marginal effects of technological information sources on whether farmers control pests

变量	病虫草害	主要虫害	次要虫害	主要病害	次要病害	草害
个人经验	0.026	0.053*	-0.020	0.075**	0.005	-0.014
农技员	0.050***	0.057*	-0.016	0.118***	0.022	0.003
其他信息来源	0.025	0.025	-0.018	0.026	0.031	0.029*
主要虫害	-0.450***	-	-	-	-	-
次要虫害	-0.580***	-	-	-	-	-
主要病害	-0.426***	-	-	-	-	-
次要病害	-0.528***	-	-	-	-	-
男性	0.005	0.024	-0.004	-0.007	0.007	-0.019
年龄	0.001	0.000	0.001	0.003*	-0.001	-0.001
受教育程度	0.002	0.002	0.001	0.009**	-0.003	-0.001
种植总面积	0.002***	0.002	0.000	0.003**	0.001	0.003*
家庭房产估值	-0.001**	-0.001	-0.001	-0.002**	-0.000	0.002
省份虚拟变量	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
观测值	10 003	2 886	2 332	1 900	1 922	963

注：*、** 和 *** 分别表示在 10%、5% 和 1% 的统计水平上显著。由于篇幅限制，表中未汇报实证模型的稳健标准误。

以使农户防治主要虫害的概率在 10% 的水平上显著地提高 5.3% 和 5.7%，在主要病害防治中也得到了类似的结论。但在次要虫害、次要病害和草害防治中，相比于农药零售店提供的病虫草害防治时间技术信息，个人经验和农技员提供的技术信息并没有显著提高农户防治次要虫害、次要病害和草害的概率。

农户是否防治病虫草害因病虫草害发生类型而异。在其他因素不变的情况下，与防治草害相比，农户防治主要虫害、次要虫害、主要病害和次要病害的概率在 1% 的水平上显著地降低了 45.0%、58.0%、42.6% 和 52.8%（表 5）。该结果表明，农户在水稻生产中，施用农药防治草害的概率最高。上述结果也与已有研究的结论相一致，Huang 等 [32] 和 Sun 等 [15] 的研究发现，近年来中国除草剂施用量快速增长，且农户正确施用除草剂的比例显著高于防治其他类型病虫害时正确施用农药的比例，这表明农户在水稻生产中已经逐渐掌握了除草剂施用的相关技术知识，且习惯施用除草剂来替代人工除草。

户主的年龄、受教育程度、种植总面积和家庭房产估值对农户病虫草害防治概率产生显著影响。在其他因素不变的情况下，户主的年龄每增加 1 周岁，其防治主要病害的概率将会显著增加 0.3%；户主的受教育年限每增加 1 年，其防治主要病害的概率将会显著提高 0.9%；农户的种植总面积每增加 1 hm^2，其防治草害的概率将显著提高 0.3%（表 5）。此外，家庭房产估值对农户是否防治病虫草害产生了显著的负向影响，即家庭房产估值越高，农户防治病虫草害的概率越低。

2.4 技术信息来源对农户病虫草害防治率的影响

以从农药零售店获取病虫草害防治时间技术信息为对照，分析技术信息来源对农户病虫草害防治率的影响。Tobit 模型估计结果表明，在其他因素不变的情况下，相比于农药零售店提供的病虫草害防治时间技术信息，农技员提供的技术信息使得农户病虫草害防治率在 5% 的水平上显著地提高了 4.001 个百分点（表 6）。结果还表明，技术信息来源对农户病虫草害防治率的影响在不同类型病虫草害防治间存在差异。在主要病害防治中，与农药零售店提供的病虫草害防治时间技术信息相比，农技员可以使农户的主要病害防治率在 1% 的水平上显著地提高了 12.391 个百分点，但是对主要虫害、次要虫害、次要病害和草害的防治率并未产生显著影响。与表 5 的估计结果相一致，在主要病害防治中，与农药零售店提供的病虫草害防治时间技术信息相比，凭借个人经验农户的防治率在 10% 的水平上显著提高了 7.456 个百分点。

农户病虫草害防治率也与病虫草害发生比例相关。主要虫害、次要虫害、主要病害和次要病害的发生比例每提高 1 个百分点，农户的病虫草害防治率将分别显著降低 7.658、5.575、4.427 和 5.618 个百分点（表 6）。此外，农户个人与家庭特征同样对病虫草害防治率产生显著影响。在其他因素不变的情况下，户主的受教育年限每增加 1 年，其主要病害的防治率将提高 0.960 个百分点；农户的种植总面积每增加 1 hm^2，其草害的防治率将提高 0.306 个百分点。此外，农户的家庭房产估值同样对病虫草害防治率产生了显著的负向影响。

表 6　技术信息来源对农户病虫草害防治率的边际影响

Table 6　Marginal effects of technological information sources on farmers' pest control rate

变量	病虫草害	主要虫害	次要虫害	主要病害	次要病害	草害
个人经验	1.748	5.724	-0.652	7.456*	2.864	-1.181
农技员	4.001**	5.092	-1.311	12.391***	3.759	0.235
其他信息来源	1.539	2.083	-0.713	2.419	5.330**	3.647*
主要虫害发生比例	-7.658***	-	-	-	-	-
次要虫害发生比例	-5.575***	-	-	-	-	-
主要病害发生比例	-4.427**	-	-	-	-	-
次要病害发生比例	-5.618***	-	-	-	-	-
男性	1.232	1.523	-1.079	-1.183	1.665	-2.276
年龄	0.082	0.030	0.070	0.252*	-0.105	-0.053
受教育程度	0.107	0.305	0.154	0.960**	-0.372	-0.055
种植总面积	0.110*	0.178	-0.041	0.297*	0.102	0.306*
家庭房产估值	-0.061*	-0.110*	-0.027	-0.213*	-0.015	0.177
省份虚拟变量	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
观测值	963	963	963	963	963	963

注：*、** 和 *** 分别表示在 10%、5% 和 1% 的统计水平上显著。由于篇幅限制，表中未汇报实证模型的稳健标准误。

3 结论与建议

3.1 结论

研究表明，农户的技术信息来源呈现多元化特征，而不同部门提供的技术信息对农户病虫草害防治行为产生的影响存在显著差异。农技员向农户提供的病虫草害防治时间技术信息提高了农户防治病虫草害的概率，提高了农户的病虫草害防治率。但农技员提供的技术信息对农户病虫草害防治行为的影响在不同类型病虫草害防治中存在差异，除了在主要病害防治中由农技员提供的技术信息可以显著提高主要病害的防治概率与防治率以外，农技员提供的技术信息并不能显著改善农户防治其他类型病虫草害的行为。原因可能与新一轮基层农技推广体系行政化改革导致的专业农技员占比较低和政府公共服务能力弱化相关。

本文揭示了技术信息来源对水稻农户病虫草害防治行为的影响，但依然在两个方面存在不足：第一，中国粮食作物与经济作物的病虫草害发生情况迥异，技术信息来源在不同作物生产中对农户病虫草害防治行为的影响可能存在较大差异，因此仅以水稻农户作为样本可能限制了研究结论的推广性；第二，本文的主要研究对象为农户是否施用农药对每一次发生的病虫草害进行针对性防治，但由于技术条件的限制，无法捕捉到那些未防治的病虫草害对水稻产量的影响。因此，在未来条件满足时，既要进一步考察技术信息来源对农户在其他农作物生产中病虫草害防治行为的影响，也要就农户病虫草害防治行为对农作物产量特别是国家粮食安全的影响进行更加深入和全面的讨论。

3.2 建议

1）建立农作物病虫草害监测预报制度，为农户提供及时有效的病虫草害发生及防治的信息服务与技术指导。与此同时，政府部门应通过加强技术示范等措施，使农户充分了解防治次要病虫害对挽回农作物产量损失的重要性，从而提高农户防治次要病虫害的概率，改善农户病虫草害防治率偏低的现状。

2）深化农技推广体系改革。停止一些地方政府推行的农技推广机构行政化改革，完善公益性和经营性农技推广协同发展机制，通过加大政府购买服务力度或补贴等形式，鼓励农技人员为农户提供更多的专业技术服务[33]。

3）加强对农药零售店的技术指导与培训，鼓励统防统治等病虫草害防治商业服务体系的发展。政府部门应制定针对性的管理政策对农药零售店进行定期的技术指导与培训，引导农药零售店为农户提供及时准确的病虫草害发生时间技术信息。此外，应开展以农技推广部门、专业合作社、农药零售店和农业科技服务公司等为主体的多元化统防统治服务体系建设工作，鼓励统防统治的发展，提高农业生产中病虫草害防治的同步性。

参考文献：

[1] 江丽，安萍莉 . 我国自然灾害时空分布及其粮食风险评估 [J]. 灾害学 , 2011, 26(1): 48-53, 59.
Jiang L, An P L. Temporal and spatial distribution and grain risk assessment of natural disasters in China[J]. Journal of Catastrophology, 2011, 26(1): 48-53, 59.

[2] Feder G. Pesticides, information, and pest management under

uncertainty[J]. American Journal of Agricultural Economics, 1980, 61(4): 97-103.

[3] 胡瑞法 , 孙艺夺 . 农业技术推广体系的困境摆脱与策应 [J]. 改革 , 2018(2): 89-99.
Hu R F, Sun Y D. The get-rid-of and the reply of agricultural technology extension system[J]. Reform, 2018(2): 89-99.

[4] 朱淀 , 孔霞 , 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.
Zhu D, Kong X, Gu J P. The irrational equilibrium of farmer's households' overusing fertilizer: Evidence from farmer's households in southern region of Jiangsu Province, China[J]. Chinese Rural Economy, 2014(8): 17-29.

[5] Zhang C, Shi G, Shen J, et al. Productivity effect and overuse of pesticide in crop production in China[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2015, 14(9): 1903-1910.

[6] 刘万才 , 刘振东 , 黄冲 , 等 . 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.
Liu W C, Liu Z D, Huang C, et al. 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.

[7] Beltran J C, White B, Burton M, et al. Determinants of herbicide use in rice production in the Philippines[J]. Agricultural Economics, 2013, 44(1): 45-55.

[8] Sun S, Zhang C, Hu R. 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.

[9] Zhang C, Hu R, Shi G, et al. Overuse or underuse? An observation of pesticide use in China[J]. Science of the Total Environment, 2015, 538: 1-6.

[10] 展进涛 , 张慧仪 , 陈超 . 果农施用农药的效率测度与减少错配的驱动力量——基于中国桃主产县 524 个种植户的实证分析 [J]. 南京农业大学学报 (社会科学版), 2020, 20(6):148-156.
Zhan J T, Zhang H Y, Chen C. The analysis of efficiency measurement of pesticide application for fruit growers and the driving force to reduce misallocation: Empirical analysis: Based on 524 peach farmers from 85 production counties in China[J]. Journal of Nanjing Agricultural University (Social Sciences Edition), 2020, 20(6): 148-156.

[11] Lichtenberg E, Zilberman D. The econometrics of damage control: Why specification matters[J]. American Journal of Agricultural Economics, 1986, 68(2): 261-273.

[12] Sexton S E, Lei Z, Zilberman D. The economics of pesticides and pest control[J]. International Review of Environmental and Resource Economics, 2007, 1(3): 271-326.

[13] 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 based on damage control model[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2017(11): 16-25.

[14] Wang J, Chu M, Ma Y. Measuring rice farmer's pesticide overuse practice and the determinants: A statistical analysis based on data collected in Jiangsu and Anhui provinces of China[J]. Sustainability, 2018, 10(3): 677. DOI: https://doi.org/10.3390/su10030677.

[15] Sun S, Hu R, Zhang C, et al. Do farmers misuse pesticides in crop production in China? Evidence from a farm household survey[J]. Pest Management Science, 2019, 75(8): 2133-2141.

[16] Hou L, Liu P, Huang J, et al. The influence of risk preferences, knowledge, land consolidation, and landscape diversification on pesticide use[J]. Agricultural Economics, 2020, 51(5): 759-776.

[17] 刘勇 , 张露 , 张俊飚 , 等 . 稻谷商品化率与农药使用行为 ?——基于湖北省主要稻区的探析 [J]. 农业现代化研究 , 2018, 39(5): 836-844.
Liu Y, Zhang L, Zhang J B, et al. Rice commercialization rate and pesticide application behaviors: Evidences from major rice areas in Hubei[J]. Research of Agricultural Modernization, 2018, 39(5): 836-844.

[18] Zhu W, Wang R. Impact of farm size on intensity of pesticide use: Evidence from China[J]. Science of the Total Environment, 2021, 753: 141696. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141696.

[19] 黄季焜 , 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. Technological information knowledge, risk preference and farmers' pesticide use[J]. Management World, 2008(5): 71-76.

[20] 薛彩霞 , 郭亚军 , 赵锦域 . 施用知识、技术对农户过量施肥施药行为的影响研究——基于陕西省"户太八号"葡萄种植户的分析 [J]. 农林经济管理学报 , 2020, 19(5): 548-558.
Xue C X, Guo Y J, Zhao J Y. Impact of knowledge and technology on households behavior of fertilization and pesticide overuse: Based on the analysis of the "Hutai" No. 8 grape growers in Shaanxi[J]. Journal of Agro-Forestry Economics and Management, 2020, 19(5): 548-558.

[21] Fan L, Niu H, Yang X, et al. Factors affecting farmers' behaviour in pesticide use: Insights from a field study in northern China[J]. Science of the Total Environment, 2015, 527: 360-368.

[22] Jin J, Wang W, He R, et al. Pesticide use and risk perceptions among small-scale farmers in Anqiu county, China[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2017, 14(1): 29. DOI: https://doi.org/10.3390/ijerph14010029.

[23] 胡瑞法 , 王润 , 孙艺夺 , 等 . 农业社会化技术服务与农户技术信息来源——基于 7 省 2293 个农户的调查 [J]. 科技管理研究 , 2019, 39(22): 99-105.
Hu R F, Wang R, Sun Y D, et al. Socialized agricultural technological service and farm households' technological information source based on a survey of 2293 farm households in seven provinces[J]. Science and Technology Management Research, 2019, 39(22): 99-105.

[24] 陈欢 , 周宏 , 孙顶强 . 信息传递对农户施药行为及水稻产量的影响——江西省水稻种植户的实证分析 [J]. 农业技术经济 , 2017(12): 23-31.
Chen H, Zhou H, Sun D Q. Influence of information transfer on farmers' pesticide application behavior and rice yield—An empirical analysis of rice growers in Jiangxi Province[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2017(12): 23-31.

[25] Jin S, Bluemling B, Mol A P J. Information, trust and pesticide overuse: Interactions between retailers and cotton farmers in

China[J]. NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences, 2015, 72/73: 23-32.

[26] Schreinemachers P, Grovermann C, Praneetvatakul S, et al. How much is too much? Quantifying pesticide overuse in vegetable production in Southeast Asia[J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 244: 118738. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118738.

[27] Pan Y, Ren Y, Luning P A. Factors influencing Chinese farmers' proper pesticide application in agricultural products—A review[J]. Food Control, 2021, 122: 107788. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107788.

[28] 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.
Lü X Y, Li D, Zhou H. Discussion on quality and safety of agricultural products: Concurrent business and pesticide application behavior—Evidence from Hunan, Jiangxi and Jiangsu provinces[J]. Journal of China Agricultural University (Social Sciences), 2018, 35(4): 69-78.

[29] 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.

[30] 胡瑞法, 程家安, 董守珍, 等. 妇女在农业生产中的决策行为及作用 [J]. 农业经济问题, 1998(3): 52-54.
Hu R F, Cheng J A, Dong S Z, et al. Decision-making behavior and function of women in agricultural production[J]. Issues in Agricultural Economy, 1998(3): 52-54.

[31] Widawsky D, Rozelle S, Jin S, et al. Pesticide productivity, host-plant resistance and productivity in China[J]. Agricultural Economics, 1998, 19(1-2): 203-217.

[32] Huang J, Wang S, Xiao Z. Rising herbicide use and its driving forces in China[J]. The European Journal of Development Research, 2017, 29(3): 614-627.

[33] 孙生阳, 孙艺夺, 胡瑞法, 等. 中国农技推广体系的现状、问题及政策研究 [J]. 中国软科学, 2018(6): 25-34.
Sun S Y, Sun Y D, Hu R F, et al. Current situation, problems and policy of agricultural extension system in China[J]. China Soft Science, 2018(6): 25-34.

（责任编辑：童成立）