

# 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

唐 林<sup>1,2,3</sup>, 罗小锋<sup>1,2,3</sup>

(1. 华中农业大学经济管理学院, 武汉 430070; 2. 湖北农村发展研究中心, 武汉 430070;  
3. 华中农业大学农村可持续发展研究中心, 武汉 430070)

**摘要:** 在构建邻里效应对农户生物农药施用行为影响的理论模型基础上, 利用鄂、赣、浙三省农户的调研数据, 实证检验了邻里效应对农户生物农药施用行为的影响, 在此基础上, 进一步讨论了邻里效应促使稻农施用生物农药的条件与内在作用机制。结果表明: 第一, 55.76%的样本农户施用过生物农药, 且施用生物农药的农户有较强的邻里关系。第二, 邻里效应对农户生物农药施用行为有显著的正向影响, 且强邻里效应的农户生物农药平均施用量要显著高于弱邻里效应农户。第三, 邻里效应对稻农生物农药施用行为的影响存在条件限制, 对高收入农户和规模户而言, 邻里效应的影响不显著。第四, 邻里效应对农户生物农药施用行为有显著直接作用, 也通过降低信息搜寻成本和有效规避农业生产风险两条路径间接影响农户生物农药施用行为。

**关键词:** 邻里效应; 生物农药; 农户行为; 风险规避; 成本节约

“民以食为天, 食以安为先”, 农产品质量是关乎国计民生的重大战略问题<sup>[1]</sup>。然而, 因农药过量使用、农药残留等导致的食品安全问题频发, 给人们的生产和生活带来了极大的困扰。在生产端, 农户过量施用化学农药以及不规范的施药行为是当前农产品质量问题的最大威胁<sup>[2]</sup>。统计数据显示, 我国农药使用量是世界平均水平的2.5倍。化学农药在以往的农业生产中对提高产量和节约劳动投入等方面发挥了重要的作用, 但是其毒性大、易残留的特征也带来了严重的环境问题。而生物农药具有选择性强、不易产生抗性、污染小的产品优势, 理应成为化学农药的有效替代品。然而目前我国生物农药的市场份额不足10%。为何农户生物农药施用率低? 又如何促使农户施用生物农药? 对这些问题的探究, 对提高生物农药施用率、保障国民健康和粮食安全具有重要的意义。

学者们就农户生物农药施用行为做了丰富且卓有成效的研究。已有研究普遍认为农户的生物农药施用行为受到多方面内外部因素的影响。其中内部因素中, 农户对生物农药认识不足、对生物农药的药效持怀疑态度、知识技能缺乏<sup>[3]</sup>, 生物农药施用成本较高<sup>[4]</sup>等对农户生物农药施用行为有重要的抑制作用, 使得农户表现出生物农药施用意愿与行为的严重悖离<sup>[5]</sup>。外部因素中, 制度的不完善、政府宣传和培训的缺失<sup>[1]</sup>, 市场监管体

收稿日期: 2021-01-11; 修订日期: 2021-03-14

基金项目: 国家自然科学基金项目(72073048); 农业农村部软科学项目(202007); 国家社会科学基金项目(20AZD091)

作者简介: 唐林(1992-), 男, 湖北恩施人, 博士研究生, 主要从事农业资源与环境经济研究。

E-mail: tanglin@webmail.hzau.edu.cn

通讯作者: 罗小锋(1976-), 男, 湖北武汉人, 博士, 教授, 主要从事农业资源与环境经济研究。

E-mail: luoxiaofeng@mail.hzau.edu.cn

系、产品可追溯体系等不健全<sup>[6]</sup>, 种植规模小、农业技术推广缺乏<sup>[7]</sup>也是阻碍农户施用生物农药的重要因素。但归根结底, 施用生物农药具有正外部性和长期收益特征, 这与农户追求短期个体利益的目标不统一, 使得农户缺乏施用生物农药的动机<sup>[8]</sup>。此外, 农户的风险态度以及风险规避意识也是影响农户生物农药施用行为以及技术推广的重要因素<sup>[9,10]</sup>。

虽然已有研究对农户生物农药施用行为影响因素做了丰富的研究, 但通过文献梳理不难发现, 已有研究大多都是将农户设定为独立决策的个体, 所探究的影响因素是基于农户独立决策前提下的思考。然而, 农户的行为决策并非完全是独立决策的, 不可避免地受到他人影响<sup>[11]</sup>。而且, 杨唯一等<sup>[12]</sup>研究指出, 农户受到自身能力和认知水平的限制, 其农业生产行为会与周边邻居的行为趋同。邻居是农户农业生产经营中互动最多、接触最密集、交流最频繁的群体, 邻居的生产情况一定程度上会对农户的农业生产行为决策有重要影响<sup>[13]</sup>。杨志海<sup>[14]</sup>的研究也证实了邻里社会网络关系对农户绿色生产技术采纳行为有显著影响。刘可等<sup>[15]</sup>证实了邻里效应对农户稻虾共作技术采纳行为有促进作用。然而, 已有研究都仅仅是探讨了邻里效应对农户技术采纳行为的直接影响, 并未就邻里效应产生影响的内在作用机制进行探究。此外, 作为理性经济人, 农户并不会单纯地盲目模仿、跟从和学习邻居的行为。那么, 邻里效应对农户行为的影响是否会存在一定的条件? 如不满足, 则邻里效应的影响可能不会凸显, 这也是已有研究没有考虑到。基于此, 本文利用农户层面的调研数据, 在构建邻里效应与农户生物农药施用行为决策关系理论模型的基础上, 实证分析邻里效应对农户生物农药施用行为的影响, 以此为基础, 进一步探究邻里效应产生影响的条件和内在作用机制, 以期为提高农户生物农药采纳率和生物农药的普及率提供参考。

## 1 研究方法与数据来源

### 1.1 理论分析

本文借鉴 Saha<sup>[16]</sup>的技术采纳模型, 假设农户家庭种植的水稻面积为  $h$ , 施用化学农药的土地为  $m$ , 施用生物农药的土地面积为  $z$ 。由于农业生产容易受到外在环境等各种因素影响, 具有不确定性, 需要加入风险变量  $\lambda$ , 则农户的生产函数为  $Q^* = f(m) + g(z)\lambda$ , 其中  $g(z)\lambda$  表示施用生物农药带来不确定性的随机部分。假定其他投入要素不变, 产品价格为  $p$ , 每单位土地施用化学农药的成本为  $w$ , 每单位土地施用生物农药的成本为  $r$ 。此外, 个体行为决策来源于认知机制对信息的加工处理过程<sup>[17]</sup>, 农户对病虫害防治的信息搜寻反映到农户生产决策上, 则是一种隐性成本, 因此, 同时引入每单位土地施药情况的信息搜寻成本  $c$ 。那么, 依据效用最大化的原则, 理性小农的最优生产决策条件  $\max H$  为:

$$\begin{aligned} \max_{m,z} H &= E_i \left[ U \left\{ p(f(m) + g(z)\lambda) - wm - rz - hc \right\} \right] \\ \text{st: } m &\leq h; z \leq h \end{aligned} \quad (1)$$

式中:  $E_i$  为农户在信息水平  $i^*$  下的期望值。对效应函数求一阶导数可以得到:

$$\frac{\partial H}{\partial z} = 0 = U'(*) \{ pg_z(*)\lambda - r - c \} \quad (2)$$

当农户施用生物农药的边际收益大于边际成本时, 农户才会选择施用生物农药。换言之, 当农户的边际净收益  $Y = [pg_z(*)\lambda - r - c] > 0$  时, 农户会做出施用生物农药的决策。产品价格 ( $p$ )、施用生物农药的成本 ( $r$ )、信息搜寻成本 ( $c$ ) 以及不确定性因素 ( $\lambda$ )

是影响农户生物农药施用行为的重要因素。然而在产品价格和生物农药施用成本不变的情况下,风险因素和信息搜寻成本则是农户技术采纳的主要考量。

依据前文的分析,降低施用生物农药的不确定性和信息搜寻成本,减少风险因素对农户行为的影响是促使农户施用生物农药的关键举措。差序格局影响下的中国农村社会实质是熟人社会。在熟人社会中,邻里交流是中国农村交流的传统方式<sup>[18]</sup>。邻里效应是指农户在农业生产过程中,其行为容易受到邻居的影响<sup>[19]</sup>。农户的生产行为往往会根据相邻农户生产行为的改变而改变<sup>[20]</sup>。王玉斌等<sup>[21]</sup>的研究也证实了邻里效应对农户行为决策有重要的影响。当农户接触到生物农药时,出于利益的最大化和降低生产风险的心理,会从各方面搜寻关于生物农药的信息。通过观摩学习、彼此交流经验以及邻里的技术示范,农户能在一定程度上降低施用生物农药的风险,降低信息的搜寻成本,实现农业技术信息的传播。总的来说,邻里效应能够有效规避农业生产中的风险,降低对农业生产技术信息搜寻成本,进而影响农户施药行为。这种对农户生物农药施用行为的影响可能通过两条路径:一是邻里效应通过技术示范等方式规避农户农业生产的技术风险,进而影响农户生物农药施用行为;二是邻里效应能够降低农业生产信息的搜寻成本,即农户能够通过观摩、交流学习等方式了解农业生产技术,降低信息的搜寻成本,进而影响农户生物农药施用行为。具体而言:

其一,邻里效应通过规避农业生产的风险,进而影响农户生物农药施用行为。相比于化学农药,生物农药防治的效果较差且见效时间较长,容易受到外在环境等各种因素影响。余威震等<sup>[22]</sup>的研究也证实了施用生物农药不仅存在着施用生物农药本身的技术风险,还存在着较强的市场风险和制度风险。当农户面临有风险的农业生产技术时,会综合各方面因素以及风险带来的影响,进而做出最优决策。从降低风险的角度来看,邻里效应能够有效规避农业生产的风险。一方面,通过观摩、学习交流邻居生物农药施用情况,根据邻居生物农药施用效果和收益,进而做出自己是否施用的决策,这在很大程度上规避了施用生物农药不确定性带来的技术风险。另一方面,通过与邻居的交流,农户能够有效掌握农产品的市场销售情况,从而规避市场风险。

其二,邻里效应通过降低信息搜寻成本,进而影响农户生物农药施用行为。信息闭塞、沟通渠道狭窄和单一以及农户信息获取能力较弱是阻碍农业技术推广的重要因素<sup>[23]</sup>。理论上,农户信息获取能力越强,则农户在农业生产经营中的信息越对称,越有可能降低技术采纳过程中的不确定性<sup>[24]</sup>。在信息不对称的条件下,受到资源禀赋和生产经营能力的约束,农户往往很难准确估计生产经营状况,从而导致相同条件下农户技术采纳的效果出现差异。从信息获取的角度来看,邻里效应能够降低农户信息搜寻成本。一方面,通过与邻居的交流沟通,农户能够更好地了解生物农药的特性、施用方式、使用量等各方面的信息,从而打破信息壁垒,优化行为决策。另一方面,邻里交流有助于实现对农产品市场信息的共享,从而降低农产品市场的信息不对称,提高农户农产品市场的了解程度,降低信息搜寻成本。

## 1.2 数据来源

中国是水稻生产大国,但在水稻生产过程中,农药使用量一直居高不下,这不仅带来了食品安全问题,还会造成土壤和水体污染<sup>[25]</sup>。因此,本文主要就水稻种植中的农药施用展开研究。长江中下游平原水稻种植历史悠久,气候条件优越,是中国主要的水稻

种植区。2018年长江中下游平原主要省份的水稻播种面积和产量分别占全国的50.85%和51.55%<sup>①</sup>，据此，本文选择长江中下游平原的湖北、江西和浙江三省开展农户调查。选择这三个省份的原因有以下三点：其一，水稻种植面积占比大。鄂、赣、浙三省水稻播种面积占长江中下平原播种面积的42.21%。其二，地区经济发展水平<sup>②</sup>。该套数据包含了不同经济发展水平省份的农户样本，浙江经济发展水平较高，湖北处于中偏上水平，江西的经济发展水平则相对较弱。其三，该套数据的详实可靠程度较高。该数据调研样本遵循随机取样和分层抽样的原则总共收集了3省6县25镇132个村822户农户问卷。具体抽样方式如下：首先，依据经济发展水平和环境质量状况选取湖北、江西和浙江三个省；其次，以三个省6个县为初级抽样单位，依据各县统计年鉴的相关数据，在经济发展水平的高中低三个层次中分别选取1~2个乡镇，每个县共选取4~5个乡镇；再次，在每个乡镇选取5~8个行政村；最后依据村庄花名册，采用等距抽样的方式随机抽取8~10个农户。问卷内容包含详致的农户家庭基本特征、农业生产经营以及村庄基本情况等相关的各项数据。调研方式主要以接受过多次培训的研究生来组建团队开展农户一对一的问卷访谈，并由调查员根据农户的明确表述来填制问卷。调研开展年份为2019年，但为了更好地反映农户农业生产情况，受访对象均为2018年从事过农业生产的农户，且调查内容均为2018年农户家庭农业生产情况。需要说明的是，浙江土地流转现象较为普遍，很多村只有个别农户仍在从事农业生产，故浙江很多村实际只选了1~2个农户。在数据处理时，将这部分样本进行了剔除，同时还剔除了问卷信息缺失过多、存在异常值以及前后答案不一致的劣质问卷，最终获得满足本文要求的有效问卷764份。

从样本农户的基本特征来看（表1），此次受访者主要以40岁以上（96.47%）的男性（76.96%）为主，其中60岁及以上农户占比为40.45%；样本农户平均受教育年限为7.13年，接受高中及以上教育的仅占比15.71%。从家庭经营耕地面积情况来看，受访者家庭耕地面积相对较小，10亩以下的占比38.87%，30亩及以上的规模户占比34.95%。此外，样本农户家庭年收入在10万元以下的占比61.65%。总体而言，样本农户的基本特征与长江流域主要省份农户经营规模较小、家庭收入较低、受教育程度较低且老龄化程度较高的特征化事实基本一致。

表1 样本农户特征  
Table 1 Characteristics of sample farmers

变量		样本量/户	比例/%	变量		样本量/户	比例/%
性别	男性	588	76.96	耕地面积/亩	< 10	297	38.87
	女性	176	23.04		10~19	131	17.15
年龄/岁	< 40	27	3.53		20~29	69	9.03
	40~59	428	56.02		≥ 30	267	34.95
	≥ 60	309	40.45	家庭年收入/万元	< 5	256	33.51
受教育程度	小学及以下	370	48.43		5~10	215	28.14
	初中	274	35.86		10~15	103	13.48
	高中及以上	120	15.71		≥ 15	190	24.87

① 数据来源：国家统计局. 中国统计年鉴2019. 北京: 中国统计出版社, 2019.  
② 根据各省政府工作报告中数据整理排序而得。



### 1.3 模型设定

为了考察邻里效应对农户生物农药施用行为的影响,特别是验证理论分析中的假设,本文建立计量经济模型进行定量分析。考虑到构建的被解释变量是一个离散变量,故采用probit模型,其潜在的模型可以设置为:

$$Bio-pesticide_i = \beta_0 + \beta_1 NE_i + \sum_{k=1} \beta_{2k} C_i + D_i + \mu_i \quad (3)$$

式中:  $Bio-pesticide_i$  表示第  $i$  个农户的生物农药施用行为;  $NE_i$  表示第  $i$  个农户的邻里效应;  $C_i$  表示控制变量,包括第  $i$  个农户的个体特征、家庭特征、认知水平以及农户  $i$  所处村庄的基本特征等;  $D_i$  为农户  $i$  所处地区的虚拟变量,用以控制地区差异等固定效应;  $\mu_i$  为随机干扰项;  $\beta_0$  是截距项;  $\beta_1$ 、 $\beta_{2k}$  是待估计参数。

### 1.4 变量选择

#### 1.4.1 被解释变量:生物农药施用行为

关于农药等要素投入的测量,已有研究主要采用两种方式进行测度。一种是采用农药使用量或地块农药施用次数来衡量<sup>[26]</sup>,另一种是采用虚拟变量的形式衡量农户的农药施用行为<sup>[27]</sup>。由于本文的研究数据是问卷调研数据,调研时间与农户行为实际发生时间的跨度较大、农户对农药施用量和使用次数的记忆较为模糊,且容易受到各种外在因素的影响,所以采用农药施用量和使用次数来测度容易产生测量误差。因此,本文借鉴相关研究,采用第二种方式衡量农户生物农药施用行为。具体根据问卷题项“2018年的农业生产中,您家是否施用过生物农药?”来测度,受访者的回答选项为“是”或“否”。若农户施用过生物农药,则赋值为1;否则赋值为0。但出于估计结果的稳健性考虑,后文用农户生物农药施用量替换施用行为,以此来作稳健性检验。此外,值得说明的是,为了更好地识别农户是否施用生物农药,问卷访谈时,调查者向受访者展示了生物农药的品种目录(包括阿维菌素、苏云金杆菌、井冈霉素等)以及相对应生物农药品种的图片,询问受访者是否施用过对应的农药,以此来对问卷数据的可靠性进行检验。

#### 1.4.2 核心解释变量:邻里效应

农户在农业生产决策过程中,很容易受到邻居的影响,这种影响主要在于熟人社会中的从众效应和与邻居的收益比较<sup>[13]</sup>。邻里农户的影响被认为是促使农户技术采纳的重要渠道<sup>[15]</sup>。通过观摩学习、彼此交流经验以及邻里的技术示范,农户能在一定程度上降低信息的搜寻成本,实现农业技术信息的传播。本文借鉴相关研究,从观摩学习、经验交流以及技术示范三个方面设计测度邻里效应的指标,具体包括“经常和邻居交流农药施用方面的心得方法”“经常向邻居请教技术使用方法”“经常观察邻居施肥施药”,三个指标均采用李克特五分量表度量。在此基础上,运用探索性因子分析法对指标进行降维处理。结果显示,KMO统计值为0.745,Bartlett球形检验的  $P$  值为  $0.000 < 0.05$ ,说明样本数据适用于因子分析方法。通过因子提取技术,从三个指标中得到一个公因子,方差贡献率为84.22%,并将该公因子定义为“邻里效应”。该公因子的均值为0,方差为1。但为了更好地反映邻里效应的强弱关系,借鉴唐林等<sup>[28]</sup>的处理办法,将用因子分析法测量的邻里效应值小于等于0的视为弱邻里效应,赋值为0;把大于0的视为强邻里效应,赋值为1。

#### 1.4.3 控制变量

为了避免遗漏变量进而导致模型估计结果的偏误,本文在借鉴相关研究成果的基础上<sup>[26,27,29,30]</sup>,选取了受访者个体特征、家庭特征、农户认知、成本收益、村庄特征等五类

16个变量作为控制变量。其中,个人特征包括受访者的性别、年龄、健康状况、受教育年限、技术培训等变量;家庭特征变量包括农业劳动力人数、耕地面积、土壤肥力、市场距离、病虫害程度等变量;农户认知包括环境意识、健康意识和安全生产意识等变量;成本收益包括种植收益和生产成本;村庄特征变量包括地形等变量。此外,区域间的不可观测因素也会对农户生物农药使用行为产生影响,因此,本文引入地区虚拟变量控制区域固定效应。

#### 1.4.4 工具变量:人情支出

内生性问题是研究农户行为决策及其影响因素的重要挑战<sup>[31]</sup>。本文中可能会由于一些不可控因素而导致对变量的测度存在偏误。另外,虽然尽可能地考虑到了控制变量的影响,但仍然有存在遗漏变量的可能性,因此,有必要对内生性问题进行讨论。为核心解释变量邻里效应寻找恰当的工具变量,是缓解内生性问题行之有效的方法。但所寻找的工具变量必须满足外生性和相关性特征,即工具变量与内生变量高度相关,而又不直接影响被解释变量。基于这一认识,同时考虑到数据可获得性,选取农户家庭人情支出作为工具变量。一方面,中国是典型的关系型社会,亲朋邻里之间互相赠送礼金和礼物是维系亲朋邻里关系的重要方式<sup>[32]</sup>,而人情支出是亲朋邻里关系最直观的反映。另一方面,虽然人情支出会占用一部分家庭收入,但对绝对多数家庭而言,只有当人情支出占比非常高时,才会挤占正常消费<sup>[33]</sup>。而且,人情支出属于家庭消费端支出,对生产端的影响较小。人情支出对家庭生物农药施用决策不会产生直接影响。所以,人情支出满足了工具变量的条件。各变量的定义及描述性统计结果见表2。

#### 1.5 邻里效应与生物农药施用行为的统计关系分析

如表2所示,所有样本中,426户家庭施用过生物农药,占样本总数的55.76%。相比于没有施用生物农药的农户,施用生物农药的农户有较强的邻里关系。独立样本 $t$ 检验结果表明,两组样本还在年龄、健康状况、技术培训、健康意识、病虫害程度、种植收益等方面存在显著差异,即施用生物农药的农户年龄更小、健康状况更好、健康意识更强且接受过技术培训。表3汇报了邻里效应条件下农户生物农药施用情况,结果表明强邻里效应和弱邻里效应的农户样本中,分别有355户和212户农户施用过生物农药。邻里效应与农户生物农药施用行为的Pearson相关系数在1%的统计水平上显著,说明两者有显著的正相关关系。此外,强邻里效应的农户生物农药平均施用量为0.231万元,要显著高于弱邻里效应农户平均施用量。

## 2 结果分析

### 2.1 邻里效应对稻农生物农药施用行为影响的估计结果

考虑到变量之间的多重共线性问题,本文进行了共线性诊断。结果显示<sup>③</sup>,各个变量的方差膨胀因子(VIF)均小于2,说明各变量间不存在严重的多重共线性问题。表4汇报了基准回归的结果,方程1是仅纳入邻里效应的回归结果,结果表明邻里效应对农户生物农药采纳行为有显著的正向影响,即较强的邻里效应能够显著增加农户施用生物农药的概率。方程2是纳入所有控制变量的估计结果,结果表明邻里效应对农户生物农药施用行为的正向影响依然显著。方程3是控制地区固定效应后的估计结果,模型估计结

③ 限于篇幅,并未列出共线性诊断的结果,如有需要,可向作者索要。

表2 变量含义及描述性统计结果  
Table 2 Variable meanings and descriptive statistical results

变量名称	变量含义及赋值	变量均值			均值差异 ( <i>t</i> 检验)
		总体	施用	未施用	
		( <i>n</i> =764 户)	( <i>n</i> =426 户)	( <i>n</i> =338 户)	
施用行为	是否施用生物农药: 施用=1, 未施用=0	0.558	1	0	—
邻里效应	根据因子分析法计算而得: 强邻里=1, 弱邻里=0	0.629	0.833	0.373	0.460***
性别	男性=1, 女性=0	0.769	0.791	0.743	0.048
年龄	受访者实际年龄/岁	57.285	56.209	58.642	-2.433***
健康状况	很差=1, 较差=2, 一般=3, 较好=4, 很好=5	3.941	4.035	3.822	0.213***
受教育年限	受访者受教育年限/年	7.127	7.648	6.470	1.178***
技术培训	是否接受了技术培训: 是=1, 否=0	0.476	0.709	0.183	0.526***
农业劳动力人数	农户家庭农业劳动力人数/人	1.919	1.925	1.911	0.014
市场距离	农户住处到集市的距离/km	4.008	3.903	4.139	-0.236
耕地面积	农户家庭承包地面积/亩	57.828	64.225	49.765	14.46
土壤肥力	很差=1, 较差=2, 一般=3, 较好=4, 很好=5	3.342	3.371	3.305	0.066
地形	山地=1, 丘陵=2, 平原=3	2.232	2.275	2.177	0.098***
环境意识	化学农药使用对生态环境的影响: 很小=1, 较小=2, 一般=3, 较大=4, 很大=5	3.666	3.664	3.669	-0.005
健康意识	化学农药对人类健康的影响: 很小=1, 较小=2, 一般=3, 较大=4, 很大=5	3.623	4.171	2.932	1.239***
安全生产意识	农产品质量安全的重要性: 不重要=1, 比较不重要=2, 一般=3, 比较重要=4, 很重要=5	4.408	4.378	4.447	-0.069
病虫害程度	病虫害严重程度: 不严重=1, 较不严重=2, 一般=3, 较严重=4, 很严重=5	2.360	1.892	2.949	-1.057***
种植收益	水稻种植的单位面积收益/(千元/亩)	1.319	1.297	1.346	-0.049*
生产成本	水稻种植单位面积投入/(千元/亩)	0.452	0.446	0.459	-0.013
人情支出	家庭用于周边邻里的人情支出/万元	0.897	0.966	0.809	0.157***
地区虚拟变量	以省份为单位设置虚拟变量	—	—	—	—

注: \*, \*\*\*分别表示在 10%、1% 的统计水平上显著, 下同。

表3 邻里效应条件下农户生物农药施用情况  
Table 3 Farmers' application of biological pesticides under neighborhood effect conditions

变量	施用行为				施用量 /万元
	施用		未施用		均值
	样本量/户	比例/%	样本量/户	比例/%	
强邻里效应	355	73.81	126	26.19	0.231
弱邻里效应	212	74.91	71	25.09	0.028
Pearson 相关系数	0.474***				0.164***
均值差异( <i>t</i> 检验)	—				0.203***

果在影响方向以及显著性上均发生显著变化, 侧面反映估计结果是稳健的。方程 3 在拟合优度上均优于方程 1 和方程 2, 因此, 本文就方程 3 的结果进行分析, 可以发现, 邻里效应对农户施用生物农药有显著的促使作用。这是因为, 农户出于利益最大化考虑, 邻

表4 邻里效应对农户施药行为的影响：基准回归结果

Table 4 The influence of neighborhood effect on farmers' pesticide application behavior: benchmark regression results

变量	方程1		方程2		方程3	
	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误
邻里效应	0.423***	0.020	0.211***	0.023	0.211***	0.023
性别	—	—	-0.008	0.031	-0.005	0.031
年龄	—	—	-0.001	0.002	-0.001	0.002
健康状况	—	—	0.018	0.015	0.015	0.015
受教育年限	—	—	0.008**	0.004	0.007*	0.004
技术培训	—	—	0.217***	0.023	0.213***	0.023
农业劳动力人数	—	—	0.005	0.018	0.014	0.018
市场距离	—	—	-0.004	0.004	-0.002	0.004
耕地面积	—	—	-0.001	0.001	-0.001	0.001
土壤肥力	—	—	-0.024	0.015	-0.030**	0.015
地形	—	—	0.082***	0.029	0.062*	0.032
环境意识	—	—	-0.021*	0.012	-0.019	0.012
健康意识	—	—	0.101***	0.012	0.103***	0.011
安全生产意识	—	—	-0.059***	0.018	-0.055***	0.018
病虫害程度	—	—	-0.062***	0.011	-0.064***	0.011
种植收益	—	—	-0.048	0.038	-0.014	0.043
生产成本	—	—	-0.049	0.066	-0.042	0.065
地区虚拟变量	未控制		未控制		控制	
观测值数	764		764		764	
卡方	176.900***		503.450***		511.840***	
伪R <sup>2</sup>	0.169		0.479		0.488	

注：系数均为边际效应，标准误为稳健标准误，“\*”表示在5%的统计水平上显著，下同。

里示范以及观摩学习邻里经验能够减少信息的搜寻成本，降低技术采纳风险。同时，较强的邻里关系能使农户在遇到困难时更容易获得邻里帮助，进而增加农户施用生物农药的概率。此外，受教育年限、技术培训、地形和健康意识均对农户生物农药施用行为有显著正向影响，土壤肥力、安全生产意识和病虫害程度则对农户生物农药施用行为有显著负向影响。这些变量的回归结果与已有研究结果基本一致。

2.2 内生性问题讨论

前文分析了本文中可能会由于一些不可控因素而导致对变量的测度存在偏误，以及仍然有存在遗漏变量的可能性，因此，有必要对内生性问题进行讨论，并选择“人情支出”作为工具变量进行估计。但由于文中邻里效应和农户生物农药施用行为均为离散型变量，针对于连续变量的两阶段最小二乘法可能会失效<sup>[34]</sup>。因此，在已有相关研究基础上，运用双变量有序Probit（Bioprobit模型）和条件混合过程方法（CMP方法）对邻里效应与农户生物农药施用行为的关系重新进行估计。值得说明的是，两种方法均采用两阶段回归，分别用以检验工具变量的相关性和核心变量的外生性。不同之处则是在第二阶段回归中Bioprobit模型采用的是完全信息的极大似然估计法，而CMP模型则是采用联立似然估计。



表5汇报了内生性检验的结果。结果显示<sup>④</sup>，第一阶段两种方法的估计结果均表明人情支出对邻里效应有着显著的正向影响，说明人情支出作为工具变量满足相关性的要求。此外，进一步检验人情支出的外生性，模型的athrho和atanhrho\_12均在1%的统计水平上显著，表明邻里效应是内生解释变量，同时也说明采用Bioprobit模型和CMP模型是合适的。模型第二阶段的结果表明，在纠正内生性问题之后，邻里效应仍在1%的统计水平上显著正向影响农户生物农药施用行为，说明邻里效应能够提高农户施用生物农药的概率，且两种方法的回归系数一致，再一次验证了估计结果的稳健性。

2.3 稳健性检验

为了进一步确保估计结果的稳健性，本文采用替换回归模型、替换被解释变量、核心变量的重新测度以及限定样本等方法对邻里效应与农户生物农药施用行为的估计结果进行稳健性检验（表6）。具体而言，方程6是采用Logit模型估计的结果，结果显示邻里

表5 邻里效应与农户施药行为：内生性检验

Table 5 Neighborhood effect and farmers' pesticide application behavior: Endogenous test

变量	方程4：CMP		方程5：Bioprobit	
	第一阶段	第二阶段	第一阶段	第二阶段
邻里效应	—	2.326*** (0.135)	—	2.326*** (0.135)
人情支出	0.108*(0.063)	—	0.108*(0.063)	—
其他控制变量	控制	控制	控制	控制
常数项	0.437(0.774)	-1.999** (0.816)	—	—
rho_12	-0.878*** (0.070)	—	-0.878*** (0.070)	—
atanhrho_12	-1.369*** (0.308)	—	—	—
athrho	—	—	-1.369*** (0.308)	—
观测值	764	—	764	—
卡方	678.580***	—	126.230***	—

注：括号中为标准误，下同。

表6 稳健性检验的回归结果

Table 6 Regression results of robustness test

变量	方程6	方程7	方程8	方程9	方程10	方程11
邻里效应	0.209*** (0.022)	—	—	0.484*** (0.069)	0.215*** (0.023)	—
邻里效应(因子分析)	—	0.085*** (0.013)	—	—	—	—
邻里效应(等权重加权平均)	—	—	0.087*** (0.013)	—	—	—
邻里效应(地块邻里)	—	—	—	—	—	0.025** (0.012)
其他控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
观测值	764	764	764	764	704	764
卡方	517.570***	485.270***	485.180***	420.760***	231.090***	448.34***
伪R <sup>2</sup>	0.494	0.462	0.463	0.283	0.493	0.427

④ 这两种方法的本质是一样的，由于文中两阶段的因变量均为分类变量，故其回归结果基本一致。

效应对农户生物农药施用行为有显著的正向影响,与基准回归一致。方程7和方程8分别是采用因子分析法和等权重加权平均法测度邻里效应后的估计结果,估计结果再次验证了邻里效应对农户施药行为的促进作用。此外,考虑到不同农户生物农药施用量存在差异,因此在其他条件不变的情况,进一步考察邻里效应对农户生物农药亩均施用量的影响。对于未施用生物农药的农户,其用药量默认为0,由于数据存在在0处的归并问题,因此采用Tobit模型进行估计。方程9的结果显示,邻里效应对农户生物农药施用量也存在显著的正向影响,模型的估计结果同样验证了前文的估计结论。最后,考虑到老年人年老体衰,从事农业生产的能力较弱<sup>[35]</sup>,且不易接受新事物;但又基于农村当前实际情况的考虑,60岁以上的老人从事农业生产的现象较为普遍。因此,将受访者年龄为70周岁以上的老年人样本剔除后重新进行估计。方程10的结果显示,模型的估计结果并未改变本文的研究结论。此外,考虑到稻农的农业生产活动也可能受到地块周边农户施药行为的影响,因此,本文纳入地块层面的邻里效应,考察地块周边农户施药行为的影响。由于缺少更详细的数据,仅用“您是否有观察地块周边农户施药情况?”题项来测度地块邻里。方程11的结果显示,地块邻里对农户生物农药施用行为有显著的正向影响,这说明稻农对相邻地块生产经营情况的观察,稻农对生物农药的认知更加全面、直观、科学,越有利于稻农施用生物农药,进一步验证了邻里效应能够提高稻农生物农药施用概率。

## 2.4 邻里效应促使稻农施用生物农药的条件与机制分析

### 2.4.1 邻里效应产生影响的条件分析

熟人社会中,农户行为社会关系主要表现为邻里之间的相互学习、模仿与跟从<sup>[19]</sup>。但是,基于利益最大化考虑,农户学习、模仿和跟从的对象往往是农业收入或者种植规模较高的农户。如果邻居家庭收入或者种植规模比自家少,则农户往往不会跟从、学习和模仿。农户单纯盲目跟从、学习和模仿邻居的行为是不存在或很少存在的<sup>[19]</sup>。那么,邻里效应对农户行为的影响是否存在收入和种植规模的限制?

基于此,本文借鉴Hanson<sup>[36]</sup>提出可用于截面数据的门槛回归模型,检验是否存在一个“转折点”,其基本形式为:

$$\begin{aligned} y_i &= \theta_1' x_i + \varepsilon_i, & q_i \leq \gamma \\ y_i &= \theta_2' x_i + \varepsilon_i, & q_i > \gamma \end{aligned} \quad (4)$$

式中:  $y_i$  和  $x_i$  分别表示因变量和解释变量;  $q_i$  表示门槛变量,根据对应的门槛值  $\gamma$  将样本分成两组;  $\theta_1$  和  $\theta_2$  则分别表示两组样本的回归系数;  $\varepsilon_i$  表示随机干扰项。

进一步,定义虚拟变量  $d_i(\gamma) = \{q_i \leq \gamma\}$ ,  $\{\cdot\}$  为指示函数,并令  $x_i(\gamma) = x_i d_i(\gamma)$ , 所以门槛回归模型简化为:

$$y_i = \theta' x_i + \delta' x_i(\gamma) + \varepsilon_i \quad (5)$$

最后,利用最小二乘估计法,估计得到相应门槛值  $\gamma$ , 并通过“自举法”(Bootstrap), 计算Bootstrap  $P$  值,进行门槛回归模型显著性检验,具体步骤详见Hanson<sup>[36]</sup>。

表7汇报了门槛回归的结果,从收入角度来看,存在收入的门槛效应,即当农户家庭总收入  $\leq 7$  万元时,邻里效应对农户生物农药施用行为有显著的正向影响,而当农户家庭总收入  $> 7$  万元时,邻里效应的促进作用不显著。这说明如果邻居收入比自己少,农户不会跟从、学习和模仿邻居行为,而只有当邻居收入比自己高时,农户才会跟从、学习和模仿。从种植规模的角度来看,同样存在门槛效应,即当农户家庭种植规模  $\leq 36$  亩

表7 邻里效应影响农户施药行为的条件：门槛回归结果

Table 7 Conditions of neighborhood effect affecting farmers' pesticide application behavior: Threshold regression results				
变量	方程12	方程13	方程14	方程15
	低收入户( $y \leq 7$ )	高收入户( $y > 7$ )	小农户( $y \leq 36$ )	规模户( $y > 36$ )
邻里效应	0.251*** (0.041)	0.005 (0.047)	0.211*** (0.034)	0.001 (0.059)
其他控制变量	控制	控制	控制	控制
截距项	0.045 (0.261)	0.046 (0.252)	-0.052 (0.227)	0.597** (0.298)
观测值	399	365	556	208
调整的 $R^2$	0.545	0.549	0.509	0.675
LM值	41.536***		47.164***	

时，邻里效应对农户生物农药施用行为产生显著的正向影响，而当家庭种植规模>36亩时，邻里效应的促进作用不显著。可能的解释是，大规模农户往往拥有更加丰富的知识储备，知识水平和职业技能更高，更有可能积极学习生物农药施药知识，主动施用生物农药。此外，相比于小农户，规模户预期收入更高，风险承受能力更强，且规模生产具有低成本等规模优势<sup>[37]</sup>，更有可能采纳新技术。小农户在收入、知识水平和风险承受能力等方面都较弱，因而小农户会模仿规模户的生产行为，故邻里效应对小农户生物农药施用行为有显著影响。

2.4.2 邻里效应产生影响的机制分析

分析表明，邻里效应对农户生物农药施用行为具有显著的正向影响，但邻里效应影响农民施药行为的机制尚未探究。理论分析可知，邻里效应能够有效规避农业生产中的风险，降低对农业生产技术信息搜寻成本，进而影响农户施药行为。这种影响可能通过两条路径：一是邻里效应通过技术示范等方式规避农户农业生产的技术风险，进而影响农户生物农药施用行为；二是邻里效应能够降低农业生产信息的搜寻成本，即农户能够通过观摩、交流学习等方式了解农业生产技术，降低信息的搜寻成本，进而影响农户生物农药施用行为。基于此，本文进一步探究邻里效应对农户生物农药施用行为影响机制，主要采用的是Baron等<sup>[38]</sup>提出的中介效应检验的逐步回归方法。

(1) 邻里效应的成本节约效应

首先检验邻里效应是否通过节约信息搜寻成本而影响农户生物农药施用行为。其中被解释变量为农户生物农药施用行为，解释变量为邻里效应，中介变量为成本节约。周先波等<sup>[39]</sup>用通信费用和对法律的了解程度来衡量搜寻成本。本文借鉴其研究，采用农户生物农药信息搜寻渠道衡量农户信息搜寻成本，具体的测量题项为“您能否从邻里那里获得关于生物农药的有用信息？”，答项为完全不能到完全能五种程度。理论上，如果成本节约的中介效果显著，则可以认为邻里效应对农户生物农药施用行为的影响是通过节约信息搜寻成本产生的。表8汇报了影响机制的估计结果，方程16的结果说明邻里效应对农户生物农药施用行为有显著的直接作用。方程17的结果表明邻里效应对成本节约有显著的正向影响，说明邻里效应具有降低信息搜寻成本的作用，即农户通过与邻居的交流，能够降低农户对生物农药相关信息的搜寻成本。方程18的结果表明在控制了邻里效应变量后，两个变量均对农户生物农药施用行为产生了显著的正向影响，初步说明成本节约的中介作用是存在的。由于文中因变量为分类变量，故借鉴Iacobucci<sup>[40]</sup>提出的检验

表 8 邻里效应对农户生物农药施用行为影响的机制分析

Table 8 Mechanism analysis of the influence of neighborhood effect on farmers' biological pesticide application behavior

变量	方程 16	方程 17	方程 18	方程 19	方程 20
	施用行为	成本节约	施用行为	风险规避	施用行为
邻里效应	1.065*** (0.132)	0.962*** (0.093)	0.833*** (0.141)	0.605*** (0.090)	0.888*** (0.151)
成本节约	—	—	0.468*** (0.082)	—	—
风险规避	—	—	—	—	1.058*** (0.113)
其他控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	-1.219 (1.011)	—	-2.707** (1.081)	—	-5.791*** (1.266)
观测值	764	764	764	764	764
卡方	511.840***	282.640***	547.440***	223.350***	643.930***
伪 R <sup>2</sup>	0.488	0.137	0.522	0.110	0.614

方法对中介效应进行检验。通过计算得到 Z 值为 4.636，该值要明显大于在 0.05 显著性水平上 Z 的临界值 1.96，表明存在部分中介作用，意味着邻里效应能够有效降低农户的信息搜寻成本，进而促使农户施用生物农药。

(2) 邻里效应的风险规避效应

其次检验邻里效应是否通过规避农业生产风险而影响农户生物农药施用行为。其中，被解释变量为农户生物农药施用行为，解释变量为邻里效应，中介变量为风险规避。本文借鉴李成龙等<sup>[41]</sup>的研究用风险规避程度来衡量风险规避，取值为 1~5 分，值越大则表示风险规避程度越低。理论上来说，如果风险规避的中介效应显著，则可以认为邻里效应对农户生物农药施用行为的影响是通过风险规避路径产生的。表 8 汇报了影响机制的估计结果，方程 16 的结果说明邻里效应对农户生物农药施用行为有显著的直接作用。方程 19 的结果表明邻里效应对风险规避有显著的正向影响，说明邻里效应具有风险规避的作用，即农户可以通过观摩邻里的种植情况、交流生物农药施用情况等有效规避生物农药施用中的风险。方程 20 的结果表明，在控制邻里效应变量后，两个变量均对农户生物农药施用行为产生了显著的正向影响，初步说明风险规避的中介作用是存在的。通过计算得到 Z 值为 6.092，该值要明显大于在 0.05 显著性水平上 Z 的临界值 1.96，表明存在部分中介作用，意味着邻里效应能够有效规避农业生产中的风险，进而促使农户施用生物农药。

3 结论

在全球气象灾害频发以及农产品安全问题越来越受到重视的背景下，探讨农户生物农药施用行为，对保障国民健康和粮食安全具有重要意义。本文在构建邻里效应对农户生物农药施用行为影响的理论模型基础上，利用湖北、江西和浙江三省农户的调研数据，实证检验了邻里效应对农户生物农药施用行为的影响，在此基础上，进一步讨论了邻里效应促使稻农施用生物农药的条件与内在作用机制。研究结果表明：第一，55.76% 的样本农户施用过生物农药。相比于没有施用生物农药的农户，施用生物农药的农户有较强的邻里关系，而且强邻里效应的农户生物农药平均施用量为 0.231 万元，要显著高于



弱邻里效应农户平均施用量。第二,邻里效应对农户生物农药施用行为有显著的正向影响,即邻里效应能够提高农户施用生物农药的概率。第三,邻里效应对稻农生物农药施用行为的影响存在条件限制。收入方面,当稻农家庭总收入 $\leq 7$ 万元时,邻里效应对农户生物农药施用行为有显著的正向影响,而当农户家庭总收入 $>7$ 万元时,邻里效应的促进作用不显著。规模方面,当农户家庭种植规模 $\leq 36$ 亩时,邻里效应对农户生物农药施用行为产生显著的正向影响,而当家庭种植规模 $>36$ 亩时,邻里效应的促进作用不显著。第四,邻里效应对农户生物农药施用行为有显著直接作用,也通过降低信息搜寻成本和有效规避农业生产风险两条路径间接影响农户生物农药施用行为。

本文研究发现,熟人社会中基于邻里关系构建的社会网络在农业技术推广、农户绿色生产技术采纳等方面具有重要的促进作用。这意味着,农业技术推广工作不能完全脱离邻里关系网络,而是要促使农业技术推广工作与熟人社会的特征化事实相结合,使其能够更好地为实现农业现代化服务。第一,要充分发挥规模种植户、专业大户等的引领和示范作用。一方面搭建良好的农业生产技术交流平台,通过微信、抖音等新媒体拓宽稻农信息获取渠道,降低农户信息搜寻成本。鼓励规模种植户、专业大户等主体发挥示范作用,通过给予部分优惠政策引导其通过技术交流平台,指导小规模农户的农业生产。另一方面,建立非正式组织,建立和完善农村传帮带机制,促进邻居之间互动交流,逐渐形成相互学习、相互帮助、互利共赢的良性互动机制。将规模种植户、专业大户以及农业技术推广员等纳入到非正式组织中,促进农业生产技术的交流和相互学习。第二,政府要加大对小农户的宣传力度和技术培训力度,强化小农户在生物农药等绿色生产技术推广中的作用。一方面通过发放宣传手册、集中宣讲培训等形式对小农户进行宣传教育,提高农户对生物农药的了解程度,提高农户的风险意识和环境意识。另一方面通过各种技术培训、实地观摩学习等形式,不断提高农户的风险管理水平和知识技能,同时给予小农户一定的经济补贴,激励小农户主动施用生物农药。

### 参考文献(References):

- [1] 王建华, 马玉婷, 李俏. 农产品安全风险治理中政府行为选择及其路径优化: 以农产品生产过程中的农药施用为例. 中国农村经济, 2015, (11): 54-62. [WANG J H, MA Y T, LI Q. Government behavior selection and path optimization in the governance of agricultural product safety risks: Taking pesticide application in the production process of agricultural products as an example. Chinese Rural Economy, 2015, (11): 54-62.]
- [2] 黄祖辉, 钟颖琦, 王晓莉. 不同政策对农户农药施用行为的影响. 中国人口·资源与环境, 2016, 26(8): 148-155. [HUANG Z H, ZHONG Y Q, WANG X L. Study on the impacts of government policy on farmers' pesticide application behavior. China Population, Resources and Environment, 2016, 26(8): 148-155.]
- [3] KHAN M, DAMALAS C A. Farmers' knowledge about common pests and pesticide safety in conventional cotton production in Pakistan. Crop Protection, 2015, 77(11): 45-51.
- [4] 王建华, 马玉婷, 王晓莉. 农产品安全生产: 农户农药施用知识与技能培训. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(4): 54-63. [WANG J H, MA Y T, WANG X L. Agricultural production safety: Farmers' pesticide application knowledge and technical training. China Population, Resources and Environment, 2014, 24(4): 54-63.]
- [5] PRAY C E, NAGARAJAN L. Innovation and research by private agribusiness in India. IFPRI Discussion Papers, 2012, 01181: 43.
- [6] 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. 中国农村经济, 2014, (8): 17-29. [ZHU D, KONG X, GU J P. Irrational equilibrium of farmers' overuse of pesticides: Evidence from farmers in Southern Jiangsu, China. Chinese Rural Economy, 2014, (8): 17-29.]

- [7] ABHILASH P C, SINGH N. Pesticide use and application: An Indian scenario. *Journal of Hazardous Materials*, 2009, 165(1): 1-12.
- [8] 郭利京, 王少飞. 基于调节聚焦理论的生物农药推广有效性研究. *中国人口·资源与环境*, 2016, 26(4): 126-134. [GUO L J, WANG S F. Promotion effectiveness of biological pesticide based on the regulation focusing theory. *China Population, Resources and Environment*, 2016, 26(4): 126-134.]
- [9] 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. *管理世界*, 2008, (5): 71-76. [HUANG J K, QI L, CHEN R J. Technical information knowledge, risk preference and farmers' application of pesticides. *Management World*, 2008, (5): 71-76.]
- [10] LIU E M, HUANG J K. Risk preferences and pesticide use by cotton farmers in China. *Journal of Development Economic*, 2013, 103: 202-215.
- [11] MANSKI C F. Economic analysis of social interactions. *Journal of Economic Perspectives*, 2000, 14(3): 115-136.
- [12] 杨唯一, 鞠晓峰. 基于博弈模型的农户技术采纳行为分析. *中国软科学*, 2014, (11): 42-49. [YANG W Y, JU X F. Analysis of farmers' technology adoption behavior based on game model. *China Soft Science*, 2014, (11): 42-49.]
- [13] 李明月, 罗小锋, 余威震, 等. 代际效应与邻里效应对农户采纳绿色生产技术的的影响分析. *中国农业大学学报*, 2020, 25(1): 206-215. [LI M Y, LUO X F, YU W Z, et al. Analysis of the influence of intergenerational effect and neighborhood effect on farmers' adoption of green production technology. *Journal of China Agricultural University*, 2020, 25(1): 206-215.]
- [14] 杨志海. 老龄化、社会网络与农户绿色生产技术采纳行为: 来自长江流域六省农户数据的验证. *中国农村观察*, 2018, (4): 44-58. [YANG Z H. Ageing, social network and the adoption of green production technology: Evidence from farm households in six provinces in the Yangtze River Basin. *China Rural Survey*, 2018, (4): 44-58.]
- [15] 刘可, 齐振宏, 杨彩艳, 等. 邻里效应与农技推广对农户稻虾共养技术采纳的影响分析: 互补效应与替代效应. *长江流域资源与环境*, 2020, 29(2): 401-411. [LIU K, QI Z H, YANG C Y, et al. Analysis on the influence of neighbourhood effect and agricultural technology diffusion on farmer's adoption of co-farming technology of rice and crayfish: Complementary effects and substitution effects. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2020, 29(2): 401-411.]
- [16] SAHA A. Expo-power utility: A flexible form for absolute and relative risk aversion. *American Journal of Agricultural Economics*, 1993, 75(4): 905-913.
- [17] 刘建民, 李海垒, 张文新. 行为决策中的描述—经验差距: 信息加工角度的解释. *心理科学进展*, 2016, 24(10): 1623-1635. [LIU J M, LI H L, ZHANG W X. The description-experience gap in behavioral decision making: Interpretations of information processing. *Advances in Psychological Science*, 2016, 24(10): 1623-1635.]
- [18] 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. *农业技术经济*, 2017, (12): 23-31. [CHEN H, ZHOU H, SUN D Q. The impact of information transmission on farmers' application behavior and rice yield: An empirical analysis of rice growers in Jiangxi province. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2017, (12): 23-31.]
- [19] 姚瑞卿, 姜太碧. 农户行为与“邻里效应”的影响机制. *农村经济*, 2015, (4): 40-44. [YAO R Q, JIANG T B. Farmers' behavior and the influence mechanism of "neighborhood effect". *Rural Economy*, 2015, (4): 40-44.]
- [20] LAPPLE D, KELLEY H. Understanding the uptake of organic farming: Accounting for heterogeneities among Irish farmers. *Ecological Economics*, 2013, 88(4): 11-19.
- [21] 王玉斌, 华静. 信息传递对农户转基因作物种植意愿的影响. *中国农村经济*, 2016, (6): 71-80. [WANG Y B, HUA J. The influence of information transmission on farmers' willingness to plant genetically modified crops. *Chinese Rural Economy*, 2016, (6): 71-80.]
- [22] 余威震, 罗小锋, 唐林, 等. 土地细碎化视角下种粮目的对稻农生物农药施用行为的影响. *资源科学*, 2019, 41(12): 2193-2204. [YU W Z, LUO X F, TANG L, et al. Impact of grain growing objectives on the application of bio-pesticides of rice farmers from the perspective of land fragmentation. *Resources Science*, 2019, 41(12): 2193-2204.]
- [23] 高杨, 牛子恒. 风险厌恶、信息获取能力与农户绿色防控技术采纳行为分析. *中国农村经济*, 2019, (8): 109-127. [GAO Y, NIU Z H. Risk aversion, information acquisition ability and farmers' adoption behavior of green control techniques. *Chinese Rural Economy*, 2019, (8): 109-127.]
- [24] ABADI-GHADIM A K, PANNELL D J, BURTON M P. Risk, uncertainty, and learning in adoption of a crop innovation. *Agricultural Economics*, 2005, 33(1): 1-9.

- [25] 郭利京, 赵瑾. 认知冲突视角下农户生物农药施用意愿研究: 基于江苏639户稻农的实证. 南京农业大学学报: 社会科学版, 2017, 17(2): 123-133, 154. [GUO L J, ZHAO J. A study on farmers willingness of biological pesticide application from the perspective of cognitive conflict: An empirical analysis based on 639 rice farmers in Jiangsu. Journal of Nanjing Agricultural University: Social Sciences Edition, 2017, 17(2): 123-133, 154.]
- [26] 钟甫宁, 宁满秀, 邢鹏, 等. 农业保险与农用化学品施用关系研究: 对新疆玛纳斯河流域农户的经验分析. 经济学(季刊), 2006, 6(1): 291-308. [ZHONG F N, NING M X, XING P, et al. A study on the relationship between crop insurance and agrochemical uses: An empirical analysis of the Manas watershed, Xinjiang, China. China Economic Quarterly, 2006, 6(1): 291-308.]
- [27] 黄炎忠, 罗小锋. 既吃又卖: 稻农的生物农药施用行为差异分析. 中国农村经济, 2018, (7): 63-78. [HUANG Y Z, LUO X F. "Both to eat and sell": An analysis of biological pesticides application behaviors of different rice farmers. Chinese Rural Economy, 2018, (7): 63-78.]
- [28] 唐林, 罗小锋, 张俊飏. 社会监督、群体认同与农户生活垃圾集中处理行为: 基于面子观念的中介和调节作用. 中国农村观察, 2019, (2): 18-33. [TANG L, LUO X F, ZHANG J B. Social supervision, group identity and farmers' domestic waste centralized disposal behavior: An analysis based on mediation effect and regulation effect of the face concept. China Rural Survey, 2019, (2): 18-33.]
- [29] GONG Y Z, BAYLIS K, KOZAK R, et al. Farmers' risk preferences and pesticide use decisions: Evidence from field experiments in China. *Agricultural Economics*, 2016, 47(4): 411-421.
- [30] 赵丹丹, 周宏, 高富雄. 农户分化、技术约束与耕地保护技术选择差异: 基于不同约束条件下的农户技术采纳理论分析框架. 自然资源学报, 2020, 35(12): 2956-2967. [ZHAO D D, ZHOU H, GAO F X. Differentiation of farmers, technical constraints and the differences of cultivated land protection technology selection: A theoretical analysis framework of farmer households' technological adoption based on different constraints. Journal of Natural Resources, 2020, 35(12): 2956-2967.]
- [31] KHONJE M G, MANDA J, MKANDAWIRE P, et al. Adoption and welfare impacts of multiple agricultural technologies: Evidence from Eastern Zambia. *Agricultural Economics*, 2018, 49(5): 599-609.
- [32] BIAN Y J. Bringing strong ties back in: Indirect ties, network bridges, and job searches in China. *American Sociological Review*, 1997, 62(3): 366-385.
- [33] 周广肃, 马光荣. 人情支出挤出了正常消费吗: 来自中国农户数据的证据. 浙江社会科学, 2015, (3): 15-26. [ZHOU G S, MA G R. Does gift expenditure reduce normal consumption: Evidence from CFPS 2010. Zhejiang Social Sciences, 2015, (3): 15-26, 156.]
- [34] SAJAJA Z. Maximum likelihood estimation of a bivariate ordered probit model: Implementation and monte-carlo simulations. *Stata Journal*, 2008, 2(2): 1-18.
- [35] 何可, 张俊飏, 张露, 等. 人际信任、制度信任与农民环境治理参与意愿: 以农业废弃物资源化为例. 管理世界, 2015, (5): 75-88. [HE K, ZHANG J B, ZHANG L, et al. Interpersonal trust, institutional trust and farmers' willingness to participate in environmental governance: Taking agricultural waste resources as an example. Management World, 2015, (5): 75-88.]
- [36] HANSEN B E. Sample splitting and threshold estimation. *Econometrica*, 2010, 68(3): 575-603.
- [37] 王亚辉, 李秀彬, 辛良杰. 耕地地块细碎程度及其对山区农业生产成本的影响. 自然资源学报, 2019, 34(12): 2658-2672. [WANG Y H, LI X B, XIN L J. Characteristics of cropland fragmentation and its impact on agricultural production costs in mountainous areas. Journal of Natural Resources, 2019, 34(12): 2658-2672.]
- [38] BARON R M, KENNY D A. The moderator mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1986, 51(6): 1173-1182.
- [39] 周先波, 刘建广, 郑馨. 信息不完全、搜寻成本和均衡工资: 对广东省外来农民工劳动力市场信息不完全程度的测度. 经济学(季刊), 2015, 15(1): 149-172. [ZHOU X B, LIU J G, ZHENG X. Incomplete information, search cost, and equilibrium wage: Evidence from the measurement for the incomplete information of rural immigrant labor market in Guangdong. China Economic Quarterly, 2015, 15(1): 149-172.]
- [40] IACOBucci D. Mediation analysis and categorical variables: The final frontier. *Journal of Consumer Psychology*, 2012, 4: 582-594.

- [41] 李成龙, 周宏. 劳动力禀赋、风险规避与病虫害统防统治技术采纳. 长江流域资源与环境, 2020, 29(6): 1454-1461.  
[LI C L, ZHOU H. Labor endowment, risk avoidance and the adoption of integrated pest control technology. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2020, 29(6): 1454-1461.]

## Can the neighborhood effect encourage rice farmers to apply biological pesticides: Evidence from survey data of farmers in Hubei, Jiangxi and Zhejiang provinces

TANG Lin<sup>1,2,3</sup>, LUO Xiao-feng<sup>1,2,3</sup>

(1. College of Economics & Management, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2. Hubei Rural Development Research Center, Wuhan 430070, China;

3. Rural Sustainable Development Research Center, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** Based on the establishment of a theoretical model of the influence of neighborhood effect on farmers' biopesticide application behavior, this paper uses survey data of farmers in Hubei, Jiangxi and Zhejiang provinces to empirically test the impact of neighborhood effect on farmers' biopesticide application behavior. On this basis, the conditions and internal mechanism of neighbourhood effects for rice farmers to apply biological pesticides were further discussed. The results show that: first, 55.76% of the sample farmers have applied biological pesticides. The farmers who applied biological pesticides have a strong neighborhood relationship. Second, the neighborhood effect has a significant positive impact on farmers' biological pesticide application behavior. The average application amount of biological pesticides by farmers with strong neighborhood effects is significantly higher than that of farmers with weak neighborhood effects. Third, there are conditional restrictions on the influence of neighborhood effect on rice farmers' biological pesticide application behavior. For high-income farmers and large-scale households, the neighborhood effect is not significant. Fourth, the neighborhood effect has a significant direct effect on farmers' biological pesticide application behavior, and it also indirectly affects farmers' biological pesticide application behavior through two paths of reducing information search costs and effectively avoiding agricultural production risks.

**Keywords:** neighborhood effect; biological pesticide; farmers behavior; risk aversion; cost saving