

引用格式:胡乃娟,孙晓玲,许雅婷,等.基于Logistic-ISM模型的农户有机肥施用行为影响因素及层次结构分解[J].资源科学,2019,41(6):1120-1130.[Hu N J, Sun X L, Xu Y T, et al. Influencing factors of farmers' organic fertilizer application behavior and their stratification based on Logistic-ISM model[J]. Resources Science, 2019, 41(6): 1120-1130.] DOI: 10.18402/resci.2019.06.11

基于 Logistic-ISM 模型的农户有机肥施用行为影响因素及层次结构分解

胡乃娟^{1,2,3}, 孙晓玲¹, 许雅婷¹, 周子阳¹, 朱利群^{1,3}

(1. 南京农业大学人文与社会发展学院, 南京 210095; 2. 南京农业大学公共管理博士后流动站, 南京 210095; 3. 南京农业大学区域农业研究院, 南京 210095)

摘要:有机肥施用对中国农业绿色、可持续发展具有重要作用,但目前农业生产上,尤其是稻、麦等大田作物生产上施用率却较低。农户作为农业生产的主体,拥有肥料施用的决策权,明确稻麦轮作区农户有机肥施用行为及关键影响因素对促进有机肥在大田作物的施用有重要意义。本文基于江苏省稻麦轮作区4县(区)392户农户调查数据,采用Logistic模型与解释结构模型(ISM),分析了农户在稻麦轮作农田施用有机肥的影响因素及其层次结构。结果表明:农户的受教育程度、对有机肥的了解程度、对长期大量低效施用化肥造成环境污染的认识、购买肥料时考虑对土壤无害、饲养家禽及农业部门针对农业施肥技术进行指导等因素对农户有机肥施用行为有正向影响,购买肥料时考虑价格和省工对农户有机肥施用行为有负向影响。在此基础上,对8个因素进行深层分析,形成了“一路径,三驱动”的层次结构,并提出了相应的有机肥推广政策建议。

关键词:稻麦轮作;农户行为;有机肥施用;影响因素;Logistic-ISM;江苏省

DOI: 10.18402/resci.2019.06.11

1 引言

2004年以来,中国粮食产量实现了“十二连增”^[1],为国家粮食安全提供了保障。其中,化肥的施用在提高农业生产率、增加粮食产量方面为中国农业经济的发展作出了巨大的贡献^[2]。然而,长期以来,中国农户过量、不合理的化肥施用行为引起的土壤质量退化、农业面源污染和农产品质量下降等问题日益突出^[3-5],直接威胁到中国农业的绿色和可持续发展。有机肥具有有机质含量高、养分全面、肥效长、改良土壤和提高农产品品质等优良特性^[6],对于缓解中国农业资源环境压力、提升粮食生产力和实现化肥减量化等方面有重要作用。2017年中央“一号文件”明确提出“深入推进化肥农药零增长行动,开展有机肥替代化肥试点,促进农业节

本增效”^[7]。同时,随着“十三五”规划建议提出的“藏粮于地、藏粮于技”战略的实施,有机肥替代化肥已是实现农业绿色发展的需要,是走农业可持续发展的必经之路^[8]。农户作为农业生产经营的主体,拥有肥料施用的直接决策权,明确其有机肥施用行为及其关键影响因素对于有机肥的有效推广具有重要意义。

当前,国内外学者关于农户有机肥施用行为的研究取得了较多的成果,主要集中在农户的个体和家庭特征^[9]、心理特征^[10]、经济收入水平^[11]、家庭畜禽养殖情况^[12,13]、经营规模^[10]、区位条件^[14]及参保行为^[15]等因素对有机肥施用行为的影响,也有学者从农地产权制度^[16]、合同生产模式^[17]、技术培训^[18]等方面进行了研究,采用的模型包括Logit、Probit、Tobit等^[19-21]。

收稿日期:2018-10-25;修订日期:2019-02-26

项目基金:中国博士后科学基金项目(2015M570463);江苏省农业科技自主创新资金项目(CX(18)3074)。

作者简介:胡乃娟,女,河南固始人,博士,助理研究员,主要从事区域农业发展与农田生态研究。E-mail: hunaijuan@163.com

通讯作者:朱利群,男,浙江淳安人,教授,主要从事区域农业发展和农村生态发展研究。E-mail: zhulq@njau.edu.cn

2019年6月

虽然目前关于农户有机肥施用行为研究成果累积较多,但大多数研究仅停留在分析其影响因素,而影响因素之间的层次结构及其作用机理研究还较为缺乏,并且在实际生产中,有机肥在中国大田作物的施用比例仍相对较低,尤其是水稻和小麦这两种最主要的农作物^[22,23]。长江中下游地区是中国粮食的主产区,也是中国水稻和小麦的主产区,因此,探明长江中下游稻麦轮作区农户有机肥施用行为及其影响因素,并对影响因素进行深入分解和剖析,对有机肥在中国大田作物上的推广具有重要意义。因此,本文在前人研究的基础上,以江苏省稻麦轮作区为研究区域,运用 Logistic 回归模型从农户的个体及家庭特征、对肥料的认知以及外部情况3个方面对农户有机肥施用行为及影响因素进行实证分析,并采用 ISM 模型,对影响因素的层次结构作进一步分析,进而为稻麦轮作农田有机肥的有效推广和政策制定提出合理建议。

2 理论分析与变量选取

2.1 理论分析

本文以舒尔茨提出的理性小农理论^[24]为研究的理论基础,并结合相关研究^[25-27],从农户的个体和家庭特征、对肥料的认知以及外部情况3个方面对农户有机肥施用行为影响因素进行分析。具体变量的选择及其预期影响方向如下。

(1)个体及家庭特征。农户的个体特征主要包括被调查农户的年龄和受教育程度,家庭特征主要包括是否兼业和土地种植面积。一般来说,随着农户年龄的增长,接受、尝试新事物的意愿会减弱,并且由于劳动力原因会更倾向于施用化肥^[28]。农户的受教育程度在一定程度上反映了农户获取信息、掌握技能等方面的能力,受教育程度高的农户则更有可能尝试施用有机肥。兼业农户的非农收入一般高于农业收入,出于机会成本的考虑,选择有机肥的可能性较小^[29]。有机肥施用需要投入更多的劳动力,种植面积越大,意味着需要投入的劳动力越多^[10],则农户选择施用有机肥的可能性就越小。因此,本文假设农户的年龄、兼业以及种植面积对有机肥的施用均有负向影响,而农户的受教育程度对有机肥施用有正向影响。

(2)对肥料的认知。农户认知是影响农户肥料选择的重要因素之一^[23]。农户对肥料的认知主要包

括对长期大量低效施用化肥造成环境污染的认识、对有机肥特点的了解以及购买肥料时关注的重点。如果农户认识到长期大量低效施用化肥会带来土壤板结、肥力下降、水体富营养化和大气污染等环境问题,则更加倾向于选择有机肥^[7];农户对有机肥认知度越高,选择有机肥的可能性也越大^[23]。从购买肥料时关注的重点来看,农户首先考虑的是价格因素,商品有机肥价格一般较高,可能会导致农户不愿意施用有机肥。其次,施用有机肥可能会造成短期内产量下降,并且施用有机肥意味着需要投入更多的劳动力,使农户不愿意选择有机肥^[30]。另外,锁定购买行为^[31]可能会使农户对有机肥的认知度不高,导致其不会选择施用有机肥。但是,如果农户在购买肥料时考虑到肥料对土壤的影响,并了解有机肥的品牌和功效,那么选择有机肥的可能性就会较大^[32]。因此,本文假设农户对长期大量低效施用化肥造成环境污染的认识程度、对有机肥特点的了解程度和购买肥料时考虑对土壤的影响等均对农户施用有机肥均有正向影响,购买肥料时考虑价格、产量和省工对农户施用有机肥有负向影响,购买肥料时考虑品牌的影响方向不能确定。

(3)外部情况。外部情况主要涉及到有机肥的可得性及肥料信息来源等。农户施用有机肥的前提是有充足的有机肥来源^[33],目前农户施用的有机肥来源主要有农家肥和商品有机肥两种,饲养家禽的农户更有可能施用有机肥^[11]。农户肥料信息的来源渠道多样,其中,农技推广部门在农户肥料认知中扮演了重要角色,农技推广在一定程度上能够提升农户的技术采纳水平^[34],农技部门针对有机肥施肥技术进行培训指导能促进农户施用有机肥。因此,本文假设农户饲养家禽和农业推广程度对农户施用有机肥有正向影响。

2.2 变量选取及描述赋值

基于理论模型的构建,设稻麦轮作区“农户是否施用有机肥”为因变量,“农户有机肥施用影响因素”为自变量,包括农户的个体及家庭特征、对肥料的认知及外部因素3个方面13个因素,具体变量定义及其描述性统计如表1所示。

3 数据来源与研究方法

3.1 数据来源

江苏省是中国粮食高产省份,种植制度以稻麦

表1 模型变量说明

Table 1 Variables of the model

变量	变量定义及赋值	均值	标准差	预计影响
因变量				
是否施用有机肥	施用="1",不施用="0"	0.20	0.40	
自变量				
年龄	实测数据/岁	61.88	9.99	-
受教育程度	小学以下="1",小学="2",初中="3",高中="4",大专及以上="5"	2.20	0.96	+
现种植土地面积	实测数据/亩	5.44	3.08	-
是否兼业	是="1",否="0"	0.74	0.44	-
有机肥了解程度	从没听说过="1",知道但不是很了解="2",知道且很了解="3"	2.09	0.67	+
购买肥料考虑因素:品牌	是="1",否="0"	0.24	0.43	?
购肥料考虑因素:价格	是="1",否="0"	0.47	0.50	-
购肥料考虑因素:施肥后年产量	是="1",否="0"	0.65	0.48	-
购肥料考虑因素:对土壤无害	是="1",否="0"	0.35	0.48	+
购肥料考虑因素:省工	是="1",否="0"	0.40	0.49	-
长期大量低效施用化肥是否造成环境污染的认识	是="1",否="2",不清楚="3"	1.81	0.77	-
是否饲养家禽	是="1",否="0"	0.28	0.45	+
农业部门是否针对施肥技术进行过指导	是="1",否="0"	0.19	0.41	+

两熟为主。随着稻麦持续高产,化肥施用量始终保持较高水平。表2所示为2011—2017年江苏省稻麦种植情况^[35]。2017年江苏省水稻和小麦种植面积达4456.74千hm²,年产量为3095.83万t,整个江苏省年化肥投入量高达303.85万t^[35],并且稻麦轮作区的施用量所占比例最大^[36]。

本文所用数据来源于课题组2017年8—10月在江苏省稻麦轮作区的农户调查。农户样本的选取按照多阶段抽样方法:首先,在苏北、苏中、苏南各选取1个市,分别为连云港市、南通市、南京市,再在3个市中随机选取1~2个县(区),分别为灌云县、海安县、六合区、溧水区,然后,在每个县(区)随机选取2个镇,每个镇选取50~55户从事稻麦轮作农田种植的农户进行问卷调查。共发放问卷430份,收回有效问卷397份,有效率达到92.33%。本文在

进行研究时剔除了种植大户5例,实际有效问卷为392份。

被调查农户的基本情况如表3所示。在被调查的392家农户中,不施用有机肥的农户为313户,占总体的79.85%,施用有机肥的农户为79户,仅占总体的20.15%;被调查农户的年龄主要集中在46~75岁之间,平均年龄61.88岁,其中,男性占60.20%,女性占39.80%;农户的受教育程度主要以小学以下、小学和初中为主,占样本总数的91.33%;农户的种植面积平均为5.44亩;兼业的农户占样本总数的73.72%,不兼业的只占26.28%。农户获取肥料信息的渠道主要为自身经验、经销商介绍和亲朋好友介绍等传统方式,且分别占样本总体的84.95%、36.73%、25.51%;而依靠农技部门、广播电视等新型方式了解肥料信息的农户仅分别占8.20%、4.30%。

表2 2011—2017年江苏省稻麦种植情况

Table 2 Planting area and production of rice and wheat in Jiangsu Province, 2011-2017

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
水稻							
面积/千hm ²	2248.63	2254.22	2265.67	2271.69	2291.59	2294.82	2275.96
单产/(kg/亩)	552.67	561.93	565.60	561.13	568.00	561.07	563.87
小麦							
面积/千hm ²	2112.41	2132.56	2146.93	2159.94	2178.83	2189.85	2180.78
单产/(kg/亩)	322.93	327.87	342.00	358.13	359.20	340.80	357.93

2019年6月

表3 被调查农户的基本信息

Table 3 Basic information of the surveyed farmers

指标	选项	样本数/个	比例/%	指标	选项	样本数/个	比例/%
是否施用有机肥	是	79	20.15	年龄	≤45岁	17	4.34
	否	313	79.85		46~55岁	96	24.49
性别	男	236	60.20		56~65岁	138	35.20
	女	156	39.80		66~75岁	106	27.04
是否兼业	是	289	73.72	受教育程度	≥76岁	35	8.93
	否	103	26.28		小学以下	101	25.77
耕地面积	<3亩	152	38.78		小学	152	38.78
	3~5亩	142	36.22		初中	105	26.79
	6~8亩	49	12.50		高中	27	6.89
	>8亩	49	12.50		大专及以上	7	1.79

在农户施用的有机肥中,商品有机肥占34.18%,人畜粪便与畜禽堆肥占65.82%;农户不施用有机肥的原因中,买不到占21.41%,没有饲养家禽占29.71%,并且很多农户表示没有听说过商品有机肥,附近农资销售店为了保证销量和收益不会冒险去购进商品有机肥。

3.2 研究方法

3.2.1 Logistic 模型

农户在稻麦轮作农田中是否施用有机肥是一个二元决策问题,即“施用”与“不施用”,因此,本文采用 Logistic 回归模型来研究有机肥施用的影响因素^[37,38]。

将农户在稻麦轮作农田中“施用”有机肥($Y=1$)的概率设为 P ,农户“不施用”有机肥的概率($Y=0$)则为 $1-P$ 。发生比(即施用概率与不施用概率之比)为 $\Omega=P/(1-P)$, Ω 与 P 为正向关系。两边同时取对数有 $\ln\Omega=\ln[P/(1-P)]$ 。在 Logistic 回归分析中,常将 $\ln[P/(1-P)]$ 称为 $\text{Logit}[P/(1-P)]$,即有 Logistic 模型:

$$\text{Logit}\left[\frac{P}{1-P}\right]=\beta_0+\beta_1x_1+\beta_2x_2+\cdots+\beta_ix_i \quad (1)$$

对式(1)进行变形,得出:

$$P=\frac{1}{1+e^{1-(\beta_0+\beta_1x_1+\beta_2x_2+\cdots+\beta_ix_i)}} \quad (2)$$

式中: x_i 为农户在稻麦田中施用有机肥的影响因素; β_0 为截距项; β_i 为第 i 个自变量的回归系数。

3.2.2 ISM 模型

解释结构模型(Interpretative Structural Modeling, ISM)是用来分析复杂社会经济系统结构问题的模型,常用于明确因素间的关联性和层次性,并

用有向图描述这些因素间的关联关系与层次结构^[39,40]。因此,本文引入 ISM 模型深入研究影响稻麦轮作农田农户有机肥施用行为各因素之间的层级关系,并构建层级结构图。

假设利用 Logistic 模型获得的稻麦轮作农田农户有机肥施用影响因素有 k 个,则用 S_0 表示农户是否施用有机肥,用 $S_i(i=1,2,\cdots,k)$ 表示这些影响因素,并根据式(3)确定邻接矩阵 R 中的元素 R_{ij} :

$$R_{ij}=\begin{cases} 1, & S_i \text{对} S_j \text{有影响时} \\ 0, & S_i \text{对} S_j \text{无影响时} \end{cases} \quad (3)$$

式中: $i,j=0,1,2,\cdots,k$ 。

通过公式(4)可计算得到可达矩阵 M :

$$M=(R+I)^{k+1}=(R+I)^k \neq (R+I)^{k-1} \neq \cdots \neq (R+I)^2 \neq (R+I) \quad (4)$$

式中: $2 \leq \lambda \leq k$, I 为单位矩阵,矩阵的幂运算采用布尔运算法则。

从顶层到底层各层所含的因素可以根据式(5)来确定:

$$L=\{S_i|P(S_i) \cap Q(S_i)=P(S_i)\} \quad (5)$$

式中: $i=1,2,\cdots,k$, $P(S_i)$ 为可达集,表示从因素 S_i 出发可以达到的全部因素的集合,即 S_i 行中所有矩阵元素为1的列所对应的要素集合, $Q(S_i)$ 为先行集,表示可以到达因素 S_i 的全部因素的集合,即 S_i 列中所有矩阵元素为1的行所对应的要素集合。

利用式(5)得到最高层 L_1 所含的因素后,再依次确定各层所含的因素。具体方法为:从原可达矩阵 M 中删去 L_1 中所对应的行与列,得到矩阵 M' ,对 M' 重复式(5),得到 L_2 ;从 M' 中删去 L_2 中所对应的

行与列,得到矩阵 M' ,对 M' 重复式(5),得到 L_3 ;以此类推,得到所有层次含有的因素。

根据 L_i 的要素顺序,得到重新排序的可达矩阵 B ,使得每一单位矩阵对应的要素处于同一层次。用有向边连接相邻层次及同一层次的因素,得到稻麦轮作农田农户有机肥施用行为影响因素的层次结构。

4 结果与分析

4.1 稻麦轮作农田农户有机肥施用行为影响因素分析

本文针对江苏省稻麦轮作农田农户有机肥施用行为影响因素建立二元 Logistic 模型,运用 SPSS20.0 对调查的 392 份农户数据进行处理,模型估计结果见表 4。

(1)个体及家庭特征。农户的受教育程度在 5%水平上显著,且系数为正(0.377),说明受教育程度对于农户施用有机肥具有正向影响,与预期一致。在实际调研中,农户受教育程度主要集中在小学及以下,因此,为避免样本受教育程度在小学以下数量较多带来研究误差,对该变量进行进一步的分析。从表 5 可以看出,农户施用有机肥的比例随

受教育程度的增加而增加,在受教育程度为小学以下的农户中,选择施用有机肥的农户仅占 13.86%;而初中及以上的农户施用有机肥的比例在 20%以上。一方面,受教育程度高的农户,对新技术的掌握和适应能力较强,故接纳的可能性更高^[41];另一方面,受教育程度越高的农户,非农就业机会越大,承担新技术采纳风险能力越强,选择有机肥的可能性也越大^[42]。

本文中,农户年龄对农户有机肥施用行为的影响不显著,这可能与样本农户的年龄普遍较大,对有机肥认知程度较低有关。农户的种植面积对有机肥施用的影响未达显著水平,这可能是由于样本农户的种植面积普遍较小,平均种植面积仅为 5.43 亩。有学者发现,受劳动力成本和有机肥运输成本影响,农户种植面积越大,地块越分散,选择有机肥的概率就越小^[29]。

(2)对肥料的认知。农户对于有机肥的了解程度对有机肥施用有正向影响,且在 1%的水平上显著;对长期大量低效施用化肥造成环境污染的认识、购买肥料时考虑到对土壤有无害处对有机肥施用有正向影响,且在 5%的水平上显著,与预期一

表 4 农户有机肥施用行为模型估计结果

Table 4 Estimation results of farmers' organic fertilizer application behavior

变量	回归系数(B)	检验误差 S.E	统计量 Wald	自由度 df	显著度 Sig.	幂值 Exp(B)
年龄	-0.005	0.016	0.087	1	0.769	0.995
受教育程度	0.377	0.181	4.328	1	0.037**	1.457
现种植土地面积	0.047	0.049	0.910	1	0.340	1.048
是否兼业	-0.026	0.367	0.005	1	0.943	0.974
有机肥了解程度	1.038	0.257	16.319	1	0.000***	2.824
购买肥料考虑因素:品牌	-0.372	0.429	0.753	1	0.386	0.689
购肥料考虑因素:价格	-0.803	0.342	5.520	1	0.019**	0.448
购肥料考虑因素:施肥后年产量	-0.075	0.330	0.051	1	0.821	0.928
购肥料考虑因素:对土壤无害	0.780	0.350	4.961	1	0.026**	2.182
购肥料考虑因素:省工	-0.981	0.364	7.253	1	0.007***	0.375
长期大量低效施用化肥造成是否环境污染的认识	-0.510	0.211	5.823	1	0.016**	0.601
是否饲养家禽	1.818	0.335	29.366	1	0.000***	6.159
农业部门是否针对施肥技术进行过指导	0.712	0.331	4.635	1	0.031**	2.037
常量	-3.933	1.441	7.446	1	0.006	0.020
- 2 Log Likelihood			292.235			
Cox & Snell R ²			0.229			
Sig			0.000			

注: *、**、***分别表示在 10%、5%、1%水平上显著。

表5 样本农户受教育程度与施用有机肥的交叉分析

Table 5 Cross analysis of farmers' education level and organic fertilizer application in the survey samples

			受教育程度					合计
			小学以下	小学	初中	高中	大专及以上	
是否施用有机肥	否	样本/户	87	125	77	21	3	313
		比重/%	86.14	82.24	73.33	77.78	42.86	79.85
	是	样本/户	14	27	28	6	4	79
		比重/%	13.86	17.76	26.67	22.22	57.14	20.15
合计		样本/户	101	152	105	27	7	392
		比重/%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

致。随着农户对有机肥认识的深入,对其优势认识更加清楚,则施用有机肥的可能性就会越大^[19,21],并且如果农户认识到长期大量低效施用化肥会造成土壤肥力下降和环境污染等问题,稳定的农地产权也会激励农户从土地的长期收益出发,选择施用有机肥以提高耕地的肥力^[16,43]。

购买肥料时考虑价格对有机肥施用有负向影响,且在5%的水平上显著,与预期一致。主要是有机肥价格一般较高,且若要达到一定的肥效,所需要量也较大,导致农户选择有机肥的可能性较低。购买肥料时考虑省工在1%的水平上显著,且影响方向与预期一致。施用有机肥比施用化肥需要投入更多的劳动力,而在我们的调查中,农户兼业化以及年龄问题造成劳动力投入不足,从而使农户选择有机肥的意向较低。

(3)在其他外部因素中,是否饲养家禽和农业部门是否针对施肥技术进行指导对有机肥施用有正向影响,且分别在1%和5%的水平上显著,与预期影响方向一致。饲养家禽不仅增加了有机肥的可得性,而且获取成本基本为零,从而促进了农户选择施用有机肥。农业部门针对施肥技术的指导能为农户提供正确、全面的信息,提高农户对有机肥施用技术和优势的了解;同时,通过免费讲解和宣传能使农户认识到过量施用化肥的危害,提高农户环保意识,从而促进有机肥的施用^[9,44]。

4.2 施用有机肥的影响因素的ISM分析

由表4中Logistic模型拟合结果可见,影响稻麦轮作农田农户有机肥施用行为的因素有8个,分别用 S_1 表示受教育程度, S_2 表示对有机肥了解程度, S_3 表示购买肥料时考虑价格, S_4 表示考虑对土壤无害, S_5 表示考虑省工, S_6 表示是否认识到长期大量低效

施用化肥对环境造成污染, S_7 表示是否饲养家禽, S_8 表示农业部门是否进行施肥技术指导。在详细调查和咨询相关专家的基础上,给出如图1所示的上述8个影响因素及农户是否施用有机肥之间的逻辑关系。其中,“V”表示行因素对列因素有影响,“A”表示列因素对行因素有影响,“0”表示行因素和列因素之间无相互影响。

根据图1和式(3)得到影响因素间的邻接矩阵 R (略),并运用Matlab7.0软件计算可达矩阵 M ,如图2所示。根据式(5),首先确定得到 $L_1=\{S_0\}$,然后根据其他层次因素的确定方法依次得到 $L_2=\{S_3, S_4, S_5, S_7\}$, $L_3=\{S_2, S_6\}$, $L_4=\{S_1, S_8\}$ 。根据 L_1, L_2, L_3, L_4 得到排序后的可达矩阵 D ,如图3所示。

由 L_1, L_2, L_3, L_4 所含因素以及排序后的可达矩阵 D 可见, S_0 处于第一层, S_3, S_4, S_5, S_7 处于第二层, S_2, S_6 处于第三层, S_1, S_8 处于第四层。根据图论用有向边连接相邻层次及同一层次的因素,得到农户有机肥施用行为影响因素的层次结构,如图4所示。

由图4可知,农户有机肥施用行为的影响因素可分为深层次因素、中间层次因素和直接驱动因素

A	A	A	A	A	A	A	A	S_0
0	0	V	0	V	0	V		S_1
A	0	0	0	V	0			S_2
0	0	0	0	0				S_3
A	0	A	0					S_4
0	0	0						S_5
A	0							S_6
0	S_7							S_8

图1 影响因素间的逻辑关系

Figure 1 Logical relationship between influencing factors

$$M = \begin{matrix} & \begin{matrix} S_0 & S_1 & S_2 & S_3 & S_4 & S_5 & S_6 & S_7 & S_8 \end{matrix} \\ \begin{matrix} S_0 \\ S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \\ S_5 \\ S_6 \\ S_7 \\ S_8 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

图2 影响因素间的可达矩阵

Figure 2 Reachability matrix between influencing factors

$$D = \begin{matrix} & \begin{matrix} S_0 & S_3 & S_4 & S_5 & S_7 & S_2 & S_6 & S_1 & S_8 \end{matrix} \\ \begin{matrix} S_0 \\ S_3 \\ S_4 \\ S_5 \\ S_7 \\ S_2 \\ S_6 \\ S_1 \\ S_8 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

图3 影响因素间ISM分析排序后的可达矩阵

Figure 3 Reachable matrix between influencing factors after ranking by ISM analysis

3个层次,每一层对上一层产生影响。通过 Logistic 模型得出的8个因素中,农业部门是否进行施肥指导和农户的受教育程度是影响农户在稻麦轮作农田是否施用有机肥的深层次原因;农户对长期大量低效施用化肥是否造成环境污染的认识和对有机肥的了解程度是中间层次因素;购买肥料时考虑价格、考虑肥料是否对土壤无害、考虑省工以及是否饲养家禽是直接驱动因素。这些因素间的关联与层次结构可以用“一路径,三驱动”来概括。

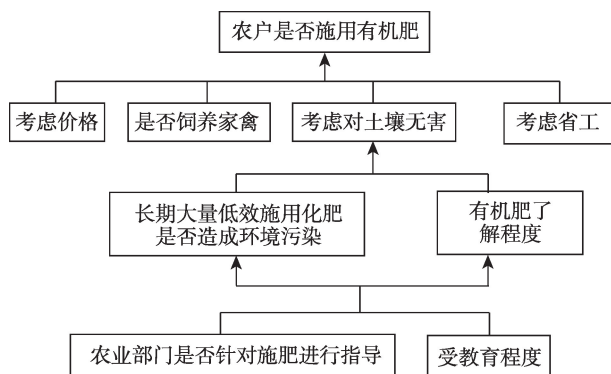


图4 影响因素间的关联与层次结构

Figure 4 Correlation and hierarchy between influencing factors

一路径:农业部门是否进行施肥指导、农户受教育程度→农户对长期大量低效施用化肥是否造成环境污染的认识、对有机肥的了解程度→购买肥料时考虑是否对土壤无害→农户是否施用有机肥。在该路径中,农业部门是否进行施肥指导和农户受教育程度都能从根源上影响农户对长期大量低效施用化肥造成环境污染的认识以及对有机肥的了解程度;农户对长期大量低效施用化肥造成环境污染的认识和对有机肥的了解程度会影响农户在购买肥料时考虑是否对土壤无害;农户购买肥料时考虑是否对土壤无害则直接影响了农户是否施用有机肥。农户的意愿选择必然建立在正确认知的基础上,而正确的认知一方面来源于自身的实践经验和学习,另一方面来源于外界因素的影响。因此,农技部门应当加强对环保的宣传和环境友好型技术的推广力度,并通过相关技术培训、成立农民专业合作社等措施促进农户对有机肥的施用^[24]。

三驱动:影响稻麦轮作区农户是否选择施用有机肥的直接驱动因素包括农户购买肥料时考虑价格、考虑能否省工以及是否饲养家禽。农户作为农业生产经营主体,在进行肥料选择时,必然会对投入与收益进行综合考虑,以寻求最经济、最省力的生产方式^[45]。本文中,从投入角度来看,商品有机肥价格一般较高、且肥效慢,施用商品有机肥对农户来说意味着更多的资本投入;农家肥虽然比商品有机肥便宜,但缺少便捷的获得途径;从收益角度来看,由于小农户难以对自己生产的有机稻、麦提供有效的证明,不能保证粮食收益有较大的提升,故而导致农户选择施用有机肥倾向较弱。因此,为农户提供易获得、省工且价格可接受的有机肥能有效促进有机肥在稻、麦等大田作物中的推广应用。

5 结论及政策启示

5.1 结论

本文基于实地调研获得的数据,通过建立 Logistic 模型及 ISM 模型,对江苏省稻麦轮作区4县(区)的392位农户有机肥施用行为及其影响因素进行了研究,得出以下结论:

(1)农户的受教育程度、对有机肥的了解程度、对长期大量低效施用化肥造成环境污染的认识、购买肥料时考虑对土壤无害、饲养家禽以及农业部门

2019年6月

针对农业施肥技术进行指导对农户有机肥施用行为有正向影响;购买肥料时考虑价格、省工对农户有机肥施用行为有负向影响。

(2)在8个显著性影响因素中,农户的受教育程度、农业部门针对农业施肥技术进行指导是影响农户有机肥施用的深层根源因素,并能通过影响农户对长期大量低效施用化肥是否造成环境污染的认识和对有机肥的了解程度这两个中间层次因素,使农户考虑肥料施用对土壤的影响,最终影响农户有机肥施用行为。而农户购买肥料时考虑价格、是否对土壤无害、省工、是否饲养家禽是有机肥施用的直接驱动因素。可见,农户对有机肥全面、正确的认知以及有机肥的直接可获得性是农户选择施用有机肥的基础和前提。

5.2 政策启示

基于上述研究结论,可得到如下政策启示:

一是加强有机肥推广中的宣传和指导。由研究结果可知,农技部门的指导是影响农户选择有机肥的深层根源因素之一。因此,政府、农技部门应充分发挥宣传和引导作用,并提供必要的技术指导和培训,一方面让农户认识到化肥过量投入对环境的危害;另一方面,使农户能够意识到有机肥的优点,并科学、合理的施用有机肥。

二是完善有机肥扶持政策。农户施用有机肥的成本较高,导致农户选择有机肥的意愿较低。因此,政府应该完善有机肥扶持力度,根据实际情况,对施用有机肥的农户进行补贴,或对有机肥生产企业、农资经销商进行扶持补贴,降低有机肥价格,从而降低农户施肥成本,激励农户选择施用有机肥。

三是加快有机肥的科技研发。有机肥肥效缓慢,且对于施用量控制、劳动力投入等要求较高,不能满足普通农户的需求。因此,有机肥生产企业及科研部门应加快有机肥研发工作,生产出符合农户需求的有机肥,简化施肥程序,降低劳动力投入,同时提升有机肥的品质,增强肥效。

四是建立种植业和养殖业的密切合作关系。饲养家禽的农户因有机肥获得便捷、成本低等原因更倾向于施用有机肥。因此,在村、镇、乡、县的种植户与养殖户之间建立密切、长远的合作关系,不仅能为种植户提供可靠的有机肥来源,而且能解决

养殖业带来的环境污染,实现种植户、养殖户及生态环境的共赢。

参考文献(References):

- [1] 黄季焜. 四十年中国农业发展改革和未来发展政策选择[J]. 农业技术经济, 2018, (3): 4-15. [Huang J K. Forty years of China's agricultural development and reform and the way forward in the future [J]. Journal of Agrotechnical Economic, 2018, (3): 4-15.]
- [2] 栾江, 仇焕广, 井月, 等. 我国化肥施用量持续增长的原因分解及趋势预测[J]. 自然资源学报, 2013, 28(11): 1869-1878. [Luan J, Qiu H G, Jing Y, et al. Decomposition of factors contributed to the increase of China's chemical fertilizer use and projections for future fertilizer use in China[J]. Journal of Natural Resources, 2013, 28(11): 1869-1878.]
- [3] Lu C, Tian H. Global nitrogen and phosphorus fertilizer use for agriculture production in the past half century: Shifted hot spots and nutrient imbalance[J]. Earth System Science Data, 2017, 9(1): 181-192.
- [4] 刘钦普. 中国化肥面源污染环境风险时空变化[J]. 农业环境科学学报, 2017, 36(7): 1247-1253. [Liu Q P. Spatio-temporal changes of fertilization environmental risk of China[J]. Journal of Agro-Environment Science, 2017, 36(7): 1247-1253.]
- [5] 李太平, 张锋, 胡浩. 中国化肥面源污染EKC验证及其驱动因素[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(11): 118-123. [Li T P, Zhang F, Hu H. Authentication of the Kuznets Curve in agriculture non-point source pollution and its drivers analysis[J]. China Population, Resources and Environment, 2011, 21(11): 118-123.]
- [6] 宁川川, 王建武, 蔡昆争. 有机肥对土壤肥力和土壤环境质量的影响研究进展[J]. 生态环境学报, 2016, 25(1): 175-181. [Ning C C, Wang J W, Cai K Z. The effects of organic fertilizers on soil fertility and soil environmental quality: A review[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2016, 25(1): 175-181.]
- [7] 耿飏, 罗良国. 农户减少化肥用量和采用有机肥的意愿研究: 基于洱海流域上游面源污染防治的视角[J]. 中国农业资源与区划, 2018, 39(4): 74-82. [Geng B, Luo L G. Farmers' willingness to reduce fertilizer input and adopt organic fertilizer: Based on the perspective of non-point source pollution prevention and control in the upper reaches of Erhai watershed[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2018, 39(4): 74-82.]
- [8] 高娃, 郑海春, 邵翻身, 等. 测土施肥技术对内蒙古通辽市玉米养分管理的影响现状与评价[J]. 植物营养与肥料学报, 2018, 24(2): 544-552. [Gao W, Zheng H C, Gao F S, et al. The status and evaluation of formula fertilization by soil testing technology on maize nutrition management in Tongliao of Inner Mongolia[J]. Journal of Plant Nutrition and Fertilizers, 2018, 24(2): 544-552.]
- [9] 朱利群, 王珏, 王春杰, 等. 有机肥和化肥配施技术农户采纳意

- 愿影响因素分析: 基于苏、浙、皖三省农户调查[J]. 长江流域资源与环境, 2018, 27(3): 671–679. [Zhu L Q, Wang J, Wang C J, et al. Analysis of influencing factors on farmers' adoption of the application technology of organic fertilizer combined with chemical fertilizer: Based on the survey of farmer households in Jiangsu, Zhejiang and Anhui[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2018, 27(3): 671–679.]
- [10] 余威震, 罗小锋, 李容容, 等. 绿色认知视角下农户绿色技术采纳意愿与行为悖离研究[J]. 资源科学, 2017, 39(8): 1573–1583. [Yu W Z, Luo X F, Li R R, et al. The paradox between farmer willingness and their adoption of green technology from the perspective of green cognition[J]. Resources Science, 2017, 39(8): 1573–1583.]
- [11] 韩枫, 朱立志. 西部地区有机肥使用的农户行为分析: 以甘肃省定西临夏为例[J]. 中国土壤与肥料, 2016, (6): 133–138. [Han F, Zhu L Z. Analysis on the willing to accept (WTA) of organic manure in west China: A case study in Dingxi and Linxia County of Gansu Province[J]. Soil and Fertilizer Sciences in China, 2016, (6): 133–138.]
- [12] 郑鑫. 丹江口库区农户有机肥施用的影响因素分析[J]. 湖南农业大学学报(社会科学版), 2010, 11(1): 11–15. [Zheng X. Analysis of the influencing factors on the farmers' use of manures in Danjiangkou reservoir area[J]. Journal of Hunan Agricultural University (Social Sciences), 2010, 11(1): 11–15.]
- [13] Roubík H, Mazancová J, Phung L D, et al. Current approach to manure management for small-scale Southeast Asian farmers: Using Vietnamese biogas and non-biogas farms as an example[J]. Renewable Energy, 2018, 115: 362–370.
- [14] 钟太洋, 黄贤金, 王柏源. 非农业就业对农户施用有机肥的影响[J]. 中国土地科学, 2011, 25(11): 67–73. [Zhong T Y, Huang X J, Wang B Y. Impact of off-farm employment on the rural household's decision of using organic fertilizer[J]. China Land Sciences, 2011, 25(11): 67–73.]
- [15] 张驰, 张崇尚, 仇焕广, 等. 农业保险参保行为对农户投入的影响: 以有机肥投入为例[J]. 农业技术经济, 2017, (6): 79–87. [Zhang C, Zhang C S, Qiu H G, et al. The impact of agricultural insurance participation on farmers' input: Examples for organic fertilizer input[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2017, (6): 79–87.]
- [16] 黄季焜, 冀县卿. 农地使用权确权与农户对农地的长期投资[J]. 管理世界, 2012, (9): 76–81. [Huang J K, Ji X Q. The verification of the right to use farmland and farmers' long-term investment in farmland[J]. Management World, 2012, (9): 76–81.]
- [17] 蔡荣, 韩洪云. 合同生产模式与农户有机肥施用行为: 基于山东省348户苹果种植户的调查数据[J]. 中国农业科学, 2011, 44(6): 1277–1282. [Cai R, Han H Y. Contract production and farmer's organic fertilizer use behavior: An empirical analysis based on the survey data of apple growers in Shandong Province[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2011, 44(6): 1277–1282.]
- [18] 项诚, 贾相平, 黄季焜, 等. 农业技术培训对农户氮肥施用行为的影响: 基于山东省寿光市玉米生产的实证研究[J]. 农业技术经济, 2012, (9): 4–10. [Xiang C, Jia X P, Huang J K, et al. The impact of agricultural technical training on farmer's behavior of nitrogen fertilizer application—empirical research: Based on maize production in Shouguang City, Shandong Province[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2012, (9): 4–10.]
- [19] 刘梅, 王咏红, 高瑛, 等. 农户有机肥施用量及其影响因素分析[J]. 统计与决策, 2009, (12): 61–63. [Liu M, Wang Y H, Gao Y, et al. Analysis on the amount of organic fertilizer application and its influencing factors[J]. Statistics & Decision, 2009, (12): 61–63.]
- [20] Waithaka M M, Thornton P K, Shepherd K D, et al. Factors affecting the use of fertilizers and manure by smallholders: The case of Vihiga, western Kenya[J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 2007, 78(3): 211–224.
- [21] 左喆瑜. 农户对环境友好型肥料的选择行为研究: 以有机肥及控释肥为例[J]. 农村经济, 2015, (10): 72–77. [Zuo Z Y. Study on farmers' choice behavior of environment-friendly fertilizer: Based on organic manure and controlled-release fertilizer[J]. Rural Economy, 2015, (10): 72–77.]
- [22] 吴丽花. 农户购买有机肥的影响因素分析[D]. 南京: 南京农业大学, 2010. [Wu L H. Analysis of Impact Factors on Farmer Purchasing Organic Fertilizer: A Case in Jiangsu Province[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2010.]
- [23] 杨泳冰, 胡浩, 王益文. 农户以商品有机肥替代化肥的行为分析: 基于江苏南通市228户调查数据[J]. 湖南农业大学学报(社会科学版), 2012, 13(6): 1–6. [Yang Y B, Hu H, Wang Y W. Behavior of farmers' using merchandise organic fertilizer as the substitution of chemical fertilizer: Based on the survey data of 228 households in Nantong City, Jiangsu Province[J]. Journal of Hunan Agricultural University (Social Sciences Edition), 2012, 13(6): 1–6.]
- [24] 颜璐. 农户施肥行为及影响因素的理论分析与实证研究: 以南疆地区农户调查为例[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2013. [Yan L. Theoretical and Empirical Analysis of Farmers' Fertilizer Application Behavior and Influencing Factors: A Case Study of Farmer Survey in The Southern Part of Xinjiang[D]. Urumchi: Xinjiang Agricultural University, 2013.]
- [25] 纪龙, 徐春春, 李凤博, 等. 农地经营对水稻化肥减量投入的影响[J]. 资源科学, 2018, 40(2): 2401–2413. [Ji L, Xu C C, Li F B, et al. Impact of farmland management on fertilizer reduction in rice production[J]. Resources Science, 2018, 40(12): 2401–2413.]
- [26] 黄炎忠, 罗小锋, 刘迪, 等. 农户有机肥替代化肥技术采纳的影响因素: 对高意愿低行为的现象解释[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(3): 632–641. [Huang Y Z, Luo X F, Liu D, et al. Factors affecting farmers' adoption of organic fertilizer instead of

2019年6月

- chemical fertilizer: Explaining the phenomenon of farmers' little behavior with strong willingness[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2019, 28(3): 632-641.]
- [27] 徐卫涛, 张俊飏, 李树明, 等. 循环农业中的农户减量化投入行为分析: 基于晋、鲁、鄂三省的化肥投入调查[J]. 资源科学, 2010, 32(12): 2407-2412. [Xu W T, Zhang J B, Li S M, et al. Behavioral analysis of reducing investments for farming families in circular agriculture: A case study on Shanxi, Shandong, and Hubei provinces based on the investigation of chemical fertilizer input[J]. Resources Science, 2010, 32(12): 2407-2412.]
- [28] 黎孔清, 马豆豆. 生态脆弱区农户化肥减量投入行为及决策机制研究: 以山西省4县421户农户为例[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2018, 18(5): 138-145. [Li K Q, Ma D D. On the investment behavior and decision mechanism of farmers' fertilizer reduction in ecologically vulnerable regions[J]. Journal of Nanjing Agricultural University (Social Sciences Edition), 2018, 18(5): 138-145.]
- [29] 褚彩虹, 冯淑怡, 张蔚文. 农户采用环境友好型农业技术行为的实证分析: 以有机肥与测土配方施肥技术为例[J]. 中国农村经济, 2012, (3): 68-77. [Zhu C H, Feng S Y, Zhang W W. An empirical analysis of environmental friendly agricultural technology behavior of farmers: Based on the technology of organic fertilizer and soil testing formula fertilization[J]. Chinese Rural Economy, 2012, (3): 68-77.]
- [30] 王世尧, 金媛, 韩会平. 环境友好型技术采用决策的经济分析: 基于测土配方施肥技术的再考察[J]. 农业技术经济, 2017, (8): 15-26. [Wang S Y, Jing Y, Han H P. Economic analysis on decision making of environmentally friendly technologies: A re-examination based on soil testing and formula fertilization technology[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2017, (8): 15-26.]
- [31] 孙娟, 李艳军. 心甘情愿还是情非所愿? 农户农资产品锁定购买行为的驱动因素研究[J]. 经济管理, 2014, 36(11): 81-93. [Sun J, Li Y J. Willingly or helplessly? The preliminary study on the driving factors of farmers' lock-in purchasing behavior of agricultural materials[J]. Economic Management, 2014, 36(11): 81-93.]
- [32] 郭清卉, 李世平, 李昊. 基于社会规范视角的农户化肥减量化措施采纳行为研究[J]. 干旱区资源与环境, 2018, 32(10): 50-55. [Guo Q H, Li S P, Li H. Adoption behaviors of farmers' chemical fertilizer reduction measures based on the perspective of social norms[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2018, 32(10): 50-55.]
- [33] 舒畅, 乔娟. 基于养殖废弃物肥料化的种植户施用关联效应研究[J]. 农业技术经济, 2016, (12): 32-42. [Shu C, Qiao J. Study on the correlation effect of farmers based on the composting of livestock wastes[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2016, (12): 32-42.]
- [34] 佟大建, 黄武, 应瑞瑶. 基层公共农技推广对农户技术采纳的影响: 以水稻科技示范为例[J]. 中国农村观察, 2018, (4): 59-73. [Tong D J, Huang W, Ying R Y. The impacts of grassroots public agricultural technology extension on farmers' technology adoption: An empirical analysis of rice technology demonstration[J]. China Rural Survey, 2018, (4): 59-73.]
- [35] 江苏省统计局, 国家统计局江苏调查总队. 江苏省统计年鉴(2012-2018)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2012-2018. [Jiangsu Province Bureau of Statistics, NBS Survey Office in Jiangsu Province. Jiangsu Province Statistical Yearbook (2012-2018)[M]. Beijing: China Statistical Publishing House, 2012-2018.]
- [36] 史常亮, 朱俊峰. 我国粮食生产中化肥投入的经济评价和分析[J]. 干旱区资源与环境, 2016, 30(9): 57-63. [Shi C L, Zhu J F. Economic evaluation and analysis of chemical fertilizer inputs in Chinese grain production[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2016, 30(9): 57-63.]
- [37] 周小平, 王情, 谷晓坤, 等. 基于 Logistic 回归模型的农户宅基地置换效果影响因素研究: 以上海市嘉定区外冈镇宅基地置换为例[J]. 资源科学, 2015, 37(2): 258-264. [Zhou X P, Wang Q, Gu X K, et al. Factors influencing the effect of rural residence replacement based on Logistic regression modeling for Waigang, Shanghai[J]. Resources Science, 2015, 37(2): 258-264.]
- [38] 关江华, 黄朝禧, 胡银根. 基于 Logistic 回归模型的农户宅基地流转意愿研究: 以微观福利为视角[J]. 经济地理, 2013, 33(8): 128-133. [Guan J H, Huang C X, Hu Y G. The affecting factors of farmers' willingness of rural residential land circulation based on Logistic regression model under microscopic welfare perspective[J]. Economic Geography, 2013, 33(8): 128-133.]
- [39] 李楠楠, 李同昇, 于正松, 等. 基于 Logistic-ISM 模型的农户采用新技术影响因素: 以甘肃省定西市马铃薯种植技术为例[J]. 地理科学进展, 2014, 33(4): 542-551. [Li N N, Li T S, Yu Z S, et al. Factors influencing farmers' adoption of new technology based on Logistic-ISM model: A case study of potato planting technology in Dingxi City, Gansu Province[J]. Progress in Geography, 2014, 33(4): 542-551.]
- [40] 葛继红, 徐慧君, 杨森, 等. 基于 Logit-ISM 模型的污染企业周边农户环保支付意愿发生机制分析: 以苏皖两省为例[J]. 中国农村观察, 2017, (2): 93-106. [Ge J H, Xu H J, Yang S, et al. The WTP of rural households nearby polluting enterprises using Logit and Interpretive Structural Modeling: Examples from Jiangsu and Anhui provinces[J]. China Rural Survey, 2017, (2): 93-106.]
- [41] Mariano M J, Villano R, Fleming E. Factors influencing farmers' adoption of modern rice technologies and good management practices in the Philippines[J]. Agricultural Systems, 2012, 110: 41-53.
- [42] 孔祥智, 方松海, 庞晓鹏, 等. 西部地区农户禀赋对农业技术采纳的影响分析[J]. 经济研究, 2004, (12): 85-95. [Kong X Z, Fang S H, Pang X P, et al. Analysis of the effect of household endowments on the agricultural technology adoption decision in West

- China[J]. *Economic Research Journal*, 2004, (12): 85–95.]
- [43] 邵亮亮, 黄季焜, Rozelle Scott. 中国农地流转市场的发展及其对农户投资的影响[J]. *经济学(季刊)*, 2011, 10(4): 1499–1514. [Gao L L, Huang J K, Rozelle S. The development of farmland changing market in China and its impact on farmers investment[J]. *Journal of Economics (Quarterly)*, 2011, 10(4): 1499–1514.]
- [44] 巩前文, 张俊飏, 李瑾. 农户施肥量决策的影响因素实证分析: 基于湖北省调查数据的分析[J]. *农业经济问题*, 2008, (10): 63–68. [Gong Q W, Zhang J B, Li J. Empirical analysis on the influencing factors for farmers decision-making on the fertilizer application quantity: Based on the investigation data in Hubei Province [J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2008, (10): 63–68.]
- [45] 赵肖柯, 周波. 种稻大户对农业新技术认知的影响因素分析: 基于江西省 1077 户农户的调查[J]. *中国农村观察*, 2012, (4): 29–36. [Zhao X K, Zhou B. An analysis on factors influencing large-scale rice-plant farmers' cognition of up-to-date agriculture technology: Based on the survey of 1077 farmers in Jiangxi Province [J]. *China Rural Survey*, 2012, (4): 29–36.]

Influencing factors of farmers' organic fertilizer application behavior and their stratification based on Logistic-ISM model

HU Naijuan^{1,2,3}, SUN Xiaoling¹, XU Yating¹, ZHOU Ziyang¹, ZHU Liquan^{1,3}

(1. College of Humanities and Social Development, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;

2. Public Administration Postdoctoral Research Station, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;

3. Institute of Regional Agricultural Research, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: Organic fertilizer application is beneficial for agricultural green development. However, the rate of application in agricultural production is still very low, especially for rice and wheat production. As rice and wheat are the main crops of agricultural production, it is significance to study farmers' behavior of organic fertilizer application and the key influencing factors for promoting the application of organic fertilizer in rice and wheat croplands. This study was conducted based on a questionnaire survey of 392 farmers from rice-wheat rotation cropland of Jiangsu Province. We analyzed the influencing factors and their relationships by using a Logistic model and interpretive structural modeling (ISM). The results show that there were eight main influencing factors. Higher educational level, understanding of organic fertilizer, understanding of environmental pollution caused by excessive chemical fertilizer application, consideration of damage to soil when purchasing fertilizer, raising poultry, and guidance of agricultural technology department of the government had positive effects on farmers' organic fertilizer application while higher sensitivity to price of fertilizer and labor saving had a negative effect on organic fertilizer application. By an in-depth analysis, the influencing factors formed a “one path, three driving factors” structure. Based on these results, several suggestions were put forward to promote the application of organic fertilizer.

Key words: rice-wheat rotation cropland; farmers' behavior; application of organic fertilizer; influencing factors; Logistic-interpretive structural modeling; Jiangsu Province