

基于分层视角的农户环境友好型技术采纳意愿研究 ——以秸秆还田为例

盖豪^{1,2} 颜廷武^{1,2*} 张俊彪^{1,2}

(1. 华中农业大学 经济管理学院, 武汉 430070;

2. 华中农业大学 湖北农村发展研究中心, 武汉 430070)

摘要 为提高环境友好型技术的推广效率,基于536份农户调查数据,以秸秆还田为例,通过Logistic模型揭示了农户环境友好型技术采纳意愿的影响因素,并在此基础上运用ISM模型对各影响因素间的关联关系和层次结构进行了研究。结果表明:农户自身特征、生产经营情况、技术特征认知、信任特征、资源环境禀赋等变量对农户环境友好型技术采纳意愿具有显著影响。其中,农户对秸秆还田的技术效用认知、基础设施建设情况、家庭年农业收入和交易便捷情况是表层直接因素,对家人的信任程度、土地流转情况、土地质量和组织化程度是中层间接因素,家庭结构和承包土地面积是深层根源因素。为提高农户环境友好型技术采纳意愿,需要发展规模化经营,推进土地流转,提高农户组织化程度,强化农户对秸秆还田技术的认知,加强秸秆还田所需的基础设施建设,拓宽农户增收渠道。

关键词 农户; 环境友好型技术; 秸秆还田; Logistic模型; ISM模型

中图分类号 F323.22

文章编号 1007-4333(2018)04-0170-13

文献标志码 A

A study on farmers' willingness to adopt environmental-friendly technology from stratification angle: Taking straw returning as an example

GAI Hao^{1,2}, YAN Tingwu^{1,2*}, ZHANG Junbiao^{1,2}

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

2. Hubei Rural Development Research Center, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract In order to improve the efficiency of environmental friendly technology extension, based on the survey data of 536 famers with straw incorporation as an example, this study employed the Logistic model to analyze factors influencing farmers' willingness to adopt environmental friendly technologies. ISM model was employed to make the stratified analysis and to clarify the relationship of the influencing factors. The results indicate that variables such as farmers' personal characteristics, farmers' production and management conditions, their cognition of environmental friendly technologies, resource environmental endowment and farmers' trust have a significant impact on farmers' willingness to adopt environmental friendly technologies. Factors including farmers' cognition of technical effect of straw incorporation, the infrastructure construction, the annual household income and the convenience of trade are the direct factors; Factors including degree of trust in the family, land transfer situation, the quality of land and the degree of organization are indirect factors; Factors including family structure and contract land area are deep causes. In order to improve farmers' willingness to adopt environmental friendly technologies, it is necessary to expand the scale of farmers' organizations, promote land circulation, strengthen farmers' cognition of straw returning, promote the infrastructure construction and broaden the channels of increasing farmers' income.

Keywords farmers; environment-friendly technology; straw returning; logistic model; ISM model

收稿日期: 2017-07-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(41371520); 教育部哲学社会科学重大课题攻关项目(15JZD014)

第一作者: 盖豪, 硕士研究生, E-mail: gaihao0729@163.com

通讯作者: 颜廷武, 副教授, 博士生导师, 主要从事资源与环境经济研究, E-mail: yantw@mail.hzau.edu.cn

长期以来,改善农村环境、推进农业废弃物资源化利用是政府高度关心的问题^[1],2017年中央一号文件、《中共中央国务院关于加快推进生态文明建设的意见》、《国务院办公厅关于加快转变农业发展方式的意见》和《全国农业可持续发展规划(2015—2030年)》均围绕解决农村环境脏乱差等突出问题,进行了相关决策部署以促进绿色发展,改善和优化农村环境。然而,我国广大农村地区环境治理问题依然存在,脏、乱、差现象严重^[2]。以秸秆为例,据估算我国每年产生秸秆近9亿t,未利用的约2亿^①t,秸秆等农业废弃物资源的不当处置具有分散性、随机性、污染面大以及难以量化等特点,末端控制的方式并不是最佳解决方案,应该从源头进行治理。其治理方式主要是依靠发展环境友好型技术替代原有技术,通过鼓励农民自愿或通过政府政策措施促进农民采用环境友好型技术^[3]。在秸秆综合利用的诸多环境友好型技术中,秸秆还田是最为经济并可持续的方式^[4],也是现在乃至今后秸秆资源利用的主要方式^[5]。

关于环境友好型技术采纳影响因素研究,目前主要从2方面展开:一是从环境友好型技术发展所面临的约束条件^[6]和成本风险^[7]等宏观视角进行研究,二是集中在环境友好型技术采用与扩散^[8]的微观角度,并且以某地某一种或几种环境友好型技术——如测土配方施肥技术^[9-10]、盐碱地改良技术^[11]、Labranza技术^[12]等为例研究农户的采纳意愿及影响因素,如文长存等^[13]在辽宁省537户稻农调查数据的基础上,运用logistic模型,对影响农户节水灌溉技术、测土配方施肥技术、秸秆还田技术3类环境友好型技术采纳行为的关键因素进行了分析。喻永红等^[14]以湖北省的调查数据为依据,运用Logistic模型分析了在水稻生产中农户IPM技术的采纳意愿及其影响因素。在研究视角上,大多基于农户视角展开研究;在研究方法上,大多采用Logistic模型^[11,13-15]、Tobit模型^[9]、Probit模型^[10,16]和SEM结构方程模型^[8]等实证研究方法中的一个或多个对环境友好型技术的采纳意愿与行为进行研究。

然而,作为环境友好型技术的重要应用方向——农作物秸秆还田利用的研究,却大多停留在整体上的影响因素探讨和行为分析上^[17-20],虽有学

者基于性别^[21]、代际^[22]等视角展开了研究,但大多数学者对于农户采纳意愿的问题研究多停留在将相应数据导入模型分析出其影响因素,影响因素之间的层次结构及其作用机理的研究较为缺乏。这不仅使相应领域的研究推进缓慢,更值得指出的是,由于未能考虑影响因素间的结构联系,基于此提出的关于推广秸秆还田等环境友好型技术、增强农户技术采纳意愿的相关政策措施的实施效果将大打折扣,研究的现实价值与指导意义也将受到质疑。此外,现有文献将土地确权、流转等方面的因素综合纳入秸秆资源化利用的研究分析相对不足,特别是2014年《关于引导农村土地经营权有序流转发展农业适度规模经营的意见》出台后,土地流转等因素对农户意愿和行为决策的影响愈加明显,有必要强化土地流转等因素对农户决策影响的探讨。

鉴于此,本研究试图以秸秆还田为例,利用山东、湖北两省农村地区的农户调查数据,通过二元Logistic模型揭示了农户环境友好型技术采纳意愿的关键影响因素,在此基础上运用解释结构模型法(ISM)探究农户环境友好型技术采纳意愿影响因素的层次结构和关联关系,以期为提高农户技术采纳意愿、推广环境友好型技术提供实证依据与政策参考。

1 理论分析与变量选择

1.1 理论分析与假设提出

农户环境友好型技术采纳意愿受诸多因素影响,国内外专家学者对此进行了深入研究。本研究借鉴现有研究成果^[10-11,13-15],结合课题组湖北、山东两省调研的实际情况,选取农户自身特征、农户生产经营情况、技术特征认知等方面的变量,作为影响农户环境友好型技术采纳意愿的潜在变量。具体而言,以下变量可能会影响农户环境友好型技术采纳意愿:

农户自身特征变量。已有研究显示,农户年龄越大,采用新技术的意愿越低^[23];文化程度越高,对新鲜事物的接受和领悟能力越强,采纳新技术相对容易^[24];家庭结构指家庭劳动力占家庭总人口比重及女性人口占家庭总人口比重,家庭农业生产决策通常受其劳动力结构等自身条件约束,劳动力占比

① 该数据为农业部《关于推进农业废弃物资源化利用试点的方案》估算而来。

低或女性人口居多的家庭更青睐省时、省力的环境友好型技术。因此,本研究选择年龄、文化程度、家庭结构来衡量影响农户环境友好型技术采纳意愿的农户自身特征变量并做假设如下:

H1a:农户环境友好型技术采纳意愿随年龄的增加而降低。

H1b:文化程度越高,农户环境友好型技术采纳意愿越强。

H1c:农户的家庭结构显著影响农户的环境友好型技术的采纳意愿。

农户生产经营变量。农业收入高的农户,对能够影响其收入的农业技术也会更加关注,农户也会更愿意采用环境友好型技术,以获得更高利益;贷款越为容易,农户可支配的生产资金越多,越愿意采纳环境友好型技术;种植规模越大,农户越倾向于采用环境友好型技术,以提高效率;有土地转入的农户,其生产的规模效应得到进一步凸显,更愿意采纳环境友好型技术。加入合作社的农户其组织化程度更强,在合作社科学的技术指导和培训以及共同规章约束的环境下,农户更容易接受环境友好型技术;基于此,本研究选取了包括家庭年农业收入、贷款容易程度、承包土地面积、土地流转情况、组织程度在内的农户生产经营变量并提出如下假设:

H2a:农户环境友好型技术采纳意愿随家庭农业年收入的增加而增加。

H2b:农户贷款越容易,其环境友好型技术采纳意愿越强。

H2c:农户环境友好型技术采纳意愿随承包土地面积的增加而增加。

H2d:有土地转入的农户其环境友好型技术采纳意愿更强。

H2e:加入合作社的农户其环境友好型技术采纳意愿更强。

技术特征认知变量。如果农户对环境友好型技术没有形成正确的技术特征认知或者对其了解不够充分,农户可能会误认为采纳环境友好型技术并不能获利。而农户越了解秸秆的资源价值,就越愿意尝试与采纳秸秆还田技术;对秸秆还田技术的资源节约和环境保护的效用认知越深刻,接受秸秆还田技术的可能性也就越大。对秸秆还田技术服务效果的评价越全面,就越愿意采纳和使用秸秆还田技术。因此,本研究选取了秸秆资源价值认知、秸秆还田技

术效用认知、秸秆还田环保价值认知、秸秆还田服务效用认知作为影响农户环境友好型技术采纳意愿的技术特征认知变量并提出假设如下:

H3a:农户环境友好型技术采纳意愿随其对秸秆资源价值认知程度的增加而增加。

H3b:农户环境友好型技术采纳意愿随其对秸秆还田技术效用认知程度的增加而增加。

H3c:农户环境友好型技术采纳意愿随其对秸秆还田环保价值认知程度的增加而增加。

H3d:农户环境友好型技术采纳意愿随其对秸秆还田服务效用认知程度的增加而增加。

信任特征变量。社会网络之间的相互作用可以有效促进个体自愿实行亲环境行为^[15],家人、朋友、村干部对环境友好型技术的态度会对农户产生影响,农户会出于对他们的信任而采纳环境友好型技术。因此,本研究选择农户出于对家人、朋友、村干部的信任而接受他们的建议采纳环境友好型技术意愿程度作为信任特征变量并做出如下假设:

H4a:农户环境友好型技术采纳意愿会随着对家人信任程度的增强而增强。

H4b:农户环境友好型技术采纳意愿会随着对朋友信任程度的增强而增强。

H4c:农户环境友好型技术采纳意愿会随着对村干部信任程度的增强而增强。

资源环境禀赋变量。资源禀赋的差异会影响农户新技术的采用^[25]。对于农田质量高、交通便利及农业配套设施齐全的高资源禀赋农户,与要素及产品市场对接更容易,采用环境友好型技术效果因其禀赋优势更明显,因而其采纳意愿也更加强烈。因此,本研究选取了土地质量、生产供电情况、灌溉供水情况、交易的便捷情况作为影响农户环境友好型技术采纳意愿的资源环境禀赋变量并提出假设如下:

假设 H5a:土地质量越好,农户环境友好型技术采纳意愿越强。

假设 H5b:基础设施建设情况越好,农户环境友好型技术采纳意愿越强。

假设 H5c:交易越便捷,农户环境友好型技术采纳意愿越强。

1.2 变量选择

根据理论分析,本研究选取了5类共19个变量,构建了农户环境友好型技术采纳影响因素的模型。变量名称、定义及统计特征详见表1。

表1 变量的说明及统计特征

Table 1 Explanation and statistical characteristics of the variables selected

变量 Variable	定义 Definition	极小值 Min	极大值 Max	均值 Mean	标准差 Standard variance	预期方向 Expected direction
农户环境友好型技术采纳意愿 Farmers' willingness to adopt Environment-friendly technology	不愿意=0;愿意=1	0.00	1.00	0.763	0.425	
农户自身特征变量 Farmers' personal characteristics						
户主年龄 Age	农户的实际年龄	26.00	88.00	55.993	10.827	-
户主文化程度 Level of education	不识字或识字很少=1;小学=2; 初中=3;高中或中专=4;大专及 以上=5	1.00	5.00	2.818	0.877	+
家庭结构 Family structure	女性人口占家庭总人口的比例 劳动力占家庭总人口的比例	0.00	1.00	0.471 0.530	0.147 0.234	+
农户生产经营变量 Farmers' production and management variables						
家庭年农业收入 Annual household income	农户家庭年实际农业收入/万元	0.00	9.00	1.261	1.403	+
贷款的容易程度 Ease of lending	非常困难=1;比较困难=2;一般 =3;比较容易=4;非常容易=5	0.00	5.00	1.177	1.458	+
土地流转情况 Land transfer situation	是否有转入土地:否=0;是=1	0.00	1.00	0.765	0.523	+
承包土地面积 Contract land area	承包土地的面积/hm ²	0.05	6.67	0.552	7.212	+
组织化程度 Degree of organization	是否加入合作社:否=0;是=1	0.00	1.00	0.179	0.393	+
技术特征认知变量 Cognitive variables of technical characteristics						
秸秆资源价值认知 Straw resource value cognition	秸秆处置不当是一种资源浪费:完 全不同意=1;不太同意=2;一般 =3;比较同意=4;完全同意=5	1.00	5.00	4.121	1.069	+
秸秆还田技术效用认知 Cognition of technical effect of straw returning	秸秆还田技术十分值得推广:完全 不同意=1;不太同意=2;一般= 3;比较同意=4;完全同意=5	1.00	5.00	4.396	0.871	+

表1(续)

变量 Variable	定义 Definition	极小值 Min	极大值 Max	均值 Mean	标准差 Standard variance	预期方向 Expected direction
秸秆还田环保价值认知 Cognition of environmental protection value of straw returning	还田有利于环保:完全不同意=1; 不太同意=2;一般=3;比较同意 =4;完全同意=5	1.00	5.00	4.121	0.987	+
秸秆还田服务效用认知 Cognition of service effectiveness of straw returning to field	对秸秆还田服务效用满意程度:不 满意=1;不太满意=2;一般=3; 满意=4;非常满意=5	1.00	5.00	2.927	1.560	+
信任特征变量 Trust characteristic variables						
对家人的信任程度 Degree of trust in the family	我比较信任家人,如果家人支持我 秸秆还田,我会还田:完全不同意 =1;不太同意=2;一般=3;比较 同意=4;完全同意=5	1.00	5.00	4.380	0.911	+
对朋友的信任程度 Degree of trust in friends	我比较信任朋友,如果朋友支持我 秸秆还田,我会还田:完全不同意 =1;不太同意=2;一般=3;比较 同意=4;完全同意=5	1.00	5.00	4.289	0.971	+
对村干部的信任程度 Degree of trust in village cadres	我比较信任村干部,如果村干部支 持我秸秆还田,我会还田:完全不 同意=1;不太同意=2;一般=3; 比较同意=4;完全同意=5	1.00	5.00	4.422	0.870	+
资源环境禀赋变量 Resource environmental endowment variables						
土地质量 Quality of land	最差=1;比较差=2;一般=3;比 较好=4;最好=5	1.00	5.00	3.191	0.773	+
基础设施建设情况 Infrastructure construction	生产用电是否经常出现断电和跳 闸情况:频繁出现=1;经常出现= 2;一般=3;偶然出现=4;不出 现=5	1.00	5.00	3.909	0.979	+
交易便捷情况 Convenience of trade	灌溉用水是否经常出现断水和水质 不好的情况:频繁出现=1;经常 出现=2;一般=3;偶然出现=4; 不出现=5	1.00	5.00	3.744	1.061	+
	离最近的市场的距离:实际距离/km	0.00	30.00	2.308	3.132	-
	离最近的县城的距离:实际距离/km	0.15	60.00	15.622	10.014	-

由表1可见,当前,样本农户秸秆还田意愿总体水平较高,还田意愿均值为0.763,但存在较大的差异(标准差为0.425),有必要进一步分析到底是哪些因素影响了农户秸秆还田的意愿。然而,进行秸秆还田的农户面临着文化程度总体偏低的困境,存在着较为突出的“老龄化”现象。调查结果显示:样本农户文化程度平均值仅为2.818,文化程度基本接近初中水平。样本农户年龄最小为26岁,最大年龄为88岁,年龄的均值为55.993岁。样本农户家庭结构劳动力比例较低,仅为0.043。多数农户有土地流转行为,专业化程度较高,均值为0.765。少数农户参与了合作社,均值仅为0.179。农户的承包土地面积差异较大(标准差为7.212)。农户对秸秆还田技术认知较高,均值均高达4.1以上,属于比较认同秸秆还田技术的价值。农户的家人、朋友、村干部均对农户采纳秸秆还田技术表现了较高的支持度,其均值均在4.2以上。农户的土地质量一般,均值为3.191,基础设施建设情况较好,生产供电和灌溉供水指标均值均接近4左右。农户交易便捷情况差异较大(标准差较大),但总体上离市场和县城的距离较短,均值分别为2.308和15.622 km。

2 模型构建与数据

2.1 Logistic 模型

二元 Logistic 回归模型是一种适用于因变量为二分变量的回归模型,被广泛的应用于分析个体的决策行为研究^[11-15]。本研究中,农户的环境友好型技术采纳意愿有“愿意”和“不愿意”2个端点,是一个典型的二元决策问题。所以,本研究选用二元 Logistic 模型来分析农户环境友好型技术采纳意愿的影响因素。

模型具体形式如下:

$$P_i = F(y) = \frac{1}{1 + e^{-y}} \quad (1)$$

式中: P_i 为农户愿意采用环境友好型技术的概率; y 表示农户采用该技术的意愿; $y=1$,表示农户愿意采纳环境友好型技术; $y=0$,表示表示农户不愿意采纳环境友好型技术;式(1)中, y 是变量 X 、 U 、 Z 、 F 、 G 的线性组合,即:

$$y = b_0 + \chi X + \pi U + \lambda Z + \sigma F + \theta G \quad (2)$$

式中: X 为包含年龄、文化程度、家庭结构在内的农户自身特征变量; U 为包括家庭年农业收入、土地流转情况、承包土地面积、贷款容易程度、组织化程度

在内的农户生产经营变量; Z 为反映农户技术特征认知的一系列变量,包括秸秆资源价值认知、秸秆还田技术效用认知、秸秆还田环保价值认知、秸秆还田服务效用认知; F 为农户信任特征变量,主要包括农户对家人、朋友、村干部信任程度。 G 为包含土地质量、生产供电情况、灌溉供水情况、交易便捷情况在内的资源环境禀赋变量。 b_0 表示回归方程的常数。

对式(1)和(2)进行适当处理,得出二元 Logistic 模型如下所示:

$$\ln \frac{P_i}{1 - P_i} = b_0 + \chi X + \pi U + \lambda Z + \sigma F + \theta G + \varepsilon \quad (3)$$

式(3)中: ε 为随机误差项。

2.2 ISM 分析方法

Warfield J N 于 1973 年开发出了解释结构模型 (ISM) 分析法用于分析复杂社会经济系统的结构问题。ISM 分析法的原理主要是通过利用关联矩阵原理和计算机技术,对确定的影响系统的各种因素及其相互关系进行处理,从而发现因素间的层次性和关联性,明确关键因素及其内在联系^[26]。ISM 分析法可以将错综复杂的思想转化为直观化、结构化的模型,近年来被学界广泛应用于影响因素间层次结构与因果关系的分析与识别^[27-28]。农户环境友好型技术的采纳意愿的影响因素错综复杂,它们互相关联而又独立。所以,本研究采用 ISM 法来分析各影响因素之间的关联,找出农户采纳环境友好型技术意愿的表层直接因素、中层间接因素及深层根源因素,具体分析如下:

用 $S_i (i=1, 2, \dots, k)$ 表示农户环境友好型技术采纳意愿的影响因素, k 为影响农户采纳环境友好型技术意愿的因素个数, S_0 表示农户环境友好型技术的采纳意愿,影响因素之间的逻辑关系指的是两个影响因素间是否存在直接的“互为前提”或“相互影响”等。影响因素间的可达矩阵 M 由式(4)可得:

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

式中:使用布尔运算法则进行矩阵中的幂运算。 I 为单位矩阵, $2 \leq \lambda \leq k$, 由式(5)定义邻接矩阵 R 的构成元素如下:

$$r_{ij} = \begin{cases} 1 & S_i \text{ 与 } S_j \text{ 有关系} \\ 0 & S_i \text{ 与 } S_j \text{ 无关系} \end{cases} \quad (5)$$

最高层的影响因素可以根据下式确定:

$$L_i = \{S_i | P(S_i) \cap Q(S_i) = P(S_i);$$

$$i = 0, 1, 2, 3, \dots, k\} \quad (6)$$

式中: $P(S_i)$ 表示可达矩阵中从 S_i 出发可以连接到的全部影响因素的集合, $Q(S_i)$ 表示可达矩阵中可以连接到 S_i 的全部影响因素的集合, 即:

$$P(S_i) = \{S_j | m_{ij} = 1\}, Q(S_i) = \{S_j | m_{ji} = 1\}$$

$$(7)$$

式中: m_{ij} 和 m_{ji} 均为可达矩阵 M 的影响因素。

其余层影响因素的确定方法是: 首先, 从原可达矩阵 M 中删去 L_1 中影响因素对应的行与列, 得到矩阵 M' ; 其次, 对 M' 进行式(6)和(7)操作, 得到位于第二层 L_2 的影响因素; 再次, 从 M' 中去掉 L_2 中影响因素对应的行与列, 得到矩阵 M'' , 重复上述操

作, 明确位于所有层次的影响因素^[27]。最后, 用有向边连接相邻层次间及同一层次的影响因素, 得到农户环境友好型技术采纳意愿影响因素的层次结构。

2.3 数据来源和样本情况

本研究数据来源于课题组 2016 年暑期实地调查, 调查范围主要包括湖北、山东两省, 调研样本分布如表 2 所示。本次调查共发放问卷 550 份, 剔除有效信息漏答、前后矛盾等问卷, 有效问卷为 536 份, 问卷有效率为 97.45%。本次调查主要采取随机抽样、一对一入户访谈的方式, 被调查对象为 2015 年家中有承包地并从事农业劳动的农户。

表 2 调研村样本点区域分布情况

Table 2 The regional distribution of village survey sample points

省份 Province	县/区 County/District	乡镇/街 Township/Street	村/街 Village/Street	样本数 Sample size
山东 Shandong	莱西	沽河镇	甲瑞社区、牛溪埠社区	60
		姜山镇	大泊村、小泊村	61
		崔家集镇	前洼村、团结村	72
	平度	蓼兰镇	何家店村、西马丘村	59
		南村镇	兰底河南村、前庄村	57
		安丘	金冢子镇	草店子、周家店、谷家村等
湖北 Hubei	新洲	辛冲街	干河村、罗坪河村、双桥村	83
		邾城街	巴徐村、章程村	41
		潘塘街	井边村、孙寨村、熊店村、易河村	83
合计 Total	4 县(区)	9 镇(街)	29 村(社区)	536

3 估计结果与讨论

3.1 估计结果

3.1.1 农户环境友好型技术采纳意愿影响因素

在通过多重共线性检验后, 本研究使用 SPSS 19.0 对 536 份样本数据进行二元 Logistic 回归处理, 结果如表 3 所示。根据统计结果, 农户家庭结构、家庭年农业收入、承包土地面积、组织化程度、土地流转情况、秸秆资源价值认知、秸秆还田服务价值认知、秸秆还田技术效用认知、对家人的信任程度、对朋友的信任程度、土地质量、生产用电供应、离县城、市场的距离是变量中的显著性影响因素。

3.1.2 农户环境友好型技术采纳意愿影响因素的解释性结构

本研究分别用 S_0 、 S_2 、 S_5 、 S_6 、 S_7 、 S_8 、 S_9 、 S_{10} 、 S_{11} 、 S_{12} 、 S_{14} 表示农户对环境友好型技术采纳意愿、家庭结构、秸秆还田技术效用认知、承包土地面积、土地流转情况、组织化程度、家庭年农业收入、土地质量、基础设施建设情况、离市场的距离、对家人的信任程度。在详细调查与咨询有关专家的基础上, 本研究给出了如图 1 所示的农户环境友好型技术采纳意愿影响因素之间的逻辑关系。如图所示, “A” 标记表示列因素对行因素有直接或间接的影响, “V” 标记表示行因素对列因素有直接或间接的影响, 空白表示因素间无影响。

表 3 影响因素的二元 Logistic 模型估计结果

Table 3 The estimation results of Binary Logistic model of influencing factors

变量 Variable	回归系数 B	标准误差 SE	Wald 检验 Wals	显著性 Sig.	优势比 Exp(B)
户主年龄 Age	0.027	0.024	1.274	0.259	1.028
户主文化程度 Level of education	-0.407	0.325	1.564	0.211	0.666
女性人口比例 Percentage of female	30.592	17.004	3.237	0.072*	1.932
劳动力比例 Percentage of labor	-26.786	14.779	3.285	0.070*	0.000
家庭年农业收入 Annual household income	0.325	0.159	4.158	0.041**	1.384
土地流转情况 Land transfer situation	0.790	0.264	8.920	0.003***	2.203
贷款容易程度 Ease of lending	-0.104	0.104	1.000	0.317	0.901
承包土地面积 Contract land area	-0.049	0.21	5.753	0.016**	0.952
组织化程度 Degree of organization	0.794	0.394	4.064	0.04**	2.212
秸秆资源价值认知 Straw resource value cognition	0.339	0.192	3.107	0.078*	1.403
秸秆还田技术效用认知 Cognition of technical effect of straw returning	0.354	0.141	6.304	0.012**	1.425
秸秆还田环保价值认知 Cognition of environmental protection value of straw returning	0.192	0.129	2.197	0.138	1.211
秸秆还田服务效用认知 Cognition of service effectiveness of straw returning	0.189	0.104	3.309	0.069*	1.208
对家人的信任程度 Degree of trust in the family	0.791	0.260	9.259	0.002***	2.206
对朋友的信任程度 Degree of trust in friends	0.508	0.230	4.898	0.027**	1.662
对村干部的信任程度 Degree of trust in village cadres	-0.634	0.274	5.356	0.21	0.531
土地质量 Quality of land	0.465	0.201	5.339	0.021**	1.593
生产用电供应情况 Production power supply	0.295	0.174	2.870	0.090*	0.767
灌溉用水供应情况 Irrigation water supply	-0.266	0.165	2.595	0.107	0.767
离最近市场的距离 Distance from the nearest market	-0.076	0.045	2.873	0.090*	0.927
离最近县城的距离 Distance from the nearest county seat	0.044	0.017	6.447	0.011**	1.045
-2 对数似然值 -2 log Likelihood			189.356		
显著性水平 Significance level			0.000		
样本量 Sample size			536		

注：***，**，* 分别表示在 1%，5% 和 10% 水平上显著。

Note: ***, **, * showed significant under the level of 1%, 5% and 10%.

根据图 1 和式(4)，本研究可以得到影响因素之间的可达矩阵 R ，再根据式(6)和(7)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 $L_2 = \{S_5, S_9, S_{11}, S_{12}\}$, $L_3 = \{S_7, S_8, S_{10}, S_{14}\}$, $L_4 = \{S_2, S_6\}$ 。根据 L_1, L_2, L_3, L_4 得到排序后的可达矩阵 N ，详见式(9)。

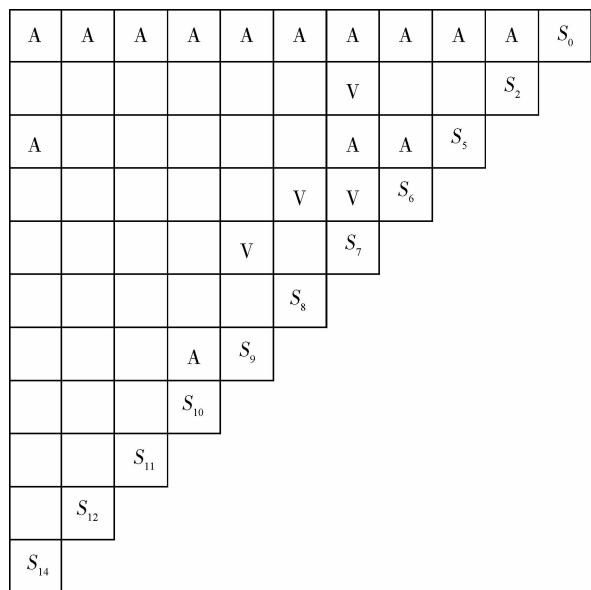


图1 影响因素间的逻辑关系

Fig.1 Logical relationship among influencing factors

$$N = \begin{matrix} S_0 \\ S_2 \\ S_5 \\ S_6 \\ S_7 \\ S_8 \\ S_9 \\ S_{10} \\ S_{11} \\ S_{12} \\ S_{14} \end{matrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$N = \begin{matrix} S_0 \\ S_5 \\ S_9 \\ S_{11} \\ S_{12} \\ S_8 \\ S_{10} \\ S_7 \\ S_{14} \\ S_2 \\ S_6 \end{matrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

由式(9)可见： S_0 位于第一层， S_5 、 S_9 、 S_{11} 、 S_{12} 位于第

二层， S_7 、 S_8 、 S_{10} 、 S_{14} 位于第三层， S_2 、 S_6 位于第四层。将同一层次及相邻层次的影响因素用有向箭头连接，得到农户环境友好型技术采纳意愿影响因素间的关联与层次结构图，如图2所示。

3.2 结果讨论

由图2可知，农户环境友好型技术采纳意愿的影响因素可以分为三级层次关系，秸秆还田的技术效用认知、基础设施建设情况、家庭年农业收入和交易便捷情况是表层直接因素，对家人的信任程度、土地流转情况、土地质量和组织化程度是中层间接因素，家庭结构和承包土地面积是深层根源因素。

基础设施建设情况、交易的便捷情况、秸秆还田的技术效用认知和家庭年农业收入是重要的表层直接因素。生产用电供应情况反映基础设施建设情况，有良好基础设施建设配套的农户更加倾向于采纳环境友好型技术。乡镇到农户的距离与农户新技术采用呈现负相关关系^[16]，离市场距离更近的农户，与市场交易更加便捷，信息的交流和传递更为方便，更容易获取环境友好型技术的相关信息和相关支持，因而采纳环境友好型技术的机率也会更高。农户对秸秆还田技术效用认知高，说明农户对秸秆还田的认可度高，这样的农户更容易采纳秸秆还田技术，即环境友好型技术。此外，良好的意愿必然建立在正确的认知的基础上。而正确认知的一方面来源于根据自身情况的实践和学习获得，另一方面通过外界因素的影响获得。作为农户环境友好型技术的直接影响因素，秸秆还田的技术效用认知还受农户对家人的信任和土地流转情况的影响。农户对家人的信任程度越高，家人支持和赞成对农户产生积极的秸秆还田技术效用认知的影响越大；如果有土地转入的农户耕种面积更大，机械化还田的成本更低、效率更高、效益更大，因而采纳意愿更高。因此，对家人的信任程度和土地流转情况是影响农户环境友好型技术采纳意愿的中层间接因素。

家庭年农业收入高的农户，采纳新技术相对容易。相比较一般农户，家庭农业收入高的农户较好的经济基础保证了其承担新技术采纳风险能力，因而采纳新技术的可能性更大^[29]。秸秆还田相对于一般的新技术具有政府支持、技术成熟、风险较低等优点，因而家庭农业收入高的农户更愿意采纳秸秆还田技术。同时，农户的家庭年农业收入受土地流转情况、土地质量和组织化程度的影响。有土地转入的农户扩大了其种植面积，而这种土地流转行为

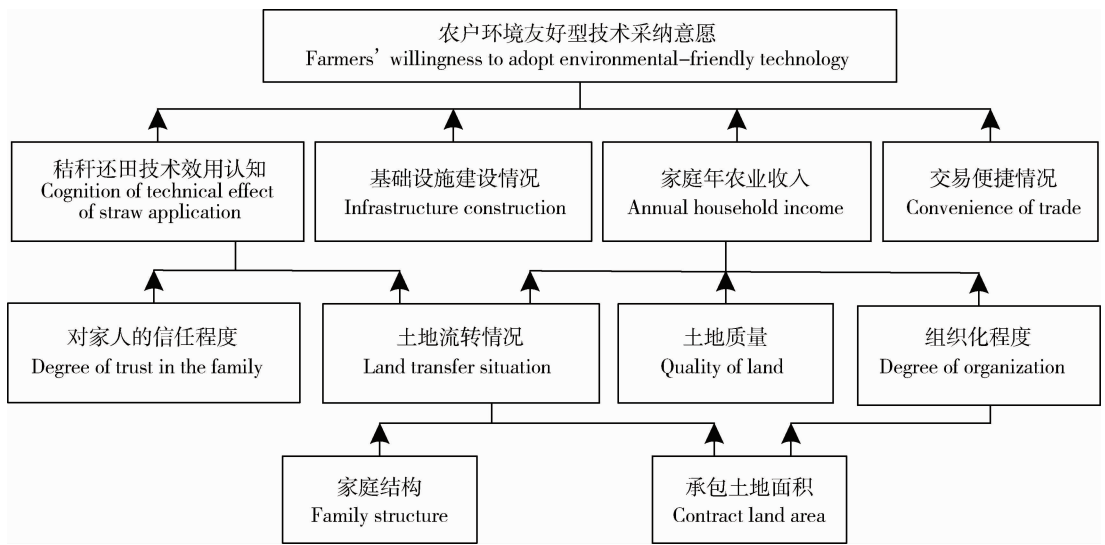


图2 影响因素间的关联关系和层次结构

Fig. 2 Incidence relation and hierarchical structure among influencing factors

从另一方面表明了农户从事农业的专业化程度,这样的农户其收入中农业收入所占的比重相对越大,对于可提高其农业生产效率、压缩劳动时间、提高总体经济效益的环境友好型技术也更加感兴趣,其采纳意愿也越高。土地质量越好,单位亩产越高,经济效益越好,农户对能改善和提高其总体劳动价值和经济效益的技术也越容易采纳。合作社良好的示范效应可以有效联结和组织分散的农户,通过引进、试验和示范秸秆还田技术项目来传播科学的秸秆还田技术,提高秸秆还田技术效用认知。此外,合作社内部的规章制度约束也会有有效的监督和规范农户接受正确的技术信息,避免因人为原因导致的秸秆还田技术实施效果不佳。合作社自身经济实力及链接政府、企业优质资源的能力也会分散农户还田技术采纳的风险,降低采纳成本,从而调高技术采纳的可能性。加上合作社或有的秸秆统一处理要求的约束,其环境友好型技术采纳意愿更强。所以,土地质量及组织化程度也是影响农户环境友好型技术采纳意愿的中层间接因素。

家庭结构和承包土地面积是影响农户环境友好型技术采纳意愿的深层根源因素。已有研究表明农户家庭规模和台地面积比例对农户技术采用程度的决策呈现显著的正向影响^[30]。农户家庭劳动力比例对农业技术采纳具有显著影响。农户家庭中,劳动力比例高的,凭借劳动力优势,容易选择低成本的技术。而家庭劳动力比例低的农户,由于本身能力

所限,更容易采纳节约劳动力和劳动时间的环境友好型技术。秸秆还田技术,尤其是秸秆机械化还田,可大幅提升农业生产效率,减少劳动力要素的直接投入,同时也是提升土地肥力、增加土地产量的有效措施^[4]。在具备机械作业条件的情况下,采纳秸秆还田技术尤其是机械化还田技术自然就成为了家庭劳动力比例较低的农户的最优选。而这种家庭劳动力比例又与承包土地面积一起作为农户自身的资源禀赋影响了农户的农业生产决策,通过流转土地扩大生产规模,产生农地经营规模效应,进而提高农户农业生产的比较收益,促进家庭农业收入的增加^[31-32],最终提高农户环境友好型技术的采纳意愿。此外,根据舒尔茨理性小农理论^[33],农户决策行为受利益驱动,农户会结合自身的合同承包地的面积,以收入最大化为目标和基准进行加入合作社的决策,进而影响环境友好型技术的采纳意愿。

4 结论与政策启示

本研究基于实地调研获得的一手资料,将二元 Logistic 模型和 ISM 模型有机结合起来,以秸秆还田为例,探讨了农户环境友好型技术采纳意愿的影响因素及层次结构。研究表明:1) 农户家庭结构、家庭年农业收入、承包土地面积、组织化程度、土地流转情况、秸秆还田技术效用认知、秸秆还田服务效用认知、对家人、朋友的信任程度、土地质量、生产用电供应情况、离县城、市场的距离是变量中的显著性影

响因素。2) 秸秆还田的技术效用认知、基础设施建设情况、家庭年农业收入和交易便捷情况是表层直接因素,对家人的信任程度、土地流转情况、土地质量和组织化程度是中层间接因素,家庭结构和承包土地面积是深层根源因素。

基于上述研究,可以得出如下政策启示:

一是发展规模化经营,推进土地流转。现有研究发现,农业生产存在一定程度上的规模效应,而且农户的技术采纳意愿也与其自身的生产经营规模息息相关^[34]。本研究也印证了承包土地面积是影响农户采纳意愿的深层根源因素。此外,土地流转是农户扩大其生产经营规模的重要途径,具有土地转入的农户秸秆还田技术采纳意愿更高——这一点也已经在本研究中得到证实。因此可在不违背现有政策的前提下,适度扩大农户土地经营规模,推进土地流转,发展规模经营,提升农户秸秆还田技术推广的规模化程度,从而更好凸显秸秆还田技术效果,增强农户技术采纳意愿。

二是提高农户组织化程度。农民专业合作社作为农户与政府、农户与市场的中介组织在秸秆还田技术科学化推广、市场化运作中发挥着不可替代的作用。本研究也已证实,农户的组织化程度显著影响其秸秆还田技术采纳意愿。一方面,应鼓励符合条件的农户加入合作社,提高农户组织化程度;另一方面,应给予合作社政策倾斜,积极引导合作社联结农户,传播秸秆还田技术价值,支持合作社搭建环境友好型技术实施效果展示与学习平台,以点带面,提升农户采纳秸秆还田技术信心与意愿。

三是加强农户对秸秆还田技术的正确认知。根据舒尔茨理性小农理论和科斯特的风险规避型农户理论均可得出农户对秸秆还田技术的认知是影响其技术采纳意愿的直接因素,本研究的实证结果也验证了这一结论。政府应该充分引导,加大对秸秆焚烧、弃置的危害和秸秆还田优势的宣传,特别是要让农户充分认识到秸秆焚烧和随意弃置的危害,充分了解秸秆还田的生态价值和经济效益。在调查中发现,智能手机在农户中普及率很高,很多农户可以熟练使用智能手机上下载的应用获取资讯,与家人亲朋好友交流联系。因此在操作过程中,除了常规的标语、讲座、广播等宣传方式之外,应注意运用使用微信、微博等移动社交软件或即时通讯应用配合传统方法进行宣传。通过线上、线下交流互动中的农户家人、朋友对秸秆还田技术的信任“背书”,在潜移默化中

强化农户对秸秆还田技术的了解与认可,增强农户环境友好型技术的采纳意愿。

四是加强秸秆还田所需的农业基础设施的建设和维护。本研究表明基础设施建设情况是影响农户环境友好型技术采纳意愿的直接因素。用电供应、交通通信、农田水利等技术采纳过程中必要物质基础是决定技术采纳效果的关键因素。只有加强基础设施建设,进一步拉近农户与市场信息交流的距离,增强交易的便捷性,使农户更加方便快捷地获取所需要的农业资料及农机产品,才能充分打消农户环境友好型技术的采纳顾虑。

五是拓宽农户增收渠道,提高农户家庭农业收入。本研究发现了家庭年农业收入直接影响农户环境友好型技术采纳意愿。家庭年农业收入高的农户更愿意也更有底气尝试和采纳环境友好型技术,承担技术实施效果风险的能力也更强。因而,应有针对性地加强农户农业收入支持政策体系建设与制度创新,加大环境友好型技术推广补贴力度,不断拓宽农户增收渠道,促进农村经济稳步增长,提高农户农业收入。

参考文献 References

- [1] He K, Zhang J B, Zeng Y M, Zhang L. Households' willingness to accept compensation for agricultural waste recycling: Taking biogas production from livestock manure waste in Hubei, P. R. China as an example [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2016, 131(10): 410-420
- [2] He K, Zhang J B, Feng J H, Hu T, Zhang L. The impact of social capital on farmers' willingness to reuse agricultural waste for sustainable development [J]. *Sustainable Development*, 2016, 24(2): 101-108
- [3] 张维理, 冀宏杰, Kolbe H, 徐爱国. 中国农业面源污染形势估计及控制对策 II. 欧美国家农业面源污染状况及控制 [J]. *中国农业科学*, 2004, 37(7): 1018-1025
Zhang W L, Ji H J, Kolbe H, Xu A G. Estimation of agricultural non-point source pollution in China and the alleviating strategies II. status of agricultural non-point source pollution and the alleviating strategies in European and American Countries [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2004, 37(7): 1018-1025 (in Chinese)
- [4] 李建政. 秸秆还田农户意愿与机械作业收益实证研究 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2011
Li J Z. Farmers' willingness on straw incorporation and benefit analysis on mechanical operation [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2011 (in Chinese)
- [5] 赵鹏, 陈卓. 豫北秸秆还田配施氮肥对冬小麦氮利用及土壤硝

- 态氮的短期效应[J]. 中国农业大学学报, 2008, 13(4): 19-23
- Zhao P, Chen F. Short-term influences of straw and nitrogen cooperation on nitrogen use and soil nitrate content in North Henan[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2008, 13(4): 19-23 (in Chinese)
- [6] 沈宇丹, 杜自强. 环境友好型农业技术发展的难点和对策[J]. 生态经济, 2009(2): 118-122
- Shen Y D, Du Z Q. The constraints of environment-friendly agricultural technology development and its countermeasures [J]. *Ecological Economy*, 2009(2): 118-122 (in Chinese)
- [7] 向东梅. 促进农户采用环境友好技术的制度安排与选择分析[J]. 重庆大学学报: 社会科学版, 2011, 17(1): 42-47
- Xiang D M. Analysis on institutional arrangement and choices of how to promote farmers adopting EFT [J]. *Journal of Chongqing University: Social Science Edition*, 2011, 17(1): 42-47 (in Chinese)
- [8] 邓正华. 环境友好型农业技术扩散中农户行为研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2013
- Deng Z H. Study on the behavior of farmers in environment-friendly agricultural technology extension [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2013 (in Chinese)
- [9] 葛继红, 周曙东, 朱红根, 尹广德. 农户采用环境友好型技术行为研究: 以配方施肥技术为例[J]. 农业技术经济, 2010(9): 57-63
- Ge J H, Zhou S D, Zhu H G, Ying G D. Research on farmer's behavior of adoption environment friendly technology: Taking formula fertilization technology as an example[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2010(9): 57-63 (in Chinese)
- [10] 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
- Chu C H, Feng S Y, Zhang W W. An empirical study on farmer's behavior of adoption environment friendly technology: Taking organic fertilizer and soil testing formula fertilization technology as an example [J]. *Chinese Rural Economy*, 2012(3): 68-77 (in Chinese)
- [11] 马奔, 黄贤金, 陈志刚, 吕晓, 王佳丽, 徐慧, 张墨逸. 区域盐碱地改良技术的农户选择意愿及影响因素: 基于江苏省滨海盐碱区 133 户农户的调查[J]. 中国农业大学学报, 2013, 18(2): 202-210
- Ma B, Huang X J, Chen Z G, Lv X, Wang J L, Xu H, Zhang M Y. Peasant households' inclination to select improving technology for saline-alkali land and its influencing factors: A research based on 133 peasant households in the saline coastal region of Jiangsu Province[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2013, 18(2): 202-210 (in Chinese)
- [12] Arellanes P, Lee D R. The determinants of adoption of sustainable agriculture technologies: Evidence from the hillsides of Honduras [C]. In: Proceedings of the 25th International Conference of Agricultural Economists, Durban: Event Dynamics, 2003(8): 693-699
- [13] 文长存, 吴敬学. 农户“两型农业”技术采用行为的影响因素分析: 基于辽宁省玉米水稻种植户的调查数据[J]. 中国农业大学学报, 2016, 21(9): 179-187
- Wen C C, Wu J X. Factors affecting farmers' adoption of resource-saving and environment-friendly technology: Based on the survey data of grain farmers from Liaoning Province[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2016, 21(9): 179-187 (in Chinese)
- [14] 喻永红, 张巨勇. 农户采用水稻 IPM 技术的意愿及其影响因素: 基于湖北省的调查数据[J]. 中国农村经济, 2009(11): 77-86
- Yu Y H, Zhang J Y. Farmers' willingness to adopt rice IPM technology and its influencing factors: Based on the survey data of Hubei Province[J]. *Chinese Rural Economy*, 2009(11): 77-86 (in Chinese)
- [15] 刘洋, 熊学萍, 刘海清, 刘恩平. 农户绿色防控技术采纳意愿及其影响因素研究: 基于湖南省长沙市 348 个农户的调查数据[J]. 中国农业大学学报, 2015, 20(4): 263-271
- Liu Y, Xiong X P, Liu H Q, Liu E P. Research on farmers willingness to adopt green control techniques and influencing factors: Empirical evidence from 348 farmers in Hunan Province[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2015, 20(4): 263-271 (in Chinese)
- [16] 朱希刚, 赵旭福. 贫困山区农业技术采用的决定因素分析[J]. 农业技术经济, 1995(5): 18-26
- Zhu X G, Zhao X F. Analysis of determinants of agricultural technology adoption in poor mountainous areas[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 1995(5): 18-26 (in Chinese)
- [17] Hellin J, Schrader K. The case against direct incentives and the search for alternative approaches to better land management in Central America[J]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2003, 99(1): 61-81
- [18] Jensen K, Clark C D, Ellis P, English B, Menard J. Farmer willingness to grow switchgrass for energy production[J]. *Biomass & Bioenergy*, 2007, 31(11): 773-781
- [19] 黄武, 黄宏伟, 朱文家. 农户秸秆处理行为的实证研究: 以江苏省为例[J]. 中国农村观察, 2012(4): 37-43.
- Huang W, Huang H W, Zhu W J. An empirical study on farmer's utilization of crop straw: Taking Jiangsu Province as an example [J]. *China Rural Survey*, 2012(4): 37-43 (in Chinese)
- [20] 王舒娟, 蔡荣. 农户秸秆资源处置行为的经济分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(8): 162-167
- Wang S J, Cai R. Economic analysis of the straw of rice & wheat farmers in Jiangsu [J]. *China Population · Resources and Environment*, 2014, 24(8): 162-167 (in Chinese)
- [21] 何可, 张俊逸, 丰军辉. 自我雇佣型农村妇女的农业技术需求意愿及其影响因素分析: 以农业废弃物基质产业技术为例[J]. 中国农村观察, 2014(4): 84-94
- He K, Zhang J B, Feng J H. An analysis of agricultural

- technology demand will and its influencing factors of self employed rural women: Taking agricultural waste matrix industry technology as an example[J]. *China Rural Survey*, 2014(4):84-94 (in Chinese)
- [22] 何可,张俊飏. 农业废弃物资源化的生态价值:基于新生代农民与上一代农民支付意愿的比较分析[J]. *中国农村经济*, 2014(5):62-73
- He K, Zhang J B. Ecological value of agricultural waste recycling: A comparative analysis of the willingness to pay for the new generation of farmers and the previous generation of farmers[J]. *Chinese Rural Economy*, 2014(5):62-73 (in Chinese)
- [23] 李俊利,张俊飏. 农户采用节水灌溉技术的影响因素分析来自河南省的实证调查[J]. *中国科技论坛*, 2011(8):141-145
- Li J L, Zhang J B. Factors influencing farmers adopting the water-saving irrigation technologies: Based on the survey data of Henan[J]. *Forum on Science and Technology in China*, 2011(8):141-145 (in Chinese)
- [24] 蔡荣,蔡书凯. 保护性耕作技术采用及对作物单产影响的实证分析基于安徽省水稻种植户的调查数据[J]. *资源科学*, 2012, 34(9):1705-1711
- Cai R, Cai S K. The adoption of conservation agricultural technology and the impact on crop yields based on rice farms in Anhui Province[J]. *Resources Science*, 2012, 34(9):1705-1711 (in Chinese)
- [25] 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(C):41-53
- [26] 汪应洛. 系统工程理论、方法与应用[M]. 北京:高等教育出版社, 2002
- Wang Y L. *Theory, Method and Application of System Engineering* [M]. Beijing: Higher Education Press, 2002 (in Chinese)
- [27] 孙世民,张媛媛,张健如. 基于 Logit-ISM 模型的养猪场(户)良好质量安全行为实施意愿影响因素的实证分析[J]. *中国农村经济*, 2012(10):24-36
- Sun S M, Zhang Y Y, Zhang J R. Empirical analysis of influencing factors of willingness to implement good quality and safety behavior in hogger: Based on Logit-ISM model[J]. *Chinese Rural Economy*, 2012(10):24-36 (in Chinese)
- [28] 吴强,张园园,孙世民. 基于 Logit-ISM 模型的奶农全面质量控制行为分析[J]. *农业技术经济*, 2017(3):53-63
- Wu Q, Zhang Y Y, Sun S M. Analysis of total quality control behavior of dairy farmers based on Logit-ISM model [J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2017(3):53-63 (in Chinese)
- [29] 孔祥智,方松海,庞晓鹏,马九杰. 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, Ma J J. Nature of institutional systems and its effects on the evolution[J]. *Economic Research Journal*, 2004(12):85-95 (in Chinese)
- [30] 陈玉萍,张嘉强,吴海涛,丁士军. 资源贫瘠地区农户技术采用的影响因素分析[J]. *中国人口·资源与环境*, 2010, 20(4):30-136
- Chen Y P, Zhang J Q, Wu H T, Ding S J. Analysis on influencing factors of farmers' technology adoption in resource-poor mountainous area [J]. *China Population · Resources and Environment*, 2010, 20(4):30-136 (in Chinese)
- [31] 游和远,吴次芳. 农地流转、禀赋依赖与农村劳动力转移[J]. *管理世界*, 2010(3):65-75
- You H Y, Wu C F. Rural land transfer, endowment dependence and rural labor transfer[J]. *Management World*, 2010(3):65-75 (in Chinese)
- [32] 马晓河,崔红志. 建立土地流转制度,促进区域农业生产规模化经营[J]. *管理世界*, 2002(11):63-77
- Ma X H, Cui H Z. Establish land circulation system, promote large-scale operation of regional agricultural production [J]. *Management World*, 2002(11):63-77 (in Chinese)
- [33] 西奥多·W·舒尔茨. 报酬递增的源泉[M]. 北京:中国人民大学出版社, 2016
- Schultz W T. *Origins of Increasing Returns* [M]. Beijing: China Renmin University Press, 2016 (in Chinese)
- [34] 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. Analysis of large-scale rice farmers impact on the new agricultural technology cognitive factors: Based on a survey of 1 077 households in Jiangxi Province [J]. *China Rural Survey*, 2012(4):29-36 (in Chinese)

责任编辑:王岩