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

李楠楠[1],李同昇[1],于正松[1],芮旸[1],苗园园[1],李永胜[2]
(1. 西北大学城市与环境学院,西安 710127; 2. 中冶地集团西北岩土工程有限公司,西安 710119)

摘 要:利用Logistic回归模型和ISM解释结构模型,基于575份调查问卷数据,分析定西市马铃薯技术扩散过程中,影响农户采用行为的显著因素,探讨各个因素之间的层次关系。结果表明:① 农户采用马铃薯种植新技术主要受到农户自身变量、行为认知变量、生产经营变量、资源禀赋变量和环境特征变量五大类特征变量的影响;② Logistic回归分析表明,农户的文化程度、家庭结构、专业化程度、组织程度、对科技园区的认知、对新技术的认知、农业收入、气候生产力、地形、公路级别和区位为农户采用马铃薯新技术时的显著影响因素;③ ISM解释结构模型表明,定西市农户采用马铃薯种植新技术过程中,受到众多因素的显著影响。其中专业化程度、农业收入、公路级别、气候生产力、地形和区位为表层因素,农户对科技园区的认知、对新技术的认知为中层间接因素,农户的文化程度、组织程度和家庭结构为深层根源因素。基于以上结论,笔者认为应加大订单农业的发展力度,重构扩散模式,采用"企业牵头、政府扶持、农户参与"的环形扩散模式,可以有效提高农户采用新技术的积极性,对提高农业技术扩散效率具有重要意义。

关 键 词:马铃薯技术;农户行为;Logistic回归模型;ISM模型;甘肃省定西市
doi: 10.11820/dlkxjz.2014.04.011 **中图分类号**:S3-33 **文献标识码**:A

1 引言

农户是农业生产活动的主体,是农业技术的需求者和采用者。农业科技成果只有被农户接受、消化并应用于农业生产过程中,才能转化为现实生产力(唐博文等, 2010)。因此,深入探讨农业技术扩散过程中农民的需求如何,哪些因素显著影响农民的采用意愿,这些因素之间又有何关系,哪些是表层因素,哪些是根本因素,它们是如何相互作用来影响农户的决策过程等一系列问题,并据此摸索"自下而上"的有效反馈机制,提出相应的对策建议,对农业技术扩散效率的提高具有长远意义。

对于农户采用农业新技术的影响因素,国外学者们的研究主要集中在两个方面,即农户自身和外部环境(Mariano et al, 2012; Noltze et al, 2012; Tobin et al, 2013; Wozniak, 1993; 李小建, 2009; 王崇桃等, 2011)。奈尔斯·罗林(1991)指出,不能将传统的自上而下的技术推广模式的不足仅仅解释为接受者心理不同,其间存在着农民在获得土地、水资源、劳动力、市场、资本和信息等机遇方面的差异,差异较大的地区难以将技术从机遇多的农民扩散到机遇少的农民手中。而Mariano等(2012)和Noltze等(2012)均认为,农户在采用新技术时,资源禀赋差异影响农户的采用行为;如土壤先决条件影响技术本身的适应性,进而影响农户的决策行为。Rogers(1983)认为,影响农民采用新技术的因素有包括:农户自身特点,如农民的素质、农民的选择偏好等;经营规模;农业技术本身的特点,如技术的复杂程度、技术的适应性等,以及社会制度因素。Herath(2013)认为,个体的意图可以影响是否接受新技术的行为。Ortiz等(2013)讨论了埃塞俄比亚、秘鲁和乌干达马铃薯创新系统,认为在马铃薯技术推广过程中,加强政府和农户之间的互动,可以有效提高推广效率。

国内学者对于这方面的研究也在逐步加强。

收稿日期:2013-07; **修订日期**:2014-02。
基金项目:国家自然科学基金项目(41271131)。
作者简介:李楠楠(1987-),女,陕西西安人,硕士研究生,主要研究方向为区域经济,E-mail: linan3596@126.com。
通讯作者:李同昇(1960-),男,陕西岐山人,教授,博士生导师,主要从事经济地理学研究,E-mail: Leetang@nwu.edu.cn。

满明俊等(2010)研究了技术环境对西北传统农区农户采用新技术的影响，认为技术软环境对农户的影响大于技术硬环境的影响，同时指出地理因素对农户也是一个制约因素。唐博文等(2010)运用Logistic二元回归模型对9省区1120户农户采用不同属性技术时的影响因素进行实证分析，结果表明，具有不同家庭特征、外部环境特征的农户基于技术自身的差异会表现出不同的技术采用行为。陈玉萍等(2010)引入双槛模型分析资源贫瘠区农户采用新技术的影响因素，认为农户决定是否采用新技术和农户的采用程度如何，影响因素具有很大差异。苏荟(2013)认为，资源禀赋是影响农业新技术采用与否的关键因素，在资源条件较差的地区，农户总是朝着节约资源的方向发展。刘笑明等(2008)通过建立指标和模型，定量分析距离因素对农业技术扩散的影响。孟磊(2012)分析了黑龙江五常市农民种植水稻时采用节水灌溉技术的影响因素，认为农户自身的接受能力、家庭因素、水稻种植面积、农田水利设施以及农户获取技术的信息等因素均影响农户是否采用新技术。王永强等(2009)则从扩散源、扩散受体、扩散渠道、扩散环境、扩散技术本身和扩散后技术的商品性应用等六大障碍出发分析了农户采用新技术的影响因素。于正松等(2013)定量分析了西北地区技术扩散环境的差异性和导致这个差异的原因。Kuang等(2012)则考察了社会网络中的技术支持对农业技术扩散的影响。邓正华等(2012)采用Tobit模型，建立了农户综合环境感知指数，分析了农户对高产农业技术扩散的生态环境影响感知。总体来看，基于农户视角的诸多相关问题研究正逐渐成为学者们关注的焦点(汤青等, 2013; 陈海等, 2013)。

以上关于农户采用新技术的影响因素研究虽已取得了很大的进展，但也存在一些不足：一是侧重于从单一影响因素的视角出发，缺乏对农户需求意愿的深入分析，导致农业技术扩散的内在机制和反馈机制受阻；二是侧重于对显著性影响因素的判定和影响程度的分析，缺乏对各因素之间的关联和层次结构的深度挖掘。为弥补上述不足，在借鉴已有研究成果的基础上，基于甘肃省定西市575份农户访谈资料和定西市2011年统计年鉴数据，首先运用Logistic回归分析方法确定农户在采用新技术时的影响因素，再运用ISM模型进一步分析各影响因素之间的关联和层次结构。

2 数据与方法

2.1 研究区概况

定西市位于甘肃省中部，总面积19609 km^2，人口约300万(图1a)。海拔高度在1640~3900 m之间，年降水量350~500 mm，年平均温度7℃。以渭河为界，大致分为北部黄土丘陵沟壑区和南部高寒阴湿区两类自然区域。前者包括安定区和通渭、陇西、临洮三县，以及渭源北部，占全区总面积的60%，为中温带半干旱区，降水较少，日照充足，温差较大；后者包括漳县、岷县两县和渭源南部，占全市总面积的40%，为暖温带半湿润区，海拔高，气温低。

定西的土壤和气候条件极适合马铃薯生长，所产马铃薯形整、质优、储存期长、淀粉含量高，产量和质量在全省以至全国均处于一流水平。主要马铃薯产地安定区被中国农学会命名为“中国马铃薯之乡”，渭源县则被中国农学会评为“中国马铃薯良种之乡”，已成为甘肃全省以及周边省区的良种马铃薯供应中心。定西国家农业科技园区建于1999年，面积约2.4×10^4 hm^2；受其辐射影响的基地有29个，其中种植基地面积1.7×10^4 hm^2，以马铃薯良种繁育为主要功能。

2.2 数据来源和样本情况

所用数据来源于课题组于2012年10月和2013年3、4月的实地调研，根据定西市农户的采用情况，主要选取新品种技术、抗旱保湿的黑膜技术和测土配方的施肥技术等为典型代表进行研究。调研样本区采用分层抽样的方法选择：按照脱毒马铃薯的种植面积、良种繁育面积、农户采用地膜抗旱技术、测土配方施肥技术等4个指标。结合定西市2011年统计年鉴，定西市农业局马铃薯办公室、定西市农业抗旱中心等部门及当地龙头企业提供的脱毒马铃薯相关信息，以及当地农户的采用情况，选取综合指标较高的为优等县，次之为良等县，综合指标较低的为差等县。最终将定西市1区6县分为“优、良、差”3个类型组。为提高样本的代表性，保证调查对象为马铃薯种植的典型县区，因此“差”组中只选一个样本县。最终选取定西市1区4县进行抽样调研(表1、图1b)，具体调研方法以问卷调查和入户访谈为主。根据样本村的人口规模发放问卷，每个村的抽样比例为80%，对回收的问卷进行认真筛选，得到有效问卷575份，回收率95.8%。

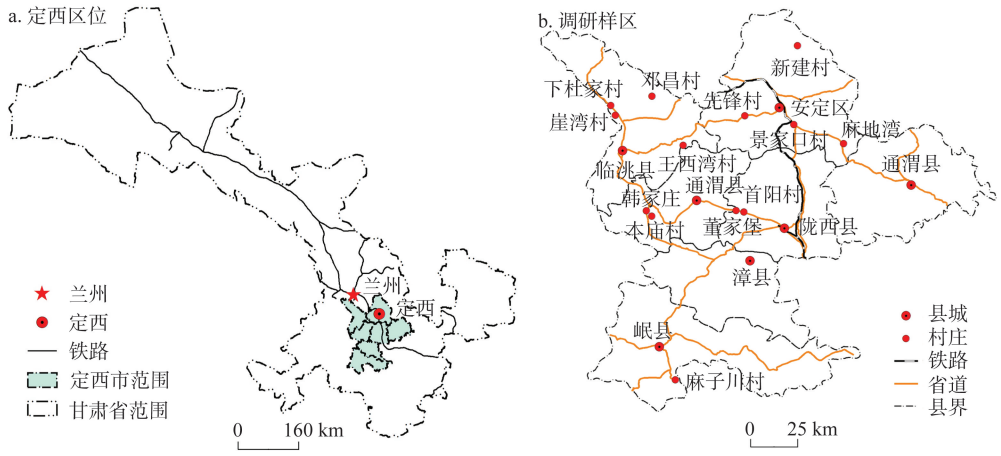


图1 定西市区位(a)及调研样区(b)

Fig.1 Location of Dingxi City (a) and the study area (b)

表1 不同技术采用水平下的调研村分布

Tab.1 Surveyed villages under different levels of technology adoption

级别	样本县	样本村	问卷量
优	安定区	凤翔镇景家口	50
		内官营镇先锋村	50
		高峰乡麻地湾	65
		石峡湾乡新建村	25
	临洮县	辛店镇崖湾村	55
		上营乡邓昌村	65
		新添镇下杜家	50
		连儿湾乡王西湾村	45
	渭源县	会川镇韩家庄村	35
		会川镇本庙村	55
良	陇西县	首阳镇首阳村	30
		首阳镇董家堡村	45
差	岷县	麻子川乡麻子川村	30

2.3 研究方法

2.3.1 Logistic回归模型

Logistic函数模型能有效的将变量值域限定在[0, 1]之间,而农户采用马铃薯技术与否是一个明显的二元决策问题。所以本研究中采用Logistic回归模型来评价新技术采用的影响因素。Logistic回归模型公式为:

$$P_i = F(y) = F\left(\beta_0 + \sum_{i=1}^{n}\beta_i x_i\right) = \frac{1}{1+\exp[-\left(\beta_0 + \sum_{i=1}^{n}\beta_i x_i\right)]} \quad (1)$$

式中:P_i表示农户愿意采用技术的概率;y是因变量,表示农户是否采用技术;β_i表示影响因素的回归系数;n表示影响因素的个数;x_i是自变量,表示第i种影响因素;β_0表示回归方程的常数。

将(1)式进行适当变形,得到:

$$\ln\frac{P_i}{1-P_i} = y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{n}\beta_i x_i \quad (2)$$

采用SPSS 19.0软件中的Logistic函数来进行计算,结果包括B、SE、$Wald$、$Sig.$和exp(B)等值。其中,B值为回归系数,当B为负值时,说明该自变量对因变量的影响为负;若为正值,则反之;SE值代表标准差;$Wald$值表示模型中每个变量的相对权重;$Sig.$值表示差异性检验的显著值,一般$Sig.$为0.05时是可接受错误的边界水平,而exp(B)为回归系数的指数,它代表假设情况发生的概率。

2.3.2 ISM分析方法

ISM分析方法是由美国沃菲尔德教授于1973年为分析复杂社会经济系统的结构问题而开发的一种方法(吕秀江等, 2012)。其基本原理是通过确定各影响因素之间的关系,利用图论中的关联矩阵原理和计算机技术,对因素及其相互影响关系进行信息处理,以确定因素间的关联性和层次性,进而探讨各主要因素之间的内在联系。ISM分析方法近年来在各个领域有所拓展,在影响因素分析方面得到广泛应用。定西市农户种植马铃薯时对于农业技术采用的影响因素既相互独立又相互关联,因此运用ISM模型分析各因素之间的关联关系,其流程如图2所示。

假设影响农户采用马铃薯新技术的因素有 k 个，则用 S_0 表示农户采用新技术的意愿，S_i (i=1, 2, 3…… k)表示马铃薯技术采用者的影响因素，因素间的逻辑关系指两因素之间是否存在相互影响或者互为前提等关系。因素间的可达矩阵由下式可得：

$$\begin{aligned}\boldsymbol{M}=(\boldsymbol{R}+\boldsymbol{I})^{\lambda+1}=(\boldsymbol{R}+\boldsymbol{I})^{\lambda}\neq(\boldsymbol{R}+\boldsymbol{I})^{\lambda-1}\\ \neq\cdots\neq(\boldsymbol{R}+\boldsymbol{I})^{2}\neq(\boldsymbol{R}+\boldsymbol{I})\end{aligned} \tag{3}$$

式中：$\boldsymbol{I}$ 为单位矩阵；$2\leq\lambda\leq k$ ；矩阵中的幂运算采用布尔运算法则。

最高层的因素根据下式可得矩阵的最高层因素 L_1：

$$L_1=\left\{S_i|P(S_i)\cap Q(S_i)=P(S_i);i=0,1,\cdots\cdots,k\right\} \tag{4}$$

式中：$P(S_i)$ 表示可达矩阵中从 S_i 出发可以到达的全部因素的集合；$Q(S_i)$ 表示可达矩阵中可以到达因素 S_i 的全部因素的集合；即：

$$P(S_i)=\left\{S_j|m_{ij}=1\right\},\ \ Q(S_i)=\left\{S_j|m_{ji}=1\right\} \tag{5}$$

式中：m_{ij} 和 m_{ji} 指的是可达矩阵 $\boldsymbol{M}$ 的因素。

2.4 影响农户采用新技术的主要指标变量

将农户接受新技术的影响因素分为农户自身特征变量、行为认知变量、生产经营变量、资源禀赋变量和环境特征变量。

(1) 农户自身特征变量

以农户年龄、文化程度、家庭结构来衡量。已有研究显示：农户年龄越大，越不喜欢冒险，不愿采用新技术；文化程度越高，接受新事物的能力越强，越易采用新技术；家庭结构指家里的劳动力数量(劳动力数量在2人及以上为多)。

(2) 行为认知变量

包括对农业科技园区的认知和对新技术的认知(包括对新品种、测土配方技术和抗旱技术的认知)。越了解农业科技园区，越倾向于接受新技术；对新技术的认知越到位，接受新技术的可能性也越大。

(3) 生产经营变量

包括种植规模、专业化程度、组织程度、农业收入。种植规模越大(实际种植面积在0.33 hm^2以上为规模较大)，越倾向于采用农业新技术，生产率较高；专业化程度用农业收入占总收入的比例来反映，比例达到50%以上为专业化程度较高，农户在资金和劳力方面投入越大，越希望通过技术改革来提高收入；组织程度用加入当地的合作社或者参与企业订单农业来衡量，有正规化的技术指导和培训，农户更容易接受新技术；农业收入越高(高于1万元/年)，受经济利益的驱动，农户越愿意采用新技术，以获得更高利益。

(4) 资源禀赋变量

包括人均耕地面积、气候生产力、地形、到当地县城距离、公路级别和灾害频率等。人均耕地面积反映土地资源状况；气候生产力反映当地气候资源状况，由于定西市严重缺水，用年降水量来衡量；到当地县城距离反映农户区位状况；公路级别反映交通条件的好坏。

(5) 环境特征变量

包括贷款难易程度、农业优惠政策、信息服务范围等。农业优惠政策包括国家给农民提供的土地、物质等方面的补贴；信息服务范围用电视电话拥有量来衡量。

在构建马铃薯技术采用影响因素的计量模型时，选择了5类共18个变量。具体的指标解释如表2。

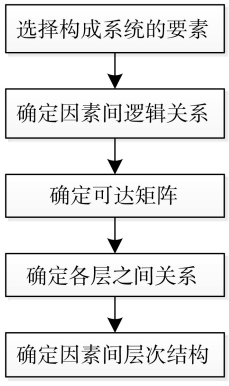


图2 解释结构模型流程图

Fig.2 Flow chart of ISM model

3 采用新技术的影响因素和层次结构

3.1 采用新技术的影响因素

利用SPSS 19.0对575份样本数据进行Logistic回归处理，得到表3。从分析结果来看，所有变量都在10%水平上显著，各个变量的回归系数 B、标准差 SE、$Wald$ 值、$Sig.$ 值和 exp(B)值，如表3所示。从表3可以看出，差异显著性水平为0.000，小于0.005，具有统计学意义。根据统计结果，专业化程度、组织程度、科技园区认知、新技术认知、文化程度、家庭结构、农业收入、气候生产力、公路级别、地形和距离县城的距离是变量中的显著性影响因素。

表2 Logistic模型的解释变量

Tab.2 Explanatory variables of the Logistic model

变量名称		变量含义	均值	标准差
因变量	农户是否采用新技术	没有采用新技术=0;采用新技术=1	0.917	0.276
解释变量	农户年龄	<30=1;30~40=2;40~50=3;>50=4	3.050	0.830
	性别	女性=0;男性=1	0.917	0.276
	文化程度	小学及以下=1;初中=2;高中=3;大专及以上=4	2.740	0.916
	家庭结构	实际劳力数量	2.521	0.924
	对科技园区的认知	不知道=1;听说过=2;一般了解=3;很清楚=4	1.458	0.498
	对新技术的认知	不知道=1;听说过=2;一般了解=3;很清楚=4	3.865	0.342
	种植规模	实际种植面积/亩	8.363	9.390
	专业化程度	按农业收入占总收入的实际比例	0.604	0.338
	组织程度	未参与订单农业或合作社=0;参与订单农业或合作社=1	0.490	0.500
	农业收入	<2万元=1;2~3万元=2;3~4万元=3;>4万元=4	2.115	1.206
	人均耕地面积	实际面积/亩	2.219	2.015
	气候生产力	<350 mm=1;350~450 mm=2;450~550 mm=3;>550 mm=4	2.344	0.814
	地形	山地=1;丘陵=2;平原=3	1.927	0.665
	到当地县城距离	<15 km=1;15~30 km=2;30~45 km=3;>45 km=4	1.729	0.586
	公路级别	乡镇小路=1;县道=2;省道=3;国道=4	2.688	0.712
	灾害频数	每年实际发生次数	0.969	0.174
	农业优惠政策	不补贴=0;补贴=1	0.417	0.493
	信息服务范围	无电视、电话=0;有电视、电话=1	0.896	0.305
	贷款难易程度	不容易贷=0;容易贷=1	0.292	0.455

表3 影响因素的Logistic回归分析结果

Tab.3 Results of Logistic regression of influencing factors

	B	*SE*	*Wald*值	*Sig.*值	exp(*B*)
年龄	-0.049	0.105	0.218	0.0174**	0.952
文化程度	0.041	0.018	5.188	0.0407**	1.042
家庭结构	0.205	0.074	7.674	0.0272**	1.228
科技园认知	0.046	0.021	4.798	0.0072***	1.047
新技术认知	0.129	0.034	14.395	0.0086***	1.138
种植规模	0.210	0.059	12.669	0.0920*	1.234
专业化程度	0.604	0.100	36.482	0.0437**	1.829
组织程度	0.219	0.038	33.214	0.0128**	1.245
农业收入	0.086	0.027	10.145	0.0101**	1.090
人均耕地面积	0.091	0.057	2.549	0.0532**	1.095
气候生产力	0.056	0.010	31.360	0.0010***	1.058
地形	0.356	0.081	19.317	0.0454**	1.428
距离当地县城距离	0.058	0.014	17.163	0.0498**	1.060
公路级别	0.083	0.064	1.682	0.0090***	1.087
灾害频数	-0.016	0.049	0.107	0.0899*	0.984
农业优惠政策	0.110	0.190	0.335	0.0646*	1.116
信息服务范围	0.071	0.045	2.489	0.0974*	1.074
贷款难易程度	0.061	0.039	2.446	0.0970*	1.063
常数	-2.671	0.371	51.832	0.0000	0.069
-2对数似然值	198.252				
显著性水平	0.000				
样本量	575				

注:*、**、***分别表示在10%、5%、1%水平上显著。

3.2 采用新技术的影响因素解释结构模型

分别用 S_1、S_2、S_3、S_4、S_5、S_6、S_7、S_8、S_9、S_{10}、S_{11}代表文化程度、家庭结构、科技园区认知、新技术认知、公路级别、专业化程度、组织程度、农业收入、气候生产力、地形、到县城距离。在详细调查和咨询定西马铃薯推广相关部门的基础上,给出如图3所示影响马铃薯新技术采用的因素之间逻辑关系。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。

根据图3和公式(3)得到影响因素间的邻接矩阵(略)和可达矩阵$\boldsymbol{R}$,再根据公式(4)和(6)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$L_2=\{S_{11}, S_{10}, S_9, S_6, S_8, S_5\}$,$L_3=\{S_3, S_4\}$,$L_4=\{S_1, S_2, S_7\}$。根据$L_1$、$L_2$、$L_3$、$L_4$得到排序后的矩阵$\boldsymbol{M}$.

由公式(7)可见,S_0处于第一层,S_{11}、S_{10}、S_9、S_6、S_8、S_5处于第二层,S_3、S_4处于第三层,S_1、S_2、S_7处于第四层,形成了一条具有逻辑关系的因素链。用有向箭头连接每个层的因素,如图4所示。

4 影响因素的关联关系和层次结构

从图4可以看出，在马铃薯技术采用过程中，地形、到县城距离、公路级别、专业化程度、农业收入和气候生产力是表层直接因素，对科技园认知、新技术的认知是中层间接因素，文化程度、组织程度和家庭结构是深层根源因素。

(1) 表层直接因素

表层直接因素中，专业化程度、农业收入和气候生产力是关键因素。专业化程度是指农业收入占总收入的比例，专业化程度越高，说明农户兼业情况不多，主要以从事农业为主，这类农户越倾向于采用新技术以提高自己的总收入。根据Logistic回归结果，专业化程度较高的农户采用新技术的概率是专业化程度较低农户的1.829倍。农业收入越高的农户，受经济利益的驱动，总体越倾向于采用新技术，其采用新技术的概率是低收入农户的1.090倍；但由于收入的影响机制比较复杂，收入过高的农户有时会不重视农业，导致区分度不太显著，因此仍需要进一步作深入的专门研究。

此外，气候生产力也是一个关键因素，在实际

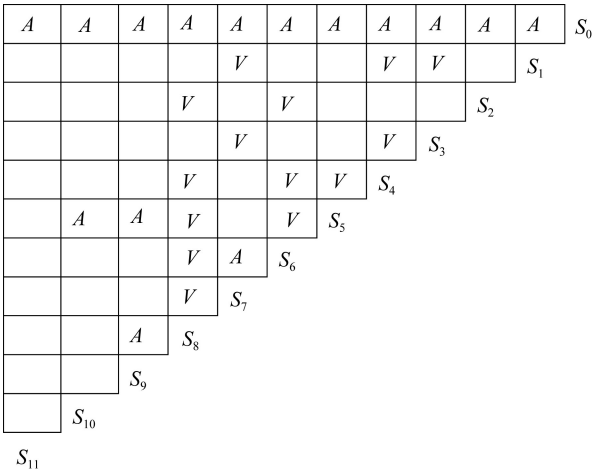


图3 影响因素间的逻辑关系

Fig.3 Logical relationship between influencing factors

$$\boldsymbol{R}=\begin{array}{c}\\ S_0\\ S_1\\ S_2\\ S_3\\ S_4\\ S_5\\ S_6\\ S_7\\ S_8\\ S_9\\ S_{10}\\ S_{11}\end{array}\begin{bmatrix} 1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\ 1&1&0&1&1&0&0&1&0&0&0&0\\ 1&0&1&0&0&0&1&0&1&0&0&0\\ 1&0&0&1&1&0&0&1&0&0&0&0\\ 1&0&0&0&1&1&1&0&0&0&0&0\\ 1&0&0&0&0&1&1&0&1&1&1&0\\ 1&0&0&0&0&0&1&1&0&0&0&0\\ 1&0&0&0&0&0&0&1&1&0&0&0\\ 1&0&0&0&0&0&0&0&1&1&0&0\\ 1&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0\\ 1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0\\ 1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1 \end{bmatrix} \tag{6}$$

$$\boldsymbol{M}=\begin{array}{c}\\ S_0\\ S_{11}\\ S_{10}\\ S_9\\ S_6\\ S_8\\ S_5\\ S_3\\ S_4\\ S_1\\ S_2\\ S_7\end{array}\begin{bmatrix} 1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\ 1&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\ 1&0&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\ 1&0&0&1&0&0&0&0&0&0&0&0\\ 1&0&0&1&1&0&0&0&0&0&0&0\\ 1&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0&0\\ 1&0&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0\\ 1&0&0&0&1&1&0&1&0&0&0&0\\ 1&0&0&0&0&1&1&0&1&0&0&0\\ 1&0&1&0&0&0&1&0&0&1&0&0\\ 1&1&0&1&1&0&0&0&1&0&1&0\\ 1&0&0&0&0&1&0&1&1&1&0&1 \end{bmatrix} \tag{7}$$

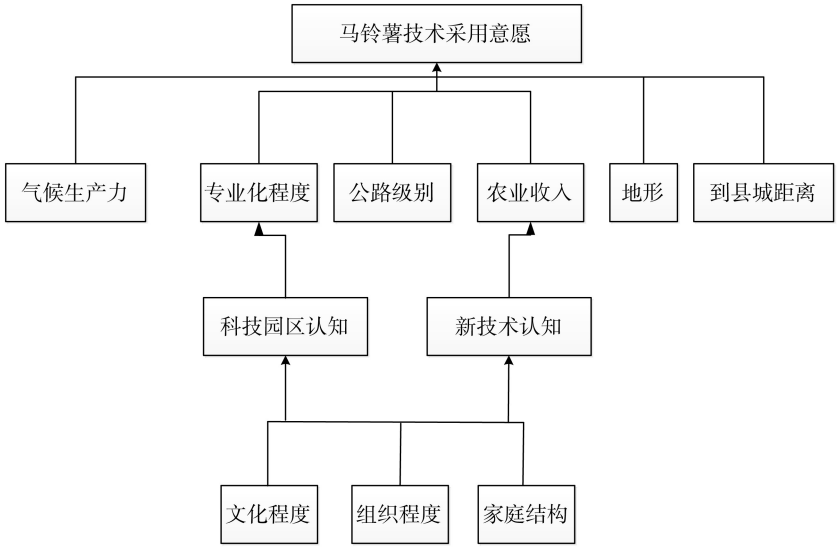


图4 各因素间的关联与层次结构

Fig.4 Relational and hierarchical structure of the influencing factors

调研中发现,对于降水量不同的区域,农户选择新技术的意愿不同,如高峰乡降水量较多,马铃薯生长环境好,农户倾向不断改进新品种以提高质量;对于降水量较少区域,马铃薯生长环境较差,质量较低,投入产出比较低,因此农户一般不愿意过多投入,采用新技术的积极性较差。

地形、公路级别和到县城的距离也是重要的影响因素。调研中发现,平原地区的农户耕作条件良好,机械化使用率比山区高,更利于开展大面积种植,新技术的采用率相应较高;公路级别代表可达性的好坏,距离省道国道较近的区域,交通方便,马铃薯容易销售,农户收益高,采用新技术的积极性就高;到县城的距离代表区位的好坏,区位影响着农户和市场进行对接,在调研中发现,很多地区的马铃薯销售是农户+客商收购的模式,距离县城越近,马铃薯就越容易被客商收购。

(2) 中层间接因素

中层间接因素中,农户对新技术的认知是一个重要因素。农户对技术作用的认知是指农户在农业生产中根据自身的经验或者其他渠道获得的对新技术的感受和印象。个人的感知和印象对农户采用新技术行为非常重要。实证分析表明,对新技术认知感较强的农户,采用新技术的几率是认知感较弱的农户的1.138倍。对科技园区的认知也是农户采用马铃薯新技术的关键因素。对科技园区有正确认知的农户,总的来说会更为积极地与园区进行联系,以及时获取良种信息和抗旱、施肥等新技术。回归分析结果显示,对科技园区有正确认知的农户采取新技术的概率是1.047倍,区分度还不太显著,因此未来需要进一步加强科技园的辐射,密切其与农户的联系。

(3) 深层根源因素

深层根源因素包括文化程度、组织程度和家庭结构。文化程度是决定农户素质的关键因素。前人研究表明,农户个人的能力高低是农户是否采用新技术的重要因素,文化程度越高的农户,越愿意采用新技术(满明俊, 2010)。但是在定西市马铃薯技术采用的相关调研中发现,文化程度集中在初中水平的农户接受新技术的概率较高,这与以往研究结论略有不同。这是因为,文化程度过低的农户,对新技术没有深入的认识,一般采取随大流的方式,率先采用新技术的情况较少;而文化程度较高的农户一般不是以农业为主,兼业较多,对新技术的传播关注不深。文化程度为初中的农户多长期从事农业,以马铃薯种植为主,对新技术的更新换代十分敏感,采用率自然较高。

组织程度指农户参与订单农业的情况。参与科技园区和企业公司的订单农业,农户会得到前者全面的良种提供、技术培训等服务,可对马铃薯新技术有更好的了解,采用新技术的几率就高。Logistic回归结果显示,参加组织培训的农户采用新技术的概率是没有参加组织培训农户的1.245倍。

此外,家庭结构也是很重要的影响因素,家里劳动力数量多的农户,倾向于采用新品种技术,希望提高产量和质量;家里劳动力数量少的农户,倾向于采用节约劳动力和劳动时间的技术。

5 结论与启示

5.1 主要结论

在对国内外相关研究进行分析和评述的基础上,以甘肃省定西市马铃薯技术为例,采用分层抽样方法选取样本区域,进行农户深度访谈和问卷调查,运用Logistic回归模型分析了农户采用新技术的影响因素,通过ISM模型探讨了各影响因素的关联关系和层次结构,得出以下主要结论:

(1) 农户采用马铃薯种植新技术主要受到五大类特征变量的影响。前人对于农户采用新技术的影响因素,多总结为农户自身和外部环境两大类。而本文通过定西市575份访谈资料,将农户采用新技术的影响因素总结为农户自身变量、行为认知变量、生产经营变量、资源禀赋变量和环境特征变量。其中,农户自身变量表示农户个体的接受程度差异;行为认知变量体现了农户对新技术的个人感知和需求程度;生产经营变量表示农户采用新技术的收支;资源禀赋变量表示农作物的种植条件;环境特征变量表示农户采用马铃薯新技术过程中的优惠政策。

(2) 575份有效问卷的Logistic回归分析表明,农户的文化程度、家庭结构、专业化程度、组织程度、对科技园区的认知、对新技术的认知、农业收入、气候生产力、公路级别和区位为农户采用马铃薯新技术时的显著影响因素。首先,对于不同文化程度、家庭特征的农户,采用新技术的积极程度不同,文化程度为初中水平、以农业种植为主业、家里劳动力数量较多的农户更愿意采用新技术;其次,

对于科技园区和新技术认知感较强的农户，更容易从心理上接受技术，其采用新技术的积极性较强；第三，对于村域区位、交通可达性较好的农户，更容易与市场进行对接，因而种植马铃薯的收入高于其他区域，农户改进马铃薯的种植条件和品种的意愿更强烈，采用新技术的概率较高；第四，对于组织程度较高的农户，因参与科技园区和企业提供的订单农业，接受组织提供的定期培训，专业化程度较高，更愿意采用新技术。

(3) ISM解释结构模型表明，定西市农户采用马铃薯种植新技术过程中，受到众多因素的显著影响，并且影响农户采用行为的这些因素处于不同的层次或级别，它们相互独立又相互联系。其中，专业化程度、农业收入、公路级别、地形和到县城的距离为表层因素；农户对科技园区的认知、对新技术的认知为中层间接因素；农户的文化程度、组织程度和家庭结构为深层根源因素。三层因素中，深层根源因素是推动农户采用新技术的最根本的诱因，中层间接因素是根源因素的外在表现，而表层直接因素主要为利益驱动力和扩散渠道的推动力，直接影响农户采用创新技术的积极性。

5.2 启示

基于上述研究，尤其是农户采用新技术意愿各层因素的分析结果，可得出以下几点启示：

(1) 重构扩散模式，提高组织程度。从实际调研发现，以往的自上而下的扩散模式弊端众多，政府不能深入、准确地了解农户需求，使得新技术推广的有效性大打折扣。在研究定西市农户采用马铃薯种植技术影响因素的过程中发现，参加订单农业的农户，接受专业技术培训，专业化程度较高，进而接受新技术的积极性较强。因此，采用企业牵头、政府扶持、农户参与的环形扩散模式，可以有效提高农户接受新技术的积极性。

(2) 加大宣传力度，加强农户对科技园区和新技术的认知感。定西市的马铃薯抗旱中心、马铃薯办公室、农业科技推广处、定西国家农业科技园区等应在马铃薯播种期(如每年的4、5月份)加大新品种、抗旱保湿的黑膜技术和测土配方的施肥技术等宣传，让农户对新技术有一个即时性的认知。同时，努力扩展定西农业科技园的辐射范围。从调研中发现，对于距离科技园区较远的农户，接受科技园区的培训较少，尤其是对于信息资源匮乏的村落，接受科技园区的服务更少。因此需要加大农业技术推广力度，有重点地向偏远地区介绍新技术，使当地农民能够接触、接受新技术。

(3) 加强基础设施建设，提高农户农业收入。从影响农户采用意愿的表层直接因素可以看出，提高农业收入，加大利益驱动力的影响，可有效增加农户采用新技术的概率。因此，政府和龙头企业可相辅相成，共同作用。例如，政府应加强基础设施建设，提高交通可达性，使农产品有效地与市场、客商对接；而龙头企业可以通过引进外地客商，及时收购农产品，让农民获益，这些均可提高农民采用新技术的积极性。

参考文献(References)

陈海, 郗静, 梁小英, 等. 2013. 农户土地利用行为对退耕还林政策的响应模拟: 以陕西省米脂县高渠乡为例. 地理科学进展, 32(8): 1246-1256. [Chen H, Xi J, Liang X Y, et al. 2013. Simulation of the changes of farmer households' land-use behaviors in response to China's grain to green policy: a case study in Gaoqu Commune of Mizhi County, Shaanxi Province. Progress in Geography, 32(8): 1246-1256.]

陈玉萍, 张嘉强, 吴海涛, 等. 2010. 资源贫瘠地区农户技术采用的影响因素分析. 中国人口·资源与环境, 20(4): 130-136. [Chen Y P, Zhang J Q, Wu H T, et al. 2010. Analysis on influencing factors of farmers' technology adoption in resource-poor mountainous area. China Population, Resources and Environment, 20(4): 130-136.]

邓正华, 杨新荣, 张俊飚, 等. 2012. 农户对高产农业技术扩散的生态环境影响感知实证. 中国人口·资源与环境, 22(7): 138-144. [Deng Z H, Yang X R, Zhang J B, et al. 2012. Empirical analysis of impacts on farmers' environmental perception about high-yield agricultural technology diffusion. China Population, Resources and Environment, 22(7): 138-144.]

李小建. 2009. 农户地理论. 北京: 科学出版社. [Li X J. 2009. Geography of rural households. Beijing, China: Science Press.]

刘笑明, 李同升. 2008. 农业技术创新扩散环境的定量化评价研究: 以杨凌、关中地区为例. 地理科学, 28(5): 656-661. [Liu X M, Li T S. 2008. A quantitative evaluation study on diffusion environment of agri-technique innovation: taking Guanzhong Area as an example. Scientia Geographica Sinica, 28(5): 656-661.]

吕秀江, 张慧, 刘洪影. 2012. 基于ISM方法的煤矿安全政策控灾作用分析. 中国安全科学学报, 22(5): 158-163. [Lv X J, Zhang H, Liu H Y. 2012. Analysis of accigent controlling effect of coalmine safety policy based on interpre-

tative structural modeling method. China Safety Science Journal, 22(5): 158-163.]

满明俊. 2010. 西北传统农区农户的技术采用行为研究[D]. 西安: 西北大学. [Man M J. 2010. Study on the behavior of farmers' adoption of agricultural technology in traditional agricultural areas Northwest[D]. Xi'an, China: Northwest University.]

满明俊, 李同昇, 李树奎, 等. 2010. 技术环境对西北传统农区农户采用新技术的影响分析: 基于三种不同属性农业技术的调查研究. 地理科学, 30(1): 66-74. [Man M J, Li T S, Li S K, et al. 2010. Analysis of the technology environment's impact on the farmer's adoption of new technology in northwest traditional agricultural areas: based on the survey in three type of agricultural technology with different attributes. Scientia Geographica Sinica, 30 (1): 66-74.]

孟磊. 2012. 五常市农户采用水稻节水灌溉技术的影响因素研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学. [Meng L. 2012. Research on the farmers' adoption of rice water-saving irrigation technology influencing factor in Wuchang[D]. Harbin, China: Northeast Agricultural University.]

奈尔斯·罗林. 1991. 推广学: 农业发展中的信息系统. 王德海, 郎大禹, 译. 北京: 北京农业大学出版社. [Rolin N. 1991. The promotion of science: the information systems in agricultural development. Wang D H, Lang D Y, Trans.. Beijing, China: Beijing Agricultural University Press.]

苏荟. 2013. 资源禀赋对农业技术诱致性选择研究: 以兵团棉花滴灌技术为例. 科研管理, 34(2): 145-151. [Su H. 2013. The resource endowment induced option of agricultural technology: tacking cotton water-saving drip irrigation technology of Xinjiang production and construction corps as an example. Science Research Management, 34 (2): 145-151.]

孙世民, 张媛媛, 张健如. 2012. 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. 中国农村经济, (10): 24-36. [Sun S M, Zhang Y Y, Zhang J R. 2012. The influence factors analysis on the safety behavior adoption of pig farmers' implementation will based on the Logit-ISM model. Chinese Rural Economy, (10): 24-36.]

唐博文, 罗小锋, 秦军. 2010. 农户采用不同属性技术的影响因素分析: 基于9省(区)2110户农户的调查. 中国农村经济, (6): 49-57. [Tang B W, Luo X F, Qin J. 2010. Analysis of factors influencing farmers using different technologies survey based on 2110 farmers of 9 provinces. Chinese Rural Economy, (6): 49-57.]

汤青, 徐勇, 李扬. 2013. 黄土高原农户可持续生计评估及未来生计策略: 基于陕西延安市和宁夏固原市1076户农户调查. 地理科学进展, 32(2): 161-169. [Tang Q, Xu Y, Li Y. 2013. Assessment of farmers' sustainable livelihoods and future strategies on the loess plateau: based on a survey of 1076 farmers in Yan'an City in Shaanxi Province and Guyuan City in Ningxia Hui Autonomous Region. Progress in Geography, 32(2): 161-169.]

王崇桃, 李少昆. 2011. 玉米生产技术扩散: 理论·实践. 北京: 经济管理出版社. [Wang C T, Li S K. 2011. Theory and practice of corn production technology diffusion. Beijing, China: Economic & Management Publishing House.]

王永强, 朱玉春. 2009. 农业技术扩散过程中的障碍因素分析. 中国科技论坛, (1): 107-111. [Wang Y Q, Zhu Y C. 2009. Research on barrier and countermeasure factors in agri-technology diffusion. Forum on Science and Technology in China, (1): 107-111.]

于正松, 李同昇, 李献波, 等. 2013. 西北地区农业技术扩散环境的空间分异: 以陕、甘、宁县域为例. 地理科学进展, 32(4): 618-626. [Yu Z S, Li T S, Li X B, et al. 2013. Spatial differences of agri-technique diffusion environment in Northwestern China: a case study of counties in Shaanxi-Gansu-Ningxia Region. Progress in Geography, 32(4): 618-626.]

Herath C S. 2013. Does intention lead to behavior? a case study of the Czech Republic farmers. Agricultural Economics, 59(3): 143-148.

Kuang H Y, Ying R P. 2012. Effect of technology support for social network on agricultural technology diffusion. Agricultural Science & Technology, 13(1): 98-102.

Mariano M J, Villano R, Fleming E. 2012. Factors influencing farmers' adoption of modern rice technologies and good management practices in the Philippines. Agricultural Systems, 110: 41-53.

Noltze M, Schwarze S, Qaim M. 2012. Understanding the adoption of system technologies in smallholder agriculture: the system of rice intensification (SRI) in Timor Leste. Agricultural Systems, 108: 64-73.

Ortiz O, Orrego R, Pradel W, et al. 2013. Insights into potato innovation systems in Bolivia, Ethiopia, Peru and Uganda. Agricultural Systems, 114: 73-83.

Rogers E M. 1983. Diffusion of innovation. New York: Free Press.

Tobin D, Thomson J, LaBorde L, et al. 2013. Factors affecting growers' on-farm food safety practices: evaluation findings from Penn State Extension programming. Food Control, 33(1): 73-80.

Wozniak G D. 1993. Joint information acquisition and new technology adoption: later versus early adoption. The Review of Economics and Statistics, 75(3): 438-445.

Factors influencing farmers´ adoption of new technology based on Logistic−ISM model: a case study of potato planting technology in Dingxi City, Gansu Province

LI Nannan[1], LI Tongsheng[1], YU Zhengsong[1], RUI Yang[1], MIAO Yuanyuan[1], LI Yongsheng[2]
(1. College of Urban and Environment Sciences, Northwest University, Xi'an 710127, China;
2. Northwest Geotechnical Engineering Limited Company, China Metallurgical Group, Xi'an 710119, China)

Abstract: Farmers are the demanders and users of agricultural technology. Only when farmers accept, assimilate and use new technologies, can agricultural science and technology achievements be transformed into practical productive forces. So, it is worth paying attention to what farmers need, which factors influence farmers' behavior significantly and the relationship between these factors. To address these questions and understand the mechanisms of influence, we take potato planting technology adoption in Dingxi City, Gansu Province as an example. Questionnaire survey and interview were conducted to acquire data. Based on 575 survey samples, a Logistic regression model and the interpretative structure model (ISM), we analyze the significant factors influencing farmers' adoption behavior in the process of potato planting technology diffusion, and investigate the relationship among the various factors. The results are as follows. (1) Farmers' behaviors of adopting new potato planting technology is affected by five major characteristic variables, including farmers' background, awareness, production management, resource endowment, and environmental characteristics. These variables influence farmers' behavior to various degrees. (2) The result of Logistic regression shows that farmers' level of education, family structure, degree of specialization, degree of organization, awareness of science and technology park, awareness of new technology, agricultural income, climatic productivity, topography of the planting areas, grade of nearby roads and location are significant factors influencing farmers' adoption behavior. (3) The ISM model shows that there are various factors influencing farmers' adoption behavior, and these factors are at different levels of a hierarchy, which are interrelated and independent. Among these factors, degree of specialization, agricultural income, climatic productivity, location, terrain, and grade of nearby roads are the direct influencing factors. Awareness of science and technology park and awareness of new technology are the indirect factors. Education of farmers, family structure and the degree of organization are the root influencing factors. Based on these results, we recommend strengthening the development of production by orders from business and consumers, reconstructing diffusion model and adopting the annular diffusion model of "leading by enterprises, supporting by the government and participating by farmers". These measures will improve the enthusiasm of farmers to adopt new technology effectively. In addition, it is necessary to raise the farmers' awareness of science park and new technology and expand the range of influence of the Dingxi Agricultural Science and Technology Park, especially for the information-deprived remote villages, and enable them to be exposed to new technologies promptly and adequately. Likewise, strengthening infrastructure development and increasing agricultural income also should not be overlooked. Improving incentive structures can encourage farmers to adopt new technology. The government should invest in transportation infrastructure and improve accessibility to attract business and optimize the sales channels of agricultural products. Future research of rural agricultural technology diffusion should be directed toward these directions.

Key words: potato planting technology; farmers' behavior; Logistic regression model; ISM model; Dingxi City, Gansu Province