

技术示范、预期风险降低与种粮大户保护性耕作技术行为决策

王振华 李明文 王昱 江金启*

(沈阳农业大学 经济管理学院, 沈阳 110866)

摘要 保护性耕作对我国“藏粮于地”战略的顺利实施有重要意义,为了揭示新型农业经营主体采用保护性耕作技术的决策机制,本研究采用二元 Logit 模型,基于辽宁省“百村千户”的调研数据,以种粮大户为例分析技术示范对新型农业经营主体保护性耕作技术采用行为决策的影响。研究结果表明:对种粮大户而言,通过技术示范可降低其风险预期,提高预期收益,进而会提升种粮大户采用保护性耕作技术采用的概率。本研究更换模型、方法和样本也表明该结论是稳健的。政策启示是在推动保护性耕作技术的过程中,技术示范户的推广、示范有显著的作用,是一个可以利用的重要抓手。

关键词 保护性耕作技术;技术示范;种粮大户;主观风险函数

中图分类号 S812

文章编号 1007-4333(2017)08-0182-06

文献标志码 A

Technology demonstration, expected risk reduction and large crop-land owners' behavior decision on the conservation tillage technology

WANG Zhenhua, LI Mingwen, WANG Yu, JIANG Jinqi*

(College of Economics and Management, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China)

Abstract Conservation tillage technology has important significance for the smooth implementation of food crop production strategy on farmland management. To reveal the decision-making mechanism of adopting new conservation tillage techniques among new agricultural business operators, large crop-land owners are taken as study object. New agricultural business operators' behavior decision on conservation tillage technology is also analyzed. Using Logit model, the effect of technology demonstration to the behavior decision is verified based on the research data in Liaoning Province. In conclusion, technology demonstration can reduce the famers' expected risk and increase the expected return and enhance probability of the farmers adopting conservation tillage technology. In the process of promoting conservation tillage technology, technology demonstration plays key role.

Keywords conservation tillage technology; technology demonstration; large crop-land owner; subjective risk function

随着传统耕作技术对土壤及环境等方面造成的负面影响越来越大^[1],政府及学者逐渐开始关注保护性耕作技术。保护性耕作技术与传统技术不同,主要是通过对土壤少耕、免耕,增加秸秆或绿色植物覆盖,采用多样化的轮作体系,达到保护土壤和环

境、提高收益的目的^[2]。保护性耕作可以通过降低物质和能量的投入有效降低成本,同时还可以保持或增加作物产量,并对环境产生许多潜在的收益,因此在世界范围内的推广速度很快。中国的保护性耕作技术起步较晚。2002年,政府初设专项资金来支

收稿日期:2016-10-18

基金项目:国家自然科学基金项目(71503173;71303161;71403175;71601128);辽宁省哲学社会科学基金项目(L15CJY014;L16AJY007);辽宁省教育厅人文社科项目(W2015336)

第一作者:王振华,讲师,主要从事产业经济与区域经济增长研究,E-mail:wangzhenhuasyau@163.com

通讯作者:江金启,副教授,主要从事农业经济管理与政策研究,E-mail:jiangjinqi812@163.com

持保护性耕作的试验和示范,并于2005年开始推动保护性耕作的示范和推广^[1]。辽宁省是中国的粮食主产区,随着黑土层的不断被侵蚀,保护性耕作技术越来越受重视,目前主要推行秸秆还田、深松整地和免耕播种3大核心技术。

农户是保护性耕作技术采用的行为决策主体,分析农户采用保护性耕作技术的行为决策机制、寻找其影响因素对政府引导农户采用保护性耕作技术,进而促进土壤质量的修复和提升有重要的意义。在辽宁省,随着土地不断流转,种粮大户、家庭农场、农民专业合作社等新型农业经营主体的数量不断提升。新型农业经营主体有着不同于普通农户的特征,在新技术采用方面也可能存在与普通农户不同的决策机制。已有学者研究普通农户采用保护性耕作技术的影响因素,从农户追求收益最大化的角度出发,选择个人禀赋特征、家庭禀赋特征、政策环境等方面进行了讨论,个别学者也尝试分析技术示范对保护性耕作技术推广中的作用,但已有文献的研究结论并不一致,而关注新型农业经营主体保护性耕作技术的文献更少。

本研究以种粮大户为例,重点考察东北地区新型农业经营主体的保护性耕作技术采用行为决策问题。在分析的过程中,从技术示范的角度切入,具体分析技术示范对种粮大户保护性耕作技术采用行为决策的影响。

1 文献综述

学者们对农业技术采用行为的研究积累了大量的成果。在理论和建模方面的相关研究都是假定农户是理性的,追求自身收益最大化^[3]。对农户等主体而言,如果新技术的采用所带来的边际收益大于边际成本,则行为决策主体会采用新技术,反之则不会。孔祥智等^[4]对Atanu Saha等^[3]的理论模型进行了一个简单的修正,认为新技术的采用与否不取决于边际成本与边际收益的比较,而是取决于新、旧技术所带来的净收益(边际收益减去边际成本)的比较,如果新技术带来的净收益更大,就会采用新技术。当然,农户在做决策时考虑的收益是期望收益^[5-6]。如果考虑进非农就业,则农户的最大化收益便不仅仅局限于农业经营方面,那么体现在农业方面,其追求的可能是省时、省工和省钱,以便从事非农工作,因此其收益函数需要改写。而对大户而言,从事非农就业的概率较低,仍然追求农业收入的最

大化^[7]。

在经验分析方面,学者主要从个人特征、家庭特征、政府行为、外部环境等方面量化相关指标分析各变量对农户保护性耕作技术采用的影响,重要的变量包括年龄、受教育程度、培训、社会资本、土地规模、非农就业收入等,但即使在相关的代表性文献中,结论也并不一致。有研究表明年龄越大,采用新技术的概率越大,原因是随着经验的积累,年龄大的农户会成为谨慎的新技术追随者^[4]。但更多的研究表明年龄对技术的采用没有影响,或影响为负^[6,8]。对人力资本水平而言,Atanu Saha等^[3]、林毅夫^[9]、孔祥智等^[4]等研究发现受教育程度对农户的新技术采用有正向影响,这也符合人们的预期:受教育程度越高的农户对新技术的接受和掌握能力就越高,因此会采用新技术;但宋军等^[10]的研究表明受教育程度的提高并不能显著促进农户的新技术采用,这也得到了郭霞^[6]的经验支持。在土地规模方面,林毅夫^[9]、Atanu Saha等^[3]认为经营规模越大,新技术采用的可能性越大,但Madhu Khanna^[11]、孔祥智等^[4]的研究发现上述结论并不成立。其他变量的研究结论不再赘述。总之,在相关的经验研究方面,已有文献的结论差异很大。

具体到保护性耕作技术的采用方面,孔祥智等^[4]、王金霞等^[1]、朱萌等^[7]等进行了讨论,得到了一些有意义的结论,但已有文献并未讨论技术示范对农户保护性耕作技术采用行为的影响。已有文献在研究结论方面存在差异的原因可能是:首先,样本的选择问题。包括两个方面,第一,已有研究的样本大多既包括普通农户又包括种粮大户,而在农业经营方面,已有文献指出普通农户可能追求的是省时省力,以便通过获得非农收入最求收益最大化,而种粮大户却追求的是种粮收入的最大化,样本的异质性会影响研究结论的可信度;第二,已有的部分研究中,样本的种植作物包括水稻、玉米、小麦等多种作物,甚至单个样本中也兼种2种或2种以上作物,不同作物间的可比性值得商榷。其次,指标的量化问题。在已有的研究中,关于保护性耕作技术的量化方面,已有研究并未统一。保护性耕作技术涵盖范围较广,只有细化了技术分类,相关研究结论才能被接受。

本研究拟从上述2个方面入手,以保护性耕作技术中的少耕、免耕技术为例,基于辽宁省水稻种植大户的调研数据,采用计量模型分析种粮大户保护

性耕作技术采用行为决策问题,重点分析技术示范在其中的作用,尝试为已有文献做出补充。

2 理论分析与模型建立

本研究假定种粮大户是理性的,不从事非农就业,其收入全部来源于农业经营,即追求种粮收入的最大化。本研究假定种粮大户面临的要素市场和产品市场都是完全竞争市场,且信息完全,因此种粮大户是价格接受者,在种粮大户进行保护性耕作技术采用行为决策的过程中,农户追求的是收益 π 的最大化。静态条件下的决策函数为^[5-6]:

$$\pi_i = p \cdot q(X) \cdot g(\text{dem}, Z) - C_i \quad (1)$$

其中: π 代表种粮大户的收益, p 代表农产品价格, $q(X)$ 是农户的生产函数, C_i 代表生产成本, $C_i = \sum r_j x_j$, x 、 r 分别代表要素的投入数量和投入价格。 $g(\text{dem}, Z)$ 为主观风险函数^[6],也有文献称之为技术采用决策或信息转换变量函数^[4],由农户个人特征、家庭特征、政策变量等因素决定。假定一项技术没有任何风险,则 $g(\text{dem}, Z)$ 为1,式(1)则转变为普通的利润函数模型。需要说明的是,农户大都属于风险厌恶型,相信“眼见为实”,因此新技术的示范可以有效降低农户的风险预期,进而有效提高农户的技术采用概率,本研究在已有文献的基础上,加入了技术示范指标,即 dem, Z 代表其他变量组合。

在比较静态分析的框架下,种粮大户是否采用保护性耕作技术,需要比较新、旧两种技术的净收益情况^[4]:如果种粮大户沿用目前已有的旧技术,不采用保护性耕作技术,则其净收益为 π_{i0} , $\pi_{i0} = p \cdot q_{i0}(X) - C_{i0}$,即产品收入减去成本;如果种粮大户采用保护性耕作技术,则其期望净收益为 π_{i1} , $\pi_{i1} = p \cdot q_{i1}(X) \cdot g(\text{dem}, Z) - C_{i1}$ 。种粮大户的决策函数为:

$$\Delta \pi_i = [p \cdot q_{i1}(X) \cdot g(\text{dem}, Z) - C_{i1}] - [p \cdot q_{i0}(X) - C_{i0}] \quad (2)$$

由于本研究已假定种粮大户面临的要素和产品市场完全竞争、信息完全,种粮大户是价格接受者,则式(2)中,只有主观风险函数 $g(\text{dem}, Z)$ 是不确定的,因此种粮大户保护性耕作行为采用决策主要由影响主观风险函数 $g(\text{dem}, Z)$ 的因素决定,即由是否存在技术示范、个人特征、家庭特征等因素决定。

综上,本研究提出的假说是:技术示范会通过影响种粮农户的主观风险判断进而影响其预期净收

益,最终影响种粮大户的保护性耕作技术采用决策。

由此建立的 Logit 模型为:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \text{dem} + \beta_2 \text{age} + \beta_3 \text{edu} + \beta_4 \text{sc} + \beta_5 \text{esp} + \beta_6 \text{tra} + \beta_7 \text{fpc} + \beta_8 \text{ls} + u \quad (3)$$

式中: Y 代表种粮大户是否采用保护性耕作技术,量化方法是,采用为1,未采用为0; dem 为技术示范指标,外生的量化方法是村里存在技术示范户为1,反之则为0; age 为户主年龄; edu 代表受教育年限; sc 代表社会资本,当过村干部为1,未当过村干部为0; esp 代表农业生产经验,用从事农业生产的年限量化; tra 代表是否参加过技术培训,参加过为1,未参加过为0; fpc 代表是否参加合作社等农民协会; ls 代表土地经营规模。

3 数据

本研究的数据来源于2015年的辽宁省“百村千户”调研数据。样本涵盖了普通农户和种粮大户,调查内容包括家庭基本情况、非农就业情况、耕地状况、土地流转信息、投入产出状况等。样本的获取采用分层随机抽样法:首先把辽宁省分为辽中、辽东、辽北、辽南、辽西5个区域,然后根据经济发展状况(富裕、中等、贫困)在每个区域抽取3个县,每个县又抽取3个乡镇,每个乡镇抽取3个村,每个村抽取9户(富裕、中等、贫困农户各3户)。共调研了15个县(区)、45个乡镇、135个村、1215户农户,调研方式采取入户问卷调查、深度访谈、小组座谈、调查员现场观察等方式。为解决样本的异质性问题,本研究细分样本,选择其中的276个种粮大户进行分析。在计量分析的过程中,首先选择水稻种植大户作为样本,在稳健性讨论部分选择再一次选择玉米种植大户进行分析。

根据本研究的调研,在辽宁省的水稻种植大户中,有50.96%的农户采用了保护性耕作技术,具体而言是采用了少耕技术。种粮大户的平均耕地规模是12.11 hm²,样本经营规模最大的是413.33 hm²。目前,辽宁省已建立部级保护性耕作示范县(区)26个,在农村进行保护性耕作技术的示范和推广。具体的示范推广模式是围绕保护性耕作技术选择具有一定文化程度、农业生产经验丰富的农户作为科技示范户,然后按照10%的比例选聘农技员,并为各示范户提供培训、实地考察及观摩交流的机会,指导示范户掌握相关保护性更多技术,使其成为农民身边的“乡土专家”,发挥科技示范作用。

在变量的量化方面,种粮大户保护性耕作技术决策变量采用的是 0~1 变量,即采用了保护性耕作技术为 1,未采用则为 0;对“是否获得技术示范”这一核心解释变量,由于农户技术示范的获得与否会受到自身人力资本水平、社会资本水平、家庭特征等

相关变量影响,具有较强的内生性,因此本研究以村里是否有技术示范户这一外生性较强的指标作为技术示范的量化指标,调研发现有 39.42%的农户村里存在技术示范户。其他变量的量化较为简单,不赘述。相关数据的描述性统计分析结果见表 1。

表 1 指标数据的描述性统计分析
Table 1 Descriptive statistical analysis of index data

变量名称 Varibales	均值/频率(=1) Mean/Frequency	标准差 Std. dev.	最小值 Minimum	最大值 Maximum
Y	0.509	0.502	0	1
dem	0.394	0.491	0	1
age	47.990	9.379	26	66
edu	7.730	2.390	0	14
sc	0.153	0.362	0	1
exp	26.596	10.817	3	48
tra	0.395	0.498	0	1
fpc	0.288	0.455	0	1
ls	12.111	40.021	3.333	413.333

数据来源:作者对调研数据的整理和测算。
Data source:collection and calculation of the survey data.

4 模型估计结果

本研究借助 Stata 12.0 软件对构建的 Logit 模型进行估计,模型结果见表 2。

模型整体的估计结果较好。从模型的估计结果看,技术示范指标对水稻种植大户的保护性耕作技术采用有显著的正向影响(1%的显著性水平下),证实了本研究的假说:在其他变量不变的前提下,技术

表 2 Logit 模型估计结果
Table 2 Results of Logit Model estimation

变量 Variable	系数 Coefficient	标准误 Std. err.	Z 统计量 Z-value
dem	1.297 ***	0.478	2.71
age	-0.102 **	0.049	-2.07
edu	0.001	0.099	0.01
sc	0.561	0.637	0.88
exp	0.073 *	0.041	1.76
tra	0.928 *	0.487	1.90
fpc	-0.245	0.526	-0.47
ls	-0.001	0.001	-0.49
_cons	3.101 *	1.817	1.71
卡方统计量 LR chi ² (10)		40.72	
卡方检验 Prob>chi ²		0.000	
对数似然值 Log likelihood		-49.603	
伪判定系数值 Pseudo R ²		0.291	

注:***、**和*分别代表显著性水平为0.01,0.05,0.1。
Note:***, ** and * represent statistical significances at levels of 1%,5% and 10%, respectively.

示范会显著提高种粮大户采用保护性耕作技术的概率。根据本研究的理论解释,种粮大户追求自身收益的最大化,而与普通农户不同的是,种粮大户的收益主要来自农业经营收入,因此其追求的是种粮收益的最大化。种粮收益取决于预期收益与成本之差,预期收益由预期风险和实际收益相乘得到,而技术示范会通过降低种粮大户的预期风险进而提高预期收益,最终影响其行为决策。

其他因素也会影响种粮大户的保护性耕作技术采用行为决策。从其他控制变量看,年龄会显著影响农户的行为决策(5%的显著性水平下),系数为负,说明这种影响是负向的:即在其他变量不变的情况下,种粮大户的年龄越大,采用保护性耕作技术的概率越低。这与郭霞^[6]的研究结论一致,但与孔祥智等^[4]的结论不一样。本研究在随后的稳健性检验中进一步检验了该结论,发现该结论比较稳健。而与该变量不同的是,种地年限变量对种粮大户的行为决策影响显著为正(10%的显著性水平下),说明随着经验的积累,种粮大户对保护性耕作技术的采用概率会上升,但是该结论的稳健性较差,本研究不展开讨论。

技术培训是很多学者关注的变量,本研究的结果表明技术培训也会提升种粮大户对保护性耕作技

术采用的概率,结论也比较稳健。农户的受教育程度较低,而技术培训是提高其人力资本水平的重要途径。根据调研发现,相比于普通农户,种粮大户对技术的需求意愿更加强烈,参与技术培训的意愿也更高。技术培训会让农户切实接触并掌握相关农业生产技术,因此会提升其技术采用的概率。

对文献中有争议的经营规模变量,本研究的结论是不显著,与 Madhu Khanna^[11]、孔祥智等^[4]的研究发现一致。需要说明的是,本研究采用的是种粮大户的样本,后文的稳健性检验也采用种粮大户的样本,因此样本的经营规模都较大,虽然结论稳健性较强,但是结论的局限性也较强。

5 稳健性检验

根据已有文献的经验,稳健性检验一般从3个方面展开:首先是更换指标的量化办法进行再回归,其次是变换模型和估计方法进行进一步检验,最后是细分或扩大样本寻找新的经验支持。考虑到本研究核心变量采用的量化指标是村里是否有技术示范户,外生性较强,因此着重从后2个方面进行结论的稳健性检验:首先,本研究将采用 Probit 模型对本研究的假说进行进一步的检验;其次,本研究将采用同一次调研过程中获得的玉米种植大户样本进一步

表 3 稳健性检验
Table 3 Robustness test

变量 Variable	Probit 模型估计结果		玉米种植大户的 Logit 模型估计结果	
	Results of Probit Model estimation		Results of estimation of Large Corn-land Owner	
	系数 Coefficient	Z 统计量 Z-value	系数 Coefficient	Z 统计量 Z-value
Y	0.803***	2.77	0.959**	2.31
dem	-0.062**	-2.14	-0.202***	-2.88
age	0.002	0.04	-0.115	-0.84
edu	0.312	0.84	0.104	0.16
sc	0.045*	1.82	0.474	0.93
exp	0.579**	1.97	0.099*	1.67
tra	-0.135	-0.42	-0.404	-0.62
fpc	-0.001	-0.51	-0.001	-0.61
_cons	1.872*	1.73	0.959**	2.31
卡方统计量 LR chi ² (10)	1 694		卡方统计量 LR chi ² (10)	20.31
卡方检验 Prob>chi ²	0.003		卡方检验 Prob>chi ²	0.009
对数似然值 Log likelihood	-61.496		对数似然值 Log likelihood	-51.752
伪判定系数值 Pseudo R ²	0.121		伪判定系数值 Pseudo R ²	0.164

注:***、**、* 分别代表显著性水平为 0.01,0.05,0.1。
Note:***, ** and * represent the 1%,5% and 10% of the statistical significance levels,respectively.

验证相关结论是否在新的样本中也成立。本次调研获得的玉米种植大户样本为101个,虽然从数量上看样本量较少,但考虑到是种粮大户的样本、且排除了兼业农户的样本,因此样本量是可以接受的。考虑到是关于结论的稳健性讨论,因此不给出数据的详细描述统计分析。

从Probit模型的估计结果看,是否获得技术示范指标对水稻种植大户的保护性耕作技术(少耕技术)采用具有显著的正向影响,其他变量的估计结果也与基准模型的估计结果相似。在采用同一次调研中玉米种植大户样本进行重新回归后发现本研究的相关结论对玉米种植大户同样成立。其他变量的估计结果也较为相似,本研究不赘述。

6 结论与讨论

保护性耕作技术对保证土壤肥力、促进我国“藏粮于地”战略的顺利实施有重要意义。种粮大户作为新型农业经营主体的代表是未来我国农业经营的重要组成部分,研究种粮大户的保护性耕作技术采用行为决策影响因素有重要意义。本研究提出的假说是:对农户而言,通过示范降低其风险预期,提高其预期收益,进而会提升农户采用保护性耕作技术采用的概率。本研究基于在东北地区辽宁省的调研数据,采用计量模型验证技术示范对种粮大户采用保护性耕作技术的影响,研究证实了本研究的假说,更换模型、方法和样本也表明本研究的结论是稳健的。需要指出的是,受限于调研数据,本研究并未深入分析农户对保护性耕作技术中的秸秆还田等技术的采用决策影响因素,也未分析家庭农场、农民合作社等其他新型农业经营主体的保护性耕作技术采用行为决策的影响因素,这是本研究的不足,也是未来的研究方向。

本研究结论的政策启示是在推动种粮大户采用保护性耕作技术的过程中,通过技术推广、示范有重要的作用,是一个可以利用的重要抓手。大部分农户属于风险厌恶型,对保护性耕作等新技术一般持有谨慎态度,相信“眼见为实”。在此背景下,政府应该通过技术示范让农户亲眼看到保护性耕作技术所带来的好处及技术自身的稳定性,进而降低其预期风险,提高预期收益,最终提升其采用保护性耕作技术的概率。

参考文献 References

[1] 王金霞,张丽娟,黄季焜,Scott R. 黄河流域保护性耕作技术的

采用:影响因素的实证研究[J]. 资源科学,2009(4):641-647
Wang J X, Zhang L J, Huang J K, Scott R. The adoption of conservation agricultural technology in the yellow river basin: Empirical research on the influential factors [J]. *Resources Science*, 2009 (4): 641-647 (in Chinese)

- [2] 高旺盛. 论保护性耕作技术的基本原理与发展趋势[J]. 中国农业科学, 2007(12): 2702-2708
Gao W S. Development trends and basic principles of conservation tillage [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2007 (12): 2702-2708 (in Chinese)
- [3] Atanu S, Alan L, Robeit S. Adoption of emerging technologies under output uncertainty [J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 1994, 76(11): 836-846
- [4] 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, 122
Kong X Z, Fang S H, Pang X P, Ma J J. Analysis of the effect of household endowments on the agricultural technology adoption decision in west China [J]. *Economic Research Journal*, 2004(12): 85-95, 122 (in Chinese)
- [5] 黄季焜. 农业技术的采用和扩散, 农业技术进步测定的理论方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1994
Huang J K. *The Theory and Method for the Determination of Agricultural Technology Progress by the Adoption and Diffusion of Agricultural Technology* [M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 1994 (in Chinese)
- [6] 郭霞. 基于农户生产技术选择的农业技术推广体系研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2008
Guo X. Study on agricultural technology extension system based on choices of farmers' production technology [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2008 (in Chinese)
- [7] 周波. 江西稻农技术采用决策研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2011
Zhou B. Study on rice farmer's decision of agricultural technology adoption in Jiangxi Province [D]. Shanghai: Shanghai Jiaotong University, 2011 (in Chinese)
- [8] 朱萌, 齐振宏, 罗丽娜, 黄建, 李欣蕊, 张董敏. 不同类型稻农保护性耕作技术采纳行为影响因素实证研究: 基于湖北、江苏稻农的调查数据[J]. 农业现代化研究, 2015(4): 624-629
Zhu M, Qi Z H, Luo L N, Huang J, Li X R, Zhang D M. Empirical analysis of influencing factors of the adoption of the conservation tillage technology by different type of rice farms: Case study of rice farms in Hubei and Jiangsu provinces [J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2015 (4): 624-629 (in Chinese)
- [9] 林毅夫. 制度、技术与中国农业发展[M]. 上海: 上海人民出版社, 1994
Lin Y F. *Institution, Technology and Agricultural Development in China* [M]. Shanghai: Shanghai People's Publishing House, 1994 (in Chinese)
- [10] 宋军, 胡瑞法, 黄季焜. 农民的农业技术选择行为分析[J]. 农业技术经济, 1998(6): 37-40, 45
Song J, Hu R F, Huang J K. Analysis on farmers' choice behavior of agricultural technology [J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 1998(6): 37-40, 45 (in Chinese)
- [11] Madhu K. Sequential adoption of sitespecific technologies and its implication for nitrogen productivity: A double selectivity model [J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 2001, 83(1): 35-51

责任编辑: 王岩