

引用格式：

刘畅, 张馨予, 张巍. 家庭农场测土配方施肥技术采纳行为及收入效应研究 [J]. 农业现代化研究, 2021, 42(1): 123-131.
Liu C, Zhang X Y, Zhang W. The adoption behaviors and income effects of soil testing and formula fertilization technology on family farms[J]. Research of Agricultural Modernization, 2021, 42(1): 123-131.
DOI: 10.13872/j.1000-0275.2021.0004



家庭农场测土配方施肥技术采纳行为及收入效应研究

刘畅, 张馨予*, 张巍

(东北农业大学经济管理学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘要: 测土配方施肥技术不仅有利于减少化肥的施用, 还有利于控制农业面源污染, 促进农民节支增收, 是实现农业可持续发展的重要方式。基于理性小农理论, 利用东北地区种植型家庭农场调查数据, 运用内生转换模型, 分析影响家庭农场采纳测土配方施肥技术的行为因素, 探究测土配方施肥技术对家庭农场农业收入效应的影响。结果表明, 东北地区家庭农场测土配方施肥技术采纳率仅为 44.62%, 采纳率偏低。年龄对该技术采纳呈现负向影响, 受教育程度、农业技术培训、风险偏好、经营规模、土地流转期限和示范农场显著正向影响家庭农场对该技术的选择; 受教育程度越高、接受过农业技术培训、风险偏好和示范农场对采纳该技术的家庭农场增收效果显著, 经营规模大的家庭农场其采纳测土配方施肥技术收入提升效果最好。研究表明, 测土配方施肥技术具有明显正向收入效应, 能够显著提高家庭农场农业收入。因此, 提出加快健全测土配方施肥技术推广机制, 提升家庭农场主的人力资本水平, 逐步改善测土配方施肥技术应用的约束条件, 完善风险补偿机制, 提倡家庭农场适度规模经营等政策建议。

关键词: 家庭农场; 测土配方施肥技术; 收入效应; 采纳行为; 内生转换模型

中图分类号: F323.22

文献标识码: A

文章编号: 1000-0275 (2021) 01-0123-09

The adoption behaviors and income effects of soil testing and formula fertilization technology on family farms

LIU Chang, ZHANG Xin-Yu, ZHANG Wei

(College of Economics and Management, Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030, China)

Abstract: Soil testing and formula fertilization technology is not only conducive to reduce the application of chemical fertilizers, but also conducive to control agricultural non-point source pollution and to help farmers reduce costs and increase income, which is an important way to achieve sustainable development of agriculture. Based on the rational smallholder theory and a survey data of planting family farms in northeast China, this paper examined the influences of the adoption behaviors of soil testing and formula fertilizer technology by family farms, and explored the income effect of the adoption of the technology by the endogenous switching regression model. Results show that the adoption rate of soil testing and formula fertilization technology is low, only 44.62% of the surveyed farms. Research also finds that the age of the household head has a negative impact on the adoption of this technology, and education level, agricultural technology training, risk preference, business scale, land transfer period, and demonstration farms have significant positive impacts on family farm's adoption of this technology. In addition, education level, training in agricultural technology, risk preference, and demonstration farms have significant influences on farm income. Large scale family farms have the best income increase by adopting this technology. The study further confirms that the soil testing and formula fertilization technology has a significant positive income effect, which can significantly improve farm income. Therefore, this paper suggests to enhance the promotion mechanism of the soil testing and fertilizer technology, to increase the accumulation of human capital level of family farms, to improve the constraint conditions of the application of soil testing and formula fertilization technology, to improve the risk compensation mechanism, and to advocate the family farm moderate scale management.

Key words: family farm; soil testing and formulated fertilization technology; income effects; adoption behaviors; the endogenous switching regression model

基金项目: 国家社会科学基金项目 (17BJY099)。

作者简介: 刘畅 (1978—), 女, 黑龙江哈尔滨人, 博士, 教授, 主要从事农业经济管理研究, E-mail: liuchang1978@neau.edu.cn; 通信作者: 张馨予 (1993—), 女, 黑龙江哈尔滨人, 博士生, 主要从事农业经济管理研究, E-mail: 1113498448@qq.com。

收稿日期: 2020-10-30, 接受日期: 2020-12-12

Foundation item: National Social Science Foundation of China (17BJY099).

Corresponding author: ZHANG Xin-Yu, E-mail: 1113498448@qq.com.

Received 30 October, 2020; Accepted 12 December, 2020

测土配方施肥技术是转变传统施肥方式,改良施肥结构的重要手段,是实现化肥科学用量的绿色农业生产方式,有助于提高化肥利用效率,保护农业生态环境,保障作物稳定增产的同时实现农民增收。目前,我国农业生产普遍存在化肥综合利用率低、施肥结构搭配不合理和施用方法缺乏科学性与针对性等问题,与我国农业发展所倡导的绿色可持续发展战略目标不相适应。2018年我国农业化肥施用量为 340.8 kg/hm^2 ,超出国际公认化肥施用量安全警戒 225 kg/hm^2 近1.5倍。为解决化肥施用过量带来的环境污染问题,2017年中共中央办公厅、国务院印发《关于创新体制机制推进农业绿色发展的意见》中提出“2020年主要农作物化肥、农药施用量实现零增长,有效利用率提升到40%”的目标。尽管国家大力支持兼具经济与环境双重效益的测土配方施肥技术实施,但其推广和使用规模尚未产生显著变化^[1]。家庭农场作为国家重点培育的新型农业经营主体,具有降低管理成本和提高生产效率的优势^[2],是测土配方施肥技术的终端采纳者,也是促进该技术推动农业绿色生产转型的重要载体。因此,从家庭农场视角出发,有必要对其测土配方施肥技术采纳行为及收入效应进行分析。

农业绿色生产行为可以有效保护农业环境,促进农业可持续发展,对其采纳行为的研究也成为国内外学界关注的焦点,主要研究有两个方面:一是农户个人特征对技术采纳行为影响。Degnet和Mekbib^[3]研究表明,农业生产者个体特征会对新型农业技术采用行为产生影响。受教育程度较高的农户学习能力和环保意识较强,其采纳绿色农业技术意愿更高^[4]。二是外部环境因素对绿色农业技术采纳行为影响。土地产权稳定性与农业耕种规模,是影响农户采纳行为的重要因素^[5]。经济效益是农户绿色农业技术采纳行为的主导因素^[6]。同时,有研究证实农场耕种规模、耕地质量和农场地理位置对农业新型施肥技术的实际采纳率存在正向影响^[7]。

随着我国测土配方施肥技术的推广,国内学者主要从农户主体内生驱动因素和外界情景变化因素两个方面来探究采纳行为的影响,一是农户测土配方施肥技术采纳影响机理,主要包括个体特征、认知水平和家庭禀赋三个层面,研究证实农户年龄、性别、受教育程度和农业生产经营环境等因素对采纳测土配方施肥技术具有明显影响^[8-10]。同时认知决定其对测土配方施肥技术采纳的态度和看法,会间接影响其行为选择,其中农户主观规范^[11]、采纳动机^[12]和绿色认知水平^[13]等因素是造成采纳行

为受限的主要原因。二是测土配方施肥技术采纳与收益研究,经济效益会刺激农户产生经营动机,利益和效用是意愿的驱动根源^[14],家庭农场自身经营特征与效益对其采纳测土配方施肥技术具有影响。农业技术进步会对农户带来福利效应^[15-16]。通过测算单产函数,探究采纳该技术对农民增收具有实质性影响^[17]。且测土配方施肥技术具有明显的经济效应^[18]。已有研究表明先进的农业技术对农户增收有显著的促进作用。

现有研究主要集中于个体因素或外界因素对农户采纳绿色农业技术影响机理分析上,研究结论对本文具有一定指导作用。由于测土配方施肥绿色农业技术应用是一种技术采纳行为,其在表现形式上具有特殊性和复杂性,更容易受到农业经营者个体意愿和自我选择偏差等内生性与异质性因素影响。对于家庭农场经营主体而言,采纳测土配方施肥技术的收益是否能够高于传统技术收益仍存在未知,因此,探究分析家庭农场采纳测土配方施肥技术行为及其带来的收入效应对家庭农场和农业可持续发展均有重要意义。鉴于此,本文基于理性小农理论,选择家庭农场经营主体为研究对象,利用东北地区实地调研数据,采用内生转换模型,探究家庭农场采纳测土配方施肥技术的行为因素,以期深入了解家庭农场采纳该技术后其收入效应的变化,为农业化肥科学施用提供理论依据,促进我国农业向着绿色、高质量方向发展。

1 理论分析与研究假说

农业生产者在一定时期内做出对生产技术的决策,都是其基于约束条件下利润最大化的过程^[19]。根据舒尔茨的理性小农理论假设,家庭农场生产经营目标是寻求利润最大化,考虑其采纳测土配方施肥技术可能带来的技术风险及预期净收益原则,在是否采纳测土配方施肥技术时这类主体会考虑该技术可能带来的技术风险和预期净收益。若家庭农场采纳该技术的预期净收益大于当前技术的净收益时,家庭农场主会采纳该技术,否则反之。

1.1 家庭农场主个体特征对采纳行为的影响

家庭农场经营者间存在个体特征差异,其对采纳测土配方施肥技术的行为决策会受个体差异因素限制。有研究表明,随着农户年龄的增长可能会选择用化肥和农药进行传统种植^[20]。通常情况下年龄较小的农户对新技术的接受程度高于年龄大的农户。农户的受教育程度会影响其采纳测土配方施肥技术的能力,认知低会妨碍其对该技术形成一个全

面的认识^[11]。农户是否采纳测土配方施肥技术主要受农业技术推广与培训的影响^[21]。风险承受能力越强其对该技术的采纳意愿越高，而风险承受能力弱的家庭农场则会降低生态效益预期，这也就对采纳该技术的行为产生阻碍^[22]。因此，本文认为测土配方施肥技术受个体差异特征影响，其中，年龄对该技术采纳可能具有负向影响，农业技术培训、受教育程度和风险偏好对该技术的采纳存在正向影响。

1.2 家庭农场经营特征对采纳行为的影响

土地是农业生产不可替代的生产资料，农业经营规模在很大程度上指土地经营规模。有研究表明，土地经营规模对家庭农场采纳测土配方施肥技术具有显著正向影响^[23]。刘凤芹^[24]基于农场收益最大化视角，对黑龙江省家庭农场研究表明，大规模经营相比小规模经营更容易得到要素节约和单位产量优势。适度经营范围内，土地经营规模对农业生产绩效产生正效应，经营规模扩大可以实现土地、资金和劳动力的优化配置^[25]，当家庭农场达到一定经营规模时，可以促进其采纳先进的农业技术，实现收益的增加^[26]。同时，家庭农场土地流转年限和土地来源同样会影响测土配方施肥技术的采纳，且示范农场会在采纳该技术起到先导作用^[27]。基于以上分析，本文认为经营规模、土地流转年限、土地来源和是否是示范农场等经营特征因素对测土配方施肥技术采纳行为具有正向影响。

1.3 测土配方施肥技术采纳与收入效应

测土配方施肥技术能改善化肥不合理施用所带来的耕地污染状况，是提高农业经营效益的绿色农业生产技术。测土配方施肥技术能够改善化肥施用结构并提高化肥利用率，提高农产品产量并增加农业经营收益^[28]。张成玉和肖海峰^[17]研究得出测土

配方施肥技术能够在小麦和水稻粮食作物种植过程中起到增收节支效果，可使两种作物种植农户分别增收 531.64 元 /hm² 和 492.15 元 /hm²。因此该技术具有显著的经济效应，具有增收特点^[29]，采用测土配方施肥技术能够在一定程度上提升农业经营利润。参考以上研究，本文认为种植同样作物的家庭农场当中，采纳测土配方施肥技术的家庭农场农业收入更高。

2 研究方法

2.1 数据来源

我国家庭农场经营类型主要包括种植型、养殖型和种养结合型，本文选择以种植型家庭农场为调研对象。基于调研地区环境承载力和农业农村实际情况设计了测土配方施肥技术采纳情况调查问卷。考虑综合抽样原则和研究目的，课题组于 2019 年在辽宁、吉林和黑龙江三个省份开展入户调研，在每个样本省份分层选择地级市、县和乡镇的家庭农场，最终获得样本 530 份，其中有效样本 502 份，有效问卷回收率达到 94.7%，其中地区样本量分布为辽宁省 166 份、吉林省 167 份和黑龙江省 169 份。

在家庭农场调研样本中（表 1），69.71% 的家庭农场经营者年龄在 30~50 岁；受教育程度在初中的家庭农场经营者占大多数，占比为 58.96%；有 78.49% 的家庭农场经营者接受过农业技术培训，其中包括测土配方配施技术；风险偏好与风险中立的家庭农场经营者比例略高于风险规避家庭农场经营者，占比分别为 35.26% 和 39.04%；经营规模在 16~25 hm² 的家庭农场占比达 42.23%；有 53.39% 的家庭农场土地流转期限在 5~10 年；家庭农场经营土地大多来自流转土地，占比达到 76.49%；示范农

表 1 样本家庭农场基本特征
Table 1 Basic characteristics of the sample family farms

变量	组别	份数	比重 (%)	变量	组别	份数	比重 (%)
农场主年龄 (岁)	< 30	62	12.35	家庭农场经营 规模 (hm ²)	< 5	9	1.80
	30~40	148	29.48		5~15	182	36.25
	41~50	202	40.23		16~25	212	42.23
	≥ 51	90	17.93		≥ 26	99	19.72
农场主受 教育程度	小学	102	20.32	土地流转期限 (年)	< 5	147	29.28
	初中	296	58.96		5~10	268	53.39
	高中 / 中专	66	13.15		11~15	76	15.14
	大学 / 大专	38	7.57		≥ 16	13	2.59
是否接受 培训	否	108	21.51	示范家庭农场	是	159	31.67
	是	394	78.49		否	343	68.33
风险偏好	风险规避	129	25.70	家庭农场 经营的土地	家庭承包土地	55	10.96
	风险中立	177	35.26		流转土地	384	76.49
	风险偏好	196	39.04		开荒地等土地	63	12.55

场的数量占样本总数 31.67%。

2.2 变量选择

1) 因变量。与理论分析相对应, 家庭农场农业收入效应是指采纳测土配方施肥技术所带来的收入变化, 因此, 设置因变量为家庭农场农业收入并取自然对数处理。

2) 核心变量。根据研究模型设定, 核心变量设置为家庭农场测土配方施肥技术采纳决策, 如果采纳该技术, 则变量赋值为 1, 否则赋值为 0。

3) 控制变量。基于测土配方施肥技术采纳行

为会受个人或社会经济环境等因素的综合影响^[30], 家庭农场主会根据自身资源禀赋和家庭农场特征做出技术决策。与理论分析相对应, 本文控制变量主要包括家庭农场主个体特征和家庭农场特征。家庭农场主个体特征包括年龄、受教育程度、农业技术培训和风险偏好, 农场特征变量包括经营规模、土地流转期限、土地来源和是否是示范农场。引入地域虚拟变量, 分为辽宁省、吉林省和黑龙江省, 并选取黑龙江省为对照组, 具体变量定义与描述统计见表 2。

表 2 变量定义及统计描述
Table 2 Variable definition and descriptive statistics

变量类型	变量	含义及赋值	均值	标准差	预期方向
因变量	农业收入	实际农业收入的对数	9.213	0.982	
核心变量	采纳测土配方施肥技术	是=1; 否=0	0.457	0.440	
个体特征	农场主年龄	实际年龄(周岁)	47.982	8.931	-
	农场主受教育程度	高中及以上=1; 初中及以下=0	0.409	0.395	+
	农业技术培训	是否接受过农业技术培训; 是=1; 否=0	0.784	0.309	+
	风险偏好	风险偏好=1; 其他=0	0.388	0.401	+
	风险中立	风险中立=1; 其他=0	0.342	0.328	-
	风险规避	风险规避=1; 其他=0	0.239	0.379	-
农场特征	经营规模	家庭农场实际经营耕地面积(hm ²)	17.612	14.977	+
	土地流转期限	转入土地中最长流转期限(年)	8.987	6.087	+
	土地来源	流转土地面积占农场经营总面积的比例(%)	76.492	29.066	+
	是否是示范农场	是=1; 否=0	0.317	0.297	+
地域变量	辽宁省	否=0, 是=1	0.325	0.412	
	吉林省	否=0, 是=1	0.329	0.301	
	黑龙江省	否=0, 是=1	0.347	0.409	

注: 家庭农场经营的土地来源为占家庭农场土地总面积比例。

2.3 模型设定

1) 测土配方施肥技术采纳对家庭农场农业收入水平模型设定。结合前文分析, 本研究选择能够获取对家庭农场增收效应无偏估计的内生转换模型, 测算平均处理效应, 以此来分析测土配方施肥技术选择带来的收入差异。家庭农场采纳测土配方施肥技术对其收入的影响测算, 考虑两种情形, 即采纳该技术和未采纳该技术的农场, 定义家庭农场采纳测土配方施肥技术收入效应估计方程为:

$$Y_i = X_i\beta_i + \delta A_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

式中: Y_i 为农业收入, X_i 为可观测变量, A_i 为家庭农场 i 采纳测土配方施肥技术采纳变量, ε_i 为随机干扰项, β 和 δ 为待估参数。鉴于家庭农场会根据自身条件选择是否采纳测土配方施肥技术, 采纳决策可能受不可观测因素影响, 而因素又与结果变量相关, 因此估计方程(1)可能会因自选择问题导致估计偏误, 进而构建行为选择方程和两个收入决定方程。本文定义家庭农场采纳测土配方施肥技术

行为选择方程为:

$$A_i^* = a_i Z_i + \mu_i \quad (2)$$

式中: A_i^* 为潜变量, $A_i=1$ 表示家庭农场采纳测土配方施肥技术, $A_i=0$ 表示家庭农场未采纳该技术, Z_i 为外生解释变量, 包括家庭农场主特征和家庭农场特征, μ_i 为随机干扰项。

构建测土配方施肥技术采纳和未采纳家庭农场农业收入方程分别为:

$$Y_{ia} = X_{ia}\beta_a + \sigma_{ua}\lambda_{ia} + \varepsilon_{ia} \quad (3)$$

$$Y_{in} = X_{in}\beta_n + \sigma_{un}\lambda_{in} + \varepsilon_{in} \quad (4)$$

式中: Y_{ia} 和 Y_{in} 分别为测土配方施肥技术采纳与未采纳家庭农场的农业收入水平, X_{ia} 和 X_{in} 为影响家庭农场采纳该技术的因素, ε_{ia} 和 ε_{in} 为方程的误差项。为解决不可观测因素导致的样本选择性偏差, 引入 λ_{ia} 和 λ_{in} 及其协方差 $\sigma_{ua} = \text{cov}(\mu_i, \varepsilon_{ia})$ 和 $\sigma_{un} = \text{cov}(\mu_i, \varepsilon_{in})$, 并运用完全信息极大似然法进行联立估计。

2) 基于内生转换回归模型的平均处理效应估计。通过现实情境和反事实假设下测土配方施肥技

术采纳家庭农场与未采纳的农业收入水平期望值，从而估计测土配方施肥技术采纳的平均处理效应。

采纳和未采纳测土配方施肥技术家庭农场农业收入期望值分别为：

$$E[Y_{ia}|A_i=1]=X_{ia}\beta_a+\sigma_{ua}\lambda_{ia} \quad (5)$$

$$E[Y_{in}|A_i=0]=X_{in}\beta_n+\sigma_{un}\lambda_{in} \quad (6)$$

同时考虑两种反事实假设，即测土配方施肥技术使用农场在未采纳情境下农业收入期望值为：

$$E[Y_{in}|A_i=1]=X_{in}\beta_n+\sigma_{un}\lambda_{ia} \quad (7)$$

未使用测土配方施肥技术的家庭农场在采纳该技术后的农业收入期望值为：

$$E[Y_{ia}|A_i=0]=X_{ia}\beta_a+\sigma_{ua}\lambda_{in} \quad (8)$$

因此，可得家庭农场测土配方施肥技术的收入期望（ATT）和反事实收入期望（ATU）为：

$$ATT=E[Y_{ia}|A_i=1]-E[Y_{in}|A_i=1] \quad (9)$$

$$ATU=E[Y_{ia}|A_i=0]-E[Y_{in}|A_i=0] \quad (10)$$

3 结果与分析

3.1 家庭农场测土配方施肥技术采纳与收入分析

为了确定家庭农场采纳测土配方施肥技术情

况及其带来的农业收入水平差异，表 3 为家庭农场测土配方施肥技术采纳情况及其带来的农业收入情况。结果显示，东北地区三个省份家庭农场采纳测土配方施肥技术行为具有相似性。总体来看，东北地区未采纳测土配方施肥技术的家庭农场样本量为 278 户，占比约为 55.38%；采纳但未完全按照测土配方施肥技术进行农业生产的家庭农场为 120 户，占比约为 23.90%；完全采纳的样本量为 104 户，占比约为 20.72%。

从农业收入水平来看，采纳测土配方施肥技术的家庭农场明显高于未采纳农场 0.2 万元 /hm²，其中辽宁省、吉林省和黑龙江省采纳组与未采纳组农业收入差距约为 0.21 万元 /hm²、0.17 万元 /hm² 和 0.23 万元 /hm²，黑龙江省采纳该技术带来的增收效应高于其他两省，辽宁省采纳该技术带来的收入水平高于吉林省。这一统计结果显示采纳测土配方施肥技术后，家庭农场农业收入存在差异性，为了更为直观的观察家庭农场采纳测土配方施肥技术的实际收入效应，本文采用内生转换模型进行更为深入的实证分析。

表 3 家庭农场测土配方施肥技术采纳与收入情况

Table 3 Adoption of soil testing and formula fertilization technology and income levels of family farms

地区	采纳情况	样本量 (个)	样本占比 (%)	农业收入 (万元 /hm ²)
辽宁	未采纳	82	49.40	1.15
	采纳但未完全实施该技术	35	21.08	1.19
	完全采纳	49	29.52	1.36
吉林	未采纳	103	61.68	1.09
	采纳但未完全实施该技术	39	23.35	1.18
	完全采纳	25	14.97	1.26
黑龙江	未采纳	93	55.03	1.06
	采纳但未完全实施该技术	46	27.22	1.10
	完全采纳	30	17.75	1.29
总体样本	未采纳	278	55.38	1.10
	采纳但未完全实施该技术	120	23.90	1.16
	完全采纳	104	20.72	1.30

3.2 测土配方施肥技术采纳行为影响因素分析

从选择方程结果可知，受访者年龄对测土配方施肥技术采纳行为的影响在 10% 显著性水平下负相关（表 4），即高龄农场主可能会因技术难度高或固有农耕思想不愿意采纳该技术。受教育程度在 10% 水平下显著，表明受教育程度越高越可能采纳测土配方施肥技术，这是由于受教育较高的家庭农场经营者具备较强的学习能力并能积极地付诸于实践。农业技术培训在 5% 显著性水平下正相关，说明对农业技术掌握越熟练的家庭农场经营者，在有测土配方施肥技术采纳意愿的前提下，其同样存在

采纳行为。风险偏好对家庭农场测土配方施肥技术采纳意愿和行为显著正向相关。即农业生产是一个自然获取过程，其本身就承载着一定的自然风险，如果在气候和自然风险上再加一层技术风险，农民将要付出更高的风险，如果无法弥补和分散技术风险，就会极有可能做出放弃采纳该技术的决定。

经营规模对家庭农场采纳测土配方施肥技术具有显著正向影响（表 4），达到一定经营规模的家庭农场无论在雇工还是生产资料获取等方面均比小规模经营农场具有一定优势，尤其是短时间内，小规模经营的家庭农场采取绿色生产模式所需的劳动力

表 4 采纳测土配方施肥技术选择方程与农业收入方程估计结果
Table 4 Adoption models of the technology and the estimation results of the farm income equation

变量名称	选择方程		收入方程（未采纳组）		收入方程（采纳组）	
	系数	T 值	系数	T 值	系数	T 值
年龄	-0.001*	-1.701	-0.134	-1.434	-0.012	-0.249
受教育程度	0.201*	1.824	0.039*	1.762	0.016**	2.050
技术培训	0.243**	2.289	0.206**	2.015	0.033**	2.179
风险偏好	0.088*	1.742	0.049	0.478	0.058**	2.337
经营规模	0.126**	2.133	0.143**	2.361	0.191***	3.460
流转期限	0.176**	2.290	0.068	0.783	0.067	0.209
土地来源	0.050	0.445	-0.334	-1.071	-0.094	-0.228
示范农场	0.093**	2.017	0.133*	1.867	0.158**	2.332
辽宁省	-0.042	-0.421	-0.334	-0.870	-0.094	-0.851
吉林省	-0.026	-0.160	0.292	1.221	0.007	0.109
$\ln\sigma_{\mu a}$		-0.113** (T = -2.128)				
$\rho_{\mu a}$		-0.363** (T = -1.921)				
$\ln\sigma_{\mu n}$		-0.271* (T = -1.788)				
$\rho_{\mu n}$		-0.206* (T = -1.650)				
LR text of indep		6.622**				

注：*、**、*** 分别表示系数在 10%、5% 和 1% 水平上显著；地域变量“黑龙江省”为参照组。

和生产资料会更高。因此，理性的小规模家庭农场经营者很难采纳绿色农业技术替代传统农业技术，进而此类家庭农场采纳该技术行为积极性并不高。土地来源对测土配方施肥技术影响并不显著。有研究表明，农户更注重自家土地保护，进而在转入土地中采用有机肥的施用量会少于自家土地的施用量^[31]，但本研究结果显示，家庭农场土地来源对采纳测土配方施肥技术行为的影响并不显著，说明农场转入土地较稳定，在农业生产过程中不会区别对待自家承包地和转入土地。

土地流转期限和是否是示范农场对家庭农场测土配方施肥技术采纳均有显著正向影响（表 4）。说明土地流转年限越短，农场经营的稳定性和持续性也就越弱，其采纳该技术的行为会降低。地域变量在模型结果中不显著，说明东北三省家庭农场采纳测土配方施肥技术行为差异性较小。

3.3 家庭农场农业收入水平影响因素分析

比较模型中采纳和未采纳测土配方施肥技术的收入方程可以发现，处理组和对照组的收入效应机制不同，无论家庭农场是否采纳测土配方施肥技术，年龄都不会对农业收入产生显著影响（表 4）。从采纳组农业收入的结果来看，受教育程度越高，通过对测土配方施肥技术的有效掌握，对收入的提升作用明显。从对照组未采纳该技术的家庭农场和采纳组结果显示，当家庭农场主具备一定农业技术时，均会在 5% 水平下促进其农业收入增长，农业技术对家庭农场收入有明显提升作用。风险偏好对采纳

该技术的家庭农场农业收入具有显著正向影响，说明风险偏好型家庭农场获得更多收入的可能性更高。各收入方程中经营规模均有助于提升家庭农场农业收入，且采纳组系数大于未采纳组，说明具有一定规模的家庭农场，更容易形成规模化经营，提高生产要素利用率的同时，能够有效获得相关生产技术支持，提升该技术带来的农业经济收益，能够激励家庭农场采纳该技术。土地来源与流转期限因素的回归系数均不显著，而示范家庭农场对农业收入则有显著正向影响，且结果表明采纳组若是示范农场其采纳该技术后的农业收入相对于其他农场略高，这可能与示范技术效率略高有一定关系。

选择方程和收入方程误差项相关系数 $\rho_{\mu a}$ 与 $\rho_{\mu n}$ 显著不为零（表 4），表明可观测与不可观测变量同时影响了家庭农场采纳测土配方施肥技术的采纳决策，相比没有采纳该技术的家庭农场，采纳组的农业收入更高，农业收入高于平均水平的家庭农场更有可能采纳测土配方施肥技术。对数似然值检验在 5% 的水平上显著，表明拟合状况良好，采用内生转换模型估计是合理的。

3.4 测土配方施肥技术对农业收入影响分析

测土配方施肥技术的实施对家庭农场收入的影响可以通过反事实方法体现，在模型估计基础上，考虑测土配方施肥技术对家庭农场农业收入水平影响的平均处理效应，计算得出消除样本选择偏差采纳组和未采纳组农业收入水平及反事实假设结果。采纳测土配方施肥技术对其农业收入的平均处理效

应在1%的统计水平下有显著正向影响, 计算得出ATT、ATU分别为0.38和0.92(表5)。在考虑反事实假设下, 即使用该技术的家庭农场在反事实(未采纳)情况下, 若未实施相应采纳行为则会降低农业收入, 下降比例为3.71%; 当未采纳该技术家庭

农场在反事实情境下采纳该技术, 则农业收入会显著提升, 提升比例为9.98%。通过对家庭农场采纳测土配方施肥技术选择性偏差分析可以看出, 测土配方施肥技术与传统施肥技术比更能够提升家庭农场的收入水平。

表5 测土配方施肥技术对农业收入影响的平均处理效应
Table 5 Average treatment effects of the soil testing formula fertilization technology on farm income

分组	采纳行为决策		ATT	ATU	T值	变化率(%)
	采纳组	未采纳组				
采纳组	10.25	9.87	0.38***		15.16	3.71
未采纳组	10.14	9.22		0.92***	35.34	9.98

注: *、**、*** 分别表示系数在10%、5%和1%水平上显著。

4 结论与启示

4.1 结论

研究表明, 测土配方施肥技术的施用情况在东北地区普及率仍然不高, 其中55.38%的样本家庭农场未采纳该技术, 该技术的采纳空间有待提升。测土配方施肥技术采纳受农场主自身禀赋和家庭农场特征共同影响。具备高水平教育、接受过农业技术培训、风险偏好、土地流转期限长、经营规模越大和示范农场等特征的农场主和家庭农场会更愿意采纳测土配方施肥技术, 而年龄较高的农场主采纳该技术的意愿不高。

对于采纳测土配方施肥技术的家庭农场, 经营规模的扩大对农业收入水平的提升效果最为明显。受教育程度和农业技术培训对农业收入产生显著正向影响, 即通过学习可提高对该技术的了解和掌握, 从而提升农业收入水平。同样, 风险偏好和示范农场对农业收入产生显著正向影响。处理效应分析表明, 家庭农场采纳测土配方施肥技术对其收益的增加具有显著影响, 即家庭农场采纳该技术能够显著提高农业收入, 较传统施肥方式具备明显优势。

4.2 启示

1) 加快健全测土配方施肥技术推广机制。一方面, 有针对性的向风险偏好型和相对年轻的家庭农场经营者落实该技术, 扩大该技术应用的概率, 通过技术扩散和技术实施后的良好示范效应促进周边农场推广。另一方面, 政府应当给予政策扶持和财政补贴以鼓励家庭农场积极采取绿色健康的农业生产方式, 推动其成为高效、绿色和可持续发展的农业经营组织形式之一。

2) 提升家庭农场主的人力资本水平, 逐步改善测土配方施肥技术应用的约束条件。更加关注年龄偏大且受教育程度偏低群体, 并采取面对面授课

方式提供相应的技术指导以提升此类农场主职业技能水平。

3) 完善风险补偿机制, 提倡家庭农场适度规模经营。增强家庭农场主对测土配方施肥技术实施的抗风险能力, 确保经营收益与采纳该技术协调。针对经营规模受限或受土地流转年限影响的家庭农场, 政府应鼓励土地流转, 健全土地流转机制, 提高政策优惠与扶持力度, 保障家庭农场通过适度规模经营减少雇工成本和生产资料成本的消耗, 使得家庭农场经营者获得更高的净收益进而更愿意采纳测土配方施肥技术。

参考文献:

- [1] 王晓飞. 农户测土配方施肥技术采纳意愿的影响因素及路径[J]. 湖南农业大学学报(社会科学版), 2020, 21(1): 1-7.
Wang X F. Influencing factors and paths of farmers' willingness to adopt soil testing and formulated to adopt soil testing and formulated[J]. Journal of Hunan Agricultural University (Social Sciences), 2020, 21(1): 1-7.
- [2] 张红宇, 杨凯波. 我国家庭农场的功能定位与发展方向[J]. 农业经济问题, 2017, 38(10): 4-10.
Zhang H Y, Yang K B. Function orientation and development direction of family farm in China[J]. Issues in Agricultural Economy, 2017, 38(10): 4-10.
- [3] Degnet A, Mekbib G H. The impact of cooperatives on agricultural technology adoption: Empirical evidence from Ethiopia[J]. Food Policy, 2009, 25(2): 231-250.
- [4] Yang G, Xiao Z, Jiao L, et al. Adoption behavior of green control techniques by family farms in China: Evidence from 676 family farms in Huang-Huai-Hai plain[J]. Crop Protection, 2017, 99(9): 76-84.
- [5] Summer D A. American farm keep growing: Size productivity and policy[J]. The Journal of Economic Perspectives, 2014, 28(1): 147-166.
- [6] Daku B, Hawkins W, Prugger A F. Channel measurements in mine tunnels[J]. IEEE Vehicular Technology Conference, 2002, 20(1): 380-383.
- [7] Fernandez-Cornejo J, Ferraioli J. The Environmental effects of

- adopting IPM techniques: The case of peach producers[J]. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 1999, 31(3): 551-564.
- [8] 李莎莎, 朱一鸣, 马骥. 农户对测土配方施肥技术认知差异及影响因素分析——基于 11 个粮食主产省 2172 户农户的调查[J]. *统计与信息论坛*, 2015, 30(7): 94-100.
- Li S S, Zhu Y M, Ma J. Analysis on the cognitive differences on soil testing and formulated fertilization technology and its reason: Base on the survey of 2172 farmer household from 11 provinces[J]. *Statistics & Information Forum*, 2015, 30(7): 94-100.
- [9] 罗小娟, 冯淑怡, 黄挺, 等. 测土配方施肥项目实施的环境和经济效果评价[J]. *华中农业大学学报(社会科学版)*, 2014(1): 86-93.
- Luo X J, Feng S Y, Huang T, et al. Assessment on environmental and economic effects of formula fertilization by soil testing project[J]. *Journal of Huazhong Agricultural University (Social Sciences Edition)*, 2014(1): 86-93.
- [10] 苏毅清, 王志刚. 农户施用测土配方肥及效果满意度的影响因素——基于山东省平原县的问卷调查数据[J]. *湖南农业大学学报(社会科学版)*, 2014, 15(6): 25-31.
- Su Y Q, Wang Z G. Effects of testing and formulated fertilization and farmers' satisfaction: Evidence from rural household survey in Pingyuan County, Shandong Province[J]. *Journal of Hunan Agricultural University (Social Sciences)*, 2014, 15(6): 25-31.
- [11] 张复宏, 宋晓丽, 霍明. 果农对过量施肥的认知与测土配方施肥技术采纳行为的影响因素分析——基于山东省 9 个县(区、市)苹果种植户的调查[J]. *中国农村观察*, 2017(3): 117-130.
- Zhang F H, Song X L, Huo M. Excess fertilizer application and growers' adoption behavior for soil testing for fertilizer formulation and their determinants: An empirical analysis based on survey data from apple growers in 9 counties of Shandong Province[J]. *China Rural Survey*, 2017(3): 117-130.
- [12] 郭利京, 黄振英, 仇焕广. 农户生活垃圾无害化处理行为的动力机制研究——基于江苏 1028 个农户的实证[J]. *山西农业大学学报(社会科学版)*, 2018, 17(5): 34-41.
- Guo L J, Huang Z Y, Qiu H G. Study on the dynamic mechanism of pro-environment behavior in household garbage disposal: Taking 1028 farmers in Jiangsu Province as an example[J]. *Journal of Shanxi Agricultural University (Social Science Edition)*, 2018, 17(5): 34-41.
- [13] 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.
- [14] 温宁, 张红丽. 干旱区农户农田防护林经营意愿与行为悖离影响因素分析——基于新疆农户的调查研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2020, 34(4): 59-64.
- Wen N, Zhang H L. Analysis on the factors influencing farmers' farmland shelterbelt management willingness and behavior deviation in Xinjiang[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2020, 34(4): 59-64.
- [15] 苗珊珊. 基于大国经济剩余模型的农业技术进步福利效应研究[J]. *研究与发展管理*, 2015, 27(6): 116-123.
- Miao S S. Agricultural technology progress welfare effects based on economic surplus model[J]. *R&D Management*, 2015, 27(6): 116-123.
- [16] 陈治国, 李红, 刘向晖, 等. 农户采用农业先进技术对收入的影响研究——基于倾向得分匹配法的实证分析[J]. *产经评论*, 2015, 6(3): 140-150.
- Chen Z G, Li H, Liu X H, et al. Researching the effects of agricultural advanced technology adoption on farmers' income: Based on propensity score matching method[J]. *Industrial Economic Review*, 2015, 6(3): 140-150.
- [17] 张成玉, 肖海峰. 我国测土配方施肥技术增收节支效果研究——基于江苏、吉林两省的实证分析[J]. *农业技术经济*, 2009(3): 44-51.
- Zhang C Y, Xiao H F. Study on the effect of increasing income and saving cost of soil testing and formula fertilization technology in China: Based on the empirical analysis of Jiangsu and Jilin[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2009(3): 44-51.
- [18] 韩会平. 农户采用测土配方施肥技术的影响因素分析[D]. 南京: 南京农业大学, 2010.
- Han H P. Analysis on Influencing Factors of Farmers Adopting Soil Testing and Formula Fertilization Technology[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2010.
- [19] 罗岚, 李桦, 许贝贝. 绿色认知、现实情景与农户生物农药施用行为——对意愿与行为悖离的现象解释[J]. *农业现代化研究*, 2020, 41(4): 649-658.
- Luo L, Li H, Xu B B. Green cognition, reality, and farmers' biological pesticide application behaviors: Explaining the deviation between farmers' willingness and their behaviors[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2020, 41(4): 649-658.
- [20] 张振, 高鸣, 苗海民. 农户测土配方施肥技术采纳差异性及其机理[J]. *西北农林科技大学学报(社会科学版)*, 2020, 20(2): 120-128.
- Zhang Z, Gao M, Miao H M. Analysis of farmers' adoption behavior and influencing mechanism of soil testing for fertilizer formulation[J]. *Journal of Northwest A&F University (Social Science Edition)*, 2020, 20(2): 120-128.
- [21] 周力, 冯建铭, 曹光乔. 绿色农业技术农户采纳行为研究——以湖南、江西和江苏的农户调查为例[J]. *农村经济*, 2020(3): 93-101.
- Zhou L, Feng J M, Cao G Q. Research on Farmers' adoption behavior of green agricultural technology: A case study of farmers in Hunan, Jiangxi and Jiangsu[J]. *Rural Economy*, 2020(3): 93-101.
- [22] 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.
- Zhang 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.
- [23] 夏雯雯, 杜志雄, 郜亮亮. 家庭农场经营者应用绿色生产技术的因素影响研究——基于三省 452 个家庭农场的调研数据[J].

- 经济纵横, 2019(6): 101-108.
- Xia W W, Du Z X, Gao L L. Research on the factors affecting the application of green production technology by family farm operators: Based on survey data of 452 family farms in three[J]. *Economic Review Journal*, 2019(6): 101-108.
- [24] 刘凤芹. 农业土地规模经营的条件与效果研究: 以东北农村为例[J]. *管理世界*, 2006(9): 71-79, 171-172.
- Liu F Q. Conditions and effects of agricultural land scale management: A case study of rural areas in northeast China[J]. *Management World*, 2006(9): 71-79, 171-172.
- [25] 胡初枝, 黄贤金. 农户土地经营规模对农业生产绩效的影响分析——基于江苏省铜山县的分析[J]. *农业技术经济*, 2007(6): 81-84.
- Hu C Z, Huang X J. Analysis on the influence of farmers' land operation scale on agricultural production performance: Based on Tongshan County, Jiangsu Province[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2007(6): 81-84.
- [26] 曹铁毅, 王雪琪, 邹伟. 经营规模、农业技术培训与家庭农场收入——基于江苏省的调查[J]. *农业现代化研究*, 2020, 41(2): 237-244.
- Cao T Y, Wang X Q, Zou W. Farm operation scale, agricultural technical training, and farm income in Jiangsu[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2020, 41(2): 237-244.
- [27] 蔡颖萍, 杜志雄. 家庭农场生产行为的生态自觉性及其影响因素分析——基于全国家庭农场监测数据的实证检验[J]. *中国农村经济*, 2016(12): 33-45.
- Cai Y P, Du Z X. Analysis of ecological consciousness of family farm production behavior and its influencing factors: An empirical test based on national family farm monitoring data[J]. *Chinese Rural Economy*, 2016(12): 33-45.
- [28] 张锋, 韩会平. 农户采用测土配方施肥技术的增收节支效果分析[J]. *江苏农业学报*, 2012, 28(6): 1471-1475.
- Zhang F, Han H P. Economic effect of soil testing for formulated fertilization[J]. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences*, 2012, 28(6): 1471-1475.
- [29] 韩洪云, 蔡书凯. 农药施用健康成本及其影响因素研究——基于粮食主产区农户调研数据[J]. *中国农业大学学报*, 2011, 16(5): 163-170.
- Han H Y, Cai S K. Study on the health cost of pesticide application and its determining factors: An empirical study based on afield survey of rice households in Anhui Province[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2011, 16(5): 163-170.
- [30] 田云, 张俊飏, 何可, 等. 农户农业低碳生产行为及其影响因素分析——以化肥施用和农药使用为例[J]. *中国农村观察*, 2015(4): 61-70.
- Tian Y, Zhang J B, He K, et al. Analysis of farmers' low carbon production behavior and its influencing factors: Taking fertilizer and pesticide application as examples[J]. *China Rural Survey*, 2015(4): 61-70.
- [31] 郜亮亮, 黄季焜, Scott Rozelle, 等. 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, et al. Emerging rental markets and investment in agricultural land in China[J]. *China Economic Quarterly*, 2011, 10(4): 1499-1514.

(责任编辑: 童成立)