

不同规模视角下产出风险对农户技术采用的影响^{*}

——以苹果种植户测土配方施肥技术为例

冯晓龙 仇焕广 (中国人民大学国家发展与战略研究院 北京 100872)

刘明月 (中国人民大学农业与农村发展学院 北京 100872)

内容提要: 本文以农户技术采用理论为支撑,构建产出风险下农户技术采用行为的理论模型,采用矩方法评估农户农业产出风险水平,进而利用陕西苹果种植户微观调查数据,通过 Probit 模型与 Tobit 模型分别实证分析农户农业产出及产出风险对其测土配方施肥技术采用决策与采用强度的影响。结果表明:样本农户采用测土配方施肥技术的比例和强度分别为 33.9%、23.4%,且不同规模农户之间存在差异;不同规模农户的期望产出、产出风险及产出下行风险存在较大差异,其中小规模农户的期望产出、产出风险最高,大规模农户的产出下行风险最高;期望产出与产出下行风险分别显著正向和负向影响农户技术采用决策与采用强度,期望产出显著正向影响小规模农户的技术采用行为,而产出风险则显著负向影响大规模农户的技术采用行为;合作组织参与是影响不同规模农户测土配方施肥技术采用的共同因素,其他因素对不同规模农户技术采用行为的影响程度差异明显。

关键词: 不同规模; 产出风险; 技术采用; 农户; 矩方法

一、引言

中国传统农业以过度依赖资源与要素投入为主要的 ways 发展方式(陈文胜,2014),虽然给农民带来较高的经济效益,但也造成农业面源污染增多、农产品质量下降、农业生产成本增加的现象(农业部,2015)。在资源要素稀缺、环境承载压力不断增大的情况下,传统的农业发展方式难以为继,在未来必须要转变这种发展方式,大力推进科学施肥(冯晓龙等,2016)。测土配方施肥技术是联合国推行的一项环境友好型技术,能够有效缓解农业面源污染(冯晓龙等,2016;葛继红等,2010)。为提高广大农民参与测土配方施肥技术的积极性,中国政府从 2004 年开始制定政策对该项技术进行补贴(葛继红等,2010)。虽然政府已连续 12 年推广测土配方施肥技术,并投入大量的人、财、物,但现实中农户采用该技术的比例依然偏低(冯晓龙等,2016)。因此,在这种背景下,深入研究哪些因素会影响和制约农民对该项技术的采用,影响程度如何,能够为进一步推广测土配方施肥技术,早日实现化肥施用零增长的总体目标提供实证依据和决策参考。

目前,学者们对农户测土配方施肥技术采用行为的研究主要集中在探析农户采用该项技术的影

^{*} 项目来源:国家科技重点项目(编号:CARS-28),国家自然科学基金项目(编号:71673290)。仇焕广为本文通讯作者

响因素方面。例如,葛继红等(2010)分别研究了影响农户是否选择测土配方施肥技术的因素与测土配方肥施用比例的因素,结果发现是否拿到配方卡、技术培训参与是提高农户采用该项技术的可能性与采用比例的共同因素,同时户主年龄、兼业化水平也影响农户技术采用比例。与此研究结论相类似,褚彩虹等(2012)对太湖流域农户的测土配方施肥技术采用行为进行分析,发现农户合作组织参与、技术培训经历、是否拿到配方卡及信息获取是影响农户技术采用的主要因素。还有学者认为户主的受教育水平、家庭社会网络等也是影响农户采用测土配方技术的因素(高辉灵等,2011;张成玉,2010)。上述有关农户测土配方技术采用行为的研究,极大丰富了农户环境友好型技术采用行为领域的研究,为本文的研究提供经验借鉴。但已有研究文献较少关注外部不确定性带来的产出风险对农户测土配方施肥技术采用的影响。发展中国家农户的农业生产往往面临多种不确定性,其中自然风险特别是气候风险是农户面临的最主要风险,是造成农户农业收益或产出的不确定性的主要原因,这种产出的不确定性会严重影响风险规避型农户的农业生产决策(弗兰克·艾利思,2006)。技术是农户农业生产决策的重要组成部分,深入探讨产出风险对农户技术采用决策的影响机制能够加强对农户技术决策的理解,进而提高农户技术采用比例。这在一些发展中国家如智利、埃及、肯尼亚的农户技术采用行为研究中被广泛接受和应用(Antle,1987;César等,2016;Koundouri等,2006;Ogada等,2010),而对于产出风险对中国农户技术采用行为的研究较为缺乏。与此同时,中国农业现代化实现要以土地规模化经营为前提和基础(霍瑜等,2016),在这个时代背景下,基于不同种植规模研究农户技术采用行为成为崭新的视角。

因此,本文以农户技术采用理论为支撑,构建产出风险下农户技术采用行为的理论模型,采用矩方法评估农户农业产出风险水平,进而利用陕西省苹果种植户微观调查数据,通过Probit模型与Tobit模型分别实证分析不同规模农户的农业产出及产出风险对其测土配方施肥技术采用决策与采用强度的影响,继而提出相应的政策启示,以期政府的相关决策提供依据。

二、理论分析与模型构建

(一) 技术采用理论分析

本文借鉴Koundouri等(2006)、Ogada等(2010)的研究思路构建农户技术采用的理论分析框架。假设农户是风险规避型,利用各要素投入生产单一农产品 y ,则农户生产函数可表示为:

$$y = f(X, H) \quad (1)$$

其中, X 表示要素投入向量,包括土地、劳动、化肥等; H 表示影响产出的其他外生因素; $f(\cdot)$ 满足连续且二阶可微条件。

考虑到农民生产过程中会受到以气候变化为主的外部风险影响,令 ε 表示农户面临的风险,且其分布为 $G(\cdot)$,外生于农户活动。则风险规避型农户的净收益的期望效用最大化问题可表示为:

$$\max_X E[U(\pi)] = \max_X \int E\{U[p f(X, H) - rX]\} dG(\varepsilon) \quad (2)$$

其中, $U(\cdot)$ 表示Von neumann-morgenstern效用函数; p 表示农产品价格, r 表示生产要素投入价格向量,并假设农户是价格接受者。

则对于农户各投入要素的一阶条件可表示为:

$$E[r_i U'] = E\left[p \frac{\partial f(X, H)}{\partial x_i} U'\right] \quad (3)$$

与

$$\frac{r_i}{p} = E\left[\frac{\partial f(X, H)}{\partial x_i}\right] + \frac{COV(U'; \partial f(X, H) / \partial x_i)}{E(U')} \quad (4)$$

其中 x_i, x_i 分别表示第 i 个投入要素。

对于风险中性农户, 上式等号右边第二项将等于 0, 则农户技术采用依赖于边际条件。但当农户为风险规避型, 等号右边第二项不为 0 (Koundouri 等 2006)。

农户采用技术当且仅当采用技术期望效用大于未采用技术的期望效用。采用技术的期望效用为:

$$E[U(\pi^1)] = \max_x \int E\{U[pf(X^1, H^1) - r^1 X^1]\} dG(\varepsilon) \quad (5)$$

未采用技术的期望效用为:

$$E[U(\pi^0)] = \max_x \int E\{U[pf(X^0, H^0) - r^0 X^0]\} dG(\varepsilon) \quad (6)$$

则农户采用技术当且仅当

$$E[U(\pi^1)] - E[U(\pi^0)] > 0 \quad (7)$$

由于我们在调查时, 仅能观测农户的单一情形, 如采用或未采用, 因此上述公式不能直接估计。为了避免指定利润函数 π , 风险函数 $G(\cdot)$ 及农户风险偏好函数带来的误差, 本文采用矩方法估计产出风险 (Antle, 1983; 1987)。

(二) 产出风险估计模型构建

本文采用矩方法估计农业的产出风险, 包括外部气候风险和技术风险 (Koundouri 等 2006)。产出风险包括产出风险及产出下行风险, 具体用农户农业产出的二阶矩及三阶矩表示农户产出风险 (方差, M^2) 及产出下行风险 (偏度, M^3) (Antle, 1983; Falco 等 2009; Huang et al. 2014)。产出风险即产出方差, 表示农户农业产出的风险水平, 数值越大说明产出的风险水平越高, 反之亦然; 下行风险表示农业生产的失败概率, 产出偏度下降意味着下行风险增加, 下行风险增加表明在均值和方差给定时, 产出水平低于均值的概率增加, 也就是农业生产失败概率下降 (Falco 等 2009; Huang 等 2014)。不确定条件下农户的农业生产函数可表示为:

$$y = f(X, H, \theta) + u \quad (8)$$

其中 y 表示农户农业产出; X 表示影响农户农业产出的投入要素向量, 包括劳动力、土地、化肥、农药等; H 表示影响农户农业产出的其他特征向量, 包括气温、降水量、地区变量等; θ 为待估计参数向量; u 表示随机误差项, 且满足 $E(u) = 0$ 。

在 (1) 式估计之后, 计算得到 $u = y - f(X, H, \theta)$, 则农户产出的一阶矩, 即期望产出定义为 $E(y) = f(X, H, \theta)$, 产出的方差为 $u_1 = E((u)^2) = f_2(X, H, \theta_1)$, 产出的偏度为 $u_2 = E((u)^3) = f_3(X, H, \theta_2)$ 。在此基础上, 将农户产出的三个矩作为解释变量纳入农户技术采用模型中, 分析其对农户技术采用的影响机制。

(三) 产出风险对农户技术采用行为影响的计量模型构建

根据上述分析, 农户 i 采用技术需要满足以下条件:

$$Y_i^* = E[U(\pi_i^1)] - E[U(\pi_i^0)] > 0 \quad (9)$$

其中 Y_i^* 表示农户 i 技术采用的潜变量, 不能被直接观测。为了便于估计, 我们不妨假设, 农户 i 不采用技术的间接效用可表示为:

$$Y_{0i}^* = H_i \alpha_0 + M_i \beta_0 + \mu_{0i} \quad (10)$$

农户 i 采用技术的间接效用可表示为:

$$Y_{1i}^* = H_i \alpha_1 + M_i \beta_1 + \mu_{1i} \quad (11)$$

由上述两式可得到, 农户 i 采用技术的概率模型为:

$$Pr[Y_i = 1] = Pr[Y_i^* > 0] = Pr[Y_{0i}^* < Y_{1i}^*] = Pr[\mu_i < H_i\alpha + M_i\beta] \\ = \Phi[H_i\alpha + M_i\beta] \quad (12)$$

其中 H_i 表示农户 i 个体、家庭等特征向量; M_i 表示农户 i 产出的一到三阶矩向量; $\mu_i = \mu_{0i} - \mu_{1i}$, 为随机误差项, 假设服从标准正态分布; $\alpha = \alpha_1 - \alpha_0$, $\beta = \beta_1 - \beta_0$, 为待估计参数。

根据上述分析, 农户技术采用是一个二分类变量, 农户采用该项技术, 则取值为 1, 否则取值为 0。因此, 本文采用二元 Probit 模型实证分析产出风险对农户技术采用决策的影响机制。

当农户决定采用该项技术之后, 农户需要进一步决定其技术的采用强度。本文所关注的采用强度是指农户采用技术的面积占总种植面积的比例。为了分析产出风险对农户技术采用强度的影响机制, 构建方程如下:

$$Z_i = H_i\alpha_2 + M_i\beta_2 + \mu_{2i} \quad (13)$$

其中 Z_i 表示农户 i 技术采用强度; α_2 , β_2 为待估计参数向量; μ_{2i} 为随机误差项, 且服从正态分布; H_i 、 M_i 为公式 (12) 定义一致。

由于农户技术采用强度 Z_i 的取值在其采用了该项技术时为大于 0 的数值, 而在农户未采用该项技术时为 0, 因此 Z_i 属于归并被解释变量, 本文采用 Tobit 模型实证分析产出风险对农户技术采用强度的影响机制。

三、数据来源、样本描述与变量选择

(一) 数据来源

本文以陕西苹果种植户为研究对象, 分析农户对测土配方施肥技术的选择行为。选择陕西作为抽样地区的原因在于: 一方面, 陕西从 2005 年开始实施测土配方施肥技术, 连续 11 年投入大量人力、财力及物力推广该项技术, 取得成绩显著。截至 2013 年, 陕西推广面积 4800 多万亩, 节本增效 25.6 亿元 (陕西传媒 2014)。另一方面, 苹果产业作为陕西的主导产业, 已成为农村地区农户增收的重要来源。截至 2014 年, 陕西苹果种植总面积达到 1022.7 万亩, 产量约为 988 万吨, 均居全国第一, 总产量约占全国的 1/4、世界的 1/7 (赵正永 2015)。虽然陕西测土配方施肥技术推广成绩显著, 但通过实际调查发现, 该地区苹果种植户采用这项技术的比例仅占到三分之一, 采用水平依然偏低。因此, 在这种背景下, 研究这一区域苹果种植户测土配方施肥技术采用行为是十分必要且重要的。样本数据源于笔者在 2015 年 7—8 月通过分层抽样方法对陕西 8 个样本县苹果种植户的实地调查, 共完成 8 个县 36 个乡镇 665 个样本种植户的实地调查。剔除部分数据缺失问卷, 最终获得 663 份有效农户问卷。调查内容主要包括村庄与农户两个层次, 其中村庄层次主要包括村庄基本情况; 农户层次主要包括农户与家庭基本特征、苹果种植投入与产出情况及技术采用情况等方面。

(二) 样本特征与农户技术采用情况

为比较分析产出风险对不同规模农户的测土配方施肥技术的影响程度, 本文将样本农户按照规模划分为小规模、中规模及大规模三类农户。规模划分是根据样本总体分布情况, 将 6 亩以下的农户视为小规模, 6~10 亩的农户视为中等规模, 10 亩以上的农户视为种植大户。其中, 小规模农户占到总样本量的 33.3% (221 户), 中等规模农户占到 31.4% (208 户), 大规模农户占到 35.3% (234 户)。

1. 样本基本特征。调查数据显示 (见表 1), 样本地区主要以男性户主、年龄在 40 岁以上、文化程度为初中及以下、劳动力人数为 2 人的家庭为主, 说明该地区苹果种植户年龄偏大, 文化程度普遍较低, 劳动力人数处于中等水平; 随着经营规模的增加, 农户老龄化比例有所下降, 而文化程度、劳动力人数有所增加, 说明大规模农户对家庭自身禀赋要求较高。有 70% 的样本农户家庭总收入在 50000 元以上, 兼业化水平较高。随着农户经营规模的增加, 家庭总收入有所增加, 而非农收入比重

有所下降,说明经营规模越大,农户家庭总收入水平越高,农业收入比重逐渐增加。

表 1 样本农户基本统计特征 (人,%)

统计指标	分类	总样本农户	百分比	小规模农户	百分比	中规模农户	百分比	大规模农户	百分比
性别	男	649	97.9	213	96.4	205	98.6	231	98.7
	女	14	2.1	8	3.6	3	1.4	3	1.3
年龄	40 岁以下	76	11.5	25	11.3	21	10.1	30	12.8
	41~55 岁	390	58.8	113	51.1	130	62.5	147	62.8
	56 岁以上	197	29.7	83	37.6	57	27.4	57	24.4
文化程度	小学以下	174	26.2	80	36.2	40	19.2	54	23.1
	初中	369	55.7	100	45.2	137	65.9	132	56.4
	高中或中专	115	17.3	40	18.1	30	14.4	45	19.2
	大专以上	5	0.8	1	0.5	1	0.5	3	1.3
劳动力人数	1 人	60	9.0	26	11.8	21	10.1	13	5.6
	2 人	508	76.6	184	83.3	165	79.3	159	67.9
	3 人以上	95	14.3	11	5.0	22	10.6	62	26.5
家庭收入	5 万以下	199	30.0	112	50.7	53	25.5	34	14.5
	5~10 万	244	36.8	77	34.8	101	48.6	66	28.2
	10 万以上	220	33.2	32	14.5	54	26.0	134	57.3
兼业水平	是	545	82.2	193	87.3	164	78.8	188	80.3
	否	118	17.8	28	12.7	44	21.2	46	19.7

2. 农户技术采用情况分析。从实际调查情况来看(表 2),在 663 个样本农户中,采用测土配方施肥技术的农户为 225 户,占到 33.9%,农户技术的采用强度为 29.4%。不同规模组农户采用技术比例及强度存在显著差异,其中大规模农户的技术采用比例及采用强度均最高,分别达到 38.5%、31.7%,其次为中等规模农户的 35.6%、31.3%,最后是小规模农户的 27.6%、29.4%。这说明,随着经营规模的不断扩大,农户对农业生产技术的采用积极性越高,对关系到现代农业发展的环境友好型技术更加关注。

表 2 农户技术采用情况 (人,%)

项目	总样本		小规模		中规模		大规模	
	户数	百分比	户数	百分比	户数	百分比	户数	百分比
采用	225	33.9	61	27.6	74	35.6	90	38.5
采用强度	—	29.4	—	25.3	—	31.3	—	31.7
未采用	438	66.1	160	72.4	137	64.4	144	61.5

注:采用强度是指农户技术采用面积占总种植面积的比例,这里的数值为样本平均值

(三) 变量选择与描述性分析

1. 农户农业产出的影响因素。本文借鉴 Falco 等(2009)、Huang 等(2014)做法,选取劳动力、土地、化肥、农药为影响农户农业产出的主要投入要素。同时为较好地测度各投入要素的相互影响,将其平方项与交互项引入模型。此外,已有研究表明,气候条件也是影响农户农业产出重要因素(刘天军等 2012;周力 2013),因此,为分析不同地区气候条件对产出的影响,将农户所在地区的气温和降

水量纳入到农业产出方程中,以此计算农户期望产出、产出方差及产出偏度。具体的变量定义和描述性统计分析见表3。

2. 农户技术采用的影响因素。

(1) 核心变量。本文重点是探究农户的农业产出风险对技术采用的影响机制,因此,本文的核心变量主要包括农户期望产出、产出方差及产出偏度。这三个解释变量需要通过矩方法估计得到。农户期望产出代表农户所能获得平均农业产出水平,产出水平越高,越能激励农户进行农业生产投资,促进其采用先进生产技术(Koundouri等,2006)。本文预期农户期望产出正向影响农户技术采用决策与采用强度。农户产出风险越高,农户进行农业生产投资的积极性越低,更不愿意采纳农业生产的新技术(Ogada等,2010)。因此,本文预期产出方差负向影响农户技术采用决策与采用强度。产出偏度增加意味着产出下行风险减小,产出偏度的增加能够激励农户增加农业投资,促使其采用技术(César等,2016; Ogada等,2010)。本文预期产出偏度正向影响农户技术的采用决策和采用强度,这意味着产出下行风险越小农户技术采用积极性越高。具体变量定义见表3。

(2) 控制变量。本文参考高辉灵等(2011)、葛继红等(2010)、褚彩虹等(2012)、张成玉等(2010)的研究结论,选取户主特征(年龄、受教育程度)、家庭特征(劳动力人口数、是否参与合作组织、家庭收入、非苹果收入占比、是否拿到配方卡)、生产特征(果园是否为平地)及村庄特征(村庄到乡镇政府距离)作为影响农户采用测土配方施肥技术的控制因素。各个变量的定义、预期作用方向及描述性统计分析见表3。

四、实证结果分析

(一) 不同规模农户的期望产出及产出风险分析

利用矩方法估计农户农业的期望产出及产出风险^{*},估计结果见表4。在总样本农户中,期望产出为1332公斤,产出方差为0.260,产出偏度为-0.117。不同规模农户的期望产出、产出方差及产出偏度差异明显。从期望产出来看,小规模农户期望产出水平最高,为每亩1625公斤,中等规模农户次之,大规模农户的期望产出水平最低,每亩仅为1082公斤,说明随着种植规模增加,单位土地期望产出呈现下降趋势。从产出方差来看,小规模农户产出方差最大,为0.275,大规模农户次之,而中等规模农户的产出方差相对较低,说明小规模农户与大规模农户的产出风险水平较高。从产出偏度来看,小规模农户产出偏度数值最大,为-0.097,中等规模次之,大规模农户产出偏度最低,由于产出偏度增加意味着下行风险下降,也就是说小规模农户与较大规模农户具有较低的下行风险。

(二) 不同规模农户技术采用行为的影响因素分析

利用Probit与Tobit模型分别实证分析期望产出及产出风险对农户技术采用决策与采用强度的影响机制,结果见表5。

1. 核心变量对农户技术采用行为的影响分析。总体来看,农户的期望产出与产出偏度均显著正向影响总样本农户的技术采用决策与采用强度,而产出方差的影响没有通过显著性水平检验,这与Koundouri等(2006)、Ogada等(2010)的研究结论基本一致。这意味着农户的农业期望产出越高,产出下行风险越小,越能提高农户技术采用水平。主要是因为期望产出越高、农业生产失败概率越低的农户,对先进的农业生产技术的潜在需求越高,促使农户积极学习和了解测土配方施肥技术,在改善其技术认知水平基础上,提高技术采用的概率与强度。

* 在实证分析时,首先使用农户前一期的投入产出数据计算得到产出风险的数值,然后探讨产出风险对农户当期的技术采用行为的影响,避免了产出风险变量可能存在的内生性问题

表 3 变量定义与描述性统计分析

变量	变量定义	均值	标准差	预期作用方向
产出风险估计方程				
被解释变量				
亩均产出	农户平均每亩果园苹果产量(公斤/亩)	1462. 634	1076. 297	—
解释变量				
亩均化肥投入	农户平均每亩果园化肥投入(元/亩)	1700. 706	933. 810	+
亩均农药投入	农户平均每亩果园农药投入(元/亩)	277. 039	201. 371	+
亩均劳动投入	农户平均每亩果园劳动投入(工/亩)	30. 206	48. 233	+
人均土地面积	农户人均果园面积(亩/人)	2. 327	2. 366	+
年平均气温	农户所在县域年平均气温(℃)	10. 239	0. 371	+/-
年平均降水量	农户所在县域年平均降水量(mm)	47. 372	2. 516	+/-
技术采用方程				
被解释变量				
技术采用	农户是否采用测土配方技术? 1=是; 0=否	0. 339	0. 474	
采用强度	农户采用技术的果园面积占总种植面积比例(%)	0. 294	0. 427	
解释变量				
核心变量				
期望产出	农户每亩土地平均期望产出(公斤/亩)	—	—	+
产出方差	农户的产出方差测算结果	—	—	-
产出偏度	农户的产出偏度测算	—	—	+
控制变量				
户主特征				
年龄	按照户主的真实年龄计算(岁)	50. 882	8. 811	-
受教育年限	按照户主的受教育年限计算(年)	7. 924	3. 040	+
家庭特征				
合作组织参与	家庭成员是否为社员? 1=是; 0=否	0. 336	0. 472	+
劳动力人数	按照家庭实际农业劳动力人数计算(人)	4. 433	1. 549	+
家庭总收入	2013 年家庭年收入(元)	89731. 63	68721. 56	+
非苹果收入占比	2013 年家庭非苹果收入占比(%)	0. 253	0. 287	-
是否拿到配方卡	家庭是否曾经拿到配方卡? 1=是; 0=否	0. 701	0. 458	+
生产特征				
土地条件	苹果园是否为平地? 1=是; 0=否	0. 931	0. 254	+
村庄特征				
市场环境	按照村庄到乡镇距离计算(里)	11. 677	10. 636	-

注: 由于核心变量需要计量模型测算, 测算结果与描述性统计分析见下文实证结果分析。“预期作用方向”列中, 符号表示解释变量对农户技术采用行为影响的预期方向

表 4 不同规模农户的期望产出及产出风险统计分析

名称	总样本	小规模(6 亩以下)	中等规模(6~10 亩)	大规模(10 亩以上)
期望产出	1331.647(980.129)	1624.932(1521.789)	1300.206(475.398)	1082.467(440.481)
产出方差	0.260(0.135)	0.275(0.139)	0.251(0.131)	0.255(0.134)
产出偏度	-0.117(0.216)	-0.097(0.231)	-0.115(0.199)	-0.139(0.212)

注: 括号内数字为参数的标准误

期望产出、产出方差、产出偏度对不同规模农户技术采用行为的影响结果差异明显。具体来说,对于小规模与中规模农户而言,期望产出对农户技术采用决策与采用强度的影响结果均为正,通过显著性检验,且影响程度随着规模增加有所增强,而产出方差、产出偏度的影响没有通过显著性检验,这说明对于中小规模农户,在技术采用过程中,更多的是关注其亩均产出水平,期望产出水平越高,越能激励农户进行额外的农业生产投资,提高农户学习和了解生产技术的积极性,进而增加农户采用测土配方施肥技术的概率与强度。对于大规模农户而言,产出方差对其技术采用决策与采用强度产生负向影响,且通过10%显著性水平检验,而期望产出与产出偏度的影响不显著,说明对于种植规模较大的农户,由于其对外部不确定性因素的反应更为敏感,因此,在进行生产投资时会更多地考虑不确定性给其农业生产带来的风险,产出风险越大,抑制其农业生产投资的积极性,不利于农户学习和了解测土配方施肥技术的作用和效果,导致采用该技术的可能性与强度偏低。

2. 控制变量对农户技术采用行为的影响分析。

(1) 户主特征对农户技术采用行为的影响。户主受教育年限对三类农户测土配方施肥技术采用行为有显著正向影响,这与高辉灵等(2011)、张成玉等(2010)研究结论一致,且这种影响在大规模农户表现得尤为重要。主要是因为户主受教育年限越长,获取和理解测土配方施肥技术作用和效果的能力越强,采用该项技术的意愿越大,能够有效提高农户的技术采用的可能性与强度。此外,种植规模的扩大需要农户对生产技术及市场信息的掌握能力的增强,掌握能力的增强与农户个体特征密切相关,受教育水平越高的农户倾向于扩大规模,同时他们能够正确理解和把握生产技术和市场信息,因此,农户个体特征在大规模种植户的技术采用行为中作用更加凸显。

(2) 家庭特征对农户技术采用行为的影响。合作组织参与对农户测土配方施肥技术采用决策与采用强度有正向影响,且对三类农户技术采用行为的影响均通过显著性水平检验,这与葛继红等(2010)、褚彩虹等(2012)、冯晓龙等(2016)研究结论一致。当前,合作社在农业生产技术推广方面扮演着举足轻重的作用,先进的种植技术信息能够通过合作社进行传播,如果家庭中有农业合作社成员,则在一定程度可以提高农户对现代农业生产的认知水平,能够较好地理解测土配方施肥技术的益处,进而提高农户技术采用的概率与强度。家庭收入对大规模农户测土配方施肥技术采用决策与采用强度有正向影响,而仅对中小规模农户技术采用强度的影响显著,因为收入水平可以反映一个家庭的财富状况,而一般采用相关农业技术需更多的资金支持,农户测土配方施肥技术采用需要额外的资金投入主要来自上一年家庭收入,上一年家庭收入水平越高,农户采用技术的概率越高,采用强度也越大。非苹果收入占比对农户技术采用具有负向影响,且这种影响在小规模农户表现得尤为突出,可能是因为对于小规模农户而言,其兼业化程度较高,主要依靠其他收入来源,其对苹果种植技术投资的积极性没有大、中规模农户高。

是否拿到配方卡对农户技术采用行为有正效应,尽管在中规模农户不显著,但在大规模与小规模农户组中通过显著性检验,说明在不同规模农户中,拿到配方卡能够提高农户技术采用可能性,主要是因为配方卡是农业技术人员针对农户自身果园情况提出的配方施肥信息,拿到配方卡有利于农户深入了解技术的作用,农户更倾向于选择这项技术。此外,劳动力人数对农户技术采用行为有正向影响,但这种影响仅在中规模农户技术采用行为中显著,可能是因为,技术的采用需要额外的劳动投入,增加对农户农业劳动力的需求,而随着种植规模的增加,劳动力的需求更高,农户在自身劳动力禀赋基础上,可能需要额外的雇佣劳动力来满足家庭农业生产,这也是该变量在中规模农户中显著而在大规模农户中不显著的缘由。

(3) 生产特征对农户技术采用行为的影响。土地条件对农户测土配方施肥技术采用决策与采用强度有正向影响,且这种影响对中规模农户技术采用行为较为显著。这主要是因为,地势平坦的果园

具有优越的自然条件,能够激励农户进行农业生产再投资,从而增加农户技术采用的可能性,提高农户技术采用强度,这一影响在中规模农户更为明显。对于小规模农户,由于家庭兼业化水平较高,不论果园自然条件如何,其对果园投资的积极性不高;对于大规模农户,由于自身禀赋较为丰富,学习和认知水平较高,不论果园生产条件如何,其对农业生产新技术采用的积极性都很高,因此,土地条件对大规模农户的影响不是那么重要。

(4) 村庄环境对农户技术采用行为的影响。市场环境对农户技术采用行为有负向影响,且这种影响对中小规模农户技术采用行为较为明显。主要是因为农户所在村庄离乡镇距离越远,农户了解和学习农业生产技术的机会越少,技术传播速度越慢,越不利于农户采用测土配方施肥技术。同时小规模农户普遍对农业生产技术的采用积极性不高,市场距离的远近与其技术采用与否相关性不强;对于大规模农户而言,由于自身对生产技术及市场信息的掌握能力强,这种地理距离不会影响到农户获取技术的有关信息,因此,这种影响仅在中规模农户中显著,而在大规模农户中不显著。

五、研究结论与启示

本文以农户技术采用理论为支撑,构建产出风险下农户技术采用行为的理论模型,采用矩方法评估农户农业产出风险水平,进而利用陕西苹果种植户微观调查数据,通过 Probit 模型与 Tobit 模型分别实证分析农户的农业产出及产出风险对其测土配方施肥技术采用决策与采用强度的影响,结果表明:(1) 样本农户采用测土配方施肥技术的比例和强度分别为 33.9%、23.4%,其中大规模农户技术采用比例与强度最高,中等规模农户次之,小规模农户最低。(2) 不同规模农户的期望产出、产出风险及产出下行风险存在较大差异,其中小规模农户的期望产出、产出风险最高,大规模农户的产出下行风险最高。(3) 期望产出与产出下行风险分别显著正向和负向影响农户的技术采用决策与采用强度;期望产出显著正向影响中小规模农户的技术采用行为,而产出风险则显著负向影响大规模农户的技术采用行为。(4) 合作组织参与是影响不同规模农户测土配方施肥技术采用的共同因素,其他主要因素对不同规模农户技术采用行为的影响程度差异明显。家庭收入、非苹果收入占比、是否拿到配方卡显著影响小规模农户技术采用行为;家庭收入、劳动力人数、土地条件及市场距离显著影响中规模农户技术采用行为;户主受教育年限、家庭收入及是否拿到配方卡显著影响大规模农户技术采用行为。

依据研究结论,得到政策启示如下:(1) 重视外部不确定性对农户技术采用的不利影响。研究结果表明,农户的期望产出与产出下行风险影响农户的技术采用,因此,在农村农业生产技术推广时,应当高度重视外部不确定性因素,如干旱、冻灾等气象灾害对农户技术采用的不利影响,制定相关扶持政策降低这种影响,以此提高农户参与技术的积极性。(2) 重点加强种植规模较大农户人力资本投入,降低产出不确定性对其技术采用的影响。随着种植规模的增加,农户对外部不确定性(干旱、冻灾等气象灾害)的反应更为敏感,其农业生产决策受到影响。在技术推广过程中,应当加强对大规模种植户的人力资本投入力度,提高其应对外部不确定性的有效性,降低不确定性的不利影响,同时改善其对测土配方施肥技术的认知水平,使其能够积极采用这项技术。(3) 充分发挥合作组织在技术推广中的作用。合作社作为新型农业经营主体,是农村农业生产技术与信息的供给者和农村农民收入增长的新亮点。在农业技术推广过程中,应当全面提升合作社发展水平,加强合作社技术培训力度,充分发挥合作组织在带动农户采用先进生产技术方面的引导作用。(4) 加强农村信息化建设力度,提高农户的信息获得性和获取能力。农村信息化建设能够丰富农户生产信息与市场信息的获取渠道,降低农户的信息搜寻成本,提高农户信息获取能力,使其能够充分理解测土配方施肥技术在改善生态环境、提升土地肥力和农产品品质等方面的重要作用,进而提高技术接受比例。

表 5 不同规模视角下产出风险对农户技术采用影响结果

变量	总样本		小规模(6亩以下)		中等规模(6~10亩)		大规模(10亩以上)	
	采用决策 Probit 模型	采用强度 Tobit 模型	采用决策 Probit 模型	采用强度 Tobit 模型	采用决策 Probit 模型	采用强度 Tobit 模型	采用决策 Probit 模型	采用强度 Tobit 模型
核心变量								
期望产出 (对数)	0.2472** (0.1069)	0.2977*** (0.0912)	0.2502* (0.1550)	0.2602* (0.1485)	0.5861* (0.3319)	0.5790** (0.2683)	0.0225 (0.2041)	0.1459 (0.1484)
产出方差 (对数)	-0.1715 (0.1313)	-0.1178 (0.1025)	0.0777 (0.2738)	0.1306 (0.2597)	-0.3080 (0.2806)	-0.2864 (0.2066)	-0.3794* (0.2177)	-0.2353* (0.1386)
产出偏度	0.6442* (0.3728)	0.4920* (0.2547)	0.7973 (0.6871)	0.7365 (0.6297)	0.3956 (0.7363)	0.2212 (0.5691)	-0.1367 (0.6867)	-0.1183 (0.4726)
控制变量								
户主特征								
年龄	-0.0057 (0.0065)	-0.0036 (0.0054)	0.0066 (0.0111)	0.0078 (0.0104)	-0.0113 (0.0127)	-0.0097 (0.0100)	-0.0131 (0.0113)	-0.0094 (0.0079)
受教育年限	0.0487** (0.0193)	0.0428*** (0.0162)	0.0364 (0.0294)	0.0344 (0.0278)	0.0156 (0.0434)	0.0130 (0.0343)	0.1016*** (0.0377)	0.0749*** (0.0256)
家庭特征								
合作组织参与	0.5335*** (0.1159)	0.4504*** (0.0963)	0.7203*** (0.2729)	0.6115** (0.2459)	0.5369** (0.2088)	0.4784*** (0.1646)	0.3841** (0.1842)	0.2782** (0.1285)
劳动力人数	0.0549 (0.0394)	0.0466 (0.0331)	0.0439 (0.0728)	0.0380 (0.0675)	0.1328* (0.0727)	0.1130* (0.0583)	-0.0018 (0.0769)	-0.0055 (0.0532)
家庭收入 (对数)	0.2083*** (0.0718)	0.1944*** (0.0608)	0.2173 (0.1481)	0.2515* (0.1382)	0.1852 (0.1318)	0.1753* (0.1025)	0.3931*** (0.1512)	0.2998*** (0.1076)
非苹果收入占比	-0.3628* (0.2164)	-0.3477* (0.1822)	-0.6751* (0.4091)	-0.7193* (0.3884)	-0.0302 (0.4545)	-0.0867 (0.3535)	-0.4617 (0.4152)	-0.4169 (0.2958)
是否拿到配方卡	0.0612 (0.1193)	0.0107 (0.0991)	-0.4491** (0.2043)	-0.4719** (0.1924)	0.2785 (0.2287)	0.2186 (0.1803)	0.7409*** (0.2553)	0.5075*** (0.1797)
生产特征								
土地条件	0.5417** (0.2469)	0.4228** (0.2075)	0.7469 (0.6617)	0.7362 (0.6114)	0.6885* (0.4052)	0.5376 (0.3378)	0.3445 (0.4063)	0.1753 (0.2812)
村庄特征								
市场环境	-0.0061 (0.0052)	-0.0055 (0.0043)	0.0036 (0.0115)	0.0041 (0.0106)	-0.0269** (0.0122)	-0.0232** (0.0099)	-0.0096 (0.0077)	-0.0070 (0.0054)
常数项	-5.5794*** (1.1400)	-5.4515*** (0.9986)	-5.7584*** (2.1099)	-6.0228*** (2.0263)	-7.9403*** (2.6697)	-7.2992*** (2.2264)	-6.5735*** (1.9447)	-5.5793*** (1.4364)
Log likelihood	-367.8033	-510.5915	-109.8420	-153.6272	-112.3605	-157.6585	-129.1118	-178.9996
LR chi2 (12)	100.23***	109.65***	39.42***	42.36***	41.04***	467.63***	46.86***	52.86***
Pseudo R ²	0.1199	0.0970	0.1521	0.1212	0.1544	0.1312	0.1536	0.1287
样本量	653		219		205		229	

注: *、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著, 括号内数字为系数的标准误差

参 考 文 献

1. Antle J. Testing the Stochastic Structure of Production: A Flexible Moment-based Approach. *Journal of Business & Economic Statistics* 1, 1983, 1(3): 192~201
2. Antle J. Econometric Estimation of Producers' Risk Attitudes. *American Journal of Agricultural Economics*, 1987, 69(3): 509~522
3. Antle J. Technology and Uncertainty: Evidence from Egypt. *Occasional Paper Series No.4*, 1987
4. César S, John R. Production Risk and Adoption of Irrigation Technology: Evidence from Small-scale Farmers in Chile. *Latin American Economic Review* 2016, 25(2): 1~37
5. Falco D S, and Chavas J. On Crop Biodiversity, Risk Exposure and Food Security in the Highlands of Ethiopia. *American Journal of Agricultural Economics* 2009, 91(3): 599~611
6. Huang J, Wang Y, Wang J. Farmers' Adaptation to Extreme Weather Events through Farm Management and Its Impacts on the Mean and Risk of Rice Yield in China. *American Journal of Agricultural Economics* 2014, 97(2): 602~617
7. Koundouri P, Tzouvelekas V. Technology Adoption under Production Uncertainty: Theory and Application to Irrigation Technology. *American Journal of Agricultural Economics* 2006, 88(3): 657~670
8. Ogada M J, Nyangena W, Yesuf M. Production Risk and Farm Technology Adoption in the Rain-fed Semi-arid Lands of Kenya. *African Journal of Agricultural & Resource Economics* 2010, 4(2): 159~174
9. 陈文胜. “两型”农业: 中国农业发展转型的战略方向. *求索* 2014(9): 30~34
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——以有机肥与配方施肥技术为例. *中国农村经济*, 2012(3): 68~77
11. 冯晓龙, 霍学喜. 社会网络对农户采用环境友好型技术的激励研究. *重庆大学学报(社会科学版)* 2016(3): 72~81
12. 弗兰克·艾利思. 农民经济学——农民家庭农业和农业发展. 胡景北译. 人民出版社 2006
13. 高辉灵, 梁昭坚, 陈秀兰等. 测土配方施肥技术采纳意愿的影响因素分析——基于对福建省农户的问卷调查. *福建农林大学学报(哲学社会科学版)* 2011, 14(1): 52~56
14. 葛继红, 周曙东, 朱红根等. 农户采用环境友好型农业技术行为研究——以配方施肥技术为例. *农业技术经济* 2010(9): 57~63
15. 霍瑜, 张俊飏, 陈祺琪等. 土地规模与农业技术利用意愿研究. *农业技术经济* 2016(7): 19~28
16. 刘天军, 蔡起华, 朱玉春. 气候变化对苹果主产区产量的影响——来自陕西省 6 个苹果生产基地县 210 户果农的数据. *中国农村经济* 2012(5): 32~40
17. 农业部. 提高化肥利用率实现使用量零增长. *经济日报* 2015-03-18
18. 陕西传媒. 陕西省测土配方施肥年节本增效 25 亿元. *陕西日报* 2014-04-14
19. 张成玉. 测土配方施肥技术推广中农户行为实证研究. *技术经济* 2010, 29(8): 76~81
20. 赵正永. 小苹果大产业——由果农杨振仁一本账引发的思考. *农民日报* 2015-06-04(1)
21. 周力. 气候变化与中国低碳型农业经济. 经济管理出版社 2013

Technology Adoption of Farmers in Different Farm Sizes under Production Risk: A Case Study of Apple Farmers' Formula Fertilization Technology by Soil Testing

FENG Xiaolong, QIU Huanguang, LIU Mingyue

Abstract: Based on the theory of technology adoption and evaluated the production risk by moment methods. This paper theoretically established a model of farmers' technology adoption behavior under production risk and then used Probit model and Tobit model to analyze the effects of the output and output risk respectively on both farmers' decisions of technology adoption and their

— 130 —

technology adoption intensity , using apple farmers survey data in Shaanxi province. The conclusions are as follows First ,the percentage of adoption and adoption intensity of our sample are 33.9% and 23.4% ,in which those who have large size farms have a higher percent of adoption and adoption intensity while farmers with small size farms have lower percentages. Second ,there are significant differences in expected output ,risk and downside risk of output among farmers with different farm sizes. Third ,the expected output and downside risk of output significantly affect the farmers' technology adoption ,in which the expected output has a significantly positive influence on technology adoption among small and medium-sized farmers while risk of output negatively affects large-sized farmers' technology adoption. Finally ,whether the farmers join the cooperatives or not is the common factor affecting the farmers' adoption of technology in different farm sizes ,and the influences of other factors on farmers' technology adoption in different farms sizes are significantly different.

KeyWords: different sizes; risk of output; technology adoption; farmers; moment approach

责任编辑 吕新业