

秸秆还田对小麦生产技术效率的影响

项升^{1a,2}, 江激宇^{*1a,1b}, 倪婷^{1b}, 汤小银³

(1.安徽农业大学 a.安徽农业现代化研究院, b.经济管理学院, 安徽 合肥 230036; 2.石河子大学 经济与管理学院, 新疆 石河子 832003; 3.东北师范大学 地理科学学院, 吉林 长春 130000)

摘要: 基于安徽省粮食主产区 299 份种植户调查数据, 构建技术效率损失模型, 运用一步随机前沿分析法研究秸秆还田对小麦生产技术效率的影响及其作用机制。结果表明: 秸秆还田组技术效率均值显著高于秸秆离田组, 且技术效率值大于 0.9 的种植户主要集中在秸秆还田组; 秸秆还田对小麦生产技术效率的提升有正向作用, 且这种作用结果在选择不同作物秸秆还田和估计方法进行检验时依然稳健; 秸秆还田影响技术效率的路径分为参加秸秆还田技术培训和选择标准化机械还田, 且这两条路径对技术效率均呈现正向作用。

关键词: 秸秆还田; 技术效率; 作用机制

中图分类号: F304.7

文献标志码: A

文章编号: 1009-2013(2021)04-0032-08

Effect of straw returning on wheat production technology efficiency

XIANG Sheng^{1a,2}, JIANG Jiyu^{*1a,1b}, NI Ting^{1b}, TANG Xiaoyin³

(1. a. Anhui Agricultural Modernization Institute, b. School of Economics and Management, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China; 2. School of Economics and Management, Shihezi University, Shihezi 832003, China; 3. School of Geographic Sciences, Northeastern Normal University, Changchun 130000, China)

Abstract: Based on 299 farmer survey data in the main grain producing areas of Anhui Province, the technical efficiency loss model was constructed, and by using the one-step random frontier analysis method, the effect of straw returning on wheat production technology efficiency and its mechanism had been studied. The results show that: the mean value of technical efficiency of straw returning group is significantly higher than that of straw-off field group; those farmers whose technical efficiency value is greater than 0.9 are mostly from the straw returning group; straw returning to the field has a positive effect on improving the efficiency of wheat production technology; this effect result is still stable when choosing different crops for straw returning and estimation methods for testing; there are two different paths of straw returning affecting the technical efficiency: participating in technology training of straw returning and selecting standardized machinery for straw returning; both two paths have a positive effect on the technical efficiency.

Keywords: straw returning; technical efficiency; mechanism

一、问题的提出

秸秆是重要的生物质资源, 存在巨大的潜在利用价值。我国秸秆资源储量丰富, 根据草谷比系数

估算^[1], 2019 年我国农作物秸秆总量达 88 056.44 万吨, 其中主粮作物秸秆量为 69 819.68 万吨, 占农作物秸秆总量的 79.29%。目前秸秆的综合利用方式主要包括秸秆还田、饲料化、基料化、燃料化以及原料化等, 其中秸秆还田仍是最常见的利用方式。但长期以来, 秸秆还田的推进主要依靠政府管制和诱导, 缺乏粮食生产主体自发性的利用, 不利于农业可持续发展和粮食产量的进一步提高。只有加深粮食生产主体对秸秆还田带来的效益和效率提升方面的认知, 理清秸秆还田作用于粮食生产技术效率的路径, 并合理高效利用秸秆资源、向

收稿日期: 2021-07-11

基金项目: “十三五”国家重点研发计划重点专项(2018YFD0300907-2); 安徽省哲学社会科学规划项目(AHSKY2018D93); 安徽省科技创新战略与软科学研究重点项目(202006f01050004)

作者简介: 项升(1993—), 男, 安徽舒城人, 博士研究生, 主要从事农业经济管理方面的研究。*为通信作者。

科技要产能，才能从根本上解决问题。

梳理秸秆还田相关政策可以发现，政府推广秸秆覆盖栽培、机械粉碎还田等真正意义上的直接还田技术到目前已经有 20 多年，但推广进程整体较为缓慢，而且不同地区秸秆还田技术采用效果存在较大差异^[2]。虽然政府通过疏堵结合的行政手段对秸秆焚烧进行管制，取得了较为显著的成效，但是这种方式需耗费大量人力、物力、财力，增加了政府的财政负担。在实际生产过程中政府推广的秸秆还田由于农户操作不规范带来了一些诸如病虫害加重、海绵田等问题，与农户“一烧了之”简单快捷的传统做法存在很大的差异，这在一定程度上影响农户选择秸秆还田的积极性。已有对于秸秆还田的研究主要从以下几个方面开展：一是从资源区划角度对秸秆资源数量、利用价值进行研究^[1,3]；二是从生态经济角度对秸秆还田的外部性进行研究，认为秸秆还田具有正向的生态效益、社会效益、经济效益^[4,5]；三是从农户行为角度对秸秆处置行为和技术采纳行为的影响因素进行研究，发现影响农户决策行为的因素主要包括投入要素价格、农户个人及家庭特征、技术及政策等^[6-9]。

已有研究分别从中观层面和微观层面评估了秸秆还田的外溢价值和农户行为决策，但鲜有研究将生产效率评估与农户行为决策分析相结合。有关粮食生产效率的研究^[10-13]，目前主要是从劳动力、土地、物质资料、农业科技等农业投入要素角度和社会资本、城镇化、农业政策等社会因素角度出发，缺乏从农户生产行为角度出发进行分析。基于此，本文拟以实地调研数据为基础，将秸秆还田与粮食生产效率相结合分析秸秆还田的生产技术效率，以为农户高效利用秸秆提供决策依据，并从绿色农业技术视角探索促进现代农业高质量发展的路径。

二、理论分析与研究方法

1. 理论分析

Farrell 于 1957 年通过研究发现，效率可分解为技术效率和配置效率^[14]。从投入视角来看，技术效率专指在价格与技术水平不变的条件下，所达到的最大可能产出能力，即技术效率=实际产出/期望产出。技术效率作为衡量农业各投入要素产出能力的

重要指标，很大程度上反映一个地区的农业生产能力^[15]。技术效率提升受劳动力转移、土地流转、生产资料购买成本及生产风险等因素所制约。理论上秸秆还田可以提高粮食生产中化肥、劳动力、土地等投入要素的利用率，即提高粮食生产技术效率，具体体现在以下三个方面：

第一，秸秆还田通过改善土壤理化性质、提高化肥有效利用率和降低物质资料成本投入来提升粮食生产技术效率。农作物秸秆富含有机质及 N、P、K 等营养元素，可为土壤微生物活动提供必备的能源，微生物分解作物秸秆可丰富土壤有机质含量，在配施化肥后营造的元素适宜配比能提高作物对各元素的吸收。秸秆还田还能改善土壤物理性质，增加作物根系与化肥的接触面积，从而有效提升化肥利用率^[3,16]。作物秸秆用作基肥在一定程度上可以替代化肥。虽然秸秆腐化过程需要增加氮肥维持各元素平衡，但腐化后施用得以减施的磷肥和钾肥高于氮肥增施量^[16,17]，从而达到整体化肥减量的效果。化肥投入的减少会带来农业生产物质资料投入成本的适度降低。

第二，秸秆还田通过革新生产技术和方式吸纳农业生产人才和组织，优化人力资本，进而提升粮食生产技术效率。随着工业化、城镇化的不断推进，农村劳动力持续向非农部门转移，农业劳动力日益老龄化，农业用工成本不断升高，亟须通过技术创新缓解劳动力市场供求瓶颈。秸秆还田增加了农户粮食生产中的农业服务需求^[9,18]，有益于吸纳更多的农业技术人才和农民专业合作社投入农业生产。而且秸秆还田还有助于吸引众多农户学习新技术，参与农业生产技术知识下乡宣讲、秸秆还田技术培训等活动^[19]，实现农业人力资本有效积累。

第三，秸秆还田通过提升机械化水平，促进土地集约化利用和农地适度规模经营，进而提升粮食生产技术效率。规范的秸秆还田操作需应用集成农机装备和农艺流程的秸秆还田技术，故在粮食生产中需投入相应的农业机械，而加大农机投入形成的资本密集型农业生产有助于节约相对稀缺并缺乏弹性的土地资源 and 劳动力资源，从而可以促进土地集约化使用^[19]。农地适度规模经营与秸秆还田技术推广相辅相成，适度规模经营有助于克服土地细碎化，便于秸秆还田机械统一作业，而秸秆还田技术

应用带来的机械化水平提升则有助于提高土地利用效率^[20,21]。

2. 研究方法

技术效率测算常见的方法有数据包络分析法 (DEA) 与随机前沿分析法 (SFA) 两种, 考虑到参数模型 SFA 能够对生产过程进行描述, 并对技术效率的影响因素进行控制^[22,23], 同时运用 SFA “一步法” 估计可以避免采用 DEA “两步法” 对技术非效率分布的假设不同而造成的有偏估计^[24], 故本文选择 SFA 进行随机前沿生产函数分析和技术效率损失模型分析, 具体模型设置为:

$$Y_{it} = f(X_{it}, \alpha) \exp(V_{it} - U_{it}) \quad (1)$$

对 (1) 式两边同时取对数, 得到:

$$\ln Y_{it} = \ln f(X_{it}, \alpha) + V_{it} - U_{it} \quad (2)$$

其中 Y_{it} 指的是第 i 个农户在 t 年的种粮产出; X_{it} 表示第 i 个农户在 t 年种植粮食的投入, α 为各项投入的待估系数; $\exp(V_{it} - U_{it})$ 表示误差复合项, 其中 V_{it} 为随机误差项, 代表生产中不可控因素, 服从正态分布 $V_{it} \sim N(0, \sigma_V^2)$; U_{it} 是技术效率损失项, 与 V_{it} 相互独立, 且服从截断正态分布 $U_{it} \sim N(\mu, \delta^2_U)$ 。对 (2) 式进行最大似然估计:

$$\gamma = \frac{\sigma_{U_{it}}^2}{\sigma_{U_{it}}^2 + \sigma_{V_{it}}^2} \quad (3)$$

$$TE_{it} = \frac{E(Y_{it} | U_{it}, X_{it})}{E(Y_{it} | U_{it} = 0, X_{it})} \quad (4)$$

上式中, 若 $U_{it}=0$, 农户从事粮食生产的实际产出与潜在产出相等, $TE_{it}=1$, 技术效率处于生产前沿面上; 若 $U_{it}>0$, 农户从事粮食生产的实际产出低于潜在产出水平, 则 TE_{it} 处在 (0,1) 之间, 技术效率低于生产前沿面。

应用于 SFA 的生产函数形式主要有柯布—道格拉斯生产函数 (C-D) 和超越对数生产函数 (Trans-log) 两种, 具体函数形式选择需通过模型设定检验后而定。SFA “一步法” 在测算技术效率的同时可一并对技术效率的影响因素进行估计, 参照 Battese 和 Coelli^[25] 的做法, 技术效率损失模型具体设置如下:

$$U_i = \sum_{k=1}^n \beta_k Z_k + \omega_i \quad (5)$$

U_i 表示第 i 个农户从事粮食生产的技术非效率值; ω_i 表示随机扰动项; β_k 为待估系数, 若待估系

数为负, 表示该项变量对技术效率存在正向作用, 若为正值, 则反之。 Z_k 表示粮食生产技术效率的影响因素。

本文在探究秸秆还田对粮食生产技术效率影响的基础上, 同时就秸秆还田对粮食生产技术效率的作用机制进行研究, 从农户秸秆还田技术的掌握程度和农业机械装备的配备完善程度两个层面进行剖析。

秸秆还田技术的掌握程度会影响农户处置秸秆的行为规范。本文中所提的秸秆还田指的是农户处理秸秆的行为, 属于农户行为范畴, 而秸秆还田技术是指包含农机装备、单项农业技术、农业信息化在内的集成技术。秸秆还田技术的采纳应用一般会经历认知、引导、决策和实施等过程^[26], 由于受到户主自身特征诸如性别、年龄、受教育程度等的局限^[7,8], 农户对技术的掌握程度很难达到工艺标准, 最终实际结果与理想效果间的偏差会导致农户的信心遭受影响, 从而会影响秸秆还田处置行为的进一步深化。而参加秸秆还田技术培训可以增加农户对该项技术的掌握程度, 进而促使技术效率提升。

农业机械装备的配备完善程度会影响农户处置秸秆的行为规范。应用秸秆还田技术还需配套有符合要求的农业机械装备, 高昂的设备购置成本抬高了农户采纳规范化秸秆还田技术的门槛, 拥有配套农机并能够进行规范化操作者主要集中在秸秆还田社会化服务组织或者资本富裕并开展秸秆还田技术服务的种植户中, 受到资金约束的农户则只能选择基于自身条件的还田方式。而在实际生产中, 用专业化机械的规范化还田较普通农户自己还田效果会明显提升, 故农户可以选择外包给具有专业化机械的服务主体或自己购置符合技术标准的农机, 通过外包或购置农机来提高作业效率进而影响技术效率。

三、数据来源与变量说明

本文数据来源于“十三五”粮食丰产增效科技创新重点专项“安徽粮食多元种植规模化丰产增效技术集成与示范”安徽农业大学课题组于 2019 年 12 月和 2020 年 1 月、7 月、10 月对安徽粮食主产区的实地调研。课题组选择粮食丰产增效技术示范的颍上县、凤台县、庐江县、定远县、巢湖市 (县级市)

等四县一市作为样本区，对样本区粮食种植户采取随机抽样的方式获取样本，调研采取入户的方式对粮食种植户进行一对一、面对面访谈，最终获得 299 份有效问卷，其中颖上县 75 份，凤台县 83 份，庐江县 50 份，定远县 54 份，巢湖市 37 份。按种植茬口来分，颖上县主要以小麦-玉米轮作方式为主，凤台县、庐江县、定远县和巢湖市主要以小麦-水稻轮作方式为主。

投入产出变量：以农户种植小麦的产量作为产出指标。对于投入指标的选取，参照李博伟等^[27]做法，从传统的生产三大要素去考虑，包括资本、土地、劳动力。其中，资本投入主要为实际生产中发生的费用，包括种子、化肥、农药等物质资料费

用和机械、油电等动力消耗费用；土地投入选择的是农户实际经营的面积（即播种面积），相对于选择耕地面积更能体现土地的利用效率，但是本文生产函数模型中应用的是亩均投入产出，借鉴冀县卿等^[28]的做法，投入规模未纳入函数模型中；劳动力投入是指参与实际生产的劳动力人工数，由自家用工数和雇佣人工数之和组成。

技术效率影响因素变量：主要包括秸秆是否还田、户主个人特征、家庭禀赋特征等 1 个核心变量和 2 类控制变量共 11 个指标。借鉴相关学者^[27,29]的做法，将户主个人及家庭特征作为控制变量。具体变量描述性统计结果见表 1。

表 1 变量描述性统计

类别	变量名称	单位及赋值	全部样本 (N=299)		秸秆还田 (N=248)		秸秆离田 (N=51)		
			均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差	
投入产出变量	产出变量	小麦产量	kg/亩	393.80	87.24	397.80	82.91	374.31	104.57
	投入变量	资本投入	元/亩	443.25	93.45	443.00	91.97	444.45	101.26
		劳动力投入	d/亩	2.89	4.71	2.81	4.79	2.91	4.33
技术效率影响因素变量	户主个人特征	年龄	岁	50.58	8.57	50.75	8.87	49.71	6.94
		种粮资历	年	18.95	11.10	19.27	11.08	17.37	11.16
		教育年限	年	9.29	2.75	9.18	2.69	9.82	3.01
	家庭禀赋特征	是否是村干部	1=是, 0=否	0.20	0.40	0.16	0.37	0.39	0.49
		是否为新型农业经营主体	1=是, 0=否	0.79	0.41	0.80	0.40	0.73	0.45
		务农人口	人	2.36	0.96	2.42	1.00	2.08	0.69
		老人小孩占比	%	0.37	0.30	0.38	0.32	0.35	0.22
		土地经营规模	亩	263.16	409.97	247.84	401.01	337.65	447.81
		是否为兼业户	1=是, 0=否	0.30	0.48	0.30	0.48	0.31	0.47
		距离中心镇距离	km	5.40	7.28	5.69	7.55	4.00	5.65

各变量具体解释及选择依据如下：

本文选择“秸秆是否还田”作为核心解释变量，对选择秸秆还田的样本赋值为 1，秸秆未还田的样本赋值为 0。选取“年龄”作为衡量种植户户主从事农业生产的体力和精力的主要指标，选取“种粮资历”“教育年限”指标衡量户主对新事物的接受能力和学习能力，这两项指标也是形成人力资本的基础部分，其中教育年限指标按照李谷成等^[10]的方法进行量化；“是否是村干部”是衡量种植户的社会资本的指标，村干部身份对户主解读并获取政策、市场信息有一定的帮助作用，从而更有利于降低信息不对称造成的风险。“是否为新型农业经营主体”是用来判断种植户获取政策扶持、社会资源的能力。“务农人数”“60 岁以上和 16 岁以下的

人口比重”是衡量种植户家庭劳动力数量和抚养结构的指标，将其纳入控制变量中有利于分析劳动力规模、家庭负担对粮食生产产生的影响；“土地经营规模”是家庭生产经营的重要指标，土地的规模化是实现粮食生产集约化、组织化、专业化的前提条件之一；“是否为兼业户”是衡量家庭收入结构、劳动力专用化程度的指标，由于种植户收入主观性比较强，询问的结果缺乏准确性，故本研究采用种植户是否有兼业行为作为一个控制变量；“距中心镇距离”是分析影响粮食进入市场的运输成本、种植户获取市场信息便捷程度的指标。

四、实证结果分析

运用 SFA 进行最大似然估计时，首先需对模型

设定进行检验,包括模型适用性、生产函数形式、技术进步、技术效率时变性等。由于本文使用的是截面数据,不涉及技术变化,故仅对模型适用性和生产函数形式进行检验。检验结果如表2所示。模型适用性检验中 $LR=57.172 > \chi_{1-0.01}(2)=8.273$, 拒绝原假设,表示存在无效率项,说明选择 SFA 模型适宜;生产函数形式检验中 $LR=12.618 > \chi_{1-0.01}(2)=8.273$, 同样拒绝原假设,表示二次项系数不全为0,说明选择 Trans-log 形式适宜。

表2 模型适用性与生产函数设定形式假设检验

	原假设	LR 统计量	$\chi_{1-0.01}(k)$	结论
模型适用性检验	$H_0:\gamma=0$	57.172	$\chi_{1-0.01}(2)=8.273$	拒绝
生产函数形式检验	$H_0:\beta_{KK}=\beta_{LL}=\beta_{KL}=0$	12.618	$\chi_{1-0.01}(2)=8.273$	拒绝

1. 生产函数估计结果及技术效率值分布

本文采取“一步法”估计随机前沿生产函数结果,估计结果见表3。根据回归结果,Wald χ^2 检验值和 Log Likelihood 值均表明回归模型拟合度良好且有较强解释力。 γ 为技术非效率项与复合误差项比值。 γ 为 0.908,说明小麦实际产出与潜在最大产出间差距的 90.8%来自技术非效率项。

从模型估计结果可以看出,资本投入的系数为正,且在 1%水平上通过显著性检验,说明资本投入对产出提高有促进作用;资本平方项系数为负,且同样在 1%水平上通过显著性检验,说明资本投入与产出之间存在倒“U”形的关系,即资本投入在一定规模内有正向作用,超过一定规模后有负向作用,出现这种现象的原因可能是当资本投入超过最优规模后,会引起要素配置失效,进而导致土地产出率下降。劳动力投入及其平方项系数为正,均没有通过显著性检验,一定程度上说明劳动力投入对产出有正向作用,出现这种现象的原因可能是劳动力投入系数小于资本投入系数,即劳动对产出的增加效用小于资本,当劳动力投入小于最优点时,劳动力投入的持续增加可以搭配资本被充分使用,且高技能劳动力投入增加还会提高劳动生产率。资本与劳动力交叉项的系数为正,没有通过显著性检验,一定程度上说明两者之间存在互补效应。通过调研发现,拥有农业机械或购买社会化服务的种植户会减少低技能劳动力的雇佣,并会增加高技能劳动力的雇佣,故高技能劳动力是资本的互补品。

表3列出了按照不同类别分组测得的技术效率

值及组间均值差异,其中,总体样本技术效率均值为 0.899,秸秆还田组为 0.904,秸秆离田组为 0.875,由此发现,秸秆还田组高出秸秆离田组 0.029,并在 5%水平上通过显著性检验。根据上述统计结果,初步判断秸秆还田对小麦生产技术效率有提升作用,但平均值本身不能去除少数极端值影响,故需对技术效率值进行进一步划分和分析。

表3 随机前沿生产函数和技术效率影响因素方程估计结果

变量	系数	标准误	技术效率值
随机前沿生产函数:			
资本	5.866***	1.777	—
劳动力	0.154	0.278	—
资本平方项	-2.248***	0.672	—
劳动力平方项	0.038	0.042	—
资本劳动力交叉项	-0.081	0.106	—
常数项	-4.941**	2.348	—
技术效率测算结果:			
秸秆还田	—	—	0.904
秸秆离田	—	—	0.875
技术效率平均值	—	—	0.899
技术效率标准差	—	—	0.078
技术效率最大值	—	—	0.988
技术效率最小值	—	—	0.616
秸秆还田与秸秆离田组间均值差异	—	0.012	0.029**
技术效率影响因素模型:			
秸秆是否还田	-0.116***	0.045	—
年龄	0.245	0.202	—
种粮资历	-0.038	0.041	—
教育年限	-0.013	0.083	—
是否是村干部	-0.176**	0.078	—
是否为新型农业经营主体	0.204**	0.117	—
务农人口	-0.206***	0.087	—
老人小孩占比	0.002	0.038	—
土地经营规模	0.440**	0.249	—
土地经营规模平方项	-0.068*	0.050	—
是否为兼业户	0.007	0.029	—
距离中心镇距离	0.071**	0.039	—
常数项	-1.011**	0.547	—
Log likelihood		315.918	
Wald χ^2		134.242	
Prob> χ^2		0.000	
γ		0.908	
观测值		299	

注:***、**、*分别表示在 1%、5%、10%显著水平上通过检验。下同。

对技术效率值进行等刻度划分,并计算各类别中各自区间的频率大小,来评估不同类型秸秆处理

模式的整体效果。由表 4 可得, 总体样本中技术效率值高于 0.9 的样本占 60.2%、秸秆还田类别中占 61.69%、秸秆离田类别中占 52.94%; 总体样本中技术效率值低于 0.8 的样本占 11.71%、秸秆还田类别中占 9.27%、秸秆离田类别中占 23.53%。通过对比发现, 高效率主要集中在秸秆还田类别中, 低效率主要分布在秸秆离田类别中, 说明秸秆离田类别的生产技术效率有较大提升空间。

表 4 技术效率值区间分布

生产技术效率	总体样本		秸秆还田		秸秆离田	
	频数 (户)	频率 (%)	频数 (户)	频率 (%)	频数 (户)	频率 (%)
(0.6, 0.7]	8	2.68	3	1.21	5	9.80
(0.7, 0.8]	27	9.03	20	8.06	7	13.73
(0.8, 0.9]	84	28.09	72	29.03	12	23.53
(0.9, 1)	180	60.20	153	61.69	27	52.94
(0, 1)	299	100	248	100	51	100

2. 秸秆还田对小麦生产技术效率作用结果分析

由模型估计结果可得, “秸秆还田”系数为-0.116, 秸秆还田与技术效率呈正相关关系, 并在 1%水平上通过显著性检验, 与上述秸秆还田组技术效率均值高于秸秆离田组的统计结果相一致, 证实了秸秆还田对小麦生产技术效率有提升作用。

从户主个人特征看。估计结果中, 通过显著性检验的变量有“是否是村干部”, 其系数为-0.176, 且在 5%水平上通过检验, 表明村干部身份能发挥其解读政策文件和获得贷款、补贴等社会资源优势, 有助于提升小麦生产技术效率。其他变量均没有通过显著性检验。变量“年龄”系数为正, 说明劳动力老龄化不利于小麦生产技术效率的提升, 从种粮者体力和精力的角度去解释, 年龄的增长会带来种粮者体力和从事农业生产专注程度的衰退, 一定程度上会阻碍有效劳动的投入, 进而影响技术效率提升; “种粮资历”和“教育年限”系数均为负, 表明种粮资历和教育年限对技术效率具有正向作用, 从人力资本角度去解释, 户主从事农业生产的年份越久或自身受教育年限越长, 会促进个人种粮经验有效积累和学习能力不断强化, 进而有助于提升技术效率。

从家庭禀赋特征看。估计结果中, 通过显著性检验的变量有“是否为新型农业经营主体”“务农人口”“土地经营规模”“土地经营规模平方项”

和“距中心镇距离”, 其中变量“是否为新型农业经营主体”系数为 0.204, 且在 5%水平上通过检验, 表明种植户为新型农业经营主体的身份特征负向作用于技术效率, 出现这种结果的原因可能是目前农村中家庭农场、合作社等新型农业经营主体经营不规范, 同时这些主体急于收回购置大量农业机械耗费的高额成本, 经营内容多以服务为主, 不注重粮食生产。变量“务农人口”系数为-0.206, 在 1%水平上通过检验, 表明家中务农人数规模越大带来的技术效率越高。变量“土地经营规模”系数为正, 且其平方项系数为负, 说明土地经营规模与小麦生产技术效率呈现“U”形变化关系, 这与张忠明等^[30]的研究结果相一致。变量“距中心镇距离”在 5%水平上通过检验, 其系数为正, 显示与技术效率有负相关关系。距中心镇越远, 粮食生产中机械作业、运输等成本会越高, 且距离远的地方会因为信息不畅通导致获取市场信息的成本增高, 从而阻碍技术效率提升。其他变量均没通过显著性检验, 其中变量“家庭中 60 岁以上和 16 岁以下的人口比重”系数为正, 说明家中老人和儿童比重与技术效率呈负相关关系。家中老人小孩比重越大, 家庭负担则越重, 因兼顾家庭而减少粮食生产的劳动有效投入也会越多, 从而阻碍技术效率提升。变量“是否为兼业户”系数也为正, 说明种植户的兼业行为会阻碍技术效率提高。兼业会分散种植户从事粮食生产的精力, 不利于精细化管理, 从而阻碍技术效率提升。

3. 稳健性检验

为了验证上文实证结果的稳健性, 本文采用替换自变量和改变估计方法两种方式进行稳健性检验。按不同作物品种划分, 将秸秆还田分为玉米秸秆还田和水稻秸秆还田, 运用 Tobit 截断回归模型替代前文的 SFA “一步法”, 该模型中技术效率值运用 SFA 复合误差模型测得。

根据不同检验方式分别设置模型 II、模型 III, 其中模型 II 是检验不同作物还田对技术效率的影响效果; 模型 III 是检验采用不同估计方法时秸秆还田对技术效率的影响效果。估计结果如表 5 所示, 模型 II 中不同作物还田与技术效率均呈现正相关关系, 变量“水稻秸秆还田”和“玉米秸秆还田”分别在 10%和 1%的水平上通过显著性检验; 模型 III 结果显示, 运用 Tobit 截断回归模型估计, 依然可

以得出秸秆还田对技术效率具有正向作用。通过模型 II、模型 III 结果分析,证实上文估计结果稳健。

表 5 稳健性检验结果

变量	模型 II		模型 III	
	系数	标准误	系数	标准误
水稻秸秆还田	-0.054*	0.034	—	—
玉米秸秆还田	-0.289***	0.104	—	—
是否秸秆还田	—	—	0.033***	0.011
控制变量	已控制		已控制	
Log likelihood	331.07		377.687	
Wald χ^2	164.548		55.482	
Prob> χ^2	0.000		0.000	
γ	0.899		—	
观测值	299		299	

4. 秸秆还田对小麦生产技术效率作用机制分析

表 6 作用机制分析结果

变量	模型 IV		模型 V	
	系数	标准误	系数	标准误
是否参加秸秆还田技术培训	-0.057*	0.039	-0.095**	0.049
是否选择专业化机械还田	-0.044*	0.034	-0.162**	0.087
是否参加秸秆还田技术培训 × 是否选择专业化机械还田	—	—	0.145*	0.090
控制变量	已控制		已控制	
Log likelihood	314.445		315.582	
Wald χ^2	131.297		133.567	
Prob> χ^2	0.000		0.000	
γ	0.911		0.908	
观测值	299		299	

五、研究结论与启示

上述研究表明:第一,从小麦生产技术效率测算角度证实了秸秆还田较秸秆离田在效率提升方面具有优势,结果显示秸秆还田组技术效率均值达 0.904,高于秸秆离田组,并在 5%水平上通过显著性检验,且技术效率值大于 0.9 的样本主要分布在秸秆还田组中,说明在现有技术水平上通过推行秸秆还田,小麦的实际产出水平将趋于接近期望的生产可能性边界;第二,从农户行为角度论证了秸秆还田处置行为是粮食生产技术效率的影响因素,且秸秆还田与小麦生产技术效率呈现正相关关系,并通过替换自变量和改变估计方法验证,无论是选择不同作物秸秆还田(玉米秸秆还田、水稻秸秆还田)作为解释变量,还是选择 Tobit 截断回归模型进行检验,结果均稳健;第三,从秸秆还田角度剖析得出了参加农业技术专项培训、选择专业化机械是提升粮食

此处将两条作用路径分别用变量“是否参加秸秆还田技术培训”和“是否选择专业化机械还田”来表示。根据假设作用路径分别设置模型 IV、模型 V,估计结果见表 6。模型 IV 中显示秸秆还田作用于技术效率的两条路径均通过显著性检验,并与技术效率呈现正相关关系,说明种植户参加秸秆还田技术培训或选择专业化机械还田均有利于促进小麦生产技术效率提升;模型 V 中加入交叉项后,变量“是否参加秸秆还田技术培训”和“是否选择专业化机械还田”的影响效果与模型 IV 一致,但交叉项显示负向作用于技术效率,且在 10%水平上通过显著性检验,说明参加秸秆还田技术培训与选择具有专业化机械的主体还田之间存在替代关系。

生产技术效率的有效路径,且这两条路径对技术效率均呈现正向作用。

上述研究结论对秸秆还田进一步推进具有以下启示:第一,应加大对秸秆还田的宣传和对秸秆还田技术的推广力度,深化农户关于秸秆还田带来技术效率提升方面的科学认知。第二,应拓宽秸秆还田技术培训渠道和丰富培训方式,提高技术培训的实用性和提升农户参与培训的积极性。第三,应加快培育农业社会化服务组织和完善进入和退出机制,打造具有成熟模式、灵活机制的服务主体。第四,应促进社会化服务行业规范发展和制定相应行业标准,加强社会化服务行业市场监管和完善社会化服务体系标准化建设。

参考文献:

- [1] 于法稳,杨果.农作物秸秆资源化利用的现状、困境及对策[J].社会科学家,2018(2):33-39.

- [2] 陈超玲, 杨阳, 谢光辉. 我国秸秆资源管理政策发展研究[J]. 中国农业大学学报, 2016, 21(8): 1-11.
- [3] 霍丽丽, 赵立欣, 孟海波, 等. 中国农作物秸秆综合利用潜力研究[J]. 农业工程学报, 2019, 35(13): 218-224.
- [4] QU C, LI B, WU H, et al. Controlling air pollution from straw burning in China calls for efficient recycling [J]. Environmental Science & Technology, 2012, 46(15): 7934-6.
- [5] 周颖, 周清波, 王立刚, 等. 秸秆还田技术的外溢效益价值评估研究综述[J]. 生态经济, 2019, 35(8): 128-135.
- [6] 颜廷武, 张童朝, 何可, 等. 作物秸秆还田利用的农民决策行为研究——基于皖鲁等七省的调查[J]. 农业经济问题, 2017, 38(4): 39-48, 110-111.
- [7] 黄武, 黄宏伟, 朱文家. 农户秸秆处理行为的实证分析——以江苏省为例[J]. 中国农村观察, 2012(4): 37-43.
- [8] 漆军, 朱利群, 陈利根, 等. 苏、浙、皖农户秸秆处理行为分析[J]. 资源科学, 2016, 38(6): 1099-1108.
- [9] 姚科艳, 陈利根, 刘珍珍. 农户禀赋、政策因素及作物类型对秸秆还田技术采纳决策的影响[J]. 农业技术经济, 2018(12): 64-75.
- [10] 李谷成, 冯中朝, 范丽霞. 小农户真的更加具有效率吗? 来自湖北省的经验证据[J]. 经济学(季刊), 2010, 9(1): 95-124.
- [11] 高鸣, 宋洪远. 粮食生产技术效率的空间收敛及功能区差异: 兼论技术扩散的空间涟漪效应[J]. 管理世界, 2014(7): 83-92.
- [12] 仇焕广, 刘乐, 李登旺, 等. 经营规模、地权稳定性与土地生产率: 基于全国 4 省地块层面调查数据的实证分析[J]. 中国农村经济, 2017(6): 30-43.
- [13] 项升, 江激宇, 方莹. 粮食生产效率的影响因素: 一个文献综述[J]. 新疆农垦经济, 2020(12): 85-92.
- [14] FARRELL M J. The measurement of productive efficiency[J]. Journal of the Royal Statistical Society, 1957, 120(3): 253-290.
- [15] 唐建, JOSE V. 粮食生产技术效率及影响因素研究——来自 1990—2013 年中国 31 个省份面板数据[J]. 农业技术经济, 2016(9): 72-83.
- [16] 宋大利, 侯胜鹏, 王秀斌, 等. 中国秸秆养分资源数量及替代化肥潜力[J]. 植物营养与肥料学报, 2018, 24(1): 1-21.
- [17] 吴玉红, 郝兴顺, 田霄鸿, 等. 秸秆还田与化肥减量配施对稻茬麦土壤养分、酶活性及产量影响[J]. 西南农业学报, 2018, 31(5): 998-1005.
- [18] 郭清卉, 李昊, 李世平. 社会规范对农户化肥减量化措施采纳行为的影响[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版), 2019, 19(3): 112-120.
- [19] 王洋, 许佳彬. 农技服务采纳提高玉米生产技术效率了吗? ——基于黑龙江省 38 个村 279 户玉米种植户的调查[J]. 农林经济管理学报, 2019, 18(4): 481-491.
- [20] 江鑫, 颜廷武, 尚燕, 等. 土地规模与农户秸秆还田技术采纳——基于冀鲁皖鄂 4 省的微观调查[J]. 中国土地科学, 2018, 32(12): 42-49.
- [21] 刘乐, 张娇, 张崇尚, 等. 经营规模的扩大有助于农户采取环境友好型生产行为吗? ——以秸秆还田为例[J]. 农业技术经济, 2017(5): 17-26.
- [22] 周曙东. 农业技术经济学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2012: 170-198.
- [23] AIGNER D, LOVELL C A K, SCHMIDT P. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models[J]. Journal of Econometrics, 1977, 6(1): 21-37.
- [24] WANG H J, SCHMIDT P. One-step and two-step estimation of the effects of exogenous variables on technical efficiency levels[J]. Journal of Productivity Analysis, 2002, 18(2): 129-144.
- [25] BATTESE G E, COELLI T J. A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data [J]. Empirical Economics, 1995, 20(2): 325-332.
- [26] 孔祥智, 马九杰, 朱信凯. 农业经济学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2019: 135-142.
- [27] 李博伟, 张士云, 江激宇. 种粮大户人力资本、社会资本对生产效率的影响——规模化程度差异下的视角[J]. 农业经济问题, 2016, 37(5): 22-31, 110.
- [28] 冀县卿, 钱忠好, 李友芝. 土地经营规模扩张有助于提升水稻生产效率吗? ——基于上海市松江区家庭农场的分析[J]. 中国农村经济, 2019(7): 71-88.
- [29] 江激宇, 张士云, 李博伟. 社会资本、流转契约与土地长期投资[J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(3): 67-75.
- [30] 张忠明, 钱文荣. 农户土地经营规模与粮食生产效率关系实证研究[J]. 中国土地科学, 2010, 24(8): 52-58.

责任编辑: 李东辉