

非农就业对油菜生产技术效率的影响研究 ——基于农业机械化的调节效应

刘伊蝶 冯中朝 刘福星

内容提要: 非农就业常态化改变了我国农户从事单一农业生产的传统模式,对油菜产业产生了深远影响。为此,本文基于2020年国家油菜产业技术体系全国27个综合试验站的微观调查数据,运用随机前沿生产函数和受限Tobit模型,实证分析了非农就业对油菜生产技术效率的影响,并考察农业机械化在其中的调节效应。结果显示:①非农就业会显著降低油菜生产技术效率,在采用工具变量法、替换模型以及进行1%的缩尾和截尾处理后,结论仍具有稳健性。②异质性分析的结果表明,非农就业只对我国东部地区的油菜生产技术效率存在显著负向影响;而随着分位点提高,非农就业对油菜生产技术效率的影响逐渐减小。③农业机械化程度越高,越会削弱非农就业与油菜生产技术效率之间的负向关系,不同生产环节机械化程度的调节效应存在差异,机械化耕作的调节效应最为显著。以上结论有助于厘清非农就业对油菜生产技术效率的深层影响。

关键词: 非农就业 生产技术效率 农业机械化 调节效应

一、引言

油菜是关系我国国计民生的重要战略产品,虽然我国是世界油菜生产大国,产量居世界前列,但已连续十年以上产量低于消费量,主要依靠库存和进口弥补供应缺口,近五年间,我国进口油菜籽均值约为304万吨,占国内消费量的46.4%^①。而当前国际粮油贸易环境错综复杂,全球油菜籽供需缺口较大、油菜产品价格涨幅明显,我国油菜产业进口依存度则一直居高不下,自外国粮商全面控制我国大豆产业后,油菜产业安全也亟需构建。受到要素价格上涨和国外相对低价产品的影响,国内油菜种植户的生产积极性不高,油菜种植面积持续缩减,2021年,我国的油菜种植面积是10488万亩^②,比十年前减少6.70%,继2022年中央一号文件提出“大力实施大豆和油料产能提升工程”之后,2023年的中央一号文件再次提出“加力扩种大豆油料,深入推进大豆和油料产能提升工程。统筹油菜综合性扶持措施,推行稻油轮作,大力开发利用冬闲田种植油菜”,在此背景下,为保障油料供给安全,充分挖掘油菜单产潜力,提高生产技术效率,是重中之重。

与此同时,随着城镇化和城乡融合的发展,农户兼业化水平逐步提高,非农就业为农户提供了更多收入,农户基于家庭收入最大化,选择外出务工,土地抛荒现象越来越严重,尤其是近年来,适合冬油菜籽种植的地区,冬季土地撂荒情况明显。此外,非农就业还减少了农村青壮年劳动力,进一步恶化了油菜产业的生产条件,2022年全国农民工总量高达29562万人,较上一年增加311万人,增长1.1%^③。

尽管非农就业减少了油菜生产的要素投入,但近年来我国油菜单产总体上有所上升,苏卫良(2016)等的研究表明,随着非农就业人数的增加,农户家庭的农机服务支出显著增加。

*刘伊蝶,华中农业大学经济管理学院,邮政编码:430070,电子信箱:liuyidie2021@163.com;冯中朝(通讯作者),华中农业大学经济管理学院,湖北省农村发展研究中心,邮政编码:430070,电子信箱:fengzhch@163.com;刘福星,华中农业大学经济管理学院,邮政编码:430070,电子信箱:liufuxing2021@163.com。本研究得到国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-0012)的资助。

① 资料来源:海关总署数据库

② 资料来源:中国统计年鉴

③ 资料来源:国家统计局《2022年农民工检测调查报告》

从我国实际情况来看,为了缓解非农就业带来的劳动力投入不足问题,农户会选择增加机械化投入,无论是选择自购农机还是服务外包都促进了我国农业机械化进程,我国农机总动力从2000年的52573.6万千瓦增加到2021年的107764.3万千瓦^④,增长了104.98%,机械化水平的提高在一定程度上促进了油菜单产的增长。

随着我国城镇化水平的提高,一方面农户兼业化越来越普遍,另一方面农业机械化水平不断提高,在此背景下我国油菜生产技术效率如何?非农就业对油菜生产技术效率究竟产生怎样的影响?其影响机理又是怎样的?对于以上问题的研究,能够为提高油菜生产技术效率提供一定参考,对于非农就业常态化的背景下保持油菜生产技术效率增长,保障油料供给安全,具有重要的现实意义。

目前学者针对非农就业与农业技术效率的关系进行了大量研究,但由于在研究对象、样本选择、以及研究方法等方面存在差异,因而结论也存在较大争议。一种是以新劳动力迁移经济学为代表的观点,认为非农就业缓解了农户的资金约束,使农户能及时购置农资和雇佣劳动力,从而提高农业技术效率,例如黄祖辉(2014)等采用一步随机前沿分析法,从地块层面对江西省水稻生产户的研究表明非农就业能够显著促进稻农水稻生产技术效率的提高。丁毅(2016)等采用DEA模型对浙江省竹林地生产效率的研究表明非农就业时间越长,竹林地生产效率越高。另一种观点认为非农就业具有“荷兰病”效应,认为非农就业是吸干劳动力输送区劳动力和资本的一种经济活动,阻碍了劳动力输送区农业生产技术效率的提高,郭湘红(2020)等利用随机前沿分析法对浙江省样本农户的研究发现家庭劳动力选择非农就业会降低农户生产技术效率。陈坡(2020)将农户分为销售型和非销售型,发现非农就业率对销售型农户的水稻生产技术效率产生了负面影响,但对非销售型农户没有影响。此外,还有一些研究表明非农就业与农业生产技术效率之间并不是简单的线性关系,比较典型的有张忠明(2017)等针对浙江传统粮区的考察认为非农就业水平与农业生产效率之间呈倒U型关系,非农就业水平处于中间位置的农户技术效率较高。而陈中伟(2022)等基于全国的面板数据对我国农地生产效率的研究表明,农民非农就业与农地生产效率之间呈U型关系。

为了兼顾农业生产和非农就业,农户可以通过增加机械化投入等替代要素来缓解农业生产中劳动力投入不足的问题,机械投入作为一种典型的劳动力节约型要素,能够有效提高劳动生产率,进而提高油菜生产技术效率。尽管不同研究选取了不同的变量来代表农业机械化指标,例如农机服务水平、农业机械化动力值、机械总动力与劳动力数量的比值、机耕、机播和机收面积占比等,但学者们普遍都认为农业机械化水平的提高对农业生产技术效率有显著的正向影响。但也有学者细化了对农业机械化的研究,发现在不同生产环节,农业机械化对技术效率的影响存在差异。

综上所述,学者关于非农就业与技术效率的研究比较丰富,为本文提供了非常有价值的经验,但通过对文献进行梳理也发现了三个需要改进的方面。第一,研究对象方面,现有研究涉及水稻、小麦、玉米等粮食作物,缺乏对油料作物,尤其是对油菜的研究,在当前我国油菜产品进口依存度大,而全球油菜产品价格不断攀升的情况下,有必要促进对油菜生产技术效率的深入研究。第二,研究样本方面,已有文献大多是以某一个省的调研数据为基础,样本缺乏代表性,这也是导致研究结论不一致的一个可能的原因。第三,研究内容方面,多数研究集中于关注非农就业或农业机械化对农业技术效率的直接影响,缺乏对不同生产环节农业机械化的调节作用的研究。鉴于此,本文以油菜生产为研究对象,采用2020年国家油菜产业技术体系全国27个综合试验站的田间测产数据,运用随机前沿生产函数和受限Tobit模型进行实证研究,并考察农业机械化在其中的调节效应,以期对现有研究进行补充。

二、理论分析与研究假说

^④ 资料来源:中国统计年鉴

（一）非农就业对油菜生产技术效率的直接效应

农户从事非农就业对农村劳动力的数量和质量都产生了负面影响，存在劳动力流失效应。非农就业成为常态化一方面减少了从事农业生产的劳动力，劳动力投入不足迫使农户放弃精耕细作的方式，转向粗放式的生产，不利于技术效率的提高。另一方面造成了劳动力弱质化，从事非农就业的劳动力以青壮年男性为主，留守的女性和老人则更多地担负起农业生产的任务，使得农村劳动力呈现出女性化、老龄化的特点，而外流的青壮年男性劳动力在体力和受教育水平上更具优势，他们的外流不利于新型农业技术的推广和应用，进一步阻碍了农业生产技术效率的增长。

农户行为理论表明农户的生产决策是为了追求收益最大化和风险最小化，国内学者在主流农户行为理论的基础上，结合我国实际国情，提出我国农户既是追求利润者，又是维持生计的生产者。当非农就业收入成为主要的家庭收入时，农业生产的地位下降，农户基于整个家庭的收益最大化，可能会减少农业生产投入，使农业经营粗放化，进而对农业生产技术效率产生不利影响。

但新劳动力迁移经济学认为农户向非农产业转移劳动力，分散了经营风险，获得了更多收入，从而放松了资金约束，农户可以通过购买生产性服务和机械设备来弥补劳动力投入的不足，在一定程度上可以促进农业生产技术效率的进步。

基于上述分析，本文提出研究假设：

H1：非农就业对油菜生产技术效率有显著的负向影响。

（二）农业机械化在非农就业影响油菜生产技术效率中的调节效应

我国农业机械化起步晚但发展较快，目前已经过了快速发展时期进入平稳增长阶段。有学者指出指出我国的农业机械化发展由市场诱致性变迁和政府强制性变迁双重驱动，根据诱致性变迁理论，非农就业增加了劳动力的机会成本，促进了对机械化的需求，在不同的机械化水平下，非农就业带来的影响也不同，对于机械化程度高的农户来说，非农就业对油菜生产的影响相对较小，机械化可以从以下几个方面弥补非农就业带来的效率损失。

一方面，机械化作为一种典型的劳动力节约型技术进步，通过要素替代效应，能够减少农村劳动力外流以及劳动力弱质化带来的效率损失。同时，机械化的使用降低了农业生产的劳动强度，通过释放劳动力到非农领域，促进了农地流转和规模经营，为进一步提高技术效率提供了基础。

另一方面，机械化带来的技术引入效应，通过将先进的生产技术引入到农业生产的各个环节来提高技术效率。与传统的人力、畜力相比，机械化更具专业性和稳定性，受环境影响小，能够保证作业质量。例如，机械播种比人工播种更均匀，更有益于作物生长；收割机的使用能有效避免小麦产量和质量的损失。

此外，由于劳动力的机会成本上升，机械化作业的成本更低，将现代新技术、新机械等进行生产技术运用到农业生产中，可以降低农户的劳动力成本，同时优化家庭要素配置结构，存在成本节约效应。因此，农业机械化的使用不仅可以替代劳动力投入，还能通过技术引入和成本节约效应来提高技术效率。

但由于不同生产环节农业机械化的技术发展水平存在差异，其作业标准和作业规范也各不相同，农户对机械化设备的采纳意愿和应用程度也不同，所以导致农业机械化的调节作用在不同生产环节可能存在差异。据此，本文提出第二个研究假设：

H2：农业机械化程度越高，越会削弱非农就业与油菜生产技术效率之间的负向关系，但在不同生产环节存在差异性。

三、数据、方法与变量

（一）数据来源

本文采用的是 2020 年国家油菜产业技术体系全国 27 个综合试验站的田间测产数据,该数据覆盖了包括广西壮族自治区、安徽、贵州、河北、河南、湖北、湖南、江苏、江西、陕西、上海、四川、云南、浙江、重庆在内的 15 个省(市),油菜产量占全国总产量的 91.54%,因此样本区域的选择能够代表油菜产业的整体情况。而且调研由各个试验站的专业技术人员负责,他们长期工作在油菜生产一线,对油菜种植过程有深入的了解,具备良好的专业知识和调查基础。

该套数据遵循多阶段随机抽样的原则在全国建立固定观察点,具体抽样过程为每个实验站抽 3 个县,每个县通过随机抽样选择 3 个村,再在其中选取 3 名油菜种植户,即每个实验站至少有 27 个油菜种植户,由技术人员入户与农户谈话,临田测产,最终汇总成问卷,在对数据进行筛查后,剔除了缺失值和异常值,最终保留 702 份有效问卷。

为进一步确保投入产出数据的合理性,参照《全国农产品成本收益资料汇编 2021》的数据进行了核对。《全国农产品成本收益资料汇编 2021》显示 2020 年油菜籽单产为 146.43 公斤/亩,劳动力投入为 5.95 日/亩,种子费用为 21.81 元/亩,肥料费用为 107.47 元/亩,机械作业费为 81.47 元/亩。样本数据中,油菜籽单产为 141.89 公斤/亩,劳动力投入为 4.81 日/亩,种子费用为 22.80 元/亩,肥料费用为 113.33 元/亩,机械作业费为 73.32 元/亩。对比分析可知,两者数据相差不大,说明样本数据具有一定的代表性和合理性。

(二) 研究方法

1. 随机前沿生产函数模型

目前测算技术效率的方法主要有随机前沿分析法(Stochastic Frontier Analysis, SFA)和数据包络法(Data Envelopment Analysis, DEA)两种,数据包络法无需设定具体函数形式,从而可以避免因生产函数误设而导致的结构偏差,但可能会因为忽视了随机误差的影响而导致结果偏差。随机前沿生产分析法虽然需要预先设定具体的生产函数形式,但考虑了随机误差的存在对结果造成的影响,更加适合用来测算多投入单产出的农业生产(Battese 和 Coelli, 1995),考虑到油菜生产容易受到自然环境等随机因素的影响,本文选择使用随机前沿生产函数模型对油菜生产技术效率进行测算。

随机前沿生产函数模型最早由 Aigner et al. (1977) 和 Meeusen et al. (1977) 分别独立提出,后来一些学者对技术无效率项的分布形式进行了不同的假设(如: Schmidt et al., 1984 和 Kumbhakar et al., 2005),主要有半正态、指数和断尾正态分布三种形式。模型的一般形式可以表示为:

$$Y_i = F(X_i, \beta) \times \exp(V_i - U_i), i=1, 2 \dots n \quad (1)$$

(1) 式中, Y_i 代表实际产出水平, $F(X_i, \beta)$ 为生产前沿, X_i 代表各生产要素的投入向量, V_i 是零均值随机噪声项,假设其服从正态分布 $N(0, \sigma^2)$, U_i 为技术无效率项,取值范围在 0 和 1 之间。当 $U_i \geq 0$ 时,表示存在技术无效率项,即实际产出水平小于生产前沿的最优产出水平,假设其服从半正态分布 $N^+(0, \sigma^2)$,同时假定 V_i 和 U_i 互相独立分布。在此基础上,运用极大似然法(ML)可以计算得到技术效率,表示为:

$$TE = \frac{Y_i}{F(X_i, \beta) \times \exp(V_i - U_i)} = \exp(-U_i) \quad (2)$$

根据前文分析,在使用随机前沿生产函数方法测算油菜生产技术效率时,需要设定合适的函数形式。与传统的柯布-道格拉斯生产函数(C-D)相比,超越对数函数(translog)允许产出弹性和替代弹性随要素投入发生变化,形式设定更加灵活,符合本文研究的需要,具体模型形式如下:

$$\ln Y_i = \beta_0 + \beta_1 \ln S_i + \beta_2 \ln L_i + \beta_3 \ln K_i + \frac{1}{2} \beta_4 (\ln S_i)^2 + \frac{1}{2} \beta_5 (\ln L_i)^2 + \frac{1}{2} \beta_6 (\ln K_i)^2 + \beta_7 \ln S_i \ln L_i + \beta_8 \ln S_i \ln K_i + \beta_9 \ln L_i \ln K_i + V_i - U_i \quad (3)$$

(3) 式中, Y_i 为油菜的实际产出, 以油菜总产量 (公斤) 表示; S_i 为土地投入, 以油菜种植面积 (亩) 表示; L_i 表示劳动投入, 指油菜生产过程中的用工天数 (日, 包括雇工及自用工); K_i 表示资本投入, 指生产过程中的物质与服务费用投入, 包括油菜种子投入 (元, 自留种折现记入)、油菜肥料投入 (元, 含化肥和农家肥)、油菜机械作业费 (元)、其它投入 (元, 如农药、农膜、水电等)。 V_i 和 U_i 分别表示随机误差项和技术无效率项; $\beta_0 \sim \beta_9$ 表示各变量的待估系数; 下标 i 表示油菜种植户个体。

2. 受限 Tobit 模型

在分析非农就业对油菜生产技术效率的影响时, 由于技术效率是一个 0 到 1 之间的数值, 所以本文使用受限 Tobit 模型做回归分析。

$$TE_i = \alpha_0 + \alpha_1 Nonfarm_i + \alpha_i X_i + \varepsilon_i \quad (4)$$

在公式 (4) 中, TE_i 表示因变量, α_0 表示常数项; $Nonfarm$ 表示第 i 个农户的家庭非农就业情况, 由家庭非农就业收入与总收入之比表示, X_i 表示一组控制变量, 包括户主特征变量, 家庭特征变量, 种植特征变量等。 α_i 表示待估参数, ε 表示随机扰动项。

3. 调节效应模型

为了检验农业机械化水平在非农就业影响油菜生产技术效率中的调节作用, 构建调节效应模型如下。

$$TE_i = a_0 + a_1 Nonfarm_i + a_2 Mech_1 + a_3 Mech_1 \times Nonfarm + a_i X_i + e_{1i} \quad (5)$$

$$TE_i = b_0 + b_1 Nonfarm_i + b_2 Mech_2 + b_3 Mech_2 \times Nonfarm + b_i X_i + e_{2i} \quad (6)$$

$$TE_i = c_0 + c_1 Nonfarm_i + c_2 Mech_3 + c_3 Mech_3 \times Nonfarm + c_i X_i + e_{3i} \quad (7)$$

(5) ~ (7) 式中, $Mech_1 \sim Mech_3$ 代表机耕程度、机播程度和机收程度, 分别由机耕面积、机播面积和机收面积与油菜种植面积之比来表示, 并参考温忠麟 (2005) 等对自变量和调节变量做中心化处理。 a_i 、 b_i 、 c_i 表示待估参数, ε 表示随机扰动项。

(三) 变量选取

1. 被解释变量

油菜生产技术效率。在测算油菜生产技术效率时, 需要设定投入产出的指标。本文使用的产出指标是油菜总产量 (公斤), 投入指标分为土地投入、劳动投入和资本投入三种。土地投入用油菜播种面积 (亩) 衡量。劳动投入指标用油菜生产过程中的用工天数, 包括雇工及自用工, 单位为日。资本投入包括了种子、化肥、农药、农膜、水电等费用以及机械作业

费，单位为元。

2.核心解释变量

非农就业。由家庭非农就业收入与家庭总收入之比表示（黄祖辉等，2014），比值越大，说明非农就业程度越高。

3.工具变量

市级非农就业均值。由于非农就业与油菜生产技术效率之间互为因果导致模型存在内生性，所以本文选取市级非农就业均值作为工具变量，采取两阶段最小二乘法来缓解内生性问题。之所以选择这一工具变量，是因为市级非农就业均值与农户个人的非农就业水平相关，满足相关性要求，同时又不直接影响农户个人的油菜生产技术效率，满足外生性要求，符合工具变量的条件。

4.调节变量

机械化程度。按照油菜生产环节，分为机耕程度、机播程度和机收程度，分别用机耕面积、机播面积和机收面积与油菜种植面积的比值表示（杜国明等，2021）。

5.其他控制变量

为了排除其他可能影响油菜生产技术效率的因素，提高模型估计结果的外部效度，本文结合以往的研究，还控制了一系列影响油菜生产技术效率的变量，主要包括户主特征、家庭特征和生产特征三个方面。其中，户主特征方面主要包括性别、年龄、受教育程度、健康状况。家庭特征方面主要包括交通条件、家庭规模和互联网使用情况。种植特征主要包括是否加入合作社、是否规模经营、农业补贴、是否参加农技培训。各变量指标的详细情况说明如表1所示。

表1 变量描述性统计

变量名称	变量含义和赋值	符号	均值	标准差
产出	总产量，公斤	Y	3821.370	14777.201
土地投入	播种面积，亩	S	33.507	139.806
劳动投入	用工天数，日	L	66.672	274.175
资本投入	种子、化肥、机械作业费、农药、农膜、水电等，元	K	8208.227	29706.220
非农就业	家庭非农就业收占总收入比重（非农收入/总收入）	Nonfarm	0.603	0.342
机耕程度	机耕面积占播种面积比重（机耕面积/播种面积）	Mech1	0.777	0.410
机播程度	机播面积占播种面积比重（机播面积/播种面积）	Mech2	0.233	0.420
机收程度	机收面积占播种面积比重（机收面积/播种面积）	Mech3	0.457	0.489
户主性别	户主性别（男=1，女=0）	Gender	0.906	0.292
户主年龄	户主年龄，岁	Age	59.736	9.561
户主受教育程度	户主受教育情况（文盲=1，小学=2，初中=3，高中=4，大学及以上=5）	Education	2.816	0.753
户主健康状况	与同龄人相比户主的健康状况（不健康=0，健康=1）	Health	1.462	0.566
到最近农技推广机构距离	到最近农技推广机构距离，公里	Distance1	4.502	4.193

续表 1

变量名称	变量含义和赋值	符号	均值	标准差
到最近农贸市场距离	到最近农贸市场距离, 公里	Distance2	3.334	2.581
家庭规模	家庭人口数, 人	Family	4.801	1.811
互联网使用情况	是否拥有电脑 (是=1, 否=0)	Computer	0.396	0.489
是否加入合作社	是否加入合作社 (是=1, 否=0)	Cooperation	0.271	0.445
是否规模经营	是否规模经营 (是=1, 否=0)	Scale	0.207	0.405
农业补贴	农业补贴总额取对数, 元	Subsidy	5.151	3.330
是否参加农技培训	是否参加农技培训 (是=1, 否=0)	Training	0.704	0.457

四、结果与分析

(一) 随机前沿生产函数估计结果

本文使用 Stata 15.0 软件对之前设定的超越对数生产函数进行了估计, 结果如表 2 所示。从模型拟合度来看, δ_u 、 δ_v 和 λ 均通过 t 检验, 并且在 1% 的水平上显著, 证明了采用随机前沿生产函数的合理性。 γ 约为 0.756, 说明模型中有 75.6% 的误差来源于技术无效率项, 24.4% 来源于随机误差项。

从模型的系数和显著性来看, 土地投入 ($\ln S$) 及其二次项均在 1% 的统计水平上显著为正, 表明土地投入对油菜生产技术效率呈“U”型影响, 适度扩大土地规模有助于优化生产要素的配置, 通过规模经营提高技术效率。劳动投入 ($\ln L$) 在 5% 的统计水平上显著为负, 说明油菜的劳动力利用效率不高, 通过增加劳动投入来提高产出难以实现。土地和劳动的交互项系数为负, 并在 5% 的统计水平上显著, 表明土地与劳动之间存在替代关系, 增加劳动投入在一定程度上能够缓解土地资源约束对农业生产的影响。

表 2 随机前沿生产函数的估计结果

变量	被解释变量: 油菜总产量	
	系数	标准误
$\ln S$	0.997***	0.261
$\ln L$	-0.334**	0.140
$\ln K$	-0.308	0.290
$0.5 \ln S^2$	0.125**	0.055
$0.5 \ln L^2$	0.033**	0.015
$0.5 \ln K^2$	0.041	0.057
$\ln S \times \ln L$	-0.079**	0.031
$\ln S \times \ln K$	-0.029	0.051
$\ln L \times \ln K$	0.055**	0.026
常数项	4.274***	0.768
δ_u	0.363***	0.037
δ_v	0.206***	0.020
λ	1.761***	0.055
$\gamma = \delta_u^2 / (\delta_u^2 + \delta_v^2)$	0.756	

续表 2

变量	被解释变量：油菜总产量	
	系数	标准误
log likelihood	-142.993	
观测值	702	

表 3 分别示列了东、中、西部地区样本农户的技术效率分布情况，总体来看，东部地区样本农户的技术效率均值为 0.801，明显高于中部地区的均值 0.744 和西部地区的均值 0.758。技术效率在 0.5 以下的样本农户全部位于中西部，在中部和西部地区分别占 3.02% 和 3.31%，而技术效率在 0.8 以上的农户在东部地区占 57.57%，在中部地区只占 36.56%，在西部地区占 45.22%。

从技术效率的地区分布情况来看，油菜生产技术效率与地区经济发展水平密切相关，我国东部地区油菜种植户的技术效率更高，西部地区的油菜生产技术效率略高于中部，但差距不大。近年来西部地区的油菜生产技术效率增长明显，已经与中部油菜主产区的技术效率水平相当，我国油菜产业的重心或许会向西部转移。东部地区的技术效率水平虽然较高，但种植规模较小，且近年来一直呈现缩减趋势，其影响力将逐步减弱。

为了进一步分析非农就对油菜生产技术效率的影响，本文按照非农就业程度对技术效率进行了分组研究。在全样本中，油菜生产技术效率的均值为 0.758，在非农就业水平低于平均水平的样本组中，油菜生产技术效率的均值为 0.763，而在非农就业水平高于平均水平的样本组中，油菜生产技术效率的均值为 0.754，二者相差 0.9%，可以粗略判断非农就业程度越高，油菜生产技术效率水平越低。

表 3 油菜种植户的技术效率分组

效率分组	总样本		东部		中部		西部	
	农户 个数	占比	农户 个数	占比	农户 个数	占比	农户 个数	占比
[0, 0.4)	4	0.57%	0	0.00%	1	0.30%	3	1.10%
[0.4, 0.5)	15	2.14%	0	0.00%	9	2.72%	6	2.21%
[0.5, 0.6)	55	7.83%	2	2.02%	21	6.34%	32	11.76%
[0.6, 0.7)	117	16.67%	13	13.13%	74	22.36%	30	11.03%
[0.7, 0.8)	210	29.91%	27	27.27%	105	31.72%	78	28.68%
[0.8, 0.9)	265	37.75%	44	44.44%	113	34.14%	108	39.71%
[0.9, 1]	36	5.13%	13	13.13%	8	2.42%	15	5.51%
合计	702	100%	99	100%	331	100%	272	100%
技术效率	0.757864		0.801371		0.744339		0.758442	

(二) 基准回归分析

由于被解释变量油菜生产技术效率的取值在 0~1 之间，因此本文采用受限 Tobit 模型对式 (4) 进行回归，结果如表 4 所示。在控制了一系列户主特征、家庭特征和种植特征之后，非农就业在 1% 的统计水平上显著为负，说明非农就业收入占家庭收入的比重越高，技术效率越低，可能的原因是非农收入占比越高，意味着家庭中从事非农就业的劳动力越多，则投入到油菜生产中的劳动力越少，越不利于农业生产，随着非农收入占比增加，农户基于整个家庭的收益最大化，对油菜等农业生产的重视程度降低，进一步阻碍了技术效率的进步，验证了假设 H1。

此外，教育程度、以及加入合作社对技术效率的负向影响也在 1% 的统计水平上显著。受教育程度越高，可能更倾向于从事第二、三产业，对农业生产的重视程度越低、投入越少，因此技术效率会更低。加入合作社对油菜生产呈显著的负向影响，说明当前合作社并没有发

挥预期的作用，在组织管理方式上可能存在漏洞，尹玲会（2022）等人的研究表明若地区合作社存在分散、规模小、碎片化发展的情况，技术效率也会比较低。农业补贴对技术效率的影响在 5% 的统计水平上显著为负，表明对农户进行补贴并不利于技术效率的提高，因为农户最终关注的是收益，农业补贴可能导致农户形成依赖，在收入的到保证的情况下，不再重视提高油菜产量。

基准回归的结果还表明家庭到最近农技推广机构的距离越远，以及参加农技培训，则油菜生产技术效率越高，二者的正向影响都在 5% 的统计水平上显著，说明农业技能相关的知识及培训对于提高技术效率具有显著的促进作用，而且距离农技推广机构的距离越远的农户来参加农技培训的成本越高，所以他们的学习效率会更高，提高油菜生产技术效率的效果会更明显。家庭是否拥有电脑对于技术效率的影响在 1% 的统计水平上显著为正，因为拥有电脑的家庭通常与互联网接轨更深，有更多渠道了解农业相关的知识，同时他们接受新事物的能力以及学习能力更强，因而在农业生产方面更有效率。

表 4 基准回归估计结果

变量	被解释变量：油菜生产技术效率	
	系数	标准误
非农就业	-0.039***	0.014
户主性别	-0.001	0.013
户主年龄	-0.001**	0.000
户主受教育程度	-0.015***	0.005
户主健康状况	-0.013**	0.007
到最近农技推广机构距离	0.002**	0.001
到最近农贸市场距离	-0.000	0.002
家庭规模	-0.001	0.002
互联网使用情况	0.028***	0.009
是否加入合作社	-0.034***	0.009
是否规模经营	-0.011	0.013
农业补贴	-0.003**	0.001
是否参加农技培训	0.018**	0.008
常数项	0.973***	0.046
省份	已控制	
观测值	702	

（三）内生性处理

基准回归的结果表明非农就业对油菜生产技术效率存在显著的负向影响，但种植油菜的技术效率低下也可能导致农户放弃单一的生产模式，更多地从事非农就业，走兼业化道路，以达到收益最大化，因此非农就业与技术效率之间可能存在双向因果关系，导致内生性问题。为了准确评估非农就业对油菜生产技术效率的影响，本文选取了市级非农就业均值作为工具变量，采用两阶段最小二乘法进行回归，结果如表 5 所示。

工具变量回归的结果表明非农就业显著降低了油菜生产技术效率，与基准回归的结果一致，表明在处理内生性问题后，非农就业对油菜生产技术效率仍存在显著的负向影响。使用工具变量需要进行一系列检验，不可识别检验（KP-LM 统计量）和弱工具变量检验（Cragg-Donald Wald F 统计量）的结果表明，所使用的工具变量不存在不可识别和弱工具变量的问题，表明本文所使用的工具变量符合有效性要求。

表 5 非农就业影响油菜生产技术效率的 IV-2SLS 估计结果

变量	第一阶段	第二阶段
	被解释变量：非农就业	被解释变量：油菜生产技术效率
非农就业		-0.163*** (0.035)
市级非农就业均值	0.811*** (0.069)	
常数项	0.087	1.054***
控制变量	已控制	已控制
省份	已控制	已控制
KP-LM 统计量	120.292***	
Cragg-Donald Wald F 统计量	139.378***	
观测值	702	702

(四) 稳健性检验

1. 替换模型

基准回归分析的结果表明非农就业对油菜生产技术效率存在显著负向影响,为检验这一结果是否稳健,本文进一步通过替换模型,采用 OLS 模型进行回归,结果如表 6 所示,非农就业与油菜生产技术效率之间在 1%的统计水平上显著负相关,说明非农就业对油菜生产技术效率具有显著的负向影响,其他控制变量的符号与大小也与基准回归基本一致,可以认为本文的研究假设 H1 再次得以验证。

表 6 OLS 回归结果

变量	被解释变量：油菜生产技术效率	
	系数	标准误
非农就业	-0.039***	0.014
户主性别	0.001	0.013
户主年龄	-0.001**	0.000
户主受教育程度	-0.015***	0.005
户主健康状况	-0.013*	0.007
到最近农技推广机构距离	0.002**	-0.000
到最近农贸市场距离	-0.000	0.002
家庭规模	-0.001	0.002
互联网使用情况	0.028***	0.009
是否加入合作社	-0.034***	0.009
是否规模经营	-0.011	0.013
农业补贴	-0.003**	0.001
是否参加农技培训	0.018**	0.009
常数项	0.973***	0.047
省份	已控制	
观测值	702	

2. 缩尾和截尾处理

为了验证基准回归结果的稳健性,本文分别对样本进行 1%的缩尾处理和 1%的截尾处理,结果如表 7 所示。回归(1)为 1%缩尾处理后的结果,非农就业的估计系数为-0.038,且在 1%的统计水平上显著,回归(2)为 1%截尾处理后的结果,非农就业的估计系数为

-0.033，也在 1%的统计水平上显著。可以看出，分别使用两种不同方法对样本调整后，研究结果均表明非农就业对油菜生产技术效率呈显著负向影响，再次验证了研究假设 H1，这意味着基准回归的估计结果具有一定的稳健性。

表 7 缩尾和截尾处理

变量	被解释变量：油菜生产技术效率	
	回归（1）：缩尾处理	回归（2）：截尾处理
非农就业	-0.038*** (0.013)	-0.033*** (0.014)
常数项	0.975*** (0.046)	0.964*** (0.047)
控制变量	已控制	已控制
省份	已控制	已控制
观测值	702	636

五、进一步分析

（一）异质性分析

1.区域异质性分析

考虑到我国幅员辽阔，不同地区的生产条件和经济发展水平差异较大，为了更准确的考察非农就业对油菜生产技术效率的影响差异，本文对东、中、西部地区进行了分组回归，结果如表 8 所示。

回归（2）和回归（3）的结果显示，在中部和西部地区，非农就业估计系数的绝对值相对较小且不显著，表明非农就业对油菜生产技术效率的负向影响作用在中西部大致相当。而回归（1）显示，在东部地区，非农就业的估计系数为-0.111，在 1%的统计水平上显著，表明在东部地区，非农就业对油菜生产技术效率的负向影响较大，可能的原因是东部地区经济发展水平更高，从事非农就业带来的收入相对更高，所以农户对农业生产的重视程度不够，导致技术效率更低。

表 8 区域异质性分析

变量	被解释变量：油菜生产技术效率		
	回归（1）：东部	回归（2）：中部	回归（3）：西部
非农就业	-0.111*** (0.026)	-0.029 (0.019)	-0.014 (0.024)
常数项	1.156*** (0.091)	0.953*** (0.057)	0.888*** (0.067)
控制变量	已控制	已控制	已控制
省份	已控制	已控制	已控制
观测值	99	331	272

2.分位数回归

由于基准回归得出的结论是基于全样本的平均效应，并未考虑到不同技术效率水平下非农就业的作用效果，为了得到更为全面的研究结论，使用分位数回归分析非农就业对不同分位数水平下油菜生产技术效率的影响，估计结果如表 8 所示。

表 9 报告了 0.25、0.5 和 0.75 分位点的估计结果，在 0.25 的分位点上，非农就业的估计系数为-0.048，在 5%的统计水平上显著。随着分位数水平从 0.25 增加至 0.5，非农就业的估计系数从-0.048 上升至-0.039，并在 1%的统计水平上显著。而分位数水平从 0.5 增加至

0.75，非农就业的回归系数变化不大，为-0.040，在5%的统计水平上显著。

分位数回归的结果表明，随着农户油菜生产技术效率水平的提高，非农就业对技术效率的负向影响作用越来越小，对于油菜生产技术效率较低的农户来说，非农就业带来的负向影响更大，而他们会更倾向于从事非农就业以保证家庭收入，形成恶性循环，最终的结果可能是放弃油菜生产。

表 9 分位数回归

变量	被解释变量：油菜生产技术效率		
	回归（1）：q25	回归（2）：q50	回归（3）：q75
非农就业	-0.048** (0.020)	-0.039*** (0.011)	-0.040** (0.015)
常数项	0.963*** (0.070)	0.980*** (0.040)	0.942*** (0.038)
控制变量	已控制	已控制	已控制
省份	已控制	已控制	已控制
观测值	702	702	702

（二）调节效应分析

在考察机械化程度的调节效应时，本文构建了机耕程度、机播程度、机收程度三个调节变量，调节效应的检验结果如表 10 所示，回归（1）~回归（3）的结果显示在加入一系列控制变量后，非农就业与机耕程度的交互项系数为-0.103，在1%的统计水平上显著，非农就业与机播程度的交互项系数为-0.045，在10%的统计水平上显著，与机收程度的交互项系数为-0.054，在5%的统计水平上显著，表明机械化耕作、机械化播种和机械化收割都对非农就业与油菜生产技术效率的关系起负向调节作用，即农户的机械化程度越高，非农就业对油菜生产技术效率的负向影响越小。

其中，机耕程度的影响最大也最为显著，这与宦梅丽（2022）等的研究也是一致的，他们基于对农机作业服务的研究认为耕作环节的机械化对于技术效率的促进作用最为显著，因为目前机械化耕作技术发展较为成熟，标准化程度最高。在播种和收获环节，机械化作业也在相当大的程度上削弱了非农就业与技术效率的负向影响，相较于人工，机械播种更均匀，更有利于作物生长，收割机的使用能有效避免产量和质量的损失，因此效率也更高。

调节效应的检验结果验证了假设 H2，在农业生产的耕作、播种和收获环节中，机械化程度越高，越会削弱非农就业与油菜生产技术效率之间的负向关系，其中，机械化耕作的调节效应最为显著。

表 10 调节效应检验

变量	被解释变量：油菜生产技术效率		
	回归（1）	回归（2）	回归（3）
非农就业	-0.028** (0.014)	-0.035** (0.014)	-0.030** (0.014)
机耕程度	0.028** (0.013)		
机耕程度×非农就业	-0.103*** (0.039)		
机播程度		0.025** (0.011)	

续表 10

变量	被解释变量：油菜生产技术效率		
	回归 (1)	回归 (2)	回归 (3)
机播程度×非农就业		-0.045* (0.027)	
机收程度			0.022** (0.010)
机收程度×非农就业			-0.054** (0.026)
常数项	0.933*** (0.046)	0.946*** (0.045)	0.955*** (0.045)
控制变量	已控制	已控制	已控制
省份	已控制	已控制	已控制
观测值	702	702	702

六、研究结论与对策建议

本文以 2020 年国家油菜产业技术体系全国 27 个综合试验站的田间测产数据为基础,测算我国油菜生产技术效率,分析非农就业对油菜生产技术效率的影响,并进一步研究在农作物耕种收的不同生产环节,机械化程度的调节效应。主要结论有:第一,非农就业对油菜生产技术效率存在显著的负向影响,这一结论在采用工具变量法、替换模型以及进行 1%的缩尾和截尾处理后仍具有稳健性;第二,非农就业对油菜生产技术效率的负向影响存在异质性,非农就业带来的负效应在我国东部地区最显著,对于油菜生产技术效率较低的农户来说,非农就业带来的负向影响也更大;第三,调节效应的检验结果表明,农业机械化程度越高,越会削弱非农就业与油菜生产技术效率之间的负向关系,不同生产环节机械化程度的调节效应存在差异,机械化耕作的调节效应最为显著。

根据上述研究结论,本文提出如下对策建议:

(1) 农户从事非农就业导致农村劳动力老龄化、女性化,农业生产劳动力不足,不利于油菜产业的发展和我国油料供给安全,因此需要高度重视农村劳动力弱质化问题,鼓励乡镇企业的发展,让农民实现在家门口致富,在从事非农就业的同时能够兼顾农业生产。

(2) 农技培训能够显著提高农户的生产技术效率,各级政府应该发挥农技培训主体作用,联合农技推广机构、合作社等专业组织、大型农业企业等,建立专门的培训点,为农户学习农业知识提供便利条件,同时应注意弱化理论性,提高实操性,改进培训方式,采取现场教学等方法,便于农户理解和运用。

(3) 农业机械化能够在一定程度上削弱非农就业对油菜生产技术效率的不利影响,因此要继续推进农业现代化,提高机械化水平,一方面要鼓励农业机械化技术的研发和推广,进一步完善和提高农机作业标准,另一方面要增加购置农机以及购买农机作业服务的补贴力度,考虑到不同生产环节机械化的作用存在差异,扶持政策也要相应的差异化。

参考文献

陈中伟、赵高送、华长营, 2022: 《农民非农就业、经营规模与农地生产效率——基于中国 885 个县的面板数据》, 《河南理工大学学报(社会科学版)》第 3 期。

丁毅、徐秀英, 2016: 《农村劳动力转移对竹林生产效率的影响研究》, 《林业经济问题》第 3 期。

郭湘红、豆文杰、扶玉枝, 2020: 《非农就业对农户生产技术效率的影响》, 《中国集体经济》第 23 期。

何微、李俊、王晓梅、林巧、杨小微, 2022: 《全球油菜产业现状与我国油菜产业问题、对策》, 《中国油脂》第 2 期。

胡祎、张正河, 2018: 《农机服务对小麦生产技术效率有影响吗?》, 《中国农村经济》第 5 期。

宦梅丽、侯云先、吕静, 2022: 《农机作业服务对中国粮食生产技术效率的影响: 基于共同前沿方法的考察》, 《农林经济管理学报》第 2 期。

黄宗智, 2000: 《中国法律制度的经济史·社会史·文化史研究》, 《比较法研究》第 1 期。

黄祖辉、王建英、陈志钢, 2014: 《非农就业、土地流转与土地细碎化对稻农技术效率的影响》, 《中国农村经济》第 11 期。

路玉彬、周振、张祚本、孔祥智, 2018: 《改革开放 40 年农业机械化发展与制度变迁》, 《西北农林科技大学学报(社会科学版)》第 6 期。

苏卫良、刘承芳、张林秀, 2016: 《非农就业对农户家庭农业机械化服务影响研究》, 《农业技术经济》第 10 期。

魏佳朔、高鸣, 2023: 《农业劳动力老龄化如何影响小麦全要素生产率增长》, 《中国农村经济》第 2 期。

温忠麟、侯杰泰、张雷, 2005: 《调节效应与中介效应的比较和应用》, 《心理学报》第 2 期。

张琛、马彪、彭超, 2023: 《农村电子商务发展会促进农村劳动力本地就业吗》, 《中国农村经济》第 4 期。

张忠明、钱文荣、虎陈霞, 2017: 《非农就业导致农户生产投入及其效率下降了吗?——来自浙江传统粮区的调查》, 《兰州学刊》第 4 期。

Dhehibi B, Alimari A, Haddad N, et al. Technical Efficiency and Its Determinants in Food Crop Production: A Case Study of Farms in West Bank, Palestine[J]. Journal of Agricultural Science & Technology, 2014, 16(4):717-730.

Gollin D, Lagakos D, Waugh M E. Agricultural Productivity Differences across Countries[J]. American Economic Review, 2014, 104(104):165-70.

Noor. Dola. Investigating Training Impact on Farmers' Perception and Performance[J]. International Journal of Humanities and Social Science, 2011. (6):145-152.

Rasouli F, Sadighi H, Minaei S. Factors affecting agricultural mechanization: a case study on sunflower seed farms in Iran.[J]. Journal of Agricultural Science & Technology, 2009, 11(1):39-48.

Takahashi K, Otsuka K, Davis B, et al. The increasing importance of nonfarm income and the changing use of labor and capital in rice farming: the case of Central Luzon, 1979-2003.[J]. Agricultural Economics, 2010, 40(2):231-242.

Ullah M W A S. Current Status, Constraints and Potentiality of Agricultural Mechanization in Fiji[J]. Agricultural Mechanization in Asia Africa & Latin America, 2007, 1(38):39-45.

Yue, Bohan, and Tadashi Sonoda. The effect of off-farm work on farm technical efficiency in China. Working paper, Nagoya University. Furi-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Japan, 2012.

Research on the Influence of Off-farm Employment on the Technical Efficiency of Rapeseed Production—— Based on the Adjustment Effect of Agricultural Mechanization

LIU Yidie^a FENG Zhongchao^{a,b} and LIU Fuxing^a

(a:College of Economics & Management, Huazhong Agricultural University;

b:Hubei Rural Development Research Center)

Summary: The normalization of off-farm employment has changed the traditional mode of farmers engaged in single agricultural production in China, which has had a far-reaching impact on rapeseed industry. Therefore, based on the micro-survey data of 27 comprehensive experimental stations in the national rapeseed industrial technology system in 2020, this paper empirically analyzes the influence of off-farm employment on the technical efficiency of rapeseed production by using stochastic frontier production function and restricted Tobit model, and investigates the adjustment effect of agricultural mechanization in it. The results show that: ① off-farm employment will significantly reduce the technical efficiency of rapeseed production, and the conclusion is still robust after adopting instrumental variable method, replacing model and 1% tail reduction and truncation treatment. ②The results of heterogeneity analysis show that off-farm employment only has a significant negative impact on the technical efficiency of rapeseed production in eastern China; However, with the increase of the fractile, the influence of off-farm employment on the technical efficiency of rapeseed production gradually decreased. ③The higher the degree of agricultural mechanization, the weaker the negative relationship between off-farm employment and technical efficiency of rapeseed production. The adjustment effect of mechanization in different production links is different, and the adjustment effect of mechanized farming is the most significant. The above conclusions are helpful to clarify the deep influence of off-farm employment on the technical efficiency of rapeseed production.

Keywords: off-farm employment; production technology efficiency; Agricultural mechanization; adjustment effect

JEL Classification: J61, Q12, Q16