

引用格式: 赵雯歆, 罗小锋, 唐林. 劳动力转移对农户粮食绿色生产效率的影响: 兼论技术推广的作用[J]. 资源科学, 2023, 45(7): 1440-1454. [Zhao W X, Luo X F, Tang L. The influence of labor transfer on farmers' green grain production efficiency: Also discussing the role of technology extension[J]. Resources Science, 2023, 45(7): 1440-1454.] DOI: 10.18402/resci.2023.07.12

# 劳动力转移对农户粮食绿色生产效率的影响 ——兼论技术推广的作用

赵雯歆<sup>1,2,3</sup>, 罗小锋<sup>1,3,4</sup>, 唐林<sup>5</sup>

(1. 华中农业大学经济管理学院, 武汉 430070; 2. 湖北农村发展研究中心, 武汉 430070; 3. 湖北生态文明建设研究院, 武汉 430070; 4. 华中农业大学农村可持续发展研究中心, 武汉 430070; 5. 武汉工程大学法商学院, 武汉 430205)

**摘要:**【目的】在农业劳动力大量流向城镇的背景下, 厘清劳动力转移对于农户粮食绿色生产效率的影响, 对推进粮食生产效率稳步提升、促进农业生态可持续发展具有重要政策启示。【方法】基于湖北、河南两省770份粮农调查数据, 利用DEA-SBM模型对其粮食绿色生产效率进行测算, 并通过Tobit模型论证了劳动力转移、技术推广对粮食绿色生产效率的影响。【结果】①劳动力转移在时间、空间维度均对农户粮食绿色生产效率存在抑制作用。②政府绿色技术推广措施能够促进粮食绿色生产效率的提高, 并有效缓解劳动力转移对粮食绿色生产效率的负面影响。③技术推广对农户绿色生产效率的缓解作用存在年龄和种植规模的门槛限制, 对年轻农户与高收入农户而言, 其缓解作用不显著。【结论】应健全农村劳动力保障机制, 拓宽绿色生产技术推广渠道, 重点着眼于老龄农户、低收入户的绿色生产技术推广途径, 以推进粮食绿色生产效率提升, 有效加快农业高质量发展进程。

**关键词:** 粮食安全; 劳动力转移; 技术推广; 绿色生产效率; DEA-SBM模型; Tobit模型; 长江流域

DOI: 10.18402/resci.2023.01.12

## 1 引言

在新型城镇化发展的进程中, 保障粮食高效生产与农业绿色可持续协调发展是维持经济社会稳定运行的重中之重。2023年中央“一号文件”提出要抓好粮食稳产保供, 促进粮食生产效率的提升是稳定粮食产量的重要一环。在当前农业现代化发展、农业转型升级的背景下, 尤其要注重绿色生产效率的提升。传统粮食生产中, 增加农药、化肥等生产要素的投入是提高粮食生产效率的常用措施, 由此引致的农业生产高污染、高耗能及高浪费等问题日益凸显<sup>[1]</sup>。目前中国农药、化肥减量行动已取得显著成效, 实现了农药、化肥用量的负增长, 但其用量仍远超世界平均水平<sup>[2]</sup>, 农药、化肥的过量施用给生态环境和人类健康带来巨大挑战<sup>[3]</sup>, 对粮食作

物的绿色生产效率亦产生了重要影响。这使得粮食生产需要在顺应自然、兼顾生态环境保护的前提下, 从绿色、高质与高效的角度谋求进一步发展<sup>[4]</sup>。

关于粮食绿色生产效率的影响因素研究已颇有成效。学者们主要从两个层面对其进行研究: 在微观层面上, 主要探究了农户调整生产要素投入量、采纳农业生产性服务等行为对于粮食绿色生产效率的影响<sup>[5,6]</sup>。在宏观层面上, 研究了城镇化、经营规模、政策工具、工业化等因素对粮食绿色生产效率的影响<sup>[7-10]</sup>。然而, 从要素投入角度来看, 化肥、农药和农膜等生产要素的过量投入导致的粮食生产效率损失在很大程度上与劳动力转移有关<sup>[11]</sup>。劳动力转移虽然能够诱导农业机械替代劳动力, 但会使得农户通过增加农药化肥等农业化学品的使用

收稿日期: 2023-03-01 修订日期: 2023-06-27

基金项目: 国家自然科学基金项目(72073048); 中央高校基本科研业务费专项项目(2662022JGYJ001)。

作者简介: 赵雯歆, 女, 山东日照人, 博士研究生, 研究方向为农业资源与环境经济、农村区域与发展。E-mail: zwx999616@163.com

通讯作者: 罗小锋, 男, 湖北武汉人, 教授, 研究方向为农业资源与环境经济、农村区域与发展。E-mail: luoxiaofeng@mail.hzau.edu.cn

2023年7月

来提高粮食单产,且机械使用亦会增加粮食生产的碳排放等非期望产出<sup>[11]</sup>,进而影响绿色生产效率。而已有研究却普遍忽视了农户家庭劳动力转移对粮食绿色生产效率的微观影响。同时,劳动力转移存在时间、空间维度的差异。在当前农村劳动力大量外流的现实背景下,劳动力转移更强调农户“亦工亦农”的身份,兼业农户仍在从事农业生产。现有研究大多假定农户兼业时间的“同质性”,未关注到农时因素<sup>[12]</sup>,进而忽视了农户兼业时长的影响差异。此外,兼业时间较长的农户与转移距离较远的农户其劳动力转移程度均较深,但二者农业生产经营决策目标存在差异。兼业时间较长的农户其绿色生产技术采纳的决策目标更多地是降低体力与精力的投入。而转移距离较远的农户其务农的机会成本较高,从事农业生产难度更大,区别于兼业时间较长的农户,其绿色生产技术采纳决策的目标更多地是降低其返乡从事农业生产活动的路费、时间等投入成本。

随着农村劳动力的大量外流,参与粮食生产的劳动力愈发趋向短缺。近年来,农村劳动力转移对粮食生产效率的影响引发了学者们的广泛关注,但尚未达成共识。部分学者认为,劳动力转移对粮食生产效率存在负向影响。大量年轻劳动力优先转移到非农产业部门,这导致从事水稻种植的劳动力往往只剩下一些年老体衰者,使水稻生产者逐渐趋于老龄化<sup>[13]</sup>,而老龄化问题的凸显在一定程度上阻碍了新型农业技术的推广与应用,阻碍了粮食生产效率的提升<sup>[14]</sup>。另有部分学者认为劳动力转移不仅没有抑制粮食生产,反而为提高粮食生产效率提供了条件。原因在于农村劳动力的转移能够优化家庭劳动力结构<sup>[15,16]</sup>,化解农户信贷约束的困境,增加农民抗风险能力<sup>[17]</sup>,缓解农业生产“内卷化”问题<sup>[18]</sup>。同时由劳动力转移所引发的规模扩张能够产生“规模效应”,从而有效改善粮食绿色生产效率<sup>[7]</sup>。上述研究对于劳动力转移影响农业生产率的方向未达成一致结论,仍存在可拓展的空间,具体而言:①部分研究忽视了粮食生产所引起的环境污染,是否考虑非期望产出这一环境代价对于粮食生产效率的测算结果存在重要影响。②已有研究并未充分考虑劳动力转移的时间与空间两个维度。从时间层面来看,劳动力非农兼业时间直接影响农户从事农

业生产的时间;从空间层面来看,劳动力的转移距离影响了农户参与粮食生产的难度与务农的机会成本,二者对农户粮食绿色生产效率均具有一定影响,且影响程度存在差异。③已有研究在剖析劳动力转移对农业绿色生产率的影响时大多忽视了技术推广在其中的关键作用。

农业绿色生产技术的推广促进了小农户和现代农业的有机衔接,是支撑现代农业发展的关键力量,也是政府支持农业生产的重要政策工具<sup>[19]</sup>,主要渠道包括开展农户培训、宣传及政策补贴等<sup>[20]</sup>。遗憾的是,探究技术推广对农户粮食绿色生产效率影响的研究相对较少,仅少部分文献探究了技术推广对于农户技术采纳意愿及采纳行为的影响,指出技术推广能够增强农户的技术采纳意愿<sup>[21]</sup>,提升其技术采纳水平<sup>[20]</sup>。但技术推广对于农户粮食生产效率的提升及绿色生产意识的深化亦具有重要影响。此外,技术推广对于改善劳动力转移所致的低效率问题可能存在重要作用。闫阿倩等<sup>[20]</sup>研究发现农业技术推广能够在一定程度上缓解劳动力老龄化对农户采纳绿色生产技术的阻碍。但鲜有学者基于劳动力转移视角,对技术推广的作用展开进一步探究。

那么,劳动力转移对农户粮食绿色生产效率有怎样的影响?基于时间、空间视角,劳动力转移对粮食绿色生产效率影响的差异如何?技术推广在其中发挥怎样的关键作用?回答这些问题,对粮食绿色生产效率的提高具有重要作用。鉴于此,本文基于湖北、河南两省770户粮农的微观数据,采用基于松弛变量的数据包络分析(Data Envelopment Analysis-Slack Based Measure, DEA-SBM)模型对农户的粮食绿色生产效率进行测算,并借助Tobit模型分析劳动力转移和技术推广对农户粮食绿色生产效率的影响及作用机制。

## 2 理论分析与研究框架

### 2.1 劳动力转移对农户粮食绿色生产效率的影响

农业劳动力转移势必会改变农业生产要素的投入,进而导致粮食绿色生产效率的变化。具体而言,劳动力转移至少通过3条路径对农户粮食绿色生产效率产生影响:①从成本收益视角来看,根据新劳动力迁移理论,劳动力转移是经济结构与发展方式转变的必然结果<sup>[22]</sup>,而理性农户在农业生产过

程中倾向于对成本收益进行衡量从而调整要素投入,进行最优的生产决策<sup>[23]</sup>。劳动力转移程度较大的农户,其投入农业生产的劳动力减少,随着劳动力成本的上升,农户从事农业生产的机会成本增加。农户务农意愿降低,从而倾向于减少绿色生产技术的投入,粮食绿色生产效率降低。②从期望产出视角来看,劳动力转移使得从事农业生产的劳动存在短缺,农户会从精耕细作的种植方式转向粗放式的经营,粮食产量则会因此受到损失<sup>[24]</sup>,致使粮食生产效率降低。③从非期望产出视角来看,劳动力转移程度较深的农户,其投入到农业生产的劳动力减少,因而更倾向于增加农药、化肥等农业化学品或农业机械等生产要素代替劳动力,使得上述投入品所产生的碳排放、面源污染排放等非期望产出增加,从而抑制了粮食绿色生产效率的提升。

基于劳动力转移的时间与空间维度,探讨其对农户粮食绿色生产效率的影响。在时间维度上,兼业时间越长表明农户劳动力转移程度越深。同时,劳动力兼业时间的长短直接影响其农业生产的投入时间。兼业时间较长的农户,对农业收入的依赖性较低<sup>[25]</sup>,更倾向于将体力投入到非农收入的获得中,而有机肥、生物农药等绿色生产技术的采纳需要更多的精力与成本投入,对农户的专业技能也提出了较高的要求,因而该部分农户对农业绿色生产技术的采纳意愿较低<sup>[26]</sup>,其粮食产量、环境污染程度必然会受到影响,从而不利于粮食绿色生产效率的提升。在空间维度上,转移距离越远的农户其劳动力转移程度越深。而劳动力转移距离的远近在一定程度上影响了粮食绿色生产效率。转移距离不同表示农户务农的机会成本不同,其进行农业生产决策、从事农业生产的难度也不同<sup>[27]</sup>。转移距离较远的农户进行农业生产的难度更大,更倾向于以化肥、农药等要素来替代劳动力<sup>[28]</sup>,因而其非期望产出可能会随之增加,降低其粮食绿色生产效率。此外,转移距离较远的农户,若其兼业时间较长,则其从事农业生产的机会成本较高,投入农业生产的体力与精力更少,此时对粮食绿色生产效率的负向影响更大。因此在劳动力时空转移的“循环效应”作用下,兼业时间会强化转移距离对粮食绿色生产效率负向影响。基于上述分析,提出以下研究假说:

H1a:兼业时间显著负向影响农户粮食绿色生

产效率。

H1b:转移距离显著负向影响农户粮食绿色生产效率。

H1c:兼业时间能够进一步强化转移距离对粮食绿色生产效率的负向影响。

## 2.2 技术推广对农户粮食绿色生产效率的影响

技术推广是推动农户采纳绿色生产技术的有效举措。技术宣传是农户获取绿色生产技术的有效路径,技术培训是农户掌握绿色生产技术、培养绿色生产能力的重要渠道,技术补贴是农户调整生产要素投入决策、采纳绿色生产技术、提高粮食绿色生产效率的主要推力。具体来看,技术推广主要通过以下3个方面影响农户的粮食绿色生产效率:①拓宽农户信息获取渠道,降低农户的信息获取成本。技术宣传等绿色生产技术推广措施使得农户能够快速有效地获取绿色生产信息,从而降低搜寻成本,提高其绿色生产意愿与绿色生产技术采纳率。②提高粮食产量,增加期望产出。技术推广能够提高农户采纳绿色生产技术的积极性<sup>[21]</sup>,激励农户转变生产方式,从而提高粮食生产效率,增加粮食产量。③缓解环境污染,降低粮食生产非期望产出。技术推广使得农户绿色生产认知逐步加深,对于绿色生产技术的采纳率增加,化肥、农药等农用化学品的投入降低<sup>[29]</sup>,进而使其农业生产环境得以改善<sup>[30]</sup>,实现资源合理化利用,减少对环境造成的非期望产出。总体而言,技术推广可对农户粮食绿色生产效率产生积极影响。据此,提出以下研究假说:

H2:技术推广显著正向影响农户粮食绿色生产效率。

## 2.3 技术推广对劳动力转移与农户粮食绿色生产效率关系的影响

技术推广有助于缓解劳动力转移所带来的不利影响。从时间维度来看,长期兼业在外的农户,其投入到农业生产中的时间受到挤兑,粮食生产效率难以得到保障<sup>[31]</sup>。技术推广使得农户了解绿色生产技术的渠道拓宽,绿色高效生产的认知深化,更愿意采纳绿色生产技术<sup>[21]</sup>,以提高其生产效率,增加粮食产量从而在更短的时间内取得更大效益,缓解长时间兼业所导致的粮食生产效率的降低。从空间维度来看,农户更倾向于投入更小的成本以获得更大的收益,转移距离较远的农户其从事农业生



2023年7月

产的交通成本更大<sup>[32]</sup>,其从事农业生产的难度更高。技术推广使得农户信息获取方式发生转变,降低农户的信息获取成本,加快农户对绿色生产技术的选择与应用,从而缓解农户转移距离过远引致的负面影响。基于上述分析,本文提出以下研究假说:

H3a:技术推广能够缓解农户兼业时间对其绿色生产效率的抑制作用。

H3b:技术推广能够缓解农户转移距离对其绿色生产效率的抑制作用。

### 3 数据来源、模型设置与变量选择

#### 3.1 数据来源

本文数据来源于课题组2020年7—8月在湖北、河南两省开展的农户调查。选取上述省份的主要原因有以下两点:①湖北、河南两省是中国重要的粮食主产区。2019年湖北省稻谷产量占全国的8.95%,河南省小麦产量占全国的28%。②农业绿色生产技术推广与实践较为深入。两省分别出台了《湖北省推进农业农村现代化“十四五”规划》《河南省“十四五”乡村振兴和农业农村现代化规划》,将农业绿色生产技术的推广与应用作为农业可持续发展的重要推进环节。因此将湖北省、河南省作为粮食绿色生产情况调研地区具有较强的代表性。课题组参考全国农技中心公布的首批“绿色防控示范县”名单,综合考虑地区经济发展水平、农业现代化发展水平及绿色生产技术的发展程度,随机选取湖北省的蕲春县、武穴市、南漳县和英山县及河南省的安阳县、新安县、孟津县与汤阴县共8个样本县。采取随机分层抽样的方式,从每个县(市)中选取2~3个乡镇,再从每个乡镇中选取2~3个村庄,每个村庄随机抽取10~20个样本农户。剔除部分信息缺失、存在异常值、明显不合逻辑的问卷后,获得2省8县(市)16乡镇32个村庄共770份有效问卷。为保证调查质量,农户问卷调查主要以进行系统培训的调查员与家庭农业生产经营决策的主要成员面对面访谈的方式进行。问卷内容主要涉及农户基本特征、农业经营特征、绿色生产方式等。

#### 3.2 模型设置

##### 3.2.1 农户粮食绿色生产效率测算的DEA-SBM模型

传统的数据包络分析(DEA)模型利用线性规

划方法,根据生产投入与产出指标进行相对效率的测算。而粮食生产的过程中,农药、化肥等农业化学品的投入在一定程度上会对生产环境造成污染,进而产生粮食生产的非期望产出。因而传统DEA模型难以对农户粮食生产效率进行全面的评价。本文基于Tone<sup>[33]</sup>提出的非期望产出的DEA-SBM模型测算粮食绿色生产效率,克服传统DEA模型只计算包括期望产出的生产技术效率的短板,具体如下:

$$\begin{aligned} \min p = & \frac{1 - \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{s_n^x}{x_{n0}}}{1 + \frac{1}{M+1} \left( \sum_{m=1}^M \frac{s_m^y}{y_{m0}} + \sum_{i=1}^I \frac{s_i^u}{u_{i0}} \right)} \\ \text{s.t. } & \sum_{k=1}^K z_k x_{nk} + s_n^x = x_{n0}, \quad n=1,2,\dots,N \\ & \sum_{k=1}^K z_k y_{mk} - s_m^y = y_{m0}, \quad m=1,2,\dots,M \\ & \sum_{k=1}^K z_k u_{ik} - s_i^u = u_{i0}, \quad i=1,2,\dots,I \\ & \sum_{k=1}^K z_k = 1 \\ & z_k \geq 0; s_n^x \geq 0; s_m^y \geq 0; s_i^u \geq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

式中:粮食生产共有 $k$ 个决策单元, $n$ 、 $m$ 、 $i$ 分别代表 $n$ 类投入要素、 $m$ 类期望产出和 $i$ 类非期望产出; $p$ 为粮食绿色生产效率值,取值范围为 $[0, 1]$ ;  $x_{n0}$ 为粮食生产的投入; $y_{m0}$ 为粮食生产的期望产出; $u_{i0}$ 为粮食生产的非期望产出; $z_k$ 为权重系数; $s_n^x$ 和 $s_i^u$ 分别表示粮食生产中投入与非期望产出的冗余; $s_m^y$ 表示期望产出的不足; $x_{nk}$ 、 $y_{mk}$ 、 $u_{ik}$ 分别为粮食生产各决策单元 $k$ 的生产投入、期望产出与非期望产出。DEA-SBM模型将投入和产出的松弛变量 $s_n^x$ 、 $s_i^u$ 和 $s_m^y$ 纳入到目标函数中,进而可测算出包含非期望产出的粮食生产效率,增强效率估计结果的可信性。

##### 3.2.2 劳动力转移、技术推广对农户粮食绿色生产效率影响的Tobit模型

DEA-SBM模型测算出的粮食绿色生产效率值在0~1之间,且为右侧截尾分布,即因变量的取值范围受限。对于这类归并回归模型而言,由于部分被解释变量被压缩归并,若使用最小二乘法直接进行回归则会产生偏误。因此本文借鉴已有研究<sup>[34]</sup>,采用因变

量受限的Tobit回归模型来探究劳动力转移、技术推广对农户粮食绿色生产效率影响,模型设定如下:

$$P^* = \alpha_0 + \alpha_1 L + \alpha_2 Z + \varepsilon \quad (2)$$

式中:  $P^*$  为潜变量,用来表示被观测到的相应粮食绿色生产效率  $P$ , 其与  $P$  的关系为:若  $P^* \leq \min P$ , 则  $P^* = \min P$ ; 若  $P^* > \min P$ , 则  $P^* = P$ ;  $L$  表示劳动力转移,分别以兼业时间、转移距离为核心解释变量建立模型;  $Z$  为控制变量集合;  $\alpha_0$  是截距项,  $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$  为待估系数;  $\varepsilon$  是随机扰动项。

### 3.3 变量选择

#### 3.3.1 因变量

本文核心被解释变量为农户粮食绿色生产效率,将考虑资源环境污染的粮食生产效率定义为“粮食绿色生产效率”<sup>[35,36]</sup>。测算粮食绿色生产效率的指标选取如表1所示,主要包括粮食作物生产投入指标及粮食生产产出指标。

(1)粮食作物生产投入指标。参考已有研究<sup>[37]</sup>,本文将粮食作物生产投入要素分为土地投入、劳动投入、化肥投入、农药投入以及资本投入。其中,用农户粮食作物种植面积衡量土地投入,用粮食作物种植投入劳动力数量衡量劳动投入,用农户种植粮食作物使用化肥、农药总成本分别衡量化肥、农药投入,用农户种植粮食作物所花费的机械总成本与种子总成本衡量资本投入。

(2)粮食生产产出指标。从期望产出与非期望产出两个角度衡量其总产出,其中期望产出用农户粮食总产量来衡量。“非期望产出”中面源污染排放

量主要包括总氮(TN)、总磷(TP)和化学需氧量(COD),但有研究指出农作物种植所排放出的COD极少,对整体环境几乎不存在污染<sup>[38]</sup>,因此非期望产出用农户粮食生产过程中的碳排放量和面源污染排放量(氮污染排放量、磷污染排放量)来衡量。

参考徐国泉等<sup>[39]</sup>的研究,结合调研地区实际情况,本文采用各碳源的排放量乘以相应碳排放系数(表2)后相加的总量来计算碳排放量。

面源污染排放量的测算则基于单元调查的清单分析方法,参考罗斯炫等<sup>[40]</sup>的研究,将产污单元确定为氮肥、磷肥与复合肥,面源污染排放量  $E$  计算公式如下:

$$E = \sum_l EU_l \rho_l C_l = \sum_l PE_l C_l \quad (3)$$

式中:  $EU_l$  为产污单元  $l$  指标统计数,即氮肥、磷肥、复合肥施用折纯量;  $\rho_l$  为产污单元  $l$  的产污系数,参考已有研究<sup>[40]</sup>,根据化肥折纯的化学成分来计算产污系数,某元素的产污系数即化肥折纯量中含有该化学元素的成分占比,氮肥、磷肥、复合肥的氮元素产污系数分别为1.00、0.00、0.33,磷元素的产污系数分别为0.00、0.44、0.15;  $PE_l$  指产污单元  $l$  的污染物产生量;  $C_l$  指产污单元  $l$  的污染排放系数,参考《全国农田面源污染排放系数手册》(以下简称手册),湖北、河南两省位于中国中南方地区,根据调研地区种植制度及耕地条件,湖北省选取手册中“中南方地区缓坡地-梯田-水田作物肥料流失系数”:总氮流失系数为18.17 kg/hm<sup>2</sup>,总磷流失系数为0.64 kg/hm<sup>2</sup>;河南省选取手册中“中南方地区缓坡地-非梯田-旱地-大田作物肥料流失系数”:总氮流失系数为6.31 kg/hm<sup>2</sup>,总磷流失系数为0.43 kg/hm<sup>2</sup>。根据以上过程,本文具体测算了以下两类污染负荷排放标准:单位面积氮污染排放量(kg/hm<sup>2</sup>),单位面积磷污染排放量(kg/hm<sup>2</sup>)。

表2 农业碳排放及排放系数

Table 2 Agricultural carbon emissions and emission coefficients

碳排放源	排放系数	参考来源
化肥	0.8956 kg/kg	美国橡树岭国家实验室
农药	4.9341 kg/kg	美国橡树岭国家实验室
农业灌溉	20.4760 kg/hm <sup>2</sup>	Dubey等 <sup>[41]</sup>
农用柴油	0.5927 kg/kg	IPCC
农业耕作	312.6000 kg/hm <sup>2</sup>	中国农业大学生物与科技学院

表1 粮食绿色生产效率测算指标

Table 1 Measurement indicators of green production efficiency of grains

指标类别	指标选取	指标说明
投入指标	土地投入	粮食作物种植面积/亩
	劳动投入	粮食作物种植投入劳动力数量/人
	化肥投入	化肥总成本/元
	农药投入	农药总成本/元
	资本投入	机械总成本/元
		种子总成本/元
期望产出	粮食产量	粮食总产量/斤
非期望产出	碳排放量	化肥、农药、农业灌溉、柴油、农业耕作的碳排放量之和/t
	面源污染排放量	单位面积氮污染排放量/(kg/hm <sup>2</sup> )
		单位面积磷污染排放量/(kg/hm <sup>2</sup> )

2023年7月

氮、磷折纯用量既包括氮肥、磷肥的折纯用量,也包括复合肥中的氮、磷折纯量。其中,氮肥、磷肥的折纯用量分别根据氮肥、磷肥中含 $N$ 、 $P_2O_5$ 的比例计算得出,复合肥中的氮、磷折纯量则根据不同复合肥中氮、磷、钾的养分比例计算得出。调研地区农户所施化肥种类包括复合肥、尿素、碳铵、钙镁磷肥和过磷酸钙。尿素规格40 kg/袋,复合肥规格50 kg/袋,其他类型肥料规格25 kg/袋。复合肥的含 $N$ 量和含 $P_2O_5$ 量分别约为20%和5%,尿素含 $N$ 量约为46%,碳铵含 $N$ 量约为17%,而钙镁磷肥的含 $P_2O_5$ 量约为15%,过磷酸钙的含 $P_2O_5$ 量约为17%。

### 3.3.2 自变量

(1)关键变量及其测度(表3)。本文所提出的劳动力转移概念指农户季节性从事农业生产的同

时,合理利用农闲时间进行非农就业。主要采用兼业时间、转移距离分别表征时间维度和空间维度的劳动力转移。兼业时间指农户从事非农工作的月数;转移距离指农户离村从事非农工作的距离,本文参考檀竹平等<sup>[27]</sup>的研究,用农户离村从事非农工作的距离衡量转移距离,其中乡内=1,乡外县内=2,县外省内=3,外省=4。此外,农业绿色生产技术推广主体包括政府、农民合作社、农业技术推广组织与高校等,且推广主体的强度顺序为政府、合作社、农技推广组织,其中政府的农技推广措施发挥着至关重要的作用<sup>[20]</sup>。因此本文参考相关研究<sup>[20]</sup>,以当地政府所采取的绿色生产技术宣传、技术培训、技术补贴措施来表征技术推广,采取其中一项或多项取1,反之取0。

表3 变量设置、赋值说明与描述性统计

Table 3 Variables, value assignment, and descriptive statistics

变量名称	变量定义及赋值	样本量	平均值	标准差	最小值	最大值
粮食绿色生产效率	考虑资源环境污染的粮食生产效率	770	0.13	0.19	0.01	0.84
兼业时间	农户从事非农工作的月数	770	0.74	2.50	0.00	12.00
转移距离	农户离村从事非农工作的距离,乡内=1,乡外县内=2,县外省内=3,外省=4	770	0.32	0.86	0.000	5.00
技术推广	政府所采取的绿色生产技术宣传、技术培训、技术补贴措施,采取其中一项或多项=1,未采取=0	770	0.16	0.33	0.00	1.00
性别	受访者性别,男=1,女=0	770	0.62	0.49	0.00	1.00
年龄	受访者年龄/岁	770	57.88	9.56	31.00	77.00
受教育年限	受访者实际受教育年限/年	770	7.27	3.41	0.00	15.00
健康程度	受访者自评健康程度,很差=1,较差=2,一般=3,较好=4,很好=5	770	3.84	0.88	2.00	5.00
培训次数	参与农业生产培训的次数	770	1.08	1.55	0.00	8.00
互联网使用	是否使用智能手机或电脑,是=1,否=0	770	0.67	0.47	0.00	1.00
老龄化程度	60岁以上人口占家庭总人口比重	770	0.27	0.32	0.00	1.00
农业收入占比	2019年农户农业收入占家庭总收入比重	770	0.15	0.14	0.00	0.90
经营规模	农地经营规模/亩,取对数	770	1.51	0.94	-1.39	3.78
土地流转	土地是否流转,是=1,否=0	770	0.39	0.49	0.00	1.00
种粮目的	自留粮食占生产粮食的比重	770	0.66	0.44	0.00	1.00
社会化服务	是否购买社会化服务,是=1,否=0	770	0.57	0.50	0.00	1.00
三品一标认证	销售的农产品是否进行安全优质农产品认证,是=1,否=0	770	0.44	0.50	0.00	1.00
耕地质量	受访者自评耕地质量,较差=1,一般=2,较好=3	770	2.38	0.63	1.00	3.00
市场距离	住处与最近集镇(或市场)的距离/km	770	3.43	2.63	0.00	10.00
作物单价	销售粮食单价/(元/斤)	770	0.99	0.32	0.00	1.50
村部绿色防控技术采纳率	所在村绿色防控技术采纳覆盖率/%	770	31.65	32.46	0.00	100.00
村部绿色防控技术示范情况	所在村是否有绿色防控技术试验示范基地,是=1,否=0	770	0.13	0.33	0.00	1.00
地区虚拟变量	湖北省=1,河南省=0	770	0.39	0.49	0.00	1.00



(2)控制变量的引入。在上述核心变量的基础上,参考杜三峡等<sup>[42]</sup>、唐林等<sup>[43]</sup>的研究成果,本文把可能影响农户绿色生产效率的控制变量分为3类:一是受访者个体特征,包括性别、年龄、受教育年限、健康程度、参与培训次数、互联网使用情况。年龄越大的受访者其接受新型生产技术的可能性较低,但其务农经验更为丰富<sup>[44]</sup>,因此年龄影响粮食绿色生产行为的方向不确定;参与农业生产技术培训次数较多的受访者其技术认知水平与掌握程度较高,有助于提升其生产效率<sup>[45]</sup>;互联网的使用对农业生产率存在促进作用<sup>[46]</sup>,网络媒体是农民了解绿色生产技术的重要渠道之一。二是农户家庭特征,包括老龄化程度、家庭农业收入占比、种粮目的、三品一标认证情况,其中借鉴唐林等<sup>[47]</sup>的做法,将60岁以上人口占家庭总人口比重定义为农户家庭人口老龄化程度。老龄化程度较高会在一定程度上阻碍绿色生产效率的提升;种粮目的对农户绿色生产技术的采纳存在影响,口粮型农户会更多关注粮食生产的安全性,其绿色生产技术的采纳率较高<sup>[48]</sup>,绿色生产效率亦会提升。三是外部条件,包括耕地质量、市场距离、作物单价、村部绿色防控技术采纳率、村部绿色防控技术示范情况、地区虚拟变量。变量定义及赋值如表3所示。

## 4 结果与分析

### 4.1 农业绿色生产效率测算结果分析

本文使用MATLAB软件对770个有效样本农户粮食绿色生产效率进行了测算(表4)。全样本农户的粮食作物平均土地投入为10.94亩,平均粮食总产量为11279斤,平均粮食绿色生产效率为0.127,较符合中国当前小农绿色生产率较低的生产现状。总体来看,样本农户的粮食绿色生产效率仍有较大的提升空间。

### 4.2 劳动力转移与技术推广对农户农业绿色生产效率的影响

为避免变量间可能存在的多重共线性问题,对变量进行共线性诊断。结果表明各变量的方差膨胀因子(VIF)均小于10,即各变量间不存在严重的多重共线性问题。劳动力转移与技术推广对农户粮食绿色生产效率影响的估计结果如表5所示,其中模型1、模型2分别报告了只纳入兼业时间或转移距离后由Tobit模型估计的平均边际效应;技术推广对农户粮食绿色生产效率影响的估计结果如模型3所示;模型4报告了引入技术推广后,两者对农户粮食绿色生产效率的影响。

(1)劳动力转移对于农户粮食绿色生产效率的影响。由表5中模型1所估计的结果可知,兼业时间对农户粮食绿色生产效率存在显著负向影响,其平均边际效应值为-0.007,表明其他条件不变的情况下,从事兼业活动时间越长的农户其粮食绿色生产效率越低,假说H1a得以验证。兼业时间越长的农户,其收入来源更为丰富,对粮食生产所得的依赖程度越低,因而其对于绿色生产技术的了解程度及采纳意愿低于兼业时间较短的农户<sup>[26]</sup>。从而使得该部分农户化肥、农药等农业投入品的使用而产生的非期望产出更高,一定程度上降低了粮食绿色生产效率。另外,从表5中模型2的估计结果中可以发现,转移距离对农户粮食绿色生产效率存在显著负向影响,其平均边际效应值为-0.024。表明转移距离越远的农户其粮食绿色生产效率越低,假说H1b得以验证。实地调研发现,农户转移距离的远近对其从事农业生产的难易程度存在重要影响,转移距离较远的农户回村从事农业生产的交通成本较高<sup>[32]</sup>,因而更难以针对粮食生产采取实时有效的决策,其粮食产量可能会更为低下。同时转移距离

表4 农户粮食绿色生产效率

Table 4 Green production efficiency of grains for farming households

变量	投入指标					期望产出	非期望产出			绿色生产效率
	土地投入/亩	劳动投入/人	化肥投入/元	农药投入/元	资本投入/元	粮食产量/斤	粮食生产碳排放之和/t	单位面积氮污染排放量/(kg/hm <sup>2</sup> )	单位面积磷污染排放量/(kg/hm <sup>2</sup> )	DEA
平均值	10.94	1.75	11725.43	499.91	2230.30	11279	1.22	11.64	0.05	0.127
标准差	31.26	0.68	4853.28	1422.09	5213.93	29840	5.42	10.15	0.12	0.193
最小值	0.90	1.00	10.00	10.00	54.00	495	0.02	0.00	0.00	0.072
最大值	260.00	5.00	36000.00	10400.00	40500.00	220000	109.20	44.83	1.11	0.836

2023年7月

表5 劳动力转移与技术推广对农户粮食绿色生产效率的影响

Table 5 Impact of labor migration and technology extension on the green production efficiency of grains for farming households

变量	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5
兼业时间	-0.007*** (0.003)	—	—	-0.005* (0.003)	-0.010** (0.004)
转移距离	—	-0.024*** (0.008)	—	-0.020*** (0.008)	-0.032*** (0.010)
技术推广	—	—	0.065*** (0.025)	0.064*** (0.025)	0.092*** (0.029)
转移距离×兼业时间	—	—	—	—	-0.005* (0.003)
受访者个体特征					
性别	0.044*** (0.014)	0.049*** (0.014)	0.041*** (0.014)	0.051*** (0.014)	0.056*** (0.017)
年龄	0.001 (0.001)	0.001 (0.001)	0.001 (0.001)	0.001 (0.001)	0.001 (0.001)
务农年限	0.001 (0.002)	0.0003 (0.002)	0.0004 (0.002)	0.0003 (0.002)	0.005** (0.003)
受教育年限	0.001 (0.008)	0.001 (0.008)	-0.0003 (0.008)	0.003 (0.008)	0.001 (0.009)
健康程度	0.011** (0.005)	0.011** (0.005)	0.011** (0.005)	0.011** (0.005)	0.014** (0.006)
是否使用智能手机或电脑	0.038** (0.017)	0.036** (0.017)	0.036** (0.017)	0.039** (0.016)	0.019 (0.019)
农户家庭特征					
老龄化程度	0.020 (0.029)	0.013 (0.027)	0.017 (0.027)	0.013 (0.027)	0.022 (0.033)
非农收入占比	-0.051 (0.048)	-0.045 (0.0473)	-0.048 (0.047)	-0.054 (0.047)	0.042*** (0.010)
经营规模	0.035*** (0.008)	0.034*** (0.008)	0.036*** (0.008)	0.035*** (0.008)	-0.035 (0.059)
土地流转	-0.021 (0.013)	-0.022* (0.013)	-0.024* (0.013)	-0.022* (0.013)	-0.024 (0.015)
种粮目的	0.071*** (0.017)	0.069*** (0.017)	0.073*** (0.017)	0.071*** (0.017)	0.057*** (0.020)
社会化服务	0.034** (0.013)	0.030** (0.013)	0.031** (0.013)	0.029** (0.013)	0.040** (0.016)
三品一标	0.023 (0.015)	0.021 (0.015)	0.024 (0.015)	0.023 (0.015)	0.018 (0.018)
外部特征					
耕地质量	0.036*** (0.011)	0.037*** (0.017)	0.037*** (0.011)	0.037*** (0.011)	0.044*** (0.012)
市场距离	0.001 (0.003)	0.001 (0.003)	0.002 (0.003)	0.001 (0.003)	-0.002 (0.003)
作物单价	0.020 (0.023)	0.020 (0.023)	0.020 (0.023)	0.017 (0.023)	0.014 (0.027)
村部绿色防控技术采纳率	-0.0002 (0.0002)	-0.0002 (0.0002)	-0.0003 (0.0002)	-0.0002 (0.0002)	-0.0003 (0.0003)
村部绿色防控技术示范情况	0.099*** (0.021)	0.098*** (0.0208)	0.101*** (0.021)	0.099*** (0.021)	0.110*** (0.025)
地区虚拟变量	0.013 (0.015)	0.012 (0.015)	0.017 (0.016)	0.014 (0.015)	0.031* (0.019)
观测值	770	770	770	770	770
卡方检验统计量	169.00***	171.74***	169.02***	182.45***	151.67***

注: \*、\*\*、\*\*\*分别表示在10%、5%与1%的水平上显著,括号内为稳健标准误。下同。

较远的农户其绿色生产投入较少<sup>[49]</sup>,更多地以化肥、农药等投入代替绿色生产技术采纳,其非期望产出更高。此外,从模型1、模型2结果可以看出,转移距离对于农户粮食绿色生产效率的边际效应大于兼业时间,这可能是由于转移距离直接影响农户务农的机会成本,因而转移距离较远的农户从事农业生产的难度更大,对于农业生产的参与度较低。而从时间维度来看,农户可以在兼顾农业生产的同时选择在农闲时期进行非农兼业活动,因而兼业时间对于粮食绿色生产效率的抑制弱于转移距离。为探究劳动力时间与空间转移是否存在相互关系,模型

5纳入兼业时间与转移距离的交互项。结果表明该交互项在10%的水平下显著为负,说明兼业时间能够进一步强化转移距离对粮食绿色生产效率的负向影响。因此,从时间与空间两个视角来看,以兼业时间与转移距离所表征的农户劳动力转移程度对农户粮食绿色生产的影响显著为负,且转移距离对于绿色生产效率的边际影响更大,而兼业时间会强化转移距离的负向影响。

(2)技术推广对于农户粮食绿色生产效率的影响。由表5中模型3、模型4的估计结果可知,政府技术推广对于农户粮食绿色生产效率存在正向影



响。在其他条件不变的情况下,技术宣传、技术培训、技术补贴等绿色生产技术推广措施促进了农户粮食绿色生产效率的提高,假说H2得以验证。技术推广推动农户拓宽绿色生产认知,提高绿色生产意愿,从而使得农户在增加粮食生产效率的同时降低其生产引致的环境污染,提高其绿色生产效率。

(3)控制变量的影响。根据表5中模型4的估计结果可知,基于受访者个体特征层面,性别为男性的受访者拥有更高的粮食绿色生产效率,其平均边际效应在1%水平下显著为正。可能受到中国“男耕女织”的家庭传统分工形式影响,从而男性在粮食生产中承担主要角色<sup>[50]</sup>。健康程度较高的受访者参与农业生产的体力与精力更为充沛,因而其绿色生产效率较高。而使用智能手机或电脑的受访者粮食绿色生产效率更高,可能由于互联网的使用使得该部分农民能够更多地了解粮食绿色生产知识与技术,从而提高其生产效率与绿色生产水平。从农户家庭特征视角来看,经营规模对农户粮食绿色生产效率存在显著正向影响,即农地经营规模越大的农户其粮食绿色生产效率越高。目前中国仍以小农生产为主,小农相较于规模户而言,其生产技术及绿色生产认知更为落后,且获取技术的渠道匮乏,主动了解技术、采纳技术的意愿薄弱,因而绿色生产效率较低。此外,种粮目的对农户粮食绿色生产效率的影响显著为正,表明自留粮食更多的农户其绿色生产效率更高,可能由于其种粮目的更多地为自己食用,出于健康安全考虑,因而其农药、化肥施用量较低,绿色生产效率得以提升。基于外部条件层面考虑,所在村绿色防控技术试验示范基地存在显著正向影响。这意味着村庄存在绿色防控技术试验示范基地的农户其粮食绿色生产效率更高。

#### 4.3 劳动力转移与技术推广的交互效应分析

进一步将兼业时间、转移距离与技术推广的交互项分别纳入模型中,估计结果如表6中模型6、模型7所示。模型6结果表明,兼业时间与技术推广的交互项在1%的水平显著为正,即技术推广能够缓解兼业时间较长所带来的粮食绿色生产效率的降低,假说H3a得证;模型7结果表明,转移距离与技术推广的交互项在1%的水平显著为正,即技术推广亦能缓解转移距离较远所带来的粮食绿色生

表6 劳动力转移与技术推广对农户粮食绿色生产效率的交互影响

Table 6 Interactive effects of labor migration and technology extension on the green production efficiency of grains for farming households

变量	模型6	模型7
兼业时间	-0.008*** (0.003)	—
转移距离	—	-0.027*** (0.008)
技术推广	0.050* (0.026)	0.044* (0.026)
兼业时间×技术推广	0.023* (0.013)	—
转移距离×技术推广	—	0.079** (0.033)
控制变量	已控制	已控制
观测值	770	770
卡方检验统计量	179.02***	184.24***

产效率的降低,假说H3b得证。对于劳动力转移程度较深的农户而言,政府绿色生产技术的推广使得农户得以提高绿色生产认知,因而得以促进其绿色生产技术采纳意愿与采纳率,从而缓解由于劳动力转移所产生的粮食绿色生产效率的降低。

#### 4.4 进一步讨论:技术推广缓解作用的门槛效应

考虑农村劳动力转移所带来的老龄化问题及对不同收入水平农户的影响差异,本文对于技术推广对农户绿色生产效率的缓解作用是否存在年龄和收入的门槛这一问题进行了进一步探究。参考Hanson<sup>[51]</sup>和唐林等<sup>[52]</sup>的研究,建立门槛回归模型以检验技术推广的缓解作用是否存在“转折点”。

表7中模型8、模型10汇报了兼业时间的年龄门槛效应,模型9、模型11汇报了转移距离的年龄门槛效应。结果显示,当年龄≤50岁时,技术推广的缓解作用不明显;年龄>50岁时,技术推广对于兼业时间、转移距离抑制农户粮食绿色生产效率提升的缓解作用均显著。即对于老龄农户而言,技术推广能有效缓解其劳动力兼业时间、转移距离所产生的负向影响。而对于年轻农户的兼业时间与转移距离,技术推广并未发挥其缓解作用。其可能的原因在于,老龄农户虽然务农经验较为丰富,但其生产技术及绿色生产认知相较于年轻农户更为落后,且由于对新媒体等信息来源渠道的掌握程度较低,其获取技术的渠道更为匮乏,主动了解技术、采纳技术的意愿更为薄弱<sup>[53]</sup>,因而集体层面的技术推广措施对老龄农户的绿色生产效率的改善作用更有效。

模型12、模型14汇报了兼业时间的收入门槛效

2023年7月

表7 技术推广对不同类型农户粮食绿色生产效率的影响

Table 7 Impact of labor migration and technology extension on the green production efficiency of grains for different types of farming households

变量	年轻组 (年龄≤50)		老龄组 (年龄>50)		低收入户 (家庭总收入≤5.5)		高收入户 (家庭总收入>5.5)	
	模型8	模型9	模型10	模型11	模型12	模型13	模型14	模型15
兼业时间	-0.003* (0.004)	—	-0.011*** (0.003)	—	-0.003*** (0.003)	—	-0.008* (0.004)	—
转移距离	—	-0.026** (0.013)	—	-0.029*** (0.009)	—	-0.012* (0.009)	—	-0.040*** (0.013)
技术推广	0.062 (0.051)	0.055 (0.050)	0.039* (0.030)	0.043** (0.030)	0.052* (0.027)	0.045* (0.027)	0.050 (0.057)	0.042 (0.057)
兼业时间×技术推广	0.006 (0.015)	—	0.068*** (0.024)	—	0.022* (0.012)	—	-0.017 (0.064)	—
转移距离×技术推广	—	0.027 (0.053)	—	0.099** (0.041)	—	0.074** (0.031)	—	-0.029 (0.190)
控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
观测值	168	168	602	602	420	420	350	350
卡方检验统计量	53.81***	57.10***	149.30***	145.67***	77.13***	79.57***	120.50***	126.18***

应,模型13、模型15汇报了转移距离的收入门槛效应。结果显示,上一年家庭总收入≤5.5万元时,技术推广对该部分农户兼业时间、转移距离抑制粮食绿色生产效率提升的缓解作用均显著;上一年家庭总收入>5.5万元时,技术推广的缓解作用不明显。可能的解释是,家庭总收入高的农户往往更愿意增加农业生产投入,同时有更强的风险承受能力,尝试新技术的意愿更为强烈,其技术获取主动性更高,因而技术推广对该部分农户的作用较不明显。

#### 4.5 稳健性检验

##### 4.5.1 遗漏变量导致内生性问题的稳健性检验

理论上,以上模型仍无法完全排除遗漏变量所导致的内生性问题。因此借鉴 Altonji 等<sup>[54]</sup>和杜三峡等<sup>[41]</sup>的研究,通过可观测的变量衡量未观测的变量导致偏误的可能性,对可能存在的内生性问题展开分析。步骤如下:首先,分别设定两个受约束的模型,其中第一个受约束模型只引入核心变量兼业时间,第二个受约束模型只引入核心变量转移距离,进而得到有限控制变量下核心变量的估计系数 $\beta^R$ ;其次,设定两个完整模型,在受约束模型的基础上,进一步加入受访者个体特征、农户家庭特征和外部条件变量,包括性别、年龄、受教育年限、健康程度、参与培训次数、互联网使用情况、老龄化程度、家庭农业收入占比、经营规模、土地流转、种粮

目的、社会化服务、三品一标认证情况、耕地质量、市场距离、作物单价、村部绿色防控技术采纳率、村部绿色防控技术示范情况、地区虚拟变量,进一步获得引入全部控制变量的模型中核心解释变量的估计系数 $\beta^F$ ;最后,计算变动系数 $\sigma = |\beta^F / (\beta^R - \beta^F)|$ 。 $\sigma$ 值越大,遗漏变量影响核心解释变量参数估计值的可能性越小。计算得出核心变量为兼业时间的模型变动系数 $\sigma$ 为2.091,核心变量为转移距离的模型变动系数为3.291,均大于1。结果表明,未观测变量若要使得本文基准结果存在偏误,其解释能力至少应为模型1已选控制变量的2.091倍,及模型2已选控制变量的3.291倍。因此基本排除基准估计结果因遗漏变量而出现偏误的内生性问题。

##### 4.5.2 反向因果导致内生性问题的稳健性检验

劳动力转移改变了农业生产要素的投入,进而影响粮食绿色生产效率,而粮食绿色生产效率的改变又可能存在反馈机制,即会诱导农户调整农业生产要素投入。因此,劳动力转移和粮食绿色生产效率之间可能存在互为因果的内生性问题。为保证研究结果的稳健性,采用工具变量法进行检验。选取“县城是否为人口净流出”作为“兼业时间”的工具变量,农村劳动力转移决策除了受到家庭资源禀赋的影响,还会受到村庄甚至地区转移氛围的影响。一个地区人口净流出,意味着该地区有着非常

强的劳动力转移氛围,受这种氛围的影响,农村劳动力外出务工的概率较大。而且,地区是否人口净流出对微观农户粮食绿色生产效率没有直接影响。故该变量较好地满足了工具变量的相关性和外生性条件。参考杨子砚等<sup>[55]</sup>、檀竹平等<sup>[27]</sup>的做法,采用“留一法”,选取村庄中除户主所在家庭以外转移出县的农户数量占全村农户数量的比重,即“村庄外出务工社会网络”作为“转移距离”的工具变量。采用IV Tobit模型进行检验,表8汇报了以“村庄农户平均兼业时间”作为“兼业时间”的工具变量的模型估计结果,在10%显著性水平下拒绝原假设;同时汇报了以村庄中除户主所在家庭以外转移出县的农户数量占全村农户数量的比重“村庄外出务工社会网络”作为“转移距离”的工具变量的模型估计结果,在5%显著性水平下拒绝原假设。弱工具变量检验的Wald值为9.90,在1%显著性水平拒绝原假设,表明工具变量有效。在使用工具变量法解决内生性问题后,与之前得出的基本结论相一致,因此基准回归结果的稳健性得到进一步验证。

表8 劳动力转移对农户粮食绿色生产效率影响的稳健性检验

Table 8 Robustness test for the impact of labor migration on the green production efficiency of grains for farming households

变量	第一阶段		第二阶段
	兼业时间	转移距离	农户粮食绿色生产效率
兼业时间	—	—	-0.115* (0.088)
转移距离	—	—	-0.165** (0.095)
县城是否为人口净流出	3.820** (1.735)	0.502* (0.285)	—
村庄外出务工社会网络	8.793*** (3.391)	5.232*** (0.632)	—
控制变量	已控制	已控制	已控制
观测值	770	770	770
卡方检验统计量	72.47***	169.95***	—

5 结论与政策启示

5.1 结论

在推进新型城镇化与农业绿色可持续协调发展的进程中,保障粮食绿色生产效率稳步提升必然难以规避农村劳动力转移在其中的重要影响。基于湖北、河南两省770户农户样本,系统分析劳动力

时间和空间转移对农户粮食绿色生产效率的影响,并探究了技术推广举措在其中发挥的关键作用。主要结论如下:

(1)劳动力转移整体上抑制了农户粮食绿色生产效率的提升,兼业时间越长、转移距离越远的农户,其粮食绿色生产效率越低。此外,从劳动力转移的时间与空间两个视角来看,转移距离对于绿色生产效率的边际影响相较于兼业时间而言更大,而兼业时间会强化转移距离的负向影响。充分讨论遗漏变量与反向因果导致的内生性问题可能产生的偏误后,结论依然成立。

(2)在其他条件不变的情况下,政府宣传、技术培训、技术补贴等绿色生产技术推广措施促进了农户粮食绿色生产效率的提高,并且能有效缓解劳动力转移(兼业时间、转移距离)对农户粮食绿色生产效率的抑制作用。

(3)技术推广对劳动力转移抑制农户粮食绿色生产效率的缓解作用在年龄与收入两个角度均存在门槛效应。相较于年轻农户而言,技术推广能更有效地缓解兼业时间、转移距离对老龄农户粮食绿色生产效率的抑制作用。此外,技术推广对低收入农户的缓解作用较高收入户更为明显。因而集体层面的技术推广措施对于老龄农户与低收入农户的绿色生产效率的改善作用更为有效。

5.2 政策启示

推动粮食绿色生产效率稳步提升是实现农业高质量发展、确保经济社会安全稳步运行的有效路径。在农村劳动力大量流向城镇的现实背景下,劳动力转移所带来的不利影响应予以足够的重视。基于文章研究结论,得到如下政策启示:

(1)应健全农村劳动力保障机制,夯实乡村振兴人才基础。完善基础设施建设,落实农业生产补贴,满足农户基本生活保障与发展需求。增加农业就业岗位,引导人才返乡就业,缓解农村劳动力流失引致的农业绿色生产低效率问题。

(2)拓宽绿色生产技术推广渠道。加强农户绿色生产技术培训,培养农户绿色技术采纳意愿与应用能力,提高农村劳动力整体素质;加大绿色生产技术宣传力度,开展知识普及工作,结合新媒体手段优化宣传方式;落实政策补贴,降低农户绿色生产技术采纳成本,拓宽绿色生产技术在农户间的应



2023年7月

用范围,以缓解劳动力流失引致的生产力不足。

(3)重点着眼于小农户、低收入户的绿色生产技术推广途径。细化针对小农户、低收入户的技术推广举措,实施惠农利农的政策措施,降低小农技术采纳成本,以提高其绿色技术采纳意愿,推进粮食绿色生产效率提升,有效加快农业高质量发展进程。

本文虽基于微观调研数据得到一些基本结论,但存在以下问题有待优化:①仅考虑到劳动力转移对于绿色生产效率的线性影响,实际上,当劳动力水平缺失到一定程度,农户亦有可能采用农用机械以弥补劳动力要素不足所带来的影响,此时劳动力转移对于粮食绿色生产效率的影响方向不确定。②调研区域局限于长江流域省份,研究结论的普适性及推广性仍有待提升,由于调研地的局限性及随机性,所获取样本中存在转移情况的占比偏低,未来应丰富调研地区,扩大样本容量,以期在后续研究中获取更丰富的农户数据,进一步解决该问题。

## 参考文献(References):

- [1] 王磊,刘圆圆,任宗悦,等.村镇建设与资源环境协调的国外经验及其对中国村镇发展的启示[J].资源科学,2020,42(7): 1223-1235. [Wang L, Liu Y Y, Ren Z Y, et al. Coordinating village and town construction and corresponding resources and environment development: International experiences and implications for China[J]. Resources Science, 2020, 42(7): 1223-1235.]
- [2] 李昊,银敏华,马彦麟,等.种植规模与细碎化对小农户耕地质量保护行为的影响:以蔬菜种植中农药、化肥施用为例[J].中国土地科学,2022,36(7): 74-84. [Li H, Yin M H, Ma Y L, et al. Effects of planting scale and fragmentation on the behavior of smallholders' farmland quality protection: Taking the application of pesticide and fertilizer in vegetable cultivation as an example [J]. China Land Science, 2022, 36(7): 74-84.]
- [3] 秦诗乐,吕新业.农户绿色防控技术采纳行为及效应评价研究[J].中国农业大学学报(社会科学版),2020,37(4): 50-60. [Qin S L, Lyu X Y. Research on farmers' green control techniques adoption behavior and its effect evaluation[J]. Journal of China Agricultural University (Social Sciences), 2020, 37(4): 50-60.]
- [4] 盖美,杨尚菲,何亚宁.东北粮食主产区农业绿色发展水平时空演化及其影响因素[J].资源科学,2022,44(5): 927-942. [Gai M, Yang Q F, He Y N. Spatiotemporal changes and influencing factors of agricultural green development level in main grain-producing areas in Northeast China[J]. Resources Science, 2022, 44(5): 927-942.]
- [5] 张梦玲,童婷,陈昭玖.农业社会化服务有助于提升农业绿色生产率吗[J].南方经济,2023,(1): 135-152. [Zhang M L, Tong T, Chen Z J. Can socialized service of agricultural production improve agricultural green productivity?[J]. South China Journal of Economics, 2023, (1): 135-152.]
- [6] 李翠霞,许佳彬,王洋.农业绿色生产社会化服务能提高农业绿色生产率吗[J].农业技术经济,2021,(9): 36-49. [Li C X, Xu J B, Wang Y. Can socialized service of agricultural green production improve agricultural green productivity?[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2021, (9): 36-49.]
- [7] 田红宇,祝志勇.农村劳动力转移、经营规模与粮食生产环境技术效率[J].华南农业大学学报(社会科学版),2018,17(5): 69-81. [Tian H Y, Zhu Z Y. Rural labor migration, scale of operation and environmental technical efficiency of grain production[J]. Journal of South China Agricultural University (Social Science Edition), 2018, 17(5): 69-81.]
- [8] 张春梅,王晨.财政补贴与绿色农业生产效率相关性研究[J].地方财政研究,2020,(2): 79-87. [Zhang C M, Wang C. Research on the correlation between fiscal subsidies and green agricultural production efficiency[J]. Sub National Fiscal Research, 2020, (2): 79-87.]
- [9] 李兆亮,罗小锋,薛龙飞,等.中国农业绿色生产效率的区域差异及其影响因素分析[J].中国农业大学学报,2017,22(10): 203-212. [Li Z L, Luo X F, Xue L F, et al. Agricultural green technical efficiency and its affecting factors in China[J]. Journal of China Agricultural University, 2017, 22(10): 203-212.]
- [10] Peng X. Strategic interaction of environmental regulation and green productivity growth in China: Green innovation or pollution refuge?[J]. Science of The Total Environment, 2020, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.139200.
- [11] 邵帅,李宝礼.农村劳动力转移如何影响农村环境污染?基于空间面板模型的实证考察[J].中国地质大学学报(社会科学版),2020,20(1): 39-55. [Shao S, Li B L. Effects of rural labor transfer on rural environmental pollution in China: An empirical investigation based on spatial panel model[J]. Journal of China University of Geosciences (Social Sciences Edition), 2020, 20(1): 39-55.]
- [12] 陈奕山.农时视角下乡村劳动力的劳动时间配置:农业生产和非农就业的关系分析[J].中国人口科学,2019,(2): 75-86. [Chen Y S. Time allocation of the rural labor from a perspective of farming season: Farming and off-farm employment[J]. Chinese Journal of Population Science, 2019, (2): 75-86.]
- [13] 田红宇,付玮琼.农户务农劳动力质量与水稻生产技术效率:基于土地流转和农业社会化服务调节视角[J].商业研究,2021,(2): 88-98. [Tian H Y, Fu W Q. The quality of rural labor force and rice production technical efficiency[J]. Commercial Research, 2021, (2): 88-98.]
- [14] 邱俊杰,任倩,余劲.农业劳动力老龄化、农业资本投入与土地利用效率:基于鲁豫皖三省固定农户跟踪调查[J].资源科学,2019,41(11): 1982-1996. [Qiu J J, Ren Q, Yu J. Aging of agricultural labor, agricultural capital investment and land use efficiency:

- Based on a longitudinal survey of farmers in Shandong, Henan and Anhui[J]. *Resources Science*, 2019, 41(11): 1982–1996.]
- [15] 蔡昉. 二元经济作为一个发展阶段的形成过程[J]. *经济研究*, 2015, 50(7): 4–15. [Cai F. The making of dual economy as a stage of economic development[J]. *Economic Research Journal*, 2015, 50(7): 4–15.]
- [16] 薛信阳, 韩一军, 高颖. 农机社会化服务可以促进农业种植结构“趋粮化”吗?[J]. *兰州学刊*, 2022, (11): 127–141. [Xue X Y, Han Y J, Gao Y. Can the socialized service of agricultural machinery promote the “tendency to plant grains” of agricultural planting structure?[J]. *Lanzhou Academic Journal*, 2022, (11): 127–141.]
- [17] 王丽莉, 吴京燕. 迁移政策对农村人力资本投资的影响: 来自中国户籍改革的证据[J]. *劳动经济研究*, 2022, 10(5): 3–22. [Wang L L, Wu J Y. The impact of migration policies on rural human capital investment: Evidence from Hukou reforms in China[J]. *Studies in Labor Economics*, 2022, 10(5): 3–22.]
- [18] 钟甬宁, 陆五一, 徐志刚. 农村劳动力外出务工不利于粮食生产吗? 对农户要素替代与种植结构调整行为及约束条件的解析[J]. *中国农村经济*, 2016, (7): 36–47. [Zhong F N, Lu W Y, Xu Z G. Is it not good for the rural labor force to go out to work for food production? Analysis of the behaviors and constraints of the replacement of farm household factors and the adjustment of planting structure[J]. *Chinese Rural Economy*, 2016, (7): 36–47.]
- [19] 朱俊峰, 邓远远. 农业生产绿色转型: 生成逻辑、困境与可行路径[J]. *经济体制改革*, 2022, (3): 84–89. [Zhu J F, Deng Y Y. Green transformation of agricultural production: Logic of formation, dilemma and practical strategy[J]. *Reform of Economic System*, 2022, (3): 84–89.]
- [20] 闫阿倩, 罗小锋, 黄炎忠, 等. 基于老龄化背景下的绿色生产技术推广研究: 以生物农药与测土配方肥为例[J]. *中国农业资源与区划*, 2021, 42(3): 110–118. [Yan A Q, Luo X F, Huang Y Z, et al. Research on the popularization of green production technology based on the background of aging: A case study of biological pesticide and soil testing formula fertilizer[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2021, 42(3): 110–118.]
- [21] 佟大建, 黄武, 应瑞瑶. 基层公共农技推广对农户技术采纳的影响: 以水稻科技示范为例[J]. *中国农村观察*, 2018, (4): 59–73. [Tong D J, Huang W, Ying R Y. The impacts of grassroots public agricultural technology extension on farmers’ technology adoption: An empirical analysis of rice technology demonstration[J]. *China Rural Survey*, 2018, (4): 59–73.]
- [22] Stark O, Taylor J E. Migration incentives, migration types: The role of relative deprivation[J]. *The Economic Journal*, 1991, 101(408): 1163–1178.
- [23] 黄炎忠, 罗小锋, 李兆亮, 等. 农户兼业对粮食生产效率的非线性影响[J]. *资源科学*, 2021, 43(8): 1605–1614. [Huang Y Z, Luo X F, Li Z L, et al. Nonlinear effect of farmers’ off-farm employment on grain production efficiency[J]. *Resources Science*, 2021, 43(8): 1605–1614.]
- [24] 姚成胜, 肖雅雯, 杨一单. 农业劳动力转移与农业机械化对中国粮食生产的关联影响分析[J]. *农业现代化研究*, 2022, 43(2): 306–317. [Yao C S, Xiao Y W, Yang Y D. The integrated impacts of rural labor transfer and agricultural mechanization on China’s grain production[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2022, 43(2): 306–317.]
- [25] 郭如良, 刘子玉, 陈江华. 农户兼业化、土地细碎化与农机社会化服务: 以江西省为例[J]. *农业现代化研究*, 2020, 41(1): 135–143. [Guo R L, Liu Z Y, Chen J H. Part-time farming, land fragmentation, and socialized agricultural machinery services: A case study of Jiangxi Province[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2020, 41(1): 135–143.]
- [26] 陈梅英, 黄守先, 张凡, 等. 农业绿色生产技术采纳对农户收入的影响效应研究[J]. *生态与农村环境学报*, 2021, 37(10): 1310–1317. [Chen M Y, Huang S X, Zhang F, et al. Effect of adopting agricultural green production technology on farmers income: Data verification from tea farmers[J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2021, 37(10): 1310–1317.]
- [27] 檀竹平, 耿鹏鹏, 罗必良. 转移距离、服务外包与农地流转: 基于农业劳动力转移的农户证据[J]. *经济经纬*, 2022, 39(3): 35–44. [Tan Z P, Geng P P, Luo B L. Labor transfer, service outsourcing and farmland transfer: Based on evidence from the rural households’ labor transfer data[J]. *Economic Survey*, 2022, 39(3): 35–44.]
- [28] 王玉, 陈海滨, 邵砾群. 社会资本与农户有机肥替代化肥行为: 基于陕西省408份苹果户调查数据[J]. *干旱区资源与环境*, 2021, 35(8): 42–50. [Wang Y, Chen H B, Shao L Q. Social capital and farmers’ behavior of substituting chemical fertilizer with organic fertilizer in Shaanxi Province[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2021, 35(8): 42–50.]
- [29] Ma W L, Abdulai A, Ma C. The effects of off-farm work on fertilizer and pesticide expenditures in China[J]. *Review of Development Economics*, 2018, 22(2): 573–591.
- [30] Razzaq A, Wang Y F, Chupradit S, et al. Asymmetric inter-linkages between green technology innovation and consumption: Based carbon emissions in BRICS countries using quantile-on-quantile framework[J]. *Technology in Society*, 2021, DOI: 10.1016/j.techsoc.2021.101656.
- [31] 姜明伦, 何安华, 楼栋, 等. 我国农业农村发展的阶段性特征、发展趋势及对策研究[J]. *经济学家*, 2012, (9): 81–90. [Jiang M L, He A H, Lou D, et al. Research on the phased characteristics, development trend and countermeasures of China’s agricultural and rural development[J]. *Economist*, 2012, (9): 81–90.]
- [32] 寇荣, 李鹏, 谭向勇. 农民工收入分配的影响因素分析: 基于对粮食主产区的调查[J]. *农业经济问题*, 2007, (9): 72–76. [Kou R, Li P, Tan X Y. Analysis of the factors affecting the income distribution of migrant workers: Based on the survey of the main grain-producing areas[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2007, (9): 72–76.]
- [33] Tone K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis[J]. *European Journal of Operational Research*,

2023年7月

- 2001, 130(3): 498-509.
- [34] 胡伟, 张正河. 农机服务对小麦生产技术效率有影响吗? [J]. 中国农村经济, 2018, (5): 68-83. [Hu Y, Zhang Z H. The impact of agricultural machinery service on technical efficiency of wheat production[J]. Chinese Rural Economy, 2018, (5): 68-83.]
- [35] 展进涛, 徐钰娇, 葛继红. 考虑碳排放成本的中国农业绿色生产率变化[J]. 资源科学, 2019, 41(5): 884-896. [Zhan J T, Xu Y J, Ge J H. Change in agricultural green productivity in China considering the cost of carbon emissions[J]. Resources Science, 2019, 41 (5): 884-896.]
- [36] 杨晨, 胡珮琪, 刁贝娣, 等. 粮食主产区政策的环境绩效: 基于农业碳排放视角[J]. 中国人口·资源与环境, 2021, 31(12): 35-44. [Yang C, Hu P Q, Diao B D, et al. Environmental performance evaluation of policies in main grain producing areas: From the perspective of agricultural carbon emissions[J]. China Population, Resources and Environment, 2021, 31(12): 35-44.]
- [37] 马永喜, 马钰婷. 农业经营规模化发展对环境效率的影响: 基于地块层面的实证分析[J]. 中国环境科学, 2020, 40(10): 4631-4640. [Ma Y X, Ma Y T. Impacts of agricultural scale operation on the environmental efficiency: An analysis based on land plots data [J]. China Environmental Science, 2020, 40(10): 4631-4640.]
- [38] 赵丽平, 侯德林, 王雅鹏, 等. 城镇化对粮食生产环境技术效率影响研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2016, 26(3): 153-162. [Zhao L P, Hou D L, Wang Y P, et al. Study on the impact of urbanization on the environmental technology efficiency of grain production[J]. China Population, Resources and Environment, 2016, 26(3): 153-162.]
- [39] 徐国泉, 蔡珠, 封士伟. 基于二阶段LMDI模型的碳排放时空差异及影响因素研究: 以江苏省为例[J]. 软科学, 2021, 35(10): 107-113. [Xu G Q, Cai Z, Feng S W. Spatial and temporal differences and influencing factors of carbon emissions based on the analysis of the two-stage LMDI model: An empirical study on Jiangsu Province[J]. Soft Science, 2021, 35(10): 107-113.]
- [40] 罗斯炫, 何可, 张俊飏. 增产加剧污染? 基于粮食主产区政策的经验研究[J]. 中国农村经济, 2020, (1): 108-131. [Luo S X, He K, Zhang J B. The more grain production, the more fertilizers pollution? Empirical evidence from major grain-producing areas in China[J]. Chinese Rural Economy, 2020, (1): 108-131.]
- [41] Dubey A, Lal R. Carbon footprint and sustainability of agricultural production systems in Punjab, India, and Ohio, USA[J]. Journal of Crop Improvement, 2009, 23(4): 332-350.
- [42] 杜三峡, 罗小锋, 黄炎忠, 等. 风险感知、农业社会化服务与稻农生物农药技术采纳行为[J]. 长江流域资源与环境, 2021, 30(7): 1768-1779. [Du S X, Luo X F, Huang Y Z, et al. Risk perception, specialized agricultural services and rice farmers' adoption behavior of biological pesticide technology[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2021, 30(7): 1768-1779.]
- [43] 唐林, 罗小锋, 余威震. 外出务工经历、制度约束与农户环境治理支付意愿[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2021, 21(1): 121-132. [Tang L, Luo X F, Yu W Z. Migrant work experience, institutional constraints and farmers' willingness to pay for environmental governance[J]. Journal of Nanjing Agricultural University (Social Sciences Edition), 2021, 21(1): 121-132.]
- [44] 何硕研, 方相, 杨钢桥. 土地综合整治能促进乡村产业转型吗? 来自湖北省部分乡村的证据[J]. 中国土地科学, 2022, 36(4): 107-117. [He S Y, Fang X, Yang G Q. Can comprehensive land consolidation promote the transformation of rural industries? Evidence from some villages in Hubei Province[J]. China Land Science, 2022, 36(4): 107-117.]
- [45] 韩雅清, 林丽梅, 魏远竹, 等. 劳动力转移、合作经营与林业生产效率研究[J]. 资源科学, 2018, 40(4): 838-850. [Han Y Q, Lin L M, Wei Y Z, et al. Labor transfer, cooperative operation and forestry production efficiency based on surveys of farmers in 9 forestry counties in Fujian[J]. Resources Science, 2018, 40(4): 838-850.]
- [46] 高雪萍, 张予涵, 张梦玲, 等. 互联网信息技术使用对农业生产率的影响分析: 以江西省水稻种植户为例[J]. 浙江农业学报, 2022, 34(12): 2809-2822. [Gao X P, Zhang Y H, Zhang M L, et al. Analysis of the impact of use of internet information technology on agricultural productivity: A case study of rice farmers in Jiangxi Province, China[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2022, 34(12): 2809-2822.]
- [47] 唐林, 罗小锋, 张俊飏. 社会监督、群体认同与农户生活垃圾集中处理行为: 基于面子观念的中介和调节作用[J]. 中国农村观察, 2019, (2): 18-33. [Tang L, Luo X F, Zhang J B. Social supervision, group identity and farmers' domestic waste centralized disposal behavior: An analysis based on mediation effect and regulation effect of the face concept[J]. China Rural Survey, 2019, (2): 18-33.]
- [48] 邹杰玲, 董政祎, 王玉斌. “同途殊归”: 劳动力外出务工对农户采用可持续农业技术的影响[J]. 中国农村经济, 2018, (8): 83-98. [Zou J L, Dong Z Y, Wang Y B. The effects of labor migration on farmers' sustainable agricultural technology adoption decisions [J]. Chinese Rural Economy, 2018, (8): 83-98.]
- [49] 王若男, 韩旭东, 崔梦怡, 等. 农户绿色生产技术采纳的增收效应: 基于质量经济学视角[J]. 农业现代化研究, 2021, 42(3): 462-473. [Wang R N, Han X D, Cui M Y, et al. The income-increasing effect of adopting green technologies by farmers: From the perspective of quality economics[J]. Research of Agricultural Modernization, 2021, 42(3): 462-473.]
- [50] 欧名豪, 孙涛, 郭杰. 成本收益、政策认知与农户种粮意愿研究[J]. 干旱区资源与环境, 2022, 36(12): 1-6. [Ou M H, Sun T, Guo J. Cost-benefit, policy cognition and farmers' grain planting willingness[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2022, 36(12): 1-6.]
- [51] Hansen B E. Sample splitting and threshold estimation[J]. Econometrica, 2000, 68(3): 575-603.
- [52] 唐林, 罗小锋. 邻里效应能否促使稻农施用生物农药? 基于鄂、赣、浙三省农户调查数据的考察[J]. 自然资源学报, 2022, 37 (3): 718-733. [Tang L, Luo X F. Can the neighborhood effect encourage rice farmers to apply biological pesticides? Evidence from



- survey data of farmers in Hubei, Jiangxi and Zhejiang provinces [J]. *Journal of Natural Resources*, 2022, 37(3): 718–733.]
- [53] 喻佳节, 司伟, 赵启然. 秸秆翻埋还田补贴发挥功效了吗[J]. *农业经济问题*, 2022, (6): 84–93. [Yu J J, Si W, Zhao Q R. Does the straw returning subsidy policy work?[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2022, (6): 84–93.]
- [54] Joseph G, Altonji T E E A. Selection on observed and unobserved variables: Assessing the effectiveness of Catholic schools[J]. *Journal of Political Economy*, 2005, 113(1): 151–184.
- [55] 杨子砚, 文峰. 从务工到创业: 农地流转与农村劳动力转移形式升级[J]. *管理世界*, 2020, 36(7): 171–185. [Yang Z Y, Wen F. From employees to entrepreneurs: Rural land rental market and the upgrade of rural labor allocation in non-agricultural sectors[J]. *Journal of Management World*, 2020, 36(7): 171–185.]

# The influence of labor transfer on farmers' green grain production efficiency:

## Also discussing the role of technology extension

ZHAO Wenxin<sup>1,2,3</sup>, LUO Xiaofeng<sup>1,3,4</sup>, TANG Lin<sup>5</sup>

(1. College of Economics and management, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; 2. Hubei Rural Development Research Center, Wuhan 430070, China; 3. Institute of Hubei Ecological Civilization Construction, Wuhan 430070, China; 4. Rural Sustainable Development Research Center, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; 5. Law and Business School of Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430205, China)

**Abstract:** [Objective] In the context of a large number of rural labors migrating to cities and towns, clarifying the impact of labor transfer on the green production efficiency of grains for farming households has important policy implications in promoting the steady improvement of green production efficiency and promoting sustainable development of agricultural ecology. [Methods] Based on the survey data of 770 grain-producing farming households from Hubei and Henan Provinces, this study used the data envelopment analysis-slacks-based measure (DEA-SBM) model to calculate the green production efficiency of grains, and used the Tobit model to demonstrate the impact of labor transfer and technology extension on the green production efficiency of grains. [Results] The research showed that labor transfer had an inhibitory effect on the green production efficiency of grains for farming households in both the temporal and spatial dimensions. Government green technology extension measures could promote the improvement of green production efficiency of grains and effectively alleviate the negative impact of labor transfer on green production efficiency of grains. The mitigating effect of technology extension services on the green production efficiency of farming households was limited by the age and income of farmers. For young and high-income farmers, its mitigating effect is insignificant. [Conclusion] Therefore, we should improve the rural labor security mechanism, expand the promotion channels of green production technologies, and focus on the promotion of green production technology for older and low-income farming households, to promote the improvement of green production efficiency of grains and effectively speed up the process of high-quality agricultural development.

**Key words:** food security; labor transfer; technology extension; green production efficiency; DEA-SBM model; Tobit model; Yangtze River Basin