



石敏, 陈风波, 翁凌云, 曾华盛. 农户采用直播对水稻生产效率的影响研究[J]. 中国农业大学学报, 2023, 28(05): 256-269.

SHI Min, CHEN Fengbo, WENG Lingyun, ZENG Huasheng. Effects of farmers' direct seeding technology on rice production efficiency[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2023, 28(05): 256-269.

DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2023.05.23

农户采用直播对水稻生产效率的影响

石敏¹ 陈风波¹ 翁凌云^{2*} 曾华盛³

(1. 华南农业大学 经济管理学院, 广州 510642;

2. 中国农业科学院 农业信息研究所, 北京 100081;

3. 扬州大学 商学院, 江苏 扬州 225009)

摘要 为探究人工直播技术在中国南方大量采用带来的效果, 基于中国南方 4 省 420 个农户 574 个水稻生产周期的投入产出数据, 从劳动生产率、土地生产率和技术效率 3 个角度, 多维度考察直播技术对水稻生产效率的影响。结果表明: 1) 直播技术采用显著提高水稻劳动生产率; 2) 直播技术采用对水稻土地生产率的影响不显著; 3) 直播技术采用降低水稻技术效率, 但是在区分农户种植规模情况下, 随着水稻种植规模的增加并达到一定的临界值, 该影响变得不显著。因此, 水稻直播技术采用是劳动力成本的不断上升背景下的重要应对策略, 该技术变化是中国诱致性技术变迁理论的重要体现。另外, 种植规模小的农户为了节约劳动力, 可以承担一定程度的产量损失, 表明水稻生产方式已经从集约式完全转变为粗放经营的生产方式。为发挥人工直播技术对水稻生产效率的正向影响, 应挖掘该技术的优势和潜力, 着重完善其配套设施和条件, 如平整土地和土地互换, 并进一步推动直播技术在达到一定水稻种植规模的农户中推广。

关键词 直播; 生产效率; 农户; 土地规模

中图分类号 F326.11

文章编号 1007-4333(2023)05-0256-14

文献标志码 A

Effects of farmers' direct seeding technology on rice production efficiency

SHI Min¹, CHEN Fengbo¹, WENG Lingyun^{2*}, ZENG Huasheng³

(1. College of Economics and Management, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

2. Agricultural Information Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China;

3. Business School, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

Abstract In order to explore the effects of the extensive use of direct seeding in southern China, based on the input-output data of 574 rice production cycles of 420 farmers in four southern provinces, this study investigated the impact of direct seeding technology on rice production efficiency from three perspectives including labor productivity, land productivity and technical efficiency. The results showed that: 1) Direct seeding technology significantly improved the labor productivity of rice; 2) Direct seeding technology had no significant effect on the land productivity of rice; 3) The adoption of direct seeding technology reduced the technical efficiency of rice. However, in the case of distinguishing farmers' planting scale, with the increase of rice planting scale the impact became insignificant when the planting scale reached a certain critical value. In conclusion, the adoption of rice direct seeding technology is an important coping strategy against the background of rising labor costs, and this technological change is an important embodiment of

收稿日期: 2022-08-22

基金项目: 国家社会科学基金项目(20BGL183); 广东省哲学社会科学规划项目(GD20CYJ12); 广东省自然科学基金面上项目(2022A1515011049)、广东省现代农业产业技术体系水稻创新团队项目(2022KJ105)

第一作者: 石敏(ORCID:0000-0002-8679-5355), 讲师, 主要从事农业技术经济研究, E-mail: shimin@scau.edu.cn

通讯作者: 翁凌云(ORCID:0000-0002-1654-4569), 副研究员, 主要从事农业经济研究, E-mail: wenglingyun@caas.cn

China's induced technological change theory. In addition, in order to save labor, farmers can bear a certain degree of output loss, indicating that the rice production mode has completely changed from intensive to extensive management. In order to give full play to the positive impact of direct seeding on rice production efficiency, we should tap the advantages and potential of direct seeding technology, focus on improving the supporting facilities and conditions of direct seeding technology, such as land leveling and land exchange, and further promote the popularization of direct seeding technology among farmers who have reached a certain rice planting scale.

Keywords direct seeding; production efficiency; peasant household; land scale

改革开放以来,巨大的城乡收入差距以及城乡户籍管制的放松,导致大量农村劳动力不断向城市转移。国家统计局数据显示,2021年第一季度末农村外出务工劳动力高达17405万人。随之而来的是农村劳动力尤其是青壮年劳动力短缺,农业劳动力价格不断上升,劳动力要素稀缺引致农业生产技术的替代。

水稻是重要粮食作物,而中国南方是水稻的重要产区。随着劳动力要素紧缺和相关技术变化,水稻播种方式^①出现了“直播—育秧插秧—直播”的变迁。直播原本是中国最原始水稻栽培方式之一,但受限于生产技术,难以清除杂草,单产较低。而育秧移栽单产较高,经过推广和普及,逐渐成为中国水稻最重要的传统栽培方式^[1]。20世纪90年代以来,为应对劳动力短缺,劳动节约型技术和农业机械化不断发展^[2],育秧移栽从最初的人工插秧,逐渐发展为机械插秧、抛秧等轻简栽培方式^[3]。近十余年来,随着化学除草技术的不断发展和广泛使用,人工直播带来杂草多、除草难问题得以解决,加上直播能大量节约劳动力、节省育秧盘等育秧成本,因此,该方式逐渐受到农户青睐。尤其在中国南方水稻产区,农民并没有朝着机械化插秧播种的方向发展,而是舍弃育秧插秧,回归原始播种方式,大量采用人工直播播种方式。2004年安徽省早稻直播面积已近50%^[4]。2001—2008年,江苏省水稻直播面积从5.93万增加到69万 hm^2 ^[5],江西省从5.37万增加到16万 hm^2 ^[6]。本研究团队2019年在安徽、江西、湖南和湖北省的调研发现,超过70%样本农户采取人工直播的方式。人工直播水稻面积不断增加,直播技术已经在南方普遍采用并自发扩散。

在农业机械化快速发展背景下,政府大力推动水稻生产全程机械化,然而,大量农户并没有选择机械插秧的技术替代方式,而是简单地放弃育秧插秧,

回归原始的直播播种方式。农户采用直播技术,是节约成本和实现产量目标的“双赢”之策?还是为了节约劳动力,放弃了部分水稻产量目标?基于此,探究农户直播技术采用行为及其对水稻生产的影响是关键。另一方面,大量农户采用人工直播方式种植水稻,不仅微观上会影响水稻的生产成本、产量,以及农户种植意愿和未来生产规模调整,宏观上还可能影响粮食供给甚至关系粮食安全。因此,探究直播对水稻生产的影响,是关系水稻产业发展、乃至国家粮食安全的重要课题。

由此,本研究基于安徽、湖北、湖南和江西4省420个农户及其574个地块的水稻生产数据,首先,考察农户采用直播技术和非直播技术的异同,其次,用OLS方法分析直播技术对劳动生产率和土地生产率的影响,并用处理效应模型解决内生性问题来进行稳健性检验;接着,还利用“一步法”随机前沿生产函数(One-step stochastic frontier approach, One-step SFA)考察直播对技术效率的影响,并分析不同生产规模下直播对技术效率影响的差异。本研究旨在科学评估直播技术对水稻产业的影响,探究在什么条件下能实现直播的优势和最大潜力,并提出促进水稻产业发展的政策建议。

1 文献综述与理论分析

1.1 直播对水稻产业影响研究综述

已有文献关于直播对水稻产业发展的影响并没有定论。部分学者认为采用直播技术有很多优势。直播不需要育秧,大幅度减少了在移栽或播种环节的劳动投入^[7-8]。大面积直播可以节省大量劳动力和降低劳作强度,对中国农村农业生产老龄化、劳动力紧缺及劳动成本快速上涨现状有重大意义。Mishra等^[7]基于印度农户调研数据,认为利用直播可以降低化肥使用和土地准备成本。Sha等^[8]利用

① 水稻播种有两种重要方式:一是直播;二是育秧移栽。直播是指不经育秧、移栽而直接将种子直播于大田的栽培方式;而育秧移栽可以分为抛秧和插秧。另外,本研究提及的水稻直播技术特指人工直播方式,不涉及机械直播方式。

中国南部4省数据分析了直播技术采用对水稻净收入的影响,发现如果将抛秧育秧方法改为直播,水稻净收入将增加66%。值得注意的是,现有研究得出直播具有重要优势结论是有限制条件的,还有,从育秧移栽转换为直播也是有限制因素的。Mishra等^[7]得出直播可以提高生产力和劳动效率的结论,是结合考虑了当地的土壤和水文条件,合适的土地、设备的可用性以及灌溉排水系统。Kaur等^[9]认为从育秧移栽到直播的转换有若干的制约因素,例如高杂草侵扰、杂草水稻的进化、土壤传播的病原体(线虫)的增加、营养失调、农作物收成差、倒伏、褐斑病等。通过克服这些限制,直播可以证明是在技术上和经济上可行的替代方法,具有重要优势。

另一方面,部分学者认为水稻直播存在劣势。从技术上来看,与移栽相比,直播水稻存在着全苗难、草害、倒伏等难题^[9]。相比人工插秧,种植早稻和中稻采用直播降低了单产,增加了除草剂的使用,增加了收获环节物化劳动投入^[1]。有学者进行了测算,采用直播后,除草剂和微量营养素支出每公顷要增加1 803.83美元。对澳洲的水稻生产而言,无论是本地品种还是高产品种,直播的产量都比育秧移栽低^[10]。

目前关于直播对农户水稻种植效益的研究结论并不一致,而且很少研究考虑直播对效率的影响。在直播技术已经在实践中自发广泛应用的背景下,有必要科学评估农户从育秧移栽改为直播这一技术采用行为变化对水稻产业的影响,并识别直播提高水稻生产效率的重要条件或限制因素,来促进发挥直播的优势,并以此提高水稻生产效率。

1.2 理论基础及研究假设

基于诱致性技术变迁理论,劳动力要素价格不断上涨,会促进资本与新技术替代劳动力。实践中,农业劳动力成本上升,促进了农业机械替代。近20余年来,农业机械化及其服务快速发展。水稻作为中国主要粮食作物,其耕、种、收的综合机械率已达71%^[11]。农业机械化对节约劳动力要素已经作出了巨大的贡献,从另一个角度来看,农业机械替代劳动力的潜力即将殆尽。就水稻的播种环节而言,部分农户舍弃了育秧插秧的播种方式,回归了传统的直播方式。基于农户访谈的初步总结,农户采用直播的原因可以归于以下3个方面:一是部分农户认为直播既节约了劳动力,又节约了育秧所需的物资成本;二是农药化肥和除草剂的发展,可降低直播带

来的产量损失;三是有的农户认为为了节约劳动力,部分水稻产量损失是可以承担的。

基于上述农户观点,本研究在以下方面深入分析。一是分析直播技术节约劳动力的效果。与育秧插秧比较,直播采用直接播撒种子方式,不仅节约了劳动时间,还可以由老年劳动力操作,那么分析直播对劳动生产率的影响可以证实该技术劳动力节约效果。二是分析直播对水稻产量的影响。采用直播后水稻产量可能增加、持平或者减少,前两者情况属于帕累托改进,可以合理解释农户为什么大规模采用直播技术;而若是后者,意味着农户为了缓解劳动力稀缺,可以承受部分水稻产量损失。直播技术采用是节约劳动力和水稻产量损失的权衡结果。深入探究直播对土地产出率的影响可以回答以上问题。三是直播技术对水稻生产成本和产量的综合影响。在相同生产投入水平下,采用直播技术增加还是降低水稻产量,可以采用技术效率这一指标进行探究。基于以上分析,本研究从生产效率角度,将直播对水稻产业的影响分别对应为劳动生产率、土地生产率和技术效率3个方面,如图1所示。结合水稻直播技术对水稻影响的3个重要维度,本研究将重点研究直播技术采用与水稻劳动生产率、土地生产率和技术效率3组关系,并提出研究假设。

第一,直播技术对水稻劳动生产率的影响。劳动生产率是单位劳动的水稻产出,可以用单位劳动时间或者单位农户的水稻产量来表征,是衡量农户水稻生产效率的第一维度指标。基于诱致性技术变迁理论,生产要素变化会诱致技术朝着放弃相对稀缺要素而使用相对丰富要素方向变化。中国农村劳动力成本大幅上升,导致农户在技术采用行为策略上偏好利用资本要素替代劳动力生产要素,而这两种要素间的替代效应可以优化劳动配置,进而提高水稻劳动生产率。因此,本研究提出假设I:农户采用直播技术可以大幅提高水稻劳动生产率。

第二,直播技术对水稻土地生产率的影响。土地生产率是单位面积土地的水稻产出^[12-13],是衡量农户水稻生产效率的第二维度指标。自劳动力城乡流动管制放松,农户从事非农就业和兼业的比例不断增加,中国农业不再内卷和过密化,在土地上精耕细作的程度有所降低。而粗放的生产方式,例如直播技术采用,可能导致水稻产量下降。但是,由于直播技术结合化肥、农药和除草剂使用,水稻产量下降程度可能较小,甚至持平。因此,本研究提出假设

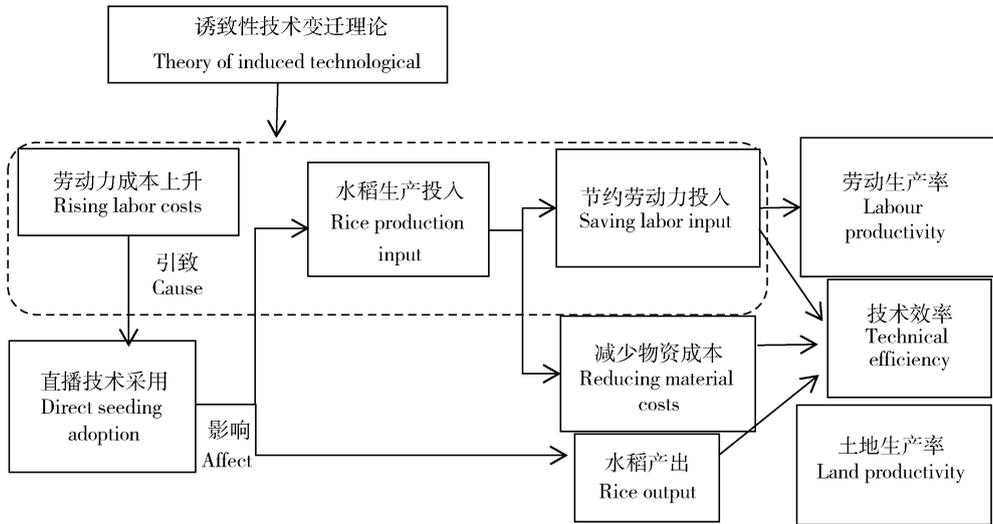


图 1 直播技术采用对水稻产业影响的分析框架

Fig. 1 Analysis framework of the impact of direct seeding technology on rice industry

II：直播技术采用导致水稻土地生产率轻微下降，但影响不显著。

第三，直播技术对水稻技术效率的影响。技术效率是近年来衡量生产单位效率状况使用最多的指标之一，其从投入产出角度衡量生产单位能够在多大程度上运用现有技术达到最大产出的能力，一般用生产单位的实际产出与其所能实现的最大潜在产出比值来衡量。技术效率是本研究衡量农户水稻生产效率的第三维度指标。直播技术并没有在增加产量上取得重大突破，而是为了节约劳动力而采取的权宜之策。而且，已有学者提出，发挥直播技术的优势需要有一定的条件^[7-8]。在我国，种植规模是影响直播技术采用效果的重要条件。原因在于以下方面，一是不同种植规模反映了不同的农户类型及其异质性，小农户和专业大户的技术认知和使用行为存在差异，导致技术采用效果不一。二是直播技术在不同规模地块的应用效果存在差异。例如，对于小地块而言，采用该技术并没有发挥农户水稻生产的最大产能，有可能使技术效率呈负向影响。而比较平整或者规模化的地块，是发挥直播技术潜在产能的一个重要条件。若水田规模越大、地块越平整，采用直播也能达到较高产能。因此，随着水稻种植规模的扩大，规模经营效应将减缓直播对技术效率的负向影响。因此，本研究提出假设III：采用直播技术降低农户水稻生产技术效率，而且随着土地规模扩大，直播对技术效率的影响不再显著。

2 研究设计

2.1 基础模型设定

农业生产效率可以由劳动生产率、土地生产率和技术效率多维度测算，以上测算指标受劳动力投入、土地投入、物资投入等生产要素影响。已有研究表明，以上生产要素之间很可能是内生的，如化肥、农药、机械、劳动投入等要素投入受地块面积大小的制约^[12]。因此，本研究在模型中将地块面积作为投入变量，而不引入资本和劳动力要素，以此控制投入变量的内生性，重点在于估计技术采用外生变量对劳动生产率、土地生产率和技术效率的影响。另一方面，由于地块面积与因变量可能存在非线性关系，因此设置地块面积的平方项。基础模型设定如下：

$$\ln \text{Efficiency}_i = C + \beta D_i + \alpha_1 \ln P + \alpha_2 \ln^2 P + \sum_j \delta_j X_{ij} + \epsilon_i \quad (1)$$

式中：Efficiency_i 表示农户 i 种植水稻的劳动生产率、土地生产率和技术效率，本研究主要考察直播技术采用对以上效率的影响。D 表征直播采用行为的虚拟变量，当 D=1，表征农户采用直播；当 D=0，表征农户没有采用直播。X_j 为引入的各控制变量，表示其他技术行为、家庭人口禀赋等。P 为农地经营规模，由于中国耕地细碎化现象严重，农户经营总面积分散在多个地块中，因此本研究中农地经营规模指农户某一具体地块的面积。ln²P 是为了考察经营规模与土地生产率之间可能存在的非线性关系而设

置的地块大小的平方项。

此外,上式中技术效率的测算方法是基于 Cobb-Douglas 生产函数(以下简称“CD 生产函数”),原因在于该函数具有简洁、易于分解和经济含义明显的特点。许多关于中国农业的研究采用了经典的 CD 生产函数^[14-15],且表明了该函数能够较好地解释中国农业增长。

$$Y_i = A_0 \eta \gamma M_i^{\alpha_M} L_i^{\alpha_L} K_i^{\alpha_K} C_i^{\alpha_C} O_i^{\alpha_O} \exp(e_i) \quad (2)$$

式中: Y_i 表示农户 i 的产出水平, M_i 、 L_i 、 K_i 、 C_i 和 O_i 分别表示农户土地、劳动力、物质资本^①、农业社会化服务和其他投入^②, α_M 、 α_L 、 α_K 、 α_C 和 α_O 分别为各自的产出弹性, η 则为技术进步率。在进一步分析直播对技术效率的影响时,本研究还采用了 One-step SFA。

2.2 数据来源

本研究数据来自华南农业大学 2019 年 7—8 月在安徽、湖北、湖南和江西 4 省开展的调研活动。调查地区是长江中下游的粮食主产区,具体的调查地点为湖南省醴陵市和南县、湖北省公安县和监利县、江西省新建县、安徽省桐城市,共 4 省 6 县(市)。本研究采用分层随机抽样调研方法,每个县(市)选取一个乡镇,每个乡镇选取 2 个村,每个村随机选取 40 个种植水稻的农户进行面对面的调查。除去重要信息缺失和异常值的问卷,2019 年共计获得 420 个农户调查数据。

此次调研内容涉及农户 2018 年水稻生产活动。问卷涵盖了家庭成员个人信息、劳动力外出就业信息、个人和家庭收入、地块面积、农业基础设施、农业投入产出以及农业社会化服务等信息。基于典型地块的水稻种植信息更能准确地了解农业生产^[16],另一方面,部分农户一年种植超过一季稻,一个农户有可能对应 2 个甚至 3 个水稻种植周期的投入产出数据。因此,调研选取了农户种植水稻的典型地块,并细化到地块上不同季节种植的早稻、中稻和晚稻来收集不同稻作的投入产出信息。我们将一季水稻生长周期视为一个独立观测值,也作为一个决策单元(Decision making units,以下简称 DMUs)。由此,本研究数据有 3 个层次,一是农户人口特征和资源禀赋信息,二是地块层次信息,三是每一季水稻生产

信息。删除部分信息不全的数据,最终得到 574 个水稻生产周期(早稻、中稻和晚稻)所形成的横截面数据。

2.3 变量说明及其描述性统计

水稻生产效率影响因素的变量说明和描述性统计分析如表 1 所示。本研究将变量分为核心解释变量、被解释变量和控制变量 3 类。其中,核心解释变量是直播采用行为;被解释变量是劳动生产率、土地生产率和技术效率;控制变量包括其他技术采用、家庭人口特征、地块特征等影响因素。

1)核心解释变量:农户是否采用直播技术是本研究的核心解释变量。本研究统计了农户耕作早稻、中稻或者晚稻过程中采用的技术,每季水稻生产的技术采用行为作为单独观测值和决策单元。农户采用直播的行为是基于 574 个 DMUs 进行统计。从结果来看,70%水稻种植 DMUs 采用直播技术^③。

2)被解释变量:①劳动生产率。本研究基于农户实际劳动投入时间计算劳动生产率,即农户劳动用工生产率 $\text{Efficiency}_1 = Y/L$,其中 Y 为产量, L 为劳动力投入工时(以小时核算)。样本农户平均每工时生产水稻 57.3 kg,农户间劳动生产率差异很大。②土地生产率。本研究定义土地生产率 $\text{Efficiency}_2 = Y/M$,其中 Y 为产量, M 为播种面积。样本农户种植水稻的产出为 7 649.63 kg/hm²。③技术效率。基于式(1)和(2),采用 CD 生产函数和 One-step SFA,测算得出样本农户种植水稻的平均技术效率为 0.64,效率损失为 0.36。从技术效率的分布来看,67.6%DMUs 技术效率值介于 0.6~0.8,只有 15.33%DMUs 技术效率高于 0.8。

3)控制变量。本研究从个人、家庭、村庄等多个层面选取控制变量。具体包括以下 5 类变量:

①其他技术采用。直播技术会带来水稻全苗难、草害、倒伏等难题。由于化学除草技术的不断发展和广泛采用,直播又重新回归,成为农户广泛采用的播种方式。但是,为保证水稻产量,农户可能会增加除草剂等农药使用,因此本研究将农药的打药次数作为控制变量之一,反映农药施用频率。另一方面,采用机械喷洒农药是近年来水稻种植最重要的技术采用变化,高效的机械化喷药技术采用有可能

① 本研究将购买种子和肥料的费用合并为物质投入。

② 本研究将用于购买农药、水费、燃料费和其他费用合并为其他投入。

③ 2015 年 38%农户采用直播技术,2019 年该指标上升至 70%,增长近一倍。

表 1 变量说明及描述性统计分析
Table 1 Definition and descriptive statistics of variables

变量类型 Variable type	变量 Variable	说明 Definition	均值 Mean	标准差 S D
核心解释变量 Core explanatory variables	直播技术 Direct seeding technology	采用直播技术=1;不采用=0	0.70	0.46
被解释变量 Explained variable	劳动生产率 Labor productivity	水稻产量/劳动力投入工时, kg/工时	57.30	85.21
	土地生产率 Land productivity	水稻产量/播种面积, kg/hm ²	7 649.63	1 663.73
	技术效率 Technical efficiency		0.64	0.16
	其他技术采用 ^① Other technologies adopted			
	机械喷洒农药 Mechanical spraying of pesticides	机动(含无人机)=1;手动=0	0.74	0.44
	喷洒农药次数 Number of pesticide sprays		1.62	0.76
	家庭人口特征 ^② Family demographics			
控制变量 Control variable	户主性别 Head of household gender	男性=1;女性=2	1.02	0.15
	受教育年限 Years of education	户主在学校接受正规教育年限	6.29	3.07
	家庭人口数量 Family size		4.63	2.02
	非农收入比 Non-farm income ratio	%	72.23	30.87
	地块特征 ^③ Land features			
	土壤质量 Soil quality	优=1;中=2;低=3	1.66	0.63
	灌溉便利性 Irrigation convenience	保证灌溉=1;不保证灌溉=2;望天收=3	1.18	0.41
	地块类型 Plot type	0=丘陵水田;1=平地水田	0.84	0.37

注:①农户技术采用是基于水稻种植周期统计,统计样本为 574 个 DMUs。②家庭人口特征基于调研农户的样本统计,共 420 个。③地块特征基于调研农户典型地块计算,每家农户种植水稻记录一个典型地块,共 420 个。

Note: ① Farmers' technology adoption is based on rice planting cycle, and the statistical samples are 574 DMUs. ② The household population characteristics are based on the surveyed farmers, which is 420 in total. ③ The plot characteristics are based on the typical plot of the surveyed farmers. Each farmer's rice planting record one typical plot, which is 420 plots in total.

提高农药使用效率并降低农药施用量,并在一定程度上推进直播技术采用。因此,我们将喷洒农药机械化作为控制变量之一。统计结果如表 1 所示,农户在每个生产周期平均喷洒农药 1.62 次,74%DMUs 采用机械喷药。

②农户人口特征。农户的生产决策是以家庭为单位^[16],取决于家庭的禀赋资源和内部分工,而户

主的风险意识和能力起着关键作用。以上人口特征均有可能影响农户的生产效率,因此,本研究将户主性别、受教育年限和家庭人口数量作为表征农户人口特征的指标。具体而言,第一,就户主性别而言,男性和女性对待风险态度是不同的,男性更积极而女性往往选择规避风险的行为。第二,教育作为人力资本投资最重要手段,无论是微观还是宏观角度,

理论上一般都认为教育会通过其“内部效应”和“外部效应”对生产率、经济增长或收入增长做出显著贡献^[13]。本研究采用劳动力在学校接受正规教育的年数表示农户的受教育程度。受教育年限不仅与农户生产决策行为能力相关,还与从事非农就业机会相关。较高的受教育水平更容易获得非农就业机会^[17]。第三,家庭人口数量指标表征家庭禀赋和资源,是影响家庭生产决策的重要因素。本研究调研样本涵盖了420个农户的人口特征。统计结果如表1所示,97.87%户主为男性,女性为2.13%;户主平均受教育年限为6年;家庭人口约为5人。

③农户非农经营活动。学界关于非农经营对农户技术采用的结论不一致。农户用于农业经营与非农活动时间配置之间存在着替代关系,且非农比较效益要高于农业。如果农户存在非农机会,那么他从事农业生产会存在较高机会成本——非农就业报酬,人力资源最终会流向报酬较高的行业,而农业家庭经营会出现季节性劳动供给和劳动时间投入不足,由此产生粗放经营。此外,这还会使农业技术在留守弱质农民群体中难以推广,不利于先进农业技术扩散^[13]。但是,也有研究表明,外出务工带来汇款和农业投资,使农户使用劳动节约型技术,促进农业技术进步^[18]。Zhang等^[17]发现非农就业对农场技术效率水平产生了积极影响。由此,本研究以非农收入比例表征农户非农经营活动情况,结果显示家庭平均非农收入比例为72.23%。

④水稻种植的地块特征。水稻是一个植物活体的生产过程,受土壤质量、基础设施条件、自然气候和周围生态环境等的影响很大。本研究主要用土壤质量和灌溉便利性来表征水稻生产的地块特征,从而控制其对农户生产率和技术效率的影响。地块特征根据农户记录的一块典型地块统计。表1统计结果显示,44.31%地块土壤质量为优,48.82%质量中等,6.87%为低质量;83.65%地块能保证灌溉,15.64%地块不能保证灌溉,0.71%地块没有灌溉设施;84%地块为平地的水田,16%地块为丘陵的水田。

⑤其他控制变量:水稻种植季数量和省份。水稻种植在中国南方可以种植一季、两季至三季,包括早稻、中稻和晚稻。每个农户一年内种植水稻的季数不一样。因此,在考虑直播技术对农户生产效率影响时,我们控制水稻种植季数量和省份的影响。420个农户样本共种植了574季水稻,包括399季

中稻,86季早稻和89季晚稻。农户以种植一季中稻为主,部分农户增加种植一季早稻或者晚稻。从420个样本农户的地域分布来看,151个样本来自湖南省;137个样本来自湖北省;78个样本来自江西省;54个样本来自安徽省。

2.4 直播技术采用及水稻生产的统计分析

为考察直播技术对水稻生产效率的影响,本部分首先从总体上分析水稻的产出与投入;接着,比较分析不同播种方式的产出投入差异;最后,比较不同播种方式的生产效率差异。

2.4.1 水稻产业产出投入分析

本部分基于574个水稻生产周期数据,考察样本农户种植水稻的产出和投入,分析结果如表2所示。水稻的平均产出为7649.64 kg/hm²。从生产投入来看,农户种植水稻的平均土地面积为0.63 hm²;劳动力投入为242.76 工时/hm²。由于农业领域内本质不同的资本产品没有共同的物质单位,必须在一定程度上进行适度综合,用价值量衡量以便于计算^[13]。因此,农户种植水稻所投入的物质资本均用投入资金来衡量,单位为元。统计结果显示,种子投入为1305.75元/hm²;化肥投入为2227.8元/hm²;农药投入为1598.1元/hm²;水费为48元/hm²;燃料费用为89.25元/hm²;其他支出为128.1元/hm²。除此之外,鉴于农业社会化雇佣服务获得巨大的发展^[2],本研究将农户种植水稻过程中在农业社会化服务方面的资金投入单列,以元为单位。该指标具体指在水稻种植的土地耕整、播种、喷洒农药和收割水稻4个生产环节中,用来购买机械化服务的资金,统计得出样本农户的农业社会化服务为2611.95元/hm²。

2.4.2 农户采用水稻播种方式及其产出投入比较分析

农户采用了人工直播、人工插秧和机器插秧3种播种方式,本研究比较了不同播种方式水稻生产的产出投入,结果如表2所示。为了比较的科学性,本研究将水稻生产区分为早稻、中稻和晚稻3个周期,还将投入汇总为土地、劳动力和物质资本三大类。

调研420个农户共获得574个水稻生产周期数据,种植早稻、中稻和晚稻分别为86、399和89个。由于机械插秧仅有5个DMUs,因此我们侧重分析人工直播和人工插秧两种方式。从产出来看,与人工插秧相比较,采用直播时早中晚稻的亩均产量分别低了3.02%、6.7%和9.48%。对应地,本研究对

表 2 农户采用水稻播种方式及其产出投入比较分析
Table 2 Comparative analysis of farmers' adoption of rice seeding and their output/input

项目 Item	变量 Variable	全年 Annual output/ input						
		早稻 Early rice		中稻 Middle-season rice		晚稻 Late rice		
		直播 Direct seeding	人工插秧 Manual seeding	直播 Direct seeding	人工插秧 Manual seeding	直播 Direct seeding	人工插秧 Manual seeding	
产出 Output	产量/(kg/hm ²) Yield	6 265.88	6 455.40	7 854.45	8 380.80	7 223.55	7 080.83	7 751.78
	土地 ^① /hm ² Land	0.38	0.35	0.59	0.15	21.78	0.27	0.39
	劳动力/(工时/hm ²) Labor	146.76	159.12	192.12	517.80	91.20	188.76	240.72
	物质资本/(元/hm ²) Material capital	7 118.55	7 449	7 984.8	8 533.35	7 406.25	7 955.55	8 603.55
	种子/(元/hm ²) Seed	501.75	890.70	1 464.00	1 441.35	1 464.45	1 700.25	1 140.75
	化肥/(元/hm ²) Chemical fertilizer	2 270.85	2 232.30	2 204.10	2 341.05	1 542.45	1 770.90	2 416.35
	农业社会化服务/(元/hm ²) Agricultural socialized service	2 325.45	2 696.40	2 556.90	2 892.45	2 612.10	2 536.50	2 818.35
	农药/(元/hm ²) Pesticides	1 734.15	1 322.85	1 563.30	1 473.15	1 344.15	1 676.4	1 857.75
	水费/(元/hm ²) Charge for water	49.95	66.15	42.45	44.10	216.15	28.95	71.25
	燃料/(元/hm ²) Fuel	87.90	34.05	95.40	87.15	180.15	105.15	58.95
	其他 ^② /(元/hm ²) Other	148.50	206.55	58.65	254.10	46.80	137.40	240.15
样本数 Number of samples		72	14	300	94	5	31	58

① 农户年内种植水稻的典型地块的播种面积。当水稻种植多于一季时，加总每季水稻的种植面积。

② 其他投入主要包含了购买秧工在内的投入。

投入也进行了比较分析。首先,从土地投入来看,直播和人工插秧在中稻的土地投入分别为 0.59 hm^2 和 0.15 hm^2 ,前者高于后者近 4 倍;而早晚稻的土地投入面积差异较小,早稻的直播面积略高于人工插秧,而晚稻的直播面积低于人工插秧。其次,从劳动力投入来看,采用直播的劳动力均低于人工插秧,中稻节约劳动力最高,直播的劳动力投入只有人工插秧的 $1/3$ 左右,而早和晚稻分别降低了 8% 和 27.52% 。最后,早中晚稻直播的物质资本投入均低于人工插秧。从物质资本的细项来看,与人工插秧比较,早中晚稻的农业社会化服务和其他投入均是直播的投入更低,其他投入主要包含了购买育秧工具在内的投入。从以上分析来看,直播水稻的主要优势在于降低劳动力成本,以及节省了购买育秧工

具的投入。最后,虽然机械插秧只有 5 个 DMUs,但其平均播种面积高达 21.78 hm^2 ,远高于直播和人工插秧的方式。机械插秧最具有优势的是节约人工成本,人工投入仅为 $91.2 \text{ 工时}/\text{hm}^2$ 。

2.4.3 农户采用播种方式和水稻生产效率比较分析

除了对水稻各项投入产出的绝对数值比较外,本研究还比较了直播和其他播种方式的水稻生产效率指标,结果如表 3 所示。本研究主要关注直播和人工插秧的效率差异,机械插秧对以上 2 种方式而言有绝对优势,仅作为播种方式的补充。直播的劳动生产率比人工插秧高了 66.5% ,但是土地生产率和技术效率分别低了 6.49% 和 11.29% 。另外,机械插秧的劳动生产率均高于直播和人工插秧,但土地生产率和技术效率较低。

表 3 不同播种方式的水稻生产效率比较分析

Table 3 Comparative analysis of rice production efficiency of different seeding methods

变量 Variable	说明 Description	播种方式 Seeding method		
		直播 Direct seeding	人工插秧 Manual seeding	机械插秧 Mechanical seeding
劳动生产率/(kg/工时) Labor productivity		62.91	37.78	253.66
土地生产率/(kg/km ²) Land productivity		7 511.10	7 998.68	7 223.57
技术效率 Technical efficiency	介于 0~1	0.62	0.69	0.59
样本数 Number of samples	DMUs	403	166	5

3 实证结果分析

为深入分析直播技术采用对水稻生产的影响,本部分采用计量方法进行实证检验。值得说明的是,从上述统计描述结果来看,与直播和人工插秧相比,机械插秧的各项指标差异明显,且样本量只有 5 个,因此不纳入实证的讨论。以下实证分析只考虑直播和人工插秧两种方式,共 569 个 DMUs。本部分首先采用 OLS 方法估计了采用直播对劳动生产率和土地生产率的影响。考虑到农户技术选择可能存在内生性,以及 OLS 估计产生的偏误问题,本研究还利用处理效应模型估计直播技术采用对劳动生产率和土地生产率的影响。其次,关于直播采用对

技术效率的影响方面,本研究在构建 CD 生产函数基础上,利用 One-step SFA 估计直播对水稻技术效率的影响。

3.1 直播技术对劳动生产率及土地生产率的影响: OLS 估计

直播技术采用对农户水稻劳动生产率和土地生产率影响的 OLS 估计结果如表 4 所示。具体如下:第一,采用直播技术对农户水稻劳动生产率的估计系数为 0.257,且在 1% 统计水平显著。意味着,农户采用直播技术显著提高了水稻的劳动生产率。第二,采用直播技术对农户水稻土地生产率的估计系数为 -0.123 ,而且在 5% 统计水平显著。意味着,农户采用直播技术显著降低了水稻的土地生产率。

表 4 直播对劳动生产率和土地生产率的影响:OLS 估计和处理效应估计

Table 4 Impact of direct seeding on land productivity and labor productivity: OLS estimation and treatment effect estimation

变量 Variable	劳动生产率 Labor productivity			土地生产率 Land productivity		
	OLS 估计 OLS estimation	Probit 二元 选择方程 Probit select equation	处理效应估计 Treatment effect estimation	OLS 估计 OLS estimation	Probit 二元 选择方程 Probit select equation	处理效应估计 Treatment effect estimation
直播 Direct seeding	0.257*** (0.081)		1.282*** (0.452)	-0.123** (0.058)		0.323 (0.251)
同村采用直播农户比例 Proportion of farmers in the same village using direct seeding		2.768*** (0.484)			2.768*** (0.484)	
逆米尔斯比 IMR			-0.646** (0.280)			-0.278* (0.156)
机械化喷药 Mechanized spraying	0.348** (0.101)		0.340*** (0.101)	0.088 (0.073)		0.075 (0.073)
地块大小(对数) Acreage	0.517*** (0.064)	0.035 (0.102)	0.480*** (0.065)	0.084* (0.046)	0.035 (0.102)	0.084* (0.048)
地块大小的平方(对数) Square of acreage	-0.018 (0.015)	-0.003 (0.024)	-0.011 (0.015)	-0.023* (0.011)	-0.003 (0.024)	-0.023** (0.011)
性别 Gender	0.123 (0.247)		0.097 (0.246)	0.044 (0.179)		0.038 (0.179)
受教育年限 Years of education	0.019* (0.011)		0.021 (0.011)	0.011 (0.008)		0.011 (0.008)
家庭人口数 Family population	0.014 (0.019)		0.012 (0.019)	0.003 (0.014)		0.001 (0.014)
非农收入比例 Non-farm income ratio	-0.001 (0.001)		-0.001 (0.001)	-0.001 (0.001)		-0.001 (0.001)
灌溉条件 Irrigation conditions	-0.204** (0.083)		-0.211** (0.083)	-0.242*** (0.060)		-0.251*** (0.060)
地形地貌 Topographic features	0.203* (0.101)	0.454*** (0.152)	0.007 (0.132)	0.188*** (0.073)	0.454*** (0.152)	0.192** (0.095)
省份变量 Province	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
早中晚稻 Season of rice	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
截距项 Intercept term	2.940*** (0.354)	-2.103*** (0.401)	2.448*** (0.412)	6.570*** (0.256)	-2.103*** (0.401)	6.458*** (0.295)
观察值 Observations	569	569	569	569	569	569
R-squared	0.418		0.424	0.091		0.084

注：*、**、*** 分别表示在 10%、5% 和 1% 水平上显著。下同。

Notes: *, **, *** are significant at 10%, 5% and 1% levels, respectively. The same below.

3.2 稳健性检验:基于处理效应模型

3.2.1 内生性问题

上述 OLS 估计中,可能存在内生性问题,导致参数估计结果偏误。内生性问题来自农户的自选择行为。在计算农户预期收益时,必须估计出采用技术的农户如果没有采用技术的收益,但是现实中农户要么采用了技术,要么没有采用,不可能存在两种情况下的数据。更重要的是,直播技术的采用不是随机的,而是农户选择的结果。面对技术采用选择,农户是根据各自不同的资源禀赋选择是否采用新技术。农户部分资源禀赋是可以观察到的,如农户户主的性别、年龄、受教育程度等,但是另外一些资源禀赋是无法观察到的,如农户的性格、能力、风险偏好等,这些不可观察的因素也会对水稻生产效率产生影响。如果忽略这些因素,可能会使估计结果有偏。总的来说,农户的自选择行为实际上导致了样本存在自选择偏差,存在内生性问题,可能引起估计偏误。处理效应模型是处理自选择行为问题的重要方法之一,因此,本研究应用该模型进行稳健性检验,以此解决内生性问题。

3.2.2 处理效应模型:内生性问题处理

处理效应模型应用 Heckman 两阶段估计并涉及两个回归方程,包括二元选择模型和加入逆米尔斯比(IMR)后的回归方程。该模型的关键是通过构建 IMR 来控制估计偏差。为使 IMR 可以修正偏差,本研究选择了变量“同村采用直播农户的比例”作为排他性约束变量,它需要满足 3 个条件:一是外生变量;二是对农户直播采用行为有较强的解释力;三是只能通过 IMR 影响农户种植水稻的劳动生产率和土地生产率。基于技术扩散理论,同村农户之间的相互交流,可以促进直播技术在该村的传播和扩散。因此,样本农户中同村采用直播的农户占全村农户的比例,为样本农户决定是否选择直播技术提供了参考、学习的依据,同时,该变量不影响农户水稻生产的劳动生产率和土地生产率,因此,该工具变量满足以上 3 个条件。

处理效应模型分为两个步骤,先后采用 Probit 二元选择方程和加入 IMR 修正的结果方程,他们的估计结果如表 4 所示。从 Probit 二元选择方程的估计结果来看,首先,“同村采用直播农户比例”变量对农户直播采用行为的影响是显著的,该变量满足作为排他性约束变量的重要条件;其次,“地形地貌”显著影响农户直播的采用,具体而言,与丘陵相比,

农户更愿意在平地水田上采用直播技术。从处理效应模型的结果方程回归来看,首先,IMR 对劳动生产率和土地生产率的估计系数分别为 -0.646 和 -0.278 ,且在 5% 和 10% 水平上显著,表明 IMR 可以有效控制估计偏差;其次,从核心变量的估计结果来看,直播技术采用对劳动生产率的回归系数为 1.282 且在 1% 水平上显著,而该变量对土地生产率的回归系数为 0.323 但不显著。总结以上回归结果,可以得出以下结论:一是,与 OLS 回归比较,处理效应回归能有效控制估计偏差,解决内生性问题;二是,直播技术对水稻劳动生产率和土地生产率的 OLS 估计结果均偏低,修正后,采用直播技术水稻劳动生产率呈显著正向影响,且系数估计比 OLS 估计结果提高了 1.025 ,而直播技术对对水稻土地生产率的影响不显著。由此,上文提出的假设 I 和假设 II 得以证实。

3.3 直播技术对水稻技术效率影响:One-step SFA 估计

为解决内生性问题,本研究构建在构建 CD 生产函数基础上,采用 One-step SFA 估计直播技术采用对农户水稻技术效率的影响。表 5 报告了水稻种植农户生产函数技术效率项影响因素的估计结果,其中涉及了 2 个模型,模型(1)是基础模型,模型(2)增加了直播技术和土地规模的交叉项。

从估计结果来看,模型(1)中直播采用对水稻技术效率的影响系数为 -3.204 且在 1% 水平上显著。意味着,直播技术对水稻生产技术效率呈显著负向影响。为证实假设 III 提出的“直播对技术效率的影响会随着水稻种植规模不同而发生差异”,本研究进一步考察在不同土地规模情境下,直播采用对农户水稻技术效率影响是否会发生变化。为控制农户耕种规模,我们按地块面积,利用五等分法将水稻种植地块从小到大分为 5 个不同规模的组别。然后将 5 个组别的土地规模与直播技术相乘形成交叉项,将前 1/5 地块即最小规模组别的地块与直播技术的交叉项为对照组,考察不同组别的地块面积下采用直播对水稻技术效率的影响。模型(2)的估计结果如表 5 所示,交叉项前三个组别的估计系数均为负数且在统计水平上是显著的,然而交叉项 5 发生了变化,第五等分地块组别交叉项的系数为 -1.055 但不显著。即与面积最小的第一组交叉项相比,面积最大的最后 1/5 的地块组中,农户采用直播技术不再显著降低水稻种植的技术效率。意味着直播技术

表 5 农户种植水稻技术效率的影响因素：随机前沿估计结果
Table 5 Influencing factors of farmers' technical efficiency of rice planting: Results of random frontier estimation

变量 Variable	模型(1) Model (1)	模型(2) Model (2)
直播 Direct seeding	-3.204*** (0.712)	-2.083*** (0.768)
机械化喷药 Mechanized spraying	0.634 (0.513)	1.092* (0.605)
地块大小(对数) Acreage	1.476*** (0.452)	2.606*** (0.685)
地块大小的平方(对数) Square of acreage	-0.103 (0.145)	-0.450** (0.206)
交叉项 2 Cross term 2		-2.190** (0.924)
交叉项 3 Cross term 3		-2.782*** (0.984)
交叉项 4 Cross term 4		-2.355** (1.109)
交叉项 5 Cross term 5		-1.055 (1.421)
性别 Gender	1.907 (1.585)	2.253 (1.109)
受教育年限 Years of education	0.458*** (0.108)	0.513*** (0.126)
家庭人口数 Family population	0.408*** (0.155)	0.441*** (0.163)
非农收入比例 Non-farm income ratio	-0.023*** (0.006)	-0.028*** (0.007)
灌溉条件 Irrigation conditions	-1.834*** (0.374)	-2.165*** (0.481)
地形地貌 Topographic features	0.799* (0.479)	0.420 (0.548)
省份变量 Province	已控制	已控制
早中晚稻 Season of rice	已控制	已控制
截距项 Intercept term	-1.273 (1.856)	-1.392 (2.039)
观测值 Observations	569	569

注：利用五等分法将样本农户的土地规模按从小到大大分为 5 组，然后将每一组与农户的直播采用行为形成交叉项，分别为交叉项 1、交叉项 2、交叉项 3、交叉项 4 和交叉项 5，而图中显示的后四组交叉项估计结果均以第一组为对照组。

Notes: The land scales of the sample farmers are divided into five groups from small to large based on five bisection method, and then the cross items are set for each group and farmers' direct seeding adoption behavior, which are respectively cross item 1, cross item 2, cross item 3, cross item 4 and cross item 5. The estimation results of the last four groups of cross items shown in the figure are all obtained by taking the first group as the control.

对水稻种植的技术效率影响在不同面积的地块存在差异性,在面积较小的地块采用直播技术会降低水稻技术效率,然而随着地块面积的增大,当土地规模达到一定规模,采用直播技术对技术效率的负向影响不再显著。

4 研究结论与政策建议

本研究基于微观农户数据,以每一地块上每一季的水稻种植为DMUs,分析直播技术对农户劳动生产率、土地生产率和技术效率的影响。研究结果证实了本研究提出的3个假设:一是直播技术对农户劳动生产率呈显著正向影响,能显著提高劳动生产率;二是直播技术对农户土地生产率的影响不显著;三是直播技术对水稻技术效率呈显著负向影响,但随着水稻经营规模增加,该影响变得不显著。

由此,本研究得出以下启示。第一,水稻直播技术可以显著提高农户劳动生产率,是劳动力成本的不断上升背景下的重要应对策略。第二,直播技术对水稻土地生产率的影响不显著,但对技术效率呈负向影响。表明水稻生产由精耕细作的劳动密集型向粗放经营方式转变。农户为了节约劳动力,可以承担一定程度的产量损失。第三,随着土地规模扩大,直播技术对技术效率负向影响逐渐不显著。表明在一定条件下,如土地较平整、或者当种植规模增加达到一定临界值时,直播技术的不利影响将得到缓解。为降低直播技术对技术效率的负向影响,需要推动水稻的适度规模经营。有必要进一步推动土地流转,或者发展土地互换、土地托管等多种形式,扩大现有小农的种植规模,从而进一步发挥直播技术的优势和潜力。

参考文献 References

- [1] 陈风波,陈培勇.中国南方部分地区水稻直播采用现状及经济效益评价:来自农户的调查分析[J].中国稻米,2011(4):1-5
Chen F B, Chen P Y. Current situation and economic benefit evaluation of rice direct seeding in some areas of Southern China: Survey and analysis from farmers[J]. *Chinese Rice*, 2011(4): 1-5 (in Chinese)
- [2] Yang J, Huang Z, Zhang X, Reardon T. The rapid rise of cross-regional agricultural mechanization services in China[J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 2013, 95(5): 1245-1251
- [3] 罗观长,陈春桦,陈风波,王建军.中国南方稻作方式选择:基于长江中下游地区稻农的样本分析[J].新疆农垦经济,2019(1):23-30
Luo G C, Chen C H, Chen F B, Wang J J. Rice cropping pattern selection in South China: Based on sample analysis of rice farmers in the middle and lower reaches of the Yangtze River [J]. *Xinjiang*

- Agricultural Reclamation Economy*, 2019(1): 23-30 (in Chinese)
- [4] 吴文革,陈烨,钱银飞,王小军,吴一梅.水稻直播栽培的发展概况与研究进展[J].中国农业科技导报,2006(4):32-36
Wu W G, Chen Y, Qian Y F, Wang X J, Wu Y M. The development and research progress of direct cultivation of rice [J]. *Chinese Agricultural Science and Technology Review*, 2006 (4): 32-36 (in Chinese)
- [5] 卢百关,秦德荣,樊继伟,方兆伟,李健,刘辉,迟铭,徐大勇.江苏省直播稻生产现状、趋势及存在问题探讨[J].中国稻米,2009(2):45-47
Lu B G, Qin D R, Fan J W, Fang Z W, Li J, Liu H, Chi M, Xu D Y. Current situation, trend and existing problems of direct-seeding rice production in Jiangsu Province[J]. *Chinese Rice*, 2009 (2): 45-47 (in Chinese)
- [6] 李木英,石庆华,潘晓华.江西省直播稻发展趋势与存在的问题及对策[J].现代农业科技,2008(21):236-238
Li M Y, Shi Q H, Pan X H. Development trend, existing problems and countermeasures of direct-seeding rice in Jiangxi Province[J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2008(21): 236-238 (in Chinese)
- [7] Mishra A K, Khanal A R, Pede V O. Is direct seeded rice a boon for economic performance: Empirical evidence from India[J]. *Food Policy*, 2017, 73: 10-18
- [8] Sha W, Chen F, Mishra A K. Adoption of direct seeded rice, land use and enterprise income: Evidence from Chinese rice producers[J]. *Land Use Policy*, 2019, 83: 564-570
- [9] Kaur J, Singh A. Direct seeded rice: Prospects, problems/constraints and researchable issues in India [J]. *Current Agriculture Research Journal*, 2017, 5(1): 13-32
- [10] Hossain M F, Salam M A, Uddin M R, Pervez Z, Sarkar M A R. A comparative study of direct seeding versus transplanting method on the yield of aus rice[J]. *Journal of Agronomy*, 2002, 1: 86-88
- [11] 国务院.“十四五”推进农业农村现代化规划[EB/OL].(2022-02-11).
http://www.gov.cn/zhengce/content/2022-02/11/content_5673082.htm.
State Council, PRC. Promoting agricultural and rural modernization for the 14th Five-Year Plan[EB/OL].(2022-02-11).
http://www.gov.cn/zhengce/content/2022-02/11/content_5673082.htm (in Chinese)
- [12] 仇焕广,刘乐,李登旺,张崇尚.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
Qiu H G, Liu L, Li D W, Zhang J F. Scale of operation, stability of land ownership and land productivity: An empirical analysis based on the survey data of four provinces in China[J]. *China's Rural Economy*, 2017 (6): 30-43 (in Chinese)
- [13] 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].经济季刊,2009(1):96-125
Li G C, Feng Z C, Fan L X. Are small farmers really more efficient: Empirical evidence from Hubei Province [J]. *Quarterly Journal of Economics*, 2009(1): 96-125 (in Chinese)
- [14] Zhang C, Shi G M, Shen J, Hu R F. Productivity effect and overuse of pesticide in crop production in China [J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2015, 14: 1903-1910
- [15] Imad A, Huo X X, Imran K, Hashmat A, Khan B, Sufyan U K. Technical efficiency of hybrid maize growers: A stochastic frontier model approach[J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2019, 18: 2408-2421
- [16] Doss C R, Quisumbing A R. Understanding rural household behavior: Beyond booserup and becker[J]. *Agricultural Economics*, 2020, 51(1): 47-58

[17] Zhang L, Su W, Eriksson T, Liu C. How off-farm employment affects technical efficiency of China's farms: The case of Jiangsu[J]. *China & World Economy*, 2016, 24(3): 37-51

[18] Rozelle S, Taylor J E, DeBrauw A. Migration, remittances, and agricultural productivity in China[J]. *The American Economic Review*, 1999, 89(2): 287-291

责任编辑：王岩



第一作者简介：石敏，农业经济管理学博士，美国路易斯安娜州立大学访问学者。目前为华南农业大学经济管理学院讲师、硕士生导师。主要研究领域为农业技术经济、农业投资，为广东水稻创新团队经济岗主要成员，长期参与水稻产业的调查与研究。近年来，在农业技术经济、*Journal of Integrative Agriculture* 等期刊发表论文十余篇，出版专著 1 部，主持和主要参与国家级、省部级和地方政府委托课题近二十项。



通讯作者简介：翁凌云，管理学硕士，目前为中国农业科学院农业信息研究所副研究员。主要研究领域为农业经济、粮食安全。近年来，在农业技术经济、*Journal of Integrative Agriculture* 等期刊发表多篇研究论文，参与译(编)著 4 部。主持和参与国家自然科学基金期刊专项、中国科协、中国农科院信息所基本科研业务费青年探索研究项目等 8 项。