

【农业经济】

劳动力要素禀赋、规模经营与农户机械技术选择

——来自水稻机插秧技术的实证解释

王全忠¹,周宏²

(1.安庆师范大学 经济与管理学院,安徽 安庆 246133;2.南京农业大学 经济管理学院,江苏 南京 210095)

摘 要:利用 2016 年江西省、江苏省的农村入户调查数据,从劳动力要素禀赋和规模经营演进的视角,以水稻机插秧技术为例,分析了农户机械技术选择的作用机制和影响程度。研究表明:在经营规模偏小的情况下,机插秧是非理想的农户技术选择,资本节约型播种技术强化了非机械化技术的选择路径。农户水稻经营规模的增加显著促进农户机插秧技术的选择,水稻种植规模每增加 1 亩,农户机插秧技术的选择概率会平均增加 0.13%。农业生产劳动力数和劳动雇工均价对农户机插秧技术选择具有显著的负向影响,在其他条件不变的情况下,家庭农业生产劳动力数和劳动雇工均价每增加 1 个单位,机插秧技术的选择概率分别平均降低 32.87%和 4.53%。因此,未来地方政府推进水稻全程机械化的进程中,相关政策重心应在加大技术服务供给和规范流转契约这两方面。

关键词:劳动力;规模经营;诱致性变迁理论;机械技术选择;水稻播种方式

中图分类号:F326.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-7465(2019)03-0125-13

一、问题的提出

农业机械技术选择对助推中国农业转型发展、优化要素资源配置和提升农产品有效供给方面具有重要的作用^[1-2],而农户作为农业机械技术的选择主体和执行者,农业劳动力资源禀赋变化和耕地经营模式的演变,对技术选择意愿、行为采纳和有效推广产生了较为显著的影响^[3-4]。中国工业化、城市化和市场化所导致的产业人口需求,对农村剩余劳动力“蓄水池”进行了持续 30 多年的“抽水”而使其接近枯竭,导致当前农业劳动力要素禀赋发生截然不同的变化,如吴丽丽等^[5]指出,在局部地区或特定农作物的种植上,农村劳动力的结构性稀缺已经变为常态,且是大势所趋具有不可逆性。蔡昉等^[6]使用反事实法对中国农村剩余劳动力进行重新考察发现,中国农村已经不存在大规模和高比例的剩余劳动力。农业劳动力要素在数量、质量上的演变,与蓬勃发展的规模经营相互交织,加剧形成了当前农业生产中的劳动力结构性稀缺的常态化现象,也使得农业技术发展方向呈现一定的复杂性^[7-9]。具体来说,一是农户家庭的农业劳动力的数量减少或老龄化,促使农户选择劳动替代型技术或劳动节约型技术,如机械化技术;二是农村农业劳动力的整体数量萎缩、质量下降和季节性用工紧张,拉高了本地的劳动雇佣价格或工资,不仅促进了劳动替代型技术的采用,也促进了资本节约型技术的广泛使用,如水稻直(撒)播技术。

收稿日期:2018-06-10
基金项目:国家自然科学基金项目“稻作制度选择、农户收入与国家粮食安全——以长江流域双季稻区为例”(71473121);江苏现代农业(水稻)产业技术体系产业经济研究团队(JATS[2018]295)
作者简介:王全忠,男,安庆师范大学经济与管理学院讲师,博士;周宏,男,南京农业大学经济管理学院教授,博士生导师。

水稻作为中国极其重要的口粮作物之一,在农户水稻播种技术选择的经验事实上,却并未发生大规模的机械替代劳动的现象。与水稻机械化耕田(翻土、平整、起垄与秸秆粉碎)、收割、运输和仓储相比,播种环节的机械化改造被喻为水稻生产全程机械化的最后一块短板,有研究指出作为现代稻作发展趋势的水稻栽插机械化技术在近十年却发展缓慢^[10-11]。这使得我们疑惑,为什么农户对水稻机械化种植技术缺乏热情?

不同技术模式的平均成本是否可以解释这种差异性?根据农艺实践来看,不妨设定雇佣工价和机插秧(不带秧苗)服务价格均为 100 元/天,人工插秧、抛秧、直(撒)播和插秧机(乘坐式 6 行)的 1 天作业效率分别是 1 亩、2 亩、10 亩和 50 亩,换算成平均成本则对应每亩 100 元、50 元、10 元和 2 元。显然在茬口要求低、适合直播的地区(如长江中下游单季稻区)、作业效果无显著差异和仅考虑家庭自有劳动等条件下,农户必然倾向于选择直播技术。但在有茬口要求、必须育秧移栽的情况下(如稻麦两季中小麦因气候、人为因素而造成的延迟收割等),农户则会比较人工价格和机械服务价格。因此,农户对水稻播种技术选择与种植规模、播种或插秧的时间窗口期和作业效率之间具有较强的关联性。然而也应看到,上述农户对水稻播种技术选择或机插秧技术选择决策的影响因素是多方面的,不同技术模式的平均成本仅是解释农户技术选择的一个角度,但一致性的技术选择往往需要附加一系列较强假定,所以在现实中更多是多种播种技术的共存状态,但是所有关于农户水稻播种技术选择的决策基本都聚焦于两个共性因素——农村劳动力和经营规模。

本文从水稻机插秧技术选择的视角,丰富了诱致性技术变迁理论的经验事实和研究素材,该理论揭示了农业技术变迁主要遵循节约相对稀缺的生产要素或使用相对丰裕的生产要素的方向进行^[12-13],但在当前农业生产经营效益偏低、劳动力要素和资本要素均存在相对稀缺的情况下,农业技术诱致性演变在一定时间跨度上并非仅 0 或 1 之间的两种状态跃迁,还可能存在着多种“中间状态”,致使农户技术选择的演变方向具有较大的不确定性,剖析这其中具有明确方向性的技术选择路径和演变机制,有利于制定对应的指导政策。

二、分析框架与研究假说

根据农艺实践,水稻播种分为移栽和直(撒)播,结合动力来源(人力或机械)又进一步分为人工移栽、人工撒播、机械移栽和机械直播,其中人工移栽又可细分为人工抛秧和人工插秧(手插秧),机械移栽也可细分为机械抛秧和机插秧。因此按照技术模式划分,至少可以罗列出手插秧、人工抛秧、人工撒播、机插秧、机械抛秧和机械直播这 6 种模式。由于机械抛秧使用率非常低,以及机械直播^①集中在华南稻作区等原因,本文重点考察人工撒播(简称直播)、手插秧、人工抛秧和机插秧这 4 种水稻播种技术^[14]。

上述 4 种水稻播种方式的劳动强度具有较大的差异,图 1 描述了不同播种方式与劳动强度之间的关系。以手插秧为例,劳动者的劳动支出主要用于两个环节,即秧苗准备阶段(包括选种、秧田管理环节 L1 和捆扎、转运环节 L2)和稻田移栽阶段,其中移栽环节需要耗费大量体力劳动,弯腰曲背地反复劳作,往往使得一个劳动工日的最优播种面积停留在较低水平 A1 上,当劳作面积超过 A1,会促使劳动强度快速上升。因此,随着农户家庭农业劳动力转移或耕种面积增加,以抛秧、直播为主的轻简栽培技术得到了农户的广泛采纳^[10],由于单位时间内的劳动强度下降,一个劳动工日的最优播种面积分别上升至 A2 和 A3。进一步,水稻机插秧装备的使用,

① 有专家指出“机械直播技术在长江下游和华南地区发展迅速,在江苏多地也有较快发展”,但本文样本未追踪到这一水稻播种技术,相关统计资料显示,2014 年水稻机播面积仅占机耕种植面积的 4.49%,因此关于该播种技术的探讨有待后续研究跟进。

使得一个劳动工日的最优播种面积达到 A4 水平,但也需注意到,一个劳动工日的机插秧存在劳作强度上限,主要是综合受制于驾驶员、秧苗装卸员的体力约束和机械物理特性,以及生产的气候环境与耕地特征(地块面积、转运次数等)。

农户水稻不同播种方式选择决策中,单位面积产量差异是否为决定性因素?根据相关农学的定量田间试验和农户的访谈反馈,尚缺乏强有力证据表明现阶段水稻播种方式中的手插秧、抛秧、直播和机插秧之间有明显的单位产量差异^①,水稻产量的形成涉及“作物-气候-水-光热条件”等诸多因素的综合影响,例如水稻品种特性(生育期长短、分蘖能力等)、秧苗培育的质量、栽插密度(行距、丛苗数与深浅)及耕地、沟渠和科学的水肥管理等。

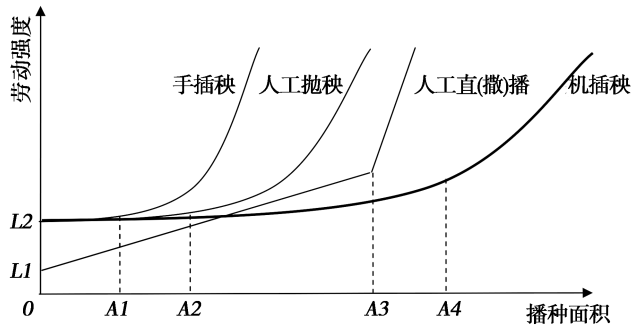


图 1 不同播种方式下的种植面积与劳动强度的关系

注:直播的劳动强度起点为 L1(L1>0),包括选种、药水浸泡和转运 3 个环节,人工插秧、抛秧、机插秧的劳动强度起点均为 L2(L2>L1),L2 与 L1 差额部分可理解为培育和管理秧田、秧盘的劳动环节。

排除单位面积产量对水稻播种方式选择决策的影响,农户家庭劳动力数量、工时和种植规模,是否显著地影响农户水稻播种技术选择决策?更为重要的是,劳动力要素禀赋和规模变化对农户选择机插秧技术的影响程度有多大?

为了有效分析上述问题,本文构建了一个农户水稻生产函数模型,便于简化分析,暂不考虑农户的风险类型、技术风险^②以及技术供给问题:

$$f=f(L,K)$$

(1)

其中, $f(\cdot)$ 表示农户的水稻生产函数,要素 L 与 K 分别是水稻耕种的总劳动投入和资本投入,一般有 $\partial f/\partial L>0$ 、 $\partial f/\partial K>0$ 和 $\partial^2 f/\partial L\partial K<0$ 。

进一步,考虑农户家庭的水稻种植面积 s 内的劳动投入,可将劳动投入 L 展开表示为:

$$L=L_0+L_1(w,p_m|E)$$

(2)

式中, L_0 表示农户家庭自有劳动, L_1 表示水稻雇工量,其受雇工价格 w 和机械服务价格 p_m 的影响, E 表示农户所在地区的外部环境条件,如种植传统等。

从水稻生产实践来看,在现有水稻种植技术条件下,当 $s\leq s_1$,表示在水稻种植面积 s_1 内,农户家庭自有劳动力可完全胜任,但随着农户水稻种植规模不断增加,即 $s>s_1$ 时,农户家庭的水稻劳动超出自有劳动的上限,则往往存在三种决策^③:一是通过雇工形式增加劳动投入;二是通过农业机械实现劳动要素替代;三是使用替代型(轻便型)播种技术。上述三者如何影响农户的水稻种植行为,可以通过成本收益变化加以分析。因此,本文构建了一个基于成本收益变化的农户水稻机插秧技术选择的决策函数:

① 播种方式与水稻品种改良之间是高度关联的,各省(区、市)农技服务部门多会根据本地区的水稻播种方式而有针对性地选择相关品种,例如直播稻较多地区,多数会选择生育期短和发芽率高的水稻品种。

② 假定机插秧的技术风险为零,这一假设是合理的,因为机插秧技术是基层农技推广的重要任务之一,技术的实施主体也多是外包型社会化服务组织。

③ 还有一个决策方向是增加自我劳动的时间或强度,如延迟工作日劳动时间等。

$$\max_{s,m} R = s \cdot (p \cdot f - F) - p_M \cdot m - c(s - m) + w \cdot m \cdot \Delta L \quad (3)$$

其中, R 和 m 分别表示水稻种植收益和机插秧面积, 有 $m \leq s$; F 是除播种以外的亩均投入成本, 而 $p \cdot f - F$ 则表示为未计入播种环节的亩均总利润; p_M 和 c 分别是机插秧和非机插秧的亩均播种成本, 一般有 $c < p_M$; $w \cdot m \cdot \Delta L$ 表示使用机插秧技术所节约的劳动收益, 可折算为货币收益或闲暇, 这里, ΔL 表示使用机插秧技术与其他播种技术相比所节约的单位劳动时间。

从农户水稻生产实践来看, ΔL 可表示为:

$$\Delta L = L^* - L \quad (4)$$

其中, L^* 可看作是农户对使用非机插秧技术下劳动投入的预期最大量, 结合式(2)能够发现, 农户家庭自有劳动力人数越多或要素资源越丰盈, 意味着劳动投入缺口 ΔL 越小, 由此带来的使用机插秧技术所节约的劳动收益 $w \cdot m \cdot \Delta L$ 越小。因此, 提出需要验证的假说 1: 农户家庭农业生产劳动力数量, 会负向影响农户的机插秧技术选择。

式(3)中, 在不侵蚀原有生产利润空间的情况下, 农户采用新技术所必须具备的条件是采用新技术的预期收益大于采用现有技术的净收益^[16], 即:

$$\omega \cdot m \cdot \Delta L \geq p_M \cdot m + c(s - m) \quad (5)$$

这个约束条件表明以追求收入预期效用最大化为目标的农户会选择机插秧服务^①, 实质上可认为, 是否采用新技术是一个新旧技术生产效果的比较过程^[3, 15-16]。将式(5)适度变形, 可得到农户机插秧技术选择决策的影响因子:

$$m \geq s \cdot \frac{c}{\omega \cdot \Delta L - (p_M - c)} \quad (6)$$

从式(6)结构来看, 农户机插秧面积 m 可看作是种植规模 s 与非机插秧播种技术成本占采用机插秧后的净收益中的比例 η 的乘积, 其中, $\eta = c / [\omega \cdot \Delta L - (p_M - c)]$, 这里的 η 相当于农户对技术选择的预期成本变化的心理因子。因此, 提出假说 2: 农户家庭水稻种植规模增加, 将正向影响机插秧技术选择, 即 $m \propto s$ 。

进一步, 式(6)中非机插秧的亩均播种成本 c 具有较强的含义, 当 $c = 0$ 时, 有 $m = 0$, 表明农户机插秧技术选择程度决定于该项替代型技术的单位成本的大小, 如果非机插秧技术的成本过低, 将导致农户不可能选择机插秧技术。一般在生产实践中, 形成非机插秧技术的单位成本过低的原因主要有两点: 一是农户自有劳动的机会成本偏低; 二是农地经营规模偏小, 劳动强度和作业时间约束均在家庭自有劳动范围之内, 尚未达到要素替代的临界值 s_1 。由此, 对式(6)变形可得, 农户机插秧技术使用比例的简约关系, 有:

$$m/s \geq \eta \quad (7)$$

式(7)中, 当农户水稻播种全部使用机械时, 即 $m = s$, 有 $\eta = 1$, 解析后可得到:

$$p_M = \omega \cdot \Delta L \quad (8)$$

式(8)中蕴含着水稻机插秧的单位面积定价依据, 对于农户接受机插秧技术服务的价格, 应该与接受该项技术所节省的劳动折价相等。从农村发展现状来看, 随着农村劳动力的不断转移所造成的农业劳动力结构性稀缺程度加深, 导致农村劳动力的季节性雇工困难和工资报酬上涨, 相应地提高了农业劳动力的机会成本, 由此加速了农户水稻播种技术上劳动替代型技术需求的产生和发展。因此, 提出假说 3: 水稻生产环节上劳动雇工价格上涨, 对农户机插秧技术选择具有负向影响。

① 式(4)可看作是新技术使用后节省劳动的机会成本的具体形式。

三、计量模型设定、变量测度与数据

(一) 计量经济模型设定

本文建立包含农户家庭劳动力要素禀赋、耕地规模和水稻播种技术选择的线性计量模型,基本模型形式如下:

$$y_i=\alpha_i+\beta_1\cdot L_i+\beta_2\cdot S_i+\sum_{j=3}^K\beta_jX_{ji}+\varepsilon_i$$

(9)

其中,下标*i*代表农户,*y_i*为第*i*个农户水稻播种技术选择的行为测度,分别以水稻播种模式和机插秧技术表示。解释变量包括农户家庭劳动力禀赋*L*、耕地规模*S*和相关控制变量*X_j*(*j*=3,4,⋯,*K*),*β_j*(*j*=1,2,⋯,*K*)和*ε_i*分别是估计参数和误差项。具体变量说明如下:

被解释变量是农户水稻播种技术和机插秧技术选择的行为测度,考虑到江西省、江苏省在稻作制度上的差异性,其中,江苏省绝大多数为单季稻,而江西省则是双季稻、单季稻的混合形式。因此,关于农户水稻播种技术的选择遵循以下原则:江苏省农户的水稻播种技术以单季稻的实际播种形式直接选取。而江西省农户的水稻播种技术若为单季稻,则直接以单季稻的实际播种形式选取;若为双季稻,则以双季晚稻的播种形式选取。这一选择的依据主要是考虑到“小麦或油菜+单季稻”和“早稻+晚稻”两种轮作模式给单季稻和双季晚稻均造成了或长或短的播种窗口期约束,从而对农户的生产决策产生时间制约。

表 1 变量指标设置及具体含义

变量分类	变量	变量定义
被解释变量	农户选择机插秧行为	水稻播种模式:0=人工插秧;1=抛秧;2=直播;3=机插秧 是否采用机插秧:1=是;0=否
解释变量	农业生产劳动力数	农户家庭生产经营决策者与农忙时节返乡的劳动力数量之和/人
	劳动时间分配	农业生产经营决策者的劳动时间分配:0=以农业为主,非农为辅;1=以非农为主,农业为辅
	外出劳动或务工地点	0=无外出或仅在本乡镇内;1=县城或邻近城市
	是否参加培训	生产经营是否接受农业或非农技术培训:1=是;0=否
控制变量	水稻种植面积	农户家庭的水稻种植面积/亩
	是否有服务供给	村庄或邻近地区是否有人提供机插秧服务:1=是;0=否
	是否拥有插秧机	农户家庭是否拥有插秧机:0=没有;1=有
	劳动雇工均价	农户家庭支付的劳动雇工价格/元·天 ⁻¹
	年龄	农户家庭生产经营者的年龄
	受教育年限	农户家庭生产经营者的受教育年限/年
	是否加入相关合作社	农户是否加入水稻种植专业合作社:1=是;0=否
	农地流转的合约形式	0=无流转或口头;1=便条或合同
	地区虚拟变量	0=江西省;1=江苏省

注:文章未设置地形变量,主要是因为样本区域中江苏省调查区集中于江苏省里下河、沿海平原地区,江西省调查区多位于赣北鄱阳湖及延伸一带,地形上以湖区平原为主,极小部分位于平原丘陵过渡区。

农户家庭劳动力禀赋变量主要选取农户家庭的农业生产劳动力数、农业生产经营决策者的劳动时间分配、外出劳动或务工地点和是否参加培训 4 个解释变量。

控制变量选择依据相关经典资料和农业生产实践^[16-17],选取类型主要有以下 5 类:技术供给因素(农户所在地区是否有人提供机插秧服务、农户家庭是否拥有插秧机),水稻生产环节中的劳动雇工均价,生产经营决策者的情况(年龄和受教育年限),生产经营情况(是否加入相关

水稻合作社、农地流转合约形式)和地区虚拟变量。

(二) 数据说明

本文数据是课题组 2016 年 7 月与 12 月在江西省、江苏省的农村入户调查数据。样本采集设计中,充分考虑了地区经济发展水平、地理区位和相关农业自然资源禀赋等情况,并遵循了江苏省、江西省农调队给予的农村调查的抽样原则建议,样本地区使用(地级市/县)分层和镇(乡)、村随机抽样选取,调查农户样本依照水稻种植规模分层抽样选取,以选择不同规模区间中的代表性农户。具体的抽样地区分布于江苏省南通市的海安县与如皋县、泰州市兴化市、扬州市宝应县,江西省南昌市的南昌县和安义县、宜春市丰城市、吉安市吉安县与泰和县、上饶市鄱阳县。样本涉及 10 个县(市)33 个镇(乡),共获取观测样本数 526 个。

调查数据涵盖农户家庭及农业生产经营决策者的基本特征信息、水稻生产经营决策信息与生产投入产出数据、村镇的农业生产性服务的相关信息等。

四、水稻生产实践事实的统计描述

截至 2016 年,样本中选择机插秧的农户比例达到 23%,而同期选择人工插秧、抛秧和直播稻的农户比例分别为 16.92%、21.86%和 38.21%,可见采用水稻直播技术的农户占据多数。进一步,农户水稻播种方式之间存在显著的省际差异,江西省以水稻直播、抛秧技术占主导,而江苏省则以机插秧、直播为主,其中我们较为关注的农户机插秧的技术采用率则表现出较大的分化,江西省采用机插秧的农户占比尚不足 1%,而样本观测到的两个农户分别是宜春市丰城市和南昌市安义县的种粮大户。

从不同播种方式的种植面积占比来看,在观测到的水稻种植总面积中,使用机插秧的播种面积占比达到 56.16%,其中江西、江苏省机插秧面积占比分别为 36.24%和 82.60%,结合表 2 可见机插秧技术在整个水稻种植上的适用程度要高出其他播种方式。上述两种统计口径的计算结果存在较大差异,主要是农户基于规模分化后,对不同水稻播种方式产生不同的选择偏好。基于上述样本分布特征,我们推测机插秧的技术采用可能有两个原因:一是与地区经济社会发展条件相关,例如丰城市、安义县是国家重要粮食基地且县域经济较为发达;二是农户采用机插秧技术与水稻种植规模有关。

表 2 水稻播种方式的统计及省际对比

播种方式	农户数(比例/%)			水稻种植面积/亩		面积占比/%		
	总样本	江西	江苏	江西	江苏	全样本	江西	江苏
人工插秧	89(16.92)	80(26.32)	9(4.05)	77.62	16.99	5.85	10.00	0.33
抛秧	115(21.86)	104(34.21)	11(4.95)	111.57	55.11	11.22	18.69	1.30
直播	201(38.22)	118(38.82)	83(37.39)	184.49	88.85	26.78	35.07	15.77
机插秧	121(23.00)	2(0.65)	119(53.61)	11250.00	324.53	56.16	36.24	82.60
样本数	526	304	222	526	526	526	304	222

注:括号内的数值为对应播种方式在本组中的比重。

在农业生产实践中,种植规模的扩大或缩减往往会关联到农户家庭生产要素资源配置的相应调整,尤其在诱致性变迁理论中,农户技术选择遵循节约相对稀缺的生产要素或使用相对充裕的生产要素的方向进行,这一逻辑推演表明种植规模会关联到要素禀赋,进而在价格机制作用下影响农户技术选择决策,因此我们关注一个问题:为什么水稻播种方式与种植面积之间有关联?在表 3 中,随着农户水稻种植规模扩大,机插秧技术采用的农户比例随之增加,可见 100 亩左右是农户选择机插秧技术的分界点,这可能与农户家庭(多为夫妻组合)的农地经营管理

能力和劳动时间配置相关。

同时,一个有趣的现象是水稻直播技术在一定程度上是机插秧的替代型技术,表 3 中户均水稻种植规模低于 100 亩时,选择直播技术的农户比例约占四成左右,基本表明在经营规模偏小的情况下,机插秧是非理想的农户技术选择,替代型播种技术强化了非机械化技术的选择路径。进一步,使用相关系数检验发现农户是否采用机插秧与种植面积之间的相关系数为 0.1986,正向相关系数反映了表 3 中所呈现的基本趋势,且这一相关系数值高于水稻播种方式与种植面积之间的相关系数 0.1647,更加表明农户机插秧技术采用与种植面积之间的相关程度。

表 3 不同规模的水稻播种方式统计

种植面积/亩	人工插秧/亩	抛秧/亩	直播/亩	机插秧/亩	样本数
1<M≤10	33(21.15%)	33(21.15%)	63(40.38%)	27(17.31%)	156
10<M≤30	17(18.89%)	28(31.11%)	37(41.11%)	8(8.89%)	90
30<M≤100	15(19.23%)	25(32.05%)	31(39.74%)	7(8.97%)	78
100<M≤500	23(15.03%)	23(15.03%)	56(36.60%)	51(33.33%)	153
500<M≤1000	1(2.94%)	5(14.71%)	10(29.41%)	18(52.94%)	34
M>1000	0(0%)	1(6.67%)	4(26.67%)	10(66.67%)	15

注:M 表示农户家庭水稻种植面积;农户数后括号内的数值是所在组的分布比例。

因此,结合表 2 和表 3 发现,在水稻播种方式中单位劳动投入量和劳动强度递减方向上,水稻种植面积呈现递增规律,以及省际间的一致性反向规律说明,随着水稻种植规模演进,播种方式也呈现劳动节约型的演变趋势,但这使我们仍存疑虑,在种植规模演进的背后,还有哪些影响农户水稻播种技术的深层次原因?

在总样本中,采用机插秧技术的农户实际支付价格的均值为 73.58 元/亩,同时,27.38% (144 户)的未选择机插秧的农户也给出了自身对机插秧服务的意愿价格均值为 138.18 元/亩^①。更为关键的是,在细分播种方式下的机插秧服务的意愿价格与劳动强度之间呈现出同向递减规律,即随着水稻人工插秧向抛秧和直播这种劳动强度减弱的方向上,农户对替代型技术的支付意愿价格也逐步减少,这预示出现阶段水稻机插秧技术的替代对象,可能是劳动强度最大的人工插秧方法。

表 4 机插秧价格和劳动力情况统计

播种方式	亩均机插秧服务价格/元		亩均农业劳动力数	天均劳动雇工价格/元
	实际支付价格	意愿价格		
人工插秧	——	148.50(42.17)	0.2924(0.37)	106.67(34.46)
抛秧	——	140.08(42.31)	0.2510(0.42)	108.94(36.74)
直播稻	——	130.97(44.92)	0.2074(0.26)	107.61(32.00)
机插秧	73.58(26.36)	——	0.1681(0.43)	102.71(15.54)
样本数	121	144	526	199

注:均值后括号内数值为标准差;农户家庭农业劳动力为农忙时节返乡劳动力数加上生产决策者;劳动雇工价格是基于农户家庭实际发生雇工行为的支付价格统计。

为什么水稻人工插秧会被取代? 这一现象与农户家庭劳动力禀赋、雇佣劳动价格之间有何关系? 首先,农业劳动力数反映了农户家庭劳动力要素的丰盈程度,表 4 中亩均农业劳动力数

① 机插秧服务支付意愿价格与实际支付价格之间的差异主要源于,支付意愿的价格是育秧插秧服务的全包价格,其包含了稻种、秧盘和机插部分,而实际支付价格仅包括机插部分,这一差异是在农村调研过程中未对该问题范围界定清晰而造成的统计性偏误。

与水稻播种方式之间呈现反向变动关系,折射农户家庭农业劳动力要素的丰盈程度在一定程度上诱致了水稻播种技术的选择方向。其次,总样本中约 37.83%(199 户)的农户家庭发生了不同程度的水稻雇工行为,雇工均价为 106.45 元/天,且不同播种方式的劳动雇工均价未发生明显变异。最后,综合比较机插秧服务的实际支付价格、意愿价格和劳动雇工价格发现,劳动雇工价格介于机插秧服务的实际支付价格和意愿价格之间,说明对尚未采用机插秧技术的农户来说,雇工在一定程度上低于机插秧服务的意愿价格,而对于采用机插秧技术的农户而言,机械服务对劳动雇工的优势明显,可预见后续劳动雇工价格上升和机插秧服务供给增加,机械服务与雇工的价差扩大将在一定程度上增加农户对机插秧技术采用率。

五、实证结果及分析

(一) 基准回归分析

在对式(9)进行估计前,使用基于 OLS 回归计算的各个解释变量 VIF 值均未超过 2,说明模型变量不存在多重共线性,且相关系数矩阵中未发现变量的两两相关系数大于 0.45。另外,农户家庭的水稻播种方式具有多值选择特征,使用豪斯曼检验“无关选择的独立性(IIA)”假定的结果显示,去掉非参照方案中的任何一个方案,都不会拒绝 IIA 的原假设,即 4 种水稻播种方式之间保持了相互独立性。表 5 报告了基准回归结果,其中,模型(1)中的被解释变量为水稻播种方式,表 5 中报告了以人工插秧为参照组(Base Category)进行的多项 Logit 估计结果;模型(2)中被解释变量为农户是否采用机插秧,并报告使用稳健标准误的二值选择 Logit 模型结果。

综合模型(1)、(2)估计结果发现,水稻种植面积对农户选择抛秧、直播和机插秧技术具有显著的正向影响,说明伴随着水稻种植规模扩大,传统的水稻人工插秧方式正逐渐被替代型播种技术所取代,假说 2 得到验证。

表 5 基准回归结果

变量	被解释变量:水稻播种模式			被解释变量: 是否采用机插秧
	模型(1) 参照组:0=人工插秧			模型(2)
	1=抛秧	2=直播	3=机插秧	
劳动时间分配	0.6045(0.4552)	0.0601(0.4540)	0.1951(0.6347)	0.0491 (0.6017)
农业生产劳动力数	0.0885(0.1754)	0.0177(0.1650)	-0.3457*(0.2149)	-0.3715***(0.1604)
外出务工地点	0.0224(0.5366)	0.3271(0.4872)	0.4649(0.6469)	0.1992(0.5244)
是否参加培训	0.0090(0.3414)	-0.0550(0.3238)	-0.8266*(0.4623)	-0.7819***(0.3287)
水稻种植面积	0.0047*** (0.0017)	0.0055*** (0.0016)	0.0077*** (0.0019)	0.0024* (0.0014)
是否有服务供给	-0.6143* (0.3350)	-0.7862** (0.3145)	1.0195** (0.4870)	1.7370*** (0.5063)
是否拥有插秧机	0.3087(0.9634)	0.1471(0.8758)	0.8494(0.9485)	0.6965(0.5034)
劳动雇工均价	-0.0107*** (0.0035)	-0.0069** (0.0032)	-0.0119** (0.0048)	-0.0051(0.0040)
年龄	0.0197(0.0195)	0.0188(0.0187)	0.0118(0.0299)	-0.0066(0.0228)
受教育年限	0.0004(0.0494)	0.0092(0.0469)	0.0396(0.0682)	0.0320 (0.0527)
是否加入合作社	0.6937(0.7606)	0.6822(0.6935)	0.8260 (0.7531)	0.1941(0.3468)
农地流转合约形式	0.4591(0.3625)	0.4774(0.3538)	1.4156** (0.5757)	0.9913** (0.4987)
地区虚拟变量	-0.0049(0.5586)	2.1542*** (0.4694)	11.8462* (6.1853)	10.3149*** (3.9041)
Log likelihood	-483.0537			-112.9124
Wald chi ² (P> chi ²)	442.17(0.0000)			56.57(0.0000)
Pseudo R ²	0.3140			0.6020

注:常数项限于篇幅未报告;模型(2)汇报了估计系数,未汇报几率比和平均边际效应;*、**和***分别表示在 10%、5%和 1%的水平上显著;括号内是异方差稳健的标准误。

在农户家庭劳动力要素禀赋的相关因素中,农业生产劳动力数对是否采用机插秧具有显著的负向影响,而对水稻抛秧和直播技术选择有正向影响,这主要是农户家庭自有劳动隐形工资显性化所带来的成本收益变化对生产决策的影响,因为一旦采用了机插秧服务,就需要相应地支付成本,从而导致家庭返乡劳动力季节性的流动对机插秧服务产生一定的抑制作用,由此,假说 1 得到验证。同时,在给定参照组的情况下,劳动时间分配由农业向非农演变过程中,相比人工插秧,劳动时间分配均正向地影响水稻抛秧、直播和机插秧技术选择。

模型(1)(2)显示,劳动雇工均价对机插秧技术选择具有负向影响,初步验证了假设 3,但需要关注到,劳动雇工均价对不同水稻播种模式产生负向影响,可能预示出两种不同的影响路径:一是劳动替代型,即劳动工价上升,促使农户选择机械替代型技术;二是资本替代型,尤其在控制种植规模的情况下,对种植规模偏小和没有茬口约束的小农户来说,雇工工价上升会诱发农户选择资本节约型技术。

(二) 内生性检验

产生内生性问题的原因有两个:一是文章不可能捕捉到农户家庭的生产经营决策者和其他成员的劳动就业、收入及风险偏好等所有个人特征变量,而上述被遗漏变量可能影响农户技术选择的决策集,进而导致农户技术选择与扰动项相关;二是式(9)中,劳动雇工均价具有较严重的间接传导影响。一般来说,机插秧服务价格的形成机制会受技术服务供给、农村劳动力禀赋变化的影响,如果机插秧服务价格足够低廉,那么无形中将拉低同期水稻劳动雇工价格。反之亦然。因此,本文需要在计量模型中分离出劳动雇工均价对农户技术选择的间接效应。解决以上内生性问题的一个方法是引入工具变量,在参考已有文献资料的基础上,选择农户家庭与城镇的距离作为劳动雇工均价的工具变量,选取这一工具变量的理由是农户家庭与城镇的距离与内生解释变量相关,城镇多是乡村务工信息、人员往来和交通集中的地点,为劳动雇工价格的形成(如谈判过程或雇主遴选等)提供了重要的场地支持。另外,文章认为在农户家庭与所隶属城镇的小尺度空间范围内,距离对农户技术选择尚不产生直接影响^①,因而满足外生性要求。

在使用 2SLS 方法进行实证估计前,需对使用工具变量法的前提条件即是否存在内生解释变量进行验证,针对模型(2)使用 DWH 检验^②发现相关统计值在 1%的显著性水平上拒绝“所有解释变量均为外生”的原假设,即认为劳动雇工均价是内生变量。接下来,使用相关的统计检验方法依次评判工具变量的有效性,表 6 中的相关统计检验结果综合说明,本文选取的工具变量是合适的。

表 6 工具变量的相关假设检验(2SLS)

原假设:H ₀	统计量	统计值	概率
所有解释变量均为外生	Durbin (score) chi2(1)	11.415	0.0007
	Wu-Hausman F(1,511)	11.335	0.0008
工具变量识别不足	Kleibergen-Paap rk LM statistic	8.115	0.0044
弱工具变量检验	Cragg-Donald Wald F statistic	6.980	——
	Kleibergen-Paap rk Wald F statistic	8.514	——
工具变量的冗余检验	LM test of redundancy of specified instruments	8.115	0.0044
工具变量的外生性检验	Hansen's J statistic	——	——

注:本文中工具变量个数等于内生解释变量的个数,属于“恰好识别”的情况,目前公认无法检验工具变量的外生性,只能进行定性讨论或参考专家意见。弱工具变量检验的 Stock-Yogo weak ID test critical values 在 10%和 20%的 maximal IV size 分别为 16.38 和 6.66。

① 客观来说,工具变量的选取仍值得商榷。农户宅基地多是事先划定和难以轻易发生空间位置变动,不存在因为技术选择差异而调整家庭位置的可能性。相反,农户耕地一般围绕住宅周边,处于同一村庄或邻近村庄,往返于住房和地块之间的距离对其技术选择的影响较弱。

② 模型(2)存在异方差,此时使用异方差稳健的 Durbin-Wu-Hausman 检验。

表 7 中模型(3)和(4)分别报告了被解释变量为农户是否采用机插秧的两阶段最小二乘法(2SLS)和 IV-Probit 两步法的模型估计结果。模型(4)的 Wald 检验结果表明,可在 1%水平上认为劳动雇工均价变量为内生变量,而且在第一步回归结果中,工具变量农户家庭与城镇的距离对于内生变量具有较强的解释力。

模型(4)结果显示,在其他条件不变的情况下,水稻种植面积每增加 1 亩,农户选择机插秧技术的概率会平均增加 0.13%,这一结果与假说 2 一致,预示着农户规模经营的不断演进会显著地提升农业机械化水平。同时,农户家庭农业生产劳动力数量对机插秧技术选择也具有显著的负向影响。在其他条件不变的情况下,农业生产劳动力数量每增加 1 人,农户选择机插秧技术的概率会平均降低 32.87%。以上两个解释变量的平均边际效应表明,在劳动力流动和规模经营演变的过程中,对于农户机插秧技术选择来说,农业劳动力数量仍然发挥了农户技术行为选择决策的重要影响作用,这一点也可从生产实践经验中的劳动边际投入加以检验。

模型(4)结果显示,劳动雇工均价每增加 1 个单位,农户选择机插秧技术的概率会平均降低 4.53%,表明劳动雇工均价对农户机插秧技术选择具有较强的抑制作用,由于机插秧服务价格是农村劳动雇工的追随定价^①,雇工均价提高会引致机插秧服务价格的上涨,由此增加农户选择机插秧技术的支付成本和削弱利润空间,从而降低农户的技术选择意愿。

表 7 使用工具变量的模型估计结果

变量	模型(3):2SLS	模型(4):IV-Probit 平均边际效应(dy/dx)
劳动雇工均价	-0.0085** (0.0037)	-0.0453** (0.0230)
劳动时间分配	-0.0461 (0.0675)	-0.2731 (0.4081)
农业生产劳动力数	-0.0644*** (0.0269)	-0.3287** (0.1515)
外出务工地点	-0.0163 (0.0785)	0.1965 (0.4084)
是否参加培训	-0.0092 (0.0517)	-0.2479 (0.3193)
水稻种植面积	0.0001*** (0.0000)	0.0013*** (0.0005)
是否有服务供给	0.3093*** (0.0909)	1.8953*** (0.5962)
是否拥有插秧机	0.2383*** (0.0899)	0.6192 (0.4384)
年龄	-0.0058* (0.0033)	-0.0318 (0.0234)
受教育年限	0.0029 (0.0069)	-0.0060 (0.0459)
是否加入合作社	0.0539 (0.0813)	-0.1301 (0.3776)
农地流转合约形式	0.3818** (0.1532)	2.2809** (0.9516)
地区虚拟变量	0.2940*** (0.0810)	4.0180* (2.2535)
F(Prob > F)	16.65 (0.0000)	14.53 (0.0000)
R ²	——	0.2696
Wald test of exogeneity(Prob>X ²)	——	7.06 (0.0079)

注:未报告常数项的估计系数;模型(4)省略汇报了第一阶段的回归结果;系数后括号内的数值为稳健标准误;*、* *与* * * 分别表示在 10%、5%与 1%的水平上显著。

在模型(4)中,是否有服务供给、是否拥有插秧机和农地流转合约形式均对农户机插秧技术选择产生显著正向影响,上述控制变量反映出较强的政策含义,对于推进水稻全程机械化进程,一是可以适度增加农村水稻机插秧服务供给水平,通过培育生产社会化服务供给主体,以期降低服务支付价格水平;二是可以进一步落实和保障耕地流转的契约形式,稳定流转农户的耕地经营稳定性,激励相关的生产装备投资和拓展收益渠道^[18]。

① 在生产实践中,插秧机运转多数需要 1 名机手和 1 名操作员,农村劳动雇工均价是机插秧从业人员的劳动机会成本或实际劳动报酬的参照标准。

(三) 稳健性检验

统计性描述部分和表 7 中地区虚拟变量估计参数,揭示出农户机插秧技术选择具有显著的省际差异,表 8 中模型(5)(6)分别汇报江西省、江苏省样本的估计结果。其中,江西省农户采用机插秧技术的发生频率非常小,极易存在“稀有事件偏差”(Rare Event Bias),模型(5)报告了“补对数-对数模型”(Complementary Log-log Model)估计结果,而模型(6)使用 IV-Probit 两步法。江西省农户采用机插秧技术的“稀有事件偏差”特征,使得模型(5)出现了部分解释变量无法估计而被忽略,但整体上不影响模型结果。

表 8 分省样本的估计结果

变量	模型(5):江西省	模型(6):江苏省
	“补对数-对数模型”	IV-Probit;平均边际效应
劳动雇工均价	0.0125*** (0.0024)	-0.0956(0.1045)
劳动时间分配	——	-0.6702(1.1226)
农业生产劳动力数	-0.5919* (0.3523)	-0.3425(0.3287)
外出务工地点	——	1.8189(2.0818)
是否参加培训	——	-0.3854(0.6631)
水稻种植面积	——	0.0026(0.0021)
是否有服务供给	——	0.5470(0.8008)
是否拥有插秧机	——	0.3347(0.8308)
年龄	——	-0.0761(0.0898)
受教育年限	——	-0.0356(0.1174)
是否加入合作社	——	-1.0911(1.5265)
农地流转合约形式	——	4.4551(4.3373)
F(Prob>F)	——	5.86(0.0000)
R ²	——	0.2519
Wald chi ² (Prob>chi ²)	30.08(0.0031)	——
Log pseudolikelihood	-10.9313	——
Wald test of exogeneity(Prob>X ²)	——	7.01(0.0081)

注:表中模型的被解释变量为农户是否采用机插秧;未报告常数项和地区虚拟变量的估计系数;系数后括号内的数值为稳健标准误; *、**与*** 分别表示为 10%、5%与 1%的水平上显著。

表 8 中劳动雇工均价对江西省农户的机插秧技术选择有显著正向影响,而对江苏省的影响为负,产生上述相反影响的主要原因是水稻种植规模的省际差异。表 2 中统计显示,相比于江苏省,江西省水稻种植规模偏大,生产过程中的劳动雇工均价越高,往往意味着农村农业劳动力稀缺程度越严重,尤其是受到水稻种植的茬口约束,在组织协调、用工统计与农资调配等方面可能加剧规模种植户的用工缺口,以及规避水稻直播的产量风险和减少事后返工的概率,共同推高了农户的劳动替代型技术的需求,这一点从江西省两个种植大户的机插秧技术选择行为上得到佐证。

表 9 种植规模与机插秧技术选择的估计结果

变量	模型(7):Logit	模型(8):分位数回归	
	Odds Ratio	QR_50	QR_75
水稻种植面积	1.0023*** (0.0004)	0.0001(0.0001)	0.0008** (0.0004)
农业生产劳动力数	——	-0.0003(0.0006)	-0.1121(0.0924)
劳动雇工均价	——	-0.0001(0.0001)	-0.0014(0.0020)
Wald chi ² (P>chi ²)	18.88(0.0000)	——	——
Pseudo R ²	0.0828	0.0091	0.1156

注:表中模型的被解释变量为农户是否采用机插秧;未报告常数项的估计系数;系数后括号内的数值为稳健标准误; *、**与*** 分别表示为 10%、5%与 1%的水平上显著。

表 9 进一步汇报了种植规模与农户机插秧技术选择的模型估计结果,其中,模型(7)是种植面积对农户机插秧技术选择的二值选择 Logit 模型,模型(8)是添加农业生产劳动力数和劳动雇工均价变量,种植面积对农户机插秧技术选择的分位数回归模型。

模型(7)汇报的几率比(Odds Ratio)结果显示,在给定其他变量的情况下,水稻种植面积每增加 1 亩,农户机插秧技术选择的几率比会显著增加 0.23%,该结果对比模型(4)存在高估的可能性,主要原因是未控制相关因素。同时,模型(8)分位数回归结果表明,随着水稻种植规模越大,农户倾向于选择机插秧技术的概率也在不断增加,说明种植规模在农户劳动替代型技术选择中扮演着重要的角色。上述结论通过追溯样本数据的数据节点发现,种植规模分位数为 0.5 和 0.75 所对应的面分别为 40 亩和 200 亩,尤其是当农户水稻种植规模超过 100 亩时,会显著地诱致农户机插秧技术选择,相关的经验陈述与表 2、表 3 中的统计描述较为一致。

六、简要结论

本文运用 2016 年江西省、江苏省的农村入户调查数据,从劳动力渐进稀缺和规模经营演进的视角,以水稻机插秧技术为例,分析了农户技术选择的作用机制和影响程度。研究结果表明:第一,在经营规模偏小的情况下,机插秧是非理想的农户技术选择,资本节约型播种技术强化了非机械化技术的选择路径。随着农户水稻经营规模增加,会显著地促进农户机插秧技术的选择,水稻种植规模每增加 1 亩,农户机插秧技术的选择概率会平均增加 0.13%。第二,农业生产劳动力数量对机插秧技术选择具有显著的负向影响,在其他条件不变的情况下,农业生产劳动力数量每增加 1 人,农户选择机插秧技术的概率会平均降低 32.87%。第三,劳动雇工均价对机插秧技术选择具有较强的抑制作用,在其他条件不变的情况下,劳动雇工均价每增加 1 个单位,农户选择机插秧技术的概率会平均降低 4.53%。

上述结论揭示出需要客观认识到水稻播种技术选择演变难度的重要性。当前水稻播种技术选择中存在资本节约型技术和劳动替代型技术共存的状态,在农户水稻种植规模偏小的情况下,农户家庭劳动力禀赋、种植规模与资本节约型技术容易形成较为牢固的技术选择组合,且在种植规模无法大幅度增加的情况下,中国水稻生产全程机械化目标仍然任重道远。未来地方政府推进水稻机插秧技术的政策重心应在加强技术服务供给和规范流转契约两方面,例如提高农户购置插秧机的补贴、增加农户机插秧的相关培训、解决机插秧的配套不足问题(如水稻工厂化育秧、水稻机插适应性品种等)和增强种粮大户的耕地流转契约的稳定性保障。

限于数据,本文存在以下不足:一是农业变迁理论阐述了农业技术的变革不是外生决定的,而是对资源禀赋和市场需求的动态反应,导致截面数据无法对农户机插秧技术采用给予足够的动态观测,进而可能遗漏相关解释变量;二是对农业技术供给的情况缺乏必要的梳理;三是地方政府在农户机械技术选择中的角色,有待进一步做机理分析和实证检验。

参考文献:

[1] 林毅夫,沈明高.我国农业技术变迁的一般经验和政策含义[J].经济社会体制比较,1990(2):10-18.
[2] 郑旭媛,徐志刚.资源禀赋约束、要素替代与诱致性技术变迁——以中国粮食生产的机械化为例[J].经济学(季刊),2017(1):45-66.
[3] 孔祥智,方松海,庞晓鹏,等.西部地区农户禀赋对农业技术采纳的影响分析[J].经济研究,2004(12):85-95.
[4] 李宪宝.异质性农业经营主体技术采纳行为差异化研究[J].华南农业大学学报(社会科学版),2017(3):87-94.
[5] 吴丽丽,李谷成,周晓时.要素禀赋变化与中国农业增长路径选择[J].中国人口·资源与环境,2015(8):

- 144-152.
- [6] 蔡昉,王美艳.农村劳动力剩余及其相关事实的重新考察——一个反设事实法的应用[J].中国农村经济,2007(10):4-12.
- [7] 胡瑞法,黄季焜.农业生产投入要素结构变化与农业技术发展方向[J].中国农村观察,2001(6):9-16.
- [8] 林毅夫.制度、技术与中国农业发展[M].上海:上海人民出版社,2008.
- [9] 苏荟.资源禀赋对农业技术诱致性选择研究——以兵团棉花滴灌技术为例[J].科研管理,2013(2):145-151.
- [10] 张洪程,龚金龙.中国水稻种植机械化高产农艺研究现状及发展探讨[J].中国农业科学,2014(7):1273-1289.
- [11] 陈劲松.2012年中国农村经济形势分析与2013年展望[J].中国农村经济,2013(2):4-11.
- [12] 速水佑次郎,弗农·拉坦.农业发展的国际分析(修订扩充版)[M].郭熙保,张进铭,译.北京:中国社会科学出版社,2000.
- [13] 王泰,顾焕章.非市场条件下农业技术的诱导创新模型——以江苏水稻品种改良为例[J].南京农业大学学报,2004(2):109-113.
- [14] 袁文胜,姬长英,金诚谦,等.悬挂式水稻田间育秧播种机设计与试验[J].农业现代化研究,2017(2):352-359.
- [15] Saha A, Love H, Schwar R. Adoption of Emerging Technologies under Output Uncertainty[J]. American Journal of Agricultural Economics, 1994(76):836-846.
- [16] 展进涛,陈超.劳动力转移对农户农业技术选择的影响——基于全国农户微观数据的分析[J].中国农村经济,2009(3):75-84.
- [17] Wozniak, Gregory D. Joint Information Acquisition and New Technology Adoption: Later Versus Early Adoption[J]. The Review of Economics and Statistics, 1993(75):438-445.
- [18] 王全忠,周宏.农业生产性投资、流转租期与效益追求方式[J].华南农业大学学报(社会科学版),2017(5):15-27.

(责任编辑:宋雪飞)