

Doi:10.11835/j.issn.1008-5831.jg.2019.03.007

欢迎按以下格式引用:薛超,周宏.劳动力禀赋变化与生产条件差异下的农业技术选择——以中国水稻机插秧技术推广应用为例[J].重庆大学学报(社会科学版),2019(6):36-49.Doi:10.11835/j.issn.1008-5831.jg.2019.03.007.

Citation Format: XUE Chao, ZHOU Hong. The choice of agricultural technology under the difference of labor endowment and production conditions: A case study on popularization of rice transplanting technology in China [J]. Journal of Chongqing University (Social Science Edition), 2019(6):36-49. Doi:10.11835/j.issn.1008-5831.jg.2019.03.007.

劳动力禀赋变化与生产条件 差异下的农业技术选择 ——以中国水稻机插秧技术推广应用为例

薛超,周宏

(南京农业大学 经济管理学院,江苏 南京 210095)

摘要:农业生产要素禀赋状况变化与农业生产条件差异对农业技术进步有着重要的影响。通过23个水稻生产省(直辖市、自治区)2004—2015年的面板数据实证分析发现:随着水稻雇工工价不断上升和各地区水稻机插秧水平不断提高,各地区的农业生产条件也对水稻机插秧水平具有显著的影响,农业生产条件的差异是导致地区间水稻机插秧水平差异的重要原因。随着中国农业劳动力逐渐稀缺会诱致劳动节约型技术的不断出现和大量应用,但诱致性技术变迁机制的有效发挥还依赖于各地区农业生产条件。为进一步提高中国农业机械化水平,需要加大农业基础设施建设、改善农机作业条件和提高农机技术水平。

关键词:劳动力禀赋变化;诱致性技术变迁;农业生产条件;农业机械化水平;农业基础设施;乡村振兴

中图分类号:F323.3

文献标志码:A

文章编号:1008-5831(2019)06-0036-14

随着中国农业经济社会的不断发展,农业生产要素的禀赋状况也在不断发生变化。在农业劳

修回日期:2018-10-16

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);国家社会科学基金重大项目“农产品安全、气候变暖与农业生产转型研究”(13&ZD160);江苏省高校优势学科建设工程资助项目(PAPD);江苏现代农业(水稻)产业技术体系产业经济研究团队(SXGC[2017]293)

作者简介:薛超(1990—),男,安徽泗县人,南京农业大学经济管理学院博士研究生,主要从事农业技术经济研究,Email:2016206014@njau.edu.cn。

通信作者:周宏(1965—),男,江苏南京人,南京农业大学经济管理学院教授,博士研究生导师,管理学博士,主要从事农业经济管理研究,Email:zhouhong@njau.edu.cn。

动力方面,随着“刘易斯拐点”的出现,“人口红利”开始逐步消失,中国的农业劳动力从“过剩”状态逐渐转变为“稀缺”状态^[1-2]。由于农业劳动力逐渐稀缺,农业劳动力的价格不断上涨,农户作为“理性”的生产者在农业生产过程中逐渐减少了劳动的投入,使用机械来替代日益昂贵的劳动力^[3]。使用农业机械替代劳动是消除农业劳动力稀缺给粮食生产带来不利影响的关键^[4],但中国农业机械化发展很不平衡,在某些地区、某作物以及作物某些生产环节的机械化水平还比较低。在农业劳动力逐渐稀缺的背景下,如果不能有效地使用机械替代劳动,会在一定程度上制约中国农业生产的发展,阻碍农业产业振兴目标的实现。

水稻是中国最为重要的粮食作物之一,但水稻生产过程中的机械化一直是中国农业机械化发展中的难点,尤其在水稻的种植环节。据统计,2015年中国水稻机耕、机收水平分别为98.4%和85.0%,而水稻机插秧水平只有42.3%^①。水稻机插秧是在水稻种植环节有效替代劳动力的农业机械技术,但水稻机插秧技术并没有得到很好的推广与应用。此外,中国各地区之间的机插秧水平差异十分巨大,截至2015年,黑龙江、内蒙古等地的水稻机插秧水平已接近100%,而海南、云南等地的机插秧比重却不到5%。水稻生产环节与地区间机械化水平的非均衡发展严重制约中国农业现代化的发展。

十九大报告中提出实施乡村振兴战略,加快推进农业农村现代化。而农业机械化是现代农业的重要标志,也是实行农业规模化、标准化生产的重要前提^[5];农业机械化的发展也对农民收入的提高产生显著的促进作用^[6]。Ito等学者针对农业机械化发展的原因与动力进行研究和分析,认为随着农业劳动力逐渐稀缺,农业劳动力价格的不断上涨会诱致农户使用机械替代劳动,农业机械化会随着劳动力价格的上涨不断得到应用与推广^[7-9]。中国地区之间农业机械化发展水平差异非常大^[10]。吴丽丽、李谷成认为各地区自然条件、经济状况的巨大差异是造成地区间农机化发展非平衡的重要原因^[11]。相对于平原地区,丘陵和山区地形条件比较复杂、耕地集中连片程度低,农业生产机械作业的难度大,严重影响机械对劳动力的替代^[12-13]。针对以丘陵山地为主和机械化程度滞后的农业区域,政府要增加匹配各地资源禀赋和自然条件的小型农机具研发和要着力于培育适宜的机械化服务供给市场以提升农机化水平和农业生产竞争力^[14]。曹阳、胡继亮^[15]以及Mottaleb^[16]等学者指出在土地小规模经营的背景下依然可以实现农业机械化。需要开发机械动力与经营规模相适应的机械、改善基础设施和发展农机服务等措施,来进一步提高农机化水平^[17-19]。此外, Van den Berg等指出,由于不同作物进行机械作业的难度各不相同,农业生产中存在很多农艺与农机不匹配的状况,使得不同作物以及作物不同生产环节机械化发展水平存在很大不同^[20]。李杰等认为与其他粮食作物相比,水稻全程机械化实现的难度最大,水稻种植环节的机械化水平长期以来一直滞后于其他作业环节^[21-22],这严重阻碍了中国水稻全程机械化和农业现代化的发展。

从已有的研究可以发现,随着农业劳动力的逐渐稀缺,中国农业机械化水平呈现出不断提升的趋势^[23-24]。2018年中央一号文件关于实施乡村振兴战略的意见中提出要夯实农业生产能力基础,推进中国农机装备产业转型升级,提高农机化水平。但在水稻生产过程中的机械化尤其在种植环节的机械化一直比较低,且少有学者对水稻机插秧水平不高以及地区间存在巨大差异的原因进行

①资料来源于:《中国农村统计年鉴》和《中国农业机械工业年鉴》,水稻机插秧包括水稻机播、机插秧和机浅栽,其中水稻机插秧水平为39.66%。

系统的研究与分析。因此,本文将系统地探究影响水稻机插秧水平的原因,分析各因素对水稻机插秧水平的影响机制,并为提高中国水稻机插秧水平以及整个农业机械化水平提出相应的对策与建议。

一、分析框架与理论机制

(一) 分析框架

经济体中的技术结构是由各生产要素的禀赋结构所决定的,要素禀赋结构的变化会诱致相应的技术出现^[25]。随着中国农业劳动力逐步减少、非农劳动收入增加、农业劳动的机会成本不断增加,农业劳动的价格不断上升。农户为追求利益最大化目标,会选择使用可以有效节约劳动力的农业生产技术,即会选择使用机械来替代日益昂贵的劳动力。但在现实的生产过程中,机械对劳动力的替代还会受到农业生产条件等因素的制约。同样,在水稻种植环节机械化的发展不仅受到水稻雇工价格上涨的影响,还受到农业生产条件等因素的制约。因此,本文将重点分析在农业劳动力禀赋变化下诱致性技术变迁机制对水稻机插秧水平的影响,并进一步探讨各地区的农业生产条件对诱致技术变迁机制的阻碍与推动作用。

根据诱致性技术变迁理论,当生产要素禀赋状况发生变化时会诱致技术发生相应的改变,技术会朝着节约相对稀缺生产要素而使用相对丰富生产要素的方向变化。随着农业劳动力的逐渐稀缺,农户对劳动力节约型技术——农业机械的需求不断增大。在水稻生产过程中尤其在其播种插秧环节需要大量的劳动力,而插秧机是有效替代劳动力的技术。在农业劳动力价格不断上涨的情况下,稻农为了节省成本追求利益最大化,会选择使用机插秧,水稻的机插秧水平会不断提升。因此,通过诱致性技术创新理论分析可知,水稻机插秧水平会随着农业劳动力的逐渐稀缺而不断提高。

但机械对劳动力的替代并不总能有效地发生,在现实的生产过程中生产要素相对价格的变化诱致要素替代的顺利实现需要具备相应的可行性条件。农户在对农业技术进行选择的过程中,不仅要考虑要素变化的情况,还会受到农业生产条件的制约。从图1可以发现除了劳动力要素禀赋变化会对水稻机插秧水平产生影响,农业生产条件也会影响水稻机插秧的水平。农业生产条件包括经济、社会和自然条件。(1)经济条件:一个地区的经济发展越好,该地区的农户收入水平就会越高,其农业劳动力的价格也会相对较高,这样稻农购买插秧机的能力和使用机插秧的需求都会提升,该地区机插秧的水平也会随之提升。(2)社会条件:主要包括基础设施、农机技术水平和政府支持等,一般来说基础设施较好的地区,如交通条件的改善,使得机械进入田地更加便利,这有利于水稻机插秧水平的提高;农机技术是影响机插秧水平的一个重要因素,目前中国水稻机插秧的技术还不够成熟,各地区土壤、地形等条件的差异使得同一款插秧机并不能满足全国范围内的需求,需要各地区研发出适应本地区作业的水稻插秧机,因此各地区对农机的科研投入也会影响机插秧的水平;此外,政府的财政扶持与政策支持也会影响地区的机插秧水平。(3)自然条件:主要指地形条件,一般平原地区更适宜机械化作业,水稻机插秧水平就会相对较高。

农户对机插秧技术的选择决策是决定一个地区机插秧水平的关键。农户是否采用机插秧技术主要决定于与其他的种植方式相比,机插秧技术是否能够消减成本或提高收益,即机插秧技术对其他水稻种植方式的替代效果如何。机插秧作业效率在一定程度上决定了机插秧对其他水稻种植方

式的替代效果,生产经营规模、农机技术等农业生产条件是决定机插秧作业效率的重要因素。因此,农业生产条件是影响机插秧水平的重要因素,也是各地区机插秧水平存在差异的原因所在。

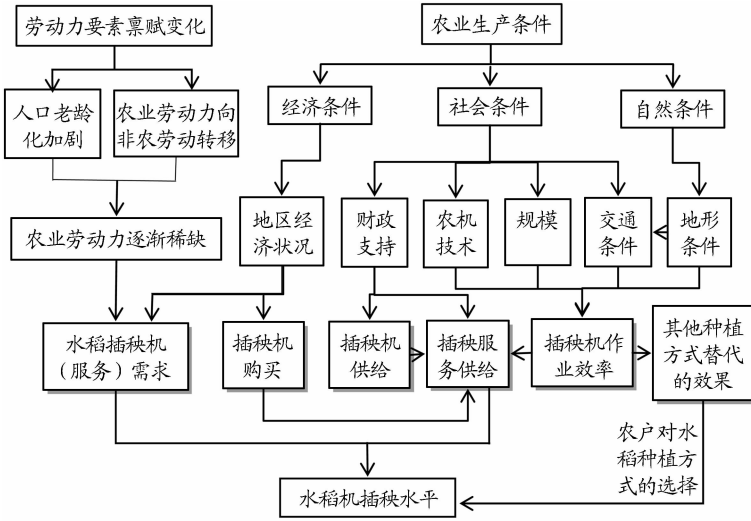


图1 农业要素变化与生产条件对水稻机插秧水平的影响机制

(二) 理论机制

根据希克斯的“诱致性技术创新”理论,当资源禀赋的状况发生变化时会诱发出相应的技术变迁。即假定存在这样一种机制,当一种生产要素相对于另一种生产要素变得更加稀缺时,以追求利润最大化为目的的生产者会选择使用以相对更丰富的生产要素替代更稀缺的生产要素的技术来降低生产成本,这就使得技术向着使用更多相对丰富的要素和节省相对稀缺要素的方向发展。假设存在三种投入生产要素:劳动、资本和土地,产出一种产品,其技术变迁路径如图2所示。在图2上半部中的I曲线表示“创新可能性曲线”。根据诱致性技术变迁理论, i_0 表示在0时期开发出来并被采用的技术,它是在既定的土地和劳动价格比率(P_0)下使得生产成本最小化的技术。假设资本与劳动两种生产要素在替代土地要素方面具有互补性,那么在象限A-L中a点处的土地—劳动比率与L-K象限中d点处的资本—劳动比率是相对应的。

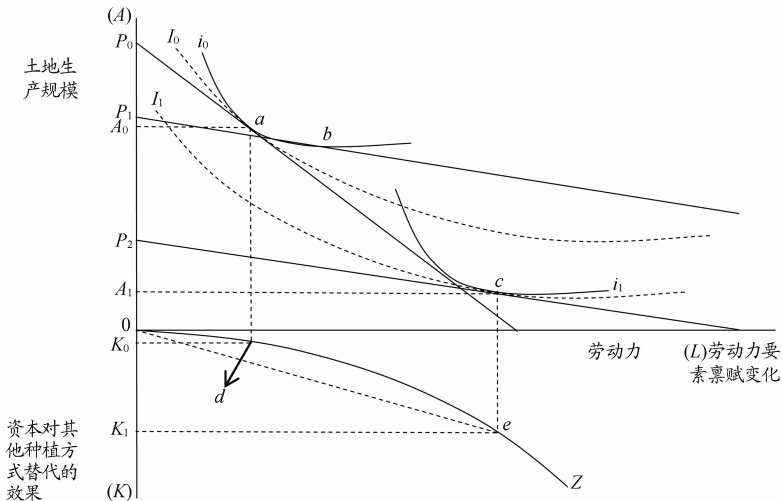


图2 诱致性技术创新模型

假设由第0时期到第1时期,土地要素相对劳动变得更加稀缺了,则土地和劳动的相对价格比率会从 P_0 下降到 P_1 。同时,创新可能性曲线会朝着原点方向移动,由 I_0 移动到 I_1 ;这意味着在新的创新可能性曲线下,可以使用更少的生产要素生产一个单位的产品。生产者追求利益最大化、适应这些变化,会选择过 c 点的 i_1 技术。然而,在新的技术 i_1 技术未开发应用之前,生产者还只能继续使用旧的 i_0 技术,因此,生产者只能在旧的技术条件下调整要素投入组合从 a 点的要素投入组合移动到 b 点。在追求利益最大化目标的驱动下,生产者会经过有组织的科学研究和开发,使新的 i_1 技术被开发出来。但是,生产者的要素投入组合从 b 点移动到 c 点并不是一定可以发生的。这是因为一项技术创新往往需要依赖于社会中人们的集体行动,这就需要相应的制度来有效组织人们采取集体行动;此外,采用新技术一般会需要一些公共品的供给,而公共品的供给需要通过“政治市场”上的诱致机制起作用。

根据诱致性技术创新理论可以看出农业技术进步方向的选择受到各地区农业生产要素禀赋结构的制约,要素禀赋是所选择技术发挥作用的基础条件,但是各地区对农业技术的选择还会受到地区经济发展水平和政府政策制度环境等内外部多种因素的共同影响。

农户的选择行为是最终决定机械技术能否顺利推广应用的关键。为分析中国的农业技术变迁是如何对地区要素禀赋和农业生产条件的差异作出反应的,需要从农户技术选择的视角分析影响其选择的原因,并进一步推断影响地区农业技术发展的因素。

本文参照恰亚诺夫的研究构建一个关于农户技术选择的行为模型,为简化起见,设定农户效用目标函数为: $U(C,L,S)$,其中, C 表示农户的消费, L 表示农户享受的闲暇时间, S 表示其他外生变量。农户的最优化技术选择行为用式(1)表示。

$$\max: U(C, L, S) \quad (1)$$

约束条件:

$$\text{收入约束: } P_c C = P_Y Y - W_X X + WF + R \quad (2)$$

$$\text{技术约束: } Y = Y[X(\theta), N(\theta), \theta] \quad (3)$$

$$\text{时间约束: } T = L + F + N(\theta) \quad (4)$$

式(2)一式(4)中, Y 表示农产品总产量; P_Y 是农产品价格; F 是非农劳动时间; W 是非农劳动工资; R 是其他收入; C 是农户商品消费的数量; P_c 是商品的价格; X 是生产要素投入数量; W_X 是生产要素投入价格; N 是务农劳动投入时间; θ 表示农户对水稻机插秧技术的采用程度。

满足农户效用最大化条件下水稻机插秧技术需要满足:

$$P_Y \cdot \frac{\partial Y}{\partial \theta} - W_X \cdot \frac{\partial X}{\partial \theta} - W \cdot \frac{\partial N(\theta)}{\partial \theta} = 0 \quad (5)$$

式(5)中,第一项 $P_Y \cdot \frac{\partial Y}{\partial \theta}$ 表示机插秧技术采用的边际收益,第二项 $W_X \cdot \frac{\partial X}{\partial \theta}$ 表示农户技术采用影响

下的物质生产要素边际成本,第三项 $W \cdot \frac{\partial N(\theta)}{\partial \theta}$ 表示农户技术采用影响下的务农劳动的边际成本。

农户是否选择采用机插秧技术是决定一个地区机插秧水平的关键,农户是否选择机插秧技术受到该技术使用的边际成本和边际收益的影响。机插秧技术带来的边际成本和边际收益的变化又受到技术本身、要素禀赋和农业生产条件的影响。因此,某一地区的水稻机插秧水平可以用下面的

函数表示:

$$R_{it} = f(L_{it}, A_{it}, M_{it}) \quad (6)$$

式(6)中 R_{it} 表示 i 地区 t 时间的水稻机插秧率; L_{it} 表示 i 地区 t 时间的劳动力禀赋; A_{it} 表示 i 地区 t 时间的水稻机插秧技术水平; M_{it} 表示 i 地区 t 时间的农业生产条件,包括经济、社会、自然等条件。

从以上分析可以作出如下推断:一种初级要素的稀缺性将影响该要素的边际生产率,在其稀缺性增加的情况下会诱致农户采用能够替代该要素的农业技术;但由于农业生产对气候、土壤、地形等条件的变化十分敏感,农业技术是否应用会受到自然条件的限制。因此,除了要素稀缺性外,农业生产条件包括经济、地形、基础设施、农机技术水平和政府政策等因素,也制约着新技术的应用,影响着农业技术的变迁。同样,各地区水稻机插秧水平也受到该地区劳动力稀缺程度的影响和农业生产条件的制约。

二、变量选取与模型设定

(一) 变量选取与数据来源

为检验农业劳动力禀赋变化和农业生产条件与水稻机插秧水平的关系,本文将采用 23 个水稻生产省(直辖市、自治区)2004—2015 年^②的省级面板数据进行实证检验。模型中具体的指标选取和内涵如下。

Mtranspl 表示机插秧水平,是模型的被解释变量,参考农业部制定的农机化水平指标,用水稻机插秧面积占水稻播种总面积的比来表示机插秧水平。Agrilaborprice 表示农业劳动力价格,是模型的关键解释变量,本文以水稻的雇工价格来表示。在农业生产条件中,本文参考张宗毅等^[5]、侯方安^[10]、周晶等^[13]和郑旭媛、徐志刚^[23]等人关于农业生产条件的指标和本文研究的需要,选取了 Per-GDP、Jixiezynd、Agrimtl、Per-land 和 Gsupportagri 等变量。Per-GDP 是地区经济发展水平的反映,数据可直接从统计年鉴中获取;Jixiezynd 采用地形与交通状况的交互项来表示,具体表达式为:Jixiezynd = 坡度 > 6 度的耕地占比 × 单位耕地面积上乡村公路里程的倒数;Agrimtl 采用各地区单位耕地面积上累计农机科研推广投入来表示;Per-land 用农村居民家庭人均经营耕地面积来衡量;Gsupportagri 通过政府在农林牧渔业方面的财政支出占其生产总值的占比计算获得。此外,为确保模型估计的稳健和估计结果的准确性,本文还加入一些控制变量,包括 Agrimachp 和 Arearatio。

以上数据均来源于各统计年鉴和公开的统计数据库,具体来源于《中国农村统计年鉴》《中国农业机械工业年鉴》《全国农产品成本收益汇编》《中国统计年鉴》《人地系统主题数据库》《中国交通运输统计年鉴》和《中国住户调查年鉴》。

以上变量中涉及价格因素的均以 2004 年为基期通过相应的价格指数进行平减。计量模型用到的各个变量的描述性统计结果见表 1。

(二) 模型设定

为验证农业劳动力价格、农业生产条件的差异和中国水稻机插秧水平之间的关系,本文参照林毅夫^[25]关于影响技术选择的回归模型构建如下实证模型:

^② 本文数据范围选择 2004—2015 年,一方面是因为 2004 年以来中国的水稻机插秧比例和劳动力价格等变量的变化较大,能够有效反映出本文研究的问题;另一方面,农机科研投入、农机推广机构等本文采用的一些指标在 2004 年以前统计年鉴中没有该项指标或指标内容并不完全一致;为能够验证本文所研究的问题和保证指标内涵一致和标准,故本文选择 2004—2015 年的数据进行实证研究。

$$Y_{it} = \alpha_1 + \beta_1 W_{it} + \sum_{m=1}^M \gamma_m X_{it}^m + \sum_{k=1}^K \eta_k Z_{it}^k + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

模型中 Y_{it} 表示 i 省 t 年的机插秧水平; W 表示农业劳动力价格; X 表示农业生产条件, M 表示生产条件的个数; Z 表示控制变量, k 表示控制变量的个数; ε_{it} 表示随机扰动项; $\alpha_1, \beta_1, \gamma_m, \eta_k$ 为模型待估计的参数。

考虑到本文所选的某些变量对机插秧水平的影响存在滞后效应, 如: Agrimtl 和 Gsupportagri 等变量在对水稻机插秧水平产生影响时会有一定的滞后作用, 本文在进行模型回归估计时将这些变量滞后一期再进行回归估计。

表 1 变量的描述性统计

变量	名称	单位	均值	标准差	最小值	最大值	中位数
Mtranspl	机插秧水平	%	18.35	24.80	0	100	8.06
Agrilaborprice	农业劳动力价格	元/天	65.84	35.01	11.08	179.07	59.47
Per-GDP	地区人均 GDP	万元/人	2.565 9	1.344 3	0.429 8	7.038 0	2.383 6
Jixiezynd	机械作业难度	—	10.51	10.18	0.25	35.53	6.35
Agrimtl	农机技术水平	元/公顷	3.298 0	3.957 2	0.015 5	25.08	1.86
Per-land	人均经营耕地面积	亩/人	2.58	2.91	0.53	13.56	1.52
Gsupportagri	政府支农力度	—	0.103 7	0.062 9	0.018 2	0.363	0.094
Agrimachp	农机推广机构	个	91	43	5	170	90
Arearatio	水稻播种面积占比	%	22.60	16.23	0.91	61.07	20.88

三、中国水稻机插秧发展状况与区域差异

(一) 水稻雇工价格与机插秧水平变化趋势

2004 年以来随着农业劳动力的逐渐稀缺, 农业劳动力的价格也在不断上涨, 其中水稻雇工价格上涨的趋势十分明显(见图 3), 从 2004 年的 24.18 上升到 2015 年的 123.46, 上升了 5 倍多。农业劳动力成本的不断上升会诱致稻农使用机械来替代劳动以减少水稻生产的成本, 在水稻播种环节表现的就是插秧机的大量应用。由图 4 可以看出中国平均的机插秧比率由 2004 年的 0.038 6 提高到 2015 年的 0.396 6, 提升了十倍多。虽然机插秧的总体发展水平还不是很高, 但提升的幅度非常大。通过图 3 与图 4 的比较可以看出水稻的雇工价格与水稻机插秧水平有着相同的变化趋势, 即随着农业劳动力价格的不断上升, 水稻机插秧的水平也表现出加速上升的趋势。这表明从全国范围来看诱致性技术变迁机制在水稻机插秧技术的应用上发挥了积极的作用, 随着农业劳动力要素逐渐稀缺, 稻农选择使用水稻机插秧技术, 从而提高了水稻机插秧水平。

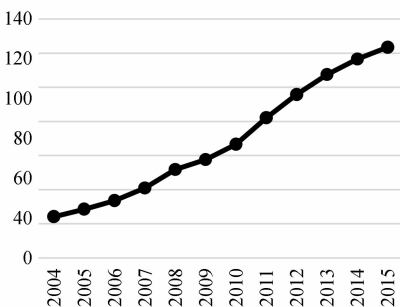


图 3 全国水稻平均雇工价

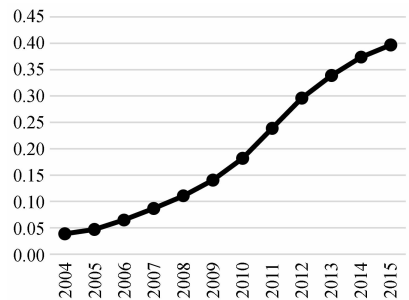


图 4 全国水稻机插秧水平

(二) 各地区机插秧水平变化趋势与差异

表 2 各地区机插秧水平变化与差异

		2004	2006	2008	2010	2012	2014	2015
全国		0.038 6	0.064 7	0.110 6	0.181 7	0.296 0	0.373 6	0.396 6
东北地区	内蒙古	0.298 3	0.333 3	0.455 5	0.616 6	0.707 6	1.000 0	1.000 0
	辽宁	0.017 3	0.052 4	0.147 2	0.297 0	0.526 4	0.875 3	0.888 0
	吉林	0.149 9	0.148 6	0.289 7	0.439 5	0.639 2	0.730 8	0.781 8
	黑龙江*	0.525 7	0.666 0	0.740 6	0.824 5	1.000 0	1.000 0	1.000 0
华北地区	河北	0.032 0	0.008 5	0.025 3	0.122 2	0.344 1	0.448 1	0.488 2
	山东	0.059 8	0.015 0	0.064 9	0.095 2	0.155 4	0.375 8	0.408 0
	河南	0.002 0	0.002 0	0.005 8	0.083 0	0.202 3	0.263 2	0.279 3
	陕西	0.000 0	0.001 0	0.029 0	0.019 0	0.024 8	0.032 4	0.048 9
	宁夏	0.067 7	0.118 6	0.171 7	0.294 4	0.283 2	0.345 7	0.212 2
长江中下游地区	江苏*	0.042 5	0.126 1	0.241 3	0.410 9	0.634 1	0.747 0	0.748 4
	安徽*	0.004 9	0.006 5	0.025 5	0.112 4	0.207 3	0.328 3	0.346 9
	湖北*	0.001 2	0.045 7	0.108 3	0.180 1	0.289 5	0.387 6	0.407 4
	湖南*	0.001 7	0.001 1	0.007 6	0.021 7	0.096 1	0.199 5	0.231 1
	江西*	0.001 0	0.006 4	0.025 6	0.092 2	0.183 5	0.133 3	0.210 6
南方地区	浙江	0.004 8	0.003 1	0.038 7	0.137 9	0.193 7	0.219 6	0.224 9
	福建	0.000 5	0.000 8	0.003 9	0.030 1	0.082 2	0.169 0	0.169 2
	广东*	0.000 0	0.002 1	0.005 1	0.034 5	0.088 1	0.125 7	0.134 3
	广西*	0.000 0	0.000 1	0.009 3	0.063 1	0.127 5	0.228 5	0.250 0
	海南	0.000 1	0.000 2	0.006 2	0.018 6	0.011 7	0.012 8	0.007 2
西南地区	四川*	0.000 0	0.000 3	0.007 4	0.017 9	0.062 1	0.137 6	0.154 0
	重庆	0.000 1	0.001 8	0.056 6	0.126 7	0.173 5	0.178 3	0.181 0
	贵州	0.002 1	0.003 3	0.033 5	0.035 4	0.048 1	0.049 9	0.052 7
	云南	0.000 0	0.000 0	0.000 4	0.001 5	0.008 6	0.022 7	0.030 8

注:其中标*的省份为水稻主产省^③

2004年以来全国的水稻机插秧水平在不断提高,各地区的机插秧水平也呈现出不同程度的上升趋势,但各地区的机插秧发展水平与发展速度存在很大的差异。按照水稻种植区域的特点,本文将所选的23个水稻生产省(直辖市、自治区)划分为五个地区:东北地区、华北地区、长江中下游地区、南方地区和西南地区。从表2可以看出各地区之间的机插秧水平存在明显的差异,东北地区的水稻机插秧水平最高,其中内蒙古与黑龙江在2014年以来水稻的机插秧比率已达到100%;而南方

^③本文通过K均值聚类法,根据水稻播种的面积和产量两项指标把上述23个省份分为四组:第一组——黑龙江、江西、湖南;第二组——江苏、安徽、湖北、广西、广东和四川;第三组——辽宁、吉林、浙江、福建、河南、重庆、贵州和云南;第四组——河北、内蒙古、山东、海南、陕西和宁夏。本文根据水稻播种面积和产量的大小将第一和第二组定为水稻主产省。

与西南地区的机插秧水平普遍较低。地区间自然地形条件的差异可能是造成机插秧水平差异的重要原因,东北地区以平原地形为主且耕地集中连片适宜机械作业,而南方地区尤其是西南地区以山地丘陵地形为主,不利于机械化作业。因此,东北地区的机插秧的发展水平与发展速度都要远高于南方和西南等地区。然而,在地区内部之间机插秧水平也存在很大的差异,如陕西的机插秧水平明显低于同处在华北地区的河北与山东;江苏的机插秧水平则明显高于同在长江中下游地区的安徽与湖北等省份。这可能是地区经济发展水平的不同造成的,陕西的经济发展水平要落后于河北与山东,江苏则是比安徽、湖北等省份的经济发展水平高。从表2还可以发现,自然条件与经济发展水平都相似的广西和海南两地区水稻机插秧的水平与发展速也存在明显的差异。这说明诱致性机制作用的有效发挥,不仅受到地形和经济发展水平的影响,还可能受到其他农业生产条件的制约,如地方政府的支农力度、农机科研投入等。

根据表2还可以发现主产省与非主产省的水稻机插秧水平都呈现出明显的上升趋势,总体上水稻主产省的机插秧水平要高于非主产省。但在水稻主产省份内部,水稻的机插秧水平也存在巨大的差异,其中只有黑龙江、江苏两省的机插秧水平较高,湖北省仅达到全国平均水平,而其他各主产省的机插秧水平均低于全国平均水平。

通过以上的分析发现不同地区之间以及主产省份与非主产省份之间的水稻机插秧水平存在明显的差异,而且产生差异的原因也不同。反映出在水稻雇工价格不断上涨的情况下,稻农在使用插秧机对农业劳动力替代的过程中诱致性技术变迁机制并不总能有效发挥作用,水稻机插秧水平不仅受到农业劳动力价格的诱导,还可能受到各地区农业生产条件等外部因素的制约。

四、实证结果分析

(一) 变量间相关关系分析

首先,本文基于23个水稻生产省(区、市)的省级面板数据绘制了能够反映农业劳动力价格、机械作业难度、农机科研投入以及人均经营耕地面积与水稻机插秧水平之间简单相关关系的散点图(图5)。根据图5可以看出,劳动力价格与水稻机插秧水平有正向的相关关系,即劳动力价格越高,机插秧的水平也越高;机械作业难度与机插秧水平呈现出明显的负向关系,即机械作业难度越大的区域水稻的机插秧水平会越低;农机科研投入与水稻机插秧水平也有一定的正向相关关系;人均经营耕地面积与水稻机插秧水平具有显著的正向相关关系,即人均经营耕地面积越大的地区水稻的机插秧水平会越高。以上分析的几点与前文理论分析相符,即劳动力的逐步稀缺会诱致农户采用插秧机来替代劳动力,而生产条件会在一定程度上阻碍或促进这一诱致机制发挥作用。虽然通过散点图能够直观反映出机插秧水平与劳动力禀赋变化和农业生产条件之间的关系,但是两变量的相关关系并不等价于两者之间的因果关系。为准确识别被解释变量与解释变量之间的因果关系,下文将运用计量经济模型实证检验要素禀赋变化与生产条件差异对水稻机插秧水平的影响。

(二) 实证结果分析

为验证劳动力禀赋变化与生产条件差异对水稻机插秧水平的作用,本部分将根据上文所选的实证模型和变量进行回归估计,表3报告了模型估计的结果。由于本文所用的数据为23个水稻生

产省(直辖市、自治区)2004—2015年的省级面板数据,所以在进行模型回归估计前先对模型(1)—模型(4)进行 Hausman 检验。Hausman 检验的结果在 1% 的显著性水平下显著,因此模型(1)—模型(4)均采用固定效应模型进行估计。

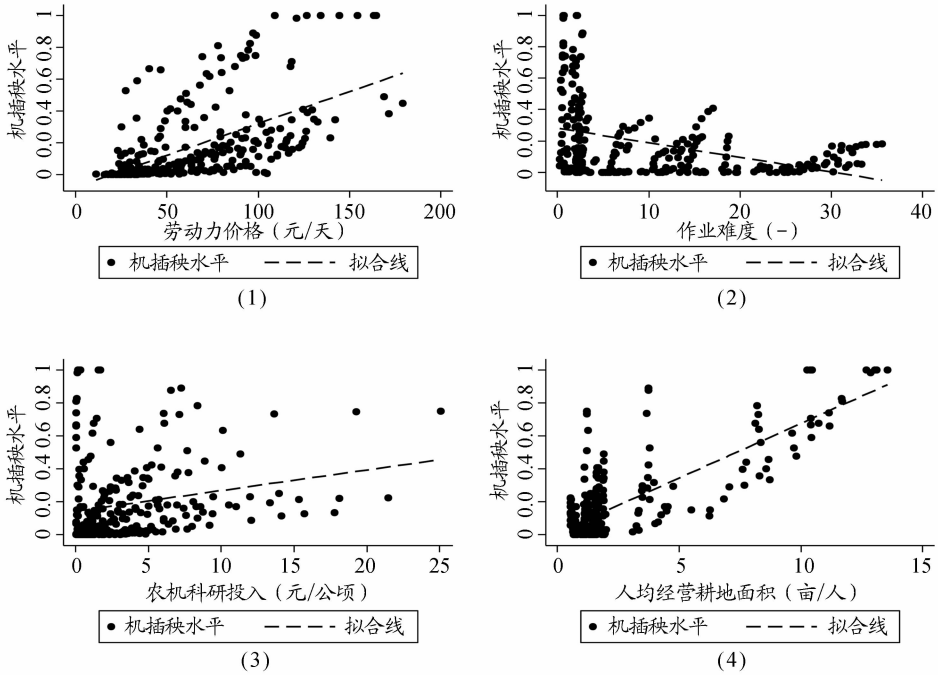


图5 劳动力价格和部分农业生产条件与机插秧水平的关系

1. 劳动力价格对机插秧水平的影响

从表3模型的估计结果可以看出, $Agri\ labor\ price$ 对水稻机插秧水平具有显著的正向影响,即水稻雇工价格的上升对水稻机插秧水平的提高具有显著的促进作用。 $Agri\ labor\ price$ 的上升,使得水稻生产的劳动力成本上升,稻农作为理性的生产者会努力去寻找能够替代劳动力的技术,农业机械就会被广泛的应用。水稻插秧是一项消耗大量劳动的工作,机插秧是有效替代劳动力的技术。因此,在劳动力价格不断上升的过程中水稻机插秧技术会被稻农大量采用,机插秧水平也会不断提高。这说明了诱致性技术创新机制在水稻生产技术变迁的过程中发挥着重要的作用。

2. 农业生产条件对水稻机插秧水平的影响

由表3可知, $Per-GDP$ 、 $Jixiezynd$ 、 $Per-land$ 等变量均对水稻机插秧水平有显著影响。具体来看:(1) $Per-GDP$ 在 1% 的显著性水平上对水稻机插秧水平具有显著的正向影响,表明经济水平越高的地区水稻机插秧的水平就越高。地区经济水平越高,人们的收入水平一般也越高,人们就越有能力购买机械;此外,地区经济水平越高,劳动力的价格也会越高,农户对水稻机插秧技术等能够替代劳动力的技术需求也会增加。因此, $Per-GDP$ 对水稻机插秧水平具有显著的正向作用。(2) $Jixiezynd$ 在 1% 的显著性水平上显著为负,这表明 $Jixiezynd$ 对水稻机插秧水平有显著的负向影响。机械作业难度大会增加机械作业的成本,进而影响机械作业的效率,这会增加机械对劳动力的替代难度。因此, $Jixiezynd$ 会阻碍水稻机插秧技术的推广与应用,影响水稻的机插秧水平。(3) $Per-land$ 的系数在 1% 显著性水平下显著为正,说明 $Per-land$ 对水稻机插秧水平具有显著的正向影响,即 $Per-land$

机插秧水平就越高。中国农业目前还是以家庭经营为主,Per-land 越大意味着家庭经营的规模越大,耕地经营的规模大有利于机械化作业。规模化经营可以提高机械作业的效率,有利于提高机械化水平。此外,Agrimachp 也对水稻机插秧水平具有显著的正向影响,说明了政府的农机推广机构在农业机械化的进程中发挥了积极的作用。

表3 模型估计结果与稳健性检验

	模型(1)	模型(2)	模型(3)	模型(4)
Agrilaborprice	0.000 7** (0.000 3)	0.001 7*** (0.000 4)	—	0.001 6*** (0.000 4)
Per-GDP	0.126 8*** (0.014 6)	—	0.137 5*** (0.013 7)	—
Jixiezynd	-0.010 0*** (0.001 7)	-0.008 1*** (0.002 0)	-0.009 6*** (0.001 7)	-0.008 2*** (0.001 9)
Agrimtl	2.78e-05 (0.003 2)	0.016 3*** (0.003 1)	0.001 7 (0.003 2)	0.017 4*** (0.002 9)
Per-land	0.067 7*** (0.016 6)	0.126 7*** (0.017 6)	0.074 7*** (0.016 4)	0.123 6*** (0.016 4)
Gsupportagri	-0.305 1 (0.208 1)	0.497 2** (0.215 7)	-0.180 5 (0.200 8)	0.495 5** (0.208 7)
Agrimachp	0.001 8* (0.001 1)	0.003 6*** (0.001 3)	0.002 2** (0.001 1)	0.003 5*** (0.001 2)
Arearatio	0.242 5 (0.439 9)	-0.415 4 (0.501 1)	0.405 4 (0.436 1)	—
Constant	-0.403 9*** (0.148 4)	-0.474 8*** (0.171 3)	-0.499 7*** (0.142 1)	-0.571 1*** (0.119 3)
Observations	253	253	253	253
R-squared	0.799	0.730	0.795	0.728
Hausman 检验(Prob>chi2)	28.17	26.82	33.27	26.46
	0.000 4	0.000 4	0.000 1	0.000 2

注:括号内为标准误差,“—”表示遗漏项,*、**和***分别表示估计系数通过0.1、0.05和0.01的显著性检验

3. 模型稳健性检验

考虑到 Per-GDP 与 Agrilaborprice、Agrimtl 和 Gsupportagri 等变量存在一定的相关性会影响模型估计的稳定性,本文在模型(2)和模型(3)中分别将 Agrilaborprice 与 Per-GDP 放入模型中进行估计,并在模型(4)中舍弃一些控制变量以检验模型的稳健性。结果发现 Per-GDP 的确对 Agrilaborprice、Agrimtl 和 Gsupportagri 等变量的显著性以及系数大小有影响。这是因为 Per-GDP 反映了地区的经济状况,地区的经济发展水平与劳动力价格、科研投入以及财政支出都息息相关。

在模型(2)和模型(4)中除去 Per-GDP 的影响后 Agrimtl 和 Gsupportagri 等也均对水稻机插秧水平产生了显著的正向影响。农业机械化是农业现代化的一个重要方面,政府对农业重视就会加大对农业机械化的投入与扶持,因此水稻的机插秧水平就会越高。农机技术水平对水稻机械化水平有显著的正向影响,农机技术水平越高,一方面,其研发出来的机械作业效率就越高,对劳动力的替代性就越强,节约成本就越大,有利于机插秧技术被农户所采纳;另一方面,农机技术水平越高,就可以研发出适应当地需求的插秧机,如:适合坡度较大的耕地作业以及满足不同土质和不同类型水稻品种的机插秧需求。

从以上实证研究结果可以发现水稻机插秧技术的应用推广不仅受到要素稀缺的诱致,还受到农业生产条件的制约。在农业劳动力价格不断上涨的趋势下,水稻机插秧技术的应用是解决劳动力短缺、确保水稻生产的重要途径。为提高水稻生产机械化水平、保障粮食安全以及振兴乡村经济,需要加大农村基础设施建设,努力改善农业生产条件。

五、研究结论与建议

在中国加快城镇化进程以及“人口红利”逐步消失的背景下,农业劳动力呈现出逐渐稀缺的状况,会诱致出劳动节约型的农业技术出现并得到推广与应用,但诱致性技术变迁的机制在农业技术变迁的过程中并不总能有效地发挥作用,它还会受到农业生产条件的制约。本文论证了这一结论,并通过实证模型回归分析和统计分析还发现:第一,农机技术水平是制约农业机械化水平的重要因素,在水稻种植的过程中农机与农艺不匹配、机插秧技术不满足农户需求是阻碍水稻机插秧水平提高的重要因素;第二,土地经营规模的扩大是进一步提高农业机械化水平的必要条件,水稻机插秧技术在土地经营规模较大的地区和大规模农户中应用较为普遍;第三,政府支农力度以及农业基础设施状况也有重要影响,政府的农机推广工作和农业基础设施建设在农业机械化发展中发挥了巨大作用。本研究说明了诱致性技术创新机制在中国农业技术变迁过程中发挥着重要的作用,同时农业生产条件也是影响技术进步的重要因素,尤其是政府的农机科研投入、基础设施建设和农机推广工作在克服自然条件限制促进农业技术进步中发挥着重要的作用。为加速农业机械化进程,提高粮食的国际竞争力,保障粮食安全,以及实现农业产业兴旺和乡村振兴,政府还要继续加大对农业的扶持力度,引导农业技术进步的方向。

农业机械是现代农业生产要素和标志,在农业劳动力逐渐稀缺、劳动力价格不断上涨的情况下,实现农业机械化生产是保障粮食安全生产的关键。为应对农业劳动力价格上升对水稻生产的不利影响,需要努力提高水稻生产的机械化水平。为此,第一,需要加速土地流转,扩大土地经营规模,实现水稻规模化生产经营;第二,在中国小农经营还将长期存在的背景下,为提高小农户机械化水平,实现小农户和现代农业发展有机衔接,需要通过培育各类专业化市场化服务组织,推进农业生产全程社会化服务,以社会化服务的方式把小农生产引入现代农业发展轨道;第三,在农业全程机械化和振兴农业产业的进程中需要发挥科技人才支撑作用,促进农业技术创新与扩散。此外,为进一步提高中国农业机械化水平,加快农业现代化发展和实现乡村振兴,还要坚持农村金融

改革和深化农村土地制度改革,增加制度创新红利;建立健全实施乡村振兴战略财政投入保障制度,优化财政供给结构,充分发挥财政资金的引导作用。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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,2015,25(8):144-152.
- [3] 纪月清,钟甫宁.农业经营户农机持有决策研究[J].农业技术经济,2011(5):20-24.
- [4] 杨进,钟甫宁,陈志钢,等.农村劳动力价格、人口结构变化对粮食种植结构的影响[J].管理世界,2016(1):78-87.
- [5] 张宗毅,周曙东,曹光乔,等.我国中长期农机购置补贴需求研究[J].农业经济问题,2009,30(12):34-41.
- [6] 周振,张琛,彭超,等.农业机械化与农民收入:来自农机具购置补贴政策的证据[J].中国农村经济,2016(2):68-82.
- [7] ITO J. Inter-regional difference of agricultural productivity in China: Distinction between biochemical and machinery technology [J]. China Economic Review, 2010, 21(3): 394-410.
- [8] LIU Y Y, YAMAUCHI F. Population density, migration, and the returns to human capital and land: Insights from Indonesia [J]. Food Policy, 2014, 48: 182-193.
- [9] WANG X B, YAMAUCHI F, HUANG J K. Rising wages, mechanization, and the substitution between capital and labor: evidence from small scale farm system in China [J]. Agricultural Economics, 2016, 47(3): 309-317.
- [10] 侯方安.农业机械化推进机制的影响因素分析及政策启示——兼论耕地细碎化经营方式对农业机械化的影响[J].中国农村观察,2008(5):42-48.
- [11] 吴丽丽,李谷成.农户劳动节约型技术采纳意愿及影响因素研究[J].华中农业大学学报(社会科学版),2016(2):15-22.
- [12] 杨宇.劳动力转移、技术诱导及其实现条件:477个样本[J].改革,2012(7):88-95.
- [13] 周晶,陈玉萍,阮冬燕.地形条件对农业机械化发展区域不平衡的影响——基于湖北省县级面板数据的实证分析[J].中国农村经济,2013(9):63-77.
- [14] 唐轲,王建英,陈志钢.农户耕地经营规模对粮食单产和生产成本的影响——基于跨时期和地区的实证研究[J].管理世界,2017(5):79-91.
- [15] 曹阳,胡继亮.中国土地家庭承包制度下的农业机械化——基于中国17省(区、市)的调查数据[J].中国农村经济,2010(10):57-65,76.
- [16] MOTTALEB K A, KRUPNIK T J, ERENSTEIN O. Factors associated with small-scale agricultural machinery adoption in Bangladesh: Census findings [J]. Journal of Rural Studies, 2016, 46: 155-168.
- [17] 罗丹,李文明,陈洁.粮食生产经营的适度规模:产出与效益二维视角[J].管理世界,2017(1):78-88.
- [18] 李燕凌.农村公共产品供给侧结构性改革:模式选择与绩效提升——基于5省93个样本村调查的实证分析[J].管理世界,2016(11):81-95.
- [19] 张勋,万广华.中国的农村基础设施促进了包容性增长吗?[J].经济研究,2016,51(10):82-96.
- [20] VAN DEN BERG M M, HENGSDIJK H, WOLF J, et al. The impact of increasing farm size and mechanization on rural income and rice production in Zhejiang province, China [J]. Agricultural Systems, 2007, 94(3): 841-850.
- [21] 李杰,张洪程,常勇,等.高产栽培条件下种植方式对超级稻根系形态生理特征的影响[J].作物学报,2011,37(12):

2208-2220.

- [22] 陈聪,曹光乔,张萌,等.中国水稻机插秧发展趋势预测与装备需求研究[J].云南农业大学学报(自然科学),2015,30(2):289-293.
- [23] 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),2017,16(1):45-66.
- [24] 韩朝华.个体农户和农业规模化经营:家庭农场理论评述[J].经济研究,2017,52(7):184-199.
- [25] 林毅夫.制度、技术与中国农业发展[M].上海:上海人民出版社,2005.

The choice of agricultural technology under the difference of labor endowment and production conditions:

A case study on popularization of rice transplanting technology in China

XUE Chao, ZHOU Hong

(College of Economics and Management, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, P. R. China)

Abstract: The changes of agricultural production factor endowments and agricultural production conditions will have an important impact on agricultural technological progress. Through the empirical analysis of the panel data of 23 rice production provinces from 2004 to 2015, this paper finds that with the increasing wage of rice workers, the level of rice transplanting in various regions is also increasing. The difference of the condition of agricultural production is the important reason leading to the difference of rice transplanting level among regions. With the gradual emergence of agricultural labor force scarce, a large number of labor-saving technology (agricultural machinery technology) will emerge and continuously develop, but the induced technological change mechanism to play effectively also depends on the conditions of agricultural production. In order to improve the level of agricultural mechanization in China, it is necessary to increase the construction of agricultural infrastructure, improve the conditions of agricultural machinery and improve the level of agricultural machinery.

Key words: labor endowment change; induced technological change; agricultural production conditions; conditions of agricultural machinery; agricultural infrastructure; rural vitalization

(责任编辑 傅旭东)