

玉米生产的机械化及机械劳动力替代效应研究^{* 1}

——基于省级面板数据的分析

王晓兵 (北京大学现代农学院 北京 100871)

许迪 (中国科学院农业政策研究中心 北京 100101)

侯玲玲 (北京大学现代农学院 北京 100871)

杨军 (对外经贸大学国际经济贸易学院 北京 100029)

内容提要 本文在当前农村剩余劳动力减少、农业机械化水平提高的背景下,采用玉米生产的省级面板数据,研究劳动力工资变化与玉米机械化生产的相关关系。并利用随机前沿生产函数估计不同要素投入对玉米产出的贡献,进一步分析机械使用和劳动力投入之间的替代关系,以及农场规模对机械化水平的影响。研究结果表明,机械和劳动力的相对价格变动是影响机械化水平的主要因素之一,生产中劳动力与机械投入呈现显著的相互替代关系。

关键词 玉米生产 机械化 劳动力 替代弹性

DOI:10.13246/j.cnki.jae.2016.06.001

一、引言

劳动力工资快速上涨,有利于国家实现减贫的目标,但是却对包括我国在内的亚洲国家长期形成的小规模、小农户的农业生产模式带来挑战(Otsuka, 2013)。楼继伟(2015)的报告表明过去的十年工资陡然上升,工资增长高于劳动生产率增长,导致各个经济部门都要调整结构以确保经济增长。在农业部门,劳动力工资快速上涨导致农村劳动力更倾向于外出务工,从而使农业生产从劳动力过剩的局面转向劳动力的短缺(Li等, 2013)。钱文荣等(2015)认为人工成本的持续增长成为我国玉米总成本上涨最主要的要素,使我国自2010年以来从玉米净出口国变成净进口国,对我国饲料粮供给安全造成巨大威胁。何蒲明等(2014)估计了单位劳动力对粮食单产的贡献率为2%,并建议推进劳动力节约型技术以应对农业生产中的劳动力短缺问题。胡雪枝等(2013)认为,农业劳动力短缺对作物生产的影响与作物的性状有相关性,由于机械化对劳动力的替代效应,使适宜机械化生产的作物(如小麦)单产没有影响;反之,劳动力密集型的作物(如棉花)的单产下降,这间接表明农户可以通过调整作物的种植结构来应对农业生产中不断攀升的劳动力成本。

近年来,我国劳动力工资快速上涨、农村劳动力相对短缺,为我国农业发展带来挑战的同时,也为实现农业机械化发展带来了机遇。受农业劳动力短缺的制约,我国农业机械化生产已逐步彰显了其优势。在家庭联产承包责任制执行初期,剩余劳动力的存在以及土地的细碎化使农业生产的机械化程度显著下降,机械化作业水平停滞了长达十年之久。然而,随着非农部门就业机会的增多,过去十

* 项目来源:国家自然科学基金项目(编号:71373255、71303266),中国科学院地理科学与资源研究所优秀青年人才基金项目(编号:2012RC102)

年农业机械化发展水平不断攀升。统计数据表明,1990—2012年,我国机播和机收的耕地面积年均增长速度分别为4%和9%(国家统计局,2013)。以玉米为例,截至2013年,全国玉米机耕水平达到69%,机插秧面积加上机直播和机浅栽面积总和使全国玉米机械化种植水平达到84%,玉米机收水平突破了50%大关,玉米耕种收综合机械化水平达到了68%。与欧美农场通过自主购买农机具实现机械化不同,我国农民自发形成的农机服务队成为推动机械化生产的主体(Ji等,2012;Yang等,2013)。

为研究如何提高机械化水平从而解放农业劳动力,不少学者评估了影响机械化水平的因素。作物特征决定了其机械化作业程度。例如,小麦和玉米等大田作物机械化程度相对较高,而其他作物如棉花和大豆,特别是在收获季节,仍是劳动密集型生产(胡雪枝等,2013)。现代育种科学除了提高单产水平为目标外,同时兼顾适宜机械化作业(仇焕广等,2013)。例如,玉米育种科学主要强调适宜单粒播种、收获期株高、籽粒的脱水性状等。农地细碎化增加了机械化作业的成本,成为妨碍机械化推广的主要要素(Fleisher等,1992;Wan等,2001)。另外,缺乏有效的农业融资条件也导致农民难以自主投资价格高昂的农业机械,因此农民更倾向于借助机械租赁市场或者“外包”的农机化服务实现机械化生产(Ji,2012)。然而,农业机械化投资的意愿随着我国实行农机具购置补贴政策而有所加强(Huang等,2013)。

此外,经典的经济理论提出技术变迁假说(Hicks-Hayami-Ruttan-Binswanger hypothesis),即要素相对价格变动决定了技术变革的方向(Hicks,1932;Binswanger等,1978;Hayami等,1985)。实际工资的增长会诱导农民采用劳动力节约型技术,如机械化;也可能导致制度创新,如通过土地集约从而实现节省人力资源和降低机械成本的目标(Lin,1991)。例如,若能以相对较低的价格租到机械,或不需要太多额外交易成本便可获得机械服务,农户便可利用租赁机械或机械化服务进行农业生产,从而达到节省劳动力的目的。Fan等(1992)的研究表明不同国家农业技术的采用路径由要素相对价格测度的要素禀赋的异质性相关。

玉米是我国最主要的饲料粮。从长期看,我国的粮食安全归根结底是饲料粮的安全(Dong等,2015;Yu,2015)。我国玉米饲料粮需求约占国内玉米总需求的70%。过去30多年间,玉米产量持续增加,从1980年的6260万吨增长到2014年的21565万吨。但是随着我国经济快速发展和玉米需求不断增长,国内玉米市场已经从供大于求转型到供不应求。2010年我国首度成为玉米净进口国,虽然玉米进口并未持续快速上涨,但是国内外较大的价格差对玉米进口造成强大压力。2015年1—10月我国进口玉米457万吨,显著高于前几年平均水平。导致我国玉米进口增长的重要原因之一是玉米生产成本不断攀升,其中人工成本对我国玉米总成本上涨的推动最显著。2012年我国玉米的人工成本比2006年上涨了165.7%,对总成本上涨的贡献率达到了48.5%(国家发展和改革委员会价格司,2013)。自2004年以来,我国农业生产的要素投入发生了较大的变化,从劳动力密集型向劳动力节约型转变。因此,分析我国玉米生产的机械化及其对劳动力的替代效应,对判断未来玉米生产成本变化和相关政策制定具有重要意义。

本文以玉米为例,在构建玉米生产的省级面板数据基础上,识别影响玉米机械化生产的主要因素,分析劳动力和机械之间的替代关系。研究内容包括:第一,通过固定效应模型,检验玉米生产中劳动力机械相对价格的变动是否导致玉米生产机械化水平不断提高。第二,估算玉米生产中劳动力和机械的替代关系。采用劳动力节约型技术(如机械化)成为缓解劳动力短缺的重要途径之一,因此,本文首先验证了玉米生产的机械化趋势及主要影响因素。除此以外,农业生产中劳动力与机械要素按照一定比例进入生产环节,且受要素稀缺性和技术水平的影响,两者可以表现为替代、互补或不确定关系。由此产生一个问题:随着玉米机械化水平不断提高,劳动力在多大程度上能够被机械替代?

因此本文第二个研究内容将采用随机前沿生产函数,估算劳动力与机械的 Allen-Uzawa 替代弹性,以验证我国玉米生产是否呈现机械对劳动力的替代效应。

二、数据来源

本文数据来自《全国农产品成本收益资料汇编》、《中国农村住户调查年鉴》和《中国统计年鉴》。在此基础上,本文构建了1984—2012年包括玉米单产、劳动力投入、机械支出、农业劳动力工资和机械价格指数等变量的省级面板数据。其中,玉米单产、劳动力投入、机械支出等投入产出数据来自《全国农产品成本收益资料汇编(1984—2012年)》。目前已公布的统计资料没有提供农业工资数据,因此,本文采用生产12种主要作物的劳动力成本除以农业生产时间,从而得出从事农业生产的工资水平^{*}。机械投入用单位面积机械总支出表示(2000不变价格)。机械价格指数来自于《中国统计年鉴》(国家统计局,1985—2013年)。机械价格由机械的零售价格指数来表示,反映了一定时期内,与基准情形相比机械的价格变化趋势和程度。机械价格指数由加权算术平均值公式衡量,各部分的权重基于机械的零售价格和农户购买量的调查数据。本文使用的所有价格都已折算成2000年不变价格。农场规模等于户均耕地面积乘以农村家庭的永久居民人数,来源于《中国农村住户调查年鉴》(国家统计局,1985—2013年)。数据的统计性描述分析见表1。

表1 实证模型中关键变量的统计性描述分析

变量	含义	均值	标准差	最小值	最大值
机械支出模型					
M	机械支出(元/亩)	24.73	21.79	3.82	146.5
R	机械和劳动力的相对价格的对数	-8.87	0.51	-10.54	-7.53
S	农场规模(亩)	12.04	9.14	1.84	46.1
随机前沿模型					
Y	单产(公斤/亩)	374.45	95.38	126	687.17
X ₁	劳动力(日/亩)	13.34	7.36	3.14	101
X ₂	机械支出(元/亩)	24.73	21.79	3.82	146.5
X ₃	化肥(公斤/亩)	19.36	6.89	0.39	89.75

三、玉米生产机械化水平及其影响因素分析

(一) 玉米生产机械化水平及机械与劳动力的相对价格

数据显示,2003年以来农业工资呈指数增长。农业劳动力工资在2003年前的20年中一直处于低位(低于12元/天)(见图1),自2003年起开始迅速增加。农业工资从1984年的0.4元/天增长至2003年的12元/天;2003—2012年的10年间增加了约7倍,2012年为85元/天。与农业劳动力工资相比,机械的价格增幅相对较小。数据显示,1984—2003年的20年间,机械价格指数增加了约2倍;2003—2012年的10年间增加了不到30%。

我国玉米生产机械化程度不断提高,与之相对应的是机械和农业劳动力的相对价格持续下降。如图2所示,在玉米生产中,机械投入增长很快。从1984年的9.63元/亩增加到2003年的25.57元/亩,又增加到2012年的67.10元/亩。机械投入也存在地区差异。机械投入因农艺特性和生产环

* 12种作物包括:粳稻、早稻、中稻、晚稻、玉米、小麦、大豆、花生、棉花、甜菜、甘蔗和油菜籽

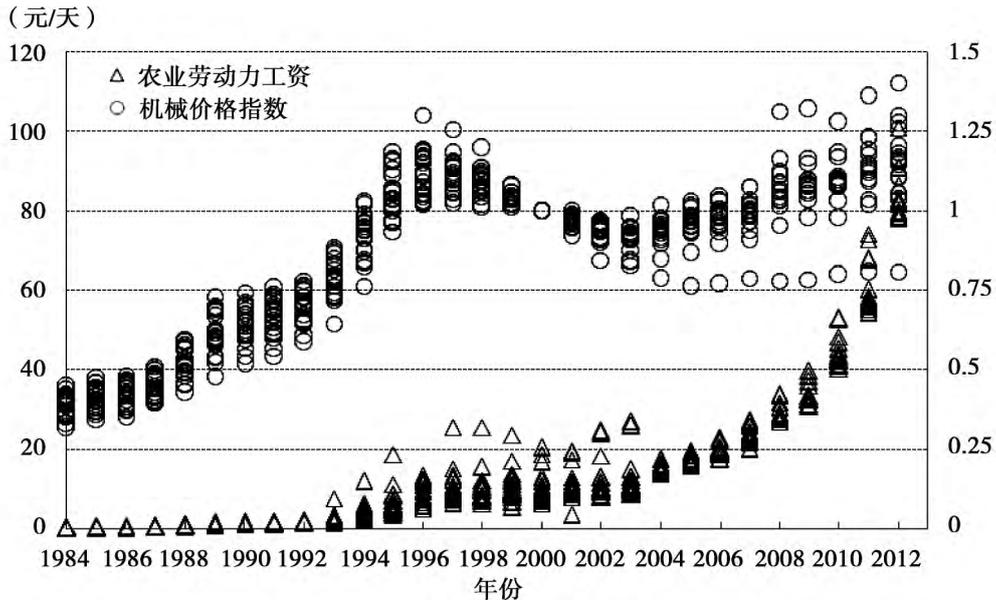


图1 1984—2012年分省农业工资和机械价格指数(2000年不变价格)

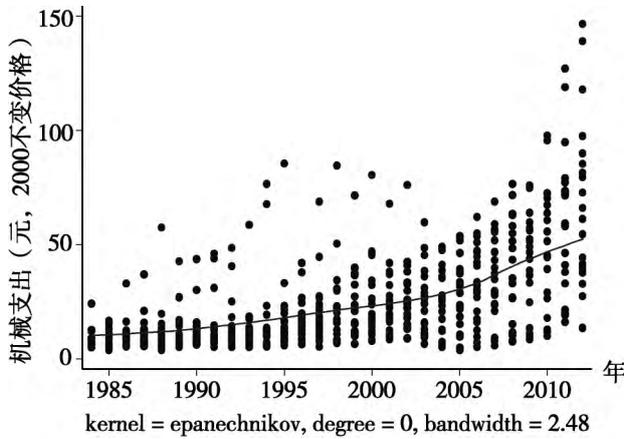


图2 1984—2012年各省玉米生产中单位面积上的机械支出(元/亩 2000年不变价格)

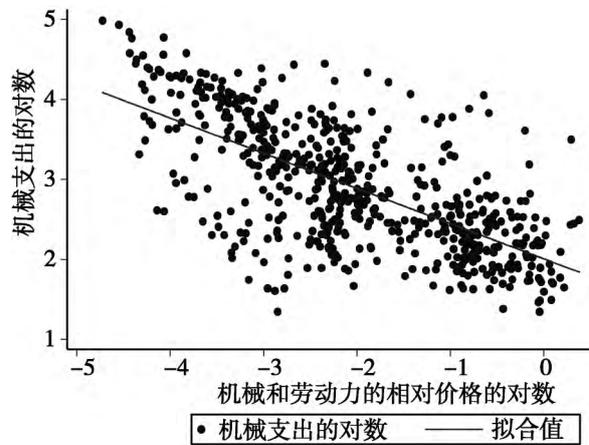


图3 单位面积上机械投入与机械和劳动力的相对价格关系

境而异, 尽管玉米生产在我国部分地区已经完全机械化(如黑龙江), 但是在西南地区还不适合完全机械化作业。例如 2012 年黑龙江的机械支出为 97.61 元/亩, 而四川的机械支出仅为 44.31 元/亩。图 3 显示了机械和农业劳动力的相对价格与单位面积上机械投入的关系。很明显, 单位面积上机械投入与机械和劳动力的相对价格呈负相关。

(二) 玉米生产机械化支出方程

为检验机械与劳动力工资相对价格变化对机械化水平的影响, 本文估计了简化型的机械支出方程。具体回归方程如下:

$$m_{it} = \beta_0 + \beta_1 r_{it} + \beta_2 S_{it} + \beta_3 r_{it}^* S_{it} + FE_{it} + f(t) + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$r_{it} \equiv \ln \frac{p_{it}}{w_{it}} \quad (2)$$

其中 m_{it} 是单位面积上经价格指数校正过的机械支出的对数,代表机械化水平, p_{it} 是机械价格指数, w_{it} 是农业劳动力工资, S_{it} 是农场面积, FE_i 是省固定效应, $f(t)$ 是时间趋势。 i 代表第 i 个省份, t 代表第 t 年。

(三) 机械化水平的影响因素分析结果

计量经济学理论指出不可观测的异质性一般都对解释变量有相关性,因此随机效应模型不常见,本文采用广泛使用的固定效应模型。同时,在实证分析中,“簇效应”会导致实证分析估算的回归系数和方差混合了簇间效果和簇内效果,必须要用“簇效应”纠正方差,或者采用稳健性的标准误差(Deaton,1997;于晓华,2014)。否则,这会对回归系数的显著性检验造成很大的影响。因此本文采用省级簇效应纠正方差。

机械支出的实证分析结果表明,机械和劳动力的相对价格变化显著影响玉米机械化水平。如表2所示,在控制时间趋势(时间变量及其平方项)、农场规模及其与机械和劳动力的相对价格的交叉项、省份固定效应等变量后,机械和劳动力的相对价格对玉米生产机械支出具有显著影响。在控制时间趋势后,当机械和劳动力的相对价格每下降10%,玉米生产机械作业支出将增长2.61%;在不控制时间趋势项的回归中,当机械和劳动力的相对价格变化对机械作业支出的影响更大,当相对价格下降10%,玉米生产机械作业支出将增长4.82%。玉米生产机械化也受到农场规模变化的负面影响,然而农村平均规模及其与机械和劳动力的相对价格的交叉项的影响都微不足道的,且在统计上并不显著。在时间固定效应估算中得到了同样的结果。对我国玉米生产中机械支出的统计性描述分析和实证分析都验证了技术变迁假说,即相对价格变动决定了技术变革的方向。在我国玉米生产中,随着劳动力对机械相对价格的提高,农户采用了劳动力节约型技术即机械化生产。

表2 玉米生产机械支出方程的回归结果

变量	含义	机械支出	
		回归(1) 不控制时间趋势	回归(2) 控制时间趋势
R	机械和劳动力的相对价格的对数	-0.482*** (3.22)	-0.261** (2.25)
S	农场规模	-0.031 (1.57)	-0.033 (1.61)
R × S	机械和劳动力的相对价格的对数 × 农场规模	-0.003 (0.71)	-0.004 (1.05)
T	时间	—	0.026 (1.04)
T ²	时间的平方	—	0.000 (0.09)
Constant	常数项	0.787** (2.56)	2.211*** (6.26)
Time_fe	时间固定效应	是	否
Prov_fe	省固定效应	是	是
R ²	拟合优度	0.701	0.594
Numberof Ob	样本量	600	600

四、玉米机械和劳动力替代弹性分析

(一) 随机前沿生产函数

根据 Battese 等(1992)的方法,在非中性技术进步的假设下,随机前沿生产模型可以写成如下:

$$Y_{it} = f(X_{it}, T; \beta) + v_{it} - u_{it} \quad (3)$$

$$u_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 S_{it} + \gamma_2 E_{it} + \varepsilon_{it}$$

其中, Y_{it} 代表第 i 省第 t 年玉米单产(公斤/亩); $f(X_{it}; \beta)$ 是适合的生产函数,本文采用 translog 方程形式; X_{it} 是包括劳动力 X_1 、机械 X_2 和化肥 X_3 等传统投入的向量; T 是捕获了技术进步的时间序列; β 是待估计参数; v_{it} 表示随机误差项, $v_{it} \sim N(0, \sigma_v)$; u_{it} 表示技术效率损失项, $u_{it} \sim N^+(0, \sigma_u)$ 。

当我们假设技术效率是农场规模 S_{it} 的函数;假设技术效率由劳动者的受教育程度 E_{it} 决定; γ 是对要估计的技术效率决定因素的相关参数向量; ε_{it} 是误差项。

劳动力和机械化的替代弹性根据 Allen-Uzawa 替代弹性计算,如下:

$$\sigma_{ij}^* = \frac{-f f_j (f_i x_i + f_j x_j)}{x_i x_j (f_i f_j^2 - 2 f_i f_j f_{ij} + f_{ij} f_i^2)} \quad (4)$$

在此 $f_i = \frac{\partial \ln Y}{\partial \ln X_i} \frac{Y}{X_i}$, $f_{ij} = \frac{\partial f_i}{\partial x_j}$, 其中 $i =$ 劳动力 $j =$ 机械。

(二) 机械劳动力替代弹性

在估算随机前沿生产方程时,本文同样采用了固定效应,以控制不可观测的要素与解释变量的相关性。此外生产方程采用 translog 形式,因为该方程形式对农场的规模效应和要素替代弹性不施加任何限制条件。就替代可能性而言,对于任意的生产技术,该函数都能较好地近似,因而成为实证研究中得到普遍应用的方法(许庆等,2011)。模型汇报的 Wald 检验和 Log likelihood 的值表明生产方程和技术无效率方程的估算结果是可接受的(见表3,模型主要参数估计值的符号与预期方向一致,且多数参数在统计上具有显著性)。在随机前沿生产函数中以样本均值对各种要素投入和时间趋势变量进行标准化,因此估算的各种要素系数代表了样本均值点相应投入的产出弹性,时间系数表示整个研究时期内技术进步的年均增长率。研究结果表明,劳动力和机械投入对玉米生产影响显著,对产量提高具有较显著的促进作用。其中,劳动力投入产出弹性接近 0.44;机械使用对产出贡献为 0.10,意味着机械使用量每增加 1%,产出将增加 0.10%。除此以外,化肥投入对玉米产出具有显著性贡献,其产出弹性为 0.16。时间序列的估算系数为 0.022,表明玉米生产的技术进步年均增长率为 2.2%,这意味过去 30 年我国玉米技术在不断提高。采用同样的数据库, Tian 等(2000)的估算结果表明在 1983—1996 年期间玉米生产的技术进步年均增长率仅为 1.3%。这暗示自 1996 年以来玉米技术进步成加速上升趋势。尽管本文的研究不能识别影响技术进步的要素,但是在过去的 10 年中,改良的品种(如郑单 958 和先玉 335)在我国华北和东北玉米主要产区快速推广,同时农民也逐渐采用了与之配套的栽培技术(如单粒播种技术)等,这些都能解读玉米生产中的技术进步。

生产函数的边界参数允许机械使用和时间虚拟变量之间相互作用的存在。近几年在玉米生产中,机械的边际效应下降可能是源于机械使用的快速扩张;其次,尽管表 3 中有一些差异,技术无效率函数也显示类似的结果,即农场规模和受教育程度影响了效率。

表3 玉米生产的随机前沿生产函数估计结果

变量	生产方程			技术无效率方程	
X_1	劳动力	0.6951 ^{***} (22.99)	S	农场面积	-0.1680 ^{***} (3.76)
X_2	机械	0.1476 ^{***} (8.28)	E	高中以上教育程度的 农业劳动力比例	-9.8483 ^{**} (2.43)
X_3	化肥	0.1353 ^{***} (4.44)			
T	时间	0.0220 ^{***} (10.12)	T	时间	0.0045 (0.25)
X_1^2	劳动力的平方	-0.4279 ^{***} (6.76)			
X_2^2	机械的平方	-0.1032 ^{***} (3.23)			
X_3^2	化肥的平方	0.0206 (0.61)			
T^2	时间的平方	0.0020 ^{***} (6.29)			
$X_1 * X_2$	劳动力 × 机械	-0.5206 ^{***} (6.72)			
$X_1 * X_3$	劳动力 × 化肥	-0.1800 [*] (1.78)			
$X_2 * X_3$	机械 × 化肥	-0.0169 (0.20)			
$X_1 * T$	劳动力 × 时间	0.0057 (1.26)			
$X_2 * T$	机械 × 时间	-0.0049 ^{**} (2.30)			
$X_3 * T$	化肥 × 时间	0.0058 (1.45)			
Constant	常量	0.6154 (0.58)	Constant	常量	-5.7398 ^{***} (18.40)
Wald χ^2	—	4.10×10^6			
Log likelihood	—	321.4093			
Number of Ob	—	591	Number of Ob	—	591

结合机械支出函数和随机前沿生产函数的回归结果,可以得出以下结论:(1)不断升高的劳动力

— 10 —

工资和相对平稳的机械使用价格是促进机械化水平的主要驱动力; (2) 虽然农场规模看似对提高效率很重要, 但它不影响机械的使用, 这说明还有其他因素(如土地租赁市场、机械租赁和机械服务等方式)弱化了农场规模的作用。

根据公式(4)计算 Allen-Uzawa 替代弹性为 1.03, 表明 1984—2012 年玉米生产中机械对劳动力的平均替代较强。这表明随着农业生产中劳动力资源越来越变得相对稀缺, 玉米种植户更倾向于通过采用机械化生产以替代稀缺的劳动力资源, 以确保玉米产量。这也与图 2 的结果一致。尽管本文的研究未能分析机械化的供给, 但是现有的文献表明由于农机服务的出现, 使土地的细碎化不再成为采用机械化生产的瓶颈(Ji 2012), 这也使机械化生产以替代稀缺的劳动力成为可能。

五、结 论

本文在构建了独特的玉米生产的省级面板数据基础上, 描述了机械化水平和农业劳动力工资的相对价格变动趋势, 分析了影响机械化水平的主要因素, 并通过随机前沿生产函数估计了劳动力和机械的替代关系。统计性描述分析表明, 相对稳定的机械实际价格, 近年来农业部门实际工资水平增加很快。随着劳动力成本不断提高, 我国玉米生产的机械程度快速提高。计量模型回归结果表明, 在固定效应和控制省级的簇效应下, 玉米生产中机械的支出与机械和劳动力的相对价格呈现明显的负相关性关系, 机械价格和劳动力工资之比可以很好地解释玉米生产机械化快速扩张。随机前沿生产函数技术进步的系数为正并保持了年均 2.2% 的水平, 这意味过去 30 年我国玉米单产的提高主要是技术进步驱动, 如品种的改良和与之配套的栽培技术。根据随机前沿生产函数估算的结果, 本文进一步计算了劳动力与机械的 Allen-Uzawa 替代弹性(1.03), 表明 1984—2012 年玉米生产中随着工资的刚性增长, 资本对劳动力的替代关系趋强。

虽然一些实证证据也指出了规模经济能够通过机械化提高技术效率的可能性, 然而农场规模和机械使用之间的关系在统计学上不显著(即机械使用在很大程度上由相对价格的变化决定)。然而, 在技术无效率解释模型中, 本文同样使用了农场规模变量, 以研究农场规模如何影响技术效率。研究结果表明, 农场规模扩大有助于提高技术效率。在当前农产品开放程度高且农业补贴面临 WTO 条款限制的制度约束下, 以及在较长一段时期我国依然处于快速城镇化、农村劳动力大量向城镇转移的发展阶段下, 该结论具有重要理论贡献和政策意义。除了采用新技术以外, 土地集约化可形成规模生产有助于提高玉米生产技术效率, 这对于降低玉米生产成本、稳定和提高产量、保障国家粮食安全, 尤其是饲料粮安全具有十分积极作用。

参 考 文 献

1. Battese G. E., Coelli T. J. . Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: with Application to Paddy Farmers in India. Springer Netherlands, 1992
2. Binswanger H. P., Ruttan V. W., & Ben-Zion U. . Induced Innovation: Technology, Institutions, and Development. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1978
3. Deaton A. . The analysis of household surveys: a microeconomic approach to development policy. World Bank Publications, 1997
4. Dong W. L., Wang X. B., Yang J. . Future Perspective of China's Feed Demand and Supply During Its Fast Transition Period of Food Consumption. Journal of Integrative Agriculture, 2015, 14(6): 1092 ~ 1100
5. Fan S., Ruttan V. W. . Induced Technical Change in Centrally Planned Economies. Agricultural Economics, 1992, 6(4): 301 ~ 314
6. Fleisher B. M., Liu Y. . Economies of Scale, Plot Size, Human-Capital and Productivity in Chinese Agriculture. Quarterly Review of Economics and Finance, 1992, 32(3): 112 ~ 123
7. Hicks J. R. . The Theory of Wages. London: Macmillan, 1932
8. Huang J., Wang X., Rozelle S. . The Subsidization of Farming Households in China's Agriculture. Food Policy, 2013(41): 124 ~ 132

9. Ji ,Y. ,Yu ,X. ,Zhong ,F. . Machinery Investment Decision and Off-Farm Employment in Rural China. *China Economic Review* 2012 23 (1) : 71 ~ 80
10. Li ,Q. ,Huang ,J. ,Luo ,R. , & Liu ,C. . China's Labor Transition and the Future of China's Rural Wages and Employment. *China & World Economy* 2013 21(3) : 4 ~ 24
11. Lin ,J. Y. . Prohibition of Factor Market Exchanges and Technological Choice in Chinese Agriculture. *The Journal of Development Studies* ,1991 27(4) : 1 ~ 15
12. Otsuka ,K. . Food Insecurity Income Inequality and the Changing Comparative Advantage in World Agriculture. *Agricultural Economics* 2013 44(s1) : 7 ~ 18
13. Tian ,W. ,Wan ,G. H. . Technical Efficiency and Its Determinants in China's Grain Production. *Journal of Productivity Analysis* 2000 , 13(2) : 159 ~ 174
14. Wan ,G. H. ,Cheng ,E. . Effects of Land Fragmentation and Returns to Scale in the Chinese Farming Sector. *Applied Economics* 2001 , 33(2) : 183 ~ 194
15. Yang ,J. ,Huang ,Z. ,Zhang ,X. ,Reardon ,T. . The Rapid Rise of Cross-Regional Agricultural Mechanization Services in China. *American Journal of Agricultural Economics* 2013 95(5) : 1245 ~ 1251
16. Yu ,X. . Meat Consumption in China and Its Impact on International Food Security: Status Quo ,Trends and Policies. *Journal of Integrative Agriculture* 2015 ,14(6) : 989 ~ 994
17. 何蒲明 娄方舟. 我国粮食综合生产能力分析——基于劳动投入与种粮收益的视角. *农业技术经济* 2014(4) : 72 ~ 79
18. 胡雪枝 钟甫宁. 人口老龄化对种植业生产的影响——基于小麦和棉花作物分析. *农业经济问题* 2013(2) : 36 ~ 43
19. 楼继伟. 中高速增长的可能性及实现途径. http://news.tsinghua.edu.cn/publish/news/4215/2015/20150505163828267529740/20150505163828267529740_.html 2015 - 4 - 24
20. 钱文荣 王大哲. 如何稳定我国玉米供给——基于省际动态面板数据的实证分析. *农业技术经济* 2015(1) : 22 ~ 32
21. 仇焕广 徐志刚 蔡亚庆. 中国种业市场 政策与国际比较研究. 科学出版社 2013
22. 许庆 尹荣梁 章辉. 规模经济 规模报酬与农业适度规模经营. *经济研究* 2011(3) : 59 ~ 71
23. 于晓华. 如何正确运用计量经济模型进行实证分析——实证分析中的数据、模型与参数. *农业技术经济* 2014(7) : 4 ~ 16

责任编辑 吕新业