

张旭青. 粮食生产中资本投入与劳动投入的替代弹性[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(11): 551–554.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.11.157

# 粮食生产中资本投入与劳动投入的替代弹性

张旭青

(淮阴师范学院经济与管理学院, 江苏淮安 223001)

**摘要:**基于诱致性技术创新理论,从粮食生产活动自身的劳动力需求出发,研究相对要素价格变化情况下粮食生产过程中资本对劳动的替代。结果表明,农业劳动力价格不断上升,资本价格下降,导致资本与劳动相对要素价格下降;与此相对应,资本投入不断增加,劳动投入持续下降,使得资本与劳动投入比率提高。通过不变替代弹性(CES)函数,利用《全国农产品成本收益资料汇编》数据,分品种测算资本与劳动的替代弹性。计量和测算结果表明,水稻、小麦、玉米的替代弹性分别为 0.419 5、1.099 1、1.057 7。在上述分析结果的基础上,给出相关可行性政策建议。

**关键词:**资本;劳动;诱致性技术创新;不变替代弹性函数;替代弹性;政策建议

**中图分类号:** F326.11 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)11-0551-04

民以食为天,食以粮为本,粮食是人类生存和发展的基础。我国一直把解决粮食问题作为治国安邦的头等大事。2014 年底,中央农村工作会议指出要坚持把保障粮食安全作为首要任务,确保谷物自给和口粮绝对安全,要加快转变农业发展方式,走中国特色农业现代化道路。然而,伴随着经济不断发展,中国农业劳动力数量呈现迅速下降趋势。2013 年农业就业 2.42 亿人,比 1998 年少 1.10 亿,降幅高达 31%。农业就业人员在总就业人员中所占比重从 1998 年的 50% 降至 2013 年的 31%。预计到 2030 年农业就业人数占全国总就业人数的比重将下降至 10% 以内。农业劳动力大幅下降给粮食生产带来巨大的挑战。除了继续依靠技术进步外,粮食生产越来越依靠资本投入品(包括机械、化肥、农药以及除草剂等)对劳动力的替代。即便是农业科技进步,也往往体现在资本投入品的增加和质量改善方面。保持粮食生产增长,将依靠生产要素之间的动态替代。因此,研究粮食生产中资本投入与劳动投入的替代关系变得非常重要。替代弹性是衡量资本与劳动替代关系的主要指标,在农业生产活动及农业政策制定中具有重要意义。制定农机购置补贴等政策以及分析农业生产经营体制时,均须要了解资本对劳动力的替代弹性数值。目前,国内关于粮食生产中替代关系的研究文献并不多见。胡瑞法等利用超越对数模型估计 3 种粮食作物的替代弹性,其中水稻和小麦 4 种投入要素间的替代弹性较为显著,但是玉米不显著<sup>[1]</sup>。杨茂等采用超越对数生产函数,测算我国粮食综合产能投入要素的替代弹性,发现粮食播种面积对技术、资本、劳动的替代弹性均较高<sup>[2]</sup>。马凯等基于不变替代弹性函数测算出农业机械总动力与农业劳动力投入量之间的替代弹性仅为 0.538,可见农业机械替代劳动的作用不大<sup>[3]</sup>。陈书章等运用可超越对数成本函数,分析小麦生产中要素替代行为,发现劳动力和机械、化肥和有机肥之间存在显

著的替代关系<sup>[4]</sup>。尹朝静等运用可变替代弹性函数研究农业资本对劳动的替代弹性,发现 1978—2010 年平均替代弹性为 1.529,替代弹性呈上升趋势<sup>[5]</sup>。上述研究成果对本研究有一定启发作用,但仍然存在一定的不足之处:一方面,尚没有从理论层面分析 3 种粮食生产中要素投入随要素价格变化而变化的过程;另一方面,没有进行分品种的替代弹性比较研究。本研究基于诱致性技术创新理论,从粮食生产活动自身的劳动力需求出发,研究相对要素价格变化情况下,粮食生产过程中资本(包括机械和其他中间投入品)对劳动替代过程,并且利用 2004—2013 年《全国农产品成本收益资料汇编》提供的面板数据,采用不变替代弹性(CES)函数,定量测算资本对劳动的替代弹性,为相关政策制定提供科学的参数。

## 1 诱致性技术创新理论

诱致性技术创新理论最早可以追溯到 20 世纪 30 年代的希克斯理论。希克斯理论假定存在以下机制,当生产要素 A 相对于生产要素 B 来说变得更为充裕时,特定的相对要素价格会诱导出使用更多 A 要素而节约 B 要素的技术创新。这种有偏向的技术创新源自于企业经营者为追求更多的利润,而使用相对丰富而廉价的资源,替代稀缺而昂贵的资源,以降低生产成本的动机。

20 世纪七八十年代,日本经济学家速水佑次郎和美国经济学家拉坦将上述理论应用于农业。他们通过对比日本和美国近百年农业生产数据,发现美国和日本尽管初始生产要素条件完全不同,但是都取得了较高的农业生产增长率<sup>[6-8]</sup>。美国和日本农业产出和生产率快速增长的一个共同基础在于 2 国农业技术发展能够适应各自截然不同的要素比例,有能力产生一系列持续的农业技术诱致性创新。农业技术创新方向是按照市场价格信号,促进相对丰裕要素替代稀缺要素。具体而言,日本由于人多地少,这些技术创新主要集中在生物和化学领域,目的是节约稀缺的土地资源;美国由于地广人少,技术创新主要有关机械化,目的是节约宝贵的劳动力资源。2 国不同的技术变化方式由相对要素价格和变化差异诱导。因而,在设计有效的农业发展政策时,必须包括以下内

收稿日期:2015-09-01

基金项目:江苏省高校哲学社会科学基金项目(编号:2014SJB664)。

作者简介:张旭青(1979—),男,江苏涟水人,博士,讲师,研究方向为农业经济理论与政策。E-mail:zhxq@hytc.edu.cn。

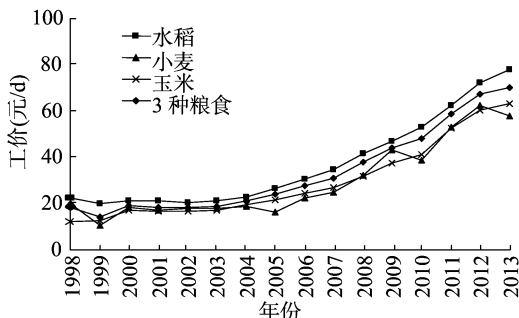
容,即发展农业研究和推广系统,回应要素市场的价格信号;发展有效的市场系统,使得要素价格能够有效地反映经济中相对要素稀缺性。上述“诱致性技术创新理论”对国际农业经济学和发展经济学影响深远。本研究利用中国农业相关数据,检验速水佑次郎与拉坦的诱致性技术创新理论假说在中国是否成立。

## 2 粮食生产要素价格变化

我国的社会经济经过30多年快速发展,中国要素禀赋或要素供给条件已经悄然发生转变,经济增长促进资本的积累,计划生育抑制人口的膨胀。要素供给发生变化,在要素需求的作用下,导致要素价格相应地发生变化,劳动变得稀缺昂贵,资本变得充裕便宜。

### 2.1 农业劳动力价格不断攀升

衡量农业劳动力价格有2个常用指标,即农业雇工工价和劳动日工价。农业雇工工价是指平均1个雇工劳动1个标准劳动日(8 h)所得到的全部报酬(包括工资、合理的饮食费、招待费等)。按照2013年价格计算,3种粮食雇工工价达到1 485.75元/(d·hm<sup>2</sup>),其中水稻、小麦、玉米雇工工价分别为1 647.15、1 228.95、1 339.35元/(d·hm<sup>2</sup>)。为了观察年份之间的变化趋势,使不同年份的雇工工价具有可比性,本研究利用农村居民消费价格指数对雇工工价进行调整(图1)。按1998年不变价计算,3种粮食实际雇工工价从1998年的276.45元/(d·hm<sup>2</sup>)增加到2013年的1 053.75元/(d·hm<sup>2</sup>),年均增长10.63%。尤其值得注意的是,2004年以后实际雇工工价增长趋势明显。水稻、小麦、玉米的实际雇工工价基本呈现相同的生长趋势。劳动日工价是指每个劳动力从事1个标准劳动日的农业生产劳动的理论报酬,用于核算家庭劳动用工的机会成本。通常劳动日工价低于雇佣工价。粮食生产中劳动日工价同样具有明显的增长趋势。扣除物价因素,3种粮食劳动日工价从1998年的9.60元增加到2013年的48.23元,增长了4.02倍。此外,农民工工资也能反映农业劳动力的机会成本。农民工实际平均日工资从1998年的20.30元上涨到2013年的61.66元,年均增长8.47%。需要说明的是,虽然近年来农业雇工工价数额高于农民工日工资额,但是,由于统计口径和计算过程不一致,两者并不具有可比性。



数据来自2002—2014年《全国农产品成本收益资料汇编》

图1 1998—2013年粮食生产实际雇工工价

### 2.2 资本价格下降

利率是资本的价格,通常采用实际利率而不是名义利率来衡量资本的价格,计算实际利率的方法是用名义利率减去

通货膨胀率。名义利率是1年期定期存款利率的月度加权平均。通货膨胀率可采用消费者价格指数(CPI)来衡量。计算结果显示,自1998年以来实际利率在波动中呈现不断下降趋势(图2)。2004年实际利率首次跌破0,随后9年中有4年实际利率为负数,2013年实际利率仅为0.40%。这说明资本价格总体呈现下降趋势。

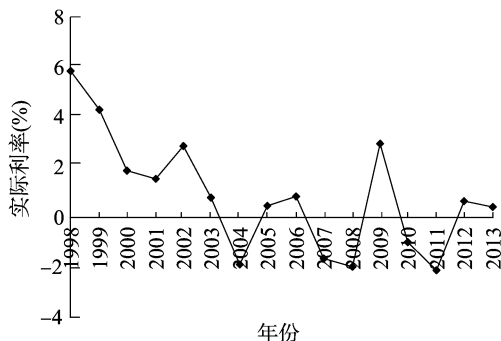


图2 1998—2013年实际利率

### 2.3 相对要素价格变化

农业劳动力价格不断上升,而资本价格呈现下降趋势,这意味着劳动与资本的相对要素价格必然发生变化。由图3可知,3种粮食雇工工价与年利率的比率呈上升趋势,特别是2009年以后相对要素价格大幅度飙升。劳动与资本相对要素价格增加,其根源在于经济发展和人口、劳动力因素变化导致要素供求关系发生转变。

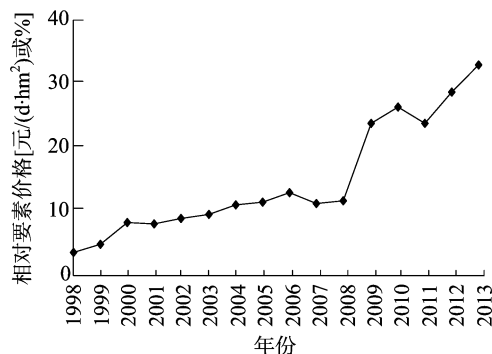


图3 1998—2013年相对要素价格

## 3 粮食生产中劳动和资本投入变动

在实际生产过程中,农民会理性地对相对要素价格变化作出反应,以便利用市场所提供的机会。具体来说,农民会根据要素价格变化,调整生产要素投入比例,令相对充裕和便宜的要素替代相对稀缺和昂贵的要素,即劳动与资本的相对要素价格比率上升,诱使农民采用机械以及其他资本投入品去替代劳动。

### 3.1 资本投入增加

根据全国农产品成本统计体系,粮食生产成本包括物质与服务费用以及人工成本这2项,本研究将物质与服务费用视作资本投入,资本投入中最主要的成本是租赁作业费(含机械作业费)、化肥费、农药费等投入品。2013年在3种主要粮食作物中,水稻是资本投入最多的作物,达到7 027.80元/hm<sup>2</sup>,玉米的资本投入相对较小,为5 395.65元/hm<sup>2</sup>。为了使不同时期的资本投入具有可比性,利用农业生产资料价格指数对资

本投入进行调整(图4)。水稻、小麦、玉米平均实际资本投入总体上呈现增加趋势,尤其是2004、2005年以后增长趋势明显。与1998年相比,水稻的平均实际资本投入增长32%,小麦、玉米则分别增长23%、25%。资本投入增长抵消了劳动投入减少对粮食生产的不利影响。

根据平均实际资本投入和播种面积,可计算出3种粮食生产过程中资本总投入数量。从资本投入总量看,3种粮食的资本总投入在2004年以后呈显著的增加趋势。水稻是资本投入总量最多的品种。

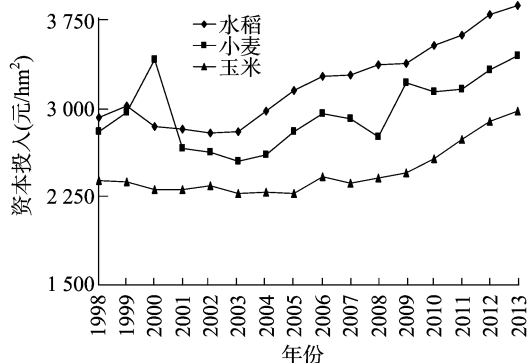


图4 1998—2013年资本投入

### 3.2 劳动投入减少

1998—2013年,3种粮食的用工数量均有明显下降(图5)。水稻和小麦分别是3种粮食中用工数量最多和最少的作物,这反映水稻生产的劳动密集性更高。水稻用工数量下降幅度最大,从1998年的246工日/hm<sup>2</sup>减少到2013年的103.05工日/hm<sup>2</sup>,降幅达到58%。小麦的用工数量从162工日/hm<sup>2</sup>减少到75.45工日/hm<sup>2</sup>,累计下降53%。玉米的用工数量从213工日/hm<sup>2</sup>减少到99工日/hm<sup>2</sup>,下降54%。

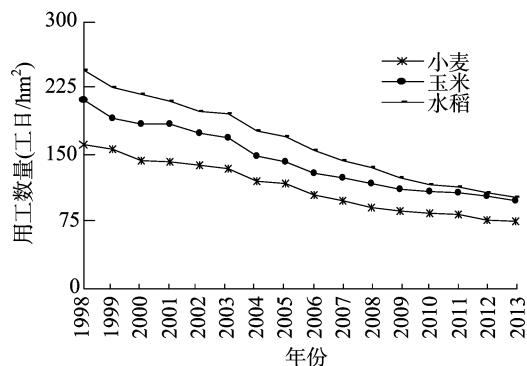


图5 1998—2013年粮食生产用工数量

依据粮食作物的用工数量和播种面积,可进一步测算出3种粮食生产的劳动总投入。结果显示,3种粮食生产过程中所投入的总劳动均明显下降。水稻的劳动总投入下降幅度最大,减少了46亿劳动日;小麦的劳动总投入减少了30亿劳动日;玉米的劳动总投入减少了18亿劳动日。由于目前玉米播种面积超过水稻播种面积的20%,导致玉米事实上已经超过水稻成为劳动总投入最多的作物,2013年其劳动总投入达到36亿劳动日。

### 3.3 资本—劳动投入比率上升

由劳动总投入和资本总投入,可计算出资本—劳动比率。

从图6可看出,3种粮食的资本—劳动比率总体上均呈现增长趋势,2004年以后资本—劳动比率迅速攀升,且小麦的资本—劳动比率高于水稻和玉米。

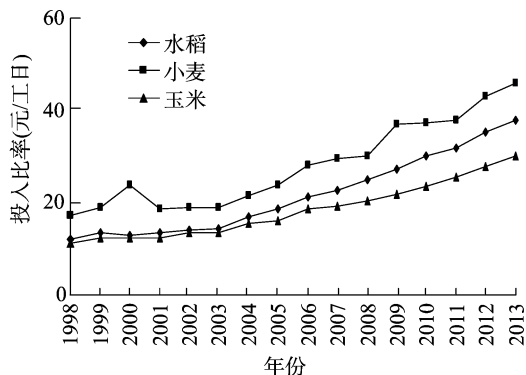


图6 1998—2013年资本—劳动投入比率

水稻、小麦和玉米的资本—劳动投入比率上升,意味着粮食生产的资本密集化程度提高,说明中国粮食生产方式已经开始发生转变:一方面,粮食收割与播种环节的机械化经营水平大幅提高,在粮食生产的资本投入中,租赁作业费(主要是机械作业费)增长幅度最大,3种粮食机械作业费从2001年的341.85元/hm<sup>2</sup>增加到2013年的1873.80元/hm<sup>2</sup>,扣除物价因素,实际增长3.85倍,农业机械总动力从1998年的45207.7万kW增加到2013年的103906.8万kW,增长1.30倍,粮食生产向机械化作业转变;另一方面,粮食生物和化学技术水平不断提高,粮食生产中化肥以及农药投入大幅增加,2013年农用化肥施用量和农药使用量分别是1998年的1.45、1.48倍,过去颇费人力的除草工作现在主要依靠使用除草剂。

## 4 资本—劳动替代率测算

### 4.1 模型设定

要素替代弹性是科学制订农业相关政策的重要参数。生产函数的应用之一是研究要素之间替代的可能性,在不同要素之间的替代也可能不尽相同,而传统的C-D生产函数的替代弹性恒为1,因此它不能反映这种差别。因此,本研究采用应用更为广泛的不变替代弹性生产函数,即CES函数来研究粮食生产中资本与劳动的替代弹性。CES函数的一般形式为

$$Y = A[(1-\delta)K^{-\rho} + \delta L^{-\rho}]^{-1/\rho} \quad (1)$$

式中:Y代表产出;K、L分别代表资本投入、劳动投入。假设技术进步是中性的,A代表技术进步参数,A>0。δ代表分配参数;ρ代表替代参数。v代表规模报酬参数,v=1说明规模报酬不变,v>1说明规模报酬递增,v<1说明规模报酬递减。

估计CES函数的1种重要的方法是Kmenta提出的直接估计法<sup>[9]</sup>。具体而言,对方程(1)2边取对数,在ρ=0处进行二阶泰勒级数展开得到

$$\ln Y = \ln A + v\delta \ln L + v(1-\delta) \ln K - \frac{1}{2} \rho v \delta (1-\delta) [\ln(K/L)]^2 \quad (2)$$

令β<sub>0</sub>=lnA,β<sub>1</sub>=vδ,β<sub>2</sub>=v(1-δ),β<sub>3</sub>=-1/2ρvδ(1-δ)得到,

$$\ln Y = \beta_0 + \beta_1 \ln L + \beta_2 \ln K + \beta_3 [\ln(K/L)]^2. \quad (3)$$

对方程(3)回归可以得到各 $\beta$ 值,进而求出 $A$ 、 $\nu$ 、 $\delta$ 和 $\rho$ 。资本和劳动的替代弹性 $\sigma = 1/(1 + \rho)$ 。

4.2 变量和数据来源

产出 $Y$ 是粮食主产品产量(kg/hm<sup>2</sup>);劳动投入 $L$ 是用工数量(d/hm<sup>2</sup>),包含家庭用工和雇工;资本投入 $K$ 是物质与服务费用(元/hm<sup>2</sup>),以上数据均来自《全国农产品成本收益资料汇编》。考虑到2004年国家发展与改革委员会价格司曾对农产品成本调查核算指标体系作过调整,本研究选取2005—

2013年数据。由于不同年份物质和服务费用不具有可比性,因而利用农业生产资料价格指数对其进行调整,得到以2005年不变价计算的物质和服务费用。本研究选取水稻、小麦、玉米3种主要粮食作物,分别测算其要素替代弹性。由于农产品成本调查每年会重复调查若干省份,因而实际上构成的是3份面板数据。

4.3 测算结果

利用上述面板数据,对方程(3)进行回归,采用固定效应模型,回归结果见表1。

表 1 3 种粮食 CES 函数估计结果

粮食	常数项	lnL	lnK	[ln(K/L)] <sup>2</sup>	地区虚拟变量	观测值	R <sup>2</sup>
水稻	4.492 1(0.387 0) ***	0.596 3(0.175 8) ***	-0.085 6(0.180 9)	0.069 1(0.026 0) ***	略	360	0.440 5
小麦	1.997 0(0.285 9) ***	-0.626 0(0.174 9) ***	1.073 8(0.126 6) ***	-0.067 7(0.020 4) ***	略	135	0.642 8
玉米	0.209 0(0.658 0)	-1.892 9(0.358 9) ***	2.368 4(0.364 9) ***	-0.257 2(0.054 1) ***	略	162	0.621 5

注:括号内是标准差;\*、\*\*、\*\*\* 分别表示在10%、5%、1%水平上差异显著。

得到方程(3)的参数估计值 $\beta$ 以后,可以推算得到水稻、小麦、玉米的替代弹性值 $\sigma$ 分别为0.419 5、1.099 1、1.057 7(表2)。小麦的替代弹性最大,这与小麦播种和收割的机械

化程度较高的经验事实相符;而水稻的替代弹性最小,这与其生产特性有关,目前水稻生产尚没有实现全程机械化。

表 2 参数估计结果

粮食	$A$	$\nu$	$\delta$	$\rho$	$\sigma$
水稻	89.311 3	0.510 8	1.167 6	1.383 6	0.419 5
小麦	7.367 2	0.447 8	-1.397 8	-0.090 1	1.099 1
玉米	1.232 5	0.475 5	-3.981 1	-0.054 6	1.057 7

5 结论与政策建议

综上,中国粮食生产所经历的劳动与资本相对要素价格增加和资本-劳动投入比率上升的变化趋势,验证了速水佑次郎和拉坦的诱致性技术创新理论在中国基本成立。在此基础上,采用不变替代弹性函数测算3种粮食的替代弹性,发现小麦的替代弹性最高,达到1.099 1;而水稻的替代弹性最小,仅为0.419 5。为进一步完善粮食生产,提出如下建议:首先,实行新的政策促使其他要素投入替代劳动投入。伴随着工业化和城市化进程的加快、经济的不断发展,农业劳动力将有更多的就业机会和更大的就业范围。同时,农业生产自身对劳动力的需求下降,相对要素价格变化诱致了劳动被其他要素替代,以及技术进步节约了劳动投入。因此,以资本、化肥等其他要素投入来代替劳动投入将成为农业生产要素投入的趋势。其次,推进粮食生产全程机械化。目前农业机械化程度尚不高,特别在水稻生产中,机械化对中国粮食产量的贡献不大。因此,制定新的农业生产政策时须要加大农业的机械化投入,特别是适合复杂地理环境的中小型农业机械,同时提高农业机械的科学技术含量。实现粮食生产全程机械化耕作将成为我国粮食产业未来的主要发展方向。最后,推进农村要素和粮食生产的市场化改革。要素替代弹性反映了要素配置对要素相对价格变化反应的敏感性,以及市场机制对要素配置的作用深度。市场化改革过程中应该注意观察到要素相对价格和要素替代弹性的变化趋势。我国农村要素市场化程度

还不高,粮食生产内部的投入要素之间还未达到有效配置。因此,必须进一步推进要素市场和粮食生产的市场化改革,特别是要素配置的市场改革,提高要素替代弹性。

参考文献:

[1]胡瑞法,黄季焜. 农业生产投入要素变化与农业技术发展方向[J]. 中国农村观察,2001(6):9-16.

[2]杨 茂,赵予新. 我国粮食综合产能提高过程中的资源替代分析[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2010(12):128-132.

[3]马 凯,史常亮,王忠平. 粮食生产中农业机械与劳动力的替代弹性分析[J]. 农机化研究,2011(8):6-9.

[4]陈书章,宋春晓,宋 宁,等. 中国小麦生产技术进步及要素需求与替代行为[J]. 中国农村经济,2013(9):18-30.

[5]尹朝静,范丽霞,李谷成. 要素替代弹性与中国农业增长[J]. 华南农业大学学报:社会科学版,2014(2):16-23.

[6]Hayami Y, Ruttan V W. Factor prices and technical change in agricultural development; The United States and Japan, 1880—1960[J]. Journal of Political Economy, 1969, 78(5):1115-1141.

[7]Kawagoe T, Otsuka K, Hayami Y. Induced bias of technical change in agriculture; The United States and Japan, 1880—1980[J]. Journal of Political Economy, 1986, 94(3):523-44.

[8]速水佑次郎,弗农·拉坦. 农业发展:国际前景[M]. 北京:商务印书馆,2014.

[9]Kmenta J. On estimation of the CES production function[J]. International Economic Review, 1967, 8(2):180-192.