

引用格式:王晓兵,许迪,张砚杰,等.农场规模、劳动力投入量与技术效率及其相关性问题研究[J].资源科学,2016,38(3):0476-0484. [Wang X B, Xu D, Zhang Y J, et al. The relevance of farm scale, labor inputs and technical efficiency[J]. Resources Science, 2016, 38(3):0476-0484]. DOI:10.18402/resci.2016.03.10

# 农场规模、劳动力投入量与技术效率及其相关性问题研究

王晓兵<sup>1</sup>,许迪<sup>1,2</sup>,张砚杰<sup>3</sup>,杨军<sup>4</sup>

(1.中国科学院地理科学与资源研究所农业政策研究中心,北京 100101; 2.中国科学院大学,北京 100049; 3.转轨经济农业发展研究所,德国哈勒 06120; 4.对外经济贸易大学国际经济贸易学院,北京 100029)

**摘要:**水稻是中国最重要的口粮作物,其生产变化直接关乎国家粮食安全。本文利用1984-2012年早籼稻、中籼稻、晚籼稻和粳稻4种水稻生产的省级面板数据,采用随机前沿生产函数方法,本文估计各种要素投入对水稻产出的贡献,并进一步分析机械使用和劳动力投入之间的替代关系、农场规模对水稻生产和技术效率的影响。研究表明:劳动力投入与机械使用投入呈现出显著的相互替代关系,随着农场规模的扩大,劳动力投入量相对降低,技术效率提高。在未来中国经济继续保持较快增长、城镇化进程加快的背景下,推进机械化和规模化经营对水稻增产具有极为重要的作用。

**关键词:**水稻产出;机械化;劳动力工资;农场规模;中国

DOI: 10.18402/resci.2016.03.10

## 1 引言

水稻是中国最重要的口粮作物,对农民收入和国家粮食安全具有重要影响。中国超过58%的人口以大米为主食。2014年水稻种植面积超过3000万 $\text{hm}^2$ ,产量约占粮食总产量的35%,是种植面积最大、单产最高、总产最多的粮食作物<sup>[1]</sup>。中国水稻种植面积约占世界的21.4%,产量占世界的34.5%,在保障中国和国际粮食安全上都有着举足轻重的地位和作用。

近年来,中国水稻生产面临着机械化水平快速提高,而农业劳动力严重短缺的现状。自改革开放以来,中国农业生产呈现出劳动力资源下降和老龄化,以及农业机械化与劳动力流动具有高度相关性的特点。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得农业生产的机械化程度显著下降<sup>[2,3]</sup>,机械化作业水平停滞了长达10年之久。然而,随着非农部门就业机会的增多,

农业机械化发展速度在过去的10年中又得到了快速的提升<sup>[4,5]</sup>。2013年全国水稻机耕水平达到96%,机插秧、机直播和机浅栽面积总和使全国水稻机械化种植水平达到36%,水稻机收水平将突破80%大关,水稻耕种收综合机械化水平达到70%<sup>[6]</sup>。

在农业生产中能否高效地利用稀缺资源、充分地提高生产效率是一个国家从以农业为基础、劳动力密集型的经济体向以工业、服务业为主要特征的发达经济体转型的重要指标。自20世纪90年代以来,由于水稻生产技术对提高单产的贡献率的下降,亚洲主要产稻区单产增长率徘徊,加之水稻面积的负增长,水稻的总产增长率大幅下降。水稻的主要生产国都在此阶段经历了农业转型。虽然日本的农田大部分仍是分散的,很难使用大型机械,但日本在1970年就实现了水稻插秧的机械化,目前99%以上的稻田都是机械插秧<sup>[7,8]</sup>。虽然菲律宾水稻种植环境优越,但因为国内农业基础设施异常薄

收稿日期:2015-05-18;修订日期:2015-12-29

基金项目:国家自然科学基金项目(71373255;71173204);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(2012RC102)。

作者简介:王晓兵,女,河北冀州人,副研究员,主要研究方向为劳动力市场与农业政策等。E-mail:xbwang.ccap@igsnrr.ac.cn

2016年3月

弱,导致水稻需求20%依靠进口<sup>[9]</sup>。中国农业生产具有的一个显著特征是耕地的平均分配,2亿多农户拥有平均每户0.60hm<sup>2</sup>的种植面积<sup>[1]</sup>。尽管耕地的平均分配已被证实有助于保障中国的粮食安全,然而中国政府也一直在鼓励小农户寻找新的方式来提高资源的使用效率,例如近年来正在进行的土地整合,这将有助于农业生产力的提升。

同时应该注意到,土地流转、非农收入比例的上升会提高农户土地利用效率,但土地细碎化、务农成本上升等又会对农户土地利用效率带来负面效应<sup>[10]</sup>。在目前国内土地有限的情况下,提高复种指数、提高耕地利用集约度,采用新的技术如保护性耕地技术等对粮食产量的增加作用比较显著<sup>[11]</sup>。新技术采用和农业机械使用替代手工生产、节省水稻生产的劳动投入,从而为农户节约更多时间来从事非农生产。虽然农户适当进行兼业经营有利于土地利用效率的提高,但当兼业程度达到一定程度时也会影响土地利用效率<sup>[12]</sup>。此外,还有一个机械投入与农场规模关系的问题值得关注。尽管工资增长提高了劳动密集型农业的生产成本,从而降低了农业比较优势,但是小农场为了节省生产成本,可能仍然很少使用机械。例如,目前亚洲许多地区仍然广泛采取劳动密集型的生产方式。在土地细碎化和不完善的土地租赁市场情况下,土地集约的交易成本较高,生产规模的扩大会也受到制约,大规模采用机械化生产将十分困难。

本文将运用水稻生产的省级面板数据,研究劳动力工资变化与水稻机械化生产的相关关系,并通过随机前沿生产函数估计各种要素投入对水稻产出的贡献,重点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采用的影响。相对于已有研究,本文有以下三方面的贡献和优势:①利用全国农作物生产成本和收益的数据库,对不同水稻品种进行比较分析,识别影响路径;②中国的结构转型期提供了相对较长的面板数据,要素价格体现出较大的时间序列变化,特别是在城镇化推进过程中劳动力工资的变化;③较长的转型期使我们能够观察到一些省份农场平均规模变化。上述数据为准确分析和评估在中国经济快速转型过程中,农业机械化与劳动工资、农场规模之间的关系提供

重要基础。

## 2 机械使用和人均耕地变化分析

目前公布的统计资料中并没有农村劳动力工资数据,因此本文采用国内集体企业的平均工资来反映从事农业生产的机会成本。机械价格由机械零售价格指数来表示,以反映与基期相比机械价格的变化趋势和程度。机械价格指数由加权算术平均值衡量,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计算。机械使用费用以在生产中的使用机械支付的实际价格来表示(2000年不变价格)。

机械使用在水稻生产中快速增长。如图1所示,进入20世纪90年代,中国水稻育秧、种植和收获等主要生产过程的机械化有很大进展。今后将以育插秧和收获两个关键环节为着眼点,带动机整地、田间管理、烘干等环节的机械化,推动水稻生产全程机械化。

水稻生产中机械的使用与机械和劳动力的相对价格呈现明显的负相关性关系。图2显示了机械和农业劳动力的相对价格与机械的使用(每亩)的关系,4种水稻生产中机械的使用与机械和劳动力的相对价格呈现明显的负相关性关系。近年来,中国机械和劳动力的相对价格显著下降,根据图2所展示出的关系,机械和劳动力的相对价格可以较好地解释中国水稻生产机械化快速扩张的原因。

最后,图3展示了中国26个水稻产区省际的土地要素禀赋的变化。随着时间的推移,就整体而言,中国人均水稻耕地面积先增加,在1996年达到顶点接近0.15hm<sup>2</sup>/人;随后逐渐下降至2003年的略高于0.13hm<sup>2</sup>/人,之后人均耕地面积呈逐年增长趋势,到2012年已高于0.155hm<sup>2</sup>/人。中国水稻种植可分为三个类型稻作区:北方稻区、南方稻麦区和南方双季稻区。从分省来看,北方稻区的一些省份在整个样本期间呈现明显的增长趋势,例如黑龙江,吉林和内蒙古。

## 3 计量分析模型和数据来源

### 3.1 计量分析模型

本文参照 Battese 等的研究方法<sup>[13]</sup>,采用超越对数随机前沿生产函数进行计量分析。在非中性技术进步假设下,超越对数随机前沿生产函数模型

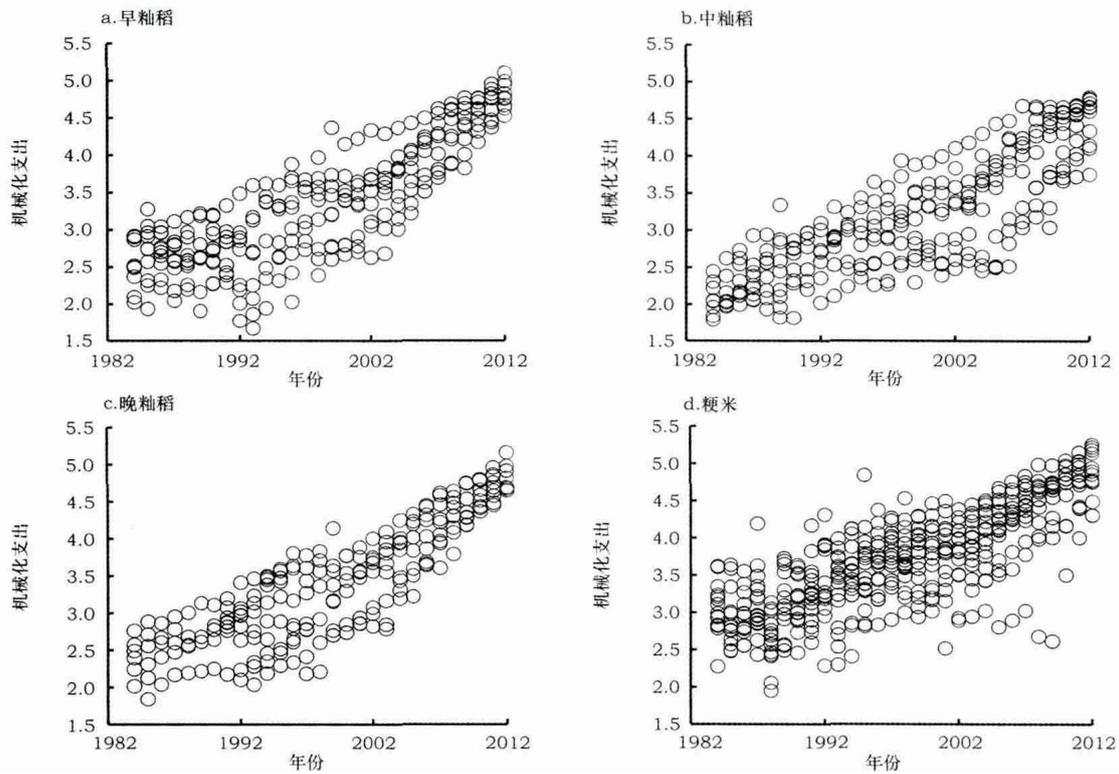


图1 1984-2012年水稻生产中的机械化支出(纵轴为对数表达的机械化支出)

Figure 1 The expense of mechanization in rice production from 1984 to 2012(Number in axis is the Logarithmic value of expenditure on machinery)

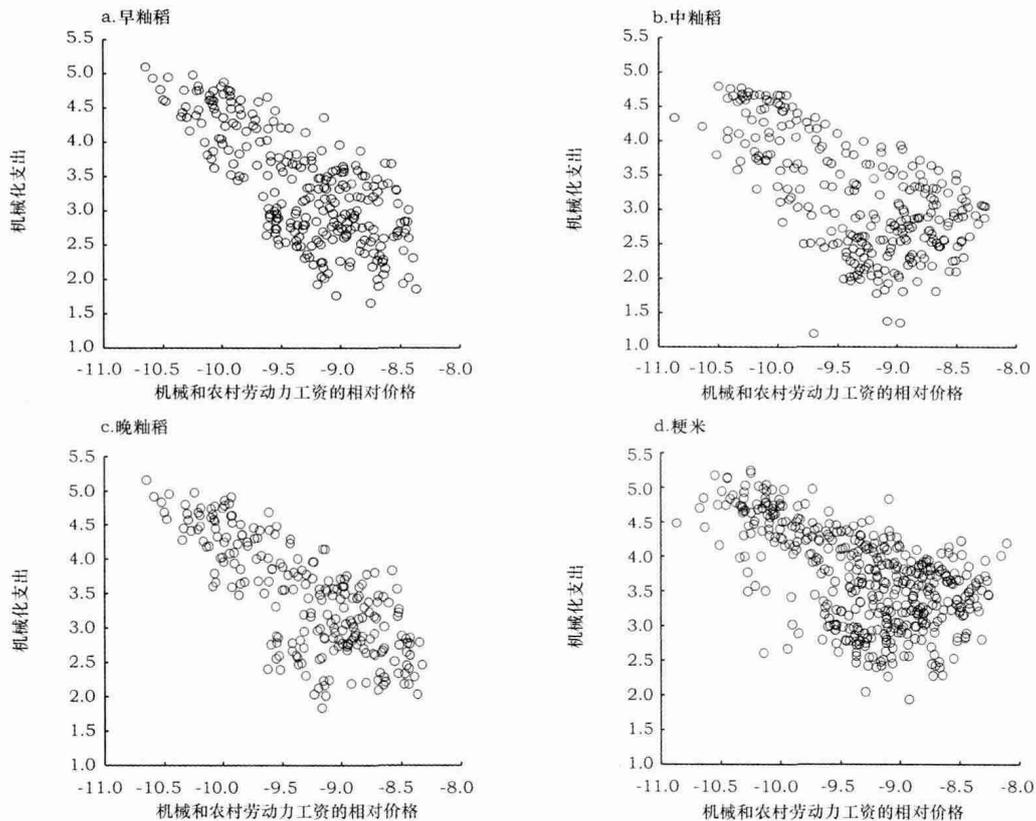


图2 1984-2012年水稻生产机械化支出与机械和农村劳动力工资的相对价格的关系(纵轴为对数表达的机械化支出)

Figure 2 The correlation between the expense of mechanization and the relative price of labor wage in rice production from 1984 to 2012 (Number in axis is the Logarithmic value of expenditure on machinery)

2016年3月

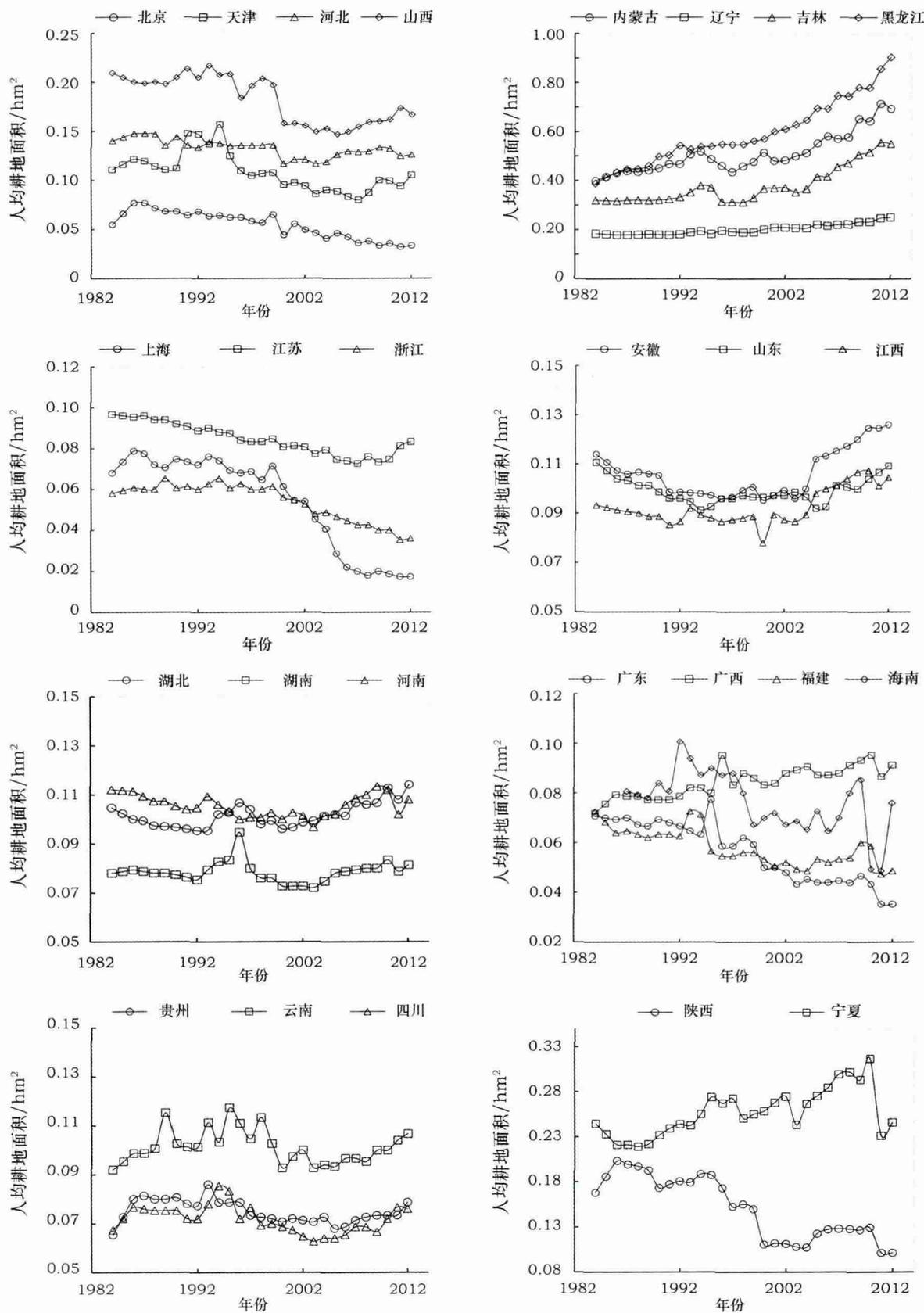


图3 1984-2012年水稻各省人均耕地面积

Figure 3 Rice provinces 'per-person cultivated land area from 1984 to 2012

可以写成:

$$\begin{aligned} \ln(Q_{it}) = & \beta_0 + \beta_A \ln(A_{it}) + \beta_K \ln(K_{it}) + \beta_F \ln(F_{it}) \\ & + \frac{1}{2} \{ \beta_{AA} [\ln(A_{it})^2] + \beta_{KK} [\ln(K_{it})^2] + \beta_{FF} [\ln(F_{it})^2] \} \\ & + \beta_{AK} \ln(A_{it}) \ln(K_{it}) + \beta_{AF} \ln(A_{it}) \ln(F_{it}) \\ & + \beta_{KF} \ln(K_{it}) \ln(F_{it}) + \beta_{At} \ln(A_{it}) t + \beta_{Kt} \ln(K_{it}) t \\ & + \beta_{Ft} \ln(F_{it}) t + \beta_t t + \frac{1}{2} \beta_{tt} t^2 + v_{it} - \mu_{it} \\ & i = 1, 2, \dots, N, \quad t = 1, 2, \dots, T \\ & \mu_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 S_{it} + \gamma_2 E_{it} + \gamma_3 T_{it} + \sum \gamma_j D_j + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (1)$$

式中  $Q_{it}$  为第  $t$  年  $i$  省每种作物的产出;  $A_{it}$  为劳动力投入;  $K_{it}$  为机械使用投入;  $F_{it}$  为化肥投入;  $\beta$  为需要估计相关参数;  $v_{it}$  为随机误差项,  $v_{it} \sim N(0, \sigma_v^2)$ ;  $\mu_{it}$  为技术效率损失项,  $\mu_{it} \sim N^+(0, \sigma_\mu^2)$ 。模型中还包括了一系列解释技术效率变化的外生变量:  $S$  为农场规模;  $E$  为劳动者的受教育程度, 本研究中使用的具体变量为高中以上(含)农村劳动力占全部劳动力的比例;  $T$  表示时间趋势;  $D$  为省份虚拟变量;  $\gamma$  为对要估计的技术效率决定因素的相关参数。

### 3.2 数据来源

本文分析所采用的数据主要基于国家发展计划委员会价格司发布的《全国农产品成本收益资料汇编(1984—2012)》<sup>[4]</sup>。该统计数据建立在 20 000 多农户抽样的框架下, 包含了中国主要农作物的亩均

生产成本、机械和人工支出在内的主要生产投入以及单产等信息。本文整理了水稻(包括籼稻和粳稻, 其中前者又细分为早籼稻、中籼稻和晚籼稻)生产的省际面板数据。同时还, 整合了其他数据信息, 农场规模由农户人均土地面积乘以一个农村家庭的永久居民人数测定, 该数据来源于《中国农村住户调查年鉴》<sup>[15]</sup>; 机械价格指数来自于《中国统计年鉴》<sup>[1]</sup>。本研究中所有的价格都基于 2000 年的不变价格。主要模型变量的统计结果见表 1。

## 4 实证结果分析

因为在早籼稻和中籼稻生产函数中, 化肥投入的一阶系数在统计学上没有显著的异于零, 本文做了 Wald 检验以确定是否可以把化肥投入从模型中去掉而不显著降低模型拟合度。如表 2 最后部分所示, 早籼稻和中籼稻生产函数中的检验统计量值分别为 20.27 和 26.13, 在 1% 显著水平上是显著的, 这表明化肥投入应该包含在这两种水稻生产的模型中。

如表 2 所示, 模型主要参数估计值在统计上极为显著, 而且符号与预期方向一致。因为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 1 随机前沿生产函数中变量的描述性统计

Table 1 Descriptive statistics of analysis of the main variables in stochastic frontier production function

	早籼稻	中籼稻	晚籼稻	粳稻
单产/(kg/亩)	378.02 (37.41)	463.25 (49.53)	377.94 (57.97)	463.32 (76.72)
劳动力投入/(天/亩)	14.72 (5.47)	17.46 (7.45)	13.82 (4.92)	16.16 (7.93)
机械支出/(元/亩)(2000年不变价格)	38.76 (33.48)	33.04 (29.14)	42.65 (34.77)	50.39 (36.02)
化肥/(kg/亩)	22.77 (11.18)	49.10 (13.80)	21.41 (7.18)	24.24 (9.17)
时间/年	14.77 (8.50)	15.81 (8.47)	16.22 (7.95)	14.70 (8.06)
农场规模/(亩/户)	5.56 (1.70)	6.14 (2.20)	5.49 (1.59)	11.42 (9.42)
高中以上(含)农村劳动力占全部劳动力的比例/%	11.90 (4.14)	10.30 (4.46)	12.36 (4.05)	12.08 (4.97)
观察值	261.00	269.00	230.00	434.00

注: 括号内的数值为标准差。

表2 随机前沿生产函数参数估计结果

Table 2 The estimation results of the variables in stochastic frontier production function

	早籼稻	中籼稻	晚籼稻	粳稻
前沿函数参数估计结果:				
<i>Labor</i>	0.662 4*** (14.21)	0.674 9*** (11.45)	0.559 9*** (7.23)	0.507 8*** (17.77)
<i>Chemical fertilizer</i>	0.000 5 (0.01)	0.082 3 (1.26)	0.205 5* (1.87)	0.250 8*** (6.92)
<i>Machine</i>	0.328 6*** (7.81)	0.231 9*** (9.21)	0.230 4*** (5.44)	0.230 8*** (9.23)
<i>Time</i>	0.008 4*** (4.66)	0.011 0* (1.67)	0.004 2** (2.47)	0.010 6*** (5.64)
<i>Time</i> <sup>2</sup>	0.000 3 (1.35)	-0.000 6** (2.52)	0.000 5** (2.38)	0.000 1 (0.28)
<i>Labor</i> × <i>farm size</i>	-0.066 6*** (8.65)	-0.084 6*** (11.44)	-0.098 3*** (7.45)	-0.021 1*** (9.72)
<i>Machine</i> × <i>farm size</i>	-0.044 4*** (6.49)	-0.032 7*** (6.05)	-0.043 6*** (5.64)	-0.013 7*** (7.99)
<i>Fertilizer</i> × <i>farm size</i>	0.008 6 (0.67)	-0.007 0 (1.27)	-0.022 6 (1.25)	-0.010 0*** (3.85)
<i>Labor</i> <sup>2</sup>	-0.030 4 (0.14)	0.272 3* (1.90)	-0.186 0 (1.03)	0.068 6 (0.67)
<i>Machine</i> <sup>2</sup>	0.039 6 (1.46)	0.089 3 (1.63)	-0.085 9 (1.15)	0.046 5*** (4.84)
<i>Chemical fertilizer</i> <sup>2</sup>	-0.210 8*** (3.85)	-0.020 9 (0.51)	-0.116 2** (2.39)	0.051 6 (1.53)
<i>Labor</i> × <i>machine</i>	-0.149 2** (2.09)	0.139 2*** (2.76)	-0.334 3*** (2.87)	-0.093 0* (1.78)
<i>Labor</i> × <i>Chemical fertilizer</i>	-0.263 7*** (2.80)	0.007 0 (0.10)	-0.189 4** (2.14)	0.070 5* (1.65)
<i>Machine</i> × <i>Chemical fertilizer</i>	-0.064 1 (1.62)	0.046 3 (0.84)	-0.104 3** (1.98)	-0.025 6 (0.70)
<i>Constant</i>	0.358 0 (0.02)	3.780 6 (0.78)	-4.521 3* (1.73)	-3.110 5*** (2.78)
技术无效率模型参数估计结果:				
<i>Farm size</i>	0.070 2 (0.08)	-0.908 9** (2.13)	-0.323 2 (1.29)	-0.110 4 (1.22)
<i>Education attainment</i>	-45.393 1 (0.47)	-55.735 0 (1.34)	23.281 4 (1.63)	10.968 9** (2.22)
<i>Time</i>	0.033 8 (0.15)	0.090 4 (0.64)	-0.247 6*** (3.06)	-0.155 9*** (5.08)
<i>Constant</i>	-5.787 3*** (43.13)	-5.629 2*** (29.13)	-6.510 2*** (39.29)	-5.703 8*** (37.36)
<i>Province dummy</i>	是	是	是	是
<i>Wald chi</i> <sup>2</sup> (13)	684e+04	491e+04	922e+04	780e+04
<i>Log likelihood</i>	357.149 8	334.249 1	343.461 1	398.620 6
<i>#Observations</i>	261	269	230	434
假设检验结果(Wald 检验):				
模型中不放入化肥投入				
$\chi^2$	$\chi^2(5)=20.27$	$\chi^2(5)=26.13$		
<i>P-value</i>	0.001 1	0.000 1		

注:括号内为t值,\*\*\*、\*\*、\*分别表示在1%、5%、10%的水平上显著。

表示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水稻生产影响显著,对产量提高具有较显著的促进作用。其中,四种水稻的劳动力投入产出弹性均超过了50%;机械使用对各种水稻的产出贡献介于0.23到0.33之间,意味着机械使用量每增加1%,产出将增加0.23%到0.33%。与此相对照,本文仅观察到化肥投入对晚籼稻和粳稻产出的显著性贡献,其产出弹性分别为0.21和0.25,但是对早籼稻和中籼稻影响却不显著。同时,早籼稻,中籼稻,晚籼稻和粳稻四种水稻生产的技术进步年均增长率分别为0.84%,1.10%,0.42%和1.06%,这表明了1984-2012年的30年间中国水稻技术在不断提高。

本文的随机前沿生产函数设定中还包含了各要素相互交叉项以及各要素和农场规模交叉项,通过对这些变量系数的分析,可以研究各要素投入相互作用对水稻产出的影响和各要素投入在不同农场规模条件下对水稻产出的贡献。研究结果表明,在三种水稻(早籼稻,晚籼稻和粳稻)生产中劳动力投入与机械使用投入呈现出显著的相互替代关系;同时,劳动力投入和农场规模交叉项系数在四种水稻生产函数中均显著为负,这意味着随着农场规模的扩大,劳动力投入量相对降低。

在前沿生产函数估计的基础上,进一步采用技术无效率模型分析<sup>1)</sup>农场规模和教育程度对技术效率的影响。研究结果表明:中籼稻、晚籼稻和粳稻的农场规模系数为负数,但只有中籼稻生产函数的估计参数在统计上显著,这意味农场规模扩大有助于提高技术效率;就现有实证结果看,农场规模扩大对中籼稻的技术效率提高显著。劳动者受教育程度对技术效率的影响在不同水稻品种间存在差异,而且仅对粳稻的技术效率在统计上显著。从粳稻的估计结果来看,劳动者受教育程度与技术效率显著负相关,这意味着中国高中及以上教育经历在种植者中的增长并一定带来水稻生产技术效率的提高。时间趋势变量系数在晚籼稻和粳稻生产函数中显著为负,表明近年来国家政策制度以及社会

环境影响有助于水稻生产效率的提高。

## 5 主要结论和政策建议

随着劳动力成本不断提高,中国水稻生产的机械化程度快速提高。进入20世纪90年代,中国水稻育秧、种植和收获等主要生产过程的机械化有很大进展。而且,水稻生产中机械的使用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水稻生产机械化快速扩张。

水稻生产中劳动力投入与机械使用投入呈现显著的相互替代性。根据1984-2012年的30年以来的水稻生产的省级面板数据,采用随机前沿生产函数的分析结果表明:劳动力投入和机械使用投入对水稻产出有主要贡献,两者的产出弹性之和在早籼稻,中籼稻,晚籼稻和粳稻的生产中,均超过了70%。两种投入要素交叉项系数显著为负,这意味着水稻生产中劳动力投入与机械使用投入呈现出明显的相互替代性。

在前沿生产函数和技术效率解释模型中,采用农场规模变量以分析农场规模变化对水稻产出和技术效率的影响。研究结果表明:劳动力投入和农场规模交叉项系数在4种水稻生产函数中均显著为负,这意味着随着农场规模的扩大,劳动力投入量相对降低,而且技术效率得到提高。考虑到未来中国经济将继续保持较快速度增长、城镇化进程进一步加快和大量农村劳动力转移到城市,上述结论表明:水稻生产的机械化和规模化不仅可以有效缓解农村劳动力短缺对生产所造成的负面影响,而且有助于提高生产技术效率,这对于增加水稻产量、保障国家粮食安全都具有十分的积极作用。

## 参考文献(References):

- [1] 国家统计局. 中国统计年鉴(1985-2015)[R]. 北京:中国统计出版社,1985-2015. [National Bureau of Statistics of China. China Statistical Yearbook (1985-2015) [R]. Beijing: China Statistics Press, 1985-2015.]
- [2] Lin J Y. Rural reforms and agricultural growth in China[J]. *The*

1)被解释变量为“技术无效率”,而非技术效率。这意味着如果变量回归系数为负值,随着该变量的增长,技术效率提高;如果变量回归系数为正值,则随着该变量的提高,技术效率降低。

2016年3月

- American Economic Review*, 1992, 82(1): 34-51.
- [3] Cook S. Surplus labor and productivity in Chinese agriculture: Evidence from household survey data[J]. *The Journal of Development Studies*, 1999, 35(3): 16-44.
- [4] Ji Y, Yu X, Zhong F. Machinery investment decision and off-farm employment in rural China[J]. *China Economic Review*, 2012, 23(1): 71-80.
- [5] Yang J, Huang Z, Zhang X, et al. The rapid rise of cross-regional agricultural mechanization services in China[J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 2013, 95(5): 1245-1251.
- [6] 中华人民共和国农业部. 中国农业统计资料2013[R]. 北京: 中国农业出版社, 2014. [Ministry of Agriculture of China. China Agriculture Statistical Report 2013[R]. Beijing: China Agriculture Press, 2014.]
- [7] 李耀明, 徐立章, 向忠平, 等. 日本水稻种植机械化技术的最新研究进展[J]. 农业工程学报, 2005, 21(11): 182-185. [Li Y M, Xu L Z, Xiang Z P, et al. Research advances of rice planting mechanization in Japan[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2005, 21(11): 182-185.]
- [8] 朱德峰, 程式华, 张玉屏, 等. 全球水稻生产现状与制约因素分析[J]. 中国农业科学, 2010, 43(3): 474-479. [Zhu D F, Cheng S H, Zhang Y P, et al. Analysis of status and constraints of rice production in the world[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2010, 43(3): 474-479.]
- [9] 周锡跃, 徐春春, 李凤博, 等. 世界水稻产业发展现状、趋势及对中国的启示[J]. 农业现代化研究, 2010, 31(5): 525-528. [Zhou X Y, Xu C C, Li F B, et al. Status quo and trends of world's rice industry development and its enlightenment to China[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2010, 31(5): 525-528.]
- [10] 刘涛, 曲福田, 金晶, 等. 土地细碎化、土地流转对农户土地利用效率的影响[J]. 资源科学, 2008, 30(10): 1511-1516. [Liu T, Qu F T, Jin J, et al. Impact of land fragmentation and land transfer on farmer's land use efficiency[J]. *Resources Science*, 2008, 30(10): 1511-1516.]
- [11] 李文叶, 姜鲁光, 李鹏. 2001-2010年鄱阳湖圩区水稻多熟种植时空格局变化[J]. 资源科学, 2014, 36(4): 809-816. [Li W Y, Jiang L G, Li P. The spatio-temporal pattern of rice cropping systems in the polder area of Poyang lake during 2000-2010[J]. *Resources Science*, 2014, 36(4): 809-816.]
- [12] 梁流涛, 曲福田, 诸培新, 等. 不同兼业类型农户的土地利用行为和效率分析-基于经济发达地区的实证研究[J]. 资源科学, 2008, 30(10): 1525-1532. [Liang L T, Qu F T, Zhu P X, et al. Analysis of land use behavior and efficiency of different farm household types[J]. *Resources Science*, 2008, 30(10): 1525-1532.]
- [13] Battese G E, Coellis T J. Frontier production functions, technical efficiency and panel data: With application to paddy farmers in India[J]. *Springer Netherlands*, 1992, 3(1-2): 149-165.
- [14] 国家发展计划委员会价格司. 全国农产品成本收益资料汇编(1985-2012)[R]. 北京: 中国物价出版社, 1985-2013. [State Price Bureau of China. The Compiled Materials of Costs and Profits of Agricultural Products of China (1985-2012) [R]. Beijing: China Price Bureau Press, 1985-2013.]
- [15] 国家统计局. 中国农村住户调查年鉴(1985-2013)[R]. 北京: 中国统计出版社, 1985-2013. [National Statistical Bureau of China. China Yearbook of Rural Household Survey (1985-2012) [R]. Beijing: China Statistics Press, 1985-2013.]

# The relevance of farm scale, labor inputs and technical efficiency

WANG Xiaobing<sup>1</sup>, XU Di<sup>1,2</sup>, ZHANG Yanjie<sup>3</sup>, YANG Jun<sup>4</sup>

(1. Center for Chinese Agricultural Policy, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

3. Leibniz Institute of Agricultural Development in Transition Economies, Halle 06120, Germany;

4. School of International Trade and Economics, University of International Business and Economics, Beijing 100029, China)

**Abstract:** As the most important grain crop in China, rice production is vital to livelihoods and national food security. The level of agricultural mechanization is rising and at the same time the rural labor supply keeps decreasing. Within this context, the overall goal of this paper was to analyze the correlation between labor wages and rice mechanization. We set up datasets based on provincial panel data of early indica rice, medium indica rice, late indica rice and japonica rice from 1984 to 2012. Using the stochastic frontier production function, we estimated the contribution of different factors to rice production. We then analyzed the substitutional relationship between the use of machinery and labor. We found a negative correlation between the use of machinery and labor in rice production. The use of machinery and labor is significant to rice production. The output elasticity of labor is more than fifty percent for all the four kinds of rice. When the input of machinery increases by 1%, the output will be increased by 0.23% to 0.33%. With farm size expansion, the labor force input reduces relatively and technical efficiency improves. Thus, mechanized production will play a core role in China's rice production in the future. Policy implications have been provided at the end of this paper. Under the background of increasing China's economy and urbanization, we recommend the continued promotion of mechanization production.

**Key words:** rice production; mechanization; labor wage; farm size; China