

# 玉米生产成本效率的地区差异及其影响因素

——基于17个主产省2004—2015年的数据

孙炜, 李谷成\*, 高雪

(华中农业大学 经济管理学院/湖北农村发展研究中心, 湖北 武汉 430070)

**摘要:** 基于中国五大玉米主产区17个主产省份2004—2015年的数据采用数据包络分析法测算玉米生产成本效率, 并利用Tobit模型对其成本效率影响因素及其差异进行分析, 最后分别考察城镇化水平和播种面积对玉米生产成本效率提升的门槛效应。结果显示: 全国玉米生产的平均成本效率为0.73, 成本节约潜力巨大, 且整体呈现“北高南低”两极分化现象。玉米生产成本效率影响因素作用机制的地区差异明显。玉米播种面积和有效灌溉率对玉米生产成本效率的贡献度表现出显著的门槛效应; 当城镇化水平跨越门槛值时, 播种面积的正向作用稍有加强; 当播种面积跨越门槛值时, 有效灌溉率的正向作用才显现。

**关键词:** 玉米生产; 成本效率; 影响因素; 区域差异; 门槛效应

中图分类号: F326.11

文献标志码: A

文章编号: 1009-2013(2018)02-0008-08

**Study on regional differences and influencing factors of maize production cost efficiency:**

**Based on the survey data of 17 main producing province in 2004-2015**

SUN Wei, LI Gucheng\*, GAO Xue

(College of Economics & Management/Hubei Rural Development Research Center,  
Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** Based on the data from 17 major producing provinces in five major maize producing areas in China from 2004 to 2015, the Data Envelopment Analysis was applied to measure the cost efficiency of maize production. Then the Tobit model was used to analyze the cost efficiency influencing factors and the differences of these factors. Finally, we investigated the threshold effect of maize production cost efficiency improvement in terms of urbanization level and planting acreage, respectively. The results demonstrate that the average cost efficiency of maize production in the country is 0.73, which has huge potential for cost savings. Besides, the polarizing phenomenon of "North High and South low" is presented as a whole. There are obvious regional differences in the mechanism of influencing factors on maize production cost efficiency. The contribution of maize planting area and effective irrigation rate to the maize production cost efficiency shows a significant threshold effect. When the urbanization level exceeds the threshold value, the positive effect of planting area will be slightly strengthened. In addition, as the planting area reaches the threshold, the positive effect of irrigation rate will show up.

**Keywords:** maize production; cost efficiency; influencing factors; regional difference; threshold effect

## 一、问题的提出

自1978年以来, 中国玉米播种面积和产量不断上升, 如今玉米已成为中国第一大粮食作物。近年来随着中国工业化、城镇化的迅速发展, 劳动力、土地等农业生产成本“地板”抬升, 国外玉米对中国玉米市场产生了极大的挤压效应, 导致中国玉米

收稿日期: 2018-03-06

基金项目: 国家自然科学基金项目(71473100); 中组部青年拔尖人才支持计划项目; 中央高校基本科研业务费专项基金项目(2662015PY093)

作者简介: 孙炜(1992—), 男, 江西赣州人, 硕士研究生。\*为通信作者。

进口量剧增。2016 年中国玉米进口量达到 316.66 万吨, 国产玉米成为“第二个大豆”<sup>①</sup>的趋势越演越烈。2016 年中央一号文件提出“推进农业供给侧结构性改革”, 降低农业生产成本成为供给侧改革的一项重要内容<sup>[1]</sup>。据《全国农产品成本收益资料汇编》统计显示, 2004—2015 年间中国每亩玉米生产总成本呈现不断上涨的趋势, 而净利润总体上却出现下滑态势, 人工成本、土地成本和物质与服务费是影响玉米生产收益提高的重要因素<sup>[2]</sup>。生产成本过高的很大原因在于要素配置扭曲, 即投入量过多或投入量搭配不合理造成的。总而言之, 成本上升已成为影响中国玉米生产安全的巨大挑战。

不少学者对玉米生产效率展开了研究。唐小军、赵贵玉等<sup>[3,4]</sup>利用 HMB 指数方法分别对吉林省和黑龙江省玉米生产效率进行了实证研究, 均发现两省的玉米生产率呈下降趋势, 规模效率是影响玉米生产率变化的主要因素。考虑到国内地区间资源禀赋、经济发展程度等差异, 个别省份的玉米生产效率不能较好地反映全国实际情况, 为此也有研究分析了全国不同地区玉米生产效率的差异。杨春等<sup>[5]</sup>通过 Malmquist 指数方法估算了 1990—2004 年中国玉米的生产增长率、技术进步及技术效率变化, 分地区、省份对比分析发现东北和西北玉米产区的全要素生产率高于华北和西南产区。赵红雷、钟鑫等<sup>[6,7]</sup>采用随机前沿生产函数面板模型对中国玉米核心产区的技术效率进行研究发现, 中国玉米技术效率在 0.8—0.9 左右, 但是不同地区的技术效率存在较大差异。生产效率能够较好地反映出玉米生产水平, 但是在实际生产中, 生产者更加关心的是影响玉米生产效率提高的因素。不少学者研究发现农民受教育水平<sup>[8,9]</sup>、玉米播种面积<sup>[10,11]</sup>、有效灌溉率<sup>[12]</sup>、财政支农补贴<sup>[13]</sup>等因素与玉米生产效率有着正向关系, 对提高玉米生产效率起着重要作用; 而自然灾害<sup>[14,15]</sup>、土地细碎化<sup>[16]</sup>等因素对玉米生产效率的提升具有阻碍作用。

从现有研究看, 学者们更多地关注玉米生产技术效率测算与演进趋势、地区差异及其影响因素, 对玉米生产成本效率及其影响因素的分析很少。成本效率反映的是在一定技术和价格水平下资源配置的合理性及同等产量生产成本的大小。一个理性生产者追求的是以最小成本生产出同样产量, 它是

一个投入产出相对效率的概念。大多学者主要是在区域同质的假设下进行研究, 忽视了影响因素对不同地区玉米生产效率作用机制存在差异的事实, 以及外部环境对影响因素发挥作用存在的非线性门槛效应。从中国玉米生产实际来说, 农户大多是投入要素价格的直接承担者, 研究给定产出和投入要素价格下的玉米生产成本效率意义更大。基于此, 笔者拟以全国玉米主产区为研究对象, 利用数据包络分析法测算中国玉米生产成本效率, 并构建 Tobit 模型对其影响因素的差异性进行分析, 进而采用门槛模型探究影响因素发挥作用受其他外界因素可能存在的非线性门槛效应, 旨在正确认识区域间玉米生产成本效率的差异, 及各区域要素作用发挥的限制条件, 以期矫正、优化要素配置来提高玉米生产成本效率。

## 二、理论分析与模型设定

### 1. 理论分析

经济发展、经营管理水平、地域要素禀赋等的差别会导致那些资源稀缺地区的生产配置不合理、效率低下<sup>[17]</sup>。中国国土辽阔, 地区间自然条件、经济社会发展、经济基础、产业结构等存在巨大差异, 更易带来玉米生产成本及生产效率不同。农户是生产决策主体, 农户的特征差异如文化程度不同将造成玉米生产效率的差异。农民受教育水平的提高能增强农户资源配置、吸收技术等方面能力<sup>[9]</sup>, 而在有些地区文化水平高的农民往往放弃土地选择外出务工, 导致生产资料闲置。农村居民年纯收入的提高一方面有利于改善农业生产资料配置, 另一方面也会增加农户离开土地转向非农投资的概率<sup>[18]</sup>。扩大播种面积在有些地区能促进规模效率提升<sup>[10,11]</sup>, 而在有些地区依靠扩大播种面积来提升粮食生产效率会适得其反<sup>[19]</sup>。灌溉率反映的是各地区农业基础设施的完善程度, 合理的灌溉率有利于解决玉米生产过程中的水源问题, 提升玉米生产效率<sup>[13]</sup>, 但有些地区存在灌溉过度现象<sup>[20]</sup>, 导致玉米生产成本抬升。因此, 在现有文献基础上, 本研究将主要考察农民受教育水平、农村居民年纯收入、玉米播种面积及灌溉率对玉米成本效率影响的地区差异。

地区间经济水平、资源禀赋等差异也决定了各因素对玉米生产成本效率的影响是一个极其复杂

的过程。在现实生产过程中,往往存在一个或多个关键点,地区间跨过关键点与否,那么同种因素对他们之间的作用机制是不一样的。据此,在可能导致以上 4 个因素对玉米生产成本效率影响差异的因素中,本研究认为城镇化水平和玉米播种面积对其具有较大关系。由于区域间的差异性,各地区城镇化水平处在完全不同的阶段,东部发达省份已进入城镇化分散阶段,而大部分中西部省份还处于集中阶段<sup>[21]</sup>。城镇化水平门槛效应可能经由 2 种渠道产生:一是城镇化水平提高意味着带来工业经济产生的生产技术、工具和管理经验,对农业生产产生积极的作用<sup>[22]</sup>。此时,在生产能力提升的基础上扩大玉米播种面积,可以增强玉米综合生产能力。二是城镇化水平提高利于教育的发展从而提升农民文化水平。因此预期城镇化水平与玉米播种面积、农民受教育水平具有门槛效应。玉米播种面积门槛效应可能通过 2 种途径产生:一是玉米播种面积的大小和农业基础设施状况(玉米有效灌溉率)关系较大。播种面积与农业设施相匹配时,生产效率能得到较大幅度提高;而不合理时,则会造成资源浪费。二是玉米播种面积与农民收入水平相关。播种面积与农民收入水平相适应时,资金能得到充分利用;而不合理时,则会造成资金闲置或者负担。因此预期玉米播种面积和有效灌溉率、农民年纯收入具有门槛效应。

## 2. 模型设定

综观国内外关于成本前沿的研究,非参数法(数据包络分析 DEA)和参数法(随机前沿分析 SFA)是测算成本效率最为常见的方法,本研究选择数据包络分析法对玉米生产成本效率进行研究。数据包络分析法的基本思想是考虑多种投入与产出所构成的生产集,通过对一个特定生产集的效率 and 同类型生产决策单元的效率进行比较,以期使生产决策者效率最大化。因成本效率是用来度量在同样的产出及市场条件下,生产决策者的成本接近于最小生产成本的程度,故本研究主要研究规模报酬不变(CRS)假设下成本最小的资源配置方案。假设有  $n$  个玉米生产决策单元,  $m$  维投入向量  $X=(x_1, x_2, \dots, x_m)$ , 投入要素价格  $P=(p_1, p_2, \dots, p_m)$ ,  $s$  维产出向量  $Y=(y_1, y_2, \dots, y_m)$ , 据王建华<sup>[23]</sup>的研究,生产成本效率可表示为:

$$C(P, Y_a) = \sum_{i=1}^m p_i x_i, i=1, 2, \dots, m \quad (1)$$

规模报酬不变的情况下,最小生产成本  $\min C(P, Y_a)$  可以表示成:

$$\begin{aligned} C_1(p, Y_a) &= \min \sum_{i=1}^m p_i x_i \\ \text{s.t.:} & -\sum_{j \in J} X_j \lambda_j + X \geq 0 \\ & \sum_{j \in J} X_j \lambda_j \geq Y_a \\ & X \geq 0, \lambda_j \geq 0, j \in J \end{aligned} \quad (2)$$

从而得到最优解,那么成本效率为:

$$CE = \frac{C_1(p, Y_a)}{C(P, Y_a)} \quad (3)$$

成本效率(CE)可表示为技术效率(TE)和配置效率(AE)的乘积:  $CE=TE \times AE$ 。其中,技术效率(TE)是指投入与产出的关系:一定的投入获得了最大产出或一定的产出实现了投入最小化。配置效率(AE)是指在一定投入下,通过各要素的优化组合、实现最佳比例来获得最优产出。若要在上述公式的基础上计算规模报酬可变情况下的效率,则需要加入约束条件:  $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ 。

鉴于 DEA 模型所测得成本效率值的截尾特征,采用 Tobit 模型更适用于此类问题分析<sup>[24]</sup>。因变量为本研究所测得的成本效率值,以选取的农民平均受教育水平、玉米播种面积、农村居民年纯收入和玉米有效灌溉率 4 个影响因素为自变量,可构建如下面板 Tobit 模型:

$$CE_{it} = \alpha + \beta_1 edu_{it} + \beta_2 \ln sow_{it} + \beta_3 \ln income_{it} + \beta_4 \ln irrlv_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

其中,  $CE_{it}$  为所测得的玉米生产成本效率值,  $edu_{it}$  为农民平均受教育水平,  $\ln sow_{it}$  为玉米播种面积的对数,  $\ln income_{it}$  为农村居民年纯收入的对数,  $\ln irrlv_{it}$  为玉米有效灌溉率,  $\alpha$  为常数项,  $\beta_1$ 、 $\beta_2$ 、 $\beta_3$ 、 $\beta_4$  为各变量的回归系数,  $\varepsilon_{it}$  为随机扰动项。

Hanse<sup>[25]</sup>提出的面板门槛模型,与其他模型相比较最大的特点是能发现经济中的门槛效应。对于单一门槛模型如下:

$$y_{it} = \mu_i + \delta_1 x_{it} I(q_{it} \leq \gamma) + \delta_2 x_{it} I(q_{it} > \gamma) + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

上式中,  $i$  表示地区,  $t$  为时间,  $q_{it}$  为门槛变量,  $\gamma$  表示未知门槛,  $\varepsilon_{it}$  为随机扰动项,  $I(\cdot)$  为指标函数,  $\delta_1$ 、 $\delta_2$  为系数。该模型可变为一段函数,即:

$$y_{it} = \begin{cases} \mu_i + \delta_1 x_{it} + \varepsilon_{it}, q_{it} \leq \gamma \\ \mu_i + \delta_2 x_{it} + \varepsilon_{it}, q_{it} > \gamma \end{cases} \quad (6)$$

借鉴以上门槛模型,分别以城镇化水平(*urban*)和玉米播种面积(*Insow*)为门槛变量构建如下单一门槛模型:

$$CE_{it} = C + \delta K_{it} + \delta_1 Insow_{it} \times I(urban_{it} \leq \gamma) + \delta_2 Insow_{it} \times I(urban_{it} > \gamma) + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

$$CE_{it} = C + \delta K_{it}^2 + \delta_1 irrly_{it} \times I(Insow_{it} \leq \gamma) + \delta_2 irrly_{it} \times I(Insow_{it} > \gamma) + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

其中,  $CE_{it}$  表示玉米生产成本效率, 括号内  $urban_{it}$  和  $Insow_{it}$  为门槛变量, 括号外  $Insow_{it}$  和  $irrly_{it}$  为核心解释变量。  $K_{it}$  为控制变量, 包括农民平均受教育水平 ( $edu$ )、灌溉率 ( $irrly$ ) 和农村居民年纯收入 ( $Inincome$ );  $K'_{it}$  为控制变量, 包括农民平均受教育水平 ( $edu$ )、玉米播种面积 ( $Insow$ ) 和农村居民年纯收入 ( $Inincome$ )。

### 三、数据来源与实证分析

#### 1. 数据来源

本研究选取的五大玉米主产区具体包括东北玉米区 ( $D_1$ ) 的辽宁、吉林和黑龙江, 华北玉米区 ( $D_2$ ) 的河北、山西和内蒙古, 华东玉米区 ( $D_3$ ) 的河南、江苏、安徽和山东, 西南玉米区 ( $D_4$ ) 的贵州、四川和云南, 西北玉米区 ( $D_5$ ) 的甘肃、宁夏、陕西和新疆, 这 17 个省份的年均玉米播种面积占全国玉米总播种面积的比超过 92%, 具有较好的代表性。

在测算玉米生产成本效率中, 数据来自于历年《全国农产品成本收益资料汇编》, 考虑到统计口径的一致性(2003年后农产品成本收益统计指标和口径发生变化), 故选取以上所述 17 个省份 2004—2015 年的面板数据。因劳动力、土地、化肥、种子和机械是农业生产中最主要的生产要素, 鉴于机械作业等投入数量信息不可获得性, 只选取劳动力(日)、土地(公顷)、化肥施用量(千克)、种子(千克) 4 个投入变量。因仅有各地区平均每公顷土地玉米的成本和收益数据, 为获得土地投入面积信息, 将其中给出的每亩投入产出数据折算成每吨玉米的投入数据, 并计算出生产每吨玉米对应投入要素的价格水平, 选取每吨玉米总产值为产出变量。

在分析影响玉米生产成本效率的因素中, 农民平均受教育水平 数据取自历年《中国农村统计年鉴》, 各省农村居民年纯收入、玉米播种面积、各省有效灌溉率和城镇化水平数据来自《中国统计年鉴》。其中, 农民受教育水平数据对各地区农村家庭劳动力平均每百个劳动力文化状况的数据进行加权求和, 对不识字或识字很少、小学程度、初中程度、高中和中专程度、大专和大专以上程度分别权重为 1、6、9、12、16, 每个农民的平均受教育水平 = (小学比重×6+初中比重×9+高中和中专比重×12+大专及以上学历比重×16) / 100。玉米有效灌溉率由各省有效灌溉面积占玉米播种面积的比值得到。城镇化水平数据为城镇人口与总人口的比例。另外, 为保证数据更加平稳, 对农村居民年纯收入和玉米播种面积的数据进行了取对数处理。

#### 2. 玉米生产成本效率测算结果分析

运用 DEAP2.1 软件测算出全国 17 个省份 2004—2015 年在 CRS 条件假设下玉米生产成本、配置和技术效率均值。结果表明, 全国玉米生产的平均成本效率为 0.73。17 个省份 12 年间玉米生产技术、配置和成本效率的平均值如表 1 所示。

表 1 17 个省份玉米技术、配置和成本效率均值

地区	技术效率	配置效率	成本效率
全国	0.91	0.80	0.73
辽宁	0.87	0.95	0.83
吉林	0.93	0.90	0.84
黑龙江	0.98	0.93	0.92
内蒙古	0.96	0.95	0.89
宁夏	0.93	0.75	0.69
山西	0.97	0.81	0.79
河北	0.97	0.88	0.85
河南	0.90	0.89	0.80
陕西	0.74	0.72	0.53
江苏	0.85	0.85	0.72
安徽	0.85	0.88	0.75
山东	0.91	0.87	0.80
贵州	0.87	0.53	0.46
四川	0.91	0.65	0.59
云南	0.78	0.58	0.46
甘肃	0.98	0.60	0.60
新疆	0.99	0.96	0.96

成本效率均值最高的产区为东北玉米区, 最低为西南玉米区, 其中排前五的省份为新疆、黑龙江、内蒙古、河北和吉林, 排后五位的是贵州、云南、陕西、四川和甘肃。各省的技术效率都较高, 玉米生产成本效率(技术效率与配置效率之积)损失主

要是因为配置效率较低,尤其在甘肃和西南地区由于生产要素(劳力、土地、化肥和种子等)在配置上存在较大扭曲,配置效率滞后较严重,导致成本效率远低于全国其他地区。从理论上讲,如果按照前沿面的效率生产,即在一定技术条件和产出不变的条件下,如果能消除技术和配置效率的损失,玉米的生产成本存在较大下降可能,如山西生产一吨玉米的成本存在 21% 的下降空间。

中国五大玉米产区 and 全国平均成本效率的年度变化趋势如图 1 所示。从整体上看,2004—2015 年五大玉米产区均呈现出不同程度的波动态势。具体来看,全国平均成本效率波动不大,较为平稳,但总体呈现出下降趋势;2004—2011 年间东北地区波动较为剧烈,2011 年后变化不大,成本效率保持在 0.9 左右;华北地区玉米生产成本效率保持着较高水平,效率值集中在 0.8—0.9 之间,但 2011 年后有下降趋势;华东地区玉米生产成本效率变化不大,保持在 0.75 左右;西南产区较全国其他地区波动最为剧烈,且总体上呈现出下降趋势,下降幅度大于其他四大产区;西北地区总体上波动较小,2004—2009 年区间玉米生产成本效率有小幅上升趋势,但 2009 年后开始出现下降趋势。

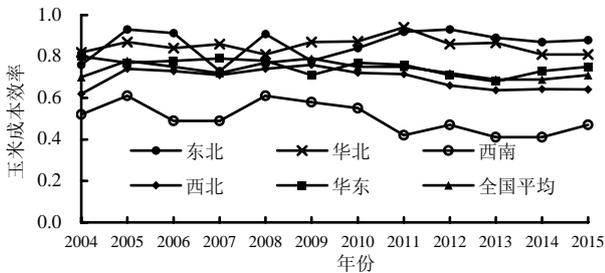


图 1 玉米成本效率分区域年度变化趋势

进一步用核密度估计法描绘 2004—2015 年中国玉米生产成本效率,结果如图 2 所示。从图中可以看出,2004—2008 年玉米生产成本效率核密度呈现“尖单峰”态势,核密度函数的极值点在 0.78 左右。2008 年相比于 2004 年,波峰变尖变高,说明 2008 年的成本效率值有所提高;2008—2012 年,核密度分布图峰度由“尖单峰型”逐步转变为“宽峰型”,且开始出现“宽双峰”特征,说明各玉米产区成本效率趋于两极分化,并向两个均衡点靠近,一个集中于 0.82 附近,另一个集中于 0.59 附近。2012—2015 年,峰高变化不大,但波峰出现小

幅左移,说明玉米生产成本效率出现了小幅下降的现象。从总体上讲,中国玉米生产成本效率呈现出下降趋势,面临着不协调的状况。

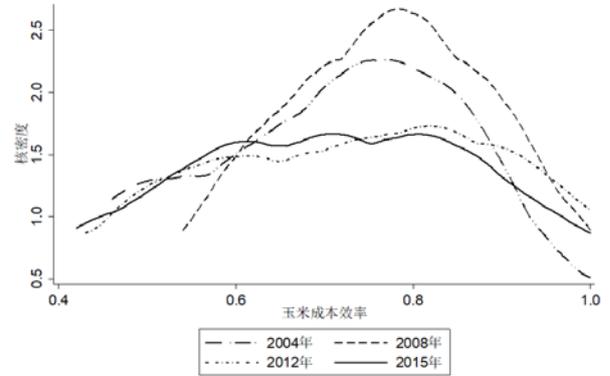


图 2 玉米生产成本效率核密度估计分布图

### 3. 玉米生产成本效率影响因素的实证分析

为比较中国各玉米生产区成本效率的差异,根据中国玉米种植的地理特点,本研究以华北玉米区(D<sub>2</sub>)为参照系,其他地区引入虚拟变量,在(4)式的基础上构建如下模型:

$$CE_{it} = \alpha + \beta_1 edu_{it} + \beta_2 Insow_{it} + \beta_3 Inincome_{it} + \beta_4 irrly_{it} + \gamma_1 D_1 \times (edu_{it} + Insow_{it} + Inincome_{it} + irrly_{it}) + \gamma_2 D_3 \times (edu_{it} + Insow_{it} + Inincome_{it} + irrly_{it}) + \gamma_3 D_4 \times (edu_{it} + Insow_{it} + Inincome_{it} + irrly_{it}) + \gamma_5 D_5 \times (edu_{it} + Insow_{it} + Inincome_{it} + irrly_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

借助 Stata13 软件对其进行参数估计,估计结果如表 2 所示。回归结果显示,各因素对不同玉米产区生产成本效率的影响存在较大差异。

农民平均受教育水平(edu)对华北地区(D<sub>2</sub>)玉米生产成本效率具有显著的负向影响;对华东(D<sub>3</sub>)和西南地区(D<sub>4</sub>)具有显著的正向影响;东北(D<sub>1</sub>)和西北地区(D<sub>5</sub>)未通过显著性检验。具体来说,对于华北地区,农民受教育水平提高后会选择外出务工,而剩余较多的老人、妇女不利于农业生产发展<sup>[26]</sup>,从而导致生产效率下降;对于华东和西南地区来说,可能原因是文化水平高的生产者对先进技术的认知与吸收、玉米新品种采纳、玉米市场信息获取等能力较强,玉米投入要素配置得到优化,成本得到节约,从而提高了玉米生产成本效率。

玉米播种面积(Insow)对华北地区(D<sub>2</sub>)玉米生产成本效率有显著的正向影响;对东北(D<sub>1</sub>)、西南(D<sub>4</sub>)和西北地区(D<sub>5</sub>)具有显著的负向影响;对华东地区(D<sub>3</sub>)未通过显著性检验。具体而言,

在华北地区扩大玉米种植面积能够提高成本效率，可能是因为种植规模扩大，规模化经营程度提高，土地利用率和生产率得到提高，进而玉米生产成本效率提升；对于东北地区扩大种植面积会降低成本效率，可能是因为该地区农村劳动力转移较快使得种植结构调整快，现有要素投入已得到最大化利用，扩大玉米种植面积反而降低其成本效率；对于西南地区可能原因是该区以山地高原为主，土地细碎化问题突出，扩大玉米种植面积需要投入较其他地区更大的成本，从而会降低成本效率；对于西北地区，可能原因是该区处于西北内陆，干旱少雨水资源缺乏，灌溉设施成本投入较大，如果继续扩大种植面积，现有灌溉设施难以为继，需要为水源问题付出更大的成本。

农村居民年纯收入 (*Inincome*) 对华东 ( $D_3$ ) 和西南地区 ( $D_4$ ) 玉米生产成本效率有显著的负向影响；对华北 ( $D_2$ )、东北 ( $D_1$ ) 和西北地区 ( $D_5$ ) 呈正向影响，但未通过显著性检验。具体地，华东地区由于经济基础较好，非农就业机会潜力较大，农民收入水平提高可能会向其他行业投资，使得玉米生产投入要素不再合理，成本效率下降；西南地区的原因可能是该区域农村发展水平相对滞后，收入水平提高后农民会将收入更多地用于改善自身的生活条件上（如建造房屋），使得对玉米生产的投资减少，成本效率下降。

灌溉率 (*irrlv*) 对华北 ( $D_2$ )、东北 ( $D_1$ )、西南 ( $D_4$ ) 和西北地区 ( $D_5$ ) 玉米生产成本效率均具有显著的正向影响；对华东地区 ( $D_3$ ) 虽有正向影响，但未通过显著性检验。具体而言，有效灌溉率提升反映的是排灌设施等农业生产基础设施的完善以及灌溉技术等生产技术进步，完善设施和先进技术可以使得玉米生产过程得以顺利进行，从而提高投入要素利用率，减少生产资料的使用或浪费，

降低成本而提升玉米生产成本效率。

表 2 玉米生产成本效率影响因素的回归结果

变量	系数	标准误差	T 值	P> t
<i>edu</i>	-0.089 3***	0.031 7	-2.82	0.005
<i>Insow</i>	0.140***	0.028 6	4.88	0.000
<i>Inincome</i>	0.000 785	0.026 0	0.03	0.976
<i>irrlv</i>	0.011 7*	0.006 7	1.74	0.084
$D_1edu$	-0.002 36	0.040 5	-0.06	0.954
$D_1Insow$	-0.070 4*	0.042 3	-1.67	0.097
$D_1Inincome$	0.044 4	0.041 7	1.07	0.288
$D_1irrlv$	0.205***	0.074 1	2.77	0.006
$D_3edu$	0.168**	0.066 0	2.54	0.012
$D_3Insow$	-0.060 1	0.048 3	-1.24	0.215
$D_3Inincome$	-0.124***	0.040 2	-3.09	0.002
$D_3irrlv$	0.010 7	0.013 1	0.82	0.416
$D_4edu$	0.209***	0.072 0	2.90	0.004
$D_4Insow$	-0.112**	0.049 9	-2.24	0.026
$D_4Inincome$	-0.155***	0.046 4	-3.35	0.001
$D_4irrlv$	0.109**	0.049 7	2.19	0.030
$D_5edu$	0.010 7	0.081 6	0.13	0.896
$D_5Insow$	-0.109*	0.060 3	-1.81	0.071
$D_5Inincome$	0.040 3	0.041 3	0.97	0.331
$D_5irrlv$	0.082 3***	0.010 8	7.61	0.000
_cons	0.534***	0.161 5	3.30	0.001

Log-Likelihood = 221.496 chi2(20) = 361.88 Prob > chi2 = 0.000 0

注：\*、\*\*和\*\*\*分别表示在 10%、5%和 1%的显著性水平下显著。

#### 4. 面板门槛模型的检验及结果分析

以城镇化水平为门槛变量、玉米播种面积为核心解释变量以及以玉米播种面积为门槛变量、玉米有效灌溉率为核心解释变量进行检验。为确定门槛的个数，在自抽法(Bootstrap)模拟 1 000 次的情况下依次检验了单一门槛和双重门槛模型假设下的显著性水平，结果如表 3 所示。两个门槛变量的单一门槛效应都通过了 5%显著性水平的检验，而均未通过双重门槛效应检验。因此，接下来采用单一门槛模型进一步分析。

表 3 门槛效应检验结果

门槛变量	门槛模型	F 值	P 值	门槛估计值	1%	5%	10%
<i>urban</i>	单一门槛	13.12**	0.022	55.23	15.144	11.607	9.758
	双重门槛	8.39	0.134	34.89	15.151	11.237	8.981
<i>Insow</i>	单一门槛	13.45**	0.042	7.80	17.175	13.130	11.066
	双重门槛	11.87	0.172	5.94	33.997	24.805	18.458

注：\*、\*\*和\*\*\*分别表示在 10%、5%和 1%的显著性水平下显著。

表 3 给出了单一门槛模型估计得到的门槛值，城镇化水平门槛值为 55.23，玉米播种面积门槛值

为 7.80。根据门槛值大小可以将所选取的省份划分为两个区域（表 4）。进而，分别以所选的门槛变量

进行门槛回归,结果如表 5 所示。可以发现,玉米播种面积和有效灌溉率对玉米生产成本效率的贡献度呈现出显著的门槛效应。当城镇化水平跨过门

限值时,玉米播种面积对玉米成本效率的贡献力加大;同理,当玉米播种面积跨过门限值时,有效灌溉率对玉米生产成本效率的影响度显著加强。

表 4 各省份依据门槛值的区间划分(2004—2015 年)

年份	<i>urban</i> ≤55.23	<i>urban</i> >55.23	<i>Insow</i> ≤7.80	<i>Insow</i> >7.80
2004	吉林、黑龙江、河北、山西、内蒙古、甘肃、宁夏、新疆、河南、陕西、江苏、安徽、山东、贵州、四川、云南	辽宁	辽宁、黑龙江、山西、内蒙古、甘肃、宁夏、新疆、河南、陕西、江苏、安徽、贵州、四川、云南	吉林、河北、山东
2008	吉林、河北、山西、内蒙古、甘肃、宁夏、新疆、河南、陕西、江苏、安徽、山东、贵州、四川、云南	辽宁、黑龙江	辽宁、山西、内蒙古、甘肃、宁夏、新疆、陕西、江苏、安徽、贵州、四川、云南	吉林、黑龙江、河北、河南、山东
2012	吉林、河北、山西、甘肃、宁夏、新疆、河南、陕西、安徽、山东、贵州、四川、云南	辽宁、黑龙江、内蒙古、江苏	辽宁、山西、甘肃、宁夏、新疆、陕西、江苏、安徽、贵州、四川、云南	吉林、黑龙江、河北、内蒙古、河南、山东
2015	河北、山西、甘肃、宁夏、新疆、河南、安徽、贵州、四川、云南	辽宁、吉林、黑龙江、内蒙古、陕西、江苏、山东	辽宁、山西、甘肃、宁夏、新疆、陕西、江苏、安徽、贵州、四川、云南	吉林、黑龙江、河北、内蒙古、河南、山东

表 5 面板门槛模型回归结果

变量	门槛变量			
	系数	标准差	t 值	
城市化水平	<i>edu</i>	-0.018 8	0.031 5	-0.60
	<i>Insow</i>	—	—	—
	<i>irrlv</i>	0.050 2*	0.026 9	1.87
	<i>Inincome</i>	-0.090 4***	0.018 8	-4.82
	<i>Insow_1</i> ( <i>urban</i> ≤55.23)	0.218***	0.049 9	4.38
	<i>Insow_2</i> ( <i>urban</i> >55.23)	0.229***	0.049 8	4.60
	常数项	-0.037 7	0.389 6	-0.10
玉米播种面积	<i>edu</i>	-0.036 1	0.030 9	-1.16
	<i>Insow</i>	0.164***	0.053 1	3.08
	<i>irrlv</i>	—	—	—
	<i>Inincome</i>	-0.064***	0.017 7	-3.59
	<i>irrlv_1</i> ( <i>Insow</i> ≤7.80)	0.037 3	0.027 2	1.37
	<i>irrlv_2</i> ( <i>Insow</i> >7.80)	0.134***	0.035 3	3.79
	常数项	0.274	0.405 3	0.68

注: \*、\*\*和\*\*\*分别表示在 10%、5%和 1%的显著性水平下显著。

具体地,以城镇化水平为门槛变量时,在不同城镇化水平下,播种面积始终对玉米生产成本效率有着显著的正向影响,但影响程度有一定差异:当城镇化水平低于门槛值 55.23 时,播种面积的系数为 0.218;而当城镇化水平高于门槛值时,播种面积的系数为 0.229,说明随着城镇化水平提高,玉米播种面积对成本效率的促进作用变得更大。原因在于,随着城镇化水平不断提高,工业反哺农业的能力增强,为玉米生产提供先进的投入要素,如机

械化操作节约劳动、化肥等成本,同时,城镇化水平提高也给玉米生产提供了更大的市场。在此基础上,适当的玉米播种面积扩大与城镇化水平提高得到有效衔接,各方面生产资料提供能力增强,从而成本效率提高。截止到 2015 年,辽宁、吉林、黑龙江、内蒙古、陕西、江苏、山东处于较高的城镇化水平上,在土地资源允许的前提下可适当扩大播种面积;而河北、山西、甘肃、安徽、贵州、四川、云南等地还处于较低的城市化水平上,相比于高城镇化水平的省份,因玉米播种面积扩大带来的成本效率提升稍微偏低。

以玉米播种面积作为门槛变量时,当 *Insow* 7.8 时,有效灌溉率的估计系数虽然为正,但未通过显著性检验;当 *Insow* > 7.8 时,有效灌溉率的估计系数为 0.134,并且通过了 1%水平上的显著性检验,说明此时有效灌溉率提高能显著提升玉米的成本效率。截止到 2015 年,吉林、黑龙江、河北、内蒙古、河南、山东处于较大播种面积上,这些省份完善农业基础设施特别是灌溉设施可以提升玉米生产成本效率。其他省份处于较小播种面积上,玉米有效灌溉率提升对成本效率的提高不明显,可能原因是灌溉面积与播种面积匹配不是很合理,存在农业设施闲置的状态。但是当玉米播种面积一旦跨越门槛值,有效灌溉率对玉米生产成本效率会产生不同程度的影响。

#### 四、研究结论与政策含义

上述研究表明：1) 中国玉米生产成本效率均值为 0.73, 还处于较低的水平, 成本节约潜力巨大。整体上表现为“北高南低”的特点, 全国呈现出两极分化现象：高效率地区（北方地区）与低效率地区（西南地区）。2) 玉米生产成本效率影响因素的作用机制地区差异明显。不同地区的农民平均受教育水平、玉米播种面积、农村居民人均纯收入和有效灌溉率对玉米生产成本效率的影响存在较大差异。3) 玉米播种面积和玉米有效灌溉率与玉米生产成本效率之间不是简单的线性关系。以城镇化水平为门槛变量时, 玉米播种面积对玉米生产成本效率的提升效果较好, 当城镇化水平跨越门槛值时, 玉米播种面积对玉米生产成本效率的正向作用稍有加强；以玉米播种面积为门槛变量时, 只有当玉米播种面积跨越门槛值时, 玉米有效灌溉率对玉米生产成本效率的正向作用才显现。

以上结论具有以下政策含义：整体简单地以提高农民平均受教育水平、玉米播种面积、农村居民人均纯收入和有效灌溉率等措施来提升玉米生产成本效率显然行不通, 需要充分考虑到各地区的区域特征来制定差异化政策。对于成本效率低下的“非优势玉米产区”可以适当减少播种面积, 如云南、贵州等西南产区的土地以山地和高原为主, 光照条件较差, 不利于规模化和机械化生产, 玉米生产配置效率低下导致成本效率较低, 可调减山坡地的玉米种植；甘肃、宁夏等风沙干旱区, 应逐步调减高耗水的玉米种植转向耗水低的作物种植, 以提高农民的综合种植效益。对于“优势核心产区”则可进一步巩固和发展, 保障玉米生产安全。各优势产区应结合自身的城镇化水平及土地资源特点适当调整玉米播种面积, 提升玉米的整体成本效率, 如辽宁、吉林、内蒙古、山东等产区处于较高城镇化水平下可适当扩大播种面积。在玉米播种面积较大的省份, 如黑龙江、河北、内蒙古、河南等产区应加强农业基础设施特别是排灌设施的建设, 提升玉米有效灌溉率水平, 提高综合产出能力, 促进玉米生产成本效率的提高。

注释：

① 受国际大豆价格的影响, 国产大豆处境艰难。近年来中

国大豆对外依存度均超过 80%, 2014—2015 年度高达 86% 左右。(中国商务部: <http://www.mofcom.gov.cn/article/resume/n/201601/20160101245247.shtml>)

② 由于 2012 年之后《中国农村统计年鉴》不再统计各地区农村居民家庭的文化状况, 2013 年、2014 年和 2015 年的农民受教育水平采用三年平均增长率乘以以前一年数据得到。

参考文献：

- [1] 孔祥智. 农业供给侧结构性改革的基本内涵与政策建议[J]. 改革, 2016(2): 104-115.
- [2] 彭克强. 中国粮食生产收益及其影响因素的协整分析——以 1984—2007 年稻谷、小麦、玉米为例[J]. 中国农村经济, 2009(6): 13-26.
- [3] 唐小军. 吉林省玉米生产效率的实证研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2008.
- [4] 赵贵玉, 张越杰, 葛世萍. 黑龙江省玉米生产效率研究[J]. 玉米科学, 2009, 17(4): 139-143.
- [5] 杨春, 陆文聪. 中国玉米生产率增长、技术进步与效率变化: 1990—2004 年[J]. 农业技术经济, 2007(4): 34-40.
- [6] 赵红雷, 贾金荣. 中国玉米生产技术效率分析: 2001—2008——基于随机前沿生产函数[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版), 2011, 11(5): 56-61.
- [7] 钟鑫, 张忠明, 王琛, 等. 中国玉米核心优势区技术效率及技术进步模式研究——基于 2000—2013 年的省级面板数据[J]. 玉米科学, 2016(1): 166-172.
- [8] 王雪娇, 肖海峰. 中国玉米生产配置效率的空间关联效应及其影响因素研究[J]. 哈尔滨工业大学学报(社会科学版), 2016, 18(6): 125-131.
- [9] 贾琳, 夏英. 农户粮食生产规模效率及其影响因素分析——基于黑、豫、川三省玉米种植户的调查数据[J]. 资源科学, 2017, 39(5): 924-933.
- [10] 郭志超. 我国玉米生产函数及技术效率分析[J]. 经济问题, 2009(11): 74-78.
- [11] 周伟娜, 蒋远胜. 1990~2005 年中国玉米产出增长的主要影响要素分析[J]. 四川农业大学学报, 2009, 27(2): 157-161.
- [12] 高建凯. 中国 15 个主产省区玉米生产技术效率研究[J]. 西部论坛, 2013, 23(6): 69-75.
- [13] 朱满德, 李辛一, 程国强. 综合性收入补贴对中国玉米全要素生产率的影响分析——基于省级面板数据的 DEA-Tobit 两阶段法[J]. 中国农村经济, 2015(11): 4-14.
- [14] 王军, 王洪丽, 张雪清. 吉林省玉米生产自然灾害风险评估与气象灾害产量的影响因素研究[J]. 玉米科学, 2011, 19(5): 143-147.
- [15] 王琛, 吴敬学. 我国玉米产业生产技术效率与其影响因素研究——基于 2001—2011 年的省级面板数据[J]. 中国农业资源与区划, 2015, 36(4): 23-32.

(下转第 79 页)