

中国的粮食增产能持续吗?

——基于随机前沿模型的实证分析

张 明*

〔摘 要〕 基于2004—2012年中国粮食增产时期粮食主产区的面板数据,采用随机前沿分析框架,发现农业机械的采用以及耕地的集约化利用正成为新时期粮食增产的主要驱动因素,而随着时间的推移,劳动力、化肥投入以及财政支持等传统因素的作用正在衰弱。进一步测度了各省区的粮食增产潜力变动趋势,发现各省区粮食增产潜力呈现稳步强健的上升趋势。各品种如稻谷、小麦和玉米等的情况与此类似,只不过稻谷的增产潜力提升较慢,而小麦和玉米相对较快。由于粮食增产时期中国的增产潜力一直是处于上升态势,因此中国的粮食增产是可持续性的。另外,在我们的考察期内各省区粮食增产效率提升不明显,且稻谷和小麦两个品种增产效率出现一定程度的下降。

〔关键词〕 粮食增产;随机前沿模型;增产潜力;增产效率

一、引言

尽管从保障粮食安全的一般属性上来看,合理利用国内和国际“两个市场”和“两种资源”是长期的理性选择和必然趋势,但由于国际政治经济关系、人口规模和发展阶段等特征,现阶段依靠国内保障粮食安全无疑是更为现实的战略抉择。因此,在当前粮食自给率出现下降的背景下,持续推动粮食增产对于中国的粮食安全战略意义重大。连年增产虽然推动粮食生产进入了新的阶段,但新时期粮食经营和粮食需求面临的新格局却也给未来粮食生产带来了挑战。例如耕地数量的不断减少和质量的下降威胁着粮食播种面积的稳定以及单产的上升潜力,农村生态环境难以承载高投入高消耗的传统粗放型种植模式(王金霞等,2005),粮食能源化和金融化更使得粮食需求出现了许多非商业性的投机冲击(樊琦、刘满平,2012)。另外,城市化的快速推进、农村劳动力非农就业的刚性增长等都对中国粮食持续增产提出了新的挑战(吕新业、冀县卿,2013)。新形势下中国的粮食增产能否

* 哲学博士,西南大学政治与公共管理学院讲师、教育学部博士后,400715。本文是教育部人文社科青年项目(14YJC790169)、中国博士后科学基金面上项目(2014M562260)、中央高校基本科研经费重点项目(SWU1509116)的阶段性成果。

持续,这已经成为政府决策层和学界普遍关注的焦点,也是未来粮食安全战略制定必须审视的问题。本研究借鉴并发展了 Wu(2003)的模型,将随机前沿分析框架引入粮食增产潜力研究中,基于 2004—2012 年中国 13 个粮食主产区的面板数据,通过对粮食主产区的增产潜力分析,探讨中国粮食增产可持续性问题的。

二、文献综述

对于粮食增产可持续的判断,许多学者基于粮食投入要素的角度进行分析。马怀礼和李颖(2007)发现 1995—2005 年间我国的粮食播种面积处于下降趋势,认为保持我国粮食增产的可持续性,仍存在一些难以轻易解决的问题。屈宝香等(2009)认为虽然近几年粮食单产是影响我国粮食生产的最重要因素,但粮食播种面积对粮食生产的影响程度在逐年加强,这意味着在耕地面积下降的情形下,粮食增产实现可持续非常困难。董文(2010)从农户的角度,采取问卷调查方法分析我国三大粮食作物目前生产中存在的增产问题。结果显示,科技、气候变化及土壤质量问题将成为未来我国粮食增产的主要限制因素,而通过推进农业科技创新,才能保障粮食增产和粮食安全。高云等(2013)认为中国粮食增产具有较大空间,可以通过增加粮食播种面积、提高粮食单产水平等途径实现粮食增产。但是,高云等(2013)也指出依靠增加耕地面积提高粮食产量的难度相对较大,提高粮食单产更能提升粮食增产潜力。龙方和卜蓓(2013)指出通过有效施行粮食补贴政策可以实现粮食增产,但要充分发挥补贴政策对粮食生产的激励作用,就必须继续稳定、强化和完善扶持粮食生产的补贴政策。刘忠等(2013)利用 2003—2011 年中国粮食及各构成品种的产量和播种面积数据,采用贡献因素分解方法,研究了 2003 年以来中国粮食增产的主要贡献因素,发现 2003—2011 年中国粮食生产以面积增加主导的外延式增产为主,由于粮食消费结构和国际粮食贸易容量的限制,今后结构调整的潜力已经很小,未来粮食增产压力较大。以上研究从要素投入的角度来探讨中国粮食增产的可持续性固然具有一定的现实依据,但对于经济变量增长可持续的判断更应该基于严格的投入产出分析框架,根据变量增长潜力进行分析。关于潜力的分析源自于生产函数中技术进步的研究,生产函数中给定技术和投入的情况下经济个体所能达到的最大产出,即叫作生产前沿面或生产潜力(施炳展、李坤望,2009)。对于生产前沿面,随机前沿参数模型和非参数包络方法都有所涉及。国内外不少学者也已经开始尝试运用随机前沿参数模型和非参数包络方法分析经济变量的可持续性,但针对中国的粮食生产问题,尚缺乏针对性分析。在利用随机前沿参数模型和非参数包络方法分析中国的粮食生产问题时,Kalirajan 等(1996)、Xu 和 Jeffrey(1998)以及 Chen 和 Huffman(2002)等国外学者更关注不同时期或不同类型农业生产效率的对比。国内学者更偏向于对于技术效率的分析,例如范群芳等(2008)、黄金波和周先波(2010;2013)等基于随机前沿模型对中国粮食生产技术效率进行了测算。

实际上,随着随机前沿技术的发展,特别是 Battese 和 Coelli(1992;1995)面板数据前沿估计技术的成熟,借助随机前沿技术估计前沿生产函数(生产潜力)成为分析增长可持续性的重要手段。Wu(2003)利用这一技术,首先分析了中国经济增长的可持续性问题。在国内近期的文献中,施炳展和李坤望(2009)、鲁晓东和赵奇伟(2010)、何晓萍(2011)都曾将随机前沿模型成功的引用到增长潜力的分析中来,本研究尝试将此引入到粮食增产分析中。

三、粮食增产潜力的理论分析

增产(生产)潜力表示给定技术和投入的情况下经济个体所能达到的最大产出。当然,现实的产出由于无效率等因素往往不是最大产出,这样便产生了实际产出与生产潜力之间的差距,它代表一定程度的效率损失。对于生产潜力的测算,常用的方法是在估计回归模型的基础上,得到拟合值,并将拟合值作为生产潜力,然后和实际值比较,由此来观察增产的空间。按照这种算法,回归得到的拟合值,实际上是最贴近现实产量的一个平均值。而粮食增产潜力的涵义却是给定粮食生产投入后生产的最大产值,它是一个最优值,是现实值的上限,实际产出不可能超过它。因此,通过回归拟合得到的数值在内涵上与增产潜力的概念是冲突的。

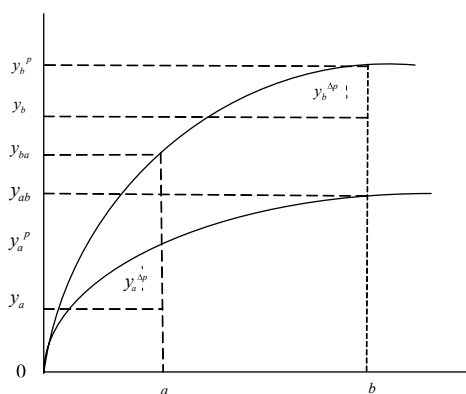


图1 粮食增产潜力模型

本研究借鉴 Wu(2003)研究中国各地区经济增产潜力的框架,将随机前沿模型引入中国各地区粮食增产潜力的分析中。利用随机前沿技术,在给定粮食生产函数后,可以估计粮食生产的潜力值,然后在此基础上分析中国各地区的粮食增产潜力。具体的分析框架可以形象地用图1来表示。

图1中, y 代表粮食产量, y^p 代表粮食增产潜力, $y^{\Delta p}$ 代表粮食增产效率。 y_{ab} 表示在 a 点的前沿函数下,按照投入 b 所能达到的最大粮食产量。 y_{ba} 表示在 b 点的前沿函数下,按照投入 a 所能达到的最大粮食产量。 $y_b - y_a$ 表示 b 点和 a 点的粮食产量差,其可以表示为:

$$y_b - y_a = (y_b^p - y_b^{\Delta p}) - (y_a^p - y_a^{\Delta p}) = (y_b^p - y_{ab}) + (y_{ab} - y_a^p) - (y_b^{\Delta p} - y_a^{\Delta p}) \quad (1)$$

按照上式,粮食产量变化可以分解成三个部分。第一部分 $y_b^p - y_{ab}$ 代表了增产潜力的上升,即在生产投入不变的情况下,产量的上升。按照 Wu(2003) 的观点,这样的粮食增产是可持续的;第二部分 $y_{ab} - y_a^p$ 表示在生产前沿函数不变的情况下,由投入增加引起的产量增加,这种增长是不可持续的;第三部分 $y_b^{\Delta p} - y_a^{\Delta p}$ 表示了效率差距,代表两点实现增产潜力能力的差距。这样,借助前沿估计技术可以将粮食增产分解为增产潜力变化、投入要素变化以及增产效率变化。

粮食增产潜力主要决定于技术进步和制度环境的改善。从图1看,增产潜力是指在投入不变的情况下,粮食产量的增加。它一方面决定于生产的技术进步,在其他条件不变的情况下,技术进步会扩大产量。另一方面,决定于制度变革,即在生产技术不变的情况下,如果粮食生产的制度环境发生变化,那么粮食产量也会增加。当然,由于各地区的技术水平、制度建设等方面存在差异,粮食增产潜力也会表现出省际差异。图1还揭示了大多时刻粮食生产都无法达到既定投入时的最大产量,即存在效率损失。由于影响生产效率的因素包括多方面,我们借鉴 Wu(2003)、施炳展和李坤望(2009)的做法,对此做简化处理,分析中仅将此作为时间的函数。

四、模型介绍

随机前沿模型认为,并不是每一个生产者都处在生产函数的前沿上,大部分生产者的效率与最

优生产效率存在一定的差距,即存在无效率。实际产出、前沿产出和效率的关系可用下式表示:

$$y_{it} = f(x_{it}, t) \exp(-\mu_{it}) \quad (2)$$

上式中, i 代表决策单元, t 代表时间, y_{it} 是 i 单元第 t 年的实际产出, $f(\cdot)$ 是随机前沿生产函数中的确定性前沿产出, x_{it} 是投入的要素向量。 $\exp(-\mu_{it})$ 反映效率损失, μ_{it} 代表非效率指数, 即衡量相对前沿的效率水平。对式(2) 两边取对数得到:

$$\ln y_{it} = \ln f(x_{it}, t) - \mu_{it} \quad (3)$$

再将前沿项 $\ln f(x_{it}, t)$ 对时间 t 求导, 可得:

$$\frac{d(\ln f(x_{it}, t))}{dt} = \frac{\partial(\ln f(x_{it}, t))}{\partial t} + \sum_i \frac{\partial(\ln f(x_{it}, t))}{\partial x_i} * \frac{\partial x_i}{\partial t} = \frac{\partial(\ln f(x_{it}, t))}{\partial t} + \sum_i \frac{\partial(\ln f(x_{it}, t))}{\partial x_i / x_i} * \frac{\partial x_i / x_i}{\partial t} \quad (4)$$

上式中, $\frac{\partial(\ln f(x_{it}, t))}{\partial t}$ 即为增长潜力, 表示在要素投入保持不变条件下, 产出随时间的变化率。上

式计算结果右边第 2 项衡量了投入要素增长导致的前沿生产函数产出变化, $\frac{\partial(\ln f(x_{it}, t))}{\partial x_i / x_i}$ 表示要素

x_i 的产出弹性, $\frac{\partial x_i / x_i}{\partial t}$ 表示要素变动率。

基于随机前沿模型, 借鉴 Wu(2003) 的分析框架, 在模型中引入时间因素和投入变量, 构建粮食产量的决定因素模型如下:

$$\ln Y_{it} = c + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2 + \alpha_3 \ln D_{it} + \alpha_4 \ln L_{it} + \alpha_5 \ln K_{it} + \alpha_6 \ln F_{it} + \alpha_7 \ln Z_{it} + \delta_D t \ln D_{it} + \delta_L t \ln L_{it} + \delta_K t \ln K_{it} + \delta_F t \ln F_{it} + \delta_Z t \ln Z_{it} + V_{it} - u_{it} \quad (5)$$

上式中, i 代表地区, t 代表时间, Y 代表粮食产量。 D 代表粮食种植面积, L 表示粮食生产劳动力投入, K 、 F 以及 Z 分别表示粮食生产中投入的农业机械数量、化肥以及政府财政支持。 $c + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2$ 代表全国因素对于粮食增产的影响, 包括中性的技术进步以及全国性的政策制度改革等; $\alpha_3 \ln D_{it} + \alpha_4 \ln L_{it} + \alpha_5 \ln K_{it} + \alpha_6 \ln F_{it} + \alpha_7 \ln Z_{it}$ 代表要素投入对于粮食增产的影响; $\delta_D t \ln D_{it} + \delta_L t \ln L_{it} + \delta_K t \ln K_{it} + \delta_F t \ln F_{it} + \delta_Z t \ln Z_{it}$ 表示随着时间的变迁, 要素投入偏向性的技术进步对于粮食增产的贡献。 V_{it} 表示随机干扰项, 并且 $V_{it} \sim N(0, \sigma^2)$; u_{it} 表示效率损失, 假定其服从:

$$u_{it} = u_i \exp[-\eta(t - T)] \quad (6)$$

上式中, η 捕捉了随时间推移生产效率的变化趋势, 显然如果 $\eta > 0$, 那么效率呈现递增趋势; 如果 $\eta < 0$, 那么效率呈现递减态势。

基于式(5), 可以求出粮食增产潜力表达式, 表示为:

$$g_{potential} = \partial \ln Y / \partial t = \alpha_1 + 2\alpha_2 t + \delta_D \ln D_{it} + \delta_L \ln L_{it} + \delta_K \ln K_{it} + \delta_F \ln F_{it} + \delta_Z \ln Z_{it} \quad (7)$$

增产效率也可以由式(5) 得出, 即 $TE_{it} = \exp(-u_{it})$ 。假设 $u_{it} = u_i * \exp[-\eta(t - T)]$, 则相对前沿的效率变化可表示为:

$$TE_{it} = \exp(u_i \exp[-\eta(t - T)]) \quad (8)$$

根据式(7) 和式(8) 便可求得各地区的粮食增产潜力和增产效率, 观察考察期内粮食增产潜力和增产效率的动态变化特征, 便可判断相应时期粮食增产的驱动因素, 从而进一步判断粮食增产能否持续。

五、实证分析

实证分析采用中国省际面板数据, 为重点考察中国粮食连续增产的主要驱动力及可持续性, 样本

将以中国粮食“十一连增”时期为考察区间,根据数据可得性,最终选择的样本跨期为2004—2012年。横截面包括中国大陆的13个粮食主产区,包括河北、河南、黑龙江、吉林、辽宁、湖北、湖南、江苏、江西、内蒙古、山东、四川、安徽等省区。本研究既考察粮食总产量增产的持续性,也细分稻谷、小麦以及玉米三个主要品种分类分析。各粮食主产区的粮食以及分品种(稻谷、小麦以及玉米)产量和种植面积摘自中国统计局网站。由于缺乏细分数据,粮食及其各品种的劳动力投入、机械使用^①、化肥投入以及财政支持都采用农业部门的总体数据,数据亦来自中国统计局网站。

1. 粮食生产决定因素分析

采用2004—2012年中国13个粮食主产区的面板数据,基于一歩法随机前沿模型,粮食及其各品种产量的决定因素模型估计结果见表1。模型(1)是粮食总产量的决定因素模型,模型(2)—(4)分别对应的是稻谷、小麦及玉米等品种的产量决定因素模型。观察表1中各模型生产无效率占随机扰动项的比重 γ ,可以发现各模型 γ 趋近于1,说明前沿生产函数的误差主要来自无效率项,采用随机前沿模型对生产函数进行估计是合适的。

从一步法随机前沿模型的估计结果来看,粮食总产量决定因素模型中[即模型(1)]种植面积 $\ln D$ 的估计系数显著为正,说明粮食种植面积的扩大是新时期粮食增产的重要原因,这和屈宝香等(2009)以及刘忠等(2013)得到的结论一致。种植面积与时间的交叉项 $t\ln D$ 的系数也显著为正,表明随着时间的推移,种植面积对于粮食增产作用越来越突出,这反映了在耕地资源整体规模有限的情况下,粮食增产中耕地使用效率的提升。另外,模型(1)中,劳动力 $\ln L$ 的系数不显著,其与时间变量的交叉项 $t\ln L$ 也不显著,而农用机械 $\ln K$ 的系数显著为负,与时间的交叉项 $t\ln K$ 显著为正,这说明随着粮食生产方式的调整与转变,农用机械的采用对于粮食增产作用越来越突出,以农用机械为代表的现代耕作技术正取代传统的人力耕作方式,成为粮食增产的新驱动因素。化肥使用量 $\ln F$ 的系数显著为正,其与时间的交叉项 $t\ln F$ 显著为负,政府财政支出变量的估计结果也与之相似, $\ln Z$ 系数为正, $t\ln Z$ 系数显著为负。这表明,虽然目前依托农用化肥投入和财政支农仍然是粮食增产的重要手段,但随着时间的推移,这种方式所带来的增产绩效将会逐渐衰弱。

模型(2)—(4)分稻谷、小麦以及玉米三个品种的估计结果与模型(1)基本一致。劳动力 $\ln L$ 的系数不显著, $t\ln L$ 也依然不显著,农用机械 $\ln K$ 的系数显著为负, $t\ln K$ 系数显著为正,这说明以农用机

表 1 粮食及其各品种产量决定因素模型估计结果

解释变量	被解释变量:Y			
	(1) 粮食	(2) 稻谷	(3) 小麦	(4) 玉米
t	-0.0221 (-0.68)	0.0185 (0.54)	0.2925 (5.03)***	-0.0143 (-0.47)
t^2	0.0019 (1.76)*	0.0043 (2.61)***	0.0058 (1.96)**	0.0037 (2.03)**
$\ln D$	0.5938 (5.79)***	0.9916 (41.49)***	1.1004 (47.76)***	1.0148 (36.64)***
$t\ln D$	0.0161 (3.02)***	-0.0036 (-2.04)**	-0.0007 (-0.33)	0.0037 (1.70)*
$\ln L$	0.1209 (0.88)	-0.0702 (-1.52)	-0.1126 (-1.48)	-0.2373 (-3.58)***
$t\ln L$	-0.0168 (-0.92)	0.0012 (0.22)	0.0014 (0.12)	0.0080 (1.14)
$\ln K$	-0.1390 (-3.13)***	-0.1996 (-2.61)***	0.1796 (2.83)***	0.0557 (0.69)
$t\ln K$	0.0133 (3.59)***	0.0101 (1.14)	0.0094 (0.61)	0.0173 (2.36)**
$\ln F$	0.2774 (3.88)***	0.2634 (3.17)***	0.1125 (1.03)	0.1802 (1.93)*
$t\ln F$	-0.0096 (-1.79)*	-0.0073 (-0.86)	-0.0476 (-2.35)**	-0.0319 (-3.30)***
$\ln Z$	0.0494 (1.26)	0.2631 (4.41)***	0.0739 (1.02)	0.0806 (1.32)
$t\ln Z$	-0.0112 (-2.45)**	-0.0237 (-3.27)***	-0.0257 (-2.13)**	-0.0162 (-2.06)**
常数项	1.3628 (2.12)**	-0.5196 (-1.83)*	-3.2025 (-7.10)***	-0.6745 (-2.12)**
γ	0.9278	0.9690	0.9584	0.8503
η	0.0135 (0.98)	-0.0256 (-0.98)	-0.0610 (-5.13)***	0.0126 (0.54)
Log 函数值	185.1543	173.3767	125.9737	130.7153
样本数	117 = 13 × 9	117 = 13 × 9	117 = 13 × 9	117 = 13 × 9

注:*、**、***分别表示在10%、5%和1%的水平上显著;括号中为相应的t统计值。

①机械投入量采用的度量指标是大中型机械的总动力。

械为代表的现代耕作技术的使用,正成为粮食增产的主要因素。化肥使用量和财政支出自身变量 $\ln F$ 和 $\ln Z$ 的系数为正,但与时间的交叉项 $t\ln F$ 和 $t\ln Z$ 的估计系数基本表现为显著的负值,这说明未来依托化肥投入和财政支出来提高粮食产量的空间越来越小。种植面积的系数在稻谷、小麦以及玉米模型都为正,但其与时间的交叉项 $t\ln D$ 在不同品种差异明显,在稻谷模型中显著为负,小麦模型中为不显著的负值,玉米模型中系数显著为正,这说明相较于玉米种植已经出现的耕地集约型的种植模式,稻谷和小麦种植过程中的耕地资源利用效率没有明显提高。

2. 粮食增产潜力分析

基于 2004—2012 年 13 个粮食主产区的面板数据,采用前文式(7),我们对样本各省区的粮食以及稻谷、小麦和玉米增产潜力进行了测算,并描绘了各省区增产潜力变动趋势。图 2 显示,各省区粮食增产潜力增速为正,而且增长速度有加快趋势,呈现稳步强健的上升趋势。从细分品种看,无论是稻谷、小麦还是玉米等品种,除在早期增产潜力增速为负外,近期都呈现明显的上升态势。但相比较而言,稻谷的增长速度较慢,而小麦和与玉米的增产潜力提升较快。从各省区情况来看,黑龙江省的粮食增产潜力增速在 13 个粮食主产区中最高^①。由于黑龙江省的稻谷和小麦增产潜力增速较低,这说明黑龙江省未来增产空间可能更多在于玉米生产。各省区的粮食以及稻谷、小麦和玉米增产潜力发展趋势是比较一致的,说明各省区之间存在明显的趋同态势。

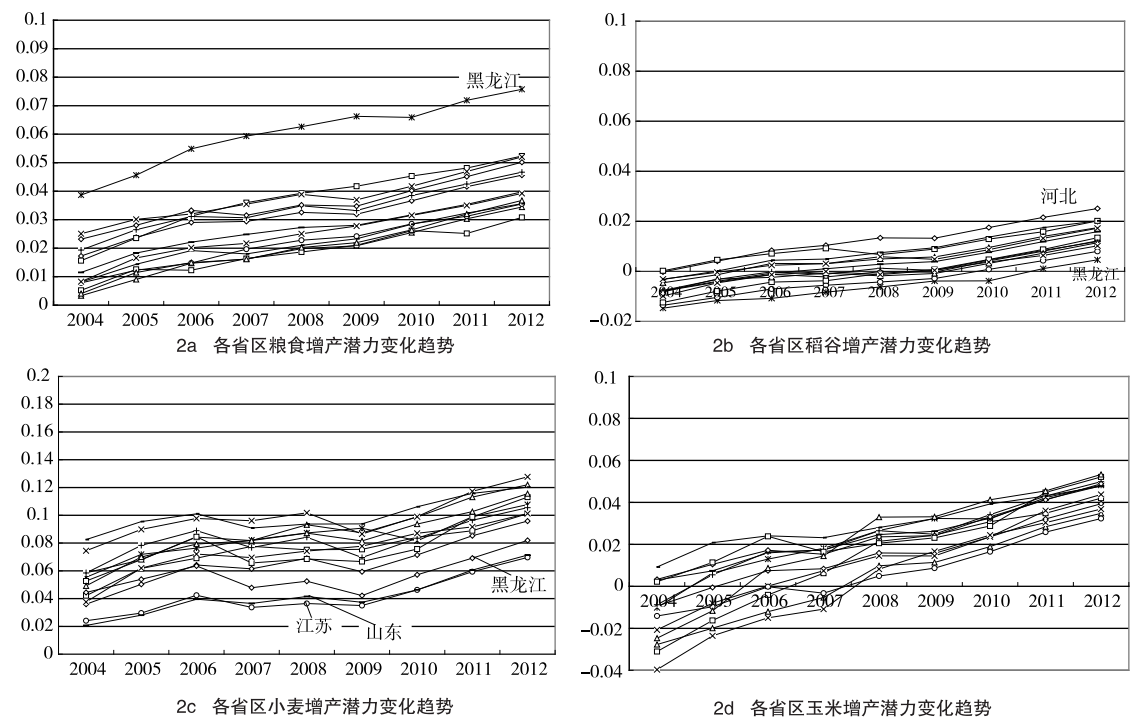


图 2 各省区粮食增产潜力情况

3. 粮食增产效率分析

图 3 基于前文式(8),进一步测算了各省区粮食增产效率的变化。从各省区的测算结果来看,地区之间的差异是比较明显的,效率较高的山东、吉林等省,数值都超过 90%,而效率较低的内蒙,相应的数据却只有 60% 左右。只不过从其发展趋势来看,各省区的粮食增产效率变动比较一致,在我们的考察期内大多呈现微弱的上升态势。就各品种而言,差异也非常显著。稻谷和小麦的增产效率

^①图中仅标出了样本中表现异常省份,下文对于增产效率的分析亦是如此。

出现了明显的下降,而玉米则表现出一定程度上的上升态势,这可能与我们前文提到的玉米生产中采用耕地集约型的生产模式有关。

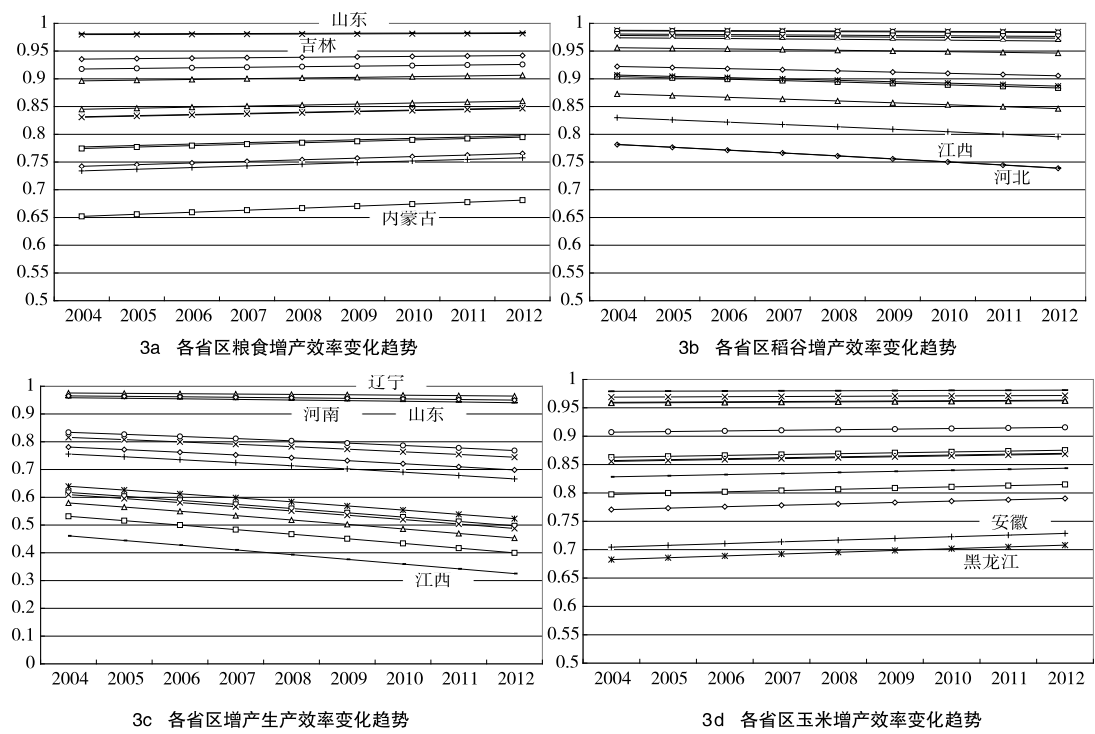


图3 各省区粮食增产效率变化情况

六、结论与启示

基于2004—2012年中国13个粮食主产区的面板数据,采用随机前沿分析框架,研究发现农业机械的采用以及耕地的集约化利用正成为新时期粮食增产的主要驱动因素,而随着时间的推移,劳动力、化肥投入以及财政投入等传统因素的作用正在衰弱。利用随机前沿模型,进一步测度了各省区的粮食增产潜力变动趋势,发现各省区粮食增产潜力呈现稳步强健的上升趋势。但相比较而言,稻谷的增产潜力提升较慢,而小麦与玉米相对较快。由于中国粮食增产时期的增产潜力一直是处于上升态势,因此中国的粮食增产是可持续性的。另外,就粮食增产效率而言,在我们的考察期内,各省区大多呈现微弱的上升态势,但各品种差异显著。稻谷和小麦的增产效率出现了明显的下降,而玉米则表现出一定程度的上升态势,这可能与玉米生产中采用耕地集约型的生产模式有关。

参考文献:

- 董文,2010:《基于农户调查的我国粮食增产主要限制因素分析》,《中国农业资源与规划》第2期。
- 樊琦、刘满平,2012:《国际粮食金融化趋势与我国粮食安全对策》,《宏观经济管理》第7期。
- 范群芳等,2008:《随机前沿生产函数在粮食生产技术效率研究中的应用》,《节水灌溉》第6期。
- 高云、陈伟忠、詹慧龙、何龙娟,2013:《中国粮食增产潜力影响因素分析》,《中国农学通报》第35期。
- 何晓萍,2011:《中国工业的节能潜力及影响因素》,《金融研究》第10期。
- 黄金波、周先波,2010:《中国粮食生产的技术效率与全要素生产率增长:1978—2008》,《南方经济》第9期。
- 黄金波、周先波,2013:《中国粮食生产的非线性随机前沿面和技术效率研究》,《南方经济》第8期。

- 刘忠、黄峰、李保国,2013:《2003—2011 年中国粮食增产的贡献因素分析》,《农学工程学报》第 23 期。
- 龙方、卜蓓,2013:《粮食补贴政策对粮食增产的效应分析》,《求索》第 2 期。
- 鲁晓东、赵奇伟,2010:《中国的出口潜力及其影响因素—基于随机前沿引力模型的估计》,《数量经济技术经济研究》第 10 期。
- 吕新业、冀县卿,2013:《关于中国粮食安全问题的再思考》,《农业经济问题》第 9 期。
- 马怀礼、李颖,2007:《中国粮食增产的可持续性探析》,《理论前沿》第 24 期。
- 屈宝香、李文娟、钱静斐,2009:《中国粮食增产潜力主要影响因素分析》,《中国农业资源与规划》第 4 期。
- 施炳展、李坤望,2009:《中国出口贸易增长的可持续性研究—基于贸易随机前沿模型的分析》,《数量经济技术经济研究》第 6 期。
- 王金霞等,2005:《地下水灌溉系统产权制度的创新及流域资源核算》,中国水利水电出版社。
- Battese, G. E. & T. J. Coelli,1992, “Frontier production functions, technical efficiency and panel data: With application to paddy farmers in India”, *Journal of Productivity Analysis*, vol. 3, no. 1, pp. 153 – 169.
- Battese, G. E. & T. J. Coelli,1995, “A model for technical inefficiency effects in a Stochastic Frontier Production Function”, *Empirical Economics*, vol. 20, no. 2, pp. 325 – 332.
- Chen, Z. A. & W. E. Huffman,2002, “Technical efficiency of Chinese grain production: A Stochastic Production Frontier Approach”, Iowa State University Working Paper.
- Kalirajan, K. P. , M. B. Obwona & S. Zhao,1996, “A decomposition of total factor productivity growth: The case of Chinese agricultural growth before and after the reforms”, *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 78, pp. 331 – 338.
- Wu, S. ,2003, “Export potential and determinants among the Chinese regions”, Working Paper.
- Xu, X. & S. R. Jeffrey,1998, “Efficiency and technical progress in traditional and modern agriculture: Evidence from rice production in China”, *Agricultural Economics*, vol. 18, pp. 157 – 165.

(责任编辑:润 州)

Is China's Grain Yield Increase Sustainable?: An Empirical Analysis Based on Stochastic Frontier Model

ZHANG Ming

Abstract: Through analyzing the panel data of main grain producing areas in China during the period of grain yield increase from 2004 to 2012 by a stochastic frontier approach, we found that the implementation of agricultural machinery and the arable intensification become the driving force for the grain yield increase in the new era. However, as time passes by, traditional factors like labor force, fertilizer input and financial support are playing a weakening role in raising grain yield. On the basis of our measurement of the potential for grain yield increase across China, we found that such potential shows a stable uptrend. Yields in rice, wheat and corn demonstrate a similar tendency. Rice yield potential is improved slowly, while wheat and corn yield potential is improved quickly. Due to the fact that the potential for grain yield has always been on the rise, we came to the conclusion that China's grain yield increase is sustainable. Additionally, in our investigation period, the efficiency of improving grain yield potential was not evident across China, and that of improving rice and wheat yield potential even went down.

Key words: grain yield increase; stochastic frontier model; potential for increasing yield; efficiency of increasing yield