国际能源对粮食价格传导的生产成本渠道研究

尹靖华

（浙江外国语学院 国际商学院，浙江 杭州 310012）

摘　要：分析国际能源对粮食价格传导的生产成本渠道，并采取 VAR 模型进行了实证分析，得出结论：能源价格波动通过生产成本渠道导致粮食价格发生同向变化，能源投入要素的产出弹性、粮食生产要素替代弹性影响能源对粮食的价格传导；国际能源价格通过柴油和汽油渠道向国内大米和玉米价格的传导畅通，通过化肥渠道向国内粮食价格的传导不畅通，可能是由于我国农机化进程加快、粮食生产能源要素结构变化、政府补贴等因素造成的；国际能源价格上升，通过柴油渠道对玉米价格产生正向影响，通过汽油渠道对玉米价格产生负向影响，可能是乙醇市场的分割性所导致的。

关键词：能源价格；粮食价格；粮食生产成本；价格传导

中图分类号：F307.11　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1672－0202(2016)06－0070－13

一、引言

新形势下的粮食安全问题是党中央和各级地方政府一贯非常关切和重视的问题。我国稻米、小麦、玉米和大豆集贸市场价格指数从 2001 年 1 月的 104.84、112、122 和 97.16 持续上升到 2015 年 1 月的 262、264、271 和 258①。与此同时，国际能源和国内粮食价格的“同向波动”引人注目②：2001 年 1 月—2005 年 12 月二者都呈现小幅震荡，2006 年 1 月—2010 年 12 月都呈上升趋势，2010 年 1 月—2015 年 12 月都呈下降趋势。不少学者认为，粮食价格的普遍上涨不仅与传统粮食市场的供需关系、生产成本等因素相关，而且与近年来国际能源价格的剧烈震荡密不可分。因此，理清国际能源价格对粮食价格的影响机制和路径，具有较高的理论价值和实际意义。

能源和粮食相对价格影响能源作物和粮食作物之间的耕地分配。能源价格上升时，粮食种植成本和生物能源需求同时上升，导致能源型作物对粮食作物存在挤出效应。部分研究表明，生物能源发展对能源型作物的需求，导致耕地资源约束下能源型作物和粮食作物的竞争性关系，令能源价格和粮食价格产生联系[1－4]。

很多学者将“能源型作物和粮食存在竞争性”作为“种植成本渠道”和“生物能源渠道”的共同理论基础，在同一理论框架内探讨了能源对粮食的两类价格传导渠道。其中，多数研究假设能源价格外生变化，分析了能源价格对粮食价格影响机制[5－7]，得出结论：(1)无生物能源生产时，能源

收稿日期：2016－07－04　　**DOI：**10.7671/j.issn.1672－0202.2016.06.008

基金项目：浙江省哲学社会规划课题(15XXHJD10)

作者简介：尹靖华(1984—)，女，河南濮阳人，浙江外国语学院国际商学院讲师，主要研究方向为农产品贸易。E－mail：bike789@163.com

① 我国粮食集贸市场价格来自《经济景气月报》；所有数据以 2000 年 1 月为 100 调整为指数形式，以剔除通货膨胀因素的影响。

② 国际能源价格来源于 IMF 跨国宏观经济统计数据库，采用西欧市场煤炭基准价格和 WTI、纽伦特和杜拜原油均价；所有数据均以上年同期水平为 100，以突出价格波动的周期性特征。

投入要素在农业生产中的重要性越高,能源对农产品的价格传导弹性越高。(2)有生物能源生产时,能源对农产品的价格传导弹性随着食品需求弹性和土地供应弹性降低,随能源投入要素在农业生产中的重要性而上升。

少数学者假设能源价格内生变化,研究了人口和能源价格内生变化时,粮食价格和能源价格的时间路径[8],得出结论:石油开采路径呈抛物线形,达到顶点后逐渐下降,到 T 时石油耗竭后为 0;粮食市场均衡时,粮食价格是人口、成本参数和能源价格的函数;其他条件不变时,粮食价格是能源价格的增函数;能源价格是时间的增函数,在 T 时石油耗竭之后,能源价格逐渐逼近生物能源的保留价格;无论人口是否增长,粮价将随着石油储量减少而上升;在石油耗竭之后若人口继续增长,粮价将继续增长,并逐渐接近粮食的保留价格。

还有学者强调了能源政策在价格传导中的关键作用[9],提出:玉米市场的随机供、需冲击,导致玉米价格的较大波动。全球能源价格上升,将会提高玉米价格。美国的生物能源政策对玉米价格产生重大影响。严格的混合(按照汽油体积的 10% 添加乙醇)和可再生能源标准(Renewable Fuel standard)制度,部分的切断了能源价格和玉米价格的联系,加强了玉米市场供、需冲击对玉米价格的影响。

国内外文献从不同视角研究了国际能源价格对粮食价格的冲击和传导,成果丰硕。但也有几点值得思考。(1)国外学者对"粮食价格和能源价格的竞争性"研究较为深入,且重视能源政策对能源与农产品价格传导的影响;但未能将种植成本渠道和生物能源需求渠道区别开来,单独建立不同的理论模型,分析两类渠道价格传导的不同特征和动态。(2)国内学者侧重于"能源价格—生产成本/物能源需求/运输成本"传导环节的研究,缺乏针对"能源价格—生产成本/生物能源需求/运输成本——粮食价格"的整体传导机制分析。因此,本文将种植成本渠道和生物能源需求渠道区别开来,建立单独的理论模型分析种植成本渠道的价格传导;在局部均衡模型的基础上,针对"能源价格——生产成本——粮食价格"的整体传导机制进行实证分析。

二、国际能源和我国粮食价格的波动现状

(一)国际能源和国内粮食价格"同向波动"

选取 2001 年 1 月—2015 年 12 月国际能源和国内粮食价格进行分析。国际能源价格采用原油、煤炭价格指数;我国粮食价格采用国内粮食集贸市场价格指数;均以上年同期水平为 100 进行指数化处理。

表 1 是国际能源和我国粮食价的相关系数矩阵。一般相关系数绝对值为 0.5 ~ 0.8 之间为显著线性相关,大于 0.8 为高度线性相关。四种粮食价格与原油价格高度相关,与煤炭价格显著相关(稻谷为高度相关)。

表 1　国际能源和我国粮食价格的相关系数矩阵

	稻谷	小麦	玉米	大豆	原油	煤炭
稻谷	1					
小麦	0.984 121	1				
玉米	0.990 179	0.977 737	1			
大豆	0.938 758	0.938 967	0.955 201	1		
原油	0.866 352	0.818 163	0.870 418	0.862 896		1
煤炭	0.714 675	0.660 521	0.704 235	0.739 153	0.887 154	1

如图 1 所示,2001 年 1 月以来,尽管能源与粮食价格在波幅、波峰和波谷时点有差异,但整体

呈“同向波动”趋势:2005年1月前都出现短期小幅震荡,2006年1月—2010年1月大豆与能源价格波动较大,稻米、小麦和玉米价格较平缓,2010年1月—2015年12月都呈下降趋势。

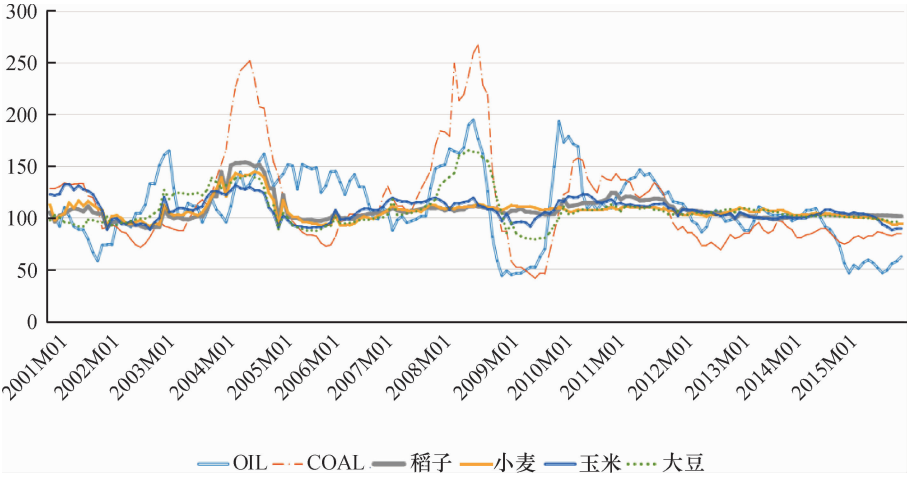


图1 国际能源和我国粮食价格指数波动趋势

(二)粮食生产能源要素占比与能源价格关系密切

由图2可知,国内粮食生产能源要素①占比与国际能源价格关系密切。2000—2008年国际原油价格由28.2美元/桶急剧升至92.4美元/桶,国际煤炭价格由26.2美元/吨迅速升至135.1美元/吨,带动能源要素在我国粮食生产成本的比重迅速上升(稻米27~45%,小麦39~49%,玉米28~42%,大豆19~44%)。2008—2010年国际原油价格由92.4美元/桶下降至90.6美元/桶,煤炭价格由135.1美元/吨下降至109.2美元/吨,带动能源投入要素在我国粮食生产成本的比重下降(稻米45~41%,小麦49~45%,玉米42~36%,大豆44~36%)。2011—2014年国际原油和煤炭价格小幅攀升后逐步下跌(105.5~91美元/桶,128.7~73.4美元/吨),带动动能源型投入要素在我国粮食生产成本的比重下降(稻米41~36%,小麦42~37%,玉米36~30%,大豆42~33%)。

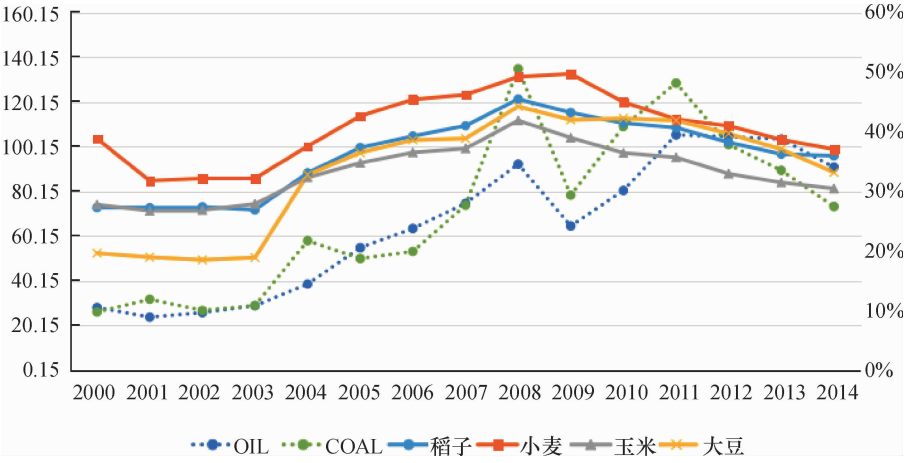


图2 粮食生产成本中能源要素占比和国际能源价格

数据来源:《全国农产品成本收益资料汇编》、IMF宏观经济统计数据库

① 粮食生产中的能源要素成本包括化肥、农药、农膜、机械作业、燃料动力等费用。

三、能源价格波动对粮食价格的传导机理

本文在 Bahela 模型[8]基础上分析能源价格对粮食价格的影响机理。假设一个两部门经济包括农业部门和石油部门。农产品市场上,农民利用土地和能源生产并供应粮食,市场供求决定粮食均衡价格。能源市场上卡特尔开采并供应石油,对石油进行定价。

(一)供给端

卡特尔垄断石油市场。假定石油的存储是均匀的,存储量是确定和已知的。石油被无成本的以 $E_f(t)$ 的速率被消耗,则石油存储量的变化 $\dot{S}(t)$ 可表示为:

$$\dot{S}(t) = -E_f(t) \quad \forall t \tag{1}$$

土地总量为 $\bar{L}$,代表性农民将 $L(t)$ 的土地用于种粮,则

$$0 \leqslant L(t) \leqslant \bar{L} \tag{2}$$

假设一单位石油可产生一单位能量,则总的能量供给 $E(t)$ 为

$$E(t) = E_f(t) \tag{3}$$

粮食产量为 $Q(t)$,用 α 和 β 分别表示土地和能源要素的产出弹性,则规模报酬不变的粮食产出函数为:

$$Q(L_a(t)) = AL(t)^{\alpha}E(t)^{\beta}, \alpha + \beta = 1 \tag{4}$$

农民生产粮食的总成本 C_0 为:

$$C_0 = rL(t) + P_eE(t) \tag{5}$$

r 为土地 $L(t)$ 的租金,P_e 为能源投入要素的价格。

(二)需求端

能源需求 $E(t)$ 是 t 时期人口 $N(t)$ 和能源价格 $P_e(t)$ 的函数,表示为:

$$E(t) = N(t)(\overline{P_e} - P_e(t)) \tag{6}$$

$\overline{P_e}$ 是截距项,为常数。

由(6)式可得则能源的反需求函数 $P_e(t)$:

$$P_e(t) = \overline{P_e} - \frac{E(t)}{N(t)} \tag{7}$$

假定人口增长速度 $\gamma \geqslant 0$,则 t 时期人口 $N(t) = N_0e^{rt}$。

t 时期粮食需求 $Q(t)$ 可表示为:

$$Q(t) = N(t)[\bar{P}_a - P_a(t)] \tag{8}$$

$\bar{P}_a$ 是截距项,为常数。

(三)农民的利润最大化问题

在能源市场上,能源价格 $P_e(t)$ 由卡特尔决定,农民是价格接受者。粮食市场是完全竞争的,粮食价格 $P_a(t)$ 由粮食供求决定,农民仍是价格接受者。

农民的利润最大化问题可表示为:

$$\max_{L(t),E(t)} [P_a(t)AL(t)^{\alpha}E(t)^{\beta} - rL(t) - P_eE(t)]$$

$$\text{s.t.} \qquad C_0 = rL(t) + P_eE(t)$$

将 $L(t) = \dfrac{C_0 - P_eE(t)}{r}$ 带入上式,可得农民的利润 π 为:

$$\pi = P_a(t)A\left[\frac{C_0 - P_eE(t)}{r}\right]^{\alpha}E(t)^{\beta} - C_0$$

对该式一阶求导有:

$$\frac{\partial \pi}{\partial E} = P_aA\alpha\left(\frac{C_0 - P_eE}{r}\right)^{\alpha-1}\left(-\frac{P_e}{r}\right)E^{\beta} + P_aA\left(\frac{C_0 - P_eE}{r}\right)^{\alpha}\beta E^{\beta-1} = 0$$

解出利润最大化的一阶条件为:

$$EP_e = \frac{\beta}{\alpha}(C_0 - EP_e) \tag{9}$$

对(9)式解出 E,有 $E^* = \frac{\beta}{\alpha+\beta}\frac{C_0}{P_e}$ (10)

(10)带入 $L(t) = \frac{C_0 - P_eE(t)}{r}$,有 $L^* = \frac{\alpha}{\alpha+\beta}\frac{C_0}{r}$ (11)

(10)、(11)代入(4)有

$$Q(L,E) = AL^{*\alpha}E^{*\beta} = A\left(\frac{\alpha}{\alpha+\beta}\right)^{\alpha}\left(\frac{\beta}{\alpha+\beta}\right)^{\beta}C_0^{\alpha+\beta}r^{-\alpha}P_e^{-\beta} \tag{12}$$

$P_e(t)$为卡特尔给定。当粮食市场均衡时,粮食需求 = 粮食供给,即(8) = (12),有:$N(t)[\bar{P}_a - P_a] = A\left(\frac{\alpha}{\alpha+\beta}\right)^{\alpha}\left(\frac{\beta}{\alpha+\beta}\right)^{\beta}C_0^{\alpha+\beta}r^{-\alpha}P_e^{-\beta}$。

解出 P_a,可得:$P_a = \bar{P}_a - \frac{A}{N}\left(\frac{\alpha}{\alpha+\beta}\right)^{\alpha}\left(\frac{\beta}{\alpha+\beta}\right)^{\beta}C_0^{\alpha+\beta}r^{-\alpha}P_e^{-\beta}$ (13)

当 $\alpha+\beta=1$ 时,有:$P_a = \bar{P}_a - \frac{A}{N}\alpha^{\alpha}\beta^{\beta}C_0r^{-\alpha}P_e^{-\beta}$ (14)

令 $\theta = \frac{A}{N}\alpha^{\alpha}\beta^{\beta}C_0$,有: $P_a = \bar{P}_a - \theta r^{-\alpha}P_e^{-\beta}$ (15)

对(15)式求$\frac{\partial P_a}{\partial P_e}$,有:

$$\frac{\partial P_a}{\partial P_e} = -\theta(-\beta)r^{-\alpha}P_e^{-(\beta+1)} = \theta\beta r^{-\alpha}P_e^{-(\beta+1)} > 0 \tag{16}$$

(16)式表明,粮食和能源市场同时均衡时,P_a 随 P_e 递增。不考虑生物能源生产时,能源投入要素通过生产成本途径将粮食和能源价格联系起来。由此可知,其他条件不变时,能源价格波动通过生产成本渠道导致粮食价格发生同向变化。

接着,我们考虑能源对粮食价格的传导弹性 E。在(16)式两端同时除以 P_a/P_e,可得能源对粮食的价格传导弹性为:

$$E = \frac{\partial P_a/P_a}{\partial P_e/P_e} = \frac{\theta\beta r^{-\alpha}P_e^{-(\beta+1)}P_e}{P_a} = \frac{\theta\beta r^{-\alpha}P_e^{-\beta}}{\bar{P}_a - \theta r^{-\alpha}P_e^{-\beta}} = \frac{\beta}{\bar{P}_a r^{\alpha}P_e^{\beta}/\theta - 1} \tag{17}$$

β 表示能源要素在粮食生产函数中的产出弹性,即能源要素在农业生产函数中的重要程度。(17)式表明 β 值越大,传导弹性 E 越高。由此得到:能源投入要素在农业生产中的重要性越大,能源对粮食价格的传导弹性越高。

最后,我们考察农业部门能源要素对土地要素的替代弹性 $MRST_{E,L}$。

根据(4)式有:

$$MRST_{E,L}=\frac{\partial Q}{\partial L}/\frac{\partial Q}{\partial E}=\frac{\alpha AL^{\alpha-1}E^{\beta}}{\beta AL^{\alpha}E^{\beta-1}}=\frac{\alpha E}{\beta L} \tag{18}$$

将(10)、(11)式代入(18)式得到:

$$MRST_{E,L}=\frac{\alpha E^{*}}{\beta L^{*}}=\frac{\alpha}{\beta}\times\frac{\beta}{\alpha+\beta}\times\frac{C_0}{P_e}\times\frac{\alpha+\beta}{\alpha}\times\frac{r}{C_0}=\frac{r}{P_e} \tag{19}$$

(19)式说明,粮食市场均衡时,粮食生产中能源要素对土地要素的替代弹性取决于要素相对价格。将(19)式代入(17)式,可得:

$$E=\frac{\beta}{\overline{P}_a(r/P_e)^{\alpha}P_e^{\beta+\alpha}/(\theta-1)}=\frac{\beta}{\overline{P}_a cMRST_{E,L}^{\alpha}P_e/(\theta-1)} \tag{20}$$

式(20)表明,传导弹性 E 的大小与要素替代弹性 $MRST_{E,L}$ 相关。由此可知,粮食生产要素替代弹性影响能源对粮食价格的传导弹性。

(四)进一步分析

能源要素的产出弹性和要素替代弹性与农业技术进步和农业政策密切相关。粮食生产技术决定了粮食生产要素与能源的相关性。能源型生产要素的价格政策不同,导致能源价格对粮食成本的影响程度和影响方式不同。

1. 技术进步改变了粮食生产成本对能源价格的依赖程度

生物化学技术和机械技术进步分别为"土地节约型"和"劳动节约型",导致农业生产对能源的依赖程度加深。这两类技术在我国农业生产中已大面积普及和推广。比如,我国粮食生产中大面积使用化肥等化学技术,对粮食产量有较强的正向影响[10];但其边际作用呈递减趋势[11],原因在于化肥施用量已超过土地承载能力,对农业生产效率有显著负向作用,使水体环境污染程度加重[12]。2000 年我国稻米、小麦、玉米和大豆生产的每亩化肥折纯使用量分别为 20.6 kg、22 kg、20.5 kg 和5.4 kg;至2014 年已达21.9 kg、27.01 kg、24.31 kg 和8.57 kg。2014 年每亩化肥费占稻米成本的 12.45%、小麦成本的 18%、玉米成本的 15%、大豆成本的 11.12%。煤炭是我国 70% 左右化肥企业的生产原料,化肥生产成本中 70% 为煤炭支出[13]。煤炭价格波动是导致化肥价格变化的重要因素。

2002 年后工业对劳动力的巨大需求导致我国农业劳动资源逐渐稀缺,农业机械与劳动力存在越来越强的明显替代关系[14],而且机械动力对我国粮食生产的边际作用递增[11]。2000 年我国农业机械作业费占稻谷、小麦、玉米和大豆每亩成本的 6%、16%、5% 和 7%;至 2014 年已达 17%、16%、12% 和 18%。燃油成本占机械作业费的 50% ~60%[13],机械作业费与石油价格密切相关。随着化肥和农业机械投入增多,国际能源价格更顺畅地传导至我国粮食生产成本。

2. 能源价格向粮食生产成本的传导受农资政策的影响

我国政府长期干预农资价格,导致农资价格变动与国际能源价格变动并非完全同步。

国内粮食生产成本对国际能源价格变化的响应,存在一定程度的时滞和偏离。这种偏离随着农资政策的调整发生较大变化。

国内化肥出厂价由最初的政府定价,1998 年改为指导价,2009 年进一步改为市场调节价①。随着我国政府对化肥价格逐渐放开,能源价格对化肥价格的传递更加直接,对国内粮食生产成本

① 1998 年大型氮肥企业化肥零售价也被放开;2009 年除钾肥外进口化肥港口的交货价格也由指导价改为市场调节价。

的传导更加畅通。但与此同时,化肥生产和运输中在能源价格和税收方面的优惠政策,则抑制了能源价格对粮食生产成本的传导。

1998 年我国成品油价格与国际市场基本实现接轨。2008 年我国成品油实行最高零售价格,并适当缩小流通环节差价;当国际原油价格(布伦特、迪拜、辛塔三地加权平均价格)连续 22 个工作日涨幅或跌幅超过 4% 时,就考虑对国内成品油价格进行调整。新的成品油定价机制令粮食生产成本对国际原油价格波动的反应更加灵敏。

2004 年起我国逐步建立粮食生产补贴制度,包括种粮直补、农机购置补贴、良种补贴、农资综合直补。一方面,农业补贴影响投入要素的价格形成机制,一定程度上改变各要素相对价格和收益,导致生产要素投入结构变化,减缓了能源价格波动对粮食生产成本的冲击。另一方面,农业补贴也会扭曲农产品市场价格[15]。

3. 生产成本向粮食价格正向传导

邹杰,郭世芹的研究表明,长期内,粮食生产成本和经济发展水平与粮食价格之间正相关;短期内,粮食价格波动的主要原因是粮食生产成本和经济发展水平。其他条件不变时,粮食生产成本对粮食价格具有正向影响[16]。

四、实证分析

(一)模型设定和变量说明

表 2 变量含义

变量	含义	指标选取	数据来源	均值	标准差
Wheat	国内小麦价格	国内集贸市场价格	经济景气月报	2.2942	0.1255
Corn	国内玉米价格	国内集贸市场价格		2.2288	0.1065
Rice	国内大豆价格	国内集贸市场价格		2.2357	0.1128
Soy	国内大豆价格	国内集贸市场价格		2.2481	0.1080
N	氮肥价格	尿素(≥46%)	国研网重点行业数据库	2.1574	0.0599
P	磷肥价格	普通过磷酸钙(12%)		2.2448	0.1173
k	钾肥价格	氯化钾(国产 60%)		2.1316	0.1343
Gasoline	国内柴油价格	0#柴油价格		2.2691	0.1297
Diesel	国内汽油价格	90#汽油价格		2.2660	0.1316
Coal	国际煤炭价格	西欧市场基准价格	IMF 跨国宏观经济统计数据库	2.3453	0.1824
Oil	国际原油价格	WTI、纽伦特和杜拜原油均价		2.4416	0.1867

注:所有数据以 2003 年 1 月为基期调整为指数并取对数形式。

表 3 变量的格兰杰检验结果

双向格兰杰因果关系	单向格兰杰因果关系
玉米和氮肥、钾肥价格、煤炭价格、原油价格;	大米和柴油、汽油、钾肥、石油价格;
小麦和柴油、汽油、石油、氮肥价格;	大豆和钾肥、石油价格;小麦和钾肥价格;
大米和氮肥价格;	磷肥和玉米、大米、大豆、小麦、石油、煤炭、价格;氮肥和煤炭价格;钾肥和煤炭价格;
大豆和柴油、氮肥价格;	
柴油和氮、磷、钾肥价格;	柴油和煤炭、石油价格;
石油和氮、钾肥价格	汽油和煤炭、石油、大豆价格;
	煤炭和大米、小麦价格

基于数据的统计性质而建立的向量自回归(VAR)模型,将系统中的每个内生变量都作为所有内生变量滞后值的函数,模型表达式为:

$$Y_t = A_1 Y_{t-1} + A_2 Y_{t-2} + \cdots + C + u_t$$

其中,Y_t 是 K 维内生变量列向量,C 是常数列向量,u_t 是随机误差列向量,Ai 是需要估计的系数矩阵。在本研究中,Y_t 的各向量分别为国内粮食价格、国内能源型农业投入要素(化肥、农用汽油、农用柴油)价格、国际能源价格。模型的样本期为 2003 年 1 月—2015 年 12 月。

(二)变量检验

由表 3 的检验结果可知,国际能源价格、国内能源型农业投入要素价格和国内粮食价格是相互影响、相互制约的,可以考虑建立向量自回归模型。在对 VAR 模型估计前,首先对各变量的协整关系及平稳性进行检验(表 4)。平稳性检验目的是为了防止伪回归现象的出现。本文采取 ADF 单位根检验。

表 4　变量的平稳性检验结果

	检验形式(C,T,L)	ADF 值	是否平稳
CORN	(1,1,0)	-2.6980	
wheat	(1,1,1)	-2.1912	
rice	(1,1,12)	-1.6711	
soy	(1,1,2)	-2.3789	
gasoline	(1,1,1)	-0.6205	
diesel	(1,1,1)	-0.5387	否
oil	(1,1,1)	-1.1830	
N	(1,1,1)	-2.7351	
P	(1,1,1)	-1.5799	
K	(1,1,2)	-1.6494	
coal	(1,1,1)	-1.8502	
d(corn)	(1,1,0)	-15.6851	是
d(wheat)	(1,1,0)	-21.5070	
d(rice)	(1,1,0)	-16.6616	
d(soy)	(1,1,1)	-7.1604	
d(N)	(1,1,0)	-8.3562	
d(P)	(1,1,0)	-14.9146	
d(K)	(1,1,1)	-10.2023	
d(gasoline)	(1,1,0)	-9.1249	
d(diesel)	(1,1,0)	-8.8181	
d(oil)	(1,1,0)	-8.4723	

注:C、T、L 代表截距、趋势项和滞后项;ADF 检验 1% 临界值为 -4.0191,5% 临界值为 -3.4394,10% 临界值为 -3.1441。

表 5　变量之间的 Johansen 协整检验结果

原假设	特征值	迹统计量	5% 临界值	P 值
0 个协整关系 *	0.4739	598.0284	239.2354	0
至多 1 个协整关系 *	0.4556	501.6854	197.3709	0.0001
至多 2 个协整关系 *	0.4293	410.4761	159.5297	0
至多 3 个协整关系 *	0.4150	326.3345	125.6154	0
至多 4 个协整关系 *	0.3486	245.9046	95.7537	0
至多 5 个协整关系 *	0.3012	181.6066	69.8189	0
至多 6 个协整关系 *	0.2547	127.8522	47.8561	0
至多 7 个协整关系 *	0.2216	83.7504	29.7971	0
至多 8 个协整关系 *	0.1538	46.1678	15.4947	0
至多 9 个协整关系 *	0.1314	21.1267	3.8415	0

注: * 表示在 0.05% 水平上拒绝原假设。

表 4 显示各变量皆平稳,但其一阶差分在 1% 水平上平稳,因此可以在此基础上对各序列进行协整检验,以判断变量之间是否具有长期均衡关系。运用 Johansen 检验可以得表 5 的结果。根据表 5 的迹统计量判断,变量之间存在长期协整关系。

(三)VAR 模型的估计

所有序列采用一阶差分形式,进行 VAR 估计。在模型估计前要确定合理的滞后期。按照 LR 统计量、FPE 值、AIC 信息准则、SC 信息准则、HQ 信息准则进行判断,模型的最优滞后期为 1 阶。采用 VAR(1)模型,运用 OLS 进行估计(表 6)。

表6 VAR模型回归结果

模型	传导途径	关键表达式	关键系数	系数符号	关键系数显著水平	结论
玉米和煤炭	汽油和柴油	方程一	前期汽油价格	-	5%	汽油和柴油渠道畅通
		方程一	前期柴油价格	+		
		方程二、三	前期煤炭价格	+		
大米和煤炭	柴油	方程一	前期柴油价格	+		柴油渠道畅通
		方程二	前期煤炭价格	+		
大米和煤炭	汽油	方程一	前期汽油价格	+		汽油渠道畅通
		方程二	前期煤炭价格	+		
玉米和石油	汽油和柴油	方程一	前期汽油价格	-		汽油和柴油渠道畅通
		方程一	前期柴油价格	+		
		方程二、三	前期石油价格	+		
大米和石油	柴油	方程一	前期柴油价格	+		柴油渠道畅通
		方程二	前期石油价格	+		
大米和石油	汽油	方程一	前期汽油价格	+		汽油渠道畅通
		方程二	前期石油价格	+		

1. 玉米和煤炭模型

$$\begin{bmatrix} corn \\ gasoline \\ diesel \\ coal \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.23 & -0.37 & 0.35 & 0.03 \\ 0.03 & 0.28 & -0.01 & 0.09 \\ -0.02 & 0.07 & 0.24 & 0.09 \\ 0.20 & -0.17 & 0.02 & 0.36 \end{bmatrix} \times Y(-1) + \begin{bmatrix} u_{1t} \\ u_{2t} \\ u_{3t} \\ u_{4t} \end{bmatrix}$$

该表达式包含了四个方程，四个方程调整的 R^2 分别为0.06、0.12、0.13和0.11。其中，第一、二、三个方程代表了当期粮食价格受前期粮食价格、前期成本及前期煤炭价格水平影响的关系，是本文需要研究的。第一个方程中的前期玉米价格、前期柴油价格、前期汽油价格系数在5%水平显著，第二、三和第四个方程中前期煤炭价格系数在5%水平显著。从估计系数看，当期玉米价格与前期玉米和汽油价格呈反向关系，与前期柴油价格呈同向关系；当期柴油价格和汽油价格和前期煤炭价格呈正向关系。可见，国际煤炭价格通过传导至国内柴油和汽油价格，进而影响国内玉米价格，但前期柴油和汽油价格对玉米价格影响方向不同。

2. 大米和煤炭模型

$$\begin{bmatrix} rice \\ gasoline \\ coal \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.31 & 0.16 & 0.06 \\ -0.04 & 0.31 & 0.09 \\ 0.45 & -0.18 & 0.35 \end{bmatrix} \times Y(-1) + \begin{bmatrix} u_{1t} \\ u_{2t} \\ u_{3t} \end{bmatrix}$$

该表达式包含了三个方程，三个方程调整的 R^2 分别为0.10、0.14和0.17。第一个方程的前期大米和柴油价格系数在5%水平显著，第二个方程的前期柴油和煤炭价格、第三个方程的前期大米和煤炭价格系数在5%水平显著。结果表明，当期大米价格与前期大米价格呈反向关系，与前期柴油和煤炭价格呈同向关系；当期柴油价格和前期柴油和煤炭价格呈正向关系。

$$\begin{bmatrix} rice \\ diesel \\ coal \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.31 & 0.17 & 0.06 \\ 0.02 & 0.26 & 0.09 \\ 0.46 & -0.21 & 0.36 \end{bmatrix} \times Y(-1) + \begin{bmatrix} u_{1t} \\ u_{2t} \\ u_{3t} \end{bmatrix}$$

该表达式中三个方程调整的 R^2 为 0.10、0.13 和 0.17。如前所述,方程一、二是本文研究的重点。方程一的前期大米和柴油价格在 5% 水平显著,方程二的前期汽油和煤炭价格在 5% 水平显著。系数符号表明,当期大米价格与前期大米价格呈反向关系,与前期汽油和煤炭价格呈同向关系;当期汽油价格和前期汽油和煤炭价格呈正向关系。结果表明,国际煤炭价格上升传导至国内柴油和汽油价格,进而抬高国内大米价格。

3. 玉米和石油模型

$$\begin{bmatrix} corn \\ gasoline \\ diesel \\ oil \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.22 & -0.36 & 0.36 & 0.00 \\ 0.04 & 0.19 & 0.00 & 0.23 \\ -0.01 & -0.02 & 0.25 & 0.24 \\ 0.00 & 0.03 & -0.16 & 0.36 \end{bmatrix} \times Y(-1) + \begin{bmatrix} u_{1t} \\ u_{2t} \\ u_{3t} \\ u_{4t} \end{bmatrix}$$

该表达式中三个方程调整的 R^2 为 0.05、0.47、0.49 和 0.10。方程一、二、三是本文研究的重点。方程一的前期玉米、汽油和柴油价格在 5% 水平显著,方程二的前期原油价格在 5% 水平显著,方程三的前期汽油和原油价格在 5% 水平显著。系数符号表明,当期玉米价格与前期玉米价格和汽油价格呈反向关系,与前期柴油价格呈同向关系;当期柴油、汽油价格与前期原油价格呈正向关系。结果表明,国际原油价格通国内柴油和汽油价格,影响国内玉米价格;但前期柴油、汽油价格对玉米价格影响方向不同。

4. 大米和石油模型

$$\begin{bmatrix} rice \\ diesel \\ oil \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.31 & 0.15 & 0.07 \\ -0.06 & 0.24 & 0.24 \\ 0.33 & -0.17 & 0.35 \end{bmatrix} \times Y(-1) + \begin{bmatrix} u_{1t} \\ u_{2t} \\ u_{3t} \end{bmatrix}$$

该表达式中三个方程调整的 R^2 为 0.11、0.51 和 0.15。方程一、二是本文研究的重点。方程一的前期大米、柴油和原油价格在 5% 水平显著,方程二的前期原油价格在 5% 水平显著。系数符号表明,当期大米价格与前期大米价格呈反向关系,与前期柴油和原油价格呈同向关系;当期柴油价格和前期柴油、原油价格呈正向关系。

$$\begin{bmatrix} rice \\ gasoline \\ oil \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.31 & 0.16 & 0.07 \\ 0.00 & 0.20 & 0.22 \\ 0.33 & -0.17 & 0.35 \end{bmatrix} \times Y(-1) + \begin{bmatrix} u_{1t} \\ u_{2t} \\ u_{3t} \end{bmatrix}$$

该表达式中三个方程调整的 R^2 为 0.11、0.47 和 0.13。方程一、二是本文研究的重点。方程一的前期大米和原油价格在 5% 水平显著,前期柴油价格在 10% 水平显著,方程二的前期汽油和原油价格在 5% 水平显著。系数符号表明,当期大米价格与前期大米价格呈反向关系,与前期柴油和原油价格呈同向关系;当期汽油价格和前期汽油、原油价格呈正向关系。结果表明,国际原油价格上升传导至国内柴油和汽油价格,进而拉升国内大米价格。

为验证以上模型是否满足 VAR 模型的稳定性条件,还需利用其特征方程的跟判别稳定性。当 VAR 模型所有特征方程的根的倒数都小于 1 时,VAR 模型是稳定的;反之,则不稳定,影响其估计结果的有效性。检验结果显示以上模型完全稳定(因篇幅限制检验结果未显示)。

(四)讨论

1. 国际能源价格通过农用柴油和汽油渠道向国内大米和玉米价格的传导畅通

在模型(1)(2)(3)中,玉米和大米价格方程中前期煤炭价格和石油价格的系数并不显著,前期汽油和柴油价格的系数在 5% 水平显著,这说明国际能源价格通过生产成本途径传导至国内粮价。

该发现与肖皓等关于"与要素投入价格带来的冲击相比,短期石油价格冲击带来的农产品涨价压力通常并不明显"的结论[17],及涂涛涛关于"采矿业,石油加工、炼焦及核燃料加工业对谷物生产成本的冲击主要是通过影响化学工业(化肥、农药等)的生产成本来发挥作用"的结论[18]一致。

该结果与 Ciaiant 和 Kancs 关于"1994 年 1 月—2008 年 12 月国际能源对国际玉米、小麦、大米、大豆等农产品通过投入要素渠道的价格传导很小且统计上不显著,而通过生物能源渠道对农产品价格影响显著"的结论[7]不同。这说明世界范围内生物能源的突飞猛进,我国暂缓燃料乙醇和生物柴油的发展,导致国际能源对世界和中国粮食价格的主要传导途径不同,传导效应也存在差别。

2. 国际能源价格通过化肥渠道,向国内粮食价格的传导不畅通

根据系数的显著性判断,国际煤炭价格上升,通过钾肥价格,传导至国内小麦、大豆和大米价格;但粮食价格、K、COAL 方程总体拟合度低于 3%(由于篇幅限制,文中未显示该回归结果),说明国际煤炭价格通过化肥渠道对国内粮食价格的影响极其有限。

这与刘宁[13]的研究结果相反。刘宁利用 VAR 模型,采用年度数据,估计了 1990—2009 年国内煤炭和石油价格对与能源型价格挂钩的粮食生产成本的影响,发现煤炭价格对粮食生产成本的影响远大于石油价格的影响。这说明"国际能源到化肥"的价格传导畅通,而"化肥到国内粮食"的价格传导环节在一定程度上是断裂的。可能的原因有:

(1)数据频率和样本期不同。刘宁选取年度数据进行研究,本文选取月度数据可以更加充分的反映出油价波动对国内粮食生产能源型要素成本和粮食价格的影响。刘宁的样本期是 1990—2009 年,本文的样本期为 2003 年 1 月—2015 年 12 月。2003—2015 年我国农机化进程进一步加快。我国粮食生产中农业机械总动力从 2003 年的 60386.54 万千瓦提高到 2013 年的 103906.75 万千瓦,增长将近 1 倍;机械作业费占粮食生产成本比从 2003 年的 4%—6%(大豆为 8.9%)上升至 2014 年的 10%—15%。国际能源价格通过机械作业费传导粮食生产成本和粮食价格成为必然趋势。

(2)粮食生产中能源要素结构发生很大变化。2000 年—2014 年,我国粮食生产成本的能源投入要素结构中,化肥费占小麦和玉米的能源投入要素成本的 50% 以上,占稻谷和大豆的能源要素成本的 30% 左右,呈明显下降趋势。机械作业费占稻谷、小麦和玉米能源要素成本的 20%—40%,占大豆能源要素成本的 35%—55%,呈显著上升趋势。如上文(17)式的分析,随着机械作业相对于化肥在粮食生产中重要性上升,能源价格通过机械作业费对粮食价格的传导弹性变大。

(3)政府补贴缓解了能源价格通过化肥渠道对粮食价格的影响。我国以增加养分投入为导向的化肥产业补贴政策对推动化肥生产与施用发挥了巨大的作用。2011 年我国化肥产业补贴金额高达 1570 亿元,相当于 2480 元/吨的化肥折纯补贴,这使得化肥价格平均降低 22.4%,节省粮食生产中的化肥成本 30.8%[19]。化肥补贴缓解了能源价格波动对粮食价格的冲击。

3. 国际能源价格上升,通过柴油渠道对玉米价格产生正向影响,通过汽油渠道对玉米价格产生负向影响

在模型(1)和(3)中,玉米价格方程中前期柴油价格为显著且为正,前期汽油价格系数为显著且为负;而模型(1)和(3)的柴油和汽油价格方程中,前期煤炭和原油价格的系数皆显著为正。这说明虽然国际能源价格上升推高了国内农用柴油和汽油价格,但对玉米价格的影响方向不同。原因可能在于汽油中添加乙醇已经较为普遍,而柴油添加乙醇比较少。乙醇工业市场的分割性导致汽油价格上升对玉米价格具有正负两种效应。

按照 Hertel& Beckman 的分析[9],燃料乙醇在两个分割的国内市场进行销售。第一个市场上,

作为汽油添加剂(严格按照汽油 10% 的比例添加),乙醇需求对能源和乙醇的相对价格不敏感。我国从 2005 年 12 月起开始推广使用乙醇汽油 E10,其中普通汽油体积占 90%,乙醇体积占 10%。随着汽油价格上升,整个社会的汽油消费量减少,乙醇需求减少,乙醇原料玉米价格相应降低。第二个市场上,作为汽油的替代品,乙醇需求严重依赖乙醇和汽油的相对价格。当汽油价格上升时,乙醇需求增大,玉米价格上升。我国出于粮食安全目的严格控制生物能源的发展规模,乙醇的能源替代型市场未能发展起来,因而汽油价格上升对玉米价格的负面效应超过正面效应。

五、结论和启示

本文首先分析了国际能源价格和国内粮食价格的波动现状,其次在 Bahela E. (2013)模型基础上分析了能源价格对粮食价格的影响机理,最后 VAR 模型进行了实证分析,得出以下结论:

(1)其他条件不变时,能源价格波动通过生产成本渠道导致粮食价格发生同向变化。能源对粮食价格的传导弹性,受能源投入要素的产出弹性及粮食生产要素替代弹性的影响。

(2)国际能源价格通过柴油和汽油渠道向国内大米和玉米价格的传导畅通,通过化肥渠道向国内粮食价格的传导不畅通。可能是由于我国农机化进程加快、粮食生产能源要素成本中化肥占比下降、机械动力占比上升、政府补贴等因素缓解了能源价格通过化肥渠道对粮食价格的影响。

(3)国际能源价格上升,通过柴油渠道对玉米价格产生正向影响,通过汽油渠道对玉米价格产生负向影响。原因可能是:目前我国柴油添加乙醇比较少,而汽油中添加乙醇已较为普遍;乙醇市场的分割性导致汽油价格上升对玉米价格具有正负两种效应(汽油添加剂市场为负,能源替代型市场为正),我国乙醇的能源替代型市场未发展起来,汽油价格对玉米价格的总体影响为负。

根据以上结论,得出以下启示。

(1)现有粮食生产补贴政策的确减缓了能源价格上涨对粮食生产成本和粮食价格的冲击,应继续探寻对粮食价格扭曲最小的农业补贴政策。

(2)应继续进行粮食、能源和农资价格的市场化改革,令能源、农资和粮食之间的价格传导更加顺畅,否则会导致资源的扭曲配置,如目前化肥过度使用造成严重的环境污染和农产品质量安全问题。

(3)在我国农业生产土地和劳动力成本逐渐上升的背景下,农业生产对能源型投入要素的依赖只会越来越大。最根本的还是要依靠农业技术进步,提高农业生产效率,并注重提高能源使用效率,减少能源浪费。

参考文献:

[1]HOCHMAN G, SEXTON S E, ZILBERMAN D, et al. The Economics of Biofuel Policy and Biotechnology[J]. Journal of Agricultural & Food Industrial Organization, 2008, 6(2).

[2]CHAKRAVORTY U, MAGNE B, MOREAUX M. A dynamic model of food and clean energy[J]. Journal of Economic Dynamics and Control. 2008,32.

[3]CHEN S T, KUO H I, CHEN C C. Modeling the relationship between the oil price and global food prices[J]. Applied Energy, 2010, 87(8).

[4]杨志海,王雨濛,张勇民. 粮价与石油价格的短期动态关系与长期均衡——基于 ARDL – ECM 模型的实证研究[J]. 农业技术经济, 2012, (10).

[5]GARDNER B. Fuel ethanol subsidies and farm price support[J]. Journal of Agricultural and Food Industrial Organization. 2007, (2).

[6]GORTER H D, JUST D R. The welfare economics of a biofuel tax Credit and the interaction effects with price contingent farm subsidies[J]. American Journal of Agricultural Economics, 2009, 91(91).

[7]CIAIANT P, KANCS D. Interdependencies in the energy-bioenergy-food price systems: A cointegration analysis[J]. Resource & Energy Economics, 2011, 33(1).
[8]BAHEL E, MARROUCH W, GAUDET G. The economics of oil, biofuel and food commodities[J]. Resource & Energy Economics, 2013, 35(4).
[9]HERTEL T W, BECKMAN J. Commodity Price Volatility in the Biofuel Era: An Examination of the Linkage between Energy and Agricultural Markets[C]//Center for Global Trade Analysis, Department of Agricultural Economics, Purdue University, 2010.
[10]房丽萍,孟军. 化肥施用对中国粮食产量的贡献率分析——基于主成分回归 C—D 生产函数模型的实证研究[J]. 中国农学通报,2013, (17).
[11]刘英基. 粮食生产的能源投入及技术变动趋势[J]. 华南农业大学学报(社会科学版), 2015,(3).
[12]周密,徐爱燕. 农村劳动力转移的水体环境效应研究——基于生产要素替代与化肥施用量的证据[J]. 南大商学评论, 2013, (1).
[13]刘宁. 能源价格波动对粮食生产成本的动态影响研究[J]. 财贸研究, 2012, 23(4).
[14]吴丽丽,李谷成,周晓时. 中国粮食生产要素之间的替代关系研究[J]. 中南财经政法大学学报, 2016, (2).
[15]谢枫. 粮食生产补贴、生产要素投入与我国粮食生产效率[D]. 江西财经大学, 2015.
[16]邹杰, 郭世芹. 财政支农支出、粮食生产成本与粮食价格的动态关联性研究[J]. 价格理论与实践, 2015, (12).
[17]肖皓, 刘姝, 杨翠红. 农产品价格上涨的供给因素分析:基于成本传导能力的视角[J]. 农业技术经济, 2014, (6).
[18]涂涛涛, 李崇光, 张玉梅. 中国谷物价格波动的传递路径解析[J]. 华中科技大学学报:社会科学版, 2015, (3).
[19]李宇轩. 中国化肥产业政策对粮食生产的影响研究[D]. 北京:中国农业大学, 2014.

The Research on the Price Transmitting through Production Cost Channel from Energy to Food

YIN Jin-hua
(*College of International Business*, *Zhejiang International Studies University*, *Hangzhou* 310012, *China*)

Abstract: This paper adopted the VAR model to make an empirical analysis on price transmitting through production cost channel from energy to food. The conclusions are as follows: First, the energy price fluctuation leads to food prices change in the same direction through production costs channel; and grain output elasticity with energy inputs and factors substitution elasticity affect the price transmitting. Second, international energy prices conduct smoothly to rice and corn through the diesel and gasoline channel, while the domestic fertilizer channel is blocked, which may due to the speeding process of China's agricultural mechanization, the change of energy factor structure in food production, fertilizer subsidies and so on. Third, the international energy prices impose positive influence on corn price through diesel channel and negative impact on corn price through the gas channel, which may be caused by ethanol market segmentation.

Key Words: energy prices; food prices; food production cost; price transmission channels