

美国生物燃料价格与农作物价格内生性及其互动影响

杜婧¹, 王磊², 顾蕾², 张立中¹

(1. 北京林业大学 经济管理学院, 北京 100083; 2. 浙江农林大学 经济管理学院, 浙江 临安 311300)

摘要: 生物燃料的发展一直是国内外热议话题。从价格视角讨论了燃料乙醇和玉米 *Zea mays* 市场间的相互关联程度及互动影响, 基于此分析现阶段国际上生物燃料发展是否仍会对粮食安全产生严重威胁。以美国为例, 利用 2006-2015 年共 38 季度时间序列数据, 综合社会、经济、政策等因素构建了玉米价格和燃料乙醇价格间的联立方程组, 分析了各自的影响因素以及 2 个价格间双向、不对称的相互作用关系。得出: 影响玉米价格的主要因素依次为政策、玉米产量、美元价格指数和燃料乙醇价格; 影响燃料乙醇价格的主要因素依次是汽油价格、居民收入和玉米价格, 玉米价格和燃料乙醇价格间存在正向的相互影响, 作用力相对较弱。能源用途和食物用途对农产品的争夺并不是造成农作物价格上涨的主要推动力, 价格上涨的推动力更多来自于其他外生变量变化所导致的供给、需求不平衡。表 3 参 15

关键词: 农业经济学; 生物质能源价格; 农作物价格; 联立方程; 美国

中图分类号: S-98; F316 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0756(2016)06-1073-05

Empirical study on endogeneity and interactions between biofuel price and crop price in the USA

DU Jing¹, WANG Lei², GU Lei², ZHANG Lizhong¹

(1. School of Economics and Management, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. School of Economics and Management, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: Biofuel has been a hot research topic. This study aimed to evaluate whether large-scale production of biofuel would pose a threat to food security by analyzing the correlations and interactions between biofuel and corn market. The United States of America, the largest biofuel-producing country was exemplified to analyze the two-way and asymmetrical interactions between the price of corn and that of fuel ethanol by building simultaneous equation models between them with 38 quarterly time-series data collected from 2006 to 2015. The association degree between energy security and food security from the view of price by comprehensively analyzing social, economic, policy and other factors were studied. The main determinant of the corn price was policy, followed by yield, dollar index and ethanol price, while the determinants of fuel ethanol price included gasoline price, income and corn price. It was concluded that there was positive but fairly weak relationship between prices of fuel ethanol and corn, indicating that the competition for the limited supply of crops between food and energy sectors was not the main reason for the sharp rise in food prices. [Ch, 3 tab. 15 ref.]

Key words: agricultural economy; biofuel price; agricultural products price; simultaneous equation; the United States of America

美国是世界上最早推广生物燃料的国家, 生物燃料产量世界第一。生物乙醇和生物柴油的主要生产原料分别来自于玉米 *Zea mays* 和大豆 *Glycine max*。美国玉米产量占世界玉米总量 40% 以上, 以绝对优

收稿日期: 2015-12-24; 修回日期: 2016-04-10

基金项目: 中国农民发展研究中心资助项目

作者简介: 杜婧, 从事农产品市场与贸易、生物燃料产业研究。E-mail: dj_1128@163.com。通信作者: 王磊, 教授, 博士, 从事农林产品商贸和管理研究。E-mail: waleland@foxmail.com

势居于首位,用于生产生物乙醇的玉米使用量占国内使用总量的44%,几乎与饲料使用量一致,成为了玉米消耗的第二大途径^[1]。作为世界上领先且最具代表性的生物燃料生产国,美国粮食安全和能源安全对农产品资源争夺的矛盾尤为突出,并引起世界范围内市场的变化和动荡。目前,关于农业生物燃料发展对粮食安全的影响研究已经相对深入且全面,但是仍然缺乏对生物质能源和农作物之间系统、全面的价格定量分析。一是现阶段的分析往往针对于发展生物质燃料对粮食安全带来影响的单向研究,包括价格、产量、供给等方面。如ROSEGRAN^[2]通过IMPACT模型得出不断增加的生物燃料需求引起了2000–2007年间谷物平均加权价格上升30%,玉米价格上涨39%。DRABIK^[3]也通过建立玉米燃油市场的理论市场模型得出:在2008–2011年期间燃料政策的实施推动玉米价格上涨了33.0%~46.5%。BABCOCK^[4]运用CARD-FAPRI模型分析得出生物燃料在市场上大规模扩张是导致玉米价格和食物价格上涨的重要因素。TIMILSINA等^[5]使用GDCGE模型分析了生物燃料的扩张对世界范围内食物供应的影响较小,对印度等亚非发展中国家的影响则较为显著。以上研究均忽略了作为原材料的农产品价格对生物燃料带来的影响。二是现有的价格分析也仅仅局限于某种农产品价格与生物燃料价格的线性或非线性关系,且研究方法多集中于VAR模型和VEC模型,通过检验时间序列数据之间的相互关系分析2个价格间的动态关系。如ZHANG等^[6]运用格兰杰因果检验,VECM, MGARCH模型检验了石油、汽油、燃料乙醇、玉米和大豆价格之间的相关关系。SERRA等^[7]使用STVECM模型构建了美国玉米、生物乙醇、燃油价格间非线性等式方程。ANDERSON等^[8]运用VAR模型得出玉米价格变动仅对食物成本及其他食品价格产生微弱影响。BASTIANIN^[9]也运用格兰杰检验和长期协整得出燃料乙醇价格和农产品价格间的相互关系较弱。上述研究忽略了社会、经济、政治等综合因素的影响,也忽略了农作物的价格不仅仅是作为成本支出同时还作为同种原材料的竞争品的价格对生物燃料价格产生影响。我们迫切需要从双向研究角度,弥补在社会、经济、政治综合大背景下农产品和最终能源价格间关系的空白。通过对美国粮食市场和能源市场的研究分析,把握生物燃料发展对粮食安全带来的影响和生物燃料价格与作为原材料的生物质作物价格间的定量关系,为日后分析中国农业生物质燃料发展潜力、评价农业生物质燃料发展现状分析,完善未来农业生物质燃料发展提供建议、借鉴和新的研究思路。

1 研究方法及模型设定

1.1 农产品价格和能源价格关系分析

粮食价格和能源价格之间的关系可以从2个方面展开研究:①原料和最终产品的关系。粮食作物作为生产生物燃料最重要的原料,其价格直接影响了生物燃料的生产成本。②原料竞争关系。粮食价格和生物燃料价格的高低直接影响了有限资源在两者之间的分配、流动。生物燃料的高价格、高利润吸引了大量玉米用于加工生物乙醇,导致食物、饲料用途的玉米供应减少,进而引发了粮食价格的大幅攀升。两者之间存在着多向的因果关系,因而本研究拟采用联立方程模型对生物燃料价格和粮食价格间的互动关系进行实证研究,以把握生物燃料价格与农作物价格间错综复杂的关系。

1.2 模型设定

实证分析中主要分析2个问题:第一,影响燃料乙醇价格的因素。玉米价格的任何变动将会从成本上推动燃料乙醇价格的改变。同时燃料乙醇作为传统石油燃料的替代物,任何原油市场的波动、不景气现象都会让人们对于燃料乙醇的未来更为乐观。此外,政策支持因素和经济发展情况都会影响到燃料乙醇发展的大环境,从而对其价格产生影响。第二,影响玉米价格的因素。玉米乙醇的发展大幅提高了美国国内对玉米的需求,从2000年到2012年乙醇生产增加了700%,而美国国内生产的玉米用于生产生物乙醇的数量仅仅增加了10%~40%^[10]。CONDON等^[11]计算了玉米乙醇的生产每扩张1亿加仑(美制的1加仑液体被定义为3.785 411 784 L,美制的1加仑干货被定义为4.404 842 803 2 L),玉米价格将增加5%~10%。ABBOTT等^[12]则论述了可再生能源目标规定了用于生产生物燃料的玉米的数量,早期会促进广大农民对玉米的种植,在中后期则会引起增速递减直至供需稳定。WHITTAKER^[13]得出从1982年到2013年间,美元价格指数的波动对玉米价格产生了重要影响,当美元处于弱势时,玉米的相对价格就会变低,其他国家就愿意从美国购买更多的玉米。天气因素对玉米价格产生了重要影响,如2012年的高温干旱影响了诸多玉米种植区的生产,玉米总供给量减少,进而推动了玉米价格的上涨。

基于以上理论分析，除内生变量玉米价格 P_{com} 和燃料乙醇价格外 $P_{ethanol}$ 外，影响燃料乙醇价格的 4 个外生因素为互为竞争品的汽油价格 $P_{gasoline}$ ，居民收入 P_{income} ，生物质政策目标 $M_{mandate}$ 和狭义货币供应量 M_1 ；影响玉米价格的 5 个外生变量因素为生物质政策目标 $M_{mandate}$ ，天气因素 M_{yield} ，燃油价格 P_{oil} ，国内生产总值 P_{GDP} 和美元价格指数 I_{USDx} 。

本研究选用了简约型模型构建了燃料乙醇价格和粮食价格的联立方程，简约型的好处在于它不依赖于某一特定理论和某一特定环境，但能找出两者之间的关系^[14]。本研究采用线性函数形式： $P_{com} = \alpha_0 + \alpha_1 P_{ethanol} + \alpha_2 M_{mandate} + \alpha_3 M_{yield} + \alpha_4 P_{oil} + \alpha_5 P_{GDP} + \alpha_6 I_{USDx}$ ； $P_{ethanol} = \beta_0 + \beta_1 P_{com} + \beta_2 M_{mandate} + \beta_3 P_{gasoline} + \beta_4 P_{income} + \beta_5 M_1$ 。

1.3 数据来源

本研究选取了美国 2006 年第 1 季度至 2015 年第 2 季度共 38 个季度数据作为样本。具体数据说明及来源如表 1。

表 1 数据描述及来源

Table 1 Data description and sources

变量	描述	简写	来源
燃料乙醇价格	季平均零售 E85 价格	$P_{ethanol}$	Alternative Fuels Data Center, 2015
汽油价格	月平均零售汽油价格	$P_{gasoline}$	
玉米价格	玉米生产者价格	P_{com}	US Department of Agriculture, 2015
天气因素	玉米产量	M_{yield}	
货币供应量	狭义货币供应量	M_1	Federal Reserve Bank of ST.Louis, 2015
美元指数	美元指数	I_{USDx}	
国内生产总值	国内名义生产总值 GDP	P_{GDP}	Bureau of Economic Analysis, 2015
收入因素	国民可支配总收入	P_{income}	
原油价格	进口原油价格	P_{oil}	Energy Information Administration, 2015
政策因素	玉米制生物酒精占比目标	$M_{mandate}$	Federation of American Scientists, 2015

说明： P_{com} ：玉米价格指标选择美国玉米生产者价格，大部分玉米直接进入生产加工商进行加工处理，市场上直接销售的份额较少，无法获得科学的玉米零售价格，因此选用生产价格进行替代。 $M_{mandate}$ ：2006 年开始实施的《美国可再生燃料标准计划》强制规定了燃料市场中燃料乙醇的市场份额，对燃料乙醇的生产、发展起到决定性的推动作用。 M_{yield} ：在农业规模化、机械化生产的美国，玉米单位面积产量的变化主要取决于天气因素，因此选择玉米单位面积产量对天气因素进行替代分析。

2 分析结果

2.1 模型估计和分析

采用 Eviews 6.0 软件进行 2 个阶段估计，具体结果见表 2。其中：不显著的变量已省略，最终得出玉米价格和燃料乙醇价格联立方程模型可以表达为 $P_{com} = 12.215 + 0.503 P_{ethanol} + 0.169 M_{mandate} - 0.038 M_{yield} - 0.078 I_{USDx}$ 。 $P_{ethanol} = -0.668 + 0.102 P_{com} + 1.004 P_{gasoline} + 0.082 P_{income}$ 。

2.1.1 玉米价格与燃料乙醇价格的联立性检验 方程间存在联立性是保证 2 阶段最小二乘法(2SLS)估计一致有效的前提。本研究采用 HAUSMAN 设定误差检验对方程的联立性进行检验^[15]。将解释变量

表 2 模型估计结果

Table 2 Models estimation results

玉米价格方程			燃料乙醇价格方程		
变量名	系数	t 值	变量名	系数	t 值
常数项	12.215	3.090	常数项	-0.668	-2.476
$P_{ethanol}$	0.503	1.694	P_{com}	0.102	3.397
M_{yield}	-0.038	-3.402	$P_{gasoline}$	1.004	16.420
$M_{mandate}$	0.169	3.550	P_{income}	0.082	3.117
I_{USDx}	-0.078	-1.864			
模型检验	R^2_{adj}	0.746	模型检验	R^2_{adj}	0.975
	F	26.059		F	445.256

P_{ethanol} 对 P_{corn} 和估计阶段 1 的残差 e_t 进行简单回归, e_t 的系数为 -0.528 , 且 t 值为 -5.782 , 在统计上系数显著地异于 0, 说明解释变量 P_{ethanol} 与 P_{corn} 方程间存在联立性, 2 阶段最小二乘法方程估计一致有效。

2.1.2 玉米价格的外生影响因素分析 在多元回归分析中, 各自变量的单位、量纲不同, 其系数值的大小只能代表各统计值数学上的关系, 并不能作为衡量各自变量影响程度的指标。本研究通过计算各自变量的标准化系数和弹性系数, 科学分析各影响因素的显著程度, 如表 3。影响玉米价格的 5 个外生变量因素中进入方程的有玉米产量、燃料乙醇占比目标和美元价格指数, 国内生产总值和原油价格因素并未进入方程, 是因为原油价格与燃料乙醇价格存在一定相关性, 作为传统化石燃料的补充替代品, 燃料乙醇的价格在一定程度上受原油价格的影响。代表国家经济发展的国内生产总值(GDP)也并未进入方程, 说明经济进步因素并不是影响玉米价格的主要因素。从变量的符号看, 单位面积产量因素和美元价格指数与玉米价格呈负相关, 燃料乙醇占比目标和燃料乙醇价格与玉米价格呈正相关。从标准化系数值分析, 影响程度最大的因素是政策目标, 其次影响程度按从大到小依次是玉米单位产量、美元价格指数和燃料乙醇价格; 从弹性系数看, 美元价格指数、单位产量、政策目标和燃料乙醇价格每增加 1.00%, 玉米价格相应变化 -0.57% , -0.94% , 0.38% 和 0.32% 。与标准化系数值排序顺序不一致, 是由于自变量变化的难易程度和范围不同。

表 3 标准化系数和弹性系数

Table 3 Standard coefficient and elastic coefficient

变量名	玉米价格方程		变量名	燃料乙醇价格方程	
	标准化系数	弹性系数		标准化系数	弹性系数
常数项	0.002	11.625	常数项	-0.018	-0.301
P_{ethanol}	0.259	0.321	P_{corn}	0.199	0.121
M_{yield}	-0.333	-0.944	P_{gasoline}	0.775	0.796
M_{mandate}	0.430	0.387	P_{income}	0.108	0.232
I_{USD}	-0.241	-1.572			

2.1.3 燃料乙醇价格的外生影响因素分析 影响燃料乙醇价格的 4 个外生变量因素中进入方程的为汽油价格和居民收入, 生物质政策目标和狭义货币供应量 M_1 并未进入方程, 一方面由于 M_{mandate} 与 P_{income} 序列之间存在高度线性相关性; 另一方面, 可能因为 M_{mandate} 同时影响了燃料乙醇的供给量和需求量, 并未引起供给、需求之间的不平衡。狭义货币量作为衡量当前市场经济活跃程度的指标, 也并未对燃料乙醇的价格产生影响。从变量的符号看, 汽油价格、可支配收入和玉米价格均与燃料乙醇价格呈正相关。从标准化系数值分析, 影响程度最大的因素是汽油价格, 燃料乙醇作为新兴、环保燃料, 为了获得更大的市场占有率多采用竞争导向定价法, 参考同为竞争替代品的汽油价格进行定价, 其次依次是收入因素和玉米价格因素。从弹性系数看, 汽油价格、居民可支配收入和玉米价格每增加 1.00%, 燃料乙醇价格相应变化 0.80% , 0.23% 和 0.12% , 与标准化系数值排序一致。

2.1.4 玉米价格与燃料乙醇价格的互动影响分析 通过联立方程可知: 玉米价格和燃料乙醇价格间存在正向的相互影响, 玉米价格作为原料成本推动了燃料乙醇价格的上涨, 同时燃料乙醇价格作为有限的玉米资源流动、分配的重要影响因素, 也推动了玉米价格的上涨。通过对两者之间标准化系数的比较, 燃料乙醇价格对玉米价格的竞争推动作用更明显(标准化系数为 0.26), 大于玉米价格对燃料乙醇价格的成本推动(标准化系数 0.20)。弹性系数进一步表明燃料乙醇价格上涨 1.00%, 将推动玉米价格增加 0.32%, 而玉米价格上涨 1.00%, 仅带来燃料乙醇价格变化 0.12%。燃料乙醇价格对玉米价格的影响程度相对其他影响因素较弱, 说明能源和食物用途之间的矛盾带来的价格推动作用并不如其他因素明显; 同时, 玉米价格对燃料乙醇价格的推动作用也弱于其余外生变量, 因为玉米价格只作为生产燃料乙醇过程中可变成本的一部分, 成本推动作用相对较小。

3 结论与建议

本实证研究表明: 玉米价格和燃料乙醇价格之间存在内生性关系, 相互的影响方向为正向, 且燃料乙醇价格对玉米价格的竞争推动效应略高于玉米价格对乙醇价格的成本推动效用, 说明玉米价格与燃料

乙醇价格相比，在价格竞争上处于弱势地位，因而玉米的食物用途应该得到更多的财政支持和保护。标准化系数和弹性系数表明：尽管2个价格互相对对方价格的上涨起到了推动和促进作用，但是作用力相对较弱，能源用途和食物用途对农产品的争夺并不是造成农作物价格上涨的主要推动力，食品安全和能源安全之间争夺资源的矛盾也并非当前舆论所理解的那样激烈、严重。价格上涨的推动力更多地来自于其他外生变量变化所导致的供给与需求不平衡。

中国作为发展中国家和第一人口大国，农产品资源的使用应始终将食物用途放在首位，但是叫停农业生物质能源开发项目并不是解决中国粮食安全和能源安全间矛盾的最佳途径。通过科学的政策引导，如对食物用途的农产品进行政策上的支持和财政上的补贴、新原料的开发及选择等，以及适时地顺应国际形势和发展潮流均能有效避免粮食安全与能源安全的矛盾。

4 参考文献

- [1] ESTERLY S. 2013 *Renewable Energy Data Book* [R/OL]. Washington D C: U. S. Department of Energy, 2014-12-01. <http://www.nrel.gov/docs/fy15osti/62580.pdf>.
- [2] ROSEGRANT M W. *Biofuels and Grain Prices: Impacts and Policy Responses* [R/OL]. Washington D C: International Food Policy Research Institute, 2008. <http://ebrary.ifpri.org/utils/getfile/collection/p15738coll2/id10350/filename/10351.pdf>.
- [3] DRABIK D. *The Theory of Biofuel Policy and Food Grain Prices* [R/OL]. New York: Cornell University, 2011. <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/126615/2/Cornell-Dyson-wp1120.pdf>.
- [4] BABCOCK B. The impact of US biofuel policies on agricultural price levels and volatility [J]. *China Agric Econ Rev*, 2012, 4(4): 407 – 426.
- [5] TIMILSINA G R, BEGHIN J C, van der MENSBRUGGHE D, et al. The impacts of biofuels targets on land-use change and food supply: a global CGE assessment [J]. *Agric Econ*, 2012, 43(3): 315 – 332.
- [6] ZHANG Zhibin, LOHR L, ESCALANTE C E, et al. Ethanol, corn and soybean price relations in a volatile vehicle-fuels market [J]. *Energies*, 2009, 2(2): 320 – 339.
- [7] SERRA T, ZILBERMAN D, GIL J M, et al. Nonlinearities in the US corn-ethanol-oil price system [J]. *Agric Econ*, 2008, 42(1): 259 – 280.
- [8] ANDERSON D P, OUTLAW J L, BRYANT H L, et al. *The Effects of Ethanol on Texas Food and Feed* [R/OL]. College Station: Agricultural and Food Policy Center Texas A & M University (AFPC), 2008. <https://www.afpc.tamu.edu/pubs/2/515/RR-08-01.pdf>.
- [9] BASTIANIN A, GALEOTTI M, MANERA M. Biofuels and food prices: searching for the causal link [J]. *FEEM Nota Lavoro*, 2013, 22: 1 – 33.
- [10] GARDEBROEK C, HERNANDEZ M A. Do energy prices stimulate food price volatility? Examining volatility transmission between US oil, ethanol and corn markets [J]. *Energy Econ*, 2013, 40(2): 119 – 129.
- [11] CONDON N, KLEMICK H, WOLVERTON A. Impacts of ethanol policy on corn prices: a review and meta-analysis of recent evidence [J]. *Food Policy*, 2013, 51: 63 – 73.
- [12] ABBOTT P C, HURT C, TYNER W E. *What's Driving Food Prices in 2011?* [R/OL]. Oak Brook: Farm Foundation NFP, 2011. <http://www.farmfoundation.org/webcontent/Whats-Driving-Food-Pricesin-2011-1742.aspx>.
- [13] WHITTAKER E. *The Fundamental Factors Affecting Corn Price from 1982–2013* [D]. West Lafayette: Purdue University, 2014.
- [14] 史青. 外商直接投资、环境规制与环境污染：基于政府廉洁度的视角[J]. *财贸经济*, 2013(1): 93 – 103.
SHI Qing. Foreign direct investment, environmental regulation and environmental pollution: from the perspective of government honest degree [J]. *Fin Trade Econ*, 2013(1): 93 – 103.
- [15] 温海珍, 吕雪梦, 张凌. 房价与地价的内生性及其互动影响：基于联立方程模型的实证分析[J]. *财贸经济*, 2010(2): 124 – 129.
WEN Haizhen, LÜ Xuemeng, ZHANG Ling. The endogenous relationship and interactive effect of urban house price: an empirical analysis based on simultaneous equations model [J]. *Fin Trade Econ*, 2010(2): 124 – 129.