基于符号回归的国产大豆价格影响因素分析

高 磊[1],张冬青[1],叶方如[2],黄 宇[1]

(1. 南京农业大学 工学院,江苏 南京 210031; 2. 东北林业大学 经济管理学院,黑龙江 哈尔滨 150040)

摘 要:大豆作为我国重要的粮食作物与油料来源,其价格对居民生活以及农业经济具有重要影响。大豆价格影响因素分析对调控大豆价格、稳定大豆市场有重大意义。在定性分析基础上,采用符号回归法对大豆价格的影响因素进行分析。结果表明:货币供应量与进口大豆到港分销价格对大豆价格影响最大,其次为世界大豆产量与国内需求量,之后是国内大豆自给量与大豆进口量,居民消费价格指数与消费者信心指数影响最小。最后,根据分析结果对国内大豆市场调控提出指导意见。

关键词:大豆价格;符号回归;影响因素

中图分类号:F323.7;F224.7;S565.1 **文献标识码**:A **DOI**:10.11861/j.issn.1000-9841.2017.05.0782

Analysis on Influencing Factors of Domestic Soybean Price Based on Symbolic Regression

GAO Lei[1], ZHANG Dong-qing[1], YE Fang-ru[2], HUANG Yu[1]

(1. College of Engineering, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210031, China; 2. College of Economics and Management, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

Abstract: As the important food crops and oil source in our country, the price of soybeans has important effects on residents' life and agricultural economy. Analysis on influencing factors of domestic soybean price has great significance to control soybean price and stabilize the soybean market. On the basis of qualitative analysis, the influence factors of soybean price were analyzed by symbol regression method. The results show that the money supply and soybean export price have the greatest impact on soybean price, followed by the world's soybean production and domestic demand, which followed by domestic soybean self-sufficiency and soybean imports, the consumer price index and the consumer confidence index have the least impact. Finally, provide some suggestions to the domestic soybean market regulation according to the analysis results.

Keywords: Soybean price; Symbolic regression; Influence factors

大豆是我国重要的油料来源,20 世纪末以来进口大豆数量不断增加,目前国内大豆进口量约占世界大豆进口量的 70% 以上[1]。对国外大豆市场依赖度增加使得国内大豆价格更加难以控制,从影响因素分析角度对大豆价格进行调控是了解大豆价格波动规律、稳定大豆市场的有效手段。

国内外学者运用不同方法对大豆价格影响因素进行分析,刘欢等[2]通过建立多元线性分位数回归模型,分析各影响因素在不同分位数下的影响程度,找到重要因素并对大豆市场调控提出有效建议。孙丽娟[3]利用多元线性回归模型对大豆价格影响因素进行实证分析。马来坤[4]从系统工程角度建立系统解释结构模型分析大豆价格与各影响因素间关系。刘洋[5]运用协整模型对国际大豆价格影响因素进行研究,找到影响国际大豆价格因素与价格之间的关系。杜丽永[6]从供给、需求、金融化 3 个层面对国际粮食市场进行分析,发现人口增长是影响大豆价格长期走势的主要因素。朱海燕等[7]建立 VAR 模型,运用脉冲响应函数与方差分解分析国内大豆价格的主要影响因素。不仅限于影响因素分析,石波等[8]运用改进 RBF 神经网络对我国大豆价格进行预测。张婷[9]通过建立 ARIMA 模型预测短期国际大豆价格。上述方法均需事先假定模型结构然后估计变量参数,这就要有特定领域知识来假定正确模型结构,且由于假定的模型结构缩小了模型的可选范围,有可能漏掉更适合的潜在模型,而符号回归模型能有效克服这些局限,不需先构建模型再估计参数,能够在数据中全自动找到模型与参数,故在寻找数据规律等方面有更大优势。符号回归由 Koza[10] 于 20 世纪 90 年代首次提出,目前已经在很多领域得到应用,孙涛[11]运用符号回归模型对环境污染与经济发展的关系进行分析。Yang 等[12]通过建立我国各省能源强度符号回归模型,对各省能源强度影响因素进行对比分析。于鹏[13]通过符号回归方法计算得到正弦分量与畸变分量表达式,验证了符号回归在电能质量分析中

收稿日期:2016-04-29
基金项目:国家自然科学基金(71301077);南京农业大学中央高校基本科研业务费人文社会科学基金(SK2014011)。
第一作者简介:高磊(1994 -),男,硕士,主要从事预测与决策研究。E-mail:1340553895@qq.com。
通讯作者:张冬青(1971 -),女,博士,副教授,主要从事预测与决策、农业系统工程研究。E-mail:zhangdq@njau.edu.cn。

的实用性。Cai 等[14]运用符号回归,通过搜索方程形式与参数对热传测量中相关性进行提取。Yang 等[15]运用符号回归对世界石油产量进行预测。本研究拟采用符号回归模型来分析我国国产大豆价格的影响因素。

1　大豆价格影响因素定性分析与数据来源

1.1　影响因素定性分析

大豆同其它商品一样,价格受到供求影响,供应量与需求量的变动对大豆价格有直接影响。宏观经济同样对大豆价格变动起作用,货币供应量等指标从宏观层面影响价格波动。考虑我国大豆进口量庞大现状,进口大豆对国内大豆价格影响不容忽视。故本文从供给因素、需求因素、国家宏观经济、进口大豆到港分销价格 4 个方面对大豆价格影响因素进行定性分析。

1.1.1　*供给因素*　价格受到供求关系影响甚大,供不应求导致价格上升,反之则价格下降。故首先从供给角度进行影响因素分析。我国大豆市场不同于其它主要粮食作物,其进口占比较大,中国大豆市场对进口依存度超过 80%[2]。国内大豆供给主要有国内生产及国外进口两个来源,综合考虑国内外供给,选取大豆进口量、世界大豆产量、国内大豆自给量 3 个因素。其中,国内大豆自给量指国内大豆产量与期末库存量之和[2]。

1.1.2　*需求因素*　需求因素不同于供给,受国外影响较小。国内大豆需求量改变对大豆价格变动有直接影响,二者成正相关关系,价格随需求量增加而上升。国内大豆用途基本包括榨油与食用加工[16]。食用加工方面,大豆需求量变动范围较小。所以本文采用大豆压榨量作为国内需求量的指标。

1.1.3　*国家宏观经济*　居民消费价格指数、消费者信心指数、货币供应量等宏观经济指标同样作为宏观调控方式在影响大豆价格。居民消费价格指数是反映居民一般所购买的消费价格水平变动情况的宏观经济指标。消费者信心指数反映的是当前消费者对待经济前景的主观态度,从侧面影响着大豆市场的消费情况[16]。国家通过调整货币供应量来进行宏观调控,故其反映了国家经济的稳定性。

1.1.4　*进口大豆到港分销价格*　我国大豆市场情况特殊,大豆进口量从 20 世纪开始增多,中国是世界最大大豆进口国。在 2003 年国内大豆进口量占主要粮食品种总进口量的 96.97%,成为世界大豆进口增长最快国家之一[17]。考虑到进口大豆对大豆价格影响,选取进口大豆到港分销价格指标作为影响因素。进口大豆到港分销价格由多种因素决定,包括国外大豆产量、进口成本等,其高低直接影响国内大豆价格走势。

综上所述,本文选取国内大豆自给量、大豆进口量、世界大豆产量、国内需求量、居民消费价格指数(CPI)、消费者信心指数(CCI)、货币供应量、进口大豆到港分销价格作为影响因素。

1.2　数据来源

本文研究国产大豆价格及其影响因素为月度数据,其样本区间为 2009 年 1 月至 2015 年 12 月。其中居民消费价格指数(CPI)、消费者信心指数(CCI)、中国货币供应量 3 项宏观经济指标数据来源于中国统计局以及东方财富网中的经济指标数据;大豆进口量数据根据中国畜牧网、《饲料广角》期刊等整理得到;国内大豆产量、世界大豆产量、国内需求量来源于中国粮食信息网以及美国农业部中的大豆统计报告;进口大豆到港分销价格根据中国畜牧网、天下粮仓网等专业网站中各主要港口分销价数据整理得到;国内大豆价格数据是由黑龙江、安徽、河南等国内几个主要大豆市场整理统计得到。

2　符号回归基本理论

传统回归方法首先构建回归模型,其次估计模型参数,最终实现回归估计。但研究人员对研究领域了解不深就无法很好构建模型,传统回归此时就会失去优势。符号回归不同于传统回归模型,它是基于进化论思想,在多元数据集中自动发现模型并不断更新模型与参数直到找到最优模型[11]。即

$$y = f(x_1, x_2 \ldots x_n) \tag{1}$$

直接给出输入与输出的量化关系。符号回归在迭代过程中不仅能得到最优解,并且能根据方程复杂度不同给出相应的最优方程即拟合误差最小方程,这决定了符号回归对于分析目标影响因素具有重大作用。通过统计每个影响因素在所有最优方程中出现的频数与频率来反映各个因素的重要程度。符号回归是遗传编程的早期应用之一,其是在变量与运算符中找到最优组合的方式。

2.1　遗传编程算法

遗传编程算法是遗传算法的继承与发展,其继承遗传算法的优胜劣汰思想,但不同于遗传算法,遗传编程针对个体编码不是采用固定长字符串,而是类似于树状结构[11]。在进化过程中,树的大小、形状都在不断地改变,图 1 是方程 $z = (0.3 + x) * \sin y$ 的树状结构。针对个体编程包括函数符与终止符两部分,其中函数符集合包括 + 、- 、/、* 、sin、cos 等。图 1 的函数符集合为{ * , + ,sin},终止符集合为{0.3,x,y}。

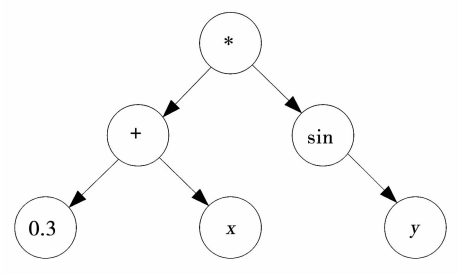


图 1 遗传编程个体

Fig. 1 Individuals based on genetic programming

遗传编程算子同遗传算法包括选择算子、交叉算子、变异算子,通过遗传算子对个体进行遗传操作,扩大解的搜索范围[11]。遗传编程同样需要适应度函数,适应度较差个体将以较大概率被淘汰。

2.2 Eureqa 软件

Eureqa 是基于符号回归原理用于发现数据间规律的软件,能够全自动地对数据规律进行搜索,并且对拟合方程不断优化。首次得到的方程一般误差较大,通过不断改变函数符与终结符组合方式对方程进行优化,最后得到最优方程。在整个过程中记录搜索结果即函数方程,得到各复杂度下最优方程,对每个影响因素在所有最优方程中出现频数、频率进行统计并制表。由于其操作实用简单,故本文采用该软件实现符号回归在大豆价格影响因素分析中的应用。

3 基于符号回归的大豆价格影响因素分析

3.1 基于符号回归的拟合结果

利用 Eureqa 软件对数据进行拟合,将 2009 年 1 月至 2015 年 12 月国内大豆价格 y(元·t^{-1})与国内大豆自给量 x_1(十万 t)、大豆进口量 x_2(十万 t)、世界大豆产量 x_3(十万 t)、国内需求量 x_4(十万 t)、居民消费价格指数 x_5、消费者信心指数 x_6、货币供应量 x_7(亿元)、进口大豆到港分销价格 x_8(元·t^{-1})数据作为输入。其中大豆收购月均价格为因变量,其它变量为自变量。确定运算符号为 +、-、*、/、sin、cos。通过运行软件得到某次拟合结果中方程情况与拟合误差变动情况,如表 1、图 2。表 1 中按方程复杂程度大小给出拟合过程中各复杂度下最优方程。图 2 为方程拟合过程中拟合误差变动图,据图 2 可知拟合误差在不断减小。

表 1 拟合方程

Table 1 Fitted equation

复杂度 Size	精确性 Fit	解方程 Solution
1	1.000	$y = x_4$
3	0.834	$y = 0.13 + x_7$
5	0.655	$y = 0.35 + x_7 x_8$
7	0.491	$y = 0.20 + 1.59 x_7 x_8$
9	0.422	$y = 0.17 + 0.389 x_7 + x_7 x_8$
11	0.406	$y = 0.17 + 0.27 x_7 + 1.27 x_7 x_8$
13	0.345	$y = 0.12 + x_7 + x_7 x_8 - 0.73 x_4^2$
15	0.328	$y = 0.14 + x_7 + x_7 x_8^2 - 0.60 x_3 x_4$
17	0.313	$y = 0.15 + x_7 + 1.14 x_7 x_8^2 - 0.59 x_4^2$
19	0.295	$y = 0.09 + 1.873 x_7 + x_4 x_8^2 - x_4 x_7 - 0.48 x_4$
21	0.291	$y = 0.12 + 1.72 x_7 + x_4 x_8^2 - 0.48 x_4 - 0.83 x_4 x_7$
23	0.289	$y = 0.16 + 1.97 x_7^2 + 0.41 x_8^2 - 1.72 x_7^4$
25	0.289	$y = 0.17 + 3.48 x_7^2 + 0.42 x_8^2 - 0.20 x_4 - 3.01 x_7^3$
29	0.271	$y = 0.13 + 0.09 x_6 + 3.82 x_7^2 + 0.45 x_8^2 - 0.30 x_4 - 3.30 x_7^3$
31	0.267	$y = 0.15 + 3.8 x_7^2 + 0.46 x_8^2 + 0.09 x_6^2 - 0.32 x_4 - 3.25 x_7^3$

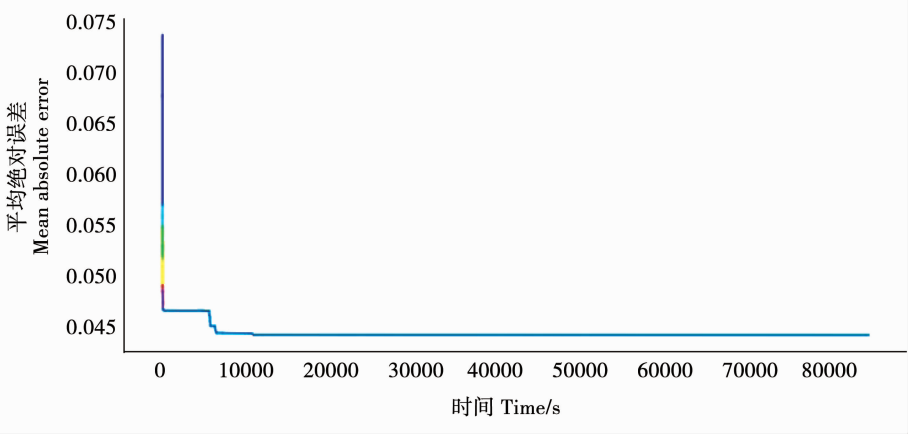


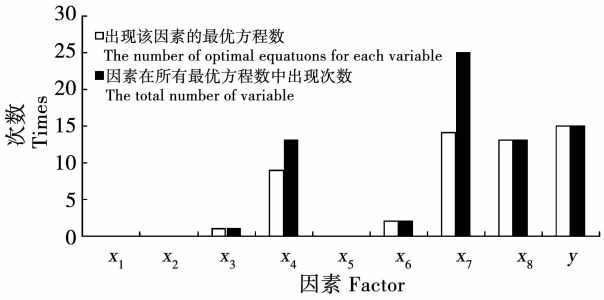
图 2 误差变动

Fig. 2 Error changes

从表 1 可以发现各因素在所有最优方程中出现的次数不同,货币供应量(x_7)、进口大豆到港分销价格(x_8)、国内需求量(x_4)出现较多次,世界大豆产量(x_3)、消费者信心指数(x_6)在方程中出现次数较少。国内大豆自给量(x_1)、大豆进口量(x_2)、居民消费价格指数(x_5)没有在拟合结果中出现。

用出现某一因素的最优方程数以及该因素在所有最优方程中出现次数两个指标来衡量某因素在拟合结果中表现。为直观反映各因素表现情况,将各个因素的两项指标以及因变量的两项指标制成直方图(图 3)。

由于遗传编程算法求解过程中存在随机数,每次拟合过程中方程表现与个数均不同,各因素在方程中表现也随之发生改变。为避免单次拟合结果带来判断误差,将数据进行 20 次拟合,观察每次拟合中各复杂度的最优方程表现情况,统计每次拟合结果中出现各因素的最优方程数以及各因素在所有最优方程中出现次数,分别绘制成图 4 与图 5。



x_1:国内大豆自给量;x_2:大豆进口量;x_3:世界大豆产量;x_4:国内需求量;x_5:居民消费价格指数;x_6:消费者信心指数;x_7:货币供应量;x_8:大豆到港分销价格;y:国内大豆价格。

x_1: Self-sufficiency of domestic soybeans; x_2: Import amount of soybeans; x_3: Soybean production all over the world; x_4: Domestic demand; x_5: Consumer price index; x_6: Consumer confidence index; x_7: Currency supply; x_8: Soybean prices of port distribution; y: Domestic soybean prices.

图 3　因素在方程中表现

Fig. 3　The performance of the factors in the equation

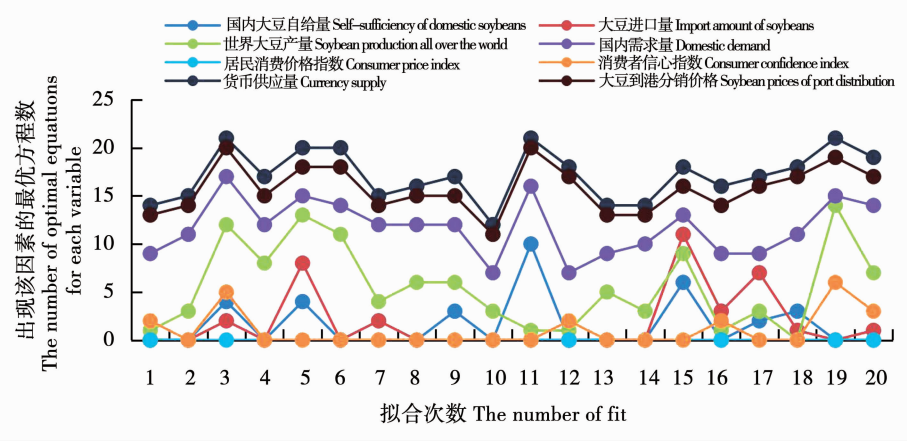


图 4　20 次拟合出现各因素最优方程数

Fig. 4　The number of optimal equations for each factor in the 20 times fitting

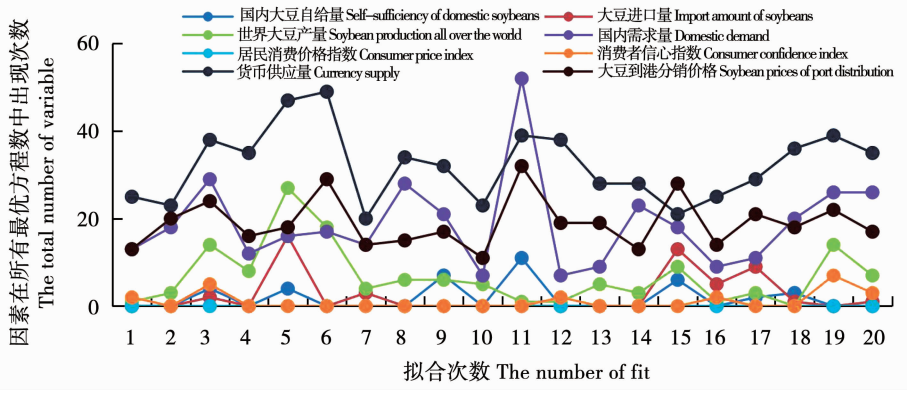


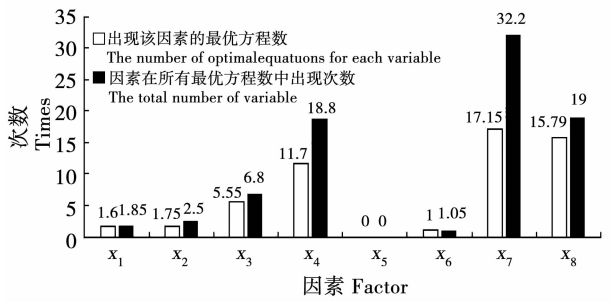
图 5　20 次拟合各因素出现总次数

Fig. 5　The total number of factors in the 20 times fitting

根据图 4 与图 5,尤其是从图 4 中可发现,各因素出现分层,其中货币供应量(x_7)与进口大豆到港分销价格(x_8)在 20 次拟合结果中出现次数大致处在所有因素最顶端,居民消费价格指数(x_5)、消费者信心指数(x_6)出现次数始终处在较低水平。除去少数几次拟合,其它因素基本在这两个水平之间

波动。其中,世界大豆产量(x_3)与国内需求量(x_4)出现次数略多于大豆进口量(x_2)与国内大豆自给量(x_1)。为更直观观察,求得 20 次拟合结果各因素指标均值,绘制直方图如图 6。

符号回归拟合结果表明,货币供应量(x_7)、大豆到港分销价格(x_8)与大豆收购价格月均值关系最为紧密,这与刘欢等[2]基于分位数回归的国产大豆影响因素分析结果相同,大豆到港分销价格在拟合中表现良好,这与雷青松[18]关于我国大豆价格波动影响因素分析结果一致。世界大豆产量(x_3)、国内需求量(x_4)对因变量影响稍弱,其次是国内大豆自给量(x_1)与大豆进口量(x_2),居民消费价格指数(x_5)、消费者信心指数(x_6)两项宏观经济指标对因变量影响最小。



x_1:国内大豆自给量;x_2:大豆进口量;x_3:世界大豆产量;x_4:国内需求量;x_5:居民消费价格指数;x_6:消费者信心指数;x_7:货币供应量;x_8:大豆到港分销价格。

x_1: Self-sufficiency of domestic soybeans; x_2: Import amount of soybeans; x_3: Soybean production all over the world; x_4: Domestic demand; x_5: Consumer price index; x_6: Consumer confidence index; x_7: Currency supply; x_8: Soybean prices of port distribution.

图 6 20 次拟合各因素指标均值

Fig. 6 The mean of the indicators of each factor in the 20 times fitting

3.2 大豆价格影响因素排序与分析

针对符号回归拟合结果,对大豆价格影响因素进行等级排序,并对各等级因素进行分析。图 7 为各因素等级排序图。

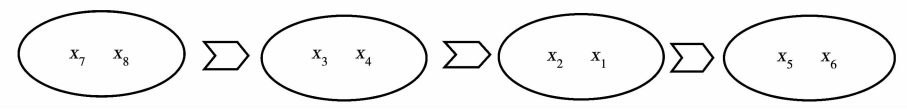


图 7 基于符号回归的因素重要程度等级

Fig. 7 The importance degree of the factor based on symbolic regression

如图 7 所示,各因素对大豆价格影响程度大小被分为 4 个等级。处在第一级的是货币供应量(x_7)与进口大豆到港分销价格(x_8),其次是世界大豆产量(x_3)、国内需求量(x_4),第三级为国内大豆自给量(x_1)与大豆进口量(x_2),最后一级为居民消费价格指数(x_5)、消费者信心指数(x_6)。

处在第一级的货币供应量与进口大豆到港分销价格对大豆价格影响最大,根据图 6 可知,20 次拟合结果中出现货币供应量的最优方程数与所有最优方程中出现货币供应量总次数的均值分别为 17.15 和 32.20,远高于其它因素。货币供应量作为重要的宏观经济指标,反映了市场货币供应水平,观察符号回归拟合方程发现,货币供应量在大部分方程中与因变量呈正相关。故货币供应量对大豆价格起到促进作用,认为货币供应量的加速投放对大豆价格上升具有推动作用[19]。进口大豆到港分销价格两项指标的均值分别为 15.79 和 19.00,其对大豆价格的影响仅次于货币供应量,同样观察方程发现,进口大豆到港分销价格上涨对国内大豆价格上升起到促进作用。其原因是如今世界大豆产量对我国大豆市场供给起到决定作用[20],故导致进口大豆到港分销价格对国内大豆价格影响加大。

世界大豆产量与国内需求量是处在第二级的影响因素,世界大豆产量在方程中表现出对大豆价格上升的抑制作用,符合价格与供给之间的市场关系。国内需求对大豆价格的影响程度在所有因素中排列第三,可看出需求因素在大豆价格波动中占有很大地位,及时掌握需求信息对于价格调控具有重要意义。第二级中两个因素表现出供需关系对价格的影响。

第三级中,国内大豆供给量与大豆进口量同为供给因素,从图 6 中可以发现大豆进口量拟合结果的两项指标分别为 1.75 和 2.50,均高于国内大豆供给量的 1.60 和 1.85。国内大豆受国外市场影响不断增强,导致大豆进口量、世界大豆产量这些供给因素对国内大豆价格影响很大,而国内大豆自给量对价格影响较小。这与我国目前大豆供给依赖进口的实际情况相符合,大豆价格受到进口量的影响大于国内供给量。

最后一级,居民消费价格指数与消费者信心指数均为宏观经济指标,鉴于本文获得数据有限,不能反映大豆价格长期波动趋势,故相比其它影响因素,这两者对大豆价格的影响较弱。但其中的消费者信心指数同样值得关注,消费者信心指数是指消费者对当前消费的主观看法,其变动与国产大豆价格波动呈正相关,在大豆价格的长期波动过程中有

积极的促进作用[2]。

4　结论与讨论

本文选取与国内大豆价格密切相关的国内大豆自给量、大豆进口量、世界大豆产量、国内需求量、居民消费价格指数、消费者信心指数、货币供应量、进口大豆到港分销价格 8 个因素,运用符号回归进行拟合,通过统计各个因素在拟合结果中表现,分析各个因素对于国内大豆价格变动影响程度,对各因素进行等级排序及分析,针对重要因素进行重点讨论,旨在对国内大豆价格调控与市场监管提出建设性意见。

首先,无论从宏观经济角度还是观察所有因素的拟合结果,货币供应量都是影响国内大豆价格的重要因素。其从宏观经济角度对大豆价格波动进行分析,是稳定大豆市场需要重点关注的一个因素。

政府通过控制货币投放度对大豆价格进行调控,价格过低时加快货币投放速度能够有效提升价格,同时在价格过高时需及时放缓货币投放速度,防止货币发行过多造成市场混乱。抓住宏观经济中最重要因素,从宏观角度能够有效地稳定国内大豆市场环境。

其次,进口大豆到港分销价格对国内大豆价格分析的指导作用是本文另一发现。受海外大豆市场影响,进口大豆到港分销价格直接影响国内大豆价格,故对其变动趋势研究对于国内大豆价格调控、预测具有很大价值,尤其在目前我国大豆依赖国外市场的现状下,进口大豆到港价格很大程度上决定国内大豆价格。

再次,世界大豆产量也是影响我国国产大豆价格的较为突出的因素,我国成为大豆进口增长最快的国家之后,对进口大豆依赖加剧,导致世界大豆产量对国内大豆价格影响加大。所以稳定国内大豆市场必须降低国外大豆的进口量,减轻海外大豆市场对国内的冲击。

政府应当重点关注国内大豆生产情况,减少大豆进口量在大豆供给量中的占比。制定政策引导、鼓励大豆种植,尤其是国内几个重要的大豆生产区域包括东北三省、黄淮流域、长江流域等。保证国内大豆产量稳定在合理水平,国内大豆产量的提高对解决大豆市场众多问题有重大意义。

最后,从符号回归拟合结果中所有因素的表现角度看,国内大豆需求是大豆市场调控应关注的对象。豆油用途广泛,涉及较多行业,故大豆需求量得到保证对自身及其他行业稳定均具有重要意义。政府需时刻关注国内大豆需求量波动,根据历史数据寻找需求量波动规律,保证供给量能够满足需求。促进大豆以及与其相关市场健康发展。

其它影响因素如国内大豆自给量、大豆进口量、居民消费价格指数、消费者信心指数影响较弱,却不能忽视。国内大豆自给量是国内大豆市场的一个重要来源,大豆进口量在如今依赖进口的大豆市场中显得尤为重要,居民消费价格指数与消费者信心指数是调控大豆价格可供参考的重要宏观经济指标。

参考文献

[1] 周静,谷强平,杜吉到. 中国大豆进口依赖性及其对大豆进口安全的影响[J]. 大豆科学,2015,34(3):503-506,511. (Zhou J, Gu Q P, Du J D. Soybean import dependence and its effect on soybean import security in China[J]. Soybean Science,2015,34(3):503-506,511.)

[2] 刘欢,张冬青. 基于分位数回归的国产大豆价格影响因素分析[J]. 大豆科学,2014,33(5):759-763. (Liu H, Zhang D Q. Analysis on influencing factors of domestic soybean price based on quantile regression[J]. Soybean Science, 2014,33(5):759-763.)

[3] 孙丽娟. 黑龙江省大豆价格波动影响因素及对策研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2013. (Sun L J. Research on influencing factors and countermeasures of the price fluctuation of soybean in Heilongjiang province [D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2013.)

[4] 马来坤. ISM 在大豆价格影响因素分析中的应用[J]. 中国制造业信息化,2010(23):55-58. (Ma L K. Application of ISM-based influencing factors analysis for soybean price[J]. Manufacture Information Engineering of China, 2010(23):55-58.)

[5] 刘洋. 国际大豆价格波动及其影响因素分析[J]. 上海农业学报,2012,28(4):148-151. (Liu Y. Analysis on international soybean price fluctuation and its influencing factors[J]. Acta Agriculturae Shanghai, 2012,28(4):148-151.)

[6] 杜丽永. 影响国际市场大豆价格波动的因素分析[J]. 价格月刊,2013(7):9-12. (Du L Y. The influencing factors of soybean price volatility in international mark[J]. Prices Monthly, 2013(7):9-12.)

[7] 朱海燕,司伟. 我国大豆现货价格波动的特征及影响因素分析[J]. 价格理论与实践,2013(10):58-59. (Zhu H Y, Si W. Influencing factors and volatility characteristics analysis of soybean spot price in China[J]. Price Theory and Practice,2013(10):58-59.)

[8] 石波,张冬青,马开平,等. 改进 RBF 神经网络在我国大豆价格预测中的应用研究[J]. 大豆科学,2016,35(2):310-314. (Shi B, Zhang D Q, Ma K P, et al. Soybean price prediction in china based on improved RBF neural network[J]. Soybean Science, 2016,35(2):310-314.)

[9] 张婷. 基于 ARIMA 模型的国际粮食短期价格分析预测—以大豆为例[J]. 价格月刊,2016(7):28-32. (Zhang T. Analysis and forecast of temporary price of international grain based on ARIMA model- Taken soybean as example[J]. Prices Monthly, 2013

(1):31-33.)

[10] Koza J R. Genetic programming: On the programming of computers by means of natural selection[M]. Bridge City: MIT Press, 1992:94-101.

[11] 孙涛. 基于符号回归的 CO_2 排放量与经济发展的关系研究[D]. 大连:大连理工大学,2015. (Sun T. Research on the relationship between CO_2 emission and economic development based on symbolic regression [D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2015.)

[12] Yang G F, Li W L, Wang J L, et al. A comparative study on the influential factors of China's provincial energy intensity [J]. Energy Policy, 2016, 88:74-85.

[13] 于鹏. 基于遗传规划的符号回归方法在电能质量分析中的新应用[J]. 电子设计工程,2013(7):20-23. (Yu P. New application of symbolic regression method based on genetic programming in power quality analysis [J]. Electronic Design Engineering, 2013(7):20-23.)

[14] Cai W H, Pacheco-Vega A, Sen M, et al. Heat transfer correlations by symbolic regression[J]. International Journal of Heat & Mass Transfer, 2006, 49(23-24):4352-4359.

[15] Yang G F, Li X N, Wang J L, et al. Modeling oil production based on symbolic regression[J]. Energy Policy, 2015, 82: 48-61.

[16] 范震,马开平,姜顺婕,等. 基于改进 GM(1,N)模型的我国大豆价格影响因素分析及预测研究[J]. 大豆科学,2016,35(5):847-852. (Fan Z, Ma K P, Jiang S J, et al. Influence factors analysis and price prediction of soybean in China based on improved GM(1,N) model[J]. Soybean Science,2016,35(5):847-852.)

[17] 余建斌,乔娟. 贸易政策调整与中国大豆进口[J]. 新疆农垦经济,2006(5):35-39. (Yu J B, Qiao J. Trade policy adjustment and Chinese soybean imports [J]. Xinjiang State Farms Economy, 2006 (5): 35-39.)

[18] 雷青松. 我国大豆价格波动影响因素分析及对策[D]. 成都:四川师范大学,2013. (Lei Q S. Research on influencing factors of soybean price fluctuations and countermeasures[D]. Chengdu: Sichuan Normal University,2013.)

[19] 杨军,黄季焜,李明,等. 我国货币供应量对农产品价格影响分析及政策建议[J]. 农村金融研究,2011(12):58-61. (Yang J, Huang J K, Li M, et al. Impact analysis of China's money supply for agricultural products price and policy recommendations [J]. Rural Finance Research, 2011(12):59-61.)

[20] 高颖. 我国大豆价格影响因素及其变化趋势分析[J]. 中国农业信息,2008(8):43-44. (Gao Y. Analysis on the soybean price influence factors and its change trend[J]. China Agricultural Information, 2008(8):43-44.)

(上接第 781 页)

[7] Ross J P, Brim C A. Resistance of soybean to the soybean cyst nematode as determined by a double-row method[J]. Plant Disease Report,1957,41(12):923-924.

[8] Anand S C. Soybean genotypes with resistance to race of soybean cyst nematode[J]. Crop Science,1985,25:1073-1075.

[9] 大豆种质抗胞囊线虫鉴定研究协作组. 大豆种质资源对大豆胞囊线虫 1、3、4 号生理小种的抗性鉴定[J]. 大豆科学,1993,12(2):91-99. (Coordinative group of evaluation of SCN. Evaluation of soybean germplasm for resistance to race 1, 3 and 4 of the soybean cyst nematode[J]. Soybean Science, 1993,12(2):91-99.)

[10] 张磊. 安徽省大豆品种资源抗大豆孢囊线虫 5 号小种鉴定研究[J]. 安徽农业科学,1995,23(2):131-132. (Zhang L. Study on identification of soybean germplasm resistant to race 5 of soybean cyst nematode[J]. Journal of Anhui Agricultural Scienes, 1995,23(2):131-132.)

[11] 马书君,张玉华,薛庆喜,等. 中国大豆种质资源对大豆孢囊线虫 3 号生理小种抗性鉴定研究[J]. 大豆科学, 1996,15(2):97-102. (Ma S J, Zhang Y H, Xue Q X, et al. Evaluation of resistance of soybean germplasms of China to race 3 of soybean cyst nematode[J]. Soybean Science, 1996,15(2):97-102.)

[12] 于佰双, 王家军. 不同生态区大豆新品系对大豆胞囊线虫 3 号生理小种的抗性鉴定[J]. 莱阳农学院学报, 2004,21(2): 115-117. (Yu B S, Wang J J. Evaluation of new soybean lines of different regions for resistance to race 3 of soybean cyst nematode [J]. Journal of Laiyang Agricultural College, 2004,21(2):115-117.)

[13] 徐文平,申宏波,苗兴芬,等. 大豆胞囊线虫抗病种质鉴定[J]. 大豆科学,2007,26(3): 377-380. (Xu W P, Shen H B, Miao X F, et al. Identification of soybean germplasm resistant to soybean cyst nematode[J]. Soybean Science, 2007,26(3): 377-380.)

[14] 李泽宇,李肖白,于吉东,等. 大豆品种(系)抗大豆胞囊线虫 14 号生理小种的抗性鉴定研究[J]. 大豆科学, 2014,33(3): 408-410. (Li Z Y, Li X B, Yu J D, et al. Identification of soybean varieties for resistance to soybean cyst nematode races 14 [J]. Soybean Science, 2014,33(3):408-410.)

[15] Shannon J G, Arelli P R, Young L D. Breeding soybeans for resistance and tolerance to soybean cyst nematode[M]// Schmitt D P, Wrather J A. Biology and management of soybean cyst nematode. Schmitt & Associates, Marceline, MO-USA, 2004: 157-183.

[16] 刁琢, 许艳丽. 中国大豆胞囊线虫抗源筛选及抗病育种研究进展[J]. 大豆科技, 2008(5):14-16. (Diao Z, Xu Y L. Research development in the screening of SCN resistant soybean sources and resistant breeding[J]. Soybean Science & Technology, 2008(5):14-16.)