



逆全球化与豆粕替代方案研究

崔宁波, 徐 杭, 刘姝君

(东北农业大学 经济管理学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘 要: 中国大豆市场需求构成主要来自大豆、豆油和豆粕, 且进口大豆 80% 用于生产豆粕, 在贸易摩擦紧张时期大豆的供给缺口直接导致豆粕的价格涨幅迅速, 而近期的贸易摩擦缓和与大范围非洲猪瘟频发又导致豆粕走势较弱, 豆粕价格的大幅波动一定程度上限制了我国饲料及养殖行业的发展。因此本文对如何通过改变豆粕的市场占有量, 降低豆粕价格波动对于相关行业的影响, 寻找可以带来更高经济效益的低含量豆粕饲料替代产品进行研究。以生猪为例, 结合其生长发育所需最低营养标准建立了 28 个约束条件, 将最为关键的成本费用问题确定为目标函数, 运用 Lingo 软件求最优解。通过分析建模, 得到现有条件下最合理的替代选择方案, 对模型进行了灵敏度分析, 验证其有效性, 并对该模型的可推广性进行分析。

关键词: 逆全球化; 豆粕; 替代方案; 优化分析

Research on Reverse Globalization and Soybean Meal Alternatives

CUI Ning-bo, XU Hang, LIU Shu-jun

(School of Economics and Management, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: The demand for soybeans in China's soybean market is mainly from soybeans, soybean oil and soybean meal, and 80% of imported soybeans are used to produce soybean meal. The supply gap of soybeans during the period of tight trade friction directly leads to a rapid increase in the price of soybean meal, while the recent trade friction eases and the frequent occurrence of African swine fever lead to a weaker trend of soybean meal. The large fluctuations in soybean meal prices have limited the development of China's feed and aquaculture industry to some extent. Therefore, this article focused on how to reduce the market share of soybean meal, reduce the impact of soybean meal price fluctuations on related industries, and find low-content soybean meal feed substitute products that can bring higher economic benefits. Taking live pigs as an example, 28 constraints were established based on the minimum nutritional standards required for their growth and development. The most critical cost and expense issues were identified as objective functions, and Lingo software was used to find the optimal solution. Through analysis and modeling, the most reasonable alternatives under the existing conditions were obtained, and the sensitivity of the model was analyzed to verify its effectiveness. Finally, the promotion strategy of the model was stated.

Keywords: Inverse globalization; Soybean meal; Alternative; Optimization analysis

资本主义生产方式促进了全球范围内有机经济整体的融合, 异军突起的全球化进程取代孤立化的民族历史^[1], 这一进程极大推动生产力发展、密切世界各地分工与合作的同时也造成了以美国为代表国家的资本外流, 为克服一系列无法控制的资本扩张所采取的一系列“逆全球化”手段, 如宣称退出世界贸易组织、促进制造业“回流”等, 最终致使中美贸易摩擦的发生^[2]。2018 年 7 月 6 日, 中国为反击美国, 正式实施针对原产于美国的大豆、汽车、飞机等 14 类 106 项商品加征 25% 的关税的措施, 巴西大豆价格借势迅猛上升, 严重影响到我国养殖

业的发展与我国国计民生^[3]。并且我国饲料与养殖行业自身存在一定问题: 根据 2014 - 2018 年的相关数据发现我国豆粕使用量增长了 1 600 万 t, 但主要畜产品生产总量并未增加; 大多数小型养殖户普遍认为增加豆粕含量能明显促进生猪出栏, 豆粕在饲料配比中的误置现象广泛存在。且在逆全球化这一形势下问题将会更加棘手, 亟需调整最优饲料配比方案。

在中美贸易摩擦胶着阶段, 一些关于豆粕替代的观点陆续被提出, 但均未提出具体方案, 仅指出部分替代产品。深受影响的大豆副产品豆粕和玉

米是饲料中的主要原料,且大豆和豆粕具有极高的外贸依存度,极易因外部环境产生较大价格波动,一部分学者提出降低饲料中豆粕含量的观点^[4],认为饲料企业可以优化配方,下调目前豆粕在配方中的平均添加比例;并且当下生猪行情低迷,养猪者从成本角度出发,有较强意愿接受低豆粕日粮。还有一些学者认为可以通过利用豆粕替代原料来降低我国大豆对外依存度,通过调整饲料中豆粕及其替代品的含量降低豆粕价格上涨的影响,并且认为豆粕替代原料^[5]需要具备4个关键要素:价位比豆粕低、蛋白比玉米(7%蛋白)高,不良因子影响小,来源较广泛。用发酵菜籽粕来替代豆粕的观点随即也被提出,通过试验发现饲喂不同比例发酵菜籽粕的等氮替代饲粮提高了生长猪的抗氧化能力,同时对免疫功能没有负面影响。已有研究大都论述了逆全球化压力下,可以通过寻找豆粕替代方案来缓解豆粕供给不足的问题,但缺少对具体方案及可行性的阐述以及对豆粕价格波动引起的豆粕误置的研究,本文将立足解决这些问题展开研究。

本文为解决贸易摩擦下豆粕价格升高对农户产生的消极影响,以豆粕在饲料中的比重为切入点,运用LP规划模型,试图在满足生猪发育需求且成本最低的基础上改变豆粕在饲料中的比重,找出饲料原料产品的最优组合以减缓由于逆全球化所导致的豆粕价格迅速上涨给养殖户及相关企业带来的巨大冲击。

2 豆粕替代方案的研究

2.1 模型的选择

在模型的选择上,根据研究内容与假设条件求得满足生猪发育需求最低标准的约束条件,进而求得成本函数最小值作为最终研究目标。对于规划问题,LP规划方法是最完善且被广泛学者使用的一种方法,也在成本最低类似问题中作为首选的方法。但是由于个别问题约束条件过于复杂可能会导致LP规划迭代次数过多、迭代时间过长甚至无解的情况,此时才会考虑模拟退化算法和遗传算法。但是由于本问题结果未出现上述问题,因此,本文选择了最为标准并且广泛被使用在成本最低的问题中的LP规划方法。

由于规划模型都假定参数是已知的或确定的,且这些参数也会随着市场、技术的变化相应变化,且在不同的研究时期会导致结果出现较大的差异,

并最终导致模型的最优解发生变化。那么就非常有必要在建立规划模型后进行灵敏度分析,以便于模型的推广。

2.2 模型的假设

在对于贸易摩擦引起的供给骤降进而引发的大豆价格涨幅上升问题上,提出以下假设,并基于假设中最为重要的成本费用问题,模型将致力于如何改变豆粕的市场占有量,寻求能带来更高经济效益的低含量豆粕饲料替代产品:

假设一:基于供给需求理论与成本收益理论研究框架,从企业与农户行为选择角度提出假说,即规模化养殖农户饲料添加中减少豆粕而选择更多使用杂粕,是一个节约成本费用的选择过程;

假设二:农户与企业饲料添加多元化是由于企业异质性和农户个体异质性所决定的,但无论哪种选择,都是农户在约束条件下节约成本费用的理性选择。

2.3 替代方案的搭配原则

2.3.1 最低标准原则 该替代方案可以满足经济动物的营养及发育需要。在本文设计方案时,会根据经济动物的自身特点与发育的需要与饲料的相关指标综合考虑,找到最优的刚好可以满足经济动物需求的临界值的搭配方式。

2.3.2 经济合理原则 该试验方案将会综合各地的实际需求,进行前期的市场调研了解农户能接受的价格区间和不同营养配置带给农户心里的价格预期,且该价格预期可以代表整体区域的相应指标下的价格预期。

2.3.3 效益第一原则 该替代方案会在尽可能满足饲料行业与养殖户的经济利益,选择市场上价格便宜原料以期降低成本进而提高经济利益。

2.3.4 最优搭配原则 由于不同原料含有的成分不同,因此合理组合的原料能带来的效果、经济价值以及实用价值都会优于单一原料。

2.4 饲料原料成分概述

对于最后方案的选择,除了配比的最优化以外,就是原料的成分,成分的不同决定如何进行最优配比的决策。整体配比选择的原则就是既满足经济动物的发育需要,又能达到消费者在相当的成分下的价格预期。本研究将以猪为例,根据经济动物的饲料配方中的营养成分(表1)及饲养标准(表2),选择最适理的替代方案。

表 1 经济动物的饲料配方中的营养成分
Table 1 Nutritional ingredients in the feed formula of economic animals

| 项目 Item | 玉米 Maize | 麦麸 Wheat bran | 豆粕 Card amom | 鱼粉 Fish meal | 棉籽粕 Cotton seed meal | 油菜籽粕 Rape seed meal | 植物油 Vegetable oil | 石粉 Stone powder | 磷酸氢钙 Calcium hydrogen phosphate | 蛋氨酸 Methionine | 赖氨酸 Lysine | 符合混料 Compatible with compounding | 食盐 Salt |
|----------------------------------|-------------|------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|------------------------|----------------------|--------------------|------------------------------------|-------------------|---------------|-------------------------------------|------------|
| 消化能 /(Mcal·kg ⁻¹) | 3.85 | 3.23 | 4.05 | 4.25 | 3.40 | 3.44 | 7.70 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 粗蛋白质/% | 9.40 | 17.30 | 49.90 | 68.50 | 44.90 | 37.80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 精氨酸/% | 0.43 | 1.18 | 3.68 | 3.99 | 4.96 | 2.65 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 组氨酸/% | 0.29 | 0.49 | 1.38 | 1.94 | 1.27 | 1.06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 异亮氨酸/% | 0.31 | 0.54 | 2.28 | 2.80 | 1.39 | 1.45 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 亮氨酸/% | 1.06 | 1.07 | 3.90 | 4.95 | 2.64 | 2.56 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 赖氨酸/% | 0.27 | 0.70 | 3.13 | 5.24 | 1.85 | 2.12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 蛋氨酸/% | 0.20 | 0.27 | 0.72 | 1.92 | 0.71 | 0.71 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 苯丙氨酸/% | 0.43 | 0.69 | 2.62 | 2.73 | 2.38 | 1.53 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 苏氨酸/% | 0.33 | 0.56 | 1.99 | 2.88 | 1.45 | 1.67 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 色氨酸/% | 0.07 | 0.24 | 0.63 | 0.72 | 0.54 | 0.55 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 缬氨酸/% | 0.38 | 0.78 | 2.34 | 3.30 | 1.90 | 1.79 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 钙/% | 0.04 | 0.13 | 0.40 | 5.34 | 0.20 | 0.75 | 0 | 35 | 24 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 磷/% | 0.30 | 0.18 | 0.71 | 3.05 | 1.15 | 1.10 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 用量上限/% | 90 | 20 | 60 | 5 | 9 | 7 | 3 | 2 | 10 | 3 | 3 | 0 | 0 |
| 用量下限/% | 20 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 等量使用/% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.0 | 0.3 |
| 价格/(元·kg ⁻¹) | 1.89 | 1.65 | 2.29 | 10.60 | 2.37 | 2.27 | 7.30 | 0.32 | 1.76 | 18.50 | 8.20 | 7.30 | 0.92 |

资料来源:中国饲料行业信息网。下同。
Data source: China Feed Industry Information Network. The same below.

表 2 生猪不同发育阶段的饲料配方中的最低营养成分需求
Table 2 Minimum nutrient requirement in feed formulations for different developmental stages of live pigs

| 指标项目 Indicator item | 20 ~ 50 kg | 50 ~ 80 kg | 80 ~ 120 kg |
|------------------------------|------------|------------|-------------|
| 消化能/(Mcal·kg ⁻¹) | 3.40 | 3.40 | 3.40 |
| 粗蛋白质/% | 18.00 | 15.50 | 13.20 |
| 精氨酸/% | 0.37 | 0.27 | 0.19 |
| 组氨酸/% | 0.30 | 0.24 | 0.19 |
| 异亮氨酸/% | 0.51 | 0.42 | 0.33 |
| 亮氨酸/% | 0.90 | 0.71 | 0.54 |
| 赖氨酸/% | 0.95 | 0.75 | 0.60 |
| 蛋氨酸/% | 0.25 | 0.20 | 0.16 |
| 苯丙氨酸/% | 0.55 | 0.44 | 0.34 |
| 苏氨酸/% | 0.61 | 0.51 | 0.41 |
| 色氨酸/% | 0.17 | 0.14 | 0.11 |
| 缬氨酸/% | 0.64 | 0.52 | 0.40 |
| 钙/% | 0.60 | 0.50 | 0.45 |
| 磷/% | 0.50 | 0.45 | 0.40 |

2.5 替代最优化方案概念模型的设计思路

- (1)综合考虑经济收益、经济动物的发育、最优性价比、可持续发展的绿色理念与猪的营养最低标准,确定各个成分的含量;
- (2)根据营养价值需求选择原料;
- (3)进行原料的配置;
- (4)针对模型的灵敏度进行检验。

假设所配置的原料由 n 种原料构成,其中第 j 种原料的用量为 $X_j(j=1,2,3,\cdots,n)$,各营养成分的限制条件即可表示为:

$$\begin{aligned}a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \cdots \cdots a_{1n}X_m &\geq b_1 \\a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \cdots \cdots a_{2n}X_m &\geq b_2 \\&\cdots \cdots \\a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \cdots \cdots a_{mn}X_m &\geq b_i \\X_j &\geq 0(j=1,\cdots,n)\end{aligned}$$

其中: X_j 表示各种原料在配合方案中的用量; a_{ij} 表示各种原料在配合方案中营养含量; b_j 表示配方中应满足经济动物基本发育需求的各项营养含量最低值; m 表示配方中含有原料的种类; n 表示约束条件个数。

根据经济效益最高的目的,研究问题就转化成求满足约束条件下的成本函数 $Z = c_1X_1 + c_2X_2 + \cdots + c_nX_n$ 的最小值问题,其中 c_i 代表相对应原料的价格。组合替代方案矩阵为:

$$F = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \cdots & a_{21} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \cdots & a_{31} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \cdots & a_{n1} \end{bmatrix}$$

2.6 优化模型的建立

2.6.1 用于规划的最优配置目标函数 根据表 1 建立如下的目标函数和约束条件,就 50 ~ 80 kg 的猪建立配合替代方案最优解的规划:

$$Y = 1.89X_1 + 1.65X_2 + 2.29X_3 + 10.6X_4 + 2.37X_5 + 2.27X_6 + 7.3X_7 + 0.32X_8 + 1.76X_9 + 18.5X_{10} + 8.2X_{11} + 7.3X_{12}$$

其中, $(X_1, X_2, \cdots, X_{13})$ 表示各种不同原料的配比, X_1, X_2, \cdots, X_{13} 以此表示玉米、麦麸、豆粕、鱼粉、棉籽粕、油菜籽粕、植物油、石粉、磷酸氢钙、蛋氨酸、赖氨酸、符合混料、食盐在符合饲料中的配比, X 前的系数为该种原料的价格,单位为元·kg⁻¹。

2.6.2 约束条件

消化能约束:

$$3.85X_1 + 3.23X_2 + 4.05X_3 + 4.25X_4 + 3.4X_5 + 3.44X_6 + 7.7X_7 \geq 3.4$$

粗蛋白约束:

$$9.4X_1 + 17.3X_2 + 49.9X_3 + 68.5X_4 + 44.9X_5 + 37.8X_6 \geq 15.5$$

精氨酸约束:

$$0.43X_1 + 1.18X_2 + 3.68X_3 + 3.99X_4 + 4.96X_5 + 2.65X_6 \geq 0.27$$

组氨酸约束:

$$0.29X_1 + 0.49X_2 + 1.38X_3 + 1.94X_4 + 1.27X_5 + 1.06X_6 \geq 0.24$$

异亮氨酸约束:

$$0.31X_1 + 0.54X_2 + 2.28X_3 + 2.8X_4 + 1.39X_5 + 1.45X_6 \geq 0.42$$

亮氨酸约束:

$$1.05X_1 + 1.07X_2 + 3.9X_3 + 4.95X_4 + 2.64X_5 + 2.56X_6 \geq 0.71$$

赖氨酸约束:

$$0.27X_1 + 0.7X_2 + 3.13X_3 + 5.24X_4 + 1.85X_5 + 2.12X_6 + 78.8X_{11} \geq 0.75$$

蛋氨酸约束:

$$0.2X_1 + 0.27X_2 + 0.72X_3 + 1.92X_4 + 0.71X_5 +$$

$$0.71X_6 + 99X_{10} \geq 0.2$$

苯丙氨酸约束:

$$0.43X_1 + 0.69X_2 + 2.62X_3 + 2.73X_4 + 2.38X_5 + 1.53X_6 \geq 0.44$$

苏氨酸约束:

$$0.33X_1 + 0.56X_2 + 1.99X_3 + 2.88X_4 + 1.45X_5 + 1.67X_6 \geq 0.51$$

色氨酸约束:

$$0.07X_1 + 0.24X_2 + 0.63X_3 + 0.72X_4 + 0.54X_5 + 0.55X_6 \geq 0.14$$

缬氨酸约束:

$$0.38X_1 + 0.78X_2 + 2.34X_3 + 3.3X_4 + 1.9X_5 + 1.79X_6 \geq 0.52$$

钙氨酸约束:

$$0.04X_1 + 0.13X_2 + 0.4X_3 + 5.34X_4 + 0.2X_5 + 0.75X_6 + 35X_8 + 24X_9 \geq 0.5$$

磷氨酸约束:

$$0.3X_1 + 0.18X_2 + 0.71X_3 + 3.05X_4 + 1.15X_5 + 1.1X_6 + 16X_9 \geq 0.45$$

常规约束:

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{14} = 1$$

等量约束:

$$X_{12} = 0.01$$

$$X_{13} = 0.003$$

各种原料约束:

$$0.2 \leq X_1 \leq 0.9$$

$$X_2 \leq 0.2$$

$$0.1 \leq X_3 \leq 0.6$$

$$X_4 \leq 0.05$$

$$X_5 \leq 0.09$$

$$X_6 \leq 0.07$$

$$X_7 \leq 0.03$$

$$X_8 \leq 0.02$$

$$X_9 \leq 0.1$$

$$X_{10} \leq 0.03$$

$$X_{11} \leq 0.03$$

2.7 模型求解结果

模型求解共涉及 12 个变量,28 个约束条件,最终得到的目标函数值为 1.811 04,结果显示:根据表 3 中 Lingo 的运行结果可以看出,在此价格下,最优成本为 1.904 559 元·kg⁻¹。搭配方案为:57.556 3% 的玉米,20.000 0% 的麦麸,13.286 0% 的豆粕,10.255 2% 的磷酸氢钙,及非常微量的石粉、磷酸氢钙、符合混料和食盐。如表 4 所示,“降低成本”列

出最优单纯形表中判别数所在行的变量的系数,表示当此变量存在微小变动时,目标函数的变化率。其中基变量的降低成本值为0,非基变量 X_j 的降低成本值表示当某个变量 X_j 增加1个单位时目标函数增加的量。如表5所示,“对偶价格”表示当对应约束有微小变动时,目标函数的变化率。输出结果中对应于每一个约束有1个对偶价格。在最优解处约束正好取等号,也就是“紧约束”时,对偶价格值才可能不是0,如表5中的第2、3列。对与最近数据显示的饲料价格曾达到的 $3.645\text{ 0元}\cdot\text{kg}^{-1}$ 相比,降低了将近50%的成本。

表3 摘要结果
Table 3 Summary results

| | |
|----------------------------------|-------------|
| 全局最优解 Global optimal solution | 数值 Value |
| 目标函数 Objective value | 1.904559 |
| 不可行的约束数 Infeasibilities | 0.000000 |
| 迭代次数 Total solver iterations | 3 |

表4 各变量结果
Table 4 Results of the variables

| | | |
|-------------|----------|-------------------|
| 变量 Variable | 数值 Value | 降低成本 Reduced cost |
| X1 | 0.575563 | 0.000000 |
| X2 | 0.200000 | 0.000000 |
| X3 | 0.132860 | 0.000000 |
| X4 | 0.000000 | 8.125240 |
| X5 | 0.000000 | 0.135492 |
| X6 | 0.000000 | 0.103899 |
| X7 | 0.000000 | 5.464772 |
| X8 | 0.020000 | 0.000000 |
| X9 | 0.058577 | 0.000000 |
| X10 | 0.000000 | 16.740000 |
| X11 | 0.000000 | 6.440000 |
| X12 | 0.010000 | 0.000000 |
| X13 | 0.003000 | 0.000000 |

表5 松弛变量和剩余变量对偶价格
Table 5 Dualprice of relaxation variables and residual variables

| | | |
|-------|------------------------|-----------------|
| 行 Row | 松弛或过剩 Slack or surplus | 对偶价格 Dual price |
| 1 | 1.904559 | -1.000000 |
| 2 | 0.000000 | -0.009770 |
| 3 | 0.000000 | -0.009828 |
| 4 | 0.702416 | 0.000000 |
| 5 | 0.208260 | 0.000000 |
| 6 | 0.169345 | 0.000000 |
| 7 | 0.626495 | 0.000000 |

| | | |
|-------|------------------------|-----------------|
| 行 Row | 松弛或过剩 Slack or surplus | 对偶价格 Dual price |
| 8 | 0.191061 | 0.000000 |
| 9 | 0.293585 | 0.000000 |
| 10 | 0.056327 | 0.000000 |
| 11 | 0.031991 | 0.000000 |
| 12 | 0.165606 | 0.000000 |
| 13 | 1.708018 | 0.000000 |
| 14 | 0.790234 | 0.000000 |
| 15 | 0.000000 | -1.760000 |
| 16 | 0.000000 | -5.540000 |
| 17 | 0.000000 | 1.760000 |
| 18 | 0.375563 | 0.000000 |
| 19 | 0.324437 | 0.000000 |
| 20 | 0.000000 | 0.311586 |
| 21 | 0.032860 | 0.000000 |
| 22 | 0.467140 | 0.000000 |
| 23 | 0.050000 | 0.000000 |
| 24 | 0.090000 | 0.000000 |
| 25 | 0.070000 | 0.000000 |
| 26 | 0.030000 | 0.000000 |
| 27 | 0.000000 | 1.440000 |
| 28 | 0.041423 | 0.000000 |
| 29 | 0.030000 | 0.000000 |
| 30 | 0.030000 | 0.000000 |

但是,在此线性规划模型中假定了价格参数是在整个研究过程中是不会波动的,但实际上这些参数会随着经济环境、市场、技术等的变化相应变化,因此需要对价格提前预知才能保证模型的顺利求解,且要保证价格变化模型最优解方式不会发生改变,因此,此模型还需要对价格可预知性与模型灵敏度进行验证。

2.8 模型检验与推广

2.8.1 模型的检验—灵敏度分析 由于在此线性规划模型中假定价格参数在整个研究过程中是不会波动的,但实际上这些参数会随着经济环境、市场、技术等的变化相应变化,并最终导致模型的最优解发生变化,那么对模型进行灵敏度分析就显得格外重要。使用 Lingo 软件进行 What-if 分析,结果显示:目标函数中 X_1 变量原来的费用系数为1.89,允许增加值(allowable increase)为0.015 350、允许减少值(allowable decrease)为1.442 933,说明当它在 $[1.89 - 1.442\ 933, 1.89 + 0.015\ 350]$ 范围变化时,最优基保持不变,对于其余变量可以类似解释。由于此时约束没有变化(只是目标函数中某个价格

系数发生变化),所以最优基保持不变的意思也就是最优解不变(当然,由于目标函数中费用系数发生了变化,所以最优值会变化)。第 2 行约束中右端项(right hand side,简写为 RHS)起始值为 3.4,当它在 $[3.4 - 1.524\ 569, 3.4 + 0.391\ 150]$ 范围变化时,最优基保持不变,其余行可以类似解释。不过由于此时约束发生变化,最优基即使不变,最优解、最优值也会发生变化。

表 6 目标系数范围
Table 6 Range of target coefficients

| 变量 | 当前系数 | 可允许的増加 | 可允许的减少 |
|----------|---------------------|--------------------|--------------------|
| Variable | Current coefficient | Allowable increase | Allowable decrease |
| X1 | 1.890000 | 0.015350 | 1.442933 |
| X2 | 1.650000 | INFINITY | 0.009079 |
| X3 | 2.290000 | 0.038589 | 0.260569 |
| X4 | 10.600000 | INFINITY | 7.824914 |
| X5 | 2.370000 | INFINITY | 0.375842 |
| X6 | 2.270000 | INFINITY | 0.302517 |
| X7 | 7.300000 | INFINITY | 3.700935 |
| X8 | 0.320000 | 1.227080 | 0.320000 |
| X9 | 1.760000 | 8.944570 | 0.883140 |
| X10 | 18.500000 | INFINITY | 18.500000 |
| X11 | 8.200000 | INFINITY | 8.200000 |
| X14 | 0.000000 | 0.051543 | 3.632704 |

表 7 右端项的变化范围
Table 7 Range of changes at the right end

| 行 | 当前灵敏分析 | 允许增加值 | 允许减少值 |
|-----|-------------|--------------------|--------------------|
| Row | Current RHS | Allowable increase | Allowable decrease |
| 2 | 3.400000 | 0.3911498 | 1.524569 |
| 3 | 15.500000 | 11.575300 | 1.576144 |
| 4 | 0.270000 | 0.6904450 | INFINITY |
| 5 | 0.240000 | 0.2095008 | INFINITY |
| 6 | 0.420000 | 0.2053014 | INFINITY |
| 7 | 0.710000 | 0.7202168 | INFINITY |
| 8 | 0.200000 | 0.1168798 | INFINITY |
| 9 | 0.440000 | 0.3297351 | INFINITY |
| 10 | 0.510000 | 0.0770032 | INFINITY |
| 11 | 0.140000 | 0.0219163 | INFINITY |
| 12 | 0.520000 | 0.1646662 | INFINITY |
| 13 | 0.500000 | 0.4708757 | 0.229124 |
| 14 | 0.450000 | 0.1527495 | 0.114104 |
| 15 | 0.990000 | INFINITY | 0.102552 |
| 18 | 0.200000 | 0.4938557 | INFINITY |
| 19 | 0.900000 | INFINITY | 0.206144 |
| 20 | 0.200000 | INFINITY | 0.200000 |

续表 7

| 行 | 当前灵敏分析 | 允许增加值 | 允许减少值 |
|-----|-------------|--------------------|--------------------|
| Row | Current RHS | Allowable increase | Allowable decrease |
| 21 | 0.100000 | 0.799150 | INFINITY |
| 22 | 0.600000 | INFINITY | 0.420085 |
| 23 | 0.050000 | INFINITY | 0.050000 |
| 24 | 0.090000 | INFINITY | 0.090000 |
| 25 | 0.070000 | INFINITY | 0.070000 |
| 26 | 0.030000 | INFINITY | 0.030000 |
| 27 | 0.020000 | INFINITY | 0.013454 |
| 28 | 0.100000 | INFINITY | 0.092869 |
| 29 | 0.030000 | INFINITY | 0.030000 |
| 30 | 0.030000 | INFINITY | 0.030000 |

通过此部分灵敏度分析,可以看到虽然饲料原料价格参数会随着经济环境、市场、技术等的变化相应变化,但灵敏度给出的可变范围较大,具有较好的推广性。只要沿用本模型中的 Lingo 代码进行就可以获取不同价格水平下饲料最优配比。

2.8.2 可推广性分析 在模型能否进行广泛推广的问题上,在前文中已进行了成本最低处理与灵敏度检验,那么仍有一个问题就是价格的可预知性。结合我国“保险+期货”政策的推出,如何通过期货价格来设定保险的目标价格一直是农业政策研究中的热点问题。国外早期研究发现期货市场价格与现货市场价格之间的双向的引导关系^[6],但是其研究基础均建立在市场化经济体系之中。早在 2006 年我国关于利用期货价格对现货价格进行预测的研究就已经开始^[7]。部分学者认为在我国仅有部分作物,如玉米、大豆等的期货价格可以对现货价格进行引导,且验证了这种发现机制在国内运行的有效性^[8]。因此,对于豆粕而言,可以通过期货价格对其现货价格进行合理预测并决定是否进行豆粕的囤积等问题。

3 讨论

我国大豆对于进口具有高度依赖性,而逆全球化的发展使得大豆贸易具有一定的不确定性^[9],在价格传导机制的影响下,养殖业的长期稳定发展受到威胁^[10]。与前人研究对比,本文做出的豆粕替代方案的原料成本显著低于市面上饲料的原料成本,验证了低蛋白氨基酸日粮可以降低饲料生产成本和养殖业成本^[11]、提高效率的观点^[12]。并发现:(1)通过各原料在饲料中的配比,可以在保证生猪发育需求的基础上保证成本的降低;(2)豆粕替代方案具有以下现实意义,一方面,通过用外源氨基酸替代粗蛋白质的方式^[13],可以解决某些氨基酸过

剩或缺乏造成的氨基酸拮抗作用,提高蛋白质的利用效率^[14],有效降低饲料中粗蛋白质水平,进而减少氮排放,减少猪排泄物的总量和猪舍中的氨气浓度,降低腹泻的同时减少抗生素的使用^[15],对于生猪的发育具有良性影响。另一方面,通过对方案成本与市面上饲料成本的比较可以发现,采用替代豆粕的方式具有较低的成本且有效降低了豆粕含量,对于缓解大豆高度依赖进口和我国养殖业长期平稳发展具有重要意义。

根据以上研究得出的启示如下:(1)中国过度对大豆国际市场的依赖,有可能影响国内粮食安全和国家安全,中国应尽早主动采取相关措施,加强国内大豆产业稳定,以维护国家战略安全^[3];(2)可以通过豆粕替代的方式减少饲料中豆粕的用量,从而减少贸易摩擦对养殖业造成的压力。

本文的局限性与未来研究方向如下:本文运用LP模型得出添加外源氨基酸的比例,并对模型进行灵敏性检验。但尚缺少试验验证,未来研究可以通过试验对方案产生的效果进行验证。

4 结 论

本研究以“优化模型”中最具有普适性的LP规划模型为研究方法,求得了最低成本下满足生猪发育需求的各项饲料原料的最优占比,旨在适应由于逆全球化所导致的饲料原料价格波动。结果表明,通过此模型可以在降低现有饲料使用成本的基础上,减少价格攀升的豆粕在饲料中的占比,并可以在一定范围内保持较高的灵敏度以适应不同原料的价格变化。

参考文献

[1] 徐宏潇,赵硕刚. 特朗普政府“逆全球化”:动向、根源、前景及应对[J]. 经济问题,2019(2):13-18. (Xu H W, Zhao S G. Trump administration ‘Reverse Globalization’: Trends, roots, prospects and responses[J]. Economic Issues,2019(2):13-18.)

[2] 夏敏. 美国贸易政策制定中的观念、偏好与策略选择[J]. 国际经济评论,2018(6):98-116. (Xia M. Concepts, preference and strategy choice in American trade policy formulation[J]. International Economic Review,2018(6):98-116.)

[3] 谷强平,周静,杜吉到. 基于贸易视角的中国大豆产业安全分析[J]. 大豆科学,2015,34(2):314-319. (Gu Q P,Zhou J, Du J D. Analysis of China’s soybean industry safety based on trade perspective[J]. Soybean Science,2015,34(2):314-319.)

[4] 张莹,张晋辉,李德发,等. 氨基酸乳糖、乳清粉和乳糖在断奶仔猪日粮中应用效果比较[J]. 中国饲料,1998(24):10-11. (Zhang Y, Zhang J H, Li D F, et al. Comparison of the effects of amino acid lactose, whey powder and lactose in weaned pig diets [J]. Chinese Feed,1998(24):10-11.)

[5] 段晶,王婧瑶,吴莉芳,等. 大豆蛋白源替代鱼粉蛋白对鱼类生长、消化及肠道组织的影响[J]. 大豆科学,2018,37(3):477-482. (Duan J, Wang J Y, Wu L F, et al. Effects of soy protein sources on fish growth, digestion and intestinal tissues[J]. Soybean Science,2018,37(3):477-482.)

[6] Robert W K. Futures, options and swaps[M]. 3th ed. Oxford : Blackwell Publishers,1999.

[7] 华仁海,刘庆富. 股指期货与股指现货市场间的价格发现能力探究[J]. 数量经济技术经济研究,2010,27(10):90-100. (Hua R H, Liu Q F. Exploration of price discovery capability between stock index futures and stock index spot market [J]. Quantities Economics & Technology Research,2010,27(10):90-100.)

[8] 王汝芳. 大连商品交易所期货价格发现功能的实证分析——以大豆和玉米期货为例[J]. 经济与管理研究,2009(8):91-94. (Wang R F. An empirical analysis of the futures price discovery function of dalian commodity exchange——Taking soybean and corn futures as examples [J]. Economic and Management Research,2009(8):91-94.)

[9] 许祥云,何恋恋,高灵利. 农产品政策如何影响国内市场对国内期货市场的价格传递效应——以棉花和豆类产品的收储及补贴政策为例[J]. 世界经济研究,2016(6):55-68,135. (Xu X Y, He L L, Gao L L. How does agricultural product policy affect the price transfer effect of international market on domestic futures market——Taking the storage and subsidy policy of cotton and bean products as an example [J]. World Economic Research, 2016(6) : 55-68,135.)

[10] 聂娟,王琴英. 国际市场因素对我国大豆价格的传导效应分析[J]. 价格理论与实践,2017(2):112-115. (Nie J, Wang Q Y. Analysis of the transmission effect of international market factors on China’s soybean price [J]. Price Theory and Practice,2017(2):112-115.)

[11] 李思奇. 我国部分猪场饲料蛋白质水平和利用现状调研与分析[D]. 南京:南京农业大学,2016. (Li S Q. Investigation and analysis of feed protein levels and utilization status in some pig farms in China [D]. Nanjing :Nanjing Agricultural University, 2016.)

[12] 于树龙. 低蛋白日粮平衡氨基酸对生长猪生长性能及氮排放的影响研究[D]. 武汉:华中农业大学,2015. (Yu S L. Effects of aminoacid balance in low-protein diet on growth performance and nitrogen emission of growing pig [D]. Wuhan: Huazhong Agriculture University, 2015.)

[13] 孙洁. 中美贸易战带给中国农业新启示[J]. 中国农村科技,2018(7):12-14. (Sun J. The new enlightenment brought by China-US trade war to Chinese agriculture [J]. China Rural Science and Technology,2018(7):12-14.)

[14] 高勇红. 中美贸易战对大豆及国内饲料工业的影响及趋势探讨[J]. 北方牧业,2018(17):11-13. (Gao Y H. Discussion on the influence and trend of Sino-US trade war on soybean and domestic feed industry [J]. Northern Animal Husbandry,2018(17):11-13.)

[15] 崔戈,焦玉平. 国家粮食安全视角下的中国大豆贸易[J]. 社会科学,2019(2):13-28. (Cui G, Jiao Y P. China’s soybean trade from the perspective of national food security [J]. Social Sciences, 2019(2):13-28.)