

# 替代品进口对中国玉米消费市场的影响\*

范丹 范传棋 胡小平

**摘要:** 本文采用饲料原料有效能值比较方法, 测算了 2009~2015 年进口玉米替代品对国内玉米的替代数量, 并分析了玉米替代品价格红利与进口数量的关系。研究结果显示, 玉米替代品价格红利与玉米替代品进口数量之间呈同向变动关系, 玉米替代品价格红利是造成玉米替代品进口数量变动的最关键因素, 也是近年来中国进口大量玉米替代品导致国内玉米过剩的最主要原因。当高粱、大麦、DDGS、小麦的价格红利保持在每公斤 0.31 元、0.14 元、0.20 元、0.17 元时, 玉米替代品进口量保持均衡状态, 一旦出现更高或更低的价格红利, 就会引起玉米替代品进口数量的变化。本文还利用 2016 年 1~11 月玉米价格出现新变化后的数据进一步验证了上述结论的可靠性。

**关键词:** 玉米 替代品 价格 价格红利 联立方程模型

**中图分类号:** F326.11 **文献标识码:** A

## 一、引言

2015 年, 中国玉米期末库存量达到 2.3 亿吨, 占全年玉米消费总量的 119%<sup>①</sup>, 国内玉米出现严重过剩。然而, 当年中国进口了 1070 万吨高粱、1073 万吨大麦、682 万吨 DDGS<sup>②</sup>以及 300 万吨小麦<sup>③</sup>。从用途上看, 进口的高粱、大麦、DDGS、小麦主要作为饲料原料替代了国内饲料用玉米。如果按照有效能值<sup>④</sup>折算, 这些原料相当于替代了国内 2796 万吨玉米, 为当年玉米库存增量的 84.01%, 这成为冲击国内玉米消费市场的主要原因。

在中国饲料粮消费中, 作为传统的饲料原料, 玉米和豆粕一直占据着主导地位。近年来, 由于技术上的改进, 高粱、大麦开始大量替代玉米作为饲料原料。随着玉米乙醇加工业的发展, DDGS

---

\*本研究得到四川省社会科学重点基地中国粮食安全政策研究中心的资助。

<sup>①</sup>数据来源: 布瑞克农业数据库 (<http://www.agdata.cn>)。本文中使用的玉米库存数据均来自该数据库。

<sup>②</sup>DDGS (distillers dried grains with solubles), 即含有可溶固形物的干酒糟。由于 DDGS 蛋白质含量较高, 目前已被广泛用于饲料行业。

<sup>③</sup>数据来源: 中国海关总署网站 (<http://www.customs.gov.cn>)。

<sup>④</sup>有效能值是优化饲料配方、配制动物日粮的主要依据; 作为饲料原料, 玉米、高粱、大麦、DDGS、小麦的有效能值存在差异, 因此, 它们之间的替代存在一种数量关系。本文有效能值折算依据以及折算方法见第三部分第一节。

供给充足，也逐渐在饲料中替代部分玉米和豆粕。由于国内玉米价格不断上涨，饲料企业在饲料配方中提高了高粱、大麦、DDGS 的添加量，减少了玉米的使用量。

研究玉米替代品与国内玉米的替代关系，需要说清两个问题：第一，近几年进口玉米替代品到底替代了多少玉米？本文采用饲料原料有效能值比较方法，计算玉米替代品对玉米的替代系数，然后测算 2009 年以来中国进口高粱、大麦、DDGS、小麦对国内玉米的替代数量。第二，为什么近年来进口玉米替代品能够大量替代玉米？本文根据玉米替代品的价格红利来分析进口高粱、大麦、DDGS、小麦替代国内玉米的原因。

## 二、中国玉米及玉米替代品饲料用消费概况

### （一）玉米的饲料用消费

随着收入水平提高以及食品消费结构升级，居民对肉蛋奶的需求不断增加，饲料粮消费也随之增长（胡小平、郭晓慧等，2012），中国粮食供给保障的重点正逐渐从口粮转向饲料粮。在饲料粮中，玉米是畜禽饲料中应用最广泛的能量饲料原料。中国是仅次于美国的第二大饲料用玉米消费国，2015 年，中国玉米饲料用消费量 11800 万吨，占全球玉米饲料用消费量的 19.76%。2006~2012 年，中国玉米饲料用消费量从 9600 万吨增长到 12200 万吨，年均增幅 4.91%。然而，从 2012 年以后，玉米饲料用消费量出现大幅度下降。与 2012 年相比，2015 年，玉米饲料用消费量下降了 3.28%<sup>①</sup>。

### （二）玉米替代品的饲料用消费

2006~2015 年，玉米替代品的饲料用消费量也呈现出较大变化，主要表现为从 2012 年开始，高粱、大麦、DDGS 消费量迅猛增长。

高粱在中国主要用于酿造白酒。由于高粱含有单宁，用作饲料时适口性较差，因此，在传统饲料配方中高粱的添加比例小。2012 年以前，高粱在饲料中的使用量不大，2006~2011 年，中国高粱饲料用消费量年均仅为 17.5 万吨。随着作物育种技术的进步，通过遗传基因改良，单宁含量较低的高粱品种被培育出来（唐茂妍、陈旭东，2013），并被大量用于饲料行业。从 2012 年开始，高粱饲料用消费量迅猛增长。2015 年，高粱饲料用消费量达到 920 万吨（见图 1），是 2011 年的 23 倍。

大麦由于粗纤维和非淀粉多糖（NSP）等抗营养因子含量高，对于单胃动物<sup>②</sup>而言，能值和营养物质消化率偏低。2012 年以前，大麦在饲料行业中应用并不广泛，2006~2011 年，中国大麦饲料用消费量年均仅为 26 万吨。随着饲料加工技术的突破，在添加专用复合酶制剂后，大麦能够在猪饲料中部分或者全部替代玉米，因而逐渐成为优质的能量饲料。从 2012 年开始，大麦饲料用消费量出现爆发式增长。2015 年，大麦饲料用消费量达到 420 万吨（见图 1），是 2011 年的 42 倍，其增长速度远远超过高粱。

DDGS 是生产燃料乙醇的副产物，因蛋白质、粗脂肪、可消化纤维以及有效磷含量高，被认为

<sup>①</sup>数据来源：美国农业部网站（<http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>）。

<sup>②</sup>相对于瘤胃动物，单胃动物就是只有一个胃腺的动物，例如猪、鸡等。

是优质的蛋白饲料。在饲料中使用 DDGS 可以降低禽畜喂养成本，DDGS 在饲料日粮中对玉米的最佳替代率为 75% (Markham, 2005; Fabiosa et al., 2008)。由于玉米原料以及生产工艺不同<sup>①</sup>，美国生产的 DDGS 中粗蛋白质、粗脂肪、赖氨酸以及有效磷含量高，中国 DDGS 进口几乎全部来自于美国。虽然 2003 年中国就开始在饲料中使用 DDGS，但直到 2009 年，DDGS 才被大量用于饲料行业。2009 年，中国 DDGS 消费量为 352 万吨，2015 年达到 990 万吨 (见图 1)，年均增幅 18.8%。

不同于高粱和大麦，小麦一直与玉米有着很强的关联性，长期以来小麦在饲料配方中被用来替代玉米。2006 年，中国小麦饲料用消费量为 582 万吨，2010 年增加到 650 万吨，年均增长 2.8%。2011 年，小麦饲料用消费量达到 1600 万吨，当年出现小麦大量替代玉米的情况，以华北黄淮海小麦主产区以及南方小麦销区最为普遍。从 2012 年开始，小麦饲料用消费量开始下降，2015 年下降至 320 万吨 (见图 1)，仅为 2011 年的 20%。这主要是因为与进口的高粱、大麦、DDGS 相比，小麦并不具有价格优势，从而被价格较低的高粱、大麦以及 DDGS 所替代。

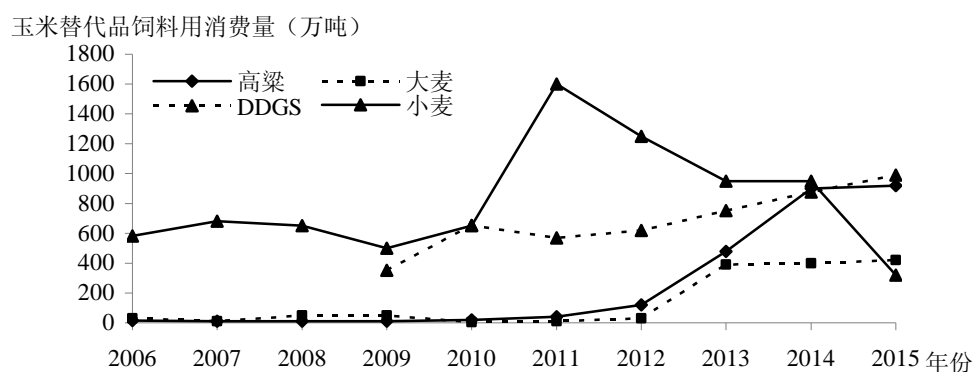


图 1 2006~2015 年玉米替代品饲料用消费量

数据来源：高粱、大麦、小麦饲料用消费量数据来自美国农业部网站 (<http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>)；DDGS 饲料用消费量数据来自中国酒精网 (<http://www.alcohol.com.cn>)。

### 三、玉米替代品替代系数及替代量的测算

#### (一) 玉米替代品替代系数的测算

饲料企业是通过针对不同饲料原料的最优组合来制定饲料配方的，不同饲料原料的比例则由动物营养标准以及饲料原料的有效能值决定。由于玉米、高粱、大麦、DDGS、小麦的有效能值存在差

<sup>①</sup>中国与美国生产燃料乙醇时使用的玉米原料有很大差异，中国通常使用库存轮换玉米，而美国使用的玉米质量普遍较好。在生产工艺上，中国主要采用半干法和湿法生产 DDGS，采用非干法生产 DDGS 时在发酵过程中对玉米进行了脱脂处理；而美国主要采用干法生产 DDGS，最大限度保留了玉米原料的有效能值以及其中的营养成分（蛋白质、粗脂肪、可消化纤维、有效磷等）。

异，因此，在饲料配方中高梁、大麦、DDGS、小麦对玉米的替代并非等量的替代关系，本文用替代系数来说明这种差异。

国际上在评定猪饲料能值时，猪净能（NE）体系被认为是唯一能够表达出动物真实能量需求的能值评定体系，其预测模型已被广泛应用于日粮配方中（美国国家科学院科学研究委员会（NRC），2014；熊本海等，2015）。本文以饲料市场份额最大的猪饲料为标准，参照 NRC 标准中的猪日粮能量需求以及《中国饲料成分及营养价值表（2015 年第 26 版）》<sup>①</sup>，选取有效能值体系中的猪净能体系，测算高粱、大麦、DDGS、小麦在猪日粮中替代玉米的系数<sup>②</sup>。测算的结果是，高粱、大麦、DDGS、小麦对玉米的替代系数分别为 0.929、0.863、0.857、0.969（详见表 1）。

表 1 不同品种饲料原料主要成分及对玉米的替代系数

饲料原料	粗蛋白质 (%)	粗脂肪 (%)	淀粉 (%)	酸性洗涤纤维 (%)	猪消化能 (兆焦/千克)	猪净能 (兆焦/千克)	替代 系数
玉米	7.8	3.5	62.6	2.6	14.18	10.98	1.000
高粱	9.0	3.4	68.0	8.0	13.18	10.20	0.929
大麦	11.0	1.7	52.2	3.9	13.56	9.48	0.863
DDGS	27.5	10.1	26.7	12.2	12.97	9.41	0.857
小麦	13.4	1.7	54.6	6.8	14.18	10.64	0.969

资料来源：熊本海等（2015）。

## （二）进口玉米替代品替代玉米的数量

为了弄清自玉米临时收储政策实施以来，中国进口的高粱、大麦、DDGS、小麦到底替代了多少玉米，本文根据高粱、大麦、DDGS、小麦在猪日粮中对玉米的替代系数，测算出 2009~2015 年进口玉米替代品对国内玉米的替代数量。如表 2 所示，进口玉米替代品替代国内玉米可分为两个阶段：

第一阶段：快速增长阶段（2009~2012 年）。2009 年，进口玉米替代品替代国内玉米 301.5 万吨，2012 年增加到 788.84 万吨，年均增幅 37.79%。这个阶段进口玉米替代品替代国内玉米的数量占玉米库存增量的 20%~40%。

第二阶段：爆发式增长阶段（2013~2015 年）。2013 年，进口玉米替代品替代国内玉米的数量突破了 1000 万吨，达到 1180.91 万吨，2015 年增加到 2795.98 万吨，年均增幅 53.87%。这个阶段进口玉米替代品替代国内玉米的数量占玉米库存增量的 40%~84%。这意味着，如果没有玉米替代

<sup>①</sup>见熊本海等（2015）。

<sup>②</sup>饲料中猪净能值的计算公式为： $NE = 0.700 \times DE + 1.6 \times EE + 0.48 \times Starch - 0.91 \times CP - 0.87 \times ADF$ ，其中，NE 是净能值（兆焦/千克），DE 为消化能（兆焦/千克），EE、Starch、CP、ADF 分别为干物质中粗脂肪、淀粉、粗蛋白质、酸性洗涤纤维的含量（克/千克）。玉米、高粱、大麦、小麦、DDGS 常规成分及含量参见熊本海等（2015）。

品进口，2013~2015 年会有 40%~84% 的增量库存玉米被消费在饲料行业。

表 2 2009~2015 年中国进口玉米替代品替代玉米数量 单位: 万吨

年份	高粱 (0.929)		大麦 (0.863)		DDGS (0.857)		小麦 (0.969)		折合 总量
	进口量	折合量	进口量	折合量	进口量	折合量	进口量	折合量	
2009	8.30	7.72	173.86	150.04	65.50	56.13	90.41	87.61	301.50
2010	0.40	0.37	236.75	204.32	316.40	271.15	123.07	119.25	595.09
2011	8.40	7.80	177.56	153.23	168.58	144.47	125.81	121.91	427.41
2012	8.66	8.05	252.83	218.19	238.00	203.97	370.10	358.63	788.84
2013	107.83	100.17	233.54	201.55	400.00	342.80	553.55	536.39	1180.91
2014	577.60	536.59	541.30	467.14	541.00	463.64	300.50	291.18	1758.55
2015	1070.00	994.03	1073.13	926.11	682.00	584.47	300.69	291.37	2795.98

数据来源: 高粱、大麦、DDGS、小麦进口量数据来源于中国海关总署网站 (<http://www.customs.gov.cn>), 折合量由替代系数计算得到。

#### 四、进口玉米替代品替代国内玉米的原因

进口玉米替代品能够大量替代国内玉米, 主要有三个原因: 第一, 与国内玉米相比, 进口的高粱、大麦、DDGS、小麦具有价格优势, 使用进口玉米替代品存在价格红利。玉米替代品价格红利是指在饲料中使用进口玉米替代品与使用玉米之间的成本节约。本文计算价格红利时考虑了玉米替代品替代玉米的系数<sup>①</sup>。第二, 饲料加工技术、作物育种技术的改进, 使得高粱、大麦在饲料配方中大量替代玉米成为可能。第三, 高粱、大麦、DDGS 不受进口配额限制。上述原因中, 价格红利的存在是国内玉米被高粱、大麦、DDGS、小麦大量替代的根本原因。

##### (一) 进口玉米替代品价格红利与进口数量

高粱、大麦、DDGS、小麦的进口数量与其价格红利密切相关, 主要表现为玉米替代品价格红利与其进口数量呈同向变动趋势。通过对比图 2 数据可以发现, 玉米替代品价格红利出现的时间段与进口量增长的时间段相吻合。

<sup>①</sup>价格红利的具体算法如下: 某月小麦进口平均价格为 1000 元/吨, 当月国内玉米价格 1200 元/吨, 小麦对玉米的替代系数为 0.969 (即 0.969 公斤玉米的有效能值与 1 公斤小麦相当, 也就是说, 1.032 公斤小麦与 1 公斤玉米有效能值等价)。以 1 公斤玉米替代为例, 小麦替代玉米的价格红利就为  $0.001 \times (1200 - 1000/0.969) = 0.168$  元。这种考虑了替代系数的算法更能准确描述进口玉米替代品在饲料行业中替代国内玉米时的真实价差。

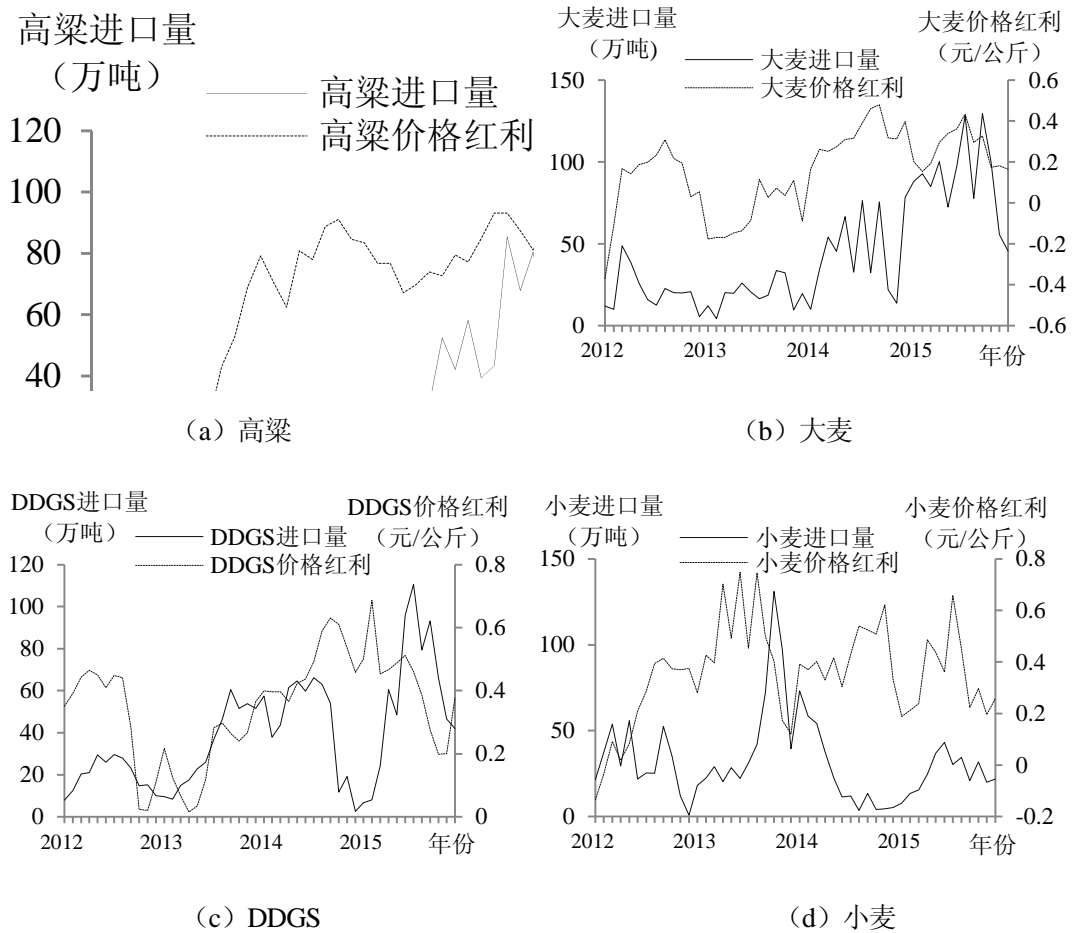


图2 高粱、大麦、DDGS、小麦进口量与价格红利

注：各品种的价格红利根据其进口平均价格、国内玉米价格以及各品种对玉米的替代系数计算而来。

数据来源：高粱、大麦、DDGS、小麦进口量以及进口平均价格数据来源于中国海关总署网站 (<http://www.customs.gov.cn>)，国内玉米价格数据来源于国家统计局网站 (<http://www.stats.gov.cn>)。

1.高粱价格红利与进口数量。如图2(a)所示，2012~2015年期间出现了两次高粱价格红利较大的情况。第一次出现在2013年1~11月，价格红利值在0.52~0.76元/公斤的范围内波动；第二次出现在2014~2015年，价格红利值在0.31~0.78元/公斤的范围内波动。当高粱价格红利超过0.31元/公斤时，高粱进口量就会增加。2013年以前，中国高粱进口量很小，主要来自澳大利亚，用途以食用及酿酒为主。2013年1~11月，高粱价格红利达到0.65元/公斤（月均），同期高粱进口量创历史新高，达到99.34万吨，与2012年同期相比，增长了10.47倍。2014~2015年，市场上继续保持很高的价格红利，2014年为0.67元/公斤（月均），2015年为0.46元/公斤（月均），福建及两广地区的饲料企业大规模使用进口高粱替代国内玉米，同时北方地区部分饲料企业也开始调整饲料配方，提高高粱的添加比例。2014年、2015年，中国高粱进口量分别达到577.6万吨、1070万吨。

2. 大麦价格红利与进口数量。如图 2 (b) 所示, 2012~2015 年期间出现了两次大麦价格红利较大的情况。第一次出现在 2012 年 3~10 月, 价格红利值在 0.14~0.31 元/公斤的范围内波动; 第二次出现在 2014~2015 年, 价格红利值在 0.15~0.48 元/公斤的范围内波动。当大麦价格红利超过 0.14 元/公斤时, 大麦进口量就会增加。例如, 2012 年 3~10 月, 大麦价格红利达到 0.21 元/公斤 (月均), 同期中国大麦进口量为 204.5 万吨, 与 2011 年同期相比, 净增加 66 万吨, 增幅为 47.65%。第二次价格红利出现时, 中国大麦进口量呈“井喷式”增长。2014 年、2015 年大麦价格红利分别达到 0.33 元/公斤 (月均)、0.26 元/公斤 (月均), 这两年中国大麦进口量分别为 541.3 万吨、1073.13 万吨, 比 2013 年分别增长 132% 和 360%。

3. DDGS 价格红利与进口数量。如图 2 (c) 所示, 2012~2015 年期间出现了两次 DDGS 价格红利较大的情况。第一次出现在 2012 年 1~8 月, 价格红利值在 0.35~0.46 元/公斤的范围内波动; 第二次出现在 2014~2015 年, 价格红利值在 0.20~0.68 元/公斤的范围内波动。当 DDGS 价格红利超过 0.20 元/公斤时, DDGS 进口量就会增加。2012 年 1~8 月, DDGS 价格红利达到 0.42 元/公斤 (月均), 同期中国 DDGS 进口量为 174.9 万吨, 与 2011 年同期相比, 净增加 77.6 万吨, 增幅为 79.71%。2014 年、2015 年市场上出现持久的 DDGS 价格红利, 2014 年达到 0.48 元/公斤 (月均), 2015 年达到 0.42 元/公斤 (月均), 此时南方地区饲料企业从美国进口了大量 DDGS, 这两年中国 DDGS 进口量分别达到 541 万吨和 682 万吨, 与 2013 年相比分别增长了 35.25% 和 70.50%。

4. 小麦价格红利与进口数量。由于中国小麦进口受到配额限制, 同时, 加工企业在申领配额时面临诸多条件, 因而价格红利驱动下的小麦自由进口受到阻碍。相比于其他玉米替代品品种, 小麦价格红利与进口量之间的关系更为复杂, 主要表现为小麦进口量不单单受到价格红利的影响, 而且还与国产小麦的产量及质量高度相关。如果小麦价格红利不够大, 不满足申领条件的企业或者满足申领条件而放弃申领的企业, 就会考虑使用国内小麦, 因为配额外进口小麦与国产小麦相比没有价格优势<sup>①</sup>。如图 2 (d) 所示, 2012~2015 年期间出现了两次小麦价格红利较大的情况。第一次出现在 2013 年 1~11 月, 小麦价格红利值在 0.17~0.75 元/公斤的范围内波动; 第二次出现在 2014~2015 年, 小麦价格红利值在 0.19~0.66 元/公斤的范围内波动。当小麦红利超过 0.17 元/公斤时, 小麦进口量就会增加。2013 年 1~11 月, 小麦价格红利达到 0.48 元/公斤 (月均), 同期小麦进口量达到 514 万吨, 与 2012 年同期相比, 增长了 30.30%。2013 年, 中国小麦进口大幅增加, 除了较高的价格红利之外, 还因为当年国产小麦总产量增幅较小 (1.12%), 加之在收割期小麦主产区遭遇阴雨天气, 国产小麦质量受到了影响 (主要是小麦发芽、发霉)。为了保证饲料口感, 饲料企业增加了进口小麦的使用量。2014 年、2015 年, 配额内小麦的价格红利分别为 0.43 元/公斤 (月均)、0.33 元/公斤 (月均), 这两年小麦进口量每年保持在 300 万吨左右, 均低于 2013 年的水平。主要原因有两个: 第一, 这两年小麦价格红利水平低于 2013 年, 很多不满足配额申领条件或者放弃配额申领的加工企业使用了国产小麦。第二, 这两年中国小麦主产区小麦丰收 (2014 年、2015 年中国小麦总产量比 2013 年

<sup>①</sup>配额外的硬粒小麦、种用小麦、其他小麦及混合麦的进口关税税率, 最惠国为 65%, 普惠国为 180%。

分别增长了 3.5% 和 6.8%)，国产小麦供给充裕，并且在收割期小麦主产区天气良好，国产小麦质量没有受到影响，更多国产小麦被用作饲料原料。

## (二) 玉米替代品价格红利对进口量影响的实证分析

1. 分析框架。假设国内饲料企业只使用 5 种饲料原料：玉米(corn)、高粱(sorghum)、大麦(barley)、DDGS、小麦(wheat)，并且假定国内玉米饲料用消费量只受自身价格和玉米替代品价格红利的影响，高粱、大麦、DDGS、小麦进口量只受自身价格红利的影响（玉米替代品进口量受国内玉米价格和玉米替代品进口价格影响，本文以价格红利的形式体现了这两类价格的影响），同时本文不考虑替代品之间替代关系的影响。当市场上出现两种及以上替代品时，被替代品（玉米）与各种替代品（高粱、大麦、DDGS、小麦）之间就会形成复杂的“价格与数量”联动关系。在满足假定的情况下，玉米与进口高粱、大麦、DDGS、小麦之间的数量和价格关系可以被表示为：

$$Q_t^{total} = Q_t^{com}(P_t^{com}, P_t^{sorghum}, P_t^{barley}, P_t^{ddgs}, P_t^{wheat}), Q_t^{sorghum}(P_t^{sorghum}, P_t^{com}), Q_t^{barley}(P_t^{barley}, P_t^{com}), Q_t^{ddgs}(P_t^{ddgs}, P_t^{com}), Q_t^{wheat}(P_t^{wheat}, P_t^{com}) \quad (1)$$

(1) 式中， $Q_t^{total}$  为饲料粮消费量， $Q_t^{com}$  为国内玉米饲料用消费量， $Q_t^{sorghum}$ 、 $Q_t^{barley}$ 、 $Q_t^{ddgs}$ 、 $Q_t^{wheat}$  分别为高粱、大麦、DDGS、小麦进口量； $P_t^{com}$  为国内玉米价格， $P_t^{sorghum}$ 、 $P_t^{barley}$ 、 $P_t^{ddgs}$ 、 $P_t^{wheat}$  分别为高粱、大麦、DDGS、小麦进口平均价格。

从理论上讲，进口玉米替代品替代国内玉米的情况是否发生，主要取决于使用玉米替代品是否能够获取合理的价格红利。当价格红利增加时，进口玉米替代品替代玉米的数量就会增加；当价格红利减少时，进口玉米替代品替代玉米的数量就会减少。由此，本文提出并检验以下假说：

$H_0$ ：玉米替代品价格红利与玉米替代品进口量呈同向变动关系。

2. 数据说明。本文实证分析所使用的数据为月度数据，时间范围为 2012 年 1 月~2015 年 12 月<sup>①</sup>；饲料粮消费总量、玉米饲料用消费量数据来自美国农业部网站；高粱、大麦、DDGS、小麦进口量及进口平均价格数据来自中国海关总署，高粱、大麦、DDGS、小麦进口平均价格采用人民币计价（以中国人民银行公布的月均汇率为准，将以美元计价的进口平均价格折算为人民币标示价格）；国内玉米价格选取集贸市场中等玉米价格，数据来源于国家统计局网站。另外，为了便于分析及阐述，模型中玉米饲料用消费量、玉米替代品进口量的单位均为万吨，玉米替代品进口平均价格和集贸市场中等玉米价格的单位均为百元/吨，

3. 模型的构建与估计。考虑到高粱、大麦、DDGS、小麦的价格红利均与国内玉米价格相关，并且饲料粮消费量一定时，高粱、大麦、DDGS、小麦进口量存在相关关系，因此模型中各个方程之间是联立的，而并非独立的。本文基于原假设，分解（1）式得出以下几个方程：

<sup>①</sup>由于部分数据缺失，实证分析部分选用了 2012 年 1 月~2015 年 12 月的数据，数据处理在 Eviews6.0 软件中完成。



$$\begin{cases} Q_t^{corn} = \alpha_1 + \alpha_2 \Delta P_t^{corn(s)} + \alpha_3 \Delta P_t^{corn(b)} + \alpha_4 \Delta P_t^{corn(d)} + \alpha_5 \Delta P_t^{corn(w)} + \varepsilon_{1t} \\ Q_t^{sorghum} = \theta_1 + \theta_2 \Delta P_t^{corn(s)} + \varepsilon_{2t} \\ Q_t^{barley} = \beta_1 + \beta_2 \Delta P_t^{corn(b)} + \varepsilon_{3t} \\ Q_t^{ddgs} = \lambda_1 + \lambda_2 \Delta P_t^{corn(d)} + \varepsilon_{4t} \\ Q_t^{wheat} = \gamma_1 + \gamma_2 \Delta P_t^{corn(w)} + \varepsilon_{5t} \\ Q_t^{total} = Q_t^{corn} + Q_t^{sorghum} + Q_t^{barley} + Q_t^{ddgs} + Q_t^{wheat} \end{cases} \quad (2)$$

(2) 式中,  $\Delta P_t^{corn(s)}$ 、 $\Delta P_t^{corn(b)}$ 、 $\Delta P_t^{corn(d)}$ 、 $\Delta P_t^{corn(w)}$  分别为高粱、大麦、DDGS、小麦的价格红利。(方程一 ( $Q_t^{corn}$  方程) 为国内玉米饲料用消费方程, 用以描述玉米替代品价格红利与国内玉米饲料用消费量之间的关系; 方程二 ( $Q_t^{sorghum}$  方程)、方程三 ( $Q_t^{barley}$  方程)、方程四 ( $Q_t^{ddgs}$  方程)、方程五 ( $Q_t^{wheat}$  方程) 依次为高粱、大麦、DDGS、小麦进口方程, 用以描述玉米替代品价格红利与玉米替代品进口量之间的关系; 方程六 ( $Q_t^{total}$  方程) 为饲料粮消费方程 (约束方程), 用以描述饲料粮的组成品种。

根据联立方程识别原则, 方程一属于刚好识别, 方程二、方程三、方程四、方程五均属于过度识别, 方程六为恒等式, 不存在识别问题, 因此, 整个联立方程组是可识别的。对于可识别的联立方程模型, 通常有两种估计方法: 单一方程估计法和系统估计法。考虑到联立方程模型中可能存在随机误差项跨方程相关的情况 (比如  $\varepsilon_{1t}$  和  $\varepsilon_{2t}$  相关), 首先应该考察方程的联立性问题 (庞浩, 2010)。如果方程没有联立性, 则通过 OLS 估计方法能够得到有效并且一致的参数估计结果, 通过 3SLS 估计方法可以得到一致但并非有效的估计量。如果方程有联立性, OLS 估计结果将会是非一致的, 而 3SLS 估计方法将给出参数的一致且有效的估计结果 (杰弗里·M·伍德里奇, 2015; 樊欢欢等, 2011)。本文采用 Hausman 设定误差检验方法检验方程的联立性问题, 结果拒绝“方程无联立性”的原假设。因此, 本文采用 3SLS 方法估计各项参数。3SLS 估计方法是先用 2SLS 方法估计每个方程, 然后再对整个方程组运用广义最小二乘法估计的系统估计方法。方程估计结果见表 3。

表 3 联立方程模型 3SLS 估计结果

	方程一	方程二	方程三	方程四	方程五
高粱价格红利 ( $\Delta P_t^{corn(s)}$ )	-131.47* (1.18)	40.88** (0.57)	—	—	—
大麦价格红利 ( $\Delta P_t^{corn(b)}$ )	-146.49* (1.43)	—	37.81*** (0.51)	—	—
DDGS 价格红利 ( $\Delta P_t^{corn(d)}$ )	-124.32** (1.46)	—	—	21.25** (0.44)	—
小麦价格红利 ( $\Delta P_t^{corn(w)}$ )	-115.76** (1.08)	—	—	—	13.48*** (0.28)

$R^2$ 

0.91

注：\*\*\*、\*\*和\*分别表示在 1%、5% 和 10% 的水平上显著；括号中数字为标准误。

从表 3 可以看出，方程估计的  $R^2 = 0.91$ ，表明方程的拟合效果比较好。方程一中变量高粱价格红利 ( $\Delta P_t^{com(s)}$ )、大麦价格红利 ( $\Delta P_t^{com(b)}$ )、DDGS 价格红利 ( $\Delta P_t^{com(d)}$ )、小麦价格红利 ( $\Delta P_t^{com(w)}$ ) 分别在 10%、10%、5%、5% 的水平上显著，表明玉米替代品价格红利对国内玉米饲料用消费有显著影响，表现为玉米替代品价格红利与国内玉米饲料用消费量呈反向变动关系（各项系数均为负）。价格红利增加，国内玉米饲料用消费量将减少；价格红利减少，国内玉米饲料用消费量将增加。方程二中变量高粱价格红利 ( $\Delta P_t^{com(s)}$ ) 在 5% 的水平上显著，表明高粱价格红利对高粱进口量有显著影响。高粱价格红利每吨增加 100 元，高粱进口量将增加 40.88 万吨。方程三中变量大麦价格红利 ( $\Delta P_t^{com(b)}$ ) 在 1% 的水平上显著，表明大麦价格红利对大麦进口量有显著影响。大麦价格红利每吨增加 100 元，大麦进口量将增加 37.81 万吨。方程四中变量 DDGS 价格红利 ( $\Delta P_t^{com(d)}$ ) 在 5% 的水平上显著，表明 DDGS 价格红利对 DDGS 进口量有显著影响。DDGS 价格红利每吨增加 100 元，DDGS 进口量将增加 21.25 万吨。方程五中变量小麦价格红利 ( $\Delta P_t^{com(w)}$ ) 在 1% 的水平上显著。小麦价格红利每吨增加 100 元，小麦进口量将增加 13.48 万吨。

由此， $H_0$  得到了证实。玉米替代品价格红利是导致玉米替代品进口的根本原因，高粱、大麦、DDGS、小麦价格红利增加将带来它们进口量的增加。高粱、大麦、DDGS、小麦的价格红利每吨增加 100 元，它们的进口量将分别增加 40.88 万吨、37.81 万吨、21.25 万吨、13.48 万吨。同理，高粱、大麦、DDGS、小麦价格红利减少也会带来它们进口量的下降。

### （三）玉米临时收储价格调整后的新变化

上文已经证实玉米替代品价格红利与玉米替代品进口量呈同向变动关系，下面以 2016 年 1~11 月<sup>①</sup>的数据进一步验证这一结论。玉米临时收储价格调整后<sup>②</sup>，2016 年，国内玉米价格发生了变化，改变了玉米替代品价格红利，进而影响到玉米替代品进口。

1. 国内玉米价格“断崖式”下跌，玉米替代品价格红利剧降。国家调整玉米临时收储政策后，国内玉米价格出现“断崖式”下跌。2016 年 1~11 月，国内玉米平均价格为 1824 元/吨，与上年同期相比下降了 17.65%。与国内玉米价格走势不同，2016 年，玉米替代品进口价格比较平稳，没有出现大起大落。2014 年以来，全球高粱、大麦、小麦供给充裕，加之石油价格下跌后海运成本降低，国际粮食价格一直保持低位、稳定的状态。2016 年 1~11 月，高粱、大麦进口平均价格与上年同期相比，仅下降了 5.6% 和 2.2%，而小麦、DDGS 进口平均价格与上年同期基本持平。

<sup>①</sup>由于 2016 年 12 月的玉米替代品进口价格以及进口量数据尚未公布，本文使用 2016 年 1~11 月的数据进行分析，文中所涉及的 2016 年数据均是指 2016 年 1~11 月数据。

<sup>②</sup>基于国内玉米库存压力，2015 年 9 月，国家将黑龙江、吉林、辽宁和内蒙古的玉米临时收储价格分别由原来的 2220 元/吨、2240 元/吨、2260 元/吨，统一调整为 2000 元/吨。

在玉米替代品进口价格保持平稳的情况下，国内玉米与玉米替代品的价差缩小，玉米替代品价格红利减少。2016年1~11月，高粱、大麦、DDGS、小麦的价格红利（月均）分别下降到0.25元/公斤、0.13元/公斤、0.12元/公斤、0.10元/公斤，比2015年同期分别减少46.81%、51.85%、71.43%、70.59%。

2.玉米替代品进口量大幅下降。受价格红利减少的影响，玉米替代品进口量大幅下降。如图3所示，2016年1~11月，玉米替代品进口1705.4万吨，比2015年同期下降了41.80%，比2014年同期下降了7.04%。分品种看，高粱、大麦、DDGS进口量降幅最大。2016年1~11月，高粱、大麦、DDGS进口量分别为645万吨、415.8万吨、299.6万吨，与上年同期相比，分别下降了34.44%、59.53%、53.17%。需要指出的是，虽然小麦价格红利明显减少，然而，2016年1~11月，小麦进口量并未出现大幅度下降。本文认为，这主要是因为国产小麦质量问题。当年河南、江苏、湖北和安徽等小麦主产省在收割期间遭遇降雨天气，造成小麦质量下降、单产减少（全国约8%的小麦出现发芽、发霉、腐烂的情况），因而国内饲料加工企业继续使用进口小麦作为玉米的替代品。

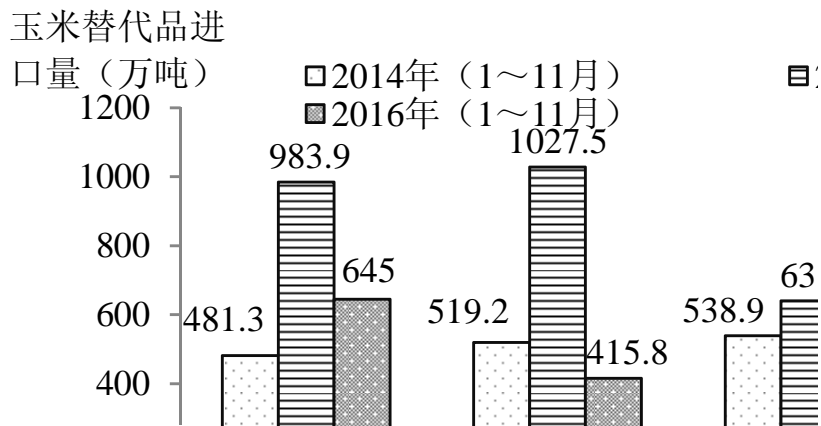


图3 2014~2016年（1~11月）玉米替代品进口量变化

数据来源：中国海关总署网站（<http://www.customs.gov.cn>）。

以上数据从另一方面验证了玉米替代品价格红利与其进口量之间的同向变动关系。当国内玉米价格下跌时，国内玉米与进口玉米替代品的价差就会缩小，玉米替代品价格红利就会减少，玉米替代品进口量也会随之下降。

## 五、研究结论与政策启示

### （一）研究结论

第一，玉米替代品价格红利与玉米替代品进口量之间存在同向变动关系，与国内玉米饲料用消费量之间存在反向变动关系。玉米替代品价格红利增加会引起玉米替代品进口量增加和国内玉米饲

料用消费量减少；同理，玉米替代品价格红利减少会引起玉米替代品进口量下降和国内玉米饲料用消费量增加。

第二，玉米替代品价格红利是引起上述变化的关键因素，在其他条件不变的情况下（高粱、大麦、DDGS 进口不受配额限制，同时保留小麦进口配额政策），高粱、大麦、DDGS、小麦的价格红利分别保持在 0.31 元/公斤、0.14 元/公斤、0.20 元/公斤、0.17 元/公斤时，玉米替代品进口量将保持目前的均衡状态。一旦出现更高的玉米替代品价格红利，就会引起玉米替代品进口量的变化。

## （二）政策启示

第一，高粱、大麦、DDGS 作为新的饲料原料，改变了中国主要依靠玉米、豆粕的饲料供应格局。但是，目前国内这些品种原料的供给能力严重不足，主要依靠进口（高粱主要依赖澳大利亚和美国，DDGS 主要依赖美国，大麦主要依赖俄罗斯和乌克兰），这就进一步降低了中国的粮食自给率。因此，在中国粮食生产的供给侧结构性改革中不能只是调减玉米播种面积，相应地要增加高粱、大麦播种面积。

第二，在运用玉米价格政策来调控国内玉米消费量和玉米替代品进口量时，需要考虑的关键因素是玉米替代品价格红利。政府相关部门应对此保持较高的敏感度。2015 年中国玉米库存量达到 2.3 亿吨，是逐年累积的结果。2009~2015 年期间，相关决策部门对玉米替代品价格红利的变化和玉米库存的迅速上升未能给予足够的重视，导致 2015 年玉米临时收储价格的突然大幅调整。同样，在价格红利下降以后，也要注意国内玉米产量和玉米替代品进口量的变动，避免大起大落。

第三，从长远来看，中国肉蛋奶的需求量还会继续增长。近几年国内玉米过剩是暂时现象。2015 年玉米价格下降导致 2016 年玉米减产 500 万吨<sup>①</sup>，短期内农民种植玉米的积极性难以恢复。就目前的趋势来看，2017 年还有可能继续减产。

改革开放以来，每次粮价下跌都引起了粮食产量的连续下降。特别是 1998 年的粮价大幅下调导致连续 5 年粮食减产。历史的经验值得注意。相关管理部门应该合理运用价格政策，防止玉米出现连续减产，以保持国内玉米供给稳定。

## 参考文献

- 1.胡小平、郭晓慧，2010：《2020 年中国粮食需求结构分析及预测——基于营养标准的视角》，《中国农村经济》第 6 期。
- 2.樊欢欢、李嫣怡、陈胜可，2011：《EViews 统计分析与应用》，北京：机械工业出版社。
- 3.杰弗里·M·伍德里奇，2015：《计量经济学导论：现代观点（第五版）》，张成思、李红、张步昙译，北京：中国人民大学出版社。

<sup>①</sup>2016 年，中国玉米减产 500 万吨（根据国家统计局公布的 2016 年玉米产量数据计算而来）。如果按 2016 年减少的玉米播种面积（1357 千公顷）和 2016 年玉米单产（5972.7 公斤/公顷）计算，减产数量应为 810 万吨。

- 4.美国国家科学院科学研究委员会, 2014:《猪营养需要(第十一次修订版)》, 印遇龙、阳成波、敖志刚主译, 北京: 科学出版社。
- 5.庞浩, 2010:《计量经济学(第二版)》, 北京: 科学出版社。
- 6.唐茂妍、陈旭东, 2013:《高粱在饲料中的应用》,《中国饲料》第4期。
- 7.熊本海、罗清尧、赵峰、庞之洪, 2015:《中国饲料成分及营养价值表(2015年第26版)制定说明》,《饲料广角》第23期。
- 8.Fabiosa, J. F., J. Hansen, H. Matthey, S. Pan, and F. Tuan, 2009, "Assessing China's Potential Import Demand for Distillers Dried Grain: Implications for Grain Trade", CARD Staff Report.Paper13, [http://lib.dr.isstate.edu/card\\_staffreports/13](http://lib.dr.isstate.edu/card_staffreports/13).
- 9.Markham, S., 2005, "Distillers Dried Grains and Their Impact on Corn, Soymeal and Livestock Markets", USDA Agricultural Outlook Forum2005, Arlington Virginia.

(作者单位: 西南财经大学中国西部经济研究中心)

(责任编辑: 午言)

## The Impact of Imported Substitutes on Corn Consumption Markets in China

Fan Dan Fan Chuanqi Hu Xiaoping

**Abstract:** This article adopts a comparative method of effective energy value of feedstuff to measure and calculate the quantity of corn substitutes for domestic corns from 2009 to 2015. Based on a simultaneous equations model, the study makes an empirical analysis of the relationship between price dividend and import quantity of corn substitutes. The results indicate that the change in price dividend of corn substitutes and in import quantity of corn substitute run to the same direction. Furthermore, price dividend of corn substitutes appears the most critical driving factor for the change in import quantity of corn substitutes. It becomes the most crucial reason why China has been importing a large number of corn substitutes in recent years, resulting in a surplus in domestic corn. Moreover, the results show that when the price dividend of sorghum, barley, DDGS and wheat reach 0.31 Yuan, 0.14 Yuan, 0.20 Yuan and 0.17 Yuan per kilogram, respectively, the import quantity of corn substitutes can maintain in an equilibrium state. That means the emergence of a higher or lower level of price dividend may result in a change in the import quantity of corn substitutes. To verify reliability of the conclusions, the study also conducts a check by using data from January to November 2016, during which a new change in corn price is witnessed.

**Key Words:** Corn; Substitute; Price; Price Dividend; Simultaneous Equation Model