

钾肥需求模拟研究

吴永娇^{1, 2}, 马海州¹, 董锁成³, 田 润⁴

(1 中国科学院青海盐湖研究所, 青海 西宁 810008; 2 中国科学院研究生院, 北京 100049;

3 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101;

4 福建省地质调查研究院, 福建 福州 350003)

摘要:旨在模拟预测中国钾肥需求, 为钾肥市场参与者和决策者提供基本的数据和理论支持。运用主成份分析法和多元回归计量经济模型模拟我国钾肥需求。首先, 运用主成份分析法对钾肥需求影响因子进行降维处理; 其次, 采用多元统计非线性回归计量经济学模型模拟钾肥需求。结果表明: (1) 钾肥需求与人均耕地、受灾面积、钾肥价格呈负相关关系; (2) 钾肥需求与耕地、粮食用地、农产品价格存正相关关系; (3) 钾肥需求预测可由较易得的人均耕地、耕地、粮食用地、受灾面积、农产品价格和钾肥价格数据代入模型模拟获得, 且模拟数据与现实数据吻合较好; (4) 此方法可较广泛运用, 不需大量的野外试验和较大的工作量, 且无空间跨度差异; (5) 政府行为对钾肥需求有着极大的影响作用, 政府应发挥其积极性, 制定出一套有序的制度安排, 以弥补市场本身潜在的问题, 引导市场机制不断完善。

关键词:钾肥需求; 主成份分析; 多元回归; 模拟

中图分类号: TQ443

文献标识码: A

文章编号: 1008-858X(2008)04-0042-06

1 前言

钾肥, 三大农业营养化肥之一, 对农业增产发挥着重要的作用, 其营养作用对于农业的整个生长期必不可少。从 20 世纪 70 年代以来, 化肥对中国农业增产起着最大的作用, 而在 1975 年至 1990 年, 化肥对农业增产贡献率极大。在未来几十年, 我国农业产量必将大幅度增长以满足人口增长和生活水平提高导致的农产品需求增长, 为此, 农业必将投入更多钾肥以支撑农业增产。

钾肥研究在内容和方法上有不断的创新与发展。彭^[1]代彦利用回归分析, 指出化肥消费动态变化和人口数量变化、农产品价格、人均耕地等有着很强的相关关系; Zhang^[2]利用简化的非线性回归分析, 指出化肥需求和增长跟人口

增长有很大的关系; Darst^[3]分析了国际钾肥业日趋完善的发展趋势; Veik^[4]分析了钾肥在可持续农业发展中的重要性; Fageberg^[5]等的研究分析表明在几个欧洲国家的牧草区存在负钾均衡; Holmquist^[6]研究分析矿物风化对于土壤可交换性钾的补充起着重要作用, 但并不能支撑高产量农作物所需的钾营养。这些研究主要是基于野外实验及传统的统计回归, 且多通过对一个影响因子进行统计回归和综合的机械方法对优化化肥需求进行研究分析。为此, 本研究主要从高级计量经济学的角度出发, 先利用主成分分析 (PCA) 方法降维处理技术, 对钾肥需求影响因子进行降维简化。PCA 方法能浓缩信息, 简化指标结构, 使分析问题过程简化、直观、有效, 故广泛应用于各个领域。人们经常利用 PCA 方法综合评价企业或事业单位的经济效益、技术进步状况, 并收到较好的效

收稿日期: 2008-05-05

基金项目: 国际合作课题老挝沙空阿空盆地钾盐资源调查评价研究 (O641021114) 资助

作者简介: 吴永娇 (1978-), 女, 江西吉安人, 博士生, 研究方向为资源经济。moonsun0403@163.com

果。之后, 基于 PCA 简化技术处理后的结果, 利用计量经济模型对钾肥需求进行模拟。高级计量经济学模型主要是用于揭示经济活动中各个因素之间的定量关系, 用随机性数学方程加以描述。定量化钾肥需求为钾肥市场参与者和政府决策者提供一定的基础数据和理论支持, 以促进钾肥市场和农业可持续发展。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源和数据处理

本研究数据主要来源于中国统计年鉴, IFASTAT (2005) 等, 共收集从 1991 年到 2006 年 16 年的数据 (表 1)。为进行有效模拟分析, 对原始收集的数据进行了预处理, 如将所有钾肥换算成有效钾肥, 对所有价格通过价格指数和购买力水平转换成综合的钾肥价格指数等。

表 1 1991~2006 钾肥需求数据

Table 1 The variable dataset of potassium fertilizer demand from 1991 to 2006

年份	钾肥消费量 / 10 ⁴ t	人均耕地 / hm ²	粮食耕地 / 10 ⁶ hm ²	耕地 / 10 ⁶ hm ²	受灾耕地 / 10 ⁶ hm ²	农产品价格指数 (上年=100)	钾肥价格指数 (1991=100)
	Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆
1991	173.9	0.083	112.314	149.586	55.470	97.31	100.0
1992	196.00	0.081	110.560	149.007	51.330	101.14	100.1
1993	212.3	0.080	109.544	147.741	48.830	112.05	105.2
1994	234.8	0.079	110.060	148.241	55.040	141.95	94.6
1995	268.5	0.078	112.549	149.879	45.874	123.95	92.4
1996	289.6	0.106	112.548	152.381	46.989	104.71	91.2
1997	322.0	0.105	112.912	153.969	53.429	92.81	102.6
1998	345.7	0.104	113.787	155.706	50.145	93.64	105.7
1999	365.6	0.103	113.161	156.373	49.981	85.75	107.9
2000	376.5	0.101	108.463	156.300	54.688	94.66	109.4
2001	399.6	0.100	106.080	155.708	52.215	105.65	130.2
2002	422.4	0.098	103.891	154.636	47.120	100.04	133.4
2003	438.0	0.095	99.410	152.415	54.386	107.42	129
2004	467.3	0.094	101.606	153.553	37.106	115.86	170.4
2005	489.5	0.078	104.278	155.488	38.818	101.55	173.9
2006	662.5	0.093	131.057	155.851	41.090	110.45	175.9

注: 数据来源 IFA 统计和中国统计年鉴

Note: datum from IFA statistics and China Statistic Year book

2.2 钾肥需求模型构建

我国钾肥需求仍处于增长阶段。据专家统计数据可知, 我国人口将在 2030 年达 16 亿, 且我国经济正处于不断发展阶段, 必将导致农产品需求水平的不断变动, 进而导致钾肥需求不断增长, 将持续增长几十年。为模拟预测我国钾肥需求变动, 首先, 运用主成分分析法对钾肥需求影响因子进行降维处理。设: Y_t t 年的钾

肥需求 (消费) 量; Y_t 钾肥消费量; X_{1t} t 年的人均耕地; X_{1t} 人均耕地; X_{2t} 在 t 年的粮食作物用地占总耕地的比重; X_{2t} 粮食作物用地占总耕地的比重; X_{3t} 在 t 年的农作物耕地; X_{3t} 农作物人均耕地; X_{4t} t 年的耕地受灾面积; X_{4t} 耕地受灾面积; X_{5t} t 年的农作物价格指数; X_{5t} 农作物价格指数; X_{6t} t 年的钾肥价格指数; X_{6t} 钾肥价格指数。运用主成分分析法对钾肥需求以上的影响因子进行降维处理, 则得到 i 个通

过统计检验的主成分, 设主成分为 $F_i (i < 6)$, 可很好地简化模型模拟; 其次, 利用计量经济模型建模法^[8]建立钾肥需求模型。自然、经济因素对钾肥需求起着巨大的影响作用, 同时, 每一个阶段的政府行为对钾肥需求也起着较大的影响作用, 在模型的构建中, 为简化模型分析, 把每一阶段的政府行为设为虚拟变量 P , $P = a$ 引入模型中, 则:

$$\begin{cases} Y = f(F_i) \\ P = a \end{cases} \rightarrow Y = f(F_i, P). \quad (1)$$

3 研究内容

一个国家化肥消费水平和增长情况取决于国家的经济发展状况, 人均收入低水平国家, 人口持续增长, 人均消费粮食量将随着经济的增长而增长, 进而化肥消费也将持续增长^[8]。据

专家统计数据可知, 我国钾肥需求正处于持续增长阶段。

3.1 主成分分析 (PCA)

主成分分析是一种把原来多个指标化为少数几个互不相关的综合指标的多元统计方法, 可以达到数据化简、揭示变量间的关系和进行统计解释的目的, 为进一步分析数据的性质和统计特征提供重要信息。首先, 对表 1 中数据标准化并进行相关分析, 得相关数据矩阵 (表 2); 其次, 利用相关系数矩阵数据进行统计分析, 得相应的主成分贡献率、累积贡献率及特征值 (表 3); 最后, 分析可知, 前三个主成分 (F_1, F_2, F_3) 累积贡献率达 86.348%, 则只需求出主成分 F_1, F_2, F_3 即可, 并得到标准化后的特征向量 (表 4)。

表 2 相关系数矩阵

Table 2 Correlation coefficient matrix

	人均耕地 X_1	粮食作物 耕地面积 X_2	农作物 耕地面积 X_3	受灾面积 X_4	农作物 价格指数 X_5	钾肥价 格指数 X_6
X_1	1	0.057	0.694	0.140	-0.577	-0.031
X_2	0.057	1	0.085	-0.083	-0.036	-0.030
X_3	0.694	0.085	1	-0.264	-0.579	0.502
X_4	0.140	-0.083	-0.264	1	-0.128	-0.738
X_5	-0.578	-0.036	-0.579	-0.1284	1	0.003
X_6	-0.031	-0.030	0.502	-0.738	0.003	1

提取方法: 主成分分析法

Extraction Method: Principal Component Analysis

表 3 特征值和主成分贡献率

Table 3 Eigenvalues and principal component contribution

成分	特征值及主成份贡献率		
	λ (特征根)	贡献率 %	累积贡献率 %
1	2.347	39.116	39.116
2	1.831	30.519	69.635
3	1.003	16.713	86.348
4	0.440	7.325	93.673
5	0.273	4.551	98.224
6	0.107	1.776	100.000

提取方法: 主成分分析

Extraction Method: Principal Component Analysis

表 4 标准化特征向量
Table 4 Normalized eigenvector

	标准化特征向量		
	F ₁	F ₂	F ₃
X ₁	0.749	0.494	-0.018
X ₂	0.119	-0.003	0.991
X ₃	0.952	-0.009	-0.031
X ₄	-0.331	0.860	-0.060
X ₅	-0.700	-0.472	0.053
X ₆	0.515	-0.789	-0.112

3.2 钾肥需求模型

由以上 PCA 分析和所得的相关数据及信息可知, 前三个主成分 F₁, F₂, F₃ 累积贡献率超过 85%, 满足进行钾肥需求模拟统计条件。同时, 由于政府在不同阶段的行为对钾肥需求有着很大的影响作用, 因此, 在模型的构建中, 为简化模型构建, 把政府行为以虚拟变量 (P=a)

引入模型当中。政府行为对钾肥需求的影响划分为两个阶段并赋予不同的虚拟变量值: 1998 年以前和 1998 年后。因为, 虽然我国大部分农产品市场改革在 20 世纪 80 年代基本完成, 但化肥市场改革仍处于市场改革的初步阶段, 化肥市场主要为政府调控, 直到 1998 年, 化肥市场改革基本完成, 主要为市场机制调控^[9]。则由以上研究分析可得:

$$\begin{cases} F_1 = 0.749X_1 + 0.119X_2 + 0.952X_3 - 0.331X_4 - 0.7X_5 + 0.515X_6 \\ F_2 = 0.494X_1 - 0.003X_2 - 0.009X_3 + 0.86X_4 - 0.472X_5 - 0.789X_6 \\ F_3 = -0.018X_1 + 0.991X_2 - 0.031X_3 - 0.06X_4 + 0.53X_5 - 0.112X_6 \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} Y = f(F_1, F_2, F_3) \\ P = a \end{cases} \rightarrow Y = f(F_1, F_2, F_3, P) \quad (3)$$

Y: 钾肥需求; F₁, 第一主成分; F₂, 第二主成分; F₃, 第三主成分; P, 虚拟变量 (政府行为对钾肥需求的影响因子)。假定 1991 到 1997 年, P=1; 1998 后, P=0。同时假定 λ_i 主成分的

特征根值; A₁、A₂ 为待估参数; Y_s, 钾肥需求在不同 s 阶段消费量 (s=1, 2)。利用 1998~2006 年数据进行模拟, 则:

$$\begin{cases} (1) 1998 \sim 2006 \text{ 年阶段} \\ Y_2 = f(F_1) \\ Y_2 = f(F_2) \\ Y_2 = f(F_3) \\ P = 0 \end{cases} \rightarrow Y_2 = f(F_1) + \lambda_2 f(F_2) + \lambda_3 f(F_3) + A_1 P \{ \lambda_1 f(F_1) + \lambda_2 f(F_2) + \lambda_3 f(F_3) \} + A_2 P \quad (4)$$

得模拟函数: $Y_2 = 9776.29 + 20.06F_1 - 0.69F_2 - 195.26F_3 + 1.06F_3^2$; (5)

$$\begin{cases} (2) 1991 \sim 1997 \text{ 年阶段} \\ Y_1 = f(F_1) \\ Y_1 = f(F_2) \\ Y_1 = f(F_3) \\ P = 1 \end{cases} \rightarrow Y_1 = f(F_1) + \lambda_2 f(F_2) + \lambda_3 f(F_3) + A_1 P \{ \lambda_1 f(F_1) + \lambda_2 f(F_2) + \lambda_3 f(F_3) \} + A_2 P \quad (6)$$

得模拟函数: $Y_1 = 10171.53 - 1.20F_1 + 0.04F_2 + 11.72F_3 - 0.06F_3^2$; (7)

3.3 模型分析

表 1 表明 1991 年以来, 钾肥需求快速增长, 相较于 1998 年和 2006 年, 钾肥需求增长了将近 90%, 在 2006 年达 662.5×10^4 t, 每年以近 11% 的速度增长。在 1998 到 2003 年间, 人均耕地、耕地和粮食耕地的逐渐减少, 主要是由于人口增加和退耕还林政策所致。而在 2004 年到 2006 年, 耕地和粮食用地增加, 一方面是由于在 2004 年, 政府施行农业补贴政策; 另一方面主要是粮食产品和其它农产品价格的上涨, 促进农民加大开垦耕地和农民种粮积极性, 特别是在 2006 年, 即使人口不断增长, 人均耕地却有着提高。表 3 揭示了第一主成分对于钾肥需求有着极大的影响作用, 其特征值达 2.347; 其次是第二主成分, 特征值为 1.831; 第三是第三主成分, 其特征值为 1.003。累积贡献率达 86.843%。模拟函数 (5) 表明 Y_2 和 F_1 成正相关关系; Y_2 和 F_2 成负相关关系; Y_2 和 F_3 正二次曲线关系。函数 (7) 揭示了 Y_1 和 F_1 成负相关关系; Y_1 和 F_2 成正相关关系; Y_1 和 F_3 负二次曲线关系。函数组 (2) 表明 F_1 和 X_3 、 X_1 、 X_5 成极强的正相关, 和 X_6 、 X_4 成负相关; F_2 与 X_4 和 X_1 成强正相关, 与 X_6 、 X_5 成强负相关, 与 X_3 、 X_2 成负相关; F_3 和 X_2 成强正相关, 与 X_5 成正相关, 与 X_6 、 X_1 、 X_3 、 X_4 成负相关。

分析可知, 1998~2006 年阶段, 钾肥需求与人均耕地存负相关关系。由于人口增长和社会经济不断发展, 导致对农产品需求的不断增长和农产品需求结构的不断调整, 而耕地的有限性, 必将导致加大钾肥投入以支撑农业的不断增产, 满足社会需求。钾肥需求与耕地和粮食耕地存正相关关系, 主要是由于人口压力的不断增长引起的对农产品需求的不断增长以及耕地增长的有限性, 引起加大钾肥投入以支撑社会需求。钾肥需求与受灾面积呈负相关, 受灾面积增大, 表明可农耕地的减少, 进而减少钾肥投入。钾肥需求与农产品价格呈正相关, 和钾肥价格存负相关, 由收益最大化原理可知, 钾肥价格提高, 等于是提高了农产品的种植成本, 必将减少钾肥投入; 同时, 农产品价格的上涨, 会增加农民收入, 促进农民对于钾肥投入的积

极性。1991~1997 年阶段, 我国对农产品价格和钾肥价格主要实施政府调控, 钾肥需求与人均耕地存负相关。由于人口增长不断发展, 导致对农产品需求的不断增长, 而耕地有限, 导致加大钾肥投入以支撑农业的不断增产, 满足社会需求。与粮食耕地呈正相关, 与耕地面积存在负相关, 而与钾肥价格和农产品价格呈复杂关系。这跟我国当时的政府行为 (实施计划经济体制) 直接制定钾肥产量、价格和部分的农产品价格有着密切关系。

4 结论和讨论

钾肥需求不但受着自然因素和经济发展的影响, 还受着政府行为的极大影响。其影响作用主要表现在: 1) 人口的不断增长和社会经济的不断发展, 导致社会对于农产品需求的不断增长; 2) 对农产品需求结构的不断调整, 而耕地的有限性, 促进社会不断加大钾肥投入以满足社会不断对农产品增长的需求; 3) 自然条件的变更, 如自然灾害的发生, 会影响钾肥投入, 灾害越大, 钾肥投入越少; 4) 政府行为还会影响农民行为, 进而影响其对钾肥的投入和实施。基于钾肥人均耕地、耕地, 粮食用地, 农产品价格和钾肥价格对于钾肥需求的影响, 模拟预测钾肥需求与人均耕地、耕地, 粮食用地, 农产品价格和钾肥价格的动态关系, 从而模拟预测钾肥需求。

综合分析可知, 在未来几十年, 人口增加可促进钾肥需求, 以促进农业增产; 自然灾害的发生, 会影响钾肥投入, 自然灾害越大, 钾肥投入越少; 钾肥价格的提高, 会抑制钾肥需求的投入, 而农产品价格的增长会促进农民对于钾肥投入的积极性。

本文构建的钾肥需求预测模拟函数表明: (1) 钾肥需求取决于人均耕地、耕地、粮食用地、受灾面积、钾肥价格、农产品价格及政府行为影响, 且钾肥需求增长主要受着人口增长压力和人们生活水平提高的影响; (2) 钾肥需求预测可由较易得的人均耕地、耕地、粮食用地、受灾面积、农产品价格和钾肥价格数据代入模型模拟得到, 且模拟数据与现实数据吻合得较

好; (3)此方法可较广泛运用, 不需大量的野外试验和较大的工作量, 且无空间跨度差异; (4) 政府行为对于钾肥需求有着极大的影响作用, 政府应发挥其积极性, 制定出一套有序的制度安排, 以弥补市场本身潜在的问题, 引导市场机制不断完善。

参考文献:

- [1] 彭代彦. 农业生产要素配置和农产品供给的计量分析 [M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2003, 144—211.
- [2] Zhang W, Zhang X. A forecast analysis on fertilizer consumption worldwide [J]. *Environ Monit Assess* 2006, 133 (1—3): 427—434.
- [3] Darst B C. Development of the Potash Fertilizer Industry [J]. *Fertilizer Research* 1991, 28(1): 103—107.
- [4] Velk P L G. The role of Fertilizers in Sustaining Agriculture in Sub-Saharan Africa [J]. *Fertilizer Research* 1990(26):

327—339.

- [5] Fageberg B, Salomon E, Jönsson S. Comparisons between conventional and ecological farming systems at? jebyn [J]. *Swed Agric Res*, 1996(26): 169—180.
- [6] Holmquist J, Gaard A F, Bom I et al. Application of the PROFILE model to estimate potassium release from mineral weathering in Northern European agricultural soils [J]. *Europ J Agronomy* 2003, 20(1—2): 149—163.
- [7] 李子奈, 叶阿忠. 高等计量经济学 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2000: 181—288.
- [8] Hossain M, Singh V P. Fertilizer use in Asian agriculture, implications for sustaining food security and the environment [J]. *Nutrient cycling in Agroecosystem*, 2000(57): 155—159.
- [9] Qiao F, Lohmar B, Huang J et al. Producer benefits from input market and trade liberalization: the case of fertilizer in China [J]. *American Journal of Agricultural Economics* 2005, 85(5): 1223—1227.

Modelling the Demand of Potassium Fertilizer in China

WU Yong-jiao^{1,2}, MA Hai-zhou¹, DONG Suo-cheng³, TIAN Run⁴

(¹ Qinghai Institute of Salt Lakes Chinese Academy of Sciences Xining 810008, China;

² Graduate University of Chinese Academy of Sciences Beijing 100049, China;

³ Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research Chinese Academy of Sciences Beijing 100101, China; ⁴ Fujian Institute of Geological Survey Fuzhou 350003, China)

Abstract: This study aimed to simulate and forecast the potassium fertilizer consumption of China and provide basic data and theory support for the enterprise participation and government decision making of potassium fertilizer production. The paper used PCA (principle component analysis) and the econometric model to qualify and predict the potassium fertilizer demand of China. Firstly, PCA was used to reduce the dimensions of variable datasets which are the dominant factors affecting the potassium fertilizer demand; then multiple regression models to simulate the demand of potassium fertilizer. The results show that (1) there are negative relationship between potassium fertilizer demand and farm land areas per capita, farm land areas hit by natural calamities and potassium fertilizer prices; (2) there are positive relationship between potassium fertilizer demand and farm land areas, cereal cropping land areas and crop prices; (3) the predicted potassium fertilizer can be obtained by inputting necessary and available data into the simulation model and the simulated results coincided well with the actual data; (4) the model can be broadly used, being different from the detailed “mechanistic” simulation models which weren’t always suited well for calculations spanning a wide range of field conditions; (5) and the policies affect potassium fertilizer demand profoundly.

Key words: Potassium fertilizer demand; Principal component analysis; Multi-regression; Simulate