

我国粮食综合产能提高过程中的资源替代分析

杨 茂^{1,2}, 赵予新²

(1 天津大学 管理学院, 天津 300072; 2 河南工业大学 理学院, 河南 郑州 450001)

【摘要】 **【目的】**从资源、资源替代及粮食综合产能的内涵界定出发,对粮食生产资源中的自然资源与社会资源的内部替代关系进行分析。**【方法】**以1978年以来粮食生产4种要素(资本、劳动、技术、粮食播种面积)投入量及各年粮食产量为基础,分别利用柯布-道格拉斯及超越对数函数构建计量线性回归模型,并对其经济意义进行分析。**【结果】**在柯布-道格拉斯粮食生产函数模型中,粮食播种面积、资本、技术的边际产出弹性系数分别为0.084, 0.179和0.109,劳动的边际弹性不显著;在超越对数函数模型中,资本、劳动、技术的边际产出弹性系数分别为0.393, 0.079和0.424,粮食播种面积的边际产出弹性不显著。1978—2006年,随着年份的增加,4种要素的产出弹性呈逐渐增加趋势,粮食播种面积与资本、技术、劳动间的替代弹性均较高。**【结论】**资本、技术、劳动投入在一定程度上可替代可耕地面积的日渐不足。

【关键词】 粮食综合产能; 资源替代; 替代弹性; 回归分析

【中图分类号】 F270

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2010)12-0128-05

Analysis of the resource substitution about Chinese comprehensive grain production capacity increase

YANG Mao^{1,2}, ZHAO Yu-xin²

(1 School of Management, Tianjin University, Tianjin 300072, China; 2 College of Science, He'nan University of Technology, Zhengzhou, He'nan 450001, China)

Abstract: **【Objective】** The substitution relationship for food-producing between the natural resources and social resources is studied from the connotation of resource. **【Method】** This paper takes 4 kinds of factors (capital, labor, technology, sown area of grain) inputs and grain yield each year since 1978 as foundation, respectively using Cobb-Douglas and Translog production function to construct linear regression model and analyze their economic significance. **【Result】** In Cobb-Douglas production function model, the marginal output elasticity of sown area of grain, capital, technology is 0.084, 0.179, 0.109 respectively, the elasticity of labor output is not significant; in Translog production function model, the marginal output elasticity of capital, labor, technology is 0.323, 0.079, 0.424 respectively, the elasticity of sown area of grain output is not significant. From 1978—2006, the elasticity of 4 kinds of factors increases with the years, the elasticity of capital, labor, technology, sown area of grain is all high. **【Conclusion】** To some extent, capital, technology and labor inputs can replace the shortage of sown area of grain.

Key words: the grain production capacity; resource substitution; elasticity of substitution; regression analysis

随着我国人口的增加和城乡居民生活水平的提高,粮食消费将呈现需求总量继续增加、品种结构逐

* [收稿日期] 2010-11-19

[基金项目] 河南省哲学社会科学规划项目(2010BJJ011)

[作者简介] 杨 茂(1963—),男,河南汝南人,教授,主要从事农业管理理论研究。

步改善的趋势,从而对粮食综合产能提出了更高的要求。国内外学者对如何提升粮食综合产能进行了大量的研究,国外研究的重要特点是没有与中国相对应的粮食综合产能概念,但是粮食综合产能和粮食安全密不可分,各国都很重视粮食安全的研究。总体上看,国外未见对粮食综合产能持续提升的资源替代机制进行系统研究。国内对粮食产能的研究主要集中在以下 3 个方面。一是关于粮食综合产能涵义的研究。刘修礼^[1]认为,粮食综合生产能力是一定地区在一定时期和一定条件下,粮食生产诸要素综合作用而凝聚形成的相对稳定的整体产出能力,由自然因素作用力、预防抵御能力、物质装备能力、劳动者生产能力、科技应用能力、配套协调能力、政策调控能力、生产应变能力等若干分力组成。尹成杰^[2]认为,粮食综合生产能力的形成,取决于各粮食生产要素的有机结合及相互作用。粮食综合生产能力由多种要素构成,包括耕地供给能力、科技支撑能力、技术装备水平、农田建设水平、作物布局结构、粮食品种结构及经营行为取向、政策目标取向等基本要素。二是关于粮食综合产能影响因素的研究。郭志强^[3]认为,影响粮食综合产能的因素主要有政策性因素、科技性因素、基础设施建设因素、农业资源区划因素。三是关于粮食综合产能提升对策的研究。余振国等^[4]指出,一个国家的粮食生产能力主要由耕地数量和耕地质量 2 方面决定,面对我国人增地减质降的现实,保障我国粮食安全的现实途径是提高耕地质量。李文学^[5]认为,提高粮食综合产能的战略选择是,通过资源的调整和重新配置达到提升现有资源的产出率,开发新的增产资源。总体上看,目前国内对粮食综合产能一般性描述和对策的研究较多,而对基础性理论研究较少;定性研究较多,定量研究较少。为此,本研究在前人研究的基础上,将粮食综合产能的相关理论和实证研究结合起来,对粮食综合产能持续提升的资源替代进行了分析,旨在为粮食综合产能持续提升的资源替代机制研究提供理论依据。

1 粮食生产资源替代研究的基本范畴

1.1 资源的内涵及其分类

农业资源分为自然资源和社会资源 2 大类。根据联合国环境规划署的定义,自然资源是指在一定时间、地点条件下能够产生经济价值,以提高人类当前和将来福利的自然环境因素和条件,如阳光、空气、水、土地、森林、草原、动物和矿藏等^[6]。本研究

中的自然资源,主要包括与粮食生产关系比较密切的水、土地、气候和生物等。社会资源指一切能用来创造财富的社会因素和条件,其主要包括资本资源、人力资源、科技资源及信息资源等^[7]。

1.2 资源替代内涵的界定

目前学术界对“资源替代”的内涵尚没有统一的认识,许多讨论有关资源替代的研究常常回避这一概念,从而导致其内涵和外延混乱。广义的资源替代意味着在生产规模扩大过程中,外部资源替代自身资源、较高层次的资源取代较低层次资源^[8];狭义的资源替代是指尽可能利用可再生自然资源替代人工辅助资源,以社会资源替代自然资源,以对生态影响小的资源替代影响大的资源。

1.3 粮食综合生产能力的内涵与构成

粮食综合生产能力是国内学术界针对我国粮食生产特殊情况提出的一个术语,但是目前国内对其概念尚无统一的解释。笔者认为,粮食综合生产能力内涵应该从保障粮食生产的资源规模及其构成质量上来界定,不能将与粮食生产直接和间接相关的各种因素都纳入其中,以避免其内涵边界不清。本研究中,粮食综合生产能力是指一定时期、一定地区在一定社会经济技术条件和正常气候状况下,通过各种自然资源和社会资源要素的综合投入、有机组合及相互作用所形成的,能够相对稳定地实现一定产量的粮食产出能力。为了研究粮食综合生产能力中自然资源与社会资源的关系,本研究将粮食综合生产能力构成要素分为自然资源要素、社会资源要素和资源组合方式要素 3 种,其中自然资源要素主要包括耕地资源、水资源、气候资源和生物资源等;社会资源要素主要包括资本、科技、人力、信息要素等。笔者认为,在既定的粮食综合生产能力下,自然资源要素与社会资源要素在一定条件下可以相互替代,这为通过资源替代持续提升粮食综合生产能力提供了依据。

2 粮食产能函数模型的建立及资源因素间的替代关系

2.1 柯布-道格拉斯生产函数(C-D 生产函数)

C-D 生产函数是经济学中非常常见且特征显著的一类函数^[9],其表达形式为: $Q = AX_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} X_3^{\beta_3} X_4^{\beta_4}$ 。但在用普通最小二乘法进行回归时,方程必须是线性形式,所以对该方程进行对数变换,即得:

$$\ln Q = \ln A + \beta_1 \ln X_1 + \beta_2 \ln X_2 + \beta_3 \ln X_3 + \beta_4 \ln X_4. \quad (1)$$

式中: Q 为粮食产量, A 为技术系数, $X_i(i=1,2,3,4)$ 分别表示粮食播种面积、资本、劳动、技术的投入量, $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ 分别为粮食播种面积、资本、劳动和技术的边际产出弹性系数。

2.2 超越对数生产函数

在实际生产中,C-D 生产函数比较常用,但比较简单,且有时不能很好地反映粮食产能的实际情况^[10],所以本研究还选取了另外一种比较常用的函数——超越对数生产函数进行研究,其表达形式为:

$$\begin{aligned} \ln Q = & \ln A + a_1 \ln X_1 + a_2 \ln X_2 + a_3 \ln X_3 + \\ & a_4 \ln X_4 + a_{11} (\ln X_1)^2 + a_{22} (\ln X_2)^2 + \\ & a_{33} (\ln X_3)^2 + a_{44} (\ln X_4)^2 + a_{12} \ln X_1 \ln X_2 + \\ & a_{13} \ln X_1 \ln X_3 + a_{14} \ln X_1 \ln X_4 + a_{23} \ln X_2 \ln X_3 + \\ & a_{24} \ln X_2 \ln X_4 + a_{34} \ln X_3 \ln X_4。 \end{aligned} \tag{2}$$

式中: a_1, a_2, a_3, a_4 分别为粮食播种面积、资本、劳动和技术的边际产出弹性系数。

2.3 投入要素的产出弹性及要素间的替代弹性计算(以超越对数生产函数为例)

粮食播种面积的产出弹性为:

$$\eta_{X_1} = \frac{\mathrm{d} \ln Q}{\mathrm{d} \ln X_1} = a_1 + 2a_{11} \ln X_1 + a_{12} \ln X_2 + a_{13} \ln X_3 + a_{14} \ln X_4。 \tag{3}$$

资本的产出弹性为:

$$\eta_{X_2} = \frac{\mathrm{d} \ln Q}{\mathrm{d} \ln X_2} = a_2 + 2a_{22} \ln X_2 + a_{12} \ln X_1 + a_{23} \ln X_3 + a_{24} \ln X_4。 \tag{4}$$

劳动的产出弹性为:

$$\eta_{X_3} = \frac{\mathrm{d} \ln Q}{\mathrm{d} \ln X_3} = a_3 + 2a_{33} \ln X_3 + a_{13} \ln X_1 + a_{23} \ln X_2 + a_{34} \ln X_4。 \tag{5}$$

技术的产出弹性为:

$$\eta_{X_4} = \frac{\mathrm{d} \ln Q}{\mathrm{d} \ln X_4} = a_4 + 2a_{44} \ln X_4 + a_{14} \ln X_1 +$$

$$a_{24} \ln X_2 + a_{34} \ln X_3。 \tag{6}$$

要素间的替代弹性分别为:

$$\begin{aligned} \sigma_{X_1 X_2} &= \frac{1}{1 + \frac{-a_{12} + \frac{\eta_{X_1}}{\eta_{X_2}} a_{22}}{\eta_{X_2} - \eta_{X_1}}}, \sigma_{X_1 X_3} = \frac{1}{1 + \frac{-a_{13} + \frac{\eta_{X_1}}{\eta_{X_3}} a_{33}}{\eta_{X_3} - \eta_{X_1}}}, \\ \sigma_{X_1 X_4} &= \frac{1}{1 + \frac{-a_{14} + \frac{\eta_{X_1}}{\eta_{X_4}} a_{44}}{\eta_{X_4} - \eta_{X_1}}}, \sigma_{X_2 X_3} = \frac{1}{1 + \frac{-a_{23} + \frac{\eta_{X_2}}{\eta_{X_3}} a_{33}}{\eta_{X_3} - \eta_{X_2}}}, \\ \sigma_{X_2 X_4} &= \frac{1}{1 + \frac{-a_{24} + \frac{\eta_{X_2}}{\eta_{X_4}} a_{44}}{\eta_{X_4} - \eta_{X_2}}}, \sigma_{X_3 X_4} = \frac{1}{1 + \frac{-a_{34} + \frac{\eta_{X_3}}{\eta_{X_4}} a_{44}}{\eta_{X_4} - \eta_{X_3}}}。 \end{aligned} \tag{7}$$

由此可以看出,在超越对数生产函数中,产出弹性和替代弹性反映了投入要素间的相互作用关系,所以它比 C-D 生产函数揭示的经济系统内容更多^[11]。

3 粮食生产函数模型的经济学意义

采集自 1978 年以来各种要素的投入量和各年粮食产量进行分析,对于统计数据的说明如下:1)数据主要源于中国统计年鉴(2007)^[12];2)自然资源土地投入粮食生产的数据采用粮食种植面积;3)人力投入采用当年农村人口折算以后的数据;4)资本投入采用农业基本建设支出数据;5)技术投入采用农业科技三项费用数据。由于没有各项资本用于粮食生产的数据,故本研究假定各项投入按种植面积分配,即各项资源的粮食投入=粮食播种面积/农作物播种面积×农业投入。所有计算分析均采用商用统计软件 Eviews 6.0 进行,估计结果见表 1 及表 2(经过计量经济学和数理统计学检验后筛选的模型)。

表 1 C-D 粮食生产函数估计
Table 1 Estimate of C-D grain production function

变量 Variable	边际产生弹性系数 Coefficient	标准差 SE	t 统计量 t-Statistic	概率 Prob
ln X ₁	0.084	0.026	3.227	0.005
ln X ₂	0.179	−0.084	−2.120	0.050
ln X ₄	0.109	0.043	2.533	0.022
可决系数 R-squared	0.896	因变量均值 Mean dependent var		10.726
调整的可决系数 Adjusted R-squared	0.862	因变量标准差 SD dependent var		0.110
回归标准差 SE of regression	0.039	赤池信息准则 Akaike info criterion		−3.382
残差平方和 Sum squared resid	0.029	许瓦兹准则 Schwarz criterion		−3.110
对数似然估计 Log likelihood	37.088	F 统计量 F-statistic		7.999
D-W 统计量 Durbin-Watson stat	2.174	概率 Prob(F-statistic)		0.000

由表 1 可知,在 C-D 函数模型中,粮食播种面积(X_1)的边际产出弹性为 0.084,表示播种面积投

入每增加 1%, Q 增量为 0.084%;资本(X_2)、技术(X_4)投入的边际产出弹性分别为 0.179 和 0.109。

因劳动投入(X_3)的边际粮食产出弹性不显著,故其边际产出弹性数据未列出。

由表 2 可知,在超越对数函数模型中,资本、劳动、技术的边际产出弹性系数分别为 0.393,0.079 和 0.424。粮食播种面积的边际产生弹性不显著,故其边际产出弹性系数未在表 2 中列出。

表 2 超越对数粮食生产函数估计

Table 2 Estimate of translog grain production function

变量 Variable	边际产出弹性系数 Coefficient	标准差 SE	t-统计量 t-Statistic	概率 Prob
ln A	-12.200	-4.153	2.937	0.014
ln X_2	0.393	-0.153	-2.575	0.026
ln X_3	0.079	-0.029	-2.693	0.021
ln X_4	0.424	0.191	2.212	0.049
(ln X_2) ²	0.048	0.020	2.374	0.037
(ln X_4) ²	0.085	0.039	2.164	0.053
ln X_2 ln X_3	0.035	0.014	2.514	0.030
ln X_2 ln X_4	0.016	-0.007	-2.122	0.057
ln X_1 ln X_2	0.008	0.004	1.943	0.078
ln X_3 ln X_4	0.079	0.035	2.241	0.025
可决系数 R-squared	0.982	因变量均值 Mean dependent var		10.695
调整的可决系数 Adjusted R-squared	0.968	因变量标准差 S.D. dependent var		0.135
回归标准差 S.E. of regression	0.019	赤池信息准则 Akaike info criterion		-4.026
残差平方和 Sum squared residual	0.007	许瓦兹准则 Schwarz criterion		-3.452
对数似然估计 Log likelihood	54.808	F 统计量 F-statistic		68.235
D-W 统计量 Durbin-Watson stat	2.167	概率 Prob(F-statistic)		0.000

采用超越对数生产函数模型,计算各种投入要素的边际产出弹性及替代弹性,结果如图 1 和图 2 所示。从图 1 可以看出,1978—2006 年,随着时间

的延长,技术、资本、劳动及粮食播种面积要素的产出弹性呈增加趋势,且前 2 项投入要素的产出弹性均较高。

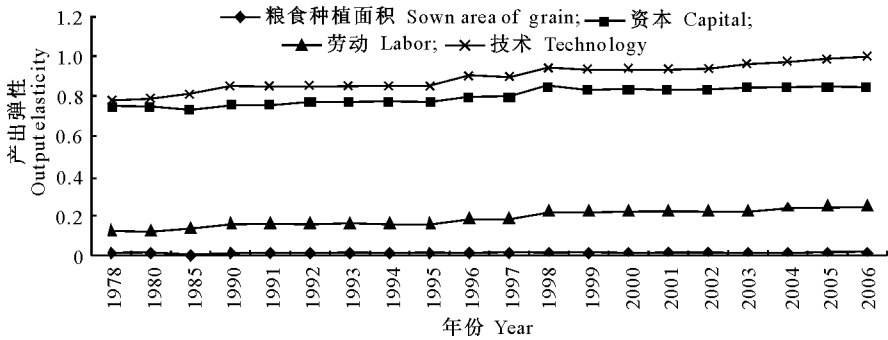


图 1 我国粮食综合产能投入要素的产出弹性(以超越对数粮食生产模型计算)

Fig. 1 Output elasticity of input factor about Chinese comprehensive grain production capacity (calculated by translog grain production model)

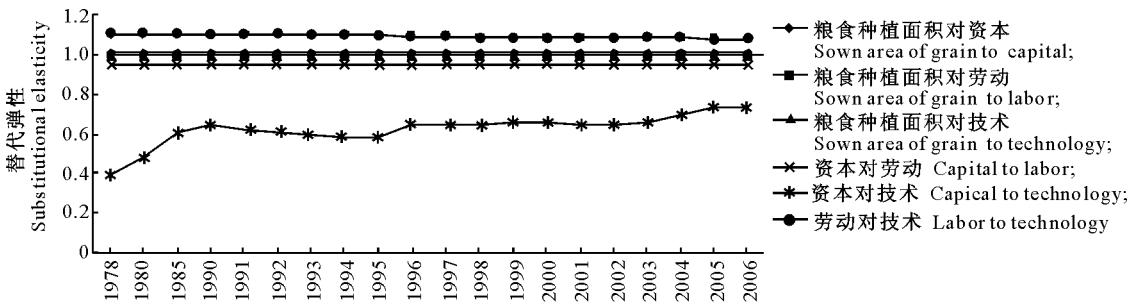


图 2 我国粮食综合产能投入要素的替代弹性(以超越对数粮食生产模型计算)

Fig. 2 Substitution elasticity of input factor about chinese comprenesive grain production (calculated by translog grain production model)

替代弹性反映了边际技术替代率变动引起的投入要素的相对变动。由图 2 可知,粮食播种面积对技术、资本、劳动的替代弹性均较高,表明资本、技术及劳动在一定程度上可有效弥补可耕地面积的不足。

4 讨 论

本研究采用 Eviews 6.0 软件建立了粮食播种面积、资本、劳动和技术 4 个投入要素的 C-D 函数及超越对数函数粮食生产模型,初步分析了各种投入的产出弹性和替代弹性,结果显示,在既定的粮食综合生产能力下,自然资源要素与社会资源要素在一定条件下可以相互替代,即可以通过增加资本投入和加强科技对农业的贡献,来提高单位面积的粮食产量。

本研究样本数据仅取到 2006 年,原因是《中国统计年鉴 2008》与《中国统计年鉴 2007》统计口径发生了变化,数据进行了调整,与以往相比,2007 年财政收入科目实施了较大改革,特别是财政支出项目口径变化很大,与以往数据不可比。由于劳动投入量使用的是农林牧渔从业人数,而不是实际的粮食生产者,这在一定程度上影响了本研究结论的准确性。

[参考文献]

- [1] 刘修礼. 略议粮食综合生产能力的内涵与提高 [J]. 江西农业科技, 2003(12): 43-44.
Liu X L. Connotation and improvement of comprehensive grain production capability [J]. Jiangxi Agricultural Science & Technology, 2003(12): 43-44. (in Chinese)
- [2] 尹成杰. 加强农业基础建设, 推进农业现代化 [J]. 农家顾问, 2008(4): 1-2.
Yin C J. Promoting infrastructural construction of agriculture, driving agricultural modernization [J]. Farmer's Consultant, 2008(4): 1-2. (in Chinese)
- [3] 郭造强. 河北省粮食生产能力的思考 [J]. 中国农业资源与区划, 2000(3): 34-36.
Guo Z Q. The thought on grain production capacity of Hebei province [J]. Chinese Agricultural Resources and Regional Planning, 2003(3): 34-36. (in Chinese)
- [4] 余振国, 胡小平. 我国粮食安全与耕地的数量和质量关系研究

- [J]. 地理与地理信息科学, 2003(3): 45-49.
Yu Z G, Hu X P. Research on the relation of food security and cultivated land's quantity and quality in China [J]. Geography and Geo-Information Science, 2003(3): 45-49. (in Chinese)
- [5] 李文学. 土地整理与粮食安全 [J]. 理论与当代, 2008(10): 42-45.
Li W X. Land consolidation and food security [J]. Theory and Contemporary, 2008(10): 42-45. (in Chinese)
- [6] 刘文革, 高 伟, 张 苏. 制度变迁的度量与中国经济增长 [J]. 经济学家, 2008(6): 48-55.
Liu W G, Gao W, Zhang S. The measurement of system change and Chinese economic growth [J]. The Economist, 2008(6): 48-55. (in Chinese)
- [7] 郑照宁, 刘德顺. 考虑资本-能源-劳动投入的中国超越对数生产函数 [J]. 系统工程理论与实践, 2004(5): 51-55.
Zheng Z N, Liu D S. Translog production function of capital-energy-labor input in China [J]. Theory and Practice of System Engineering, 2004(5): 51-55. (in Chinese)
- [8] 陈道平, 刘 伟. 基于 Translog 生产函数的中国汽车工业规模经济与替代弹性及价格弹性研究 [J]. 数理统计与管理, 2009(1): 10-21.
Chen D P, Liu W. A study about scale economy substitution elasticity and price elasticity on Chinese automotive industry based on Translog production function [J]. Application of Statistics and Management, 2009(1): 10-21. (in Chinese)
- [9] 都俊平. 基于生产函数理论的我国公路运输行业研究 [J]. 安徽农业科学, 2007(1): 296-298.
Du J P. A study about the road haulage industry based on production function theory [J]. Anhui Agriculture Science, 2007(1): 296-298. (in Chinese)
- [10] 黄 磊, 周 勇. 基于超越对数生产函数的能源产出及替代弹性分析 [J]. 河海大学学报, 2008(1): 134-138.
Huang L, Zhou Y. Analysis about energy output and substitution elasticity based on Translog production function [J]. Hohai University journal, 2008(1): 134-138. (in Chinese)
- [11] 张 涛, 马 洁. 利用超越对数生产函数对扬州市全要素生产率的测算: 1952—2005 [J]. 金融经济, 2007(9): 67-69.
Zhang T, Ma J. Using Translog production function to estimate total factor productivity of Yangzhou city: 1952-2005 [J]. Finance Economics, 2007(9): 67-69. (in Chinese)
- [12] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴 [Z]. 北京: 中国统计出版社, 2007.
National Bureau of Statistics of China. China Statistical Yearbook [Z]. Beijing: China Statistics Press, 2007. (in Chinese)