

化肥施用对中国粮食产量的贡献率分析 ——基于主成分回归C-D生产函数模型的实证研究

房丽萍, 孟 军

(东北农业大学理学院, 哈尔滨 150030)

摘要: 施肥是农业持续发展的重要措施, 施用化肥对中国粮食安全的保障作用是投入其他生产要素所不能替代的, 掌握化肥的增产效应从指导农业生产及确定科学有效的施肥方案方面来说, 都具有重要的理论与实践意义。分析了化肥施用量与粮食产量之间的关系, 选取粮食作物播种面积、农用机械总动力、有效灌溉面积、化肥施用量和农业从业人员为中国粮食产量的影响因素, 采用主成分回归C-D生产函数模型, 计算了化肥投入对粮食增产的弹性及贡献率。结果表明: 化肥施用与粮食产量之间存在较强的正相关关系; 1978—2010年间化肥投入对粮食产量增长的弹性值为0.18, 贡献率达20.79%, 化肥对粮食增产的弹性和贡献与以往的研究结果相比略有下降, 单位质量化肥投入带来的实际粮食产量增加量有所减少, 但化肥投入仍是影响粮食产量增长的重要因素。

关键词: 中国; 化肥施用; 粮食产量; 贡献率

中图分类号: S147

文献标志码: A

论文编号: 2012-3807

Application of Chemical Fertilizer on Grain Yield in China Analysis of Contribution Rate: Based on Principal Component Regression C-D Production Function Model and Its Empirical Study

Fang Liping, Meng Jun

(Science College, Northeast Agricultural University, Harbin 150030)

Abstract: Fertilizer was an important measure for sustainable development of agriculture, fertilizers role in guarding the safety of our food is put into the other factors of production are not a substitute for, grasp the stimulation effect of chemical fertilizers from the guidance of agricultural production and to determine the scientific and effective fertilization programs have important theoretical and practical significance. This paper analyzed the chemical fertilizer use and food production relationship, selected the sown area of grain crops, the total power of agricultural machinery, the effective irrigation area, the amount of chemical fertilizer and agricultural workers for China's grain yield affecting factors. By using the principal component regression C-D production function model, calculated the input of chemical fertilizer on grain output elasticity and contribution rate. The results showed that: the use of chemical fertilizer and grain yield between strong positive correlation; 1978 to 2010 years of fertilizer on grain yield growth elasticity value was 0.18, the contribution rate was 20.79%, chemical fertilizer on increasing grain output elasticity and contribution and the results of previous studied phase decreased slightly, per unit mass of chemical fertilizer input to bring the actual grain yield increase the quantity decreases somewhat, but chemical fertilizer input was still an important factor in the

基金项目: 黑龙江省教育厅重点项目“基于3S技术的大豆生产力动态预测技术研究”(1153Lz10)。

第一作者简介: 房丽萍, 女, 1987年出生, 黑龙江双城人, 硕士, 研究方向为生态数学。通信地址: 150030 黑龙江省哈尔滨市东北农业大学南区九号楼543寝, Tel: 0451-55191507, E-mail: fangli_ping@126.com。

通讯作者: 孟军, 男, 1965年出生, 黑龙江依安人, 教授, 博士生导师, 博士, 研究方向为农业系统工程。通信地址: 150030 黑龙江省哈尔滨市东北农业大学理学院, Tel: 0451-55191507, E-mail: mengjun1965@hotmail.com。

收稿日期: 2012-11-26, **修回日期:** 2013-01-28。

increase of grain yield.

Key words: China; chemical fertilizer application; grain yield; contribution rate

0 引言

化肥同粮食一样是关系到国计民生、影响社会稳定的特殊产品。中国在经济发展过程中,面临着耕地减少且人口增加的严峻考验,而在诸多影响粮食产量的因素中,施用化肥是最快、最有效、最重要的增产措施。20世纪90年代中后期中国农业生产全面丰收,除政策、气候等因素的作用外,一个不可否认的重要事实是,中国1985—1988年后化肥施用量快速递增,连年叠加的化肥后效发挥了重要作用^[1]。了解化肥的增产余力提高粮食单产是保证粮食安全的重要途径。从1980年起,据中国统计年鉴数据可以算出中国化肥施用量以年均4%的速度增长,从世界范围来看中国已成为世界上最大的化肥生产国和消费国。2011年中国化肥施用量达到6027.0万t,化肥的平均施用量是发达国家化肥安全施用上限的2倍。1998—2004年,中国粮食总产量呈下滑趋势,相应的施肥量仍在增加,两者的趋势出现了背离。中国农业生产面临着增肥不增产、化肥施用过量 and 养分利用效率下降等重大问题^[2]。

相关学者对化肥的研究可以追溯到19世纪,从德国化学家李比希研制成碳酸钾颗粒状新化肥开始,中国化肥研究的重要人物有著名土壤肥料学家张乃凤,组织中国历史上首次地力测定和全国化肥试验网,为中国化学肥料的施用、发展和技术研究作出了巨大贡献;土壤肥料学家程学达,提出应加强有机肥料与化学肥料的配合使用,倡导开发绿肥,“以磷增氮,以氮增粮”。人们对粮食产量的关注程度不断加大,在今后的相当长的时期内,施肥仍将是农业持续发展的重要措施。但科研中专门研究化肥施用量增产效应的文献不到5%^[3],化肥的增产贡献率到底有多大,增产效果变化趋势如何,至今增产效应是否依然显著,这些问题对指导今后的施肥决策有着十分重要的理论和现实意义。为此,笔者对中国化肥研究现状进行综述,并针对测算贡献率方法较单一、利用模型进行研究相对较少的现状,建立粮产及其影响因素模型,旨在计算精准的化肥增产效率,以期为制定科学的施肥方法提供依据。

1 研究现状综述

中国化肥施用及其对粮食安全的保障作用一直是相关学者和研究机构关注的重点,农业部“十一五”农业和农村经济发展重大问题研究组通过对中国近30年粮食产量及其影响因素间关系的分析得出,化肥在粮食产量影响因素中位居第三^[4]。张福锁等^[2,4]总结了

近年来在全国粮食主产区进行的1333个田间试验结果,分析了中国主要粮食作物施肥的偏生产力、农学效率、肥料利用率和生理利用率等,得出中国化肥利用率呈下降趋势,认为农民为追求高产不合理和盲目过量施肥现象较普遍,当前中国农业生产面临着增肥不增产、土壤养分过量累积、化肥施用过量 and 养分利用效率下降等重大问题。曹一平等^[5]认为作物高产与施肥、灌溉、育种等多种因素有关,其中每增产100 kg粮食,约有50 kg是施用化肥的结果,并且化肥可促生绿色植物通过光合作用固定二氧化碳释放氧气增加有机质养分,对改善空气质量和提高土壤肥力都是有利的。曾希柏等^[6]通过建立化肥增产效率图认为在全国范围内,东部地区的粮食生产潜力较大但增产潜力确很小,随着施肥量的提高增产效果不显著,因此中国的施肥重点应考虑投向中部和西部地区。另外梁荣^[7]通过计量分析得出中国化肥的增产效应20世纪50年代为每千克纯养分可增产粮食15 kg,在70年代降到9 kg左右,到90年代降到6.5 kg。喻翠玲等^[8]采用生产函数方法,选取播种面积、化肥、其他物质投入和劳动为粮食产量的影响因素,算得化肥弹性系数为0.205,即化肥费用增加百分之一,粮食产量相应增加0.205%。徐浪等^[9]以四川省粮食单产为研究对象,单位面积化肥施用量增加1 t,粮食单产将会显著增加3.88 t,并利用系数函数估算得出,1978—2000年间,化肥施用对粮食产量的贡献率变化趋势为先上升后下降。唐华仓等^[10]通过弹性系数计算得到河南省2001年化肥的贡献系数为9.55%而到2003年降为7.68%,化肥的贡献系数在诸影响因素中较低。陆小强等^[11]运用灰色系统理论中的灰色关联分析方法,对河北省近10年来影响因素与粮食产量之间的关联性进行分析,结果表明化肥用量的关联度为0.7575在7个子序列中排名第3位。王兴仁等^[12]指出,在充分发挥化肥对粮食作物增产效应的同时,充分发挥化肥对非粮作物的增产效应,对确保中国的粮食安全也是非常重要的。

2 模型的建立及贡献率的测算

2.1 模型指标选取与数据来源

粮食产量大体上受生产投入,科技投入,气候条件和粮食产出4个方面的影响,推动粮食产量长期增长主要有3个因素^[13-14]:一是投入生产要素数量增加,包括劳动力、土地以及资本;二是改善投入要素的质量,例如改善管理,改进设施等;三是合理分配资源。笔者

对投入产出问题进行研究,所以影响因素的选择主要侧重于粮食生产的投入要素,粮食生产的投入主要包括劳动力、物质投入、土地、生产方式、产业结构、技术进步、制度因素等。根据现有文献和相关研究^[15],选用粮食播种面积表示土地投入,选用农业机械总动力表示技术进步,化肥施用折纯量表示主要的物质投入,劳动力投入用历年农业的从业人员数来表示。由于资本投入属于经济学范畴,受到价格指数、供求关系、货币政策等诸多波动因素影响,笔者未从生产成本、财政农业投入方面选取指标。

通过多次模型试验,剔除共线性因素和不显著因素建立粮食总产量影响因素的指标体系,以粮食总产量(万t)为因变量,选取粮食作物种植面积(千hm²) x_1 、农用机械总动力(万kW) x_2 、有效灌溉面积(千hm²) x_3 、化肥施用折纯量(万t) x_4 和农业从业人员(万人) x_5 为自变量。数据选取1978、1980、1985、1990—2010年中国粮食生产的有关数据,共24组。数据来源于《中国统计年鉴》(1952—2011年)。数据的处理以及模型的

计算运用SPSS 19.0统计软件及Matlab数学软件。

2.2 主成分回归C-D生产函数模型的建立

为了更加准确地把握化肥施用对粮食的增产效应,可以构建粮食产量的影响因素模型,对于投入产出研究选择Cobb—Douglas生产函数^[13-14]。对各要素进行主成分回归分析,提出利用主成分回归的目的在于消除变量与变量之间的相关性,使得最终回归模型的参数更加可信。

主成分回归的步骤:(1)构建指标体系。上述已经构建完成,即各自变量为所建立的指标体系。(2)标准化变量。由于指标体系中各变量的量纲各不相同,一般会采用标准化方法,消除量纲的影响。(3)协方差矩阵的计算。(4)协方差矩阵的特征根和所对应的特征向量的计算。(5)各主成分表达式的建立以及主成分得分的计算。(6)以各主成分得分自变量数据为自变量,以粮食总产量的对数为因变量建立回归模型。

根据以上步骤得到表1因素的协方差矩阵,表2特征根所对应的特征项向量。

表1 标准化后因素的协方差阵

	$\ln(x_1)$	$\ln(x_2)$	$\ln(x_3)$	$\ln(x_4)$	$\ln(x_5)$
$\ln(x_1)$	1.0000				
$\ln(x_2)$	-0.6161	1.0000			
$\ln(x_3)$	-0.5217	0.9808	1.0000		
$\ln(x_4)$	-0.5512	0.9584	0.9207	1.0000	
$\ln(x_5)$	0.0206	-0.3327	-0.4097	-0.1240	1.0000

表2 特征值所对应的特征向量

V_1	V_2	V_3	V_4	V_5
-0.5200	0.2123	0.0598	0.8251	0.0128
0.5885	0.1616	0.2570	0.3212	-0.6770
0.6045	-0.1085	-0.0256	0.4002	0.6797
-0.1337	-0.5981	0.7887	0.0118	0.0461
-0.0013	-0.7478	-0.5546	0.2361	-0.2782

根据特征向量可得各主成分表达式为(1)~(5)。

$$f_1=0.1002z\ln(x_1) + 0.8310z\ln(x_2)-0.4072z\ln(x_3)-0.3601z\ln(x_4)+0.0632z\ln(x_5) \cdots \cdots (1)$$

$$f_2=0.0176z\ln(x_1) + 0.0365z\ln(x_2) + 0.7062z\ln(x_3)-0.6699z\ln(x_4)+0.2256z\ln(x_5) \cdots \cdots (2)$$

$$f_3=0.8279z\ln(x_1) + 0.1369z\ln(x_2) + 0.2114z\ln(x_3) + 0.3670z\ln(x_4)+0.3411z\ln(x_5) \cdots \cdots (3)$$

$$f_4=-0.4096z\ln(x_1)-0.0040z\ln(x_2)-0.1170z\ln(x_3) + 0.1653z\ln(x_4)+0.8896z\ln(x_5) \cdots \cdots (4)$$

$$f_5=0.3696z\ln(x_1)-0.5380z\ln(x_2)-0.5264z\ln(x_3)-0.5095z\ln(x_4)+0.1931z\ln(x_5) \cdots \cdots (5)$$

$$(x_3)-0.5095z\ln(x_4)+0.1931z\ln(x_5) \cdots \cdots (5)$$

其中,各自变量为标准化后的值。以上述4个主成分得分作为自变量,以粮食总产量的对数作为因变量建立回归模型,设回归模型为见式(6)。

$$\ln y=a_0+a_1f_1+a_2f_2+a_3f_3+a_4f_4+a_5f_5 \cdots \cdots (6)$$

经计算,估计的回归参数如表3所示。

其表达式见式(7)。

$$z\ln y=0.1825f_1-0.1763a_2f_2 + 0.0897f_3 + 0.0032f_4-0.0476f_5+10.7484 \cdots \cdots (7)$$

将主成分表达式代入上式可得为(8)。

$$\ln y=3.8603 + 0.5263\ln(x_1) + 0.1823\ln(x_2) + 0.0974\ln(x_3)+0.1796\ln(x_4)-0.1247\ln(x_5) \cdots \cdots (8)$$

从模型结果来看,拟合度在0.95以上,回归模型F值为127.592,模型极显著,DW=2.406表明模型存在一定的异方差性,共线性诊断结果来看,变量之间不存在共线性。模型通过了显著性检验、F检验、序列相关检验且不存在多重共线性;从系数的正负来看,所有变量前的符号均符合经济学意义。其中粮食作物种植面

表3 主成分回归模型计算结果

变量	系数	t	Sig.	VIF
a_0	10.7484	2417.9980	0.0000	
a_1	0.1825	2.6863	0.0156	1.0000
a_2	-0.1763	-7.0914	0.0000	1.0000
a_3	0.0897	14.3582	0.0000	1.0000
a_4	0.0032	0.7177	0.4827	1.0000
a_5	-0.0476	-19.3335	0.0000	1.0000
$R^2=0.974$	调整 $R^2=0.966$	$F=127.592$	Sig=0.000	DW=2.406

积、农用机械总动力、有效灌溉面积和化肥施用量的弹性系数均为正显示正效应;农业从业人员的弹性系数为负显示负效应。模型基本上反映了粮食产量与各影响因素之间的关系,与现实意义基本相符,其中农业从业人员表现为负弹性,主要原因是目前农业生产机械化程度高,劳动力的投入变化对粮食产量影响较小,甚至减少农业劳动力,加快农业劳动力转移,在一定程度上实行土地整理对粮食生产是有积极意义的。

2.3 化肥施用量对粮食产量增长的弹性及贡献率测算

根据经济学相关理论,要素贡献率的计算公式见式(9)。

$$R_{x/y} = \frac{\Delta X_i / X_{i0} \times a_i}{\Delta Y / Y_0} \dots\dots\dots (9)$$

利用主成分回归模型测算得出的各投入要素弹性系数和粮食产量及各影响因素的变化率,分析各因素对粮食产量的贡献,可以得出表4中所示的贡献率水平。

表4 各因素对我国粮食产量增长的贡献率

%

	粮食作物播种面积	农用机械总动力	有效灌溉面积	化肥施用折纯量	农业从业人员
贡献率	50.21	19.99	9.50	20.79	-12.21

3 结论与讨论

通过笔者研究中的计算与分析得知,1978—2010年中国粮食产量和化肥施用量之间呈较强的正相关性,施肥对中国粮食的增产保持正效应。在计算方法上创新性的将主成分回归与C-D生产函数模型相结合,建立了中国粮食产量影响因素模型并得到较精准的测算结果,弥补了以往研究的不足。结果表明,化肥投入影响粮食产量增长的弹性为0.18,这说明单位面积化肥投入量每增加1%,粮食产量增加0.18%,与前人研究0.205^[8]、0.20^[16]的弹性相比略有降低。化肥投入对粮食生产的贡献率水平达到20.79%,与以往研究成果相比增产效应有所下降。在本研究中化肥贡献率仅次于粮食作物播种面积,是影响粮食产量增长的第二大因素,在新时代的要求下,粮食作物播种面积跃居生产要素首位成为粮食增产的主要制约,增加播种面积对粮食增产具有明显的积极作用,同时增加化肥投入仍然能够带来粮食产量的增长。但从农业生产的角度应从新审视化肥在投入要素中的地位,破除以往盲目多施肥的观念及做法。笔者研究选取范围为全国的粮食生产数据与以往只针对个别地区研究相比更具宏观性,利于综合掌握施肥的总体效应,今后应对各生产

要素综合评价来决策最优的投入比例以制定科学有效的施肥方法。

笔者的研究结果跟生产实际以及其他学者的研究较为吻合,由于粮食生产的影响因素众多,而且处于动态变化中,笔者选取的因素指标有限,未能涵盖所有必要的粮食产量影响因素,比如化肥成分结构及含量演变、农业技术更新及政府政策变革等的影响;本模型中粮食产量与化肥施用量存在因果关系并内生性问题,在测算过程之中并未体现出来。以上研究缺陷可能导致研究结果产生一定程度的偏差,下一步可以进行这些方面的相关研究。

4 建议

4.1 转变观念,减少化肥施用量

2011年中国化肥施用量达到6027.0万t,化肥的平均施用量是发达国家化肥安全施用上限的2倍。中国化肥施用量较高有诸多方面的原因,其中,中国农民文化水平低,科学施肥技术推广难度大,农民科学素质普遍偏低。大部分农户作物施肥的技术仍处于盲目施肥阶段,缺乏科学技术指导,单位面积化肥投入量逐年增加而产量并没有明显增加。近年来化肥增产效率不断下降也进一步说明,生产中化肥浪费非常严重。笔者

应采用目前较可靠的肥料效应函数法和测土施肥法,掌握施肥量与产量间的定量关系,判定土壤养分丰缺程度,提出合理施肥比例。另外,要促进科学成果转化,做好科学施肥技术的推广和宣传,将科研中较好的施肥技术应用到实际的生产生活中,改变以往的施肥观念,做到科学有效的利用化肥。

4.2 科学施肥,提高化肥利用率

中国现实生产中,受劳动力转移、施肥机械不匹配、化肥产品推广等多种因素影响,“一炮轰”、“重基肥轻追肥”等却越来越普遍,由此造成化肥利用效率低、养分损失大等问题。根据中国大量试验结果表明,目前中国主要粮食作物的氮肥利用率平均为 27.5%,磷肥利用率平均为 11.6%,钾肥利用率平均为 31.3%。且从历史变化来看,中国主要粮食作物的肥料利用率均呈逐渐下降趋势^[2]。因此,需加强对施肥配套技术的重视并进行平衡施肥,采用 N、P、K 合理配比施用的措施来提高化肥利用率。并通过制定合理的施肥方案及确定合理的施肥量来合理利用肥料。对于施肥量的确定还需考虑经济效益,以期用较小的资本投入获得较大的经济效益从而达到增产增收的目的。

4.3 要素替代,弱化化肥作用

随着灌溉、机械、良种和栽培技术的不断完善和推广,中国粮食综合生产能力已经得到提高,单纯依靠增加化肥增产的刚性需求降低。在本研究中机械投入、有效灌溉对增产有较大的贡献率,每单位机械投入所增加的粮食产量较高因此,可以通过加大机械投入力度、提高灌溉效率、增加薄膜使用等要素替代方式,弱化化肥在农业生产中的作用,减少化肥施用量,既能降低粮食生产成本、保证粮食安全,又能减少化肥对空气、水体和土壤的污染。另一方面,回顾美国、日本等发达国家施肥的发展历史,以有机肥、农家肥为主,剩余部分用化肥弥补,目前欧洲一些国家化肥用量下降,但是粮食产量并没有下降,有机肥对提高粮食产量与

品质都有好处。因此,应该加快新型有机肥料的研发与应用,加大有机肥、农家肥的投入,不足部分用无机肥补充。

参考文献

- [1] 张红宇.城乡统筹:以农民收入为中心的结构转换分析[J].农业经济研究,2003(4):45-55.
- [2] 张福锁,王激清,张卫峰,等.中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J].土壤学报,2008,45(5):915-924.
- [3] 张利庠,彭辉,靳兴初.不同阶段化肥施用量对我国粮食产量的影响分析[J].农业技术经济,2008(4):85-94.
- [4] 张福锁.中国肥料产业与科学施肥战略研究报告[M].北京:中国农业大学出版社,2008:34-35.
- [5] 曹一平,王兴仁,赵绍华.中化化肥免费电话咨询答选:有机肥和化肥的施前准备[J].磷肥与复肥,2009,24(1):82-84.
- [6] 曾希柏,陈同斌,胡清秀,等.中国粮食生产潜力和化肥增产效率的区域分异[J].地理学报,2002,57(5):539-546.
- [7] 梁荣.农业综合生产能力初探[J].中国农村经济,2005(12):4-11.
- [8] 喻翠玲,冯中朝.我国粮食生产的波动性及其影响因素分析[J].农业现代化研究,2006,1(27):7-10.
- [9] 徐浪,贾静.化肥施用量对粮食产量的贡献率分析[J].四川粮油科技,2003(1):10-13.
- [10] 唐华仓.生产要素对粮食产量的贡献系数分析[J].三农问题研究,2007(12):20-21.
- [11] 陆小强,骆高远,杨俊虎.河北省粮食产量影响因子的灰色关联分析[J].山西农业科学,2012,40(2):164-167.
- [12] 王兴仁,张福锁,张卫峰.我国粮食安全形势和肥料效应的时空转变——初论化肥对粮食安全的保障作用[J].磷肥与复肥,2010,25(4):1-4.
- [13] 毕红杰,姜会明.基于修正的C-D生产函数模型的吉林省粮食增产潜力分析和预测[J].安徽农业科学,2010(19):9944-9945.
- [14] 程海森,石磊多.多水平C-D生产函数模型及其参数异质性研究[J].统计与决策,2010(9):4-7.
- [15] 张中文.我国粮食产量影响因素的实证分析[J].湖南行政学院学报,2011(3):86-90.
- [16] 王祖力,肖海峰.化肥施用对粮食产量增长的作用分析[J].农业经济问题,2008(8):65-68.