

# 化肥投入的环境经济分析

张云芳 曹文志

(厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室, 福建厦门361005)

**摘要:** 本文通过对化肥使用的收益成本分析及其对环境造成的影响, 利用二次生产函数模型, 以洞庭湖区农民的化肥投入为案例, 分别考虑粮食产量最大、农民经济收益最大和净经济效益最大3种情况的化肥投入量, 进而提出化肥控制和管理对策的最佳管理措施建议。

**关键词:** 收益成本; 化肥投入; 环境; 经济; 最佳管理措施

中图分类号S143

文献标识码A

文章编号1007-7731(2009)02-041-03

## Environmental Economic Analysis in the Application of Chemical Fertilizer

Zhang Yunfang Cao Wenzhi

(State Key Laboratory of Marine Environmental Science, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

**Abstract:** This article study on the cost-effectiveness analysis and the environmental impact of chemical fertilizer, using secondary production function model to the case of farmer's application of chemical fertilizer in the Dongting Lake area. Considering the application amount of chemical fertilizer in three situations: the biggest output of food production, farmer's largest economic benefit, net value of the most cost-effectiveness. And then put forward some best management practice suggestions in controlling and managing chemical fertilizer.

**Keywords:** cost-effectiveness; chemical fertilizer; environment; economic; best management practice.

为了促进农作物增产和巩固农业在我国国民经济中的主体地位, 化肥的投入使用作用很大。随着化肥在农业生产施用量的增加, 农产品产量逐渐增加的同时, 也出现了一些环境问题。例如, 20世纪80年代以来, 在我国内蒙古地区, 化肥用量由1981年的48万t增加到2000年的290万t, 农药、化肥用量的不断增加, 粮食产量有了显著的增长, 但是, 一些地区由于长期大量施用单纯或单一比例的化肥, 也导致了农业成本增加, 农产品质量下降和环境污染加剧等一系列问题<sup>[1]</sup>。如果化肥施用不合理, 则粮食增产作用效果甚微, 如果仍一味地增加化肥用量, 则会出现肥料利用率下降的现象, 加重对环境的污染<sup>[2]</sup>。化肥使用对环境和人类健康的影响越来越受到人们的关注。为了实现农业的可持续发展, 考虑农民化肥投入的收益成本, 将污染控制与经济投入结合起来, 提出既能控制化肥污染, 又能使经济投入最小化的最佳管理措施, 显得十分重要。本文以洞庭湖粮食生产区农民的化肥投入为案例, 结合生产和经济效益, 进行最佳化肥投入量分析, 并提出化肥控制和施用管理的最佳管理措施建议, 以达到经济发展和环境保护协调发展。

### 1 化肥使用的收益成本分析

收益成本分析是一种系统的量化方法, 可以用于比较诸如政策调整或者生产实践活动造成的影响<sup>[3]</sup>。化肥使用

的收益成本分析主要从其对农业生产、环境污染和人类健康的影响3方面进行评价。农业生产中化肥使用产生的收益主要包括: 粮食增产, 农产品产量增加, 农民收入增加。成本主要包括: 化肥的投入成本, 劳动力成本和农用物资的使用成本。如果生产过程中增加化肥的使用量, 除了农民的主要收益和主要成本增加外, 由于化肥对环境的污染和农民健康的危害引起生产力水平降低和农民疾病治疗费用也增加, 使得化肥使用的社会成本和农业生产成本增加, 导致总成本的增加。相反地, 如果适当减少化肥的使用量, 既能保证农业产出, 又不影响生产力水平, 不增加农民疾病治疗费用, 也就减少了总成本, 保护了环境, 这也相当于一种隐形收益。所以, 把某个时间段的化肥投入引起的总收益与总成本进行差值计算, 得到化肥使用的净收益。如果净收益是正值, 说明收益大于成本, 化肥的使用产生的影响是正面的。如果净收益是负值, 说明成本大于收益, 化肥的使用产生的影响是负面的。所以, 化肥使用的收益成本分析, 考虑了农民的经济效益, 能为农民协调农业产出和经济投入提供依据, 找到化肥投入的最佳使用量。

### 2 化肥使用对环境的影响

长期以来, 农民为了追求农业生产高产、增产, 不断加大化肥的投入量, 而忽视了化肥对环境及人类健康的危害。化肥含有大量的氮、磷营养元素, 农田施用化肥后, 一

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40671116) 福建省高校新世纪优秀人才支持计划项目(闽教科[2006]35号)

作者简介: 张云芳(1984~), 女, 漳州人, 硕士, 主要从事环境科学研究。

收稿日期: 2008-12-22

部分被作物、土壤吸收吸附外,其余的大量残留物—氮、磷、营养元素及有害物质随地表径流流到地表水中,造成地表水污染,通过渗漏引起地下水污染。由于化肥对水环境营养盐的贡献很大,过量使用化肥,容易造成水体富营养化,使藻类繁殖迅速,水质变坏,产生毒素,最终对人体健康和人的生存环境产生严重的危害。

化肥中含有大量的有害重金属放射性物质和有害成分,这些物质在土壤和作物中富集、迁移、转化,引起土壤污染,影响农产品质量。大量施用化肥,容易造成土壤酸化,用地不养地,使土壤有机质下降,化肥无法补偿有机质的缺乏,不仅破坏土壤肥力结构,而且还降低了肥效。因此,化肥过量使用引起水体和土壤环境污染加剧,对人体健康造成危害。1994年,据美国环境保护学会报道,在所调查的河流和湖泊中,70%以上的水质问题来自于农业化学物质造成的污染,除了流失的土壤和杀虫剂,主要污染物是氮肥和磷肥<sup>[4]</sup>。我国是世界的第一化肥消费大国。近几年我国化肥使用量都在4 500万t以上,占世界总用量30%。2005年统计数据为4 766万t。很多农民未能科学、合理、有效地施用化肥,为追求高产,过量使用化肥的现象普遍存在。调查显示,2006年,我国化肥平均施用量是发达国家安全施肥上限225kg/hm<sup>2</sup>的两倍。因此,农业化肥污染引起的环境问题和人体健康影响进一步显现。

### 3 二次生产函数在水稻生产中化肥投入的分析

生产函数是用来表现投入与产出之间技术关系规律的一种函数关系式<sup>[5]</sup>。

对于任何特定的投入生产要素组合来说,它们能提供的最高产出量是有限的<sup>[6]</sup>。在水稻生产中,化肥的投入是一个重要的方面。假设以化肥为唯一的可变投入要素,则化肥投入与粮食产量符合二次生产函数关系,表现为抛物线。

二次生产函数为: $y = a + bx - cx_2$

$y$ 为粮食产量, $x$ 为化肥的投入量, $a$ 、 $b$ 、 $c$ 为常数(均大于零)

随着化肥使用量的增加,粮食产量增加,到某一极值(边际报酬递减点 $Q$ )后,化肥投入继续增加而粮食产量反而下降。所以,农民在实际生产中,考虑到化肥投入与粮食产量的关系,并不是化肥投入越多越好,在边际报酬递减点 $Q$ 点以前的生产阶段,收益大于成本,对农民有利,施用量超过 $Q$ 点后,成本大于收益,对农民不利,环境的负面影响越大,环境代价也越大。以洞庭湖区农民的化肥投入为案例进行分析,分别考虑粮食产量最大、农民经济收益最大和净经济效益最大3种情况下的化肥投入量。

对1954~2002年洞庭湖区水稻生产中的播面单产与化肥投入量之间的关系进行回归分析,建立化肥投入的二次生产函数<sup>[7]</sup>。

$y = 1624 + 32.493x - 0.066x_2$  ( $R = 0.98$ )

式中, $y$ —水稻总产量, $x$ —水稻的化肥投入量

计算得到:

$x_1 = 32.493 / (2 \times 0.066) = 246.16$  ( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )

$x_1$ 为欲取得最大水稻产量时的化肥投入量

水稻总产值 $V$ 是总产量乘以价格: $V = y \cdot P_c = aP_c + bP_c \cdot x - cP_c \cdot x_2$

式中, $V$ 为总产值, $P_c$ 为产出物水稻的市场平均价格

根据边际效益原理,利润最大时边际收益应等于边际成本。而在完全竞争的市场上,投入要素的边际成本就是其市场价格,所以农民经济收益最大时, $dV/dx = P_1$

即  $bP_c - 2cP_c x = P_1$

此时相应的化肥投入为  $x_2 = b/2c - P_1/2cP_c$

$x_2 = 32.493 / (2 \times 0.066) - P_1 / (2 \times 0.066 \times P_c) = 210.67$  ( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )

$P_1$ —化肥单价(以洞庭湖区2002年所售化肥的加权平均价4.45元/kg为准);

$P_c$ —水稻市场价格(以洞庭湖区2002年现价0.95元/kg为准);

$x_2$ —为欲取得农民经济收益最大时的化肥投入量;

由于化肥的投入能带来环境负面影响,对全社会的经济效益来说,化肥的成本应包括环境外部成本,即边际社会成本(MSC)=边际私人成本(MPC)+边际外部成本(MEC)+边际使用成本(MUC),因为上式计算中的 $P_1$ 仅仅是边际私人成本(MPC),应当用 $MSC_1$ 来代替上式中的 $P_1$ ,即 $MSC_1 = P_1 + MUC_1 + MEC_1$ 。由于边际外部成本(MEC)值目前无法通过化肥使用对环境影响的剂量—反应关系求出,所以,一般采用或然价值法(CVM)<sup>[8]</sup>,通过调查公众的支付意愿得出<sup>[6]</sup>。

$x_3 = 32.493 / (2 \times 0.066) - (P_1 + MEC_1 + MUC_1) / (2 \times 0.066 \times P_c) = 202.54$  ( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )

$MEC_1$ —化肥外部成本1.02元/kg(以支付意愿调查法获得);

$MUC_1$ —化肥使用成本,将化肥视为非耗竭性资源,暂设为零;

$x_3$ —为欲取得净经济效益最大时应投入化肥量;

2002年洞庭湖区实际化肥施用量为240.86 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,虽未达到最大产量时所需的246.16 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,但是已经超过了农民经济收益最大时所要求的210.67 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和全社会最佳净经济效益水平所需的202.54 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。所以,要使环境经济净效益最佳,化肥的投入量应小于农民经济收益最大时的投入量,相应的粮食产量也降低。而单靠化肥投入来使得产量增加,已经得不偿失,要解决这个问题,需要通过技术进步,保证不破坏环境的前提下,提高粮食生产率,如采用生态工程提高生产水平同时保护生态环境。

### 4 控制化肥污染的最佳管理措施建议

化肥污染控制可以通过合理施用化肥、制定施肥管理政策、提高农作物对化肥利用率等措施进行。在施肥上,要适时适量施肥,根据作物种类、生长阶段、产量要求、上次施肥量等确定施肥量,选择好施肥时间、频率和方式,提高化肥效率。在化肥的种类选择上,应多选用有机肥、

人畜肥,因为这些肥料可以改善土壤性状,促进氮磷营养盐循环。化肥深施可以有效减少肥料损失和提高农作物利用率。避免暴雨前施肥和施肥后排水也可以减少氮素的流失。在政策上,应尽快制定化肥使用和管理法规,特别是农村化肥和农家有机肥的管理和使用标准。通过经济手段如降低农产品税收、征收过量化肥施用费、对适量施肥和使用有机肥的农户给予补贴,鼓励农民采用最佳管理措施来控制化肥用量。如美国对每个进入水体的农田出口进行监测,对不符合标准的农场收取一定的过量施用化肥费,具有很强的适用性。另外,可以由政府相关部门定期对农民组织培训,内容包括科普和环境教育,使农民掌握合理安全施用化肥的方法,减少化肥使用量。控制化肥污染,既可以产生良好的环境生态效益,也可以降低化肥投入成本,减少农产品的有害物质残留,提高农产品质量,增加农民收入,产生良好的经济效益。

## 5 结语

我国是农业大国,农业生产中的化肥污染不容忽视。将生产函数模型引入农业生产中,对投入要素进行环境经济效益分析,可以对环境有负效应的投入要素进行定量研究,得出最佳适宜投入量。需要注意的是最佳适宜投入量也并非定值,它随着农业生产条件、技术条件、粮食价格、投入要素价格变动的影 响而发生变化。同时,在国内大力推广最佳管理措施,也会带来经济效益、环境效益和社会

效益。我国应该将粮食生产和环境经济相结合,控制化肥污染,减少农业非点源污染,保护环境,实现农业的可持续发展。

## 参考文献

- [1]王芬棠.内蒙古地区化肥污染与缓解途径[J].内蒙古农业科技,2002(1):20~21.
- [2]Trenkel M E. Improving fertilizer use efficiency controlled-release and stabilized fertilizers in agriculture[M].Paris:International Fertilizer Industry Association,1997:61~64.
- [3]杜亚静,牛路阳.农药化肥政策中的收益成本分析[J].安徽农学通报,2006,12(7):8~9.
- [4]U S Environmental Protection Agency 1994.National water quality inventory A.1992 Report to Congress U S EPA 841 R 001 C. Office of Water.U S Govt.Printing Office, Washington D.C.USA: Published March 1994.
- [5]Earl O Heady, John L Dillon. Agricultural Production Functions. USA:Iowa State Univeresity Press, 1961.
- [6]毛显强,杨居荣,王华东.二次生产函数模型在生产行为环境经济分析中的应用[J].环境科学学报,1997,17(4):480~486.
- [7]向平安,胡忠安.洞庭湖区农户经济效益最佳化肥投入量研究[J].北京农学院学报,2006,21(4):43~45.
- [8]Winpenney J T. Values for the Environment. London:Hmsco Publishing Centre, 1991:59~60. (方达编,张桂林校)

(上接6页)兴衰与共的一体化经济实体,是从根本上强化“龙头企业”与农户间利益联结机制的措施,在指导农业产业化工作时应按此方向积极加以引导。

对粮棉等基本农产品按照产业化的思路组织生产。根据本地资源特点、优势和市场容量,本着发挥优势、突出特色、相对集中、高产高效的原则,统一规划,合理布局,围绕主导产业,实行集约化经营,逐步形成区域农产品生产发展格局,要加强基地科技教育等基础设施建设,与农业重大科技推广计划相衔接,以充分发挥科技进步的作用。

3.6 坚持创新依靠科技,大力推进农业产业化进程 各级政府要增加对农业的科研投入,建立健全农技推广体系,使农业科技成果尽快转化为生产力,促进农业规模经营、农业产业化进程,注入大量的现代科技要素,不断创新农业科技知识,促进新的农业科技革命。在改造传统农业,建立现代农业产业体系的过程中,坚持创新依靠科技使农业生产领域不断拓展。综合运用农业科学、计算机科学、材料科学等成果,实现人工创造环境下的、全过程连续作业的、全面机械化与自动化的栽培与繁殖。要求对农业的管理必须创新。联系农业和科技的信息网络体系的发展,为农业管理的飞跃插上了翅膀<sup>[4]</sup>。通过该管理系统,农民还可以预测市场行情,制订投入和产出计划,根据市场需要选育耕种、养殖的品种。以及农业管理领域不断创新,推进农业产业化,提高农民收入的重要途径。

3.7 齐抓共管,大力推进农村社会化服务体系建设 全面推

进农业产业化须积极发挥供销合作社组织和服务农业产业化的重要作用。现阶段应以乡村集体经济组织为基础,以国家专业经济技术部门和龙头企业为依托,以农民自办服务为补充,建立多种经济成分、多渠道、多形式、多层次的服务体系,并引导农业服务向实体化、专业化方向发展。供销合作社必须从转变经营思想、强化服务意识、增强市场观念入手,通过各种行之有效的方式密切与农民的联系,促进农产品的市场化、专业化和一体化。要大力发展龙头企业,组织农民兴办专业合作社,使之成为农业产业化的主要载体和供销社新的经济增长点;要大力发展适合合作制特点和广大农民乐于接受的各种农产品购销形式,如农产品分购联销的合同制、联营制、代理制、返利制,帮助农民抗御市场风险,促进农业规模经营;要采用多种措施,积极开展农业综合开发项目;要完善农业生产资料供应体制和科技服务;同时积极兴办重要农副产品交易市场,以市场带动农业产业化。

## 参考文献

- [1]石元春.建设现代农业[J].求是,2003(7):18~20.
- [2]陈志兴新形势下民营农业科技企 业面临的困境及其破解[J].农业科技管理2006.25卷(2):92~94.
- [3]王培华,方孔呈,李伯钧.加强农业科技教育与法制保障体系的建 设[J].安徽农学通报2008(12).
- [4]国 风.农村经济创新论[M].北京:经济科学出版社,1998.241.

(李志朋编,张桂林校)