

教育部人文社会科学研究青年项目 (11YJC790037) 资助

农业发展的环境绩效

基于非期望产出SBM-DEA模型的实证及政策含义

NONGYE FAZHAN DE HUANJING JIXIAO

JIYU FEIQIWANG CHANCHU SBM-DEA MOXING DE SHIZHENG JI ZHENGCE HANYI

杜江 著



中国地质大学出版社

ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

教育部人文社会科学研究青年项目(11YJC790037)资助

农业发展的环境绩效

基于非期望产出 SBM - DEA 模型的实证及政策含义

NONGYE FAZHAN DE HUANJING JIXIAO

JIYU FEIQIWANG CHANCHU SBM - DEA MOXING DE SHIZHENG JI ZHENGCE HANYI

杜 江 著



中国地质大学出版社

ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

图书在版编目(CIP)数据

农业发展的环境绩效:基于非期望产出 SBM-DEA 模型的实证及政策含义/杜江著. —武汉:中国地质大学出版社,2017.6

ISBN 978-7-5625-4045-8

I. ①农…

II. ①杜…

III. ①农业发展-农业环境-研究-中国

IV. ①F32

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 102721 号

农业发展的环境绩效:基于非期望产出

杜江 著

SBM-DEA 模型的实证及政策含义

责任编辑:陈 琪 郑济飞

责任校对:徐蕾蕾

出版发行:中国地质大学出版社
(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮政编码:430074

电话:(027)67883511 传真:67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

<http://www.cugp.cug.edu.cn>

开本:880 毫米×1230 毫米 1/32

字数:198 千字 印张:6.875

版次:2017 年 6 月第 1 版

印次:2017 年 6 月第 1 次印刷

印刷:武汉三新大洋数字出版技术有限公司

ISBN 978-7-5625-4045-8

定价:35.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

前言

改革开放以来,中国的农业与农村经济发展取得了长足的进步。农业保增长、农村促进步、农民增收收入,中国以实际行动有力地回答了“谁来养活中国”的质疑,更为保障世界农产品供给与粮食安全做出了积极贡献。但是,中国的农业发展在一定程度上是以牺牲资源与环境基础为代价,农业生产过分地依赖污染性生产要素的投入。这些生产要素的大量使用,在有效提高农产品产量、推动农业发展的同时污染了生态环境。目前,中国已是化肥、农药、农膜的使用大国,农业生产引起的环境污染问题不容忽视。因此,深入研究农业发展、污染性生产要素投入与环境变化之间的关系,客观评价农业发展的环境绩效,并进一步探讨农业污染的治理对策,对于尽早实现农业与环境的协调发展具有重要的理论参考价值与现实意义。

本书共分为七个部分:绪论对整个研究的背景及意义进行概述;第一章对处于经济转型期的农业发展的现状特征、演变历史及影响因素进行分析;第二章以化肥、农药与农膜的使用为例,分析农业发展对环境的影响;第三章利用环境库兹涅茨曲线(EKC)框架分析农业增长与化学品投入之间的关系;第四章拓展了传统的效率与生产率测算框架,以便考虑环境约束的影响,并据此评

价农业发展的环境绩效；第五章剖析农业发展对环境污染的成因；第六章是研究结论及农业与环境协调发展的对策建议。

本书有以下主要研究结论：

(1) 农业经济增长仍以传统要素为主要驱动力

第一，对农户人力资本投资的历史数据进行分析，发现投资增长幅度高于收入增长幅度，对人力资本投资是农户生活支出的重要组成部分。但是，投资力度受到收入增长缓慢等因素的制约，未来农户人力资本投资潜力巨大。农户重视教育投资，但投资具有一定的短期性，很难为今后收入的持续增长奠定坚实的基础。伴随城乡隔离的旧体制的逐渐瓦解，农户越来越重视对迁移的投资。相对而言，农户对健康投资的重视程度很低，但健康需求潜力巨大。

第二，运用包含人力资本的经济增长模型进行实证分析，发现土地和化肥投入是农业增长的源泉，资本投入的作用则不明显；人力资本投资是农业增长的动因之一，迁移投入的作用比教育投入大，但健康投资与农业发展显著负相关。此外，农业比重变动与农业增长显著负相关，农业增长将更多地依靠其他产业发展的带动与支持；农业开放度与农业增长显著正相关；农业财政支持对农业增长的贡献不显著，这可能与财政支农的配置与效率低下有关；体制方面，国有化程度降低对农业增长有促进作用。

(2) 农业污染不可避免，增长的环境后果不容忽视

农业生产离不开化肥、农药、农膜等化学品的辅助，国内外农业发展的历史事实也说明化学品的正确使用对于增加农产品产量、提升农产品品质的重要贡献。但是，化学品的不正确使用甚至滥用则会对环境产生污染，严重时还会对人类的生命健康构成

威胁。

我国是化肥的生产与消费大国,是农药的生产、消费与出口大国,虽然农膜使用起步较晚,但是后期的发展较快、用量大。随着农业日益集约化、专业化和区域化,农业对这些化学投入品的依赖性越来越大,特别是对这些化学品的不正确使用甚至滥用造成了对土壤、大气和水体产生污染,如土壤盐碱化与重金属污染、水土流失、地下水硝酸盐污染、温室气体排放和水体的富营养化等,这不仅破坏了农业赖以生存和发展的资源与环境基础,还对人民健康生活造成了威胁。事实上,农业非点源污染已成为影响我国环境质量的重要污染源,所引起的环境污染问题不可忽视。

(3) 农业所需的污染性要素存在“投入拐点”

简约式 EKC 模型估计发现化肥投入与农业增长之间表现出显著的倒“U”型曲线关系;在加入控制变量后,农药投入与农业增长之间表现出倒“U”型曲线关系;农膜投入与收入方程则没有表现出倒“U”型曲线关系。本研究发现收入不平等与化肥、农药、农膜投入显著正相关;由农业比重代表的经济结构变动变量对不同化学投入品产生不同影响;价格指数比(生产资料/农产品价格指数)与各类投入物显著负相关。

(4) 农业环境效率及环境全要素生产率比传统的测算结果要低

采用 SBM-DEA 技术和 DDF-ML 指数对农业环境效率与环境全要素生产率进行了重新估算,并与传统测算结果进行了对比,得出如下结论。第一,修正方法确实结论更为科学合理,不仅波动幅度较小,而且其发展趋势更接近农业发展事实及增长的趋势与特征;第二,环境因素对于 TFP 及其成分有较大影响,大部分

情况下,全国的均值及各省份 DMU,加入环境因素的 ML 生产率指数小于传统方式的测算结果;第三,TFP 年均增长值远远小于污染排放和现代科技生产要素(如机械动力、化肥等)的增长速度,其主要贡献来源仍是单驱动的技术进步,技术效率的低下会引起资源的无谓浪费与环境损伤;第四,TFP 发展地区差异明显,提升农业环境效率应当因地制宜。

(5) 农业污染形成的原因解析

微观层面,已有研究发现农户在化学品使用方面主要受利益驱动,较少或根本不考虑化学品使用所产生的环境污染问题,因此他们并没有环境保护的动力。从农业部门来讲,在整个社会经济发展、经济结构变动的大背景下,农业结构变动和农业生产要素的替代使用这两方面因素也导致了化学品使用量的增加,但结构变动和要素替代是现代农业发展的特征,由传统农业向现代农业发展也是农业发展的趋势。因此,农业污染形成原因的探寻还需从宏观的政府与社会入手。总的来说,本研究将农业污染形成的原因归结为以下几点:粮食安全保障压力与产业政策的过度支持;区域性贫困;城乡分割的二元结构;农业技术推广体系不健全;农业污染控制资金投入不足;缺乏对流域的综合管理;环境管理体制的冲突;农业与环境政策的脱离;农业污染治理法律缺失;环境教育不足等。

本书能得以顺利出版要感谢教育部人文社会科学研究青年项目“农业发展的环境绩效:基于非期望产出 SBM-DEA 模型的实证及政策含义”(批准号:11YJC790037)的资助。

笔者在 2013 年 9 月—2014 年 2 月间出访美国阿肯色州立大学商学院财经系,书稿的初稿正是在这一时期完成。当时的合作

导师、经济学博士 Daniel Marburger 教授无论从生活上还是科研上均给予了极大的帮助,在此深表感谢。还要感谢硕博期间的同学、华中农业大学经济管理学院农业经济管理系李谷成教授。在笔者出访期间,李教授也在美国加州大学戴维斯分校访学。由于研究方向相近,与李教授的多次探讨与交流使笔者受益匪浅。

本书的顺利完稿,离不开武汉轻工大学经济与管理学院工商管理系各位同事的帮助,他们主动承担了更多的教学任务,为我的科研工作的顺利开展提供了方便。同时,也要感谢院里的各位领导与同事们对我的支持与帮助。借此机会,还要感谢中国地质大学出版社郑济飞编辑及其他编辑老师在本书出版过程中给予的鼓励和帮助。

最后,把感谢留给我的妻子和我们可爱的女儿,以及所有爱护我的亲人,他们对我的信任与默默无闻的关爱是我永远的坚强后盾和精神支柱!

由于笔者水平有限,书中难免会有疏漏与不妥之处,敬请读者不吝指正。

杜 江

2017 年 5 月

武汉轻工大学

目 录

第一章 绪 论	(1)
第二章 经济转型期的农业发展:事实、演变及影响因素 ...	(7)
第一节 中国经济发展的主要成就及特征	(8)
一、社会主义市场经济建设取得较大成就	(8)
二、综合国力跃居世界前列	(10)
三、人民生活水平不断提高	(12)
第二节 转型期的农业与农村经济发展	(13)
一、农业生产与农产品供给	(13)
二、农业生产条件	(16)
三、农业与农村经济结构调整	(17)
四、农村居民生活水平	(18)
五、农村基础设施建设	(21)
六、农村工业化、城镇化	(22)
第三节 农业经济增长因素分析	(23)
一、文献综述与研究起点	(24)
二、农村人力资本投资现状与特点	(32)
三、模型、变量与数据	(38)
四、实证结果与讨论	(41)

第四节 结论性评述	(47)
第三章 农业发展对环境的影响:现状、特征及区域性差异··	(49)
第一节 化学品投入与农业增长	(50)
一、化肥投入与农业增长	(50)
二、农药投入与农业增长	(52)
三、农膜投入与农业增长	(54)
第二节 化肥投入及其影响	(55)
一、化肥的生产与施用现状	(55)
二、化肥施用存在的问题	(59)
三、化肥污染的影响	(63)
第三节 农药投入及其影响	(67)
一、农药的生产与使用现状	(67)
二、农药使用的区域分布特征	(70)
三、农药对环境的污染	(73)
第四节 农膜投入及其影响	(75)
一、农膜使用现状	(75)
二、农膜使用的区域分布特征	(75)
三、农膜污染现状分析	(79)
四、农膜污染的影响	(80)
第五节 结论性评述	(84)
第四章 农业增长与化学品投入:基于简约式及结构式模型的	
实证	(86)
第一节 文献综述	(86)
第二节 估计模型与研究思路	(90)

一、理论回顾	(90)
二、实证模型	(92)
三、实证分析步骤	(94)
第三节 变量描述与数据准备	(96)
第四节 实证结果与讨论	(100)
一、EKC 简约式(4-6)的估计	(100)
二、EKC 扩展式(4-7)的估计	(102)
三、结构式模型式(4-8)的估计	(109)
第五节 结论性评述	(114)
第五章 农业发展的环境绩效:理论基础、应用拓展及实证评价	(116)
第一节 文献综述	(116)
一、全要素生产率(TFP)的相关研究	(116)
二、环境效率与考虑环境要素的生产率分析的相关研究	(121)
第二节 理论基础及应用拓展:全要素生产率及环境全要素生产率	(127)
一、理论基础:传统全要素生产率测算框架	(127)
二、应用拓展:环境全要素生产率测算框架	(133)
三、基于松弛测度(Slack-Based Measure, SBM)的 DEA 技术	(137)
第三节 数据与变量	(140)
第四节 实证结果与讨论	(145)
第五节 结论性评述	(152)

第六章 农业发展对环境污染的成因剖析	(155)
第一节 农业发展对环境污染的经济成因	(156)
一、微观层面	(156)
二、宏观层面	(158)
第二节 农业发展对环境污染的现实成因	(163)
一、粮食安全保障压力与产业政策的过度支持	(163)
二、城乡分割的二元结构	(164)
三、农业污染治理资金投入不足	(164)
四、缺乏对流域环境的综合管理	(165)
五、农业与环境政策的脱离	(166)
六、农业污染治理法律缺失	(167)
七、农民环境教育不足	(168)
第三节 结论性评述	(168)
第七章 研究结论及农业与环境协调发展的对策建议 ..	(171)
第一节 研究结论	(171)
一、农业经济增长仍以传统要素为主要驱动	(171)
二、农业污染不可避免,环境后果不容忽视	(173)
三、农业所需的污染性要素存在“投入拐点”	(173)
四、农业环境效率及环境全要素生产率比传统测算方式 要低	(174)
第二节 政策含义与对策建议	(175)
一、促进农业增长的政策含义	(175)
二、提升农业环境效率的对策建议	(177)
参考文献	(181)

第一章 绪 论

改革开放以来,中国步入了由计划经济向市场经济转型的征程。国民经济结构不断调整与优化升级,工业化与城市化速度不断加快,外贸依存度逐年提高,人民收入水平不断提升,一系列的特征勾勒出了转型期中国蓬勃发展的美丽画卷。转型浪潮中,中国的农业与农村经济发展也取得了长足的进步。1978—2014年,中国农业总产值由1 117.5亿元(当年价)增长到54 771.55亿元,年均增长11.42%,其中增长率在10%以上的有20年,负增长的有3年(杜江等,2016)。2014年粮食总产量达到6 070.5亿kg,比2013年增加51.5亿kg(表1-1),增长0.9%,获得第11年的连续增产;农民收入也实现了连续11年增长,人均年收入首次接近万元。2014年第一产业实际增加值为60 158亿元,比2013年实际增长5.6%(国家统计局农村社会经济调查司,2015)。同年,第一产业生产总值占国内生产总值(GDP)的比重为9.17%,第一产业生产总值达到58 336.1亿元,比1978年的1 027.5亿元增长了55倍(1978年第一产业占国民经济比重为28.2%);农村居民家庭人均纯收入9 892元,比1978年的133.6元增长73倍(国家统计局,2015)。事实证明,多年来,中国做到了农业保增长、农村促进步、农民增收收入,以实际行动有力地回答了“谁来养活中国”的质疑,更为保障世界农产品供给与粮食安全做出了积极贡献。近些年,中央连续发布的中央《一号文件》更是不断地把“三农”发展推上新高度。



表 1-1 2000—2014 年粮食总产量变化情况

年份	粮食总产量(亿 kg)	比上年增加(%)	比上年增长(%)
2000	4 622.0	-924	-9.1
2001	4 526.5	-191	-2.1
2002	4 570.5	88	1.0
2003	4 307.0	-527	-5.8
2004	4 694.5	775	9.0
2005	4 840.0	291	3.1
2006	4 980.5	280	2.9
2007	5 016.0	71	0.7
2008	5 287.0	542	5.4
2009	5 308.0	42	0.4
2010	5 465.0	313	3.0
2011	5 712.0	495	4.5
2012	5 896.0	368	3.2
2013	6 019.5	247	2.1
2014	6 070.5	102	0.8

数据来源：国家统计局农村社会经济调查司(2015)。

中国政府在保障农业快速发展、保证农产品安全供给方面取得了较大成就,并为缓解发展中国家的饥荒做出了重要贡献。但是,中国的农业发展在很大程度上是以牺牲资源与环境基础为代价的,农业发展过分依赖污染性要素投入,中国在保证农产品充分供给和农业增长的同时,生态环境质量却日益恶化。表 1-2 显

表 1-2 1980—2014 年中国农业发展状况

年份	外贸 依存度 (%)	第一产业增加 值占国内生产 总值比重(%)	农产品进出 口额占农业产 值比重(%)	单位播面 化肥投入 (kg/hm ²)	单位播面 农药投入 (kg/hm ²)	单位播面 农膜投入 (kg/hm ²)
1980	12.52	30.4	—	86.72	—	—
1985	22.86	28.6	13.98	123.64	—	—
1990	29.62	27.3	18.69	174.59	—	—
1995	38.44	20.0	18.45	239.77	7.25	6.11
2000	39.36	15.1	16.09	265.29	8.19	8.54
2001	38.25	14.1	15.97	273.19	8.19	9.31
2002	42.46	13.7	16.98	280.62	8.48	9.90
2003	51.61	12.8	22.54	289.45	8.69	10.44
2004	59.45	13.4	23.36	301.96	9.03	10.94
2005	62.90	12.2	23.40	306.53	9.39	11.33
2006	64.77	11.3	23.32	323.87	10.10	12.13
2007	62.26	11.1	24.17	332.83	10.57	12.62
2008	56.80	10.7	24.49	335.26	10.70	12.84
2009	43.59	10.5	20.39	340.73	10.77	13.11
2010	49.33	10.2	22.31	346.15	10.94	13.52
2011	48.83	10.1	23.68	351.50	11.01	14.14
2012	45.71	10.1	23.40	357.30	11.05	14.58
2013	43.90	10.0	22.33	359.11	10.95	15.14
2014	41.54	9.2	—	362.41	10.92	15.59

数据来源:①国家统计局(1981—2015);②中国农业年鉴编辑委员会(1981—2015);③国家统计局农村社会经济调查司(2009)。



示,1980—2014年,我国外贸依存度由12.52%增加到41.54%,第一产业增加值占GDP的比重由30.4%下降到9.2%,农产品进出口总额占农业总产值的比重由13.98%提高到22.33%。全球化背景下,中国的农业部门正逐步融入到世界农业贸易体系中。在不断满足国内农产品需求与国际农业市场要求的过程中,农业加大了对自然界的索取与压力,特别是通过在农业生产中过度地依靠污染性要素投入来提高产量,对生态环境产生了一定程度的破坏。如表1-2所示,单位播种面积化肥、农药和农膜投入量分别由86.72kg/hm²、7.25kg/hm²和6.11kg/hm²提高到362.41kg/hm²、10.92kg/hm²和15.59kg/hm²。中国已是化肥、农药的使用大国,污染性投入要素不当使用引起的农业污染问题不容忽视。

农业增长、农产品增产的促进因素很多,如劳动力、土地、化肥、农业机械等生产性投入,还有财政支持、农村经济制度完善、农业技术进步等,其中,化学品的投入具有重要的贡献(Lin,1992;杜江和刘渝,2008;高彦彦,2010;黄少安等,2005;李强和刘冬梅,2011;刘玉铭和刘伟,2007;乔榛等,2006)。农业的特性使得其对农药、化肥等化学品有较大的依赖,化学品的合理使用可以有效地预防各种病虫害,提高农产品的产量与品质,还可以保持土壤养分与土地肥力,但化学品的不合理使用甚至滥用会引起土壤、水体(河流、湖泊、海湾)和大气质量的下降,对环境的污染不容忽视。农业生产中化学品的不正当使用使温室气体的排放量和进入水体及土壤的污染物(养分、农药等有机污染物)的数量大量增加,会引起对流层臭氧的破坏和湖泊及河流的富营养化(Xing and Zhu,2000)。中国每年在粮食和蔬菜作物上施用的氮肥大约有 17.4×10^4 t流失,其中接近一半的氮肥从农田流入到长江、黄河和珠江,已经对当地和全球范围的环境及生态系统功能产生严重

的影响(CCICED,2004)。在农业现代化进程不断推进的过程中,农业区域化、集约化和专业化发展逐渐加快,加大了农业对化学投入品的依赖性,造成了土壤、大气和水体的污染,这不仅会破坏农业赖以生存和发展的资源与环境基础,严重的还会对人类的生命健康构成威胁。

中国是世界上最大的化肥消费国,也是生产和使用农药的大国,由于使用污染性投入要素所产生的农业非点源污染(Non-point Source Pollution)问题而受到广泛关注^①。随着工业点源污染治理强度的增加,农业非点源污染已成为中国水污染的主要根源和空气污染的重要来源。每年进入长江和黄河的氮素中,分别有92%和88%来自农业,特别是化肥氮,约占50%(朱兆良等,2006)。农田化肥施用对渭河氨氮总量的贡献率为71.2%,水土流失对渭河氨氮总量的贡献率为5.4%。太湖水体富营养化的总氮贡献率中农业污染占59%,生活污染占25%,工业废水占16%;总磷的贡献率中农业污染占30%,生活污染占60%,工业废水占10%。滇池流域农业化肥引起的非点源污染负荷中总氮为53%左右,达2 000t;总磷约占42%,为200t,相当于 1.2×10^4 t以上化肥直接流入滇池,占滇池流域年化肥施用总量($10 \sim 12 \times 10^4$ t)的10%左右,是非点源污染中氮、磷的主要来源。据估算,2002年中国种植业用水量为 $3\,415.03 \times 10^8$ t,废水排放量为 $1\,178.19 \times 10^8$ t,其中COD为 333.98×10^4 t,氨氮为 66.8×10^4 t(邹首民等,2006)。目前中国农业的发展所引起的污染问题不容忽视。

进入20世纪以来,中国农业和农村经济发展的形势发生了

^①部分学者将非点源污染称为面源污染,本书将交替使用这两个概念。