

王玲玲,王成军,吕晓泓,等. 外生环境因素对浙江省耕地利用效率的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(1):435-439.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.01.127

# 外生环境因素对浙江省耕地利用效率的影响

王玲玲<sup>1</sup>, 王成军<sup>1,2,3</sup>, 吕晓泓<sup>1</sup>, 费喜敏<sup>1,3</sup>

(1. 浙江农林大学经济管理学院,浙江临安 311300;2. 浙江大学农业现代化与农村发展研究中心,浙江杭州 310058;

3. 浙江省农民发展研究中心,浙江临安 311300)

**摘要:**考虑外生因素的影响,建立耕地利用效率评价的指标体系,分析近 10 年浙江省耕地利用效率的变化及地区差异。运用数据包络分析方法(三阶段 DEA)对 2001—2013 年浙江省 11 个地级市的耕地利用效率差异进行测算,并将其分解为技术效率、规模效率、综合技术效率。此外,考虑到环境因素变量的影响,利用随机前沿生产函数(SFA)调整投入要素,从而更准确地计算耕地利用效率。研究表明,浙江省耕地利用率总体水平较高,各地区耕地利用率在空间上具有差异。嘉兴市、湖州市的要素投入和使用已达最佳水平,其他 9 个地区的纯技术效率值均较高,农民的专业化水平相对较高,对耕地管理较好,规模收益处于递增阶段,并可继续扩大规模以增加收益,建议各地政府根据其耕地利用现状提出相应对策。

**关键词:**耕地利用效率;外生环境因素;三阶段 DEA

**中图分类号:** F323.211 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)01-0435-04

中国是农业大国,耕地资源不仅是国民经济的基础,还承担维护国家粮食安全、生态安全、社会稳定的重任,一直以来受到社会各界的关注<sup>[1]</sup>。然而,随着近年来城镇化进程的不断加快,以及城镇住房用地、工业用地的不断增加,耕地资源正处于锐减阶段。环境污染、利用不当等问题致使耕地质量不断下降,沙漠化、水土流失等现象致使耕地面积大幅度减少。2011 年,中国人均耕地面积不足世界平均水平的 40%<sup>[2]</sup>。耕地面积减少、质量下降致使我国耕地保护面临严峻形势。浙江省地处中国东南沿海、长江三角洲南翼,素有“七山一水二分田”之称,陆域面积 10.18 万 km<sup>2</sup>,而耕地面积仅为 208.17 万 hm<sup>2</sup>。浙江省多山的地形特征使其可用耕地资源相对匮乏,人口众多导致浙江省人均耕地面积不及全国平均水平的 1/2。随着城镇化、工业化进程的不断加快,建设用地与农业用地之间的矛盾日趋尖锐,严重制约了浙江省经济的可持续发展,对浙江省的粮食安全、社会进步构成潜在威胁<sup>[3]</sup>。如何提高有限耕地资源的利用率,处理好耕地资源保护与建设用地扩张之间的矛盾,已成为近年来相关领域的研究热点。

针对这一现状,国内外众多学者采用不同方法、从不同角度对耕地利用率进行分析研究。俞勇军等采用主成分分析法

对江阴市耕地变化的影响因素进行分析<sup>[4]</sup>。徐琼采用数据包络分析方法对浙江省不同区域的农业投入和产出要素进行分析,发现不同地区的农业生产效率存在差异<sup>[5]</sup>。王淑艳等对农业投入和产出的主要经济指标建立了数学模型,并对农业投入和产出的现状进行了研究<sup>[6]</sup>。刘玉海等利用全要素耕地利用效率及规模报酬不变且投入导向的 SBM-DEA 模型,对 1985—2008 年全国各省及四大区域的全要素耕地利用效率及其收敛性进行了估算<sup>[7]</sup>。叶浩等采用随机前沿生产函数法对我国粮食主产区的耕地利用率进行分析,并得出其产出效率水平不高的结论<sup>[8]</sup>。刘玉海等基于 DEA 模型在全要素生产框架下构建了全要素耕地利用效率,并运用规模报酬不变且投入导向的 SBM-DEA 模型对 1985—2010 年中国各省份全要素耕地利用效率进行了测算<sup>[9]</sup>。杨宇等利用 DEA 及 Tobit 模型实证分析了影响四川省农业规模效率的主要因素<sup>[10]</sup>。

目前,国内关于耕地利用效率的研究主要集中于全国层面的投入产出分析,而针对个别省份耕地利用效率时空变化的分析较少。我国地域差异较大,不同地域的耕地利用效率存在显著差异。浙江省以山区地域为主,且经济发展程度较高,独特的环境因素将对耕地利用效率产生不同影响,因此对浙江省耕地利用效率的研究具有重要意义。目前关于浙江省耕地利用效率的研究中,主要利用产出指标与投入指标直接对比的方法计算耕地利用效率,该方法得到的结果仅为生产率,无法代表耕地利用效率,存在很大局限性。多数研究仅对某一年的耕地利用情况进行分析,并没有在时间、空间上进行系统分析研究,且研究方法并未考虑外在经济环境因素对耕地利用效率的影响。本研究运用三阶段 DEA 方法对 2001—2013 年浙江省 11 个地区的耕地利用率进行区域性分析,通过加入环境因素变量更准确地计算其耕地利用效率,以期把握浙江省农业的发展方向、政府制定相关农业政策、统筹农业资源等提供依据。

收稿日期:2015-08-05

基金项目:国家自然科学基金青年基金(编号:41201125、41401642);教育人文社会科学重点研究基地重大项目(编号:14JJD790045);教育人文社会科学青年基金(编号:11YJC790172、14YJC790027);博士后基金(编号:2015M571895);浙江省中青年学科带头人学术攀登项目(编号:pd2013244);浙江农林大学人才启动基金(编号:2014FR029)。

作者简介:王玲玲(1991—),女,硕士研究生,主要从事农业经济理论与政策研究。E-mail:1187793581@qq.com。

通信作者:王成军,博士,副教授,研究员,主要从事农业经济理论与政策研究。E-mail:cjwang\_77@126.com。

## 1 分析方法与数据来源

### 1.1 三阶段 DEA 模型

数据包络分析 (data envelopment analysis, DEA) 是一种以“相对效率评价”概念为基础, 利用数学模型确定经济中最优点的方法<sup>[11]</sup>。该方法主要用于比较多个同类型的具有多个输入、输出决策单元之间的相对效率值。

第 1 阶段: 采用数据包络分析方法估算浙江省各地级市的耕地利用效率值。常用的 DEA 模型有针对规模报酬不变的 BC<sup>2</sup> 模型、针对规模报酬可变的 C<sup>2</sup>R 模型<sup>[12-13]</sup>。BC<sup>2</sup> 模型假设规模报酬是恒定不变的, 其测度的是 DMU 的技术效率; 而 C<sup>2</sup>R 模型测度的是在规模报酬可变的情况下各 DMU 的综合技术效率。在 C<sup>2</sup>R 模型中, 综合技术效率被分解为规模效率与纯技术效率的乘积。在规模报酬可变的模型中, DEA 模型又可分为投入导向型、产出导向型 2 种形式。投入导向型指在产出水平既定的情况下使投入最少, 而产出导向型则指在投入要素既定的情况下使产出最大。由于耕地利用效率取决于在一定耕地面积上经营者投入的要素, 产出是经营者不可控制的既定量, 因此采用 DEA 模型中投入导向的 C<sup>2</sup>R 模型对浙江省耕地利用效率进行分析, 模型形式为:

$$\min [\theta - \varepsilon (\sum_{i=1}^s S_i^+ + \sum_{r=1}^m S_r^-)], s, t, \begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + S^- = \theta x_{i0} \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - S^+ = y_{r0} \\ \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \\ S^+ \geq 0, S^- \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

式中,  $x_i, y_j$  分别表示各决策单元的投入、产出, 每个 DMU 都有  $m$  种输入、 $s$  种输出 ( $1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq s$ )。  $n$  为耕地利用决策单元 DMU <sub>$j$</sub>  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) 的个数。  $\theta$  为决策单元效率值, 本研究中表示耕地利用的综合技术效率。  $S^+, S^-$  分别表示产出不足、投入冗余, 即松弛变量。当上述模型中  $\theta = 1$ , 且  $S^+ = S^- = 0$  时, 表明该决策单元既达到了纯技术效率最佳, 也达到了规模效率最佳, 且规模收益不变, 即为 DEA 有效; 当  $\theta = 1$ , 且  $S^+ \neq 0$  或  $S^- \neq 0$  时, 表明该决策单元存在产出不足、投入冗余, 称为弱 DEA 有效; 当  $\theta < 1$  时, 称为 DEA 无效。由于本研究采用投入导向, 结果输出的为投入冗余  $S^-$ 。

第 2 阶段: 采用随机前沿分析方法 (stochastic frontier analysis, SFA) 剔除非经营者原因的环境因素对耕地利用效率的影响。耕地利用效率不仅受经营者对要素投入和管理的影响, 还受到各地区经济发展水平、地方政府的农业政策等非经营者因素的外生环境影响。第 1 阶段 DEA 测算的耕地利用效率值不仅包括经营者因素导致的耕地利用效率的差异, 还包括外生环境因素的影响, 这反映在输出结果中松弛变量的差异上, 即第 1 阶段输出的松弛变量受环境因素、随机因素、内部管理因素的共同影响<sup>[14]</sup>, 得到的效率值不能客观反映生产者的经营管理水平。为准确计算出各决策单元的效率值, 采用 Timmer 于 20 世纪 70 年代提出的随机前沿分析方法 (SFA)<sup>[15]</sup> 剔除外生环境因素对耕地利用效率的影响, 模型形式为:

$$S_{ni} = f(Z_i, \beta^n) + V_{ni} + U_{ni}, n = 1, 2, \dots, N, i = 1, 2, \dots, I. \quad (2)$$

式中,  $S_{ni}$  为第 1 阶段输出的第  $i$  个决策单元第  $n$  种投入要素

的松弛变量,  $S_{ni} = X_{ni} - X_n \lambda \geq 0, \lambda = [\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_i]^T$  为列向量。  $Z_i = (Z_{i1}, Z_{i2}, \dots, Z_{ik})$  为  $k$  个外生环境变量,  $\beta^n$  为待估计参数,  $f(Z_i, \beta^n)$  表示环境变量对投入松弛变量的影响函数, 令  $f(Z_i, \beta^n) = Z_i \beta^n$ 。  $V_{ni} + U_{ni}$  为综合误差项,  $V_{ni} \sim N(0, \sigma^2)$  为随机误差项,  $U_{ni} \geq 0$ , 服从截断正态分布, 反映管理无效率,  $V_{ni}$  即  $U_{ni}$  相互独立且与  $K$  个环境变量相互独立。当  $\gamma = \sigma_{un}^2 / (\sigma_{un}^2 + \sigma_{vn}^2)$  趋于 1 时, 表明管理无效率对投入松弛的影响占主导地位; 当  $\gamma = \sigma_{un}^2 / (\sigma_{un}^2 + \sigma_{vn}^2)$  趋于 0 时, 表明随机误差的影响占主导地位。采用极大似然法进行参数估计, 并根据估计结果对原始投入进行调整, 排除外部环境因素和随机误差的影响, 调整后的公式为:

$$X_{ni}^* = X_{ni} + [\max_i \{Z_i \beta^n\} - Z_i \beta^n] + [\max_i \{V_{ni}\} - V_{ni}], n = 1, 2, \dots, N, i = 1, 2, \dots, I. \quad (3)$$

式中, 第 1 个括号将全部 DUM 调整为相同环境, 第 2 个括号将全部 DUM 调整为相同情形。

第 3 阶段: 将第 2 阶段调整后的投入数据和原始产出重新带入 DEA 模型, 经计算得到剔除环境因素和随机误差影响的效率值。

### 1.2 指标选取与数据来源

农业生产效率的提高取决于农业生产技术水平、各种农业生产要素的组合状况 2 个因素<sup>[16]</sup>。本研究的耕地利用效率表现为单位面积耕地投入的人力、物力、财力, 以及获得的产出。考虑到耕地资源的经济效益及社会效益、指标的获取性及代表性, 分别选取单位面积农业机械总动力 (kW/hm<sup>2</sup>)、单位面积农林牧渔业从业人员 (ren/hm<sup>2</sup>)、单位面积农用作肥施用量 (t/hm<sup>2</sup>) 作为耕地的投入指标, 这 3 项指标能很好地反映浙江省耕地利用最基本的生产资料投入; 选取单位面积粮食产量 (t/hm<sup>2</sup>) 作为产出指标。

环境变量指对耕地利用效率有影响, 却不在主观可控范围内的因素。根据已有研究<sup>[1-4, 17]</sup>, 选取城市化水平、地方农业财政支出 (ten thousand yuan)、农村居民人均纯收入 (yuan) 作为环境变量。城市化水平一定程度上代表了各地级市的经济情况, 对耕地利用率有着直接影响。地方农业财政支出体现了该地区对各方面的财政支持, 地方农业财政支出越高, 农户对耕地的投入将相应增加, 耕地利用率也随之提高。农村居民人均纯收入影响农户对耕地的投入, 对耕地利用效率产生直接影响。

本研究所使用的数据分别来源于 2002—2014 年《浙江统计年鉴》, 2002—2014 年浙江省 11 个地级市的统计年鉴, 地方农业财政支出、农村居民人均纯收入价值变量均以 2000 年为基期进行 GDP 平减折算。

## 2 实证分析

### 2.1 第 1 阶段 DEA 分析

利用投入导向的 C<sup>2</sup>R 模型, 运用 DEAP 2.1 软件对浙江省 11 个地级市的耕地投入产出进行 DEA 分析, 分别得到浙江省各地级市 2001—2013 年逐年的综合技术效率、纯技术效率、规模效率, 并计算逐年耕地利用效率值的平均值, 从而估算出各地区 2001—2013 年平均效率值。同时可得到各投入变量理想值与实际值的差值, 即投入变量的松弛量 (松弛量

将用于第 2 阶段 SFA 模型)。本研究仅列出 2013 年各地区耕地利用效率(表 1)。

由表 1 可知,浙江省 11 个地级市的耕地利用效率存在明显差异。嘉兴市、湖州市的综合技术效率值均为 1,处于技术前沿面上,表明这 2 个地区的规模与技术等要素的投入非常合理,要素的投入已达最佳水平。其他 9 个地区均处于不同程度的无效率状态。杭州市、宁波市、金华市、台州市、丽水市的综合技术效率非常低,均在 0.60 以下,其纯技术效率远低于其规模效率,可见纯技术效率不高是其综合技术效率低的主要原因。其他 4 个市的综合技术效率也不高,均在 0.60 ~ 0.80,主要原因是纯技术效率较低,没有达到最佳水平。从规模效率的增减情况来看,除嘉兴市、湖州市的规模效率处在不变阶段外,其他 9 个地区的规模报酬均处在递增阶段。可见,若这 9 个地区适当增加各项投入要素,其收益、耕地利用效率均会大幅提高。

表 1 2013 年浙江省 11 个地区的耕地利用效率平均值

地区	综合技术效率	纯技术效率	规模效率	规模收益增减情况
杭州市	0.545 0	0.619 0	0.880 0	递增
宁波市	0.436 0	0.531 0	0.822 0	递增
嘉兴市	1.000 0	1.000 0	1.000 0	不变
湖州市	1.000 0	1.000 0	1.000 0	不变
绍兴市	0.758 0	0.790 0	0.960 0	递增
舟山市	0.628 0	0.867 0	0.725 0	递增
温州市	0.604 0	0.752 0	0.802 0	递增
金华市	0.480 0	0.556 0	0.865 0	递增
衢州市	0.711 0	0.795 0	0.895 0	递增
台州市	0.507 0	0.591 0	0.859 0	递增
丽水市	0.591 0	0.730 0	0.810 0	递增

由第 1 阶段的结果可知,部分地级市的耕地利用效率存在不同程度、不同方面的无效率情况。除嘉兴市、湖州市、舟

山市外,其他地区的纯技术效率都很低,但由于各地区的经济、社会状况等存在差异,环境因素可能会对耕地利用效率产生影响,因此无法确定研究结果的准确性。只有排除环境差异对耕地利用效率的影响,才能更准确地算出各地级市的耕地利用效率。

2.2 第 2 阶段 SFA 回归分析

将第 1 阶段得出的各投入变量的松弛量作为因变量,将城市化水平、地方农业财政支出、农村居民人均纯收入作为自变量进行 SFA 回归分析,检验外部环境因素和随机误差是否对耕地利用效率产生影响。使用 Frontier 4.1 软件进行回归分析时,估计回归系数使用最大似然估计法而非最小二乘法。第 2 阶段数据的描述性统计见表 2。

若通过分析得出环境变量对投入松弛量产生的影响,需利用公式(3)剔除外部因素的影响,调整投入变量由于第 1 阶段计算得到的单位面积农用化肥施用量的松弛变量为 0,故第 2 阶段中只对单位面积从业人员、农业机械 2 个松弛变量进行回归,通过 Frontier 4.1 软件对投入松弛量进行 SFA 回归。其中, $\gamma$  为管理无效率占总体的比重,由于环境因素变量对农业机械松弛变量回归的  $\gamma$  值不显著,故重新用最小二乘法(OLS)估计以辨别其显著性(表 3)。

由表 3 可知,对从业人员松弛变量回归方程的  $\gamma$  值较大,且显著性水平达 1%,表明管理无效率对松弛变量的影响较大,而随机误差的影响相对较小。农村居民人均纯收入对从业人员松弛变量的回归系数通过了显著性水平为 1% 的检验,表明农村居民人均纯收入对从业人员的投入有显著影响;地方农业财政支出、农村居民人均纯收入对农业机械松弛变量的回归系数均通过了显著性水平为 5% 的检验,表明地方农业财政支出、农村居民人均纯收入对农业机械的投入有显著影响。由于环境变量是对投入松弛变量的回归,投入松弛变量指通过改善经营管理水平可能减少的投入量,因此当回归系数为正时,表明增加该外部环境变量

表 2 第 2 阶段数据的描述性统计

项目	从业人员松弛变量	农业机械松弛变量	农用化肥松弛变量	城市化水平	地方财政支出(万元)	农村居民人均纯收入(元)
平均值	0.850 5	4.799 0	0.000 0	0.287 3	1 258 957.919 6	1 241 020.741 5
标准差	1.476 7	23.242 7	0.000 0	0.111 9	1 166 935.883 9	1 209 916.979 7
最小值	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.148 2	155 176.874 1	126 686.498 9
最大值	7.241 0	133.922 0	0.000 0	0.692 6	5 628 107.185 6	5 910 272.697 1
观测数	77.000 0	77.000 0	77.000 0	77.000 0	77.000 0	77.000 0

表 3 SFA 回归结果

项目	从业人员松弛变量		农业机械松弛变量	
	系数	t 检验值	系数	t 检验值
常数项	-0.775 8 1	-1.171 8	-17.090	-1.865 7 *
城市化水平	1.103 4	0.607 59	32.316	1.234 0
地方农业财政支出	$1.286\ 1\times 10^{-7}$	0.261 36	$-6.825\ 0\times 10^{-6}$	-2.385 8 **
农村人均纯收入	$4.562\ 6\times 10^{-4}$	4.583 7 ***	0.003 0	2.588 1 **
平方和	10.649	0.985 90	499.04	
$\gamma$	0.904 57	8.998 8 ***		
对数似然函数值	-125.24		-346.39	

注:t 值为检验解释变量对被解释变量是否有显著性影响的指标,\*、\*\*、\*\*\* 分别表示在 10%、5%、1% 水平下差异显著。

的投入会增大投入松弛量,降低耕地的利用效率;反之则表明,增加该环境变量时投入松弛量会减少,从而提高耕地利用效率。由表 3 可知,农村居民人均纯收入对从业人员松弛变量的回归系数为正,表明农村居民人均纯收入越高,从业人员的投入冗余则越大,此时较多的人员投入将降低其对耕地利用效率的影响。地方农业财政支出对农业机械松弛变量的回归系数为负,表明地方农业财政支出的提高将降低农业机械的投入冗余,有利于提高耕地利用效率。农村居民人均纯收入对农业机械松弛变量的回归系数为正,表明农村居民人均纯收入的提高将增加农业机械的投入冗余,可能的原因为农村居民收入增加导致农民过多地投入农业机械,从而降低其对耕地利用率的影响。上述回归结果表明,浙江省独特的外部环境因素对耕地利用的投入冗余具有显著影响,分析耕地利用效率时须对投入要素进行调整。

2.3 第 3 阶段投入调整后的效率

表 4 浙江省 11 个地区的耕地利用效率平均值

地区	综合技术效率		纯技术效率		规模效率		规模收益增减情况
	调整后	前后变化	调整后	前后变化	调整后	前后变化	
杭州市	0.802 6	0.198 1	0.944 0	0.235 1	0.850 4	-0.004 1	递增
宁波市	0.780 3	0.275 1	0.923 1	0.322 7	0.845 3	0.003 4	递增
嘉兴市	1.000 0	0.000 0	1.000 0	0.000 0	1.000 0	0.000 0	不变
湖州市	1.000 0	0.000 0	1.000 0	0.000 0	1.000 0	0.000 0	不变
绍兴市	0.904 9	0.134 1	0.969 3	0.154 1	0.933 4	-0.012 0	递增
舟山市	0.725 1	0.015 3	0.944 7	0.021 3	0.764 7	0.000 1	递增
温州市	0.780 0	0.059 3	0.975 3	0.111 4	0.800 0	-0.030 7	递增
金华市	0.806 7	0.194 1	0.955 3	0.271 9	0.844 6	-0.047 4	递增
衢州市	0.854 4	0.025 3	0.985 1	0.103 1	0.867 7	-0.065 7	递增
台州市	0.748 3	0.147 0	0.937 1	0.183 6	0.798 6	-0.001 4	递增
丽水市	0.755 4	-0.016 7	0.991 0	0.075 9	0.762 6	-0.078 3	递增

注:规模收益增减情况为调整后 2013 年的结果,前后变化为调整后与调整前的差值。

由调整后的计算结果可知,嘉兴市、湖州市的耕地利用效率都是 DEA 有效的,这 2 个地区的要素投入和使用已达到最佳水平,应继续保持耕地的投入规模及技术投入水平。浙江省 11 个地区的纯技术效率值均在 0.90 以上,表明浙江省的农业技术推广比较到位,农民的农业科技化、专业化水平相对较高,对耕地的管理较好。由 2013 年规模报酬增减情况可知,嘉兴市、湖州市处于规模报酬不变的阶段,其他 9 个地区的规模报酬均处于递增阶段。这 9 个地区应适当增加耕地的规模化水平,并相应增加各要素的投入,这是提高其耕地利用效率的有效途径。

由变化前后的差值可知,外生环境因素变量使纯技术效率明显提高,而规模技术效率有所下降;因此,各地的综合技术效率均有明显提高。外生因素、经济、社会等因素对浙江省的耕地利用效率具有显著影响,在提高耕地利用效率的途径中,提高相应投入要素的同时应改善外界因素。

3 结论

采用三阶段 DEA 分析方法,在考虑外部环境因素影响的基础上,对浙江省 11 个地级市的耕地利用效率进行详细分析,得到如下结论。剔除经济环境因素影响后,杭州市、宁波市、绍兴市、金华市、台州市的耕地利用效率均有较大提高,其

利用公式(3)计算得到剔除环境变量和随机误差的投入量、原始产出量,将其重新带入公式(1)计算,消除环境因素变量和随机误差对耕地利用效率的影响,再次运用 DEAP 2.1 软件对浙江省 11 个地级市的耕地利用率进行计算。将调整前、调整后的效率平均值进行比较(表 4)。

由表 4 可知,与第 1 阶段的效率值相比,第 3 阶段消除环境变量和随机误差后的各项效率值均有一定变化。杭州市、宁波市、绍兴市、金华市、台州市的综合技术效率和纯技术效率值均明显提高,而其规模效率值变化均不大,表明环境因素变量对这 5 个地区的纯技术效率影响较大,因此其综合效率值比第 1 阶段有较大提高。嘉兴市、湖州市的 3 项效率值均无变化,仍然是 DEA 有效的。舟山市、温州市、衢州市的效率值均有小幅变化。丽水市的纯技术效率平均值虽有小幅提高,但其规模效率下降较大,因此其综合技术效率值与第 1 阶段相比有所下降。

他地区的耕地利用效率值没有明显变化,表明改善宏观经济环境是进一步提高杭州市、宁波市、绍兴市、金华市、台州市耕地利用效率的重要手段,但对其他地区作用不大。

浙江省各地区的耕地利用效率具有显著差异。嘉兴市、湖州市的耕地利用效率都是 DEA 有效的,这 2 个地区的要素投入和使用已达到最佳水平,应继续保持耕地的投入规模及技术投入水平;其他 9 个地区的纯技术效率值均较高,农民的专业化水平相对较高,对耕地的管理较好。由规模报酬增减情况可知,除嘉兴市、湖州市不变以外,其他 9 个地区的规模报酬均处于递增阶段,表明适当增加耕地的规模化水平,并相应增加各要素的投入是提高其耕地利用效率的有效途径。

剔除经济环境因素影响后,各市的综合效率值、纯技术效率值、规模效率值均有不同程度的增减变化,表明外部环境因素对耕地利用效率具有较大影响。由第 2 阶段 SFA 的分析结果可知,管理无效率对松弛变量具有较显著影响,而随机误差的影响相对较小。若要提高耕地利用效率,各地区应加强农业技术推广及农民培训,以提高农民的决策能力、技术水平、管理能力。浙江省耕地利用率在时间上有变化,在空间上有差异。各地区在不同方面仍有提升空间,政府应根据各地区耕地利用现状制定相应对策。

张增杰,张 双,韩玉花,等. 农业源氨排放控制对策初步研究[J]. 江苏农业科学,2016,44(1):439-442.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.01.128

# 农业源氨排放控制对策初步研究

张增杰,张 双,韩玉花,王军玲,王阿婧,毕海涛

(北京市环境保护科学研究院/国家城市环境污染控制工程技术研究中心,北京 100037)

**摘要:**阐述了欧洲、美国的农业源氨排放控制框架和采取的主要控制措施,并结合我国实际,基于种养结合、源头控制、过程减排和末端治理的理念,提出了我国农业源的氨排放控制框架,以及化肥施用和畜禽养殖方面可采取的主要氨排放控制措施。化肥施用氨排放控制,可从化肥品种选择、施用强度控制和施肥方式选择3方面着手,结合土壤特性、气候条件、作物种类和生长需求采取相应的控制措施。畜禽养殖氨排放控制,可基于粪便管理系统的氮物质流,从饲喂、畜禽圈舍、粪污存储和粪肥土地利用方面采取相应的控制措施。

**关键词:**农业源;氨;排放;控制对策

**中图分类号:** X71 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)01-0439-04

氨( $\text{NH}_3$ )是大气中细颗粒物 $\text{PM}_{2.5}$ 形成的重要前体物,它可以与二氧化硫和氮氧化物等经大气化学反应生成硫酸铵和硝酸铵等二次粒子。研究表明,北京环境空气中铵根离子占 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度的11%<sup>[1]</sup>,且在重污染天气下,空气中铵根离子质量浓度明显高于非污染天气<sup>[2]</sup>。因此,为治理 $\text{PM}_{2.5}$ 污染必须加强对氨排放的控制。

大气氨人为源主要包括农田生态系统、畜禽养殖业、生物质燃烧、人体活动、化工生成、废物处理以及移动源等,其中农业源(畜禽养殖、化肥施用)是最大的氨排放源。2011年欧洲

环保署33个成员国氨排放总量为428万t,其中农业源占氨排放总量的93.7%<sup>[3]</sup>;2011年美国氨排放总量为392万t,其中农业源占排放总量的81.8%(畜禽养殖占54.3%、化肥施用占27.5%)<sup>[4]</sup>;国内学者对我国不同区域氨排放清单的研究结果也表明,我国农业源氨排放量占排放总量的80%以上<sup>[5-8]</sup>。当前,我国大气污染控制重点仍在常规污染物上,缺乏对氨排放控制的研究和实践。因此,本研究针对主要氨农业排放源,介绍了欧洲和美国的控制框架和控制措施,并对我国农业源氨排放控制工作提出了建议,旨在为我国开展农业源氨排放控制提供参考。

## 1 欧洲农业源氨排放控制措施

针对农业带来的环境问题,欧盟出台了一系列农业管理方面的政策法规、标准以及其他规范性文件。1999年,欧洲

收稿日期:2015-02-04

基金项目:北京市科技计划(编号:Z131100001113029)。

作者简介:张增杰(1968—),男,河北保定人,硕士,副研究员,主要研究方向为大气污染防治与环境规划与政策。E-mail: zhangzengjie100@163.com。

## 参考文献:

- [1]梁流涛,曲福田,王春华. 基于DEA方法的耕地利用效率分析[J]. 长江流域资源与环境,2008,17(2):242-246.
- [2]赵翠萍. 河南省耕地生产效率及其影响因素分析[J]. 河南农业大学学报,2012,46(4):469-472,481.
- [3]徐 进,傅庆林. 浙江省耕地质量调查与保育措施的探讨[J]. 浙江农业科学,2009(5):997-999.
- [4]俞勇军,陆玉麒. 江阴市耕地变化驱动因素及耕地利用效率定量研究[J]. 经济地理,2002,22(4):440-443,447.
- [5]徐 琼. 基于DEA模型的技术效率实证分析——浙江省地区农业效率差异分析[J]. 宁波大学学报:理工版,2005,18(2):215-218.
- [6]王淑艳,葛家麒,赵红杰. 科技进步对黑龙江省农业产值增长贡献率的测算和分析[J]. 东北农业大学学报,2006,37(1):89-92.
- [7]刘玉海,武 鹏. 转型时期中国农业全要素耕地利用效率及其影响因素分析[J]. 金融研究,2011(7):114-127.
- [8]叶 浩,濮励杰,张 健. 我国粮食主产区耕地产出效率研究[J]. 长江流域资源与环境,2008,17(4):584-587.
- [9]刘玉海,张 丽. 耕地生产率与全要素耕地利用效率——基于SBM-DEA方法的省际数据比较[J]. 农业技术经济,2012(6):47-56.
- [10]杨 宇,郑循刚. 基于DEA的四川农业规模效率的两阶段实证分析[J]. 科技管理研究,2008,28(4):3-5.
- [11]魏权龄. 数据包络分析[M]. 北京:科学出版社,2004.
- [12]Banker R D. Estimating most productive scale size using data envelopment analysis[J]. European Journal of Operational Research, 1984,17(1):35-44.
- [13]范碧霞,宋秀芬. 基于数据包络分析的长三角地区第一产业投入产出效率[J]. 贵州农业科学,2013(4):202-205.
- [14]Fried H O, Lovell C, Schmidt S S, et al. Accounting for environmental effects and statistical noise in data envelopment analysis[J]. Journal of Productivity Analysis, 2002,17(1/2):157-174.
- [15]Timmer P C. Using a probabilistic frontier production function to measure technical efficiency[J]. Journal of Political Economy, 1971,79(4):776-794.
- [16]吕竺笙. 我国农地产权制度的现状及变迁方向[J]. 浙江学刊, 2003(3):156-159.
- [17]杨 琰. 基于DEA的陕南循环农业经济效率评价研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2012.