

江苏省农业过剩氮与农村居民消费关系拟合分析

刘 烨, 刘玮晶, 赵言文

(南京农业大学 资源与环境科学学院, 江苏 南京 210095)

摘 要: 基于江苏省 1990—2007 年的农业生产数据, 运用曲劳 (Truog) 的养分平衡法理论, 测算了农业面源污染主要来源——过剩氮的总量, 研究了江苏省农业过剩氮与农村居民消费水平关系的变化趋势。在对时序数据的平稳性进行检验分析的基础上, 通过建立模型模拟发现 3 次回归曲线能较好地反映过剩氮排放量与人均生活消费之间的关系。研究结果表明: (1) 江苏省农业生产中过剩氮的产生是从 1990 年开始的, 2007 年过剩氮的总量已经达到 1.48×10^6 t, 是 1990 年的 8.38 倍。农村居民人均生活消费支出从 1990 年 787 元增长到 2007 年 4 792 元, 17 a 间增长 6 倍, 年均递增 11.6%。(2) 证实了 EKC (环境库兹涅茨曲线) 是一种可能而不是一种必然。它在不同的国家和地区有不同的表现形式, 不同的转折点以及到达转折点的时间跨度; (3) 江苏省的过剩氮量与人均生活消费量关系曲线并不完全符合标准的环境库兹涅茨曲线, 呈现 N 型曲线特征。政府应积极引导农民合理施用肥料, 提高肥料利用效率, 发展高效生态农业和循环农业来控制农业面源污染。

关键词: 农业过剩氮; 居民消费; 回归模型; 环境库兹涅茨曲线; 养分平衡法; 江苏省

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)05-0082-05

中图分类号: X22

Fitting Analysis of Relation of Agricultural Excessive Nitrogen to Rural Resident Consumption in Jiangsu Province

LIU Ye, LIU Wei-jing, ZHAO Yan-wen

(College of Resources and Environmental Science, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095, China)

Abstract: The nutritious balance method and theory by Truog were used to estimate the main source of agricultural non-point source pollution, i. e., the total excessive nitrogen, and outline the changing trend on the relation of rural resident's consumption level to agricultural excessive nitrogen pollution in Jiangsu Province by compiling Jiangsu Province's agricultural production data in 1990—2007. Based on the stationarity test analysis of time series data, the simulating model projected that the correlation of excessive nitrogen emission to per capita consumption was well fitted by a cub-regression curve. Results indicated that: (1) Nitrogen in Jiangsu Province's agricultural production has been excessive since 1990. In 2007, the total excessive nitrogen reached as high as 1.487 million tons, 8.38 times of that in 1990. Per capita living consumption of rural residents increased from 787 yuan in 1990 to 4792 yuan in 2007, with an average annual increase rate of 11.6% over the 17 years. (2) The study supported the evidence that the environmental Kuznets curve (EKC) was a possibility rather than a necessity, which had various forms, different turning points, and different time spans to the turning point appearance in different countries and regions. (3) The simulated correlation curve did not fully meet the standards of the EKC, or rather it showed N curve characteristics. In the end, we proposed that the governments should actively provide farmers with the guidance on the rational application of fertilizer, improvement of fertilizer use efficiency, and controlling agricultural non-point source pollution through the development of efficient ecological agriculture and recycling agriculture.

Keywords: agricultural excessive nitrogen; resident's consumption; regression model; environmental Kuznets curve (EKC); nutritious balance method; Jiangsu Province

收稿日期: 2011-11-02

修回日期: 2011-11-30

资助项目: 国家自然科学基金重点项目“农村发展中生态环境管理研究”(70833001)

作者简介: 刘烨 (1987—), 女 (汉族), 江苏省连云港市人, 硕士研究生, 主要研究方向为环境规划和环境评价。E-mail: liuyue198731@163.com。

作者简介: 赵言文 (1965—), 男 (汉族), 江苏省徐州市人, 博士, 教授, 主要研究方向为环境生态、水土资源利用与管理、生态农业。E-mail: ywzhao@njau.edu.cn。

随着中国经济社会的迅速发展,中国农业的面源污染问题日趋严重,这在沿海发达地区尤为突出。农业面源污染是最为主要且分布最为广泛的污染,它是指以降雨为载体并在降雨的冲击和淋溶作用下,通过地表径流和地下渗漏过程将农田和畜牧用地中的污染物质,包括土壤颗粒、土壤有机物、化肥、有机肥、农药等,携入接纳水体而引起的水质污染^[1]。其主要来源为农业生产过程中残留于土壤的化肥或农药,农村畜禽养殖排污,农村生活污水即农村生活垃圾污染等。因为在农业面源污染中,除了农药以外,化肥及家畜粪便排泄物等都可以用氮素进行衡量,这也是最重要的面源污染的“成分”,因此本文衡量农业面源污染的指标主要采用氮素^[2]。通过各种途径损失的总氮量约为总施氮量的 50%,大量肥分残留在土壤或随地表径流进入水体,成为农业面源污染的源头^[3]。本文以农业生产中带来的过剩氮作为衡量农业生产给环境带来的污染程度的指标,农业过剩氮是指根据养分平衡理论所测度的各种氮素投入量与作物需氮量之间的差额。

江苏省位于长江三角洲经济圈,经济发达。20 世纪 80 年代以来,农村居民生产、生活方式的转变,给区域生态环境带来一定的影响。农业面源污染问题日益严峻,其中一个重要原因是居民消费的日益增长。居民生产生活消费不仅给资源环境带来直接的负面影响,而且作为社会再生产的主要环节和根本动力,消费成为生态环境压力的终极原因^[4],由于农村居民消费增长带来农业面源污染问题是值得密切关注。因此,农村居民消费水平升级产生农业过剩氮的计算与分析对建设社会主义新农村具有重要意义。

我国经济发达地区的农业面源污染问题受到了广泛关注,许多学者对农业面源污染源现状分析、控制措施等进行了大量研究,但运用定量分析和模型拟合方法分析农业和农村居民生活消费方式对农业面源污染的影响尚不多见^[5-8]。本文利用江苏省 1990—2007 年的农业生产和居民生活消费支出的数据,运用计量经济学的方法建构分析框架,探讨江苏省农业面源污染与农村居民生活消费方式转变之间的相互关系,为客观认识农业和农村经济发展对农业面源污染的影响,以及合理制定农业面源污染控制政策提供参考依据^[9]。

1 数据与方法

1.1 测算方法与数据收集

在不同地区,不同的种植方式及种植规模对环境的影响在程度上有较大的差异,本文主要根据曲劳

(Truog)的养分平衡法理论,定量测度江苏省农业生产所产生的过剩氮的量,以此作为衡量农业面源污染的指标。曲劳(Truog)的养分平衡法理论,主要是以作物与土壤之间养分供求平衡为目的,根据作物的需肥量与土壤供肥量之差,求得实现计划产量所需的肥料量。具体模型如下:

$$S = \sum P_i Q_i - A \quad (1)$$

式中: S ——农业生产所需的总氮量; P_i ——第 i 种农产品的单位耗氮量; Q_i ——当年第 i 种农产品的总产量; A ——土壤基础肥力,即在不施用任何肥料的情况下,土壤等提供的氮量,其中,土壤生物固氮量的估计值和单位作物含氮量的计算依据来自于“中国测土配方施肥网”,由于土壤的基础肥力总是在不断的变化,但是总体上具有一定的稳定性,因此,本研究假定 A 值不变。农业生产所需总氮量可以由有机肥或无机肥提供,过剩氮的测度模型如下:

$$\theta = \sum X_j Y_j + \sum E_k F_k - S$$

$$(j=1,2,3,\dots,m; k=1,2,3,\dots,t) \quad (2)$$

式中: θ ——过剩氮总量; X_j ——第 j 种家畜粪肥的含氮量; Y_j ——当年第 j 种家畜的年平均总饲养量; E_k ——第 k 种化肥的单位氮量; F_k ——当年第 k 种化肥的年平均使用量^[10]。

江苏省年平均总饲养量、家畜粪肥的含氮量、化肥的单位氮量以及化肥的年平均使用量等数据采自《江苏统计年鉴》(1978—2008 年,历年),人均生活消费数据来自《江苏统计年鉴》(1990—2008 年)。

1.2 模拟方法与统计分析

20 世纪 90 年代初美国经济学家 Grossman 和 Krueger^[11]通过实证研究,首先提出了环境库兹涅茨曲线(environmental Kuznets curve, EKC)理论:环境污染与人均收入之间存在倒“U”形关系,即在经济发展的初级阶段,环境污染程度随人均收入的增加而趋于严重;当经济发展到一定阶段,污染程度会随着人均收入的增加而减轻。此后, EKC 研究逐渐增多^[12-16]。传统 EKC 研究所使用的数据有 3 种:一是时间序列数据,二是截面数据,三是平行数据。本文采用时间序列数据模拟 EKC^[17]。

本研究采用回归模型来拟合面源污染量与居民生活消费量的关系。由于本文变量属于时间序列数据,直接对非平稳的时间序列进行回归将导致谬误回归现象,为了保证估计结果的可靠性,我们首先将人均生活消费量和污染变量进行单位根检验,以检验这些变量是否平稳。只有变量在一阶平稳条件下,才能进行协整分析,本文采用 ADF 单位根检验方法检验变量的平稳性。拟合参数的统计学显著性检验采

用 t 检验。本研究相关的统计分析采用 SPSS 13.0 和 Excel 统计软件进行。

2 结果与分析

2.1 数据特征分析与单位根检验

由于土壤的基础肥力具有一定的稳定性,所以农业生产中的氮素主要来源于农作物生长过程中肥料的投入。表 1 为利用养分平衡法对江苏省农业生产的过剩氮量进行测算的结果。结果表明,江苏省农业生产中过剩氮的产生是从 1990 年开始的。早期江苏省的肥料投入是以畜禽及人类粪便等有机肥为主,因此在早期的农业生产中并没有“过剩氮”的产生。改革开放以后,集约化农业生产的大量化肥施用和伴随畜牧业快速发展的有机肥增施,使农业生产中开始出现过剩氮,而且有逐年增加的趋势^[18]。1991—1992 年江苏省过剩氮量出现负增长的主要原因是由于杂交水稻等技术的成熟和推广,主要农产品产量大幅增加,带来的上述模型中 $\sum P_i Q_i$ 的大幅增长。与 1996 年前相比,1996 年江苏省农业生产化肥的投入量大幅度增加,使得过剩氮量在 1996 年剧增。农产品价格、政府支持以及农户的“随群效应”这三方面的合力使得化肥的投入量激增。1980—2007 年,江苏省农业生产中的化肥投入量(折纯)从 1.18×10^6 t 增至 3.42×10^6 t,增长了 2.9 倍;到 2007 年,过剩氮的总量已经达到 1.49×10^6 t,是 1990 年的 8.38 倍,给生态环境带来了严重的压力。

表 1 1978—2007 年江苏省农业生产的过剩氮值

年份	过剩氮量/t	年份	过剩氮量/t	年份	过剩氮量/t
1978	-32 540.0	1988	-71 237.0	1998	1 472 330.1
1979	-103 805.0	1989	-32 331.0	1999	1 331 814.6
1980	-63 031.0	1990	177 364.0	2000	1 183 361.7
1981	-98 561.0	1991	154 588.0	2001	1 326 772.9
1982	—	1992	96 560.0	2002	1 364 959.2
1983	—	1993	189 825.0	2003	1 442 921.6
1984	-275 012.0	1994	262 259.8	2004	1 267 995.8
1985	-179 877.0	1995	320 791.9	2005	1 294 059.0
1986	-205 330.0	1996	1 242 337.5	2006	1 424 068.6
1987	-159 949.0	1997	1 343 701.2	2007	1 486 939.5

注:负值表示氮素缺口,1982 年和 1983 年数据因为统计年鉴相关数据欠缺而未能算出。

农村居民家庭生活消费支出是农村常住居民家庭用于日常生活的全部开支,是反映农民家庭生活消费水平高低的重要指标。本文采用江苏省农村居民人均生活消费支出进而反映消费水平的变

化^[19]。江苏省历年人均污染量与人均生活消费见表 2。1990—2007 年,农村居民人均生活消费支出从 1990 年 787 元增长到 2007 年 4 792 元,17 a 间增长 6 倍,年均递增 11.6%。恩格尔系数由 52.3% 下降到 41.6%。反映随着经济发展,农村居民生活水平逐步提高。

表 2 江苏省 1990—2007 年人均污染量与人均生活消费量

年份	人均污染量 (kg/人)	人均生活 消费/元	年份	人均污染量/ (kg/人)	人均生活 消费/元
1990	2.62	787.0	1999	18.46	2 273.6
1991	2.26	878.0	2000	16.15	2 337.5
1992	1.40	953.4	2001	18.04	2 374.7
1993	2.72	1 058.8	2002	18.49	2 625.2
1994	3.74	1 500.5	2003	19.48	2 704.4
1995	4.54	1 938.0	2004	17.06	3 035.1
1996	17.47	2 414.4	2005	17.31	3 567.1
1997	18.80	2 487.7	2006	18.86	4 135.2
1998	20.50	2 336.8	2007	19.50	4 791.7

从消费结构看,1990 年食品、居住、衣着和家庭设备用品及服务占消费支出总额比重较大,依次为 52.3%,24.5%,7.4% 和 6.8%,而交通通讯、娱乐教育文化服务、医疗保健所占比重较小,分别为 1.3%,4.4% 和 2.9%。1990—2007 年食品等 4 消费项的比重逐年下降,2007 年分别降为 41.6%,15.7%,5.2% 和 4.8%,交通通讯、娱乐教育文化服务比重则迅速增大,分别增长至 11.4% 和 13.4%。分析显示,近 17 a 非物质消费占江苏省农村居民生活消费支出的比例逐年增加,但物质消费支出仍占有较大比重。

基于残差的 ADF 单位根检验的结果见表 3 和图 1,其中变量 LNX 表示人均消费量的对数值,变量 LNY 表示人均污染量的对数值。直接对非平稳的时间序列进行回归将导致谬误回归现象,因此在对变量进行模型拟合分析之前,首先需要对变量的平稳性进行检验,只有变量在一阶平稳条件下,才能进行回归分析。

采用 ADF 单位根检验方法来检验变量的平稳性,检验结果表明,人均消费量和人均污染指标均满足一阶平稳条件。图 1 的堆积折线显示的是人均污染量和人均消费量的对数值所占大小随时间序列而变化的趋势线,图 1 中的时期是与研究时段相对应的,表明 LNX 和 LNY 之间存在长期的相关性和稳定的协整关系。曲线大致呈现倒 U 型规律,在此也验证了农业面源污染环境库兹涅茨假说。这一结果

与理论研究结果一致,即在经济发展过程中不可避免地伴随着农业环境质量下降、农业面源污染增加的问题,即经济发展与环境退化现象往往密切相关。

苏省的环境质量在一段时间的改善之后,又趋于恶化,这与江苏省在经济发展的高速增长过程中对环境保护不够重视有关。

表 3 人均污染量与人均消费量的对数检验结果

单位根 检验时期	LN Y		LN X		单位根 检验时期	LN Y		LN X	
	LN Y	LN X	LN Y	LN X		LN Y	LN X	LN Y	LN X
1	0.963 576	6.668 228	10	2.915 809	7.729 120				
2	0.814 850	6.777 647	11	2.781 931	7.756 837				
3	0.334 436	6.860 035	12	2.892 550	7.772 626				
4	1.002 294	6.964 891	13	2.917 390	7.872 912				
5	1.317 910	7.313 554	14	2.969 574	7.902 635				
6	1.512 910	7.569 412	15	2.836 745	8.018 000				
7	2.860 640	7.789 206	16	2.851 457	8.179 508				
8	2.933 785	7.819 114	17	2.937 207	8.327 291				
9	3.020 375	7.756 538	18	2.970 523	8.474 641				

注:对数检验的时期与研究时间一一对应。LN X 为人均消费量的对数值; LN Y 为人均污染量的对数值。

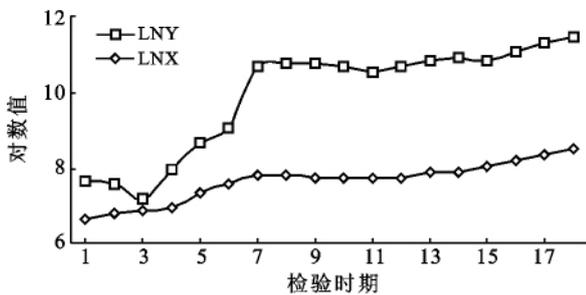


图 1 LN Y 对 LN X 的堆积折线

2.2 农业过剩氮量与人均生活消费量的模型拟合

从图 1 可以看出,农业面源污染与人均消费支出之间存在相关性,这意味着农业过剩氮的变化与居民生活消费的增长之间存在着稳定的协整关系。从图 2 可以看出,江苏省在研究时段内(1990—2007 年)的人均污染量与人均生活消费的关系,并不完全符合标准的环境库兹涅茨曲线的倒“U”形关系,两者呈现“N”型曲线关系。从 1990 年起,关系曲线先呈“倒 U 形”,从 2005 年开始,随着居民生活消费的增长,江

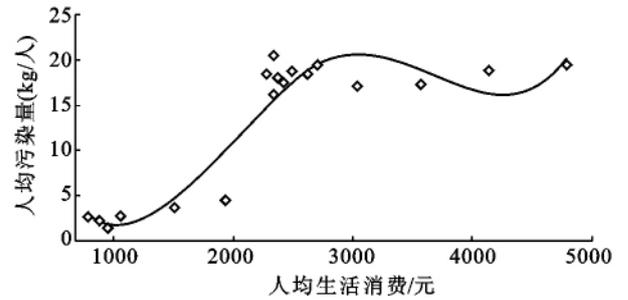


图 2 人均污染量与人均生活消费量关系

关于 EKC 的研究,国际上常用二次多项式和三次多项式(可以包括常数项或时间项)这两种形式作简化研究,根据二次式或三次式中各系数的大小推断出 EKC 的形状。通过多次检验发现,剔除两组变量,即 1995 年和 1998 年的数据后,相关性更加明显。因此本文将协整过的数据借助多次曲线回归模拟后发现,3 次回归曲线能较好地反映人均污染量与人均生活消费之间的关系。故选用 3 次回归曲线进行拟合:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + \beta_3 x^3 + \epsilon$$

式中: y——人均过剩氮排放量; x——人均生活消费; $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ ——模型参数; ϵ ——随机误差项。回归得到的结果如图 3 和表 4—5 所示。

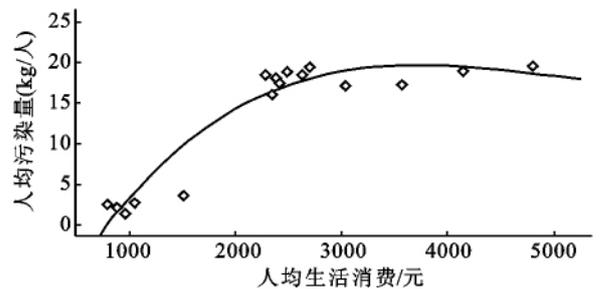


图 3 江苏省农业面源污染与居民消费的回归模型拟合

表 4 江苏省农业面源污染与人均生活消费(x)的回归分析

曲线关系项	非标准化系数		标准化系数	回归系数检验 统计量	相伴概率值
	系数	标准化误差			
x	0.024	0.010	3.774	2.534	0.026
x ²	-5.33E-006	0.000	-4.388	-1.311	0.214
x ³	3.64E-010	0.000	1.437	—	—
常数项	-16.335	6.381	—	-2.560	0.025

2.3 农业过剩氮模型的适切性

模拟结果表明,三次多项式的拟合优度更高,其

判定系数 R² 统计量的值为 0.917。表 4 为三次回归曲线的回归系数分析结果。从表 4 可以看出,人均污

染量与人均生活消费关系曲线为 $y = -16.335 + 0.024x - 5.33 \times 10^{-6}x^2 + 3.64 \times 10^{-10}x^3$, 具有 2 个转折点, 理论转折点出现在人均消费值为 3 522.4 元和 6 239.5 元时。第 1 个转折点出现在 2005 年前后, 说明目前江苏省已跨过第 1 个拐点; 如果按照人均消费年均增长率 11.21% (1990—2007 年的江苏省人均消费年均增长率) 计算, 则第 2 个理论转折点发生在 4 a 后, 即 2009 年左右。从理论上讲, 当江苏省农村人均消费量达到 6 239.5 元时, 污染量可能会再次增加。因此应采取有效措施, 继续加大环保投入和污染治理力度, 努力使趋好的转折点尽快到来。

表 5 方差分析结果

偏差项	平方和	自由度	平均平方和	统计量	相伴概率
回归项	780.129	3	260.043	44.226	0.000
残差项	70.559	12	5.880	—	—
总偏差	850.688	15	—	—	—

由表 5 可以看出, 统计量 $F = 44.226$, 即平均的回归平方和与平均的残差平方和(均方误差)之比; 相伴概率值 $p < 0.001$ 。表示系数均在 1% 的显著性水平下通过显著性检验, 说明多个自变量与因变量之间存在回归关系。虽然从理论上讲江苏省的农业面源污染已经进入了转折期, 环境污染治理政策取得了初步成效, 但这并不代表面源污染已处于与经济协调发展的时期, 农业面源污染的库兹涅茨曲线仍然可能出现波动、上升甚至超过转折点。

3 结论

(1) EKC 是一种可能而不是一种必然。在不同的国家和地区有不同的表现形式、不同的转折点以及到达转折点的时间跨度。

(2) 江苏省的过剩氮量与人均生活消费量关系曲线并不完全符合标准的环境库兹涅茨曲线, 呈 N 型曲线。跨过了第 1 个转折点, 进入 N 型右侧, 说明在 2009 年达到第 2 个转折点, 污染可能会再度呈增长趋势。

(3) 尽管 EKC 理论表明经济增长会改善环境质量, 但环境质量的改善并不会随着消费水平的提高而自动发生, 真正对环境质量起改善作用的是经济增长背后的一系列重大转变。除了消费水平外, 影响江苏省环境质量的还有国家或地区的环境政策、产业结构以及人们的环保意识等因素。

本研究对如何减少在经济发展过程中的面源污染的产生及提前实现倒 U 型的转折具有一定的意

义。由于农业生产的不可替代性和对生态环境的依赖性, 生态环境的破坏必然会对农业生产造成不利影响, 因此, 政府部门一方面应积极引导农民合理施用肥料, 提高肥料利用效率, 另一方面应加大对农业面源污染的治理力度^[20]。而且, 从微观的角度来说, 肥料的大量投入是农业生产的微观主体——农民追求利益最大化的结果。政府在治理农业面源污染的同时也应出台一些配套政策, 要为农民提供外在的激励以促进环保型农业生产技术的推广与使用。同时, 随着农业生产结构的调整以及人们对有机农业认识程度的提高, 发展高效生态农业和循环农业也将是一种控制农业面源污染的途径。

评估与分析农业过剩氮与农村居民消费关系的变化趋势与形成原因, 为引导农村居民建立可持续的消费模式和生产方式, 实现消费增长与生态环境的协调发展提供科学依据^[21]。在增加物质资本存量的同时加强污染治理投资力度, 既可以通过环保科研投入正的治污效应来抵消物质资本存量增加带来的污染问题, 从而减缓经济增长导致的环境压力, 又可以通过环保科研投入正的产出效应进一步推动经济发展^[22]。

[参 考 文 献]

- [1] 董克虞. 畜禽粪便对环境的污染及资源化途径[J]. 农业环境保护, 1998, 17(6): 281-283.
- [2] 张维理, 武淑霞, 冀宏杰, 等. 中国农业面源污染形势估计及控制对策 I: 21 世纪初期中国农业面源污染形势估计[J]. 中国农业科学, 2004, 37(7): 1008-1017.
- [3] 戎静, 庄舜尧, 杨浩. 太湖源地区雷竹林氮磷径流输出与拦截控制[J]. 水土保持通报, 2011, 31(4): 168-171.
- [4] 刘晶茹, 王如松, 杨建新. 可持续发展研究新方向: 家庭可持续消费研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2003, 13(1): 6-8.
- [5] 任军, 边秀芝, 郭金瑞, 等. 我国农业面源污染的现状与对策 I: 农业面源污染的现状与成因[J]. 吉林农业科学, 2010, 35(2): 48-52.
- [6] 李海鹏, 张俊飏. 中国农业面源污染与经济发展关系的实证研究[J]. 长江流域资源与环境, 2009, 18(6): 585-590.
- [7] 李海鹏, 张俊飏. 中国农业面源污染的区域分异研究[J]. 环境保护, 2009(2): 43-45.
- [8] 柴世伟, 裴晓梅, 张亚雷, 等. 农业面源污染及其控制技术[J]. 水土保持学报, 2006, 20(6): 192-195.
- [9] 常向阳, 李爱萍. 江苏省农村居民食物消费需求研究[J]. 南京农业大学学报: 社会科学版, 2006, 6(2): 20-23.
- [10] 蔡德利, 翟瑞常, 侯雪坤. 养分平衡法配方施肥数据库建模[J]. 中国农学通报, 2007, 23(6): 402-403.

(下转第 92 页)

灾害导致耕地面积的减少以及农业生产设施的破坏,从而波及产出效果和耕地持续利用状态。

(2) 从各准则层而言,1996—2008 年河南省耕地的投入强度、利用强度、产出效果以及持续状态等均呈增加态势,但个别年份稍有波动,主要原因是农业基础设施薄弱,农业产业化、组织化程度低以及自然灾害等影响,从而影响耕地集约利用水平的持续提高。

(3) 1996—2008 年河南省耕地集约利用的障碍因素出现频率最高的是地均农电投入、地均农机动力、地均利润、城镇化水平,均为 100%,其次为粮食单产(53.85%),地均劳力(38.46%)。

(4) 农业是弱质产业,政府应继续加大农业基础设施投入和农业补贴力度,按照“高效、生态、设施、精准、标准”的现代农业发展要求,提高农业的抗灾能力。大力推进城镇化建设,鼓励农村耕地有序流转,促进耕地的规模化、集约化经营,实现耕地的规模化效益。同时,引导农民建立农业合作组织,提升农业产业化水平,调整耕种结构,发展高附加值、适销对路的农产品,以增加耕地收益,提高农民种田积极性。

[参 考 文 献]

- [1] 庞英. 山东沿海地区耕地利用集约度时空特征[J]. 农业工程学报, 2011, 27(9): 328-333.
- [2] 徐红玳, 毛小报. 经济发达地区耕地资源集约利用研究: 以浙江省为例[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2009, 35(4): 467-472.
- [3] 安玉娟, 门明新, 霍习良, 等. 河北省耕地利用集约度变化特征[J]. 地理科学进展, 2009, 28(4): 611-617.
- [4] 祝小迁, 程久苗, 费罗成. 安徽省耕地集约利用及其驱动力分析[J]. 中国土地科学, 2009, 23(2): 11-17.
- [5] 崔丽, 许月卿. 河北省农地利用集约度时空变异分析[J]. 地理科学进展, 2007, 26(2): 116-125.
- [6] 张琳, 张凤荣, 安萍莉, 等. 不同经济发展水平下的耕地利用集约度及其变化规律比较研究[J]. 农业工程学报, 2008, 24(1): 108-112.
- [7] 唐志鹏, 刘卫东, 周国梅, 等. 基于突变级数法的中国 CO₂ 减排的影响要素指标体系及其评价研究[J]. 资源科学, 2009, 31(11): 1999-2005.
- [8] 周强, 张勇. 基于突变级数法的绿色供应链绩效评价研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2008, 18(5): 108-111.
- [9] 李艳, 陈晓宏, 张鹏飞. 突变级数法在区域生态系统健康评价中的应用[J]. 中国人口·资源与环境, 2007, 17(3): 50-54.
- [10] 凌复华. 突变理论及应用[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 1997.
- [11] 鲍新中, 李晓非. 基于时序数据的高技术企业成长性分析[J]. 科学学研究, 2010, 28(2): 275-281.
- [12] 范辉, 余国忠. 河南省耕地集约利用水平差异的时空特征分析[J]. 水土保持通报, 2009, 29(5): 151-155.
- [13] 赵宏波, 宋戈, 孙丽娜. 河南省耕地集约利用的驱动力分析[J]. 农业现代化研究, 2010, 31(6): 729-732.
- [14] 贺巍巍, 郑力, 高本河. 供应商选择多层次熵权综合评价法研究[J]. 北京交通大学学报: 社会科学版, 2007, 6(3): 34-38.
- [15] 彭补拙, 安旭东, 陈浮, 等. 长江三角洲土地资源可持续利用研究[J]. 自然资源学报, 2001, 16(4): 305-312.
- [16] 李新举, 方玉东, 田素锋, 等. 黄河三角洲垦利县可持续土地利用障碍因素分析[J]. 农业工程学报, 2007, 23(7): 71-75.
- [11] Grossman G, Krueger A. Economic growth and the environment[J]. Quarterly Journal of Economics, 1995, 110(2): 353-377.
- [12] List J A. The environmental Kuznets curve: does one size fit all? [J]. Ecological Economics, 1999, 31(3): 409-423.
- [13] De Bruyn S M, Vanden B J, Opschoor J B. Economic growth and emissions: Reconsidering the empirical basis of environmental Kuznets curves[J]. Ecological Economics, 1998, 25(2): 161-175.
- [14] Sun J W. The nature of CO₂ emission Kuznets curve [J]. Energy Policy, 1999, 27(12): 691-694.
- [15] Fatma T, Osman Z. The role of international trade on environmental efficiency: A DEA approach[J]. Economic Modeling, 2001, 18(1): 1-17.
- [16] Elisabetta M. The environmental Kuznets curve: development path or policy result? [J]. Environmental Modeling & Software, 2001, 16(2): 157-165.
- [17] 张晖, 胡浩. 农业面源污染的环境库兹涅茨曲线验证: 基于江苏省时序数据的分析[J]. 中国农村经济, 2009(4): 50-52.
- [18] 张锋, 胡浩, 张晖. 江苏省农业面源污染与经济增长关系的实证[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(8): 80-81.
- [19] 杨振. 农村居民生活消费的环境压力及影响因素分析[J]. 农业科学研究, 2010, 31(3): 78-80.
- [20] 刘扬, 陈劲锋, 张云芳. 中国农业 EKC 研究: 以化肥为例[J]. 中国农学通报, 2009, 25(16): 263-267.
- [21] 彭水军, 赖明勇, 包群. 环境、贸易与经济增长: 理论和模型和实证[M]. 上海: 三联出版社, 2006.
- [22] Arrow K, Bolin B, Costanza R, et al. Economic growth carrying capacity and the environment[J]. Science, 1995, 268(17): 520-521.

(上接第 86 页)