

中国食品生产消费过程中 农用化学品足迹分析

范小杉^{1,2,3}, 高吉喜^{1,2}

(1. 中国科学院成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041; 2. 中国环境科学研究院
生态环境研究所, 北京 100012; 3. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要:食品生产农用化学品足迹占我国农用化学品施用总量的比重长期高达 90% 以上, 有限的农地面积和巨大的食品需求压力是我国农用化学品长期过量使用的根本动因; 1990—2005 年间, 除水果以外, 粮食、蔬菜、油料、肉蛋奶等食品单位质量农用化学品足迹都持续增大; 农村人口由于粮食消费总量较大, 人均年食品消费农用化学品足迹长期高于城镇人口; 整合环境库兹涅茨曲线理论分析得出, 增加农民经济收入、改善其食品消费结构将有效的减轻我国农地食品生产压力, 进而遏制农用化学品施用量持续增加的态势。

关键词: 化肥; 农药; 足迹; 食品消费; 中国

中图分类号: TQ44; TQ45

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2008)05-0079-06

Agrochemicals footprints analysis on food producing and consumption in China

FAN Xiao-shan^{1,2,3}, GAO Ji-xi^{1,2}

(1. Institute of Mountain Hazard and Environment, Chinese Academy of Science & Ministry of Water Conservancy, Chengdu 610041, China; 2. Regional Ecology Department, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China; 3. China Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: The agrochemicals footprints of food production in that of total agriculture always keep a percentage of more than 90%. It is the increasing food consumption demand under the condition of vast population and limited farmland that accelerates the use of agrochemicals. The agrochemicals footprints per unit mass of food keep increasing except for fruits during the year 1990 to 2005, and the agrochemicals footprints of per capita food consumption yearly of rural people keep higher than that of urban people which have less grain consumed in total, that is contrary to academic deduce. Integrating the research data with EKC found that the food consumption level of rural people is close connected with total agrochemicals footprints of China. So it is the fundamental method to increase the income of people and improve the food consumption level of rural people for reducing the use of chemical fertilizers and pesticides in China.

Key words: agrochemicals; pesticides; footprints; food consumption; China

2005 年, 我国化肥总消费量近 4 800 万 t, 农药总消费量近 150 万 t^[1], 成为世界第一化肥农药消费国。目前, 我国单位面积农地化肥施用量已接近发达国家安全上限(225 kg/hm²) 的 2 倍, 农药单位面积使用量比发达国家高出 1 倍^[2]。农用化学品的大量使用加剧了我国国内生态环境和农产品污染, 给经济社会可持续发展和食品安全带来威胁。目前已有学者对我国全国或区域性的化肥农药施用量及其农用化学品污染分布情况展开研究^[2-5], 但缺乏对我国食品生产、消费产生的农用化学品足迹的分析, 进入 21 世纪以来, 国外研究组织及学者都对这方面的

研究予以极大的关注^[6-9]。本文试图通过对 1990—2005 年我国食品生产、消费农用化学品(主要考虑化肥、农药)足迹演变趋势的分析, 揭示农用化学品长期使用量高速增长深层次经济社会原因, 为制定环境生态保护对策提供参考。

1 我国农业生产对农用化学品的依赖性

我国是人口大国, 对农产品的需求量大, 但农地面积十分有限。20 世纪末期以来, 由于经济结构的改变和城市化进程的加快, 大量农地被工厂、城镇、道路所替代, 农地资源大量流失; 但同时人口

收稿日期: 2008-03-10

基金项目: 国家环境保护公益项目(200709029)

作者简介: 范小杉(1976-), 女, 博士, fanxs302@126.com; 高吉喜(1964-), 男, 博士, 研究员, 所长, 博士生导师, 从事生态学研究。

数量每年却净增 800 多万人,人增地减的矛盾日趋尖锐。2005 年我国人均耕地面积已减少到 1.40 亩(1 亩 = 666.7 m²),仅为世界人均水平的 40%。提高农业单产是保证我国粮食安全的根本途径,而化肥和农药的大量投入是提高农产品单产的有效手段。

世界粮农组织(FAO)资料显示,化肥对世界粮食增产的贡献率为 40%~60%,农药使用每年避免农作物减产了至少 1/3 以上。国内研究也表明化肥对农业增产的贡献率为 52%,农药使用很大程度上避免了病虫害引起的农业经济损失^[2]。

据联合国粮农组织的数据,2005 年我国以占世界 10.2% 的耕地生产了占世界 19.1% 的谷物;谷物单产水平(345 kg/亩)比世界平均水平(217 kg/亩)高出 58%。从 2002 年人均生产量看,除奶类人均生产量仅为世界人均的 13.7% 外,我国肉类和蛋类分别为世界人均的 134%、200%,明显高于世界平均水平。早在 1998 年,我国的人均谷物生产量已达 365 kg,比世界人均多 13 kg^[10]。我国用仅占世界 7% 的土地供给了世界 25% 人口的食品需求,农用化学品的使用起了决定性作用,多年来我国化肥农药的施用量一直呈高速增长趋势(见表 1)。

表 1 1990—2005 年我国农业生产化肥农药足迹分析

年份	化肥施用量/		农地面积/ 10 ⁸ hm ²	农业产值/ 10 ⁴ 亿元	单位面积		单位农业产值	
	万 t	农药施用量/ 万 t			化肥施用量/ kg·hm ⁻²	农药施用量/ kg·hm ⁻²	化肥施用量/ t·亿元 ⁻¹	农药施用量/ t·亿元 ⁻¹
1990	2590	72.6	1.48	0.8	174.6	4.9	3380.27	94.75
1991	2805	76.1	1.50	0.8	187.5	5.1	3438.76	93.29
1992	2930	79.5	1.49	0.9	196.6	5.3	3225.20	87.51
1993	3152	84.9	1.48	1.1	213.3	5.7	2866.63	77.21
1994	3318	87.1	1.48	1.6	223.8	5.9	2106.60	55.30
1995	3594	108.7	1.50	2.0	239.8	7.3	1766.88	53.44
1996	3828	114.1	1.52	2.2	251.2	7.5	1712.47	51.04
1997	3981	119.5	1.54	2.4	258.6	7.8	1673.50	50.23
1998	4086	123.2	1.56	2.5	262.4	7.9	1664.91	50.20
1999	4124	131.2	1.56	2.5	263.7	8.4	1681.96	53.51
2000	4146	128.0	1.56	2.5	265.3	8.2	1664.00	51.37
2001	4254	127.5	1.56	2.6	273.2	8.2	1624.93	48.70
2002	4339	131.2	1.55	2.7	280.6	8.5	1584.11	47.90
2003	4412	132.5	1.52	3.0	289.5	8.7	1485.93	44.63
2004	4637	138.6	1.54	3.6	302.0	9.0	1279.56	38.25
2005	4766	146.0	1.55	3.9	306.5	9.4	1208.08	37.01
年均递增率/%	4.18	4.92	1.48	12.08	3.85	4.58	-6.31	-5.73

1990—2005 年我国农业生产化肥施用总量从 2 590 万 t 到 4 766 万 t,农药施用总量从 72.6 万 t 到 146 万 t,15 年内化肥农药施用量都增加 1 倍左右;化肥年施用量复合递增率达 4.18%,农药递增率为 4.92%。虽然同时农用地面积(不仅指耕地)也在增加,但年均递增率仅为 0.31%;相当于化肥农药递增率的 1/14。2005 年单位面积化肥、农药施用量分别是 1990 年的 1.76 倍和 1.92 倍,其中单位面积农用地化肥施用量是发达国家化肥施用安全上限(225 kg/hm²)的 1.36 倍;单位面积农药施用量是发达国家的 2 倍。1990—2005 年单位面积农用地化肥施用量从 174 kg/hm² 增加到 306 kg/hm²,单位面积农用地化肥施用量从 4.9 kg/hm² 增加到 9.4 kg/hm²,年

均复合递增率分别为 3.85%、4.58%。

高投入伴随着高产出。1990—2005 年,我国农业种植业产值从 1990 年的 7 662 亿元增加到 2005 年的 39 451 亿元,年均复合递增率为 12.08%,大约是化肥、农药施用量年递增率的 3 倍。因此 1990—2005 年的亿元农业产值化肥、农药施用量一直呈 6% 左右的递减趋势。2005 年单位产值化肥施用量(1 208 t/亿元)仅相当于 1990 年(3 380 t/亿元)的 36.5%;2005 年单位产值农药施用量(37.01 t/亿元)相当于 1990 年 94.75 t/亿元的 39.1%。1990—2005 年农民购买农药、化肥的资金投入量持续增加,但获得的经济效益也以更快速度增长,这一事实必然会提高农民购买和使用化肥、农药的积极性。

由于我国是拥有 13 亿人口的大国,食品生产是农业生产的核心任务。粮食、油料、蔬菜、水果等食品生产用地面积占农用地总面积的比重长期高达 95% 以上,其中粮食用地比重为 70% 左右,而棉花、麻类等非食品生产用地比重相对较低,同时还有减少趋势^[1];可见,食品性农产品生产农用化学品使用量占我国农业生产农用化学品使用量的比重长期保持 90% 以上,其中粮食生产比重超过 60%,对全国化肥、农药施用量影响最大的是植物性食品的生产,尤其是粮食生产。2007 年以来,我国食品性农产品市场价格持续走高,农业生产经济效益的提升必将迎来新一轮化肥、农药施用高峰。研究我国食品生产、消费的农用化学品足迹,对于遏止当前由于农用化学品过量使用引起的环境生态问题、食品安全问题显得尤为必要和紧迫。

2 我国食品生产消费农用化学品足迹分析

2.1 计量方法

由于我国农业生产技术水平相对低下,农民确定农用化学品的使用量主要依据农地面积而较少考虑农产品类型。因此以一定时间(年)内全国单位面积农用地农用化学品平均施用量为媒介、结合不同时间(年)内各类作物种植面积及其当年产量,可计算生产单位质量不同类别植物性食品所耗费化肥农药的量(即化肥农药足迹)。公式(1)是单位质量植物性食品化肥足迹的计量模型:

$$F_{ij} = \frac{A_i \times S_{ij}}{P_{ij}} \quad (1)$$

式中, i 为时间,以年为代码; j 为食品性农作物代码; F_{ij} 为第 i 年单位质量 j 类植物性食品化肥足迹; A_i 为第 i 年单位面积农用地化肥施用量; S_{ij} 为第 i 年 j 类农作物种植面积; P_{ij} 为第 i 年 j 类农作物总产量。类似的方法可计算第 i 年单位质量 j 类植物性食品农药足迹。

由于目前国内肉蛋奶类食品大都是规模化养殖获得的产品,除牛羊肉和奶以外,这类食品产出主要以消耗饲料(主要成分是粮食)为主,肉蛋奶类食品生产间接产生的农用化学品足迹可以饲料(粮食)投入产出比(表 2)为媒介计算。

在计量单位质量不同食品农用化学品足迹的基础上,根据 1990—2005 年城乡人口各类食品消费统计数据,计算城镇人口和农村人口食品消费足迹,并结合环境库兹涅茨曲线(Environmental Kuznets Curve, EKC)理论,分析我国城乡人口食品消费农用

化学品足迹演变趋势和演变规律,探讨减少我国国内农用化学品足迹、有利于环境生态保护合理的食品消费结构及相关政策措施。

表 2 肉蛋奶类食品产出与饲料消耗比^[10-15]

食品	食品产出与饲料(粮食)消耗比 λ
猪肉	0.350
禽肉、蛋	0.435
牛羊肉	0.294
水产品	0.556
奶	0.900

注:表中数据为肉料(精饲料)比或蛋(奶)料比。

2.2 数据分析与研究结论

2.2.1 不同食品单位产量农用化学品足迹存在较大差异

植物性食品中,单位质量化肥、农药足迹从高到低依次是:油料、粮食、水果和蔬菜。2005 年油料化肥、农药足迹分别为 142.6、4.37 kg/t,分别是粮食、水果、蔬菜 3 类食品的 2.5、7.5、14.8 倍(表 3、表 4)。由于肉蛋奶类食品是利用动物的生长繁殖功能、饲喂饲料(主要是粮食)转化而来,因此在 1990—2005 年间,单位质量肉蛋奶类食品农用化学品足迹复合递增率与粮食生产化学用品足迹保持一致。但由于不同动物生长性能的差异,肉蛋奶单位质量农用化学品足迹也不同,从高到低依次是:牛羊肉、猪肉、禽肉(蛋)、奶。其中,2005 年单位质量牛羊肉化肥农药足迹分别为 199.6、6.1 kg/t,大约是同年单位质量奶类食品化肥、农药足迹的 3 倍。

总体趋势而言,1990—2005 年间,除水果以外,粮食、植物油、蔬菜、肉、蛋、奶类食品单位产量农用化学品足迹在 1990—2005 年间均呈持续增长趋势。尽管每吨蔬菜化肥农药足迹在所有食品中最低,但农用化学品足迹年均复合递增率却最高。其单位质量化肥足迹从 1990 年的 5.9 kg/t 增加到 2005 年的 9.6 kg/t,年均复合递增率达 3.3%;单位质量农药足迹从 0.17 kg/t 增加到 0.29 kg/t,年均复合递增率为 3.62%;15 年内单位质量蔬菜的化肥、农药足迹都增加近 1 倍,反映了我国蔬菜生产对农用化学品依赖性不断增大,蔬菜类食品安全问题日益突出。

水果单位质量化肥、农药足迹在 1990—2005 年间分别以每年 6%、4% 左右的速度递减,是所有类别食品中农用化学品足迹唯一呈下降趋势的

表 3 1990—2005 年单位质量食品化肥足迹

kg/t

	粮食	植物油	水果	蔬菜	猪肉	禽肉	牛羊肉	水产品	蛋	奶
1990 年	42.6	118.0	48.2	5.9	121.7	97.9	144.8	76.6	97.9	47.3
1991 年	44.6	132.0	45.8	6.4	127.4	102.5	151.6	80.2	102.5	49.5
1992 年	45.3	137.7	46.9	6.7	129.4	104.1	154.0	81.5	104.1	50.3
1993 年	46.8	131.8	45.6	7.2	133.8	107.6	159.2	84.2	107.6	52.0
1994 年	49.7	135.9	46.5	7.5	142.1	114.4	169.2	89.5	114.4	55.3
1995 年	51.5	139.6	46.1	8.1	147.0	118.3	175.1	92.6	118.3	57.2
1996 年	51.3	142.7	46.2	8.3	146.7	118.0	174.6	92.3	118.0	57.0
1997 年	53.6	148.4	43.9	8.5	153.2	123.3	182.4	96.4	123.3	59.6
1998 年	53.0	146.5	41.1	8.4	151.4	121.8	180.2	95.3	121.8	58.9
1999 年	53.3	141.0	36.6	8.7	152.4	122.6	181.4	95.9	122.6	59.3
2000 年	55.8	138.3	38.1	9.5	159.5	128.3	189.8	100.4	128.3	62.0
2001 年	56.9	139.5	37.1	9.2	162.6	130.8	193.6	102.4	130.8	63.2
2002 年	57.4	143.0	36.7	9.2	164.1	132.0	195.4	103.3	132.0	63.8
2003 年	59.4	154.4	18.8	9.6	169.7	136.6	202.1	106.8	136.6	66.0
2004 年	58.2	142.1	19.2	9.6	166.3	133.8	198.0	104.7	133.8	64.7
2005 年	58.7	142.6	19.1	9.6	167.6	134.9	199.6	105.5	134.9	65.2
年均复合递变率/%	2.16	1.27	-6.00	3.30	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16

表 4 1990—2005 年单位质量食品农药足迹

kg/t

	粮食	油料	水果	蔬菜	猪肉	禽肉	牛羊肉	水产品	蛋	奶
1990 年	1.19	3.31	1.35	0.17	3.41	2.74	4.06	2.15	2.74	1.33
1991 年	1.21	3.58	1.24	0.17	3.46	2.78	4.11	2.18	2.78	1.34
1992 年	1.23	3.74	1.27	0.18	3.51	2.82	4.18	2.21	2.82	1.37
1993 年	1.26	3.55	1.23	0.19	3.60	2.90	4.29	2.27	2.90	1.40
1994 年	1.31	3.57	1.22	0.20	3.73	3.00	4.44	2.35	3.00	1.45
1995 年	1.56	4.22	1.39	0.25	4.45	3.58	5.29	2.80	3.58	1.73
1996 年	1.53	4.25	1.38	0.25	4.37	3.52	5.20	2.75	3.52	1.70
1997 年	1.61	4.45	1.32	0.25	4.60	3.70	5.47	2.89	3.70	1.79
1998 年	1.60	4.42	1.24	0.25	4.56	3.67	5.43	2.87	3.67	1.78
1999 年	1.70	4.49	1.17	0.28	4.85	3.90	5.77	3.05	3.90	1.89
2000 年	1.72	4.27	1.18	0.29	4.92	3.96	5.86	3.10	3.96	1.91
2001 年	1.71	4.18	1.11	0.28	4.87	3.92	5.80	3.07	3.92	1.90
2002 年	1.74	4.32	1.11	0.28	4.96	3.99	5.91	3.12	3.99	1.93
2003 年	1.78	4.64	0.57	0.29	5.10	4.10	6.07	3.21	4.10	1.98
2004 年	1.74	4.25	0.57	0.29	4.97	4.00	5.92	3.13	4.00	1.93
2005 年	1.80	4.37	0.58	0.29	5.13	4.13	6.11	3.23	4.13	2.00
年递变率/%	2.88	2.06	-4.23	3.62	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88

食品。1990 年水果单位质量农用化学品足迹高于粮食,在 1992 年前后与粮食持平并持续下降,2003 年后保持稳定。这和果树大多为多年生木本植物,

在 10 余年时间内生产能力不断提高,自我供养能力、抗病害能力增强,相对减少了其单位质量产出化肥农药施用量密切相关。

2.2.2 城乡人口食品消费化肥农药足迹

改革开放以来,我国农业生产市场化水平不断提高,国内市场消费需求成为决定农业种植结构的首要因素。由于我国城乡人口食品消费结构存在较大差异,城镇人口比农村人口消费更多肉蛋奶类食品,而农村人口较城镇人口消费更多粮食^[1],因此城乡人口食品消费农用化学品足迹必然存在差异。在

计量 1990—2005 年不同食品单位质量农用化学品足迹的基础上,利用 1991—2006 年全国经济社会统计年鉴中城乡人口人均食品消费数据计算所得的 1990—2005 年城镇、乡村人口人均食品消费化肥、农药足迹,并结合 1990—2005 年城乡人口数量,计算 1990—2005 年每 5 年全国食品消费化肥、农药总足迹及城乡人口食品消费所占比重,见表 5。

表 5 1990—2005 年城乡人口食品消费农用化学品足迹相关数据对比分析

食品消费农用化学品足迹	1990 年	1995 年	2000 年	2005 年
城镇人口/亿人	3.02	3.52	4.59	5.62
农村人口/亿人	8.41	8.59	8.08	7.45
化肥足迹				
城镇人口				
人均年食品消费化肥足迹/kg·人 ⁻¹	13.70	14.71	15.72	16.98
城镇人口年食品消费化肥足迹/万 t	413.57	517.24	721.50	954.24
农村人口				
人均年食品消费化肥足迹/kg·人 ⁻¹	14.82	18.06	20.22	19.03
农村人口年食品消费化肥足迹/万 t	1246.64	1552.48	1634.37	1418.74
全国城乡人口年食品消费总化肥足迹/万 t	1660.21	2069.73	2355.87	2372.98
城镇人口食品消费化肥足迹比重/%	24.91	24.99	30.63	40.21
农村人口食品消费化肥足迹比重/%	75.09	75.01	69.37	59.79
农药足迹				
城镇人口				
人均年食品消费农药足迹/kg·人 ⁻¹	0.38	0.54	0.50	0.53
城镇人口年食品消费农药足迹/万 t	11.59	19.10	23.01	29.76
农村人口				
人均年食品消费农药足迹/kg·人 ⁻¹	0.42	0.57	0.63	0.59
农村人口年食品消费农药足迹/万 t	34.94	49.40	50.96	43.78
全国城乡人口食品消费总农药足迹/万 t	46.54	68.50	73.97	73.53
城镇人口食品消费农药足迹比重/%	24.91	27.88	31.10	40.47
农村人口食品消费农药足迹比重/%	75.09	72.12	68.90	59.53

1990—2005 年城镇人口人均年食品消费化肥、农药足迹都明显低于农村人口,这和农村人口较城镇人口消费了更多粮食有关。这说明增加肉蛋奶类高能量食品消费实际上从总量上减少了粮食消费,减轻了食品生产农用化学品足迹,与常规主张素食以保护环境的相关理论相矛盾。另外,农村和城镇人口人均年食品消费化肥农药足迹先后在 2001、2003 年出现拐点,由上升趋势演变为下降趋势。

1990—2005 年全国食品消费化肥总足迹从 1 660 万 t 增加到 2 373 万 t,年平均增加率为 2.86%,全国食品消费农药足迹从 46.5 万 t 增加到 73.5 万 t,年均增加率达 3.87%。由于城市化速度加快,农村人口比重下降,城市人口食品消费农用化学品足迹在全国食品消费农用化学品总足迹中的比

重持续上升。可见城市化水平对全国食品消费农用化学品足迹有一定影响。

2.2.3 食品消费农用化学品足迹 EKC 分析

EKC 曲线理论认为:区域(国家)环境污染水平前期随着经济收入水平的增高而增大,而后期则随着经济收入水平的提高而降低^[8]。而 1990—2005 年随着我国城乡人口经济收入水平不断提高而人均食品消费化肥农药足迹在 1990—2001 年持续增大,而 2001 年以后总体呈下降趋势。图 1 为最符合 2001 年后城乡人口人均年食品消费农用化学品足迹及演变趋势的 EKC 曲线。

图 1 中, Y_1 、 Y_2 、 \bar{Y} 分别表示为农村人口、城镇人口、全国人均经济收入水平, E_1 、 E_2 、 \bar{E} 分别为农村人口、城镇人口、全国人口人均年食品消费农用化学

品足迹。由于我国农村人口较城镇人口有更高的比重,因此, \bar{Y} 、 \bar{E} 并不是 Y_1 、 Y_2 和 E_1 、 E_2 的平均值,而是城镇人口和农村人口食品消费化肥农药足迹的加权平均值(以城乡人口比重为权数),所以更趋近于农村人口食品消费农用化学品足迹。

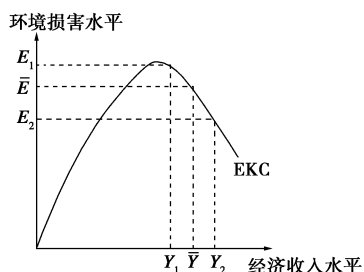


图 1 我国城乡人均年食品消费农用化学品足迹的 EKC 曲线

农村人口的食品消费水平很大程度上决定了我国食品生产消费的农用化学品总足迹(图 1)。而我国农业农用化学品施用过量与占我国人口 70% 以上的农村人口因经济收入水平低下、粮食消费比重过大密切相关。要从根本上减少我国化肥农药施用量,需进一步优化农村人口食品消费结构。从动物及人体营养平衡而言,增加肉蛋奶消费有利于从根本上减少全国粮食消费需求、减轻粮食生产压力,从而减少化肥农药的施用量,实现农业生态环境保护和经济社会可持续发展。而增加农村人口肉蛋奶消费比重的最直接有效的途径是提高农村人口的经济收入水平,因此,加快农村经济发展、促进农民经济收入水平的提高是建设我国环境友好型社会的必要前提。

3 结论

本文通过对 1990—2005 年我国食品生产、消费农用化学品足迹的分析,得到以下结论:

(1) 食品生产农用化学品足迹占我国农用化学品施用总量的比重长期高达 90% 以上,有限的农地面积和 13 亿人口的食品消费需求压力是促使农用化学品施用量持续增加的根本原因。

(2) 不同类别食品单位质量农用化学品足迹存在较大差异。除水果单位产量化肥农药足迹在 1990—2005 年间持续下降以外,粮食、蔬菜、油料等其他食品单位产量农用化学品足迹都呈波动升高趋势,其中蔬菜增长趋势最为显著。

(3) 由于肉蛋奶消费比重低,农村人口较城镇人

口消费更多粮食,以致农村人口人均年食品消费农用化学品足迹长期高于城镇人口。由于我国农村人口比重偏高,农村人口的食品消费水平很大程度上决定了我国食品生产、消费的农用化学品总足迹。

(4) 提高农村经济收入水平、改善农村人口食品消费结构,将从总量上有效减轻我国农产品生产压力,进而避免农业生产中化肥农药过量投入。

本文忽略了不同农作物以及区域性单位面积年化肥、农药施用量的差异,以全国平均的单位面积农用化学品施用量为媒介进行计算,因此研究所得数据可能存在误差,待相关数据更为详实和完备后,本研究将为科学有效的环境生态保护政策调控提供更可靠的参考数据。

参考文献

- [1] 中国经济统计年鉴(1991—2006),北京:中国统计出版社,2006.
- [2] 陈同斌,曾稀柏,胡清秀.中国化肥利用率的区域分异[J].地理学报,2002,57(5):531-538.
- [3] 彭琳.中国化肥施用与粮食的进程/前景与布局[J].农业现代化研究,2000,21(1):14-18.
- [4] 贾蕊,陆迁,何学松.我国农业污染现状原因及对策研究[J].中国农业科技导报,2006,8(1):59-63.
- [5] 张中一,施正香,周青.农用化学品对生态环境和人类健康的影响及对策[J].中国农业大学学报,2003,8(2):73-77.
- [6] Foster C, Green K, Bleda M, et al. Environmental impacts of Food Production and Consumption: A report to the Department for Environment, Food and rural Affairs[R]. London: Manchester Business Schools, Defra, 2006.
- [7] Spangenberg J H, Lorek S. Environmentally sustainable household consumption: From aggregate environmental pressures to priority fields of action[J]. Ecological Economics, 2002(43):127-140.
- [8] Heerink N, Mulatu A, Bulte E. Income inequality and the environment: aggregation bias in environmental Kuznets curves[J]. Ecological Economics, 2001, 38:359-367.
- [9] 朱兆良.拓宽思路 保障我国粮食安全[EB/OL][2008-02-20]. <http://www.casad.ac.cn>.
- [10] 杨宁.我国蛋鸡发展趋势[J].科学养殖,2005,11:9.
- [11] 冷寒冰,等.一株功能性益生菌对肉鸡生产性能的影响[J].河南畜牧兽医,2007,28(09S):10.
- [12] M C 柯里默,等.利用豆粕型日粮养殖 2.5 kg 草鱼的示范试验//美国大豆协会[EB/OL][2008-02-20].2003 http://www.asaim-china.org/article.php3?id_article=431.
- [13] 詹凯,等.泌乳盛期荷斯坦乳牛饲喂不同比例维生素微量元素预混料的作用效果研究[J].中国乳业,2002,12:16-17.
- [14] 杨佳栋,等.复合蛋白对肉牛生产性能和血液指标的影响[J].河北农业大学学报,2006,29(3):75-78.
- [15] 黄瑞华.猪的集约化养殖[M].合肥:安徽科学技术出版社,2003:1-9. ■