

祝宏辉,王彦.我国农业化肥施用强度的变动趋势与影响因素——基于省级面板数据的实证分析[J].江苏农业科学,2018,46(13):353-358.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.13.081

# 我国农业化肥施用强度的变动趋势与影响因素 ——基于省级面板数据的实证分析

祝宏辉,王彦

(石河子大学经济与管理学院,新疆石河子 832000)

**摘要:**基于 1979—2015 年的省级面板数据,对我国农业化肥施用强度及变动趋势进行测算与分析,研究发现,改革开放以来,我国总体及中部、东部、西部三大地区的农业化肥施用强度均保持上升的趋势,且全国呈现由西向东上升的空间分布规律。通过构建多元回归模型,分 2 个阶段对在不同生产流通体制下,化肥施用强度的影响因素展开实证分析,结果表明,农业产出水平提高始终是我国农业化肥施用强度上升的诱致性因素;人口数量的增长会间接导致化肥施用强度的上升;在市场经济体制下,化肥价格对化肥施用强度的调节作用仍不明显。最后,提出了引导农户科学施肥、减轻农业生产对化肥的依赖、重视政府对化肥市场的调节作用等政策建议。

**关键词:**农业化肥;施用强度;变动趋势;固定效应模型;多元回归;影响因素;诱致性因素;政策建议

**中图分类号:** F323.3    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1002-1302(2018)13-0353-06

改革开放以来,我国农业逐步由传统农业向现代农业转变,作为现代农业不可或缺的投入要素,化肥从 1978 年开始便呈现供不应求的趋势。1978 年我国农业化肥的施用量仅有 884 万 t,而至 2015 年我国化肥施用量已高达 6 022.6 万 t;从 1980 年起,平均每隔 5 年增长 679 万 t。然而,不断增长的化肥投入在增产保质的同时也给农业的持续发展带来困难和挑战。因此,近年来我国的农业政策力图扭转这种趋势。2016 年,中央一号文件就明确指出,要实施化肥“零增长”行动;2016 年,国务院印发的《全国农业现代化规划(2016—2020 年)》和“十三五”生态环境保护规划》均明确提出,要开展化肥“零增长”行动,争取在 2020 年实现化肥使用量“零增长”的目标;2017 年,中央一号文件提出要深入推进化肥“零增长”行动;2017 年,农业部出台的《农业部关于推进农业供给侧结构性改革的实施意见》指出,我国在 2016 年化肥使用量首次接近“零增长”,并强调要进一步减少化肥使用量。从当前我国农业发展的宏观政策中可以研判,我国化肥使用量会逐步实现“零增长”。然而,我国农业化肥的使用量是继续保持当前的高位水平,还是回落到一个更低的水平,这是事关我国农业发展的一项重要命题,笔者试图从化肥施用强度的角度来探讨这一命题。

学术界对我国农业化肥的研究也从未间断。改革开放之初,相关学者研究发现,我国农业化肥总量不足难以满足农业增产的需求,继续增施化肥仍有很大的潜在收益<sup>[1]</sup>。然而化肥的施用对农作物增产有多大的促进作用尚须商榷。部分学

者认为,化肥施用量与粮食产量的增长不成比例,化肥施用的增产效果并不理想<sup>[2]</sup>。随后,也有学者从更多年份的数据中研究发现,化肥对我国农业增产的作用是显著的<sup>[3-4]</sup>。20 世纪 80—90 年代,我国农业发展过程中出现了化肥使用效益下降的问题。因为化肥本身也是农业生产的投入要素,为了降低生产成本,提升化肥施用的经济效益,相关学者提出,要注重施肥的水平和结构,强调合理施肥<sup>[5]</sup>;张桐提出,继续增施化肥并且注重经济效益的折衷建议<sup>[6]</sup>。2000 年以后,史常亮等研究发现,我国农业发展存在过量施肥的问题<sup>[7]</sup>。长期以来,化肥的不断增施产生了农业面源污染的问题<sup>[8]</sup>。仇焕广等针对我国过量施肥的原因进行了研究,认为农户风险规避、户主受教育程度及劳动力成本等是影响化肥施用强度的重要因素<sup>[9]</sup>。虞伟等从化肥减量的角度对解决我国过量施肥的问题进行研究<sup>[10]</sup>。

近年来,随着我国农业面源污染问题的加重,化肥施用强度也愈发受到学术界的关注并成为直接研究对象,这些研究大致可分为跨区域比较和影响因素研究 2 类。龚琦等从收入、价格、种植结构等 8 个方面对影响化肥施用的因素进行了分析<sup>[11]</sup>;潘丹从农产品和区域 2 个层面对我国化肥施用强度变动的因素进行了分解分析<sup>[12]</sup>;王美兔等对我国化肥施用强度与粮食的进出口贸易、国内农产品价格指数、农业生产资料价格以及农民人均纯收入之间的相互关系进行了研究<sup>[13]</sup>;朱满德等探究了 1994 年以来化肥施用强度对早籼稻、中籼稻、晚籼稻、粳稻、小麦、玉米等 6 种粮食单产水平的影响<sup>[14]</sup>;耿仲钟等分析了我国 2004—2013 年间不同地区化肥施用强度的区域差异特征及其变化规律<sup>[15]</sup>。

已有文献针对我国农业化肥施用强度的探究具有重要价值,但仍存在改进空间:相关研究时间范围上跨度不长,缺乏对改革开放后至今我国化肥施用强度总体变动趋势的宏观分析;已有文献多从微观个体的角度分析化肥施用强度的影响因素,而对影响因素的宏观分析较少。基于此,笔者将在改革

收稿日期:2018-01-18

基金项目:国家社会科学基金(编号:13BJY140)。

作者简介:祝宏辉(1973—),男,江苏丹阳人,博士,教授,从事农业经济理论与政策的研究。E-mail:zhuhonghui1973@163.com。

通信作者:王彦,硕士研究生,从事农业经济理论与政策的研究。  
E-mail:wangyan442@163.com。

开放至今的更长时间范围内对我国农业化肥施用强度的变动趋势展开分析,同时从宏观的角度对影响我国农业化肥施用强度的因素进行实证分析。

1 数据来源与研究方法

1.1 农业化肥施用强度的测算方法与数据来源

化肥施用强度一般是指单位播种面积化肥施用量,本研究根据此定义来测算我国农业化肥的施用强度,测算模型如下:

$$I_u = \frac{F_u}{A_u} = \frac{N_u + P_u + K_u + C_u}{A_u}。$$

式中: $I$ 表示化肥施用强度; $F$ 表示化肥施用量; $A$ 表示农作物播种总面积; $N$ 表示氮肥施用量; $P$ 表示磷肥施用量; $K$ 表示钾肥施用量; $C$ 表示复合肥施用量; $i$ 表示地区; $t$ 表示年份。测算化肥施用强度所涉及的数据均出自《中国统计年鉴》《中国农村统计年鉴》《中国农业年鉴》《改革开放 30 年农业统计资料汇编》《新中国农业 60 年统计资料》等。

1.2 农业化肥施用强度影响因素的模型构建与变量选择

化肥施用强度反映单位播种面积土地上的化肥投入水平,而在我国现行农地制度下,无论是全国、区域还是农户,其拥有的耕地面积都是相对稳定的,化肥施用强度与化肥施用量存在着必然的联系。根据要素市场理论,要素需求属于派生需求,生产者对要素需求是否强烈取决于消费者对产品的需求是否强烈;就化肥而言,投入化肥主要是为了保障产量从而满足消费者对农产品的需求,而农产品的消费者就是一定数量的人,人口数量对农产品市场需求产生影响,进而影响化肥的施用强度,因此用人口数量衡量市场对农产品的需求程度。要素投入水平也取决于生产者的收益状况;就化肥而言,化肥投入水平与农产品的产出水平密切相关;农民收入水平决定了农民对化肥的购买能力。此外,要素的市场需求还受到要素价格的影响;因此,化肥价格对化肥施用强度也有调节

作用。基于此,本研究选取化肥施用量、人口数量、农产品产出水平、农民收入水平以及化肥价格等因素作为影响我国农业化肥施用强度的宏观因素进行实证研究,并设立如下多元回归模型:

$$\ln FAI_{i,t} = a + b_1 \ln FIC_{i,t} + b_2 \ln POP_{i,t} + b_3 \ln GYP_{i,t} + b_4 \ln C_{i,t} + b_5 \ln CFP_{i,t} + m_{i,t}。$$

式中: $i$ 表示省份; $t$ 表示年份; $FAI$ 表示被解释变量化肥施用强度; $FIC$ 表示农业化肥施用量,其值为年内化肥施用总量; $POP$ 表示人口数量,其值为总人口数,它用来衡量年内一地区对农产品的需求程度,从而间接衡量年内该地区对化肥的需求程度; $GYP$ 表示单位面积粮食产量,它用来表示农产品的产出水平; $INC$ 表示农村居民家庭人均经营纯收入,它用来衡量农民的收入水平,表示农民对化肥的购买能力; $CFP$ 表示农业化肥价格,其值为化肥价格指数。变量所涉及的数据均来自《中国统计年鉴》和各省(区、市)统计年鉴。

2 我国整体和各省(市、区)农业化肥施用强度的测算与分析

2.1 我国整体农业化肥施用强度的测算与分析

从表 1 可以看出,1979 年以来,我国农业化肥施用强度不断上升,1980—1997 年,全国农业化肥施用强度平均每年增幅达 10.3 kg/hm<sup>2</sup>;1998—2014 年,全国农业化肥施用强度平均每年增幅为 5.75 kg/hm<sup>2</sup>;2015 年化肥施用强度值比 2014 年低 0.42 kg/hm<sup>2</sup>,达到 361.99 kg/hm<sup>2</sup>,然而这一数值仍是 2012 年美国的 3 倍。1995 年我国化肥施用强度达到 239.77 kg/hm<sup>2</sup>,此后,我国化肥施用强度一直处于 225 kg/hm<sup>2</sup> 的安全施肥标准之上。

2.2 我国各省(市、区)农业化肥施用强度的测算与分析

使用 1979—2015 年各省化肥施用总量和农作物播种总面积 2 项面板数据,测算出了 1979—2015 年全国各省农业化肥施用强度平均值(表 2)。

表 1 1979—2015 年全国农业化肥施用强度测算结果

年份	化肥施用总量 (万 t)	农作物播种总面积 (万 hm <sup>2</sup> )	化肥施用强度 (kg/hm <sup>2</sup> )	年份	化肥施用总量 (万 t)	农作物播种总面积 (万 hm <sup>2</sup> )	化肥施用强度 (kg/hm <sup>2</sup> )
1979	1 086.3	14 847.667	73.16	1998	4 083.7	15 570.570	262.27
1980	1 269.4	14 637.933	86.72	1999	4 124.3	15 637.281	263.75
1981	1 334.9	14 515.733	91.96	2000	4 146.4	15 629.985	265.29
1982	1 513.4	14 475.467	104.55	2001	4 253.8	15 570.786	273.19
1983	1 659.8	14 399.333	115.27	2002	4 339.4	15 463.551	280.62
1984	1 739.8	14 422.133	120.63	2003	4 411.6	15 241.496	289.44
1985	1 775.8	14 362.600	123.64	2004	4 636.6	15 355.255	301.95
1986	1 930.6	14 420.400	133.88	2005	4 766.2	15 548.773	306.53
1987	1 999.7	14 495.667	137.95	2006	4 927.7	15 214.900	323.87
1988	2 141.5	14 486.867	147.82	2007	5 107.8	15 346.400	332.83
1989	2 357.1	14 655.393	160.83	2008	5 239	15 626.600	335.26
1990	2 590.3	14 836.227	174.59	2009	5 404.4	15 861.400	340.73
1991	2 805.1	14 958.580	187.52	2010	5 561.7	16 067.500	346.15
1992	2 930.2	14 900.710	196.65	2011	5 704.2	16 228.300	351.50
1993	3 151.9	14 774.070	213.34	2012	5 838.8	16 341.600	357.30
1994	3 317.9	14 824.060	223.82	2013	5 911.9	16 462.700	359.11
1995	3 593.7	14 987.930	239.77	2014	5 995.9	16 544.600	362.41
1996	3 827.9	15 238.060	251.21	2015	6 022.6	16 637.400	361.99
1997	3 980.7	15 396.920	258.54				

表 2 1979—2015 年全国各省(区、市)农业化肥施用强度

地区	化肥施用总量 (万 t)	氮肥用量 (万 t)	磷肥用量 (万 t)	钾肥用量 (万 t)	复合肥用量 (万 t)	农作物播种总面积 (千 hm <sup>2</sup> )	化肥施用强度 (kg/hm <sup>2</sup> )
北京市	13.82	8.57	0.99	0.39	4.48	469.55	336.38
天津市	14.18	8.48	2.20	0.92	4.45	546.63	278.83
河北省	222.09	131.76	40.01	15.83	60.67	8 789.69	252.82
辽宁省	103.47	63.82	11.91	7.09	28.31	3 790.19	271.64
上海市	16.21	11.33	1.88	0.48	2.39	544.74	307.07
江苏省	267.36	167.61	43.96	14.14	66.84	8 022.22	338.44
浙江省	86.74	59.07	12.25	6.05	13.94	3 580.70	262.51
福建省	94.92	48.03	15.39	19.73	22.13	2 556.69	374.94
山东省	345.14	170.69	49.03	30.24	131.98	10 854.12	317.18
广东省	176.08	95.27	21.24	35.37	40.91	5 339.59	345.67
海南省	30.36	10.59	2.65	4.23	12.91	848.63	360.10
东部地区	124.58	70.47	18.32	12.22	35.36	4 122.07	313.23
山西省	75.33	37.53	16.71	5.03	24.50	3 923.49	194.86
吉林省	112.93	61.07	5.50	7.84	53.69	4 495.96	241.47
黑龙江省	121.70	55.27	30.87	14.56	36.92	9 751.02	118.41
安徽省	214.88	106.61	36.91	20.85	77.47	8 547.71	246.77
江西省	100.02	46.90	20.49	17.31	26.67	5 556.35	180.54
河南省	370.65	191.51	87.18	34.76	110.24	12 738.96	278.57
湖北省	216.55	126.44	49.51	18.25	51.52	7 493.47	287.14
湖南省	166.10	95.12	24.28	29.14	33.61	7 947.00	207.93
中部地区	172.27	90.06	33.93	18.47	51.83	7 556.75	219.46
内蒙古自治区	82.75	48.78	16.97	6.45	24.64	5 650.18	131.65
广西壮族自治区	142.60	57.05	22.43	35.50	46.26	5 596.45	244.98
重庆市	82.98	47.65	17.13	4.00	13.96	3 458.40	240.62
四川省	199.37	127.60	43.20	10.19	33.75	10 875.38	189.29
贵州省	60.20	39.04	10.14	5.00	13.12	4 151.29	137.96
云南省	106.59	67.17	20.16	10.53	23.29	5 277.56	186.92
西藏自治区	2.74	1.29	0.64	0.23	0.98	226.30	117.55
陕西省	115.79	69.45	14.63	9.37	37.17	4 537.24	264.31
甘肃省	54.58	29.99	13.55	3.28	15.23	3 721.12	143.35
青海省	6.31	3.09	1.26	0.25	2.26	527.78	119.11
宁夏回族自治区	20.96	13.16	2.77	0.84	7.35	1 018.55	192.57
新疆维吾尔自治区	86.11	49.34	24.43	5.00	21.33	3 593.81	215.16
西部地区	80.08	46.13	15.61	7.55	19.95	4 052.84	181.96
全国	119.66	66.11	21.30	12.03	33.64	4 981.64	238.22

注:氮肥、磷肥、钾肥和复合肥用量因部分年份统计资料缺失为 1985—2015 年间的平均值,海南省时间范围是 1988—2015 年,重庆市时间范围是 1997—2015 年。东部、中部和西部地区的划分依据为地域分布。下同。

从平均值看,1979—2015 年,我国由东向西化肥施用强度呈“东部地区高、中部地区次之、西部地区低”的空间分布规律,但中西部地区的农业大省诸如河南省、湖北省及陕西等省份的化肥施用强度与东部沿海省份一样也超过了全国平均值。东部地区的化肥施用强度从 1990 年开始超过安全施肥标准,中部和西部地区分别在 1996、2005 年超过安全施肥标准。为体现全国及各地区化肥施用强度的变动趋势,将我国及东部、中部、西部三大地区的化肥施用强度变动趋势见图 1。

从图 1 可以看出,1979—2015 年,全国及东部、中部、西部三大地区化肥施用强度除在个别年份有小幅下降外总体呈上升趋势。东部地区强度值高于全国,中部地区略低于全国,西部地区最低。1979—1996 年,我国东部沿海各省份的化肥施用强度值呈逐年递增趋势;1997—1998 年东部地区强度值

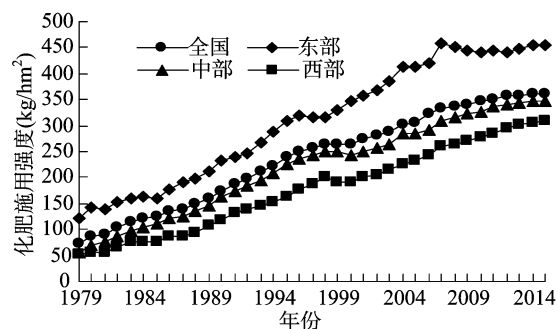


图1 1979—2015 年我国及东部、中部、西部三大区域农业化肥施用强度变动趋势

呈下降趋势,但下降幅度较小;1999—2007 年又呈逐年递增态势,2007 年达到峰值 458.3 kg/hm<sup>2</sup>;2008—2015 年强度值呈下降趋势,但仍保持在 450 kg/hm<sup>2</sup> 左右的高位水平。

1979—2015 年,中部和西部地区的变动趋势大致相同,中部地区仅在 1999 年和 2000 年连续 2 年小幅下降,西部地区则仅在 1999 年出现小幅下降。

3 我国农业化肥施用强度的影响因素分析

在对我国农业化肥施用强度及变动趋势研究之后,进一步找出影响化肥施用强度的因素,才能为降低化肥施用强度的对策提供依据。改革开放以来,我国化肥的生产和流通体制以 1998 年为分水岭,1998 年以前我国的化肥生产和流通体制实行的是计划经济模式,1998 年以后,国家放开了对化肥生产和供应的计划指令性管理。这种管理体制的转变对我国农业化肥的生产与供应有着重要影响,基于此,本研究将分

别使用 1979—1998 年和 1999—2015 年 2 个不同阶段的省级面板数据,对在 2 种不同生产流通体制下化肥施用强度的影响因素进行分析。

3.1 1979—1998 年我国农业化肥施用强度影响因素分析

3.1.1 变量的单位根检验和协整检验 针对 1979—1998 年我国 29 个省份(不包括海南省和重庆市)的面板数据分析中,被解释变量 *FAI* 和解释变量 *FIC*、*POP*、*GYP*、*INC*、*CFP* 均有  $20 \times 29 = 580$  个样本。按照计量分析步骤,先对变量进行单位根检验,检验时使用了含有截距项和趋势项的类型,检验结果见表 3。LLC 和 Fisher-ADF 2 种方法的检验结果,6 个序列的水平检验不能拒绝有单位根的原假设,而一阶差分均能在 1% 的显著水平上拒绝有单位根的原假设。

表 3 被解释变量和解释变量的单位根检验(1979—1998)

变量	单位根				
	LLC	Breitung	IPS	ADF	PP
<i>FAI</i>	-16.115(0.000)	-7.1035(0.000)	-17.129(0.000)	301.052(0.000)	350.923(0.000)
<i>FIC</i>	-16.821(0.000)	-6.876(0.000)	-16.028(0.000)	300.388(0.000)	352.156(0.000)
<i>POP</i>	-19.990 0(0.000)	-6.560(0.000)	-16.826 0(0.000)	310.410 0(0.000)	388.172 0(0.000)
<i>GYP</i>	-12.460 0(0.000)	-7.2992(0.000)	-17.497(0.000)	315.119(0.000)	482.556 0(0.000)
<i>INC</i>	-6.4269(0.000)	-3.835(0.000)	-6.960(0.000)	144.460(0.000)	131.308(0.000)
<i>CFP</i>	-13.291(0.000)	-1.8780(0.030)	-8.469(0.000)	169.475(0.000)	20.494(1.000)

注:括号内数据为一阶差分检验量的 *P* 值。本阶段各年份价格指数以 1979 年为基期(1979 年=100)。

模型涉及的 6 个序列均为一阶单整,符合协整检验的前提条件。笔者综合运用 Pedroni Residual Cointegration Test、Kao Residual Cointegration Test 和 Johansen Fisher Panel Cointegration Test 进行协整检验,结果发现 29 个省份的 *FAI*、*FIC*、*POP*、*GYP*、*INC*、*CFP* 之间存在长期稳定的关系。

3.1.2 模型的回归结果与分析 为消除数据波动造成的影响,对原变量数据作取对数处理。本研究使用 Stata14 软件对全国及三大地区的回归模型进行了 Hausman 检验,结果均拒绝了随机效应模型的假设,表明应对因变量和自变量建立固定效应模型。模型回归结果(表 4)表明,总体而言全国及三大区域固定效应模型调整后的可决系数  $R^2$  均大于 0.98,拟合程度较高,解释变量对被解释变量具有较强的说服力。从全国看各解释变量的显著性水平较高,除 *CFP* 外其他解释变量均在 1% 的水平上显著。*FIC*、*GYP*、*CFP* 的回归系数在全国及三大地区的回归模型中大体上为正值。*POP* 的回归系数在东部地区的回归模型中为正值但不显著,在中西部地区及全国范围内为负值。*INC* 的回归系数在西部地区的回归模型中为负值且不显著,在中东部地区及全国范围内为正值。回归结果表明,随着化肥施用量的增加,化肥施用强度也上升。在本阶段全国人口数量的增长与化肥施用强度呈负相关关系,这与实际不符,这是由于我国人口基数大,我国大宗农产品生产的压力始终存在<sup>[16-17]</sup>,增施化肥的需求仍很强烈。以单位面积粮食产量为代表的农业产出水平的提高,会刺激农户增施化肥,从而导致化肥施用强度上升。本阶段我国西部地区农村居民家庭人均经营纯收入水平低于中东部地区及全国平均水平的背景下<sup>[18]</sup>,中东部地区农民收入的增加提高了本地区农民购买化肥的能力,农民收入水平对本地区农业化肥施用强度的上升具有正向作用,而西部地区农民增施化肥的成本超过了农民人均收入,农民家庭人均经营纯收入与

化肥施用强度呈负相关关系。化肥价格的回归结果表明,在本阶段国家对化肥的生产和流通采取行政指令管理方式的背景下,化肥价格对化肥施用强度的调节作用并不明显,反而出现化肥价格调高和化肥施用强度上升的情况<sup>[19]</sup>。

3.2 1999—2015 年我国农业化肥施用强度的影响因素分析

3.2.1 变量的单位根检验和协整检验 在针对 1999—2015 年我国 31 个省份的面板数据分析中,被解释变量和解释变量均有  $17 \times 31 = 527$  个样本。使用同样方法对相关变量进行单位根检验,检验结果见表 5。从表 5 可以看出,6 个序列的水平检验不能拒绝有单位根的原假设,而一阶差分均能在 1% 的显著水平上拒绝有单位根的原假设。模型涉及的 6 个序列均为一阶单整,表明可以进行协整检验。本研究综合运用 Pedroni Residual Cointegration Test、Kao Residual Cointegration Test 和 Johansen Fisher Panel Cointegration Test 进行协整检验,结果发现 31 个省份的 *FAI*、*FIC*、*POP*、*GYP*、*INC*、*CFP* 之间存在长期稳定的关系。

3.2.2 模型的回归结果与分析 使用同样方法,对全国及三大地区的回归模型进行了检验与分析,回归结果见表 6。全国及三大区域固定效应模型调整后的确定系数  $R^2$  均在 0.8 以上,拟合程度较好。从全国看,各解释变量的显著性水平较高,除 *GYP* 外其他解释变量均在 1% 的水平上显著。*FIC* 和 *GYP* 的回归系数在全国及三大地区的回归模型中均为正值。*POP* 的回归系数在中东部地区及全国的回归模型中为正值,在西部地区为负值。*INC* 的回归系数在西部地区的回归模型中为正值,在中东部地区及全国范围内为负值。*CFP* 的回归系数仅在中部地区为负值且不显著,在东部、西部及全国范围内的回归模型中为正值。

回归分析结果表明,在本阶段随着化肥施用量的增加,化肥施用强度继续上升;本阶段中东部地区人口数量的增长加

表 4 全国及三大区域模型回归结果(1979—1998 年)

变量	全国回归系数			东部地区回归系数		
	OLS	FE	RE	OLS	FE	RE
<i>FIC</i>	0.578 ± 0.029 ***	0.893 ± 0.013 ***	0.880 ± 0.014 ***	0.890 ± 0.045 ***	0.810 ± 0.022 ***	0.800 ± 0.027 ***
<i>POP</i>	-0.586 ± 0.039 ***	-0.226 ± 0.075 ***	-0.741 ± 0.044 ***	-1.134 ± 0.065 ***	0.230 ± 0.150	-0.950 ± 0.066 ***
<i>GYP</i>	0.659 ± 0.047 ***	0.077 ± 0.025 ***	0.092 ± 0.027 ***	0.369 ± 0.065 ***	0.082 ± 0.039 **	0.159 ± 0.046 ***
<i>INC</i>	0.365 ± 0.040 ***	0.137 ± 0.023 ***	0.118 ± 0.025 ***	0.375 ± 0.053 ***	0.106 ± 0.040 ***	0.098 ± 0.047 **
<i>CFP</i>	0.223 ± 0.453	0.235 * ± 0.130	0.117 ± 0.140	-1.268 ± 0.595 **	1.237 ± 0.323 ***	0.457 ± 0.367
常数项	-1.155 ± 2.133	0.739 ± 0.931	5.302 ± 0.786 ***	11.403 ± 2.621 ***	-6.914 ± 2.155 ***	5.499 ± 1.849 ***
<i>N</i>	580	580	580	200	200	200
$A - R^2$	0.870	0.984		0.931	0.983	
<i>F</i> 值	162.864	1 519.754		112.878	474.834	

变量	中部地区回归系数			西部地区回归系数		
	OLS	FE	RE	OLS	FE	RE
<i>FIC</i>	0.844 ± 0.067 ***	0.920 ± 0.020 ***	0.927 ± 0.021 ***	0.671 ± 0.029 ***	0.993 ± 0.021 ***	0.937 ± 0.025 ***
<i>POP</i>	-0.828 ± 0.076 ***	-0.108 ± 0.120	-0.561 ± 0.086 ***	-0.669 ± 0.037 ***	-0.117 ± 0.103	-0.867 ± 0.047 ***
<i>GYP</i>	0.557 ± 0.050 ***	0.010 ± 0.028	-0.023 ± 0.028	0.749 ± 0.055 ***	0.088 ± 0.043 **	0.134 ± 0.052 ***
<i>INC</i>	-0.942 ± 0.098 ***	0.011 ± 0.030	0.009 ± 0.034	-0.729 ± 0.095 ***	-0.053 ± 0.052	-0.100 ± 0.063
<i>CFP</i>	0.942 ± 0.411 **	0.303 ± 0.088 ***	0.303 ± 0.098 ***	1.160 ± 0.689 *	0.099 ± 0.269	-0.032 ± 0.328
常数项	3.809 ± 2.373	0.035 ± 1.501	4.028 ± 0.936 ***	-0.324 ± 3.224	1.413 ± 1.577	7.505 ± 1.648 ***
<i>N</i>	160	160	160	220	220	220
$A - R^2$	0.943	0.997		0.924	0.985	
<i>F</i> 值	111.376	2 201.668		112.089	615.090	

注:(1) \*、\*\*、\*\*\* 分别表示显著性水平为 10%、5% 和 1%;(2) OLS、FE 和 RE 分别表示混合最小二乘法回归、固定效应回归和随机效应回归。列出 OLS 和 RE 回归结果作为参照。表 6 同。

表 5 被解释变量和解释变量的单位根检验(1999—2015 年)

变量	单位根				
	LLC	Breitung	IPS	ADF	PP
<i>FAI</i>	18.105(0.000)	-8.590(0.000)	-12.978(0.000)	251.313(0.000)	370.298(0.000)
<i>FIC</i>	-11.940(0.000)	-3.0271(0.001)	-8.791(0.000)	191.432(0.000)	328.564(0.000)
<i>POP</i>	21.285(0.000)	-2.697(0.004)	-19.096(0.000)	284.356(0.000)	401.140(0.000)
<i>GYP</i>	20.866(0.000)	-7.259(0.000)	-17.166(0.000)	309.861(0.000)	459.317(0.000)
<i>INC</i>	12.761(0.000)	-3.496(0.000)	-8.454(0.000)	190.799(0.000)	345.075(0.000)
<i>CFP</i>	11.381(0.000)	-4.102(0.000)	-6.357(0.000)	145.263(0.000)	348.427(0.000)

注:本阶段各年份价格指数以 1999 年为基期(1999 年 = 100)。

大了本地区对粮食的需求水平,从而间接促使本地区化肥施用强度的上升,这种趋势也代表着全国的总体情况;农业产出水平的提高依然是刺激农户增施化肥的重要因素;在本阶段中东部地区农民家庭经营收入的增加并没有导致农民继续增施化肥,而西部地区农民收入的增加则是导致化肥施用强度上升的因素;本阶段化肥的生产和流通在市场机制的作用下,化肥价格对化肥施用强度的调节作用在中部地区有明显的体现,中部地区化肥价格与该地区的化肥施用强度呈负相关关系,但从东部、西部及全国看,化肥价格对化肥施用强度没有负向的调节作用。

#### 4 结论与讨论

在我国家庭联产承包经营体制下,单个农户的耕地面积有限,农民偏向于增施化肥以发挥其增产的作用,化肥施用量的不断增长导致化肥施用强度不断上升,农产品产出水平的提高成为诱导农户增施化肥的诱致性因素,而实际上已有研究已经证明当前农业化肥的增产效应已经大大下降,增施化

肥反而造成土壤肥力下降并引发面源污染。然而,广大农户并没有认识到增施化肥的这种负外部性,其增施化肥的生产行为已经形成惯性。因此,要通过宣传教育的方式积极引导广大农户科学施肥,减少广大农户和农业经营组织过量投入化肥的盲目生产行为,从源头上减少化肥施用总量,降低化肥施用强度。

我国中东部地区人口数量的增长已经成为引发化肥施用强度上升的引致性因素。我国人口基数大,特别是中东部地区人口密度较大,人口对大宗农产品的刚需使得农业生产始终面临着较大的生产压力,这种压力最终会通过供求机制与价格信号致使农户在农业生产过程中力图获得最高产量,在这种利益的驱使下施用化肥会成为农户的必然选择,于是化肥施用量就必然也会是个基数较大的变量,这种供给紧张的农业生产形势极易引发化肥超标施用。尽管化肥对农产品的增产有着重要的作用,但不能单纯依靠增加化肥的投入来保障农产品的生产与供应,要更加重视和依靠新品种、新技术、新动能等多种农业生产技术来保障农产品的生产与供应,减

表 6 全国及三大区域模型回归结果(1999—2015 年)

变量	全国回归系数			东部地区回归系数		
	OLS	FE	RE	OLS	FE	RE
<i>FIC</i>	0.024 ± 0.031	0.656 ± 0.023 ***	0.543 ± 0.024 ***	0.104 ± 0.032 ***	0.780 ± 0.043 ***	0.556 ± 0.045 ***
<i>POP</i>	0.063 ± 0.041	0.321 ± 0.058 ***	-0.093 ± 0.049	-0.174 ± 0.047 ***	0.319 ± 0.116 ***	-0.462 ± 0.084 ***
<i>GYP</i>	0.494 ± 0.062 ***	0.039 ± 0.019 **	0.050 ± 0.022 **	0.076 ± 0.064	0.026 ± 0.026	0.034 ± 0.032
<i>INC</i>	0.115 ± 0.051 **	-0.061 ± 0.022 ***	-0.092 ± 0.025 ***	-0.003 ± 0.044	-0.127 ± 0.035 ***	-0.230 ± 0.040 ***
<i>CFP</i>	0.978 ± 0.200 ***	0.254 ± 0.052 ***	0.168 ± 0.059 ***	0.045 ± 0.262	0.533 ± 0.162 ***	0.708 ± 0.197 ***
常数项	-4.602 ± 1.072 ***	-1.030 ± 0.657	3.230 ± 0.591 ***	5.889 ± 1.412 ***	-1.962 ± 1.307	5.191 ± 1.236 ***
<i>N</i>	527	527	527	187	187	187
<i>A - R</i> <sup>2</sup>	0.327	0.872		0.258	0.810	
<i>F</i> 值	13.147	173.572		4.087	39.176	

变量	中部地区回归系数			西部地区回归系数		
	OLS	FE	RE	OLS	FE	RE
<i>FIC</i>	0.882 ± 0.064 ***	0.495 ± 0.056 ***	0.472 ± 0.060 ***	0.562 ± 0.033 ***	0.633 ± 0.034 ***	0.607 ± 0.034 ***
<i>POP</i>	-0.957 ± 0.089 ***	0.144 ± 0.161	-0.166 ± 0.103	-0.534 ± 0.041 ***	-0.282 ± 0.096 ***	-0.503 ± 0.063 ***
<i>GYP</i>	0.551 ± 0.073 ***	0.198 ± 0.053 ***	0.245 ± 0.062 ***	0.506 ± 0.073 ***	0.044 ± 0.052	0.061 ± 0.053
<i>INC</i>	-1.075 ± 0.091 ***	-0.005 ± 0.050	-0.076 ± 0.059	-0.592 ± 0.075 ***	0.208 ± 0.046 ***	0.233 ± 0.046 ***
<i>CFP</i>	2.039 ± 0.303 ***	-0.029 ± 0.117	0.065 ± 0.140	-0.209 ± 0.179	0.290 ± 0.064 ***	0.246 ± 0.066 ***
常数项	2.871 ± 1.689 *	0.202 ± 1.595	2.672 ± 1.218 **	8.057 ± 1.185 ***	1.690 ± 0.842 **	3.354 ± 0.697 ***
<i>N</i>	136	136	136	204	204	204
<i>A - R</i> <sup>2</sup>	0.818	0.926		0.750	0.939	
<i>F</i> 值	29.872	82.192		29.982	150.293	

轻农业生产对化肥的依赖。

在对化肥的生产流通体制进行改革之后,化肥市场价格对化肥施用量的调节作用已经显现,但这种调节作用很不明显,因为在市场机制的作用下化肥市场也存在自发性和滞后性的问题<sup>[20]</sup>。在深化我国化肥市场体制改革时不能完全忽视政府的作用,政府相关部门要制定化肥产业发展规划,在保证化肥供需平衡和价格稳定的前提下,不断优化化肥的品种结构,引导我国化肥市场朝着健康、有序和良性的方向发展。

参考文献:

[1]郭金如,林葆. 关于提高我国化肥增产效果的一些粗浅看法[J]. 农业技术经济,1982(6):55-57.

[2]杨德春. 化肥的施用和经济效果[J]. 农业经济问题,1980(6):51-53.

[3]王祖力,肖海峰. 化肥施用对粮食产量增长的作用分析[J]. 农业经济问题,2008(8):65-68.

[4]张利庠,彭辉,靳兴初. 不同阶段化肥施用量对我国粮食产量的影响分析——基于1952—2006年30个省份的面板数据[J]. 农业技术经济,2008(4):85-94.

[5]黄季焜,陈庆根,王巧军. 探讨我国化肥合理施用结构及对策——水稻生产函数模型分析[J]. 农业技术经济,1994(5):36-40.

[6]张桐. 增产粮食必须增加化肥使用量并提高化肥的经济效益[J]. 农业经济问题,1983(4):64.

[7]史常亮,郭焱,朱俊峰. 中国粮食生产中化肥过量施用评价及影响因素研究[J]. 农业现代化研究,2016,37(4):671-679.

[8]葛继红,周曙东. 要素市场扭曲是否激发了农业面源污染——以化肥为例[J]. 农业经济问题,2012(3):92-98,112.

[9]仇焕广,栾昊,李瑾,等. 风险规避对农户化肥过量施用行为的影响[J]. 中国农村经济,2014(3):85-96.

[10]虞伟,杨泳冰,胡浩,等. 中国化肥减量目标研究——基于满足农产品供给与水资源的双重约束[J]. 农业技术经济,2017(2):102-110.

[11]龚琦,王雅鹏. 我国农用化肥施用的影响因素——基于省际面板数据的实证分析[J]. 生态经济,2011(2):33-38,43.

[12]潘丹. 中国化肥施用强度变动的因素分解分析[J]. 华南农业大学学报(社会科学版),2014,13(2):24-31.

[13]王美兔,田明华. 基于VECM模型的中国农用化肥施用强度与粮食贸易等因素的相互关系研究[J]. 生态经济,2016,32(11):98-102.

[14]朱满德,李辛一,徐雪高. 化肥施用强度对中国粮食单产的影响分析——基于省级面板数据的分位数回归[J]. 农业现代化研究,2017,38(4):649-657.

[15]耿仲钟,肖海峰. 我国农用化肥施用强度的时空差异与区域收敛[J]. 干旱区资源与环境,2017,31(2):69-73.

[16]Motesharezadeh B, Etesami H, Bagheri - Novair S, et al. Fertilizer consumption trend in developing countries vs. developed countries[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2017, 189(3):103.

[17]中国人民银行课题组. 我国农产品价格上涨机制研究[J]. 经济学动态,2011(3):4-11.

[18]胡文国,吴栋,吴晓明. 我国农民收入增长影响因素的实证分析[J]. 经济科学,2004(6):5-15.

[19]张文雄,栾江. 我国化肥价格波动趋势及影响因素的实证研究[J]. 价格理论与实践,2014(3):86-88.

[20]姜楠,苏祯. “十三五”时期中国化肥市场形势[J]. 农业展望,2015(10):22-24.