

江苏省化肥施用强度变化驱动因子分解 及其影响因素分析

郑微微,徐雪高

(江苏省农业科学院 农业经济与发展研究所,江苏 南京 210014)



摘要 基于江苏 2006—2014 年 13 市 77 地区的面板数据,采用完全因素分解模型对化肥施用强度影响因素进行分析。结果表明:江苏化肥施用强度下降主要由效率变动驱动,其累计驱动效应达 127.85%,种植结构调整反而制约了化肥施用强度下降,累计驱动效应为 -27.85%;效率变化驱动的化肥施用强度随着经济水平的提高呈明显下降趋势,江苏化肥施用强度正处于“倒 U 型”的下降治理阶段;化肥施用强度下降的主要影响因素是农业科技进展、适度规模经营、新型农业经营主体培育及生物有机肥替代。因此,应坚定不移地推进技术推广、土地流转、剩余劳动力转移及粪便资源化利用。

关键词 化肥施用强度;驱动因子;因子分解;江苏省

中图分类号:F 062.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-3456(2017)04-0055-08

DOI 编码:10.13300/j.cnki.hnwkxb.2017.04.008

化肥大量施用对我国促进农业增产、保障粮食安全起到了重要作用。Fan 等研究表明 1965—1993 年我国化肥施用对农业生产增长的贡献率达 21.7%^[1],Wang 等研究指出 1986—1990 年我国 40%的农业生产增加来源于化肥施用^[2],王祖力等也研究得出 1978—2006 年间化肥施用对粮食产量增加的贡献率达 57%^[3]。然而,化肥大量施用加快农业生产、保障粮食安全的同时,也面临着化肥施用过量的问题。数据显示,中国化肥施用强度是世界平均水平的 1.6 倍以上^[4]。过量的化肥施用造成了严重的农业面源污染问题,是农业面源污染的主要来源^[5-7],已经引起了政府的高度重视,2008—2010 年、2013—2015 年的 6 个中央一号文件都明确提到了农业化肥污染的治理问题;国家“十二五”、“十三五”规划分别将减少化肥施用列为重点工作任务;农业部也提出“零增长”的化肥施用目标,并制定出《到 2020 年化肥使用量零增长行动方案》。如何在保障粮食安全的同时实现化肥减量,已成为我国农业可持续发展中急需关注和解决的重要问题。

江苏作为农业大省,农业经济发展水平位列全国第三。根据《江苏统计年鉴》数据计算得出:2005 年以来,江苏全面推行测土配方施肥技术,化肥施用量由 2006 年的 342.01 万吨减量至 2014 年的 323.61 万吨,化肥施用强度由 2006 年的 467.14 千克/公顷下降至 2014 年的 402.73 千克/公顷;而江苏的农业生产总值却由 2006 年的 2 718.61 亿元增加至 2014 年的 6 443.37 亿元,粮食产量从 2006 年的 3 096.03 万吨增加至 2014 年的 3 490.62 万吨。这较好地实现了在保障粮食安全前提下的化肥减量。因此,深入剖析江苏化肥施用特征及其减量驱动机制,对我国全面实现化肥减量具有较大的参考价值。

目前,学术界关于化肥施用的研究主要集中在 4 个方面:一是化肥施用强度的测度及其污染评价。主要基于田间数据或宏观数据对化肥施用强度进行测算与评价,结论表明,中国化肥施用强度远

收稿日期:2016-12-22

基金项目:国家自然科学基金项目“环境目标约束下农户技术选择:个体行为与制度安排”(71273147);中国博士后科学基金项目“环境承载力、农业结构调整与化肥减量研究”(2015M581756);江苏省博士后科学基金项目“江苏化肥减量化研究”(1601206C);学院基本科研业务专项“江苏主要粮食作物化学投入品减量化研究”(ZX(16)4002)。

作者简介:郑微微(1987-),女,助理研究员,博士;研究方向:农业经济学。

通讯作者:徐雪高(1981-),男,研究员,博士;研究方向:农业经济学。

高于国际标准,且过量的化肥施用造成严重的水资源、耕地等环境污染^[8-10];二是化肥施用对作物生长的效益评价,主要基于作物生产的投入产出数据构建生产函数进行研究,结果表明,化肥施用对作物生长的作用仍然举足轻重^[11-12];三是化肥施用强度持续增长的原因分析,主要基于微观调查数据,剖析政策、经济、技术、人口、制度等内生、外生因素对农户化肥施用行为的影响^[13-16];四是减少化肥施用强度的政策建议,包括取消化肥企业补贴、征收化肥环境税、推广节肥技术、纠正农户施肥行为的经济措施以及相应的政策规制和补贴等^[17-20]。

已有研究取得了一定的成果,对本文具有一定的参考价值,但对化肥施用强度变化驱动因子的解析没有深入展开。一个地区化肥施用强度由不同作物化肥施用强度加权所得,但不同作物的化肥施用强度存在较大的差异。而在保障粮食安全前提下,以调整作物结构来实现化肥减量是不可取的。在研究化肥减量驱动机制的过程中,有必要剥离出结构调整对化肥施用强度的影响。而现有研究多数直接以地区化肥施用强度变化作为研究对象,其研究结论与现实情况将存在一定的偏差。因此,本文基于江苏省的面板数据,拟首先采用完全因素分解模型,将化肥施用强度变化的驱动因子分解为结构效应和效率效应,并据此分解出受种植结构影响的化肥施用强度和受效率变动影响的化肥施用强度;再根据由效率变动影响的化肥施用强度变化特征,构建影响因素模型,对影响化肥减量的现实因素进行分析。

一、研究方法 with 数据来源

1. 研究方法

(1)驱动因子分解模型。化肥施用强度等于化肥施用量与作物种植面积的比值。设 f_i 、 s_i 、 e_i 分别表示地区 i ($i=1,2,3$) 的化肥施用量、作物种植面积、化肥施用强度; F 、 S 、 E 分别表示全省的化肥施用量、作物种植面积、化肥施用强度,则全省化肥施用强度可以表示为:

$$E = \frac{F}{S} = \frac{\sum_i f_i}{\sum_i s_i} = \sum_i e_i \cdot \omega_i \quad (1)$$

式(1)中 ω_i 表示地区 i 作物种植面积占全省作物种植面积的份额。全省 $t-1$ 和 t 时期内的化肥施用强度变化量可以表示为:

$$\Delta E = E^t - E^{t-1} = \sum_i (e_i^t \omega_i^t - e_i^{t-1} \omega_i^{t-1}) \quad (2)$$

采用 Laspeyres 指数分解方法可以将化肥施用强度的变化表示为:

$$\Delta E = \sum_i e_i^{t-1} (\omega_i^t - \omega_i^{t-1}) + \sum_i \omega_i^{t-1} (e_i^t - e_i^{t-1}) + \sum_i (\omega_i^t - \omega_i^{t-1}) (e_i^t - e_i^{t-1}) \quad (3)$$

参考佟金萍对中国用水量的分解原理^[21],即根据余值的联合生产和平等贡献原理,可以得到化肥施用强度的拉氏指数及其分解模型:

$$\Delta E = \Delta ES + \Delta EE \quad (4)$$

$$\Delta ES = \sum_i \left[e_i^{t-1} (\omega_i^t - \omega_i^{t-1}) + \frac{1}{2} (\omega_i^t - \omega_i^{t-1}) (e_i^t - e_i^{t-1}) \right] \quad (5)$$

$$\Delta EE = \sum_i \left[\omega_i^{t-1} (e_i^t - e_i^{t-1}) + \frac{1}{2} (\omega_i^t - \omega_i^{t-1}) (e_i^t - e_i^{t-1}) \right] \quad (6)$$

式(4)至(5)中, ΔES 为结构份额,表示假如地区 i 的化肥利用效率不变,由于地区 i 农业生产结构调整变化引起的整体化肥施用强度的变化量; ΔEE 为效率份额,表示假如不存在农业生产结构变化,由于地区 i 化肥利用效率的变化引起的整体化肥施用强度的变化量。

根据公式(2)、(4)~(6)可进一步得到结构调整对化肥施用强度变化的贡献率和效率变化对化肥施用强度变化的贡献率,分别称之为结构驱动效应(C_{STR})和效率驱动效应(C_{EFF}),用公式表示:

$$C_{STR} = \frac{\sum_i \left[e_i^{t-1} (\omega_i^t - \omega_i^{t-1}) + \frac{1}{2} (\omega_i^t - \omega_i^{t-1}) (e_i^t - e_i^{t-1}) \right]}{\sum_i e_i^t \omega_i^t - \sum_i e_i^{t-1} \omega_i^{t-1}} \quad (7)$$

$$C_{EFF} = \frac{\sum_i \left[\omega_i^{t-1} (e_i^t - e_i^{t-1}) + \frac{1}{2} (\omega_i^t - \omega_i^{t-1}) (e_i^t - e_i^{t-1}) \right]}{\sum_i e_i^t \omega_i^t - \sum_i e_i^{t-1} \omega_i^{t-1}} \quad (8)$$

当 $C_{STR}、C_{EFF} > 0$ 时,说明其驱动力与化肥施用强度的变化方向一致;当 $C_{STR}、C_{EFF} < 0$ 时,说明其驱动力与化肥施用强度变化方向相反。

(2)化肥施用强度分解模型。基于上述模型,以市为单元,分别对江苏省 13 市的化肥施用强度变化进行因子分解,得到各市 t 期结构调整和效率变化对化肥施用强度变化的驱动效应 c_{str}^t 和 c_{eff}^t ,并以 $t-1$ 年为基期,将 t 期 i 市的化肥施用强度 e_i^t 分解为:假设化肥利用效率不变,仅受结构调整驱动的化肥施用强度 $e_{i_str}^t$ 和假设种植结构不变,仅受效率变化驱动的化肥施用强度 $e_{i_eff}^t$,计算公式如下:

$$e_i^t = e_i^{t-1} + (c_{str}^t + c_{eff}^t) \cdot (e_i^t - e_i^{t-1}) \quad (9)$$

$$e_{i_str}^t = e_i^{t-1} + c_{str}^t \cdot (e_i^t - e_i^{t-1}) \quad (10)$$

$$e_{i_eff}^t = e_i^{t-1} + c_{eff}^t \cdot (e_i^t - e_i^{t-1}) \quad (11)$$

(3)变量与模型。剔除作物结构对化肥施用强度的影响,本文采用效率变化驱动的化肥施用强度 $e_{i_eff}^t$ 作为因变量,构建化肥施用强度变化的影响因素模型。参考前人的研究成果^[13-16],本文对模型自变量的设计如下:

经济发展水平。Grossman 等的环境库兹涅茨曲线理论指出,污染物排放量与经济发展水平之间存在“倒 U 型”关系^[22]。国内不少学者对农业面源污染与经济发展水平进行了检验,也得出了“倒 U 型”的结论^[10,23]。而化肥是我国农业面源污染的主要来源。因此,本文认为经济发展水平对化肥施用强度有一定的影响。江苏处于我国经济发达地区,农业经济水平居全国第三,经济发展水平对化肥施用强度的影响可能处于“倒 U 型”的下降阶段,即随着经济发展水平的提高,化肥施用强度不断下降。

农业科技进步。在保障粮食安全的前提下,实现化肥“零增长”目标的关键是依靠科技进步。农业科技进步对化肥“零增长”的作用机理是:提高化肥利用效率,降低化肥施用强度。因此,农业科技进步越快,对降低化肥施用强度的作用越大。

耕地规模。在家庭承包经营责任制的耕地制度背景下,农户家庭耕地规模一定程度上反映了农业生产的集约化程度。耕地规模越大,对土地的集约化经营压力越小。可以通过土地规模经济促进节肥技术应用,提高化肥利用效率,降低化肥施用强度。

农业劳动力转移。随着非农收入水平不断提高,吸引着农业劳动力不断转移。为了保证农业生产,化肥施用量被持续增加。理论上来看,农业劳动力转移越多,从事种植业劳动力数量越少,化肥的施用强度越高。

植保机械化率。植保机械的出现一定程度上提高了农业生产效率和农业精准度。一方面,植保机械通过提高农业生产效率对化肥施用产生替代效应,减少化肥施用强度;另一方面,植保机械通过提高农业精准度减少化肥损耗率,降低化肥施用强度。总而言之,植保机械化率越高,对降低化肥施用强度的作用越大。本文采用机械植保面积与总播种面积的比值来表征。

畜禽粪便排放量。为加快推进农村生态文明建设,畜禽养殖粪污资源化利用被不断重视。截至 2015 年江苏省畜禽粪便资源化利用率已高达 85% 以上。而不管何种资源化利用模式,畜禽粪便的最终归宿终究是农田。因此,本文认为,畜禽粪便排放量对化肥施用量有一定的替代作用。畜禽粪便排放量越多,化肥施用强度越低。

据此,化肥施用强度的影响因素模型如下:

$$e_{i_eff} = \alpha + \beta_1 gdp + \beta_2 eppo + \beta_3 land + \beta_4 labor + \beta_5 mech + \beta_6 dung + \varepsilon \quad (12)$$

式(12)中, gdp 为经济发展水平,用人均农业 GDP 来表示; $eppo$ 为农业科技进步,用农业全要素生产率来表示(采用 DEA-Malmquist 指数方法计算); $land$ 为耕地规模,用人均经营耕地面积来衡量; $labor$ 为农业劳动力转移,用从事种植业劳动力占农村劳动力比重来表示; $mech$ 为植保机械化率,用机械植保面积占耕地面积的比重来表示; $dung$ 为畜禽粪便排放量,用单位耕地面积承载的畜禽粪

尿量来表示; α 为常数; $\beta_1 \sim \beta_6$ 为估计参数; ϵ 为随机扰动项。

2. 数据来源

本文数据来自《江苏省农村统计年鉴》(2007—2015 年),包含 13 市 77 地区(包括各市辖区)。在区域划分过程中,按照地理位置和社会经济发展水平高低,将 13 市 77 地区划分为苏南、苏中、苏北三大区域。其中苏南包括南京、镇江、苏州、无锡和常州,苏中包括扬州、泰州和南通,苏北包括徐州、连云港、宿迁、淮安和盐城。研究数据的时间段选取 2006—2014 年,主要基于两方面考虑:第一,江苏 2005 年全面推行测土配方施肥技术,笔者从 2006 年开始观察各地区的化肥施用强度变化,控制了政策这一非可控变量对化肥施用强度变化的影响,有利于准确评价影响化肥施用强度变化的决定性因素;第二,农户行为具有强烈的“路径依赖(lock in)”特性^[24],对近几年化肥施用强度变化及影响因素的研究成果,对未来化肥减量政策的制定具有较大参考意义。

二、结果与分析

1. 化肥施用强度变化驱动效应分解

(1)化肥施用强度变化特征。据《江苏省农村统计年鉴》对江苏省 2006—2014 年化肥用量的统计(表 1),从总量看,江苏化肥施用强度在 2007 年达到峰值 475.58 千克/公顷,此后开始下降,到 2014 年下降为 402.73 千克/公顷,降幅达 15.32%,与国际公认的 225 千克/公顷的安全施肥上限相比,超标近 79%。因此,降低化肥施用强度是江苏现在乃至未来相当长时间内不容忽视的重要任务。从区域结构看,2006—2014 年,化肥施用强度排名前三位是:连云港、徐州和淮安,分布于苏北;排名后三位是:无锡、苏州和南京,分布于苏南。化肥施用强度下降率排名前两位是:镇江和无锡,分布于苏南;排名后两位是:淮安和宿迁,分布于苏北,并且,苏南化肥施用强度下降率明显高于苏中和苏北,这可能与苏南相对较高的经济发展水平有关。经济发展水平越高的地区,其环保水平越高,其对节肥技术创新和接受能力越高,进而对节肥技术的执行力度也越高。这与连志东的研究结论^[25]一致。

表 1 化肥施用强度

千克/公顷

年份	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	增长率/%
苏南										
南京	363.76	371.24	306.52	299.67	293.64	276.91	271.68	270.70	267.44	-26.48
镇江	430.23	484.88	434.61	330.96	297.99	274.48	249.03	244.66	236.71	-44.98
苏州	427.27	403.29	371.91	393.65	389.38	389.01	377.90	379.95	370.56	-13.27
无锡	502.42	458.17	442.72	408.28	394.03	384.64	371.02	358.36	355.21	-29.30
常州	373.02	377.54	325.66	316.51	305.98	302.47	293.39	294.34	297.81	-20.16
苏中										
扬州	433.99	446.81	483.16	415.29	410.05	384.90	388.21	395.12	399.18	-8.02
泰州	391.94	410.55	435.32	377.60	364.08	346.13	329.69	322.33	314.95	-19.64
南通	324.11	340.74	331.99	328.49	310.23	304.87	310.83	308.96	288.30	-11.05
苏北										
徐州	678.67	726.74	683.23	663.13	643.60	628.21	596.88	576.86	572.07	-15.71
连云港	718.71	692.89	631.45	666.12	639.00	607.25	600.32	597.97	601.41	-16.32
宿迁	454.94	482.66	492.18	505.48	531.25	555.64	558.39	551.10	544.79	19.75
淮安	490.28	531.60	517.64	514.68	561.19	560.30	552.95	559.76	608.61	24.14
盐城	483.44	455.41	426.87	436.72	451.63	404.67	389.27	381.06	378.45	-21.72
全省	467.14	475.58	452.56	435.12	430.16	416.88	406.89	403.17	402.73	-13.79

(2)化肥施用强度变化驱动因子分解。根据因子分解模型,江苏化肥施用强度变化驱动因子分解结果如表 2 所示。化肥施用强度变化除 2006—2007 年增加外,一直处于下降趋势。因此,在 2006—2007 年,结构驱动效应和效率驱动效应的符号为正,表示该因素导致化肥施用强度增加,符号为负,表示该因素导致化肥施用强度减少;在 2007—2014 年,结构驱动效应和效率驱动效应的符号为正,表示该因素导致化肥施用强度减少,符号为负,表示该因素导致化肥施用强度增加。

表 2 化肥施用强度变化驱动效应分解

千克/公顷

年份	强度 变化量	结构驱 动效应/%	各地区结构调整驱动效应			效率驱动 效应/%	各地区效率变化驱动效应		
			苏南	苏中	苏北		苏南	苏中	苏北
2006—2007	8.44	-33.44	-25.16	-1.26	-7.02	133.44	0.47	24.32	108.65
2007—2008	-23.02	-61.36	-0.97	6.94	-67.33	161.36	49.63	20.41	91.32
2008—2009	-17.44	-205.63	91.67	-69.12	-228.18	305.63	273.13	198.09	-165.59
2009—2010	-4.96	55.47	9.65	5.76	40.06	44.53	22.90	48.65	-27.02
2010—2011	-13.27	-126.54	11.36	-2.34	-135.56	226.54	31.16	37.13	158.25
2011—2012	-9.99	-1.85	2.23	2.46	-6.54	101.85	18.40	2.12	81.33
2012—2013	-3.72	-15.34	13.89	-2.25	-26.98	115.34	9.46	7.42	98.46
2013—2014	-0.44	-30.26	13.54	-3.26	-40.54	130.26	37.64	46.20	46.42
累计变动	-64.41	-27.85	19.47	3.12	-50.44	127.85	49.50	30.33	48.02

表 2 显示,2006—2014 年,化肥施用强度总体下降了 64.41 千克/公顷,化肥利用效率变动推动了化肥施用强度下降,农业生产结构调整制约了化肥施用强度下降。其中化肥利用效率的驱动效应更为明显,其累计驱动效应为 127.85%,农业生产结构调整的累计驱动效应为 -27.85%。

从时序看,效率驱动效应在 2006—2014 年一直为正,且除 2009—2010 年外,各年驱动率都在 100%以上,表明化肥利用效率变动是影响化肥施用强度变化的主要因素。提高化肥利用效率是降低化肥施用强度,实现化肥减量目标的重要手段。与前文理论一致。结构驱动效应在 2006—2014 年略有起伏,其中 2006—2007 年为负值,2009—2010 年为正值,表明这些年份结构调整对化肥施用强度下降起促进作用,但从驱动率来看,这种促进作用的力度还比较小,说明江苏的农业产业结构仍以“化肥消耗型”为主,“节肥型”农业生产新格局尚未形成。

分区域看,苏南、苏中的结构累计驱动效应和效率累计驱动效应均为正值,表明农业结构调整和化肥利用效率变动对化肥施用强度下降均有促进作用;苏北的结构累计驱动效应为负值,效率累计驱动效应为正值,表明苏北的农业生产结构对化肥仍具有很强的依赖性,虽然化肥施用强度总体表现出下降趋势,但这主要得益于化肥利用效率的提高,以“化肥消耗型”为主的农业产业结构尚未得到真正改变。比较来看,苏南和苏中“节肥型”农业产业结构转化已进入转型初期,苏北“节肥型”农业产业结构转化尚未起步。

2. 化肥施用强度分解

根据化肥施用强度分解模型,化肥施用强度可分解为:假设化肥利用效率不变,仅受结构调整驱动的化肥施用强度和假设种植结构不变,仅受效率变化驱动的化肥施用强度。在现实中,在粮食安全保护政策下,国家不会以盲目调整作物结构来引导化肥减量。金书秦等对我国 1998—2012 年稻谷、小麦、玉米、蔬菜等 12 种农作物的化肥施用强度进行统计发现,经济作物的化肥施用强度高于粮食作物^[19]。若以化肥减量来引导作物结构调整,则需要不断增加粮食作物种植面积,减少经济作物种植面积。然而在农民增收及地区追求农业发展特色化背景下,这种“压经扩粮”的行为与市场发展规律相悖,也与我国基本国情不符。当前我国粮食生产已出现过剩问题,严重影响了粮农的经济效益。因此,通过作物结构调整,即增加粮食作物种植面积来引导化肥减量,在我国当前国情下必不可行。在保障充足口粮的基础上,发展特色农业,延长农业产业链,增加农业附加值,才是未来农业可持续发展的必由之路。化肥减量更多的是需要依靠提高化肥利用效率来实现。换言之,降低化肥施用强度最直接有效的办法应是降低效率变动驱动的那部分化肥施用强度。因此,本文重点对效率变化驱动的化肥施用强度进行研究(表 3),将更具有参考价值。

以 2006 年化肥施用强度为基准,分解得效率变化驱动的化肥施用强度如图 1 所示。在假设种植结构不变的前提下,效率变动对化肥施用强度下降的作用更为明显。这也验证了江苏的经济发展水平对化肥施用强度的影响处于“倒 U 型”的下降阶段。这其中的驱动机制本文拟构建计量模型来做进一步的深入研究。

3. 计量模型实证分析

(1) 变量描述性分析。表 3 数据显示。2006—2014 年,江苏化肥施用强度(效率驱动)由 473.32 千克/公顷下降为 374.49 千克/公顷。可能的影响变量中,农业人均 GDP 由 5 713.25 元增加至 13 231.67 元;全要素生产率由 0.89 增加至 0.98;人均经营面积由 14.93 亩/人增加至 18.54 亩/人;从事种植业劳动力比值则不断下降,农业劳动力转移逐年增加;机械植保面积比例由 0.65 增加至 0.72;畜禽粪便排放量氮含量由 45.20 万吨增加至 55.45 万吨。从单因素变化趋势来看,各变量对化肥施用强度下降均有促进作用,与理论分析一致。

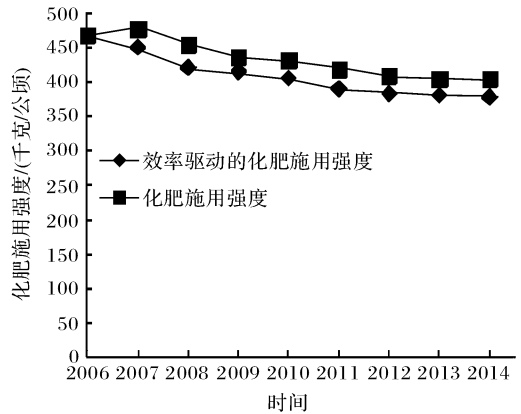


图 1 效率驱动的化肥施用强度

表 3 变量描述性分析

变量	说明	2006 年	2008 年	2010 年	2012 年	2014 年
化肥施用强度	效率驱动/(千克/公顷)	473.32	418.02	403.40	382.43	374.49
经济发展水平	人均农业 GDP/元	5 713.25	6 656.80	8 654.93	11 244.82	13 231.67
农业科技进步	全要素生产率	0.89	0.92	0.94	0.97	0.98
耕地规模	人均经营面积/(亩/人)	14.93	15.00	11.25	17.98	18.54
农业劳动力转移	种植业劳动力占比	0.85	0.86	0.87	0.88	0.88
植保机械化率	机械植保面积占比	0.65	0.65	0.66	0.69	0.72
畜禽粪便排放量	粪便氮含量/万吨	45.20	47.91	54.53	57.79	55.45

注:表中数值为各变量的均值。

(2) 结果分析。根据前文构建的面板数据模型,本文借助 stata11.0 软件进行估计,并采用 Hausman 检验模型的有效性。结果见表 4。

回归结果显示,除植保机械化率对化肥施用强度的影响不显著外,其余变量均有显著的影响,与理论假说基本一致。经济发展水平对化肥施用强度的影响显著为负。表明随着经济发展水平的提高,江苏化肥施用强度已处于“倒 U 型”的下降阶段,化肥减量效果显著。回归结果还显示,控制经济发展变量,农业科技进步、耕地规模、农业劳动力转移、畜禽粪便排放量是影响化肥施用强度下降的主要因素。第一,农业科技进步一方面通过提高农业生产效率,降低农业生产对化肥的依赖程度,进而减少化肥施用强度,另一方面农业科技进步的同时化肥减量技术也在进步,也能降低化肥施用强度。第二,耕地规模的增加也促进了化肥施用强度的下降。随着农户种植规模的扩大,农业风险伴随增加,农户对科技信息的需求不断增加,对政府推广的科学施肥的接受程度也不断

表 4 回归结果

变量	固定效应	随机效应
经济发展水平	-156.412 1*** (-3.46)	-121.345 5*** (-3.45)
农业科技进步	-209.686 2** (-2.54)	-226.719 4*** (-2.84)
耕地规模	-7.656 4** (-2.41)	-7.559 2** (-2.71)
农业劳动力转移	-2067.123 0*** (-8.15)	-2009.172 0*** (-8.22)
植保机械化率	-36.488 5 (-1.05)	-39.577 9 (-1.20)
畜禽粪便排放量	-1.653 1*** (-3.92)	-1.733 8*** (-4.29)
常数项	3 297.559 0*** (6.68)	2 913.254 0*** (7.51)
Hausman 检验	57.08[0.000 0]	
Adj-R ²	0.961 0	0.955 8

注:固定效应模型中括号内为 t 值,随机效应模型中括号内为 z 值。**,*** 分别表示在 5%、1% 的水平上显著。

增加,有利于减少过度施肥、盲目施肥等现象,降低化肥施用强度。第三,在政府土地确权、土地流转政策的牵引下,种植大户、家庭农场快速形成,使得部分农业劳动力转移,留下家庭农场主或职业农民,这些农场主和农民往往是农业技术的主要示范户和推广者,在政府大力号召“减肥”的政策背景下,有利于“减肥”技术的推行,进而降低化肥施用强度。第四,随着农村生态文明建设的推进,畜禽粪便资源化利用被不断重视,江苏先后颁发了《关于加快推进太湖流域畜禽养殖污染防治及综合利用工作的通知》和《关于加强小散养猪场户养殖污染防治工作的通知》,要求对畜禽粪便进行资源化利用。而畜禽粪便资源化利用的最终归宿是农田。因此,江苏省在畜禽污染治理的政策要求下,畜禽粪便排

放量越多的地区,最终还田的数量越多,对化肥的替代作用越大,进而化肥施用强度下降越多。

三、结 论

研究表明,江苏化肥施用强度虽已呈明显下降趋势,但仍远超国际公认标准,降低化肥施用强度是江苏现在乃至未来相当长时间内不容忽视的重要任务。根据驱动因子分解结果,江苏化肥施用强度下降主要由效率变动驱动的,其累计驱动效应达127.85%,种植结构调整反而制约了化肥施用强度下降,累计驱动效应为-27.85%。而从区域差异来看,经济发展水平相对较高的苏南地区,化肥施用强度较低,且下降幅度也较大。根据驱动因子分解结果,效率变动仍是导致苏南化肥施用强度下降的主要因素,并且,在苏南地区,“节肥型”的农业产业结构也正在逐步形成。

根据对效率变化驱动的化肥施用强度变化影响因素的研究发现。影响化肥施用强度下降的主要因素有:经济水平提高、科技进步、耕地规模化、劳动力转移和畜禽粪便资源化利用。根据环境库兹涅茨曲线理论,环境污染与经济水平总要经历先污染后治理的阶段,即“倒U型”关系。江苏农业化肥污染也不例外,随着经济发展水平的提高,江苏化肥施用已进入“倒U型”的下降治理阶段。农业科技进步、土地流转形成适度规模经营、劳动力转移培育出新型农业经营主体、畜禽粪便资源化利用促进生物肥料施用是促进江苏化肥施用强度进入“倒U型”下降阶段的主要驱动力。

四、政策建议

1. 促进测土配方等节肥技术的推广与应用,提高化肥利用效率

一方面,通过深入推广测土配方施肥技术,科学分析基于目标产量的施肥量,合理调整基肥、分蘖肥和穗肥的施用比例,防止过量施肥,并且,在化肥减量的基础上进行有机无机肥配施,使用缓控释肥、掺混肥等,减少化肥养分损失。另一方面,完善基肥深施、肥料运筹、控制氨挥发等过程管理技术,提高化肥利用效率。

2. 加快土地流转形成适度规模经营,抓好化肥减量生产管理

加快土地流转形成适度规模经营,将传统小而碎的土地生产经营转变为相对集约的适度规模经营。一方面,对适度规模经营的农户进行统一管理,及时发布农业资讯,统一指导农业生产施肥打药;另一方面,借助规模经营农户在农业风险驱动下对信息技术的需求,为农户提供良好的生产服务平台,适时推广农业生产减肥技术。

3. 引导农业劳动力转移培育新型农业经营主体,推进化肥减量种植示范

新型农业经营主体是政府扶持的主要对象之一。新型农业经营主体对新生事物的接受程度较高,并且在政府的扶持下,进行示范种植的意愿也较高。因此,借助市场化引导农业劳动力转移,培育新型农业经营主体,进行化肥减量种植示范,以点带面,带动周边农户减量化生产。

4. 促进畜禽粪便资源化利用,增加生物肥料对化肥的替代

一方面,完善畜禽粪便综合利用技术体系,创新技术模式,完善技术标准。根据养殖规模、品种类型、区域生产条件等,研发相应的废弃物资源化利用、无害化处理技术集成模式,促进畜禽粪便充分还田,完善畜禽规模养殖土地消纳配比等相关技术标准,实现综合利用、达标排放;另一方面,探寻具有生态特点的种养循环模式。把畜禽养殖业发展与绿色食品、有机食品生产基地建设结合起来,通过技术服务与创新,探寻生态养殖-沼气生产-有机肥还田等多级种养循环模式。

参 考 文 献

- [1] FAN S, PARDY P G. Research productivity and output growth in Chinese agriculture[J]. Journal of development economics, 1997, 53(1): 115-137.
- [2] WANG J Y, WANG S J, CHEN Y. Leaching loss of nitrogen in double-rice-cropped paddy fields in China[J]. Acta agriculturae Zhejiangensis, 1995, 7(3): 155-166.

- [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] 张福锁,王激清,张卫峰,等.中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J].土壤学报,2008(5):915-924.
- [5] FISCHER G,WINIWARTER W,ERMOLIVEA T,et al.Integrated modeling framework for assessment and mitigation of nitrogen pollution from agriculture:concept and case study for China[J].Agriculture,ecosystems and environment,2010,136(1-2):116-124.
- [6] VELTHOF G L,OUDENDAG D,WITZKE H P,et al.Integrated assessment of nitrogen emissions from agriculture in EU-27 using MITERRA-Europe[J].Journal of environmental quality,2009(38):402-417.
- [7] GUO J H,LIU X J,ZHANG Y,et al.Significant acidification in major Chinese croplands[J].Science,2010,327(5968):1008-1010.
- [8] 李红莉,张卫峰,张福锁,等.中国主要粮食作物化肥施用量与效率变化分析[J].植物营养与肥料学报,2010(5):1136-1143.
- [9] XIN L,LI X,TAN M.Temporal and regional variations of China's fertilizer consumption by crops during 1998-2008[J].Journal of geographical sciences,2012,22(4):643-652.
- [10] 李太平,张锋,胡浩.中国化肥面源污染 EKC 验证及其驱动因素[J].中国人口·资源与环境,2011,21(11):118-123.
- [11] 李谷成,梁玲,尹朝静,等.劳动力转移损害了油菜生产吗?——基于要素产出弹性和替代弹性的实证[J].华中农业大学学报(社会科学版),2015(1):7-13.
- [12] 郝晓燕,韩一军,刘乃郗.京津冀地区氮磷钾肥施用量与种植业产值的关联性分析[J].华中农业大学学报(社会科学版),2015(6):29-36.
- [13] 马骥,蔡晓羽.农户降低氮肥施用量的意愿及其影响因素分析——以华北平原为例[J].中国农村经济,2007(9):9-16.
- [14] 巩前文,穆向丽,田志宏.农户过量施肥风险认知及规避能力的影响因素分析——基于江汉平原 284 个农户的问卷调查[J].中国农村经济,2010(10):66-76.
- [15] WILLIAMSON J M.The role of information and prices in the nitrogen fertilizer management decision:new evidence from the agricultural resource management survey[J].Journal of agricultural and resource economics,2011,36(3):552-572.
- [16] CHANG H,MISHRA A K.Chemical usage in production agriculture:do crop insurance and off-farm work play a part [J].Journal of environment management,2012,105(8):76-82.
- [17] 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.
- [18] 栾江,仇焕广,井月,等.我国化肥施用量持续增长的原因分解及趋势预测[J].自然资源学报,2013,28(11):1869-1878.
- [19] 金书秦,周芳,沈贵银.农业发展与面源污染治理双重目标下的化肥减量路径探析[J].环境保护,2015(8):50-53.
- [20] 潘丹.中国化肥消费强度变化驱动效应时空差异与影响因素解析[J].经济地理,2014,34(3):121-126.
- [21] 佟金萍.基于完全分解模型的中国万元 GDP 用水量变动及因素分析[J].资源科学,2012,33(10):1870-1876.
- [22] GROSSMAN G,KRUEGER A.Environmental impacts of a North American free trade agreement[C].Cambridge:MIT Press,1991:3914.
- [23] 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):48-71.
- [24] EBENSTEIN A,ZHANG J,MCMILLAN M S,et al.Chemical fertilizer and migration in China[R].Cambridge,MA:National bureau of economic research,2011.
- [25] 连志东.环保产业发展影响因素的理论分析与实证研究[J].环境科学研究,2009(5):627-630.

(责任编辑:刘少雷)