

张小有,刘 红,赖观秀. 规模农户化肥施用与碳减排关系及其路径选择——基于江西省的调研数据[J]. 江苏农业科学,2018,46(6):279-284.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.06.072

规模农户化肥施用与碳减排关系及其路径选择 ——基于江西省的调研数据

张小有,刘 红,赖观秀

(江西农业大学经济管理学院,江西南昌 330045)

摘要:在保障粮食安全和生态安全的前提下,减少化肥的过量施用是实现农业可持续发展的重要保证。以江西省规模农户化肥施用量的调查数据为依据,运用联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)碳转化系数法进行规模农户、化肥施用与碳减排关系多元线性回归分析。结果发现,户主的受教育程度、土壤的肥力、户主是否施用有机肥、对低碳技术应用的风险态度等4个因素深刻影响规模农户农业生产过程中的化肥施用行为,与化肥碳排量具有显著负向影响,化肥碳减排效果显著;建议从政府和农户本身2个维度采取措施,实现化肥碳减排。

关键词:规模农户;化肥施用;碳减排;驱动因素;江西省;路径选择;碳转化系数法;影响因素;实证分析;建议措施
中图分类号: F323.22 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)06-0279-05

全球气候变暖日益受到人们的关注,发展低碳农业已然已成为全球的共识。江西为传统的农业大省,农业是基础性行业,农业生产是基本的生产活动,农业生产过程中的碳排放问题已经成为学术界关注的焦点。化肥作为农业生产最基本的生产资料,被誉为粮食的“粮食”,在粮食增产上发挥着不可替代的作用。近年来,规模农户为了提高农作物产量,在农业生产中盲目施用化肥,由此引发的化肥碳排放问题也尤为显著。化肥中含有大量的氮元素,氮含量过高易引发气温不断上升,气候异常变化,这与农业可持续发展的目标背道而驰。谢淑娟发现,化肥的碳排量占农业物质(包括化肥、农药、农膜、柴油、农机、灌溉等)投入碳排放总量的60%^[1]。由此看来,在现有的农业碳排放问题上,化肥带来的碳排量所占比重最大,因此在发展低碳农业时必须加快改进化肥施用方式,而提高单位面积化肥施用率成为实现化肥碳减排的重要途径。可见,实证分解化肥碳减排驱动因素、分析哪些因素可以达到化肥碳减排的目的,从根源上实现化肥碳减排是切实可行的方法。

1 文献综述

1.1 化肥施用量逐年增长

王佳宁研究发现,近年来过量施用化肥使得化肥从传统农业的碳汇演变成了现代农业的主要碳源,化肥碳排量仅次于工业,中国农用化肥施用量正处于增长阶段^[2]。李禾实证研究发现,我国地区间化肥施用量存在较大差异,有些地区政府严格控制化肥施用量,使之在适宜水平间波动,且波动幅度

不大;但有些地区政府不加以管制,导致化肥施用严重过量,这表明化肥的施用量是可控的,政府稍加管控就能见效^[3]。栾江等通过收集我国1992年以来20年间单位面积化肥施用量的数据发现,在年平均增长速度上,单位面积化肥施用量接近于化肥总施用量,表明我国化肥施用量的增长主要来源于单位面积化肥施用量,因此减少单位面积化肥施用量、提高单位面积化肥施用效率是实现化肥碳减排的重要途径^[4]。

1.2 实现化肥碳减排空间大

邓明君等统计了中国各省份三大粮食作物的化肥施用量,测算出单位粮食作物实际碳排量,并据此与推广测土配方技术后的化肥施用量进行对比,从而剖析出化肥碳减排的潜力,并发现农业生产实际碳减排的潜力远远低于技术碳减排,说明科学的测土配方技术并没有达到理想中的效果,国家虽有政策激励农户推广测土配方施肥技术,但激励广度与深度远远不够,激励政策有待进一步优化^[5]。在国家推广测土配方施肥技术的背景下,张灿强等利用我国粮食主产区小麦、玉米、水稻化肥实际投入量的数据,测算了科学施肥方式下化肥应有的施用强度和施用密度,研究发现我国碳减排的潜力空间很大,并对如何在推广测土配方施肥技术的同时实现化肥碳减排提出了相关建议^[6]。洪业应等采用重庆市1985—2012年农业碳排放量作样本,运用碳转化系数法,研究发现六大农业碳源的碳排量呈现出差异化,对农业碳源进行因素分解时发现农业经济因子加剧了农业碳排放量的增长^[7]。

1.3 影响化肥碳减排因素

Huang等一致认为,由于技术培训等不足,农民并不知道自己施用的化肥已经过量,在推广农业低碳化发展道路上,必须加强规模农户对低碳技术的了解,普及相关理论知识,让规模农户采用先进的低碳技术进行农业生产,因此是否受过施肥技术的指导是化肥碳减排的驱动因素之一^[8-9]。本研究的意义主要体现在以下2个方面:一方面现有农业碳排放文献中研究国家层面的较多,基于地区层面研究较少。本试验立足于江西省,重点研究江西省在发展低碳农业、推广测土配方

收稿日期:2017-06-21

基金项目:国家自然科学基金(编号:71563018);江西农业大学经济管理学院研究生创新专项(编号:JG2017009)。

作者简介:张小有(1970—),男,江西赣州人,博士,副教授,主要从事环境会计研究。E-mail:403884366@qq.com。

通信作者:刘 红,硕士研究生,主要从事财务会计研究。E-mail:2296654422@qq.com。

施肥技术进程中遇到的农业碳排放问题,为江西省发展生态农业、低碳农业奠定理论基础。另一方面,众多研究表明化肥在农业物质投入的六大碳源中碳排放量比重最大,高达 60% 以上。李困胜等在研究陕西省西安市的农业碳足迹时发现,化肥碳排放量高达西安市农业碳排放总量的 80% [10]。本试验着重分解化肥施用过程中影响碳减排的因素,从源头上减少化肥碳排放量,研究化肥碳减排有利于及时发现规模农户现有施肥方式的缺陷,为规模农户在以后的农业生产过程中采用科学的施肥方式提供合理的参考依据。

本研究立足于江西省主要产粮区,在分析农业碳排放现状后,运用多元线性回归模型,实证研究影响化肥碳减排的因素,以解决江西省现行高碳化的农业发展模式,并就如何科学合理施用化肥、实现化肥碳减排提出相关建议。

2 江西省农业碳排放现状分析

2.1 农业碳排放总量逐年上升,碳减排空间大

近年来,由于科学技术进步、工业以及第三产业发展,全国农业产值比重逐年下降,至 2014 年底,农业产值所占比重降至 10%,尽管如此,农业碳排放总量一直稳增不减。江西省作为传统农业大省,由于传统的小农经济历史深厚,农民还是热衷于自给自足的小农经济。从表 1 可以看出,2005—2013 年江西省农业生产总值占全国的比重发生了变化,降幅达到了 20.00%,而碳排放量占全国的比重却只下降了 3.88%,相比于全国而言,江西省碳排放量的下降速度落后于农业生产总值的下降速度,农业碳减排的空间很大,当然形势也很严峻。因此,改变农业生产模式、减少农业碳排放,是江西省发展低碳农业的现实需要,同时也是促进江西省农业节本增收、改善农村生产生活环境的现实需要。

| 年份 | 碳排放量 | | 农业生产总值 | |
|------|---------------|------------------|---------------|------------------|
| | 占全国的比重 (%) | 比 2005 年减 (%) | 占全国的比重 (%) | 比 2005 年减 (%) |
| 2005 | 2.58 | — | 2.60 | — |
| 2013 | 2.48 | 3.88 | 2.08 | 20.00 |

注:数据为根据有关资料整理所得。

2.2 化肥施用结构不合理,碳排量差异显著

张小等有在研究江西省农业碳排放结构时发现,农业碳排放量主要集中在化肥、农药、农膜、柴油等 4 个方面,其中化肥碳排放量所占比重最大,高达 60% [11]。张霞等发现,农户在施肥时一般选择氮肥作为基肥,以尿素来追肥,从 20 世纪 60 年代以来,全球氮肥的消费比重高达 60%,明显超过钾肥、磷肥 [12]。江西省作为传统农业大省,多年的种植历史表明农户在施肥时往往选择以氮肥和复合肥为主,辅以较少的农家肥、有机肥。关于化肥、氮肥、磷肥、钾肥碳排放因子的测算借鉴了陈舜等的研究 [13],氮肥的碳排放系数(以标准煤 CE 计,下同)为 2.116 kg/kg,磷肥的碳排放系数为 0.636 kg/kg,钾肥的碳排放系数为 0.180 kg/kg,按氮:磷:钾为 5:3:2 的结构权重,计算出中国化肥的碳排放系数为 1.285 kg/kg。本研究选取了江西省主要产粮区 2005—2013 年各类化肥的施用量,运用联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)碳转化系数法,计算得出江西省各类化肥碳排放量,具体结果见表 2。

表 2 2005—2013 年江西省农用化肥碳排放量明细

| 年份 | 各农用化肥的碳排放量(万 t) | | | | |
|------|-----------------|-------|-------|-------|-------|
| | 化肥 | 氮肥 | 磷肥 | 钾肥 | 复合肥 |
| 2005 | 115.98 | 42.81 | 22.75 | 18.63 | 31.79 |
| 2006 | 118.76 | 42.45 | 23.20 | 18.72 | 34.39 |
| 2007 | 118.94 | 40.57 | 20.33 | 19.17 | 38.87 |
| 2008 | 119.04 | 39.50 | 19.26 | 18.63 | 41.65 |
| 2009 | 121.62 | 38.78 | 19.43 | 18.63 | 44.78 |
| 2010 | 123.24 | 38.87 | 19.79 | 18.99 | 45.59 |
| 2011 | 126.10 | 39.23 | 19.88 | 19.08 | 47.91 |
| 2012 | 126.55 | 38.42 | 20.33 | 18.90 | 48.90 |
| 2013 | 126.72 | 38.24 | 19.79 | 18.72 | 49.97 |

注同表 1。

从表 2 可知,化肥碳排放量逐年上升,2005—2010 年化肥碳排放量直线上升,2010 年之后上升速度有所放缓,表明农业生产过程中,规模农户为了提高农作物产量、增加农业生产产值,不惜过量施用化肥,致使化肥碳排放量逐年上升,至 2010 年以来,化肥碳排放量显著降低,虽处于上升趋势,但增速放缓。2008 年以前,氮肥的碳排放量一直在氮肥、磷肥、钾肥和复合肥中比重最大,高达 40% 左右;之后,氮肥碳排放量波动下降,至 2013 年比重下降至 30% 以下。复合肥的碳排放量在 2008 年以后超越氮肥,占比最高,接近化肥碳排放量的 40%,而且一直处于增长状态,复合肥的施用不仅可以满足农作物生长过程中所需的养份,而且符合当今低碳农业发展理念,相对于 N₂O 含量过高的氮肥而言,复合肥环保又经济,致使近年来复合肥的施用量大增,这也反映出在农业生产中农户积极响应国家发展低碳农业的号召。

由表 2 还可知,江西省化肥消费结构极不合理,氮肥、磷肥、钾肥以及复合肥的施用量存在较大差异,磷肥和钾肥施用量较低,碳排放量也较少,施用氮肥和复合肥较多,由此带来的碳减排问题也较为严峻,是制约低碳农业发展的主要因素。因此,合理优化化肥消费结构,减少施用含氮量高的化肥,适当增加施用有机肥、农家肥,推广测土配方施肥技术,降低化肥碳排放量,是实现低碳农业发展道路的重要途径。

3 研究设计

3.1 样本选择与数据来源

本研究数据来源:(1)依托国家自然科学基金项目(编号:71563018),2016 年暑假期间笔者所在课题组在江西省主要产粮区(赣州市、抚州市)进行实际调研,采用问卷调查方式获取的第一手数据,获得问卷总量共 200 份,有效问卷 152 份;(2)被调查的农户都是当地的规模农户,即水稻种植规模在 6.67 hm² 以上的农户,规模农户具有规模大、带动能力强、辐射面广的特点,调研数据更具有代表性;(3)依据化肥折纯量计算参考,笔者将复混肥中的磷酸二铵、三元复合肥和混配肥折算成氮肥、磷肥、钾肥,具体结果见表 3。

3.2 研究假设

3.2.1 户主的个体特征 规模农户的年龄、受教育水平等不同,其作出的决策也是不同的,一般来说,年龄越小,受教育水平越低,农业生产中对化肥的依赖性越大,始终相信“庄稼一枝花,全靠肥当家”,缺少相关的种植经验,普遍认为施肥越多,越有利于农作物的生长,越有利于提高农作物的产量,因

表 3 复合肥中氮肥、磷肥、钾肥的折算方式

| 化肥种类 | 有效成分含量(%) | | | 每 100 kg 实物折纯量 (kg) |
|--------|-----------|------|------|------------------------|
| | 氮(N) | 磷(P) | 钾(K) | |
| 二铵 | 17 | 47 | 0 | 64 |
| 三元素复合肥 | 11 | 24 | 13 | 48 |
| 混配肥 | 10 | 17 | 3 | 30 |

注:资料来源于化肥折纯量计算参考表。

此一般这样的规模农户会选择增加对化肥的施用,从而提出假设 1、假设 2。假设 1:规模农户的年龄越大,越有利于实现化肥碳减排,年龄越小,实现化肥碳减排可能性越小;假设 2:规模农户的受教育水平越高,越有利于实现化肥碳减排,受教育水平越低,越不容易实现化肥碳减排。

3.2.2 土壤质量 土壤本身的肥力对化肥的施用也有影响,如果是土壤本身的质量很高,肥力很好,则其所须投入的化肥量也相对较少;如果其本身贫瘠,则须要投入大量的化肥来提高肥力,保证增产增效,因此提出假设 3:土壤本身的肥力越高,实现化肥碳减排越容易,肥力越低,越不容易实现化肥碳减排。

3.2.3 规模农户是否施用有机肥 有机肥和化肥都是农业生产中保证农作物生长所需要的肥料之一,两者在一定程度上互为替代品且不矛盾。农作物吸收肥料的总量是一定的,因此施用有机肥越多就越会减少对化肥的施用,由此提出假设 4:规模农户施用有机肥行为越频繁,化肥碳减排阻力越

小,实现化肥碳减排可能性越大;施用有机肥现象越少,实现化肥碳减排越难。

3.2.4 对待风险的态度 规模农户种植农作物面临多方面的风险,一般也只能根据平时的种植经验来规避风险,所以对于风险偏好的规模农户来说,影响农作物产量的因素不应只局限在化肥的施用量上。相对而言,其对化肥的重视度较小,施用量减少;对于风险规避的规模农户来说,在进行农业生产时,要想增加产量就必须保证一定的化肥施用量,而且会蔓延出一些错误的想法,即投入越高,产量越高,因此提出假设 5:规模农户越乐于接受风险挑战,越支持新型的农业低碳技术,越容易实现化肥碳减排,反之可能性越小。

3.2.5 规模农户是否接受化肥施用的技术指导 规模农户接受专业的化肥施用技术指导,会采用科学的施肥方式,而不是盲目地靠增加化肥的施用量来保证农产品增产。接受过技术指导的规模农户会相应地减少对化肥的施用,未接受过技术指导的规模农户认为农作物产量增长一味依赖于化肥的施用,化肥施用越多,农作物增产越多。因此提出假设 6:规模农户接受化肥施用的技术指导越多,实现化肥碳减排的可能性越大,反之可能性越小。

3.3 变量定义

为了深入研究哪些因素会对化肥碳减排有驱动作用,选取如下变量,变量的定义与度量,具体见表 4。

表 4 农化化肥碳排量有关变量的定义与度量

| 变量类型 | 变量符号 | 变量含义 | 变量说明 |
|-------|------|------------|--|
| 被解释变量 | fert | 单位面积化肥碳排量 | $fert = (N \cdot C_N + P \cdot C_P + K \cdot C_K) / y$ |
| 解释变量 | age | 户主年龄 | |
| | edu | 受教育程度 | 1 = 小学以及小学以下;2 = 初中;3 = 高中;4 = 大学;5 = 研究生及以上 |
| | soil | 土壤肥力 | 1 = 十分贫瘠;2 = 比较贫瘠;3 = 一般;4 = 比较肥沃;5 = 肥沃 |
| | exte | 是否受过施肥技术培训 | 接受过技术培训为 1,否则为 0 |
| | risk | 对待风险的态度 | 1 = 风险规避;2 = 风险中立;3 = 风险爱好 |
| | org | 是否施用有机肥 | 施用了有机肥为 1,否则为 0 |
| | | | |

3.3.1 被解释变量 fert 为单位面积产化肥碳排量,即规模农户在每个地块上单位面积施用化肥所引起的碳排量。现有研究农业低碳技术的文献颇多,但对化肥碳排放量的衡量方法也是各不相同,本研究借鉴李波的研究结果^[14],采用排放系数法,构建实际化肥施用单位产品碳排量测算公式:

$$fert = (N \cdot C_N + P \cdot C_P + K \cdot C_K) / y。$$

式中:fert 为单位面积产水稻实际化肥施用的碳排量,kg/kg;N、P、K 分别为单位面积水稻氮肥、磷肥和钾肥实际折纯施用量;C_N、C_P、C_K 分别是氮肥、磷肥和钾肥的碳排放系数;y 表示面积,hm²。

3.3.2 解释变量 age 为户主年龄。edu 为户主受教育程度,根据文化水平主要分为 5 个等级:1 = 小学及以下;2 = 初中;3 = 高中;4 = 大学;5 = 研究生及以上。soil 为土壤本身的肥力,根据肥沃程度分为 5 个级次:1 = 十分贫瘠;2 = 比较贫瘠;3 = 一般;4 = 比较肥沃;5 = 肥沃。exte 为农户是否受过施肥的技术培训,这是一个 0 ~ 1 的变量,受过技术培训的是 1,未受过技术培训的是 0。risk 为农户对待风险的态度,依据农户实际采用农业低碳技术的情况,将规模农户的风险偏好划分为 3 个等级:1 = 风险规避;2 = 风险中立;3 = 风险爱好。org 为农户是否施用有机肥,这是一个 0 ~ 1 的变量,施用了有机肥即是 1,未施用则为 0。

4 实证结果与分析

化肥作为农业生产主要碳源,实现化肥碳减排对发展低碳农业意义重大。在实际生产过程中化肥碳减排受哪些因素影响? 这些因素又是如何具体影响化肥碳减排的? 下面将进行具体分析。

4.1 模型构建

为了更好地挖掘出化肥碳减排的驱动因素,本研究构建多元线性回归模型进行分析,一般形式如下:

$$fert = \alpha_1 \times age + \alpha_2 \times edu + \alpha_3 \times soil + \alpha_4 \times ecte + \alpha_5 \times risk + \alpha_6 \times org + \varepsilon。$$

式中:α₁、α₂、α₃、α₄、α₅、α₆ 分别是 age、edu、soil、exte、risk、org 的系数;ε 为随机干扰变量。通过以上分析,当 α₁、α₂、α₃、α₄、α₅、α₆ 的估计值显著为负时,表明户主的年龄、受教育程度、土壤本身的肥力、是否受过施肥技术的指导、对待风险的态度以及是否施用有机肥与化肥的碳排量有显著的负向影响,则表明化肥碳减排效果显著。

4.2 实证结果

变量的描述性统计结果如表 5 所示,被解释变量单位面积(本研究为 1 hm²,下同)化肥碳排量均值 3.57 kg/kg,表明平均每公顷化肥碳排放 3.57 kg/kg,最小值与最大值的差距

很大,样本数据中化肥最小碳排量近似于最大碳排量的 1/3,同样大小的田块,为何所施用的化肥用量如此之大?究其原因,不同的农户年龄、受教育程度、土壤固有的肥力、是否受过施肥技术的指导、对待风险的态度以及是否施用有机肥等都会对单位面积化肥碳排量产生影响。

表 5 江西省化肥碳排量的描述性分析

| 测定值 | fert (kg/kg) | age (岁) | edu | soil | exte | risk | org |
|-----|-----------------|------------|------|------|------|------|------|
| 最小值 | 1.88 | 29.00 | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 1.00 | 0.00 |
| 最大值 | 5.37 | 70.00 | 4.00 | 4.00 | 1.00 | 3.00 | 1.00 |
| 均值 | 3.57 | 46.89 | 2.39 | 2.82 | 0.47 | 1.20 | 0.51 |
| 标准差 | 1.29 | 7.68 | 0.96 | 0.54 | 0.50 | 1.17 | 0.50 |

注:样本数 152 份。

解释变量中被调查的 152 户规模农户户主的年龄跨度很大,在 29~70 岁之间不等,平均年龄 47 岁,说明被调查地区的农户基本是中年人群,水稻种植时间较长,种植经验较丰富;户主的受教育程度不高,普遍初中文化水平,较少农户接受过高等教育;江西省丘陵、山地众多,以红壤为主,土壤肥力一般,被调查的农户中有 47% 的规模农户接受过科学的施肥技术培训,如测土配方施肥技术的指导,2005 年农业部和财政部开始在全国范围内重点产粮区开展测土配方施肥技术试点工作,很多规模农户积极响应国家号召,参与了技术培训。但就被调查地区而言,规模农户对农业低碳技术的支持力度还较小,普遍认为农业低碳技术是 21 世纪的新兴农业技术,存在一定风险,大部分的规模农户是处于观望状态,不敢带头尝试新型的低碳技术;农业生产过程中难免会产生一些废弃物如秸秆、动物粪便,很多农户视之为“垃圾”。其实这些并非真正意义上的“垃圾”,有效利用起来将是很好的农业肥料,样本数据中有 51% 的规模农户在农业生产中采用了既绿色环保又经济的有机肥。

本研究建立的模型的 R 值为 0.396, R^2 值为 0.456,约为 0.5,调整后 R^2 值为 0.115,估计误差为 9.683, R^2 变化值为 0.156,该模型可以解释因变量约 50% 的变异,说明本研究建立的模型切实可行,分析的结果具有一定研究价值。

表 6 显示, F 值对应的 $P < 0.01$,表明建立的模型显著,对因变量有较强的解释能力,解释变量(户主的年龄、受教育程度、土壤肥力、是否受过施肥的技术培训、对待风险的态度、是否施用有机肥)对被解释变量有很强的说服力,具有可研究性。

表 6 化肥碳减排驱动因素方差分析结果

| 模型 | 平方和 | 自由度 | 均方 | F 值 | P 值 |
|----|------------|-----|---------|-------|-------|
| 回归 | 2 503.813 | 7 | 357.688 | 3.814 | 0.001 |
| 残差 | 13 503.107 | 144 | 93.772 | | |
| 合计 | 16 006.919 | 151 | | | |

该模型采用 SPSS 22.0 对影响化肥碳减排的 6 种因素进行回归分析,从表 7 可知,模型中各个变量之间的容许度与 VIF 方差膨胀因子都接近于 1,表明共线性不强,各个自变量之间相互影响不大,不能被其它自变量所解释,有利于模型中各个自变量对因变量的解释。户主的年龄、是否受过施肥技术的培训等变量对化肥碳排量没有显著影响,因此假设 1 和假设 6 不成立;最后筛选出 4 个对化肥碳排量有显著影响的变量,即户主的受教育程度、土壤的肥力、对低碳技术的风险

表 7 化肥碳减排驱动因素回归分析

| 模型变量 | 非标准化 | | β 标准系数 | t 值 | P 值 | 共线性 | |
|------|--------|-------|--------------|--------|-------|-------|-------|
| | 系数 | 标准差 | | | | 容许度 | VIF |
| 常数 | 77.650 | 6.952 | | 11.170 | 0.000 | | |
| age | -0.244 | 0.113 | -0.182 | -2.159 | 0.132 | 0.826 | 1.210 |
| edu | -0.015 | 0.938 | -0.091 | -0.016 | 0.068 | 0.760 | 1.316 |
| soil | -3.188 | 1.523 | -0.168 | -2.093 | 0.038 | 0.915 | 1.093 |
| exte | -1.919 | 1.740 | -0.093 | 1.103 | 0.272 | 0.818 | 1.223 |
| risk | -1.518 | 0.738 | -0.173 | -2.058 | 0.041 | 0.833 | 1.200 |
| org | -5.632 | 1.681 | -0.274 | -3.350 | 0.001 | 0.874 | 1.144 |

态度、是否施用有机肥。

(1) 户主的受教育程度越高,实现化肥碳减排可能性越大,减排效果越显著。户主的受教育程度相对而言, β 标准系数为 -0.091, P 值 < 0.1 ,与化肥碳排量在 10% 的水平下显著负相关,一般来说,户主的受教育水平越高,知识储备越丰富,务农时间越长,种植经验也相应地越丰富,在施肥过程中,一般依据科学合理的施肥方式来确定化肥的用量,而不是以往的经验,无效浪费的情况较少。规模农户生活方式节俭,市场上化肥的价格也并非便宜,相应地就会减少对化肥的施用量;而文化水平低的农户则恰恰相反,没有接受过相关的知识,一直停留在“庄稼一枝花,全靠肥当家”的思想层面,认为只要增加化肥的施用量,农作物的产量也会随之提高,对化肥的依赖性很强。因此,户主受教育水平越高,化肥碳减排效果越显著,验证了假设 2 的合理性。

(2) 土壤本身的肥力越好,化肥碳减排效果越显著。土壤本身的肥力在 5% 的水平下与化肥碳排量显著负相关,农作物生长中所需的肥料是一定的,农作物的吸收能力也是一定的,若土壤本身的肥力越强,所需要投入的化肥量就减少,化肥碳排量相应下降,化肥碳减排效果显著,反之亦然。土壤肥力每增加 1 个单位,化肥碳排量就减少 3.188 个单位,所以在农业生产过程中,保持土壤固有的肥力,所需投入的化肥量就减少,在一定程度上就能达到化肥碳减排的目标,假设 3 得到证实。

(3) 农户越支持新型的低碳技术,实现化肥碳减排可能性越大,减排效果越明显。对低碳技术的风险支持态度深刻影响化肥碳排量,规模农户越是支持新型的低碳技术,越是相信科学的施肥方式,就越会提质减量,提升化肥的质量,提高单位面积化肥的施用效率,支持力度每增加 1 个单位,就可以减少 1.158 个单位的化肥碳排量。低碳技术的支持态度与化肥碳排量在 5% 的水平下显著负相关,农户越是支持新型的低碳技术,越会采用科学的施肥方式,化肥碳减排效果越显著,假设 4 得到证实。

(4) 施用有机肥越多,化肥碳减排效果越显著。有机肥的施用是一个关键因素,有机肥和化肥是农作物生长中所需肥料之一,规模农户选择施用有机肥越多,相应地就会减少化肥施用量。如表 7 回归结果所示,施用有机肥的 β 标准系数为 -0.274, P 值 < 0.001 ,对化肥碳排量有显著影响,且模型中回归系数为负,说明有机肥的施用与化肥碳减排有显著的正向关系,有机肥施用越多,化肥碳减排效果越明显,反之化肥碳减排效果不显著,假设 5 得到证实。因此在一定程度上,有机肥和化肥互为替代品又不相互矛盾,两者此消彼长。

就单个因素而言,户主的年龄、是否受过施肥技术的培训这 2 个变量都会对化肥碳排放有影响,但是加入一些其他相关的因素之后,就不显著了,但还存在依存关系。例如,受过相关培训的农户则了解科学的施肥方式以及合理的用法用量,化肥无效、浪费的现象较少,化肥的施用量就会减少;没有接受过培训的农户就会企图靠增加化肥的施用量来提高农作物的产量,由此引发化肥碳排放量的增加,减排效果不明显。

5 江西省农用化肥碳减排的路径选择

江西省作为农业大省,农业碳排放量逐年上升,且化肥作为农业主要碳源,碳排放量占农业物质投入的比重最高。因此,化肥碳减排的潜力很大,形势也很严峻。通过以上对化肥碳减排驱动因素的实证分析发现,户主的受教育程度、土壤原有的肥力、对待风险的态度以及是否施用有机肥等因素对化肥碳减排有显著的驱动作用。实现化肥碳减排是发展低碳农业的必要途径,其中需要政府和农户共同努力来减少化肥碳排放量,所以要立足于政府和农户 2 个角度采取措施在农业生产过程中实现化肥碳减排。

5.1 政府行为

5.1.1 大力倡导低碳农业理念 早期中国就开始在全国范围内推广低碳农业,试图改变现存的“高碳农业”“石油农业”发展模式。江西省作为农业大省,积极响应国家号召,但宣传工作不到位,只在政府官员间宣传低碳农业发展理念,并没有切实地在规模农户间倡导低碳理念。在广大农村,大量农户由于受教育水平有限,普遍初中文化学历,根本不了解低碳农业的发展模式以及发展前景,更谈不上在实际操作中发展低碳农业,只会考虑经济利益,只要农作物可以增产,增加化肥的施用,排放再多的 CO_2 、 N_2O 也无所谓。政府应该改变现有的宣传方式,主动下乡和农户进行交流,加大低碳农业宣传力度,鼓励和支持规模农户主动改变传统的农业发展模式;开展低碳农业专题讲座,农业局工作人员深入农村,普及低碳农业发展理念,农户是农业生产活动的直接参与者,只要其在农业生产时减少化肥的施用量,实现化肥碳减排,发展低碳农业势必志在必得。

5.1.2 多手段规范化肥市场 化肥成分中含有大量的氮元素,氮元素的大量堆积是导致温室效应的直接原因之一,且过量施用化肥会造成土壤恶化、水体污染、碳排放增加等,带来一系列的环境问题。政府作为市场的守夜人,可采取法律手段、行政手段、经济手段规范化肥市场,打造一个良好的“化肥安全生产—合法销售—合理施用”的氛围。例如,在生产市场上制定相关的法律法规,严厉打击只为牟取暴利而不顾环境后果的生产商,对生产氮元素超标的化肥生产商征收环境税;在消费市场上,严格控制化肥的销量,严禁倒买倒卖,对生产不符合要求的化肥禁止在市场上买卖;在施用市场上,规范规模农户的施肥行为,推广科学的施肥方式,提高化肥的施用效率。政府从生产、销售、施用各个环节把握化肥市场,实现化肥碳减排。

5.1.3 推广测土配方施肥技术 农业部和财政部在 2005 年开始在全国范围内推广测土配方施肥技术的试点工作,测土配方施肥技术是一种科学的施肥方式,即施肥量应该根据土壤的特性以及农作物生产过程中所需要的养料来确定,而不

是盲目根据以往经验。现实农业生产中很多规模农户并不了解该技术是什么,更谈不上如何进行相应的测算来科学合理确定施肥量。测土配方施肥技术的使用需要一定的专业知识和一定的实践培训,政府应该从资金、技术、人才等方面给予农户支持与鼓励,聘请专业的技术人员对农户的土地进行测量,并依据土地大小以及土壤性质测算出合理的化肥施用量,这样即使农户在生产中不了解测土配方施肥技术也可以很好地运用测土配方施肥技术,只须要按照之前的测量量施用化肥即可,由此实现化肥碳减排。

5.1.4 加强对农户的技术培训 低碳农业在发展过程中须要运用先进的农业低碳技术,包括育种、育秧、施肥、灌溉、施药、运输及储存等环节,政府加强对农户农业低碳技术的培训,从技术方面给予农户支持与鼓励,让农户从各个方面了解低碳农业的发展模式,以便日后更好地在实际运用中发展低碳农业,不只是在施肥方式上实现碳减排,还包括在其他各个环节实现碳减排,走真正的低碳农业发展道路。加强对废弃物再利用的技术指导,让垃圾不再是“垃圾”,加快废弃物资转化与循环利用,达到碳减排的目标。

5.2 农户行为

5.2.1 保持土壤原有肥力 江西省地形复杂,丘陵山地众多,以红壤为主,肥力较低,且雨水偏多。暴雨天气易引起土壤冲刷、水土流失、山体滑坡等问题,造成土壤肥力下降,影响农作物产量。农户在种植过程中要注意保持土壤原有肥力,涵养水源,增强土壤的固碳能力,减少碳流失,鼓励分期性休耕和规划性免耕,鼓励轮作、间作豆类等固氮作物,增强土壤有机质,培育土壤自身肥力。

5.2.2 科学合理利用有机肥 农业生产过程中不可避免会产生一些废弃物,如秸秆、动物粪便等,但这些并非真正意义上的“垃圾”,推广秸秆还田,废弃物循环再利用,农户在农业生产时推广沼气还田,通过技术把动物的粪便合成有机肥。合理施用有机肥可以减少化肥的投入量,减少化肥投入成本;另外合理处理农业废弃物可以实现碳减排,从而达到生态效应与社会效应并举的目的。

5.2.3 选择氮含量较少的化肥 市场上化肥品种丰富,农户在选择化肥时应尽量选择含氮量少的化肥,复合肥和农家肥就是除氮肥之外很好的选择,复合肥中氮含量相对于氮肥而言相对较少,而且也可以满足农作物生长过程中所需的养料。现实生活中,大多数农户在施肥时选择氮肥作为基肥,以尿素来追肥,这种施肥方式是错误的,因为尿素是纯氮肥,在发展低碳农业时应当减少施用。农家肥含氮少,农户选择施用农家肥既可以减少生产投入成本,又可以做到废弃物再利用,有利于实现化肥碳减排,实现农业可持续发展。

5.2.4 加强对测土配方施肥技术的学习 在鼓励“大众创业,万众创新”的时代背景下,技术创新俨然已成为关注重点,农业低碳技术顺应时代潮流应运而生,现代化的农业生产不只是单单追求经济效益最大化,还要兼顾环境效应与生态效应。农业低碳技术在保证农作物产量的同时保证良好的生态环境,农业低碳技术涵盖了农业生产的全过程,从育种、育秧到储存各个环节都要求实现低碳化。测土配方施肥技术就是农业低碳技术在施肥环节实现低碳化的举措,农户在开展农业生产时要改变观念,深入专研,加强对测土配方施肥技术

汪晓燕,郭 熙,赵小敏. 近 30 年江西省耕地肥力质量时空演变规律[J]. 江苏农业科学,2018,46(6):284-288.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.06.073

近 30 年江西省耕地肥力质量时空演变规律

汪晓燕,郭 熙,赵小敏

(江西农业大学江西省鄱阳湖流域农业资源与生态重点实验室,江西南昌 330045)

摘要:以 1985 年第二次土壤普查和 2012 年测土配方施肥项目收集的大量土壤样品为基础,基于 GIS 技术,选取江西省 1985、2012 年 2 期耕地肥力质量评价相关数据,以 50 m × 50 m 栅格为评价基础单元,以综合指数法为评价方法评价江西省 2 个时期耕地肥力综合质量,分析了从 1985 年至 2012 年江西省耕地肥力综合质量的时空变化特征。结果表明,1985 年耕地肥力质量等级占主要比例的为Ⅳ等地,2012 年耕地肥力质量等级占主要比例的为Ⅱ等地;2 期耕地质量等级分布规律相似,耕地质量等级都是从中部平原地区到赣南山区逐步降低;从 1985 年至 2012 年江西省土壤养分含量普遍提升,使得江西省耕地肥力质量等级普遍提高,较大面积的Ⅲ、Ⅵ等耕地转换为Ⅰ、Ⅱ等耕地,特别是中部地区耕地肥力质量等级提高程度明显。

关键词:耕地肥力质量;时空演变;江西省

中图分类号: S158.5;S159.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)06-0284-05

粮食是关系国计民生和经济安全的重要保障,而粮食的单位面积产量和质量很大程度上受到土壤肥力的影响。所谓土壤肥力指的是土壤能够提供植物生长必需养料的能力,是保障粮食生产的根本^[1]。耕地肥力质量的综合评价在指导农业生产、提供农业管理决策中具有重要的意义。目前,相关学者研究了农田尺度下耕地肥力质量的时空变异特性^[2-4],

收稿日期:2016-10-15

基金项目:国家自然科学基金(编号:41361049);土壤与农业可持续发展国家重点实验室开放课题(编号:0812201202)。

作者简介:汪晓燕(1993—),女,江西浮梁人,硕士研究生,主要从事土地利用规划等研究。E-mail:Wangxian27@163.com。

通信作者:赵小敏,教授,博士生导师,主要从事土壤遥感与信息、土地资源利用等研究。E-mail:zhaoxm889@126.com。

的学习,主动学习一些先进的施肥技术,积极参与政府为发展低碳农业组织的活动,在实现化肥施用碳减排、发展低碳农业的道理上贡献自己的一份力量。

参考文献:

- [1] 谢淑娟. 低碳经济背景下现代农业发展模式探讨[J]. 广东社会科学,2012(5):17-25.
- [2] 王佳宁. 组合模型在我国农用地化肥施用量预测中的应用[J]. 城市地理,2016(22):165.
- [3] 李 禾. 有关专家指出:中国过量使用化肥和农药已到极限[J]. 现代农业装备,2004(12):64.
- [4] 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(11):1869-1878.
- [5] 邓明君,邓俊杰,刘佳宇. 中国粮食作物化肥施用的碳排放时空演变与减排潜力[J]. 资源科学,2016(3):534-544.
- [6] 张灿强,王 莉,华春林,等. 中国主要粮食生产的化肥削减潜力及其碳减排效应[J]. 资源科学,2016(4):790-797.
- [7] 洪业应. 基于投入视角的农业碳排放时序特征及因素分解研究——以西南岩溶山区重庆市为例[J]. 上海农业学报,2015

并揭示了耕地肥力属性具有较好的空间相关性,而且与水肥管理措施有关;近年来,在区域尺度上有关耕地肥力质量时空演变的研究较多,主要集中市县域尺度^[5-18],以及在黄淮海冲积平原区^[19]、珠江三角洲^[20]、黄土高原区^[21]、太湖流域^[22]、红壤小区域等小流域地区^[23-27],主要揭示了耕地肥力属性在空间上的演变规律以及区域因素如土壤类型、气候、地形、地貌、土地利用类型、土壤侵蚀等对其空间变异的影响;在省级尺度上开展耕地肥力属性及综合质量时空变化的研究相对较少^[15]。本研究以江西省耕地肥力质量为研究对象,在全国第二次土壤普查(1985 年)数据和图件^[28]、农业部“测土配方施肥项目”中 2012 年采集的大量土壤样品的基础上,采用 GIS 技术,分析 1985—2012 年江西省耕地肥力质量的时空变化情况,有助于了解江西省耕地肥力的现状和变化,以期更好

(4):125-129.

- [8] Huang J, Hu R, Cao J, et al. Training programs and in-the-field guidance to reduce China's overuse of fertilizer without hurting profitability[J]. Journal of Soil & Water Conservation, 2008, 63(5): 165A-167A.
- [9] 徐春春. 稻农化肥施用的心态与行为研究[D]. 扬州:扬州大学,2008.
- [10] 李团胜,李函娇,杨才玉,等. 西安地区农作物生产过程中碳排放估算[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版),2014(3): 400-404.
- [11] 张小有,黄冰冰,张继钦,等. 农业低碳技术应用与碳排放结构、强度分析——基于江西的实证[J]. 农林经济管理学报,2016(6):710-716.
- [12] 张 霞,蔡宗寿,李 欢. 我国化肥生产能源消费现状分析[J]. 现代化工,2014(10):12-15.
- [13] 陈 舜,逯 非,王效科. 中国氮磷钾肥制造温室气体排放系数的估算[J]. 生态学报,2015(19):6371-6383.
- [14] 李 波. 我国农地资源利用的碳排放及减排政策研究[D]. 武汉:华中农业大学,2011.