

黄琳庆,赵 聪,蔡悦灵. 低碳视角下农业碳排放、农业科技进步与农业经济发展的实证研究——基于中国省域面板数据分析[J]. 江苏农业科学,2016,44(5):541-544.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.05.154

低碳视角下农业碳排放、农业科技进步与 农业经济发展的实证研究 ——基于中国省域面板数据

黄琳庆,赵 聪,蔡悦灵

(桂林理工大学人文社会科学学院,广西桂林 541004)

摘要:利用 Stata 11.0 对我国省域层面上的农业碳排放、农业科技进步以及农业经济发展进行研究。结果表明,农业科技进步对发展低碳农业具有重要作用,既能减少农业碳排放量,又能促进农业经济发展,这对发展低碳农业提供了重要的借鉴意义。

关键词:低碳农业;农业碳排放;农业科技进步;农业经济发展;面板数据

中图分类号: F320.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)05-0541-04

随着人类对煤炭、石油等化石能源以及森林、土地等资源的开发利用,空气中二氧化碳的含量急剧增加,由此造成的“温室效应”越来越受到全球的关注^[1]。有研究表明,随着农业发展对能源消耗的需求,农业逐步成为排放温室气体的产业之一,农业造成的碳排放量已经占到排放总量的 1/4^[2]。在促进农业发展的过程中如何降低碳排放量成为当前要解决的问题,这也侧面说明推动农业走低碳发展道路的紧迫性与重要性。技术进步能够带来巨大的生产力,农业经济发展同样离不开农业科技的进步,这是农业发展的主要推动力^[3]。当前,我国农业技术对农业生产的贡献率仅占一半左右,与其他国家相比仍然较低,与预期要达到的目标仍有很大差距^[4]。农业的发展很大程度上依赖于农业技术水平,须要改善农业产业结构,转变农业经济增长方式,走可持续发展的道路。然而,农业技术进步在促进农业发展的同时也可能会造成二氧化碳排放量的增加,主要原因是在农业技术进步作用下生产效率会提高,可能导致更多的化肥、农药、机械设备等投入到农业生产中,这些物品的生产多少都会产生二氧化碳,造成碳排放量的增加。截至 2009 年,我国农业的技术水平在逐步提高,但农业碳排放量也在不断增加^[5],但这些影响究竟是不是农业技术进步造成的有待进一步检验。

农业碳排放量、农业技术进步以及农业经济发展之间存在着复杂的关系。我国农业处在转型升级时期,发展低碳农业已经成为未来农业发展的必然选择,如何发展低碳农业,如何看待农业技术进步在低碳农业中起到的作用,已成为农业经济可持续发展必然要解决的问题,研究农业碳排放量、农业技术进步、农业经济发展这三者之间的相互关系具有很大的现实意义。

1 文献回顾

低碳农业是伴随低碳经济发展而形成的在农业方面的具体表现形式,最早以书面形式提出“低碳经济”的是英国政府,并在相关论述中强调要寻求低污染、低能耗的经济产出^[6]。国外学者对农业碳排放的研究主要有农业碳排放的主要来源、农业碳排放的测算以及对比分析等^[7-8]。国内学者更多的是围绕如何实现低碳农业进行相关研究,严立冬等从生态角度提出,应在政府指导下建立生态补偿机制^[9];罗吉文提出节约和综合利用的观点^[10];曾以禹等认为,应该转变农业发展方式,走可持续发展道路^[11]。在农业技术进步方面,我国学者也较早并广泛地开展研究,突出研究农业技术对农业经济发展的重要作用^[12]。

(1)关于农业技术进步与农业碳排放量之间的关系研究。Gerlagh 通过建立内生性技术模型,进行农业技术对农业碳排放的检验,结果表明,技术进步能够降低碳减排成本,提高碳减排的社会效益^[13];魏巍贤等通过我国省级之间的面板数据,对技术进步与碳排放量之间的关系进行检验,结果表明,技术进步能够对碳减排起到积极的作用^[14],虽然技术进步增加了碳排放量,但却有利于降低碳排放的强度^[15]。(2)关于农业技术进步与经济发展的研究。Haki 等认为,农业技术创新的性质能够影响农业技术创新政策的推行实施,进而作用于农业经济的发展^[15-16];姚延婷等从实证角度检验环境友好的农业技术创新对农业经济增长的影响,结果证明,环境友好农业技术创新对农业经济增长作用是长期的,农业经济增长反过来也能促进环境友好技术创新的持续进行,并建议要促进技术创新成果的转化、完善改革和投入机制^[17]。

低碳农业、农业技术进步与农业经济增长息息相关,农业未来的发展趋势决定农业经济增长的方式必须满足可持续发展的要求,农业经济增长要依赖低碳农业发展,而农业科学技术将成为低碳农业发展的推动力。

收稿日期:2015-04-01

基金项目:国家社会科学基金(编号:13CMZ052)。

作者简介:黄琳庆(1969—),女,广西玉林人,教授,硕士生导师,主要从事公共经济发展研究。E-mail:zengpengfast@sina.com。

2 研究设计

2.1 样本选取范围

选取我国 31 个省、自治区、直辖市(港、澳、台除外)作为样本,并根据经济发展状况划分为东、中、西 3 个地区(表 1)。

表 1 中国省域分布情况

地区	省份(省、市、区)
东部	北京市、天津市、河北省、辽宁省、上海市、江苏省、浙江省、福建省、山东省、广东省、海南省
中部	黑龙江省、吉林省、山西省、安徽省、江西省、河南省、湖北省、湖南省
西部	四川省、重庆市、贵州省、云南省、西藏自治区、陕西省、甘肃省、青海省、宁夏回族自治区、新疆维吾尔自治区、广西壮族自治区、内蒙古自治区

2.2 数据来源

数据主要来源于《新中国 60 年统计资料汇编》(1993—2008 年)、《中国农业统计年鉴》以及国家数据网站(2009—2012 年)。

2.3 变量选择

参照李波等的测算方法^[18],把农业碳排放量划分为化肥、农药、机械运作(表现为农用柴油)、农膜、翻耕、灌溉 6 种碳源,用各个碳源的排放系数(表 2)乘以各自的碳源排放量,即为农业碳排放总量。农业碳排放总量的计算公式为:

$$E = \sum E_i = \sum T_i \cdot \delta_i。$$

式中: E 为农业碳排放量; E_i 为各种碳源的碳排放量($i = 1, 2, \dots, 6$); T_i 为各种碳排放源的量; δ_i 为各种碳排放源的碳排放系数。

表 2 农业碳排放源、系数以及参考来源

农业碳排放源	碳排放系数	参考来源
化肥	0.895 6 kg/kg	West T O, Marland G
农药	4.934 1 kg/kg	美国橡树岭国家实验室 ^[19]
农用柴油	0.597 2 kg/kg	南京农业大学农业资源与生态环境研究所
农膜	5.180 0 kg/kg	IPCC 联合国气候变化政府间专家委员会
翻耕	312.600 0 kg/hm ²	中国农业大学生物与技术学院 ^[20]
灌溉	20.476 0 kg/hm ²	李波等 ^[18]

鲁钊阳等认为,农业技术进步不仅包括农业生产中的技术进步,也包括经营、管理、销售中的技术改善,是贯穿整个农

表 4 全国层面农业碳排放、农业科技进步与农业经济发展相互之间关系检验结果

变量名称	模型	观测数 (个)	回归系数(标准差)				R^2
			$\ln E$	$\ln TFP$	$\ln GAP$	常数项	
$\ln E$	SEM	620		-0.212 3 *** (0.037 5)	0.936 1 *** (0.037 9)	1.820 0 *** (0.157 2)	0.647 0
$\ln TFP$	SEM	620	-0.231 7 *** (0.040 9)		0.980 4 *** (0.039 5)	-0.360 5 ** (0.180 5)	0.648 7
$\ln GAP$	SEM	620	0.529 7 *** (0.021 4)	0.508 3 *** (0.020 5)		0.589 2 *** (0.128 3)	0.813 7

注:***、**、* 分别表示通过 1%、5%、10% 检验水平。下同。

由表 5 可见,东部地区农业碳排放、农业科技进步与农业经济发展之间的关系与全国层面的检验结果大体一致;从农业碳排放角度而言,农业科技进步、农业经济发展对农业碳排放影响的回归系数分别为 -0.351 7、1.174 8,在 1% 检验水平上显著,这表明农业科技水平越发达,农业碳排放量越少,

业过程的技术进步^[21]。为表示方便,本研究采用农业科技支出来表示农业科技进步(TFP)。广义上的农业经济包括农、林、牧、副、渔在内的所有产业经济发展,因此,本研究用农业总产值即农、林、牧、副、渔总产值表示农业经济发展(GAP)。

2.4 数据预处理

对面板数据取对数,以消除异方差所带来的影响(表 3)。

2.5 模型设置

检验单一的线性回归方程,一般选择混合最小二乘法(OLS)、固定效应(FE)或者随机效应(RE),而农业碳排放、农业科技进步与农业经济发展不是单一关系,所以选择联立实证模型的形式,即 SEM 模型进行检验。具体模型表达式为:

表 3 变量统计性描述

变量名称	样本数 (个)	均值	标准差	最小值	最大值
$\ln E$	620	7.041 1	1.111 1	4.069 0	9.427 1
$\ln TFP$	620	6.590 8	1.150 6	3.135 1	8.980 4
$\ln GAP$	620	4.469 6	1.163 6	1.203 0	7.102 8

$$\ln E_{it} = C_1 + \alpha_1 \ln TFP_{it} + \beta_1 \ln GAP_{it} + \varepsilon_{1it};$$

$$\ln TFP_{it} = C_2 + \alpha_2 \ln E_{it} + \beta_2 \ln GAP_{it} + \varepsilon_{2it};$$

$$\ln GAP_{it} = C_3 + \alpha_3 \ln E_{it} + \beta_3 \ln TFP_{it} + \varepsilon_{3it}。$$

式中: E_{it} 表示第 i 个省份在 t 年的农业碳排放量; C 为个体之间相同的截距; α 、 β 为待定系数; ε_{1it} 、 ε_{2it} 、 ε_{3it} 是误差项。

3 实证模型检验

由于我国不同区域经济发展状况不同,本研究不仅对全国面板数据进行检验,还对不同地区进行了相关分析,以区分出东、中、西 3 个地区的差异。由表 4 可见,在全国层面上,农业碳排放、农业科技进步与农业经济发展两两之间的回归系数都在 1% 检验水平上显著;从农业碳排放角度来说,农业科技进步与农业经济发展对农业碳排放影响的回归系数分别为 -0.212 3、0.936 1,这表明农业科技进步能够有效降低农业碳排放量,而农业经济发展造成了农业碳排放量的增加;从农业科技进步角度而言,农业碳排放、农业经济发展对农业科技进步影响的回归系数分别为 -0.231 7、0.980 4,这表明农业碳排放量的增加阻碍了农业科技进步,农业经济发展能够促进农业科技的进步;从农业经济发展而言,农业碳排放、农业科技进步对农业经济发展影响的回归系数分别为 0.529 7、0.508 3,这说明农业碳排放量的增加、农业科技进步在短期内有利于农业经济发展。

农业科技进步能够有效遏制农业碳排放量,而农业经济发展的增长能够促使农业碳排放量上升;从农业科技进步角度而言,农业碳排放、农业经济发展对农业科技进步影响的回归系数分别为 -1.225 5、1.807 7,在 1% 检验水平上显著,这表明农业碳排放增多不利于农业科技进步,农业经济发展越快,就

越有利于农业科技进步;从农业经济发展角度而言,农业碳排放、农业科技进步对农业经济发展影响的回归系数分别为 0.760 1、0.335 7,在 1% 检验水平上显著,这表明农业碳排放

量越大,农业科技进步越快,农业经济水平越高、发展越好,农业科技进步推动了农业经济的发展。

表 5 东部地区农业碳排放、农业科技进步与农业经济发展相互之间关系检验结果

变量名称	模型	观测数 (个)	回归系数(标准差)				R ²
			lnE	lnTFP	lnGAP	常数项	
lnE	SEM	220		-0.351 7 *** (0.027 2)	1.174 8 *** (0.027 4)	-0.878 8 *** (0.144 7)	0.909 2
lnTFP	SEM	220	-1.225 5 *** (0.094 9)		1.807 7 *** (0.098 1)	-0.821 0 *** (0.286 6)	0.666 1
lnGAP	SEM	220	0.760 1 *** (0.017 7)	0.335 7 *** (0.018 2)		1.062 4 *** (0.103 4)	0.937 2

由表 6 可见,中部地区农业碳排放、农业科技进步与农业经济发展之间的相互关系也与全国的趋势一致;从农业碳排放角度来讲,农业科技进步、农业经济发展对农业碳排放影响的回归系数分别为 -0.286 0、0.761 9,在 1% 检验水平上显著,这表明农业科技水平越高,农业碳排放量越少,农业科技水平的提升能够有效缓解农业碳排放量,农业经济发展增长速度越快,农业碳排放量越多,农业经济发展的同时带来了农业碳排放;从农业科技进步角度来讲,农业碳排放、农业经济发展对农业科技进步影响的回归系数分别为 -0.755 2、

1.411 8,在 1% 检验水平上显著,这表明农业碳排放不利于农业技术水平的提高,农业经济发展在一定程度上能够促进农业科技的进步;从农业经济发展影响的角度来讲,农业碳排放、农业科技进步对农业经济发展影响的回归系数分别为 0.728 4、0.511 1,在 1% 检验水平上显著为正,这表明农业碳排放量越大,农业经济发展越快,农业经济发展建立在农业碳排放量增加的基础之上,农业科技进步越快,农业经济发展程度越高,农业科技进步推动了农业经济发展。

表 6 中部地区农业碳排放、农业科技进步与农业经济发展相互之间关系检验结果

变量名称	模型	观测数 (个)	回归系数(标准差)				R ²
			lnE	lnTFP	lnGAP	常数项	
lnE	SEM	160		-0.286 0 *** (0.043 1)	0.761 9 *** (0.053 9)	2.118 0 *** (0.237 2)	0.656 5
lnTFP	SEM	160	-0.755 2 *** (0.223 7)		1.411 8 *** (0.069 3)	-0.691 3 (0.468 6)	0.785 1
lnGAP	SEM	160	0.728 4 *** (0.051 6)	0.511 1 *** (0.025 1)		0.205 4 (0.283 4)	0.878 0

由表 7 可见,西部地区农业碳排放、农业科技进步与农业经济发展的相互关系与东部、中部地区相一致;从农业碳排放角度来看,农业科技进步、农业经济发展对农业碳排放影响的回归系数分别为 -0.644 4、1.430 4,在 1% 检验水平上显著,这说明农业科技越进步,农业碳排放量相对越低,农业科技进步能够改善农业碳排放状况,而农业经济发展增加了农业碳排放量;从农业科技进步角度来看,农业碳排放、农业经济发

展对农业科技进步影响的回归系数分别为 -0.795 0、1.561 5,在 1% 检验水平上显著,这表明农业碳排放不利于农业科技进步,而农业经济发展能够促进农业科技进步;从农业经济发展角度来看,农业碳排放、农业科技进步对农业经济发展影响的回归系数分别为 0.589 5、0.521 7,在 1% 检验水平上显著为正,这表明农业碳排放量越大、农业科技进步越快,农业经济发展越快、越好。

表 7 西部地区农业碳排放、农业科技进步与农业经济发展相互之间关系检验结果

变量名称	模型	观测数 (个)	回归系数(标准差)				R ²
			lnE	lnTFP	lnGAP	常数项	
lnE	SEM	240		-0.644 4 *** (0.040 6)	1.430 4 *** (0.039 8)	-0.966 9 *** (0.125 3)	0.912 3
lnTFP	SEM	240	-0.795 0 *** (0.050 1)		1.561 5 *** (0.048 1)	-1.390 4 *** (0.126 9)	0.896 3
lnGAP	SEM	240	0.589 5 *** (0.016 4)	0.521 7 *** (0.016 1)		0.954 1 *** (0.065 4)	0.966 7

4 结论与讨论

通过实证检验结果和初步分析可见,整体而言,农业碳排放对农业科技进步具有反向作用,对农业经济发展具有促进作用;农业科技进步不仅能够降低碳排放量,也有利于农业经济的长远发展;农业经济发展既带来了农业碳排放量的增加,同时也提高了农业科技进步。分地区而言,东部、中部、西部地区农业碳排放、农业科技进步和农业经济发展之间的相互影响与全国层面的检验结果一致,不同的是,相互之间影响关系的强弱存在一定差异,对农业碳排放的影响关系中,农业经济发展的影响作用大于农业科技进步,东部、中部、西部地区相比,农业经济发展和农业科技进步的影响从强到弱依次为西部、东部、中部;对农业科技进步的影响关系中,农业经济发

展与农业碳排放的影响从强到弱依次为东部、西部、中部,且农业经济发展的影响大于农业碳排放;对农业经济发展的影响关系中,农业碳排放的影响作用大于农业科技进步,农业碳排放的影响从强到弱依次为东部、中部、西部,而农业科技进步的影响从强到弱依次为西部、中部、东部。

因此,农业碳排放、农业科技进步、农业经济发展相互之间存在各具特征的路径表现。(1)农业科技进步、农业经济发展对农业碳排放影响的路径表现。农业科技水平的提高能够使化肥、农药、农膜、机械设备等得到合理使用和配置,效率提高,单位使用量的碳排放减少,进而降低农业碳排放;农业经济的增长依靠的是农、林、牧、副、渔等产品产量的提升,而使用农药、化肥、农膜等,增加翻耕和灌溉面积能够有效提升产品产量,而这些都能够造成农业碳排放量的增加。(2)农

业碳排放、农业经济发展对农业科技进步影响的路径表现。农业生产过程中所使用的化肥、农药、机械等造成了农业碳排放量,对这些生产资料的不合理使用不利于推动技术进步;农业经济在发展过程中暴露出一系列生态环境问题,要求提高资源的利用率,而改进技术是提高效率的有效方法,可见农业经济发展能够起到促进技术进步的作用。(3)农业碳排放、农业科技进步对农业经济发展影响的路径表现。农业生产过程中由于追求产量,不得不加大对农药、化肥的使用量,造成农业经济发展的同时农业碳排放量增加,过多的翻耕灌溉也会增加农业碳排放,农业碳排放量的增加也从一定程度上反映农业经济发展;农业科技进步能够大大地提高农作物的产量和产出效率,使单位效益增大,在其他条件不变的情况下,能够促进农业经济发展。

5 政策含义与建议

农业碳排放、农业科技进步与农业经济发展之间是相互影响的,农业碳排放、农业科技进步都对农业经济发展起促进作用,农业经济发展也能够带动农业科技的进步,农业科技的进步又能够减少农业碳排放量。因此,实行低碳农业是可行的,关键在于技术。

从农业碳排放角度而言,发展低碳农业最直接的办法就是减少农业碳排放量,即减少化肥、农药、农膜、农用柴油等的使用量,这显然与农业经济发展、社会发展相违背,因此,只有通过提升技术,提高化肥、农药等的利用率才符合低碳农业发展^[22]。从农业经济发展角度而言,农业经济发展是农业的最终目的,不会改变,而低碳农业则是在此基础上减少碳排放,协调环境,问题在于如何减少碳排放,而农业科技能够有效解决这一问题。从农业科技进步角度而言,科技进步才是减少农业碳排放和促进农业经济发展的关键,农业技术的提高能够使农药、化肥的利用率提高,农业碳排放量减少,同时农业科技的提高也能够使单位面积的农业总产值增加。

因此,提出3条建议:第一,提高化肥、农药等利用率,减少农业碳排放。宣传化肥、农药、农膜、农用柴油等科普知识,合理使用,不滥用;充分利用农用家肥,减少人工合成化肥;妥善管理农膜、农用柴油,废物回收,循环利用;合理翻耕、种植,集中化灌溉。第二,改进农用机械的生产技术,提高农业总产值。在设计农机构造时,不仅要满足基本的作业要求,还应当具备可调整性以适应外界环境的变化,提高农机的综合利用程度;在安装、使用、保养方面采取简单措施,延长使用寿命。第三,改革创新农业生产制度,完善现代农业体系。保障农产品产业体系,充分发挥多功能产业体系,发展循环农业、特色产业,增进社会效益;健全现代农业支撑体系,不断改进农业技术、提升农业现代化水平的竞争力。

参考文献:

[1] Yin F, Deng X Z, Jin Q, et al. The impacts of climate change and human activities on grassland productivity in Qinghai Province, China

- [J]. *Frontiers of Earth Science*, 2014, 8(1): 93–103.
- [2] 何晶晶. 构建中国低碳农业法思考——中西比较视角[J]. *中国软科学*, 2014(12): 17–26.
- [3] 马发展. 关于当前我国农业科技投入若干问题的思考[J]. *农业经济问题*, 2003(6): 44–49.
- [4] 杨传喜, 张俊飏, 赵可. 农业科技资源与农业经济发展关系实证[J]. *中国人口·资源与环境*, 2011, 21(3): 113–118.
- [5] 杨钧. 农业技术进步对农业碳排放的影响——中国省级数据的检验[J]. *软科学*, 2013, 27(10): 116–120.
- [6] Adbelaziz E A, Saidur R, Mekhilef S. A review on energy saving strategies in industrial sector[J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2011, 15(1): 150–168.
- [7] Wise M, Dooley J, Luckow P, et al. Agriculture, land use, energy and carbon emission impacts of global biofuel mandates to mid-century[J]. *Applied Energy*, 2014, 114: 763–773.
- [8] Poeplau C, Don A. Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops—a meta-analysis[J]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2015, 200(1): 33–41.
- [9] 严立冬, 邓远建, 屈志光. 论生态视角下的低碳农业发展[J]. *中国人口·资源与环境*, 2010, 20(12): 40–45.
- [10] 罗吉文. 低碳农业经济效益的测评与实证[J]. *统计与决策*, 2010(24): 78–81.
- [11] 曾以禹, 陈卫洪, 李小军. 国外发展低碳农业的做法及其启示[J]. *世界农业*, 2010(10): 59–63.
- [12] 赵芝俊, 张社梅. 近20年中国农业技术进步贡献率的变动趋势[J]. *中国农村经济*, 2006(3): 4–12, 22.
- [13] Gerlagh R. Measuring the value of induced technological change[J]. *Energy Policy*, 2007, 35(11): 5287–5297.
- [14] 魏巍贤, 杨芳. 技术进步对中国二氧化碳排放的影响[J]. *统计研究*, 2010, 27(7): 36–44.
- [15] Haki P, Erwin B, Adewale A A. Do decentralized innovation systems promote agricultural technology adoption? Experimental evidence from Africa[J]. *Food Policy*, 2014, 44: 227–236.
- [16] Aubert B A, Schroeder A, Grimaudo J. IT as enabler of sustainable farming: an empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology[J]. *Decision Support Systems*, 2012, 54(1): 510–520.
- [17] 姚廷婷, 陈万明, 李晓宁. 环境友好农业技术创新与农业经济增长关系研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2014, 24(8): 122–130.
- [18] 李波, 张俊飏, 李海鹏. 中国农业碳排放时空特征及影响因素分解[J]. *中国人口·资源与环境*, 2011, 21(8): 80–86.
- [19] 智静, 高吉喜. 中国城乡居民食品消费碳排放对比分析[J]. *地理科学进展*, 2009, 28(3): 429–434.
- [20] 伍芬琳, 李琳, 张海林, 等. 保护性耕作对农田生态系统净碳排放量的影响[J]. *生态学杂志*, 2007, 26(12): 2035–2039.
- [21] 鲁钊阳. 省域视角下农业科技进步对农业碳排放的影响研究[J]. *科学学研究*, 2013, 31(5): 674–683.
- [22] 刘战伟. 河南省低碳农业发展的现状、问题及对策[J]. *江苏农业科学*, 2014, 42(2): 393–395.