

刘芳,张红丽. 山东省碳排放约束下农业全要素生产率及影响因素分析[J]. 江苏农业科学,2018,46(24):387-390.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.24.099

# 山东省碳排放约束下农业全要素生产率及影响因素分析

刘芳,张红丽

(石河子大学农业现代化研究中心,新疆石河子 832003)

**摘要:**以种植业和畜牧业为边界测算农业碳排放量,将农业碳排放作为非合意产出纳入农业全要素生产率分析框架,基于非径向、非角度 SBM(slacked-based measure)方向性距离函数模型和全域生产率指数(global malmquist-luenberger,简称 GML)对 2001—2015 年山东省及其 17 个市碳排放约束下的农业全要素生产率进行测算,并运用 Tobit 模型分析其影响因素。结果表明,考虑碳排放因素的农业全要素生产率增长小于传统农业全要素生产率增长幅度,农业技术进步是考虑碳排放约束的农业全要素生产率增长的主要驱动力,农业技术效率的恶化则减缓农业全要素生产率的增长。从地区差异看,碳排放约束下农业全要素生产率增长较快的城市多位于经济相对发达的鲁中地区和鲁东沿海地区。对碳排放约束下的农业全要素生产率增长有显著正向影响的是农业经济发展水平、农业对外开放度和农业财政支出比例和农村人均耕地面积,有显著负向影响的是自然灾害程度。

**关键词:**山东省;碳排放;农业 TFP;影响因素;Tobit 模型

**中图分类号:** F327 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)24-0387-04

山东是我国的农业大省,在积极践行“创新、协调、绿色、开放、共享”五大发展理念下,2016 年实现农、林、牧、渔业的增加值分别为 2 834.9 亿、103.7 亿、1 061.9 亿、928.7 亿元,分别比上年增长 4.8%、9.4%、2.5%、1.9%。山东省农业实现增长的同时,也伴随着大量的非合意产出,如二氧化碳等温室气体排放量的增加。在建设生态文明和发展低碳经济的背景下,探讨农业碳排放因素对农业全要素生产率(total factors productivity,简称 TFP)的影响,客观认识山东省环境约束下农业发展水平,促进政府将农业碳减排纳入政策制定考虑范围内,提高农业发展提质增效的能力具有重大意义。

内生增长理论认为,全要素生产率是长期经济增长的源泉,也是揭示区域经济增长差异的重要变量<sup>[1]</sup>。现代农业发展需要由过去依靠要素大量投入的粗放模式转为依靠农业科技进步、全面提升生产率的集约型发展模式。相关学者结合我国经济转型背景对全要素生产率展开一系列分析。已有研究大多运用数据包络分析法<sup>[2]</sup>和随机前沿法<sup>[3]</sup>对农业全要素生产率进行测度,并分析了农业全要素生产率增长的原因<sup>[4]</sup>,确定了农业全要素生产率的收敛性<sup>[5]</sup>。另外一些研究则主要探讨其中的某些重要因素,如气候变化、科技存量<sup>[6]</sup>、外商直接投资<sup>[7]</sup>对农业全要素生产率的影响。随着农业环境问题的日益突出,相关学者尝试在环境规制下或在碳排放约束下对农业经济增长进行研究,刘德娟等在考虑碳排放因

素下,测算了省域种植业全要素生产率,结果发现,辽宁省、黑龙江省等 4 省的农业相对符合低碳农业的特征<sup>[8]</sup>。以上成果从不同角度为探究农业全要素生产率提供了有益的借鉴和启示,但关于我国农业碳排放的研究结论具有极大的相似性,东部农业 TFP 较高,中西部农业 TFP 偏低的结论已成为共识<sup>[9]</sup>。但从碳排放角度重点研究某个省域的农业全要素生产率增长动态变化的文献不多;也鲜见对比研究考虑碳排放因素和不考虑碳排放因素的农业全要素生产率增长的文献。本研究运用非径向、非角度的 SBM(slacked-based measure)方向性距离函数模型和全域生产率指数(global malmquist-luenberger,简称 GML),对 2001—2015 年山东省及其 17 个市的农业全要素生产率进行测算,检验考虑碳排放约束与否 2 种情况对农业 TFP 增长的影响,并对 17 个市的碳排放约束下农业全要素生产率增长状况进行分组比较。最后运用 Tobit 模型分析碳排放约束下农业全要素生产率增长的影响因素并提出政策建议。

## 1 研究方法 with 数据来源

### 1.1 研究方法

**1.1.1 生产可能性集** 将每个省视为一个生产决策单位,由此构造每个省在各年份的生产最佳实践边界。环境技术就是要构建一个包括合意产出和非合意产出的生产可能性集<sup>[9]</sup>。假设每个省的农业生产过程需要投入  $N$  种要素  $x, x = (x_1, x_2, \dots, x_N) \in R_+^N$ , 获得  $M$  种合意产出  $y, Y = (y_1, y_2, \dots, y_M) \in R_+^M$  和  $S$  种非合意产出  $b, b = (b_1, b_2, \dots, b_S) \in R_+^S$ 。每年用  $t = 1, 2, \dots, T$  表示,每个省表示为  $j = 1, 2, \dots, J$ ; 则  $J$  个省  $t$  年的投入与产出可表示为  $(x^{t,j}, y^{t,j}, b^{t,j})$ , 环境技术生产可能性集合  $P(x)$  可以表示为

$$P(x) = \{(y, b) : x \text{ can produce } (y, b)\}, x \in R_+^N. \quad (1)$$

收稿日期:2017-09-15

基金项目:国家自然科学基金(编号:71563041)。

作者简介:刘芳(1983—),女,山东烟台人,博士研究生,讲师,主要从事农业经济管理研究。E-mail:819164865@qq.com。

通信作者:张红丽,博士,教授,主要从事生态经济和农业可持续发展研究。E-mail:zhl8291@126.com。

1.1.2 SBM 方向性距离函数 借鉴 Fukuyama 的思想<sup>[10]</sup>,本研究将包含 CO<sub>2</sub> 排放量的 SBM 方向性距离函数定义为

$$S_C^P(x^{t,j}, y^{t,j}, b^{t,j}, p^x, p^y, p^b) = \max \frac{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{S_n^x}{p_n^x} + \frac{1}{M+I} (\sum_{m=1}^M \frac{S_m^y}{p_m^y} + \sum_{i=1}^I \frac{S_i^b}{p_i^b})}{2}$$

s. t.  $\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J z_j^t x_{jn}^t + S_n^x = x_{jn}^t, \forall n; \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J z_j^t y_{jm}^t - S_m^y = y_{jm}^t, \forall m;$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J z_j^t b_{ji}^t + S_i^b = x b_{ji}^t, \forall i;$$
$$\sum_{j=1}^J z_j^t = 1, z_j^t \geq 0, \forall j; S_n^x \geq 0, \forall n; S_m^y \geq 0, \forall m; S_i^b \geq 0, \forall i. \quad (2)$$

式中: $x^{t,j}, y^{t,j}, b^{t,j}$ 分别表示j省t年的投入、合意产出、非合意

$$TFP(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; x^t, y^t, b^t) = \left[ \frac{S_C^t(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})}{S_C^t(x^t, y^t, b^t)} \times \frac{S_C^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})}{S_C^{t+1}(x^t, y^t, b^t)} \right]^+ = \frac{S_C^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})}{S_C^t(x^t, y^t, b^t)} \times$$
$$\left[ \frac{S_C^t(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})}{S_C^{t+1}(x^t, y^t, b^t)} \times \frac{S_C^t(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})}{S_C^t(x^t, y^t, b^t)} \right]^+ = EFFCH(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; x^t, y^t, b^t) \times TECH(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; x^t, y^t, b^t). \quad (3)$$

式中: $TFP(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; x^t, y^t, b^t)$ 表示从t期到t+1期碳排放约束下农业全要素生产率变化情况,可以分解成技术效率变化指数( $EFFCH$ )和技术进步指数( $TECH$ )。 $TFP$ 大于1、等于1和小于1,分别表示从t年到t+1年各省碳排放约束下的农业全要素生产率实现增长、保持不变和发生下降。 $EFFCH > 1$ 时,表示某区域的技术效率从t年到t+1年得到改善,反之表示技术效率趋向恶化; $TECH > 1$ 时,表示某区域的农业技术从t年到t+1年实现进步,反之表示倒退。

1.2 变量选择与数据来源

结合研究目的和数据的可得性,选择以下农业投入变量:(1)土地投入,以农作物总播种面积表示(千hm<sup>2</sup>);(2)劳动力投入,以农业年末从业人员数量表示(万人);(3)化肥投入,以化肥施用量(折纯量)表示(万t);(4)农药投入,以农药使用量表示(万t);(5)农膜投入,以每年农膜使用量表示(万t);(6)农用机械投入,以农用机械总动力表示(万kW);(7)农用柴油投入,以每年农用柴油使用量表示(万t);(8)灌溉投入,以每年有效灌溉面积表示(千hm<sup>2</sup>)。定义的产出变量包括(1)合意产出——农业总产值,以农林牧渔总产值表示(万元);(2)非合意产出——农业碳排放量,农业碳排放由2部分组成,一是种植业生产过程引发的碳排放,包括化肥、农药、农膜、农用柴油、土地翻耕过程导致的碳排放,其碳排放系数分别为0.895 6、4.934 1、5.180 0、0.592 7、312.600 0 kg/hm<sup>2</sup><sup>[12]</sup>;二是畜禽养殖引发的碳排放,包括畜禽肠道发酵引起的CH<sub>4</sub>排放和粪便管理导致的CH<sub>4</sub>和N<sub>2</sub>O为主的温室气体排放(表1)。农业碳排放总量等于各类碳排放源的数量与对应的碳排放系数的乘积之和。

表1 畜禽养殖温室气体碳排放系数

碳源	碳排放系数[kg/头·年]		
	肠道发酵 排放 CH <sub>4</sub>	粪便管理 排放 CH <sub>4</sub>	粪便管理 排放 N <sub>2</sub> O
奶牛	61	18.00	1.00
山羊	5	0.17	0.33
绵羊	5	0.15	0.33
猪	1	4.00	0.53
家禽	0	0.02	0.02

注:表中数据参考政府间气候变化专门委员会报告(2007年)。

产出向量; $p^x, p^y, p^b$ 分别表示投入减少、合意产出增加、非合意产出减少的方向向量; $S_n^x, S_m^y$ 和 $S_i^b$ 分别表示投入、合意产出和非合意产出的松弛向量,若 $S_n^x$ 和 $S_i^b$ 为正,则表示实际投入和非合意产出大于边界的投入和产出;若 $S_m^y$ 为正,则表示实际产出小于边界的产出。

1.1.3 GML 指数 碳排放约束要求在发展经济的同时,要关注能源的消耗和环境的污染,通过各种技术手段转变发展方式,尽可能降低二氧化碳的排放量。相应地,低碳农业的目标是争取尽量减少CO<sub>2</sub>等温室气体的同时,达到农业稳产、增产的效果。根据Oh的思路,构造基于SBM方向距离函数的全域生产率指数<sup>[11]</sup>,公式如下:

本研究考察期间是2001—2015年,研究对象是山东省及其17个市,上述8个农业投入变量和代表农业产出的农业总产值及农业碳排放量所需要的原始数据来自历年的《中国农村统计年鉴》《山东统计年鉴》及17个市的统计年鉴。

2 结果与分析

2.1 碳排放约束下山东省农业全要素生产率增长变动分析

从表2可以看出,在考虑碳排放约束下,山东省2001—2015年农业全要素生产率年均增长速度为2.9%,其中农业技术进步年均贡献率为3.1%,但技术效率年均贡献率是-0.2%。从各年份看,农业技术效率呈现“改善-恶化-改善-恶化”不断交替的过程。2001—2004年间期是 $TFP$ 逐渐上升阶段,对应的农业技术进步、农业技术效率均呈现不断改善的状态。2005—2006年是 $TFP$ 相对下降的阶段,2007年之后一直到2012年 $TFP$ 呈现小幅度波动状态,2013年出现一个较大的上升之后又趋于平稳。2001、2002年农业技术效率的贡献明显大于农业技术进步的贡献,2003年之后,农业技术进步贡献居于明显的主导地位,到2006年达到最大值,贡献率为9.9%,之后技术进步增长减缓,到2013年又出现一次较大的上升幅度,贡献率为8.1%。为了验证碳排放对农业全要素生产率的影响,本研究还测算了不包含碳排放的农业全要素生产率。从表2还可以看出,2001—2015年,山东省不考虑农业碳排放的农业全要素生产率( $TFP_0$ )年均增长速度为7.6%,其中农业技术进步( $TECH_0$ )年均贡献率为9.2%,但技术效率( $EFFCH_0$ )年均贡献率是-1.4%。比考虑碳排放情况下的 $TFP$ 、 $TECH$ 和 $EFFCH$ 分别高4.7、6.1个百分点和降低1.2个百分点。因此,如果只关注经济产值、产量增长等合意产出,而忽视碳排放这一非合意产出,可能会高估农业全要素生产率,造成对农业 $TFP$ 增长情况的误读。山东省农业经济增长仍然没有摆脱高投入、高排放的粗放型增长模式,未来须要依赖农业技术进步特别是低碳生产技术的创新来提高农业全要素生产率。

2.2 山东省17个市碳排放约束下农业全要素生产率及其分解

从表3可以看出,山东省17个市2001—2015年农业全

表 2 山东省农业全要素生产率增长与分解

年份	计算碳排放			不计算碳排放		
	<i>EFFCH</i>	<i>TECH</i>	<i>TFP</i>	<i>EFFCH</i> <sub>0</sub>	<i>TECH</i> <sub>0</sub>	<i>TFP</i> <sub>0</sub>
2001	0.990	0.926	0.917	0.937	0.974	0.913
2002	1.000	0.974	0.974	0.972	0.996	0.968
2003	1.018	1.052	1.071	0.991	1.137	1.127
2004	1.048	1.064	1.115	1.000	1.205	1.205
2005	0.981	1.049	1.029	0.914	1.156	1.057
2006	0.909	1.099	0.999	0.956	1.094	1.046
2007	1.011	1.043	1.054	1.002	1.168	1.170
2008	0.998	1.047	1.045	0.996	1.124	1.120
2009	1.000	1.024	1.024	0.998	1.092	1.090
2010	1.011	1.045	1.056	1.010	1.114	1.125
2011	0.990	1.027	1.017	0.990	1.052	1.041
2012	1.011	1.013	1.024	1.012	1.021	1.033
2013	1.009	1.081	1.091	1.017	1.143	1.163
2014	1.000	1.010	1.010	0.994	1.048	1.042
2015	0.999	1.016	1.015	0.995	1.051	1.046
均值	0.998	1.031	1.029	0.986	1.092	1.076

表 3 山东省 17 个市碳排放约束下农业 TFP 及其分解

地区	<i>EFFCH</i>	<i>TECH</i>	<i>TFP</i>	排名
济南市	1.000	1.235	1.235	4
青岛市	1.000	1.220	1.220	5
淄博市	1.006	1.244	1.252	2
枣庄市	1.001	1.057	1.058	13
东营市	1.010	1.103	1.114	12
烟台市	1.000	1.250	1.250	3
潍坊市	0.988	1.196	1.182	9
济宁市	1.014	1.174	1.190	7
泰安市	1.027	1.167	1.199	6
威海市	1.007	1.177	1.185	8
日照市	0.993	1.129	1.121	11
莱芜市	1.000	1.338	1.338	1
临沂市	0.924	1.132	1.046	14
德州市	1.009	1.011	1.020	17
聊城市	0.988	1.045	1.033	16
滨州市	0.989	1.136	1.125	10
菏泽市	0.990	1.132	1.041	15
均值	0.998	1.162	1.150	

要素生产率分别在考虑碳排放约束下的指标值及其分解后的 *EFFCH* 和 *TECH* 的平均数。结果表明,在考虑碳排放约束下,山东省 17 个市的农业 *TFP* 平均值都是大于 1 的。按 *TFP* 平均值大小进行排序,可以将 17 个市划分为快速组、中速组、慢速组 3 个层次,*TFP* 列于前 5 位的快速组包括莱芜市、淄博市、烟台市、济南市、青岛市,其农业全要素生产率的年均增速分别是 33.8%、25.2%、25.0%、23.5%、22.0%,从地理分布看,莱芜市、淄博市、济南市属于经济发展较快的鲁中地区,而烟台市、青岛市属于经济相对发达的鲁东地区。*TFP* 增长中速组包括泰安市、济宁市、威海市、潍坊市、滨州市、日照市、东营市。*TFP* 增长列于后 5 位的慢速组包括鲁南地区的枣庄市(1.058)、临沂市(1.046)、菏泽市(1.041)和鲁西地区的聊城市(1.033)、德州市(1.020)。从 *TFP* 增长源泉看,在考虑碳排放约束条件下,淄博市、枣庄市、东营市、济宁市、泰安市、威

海市、德州市 7 个市的农业技术效率指数和技术进步指数都大于 1,2 个因素的共同作用促进了这些城市农业全要素生产率的增长。济南市、青岛市、烟台市、莱芜市 4 个市的农业 *TFP* 增长完全依赖于农业技术进步的贡献,而农业技术效率没有变化。潍坊市、日照市、临沂市、聊城市、滨州市、菏泽市 6 个城市的农业技术效率出现不同程度的下降,但是由于农业技术进步的较大幅度改善,其农业 *TFP* 最终呈现增长态势。

## 2.3 碳排放约束下农业全要素生产率增长的影响机制分析

2.3.1 变量选择与模型构建 在借鉴前人研究成果<sup>[13]</sup>的基础上,本研究选择以下变量作为碳排放约束下农业全要素生产率增长的解释变量:(1)农业经济发展水平(*Ae*):以农村人均农林牧渔总产值表示,即农林牧渔总产值与农村总人数的比值;(2)种植业比重(*Az*):以种植业产值占农林牧渔总产值的比重表示;(3)畜牧业比重(*Ax*):以畜牧业产值占农林牧渔总产值的比重表示;(4)农业对外开放度(*Ao*):以进口农产品数量与总产量之比表示;(5)农业财政支出占比(*Ag*):用农业财政支出与财政总支出之比表示;(6)劳动力受教育水平(*Al*):用农村劳动力初中及以上学历人口比重表示;(7)自然灾害程度(*An*):用农作物受灾面积与总耕地面积比重表示;(8)耕地规模(*Am*):用农村人均耕地面积表示。指标所需数据均来自《中国农村统计年鉴》和《山东统计年鉴》,并经过一定处理。构建 Tobit 模型来检验低碳农业全要素生产率增长的影响因素,其公式如下:

$$ATFP = \alpha_0 + \alpha_1 Ae_i + \alpha_2 Az_i + \alpha_3 \ln Ax_i + \alpha_4 Ao_i + \alpha_5 Ag_i + \alpha_6 Al_i + \alpha_7 An_i + \alpha_8 Am_i + \mu_i \quad (4)$$

式中:*ATFP* 表示低碳农业全要素生产率指数, $\alpha_0$  为常数项, $\alpha_k$  ( $k=1,2,\dots,8$ ) 为解释变量的回归系数, $\mu_i$  为随机误差项。

2.3.2 回归结果分析 运用 Stata 14.0 软件对“2.3.1”节中的模型进行回归分析。从表 4 可以看出,农业经济发展水平、农业对外开放度和自然灾害程度在 5% 的水平下通过显著性检验,农业财政支出占比、耕地规模在 10% 的水平下通过显著性检验。(1)农业经济发展水平、农业对外开放度、农业财政支出占比和耕地规模对低碳农业全要素生产率有显著的正向影响。在其他因素不变的条件下,农村人均农林牧渔总产值越高,低碳农业全要素生产率就越高。尽管农业现代化的过程伴随着大量化肥、农药和高效率农业机械的投入使用,导致了二氧化碳排放量的增加,但是也促进了农业产量、产值以及农业碳汇功能的增加。农业对外开放度以进口农产品数量与总产量之比表示,进口的农产品数量的增多,在一定程度上导致当地农产品供应的减少,间接引起碳排放量的减少。据统计,山东省进口的玉米产品、大豆、大米等主要农产品总量由 2001 年的 389.17 万 t 增长到 2015 年的 2 216.71 万 t,在一定程度上减少了本地碳排放量。同样,财政支出中用于农业、农村发展的比例越大,对低碳农业全要素生产率的提升作用越明显。山东省 2001 年地方财政中用于农业支出的只有 47.89 亿元,到 2006 年增长到 108.37 亿元。2013 年,通过积极争取中央财政和各级财政预算安排,共筹集 18.2 亿元用于“旱能浇、涝能排”的高标准农田建设。随着农业财政支出效率的提升,农业、林业、水利和科技的综合配套能力增强,大大促进了农业基础设施的改善,进而对低碳农业全要素生产率的增长发挥了正向作用。随着城镇化进程的加快,农村劳动

力的减少加大了对农业机械的依赖,进而促进了低碳农业全要素生产率的增长。(2)自然灾害程度对低碳农业全要素生产率有显著的负向影响。在其他因素不变的情况下,农作物受灾面积占总耕地面积比重越大,低碳农业全要素生产率越低。山东省多旱灾和洪涝灾害,每遇灾害,农作物减产严重,甚者颗粒无收,农业经济产出低下、农业碳汇功能受损,进而引起低碳农业全要素生产率的降低。(3)种植业比重、畜牧业比重、劳动力受教育水平未通过显著性检验。可能原因是尽管山东省农业产业结构完成了一定调整,比如种植业产值比重由 2001 年 57.11% 下调为 2015 年 51.71%,畜牧业产值比重由 2001 年的 26.68% 逐步上升到 2008 年的 30.37%,后慢慢下调至 2015 年的 26.29%,但是变化幅度不是很大,而且各市的农业结构调整方向趋同,因此,农业结构调整没有对低碳农业全要素生产率产生显著影响。理论上劳动力受教育水平越高,对农业生产过程造成的污染认识越深刻,应该越倾向低碳化生产方式。但现实中劳动力是理性的,生产行为更多以利益驱动为主导。大部分劳动力不会自觉选择低碳生产方式,因此,劳动力受教育水平对低碳农业全要素生产率也没有显著影响。

表 4 ATFP 影响因素回归结果

变量	系数	标准误差	$P> t $
常数项	1.674 ***	0.012	0.000
农业经济发展水平	0.056 **	0.063	0.014
种植业比重	-0.613	0.109	0.316
畜牧业比重	0.012	0.014	0.611
农业对外开放度	0.175 **	0.009	0.023
农业财政支出占比	0.039 *	0.201	0.082
劳动力受教育水平	0.011	0.037	0.522
自然灾害程度	-0.325 **	0.412	0.021
耕地规模	0.027 *	0.117	0.067

注:“\*、\*\*、\*\*\*”分别表示在 10%、5%、1% 的水平下显著。

3 结论与政策建议

对 2001—2015 年山东省及其 17 个市的碳排放约束下农业 TFP 进行测算,并分析其影响因素,主要结论如下:(1)山东省碳排放约束下的农业 TFP 增长相对平稳。农业全要素生产率的增长主要依赖于农业技术进步的贡献,技术效率的恶化则减缓农业全要素生产率的增长。从空间角度看,山东省 17 个市碳排放约束下的农业 TFP 增长差异明显,增长较快的城市多位于经济相对发达的鲁中地区和鲁东沿海地区。(2)从碳排放约束下的农业全要素生产率增长的源泉看,山东省 17 个市也存在较大差异性。依赖农业技术效率和农业技术进步双重因素的有威海市等 7 个市,烟台市等 4 个市的农业 TFP 增长完全依赖于农业技术进步,其农业技术效率既无改善也未恶化,其他城市的农业技术进步改善程度大大超过技术效率恶化的程度,因此,农业 TFP 最终是大于 1 的。(3)对碳排放约束下的农业全要素生产率增长有显著正向影响的是农业经济发展水平、农业对外开放度和农业财政支出占比和耕地规模,有显著负向影响的是自然灾害程度。种植业比重、畜牧业比重和劳动力受教育水平未通过显著性检验。

基于上述结论,本研究提出以下政策建议:(1)建立多元

化投资机制,推动低碳农业技术创新。利用多种形式加大对低碳农业技术研发的投入,形成财政、碳基金、民间资本、企业等多渠道资金投入机制。(2)优化农业产业结构,调整农产品进出口结构。与畜牧业和渔业相比,山东省种植业比重仍在 50% 以上。因此,还须努力优化农业产业结构,在保证粮食安全的前提下,适当调减种植业比例,充分发挥山东省海洋资源优势,大力发展碳汇渔业。在农产品进出口方面,尽可能多地进口碳排放量多而碳汇效果差的农副产品,但多出口碳排放量较少且碳汇效果较好的农副产品。(3)完善财政支农政策,制定碳税税收政策。评估各市农业系统碳源、碳汇现状和碳增汇潜力,按照农业生产过程中碳增汇能力与农业经济增长之间的关系,确定各市所属类型,按照一定比例预算当年支持农业低碳发展的财政专项转移支付额度。或是借鉴英国经验,基于“谁排放,谁付费”的原则,适时开征碳税。评估各市碳源、碳汇现状,依据碳排放强度选择部分市区开展碳税征收试点,经过几年运行,总结经验与问题,完善碳税征收政策,并在全省逐步推广实施。

参考文献:

[1]王裕瑾,于伟. 我国省际绿色全要素生产率收敛的空间计量研究[J]. 南京社会科学,2016(11):31-38.

[2]Kumar S. Environmentally sensitive productivity growth: a global analysis using malmquist - luenberger index [J]. Ecological Economics,2006,56(2):280-293.

[3]揭煜汕,郭洁,陈罗焯,等. 碳约束下中国县域尺度农业全要素生产率比较研究[J]. 地理研究,2016,35(5):898-908.

[4]尹朝静,李谷成,范丽霞,等. 气候变化、科技存量与农业生产率增长[J]. 中国农村经济,2016(5):16-28.

[5]史常亮,朱俊峰,揭昌亮. 中国农业全要素生产率增长地区差异及收敛性分析——基于固定效应 SFA 模型和面板单位根方法[J]. 经济问题探索,2016(4):134-141.

[6]孙致陆,李先德. 农业 FDI 提升了中国农业全要素生产率吗——基于面板数据随机前沿函数模型的分析[J]. 国际商务(对外经济贸易大学学报),2014(3):54-62.

[7]韩海彬,张莉. 农业信息化对农业全要素生产率增长的门槛效应分析[J]. 中国农村经济,2015(8):11-21.

[8]刘德娟,周琼. 碳排放约束下农业全要素生产率测算与收敛性检验[J]. 福建农业学报,2017,32(1):99-106.

[9]Färe R, Grosskopf S, Jr C A P. Environmental production functions and environmental directional distance functions[J]. Energy,2007,32(7):1055-1066.

[10]Fukuyama H, Masaki H, Sekitani K, et al. Distance optimization approach to ratio - form efficiency measures in data envelopment analysis[J]. Journal of Productivity Analysis,2014,42(2):175-186.

[11]Oh D H. A global Malmquist - luenberger productivity index[J]. Journal of Productivity Analysis,2010,34(3):183-197.

[12]王太祥,王腾,吴林海. 西北干旱区农地利用碳排放与农业经济增长的响应关系[J]. 中国农业资源与区划,2017,38(4):170-176.

[13]田云,张俊飏,陈池波. 中国低碳农业发展的空间异质性及其影响机理研究[J]. 中国地质大学学报(社会科学版),2016,16(4):33-44.