

李红英,袁海瑛. 基于 Malmquist 指数法的广西农业碳排放绩效实证[J]. 江苏农业科学,2019,47(7):337-341.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.07.079

# 基于 Malmquist 指数法的广西农业碳排放绩效实证

李红英<sup>1</sup>, 袁海瑛<sup>2</sup>

(1. 南充职业技术学院财经系, 四川南充 637000; 2. 江西财经大学马克思主义学院, 江西南昌 330013)

**摘要:**农业是国家经济发展的基础,农业生产活动为我国提供了粮食需求、维护了粮食安全,也引发了不容乐观的温室气体排放量问题。对农业领域的碳排放绩效展开深入探讨,以广西壮族自治区 11 个地市为研究对象,采集 11 个地市 2008—2016 年的面板数据,结合 Malmquist 生产力指数与 Malmquist - Luenberger 生产力指数实证检验农业产业化与农业碳排放绩效之间的内在影响。结果表明,以 Malmquist 生产力指数和 Malmquist - Luenberger 生产力指数衡量时,广西各地市的碳排放绩效的 Malmquist 指数和 Malmquist - Luenberger 指数均随时间的变化呈现增长趋势,农业产业化水平排名相对靠前的城市的农业产业化发展水平与碳排放绩效呈统计学显著正相关( $P < 0.05$ );反之,农业产业化水平较低的城市农业产业化发展水平与碳排放绩效并无统计学显著意义。该结论对指导农业产业化发展以及低碳农业的推进有重要的理论指导意义。

**关键词:**广西;农业碳排放;非期望产出;Malmquist 指数;生产力指数

**中图分类号:** F327      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1002-1302(2019)07-0337-05

随着经济与科技飞速发展,我国地区自然环境发生了巨大的改变,温室气体的排放、地层下陷、森林砍伐、土壤流失、土石流、野生动物灭绝、垃圾掩埋、畜产废弃物等环境污染现象非常严重,环境保护已成为经济发展过程中必须要慎重考虑的事情<sup>[1-2]</sup>。温室气体排放作为影响全球变暖的根源因素越来越得到世界各国的重视。全球温度的升高源自大气层吸收了过多的二氧化碳等温室气体,气温的升高引发了全球气候的异常。如果不重视,将会对人类生存环境产生巨大冲击<sup>[3]</sup>。农业部门的生产活动为我国解决了粮食的供应、维护了粮食安全,但其温室气体排放量也不容乐观,农业的温室气体排放来源除了森林砍伐及土壤有机质分解所造成的二氧化碳排放外,主要排放源为禽畜类肠胃发酵、禽畜类排泄物管理、稻作、农业土壤、草原的焚烧、农业废弃物的焚烧等导致的甲烷与氧化亚氮的排放。在农业领域,二氧化碳最大的排放源是有机土壤的排水和耕作,包括湿地、泥炭地、泥塘或者富含有机质的沼泽<sup>[4-5]</sup>。当出于种植目的而对这些地区进行排水时,土壤中的有机物就会快速分解,释放出二氧化碳。农业中的二氧化碳排放与我国农业发展密不可分,在分析农业发展生产效率时,须要将碳排放的环境因素纳入考虑,这样才能更贴近真实情况。对于农业发展与碳排放绩效之间的研究可以以为指导农业低碳发展提供重要的政策参考<sup>[6]</sup>。目前学者已经针对各产业及国家地区的碳排放绩效展开了大量研究,其中 Arcelus 等运用 Malmquist - Luenberger 指数方法分析了全球发达国家在 2000—2014 年碳排放的绩效及影响因素<sup>[7]</sup>。Atkinson 等以国家为比较基准,使用 Malmquist 生产力指数探讨东亚 10 国经济/环境的整体生产力,环境变量采用各国二氧化碳的排放量进行分析,并发现东亚 10 国在考虑二氧化碳

排放因素后,其 Malmquist 生产力指数低于不考虑二氧化碳的排放因素的生产力指数<sup>[8]</sup>。Chung 等以包络分析法分析 2014 年欧洲 31 个国家的生产效率,以 GDP 及二氧化碳分别为期望及非期望产出,以能源消费量为投入项,评估瑞典、希腊、英国、卢森堡等 4 个国家的长期能源边际消费量,并发现各国经济活动提升结合改善生态环境可以达到更好的技术效率<sup>[9]</sup>。Fare 等使用 ZSG (zero sum gains) 模型及 CA (cooperation and alliance) 模型来检测欧盟国家二氧化碳减量的效率,发现经过各国二氧化碳配额交易后,各国减排效率均可优化<sup>[10]</sup>。Fernandez 等采用 Malmquist 生产力指数与 Malmquist - Luenberger 生产力指数评估亚太地区的亚洲太平洋经济合作组织 (APEC) 成员国,将二氧化碳排放量视为非期望产出以衡量成员国的生产力变化情形,检验国家若将非期望产出纳入模型考虑时是否会有明显的差异,结果发现以 Malmquist 生产力指数衡量时,发达国家的生产力相对开发中国家而言具有全面性的优势,不考虑二氧化碳排放时,发达国家具有较高的生产力<sup>[11]</sup>。以 Malmquist - Luenberger 生产力指数衡量时,在二氧化碳排放管制之下,发达国家面临较严格的排放标准,其生产力及技术改变的进步幅度不如开发中国家。Francesco 等以全球 500 强企业为研究对象,将二氧化碳排放量作为非期望产出,以数据包络分析法探讨各产业的生产效率,并以 Malmquist 生产力指数衡量其效率变迁,发现 2010—2016 年各企业生产力衰退比例较高<sup>[12]</sup>。具有生产力进步的产业包括非必须消费品业、工业及材料业。连续 3 年生产效率较高的产业为金融业及能源业,较低产业为工业及公用事业。综上,现有文献中主要以整个国家和地区的产业碳排放绩效为研究对象<sup>[13-14]</sup>,鲜有针对农业以及局部地区的碳排放绩效进行探讨,因此,本研究利用广西壮族自治区 11 个地市 2008—2016 年的面板数据,结合 Malmquist 生产力指数与 Malmquist - Luenberger 生产力指数实证检验农业产业化是否可以提高农业碳排放绩效。

收稿日期:2017-09-19

作者简介:李红英(1976—),女,四川南充人,讲师,主要从事会计、财务管理和会计电算化理论研究。E-mail:jra997@163.com。

## 1 分析模型的理论与方法

### 1.1 Malmquist 生产力指数

Malmquist 生产力指数常用来衡量投入与产出的差距,从而评估出对应的生产效率,因此,本研究采用该指数来计算广西壮族自治区各地市的碳排放绩效,以下进一步对 Malmquist 生产力指数的具体计算过程进行阐述<sup>[15-16]</sup>。

假设  $H$  家决策单位 (decision making units, DMUs) 使用  $N$  种投入,生产  $M$  期望产出,其定义分别如下:

$$\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_N) \subset \mathbf{R}_+^N \text{ 及 } \mathbf{y} = (y_1, y_M) \in \mathbf{R}_+^M. \quad (1)$$

因此,生产产出集合可表示为:

$$P(\mathbf{x}) = \{y: \mathbf{x} \text{ can produce } y\}. \quad (2)$$

Hu 等使用 Malmquist 生产力指数来衡量  $t$  期到  $t+1$  期的生产力改变量<sup>[17]</sup>。

$$M_t^{t+1} = \left[ \frac{D_o^t(\mathbf{x}^{t+1}, \mathbf{y}^{t+1})}{D_o^t(\mathbf{x}^t, \mathbf{y}^t)} \cdot \frac{D_o^{t+1}(\mathbf{x}^{t+1}, \mathbf{y}^{t+1})}{D_o^{t+1}(\mathbf{x}^t, \mathbf{y}^t)} \right]^{1/2}. \quad (3)$$

上述衡量方法根据学者 Yang 给出的 Malmquist 生产力指数概念进行平均值处理<sup>[18]</sup>。当  $M_t^{t+1} > 1$  时,表示生产力增长;当  $M_t^{t+1} < 1$  时,表示生产力降低;当  $M_t^{t+1} = 1$  时,则表示生产力并无改变。

Malmquist 生产力指数通常可以分解为 2 个部分:第一部分为效率改变,第二部分为技术改变<sup>[19]</sup>。

$$EFFCH_t^{t+1} = \frac{D_o^{t+1}(\mathbf{x}^{t+1}, \mathbf{y}^{t+1})}{D_o^t(\mathbf{x}^t, \mathbf{y}^t)}; \quad (4)$$

$$TECH_t^{t+1} = \left[ \frac{D_o^t(\mathbf{x}^{t+1}, \mathbf{y}^{t+1})}{D_o^{t+1}(\mathbf{x}^{t+1}, \mathbf{y}^{t+1})} \cdot \frac{D_o^t(\mathbf{x}^t, \mathbf{y}^t)}{D_o^{t+1}(\mathbf{x}^t, \mathbf{y}^t)} \right]^{1/2}. \quad (5)$$

效率改变及技术改变相乘可求得 Malmquist 生产力指数。

$$M_t^{t+1} = TECH_t^{t+1} \cdot EFFCH_t^{t+1}. \quad (6)$$

### 1.2 Malmquist - Luenberger 生产力指数

同时考虑期望及非期望产出的情况,则非期望产出的定义为  $\mathbf{u} = (u_1, \dots, u_j) \subset \mathbf{R}_+^j$ 。

利用上式的产出集合进行分析。含有非期望产出的分析

$$ML_t^{t+1} = \left[ \frac{[1 + \vec{D}_0^t(\mathbf{x}^t, \mathbf{y}^t, \mathbf{u}^t, \mathbf{y}^t, -\mathbf{u}^t)]}{[1 + \vec{D}_0^t(\mathbf{x}^{t+1}, \mathbf{y}^{t+1}, \mathbf{u}^{t+1}, \mathbf{y}^{t+1}, -\mathbf{u}^{t+1})]} \frac{[1 + \vec{D}_0^{t+1}(\mathbf{x}^t, \mathbf{y}^t, \mathbf{u}^t, \mathbf{y}^t, -\mathbf{u}^t)]}{[1 + \vec{D}_0^{t+1}(\mathbf{x}^{t+1}, \mathbf{y}^{t+1}, \mathbf{u}^{t+1}, \mathbf{y}^{t+1}, -\mathbf{u}^{t+1})]} \right]. \quad (11)$$

式中:  $\vec{D}_0^t(\mathbf{x}^t, \mathbf{y}^t, \mathbf{u}^t, \mathbf{y}^t, -\mathbf{u}^t)$  表示给定的方向性向量。

$$(\mathbf{g}_y, -\mathbf{g}_u) = (\mathbf{y}^{t+1}, -\mathbf{u}^{t+1}). \quad (12)$$

以  $t+1$  期的观察值及  $t$  期的技术所计算出来的距离函数,其余以此类推。

同理, Malmquist - Luenberger 生产力指数也可以分解为 2 个部分:第一部分为效率改变,第二部分为技术改变<sup>[25]</sup>。

$$ML_t^{t+1} = \left[ \frac{[1 + \vec{D}_0^{t+1}(\mathbf{x}^t, \mathbf{y}^t, \mathbf{u}^t, \mathbf{y}^t, -\mathbf{u}^t)]}{[1 + \vec{D}_0^t(\mathbf{x}^t, \mathbf{y}^t, \mathbf{u}^t, \mathbf{y}^t, -\mathbf{u}^t)]} \frac{[1 + \vec{D}_0^{t+1}(\mathbf{x}^{t+1}, \mathbf{y}^{t+1}, \mathbf{u}^{t+1}, \mathbf{y}^{t+1}, -\mathbf{u}^{t+1})]}{[1 + \vec{D}_0^{t+1}(\mathbf{x}^{t+1}, \mathbf{y}^{t+1}, \mathbf{u}^{t+1}, \mathbf{y}^{t+1}, -\mathbf{u}^{t+1})]} \right]^{1/2}. \quad (14)$$

当 Malmquist - Luenberger 的生产力指数  $> 1$  时,表示总要素生产力处于改善阶段;当 Malmquist - Luenberger 的生产力指数  $< 1$  时,表示总要素生产力处于衰退的阶段;当 Malmquist - Luenberger 的生产力指数  $= 1$  时,则说明总要素的生产力并未有太多变化。

对于任何一家决策单位 (DMU<sub>*h*</sub>) 而言,计算  $t, t+1$  2 期之间的总要素生产力改变,须先估计 4 种方向性距离函数,即

中,希望能分辨出期望产出及非期望产出,前者可以用市场指标衡量,而后者无法用市场指标衡量,而非期望的副产品对于绩效的衡量会造成不良影响<sup>[20]</sup>。在进行分析之前先介绍联合产出及弱可抛产出等相关特性。

1.2.1 联合产出 (Null - joint outputs) 期望产出与非期望产出是一起生产出来的,  $\mathbf{u}$  是生产  $\mathbf{y}$  时的副产品 (byproduct), 以下说明期望产出向量  $\mathbf{y}$  与非期望产出  $\mathbf{u}$  之间的联合关系<sup>[21]</sup>。

$$(\mathbf{y}, \mathbf{u}) \in P(\mathbf{x}), \text{ 且 } \mathbf{u} = 0 \text{ 则 } \mathbf{y} = 0. \quad (7)$$

对于任何适合的产出  $(\mathbf{y}, \mathbf{u})$  而言,若无非期望产出,则表示在联合生产之下期望产出量为 0;若有正的期望产出,则必存在非期望的产出。

1.2.2 弱可处置性及强可处置性 对于产出的处置是否具有强势,分别有以下 2 个假设<sup>[22]</sup>:

$$(\mathbf{y}, \mathbf{u}) \in P(\mathbf{x}), \text{ 且 } 0 \leq \theta \leq 1 \text{ 隐含 } (\theta \mathbf{y}, \theta \mathbf{u}) \in P(\mathbf{x}); \quad (8)$$

$$(\mathbf{y}, \mathbf{u}) \in P(\mathbf{x}), \text{ 且 } \mathbf{y}^0 \leq \mathbf{y} \text{ 隐含 } (\mathbf{y}^0, \mathbf{u}) \in P(\mathbf{x}). \quad (9)$$

公式 (8) 表示技术具有弱可处置的特性,即在投入减少时,对应的期望和非期望产出都出现了对应的减少。公式 (9) 表示处置期望产出可以无须成本而处置。须注意的是,若技术满足强可抛性质,则必定满足弱可抛性质,但是,反之则不成立。

Lozano - Vivas 等以 Malmquist - Luenberger 生产力指数来衡量具有非期望产出的总要素生产力改变<sup>[23]</sup>。方向性距离函数可在扩张期望产出的同时允许非意欲产出的缩减,其定义如下:

$$\vec{D}_0(\mathbf{x}, \mathbf{y}, \mathbf{u}; \mathbf{g}_y, -\mathbf{g}_u) = \max \{ \beta: (\mathbf{y} + \beta \mathbf{g}_y, \mathbf{u} - \beta \mathbf{g}_u) \in P(\mathbf{x}) \}. \quad (10)$$

式中:  $\mathbf{g} = (\mathbf{g}_y, -\mathbf{g}_u)$  用来说明方向性。在限定投入组合的情况下,利用设定的方向性向量作为观察期望产出 ( $\mathbf{y}$ ) 扩张及非期望产出 ( $\mathbf{u}$ ) 缩减的权重。

Wu 定义产出导向的 Malmquist - Luenberger 生产力指数公式如下<sup>[24]</sup>。

$$MLEFFCH_t^{t+1} = \frac{[1 + \vec{D}_0^t(\mathbf{x}^t, \mathbf{y}^t, \mathbf{u}^t, \mathbf{y}^t, -\mathbf{u}^t)]}{[1 + \vec{D}_0^{t+1}(\mathbf{x}^{t+1}, \mathbf{y}^{t+1}, \mathbf{u}^{t+1}, \mathbf{y}^{t+1}, -\mathbf{u}^{t+1})]}; \quad (13)$$

$$\vec{D}_0^t(\mathbf{x}^{t+1}, \mathbf{y}^{t+1}, \mathbf{u}^{t+1}, \mathbf{y}^{t+1}, -\mathbf{u}^{t+1}), \vec{D}_0^{t+1}(\mathbf{x}^{t+1}, \mathbf{y}^{t+1}, \mathbf{u}^{t+1}, \mathbf{y}^{t+1}, -\mathbf{u}^{t+1}), \vec{D}_0^t(\mathbf{x}^t, \mathbf{y}^t, \mathbf{u}^t, \mathbf{y}^t, -\mathbf{u}^t) \text{ 及 } \vec{D}_0^{t+1}(\mathbf{x}^t, \mathbf{y}^t, \mathbf{u}^t, \mathbf{y}^t, -\mathbf{u}^t)$$

对上述距离函数进行线性求解,如对  $h$  产业 (DMU<sub>*h*</sub>)

$$\vec{D}_0^t(\mathbf{x}^t, \mathbf{y}^t, \mathbf{u}^t, \mathbf{y}^t, -\mathbf{u}^t) \text{ 的线性规划如下}^{[26]}。$$

$$\vec{D}_0^t(x^{t,h}, y^{t,h}, u^{t,h}, y^{t,h}, -u^{t,h}) = \max_{\beta, \lambda_1, \dots, \lambda_H} \beta. \quad (15)$$

s. t. (i)  $\sum_{h=1}^H \lambda_h y_m^{t,h} \geq (1 + \beta) y_{k,m}^{t,h}, m = 1, \dots, M;$   
(ii)  $\sum_{h=1}^H \lambda_h u_j^{t,h} = (1 - \beta) u_j^{t,h}, j = 1, \dots, J;$   
(iii)  $\sum_{h=1}^H \lambda_h x_n^{t,h} \leq (1 - \beta) x_n^{t,h}, n = 1, \dots, N;$   
 $\lambda_h \geq 0, h = 1, \dots, H.$

在上述方程中,第 1 个限制条件是为了保证期望产出满足强可处置性质,在给定的条件下寻求最大的可能,第 2 个限制条件是为了满足非期望产出满足弱可抛性质,通过特定的权数(uth)来探索非期望产出下可能的最大缩减;第 3 条限制条件的提出是为了适应强可处置性的需求。

本研究采用 Malmquist 及 Malmquist - Luenberger 生产力指数 2 种方法计算广西各地区的农业碳排放绩效,进而研究碳排放与农业发展的相关性。

2 实证结果与分析

2.1 数据来源及变量说明

综合本研究目标,对广西壮族自治区 11 个地市的农业碳排放绩效进行测算,数据选自广西经济年鉴及历年的农村统计年鉴,剔除无效数据,最终得到的统计数据年限为 2008—2016 年,以下对农业碳排放的投入和产出变量进行分析。首先,产出变量。农业总产值和二氧化碳产值分别属于期望产出及非期望产出。本研究的二氧化碳产出数据来自二氧化碳信息分析中心(carbon dioxide information analysis center, CDIAC)搜集的数据<sup>[27]</sup>。其次,投入变量。农业劳动力数量

及农业资本存量。本研究的投入为农业劳动力数量及资本存量,因为农业资本存量的数据无法直接获得,通过农业机械动力总量来估计,而农业劳动力数量通过从事农林牧副渔行业的人员进行统计。

由表 1 可知,期望产出和非期望产出共同组成了产出项,广西壮族自治区农业碳绩效的投入项和产出项数值均随时间变化逐渐增大,其中产出项的数值增长更快;在投入项中,随着城乡一体化进程不断推进以及外来务工人员的增多,从事农业的劳动力数量缓慢增长,总体数量基本不变。另外,由产出项的数据统计可知,农业产出和二氧化碳的产出间具有联合产出的特性,即农业产出与二氧化碳产出之间存在正相关性。只要有农业产出,必然存在二氧化碳产出。因此,可以利用方向性距离函数进行分析,模型所选择的投入与产出变量须有同向的关系,若有负相关存在,则必须将该项目剔除。根据投入产出变量间的相关性校验可知,本研究的投、产变量间存在正相关性,说明选用的模型符合研究的目的。广西壮族自治区农业碳绩效投入项和产出项的检验结果见表 2<sup>[28]</sup>。

表 1 各年度产出及投入项的描述性统计

年份	产出		投入	
	农业总产值 (亿元)	CO <sub>2</sub> 排放量 (t)	农业劳动力 数量(万人)	农业资本存量 (亿元)
2008	2 389	34 019	831	315
2010	2 720	43 613	863	406
2012	3 491	50 811	932	503
2014	3 948	58 736	956	612
2016	4 592	65 368	985	768

表 2 产出变量及投入变量相关系数检验结果

变量类型	变量	与产出变量的相关系数		与投入变量的相关系数	
		农业总产值	CO <sub>2</sub> 排放量	农业劳动力	农业资本存量
产出变量	农业总产值	1.000	0.986 ***	0.518 ***	0.986 ***
	CO <sub>2</sub> 排放量	0.986 ***	1.000	0.587 ***	0.956 ***
投入变量	农业劳动力数量	0.518 ***	0.587 ***	1.000	0.374 ***
	农业资本存量	0.986 ***	0.956 ***	0.374 ***	1.000

注:\*\*\*表示在 1% 水平差异显著。

2.2 Malmquist 生产力指数

使用 DEA 软件计算广西各地区碳绩效的 Malmquist 指数,由表 3 可知,随着时间的推移,广西各地区碳绩效的

Malmquist 指数均呈增长趋势,经济相对发达的地市由于农业科技的水平较高,因此碳绩效增长较快。

表 3 Malmquist 各年平均指数值

地区	Malmquist 指数				
	2008 年	2010 年	2012 年	2014 年	2016 年
南宁市	1.003	1.009	1.006	1.042	1.103
柳州市	0.984	1.008	1.025	1.038	1.059
梧州市	0.943	0.961	1.019	1.032	1.059
玉林市	0.997	1.007	1.011	1.021	1.052
百色市	0.986	1.017	1.031	1.044	1.123
桂林市	1.001	1.021	1.032	1.076	1.108
钦州市	1.003	1.006	1.009	1.028	1.039
防城港市	0.984	1.008	1.025	1.034	1.008
来宾市	0.961	1.019	1.043	1.134	1.047
贵港市	0.997	1.007	1.011	1.068	1.030
河池市	0.986	1.017	1.031	1.136	1.013
平均值	1.012	1.023	1.032	1.072	1.101

2.3 Malmquist – Luenberger 生产力指数

本研究采用 LINGO 8.0 程序计算方向性产出距离函数。由表 4 可知,广西各地区的碳排放绩效的平均 Malmquist –

Luenberger 指数与 Malmquist 指数的数值较接近,且趋势大致相同,再次说明随着时代的发展,广西各地区的碳绩效均有所提高,其中经济越发达的地区,碳绩效的指数增大趋势越明显。

表 4 Malmquist – Luenberger 各年平均指数值

地区	Malmquist – Luenberger 指数				
	2008 年	2010 年	2012 年	2014 年	2016 年
南宁市	1.003	1.010	1.007	1.046	1.114
柳州市	0.982	1.009	1.028	1.042	1.065
梧州市	0.937	0.957	1.021	1.035	1.065
玉林市	0.997	1.008	1.012	1.023	1.057
百色市	0.985	1.019	1.034	1.049	1.136
桂林市	1.001	1.023	1.035	1.084	1.119
钦州市	1.003	1.007	1.010	1.031	1.043
防城港市	0.982	1.009	1.028	1.037	1.009
来宾市	0.957	1.021	1.047	1.148	1.052
贵港市	0.997	1.008	1.012	1.075	1.033
河池市	0.985	1.019	1.034	1.151	1.014
平均值	1.013	1.025	1.035	1.079	1.112

2.4 农业产业化对碳排放绩效的影响

综合分析可知,各地区的碳排放绩效趋势存在一定的差异性,但究竟各地区的农业产业化对碳排放绩效的影响如何,本研究结合 DEA 分析模型,利用已知数据,通过对广西各地市农业产业化与碳排放绩效间关系的研究进行分析。结果表

明,广西壮族自治区农业产业化水平排名相对靠前的城市,其农业产业化发展水平与碳排放绩效呈统计学显著正相关 ( $P<0.05$ );反之,农业产业化水平较低的城市,其农业产业化发展水平与碳排放绩效并无统计学显著意义(表 5)。

表 5 历年产业化对碳排放绩效的影响

地区	农业产业化发展水平				
	2008 年	2010 年	2012 年	2014 年	2016 年
南宁市	0.531 *	0.562 *	0.593 *	0.622 *	0.649 *
柳州市	0.523 *	0.555 *	0.586 *	0.615 *	0.643 *
梧州市	0.481 *	0.514 *	0.546 *	0.577 *	0.607 *
玉林市	0.503 *	0.536 *	0.567 *	0.597 *	0.626 *
百色市	0.511 *	0.543 *	0.574 *	0.604 *	0.632 *
桂林市	0.515 *	0.547 *	0.578 *	0.607 *	0.635 *
钦州市	0.421	0.455	0.489	0.522	0.553
防城港市	0.395	0.430	0.464	0.498	0.531
来宾市	0.446	0.480	0.513	0.545	0.576
贵港市	0.412	0.447	0.481	0.514	0.546
河池市	0.458	0.492	0.525	0.556	0.587

注: \* 表示在 5% 水平具有统计学显著意义。

3 结论与启示

能源是一个国家发展的主要动力,随着经济的发展及生活水平的提高,对于能源的需求日渐增加,能源消费量也逐渐提升,谁能掌握或拥有足够的能源就意味着谁可以在当今世界占据一定的地位。随着能源使用量的增加,近年来全球气候异常变迁与空气污染等问题已引发国际间的注意。大气中最大的污染气体是二氧化碳,其产生的温室效应等现象使人类生存渐渐面临危机,同时经济发展、能源消费、二氧化碳三者的关系环环相扣,因此,本研究对农业领域的碳排放绩效展开深入探讨,对广西壮族自治区 11 个地市 2008—2016 年的面板数据进行分析,同时结合 Malmquist 生产力指数与 Malmquist – Luenberger 生产力指数实证检验农业产业化与农业碳排放绩效之间内在影响。结果表明,以 Malmquist 生产

力指数衡量时,广西各地区的碳绩效的 Malmquist 指数均呈现增长趋势,经济相对发达的地市由于农业科技水平较高,因此碳绩效的增长越快,同样地,以 Malmquist – Luenberger 生产力指数衡量时出现了相同的趋势,再次验证了农业产业化发展与碳排放之间的关联性,通过分析广西各地市农业产业化对碳排放绩效的影响,发现农业产业化水平排名相对靠前的城市,其农业产业化发展水平与碳排放绩效呈统计学显著正相关 ( $P<0.05$ );而农业产业化水平较低的城市,其农业产业化发展水平与碳排放绩效并无统计学显著意义。该结论对指导农业产业化发展以及低碳农业的推进有重要的理论指导意义。

为了进一步提升我国农业的产业发展水平以及碳排放效率,给出相应政策建议。首先,农艺管理方面。改进农艺操作以提高产量和作物残体量,可增加土壤有机碳贮存量,同时按

照土壤性质与作物生长所需调整施肥量与时期(精准农耕);使用缓释型或控释型肥料、硝化抑制剂;针对根圈土壤施肥;采用有机质肥料与化学肥料配合使用等方式提升氮肥利用率,间接减少二氧化碳排放。另外,过度耕犁容易造成土壤土质的损害,从而间接增加二氧化碳的排放。因此,要逐渐发展最少或不耕犁之杂草与农耕方式,另外土壤有机碳的主要来源为作物残体,通过对作物残体进行非燃烧处理等方式来降低二氧化碳的排放总量。其次,农业植保方面。良好的灌溉系统可稳定且充分地供给作物生长所需水分,有助于作物产量的提升,增加回归农地的作物残体量,增加土壤的碳储备,减少二氧化碳的排放,但过高的土壤水分也会提高微生物的活性,进而增加氧化亚氮的排放。而排水不良则会导致产量减少,增加氧化亚氮、甲烷的排放,因此,未来可发展节水灌溉系统(如喷灌、滴灌等)以提高用水效率,并避免全面供水,或可以达到减排温室气体的目的。最后,在土地利用方面。提倡所谓的农林混作,即在农地与森林、河岸或海滨的交界地区,为了生物栖地的缓冲,或为了防止河川对农地土壤的冲刷,又或为了减少强风抑制作物生长,常会将作物与具有不同功能树木混合栽种,以达到兼顾生态保育、水土保持与经济收益等目标,同时农林混作可相对一般粮食作物吸存较多的碳,进而增加土壤有机碳;另外,在整体粮食供给无虞的前提下,可将部分生产力低、不适农作的土地恢复成原始的自然植被或转变为牧草原,因为减少了肥料投入、耕犁干扰以及收获物的移除,使土壤有机碳增加,间接减少温室气体的排放。对于衰退地力恢复可通过恢复自然植被,适度施用氮肥或土地改良、有机物质或作物残体施入田中,减少耕犁,增加土壤保水能力以提高产量的方式;坡地农地可采用梯田模式耕作或栽种围篱植物等以减少土壤侵蚀与养分流失,从而增加土壤碳吸存能力,减少温室气体的排放。

#### 参考文献:

- [1]高 鸣,宋洪远. 粮食生产技术效率的空间收敛及功能区差异——兼论技术扩散的空间涟漪效应[J]. 管理世界,2014(7): 83-92.
- [2]高 鸣. 农业与资源、环境协调发展模式的实证研究[J]. 管理现代化,2014(3):66-68.
- [3]刘爱东,刘文静,曾辉祥. 行业碳排放的测算及影响因素分析——以10个国家对华反倾销涉案为例[J]. 经济地理,2014, 34(3):127-135.
- [4]曾大林,纪凡荣,李山峰. 中国省际低碳农业发展的实证分析[J]. 中国人口·资源与环境,2013,23(11):30-35.
- [5]田 云,张俊飏. 中国省级区域农业碳排放公平性研究[J]. 中国人口·资源与环境,2013,23(11):36-44.
- [6]王 兵,於露瑾,杨雨石. 碳排放约束下中国工业行业能源效率的测度与分解[J]. 金融研究,2013(10):128-141.
- [7]Arcelus F J, Arocena P. Productivity differences across OECD countries in the presence of environmental constraints[J]. Journal of Operational Research Society,2015,56(12):1352-1362.
- [8]Atkinson S E, Dorfman J H. Bayesian measurement of productivity and efficiency in the presence of undesirable outputs: crediting electric utilities for reducing[J]. Journal of Econometrics,2005,126(2): 445-468.
- [9]Chung Y H H, Fare R, Grosskopf S. Productivity and undesirable outputs: a directional distance function approach [J]. Microeconomics,1997,51(3):229-240.
- [10]Fare R, Grosskopf S, Margaritis D. APEC and the asian economic crisis: early signals from productivity trends[J]. Asian Economic Journal,2002,15(3):325-341.
- [11]Fernandez C, Koop G, Steel M F J. Multiple-output production with undesirable outputs[J]. Publications of the American Statistical Association,2011(31):432-442.
- [12]Francesc H S, Andres P T, Ernes E R. Efficiency and environmental regulation[J]. Environmental and Resource Economics,2015,15(4):365-378.
- [13]田 云,张俊飏. 中国农业生产净碳效应分异研究[J]. 自然资源学报,2013,28(8):1298-1309.
- [14]罗良文,李珊珊. FDI、国际贸易的技术效应与我国省际碳排放绩效[J]. 国际贸易问题,2013(8):142-150.
- [15]华 坚,任 俊,徐 敏,等. 基于三阶段 DEA 的中国区域二氧化碳排放绩效评价研究[J]. 资源科学,2013,35(7):1447-1454.
- [16]刘华军,鲍 振,杨 骞. 中国农业碳排放的地区差距及其分布动态演进——基于 Dagum 基尼系数分解与非参数估计方法的实证研究[J]. 农业技术经济,2013(3):72-81.
- [17]Hu J L, Li Y, Chiu Y H. Ownership and non-performing loans: evidence from taiwan's banks[J]. Developing Economics,2004,42(3):405-420.
- [18]Yang L. DEA efficiency measurement with undesirable outputs: an application to taiwan's commercial banks[J]. International Journal of Services Technology and Management,2005,6(6):544-555.
- [19]查建平,唐方方,别念民. 结构性调整能否改善碳排放绩效?——来自中国省级面板数据的证据[J]. 数量经济技术经济研究,2012(11):18-33.
- [20]姚从蓉. 人口规模、经济增长与碳排放:经验证据及国际比较[J]. 经济地理,2012,32(3):138-145.
- [21]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.
- [22]刘明磊,朱 磊,范 英. 我国省级碳排放绩效评价及边际减排成本估计:基于非参数距离函数方法[J]. 中国软科学,2011(3):106-114.
- [23]Lozano-Vivas A, Pastor J T. Relating macro-economic efficiency to financial efficiency: a comparison of fifteen OECD countries over an eighteen year period[J]. Journal of Productivity Analysis,2006, 25(1/2):67-78.
- [24]Wu Y R. Openness, productivity and growth in the APEC economies [J]. Empirical Economics,2004,29(3):593-604.
- [25]张友国. 经济发展方式变化对中国碳排放强度的影响[J]. 经济研究,2010(4):120-133.
- [26]王 锋,吴丽华,杨 超. 中国经济发展中碳排放增长的驱动因素研究[J]. 经济研究,2010(2):123-136.
- [27]王伟伟,周 鹏,周德群. 我国二氧化碳排放绩效的动态变化、区域差异及影响因素[J]. 中国工业经济,2010(1):45-54.
- [28]陈诗一. 能源消耗、二氧化碳排放与中国工业的可持续发展[J]. 经济研究,2009(4):41-55.