

农业碳排放的测度与脱钩弹性研究

——以贵州省为例

张再杰¹ 陆品妮²¹

(1. 贵州财经大学 绿色发展战略研究院, 贵州 贵阳 550025;

2. 贵州财经大学 大数据应用与经济学院, 贵州 贵阳 550025)

【摘要】: 为了探究在“双碳”目标下农业的低碳、可持续发展, 采用碳排放系数法测度了贵州省农业碳排放量、结构以及碳排放效率, 并通过Tapio弹性指数分析了农业碳排放和经济发展之间的敏感关系。相关测度结果表明, 首先, 化肥、农用塑料薄膜、农药是贵州省农业生产投入主要碳源, 其次, 碳排放强度下降, 碳排放密度较高, 表明近年来贵州农业碳排放经济效率提高, 但是农业碳排放环境效率较低。最后, 贵州农业碳排放与经济发展呈现强负脱钩、扩张连接、弱脱钩交替的波动阶段以及由弱脱钩到强脱钩的协调发展阶段。因此, 贵州省应加大低碳农业财政补贴力度, 使用更加清洁、环保的化学肥料、农膜等化学投入要素提高其农业碳排放环境效率, 以激发农业主体发展低碳农业的内生动力。

【关键词】: 农业碳排放 经济增长 Tapio 脱钩弹性

【中图分类号】 F327 **【文献标识码】** A

总结中国过去经济增长的经验, “先污染后治理”的理念严重破坏了自然环境, 导致经济发展带来的污染超过了环境承载力。为实现经济的可持续发展, 中国坚持“绿水青山就是金山银山”的绿色发展理念, 提出2030年实现碳达峰、2060年实现碳中和这一目标, 这是中国在为全球应对气候变化作出重要承诺, 是着力解决资源环境约束突出问题、倒逼国内能源结构转型、经济结构转型、产业结构转型的有力措施。在双碳目标下, 依靠资源要素作为经济发展动力的资源型省份, 在构建生态文明试验区的同时, 贵州不断推进农业绿色转型, 加快低碳发展, 但是由于贵州省农业现代化水平较低, 属于传统型农业生产方式, 减少农业碳排放, 实现农业可持续发展成为贵州省实现农业现代化的必经之路。

国内学者针对农业碳排放测度的研究较为丰富, 研究范围包括全国、区域及某一省份的农业碳排放测度, 如田云等^[1]、王宝义^[2]测度了全国各省、市、自治区的农业碳排放量及效率, 从时间和空间分析了各地区的碳排放差异。田云等^[3]、杨建辉^[4]、李立等^[5]从区域经济发展的角度, 分别研究了长江经济带、华东区域、黄淮海平原的农业碳排放量及结构特征。还有一部分学者从某一省份的低碳发展出发, 如祝宏辉等^[6]、张志高等^[7]、熊曦等^[8]考察了新疆、河南及湖南等省份的碳排放结构特征。从碳排放测量方法的角度, 主要包括了排放系数法、质量平衡法和实际测量法, 其中后两种方法由于数据难以获取而较少使用, 而排放系数法因其具有数据可获得性, 计算式简单、快捷等优点, 使得其在农业碳排放测量研究上运用最广泛。排放系数法是由政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, 简称IPCC)提出的一种碳排放量估算法, 碳排放量等于其公

作者简介: 张再杰(1969—), 男, 贵州福泉人, 研究员, 绿色发展战略研究院院长、硕士生导师, 研究方向: 区域经济; 陆品妮(1994—), 女, 贵州从江人, 硕士研究生, 研究方向: 产业经济。

布的温室气体排放清单中的排放系数与排放源的乘积，国内学者主要从两个角度测算农业碳排放量：一是农业碳排放的所有来源，包括农地利用、作物种植和畜牧养殖。二是从农业生产投入视角，考虑农地的化学投入，包括：化肥、农药、农膜、柴油、灌溉和翻耕等。

高能耗投入使得农业持续增长，经济也随之得到发展，因此，农业碳排放与经济发展之间有着一定的敏感度，为探究碳排放和经济增长之间的关系，OECD 提出了脱钩理论，探究经济发展中环境问题。而后 2005 年，Tapio 引入经济学的弹性理论，提出 Tapio 弹性指数来分析碳排放和经济增长之间的效应，目前国内大多学者使用 Tapio 弹性指数对区域及某一省份进行脱钩效应分析，李波^[9]通过 Tapio 弹性指数对我国主要农业省份进行了脱钩效应分析，我国农业仍在以一种粗放的方式增长，发展低碳农业，推行低碳化生产是减少农业碳排的主要措施。

1 研究方法数据来源

1.1 农业碳排放测量方法

根据对国内外研究的分析，本研究从农业生产投入的角度，从农用化肥、农药、农用塑料薄膜、农用柴油、翻耕和灌溉六大碳排放来源，根据 IPCC 公布的相关碳排放系数，使用碳排放系数法对贵州省农业碳排放量及排放强度进行测量分析。计算公式表示为：

$$E = \sum_{i=1}^6 E_i = C_i \times \sigma_i \quad (1)$$

其中，E 是农业碳排放总量，E_i 是第 i 种生产投入碳源排放量，C_i 为第 i 种生产投入碳源投入量，σ_i 为第 i 种碳源的排放系数。

其次对碳排放效率进行测算，主要从强度和密度两个维度进行测算，碳排放强度采用单位农业增加值的碳排放量表示，碳排放密度则采用单位播种面积的碳排放量表征。

1.2 脱钩弹性指数

本研究将采用 Tapio 弹性指数对贵州省的脱钩效应进行分析，从而较为准确地把握贵州省农业碳排放和经济发展的协调发展和敏感度。

Tapio 脱钩弹性指数是运用弹性系数原理，考虑碳排放与经济增长的脱钩关系，其公式如下：

$$T = \frac{\Delta C/C}{\Delta G/G} \quad (2)$$

其中，T 代表脱钩弹性指数，ΔC 代表农业碳排放增量，C 代表农业碳排放量，ΔG 代表农业增加值增量，G 代表农业增加值。

Tapio 根据碳排放和经济增速变化以及计算得到脱钩弹性系数将脱钩类型分为 8 种(表 1)。

表 1 Tapio 脱钩弹性类别

类型	状态	环境压力 ($\Delta C/C$)	经济增长 ($\Delta G/G$)	脱钩弹性
负脱钩	扩张负脱钩	>0	>0	$T > 1.2$
	强负脱钩	>0	<0	$T < 0$
	弱负脱钩	<0	<0	$0 \leq T < 0.8$
脱钩	弱脱钩	>0	>0	$0 \leq T < 0.8$
	强脱钩	<0	>0	$T < 0$
	衰退脱钩	<0	<0	$T > 0$
连接	扩张连接	>0	>0	$0.8 \leq T \leq 1.2$
	衰退连接	<0	<0	$0.8 \leq T \leq 1.2$

1.3 数据来源

在以上所用到的数据中，化肥、农药、农膜、播种面积和农业增加值均来自《贵州统计年鉴》，灌溉面积来源于《中国统计年鉴》，农用柴油来自《中国农村统计年鉴》。土地翻耕数据使用农业总播种面积代替，灌溉面积以有效灌溉面积为准，因为贵州省农业排放主要来源于农业种植，因此经济增长数据采用农业增加值。研究期为 2001—2020 年。农业排放源系数根据 IPCC 公布的相关数据确定，化肥：0.8956 (kg/kg)、农药：4.9341 (kg/kg)、农膜：5.18 (kg/kg)、柴油：0.5927 (kg/kg)、翻耕：312.6 (kg/hm²)、灌溉：20.476 (kg/hm²)。

2 农业碳排放及脱钩弹性分析

2.1 农业碳排放分析

从图 1 中可以看出，贵州省农业碳排放总体呈现出先增长后下降的趋势，即 2001—2016 年保持正增长速度持续增长，2017 年开始增速下降至 0 以下。从表 2 中看出，碳排放总量由 2001 年的 81.95 万 t 增长至 2020 年 108.73 万 t，增幅为 32.68%，在总量上总体增加，但在增速逐渐下降，因此，结合“双碳”目标下的经济运行趋势，预测未来贵州省农业碳排放呈现继续下降的趋势。

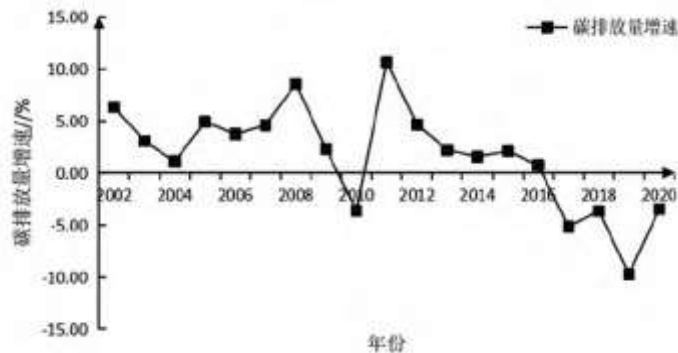


图 1 贵州省 2001-2020 年碳排放量增速

从碳排放结构来看，在六大碳源中。贵州省 2001—2020 年平均农业碳排放量前三位依次是化肥、农膜、农药，其中化肥投入导致的碳排放占总排放量的 69.25%，农膜占 18.35%，农药占 5.07%。可以得出，因为贵州处于云贵高原，农作土地呈现散、小等特征，难以实现机械化，因此，增加土地化学投入成为改善土地种植条件的手段，所以化肥、农膜和农药成为贵州省农业的主要碳源(表 2)。

表 2 贵州省农业碳排放量及效率

年份	碳排放量//万 t							排放强度//kg/万元	排放密度//kg/hm ²
	化肥	农药	农膜	柴油	播种	灌溉	排放总量		
2001	62.65	4.11	10.26	2.13	1.45	1.35	81.95	0.2927	0.176
2002	65.88	4.35	11.83	2.25	1.45	1.38	87.14	0.3125	0.188
2003	67.10	4.45	12.76	2.67	1.45	1.40	89.82	0.3261	0.194
2004	66.55	4.70	13.81	2.84	1.47	1.42	90.80	0.2858	0.193
2005	69.33	4.82	15.19	2.96	1.50	1.46	95.26	0.2839	0.198
2006	71.85	5.25	15.89	2.90	1.39	1.51	98.80	0.2839	0.222
2007	74.38	5.29	17.46	3.20	1.40	1.60	103.32	0.2634	0.231
2008	74.42	6.37	24.74	3.32	1.44	1.88	112.17	0.2413	0.243
2009	77.51	6.15	24.07	3.44	1.49	2.08	114.74	0.2288	0.240
2010	77.50	6.38	18.74	4.09	1.53	2.32	110.55	0.1882	0.226
2011	84.24	7.14	21.16	5.75	1.57	2.46	122.32	0.1867	0.244
2012	87.92	7.13	22.82	6.05	1.62	2.49	128.03	0.1936	0.247
2013	89.15	6.78	24.88	6.46	1.68	1.90	130.85	0.1880	0.243
2014	90.72	6.62	25.36	6.46	1.72	2.01	132.89	0.1560	0.241
2015	92.86	6.77	25.59	6.52	1.73	2.18	135.66	0.1237	0.245
2016	92.85	6.75	26.45	6.64	1.75	2.23	136.66	0.1142	0.244
2017	85.66	6.61	26.49	6.76	1.77	2.28	129.57	0.0992	0.229
2018	80.24	5.58	28.40	6.58	1.71	2.32	124.83	0.0867	0.228
2019	74.50	4.54	22.85	6.70	1.71	2.36	112.67	0.0719	0.206
2020	70.56	4.16	23.52	6.40	1.71	2.39	108.73	0.0625	0.199

从表 2 可以看出, 农业碳排放强度持续下降, 排放密度在 2001—2018 年间持续上升, 直至 2019 年开始下降, 因此, 从经济效益的角度, 单位生产产值的碳排放量减少, 碳排放效率提高, 而从环境效益来看, 单位播种面积上的碳排放量增加, 碳排放效率下降, 因此, 说明贵州省有必要进一步采取措施实现农业低碳发展, 兼顾经济发展的同时注重环境的生态效益。

2.2 农业碳排放与经济发展脱钩分析

通过 Tapio 弹性指数计算结果(表 3), 根据贵州 2001—2020 年农业碳排放与经济增长脱钩特征, 可以分为两个阶段, 第一阶段: 2001—2012 年波动期, 在此期间农业排放量总量较低, 经济增速也较低, 2005 年以前出现强负脱钩, 此时经济增速为负, 农业碳排放量正向增长。2005 年经济回正, 经济与碳排放出现连接特征, 而后 2007 年开始出现弱脱钩, 直至 2011 年, 经济再次放缓, 出现扩张连接, 这是因为自 2000 年以来, 国家实施西部大开发战略, 对于西部地区农业采取减少农民税负、加大农机购买补贴力度和农民技术培养等农业政策支持, 使得农业经济快速增长, 从而出现的波动状态。第二阶段: 2013—2020 年, 2013 年开始, 农业经济高速增长, 同时农业碳排放增速放缓, 因此贵州省出现弱脱钩, 2017 年开始, 农业碳排放持续下降, 增速低于 0, 经济发展与碳排放协调发展中出现强脱钩, 说明农业经济发展摆脱高能耗、高污染的碳排放。

表 3 贵州省农业碳排放与经济增长脱钩状态

年份	$\Delta C/C$	$\Delta G/G$	脱钩弹性指数	状态
2001	-0.016	0.001	-12.951	强脱钩
2002	0.063	-0.004	-16.561	强负脱钩
2003	0.031	-0.012	-2.509	强负脱钩
2004	0.011	0.153	0.071	强负脱钩
2005	0.049	0.056	0.875	扩张连接
2006	0.037	0.037	1.003	扩张连接
2007	0.046	0.127	0.360	弱脱钩
2008	0.086	0.185	0.463	弱脱钩
2009	0.023	0.079	0.289	弱脱钩
2010	-0.036	0.171	-0.213	强脱钩
2011	0.106	0.116	0.920	扩张连接
2012	0.047	0.009	5.078	扩张负脱钩
2013	0.022	0.053	0.419	弱脱钩
2014	0.016	0.224	0.070	弱脱钩
2015	0.021	0.287	0.073	弱脱钩
2016	0.007	0.091	0.081	弱脱钩
2017	-0.052	0.092	-0.564	强脱钩

2018	-0.037	0.102	-0.360	强脱钩
2019	-0.097	0.088	-1.102	强脱钩
2020	-0.035	0.110	-0.317	强脱钩

3 结论与建议

通过对贵州省碳排放量、结构与效率的测算，贵州省碳排放呈现持续下降趋势，农业经济持续上升，经济整体出现强脱钩状态，表明目前贵州省农业经济发展较好地兼顾了经济效益和环境效益，还需注重低碳农业与农业现代化的整体协调发展，因此本文提出以下建议。

按照“双碳”目标任务要求，加大对低碳农业的扶持力度，增加清洁、环保的农用投入要素的补贴，加大农用机械购买补贴等，增加低碳优质的农产品供给。

控制高污染生产要素投入，科学治理化学投入造成的污染。推广有机肥代替化学肥料，利用科学技术治理农药污染，采用可循环使用或可回收农用薄膜。

通过相关机制增强农业主体内生动力。要建立和完善低碳农业价值实现机制，激发农业经营主体及消费者支持农业低碳发展的内生动力，促进低碳农业发展迈向新台阶。

参考文献：

- [1]田云, 张俊飏, 李波. 中国农业碳排放研究: 测算、时空比较及脱钩效应[J]. 资源科学, 2012, 34(11): 2097-2105.
- [2]王宝义. 中国农业碳排放的结构特征及时空差异研究[J/OL]. 调研世界, 2016(9): 3-10. DOI: 10.13778/j.cnki.11-3705/c.2016.09.001.
- [3]田云, 林子娟. 长江经济带农业碳排放与经济成长的时空耦合关系[J]. 中国农业大学学报, 2021, 26(1): 208-218.
- [4]杨建辉. 农业化学投入与农业经济增长脱钩关系研究——基于华东6省1市数据[J]. 自然资源学报, 2017, 32(9): 1517-1527.
- [5]李立, 周灿, 李二玲, 等. 基于投入视角的黄淮海平原农业碳排放与经济发展脱钩研究[J]. 生态与农村环境学报, 2013, 29(5): 551-558.
- [6]祝宏辉, 李晓晓. 新疆农业碳排放的脱钩效应及驱动因素分析[J]. 生态经济, 2018, 34(9): 31-35, 115.
- [7]张志高, 袁征, 刘雪, 等. 基于投入视角的农业碳排放与经济成长的脱钩效应分析——以河南省为例[J/OL]. 水土保持研究, 2017, 24(5): 272-278. DOI: 10.13869/j.cnki.rswc.2017.05.043.
- [8]熊曦, 刘晓玲, 周平. 湖南经济增长与碳排放的脱钩关系动态比较研究——基于湖南省“十一五”以来的情况[J]. 中国能源, 2015, 37(1): 26-30, 9.

[9]李波,张俊飏.基于投入视角的我国农业碳排放与经济发展脱钩研究[J/OL].经济经纬,2012(4):27-31.DOI:10.15931/j.cnki.1006-1096.2012.04.004.