

曹 俐,王 莹,雷岁江. 山东省农业碳排放的时空特征与脱钩弹性研究[J]. 江苏农业科学,2020,48(17):250-256.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.17.050

山东省农业碳排放的时空特征与脱钩弹性研究

曹 俐¹,王 莹¹,雷岁江²

(1. 上海海洋大学经济管理学院,上海 201306; 2. 上海电机学院商学院,上海 201306)

摘要:为探究山东省农业碳排放与农业经济增长间的关系,基于农药、农膜、化肥、农用机械柴油、翻耕、灌溉等农业生产中的 6 个方面,采用碳转化系数法测算山东省 1997—2015 年的农业碳排放量和排放强度,并选取山东省 17 个地级市为样本,比较山东省各地碳排放的区域差异,最后运用 Tapio 脱钩模型计算山东省农业碳排放的脱钩弹性系数。结果表明:(1)从 1997 年以来,山东省农业碳排放量和排放强度总体呈现出简单的倒“U”形变化,“上升—下降”两阶段演化特征突出;(2)山东省农业碳排放量高的地区多集中于鲁西北平原区,碳排放强度高的地区多聚集在山东半岛东部和胶东丘陵西部地带;(3)山东省农业碳排放和农业经济发展呈现出扩张负脱钩、弱脱钩、强脱钩 3 种不同类型的弹性特征,2008 年后以强脱钩为主导,脱钩状态较为理想,说明近年来山东省在农业碳减排方面成效显著。

关键词:农业碳排放;时空特征;脱钩弹性;山东省

中图分类号: F327 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)17-0250-07

温室气体排放导致气候变暖成为全球性环境问题,并且严重威胁到粮食安全、卫生安全、能源安全、土地资源安全等。对自然资源和能源的肆意开采和滥用,直接导致了温室气体浓度骤增,进而成为全球气候变暖的元凶之首。近年来,由于农业生产中的机械设备、化肥、农药、农膜等农用物资的大量施用而引发的农业碳排放量占全国温室气体排放总量的 17%^[1]。2015 年 6 月,我国在《联合国气候变化框架公约》中严肃表明碳减排决心和立场,承诺我国将在工业生产、农业生产等高碳排行业中持续施行碳减排政策,力求到 2030 年我国全行业碳排放总量在 2005 年的基础上减少 3/5 左右,并将该行动列入“十三五”发展规划中。党的十九大也明确提出实施乡村振兴战略和建设美丽乡村的构想,而促进环境和农业经济协调发展是乡村振兴的关键。因此,走低碳化农业之路对实现可持续农业具有重要意义。

发展低碳农业日益成为学者关注的焦点问题,研究点主要集中于测算农业碳排放量来进行时空特征分析和农业碳排放的驱动因素分析。实现低碳农业发展的关键在于对农业系统中温室气体排放来源的准确定位以及对农业碳排放结构特征的合理把握,这是科学发展低碳农业的前提和基础。首先,在农业碳排放量的测算和结构特征方面,黄祖辉等研究了农业碳足迹结构,得出种植业是农业碳排放的主要源头,且在农业生态系统中占据重要作用^[2]。田云等根据农业碳排放源的多样性和复杂性,将碳源因子归纳为:(1)农地利用碳排放,主要包括农用物资投入、农用机械燃油、土地翻耕、农业灌溉等产生的碳排放;(2)稻田碳排放,稻田种植过程中甲烷排放;(3)牲畜养殖碳排放,即动物肠道发酵和粪便所引起的甲烷排放^[3]。研究者在此基础上通过构建指标体系来测算农业碳排放总量和碳排放强度,并依据测算结果分析时空结构特征^[4-5]。其次,关于农业碳排放的驱动因素研究,多数学者采用 Kaya 恒等式^[6-7]、对数平均迪氏分解(LMDI)模型^[8-9]、DEA-Malmquist 模型^[10]、描述性统计^[11]等方法对其影响因素进行实证分析,得出农业经济增长是农业碳排放量增加的主要驱动因素。张志高等分别以河南省农业和黄淮海平原农业的角度探讨了农业碳排放和经济发展的脱钩效应^[12-13]。李国志等采用环境库兹涅茨曲线(EKC)模型测算得出碳排放量与农业经济增长间存在非

收稿日期:2019-12-03

基金项目:国家自然科学基金重点项目(编号:71333010);国家自然科学基金面上项目(编号:71873082);教育部人文社会科学基金青年项目(编号:18YJC790157)。

作者简介:曹 俐(1972—),女,山西太谷人,博士,副教授,硕士生导师,主要从事能源经济与环境政策、环境金融研究。E-mail:l-cao@shou.edu.cn。

通信作者:雷岁江,博士,副教授,主要从事公共治理研究。E-mail:leisj@sdju.com.cn。

均衡的“N”形曲线关系^[14]。经济增长是农业碳排放量的主要驱动因素,技术进步对农业碳减排具有较强的促进作用但具有一定的随机性^[15],农业产业结构的优化有效地抑制了农业碳排放量的增加^[16],城镇化水平^[17]、农村基础教育水平、种植业所占比重、畜牧业所占比重和自然灾害等对农业碳排放的产生一定的影响作用^[18]。

山东省素有“农业大省”的美誉,是我国的商品粮主产区,在我国农业生产中具有很强的代表作用。本研究参照张志高等测算农业碳排放量的指标选取^[19],从 1997—2015 年农地利用碳排放源中的 6 个方面构建山东省农业碳排放体系,探究山东省农业碳排放的时序特征和空间特征,并采用 Tapio 脱钩模型来解析农业碳排放与农业经济增长间的变化关系,以期根据研究结果剖析山东省低碳农业发展状况。

1 区域状况与研究方法

1.1 区域状况分析

山东省成为全国最重要的优质农产品生产基地,主要归功于其得天独厚的地理优势和气候条件。山东省位于我国东部沿海、黄河下游,因居太行山以东而得名,包括济南、青岛、烟台等 17 个地级市,地处 34° 22. 9′ ~ 38° 24. 01′ N、114° 47. 5′ ~ 122° 42. 3′ E。其陆域面积约 15. 58 万 km²,境内地貌复杂,以平原为主,约占全省面积的 65. 56%,主要集中在该省的西南部、北部,由黄河冲积而成。其次是丘陵和山地,分别占全省面积的 15. 39% 和 14. 59%。山东省整体地势中高周低,泰山雄踞中部

为最高点。山东省气候属于暖温带季风气候类型,降水集中、雨热同期,年平均气温 11 ~ 14 ℃,年平均降水量为 550 ~ 950 mm,日照时长 2 290 ~ 2 890 h。肥沃的平原、丰富的水源、充足的光照等为山东省种植业的发展创造了优越的条件。但不可忽略的是,由于其独特的地形地貌特征而导致山东省成为全国受自然灾害损失最为频繁且严重的省份之一,1997—2015 年期间,除 2003、2004、2005、2010 年外,其他年份旱灾成灾面积占比最高,尤其 2014 年被誉为山东省近 20 年来的大旱之年,其次则为水灾成灾面积^[20]。2017 年全国总播种面积 11 221. 96 万 hm²,其中山东省播种面积为 744. 7 万 hm²,全国排名第三,2017 年年末全国粮食总产量为 61 790. 7 万 t,其中山东省粮食产量为 4 723. 2 万 t,位居全国第三,山东省作为粮食大省,粮、棉、油等主要农产品产量均居全国前列。

1.2 研究方法分析

1.2.1 农业碳排放量以及碳排放强度的估算 目前,关于农业碳排放量的测算尚未形成一个统一的体系,国内外学者主要采用碳转化系数法、实测法和联合国政府间国际气候变化专门委员会(IPCC)推荐的物料平衡算法等来测算农业碳排放量和碳排放强度^[21],本研究以此为借鉴,结合山东省农业生产活动中的主要碳排放源来自于种植业,以及数据资料的可获得性,从农业物资投入(包括化肥、农药、农膜、农用机械柴油)、翻耕、灌溉 6 个方面采用碳转化系数法,对山东省的农业碳排放量进行测算。各要素碳排放系数的确定见表 1。

表 1 农业主要碳排放源系数及参考来源

碳源	碳排放系数	参考来源
化肥	0. 895 6 kg CE/kg	美国橡树岭国家实验室
农药	4. 934 1 kg CE/kg	美国橡树岭国家实验室
农膜	5. 18 kg CE/kg	南京农业大学农业资源与生态环境研究所
农业机械	0. 592 7 kg CE/kg	联合国政府间国际气候变化专门委员会(IPCC)
土地翻耕	312. 6 kg CE/km ²	中国农业大学农学与生物技术学院
水稻种植	266. 48 kg CE/hm ²	文献[22]

农业碳排放量计算公式如下:

$$A = \sum A_i = \sum T_i \times \delta_i \quad (1)$$

式中: A 表示农业碳排放总量; A_i 表示第 i 种农业碳排放源碳排放量; T_i 表示第 i 种农业碳排放源投入量; δ_i 表示第 i 种农业碳排放源排放系数。

农业碳排放强度计算公式如下:

$$C = \frac{A}{B} = \frac{\sum A_i}{B} = \frac{\sum T_i \delta_i}{B} \quad (2)$$

式中: C 表示农业碳排放强度; B 表示耕地面积。

1.2.2 脱钩理论及脱钩模型的研究 脱钩理论最早出现在物理学领域,用来分析联系较为密切的 2 个变量间的关系,从逐渐淡化直至完全脱离的动态

过程。后期学者将脱钩理论广泛应用于农业经济学领域,用来研究农业发展与经济增长间的联系。用于探讨脱钩研究的模型主要有以下 2 种:(1)经济合作与发展组织(OECD)脱钩指数法,即以终期年份和基期年份的变化量为依据,来判定该时期 2 个研究变量是否脱钩。(2)Tapio 脱钩模型,动态反映研究期内变量间脱钩关系的弹性分析方法。选用脱钩弹性理论来度量农业碳排放量变化与农业经济增长变化间的关系,若碳排放量增速为负值或者小于经济增速,即视为脱钩,能够有效直观地反映二者之间的发展状态,同时克服 OCED 脱钩指数法在基期选择上的不足^[23]。脱钩弹性数值以 0.8、1.2 作为脱钩状态的划分依据,将脱钩指标划分为负脱钩、脱钩、连接 3 大类,再依数值大小细分为 8 种具体状态(表 2)。本研究选用 Tapio 模型对山东省的农业碳排放与农业经济增长的脱钩关系进行分析。

脱钩弹性系数公式如下:

$$e = \frac{\Delta C/C}{\Delta PGRI/PGRI} \quad (3)$$

式中: e 表示脱钩弹性; C 表示农业碳排放量; ΔC 表示农业碳排放的增量; $PGRI$ 表示种植业总产值; $\Delta PGRI$ 表示种植业总产值增量。

表 2 Tapio 脱钩弹性类别

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

1.3 数据来源

本研究中,农药、农膜、化肥、农用机械柴油、翻耕、灌溉等相关数据均来自《中国统计年鉴》《山东省统计年鉴》以及山东省农业农村厅统计公报。其中,化肥数据选取化肥折纯施用量,翻耕数据用当年农作物的总播种面积替代,灌溉数据以有效灌溉面积为准。因数据的可得性和完整性,故选取 1997—2015 年为时间尺度,考虑到以实价计算的种植业总产值不能进行纵向对比,采用 GDP 可比价,以 1997 年作为价格基期。

2 山东省农业碳排放时空特征和脱钩弹性分析

2.1 山东省农业碳排放时序特征分析

根据式(1)、式(2)估算出 1997—2015 年间山东省农地利用过程中各类碳源排放量、农业碳排放总量及碳排放强度(表 3)。

由图 1 可见,2015 年山东省农业碳排放总量为 884.166 3 万 t,较 1997 年的 720.926 7 万 t 增加了 22.64%,年均增速 1.12%,其中,土地翻耕、灌溉、化肥、农药、农膜、农用机械柴油 6 种碳源排放量依次为 3.446 9、136.618 4、415.110 6、74.504 9、156.215 9、98.269 7 万 t,分别占农业碳排放总量的 0.39%、15.45%、46.95%、8.43%、17.67%、11.11%。1997—2015 年山东省农业碳排放量总体呈现出简单的倒“U”形变化特征,分为“上升—下降”2 个阶段:1997—2007 年为第一阶段,碳排放总量不断上升且呈现平稳递增的速度,从 1997 年的 720.926 7 万 t 增长到 2007 年的 953.690 4 万 t,年平均增长率为 2.94%;2008—2015 年为第二阶段,碳排放量总体处于下降趋势,从 2008 年的 919.678 9 万 t 降低到 2015 年的 884.166 3 万 t,年平均增长率为 -0.5%;其原因一方面为该期间山东省农业生产遭受严重自然灾害,农业投入减少,导致农业碳排放量总体呈下降趋势,另一方面是山东省在近几年积极响应国家关于低碳农业发展政策的号召,农业发展与资源环境间的矛盾逐渐缓和,表明山东省农业碳排放总量得到了有效控制。

1997—2015 年山东省农业碳排放强度与碳排放总量整体变化一致(图 1、表 3),从 1997 年的 656.396 4 kg/hm² 增加到 2015 年的 801.852 9 kg/hm²,增长 22.16%,年均增速为 1.17%。山东省农业碳排放强度的环比增速总体呈现下降趋势。

2.2 山东省农业碳排放区域差异分析

由表 4、图 2 可见,2015 年山东省 17 个地级市碳排放量差异明显,潍坊市排放量最高,达 116.513 5 万 t,莱芜市排放量最低,为 6.903 万 t,仅为潍坊市的 5.9%。按照碳排放的绝对量差异,将 17 个地区分为 3 类:(1)排放量低于 30 万 t 的地区,主要包括淄博市、莱芜市、东营市,主要分布在鲁中南山地丘陵区。(2)排放量集中于 30 万~70 万 t 的地区,主要位于山东半岛和鲁中地区,具体包括济南市、青岛市、枣庄市、烟台市、泰安市、威海市、日照市、德州市、滨州市。(3)排放量大于 70 万 t

表 3 1997—2015 年山东省农业碳排放量与碳排放强度

年份	碳排放量(万 t)							碳排放强度 (kg/hm ²)
	翻耕	灌溉	化肥	农药	农膜	农用柴油	农业碳排放总量	
1997	3.433 3	126.223 6	346.328 5	67.893 2	96.263 0	80.785 0	720.926 7	656.396 4
1998	3.481 8	127.382 5	364.097 2	66.511 7	96.962 9	82.705 4	741.141 4	665.414 5
1999	3.512 5	128.057 5	375.507 2	98.089 9	107.319 2	93.314 7	805.801 0	717.128 1
2000	3.484 7	128.572 9	379.009 0	69.225 4	116.612 2	93.131 0	790.035 0	708.720 7
2001	3.521 8	128.872 4	383.872 1	71.544 5	133.494 3	95.697 3	817.002 3	725.185 2
2002	3.453 6	127.842 2	388.618 8	80.771 2	151.346 7	100.213 7	852.246 1	771.414 9
2003	3.402 7	126.865 5	387.481 3	84.323 8	158.340 2	102.057 0	862.470 6	792.327 4
2004	3.325 6	127.026 0	403.879 8	75.935 8	169.468 9	99.348 4	878.984 4	826.224 2
2005	3.356 1	127.642 9	418.809 4	76.774 6	171.792 6	111.089 8	909.465 4	847.112 8
2006	3.361 7	128.394 3	438.682 8	84.521 1	177.945 4	114.071 0	946.976 5	880.570 9
2007	3.352 5	128.890 5	448.104 5	81.758 0	176.737 5	114.847 5	953.690 4	889.268 3
2008	3.364 8	129.442 1	426.601 1	85.606 6	166.407 5	108.256 7	919.678 9	854.404 1
2009	3.369 3	130.493 1	423.493 4	83.386 3	162.571 2	106.217 8	909.531 1	843.843 8
2010	3.381 8	132.048 8	425.696 6	81.363 3	167.295 9	110.615 6	920.402 0	850.790 3
2011	3.396 5	132.890 4	424.192 0	81.314 0	164.888 2	109.785 8	916.466 9	843.469 7
2012	3.397 0	134.788 5	426.538 5	79.932 4	164.752 5	106.425 2	915.834 1	842.767 8
2013	3.431 2	126.019 2	423.314 3	78.156 1	165.100 6	103.485 4	899.506 9	819.488 7
2014	3.450 5	130.627 2	419.212 4	77.169 3	158.077 0	99.751 4	888.287 8	804.759 4
2015	3.446 9	136.618 4	415.110 6	74.504 9	156.215 9	98.269 7	884.166 3	801.852 9

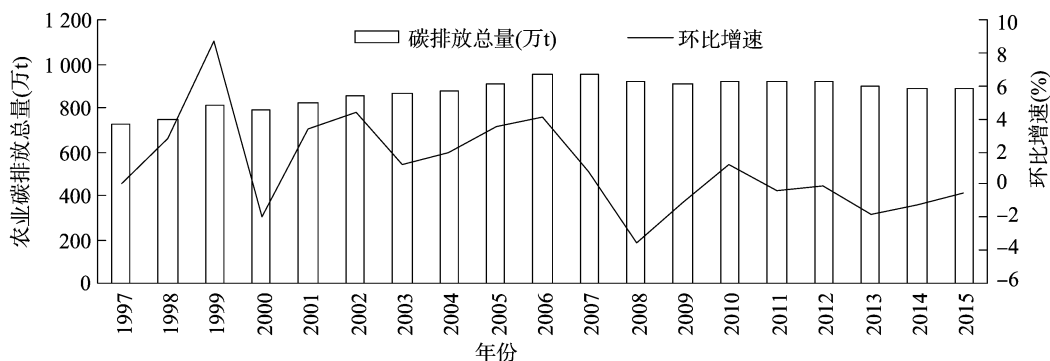


图1 1997—2015年山东省农业碳排放总量与环比增速

的地区,包括潍坊市、济宁市、临沂市、聊城市、菏泽市,集中于胶东丘陵西部地带和鲁西北平原区,其中鲁西平原区是华北平原的一部分,由黄河冲积而成,土壤肥沃,是我国主要的棉粮生产基地。

由于不受资源总量基数的影响,农业碳排放强度相比碳排放总量而言更能直观反映该地区的低碳农业发展水平,易于区域间进行横向比较。由图3可见,山东省17个地级市的农业碳排放强度表现出东西部区域差异显著的特征,其中沿海区域碳排放强度较高。依据绝对量差异,将17个地区分为3个层次:(1)排放强度低于700 kg/hm²的地区,包括济南市、泰安市、德州市、滨州市、菏泽市,主要位于鲁西北平原区。(2)排放强度介于700 ~

1 100 kg/hm²的地区,包括青岛市、淄博市、枣庄市、东营市、济宁市、莱芜市、临沂市、聊城市,主要分布在鲁中南山地区和山东半岛南部。(3)排放强度大于1 100 kg/hm²的区域主要集中在山东半岛东部和胶东丘陵西部等沿海地带,具体包括烟台市、潍坊市、威海市、日照市。

2.3 山东省农业碳排放脱钩弹性分析

基于Tapio脱钩模型,得到山东省1997—2015年农业碳排放变化与农业经济发展间的脱钩模型(表5)。整体看山东省10多年来种植业总产值呈现出持续增长,农业碳排放量和排放强度从2008年开始逐渐趋于负增长,因此衍生出扩张负脱钩、弱脱钩、强脱钩3种不同类型的弹性特征,其中主要以

表 4 2015 年山东省各市农业碳排放情况

地区	碳排放量(万 t)							碳排放强度 (kg/hm ²)
	翻耕	灌溉	化肥	农药	农膜	农用柴油	农业碳排放总量	
济南市	0.178 2	6.825 6	20.116 9	1.516 7	6.961 4	2.983 7	38.582 6	676.775 5
青岛市	0.215 5	8.618 2	25.517 7	3.084 8	9.703 2	12.268 1	59.407 6	861.601 1
淄博市	0.082 3	3.442 1	8.693 9	2.652 1	3.947 7	1.175 1	19.993 3	759.429 4
枣庄市	0.118 1	4.549 6	18.864 8	2.303 7	4.284 9	0.908 5	31.029 7	821.032 8
东营市	0.085 3	4.969 3	10.689 3	2.794 7	4.024 9	2.149 2	24.712 7	905.620 3
烟台市	0.146 6	6.557 8	34.709 6	9.980 2	6.004 7	11.202 8	68.601 7	1 462.657 1
潍坊市	0.328 9	14.104 0	46.407 4	6.879 6	39.988 6	8.805 1	116.513 5	1 107.505 1
济宁市	0.294 3	12.541 6	37.653 4	7.543 7	6.140 9	6.021 1	70.195 1	745.567 1
泰安市	0.181 3	6.374 7	18.564 4	3.443 5	5.378 4	3.165 1	37.107 5	639.941 9
威海市	0.069 6	3.214 8	9.826 6	4.170 8	1.862 7	15.345 1	34.489 6	1 549.887 0
日照市	0.076 3	2.775 1	10.874 6	2.092 1	3.734 8	12.886 2	32.439 0	1 329.343 7
莱芜市	0.026 4	0.978 0	3.428 4	0.590 6	1.254 6	0.625 1	6.903 0	818.527 6
临沂市	0.320 2	9.598 6	33.492 8	7.414 5	23.948 7	5.721 1	80.496 0	785.737 3
德州市	0.320 3	13.051 1	34.081 7	5.983 6	11.381 0	3.595 1	68.412 8	667.644 4
聊城市	0.309 2	12.343 9	36.935 8	4.416 5	11.895 9	4.331 3	70.232 6	710.039 2
滨州市	0.188 0	9.924 2	21.044 6	3.965 0	3.413 6	1.994 9	40.530 5	673.769 9
菏泽市	0.433 5	16.749 6	44.205 3	5.675 2	12.290 1	5.107 2	84.460 9	609.014 0

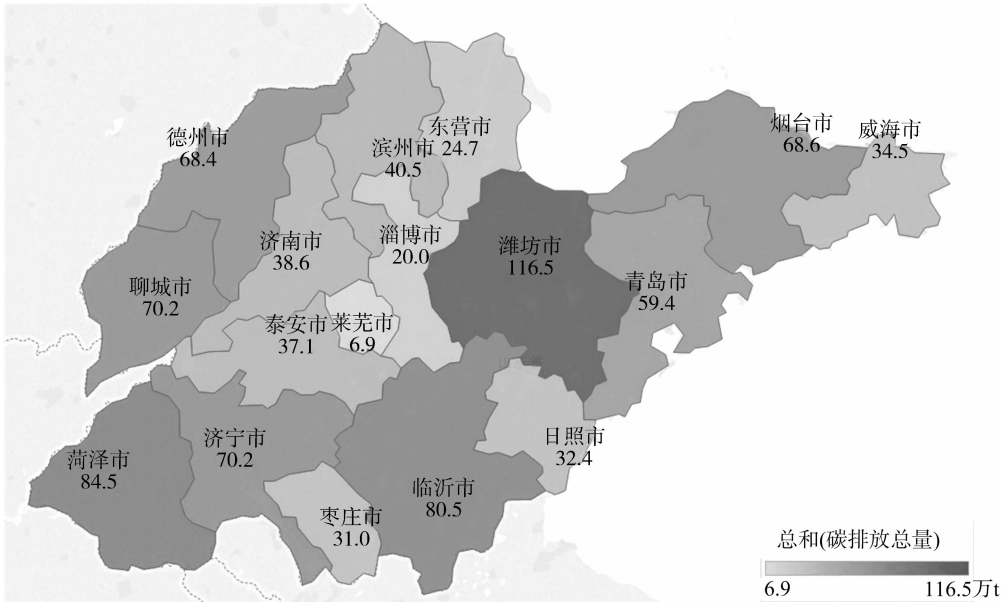


图2 2015年山东省17个地级市农业碳排放量差异

弱脱钩、强脱钩为主,表明山东省的农业由“三高一低”的粗放型生产模式逐渐转向“三低一高”的集约高效型农业发展态势,农药、农膜、化肥等生产资料投入量逐渐减少,可持续农业的发展理念得到有效推广,农业发展和资源环境的矛盾也日渐缓和。根据农业碳排放、种植业总产值及二者脱钩关系,可以分为 2 个阶段。

(1) 1997—2007 年为波动期,该阶段农业经济产值不断增加,与此同时农业碳排放总量稳步增

长,随着农业现代化进程逐渐加快,关于对农业实行减免补贴的系列政策,激发了农民生产积极性,带动了化肥、农药、农膜等农用物资的快速增长,且农民对环保低碳意识较为模糊,进而也导致碳排放量不断增长。1999—2002 年出现扩张负脱钩,可能原因是“三农”问题日益凸显使得农民丧失农业种植的积极性,其次农民外出打工,导致农村留守问题严重,农业劳动力明显不足,使得种植业总产值增量低于农业碳排放量的增量。

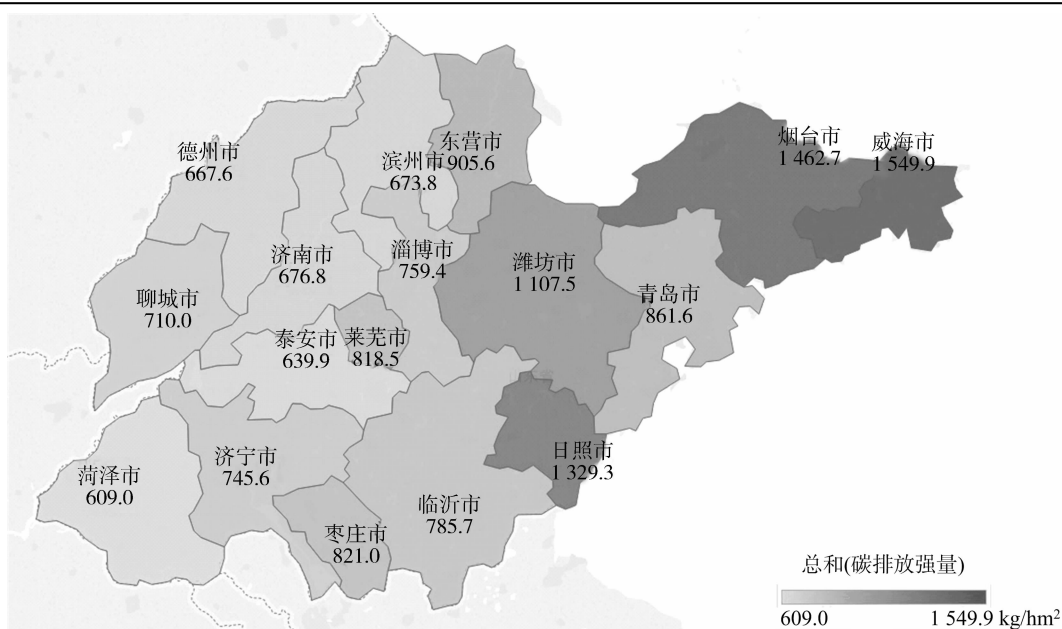


图3 2015年山东省17个地级市农业碳排放强度差异

表5 1997—2015年山东省农业碳排放弹性结果

年份	$\frac{\Delta C}{C}$	$\frac{\Delta PGRI}{PGRI}$	弹性系数 (e)	状态
1997				
1998	0.027 3	0.067 6	0.403 7	弱脱钩
1999	0.080 2	0.028 1	2.853 3	扩张负脱钩
2000	-0.020 0	0.035 0	-0.569 5	强脱钩
2001	0.033 0	0.072 0	0.458 4	弱脱钩
2002	0.041 4	0.013 8	3.007 1	扩张负脱钩
2003	0.011 9	0.111 6	0.106 3	弱脱钩
2004	0.018 8	0.154 6	0.121 5	弱脱钩
2005	0.033 5	0.069 9	0.479 3	弱脱钩
2006	0.039 6	0.109 2	0.362 7	弱脱钩
2007	0.007 0	0.123 2	0.057 2	弱脱钩
2008	-0.037 0	0.100 7	-0.367 2	强脱钩
2009	-0.011 2	0.101 8	-0.109 6	强脱钩
2010	0.011 8	0.121 5	0.097 2	弱脱钩
2011	-0.004 3	0.045 2	-0.095 1	强脱钩
2012	-0.000 7	0.029 5	-0.023 4	强脱钩
2013	-0.018 2	0.121 8	-0.149 0	强脱钩
2014	-0.012 6	0.053 7	-0.235 2	强脱钩
2015	-0.004 7	0.033 3	-0.140 1	强脱钩

(2)2008—2015年为平稳期,整体态势良好,农业碳排放持续负增长且农业经济平稳增长,除2010年表现为弱脱钩外,随后实现连续5年强脱钩。可能原因有:国家惠农政策的推广带动了农民农业生产的积极性,农业科技推广服务站的普及和完善使得农业经济稳步增长;十七大以来,国家倡导以资

源节约和生态环境保护为前提发展可持续农业,低碳农业观念逐渐深入人心,循环农业、生态农业发展模式逐渐推广,提高了农用物资的利用效率;农业科技进步带动农业生产力提高和产业结构的调整,从而使得该阶段脱钩弹性特征以强脱钩为主,实现最佳理想型农业生产模式。

3 结论及建议

3.1 结论

本研究首先基于农用物资投入视角,根据前人做出的碳排放系数转化法测算出1997—2015年山东省农业碳排放情况;其次以山东省的17个地级市为样本进行横向比较,来分析山东省农业碳排放的时空特征;最后运用Tapio脱钩模型来解析农业碳排放与农业经济增长之间的变化关系。主要结论如下:

(1)山东省农业碳排放总量由1997年的720.9267万t增长到2015年的884.1663万t,总体呈现出简单的倒“U”形变化特征,凸显出“上升—下降”两阶段演化过程。农业碳排放强度与农业碳排放量的整体变化过程一致,表明近年来山东省逐渐走向发展低碳农业的新模式。

(2)横向来看,山东省17个地区农业碳排放差异明显。2015年农业碳排放量最大的地区为潍坊市,高达116.51万t,莱芜市排放量最低,为6.9万t,仅为潍坊市的5.9%。农业碳排放强度最高地区为烟台市,为1462.66 kg/hm²。纵观整体,

农业碳排放量高的地区多集中于鲁西北平原区,平原面积广阔,有利于规模化、集约化生产;碳排放强度高的地区多聚集在山东半岛东部和胶东丘陵西部地带,是典型的丘陵区,地势崎岖,不易于大规模种植业的发展。

(3)1998—2015 年,山东省农业碳排放脱钩弹性指数分布在 $-0.569\ 5 \sim 3.007\ 1$ 之间,农业碳排放和农业经济发展关系呈现出扩张负脱钩、弱脱钩和强脱钩 3 种不同类型的弹性特征。具体而言,基于弹性差异,可划分为 2 个阶段:扩张负脱钩、强脱钩、弱脱钩 3 种脱钩类型并存,波动较为明显的第一阶段(1997—2007 年);脱钩类型多为强脱钩,平稳性特征较为突出的第二阶段(2008—2015 年),且脱钩状态逐渐趋于理想型。

3.2 建议

本研究以农药、农膜、化肥、农用机械柴油、翻耕、灌溉 6 类碳源,就山东省农业碳排放的时空差异特征及其与农业经济发展之间的脱钩关系展开研究,通过测算可知山东省低碳农业发展取得了一定成就,主要表现在 2 个方面:(1)农业碳排放量和排放强度的逐渐降低;(2)碳排放与农业经济之间的脱钩关系以强脱钩为主。以上说明山东省农业生产与资源环境之间的矛盾逐渐缓和。山东省作为我国的农业大省,粮食主产基地,在低碳农业发展模式方面起到了模范作用,是发展我国农业碳减排的主力军。

与此同时也暴露出一些问题,如区域间的碳排放差异较为明显,自然灾害、种植业规模发展等因素对山东省发展低碳农业产生一定的阻碍作用,所以在未来山东省农业碳减排仍具有较大压力。整体而言,应根据当地地形气候特征优化农业产业结构,科学合理规划山东省农业用地,实现土地集约化经营模式,完善农业基础措施、改进农业生产技术,同时注重增强农业抵御自然灾害的能力。就局部而言,需依据不同地区实际情况制定因地制宜的整治措施,重点以农业碳排放强度较高的地区为抓手,为早日实现农业减碳和农业现代化奠定坚实的基础,同时有助于解决“三农”中的农业环境和生态的统筹问题。

参考文献:

[1]赵文晋,李都峰,王宪恩. 低碳农业的发展思路[J]. 环境保护, 2010,24(12):38-39.

[2]黄祖辉,米松华. 农业碳足迹研究——以浙江省为例[J]. 农业经济问题,2011,32(11):40-47,111.

[3]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.

[4]赵先超,宋丽美,古黄玲. 基于 GIS 的湖南省农地利用碳排放时空格局研究[J]. 江苏农业科学,2019,47(9):307-311.

[5]Yun T, Zhang J B, He Y Y. Research on spatial-temporal characteristics and driving factor of agricultural carbon emissions in China[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2014, 13(6): 1393-1403.

[6]苏洋,马惠兰,颜璐. 新疆农地利用碳排放时空差异及驱动机理研究[J]. 干旱区地理,2013,36(6):1162-1169.

[7]尧波,郑艳明,胡丹,等. 江西省县域农业碳排放的时空动态及影响因素分析[J]. 长江流域资源与环境,2014,23(3):311-318.

[8]何炫蕾,陈兴鹏,庞家幸. 基于 LMDI 的兰州市农业碳排放现状及影响因素分析[J]. 中国农业大学学报,2018,23(7):150-158.

[9]李玉玲,李世平,祁静静. 陕西省土地利用碳排放影响因素及脱钩效应分析[J]. 水土保持研究,2018,25(1):382-390.

[10]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.

[11]张振宇. 农业经济发展与农业碳排放的实证关系研究——以上海郊区农业为例[J]. 生态经济,2017,33(10):29-33.

[12]张志高,袁征,刘雪,等. 基于投入视角的农业碳排放与经济增长的脱钩效应分析——以河南省为例[J]. 水土保持研究,2017,24(5):272-278.

[13]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.

[14]李国志,李宗植,周明. 碳排放与农业经济增长关系实证分析[J]. 农业经济与管理,2011(4):32-39.

[15]李国志,李宗植. 中国农业能源消费碳排放因素分解实证分析[J]. 农业技术经济,2010(10):66-72.

[16]杨红娟,李祥云,刘红琴. 农业碳排放特征及影响因素分析——以云南为例[J]. 生态经济,2015,31(10):76-78.

[17]武春桃. 城镇化对中国农业碳排放的影响——省际数据的实证研究[J]. 经济经纬,2015,32(1):12-18.

[18]田云. 中国低碳农业发展:生产效率、空间差异与影响因素研究[D]. 华中农业大学,2015:111-119.

[19]张志高,袁征,张翠贞,等. 河南省农业碳排放时空特征与脱钩弹性研究[J]. 江苏农业科学,2017,45(17):281-285.

[20]栾健,周玉玺. 自然灾害对山东省粮食生产影响的实证分析[J]. 干旱区资源与环境,2016,30(4):127-131.

[21]李玉波,许清涛,高标,等. 吉林省农业碳排放与经济增长脱钩关系实证分析[J]. 中国农机化学报,2017,38(2):130-134.

[22]段华平,张悦,赵建波,等. 中国农田生态系统的碳足迹分析[J]. 水土保持学报,2011,25(5):203-208.

[23]Tapio P. Towards a theory of decoupling: Degrees of decoupling in the EU and the case of road traffic in Finland between 1970 and 2001[J]. Journal of Transport Policy,2005(12):137-151.