

张红丽,刘 芳. 新疆农业碳排放与农业经济增长的响应关系[J]. 江苏农业科学,2018,46(22):358-363.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.22.082

新疆农业碳排放与农业经济增长的响应关系

张红丽¹, 刘 芳²

(1. 石河子大学农业现代化研究中心,新疆石河子 832000; 2. 石河子大学经济与管理学院,新疆石河子 832000)

摘要:测算了新疆维吾尔自治区(以下简称新疆)2000—2015 年及其 14 个地州 2015 年的农地利用、稻田、畜牧养殖 3 个方面的农业碳排放量,并进行时空差异分析。基于 Tapio 脱钩理论解析新疆农业碳排放与农业经济增长之间的动态演变关系,利用 LMDI 模型对新疆农业碳排放的驱动因素进行分解。结果表明:2000—2015 年新疆农业碳排放总量在保持总体上升趋势的同时呈现“上升—下降—上升”的 3 个阶段特征,14 个地州的碳排放强度和结构差异明显。与 2000 年相比,2001—2015 年农业经济发展因素和农业从业劳动力因素累计产生碳排放量分别是 $4\,455.88 \times 10^7$ kg 和 907.30×10^7 kg,农业生产效率因素和农业产业结构因素累计实现的碳减排总量分别是 $4\,180.90 \times 10^7$ kg 和 81.59×10^7 kg。

关键词:新疆;农业碳排放;农业经济增长;脱钩关系;LMDI 模型

中图分类号: F327 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)22-0358-06

近年来,全球气候变暖的主要原因是人类活动引发二氧化碳等温室气体的大量增加。已有研究表明二三产业是二氧化碳等温室气体的第一大排放源,农业是第二大排放源。我国农业碳排放已占全国碳排放总量的 17%^[1],农田系统所产生的碳排放量占农业碳排放总量的 34.29%^[2]。因此,减少农田系统碳排放量有助于碳减排总目标的实现。为了完成我国所承诺的“到 2030 年每单位 GDP 二氧化碳排放量比 2005 年下降 60%~65%”的减排目标,不仅要在二三产业领域节能降耗,也要挖掘农业系统的减排潜力。因此,掌握农业系统

碳排放量情况,洞悉农业碳排放与农业经济增长的关系,进而识别影响农业碳排放的因素有助于制定合理的减排政策,促进碳减排总目标的实现。

众多学者围绕农田系统或农地利用碳排放问题展开研究,在内容上主要涉及碳排放量的测算^[3]、碳排放影响因素的分解^[4-5]、农业碳排放与农业经济增长关系^[6-7]、碳排放的公平与效率问题^[8]、不同生计方式农户的碳足迹^[9]、农业碳汇生态补偿机制^[10]、土壤碳减排潜力^[11-12]以及土地利用变化引起的碳排和碳汇效应^[13-14]等方面。这些研究成果侧重于全国范围内农业碳排放量的测算、对比,鲜见对地多人少、生态环境脆弱的西部干旱区农业碳排放的研究。新疆是我国重要的粮棉果畜生产基地,近十几年由于农业现代化进程加快、农业机械的大力推广、农药和化肥等化石能源物的大量投入,以及牲畜养殖规模的不断扩大,农业系统直接或间接产生的碳排放量不断累积,影响着区域气候变化及人类的生活。本研究对新疆 2000—2015 年农业碳排放总量、碳排放强度和 2015 年 14 个地州的农业碳排放量进行了测算,基于 Tapio 脱

收稿日期:2017-07-11

基金项目:国家自然科学基金(编号:71563041);新疆生产建设兵团
社会科学基金(编号:15YB04、17YB14)。

作者简介:张红丽(1968—),女,河南淮阳人,博士,教授,主要从事农林经济理论与政策、干旱区生态经济研究。E-mail: zhl8291@126.com。

通信作者:刘 芳,博士研究生,讲师,主要从事农业经济理论与政策研究。E-mail:819164865@qq.com。

[16]张淑荣,李 广,刘 稳. 我国大豆产业的国际竞争力实证研究与影响因素分析[J]. 国际贸易问题,2007(5):10-15.

[17]于海龙,李秉龙. 我国乳制品的国际竞争力及影响因素分析[J]. 国际贸易问题,2011(10):14-24.

[18]陶艳红,熊 巍. 我国柑橘产品国际竞争力分析[J]. 农业技术经济,2016(3):85-92.

[19]谢国娥,杨逢珉,陈圣仰. 我国食品贸易竞争力的现状及对策研究——基于食品安全体系的视角[J]. 国际贸易问题,2013(1):68-77.

[20]孙致陆,李先德. 中国谷物贸易及其国际竞争力演变趋势[J]. 华南农业大学学报(社会科学版),2014,13(3):62-75.

[21]孙 林,李岳云. 中国与东盟主要国家农产品的贸易、竞争关系分析[J]. 世界经济研究,2003(8):81-85.

[22]赵 亮,穆月英. 东亚“10+3”国家农产品国际竞争力分解及比较研究——基于分类农产品的 CMS 模型[J]. 国际贸易问题,

2012(4):59-72.

[23]吴贤彬,陈 进,华 迎. 基于 SRCA 和 Lafay 指数的“金砖五国”服务贸易结构竞争力分析[J]. 宏观经济研究,2012(2):42-49,55.

[24]姚海棠,方晓丽. 金砖五国服务部门竞争力及影响因素实证分析[J]. 国际贸易问题,2013(2):100-110.

[25]聂 聆. 金砖四国创意产品贸易国际竞争力的比较研究[J]. 国际贸易问题,2013(2):111-122.

[26]谢汶莉,李 强. 中国与 TPP 核心国农产品国际竞争力的比较[J]. 国际贸易问题,2015(7):35-46.

[27]Balassa B. Trade liberalisation and “revealed” comparative advantage[J]. The Manchester School,1965,33(2):99-123.

[28]Laursen K. Revealed comparative advantage and the alternatives as measures of international specialization[J]. Eurasian Business Review,2015,5(1):99-115.

钩理论检验新疆农业碳排放量的变动对农业经济增长的敏感性,并运用 LMDI 模型分解影响新疆农业碳排放的因素,以期提升我国西部干旱区农业碳减排潜力提供理论依据。

1 研究方法 & 数据来源

1.1 研究方法

1.1.1 农地利用碳排放的测算 农地利用过程中的碳排放源于农业生产资料投入、农业能源消耗、农地翻耕水稻种植和秸秆焚烧等环节^[2]。由于新疆的秸秆绝大部分做还田处理,做生活燃料的秸秆比重很小,而且缺乏统计数据。因此本研究只统计新疆农膜、农药、化肥、农用柴油、翻耕和水稻引发的碳排放。碳排放量的计算公式如下:

$$C = \sum C_i = \sum S_i \beta_i \quad (1)$$

式中: C 为碳排放总量, C_i 为各类碳源的碳排放量, S_i 、 β_i 分别是各类碳排放源的数量和碳排放系数^[15]。各类碳排放系数借鉴国内外学者的研究成果,见下表 1。

表 1 农地利用主要碳源及碳排放系数

碳源	碳排放系数	数据来源
农膜	5.18 kg C/kg	南京农业大学农业资源与生态环境研究所
农药	4.934 1 kg C/kg	美国橡树岭国家实验室
化肥	0.895 6 kg C/kg	美国橡树岭国家实验室
柴油	0.592 7 kg C/kg	联合国政府间气候变化专门委员会 (intergovernmental panel on climate change, IPCC)
翻耕	312.6 kg C/hm ²	中国农业大学生物与技术学院
稻田	1.3 kg CH ₄ /(hm ² ·d)	IPCC(2007)

1.1.2 畜牧养殖碳排放 畜牧养殖业排放的温室气体主要是牲畜肠道发酵和牲畜粪便管理所产生的甲烷(CH₄)和二氧化氮(NO₂)。新疆的牲畜主要有牛、马、驴、猪、山羊和绵羊,相关温室气体的排放系数参见 IPCC 报告,如表 2 所示。

表 2 主要牲畜品种对应的碳排放系数

碳源	肠道发酵温室气体 CH ₄ 碳排放系数 [kg/(头·年)]	粪便排放温室气体 碳排放系数 [kg/(头·年)]		数据来源
		CH ₄	NO ₂	
牛	61	18.00	1.00	IPCC(2007)
马	18	1.64	1.39	IPCC(2007)
驴	10	1.64	1.39	IPCC(2007)
猪	1	4.00	0.53	IPCC(2007)
山羊	5	0.17	0.33	IPCC(2007)
绵羊	5	0.15	0.33	IPCC(2007)

1.1.3 脱钩关系模型 脱钩理论是用于评估经济增长与资源消耗或环境污染之间联系的基本理论^[16]。碳排放脱钩意味着实现经济增长和降低能源消耗的双赢结果。碳排放脱钩状态以脱钩弹性表示,即二氧化碳的变化量与经济增长变化量的比值,反映了二氧化碳变化率对经济增长变化率的敏感程度。基于脱钩理论,构建新疆农业碳排放和农业经济增长之间的脱钩弹性公式如下:

$$e = \frac{\Delta CO_2 / CO_2}{\Delta AEG / AEG} \quad (2)$$

式中: e 表示脱钩弹性, CO_2 表示农业系统 CO₂ 的排放量, AEG

表示农业和牧业产值之和。

具体的脱钩类型及其弹性值见图 1。其中, I 为弱脱钩, $\Delta CO_2 > 0$, $\Delta AEG > 0$, $0 \leq e < 0.8$; II 为扩张连接, $\Delta CO_2 > 0$, $\Delta AEG > 0$, $0.8 \leq e \leq 1.2$; III 为扩张负脱钩, $\Delta CO_2 > 0$, $\Delta AEG > 0$, $e > 1.2$; IV 为衰退脱钩, $\Delta CO_2 < 0$, $\Delta AEG < 0$, $e > 1.2$; V 为衰退连接, $\Delta CO_2 < 0$, $\Delta AEG < 0$, $0.8 \leq e \leq 1.2$; VI 为弱负脱钩, $\Delta CO_2 < 0$, $\Delta AEG < 0$, $0 \leq e < 0.8$; VII 为强负脱钩, $\Delta CO_2 > 0$, $\Delta AEG < 0$, $e < 0$; VIII 为强脱钩, $\Delta CO_2 < 0$, $\Delta AEG > 0$, $e < 0$ 。

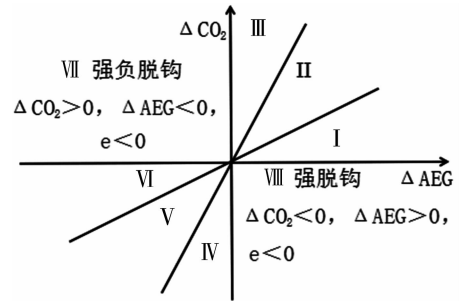


图 1 脱钩弹性类型

1.1.4 LMDI 分解法 相比其他分解方法,对数平均迪氏指数(logarithmic mean divisia index, LMDI)分解法具有路径独立、残差为零、增强模型说服力等独特优势,在研究中被广泛运用。基于此,本研究遵循 LMDI 分解框架,对新疆农业碳排放的影响因素进行如下分解:

$$CO_2 = \frac{CO_2}{AEG} \times \frac{AEG}{NLMY} \times \frac{NLMY}{L} \times L;$$

$$PF = \frac{CO_2}{AEG}, SF = \frac{AEG}{NLMY}, EF = \frac{NLMY}{L} \quad (3)$$

式中: CO_2 为农业二氧化碳排放总量; AEG 为农业和牧业产值之和; $NLMY$ 为农林牧渔业总产值; L 为农业从业劳动力总量。 PF 、 SF 、 EF 分别表示农业生产效率因素、农业产业结构因素、农业经济发展因素。第 t 期的 CO_2 排放量(CO_2^t)相对于基期排放量(CO_2^0)的变化可以表示为

$$\Delta CO_2 = CO_2^t - CO_2^0 = \Delta CPF + \Delta CSF + \Delta CEF + \Delta CL; \quad (4)$$

$$\Delta CPF = \frac{CO_2^t - CO_2^0}{\ln CO_2^t - \ln CO_2^0} \ln \frac{PF^t}{PF^0}; \quad (5)$$

$$\Delta CSF = \frac{CO_2^t - CO_2^0}{\ln CO_2^t - \ln CO_2^0} \ln \frac{SF^t}{SF^0}; \quad (6)$$

$$\Delta CEF = \frac{CO_2^t - CO_2^0}{\ln CO_2^t - \ln CO_2^0} \ln \frac{EF^t}{EF^0}; \quad (7)$$

$$\Delta CL = \frac{CO_2^t - CO_2^0}{\ln CO_2^t - \ln CO_2^0} \ln \frac{L^t}{L^0} \quad (8)$$

式中: ΔCPF 、 ΔCSF 、 ΔCEF 、 ΔCL 表示各因素对 CO_2 排放总量变化的贡献值。

1.2 数据来源

本研究中农膜、农药、化肥、农用柴油、翻耕面积、农业产值、牧业产值、农林牧渔业总产值以及农业从业劳动人口数据均出自 2001—2016 年《新疆统计年鉴》和各地、州、市的 2016 年统计年鉴及国民经济公报。其中,农用化肥施用量为折纯量,翻耕面积以各地当年农作物实际播种面积为准,农业从业劳动人口数量以第一产业从业人数为准,牛、马、驴、猪、山羊、绵羊的数量以各年牲畜年底头数为准。为了剔除价格变化影

响,以 2000 年为基准年,将各年农业产值、牧业产值及农林牧渔业总产值换算成实际总产值。

2 研究结果分析

2.1 新疆农业碳排放变化及特征分析

2.1.1 时序变动特征 根据上文的碳排放系数和计算公式,本研究测算了新疆农地利用、水稻种植和畜牧养殖过程中的碳排放量,如表 3 和表 4 所示。从表 4 中可以看出,2000—2015 年新疆农业碳排放量总体上呈上升趋势,同时呈现“上升一下

降—上升”的 3 个阶段特征,具体表现为以下几点。

如表 3 所示,农地利用的碳排放量由 2000 年的 147.52×10^7 kg 增长到 2015 年的 427.29×10^7 kg,年均增速为 7.35%,由于农膜、农药、化肥、农用柴油大量投入物的使用和翻耕而引发的碳排放量年均增速分别达到 7.72%、4.37%、7.91%、5.31% 和 4.04%。从农地利用的结构上看,2000—2015 年,化肥使用引起的碳排放量达到 $2\,088.28 \times 10^7$ kg,占农地利用碳排放总量的 50.96%,农膜使用引起的碳排放量达到 $1\,288.60 \times 10^7$ kg,占总量的 31.64%,农用柴

表 3 2000—2015 年新疆农地利用碳排放量及各碳源比重情况

年份	农膜		农药		化肥		柴油		翻耕		排放量合计 ($\times 10^7$ kg)
	排放量 ($\times 10^7$ kg)	比重 (%)	排放量 ($\times 10^7$ kg)	比重 (%)	排放量 ($\times 10^7$ kg)	比重 (%)	排放量 ($\times 10^7$ kg)	比重 (%)	排放量 ($\times 10^7$ kg)	比重 (%)	
2000	45.65	30.88	6.71	4.54	70.90	47.95	23.53	15.91	1.06	0.72	147.52
2001	54.24	33.19	6.22	3.80	74.60	45.64	27.32	16.71	1.06	0.65	163.24
2002	50.16	32.13	5.68	3.64	75.50	48.36	23.70	15.18	1.09	0.70	155.78
2003	51.48	30.99	5.98	3.60	81.27	48.92	26.31	15.84	1.08	0.65	165.86
2004	54.72	30.77	6.07	3.42	88.82	49.95	27.08	15.23	1.12	0.63	177.54
2005	60.05	31.01	7.19	3.71	96.52	49.84	28.74	14.84	1.17	0.60	193.39
2006	66.63	31.41	7.68	3.62	107.16	50.52	29.33	13.83	1.31	0.62	211.72
2007	73.21	31.76	8.18	3.55	117.79	51.11	29.93	12.98	1.37	0.60	230.04
2008	87.56	33.00	9.06	3.41	133.35	50.26	33.96	12.80	1.42	0.53	264.98
2009	81.99	30.76	8.95	3.36	138.80	52.08	35.32	13.25	1.47	0.55	266.16
2010	88.43	30.93	8.98	3.14	150.07	52.49	36.92	12.91	1.49	0.52	285.55
2011	94.78	30.53	9.54	3.07	164.50	52.99	40.06	12.90	1.56	0.50	310.14
2012	97.26	30.02	9.79	3.02	172.58	53.27	42.73	13.19	1.61	0.50	323.70
2013	107.05	30.85	10.50	3.03	182.00	52.44	45.87	13.22	1.63	0.47	346.86
2014	136.19	32.99	15.02	3.64	212.24	51.42	47.47	11.50	1.87	0.45	412.40
2015	139.29	33.59	12.75	3.63	222.19	50.68	51.14	11.66	1.92	0.44	427.29
合计	1 288.60	31.64	138.30	3.45	2 088.28	50.96	549.40	13.41	22.23	0.54	4 082.17
年均增速	7.72%		4.37%		7.91%		5.31%		4.04%		7.35%

表 4 2000—2015 年新疆农业碳排放总量及碳排放强度

年份	农地利用		水稻		畜牧养殖		合计		碳排放强度 (kg/hm ²)
	排放量 ($\times 10^7$ kg)	增幅 (%)	排放量 ($\times 10^7$ kg)	增幅 (%)	排放量 ($\times 10^7$ kg)	增幅 (%)	排放量 ($\times 10^7$ kg)	增幅 (%)	
2000	147.52	—	9.01	—	531.74	—	688.26	—	2 031.02
2001	163.24	10.66	8.44	-6.23	537.00	0.99	708.68	2.97	2 081.83
2002	155.78	-4.57	8.64	2.29	563.27	4.89	727.69	2.68	2 092.05
2003	165.86	6.47	7.74	-10.41	600.48	6.61	774.08	6.37	2 230.60
2004	177.54	7.04	7.69	-0.58	626.82	4.39	812.05	4.91	2 273.45
2005	193.39	8.93	7.96	3.44	647.23	3.26	848.58	4.50	2 276.17
2006	211.72	9.4	7.84	-1.55	646.77	-0.07	866.33	2.09	2 059.60
2007	230.04	8.65	8.18	4.34	615.82	-4.79	854.04	-1.42	1 943.53
2008	264.98	15.19	8.08	-1.17	450.57	-26.83	723.63	-15.27	1 595.00
2009	266.16	0.45	8.47	4.81	515.24	14.35	789.87	9.15	1 676.92
2010	285.55	7.28	7.71	-8.93	445.92	-13.45	739.18	-6.42	1 553.34
2011	310.14	8.61	8.13	5.47	437.11	-1.98	755.38	2.19	1 515.78
2012	323.70	4.37	7.98	-1.93	504.08	15.32	835.75	10.64	1 627.01
2013	346.86	7.16	7.75	-2.80	516.74	2.51	871.35	4.26	1 671.74
2014	412.40	18.90	8.65	11.55	540.13	4.53	961.18	10.31	1 603.45
2015	427.29	3.61	7.62	11.84	553.54	2.48	988.45	2.84	1 613.52
合计	4 098.03	—	129.89	—	8 732.45	—	12 944.5	—	—
年均增速	7.35%		-1.29%		0.27%		2.44%		

油产生的碳排放量达到 549.40×10^7 kg, 占总量的 13.41%, 份额相对较少的是农药和翻耕产生的碳排放量, 比重分别为 3.45% 和 0.54%。无论从年均增速, 还是碳排放比重角度排序, 化肥投入产生的碳排放量均居首位。此外, 与畜牧养殖碳排放量相比, 农地利用的碳排放量年均增速快得多, 反映出新疆提高农地产出水平的手段更多依靠化肥、农膜等大量投入。新疆属于干旱区, 不适宜大面积种植水稻, 水稻引发的碳排放量较少。由表 4 可知, 因水稻种植面积的调减引发的碳排放量由 2000 年的 9.01×10^7 kg 降到 2015 年的 7.62×10^7 kg, 年均递减率是 1.29%。

畜牧养殖产生的碳排放在 2000—2015 年呈现“上升—下降—上升”3 个阶段变化特征, 成为新疆农业碳排放的第一大碳源。2000—2005 年为第 1 阶段, 由于牛、猪、山羊和绵羊的养殖数量不断增长, 从而引发碳排放量的增长, 由 2000 年的 531.74×10^7 kg 增至 2005 年的最高点 647.23×10^7 kg。2006—2011 年为第 2 阶段, 从 2006 年碳排放量开始慢慢下降, 减至 2011 年的 437.11×10^7 kg。2012—2015 年为第 3 阶段, 由于畜牧养殖结构的调整, 从而引发碳排放量由 2012 年的 504.08×10^7 kg 开始慢慢上升至 2015 年的 553.54×10^7 kg。

农业碳排放强度是农业碳排放量与农作物总播种面积的比值。碳排放强度整体上看是呈下降态势, 具体呈现出“先上升—后下降—又上升”的 3 个阶段特征, 碳排放强度先由 2000 年的 $2\ 031.02$ kg/hm² 上升至 2005 年的 $2\ 276.17$ kg/hm² 最高点, 然后从 2006 年的 $2\ 059.60$ kg/hm²

开始慢慢下降至 2011 年的 $1\ 515.78$ kg/hm², 到 2015 年缓慢回升到 $1\ 613.52$ kg/hm² 的强度水平。尽管新疆农业碳排放总量整体上是上升的, 但是由于农业播种面积在 15 年间一直不间断增长, 因此碳排放强度反而是下降的。

2.1.2 空间差异特征 本研究进一步测算新疆 14 个地、州、市 2015 年的农业碳排放量和碳排放强度, 如表 5 所示。相关特征分析如下: (1) 强度差异: 碳排放强度不受农业生产规模和资源禀赋的影响, 能客观反映一个地区的碳排放水平, 有利于区域横向的比较。测算结果表明新疆农业碳排放强度有“北高南低东居中”的特点, 强度最大的是乌鲁木齐, 为 $5\ 894.67$ kg/hm², 尽管该地区碳排放总量不是最多, 但其相对较少的农作物播种面积拉升了碳排放强度。根本原因是该地区单位农地生产率的提高更多依赖化肥等生产资料的高投入。碳排放强度最低的是阿克苏地区, 为 $1\ 587.01$ kg/hm²。碳排放强度也可以分为 3 个等级: ①强度大于 $4\ 000$ kg/hm² 的地区, 包括乌鲁木齐、博州。②强度介于 $2\ 000 \sim 4\ 000$ kg/hm² 的地区, 包括伊犁、克州、阿勒泰、和田、吐鲁番和哈密。③强度在 $2\ 000$ kg/hm² 以下的地区, 包括克拉玛依、巴州、昌吉、塔城、阿克苏和喀什。(2) 结构差异: 从碳排放的结构看, 按各碳源对应总量的占比大小分为 3 类: ①种植业主导地区, 包括乌鲁木齐、博州、巴州和阿克苏。②畜牧养殖主导地区, 包括克州、阿勒泰、伊犁、和田、哈密。③复合型地区, 即种植业和畜牧业碳排放量比重相当的地区, 有昌吉、吐鲁番、克拉玛依、塔城和喀什地区。

表 5 2015 年新疆各地、州、市农业碳排放量及碳排放强度

地州	农地利用 + 水稻		畜牧养殖		碳排放总量 ($\times 10^7$ kg)	碳排放强度 (kg/hm ²)
	排放量($\times 10^7$ kg)	比重(%)	排放量($\times 10^7$ kg)	比重(%)		
乌鲁木齐	16.97	64.80	9.22	35.20	26.19	5 894.67
克拉玛依	1.66	53.72	1.43	46.28	3.09	1 924.03
昌吉	47.41	48.45	50.44	51.55	97.85	1 787.67
博州	65.55	86.18	10.51	13.82	76.06	4 130.10
伊犁	44.86	28.35	113.38	71.65	158.24	3 131.05
塔城	49.24	49.64	49.96	50.36	99.20	1 598.09
阿勒泰	15.05	24.60	46.14	75.40	61.19	2 645.83
吐鲁番	7.49	52.41	6.80	47.59	14.29	2 330.40
哈密	6.69	39.92	10.07	60.08	16.76	2 256.33
巴州	51.55	63.63	29.47	36.37	81.02	1 939.90
阿克苏	85.49	63.81	48.49	36.19	133.98	1 587.01
克州	5.30	23.45	17.30	76.55	22.60	3 078.60
喀什	93.63	49.85	94.21	50.15	187.84	1 594.62
和田	20.19	35.24	37.11	64.76	57.30	2 150.98

2.2 新疆农业碳排放与农业经济增长之间的响应关系分析

根据 Tapio 脱钩弹性公式, 得出 2001—2015 年新疆农业碳排放变动与农业经济增长之间的脱钩状态, 如表 6 所示。15 年间, 新疆农业碳排放与农业经济增长之间的脱钩类型呈现出“强负脱钩—弱脱钩—扩张连接”不断变化演进的关系, 以弱脱钩为主, 兼有强脱钩和扩张连接, 表明新疆农业经济增长更多依赖农业物质投入的增加, 虽然进行了农业结构调整, 但是对环境造成的压力依旧很大。具体可以分为 3 个阶段: (1) 不稳定阶段(2001—2004 年)。这段时期内新疆农业碳排放变动与农业经济增长之间的关系经历了由强负脱钩到弱脱钩再到扩张连接的动态变化过程, 具体表现为农业经济增

长率由负转正, 二氧化碳排放量增长率逐年增加, 到 2004 年开始下降。主要因为这一阶段新疆农业生产机械化程度的提高及猪牛羊等牲畜养殖数量的增长, 农业碳排放年均增幅在 4% 以上, 而农业经济增长波动加大, 增幅在 -6% ~ 32% 之间, 造成农业碳排放与农业经济增长之间的不稳定关联关系。(2) 脱钩阶段(2005—2010 年)。该阶段主要是由弱脱钩到强脱钩转变的过程。农业碳排放量增速大大缓于农业经济增长速度, 进入一种以相对低投入而高产出的优化状态。这时期主要由于农业种植结构得到优化调整以及节水灌溉技术的大力推广, 在一定程度上减少了农业碳排放。(3) 不稳定阶段(2011—2015 年)。2011 年 CO₂ 排放量比上一年增长

2. 19% 左右,但由于农业经济出现负增长,所以出现强负脱钩的状态,之后 3 年里农业经济增长逐渐恢复,但 CO₂ 排放量增长率经历高一年低一年的波动状态,这一阶段性畜养殖数量出现由少到多的波动,而农业投入物处于稳步增加的状态,因此使得脱钩关系呈现扩张链接和弱脱钩交替出现的特征。

表 6 2001—2015 年新疆农业碳排放脱钩状态

年份	$\Delta CO_2/CO_2$	$\Delta AEG/AEG$	e 值	脱钩类型
2001	0.029 7	-0.023 3	-1.274 8	强负脱钩
2002	0.026 8	0.060 3	0.444 7	弱脱钩
2003	0.063 7	0.204 6	0.311 6	弱脱钩
2004	0.049 1	0.057 5	0.853 7	扩张连接
2005	0.045 0	0.092 3	0.487 5	弱脱钩
2006	0.020 9	0.046 1	0.453 6	弱脱钩
2007	-0.014 2	0.125 5	-0.113 1	强脱钩
2008	-0.152 7	0.020 9	-7.313 6	强脱钩
2009	0.091 5	0.087 8	1.042 8	扩张连接
2010	-0.064 2	0.275 8	-0.232 7	强脱钩
2011	0.021 9	-0.001 6	-13.331 1	强负脱钩
2012	0.106 4	0.109 7	0.969 8	扩张连接
2013	0.042 6	0.068 3	0.623 9	弱脱钩
2014	0.103 1	0.055 7	1.850 8	扩张连接
2015	0.024 8	0.350 2	0.070 8	弱脱钩

2.3 基于 LMDI 模型的碳排放成因分析

基于所获得的原始数据和前文测算的历年农业碳排放量,运用 LMDI 模型对新疆农业碳排放的影响因素进行了分解,如表 7 所示。

农业生产效率因素有效地抑制了新疆农业碳排放的增加,是促进农业碳减排的关键性因素。与 2000 年相比,2001—2015 年农业生产效率因素累计实现了 $4\ 180.90 \times 10^7$ kg 的碳减排,这意味着,其他因素不变,提升农业生产效率会促使农业碳排放年均下降 278.73×10^7 kg。

表 7 2001—2015 年新疆农业碳排放因素分解 $\times 10^7$ kg

年份	ΔCPF	ΔCSF	ΔCEF	ΔCL	总效应
2001	133.77	-8.27	-52.55	1.91	74.86
2002	-94.13	2.58	136.60	24.64	69.70
2003	-459.88	-104.33	696.91	37.39	170.09
2004	-32.82	-2.84	130.52	44.38	139.24
2005	-160.77	6.57	252.95	35.19	133.94
2006	-83.31	-3.48	102.54	49.31	65.06
2007	-467.94	7.10	390.91	24.86	-45.06
2008	-539.05	-6.13	42.32	24.69	-478.16
2009	-11.90	2.93	211.61	40.25	242.89
2010	-1 090.28	34.10	801.34	68.96	-185.88
2011	63.93	-5.11	-156.05	156.66	59.43
2012	-44.01	5.38	159.84	173.48	294.68
2013	-90.75	0.08	133.53	87.68	130.54
2014	136.97	1.63	132.54	58.23	329.37
2015	-1 440.75	-11.79	1 472.87	79.65	99.99
合计	-4 180.90	-81.59	4 455.88	907.30	1 100.69

与农业生产效率相比,农业产业结构调整对新疆农业碳减排的贡献小得多,且不同年份的贡献值差异较大。农业产业结构调整累计实现了 81.59×10^7 kg 的碳减排,说明在其他因素不变的条件下,调整农业结构有利于农业碳排放年均下

降 5.44×10^7 kg。瓜果、蔬菜种植面积增加,促使农药、农膜和化肥的大量使用,间接引发新疆农地利用碳排放的增加,增加经济作物而调减粮食作物种植也是农业结构调整的方向,这些因素综合起来,使得新疆农业产业结构调整对农业碳减排的贡献较小。

农业经济发展因素对新疆农业碳排放总量贡献为正值,表明农业经济的迅速发展是导致新疆农业碳排放量增加的主要因素。相比于 2000 年,2001—2015 年农业经济水平的提升累计引发 $4\ 455.88 \times 10^7$ kg 的碳增量,表明其他因素不变时,农业经济发展促使碳排放年均递增 297.06×10^7 kg。新疆是我国的农业大省和重要的粮棉果畜基地,农业在新疆国民经济发展中的比重很大,稳步推进农业现代化发展,促进农民增收依然是新疆今后一段时间内坚持的基本方向。因此,推进农业碳减排不是以牺牲农业经济增长为代价,而是应该通过大力植树造林、退耕还林还草等措施增加碳汇。

农业劳动力也是促进新疆农业碳排放量增加的一个因素。2001—2015 年农业经济水平的提升累计引发 907.30×10^7 kg 的碳增量,表明其他因素不变时,农业劳动力的增加促使碳排放年均递增 60.49×10^7 kg。据 2016 年新疆统计年鉴数据,新疆农业从业人员由 2000 年的 387.90 万人持续增长至 2015 年的 526.82 万人,年均增速为 2.06%,大量的农业从业人员的投入成为农业碳排放的驱动因素之一。根据 2016 年新疆统计年鉴数据计算,虽然农业从业人员占全社会从业人员的比重由 2000 年的 57.68% 持续下降为 2015 年 45.38%,有相当一部分农业劳动力已经转移到二三产业,这表明农村劳动力的转移在新疆区域内尚未产生促进碳减排的作用。随着经济的发展,农村劳动力的转移能否真正促进碳减排还有待进一步验证。

3 结论与建议

3.1 研究结论

2000—2015 年间新疆农业碳排放总量在保持总体上升趋势的同时又呈现“上升—下降—上升”的 3 阶段特征。畜牧养殖是新疆农业系统的第 1 大碳排放源,畜牧养殖产生的碳排放在近 15 年内也呈现“上升—下降—上升”3 阶段动态特征。农地利用是第二大碳排放源。碳排放强度整体上看是呈下降态势。

新疆农业碳排放空间差异大,主导产业影响碳排放量。从强度看,有“北高南低东居中”的特点。从结构看,乌鲁木齐、博州、巴州和阿克苏是种植业主导地区,克州、阿勒泰、伊犁、和田、哈密是畜牧养殖主导地区,昌吉、吐鲁番、克拉玛依、塔城和喀什地区属于复合型地区。

新疆农业碳排放与农业经济增长之间的脱钩关系呈现出“强负脱钩—弱脱钩—扩张连接”不断变化演进的特征。农业生产效率的提升和农业产业结构的调整有利于农业碳减排,而农业经济发展水平的提高是农业碳排放增加的主要驱动力,农业从业人员的增加也引起农业碳排放的增多,随着农村劳动力的不断转移,能否起到碳减排的作用,还有待进一步验证。

3.2 主要建议

本研究主要提出以下建议:(1) 积极发展低碳农业,促进

农业的可持续发展。低碳农业追求农业经济系统和生态系统的耦合,倡导农业生产过程的低耗、低排、低污和碳汇。通过探索生物多样性农业、循环农业、有机农业、有机牧场的发展路径,有利于发挥农业的绿色生产、气候调节、生态涵养和休闲体验等多功能作用,进而实现农业的可持续发展。(2)加大农业产业结构调整,发展特色高效农业。由于南北疆资源禀赋有差异,因此要因地制宜,发挥各、地、州优势资源。由种植棉花、玉米等传统农作物转向有机果蔬的种植,进一步加大林果业种植面积,带动果蔬加工产业发展,既促进农民增收,又发挥林木维护生态平衡的作用。(3)推广先进的农业生产技术,转变农业生产方式。通过因素分解可知,农业生产效率的提升有利于农业碳减排。要提高农业生产效率,就要依赖科技进步,大力发展农业精准节水灌溉、生物灭虫、测土配方施肥、水肥一体化和保护性耕作等先进农业生产技术和生产方式。(4)坚持退耕还林还草,完善生态补偿制度。新疆是生态脆弱区,通过把生态承受力弱、不适宜耕种的陡坡地退下来,种上林草,是防治水土流失、固碳增汇和应对气候变暖的重要措施,同时也有利于新疆特别是南疆连片特困区农户的脱贫致富。此外完善相关生态补偿制度,考虑建立以公共财政为主的农业减排增汇生态效益补偿机制^[17],制定合理的生态补偿标准和补偿方式,发挥生态补偿的激励作用,提高农户营林营草的积极性。

参考文献:

- [1]董红敏,李玉娥,陶秀萍,等. 中国农业源温室气体排放与减排技术对策[J]. 农业工程学报,2008,24(10):269-273.
- [2]田云,张俊飏,李波. 湖北省农地利用碳排放时空特征与脱钩弹性研究[J]. 长江流域资源环境,2012,21(12):1514-1519.
- [3]韩中合,祁超,刘明浩. 基于要素价格替代弹性的碳减排潜力测算研究[J]. 中国人口·资源与环境,2016(增刊1):32-36.
- [4]韩岳峰,张龙. 中国农业碳排放变化因素分解研究——基于能源消耗与贸易角度的 LMDI 分解法[J]. 当代经济研究,2013

(上接第 352 页)

质,有利于促进土地市场的形成和发育。加快土地资本存量的流转和土地资产的显化,这与单纯地减免农业税收等方法相比,是提高农民收入、保障农民长远利益的更为治本的方法。

参考文献:

- [1]农业部. 全国承包耕地流转比例已超过三分之一[N]. 人民日报,2016-11-25(3).
- [2]王晓兵,侯麟科,张砚杰,等. 中国农村土地流转市场发育及其对农业生产的影响[J]. 农业技术经济,2011(10):40-45.
- [3]钟甬宁,纪月清. 土地产权、非农就业机会与农户农业生产投资[J]. 经济研究,2009(12):43-51.
- [4]杨艺,朱翠明,张淇. 农村土地经营权流转中政府与市场的关系研究[J]. 西南民族大学学报(人文社科版),2017(10):207-212.
- [5]关艳. 农村土地流转市场的交易成本经济学分析[J]. 经济问题,2011(4):17-20.
- [6]吕军书,贾威. “三权分置”制度下农村土地流转失约风险的防

- (4):47-52.
- [5]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.
- [6]高标,房驷,卢晓玲,等. 区域农业碳排放与经济增长演进关系及其减排潜力研究[J]. 干旱区资源与环境,2017,31(1):13-18.
- [7]董明涛. 我国农业碳排放与产业结构的关联研究[J]. 干旱区资源与环境,2016,30(10):7-12.
- [8]郑立群. 中国各省区碳减排责任分摊——基于公平与效率权衡模型的研究[J]. 干旱区资源与环境,2013,27(5):1-6.
- [9]侯彩霞,赵雪雁,文岩,等. 不同生计方式农户的碳足迹研究——以黑河流域中游张掖市为例[J]. 自然资源学报,2014,29(4):587-597.
- [10]李颖. 农业碳汇功能及其补偿机制研究——以粮食作物为例[D]. 泰安:山东农业大学,2014:2-10.
- [11]Suddick E C,Scow K M,Horwath W R,et al. Chapter four — The potential for California agricultural crop soils to reduce greenhouse gas emissions: a holistic evaluation[J]. Advances in Agronomy, 2010,107(10):123-162.
- [12]Ghosh S,Wilson B,Ghoshal S,et al. Organic amendments influence soil quality and carbon sequestration in the Indo-Gangetic plains of India[J]. Agriculture Ecosystems & Environment,2012,156(8):134-141.
- [13]Carlson K M,Curran L M,Ratnasari D,et al. Committed carbon emissions,deforestation, and community land conversion from oil palm plantation expansion in West Kalimantan, Indonesia [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,2012,109(19):7559-7564.
- [14]Conant R T. Sequestration through forestry and agriculture [J]. Wiley Interdisciplinary Reviews Climate Change,2011,2(2):238-254.
- [15]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]. 武汉:华中农业大学,2015:36-39.
- [16]张婷,张学玲,蔡海生. 江西省农地利用碳排放时空特征与脱钩弹性研究[J]. 广东农业科学,2014,41(5):208-212.
- [17]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(11):40-47.

- 范机制研究[J]. 理论与改革,2017(6):181-188.
- [7]金文成,孙昊. 农村土地承包经营权流转市场分析[J]. 农业经济问题,2010(11):53-56.
- [8]王莹莹. 农村土地流转的制约因素及应对策略[J]. 农业经济,2017(10):125-126.
- [9]张月娥,杨庆媛,焦庆东,等. 重庆市农村土地市场发育程度评价[J]. 西南大学学报(自然科学版),2011(4):156-161.
- [10]段宝才. 农村集体土地流转市场化研究[D]. 北京:中国农业大学,2005(11):27.
- [11]于强静,华亚伟,樊鹏飞,等. 中国城市土地市场发育程度评价及其时空特征分析[J]. 国土资源导刊,2016,13(3):53-59.
- [12]吴郁玲,曲福田,金晶. 中国开发区土地市场化发育程度研究——以江苏省为例[J]. 中国土地科学,2008,22(1):48-54.
- [13]张晔,邓楚雄,谢炳庚,等. 基于熵权可拓物元模型的湖南省土地市场成熟度评价[J]. 资源科学,2015,37(1):45-51.
- [14]陈宗胜,吴浙,谢思全. 中国经济体制市场化进程研究[M]. 上海:上海人民出版社,1999:76-78.
- [15]毕宝德. 土地经济学[M]. 北京:中国人民大学出版社,2011:21-23.