ChinaXiv

第47卷 第6期
2024年6月

干旱区地理
ARID LAND GEOGRAPHY

Vol. 47 No. 6
Jun. 2024

新疆农业碳排放的时空差异与空间溢出效应分析

夏文浩[1]， 霍 瑜[1]， 逯 渊[2]， 王超毅[1]

（1. 塔里木大学经济与管理学院，新疆 阿拉尔 843300；2. 塔里木职业技术学院，新疆 阿拉尔 843300）

摘 要： 通过测算2007—2020年新疆13个地州市的农业碳排放总量与强度，利用基尼系数分解法揭示新疆农业碳排放强度的区域差异，采用空间杜宾模型考察新疆农业碳排放强度的空间溢出效应与驱动因素。研究表明：(1) 考察期内新疆农业碳排放总量的演变特征大致分为3个阶段：快速上升、持续下降和平稳上升。最大的碳源是秸秆燃烧，其次是禽畜养殖。考察期内农业碳排放强度表现出明显的下降趋势。(2) 考察期初与期末农业碳排放强度表现较大空间差异，呈现出“北低南高”的特征。基于碳排放构成的差异可将新疆划分为5类不同地区。新疆整体、北疆和南疆地区农业碳排放强度的基尼系数均呈现波动下降趋势，区域间差异对总体差异的贡献最大。(3) 考察期内新疆农业碳排放强度呈现显著的空间集聚现象，且各地州市间农业碳排放强度的空间联系程度随时间推移变得更加紧密。新疆农业碳排放主要受市场和政府的双重影响，从市场层面来说，产业聚集、农业产业结构、农业发展水平以及种植结构与农业碳排放强度呈现显著正相关，具有显著的区域间溢出效应。从政府层面分析，环境治理水平和地区灾害发生面积与农业碳排放强度具有显著的负相关关系。

关 键 词： 农业碳排放强度；区域差异；空间溢出效应；空间杜宾模型；新疆

文章编号： 1000－6060(2024)06－1084－13(1084～1096)

ChinaXiv:202407.00140v1

相关数据显示，2022年全球碳排放量为368×10^8 t，相较2012年316×10^8 t CO_2当量增长了16.45%[1]。同年，中国碳排放总量占全球碳排放总量的28.87%[1]。面对严峻的碳排放现状，中国主动承担大国责任，提出“2030年实现碳达峰、2060年实现碳中和”的“双碳”目标，为实现我国经济绿色包容性增长奠定基础。实现“双碳”目标关键在于如何减少碳排放[2]。较其他部门而言，拥有“碳源”与“碳汇”双重属性的农业部门在实现碳减排的过程中具备更多优势[3]。新疆地域辽阔，是中国重要的畜牧、种植基地，农业部门在新疆产业结构当中有着至关重要的作用。同时新疆农业产业结构复杂，农业投入要素多样[4]，目前依然存在农业机械化利用效率不高、化肥及农药的使用效率较低等情况，导致新疆的农业碳排放量激增[5]。在此背景下，甄别新疆各地州市农业碳排放特征，考察区域农业碳排放空间溢出效应与驱动因素，为提出区域化农业碳减排方案提供借鉴与参考。

农业碳排放核算体系的构建经历了由单一农业生产投入要素向多碳源体系综合测算的快速转变。研究初期学术界主要从狭义农业（种植业）的概念出发，测算了农业生产要素投入的碳排放量，其中包括化肥、农药和农膜生产使用过程产生的碳排放、农业机械使用消耗的农用柴油等化石燃料产生的碳排放、灌溉过程中因用电间接消耗化石燃料产生的碳排放和农业翻耕破坏土壤有机库导致有机碳释放造成的碳排放[6]。之后由于环境污染的复杂性与扩散性，学者们对不同碳源进行了核算，例如农牧业碳排放[7]、土壤碳排放[8]、土地利用碳排放[9]与能源消费碳排放等[10]。后来学者从多维视角进行农业碳排放测算，田成诗等[11]从农业用地、畜牧养殖和农业能源3个方面构建农业碳排放测量体系；

收稿日期： 2023-07-05； **修订日期：** 2023-11-20

基金项目： 国家自然科学基金项目(71663045)；兵团社科基金项目(22YB22)；塔里木大学研究生科研创新项目(TDGRI202264)资助

作者简介： 夏文浩(1998-)，男，硕士研究生，主要从事资源与环境经济研究. E-mail: xiawenhao199883@163.com

通讯作者： 霍瑜(1982-)，女，教授，博士，主要从事区域经济研究. E-mail: huoyu050301@163.com

ChinaXiv

ChinaXiv:202407.00140v1

田云等[2]从农业能源利用、物质投入、谷物种植和畜牧养殖4个维度综合测算农业碳排放的总量及强度。目前关于农业碳排放测算的方法主要有排放系数法[2-3,6]、模型模拟法与实地测量法[12]等方法。当前学术界衡量农业碳排放区域差异的方法主要有基尼系数法[13-14]、泰尔指数法[15-16]和LMDI方法[17]等。此外，学者们同样聚焦于农业碳排放的空间关联效应及驱动因素。大量研究表明，农业技术效率[18]和农业专业化集聚[19]对农业碳排放表现出明显的负向空间溢出效应，农地流转面积扩大会促进农业碳排放增加[20]。还有学者针对农业碳排放的空间溢出进行了研究。农业产业集聚、农业发展水平[2]和农业生产效率[21]对农业碳排放强度均具有负向的空间溢出效应。还有学者发现农业碳排放强度与经济增长呈现“高-高”和“低-低”的空间集聚，且各个地区的经济活动存在溢出性[22]。

综上所述，国内外学者对农业碳排放进行了详细的研究，为本文的撰写提供了参考。相较于以往研究，本文可能的创新在于：(1) 目前关于新疆农业碳排放研究偏少，在此基础上进一步考量农业碳排放空间溢出效应的成果更少。(2) 在考察农业碳排放的驱动因素时除了常规的市场与政府双重视角因素外，还加入新疆区域环境特色指标“水土流失治理面积”，分析结果更为贴近新疆实际情况。

1 数据与方法

1.1 农业碳排放量核算

基于数据的可获得性、区域种养殖特征，新疆地区农业碳排放主要来源于农用物资投入、水稻种植、禽畜养殖与秸秆燃烧4个方面。其中，农用物资投入的碳排放主要有化肥、农药、农膜运输过程中所产生的生命周期隐含碳、农业机械作业耗费的柴油所产生的碳排放、土地翻耕所产生的碳排放和农业灌溉过程中用电所产生的碳排放。水稻种植碳排放来自水稻种植过程中稻田的甲烷排放。禽畜养殖所产生的碳排放主要来自养殖过程中牲畜肠道蠕动发酵与粪便管理造成的CH_4和N_2O排放。秸秆焚烧碳排放主要源于农作物秸秆燃烧释放出大量的碳。据此，本文借助系数法构建新疆农业碳排放量测算公式，具体公式参考夏文浩等[5]。碳排放系数参考段华平等[23]、刘华军等[24]与省级温室气体清单编制指南。

1.2 基尼系数分解

本文借助Dagum基尼系数分解法对新疆农业碳排放强度的区域差异进行考察，农业碳排放强度表示为单位农林牧渔业生产总值的农业碳排放量，记作EI(Emission intensity，10^{-4} t·元$^{-1}$)。主要思想是将基尼系数(G)分解为3个模块，分别是地区内差异(G_w)、地区间差异(G_b)及超变密度差异(G_t)，三者满足$G=G_w+G_b+G_t$[25]，其公式为：

$$G=\frac{\sum_{j=1}^{k}\sum_{h=1}^{k}\sum_{i=1}^{n_j}\sum_{r=1}^{n_h}\left|\mathrm{EI}_{ji}-\mathrm{EI}_{hr}\right|}{2n^2\overline{\mathrm{EI}}} \tag{1}$$

式中：n为新疆的地州市行政区数量(n=13)；k=1, 2, 3分别为南疆、北疆和东疆三大区域；j和h分别为k的不同区域；n_j(n_h)为j(h)区域内的研究区个数；i和r分别为j(h)区域内的不同地州市；EI_{ji}(EI_{hr})为j(h)区域内的i(r)地州市的农业碳排放强度；$\overline{\mathrm{EI}}$为新疆农业碳排放强度的均值。

1.3 空间杜宾模型

本文构建的空间计量模型公式如下：

$$\mathrm{EI}_{it}=\alpha_i+\rho\sum_{j=1}^{n}w_{ij}\mathrm{EI}_{it}+\beta x_{ij}+\delta\sum_{j=1}^{n}w_{ij}x_{it}+\mu_i+\gamma_t+\varepsilon_{it} \tag{2}$$

式中：i、j为新疆地区内不同地州市；t为研究时段内各年份；n为样本总量；α、β均为估计系数；w_{ij}为空间权重矩阵；x_{ij}为影响新疆农业碳排放强度的各种因子；ρ、δ为空间自回归系数；μ_i为个体效应；γ_t为时间效应；ε_{it}为随机扰动项。本文主要使用以下2种空间权重矩阵：

地理距离空间权重矩阵：$\mathrm{w}_{dl}=\begin{cases}\frac{1}{d^2}, & i\neq j\\ 0, & i=j\end{cases}$，$d$为地州市之间的公路距离(km)。

经济距离空间权重矩阵：$\mathrm{w}_{jj}=\begin{cases}\frac{1}{\left|\overline{y_i}-\overline{y_j}\right|}, & i\neq j\\ 0, & i=j\end{cases}$，$y_i$、$y_j$为地州市$i$、$j$的人均GDP($10^4$元)。

1.4 变量选取

结合现有文献[2]与区域生产特征，本文选取以下7个因素：农业产业集聚(ALQ)，使用区位商对农业产业集聚进行表征；农业产业结构(AIS)，采用种植业与畜牧业生产总值之和占农林牧渔业生产总值的比重进行表示；农业发展水平(AGDP)，采用人

ChinaXiv

均农林牧渔业总值进行表征；种植结构（PS），使用粮食作物种植面积占农作物播种面积的比重进行表示；农村居民人均纯收入（RI），使用各年度农村居民人均纯收入进行表示，单位为10^4元；水土流失治理面积（SEC），使用水土流失治理面积进行表征；灾害发生面积（DA），使用农作物受灾面积进行表示。为避免异方差造成的“伪回归”，本文对所有数据进行统一的对数处理，如表1所示。

1.5 数据来源

农业碳排放总量与强度数据均来自作者测算，相关测度方法与数据来源参考夏文浩等[5]的研究。其他数据来源于2008—2021年《新疆统计年鉴》与各地州市年鉴，部分空缺值采用线性插值法、均值替代法和统计公报数据进行填充。为了消除物价因素对实证结果造成的干扰，本文对农业发展水平和农村居民人均纯收入等经济类数据均以2007年为基期进行调整。

2 新疆农业碳排放的时空特征与区域差异

2.1 农业碳排放的时序特征分析

从整体看，2007—2020年新疆农业碳排放总量的演变特征大致分为“快速上升-持续下降-平稳上升”3个阶段（表2）。2020年新疆地区农业碳排放总量为3096.03×10^4 t，较2007年增加了49.95%，年均增幅为3.84%。其中，2020年农资利用、水稻种植、秸秆燃烧、禽畜养殖所产生的碳排放量占比依次为19.76%、0.69%、55.90%和23.64%。从碳源占比历年变化情况来看，最大的碳源是秸秆燃烧，其次是禽畜养殖或农资利用，最后是水稻种植。另一方面，碳排放强度明显下降，2020年新疆农业碳排放强度为1.10×10^4 t·元$^{-1}$，较2007年下降了42.71%。

针对不同类型的碳源，与2007年相比，仅水稻种植的碳排放量有所减少，而农资利用、秸秆燃烧、禽畜养殖碳排放量皆有增加（表2）。考察期内，秸秆燃烧碳排放量的累计增幅达81.78%，成为增长最为显著的碳排放来源，其中2015年后秸秆燃烧的碳排放量迅速下降，并逐渐趋于平稳，可能的原因在于2015年我国加强卫星遥感对秸秆焚烧的检测，督促各地政府加强对农作物秸秆的管理。农资利用碳排放的累计增幅达到56.29%，居于第二，从2016年后农资利用的碳排放量平稳下降，主要原因在于自2015年国家开始实施“到2020年化肥施用量零增长行动”和“到2020年农药使用量零增长行动”，有效治理了农业生产中化肥和农药滥用的问题。禽畜养殖碳排放的累计增幅为5.58%，位居第三，在考察期内先后经历了“持续下降-波动上升”2个阶段的变化，总体浮动较小，基本介于550×10^4~750×10^4 t之间。相较而言，在考察期间，水稻种植的碳排放呈现出下降的趋势，累计降幅达到了22.85%，其演变经历波动了上升阶段（2007—2013年）和波动下降阶段（2013—2020年），主要是因为新疆在农业发展初期不断探索水稻在西北地区的种植，但相较于内地而言，新疆受限于水资源、生态环境压力与作物结构调整使得水稻种植面积难以继续扩大。另外，从农业碳排放结构的变化趋势来看，水稻种植和禽畜养殖的碳排放比重均呈现不同程度的下降，分别下降了0.66%和9.94%。农资利用和秸秆燃烧的碳排放比重相比于基期均有不同程度的上升，分别上升了0.80%和9.79%。

2.2 农业碳排放的州（市）际差异分析

2020年农业碳排放量居于前3位的地区依次为

表1 变量描述性统计

Tab. 1 Descriptive statistics of the variables

变量	符号	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
农业碳排放强度	lnEI	182	1.36	0.60	0.24	3.32
农业产业集聚	lnALQ	182	1.12	0.59	0.04	3.11
农业产业结构	lnAIS	182	0.94	0.03	0.84	0.98
农业发展水平	lnAGDP	182	3.41	2.81	0.40	16.32
种植结构	lnPS	182	0.42	0.19	0.03	0.79
农村居民人均纯收入	lnRI	182	0.92	0.52	0.08	2.28
水土流失治理面积	lnSEC	182	64.89	61.90	1.40	301.40
灾害发生面积	lnDA	182	96.43	129.70	2.18	606.90

ChinaXiv:202407.00140v1

ChinaXiv

表2 2007—2020年新疆农业碳排放总量与类型

Tab. 2 Total amount and type of agricultural carbon emissions in Xinjiang from 2007 to 2020

年份	农资利用		水稻种植		秸秆燃烧		禽畜养殖		总量	强度
	排放量/10^4 t	比重/%	排放量/10^4 t	比重/%	排放量/10^4 t	比重/%	排放量/10^4 t	比重/%	/10^4 t	/10^4 t·元$^{-1}$
2007	391.50	18.96	27.88	1.35	952.07	46.11	693.31	33.58	2064.76	1.92
2008	444.27	21.23	30.41	1.45	1067.06	50.99	550.98	26.33	2092.72	1.75
2009	471.66	20.93	34.00	1.51	1191.67	52.87	556.47	24.69	2253.80	1.71
2010	493.20	21.00	32.30	1.38	1272.55	54.19	550.08	23.43	2348.13	1.25
2011	531.78	21.12	34.62	1.38	1399.41	55.59	551.58	21.91	2517.40	1.27
2012	546.71	20.03	37.02	1.36	1540.76	56.45	604.82	22.16	2729.31	1.18
2013	581.86	20.09	38.85	1.34	1657.09	57.23	617.85	21.34	2895.65	1.13
2014	671.71	22.02	36.30	1.19	1700.00	55.73	642.59	21.06	3050.59	1.10
2015	687.56	21.64	32.01	1.01	1803.01	56.75	654.69	20.61	3177.27	1.12
2016	707.84	23.86	33.10	1.12	1578.06	53.19	648.06	21.84	2967.07	0.99
2017	690.01	23.27	29.41	0.99	1593.03	53.72	652.94	22.02	2965.39	0.96
2018	661.03	22.28	35.42	1.19	1656.88	55.85	613.38	20.68	2966.71	0.81
2019	639.68	21.01	26.10	0.86	1673.16	54.96	705.37	23.17	3044.30	0.78
2020	611.87	19.76	21.51	0.69	1730.67	55.90	731.98	23.64	3096.03	1.10
累计增速/%	56.29		−22.85		81.78		5.58		49.95	−42.71
平均增速/%	4.33		−1.76		6.29		0.43		3.84	−3.29

伊犁哈萨克自治州直属县市（简称伊犁州直）、喀什地区和阿克苏地区，该类地区的农业碳排放总量均在350×10^4 t以上，累计占据了新疆农业碳排放总量的49.95%（表3）。究其原因，这类地区的畜牧养殖规模较大。而哈密市、乌鲁木齐市和吐鲁番市则依次排在倒数后3位，农业碳排放量累计仅占到新疆农业碳排放总量的3.40%。与期初相比，期末仅有伊犁州直与和田地区的农业碳排放总量处于下降态势，伊犁州直的降幅最大为18.95%，和田地区紧随其后降幅为15.40%。这是因为14 a间，伊犁州直大力推广、应用低碳农业技术与低碳养殖技术，借助设施农业、高标准农田建设大力发展循环经济，有效促进农业碳减排。其他11个地州均处于增长态势且以博尔塔拉蒙古自治州（简称博州）增幅最大，高达94.98%，塔城地区、哈密市、阿勒泰地区、阿克苏地区、巴音郭楞蒙古自治州（简称巴州）紧随其后，分列第二到第六位，增幅均在60%以上。

2020年新疆13个地州农业碳排放强度呈现出明显的空间差异，总体上呈现出了“北低南高”的特点。其中，和田地区的农业碳排放强度居于首位，达到了1.46×10^4 t·元$^{-1}$；而吐鲁番市农业碳排放强度最低，为0.24×10^4 t·元$^{-1}$，与和田地区相差6.18倍。本文将新疆地区的13个地州市按照农业碳排放强度的不同程度划分为3个层次：第一层次为农业碳排放强度超过1.20×10^4 t·元$^{-1}$的地区，包括和田地区、伊犁州直、塔城地区、阿勒泰地区、克州。第二层次为农业碳排放介于0.80×10^4~1.20×10^4 t·元$^{-1}$的地区，包括博州、昌吉州、阿克苏地区。第三层次为农业碳排放低于0.80×10^4 t·元$^{-1}$的地区，包括喀什地区、巴州、哈密市、乌鲁木齐市、吐鲁番市。与基准期相比，2020年所有地区的农业碳排放强度均出现了下降。特别是吐鲁番市的下降幅度最显著，达到了−63.08%；昌吉州降幅最小，为−35.25%。

2.3 农业碳排放的类型识别

新疆纬度跨越较大，地州市间的农业资源与产业结构特征不尽相同。据此，本文基于碳排放构成的差异将新疆13个地州划分为5种类型（表4）。（1）禽畜养殖主导型，即指禽畜养殖成为主要的碳排放来源（占比超过45%），而其他3个方面的排放份额相对较低，包含乌鲁木齐市、阿勒泰地区、克州3个地区。新疆天然牧场主要分布在天山以及阿尔泰山等，这些牧场适合畜牧业的发展，客观上导致了畜禽养殖碳排放份额较高。（2）秸秆燃烧主导型，即指农业碳排放主要源于秸秆燃烧（份额超过45%），包含昌吉州、塔城地区、博州、巴州、阿克苏地区、喀什地区。上述地区农作物种植规模大、秸秆

ChinaXiv:202407.00140v1

ChinaXiv

表3 新疆13个地州市农业碳排放总量与强度

Tab. 3 Total amount and intensity of agricultural carbon emissions in 13 prefectures in Xinjiang

地州市	2007年				2020年				总量变动率/%	强度变动率/%
	总量/10^4 t	排名	强度/10^4 t·元$^{-1}$	排名	总量/10^4 t	排名	强度/10^4 t·元$^{-1}$	排名		
乌鲁木齐市	26.57	11	1.40	9	27.78	12	0.66	12	4.55	−53.86
昌吉州	166.72	5	1.39	10	221.68	5	0.90	7	32.97	−35.25
吐鲁番市	17.25	13	0.65	13	23.04	13	0.24	13	33.57	−63.08
哈密市	20.64	12	1.30	11	37.17	11	0.69	11	80.10	−46.92
伊犁州直	562.40	1	2.90	2	455.80	1	1.39	2	−18.95	−52.07
塔城地区	186.09	4	2.31	5	360.48	4	1.33	3	93.71	−42.42
阿勒泰地区	88.99	8	2.85	3	154.78	7	1.32	4	73.93	−53.68
博州	55.79	9	2.09	7	108.78	9	1.16	6	94.98	−44.50
巴州	117.76	7	1.29	12	189.96	6	0.71	10	61.31	−44.96
阿克苏地区	233.52	3	2.21	6	395.17	3	0.83	8	69.22	−62.44
克州	38.38	10	3.32	1	55.55	10	1.26	5	44.74	−62.05
喀什地区	333.38	2	1.93	8	438.87	2	0.76	9	31.64	−60.62
和田地区	133.99	6	2.59	4	113.35	8	1.46	1	−15.40	−43.63

注:昌吉州、伊犁州直、博州、巴州和克州分别为昌吉回族自治州、伊犁哈萨克自治州直属县市、博尔塔拉蒙古自治州、巴音郭楞蒙古自治州和克孜勒苏柯尔克孜自治州的简称。下同。

表4 新疆13个地州市农业碳排放类型

Tab. 4 Agricultural carbon emission types in 13 prefectures in Xinjiang

类型	地州市	农资利用		水稻种植		秸秆燃烧		禽畜养殖	
		数量/10^4 t	比重/%	数量/10^4 t	比重/%	数量/10^4 t	比重/%	数量/10^4 t	比重/%
禽畜养殖主导型	乌鲁木齐市	7.91	28.48	3.84	13.83	2.61	9.40	13.41	48.29
	阿勒泰地区	28.55	18.45	0.07	0.05	50.85	32.85	75.31	48.66
	克州	7.40	13.32	0.45	0.81	19.28	34.71	28.42	51.16
秸秆燃烧主导型	昌吉州	60.68	27.37	0.12	0.05	117.11	52.83	43.78	19.75
	塔城地区	74.29	20.61	0.06	0.02	228.74	63.45	57.39	15.92
	博州	25.54	23.48	0.06	0.06	63.65	58.51	19.54	17.96
	巴州	56.35	29.66	0.28	0.15	86.61	45.59	46.72	24.59
	阿克苏地区	111.03	28.10	6.62	1.68	201.93	51.10	75.60	19.13
	喀什地区	126.63	28.85	1.25	0.28	237.51	54.12	73.48	16.74
秸秆燃烧-禽畜养殖主导型	和田地区	24.62	21.72	1.87	1.65	51.68	45.59	35.18	31.04
	伊犁州直	68.85	15.11	6.89	1.51	216.62	47.53	163.44	35.86
农资利用主导型	吐鲁番市	10.21	44.30	0.00	0.00	4.75	20.61	8.09	35.10
均衡型	哈密市	9.81	26.39	0.00	0.00	11.55	31.07	15.81	42.53

产量大,导致秸秆燃烧碳排放的份额较高。(3)秸秆燃烧-禽畜养殖主导型,即指农业碳排放主要源于禽畜养殖和秸秆燃烧(份额均高于30%),包含和田地区、伊犁州直。上述地区在种植业和畜牧业方面保持了相对均衡的发展,主要种植玉米、甜菜等粮食作物,并且畜牧养殖业也呈现出较为繁荣的态势。(4)农资利用主导型,即指农业碳排放主要源于农资利用(份额超过40%),包含吐鲁番市,其农资利用的效率较低,导致农资利用碳排放份额较高。(5)均衡型,即指农业碳排放来源较为平均,包含哈密市,其农资利用较为充分均衡,秸秆燃烧适量,畜禽养殖也具有一定的规模。

2.4 农业碳排放强度的区域差异

新疆农业碳排放强度总体差异的基尼系数变化趋势大致可分为4个阶段(图1a)。第一阶段(2007—2009年)呈下降趋势。此阶段,金融危机爆发,农产

ChinaXiv:202407.00140v1

ChinaXiv

ChinaXiv:202407.00140v1

品价格全面下行，新疆优势农产品出口受阻，农业投入减少，各地区碳排放强度的差异减小[26]。第二阶段（2010—2012年）呈上升趋势，此阶段，我国实行农业补贴政策，农民生产积极性提高，农业碳排放强度差异增大[27]。第三阶段（2013—2016年）呈下降趋势，此阶段，国家实行退耕和休耕的政策，农作物生产率降低，农业碳排放强度的差距有所减小[28]。第四阶段（2017—2020年）呈上升趋势，此阶段新疆实行粮食作物目标价格政策，加大粮食作物生产的补贴力度，农业碳排放强度的差距进一步拉大[29]。

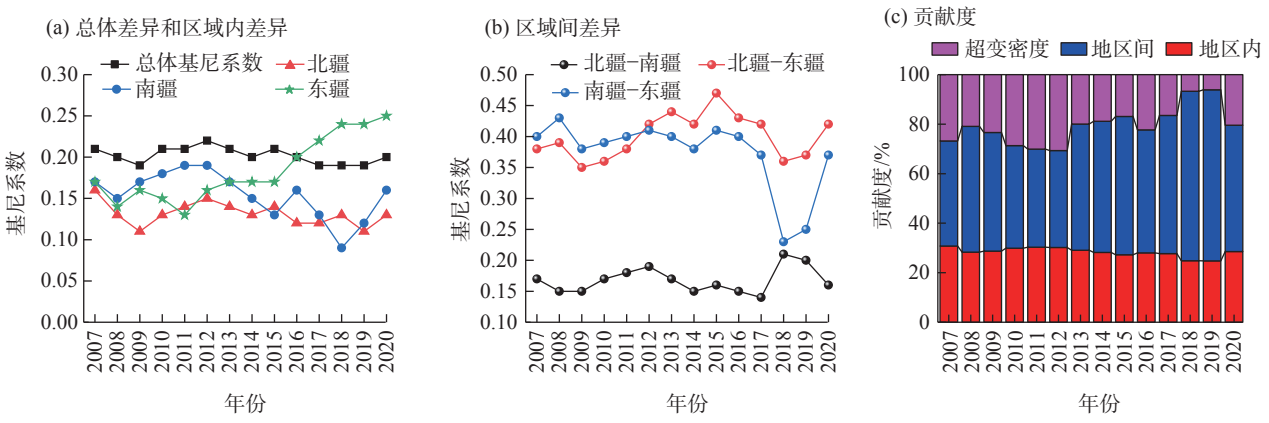
从三大区域组内差异基尼系数均值来看，东疆（0.18）>南疆（0.15）>北疆（0.13）。具体来看：东疆地区基尼系数总体呈现稳步上升的发展态势。从组内差异的变化趋势来看，东疆地区内部的基尼系数呈“W”型波动上升，在2011年降至谷底为0.13，在2018年升至顶峰为0.24，变动幅度较大。新疆农业碳排放强度的组间差异显著，北疆-东疆>南疆-东疆>北疆-南疆之间的差异（图1b），基尼系数的均值分别为0.40、0.37、0.17。北疆与东疆差异大的原因在于：北疆的自然资源条件较好，但资源利用率不高，粗放型生产方式导致农业碳排放强度较高；东疆地区近年来加快推进现代绿色农业的发展，促进农业高质高效发展，从而导致了2个地区的农业碳排放强度差异显著[4]。北疆-东疆以及南疆-北疆农业碳排放强度的差异变化趋势虽有波动但变化不大，而南疆-东疆地区之间的差异有明显的下降趋势，2018年尤为明显，可能的原因是南疆地区近年来重视设施农业的发展，整合资源、高效利用从而降低了农业碳排放的强度，继而差异减小[30]。图1c反映了考察期内新疆农业碳排放强度区域差异贡献率。地区间的差异对总体的影响最大，平均贡献率为51.09%；超变密度影响最小，平均贡献率为20.59%；地区内的变化较为平稳，保持在28.00%左右。

3　新疆农业碳排放强度的空间溢出效应检验

3.1　全局空间自相关检验

本文计算出地州市农业碳排放强度各年Moran's *I*（表5）。

地理距离空间权重矩阵下的空间自回归显示2007—2017年新疆农业碳排放强度的Moran's *I*均显著为正，均通过了5%的显著水平检验，经济距离空间权重矩阵下的空间自回归显示2007—2018年新疆农业碳排放强度的Moran's *I*均显著为正，均通过了5%的显著水平检验，这说明新疆农业碳排放强度在空间上呈现显著的正相关性，即空间集聚现象（表5）。从演变轨迹来看，农业碳排放强度的Moran's *I*值总体呈现“波动上升”的态势，表明随着时间的增长各地州市之间农业碳排放强度的空间联系越紧密。其中，2018—2020年期间，新疆农业碳排放强度的Moran's *I*均未能通过显著性检验，可能是因为政府政策和管理措施的调整、农业结构的改变、气候变化和经济发展水平等因素导致农业碳排



注：北疆包括乌鲁木齐市、昌吉州、伊犁州直、塔城地区、阿勒泰地区和博州；东疆包括吐鲁番市和哈密市；南疆包括巴州、阿克苏地区、克州、喀什地区与和田地区。

图1　新疆农业碳排放强度的基尼系数及分解结果

Fig. 1　Gini coefficient and decomposition results of agricultural carbon emission intensity in Xinjiang

ChinaXiv

表5 新疆地州市农业碳排放强度Moran's *I*检验结果

Tab. 5 Moran's *I* test results of agricultural carbon emission intensity in prefectures and cities, Xinjiang

年份	地理距离空间权重矩阵			经济距离空间权重矩阵		
	Moran's *I*	*Z*	*P*值	Moran's *I*	*Z*	*P*值
2007	0.105***	2.645	0.008	0.168**	2.205	0.013
2008	0.112***	2.783	0.005	0.100***	2.418	0.008
2009	0.102***	2.700	0.007	0.177***	2.282	0.009
2010	0.080**	2.274	0.023	0.074***	2.339	0.007
2011	0.077**	2.200	0.028	0.039**	2.058	0.021
2012	0.092**	2.427	0.015	0.073**	2.267	0.012
2013	0.057**	1.996	0.046	0.091***	2.354	0.010
2014	0.056**	2.043	0.041	0.054***	2.542	0.005
2015	0.072**	2.290	0.022	0.087***	2.643	0.003
2016	0.064**	2.240	0.025	0.093***	2.675	0.003
2017	0.050**	2.148	0.032	0.062***	2.855	0.001
2018	0.006	1.356	0.175	0.083***	2.253	0.008
2019	−0.012	1.083	0.279	0.003	1.458	0.135
2020	0.015	1.547	0.122	0.011	1.265	0.176

注:*、**、***分别表示通过1%、5%、10%的显著性检验;*Z*为*Z*统计值。下同。

放强度的空间分布模式发生变化,从而影响了Moran's *I*的显著性检验结果[31]。

3.2 空间计量模型选择检验

根据全局空间自相关检验结果,可以发现新疆各地州市的农业碳排放强度之间存在着显著的空间相关性,可以确定应当使用空间面板回归模型。为了选择适合的空间面板回归模型,本文进行了LM检验、LR检验、Wald检验、Hausman检验和联合显著性检验(表6)。

LM(error)检验结果显著拒绝了OLS回归模型优于空间误差模型的原假设,LM(lag)检验结果表示空间滞后模型更优(表6)。稳健的LM(error)和LM(lag)均在5%的显著性水平上拒接原假设,表示空间滞后效应和空间误差效应同时存在,应首先考虑空间杜宾模型。LR(sdm sar)、LR(sdm sem)和Wald检验结果都在1%的显著性水平上拒绝了原假设,这意味着空间杜宾模型不会退化为空间滞后模型或空间误差模型,进一步证明了空间杜宾模型的设定是合理的。最后,Hausman检验结果通过1%的显著性水平,表明应该选择空间固定效应模型,LR与联合显著性检验结果表明,地区固定效应和时间固定效应在1%的水平上拒绝原假设。因此,本文选择双向固定效应下的空间杜宾模型。

3.3 空间杜宾模型估计结果

接下来基于经济距离空间权重矩阵(W_1)和地理距离空间权重矩阵(W_2)运用双固定效应空间杜宾模型回归,估计结果如表7、表8所示。

表7与表8的结果表明,农业碳排放强度空间自回归项ρ的系数为正,均在5%和1%的显著性水平下通过其检验,说明新疆农业碳排放强度具有空间溢出效应。

(1)产业集聚(lnALQ)对农业碳排放强度的影响通过了1%的显著性检验,且系数为正,说明产业集聚可以提高农业碳排放强度,农业产业集聚对农业碳排放具有显著的空间溢出效应。现阶段,新疆农业产业集聚虽然形成一定的规模,但由于基础设施的不完善和集聚产业间管理不当等一系列问题,进而导致生产要素投入不断增加等表现为"要素拥挤"导致的碳排放强度回升,农业碳排放总量也会随着产业规模的扩大相应提升[3,32]。

(2)农业发展水平(lnAGDP)对农业碳排放强

表6 相关检验结果

Tab. 6 Related test results

检验	统计量	检验	统计量
LM(error)检验	11.67***	LR(sdm sar)检验	110.68***
Robust LM(error)检验	4.26**	LR(sdm sem)检验	124.68***
LM(lag)检验	27.77***	Wald检验	141.51***
Robust LM(lag)检验	20.37***	Hausman检验	43.36***
LR(both ind)检验	45.23***	LR(both time)检验	333.58***
联合显著性检验	137.51***		

ChinaXiv:202407.00140v1

ChinaXiv

表7 双固定效应空间杜宾模型回归结果（地理距离空间权重矩阵）

Tab. 7 Two-fixed effect spatial Dubin model regression results (spatial weight matrix of geographic distance)

变量	模型估计系数	空间矩阵估计系数	空间自相关估计系数	差异系数	直接效应	间接效应	总效应
lnALQ	0.163*** (2.74)	1.005*** (5.26)			0.220*** (3.58)	1.531*** (4.42)	1.751*** (4.85)
lnAIS	0.159 (0.25)	−4.845*** (−3.13)			−0.101 (−0.17)	−6.720*** (−2.95)	−6.821*** (−3.01)
lnAGDP	−0.014** (−2.07)	0.022** (1.98)			−0.012* (−1.90)	0.026 (1.58)	0.014 (0.81)
lnPS	0.459** (2.25)	−0.622 (−1.59)			0.432** (2.27)	−0.671 (−1.25)	−0.238 (−0.44)
lnRI	0.097 (1.29)	−0.046 (−0.33)			0.098 (1.40)	0.010 (0.05)	0.108 (0.58)
lnSEC	−0.001** (−2.13)	−0.001 (−1.13)			−0.001** (−2.21)	−0.002 (−1.35)	−0.003* (−1.75)
lnDA	0.001** (2.21)	−0.006*** (−6.48)			0.000 (1.02)	−0.009*** (−4.31)	−0.008*** (−3.76)
ρ			0.314** (2.54)				
sigma2_e				0.018*** (9.14)			
R^2			0.421				
Log-L			100.670				

注：ρ为空间效应系数；sigma2_e为个体效应的特异误差，值越小代表回归拟合得越好；R^2为决定系数；Log-L为对数似然值。下同。

度的影响均通过了5%的显著性检验。主要是因为：农业发展水平的提高意味着农业投入要素减少的同时相反会使得农业质量和效益增加，这就会使得农业碳排放强度降低；本地区农业发展水平的提升对相邻地区农业碳排放强度呈现正向相关性，这可能由于农业发展水平较高地区拥有更多的低碳资源，基于要素集聚效应将会导致相邻地区农业以较低水平的条件进行生产，农业碳排放量会有所增加[33]。

（3）种植结构（lnPS）对农业碳排放强度的影响通过了5%的显著性检验，且系数为正，说明种植结构可以提高农业碳排放强度。本地种植结构水平在对邻近地区产生影响后，该反馈效应会导致本地农业碳排放强度减少。种植结构的间接效应值为−0.671，未通过显著性检验。这是因为新疆地区农业种植结构偏向粮食作物，本地区种植业在一定程度上会造成当地生态环境的恶化，相邻地区会减少该作物种植。更重要的是，本地区该作物的种植也为其他地区的需求提供了保障，会优化相邻地区种植结构，进而可以印证农业碳排放的强度下降[34]。

（4）水土流失治理面积（lnSEC）对碳排放强度表现为显著的负相关性，说明水土流失治理面积的增加会降低农业碳排放。水土流失治理通常包括植被恢复，例如栽植树木和草地覆盖等。这些植被能够吸收CO_2，并通过光合作用将其转化为O_2，从而减少大气中的碳含量，降低碳排放[35]。此外，水土流失治理还可以帮助保持土壤的稳定性，减少土壤侵蚀，防止土壤中的有机碳流失，在稳定的土壤环境中，有机碳能够更长时间地保持在土壤中，减少氧化分解，从而降低碳排放[36]。最后，水土流失治理可以促使农民采取更科学、高效的农业管理措施，如合理施肥、轮作休耕、减少农药使用等[37]。

（5）地区灾害发生面积（lnDA）对农业碳排放强度的影响通过了5%的显著性检验，且系数为正，说明地区灾害发生面积可以提高农业碳排放强度。地区灾害发生面积整体而言存在显著的负向空间溢出效应。农业生产遭到破坏后，需要在短期内对其投入大量要素得以恢复，从而大幅度提高碳排放，因此其对农业碳排放强度的影响为正；总体而

ChinaXiv:202407.00140v1

ChinaXiv

表8 双固定效应空间杜宾模型回归结果(经济距离空间权重矩阵)

Tab. 8 Two-fixed effects spatial Dubin model regression results (economic distance spatial weight matrix)

变量	模型估计系数	空间矩阵估计系数	空间自相关估计系数	差异系数	直接效应	间接效应	总效应
lnALQ	0.152** (2.46)	0.360** (2.28)			0.189*** (3.11)	0.617*** (2.86)	0.806*** (3.65)
lnAIS	−0.274 (−0.43)	−3.276** (−2.50)			−0.576 (−0.98)	−4.922*** (−2.61)	−5.498*** (−2.89)
lnAGDP	−0.016** (−2.31)	0.008 (0.81)			−0.015** (−2.30)	0.004 (0.25)	−0.012 (−0.77)
lnPS	0.413* (1.95)	−1.109*** (−3.13)			0.325 (1.64)	−1.459*** (−2.93)	−1.134** (−2.16)
lnRI	0.045 (0.51)	−0.003 (−0.03)			0.046 (0.57)	0.041 (0.25)	0.086 (0.63)
lnSEC	−0.001*** (−3.95)	−0.002** (−2.16)			−0.002*** (−4.41)	−0.004** (−2.44)	−0.005*** (−3.18)
lnDA	0.001** (2.25)	−0.004*** (−5.79)			0.000 (1.14)	−0.005*** (−4.21)	−0.005*** (−3.33)
ρ			0.362*** (3.85)				
sigma2_e				0.018*** (9.10)			
R^2			0.388				
Log-L			97.821				

言,农业受灾程度越深,农业碳排放强度越高[38]。

4 讨 论

总的来看,2007—2020年新疆农业碳排放总量的演变特征大致分为“快速上升-持续下降-平稳上升”3个阶段,这与冉锦成等[39]、苏洋等[7]的研究结果基本一致,前期的增长主要是因为生产初期粗旷式的农业生产方式伴随着农用物资的大量投入与畜禽养殖的急剧增加,但在意识到绿色农产品对人体健康的有益影响、绿色贸易壁垒持续压迫与我国种植业不断推进“化肥农药零增长”、畜牧业逐步推进“草畜平衡”等政策[40],种植业与畜牧业碳排放有效得到治理,农业碳排放总量增速变缓,为实现双碳目标做出贡献。

就农业碳排放结构而言,秸秆燃烧碳排放占比最高,这与冉锦成等[39]的研究结果保持一致,可能的原因有以下3点:第一,新疆是中国重要的农业产区之一,农田面积广阔,其对应的秸秆产量依然较大,据统计,2018年新疆秸秆资源密度是全国秸秆资源可利用密度的1.54倍[41],大量的秸秆需要处理,其中一种处理方式是通过燃烧。在一段时间内新疆地区虽然实施了有效的秸秆禁燃政策,但秸秆资源化利用的一个重要途径依然是燃料化使用。因此,秸秆燃烧带来的碳排放量就相对较高。第二,考察期间新疆地区经济快速发展,工业和城市建设迅速增加,这就引起了更多的能源需求,包括能源供应不足的情况下,秸秆等可再生能源被用于供暖和能源生产,这可能导致了更多的秸秆燃烧,从而增加了碳排放量。

不同于以往的研究[7,40,42],本文在研究农业碳排放影响因素时考虑了空间因素,拓展了面板数据无法考虑空间交互影响的局限。新疆农业碳排放主要受市场和政府的双重影响,这一结论与田云等[2-3]的研究结果保持一致。但不同的是,本文将水土流失治理面积代入空间杜宾模型进行检验,发现水土流失治理面积的增加会降低农业碳排放,主要是因为水土流失治理过程中,土壤表层的有机质逐渐被修复,土壤有机碳不断增加,土壤的肥力亦会加强;同时,水土流失的治理有利于植被生态系统的恢复,会有效吸收大气中的CO_2,因此会降低农业碳排放量。

ChinaXiv:202407.00140v1

ChinaXiv

ChinaXiv:202407.00140v1

此外，本文在计算农业碳排放时未考虑县域尺度，主要是因为新疆县域数据获取难度较大、数据缺失较多。但县域是实现中国式现代化的基本单元，探究县域农业碳排放的时空演化特征与农业碳减排驱动机制仍具备一定的现实意义。

5 结论与建议

5.1 结论

（1）考察期内新疆农业碳排放总量的演变特征大致分为“快速上升–持续下降–平稳上升”3个不同阶段。从历年变化情况来看，新疆地区农业部门最大的碳源是秸秆燃烧，其次是禽畜养殖或农资利用，最后是水稻种植。另一方面，虽然新疆农业碳排放总量不断上升，但是碳排放强度却表现出了明显的下降趋势，2020年新疆农业碳排放强度为1.10×10^4 t·元$^{-1}$，较2007年下降了42.71%。

（2）考察期末新疆农业碳排放强度表现较大空间差异，总体呈现出了“北低南高”的特征。此外，基于碳排放构成的差异将新疆13个地州市划分为禽畜养殖主导型、秸秆燃烧主导型、秸秆燃烧–禽畜养殖主导型、农资利用主导性和均衡型5种类型。新疆整体、北疆、南疆地区农业碳排放强度的基尼系数均呈现波动下降趋势，区域间差异对总体差异的贡献最大。

（3）考察期内新疆农业碳排放强度在空间上呈现显著的正相关性，呈现显著的空间集聚现象，各地州市之间农业碳排放强度的空间联系程度随时间推移越紧密。产业聚集、农业产业结构、农业发展水平以及种植结构与农业碳排放强度呈现显著正相关，具体表现为互相促进，且具有显著的区域间溢出效应。环境治理水平和地区灾害发生面积与农业碳排放强度具有显著的负相关关系，具体表现为互相抑制。

5.2 建议

（1）各地区应加大对于农业设施的投资，加快推进农业机械化新能源建设，增强农业机械化在实际使用当中的利用率。研发高品质农药、化肥，提高绿色化肥的使用，从而缓解农业碳排放。政府应大力鼓励农民利用秸秆进行资源化利用，如制作秸秆肥料、生物质燃料等，减少秸秆燃烧；加强监管，建立严格的秸秆燃烧管理制度，对非法秸秆焚烧行为进行打击。应以政府为主导地位，充分发挥各地区的农业资源优势，积极引导各地区生产经营农作物的农民，采用符合其地区发展的绿色、创新和具有直接效应的价值模式，开展农业生产经营。

（2）区域间应该加强协同交流，充分发挥空间溢出效应中的良性循环。碳排放低的地区向相邻地区分享农业治理经验和农业生产经营模式，建立碳排放示范基地，推动农业示范效应。农业碳排放高的地区应积极借鉴碳排放低的地区的成果，然后积极研究适合本地区的农业生产经营方式，缩小农业碳排放效率的差距，实现区域间农业低碳化发展。

（3）政府应鼓励发展低碳、环保的农业产业，减少对化肥、农药和能源的依赖；加大对农业科技研发的支持力度，推广先进的农业技术和管理方法，提高农业生产效率；同时，加强农田湿地和森林等生态系统的保护和恢复，提高碳汇能力；加强农业灾害监测预警和应急响应能力，减少自然灾害对农业生产的影响。

参考文献（References）

[1] BP. BP Statistical review of world energy 2022[R/OL]. [2022–11–20]. https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/glo-bal/corporate-/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf.

[2] 田云, 尹忞昊. 中国农业碳排放再测算: 基本现状、动态演进及空间溢出效应[J]. 中国农村经济, 2022(3): 104–127. [Tian Yun, Yin Minhao. Re-evaluation of China’s agricultural carbon emissions: Basic status, dynamic evolution and spatial spillover effects [J]. Chinese Rural Economy, 2022(3): 104–127.]

[3] 田云, 尹忞昊. 产业集聚对中国农业净碳效应的影响研究[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2021(3): 107–117, 188. [Tian Yun, Yin Minhao. Research on the impact of industrial agglomeration on China’s agricultural net carbon effect[J]. Journal of Huazhong Agricultural University (Social Sciences Edition), 2021(3): 107–117, 188.]

[4] 夏文浩, 潘生亮, 霍瑜, 等. 新疆农业面源污染的时空分异及动态演进——基于特色畜牧视角的再分析[J]. 资源开发与市场, 2022, 38(10): 1190–1199. [Xia Wenhao, Pan Shengliang, Huo Yu, et al. Spatial-temporal differentiation and dynamic evolution of agricultural non-point source pollution in Xinjiang: Reanalysis based on the perspective of characteristic animal husbandry[J]. Resource Development & Market, 2022, 38(10): 1190–1199.]

[5] 夏文浩, 王铭扬, 姜磊. 新疆农业碳排放强度时空变化趋势与收敛分析[J]. 干旱区地理, 2023, 46(7): 1145–1154. [Xia Wenhao, Wang Mingyang, Jiang Lei. Spatiotemporal variation trends and

ChinaXiv

convergence analysis of agricultural carbon emission intensity in Xinjiang[J]. Arid Land Geography, 2023, 46(7): 1145-1154.]

[6] 李波, 张俊飚, 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. [Li Bo, Zhang Junbiao, Li Haipeng. Research on spatial-temporal characteristics and affecting factors decomposition of agricultural carbon emission in China[J]. China Population, Resources and Environment, 2011, 21(8): 80-86.]

[7] 苏洋, 马惠兰, 李凤. 新疆农牧业碳排放及其与农业经济增长的脱钩关系研究[J]. 干旱区地理, 2014, 37(5): 1047-1054. [Su Yang, Ma Huilan, Li Feng. Xinjiang agriculture and animal husbandry carbon emissions and its decoupling relationship with agricultural economic growth[J]. Arid Land Geography, 2014, 37(5): 1047-1054.]

[8] 李寒冰, 金晓斌, 杨绪红, 等. 不同农田管理措施对土壤碳排放强度影响的Meta分析[J]. 资源科学, 2019, 41(9): 1630-1640. [Li Hanbing, Jin Xiaobin, Yang Xuhong, et al. Meta-analysis of the effects of different farmland management measures on soil carbon intensity[J]. Resources Science, 2019, 41(9): 1630-1640.]

[9] 易丹, 欧名豪, 郭杰, 等. 土地利用碳排放及低碳优化研究进展与趋势展望[J]. 资源科学, 2022, 44(8): 1545-1559. [Yi Dan, Ou Minghao, Guo Jie, et al. Progress and prospect of research on land use carbon emissions and low-carbon optimization[J]. Resources Science, 2022, 44(8): 1545-1559.]

[10] Xia W H, Ma Y G, Gao Y J, et al. Spatial-temporal pattern and spatial convergence of carbon emission intensity of rural energy consumption in China[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2024, 31(5): 7751-7774.

[11] 田成诗, 陈雨. 中国省际农业碳排放测算及低碳化水平评价——基于衍生指标与TOPSIS法的运用[J]. 自然资源学报, 2021, 36(2): 395-410. [Tian Chengshi, Chen Yu. China's provincial agricultural carbon emissions measurement and low carbonization level evaluation: Based on the application of derivative indicators and TOPSIS[J]. Journal of Natural Resources, 2021, 36(2): 395-410.]

[12] 胡永浩, 张昆扬, 胡南燕, 等. 中国农业碳排放测算研究综述[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2023, 31(2): 163-176. [Hu Yonghao, Zhang Kunyang, Hu Nanyan, et al. Review on measurement of agricultural carbon emission in China[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2023, 31(2): 163-176.]

[13] 王宝义. 中国农业碳排放的结构特征及时空差异研究[J]. 调研世界, 2016(9): 3-10. [Wang Baoyi. Research on the structural characteristics and spatiotemporal variations of agricultural carbon emissions in China[J]. The World of Survey and Research, 2016(9): 3-10.]

[14] 伍国勇, 刘金丹, 杨丽莎. 中国农业碳排放强度动态演进及碳补偿潜力[J]. 中国人口·资源与环境, 2021, 31(10): 69-78. [Wu Guoyong, Liu Jindan, Yang Lisha. Dynamic evolution of China's agricultural carbon emission intensity and carbon offset potential [J]. China population, Resources and Environment, 2021, 31(10): 69-78.]

[15] 胡剑波, 王青松. 基于泰尔指数的中国农业能源消费碳排放区域差异研究[J]. 贵州社会科学, 2019(7): 108-117. [Hu Jianbo, Wang Qingsong. Study on the regional differences of carbon emissions from agricultural energy consumption in China based on Theil index[J]. Guizhou Social Sciences, 2019(7): 108-117.]

[16] 夏四友, 赵媛, 许昕, 等. 近20年来中国农业碳排放强度区域差异、时空格局及动态演化[J]. 长江流域资源与环境, 2020, 29(3): 596-608. [Xia Siyou, Zhao Yuan, Xu Xin, et al. Regional inequality, spatial-temporal pattern and dynamic evolution of carbon emission intensity from agriculture in China in the period of 1997—2016[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2020, 29(3): 596-608.]

[17] 庞丽. 我国农业碳排放的区域差异与影响因素分析[J]. 干旱区资源与环境, 2014, 28(12): 1-7. [Pang Li. Empirical study of regional carbon emissions of agriculture in China[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2014, 28(12): 1-7.]

[18] 颜光耀, 陈卫洪, 钱海慧. 农业技术效率对农业碳排放的影响——基于空间溢出效应与门槛效应分析[J]. 中国生态农业学报, 2023, 31(2): 226-240. [Yan Guangyao, Chen Weihong, Qian Haihui. Effects of agricultural technical efficiency on agricultural carbon emission: Based on spatial spillover effect and threshold effect analysis[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2023, 31(2): 226-240.]

[19] 何艳秋, 王鸿春, 刘云强. 产业集聚视角下农业碳排放的空间效应[J]. 资源科学, 2022, 44(12): 2428-2439. [He Yanqiu, Wang Hongchun, Liu Yunqiang. Spatial effects of agricultural carbon emissions from the perspective of industrial agglomeration[J]. Resources Science, 2022, 44(12): 2428-2439.]

[20] 吉雪强, 李卓群, 张跃松. 农地流转对农业碳排放的影响及空间特性[J]. 资源科学, 2023, 45(1): 77-90. [Ji Xueqiang, Li Zhuoqun, Zhang Yuesong. Influence of rural land transfer on agricultural carbon emissions and its spatial characteristics[J]. Resources Science, 2023, 45(1): 77-90.]

[21] 郑阳阳, 罗建利. 农业生产效率的碳排放效应: 空间溢出与门槛特征[J]. 北京航空航天大学学报(社会科学版), 2021, 34(1): 96-105. [Zheng Yangyang, Luo Jianli. Effect of agricultural production efficiency on carbon emissions: Spatial spillovers and threshold characteristics[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics (Social Sciences Edition), 2021, 34(1): 96-105.]

[22] 秦雨新, 李树超. 农业经济增长与农业碳排放强度空间溢出效应实证研究[J]. 湖北农业科学, 2023, 62(4): 232-238. [Qin Yuxin, Li Shuchao. An empirical study on the spatial spillover effects of agricultural economic growth and agricultural carbon emission intensity[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2023, 62(4): 232-238.]

[23] 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. [Duan Huaping, Zhang Yue, Zhao Jianbo, et al. Carbon footprint analysis of farmland ecosystem in China[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2011, 25

ChinaXiv:202407.00140v1

ChinaXiv

ChinaXiv:202407.00140v1

(5): 203-208.]

[24] 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. [Liu Huajun, Bao Zhen, Yang Qian. The regional gap of China's agricultural carbon emissions and its distribution dynamic evolution: An empirical study based on Dagum Gini coefficient decomposition and nonparametric estimation method[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2013(3): 72-81.]

[25] Dagum C. A new approach to the decomposition of the Gini income inequality ratio[J]. Empirical Economics, 1997, 22(4): 515-531.

[26] 谢亚燕, 苏洋, 李凤, 等. 技术进步对新疆农业碳排放的门槛效应检验[J]. 浙江农业科学, 2022, 63(1): 158-165, 169. [Xie Yayan, Su Yang, Li Feng, et al. The threshold effect test of technological progress on agricultural carbon emissions in Xinjiang[J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2022, 63(1): 158-165, 169.]

[27] 高鸣, 魏佳朔. 收入性补贴与粮食全要素生产率增长[J]. 经济研究, 2022, 57(12): 143-161. [Gao Ming, Wei Jiashuo. Income subsidy and growth of total factor productivity of grain[J]. Economic Research Journal, 2022, 57(12): 143-161.]

[28] 杜志雄, 胡凌啸. 党的十八大以来中国农业高质量发展的成就与解释[J]. 中国农村经济, 2023(1): 2-17. [Du Zhixiong, Hu Lingxiao. The achievements and interpretations of the high-quality agricultural development in China since the 18th National Congress of the Communist Party of China[J]. Chinese Rural Economy, 2023 (1): 2-17.]

[29] 李倩娜, 姚娟, 唐洪松, 等. 新疆棉花低碳生产率、区域差异与动态演进[J]. 干旱区资源与环境, 2022, 36(7): 1-8. [Li Qianna, Yao Juan, Tang Hongsong, et al. Low carbon productivity, regional differences and dynamic evolution of cotton in Xinjiang[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2022, 36(7): 1-8.]

[30] 肖春梅, 朱萍萍. 新疆绿色发展水平综合评价与对策研究[J]. 石河子大学学报(哲学社会科学版), 2018, 32(3): 41-49. [Xiao Chunmei, Zhu Pingping. The comprehensive evaluation and countermeasure study of green development level in Xinjiang[J]. Journal of Shihezi University (Philosophy and Social Sciences Edition), 2018, 32(3): 41-49.]

[31] 胡剑波, 王楷文. 中国省域碳排放效率时空差异及空间收敛性研究[J]. 管理学刊, 2022, 35(4): 36-52. [Hu Jianbo, Wang Kaiwen. Study on temporal and spatial differences and spatial convergence of provincial carbon emission efficiency in China[J]. Journal of Management, 2022, 35(4): 36-52.]

[32] 郭军, 张效榕, 孔祥智. 农村一二三产业融合与农民增收——基于河南省农村一二三产业融合案例[J]. 农业经济问题, 2019 (3): 135-144. [Guo Jun, Zhang Xiaorong, Kong Xiangzhi. The convergence of primary, secondary and tertiary industries and farmers' income generation: One case study of convergence of primary, secondary and tertiary industries in rural areas of Henan Province[J]. Issues in Agricultural Economy, 2019(3): 135-144.]

[33] 王学婷, 张俊飚. 双碳战略目标下农业绿色低碳发展的基本路径与制度构建[J]. 中国生态农业学报, 2022, 30(4): 516-526. [Wang Xueting, Zhang Junbiao. Basic path and system construction of agricultural green and low-carbon development with respect to the strategic target of carbon peak and carbon neutrality[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2022, 30(4): 516-526.]

[34] 王恒, 易小燕. 生态振兴视角下绿色施肥行为研究进展[J]. 生态经济, 2019, 35(6): 106-112. [Wang Heng, Yi Xiaoyan. Research progress of green fertilization behaviors from the perspective of ecological revitalization[J]. Ecological Economy, 2019, 35(6): 106-112.]

[35] 韩晔, 周忠学. 西安市农业生态系统服务间关系及空间分异[J]. 冰川冻土, 2016, 38(5): 1447-1458. [Han Ye, Zhou Zhongxue. Relationship among agro-ecosystem services and their spatial differentiation in the area of Xi'an City[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2016, 38(5): 1447-1458.]

[36] 徐曼, 余泺, 王富华, 等. 紫色土旱坡地不同坡位土壤有机碳组分含量对施肥管理的响应[J]. 环境科学, 2021, 42(11): 5491-5499. [Xu Man, Yu Luo, Wang Fuhua, et al. Response of soil organic carbon content in different slope positions to fertilization management in purple soil sloping fields[J]. Environmental Science, 2021, 42(11): 5491-5499.]

[37] 彭文龙, 吕晓, 辛宗斐, 等. 国际可持续集约化发展经验及其对中国耕地保护的启示[J]. 中国土地科学, 2020, 34(4): 18-25. [Peng Wenlong, Lü Xiao, Xin Zongfei, et al. International experience of sustainable intensification and its implications for the protection of cultivated land in China[J]. China Land Science, 2020, 34(4): 18-25.]

[38] 刘浩, 刘璨. 生态系统恢复可持续土地管理措施的成本效益分析——基于中国西部干旱地区数据[J]. 林业经济, 2015, 37 (11): 94-105. [Liu Hao, Liu Can. Cost-benefit analysis of sustainable land management measures to restore dryland ecosystem: Based on the data from dryland in western China[J]. Forestry Economics, 2015, 37(11): 94-105.]

[39] 冉锦成, 苏洋, 胡金凤, 等. 新疆农业碳排放时空特征、峰值预测及影响因素研究[J]. 中国农业资源与区划, 2017, 38(8): 16-24. [Ran Jincheng, Su Yang, Hu Jinfeng, et al. Temporal and spatial characteristics, peak value forecast and influencing factors of agricultural carbon emissions in Xinjiang[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2017, 38(8): 16-24.]

[40] 杨思存, 霍琳, 王成宝, 等. 基于STIRPAT模型的甘肃省农业碳排放特征分析[J]. 干旱区地理, 2023, 46(9): 1493-1502. [Yang Sicun, Huo Lin, Wang Chengbao, et al. Characteristics of agricultural carbon emissions in Gansu Province based on STIRPAT model[J]. Arid Land Geography, 2023, 46(9): 1493-1502.]

[41] 许山晶. 我国农村秸秆资源利用的综合效应评价[D]. 北京: 中国社会科学院研究生院, 2020. [Xu Shanjing. The effect evaluation of comprehensive utilization of straw resources in China[D].

ChinaXiv

Beijing: Graduate School of Chinese Academy of Social Sciences, 2020.]

[42] 樊高源, 杨俊孝, 胡娟. 新疆农业生产碳排放变化特征及其净碳排放压力研究[J]. 浙江农业学报, 2016, 28(2): 352-360. [Fan Gaoyuan, Yang Junxiao, Hu Juan. Studies of agricultural production carbon emissions' variation characteristics and net carbon emissions pressure in Xinjiang[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2016, 28(2): 352-360.]

Spatialtemporal differences and spatial spillover effects of agricultural carbon emissions in Xinjiang

XIA Wenhao[1], HUO Yu[1], LU Yuan[2], WANG Chaoyi[1]

(1. College of Economics and Management, Tarim University, Alar 843300, Xinjiang, China;
2. Tarim Polytechnic, Alar 843300, Xinjiang, China)

Abstract: This paper evaluates the total amount and intensity of agricultural carbon emissions across 13 prefectures in Xinjiang, China from 2007 to 2020. It employs the Gini coefficient decomposition method to examine regional disparities in the intensity of agricultural carbon emissions in Xinjiang and utilizes the spatial Durbin model to assess the spatial spillover effects and driving factors of these emissions. The findings indicate that the evolution of total agricultural carbon emissions in Xinjiang during the study period can be categorized into three phases: a rapid increase, a continuous decline, and a steady rise, with straw burning being the predominant source of emissions, followed by livestock farming. The intensity of agricultural carbon emissions exhibited a pronounced downward trend throughout the period. Spatial disparities in the intensity of emissions at the beginning and end of the study period were substantial, characterized by lower levels in the north and higher levels in the south. Based on emission composition, Xinjiang can be classified into five distinct regional types. The Gini coefficients for the intensity of agricultural carbon emissions in Xinjiang as a whole, and specifically in its northern and southern parts, demonstrated a fluctuating downward trend, with inter-regional differences accounting for the majority of the overall disparities. Furthermore, there was a significant spatial agglomeration of emission intensity during the study period, with increasing spatial linkages among cities and towns over time. The primary influences on agricultural carbon emissions in Xinjiang were market and governmental factors. At the market level, factors such as industrial agglomeration, agricultural industry structure, agricultural development level, and planting structure were significantly positively correlated with emission intensity, accompanied by notable inter-regional spillover effects. From a governmental perspective, the level of environmental governance and the extent of regional disasters exhibited a significant negative correlation with the intensity of agricultural carbon emissions.

Key words: agricultural carbon emission intensity; regional differences; spatial spillover effect; spatial Durbin model; Xinjiang

ChinaXiv:202407.00140v1