

引用格式: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 Y Q, Wang H C, Liu Y Q. Spatial effects of agricultural carbon emissions from the perspective of industrial agglomeration[J]. Resources Science, 2022, 44(12): 2428-2439.] DOI: 10.18402/resci.2022.12.04

产业集聚视角下农业碳排放的空间效应

何艳秋,王鸿春,刘云强

(四川农业大学管理学院,成都 611130)

摘要:由于碳排放存在空间关联,进行区域协同减排是实现“双碳”目标的重要途径。农业对资源的高度依赖使其倾向于集聚式发展,而农业产业集聚对碳关联的影响程度、方向和形式仍不明确,不同类型的农业产业集聚是否引起碳关联的异质性有待回答。本文立足农业,先采用空间杜宾模型分析专业化集聚和协同集聚对农业碳关联的影响;再利用分区和分组空间杜宾模型,深入剖析该影响的区域异质性;最后以区域技术关联作为中介变量,使用中介效应模型考察农业产业相关多样化和无关多样化对碳关联的影响。研究发现:①农业专业化集聚有利于更多区域减排,且低专业化集聚地间的碳关联程度更高;②农业协同集聚会加重更多地区的碳排放,且高协同集聚地对低协同集聚地的增碳效应更明显;③农业优化发展区和保护发展区分别选择协同集聚或专业化集聚,可推动减排;④相关多样化集聚和无关多样化集聚通过区域技术互动产生增碳或减碳的空间效应。据此,本文提出:应推动跨省份农业产业集聚的形成;选择差异化的农业产业集聚方式;加大对地区的环境考核力度,进而激发减排潜力,促发区域减排合力,最终实现农业绿色转型。

关键词:农业碳排放;产业专业化集聚;产业协同集聚;相关多样化;无关多样化;空间效应;中介效应;空间Durbin模型

DOI: 10.18402/resci.2022.12.04

1 引言

联合国政府间气候变化专门委员会第六次评估报告指出,全球变暖严重威胁人类经济社会发展和生命财产安全,碳减排已成为避免气候危机的唯一选择^[1]。由于存在外部性,大气污染治理很难仅依靠某个地区的单方面行动取得成效,必须通过区域协同才能从根本上解决问题^[2]。而随着中国各地经济联系更加紧密,经济区、经济带成为重要形式,以此为依托的产业集聚也影响着区域间的碳关联和碳减排合作。集聚程度上升和集聚形式多样化所带来的规模效应,尤其是同质产业集聚引起的区域基础设施共享和成本降低^[3],均增强了区域碳减排协同的可能性,从而影响整体碳减排效率和进程。因此,产业集聚是碳减排必须考虑的重要因素。

农业尤其容易受到气候变化的影响并可能加剧气候变暖^[4],有研究表明,世界粮食系统的温室气体排放量占全球温室气体排放量的1/3以上,而世界粮食系统的温室气体排放有2/3来自农业^[5]。农业减排是实现整体减排不可忽视的重要一环。学者们提出应从经济、技术、政策等方面入手实现农业减排^[6-8];且随着农业碳排放空间效应的增强,区域合作也必不可少^[9]。由于农业对资源高度依赖,其生产更倾向于向优势区域集中^[10]。为此,学者们开始探讨农业产业集聚与农业碳排放的关系,倒“U”型和正“N”型两种非线性关系得到大量学者的支持^[11-13];并认为这种关系存在区域和产业异质性^[14,15],应根据各地区不同的减排目标和各产业的差异化减排潜力,选择适当的产业集聚方式。也有学者将

收稿日期:2022-07-26;修订日期:2022-11-02

基金项目:四川省自然科学基金项目(23NSFSC3732);国家自然科学基金青年项目(71704127);四川省科技计划项目(2022JDTD0022)。

作者简介:何艳秋,女,重庆人,副教授,研究方向为农业绿色转型。E-mail: linxiatingqiu@126.com

通讯作者:刘云强,男,四川阿坝人,教授,研究方向为农业碳减排。E-mail: liuyunqiang@sicau.edu.cn

2022年12月

农业碳排放融入低碳效率和环境效率中。例如,何培培等^[6]、张哲晰等^[10]和Liu等^[17]认为农业产业集聚会通过优势品种集中布局、专业化生产、基础设施共享、技术扩散而产生规模效应,提升农业碳生产率,所以产业集聚有助于农业低碳转型;但程琳琳等^[18]却发现当前中国农业仍处于倒“U”型关系曲线左侧,农业减排潜力仍待挖掘;银西阳等^[19]和Xu等^[20]发现农业产业集聚与其绿色发展呈“U”型关系,且有空间效应,但前者认为产业集聚会阻碍农业绿色发展,而后者发现中部地区产业集聚推动了农业绿色发展;Zhang等^[21]立足农业可持续发展,指出农业产业集聚与可持续发展之间存在显著的阈值效应。

综上,学者们关注到产业集聚对农业低碳发展的影响,及其可能带来的空间效应,但影响方向仍不明确,各类型产业集聚是否带来碳排放空间效应的异质性仍有待回答。因此,本文立足第一产业,从专业化集聚和协同集聚,相关多样化集聚和无关多样化集聚多个维度全面测算产业集聚水平,考察其对碳排放空间效应的影响,并根据中国各地产业集聚程度的高低和农业经济特点的不同进行分区,深入剖析农业优化发展、适度发展区和保护发展区的产业集聚对碳溢出在影响方向和影响形式上的异质性,以期在选择适当的产业集聚类型、推动区域协同减排、促进农业低碳转型提供参考。

2 理论分析与研究假设

一方面,农业产业集聚带来基础设施和生产要素共享^[10],其中,生产技术作为重要的共享资源通过集聚区内的产业协同快速扩散^[22,23],进而引起区域碳关联;另一方面,农业产业集聚也会改善或提高企业竞争优势^[24],优秀企业将被作为发展标杆,供其他企业学习,这进一步加强了区域碳关联。基于此,提出假设:

H1:农业产业集聚显著影响农业碳排放的空间溢出。

产业集聚区内农业资源禀赋、农业发展进程以及农业生产组织方式的差异^[25]使农业产业集聚程度有高有低。而产业集聚对碳排放存在非线性影响,且有区域异质性^[13],因此,产业集聚程度的不同使碳排放空间关联存在差异。此外,农业产业集聚程度不同的区域对外经济和技术辐射力不同,且对碳减排经验的吸收意愿也有所不同^[26],也会引起碳排放

的区域差异性。据此,提出假设:

H2:农业产业集聚对碳排放空间溢出的影响存在区域差异性。

农业产业共享式集聚以专业化集聚为载体,强调产业内的专业化合作和产业链形成,企业可共享投入要素,并通过生产体系的搭建降低生产成本和风险,碳关联以“要素共享式关联”为主;融合式集聚以协同集聚为载体,强调三次产业间的搭配融合,以推动企业跨界交流为目标^[27],碳关联以“产业融合式关联”为主;以上两种集聚引起差异化的碳溢出。技术关联视角下,当具有技术替代性或互补性的关联产业聚集在一起,会产生Jacobs外部效应,诱发有效的互动学习和创新^[28,29],引发区域农业碳关联;而当技术替代性或互补性较差的非关联产业集聚时,既可能通过跨学科交流,打破路径锁定,激发突破性创新^[30],加深区域碳关联,也可能由于产业不相关难以产生知识溢出或技术扩散^[31],削弱区域间的碳关联。据此提出假设:

H3:碳排放空间溢出程度和方向受产业集聚类型的影响。

全文的整体研究思路如图1所示。

3 研究方法 with 数据来源

3.1 农业碳排放的测算

农业碳源包括5类:①能源消耗产生CO₂,涉及农业机械、农田灌溉和农村生活用能;②农田利用产生CO₂,涉及化肥、农药和农膜覆盖物的投入;③水稻种植产生CH₄和其他作物种植产生N₂O;④反刍动物饲养产生CH₄和N₂O,涉及肠道发酵和粪便管理;⑤秸秆燃烧产生CO₂、CH₄和N₂O。计算如下:

$$E = \sum_{j=1}^5 E_j = \sum_{j=1}^5 (e_j \times f_j) \quad (1)$$

式中: E 为农业碳排放总量; E_j 为第 j 类排放源的排放量; e_j 和 f_j 分别代表排放源 j 的活动数据(表1)和排放因子,测算方法参考IPCC,活动数据与排放因子的乘积即为排放量,排放因子借鉴任肇雯等^[32]、He等^[33]的研究成果。

3.2 农业产业聚集的分类和测度

根据集聚外部性是否来源于同一产业分为专业化集聚和协同集聚,分别采用区位商和协同集聚指数进行测算^[34]。

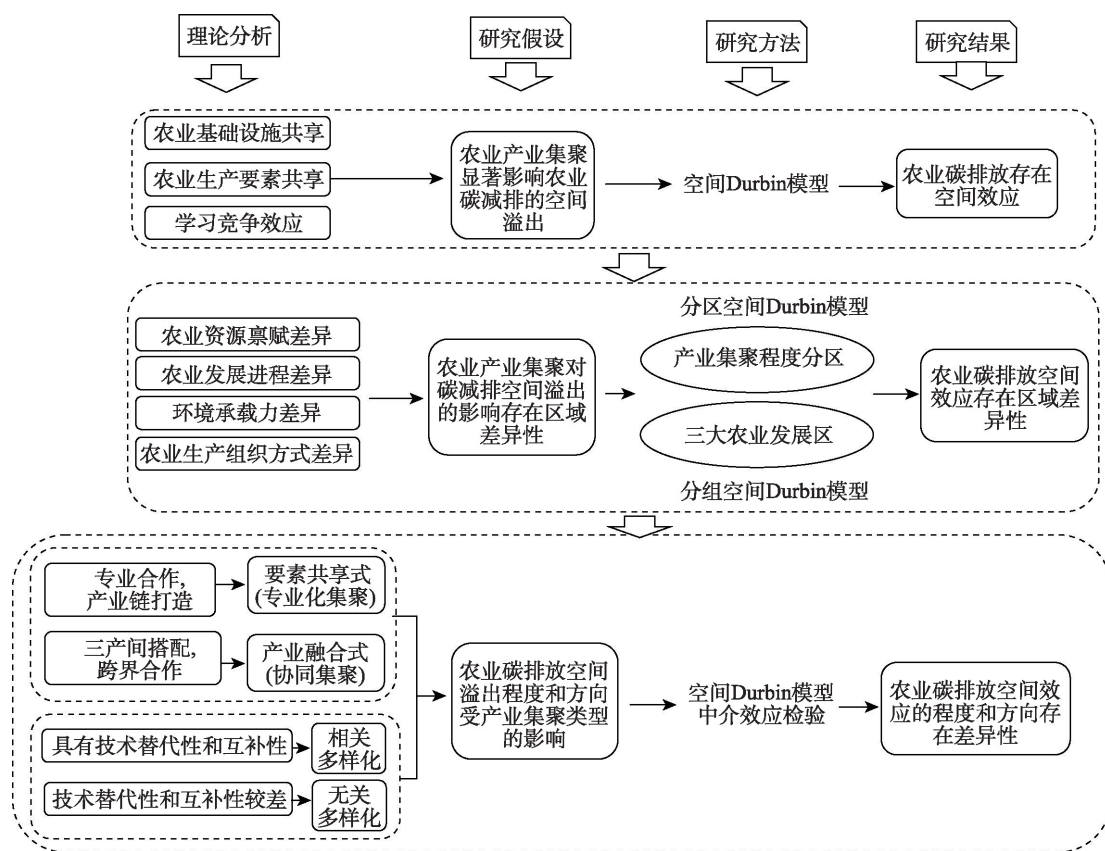


图1 研究思路

Figure 1 Framework of the research

表1 农业碳排放测算中的活动数据

Table 1 Activity data in agricultural carbon emission measurement

分类	活动数据类型	数据来源
能源消耗	农业生产用煤、焦炭、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油、电力、天然气的用量	中国能源统计年鉴
农地利用	化肥、农药、农膜投入量、耕地面积	中国农村统计年鉴
农作物种植	水稻、小麦、玉米、大豆、蔬菜种植面积	中国农村统计年鉴
反刍动物饲养	牛、马、驴、骡、猪、山羊、绵羊的年平均存量	中国农村统计年鉴
秸秆燃烧	水稻、小麦、玉米、大豆、棉花和油菜产量	中国农村统计年鉴

$$ALQ_i = \frac{AVA_i}{GDP_i} \bigg/ \frac{AVA}{GDP} \quad (2)$$

$$CAI_i = 1 - \frac{1}{2} \left[\left| \frac{ALQ_i - ILQ_i}{ALQ_i + ILQ_i} \right| + \left| \frac{ALQ_i - SLQ_i}{ALQ_i + SLQ_i} \right| \right] \quad (3)$$

式中: ALQ_i 和 CAI_i 分别为省份 i 的农业区位熵和协同集聚指数; AVA_i 和 GDP_i 为省份 i 的农业增加值和地区生产总值; AVA 和 GDP 为全国农业增加值和生产总值; ILQ_i 和 SLQ_i 为省份 i 的第二和第三产业区位商。在技术关联视角下, 农业产业集聚又可分为相关多样化集聚和无关多样化集聚, 前者指具

有技术替代性或技术互补性的关联性农业产业聚集在一起, 后者强调技术替代性或互补性较差的非关联性农业产业的集聚。用熵指标法^[29]测算农业产业集聚的相关和无关多样化:

$$TV = \sum_{n=1}^{13} P_n \times \ln(1/P_n) \quad (4)$$

$$UV = \sum_{g=1}^4 P_g \times \ln(1/P_g) \quad (5)$$

$$RV = TV - UV \quad (6)$$

式中: TV 、 UV 和 RV 分别为总体多样化、无关多样化和相关多样化; n 和 g 分别为农业包含的 13 个小行

2022年12月

业和农业四大行业^①; P_i 和 P_g 分别为 13 个小行业和四大行业的产值占比。

3.3 空间杜宾模型

农业碳排放存在显著的空间关联^[35],故采用空间杜宾模型检验 H1 和 H2。为消除农业经济规模对排放总量的影响,以农业碳强度作为因变量,核心自变量为农业产业集聚。库兹涅茨曲线认为经济和碳排放存在密切关联^[36];提升农业生产技术是农业减排的关键因素,而农业专利是与农业联系最紧密的技术指标^[37];环境治理投资通过政府引导实现碳减排约束^[38];城镇和农村生产消费方式的差异使碳排放明显不同^[39];种植业作为传统农业,与畜牧业排放差异较大^[40]。所以,采用农业人均增加值、农业专利授权强度、环境治理投资占比、城镇化率和农业产业结构作为控制变量(表2)。空间杜宾模型如下:

$$y_{it} = \rho \omega y_{it} + \partial' x'_{it} + \beta' \omega x'_{it} + \partial x_{it} + \beta \omega x_{it} + \mu_i + \tau_i + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

式中: y_{it} 为省份 i 第 t 年的农业碳强度; x'_{it} 为产业集聚指标,包括专业化集聚、协同集聚; x_{it} 一系列为控制变量; ω 为空间权重矩阵; ρ 、 ∂' 、 β' 、 ∂ 、 β 为待估参数; μ 、 τ 和 ε 分别为个体固定效应、时间固定效应、随机误差项。权重矩阵的组成如下:

$$w_{ij}^{ID} = \begin{cases} \frac{1}{d_{ij}^2}, & i \neq j \\ 0, & i = j \end{cases} \quad (8)$$

$$w_{ij}^{ED} = \begin{cases} \frac{TR_{ij}}{\sum_j TR_{ij}}, & i \neq j \\ 0, & i = j \end{cases} \quad (9)$$

$$TR_{ij} = \frac{TX_{ij} + TM_{ij}}{\sum_j (TX_{ij} + TM_{ij})} \quad (10)$$

式中: w_{ij}^{ID} 和 w_{ij}^{ED} 为地理权重和经济权重; d_{ij} 为从 i 省份到 j 省份的重心距离; TR_{ij} 为 i 、 j 省份间的农业贸易额占 i 省份贸易总额的比例; TX_{ij} 为从 i 省份到 j 省份的农业贸易流出;同理 TM_{ij} 为农业贸易流入。分区空间杜宾模型对权重进行了分割:

$$\omega = \begin{bmatrix} \omega_{HH} & \omega_{HL} \\ \omega_{LH} & \omega_{LL} \end{bmatrix} \quad (11)$$

为研究集聚程度不同地区间产业集聚所引起的碳排放空间效应的差异,将各省份分为高集聚地和低集聚地, ω_{HH} 、 ω_{LL} 、 ω_{HL} 和 ω_{LH} 分别为高高、低低、高低和低高集聚地区间的权重关系。

3.4 中介效应检验

利用中介效应检验相关多样化集聚和无关多样化集聚对农业碳溢出的异质性影响,模型如下:

$$\text{模型一: } y_{it} = \rho \omega y_{it} + \theta \omega x_{dit} + \partial_1 z'_{it} + \beta_1 \omega z'_{it} + \mu_{i1} + \tau_{i1} + \varepsilon_{it1} \quad (12)$$

$$\text{模型二: } TE_{it} = \delta \omega x_{dit} + \partial_2 z''_{it} + \beta_2 \omega z''_{it} + \mu_{i2} + \tau_{i2} + \varepsilon_{it2} \quad (13)$$

$$\text{模型三: } y_{it} = \rho \omega y_{it} + \gamma \omega x_{dit} + \phi TE_{it} + \phi' \omega TE_{it} + \partial_1 z'_{it} + \beta_1 \omega z'_{it} + \mu_{i3} + \tau_{i3} + \varepsilon_{it3} \quad (14)$$

式中: x_{dit} 为相关多样化集聚和无关多样化集聚; TE_{it} 为农业技术关联; z'_{it} 和 z''_{it} 为控制变量,前者包括农业人均增加值($PGDP$)、环境治理投资占比(ER)城镇化率(URB)和农业产业结构(IS),后者包

表2 变量定义

Table 2 Variable definition

变量类型	变量描述	内涵	数据来源
因变量	农业碳强度(CEI)	农业碳排放量与农业增加值之比/(t/万元)	农业碳排放量测算见3.1小节,农业增加值来自中国农村统计年鉴
自变量	专业化集聚(ALQ)	见式(2)	
	协同集聚(CAI)	见式(3)	
控制变量	农业人均增加值($PGDP$)	农业增加值与农业总人口之比/(元/人)	中国农村统计年鉴
	农业专利授权强度(PI)	农业专利数与农业增加值之比/(项/万元)	中国农村统计年鉴
	环境治理投资占比(ER)	污染治理投资占农业增加值的比重/%	中国农村统计年鉴
	城镇化率(URB)	城镇人口数在总人口中的比重/%	中国环境统计年鉴
	农业产业结构(IS)	农业和畜牧业在第一产业增加值中的比重/%	中国知网专利数据库

① 农业包含的13个小行业为:谷物及其他作物、蔬菜园艺、水果坚果饮料、香料作物、林木的培育和种植、竹木采运、林产品、牲畜饲养、猪的饲养、家禽饲养、狩猎和捕猎动物和其他畜牧业、海水产品、内陆水产品;农业四大行业指农业、林业、畜牧业和渔业。

括农业人均增加值($PGDP$)、 $R\&D$ 投入强度($R\&D$)和 $R\&D$ 科研人员全时当量($PR\&D$)^[41]; θ 、 ∂_1 、 β_1 、 δ 、 ∂_2 、 β_2 、 γ 、 φ 、 φ' 均为待估参数。

采用修正引力模型测算农业技术关联^[42],如下:

$$TE_{ij} = K_{ij} \frac{\sqrt[3]{G_i S_i P_i} \sqrt[3]{G_j S_j P_j}}{d_{ij}^2} \quad (15)$$

$$K_{ij} = \frac{S_i}{S_i + S_j} \quad (16)$$

式中: TE_{ij} 为省份 i 和 j 的农业技术关联; K_{ij} 为修正系数; S_i 和 S_j 分别为省份 i 和 j 的农业技术存量; G_i 和 G_j 分别为省份 i 和 j 的农业生产总值; P_i 和 P_j 分别为省份 i 和 j 的农业人口数。采用永续盘存法计算农业技术存量^[43],公式如下:

$$S_i = (1 - \xi) S_{i(t-1)} + T_{it} \quad (17)$$

$$S_{i2007} = \frac{T_{i2007}}{r_i + \delta} \quad (18)$$

$$r_i = \sqrt[12]{\frac{T_{i2018}}{T_{i2007}}} - 1 \quad (19)$$

式中: ξ 为技术存量的衰减率,设定为 15%^[44]; T_{it} 为

省份 i 在 t 年的农业专利总数;初始年份为 2007 年; r_i 为样本期间省份 i 农业专利总数的平均增长率。

3.5 数据来源

本文使用 2007—2019 年全国 30 个省份的面板数据(因数据可得性,未涉及西藏自治区及港澳台地区)。碳排放测算所需活动数据来自历年《中国能源统计年鉴》和《中国农村统计年鉴》;空间杜宾模型所需数据来自《中国环境统计年鉴》《中国农村统计年鉴》和中国知网专利数据库;省份间贸易流入流出数据来自《2012 年中国 31 省市区区域间投入产出表》。

4 结果与分析

4.1 农业产业集聚和碳排放的时空规律

从图 2、图 3 可见,农业产业专业化集聚呈正“U”型,先降后升;协同集聚呈略微上升趋势,从 2007 年的 21.70 增加到 2019 年的 22.34,年均增速仅为 0.24%;相关多样化集聚呈倒“U”型,先升后降;而无关多样化集聚略微增长,年均增速仅为 0.49%。

由表 3 可知,2007—2019 年农业碳强度和碳排

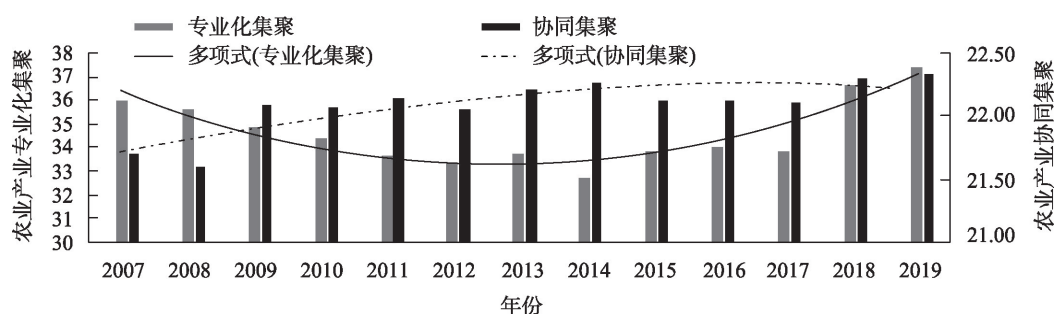


图2 2007—2019年农业产业专业化集聚和多样化集聚的变动趋势

Figure 2 Trend of agricultural specialization agglomeration and agricultural synergistic agglomeration, 2007-2019

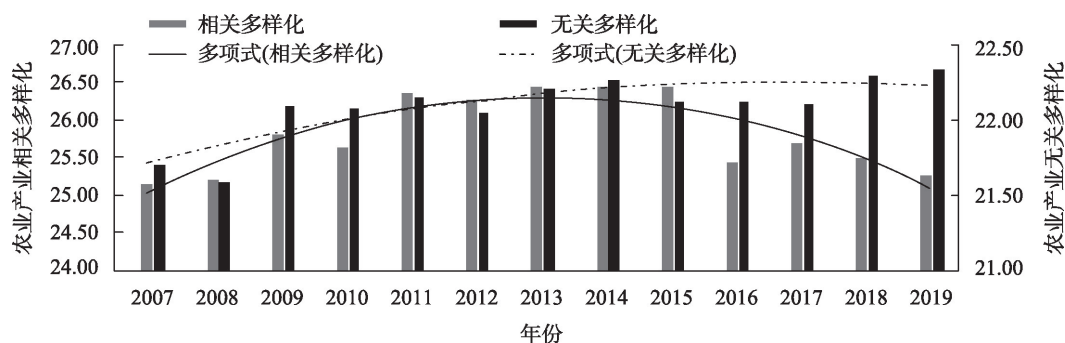


图3 2007—2019年农业产业相关多样化集聚和无关多样化集聚的变动趋势

Figure 3 Trend of agriculture industrial related diversification and unrelated diversification, 2007-2019

2022年12月

表3 2007—2019年农业碳排放全局莫兰指数

Table 3 Global Moran's I index of agricultural carbon emission intensity, 2007-2019

年份	碳排放强度	Z值	碳排放总量	Z值
2007	0.28***	3.69	0.10*	1.43
2008	0.29***	3.71	0.10*	1.47
2009	0.29***	3.87	0.11*	1.55
2010	0.27***	3.45	0.11*	1.51
2011	0.29***	3.62	0.11*	1.55
2012	0.28***	3.47	0.15**	1.94
2013	0.25***	3.15	0.11*	1.55
2014	0.21***	2.65	0.13**	1.74
2015	0.17**	2.25	0.11*	1.52
2016	0.28***	3.48	0.08*	1.28
2017	0.31***	3.76	0.11*	1.53
2018	0.31***	3.73	0.09*	1.39
2019	0.33***	3.86	0.11*	1.51

注:***、**、*分别表示1%、5%和10%的显著性水平,下同。

放总量的全局莫兰指数均显著为正,分别从2007年的0.28和0.10上升到2019年的0.33和0.11,表明农业碳排放空间分布非随机,碳排放程度相似的地区集聚在一起,且空间关联性随时间推移有所增强。

4.2 农业产业聚集对碳排放空间效应的影响

LM检验与LR检验的 P 值均为0,说明空间杜宾模型无法简化为空间滞后模型或空间误差模型。对产业集聚变量的内生性进行如下检验:将专业化集聚和协同集聚分别作为因变量,产业集聚一期滞后项作为自变量,建立杜宾模型,提取残差项;把残差项作为新的自变量加入杜宾模型,发现残差项系数的 P 值分别为0.182和0.183,模型无内生性。

从表4可见,农业专业化集聚和协同集聚对碳排放强度的影响均显著,但方向不同。农业碳排放的空间效应确实受产业集聚影响,使H1得到验证;同时,专业化集聚和协同集聚的影响有所不同,使H3得到部分验证。专业化集聚系数为负,说明一个地区农业专业化优势变大,不仅降低本地农业碳强度,还会推动周边地区及农业贸易关系密切地区农业碳强度下降;而协同集聚系数为正,说明一个地区农业与二三产业协同度变大,会同时加剧本地和更多地区的碳排放。究其原因,跨区专业化集聚使区域共享劳动、技术等要素,产生规模效应,降低减排成本,区域间产生良性互动,朝着更为绿色低碳的方向前进;而协同集聚要求农业与二、三产业融

表4 空间杜宾模型估计结果

Table 4 Estimation results of traditional spatial Durbin model

变量系数	地理矩阵		经济矩阵	
$\delta' (ALQ)$	-3.04*** (-11.23)		-3.36*** (-11.83)	
$\delta' (CAI)$		5.58*** (6.24)		7.25*** (7.32)
$\delta (GDP)$	0.45* (1.83)	0.13 (0.46)	1.37*** (5.26)	1.20*** (3.96)
$\delta (IS)$	6.07*** (3.40)	6.22*** (3.12)	6.15*** (3.23)	6.84*** (3.18)
$\delta (URB)$	-0.11*** (-4.73)	-0.09*** (-3.60)	-0.16*** (-7.86)	-0.13*** (-5.70)
$\delta (ER)$	-0.01 (-0.20)	-0.06 (-0.78)	0.17** (2.16)	0.09 (1.00)
$\delta (PI)$	-0.03 (-0.80)	0.04 (1.14)	0.06** (2.01)	0.15*** (4.07)
$\beta' (ALQ)$	-1.69** (-2.31)		-10.62** (-2.05)	
$\beta' (CAI)$		10.27*** (3.89)		52.72*** (2.62)
$\beta (GDP)$	1.43** (2.07)	2.85*** (3.80)	13.39*** (3.58)	14.49*** (3.67)
$\beta (IS)$	-10.94** (-2.46)	-8.90*** (-1.75)	-31.48 (-0.90)	-29.95 (-0.78)
$\beta (URB)$	-0.13** (-2.51)	-0.13* (-2.36)	-0.58 (-1.45)	-0.87** (-2.00)
$\beta (ER)$	-0.68*** (-3.05)	-0.53** (-2.16)	5.97*** (4.88)	6.32*** (4.56)
$\beta (PI)$	0.04 (0.49)	0.21** (2.41)	1.16 (0.95)	1.42 (1.08)
ρ	0.37** (4.96)	0.31*** (3.96)	-0.08 (-0.30)	-0.12 (-0.41)

合,在农业价值链得到延伸的同时,工业作为排放主力,其对农业渗透也在一定程度上增加了农业减排难度。

4.3 农业产业聚集影响碳排放空间效应的区域异质性

从表5可见,地理权重下,专业化集聚度提升能带动专业化优势程度相似地区的农业碳减排,而对专业化优势差距较大地区间碳关联的影响并不明显,且低专业化集聚地间的减排效应更明显。这是因为低专业化集聚地农业占比较低,为抓住农业发展机遇,形成自身优势,更愿意通过区域合作打造优势农业区,通过要素共享带来成本降低,激发农业减排潜力。而高专业集聚地均为农业大省,已形成了较为成熟的农业优势体系,规模经济也较明

表5 分区空间杜宾模型估计结果

Table 5 Estimation results of the partitioned spatial Durbin model

	变量系数	地理矩阵	经济矩阵
专业化集聚	β'_{HH}	-1.84*** (-2.45)	0.59 (0.20)
	β'_{HL}	1.19 (0.94)	-6.71 (-1.63)
	β'_{LH}	1.07 (1.29)	4.91* (1.92)
	β'_{LL}	-3.93*** (-4.14)	-14.56*** (-3.40)
协同集聚	β'_{HH}	4.31* (1.77)	-0.57 (-0.06)
	β'_{HL}	-3.81* (-1.84)	-49.75*** (-3.80)
	β'_{LH}	0.13 (0.06)	-7.81 (-0.87)
	β'_{LL}	3.45 (1.57)	-33.47** (-2.36)

显,产业集聚度进一步提升引起的减排效应相对较小。经济权重下,低专业化集聚地专业化优势上升会引起高专业化集聚地更严重的碳排放,而引起同为低专业化集聚地的农业碳减少。这是因为低专业化集聚地农业禀赋较差,在提升专业化优势时,会通过农业贸易挤占高专业化集聚地的农业资源,加剧农业竞争,不利于减排;而同为低专业化集聚地,农业发展条件相似,通过依存合作形成农业优势,有利于减排。无论地理权重还是经济权重,高协同集聚地协同度提升均会降低低协同集聚地的农业碳排放,且贸易关联是主要渠道。究其原因,高协同集聚地多为农业大省,农业经济对外辐射力较强,在全力推进三产融合的背景下,通过贸易往来,和低协同集聚地的工业、服务业充分融合,进行技术共享,带来更明显的减排效应。

参考《全国农业可持续发展规划(2015—2030年)》,将各省份分为优化发展区、适度发展区和保护发展区^②。优化发展区内各省份农业专业化集聚差异较大,协同集聚均值较低;适度发展区呈协同集聚度较高,专业化集聚度中等的特征;保护发展区专业化集聚较高,协同集聚较低。

从表6分组回归结果看,3类地区产业集聚变动

表6 三大农业发展区分组空间杜宾模型估计结果

Table 6 Estimation results of the grouped spatial Durbin model for three agricultural development areas

变量系数	$\beta' (ALQ)$	$\beta' (CAI)$
优化发展区地理权重	1.31*** (2.78)	-3.95** (-2.53)
优化发展区经济权重	2.46 (1.05)	-8.41 (-0.84)
适度发展区地理权重	-1.43 (-0.80)	-11.06*** (-2.86)
适度发展区经济权重	-6.39** (-2.31)	-16.68 (-1.21)
保护发展区地理权重	-7.42*** (-3.37)	17.67*** (4.01)
保护发展区经济权重	-12.91 (-1.60)	31.57** (2.53)

对农业碳排放空间关联的影响程度和方向存在异质性。对于优化发展区来说,专业化集聚度提升加重了邻近地区农业碳排放,而协同集聚度提升减缓了邻近地的农业碳排放,并且协同集聚对碳排放的影响大于专业化集聚。这是因为,该区农业条件较好,已形成高于全国均值的专业化集聚,进一步提升可能造成资源利用过度、技术瓶颈,不利于碳减排;而由于协同集聚度较低,通过三次产业协同配合,可激发农业减排潜力。适度发展区农业产业集聚上升均比优化发展区引起更明显的空间减碳效应。该区农业特色较突出,但基础设施条件较差,为提升综合实力,既要从经济关系密切地寻找专业化合作伙伴,共享农业资源,又要与地理邻近地进行融合式发展,引导三次产业搭配协作,推动农业基础设施共建共享。保护发展区农业产业集聚引起的空间碳关联最明显,专业化集聚度上升引起更多地区碳减少,协同集聚度上升引起更多地区碳增加。该区农业生态环境脆弱,以高原特色农业为主,专业化优势提升可进一步激发农业发展合力,通过规模效应和要素共享推动减排;但该区产业发展不均衡,提升协同集聚并不能增强减排效果,还可能过度消耗农业资源。由此,H2得到验证,即集聚度不同的地区 and 不同农业发展区的产业集聚所引起的碳排放空间效应存在差异。

② 优化发展区农业生产条件较好,多为大宗农产品主产区,包括北京、天津、河北、辽宁、吉林、黑龙江、上海、江苏、浙江、安徽、福建、江西、山东、河南、湖北、湖南、广东和海南;适度发展区农业生产条件一般,但农业生产特色鲜明,农业基础设施相对薄弱,包括山西、内蒙古、广西、重庆、贵州、陕西、宁夏和新疆;保护发展区农业生态环境脆弱,高原特色农业资源丰富,包括四川、云南、甘肃、青海。

2022年12月

4.4 农业产业集聚类型影响农业碳排放空间效应的差异性

从表7可见,系数 ϑ 、 δ 、 γ 、 φ 和 φ' 均显著,说明农业技术关联存在明显的部分中介效应,农业相关多样化集聚和无关多样化集聚不仅直接影响农业碳溢出,也会通过农业技术关联间接影响农业碳溢出。

从两种多样化集聚对农业碳溢出的总影响,及扣除农业技术关联中介作用后的间接影响来看,其影响方向均相反(ϑ_{RV} 和 γ_{RV} >0, ϑ_{UV} 和 γ_{UV} <0),表明一个地区相关多样化集聚增加会加重周边地区的农业碳排放,而无关多样化集聚增加却能降低周边地区的碳排放。这是因为,相关多样化集聚会由于产业间的技术替代和互补,提高产业融合度和生产效率,进而加速该地农业经济发展和就业水平^[45],提升经济影响力,其他地区为防止农业生产要素流出和农业经济地位快速下降^[46],可能采取“先发展后环保”的思路,在加剧农业经济竞争的同时,农业碳排放问题也进一步加剧。而无关多样化集聚的加强使技术替代和互补性较弱的产业进行集聚,虽无法进行产业深层次融合,但使就业机会更加多样化,产业的多元化也使区域农业经济发展更为稳定^[47],

绿色转型更易实施,并通过模仿学习效应传递给更多地区,带动更多地区的碳减排。

从中介效应来看,相关多样化集聚会通过提升该区域与其他区域间的农业技术关联($\delta_{RV}=32.99$),降低该区域的农业碳排放($\delta \times \varphi = -0.33$);而无关多样化集聚却会降低该区域与其他区域间的农业技术关联($\vartheta_{UV} = -52.42$),增加农业碳排放($\delta \times \varphi = 0.42$)。以上表明,相关多样化集聚有利于区域间的技术溢出和学习,而无关多样化集聚不利于区域间的技术扩散和分享,进而对地区碳减排产生相反的作用,但这种影响仅局限在本区域内部。从空间角度的中介效应来看,相关多样化集聚虽加强了区域间技术关联,却不利于更多区域实现农业碳减排($\delta \times \varphi' = 0.33$);而无关多样化集聚虽降低了区域间的农业技术关联,却有利于更多区域实现碳减排。究其原因,相关多样化集聚引发地区间的农业技术互动和学习,产生规模效应,降低技术成本,共享减排经验,但也会引起农业生产要素竞争,技术共享带来的减排效应可能被激进的农业经济发展引起的碳增长抵消;而无关多样化集聚虽阻碍了技术扩散,但更为多元的农业结构便于区域开展多维合作,加深农业经济联系,采用相同的农业策略,有利

表7 中介效应检验结果

Table 7 Mediation effect test results

变量系数	相关多样化集聚			无关多样化集聚		
	模型一	模型二	模型三	模型一	模型二	模型三
ϑ_{RV}	5.49*** (3.20)					
ϑ_{UV}				-6.41*** (-3.71)		
γ_{RV}			6.25*** (3.69)			
γ_{UV}						-5.66** (-3.12)
δ_{RV}		32.99** (2.17)				
δ_{UV}					-52.42*** (-4.34)	
φ			-0.01*** (-3.93)			-0.008*** (-2.98)
φ'			0.01*** (3.49)			0.008* (1.94)
$\delta \times \varphi$			-0.33			0.42
$\delta \times \varphi'$			0.33			-0.42

于碳减排。由此,H3得到部分验证,即农业碳排放空间关联的程度受相关多样化集聚和无关多样化集聚的不同影响。

5 结论、政策建议与研究展望

5.1 结论

本文立足农业,先采用空间杜宾模型分析专业化集聚和协同集聚对农业碳关联的影响,再利用分区和分组空间杜宾模型,深入剖析该影响的区域异质性,最后以区域技术关联作为中介变量,使用中介效应模型考察相关多样化和无关多样化对碳关联的影响。得到如下结论:

(1)从农业产业集聚对农业碳排放空间效应的影响来看,专业化集聚提升,通过规模效应,使地区在“要素共享式关联”中产生良性互动,推动更多地区实现碳减排;而协同集聚上升,却因为工业对农业的渗透加重农业碳减排难度。

(2)从区域异质性来看,低专业化集聚地农业占比较低,更愿意通过区域合作形成农业优势,减排效应明显;高协同集聚地多为农业大省,利用其农业优势与低协同集聚地间进行三产融合,能激发减排潜力;优化发展区的协同集聚通过产业融合,带动更多区域实现减排;适度发展区的专业化集聚和协同集聚均能推动碳减排;保护发展区的专业化集聚有利于通过规模效应和资源共享形成农业优势,推动碳减排。

(3)从技术关联视角来看,农业技术关联存在部分中介效应,相关多样化集聚引发技术互动和学习,也引起农业要素竞争,不利于减排;无关多样化集聚虽阻碍了技术扩散,但稳定的农业经济环境和多元的农业结构便于区域开展多维合作,有利于碳减排。

5.2 政策建议

为更好发挥农业产业集聚对推动区域协同减排的作用,提出了以下建议:

(1)促进跨区农业产业集聚,带动区域协同减排

一方面,搭建产业集聚平台,推动邻近地区充分共享资源、市场和技术,共建优势特色农业集聚区,提升专业化集聚度;打造产业联盟,引导地区选择适当的产业协同模式,拓展农业功能,提升区域协同减排能力。另一方面,增强跨区农业企业间的

衔接和沟通;以政策促企业提升专业化分工和产业配套能力,做专做强,形成“蚁群经济”,激发区域减排合力。

(2)选择差异化农业产业集聚方式,激发区域减排潜力

优化发展区应推动产业融合,发展协同集聚;适度发展区应坚持保护与发展并重,既要拓展农业优势,推动专业化集聚,又要推动产业融合,形成协同集聚,激发产业减排合力;保护发展区应在考虑环境承载力的前提下利用其农业优势,推动专业化集聚,以规模效应带动农业减排。

(3)加大地区环境考核力度,避免农业协同集聚中的增碳效应

加大环境治理考核在地区农业经济发展中的比重,在推动农业与二三产业协同集聚发展进程中,大力推动低碳基建,建立生态补偿标准,增强企业绿色生产动力,形成地区农业经济的良性互动,进而发挥环境规制的激励和约束作用,有效促进区域协同减排。

(4)创造良好的技术研发环境,重视农业技术溢出的减排效应

创造良好的技术研发环境,不断完善知识产权保护制度,通过优惠政策,鼓励企业、高校等科研主体进行技术研发;整合人才、资本、信息和技术,促进地区优势整合互补,加速技术推广应用;推动农业相关多样化集聚,增强相关产业间的技术连接和共享,使技术溢出的产业渠道更通畅,技术减排效果更明显。

5.3 研究展望

本文仅从省级层面测算了农业碳排放,未考虑农业碳汇功能,在未来可兼顾农业减排增汇的双重属性;此外,本文研究视角较为宏观,仅考察了省级层面产业集聚对农业碳排放空间效应的影响,而产业集聚也会影响微观企业和农户的碳行为,未来可立足微观,考察企业和农户减排互动。

参考文献(References):

- [1] 胡鞍钢. 中国实现2030年前碳达峰目标及主要途径[J]. 北京工业大学学报(社会科学版), 2021, 21(3): 1-15. [Hu A G. China's goal of achieving carbon peak by 2030 and its main approaches[J]. Journal of Beijing University of Technology (Social Sciences Edition), 2021, 21(3): 1-15.]

2022年12月

- [2] Jeroen W, Neda Z. Hegemony and asymmetry: Multiple-chessboard games on transboundary rivers[J]. *International Environmental Agreements*, 2012, 12(3): 215-229.
- [3] 黄庆华, 时培豪, 胡江峰. 产业集聚与经济高质量发展: 长江经济带 107 个地级市例证[J]. *改革*, 2020, (1): 87-99. [Huang Q H, Shi P H, Hu J F. Industrial agglomeration and high-quality economic development: Examples of 107 prefecture-level cities in the Yangtze River Economic Belt[J]. *Reform*, 2020, (1): 87-99.]
- [4] Phebe A O, Samuel A S. Is there a causal effect between agricultural production and carbon dioxide emissions in Ghana?[J]. *Environmental Engineering Research*, 2019, 22(1): 40-54.
- [5] Crippa M, Solazzo E, Guizzardi D, et al. Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions[J]. *Nature Food*, 2021, 2(3): 198-209.
- [6] Zhang L, Pang J X, Chen X P, et al. Carbon emissions, energy consumption and economic growth: Evidence from the agricultural sector of China's main grain-producing areas[J]. *Science of the Total Environment*, 2019, 665: 1017-1025.
- [7] 何艳秋, 成雪莹, 王芳. 技术扩散视角下农业碳排放区域溢出效应研究[J]. *农业技术经济*, 2022, (4): 132-144. [He Y Q, Cheng X Y, Wang F. Study on regional spillover effect of agricultural carbon emission based on the perspective of agricultural technology diffusion[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2022, (4): 132-144.]
- [8] 田云, 陈池波. 市场与政府结合视角下的中国农业碳减排补偿机制研究[J]. *农业经济问题*, 2021, (5): 120-136. [Tian Y, Chen C B. Research on the compensation mechanism of agricultural carbon emission reduction in China from the perspective of combination of market and government[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2021, (5): 120-136.]
- [9] 章胜勇, 尹朝静, 贺亚亚, 等. 中国农业碳排放的空间分异与动态演进: 基于空间和非参数估计方法的实证研究[J]. *中国环境科学*, 2020, 40(3): 1356-1363. [Zhang S Y, Yin Z J, He Y Y, et al. Spatial differentiation and dynamic evolution of agricultural carbon emissions in China: Empirical research based on spatial and nonparametric estimation methods[J]. *China Environmental Science*, 2020, 40(3): 1356-1363.]
- [10] 张哲晰, 穆月英. 农业产业集聚的生产效应及提升路径研究[J]. *经济经纬*, 2018, 35(5): 80-86. [Zhang Z X, Mu Y Y. Research on production effect and upgrade path of agricultural industry agglomeration[J]. *Economic Survey*, 2018, 35(5): 80-86.]
- [11] 胡中应, 胡浩. 产业集聚对我国农业碳排放的影响[J]. *山东社会科学*, 2016, (6): 135-139. [Hu Z Y, Hu H. Impact of industrial agglomeration on China's agricultural carbon emissions[J]. *Shandong Social Sciences*, 2016, (6): 135-139.]
- [12] 田云, 尹恣昊. 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 Y, Yin M H. Re-evaluation of China's agricultural carbon emissions: Basic status, dynamic evolution and spatial spillover effects[J]. *China's Rural Economy*, 2022, (3): 104-127.]
- [13] 田云, 尹恣昊. 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. [Tian Y, Yin M H. Research on the impact of industrial agglomeration on China's agricultural net carbon effect[J]. *Journal of Huazhong Agricultural University (Social Science Edition)*, 2021, (3): 107-117.]
- [14] 李文华, 周倩, 陈永强. 农业产业集聚与碳排放: 我国省际层面的实证分析[J]. *江苏农业科学*, 2018, 46(24): 436-441. [Li W H, Zhou Q, Chen Y Q. Agricultural industry agglomeration and carbon emissions: Empirical analysis of China's provincial level[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2018, 46(24): 436-441.]
- [15] 胡超, 旷爱萍. 区域农业产业集聚对碳排放的影响研究: 以广西为例[J]. *哈尔滨学院学报*, 2022, 43(4): 39-42. [Hu C, Kuang A P. Research on the impact of regional agricultural industrial agglomeration on carbon emissions: A case study of Guangxi[J]. *Journal of Harbin University*, 2022, 43(4): 39-42.]
- [16] 何培培, 张俊飏, 何可, 等. 农业生产何以存在低碳效率幻觉: 来自 1997-2016 年 31 个省份面板数据的证据[J]. *自然资源学报*, 2020, 35(9): 2205-2217. [He P P, Zhang J B, He K, et al. Why there is a low-carbon efficiency illusion in agricultural production? Evidence from Chinese provincial panel data in 1997-2016 [J]. *Journal of Natural Resources*, 2020, 35(9): 2205-2217.]
- [17] Liu H M, Wen S B, Zhang Z. Agricultural production agglomeration and total factor carbon productivity: Based on NDDF-MML index analysis[J]. *China Agricultural Economic Review*, 2022, 14 (4): 709-740.
- [18] 程琳琳, 张俊飏, 何可. 农业产业集聚对碳效率的影响研究: 机理、空间效应与分群差异[J]. *中国农业大学学报*, 2018, 23(9): 218-230. [Cheng L L, Zhang J B, He K. Different spatial impact of agricultural industrial agglomerations on carbon efficiency: mechanism, spatial effect and groups differences[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2018, 23(9): 218-230.]
- [19] 银西阳, 贾小娟, 李冬梅. 农业产业集聚对农业绿色全要素生产率的影响: 基于空间溢出效应视角[J]. *中国农业资源与区划*, 2022, 43(10): 110-119. [Yin X Y, Jia X J, Li D M. The impact of agricultural industrial agglomeration on green total factor productivity: Based on the perspective of spatial spillover effect[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2022, 43(10): 110-119.]
- [20] Xu P, Jin Z H, Tang H. Influence paths and spillover effects of agricultural agglomeration on agricultural green development[J]. *Sustainability*, 2022, DOI: 10.3390/su14106185.
- [21] Zhang H R, Zhang J W, Song J F. Analysis of the threshold effect of agricultural industrial agglomeration and industrial structure upgrading on sustainable agricultural development in China[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2022, DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.130818.
- [22] Lucas V, Gasselin P, Van D P. Local inter-farm cooperation: A hidden potential for the agroecological transition in northern agricultures[J]. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 2019, 43

- (2): 145-179.
- [23] 邵帅, 张可, 豆建民. 经济集聚的节能减排效应: 理论与中国经验[J]. 管理世界, 2019, 35(1): 36-60. [Shao S, Zhang K, Dou J M. Effects of economic agglomeration on energy saving and emission reduction: Theory and empirical evidence from China[J]. Journal of Management World, 2019, 35(1): 36-60.]
- [24] 陈文静, 叶宇, 何刚. 产业集聚与企业管理能力: 空间溢出和交互效应的实证研究[J]. 工业技术经济, 2022, 41(12): 77-85. [Chen W J, Ye Y, He G. Industrial agglomeration and business management ability: Empirical research on spatial spillover and interaction effect[J]. Journal of Industrial Technological Economics, 2022, 41(12): 77-85.]
- [25] 于丽艳, 穆月英, 侯玲玲, 等. 县域农业生产集聚形成的影响因素: 以环渤海区域蔬菜生产为例[J]. 中国农业大学学报, 2022, 27(8): 303-312. [Yu L Y, Mu Y Y, Hou L L, et al. Influencing factors of the formation of agricultural production agglomeration in counties: Taking vegetable production in the Bohai Rim region as an example[J]. Journal of China Agricultural University, 2022, 27(8): 303-312.]
- [26] 王艳荣. 农业产业集聚视角下技术创新效应的影响因素研究[J]. 经济经纬, 2012, (5): 38-42. [Wang Y R. A research on the factors of agricultural technology innovation on the perspective of agricultural cluster[J]. Economic Survey, 2012, (5): 38-42.]
- [27] Jacobs W, Koster H R A, Oort F V. Co-agglomeration of knowledge-intensive business services and multinational enterprises[J]. Journal of Economic Geography, 2014, 14(2): 443-475.
- [28] Frenken K, van Oort F, Verburg T. Related variety, unrelated variety and regional economic growth[J]. Regional Studies, 2007, 41(5): 685-697.
- [29] Boschma R, Iammarino S. Related Variety and Regional Growth in Italy[R]. SPRU Electronic Working Paper Series, 2007.
- [30] Castaldi C, Frenken K, Los B. Related variety, unrelated variety and technological breakthroughs: An analysis of US state-level patenting[J]. Regional Studies, 2015, 49(5): 767-781.
- [31] 杨志青, 薛领, 雪燕, 等. 农业种植多样化研究进展[J]. 农业展望, 2019, 15(11): 51-56. [Yang Z Q, Xue L, Xue Y, et al. Research progress on agricultural crop diversification[J]. Agricultural Outlook, 2019, 15(11): 51-56.]
- [32] 任肇雯, 汪家权, 胡淑恒, 等. 江西省农业活动甲烷排放估算[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2019, 42(11): 1551-1556. [Ren Z W, Wang J Q, Hu S H, et al. Estimation of methane emission from agricultural activities in Jiangxi Province[J]. Journal of Hefei University of Technology (Natural Science), 2019, 42(11): 1551-1556.]
- [33] He Y Q, Zhu S Y, Zhang Y, et al. Calculation, elasticity and regional differences of agricultural greenhouse gas shadow prices[J]. Science of the Total Environment, 2021, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.148061.
- [34] 杨任发. 产业集聚与地区工资差异: 基于我国269个城市的实证研究[J]. 管理世界, 2013, (8): 41-52. [Yang R F. Industrial agglomeration and regional wage difference: An empirical study based on 269 cities in China[J]. Management World, 2013, (8): 41-52.]
- [35] 伍国勇, 孙小钧, 于福波, 等. 中国种植业碳生产率空间关联格局及影响因素分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2020, 30(5): 46-57. [Wu G Y, Sun X J, Yu F B, et al. Spatial correlation pattern and influencing factors of China's crop production carbon productivity[J]. China Population, Resources and Environment, 2020, 30(5): 46-57.]
- [36] Zhang L, Pang J X, Chen X P, et al. Carbon emissions, energy consumption and economic growth: Evidence from the agricultural sector of China's main grain-producing areas[J]. Science of the Total Environment, 2019, 665(15): 1017-1025.
- [37] 李成龙, 周宏. 农业技术进步与碳排放强度关系: 不同影响路径下的实证分析[J]. 中国农业大学学报, 2020, 25(11): 162-171. [Li C L, Zhou H. Relationship between agricultural technology progress and carbon emission intensity: An empirical analysis under different influence paths[J]. Journal of China Agricultural University, 2020, 25(11): 162-171.]
- [38] 王东, 李金叶. 环境规制、技术进步与能源碳排放效率[J]. 技术经济与管理研究, 2022, (7): 31-36. [Wang D, Li J Y. Environmental regulation, technological progress and energy carbon emission efficiency[J]. Journal of Technical Economics & Management, 2022, (7): 31-36.]
- [39] 曹翔, 高瑀, 刘子琪. 农村人口城镇化对居民生活能源消费碳排放的影响分析[J]. 中国农村经济, 2021, (10): 64-83. [Cao X, Gao Y, Liu Z Q. The impact of urbanization of rural residents on carbon emissions from household energy consumption[J]. Chinese Rural Economy, 2021, (10): 64-83.]
- [40] He Y Q, Cheng X Y, Wang F, et al. Spatial correlation of China's agricultural greenhouse gas emissions: A technology spillover perspective[J]. Natural Hazards, 2020, 104(3): 2561-2590.
- [41] 蔡丽茹, 吴昕晖, 杜志威. 环境友好型农业技术扩散的时空演化与影响因素: 基于社会网络视角[J]. 地理研究, 2022, 41(1): 63-78. [Cai L R, Wu X H, Du Z W. The spatio-temporal pattern of environmentally-friendly agricultural technology diffusion and its influencing factors: From the social network perspective[J]. Geographical Research, 2022, 41(1): 63-78.]
- [42] Griliches Z. Issues in assessing the contribution of R&D to productivity growth[J]. Bell Journal of Economics, 1979, 10: 92-116.
- [43] Peri G. Determinants of knowledge flows and their effect on innovation[J]. Review of Economics & Statistics, 2005, 87(2): 308-322.
- [44] 刘云强, 邵小或, 刘莎, 等. 空间视角下绿色技术创新动力解构: 政策推进与市场拉动[J]. 科技进步与对策, 2022, 39(13): 54-64. [Liu Y Q, Shao X Y, Liu S, et al. Driving forces deconstruction of green technology innovation from a spatial perspective: Policy push and market pull[J]. Science & Technology Progress and Policy, 2022, 39(13): 54-64.]
- [45] Boschma R, Minondo A, Navarro M. Related variety and regional

2022年12月

- growth in Spain[J]. *Papers in Regional Science*, 2012, 91(2): 241–256.
- [46] 张耀会. 地区间竞争影响、形成原因与化解[J]. *工业技术经济*, 2004, 6(23): 80–89. [Zhang Y H. Impacts, causes and solutions of regional competition[J]. *Industrial Technical Economy*, 2004, 6 (23): 80–89.]
- [47] 孙晓华, 柴玲玲. 相关多样化、无关多样化与地区经济发展: 基于中国282个地级市面板数据的实证研究[J]. *中国工业经济*, 2012, 6: 5–17. [Sun X H, Chai L L. Related diversification, unrelated diversification and regional economic development: An empirical study based on panel data of 282 prefecture level cities in China[J]. *China Industrial Economy*, 2012, 6: 5–17.]

Spatial effects of agricultural carbon emissions from the perspective of industrial agglomeration

HE Yanqiu, WANG Hongchun, LIU Yunqiang

(School of Management, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China)

Abstract: Regional coordinated emission reduction based on the spatial correlation of carbon emissions is an important way to achieve the dual carbon goals. Agriculture is highly dependent on resources, which makes its development more inclined to agglomerate. However, the degree, direction, and form of the impact of industrial agglomeration on the spatial correlation of carbon emissions are unclear, and whether different types of industrial agglomeration cause differences in the spatial correlation of carbon emissions remains to be examined. Therefore, this study used the spatial Durbin model to analyze the impact of industrial agglomeration on the spatial spillover of agricultural carbon emissions, and further used the partitioned Durbin model and grouped Durbin model to analyze the regional heterogeneity of this effect. Finally, regional technology correlation was used as the mediation variable, and the mediation effect model was used to investigate the effects of related and unrelated diversifications on carbon correlation. The results show that: (1) Agricultural specialization agglomeration is conducive to more regions to achieve emission reduction, and the spatial effect of emission reduction between low specialization agglomeration areas is more obvious; (2) Agricultural synergistic agglomeration increases carbon emissions in more regions, and the effect of high synergistic agglomeration area on low synergistic agglomeration area is more obvious; (3) The choice of synergistic agglomeration and specialization agglomeration in the agricultural optimization development area and the agricultural protection development area can promote the emission reduction; (4) Related and unrelated diversifications enhanced and weakened the spatial effects on agricultural carbon emissions through regional technological interaction. We further proposed to promote cross-regional agriculture industrial agglomeration; adopt differentiated agriculture industrial agglomeration methods to stimulate regional emission reduction potential; strengthen regional environmental assessment; and ultimately achieve efficient agricultural emission reduction.

Key words: agricultural carbon emissions; industrial specialization agglomeration; industrial synergistic agglomeration; related diversification; unrelated diversification; spatial effect; mediation effect; spatial Durbin model