

引用格式: 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 X Q, Li Z Q, Zhang Y S. Influence of rural land transfer on agricultural carbon emissions and its spatial characteristics[J]. Resources Science, 2023, 45(1): 77-90.] DOI: 10.18402/resci.2023.01.06

农地流转对农业碳排放的影响及空间特性

吉雪强, 李卓群, 张跃松

(中国人民大学公共管理学院, 北京 100872)

摘要:【目的】农业碳排放问题对于碳达峰碳中和目标实现具有重要意义, 农地流转是重大农业变革, 对农业碳排放具有显著作用, 然而现有研究未深入探索农地流转对农业碳排放的影响, 影响了农业碳减排工作的进一步推进。【方法】本文在理论探讨基础上结合 2005—2020 年中国 30 个省份面板数据, 综合利用双固定效应回归模型、工具变量模型、中介效应模型、空间计量模型, 在严格检验基础上实证分析了农地流转对农业碳排放的影响效应、中介路径及其空间特性。【结果】①农地流转对农业碳排放产生显著正向影响, 即农地流转面积扩大会促进农业碳排放增加; ②农业经营规模在农地流转促进农业碳排放增加过程中发挥部分中介效应, 农地流转能通过提升农业经营规模进而增加农业碳排放; ③考虑空间效应时, 农地流转对本地区农业碳排放产生显著正向影响, 对邻近地区农业碳排放产生显著负向影响, 农业经营规模在农地流转对本地区农业碳排放的影响过程中发挥部分中介效应。【结论】农地流转对农业碳排放存在显著影响, 农地流转推进过程应重视农业碳排放问题。

关键词: 农地流转; 农业碳排放; 中介效应; 空间效应; 工具变量; 中国

DOI: 10.18402/resci.2023.01.06

1 引言

碳排放问题是中国高质量发展的核心问题之一。一方面, 碳排放增加所造成的温室效应将带来各种环境问题并引发自然灾害^[1], 严重威胁社会生产和人民生活; 另一方面, 随着欧美国家碳关税的实施, 碳排放逐渐成为国际贸易的重要壁垒^[2]。近年来, 随着绿色发展观念的深入, 推进碳达峰、碳中和成为中国社会重要共识。碳达峰碳中和目标的实现, 需要就各领域碳排放问题进行深入研究, 通过对碳排放科学规律的探索以为减排工作开展提供实践指导和理论支持。

农业是碳排放重要来源, 现有研究指出世界范围内农业碳排放占碳排放总量的 20% 以上^[3]。就中国而言, 农业活动造成的碳排放占碳排放总量的 17%^[4]。虽然, 相对于工业碳排放, 农业碳排放占比较低, 但由于中国碳排放总量巨大, 使得中国农业

碳排放的绝对数值依然庞大^[5-7]。在此背景下, 农业碳排放对于中国碳排放问题的重要作用不容忽视^[8,9]。学界围绕农业碳排放开展了丰富研究。一方面, 学者们探讨了农业碳排放计算体系及指标^[10,11], 并深入分析了农业碳排放现状及其演变规律^[7,12-14]。另一方面, 学者们讨论了农业碳排放影响因素, 主要分析了农业经济发展^[15,16]、农业机械化^[17-19]、农业产业集聚^[20]、技术发展^[21,22]、环境规制^[23]等因素对农业碳排放的重要影响。

上述成果表明学界围绕农业碳排放这一主题已经构建了较为完善的研究体系, 为农业碳减排行动开展提供了一定指导。但是, 现有农业碳排放研究较少对农地流转这一农业领域重大变革所可能带来的影响进行分析。这一局限制约了农业碳排放研究体系的进一步完善。农地流转是近年来中国最重要的农业变革之一, 随着农地流转工作深

收稿日期: 2022-10-29; 修订日期: 2022-12-22

基金项目: 国家社会科学基金项目(17BRK023)。

作者简介: 吉雪强, 男, 江西吉安人, 博士研究生, 研究方向为土地经济与政策、房地产经济与管理。E-mail: 252358980@qq.com

通讯作者: 张跃松, 女, 内蒙古赤峰人, 博士, 教授, 博导, 研究方向为住房保障与政策评价。E-mail: yuesong51@sina.com

入,其对农业发展的影响日益显著。现有研究发现农地流转对于农业集约化^[24]、农业规模化^[25]以及农业产业结构升级^[26]有着显著作用,且对粮食生产存在重要影响^[27];此外,农地流转对改善农户生活具有现实意义,现有研究指出农地流转具有多维减贫效应^[28,29],有助于推进贫困地区脱贫^[30]。另外,现有研究还讨论了农地流转对劳动力转移的推动作用^[31]以及对农业生产效率的影响^[32]。显然,农地流转的影响体现在农业发展的方方面面。在分析农业碳排放时,如果不考虑农地流转这一重要实践,将降低农业碳排放研究的现实意义。现有研究虽较少直接讨论农地流转对农业碳排放的影响,但也深入分析了农地流转的环境效应^[33-37],表明学界对于农地流转造成的环境问题的重视,而农地流转对农业碳排放的影响是农地流转环境效应研究的重要组成,更需要对这一问题进一步分析。

农地流转这一重大变革对农业碳排放的影响效应不明确、作用路径不清晰、空间影响不确切,不利于农业碳排放研究体系的完善,也不利于农业碳排放问题的解决。为此,本文基于现有成果,就农地流转对农业碳排放^①的影响进行理论探讨,而后利用双固定效应回归模型、工具变量模型、中介效应模型、空间计量模型,就农地流转对农业碳排放的影响效应、中介路径及空间特性进行系统分析,并对相关结果进行严格检验,以期探明农地流转对农业碳排放的影响情况,为农业碳达峰碳中和目标实现提供科学支持。

2 理论分析与假设

2.1 农地流转对农业碳排放的总体影响

农业碳排放是指农业活动所产生的温室气体排放,本文所关注的狭义农业的温室气体排放包括稻田的CH₄排放,稻田和其他农作物(春小麦、冬小麦、大豆、玉米、蔬菜、棉花和其他旱作物)的N₂O排放以及肥料的N₂O排放,化肥、农药、农膜、农用柴油和农业灌溉的CO₂排放^[10,11]。

就农地流转对农业碳排放的影响而言,农地流转能通过扩大农作物播种面积、提升农业机械化水平、扩大农业灌溉面积等途径增加农业碳排放。①农地流转会扩大农作物播种面积进而增加农业碳

排放。闵继胜等^[10]和尚杰等^[11]将各类农作物的播种面积与相关系数相乘计算农业碳排放中的CH₄和N₂O。因此,农作物播种面积会直接影响农业碳排放。而罗明忠等^[38]和仇童伟等^[39]指出,农地流转会减少耕地抛荒,从而扩大农作物播种面积。所以,农地流转会扩大农作物播种面积进而增加农业碳排放。②农地流转会提升农业机械化水平,这也会增加农业碳排放。农业机械是重要的农业碳源^[18],郭小琳等^[32]指出农地转入显著提高了农户使用机械的可能性。所以,农地流转会强化农业机械使用从而增加农业碳排放。③农地流转会扩大农业灌溉面积而增加农业碳排放。农业灌溉是农业CO₂的来源,郭珍^[40]指出农地流转能提升农业灌溉设施供给水平,而农业灌溉面积扩大会增加农业碳排放^[10,11]。可见农地流转对多数农业碳源产生正向影响。当然,农地流转对农业碳排放的影响不全是增量效应。结合闵继胜等^[10]和尚杰等^[11]的研究成果可知,化肥、农药、农膜等农业化学物资是农业CO₂的重要来源。邹伟等^[34]和纪龙等^[41]指出农地流转存在化肥减量效应,长期稳定的流转活动会促进流入地农户减少化肥使用^[35,36]。郑纪刚等^[42]也发现与小农户相比规模户过量施用农药的可能性更低。可见,农地流转一定程度上会减少农业化学物资投入,进而降低农业碳排放。

综上,农地流转对农业碳排放既存在增量效应也存在减量效应。但是就农地流转的减量效应而言,农地流转对化肥等农业化学物资的作用存在争议。郑纪刚等^[36]认为农地流转虽然减少了农地流入者的化肥使用,但却增加了农地流出者的化肥使用。所以,农地流转对农业碳排放的减量效应并非绝对。此外,根据闵继胜等^[10]和尚杰等^[11]的研究成果可知,农业碳排放的主要来源是农作物播种所造成的CH₄与N₂O,化肥等农业化学物资投入造成的CO₂占农业碳排放总量的比重相对较低。所以,农地流转通过扩大农作物播种面积等途径增加的碳排放更多。故此,提出假设:

假设1:农地流转对农业碳排放产生正向影响,即农地流转面积扩大会增加农业碳排放。

2.2 农地流转经农业经营规模对农业碳排放的影响

农地流转对农业碳排放的部分影响需通过作

① 考虑到现有农地流转主要是耕地流转,为此本文探讨的农地流转对农业碳排放的影响为农地流转对狭义农业碳排放的影响。

2023年1月

用于其他中介变量实现。结合现有研究,本文认为农地流转可通过作用于农业经营规模而对农业碳排放产生影响。就其方向而言,农地流转能通过提升农业经营规模而增加农业碳排放。①农地流转会促进农业经营规模提升。万举等^[43]指出农地流转将推进农地合理流动,从而有效解决家庭联产承包责任制所带来的土地撂荒、耕地细碎化等问题,进而提升农业经营规模。莫亚琳等^[44]和陈飞等^[45]分析农地流转的效应时也指出,农业经营规模是农地流转发挥作用的重要中介变量,且进一步指出农地流转对农业经营规模产生促进作用。②农业经营规模提升对农业碳排放具有正向影响。农业经营规模提升,一般意味着更多的农业物资投入,而这都是农业碳排放的重要来源^[10,11]。刘琼等^[46]、刘琼等^[47]、陈宇斌等^[48]指出农业经营规模提升对于农业碳排放的影响为“U”型,即农业经营规模提升初期,规模经营能推进各类农业要素的合理使用,从而降低农业要素使用强度,进而减少农业碳排放;但随着经营规模进一步提升,农业经营主体为实现农业增产,会使用过量的化肥、农膜以及农业机械,从而造成农业碳排放增加。现阶段,农业规模经营对农业碳排放的增量效应已经逐步显现^[46-48]。综上,农地流转能通过提升农业经营规模而增加农业碳排放。故此,提出假设:

假设2:农地流转能通过提升农业经营规模而增加农业碳排放,即农业经营规模在农地流转增加农业碳排放过程中发挥中介效应。

2.3 农地流转对农业碳排放影响的空间特性

随着现代交通网络和信息网络的完善,地区间经济社会发展的联系日益增强,一地区的变动会对周边地区乃至远处产生作用,农业领域的变革同样如此。现有研究分析发现农地流转的影响不仅局限于本地区,更会对周边地区农业和农村发展产生作用。如,卢新海等^[28]以及洪名勇等^[30]指出农地流转的影响存在空间效应。而田云等^[7]、郑阳阳等^[49]、吴昊玥等^[50]发现农业碳排放同样存在显著的空间效应。因此,农地流转对农业碳排放可能也存在空间影响,结合前文农地流转对农业碳排放影响效应理论分析可知,农地流转对农业碳排放存在正向空间

影响效应。所以,提出假设:

假设3:农地流转对农业碳排放存在正向空间影响,即农地流转面积扩大会增加本地区或周边邻近地区农业碳排放。

3 模型构建、变量说明与数据来源

3.1 模型构建

(1) 双固定效应回归模型

构建地区和时间双固定效应回归模型作为基准回归模型,估计农地流转对农业碳排放的总体影响效应,以验证假设1:

$$ACE_{it} = c_1 + c_{LTR} LTR_{it} + \sum S X_{it} + \sigma_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

式中: i 表示地点; t 表示时间; ACE_{it} 表示农业碳排放; c_1 为截距项; c_{LTR} 为农地流转的系数; LTR_{it} 表示农地流转; S 为控制变量系数; X_{it} 表示控制变量; σ_i 表示地区固定效应; μ_t 表示时间固定效应; ε_{it} 表示随机误差项。

(2) 工具变量模型

为进一步解决主效应分析过程中的内生性问题,利用工具变量模型进行检验和处置。工具变量一阶段模型设定如下:

$$\overline{LTR}_{it} = c_2 + c_{IV} IV_{it} + \sum S X_{it} + \sigma_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

式中: \overline{LTR}_{it} 为基于工具变量拟合的农地流转情况; c_2 为截距项; c_{IV} 为工具变量系数; IV 为工具变量。工具变量第二阶段模型则用第一阶段拟合的农地流转情况放入式(1)。

$$ACE_{it} = c_3 + \bar{c}_{LTR} \overline{LTR}_{it} + \sum S X_{it} + \sigma_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

式中: c_3 为截距项; \bar{c}_{LTR} 是基于工具变量拟合的农地流转情况 \overline{LTR}_{it} 的系数,此时,由于 \overline{LTR}_{it} 是由工具变量和其他外生变量所决定,因此再次回归获得的 \bar{c}_{LTR} 是无偏的。

(3) 中介效应模型

借鉴邓荣荣等^[51]的研究成果,利用面板数据中介效应模型分析农地流转对农业碳排放的中介作用路径,从而验证假设2。其中,第一阶段中介效应模型为式(1)所展示的主效应公式。第二、三阶段模型见式(4)与式(5)。需要注意的是,本文在计算中介变量的中介效应时,采取的是平行中介效应分析^②。

② 即在分析一中介变量作用时,不考虑其他变量中介作用,将其余变量作用都归纳为农地流转对农业碳排放的直接影响。这样可以清晰描述各中介变量作用,避免串联式中介效应分析带来的作用重叠问题。

$$M_{it} = a_1 + a_{LTR} LTR_{it} + \sum SX_{it} + \sigma_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

式中: M_{it} 为中介变量; a_1 为截距项; a_{LTR} 为农地流转的系数。

$$AEC_{it} = c'_1 + c'_{LTR} LTR_{it} + bM_{it} + \sum SX_{it} + \sigma_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

式中: c'_1 为截距项; c'_{LTR} 为农地流转的系数; b_i 为中介变量的系数。

(4) 空间计量模型

为分析农地流转对农业碳排放的空间影响情况以验证假设3, 构建空间计量模型如下:

$$ACE_{it} = c\psi + c\rho \sum_{j=1, j \neq i}^n W_{ij} ACE_{it} + c\delta LTR_{it} + c\varphi X_{it} + c\zeta \sum_{j=1, j \neq i}^n W_{ij} (LTR_{it} + X_{it}) + \sigma_i + \mu_t + \varpi_{it} \quad (6)$$

式中: $c\psi$ 为常数项; $c\rho$ 为空间自相关系数; W_{ij} 为邻接(0-1)权重矩阵; $c\delta$ 、 $c\varphi$ 为回归系数; $c\zeta$ 为滞后项系数; σ_i 表示地区固定效应; μ_t 表示时间固定效应; ϖ_{it} 为随机误差项。当 $c\rho \neq 0$ 、 $c\zeta = 0$, 式(6)简化为空间滞后模型; 当 $c\rho = 0$ 、 $c\zeta = 0$, 式(6)简化为空间误差模型。

为探讨农地流转对农业碳排放的空间作用机制, 借鉴中介效应模型, 构建空间中介模型如下:

$$M_{it} = a\psi + a\rho \sum_{j=1, j \neq i}^n W_{ij} M_{it} + a\delta LTR_{it} + a\varphi X_{it} + a\zeta \sum_{j=1, j \neq i}^n W_{ij} (LTR_{it} + X_{it}) + \sigma_i + \mu_t + \varpi_{it} \quad (7)$$

$$ACE_{it} = c'\psi + c'\rho \sum_{j=1, j \neq i}^n W_{ij} ACE_{it} + c'\delta LTR_{it} + b\theta M_{it} + c'\varphi X_{it} + c'\zeta \sum_{j=1, j \neq i}^n W_{ij} (LTR_{it} + M_{it} + X_{it}) + \sigma_i + \mu_t + \varpi_{it} \quad (8)$$

式中: $a\psi$ 、 $c'\psi$ 为常数项; $a\rho$ 、 $c'\rho$ 为空间自相关系数; $a\delta$ 、 $a\varphi$ 、 $c'\delta$ 、 $c'\varphi$ 、 $b\theta$ 为回归系数; $a\zeta$ 、 $c'\zeta$ 为滞后项系数。

3.2 变量说明

被解释变量: 以农业碳排放作为被解释变量,

主要包括: 稻田的 CH_4 排放, 稻田和其他农作物(春小麦、冬小麦、大豆、玉米、蔬菜、棉花和其他旱作物)的 N_2O 排放以及肥料的 N_2O 排放, 化肥、农药、农膜、农用柴油和农业灌溉的 CO_2 排放。关于农业碳排放相关的各类系数具体数值及其计算参见尚杰等^[52]的研究成果^③。

核心解释变量: 参考卢新海等^[28]的研究, 以农业农村部所公布的各省家庭承包耕地流转总面积作为农地流转情况具体指标, 并以此作为实证分析的核心解释变量。根据农业农村部官网信息, 家庭承包耕地流转总面积包括农村家庭承包耕地转让面积、互换面积、流转面积(包括出租转包面积、入股面积和其他形式流转面积), 转入者既包括企业、合作社、家庭农场, 也包括一般农户。

控制变量: 综合引言所提及的农业碳排放影响因素研究^[15-23]以及农业碳排放实际, 本文选择农业产值(不变价)、农业产业聚集、农业劳动力、农业受灾率等变量控制各省农业发展情况, 选择产业结构、对外开放程度、创新与技术发展、环境规制等变量控制各省整体经济社会发展情况。农业产值是农业经济发展的结果体现, 其将对农业碳排放产生重要作用。农业产业聚集反映一地区农业的聚集程度, 当地区农业聚集时, 农业碳排放可能会增加。农业劳动力数量是一地区农业发展的重要组成部分, 也会制约农地流转对农业碳排放的影响。农业受灾率会直接影响地区农业发展, 并对农业碳排放产生影响。产业结构体现一地区的经济结构及农业重要程度。对外开放程度会影响地区农业经营者的决策, 一般对外开放程度越高, 农业碳排放越低。创新与技术发展体现地区科技发展情况, 科技发展水平越高, 农业碳排放越低。环境规制则反映地区政府对环境保护问题的重视程度, 环境规制越强, 农业碳排放一般越低。

工具变量: 选择了两个工具变量, 分别命名为农地流转工具变量1与农地流转工具变量2(表1)。这两个工具变量的基础变量为1983年各省实施家庭联产承包责任制的比例, 一方面是由于这一

③ 在分析中, 本文之所以专门选择农作物播种以及农业物资所引起的碳排放, 是因为农地流转对这几个方面会产生直接的作用, 进而影响农业碳排放。对于秸秆焚烧碳排放, 由于现有研究较少指出农地流转对秸秆焚烧的作用。因此, 在理论上缺乏农地流转对秸秆焚烧及其所产生碳排放影响的分析依据。且由于本文探索狭义农业碳排放, 因此对于畜牧业碳排放也没有进行计算。

2023年1月

表1 变量描述性说明

Table 1 Description and descriptive statistics of variables

变量类型	变量名称	体现内容	变量赋值说明	均值	标准差
被解释变量	农业碳排放	农业的温室气体排放	农业活动的碳排放/万 t	2183.251	1544.472
解释变量	农地流转面积	农地流转情况	农地流转面积/万亩	1028.335	1227.334
控制变量	农业产值(可比)	农业经济发展情况	农业增加值/亿元	925.506	695.991
	农业产业集聚	农业产业集聚程度	地区农业劳动力/农业劳动力总和	0.033	0.024
	农业劳动力	农业活动投入劳动力	第一产业从业人员×农业产值/农林牧渔业产值	490.860	363.234
	农业受灾率	农业受灾害影响情况	农业受灾面积/作物总播种面积	0.211	0.322
	产业结构	地区经济产业结构	第一产业增加值/地区生产总值	0.108	0.058
	对外开放程度	地区对外经贸情况	地区进出口总额/地区生产总值	0.045	0.051
	创新与技术发展	地区科技发展情况	国内专利申请授权数/件	41179.910	75230.870
	环境规制	政府环保重视情况	环保节能支出/财政预算总支出	0.030	0.013
	工具变量	农地流转内生性检验与处理工具	(1983年各省实施家庭联产承包责任制户数/1983年各省农村总户数)×(各省家庭承包耕地流转总面积/各省家庭承包耕地总面积)	0.225	0.166
	农地流转工具变量2	农地流转内生性检验与处理工具	(1983年各省实施家庭联产承包责任制的户数/1983年各省农村总户数)×各年份	1934.986	73.600
中介变量	农业经营规模	农业经营规模大小	农作物播种面积/农业劳动力/(hm ² /万人)	11872.090	5779.306

注:上述变量时间属性为年。

比例属于历史数据,对2005—2020年的农业碳排放影响较弱,具有外生性;另一方面早期的家庭联产承包责任制实施进度,一定程度反映当地的土地政策倾向,对当前的农地流转政策变迁具有一定的影响^[53]。但是,各省实施家庭联产承包责任制的比例是截面数据,而本文主效应分析采用的却是面板数据。因此,将该比例与各年各省家庭承包耕地流转比例或各年份数值进行相乘,将其变为面板数据可使用的工具变量。

中介变量:选择农业经营规模作为中介变量,农业经营规模参考莫亚琳等^[44]的研究,以农作物播种面积与农业劳动力之比进行反映。

3.3 数据来源

以中国30个省级行政区为研究对象,港澳台和西藏由于农业发展与其他地区存在较大差异,因此未纳入分析体系。研究时间设定为2005—2020年。其中,农业碳排放和各控制变量与中介变量所用基础数据来自各年《中国统计年鉴》《中国农村统计年鉴》《中国农业年鉴》;农地流转数据来自农业农村部官方网站;工具变量计算所需的1983年各省实施家庭联产承包责任制的户数和1983年各省农村总户数来自1984年《中国农业年鉴》,由于1983

年海南和重庆尚未成为独立的省级行政区,因此海南参考广东数据进行设置、重庆参考四川数据进行设置。为避免变量单位对分析的干扰,本文在分析前利用极差法对所有数据进行了标准化处理。

4 结果与分析

4.1 农业碳排放测度结果分析

表2展示了典型年份的地区农业碳排放情况。整体而言,2005—2020年中国农业碳排放总和呈现先升后降的趋势,农业碳排放总和由2005年的60419.959万t增加到2015年的69217.631万t,而后下降至2020年的58399.524万t。2015年后逐步下降可能是因为2015年农业面源污染治理攻坚战地开展,减少了化肥等农业化学物资的使用。就地区而言,中部地区农业碳排放处于较高水平,湖南、河南、安徽、湖北、江西等省份农业碳排放在多数年份排入全国前10。中部地区较高的农业碳排放一方面是由于其较多使用农业化学物资,如河南省2020年化肥施用量达到648万t,远超同年其他省份;另一方面,中部地区农业较为发达,农作物播种面积较广,农作物生长过程产生了较多碳排放,以湖南为例,其种植季水稻,水稻播种面积相比其他地

表2 2005—2020年各地区农业碳排放情况(万t)

Table 2 Agricultural carbon emissions in each region, 2005-2020 (10⁴ t)

地区	2005年	2010年	2015年	2020年	地区	2005年	2010年	2015年	2020年
北京	147.373	136.870	98.869	58.773	河南	4120.835	4885.818	5169.971	4573.643
天津	229.064	228.926	204.513	128.088	湖北	4029.874	4361.679	4429.850	4120.819
河北	3474.250	3201.961	3275.992	2416.903	湖南	4247.410	4618.702	4736.389	3805.572
山西	850.721	940.095	988.713	855.345	广东	2980.710	3056.515	3168.692	2377.028
内蒙古	1183.909	1629.750	1967.143	1999.988	广西	2931.562	2937.560	3064.185	2352.608
辽宁	1358.540	1578.927	1638.132	1414.720	海南	491.460	618.176	634.648	423.267
吉林	1336.962	1595.304	1829.859	1771.675	重庆	1052.250	1114.347	1184.747	1025.045
黑龙江	2254.649	3019.160	3277.526	3296.323	四川	2931.949	3117.596	3174.600	2694.149
上海	306.382	288.617	249.798	201.228	贵州	1001.084	1076.209	1231.394	1031.745
江苏	4977.827	5121.369	5132.570	4505.856	云南	1393.305	1697.810	2093.711	1774.628
浙江	2250.056	2127.476	2054.086	1538.171	陕西	1259.774	1492.372	1671.110	1500.067
安徽	4231.194	4605.055	4776.896	3810.660	甘肃	755.159	981.005	1267.820	989.782
福建	1727.208	1700.140	1724.037	1226.768	青海	60.561	78.954	94.359	74.105
江西	3293.901	3489.685	3559.219	2683.258	宁夏	229.288	311.198	331.486	313.255
山东	4299.497	4261.092	4121.139	3442.156	新疆	1013.205	1459.028	2066.178	1993.901

区更广。

4.2 农地流转对农业碳排放总体影响分析

4.2.1 分析结果与稳健性检验

根据式(1)利用stata16软件(下同)估计农地流转对农业碳排放影响效应,计算得表3中模型(1)。由表3模型(1)可知农地流转对农业碳排放影响系数为0.131,且在1%的统计水平显著,表明农地流转对农业碳排放产生显著正向影响,当农地流转面积扩大1%,农业碳排放会增加0.131%。由此可知,假设1成立。究其原因,如前文理论分析所指出,农地流转有利于推动农作物播种面积增加、农业机械化水平提升与农业灌溉面积扩大,从而增加农业碳排放。

就控制变量而言。农业产值系数为0.181,在1%的统计水平显著,表明农业产值对农业碳排放产生正向影响。其可能的解释是农业经济发展过程中农作物播种面积扩大、农业物资投入增多,从而增加了农业碳排放。农业劳动力系数为0.378,在1%的统计水平显著,表明农业劳动力数量对农业碳排放产生正向影响。其可能的解释在于农业劳动力数量越多,先进农业技术应用可能越低,包括有利于减碳的绿色农业技术和农业信息化技术,从而阻碍了农业碳排放的降低。现有研究^[45]也指出农业

劳动力数量增加不利于农业碳减排。对外开放程度系数为-0.084,在1%的统计水平显著,表明对外开放程度越高,农业碳排放越低。其可能的解释在于对外开放程度越高,地区农业生产就越需要考虑国际贸易中的绿色贸易壁垒,因此地区农业生产经营更可能采用绿色农业技术,进而降低农业碳排放。创新与技术发展的系数为-0.192,在1%的统计水平显著,表明创新与技术发展水平提升有利于降低农业碳排放。环境规制的系数为-0.091,在1%的统计水平显著,表明政府环保支出能较显著减少农业碳排放。

为验证模型(1)所展示结果的稳健性,采取调整控制变量、更换估计模型(更换为OLS回归模型和地区固定的面板数据回归模型)、调整估计时间(研究时间调整为2005—2019年)、调整研究区域(删除北京和新疆)等多种方式,对模型(1)回归结果进行验证,结果见表3模型(2)~(7)。由表3模型(2)~(7)可知,农地流转对农业碳排放的影响系数持续为正且都在1%的统计水平显著,因此模型(1)所论证的农地流转对农业碳排放产生显著正向影响这一结论具有稳健性。

4.2.2 内生性问题处置

在就农地流转对农业碳排放的影响效应进行

2023年1月

表3 农地流转对农业碳排放的总体影响效应及其稳健性分析

Table 3 Influence of rural land transfer on agricultural carbon emissions and its robustness analysis

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
农地流转	0.131*** (0.023)	0.178*** (0.023)	0.154*** (0.025)	0.319*** (0.054)	0.165*** (0.022)	0.159*** (0.023)	0.186*** (0.024)
农业产值	0.181*** (0.062)	-0.126** (0.050)	0.061 (0.066)	0.725*** (0.084)	0.174*** (0.060)	0.107* (0.063)	-0.041 (0.070)
农业产业聚集	-0.119 (0.079)	0.320*** (0.046)	-0.058 (0.085)	-1.250*** (0.201)	-0.200*** (0.056)	-0.091 (0.123)	-0.029 (0.080)
农业劳动力	0.378*** (0.077)		0.427*** (0.083)	1.674*** (0.192)	0.517*** (0.052)	0.329** (0.129)	0.222*** (0.080)
农业受灾率	0.011 (0.029)		0.007 (0.032)	0.027 (0.147)	0.015 (0.030)	0.015 (0.027)	0.002 (0.029)
农业产值占比	0.007 (0.033)		0.010 (0.036)	0.031 (0.055)	-0.070** (0.029)	-0.046 (0.033)	-0.016 (0.033)
对外开放程度	-0.084*** (0.030)		0.066** (0.027)	-0.115** (0.049)	-0.052* (0.027)	-0.062** (0.030)	-0.046 (0.035)
创新与技术发展	-0.192*** (0.029)			0.277*** (0.088)	-0.177*** (0.029)	-0.163*** (0.035)	-0.148*** (0.029)
环境规制	-0.091*** (0.017)			-0.382*** (0.065)	-0.074*** (0.017)	-0.078*** (0.016)	-0.074*** (0.017)
常数	0.308*** (0.028)	0.304*** (0.018)	0.232*** (0.029)	0.215*** (0.043)	0.329*** (0.027)	0.340*** (0.029)	0.380*** (0.030)
R^2	0.545	0.423	0.461	0.743	0.474	0.506	0.547
地区固定效应	控制	控制	控制	无	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	无	无	控制	控制

注:***、**和*分别表示1%、5%和10%的显著性水平,括号内为稳健标准误差。下同。

分析时,模型估计可能受到内生性问题的困扰。一方面,无法排除农地流转与农业碳排放可能存在的反向因果可能;另一方面部分随时间变化的特征可能会影响估计结果。为解决分析中的内生性问题,利用工具变量模型就农地流转对农业碳排放的影响再次进行估计,结果见表4。其中,表4模型(1)、(3)为两个工具变量与农地流转这一核心解释变量关系的估计,模型(2)、(4)则为工具变量拟合的农地流转情况对农业碳排放的影响。由模型(2)、(4)可知,处置了内生性的农地流转拟合值对农业碳排放的影响持续显著为正。

在利用工具变量法处理内生性问题时,需要进行弱工具变量检验、不可识别检验^④。农地流转工

具变量1的 F 值为226.253、工具变量2的 F 值为30.450,都大于10%偏误的临界值16.38。因此,两个工具变量都不是弱工具变量。其次,工具变量1的 LM 值为152.468,工具变量2的 LM 值为29.920, P 值都在1%的统计水平显著。可知工具变量通过了不可识别检验。

4.3 农地流转经农业经营规模对农业碳排放的影响分析

4.3.1 中介效应分析

根据式(4)设定,可就农地流转对农业经营规模这一中介变量的影响以及农地流转与农业经营规模对农业碳排放的影响进行分析,从而探明农地流转对农业经营规模影响的中介作用路径,结果见

④ 由于在分析中所选择的两个工具变量是单独使用在不同的估计模型中,因此每个工具变量模型都只有一个工具变量,故不存在工具变量过度识别问题,所以本文没有对工具变量进行过度识别检验。

表4 工具变量模型估计结果

Table 4 Instrumental variable model estimation results

	(1)	(2)	(3)	(4)
	农地流转	农业碳排放	农地流转	农业碳排放
农地流转工具变量1	0.592*** (0.039)			
农地流转工具变量2			-35.529*** (6.439)	
农地流转拟合值		0.115*** (0.037)		0.565*** (0.112)
控制变量	控制	控制	控制	控制
地区固定效应	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制

注:控制变量详情省略。下同。

表5模型(1)、(2)。由表5模型(1)可知,农地流转对农业经营规模影响系数为0.160,在1%的统计水平显著,表明农地流转面积的扩大显著提升了农业经营规模,这与万举等^[43]和莫亚琳等^[44]的研究结果一致。由模型(2)可知,在引入农业经营规模后,农地流转与农业经营规模都对农业碳排放产生正向影响,且都在1%的统计水平显著。

结合表3与表5中农地流转系数、农业经营规模系数,可对农业经营规模发挥的具体中介效应进行分析,结果见表6。由表6可知,农地流转能通过农业经营规模这一中介变量对农业碳排放产生影响,其中农业经营规模发挥部分中介效应,假设2成立。这一结果表明在仅考虑农业经营规模这一中介变量时,农地流转对农业碳排放的影响体现在两个方面,一是直接对农业碳排放产生的正向作用,其系数为0.127,二是通过提升农业经营规模而对农业碳排放产生的间接正向作用,系数为0.032。结合符号方向可知,农地流转通过提升农业经营规模而增加农业碳排放,即农地流转面积扩大提升了农业经营规模,而农业经营规模提高进一步增加了农业碳排放。这一中介作用路径为:农地流转↑→农业经营规模↑→农业碳排放↑。

表5 农地流转对中介变量作用分析

Table 5 Effect of rural land transfer on intermediary variables

	(1)	(2)
	农业经营规模	农业碳排放
农地流转	0.160*** (0.031)	0.127*** (0.023)
农业经营规模		0.200*** (0.036)
控制变量	控制	控制
常数	0.274*** (0.039)	0.286*** (0.030)
R ²	0.474	0.541
地区固定效应	控制	控制
时间固定效应	控制	控制

4.3.2 中介效应稳健性检验

利用Sobel分析法以及Bootstrap抽样法对农业经营规模的中介效应进行检验^⑤,Sobel分析结果显示的中介模型直接效应、间接效应、总效应系数值及其显著性与表6相似,Bootstrap抽样法检验结果也证明中介效应的存在。可见,中介效应模型估计具有稳健性。

4.4 农地流转对农业碳排放影响的空间特性分析

4.4.1 农地流转对农业碳排放空间影响及稳健性检验

根据前文分析可知,农地流转对农业碳排放的影响可能存在空间特性。为此,分别测算农地流转与农业碳排放的莫兰指数,发现各年农业碳排放莫兰指数至少在5%的统计水平显著,农地流转莫兰指数多数年份显著。可知,农地流转与农业碳排放都存在空间自相关。在分析前,本文还对模型进行了LM检验、LR检验以及Wald检验,结果显示双固定效应空间杜宾模型更适合作为空间影响效应分析的基础模型。因此,根据式(6)设定和检验结果,利用双固定效应空间杜宾模型计算农地流转对农业碳排放的空间影响效应,结果见表7模型(1),且进一步对表7模型(1)估计结果进行偏微分分解,结

表6 中介效应判断

Table 6 Mediation effect judgment

中介变量	c	c'	a	b	ab	ab/c'	ab/c	结论
农业经营规模	0.131***	0.127***	0.160***	0.200***	0.032	0.252	0.244	部分中介效应

⑤ 因篇幅所限,Sobel检验结果与Bootstrap检验结果省略,若有需要可向作者咨询。

2023年1月

表7 空间效应分析及其稳健性检验

Table 7 Spatial effect analysis and robustness test

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
农地流转	0.191*** (0.023)		0.208*** (0.024)	0.552*** (0.061)	0.192*** (0.024)
农地流转× 空间矩阵	-0.113*** (0.041)		-0.126*** (0.042)	-0.428*** (0.130)	-0.055 (0.037)
农地流转 直接效应		0.189*** (0.024)			
农地流转 间接效应		-0.095** (0.045)			
农地流转 总效应		0.094** (0.044)			
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
R ²	0.372	0.372	0.467	0.717	0.583
地区固定效应	控制	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制	控制

果见表7模型(2)。

由表7模型(1)、(2)可知,农地流转对本地区农业碳排放产生的直接效应为显著的正向影响效应,这与前文不考虑空间因素时的分析具有一致性。此外,进一步可知,农地流转不仅对本地区农业碳排放产生影响,更会对邻近地区农业碳排放产生作用。空间矩阵与农地流转面积的互乘项为-0.113且在1%的统计水平显著,而偏微分分解的结果显示农地流转对农业碳排放空间影响的间接效应为-0.095且在5%的统计水平显著,表明农地流转对邻近地区农业碳排放产生较显著的负向影响。该结果可能由以下原因解释:①农地流转加剧碳排放污染的警示效应,因农地流转增加碳排放,国家环保部门对当地农业环境污染监督和惩治力度增大,引起邻近地区政府对农地流转过程污染问题重视,从而在流转过程中加强环境规制力度而降低农业碳排放;②农地流转的劳动力聚集效应,农地流转推动农村劳动力转移,部分转入邻近地区城市,提升邻近城市经济发展水平,强化邻近城市对其本地农村劳动力吸引力,农村劳动力减少,可在一定程度上促进绿色农业技术等先进技术应用,降低农业碳排放;③农地流转后地区间农资竞争效应,农地流转碳增效应是由于规模化经营后农业化学物资与农业机械使用量增加,而一定时间内农资有限,当

农地流转扩大农业经营规模而使用更多农资时,邻近地区可用农资相应减少,可能更倾向于通过革新技术等方式以满足农地流转后规模经营需要,从而降低了农业碳排放。可见,农地流转对农业碳排放存在部分正向空间影响效应,假设3部分成立。

为保障空间分析的稳健性,采取两种方式对模型进行稳健性分析:①调整控制变量,表7模型(3)相比模型(1)减少了创新与技术发展、环境规制两个控制变量;②更换模型,模型(4)、(5)分别更换为时间固定、地区固定的空间杜宾模型进行估计。由模型(3)~(5)可知,农地流转对本地区农业碳排放的影响持续为正且显著,对邻近地区农业碳排放的影响持续为负。由此可见,上述空间效应分析具有一定稳健性。

4.4.2 农地流转经农业经营规模对农业碳排放的空间影响分析

根据式(7)、(8)设定,测算农地流转对农业经营规模的空间影响及农地流转与农业经营规模对农业碳排放的空间影响。本文对两个模型都进行了LM检验、LR检验、Wald检验。结合检验结果,使用双固定效应空间杜宾模型进行模型估计。估计后,利用偏微分分解的方法,分解出直接效应、间接效应、总效应,见表8模型(1)、(2)。

其中,模型(1)为农地流转对农业经营规模的空间影响分解结果。可知,农地流转对本地区和邻近地区农业经营规模都会产生显著正向影响。农地流转能促进本地区农业经营规模提升是由于农地流转推动了本地区农业土地合理流动,为农业规模化经营奠定了良好基础。农地流转对邻近地区农业经营规模会产生显著正向影响,可能是因为邻近地区间存在示范效应和竞争关系,当一地区因农地流转而提升农业经营规模时,邻近地区在示范效应和竞争压力下会采取措施推动农业经营规模提升。但是,农地流转虽对邻近地区农业经营规模产生正向影响,但结合前述分析可知,农地流转对邻近地区农业碳排放产生负向影响。可见,农地流转对邻近地区农业经营规模的正向影响未如本地区般增加农业碳排放。可能的原因在于农地流转虽通过示范效应和竞争关系使邻近地区农业经营规

表8 空间中介效应分析

Table 8 Spatial mediation effect analysis

	(1) 农业经营规模	(2) 农业碳排放
农地流转面积直接效应	0.158*** (0.032)	0.165*** (0.023)
农地流转面积间接效应	0.227*** (0.067)	-0.132*** (0.048)
农地流转面积总效应	0.385*** (0.066)	0.033 (0.050)
农业经营规模直接效应		0.131*** (0.034)
农业经营规模间接效应		0.050 (0.066)
农业经营规模总效应		0.181** (0.072)
控制变量	控制	控制
R ²	0.087	0.514
地区固定效应	控制	控制
时间固定效应	控制	控制

模提升,但由于前述警示效应、劳动力聚集效应、农
资竞争效应存在,使邻近地区农业经营规模对农业
碳排放的正向影响受到扭曲,模型(2)中邻近地区
农业经营规模对农业碳排放正向影响不显著便是
证明。由于农地流转对邻近地区农业碳排放影响
显著为负,表明农地流转对邻近地区的警示效应、
劳动力聚集效应、农资竞争效应所造成的农业碳排
放减量要高于农地流转对邻近地区农业规模提升
效应带来的农业碳排放增量。农业经营规模的直
接效应在模型(2)中显著,且在此模型中农地流转
的直接效应也显著,进一步结合效应系数的符号方
向可知,农地流转能提升本地区农业经营规模而增
加本地区农业碳排放,即农业经营规模在农地流转
对本地区农业碳排放的影响过程中发挥部分中介
效应。因此,农地流转对农业碳排放影响的空间中
介作用路径为:农地流转↑→本地区农业经营规模
↑→本地区农业碳排放↑。

5 结论与政策建议

5.1 结论

农业碳排放是中国农业发展的现实约束,农地
流转是中国农业的重要变革,农地流转对农业碳排
放影响研究对于中国农业高质量发展具有重要意

义。本文基于现有研究成果,就农地流转对农业碳
排放的影响效应、中介作用路径及其空间特性进行
理论探讨,而后结合2005—2020年中国30个省份
面板数据,在严格检验基础上进行实证分析。主要
结论如下:

(1)农地流转对农业碳排放产生显著的正向影
响,农地流转有利于推动农作物播种面积增加、农
业机械化水平提升与农业灌溉面积扩大,从而增加
农业碳排放,当农地流转面积扩大1%,农业碳排放
增加0.131%。

(2)农业经营规模在农地流转促进农业碳排放
增加过程中发挥部分中介效应,农地流转对农业经
营规模产生显著正向影响,引入农业经营规模这一
中介变量后,农地流转与农业经营规模对农业碳排
放产生显著正向影响,所以农地流转能通过提升农
业经营规模增加农业碳排放。

(3)在考虑空间效应时,农地流转对本地区农
业碳排放产生显著的正向影响,对邻近地区农业碳
排放产生显著的负向影响,农业经营规模在农地流
转对本地区农业碳排放的影响过程中发挥部分中
介效应。

5.2 政策建议

基于上述研究结论可以得到以下建议:

(1)由于农地流转面积扩大会增加农业碳排
放,因此建议政府部门在推进农地流转过程中,要
综合考虑农地流转的经济、社会、环境效益,积极采
取合理措施减少因农地流转增加的碳排放,如在适
度规模经营农业单位推进绿色农业技术从而缓解
农地流转所可能加剧的碳排放问题。

(2)由于农业经营规模在农地流转促进农业碳
排放增加过程中能发挥部分中介效应,因此建议政
府部门高度关注农业经营规模在农地流转增加农
业碳排放过程中作用,在推动农业规模经营同时采
取综合措施降低规模经营主体的农业碳排放。

(3)由于农地流转对邻近地区农业碳排放存在
影响,因此建议政府部门重视农地流转对农业碳排
放的空间影响,充分引导省际农业部门减排互动,
加快构建地区农业减排交流机制,促进技术、经验
共享。

参考文献(References):

- [1] 原伟鹏, 孙慧, 王晶, 等. 中国城市减污降碳协同的时空演化及驱动力探析[J]. 经济地理, 2022, 42(10): 72-82. [Yuan W P, Sun H, Wang J, et al. Spatial-temporal evolution and driving forces of urban pollution and carbon reduction in China[J]. Economic Geography, 2022, 42(10): 72-82.]
- [2] 许明. RCEP生效的出口贸易红利及美欧征收碳关税的应对[J]. 亚太经济, 2022, (4): 54-61. [Xu M. Export dividends from RCEP and the response to carbon tariffs imposed by the US and EU[J]. Asia-Pacific Economic Review, 2022, (4): 54-61.]
- [3] 林而达. 气候变化与农业可持续发展[M]. 北京: 北京出版社, 2001. [Lin E D. Climate Change and Sustainable Development of Agriculture[M]. Beijing: Beijing Press, 2001.]
- [4] 赵文晋, 李都峰, 王宪恩. 低碳农业的发展思路[J]. 环境保护, 2010, (12): 38-39. [Zhao W J, Li D F, Wang X E. The development idea of low-carbon agriculture[J]. Environmental Protection, 2010, (12): 38-39.]
- [5] 范紫月, 齐晓波, 曾麟岚, 等. 中国农业系统近40年温室气体排放核算[J]. 生态学报, 2022, 42(23): 9470-9482. [Fan Z Y, Qi X B, Zeng L L, et al. Accounting of greenhouse gas emissions in the Chinese agricultural system from 1980 to 2020[J]. Acta Ecologica Sinica, 2022, 42(23): 9470-9482.]
- [6] 田云, 林子娟. 中国省域农业碳排放效率与经济增长的耦合协调[J]. 中国人口·资源与环境, 2022, 32(4): 13-22. [Tian Y, Lin Z J. Coupling coordination between agricultural carbon emission efficiency and economic growth at provincial level in China[J]. China Population, Resources and Environment, 2022, 32(4): 13-22.]
- [7] 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 W H. Re-evaluation of China's agricultural carbon emissions: Basic status, dynamic evolution and spatial spillover effects [J]. Chinese Rural Economy, 2022, (3): 104-127.]
- [8] 王若梅, 马海良, 王锦. 基于水-土要素匹配视角的农业碳排放时空分异及影响因素: 以长江经济带为例[J]. 资源科学, 2019, 41(8): 1450-1461. [Wang R M, Ma H L, Wang J. Spatial and temporal differences of agricultural carbon emissions and impact factors of the Yangtze River Economic Belt based on a water-land perspective[J]. Resources Science, 2019, 41(8): 1450-1461.]
- [9] 赵敏娟, 石锐, 姚柳杨. 中国农业碳中和目标分析与实现路径[J]. 农业经济问题, 2022, (9): 24-34. [Zhao M J, Shi R, Yao L Y. Analysis on the goals and paths of carbon neutral agriculture in China[J]. Issues in Agricultural Economy, 2022, (9): 24-34.]
- [10] 闵继胜, 胡浩. 中国农业生产温室气体排放量的测算[J]. 中国人口·资源与环境, 2012, 22(7): 21-27. [Min J S, Hu H. Calculation of greenhouse gases emission from agricultural production in China [J]. China Population, Resources and Environment, 2012, 22(7): 21-27.]
- [11] 尚杰, 杨果, 于法稳. 中国农业温室气体排放量测算及影响因素研究[J]. 中国生态农业学报, 2015, 23(3): 354-364. [Shang J, Yang G, Yu F W. Agricultural greenhouse gases emissions and influencing factors in China[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2015, 23(3): 354-364.]
- [12] 黄晓慧, 杨飞, 陆迁. 粮食主产区农业碳排放回弹效应研究[J]. 长江流域资源与环境, 2022, 31(12): 2780-2788. [Huang X H, Yang F, Lu Q. Research on the rebound effect of agricultural carbon emission based on technological progress in main grain producing areas[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2022, 31(12): 2780-2788.]
- [13] 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 S Y, Zhao Y, Xu X, 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.]
- [14] 朱洪革, 曹博, 赵文斌. 中国农业全要素碳排放绩效时序演进及空间收敛特征[J]. 统计与决策, 2022, 38(9): 63-68. [Zhu H G, Cao B, Zhao W C. Temporal evolution and spatial convergence characteristics of China's agricultural total factor carbon emission performance [J]. Statistics & Decision, 2022, 38(9): 63-68.]
- [15] 陈宇斌, 王森, 陆杉. 农产品贸易对农业碳排放的影响: 兼议数字乡村发展的门槛效应[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2022, (6): 45-57. [Chen Y B, Wang S, Lu S. The impact of agricultural products trade on agricultural carbon emissions: The threshold effect of digital rural development[J]. Journal of Huazhong Agricultural University (Social Sciences Edition), 2022, (6): 45-57.]
- [16] 何艳秋, 戴小文. 中国农业碳排放驱动因素的时空特征研究[J]. 资源科学, 2016, 38(9): 1780-1790. [He Y Q, Dai X W. Phase characteristics and regional differences in agriculture carbon emissions in China[J]. Resources Science, 2016, 38(9): 1780-1790.]
- [17] 陈银娥, 陈薇. 农业机械化、产业升级与农业碳排放关系研究: 基于动态面板数据模型的经验分析[J]. 农业技术经济, 2018, (5): 122-133. [Chen Y E, Chen W. A Study on the relationship among agricultural mechanization, industrial upgrading and agricultural carbon emission: The empirical research based on dynamic panel data model[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2018, (5): 122-133.]
- [18] 胡婉玲, 张金鑫, 王红玲. 中国农业碳排放特征及影响因素研究[J]. 统计与决策, 2020, 36(5): 56-62. [Hu W L, Zhang J X, Wang H L. Characteristics and influencing factors of agricultural carbon emission in China[J]. Statistics & Decision, 2020, 36(5): 56-62.]
- [19] 徐清华, 张广胜. 农业机械化对农业碳排放强度影响的空间溢

- 出效应: 基于282个城市面板数据的实证[J]. 中国人口·资源与环境, 2022, 32(4): 23–33. [Xu Q H, Zhang G S. Spatial spillover effect of agricultural mechanization on agricultural carbon emission intensity: An empirical analysis of panel data from 282 cities [J]. China Population, Resources and Environment, 2022, 32(4): 23–33.]
- [20] 贺青, 张虎, 张俊飏. 农业产业聚集对农业碳排放的非线性影响[J]. 统计与决策, 2021, 37(9): 75–78. [He Q, Zhang H, Zhang J B. Nonlinear effects of agricultural industry aggregation on agricultural carbon emissions[J]. Statistics & Decision, 2021, 37(9): 75–78.]
- [21] 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 the regional spillover effect of agricultural carbon emission based on the perspective of agricultural technology diffusion[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2022, (4): 132–144.]
- [22] 张金鑫, 王红玲. 环境规制、农业技术创新与农业碳排放[J]. 湖北大学学报(哲学社会科学版), 2020, 47(4): 147–156. [Zhang J X, Wang H L. Analysis on environmental planning agricultural technology innovation and agricultural carbon emission [J]. Journal of Hubei University (Philosophy and Social Science), 2020, 47(4): 147–156.]
- [23] 解春艳, 黄传峰, 徐浩. 环境规制下中国农业技术效率的区域差异与影响因素: 基于农业碳排放与农业面源污染双重约束的视角[J]. 科技管理研究, 2021, 41(15): 184–190. [Xie C Y, Huang C F, Xu H. Regional disparity and influencing factors of agricultural technology efficiency in China: Based on dual constraint of agricultural carbon and agricultural non-point source pollution[J]. Science and Technology Management Research, 2021, 41(15): 184–190.]
- [24] 匡远配, 陆钰凤. 农地流转的农业集约化效应研究[J]. 农村经济, 2017, (6): 39–44. [Kuang Y P, Lu Y F. Study on agricultural intensive effect of agricultural land transfer[J]. Rural Economy, 2017, (6): 39–44.]
- [25] 杨广亮, 王军辉. 新一轮农地确权、农地流转与规模经营: 来自CHFS的证据[J]. 经济学(季刊), 2022, 22(1): 129–152. [Yang G L, Wang J H. The new wave of land titling program, land transfer and farm size: Evidence from the Chinese household financial survey data [J]. China Economic Quarterly, 2022, 22(1): 129–152.]
- [26] 匡远配, 周凌. 农地流转的产业结构效应研究[J]. 经济学家, 2016, (11): 90–96. [Kuang Y P, Zhou L. Study on the industrial structure effect of farmland transfer[J]. Economist, 2016, (11): 90–96.]
- [27] 王雪琪, 邹伟, 朱高立, 等. 地方政府主导农地流转对农户转入规模与粮食单产的影响: 以江苏省五地市为例[J]. 资源科学, 2018, 40(2): 326–334. [Wang X Q, Zou W, Zhu G L, et al. The impact of local government-dominated farmland transfer on farmer's transfer scale and grain yield in five cities in Jiangsu[J]. Resource Science, 2018, 40(2): 326–334.]
- [28] 卢新海, 王洪政, 唐一峰, 等. 农地流转对农村减贫的空间溢出效应与门槛特征: 省级层面的实证[J]. 中国土地科学, 2021, 35(6): 56–64. [Lu X H, Wang H Z, Tang Y F, et al. Spatial spillover and threshold effects of farmland transfer in poverty reduction: An empirical study at the provincial level[J]. China Land Science, 2021, 35(6): 56–64.]
- [29] 左孝凡, 陆继霞. 贫困脆弱性视阈下的农地流转减贫效应[J]. 资源科学, 2020, 42(2): 274–285. [Zuo X F, Lu J X. Effects of agricultural land transfer on rural poverty reduction from the perspective of poverty vulnerability[J]. Resources Science, 2020, 42(2): 274–285.]
- [30] 洪名勇, 何玉凤, 宋恒飞. 中国农地流转与农民收入的时空耦合关系及空间效应[J]. 自然资源学报, 2021, 36(12): 3084–3098. [Hong M Y, He Y F, Song H F. Spatio-temporal coupling relationship and spatial effect between rural land transfers and farmers' income in China[J]. Journal of Natural Resources, 2021, 36(12): 3084–3098.]
- [31] 杨子砚, 文峰. 从务工到创业: 农地流转与农村劳动力转移形式升级[J]. 管理世界, 2020, 36(7): 171–185. [Yang Z Y, Wen F. From employees to entrepreneurs: Rural land rental market and the upgrade of rural labor allocation in non-agricultural sectors[J]. Journal of Management World, 2020, 36(7): 171–185.]
- [32] 郭小琳, 郑淋议, 施冠明, 等. 农地流转、要素配置与农户生产效率变化[J]. 中国土地科学, 2021, 35(12): 54–63. [Guo X L, Zheng L Y, Shi G M, et al. Land transfer, resource allocation and rural household production efficiency[J]. China Land Science, 2021, 35(12): 54–63.]
- [33] 龙云, 任力. 农地流转对农业面源污染的影响: 基于农户行为视角[J]. 经济学家, 2016, (8): 81–87. [Long Y, Ren L. The influence of agricultural land transfer on agricultural non-point source pollution: Based on the perspective of farmers' behavior[J]. Economist, 2016, (8): 81–87.]
- [34] 邹伟, 崔益邻, 周佳宁. 农地流转的化肥减量效应: 基于地权流动性与稳定性的分析[J]. 中国土地科学, 2020, 34(9): 48–57. [Zou W, Cui Y L, Zhou J N. The Impact of farmland transfer on farmers' fertilizer reduction: An analysis of transferability and security of land rights[J]. China Land Science, 2020, 34(9): 48–57.]
- [35] 李政通, 顾海英. 农地地权、劳动力流动与化肥用量[J]. 农村经济, 2021, (9): 34–43. [Li Z T, Gu H Y. Powers and functions of farmland, labor mobility and fertilizer consumption[J]. Rural Economy, 2021, (9): 34–43.]
- [36] 郑纪刚, 张日新, 曾昉. 农地流转对化肥投入的影响: 以山东省为例[J]. 资源科学, 2021, 43(5): 921–931. [Zheng J G, Zhang R X, Zeng F. Impact of farmland transfer on fertilizer input: Taking

2023年1月

- Shandong Province as an example[J]. *Resources Science*, 2021, 43(5): 921-931.]
- [37] 龙云, 任力. 农地流转对碳排放的影响: 基于田野的实证调查[J]. *东南学术*, 2016, (5): 140-147. [Long Y, Ren L. The impact agricultural land transfer on carbon emissions: A field-based empirical investigation[J]. *Southeast Academic Research*, 2016, (5): 140-147.]
- [38] 郑沃林, 罗必良. 农地确权颁证对农地抛荒的影响: 基于产权激励的视角[J]. *上海财经大学学报*, 2019, 21(4): 90-99. [Zheng W L, Luo B L. The impact of farmland ownership certification on farmland abandonment: Based on the property rights incentive[J]. *Journal of Shanghai University of Finance and Economics*, 2019, 21(4): 90-99.]
- [39] 仇童伟, 罗必良, 何勤英. 农地流转市场转型: 理论与证据: 基于对农地流转对象与农地租金关系的分析[J]. *中国农村观察*, 2019, (4): 128-144. [Chou T W, Luo B L, He Q Y. Market transition of agricultural land transfer: Theory and evidence based on the relationship between transaction partners and land rents[J]. *China Rural Survey*, 2019, (4): 128-144.]
- [40] 郭珍. 农地流转、集体行动与村庄小型农田水利设施供给: 基于湖南省团结村的个案研究[J]. *农业经济问题*, 2015, 36(8): 21-27. [Guo Z. Farmland transfer, collective action and small-scale irrigation and water conservancy facilities supply: A case study of Tuanjie Village in Hunan Province[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2015, 36(8): 21-27.]
- [41] 纪龙, 徐春春, 李凤博, 等. 农地经营对水稻化肥减量投入的影响[J]. *资源科学*, 2018, 40(12): 2401-2413. [Ji L, Xu C C, Li F B, et al. Impact of farmland management on fertilizer reduction in rice production[J]. *Resources Science*, 2018, 40(12): 2401-2413.]
- [42] 郑纪刚, 张日新. 外包服务有助于减少农药过量施用吗? 基于经营规模调节作用的分析[J]. *农业技术经济*, 2022, (2): 16-27. [Zheng J G, Zhang R X. Can outsourcing reduce pesticide over-use? Analysis based on the moderating effect of farmland scale[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2022, (2): 16-27.]
- [43] 万举. 农地流转成本、交易体系及其权利完善[J]. *改革*, 2009, (2): 94-100. [Wan J. Agricultural land transfer, transaction system and right improvement[J]. *Reform*, 2009, (2): 94-100.]
- [44] 莫亚琳, 苏城艺, 覃焕, 等. 农地流转如何提升农业全要素生产率? 基于我国省级面板数据的实证检验[J]. *广西社会科学*, 2021, (9): 80-88. [Mo Y L, Su C Y, Qin H, et al. How to improve agricultural total factor productivity? Empirical test based on Chinese provincial panel data[J]. *Social Sciences in Guangxi*, 2021, (9): 80-88.]
- [45] 陈飞, 刘宣宣. 土地确权影响农业劳动生产率的中介效应研究[J]. *财经问题研究*, 2018, (8): 112-120. [Chen F, Liu X X. The mediating effect of land right confirmation on agricultural labor productivity[J]. *Research on Financial and Economic Issues*, 2018, (8): 112-120.]
- [46] 刘琼, 肖海峰. 农地经营规模与财政支农政策对农业碳排放的影响[J]. *资源科学*, 2020, 42(6): 1063-1073. [Liu Q, Xiao H F. The impact of farmland management scale and fiscal policy for supporting agriculture on agricultural carbon emission[J]. *Resources Science*, 2020, 42(6): 1063-1073.]
- [47] 刘琼, 肖海峰. 农地经营规模影响农业碳排放的逻辑何在: 要素投入的中介作用和文化素质的调节作用[J]. *农村经济*, 2020, (5): 10-17. [Liu Q, Xiao H F. What is the logic that the scale of agricultural land operation affects agricultural carbon emissions: The intermediary role of factor input and the regulation role of cultural quality[J]. *Rural Economy*, 2020, (5): 10-17.]
- [48] 陈宇斌, 王森. 农村劳动力外流、农业规模经营与农业碳排放[J]. *经济与管理*, 2022, 36(6): 43-49. [Chen Y B, Wang S. Rural labor outflow, agricultural scale management, and agricultural carbon emissions[J]. *Economy and Management*, 2022, 36(6): 43-49.]
- [49] 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 Y Y, Luo J L. 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.]
- [50] 吴昊玥, 黄瀚蛟, 何宇, 等. 中国农业碳排放效率测度、空间溢出与影响因素[J]. *中国生态农业学报*, 2021, 29(10): 1762-1773. [Wu H Y, Huang H J, He Y, et al. Measurement, spatial spillover and influencing factors of agricultural carbon emissions efficiency in China[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2021, 29(10): 1762-1773.]
- [51] 邓荣荣, 张翱翔. 中国城市数字金融发展对碳排放绩效的影响及机理[J]. *资源科学*, 2021, 43(11): 2316-2330. [Deng R R, Zhang A X. The impact of urban digital finance development on carbon emission performance in China and mechanism[J]. *Resources Science*, 2021, 43(11): 2316-2330.]
- [52] 尚杰, 吉雪强, 石锐, 等. 中国农业碳排放效率空间关联网络结构及驱动因素研究[J]. *中国生态农业学报*, 2022, 30(4): 543-557. [Shang J, Ji X Q, Shi R, et al. Structure and driving factors of spatial correlation network of agricultural carbon emission efficiency in China[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2022, 30(4): 543-557.]
- [53] 周京奎, 王文波, 龚明远, 等. 农地流转、职业分层与减贫效应[J]. *经济研究*, 2020, 55(6): 155-171. [Zhou J K, Wang W B, Gong M Y, et al. Land Transfers, occupational stratification and poverty reduction[J]. *Economic Research Journal*, 2020, 55(6): 155-171.]

Influence of rural land transfer on agricultural carbon emissions and its spatial characteristics

JI Xueqiang, LI Zhuoqun, ZHANG Yuesong

(School of Public Administration, Renmin University of China, Beijing 100872, China)

Abstract: **[Objective]** In-depth analysis of the carbon emission effect of rural land transfer is absent in existing studies. Therefore, this study systematically analyzed the influence of rural land transfer on agricultural carbon emissions and its mechanism. **[Methods]** This article first discussed rural land transfer and its potential influence on carbon emissions. Then by using the 2005-2020 provincial panel data of China's mainland and the two-way fixed effects regression model, instrumental variable model, mediation effect model, and spatial econometric model, it empirically analyzed the effect of rural land transfer on agricultural carbon emissions, its intermediary pathways, and spatial characteristics on the basis of strict tests. **[Results]** The results show that: (1) Rural land transfer overall promotes the increase of agricultural carbon emissions; (2) The scale of agricultural operation has some mediation effect in the process of rural land transfer promoting the increase of agricultural carbon emissions. That is, rural land transfer can have a positive impact on agricultural carbon emissions by improving the scale of agricultural operation; (3) When considering the spatial effect, rural land transfer has a significant positive impact on agricultural carbon emissions in the home region and a significant negative impact on agricultural carbon emissions in neighboring regions. The scale of agricultural operation has a partial mediation effect in the process of rural land transfer influencing agricultural carbon emissions in the home region. **[Conclusion]** Therefore, we should pay attention to the carbon emission reduction work in the process of rural land transfer and promote the inter-provincial agricultural cooperation in emission reduction.

Key words: rural land transfer; agricultural carbon emissions; mediation effect; spatial effect; instrumental variable; China