

“生态诅咒”还是“生态福祉”： 论农业生态承载力的碳排放效应

孙鹏 王建明 冀雪霜

(海南大学 国际商学院,海口 570228)

摘要:基于2002—2021年长三角地区4省41市的面板数据,实证检验了农业生态承载力对农业碳排放强度的影响机理及传导路径。结果表明:(1)农业生态承载力与农业碳排放强度之间存在显著的倒U型关系,在经济发展初期,农业生态承载力提升显著促进了碳排放强度的增加,产生“生态诅咒”效应;跨越拐点后,“生态福祉”效应开始显现,农业生态承载力的提升将助力区域碳减排。经过多重稳健性检验后,二者间的倒U型关系仍然成立。(2)异质性分析发现,农业生态承载力与农业碳排放强度之间一般等级城市、城镇化率低的城市存在倒U型关系,城镇化率高的城市表现为正向促进作用,而高等级城市关系不显著。(3)机制分析发现,农业生态承载力主要通过影响农业产业集聚、农地经营规模和产业结构升级对农业碳排放强度发挥作用。(4)进一步分析发现,农业生态承载力存在显著的空间溢出效应,本地区农业生态承载力提升对周边地区的农业碳排放强度存在正向促进作用。为此,在推动农业碳减排过程中应特别重视提升区域农业生态承载力水平,积极促进农业生态系统的修复与保护,增强生态系统的服务与涵养机能。

关键词:农业生态承载力;农业碳排放强度;生态诅咒;生态福祉

中图分类号:X24 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-7465(2024)05-0172-15

一、引言

依据联合国报告估计,农业生产活动产生的碳排放占全球碳排放总量的1/4,已成为人为碳排放的重要排放源之一。为了更好地履行碳减排义务与责任,2020年9月习近平总书记在联合国大会上宣布中国力争在2030年前达到碳排放峰值,在2060年前实现碳中和。2021年中国农业碳排放量达9.03亿吨^①,农业部门的绿色低碳转型与碳减排对于实现碳达峰、碳中和目标至关重要。近年来,我国先后通过出台一系列政策举措,旨在推进农业绿色低碳发展、加强农业生态保护修复和农村生态文明建设,在化肥、农药等投入品的使用量,农业废弃物利用率和养殖业污染防治等方面取得了较大成就^[1],但受限于当前高投入、高污染且

收稿日期:2024-06-20

基金项目:国家自然科学基金项目“生态约束与外资驱动下全要素能源效率提升研究:基于能源-经济-环境系统的分析框架”(72164008);海南省自然科学基金高层次人才项目“拓展的3E系统框架下生态承载力、FDI质量对全要素能源效率影响研究——机理模型与实证检验”(720RC578);海南省哲学社会科学规划课题一般项目“海洋环境规制、海洋产业结构升级与海南海洋经济增长研究”(HNSK(YB)20-13)

作者简介:孙鹏,男,海南大学国际商学院副教授,博士生导师;王建明,男,海南大学国际商学院硕士生;冀雪霜,女,海南大学国际商学院硕士生。

^①资料来源:数据均来源于CEIC数据库。<https://www.ceicdata.com.cn/zh-hans/china/environmental-greenhouse-gas-emissions-annual>。

粗放式的农业生产方式,农业碳减排仍面临着巨大的压力。与工业部门碳排放来源不同,农业碳排放主要来源于水稻、小麦等农作物种植与畜牧养殖产生的温室气体排放^[2],面源污染特征导致碳源的构成不同进而决定了农业碳减排的路径与其他产业相比存在较大差别,因此农业碳排放的治理可能比其他产业的碳排放污染治理更为困难。

当前,关于农业碳排放的研究主要聚焦于测度和影响因素两个方面。碳排放测度包括单一碳源测度和综合测度两个方面。单一碳源测度主要包括农地利用碳排放^[3-4]、畜牧业碳排放^[5]、海洋渔业碳排放^[6]等,有学者利用 SPAC 和农业生态系统(DNDC)等模型对地区、行业 and 农场的碳排放量进行测算^[7-8];农业碳排放综合测度则将种植业与畜牧业这两大农业碳排放的主要来源部门均纳入农业碳排放测量体系^[9]。关于农业碳排放影响因素的文献主要聚焦于对经济因素的考察:一个维度聚焦于农业经济活动对农业碳排放的影响,主要探究农业机械化^[10]、农地流转^[11]、农地经营规模^[12]、农业技术进步^[13]、农业产业集聚^[14]、农业产业结构升级^[15]等经济活动对农业碳排放产生的作用机理;另一个维度主要探究宏观经济增长对农业碳排放的影响,结果表明经济增长与农业碳排放强度之间存在“倒 N 型”的 EKC 关系,在特定阶段经济增长会促进农业碳排放量增加,但当经济发展达到一定水平后,拐点就会出现,此时农业碳排放量会随着经济发展而下降^[16]。

生态资源作为区域经济活动的重要支撑及外部环境,对地区环境污染治理具有重要影响,部分学者开始关注生态因素对于农业碳排放的影响。首先,关于生态禀赋的测度,生态足迹法是评估区域生态环境资源的共识指标,故被广泛应用于生态承载力的评估^[17]。有学者从不同地区、不同尺度及不同行业等维度运用生态足迹法对生态承载力水平进行评价^[18-19],以此评估地区的生态环境质量及可持续发展状况;也有部分学者基于胡焕庸线计算生态承载力并以此评估地区的生态环境质量和分析地区环境承载力的动态演进^[20]。在此基础上,部分学者对农业生态承载力进行了测度,主要从两个方面展开:一方面,基于生态承载力构建农业生态环境指标评价体系,计算不同地区的农业可持续发展的时空分异路径^[21];另一方面,通过生态足迹模型对某一区域的农业生态承载力或者农业发展进行评价^[22]。其次,在生态禀赋与环境污染治理关系的研究上,学者们形成了“生态诅咒”和“生态福祉”两种截然相反的结论。部分学者认为丰裕的环境资源可能会造成更为严重的环境污染,形成“生态诅咒”效应^[23-24];部分学者则认为丰裕的自然环境资源会提高生态效率,促使生态环境质量大幅度提高,形成“生态福祉”效应^[25];还有部分学者认为自然环境资源对农业生态环境的影响并不是简单的线性关系,自然环境资源对生态环境的影响在不同阶段或不同地区产生不同的“双重效应”^[26-27]。

总体而言,现有文献关于农业碳排放测度以及影响因素的研究成果较为丰富,但存在一定的不足。现有研究大部分关注农业经济活动对于农业碳排放的影响,鲜有文献探究作为区域经济活动基础支撑的生态禀赋对农业碳排放的影响,将农业生态承载力与农业碳排放二者结合起来进行实证研究的文献较为少见;此外,已有文献关于资源禀赋与环境污染之间的结论不一致,且多集中在制造业、工业领域^[24,28],研究农业领域的生态承载力对农业碳排放的影响相对较少,农业领域“生态诅咒”还是“生态福祉”效应表现缺乏实践结果支撑。基于此,本文从“生态诅咒”与“生态福祉”的视角,以长三角地区 4 省(市)41 个城市数据为基础,探究农业生态承载力与农业碳排放之间的作用机制与传导路径。本文的相关研究对于厘清区域农业生态禀赋与农业生产行为的互动关系,推动农业生态治理以促进农业生产绿色转型,助力双碳目标实现具有重要的理论与现实意义。

二、理论机制与研究假说

环境库兹涅兹假说认为,随着经济的发展,环境污染或资源消耗最初会增加,但达到一定发展阶段后会逐渐下降,且部分学者检验了中国二氧化碳环境库兹涅兹曲线的存在^[29]。在农业领域,农业生态承载力与农业碳排放也可能存在类似的关系。农业生态承载力对农业碳排放可能具有“双重效应”,即“生态诅咒”效应提高农业碳排放强度;“生态福祉”效应降低农业碳排放强度。从“生态诅咒”效应来看,在初期,农业生产主要是粗放式生产,并为了保证产量,农业生产主要依赖于扩大生产面积及提高农业生产要素投入。故在这一阶段,农业碳排放强度随着农业生态承载力的提高而增强,表现为“生态诅咒”效应。从“生态福祉”效应来看,当达到一定程度后,农业生态承载力的过载会促使政府环境的关注与社会环保意识的提高,促使农业转向更可持续和更高效的生产方式。如在生产层面采用精准农业技术,减少化肥和农药的过度使用,在政策层面实行减排措施,促进农业转型,从而降低农业碳排放强度^[30]。此时,农业生态承载力的改善与提高降低了农业碳排放强度,表现为“生态福祉”效应。基于此,本文提出如下假说。

H₁: 农业生态承载力对农业碳排放强度的影响是非线性的,二者之间存在倒U型关系。

土地要素作为农业产业集聚发展的基本要求^[31],本身可以促进产业集聚的规模化效应^[32]。而土地要素的规模化经营可以提高生态承载力,为农业生产提供更好的生产条件,给农业生产带来更多的可能性,吸引农业企业、技术和资本的集中,促进产业链上下游的整合,从而加速农业产业集聚的过程。但当集聚达到一定程度后,农业生态承载力的进一步提升可能会造成农业产业过度依赖丰富的资源禀赋,导致农业产业单一且过度集聚、农业生产要素价格提高等一系列负面影响,抑制农业的可持续发展。此时,农业生态承载力的提高会降低农业产业集聚程度,进而确保农业发展的可持续性。同时,产业集聚是影响碳排放强度的重要因素之一。产业集聚导致的生产规模扩张可能会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,产生“要素拥挤”,从而加大了资源的消耗量与污染排放^[33],使得碳排放强度增大,农业碳排放总量也随着产业规模的扩大而相应提升^[34]。鉴于此,本文提出以下假说。

H_{2a}: 农业生态承载力通过影响农业产业集聚来影响农业碳排放强度。

“资源诅咒”理论认为充裕的资源禀赋条件反而会限制经济发展,且大部分学者认为资源禀赋对于创新行为的“挤出效应”是造成这种“诅咒”的来源^[35]。此外,资源禀赋不仅对技术进步具有挤出效应,而且对技术引进具有增进效应^[36],且资源禀赋的差异可能会对技术进步产生抑制或促进作用。农业生态承载力作为农业资源禀赋的关键要素之一,对农业技术进步也会产生重要影响。在经济发展初期,农业生产主要采用粗放式生产方式,随着生态承载力的提升,农业经济活动的承载能力更强,农业生产倾向于多使用“丰富且廉价”的生态资源,农业生产陷入路径依赖,过高的资源禀赋对于技术创新造成挤出效应,对于农业技术进步的投入会相应减少。随着经济发展水平及生态环保意识的提高,农业生态承载力进一步提高被视为区域经济高质量发展的重要体现,生态环境保护与治理成为社会各主体的共同目标,农业生态承载力与农业技术进步将形成良性互动,承载力的提升有助于提高技术进步投入,推动技术创新。此外,农业技术进步是降低农业碳排放的重要驱动因素之一,可以显著提高农业碳减排强度^[37]。基于此,本文提出以下假说。

H_{2b}: 农业生态承载力通过影响农业技术进步进而影响农业碳排放强度。

我国人多地少的农业资源禀赋决定了我国农地经营规模无法达到欧美国家的农地经营规模量级,但日本等类似农地资源禀赋的国家经验表明,我国目前扩大农地经营规模仍具有较大潜力^[38]。农业生态承载力作为农业资源禀赋的关键要素之一,对农地经营规模产生重要影响。在初期阶段,随着农业生态承载力的逐步提升,农业资源禀赋进一步增强,这为农业生产提供了更好的生态条件,从而能够支持农业生产进行大规模种植与机械化作业,促使农业生产向规模化方向发展。此时农地经营规模随着农业生态承载力的提高而逐渐扩大。但随着生态承载力的进一步提高,农地经营规模持续扩大,农业生产的效率及生产的边际效益可能会下降。这可能是由于农地经营规模过大会产生劳动力成本上升、土地管理的成本过大与资源配置的难度增加等问题^[39],且土地大多只能种植粮食作物,使得农业生产的效率及效益反而下降。因此在后期,为了确保农业生产效率与生产的边际收益达到最大化,随着农业生态承载力的提高,农地经营规模开始下降。此外,农地规模经营过大时,其规模下降有利于提高农业生产的资源利用效率和机械化水平,进而促进农业碳减排^[40]。鉴于此,本文提出如下假说。

H_{2c}: 农业生态承载力通过影响农地经营规模进而影响农业碳排放强度。

传统区位理论认为,资源禀赋在一定程度上决定了地区产业的分布,且资源禀赋是推动地区产业结构演进的初始动力^[27]。生态承载力作为资源禀赋的重要内容,对产业结构升级具有重要影响。在经济发展的初始阶段,农业经济占据主导地位,农业生态承载力这一资源禀赋主要体现在为农业生产提供必要的资源和环境支持。此时,产业结构相对单一,主要依赖农业产出,技术水平较低,劳动力密集型产业占据主导地位。随着经济逐渐发展,农业生态承载力负载不断增大,从而限制了产业结构升级,产生“产业锁定”效应。而在后期,随着生态环境问题的认识加深和低碳绿色农业的发展,农业生态承载力进一步提升,为产业发展提供了更多的资源,且绿色低碳农业的发展促进了产业结构的调整和优化,进而促使产业结构向多元化及高级化转变。因此,在后期,农业生态承载力的提高促进了产业结构升级。此外,产业结构升级是碳减排的主要驱动因素之一^[41],产业结构升级可以抑制农业碳排放^[42]。基于此,本文提出以下假说。

H_{2d}: 农业生态承载力通过影响产业结构升级进而影响农业碳排放强度。

三、研究设计

(一) 模型设定

1. 基准回归模型

考虑到农业生态承载力可能对农业碳排放强度存在非线性效应,模型中加入农业生态承载力的二次项,具体模型构建如下:

$$Aci_{it} = \beta_0 + \beta_1 ECC_{it} + \beta_2 ECC_{it}^2 + \theta C_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \tag{1}$$

其中, Aci_{it} 为农业碳排放强度, ECC_{it} 为农业生态承载力, ECC_{it}^2 为农业生态承载力的平方项, C_{it} 为控制变量组, μ_i 为地区固定效应, δ_t 为年份固定效应, ε_{it} 为随机误差项。

2. 机制检验模型

从理论分析来看,农业生态承载力可能从农业产业集聚、农业技术进步、农地经营规模和产业结构升级四条路径促进农业碳排放强度下降。为检验四条路径的碳减排效应,本文参考江艇^[43]的研究,构建如下回归模型:

$$Agg_{it} = \varphi_0 + \varphi_1 ECC_{it} + \varphi_2 ECC_{it}^2 + \lambda C_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \tag{2}$$

$$TFP_{it} = \phi_0 + \phi_1 ECC_{it} + \phi_2 ECC_{it}^2 + \lambda C_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \tag{3}$$

$$ASM_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 ECC_{it} + \gamma_2 ECC_{it}^2 + \lambda C_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \tag{4}$$

$$UIS_{it} = \partial_0 + \partial_1 ECC_{it} + \partial_2 ECC_{it}^2 + \lambda C_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \tag{5}$$

其中, Agg_{it} 、 TFP_{it} 、 ASM_{it} 和 UIS_{it} 分别代表农业产业集聚、农业技术进步、农地经营规模和产业结构升级的机制变量,其余变量与基准回归模型相同。

(二) 变量说明

1. 农业碳排放强度

本文选取农业总产值的碳排放量作为农业碳排放强度的测度方法,即用农业碳排放量与农林牧渔总产值的比值表征农业碳排放强度(Aci),并选取土地管理、畜牧的肠道发酵和粪便管理三类碳排放源建立碳排放量测算框架^①。

参照 IPCC、美国橡树岭国家实验室、Dubey 等^[44]的研究成果和省级温室气体排放清单等确定各个碳排放源的碳排放系数。碳排放量的测算公式为:

$$ACE = \sum C_i \times EF_i \times GWP_i \tag{6}$$

其中, ACE 表示农业碳排放总量, C_i 为第 i 种农业碳排放源, EF_i 为第 i 种农业碳排放源的碳排放因子, GWP_i 为第 i 种温室气体的贡献系数。由于本文的碳排放量最终表示为 CO_2 当量,参照《京都议定书》,以 CO_2 的 100 年全球变暖潜力值(GWP)为基准,1 吨 CH_4 产生的温室效应相当于排放 21 吨 CO_2 ,1 吨 N_2O 产生的温室效应相当于排放 310 吨 CO_2 。

2. 农业生态承载力

生态足迹模型将某地生物生产性土地面积通过均衡因子和产量因子转化并进行累加,从而可以横向比较不同地区间生态承载力强度。因此,本文借鉴生态足迹中的生态承载力计算方法对农业生态承载力进行测算,以土地资源禀赋代表能够负担和支撑的农业生产活动的规模和强度,即将农业生物生产性土地划分为耕地、林地、草地、水域用地。生态承载力测算公式为:

$$ECC = \sum c_j = \sum (a_j \times r_j \times y_j) \tag{7}$$

其中, ECC 为人均农业生态承载力, c_j 为第 j 类土地的人均生态承载力, a_j 为第 j 类土地类型的人均土地面积, r_j 为第 j 类土地的均衡因子, y_j 为第 j 类土地的产量因子^②。

3. 控制变量

为排除其他因素对估计结果产生的影响,本文选取工业化水平(PIA)、对外开放(TRA)、城镇化率(URB)、经济发展水平($PGDP$)、科技发展水平(TEC)等变量作为控制变量。其中,工业化水平用工业增加值与地区生产总值的比值表征;对外开放用货物进出口总额与地区生产总值的比值表征;城镇化率用各市城镇人口与总人口之比表征;经济发展水平用人均 GDP 进行表征;科技发展水平用科技支出占财政总支出的比重表征。

4. 机制变量

依据相关理论和现有文献,本文选取农业产业集聚(Agg)、农业技术进步(TFP)、农地经营规模(ASM)、产业结构升级(UIS)作为机制变量。

(1) 农业产业集聚。本文借鉴杨仁发^[45]的做法,使用区位熵的方法计算农业产业集聚水平。计算公式如下:

① 受篇幅限制,测算框架此处未列出,作者留存备案。
② 篇幅所限,均衡因子与产量因子数值未列出,数据留存备案。

$$Agg_i = \frac{VAP_i}{GDP_i} / \frac{VAP}{GDP} \tag{8}$$

其中, Agg_i 农业区位熵; VAP_i 与 GDP_i 分别为地级市第一产业增加值与地级市的地区总产值; VAP 与 GDP 分别为全国第一产业增加值与全国的生产总值。

(2) 农业技术进步。参考田云等^[46]的做法, 本文选用农业全要素生产率作为农业技术进步的代理变量。其中, 选取农林牧渔总产值作为产出指标, 选取化肥施用折纯量、农作物播种总面积、农业机械总动力与农村常住人口作为投入指标, 采用 DEA-Malmquist 指数法测算出长三角地区 41 个地级市的农业全要素生产率 (TFP)。

(3) 农地经营规模。依据王亚辉等^[47]的做法, 本文选用农作物播种面积与农村常住人口的比值, 即人均播种面积表征农地经营规模。

(4) 产业结构升级。第三产业占地区 GDP 比重能较好地反映一个地区的产业结构升级情况, 故本文用第三产业占地区 GDP 比重表征地区的产业结构升级。

(三) 数据来源及变量描述性统计

本文选取长三角地区 41 个地级市数据作为研究对象进行研究。选取原因主要有以下两点: 一是长三角地区气候、温度、湿度、地形地貌等自然因素相似, 便于农业生态禀赋测度及直接的可比性, 选取其作为研究对象则能避免自然因素差异性对研究的影响。二是长三角地区农业生产方式、发达水平等存在一定差异, 有高度发达的上海, 有较发达的江苏和浙江, 也有相对欠发达的安徽, 选择该地区作为研究对象具有一定的典型性和代表性。本文农业生态承载力中的各种类型土地的面积通过 ArcGIS 软件利用 Yang 等^[48]的 2002—2021 年全国 30m 土地利用分类数据计算得出。农业碳排放源的数据、控制变量以及机制变量相关数据来自 EPS 数据库、长三角地区各省及各地级市 2001—2021 年统计年鉴、《中国城市统计年鉴》和《中国区域统计年鉴》等。需要说明的是, 为消除价格波动的影响, 所有经济数据均按 2001 年不变价进行调整, 且少量缺失值选择线性插值法填充。各种变量的描述性统计见表 1。

表 1 变量的描述性统计结果

变量类型	变量名称	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量						
农业碳排放强度	Aci	820	0.436	0.362	0.012	3.084
解释变量						
农业生态承载力	ECC	820	0.494	0.229	0.117	1.178
控制变量						
工业化水平	PIA	820	0.411	0.093	0.149	0.697
对外开放	TRA	820	0.063	0.129	0.000	1.299
城镇化率	URB	820	0.543	0.168	0.106	0.896
经济发展水平	$PGDP$	820	5.257	4.045	0.234	19.902
科技发展水平	TEG	820	0.025	0.022	0.000	0.142
机制变量						
农业产业集聚	Agg	820	1.077	0.760	0.031	3.591
农业技术进步	TFP	820	1.038	0.075	0.520	2.174
农地经营规模	ASM	820	0.215	0.109	0.010	0.700
产业结构升级	UIS	820	0.416	0.082	0.234	0.733

四、实证结果与分析

(一) 基准回归估计

表 2 报告了农业生态承载力对农业碳排放强度影响的基准回归结果。其中(1)列只控制年份固定效应,(2)列控制年份固定效应和地区固定效应。结果发现,农业生态承载力的一次项在 1% 的统计水平上显著,且系数为正,农业生态承载力的二次项在 5% 的统计水平上显著,且系数为负。上述估计结果表明,农业生态承载力与农业碳排放强度存在倒 U 型关系,当农业生态承载力处于拐点左侧时,农业生态承载力提升对农业碳排放强度存在促进作用,即农业生态承载力对农业碳排放产生了“生态诅咒”效应。当农业生态承载力跨越拐点后,农业生态承载力对农业碳排放强度存在显著的抑制作用,即农业生态承载力对农业碳排放产生了“生态福祉”效应,H₁ 得到验证。

表 2 农业生态承载力影响农业碳排放强度的基准回归结果

变量	Aci	
	(1)	(2)
<i>ECC</i>	2.907*** (1.048)	5.581*** (2.005)
<i>ECC</i> ²	-1.598** (0.814)	-2.035* (1.014)
<i>PIA</i>	-1.223*** (0.366)	-1.045*** (0.276)
<i>TRA</i>	-0.502*** (0.151)	-0.469*** (0.127)
<i>URB</i>	0.405 (0.314)	0.374 (0.300)
<i>PGDP</i>	0.036*** (0.007)	0.045*** (0.007)
<i>TEC</i>	-0.380 (0.935)	0.653 (0.894)
<i>_cons</i>	0.191 (0.252)	-1.181 (0.725)
地区固定效应	否	是
年份固定效应	是	是
观测值数	820	820
<i>R</i> ²	0.687	0.707

注:***、**和*分别表示 1%、5%和 10%的显著性水平。以下各表同。

(二) 稳健性检验

1. 更换被解释变量

从资源利用效率角度与土地投入角度考虑农业碳排放水平也是衡量农业生产效率的重要维度,故使用农业碳排放总量与单位播种面积的碳排放强度替换前文的碳排放强度,表 3 (1)—(2)列报告了回归结果。结果表明,基准回归结果具有稳健性。

2. 替换解释变量

改变解释变量的度量方式会对估计结果产生一定的影响,借鉴钟茂初等^[49]的做法,本文基于胡焕庸线计算了各个城市的生态承载力(Ec),替代前文的解释变量,表 3 中(3)列报告了回归结果,其结果与前文基本一致。

3. 剔除特殊样本

与其他地级市相比,上海市经济高度发展,农业生产占比较少,可能造成极端值影响,故将上海市样本删除后进行回归。表 3 中(4)列是报告的回归结果,结果表明删除上海市样本后并不改变本文的主要结论。

表 3 稳健性检验回归结果

变量	ACE	Aci		
	(1)	(2)	(3)	(4)
ECC	4.689*** (1.514)	7.895*** (2.710)		5.641*** (2.021)
ECC ²	-2.676*** (0.829)	-3.521** (1.315)		-2.069** (1.015)
Ec			0.594*** (0.170)	
Ec ²			-0.002*** (0.001)	
控制变量	是	是	是	是
地区固定效应	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是
观测值	820	820	820	800
R ²	0.677	0.538	0.664	0.708

4. 内生性问题探讨

在基准回归中,本文采用了双向固定效应及相关控制变量来控制不可观测因素的影响,但模型中仍可能存在内生性问题。本文使用各地级市的地形起伏度(Re)作为工具变量进行回归。一方面,地级市的地形起伏度很大程度上影响其农业生态承载力,地形较为平坦的地区,其生态承载力较高,而地形崎岖的地区,其生态承载力相对更弱,这满足工具变量的相关性要求;另一方面,地形起伏度是地理特征因素,外生于农业碳排放强度,满足工具变量的外生性需求。此外,考虑到地形起伏度不随时间变化,本文参考杨本建等^[50]的处理方法,将地形起伏度与时间趋势的乘积作为工具变量。表 4 中(3)列报告了以地形起伏度作为工具变量的回归结果,其回归结果与基准回归一致。

表 4 工具变量两阶段回归结果

变量	ECC	ECC ²	Aci
	(1)	(2)	(3)
Re	0.008*** (0.000)	0.011*** (0.001)	
Re ²	-0.005*** (0.000)	-0.007*** (0.001)	
ECC			20.322*** (6.713)
ECC ²			-11.236*** (5.446)
控制变量	是	是	是
地区固定效应	是	是	是
年份固定效应	是	是	是
样本量	820	820	820
F 统计量	78.96	55.05	7.322

(三) 异质性分析

本文基于不同城市类型、城镇化率高低进行分样本,进一步探讨农业生态承载力与农业碳排放强度之间倒 U 型关系的异质性影响。

1. 按城市类型划分

借鉴郭艺等^[51]的做法,将城市划分为高级城市和一般等级城市两类,进一步对比农业生态承载力对不同类型城市农业碳排放强度的影响。表 5 的(1) — (2) 列报告了分组回归及组间差异检验结果。结果表明,不同等级城市下农业生态承载力对农业碳排放强度的影响呈现显著的差异。一般等级城市的农业生态承载力与农业碳排放强度在 5% 的显著性水平下呈倒

U 型关系,而在高等级城市不显著。可能的原因是,在一般等级城市,在发展初期随着农业生态承载力的提高,农业生产为了追求产量而加大农药化肥的使用,从而促进农业碳排放强度的增加;而当农业生态承载力增加到一定程度时,农业生态环境的过载会倒逼农业生产趋向于更加环保、更高效率的生产方式,此时,农业碳排放强度会逐渐下降。而高等级城市农业份额占比较少,其对农业碳减排的重视程度可能不足,未能实现农业生态承载力与农业碳排放的良性互动,因此在高等级城市二者之间的关系不显著。

表 5 异质性回归结果

变量	一般等级城市	高等级城市	低城镇化率组	高城镇化率组
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>ECC</i>	5.418 ** (2.112)	1.868 (1.310)	7.327 ** (3.098)	3.264 ** (1.473)
<i>ECC</i> ²	-2.236 * (1.139)	1.140 (0.745)	-4.483 * (2.294)	-0.218 (0.790)
控制变量	是	是	是	是
地区效应	是	是	是	是
时间效应	是	是	是	是
观测值	680	140	440	380
<i>R</i> ²	0.720	0.919	0.811	0.780
<i>Chow tset</i>	1.95 ***		10.18 ***	

2.按城镇化率划分

借鉴钱海章等^[52]的研究,本文将城镇化率按均值划分为高、低两组并进行分组检验。表 5 中(3)—(4)列报告了回归结果,结果表明,在低城镇化率组,农业生态承载力与农业碳排放强度呈倒 U 型关系,在高城镇化率组表现为正向促进关系。可能的原因是,在城镇化率低的地区,发展初期阶段随着生态承载力的提高,农业生产活动进一步扩大,而农业生产活动的扩大往往伴随着化肥、农药和农用机械等生产要素的投入,这些投入虽然可以提高产量与生产效率,但同时增加了农业碳排放,导致农业碳排放强度随着农业生态承载力提高而上升。随着政府与社会环保意识的增强,农业经营者开始注重资源的节约利用和环境保护,这使得农业生产随着生态承载力的提高逐步实现一定的规模化经营和集约化水平,从而导致随着农业生态承载力持续增强,碳排放强度开始下降。而在城镇化率高的地区,其农业结构可能会进行调整,如为了满足城市对农产品的需求,农业生产可能会更加密集化,农作物种植也可能从传统的粮食作物种植转向高附加值的果蔬、花卉等种植。这些行为导致更多的化肥、农药等投入,从而使农业碳排放强度随着生态承载力的提高而增强。

五、作用机制分析

为进一步探究农业生态承载力对农业碳排放强度的影响机制,本文从农业产业集聚、农业技术进步、农地经营规模、产业结构升级四个渠道进行分析。参照江艇^[43]的研究,本文着重考察农业生态承载力对机制变量的影响。为避免自变量对于机制变量回归可能存在的内生性问题,本文采用工具变量法进行拟合,在工具变量的选择上,由于基准回归所用工具变量即地形起伏度与机制变量间可能不满足外生性条件^[53-54],因此本文采用河流长度与时间趋势的交乘项作为机制检验新的工具变量,一方面,河流长度越长,说明该地区生态资源禀赋丰富,生态承载力较高;另一方面,河流长度对于产业集聚、技术进步、经营规模等经济变量相关性较低。回归结果见表 6。表 6 中(1)—(2)列显示,工具变量与生态承载力高度相关,满足

相关性要求。(3)—(6)列分别为采用工具变量法机制变量的回归结果。

表 6 机制变量回归结果

变量	<i>ECC</i>	<i>ECC</i> ²	产业集聚	技术进步	农地经营规模	产业结构
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>RL</i>	-0.009*** (0.001) -0.013*** (0.002)					
<i>RL</i> ²	0.001*** (0.000) 0.001*** (0.000)					
<i>ECC</i>			17.896*** (4.823)	1.770 (1.199)	1.026** (0.492)	-0.432 (0.307)
<i>ECC</i> ²			-12.600*** (2.627)	-1.132 (0.732)	-0.981*** (0.368)	0.748*** (0.199)
控制变量	是	是	是	是	是	是
地区效应	是	是	是	是	是	是
年份效应	是	是	是	是	是	是
观测值	820	820	820	820	820	820
<i>F</i> 统计量	17.69	27.23	28.152	28.152	28.152	28.152

(一) 农业产业集聚的机制检验

表 6 中(3)列的结果显示,农业生态承载力的一次项和二次项对产业集聚的影响在 1% 的水平上显著,表明农业生态承载力对产业集聚存在“倒 U 型”影响。可能的解释是,在经济发展初期,农业生态承载力这一资源禀赋的提高促进了农业产业的集聚。而在经济发展后期,随着产业集聚程度的进一步提高,农业产业集聚导致农业偏向单一化集聚及农业生产的成本提高等负面影响。此时,农业产业集聚水平随着农业生态承载力的提高而下降。产业集聚对农业碳排放强度既有正面影响也有负面影响,但有研究表明,我国当前的产业集聚的环境负外部性大于正外部性^[55],当产业集聚到一定水平,会产生拥挤效应,导致环境污染加剧^[56],故在后期,产业集聚水平的下降会降低农业碳排放强度。这证实了农业生态承载力通过影响产业集聚,进而影响了农业碳排放强度。由此,假设 H_{2a}得到验证。

(二) 农业技术进步的机制检验

表 6 中(4)列的结果表明,农业生态承载力的一次项、二次项系数均不显著,这说明农业生态承载力对农业技术进步不具有显著的影响。可能的解释是,在发展初期,为了提高农业生产效率和保障农产品供应,农业生产主要表现为粗放式生产,生产活动主要依赖充裕的生态禀赋资源。随着生态承载力的逐步提高,对地区农业经济活动的承载能力更强,这导致农业生产更倾向于使用“丰富且廉价”的生态资源,使得农业生产陷入了路径依赖。充裕的资源禀赋对技术创新造成了挤出效应,地区难以吸引足够的技术研发投入和创新活动,使得农业技术进步缓慢。这表明农业生态承载力无法通过影响技术进步产生技术效应从而影响农业碳排放强度,假说 H_{2b}未得到验证。

(三) 农地经营规模的机制检验

表 6 中(5)列结果显示,农业生态承载力的一次项、二次项系数至少在 5% 的水平上显著,这表明农业生态承载力对农地经营规模具有显著的影响。可能的解释是,在农业发展初期,农业生态承载力随着土地生产面积的扩大而提高,且城镇化导致大量农村劳动力外流,由此促进了农地规模化经营,农业生产产生规模经济效应。但随着农业生产的进一步发展,农地经营规模的进一步扩大反而会导致管理与资源配置的难度加大。此时,随着农业生态承载力的提高,农地经营规模下降。已有经验表明,当农地经营规模扩大到一定程度时,经营规模进一步扩大会促进农业碳排放。故在后期,农地经营规模下降会降低农业碳排放强度^[57]。因此,农业生态承载力通过影响农地经营规模产生规模效应,从而影响了农业碳排放强度。

由此,假说 H_{2c}得到验证。

(四) 产业结构升级的机制检验

表 6 的第(6)列结果显示,农业生态承载力的二次项在 1%的水平上显著,且符号系数为正,表明农业生态承载力与产业结构之间存在着 U 型关系。可能的解释是,在发展初期,农业生产效率不高,需要大量的劳动力及资源要素投入,进而限制了第三产业发展。此时,第三产业占比随着农业生态承载力的提高而下降。而随着农业生态承载力的提高,农业生产效率逐渐增强,从而释放出更多的劳动力及资源转向二、三产业,这极大地促进了第三产业的发展。此时,农业生态承载力的提高促进了产业结构的转型升级。而产业结构的升级有助于提升农业生产效率,并带动农产品加工、乡村旅游、农业科技服务等相关产业的发展,推动产业结构走向多元化和高级化,从而提升了碳减排效率。因此,农业生态承载力通过影响产业结构,产生结构效应,进而影响农业碳排放强度^[58]。由此,假说 H_{2d}得到验证。

六、进一步分析

农业生态承载力在影响本地区农业碳排放强度的同时,还可能会通过空间效应影响其他地区的农业碳排放强度。为了检验是否存在空间特性,本文测算了农业碳排放强度的莫兰指数,发现 2002—2021 年农业碳排放强度的莫兰指数均在 1%的统计水平上显著,可知农业碳排放强度存在空间自相关性,应进一步建立空间计量模型进行分析。

本文选用空间杜宾模型^①探讨农业生态承载力在影响农业碳排放强度过程中产生的空间效应。模型设定如下:

$$\begin{aligned} Aci_{it} = & \rho_1 W Aci_{it} + c_1 ECC_{it} + c_2 ECC_{it}^2 + \theta C_{it} + \rho_2 WECC_{it} \\ & + \rho_3 WECC_{it}^2 + \eta WC_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \end{aligned}$$

(9)

其中, W 为空间权重矩阵,本文采用空间邻接矩阵; ρ_i 与 η 为变量的空间交互项待估计系数。

表 7 报告了空间杜宾回归模型的结果。第一列结果表明,农业生态承载力与农业碳排放强度之间存在倒 U 型关系,此结果与基准回归结果一致。空间自回归系数显著为正,表明样本地级市农业碳排放强度不仅受到本地农业生态承载力的影响,而且受到邻近地区农业生态承载力空间交互作用的影响。表 7 的(2)—(4)列报告了直接效应、间接效应和总效应的结果。(3)列结果表明,农业生态承载力对邻近地区的农业碳排放强度存在显著的正向影响。这表明随着本地区农业生态承载力的提高,邻近地区的农业碳排放强度反而会增强。可能的解释是:为了提高碳排放效率,本地区采取一系列环境保护措施,高碳的生产活动转移到邻近地区,使得本地区的农业碳减排效率随着农业生态承载力提高而增强,邻近地区由于高碳生产活动的转移,其碳排放强度提高。(4)列结果表明,农业生态承载力对整个长三角地区的农业碳排放强度存在正向影响。这可能是在某些局部区域农业生态承载力的提高有助于降低碳排放强度,但这种正面影响被其对周边区域产生的负面溢出效应所抵消,因此整体上碳排放还是增加的。

① LM 检验、LR 检验、Wald 检验等结果表明本文应选用空间杜宾模型,检验结果留存备索。

表 7 空间杜宾模型估计结果

变量	SDM	直接效应	间接效应	总效应
	(1)	(2)	(3)	(4)
ECC	4.495*** (0.516)	5.246*** (0.560)	8.807*** (2.475)	14.053*** (2.711)
ECC ²	-2.095*** (0.351)	-2.152*** (0.387)	-0.470 (1.727)	-2.622 (1.903)
ρ	0.686*** (0.031)			
控制变量	是	是	是	是
地区固定效应	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是
样本量	820	820	820	820

七、结论与政策建议

本文基于 2002—2021 年长三角 4 省 41 个地级市的面板数据,从“生态诅咒”和“生态福祉”的视角出发,实证研究了农业生态承载力对农业碳排放强度的影响。主要结论如下:一是农业生态承载力对农业碳排放存在倒 U 型影响,在初期表现为“生态诅咒”效应,在后期表现为“生态福祉”效应,这一结论在经历一系列稳健性检验后仍然成立。二是从异质性来看,农业生态承载力与农业碳排放的倒 U 型关系在一般等级城市、城镇化率较低的城市存在。三是农业生态承载力通过农业产业集聚、农地经营规模、产业结构升级三条路径影响农业碳排放强度。四是农业生态承载力存在显著的空间溢出效应,本地区农业生态承载力提升对周边地区的农业碳排放强度存在正向促进作用。

依据上述研究结论,本文得出如下政策启示:第一,各地区应促进农业生态系统的修复与保护,加快农业面源污染的统防统治,增强生态系统的服务与涵养机能,提升农业生态承载力,以此实现农业绿色低碳发展和乡村生态文明建设。例如,在长三角地区,过去为了保障农产品的供应,农业高投入造成的农业面源污染较为严重。因此,加快农业生产方式的转型,推进化肥、农药的减量增效和养殖废弃物的资源化利用,有利于农业生态承载力的提高,从而促进农业碳减排。第二,要进一步推动农业转向集约化生产方式,通过提高农业生态承载力发展农业适度规模经营,以此获得规模效应来推动农业碳排放的下降。但农业规模经营过大可能会促进农业碳排放,因此在推动农业规模经营时,要注重农业的规模经营尺度。第三,要积极推动农业产业结构的优化。在尊重市场规律及政策支持的前提下,推动农产品加工、乡村旅游、农业科技服务等相关产业的发展。在维持并进一步提升生态承载力的前提下,推动产业结构多元化和高级化共同发展,以合理产业结构效应带动农业碳减排。

参考文献:

[1] 金书秦,林煜,牛坤玉.以低碳带动农业绿色转型:中国农业碳排放特征及其减排路径[J].改革,2021 (5):29-37.

[2] 张广胜,王珊珊.中国农业碳排放的结构、效率及其决定机制[J].农业经济问题,2014,35(7):18-26,110.

[3] 李俊杰.民族地区农地利用碳排放测算及影响因素研究[J].中国人口·资源与环境,2012,22(9):42-47.

[4] Goglio P, Smith W N, Grant B B, et al. A Comparison of Methods to Quantify Greenhouse Gas Emissions of Cropping Systems in LCA[J].Journal of Cleaner Production, 2018, 172(3): 4010-4017.

- [5] 戴小文, 李金花, 何艳秋, 等. 2000—2020 年中国畜牧业区域碳排放公平性与排放效率[J]. 资源科学, 2023, 45(1): 62-76.
- [6] 邵桂兰, 孔海峥, 于谨凯, 等. 基于 LMDI 法的我国海洋渔业碳排放驱动因素分解研究[J]. 农业技术经济, 2015(6): 119-128.
- [7] Vetter S H, Sapkota T B, Hillier J, et al. Greenhouse Gas Emissions from Agricultural Food Production to Supply Indian Diets: Implications for Climate Change Mitigation[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2017, 237(2): 234-241.
- [8] Peter C, Helming K, Nendel C. Do Greenhouse Gas Emission Calculations from Energy Crop Cultivation Reflect Actual Agricultural Management Practices? A Review of Carbon Footprint Calculators[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017, 67(1): 461-476.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 魏梦升, 颜廷武, 罗斯炫. 规模经营与技术进步对农业绿色低碳发展的影响——基于设立粮食主产区的准自然实验[J]. 中国农村经济, 2023(2): 41-65.
- [13] 魏玮, 文长存, 崔琦, 等. 农业技术进步对农业能源使用与碳排放的影响——基于 GTAP-E 模型分析[J]. 农业技术经济, 2018(2): 30-40.
- [14] 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.
- [15] 田云, 吴海涛. 产业结构视角下的中国粮食主产区农业碳排放公平性研究[J]. 农业技术经济, 2020(1): 45-55.
- [16] 颜廷武, 田云, 张俊飏, 等. 中国农业碳排放拐点变动及时空分异研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(11): 1-8.
- [17] Syrovátka M. On Sustainability Interpretations of the Ecological Footprint[J]. Ecological Economics, 2020, 169: 106543.
- [18] 魏黎灵, 李岚彬, 林月, 等. 基于生态足迹法的闽三角城市群生态安全评价[J]. 生态学报, 2018, 38(12): 4317-4326.
- [19] Sarkodie S A. Environmental Performance, Biocapacity, Carbon & Ecological Footprint of Nations: Drivers, Trends and Mitigation options[J]. Science of the Total Environment, 2021, 751: 141912.
- [20] 卢亚丽, 徐帅帅, 沈镭. 基于胡焕庸线波动的长江经济带水资源环境承载力动态演变特征[J]. 自然资源学报, 2021, 36(11): 2811-2824.
- [21] 陈同峰, 陈珂. 安徽省农产品主产区生态承载力与产业协同发展分析及优化路径[J]. 长江流域资源与环境, 2020, 29(12): 2781-2789.
- [22] 曹院平. 基于生态足迹模型的广西农业可持续发展评价[J]. 中国农业资源与区划, 2020, 41(5): 35-42.
- [23] 杜凯, 周勤, 蔡银寅. 自然资源丰裕、环境管制失效与生态“诅咒”[J]. 经济地理, 2009, 29(2): 290-297.
- [24] 许学国, 张俊杰. 交互视角下环境规制对工业生态效率的影响[J]. 软科学, 2019, 33(6): 67-71.
- [25] 黄建欢, 方霞, 黄必红. 中国城市生态效率空间溢出的驱动机制: 见贤思齐 VS 见劣自缓[J]. 中国软科学, 2018(3): 97-109.
- [26] Wang Y, Chen X. Natural Resource Endowment and Ecological Efficiency in China: Revisiting Resource Curse in the Context of Ecological Efficiency[J]. Resources Policy, 2020, 66: 101610.
- [27] 徐维祥, 郑金辉, 王睿, 等. 黄河流域城市生态效率演化特征及门槛效应[J]. 地理科学, 2022, 42(1): 74-82.
- [28] 黄建欢, 杨晓光, 成刚, 等. 生态效率视角下的资源诅咒: 资源开发型和资源利用型区域的对比[J]. 中国

- 管理科学,2015,23(1):34-42.
- [29] 徐大丰.资本深化、技术进步与中国碳排放 EKC 的形成[J].系统工程理论与实践,2022,42(6):1632-1643.
- [30] 熊飞雪,赵星磊,郭子毅,等.土地整治对农业碳排放的影响研究——基于高标准农田建设政策的准自然实验[J].中国生态农业学报(中英文),2023,31(12):2022-2032.
- [31] 韩庆龄.村社统筹:小农户与现代农业有机衔接的组织机制[J].南京农业大学学报(社会科学版),2020,20(3):34-43.
- [32] 伍骏骞,何伟,储德平,等.产业集聚与多维城镇化异质性[J].中国人口·资源与环境,2018,28(5):105-114.
- [33] Andersson M, Loof H. Agglomeration and Productivity: Evidence from Firm-level Data[J]. The Annals of Regional Science, 2011, 46(3):601-620.
- [34] Verhoef E, Nijkamp P. Externalities in Urban Sustainability: Environmental Versus Localization-type Agglomeration Externalities in a General Spatial Equilibrium Model of a Single-sector Monocentric Industrial City[J]. Ecological Economics, 2002, 40:157-179.
- [35] 邵帅,齐中英.西部地区的能源开发与经济增长——基于“资源诅咒”假说的实证分析[J].经济研究,2008(4):147-160.
- [36] 孟望生,张扬.自然资源禀赋、技术进步方式与绿色经济增长——基于中国省级面板数据的经验研究[J].资源科学,2020,42(12):2314-2327.
- [37] 李凯杰,曲如晓.技术进步对中国碳排放的影响——基于向量误差修正模型的实证研究[J].中国软科学,2012(6):51-58.
- [38] 叶兴庆.我国农业支持政策转型:从增产导向到竞争力导向[J].改革,2017(3):19-34.
- [39] 王德福,桂华.大规模农地流转的经济与社会后果分析——基于皖南林村的考察[J].华南农业大学学报(社会科学版),2011,10(2):13-22.
- [40] 徐湘博,李畅,郭建兵,等.土地转入规模、土地经营规模与全生命周期作物种植碳排放——基于中国农村发展调查的证据[J].中国农村经济,2022(11):40-58.
- [41] 王少剑,黄永源.中国城市碳排放强度的空间溢出效应及驱动因素[J].地理学报,2019,74(6):1131-1148.
- [42] 何炫蕾,陈兴鹏,庞家幸.基于 LMDI 的兰州市农业碳排放现状及影响因素分析[J].中国农业大学学报,2018,23(7):150-158.
- [43] 江艇.因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J].中国工业经济,2022(5):100-120.
- [44] Dubey A, Lal R. Carbon Footprint and Sustainability of Agricultural Production Systems in Punjab, India, and Ohio, USA[J]. Journal of Crop Improvement, 2009, 23(4):332-350.
- [45] 杨仁发.产业集聚与地区工资差距——基于我国 269 个城市的实证研究[J].管理世界,2013(8):41-52.
- [46] 田云,尹杰昊.技术进步促进了农业能源碳减排吗?——基于回弹效应与空间溢出效应的检验[J].改革,2021(12):45-58.
- [47] 王亚辉,李秀彬,辛良杰,等.中国农地经营规模对农业劳动生产率的影响及其区域差异[J].自然资源学报,2017,32(4):539-552.
- [48] Yang J, Huang X. 30 m Annual Land Cover and Its Dynamics in China from 1990 to 2019[J]. Earth System Science Data Discussions, 2021, 2021:1-29.
- [49] 钟茂初,孙坤鑫.中国城市生态承载力的相对表征——从胡焕庸线出发[J].地域研究与开发,2018,37(5):152-157.
- [50] 杨本建,黄海珊.城区人口密度、厚劳动力市场与开发区企业生产率[J].中国工业经济,2018(8):78-96.
- [51] 郭艺,曹贤忠,魏文栋,等.长三角区域一体化对城市碳排放的影响研究[J].地理研究,2022,41(1):181-192.
- [52] 钱海章,陶云清,曹松威,等.中国数字金融发展与经济增长的理论与实证[J].数量经济技术经济研究,2020,37(6):26-46.

[53] 米明金程,赵忠秀.产业集聚与企业出口碳脱钩[J].国际贸易问题,2022(9):17-34.

[54] 林伯强,谭睿鹏.中国经济集聚与绿色经济效率[J].经济研究,2019,54(2):119-132.

[55] 刘军,程中华,李廉水.产业聚集与环境污染[J].科研管理,2016,37(6):134-140.

[56] 周圣强,朱卫平.产业集聚一定能带来经济效率吗:规模效应与拥挤效应[J].产业经济研究,2013(3):12-22.

[57] 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.

[58] 吴贤荣,张俊飏,田云,等.中国省域农业碳排放:测算、效率变动及影响因素研究——基于 DEA-Malmquist 指数分解方法与 Tobit 模型运用[J].资源科学,2014,36(1):129-138.

(责任编辑:刘浩)

“Ecological Curse” or “Ecological Well-being”: On the Carbon Effects of Agroecological Carrying Capacity

SUN Peng WANG Jianming JI Xueshuang

Abstract: Utilizing panel data from 41 cities and 4 provinces in the Yangtze River Delta region from 2002 to 2021, this paper empirically analyzes the mechanism and transmission path of the impact of agro-ecological carrying capacity on the intensity of agricultural carbon emissions. The findings indicate that: 1) There is a significant inverted U-shaped relationship between agro-ecological carrying capacity and agricultural carbon emission intensity. Initially, an increase in agro-ecological carrying capacity significantly contributes to a rise in carbon emission intensity, leading to an “ecological curse” effect. However, after surpassing the inflection point, an “ecological well-being” effect emerges, where the enhancement of agro-ecological carrying capacity aids in regional carbon emission reduction. This inverted U-shaped relationship remains robust after multiple robustness tests. 2) Heterogeneity analysis reveals an “inverted U-shaped” relationship between agro-ecological carrying capacity and agricultural carbon intensity in general-grade cities and cities with a low urbanization rate. In contrast, the relationship in cities with a high urbanization rate shows a positive contribution, while in high-grade cities, there is no significant effect. 3) Mechanism analysis suggests that agro-ecological carrying capacity primarily influences agricultural carbon emission intensity through its impact on agricultural industry agglomeration, farmland scale of operation, and industrial structure upgrading. 4) Further analysis indicates that agro-ecological carrying capacity exhibits a significant spatial spillover effect, where an increase in agro-ecological carrying capacity within a region positively affects the intensity of agricultural carbon emissions in neighboring regions. Therefore, in efforts to reduce carbon emissions in agriculture, special attention should be given to enhancing regional agro-ecological carrying capacity, actively promoting the restoration and protection of agro-ecosystems, and bolstering ecosystem services and nutrient functions.

Keywords: Agro-ecological Carrying Capacity; Agricultural Carbon Intensity; Ecological Curse; Ecological Well-being