



“双碳”目标下农业农村减排固碳路径分析

河南农业职业学院 崔宇航 黄宁宁

随着全球气候变化问题日益严峻,我国积极响应国际社会应对气候变化的号召,提出了“2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和”的战略目标。农业农村作为温室气体重要的排放源和巨大的碳汇系统,其减排固碳效能直接影响国家“双碳”目标的实现。然而,当前农业农村减排固碳进程仍面临效率瓶颈与制度障碍。基于此,对农业农村碳排放的时空分异特征的分析及多维度协同治理路径的系统论述,对于推动乡村生态振兴与保障国家气候安全战略具有双重价值。

一、农业农村碳排放源及排放特征

我国农业农村作为温室气体排放源之一,其碳排放呈现多源复合、时空异质的特点。

结合表1所列农业农村碳排放来源,目前我国农业农村碳排放呈现以下特征:

(一) 排放源具有广域分散性

农业农村碳排放呈现显著的空间离散特征,其排放源贯穿于农业投入品生产、作物栽培、畜牧养殖及农村生活用能等过程,各环节均存在不同强度的碳排放。这种分散性特征要求减排策略必须具备精准靶向性。

(二) 排放气体构成具有多元复合性

农业农村碳排放涵盖 N_2O 、 CO_2 、 CH_4 等多元气态组合。不同排放源的温室气候效应存在显著差异,这种气态组合的复杂性要求减排策略必须建立多气体协同控制模式,特别是需要重点管控增温潜势较高的气体排放。

(三) 排放与生产活动具有强关联性

我国农业生产规模庞大,为提高产量、保障粮食安全,化肥、农药等农资的使用量较大。此外,农机作业广泛应用于耕种、收割等环节,这也导致了碳排放的增加。水稻种植及农田灌溉使得土壤有机质在厌氧条件下分解,释放大量的温室气体。这种生产与排放的强耦合机制表明,必须通过农业生产方式的绿色重构实现减排突破。

(四) 排放通量具有时序波动性

农业农村碳排放系统具有动态波动性特征,表现为夏秋两季秸秆焚烧导致的集中排放波动,畜禽生长周期不同阶段的排放波动以及冬季取暖需求等季节性因素所导致的排放波动。这种时序波动性要求减排需建立基于动态监测体系的弹性调控机制,重点强化关键农时节点的排放峰值管控。

(五) 排放具有区域异质性

受自然禀赋与经济发展水平的双重影响,农业农村碳排放呈现地理异质性。北方旱作区因规模化种植,其碳排放

主要来自机械作业与农资投入;南方稻作区则因淹水耕作特性,其碳排放主要来自稻田甲烷排放。同时,东部发达地区通过技术扩散使农业碳排放大幅下降,而西部欠发达地区受制于技术吸纳能力薄弱与生态补偿机制缺失,其排放强度仍维持在较高水平。因此,针对不同地区的减排策略需要构建分区分类的精准治理体系。

表1 农业农村碳排放来源

碳排放源	排放活动
农资使用	化学合成物质分解及土壤硝化与反硝化产生 N_2O 、 CO_2 、 CH_4
农机作业	化石燃料不完全燃烧产生 CO_2 、 N_2O
水稻种植	淹水条件下生成的甲烷菌代谢产生 CH_4 、 N_2O
秸秆焚烧	生物质碳快速氧化产生 CO_2 、 CH_4
畜禽粪便	厌氧发酵及氮素转化产生 N_2O 、 CH_4
动物反刍	瘤胃微生物发酵产生代谢气体 CH_4 、 CO_2
农村能源	传统生物质能低效燃烧产生 CO_2 、 CH_4
生活垃圾	有机质腐殖化产生 CH_4 、 CO_2

二、农业农村减排固碳面临的问题

(一) 低碳农业技术研发与推广困难

低碳农业技术的研发推广面临显著的“成本—效益”失衡与“技术—环境”适配性受限双重挑战。从经济维度考量,现有技术体系普遍存在初始投入成本过高的问题,具体表现为智能化设备采购、生物制剂研发及技术维护等环节产生的刚性支出,对中小规模经营主体形成实质性成本壁垒,这种成本转嫁机制严重制约了技术扩散的边际效益。从技术维度考量,现行低碳技术的区域适应性呈现明显梯度差异,部分低碳农业技术是在特定的环境条件和农业生产模式下研发的,受限于地区土壤、气候、种植养殖品种等方面,难以在全国范围内普遍适用。从推广维度考量,低碳农业技术推广体系存在结构缺陷,基层推广机构呈现“空心化”特征,县级以下农技人员中具备低碳农业知识储备者不足,这种人力资本困境导致技术传播渠道受阻,形成“最后一公里”阻滞效应。此外,现行推广模式仍延续“政府主导—集中培训—单向传递”的传统范式,大多采用课堂讲授形式,缺少配套田间实操指导,这种去情境化的传播方式导致技术采纳率较低。

(二) 农业碳交易市场建设滞后与激励缺位

当前我国农业碳交易市场仍处于初级培育阶段,市场运行效能尚未充分释放,存在机制设计与激励政策不足的问题。首先,农业碳减排项目的开发认证涉及复杂的计量监测、核证审批流程,现有行政程序冗余与技术标准严苛导致项目孵化周期长、认证成本高。这种制度

性交易成本使得大量具备减排潜力的农业项目因考虑前期投入风险而退出市场,造成供给侧资源结构性短缺。其次,价格形成机制存在市场失灵现象。现行碳汇价格体系未能有效反映碳减排的正外部性价值,农业碳汇项目的经济收益难以覆盖减排成本,市场主体投资回报率较低,致使多数新型农业经营主体持观望态度。最后,政策激励体系的协同性不足。现有财政补贴、税收优惠等激励工具呈现碎片化特征,这种政策供给滞后导致经营主体面临额外成本,制约着参与碳交易市场的积极性。

(三) 农业农村传统生产生活方式的制约

在农业生产领域,农村地区沿袭的粗放型生产方式已形成多维环境负外部性。具体表现为:其一,化学投入品的过量施用诱发土壤酸化退化,土壤有机碳流失,硝化与反硝化过程加剧 N_2O 排放;其二,漫灌式水资源管理模式造成农田生态系统碳截存效率降低,秸秆露天焚烧现象导致大量 CO_2 直接排放;其三,单一化种植结构导致生物多样性衰减,土壤团聚体稳定性下降,碳固定容量较自然生态系统大幅减少;其四,散养型畜牧业产生的畜禽粪便因未能形成闭环处理系统,在厌氧分解过程中释放大量的 CH_4 。在农村生活方面,生物质能与煤炭仍占农户生活用能的较高比例,其不完全燃烧产生的碳排放效应显著。这种传统模式的形成既受路径依赖影响,又与基础设施供给不足、环境规制缺位等制度因素相关,形成碳减排刚性约束。

(四) 农业生态系统碳汇功能开发不足

其一,当前我国农业生态系统碳汇功能培育的政策架构尚未形成系统性支撑,在土壤碳汇增容与农田生态系统固碳等关键领域存在政策指导力度不足、财政补贴机制缺位等问题。相较于森林、湿地等自然生态系统获得的政策倾斜,农业碳汇项目在政策资源配置中处于边缘地位。这种非均衡性政策布局制约了农业碳汇功能的开发进程。其二,农业生态系统碳汇效应的显现通常需要 10~15 年的生态培育期,这与现行政策强调的短期绩效评价体系形成了结构性矛盾。部分农业经营主体因回报周期过长而缺乏参与意愿。政策激励的时间错配导致农业碳汇项目普遍面临市场驱动力不足的困境。其三,农业碳汇开发涉及农、林、水、生态等多部门,但现行管理体系存在显著的部门壁垒。多数农业碳汇项目因部门权责不清,推进受阻。尽管部分地区通过绿色发展战略进行制度创新,但碎片化施策模式难以形成规模效应,区域间碳汇开发效率差异较大。这种管理协同性的缺失不仅弱化了政策执行效能,还造成潜在的固碳效益流失。

三、农业农村减排固碳的可行路径

(一) 加强低碳农业技术研发与推广体系建设

其一,针对当前减排固碳技术研发成本高、适配性弱等突出问题,政府需构建多元投入机制。设立低碳农业技术研发专项基金,通过“政产学研用”协同创新模

式,重点突破生物炭制备、土壤碳汇提升、精准施肥等关键技术,着力破解技术成本效益失衡的制约因素。在技术研发阶段,应建立区域适配性评估机制,依据不同农业生态区的资源禀赋特征,开发模块化技术组合方案,通过区域性试点示范工程验证技术方案的适用性。其二,对现行技术推广体系中基层服务能力不足、传播渠道单一等结构性缺陷,进行系统性改革。实施“三级联动”推广机制,整合省级农技推广中心、县级农科所和村级农技服务站的资源配置,构建“专家—技术员—示范户”的梯度传导网络。重点强化数字化传播平台建设,结合虚拟现实技术构建沉浸式培训场景。其三,针对小农经营主体,建立“一村一策”技术适配机制,通过建立低碳技术应用台账、开展全过程技术指导等精准服务方式,切实提升技术采纳率,突破技术应用“最后一公里”障碍。

(二) 完善农业碳交易市场机制与激励政策

其一,在碳交易市场建设层面,需着力构建适应农业特征的规范化运作体系。优化农业碳减排项目的全流程管理机制,通过精简行政审批流程、建立统一技术认证标准体系,有效降低项目开发成本。同时,搭建全国性农业碳汇认证数字化平台,实施项目全过程动态监测,以区块链技术实现减排量核算透明化,提升项目认证效率与公信力。此举措不仅能缩短认证周期,还能降低中小农业经营主体参与门槛,激发市场活力。其二,针对农业碳汇产品的特殊性,应建立差异化价格调节机制。通过设立农业碳汇价格平准基金,结合期货市场套期保值工具平抑市场价格波动,使碳汇价格真实反映生态价值。同时,建立基于边际减排成本的动态补贴模型,通过碳汇溢价补贴、绿色信贷贴息等方式,构建多维度价值补偿体系,确保经营主体收益率不低于行业平均水平。

(三) 推动农业农村生产生活方式绿色转型

其一,在农业耕作领域,应系统化推进绿色低碳技术集成应用,重点推广精准施肥体系、生物防控网络及智能灌溉系统,有效减少农业化学品投入量。通过建立作物轮作、间作制度,增强农田生态系统碳汇功能。同时,政府需完善高素质农民培育体系,依托农业技术推广站构建“理论+实操”的立体培训网络,促进农户技术应用能力提升,推动传统粗放型农业模式转型升级。其次,畜禽养殖环节应推进集约化养殖模式转型,建立“养殖—处理—利用”的闭环管理体系。重点集成应用沼气发酵与厌氧消化工艺,通过建设模块化粪污处理设施,实现畜禽废弃物资源转化率的提升。此外,推广种养结合生态循环模式,将处理后的沼渣沼液作为有机肥还田,形成“畜禽排泄物—沼气—有机肥—农田”的物质能量循环路径。其三,在生活用能领域,构建“清洁能源替代+能效提升”的双轮驱动机制。实施农村能源革命示范工程,重点发展分布式光伏系统、生物质成型燃料及地源热泵技术。政府应构建多元化财政补贴机制,

大蒜高效种植技术

河南省农业科学院经济作物研究所 段峥峥 王庭峰 谢德意
中牟县农业农村局 马杰

中国是全球最主要的大蒜生产、消费国和出口国,年均产量约为 2000 万 t, 占全世界总量的 80% 以上。全国大蒜种植面积约 66.7 万 hm^2 , 面积和产量稳居世界第一。2021 年, 山东省、河南省、江苏省是中国大蒜最大种植省份, 种植面积共计 50.7 万 hm^2 , 占全国大蒜种植总面积 76.01%。其中, 山东省年均种植面积 21.3 万 hm^2 , 河南省年均种植面积 18.7 万 hm^2 , 江苏省年均种植面积 10.7 万 hm^2 。国内形成了山东省金乡县、河南省杞县和江苏省邳州市为中心三大核心产区。

河南省大蒜种植区域主要分布在开封市及郑州市, 即杞县、通许县、中牟县等地, 该种植区连成一片, 土壤、气候条件适宜, 是中国第二大蒜种植区。2007—2018 年, 河南省中牟县、杞县和临颍县大蒜相继被评为“全国地理标志产品”。截至 2022 年, 杞县大蒜种植面积约 4.7 万 hm^2 , 产量 90 万 t, 位居全国县域首位; 全县有冷库 4200 多座, 仓储能力在 100 多万 t, 以杞县潘安食品有限公司为代表的加工企业 200 多家, 年加工能力 40 万 t, 杞县大蒜国际交易市场年交易量 200 万 t, 是公认的“国家级出口大蒜质量安全示范区”, 品牌价值高达 51.56 亿元。目前, 杞县已建成大蒜冷藏保鲜库 600 多座, 建成

蒜片、蒜米、蒜粒、蒜油等加工企业 80 多家, 已在全国 20 多个大中城市设立了大蒜销售网点, 产品远销到美国、日本、韩国等国家。

大蒜产业经过 20 多年的发展, 已经成为我国种植业结构调整的一个新亮点。近年, 大蒜逐渐成为我国最大的蔬菜出口品种, 出口品类除了初级农产品鲜食或冷藏的大蒜, 还有初级加工产品盐水大蒜、干大蒜, 以及深加工蒜制品如大蒜素等, 年出口量维持在 200 万~260 万 t, 大蒜及其制品出口遍及世界 170 多个国家和地区, 出口量约占世界大蒜贸易量的 75%, 年出口总额 26 亿美元左右。大蒜成为我国最具出口创汇能力的单项农产品之一。

一、播种

(一) 地块选择

根据生活习性, 大蒜是浅根性植物, 根毛小, 根系相比于其他根茎类作物吸收能力一般, 主要根系集中在土壤表层, 根系长度不超过 40 cm。浅根系使大蒜具有较强的适应性, 干燥的土壤条件下也能茁壮生长。因此, 大蒜栽培应选择土壤疏松、排水良好的地块, 根茎类的植物最重要的是排水性好, 在山地区域栽培宜选用向阳的低山坡。浅根植物生长速度较快, 易于种植和管

对清洁能源设备购置给予专项补贴, 并以此完善能源基础设施网络。

(四) 加强农业生态碳汇功能的系统性开发与政策支持

为充分发挥农业生态系统在碳汇领域的战略价值, 需构建系统性治理框架, 通过多维政策协同推进生态碳汇功能开发。其一, 应健全农业碳汇开发的制度保障体系。政府部门需设立生态碳汇专项基金, 重点支持土壤碳封存技术创新与农田碳汇工程实施, 通过财政补贴与税收优惠的协同激励, 引导经营主体采用轮作、间作体系及有机改良等固碳耕作模式。同时应强化顶层设计, 制定《农业碳汇项目技术规程》等规范性文件, 明确碳汇计量标准与实施路径, 建立“技术研发—成果转化—推广应用”的创新链。其二, 创新长效激励机制与协同治理模式。针对碳汇项目回报周期长、正外部性显著的特征, 政府应构建包含碳汇交易、生态补偿与绿色信贷的复合激励体系。在治理架构方面, 搭建“农业—生态—环境”多部门协同平台, 整合土地管理、水利设施与生态修复等政策工具, 形成跨领域治理合力。其三, 构建

科学评估与动态调控机制。依托物联网与遥感技术建立监测网络, 完善土壤碳库动态监测与周期评估体系。同时, 设置生态承载力预警阈值, 平衡碳汇开发强度与生态系统稳定性, 确保固碳行动与生物多样性保护之间形成协同效应。

四、结语

农业农村减排固碳需以技术创新为驱动、以市场机制为纽带、以政策协同为保障, 文中提出的多维度路径可为制度设计提供参考。未来, 需深化区域差异化治理研究, 强化动态评估体系, 以实现减排固碳与粮食安全、生态保护的协同增效, 助力我国“双碳”目标的顺利实现。

作者简介: 崔宇航 (1995—), 男, 河南郑州人, 硕士, 讲师, 主要从事农村与区域发展研究。

通信作者: 黄宁宁 (1992—), 女, 河南西华人, 硕士, 讲师。

(责任编辑 张梦纳)

(本栏目由河南省农业生态与资源保护总站支持)