

## ◆ 国外动态 ◆

## 国外农业实现碳中和的政策措施及启示

郭笑君, 马至远

(中国农业大学 烟台研究院, 山东 烟台 264670)

[摘要] 农业既是碳汇也是碳源, 农业领域的减排增汇是我国“双碳”目标实现的重要环节之一。以全球主要发达国家在农业领域采取的减排固碳政策措施为研究对象, 从战略规划、法律法规、具体政策等角度进行梳理, 并结合我国农业的实际情况进行对比分析, 以此借鉴发达国家经验, 为我国农业实现碳达峰、碳中和目标提供有效参考。

[关键词] 农业; 碳达峰; 碳中和; 政策分析

[中图分类号] S0; X32 [文献标志码] A [文章编号] 2097-4566 (2024) 08-0076-05

## The policies and enlightenment for achieving carbon neutrality in agriculture area abroad

GUO Xiaojun, MA Zhiyuan

(Yantai Institute, China Agricultural University, Yantai 264670, China)

**Abstract:** Agriculture serves as both a carbon sink and a carbon source. The GHGs emission reduction and the enhancement of carbon sequestration in the agricultural sector is crucial for China's "dual-carbon" goals. This study focuses on examining the policies and measures implemented by major developed countries in agricultural areas, analyzing them through the lenses of strategic planning, legislation, regulations, and specific measures. Additionally, it conducts a comparative analysis of China's agricultural situation while drawing insights from the experiences of developed nations to provide valuable references for China's pursuit of its carbon peak and carbon neutrality goals.

**Key words:** agriculture; carbon peak; carbon neutrality; policy analysis

## 0 引言

联合国粮农组织 (FAO) 报告强调, 农业是温室气体的第二大排放源, 同时是重要的固碳减排途径, 农业生态系统独特的固碳能力为应对气候变化提供了宝贵潜力<sup>[1]</sup>。因此, 加强农业领域的关注与支持, 推动其向环保、高效、可持续方向发展, 对全球气候治理至关重要。根据统计数据, 过去30年全球农业活动碳排放量增加了17%, 而仅2021年, 粮农系统温室气体排放量为CO<sub>2</sub> eq (二氧化碳当量) 160亿t, 占全球人为排放量的1/3<sup>[1]</sup>。农业排放的温室气体主要为CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O和CO<sub>2</sub>, 其来源主要为农业活动和土地利用变化。畜牧动物肠道发酵 (26%)、化肥施用 (14%)、水稻种植 (6%) 是农业活动的前三排放源<sup>[2]</sup>。在资源环境压力日益增大的背景下, 借鉴发达国家农业减碳增汇和绿色转型经验, 对加快我国农业碳减排进程、构建完善的碳达峰碳中和“1+N”政策体系, 具有显著且深远的战略价值。

## 1 发达国家农业实现碳中和的政策与经验

在农业领域, 世界各国为应对气候变化做了大

量工作。其中, 美国主要在法律法规完善、财政税收和减排补贴、清洁能源开发及推广、碳排放权和碳汇市场交易等方面做出积极探索<sup>[3]</sup>。德国和法国实施政策精准监控农田养分含量, 施用生态肥料减少碳排放<sup>[4]</sup>。日本主要推动可再生能源的发展, 加强管理创新和技术创新, 以稳定粮食生产以及增强气候适应能力等行动来减少碳排放量。除管理创新和技术创新之外, 欧盟的先进做法还体现在法律法规完善、财税支持和生态保护补偿等方面<sup>[3]</sup>。

## 1.1 战略规划

针对农业领域减碳, 欧洲国家进行了比较系统和先进的战略目标规划。欧盟发布了《欧盟生物多

[收稿日期] 2024-06-25

[作者简介] 郭笑君(2002-), 女, 山东莱阳人, 从事农业与环境政策研究。E-mail: guoxj567@163.com

[通信作者] 马至远(1988-), 女, 山东烟台人, 博士, 讲师, 主要研究方向为农业农村绿色低碳转型。E-mail: mazy@cau.edu.cn

[基金项目] 烟台市科技创新发展计划“农业废弃物高效处理与绿色低碳循环利用关键技术研究”(2023JCYJ096)

样性2030战略》《从农田到餐桌战略》等一系列战略规划，均将发展低碳农业作为核心策略之一。欧盟于2019年12月发布了《欧洲绿色协议》，对各部门进行了细致分类与目标设定，其中农业领域的具体目标为：相较于2015年，到2030年农业部门温室气体非CO<sub>2</sub>排放量须减少35%。据法国有关部门统计，2020年农业部门温室气体排放份额达21%，仅次于交通成为第二大温室气体排放来源。2022年，法国颁布的《气候计划》以减少温室气体排放为目标启动了法国农业系统的转型，围绕改变食品消费习惯、减少氮肥使用、加强农业技术创新、保护土地、提升土壤碳汇能力五大支柱开展，计划2023年碳减排19%，2050年减排46%。

2020年美国农业部发布《农业创新决议》，计划在2050年农业产量提高40%并减少一半“环境足迹”。同年，日本发布《绿色增长战略》，确定了14个重点发展的领域，2021年制定《绿色粮食系统战略》，设定2050年农林水产领域“净零”排放的目标。

### 1.2 立法约束

发达国家有关农业低碳的法案条例见表1。英国于2008年首次颁布并在2019年进行了修订《气候变化法》，提出至2050年，英格兰与威尔士地区的农业碳排放将达到“净零”水平，是首个以律法形式确定中长期减排目标的国家。2021年欧盟通过首部《欧洲气候法案》，将欧盟27国减排目标承

表1 发达国家有关农业低碳的法案条例

Table 1 Bills and regulations related to carbon reduction in agriculture

国家/地区	出台年份	法案名称	有关条例
美国	1947	《联邦杀虫剂、杀菌剂和杀鼠剂法》	1954年、1958年有修正,对农业中化肥和农药的使用进行了规定
	1956	《土地法》	对土地发展和土壤保护提出新要求
	1963	《清洁空气法》	按照EPA的标准进行农业生产、耕作以及排放废气
	1970	《农药法》	在农业生产中应采取综合防治措施,尽可能减少农药的使用量和频率
	1972	《联邦环境保护农药控制法案》	要求农药生产商提供关于农药成分、毒性、环境影响和安全使用方法等详细信息
	2007	《低碳经济法案》	提高经济活动的能源效率,降低温室气体排放,促进低碳经济的发展
欧盟	1991	《欧盟生态农业条例》	详细规定了低碳农业的执行机构及其职能、农业化肥的使用准则,并对违反上述法律体系的法则进行了修订
	2021	《欧洲气候法案》	2030年减排55%,2050年全欧盟实现碳中和
德国	2003	《生态农业法》	规定生态农场不得施用矿物质肥料,而应该施用生态肥料,尤其是动物粪便
	2009	《生态农业法》第一次修订	对农药的性质、种类以及环境监测活动进行限制或规定
	2021	《联邦气候保护法》(修正案)	①将2030年减排目标上调至65%,提出2040年减排目标为88%,将碳中和的时间从2050年提前到2045年;②到2030年德国农业部门的排放量较1990年减少65%(高于欧盟55%的目标),农业部门采取使用生物原料、推广有机农业等措施
澳大利亚	2011	《低碳农业倡议法》	将碳交易引入农业领域,在国家许可范围里,农业从业者可以通过碳汇与减少农田碳排放来获得碳排放额度,并且可以交易此额度以获得经济效益
英国	2008	《气候变化法》	确立了碳预算制度,计划在2050年之前将英国的温室气体排放减少80%
	2019	《气候变化法》(修正案2019)	修改温室气体减排目标为到2050年比1990年减少100%
法国	2015	《绿色增长能源转型法》	①以1990年为基准,至2030年温室气体排放减少40%;②至2030年,可再生能源占终端能源消费比例达到32%,占发电量比例达到40%
	2019	《能源与气候法》	制定减排目标为“到2030年将温室气体排放降低到1990年水平的40%,到2050年将能源最终消费降低到2012年水平的一半”
	2021	《气候与韧性法》	①设定了到2050年实现土地的“零人工净增”的长期目标,促使提升农业土壤碳汇能力;②确定了到2030年一氧化二氮排放量比2015年减少15%的目标
瑞典	2017	《瑞典气候法案》	承诺2045年实现“净零”排放
丹麦	2019	《气候法案》	2030在1990年基础上减排70%,最迟2050年实现“净零”排放的目标
日本	2021	《全球变暖对策推进法》(修正案2021)	承诺在2030年碳排放量比2013年减少46%(争取达到50%),至2050年实现零排放的碳中和目标

诺纳入法律予以约束。

### 1.3 政府管制

目前国外采取政府管制主要包括实施以

碳税为代表、以环境保护为目标的各类税种，以及加强政策补贴力度，向从事绿色农业的主体倾斜（见表2）。

表2 相关政府管制类政策

Table 2 Governmental regulatory policies related to carbon reduction in agriculture

目的	国家/地区	激励/惩罚政策
减少碳排放	美国	实施能源税,鼓励新能源应用
	德国	实施生态税
	日本	实施环境税
	芬兰	实施碳排放税
	波兰、瑞典、挪威、丹麦	相继实施全国范围内的碳税
增加碳汇	英国	政府对在改变土地用途过程中不施用氮肥的农场按公顷进行补贴
	英国	政府对农民提供生态补偿费,鼓励农民对自己农场附近的树林、河沟进行保护
其他	韩国	政府对从事绿色农业的农户进行补贴

### 1.4 行业规范

#### 1.4.1 碳核算与评估认证制度

对农业生产、销售等过程的碳评估，可以在一定程度上监督和控制农业能源的消耗和碳排放量；

并可以根据相关的法律文件对不合理的生产过程进行补充或调整。目前，国际通用的碳排放核算方法主要包括排放因子法、碳平衡法和实测法<sup>[5]</sup>。各国农业碳核算与评估认证相关条件或举措见表3。

表3 各国农业碳核算与评估认证相关文件或举措

Table 3 Carbon assessment and certification systems of agriculture

国家/地区	碳核算与评估认证相关文件或举措
美国	美国农业部于2010年建立了土壤碳汇数据库,针对农场、牧场建立了碳汇核算系统(COMET-FARM 图像系统)
韩国	对环保型农产品实施义务认证制,按照“亲环境农业”标准对农产品实行分类严格
英国	向普通农产品推广线上小程序工具,鼓励大农场采用更为专业的碳排放计算方式
瑞典	倡导发展科学生态农业,成立有关协会(KRAV),制定绿色农产品标准并认证

#### 1.4.2 加强对肥料和废料的管理和使用

美国《国家统一肥料法》对肥料中元素含量和外包装参数标注做了严格规定，并有专门的《农药包装废弃物回收处理管理办法》明确生产经营各方在农药包装废弃物回收管理方面的责任。《欧盟有机法案》对农业有机肥料的来源、储存和使用等做出了详细的规范和指导，如不允许使用转基因生物及其衍生物，其他“经济性肥料”的使用需获得机构的认可等。法国《农业手册》对农资存放和使用进行规范，禁止使用部分有潜在风险的农药等。

### 1.5 小结

总的来看，发达国家结合其国情和发展需要，在农业领域采取减排固碳措施，并以减排固碳为目标，完善相关法律法规、推广清洁能源、加强管理和技术创新以及提供财政支持或补偿，具有针对性。而发展中国家主要对现有农业资源进行改进或调整实现源汇转变，但其规模化和集约化程度较差，农业减排固碳体量分散，效果尚不明显。

## 2 我国农业实现碳中和的政策及进展

### 2.1 相关政策

为深化生态文明建设，推动农业向绿色低碳方向转型，我国针对耕地保护、畜禽养殖管理、资源保全以及废弃物资源化利用等领域，制定并实施了多项标准化、系统化的政策与规划（见表4）。2021年，《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》为我国实现碳达峰碳中和目标、贯彻新发展理念制定了更为全面的部署。《2030年前碳达峰行动方案》中进一步规范总结了推进农业农村减排固碳的具体行动，鼓励推进农光互补、“光伏+设施农业”、“海上风电+海洋牧场”等低碳农业模式，研发应用增汇型农业技术、提升土壤有机碳储量等。2022年，针对农业领域，农业农村部发布《农业农村减排固碳实施方案》，明确围绕种植业、畜牧业、渔业减排增汇等6项任务，实施稻田甲烷减排、畜禽低碳减排、渔业减排增汇等10大行动。

表4 我国在农业领域推进碳达峰碳中和的系列政策  
Table 4 China's series of policies to reduce carbon emissions in the agricultural sector

主题	政策
减排	《中国应对气候变化国家方案》(2007)
战略	《全国农业可持续发展规划(2015—2030年)》(2015) 《“十三五”农业农村科技创新专项规划》(2017) 《关于创新体制机制推进农业绿色发展的意见》(2017) 《“十四五”全国农业绿色发展规划》(2021) 《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》(2021) 《2030年前碳达峰行动方案》(2021) 《农业农村减排固碳实施方案》(2022) 《“十四五”节能减排综合工作方案》(2022)
立法	《中华人民共和国循环经济促进法》(2008)
约束	《中华人民共和国大气污染防治法》(2015) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(2020) 《中华人民共和国乡村振兴法》(2021)
政府	《农用薄膜管理办法》(2020)
管制	《关于进一步明确畜禽粪污还田利用要求强化养殖污染监管的通知》(2020) 《农药登记管理办法》(2022) 《肥料登记管理办法》(2022)
行业	《到2020年化肥使用量零增长行动方案》(2015)
规范	《到2020年农药使用量零增长行动方案》(2015) 《建立以绿色生态为导向的农业补贴制度改革方案》(2016) 《全国高标准农田建设规划(2021—2030年)》(2021) 《建立健全碳达峰碳中和标准计量体系实施方案》(2022) 《关于加快建立统一规范的碳排放统计核算体系实施方案》(2022)

## 2.2 我国农业碳排放的问题

我国农业在减排固碳方面基础薄弱，政府对工业和能源碳排放的关注度较高，而对农业碳排放的重视程度亟待加强，农业碳减排也需因地制宜的实施差异化政策。

第一，农业碳排放总量和强度均有降低，但区域间差异显著。数据显示，1994—2018年，我国农业活动温室气体排放总量CO<sub>2</sub>当量在6.05亿~9.38亿t，“十三五”期间加强生态环境治理后温室气体排放总量明显下降<sup>[5]</sup>。农业碳排放强度也同步逐年降低，至2020年万元农业生产总值碳排放量已减至1t，各省农业碳排放具有明显分形特征，排放高强度区域稳定，低强度区域逐渐增多<sup>[6-7]</sup>。

第二，我国农业碳排放具有结构性特征。我国农业部门排放温室气体主要是CH<sub>4</sub>（39%）、N<sub>2</sub>O（30%）和CO<sub>2</sub>（31%），非CO<sub>2</sub>温室气体占比近

70%，并随动物性食物摄入量增加而继续增长。另外，种植业（农业土壤、水稻种植）、养殖业（肠道发酵、粪便管理）和农业能耗碳排放逐渐呈现“三分天下”之势，近些年农机化推广导致农业能源消耗显著上升，已占农业总碳排放的27.18%<sup>[8]</sup>。

第三，农业“双碳”目标尚未成为政策重心和优先项。每年中央一号文件以及乡村振兴战略都把农业绿色发展作为重要工作之一，先后实施了保护性耕作、秸秆还田、畜禽粪污资源化利用、有机肥替代化肥行动、推广绿色农机等多项政策。这些措施理论上均有助于减少温室气体排放，但实际中温室气体不是直接政策目标，无法量化减排固碳效果，难以精准施策。此外，小农为主的农业规模使得减排固碳技术难以实现规模效应。

## 2.3 我国农业减排固碳潜力

根据iGDP测算，肠道发酵、粪污管理、水稻种植以及农业能耗将分别贡献CO<sub>2</sub>当量减排潜力3.78亿、1.19亿、0.77亿、0.65亿t，我国农业部门2050年温室气体有望减排53%，其中甲烷减排潜力最大可达65%，非CO<sub>2</sub>气体减排量6.6亿t<sup>[8]</sup>。另外，化肥施用是我国农业最大碳源，2015年我国氮、磷和钾肥施用单位碳排放量（CO<sub>2</sub>当量）为1.97t/hm<sup>2</sup>，较发达国家平均水平高出50%以上<sup>[9]</sup>。通过测土配方施肥和化肥减量增效行动（2025年实现“一减三提”），我国化肥使用总量自2014年开始下降，但每667m<sup>2</sup>施用量仍高达21.9kg，是化肥施用量最大的国家。2015—2020年我国化肥产量和施用量下降幅度分别超过26%和13%<sup>[10]</sup>，化肥施用强度下降的碳减排贡献超过80%<sup>[11]</sup>。

在固碳方面，我国土壤和渔业拥有巨大碳汇潜力。国际土壤科学联合会主席LAL粗略估算，我国农田土壤固碳速率为2500万~3700万t/a，未来50年CO<sub>2</sub>减排总潜力可超400亿t<sup>[12]</sup>。虽然不同研究机构对土壤碳汇的核算差异较大，但在土壤碳库能力巨大且尚未被有效开发这一结论上达成共识，如何提高土壤有机碳含量成为亟待解决的核心问题。渔业固碳方面，根据2020年FAO《世界渔业和水产养殖状况》报告，初步测算我国渔业碳汇贡献近2亿t/a<sup>[13]</sup>。

## 3 启示与建议

通过分析各发达国家在农业领域减碳增汇的战略部署和政策方向，结合我国农业排放特点和实际情况，提出了我国未来农业农村实现碳中和的三点建议。

### 3.1 建立我国农业碳源/汇数据库

首先开展科学规范的农业温室气体统计核算方法, 补充有机肥替代、秸秆还田、生物炭施用、生态农场、高标准农田建设等农业综合固碳以及能源替代等新技术的核算; 同时加强数据库建设, 通过数据积累, 完善排放因子等的更新升级, 并推广普及核算应用。

此外, 由于农业碳排放核算复杂且具有较高的不确定性, 目前尚未有针对性农业行业碳减排的量化指标。建议在更新核算方法、汇总核算数据的基础上, 构建农业碳源、碳汇数据库, 为我国农业领域减排固碳的未来行动提供数据基础和量化依据。

### 3.2 确定农业碳排放认证标准, 开放农业碳市场

目前, 我国纳入碳排放交易范围的行业主要是火力发电、石化、钢铁等, 农业碳交易尚未入市。2012年, 国家发展和改革委员会颁布的《温室气体自愿减排交易管理暂行办法》中, 提出支持农林碳汇、畜牧业养殖和动物粪便管理等申请成为自愿减排项目。2022年1月4日中央一号文件明确提出“探索建立碳汇产品价值实现机制”的要求。将农业碳汇纳入碳交易, 把农业生产经营行为产生的固碳价值通过碳市及CCER(国家核证自愿减排量)项目进行量化、变现, 为绿色低碳农业、乡村振兴等提供了一条全新的思路。

### 3.3 构建协同联动的政策体系

农业实现碳中和需要健全的政策体系支持, 除了制定战略规划外, 可从立法和加强政府管制措施等方面细化减排固碳具体实施路径及标准规范。农业、能源、经济、环境、财政、工商等各个部门联动和协作, 出台激励性政策措施, 加快农业主体和产业脱碳进程。

#### [参考文献]

- [1] FAO. Agrifood systems and land-related emissions. Global, regional and country trends, 2001—2021[R]. Rome:FAO, 2001: 1-19.
- [2] BCG, 广州极飞科技股份有限公司. 通往农业碳中和之路[R/OL]. (2022-07-20). <http://baijiahao.baidu.com/s?id=1738856044014689235&wfr=spider&for=pc>.  
BCG, XAG. The path to agricultural carbon neutrality [R/OL]. (2022-07-20). <http://baijiahao.baidu.com/s?id=1738856044014689235&wfr=spider&for=pc>.
- [3] 郑玉雨, 于法稳. 气候变化背景下农业低碳发展: 国际经验与中国策略[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2024, 32(2): 183-195.  
ZHENG Y Y, YU F W. Low-carbon agricultural development in the context of climate change: International experiences and China's strategies[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2024, 32(2): 183-195.
- [4] 王斌, 李玉娥, 蔡岸冬, 等. 碳中和视角下全球农业减排固碳政策措施及对中国的启示[J]. 气候变化研究进展, 2022, 18(1): 110-118.  
WANG B, LI Y E, CAI A D, et al. Global policies in agricultural greenhouse gas reduction and carbon sequestration and their enlightenment to China in the view of carbon neutrality [J]. Climate Change Research, 2022, 18(1): 110-118.
- [5] 中国农业科学院. 2024中国农业农村低碳发展报告[R]. 北京: [出版者不详], 2024.  
Chinese Academy of Agricultural Sciences. China's agricultural and rural low-carbon development report 2024 [R]. Beijing: [s. n.], 2024.
- [6] 吴义根, 冯开文. 中国省际农业碳排放的时空分异特征及关联效应[J]. 环境科学与技术, 2019, 42(3): 180-190.  
WU Y, FENG K W. Spatial-temporal differentiation features and correlation effects of provincial agricultural carbon emissions in China [J]. Environmental Science & Technology, 2019, 42(3): 180-190.
- [7] 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.
- [8] 生态环境部. 中华人民共和国气候变化第二次两年更新报告[R/OL]. (2018-12-12). <http://tnc.ccchina.org.cn/Detail.aspx?newsId=73251&TId=203>.  
University of Geology and Environment. Second biennial update report on climate change of the People's Republic of China [R/OL]. (2018-12-12). <http://tnc.ccchina.org.cn/Detail.aspx?newsId=73251&TId=203>.
- [9] 田沛佩, 卢宏伟, 李丹, 等. 2008—2017年中国地级市化肥施用碳足迹的时空演变格局[J]. 中国环境科学, 2021, 41(2): 967-973.  
TIAN P P, LU H W, LI D, et al. Spatial-temporal patterns of carbon footprint of fertilizer application in China during 2008 to 2017 [J]. China Environmental Science, 2021, 41(2): 967-973.
- [10] 李华, 李秀英, 王磊, 等. “双碳”目标下肥料行业发展对策—基于2011—2020年碳减排与存在问题的分析[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2023, 31(2): 206-213.  
LI H, LI X Y, WANG L, et al. Development measures of the fertilizer industry under the carbon peaking and carbon neutrality goals: Analysis of carbon emission reduction and existing problems from 2011 to 2020 [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2023, 31(2): 206-213.
- [11] 邹金浪, 刘陶红, 姚冠荣, 等. 中国化肥减量降碳效应评估[J]. 中国环境科学, 2024, 44(1): 438-448.  
ZOU J L, LIU T H, YAO G R, et al. Assessing the carbon emissions from fertilizer use reduction in China [J]. China Environmental Science, 2024, 44(1): 438-448.
- [12] LAL R. Carbon emission from farm operations [J]. Environment International, 2004, 30(7): 981-990.
- [13] 岳冬冬, 王鲁民, 方海, 等. 基于碳平衡的中国海洋渔业产业发展对策探析[J]. 中国农业科技导报, 2016, 18(4): 1-8.  
YUE D D, WANG L M, FANG H, et al. Development strategy of marine fisheries in China based on the carbon balance [J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2016, 18(4): 1-8.