

基于CiteSpace的我国耕地碳排放研究现状分析与展望

王 雨

西南民族大学管理学院, 四川 成都

收稿日期: 2026年7月15日; 录用日期: 2026年9月1日; 发布日期: 2026年9月8日

摘 要

本文通过CiteSpace软件对2010~2025年我国耕地碳排放领域的相关文献进行可视化分析, 深入探讨该领域的研究现状、热点及前沿动态。研究发现, 我国耕地碳排放研究可分为缓慢增长、平稳增长和快速增长三个阶段, 其发文量变化与国际气候协定及国内相关政策的出台密切相关。在研究内容上, 主要聚焦于耕地碳排放的测算方法、时空分异规律、影响因素以及与经济发展的关系等方面。关键词共现和聚类分析结果显示, “耕地” “碳排放” “碳汇” “土地利用” 等为高频关键词, 反映出研究集中于耕地系统的碳排放与碳汇功能及其影响因素; “碳中和” “碳减排” 等关键词的突现则表明研究逐渐向应用层面转变。此外, 耕地碳排放领域的研究力量相对分散, 尽管已形成部分核心作者团队和机构, 但整体合作网络密度较低, 跨机构、跨学科的合作尚待加强。未来研究应进一步深化微观层面探讨, 强化合作机制, 优化研究方法与模型, 以推动耕地碳排放研究向更深入、系统的方向发展, 为我国碳中和目标的实现提供有力支撑。

关键词

耕地碳排放, CiteSpace, 可视化分析

Analysis and Prospect of the Research Status of Cultivated Land Carbon Emissions in China Based on CiteSpace

Yu Wang

School of Management, Southwest Minzu University, Chengdu Sichuan

Received: July 15, 2026; accepted: September 1, 2026; published: September 8, 2026

Abstract

This paper uses CiteSpace software to visually analyze the relevant literature in the field of cultivated land carbon emissions in China from 2010 to 2025, and deeply discusses the research status, hotspots and frontier dynamics in this field. The study found that the research on carbon emissions from cultivated land in China can be divided into three stages: slow growth, steady growth and rapid growth. The change in the number of publications is closely related to the introduction of international climate agreements and domestic related policies. In terms of research content, it mainly focuses on the calculation method of cultivated land carbon emissions, the law of spatial and temporal differentiation, the influencing factors and the relationship with economic development. The results of keyword co-occurrence and cluster analysis showed that “cultivated land”, “carbon emission”, “carbon sink” and “land use” were high-frequency keywords, reflecting that the research focused on the carbon emission and carbon sink function of cultivated land system and its influencing factors. The emergence of keywords such as “carbon neutrality” and “carbon emission reduction” indicates that the research has gradually shifted to the application level. In addition, the research strength in the field of cultivated land carbon emissions is relatively scattered. Although some core author teams and institutions have been formed, the overall cooperation network density is low, and cross-institutional and interdisciplinary cooperation needs to be strengthened. Future research should further deepen the micro-level discussion, strengthen the cooperation mechanism, and optimize research methods and models, so as to promote the research of cultivated land carbon emissions to a more in-depth and systematic direction, and provide strong support for the realization of China’s carbon neutrality goals.

Keywords

Carbon Emissions of Cultivated Land, CiteSpace, Visual Analysis

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在全球气候治理背景下，全球变暖已成为亟需应对的关键挑战，降低碳排放强度并提升碳汇能力是核心解决路径[1]。国际气候制度持续演进：1997年《京都议定书》要求发达国家较1990年减排5.2%[2]；2015年《巴黎协定》将碳中和纳入全球治理框架[3]。中国作为重要CO₂排放国和协定缔约方，于2020年9月承诺力争2030年前碳达峰、2060年前实现碳中和[4]。耕地作为粮食生产的基础载体，在农业生态系统中地位不可替代，但城市化与土地高强度开发致使农业温室气体排放问题日趋严峻，过度投入与不合理开发加剧了气候治理压力，因此深入探究耕地碳排放对实现减排与碳中和目标具有现实意义。

当前学界围绕耕地碳排放已形成若干研究主线：(1) 碳排放测算方法与总量核算[5]；(2) 碳排放时空分异规律[6]；(3) 影响因素及作用机制[7][8]；(4) 碳排放与经济关联性的[9][10]。既有成果虽具价值，但多聚焦于单一维度，缺乏对整体研究内容、热点演变及发展趋势的系统性综合比较与分析。为明晰该领域发展脉络，捕捉前沿热点与最新进展，本研究借助CiteSpace信息可视化工具，结合知识图谱方法，对2010~2025年中国耕地碳排放相关文献进行量化分析，旨在系统梳理研究现状与热点方向，期为后续研究提供参考依据。

2. 数据来源与方法

2.1. 数据来源

文献取自 CNKI 六大核心数据库(北大核心、CSSCI、CSCD、EI、AMI、WJCI)。以“耕地碳排放” OR “耕地碳吸收” OR “耕地碳中和” OR “耕地碳汇” OR “耕地碳源” OR “耕地减排” 作为检索主题词，时间范围为 2010~2025 年。初检获 562 篇，剔除重复、不相关及非学术文献后，最终纳入 522 篇有效文献。

2.2. 研究方法

CiteSpace 是陈超美等[11]开发的一款多元、分时、动态的引文可视化分析软件，通过可视化的手段进行文献挖掘，探究科学发展的足迹。本研究使用 CiteSpace 6.2.R3 版本进行数据处理与分析，包括发文量分析、关键词分析、文献作者群体分析、发文机构分析等。

3. 结果与分析

3.1. 发文量分析

《京都议定书》签署后国内开启碳排放研究，但因理论、政策和法规空缺，早期进展缓慢。我国耕地碳排放发文量呈三阶段演变(图 1)，一是 2010~2015 年缓慢增长期，这一时期耕地碳排放关注度较低，发文量较少，是因为当时对于耕地碳排放的研究还处于起步阶段，相关的研究方法、数据收集等都还不够完善，该领域还未引起广泛重视。二是 2016~2019 年平稳增长期，这一时期发文量有一定提升且保持相对稳定，主要原因为 2016 年 11 月《巴黎协定》推动了碳排放领域相关研究[12]，反映出学术界对耕地碳排放的关注度在逐渐增加，但尚未出现大规模的研究热潮。三是 2020~2024 年快速增长期，在此期间，相关文献发文量急剧上升。2020~2023 年，中国政府正式提出碳达峰与碳中和目标[13]。与此同时，《“十四五”全国农业绿色发展规划》[14]等一系列相关政策密集发布实施，这些政策举措进一步激发了学术界对耕地碳排放领域的关注与研究热情，促使该领域相关文献数量呈现直线上升趋势。

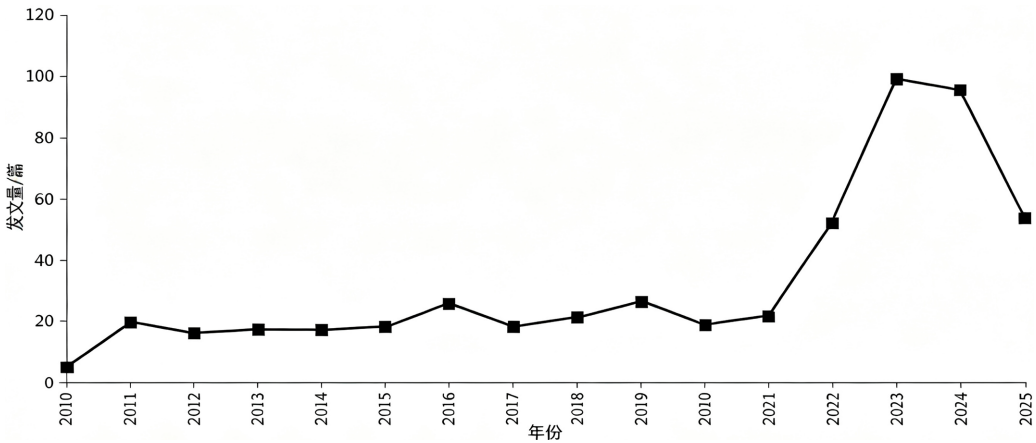


Figure 1. The change trend of carbon emission of cultivated land from 2010 to 2025
图 1. 2010~2025 年耕地碳排放发文量变化趋势

3.2. 关键词分析

3.2.1. 关键词共现分析

关键词凝练文献核心主题，在学术研究中具有重要价值。通过构建碳排放领域的关键词共现图谱，

可有效挖掘研究热点与发展态势[15]。本研究利用 CiteSpace 生成关键词图谱(图 2)，图中节点大小反映关键词出现频次，节点颜色标示时间分布，中心性则表征节点在网络中的媒介作用与连接能力，其数值越高，节点重要性越强。表 1 列出了高频关键词及其中心性。

图谱显示，“耕地”“碳排放”“碳汇”“土地利用”为核心节点，表明当前研究主要围绕耕地系统的碳排放与碳汇功能、土地利用方式的影响展开；“碳减排”“碳中和”等高频词体现了对减排策略与碳中和目标实现的关注；“影响因素”“生态足迹”则反映出自然与人为因素对耕地碳排放作用机制的探究。就研究方向而言，图谱中“湖北省”“河南省”等区域节点显现，部分研究集中于特定地域，因土壤、气候、种植结构等差异导致碳排放区域异质性，未来应加强跨区域对比研究；耕地碳排放与城镇化进程紧密关联，城镇化改变土地利用格局，进而影响碳循环，需协调耕地保护与城市发展；对耕地系统碳收支平衡及碳储量变化的研究，对于评估碳汇潜力、推动碳中和意义重大；气候变化影响土壤有机碳分解与作物生长，进而改变碳排放量，需深入解析其互馈机制。

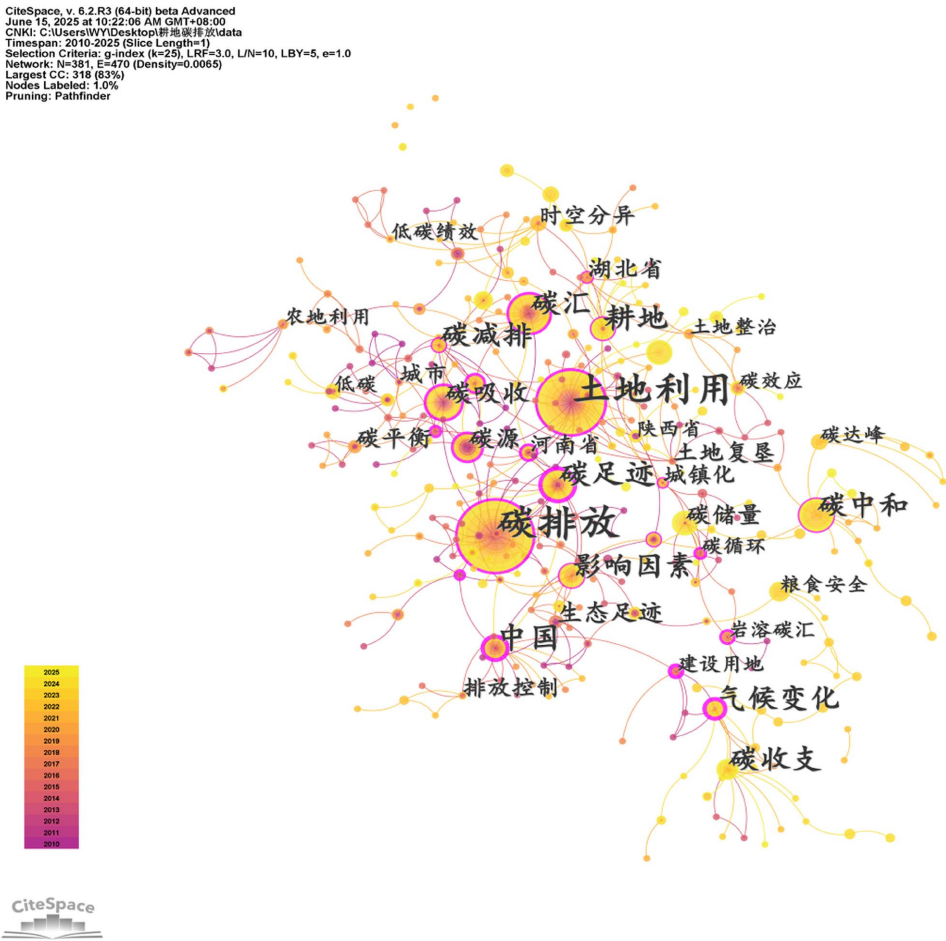


Figure 2. The keyword co-occurrence map of cultivated land carbon emission research from 2010 to 2025
图 2. 2010~2025 年耕地碳排放研究关键词共现图

当节点的中心性 ≥ 0.1 时，可以认为该关键词的中介中心性较高，是网络中的关键节点。结合表 1 可以确定耕地碳排放领域的重要节点有“碳排放”“土地利用”“碳汇”“耕地”“碳中和”“碳吸收”“碳足迹”“碳源”“影响因素”等。

Table 1. The frequency and centrality of keywords
表 1. 关键词的频次和中心性

序号	频次	中心性	首现年	关键词	序号	频次	中心性	首现年	关键词
1	157	0.33	2010	碳排放	11	16	0.03	2013	碳储量
2	100	0.38	2010	土地利用	12	14	0.39	2011	中国
3	49	0.25	2010	碳汇	13	14	0.09	2014	碳收支
4	34	0.31	2015	耕地	14	10	0.03	2012	碳源/汇
5	32	0.16	2021	碳中和	15	9	0.03	2014	低碳
6	25	0.26	2011	碳吸收	16	9	0.26	2012	气候变化
7	22	0.44	2011	碳足迹	17	9	0.05	2023	粮食安全
8	20	0.25	2010	碳源	18	8	0.03	2014	碳效应
9	17	0.27	2012	影响因素	19	8	0.16	2010	碳减排
10	17	0.02	2020	时空演变	20	7	0.03	2022	碳达峰

3.2.2. 关键词聚类分析

Q 值与 S 值是评价聚类效果的关键指标：Q > 0.3 表明网络结构显著，S > 0.5 表示聚类合理，S ≥ 0.7 则可信度高[16]。本研究关键词聚类图(图 3)显示，Q = 0.8735，S = 0.9715，聚类效果良好。前十个聚类中，“碳排放”“碳吸收”“碳减排”“碳循环”“碳中和”与研究对象直接相关，验证了文献检索的针对性；“气候变化”“土地利用”“耕地利用”“生态退耕”“影响因素”则集中体现了近十余年该领域的主要研究内容。

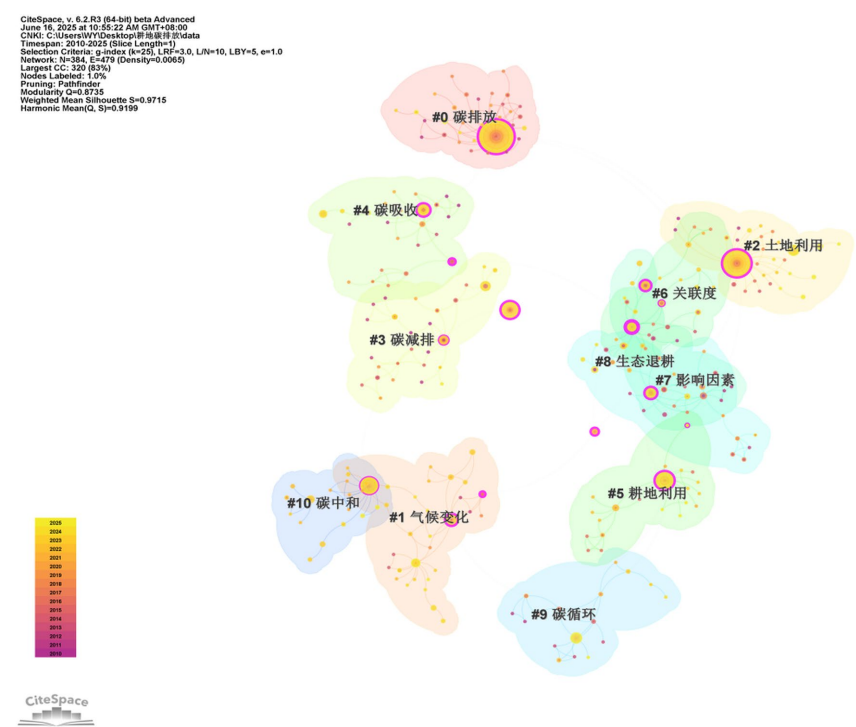


Figure 3. Keywords clustering map of cultivated land carbon emissions from 2010 to 2025
图 3. 2010~2025 年耕地碳排放研究关键词聚类图谱

“碳排放”与“碳吸收”聚类中,陈炜等[6]基于省级面板数据以 IPCC 系数法揭示种植业碳排放呈“上升-波动-下降”三阶段演变及区域差异;文清等[5]同样采用系数法探讨了经济发展水平、农业结构等因素的区域异质性影响。该类研究奠定了系数法的主导地位,但微观碳过程刻画不足。“土地利用”与“耕地利用”聚类方面,周思宇等[7]以生命周期法核算东北地区耕地管理活动的碳排放及驱动因素;张玥等[17]运用超效率 SBM 模型测度了 30 个省级行政区耕地低碳利用效率的时空演变,拓展了分析框架,但模型参数本地化及多因素交互量化仍有待加强。“气候变化”聚类中,范大莎等[18]利用空间探索性分析与地理加权回归模型,揭示了东北三省农田生态系统碳排放的空间集聚性及驱动因素,发现碳排放存在显著的全局空间正相关。“碳减排”与“碳中和”聚类中,刘丽娜等[19]运用 LMDI 分解与 Tapio 脱钩模型,分析了区域农业碳排放的影响因素及其与经济增长的脱钩关系,推动了从现象描述向政策应对的转变,但减排措施的成本效益与区域适用性评估仍需深化。

3.3. 合作网络分析

3.3.1. 作者群体分析

运用 CiteSpace 软件开展作者共现分析,能够精准识别出特定研究领域的核心作者群体,并深入剖析其间的合作与互引关系。本研究通过 CiteSpace 绘制作者共现图谱,该图谱包含节点数量 $N=420$ 个,网络连线数量 $E=328$ 条,网络密度为 0.0037。在作者共现图谱里,节点的大小与度值呈正相关,即节点越大,表明该节点所代表作者的度值越高,意味着该作者在研究网络中与其他作者的关联更为紧密;节点标签的大小则与作者的发文量相关联,节点标签越大,说明该作者的发文数量越多,在一定程度上反映了其在该领域的研究活跃度。

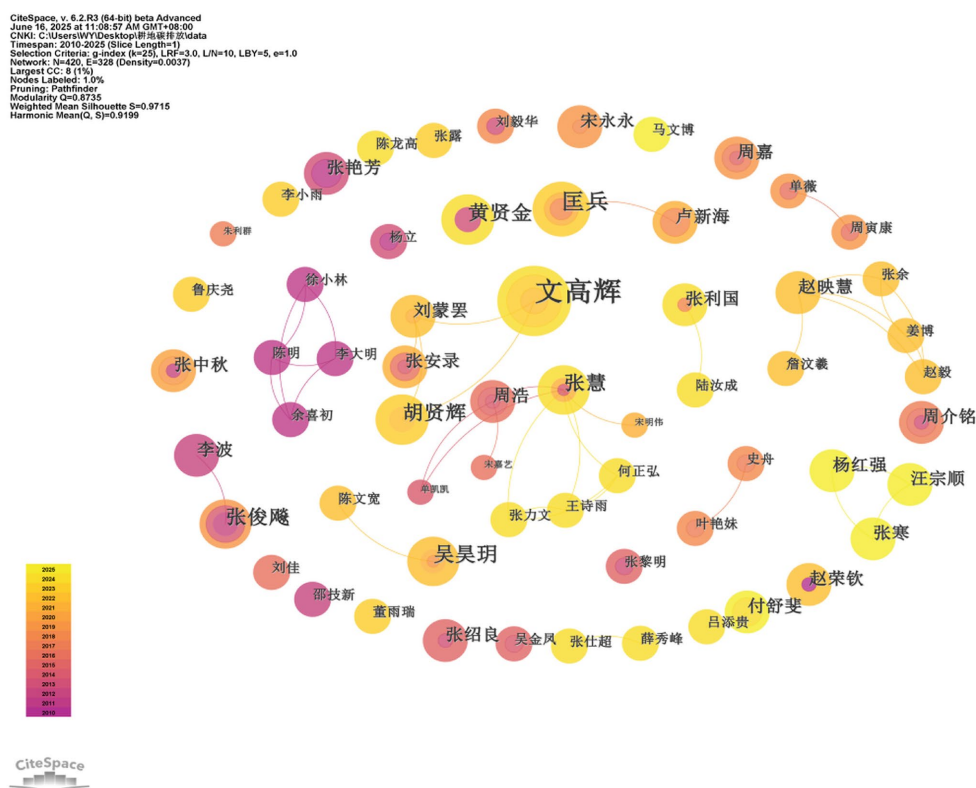


Figure 4. The author relationship map of cultivated land carbon emissions from 2010 to 2025
图 4. 2010~2025 年耕地碳排放作者关系图谱

由图 4 可知，2010~2025 年间，耕地碳排放领域形成了以文高辉 - 张安录 - 刘蒙罢 - 胡贤辉、张慧 - 张力文 - 王诗雨 - 何正弘 - 宋明伟、李大明 - 徐小林 - 陈明 - 余喜初、赵映慧 - 詹汶羲 - 张余 - 姜博 - 赵毅等为代表的核心合作团队，另有匡兵 - 卢新海、李波 - 张俊飙、吴昊玥 - 陈文宽、史舟 - 叶艳妹、张利国 - 陆汝成、单薇 - 周寅康等两人组合，合作关系较为薄弱。部分作者个人发文量较高，具有一定学术影响力，但图谱中大量孤立节点表明多数研究者处于独立状态，尚未融入稳定合作网络，整体研究力量分散，协同效应不足，跨团队交流与合作有待加强。

发文量统计(表 2)显示，文高辉以 8 篇居首，自 2022 年起发文；匡兵 5 篇，自 2018 年始；其余作者发文量多在 3~4 篇，包括张俊飙、黄贤金、张慧、胡贤辉、吴昊玥、汪宗顺、张利国、周介铭、张艳芳、张寒、张绍良、张中秋、赵映慧、张安录、卢新海、周浩、周嘉、宋永永等，首次发文时间跨度较大(2011~2025 年)。总体而言，作者发文量差异明显，多数集中在 3~4 篇，高产作者较少，研究持续性有待提升。

Table 2. List of core authors in the field of cultivated land carbon emission research
表 2. 耕地碳排放研究领域核心作者列表

编号	首次发文时间	作者	发文量
1	2022	文高辉	8
2	2018	匡兵	5
3	2012	张俊飏	4
4	2013	黄贤金	4
5	2014	张慧	4
6	2022	胡贤辉	4
7	2019	吴昊玥	4
8	2025	汪宗顺	3
9	2018	张利国	3
10	2013	周介铭	3
11	2011	张艳芳	3
12	2025	张寒	3
13	2013	张绍良	3
14	2012	张中秋	3
15	2022	赵映慧	3
16	2014	张安录	3
17	2018	卢新海	3
18	2014	周浩	3
19	2015	周嘉	3
20	2018	宋永永	3

3.3.2. 机构合作分析

对耕地碳排放文献的发文机构进行量化分析，最终输出机构共现图谱(图 5)，机构出现次数反映在节点的大小，出现次数越多的机构对应节点越大。图中共有 344 个节点，264 个网络连线，网络密度为 0.0045，表明中国耕地碳排放研究机构间的交流合作有待加强，机构与机构之间的联系较弱。中国科学院地理科

学与资源研究所、南京大学地理与海洋科学学院、华中农业大学公共管理学院等机构在图中处于核心地位。这些机构的节点规模较大，且节点间连线数量丰富，这充分表明它们在耕地碳排放研究领域具有显著影响力，并与其他众多机构开展了广泛且深入的合作。同时，部分机构之间存在较为紧密的合作关系，形成了一些相对集中的合作群落。东北农业大学公共管理与法学院、经济管理学院等机构之间存在较多连线，显示了在特定区域或研究方向上的紧密合作。此外，图中还存在一些节点较小、连线较少的机构，说明这些机构在耕地碳排放研究中的参与度相对较低，或者处于合作网络的边缘位置。对于这些机构而言，加强与其他机构的合作交流将有助于提升自身在耕地碳排放研究中的影响力和竞争力。

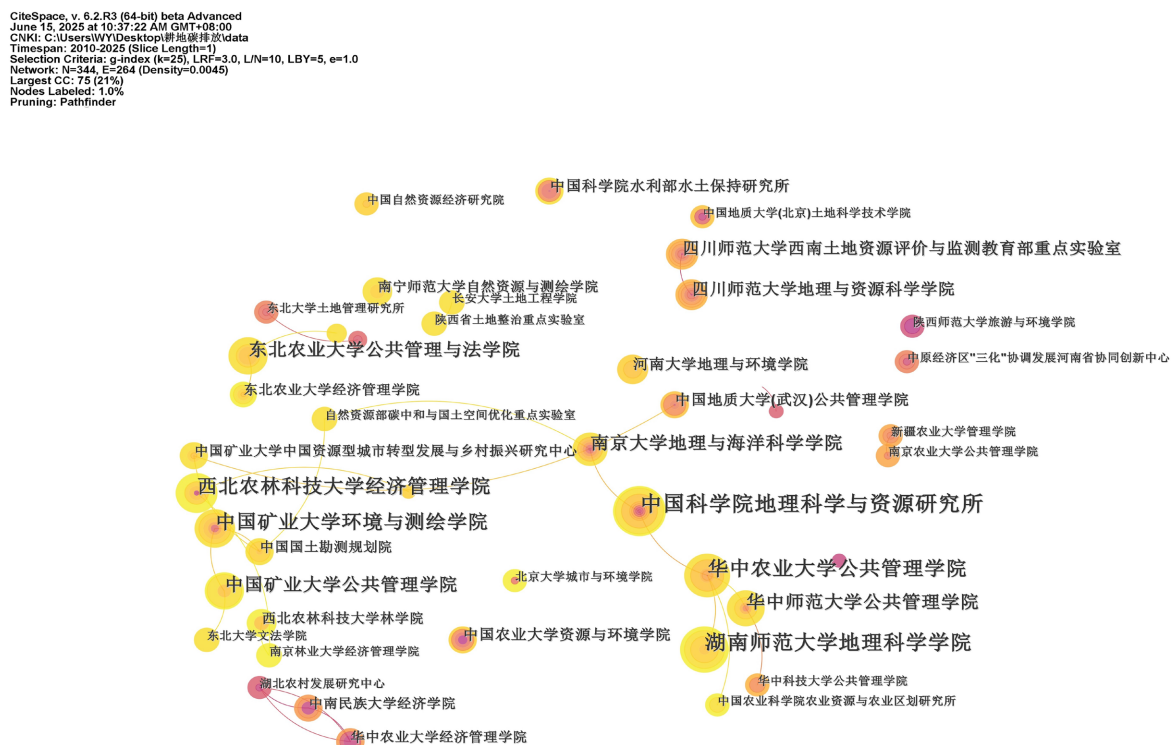


Figure 5. The cooperation map of cultivated land carbon emission institutions from 2010 to 2025
图 5. 2010~2025 年耕地碳排放研究机构合作图谱

4. 结论与展望

4.1. 结论

通过对 2010~2025 年我国耕地碳排放领域的相关文献进行 CiteSpace 可视化分析，主要结论如下：

(1) 发文量呈阶段性增长。研究历程分为三个阶段：缓慢增长期(2010~2015 年)，发文量少，研究处于起步阶段；平稳增长期(2016~2019 年)，发文量稳步提升，关注度逐渐增加；快速增长期(2020~2024 年)，发文量急剧上升，主要受碳达峰、碳中和目标及配套政策驱动。

(2) 作者与机构合作网络有待加强。作者层面，形成了少量核心团队，但大量研究者仍处于独立状态，协同效应不足。机构层面整体网络密度较低，机构间联系薄弱，合作交流亟需深化。

(3) 关键词共现与聚类揭示研究热点。高频关键词包括“耕地”“碳排放”“碳汇”“土地利用”，表明研究聚焦于耕地系统碳收支功能及土地利用影响；“碳减排”“碳中和”等词反映了对减排策略与目标实现的重视。聚类分析效果显著主要聚类涵盖碳排放、气候变化、土地利用、碳减排、碳吸收等。其

中,“碳排放”聚类贯穿整个研究期,始终为核心主题。

4.2. 展望

未来耕地碳排放研究应从方法优化、尺度深化和政策协同等方面着力,针对本研究发现的具体问题提出以下建议:

(1) 优化模型方法与参数体系。未来应致力于将高分辨率遥感数据与地面通量观测相结合,系统校准 DNDC、CENTURY 等过程模型在典型农田生态系统中的本地化参数,从而提高区域碳通量估算的精度和时空连续性,减少不确定性。

(2) 强化微观尺度与机制研究。建议借助原位监测和同位素示踪等手段,揭示耕作方式、施肥制度、秸秆还田等措施对土壤呼吸及其组分的差异化影响,为精准减排提供机理支撑。

(3) 深化跨学科整合与政策协同分析。目前生态学、经济学、GIS 等学科的融合仍停留在表层,建议将碳排放效应纳入耕地保护、粮食安全、乡村振兴等多元政策目标的权衡框架中,探寻“减排-增产-增收”协同增效的具体路径。

5. 研究局限性

尽管本文基于 CiteSpace 对耕地碳排放文献进行了系统梳理,但仍存在以下局限,需在后续研究加以改进:

(1) 文献质量未予评估。未对每篇文献的研究设计、数据质量或方法严谨性进行独立评价,因此高频关键词或高被引节点可能包含方法学存在缺陷的文献,影响热点识别的客观性。

(2) 检索策略可能存在遗漏。部分相关研究可能使用“农业碳排放”“农田温室气体”“土壤碳通量”等相近术语,导致相关文献未被纳入,样本覆盖面存在偏差。

未来可在拓展数据源、引入文献质量评价体系和优化检索策略等方面加以完善。

基金项目

本项目得到西南民族大学中央高校基本科研业务费专项资金项目资助,项目编号:2025SYJSCX114。

参考文献

- [1] 董红敏,李玉娥,陶秀萍,等. 中国农业源温室气体排放与减排技术对策[J]. 农业工程学报, 2008(10): 269-273.
- [2] 王志轩. 《京都议定书》与中国电力行业的应对措施建议[J]. 中国电力, 2003(1): 75-78.
- [3] 邹才能,薛华庆,熊波,等. “碳中和”的内涵、创新与愿景[J]. 天然气工业, 2021, 41(8): 46-57.
- [4] 蔡博峰,曹丽斌,雷宇,等. 中国碳中和目标下的二氧化碳排放路径[J]. 中国人口·资源与环境, 2021, 31(1): 7-14.
- [5] 文清,田云,王雅鹏. 中国农业碳排放省域差异与驱动机理研究——基于 30 个省市(区)1993-2012 年的面板数据分析[J]. 干旱区资源与环境, 2015, 29(11): 1-6.
- [6] 陈炜,殷田园,李红兵. 1997-2015 年中国种植业碳排放时空特征及与农业发展的关系[J]. 干旱区资源与环境, 2019, 33(2): 37-44.
- [7] 周思宇,郗凤明,尹岩,等. 东北地区耕地利用碳排放核算及驱动因素[J]. 应用生态学报, 2021, 32(11): 3865-3871.
- [8] 赵宇. 江苏省农业碳排放动态变化影响因素分析及趋势预测[J]. 中国农业资源与区划, 2018, 39(5): 97-102.
- [9] 丁宝根,杨树旺,赵玉,等. 中国耕地资源利用的碳排放时空特征及脱钩效应研究[J]. 中国土地科学, 2019, 33(12): 45-54.
- [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.
- [11] 陈超美,李杰. CiteSpace: 科技文本挖掘及可视化[M]. 北京: 首都经济贸易大学出版社, 2022.

-
- [12] 胡永浩, 张昆扬, 胡南燕, 等. 中国农业碳排放测算研究综述[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2023, 31(2): 163-176.
 - [13] 宋鹏, 张慧敏, 毛显强. 面向碳达峰目标的重庆市碳减排路径[J]. 中国环境科学, 2022, 42(3): 1446-1455.
 - [14] 金书秦, 林煜, 栾健. 农业绿色发展有规可循——《“十四五”全国农业绿色发展规划》解读[J]. 中国发展观察, 2021(21): 47-49.
 - [15] 鄢德奎. 生态补偿的理论澄清与制度重塑——以司法裁判的实践反思为视角[J]. 河北法学, 2023, 41(7): 39-64.
 - [16] 陈悦, 陈超美, 刘则渊, 等. CiteSpace 知识图谱的方法论功能[J]. 科学学研究, 2015, 33(2): 242-253.
 - [17] 张玥, 代亚强, 陈媛媛, 等. 中国耕地低碳利用效率时空演变及其驱动因素[J]. 农业工程学报, 2022, 38(8): 234-243.
 - [18] 范大莎, 杨旭, 吴相利, 等. 东北三省农田生态系统碳排放时空分异特征及驱动因素研究[J]. 环境科学学报, 2017, 37(7): 2797-2804.
 - [19] 刘丽娜, 王春好, 袁子薇, 等. 区域农业碳排放 LMDI 分解和脱钩效应分析[J]. 统计与决策, 2019, 35(23): 95-99.