

基于CNKI和WOS数据库的植物物候研究文献计量分析

李罕琪*, 朱司司*, 王馨熠, 李云丹, 陆清, 曾举, 周瑞伍#

玉溪师范学院地理与国土工程学院, 云南 玉溪

收稿日期: 2026年1月29日; 录用日期: 2026年2月24日; 发布日期: 2026年3月6日

摘要

植物物候是反映气候变化影响生态系统的重要指示因子, 也是国内外生态研究的热点领域。为系统梳理该领域的研究动态、热点及发展趋势, 本研究以CNKI和WOS数据库中1994~2024年间收录的相关学术论文为基础, 运用VOSviewer和CiteSpace软件进行文献计量与可视化分析。结果表明: (1) 植物物候研究发文量总体呈上升趋势, 中国、美国和挪威是发文量最多的国家, 发文量最高的机构为中国科学院, 核心作者包括挪威的Atle Mysterud和中国的常兆丰; (2) 中英文文献均高度关注“植物物候”“气候变化”和“物候期”等主题, 但英文研究更侧重于微观机理和全球尺度模拟, 中文研究则更多聚焦于典型区域的物候响应与应用实践; (3) 近三十年来, 植物物候研究从早期的现象描述逐步转向对气候变化响应的机制探讨, 并呈现出多技术融合、多过程耦合的发展特征。本研究可为把握植物物候领域的研究脉络和未来方向提供科学参考。

关键词

植物物候, 文献计量分析, 可视化分析, CNKI, WOS

Bibliometric Analysis of Plant Phenology Research Based on CNKI and WOS Databases

Hanqi Li*, Sisi Zhu*, Xinyi Wang, Yundan Li, Qing Lu, Ju Zeng, Ruiwu Zhou#

College of Geography and Land Engineering, Yuxi Normal University, Yuxi Yunnan

Received: January 29, 2026; accepted: February 24, 2026; published: March 6, 2026

*共同第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 李罕琪, 朱司司, 王馨熠, 李云丹, 陆清, 曾举, 周瑞伍. 基于 CNKI 和 WOS 数据库的植物物候研究文献计量分析[J]. 植物学研究, 2026, 15(2): 109-122. DOI: 10.12677/br.2026.152013

Abstract

Plant phenology is a key indicator reflecting the impact of climate change on ecosystems and has become a hotspot in ecological research both domestically and internationally. To systematically review the research dynamics, hotspots, and development trends in this field, this study conducted a bibliometric and visual analysis using relevant academic articles published between 1994 and 2024 from the CNKI and WOS databases, employing VOSviewer and CiteSpace software. The results show that: (1) The number of publications in plant phenology research has generally increased, with China, the United States, and Norway being the most productive countries. The Chinese Academy of Sciences is the most prolific institution, and core authors include Atle Mysterud from Norway and Zhaofeng Chang from China. (2) Both Chinese and English literature frequently focus on themes such as “plant phenology”, “climate change”, and “phenological phase”. However, English-language studies tend to emphasize micro-level mechanisms and global-scale modeling, while Chinese studies focus more on phenological responses and practical applications in typical regions. (3) Over the past three decades, plant phenology research has shifted from early descriptive studies to mechanistic investigations of responses to climate change, showing a trend toward multi-technology integration and multi-process coupling. This study provides a scientific reference for understanding the research context and future directions in the field of plant phenology.

Keywords

Plant Phenology, Bibliometric Analysis, Visual Analysis, CNKI, WOS

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

植物物候是指植物生命活动的时序现象，它与环境因素如温度、光照等密切相关，反映了植物对环境变化的响应机制。植物物候不仅影响着植物自身的生长发育，还通过调整植物的繁殖和生长周期，间接影响生态系统的结构和功能[1][2]。因此，植物物候的研究具有重要的科学意义和应用价值。植物物候期通常分为展叶期、开花期、结果期和落叶期等，其研究方法主要包括人工观测、控制实验和模型模拟等[3]。人工观测是通过观测和记录不同时间点的物候事件，控制实验则通过控制环境变量探究特定环境因素对植物物候的影响，而模型模拟是在已有数据的基础上利用数学模型预测植物物候变化的趋势和可能的影响因素。随着全球气候变化的加剧，许多植物的物候期发生变化，这不仅影响植物自身的适应能力，还可能引起生态系统的失衡[4]。植物物候学作为一门研究植物生命活动与气候环境之间关系的学科，在过去的几十年里经历了显著的发展，随着气候变化的加剧，对植物物候期的准确预测和研究愈发重要，该领域已经成为生态系统科学研究的热点之一。

植物物候的研究技术方法已从传统的野外人工观测逐步发展到结合遥感技术及分子生物学等先进技术的综合研究[5]。遥感技术的应用极大地提高了数据采集的效率和精度，使得大范围的物候监测成为可能，而分子生物学的发展则促进了对植物物候响应气候变化分子机制的理解。研究对象方面，植物物候研究不再局限于传统的木本植物，越来越多地关注草本植物甚至植物的地下物候现象[6]。近年来，植物物候对生物多样性、生态系统服务及碳循环的影响也成为研究热点，这对于评估和应对全球变暖具有重

要意义[7]。

总体上, 植物物候研究在理论与方法上已趋于成熟, 但其发展历史脉络以及目前面临的新形势下植物物候研究热点方向如何发展还需厘清, 国内外的植物物候研究是否存在差异等也未明确。为此, 本研究基于中国国家知识基础设施(China National Knowledge Infrastructure, CNKI)和科学引文索引数据库(Web of Science, WOS)数据库中有关植物物候研究文献, 利用文献计量分析手段, 明确植物物候研究的发展历史, 揭示国内外植物物候研究的历史发展、研究热点及未来趋势差异, 为该领域的相关研究人员提供理论参考。

2. 数据来源与方法

2.1. 数据来源

CNKI 和 WOS 两大数据库拥有丰富的学术资源, 尤其在自然科学和社会科学领域具有较高的权威性和影响力[8]。本研究在 CNKI 数据库中, 主要以“植物物候”为主要关键词, 初步筛选出文献共 953 篇, 去除会议论文、综述性论文、非中文文献、报纸、图书等, 重点关注学术期刊论文、硕士论文及博士论文, 得到学术期刊论文共 596 篇, 硕士论文共 219 篇, 博士论文共 47 篇。在 WOS 数据库中, 则以“plant phenology”作为关键词进行检索, 初步筛选出文献共 2839 篇, 去除会议论文、综述性论文、非中文文献、报纸、图书等, 得到期刊论文共 2672 篇(见表 1)。

Table 1. Data time range and literature quantity

表 1. 数据时间范围以及文献数量

数据库	关键词	时间范围/年	初步筛选文献数量/篇	精选文献数量/篇
CNKI	植物物候	1994~2024	953	862
WOS	plant phenology	1994~2024	2839	2672

2.2. 研究方法

本研究采用文献计量学方法, 基于 1994~2024 年 CNKI 和 WOS 数据库收录的植物物候研究文献, 通过 VOSviewer 与 CiteSpace 软件进行可视化分析。首先对文献进行系统检索与清洗, 形成中、英文有效文献集; 在此基础上, 分别从发文趋势、核心作者与机构、期刊分布、关键词共现与突现等维度开展量化统计与图谱绘制, 并对比分析中英文文献的研究热点、合作模式及演进路径, 从而系统揭示该领域的研究现状、发展动态与前沿方向。

3. 结果与分析

3.1. 年度发文量

发文量可直观地反映出某一领域或主题的研究活跃程度[9]。在 WOS 数据库中, 植物物候研究发文量呈指数增长趋势。具体来看, 1994 年至 2005 年间发文量增长较为平缓, 年度发文量基本保持在 10 至 40 篇之间, 自 2006 年起, 年度发文量进入快速上升阶段, 尤其在 2010 年后增长明显加速, 并于 2021 年达到峰值。尽管 2022 年至 2023 年发文量略有回落, 但仍显著高于前期水平(见图 1)。

CNKI 数据库中 1994~2024 年间植物物候研究领域的发文量呈现出波动上升的态势。可分为三个阶段, 一是起步阶段(1994~2003 年), 年度发文量普遍较低且波动明显; 二是稳步增长期(2004~2013 年), 发文量总体提升, 尤其在 2009 年后明显加速; 三是相对高位发展阶段(2014~2024), 尽管期间存在一定起伏, 如 2014 年出现阶段性回调, 但总体发文量维持较高水平, 并于 2023 年达到峰值(见图 2)。

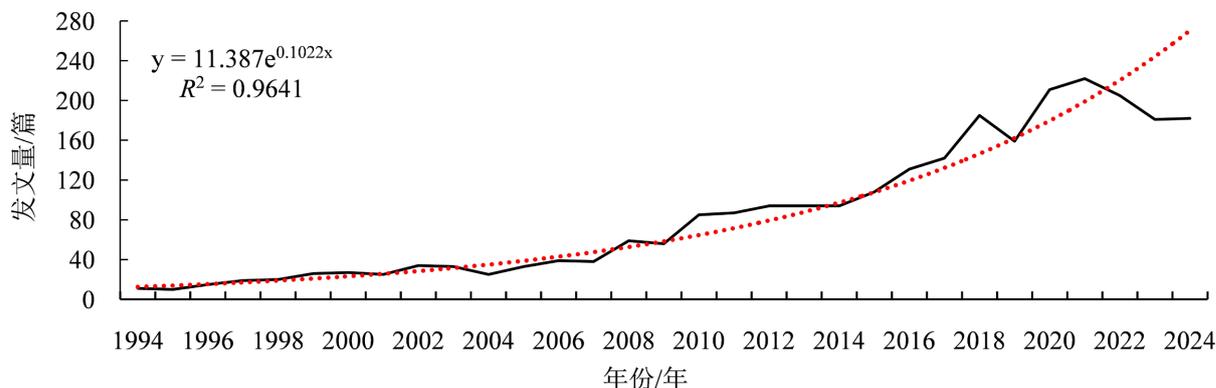


Figure 1. Trend of annual publications on plant phenology research in the WOS database

图 1. WOS 数据库中植物物候研究年发文量趋势

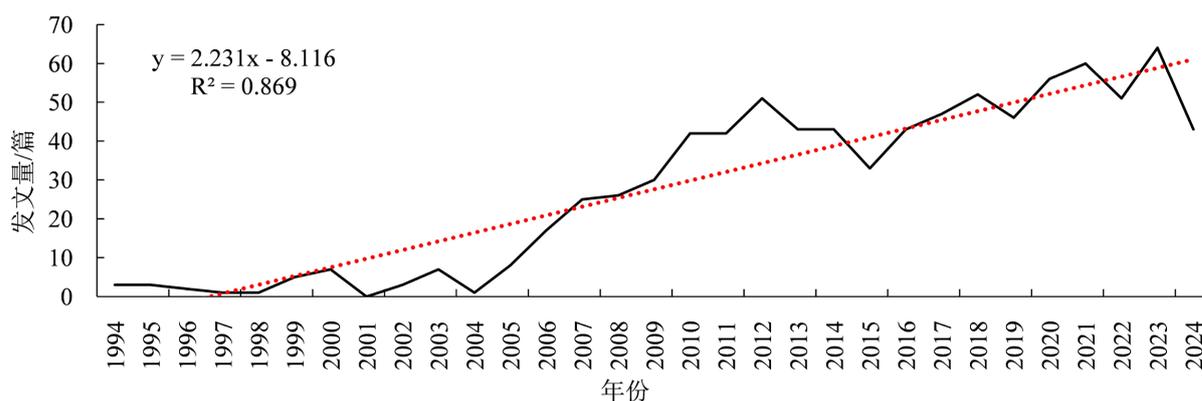


Figure 2. Trend of annual publications on plant phenology research in CNKI database

图 2. CNKI 数据库中植物物候研究年发文量趋势

综上, 植物物候研究长期保持活跃并持续受到国内外学界关注, 研究活跃度稳步增强, 但国内起步要晚于国外。未来, 随着全球气候变化对植物物候影响研究的深入, 预估该领域的研究热度将持续上升 [10]。

3.2. 发文作者与机构

作者信息进行统计和分析, 可以揭示出该领域的研究热点、发展趋势以及主要贡献者 [11]。国际植物物候研究领域的核心作者主要来自挪威、中国和美国。其中, 挪威学者 Atle M. 以 33 篇的发文量位居第一, 展现出突出的学术产出能力; 同时, 在总引用量方面, 美国学者 Richardson A. D. 和挪威学者 Langvatn R. 的成果影响力最为显著, 总引用次数分别达到 2825 次和 2456 次。中国学者表现活跃, 共有 5 位学者进入前十, 在发文数量上整体占优, 其中 Dai J. H. 以 24 篇位列第二; 然而, 其总引用量普遍低于欧美学者, 显示国际学术影响力仍有进一步提升空间 (见表 2)。

图 3 表示 WOS 作者合作网络以及文献发表的时间图谱, 颜色越深代表作者最早发表文章时间越早, 圆圈大小代表了该作者在植物物候中的影响力。合作网络呈现多中心化特征, 形成了以北美 - 中国合作为代表的跨区域集群、以北欧学者为核心的研究集群以及以南美学者为主的区域研究群体。从时间演进来看, 2016 年以前以挪威学者 Atle M. 美国学者 Richardson A. D. 为首的学者及团队对于植物物候领域的影响力较大。2018 年后中国学者节点的连接显著增强, 国际合作网络日趋紧密, 中国学者 Wu C. Y. 和 Dai J. H. 等人也在植物物候领域逐渐扩大其影响力 (见图 3)。

Table 2. Top 10 authors in terms of plant phenology publications in the WOS database
表 2. WOS 数据库中植物物候发文量前十作者

序号	作者	发文量/篇	总引用次数/次	国家
1	Atle M.	33	1884	挪威
2	Dai J. H.	24	497	中国
3	Langvatn R.	22	2456	挪威
4	Wu Chaoyang	21	1004	中国
5	Richardson A. D.	20	2825	美国
6	Wang H. J.	20	629	中国
7	Fu Y. S. H.	19	1810	中国
8	Ge Q. S.	19	782	中国
9	Kauffman M. J.	19	1906	美国
10	Stenseth N. C.	19	2292	挪威

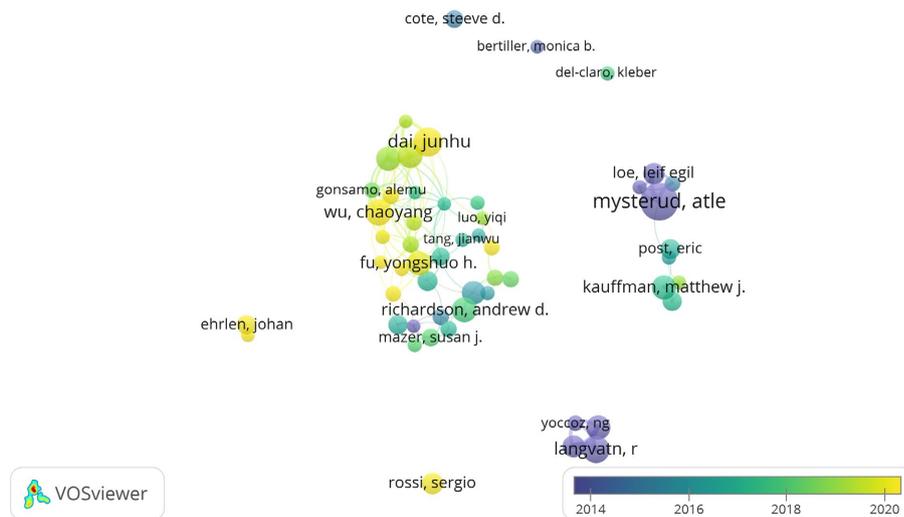


Figure 3. Collaborative network and influence of authors in the field of plant phenology in the WOS database
图 3. WOS 数据库中植物物候领域作者合作网络与影响力

Table 3. Top 10 authors in the field of plant phenology published in the CNKI database
表 3. CNKI 数据库中植物物候领域发文量前十作者

序号	作者	发文量/篇
1	常兆丰	16
2	仲生年	14
3	戴君虎	14
4	韩福贵	13
5	周广胜	12
6	陈效逯	11
7	葛全胜	9
8	王焕炯	8
9	徐琳	7
10	杜彦君	7

CNKI 数据库中, 论文数量相对较少, 其中常兆丰发文量最多, 且其与仲生年、韩富贵等学者在国内发表文章时间相对较早, 而戴军虎、周广胜等学者则属于 2016 年后才聚焦到植物物候的研究领域, 但均未形成比较大的研究集群(见表 3 和图 4)。

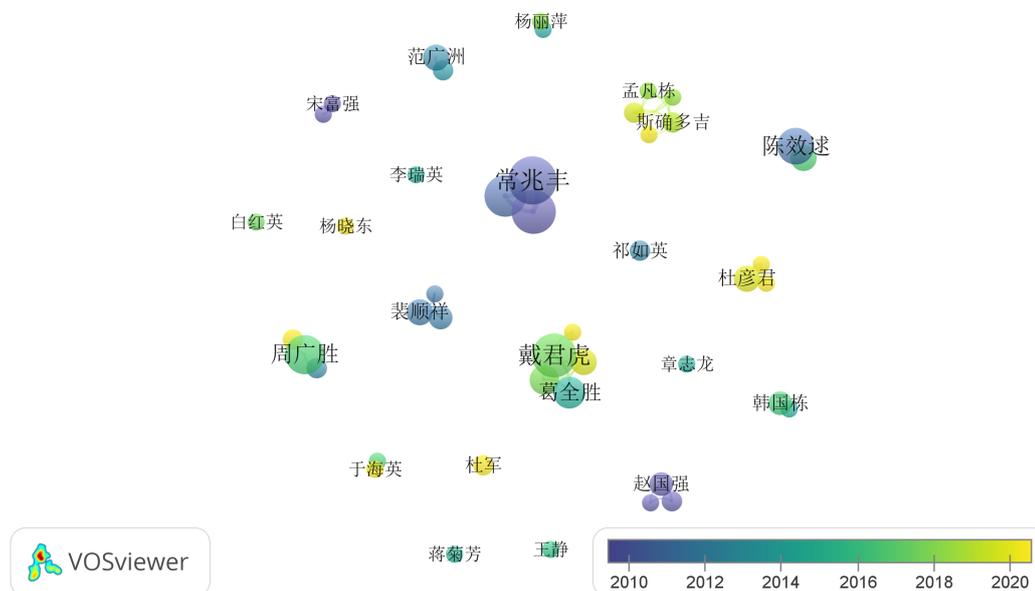


Figure 4. Collaborative network and influence of authors in the field of plant phenology in the CNKI database
图 4. CNKI 数据库中植物物候领域作者合作网络与影响力

不同机构的研究贡献和影响力是评估该领域研究动态的重要指标[8]。从 1994~2024 年间 WOS 数据库植物物候研究领域发文量前十的机构数据表明中国科学院(Chinese Academy of Sciences)以 259 篇的绝对优势位居榜首, 紧随其后的是中国科学院大学(University of Chinese Academy of Sciences), 发文量为 117 篇, 这两个单位是同一个单位在不同时期的称呼。前十机构中, 中国与美国各有 4 所机构上榜, 挪威奥斯陆大学(University of Oslo)作为欧洲代表位列第三, 表明现阶段全球植物物候研究是以中美两国为主导(见表 4)。

Table 4. Top 10 institutions in the field of plant phenology in the WOS database from 1994 to 2024
表 4. 1994~2024 年 WOS 数据库植物物候领域前十机构

序号	机构名称	发文量/篇
1	Chinese Academy of Sciences	259
2	University of Chinese Academy of Sciences	117
3	University of Oslo	68
4	Peking University	57
5	Beijing Normal University	56
6	University of California, Davis	46
7	University of Wyoming	46
8	University of British Columbia	43
9	US Geological Survey	42
10	University of Arizona	40

图 5 为 WOS 数据库植物物候研究机构关系图, 一个节点代表一个机构, 不同颜色代表不同国家机构。在 1994~2024 年间, 共有 2918 个节点形成, 其中发文量达到 20 篇以上的机构有 365 所, 发文数量位于前十的机构之间合作更为紧密。整个机构合作呈现多中心的全球网络格局, 主要形成以挪威、瑞典机构为核心的北欧集群, 以中美多家高校与科研院所为主的北美及中国集群, 以及德、法等国参与的欧洲大陆集群。中国科学院此网络中处于枢纽位置, 与各国机构建立广泛联结(见图 5)。

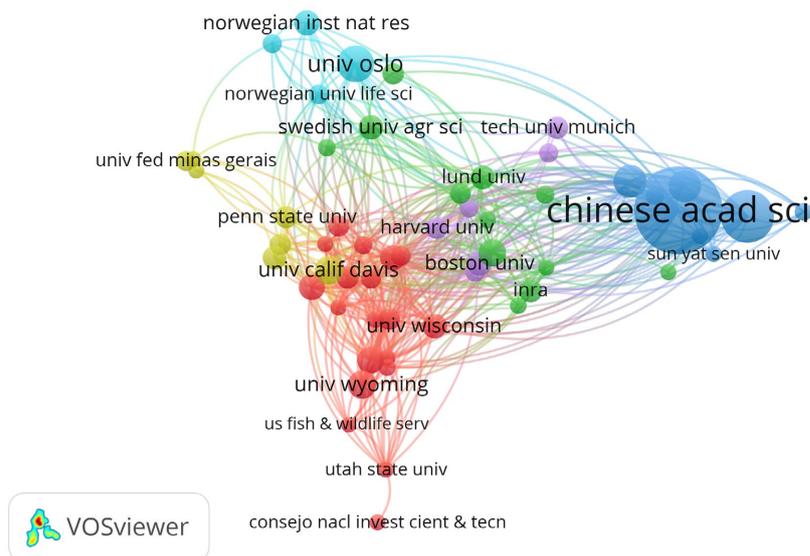


Figure 5. Plant phenology domain institutional relationship map in WOS database
图 5. WOS 数据库中植物物候领域机构关系图谱

3.3. 发文期刊分布特征

植物物候研究的高发文量期刊主要聚焦生态气象学期刊。位居首位的期刊是《GLOBAL CHANGE BIOLOGY》, 发文量达 101 篇, 凸显了该领域研究紧密围绕全球变化议题展开的核心趋势。排名第二和三的期刊分别是《AGRICULTURAL AND FOREST METEOROLOGY》、和《INTERNATIONAL JOURNAL OF BIOMETEOROLOGY》, 反映了植物物候研究在生态气象应用方向上的重要进展。前十期刊还包含生态学经典期刊《ECOLOGY》和《OECOLOGIA》等(见表 5)。

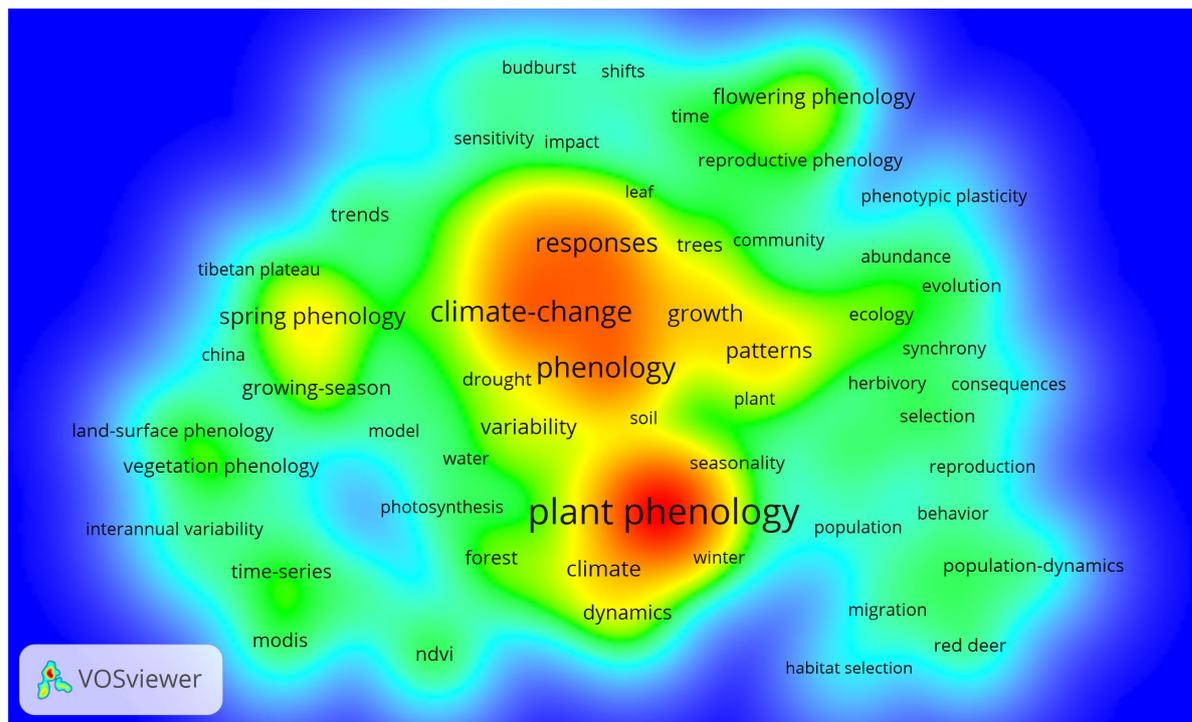
Table 5. Top ten journals of plant phenology research articles and citations in WOS database
表 5. WOS 数据库植物物候发文量前十期刊

期刊名称	发表量/篇
GLOBAL CHANGE BIOLOGY	101
AGRICULTURAL AND FOREST METEOROLOGY	87
INTERNATIONAL JOURNAL OF BIOMETEOROLOGY	86
REMOTE SENSING	78
SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	57
REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT	48
ECOSPHERE	47
ECOLOGY	46
OECOLOGIA	46
PLOS ONE	43

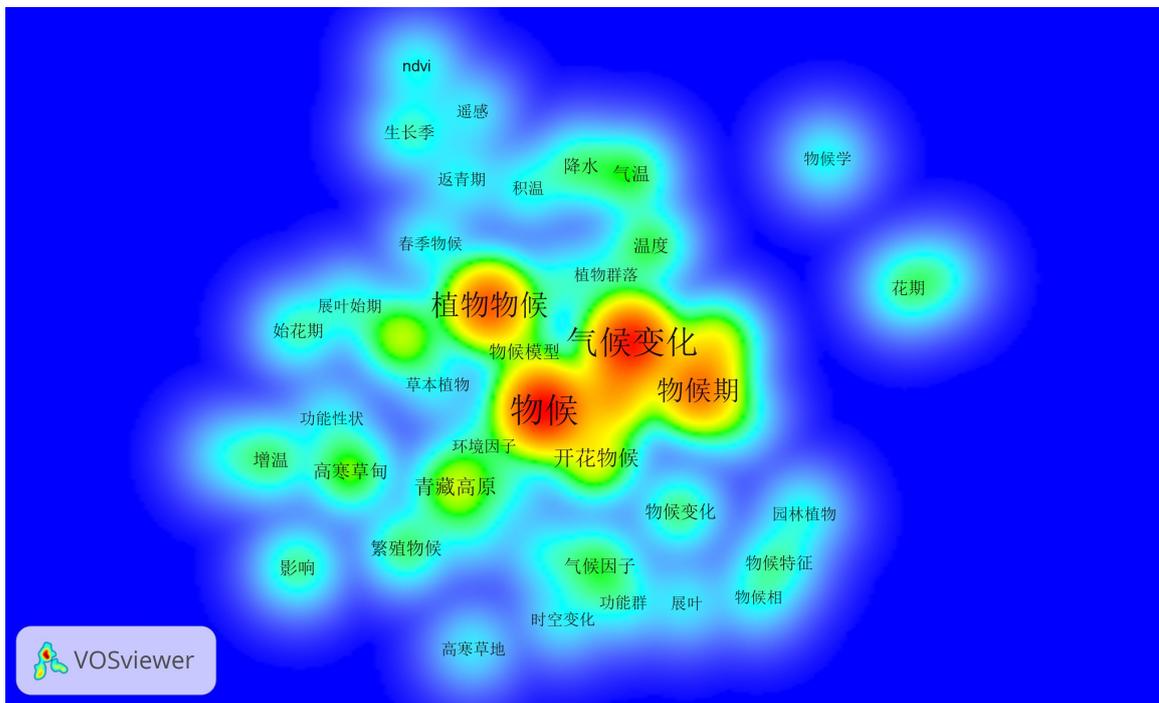
国内植物物候研究的主要成果发文载体呈现核心期刊、高校与科研机构并重的分布特征。其中《生态学报》以 51 篇的发文量居首,体现了其在该领域的学术影响力与核心地位,其次是《生态学杂志》《安徽农业科学》《中国农学通报》《中国农业气象》等国内重要的生态学、农学及农业气象类专业期刊,共同构成了植物物候研究的主要发表阵地。此外,兰州大学、东北师范大学、内蒙古农业大学和北京林业大学等高校也位列前十,反映出该领域研究中高校作为重要科研力量的参与程度较高。整体上国内植物物候研究的成果主要集中在生态学与农业科学领域的专业期刊,同时高校作为研究主体的贡献显著(见表 6)。

Table 6. Top ten journals or institutions of plant phenology research articles in CNKI database
表 6. CNKI 数据库植物物候发文量前十期刊或机构

期刊名称	发文量
生态学报	51
生态学杂志	25
安徽农业科学	21
中国农学通报	20
中国农业气象	19
兰州大学	19
植物生态学报	19
东北师范大学	12
内蒙古农业大学	12
北京林业大学	11



(a)



(b)

Figure 6. Co occurring map of keywords in plant phenology field. (a) WOS database; (b) CNKI database
图 6. 植物物候领域关键词共现图谱。(a) WOS 数据库; (b) CNKI 数据库

3.4. 关键词时间动态

关键词分析对于理解主题研究趋势、热点和未来发展具有重要方向具有重要意义，可以揭示出当前研究的主要关注点和研究方向[12]。图 6 中颜色越接近红色代表在该领域越受关注，WOS 数据库中“plant phenology”为讨论最频繁的关键词，“climate-change”、“phenology”次之(见图 6(a))，CNKI 数据库中“物候”是植物物候研究中最为频繁讨论的关键词，出现频率达到了 166 次，其次是“气候变化”、“植物物候”和“物候期”，此外，“木本植物”、“气候变暖”和“响应”也是研究中的重要关键词(见图 6(b))。说明全球气候变化对植物物候的影响已成为学术界关注的焦点。

3.5. 研究热点与发展变化趋势

3.5.1. 基于突现关键词的研究热点

基于 WOS 数据库中 1994~2024 年期间植物物候领域的相关文献，将关键词分为 6 个聚类，圆圈越大说明其在该时间段内影响力越大，而坐标轴上点越密集说明在这段时间内，该聚落为研究的热点(见图 7)。聚类 0 (#0) flowering phenology: 关键词为 flowering phenology、seasonality、plant phenology、budburst、temperature 和 responses。该聚类为植物物候学经典的研究方向，重点关注植物生长中的开花及萌芽等关键阶段对环境响应；聚类 1 (#1) population dynamics: 关键词为 population dynamics、cervus elaphus、ungulates、body mass、phenological mismatch 和 ecological mismatch。该聚类将植物物候与动物活动联系，聚焦植物物候期与动物生存策略之间的联系及其生态效应；聚类 2 (#2) remote sensing: 关键词为 remote sensing、vegetation phenology、spatial pattern、MODIS NDVI 和 MODIS EVI。该聚类关注宏观尺度上的植物物候的时空变化及其影响因素；聚类 3 (#3) climate change: 关键词为 climate change、projections、snow fence、nitrogen 和 arctic tundra。该聚类侧重于利用模型对北极和高山等生态环境较为敏感地区植物物候的预测

研究; 聚类 4 (#4) whea: 关键词为 wheat、growth、reproduction、phenology model 和 fertilizer use。该聚类侧重于农作物物候的观测与预测及其对产量和品质的影响研究。聚类 5 (#5) quercus robur: 关键词为 quercus robur、intraspecific variation 和 phenotypic selection。该聚类聚焦气候变化背景下, 特定的树种物候性状在树种内的遗传变异(见图 7)。

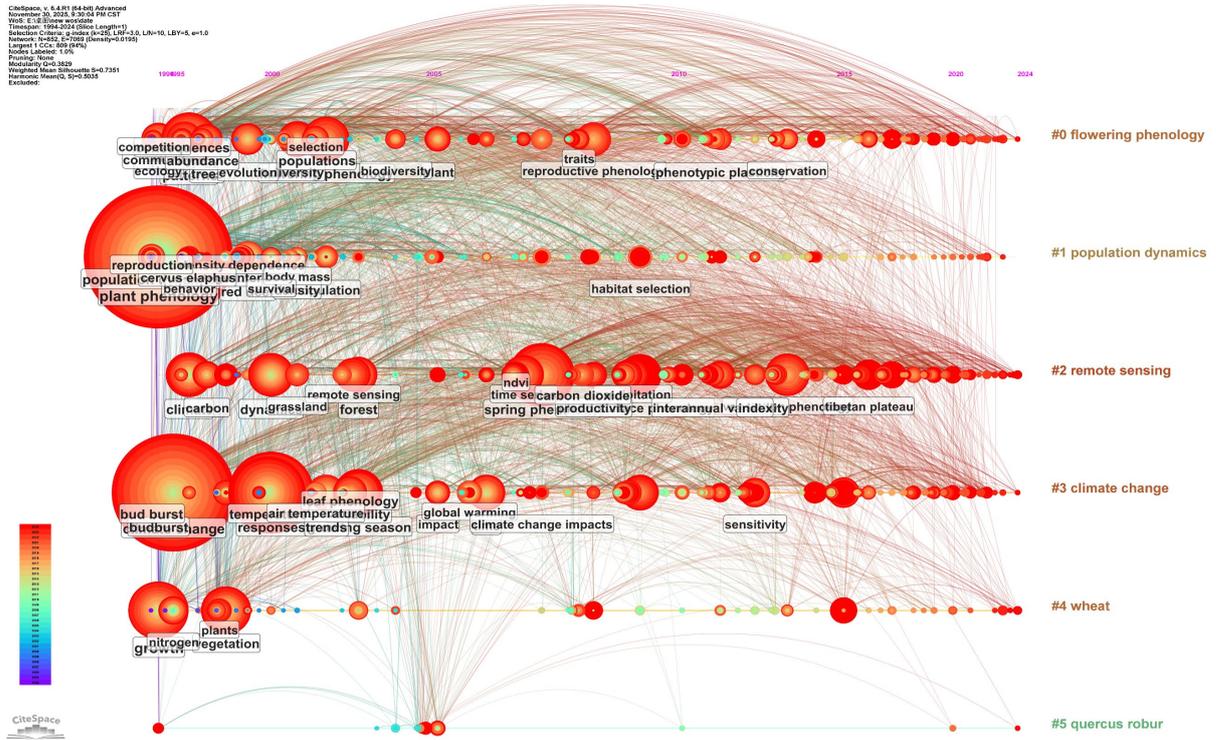


Figure 7. Timeline of research hotspots in plant phenology based on WOS database
图 7. 基于 WOS 数据库的植物物候研究热点时间轴图谱

基于 CNKI 数据库 1994~2024 年期间植物物候领域的相关文献, 根据关键词可将其分为 13 个聚类(见图 8)。聚类 0 (#0)物候: 关键词为热带、短命植物、十字花科。该聚类重点关注植物在较短窗口期内如何完成开花结果; 聚类 1 (#1)气候变化: 关键词为乔木、典型草原、牧草、农作物、气候变化。聚焦气候变化对森林、草原和农作物的物候变化的趋势的影响; 聚类 2 (#2)植物物候: 关键词为热带雨林、荒漠区、风沙、城市热岛。该聚类主要关注在城市热岛效应、风沙活动及人类活动等环境胁迫下热带雨林和荒漠地区的植物物候的变化; 聚类 3 (#3)物候期: 关键词为变化特征、园林植物、高寒草原、三江源、物候期。该聚类的核心是着重关注生态脆弱地区植物物候期的精准观测与变化特征; 聚类 4 (#4)开花物候: 关键词为高寒草甸、开花植物、全球变暖、功能群、青藏高原。该聚类主要聚焦于青藏高原高寒草甸植物物候变化及其全球气候变暖的响应, 回答不同功能植物物候差异性对高原脆弱生态系统的稳定性的影响; 聚类 5 (#5)木本植物: 关键词为旱地、木本植物、展叶始期、模型、春季物候。该聚类聚焦干旱半干旱地区木本植物的春季物候对干旱环境的响应以及物候模型的建立; 聚类 6 (#6)北京: 关键词为物候响应、盛花期、气候变暖、开花期。该聚类以北京作为研究案例探究城市化对植物物候影响; 聚类 7 (#7)增温: 关键词为光周期、光合作用、增温、幼苗、兴安落叶松。该聚类聚焦利用控制实验探究植物物候变化的机制; 聚类 8 (#8)叶物候: 关键词为叶寿命、叶物候、气候因子、产量、叶长。该聚类聚焦叶物候如何适应气候变化及其对植物生长和作物产量的影响; 聚类 9 (#9)物候: 相关关键词为喀斯特、植被景观、长白山、森林

树、乡土植物。该聚类关注在喀斯特地区欧空长白山等具有代表性区域不同树种的植物物候; 聚类 10 (#10) 繁殖物候: 关键词为繁殖物候、桑寄生、温带草原、传粉者。该聚类聚焦植物物候与生殖策略的关系; 聚类 11 (#11) 物候学: 关键词为物候学、自然历、中国物候观测网、珍稀植物、栽培繁殖。该聚类聚焦自然历、国家数据观测网络的数据等物候研究手段(见图 8)。

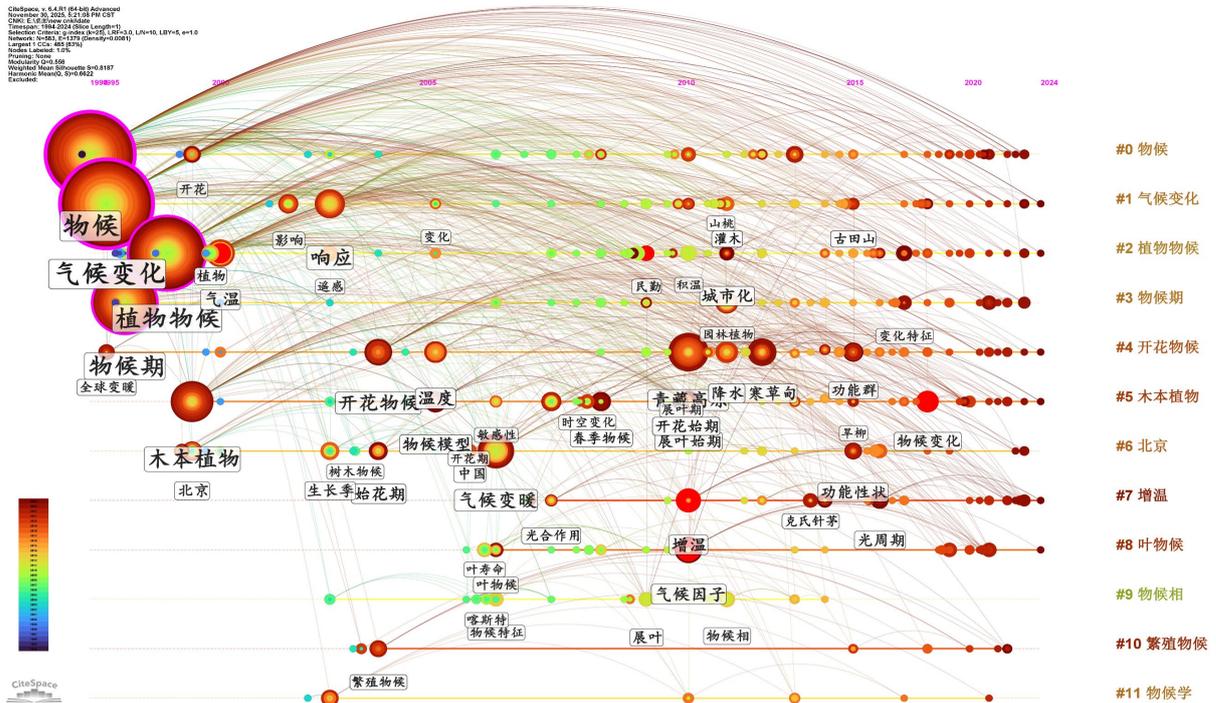


Figure 8. Timeline of research hotspots in plant phenology based on CNKI database

图 8. 基于 CNKI 数据库的植物物候研究热点时间轴图谱

综上, 两个数据库中的植物物候研究的关键核心问题较为一致, 均聚焦全球气候变化背景下植物物候的响应与适应机制; 在研究方法上也均以人工观测、控制实验以及模型模拟等研究手段为主; 均意识到植物物候变化对生态功能、农业生产和生物多样性等方面的影响研究。但在研究尺度方面, CNKI 中的研究侧重于植物物候对于不同区域和生态类型的响应, 而 WOS 中的研究则侧重于建立从植物物候变化机制到生态效应的完整过程; CNKI 数据库中的研究更加关注植物物候变化对于生态安全、粮食安全以及可持续发展的影响, 而 WOS 数据库中的研究多是关注植物物候变化的生态学意义的科学问题。

3.5.2. 植物物候研究领域的发展变化趋势

突现关键词是指在特定期限内出现频率急剧攀升的关键术语。其“突现性”不仅体现了该关键词受关注度的显著变化, 更被视为探测研究前沿动态与研究人員兴趣转向的重要指标。WOS 数据库 1994 至 2024 年间植物物候的研究焦点呈现出明确的阶段性演变特征。1994~2000 年的核心在于理解植物个体与群落的基本属性, 关键词如 population dynamics、body weight、age、density dependence 以及 life history 占据了主导; 2000 年~2010 年代研究在尺度与维度上双向拓展, 一方面深化至具体植物物候与动物行为与生境选择间的关系, 另一方面开始关注全球变化对植物物候的影响, 期间 global warming、high latitudes、temperature sensitivity 成为新兴主题; 2018 年至今 的研究则呈现出鲜明的整合研究, 前沿研究高度聚焦于特定地理单元植物物候的生态响应, 并借助遥感技术手段量化植物物候对生态系统的影响过程及潜在的反馈机制(见表 7)。1994~2024 年间的植物物候研究清晰地反映出植物物候研究从描述基本规律到探索

对气候变化响应复杂机理的转变过程。

Table 7. Emerging terms in WOS database research
表 7. WOS 数据库研究突现词

关键词	突现强度	开始年份	结束年份	1994~2024
population dynamics	21.13	1994	2008	
body weight	10.83	1996	2010	
age	9.47	1997	2009	
host plant phenology	6.82	1997	2013	
red deer	12.05	1999	2014	
density dependence	9.54	1999	2011	
life history	7.61	1999	2017	
density	11.86	2001	2008	
body mass	6.99	2001	2008	
Europe	6.88	2003	2012	
cervus elaphus	8.81	2004	2017	
global warming	7.22	2006	2011	
migration	8.27	2007	2014	
mule deer	6.07	2008	2014	
habitat selection	8.73	2009	2018	
high latitudes	7.28	2009	2013	
populations	6.98	2011	2016	
temperature sensitivity	6.77	2018	2022	
shifts	6.00	2018	2022	
Qinghai-Xizang plateau	9.13	2019	2022	
land surface phenology	7.74	2021	2024	
gross primary productivity	8.92	2022	2024	
autumn phenology	6.57	2022	2024	
northern hemisphere	6.57	2022	2024	
feedbacks	5.87	2022	2024	

Table 8. Emerging keywords in CNKI database research
表 8. CNKI 数据库研究突现词

关键词	突现强度	开始时间	结束时间	1994~2024
气温	3.55	2007	2012	
民勤	3.61	2009	2010	
物候变化	4.73	2018	2020	
气候因子	4.37	2019	2021	
增温	4.1	2021	2024	

通过对 CNKI 数据库 1994~2024 年植物物候研究的时序分析发现研究主题的演进特征不明显。研究热点始于 2007 年左右对宏观气候变量的关注, 并迅速与典型生态脆弱区的实证研究相结合, 体现早期研究问题导向和区域聚焦的特点。2018 年之后, 研究主题显著深化, 从单一气候要素转向对生态系统直接响应过程的观测与分析, 物候变化成为核心议题; 同时气候因子对植物物候影响机理得到广泛关注。近年来, 增温作为关键词突显, 标志着研究进一步聚焦于全球变暖的具体情境及其生态效应, 显示出从现

象描述到机制探索(见表 8)。整体而言, 这一演变呼应了国家在生态环境与气候变化领域的战略需求。

4. 讨论

本研究基于 CNKI 和 WOS 数据库, 系统梳理了近三十年来植物物候领域的研究脉络, 揭示了其发展趋势、合作格局与主题演进。以下将结合文献计量结果, 对植物物候研究的学科定位、方法、区域差异以及未来挑战进行深入探讨。

植物物候研究已从传统的生态观测逐渐发展为融合遥感技术、分子生物学、气候模型与生态系统过程的多学科交叉领域。尤其是近年来, “land surface phenology”、“gross primary productivity”等关键词的突现, 标志着研究重心正从单一物候事件描述转向生态系统功能与服务的过程耦合。这种转型不仅提升了研究的系统性与预测能力, 也为理解全球变化下生物地球化学循环、物种互作及生态系统稳定性提供了关键切入点。未来, 如何整合多源数据、发展耦合生物物理与生物化学过程的机理模型, 将是该领域方法论发展的核心方向。尽管“气候变化”与“物候期”是中外共同关注的核心议题, 但两者在研究取向上存在明显差异。英文文献更侧重于微观生理机制与全球尺度模拟, 强调普适性规律与模型泛化能力; 而中文文献则更多聚焦于中国典型生态区的实证研究, 体现出强烈的区域适应性与应用导向。这种差异既反映了中外科研评价体系与资源分配的不同, 也提示未来需加强中外对话, 促进宏观机理与区域实践的有机结合, 特别是在全球变化敏感区的协同观测与对比研究中。植物物候研究已形成以北美、欧洲和中国为核心的多中心合作网络。中国学者及机构在国际合作中逐渐从参与者转变为主导者, 但在高影响力合作成果与引领性议题设置方面仍有提升空间。相比之下, 国内学者间的合作网络相对松散, 跨机构、跨地区的协同创新机制尚未充分形成。未来, 中国学者应在加强国内团队整合的同时, 进一步主导或参与国际大型观测计划, 提升在全球物候研究的地位。

尽管植物物候研究已取得显著进展, 仍存在若干重要研究空白。首先, 当前研究多集中于地上部分, 对地下物候过程及其对碳-水耦合的影响认识不足; 其次, 植物物候变化对农林牧生产、生态系统服务及人类福祉的影响尚未形成系统的评估框架; 最后, 不同观测尺度数据的融合仍存在技术瓶颈, 限制了多过程模型的开发与应用。植物物候研究不仅具有科学意义, 也为生态系统管理、气候变化适应与生物多样性保护提供了决策支持。未来应加强科研机构与管理部门之间的知识转化, 推动建立基于植物物候的生态预警, 特别是在生态脆弱区与关键农林牧区。

综上, 植物物候研究正处于从现象描述向机制解析、从局部观测向系统整合的关键阶段。未来需进一步强化跨学科协作、数据开放与国际合作, 聚焦极端气候响应、地下过程、社会-生态系统耦合等前沿方向, 推动该领域在全球变化生态学中发挥更重要的作用。

5. 结论

基于 1994~2024 年间 CNKI 与 WOS 数据库的文献计量分析, 本研究得出以下三点核心结论。

(1) 分析显示, 中国发文量全球领先, 中国科学院处于国际合作网络枢纽。然而, 中国学者的国际引用影响力普遍低于欧美学者, 且国内合作网络松散, 尚未形成强大合力。未来应重点培育如戴君虎、葛全胜等高产学者的核心团队, 并设计跨机构的国内联合观测项目, 以提升成果影响力与协同效率。

(2) WOS 数据库中的研究侧重于微观机理与全球模型, 而 CNKI 数据库中的研究则聚焦于青藏高原、民勤等典型区域的实证响应。未来应选择青藏高原等高影响力敏感区作为示范平台, 开展中外团队联合研究, 推动区域高分辨率观测数据与全球过程模型的双向校准与验证。

(3) 当前研究前沿已从现象描述转向“land surface phenology”等多过程耦合, 但支撑这一转型面临两大具体挑战: 一是研究地域高度集中于北半球, 南半球与热带地区数据严重缺失; 二是从卫星到植株

尺度的数据链条存在断层。未来应主动拓展与非洲、南美等地区机构的合作, 共建观测网络。

基金项目

国家自然科学基金项目(32301352); 玉溪师范学院大创项目(2024A014; S202411390035; 202511390003; 202511390014)。

参考文献

- [1] 李敏, 韩瑾璇, 胡俊峰, 杨毅立, 郑郁善, 陈凌艳. 园林植物物候研究展望[J]. 四川建筑, 2021, 41(6): 269-273.
- [2] Shen, M., Wang, S., Jiang, N., Sun, J., Cao, R., Ling, X., *et al.* (2022) Plant Phenology Changes and Drivers on the Qinghai-Tibetan Plateau. *Nature Reviews Earth & Environment*, **3**, 633-651.
<https://doi.org/10.1038/s43017-022-00317-5>
- [3] Piao, S., Liu, Q., Chen, A., Janssens, I.A., Fu, Y., Dai, J., Liu, L., Lian, X., Shen, M. and Zhu, X. (2019) Plant Phenology and Global Climate Change: Current Progresses and Challenges. *Global Change Biology*, **5**, 1922-1940.
<https://doi.org/10.1111/gcb.14619>
- [4] de Jong, R., de Bruin, S., de Wit, A., Schaepman, M.E. and Dent, D.L. (2011) Analysis of Monotonic Greening and Browning Trends from Global NDVI Time-Series. *Remote Sensing of Environment*, **115**, 692-702.
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2010.10.011>
- [5] 李静, 陈向晴, 于茜, 孙艳玲, 王辉, 崔铁军, 张晓阳. 基于 MODIS 数据的植被物候时空变化[J]. 天津师范大学学报(自然科学版), 2021, 41(3): 66-74.
- [6] 徐佳, 樊海东, 倪健. 1950-2015 年中国植物物候变化的集成分析[J]. 亚热带资源与环境学报, 2019, 14(2): 1-11.
- [7] 韩瑾璇, 李敏, 胡俊峰, 杨毅立, 陈凌艳. 植物物候变化研究进展[J]. 黑龙江生态工程职业学院学报, 2021, 34(5): 49-55.
- [8] Yi, L., Jiang, H., Hong, F., Zhang Y., Bai, J. and Hu, D. (2025) Bibliometric Analysis of Research Trends and Hotspots in the Field of Forest Musk Deer (*Moschus berezovskii*). *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, **35**, 307-319.
<https://doi.org/10.36899/japs.2025.2.0025>
- [9] 马勤, 杨继涛, 琚彤军, 李秧秧, 康博文, 同金霞. 基于文献计量的植物 WUE 研究现状分析[J]. 西北林学院学报, 2022, 37(6): 266-272.
- [10] 肖鹏飞, 吴德东. 全球植物修复研究文献计量分析[J]. 生态学报, 2021, 41(21): 8685-8695.
- [11] 赵摇. 基于 CNKI 数据库的植被遥感监测文献计量分析[J]. 智慧农业导刊, 2023, 3(13): 17-20.
- [12] 代武君, 金慧颖, 张玉红, 周志强, 刘彤. 植物物候学研究进展[J]. 生态学报, 2020, 40(19): 6705-6719.