

丁玉, 张宁, 李静, 孙云娟, 蒋剑春. 基于文献计量分析的土壤与植物多样性研究现状及热点[J]. 土壤学报, 2026,
DING Yu, ZHANG Ning, LI Jing, SUN Yunjuan, JIANG Jianchun. Research Status and Hotspots of Soil and Plant Diversity Based on
Bibliometric Analysis[J]. Acta Pedologica Sinica, 2026,

基于文献计量分析的土壤与植物多样性研究现状 及热点*

丁玉, 张宁, 李静, 孙云娟[†], 蒋剑春

(森林食物资源挖掘与利用全国重点实验室, 中国林业科学研究院林产化学工业研究所, 江苏省生物质能源与材料重点实验室, 国家林业
和草原局林产化学工程重点实验室, 林产化学与材料国际创新高地, 江苏省林业资源高效加工利用协同创新中心, 南京 210042)

摘要: 为了解土壤与植物多样性相关领域的研究现状与未来发展趋势, 基于 Web of Science (WOS) 核心数据库与中国知网 (CNKI) 数据库, 利用文献计量学和 CiteSpace 可视化软件对领域内的研究现状、研究热点和前沿趋势进行了系统分析。结果表明: 2000—2024 年土壤与植物多样性领域发文中英文文献总量持续攀升, 2016 年前后呈爆发式增长, CNKI 数据库总发文量为 WOS 数据库的 17.72%; 中国和美国在土壤与植物多样性领域的发文量分别占总发文量的 34.85% 和 24.35%, 中国科学院、美国加州大学与法国国家科学研究中心等是该领域的主要发文机构与枢纽; 中文文献的关键词主要围绕多样性、植物群落、土壤养分与环境因子等, 研究前沿是功能性状、海拔梯度、冗余分析、马尾松、 β 多样性; 英文文献的关键词主要围绕植物多样性、生物多样性、物种丰富度、植被与群落等, 研究前沿是生态系统多功能性、氮添加、系统发育多样性等。总结了目前研究存在维度失衡、尺度局限与路径依赖等困境, 提出了构建多营养级互作网络、推动局地实证与全球模型的双向互馈、从相关性走向因果机制解析与构建生物多样性导向的生态管理技术等建议。未来研究应双向推进中国生态特色成果国际化与国际前沿方法的本土化, 实现地域实践与全球理论的互馈发展。

关键词: 土壤养分; 植物多样性; 文献计量学; CiteSpace

中图分类号: X17 **文献标志码:** A

Research Status and Hotspots of Soil and Plant Diversity Based on Bibliometric Analysis

DING Yu, ZHANG Ning, LI Jing, SUN Yunjuan[†], JIANG Jianchun

(State Key Laboratory for Development and Utilization of Forest Food Resources, Institute of Chemical Industry of Forest Products, CAF, Key Lab. of Biomass Energy and Material, Jiangsu Province, Key Lab. of Chemical Engineering of Forest Products, National Forestry and Grassland Administration, International Innovation Center for Forest Chemicals and Materials, Jiangsu Co-Innovation Center of Efficient Processing and Utilization of Forest Resources, Nanjing 210042, China)

Abstract: 【Objective】 This study aimed to understand the research status and future development trend of soil and plant diversity-related fields. **【Method】** The research status, hotspots, and frontier trends in soil and plant diversity using bibliometrics and CiteSpace visualization software, based on the core database of Web of Science (WOS) and the China

*自然资源保护协会支持项目资助 Supported by the Project of the Natural Resources Defense Council, China

[†]通讯作者 Corresponding author, E-mail: sunshine990429@163.com

作者简介: 丁玉 (1992—), 女, 安徽宿州人, 博士, 工程师, 主要从事农林生物质全质化利用战略咨询研究工作。E-mail: 1033760509@qq.com

收稿日期: 2025-12-05; 收到修改稿日期: 2026-05-12; 网络首发日期 (www.cnki.net):

National Knowledge Infrastructure (CNKI) database, were systematically analyzed.【Result】The results showed that the total number of publications in both Chinese and English within the field of soil and plant diversity continued to rise from 2000 to 2024, showing an explosive growth around 2016. The total number of articles published in the CNKI database was 17.72% of those in the WOS database. Also, the number of publications in the field of soil and plant diversity in China and the United States accounted for 34.85% and 24.35% of the total number of papers, respectively. Chinese Academy of Sciences, University of California System, and Centre National de la Recherche Scientifique were the main publishing institutions and hubs. Keywords of Chinese literature mainly focused on diversity, plant community, soil nutrients, and environmental factors, with the research frontiers including functional traits, altitude gradient, redundancy analysis, *Pinus massoniana*, and β -diversity. The keywords of English literature mainly revolved around plant diversity, biodiversity, species richness, vegetation, and community, with the research frontiers encompassing ecosystem multifunctionality, nitrogen addition, phylogenetic diversity, etc. This paper summarizes the dilemmas of dimension imbalance, scale limitation and path dependence in the current research, and puts forward some suggestions, such as constructing multi-trophic interaction network, promoting the two-way interaction between local empirical and global models, from correlation to causal mechanism analysis and constructing biodiversity-oriented ecological management technology.【Conclusion】Future research should focus on promoting the bidirectional internationalization of achievements with Chinese ecological characteristics and the localization of international frontier methods, thereby realizing the mutual development of regional practice and global theory.

Key words: Soil nutrient; Plant diversity; Bibliometrics; CiteSpace

生物多样性是人类生存及实现人与自然和谐共处的基石，它关系到一个国家、一个地区乃至整个世界的生态安全、经济发展、社会稳定以及人类的生存^[1]。植物多样性是生物多样性的核心组成部分，包含地球上所有植物物种、它们的遗传变异以及它们在群落和生态系统中所扮演角色的总和。植物多样性不仅是生态系统稳定性和功能维持的关键指标，也是农业可持续发展和生态修复的重要目标，影响着碳封存、土壤肥力和害虫调控等^[2-4]。

土壤是一个涉及物理、化学、生物学等多组分互作、多过程耦合的复杂生态系统^[5]，为大多数陆生植物进化、生长和获取养分和水供应的介质^[6]，其理化性质^[7-9]、微生物群落^[10-11]及养分循环^[12-13]等要素与植物多样性之间存在着复杂的相互作用关系。植物产生凋落物和根系分泌物以及为微生物提供环境和资源，进而影响土壤的养分循环、性质改良等进程和功能^[14]。土壤水分和植物物种丰富度的相互作用影响土壤功能（土壤碳、氮、磷循环和土壤多功能性），物种丰富度越大，越能缓冲干旱对土壤的不利影响^[15]。植物多样性程度高就能够增加地下生物量分配，缓解微生物碳限制，提高真菌丰富度，最终促进土壤多功能性^[16]。近年来，随着全球生态环境问题的日益突出和生物多样性保护需求的不断提升，土壤与植物多样性之间的关联研究逐渐成为生态学、土壤学及环境科学等领域的热点课题。然而，现有研究多聚焦于特定土壤因子或单一植物群落，缺乏对整体研究趋势、知识结构演变及前沿动态的系统性梳理。

文献计量分析作为一种基于海量文献数据的定量研究方法，能够有效揭示学科领域的研究热点、知识脉络及发展趋势，为研究者把握学科前沿、识别研究空白提供科学依据^[17]。通过系统收集和分析土壤与植物多样性相关领域的文献数据（如发表年份、关键词共现、作者合作网络、机构分布等），可客观呈现该领域的研究进展、核心议题及跨学科融合特征，进而为后续研究方向的确定和资源优化配置提供数据支撑。本文借助 CiteSpace 文献分析软件，基于中国知网（CNKI）数据库与 Web of Science(WOS)数据库，将计量挖掘与质性解读耦合，对“土壤-植物多样性”研究领域在 2000—2024 年开展的科学研究进行系统梳理，深入了解土壤对植物多样性影响研究的发展历程、研究热点与重点，揭示其未来的研究方向，同时为相关领域的研究提供科学参考。

1 材料与方法

1.1 数据来源

本研究选择 CNKI 与 WOS 数据库作为数据来源。针对 2000—2024 年发表的文献采用高级检索进行收集, CNKI 数据库的检索条件设置为: 主题=“土壤”与“植物多样性”, 文献来源类别限定为“北大核心”与“CSCD”, 语言为中文, 文献类型为学术期刊; WOS 数据库检索条件设置为: TS=((“soil” OR “soil properties” OR “soil microbial community”) AND (“plant diversity” OR “plant species diversity” OR “vegetation diversity” OR “plant community diversity”)), 引文索引: Science Citation Index Expanded (SCI~EXPANDED)~1900—至今, 语言为“English”, 文献类型“Article Or Review”。剔除与主题不符合或重复的文献后得到中文文献 1 084 篇, 英文文献 6 119 篇。

1.2 研究方法

利用 CiteSpace(6.3.R1)可视化分析软件进行分析, 将获得的 CNKI 与 WOS 文献数据导入 CiteSpace 软件后进行格式转换与重复文献处理, 分别就文献发表数量、作者、研究机构与关键词等信息进行可视化处理, 获得国内外关于土壤-植物多样性领域研究进展与热点等相关信息。

2 结果

2.1 时间演化特征

2000—2024 年国内外土壤-植物多样性领域发表的文章数量如图 1 所示。整体上, 国内外发文数量呈现逐年递增的趋势, 但是 CNKI 与 WOS 数据库的增长节奏各不相同。CNKI 数据库 2000—2024 年总的发文量为 1 084 篇, 仅为 WOS 数据库中发文量 (6 119 篇) 的 17.72%。CNKI 数据库的发文量总体可分为 3 个阶段: (1) 起步阶段 (2000—2009 年), 年发文量在 3~29 篇之间缓慢增加, 2005 年以后才出现两位数增量, 年均发文量 12 篇, 此阶段总的发文量为 122 篇, 占总发文量的 11.25%, 说明研究刚刚启动。(2) 增长稳定期阶段 (2010—2016 年), 年发文量在 27~52 篇波动, 缓慢增长, 2013 年首次突破 50 篇, 此阶段年均发文量 43 篇, 总发文量为 299 篇, 占总发文量的 27.58%。(3) 爆发式增长阶段 (2017—2024 年), 年均增速约 11 篇, 其中, 2022 年首次突破 100 篇, 2023 年、2024 年连续两年高位持平, 年均发文量 83 篇, 此阶段总的发文量为 663 篇, 占总发文量的 61.16%。WOS 数据库的发文量总体也可分为 3 个阶段: (1) 慢速启动期 (2000—2007 年), 年发文量在 40~110 篇, 年均发文量 63 篇, 该时间段总的发文量为 507 篇, 占总发文量的 8.29%, 整体爬坡但斜率较缓。(2) 加速扩张期 (2008—2015 年), 年均增幅约为 25 篇, 年发文量在 93~256 篇, 年均发文量 173 篇, 此阶段总的发文量为 1 387 篇, 占总发文量的 22.67%, 为 2000—2007 年发文量的 2.74 倍。(3) 爆发增长期 (2016—2024 年), 年发文量在 338~617 篇, 此阶段总的发文量为 4 225 篇, 占总发文量的 69.05%。2019 年跳涨后进入高位平台, 增幅趋缓。2016—2024 年均发文量为 469 篇, 为 2000—2007 年均发文量的 7.44 倍, 为 2008—2015 年均发文量的 2.71 倍。

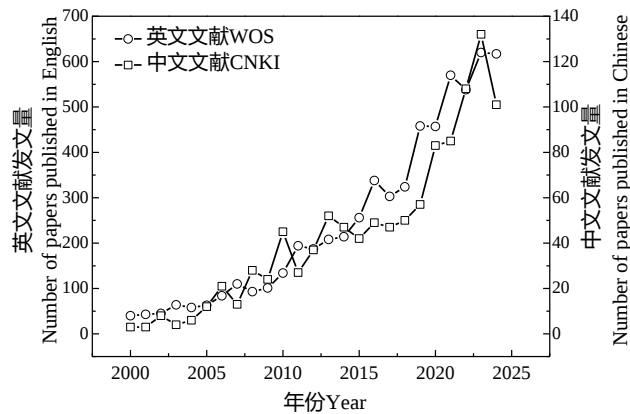


图 1 2000—2024 年土壤与植物多样性领域发文量

Fig. 1 Number of literature on soil and plant diversity from 2000 to 2024

2.2 研究主体与合作情况

2.2.1 发文国家 2000—2024 年, WOS 数据库合集在土壤与植物多样性主题下的发文量统计显示, 中国与美国分别以 34.85%和 24.35%的占比位居前两位, 两国合计贡献 59.21%, 构成显著的双中心主导格局(表 1)。紧随其后的是德国、澳大利亚、加拿大、法国、瑞士、英格兰、西班牙和荷兰, 其份额依次递减, 反映出该领域已形成“中美领跑、多国并跑”的梯级分布态势。

表 1 2000—2024 年土壤与植物多样性领域英文文献发文量前 10 国家

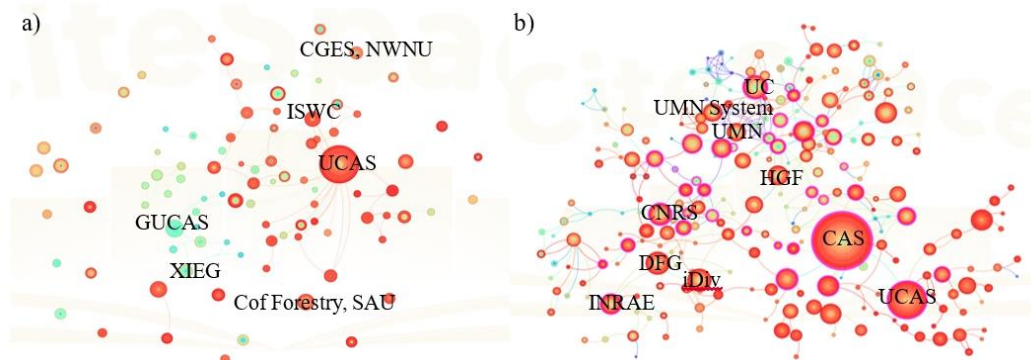
Table 1 Top 10 countries by number of English literature in the field of soil and plant diversity from 2000 to 2024

排名	国家	发文量	占比
Ranking	Country	Number of publications	Proportion/%
1	中国 China	2 133	34.85
2	美国 The United States of America	1 490	24.35
3	德国 Germany	740	12.09
4	澳大利亚 Australia	389	6.35
5	加拿大 Canada	379	6.19
6	法国 France	335	5.47
7	瑞士 Switzerland	328	5.36
8	英格兰 England	326	5.32
9	西班牙 Spain	323	5.27
10	荷兰 Netherland	282	4.60

2.2.2 发文单位与作者 2000—2024 年 CNKI 数据库关于土壤对植物多样性影响领域的发文机构统计如图 2a 所示, 共有 296 个节点, 168 条连线, 网络密度为 0.003 8, 表明整体合作仍处于相对稀疏状态, 但已形成若干核心机构群。经统计发文量大于 10 篇的科研机构为中国科学院 78 篇(包含中国科学院大学 65 篇、中国科学院研究生院 13 篇)、四川农业大学林学院(13 篇)、中国科学院新疆生态与地理研究所(12 篇)、中国科学院水利部水土保持研究所(11 篇)、西北师范大学地理与环境科学学院(10 篇)。其中, 表 2 显示中国科学院大学发文量在知识图谱中具有较高的中心值(0.08), 与中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室、中国科学院东北地理与农业生态研究所所有较为密切的合作关系, 表明此机构与多个核心团队均有紧密合作, 成为不同学术聚类之间的关键“中转站”。除中国科学院大学外, 发文量排名第 2~10 位的科研机构中心性全部落在 0~0.02, 几乎处于知识网络的边缘位置, 仅作为各自小聚类的普通节点, 缺乏跨群组的桥梁作用。由此可见,

国内研究多为科研机构内部合作，整体合作缺乏。CNKI 数据库尚未形成稳定的科研团队或学派，新疆大学吕光辉发文量最多（9 篇），该团队主要研究土壤水盐对植物多样性的影响^[18-19]，为干旱区生物多样性保育、盐渍化土地植被恢复与生态功能提升提供了理论依据。

2000—2024 年 WOS 数据库关于土壤与植物多样性领域发文机构统计如图 2b 所示，共有 285 个节点，1 754 条连线，网络密度为 0.043 3，显著高于 CNKI 同期水平。经统计，发文量前 10 名的科研机构为中国科学院（Chinese Academy of Sciences, 957 篇）、中国科学院大学（University of Chinese Academy of Sciences, 400 篇）、加州大学系统（University of California System, 205 篇）、德国科学基金会（German Research Foundation, 184 篇）、德国综合生物多样性研究中心（German Centre for Integrative Biodiversity Research, 184 篇）、法国国家科学研究中心（Centre National de la Recherche Scientifique, 183 篇）、亥姆霍兹联合会（Helmholtz Association, 173 篇）、法国国家农业食品与环境研究院（INRAE, 167 篇）、明尼苏达大学双城分校（University of Minnesota Twin Cities, 161 篇）、明尼苏达大学系统（University of Minnesota System, 161 篇），累计发文量占总发文量的 44.25%。其中，中国的两个科研单位位居第一名与第二名，发文量占总发文量的 21.64%。表 2 显示，中国科学院在知识图谱中具有较高的中心值（0.15），这既反映其与国内外研究机构（如美国加州大学系统、兰州大学、北京大学等）的紧密协同，也凸显其在全球科研网络中的关键影响力。此外，美国加州大学（0.15）、法国国家科学研究中心（0.11）中心值均大于 0.1，其他发文量排名前 10 的机构的中心值在 0.02~0.06 之间。综合上述结果表明，该领域在国际范围内的机构合作更为紧密、联系更为广泛，中国科学院、美国加州大学与法国国家科学研究中心凭借“枢纽”地位，构成全球合作网络的核心三角。WOS 数据库总体情况为极少数高产者把持主流产出，中坚力量层薄弱，整体合作深度不足，其中，发文最多的为来自德国莱比锡大学与德国综合生物多样性研究中心的 Eisenhauer Nico（133 篇），该团队研究主线可概括为土壤生物多样性与植物多样性如何共同驱动生态系统功能^[20-22]，为森林/草原恢复、碳汇管理与土壤健康政策提供数据支撑。



注：节点大小代表词语出现的频次，节点越大表示该词出现的次数越多；节点颜色代表词语首次出现的时间，颜色由冷色调（蓝）向暖色调（红）过渡表示时间由早到晚。CAS，中国科学院；CGES, NWNNU，西北师范大学地理与环境科学学院；CNRS，法国国家科学研究中心；Cof Forestry, SAU，四川农业大学林学院；DFG，德国科学基金会；GUCAS，中国科学院研究生院；HGF，亥姆霍兹联合会；iDiv，德国综合生物多样性研究中心；INRAE，法国国家农业食品与环境研究院；ISWC，中国科学院水利部水土保持研究所；UC，加州大学系统；UCAS，中国科学院大学；UMN，明尼苏达大学双城分校；UMN System，明尼苏达大学系统；XIEG，中国科学院新疆生态与地理研究所。下同。Notes: Node size is proportional to term frequency: larger nodes indicate more frequent occurrences of the term. Node color represents the year of its first appearance, with a transition from cool (blue) to warm (red) tones denoting progression from earlier to later time periods. CAS, Chinese Academy of Sciences; CGES, NWNNU, College of Geography and Environmental Science, Northwest Normal University; CNRS, Centre National de la Recherche Scientifique; Cof Forestry, SAU, College of Forestry, Sichuan Agricultural University; DFG, German Research Foundation; GUCAS, Graduate University of Chinese Academy of Sciences; HGF, Helmholtz Association; iDiv, German Centre for Integrative Biodiversity Research; INRAE, National Research Institute for Agriculture, Food and Environment; ISWC, Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources; UC, University of California System; UCAS, University of Chinese Academy of Sciences; UMN, University of Minnesota Twin Cities; UMN System, University of

Minnesota System; XIEG, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences. The same below.

图 2 2000—2024 年土壤与植物多样性领域中文文献 (a) 与英文文献 (b) 发文机构网络共现图谱

Fig. 2 Network co-occurrence map of publishing institutions based on Chinese literature (a) and English literature (b) in the field of soil and plant diversity from 2000 to 2024

2.3 研究热点与前沿

2.3.1 关键词共现网络 关键词共现频次图谱中节点大小映射关键词频次，连线粗细刻画共现强度；以色彩划分聚类，每簇皆可跨越学科，清晰呈现深层关联。

2000—2024 年 CNKI 数据库关于土壤-植物多样性领域关键词图谱 (图 3a) 与前 20 关键词信息 (表 2) 显示，共出现 299 个关键词，其中“多样性”节点尺寸明显大于其他关键词，展现了极为显著的特点，出现频率高达 82 次，中心性为 0.3，是整个网络的“超级枢纽”，几乎所有聚类均与其直接相连。排名前 20 的关键词频次普遍偏低 (12~82)，但中心性跨度大 (0.01~0.30)，呈“少而集中”的星型结构。其中“多样性”“植物群落”“土壤养分”“环境因子”出现频次排名前四，分别为 82、65、63、50，且中心性均大于等于 0.1。出现频次和中介中心性值越大，表明该关键词为研究热点，中心性大于等于 0.1 则被认为有较高的影响力。这揭示出该领域已形成以“多样性”为核心的多簇结构，其中，土壤养分、植物群落与环境因子构成经典主轴。

2000—2024 年 WOS 数据库关于土壤-植物多样性领域关键词图谱 (图 3b) 与前 20 关键词信息 (表 2) 显示，共出现 273 个关键词，“plant diversity”出现频次 (2 733) 和中心性 (0.14) 最高，表明植物多样性本身就是研究热点与全局枢纽。排名前 20 的关键词频次普遍较高 (380~2 733)，中心度普遍偏低 (0.02~0.14)。“plant diversity”“biodiversity”“species richness”依次占据前三位，表明植物多样性不仅自身是研究焦点，还常与更宏观的“生物多样性”概念以及核心的群落指标“物种丰富度”并置出现，三者共同构成了该领域高频且紧密关联的关键词簇。此外，“biodiversity”“species richness”“vegetation”“diversity”“productivity”“nitrogen”“species diversity”“responses”“forest”等关键词的中心度均大于等于 0.05，是构成关键词知识图谱的核心节点。以上反映本领域研究视角呈宏观到具体梯度：高频词从泛化的生物多样性、植被，到具体的物种丰富度、氮素、生产力、森林等，反映出学界正沿“大概念-机制-环境因子-生态系统类型”的完整链条展开研究。

高频关键词分析可知，CNKI 与 WOS 数据库针对土壤影响植物多样性领域研究核心概念重合，均沿着“土壤-植物多样性-生态系统功能”骨架进行。但是研究对象与侧重点不同，CNKI 数据库研究更局限于中国境内本土特色地貌与极端环境，而 WOS 数据库研究更关注全球数据库。此外，CNKI 数据库以恢复治理与管理措施为核心，而 WOS 数据库更侧重机制普适性。

表 2 2000—2024 年中英文文献前 20 关键词信息

Table 2 Top 20 keywords information of Chinese and English literature from 2000 to 2024

排名 Ranking	中文文献 Chinese literature			英文文献 English literature		
	关键词	频次	中心性	关键词	频次	中心性
	Keyword	Frequency	Centrality	Keyword	Frequency	Centrality
1	多样性 Diversity	82	0.30	植物多样性 Plant diversity	2733	0.14
2	植物群落 Plant community	65	0.19	生物多样性 Biodiversity	1532	0.05
3	土壤养分 Soil nutrient	63	0.11	物种丰富度 Species richness	965	0.08
4	环境因子 Environmental factor	50	0.10	植被 Vegetation	936	0.06
5	植被恢复 Vegetation restoration	35	0.02	群落 Community	913	0.04
6	群落结构 Community structure	35	0.08	多样性 Diversity	897	0.05
7	高寒草甸 Alpine meadow	32	0.04	生产率 Productivity	850	0.05
8	土壤因子 Soil factor	31	0.05	模式 Patterns	671	0.04

9	生物量 Biomass	30	0.06	土壤 Soil	664	0.03
10	冗余分析 Redundancy analysis	29	0.04	氮 Nitrogen	636	0.06
11	土壤 Soil	27	0.05	物种多样性 Species diversity	574	0.05
12	荒漠草原 Desert grassland	26	0.03	碳 Carbon	555	0.02
13	人工林 Artificial forest	24	0.02	动力学 Dynamics	553	0.04
14	生态恢复 Ecological restoration	15	0.06	响应 Responses	510	0.05
15	α 多样性 Alpha diversity	14	0.02	管理 Management	480	0.03
16	β 多样性 Beta diversity	13	0.02	气候变化 Climate change	441	0.02
17	丛枝菌根真菌 Arbuscular mycorrhizal fungi	13	0.04	生物量 Biomass	420	0.03
18	湿地 Wetland	12	0.01	草原 Grassland	417	0.03
19	草本植物 Herbaceous plant	12	0.01	生长 Growth	388	0.02
20	全球变化 Global change	12	0.01	森林 Forest	380	0.05

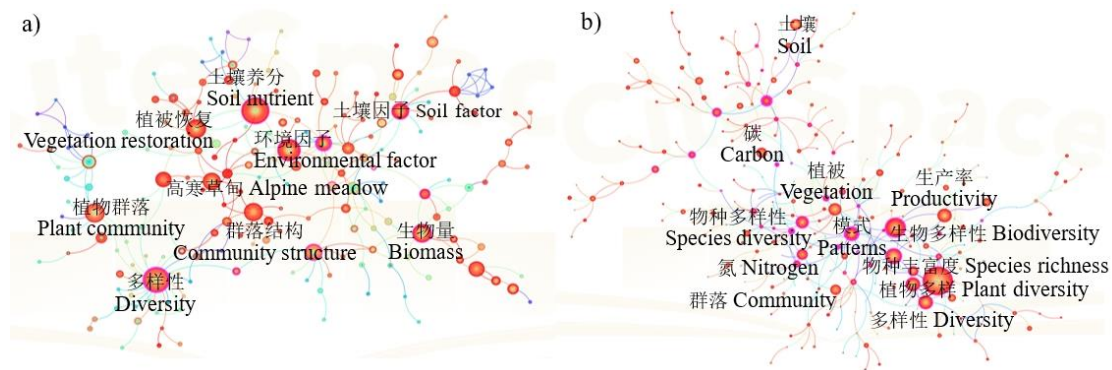


图 3 2000—2024 年土壤与植物多样性领域中文文献 (a) 与英文文献 (b) 的关键词网络共现图谱

Fig. 3 Keyword network co-occurrence map of soil and plant diversity in Chinese literature (a) and English literature (b) from 2000 to 2024

2.3.2 文献共被引聚类 关键词聚类分析可将研究方向进行划分, 揭示研究之间的类似性和差异性。 Q (聚类模块值) 和 S (聚类平均轮廓值) 是聚类非常重要的 2 个参数, 一般认为, 当 $Q>0.3$ 时, 说明聚类结构是显著的; $S>0.7$ 时聚类结果可信度较高^[23]。CNKI 数据库关键词经聚类分析后 $Q=0.8314$, $S=0.9505$; WOS 数据库关键词经聚类分析后 $Q=0.8145$, $S=0.9393$, 表明此次聚类较好且可信度高。

2000—2024 年 CNKI 数据库关键词聚类如图 4a 所示, 经分析后得到 12 个聚类标签, 分别为#0 多样性、#1 荒漠草原、#2 土壤养分、#3 β 多样性、#4 群落结构、#5 植物群落、#6 土壤因子、#7 丛枝菌根真菌、#8 冗余分析、#9 环境因子、#10 本土植物、#11 海拔梯度, 根据聚类分类主要关键词大致可划分为 3 类: (1) 生物多样性研究, 包含聚类#0、#3、#4 与#5, 主要探讨不同生态系统中植物多样性的分布格局^[24]、演替动态^[25]及其对人为干扰和生态修复的响应^[26-28]; (2) 环境因子与土壤生态过程, 包含聚类#2、#6、#7、#8、#9 与#11, 研究聚焦在土壤养分^[29-30]、真菌分布^[31]、地形特征及气候^[32-33]等环境因子如何影响植被功能性状、物种多样性及生态系统过程; (3) 生态系统管理与恢复生态学, 包含聚类#1 与#10, 研究关注退化生态系统的恢复机制, 包括放牧管理、人工林建设、本土植物应用等对生态功能恢复的影响^[34-36]。

2000—2024 年 WOS 数据库关键词聚类如图 4b 所示, 经分析后得到 16 个聚类标签, 分别为#0 Functional diversity、#1 Soil organic carbon、#2 Microbial biomass、#3 Arbuscular mycorrhizal fungi、#4 Fungal community、#5 Plant diversity、#6 Species richness、#7 Alpine meadow、#8 Plant species diversity、#9 Species diversity、#10 Ecosystem services、#11 Community assembly、#12 Phosphorus、

#13 Beta diversity、#14 Soil carbon、#15 Nitrogen deposition。根据聚类分类主要关键词大致可以划分为3类：（1）生物多样性与群落功能，包含聚类#5、#6、#8、#9、#10与#13，多尺度解析物种/功能多样性对群落构建、生态系统功能与稳定性的驱动规律^[20, 37-38]；（2）土壤养分循环与全球变化，包含聚类#1、#12、#14与#15，探究土壤碳、氮、磷等养分的动态及其对全球变化因素的响应，以及对碳固存和土壤酸化的影响^[39-41]；（3）微生物与植物相互作用，包含聚类#0、#2、#3、#4、#7与#11，揭示了微生物群落与植物群落的相互作用及其对生态系统功能的影响^[42-43]。

根据各个聚类中的关键词，发现 CNKI 与 WOS 数据库文献之间具有联系性，但又有各自的特点。核心议题具有统一性，中英文研究均紧紧围绕生物多样性、群落构建机制、土壤-植物-微生物互作以及生态系统功能与服务这些全球生态学的核心议题展开。CNKI 数据库的研究更聚焦“单一要素”与“局部响应”的关联分析，而 WOS 数据库更关注“多要素-系统功能-内在机制”的整合研究。

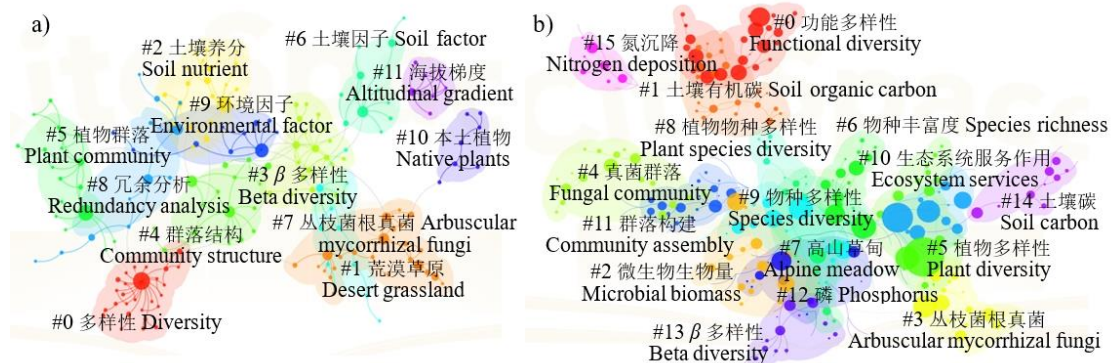


图 4 2000—2024 年土壤与植物多样性领域中文文献 (a) 与英文文献 (b) 的关键词聚类图谱

Fig. 4 Keyword clustering maps of Chinese literature (a) and English literature (b) on soil and plant diversity from 2000 to 2024

2.3.3 关键词时间线 关键词聚类时间线图是文献计量分析的核心工具，可动态呈现各聚类关键词的发展态势。视图中 X 轴为关键词出现年份，Y 轴为不同关键词聚类；既能定位聚类的起源、活跃周期与发展趋势，也能结合聚类规模和时间跨度判断其领域重要性，为梳理脉络、识别前沿提供支撑^[44]。

图 5 显示中英文关于土壤与植物多样性领域的关键词聚类时间线图。CNKI 数据库中聚类#0 多样性、#1 荒漠草原、#2 土壤养分与#5 植物群落出现较早，且在较长时间跨度内持续有节点，说明是长期关注的经典主题；#2 土壤养分与#3 β 多样性后期研究节点较密集，可能是未来研究热点。WOS 数据库中聚类#0 Functional diversity、#2 Microbial biomass、#3 Arbuscular mycorrhizal fungi、#5 Plant diversity、#6 Species richness、#9 Species diversity 与#10 Ecosystem services 在早期研究中就频繁出现，且至今仍有较高研究率，代表长期主线研究内容。#1 Soil organic carbon 与#15 Nitrogen deposition 等聚类，在时间线的中后段有较为明显的节点和研究主题拓展，前期相关研究相对较少，后期逐渐凸显。随着环境问题研究的深入，其很可能成为后续该领域研究的热点方向。CNKI 数据库与 WOS 数据库经典研究主题均为多样性，CNKI 的#0 多样性与 WOS 的#5 Plant diversity、#6 Species richness、#9 Species diversity 形成直接映射，均属持续高频议题。CNKI 数据库的#2 土壤养分对应 WOS 数据库的#1 Soil organic carbon，两者在时间线上均表现出早期奠基、后期深化的双重属性。但 WOS 更侧重微生物功能与生态系统服务，CNKI 则突出荒漠草原等典型区域研究。两数据库热点方向趋同，均指向全球变化与微观机制。

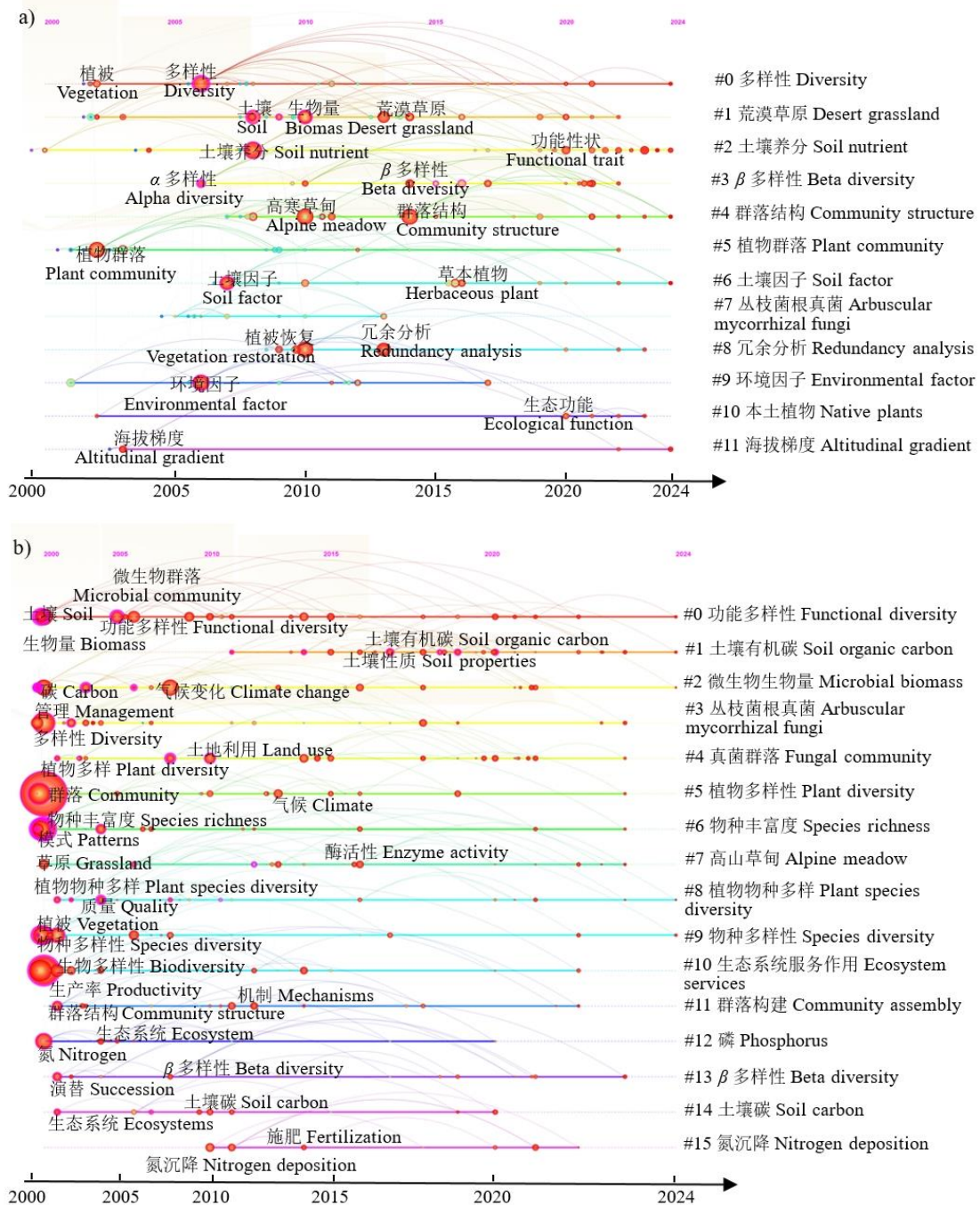


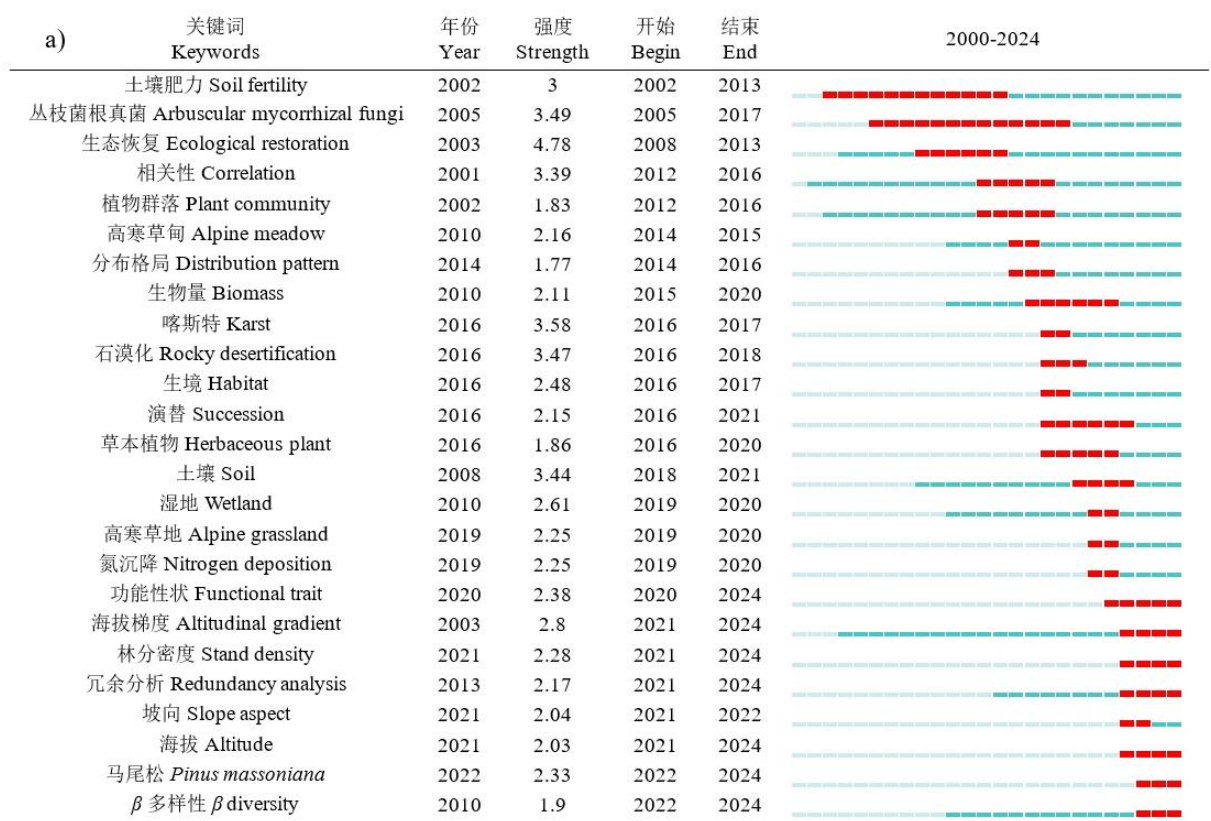
图 5 2000—2024 年土壤与植物多样性领域中文文献 (a) 和英文文献 (b) 的关键词聚类时间线图

Fig. 5 Keyword clustering timeline of Chinese literature (a) and English literature (b) on soil and plant diversity from 2000 to 2024

2.3.4 关键词突现 关键词突现 (Burst keywords) 指在某一时段内发表文章中出现频次极高的关键词, 是识别研究热点、新兴趋势、阶段性焦点的核心指标^[45]。图谱中的蓝色区块表示关键词总时间段, 红色区块表示关键词研究频次较多的时间段, 关键词突现的强度数值越高, 代表该关键词在对应时期的研究热度、关注度、学术影响力越强。由图 6a 可以得到, 2000—2024 年 CNKI 数据库突现性排名前 25 的关键词中, 突现强度较大的突现词为“土壤肥力”“丛枝菌根真菌”“生态恢复”“相关性”“喀斯特”“土壤”, 其中“土壤肥力”与“丛枝菌根真菌”突现持续时长较长, 分别为 11 年与 12 年。结合关键词突现的起止年份, 可将 2000—2024 年划分为 3 个核心研究阶段, 各阶段热点的聚焦方向差异显著。第一阶段 (2000—2013 年): 基础生态要素与宏观恢复研究。此

阶段热点以土壤、植物群落的基础属性及宏观生态问题为主，研究偏向广谱性，核心突现词有“土壤肥力”“丛枝菌根真菌”“生态恢复”。第二阶段（2014—2018 年）：区域化问题与量化研究兴起。此阶段热点从广谱基础转向特定区域生态问题与量化分析方法，研究更具针对性，核心突现词有“相关性”“高寒草甸”“喀斯特”“石漠化”。第三阶段（2019—2024 年）：前沿方向与技术方法的深度融合。此阶段热点呈现多领域交叉与技术驱动特征，核心突现词有“氮沉降”“湿地”“功能性状”“海拔梯度/海拔”“冗余分析”“马尾松”“ β 多样性”。结合 2020—2024 年仍在突现的关键词（“功能性状”“海拔梯度”“冗余分析”“马尾松”“ β 多样性”），未来可重点关注的方向可能有植物功能性状与气候变化的关联、区域精准生态治理以及技术方法创新。

由图 6b 可以得到，2000—2024 年 WOS 数据库突现性排名前 25 的关键词中，突现强度极高的突现词为“Vegetation”“Competition”“Community”“Disturbance”“Plant species diversity”“Grassland”，其中，“Competition”“Community”与“Disturbance”突现持续时长较长，分别为 13 年、12 年与 14 年。根据关键词突现的时间聚类与主题关联，可将 2000—2024 年划分为 3 个核心研究阶段。第一阶段（2000—2010 年）：基础生态要素与框架构建。此阶段突现关键词以生态系统基本组成、核心概念为主，极高热度核心突现词有“Vegetation”“Competition”“Community”与“Grassland”。第二阶段（2011—2019 年）：生态过程与机制深化。此阶段突现关键词从基础要素转向生态过程、物种互作、区域系统等，核心突现词有“Invasion”“Coexistence”“Terrestrial ecosystems”与“Microbial community structure”。第三阶段（2020—2024 年）：精准机制与全球问题。此阶段突现关键词以全球变化响应、生态系统多功能性、精准技术方法为主，核心突现词有“Ecosystem multifunctionality”“Nitrogen addition”“Temperature”“Tibetan Plateau”“Phylogenetic diversity”“Extraction method”“Drivers”与“Ecosystem stability”。结合 2020—2024 年仍在突现的关键词（如“Ecosystem multifunctionality”“Nitrogen addition”“Tibetan Plateau”“Phylogenetic diversity”），未来可重点关注方向有全球变化多因子交互效应、多样性-功能-稳定性的精准关联研究以及技术方法支撑下的机制解析。



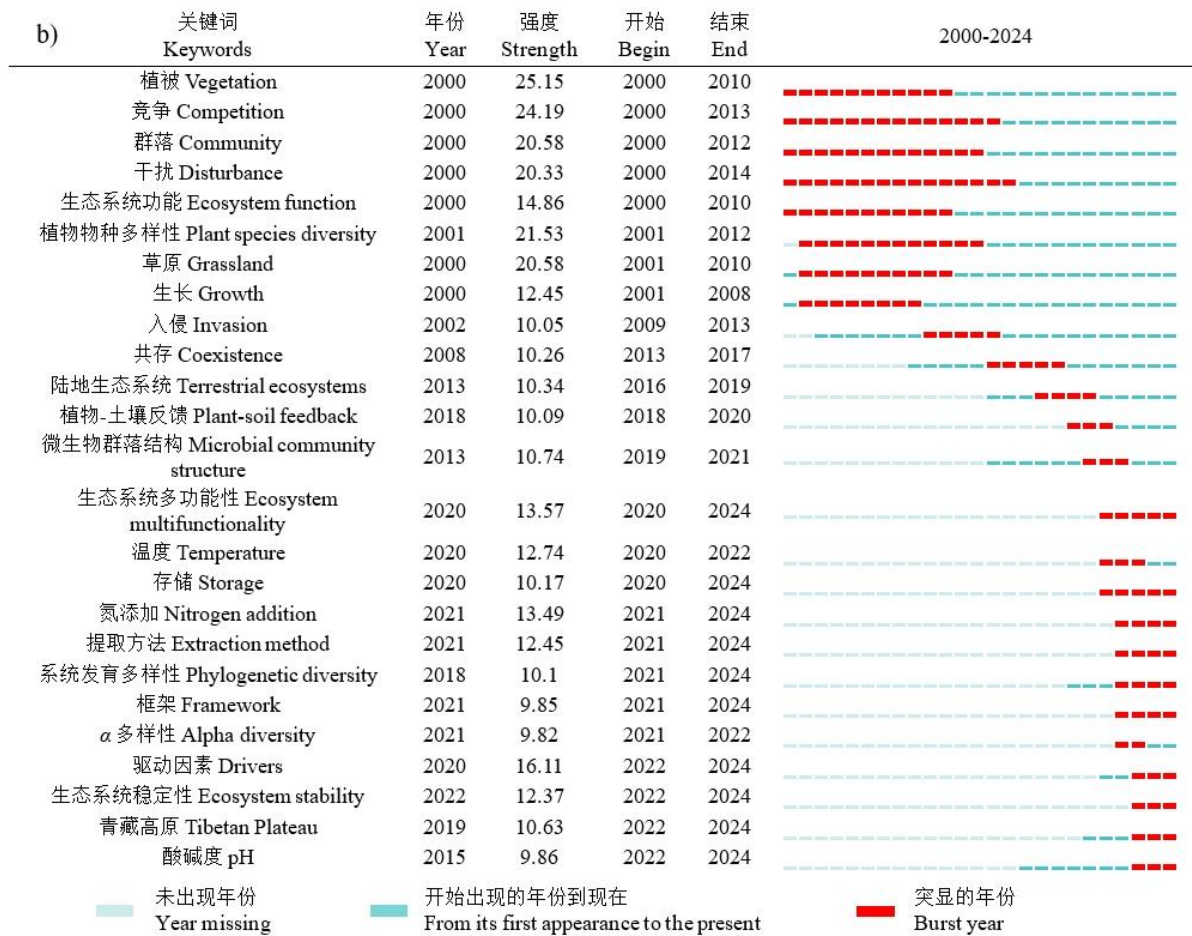


图 6 2000—2024 年中文文献 (a) 与英文文献 (b) 突现性排名前 25 的关键词

Fig. 6 Top 25 keywords with the strongest citation bursts in Chinese literature (a) and English literature (b) from 2000 to 2024

CNKI 数据库与 WOS 数据库第一阶段的研究表明,国际研究基础框架构建更快,国内经历更长探索期。第二阶段迎来转折期,WOS 数据库 2011 年转入机制深化,CNKI 数据库 2014 年启动区域化研究。第三阶段两者在 2020 年左右均进入多技术融合期,体现学科发展趋同。

综上所述,国内外土壤-植物多样性领域研究分别在地域化应用实践与普适性理论构建方面各有所长。但仍存在明显短板,例如研究维度失衡,地上与地下、生物与非生物过程割裂,对土壤生物反馈及人为干扰生态系统关注不足;尺度局限,理论外推受阻,国内研究地域性强但普适机理提炼不够,国外理论应用于中国人地系统时易失效;路径依赖,机制解析薄弱,研究多停留在相关性分析,缺乏因果验证与实证支撑。未来应聚焦以下四方面突破:构建多营养级互作框架,整合全生物群落与多组学技术,实现地上与地下系统解析;推动跨尺度双向融合,促进局地实证与全球理论互馈,提升成果普适性与影响力;深化因果机制研究,建立实验-监测-模拟范式,精准揭示生态过程;强化应用转化,研发生物多样性导向的生态修复与农业管理技术,服务生态治理与可持续发展。

3 结 论

本研究基于 2000—2024 年 CNKI 与 WOS 核心数据库,运用文献计量学揭示土壤-植物多样性研究的脉络、演变趋势及热点:全球发文量持续攀升且形成“中美领跑、多国并跑”格局,中国科学院在中英文数据库均稳居首位;CNKI 聚焦“植物群落”“土壤养分”等应用型关键词,WOS 围绕

“物种丰富度”“生产力”等理论型关键词,体现本土实践与全球理论的分化;CNKI 研究经历宏观恢复-区域量化-技术融合三阶段演进,WOS 则沿框架构建-机制深化-精准机制与全球问题路径升级;CNKI 以中国典型生态区为载体形成地域化应用特色,服务三峡库区、黄土高原等局部治理,WOS 以全球生态系统为视角构建多样性-碳循环-群落构建理论体系,提供普适性管理指导。土壤与植物多样性研究目前正处在方法革新与理论整合的关键期,核心挑战在于打通局地与全球、地上与地下、相关与因果的割裂。未来需构建双向赋能的研究生态,以中国实践检验并修正全球理论,以国际前沿支撑本土生态修复。唯有深度互馈、协同发展,才能服务全球变化下的生物多样性保护与生态系统可持续管理。

参考文献 (References)

- [1] Niu B, Fu G. Response of plant diversity and soil microbial diversity to warming and increased precipitation in alpine grasslands on the Qinghai-Xizang Plateau—A review[J]. *Science of the Total Environment*, 2024, 912: 168878.
- [2] Tan M J. Conversion of agricultural biomass into valuable biochar and their competence on soil fertility enrichment[J]. *Environmental Research*, 2023, 234: 116596.
- [3] Lucatero A, Jha S, Philpott S M. Local habitat complexity and its effects on herbivores and predators in urban agroecosystems[J]. *Insects*, 2024, 15(1): 41.
- [4] Steur G, Verburg R W, Wassen M J, et al. Shedding light on relationships between plant diversity and tropical forest ecosystem services across spatial scales and plot sizes[J]. *Ecosystem Services*, 2020, 43: 101107.
- [5] Wang G Z, Shen J B, Zhang J L, et al. Plant-soil feedback driven mechanisms and regulation strategies for soil health[J/OL]. *Acta Pedologica Sinica*, DOI:10.11766/trxb202506290314. [王光州, 申建波, 张俊伶, 等. 植物-土壤反馈驱动的土壤健康机制与调控策略[J/OL]. *土壤学报*, DOI:10.11766/trxb202506290314]
- [6] Santoyo G, Hernández-Pacheco C, Hernández-Salmerón J, et al. The role of abiotic factors modulating the plant-microbe-soil interactions: Toward sustainable agriculture. A review[J]. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2017, 15(1): e03R01.
- [7] Liu Y Q, Yin H F, Wang C S, et al. Effects of forest gap remodeling on understory plant diversity and soil physicochemical property in *Pinus massoniana* plantations[J]. *Journal of Central South University of Forestry & Technology*, 2026, 46(2): 70-79. [刘雨倩, 尹海锋, 王春胜, 等. 林窗改造对马尾松人工林林下植物多样性和土壤理化性质的影响[J]. *中南林业科技大学学报*, 2026, 46(2): 70-79.]
- [8] Hulshof C M, Spasojevic M J. The edaphic control of plant diversity[J]. *Global Ecology and Biogeography*, 2020, 29(10): 1634-1650.
- [9] Peng H Y, Sun G, Wang X, et al. Relationship between soil clay and moisture and its impact on plant diversity in Karamaili Mountain Nature Reserve, Xinjiang[J]. *Soils*, 2025, 57(3): 664-672. [彭黄叶, 孙刚, 王旭, 等. 新疆卡拉麦里山保护区土壤黏粒与含水量的关系及其对植物多样性的影响[J]. *土壤*, 2025, 57(3): 664-672.]
- [10] Chauhan P, Sharma N, Tapwal A, et al. Soil microbiome: Diversity, benefits and interactions with plants[J]. *Sustainability*, 2023, 15(19): 14643.
- [11] Song W, Cheng C, Wang J W, et al. Soil microbes regulate the relationships between plant diversity and ecosystem functions[J]. *Biodiversity Science*, 2025, 33(4): 201-218. [宋威, 程才, 王嘉伟, 等. 土壤微生物对植物多样性-生态系统功能关系的调控作用[J]. *生物多样性*, 2025, 33(4): 201-218.]
- [12] Hossain M A, Egidio E, Xiong C, et al. Soil multitrophic interactions in a changing world[J]. *Journal of Sustainable Agriculture and Environment*, 2025, 4(1): e70045.
- [13] Zhao H Y, Wang H Y. Soil multifunctionality and its driving factors: A review[J]. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 2024, 30(3): 615-622. [赵慧英, 王海燕. 土壤多功能性及其驱动因素研究进展[J]. *应用与环境生物学报*, 2024, 30(3): 615-622.]
- [14] Aponte C, García L V, Marañón T. Tree species effects on nutrient cycling and soil biota: A feedback mechanism favouring species coexistence[J]. *Forest Ecology and Management*, 2013, 309: 36-46.
- [15] Xu Y J, Dong K, Jiang M, et al. Soil moisture and species richness interactively affect multiple ecosystem functions in a microcosm experiment of simulated shrub encroached grasslands[J]. *Science of the Total Environment*, 2022, 803: 149950.

- [16] Li Z, Liu X W, Zhang M H, et al. Plant diversity and fungal richness regulate the changes in soil multifunctionality in a semi-arid grassland[J]. *Biology*, 2022, 11(6): 870-876.
- [17] Zheng H C Y, Huang X H, Luo Z Y, et al. Bibliometric analysis of plant endophytic fungal diversity research based on Web of Science Core Collection database and CiteSpace[J]. *Microbiology China*, 2024, 51(9): 3690-3705. [郑涵蔡元, 黄先寒, 罗增远, 等. 基于 Web of Science 核心合集数据库和 CiteSpace 中植物内生真菌多样性研究的文献计量学分析[J]. *微生物学通报*, 2024, 51(9): 3690-3705.]
- [18] Li Z Q, Chen Y D, Lü G H, et al. Soil water-salt response characteristics and ecological strategies for functional traits of desert herbaceous plants[J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2023, 60(8): 2038-2045. [李志强, 陈昱东, 吕光辉, 等. 荒漠草本植物功能性状的土壤水盐响应特征及生态策略[J]. *新疆农业科学*, 2023, 60(8): 2038-2045.]
- [19] Hu D, Lü G H, Wang H F, et al. Response of desert plant diversity and stability to soil factors based on water gradient[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2021, 41(17): 6738-6748. [胡冬, 吕光辉, 王恒方, 等. 水分梯度下荒漠植物多样性与稳定性对土壤因子的响应[J]. *生态学报*, 2021, 41(17): 6738-6748.]
- [20] Lange M, Eisenhauer N, Sierra C A, et al. Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage[J]. *Nature Communications*, 2015, 6: 6707.
- [21] Eisenhauer N, Lanoue A, Strecker T, et al. Root biomass and exudates link plant diversity with soil bacterial and fungal biomass[J]. *Scientific Reports*, 2017, 7: 44641.
- [22] Spohn M, Bagchi S, Biederman L A, et al. The positive effect of plant diversity on soil carbon depends on climate[J]. *Nature Communications*, 2023, 14: 6624.
- [23] Chen Y, Chen C M, Liu Z Y, et al. The methodology function of CiteSpace mapping knowledge domains[J]. *Studies in Science of Science*, 2015, 33(2): 242-253. [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.]
- [24] Sheng M Y, Xiong K N, Cui G Y, et al. Plant diversity and soil physical-chemical properties in karst rocky desertification ecosystem of Guizhou, China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2015, 35(2): 434-448. [盛茂银, 熊康宁, 崔高仰, 等. 贵州喀斯特石漠化地区植物多样性与土壤理化性质[J]. *生态学报*, 2015, 35(2): 434-448.]
- [25] Hou M M, Li X Y, Wang J W, et al. Phylogenetic development and functional structures during successional stages of conifer and broad-leaved mixed forest communities in Changbai Mountains, China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2017, 37(22): 7503-7513. [侯嫚嫚, 李晓宇, 王均伟, 等. 长白山针阔混交林不同演替阶段群落系统发育和功能性状结构[J]. *生态学报*, 2017, 37(22): 7503-7513.]
- [26] Zou Y H, Tang X Y, Cui L J, et al. Effects of soil physicochemical properties on plant diversity in a wetland under different intensities of disturbance[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2025, 44(6): 1945-1952. [邹雨涵, 唐希颖, 崔丽娟, 等. 不同干扰强度下土壤理化性状对湿地植物多样性的影响[J]. *生态学报*, 2025, 44(6): 1945-1952.]
- [27] Hou X C, Lu S W, Xiang C L, et al. Responses of plant community diversity to human disturbance in temperate grassland with different soil parent materials[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2022, 33(8): 2153-2160. [侯星辰, 鲁绍伟, 向昌林, 等. 不同母质温带草地植物群落多样性对人为干扰的响应[J]. *应用生态学报*, 2022, 33(8): 2153-2160.]
- [28] Yuan L, Zhou J W, Wen B, et al. Characters of vegetation community and below-ground habitats of ecological restoration process on high-steep slope[J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2017, 32(2): 84-89. [袁磊, 周建伟, 温冰, 等. 高陡岩质边坡生态修复过程中植物群落与地下生境特征研究[J]. *西北林学院学报*, 2017, 32(2): 84-89.]
- [29] Han Y, Wang Q, Zhao W, et al. Research on relationship between plant diversity and soil nutrient of open-pit coal mines in prairie[J]. *Journal of Northeast Agricultural University*, 2023, 54(9): 23-33. [韩煜, 王琦, 赵伟, 等. 草原区露天煤矿周边植物多样性和土壤养分关系研究[J]. *东北农业大学学报*, 2023, 54(9): 23-33.]
- [30] Du Z Y, An H, Wang B, et al. Effects of nutrient addition and precipitation manipulation on plant species diversity and biomass of in a desert grassland[J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2020, 28(4): 1100-1110. [杜忠毓, 安慧, 王波, 等. 养分添加和降水变化对荒漠草原植物群落物种多样性和生物量的影响[J]. *草地学报*, 2020, 28(4): 1100-1110.]

- [31] Yang H S, Xiong Y Q, Wang Q, et al. Arbuscular mycorrhizal fungal species diversity: Ecological functioning, determinants and assembling mechanisms[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2016, 36(10): 2826-2832. [杨海水, 熊艳琴, 王琪, 等. AM 真菌物种多样性: 生态功能、影响因素及维持机制[J]. *生态学报*, 2016, 36(10): 2826-2832.]
- [32] Pan H L, Li M H, Cai X H, et al. Responses of growth and ecophysiology of plants to altitude[J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 2009, 18(2): 722-730. [潘红丽, 李迈和, 蔡小虎, 等. 海拔梯度上的植物生长与生理生态特性[J]. *生态环境学报*, 2009, 18(2): 722-730.]
- [33] Yu G L, Wang J Q, Ma Z J, et al. Responses of plant diversity to seasonal changes in the lakeside wetland of Bosten Lake[J]. *Plant Science Journal*, 2022, 40(4): 462-471. [郁国梁, 王军强, 马紫荆, 等. 博斯腾湖湖滨湿地植物多样性对季节变化的响应[J]. *植物科学学报*, 2022, 40(4): 462-471.]
- [34] An H, Li G Q. Effects of grazing on plant biomass and soil nutrient in desert steppe[J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizers*, 2013, 19(3): 705-712. [安慧, 李国旗. 放牧对荒漠草原植物生物量及土壤养分的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2013, 19(3): 705-712.]
- [35] Zhang Y Q, Li Z C, Hou L Y, et al. Effects of stand density on understory species diversity and soil nutrients in Chinese fir plantation[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2020, 57(1): 239-250. [张勇强, 李智超, 厚凌宇, 等. 林分密度对杉木人工林下物种多样性和土壤养分的影响[J]. *土壤学报*, 2020, 57(1): 239-250.]
- [36] Zhang J, Wen Z M, Li M L, et al. Effects of the exotic black locust on the functional diversity of soil microorganisms[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, 38(14): 4964-4974. [张静, 温仲明, 李鸣雷, 等. 外来物种刺槐对土壤微生物功能多样性的影响[J]. *生态学报*, 2018, 38(14): 4964-4974.]
- [37] van Der Heijden M G A, Bardgett R D, van Straalen N M. The unseen majority: Soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems[J]. *Ecology Letters*, 2008, 11(3): 296-310.
- [38] Wagg C, Bender S F, Widmer F, et al. Soil biodiversity and soil community composition determine ecosystem multifunctionality[J]. *PNAS*, 2014, 111(14): 5266-5270.
- [39] Chen X L, Taylor A R, Reich P B, et al. Tree diversity increases decadal forest soil carbon and nitrogen accrual[J]. *Nature*, 2023, 618(7963): 94-101.
- [40] Li L, Tilman D, Lambers H, et al. Plant diversity and overyielding: Insights from belowground facilitation of intercropping in agriculture[J]. *New Phytologist*, 2014, 203(1): 63-69.
- [41] Hu Z K, Delgado-Baquerizo M, Fanin N, et al. Nutrient-induced acidification modulates soil biodiversity-function relationships[J]. *Nature Communications*, 2024, 15: 2858.
- [42] Tedersoo L, Bahram M, Pöhlme S, et al. Response to Comment on “Global diversity and geography of soil fungi”[J]. *Science*, 2015, 349(6251): 936.
- [43] Basiru S, Ait Si Mhand K, Hijri M. Disentangling arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria at the soil-root interface[J]. *Mycorrhiza*, 2023, 33(3): 119-137.
- [44] Xia L J, Huang N, Li Q M, et al. Visual analysis of research progress on traditional Chinese medicine fermentation based on CiteSpace[J]. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 2025, 56(12): 4353-4368. [夏鹭洁, 黄娜, 李启明, 等. 基于 CiteSpace 的中药发酵研究进展可视化分析[J]. *中草药*, 2025, 56(12): 4353-4368.]
- [45] Ma K, Rao L Y. Research lineage and hot spot analysis of soil salinization in China[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2023, 28(11): 90-102. [马凯, 饶良懿. 我国土壤盐碱化问题研究脉络和热点分析[J]. *中国农业大学学报*, 2023, 28(11): 90-102.]

(责任编辑: 陈荣府)