

基于 CiteSpace 的中国荒漠植物多样性 研究现状与热点分析

吴浩, 何莹莹, 张亚茹, 郑翔, 张萍

(宁夏大学 林业与草业学院, 宁夏银川 750021)

摘要: [目的] 分析荒漠化地区植物多样性领域研究现状与发展趋势, 明确热点演变与未来研究方向, 为理解生态系统响应、指导生态恢复及全球荒漠化治理提供理论依据。[方法] 基于 CiteSpace 6.4 R1 对 CNKI(1961—2024 年 1 397 篇)和 Web of Science(1999—2024 年 2 899 篇)数据库文献进行多维度可视化分析。[结果] ①荒漠化地区植物多样性研究呈阶段性增长, 中文文献年均增速 8.7%, 核心期刊以《生态学报》为代表, 英文文献集中于《Frontiers in Microbiology》等跨学科期刊; ②中国科学院新疆生态与地理研究所、加州大学等机构形成跨区域研究网络, 中国学者聚焦荒漠生态系统结构与功能响应, 国际研究侧重微生物互动与遗传多样性; ③研究热点从抗旱生理(2000 年前)转向水分-群落耦合机制(2000—2010 年), 2020 年后拓展至生态恢复力评估与多组学技术整合; ④突现词分析揭示中文文献关注环境因子动态调控, 英文文献集中于碳氮磷生态化学计量及非生物胁迫机制。[结论] 为全球荒漠化防治提供了直接的物种资源库、机理认知与技术支撑, 同时未来研究需融合多尺度数据模型与跨境监测网络, 深化“植物-微生物-环境”互作机制, 精准服务于生态屏障构建与退化生态系统恢复。

关键词: 荒漠化地区; 植物多样性; CiteSpace; 可视化分析; 文献计量

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2026)02-0430-11

中图分类号: Q948.52

文献参数: 吴浩, 何莹莹, 张亚茹, 等. 基于 CiteSpace 的中国荒漠植物多样性研究现状与热点分析[J]. 水土保持通报, 2026, 46(2): 430-440. Wu Hao, He Yingying, Zhang Yaru, et al. Research status and hotspots of plant diversity in desertified areas of China based on CiteSpace [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2026, 46(2): 430-440.

DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2026.02.028

CSTR: 32312.14.stbctb.2026.02.028

Research status and hotspots of plant diversity in desertified areas of China based on CiteSpace

Wu Hao, He Yingying, Zhang Yaru, Zheng Xiang, Zhang Ping

(School of Forestry and Grassland, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China)

Abstract: [Objective] The current research status and development trends in the field of plant diversity in desertified areas were analyzed, and the evolution of research hotspots and future directions were clarified, in order to provide a theoretical basis for understanding ecosystem responses, guiding ecological restoration, and informing global desertification control. [Methods] Using CiteSpace 6.4 R1, a multi-dimensional analysis is conducted on literature from CNKI (1961—2024, 1 397 articles) and Web of Science (1999—2024, 2 899 articles) databases. [Results] ① Research on plant diversity in desertified areas showed phased growth. The average annual growth rate of Chinese literature was 8.7%, with core journals represented by the *Journal of Ecology*, while English literature is widely distributed in interdisciplinary journals such as *Frontiers in Microbiology*. ② Cross-regional research networks were formed by institutions including the Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese

收稿日期: 2025-07-18

修回日期: 2025-10-28

采用日期: 2025-10-29

资助项目: 国家自然科学基金青年基金项目“干旱区沙地-盐碱地复合生境典型植物共生的生态位分化机理研究”(32401666); 宁夏重点研发计划引才专项“降水变化对柠条锦鸡儿(*Caragana korshinskii*)水力学特征的影响”(2024BEH04149)

第一作者: 吴浩(2000—), 女(汉族), 吉林省吉林市人, 硕士研究生, 研究方向为荒漠化防治。Email: 15944226520@163.com。

通信作者: 何莹莹(1993—), 女(汉族), 博士, 宁夏吴忠市人, 讲师, 主要从事荒漠化防治和荒漠化植被生理生态研究。Email: heyingying@nxu.edu.cn。

Academy of Sciences, and the University of California System. Chinese scholars focused on desert ecosystem structure and functional responses, while international research emphasized microbial interactions and genetic diversity. ③ Keyword evolution showed that research hotspots had shifted from drought physiology (before 2000) to water-community coupling mechanisms (2000—2010), and had expanded to ecological resilience assessment and the integration of multi-omics technologies since 2020. ④ The analysis of emergent words revealed that Chinese literature focused on the dynamic regulation of environmental factors, while English literature concentrated on the ecological stoichiometry of carbon, nitrogen, and phosphorus, as well as abiotic stress mechanisms. [Conclusion] This study provides a direct species resource base, mechanistic knowledge, and technical support for global desertification control. Future research should integrate multi-scale data models and cross-border monitoring networks to deepen the understanding of ‘plant-microbe-environment’ interactions, thereby providing more accurate support for ecological barrier construction and the restoration of degraded ecosystems.

Keywords: desertified areas; plant diversity; CiteSpace; visual analysis; bibliometrics

随着全球变暖不断加剧,二氧化碳含量不断上升,极端气候事件不断增加^[1]。荒漠生态系统是最脆弱的生态系统之一,是全球重要的生物多样性研究的关键领域之一,也是全球生物多样性的宝贵资源^[2]。相较于森林和草原生态系统,荒漠生态系统水分匮乏,蒸发量大,温度变化剧烈,导致生境条件恶劣,群落物种组成简单,因此其稳定性和恢复性较差,在全球气候暖化驱动的水文循环强化背景下,荒漠生态系统正经历降水格局改变与氮沉降通量变异的双重胁迫^[3-4]。近几十年来,荒漠生态系统持续恶化,荒漠化地区植物多样性锐减,生态功能持续衰退^[5]。这一现状不仅对区域生态安全造成了极大破坏,还严重威胁到经济、社会和农业生产的可持续发展^[6]。与此同时,全球变暖等环境问题不断加剧,在此背景下,荒漠生态系统的保护与合理利用,已成为当地生态保护成效与经济发展走向的关键因素,引起各方的高度重视^[7]。

目前中国已充分认识到保护荒漠区植物多样性的重要意义,各地正逐步采取相应措施,以遏制荒漠化范围进一步扩大^[8]。众多学者在干旱、半干旱地区的研究逐渐聚焦于荒漠化地区植物多样性。植被类型较为单一是干旱、半干旱地区植被分布的显著特点,主要以灌木和草本为主,这也反映了荒漠化地区特有的生态环境与物种适应策略^[9-12]。以往针对荒漠化地区植物多样性的研究多集中在荒漠化地区植物多样性的保护^[13]、多样性指标的选择、多样性时空变化等方面,这些研究揭示了荒漠植物对极端环境的响应策略。然而,有关荒漠化地区植物多样性研究的热点和发展趋势的系统梳理相对匮乏。因此,全面且及时地回溯荒漠化地区植物多样性研究的演变历程,深入剖析该领域当下的研究现状,不仅能明晰研究的薄弱环节,而且对精准把握未来研究走向,引导科研资源合理配置,具有重要的指导作用。

文献计量学作为一门聚焦于文献外部相关特征展开研究的学科,通过对文献数据的系统分析、信息提炼与趋势预判,能够精准揭示特定研究领域的发展走向与热点议题^[14]。同时,可围绕该领域的发文趋势、研究机构分布以及关键词的动态变化,展开可视化分析。本研究借助CiteSpace可视化软件,对CNKI和Web of Science两大数据库中收录的与荒漠化地区植物多样性相关的中英文期刊文献,展开系统梳理与深度剖析,深入探究全球荒漠化地区植物多样性领域的研究现状,明晰研究方向,捕捉研究热点的动态变化,旨在助力研究者全面梳理荒漠化地区植物多样性研究的演进脉络,精准洞察未来研究趋势,为国内外荒漠化地区植物多样性研究提供切实可行且极具价值的参考依据。

1 材料与方法

1.1 文献来源与处理

本研究文献来源于CNKI数据库和Web of Science数据库。在CNKI数据库检索时,将“荒漠化地区植物多样性”设为主题词,把检索时间范围限定在1961年1月1日至2024年11月8日,初步获取2500条中文文献。为确保数据的准确性与有效性,研究团队对检索结果进行了严格筛选,仅保留学术期刊文献,并剔除重复文献,最终得到1397篇有效学术期刊文献。由于CNKI数据库中,首篇探讨荒漠化地区植物多样性的文献于1961年发表,因此将该年份确定为检索的起始时间。在Web of Science数据库中按关键词“desert plant diversity”进行搜索,共检索出3358条英文文献,进行筛选后,最终获取2899篇英文文献,第一篇英文文献发表于1999年,所以选取时间为1999—2024年,所有数据检索在一天内完成,防止数据库更新造成偏差(图1)。

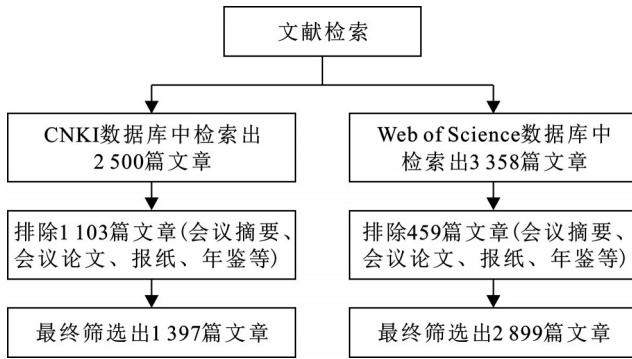


图1 文献检索及筛选流程图

Fig.1 Literature retrieval and screening flowchart

1.2 研究方法

运用 CiteSpace 文献计量分析软件,对荒漠化地区植物多样性领域的相关文献展开系统性剖析,精准提取文献的年度发文量、研究机构、核心作者、关键词,以及发表时间等关键信息。基于这些信息,绘制研究机构合作图谱、研究作者合作图谱,呈现机构间、作者间的合作网络与互动模式。同时,构建关键词共现网络图谱、关键词聚类网络图谱,分析关键词间的关联关系与主题分布;开展关键词突现分析,识别研究领域内的热点与新兴趋势。借助 Excel 绘制各类统计图表。利用对数似然法(logarithmic likelihood method, LLR)对关键词进行聚类分析^[14]。

2 结果与分析

2.1 文献计量特征

2.1.1 文献发表年度数量及研究期刊分布

在科学研究领域,发文的数量可以呈现科学知识量变化的情况以及学者对该领域的研究进度^[15]。由图2可知,截至2024年荒漠化地区植物多样性的发文量总体呈上升趋势。1961—2000年,年均发文量小于10篇,相关研究处于探索阶段。从1996年开始发文量逐渐上升,表明荒漠化地区植物多样性正在逐渐被学者关注,主要原因是1994年中国签署了在法国巴黎通过的《联合国防治荒漠化公约》。2002年文章发表数量达到22篇,这与2002年实施的《中华人民共和国防沙治沙法》有关,随后发文量稳步上升。2023年,随着《中华人民共和国青藏高原生态保护法》和《中华人民共和国黄河保护法》法律的实施,发文量达到顶峰(36篇),标志着中国在生态文明建设和环境保护方面迈出了重要的一步,越来越多的学者更加注重荒漠化地区植物多样性的保护与研究,对该领域的探索也越来越深入。

荒漠化地区植物多样性研究领域中,发文靠前的期刊依次是《生态学报》(119篇)、《中国沙漠》(99

篇)、《干旱区研究》(55篇)(表1)。统计结果表明,国内涉及荒漠化地区植物多样性研究的学术期刊中,《生态学报》《中国沙漠》《干旱区研究》《草业科学》《草地学报》在该领域的发文占比颇为突出,发文总量占比达到26.85%。不仅表明核心与卓越期刊在维持高发文质量上的突出优势,更印证了荒漠化地区植物多样性研究在学术界的重要地位与持续攀升的研究热度,已然成为备受瞩目的前沿研究领域。有关荒漠化地区植物多样性研究的英文期刊大多为较高质量期刊(表2),如《Frontiers in Microbiology》《Journal of Arid Land》《Applied Soil Ecology》等。

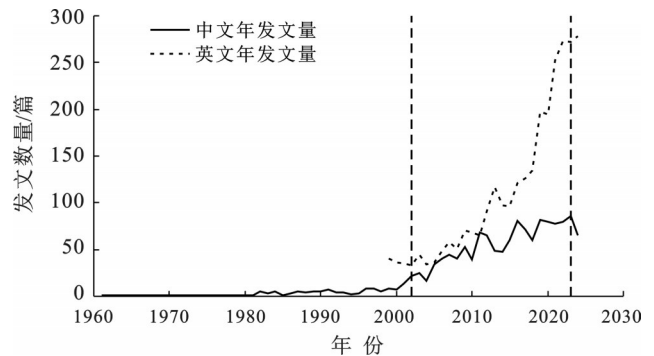


图2 荒漠化地区植物多样性研究年发文量

Fig.2 Annual publication on plant diversity in desertified areas

表1 荒漠化地区植物多样性研究中文发文量排名前10的期刊

Table 1 Top 10 journals by number of publications in Chinese on plant diversity in desertified areas

排名	期刊名称	发文量/篇	占比%	影响因子
1	生态学报	119	8.52	3.4
2	中国沙漠	99	7.09	1.8
3	干旱区研究	55	3.94	1.0
4	草业科学	53	3.79	1.6
5	草地学报	49	3.51	0.9
6	干旱区资源与环境	48	3.44	1.2
7	植物生态学报	45	3.22	2.5
8	生态学杂志	44	3.15	1.3
9	西北植物学报	42	3.01	0.8
10	中国草地学报	41	2.93	1.6

2.1.2 研究机构及作者分布

研究所及高校是该领域核心创新的主体(表3,表4)。中国科学院大学发文数量最多(1900篇),其次为内蒙古农业大学(170篇)、宁夏大学(157篇),研究机构主要分布在干旱、半干旱地区,这与其独特的地理位置密切相关。其中发文量最高的作者韩国栋^[16-19]主要研究放牧强度对优势种群与植物群落地上现存量关系的影响、载畜率对荒漠草原生产力的

影响、不同载畜率对荒漠草原植物群落的影响等。英文发文机构集中在各大高校及科研院所,主要以中国、美国高校为主,发文量最多的为中国科学院(455篇)。

表 2 荒漠化地区植物多样性研究英文
发文量排名前 10 的期刊

Table 2 Top 10 journals by number of publications in English on plant diversity in desertified areas

排名	期刊名称	发文量/ 篇	国家/ 地区	占比/ %
1	Journal of Arid Environments	138	英国	4.76
2	Plos One	76	美国	2.62
3	Ecology and Evolution	56	英国	1.93
4	Journal of Vegetation Science	55	瑞典	1.9
5	Science of The Total Environment	53	荷兰	1.83
6	Frontiers in Plant Science	51	瑞士	1.76
7	Frontiers in Microbiology	49	瑞士	1.69
8	Applied Soil Ecology	43	荷兰	1.48
9	Journal of Arid Land	42	中国	1.45
10	Plants Basel	40	瑞士	1.38

表 3 荒漠化地区植物多样性研究中文
发文量排名前 10 的研究机构

Table 3 Top 10 research institutions by number of publications in Chinese on plant diversity in desertified areas

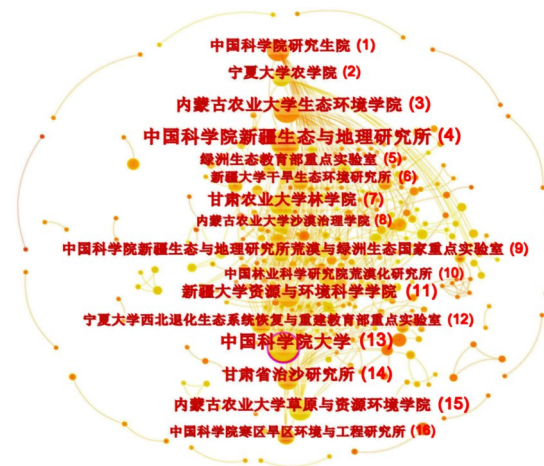
排名	机构	发文量/篇
1	中国科学院大学	1 900
2	内蒙古农业大学	170
3	宁夏大学	157
4	新疆大学	74
5	新疆农业大学	68
6	甘肃农业大学	51
7	中国林业科学研究院	49
8	塔里木大学	37
9	中国农业科学院	23
10	北京林业大学	19

由图 3 可知,共有 601 个节点、614 条连线、密度为 0.003 4。荒漠化地区植物多样性研究机构合作网络图谱中,机构节点呈现显著的聚集特征,表明该领域的研究资源与力量集中分布于少数重点机构。其中,中国科学院大学与宁夏大学等在图谱中展现出极高的合作网络联线密度,意味着这些机构在荒漠化地区植物多样性研究领域不仅自身研究实力强劲,且在科研合作方面极为活跃,彼此之间构建起紧密的合作关系。此外,这种合作方式也提升了研究成果的影响力与卓越性,也进一步为培养人才奠定了基础,能更好地促进学术繁荣与发展。

表 4 荒漠化地区植物多样性研究英文
发文量排名前 10 的研究机构

Table 4 Top 10 research institutions by number of publications in English on plant diversity in desertified areas

排名	机构	发文量/篇
1	Chinese Academy of Sciences	767
2	University of California System	137
3	Egyptian Knowledge Bank Ekb	121
4	Universidad Nacional Autonama De Mexico	90
5	Consejo Nacional De Investigaciones Cientificas Y Tecnicas Conicet	87
6	United States Department of Agriculture USDA	82
7	United States Department of The Interior	81
8	Xinjiang University	77
9	University of Arizona	69
10	Beijing Forestry University	68



注:(1) Graduate University of Chinese Academy of Sciences; (2) School of Agriculture, Ningxia University; (3) College of Ecology and Environment, Inner Mongolia Agricultural University; (4) Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences; (5) Key Laboratory of Oasis Ecology, ministry of Education; (6) Institute of Arid Ecological Environment, Xinjiang University; (7) College of Forestry, Gansu Agricultural University; (8) School of Desert Management and Restoration; (9) State Key Laboratory of Desert and Oasis Ecology; (10) Institute of Desertification, Chinese Academy of Forestry Sciences; (11) College of Resources and Environmental Sciences, Xinjiang University; (12) Key Lab. of Restoration and Reconstruction of Degraded Ecosystems in northwestern China of ministry of Education; (13) University of Chinese Academy of Sciences; (14) Gansu Institute of Desertification Control; (15) College of Grassland, Resources and Environment; (16) Institute of Environment and Engineering in Cold and Dry Areas, Chinese Academy of Sciences.

图 3 荒漠化地区植物多样性研究中文
发文机构合作网络图谱

Fig.3 Cooperation network map of Chinese research institutions on plant diversity in desertified areas

由图 4 可知,共有 530 个节点,2 185 条连线,密度为 0.015 6,与中文研究机构合作相比,英文研究合作机构之间联系更为紧密。

热点与方向,如荒漠植物、干旱胁迫、种子、梭梭、生物量等。而梭梭作为干旱、半干旱地区的先锋造林树种之一,对防风固沙,改善小气候和维持生物多样性具有重要的生态作用^[20],未来应该着眼聚焦于对干旱植物的研究,不仅是为了改善荒漠地区的干旱环境,更是为“碳中和”目标下的干旱区碳汇功能提升提供解决方案。

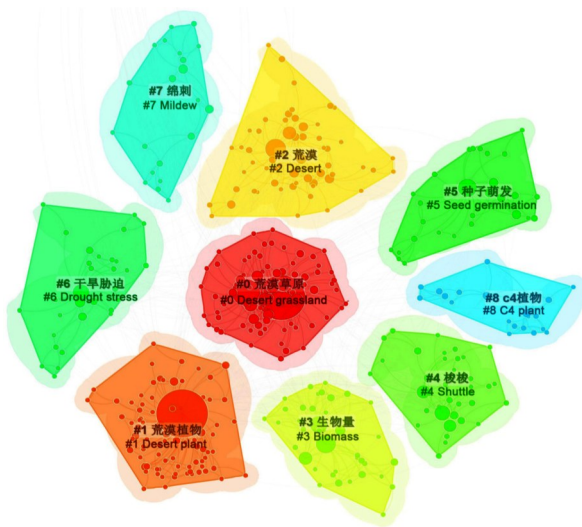


图8 荒漠化地区植物多样性研究中中文关键词聚类网络图谱
Fig.8 Keyword cluster network map of Chinese research on plant diversity in desertified areas

由英文关键词聚类网络图谱(图9)可以看出, #0 microbial community(微生物群落)聚类规模最大,表明“微生物群落”在英文期刊研究中的主要地位,并与其他主题紧密相连。同时可以看出,荒漠生态、气候变化、物种丰富度、荒漠草原、药用植物等也是荒漠植物研究的热点。

对比中英文关键词,发现中文关键词多聚焦于生态系统宏观响应机制,如干旱胁迫、生物量分配策略、植被生产力动态等;而英文研究更倾向于揭示微观尺度的生物互作,如微生物群落、遗传多样性、物种丰富度。因此,在未来荒漠化地区植物多样性研究中,应注重结合宏观-微观两方面,可通过整合遥感反演的大尺度生态过程模型与分子生态学的微观机制解析,建立荒漠化地区植物多样性维持的跨层次理论框架;同时运用多组学技术揭示微生物功能群与宿主植物的协同适应机制,进而阐释干旱梯度下“植物-微生物-环境”的多维互作。

2.2.3 关键词时间线分析

由图10可知,聚类#0(荒漠草原)、聚类#1(荒漠植物)、聚类#2(荒漠)的发文量大且研究时间跨度长,长期研究方向主要包括荒漠植物群落特征、降水、放牧围封对荒漠化地区植物多样性的影响及荒漠植物生

物量的分析等^[21-24]。随着时间的延续,研究方向逐渐从单纯荒漠化地区植物多样性的保护转变为对具体某类植物的探究。

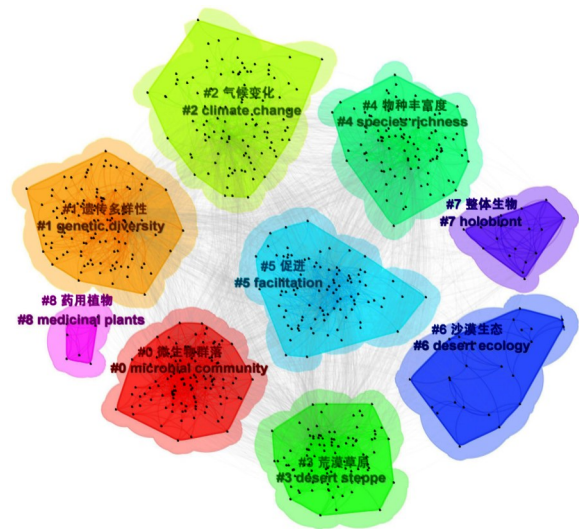


图9 荒漠化地区植物多样性研究英文关键词聚类网络图谱
Fig.9 Keyword cluster network map of English research on plant diversity in desertified areas

由图11可知,聚类#0(微生物群落)、聚类#1(遗传多样性)、聚类#2(气候变化)的发文量大且研究时间跨度长,长期研究的方向由微生物群落到植物物种丰富度与生物量再到非生物胁迫对植物的影响^[25-27]。

2.2.4 关键词突现分析

开展荒漠化地区植物多样性关键词的突现分析,能够帮助研究人员深入洞察该领域的热门研究主题,精准把握未来发展趋势。本研究基于荒漠化地区植物多样性的研究目的,对4 296篇相关文献中包含的1 384个关键词展开突现分析,识别出25个具有显著突现特征的关键词。

由图12可知,在2001年之前,荒漠化地区植物多样性的研究主要集中在植物区系、抗旱性等方面,2001年后出现了盐生植物、荒漠、降水等关键词,2020年之后关键词集中于气候变化、荒漠草原、环境因子等。

早期学者对荒漠化地区植物多样性的研究多集中于物种抗旱性和一些盐生植物的探索。随着全球荒漠化不断加剧^[28],生态环境问题日益严重,研究重点逐渐转移到水分对荒漠化地区植物多样性的影响等方面。在社会层面,公众对荒漠化的理解越来越深入,从而对荒漠化地区植物多样性保护的意识也不断增强。此现象激发了学术界的研究热情,吸引了众多学者投入荒漠化地区植物多样性研究。

1999—2014年,国际上对荒漠化地区植物多样性研究的重点主要为干扰对生态环境和植物的影

响,2016年后研究方向多集中在植物组织碳、氮、磷含量的变化方面(图 13)。其原因可能是在全球环境变化下,温室气体排出增多,石油、煤炭的使用使

CO₂含量增大,同时大气氮沉降的增加影响了生态系统,进一步影响植物的相关特性,所以表现出研究方向转移的趋势。

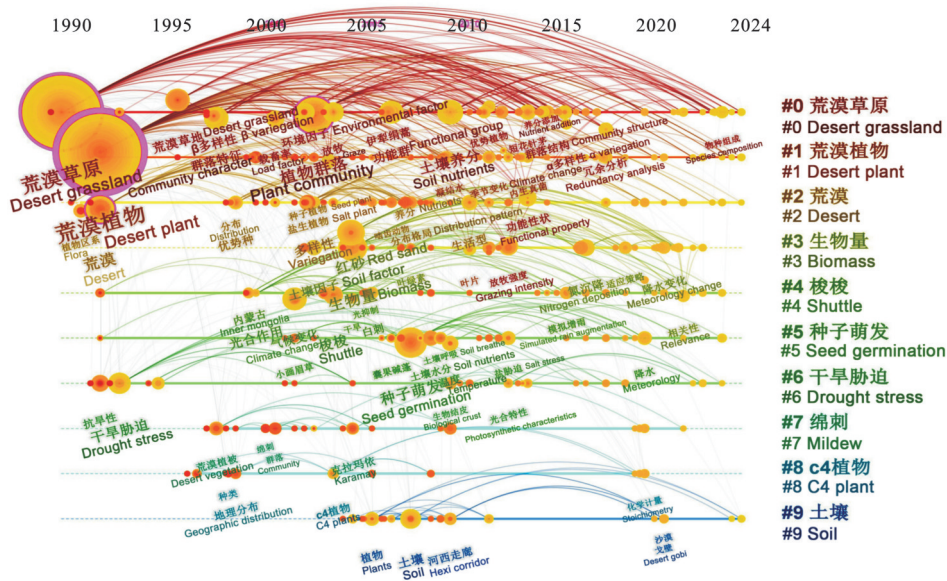


图 10 荒漠化地区植物多样性研究中文时间线分析
Fig.10 Analysis of timeline of Chinese research on plant diversity in desertified areas

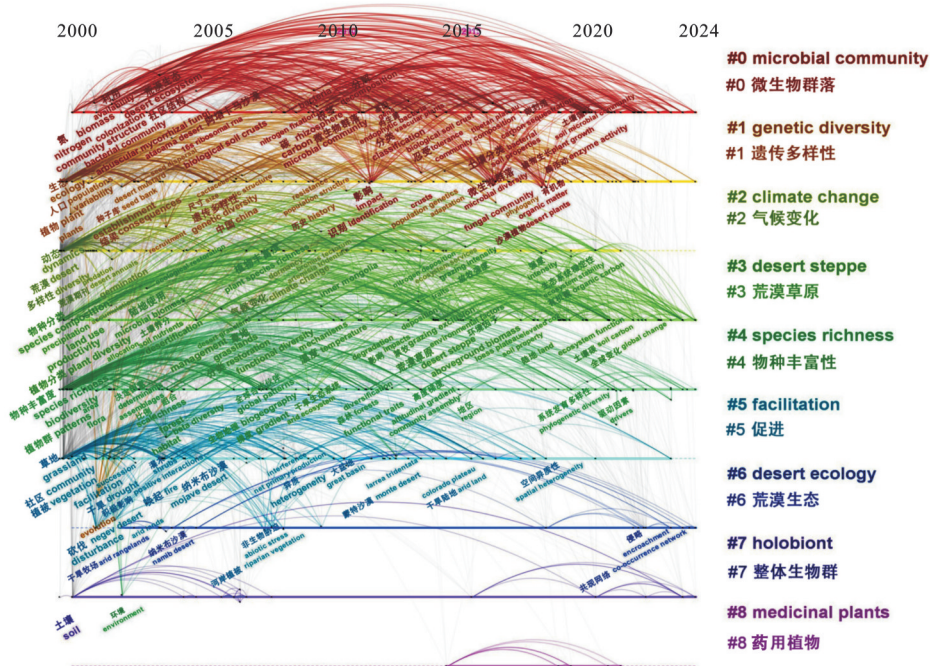


图 11 荒漠化地区植物多样性研究英文时间线分析
Fig.11 Analysis of timeline of English research on plant diversity in desertified areas

3 讨论

从荒漠化地区植物多样性研究现状与趋势来看,中文与英文文献发文量均呈现持续上升态势。中文文献 2000—2022 年发文量以 8.7% 的年均增长率持续攀升(图 2),反映出该领域已形成持续扩大的学术

共同体。期刊分布方面,中文研究成果高度集中于《生态学报》《植物生态学报》等权威期刊,凸显了这些期刊在荒漠化地区植物多样性研究领域的核心地位。国际研究态势同样呈现同步演进规律,Web of Science 数据库检索显示,英文文献年发文量增长率显著高于中文文献,全球尺度荒漠植物研究正进入

知识加速产出阶段。值得注意的是,英文文献不仅数量增长显著,其期刊分布更呈现跨学科扩散特征,涉及《Frontiers in Microbiology》《Soil Biology

Biochemistry》等 13 个 ESI 学科类别,反映出国际学术界对荒漠生态系统“植物-微生物-环境”互作机制的多维度解析趋势。

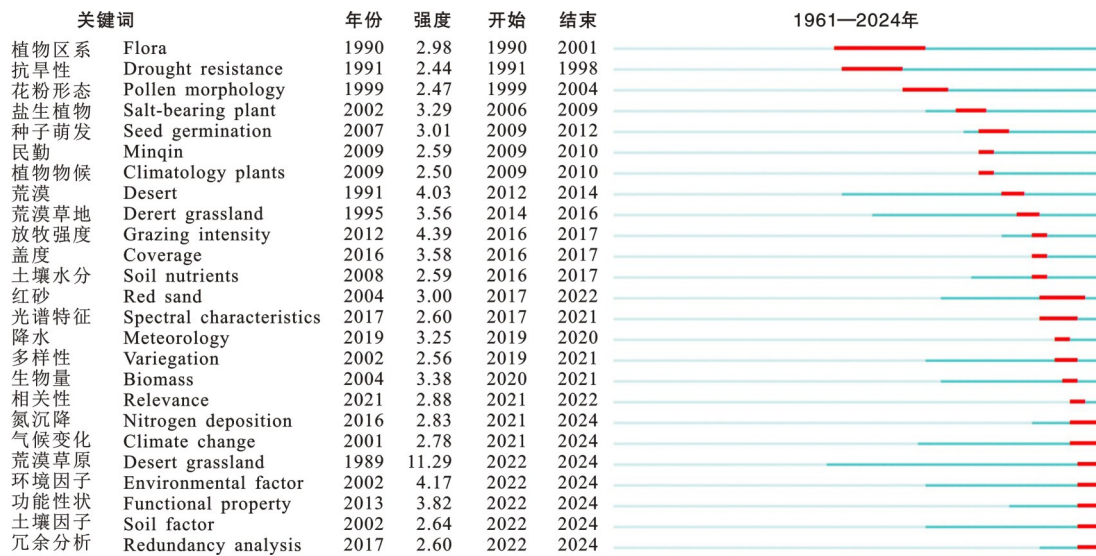


图 12 荒漠化地区植物多样性研究中文关键词突现分析

Fig.12 Keywords burst analysis of Chinese research on plant diversity in desertified areas

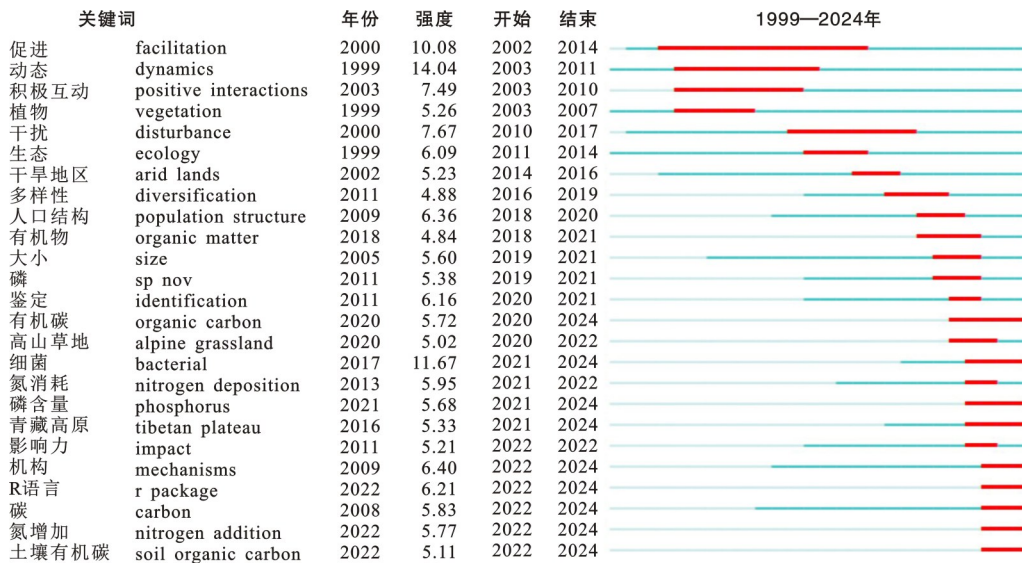


图 13 荒漠化地区植物多样性研究英文关键词突现分析

Fig.13 Keywords burst analysis of English research on plant diversity in desertified areas

在荒漠化地区植物多样性研究领域,中文论文的发表主体集中于高校重点实验室与科研院所。其中,中国科学院大学在该领域研究中占据领先地位。不同机构的研究视角和侧重点呈现差异化特征,中国科学院新疆生态与地理研究所主要聚焦于不同地区荒漠植物群落多样性及其分布特征的研究^[29-31];中国科学院大学侧重探索荒漠化地区植物多样性与其他生物因子及非生物因子间的关系^[32-33];内蒙古农业大学生态环境学院着重于不同放牧强度或不同干扰模式下荒漠化地区植物多样性的变化。未来可以共

建学术共同体,形成“跨机构-跨领域-跨地域”的三维联动机制。一方面,依托交叉学科团队的结构化协作,推动科学发现与技术创新;另一方面,通过共建联合实验室与数据共享平台,为青年学者培养及前沿学术共同体建设提供制度保障。

通过对关键词进行可视化分析能够深入了解研究领域的热点问题以及最新的研究动态^[34-36]。关键词演化分析清晰地呈现出荒漠化地区植物多样性研究热点的动态变化。中文关键词在 2000—2010 年聚焦于以“荒漠草原群落结构”“地上生物量估算”为核

心的基础研究层面,侧重生态系统结构与生产力表征,这一阶段的热点形成可能与2002年《中华人民共和国防沙治沙法》的实施,2003年《中共中央、国务院关于加快林业发展的决定》的政策推动密切相关,国家层面对林业生态建设的重视直接引导了基础性研究的投入。2010—2011年出现了“物种组成-降水耦合”“多样性-稳定性关联”等主题,探索植物多样性变化内在驱动因素;2020后“生态恢复力评估”“无人机光谱监测”等关键词突增,这一转变直接呼应了《全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划(2021—2035)》中“提升荒漠生态系统稳定性”的核心要求,体现了国家政策对研究热点的引导作用。整体上,中文研究的焦点经历了从宏观群落特征到物种组成、生物量内在驱动因素(如降水变化、物种关联)的转变。而英文相关研究则遵循“逆境响应”的路径,在2000—2012年聚焦“干旱胁迫生理调控”“微生物群落组成”,并构建逆境生物学理论框架;在2013—2023年功能整合阶段,转向“根际代谢组学”“表现遗传变异”等微观机制研究,同时拓展“碳氮磷生态化学计量”等系统功能研究,形成“基因表达-个体适应-生态系统服务”的跨尺度解析。英文突现词分析显示“soil organic carbon”在2022年突发强度达5.11,这一爆发性增长直接受2021年中国提出“双碳”(碳达峰碳中和)战略的强力驱动,推动了全球土壤碳库研究的升温。整体上,英文研究内容从生态环境对植物的胁迫研究,逐步过渡到对植物养分及生理特性的研究,更加注重微观层面的机制探索和跨尺度的功能整合。

荒漠化地区植物多样性研究的演进历程,本质上是“认知深化—技术创新—需求牵引”共同作用的结果。中文研究形成了“政策—实践—理论”的本土化路径,英文研究构建了“理论—机制—整合”的国际化框架,二者互补融合推动了学科发展。当前,学科前沿正朝着“微观机制精准化、系统功能综合化、管理实践智能化”的方向延伸,通过方法论创新、内容拓展与应用深化,逐步实现从“认知荒漠”到“调控荒漠”的跨越。荒漠植物多样性作为维系生态安全和支持可持续发展的关键要素,其保育价值日益凸显。研究热点的演变既折射出科学界对荒漠植物适应机制与生态功能的认知深化,也映射着公众生态保护意识的渐进觉醒。未来研究中,需推动多学科交叉研究,融合生态学、遗传学,精准监测植物生长变化状况,探究其对干旱的响应策略,整合数值模型与遥感、GIS等空间信息技术,精准评估人类活动对荒漠生态系统的多维影响;建立基于生态恢复力理

论的动态保护体系,发展智能化监测预警技术和适应性管理策略,提升生态系统韧性,同时可以依托实时数据与人工智能,构建动态保护体系,快速响应生态风险,监测荒漠化土地演变趋势;构建全民参与的生态教育体系,借助互联网平台普及生态知识,增强社会生态保护意识,将生态数据转化为公众可感知的治理成果,同时强化国际合作,整合资源并协同开展科研项目,共推全球生态保护,并通过建立跨境生物廊道等举措深化国际协作机制,最终实现生态保护与绿色发展的协同增效。

4 结论

(1) 荒漠化地区植物多样性研究的中文与英文发文量逐年增加,且形成了以中国科学院大学等为核心的跨区域研究网络,国际协作中,加州大学等机构深度参与。

(2) 中文关键词中“荒漠植物”和“荒漠草原”占据主导地位,反映了科学研究对荒漠生态系统核心要素的关注,核心期刊以《生态学报》为代表,而英文关键词中“多样性”广泛分布于《Frontiers in Microbiology》等跨学科期刊。

(3) 荒漠化地区植物多样性的研究方向经历了从关注植物群落特征到深入探索植物内在生理特性的转变,研究视角由宏观向微观深化。

参考文献(References)

- [1] Zhou Ping, Liu Zhiyong. Likelihood of concurrent climate extremes and variations over China [J]. *Environmental Research Letters*, 2018, 13(9):094023.
- [2] IPCC. *Climate Change 2013: the physical science basis* [M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2013.
- [3] Al-Turki T A, Davy A J, Al-Ammari B S, et al. Seed germination characteristics of some medicinally important desert plants from the Arabian Peninsula [J]. *Journal of Arid Environments*, 2022, 198:104689.
- [4] García de León D, García-Mozo H, Galán C, et al. Distinguishing the effects of feedback structure and climate on Poaceae annual airborne pollen fluctuations and the possible consequences of climate change [J]. *Science of the Total Environment*, 2015, 530/531:103-109.
- [5] 陆莹, 张敏, 王彦阁. 内蒙古黄河流域生态保护恢复优先区识别[J]. *干旱区研究*, 2024, 41(11):1946-1955.
Lu Ying, Zhang Min, Wang Yange. Identification of priority areas for the ecological protection and restoration of the Yellow River basin in Inner Mongolia [J]. *Arid Zone Research*, 2024, 41(11):1946-1955.
- [6] 杨阳, 韩国栋, 李元恒, 等. 内蒙古不同草原类型土壤呼吸对放牧强度及水热因子的响应[J]. *草业学报*, 2012,

- 21(6):8-14.
Yang Yang, Han Guodong, Li Yuanheng, et al. Response of soil respiration to grazing intensity, water contents, and temperature of soil in different grasslands of Inner Mongolia [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2012, 21(6):8-14.
- [7] Bardgett R D, Bullock J M, Lavorel S, et al. Combating global grassland degradation [J]. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2021, 2(10):720-735.
- [8] 陶玲, 李新荣, 刘新民, 等. 中国珍稀濒危荒漠植物保护等级的定量研究[J]. *林业科学*, 2001, 37(1):52-57.
Tao Ling, Li Xinrong, Liu Xinmin, et al. Quantitative study of conservation grading of rare and endangered desert plants in China [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2001, 37(1):52-57.
- [9] 刘芳, 郝玉光, 陈炳浩, 等. 乌兰布和沙区周边荒漠植物多样性保护与可持续发展探讨[J]. *林业资源管理*, 2009(5):90-93.
Liu Fang, Hao Yuguang, Chen Binghao, et al. Sustainable development of the desert plant diversity around Ulanbuh Desert region [J]. *Forest Resources Management*, 2009(5):90-93.
- [10] 周志宇, 付华, 陈亚明, 等. 阿拉善荒漠草地恢复演替过程中物种多样性与生产力的变化[J]. *草业学报*, 2003, 12(1):34-40.
Zhou Zhiyu, Fu Hua, Chen Yaming, et al. Changes of the species diversity and productivity of A-la-shan steppe area in restoration succession [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2003, 12(1):34-40.
- [11] 张玮华. 河西走廊中段荒漠植物群落调查与多样性研究[D]. 陕西 杨凌:西北农林科技大学, 2024.
Zhang Weihua. Investigation and diversity of desert plant communities in the middle part of Hexi Corridor [D]. Yangling, Shaanxi: Northwest A & F University, 2024.
- [12] 林方美, 姜川, 曾小玲, 等. 热带不同土地利用方式林下植被多样性和生物量分配特征及其季节动态[J]. *生态学报*, 2024, 44(20):9379-9390.
Lin Fangmei, Jiang Chuan, Zeng Xiaoling, et al. Seasonal dynamics of understory vegetation diversity and biomass allocation across different tropical land use types [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2024, 44(20):9379-9390.
- [13] 史恭发, 徐诺, 牛钊倩, 等. 内蒙古大兴安岭东部林下植物生物多样性海拔差异[J]. *生态学报*, 2024, 44(7):3004-3015.
Shi Gongfa, Xu Nuo, Niu Zhaoqian, et al. Altitudinal differences of understory plant biodiversity in eastern Greater Xing'an Mountains, Inner Mongolia [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2024, 44(7):3004-3015.
- [14] 王俊丽, 张忠华, 胡刚, 等. 基于文献计量分析的喀斯特植被生态学研究态势[J]. *生态学报*, 2020, 40(3):1113-1124.
Wang Junli, Zhang Zhonghua, Hu Gang, et al. Research situation of Karst vegetation ecology based on bibliometric analysis [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2020, 40(3):1113-1124.
- [15] 张振煜, 汤镇霖, 张朝晖, 等. 基于文献计量学的国家湿地公园研究[J]. *生态学报*, 2023, 43(22):9555-9563.
Zhang Zhenyu, Tang Zhenlin, Zhang Zhaohui, et al. Research on national wetland park based on bibliometrics [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2023, 43(22):9555-9563.
- [16] 贾乐, 赵萌莉, 韩国栋, 等. 载畜率对荒漠草原植物群落影响的研究[J]. *中国草地学报*, 2011, 33(4):111-116.
Jia Le, Zhao Mengli, Han Guodong, et al. Effects of different stocking rate on plant community in desert steppe [J]. *Chinese Journal of Grassland*, 2011, 33(4):111-116.
- [17] 王梓晗, 侯东杰, 王忠武, 等. 载畜率对短花针茅荒漠草原灌木及其邻近土壤养分含量的影响[J]. *生态学报*, 2024, 44(10):4263-4276.
Wang Zihan, Hou Dongjie, Wang Zhongwu, et al. Effect of stocking rate on the shrubs and their adjacent soil nutrients in *Stipa breviflora* desert steppe [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2024, 44(10):4263-4276.
- [18] 王梓晗, 吕世杰, 王忠武, 等. 放牧强度对优势种群与植物群落地上现存量关系的影响[J]. *草地学报*, 2024, 32(5):1440-1447.
Wang Zihan, Lyu Shijie, Wang Zhongwu, et al. The influence of grazing intensity on the relationship between the standing crops of dominant populations and plant community [J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2024, 32(5):1440-1447.
- [19] 焦树英, 韩国栋, 赵萌莉, 等. 荒漠草原地区不同载畜率对功能群特征及其多样性的影响[J]. *干旱区资源与环境*, 2006, 20(1):161-165.
Jiao Shuying, Han Guodong, Zhao Mengli, et al. The effects of different stocking rates on grassland functional group characteristics and diversities in desert steppe area [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2006, 20(1):161-165.
- [20] 杨杰, 薛浩, 杨淇越, 等. 巴丹吉林沙漠不同林龄梭梭(*Haloxylon ammodendron*)气体交换对增温的适应策略[J]. *中国沙漠*, 2025, 45(1):195-203.
Yang Jie, Xue Hao, Yang Qiyue, et al. Adaptation strategies of gas exchange to temperature increase of different ages of *Haloxylon ammodendron* in Badain Jaran Desert [J]. *Journal of Desert Research*, 2025, 45(1):195-203.
- [21] 管廷贤, 刘兴义, 艾勒木别克, 等. 补播对退化博洛塔绢蒿荒漠植物群落特征的影响[J]. *草食家畜*, 2024(3):22-27.
Guan Tingxian, Liu Xingyi, Ai L, et al. Effects of reseeding on plant community characteristics in degraded *Seriphidium borotalense* desert [J]. *Grass-*

- Feeding Livestock, 2024(3):22-27.
- [22] 李江文,何邦印,张晓曦,等.荒漠草原异常降水对不同载畜率植物群落物种组成及多样性的影响[J].生态学报,2023,43(15):6433-6442.
Li Jiangwen, He Bangyin, Zhang Xiaoxi, et al. Effects on plant species composition and diversity of community under different stocking rates by abnormal precipitations in the desert steppe [J]. Acta Ecologica Sinica, 2023,43(15):6433-6442.
- [23] 刘欣蕊,崔媛媛,王忠武,等.放牧和模拟降水对短花针茅荒漠草原植物功能群多样性的影响[J].草地学报,2023,31(3):868-875.
Liu Xinrui, Cui Yuanyuan, Wang Zhongwu, et al. Effects of grazing and simulated precipitation on plant functional group diversity in *Stipa breviflora* desert steppe [J]. Acta Agrestia Sinica, 2023,31(3):868-875.
- [24] 朱硕,汪求来,杨杰,等.新疆沙湾县荒漠地区幼林下植物多样性与生物量分析[J].中国野生植物资源,2021,40(9):65-70.
Zhu Shuo, Wang Qiulai, Yang Jie, et al. Analysis of plant diversity and biomass under young forest in desert area of Shawan County, Xinjiang [J]. Chinese Wild Plant Resources, 2021,40(9):65-70.
- [25] Li Jiangwen, He Bangyin, Zhou Shuangxi, et al. Prediction of plant diversity under different stocking rates based on functional traits of constructive species in a desert steppe, northern China [J]. Frontiers in Ecology and Evolution, 2022,10:865703.
- [26] Li Shanxia, Su Peixi, Zhang Haina, et al. Distribution patterns of desert plant diversity and relationship to soil properties in the Heihe River basin, China [J]. Ecosphere, 2018,9(7):e02355.
- [27] Sun Jie, Wang Nai'ang, Niu Zhenmin, et al. Effect of soil environment on species diversity of desert plant communities [J]. Plants, 2023,12(19):3465.
- [28] 刘帅飞,曲海华,高广磊,等.中国履行《联合国防治荒漠化公约》:行动、问题与对策[J].中国沙漠,2023,43(6):229-236.
Liu Shuaifei, Qu Haihua, Gao Guanglei, et al. Action, problems and countermeasures in implementation of United Nations Convention to Combat Desertification [J]. Journal of Desert Research, 2023,43(6):229-236.
- [29] 史浩伯,孙桂丽,王桂华,等.阿克苏河中游荒漠河岸林物种多样性与群落稳定性[J].水土保持通报,2020,40(2):9-15.
Shi Haobo, Sun Guili, Wang Guihua, et al. Species diversity and community stability of desert riparian forests in middle reaches of Aksu River [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2020,40(2):9-15.
- [30] 白玉锋,徐海量,张沛,等.塔里木河下游荒漠植物多样性、地上生物量与地下水埋深的关系[J].中国沙漠,2017,37(4):724-732.
Bai Yufeng, Xu Hailiang, Zhang Pei, et al. Relation of desert vegetation species diversity and aboveground biomass to groundwater depth in the lower reaches of Tarim River [J]. Journal of Desert Research, 2017,37(4):724-732.
- [31] 赵新风,徐海量,张鹏,等.养分与水分添加对荒漠草地植物群落结构和物种多样性的影响[J].植物生态学报,2014,38(2):167-177.
Zhao Xinfeng, Xu Hailiang, Zhang Peng, et al. Effects of nutrient and water additions on plant community structure and species diversity in desert grasslands [J]. Chinese Journal of Plant Ecology, 2014,38(2):167-177.
- [32] 王顺霞,周静静,李云飞,等.宁夏荒漠草原典型植物群落多样性与土壤因子关系[J].兰州大学学报(自然科学版),2023,59(6):711-719.
Wang Shunxia, Zhou Jingjing, Li Yunfei, et al. Relationship between the diversity of typical plant community and soil factors in the desert steppe of Ningxia [J]. Journal of Lanzhou University (Natural Sciences), 2023,59(6):711-719.
- [33] 张晓龙,周继华,蔡文涛,等.水分梯度下黑河流域荒漠植物群落多样性特征[J].生态学报,2017,37(14):4627-4635.
Zhang Xiaolong, Zhou Jihua, Cai Wentao, et al. Diversity characteristics of plant communities in the arid desert of the Heihe basin under different moisture gradients [J]. Acta Ecologica Sinica, 2017,37(14):4627-4635.
- [34] 王梓晗,吕世杰,杨溢文,等.放牧强度对短花针茅荒漠草原优势种群和物种多样性的影响[J].草业科学,2025,42(3):591-600.
Wang Zihan, Lyu Shijie, Yang Yiwen, et al. Effects of grazing intensity on dominant populations and species diversity in a *Stipa breviflora* desert steppe [J]. Pratacultural Science, 2025,42(3):591-600.
- [35] 王晓悦,许艺馨,李春环,等.长期降水量变化下荒漠草原植物生物量、多样性的变化及其影响因素[J].植物生态学报,2023,47(4):479-490.
Wang Xiaoyue, Xu Yixin, Li Chunhuan, et al. Changes of plant biomass, species diversity, and their influencing factors in a desert steppe of northwestern China under long-term changing precipitation [J]. Chinese Journal of Plant Ecology, 2023,47(4):479-490.
- [36] 周时杰,董乙强,阿斯太肯·居力海提,等.天山北坡蒿类荒漠植物群落数量特征及其多样性[J].新疆农业科学,2023,60(9):2298-2305.
Zhou Shijie, Dong Yiqiang, Asitaiken Julihaiti, et al. Quantitative characteristics and diversity of sagebrush desert plant communities on the northern slope of Tian-shan Mountains [J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2023,60(9):2298-2305.