

· 双清论坛“新时期草学的重大基础科学问题” ·

## 草地退化与修复研究态势： 基于 1930—2022 年研究主题演变分析

胡会峰\*

国家自然科学基金委员会 生命科学部, 北京 100085

**[摘 要]** 在气候变化与人类活动影响下, 全球草地受到持续退化的严重威胁, 如何有效地恢复退化草地是新时代草学面临的重大科学与技术挑战。基于 Web of Science 核心数据库和 CNKI 数据库, 本文使用潜在狄利克雷分布(Latent Dirichlet Allocation, LDA)主题模型对 1930—2022 年的文献进行计量分析, 研究全球及中国草地退化与修复研究态势。结果显示, 草地退化与修复的研究主题呈现出多元化特征, 近几十年来具有明显的主题转换趋势, 前沿主题逐渐由单一的生产性研究向以生态环境为导向的研究方向发展。土地利用与遥感、气候变化、生物多样性、高寒草地土壤因子和种子库与群落演替等已成为当前国内外普遍关注的前沿研究主题。全面完善资助策略、推进学科交叉和合作交流, 以促进草地退化与修复前沿主题研究, 有效解决新时代社会和环境挑战。

**[关键词]** 草地; 退化与修复; 研究态势; 研究主题变化; 文献计量分析

草地是陆地生态系统的重要组成部分, 据统计, 全球草地总面积为 52.5 亿公顷, 约占地球陆地总面积的 40.5% (不包括格陵兰岛和南极)<sup>[1]</sup>。中国是草地资源大国, 根据第一次草地普查数据, 草地总面积为 4 亿公顷, 占国土总面积的 41.7%; 第三次全国国土调查(始于 2017 年)数据显示, 草地总面积为 2.6 亿公顷, 占陆地面积的 27.5%<sup>[2]</sup>。草地不仅是重要的畜牧业生产基地, 还是多民族草原文化传承的载体。与此同时, 草地还作为重要的绿色生态屏障, 具有调节气候、涵养水源、保护生物多样性和生态系统碳固持等多种生态系统服务功能<sup>[3, 4]</sup>。然而, 在气候变化和人类活动的双重影响下, 全球近 49% 的草地面积出现了不同程度的退化<sup>[5]</sup>, 在中国不同程度退化草地面积已经达到 90% 以上<sup>[4]</sup>。在过去几十年中, 由于草地大面积退化而造成生态灾害频发, 不仅对畜牧业生产和经济的可持续发展造成了严重制约, 还对社会稳定和生态安全造成了很大的影响<sup>[6, 7]</sup>。此外, 全球气候变化(CO<sub>2</sub> 浓度升高、气温升高、降水格局改变)对草地生态系统的生物多样性及稳定性造成了极大的影响<sup>[8, 9]</sup>, 也加剧



胡会峰 博士, 副研究员。现任国家自然科学基金委员会生命科学部环境与生态学处林学与草学项目主任。

了退化草地恢复进程中的不确定性<sup>[10]</sup>。因此, 加强退化草地治理和生态修复已成为新时代草学亟待解决的重要课题。

自 20 世纪 30 年代美国“黑风暴”事件以来, 退化草地生态修复问题逐步引起了世界科学界和各国政府的重视<sup>[11, 12]</sup>。人们开始进行自然生态系统保护、退化生态系统治理与恢复等方面的研究, 欧洲各国率先采用施肥及土壤水分调控等草地治理技术改良草地<sup>[13]</sup>。在此背景下提出的恢复演替理论, 成为最早的生态恢复理论<sup>[14]</sup>。20 世纪中叶在世界草地普遍退化的背景下, 随着恢复重建被纳入到草地生态系统的管理目标以及欧美国家现代草食畜牧业产业模式的建立, 恢复生态学概念逐渐建立并发展<sup>[15]</sup>。在此基础上, 基于功能性状的多稳态模

收稿日期: 2023-05-13; 修回日期: 2023-07-08

\* 通信作者, Email: huhf@nsfc.gov.cn

型<sup>[16]</sup>、阈值模型<sup>[17]</sup>及过滤模型<sup>[18]</sup>等退化生态系统恢复理论相继提出。进入21世纪以来,中国先后实施了“退牧还草”“天然草原保护”“京津风沙源治理”等多个重大生态项目和草原生态补助奖励政策,缓解了我国草地生态系统的总体退化趋势。“十一五”以来,国家科技支撑计划、重点研发计划等陆续发起了“典型脆弱生态系统重构技术开发”“典型脆弱生态修复与保护研究”等重点研发专项,可持续发展框架<sup>[19]</sup>、系统性恢复<sup>[20]</sup>和近自然恢复<sup>[21]</sup>等理念逐步深化。党的二十大报告中,习近平总书记进一步强调坚持生态优先、推动绿色发展和促进人与自然和谐共生的重要性。在中国草地退化依然严峻的背景下,强化草原牧区生态生产功能协调提升和高质量发展,是实现我国现代草业可持续发展的一个重要方向<sup>[22]</sup>。

随着草地退化与修复领域研究的不断发展,国内外相关文献数量持续增长,而通过分析相关文献研究主题的演变可以直接反映该领域的前沿及发展态势<sup>[23, 24]</sup>。为此,本研究将从文献计量学角度对整个草地退化与修复领域展开综合分析,以便更好地了解该领域研究的热点主题、差距和发展趋势。文献计量分析的研究方法多种多样。其中,潜在狄利克雷分布(Latent Dirichlet Allocation, LDA)模型是一种基于概率模型的主题模型算法。作为一种非监督机器学习的文本挖掘技术,能够从大规模文档集或语料库中识别潜在隐藏的主题信息<sup>[25]</sup>。本研究基于Web of Science核心数据库和中国知网(China National Knowledge Infrastructure, CNKI)数据库,利用LDA模型分析了1930年以来草地退化与修复领域文献研究主题的发展趋势,将有助于科研工作者发现差距和机会,为资助机构确定重点研究领域提供信息,为政策制定者提供草地可持续管理的科学依据。

## 1 研究方法

### 1.1 文献数据获取

本研究使用Web of Science核心数据库和CNKI数据库,在1930—2022年期间进行文献筛选。均以题目或关键词或摘要为检索项,在Web of Science数据库中检索“((degradation or degraded or desertification or salinization or salinization or recovery or restor \* or rehabilitat \* or regenerat \* or establish \* ) and ( grassland or prairie or rangeland or savanna or steppe or pasture or

pampas))”以及在CNKI数据库中检索“((‘草地’+‘草原’+‘草甸’+‘草场’)\* (‘退化’+‘沙化’+‘荒漠化’+‘盐碱化’+‘盐渍化’+‘恢复’+‘修复’+‘治理’))”,分别确定了33 000篇英文文献(SCI)和20 279篇中文文献(CNKI),筛选并去除与该领域研究方向无关的文献,最终分别保留28 169篇(SCI)和11 782篇(CNKI)文献用于分析。

### 1.2 主题识别与趋势

采用LDA模型对数据集中的关键词进行主题建模和分析。将文档按年份进行分类,并从文献信息中提取关键词,构成LDA模型的语料来源。利用Python中的sklearn包构建LDA模型,并利用模型困惑度确定了最佳主题数。根据每个主题数的困惑度,以困惑度最低的主题数作为最佳主题数。通过该模型主要获得两方面的结果:“主题—关键词”矩阵和“文献—主题”矩阵。进而根据各主题下出现频率最高的30个关键词的含义确定每个主题的名称<sup>[26]</sup>。最终分别对英文文献(SCI)和中文文献(CNKI)确定了28个和27个有效的研究主题。

为了解主题贡献随时间的变化,我们根据频率对10个时期的主题进行了排名(1930—1980年、1981—1985年、1986—1990年、1991—1995年、1996—2000年、2001—2005年、2006—2010年、2011—2015年、2016—2020年和2021—2022年)。进一步,根据研究初期(1930—1980年)和最后时期(2021—2022年)两个阶段排名变化幅度将主题进行分组,排名变化幅度>10的主题为大幅增加,0~10之间的主题为小幅增加,-10~0之间的主题为小幅减少,<-10的主题为大幅减少。

## 2 结果与讨论

### 2.1 全球及国内发文趋势

在1930—1990年期间,全球草地退化与修复文献数量增长缓慢,这一阶段SCI文献共发表315篇,科学界对该领域的研究还是处于探索阶段。在1991年以后,全球范围内探究草地退化与修复的研究性文献数量呈快速上升态势(图1A)。其中,1991年发表的SCI文献数量为1990年的3.76倍,是1989年的10.44倍。在过去的一个世纪里,美国在草地退化与修复领域发表的文献数量方面一直处于领先地位,这一趋势与美国在世界科技领域的领先地位是一致的。特别是第二次世界大战后,美国联邦政府建立了国家现代科学技术体系,成为科学技术资助的主导者。然而,中国对该研究的起步较晚,

从 1954 年第一篇 CNKI 文献的发表,直到 1980 年,共发表 CNKI 文献 57 篇(图 1B)。自 1981 年以来,中国对该领域的研究迅速发展,相关 CNKI 文献也随之激增,这与 20 世纪 80 年代后我国经济的飞速发展以及对科学技术的投入有很大关系<sup>[27]</sup>。但中国在 SCI 文献发表的增加趋势相对滞后,从 20 世纪 90 年代开始呈迅速增加趋势,尤其是在近三年(2020—2022 年),中国在草地退化与修复领域的发表文献数量已经超越美国,位居全球首位(图 1A)。与此同时,中国科学院作为我国重要的科研机构,在草地退化与修复领域,以发文量 1 775 篇位居第一位,占全国 CNKI 文献总数的 15.07%(图 1B),并在本领域所有 CNKI 文献主题的研究中一直处于领先地位(图 2A)。近年来,全球和国内草原退化与修复领域都取得了显著进展,2021 年发表的 SCI 文献数量最多,为 2 190 篇;CNKI 文献发表数量最多的年份 2020 年,为 656 篇(图 1)。

国家自然科学基金委员会(以下简称“自然科学基金委”)成立于 1986 年,是我国支持基础研究的主渠道之一。需要指出的是,近几十年来,中国草地退化与修复的快速发展与国家自然科学基金(以下简称“自然科学基金”)资助项目及金额数量的增长相吻合。截至 2022 年,自然科学基金资助了 3 228 项草地及牧草相关的项目。资助总额和项目数量随时间大幅增加,特别是在近十年(图 3A)。同样,在自然科学基金支持下,中国发表的 SCI 和 CNKI 文献数量也呈现出迅速上升的态势,共发表草地退化与修复领域的 SCI 文献 4 487 篇,CNKI 文献 11 782 篇。其中,被自然科学基金资助的 SCI 文献数量约占文献总数的 60%以上,而被自然科学基金资助的 CNKI 文献数量占文献总数的 30%左右(图 3B、图 3C)。由此可见,自然科学基金在促进领域研究水平方面起到了重要支撑作用,尤其对于促进相关研究在国际的影响力起到了重要作用。

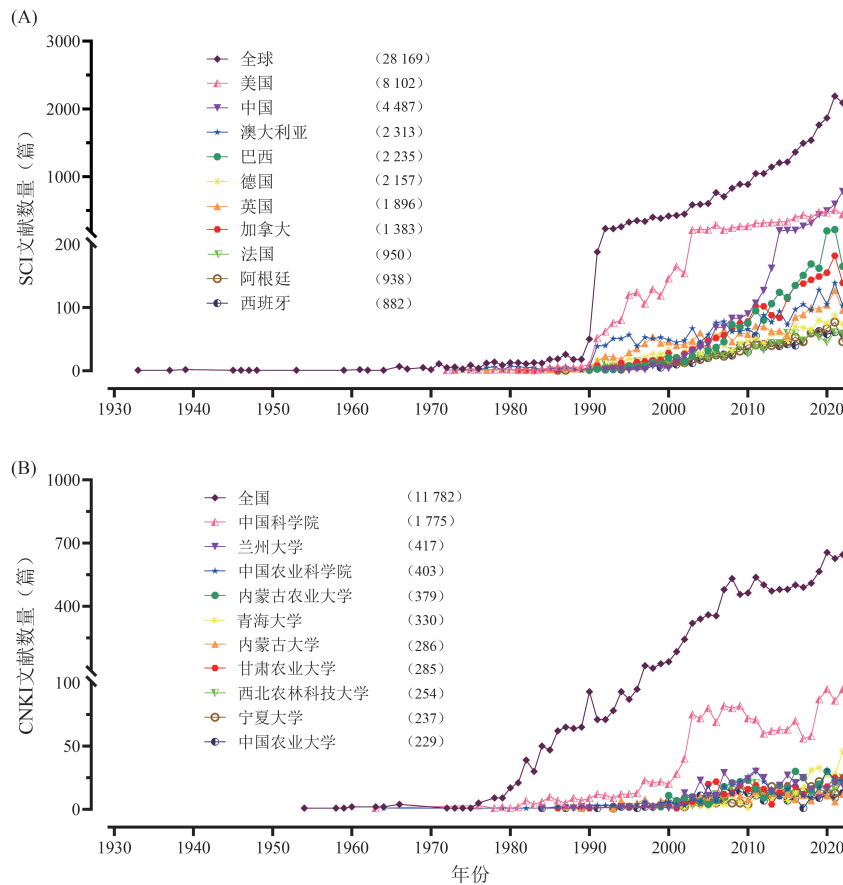


图 1 全球前 10 国家和全国前 10 机构发表文献数量的时间变化趋势(1930—2022 年):A. 以国家为单位,B. 以机构为单位

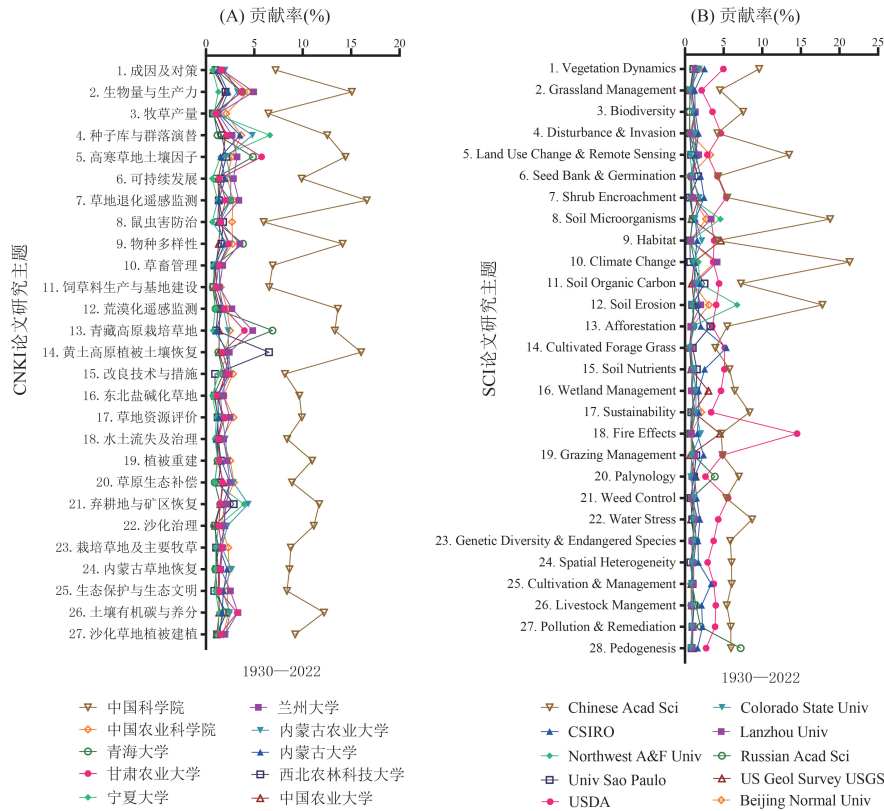


图2 1930—2022年CNKI文献27个主题和SCI文献28个主题中排名前十机构的贡献率:A. CNKI文献,B. SCI文献

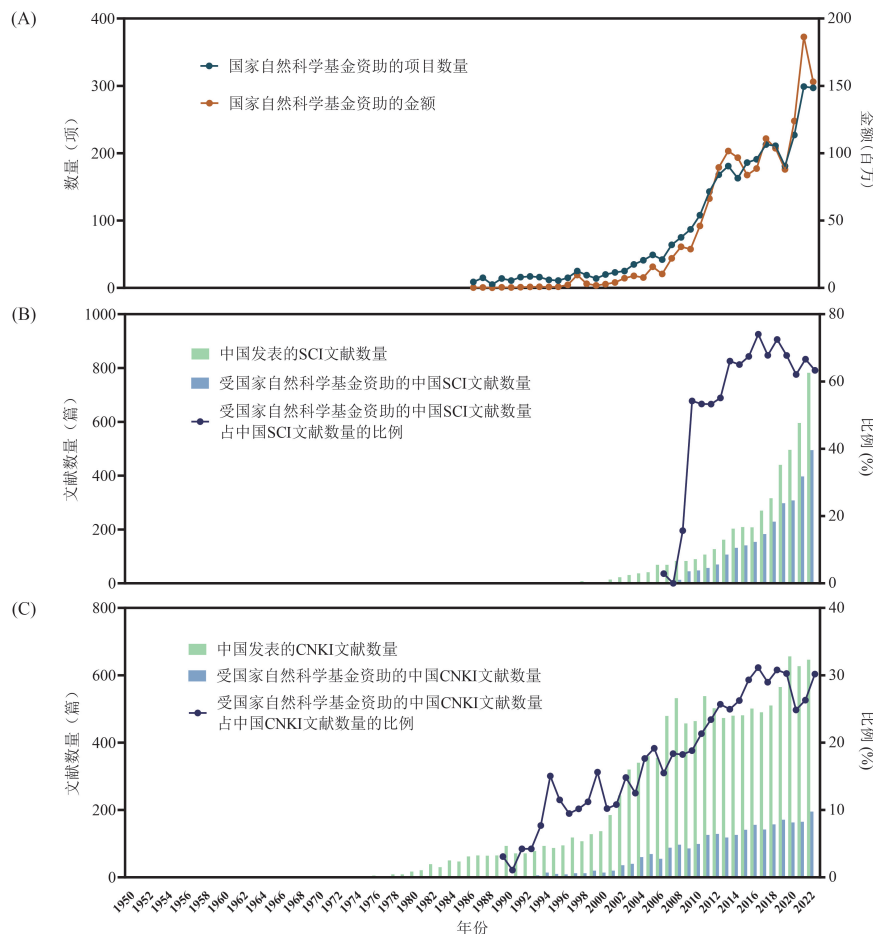


图3 国家自然科学基金对草地退化与修复领域资助的项目情况及文献发表情况:A. 项目数量及金额,B. SCI文献,C. CNKI文献

### 2.2 草地退化与修复相关研究主题

根据草地退化与修复领域相关文献的关键词，确定了 28 个 SCI 文献主题和 27 个 CNKI 文献主题(图 4)。总的来说，文献的贡献率基本均衡。SCI 文献各主题的贡献率在 2.78%~4.59% 之间，CNKI 文献的各主题贡献率在 3.22%~4.17% 之间。其中，SCI 文献中贡献率较大的主题为植被动态 (Vegetation Dynamics)、草地保护与管理 (Grassland Conservation and Management)、生物多样性 (Biodiversity) 以及 CNKI 文献中贡献率较大的主题为成因与对策、生物量与生产力和牧草产量，这也体现了传统的生产相关主题及生物多样性保护主题在草地退化与恢复研究中的重要性。而 SCI 文献中成土作用 (Pedogenesis)、污染与修复 (Pollution and Remediation)、牲畜管理 (Livestock Management) 以及 CNKI 文献中沙化草地植被建植、土壤有机碳与养分和生态保护与生态文明等研究主题贡献率相对较低，因为这些主题具有明确的指向性特点，相较于生物量与生产力等传统生产类主题具有小众性。

### 2.3 草地退化与修复相关研究主题的时间演化

根据各主题排名变化的幅度，28 个 SCI 文献主题被分为 4 组：大幅增加 (6 个主题)、小幅增加 (10 个主题)、小幅减少 (3 个主题) 和大幅减少 (9 个主题) (图 5A)。同样，27 个 CNKI 文献主题也被分为 4 组：大幅增加 (6 个主题)、小幅增加 (10 个主题)、小幅减少 (5 个主题) 和大幅减少 (6 个主题) (图 5B)。

在过去的一个世纪里，草地退化与修复研究前沿已经从传统的、以生产为导向的主题转向到如人类活动与气候变化、生物多样性保护相关的以生态环境为导向的研究主题。这说明，当前人们对草地的生态功能及环境影响等方面具有更高的关注度。这也与科学研究发展的规律相一致。在传统研究主题知识已经饱和，新问题不断涌现的情况下，研究者开始倾向于探索新的领域<sup>[28]</sup>。需要指出的是，SCI 文献中栽培牧草 (Cultivated Forage Grass) 和土壤养分 (Soil Nutrients) 等主题与 CNKI 文献中牧草产量和草畜管理等主题虽然相对排名下降 (图 5)，但由于这些主题与人类生产需求直接相关，是草地退

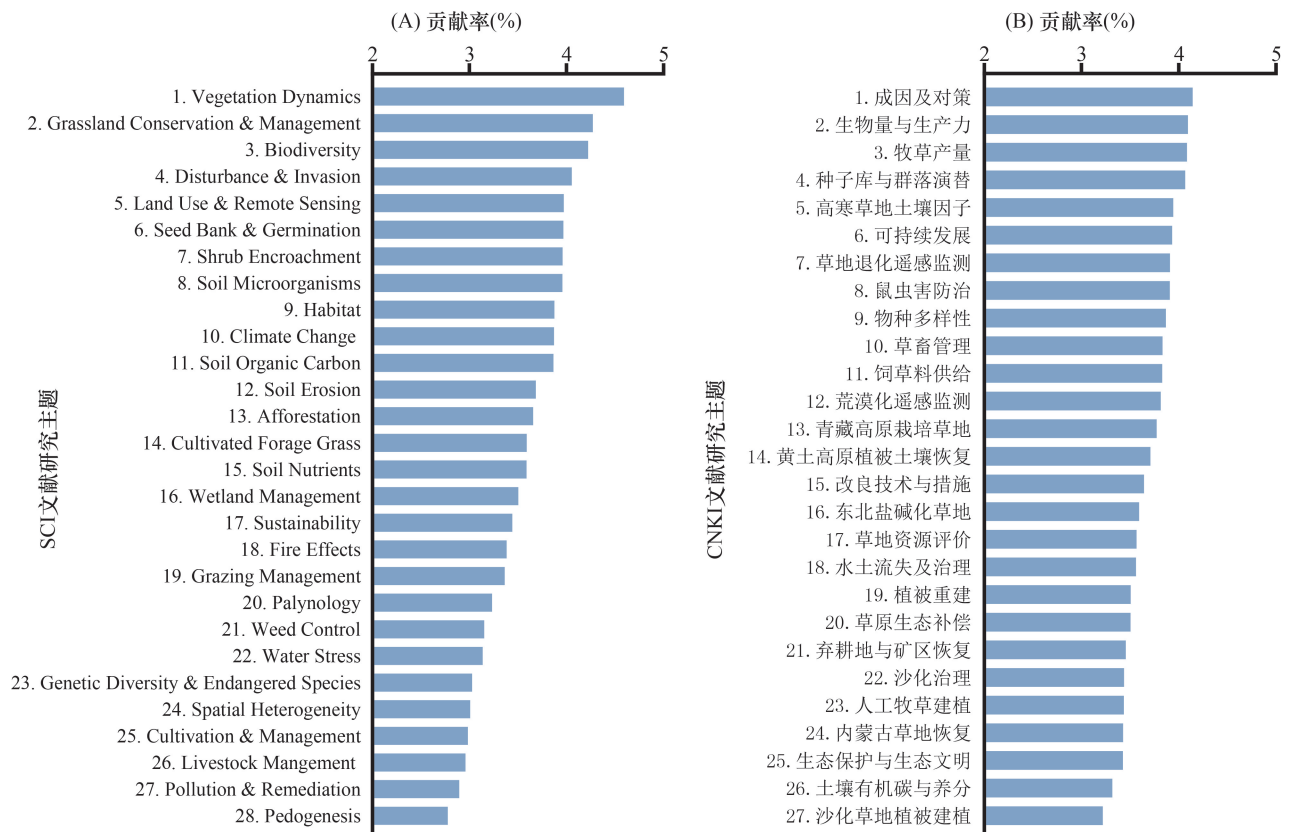


图 4 SCI 及 CNKI 文献中不同主题及贡献率：A. SCI 文献中 28 个主题，B. CNKI 文献中 27 个主题

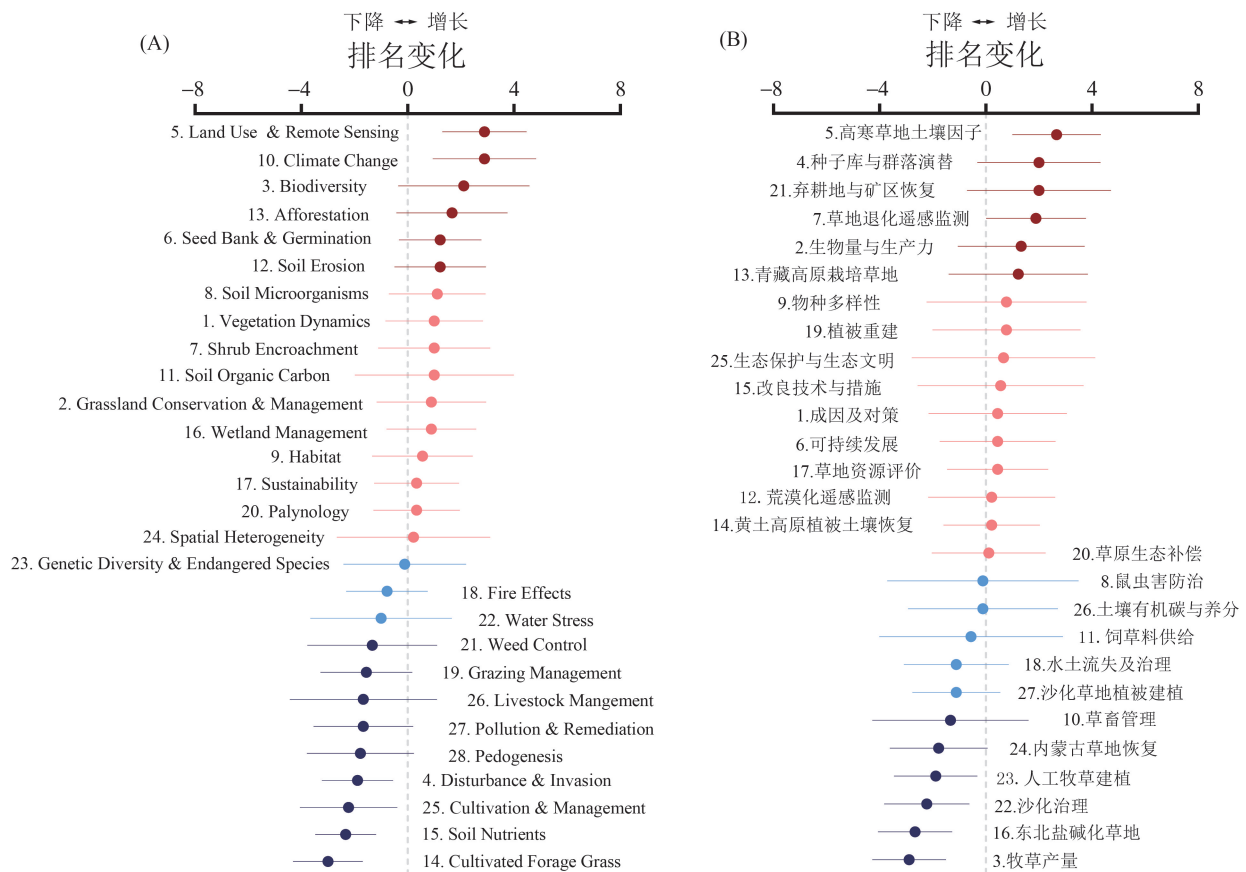


图5 SCI文献和CNKI文献中不同主题在不同时期排名变化的平均值:A. SCI文献中28个主题,B. CNKI文献中27个主题注:每个点代表连续10个时期之间的排名变化平均值。

化与修复领域最早受到关注的主题,因此仍然会受到持续关注<sup>[29]</sup>。

生物多样性包括遗传多样性、物种多样性和生态系统多样性三个层次,与人类的福祉密切相关,是人类赖以生存和发展的重要基础<sup>[30]</sup>。因此,不论是SCI中“生物多样性(Biodiversity)”主题还是CNKI中“物种多样性”主题排名出现大幅增长的趋势并不令人惊讶(图5)。随着经济的快速发展,人类社会越来越意识到保护生物多样性的重要性,在全球范围内,草地作为地球上物种最丰富的栖息地之一,受到了广泛关注。我国草地类型丰富,面积广阔,是世界上生物多样性最丰富的国家之一。然而环境污染、全球气候变化、资源过度利用和外来物种入侵等导致的生物多样性丧失问题在全球范围内日趋严重<sup>[31]</sup>。随着世界范围内生物多样性的不断减少,有关生物多样性的研究也越来越受到世界各国的重视<sup>[32]</sup>。联合国环境与发展会议于1992年签署了《生物多样性公约》,旨在促进生物多样性保护的实践和研究。而中国作为世界上最早签署和批准《生物多样性公约》的国家之一,始终高度重视对生物多

样性的保护,不断推进生物多样性保护与时俱进和创新发展,并在此基础上探索出一条具有中国特色的生物多样性保护道路<sup>[33]</sup>。在SCI文献各主题中“土地利用与遥感(Land Use and Remote Sensing)”和“气候变化(Climate Change)”这两个主题排名的快速上升是可以预见的(图5A)。人口的增长导致大规模的土地利用变化和全球气候变化,这是目前和未来世界范围内最大的生态环境问题<sup>[34]</sup>。随着草地退化与修复领域研究的发展,对于新技术的需求越来越大,急需在景观和区域尺度上,通过遥感技术提供经济可行的草地生产和管理的高分辨率数据,实现在区域尺度上对草地退化与恢复的监测和评估<sup>[35]</sup>。这些日益凸显的需求推动了气候变化(Climate Change)、土地利用与遥感(Land Use and Remote Sensing)、土壤侵蚀(Soil Erosion)和土壤有机碳(Soil Organic Carbon)等主题研究的快速发展,特别是在近20年。这些研究拓展了草地退化与修复的研究重点,以适应近几十年来出现的新挑战,加深了我们对草地可持续发展的认识。在CNKI主题中值得注意的是“高寒草地土壤因子”和“种子库与

群落演替”两个主题的排名增加的最快(图 5B)。青藏高原是我国天然草地分布面积最大的一个区域,其天然草地面积约占全国草地面积的三分之一。高寒草地是青藏高原的主要植被类型,近年来因其生态环境的敏感性和脆弱性而受到广泛关注,吸引了我国大量科研人员对退化高寒草地恢复机制、土壤养分调控措施、种子库及群落演替规律等基础理论和相关技术的研究<sup>[36, 37]</sup>,这对于维护我国生态安全、调节并维持全球气候稳定等方面具有重要意义<sup>[38]</sup>。

自草地退化与修复研究领域诞生以来,SCI 文献中的“土壤养分 (Soil Nutrients)”“放牧管理 (Grazing Management)”“牲畜管理 (Livestock Management)”“除草 (Weed Control)”“栽培牧草 (Cultivated Forage Grass)”以及 CNKI 文献中“土壤有机碳和养分”“草畜管理”“鼠虫害防治”“栽培草地及主要牧草”等以生产为导向的主题排名均呈下降趋势。其主要原因是人们逐渐从单一追求草地的物质生产功能,到认识、探讨草地在生态和文化等方

面的支撑作用的转变。这些主题的研究为解决不断增长的世界人口对粮食的需求做出了重要贡献<sup>[28]</sup>。由于研究内容趋于饱和,加上当前各领域的兴起,使得这些传统主题的排名有所下降。然而,值得注意的是,这一排名的下降并非意味着文献总量的减少,事实上每个主题的文献数量均呈逐年上升趋势,只是主题的相对排名下降,因此这些传统主题仍然是研究者们所关注的热点。

### 2.4 不同国家及机构对关键主题的贡献

在 1930—2022 年间,美国在大多数主题中贡献率最高,但在土地利用与遥感 (Land Use and Remote Sensing)、土壤微生物 (Soil Microorganisms)、气候变化 (Climate Change) 和土壤侵蚀 (Soil Erosion) 4 个主题上,中国的贡献率高于美国 (图 6)。从不同研究时期来看,我国从 2011 年开始,在该领域各主题的贡献率逐年上升。近两年 (2021—2022 年),中国在 28 个 SCI 文献主题中占 21 个主题贡献率的首位。就研究机构来看,中国科学院在 28 个 SCI 文献

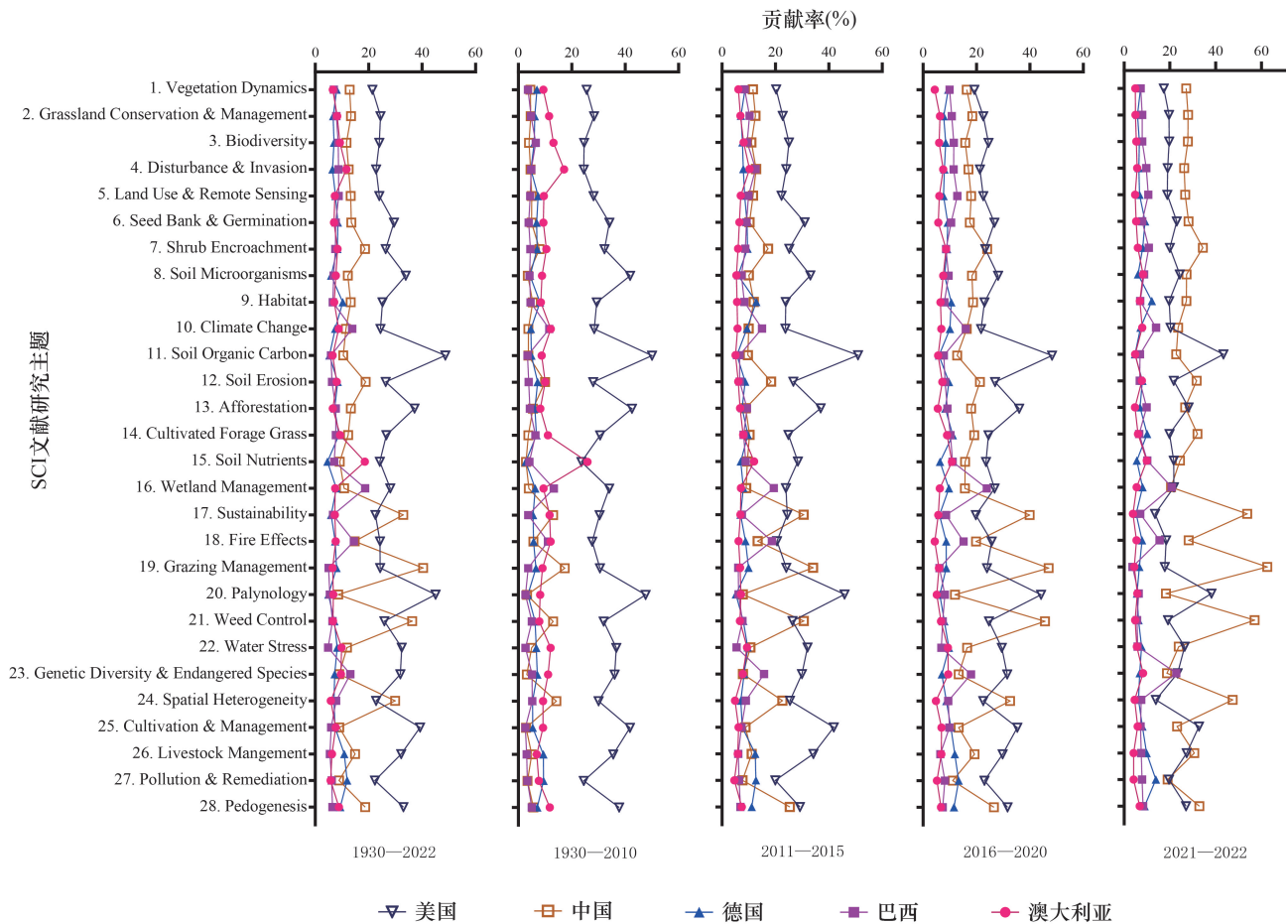


图 6 排名前五的国家对各阶段 SCI 文献 28 个主题的贡献率

主题中有 22 个主题贡献率为第一,在 CNKI 文献各主题中贡献率均为第一。这些结果表明我国已在该领域研究中占据重要位置,且中国科学院的研究具有引领性。这可以归结于以下两个方面。首先,中国是草地资源大国,具有丰富的植被生态类型和草原景观类型,中国草地的这些特性吸引了全世界及我国大量的科研人员从事相关研究。特别是位于中国西南部的青藏高原,孕育了全世界最独特的高寒草地生态系统。由于该地区是全球气候变化的敏感区域,其独特的地理气候特征成为气候变化和土地利用等领域的研究热点<sup>[39]</sup>。其次,在生态文明建设的背景下,退化草地生态修复技术的研究在我国受到越来越高的重视,这与国家各类科技项目的大力支持密不可分。例如,科技部在“十三五”计划中共批准实施了 65 个国家重点研发专项,其中涉及草地生态保护与修复的项目有 39 项<sup>[40]</sup>。与此同时,自然科学基金对草地退化与修复项目的支持力度和投入总量也有了很大的提高(图 3)。这些基础科研的投入以及重点研发项目的开展为我国退化草地生态恢复的研究奠定了坚实基础。

### 3 结论与展望

本文借助 LDA 主题模型分析了近百年来草地退化与修复领域的相关文献,挖掘该领域的主题演变和研究热点,是对草地退化与修复综述研究的一个新的尝试。经过一个世纪以来快速的发展,草地退化与修复研究领域已经从传统生产为导向的研究扩展到多方向、多主题、多学科以及重视生态功能和现代技术应用相结合的综合研究。土地利用与遥感、气候变化、生物多样性、高寒草地土壤因子和种子库与群落演替等近十年来排名靠前的研究主题代表着草地退化与修复的前沿,这些前沿主题的出现可以归因于人类越来越意识到退化草地恢复的重要性。

我国草地退化与修复研究领域的快速发展离不开国家的宏观政策性调控和管理措施。从 20 世纪 70 年代到党的二十大以来,中国对生态恢复的重视程度不断提高,更是将生态文明建设提高到关系人类福祉、关乎民族未来和实现中华民族伟大复兴的战略高度,充分展示了党中央建设生态文明、推进人与自然和谐共生现代化的坚强意志和坚定决心。2000 年以来,随着“京津风沙源治理”“退牧还林还草”“天然草原保护”“草原生态保护补助奖励政策”等多项重大生态工程及政策的陆续实施,草原生态

持续恶化的势头得到了初步遏制。但是,当前草原生态脆弱的形势依然严峻,我国草原“局部好转、整体恶化”的态势没有得到根本扭转,草原保护修复任务还十分艰巨。退化草地的生态恢复工作是一项系统性的复杂的长期工程,结合本研究主题演变态势分析的结果,草地退化与修复研究领域未来应重视以下几个方面:(1) 平衡好传统主题与前沿主题之间的关系,构建完善的现代化草牧业体系,从根本上解决草畜矛盾,协调好生产与生态保护的关系;(2) 加强高新技术在草地退化与修复研究领域中的应用探索,充分利用遥感卫星等数据资源强化草地动态监测,建立健全草地监测与评价队伍、技术与标准体系,为草地修复与利用以及科学的生态修复提供理论依据;(3) 充分考虑气候变化背景下草地退化与修复机制的复杂性,加强草地生态系统对气候变化的响应与适应机制研究,以提高草地生态系统应对气候变化和极端气候事件的韧性;(4) 重视草地生态系统生物多样性形成与保护机制研究,加强土地利用转变及气候变化对生物多样性的影响及调控机制的认识,实现草地生物多样性与生态系统功能的稳定维持与提升。

### 参 考 文 献

- [1] White RP, Murray S, Rohweder M, et al. Grassland ecosystems. Washington, DC, USA: World Resources Institute, 2000.
- [2] 韩国栋. 中国草地资源. 草原与草业, 2021, 33(4): 2.
- [3] Bardgett RD, Bullock JM, Lavorel S, et al. Combatting global grassland degradation. Nature Reviews Earth & Environment, 2021, 2(10): 720—735.
- [4] 白永飞, 赵玉金, 王扬, 等. 中国北方草地生态系统服务评估和功能区划助力生态安全屏障建设. 中国科学院院刊, 2020, 35(6): 675—689.
- [5] Gibbs HK, Salmon JM. Mapping the world's degraded lands. Applied Geography, 2015, 57: 12—21.
- [6] 古琛, 贾志清, 杜波波, 等. 中国退化草地生态修复措施综述与展望. 生态环境学报, 2022, 31(7): 1465—1475.
- [7] 董世魁. 退化草原生态修复主要技术模式. 北京: 中国林业出版社, 2022.
- [8] Thomas CD, Cameron A, Green RE, et al. Extinction risk from climate change. Nature, 2004, 427(6970): 145—148.
- [9] Hampe A, Petit RJ. Conserving biodiversity under climate change: the rear edge matters. Ecology Letters, 2005, 8(5): 461—467.



- [10] Wilsey B. Restoration in the face of changing climate: importance of persistence, priority effects, and species diversity. *Restoration Ecology*, 2020, 29: e13132.
- [11] Diamond J. Ecology: how and why eroded ecosystems should be restored. *Nature*, 1985, 313(6004): 629—630.
- [12] van de Koppel J, Rietkerk M, Weissing FJ. Catastrophic vegetation shifts and soil degradation in terrestrial grazing systems. *Trends in Ecology & Evolution*, 1997, 12(9): 352—356.
- [13] 唐华俊, 辛晓平, 李凌浩, 等. 北方草甸退化草地治理技术与示范. *生态学报*, 2016, 36(22): 7034—7039.
- [14] Parker VT. The scale of successional models and restoration objectives. *Restoration Ecology*, 1997, 5(4): 301—306.
- [15] Hobbs RJ, Norton DA. Towards a conceptual framework for restoration ecology. *Restoration Ecology*, 1996, 4(2): 93—110.
- [16] Lewonin RC. The meaning of stability: Diversity and stability in ecological systems. *Brookhaven Symposium in Biology*, 1969, 22: 13—24.
- [17] Granovetter M, Soong R. Threshold models of diffusion and collective behavior. *The Journal of Mathematical Sociology*, 1983, 9(3): 165—179.
- [18] Diaz S, Cabido M, Casanoves F. Plant functional traits and environmental filters at a regional scale. *Journal of Vegetation Science*, 1998, 9(1): 113—122.
- [19] 李凌浩, 路鹏, 顾雪莹, 等. 人工草地建设原理与生产范式. *科学通报*, 2016, 61(2): 193—200.
- [20] 王德利, 王岭, 辛晓平, 等. 退化草地的系统性恢复: 概念、机制与途径. *中国农业科学*, 2020, 53(13): 2532—2540.
- [21] 唐华俊, 辛晓平, 李向林, 等. 北方草甸和草甸草原生态恢复的理论、技术与实践. *中国农业科学*, 2020, 53(13): 2527—2531.
- [22] 方精云, 白永飞, 李凌浩, 等. 我国草原牧区可持续发展的科学基础与实践. *科学通报*, 2016, 61(2): 155—164, 133.
- [23] McCallen E, Knott J, Nunez-Mir G, et al. Trends in ecology: shifts in ecological research themes over the past four decades. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2019, 17(2): 109—116.
- [24] Zhao GL. Trends in grassland science: based on the shift analysis of research themes since the early 1900s. *Fundamental Research*, 2023, 3(2): 201—208.
- [25] Blei DM, Ng AY, Jordan MI. Latent dirichlet allocation. *Journal of machine Learning research*. 2003, 3(1): 993—1022.
- [26] 邱均平, 沈超. 基于 LDA 模型的国内大数据研究热点主题分析. *现代情报*, 2021, 41(9): 22—31.
- [27] Medeiros J. Brazil to boost science spend. *Nature*, 2007, 450(7170): 591.
- [28] Milojević S. Quantifying the cognitive extent of science. *Journal of Informetrics*, 2015, 9(4): 962—973.
- [29] Lemaire G, Wilkins R, Hodgson J. Challenges for grassland science: managing research priorities. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2005, 108(2): 99—108.
- [30] Buzhdygan OY, Meyer ST, Weisser WW, et al. Biodiversity increases multitrophic energy use efficiency, flow and storage in grasslands. *Nature Ecology & Evolution*, 2020, 4(3): 393—405.
- [31] Mi XC, Feng G, Hu YB, et al. The global significance of biodiversity science in China: an overview. *National Science Review*, 2021, 8(7): nwab032.
- [32] Petermann JS, Buzhdygan OY. Grassland biodiversity. *Current Biology*, 2021, 31(19): R1195—R1201.
- [33] 中华人民共和国生态环境部. 《中国生物多样性保护战略与行动计划》(2011—2030 年). (2010-09-17)/[2023-03-25]. <https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bwj/201009/t20100921194841.htm>.
- [34] Tuba Z, Kaligarić M. Grassland ecology in changing climate and land use. *Community Ecology*, 2008, 9(1): 3—12.
- [35] Reinermann S, Asam S, Kuenzer C. Remote sensing of grassland production and management—a review. *Remote Sensing*, 2020, 12(12): 1949.
- [36] Ma MJ, Collins SL, Du GZ. Direct and indirect effects of temperature and precipitation on alpine seed banks in the Tibetan Plateau. *Ecological Applications*, 2020, 30(5): e02096.
- [37] 贺金生, 刘志鹏, 姚拓, 等. 青藏高原退化草地恢复的制约因子及修复技术. *科技导报*, 2020, 38(17): 66—80.
- [38] Dong SK, Shang ZH, Gao JX, et al. Enhancing the ecological services of the Qinghai-Tibetan Plateau's grasslands through sustainable restoration and management in era of global change. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2022, 326: 107756.
- [39] Chen YL, Liu FT, Kang LY, et al. Large-scale evidence for microbial response and associated carbon release after permafrost thaw. *Global Change Biology*, 2021, 27(14): 3218—3229.
- [40] 蒋胜竞, 冯天骄, 刘国华, 等. 草地生态修复技术应用的文献计量分析. *草业科学*, 2020, 37(4): 685—702.

## Trends in Grassland Degradation and Restoration: Based on the Shift Analysis of Research Themes From 1930 to 2022

Huifeng Hu\*

*Department of Life Sciences, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085*

**Abstract** Under the combined influence of climate change and anthropogenic pressures, grasslands worldwide are under serious threat of continuous degradation, and how to effectively rehabilitate degraded grasslands is a major scientific and technological challenge for the new era of grass science. Based on the Web of Science core database and CNKI database, an econometric analysis of the literature from 1930 to 2022 was conducted using the Latent Dirichlet Allocation (LDA) thematic model to study the global and domestic research trends on grassland degradation and restoration. The results showed that the research themes of grassland degradation and restoration were diversified, and there was a clear trend of a thematic shift in recent decades, with the frontier themes gradually developing from a single issue on productive features of grasslands to a research direction that focuses on more ecological functions using modern technologies. Land use and remote sensing, climate change, biodiversity, alpine grassland soil factors, seed bank and community succession had become frontier themes of general interest at home and abroad. Comprehensive improvement of funding strategies, interdisciplinary interactions and collaborative exchanges will be necessary to promote research on frontier themes of grassland degradation and restoration, which in turn can help address the social and environmental challenges in the new era.

**Keywords** grassland; degradation and restoration; research trends; shift of research themes; bibliometric analysis

(责任编辑 刘敏 张强)

---

\* Corresponding Author, Email: huhf@nsfc.gov.cn