



DOI: 10.20103/j.stxb.202210082847

李豫悦, 李天凯, 陈林. 中国高寒草甸研究进展——基于文献计量分析. 生态学报, 2023, 43(18): 7771-7781.

中国高寒草甸研究进展

——基于文献计量分析

李豫悦^{1,2,3}, 李天凯^{2,3,4}, 陈林^{2,3,4,*}

1 宁夏大学农学院, 银川 750021

2 西北土地退化与生态恢复国家重点实验室培育基地(宁夏大学), 银川 750021

3 西北退化生态系统恢复与重建教育部重点实验室(宁夏大学), 银川 750021

4 宁夏大学生态环境学院, 银川 750021

摘要: 高寒草甸作为我国草原的重要组成部分, 发挥着极其重要的气候调节和水源涵养等生态功能, 是我国重要的战略资源储备要地和生态安全屏障。为了解高寒草甸的研究态势, 本文从文献计量学的角度, 基于 36 年间国内外发表的 8505 篇论文, 分析了有关高寒草甸的论文发表数量、发文来源、被引频次、主要作者、研究机构和研究热点等。结果表明: (1) 1999 年后关于高寒草甸的论文数量增长较快, 年均发表 355.09 篇, 且英文论文的增幅最大, 但发文的质量还有待进一步提高; (2) 李英年, 周华坤, 杜国祯、赵新全等人是高寒草甸研究的主要贡献人, 中国科学院西北高原生物研究所、兰州大学、甘肃农业大学等单位在研究机构合作方面发挥了重要作用, 但相关学者和研究机构间的合作较少, 以同一单位或同一课题组的研究团队为主, 与国内外不同单位、不同团队间的交流合作较少; (3) 研究的热点主要聚焦于高寒草甸植被群落特征及其构建机制、高寒草甸植被退化机理与管理利用、高寒草甸植被-土壤-微生物对气候变化的响应等聚类方面。今后应重视原创性、突破性的论文, 提升和扩大高寒草甸方面研究成果的国际影响力, 同时, 应加强不同研究机构、不同学科交叉、理论创新-实际应用等方面的多元合作, 从而为高寒草甸的研究注入新生力量。期望本文能为拓展高寒草甸研究的广度与深度提供借鉴。

关键词: 高寒草甸; 文献计量方法; 研究态势; VOSviewer 软件

草地是地球陆地生态系统的重要组成部分^[1], 约占全球地表面积的 21%, 不仅提供饲草饲料支撑畜牧业生产, 在防风固沙、水土保持、水源涵养、气候调节以及生物多样性保护中也扮演着重要角色^[2-3]。中国拥有极为丰富的草地资源^[4], 从东北平原经内蒙古高原、鄂尔多斯高原、黄土高原直达青藏高原的南缘, 是欧亚中高纬度草地生态系统的重要组成部分^[5-6]。其中, 高寒草甸主要分布在寒冷、干旱的亚高山及高山地区, 是我国黄河、长江、澜沧江、滦河等江河的发源地和水源涵养区, 对保障我国粮食安全、生态保护、提升生态系统服务和生态系统稳定性具有极其重要的作用^[7-8]。高寒草甸多以冷旱生密丛型禾草、青藏苔草等为建群种, 群落结构简单, 多形成平坦的植毡^[9-10], 抗干扰能力差, 植被一旦遭受破坏, 恢复周期长且困难^[11], 生态系统脆弱^[12-13], 极易受到人为活动和气候变化的影响, 导致草甸退化和物种丧失等生态后果^[14-16]。

文献计量是基于数学统计处理文献信息间定性或定量关系, 对相关研究历程与现状进行客观描述的一种科学研究手段^[17]。目前关于高寒草甸的相关研究仅对有限文献进行了梳理^[18], 或针对某一指标进行研究, 如刘坤等^[19]以 2000—2019 年的知网收录论文为基础对高寒草甸的植被覆盖进行了研究, 王云英等^[20]研究

基金项目: 国家自然科学基金(32201631); 宁夏重点研发计划项目(2021BEG02005); 第三批宁夏青年科技人才托举工程项目(TJGC2018068); 宁夏高等学校一流学科建设(生态学)资助项目(NXYLXK2017B06)

收稿日期: 2022-10-08; **网络出版日期:** 2023-05-08

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: chenlin198388@163.com

了高寒草甸土壤有机碳的变化特征及其影响因子。而采用文献量的方法来全面分析我国高寒草甸研究态势与热点,尚未有相关研究报道。本文以 Web of Science (WoS) 核心合集集中的 Science Citation Index Expanded (SCI-E) 数据库和中国知网 (CNKI) 为数据源,利用 VOSviewer 软件对 1985—2021 年间有关高寒草甸发表的研究论文进行了文献计量分析,以期揭示 36 年来有关高寒草甸的研究领域及其发展态势,旨在推动相关学者在高寒草甸进行深入研究,为高寒草甸生态保护与修复提供参考。

1 研究方法

1.1 数据来源

文献检索的数据来源在很大程度上直接决定文献计量分析的有效性和准确性^[16]。中国知网 (CNKI) 数据库是目前全国最大的连续实时更新的,收录文献计量最多,学科覆盖面最全的中国期刊数据库,收录了全国 7900 多种期刊,文献总量达 2.8 亿篇,且每日发布 3.2 万篇,文献收录全面,来源广泛、真实性强,具有较高的准确性和可靠性。本文以“CNKI”作为数据源,以“高寒草甸”为“主题”进行“精确”检索中文文献,检索时间跨度为 1985—2021 年(总时间跨度为 36 年),限定文献类型为论文,逐条对检索结果进行检查,取消无效或重复类的记录,共检索文献 4938 篇。美国科学信息研究所的科学引文索引扩展版 (SCIE) 数据库收录了世界各学科领域内优秀的科技期刊,其收录引文能及时反映科学前沿的发展动态。本文选用 Web of Science 核心合集集中的 Science Citation Index Expanded (SCI-E) 数据库 (WOS),采用高级检索方式 (TS = "alpine meadow", AND ALL = China) 对 1985—2021 年间发表的研究论文进行检索,文献类型为:Articles, Proceedings Papers, Reviews, 不包括 Early Access, Editorial Material, Data Paper, Meeting Abstract 等类型。共检索出 3567 篇。以上数据检索时间为 2022 年 7 月 6 日。

1.2 数据分析与制图

VOSviewer 作为一款基于计算机编程语言 (JAVA) 的知识框架可视化软件,能够绘制包括期刊、发文机构、主题词等的共现网络,实现科技文献计量的可视化^[21]。本工作采用 VOSviewer 软件处理了检索获取的文献数据,并以图形方式对其进行数据挖掘、映射和聚类,以便从国家、学术机构、作者、期刊和关键词中提取关键信息。它们可以基于引文、文献耦合、共同引用或共同作者关系来构建。其突出的优点是图形展示能力强,非常适合分析大规模样本数据。通过 VOSviewer 可视化软件,分析文献的作者合作、机构合作和国家合作,可以识别出中国高寒草甸研究领域的主要研究力量。同时,VOSviewer 软件可基于关联强度或相似度对文献关键词进行聚类分析,具有很强的图谱呈现能力^[22]。分析关键词聚类情况,可以反映出中国高寒草甸领域的研究热点。

将 WOS 检索的文献数据保存为文本格式,在 VOSviewer 中进行分析;中国知网检索的文献数据保存为 Refworks 格式,在使用 VOSviewer 将数据转换处理。采用 VOSviewer 绘制作者间、机构间及国家间的合作图谱,图谱中的发文量用圆表示,并采用节点的距离长短表示不同作者、机构、国家间合作关系的强弱。利用文献关键词的共现频率绘制关键词聚类知识图谱,每一个节点代表一个关键词,圆的大小代表关键词出现的次数,越大说明次数越多;节点之间距离代表关键词共现频率的高低,距离越近,共现频率越高^[22-23]。用 Microsoft Excel 2019 对检获论文的发表年份、期刊、作者机构等分布情况进行分析,并制作相关图表。

2 结果与分析

2.1 发文量分析

1985—2021 年间,围绕高寒草甸共发表论文 8505 篇,年均发表 236.25 篇。其中,中文论文收录 4938 篇,英文收录论文 3567 篇。由图 1 可以看出,1999 年前,发文量相对较少,中、英文平均发文量仅为 12.07 篇/a,特别是英文文章最少,发文最多的一年是发表了 5 篇,英文平均年发文量仅为 1.79 篇。而 1999 年后发文量逐年开始大幅增加,截止到 2021 年,中、英文平均发文量为 355.09 篇/a,英文文章的数量增长幅度最快,年平均增幅为 13.68%,2019 年后英文发文数量超过了中文。

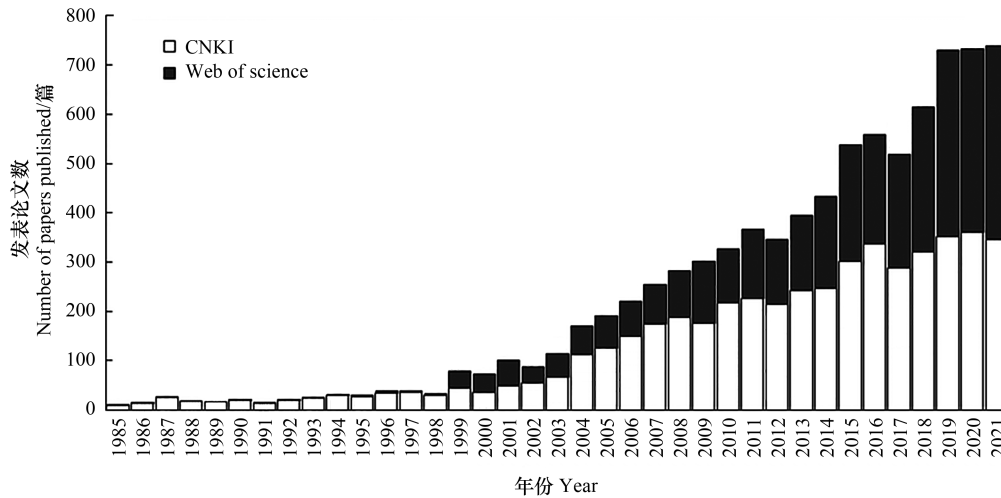


图 1 主题为高寒草甸的中、英文论文年发表量

Fig.1 Number of published about alpine meadow's Chinese and English papers per year

2.2 发文来源分析

4938 篇中文论文来源于 145 种期刊/大学,出版量前 10 位的期刊/大学发文量之和为 3323 篇,占中文论文总数的 67.29%(表 1)。其中兰州大学关于高寒草甸研究的硕、博士毕业论文数量最多(428 篇),其次是甘肃农业大学(113 篇),中文期刊发文量较多的是《草业科学》《生态学报》《草地学报》和《草业学报》,占中文论文总数的 16.87%,是高寒草甸研究成果的主要期刊载体。英文论文刊载量最高的是 *Science of The Total Environment*,其次是 *Plant and Soil*, *Agricultural and Forest Meteorology*, 均是相关学科领域主流期刊,对中国高寒草甸研究结果的国际关注度和影响力也有较大提升。

表 1 主题为高寒草甸中、英文论文发表量 Top 10 来源及其类型

Table 1 Top 10 sources and types of published about alpine meadow's Chinese and English papers/thesis

序号 No.	来源 Source	中文论文 数量/篇/ Number of Chinese papers	占中文论 文比例 Percentage of Chinese papers/%	类型 Type	序号 No.	来源 Source	英文论文 数量/篇 Number of English papers	占英文论 文比例 Percentage of English papers/%	类型 Type
1	兰州大学	428	8.67	硕、博士毕业论文	1	<i>Science of The Total Environment</i>	81	2.41	期刊论文
2	草业科学	263	5.33	期刊论文	2	<i>Plant and Soil</i>	74	2.21	期刊论文
3	生态学报	209	4.23	期刊论文	3	<i>Agricultural and Forest Meteorology</i>	69	2.06	期刊论文
4	草地学报	196	3.97	期刊论文	4	<i>Plos One</i>	69	2.06	期刊论文
5	草业学报	165	3.34	期刊论文	5	<i>Agriculture Ecosystems Environment</i>	57	1.70	期刊论文
6	甘肃农业大学	113	2.29	硕、博士毕业论文	6	<i>Ecology and Evolution</i>	56	1.67	期刊论文
7	青海草业	101	2.05	期刊论文	7	<i>Scientific Reports</i>	56	1.67	期刊论文
8	生态学杂志	101	2.05	期刊论文	8	<i>Soil Biology Biochemistry</i>	55	1.64	期刊论文
9	中国草地学报	98	1.98	期刊论文	9	<i>Catena</i>	52	1.55	期刊论文
10	青海畜牧兽医杂志	93	1.88	期刊论文	10	<i>Arctic Antarctic and Alpine Research</i>	61	1.52	期刊论文

2.3 发文被引分析

被引频次代表了论文观点被学术圈认可的程度。如表 2 所示,中文论文共被引频次为 40880 次,篇均被

表 2 主题为高寒草甸中、英文论文中被引频次 Top 10 的论文

Table 2 Top 10 cited papers of published about alpine meadow's Chinese and English papers

序号 No.	题目 Title	作者 Author	期刊 Journal	发表年份 Year	被引频次 Citation frequency
1	中国自然草地生态系统服务价值	谢高地、张钊铨、鲁春霞、郑度、成升魁	自然资源学报	2001	1752
2	中国草地生态系统服务功能间接价值评价	赵同谦、欧阳志云、贾良清、郑华	生态学报	2004	784
3	青藏高原高寒草地生态系统服务价值评估	谢高地、鲁春霞、肖玉、郑度	山地学报	2003	622
4	青藏高原高寒草甸的植被退化与土壤退化特征研究	周华坤、赵新全、周立、刘伟、李英年	草业学报	2005	442
5	青藏高原草地植被覆盖变化及其与气候因子的关系	杨元合、朴世龙	植物生态学报	2006	388
6	中国草地资源的现状的分析	沈海花、朱言坤、赵霞、耿晓庆、高树琴	科学通报	2016	378
7	基于 NDVI 的三江源地区植被生长对气候变化和人类活动的相应研究	李辉霞、刘国华、傅伯杰	生态学报	2011	355
8	江河源区高寒草甸退化草地回复与重建技术的研究	马玉寿、郎百宁、李青云、施建军、董全民	草业学报	2002	344
9	青藏高原生态系统服务功能的价值评估	鲁春霞、谢高地、肖玉、于云江	生态学报	2004	298
10	近 30 年青海三江源地区草地退化的时空特征	刘纪远、徐新良、邵全琴	干旱区研究	2008	290
1	Rangeland degradation on the Qinghai-Tibetan plateau: A review of the evidence of its magnitude and causes	Harris	<i>Journal of Arid Environments</i>	2010	672
2	Climate change and Australia: Trends, projections and impacts	Hughes	<i>Austral Ecology</i>	2003	508
3	Herbivores and nutrients control grassland plant diversity via light limitation	Borer, <i>et al</i>	<i>Nature</i>	2014	506
4	The impacts of climate change and human activities on biogeochemical cycles on the Qinghai-Tibetan Plateau	Chen, <i>et al</i>	<i>Global Change Biology</i>	2013	438
5	Sensitivity and response of northern hemisphere altitudinal and polar treelines to environmental change at landscape and local scales	Holtmeier and Broll	<i>Global Ecology and Biogeography</i>	2005	424
6	The role of the uplift of the Qinghai-Tibetan Plateau for the evolution of Tibetan biotas	Favre, <i>et al</i>	<i>Biological Reviews</i>	2015	414
7	Inferring community assembly mechanisms from functional diversity patterns: the importance of multiple assembly processes	Spasojevic and Suding	<i>Journal of Ecology</i>	2012	364
8	A comparison of eddy-covariance and large aperture scintillometer measurements with respect to the energy balance closure problem	Liu, <i>et al</i>	<i>Hydrology and Earth System Sciences</i>	2011	356
9	Impact of land use changes on mountain vegetation	Tasser and Tappeiner	<i>Applied Vegetation Science</i>	2002	310
10	Grazing intensity alters soil respiration in an alpine meadow on the Tibetan plateau	Cao, <i>et al</i>	<i>Soil Biology and Biochemistry</i>	2004	306

引频次为 8.25; 英文论文共被引频次为 79696 次, 篇均被引频次 23.79。中文论文被引频次最高的是谢高地等 2001 年在《自然资源学报》发表的“中国自然草地生态系统服务价值”, 被引频次高达 1752 次; 赵同谦等 2004 年发表在《生态学报》的“中国草地生态系统服务功能间接价值评价”和谢高地等 2003 年在《山地学报》发表的“青藏高原高寒草地生态系统服务价值评估”分别居于中文论文高被引频次的第二位和第三位。英文论文

被引频次最高的是 Harris 等 2010 年在 *Journal of Arid Environments* 发表的“Rangeland degradation on the Qinghai-Tibetan plateau: A review of the evidence of its magnitude and causes”, 被引频次为 672 次, 其次是 Hughes 发表在 *Austral Ecology* 的“Climate change and Australia: Trends, projections and impacts”, 高被引频次排在第三位的是 Borer, *et al* 在国际公认的顶级期刊 *Nature* 上发表的“Herbivores and nutrients control grassland plant diversity via light limitation”。从被引频次可以看出, 关于高寒草甸生态系统服务功能的中文文章备受关注, 而英文文章中有关高寒草甸退化的原因以及气候变化和人类活动对高寒草甸的影响, 得到了较多的关注。

2.4 主要作者及其合作关系

在 4938 篇中文论文共有 5827 名作者参与, 篇均作者 1.18 名; 3567 篇英文论文共有 9974 名作者参与, 篇均作者 2.80 名。发表论文最多的作者是中国科学院西北高原生物研究所的周华坤, 共发文 167 篇, 其中中文论文 94 篇, 占中文发文量的 1.90%; 英文论文 73 篇, 占英文发文量的 2.05% (表 3)。中国科学院西北高原生物研究所的李英年发表关于高寒草甸生态系统与全球变化的中文篇数最多。兰州大学的杜国祯关于高寒草甸群落演替及可持续发展方面的研究发表英文数量最多, 为 81 篇; 其次是中国科学院青藏高原研究所的汪诗平对高寒草甸气候变化和草原管理方面的研究 (76 篇)。

表 3 主题为高寒草甸中、英文论文发表量 Top 10 作者

Table 3 Top 10 authors of published about alpine meadow's Chinese and English paper

序号 No.	作者 Author	中文论文数量/篇 Number of Chinese papers	占中文论文比例/% Percentage of Chinese papers	序号 No.	作者 Author	英文论文数量/篇 Number of English papers	占英文论文比例/% Percentage of English papers
1	李英年	106	2.15	1	Du Guozhen	81	2.27
2	周华坤	94	1.90	2	Wang Shiping	76	2.13
3	赵新全	89	1.80	3	Zhou Huakun	73	2.05
4	曹广民	77	1.56	4	Cao Guangmin	62	1.74
5	张法伟	73	1.48	5	Zhang Xianzhou	53	1.49
6	张德罡	59	1.19	6	Zhang Zhenhua	50	1.40
7	马玉寿	57	1.15	7	Dong Shikui	47	1.32
8	王根绪	56	1.13	8	Li Yingnian	47	1.32
9	李以康	53	1.07	9	Luo Caiyun	46	1.29
10	赵亮	53	1.07	10	Zhao Xinquan	44	1.23

从作者合作关系网络图 (图 2) 发现, 李英年、周华坤、赵新全、曹广民、马玉寿、李希来和王根绪等人是高寒草甸中文论文作者合作网络密集区域的中心; 周华坤、杜国祯、曹广民、汪诗平、董世魁等人则是英文论文作者的网络密集中心。但从作者合作关系网络中可以看出, 中文文章作者间的发文合作相对较少, 离散程度较高, 主要以同一单位或同一课题组的研究团队为主, 与国内和国外不同单位、不同团队交流合作都较少。英文发文中作者间的合作相对较多, 但与国外相关研究学者间的合作依然较少。

2.5 主要研究机构及其合作关系

经过统计, 4938 篇中文论文由 2767 个机构发表, 3567 篇英文论文则来自 2130 个相关研究机构。由表 4 可以看出, 中文发文量最多的是中国科学院西北高原生物研究所, 共发表 303 篇, 其次是中国科学院大学 (285 篇), 两所单位合计贡献了中文总发文量的 11.91%。兰州大学和甘肃农业大学则分列第三和第四位, 分别贡献了 272 和 207 篇中文论文。而英文发文量中, 中国科学院占总英文发文量的 40.51% (1445 篇), 远高于其他机构的英文发文量, 是英文论文的主要贡献者。而离研究区较远的北京师范大学、北京大学、南京大学、中国农业科学院和北京林业大学对高寒草甸的研究贡献也较大, 合计贡献了英文总发文量的 13.04%。

从主要发文机构间的合作关系图 (图 3) 可知, 中国科学院西北高原生物研究所是中文论文发表中主要研究机构间合作关系图的核心, 其次是兰州大学。而发表英文论文机构中, 中国科学院是研究结构间合作关系

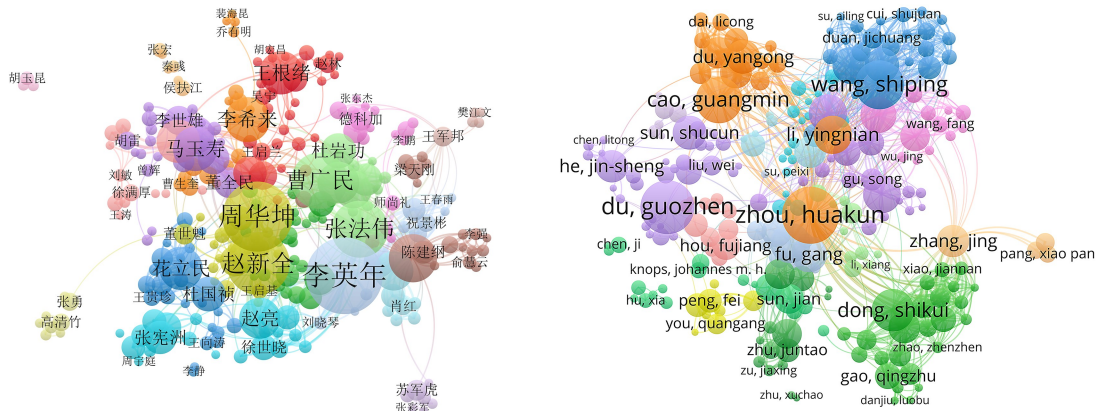


图 2 主题为高寒草甸中、英文论文作者合作关系网络图

Fig.2 Cooperative relationships among the authors of alpine meadow's Chinese and English papers

每一个圆圈的大小代表这个关键字的权重,两个圆圈之间的距离表示了两个圆圈之间的合作性,如果合作性越强则距离越短,合作性越弱则距离越远;圆圈的颜色代表了各自的聚类

的绝对核心,与其他机构开展合作研究的数量也是最多的,居于研究机构合作网络密集区域的还有兰州大学、北京大学、北京师范大学、青海师范大学、青海大学、中国农业科学院等。总体来看,中文论文研究机构的合作程度较高,形成了一定的网络结构,说明多机构间的合作较多,但很少有国外机构的合作,几乎全部是国内相关研究机构间的合作;而英文论文的发文机构多呈单线合作(两个机构间合作),但国内与国外机构的参与合作关系较中文论文密切,多与美国的北亚利桑那大学(Northern Arizona University)、以色列的本·古里安大学(Ben-Gurion University of the Negev)、马来西亚的国际伊斯兰大学(International Islamic University Malaysia)、澳大利亚的格里菲斯大学(Griffith University)和查尔斯特大学(Charles Sturt University)。

表 4 主题为高寒草甸中、英文论文发表量 Top 10 研究机构

Table 4 Top 10 research institutions of published about alpine meadow's Chinese and English papers

序号 No.	中文发文机构 Institution of Chinese papers	中文论文 数量/篇 Number of Chinese papers	占中文论文 比例/% Percentage of Chinese papers	序号 No.	英文发文机构 Institution of English papers	英文论文 数量/篇 Number of English papers	占英文论文 比例/% Percentage of English papers
1	中国科学院西北高原生物研究所	303	6.14	1	Chinese Academy of Sciences	1445	40.51
2	中国科学院大学	285	5.77	2	University of Chinese Academy of Sciences	519	14.55
3	兰州大学	272	5.51	3	Lanzhou University	428	12.00
4	甘肃农业大学	207	4.19	4	Beijing Normal University	155	4.35
5	中国科学院研究生院	97	1.96	5	Peking University	111	3.11
6	青海大学农牧学院	97	1.96	6	Nanjing University	83	2.33
7	中国科学院地理科学与资源研究所	82	1.66	7	Qinghai University	82	2.30
8	青海省草原总站	65	1.32	8	Chinese Academy of Agricultural Sciences	59	1.65
9	青海省畜牧兽医科学院	64	1.30	9	Qinghai Normal University	58	1.63
10	中国科学院高原生物适应于进化重点实验室	50	1.01	10	Beijing Forestry University	57	1.60

2.6 关键词分析

关键词是表述论文的中心内容有实质意义的词汇,可根据关键词出现的频率去追踪一个领域的研究热

对土壤呼吸为主的碳循环过程;聚类 3 是天然草地、草地类型、产草量、牧草、NDVI 等关键词,掌握高寒草甸不同类型草地植被基础特征的研究热点;聚类 4 则是以物种多样性、放牧、刈割、群落稳定性等关键词的高寒草甸利用管理为主的研究热点;聚类 5 是关于种子大小、群落构建、功能性状、海拔、生物量分配等高寒草甸植物群落构建的影响因素研究热点。

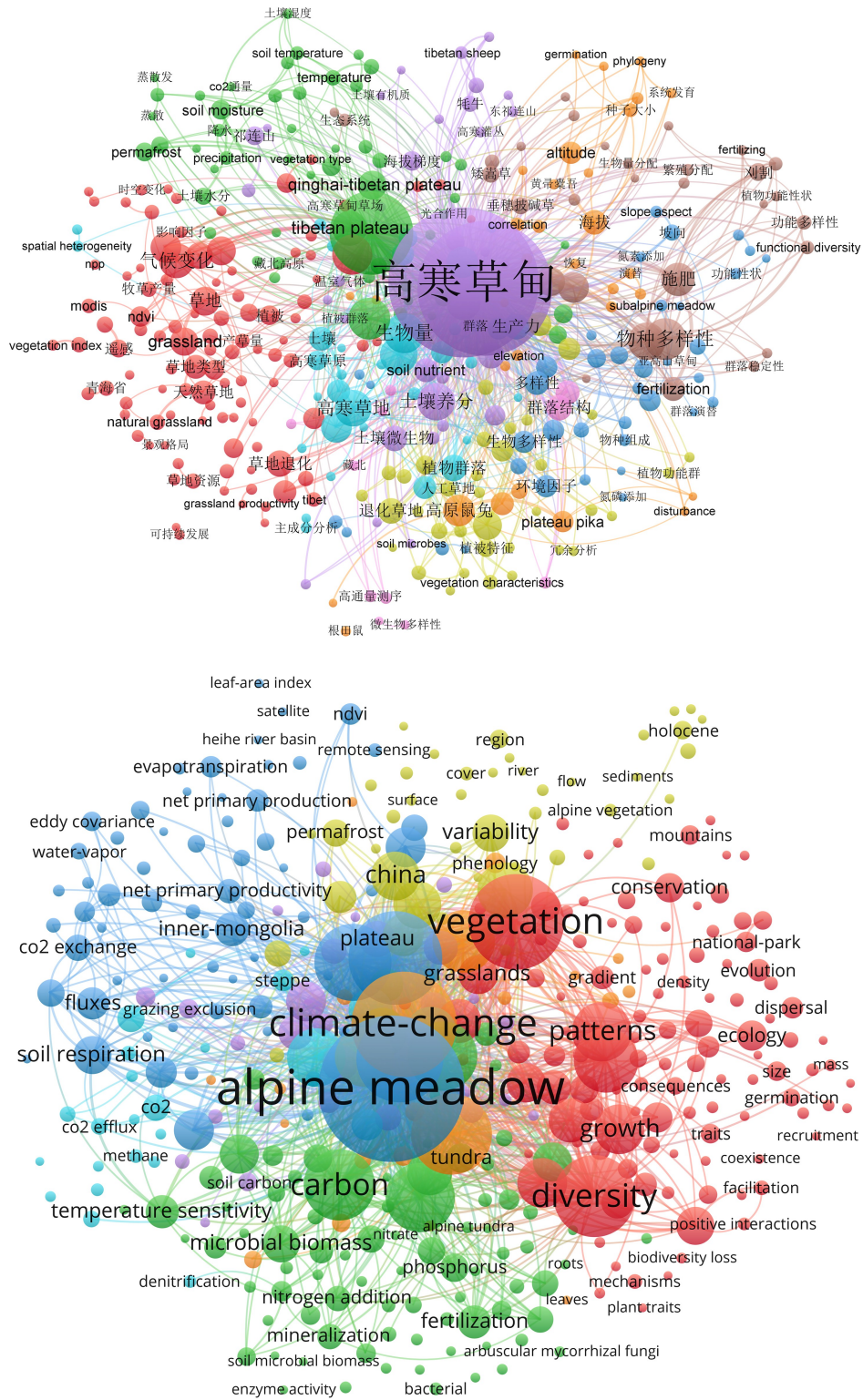


图 4 主题为高寒草甸中、英文论文关键词共现网络图

Fig.4 Co-occurrence network map of keywords from alpine meadow's Chinese and English papers

英文论文关键词共现网络中,可划分为 4 个主要的聚类:聚类 1 是以 Alpine meadow, grassland, responses, nitrogen, competition, species diversity, bacterial, fungal communities 为主要关键词,反映了氮沉降对高寒草甸微生物多样性及其竞争共存影响的研究热点;聚类 2 是以 alpine steppe, climate change, carbon-dioxide exchange, CO₂ fluxes, water-vapor, soil respiration 等关键词为主,关注高寒草甸气候变化条件下碳循环方面的研究热点;聚类 3 是以 biodiversity, grassland degradation, restoration, storage, grazing exclusion 为主要关键词,关注了管理措施(如围栏封育)对高寒草甸退化草地恢复影响的研究热点;聚类 4 重点探讨的是高寒草甸土壤温湿度对甲烷排放的影响,以 soil moisture, soil temperature, atmospheric methane, emissions 等为关键词。

总体来看,中、英文论文的研究热点多聚焦在气候变化(降雨、温度、氮沉降)和人类活动(放牧、刈割)对高寒草甸植被、土壤、微生物影响等方面。

3 讨论及展望

科研成果的影响力可以从数量和质量两个方面来进行评价^[17]。关于中国高寒草甸的研究论文,从 1999 年开始有了显著增长,与国家实施的一系列生态保护与恢复政策,如可可西里国家级自然保护区、三江源国家级自然保护区成立,以及先后实施的各级各类自然保护区生态保护和建设工程,得到了相关学者们的持续关注,因此发文数量有了大幅度的增长。同时,诸如兰州大学、中国科学院、甘肃农业大学等学校和科研机构中,高水平的英文发表量也有着大幅地增长,在 2019 年英文论文超过了中文的发文量。1999 年至 2021 年,中、英文平均发文量为 355.09 篇/a,从数量上来说已经较多,但从学术影响力来看(质量),在《中国科学》《科学通报》《生态学报》《生物多样性》等国内一流期刊上的发文比例还较低,同样英文论文在 *Nature*、*Science*、*Ecology* 等国际高质量、高影响力、学科高认可度期刊上的发文数量还较少。而且从被引频次来看,中英文论文的高被引论文太少,这与论文认可度、发文期刊质量均有关系。因此,今后应重点以原创性、突破性的论文,以及重视实际应用性的论文为主,多在国际国内高水平科技期刊发声,以此来提升和扩大高寒草甸方面研究成果的影响力。

在现代科学发展条件下,越来越多的科技工作者都需要以合作的方式攻克研究难题^[17],群体合作已成为一种新的趋势和手段,对某一研究领域的发展起着重要推动作用^[24]。从 Vosviewer 的分析图可以看出中英文论文的机构合作网络均是以中国科学院西北高原生物研究所、兰州大学为主要中心,说明高校和科研院所在高寒草甸的研究过程中发挥着重要作用,而且与很多机构间均有联线,离散程度较低,证明其与国内外各科研机构间的合作关系较为紧密,合作程度较高。此外,北京师范大学、北京大学、南京大学等研究单位对高寒草甸的关注和贡献,突破了地理距离会阻碍创新合作和科研主导力扩散^[17]这一结论。此外,结合主要作者及其合作的关系网络图(图 2)可以看出,以李英年、周华坤、杜国祯、汪诗平、曹广民等为代表的学者及其团队,在高寒草甸研究方面起到了“领头雁”的作用,但主要以同一单位或同一课题组的研究团队为主,与国内和国外不同单位、不同团队交流合作相对较少。今后应加强不同研究机构、不同学科交叉、理论创新-实际应用等方面的多元合作。

高寒草甸是我国陆地生态系统中除了热带雨林外物种多样性最高,类型和结构最为复杂,但同时极其敏感而脆弱的生态系统之一^[25],国内外学者重点研究了高寒草甸对全球变化的响应与适应机制^[26-27]、生物多样性与生态系统功能^[28]、土壤碳氮储量及其空间分异^[29-31]、生态系统结构与功能^[32-33]、退化草地特征及其修复技术^[34-36]、人类活动(放牧)对高寒草甸植物-土壤影响^[37-38]等方面,在微观和宏观尺度上开展了较多研究,得出了较为一致的观点,如高寒草甸地区升温趋势更加明显,在有效控制人类活动强度的同时,应对气候变化已成为高寒草甸地区生态环境必须面对的严峻挑战^[39]。但也存在不足之处,高寒草甸作为北半球气候的“敏感区”,如何加强其生态系统组分多样性,进而增强稳定性,以及如何联动保护该地区珍稀野生动植物的有效措施,还需加强相关研究。此外,较多的研究重视了生态功能而忽视了生产功能^[40],如何在保障生态

功能优先的条件下,合理配置高寒草甸的生产功能和生态功能,这对国家和地区科学布局生态系统保护和修复工程具有重要的指导作用,但目前尚少见有效的研究结论。

高寒草甸生态系统的保护与修复,是筑牢我国高寒地区生态安全屏障的重要环节^[41]。因此,需要利用新技术、新手段、新方法开展相关科学研究,对于进一步精准摸清高寒草甸生态系统的家底资料,科学评估目前存在的主要生态问题,积极促进相关科学研究的成果转化,实施更具针对性的生态保护与修复治理措施,从而为该地区的可持续发展提供更多理论支撑和应用指导。

参考文献(References):

- [1] 刚成诚,王钊齐,杨悦,陈奕兆,张艳珍,李建龙,程积民. 近百年全球草地生态系统净初级生产力时空动态对气候变化的响应. 草业学报, 2016, 25(11): 1-14.
- [2] 沈海花,朱言坤,赵霞,耿晓庆,高树琴,方精云. 中国草地资源的现状分析. 科学通报, 2016, 61(2): 139-154.
- [3] Wang Z Q, Zhang Y Z, Yang Y, Zhou W, Gang C C, Zhang Y, Li J L, An R, Wang K, Odeh L, Qi J G. Quantitative assess the driving forces on the grassland degradation in the Qinghai - Tibet Plateau, in China. *Ecological Informatics*, 2016, 33: 32-44.
- [4] Fang J Y, Yu G R, Liu L L, Hu S J, Chapin III F S. Climate change, human impacts, and carbon sequestration in China. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2018, 115(16): 4015-4020.
- [5] Jiang L L, Jiapaer G, Bao A M, Guo H, Ndayisaba F. Vegetation dynamics and responses to climate change and human activities in Central Asia. *Science of the Total Environment*, 2017, 599-600: 967-980.
- [6] Bai Y F, Han X G, Wu J G, Chen Z Z, Li L H. Ecosystem stability and compensatory effects in the Inner Mongolia grassland. *Nature*, 2004, 431(7005): 181-184.
- [7] 陈佐忠. 草原生态系统 20 年定位研究进展与展望. 中国草地, 1999, (3): 1-10, 27-27.
- [8] 张君红,王健宇,孟泽昕,何佳,董政宏,刘凯茜,陈文青. 土壤微生物多样性通过共现网络复杂性表征高寒草甸生态系统多功能性. 生态学报, 2022, 42(7): 2542-2558.
- [9] Chuan X Z, Carlyle C N, Bork E W, Chang S X, Hewins D B. Extracellular enzyme activity in grass litter varies with grazing history, environment and plant species in temperate grasslands. *Science of the Total Environment*, 2020, 702: 134562.
- [10] 罗久富,周金星,赵文霞,董林水,郑景明. 围栏措施对青藏高原高寒草甸群落结构和稳定性的影响. 草业科学, 2017, 34(3): 565-574.
- [11] 王金亭. 青藏高原高山植被的初步研究. 植物生态学与地植物学学报, 1988, 12(2): 81-90.
- [12] 李博. 中国北方草地退化及其防治对策. 中国农业科学, 1997, 30(6): 2-10.
- [13] Liu M X, Zhang G J, Yin F L, Wang S Y, Li L. Relationship between biodiversity and ecosystem multifunctionality along the elevation gradient in alpine meadows on the eastern Qinghai-Tibetan plateau. *Ecological Indicators*, 2022, 141: 109097.
- [14] 马玉寿,郎百宁,李青云,施建军,董全民. 江河源区高寒草甸退化草地恢复与重建技术研究. 草业科学, 2002, 19(9): 1-5.
- [15] 王堃,洪绶曾,宗锦耀. “三江源”地区草地资源现状及持续利用途径. 草地学报, 2005, 13(S1): 28-31, 47-47.
- [16] 高懋芳,邱建军,刘三超,刘宏斌,王立刚,逢焕成. 基于文献计量的农业面源污染研究发展态势分析. 中国农业科学, 2014, 47(6): 1140-1150.
- [17] 陈林,曹萌豪,宋乃平,李学斌,邱开阳,庞丹波. 中国荒漠草原的研究态势与热点分析——基于文献计量研究. 生态学报, 2021, 41(24): 9990-10000.
- [18] 邵建翔,刘育红,马辉,魏卫东. 退化高寒草地浅层土壤理化性质 Meta 分析. 草地学报, 2022, 30(6): 1370-1378.
- [19] 刘坤,袁新,肖寒予,董航. 2000—2019 年西藏草地植被覆盖度对气温和降水变化的响应. 中国资源综合利用, 2022, 40(5): 95-99, 103-103.
- [20] 王云英,裴薇薇,辛莹,郭小伟,杜岩功. 2008—2015 年高寒草甸土壤有机碳变化特征及影响因素解析. 中国草地学报, 2021, 43(12): 47-54.
- [21] 郑梅迎,林伟,徐茜,彭玉龙,刘明宏,龚鹏飞,刘跃东,孔凡玉,张继光. 基于 CNKI 数据库的土壤酸化文献计量分析. 土壤, 2020, 52(4): 811-818.
- [22] Van Eck N J, Waltman L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 2010, 84(2): 523-538.
- [23] 宋长青,谭文峰. 基于文献计量分析的近 30 年国内外土壤科学发展过程解析. 土壤学报, 2015, 52(5): 957-969.
- [24] 白文明,周青平,张文浩. 青藏高原和内蒙古高原草地全球变化生态学控制实验研究比较. 西南民族大学学报: 自然科学版, 2016, 42(4): 355-363.
- [25] Chen H, Zhu Q, Peng C H, Wu N, Wang Y F, Fang X Q, Gao Y H, Zhu D, Yang G, Tian J Q, Kang X M, Piao S L, Ouyang H, Xiang W H,

- Luo Z B, Jiang H, Song X Z, Zhang Y, Yu G R, Zhao X Q, Gong P, Yao T D, Wu J H. The impacts of climate change and human activities on biogeochemical cycles on the Qinghai-Tibetan Plateau. *Global Change Biology*, 2013, 19(10): 2940-2955.
- [26] 王谋, 李勇, 白宪洲, 黄润秋. 全球变暖对青藏高原腹地草地资源的影响. *自然资源学报*, 2004, 19(3): 331-336.
- [27] 杨元合. 全球变化背景下的高寒生态过程. *植物生态学报*, 2018, 42(1): 1-5.
- [28] 张中华, 周华坤, 赵新全, 姚步青, 马真, 董全民, 张振华, 王文颖, 杨元武. 青藏高原高寒草地生物多样性与生态系统功能的关系. *生物多样性*, 2018, 26(2): 111-129.
- [29] 陶贞, 沈承德, 高全洲, 孙彦敏, 易惟熙, 李英年. 高寒草甸土壤有机碳储量及其垂直分布特征. *地理学报*, 2006, 61(7): 720-728.
- [30] 刘淑丽, 林丽, 郭小伟, 李婧, 欧阳经政, 杜岩功, 张法伟, 李以康, 曹广民. 青海省高寒草地土壤无机碳储量空间分异特征. *生态学报*, 2014, 34(20): 5953-5961.
- [31] 全小龙, 段中华, 乔有明, 裴海昆, 陈梦词, 何桂芳. 不同高寒草甸土壤碳氮稳定同位素和密度的差异. *草业学报*, 2016, 25(12): 27-34.
- [32] 王一博, 王根绪, 程玉菲, 李元寿. 青藏高原典型寒冻土壤对高寒生态系统变化的响应. *冰川冻土*, 2006, 28(5): 633-641.
- [33] 周华坤, 周立, 赵新全, 刘伟, 李英年, 古松, 周兴民. 青藏高原高寒草甸生态系统稳定性研究. *科学通报*, 2006, 51(1): 63-69.
- [34] 任卓然, 邵新庆, 李金升, 李慧, 何宜璇, 古维娜, 王茹颖, 杨灵婧, 刘克思. 微生物菌肥对退化高寒草甸地上生物量和土壤理化性质的影响. *草地学报*, 2021, 29(10): 2265-2273.
- [35] 李强, 何国兴, 刘志刚, 关文昊, 乔欢欢, 张德罡, 韩天虎, 孙斌, 潘冬荣, 柳小妮. 东祁连山高寒草甸植被特征和生物多样性对生境的响应. *草地学报*, 2022, 30(1): 169-177.
- [36] 王采娥, 黄梅, 王文银, 李子好, 张涛, 马林, 白彦福, 王彦龙, 施建军, 龙瑞军, 刘玉, 王晓丽, 马玉寿, 尚占环. 三江源区高寒坡地退化植物群落多样性和地上生物量沿海拔梯度的变化特征. *生态学报*, 2022, 42(9): 3640-3655.
- [37] 张芊妤, 曾奕丰, 李文洁, 申洁, 王硕华, 王树林, 阿的鲁骥, 李岚, 侯扶江. 季节放牧下青藏高原高寒草甸牧草生物量空间分布特征. *草业科学*, 2022, 39(2): 318-327.
- [38] 姚喜喜, 才华, 李长慧. 封育和放牧对高寒草甸植被群落特征和土壤特性的影响. *草地学报*, 2021, 29(S1): 128-136.
- [39] 梁大林, 唐海萍. 青藏高原两种高寒草地植被变化及其水温驱动因素分析. *生态学报*, 2022, 42(1): 287-300.
- [40] 马玉寿, 周华坤, 邵新庆, 赵之重, 赵亮, 董世魁, 王晓丽. 三江源区退化高寒生态系统恢复技术与示范. *生态学报*, 2016, 36(22): 7078-7082.
- [41] 刘兴元, 龙瑞军. 藏北高寒草地生态补偿机制与方案. *生态学报*, 2013, 33(11): 3404-3414.