



## 近15年草地领域国际研究态势分析

赵婉雨 孙玉玲 田黔宁

### A bibliometric analysis of international research on grasslands from 2007 to 2021

ZHAO Wanyu, SUN Yuling, TIAN Qianning

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2022-0158>

## 您可能感兴趣的其他文章

### Articles you may be interested in

#### 基于Web of Science与CNKI的寄生性杂草列当的相关研究态势分析

Bibliometric analysis of research trends on the parasitic root weeds of the *Orobanchae* spp. based on Web of Science and CNKI

草业科学. 2020, 37(9): 1738 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2019-0631>

#### 基于文献计量分析的披碱草属植物研究进展

Bibliometric-based analysis of advances in research on *Elymus*

草业科学. 2021, 38(9): 1793 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0165>

#### 基于文献计量分析的植物多倍体诱导研究进展

Research progress of plant polyploidy induction: A bibliometric analysis

草业科学. 2021, 38(10): 2050 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0212>

#### 草地生态修复技术应用的文献计量分析

A bibliometric analysis of the application of grassland ecological restoration technology

草业科学. 2020, 37(4): 685 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2019-0318>

#### 基于CiteSpace中国草牧业研究的文献计量分析

Bibliometric analysis of grass-based livestock husbandry in China

草业科学. 2021, 38(5): 976 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2020-0618>

#### 基于CNKI数据库的牦牛文献计量分析

Bibliometric analysis of yak based on the China National Knowledge Infrastructure database

草业科学. 2019, 36(8): 2151 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2018-0587>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2022-0158

赵婉雨, 孙玉玲, 田黔宁. 近 15 年草地领域国际研究态势分析. 草业科学, 2023, 40(3): 815-829.

ZHAO W Y, SUN Y L, TIAN Q N. A bibliometric analysis of international research on grasslands from 2007 to 2021. Pratacultural Science, 2023, 40(3): 815-829.

## 近 15 年草地领域国际研究态势分析

赵婉雨<sup>1</sup>, 孙玉玲<sup>1</sup>, 田黔宁<sup>2</sup>

(1. 中国科学院文献情报中心, 北京 100190; 2. 中国地质图书馆, 北京 100083)

**摘要:** 草地资源在陆地生态系统中发挥着重要的作用, 草地生态系统对维系生态平衡、区域经济发展具有重要价值, 草地领域研究已经成为近年来国际关注的热点。为全面宏观地了解草地领域最新国际研究进展和发展态势, 本研究基于 Web of Science 核心合集中的 SCI-Expanded (SCIE) 和 Social Sciences Citation Index (SSCI) 数据库, 检索并分析了近 15 年 (2007–2021 年) 草地领域的相关论文。结果表明, 近 15 年, 全球范围内草地领域年度发文量呈上升趋势, 发文领域呈学科交叉融合态势, 美国在该领域的发文量居全球首位, 中国位居第二, 中国科学院发文量远大于其他机构。研究主题集中在草地生态系统生物多样性、草地农业生态学研究、草地生态系统对全球气候变化的响应、草地土壤研究、草地资源监测与管理、草地生态系统的竞争/适应和演替过程、生物地球化学循环和物种入侵 8 个方面, 机器学习等新兴技术手段在草地监测领域的应用、草地土壤健康、草地退化与荒漠化研究是近年来重点关注的方向。

**关键词:** 草地; 文献计量分析; 研究态势; Web of Science 核心合集; 主题聚类

文献标志码: A 文章编号: 1001-0629(2023)03-0815-15

### A bibliometric analysis of international research on grasslands from 2007 to 2021

ZHAO Wanyu<sup>1</sup>, SUN Yuling<sup>1</sup>, TIAN Qianning<sup>2</sup>

(1. National Science Library of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

2. National Geological Library of China, Geoscience Documentation Center, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Grassland resources play an important role in terrestrial ecosystems, and grassland ecosystems are of great significance in maintaining ecological balance and regional economic development. Research in grasslands has received international attention in recent years. This study analyzed relevant publications on grassland ecosystems from the years 2007–2021, based on the SCI-Expanded (SCIE) and Social Sciences Citation Index (SSCI) databases in the Web of Science Core Collection, in order to establish a comprehensive understanding of trends in grassland research and development. The results showed that the annual number of publications on grasslands has steadily increased and that there is a trend of interdisciplinary research occurring. The United States ranks first in the number of publications and China ranks second, with the Chinese Academy of Sciences publishing significantly more papers than other institutions. In the 15-year interval under review, focus has been given mainly to eight areas, namely grassland ecosystem biodiversity, grassland agroecology, grassland ecosystem response to climate change, soil research, grassland monitoring and management, ecosystem competition/adaptation and succession processes, biogeochemical cycles, and species invasion. The application of machine learning and other emerging technologies in the field of grassland monitoring, soil health, grassland degradation, and desertification have received considerable attention in recent years.

收稿日期: 2022-03-10 接受日期: 2022-06-14

基金项目: 中国地质调查局国际地质调查动态跟踪与分析 (DD20190414)

第一作者: 赵婉雨 (1989-), 女, 陕西西安人, 馆员, 硕士, 研究方向为地球环境领域情报调研与分析。E-mail: zhaowuy@mail.las.ac.cn

通信作者: 孙玉玲 (1979-), 女, 内蒙古兴安盟人, 副研究馆员, 硕士, 研究方向为生态文明战略情报与绿色低碳发展。E-mail: sunyl@mail.las.ac.cn

**Keywords:** grassland; bibliometric analysis; research trends; The Web of Science Core Collection; Topic clustering

**Corresponding author:** SUN Yuling E-mail: [sunyl@mail.las.ac.cn](mailto:sunyl@mail.las.ac.cn)

草地是世界上面积最大的陆地生态系统,为地球提供了气候调节、固碳释氧、维持生物多样性、养分循环和土壤保护等重要生态功能,并且具有重要的社会、经济、文化和娱乐等功能。地球上大约1/4的土地被草原覆盖,除极地、极端干旱地区和最高山脉外,几乎所有气候带都有草地分布<sup>[1]</sup>。

全球主要国家在草地资源管理方面都出台了相关的战略政策,并布局实施相关项目与工程,为草地生态系统保护做出重要努力。美国出台了多部草地和牧场管理方面的法律,并且具有很强的针对性和可操作性<sup>[2]</sup>,此外还出台了一系列草地保护相关政策和行动计划,加大草原管理投资力度,不断强化草原调查监测评估,提升草地监测体系能力建设<sup>[3]</sup>。澳大利亚则非常重视生物多样性保护和入侵物种防治,在杂草、生物多样性、入侵物种以及原生植被等<sup>[4-7]</sup>方面做出了相关政策规划,注重整个草地生态系统的协调和保护。新西兰和巴西对草地管理和保护主要集中在牧场维护方面。

中国草地面积约占世界草地总面积的12.5%,占中国土地总面积的41.41%,其中约84.3%的草地是可利用的,是我国自然资源的重要组成部分,在维护国家环境安全和全国粮食供应方面发挥着至关重要的作用。我国在改善和保护草地资源方面作出很大努力,自1985年第一部全国性质的《草原法》颁布以来,各省(市、自治区)也相应制定了一系列关于禁止草原耕作、限制过度放牧、禁止采药/采矿和越野行驶、控制野火、消灭害虫和啮齿动物等政策法规;此外,2000年以来,我国先后成功启动了多个大型草地整治与环境治理工程,并且建立了全面的草地监测和早期灾害预警系统<sup>[8]</sup>。

2007年,生态文明概念作为国策正式提出,2012年,党的十八大确立了生态文明建设在社会主义建设“五位一体”总体布局中的核心地位。此后,中共中央、国务院就推进生态文明建设做出一系列决策部署。近15年来,我国草地领域的研究快速发展,目前已有较多基于文献计量的草地研究,但多集中在草地领域的某一方面,如草地遥感、草地农业、草地退化与恢复治理、草地保护技术等<sup>[9-13]</sup>,或是对草

地领域某一期刊或某几种期刊的引文分析<sup>[14]</sup>,尚未有对全球草地研究总体情况的宏观分析。为了能够更加全面地了解草地领域的研究进展,以及不同维度下草地领域的发展现状和研究态势,本研究采用文献计量学方法,从论文的年度变化趋势、发文期刊、重点发文国家与研究机构以及热点研究主题等方面,对近15年(2007—2021年)草地领域的研究论文进行了分析,以期对我国草地领域未来的研究发展提供有效参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 数据来源

本研究采用的分析数据来源于科睿唯安下Web of Science平台核心合集的SCIE数据库(SCI-Expanded)和SSCI数据库(Social Sciences Citation Index),检索年代限制在2007—2021年,检索日期为2022年2月。整理草地的不同类型和表达,并利用相关关键词设计检索策略为TI = (grassland\* or rangeland\* or meadow\* or savanna\* or steppe or steppes or prairie\* or grassplot\* or greensward\* or pasture\*) NOT TS = (“prairie vole\*” or “prairie dog\*” or “prairie chicken\*” or “steppe buzzard\*”),文献类型限制为“article”和“review”,共计检索得到草地领域相关文献32 336篇。

### 1.2 分析方法

本研究利用Web of Science平台自带分析工具、Derwent Data Analyzer (DDA)、Excel 2019和VOSviewer对检索到的数据结果从发文趋势、期刊、国家、机构、主题关键词等维度进行分类清洗、共现、聚类等相关分析,并绘制相关知识图谱,以了解领域研究热点和研究趋势(图1)。

## 2 结果与分析

### 2.1 研究论文发展趋势

草地领域2007—2021年的发文数量总体呈上升态势,从2007年的1 415篇增长到2020年的2 782篇,增长96.6%(图2);2017年以来增长率稳定

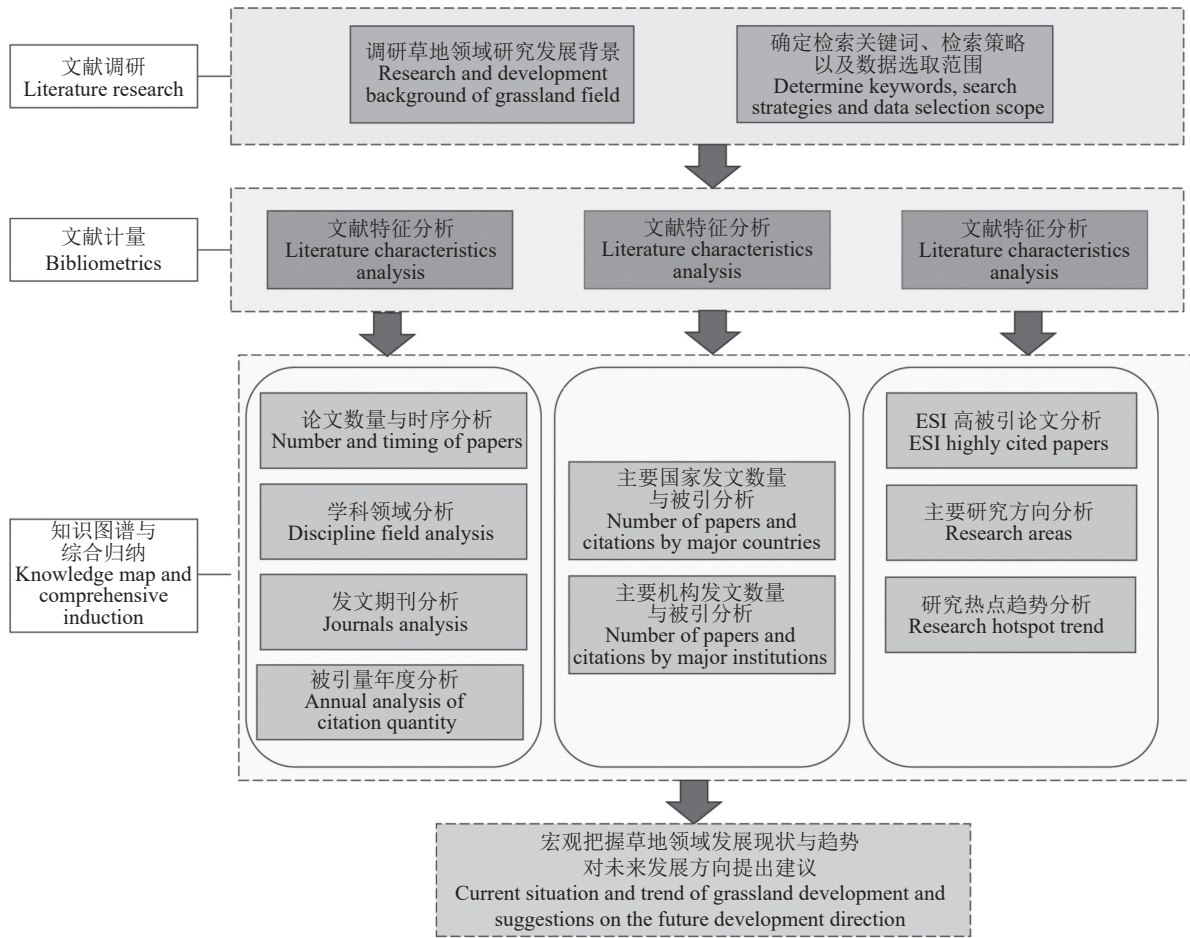


图 1 草地领域研究态势分析方法

Figure 1 Analysis method of reviewing research on grasslands

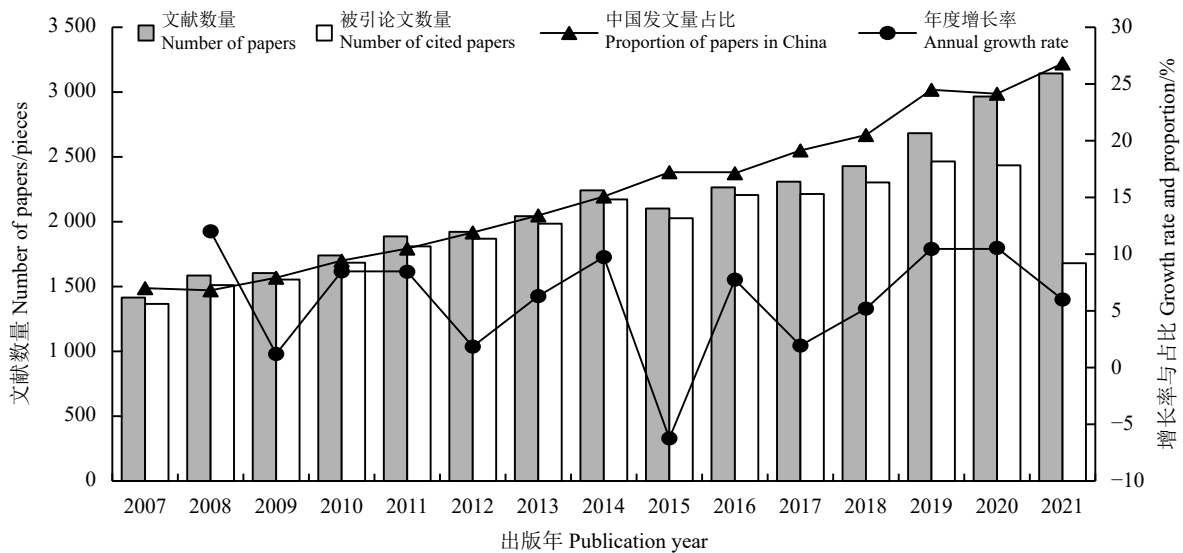


图 2 草地领域研究年度发文趋势变化

Figure 2 Annual trends of published papers on grassland research

上升,草地领域研究规模快速扩增。被引频次可以用来反映论文的学术影响力和学术价值,论文的被

引频次与时间积累效应相关,2007—2019年的论文被引率均超过 90%。从中国的发文量占比变化可以

看到,近年来我国在该领域的发展势头强劲,2018年以来发表的文献数量已占当年全球该领域文献数量的20%以上(图2)。

## 2.2 主要发文期刊

2007—2021年,全球草地领域相关论文共发表在2114个期刊上,平均每个期刊发文约14篇(表1)。对该领域发文量前10位的期刊进行分析,从发文量

上来看, *Agriculture Ecosystems and Environment* 以652篇论文位列第一, *PLoS One* 以563篇论文位列第二, *Rangeland Ecology and Management* 以506篇论文紧随其后(表1)。从期刊的研究方向来看,以农业生态、环境科学、土壤科学和植物科学的期刊为主(表1)。从期刊水平来看,有5种期刊位于Q1区,其中 *Global Change Biology* 的影响因子最高,为10.863(表1)。

表1 全球草地领域研究发文量TOP10期刊  
Table 1 Top 10 journals that published papers on grasslands in 2007 to 2021

序号 Rank	期刊名称 Journal	发文量 Number of papers	影响因子(2020) Impact factor (2020)	JCR分区 Journal Citation Reports
1	<i>Agriculture Ecosystems and Environment</i>	652	5.567	Q1
2	<i>PLoS One</i>	563	3.240	Q2
3	<i>Rangeland Ecology and Management</i>	506	2.019	Q3
4	<i>Plant and Soil</i>	461	4.192	Q1
5	<i>Science of the Total Environment</i>	434	7.963	Q1
6	<i>Journal of Arid Environments</i>	367	2.211	Q3
7	<i>Soil Biology &amp; Biochemistry</i>	357	7.609	Q1
8	<i>Global Change Biology</i>	302	10.863	Q1
9	<i>Rangeland Journal</i>	289	1.090	Q4
10	<i>Plant Ecology</i>	286	1.854	Q2

## 2.3 学科类别分析

从近15年草地领域发文的学科类别分布可以看到,生态学(10109篇)和环境科学(7454篇)是最主要的学科领域,二者的发文总和占比超过50%,其次依次为植物科学(4248篇)、土壤科学(3197篇)、农艺学(2583篇)、生物多样性保护(2445篇)、农业多学科(2148篇)、农业乳品动物科学林学(2046篇)和地球科学多学科(1866篇)等。部分文章所属不同学科类别,总体来说草地领域研究呈现学科交叉融合态势(图3)。

## 2.4 重点发文国家与机构分布

近15年,全球共有160个国家和地区在草地领域发表文章,本研究主要分析发文数量最多的前十个国家,这些国家同时也是草原面积相对较大的国家(图4)。发文量最多的是美国,共有8541篇论文发表,占整个领域发文量的18%,数量远远高于其他国家;发文量位列第二的是中国,共有5446篇相

关研究的论文发表,占领域总发文量的11%;第三梯队为发文量超过1000篇的国家,包括巴西、德国、澳大利亚、加拿大、法国、英国、南非和新西兰等。TOP10国家的发文量占比约为63%,说明全球的草地研究目前以这些国家为主(图4)。

h指数和篇均被引频次可用于评估国家、机构、研究人员等的学术产出数量与学术产出水平。从TOP10国家的论文影响力来看,美国的h指数为145,篇均被引频次为22.59次,美国不仅发文数量全球领先,h指数也最高,说明论文影响力水平较高;中国的h指数为105,篇均被引频次为17.89;巴西虽然发文量较多,但是其h指数仅为71,篇均被引频次为13.11次;英国的篇均被引频次最高(27.18次),说明英国的研究论文质量较高(图4)。

从草地领域发文量TOP10国家的合作发文情况来看,受各地区的草地类型和气候类型差异影响,美国、中国、巴西、加拿大和新西兰的发文以独

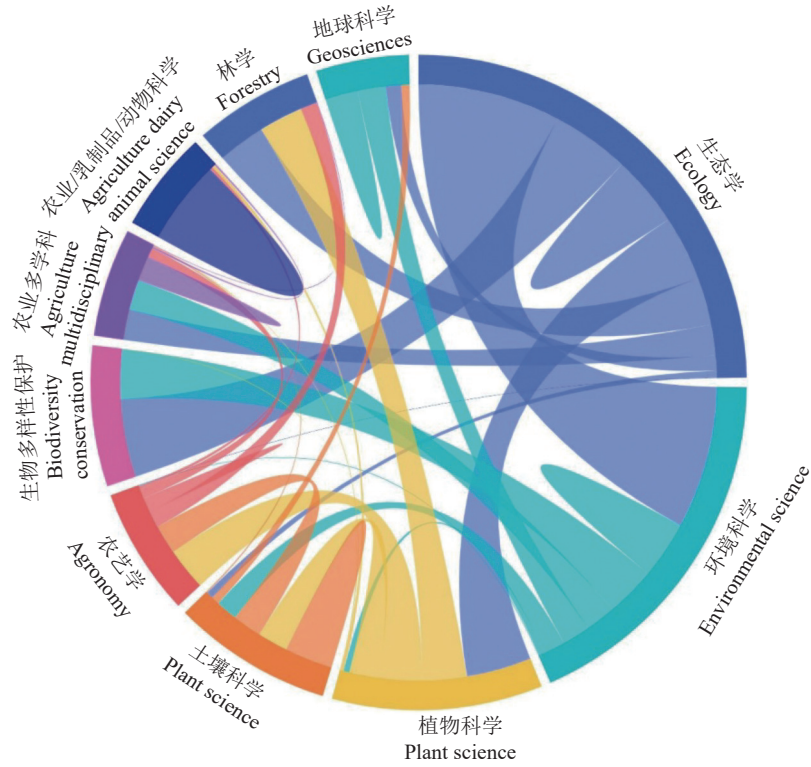


图 3 草地领域研究论文学科交叉分析

Figure 3 Interdisciplinary analysis of research papers in grassland research

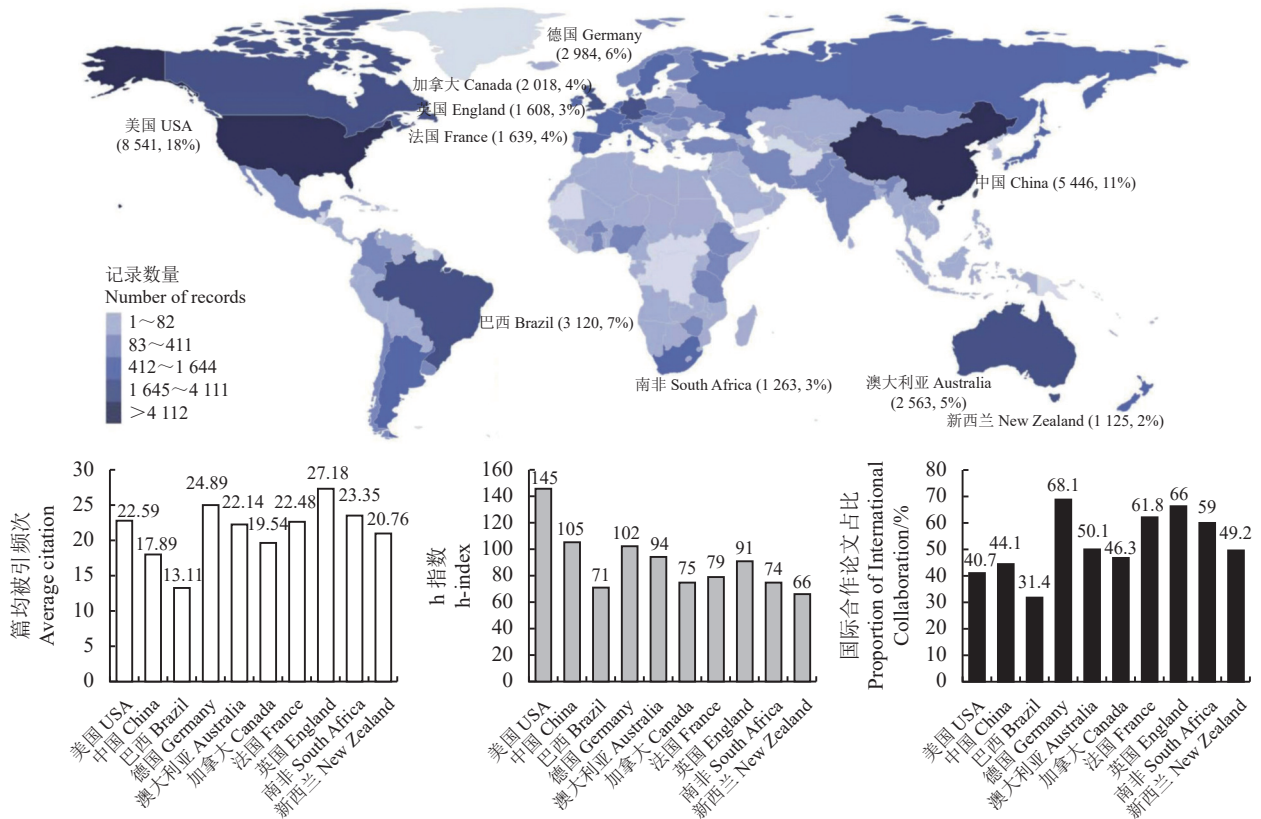


图 4 草地领域发文量 TOP 10 国家分布

Figure 4 Top 10 countries that published papers on grassland research

立发文为主,国际合作论文占比不超过 50%; 欧洲国家,如德国、法国和英国的合作发文较多,均超过 60% (图 4)。此外,从主要合作国家的分布来看,发文量高的国家之间合作较多。

对近 15 年发文量排名前 25 名的机构分析发现,从发文量来看,中国科学院共发表 2 737 篇论文,发文量远高于其他机构,位居第一;排在第二位的是美国农业部,共发表 1 032 篇论文;法国国家农

业食品与环境研究院以 554 篇位列第三 (表 2)。

从机构类型来看,发文机构以大学为主,有 16 个;科研院所有 5 家,包括中国科学院、法国国家农业食品与环境研究院、俄罗斯科学院、中国农业科学院和新西兰农业科学院;政府机构有 4 家,以农业领域管理部门为主,包括美国农业部、加拿大农业及农业食品部、美国地质调查局和爱尔兰农业与食品发展部 (表 2)。

表 2 草地领域发文量 TOP 25 机构分布情况  
Table 2 Top 25 organizations determined by the number of published papers in grassland research

序号 Rank	机构名称 Institution	发文量 Number of papers	篇均被引频次 Average cited frequency per paper	所属国家 Country
1	中国科学院 Chinese Academy of Science	2 737	19.82	中国 China
2	美国农业部 United States Department of Agriculture	1 032	21.94	美国 USA
3	法国国家农业食品与环境研究院 National Research Institute for Agriculture, Food and Environment	512	25.09	法国 France
4	兰州大学 Lanzhou University	493	17.58	中国 China
5	俄罗斯科学院 Russian Academy of Science	407	7.09	俄罗斯 Russia
6	科罗拉多州立大学 Colorado State University	398	33.24	美国 USA
7	加拿大农业及农业食品部 Agriculture and Agri-Food Canada	378	17.76	加拿大 Canada
8	美国地质调查局 United States Geological Survey	366	21.75	美国 USA
9	中国农业科学院 Chinese Academy of Agricultural Sciences	352	11.76	中国 China
10	北京师范大学 Beijing Normal University	347	16.13	中国 China
11	巴西利亚大学 University of Brasilia	329	21.68	巴西 Brazil
12	萨斯喀彻温大学 University of Saskatchewan	326	15.81	加拿大 Canada
13	佛罗里达大学 University of Florida	324	16.51	美国 USA
14	堪萨斯州立大学 Kansas State University	313	21.61	美国 USA
15	爱尔兰农业与食品发展部 Teagasc - The Agriculture and Food Development Authority	310	19.73	爱尔兰 Ireland
16	明尼苏达大学 University of Minnesota System	309	40.92	美国 USA
17	瓦格宁根大学 Wageningen University & Research	309	26.62	荷兰 Netherlands
18	西北农林科技大学 Northwest A&F University	303	16.46	中国 China
19	南大河联邦大学 Federal University of Rio Grande do Sul	303	14.06	巴西 Brazil
20	北京大学 Peking University	298	23.88	中国 China
21	圣保罗大学 University of São Paulo	296	14.03	巴西 Brazil
22	新西兰农业科学院 New Zealand National Academy of Agricultural Sciences	286	19.10	新西兰 New Zealand
23	哥廷根大学 University of Göttingen	274	32.59	德国 Germany
24	西澳大学 University of Western Australia	270	19.95	澳大利亚 Australia
25	爱荷华州立大学 Iowa State University	266	28.75	美国 USA

从机构所属国家来看,发文量前25的机构中,美国的机构有7家,中国机构共6家(表2)。除了中国科学院,兰州大学、中国农业科学院、北京师范大学、西北农林科技大学和北京大学在该领域也投入较多,如兰州大学有草地农业生态系统国家重点实验室,主要以草类植物资源抗逆种质创新与利用、草地农业系统耦合与管理、栽培草地生态系统与食物安全3个核心科学问题为主要研究方向;中国农业科学院下设草原研究所,重点聚焦草种质资源收集、评价、保存与利用,草新品种培育、制种与栽培研究,草产品加工与质量安全,草地灾害预警与防控,草地机械与装备研创,草地生态保护利用、管理与政策研究,草牧业突发问题应急任务等7个研究方向<sup>[15]</sup>;西北农林科技大学下设草业与草原学院,形成了草种质资源与逆境生物学、牧草生理与栽培技术、牧草育种与种子科学、草产品与草畜系统、草坪草生理生态、草地生态理论与技术和草原信息化与监测等相对稳定得学科方向和团队。此外,巴西和加拿大分别有3家和2家机构上榜,法国、俄罗斯、爱尔兰、荷兰、新西兰、德国和澳大利亚均各有1家机构位列TOP25。

从各机构的篇均被引频次来看,美国的明尼苏达大学篇均被引频次最高,为40.92,其次是美国科罗拉多州立大学和哥廷根大学,篇均被引频次分别为33.24和32.59(表2)。中国的6家机构中,篇均被引频次最高的为北京大学,为23.88(表2)。

## 2.5 研究主题分布

### 2.5.1 ESI高被引论文分析

通过基本科学指标数据库(Essential Science Indicators, ESI)高被引论文可以了解近年来的研究热点和趋势,截至2021年10月,草地ESI高被引论文共有89篇。对被引频次TOP10的ESI高被引论文进行分析(表3),研究内容主要包括热带草原和森林作为替代生物群落状态的全球范围和决定因素,热带森林和热带稀树草原对关键转变的全球复原力,土壤微生物群落对全球草原养分输入增加的反应,土地利用变化对草原和湿地的威胁,稀树草原—森林边界的植物性状、资源和火对热带生物群落分布的控制,草原植物多样性,草和草原生态系统的进化,草地土壤中不同管理类型细菌群落结构的评估,全球草原土壤微生物多样性以及草原植

被—火—气候关系等。

### 2.5.2 研究主题分布

关键词可以高度凝练文献研究内容,通过共现分析中的高频关键词可以了解领域研究的热点及变化趋势。选取词频大于30次的作者关键词,并进行清洗合并,共计得到作者关键词513个。利用VOSviewer对草地领域近15年的文献进行关键词聚类,每个节点代表一个关键词,节点大小代表关键词出现的频次高低。草地领域的主要研究方向主要聚焦在8个方面:草地生态系统生物多样性,草地农业生态学研究,草地生态系统对全球气候变化的响应,草地生态系统的土壤研究,草地资源监测与管理,草地生态系统的竞争、适应和演替过程,草地生态系统的生物地球化学循环,草地生态系统物种入侵(图5)。具体聚类信息如表4所列。

草地生态系统生物多样性领域的核心主题数量有123个,平均被引频次为17.12次,平均关联强度为158.57(图5、表4)。草地是地球上物种最丰富的栖息地之一,生物多样性研究与保护是国内外草业科学热点研究方向之一,研究内容主要包括放牧等人为干扰对草地生物多样性的影响、植被生存状态对草地退化的响应、生物多样性对生态系统功能的影响、生物多样性保护等方面。目前的研究多聚焦在草地植物群落以及微生物群落,与草地相关的其他动物群落受到的关注相对较少。

草地农业生态学研究的核心主题数量有88个,平均被引频次为12.69次,平均关联强度为168.10(图5、表4)。草地农业生态学对国家经济发展、生态环境研究保护的意义重大<sup>[10]</sup>,内容主要包括施肥和禁牧等农业措施对退化草地的恢复作用、草地土壤呼吸对施氮放牧的响应、放牧强度和其他服务之间的生态系统服务权衡、放牧草地生态系统服务评估、放牧/休牧对草地生态系统服务的影响以及草地放牧管理等方面。

草地生态系统对全球气候变化的响应领域的核心主题数量有83个,平均被引频次为23.22次,平均关联强度为235.58(图5、表4)。草地生态系统在提升碳汇和应对气候变化方面发挥着重要作用,尤其是分布在生态脆弱带的草地生态系统,如高寒草原、干旱半干旱环境的干草原和荒漠草原较易受到气候变化影响,因此针对全球气候变化对草地生态



表 3 草地领域 TOP 10 ESI 高被引论文  
Table 3 Top 10 ESI-cited papers on grassland research

序号 Rank	题名 Title	发表年份 Year	发文期刊 Journal	被引频次 Citation frequency	第一作者机构 Institute of first author
1	The global extent and determinants of savanna and forest as alternative biome states	2011	Science	719	普林斯顿大学 Princeton University
2	Global resilience of tropical forest and savanna to critical transitions	2011	Science	656	瓦格宁根大学 Wageningen University & Research
3	Consistent responses of soil microbial communities to elevated nutrient inputs in grasslands across the globe	2015	Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America	585	科罗拉多大学 University of Colorado
4	Recent land use change in the western corn belt threatens grasslands and wetlands	2013	Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America	539	南达科他州立大学 South Dakota State University
5	Ecological thresholds at the savanna-forest boundary: how plant traits, resources and fire govern the distribution of tropical biomes	2012	Ecology Letters	468	北卡罗来纳州立大学 North Carolina State University
6	Herbivores and nutrients control grassland plant diversity via light limitation	2014	Nature	451	明尼苏达大学 University of Minnesota System
7	Evolution of grasses and grassland ecosystems	2011	Annual Review of Earth and Planetary Sciences	391	华盛顿大学 University of Washington
8	Pyrosequencing-based assessment of bacterial community structure along different management types in German forest and grassland soils	2011	PLoS One	370	哥廷根大学 University of Gottingen
9	Plant diversity predicts beta but not alpha diversity of soil microbes across grasslands worldwide	2015	Ecology Letters	364	澳大利亚联邦科学与工业研究组织 Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation
10	Savanna vegetation-fire-climate relationships differ among continents	2014	Science	361	麦考瑞大学 Macquarie University

系统乃至整个陆地生态系统的影响研究具有重要意义<sup>[16]</sup>。气候变化对草地和草地生物区的影响包括季节性、年度、温度以及降水模式的变化,识别风险、减少脆弱性和管理草地系统以适应气候变化的条件是需要学者们关注的研究方向。

草地生态系统的土壤研究领域的核心主题数量有 78 个,平均被引频次为 21.42 次,平均关联强度为 136.03,研究内容主要包括草地生态系统的土地利用、草地土壤退化、不同草地类型土壤微生物功能群研究、草地土壤结构与土壤质量研究等方面

(图 5、表 4)。

草原资源监测与管理领域的核心主题数量有 54 个,平均被引频次为 22.96 次,平均关联强度为 196.98 (图 5、表 4)。与草原火灾相关的生态系统演替以及生物多样性变化对于生态系统功能至关重要,不同草原类型对火灾的反应各不相同,并由特定的物种组合和环境决定。该领域的研究内容主要包括火灾对草原恢复的影响、火在调节草原/森林之间关系的作用、草原火灾管理等方面。草地主要用于畜牧生产,草地的利用类型、利用强度和状况往



表 4 草地领域研究主题聚类分布  
Table 4 Clustering results of grassland research topics

序号 Rank	研究主题 Research topics	核心主题数量 Number of the keywords	平均被引频次 Average citations	平均关联强度 Average association strength	TOP 10关键词 TOP 10 keywords
1	草地生态系统生物多样性 Biodiversity of grassland ecosystems	123	17.12	158.57	生物多样性 Biodiversity, 物种丰富度 Species richness, 扰乱 Disturbance, 栖 地碎裂化 Habitat fragmentation, 草原鸟 类 Grassland birds, 植被结构 Vegetation structure, 遗传多样性 Genetic diversity, 季节性 Seasonality, 石灰质草原 Calcareous grasslands, 边 缘效应 Edge effect
2	草地农业生态学研究 Grassland agroecology research	88	12.69	168.10	放牧 Grazing, 施肥 Fertilization, 生态 系统服务 Ecosystem service, 植被 Vegetation, 奶牛 Dairy cow, 豆类 Legume, 建模 Modeling, 饲料 Forage, 备货率 Stocking rate, 草料质 量 Forage quality
3	草地生态系统对全球气候变化 的响应 Response of grassland ecosystems to global climate change	83	23.22	235.58	气候变化 Climate change, 高寒草原 Alpine grassland, 干旱 Drought, 土壤 湿度 Soil moisture, 降水量 Precipitation, 青藏高原 Tibetan plateau, 温带草原 Temperate grassland, 土壤呼吸作用 Soil respiration, 温度 Temperature, 蒸腾作 用 Evapotranspiration
4	草地生态系统的土壤研究 Soil research of grassland ecosystems	78	21.42	136.03	土地利用 Land use, 土壤有机碳 Soil organic carbon, 土壤有机质 Soil organic matter, 土壤肥力 Soil fertility, 微生物量 Microbial biomass, 降解 Degradation, 荒漠化 Desertification, 径流 Runoff, 土地退化 Land degradation, 过度放牧 Overgrazing
5	草地资源监测与管理 Grassland monitoring and management	54	22.96	196.98	稀树草原 Savannas, 火 Fire, 遥感 Remote sensing, 生物质 Biomass, 食草 动物 Herbivory, 归一化植被指数 NDVI, 物候学 Phenology, 中分辨率成 像光谱仪 MODIS, 灌木侵占 Shrub encroachment, 植被动态 Vegetation dynamics
6	草地生态系统的竞争、适应和 演替过程 Competition, adaptation, and succession of grassland ecosystems	44	18.09	154.52	竞争 Competition, 功能形状 Functional trait, 生态系统功能 Ecosystem function, 草原恢复 Grassland restoration, 演替 Succession, 群落结构 Community structure, 生态修复 Ecological restoration, 空间异质性 Spatial heterogeneity, 种子库 Seed bank, 次要演替 Secondary succession
7	草地生态系统的生物地球化学 循环 Biogeochemical cycles of grassland ecosystems	43	21.55	204.21	氮 Nitrogen, 磷 Phosphorus, 土壤 Soil, 氧化亚氮 Nitrous oxide, 海草草 甸 Seagrass meadows, 温室气体 Greenhouse gas, 甲烷 Methane, 稳定 同位素 Stable isotopes, 硝化和反硝化 作用 Nitrification and denitrification, 水 质 Water quality
8	草地生态系统物种入侵 Species invasion in grassland ecosystems	41	18.99	187.17	生产率 Productivity, 入侵物种 Invasive species, 植物多样性 Plant diversity, 植 物群落 Plant communities, 恢复力 Resilience, 丛枝菌根真菌 Arbuscular mycorrhizal fungi, 放牧牲畜 Livestock grazing, 共存 Coexistence, 适应性管 理 Adaptive management, 稳定 Stability

### 2.5.3 研究热点与发展趋势分析

利用 VOSviewer 对近 15 年草地领域论文的关键词聚类,每个节点代表一个关键词,节点大小代表关键词出现的频次高低;颜色代表研究时间,蓝色到黄色依次表示时间的远近,黄色区域代表近 5 年的研究热点,从上至下的每一列依次代表表 4 列出的研究主题(图 6)。

近年来,使用机器学习方法或者相关模型估算草地生物量、草地净初级生产力、评估草地生态系统呼吸、估算牧草碳氮磷含量以及评估草地监测数据等<sup>[17-21]</sup>方面成为学者关注的热点;此外,利用随机森林算法对草地生物量估算、利用遥感技术对草地植

被分类和监测等<sup>[22-24]</sup>也是较为近年来的研究趋势。

针对土壤健康的研究近年来在全世界范围受到越来越多的重视,土壤是草地植被生长发育的物质基础,土壤健康状况对草地资源的可持续发展起到关键性作用,草地土壤健康对于维持整个自然生态系统健康和实现可持续发展具有重要意义,关于草地土壤健康领域的相关研究呈现兴起态势<sup>[25-26]</sup>。主要研究内容包括通过放牧管理改善草地土壤健康、耕地草地重建后的土壤健康恢复、土壤有机碳管理以及从草地到大田作物转化的土壤健康变化等<sup>[27-30]</sup>。

《联合国防治荒漠化公约》在 2022 年 4 月 27 日

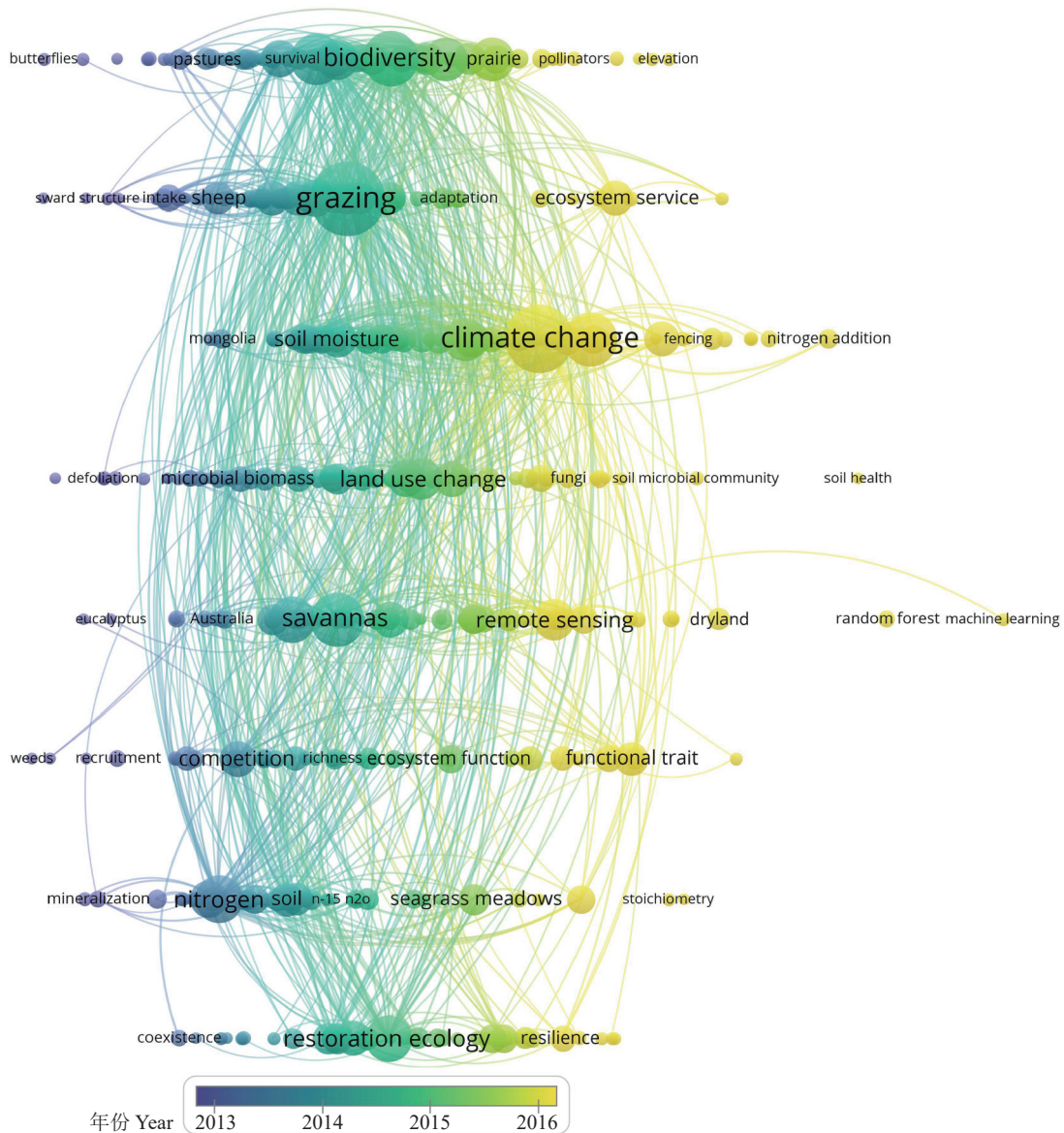


图 6 草地领域研究主题年度趋势变化  
Figure 6 Annual trends of grassland topics

出版的《全球土地展望 2》中提到，全球目前有 40% 的土地正在遭受退化<sup>[31]</sup>，草地退化与荒漠化成为可持续发展的威胁之一，带来生物量降低、生物多样性丧失、植物群落组成改变、水土流失面积扩大等严重负面效应，草地荒漠化和退化成为近年来的研究热点。近年来荒漠草原方面主要研究方向包括荒漠化草地生态系统中微生物群落的演替过程、荒漠草原草地生产力、荒漠草地生态系统中养分化学计量变化等<sup>[32-33]</sup>方面。草地退化领域的研究方向包括气候变化与人类活动对草地恢复/退化的影响、草原植被退化对土壤微生物生物量和活性的影响、草地退化后土壤碳/氮储量变化、草地退化的遥感监测等<sup>[34-37]</sup>方面。

### 3 讨论与结论

草地是全球生物多样性的来源之一，对于众多共存物种的多样性以及其提供的生态系统功能和服务具有非凡的重要性，同时也承载着广泛的人类活动历史，包括粮食生产、蓄洪、提供清洁水

源、碳存储以及其他文化服务功能。由于过度放牧、土地利用变化、物种入侵、大气 CO<sub>2</sub> 浓度的增加以及氮沉降等因素，草地受到持续退化的威胁，同时也破坏了其支持生物多样性以及生态系统服务功能<sup>[38]</sup>。《生物多样性公约》(CBD) 的生物多样性目标和联合国可持续发展目标 (SDGs)，包括恢复与可持续利用陆地生态系统、饥饿与减贫以及减缓气候变化等，同时这也是联合国生态系统恢复 10 年 (2021—2030 年) 行动计划的核心，有效防治草地退化以及草地生态恢复是一项重大的全球性挑战，同时也是实现生物多样性议程的关键目标。

本研究以 SCIE 和 SSCI 论文为数据来源，对 2007—2021 年国际草地研究论文进行文献计量和主题聚类分析，较为全面地总结了近 50 年全球草地领域的研究态势。当前全球草地领域的研究规模逐步扩增，并呈现学科交叉融合态势，研究主题包括草地生态系统生物多样性、草地农业生态学研究、草地生态系统对全球气候变化的响应、草地生态系统的土壤研究、草地资源监测与管理、草地生

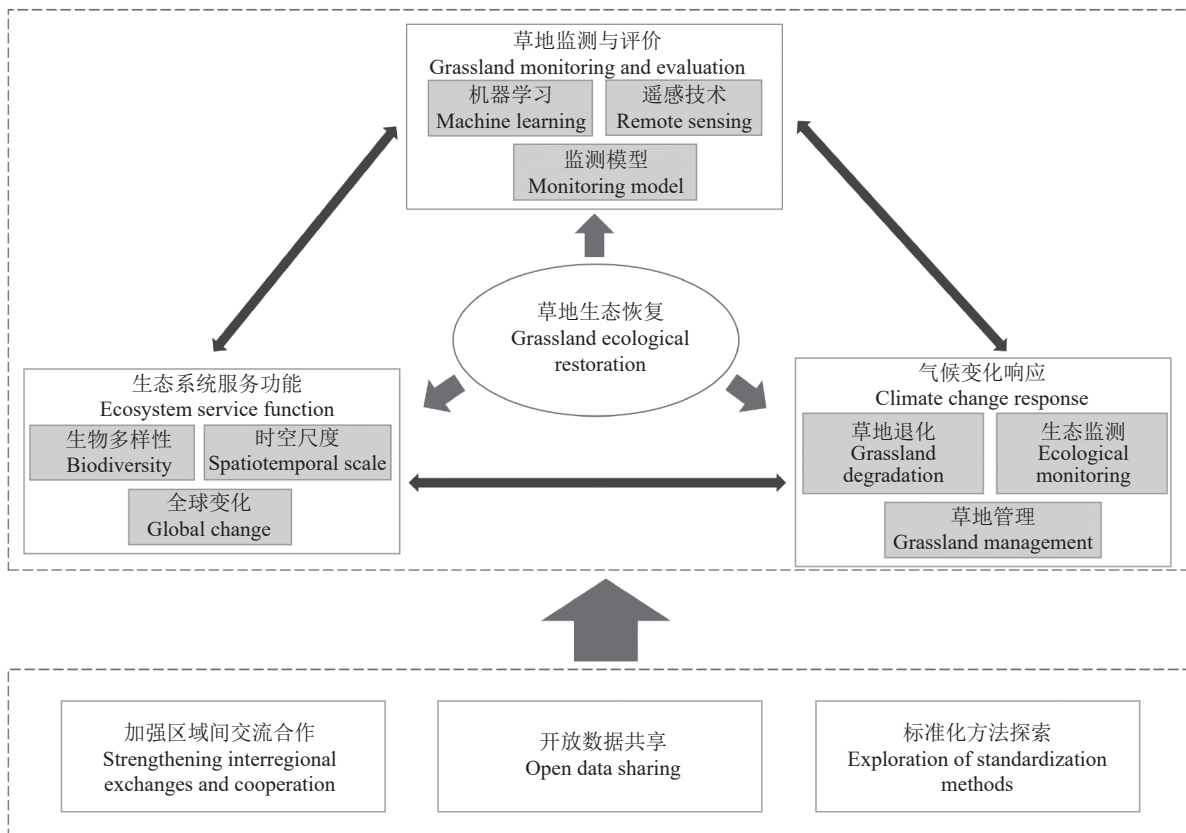


图 7 草地领域未来研究方向  
Figure 7 Future focuses of grassland research

生态系统的竞争、适应和演替过程、草地生态系统的生物地球化学循环、草地生态系统物种入侵等方面。针对当前全球草地生态系统面临的威胁,草地生态恢复科学和实践的进步对于改变自然栖息地丧失和生物多样性下降至关重要<sup>[39]</sup>。结合草地领域的研究趋势分析,未来的研究方向可以重点关注以下几个方面(图7):①草地监测与评价。监测对草地恢复至关重要,机器学习逐渐成为重要技术手段,结合遥感等地理信息技术和监测模型,对恢复草地的多个属性,包括生物量动态、草地退化情况、物种识别与分类、草地生态系统生物化学成分等进行有效监测和评估是需要关注的重点。②生物多样性与生态系统服务功能。由于人类活动的影响,生物多样性和生态系统服务正在迅速退化<sup>[40]</sup>,二者的关系也是目前新兴的热点研究方向,生物多样性维度、时空尺度以及全球变化驱动因素等对生态系统服务功能的影响是主要研究趋势。③草地生态系统对气候变化的响应。草地动植物群落会受到气候变化的影响,同时往往伴随着生物多样性的减少,恢复退化的草地可以提高对气候变化的抵御能力,并且保护人类免受土壤侵蚀、碳流失等其

他负面影响;未来可重点关注关键生态要素的长期动态监测、适应气候变化的草地管理体系建设等方面,对全球气候变化下的草地恢复具有重要意义。除此之外,受全球各地区的草地类型和气候类型差异影响,目前草地领域的研究多为区域内的小范围研究,未来需要解决地理差距的问题,探索标准化方法整合全球草地研究,加强国际间的研究合作和数据分享尤为重要。

我国近年来在草地领域的研究得到快速发展,论文增长率远高于其他国家,“十四五”是我国实现“碳达峰、碳中和”目标的关键时期,其中生态碳汇是实现碳中和目标的重要补充手段。草地生态系统是全球植被类型分布最广的生态系统,同时也是重要的碳汇资源库,在固碳减排、缓解气候变暖等方面发挥着重要作用,草地领域的科技研究工作起到关键支撑作用。随着山水林田湖草沙系统治理的不断推进,未来我国草地领域的研究可以加强草地遥感监测、草地生物多样性保育、荒漠化防治、草地土壤退化机制及保护技术、草地生态系统固碳减排等方面研究,持续拓展国际交流合作,以推动我国草地生态系统的健康可持续发展。

## 参考文献 References:

- [1] PETERMANN J S, BUZHDIYGAN O Y. Grassland biodiversity. *Current Biology*, 2021, 31(19): R1195-R1201.
- [2] 杨振海,李明,张英俊,曾珉,刘翔洲.美国草原保护与草原畜牧业发展的经验研究.世界农业,2015(1): 36-40.  
YANG Z H, LI M, ZHANG Y J, ZENG M, LIU X Z. An empirical study on grassland protection and grassland animal husbandry development in the United States. *World Agriculture*, 2015(1): 36-40.
- [3] 徐百志,杨智,石俊华,王秋菊,张禹.美国草原法律制度体系建设的借鉴与启示.林业资源管理,2020(3): 127-132.  
XU B Z, YANG Z, SHI J H, WANG Q J, ZHANG Y. References and inspiration from the development of United States grassland legal system. *Forest Resources Management*, 2020(3): 127-132.
- [4] Invasive Plants and Animals Committee. Australian Weeds Strategy 2017-2027. (2017) [2021-12-16]. <https://www.awe.gov.au/sites/default/files/sitecollectiondocuments/pests-diseases-weeds/consultation/aws-final.pdf>.
- [5] Australian Government. Australia's Strategy for Nature. (2019-11-08) [2021-12-16]. <https://www.awe.gov.au/environment/biodiversity/conservation/strategy>.
- [6] Natural Resource Management Ministerial Council. Australian pest animal strategy: A national strategy for the management of vertebrate pest animals in Australia. (2007-08) [2021-12-16]. <http://nrmonline.nrm.gov.au/catalog/mql:2308>.
- [7] COAG Standing Council on Environment and Water. Australia's native vegetation framework. (2012-12-19) [2021-12-16]. <https://www.environment.act.gov.au/nature-conservation/conservation-strategies/australias-native-vegetation-framework>.
- [8] LI L H, CHEN J Q, HAN X G, ZHANG W H, SHAO C L. Overview of Chinese grassland ecosystems. *Grassland Ecosystems of China*, New York: Springer Singapore, 2020: 23-47.
- [9] 郑海朋,阎建忠,刘林山,李兰晖,张懿铨.基于文献计量的草地遥感研究进展.中国草地学报,2017,39(4): 101-110, 115.  
ZHENG H P, YAN J Z, LIU L S, LI L H, ZHANG Y L. Research advances in grassland remote sensing based on bibliometry.

- Chinese Journal of Grassland, 2017, 39(4): 101-110, 115.
- [10] 杨景宁, 沈禹颖, 王彦荣. 基于文献计量的国际草地农业生态学研究发展态势分析. *草业学报*, 2017, 26(5): 224-233.  
YANG J N, SHEN Y Y, WANG Y R. A bibliometric analysis of international grassland agroecology research. *Acta Prataculturae Sinica*, 2017, 26(5): 224-233.
- [11] 刘明, 张莉, 王军邦, 杨永胜, 黄煜茹, 李以康, 周华坤, 李英年. 草地退化及恢复治理的文献计量学分析. *中国草地学报*, 2020, 42(6): 91-100.  
LIU M, ZHANG L, WANG J B, YANG Y S, HUANG Y R, LI Y K, ZHOU H K, LI Y N. Bibliometric analysis of grassland degradation and restoration. *Chinese Journal of Grassland*, 2020, 42(6): 91-100.
- [12] 干文芝, 任永宽, 干友民. 基于Web of Science草地退化研究态势计量分析. *草业科学*, 2013, 30(5): 805-811.  
GAN W Z, REN Y K, GAN Y M. A bibliometric analysis of grassland degradation research based on Web of Science. *Pratacultural Science*, 2013, 30(5): 805-811.
- [13] 关振寰, 刘国华, 贺金生. 草地保护技术研究现状及发展趋势的文献分析. *草业科学*, 2020, 37(4): 703-717.  
GUAN Z H, LIU G H, HE J S. Literature analysis on the research status and development of grassland conservation technology. *Pratacultural Science*, 2020, 37(4): 703-717.
- [14] 井向前, 王瑞红, 白玛玉珍, 潘刚, 周尧治. 2005-2014年高寒草地研究核心期刊中文文献计量学分析. *黑龙江畜牧兽医*, 2016(2): 122-126.  
JING X Q, WANG R H, Baimayuzhen, PAN G, ZHOU Y Z. Bibliometric analysis on the Chinese literatures from the core journals in the study of alpine grassland from 2005 to 2014. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2016(2): 122-126.
- [15] 中国农业科学院草原研究所. 走进草原所. (2022-12-31) [2022-12-31]. <https://gri.caas.cn/zzjg/zjcys/index.htm>.  
Institute of Grassland Research, Chinese Academy of Agricultural Sciences. Into the prairie. (2022-12-31) [2022-12-31]. <https://gri.caas.cn/zzjg/zjcys/index.htm>.
- [16] 田沐雨, 郭静, 武国慧, 汪景宽. 全球气候变化对草地土壤磷循环的影响研究进展. *土壤通报*, 2020, 51(4): 996-1002.  
TIAN M Y, GUO J, WU G H, WANG J K. Effect of climate change on soil phosphorus cycling in grassland: A review. *Chinese Journal of Soil Science*, 2020, 51(4): 996-1002.
- [17] MORAIS T G, TEIXEIRA R F M, FIGUEIREDO M, DOMINGOS T. The use of machine learning methods to estimate aboveground biomass of grasslands: A review. *Ecological Indicators*, 2021, 130: 108081.
- [18] XU K X, SU Y J, LIU J, HU T Y, JIN S C, MA Q, ZHAI Q P, WANG R, ZHANG J, LI Y M, LIU H Y, GUO Q H. Estimation of degraded grassland aboveground biomass using machine learning methods from terrestrial laser scanning data. *Ecological Indicators*, 2020, 108: 105747.
- [19] ALI I, CAWKWELL F, DWYER E, GREEN S. Modeling managed grassland biomass estimation by using multitemporal remote sensing data—a machine learning approach. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 2017, 10(7): 3254-3264.
- [20] ZHU X B, HE H L, MA M G, REN X L, ZHANG L, ZHANG F W, LI Y N, SHI P L, CHEN S P, WANG Y F, XIN X P, MA Y M, ZHANG Y, DU M Y, GE R, ZENG N, LI P, NIU Z G, ZHANG L Y, LYU Y, SONG Z J, GU Q. Estimating ecosystem respiration in the grasslands of northern China using machine learning: Model evaluation and comparison. *Sustainability*, 2020, 12(5): 1-17.
- [21] LI Y F, LIANG S, ZHAO Y Y, LI W B, WANG Y J. Machine learning for the prediction of *L. chinensis* carbon, nitrogen and phosphorus contents and understanding of mechanisms underlying grassland degradation. *Journal of Environmental Management*, 2017, 192: 116-123.
- [22] SANDERA J, STYCH P. Selecting relevant biological variables derived from sentinel-2 data for mapping changes from grassland to arable land using random forest classifier. *Land*, 2020, 9(11): 420.
- [23] DEMARCHI L, KANIA A, CIEZKOWSKI W, PIORKOWSKI H, OGWIECIMSKA-PIASKO Z, CHORMANSKI J. Recursive feature elimination and random forest classification of natura 2000 grasslands in lowland river valleys of poland based on airborne hyperspectral and lidar data fusion. *Remote Sensing*, 2020, 12(11): 1842.
- [24] MELVILLE B, LUCIEER A, ARYAL J. Object-based random forest classification of Landsat ETM plus and WorldView-2 satellite imagery for mapping lowland native grassland communities in Tasmania, Australia. *International Journal of Applied Earth*

- [Observation and Geoinformation](#), 2018, 66: 46-55.
- [25] 樊才睿, 王腾. 典型草原不同放牧强度草地土壤健康评价. *生态科学*, 2021, 40(5): 140-148.  
FAN C R, WANG T. Soil health assessment of typical grasslands differing in grazing intensity. *Ecological Science*, 2021, 40(5): 140-148.
- [26] 司绍诚, 吴宇澄, 李远, 涂晨, 付传城, 骆永明. 耕地和草地土壤健康研究进展与展望. *土壤学报*, 2022, 59(3): 626-641.  
SI S C, WU Y C, LI Y, TU C, FU C C, LUO Y M. The current research progress and prospects of cultivated and grassland soil health: A review. *Acta Pedologica Sinica*, 2022, 59(3): 626-641.
- [27] RUSSELL J R, BISINGER J J. Forages and pastures symposium: Improving soil health and productivity on grasslands using managed grazing of livestock. *Journal of Animal Science*, 2015, 93(6): 2626-2640.
- [28] DE M, RIOPEL J A, CIHACEK L J, LAWLRINENKO M, BALDWIN-KORDICK R, HALL S J, MCDANIEL M D. Soil health recovery after grassland reestablishment on cropland: The effects of time and topographic position. *Soil Science Society of America Journal*, 2020, 84(2): 568-586.
- [29] GHIMIRE R, BISTA P, MACHADO S. Long-term management effects and temperature sensitivity of soil organic carbon in grassland and agricultural soils. *Scientific Reports*, 2019, 9: 12151.
- [30] GRAHAM C, VAN ES H, SANYAL D. Soil health changes from grassland to row crops conversion on Natric Aridisols in South Dakota, USA. *Geoderma Regional*, 2021, 26: e00425.
- [31] United Nations Convention to Combat Desertification. Chronic land degradation: UN offers stark warnings and practical remedies in Global Land Outlook 2. (2022-04-26) [2022-12-31]. <https://www.unccd.int/news-stories/press-releases/chronic-land-degradation-un-offers-stark-warnings-and-practical#>.
- [32] FAN M H, LI J J, TANG Z S, SHANGGUAN Z P. Soil bacterial community succession during desertification in a desert steppe ecosystem. *Land Degradation and Development*, 2020, 31(13): 1662-1674.
- [33] AN H, TANG Z S, KEESSTRA S, SHANGGUAN Z P. Impact of desertification on soil and plant nutrient stoichiometry in a desert grassland. *Scientific Reports*, 2019, 9: 9422.
- [34] YUAN Q, YUAN Q Z, REN P. Coupled effect of climate change and human activities on the restoration/degradation of the Qinghai-Tibet Plateau grassland. *Journal of Geographical Sciences*, 2021, 31(9): 1299-1327.
- [35] LI H Y, QIU Y Z, YAO T, HAN D R, GAO Y M, ZHANG J G, MA Y C, ZHANG H R, YANG X L. Nutrients available in the soil regulate the changes of soil microbial community alongside degradation of alpine meadows in the northeast of the Qinghai-Tibet Plateau. *Science of The Total Environment*, 2021, 792: 148363.
- [36] XU T T, ZHANG M N, DING S W, LIU B, CHANG Q, ZHAO X, WANG Y, WANG J Y, WANG L. Grassland degradation with saline-alkaline reduces more soil inorganic carbon than soil organic carbon storage. *Ecological Indicators*, 2021, 131: 108194.
- [37] LYU X, LI X B, DANG D L, DOU H S, XUAN X J, LIU S Y, LI M Y, GONG J R. A new method for grassland degradation monitoring by vegetation species composition using hyperspectral remote sensing. *Ecological Indicators*, 2020, 114: 106310.
- [38] BARDGETT R D, BULLOCK J M, LAVOREL S, MANNING P, SCHAFFNER U, OSTLE N J, CHOMEL M, DURIGAN G, FRY E L, JOHNSON D, LAVALLEE J M, LE PROVOST G, LUO S, PNG K, SANKARAN M, HOU X Y, ZHOU H K, MA L, REN W B, LI X L, DING Y, LI Y H, SHI H X. Combatting global grassland degradation. *Nature Reviews Earth and Environment*, 2021, 2(10): 720-735.
- [39] TOROK P, BRUDVIG L A, KOLLMANN J, PRICE J N, TOTHMERESZ B. The present and future of grassland restoration. *Restoration Ecology*, 2021, 29(S1): e13378.
- [40] SHAH M I, ABBAS S, OLOHUNLANA A O, SINHA A. The impacts of land use change on biodiversity and ecosystem services: An empirical investigation from highly fragile countries. *Sustainable Development*, <https://doi.org/10.1002/sd.2454>.

(责任编辑 王芳)