

基于WOS引文数据库对草地碳氮库研究文献的计量分析

赵秋梅¹, 高小叶², 张涛^{3*}

¹贵州大学农学院, 贵州 贵阳

²贵州民族大学生态环境工程学院, 贵州 贵阳

³贵州大学新农村发展研究院, 贵州 贵阳

收稿日期: 2022年1月21日; 录用日期: 2022年2月28日; 发布日期: 2022年3月7日

摘要

草地是巨大的碳氮库, 是陆地生态系统的重要组成部分, 对保障粮食安全、生态安全具有极其重要的作用。为了解该领域研究态势, 本文运用文献计量方法, 基于Web of Science核心数据库中2008~2021年有关草地碳氮库的2064篇文献作为数据源, 利用Vosviewer和HistCite引文分析软件对发文量、被引频次、作者、国家(地区)和机构、期刊和被引期刊、作者和被引文献、关键词进行共引分析。结果表明: 1) 全球范围内草地碳氮库领域文献发表数量整体呈上升趋势。2) 中国、美国、德国等国家在草地碳氮库研究领域发文量较多, 具有较大的影响力。3) 草地碳氮库研究论文主要发表在Soil Biology and Biochemistry、Plant and Soil、Geoderma、Agriculture Ecosystems and Environment及Catena等专业性较强的期刊, 得到了领域内学者的认可。4) Han XG、Hobbie SE、He NP、Luo YQ等是草地碳氮库研究的主要贡献者, 中国科学院、中国科学院大学、西北农林科技大学等单位在发文机构合作间的节点上发挥了重要作用, 并形成草地碳氮库研究的网络核心。5) 研究热点主要集中在人类活动和气候变化对草地土壤碳氮储存、植被、微生物生物量影响等方面。研究结果较为客观地反映草地碳氮库研究领域的研究热点及其主题结构, 为科研人员分析草地碳氮库研究领域及其子领域的主题结构及研究趋势提供一些思路。

关键词

草地, 碳库, 氮库, 计量分析, Web of Science

A Quantitative Analysis of Research Literature on Grassland Carbon and Nitrogen Pools Based on WoS Citation Database

*通讯作者。

Qiumei Zhao¹, Xiaoye Gao², Tao Zhang^{3*}

¹College of Agriculture, Guizhou University, Guiyang Guizhou

²College of Eco-Environmental Engineering, Guizhou Minzu University, Guiyang Guizhou

³Institute of New Rural Development, Guizhou University, Guiyang Guizhou

Received: Jan. 21st, 2022; accepted: Feb. 28th, 2022; published: Mar. 7th, 2022

Abstract

Grassland is an important part of the terrestrial ecosystem, which contains huge carbon and nitrogen storage and plays an extremely important role in ensuring food security and ecological security. In order to understand the research situation in this field better, literature metrology method was used in this study. This study is based on the data sources of 2064 literatures on grassland carbon and nitrogen pools from 2008 to 2021 in the Core database of Web of Science. We analyzed the number of publications, cited frequency, authors, countries (regions) and institutions, journals and cited journals, authors and cited literatures, and keywords co-citation through Vosviewer and HistCite citation analysis software. The results showed that: 1) The number of literatures published in grassland carbon and nitrogen pools was increasing globally. 2) China, the United States and Germany published a large number of papers on grassland carbon and nitrogen pools, which had a great influence. 3) The research papers on grassland carbon and nitrogen pools have been published in the professional journals, such as Soil Biology and Biochemistry, Plant and Soil, Geoderma, Agriculture Ecosystems and Agroecosystems Environment, Catena, and have been recognized by scholars in the field. 4) Han XG, Hobbie SE, He NP and Luo YQ were the main contributors to the grassland carbon and nitrogen pool. Chinese Academy of Sciences, University of Chinese Academy of Sciences, Northwest A&F University and other institutions played an important role in the cooperation between institutions, and formed the network core of grassland carbon and nitrogen pool. 5) The research focuses on the effects of human activities and climate change on soil carbon and nitrogen storage, vegetation and microbial biomass of grassland. Our results objectively reflect the research hotspots and theme structure of grassland carbon and nitrogen pools, and provide some ideas for researchers to analyze the theme structure and research trend of grassland carbon and nitrogen pools and its sub-areas.

Keywords

Grasslands, Carbon Storage, Nitrogen Storage, Econometric Analysis, Web of Science

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

全球草地面积为 $3.50\sim 5.25 \times 10^9 \text{ hm}^2$, 约占陆地面积的 26.0%~40.5%, 不仅提供饲草饲料支撑畜牧业发展, 在防风固沙、水土保持、水源涵养及生物多样性保护中扮演着至关重要的角色[1] [2], 在气候调节和全球碳循环中也有重要作用[3]。近年来, 由于不科学的土地利用(如过度放牧)和气候变化导致草地退化严重, 影响草地畜牧业发展, 甚至对生态环境造成灾难性的破坏[4]。

草地土壤是巨大的陆地碳氮库, 约占全球土壤总碳储量的 30% [5] [6]。研究发现, 中国的森林、灌

丛和草地生态系统的总氮储量为 6803.6 Tg N, 其中 6635.2 Tg N (97.5%) 储存在土壤(1 m 深度)中, 156.7 Tg N 储存在植被(2.2%)中, 11.7 Tg N (0.2%) 储存在凋落物中[7], 草地贡献了三分之一的陆地净初级生产力[8]。土壤有机碳不仅为植物生长提供营养元素[9], 还可以维持土壤良好的物理结构, 其储量的微弱变化会导致大气圈中 CO₂ 浓度发生较大变化, 从而直接影响全球碳平衡格局[10]。草地土壤养分相对贫乏, 加上放牧和刈割所造成的营养物质流失, 使得草地生态系统明显受到养分供给限制[11]。氮素作为草地生态系统重要的营养物质, 不仅是植物有机体蛋白质和核酸的重要组成元素, 还是生态系统净初级生产力的限制因子[11]。在氮循环过程中, 植物主要从土壤中吸收氮素成分促进生物量的生长和累积, 在生长过程中向外界分解和释放氮, 但不同物种氮的吸收速率、凋落物质量以及单位面积生物量存在显著差异, 直接制约着氮在生态系统内部的转化[12]。草原生态系统是影响碳氮循环和气候的全球关键调节因素[13], 在陆地生态系统碳循环中发挥着不可忽略的作用。植被作为主要的温室气体吸收体, 植物能进行光合作用吸收大气中的 CO₂, 一方面为自身新陈代谢提供原料, 提高地上部分生物量[14]; 同时通过地表凋落物、根系周转以及根系分泌物将光合产物分配给土壤, 提高地下部分的生物量和碳储量, 另一方面又通过植物自身的呼吸作用和土壤呼吸向大气中释放出 CO₂ [15]。

尽管当前草地碳氮库的文章已有很多, 但是, 对草地碳氮储量估算仍然有限, 导致在预测这些地区碳-气候反馈的大小和方向方面存在相当大的不确定性[16] [17]。因此, 本文以 Web of Science (WoS) 核心合集中的 Science Citation Index (SCIE) 数据库为数据源, 检索了 2008~2021 年间有关草地碳氮库的研究论文, 并对其进行了文献计量分析, 以期揭示 14 年来草地碳氮库的研究领域及其发展态势, 旨在推动相关学者开展深入研究, 为草地生态恢复和未来发展提供参考。

2. 材料与方法

2.1. 数据收集

Web of Science 是一个综合多学科核心期刊的数据库。本文来源于 Web of Science 核心合集 (Science Citation Index Expanded, SCIE) 数据库。WoS 数据库是一个综合性数据库 (包含 SCI、SSCI 和 A&HCI), 收录了全球 256 个学科的 12000 多种高影响力学术期刊和超过 17 万的国际学术会议论[18]。以“(TI = (grassland or meadow or lawn)) AND ((carbon or C) AND (pool or storage)) AND ((nitrogen or N) AND (pool or storage))”为主题词进行检索, 检索时间跨度为 2008~2021, 文献类型为 Article 和 Review, 检索时间为 2022 年 1 月 17 日, 共检索出 2064 篇相关研究文献, 导入 HistCite 软件的文献共 2063 篇, 涉及 6996 位作者, 97 个国家, 4356 个研究机构, 1910 种期刊, 3377 个关键词, 64129 篇参考文献。

2.2. 研究方法

利用 Web of Science 的分析检索工具, 对检索到的文献进行分类储存, 运用 Excel 2019 对年发文章、发文国家、发文机构、期刊、发文作者等进行统计, 同时使用 HistCite 引文分析软件、VOSviewer 可视分析软件及 Origin2021Pro 作图软件, 对 2008~2021 期间草地碳氮库发文章量随年度变化趋势、主要发文章期刊、国家、机构、作者、关键词分析、研究热点等方面进行计量分析。History of Cite (HistCite) 软件是由 Garfield 为主开发的一款引文图谱分析可视化软件, 软件的操作过程简单, 便于分析[19]。它的指标主要有[20]: 1) 本地被引频次 (Local Citation Score, LCS), 即在所属领域内的研究次数; 2) 全球被引频次 (Global Citation Score, GCS), 即该文章被整个 WoS 数据中所有文献被引用的次数; 3) 本地总被引频次 (Total Local Citation Score, TLCS), 即在当前的数据集中, 文献被引频数之和。例如一篇文献的 LCS 值很高, 说明该文献在该研究领域里具有较高的影响力, 很可能是该领域的开创性文章。而 GCS 值很高, 说明该文献被世界上众多学者关注, 引用这篇文献的文章则可能与作者的研究方向关系不大, 但 GCS 会跟踪和

记录数据[21]。VOS viewer 知识图谱绘制工具是由 Nees Jan van Eck 和 Ludo Waltman 开发的一款免费为学者服务的软件[22]。运用该知识图谱绘制工具对关键词、作者进行分析,计数方法设置为 Full counting (全计数)并添加词表用以清洗数据,设置词条最小出现频次,最终形成图谱。将图形信息和可视化理论与传统文献计量学中的词频共现技术相结合,在视觉显示特别是聚类方面具有独特的优势。

3. 结果与讨论

3.1. 时间发展脉络

学术领域的发文数量在一定程度上代表该领域在近年来被关注的趋势[23]。为了准确认识草地碳氮库研究现状,本文利用 Web of Science 数据库对 2008~2021 年间发文量变化趋势进行分析。草地碳氮库研究的论文发表数量整体呈上升趋势,但发展较为缓慢(图 1)。值得注意的是,在 2019 年达到 201 篇,随后出现下降趋势。

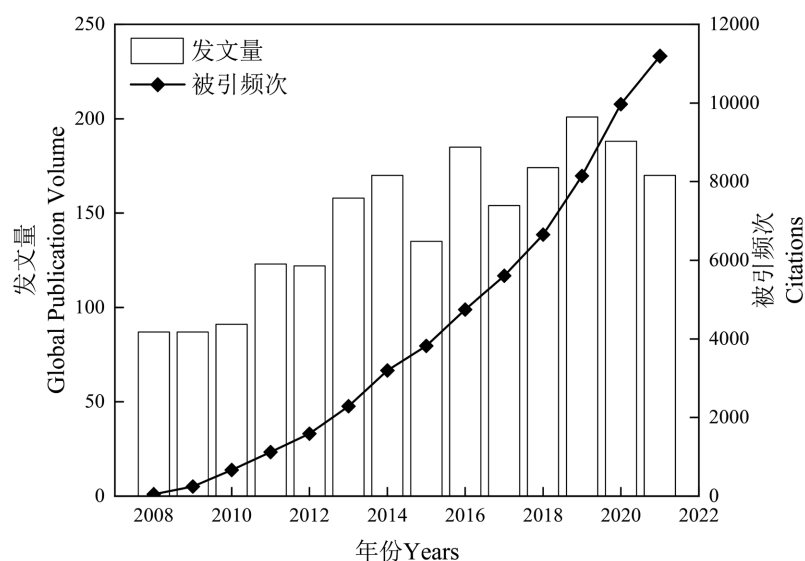


Figure 1. Annual publication volume of grassland carbon and nitrogen pools from 2008 to 2021

图 1. 2008~2021 年草地碳氮库年度发文量

3.2. 发文来源分析

检索到的 2064 篇论文来源于 1910 种期刊,发文量较多的期刊是专业性较强的 Soil Biology and Biochemistry、Plant and Soil 和 Geoderma,排名前 10 位的期刊发文量之和为 710 篇,占中文论文总数的 34.40%,高于其他期刊的刊出量,是草地碳氮库研究成果的重要载体。排名前 10 的期刊中,荷兰出版的占 50%,且影响因子(IF)在 4.192~7.963,办刊质量较为出色(表 1)。

Table 1. Top 10 Journal of grassland carbon and nitrogen pools

表 1. 草地碳氮库研究领域发文量排名前 10 的期刊

期刊名称 Journals	发文量 records/篇	占比 Proportion%	TLCS	TGCS	IF (2020)	出版国 Country
Soil Biology & Biochemistry	126	6.10	404	7662	7.606	英国
Plant and Soil	94	4.55	328	2720	4.192	荷兰

Continued

Geoderma	76	3.68	196	2422	6.114	荷兰
Agriculture Ecosystems & Environment	71	3.44	363	3018	5.567	荷兰
Catena	70	3.40	193	1528	5.198	德国
Science of the Total Environment	65	3.15	81	1357	7.963	荷兰
Global Change Biology	59	2.86	549	4676	10.863	英国
PLoS One	54	2.62	0	1347	3.240	美国
Biogeosciences	50	2.42	105	1480	4.295	德国
Biogeochemistry	45	2.18	149	1540	4.825	荷兰

3.3. 主要作者及其合作关系

2064 篇中文论文共有 6996 名作者参与。发表论文最多的作者是 Han XG, 共发文 28 篇, 占总发文量的 1.36%, 其次是 Hobbie SE, 共发文 22 篇, 占总发文量 1.07%; He NP 和 Luo YQ 均发表 21 篇, 占总发文量的 1.02%, 但 He NP 发文的 TLCS 高于 Luo YQ (表 2)。由图 2 可以看出, 作者间的发文合作离散程度较高, 主要以同一单位的研究团队为主, 不同单位、不同团队交流合作较少。

Table 2. Top 10 authors in the field of grassland carbon and nitrogen pool research

表 2. 草地碳氮库研究领域发文量排名前 10 的作者

Author 作者	发文量 Records/篇	占比 Proportion%	TLCS	TGCS
Han XG	28	1.36	209	961
Hobbie SE	22	1.07	175	1564
He NP	21	1.02	148	569
Luo YQ	21	1.02	99	1515
Zhang Y	21	1.02	23	310
Bardgett RD	17	0.82	79	1359
Muller C	17	0.82	34	505
Dong SK	16	0.78	60	454
He JS	16	0.78	50	504
Li YQ	16	0.78	110	396

3.4. 主要研究力量

3.4.1. 国家及国际合作

论文被 WoS 数据库收录的文章数量和被引频次数能够反映一个国家整体的科研水平[21]。目前, 全世界共有 97 个国家的研究人员发表了有关草地碳氮库的研究论文, 发文量排名前十的国家分别是中国、美国、德国、英国、澳大利亚、法国、加拿大、瑞士、西班牙和新西兰, 中国是发文数量排名第一的国家, 发文量为 816 篇, 占总发文量的 39.53%, 本地总被引频次(TLCS)达 2139 次, 说明中国学者对草地

碳氮库研究关注度较高，论文的创新性和影响力较高，受到领域内学者们的认可。美国的总发文数量排名第二，为 606 篇，TLCS 为 1606 次(表 3，图 3)。其中，中国和美国、德国、加拿大合作较为密切(图 4)。

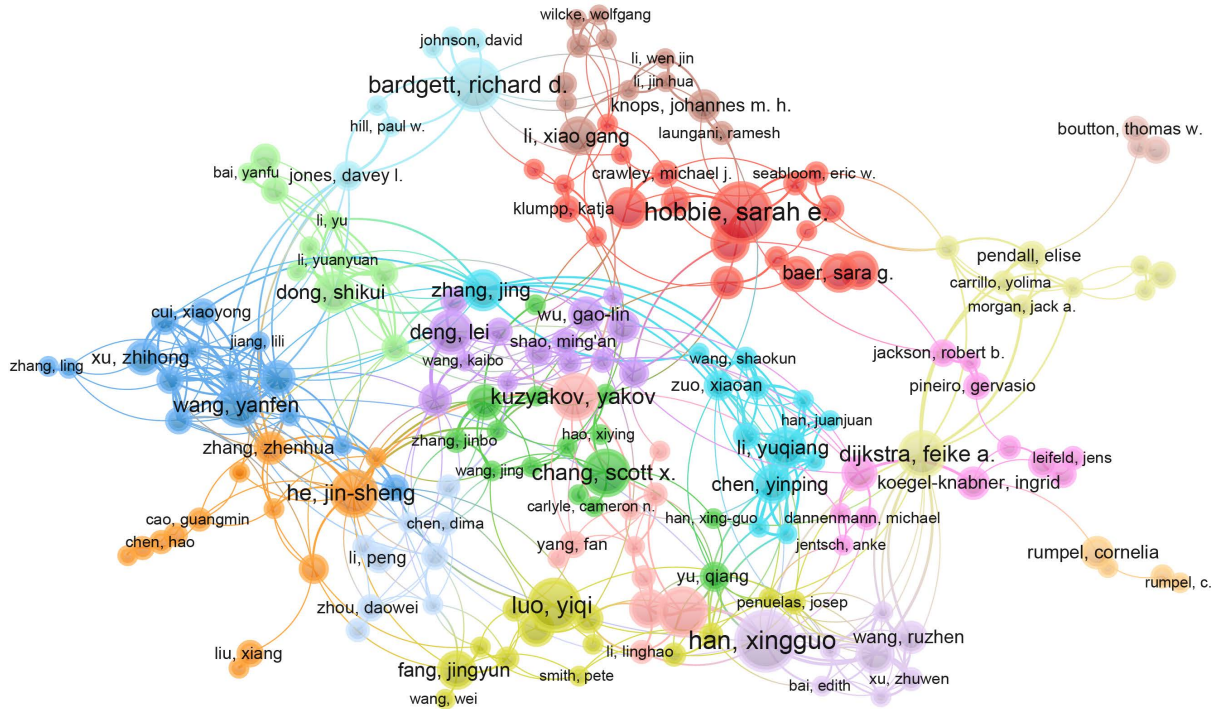


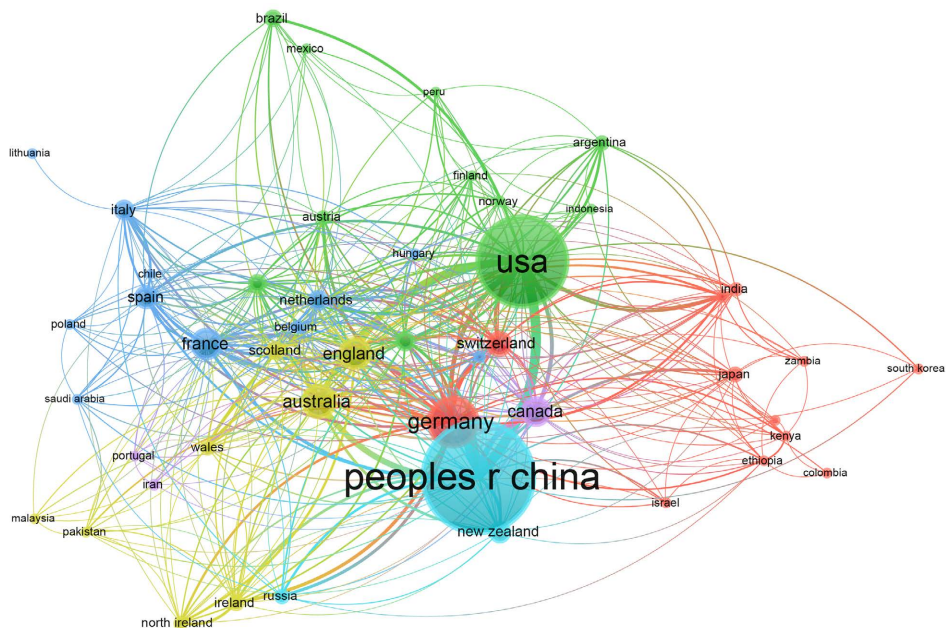
Figure 2. The network diagram of the cooperation relationship between authors of papers with the theme of grassland carbon and nitrogen storage

图 2. 主题为草地碳氮库论文作者合作关系网络图

Table 3. Top 10 Country in the field of grassland carbon and nitrogen pools

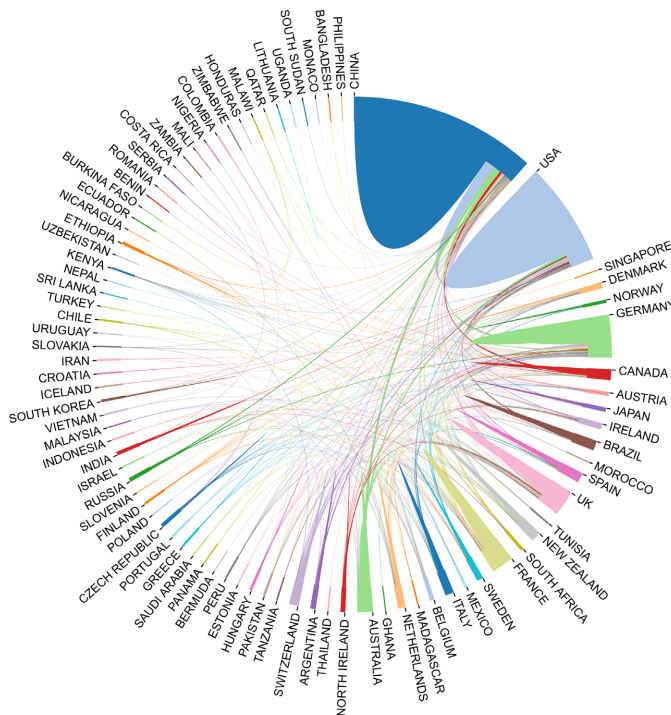
表 3. 草地碳氮库研究领域发文量排名 TOP 10 的国家

国家 country	发文量 records/篇	占比 Proportion%	TLCS	TGCS
中国 Peoples R China	816	39.53	2139	18640
美国 USA	606	29.36	1606	21284
德国 Germany	250	12.11	555	10482
英国 UK	184	8.91	437	6985
澳大利亚 Australia	137	6.64	394	4627
法国 France	117	5.67	222	3570
加拿大 Canada	104	5.04	295	3624
瑞士 Switzerland	80	3.88	263	3218
西班牙 Spain	72	3.49	69	1568
新西兰 New Zealand	60	2.91	133	1558



注: Weights = Documents; 圆圈大小表示国家发文量; 连线粗细越宽表示国家之间合作程度越密切; 不同颜色代表不同聚类, 共 6 个聚类; 共有 1864 条连线, 此图仅显示 430 条连线。

Figure 3. Map of major countries and cooperation of grassland carbon and nitrogen pool research
图 3. 草地碳氮库研究领域重要发文国家及合作关系图谱

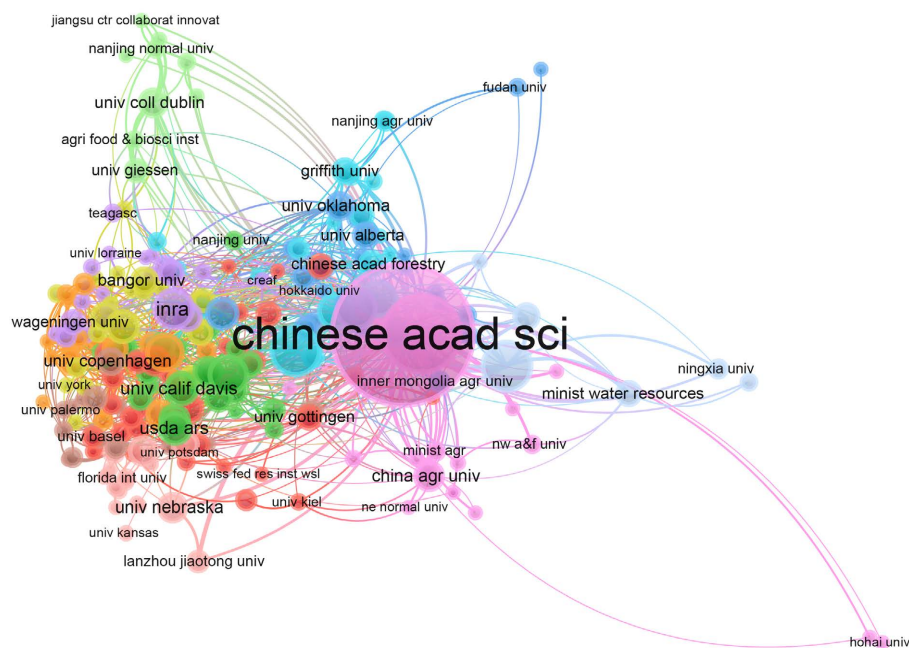


注: 所占份额越大, 发文数量越大; 与其他国家连线越宽, 表示联系越紧密。

Figure 4. Annual publication volume of grassland carbon and nitrogen pools from 2008 to 2021
图 4. 2008~2021 年草地碳氮库主要发文国家及合作关系

3.4.2. 发文机构

经 VOS viewer 统计, 共出现了 4356 个研究机构, 发文量前 20 的研究机构中, 中国科学院是发文数量最多的机构, 发文量(456 篇)和 TLCS (1498)均最高, 发文量占 22.53%。其次是中国科学院大学和西北农林科技大学(表 4), 表明中国科学院在草地碳氮库研究领域做出了突出的贡献。中国科学院与兰州交通大学、中国农业大学等 243 个机构有较为紧密的合作(图 5)。



注: Weights = Documents; 圆圈大小表示国家发文量; 不同颜色代表不同聚类, 共 12 个聚类; 共有 3393 条连线, 此图仅显示 2051 条连线。

Figure 5. Map of major institutions and cooperation of grassland carbon and nitrogen pool from 2008 to 2021

图 5. 2008~2021 年草地碳氮库研究领域重要研究机构及相互间合作关系图谱

Table 4. Top 20 institutions in the field of grassland carbon and nitrogen pools

表 4. 草地碳氮库研究领域发文量排名 TOP 20 的研究机构

机构 Institution	中文名 Chinese name	发文量 Records/篇	占比 Proportion%	TLCS	TGCS
Chinese Acad Sci	中国科学院	465	22.53	1498	11499
Univ Chinese Acad Sci	中国科学院大学	162	7.85	317	3239
Northwest A&F Univ	西北农林科技大学	71	3.43	198	1728
Lanzhou Univ	兰州大学	69	3.34	172	1283
Peking Univ	北京大学	49	2.37	88	1180
INRA	法国国家农业科学研究院	47	2.28	128	1648
Colorado State Univ	科罗拉多州立大学	44	2.13	160	2661
Univ Minnesota	明尼苏达大学	41	1.99	231	2264
Beijing Normal Univ	北京师范大学	39	1.89	107	961

Continued

Chinese AcadAgr Sci	中国农业科学院	38	1.84	28	437
Univ Calif Davis	加州大学戴维斯分校	31	1.50	83	1043
Univ Lancaster	兰卡斯特大学	31	1.50	136	1814
USDA ARS	美国农业部研究组织	31	1.50	35	600
Univ Calif Berkeley	加州大学伯克利分校	30	1.45	53	1312
Univ Florida	佛罗里达大学	27	1.31	34	642
China Agr Univ	中国农业大学	26	1.26	32	538
Max Planck Inst Biogeochem	马克斯普朗克生物地球化学研究所	26	1.26	125	1843
Kansas State Univ	堪萨斯州立大学	25	1.21	97	1110
Univ Nebraska	内布拉斯加大学	25	1.21	117	661
Univ Sydney	悉尼大学	25	1.21	59	775

3.5. 经典文献分析

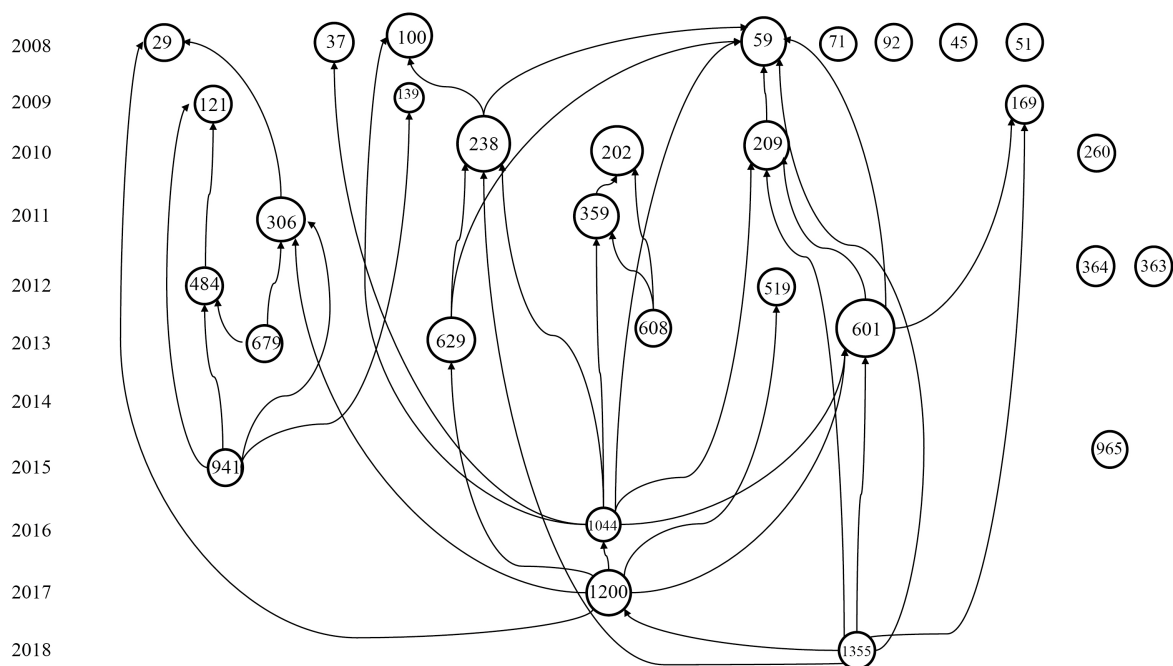
本文以 LCS 为标准对排名前十的文献进行统计分析,发现前十的发表文献年份集中在 2008~2017 年,其中被引频次最高的是综述文章(表 5),原因在于综述文章对所研究的问题进行归纳、分析、总结,为进一步从事科学研究和论文写作打下了坚实的基础。如美国作者 Megan E. McSherry 发表的“Effects of grazing on grassland soil carbon: a global review”(被引频次最高),总结分析了土壤碳库受到年均降水量、土壤类型、草种组成、放牧强度、研究持续时间和土壤采样深度等的影响,对前人的研究成果进行了高度的概括和总结[24],得到了学者们的认可。在影响力排名前 10 的文献中,被引频次前十的文献中有 4 篇来自 *Global Change Biology* 期刊,可见该期刊在该学术领域具有非常重要地位和影响力。利用 HistCite 对研究文献进行引文编年图分析,通过软件中 Graph Maker 功能,可以分析该研究领域文献之间相互引证的关系,绘制出某个研究领域的研究历史轨迹、发展规律和未来趋势[25]。以 LCS count 为条件,设置节点数为 30,可绘制出草地碳氮库研究文献的引文编年图,从而洞察某个领域的发展脉络。图 6 显示该领域影响力最高的 30 篇文献的发表时间、发展历程和互引关系。编号 601 的文献被引次数最高,其次是编号 238、编号 202 和编号 209。

Table 5. Top 10 articles published in the field of grassland carbon and nitrogen pool research
表 5. 草地碳氮库研究领域发文影响力排名 TOP 10 的文章

NO.	Thesis topic	Year	Journal	Author	LCS	GCS
601	Effects of grazing on grassland soil carbon: a global review	2013	Global Change Biology	Mcsherry ME	75	384
238	Long-term fencing improved soil properties and soil organic carbon storage in an alpine swamp meadow of western China	2011	Plant and Soil	Wu GL	69	175
202	Carbon accumulation in agricultural soils after afforestation: a meta-analysis	2010	Global Change Biology	Laganierie J	61	511
209	Pathways of Grazing Effects on Soil Organic Carbon and Nitrogen	2010	Rangeland Ecology & Management	Pineiro G	61	233

Continued

100	Carbon and nitrogen store and storage potential as affected by land-use in a <i>Leymus chinensis</i> grassland of northern China	2008	Soil Biology & Biochemistry	He NP	58	124
359	Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in the temperate zone - carbon response functions as a model approach	2011	Global Change Biology	Poeplau C	49	467
59	Carbon accumulation and storage in semi-arid sagebrush steppe: Effects of long-term grazing exclusion	2008	Agriculture Ecosystems & Environment	Shrestha G	47	99
306	Minor stimulation of soil carbon storage by nitrogen addition: A meta-analysis	2011	Agriculture Ecosystems & Environment	Lu M	43	287
629	Grazing exclusion decreases soil organic C storage at an alpine grassland of the Qinghai-Tibetan Plateau	2013	Ecological Engineering	Shi XM	38	84
1220	Grazing intensity significantly affects belowground carbon and nitrogen cycling in grassland ecosystems: a meta-analysis	2017	Global Change Biology	Zhou GY	38	165



注：图中左侧一列是文献发表年份，与年份平行的圆圈代表当年发表的文献，其中圆圈中的数字为文献编号，圆圈大小可分析文献被引频次(圆圈越大表示被引次数越多)，它与 LCS 值成正比，通过圆圈之间的箭头分析文献间的引用关系。

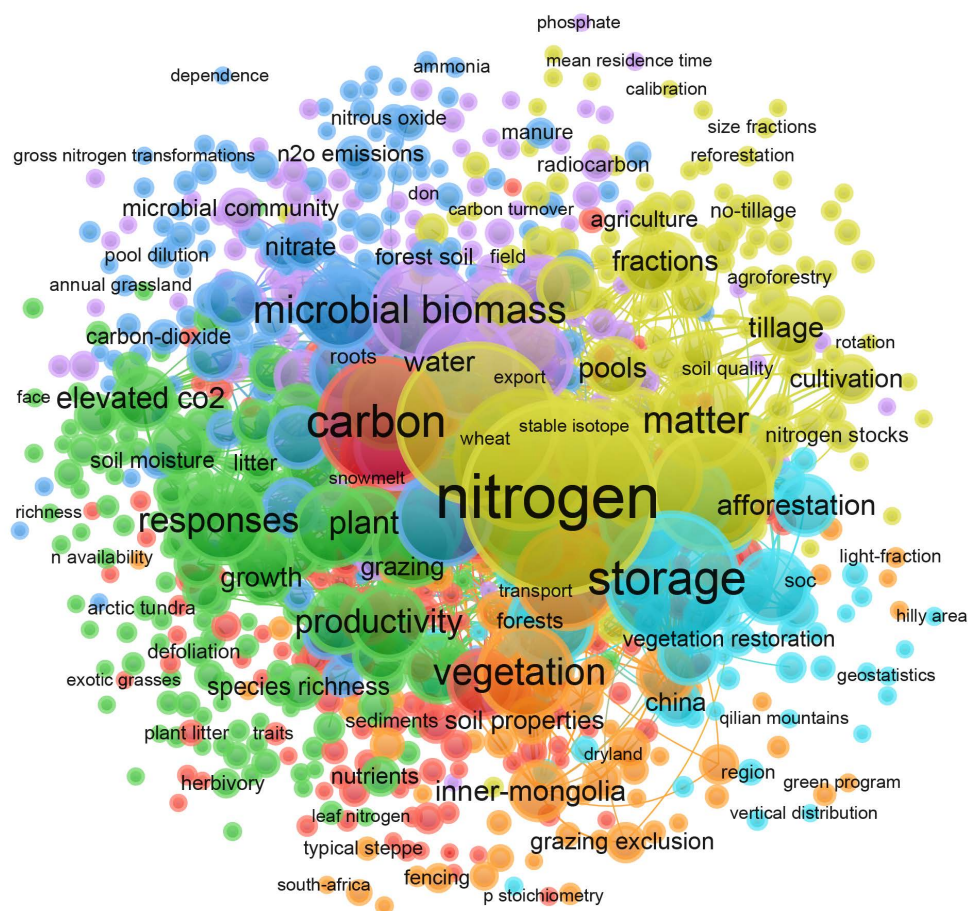
Figure 6. Citation analysis of major journals of grassland carbon and nitrogen pool from 2008 to 2021

图 6. 2008~2021 年草地碳氮库研究领域重要期刊引文分析图

3.6. 关键词共现网络

关键词可以反映出该文章的主要研究方向，关键词出现的频次可以反映该研究领域的成果数以及该研究领域的研究热点和方向[11]。通过引文网络分析 Vos viewer 对该研究领域的关键词出现频次 > 10 的

进行统计分析, 如图 7 所示, 本研究的主题是碳氮库(carbon nitrogen storage)在该研究领域占据了重要的地位, 排名前 6 的关键词依次为 nitrogen、grasslands、dynamics、storage、carbon、sequestration。蓝色聚类组内的核心词汇为氮(nitrogen)、草地(grassland)和封存(sequestration)等, 红色聚类组内核心词为碳(carbon)、生物量(biomass)、响应(response)等, 紫色聚类组内核心词为储存(storage)、气候(climate)等, 黄色聚类组内核心词为有机碳(organic carbon)、植被(vegetation)等, 主要是研究气候变化对土壤和植被碳氮库的影响。综上, 可以看出, 当前学者们对土壤碳氮库的影响因素[26]以及土地利用变化[27]对有机碳的变化进行了着重研究, 但微生物与草地退化在土壤有机碳变化中的调控机制尚不明确[28]。



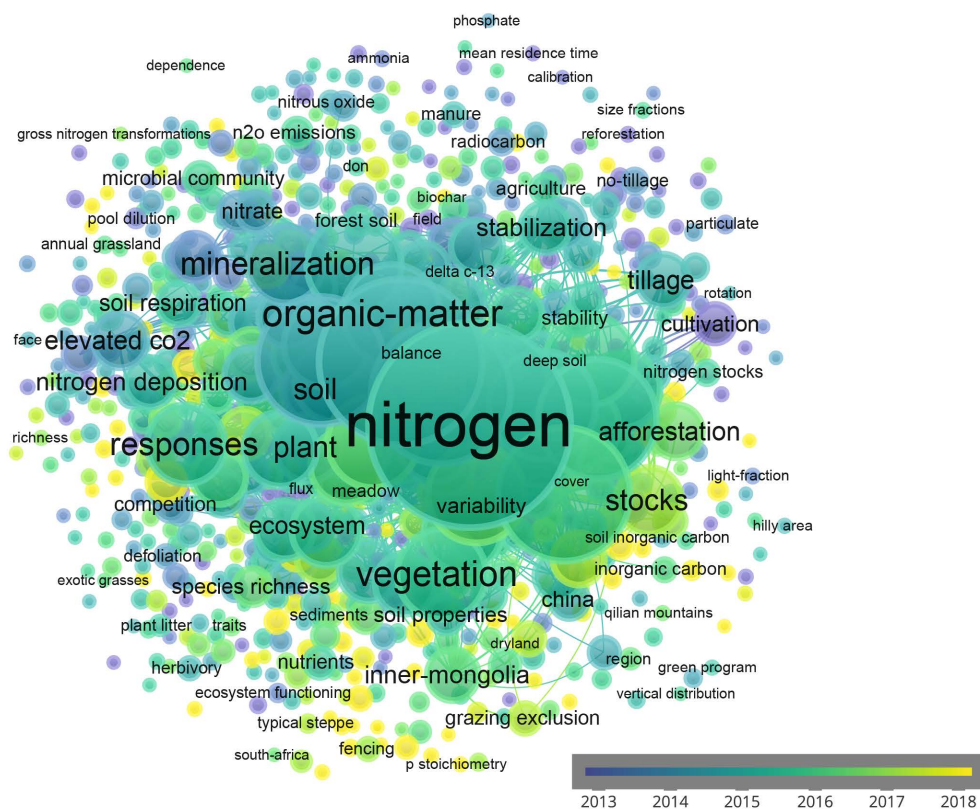
注: Weights = Documents; 圆圈大小表示国家发文章量; 不同颜色代表不同聚类, 共 7 个聚类; 共有 95932 条连线, 此图仅显示 45442 条连线。

Figure 7. Co-occurrence network map of major keywords of grassland carbon and nitrogen pool from 2008 to 2021

图 7. 2008~2021 年草地碳氮库研究领域重要关键词共现网络关系图谱

3.7. 研究热点的演变

为进一步了解研究关键词的动态变化, 我们对 2008~2021 年最热关键词的演变进行了评估。由图 8 可知早期对草地碳氮库的研究集中在 CO_2 浓度升高、矿化、氮沉降、栽培、硝化作用等方面, 近年来研究逐渐偏向化学计量学、青藏高原、草地退化、蓝碳等研究方向, 并涉及到土壤、微生物、植被、大气等诸多研究对象。



注: Weights = Documents; 圆圈大小表示国家发文章量; 不同颜色代表不同聚类, 共 6 个聚类; 共有 95932 条连线, 此图仅显示 45442 条连线。

Figure 8. Evolution map of key words in grassland carbon and nitrogen pool from 2008 to 2021

图 8. 2008~2021 年草地碳氮库研究领域关键词演变图谱

4. 结论

通过文献计量法对草地碳氮库的研究进行分析, 结果表明: 近十几年来有关草地碳氮库研究的文献数量呈缓慢增长的趋势。中国总发文章量最大且与其他国家合作密切, 其中, 中国科学院是发文章数量最多的研究机构。该领域的论文主要发表在 *Soil Biology and Biochemistry*、*Plant and Soil*、*Geoderma*、*Agriculture Ecosystems and Environment* 及 *Catena* 等专业性较强的期刊。

当前草地碳氮库的研究方向不断转化, 研究内容的广度和深度不断得到拓展, 研究对象呈现出多样性, 如植被、微生物、土壤、大气等。草地碳氮库的研究尺度涉及到群落、生态系统、景观、区域和全球等, 由于影响草地碳氮库的影响因子较多, 如土壤类型、土地利用变化、气候变化等, 因此, 外部环境条件对土壤碳氮周转及其时空分布状况具有重要影响。

综上所述, 不同条件下的草地碳氮库的研究需更有针对性和综合性: 今后应更加注重草地碳氮库在不同环境因素、不同土地利用条件下的内在机制研究, 为全球碳氮储量、碳氮周转与循环模型提供准确的参数与路径, 对缓解温室效应、提高草地氮碳储量和探明土壤碳氮稳定性机制提供研究思路和理论依据。

基金项目

国家自然科学基金项目(41701081, 42061013), 贵州省基础研究计划项目(黔科合基础[2018]1076)。

参考文献

- [1] 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[J]. 科学通报, 2016, 61(2): 139-154.
- [2] 曹旭娟, 干珠扎布, 梁艳, 高清竹, 张勇, 李玉娥, 万运帆, 旦久罗布. 基于 NDVI 的藏北地区草地退化时空分布特征分析[J]. 草业学报, 2016, 25(3): 1-8.
- [3] Scurlock, J.M.O., Johnson, K. and Olson, R.J. (2002) Estimating Net Primary Productivity from Grassland Biomass Dynamics Measurements. *Global Change Biology*, **8**, 736-753. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2002.00512.x>
- [4] 梁四海, 陈江, 金晓媚, 万力, 龚斌. 近 21 年青藏高原植被覆盖变化规律[J]. 地球科学进展, 2007(1): 33-40.
- [5] Ramesh, T., Bolan, N.S., Kirkham, M.B., Wijesekara, H., Kanchikerimath, M., Srinivasa, R.A.C., Sandeep, S., Rinkelebe, J., Ok, Y.S., Choudhury, B.U., Wang, H., Tang, C., Wang, X., Song, Z. and Freeman II, O.W. (2019) Chapter One. Soil Organic Carbon Dynamics: Impact of Land Use Changes and Management Practices: A Review. In: Sparks, D.L., Ed., *Advances in Agronomy*, Academic Press, Cambridge, 1-107. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2019.02.001>
- [6] Li, J., Yan, D., Pendall, E., Pei, J., Noh, N.J., He, J.-S., Li, B., Nie, M. and Fang, C. (2018) Depth Dependence of Soil Carbon Temperature Sensitivity across Tibetan Permafrost Regions. *Soil Biology and Biochemistry*, **126**, 82-90. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.08.015>
- [7] Zhang, Y.W., Guo, Y., Tang, Z., Feng, Y., Zhu, X., Xu, W., Bai, Y., Zhou, G., Xie, Z. and Fang, J. (2021) Patterns of Nitrogen and Phosphorus Pools in Terrestrial Ecosystems in China. *Earth System Science Data*, **13**, 5337-5351. <https://doi.org/10.5194/essd-13-5337-2021>
- [8] 胡健, 曹全恒, 刘小龙, 陈雪玲, 孙梅玲, 周青平, 吕一河. 草灌植被转变对草地生态系统及其水碳过程的影响研究进展[J]. 生态学报, 2022(11): 1-10.
- [9] Gong, H., Li, Y. and Li, S. (2021) Effects of the Interaction between Biochar and Nutrients on Soil Organic Carbon Sequestration in Soda Saline-Alkali Grassland: A Review. *Global Ecology and Conservation*, **26**, e01449. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01449>
- [10] Were, K., Bui, D.T., Dick, Ø.B. and Singh, B.R. (2015) A Comparative Assessment of Support Vector Regression, Artificial Neural Networks, and Random Forests for Predicting and Mapping Soil Organic Carbon Stocks across an Afrotropical Landscape. *Ecological Indicators*, **52**, 394-403. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.12.028>
- [11] Somers, C., Girkin, N.T., Rippey, B., Lanigan, G.J. and Richards, K.G. (2019) The Effects of Urine Nitrogen Application Rate on Nitrogen Transformations in Grassland Soils. *The Journal of Agricultural Science*, **157**, 515-522. <https://doi.org/10.1017/S0021859619000832>
- [12] Pang, Z., Jiang, L., Wang, S., Xu, X., Rui, Y., Zhang, Z., Luo, C. and Wang, Y. (2019) Differential Response to Warming of the Uptake of Nitrogen by Plant Species in Non-Degraded and Degraded Alpine Grasslands. *Journal of Soils and Sediments*, **19**, 2212-2221. <https://doi.org/10.1007/s11368-019-02255-0>
- [13] Song, C., Wang, G., Hu, Z., Zhang, T., Huang, K., Chen, X. and Li, Y. (2020) Net Ecosystem Carbon Budget of a Grassland Ecosystem in Central Qinghai-Tibet Plateau: Integrating Terrestrial and Aquatic Carbon Fluxes at Catchment Scale. *Agricultural and Forest Meteorology*, **290**, Article ID: 108021. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108021>
- [14] 马英, 匡晓奎, 刘杰, 杨云锋. 高寒草地土壤温室气体排放对放牧的响应研究进展[J]. 微生物学通报, 2021, 48(10): 3835-3846.
- [15] 张燕江, 邱莉萍, 高海龙, 刘建, 魏孝荣, 张兴昌. 黄土高原半干旱区典型草地生态系统 CO₂ 交换对刈割的响应[J]. 生态学报, 2020, 40(1): 336-344.
- [16] 马蕾, 金会军. 气候变暖对多年冻土区土壤有机碳库的影响[J]. 冰川冻土, 2020, 42(1): 91-103.
- [17] 王荔, 曾辉, 张扬建, 赵广, 陈宁, 李军祥. 青藏高原土壤碳储量及其影响因素研究进展[J]. 生态学杂志, 2019, 38(11): 3506-3515.
- [18] 诸平, 史传龙. SCI(E)、SSCI、A&HCI 收录中国期刊的最新统计结果分析[J]. 宝鸡文理学院学报(自然科学版), 2012, 32(2): 70-84.
- [19] Leydesdorff, L., Thor, A. and Bornmann, L. (2017) Further Steps in Integrating the Platforms of WoS and Scopus: Historiography with HistCite™ and Main-Path Analysis. *Profesional De La Información*, **26**, 662. <https://doi.org/10.3145/epi.2017.jul.10>
- [20] Garfield, E. (2009) From the Science of Science to Scientometrics Visualizing the History of Science with HistCite Software. *Journal of Informetrics*, **3**, 173-179. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2009.03.009>
- [21] 汪勤俭, 耿鹏, 郭建秀, 冷怀明. 基于文献计量学试析我国医科大学学报学术影响力及其对策[J]. 中国科技期刊研究, 2012, 23(5): 779-783.

-
- [22] Van Eck, N.J. and Waltman, L. (2010) Software Survey: VOSviewer, a Computer Program for Bibliometric Mapping. *Scientometrics*, **84**, 523-538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- [23] Shi, W., Zhang, Y., Chen, S., Polle, A., Rennenberg, H. and Luo, Z.-B. (2019) Physiological and Molecular Mechanisms of Heavy Metal Accumulation in Nonmycorrhizal versus Mycorrhizal Plants. *Plant, Cell & Environment*, **42**, 1087-1103. <https://doi.org/10.1111/pce.13471>
- [24] Mcsherry, M.E. and Ritchie, M.E. (2013) Effects of Grazing on Grassland Soil Carbon: A Global Review. *Global Change Biology*, **19**, 1347-1357. <https://doi.org/10.1111/gcb.12144>
- [25] Yang, C., Wang, X., Tang, X., Wang, R. and Bao, X. (2020) Stem-Cell Research of Parkinson Disease: Bibliometric Analysis of Research Productivity from 1999 to 2018. *World Neurosurgery*, **134**, e405-e411. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.10.087>
- [26] 李凤滋. 青藏高原土壤碳氮库对增温增水的响应及其自 1980s-2010s 的变化[D]: [硕士学位论文]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2018.
- [27] 高艳妮, 郭艳芳, 王维, 李付杰, 黄盼盼. 不同土地利用/覆盖数据在中国北方草地的精度评价[J]. 生态学杂志, 2019, 38(1): 283-293.
- [28] 方震, 李耀明, 纪宝明, 斯确多吉, 姜丽丽, 汪诗平. 土壤病原微生物对青藏高原草地退化的潜在反馈影响[J]. 中国草地学报, 2021, 43(11): 105-112.