

基于 CiteSpace 方法的近 30 年耕作 侵蚀学科动态可视化分析

袁正蓉¹, 巨莉², 李富程¹

(1.西南科技大学 环境与资源学院, 四川 绵阳 621010; 2.四川省水利科学研究院, 成都 610072)

摘 要:耕作侵蚀是新兴的土壤侵蚀研究领域。以“tillage erosion”为关键词在 Web of Science 核心数据库检索 1990—2020 年相关文献,通过 CiteSpace 方法开展耕作侵蚀研究的国家、作者、学科、期刊共现网络分析、引文共被引分析和关键词共现分析。结果显示:1990—2020 年耕作侵蚀研究的文献量逐年增加,处于快速增长阶段;比利时的相关成果被引频次最高(58 次),德国的中介中心性最高(0.50),中国具有最高爆发值(6.91),显示出中国的耕作侵蚀研究起步相对较晚但处于现阶段该研究的前沿;以 Govers, Poesen, Lobb, Zhang, Qunie 等为核心的科研团队对耕作侵蚀学科发展的贡献尤其显著, Lobb 团队研究具有最高的中介中心性,被其他研究者广泛引用,张建辉团队研究具有最高的爆发值,受关注度高;关键词共现分析显示耕作侵蚀与粮食安全、耕作侵蚀与土地利用、耕作侵蚀对土壤景观变异性和水文过程变化的影响是现阶段研究的重要方向。随着更多国家和学者对耕作侵蚀研究的重视,耕作侵蚀学科的发展将在未来水土保持科学与技术中发挥重要作用。

关键词:耕作侵蚀; 知识图谱; CiteSpace; 可视化分析; 研究热点

中图分类号:S157.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2021)05-0407-05

Visualization Analysis on Discipline Dynamic of Tillage Erosion in Recent 30 Years Based on CiteSpace

YUAN Zhengrong¹, JU Li², LI Fucheng¹

(1.School of Environment and Resource, Southwest University of Science and Technology,
Mianyang, Sichuan 621010, China; 2.Sichuan Academy of Water Conservancy, Chengdu 610072, China)

Abstract: Tillage erosion is a new research field of soil erosion. In the present work, tillage erosion was used as the key word to search relevant literatures from 1990 to 2020 in the Core Database of Web of Science, and the co-occurrence network analysis of countries, authors, disciplines and journals, the cited reference analysis and keywords co-words analysis in the field of tillage erosion were conducted by CiteSpace. The results indicate that the amount of literature on tillage erosion from 1990 to 2020 had been increasing rapidly year by year, showing a trend of rapid development. Belgium has the highest frequency of citations (58 times), Germany has the highest centrality (0.50), and China has the highest burstiness value (6.91), indicating that the tillage erosion research in China started relatively late but is at the forefront of this research field. The scientific research teams including but not limited to Govers, Poesen, Lobb, Zhang, Qunie have made significant contributions to the development of the discipline of tillage erosion. For instance, the team of Lobb has the highest centrality and their findings were widely cited by other researchers. And Zhang's team has the highest burstiness value and their findings have received high attention. The result of keyword co-word analysis shows that tillage erosion and food security, tillage erosion and land use, the impact of tillage erosion on soil landscape variability and the hydrological process are the main research domains of tillage erosion at present. The development of tillage erosion will play an important role in the science and technology of soil and water conservation in the future as scholars pay more attention to tillage ero-

收稿日期:2020-09-09

修回日期:2020-10-10

资助项目:四川省基本科研业务费项目(20191090628017);国家自然科学基金(41401301);四川省科技厅重点研发项目(2021YFN0125);四川省财政专项项目(206040217123)

第一作者:袁正蓉(1995—),女,四川宜宾人,硕士研究生,主要从事土壤侵蚀与水土保持研究。E-mail:827706306@qq.com

通信作者:李富程(1982—),男,吉林蛟河人,博士,副教授,主要从事农业生态与水土保持研究。E-mail:lfkind@163.com

sion research.

Keywords: tillage erosion; knowledge map; CiteSpace; visual analysis; research hotspot

耕作侵蚀是指在坡地景观内耕作位移的变化导致净余土壤的重新分配^[1-2]。耕作侵蚀研究最早可追溯到20世纪30年代^[3],但就侵蚀过程来讲是一个新兴的研究领域。Nichols和Reed、Mech和Free、Chase最早描述了坡耕地犁耕对土壤向下坡移动的影响^[4]。20世纪50年代到80年代,耕作侵蚀并未引起广泛关注,只有极少研究关注耕作侵蚀。直到20世纪90年代,关于耕作侵蚀系统地定量研究才开始出现。Lindstrom等^[1,5]对土壤位移进行了全面评估,指出耕作导致农田土壤从凸坡传输到凹坡的过程是非常显著的,这些研究激发了研究者对耕作侵蚀的研究兴趣。许多地区已将耕作侵蚀鉴别为景观内土壤再分配的重要过程,研究显示美国明尼苏达州凸坡部位耕作侵蚀达 $30\text{ t}/\text{hm}^2/\text{a}$ ^[1];哥斯达黎加耕作侵蚀达 $250\text{ t}/(\text{hm}^2\cdot\text{a})$ ^[6],其他地区,如加拿大为 $54\text{ t}/(\text{hm}^2\cdot\text{a})$ ^[7];老挝为 $4.6\sim 11\text{ t}/(\text{hm}^2\cdot\text{a})$ ^[8],中国紫色土区为 $48\sim 150\text{ t}/(\text{hm}^2\cdot\text{a})$ ^[9]。近30 a,在耕作侵蚀过程与机制、耕作侵蚀的环境效应、耕作侵蚀与其他侵蚀的耦合作用、耕作侵蚀防治技术等方面已积累大量的研究成果,耕作侵蚀已成为水土保持学的一个重要研究方向^[10-11]。

文献计量学是通过文献体系和文献计量特征评价某领域科学发展现状及水平,被广泛用于文献情报分析^[12-13]。CiteSpace是美籍华裔陈超美教授开发的一款用于文献数据挖掘和可视化的软件。该软件可通过对主题、关键词、作者、机构等进行聚类分析、网络图谱分析等挖掘其隐含信息,定量且直观地梳理研究现状、显示学科的发展趋势和动向。运用可视化工具对某学科领域进行文献计量分析已成为学术研究的一大热点。我国学者已在黄土区、紫色土区、黑土区、喀斯特区等区域开展了一系列耕作侵蚀研究,但缺乏对耕作侵蚀学科发展动态研究。本文采用CiteSpace对耕作侵蚀研究进展进行可视化分析,系统分析近30 a耕作侵蚀学科的发展脉络与进程,界定耕作侵蚀研究的发展阶段,理清现阶段耕作侵蚀研究的重要方向,旨在促进我国耕作侵蚀学科发展,引起相关管理部门和学者对耕作侵蚀研究的重视,强化耕作侵蚀研究对坡耕地水土保持、土壤质量提升和高质量可持续发展的支撑力度。

1 研究方法与数据来源

1.1 研究方法

采用CiteSpace(5.6.R5)文献计量软件进行分

析。通过中介中心性、文献的爆发性、引文年轮以及被引频次等指标以图谱的形式直观展示耕作侵蚀学科发展动态。其中,中介中心性(Centrality)是体现节点在网络中重要性的指标,具有高中介中心性的节点通常是链接两个不同领域的关键枢纽,也称其为转折点,图谱中玫红色圆圈的厚薄表示其值的大小;文献的爆发性(Burstness)常通过突发性探测值来表示,高突发性值的关键词的出现表示某时期的学者发现了新的研究领域和研究视角,进而评判该关键词处于一定时期的研究前沿,是评判最活跃的研究领域的指标,图谱中红色圆圈的大小表示突发性探测值的高低;引文年轮即图谱的节点,代表着某篇文章的引文历史,年轮的整体大小反映论文被引用的次数,年轮的颜色代表相应的引文时间;在关键词共现图中,每个节点表示一个关键词,节点大小表示关键词出现的频次,节点之间连线的粗细代表关键词共现强度的高低,彼此间相邻的关键词表示他们经常出现在相同的文章中^[13-14]。

1.2 数据来源

本文数据来源于美国科学情报所出版的Web of Science数据库,检索格式设定为:TS=(“tillage erosion”),文献类型设定为Article,文献时间跨度选择为1990—2020年、文献检索结果显示共有306篇相关文献。对检索的文献中发文量靠前的期刊进行单独检索,Soil & Tillage Research(61篇)、Catena(29篇)、Geomorphology(17篇)、Earth Surface Processes and Landforms(16篇)、Journal of Soil and Water Conservation(16篇)。本文文献检索的截止时间为2020年8月27日。

2 结果与分析

2.1 国家和作者共现网络分析

国家共现网络分析的结果见表1,比利时和美国的耕作侵蚀研究起步较早且被引频次较高,德国在该领域的研究起步较晚但其成果被广泛引用,中国的耕作侵蚀研究起步相对较晚但近年来发文量较多。在中介中心性方面,德国拥有最高的中介中心性(0.50),中国中介中心性相对较低(0.02)。在爆发性方面,中国拥有最高的爆发值(6.91),其次是加拿大(6.53)和德国(5.52)。在时间方面,早期成果以比利时、美国居多,但现阶段主要集中于中国、德国、西班牙和比利时。在合作关系方面,中国与加拿大和英国的连线较粗,其合作关系较为紧密。

表 1 耕作侵蚀研究文献被引频次前十位国家

国家	频次	中介 中心性	爆发值	爆发值 初始年	国家	频次	中介 中心性	爆发值	爆发值 初始年
比利时	58	0.30	3.77	1997	英国	18	0.26	4.61	1999
中国	55	0.02	6.91	2004	法国	17	0.20	3.77	2006
美国	53	0.32	—	—	德国	17	0.50	5.52	2012
加拿大	31	0.13	6.53	1999	荷兰	8	0.01	—	—
西班牙	24	0.19	—	—	波兰	6	—	—	—

作者共现网络分析可用来识别和分析研究领域
中核心人物及研究人员之间的合作互引关系。耕作
侵蚀研究的作者共现网络分析图谱包含 55 个节点和
97 条连线,节点大小显示文章被引频次前 5 的研究
团队分别是以 Poesen,Govers、张建辉、Lobb,Quine
为核心的研究团队,且主要研究团队之间存在着不同
紧密程度的合作关系。Lobb 的节点具有最宽的玫红
色外圈,即具有最高的中介中心性,表明 Lobb 的文
章被其他研究者广泛引用,同时 Quine 作为耕作侵
蚀研究领域较早的研究者,其文章也被大家广泛引
用。以张建辉为核心的研究团队具有最高的爆发值
(9.29),是现阶段该领域主要的研究团队,其研究区
域主要分布于中国西南地区。

2.2 学科和期刊共现网络分析

耕作侵蚀在 Agriculture 和 Soil Science 学科中
的被引频次分别为 197,177,但其中介中心性较低,
分别为 0.23,0.07(表 2),显示出文献多在学科内部引
用,对其余学科贡献较少。在所有学科中均未发现爆
发点,但在 Environmental science & Ecology 和
Agriculture 学科中拥有较高的文献半衰期,分别为

19,17,表明该学科中拥有耕作侵蚀研究的经典文章。
此外,在 Geosciences, Multidisciplinary 学科中有最
高中介中心性(0.56),表明该学科中耕作侵蚀的相关
文章被其余学科广泛引用,是耕作侵蚀研究中各学科
的关键枢纽。

表 2 耕作侵蚀领域文章被引频次排名前五学科

WoS 学科	频次	中介中心性	文献半衰期
Agriculture	197	0.23	17
Soil Science	177	0.07	16
Geology	80	0.20	15
Geosciences, Multidisciplinary	79	0.14	15
Environmental science & Ecology	75	0.43	19

注:在 CiteSpace 中,文献的半衰期越长,则代表文献越经典。

在 Web of Science 数据库中共检索到 66 个期刊
发表耕作侵蚀相关的文章,其中发文量在 3 篇及以上
的期刊有 21 个,共发表耕作侵蚀相关文献 224 篇,占
检索总数的 73.20%。期刊共现网络分析结果见表
3,被引频次排名前五的期刊分别为 Soil & Tillage
Research, Catena, Geomorphology, European Jour-
nal of Soil Science 和 Journal of Soil and Water Con-
servation,各期刊的侧重点存在差异。

表 3 被引频次排名前五的期刊信息

期刊名称	频次	主要关键词
Soil & Tillage Research	273	tillage erosion,translocation,soil erosion,tillage translocation,landscape,rate,soil redistribution,steep slope
Catena	237	tillage erosion,rate,soil erosion,redistribution,translocation,slope,caesium-137,land use change,runoff,soil redistribution
Geomorphology	183	tillage erosion,tillage erosion rate,water,deposition,landscape scale,mediterranean vineyard
European Journal of Soil Science	182	tillage erosion,tillage erosion rate,translocation,redistribution,precision agriculture,modeling soil,tracer,erosion
Journal of Soil and Water Conservation	182	Conservation tillage,tillage erosion,translocation,water erosion,slope,landscape

2.3 引文共被引分析

共引文献的爆发值和 Σ 值在一定程度上可以反
映某篇文献在研究发展过程中的重要性。耕作侵蚀
引文共被引高频次爆发点信息见表 4。爆发值大于
10 的文章共有 6 篇,爆发值最高的文献是 Govers 等
1994 年发表于 European Journal of Soil Science^[15],

其在耕作侵蚀领域关注度最高,该研究鉴明了耕作在
土壤再分配中的作用,提出扩散模型($Q=k \cdot S$),广
泛用于土壤位移和耕作侵蚀预测,也成为后续开发计
算机模型的基础。 Σ 值最高的文献是张建辉等 2006
年发表于 Global Change Biology^[16],其在耕作侵蚀
领域具有重要地位,揭示了耕作侵蚀和水力侵蚀在土

壤再分配过程与机制的差异,指出耕作侵蚀是短坡梯地主导土壤侵蚀过程,而水蚀是长坡景观主导土壤侵蚀过程,这种不同的土壤再分配模式造成了 C/N 比

分布格局上的差异。我国学者张建辉团队多篇文献拥有较高的爆发值和Σ值,表明该团队的研究对耕作侵蚀过程与机理的认识做出重要贡献。

表 4 引文共被引高频次爆发点信息

频次	共引文献	爆发值	Σ	序号	频次	共引文献	爆发值	Σ
145	Govers G,1994	17.64	1.39	14	34	Zhang J H,2006	7.59	4.36
101	Lobb DA,1995	14.76	1.26	15	32	Van Muysen W,1999	7.79	1.14
100	Lindstromm J,1992	10.1	1.03	16	29	Quine T A,1999	4.74	1.4
71	Govers G,1996	11.34	2.33	17	28	Kosmas C,2001	7.01	2.33
67	Govers G,1999	10.46	1.43	18	27	Quine T A,1997	7.21	1.6
62	Poesen J,1997	13.68	1.07	19	24	Li S,2007	7.1	1.41
55	Lobb DA,1999	5.3	1.21	20	22	Heckrath G,2005	4.9	1.19
48	Van Oost K,2000	5.49	1.69	21	18	Van Oost K,2003	4.92	1.79
46	De Alba S,2004	5.31	3.77	22	17	Li S,2007	6.68	1.63
46	Zhang J H,2004	6.95	1.3	23	16	Zhang J H,2008	6.65	2.36
43	Van Oost K,2006	5.94	1.2	24	16	De Alba S,2001	3.81	1.19
39	Turkelboom F,1997	6.74	1.1	25	12	Zhang J H,2012	6.47	3.96
34	Van Muysen W,2002	5.65	1.38					

注:Σ为 Sigma 值,是 Citespace 中结合节点在网络结构总重要性(中介中心性)和节点在时间上的重要性(突发性)两个指标复合构造的测度节点新颖性的一个指标,计算公式为:Sigma=(centrality+1)*burstness。

2.4 关键词共现分析

关键词共现分析表明,关键词“tillage erosion”、“soil redistribution”、“soil translocation”节点相对较大,表明耕作侵蚀、土壤再分配、土壤位移在耕作侵蚀领域作为关键词使用最频繁。关键词 Cs-137 中介中心性最高,且与关键词“water erosion”关联程度高,表明 Cs-137 核素示踪技术是研究耕作侵蚀和水蚀对总侵蚀贡献的关键技术。关键词“soil organic carbon”的爆发值最高,表明土壤有机碳分布与动态对耕作侵蚀的响应关注度较高。关键词“crop yield”、“land use”、“soil-landscape variability”、“run-off”等分布于时间轴后段,是耕作侵蚀研究新的关注点,表明耕作侵蚀与粮食安全、耕作侵蚀与土地利用、耕作侵蚀对土壤景观变异性和水文过程变化的影响是现阶段研究的重要方向(表 5)。

1990—2000 年(32 篇),2001—2010 年(122 篇),2011—2020 年(152 篇)期间发表的耕作侵蚀相关文献分别占总文献量的 10.16%,39.87%,49.67%,可以看出耕作侵蚀研究呈现快速发展的趋势。耕作侵蚀研究 1990—2020 年前 10 位高频关键词见表 5。1990—2000 年,“soil translocation”、“tillage erosion rate”、“model”关键词出现频次较高,显示出该阶段研究集中于耕作位移与耕作侵蚀定量化研究与经验模型构建;2001—2010 年,“soil redistribution”、“water erosion”、“pattern”等关键词显示出该阶段研究主要关注耕作侵蚀模型、耕作侵蚀与水蚀在土壤再分配中的作用及模式;2010—2020 年,“water erosion”、“soil organic carbon”等高频关键词出现频率明显增长,显示出该阶段研究重心逐渐转移到耕作侵蚀与水蚀的耦合作用机制、耕作侵蚀对土壤有机碳分布的影响。

表 5 耕作侵蚀研究 1990—2020 年前 10 位高频关键词

1990—2000 年	2001—2010 年	2011—2020 年
tillage erosion(20)	tillage erosion(82)	tillage erosion(94)
soil translocation(11)	soil redistribution(52)	water erosion(57)
soil redistribution(10)	water erosion(43)	soil redistribution(51)
soil erosion(9)	soil erosion(38)	soil organic carbon(43)
slope(9)	tillage erosion rate(34)	soil translocation(41)
Cs-137(8)	Cs-137(30)	soil erosion(40)
tillage erosion rate(5)	pattern(19)	tillage erosion rate(32)
model(3)	erosion(18)	Cs-137(28)
agricultural land(3)	slope(16)	erosion(26)
tillage(3)	model(14)	land use(26)

3 结论与展望

耕作侵蚀作为新兴的土壤侵蚀研究领域,在最近 30 a 呈现快速发展的趋势。比利时和美国的耕作侵蚀研究起步较早且被引频次较高,中国的耕作侵蚀研究起步相对较晚但处于现阶段该研究的前沿。以 Govers, Poesen, Lobb, Zhang, Quine 为核心的科研团队对耕作侵蚀学科发展具有突出贡献。我国学者张建辉团队多篇文献拥有较高的爆发值和 Σ 值,该团队的研究对耕作侵蚀过程与机理的认识做出重要贡献。现阶段耕作侵蚀研究的重要方向主要包括耕作侵蚀与粮食安全、耕作侵蚀与土地利用、耕作侵蚀对土壤景观变异性和水文过程变化的影响。根据水土保持科学与技术对耕作侵蚀学科的需求,我国未来需要重点突破不同耕作机具的土壤再分配过程与模拟、不同土壤侵蚀类型区的耕作侵蚀过程与机理、耕作侵蚀与其他侵蚀的互作过程与机制、水土保持耕作的技术模式与原理。

参考文献:

- [1] Lindstrom M J, Nelson W W, Schumacher T E. Quantifying tillage erosion rates due to moldboard plowing[J]. *Soil & Tillage Research*, 1992, 24(3): 243-255.
- [2] Govers G, Lobb D A, Quine T A. Tillage erosion and translocation: emergence of a new paradigm in soil erosion research[J]. *Soil & Tillage Research*, 1999, 51(3/4): 167-174.
- [3] Nichols M L. Soil dynamics. VI. Physical reaction of soils to moldboard surfaces[J]. *Agric. Eng.*, 1934, 15: 187-190.
- [4] Blanco H, Lal R. Principles of soil conservation and management[M]. New York: Springer, 2008. 109-135.
- [5] Lindstrom M J, Nelson W W, Schumacher T E, et al. Soil movement by tillage as affected by slope[J]. *Soil and Tillage Research*, 1990, 17(3/4): 255-264.
- [6] Tiessen K H D, Sancho F M, Lobb D A, et al. Assessment of tillage translocation and tillage erosion by the disk plow on steepland Andisols in Costa Rica[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2010, 65(5): 316-328.
- [7] Lobb D A, Kachanoski R G, Miller M H. Tillage translocation and tillage erosion on shoulder slope landscape positions measured using ^{137}Cs as a tracer[J]. *Canadian Journal of Soil Science*, 1995, 75(2): 211-218.
- [8] Dupin B, De Rouw A, Phantavong K B, et al. Assessment of tillage erosion rates on steep slopes in northern Laos[J]. *Soil and Tillage Research*, 2009, 103(1): 119-126.
- [9] Zhang J H, Lobb D A, Li Y, et al. Assessment of tillage translocation and tillage erosion by hoeing on the steep land in hilly areas of Sichuan, China[J]. *Soil and Tillage Research*, 2004, 75(2): 99-107.
- [10] 巨莉, 李富程. 旋耕机耕作对紫色土碳氮垂直分布过程的影响[J]. *水土保持研究*, 2019, 26(5): 7-13.
- [11] 李富程, 江仁涛, 花小叶. 等高犁耕朝向对紫色土坡面土壤再分布的影响[J]. *水土保持研究*, 2016, 23(3): 106-111.
- [12] 陈海滨, 杨禹, 姜维, 等. 基于知识图谱的城市生活垃圾研究前沿分析[J]. *环境卫生工程*, 2015, 23(2): 1-5.
- [13] 李杰, 陈超美. CiteSpace 科技文本挖掘及可视化[M]. 北京: 首都经济贸易大学出版社, 2016.
- [14] 陈悦, 陈超美, 刘则渊, 等. CiteSpace 知识图谱的方法论功能[J]. *科学研究*, 2015, 33(2): 242-253.
- [15] Govers G, Vandaele K, Desmet P, et al. The role of tillage in soil redistribution on hillslopes[J]. *European Journal of Soil Science*, 1994, 45(4): 469-478.
- [16] Zhang J, Quine T A, Shijun N I, et al. Stocks and dynamics of SOC in relation to soil redistribution by water and tillage erosion[J]. *Global Change Biology*, 2006, 12(10): 1834-1841.