

李 祥,张永春,王 磊,等. 基于文献计量的近 30 年国内外种植甘薯土壤研究进展分析[J]. 江苏农业学报, 2023, 39(6): 1323-1331.

doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2023.06.007

基于文献计量的近 30 年国内外种植甘薯土壤研究进展分析

李 祥^{1,2}, 张永春^{1,2}, 王 磊², 袁 浩², 王永丽¹, 张 辉^{1,2}

(1. 江苏大学环境与安全工程学院, 江苏 镇江 212013; 2. 江苏省农业科学院农业资源与环境研究所, 江苏 南京 210014)

摘要: 为了解国内外种植甘薯土壤的研究进展, 借助 VOSviewer、CiteSpace 可视化分析软件对 CNKI 数据库和 Web of Science 中核心合集数据库中, 1992–2021 年国内外发表的种植甘薯土壤研究论文的发文量、被引频次、机构、关键词和研究热点等信息进行系统分析。结果表明, 国内外在种植甘薯土壤研究领域的发文量均呈现出波动上升趋势, 美国发文总量最多, 其次是中国。美国农业部的发文量、被引总频次均位居第一, 且同国内外各机构合作密切。涉农高校是国内研究种植甘薯土壤的中坚力量, 但各机构间的合作较少。关键词聚类分析和突变检测发现, 国内侧重于栽培技术的研究, 国际上更倾向于甘薯土壤环境安全的研究。本文为了解种植甘薯土壤研究的现状和进展提供一定的参考价值。

关键词: 甘薯; 土壤; 文献计量法

中图分类号: S159.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2023)06-1323-09

Analysis of research on sweetpotato planting soil at home and abroad in the past 30 years based on bibliometrics

LI Xiang^{1,2}, ZHANG Yong-chun^{1,2}, WANG Lei², YUAN Jie², WANG Yong-li¹, ZHANG Hui^{1,2}

(1. School of Environmental and Safety Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China; 2. Institute of Agricultural Resources and Environment, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China)

Abstract: In order to understand the research progress of sweetpotato planting soil at home and abroad, the information published at home and abroad from 1992 to 2021 in the CNKI database and the core collection database of Web of Science was systematically analyzed with the help of VOSviewer and CiteSpace visual analysis software. The information included the number of published papers, citation frequency, institutions, keywords and research hotspots. The results showed that the number of publications in the field of sweetpotato planting soil at home and abroad showed a fluctuating upward trend. The United States had the largest number of articles, followed by China. The United States Department of Agriculture (USDA) ranked first in the number of publications and the total frequency of citations, and cooperated closely with various institutions at home and abroad. Agriculture-related universities were the backbone of domestic research on sweetpotato planting soil, but

there was less cooperation among institutions. Keyword cluster analysis and mutation detection showed that the domestic research focused on the cultivation technology, and the international research on sweetpotato soil environmental safety was more inclined. This paper provides a certain reference value for understanding the research status and progress in the field of sweetpotato planting soil.

Key words: sweetpotato; soil; bibliometrics

收稿日期: 2022-08-18

基金项目: 国家甘薯农业产业技术体系项目(CARS-10); 江苏省农业科技自主创新基金项目[CX(21)3002]; 江苏省自然科学基金项目(BK20190259)

作者简介: 李 祥(1998-), 男, 江苏滨海人, 硕士研究生, 研究方向为甘薯营养与施肥管理。(E-mail) 2369841379@qq.com

通讯作者: 张 辉, (E-mail) 9833672@qq.com

甘薯 [*Ipomoea batatas* (L.) Lam] 又称番薯、红芋、地瓜等,是旋花科一年生或多年生草本块根植物,含有极其丰富的膳食纤维、蛋白质、维生素、矿质元素^[1]。据 FAO 统计,2020 年全世界甘薯种植面积为 $7.4 \times 10^6 \text{ hm}^2$,总产量 $9.849 \times 10^7 \text{ t}$,其中中国甘薯种植面积和总产量的占比分别为 30.40% 和 54.97%,是世界上最大的甘薯生产国。文献计量可以从多方面系统地分析某一研究领域的整体发展情况,了解该领域国家、机构间的合作关系,把握前沿热点及趋势。唐朝臣等^[2]采用文献计量分析方法对甘薯学科的研究态势进行分析,结果表明,甘薯研究领域中,国内外学者研究的重点主要在作物学和食品科学。王崇等^[3]采用文献计量分析方法对甘薯研究态势进行分析得到相似的结论,当前甘薯研究领域主要研究方向是分子生物学、遗传学和食品科学。国内外学者多采用文献计量分析方法对土壤领域研究态势做剖析。如宋长青等^[4]分析了 1985–2013 年国内外土壤科学的发展过程,张宇婷等^[5]运用文献计量法对国内外土壤侵蚀研究进行可视化分析,清晰地展现出当前的发展趋势和未来的研究方向。此外,采用文献计量分析方法对有关土壤有机碳^[6]、土壤微生物^[7-8]、土壤酸化^[9]等方面的发展态势分析结果均有相关文献报道。

甘薯根系具有分布广、数量多的特点,有较强的养分吸收能力,生产中由于其常表现较强的耐瘠薄特性,因此甘薯种植的土壤问题没有得到足够的重视,但是甘薯作为全球第七大粮食作物,中国第五大作物^[10],开展对甘薯种植土壤的研究具有重要的理论和现实意义。为全面了解种植甘薯土壤的研究进展,本研究运用文献计量分析方法,依据发文量及发文时间分布、被引总频次、篇均被引频次对国内外种植甘薯土壤领域研究的国家及机构进行分析,并建立国家、机构间的可视化合作图谱。重点对比了国内外研究关键词聚类和研究热点,揭示了种植甘薯土壤领域的关键词变化情况和热点演化趋势,以期对种植甘薯土壤研究提供参考。

1 数据来源及研究方法

1.1 数据来源

中文文献检索的数据来源为中国知网(CNKI),在专业检索下,检索公式为 $SU\% = (\text{甘薯} + \text{红苕} + \text{地瓜} + \text{山芋} + \text{甜薯} + \text{红薯} + \text{白薯} + \text{番薯}) * \text{土壤}$,检索的时间跨度为 1992 年 1 月 1 日–2021 年 12 月 31 日,共计搜索到 1 211 篇文献资料。英文文献来自于 Web of

Science 核心合集数据库,高级检索中以“((((TS = (sweet potato)) OR TS = (sweetpotato)) OR TS = (sweetpotatoes)) OR TS = (sweet potatoes)) OR TS = (*Ipomoea batatas* (L.) Lam)) AND TS = (soil)”进行检索,检索的时间跨度为 1992 年 1 月 1 日–2021 年 12 月 31 日,共计检索到 728 篇英文文献。

1.2 分析方法

通过 Excel 对发文量、机构及国家等信息进行统计分析,借助 VOSviewer 数据可视化软件对 1 211 篇中文文献和 728 篇英文文献的重要机构、国家间科研合作关系进行可视化分析,运用 CiteSpace 软件对国内外高频关键词聚类及突发性进行系统分析。基于统计分析及网络图谱结果获得了近 30 年来种植甘薯土壤领域的年度发文趋势、高产机构、国家合作、研究现状与前沿热点。

2 结果与分析

2.1 文献数量及时间分布特征

由图 1 可见,近 30 年国内和国际有关种植甘薯土壤研究论文发文量总体呈现出波动增长趋势,国内期刊上的发文量在 2007 年后增速显著提高,而国际期刊上的发文量在前 20 年的发文量较为平稳,后期发展势头良好。国内期刊上的发文量以 2007 年作为一个划分节点,1992–2006 年为第一阶段,在这一阶段发文量较少,共发表相关论文 271 篇,占中文总发文量的 22%;2007 年以后为第二阶段,这一阶段是论文发表的快速增长期,发表的论文占中文发文总量的 78%,平均年度发文量为 63 篇,这与国家甘薯产业技术体系的建设有着密不可分的关系^[11]。国际期刊上在 1992–2010 年发文量较少,2011 年以后发文量不断攀升,近 11 年内发表的论文占近 30 年国际期刊上发文总量的 62%。

2.2 国内研究机构分析

表 1 总结了国内种植甘薯土壤研究领域发文量排名前 10 的机构,结果表明,发文量第一的是江苏省农业科学院,共 28 篇;其次是四川农业大学、西南大学,各 23 篇。从排名前 10 的机构中可以看出,科研院所 4 所和涉农高校 6 所,其中涉农高校不仅占比最多,且在发文量及被引频次上均位于前列,由此可见在种植甘薯土壤研究领域中,涉农高校的论文影响力与相关科研院所相比更胜一筹。其中四川农业大学的论文篇被引频次位于前列,这可能与西南地区是中国面积最大的甘薯种植区有关。

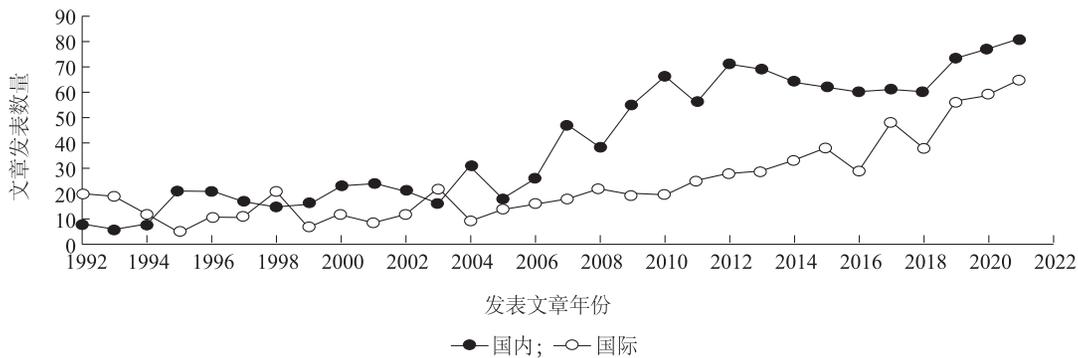


图 1 1992-2021 年种植甘薯土壤研究论文年代分布

Fig.1 Chronological distribution of research papers on sweetpotato planting soil from 1992 to 2021

表 1 国内种植甘薯土壤研究领域发文量前 10 所机构

Table 1 Top 10 institutions in terms of the number of publications in the field of sweetpotato planting soil in China

研究机构	发文量	被引总频次	篇均被引频次
江苏省农业科学院	28	284	10.14
四川农业大学	23	773	33.61
西南大学	23	508	22.09
山东农业大学	21	532	25.33
中国农业大学	19	315	16.58
青岛农业大学	17	224	13.18
南京农业大学	14	167	11.93
江苏徐淮地区徐州农业科学研究所	14	67	4.07
中国科学院南京土壤研究所	13	344	26.46
山东省农业科学院	12	170	14.17

图 2 展示了国内各个机构间的合作紧密程度。由图 2 可知,江苏省农业科学院处于图谱中心位置,与多所涉农高校都有合作,且与江苏省、山东省、福建省、安徽省和江西省的研究机构也有合作,其合作机构分布最广。其次是中国农业大学和南京农业大学,其合作机构分布较广。其余机构合作明显带有地域性特征,如山东农业大学,其合作机构主要分布于山东省;如表 1 中四川农业大学的总被引频次和篇均被引频次均位于首位,其论文在国内的影响力较大,但从机构合作图谱中可以看出其与其他机构的合作并不紧密,开展的学术研究相对独立。当前正处在信息化时代,各机构资源信息交互共享往往是克服问题的关键,因此,种植甘薯土壤研究的各科研机构应加强合作,探索全方位深层次的信息融合途径和资源优势互补,在种植甘薯土壤研究领域不断攀升和突破。

2.3 国际上研究国家和机构间合作分析

2.3.1 国家间合作分析 由图 3 可知,美国总发文量为 225 篇,占国际论文总量的 30.91%,年度发文量在 10 篇上下波动,位于第一。中国总发文量为 142 篇,位于第二,中国在种植甘薯土壤领域的研究起步较晚,但自 2008 年起,年度发文量呈快速增长的趋势,2018 年后年度发文量超越其他各国。其余各国的发文量年度间无明显变化。图 4 展示了国家间的合作关系网络,美国及中国同其他国家的合作关系最为密集。国家间的交流合作是提升科研创造性和加强科研能力的重要方式。

2.3.2 研究机构间合作分析 表 2 显示国际期刊上发文量排名前 10 的研究机构,美国 6 所、中国 2 所、国际合作组织 2 所研究机构上榜。从发文量和总被引频次上看,美国农业部发表 45 篇、被引 1 537 次、篇均被引频次 34.16 次,位于首位,在国际上其论文影响力最大。中国虽只上榜 2 所,但上榜 2 所机构的篇均被引频次位列前 3,在国际上中国的论文影响力也较为突出。图 5 展现各研究机构间的合作关系,节点大小表明合作机构的数量,图中连线显示机构间的合作关系。美国农业部、中国科学院、中国农业大学同其他研究机构的合作较为密切,中国科学院处于机构合作网络图谱的中心位置,同国际机构的合作最为频繁。

2.4 国内研究关键词和热点分析

2.4.1 关键词分析 关键词是一篇论文表达主旨的核心要素,是论文必不可少的组成部分,对种植甘薯土壤研究相关文献进行关键词聚类分析有利于挖掘其研究热点和演变趋势。表 3 是 CiteSpace 作图 6 形成的 18 个主要聚类,其中平均轮廓值 (Silhouette 值) 均大于 0.7,说明聚类效果较好。可以看出,国

内种植甘薯土壤研究领域关键词最大的聚类是产量,产量一直是甘薯研究的一个重点,自研究文献截取最早的 1992 年起就有相关研究,直至今日依旧是研究热点。将种植甘薯土壤研究论文依据关键词聚类可分为三类:第一类为甘薯性状研究,有产量和作物产量;第二类为土壤理化性质研究,有土壤、土壤肥力、坡耕地、氮磷钾;第三类为栽培技术研究,有土壤养分、栽培技术、栽培、夏玉米、甘薯产量、有机肥、

经济效益、农作物、垄作、防治、合理密植、耕作制度。由此可知,种植甘薯土壤研究中甘薯性状研究和土壤理化性质研究较少,这可能与甘薯较强的耐瘠薄特性有关。自 20 世纪末甘薯已从主要粮食作物转变为辅助性作物,人们更多地关注不同土壤环境对甘薯营养价值的影响,栽培技术研究成为国内种植甘薯土壤研究的重点^[12]。

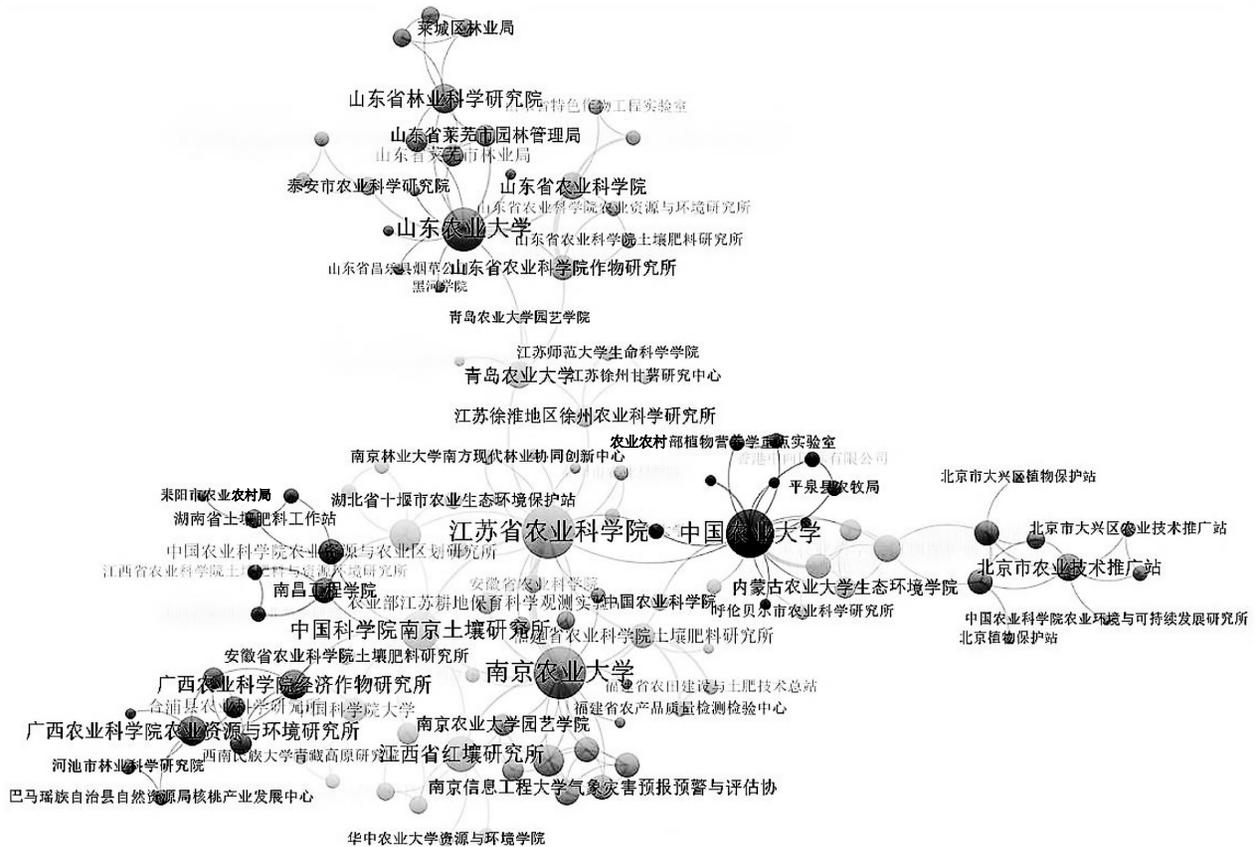


图 2 国内种植甘薯土壤研究领域研究机构间合作关系

Fig.2 Inter-institutional cooperation in the field of sweetpotato planting soil in China

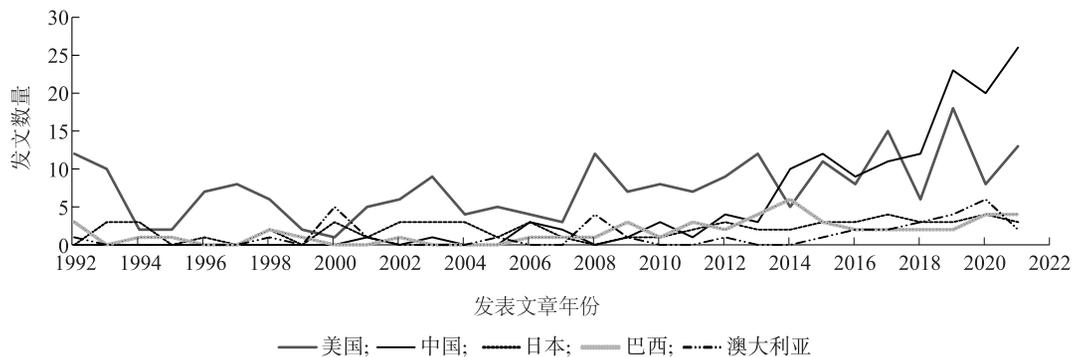


图 3 发文量前五国家的年度发文量变化情况

Fig.3 Changes in the annual number of publicatans in the top five countries

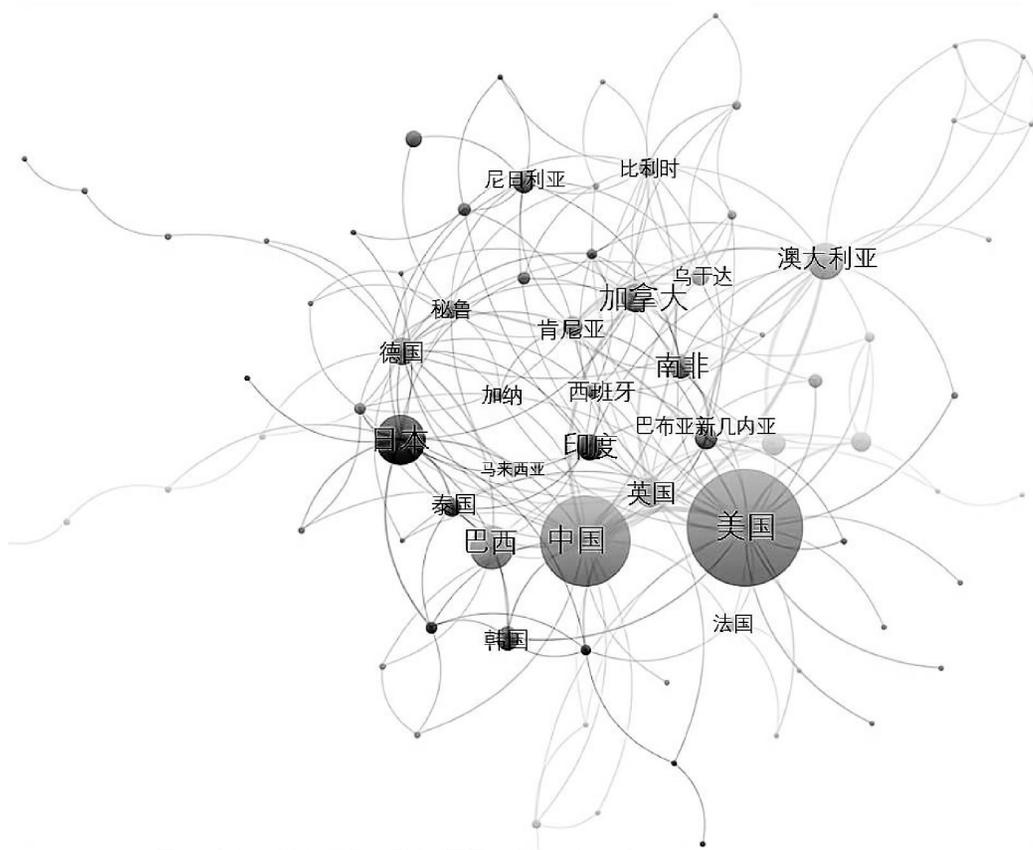


图 4 种植甘薯土壤研究领域主要国家间的合作关系

Fig.4 Cooperation among major countries in the field of sweetpotato planting soil

表 2 1992–2022 年国际上种植甘薯土壤研究领域发文量前 10 所机构

Table 2 Top 10 institutions in terms of the number of publications in the field of international sweetpotato planting soil research from 1992 to 2022

机构	发文量	被引总频次	篇均被引频次
美国农业部	45	1 537	34.16
中国科学院	33	971	29.42
北卡罗来纳大学	29	343	11.83
北卡罗来纳州立大学	28	337	12.04
路易斯安那州立大学	24	329	13.71
国际农业研究磋商组织	22	490	22.27
佛罗里达州立大学	21	331	15.76
密西西比州立大学	18	129	7.17
中国农业大学	16	519	32.44
国际马铃薯研究中心	16	333	20.81

2.4.2 研究热点分析 表 4 显示采用 CiteSpace 突变检测得到 9 个主要突变词。结合年度发文量的划

分,1992–2006 年,中国耕地资源分布不均,且旱地问题日益凸显,依据 2009 年完成的第 2 次全国土地调查显示,中国全部旱地面积占总耕地面积的 54.9%,其中坡耕地问题往往最为突出,据调查结果显示坡耕地面积占总耕地面积 28.3%,如何提高农作物在旱地中的产量引起了人们的广泛关注,因此学者的研究也更加关注旱地的“增产效果”和甘薯种植对“坡耕地”的影响^[13-16]。在 2007–2021 年关键词出现多样化,随着“种植模式”、“栽培”和“地膜覆盖”关键词的突现,进一步增强了对高产种植技术多样化的研究^[17-19]。“有机肥”、“酶活性”和“高产”是当前种植甘薯土壤研究领域最新发展的主题,其主要的研究内容是通过有机无机配施和轮作等手段,探寻土壤生态环境和甘薯高产及品质之间的平衡,从而在实现甘薯高质量绿色发展的同时保证土壤环境的健康^[20-21]。总的来说,近 30 年来国内种植甘薯土壤研究的突变词较少,突变强度小,国内种植甘薯土壤研究领域还有待激起新的研究浪潮,还需要寻找新的研究热点。

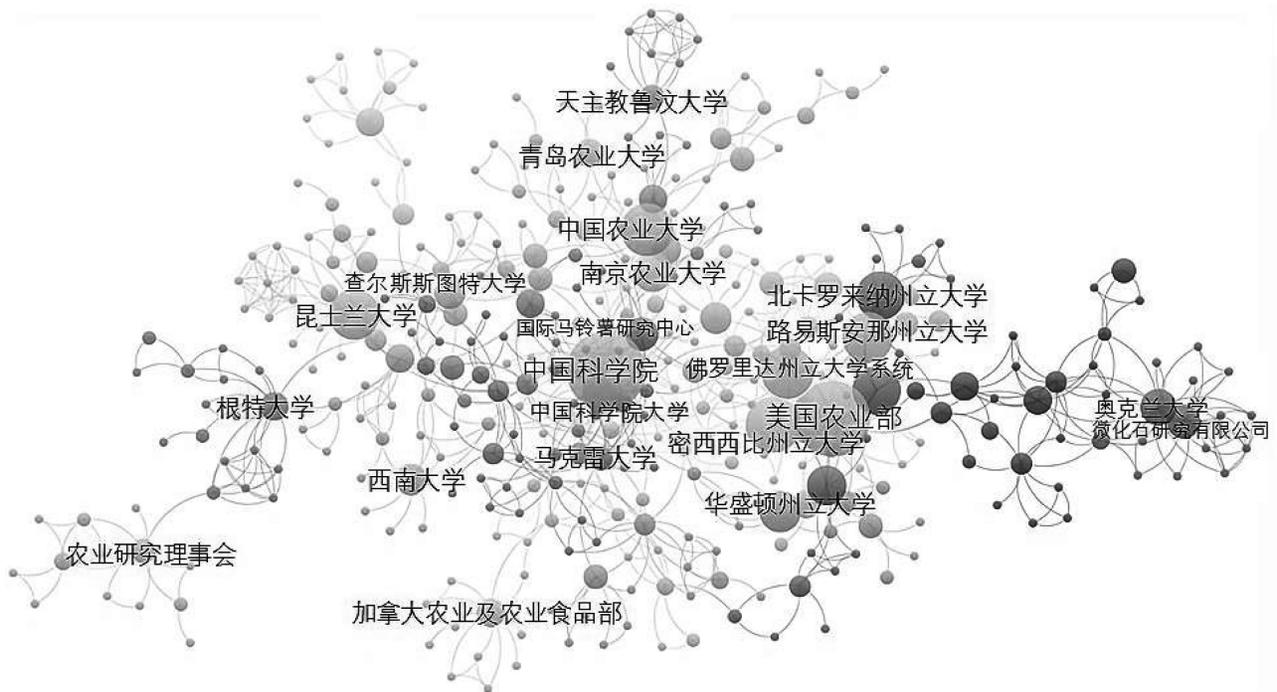


图 5 国际上种植甘薯土壤研究领域重要机构间的合作关系

Fig.5 International cooperation of important institutions in the field of sweetpotato planting soil research

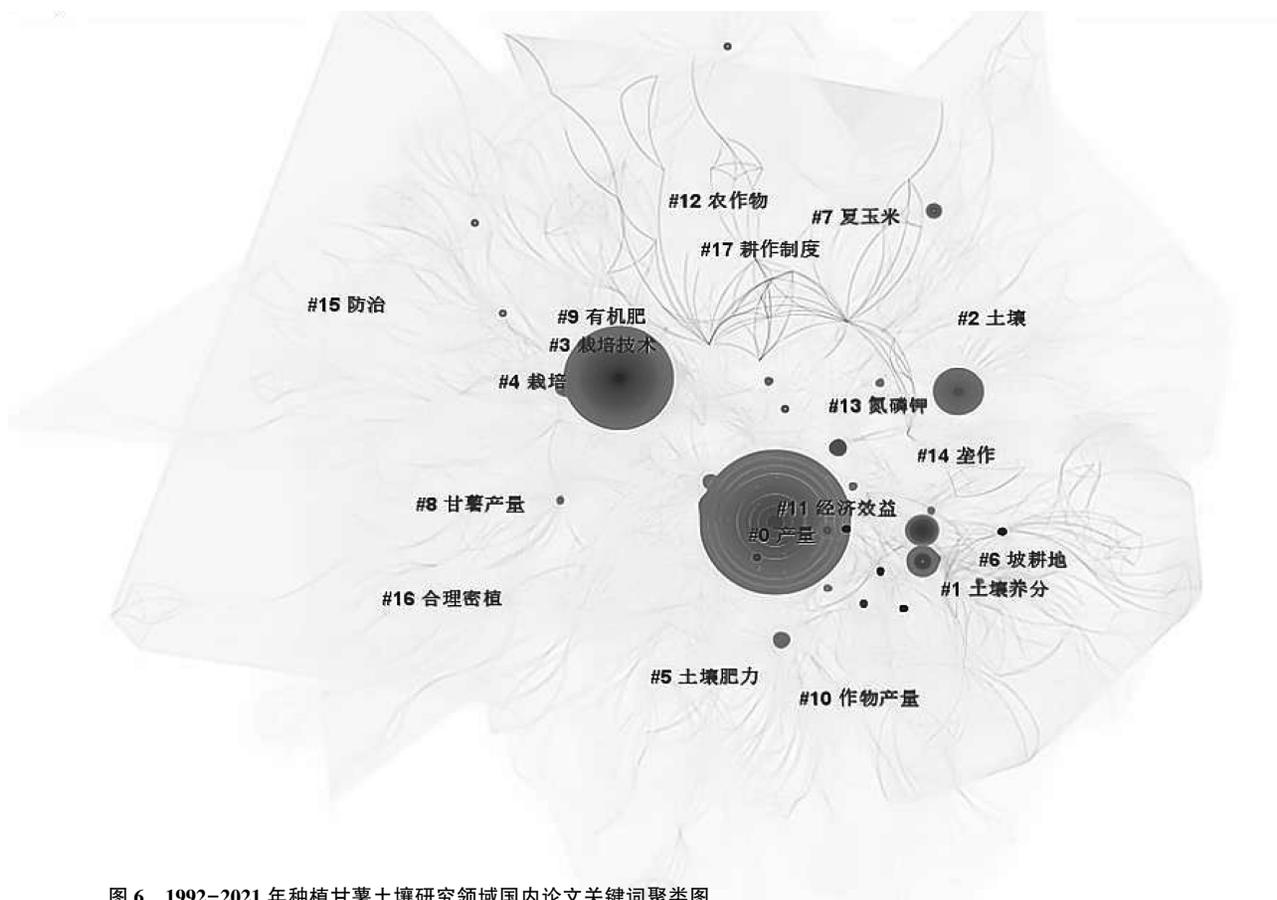


图 6 1992-2021 年种植甘薯土壤研究领域国内论文关键词聚类图

Fig.6 Keyword clustering map of domestic papers in the field of sweetpotato planting soil research from 1992 to 2021

表 3 国内种植甘薯土壤研究论文关键词聚类结果

Table 3 Keyword clustering results of papers in the field of sweetpotato planting soil research in China

聚类号	聚类成员数	平均轮廓值	年份	聚类名称	对数似然标签值最大的 2 个关键词
#0	157	0.853	2009	产量	品质、养分
#1	95	0.906	2011	土壤养分	间作、轮作
#2	92	0.914	2011	土壤	重金属、富集系数
#3	89	0.960	2008	栽培技术	甘薯品种、种植区
#4	83	0.880	2007	栽培	技术、优质
#5	19	0.914	2007	土壤肥力	硫酸钾、地力
#6	77	0.880	2007	坡耕地	水土流失、紫色土
#7	75	0.892	2011	夏玉米	红小豆、冬小麦
#8	69	0.895	2007	甘薯产量	根腐病、地膜覆盖栽培技术
#9	68	0.952	2009	有机肥	土壤消毒、线虫病害
#10	67	0.922	2011	作物产量	农艺性状、有机质
#11	64	0.901	2008	经济效益	玉米、应用
#12	57	0.933	2013	农作物	空间分布、起垄机
#13	44	0.951	2009	氮磷钾	生物量、光合产物
#14	43	0.934	2013	垄作	垄作、块根
#15	42	0.975	2007	防治	综合防治、症状
#16	42	0.957	2010	合理密度	合理密度、种植密度
#17	40	0.970	1999	耕作制度	旱地农业、持续发展

图 4 1992–2021 年种植甘薯土壤研究国内论文中出现的突变词

Table 4 Mutation words in domestic literature on sweetpotato planting soil research from 1992 to 2021

突变词	开始年份	结束年份	强度
增产效果	1995	2000	3.76
坡耕地	2000	2011	3.11
地膜覆盖	2005	2015	4.85
种植模式	2008	2012	3.86
产量	2012	2019	5.27
栽培	2013	2021	3.47
有机肥	2016	2021	3.93
酶活性	2018	2021	3.24
高产	2019	2021	3.85

2.5 国际研究关键词和热点分析

2.5.1 关键词分析 图 7 为种植甘薯土壤研究国际文献的关键词聚类图谱,共形成 12 个主要聚类,代表 1992–2021 年国际上种植甘薯土壤的主要研究领域。由表 5 可以看出,关键词健康风险 (Health risk) 这一聚类成为除了关键词甘薯 (Sweetpotato) 外最大的聚类,说明国际上对于风险评估的研究较为成熟。其次是关键词连作 (Continuous cropping) 和

轮作 (Crop rotation) 聚类。根据聚类结果,可以将关键词分为四类:第一类为甘薯性状,如甘薯;第二类为土壤理化性质,如土壤特性;第三类为栽培技术,如连作、甜玉米、作物轮作;第四类为安全评价,如健康风险、免耕、微生物抑制、丛枝菌根、种群动态、生物地球化学循环、时间动态。显然,相较于国内种植甘薯土壤研究,国际上此领域的研究更着重于对甘薯土壤环境的安全评价。

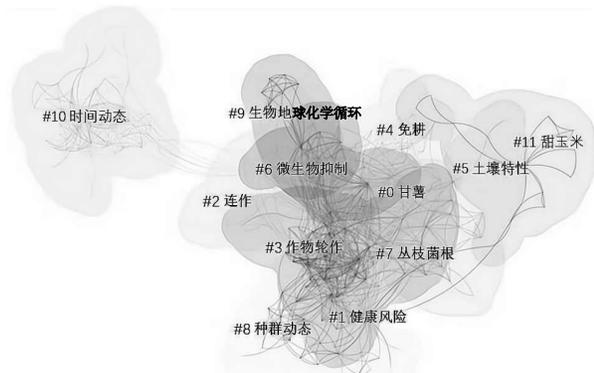


图 7 1992–2021 年种植甘薯土壤研究国际文献的关键词聚类图

Fig.7 Keyword clustering co-word map of international literature on sweetpotato planting soil research from 1992 to 2021

表 5 国际上种植甘薯土壤研究论文关键词聚类结果

Table 5 Keyword clustering results of international research papers on sweetpotato planting soil

聚类号	聚类成员数	平均轮廓值	年份	聚类名称	对数似然标签值最大的 2 个关键词
#0	79	0.862	2006	甘薯	甘薯、淀粉
#1	68	0.724	2013	健康风险	重金属、叶绿素荧光
#2	56	0.797	2010	连作	效率、细菌生态学
#3	48	0.745	2007	作物轮作	保护性农业、根结线虫
#4	39	0.803	2006	免耕	根部形状、土壤保护
#5	39	0.862	2008	土壤特性	土壤性质、杀线虫剂
#6	37	0.886	2005	微生物抑制	植物营养、流行病学
#7	35	0.901	2001	丛枝菌根	丛枝菌根、微体植物化石
#8	35	0.868	2005	种群动态	蒙氏假单胞菌、恢复力
#9	34	0.942	2007	生物地球化学循环	封闭生态系统、太空农业
#10	32	0.855	2012	时间动态	生物除草剂、地上生物量
#11	31	0.984	1999	甜玉米	恶虫威杀虫剂、芦笋

2.5.2 研究热点分析 表 6 显示了 1992–2022 年出现的突发性最强的 7 个关键词。结合年度发文量的划分可以看到在 1992–2011 年平稳发展阶段,高频关键词主要有感染 (Infection) 和甜玉米 (Sweet corn),表示学者关注不同菌体对甘薯的影响机制^[22-23]以及甜玉米 (Sweet corn) 等作物与甘薯的研究^[24],但这两个关键词的突变值都不高,说明人们对它们的研究热情并不高。2012–2022 年随着年度发文量的快速增长,高频关键词也逐渐增多,可以看到产量 (Yield) 和响应 (Response) 的出现,表示生态环境对甘薯生长的影响研究是当时最受关注的主题。随后,由于人们对环境保护和安全风险意识的提高,重金属 (Heavy metal) 和健康风险 (Health risk) 成为当今种植甘薯土壤研究领域发展潜力最大的主题,人们开始倾向于关注污染物对甘薯和土壤影响的安全风险评价^[25-27]。

3 结论

本研究发现:(1)国内外种植甘薯土壤研究的发文量总体呈波动上升趋势,国内在 2008 年之后,年度发文量大幅增加,国际上对种植甘薯土壤的研究,2011 年前发文数量较少,但后期发展态势良好;(2)国内涉农高校已成为种植甘薯土壤研究的中坚力量,但各研究机构间的合作存在明显的地域特性,且国内各机构开展的学术研究相较独立,机构间的

合作并不紧密;(3)美国在种植甘薯土壤研究的发文最多,在国际上具有较大的影响力,美国农业部和中国科学院在该领域的发文量和被引频次都位于前列,且同国内外各研究机构合作密切;(4)通过对比国内和国际上种植甘薯土壤研究论文的关键词突变检测可以发现,现阶段国内侧重于土壤生态环境与甘薯品质同步提升的研究,而国际上更倾向于种植甘薯土壤生态安全的研究。

图 6 1992–2021 年种植甘薯土壤研究国际论文中出现的突变词

Table 6 Mutation words of international literature on sweetpotato planting soil research from 1992 to 2021

突变词	开始年份	结束年份	强度
传染	1992	1998	3.54
甜玉米	1992	2007	3.50
产量	2013	2018	5.41
响应	2015	2021	3.64
影响	2017	2021	4.24
重金属	2018	2021	5.61
健康风险	2018	2021	3.99

参考文献:

- [1] 李海燕. 甘薯茎尖营养成分分析与评价[J]. 安徽农业科学, 2008(10):4034-4035.
- [2] 唐朝臣,黄立飞,王章英. 国内外甘薯研究态势述评[J]. 中国农业大学学报, 2020, 25(7):51-68.

- [3] 王 崇,张 琦,王连军,等. 基于文献计量的甘薯研究发展态势分析[J].湖北农业科学,2020,59(21):23-29,150.
- [4] 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[J].土壤学报,2015,52(5):957-969.
- [5] 张宇婷,肖海兵,聂小东,等. 基于文献计量分析的近 30 年国内外土壤侵蚀研究进展[J].土壤学报,2020,57(4):797-810.
- [6] 周 咪,肖海兵,聂小东,等. 近 30 年国内外土壤有机碳研究进展解析与展望[J].水土保持研究,2020,27(3):10.
- [7] 陈 香,李卫民,刘 勤. 基于文献计量的近 30 年国内外土壤微生物研究分析[J].土壤学报,2020,57(6):1458-1470.
- [8] ZENG L, LI W, WANG X, et al. Bibliometric analysis of microbial sulfonamide degradation: Development, hotspots and trend directions[J]. Chemosphere, 2022, 293:133598.
- [9] 郑梅迎,林 伟,徐 茜,等. 基于 CNKI 数据库的土壤酸化文献计量分析[J].土壤,2020,52(4):811-818.
- [10] WANG S N, NIE S P, ZHU F, et al. Chemical constituents and health effects of sweet potato[J]. Food Research International, 2016, 89:90-116.
- [11] 蒋玉峰,马代夫. 国家甘薯产业技术体系建设推动甘薯产业和学科发展[J].江苏师范大学学报(自然科学版),2016,34(3):23-27,2.
- [12] 李小艳,刘忠玲,王自力,等. 甘薯种植特点及其在养殖技术中的应用[J].世界热带农业信息,2021(9):1-2.
- [13] 李振吾,籍增顺,刘执鲁,等. 山西旱地高效农业协调持续发展技术研究[J].山西农业科学,1997(2):3-12.
- [14] 余金凤. 福建沿海赤红壤旱地生产存在问题与对策[J].福建农业科技,1996(5):34-35.
- [15] 向万胜,梁称福,李卫红. 三峡库区花岗岩坡耕地不同种植方式下水土流失定位研究[J].应用生态学报,2001,12(1):47-50.
- [16] 李承力,杨特武,徐君驰,等. 丹江口库区坡耕地不同轮作模式作物生产力及农田养分流失比较[J].水土保持学报,2011,25(4):83-87.
- [17] 林超文,付登伟,庞良玉,等. 不同粮草种植模式对四川紫色丘陵区水土流失的影响[J].水土保持学报,2011,25(1):43-46.
- [18] 车照海. 红薯高产栽培技术[J].河南农业,2014(23):39-40.
- [19] 张玉钦,马英建,李顺庆. 保健型紫色甘薯新品种济薯 18 号及高产栽培技术[J].中国农技推广,2010,26(3):15-16.
- [20] 决 超. 甘薯不同轮作模式对土壤生物学特性及理化性质的影响[J].江苏农业科学,2022,50(3):116-120.
- [21] 段文学,张海燕,解备涛,等. 化肥和生物有机肥配施对鲜食型甘薯块根产量、品质及土壤肥力的影响[J].植物营养与肥料学报,2021,27(11):1971-1980.
- [22] PAULA M A, URQUIAGA S, SIQUEIRA J O, et al. Synergistic effects of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and diazotrophic bacteria on nutrition and growth of sweet potato (*Ipomoea batatas*) [J]. Biology and Fertility of Soils, 1992, 14(1):61-66.
- [23] LOCCI R. Actinomycetes as plant pathogens[J]. European Journal of Plant Pathology, 1994, 100(3/4):179-200.
- [24] SNAPP S S, SWINTON S M, LABARTA R, et al. Evaluating cover crops for benefits, costs and performance within cropping system niches[J]. Agronomy Journal, 2005, 97(1):322-332.
- [25] HUANG F, ZHOU H, GU J, et al. Differences in absorption of cadmium and lead among fourteen sweet potato cultivars and health risk assessment [J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2020, 203:111012.
- [26] CHEN Y, YUAN L, XU C. The accumulation characteristics and potential health risks of heavy metals in vegetables from reclaimed area of China[J]. Human & Ecological Risk Assessment, 2018, 24(3/4):949-960.
- [27] LUO X, REN B, HURSTHOUSE A S, et al. Potentially toxic elements (PTEs) in crops, soil, and water near Xiangtan manganese mine, China: potential risk to health in the foodchain[J]. Environmental Geochemistry and Health, 2020, 42(8):1965-1976.

(责任编辑:成纾寒)