

DOI:10.13718/j.cnki.xsxb.2022.03.012

# 基于 WOS 和 CiteSpace 的自生植物研究进展<sup>①</sup>

潘王韵, 姚丽敏, 郭蓓琳, 曾菁菁,  
吕祉龙, 仇明月, 蒋馨怡, 闫淑君, 陈莹

福建农林大学 园林学院, 福州 350002

**摘要:** 以 Web of Science 数据库中 2002—2020 年自生植物相关文献为研究对象, 利用 Excle 分析工具对其作者、地区、时间和发文机构进行分析, 运用 CiteSpace 文献分析工具对其关键词进行共现和突现可视化分析。结果表明, 在数据库中共检索出 958 条有关的文献信息, 发文数量整体上呈现波动上升的趋势。“calcareous grassland”“mine”“growth”“system”“spontaneous vegetation”“human disturbed habitat”这几个关键词的突现时间均超过 5 年, 说明在此期间对这几个方面的研究是持续的热点。“land”“biodiversity conservation”“habitat”“functional trait”是近 5 年新出现的突现词, 说明近年来这些方面已成为自生植物新的研究前沿和热点, 自生植物的研究重点开始更多地关注城市环境中自生植物的物种组成以及对于生态多样性的影响, 并且更多地开始探讨自生植物在城市景观中的应用策略。

**关键词:** 自生植物; Web of Science 数据库; CiteSpace 软件; 可视化

**中图分类号:** TP311; S601

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1000-5471(2022)03-0100-11

## On Progress of Spontaneous Vegetation Based on Wos and Citespace

PAN Wangyun, YAO Limin, GUO Beilin, ZENG Jingjing,  
LYU Zhilong, CHOU Mingyue, JIANG Xinyi, YAN Shujun, CHEN Ying

College of Landscape Architecture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China

**Abstract:** A bibliometric analysis was taken on the research literature of spontaneous vegetation in order to understand the research status in this field. The authors, regions, time and institutions of spontaneous vegetation in Web of science database from 2002 to 2020 were analyzed by Excel, and CiteSpace used to analyze the co-occurrence and emergence of keywords. A total of 958 related literature information were retrieved in the Web of Science database. The number of published papers showed a fluctuating upward trend. The keywords of calcareous grassland, mine, growth, system, spontaneous vegetation and human disturbed habitat have been emerging for more than five years, which indicates that the research on these

① 收稿日期: 2021-01-10

基金项目: 福建农林大学学科专业建设项目(YSYL-bdpy-4); 福建农林大学科技创新专项基金(CXZX2020052A); 福建农林大学创新训练项目(202110389165); 福建省自然科学基金项目(2021J01132)。

作者简介: 潘王韵, 硕士研究生, 主要从事风景园林研究。

通信作者: 陈莹, 副教授, 硕士研究生导师。

aspects is a continuous hot spot during this period. Land, biodiversity conservation, habitat and functional trait are the new emerging words in recent five years, which indicates that these aspects have become the new research frontier and hot spots of plants in recent years. It is concluded that, in the recent years, in the research focused on spontaneous vegetation, more attention began to be paid to the species composition of spontaneous vegetation in urban environment, and the impact of spontaneous vegetation on ecological diversity, and more began to explore the application strategies of spontaneous vegetation in urban landscape.

**Key words:** spontaneous vegetation; web of science database; CiteSpace; visualization

自生植物是指未经人工栽培就能够自然生长演替的植物群体<sup>[1-2]</sup>. 它们的生长范围可以从较大的空地到很小的微生境,例如地面裂缝或人行道上. 研究表明,自生植物可以为城市的生态系统服务,并作出重要贡献,比如为昆虫和其他节肢动物提供栖息地<sup>[3]</sup>. 这些植物长期生长在城市,适应了城市生态环境,污染抗性强,能在无人管理的情况下自然地生长繁衍,并形成一定的自然景观<sup>[4]</sup>. 有研究发现城市公园中植物物种的同质化现象越来越严重,这对城市植物的物种多样性产生了影响<sup>[4]</sup>. 而自生植物不仅能在城市形成稳定的植物群落,强化城市植物的地域性特色,最重要的是这些植物群落可以在低人工管理强度的条件下自我更新演替,极大地节省人力物力,增加城市生态多样性. 对城市自生植物进行调查,选择能够忍受稀薄、贫瘠的土壤和能够抗严重干扰的物种进行应用,对于丰富城市植物多样性具有一定的实际意义.

CiteSpace 是一款用于分析科学文献中蕴含的潜在知识,并在科学计量学、数据和信息可视化背景下发展起来的引文可视化分析软件<sup>[5]</sup>. 利用 CiteSpace 进行共词分析可以研究一个特定领域的知识基础和研究前沿. 共词分析是一种通过测量关键词或主题词的频次来探测特定领域中研究热点变化的研究方法<sup>[6]</sup>.

为明确近年来国际范围内自生植物领域的研究热点和研究前沿,本研究根据 Web of Science(WOS)数据库信息,运用文献计量学方法对国际自生植物的相关文献进行了分析.

## 1 数据来源与研究方法

### 1.1 数据来源

本研究使用的数据全部来源于美国 Thomson Reuters 公司 Web of Science(本文简称“WOS”)平台的 WOS 核心合集. 分别以“spontaneous plant(自生植物)”或“spontaneous vegetation(自生植物)”为标题和主题进行搜索,文献类型选择“Article”或“Review”. 时间跨度为 1980—2020 年,最终共检索出 958 条文献题录. 但由于数据显示有关自生植物的论文在 2002 年才第一次出现,因此本研究最终将搜索时间定为 2002—2020 年.

### 1.2 研究方法

本研究采用以数量统计为基础的文献计量学分析方法,利用 WOS 的分析检索功能结合 Excel 对所得的 958 条文献数据进行初步的年度、文献主题类别、研究论文的作者、发表时间和地区进行统计分析,形成对自生植物研究领域的初步认知.

借助 CiteSpace v. 5. 6R4 分析工具,主要参数设置为 Time Slicing: 2002—2020; Node Types: 分次选取 Author, Institution, Country, Keyword; 时间切片: Top N50; Pruning: pathfinder & pruning sliced networks. 其余参数按照默认参数设置.

## 2 结果与分析

### 2.1 发文数量的时间分布

图 1 为 2002—2020 年 WOS 自生植物发文数量的分布情况. 从图 1 中可以看出,发文数量整体上呈现波动上升的趋势. 在 2002—2009 年期间,自生植物的发文数量占总发文数量的 21.3%,处于缓慢发展的阶段;在 2010—2014 年期间,自生植物的发文数量呈现快速上升的趋势,占总发文数量的 31.8%,并在 2014

年发文数量即将突破 80 篇;在 2015—2020 年期间,发文数量出现较大的波动情况,但是总体还是呈现上升趋势,这 6 年的发文数量占总发文数量的 46.9%,可以看出自生植物的研究热度和受重视程度正在不断上升。

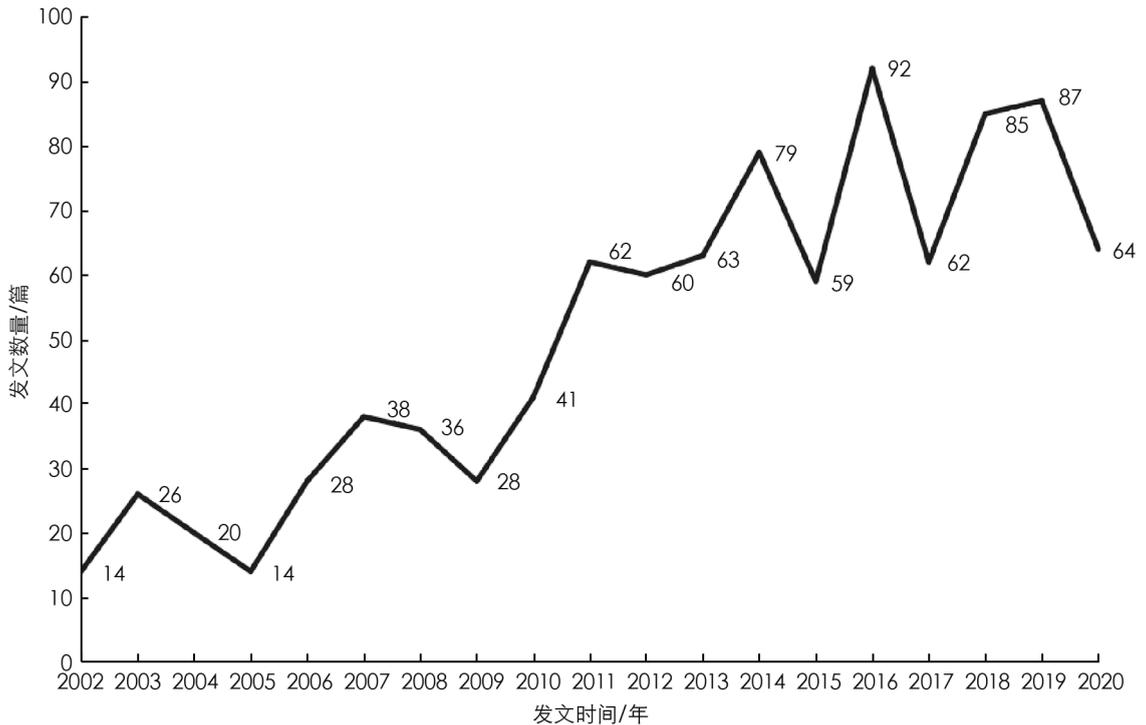


图 1 2002—2020 年自生植物发文数量时间分布

## 2.2 发文的主题类别统计

表 1 列出 2002—2020 年 WOS 自生植物相关文献的前 10 个发文主题类别,可以看出生态学(ECOLOGY)是最大的主题类别,发文数量 278 篇,占总发文数量的 29.02%,其次是环境科学(ENVIRONMENTAL SCIENCES)和植物科学(PLANT SCIENCES),分别占 26.20%和 17.54%,排名前 2 名的主题类别的发文数量占总发文数量的 55.22%,超过半数,可以看出自生植物与这两个领域关系最为密切.同时自生植物还涉及林学(FORESTRY)、土壤科学(SOIL SCIENCE)、生物多样性保护(BIODIVERSITY CONSERVATION)等方面,由此可知自生植物研究受到多个领域和学科的广泛关注。

表 1 2002—2020 年 WOS 自生植物研究文献的主题类别统计

排名	WOS 主题类别	中文主题名	发文数量/篇	所占比例/%
1	ECOLOGY	生态学	278	29.02
2	ENVIRONMENTAL SCIENCES	环境科学	251	26.20
3	PLANT SCIENCES	植物科学	168	17.54
4	FORESTRY	林学	109	11.38
5	SOIL SCIENCE	土壤科学	101	10.54
6	AGRICULTURE MULTIDISCIPLINARY	农业多学科	68	7.10
7	AGRONOMY	农艺学	65	6.79
8	BIODIVERSITY CONSERVATION	生物多样性保护	54	5.64
9	ENGINEERING ENVIRONMENTAL	工程环境学	54	5.64
10	ENVIRONMENTAL STUDIES	环境研究	54	5.64

## 2.3 发文的国家/地区统计

共有 74 个国家/地区发表了有关自生植物的论文.本研究选取发文数量最多的前 10 位国家/地区的信

息进行分析比较(表2)。表2中的“H-index”代表高引用次数,指一个国家、机构或学者最多有 $h$ 篇论文分别被引了至少 $h$ 次。通常情况下,如果一个国家、机构或学者的研究成果H-index越高,那它的研究成果影响力就越大<sup>[7-8]</sup>,但总被引频次与H-index一般与他们在该领域的研究时间相关。此外被引频次也是衡量研究成果影响力的一个重要标准。

从表2中可以看出巴西的发文数量最多,为143篇,占总发文数量的14.93%,捷克共和国和西班牙分别以117篇和90篇的发文数量紧随其后。同时从数据中可以看出,发文数量高的国家H-index和被引频次不一定也高,例如巴西的发文数量虽然是最多的,但是巴西的H-index值只排到第7名。中国的发文数量和H-index指标排名都比较靠后,可以推测中国在自生植物领域的研究可能处于初步发展的阶段。

表2 自生植物文献发文数量居前10的国家/地区发文统计

排名	国家/地区	发文数量/篇	所占比例/%	H-index	被引频次/次
1	巴西	143	14.93	18	1 679
2	捷克共和国	117	12.21	28	2 491
3	西班牙	90	9.40	25	2 486
4	法国	89	9.29	21	1 441
5	意大利	74	7.72	19	1 147
6	德国	71	7.41	25	1 846
7	美国	63	6.58	23	1 588
8	波兰	61	6.37	16	660
9	中华人民共和国	54	5.64	14	633
10	加拿大	39	4.07	15	673
所有国家/地区合计		958	100	58	16 059

## 2.4 出版物统计

从出版物统计来看,958篇自生植物相关论文出版在364种期刊杂志上。其中出版文献数量最多的10个出版物见表3。这10个期刊刊登论文数量一共为247篇,占论文总数的25.78%。其中,《ECOLOGICAL ENGINEERING》《RESTORATION ECOLOGY》和《REVISTA BRASILEIRA DE CIENCIA DO SOLO》刊文量分别为143,117,90篇。通过查找期刊的大类学科可以发现,排名前10的期刊中,有6家期刊属于环境科学与生态学,4家属于农林科学。

表3 刊载自生植物论文数量排名前10的出版物统计

排名	出版物	中文译名	刊文数量 /篇	所占比例 /%	大类学科
1	ECOLOGICAL ENGINEERING	生态工程	47	4.906	环境科学与生态学
2	RESTORATION ECOLOGY	恢复生态学	34	3.549	环境科学与生态学
3	REVISTA BRASILEIRA DE CIENCIA DO SOLO	巴西土壤科学	32	3.340	农林科学
4	APPLIED VEGETATION SCIENCE	应用植物科学	29	3.027	环境科学与生态学
5	AGRICULTURE ECOSYSTEMS ENVIRONMENT	农业生态系统环境	22	2.296	农林科学
6	ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RESEARCH	环境科学与污染研究	21	2.192	环境科学与生态学
7	URBAN FORESTRY & URBAN GREENING	城市林业城市绿化	19	1.983	农林科学
8	LANDSCAPE AND URBAN PLANNING	景观和城市规划	17	1.775	环境科学与生态学
9	PESQUISA AGROPECUARIA BRASILEIRA	巴西农业研究	14	1.461	农林科学
10	POLISH JOURNAL OF ECOLOGY	波兰生态学期刊	12	1.253	环境科学与生态学

## 2.5 主要研究机构的分布和合作情况

自生植物研究机构的分布和合作情况可通过对自生植物相关领域的发文作者所在机构进行分析而获得。2002—2020年中,共有1139个机构发表了有关自生植物的文章。发文数量排名前3的机构分别是:捷克共和国科学院(Acad Sci Czech Republic),共有78篇;法国国家科学研究中心(Centre National de la Recherche Scientifique)排名第2,共有52篇;捷克科学院植物研究所(Institute of Botany of the Czech Academy of Sciences)排名第3,发文数量为50篇。中国机构排名最前的是发文数量为18篇的中国科学院(Chinese Acad Sci),仅排第12名。可以看出中国在这方面的研究还是落后于其他国家。在CiteSpace中,设置节点类型Institution,选择每一时间切片发文量排名前50的机构,生成机构合作共现图谱(图2),图2中的节点代表机构,节点越大则发文频次越高。节点之间的连线表示机构之间的合作关系,合作关系越多,连线越粗<sup>[9]</sup>。

Citespace生成的机构合作图谱中共有节点127个,连线142条,从图2中可以看出各个机构间的合作还是比较分散的,可能因为自生植物的研究还处在探索发展的阶段,尚未进入研究成熟期。但其中捷克共和国科学院(Acad Sci Czech Republic),捷克布拉格查尔斯大学(Charles Univ Prague)、捷克南波希米亚大学(Univ South Bohemia)、捷克布拉格生命科学大学(Czech Univ Life Sci Prague)的合作研究关系比较的密切,而且这4个机构的发文数量排名均在前10名内,可以看出捷克共和国在自生植物领域的研究领先于其他国家。

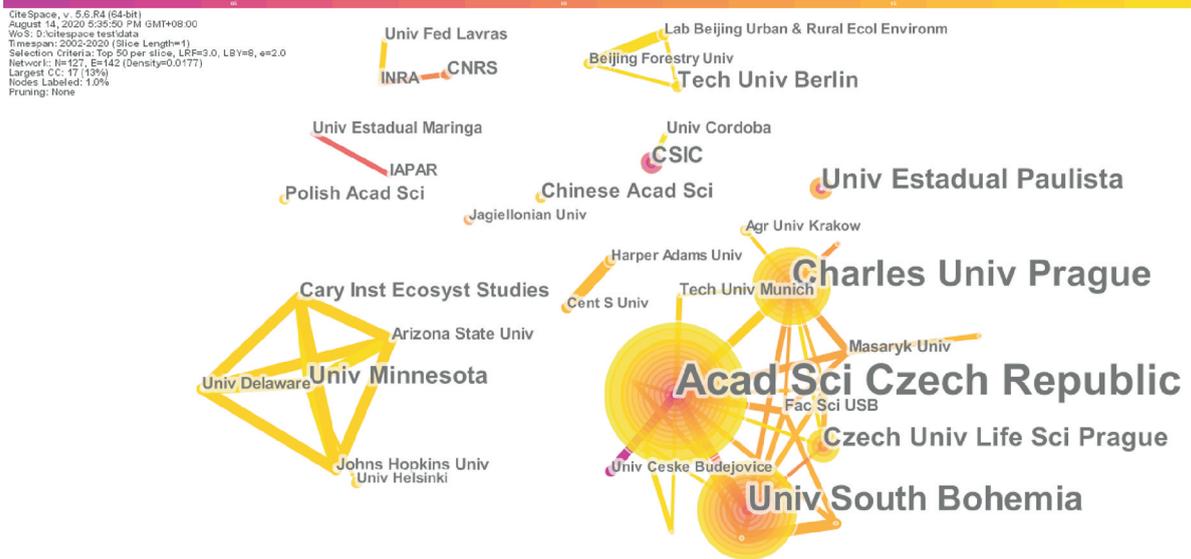


图2 2002—2020年WOS自生植物研究机构合作共现图谱

## 2.6 关键词共现图谱分析

关键词是对文章最核心的概括,通过对某一领域研究的关键词进行可视化共性分析,能够确定当前研究领域的研究热点及热点演变<sup>[10]</sup>。

利用CiteSpace进行分析时,将Node Type设置为“Keyword”,阈值设置为T50,其余设置默认,生成关键词聚类视图(图3)。图3中的节点代表关键词,节点大小代表关键词出现频次多少,节点颜色代表着不同时间,节点内色环越厚,表示该关键词在该颜色对应时间出现的频次越高。连线的多少说明关键词共线的系数,连线越多代表关键词间的相互联系越密切。

最终生成由327个节点和1519条连接线组成的关键词聚类图谱,共有11大聚类,聚类的具体信息见表4,顺序是从0到8,数字越小,表示聚类中包含的关键词越多,每个聚类是多个紧密相关的词组成的。一般认为:Modularity:聚类模块值 $Q > 0.3$ ,表示聚类结构显著;聚类平均轮廓值 $S > 0.5$ ,表示聚类是合

理的,  $S > 0.7$  表示聚类是令人信服的<sup>[11]</sup>. 图 3 中的  $Q = 0.4151$ ,  $S = 0.6382$ , 可以认为图 3 中的关键词聚类图谱的聚类结构是显著且合理的.

聚类的大小代表着聚类中所含的文献数量, 如聚类 0 生物多样性保护(biodiversity conservation)的聚类大小为 60, 表示该聚类中包含了 60 条文献信息; 同质性为衡量整个聚类成员同质性指标, 该数值越大, 则代表该聚类成员的相似性越高, 如聚类 7 中的同质性为 0.879, 为所有聚类种中同质性最大的聚类, 该聚类中文献信息相似性最高, 具有较高的统一性; 平均引用时间能够用来判断聚类中引用文献的远近, 时间距今近的文章为当前的研究前沿, 从表 4 可知, 平均引用时间为 2014 年的聚类 2 城市生态学(urban ecology)、2012 年的聚类 4 废弃(abandonment)、2014 年的聚类 5 植物修复(phytoremediation)、2012 年的聚类 6 维管植物群(vascular flora)、2013 年的聚类 8 农业生态系统(agroecosystem), 时间较为靠前, 是近几年自生植物的研究热点方向.

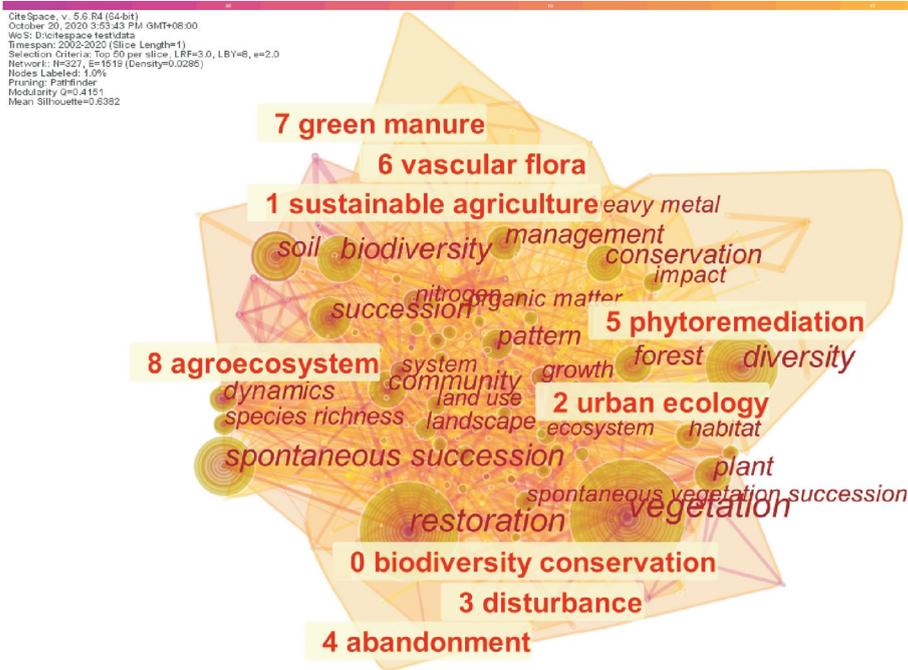


图 3 2002—2020 年自生植物研究关键词聚类视图

表 4 自生植物关键词聚类信息表

聚类编号和名称	中文名称	大小	同质性	平均引用时间/年
0 biodiversity conservation	生物多样性保护	60	0.773	2008
1 sustainable agriculture	可持续农业	48	0.763	2009
2 urban ecology	城市生态学	45	0.697	2014
3 disturbance	干扰	44	0.776	2009
4 abandonment	废弃	28	0.745	2012
5 phytoremediation	植物修复	27	0.864	2014
6 vascular flora	维管植物群	27	0.715	2012
7 green manure	绿肥	24	0.879	2008
8 agroecosystem	农业生态系统	22	0.808	2013

按照节点大小顺序选择前 20 个关键词列表所示(表 5). 从表 5 中可以看出, 关键词“vegetation(植被)”“restoration(恢复)”是贡献网络图谱中的节点较大的两个关键词, 说明“vegetation(植被)”和“restoration

(恢复)”的出现频次很高,是该领域研究的前沿和热点,“spontaneous succession(自然演替)”“conservation(保护)”“habitat(栖息地)”这 3 个关键词的首次出现年份处于 2008 或 2009 年,是排名前 20 中时间较为靠后的,说明这些关键词成为了近年来的研究热点.

表 5 自生植物节点排名前 20 的关键词

节点	中心性	时间	关键词	中文翻译
210	0.05	2002	vegetation	植被
186	0.03	2002	restoration	恢复
117	0.07	2008	spontaneous succession	自然演替
114	0.04	2007	diversity	多样性
102	0.04	2007	biodiversity	生物多样性
84	0.11	2004	soil	土壤
74	0.07	2003	succession	演替
72	0.1	2003	plant	植物
72	0.04	2004	community	社区
70	0.06	2003	management	管理
61	0.09	2006	forest	森林
61	0.04	2009	conservation	保护
59	0.08	2006	dynamics	动力学
59	0.05	2003	pattern	模式
47	0.08	2002	species richness	物种丰富度
46	0.02	2008	habitat	栖息地
43	0.03	2006	landscape	景观
41	0.12	2004	growth	生长
39	0.12	2002	system	系统
39	0.11	2006	nitrogen	氮

## 2.7 关键词突现分析

通过关键词突现分析可以对某个领域的研究前沿和最新动态进行识别和探索. 关键词突现在关键词出现频率的基础上,依据关键词出现次数的增长率确定热点词汇,这些热点词汇与时间的关联特点通常被视为某个领域的研究前沿<sup>[12]</sup>.

图 4 是 2002—2020 年自生植物相关文献排名前 20 的关键词突现图谱. 从图 4 中可以看出,在排名前 20 的突现关键词出现最早的是“restoration(恢复)”“regeneration(再生)”“growth(生长)”. 说明自生植物在研究初期更倾向关注这几个方面的研究. “calcareous grassland(石灰性草原)”“mine(矿)”“growth(生长)”“system(系统)”“spontaneous vegetation(自生植物)”“human disturbed habitat(人类干扰)”这 6 个关键词的突现时间均超过 5 年,说明在此期间对这几个方面的研究是持续的热点. “dynamics(动力学)”“habitat(栖息地)”“spontaneous vegetation(自生植物)”“growth(生长)”“system(系统)”“biodiversity conservation(生物多样性)”这 6 个关键词的突现强度均超过了 4,表明在此期间,更多的学者关注于自生植物在这些方面的研究. “land(土地)”“biodiversity conservation(生物多样性保护)”“habitat(栖息地)”“functional trait(功能特性)”都是近 5 年来出现的突现词,说明这些方面成为近年来自生植物新的研究前沿和热点.

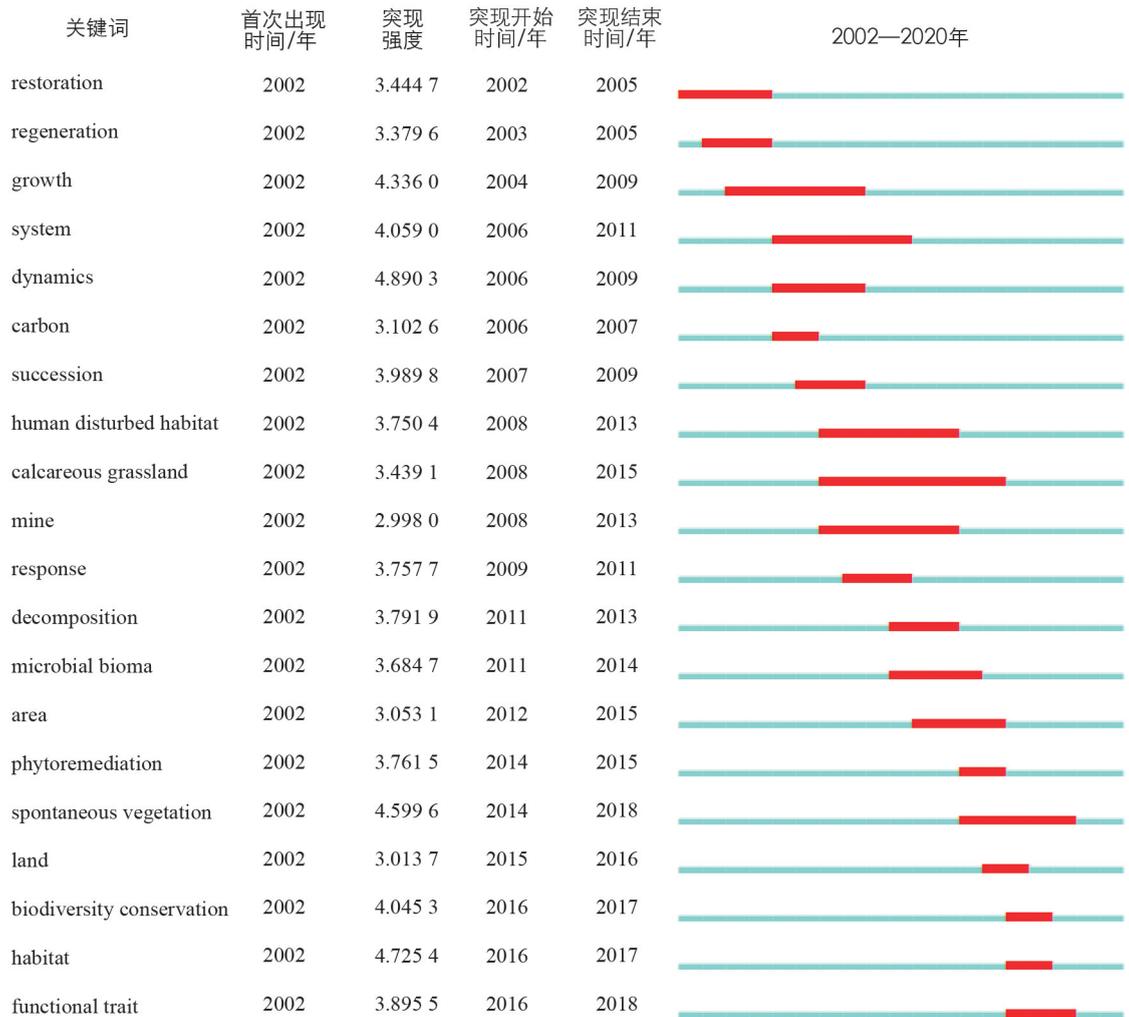


图 4 2002—2020 年排名前 20 的自生植物关键词突现图谱

### 3 结论与讨论

本研究利用 CiteSpace 软件对 2002—2020 年 Web of Science 数据库发表的自生植物的相关文献进行计量统计和分析,对自生植物相关文献的发文数量年变化、发文主题类别、发文地区、作者、研究机构、出版物、关键词共现和关键词突现等进行了可视化分析,得出以下结论。

1) 2002—2020 年自生植物的发文数量整体上呈现波动上升的趋势,其中近 6 年的发文数量占总发文量的 46.9%,可以看出自生植物的研究热度和受重视程度正在不断上升。生态学、环境科学、植物科学是与 WOS 自生植物关系最为密切的 3 个发文主题类别。自生植物相关论文发文量最多的 3 个国家分别是巴西、捷克和西班牙。中国的发文量和 H-index 指标排名都比较靠后,可以推测中国在自生植物领域的研究可能处于初步发展的阶段。《ECOLOGICAL ENGINEERING》《RESTORATION ECOLOGY》和《REVISTA BRASILEIRA DE CIENCIA DO SOLO》是刊载自生植物相关论文最多的 3 个刊物。发表自生植物相关论文最多的 3 个机构分别是捷克共和国科学院(Acad Sci Czech Republic)、法国国家科学研究中心(Centre National de la Recherche Scientifique)和捷克科学院植物研究所(Institute of Botany of the Czech Academy of Sciences)。但是中国排名最前的机构是排在第 12 名的中国科学院(Chinese Acad Sci),可以看出中国在这方面的研究还是落后于其他国家。因此,后续中国关于自生植物的研究还有较大的发展空间,可加大对此方面的研究与探索。

2) 从关键词节点大小和突现分析可以看出, 出现较早的关键词是“vegetation(植被)”“restoration(恢复)”“regeneration(再生)”“growth(生长)”等. 说明自生植物在研究初期更倾向关注这几个方面的研究. “calcareous grassland(石灰性草原)”“mine(矿)”“growth(生长)”“system(系统)”“spontaneous vegetation(自生植物)”“human disturbed habitat(人类干扰)”这 6 个关键词的突现时间均超过 5 年, 说明在此期间对这几个方面的研究是持续的热点. “dynamics(动力学)”“habitat(栖息地)”“spontaneous vegetation(自生植物)”“growth(生长)”“system(系统)”“biodiversity conservation(生物多样性保护)”这 6 个关键词的突现强度均超过了 4, 表明在此期间, 更多的学者关注于自生植物在这些方面的研究. “land(土地)”“biodiversity conservation(生物多样性保护)”“habitat(栖息地)”“functional trait(功能特性)”都是近 5 年来新出现的突现词, 说明这些方面成为近年来自生植物新的研究前沿和热点. 因此, 未来中国关于自生植物领域的调查研究可从这几个角度去切入, 以得到更新的成果.

3) 从关键词共现图谱来看, 生物多样性保护(biodiversity conservation)、可持续农业(sustainable agriculture)和城市生态学(urban ecology)是大小排名前 3 的聚类. 其中聚类 0 生物多样性保护(biodiversity conservation)的平均引用时间为 2008 年. 随着城市进程化的加快, 城市中的自然生境不断减少, 同时城市园林在人为建设下, 园林植物种类单一, 城市中的生物多样性受到了很大的影响. 而自生植物多为城市乡土物种, 最重要的是这些植物群落可以在低人工管理强度的条件下自我更新演替, 极大地节省人力物力, 增加城市生态多样性. Madre F 等<sup>[13]</sup>对法国的 115 个绿色屋顶进行自生植物调查, 共发现 176 种维管植物, 其中 86% 是乡土物种. 作者表明如果可以在城市中大规模的发展绿色屋顶, 这将在城市生物多样性中发挥一定的作用. 此外该聚类中也有许多关于自然恢复废弃采矿场生态的文章<sup>[14-16]</sup>, 比如 Baasch A 等<sup>[14]</sup>在一个为期 9 年的实验中, 评估了德国一个矿区的自发演替和辅助场地恢复(通过干草转移和播种引入物种)的效果.

聚类 1 可持续农业(sustainable agriculture)的平均引用时间为 2009 年. 在该聚类中的关键词多是与土壤相关的土壤有机质、土壤质量、干物质和土壤有机碳等. 其中最高被引文献是 Bochet E 等<sup>[17]</sup>对高速公路边坡的坡度特征对植被和水蚀的影响研究, 该研究结果表明坡度大于 45 度的路段几乎没有植被生长. 相对于土壤水势而言, 土壤中可用水的持续时间短是限制植物在道路路堑和朝南斜坡上定居的一个因素. 其次 Bonthoux S 等<sup>[18]</sup>在关于荒地如何促进城市生物多样性的综述文章中指出荒地是被定义为具有自生植被(即野生植物)的废弃地点. 在大多数情况下, 荒地比其他城市绿地拥有更多的物种, 在推动城市地区生物多样性保护方面具有真正的潜力.

聚类 2 城市生态学(urban ecology)的平均引用时间为 2014 年. 城市栖息地的特点是干扰程度高、大面积的不透水的铺装. 在大多数城市地区, 各地的自发植物提供了重要的生态服务, Tredici P D<sup>[19]</sup>认为学习如何管理自发的城市植被以增加其生态和社会价值, 可能是一个比尝试恢复城市建成之前生态系统更具可持续的战略. Jim 等<sup>[20]</sup>则对香港城市中的垂直人工栖息地——砖石挡土墙上的自生植物进行了多项调查研究. 他们发现香港旧城区中大约 270 处有明显的植物定植的墙体. 其中树木主要由桑科榕属特别是榕树组成. 并且乡土物种大大多于外来物种. 草本植物、灌木和乔木幼苗, 受水分养分和生境连通性的双重影响. 一些鸟类和蝙蝠食用了植物的果实, 促进了植物种子的传播和发芽, 而太阳能通道、垃圾坑、潮湿的表面和排水管的渗漏为植物发芽和发育提供水分. 风化的基质可促进植物定植, 从而提高了建筑材料和维护质量较差的旧建筑物的生物接受度<sup>[21]</sup>.

4) 从 WOS 中搜索到的有关自生植物的最高频次引用文献来看, 其中大多数文献是研究开采过后的采矿场、采石场的遗址修复中植被的自发演替过程情况<sup>[22-23]</sup>, 或是与农田的土壤恢复有关<sup>[24-27]</sup>, 这些文章的发表时间都较早, 大多集中于自生植物研究的初期阶段. 可以看出在这个阶段, 学者们比较关注自生植物

在人类开发利用后的场所的自然演替的情况.但是近年来,自生植物的研究重点开始更多地关注城市环境中自生植物的物种组成,以及自生植物对于生态多样性,尤其是对于城市生态多样性的影响<sup>[2,28-30]</sup>,并且更多地开始探讨自生植物在城市景观中的应用策略<sup>[31-34]</sup>.

本研究通过采用以数量统计为基础的文献计量学分析方法,利用WOS的分析检索功能结合Excel对所得文献数据进行客观的统计分析,形成对自生植物研究领域的初步认知.由于该数据库以外文论文为主,因此后续研究可针对国内数据库中的自生植物相关文献进行分析,并系统地分析国内关于自生植物的发展方向以及热点.目前国内关于自生植物的发文数量相对于其他国家还较少,建议未来可加强在此方面的研究以及对生物多样性、可持续农业和城市生态学方向进行创新性探索.

## 参考文献:

- [1] POP(BOANCA) P I, DUMITRASA, SINGUREANU V, et al. Ecological and Aesthetic Role of Spontaneous Flora in Urbansustainable Landscapes Development [J]. *Plant Develop*, 2011, 18: 169-177.
- [2] 李晓鹏,董丽,关军洪,等.北京城市公园环境下自生植物物种组成及多样性时空特征 [J]. *生态学报*, 2018, 38(2): 581-594.
- [3] ROBINSON S L, LUNDHOLM J T. Ecosystem Services Provided by Urban Spontaneous Vegetation [J]. *Urban Ecosystems*, 2012, 15(3): 545-557.
- [4] YE Y H, LIN S S, WU J, et al. Effect of Rapid Urbanization on Plant Species Diversity in Municipal Parks, in a New Chinese City: Shenzhen [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(5): 221-226.
- [5] 闫晨,吴玉萍,周卫,等.历史街区研究知识图谱的可视化分析 [J]. *西南师范大学学报(自然科学版)*, 2021, 46(7): 159-168.
- [6] LIU Z G, YIN Y M, LIU W D, et al. Visualizing the Intellectual Structure and Evolution of Innovation Systems Research: a Bibliometric Analysis [J]. *Scientometrics*, 2015, 103(1): 135-158.
- [7] 曹永强,袁立婷,李维佳.基于文献计量的作物耗水研究现状及热点分析 [J]. *生态学报*, 2018, 38(5): 1874-1883.
- [8] 张树良,安培浚.国际地震研究发展态势文献计量分析 [J]. *地球学报*, 2012, 33(3): 371-378.
- [9] 肖畅,彭婷,刘继红.基于WOS和CiteSpace分析我国近10年柑橘研究热点与前沿 [J]. *果树学报*, 2020, 37(10): 1573-1583.
- [10] 聂晓嘉,张轶超,周卫,等.城市空间活力研究现状与趋势——基于中英文文献的比较分析 [J]. *西南大学学报(自然科学版)*, 2021, 43(3): 147-155.
- [11] 陈悦,陈超美,刘则渊,等. CiteSpace 知识图谱的方法论功能 [J]. *科学学研究*, 2015, 33(2): 242-253.
- [12] 马文利.国内外贫困研究热点及前沿动态分析——基于CiteSpace的文献计量 [J]. *新疆财经大学学报*, 2020(2): 5-15.
- [13] MADRE F, VERGNES A, MACHON N, et al. Green Roofs as Habitats for Wild Plant Species in Urban Landscapes: First Insights from a Large-Scale Sampling [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2014, 122: 100-107.
- [14] BAASCH A, KIRMER A, TISCHEW S. Nine Years of Vegetation Development in a Postmining Site: Effects of Spontaneous and Assisted Site Recovery [J]. *Journal of Applied Ecology*, 2012, 49(1): 251-260.
- [15] TROPEK R, KADLEC T, HEJDA M, et al. Technical Reclamations are Wasting the Conservation Potential of Post-Mining Sites. a Case Study of Black Coal Spoil Dumps [J]. *Ecological Engineering*, 2012, 43: 13-18.
- [16] ŠÁLEK M. Spontaneous Succession on Opencast Mining Sites: Implications for Bird Biodiversity [J]. *Journal of Applied Ecology*, 2012, 49(6): 1417-1425.
- [17] BOCHET E, GARCÍA-FAYOS P. Factors Controlling Vegetation Establishment and Water Erosion on Motorway Slopes in Valencia, Spain [J]. *Restoration Ecology*, 2004, 12(2): 166-174.
- [18] BONTHOUX S, BRUN M, DI PIETRO F, et al. How can Wastelands Promote Biodiversity in Cities? a Review [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2014, 132: 79-88.

- [19] TREDICI P D. Spontaneous Urban Vegetation: Reflections of Change in a Globalized World [J]. *Nature and Culture*, 2010, 5(3): 299-315.
- [20] JIM C Y, CHEN W Y. Habitat Effect on Vegetation Ecology and Occurrence on Urban Masonry Walls [J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2010, 9(3): 169-178.
- [21] JIM C Y, CHEN W Y. Bioreceptivity of Buildings for Spontaneous Arboreal Flora in Compact City Environment [J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2011, 10(1): 19-28.
- [22] FROUZ J, PRACH K, PIŽL V, et al. Interactions between Soil Development, Vegetation and Soil Fauna During Spontaneous Succession in Post Mining Sites [J]. *European Journal of Soil Biology*, 2008, 44(1): 109-121.
- [23] TROPEK R, KADLEC T, KARESOVA P, et al. Spontaneous Succession in Limestone Quarries as an Effective Restoration Tool for Endangered Arthropods and Plants [J]. *Journal of Applied Ecology*, 2010, 47(1): 139-147.
- [24] POYATOS R, LATRON J, LLORENS P. Land Use and Land Cover Change after Agricultural Abandonment [J]. *Mountain Research and Development*, 2003, 23(4): 362-368.
- [25] TÖRÖK P, VIDA E, DEÁK B, et al. Grassland Restoration on Former Croplands in Europe: an Assessment of Applicability of Techniques and Costs [J]. *Biodiversity and Conservation*, 2011, 20(11): 2311-2332.
- [26] MADEJÓN E, DE MORA A P, FELIPE E, et al. Soil Amendments Reduce Trace Element Solubility in a Contaminated Soil and Allow Regrowth of Natural Vegetation [J]. *Environmental Pollution*, 2006, 139(1): 40-52.
- [27] TEJADA M, HERNANDEZ M T, GARCIA C. Application of Two Organic Amendments on Soil Restoration: Effects on the Soil Biological Properties [J]. *Journal of Environmental Quality*, 2006, 35(4): 1010-1017.
- [28] 李俊阳. 重庆主城区野生草本植物组成与分布特点研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2017.
- [29] 李婷. 重庆都市区石墙植物组成特征及成因 [D]. 重庆: 重庆大学, 2018.
- [30] 许维强. 城市建成区自生植物调查研究——以杭州市为例 [D]. 杭州: 浙江农林大学, 2015.
- [31] 洪峰, 魏亚情, 袁浪兴, 等. 琼北火山村墙体植物多样性及其生态学意义 [J]. *热带作物学报*, 2019, 40(4): 822-829.
- [32] 尹吉光, 刘晓明. 城市自生植物景观应用及管理 [J]. *中国城市林业*, 2020, 18(5): 115-119.
- [33] 张明娟, 李青青, 李竹君. 南京市公园绿地中自生草本植物的种子传播方式及园林应用策略研究 [J]. *中国园林*, 2020, 36(8): 119-123.
- [34] 刘瑞雪, 许晓雪, 袁磊. 新自然主义生态种植设计理念下的城市墙体自生植物在垂直绿化中的应用 [J]. *中国园林*, 2020, 36(4): 111-116.

责任编辑 潘春燕