

DOI: 10.5846/stxb201811292592

袁轶男, 刘兴诏, 聂晓嘉, 阙晨曦, 吴沙沙, 兰思仁. 国际城市森林研究知识图谱——基于 CiteSpace V 共被引分析. 生态学报, 2019, 39(20): - .
Yuan Y N, Liu X Z, Nie X J, Que C X, Wu S S, Lan S R. The knowledge mapping of international research about urban forest: Based on Co-citation Analysis of CiteSpace V. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(20): - .

国际城市森林研究知识图谱 ——基于 CiteSpace V 共被引分析

袁轶男^{1,2}, 刘兴诏^{1,2}, 聂晓嘉^{1,2}, 阙晨曦^{1,2}, 吴沙沙^{1,2}, 兰思仁^{1,2,*}

(1. 福建农林大学园林学院, 福州, 350002; 2. 国家林业局森林公园工程技术研究中心, 福州, 350002)

摘要: 城市森林作为城市中重要的生态系统, 对城市环境和整体生态系统的稳定性起着至关重要的作用。通过 CiteSpace V 软件对 Web of Science 核心合集中“urban forest/城市森林”的研究文献进行可视化分析, 得到清晰明了的知识图谱, 对国内城市森林研究有着重要的参考意义。研究表明, 1) 2004—2014 年这 10 年间为国际城市森林研究的繁荣期, 产生了数量最多、影响力最高的研究文献。2) 国际上“urban forest/城市森林”研究的发展历程中, 针对 Fragmentation/破碎化的研究处于最为核心的位置, 结合 Wildland-urban interface/荒地-城市交界处、Water quality/水质、Outdoor recreation/户外休闲三个聚类方向, 形成了国际城市森林研究的奠基位置; 3) 现在国际城市森林研究的热点主要集中在城市森林本体健康状态、城市森林生态服务功能、城市森林对于整体生态环境稳定性三个层次上; 4) 总体来说, 相对于国内研究, 国际上对于城市森林的研究深度、维度方面都更具优势, 值得借鉴。

关键词: 城市森林; CiteSpace V; 共被引分析; 破碎化; 生态服务功能; 整体生态环境

The knowledge mapping of international research about urban forest: Based on Co-citation Analysis of CiteSpace V

YUAN Yinan^{1,2}, LIU Xingzhao^{1,2}, NIE Xiaojia^{1,2}, QUE Chenxi^{1,2}, WU Shasha^{1,2}, LAN Siren^{1,2}

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

2 Research Center of Forest Park Engineering Technology, State Forestry Administration, Fuzhou 350002, China

Abstract: As an important ecosystem in a city, urban forest plays a vital role in the stability of urban environment and the whole ecosystem. By using the CiteSpace V software, the reach literature of “urban forest” in the core collection of Web of Science analyzed visually, and the clear knowledge map was obtained, which has important reference significance for the study of urban forest in China. The result shows that: 1) The 10-year period from 2004 to 2014 was the prosperous period of international urban forest research, which has produced the largest number and the most influential research literature. 2) In the development of international “urban forest” research, the study of Fragmentation was in the core position, combining the other three clusters of Wildland-urban interface, Water quality and Outdoor recreation, formed the foundation position in the overall research process. 3) Nowadays currently, the research hotspots of international urban forest study mainly focus on three aspects: the health status of urban forest ontology, the function of urban forest ecological service, and the stability of urban forest to the whole ecological environment. 4) Generally speaking, compared with domestic research, the international research on urban forest has more advantages in terms of depth and dimension, which is worth of reference.

基金项目: 国家林业局森林公园工程技术研究中心科学技术研究项目 (115/PTJH1500212); 国家林业局森林公园工程技术研究中心开放课题 (PTJH1500206); 国家自然科学基金 (31800401)

收稿日期: 2018-11-29; 网络出版日期: 2019-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lsr9636@163.com

Key Words: Urban forest; CiteSpaceV; Co-citation analysis; Fragmentation; Ecosystem service; Overall ecological environment

城市森林一般被定义为管理城市社区生态系统内外的树木和森林资源的艺术、科学和技术。1894 年,城市森林的概念由美国首次提出,并在 20 世纪 60 年代经历了复兴,作为针对城市环境中树木生长及相关具体挑战的综合性和跨学科方法^[1]。城市森林作为城市中重要的生态系统,对于整体生态环境的稳定性有着重要作用,城市森林对于城市内气候调节、稳定生态、缔造宜居环境的重要意义引起了学者们的广泛重视,相关方面的研究也逐步增多,成为当今的研究热点。国际上关于城市森林的研究以北美和欧洲为代表,已经产生了较为严谨、完善的体系化成果,相对来说,国内关于城市森林的研究开始较为滞后。通过 CiteSpace V 软件对其进行梳理、可视化,得到清晰明朗的研究图谱,有助于理解城市森林研究进程、热点方向。本研究的参考意义对于国内城市森林的研究进程推进是十分必要的。

1 研究方法与数据来源

本研究采用 CiteSpace V 软件对该领域的文献研究进行量化与可视化分析。CiteSpace 软件的开发者为国际著名信息可视化专家陈超美教授。基于引文分析理论,这款信息可视化软件的突出优势在于:(1)基于知识领域庞大复杂的文献数据,以一种多元动态的可视化语言将该研究领域的演进历程具象化为可视的知识图谱;(2)将标识图谱上的引文节点文献和共引聚类所体现的研究前沿自动标识出来^[2]。CiteSpace 软件的共被引分析功能是其核心功能,有着强大的具象、总结能力,是本研究的所用到的主要方法。

国际研究数据来源于美国 Thomson Reuters 公司 Web of Science(以下简称 WOS)平台的 WOS 核心合集数据库。通过多次检索对比,并向相关专家进行咨询,最终确定使用数据检索策略是:主题="urban forest",文献类型=Article or Reference,时间跨度为 1986—2018,检索得到 9650 条数据。国内研究数据来源于 CNKI 网站,分别采用了主题词="城市森林"和主题词="城市森林"并关键词="城市森林"的检索策略,由于前者数据过于冗杂,分析结果过于宏观,无法实际体现国内城市森林研究的发展历程、研究热点等问题,最终确定检索策略为:主题词="城市森林"并关键词="城市森林",时间跨度为 1986—2018,检索得到数据 1854 条。

2 数据初步分析

通过对文献初步分析处理,结果表明,在 WOS 核心数据库中,美国在该方面发文量最多,其次为中国、巴西、加拿大、德国、澳大利亚等国。相对来说,中国在城市森林方面的研究起步较晚,但国家近年来对于生态文明建设的重视度愈加高涨,城市森林作为城市绿色基础设施的重要组成部分逐渐成为研究的重点,因此中国在此领域的研究后来居上,在国际核心期刊上发表了大量重要的成果。根据数据初步分析可以看出,在 WOS 核心数据库中,2001—2002 年左右始现城市森林方面的研究,十余年间,每年发表的论文数和每年的引文数呈现逐年递增的趋势,见图 1。国内 CNKI 数据库中,城市森林方面的研究成果从 1997 年开始出现,此后发文量逐渐增加,在 2007 年左右达到顶峰,此后至今呈现下降趋势,见图 2。

3 国际“Urban Forest”研究共被引分析

通过 CiteSpaceV 软件对 WOS 核心数据库 9650 条文献信息进行共被引分析,得到城市森林研究文献的聚类视图、时间视图,将城市森林国外文献包含的信息可视化,提炼并直观反映出发展历程、学术前沿等信息。

3.1 城市森林研究聚类视图分析

CiteSpace 共被引分析生成聚类视图图 3,聚类视图中,节点表示分析对象,出现频次越多,节点越大;节点之间的连线表示共现/共引关系,连线的粗细表示共现/共引的强度。从文献研究的共被引网络可以看出国外“urban forest”领域的共被引网络呈现出清晰的知识群组划分,围绕关键节点形成 15 大聚类,通过对 15 个聚

类内标志性文献的通读,发现聚类#5 Random forest/随机森林算法,是机器学习上的一个术语,意为包含多个决策树的分类器^[3],由于语义识别不明的问题出现在聚类视图中,并非本研究所探讨的内容,故将其从本文的分析讨论中剔除。

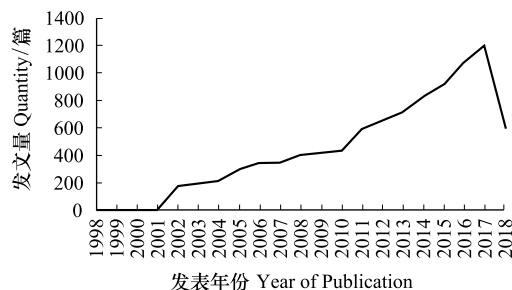


图1 国际研究发文量

Fig.1 International Research Volume

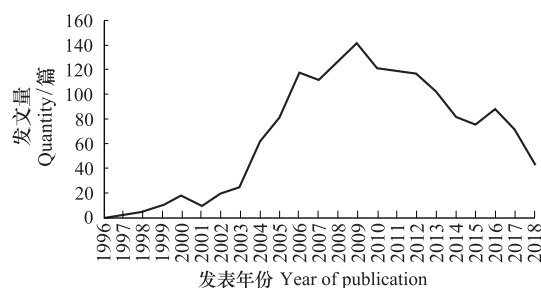


图2 国内研究发文量

Fig.2 Chinese Research Volume

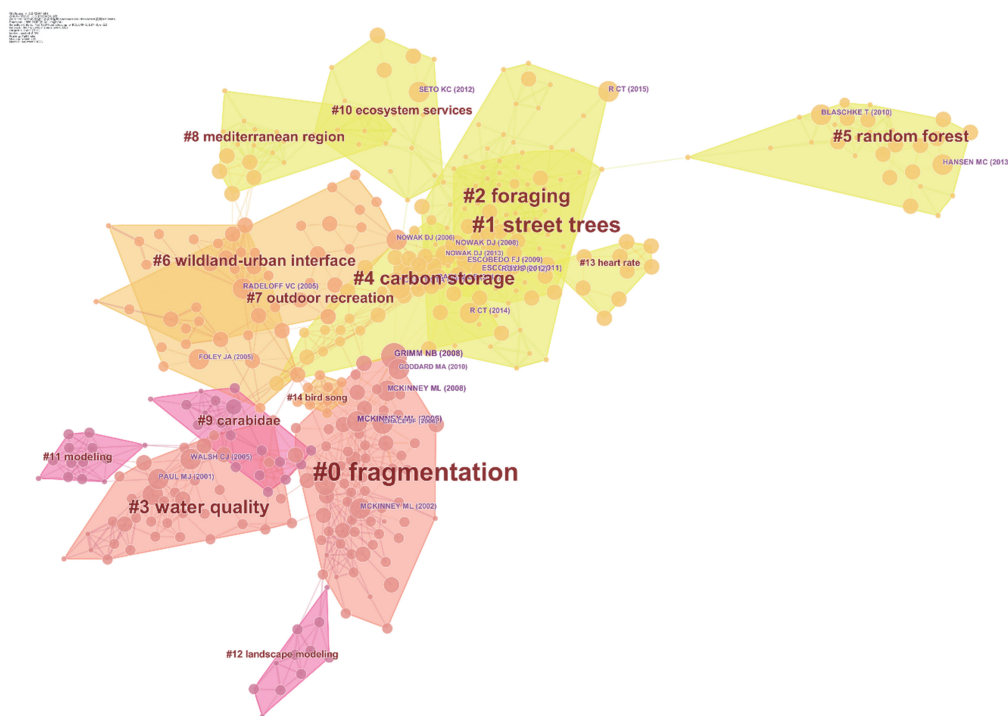


图3 国际 Urban Forest 研究聚类视图

Fig.3 Clustering View of International Study in Urban Forest

其余的14个聚类可表示当前该领域最具代表性的14个研究方向,通过 CiteSpace V 的 Cluster Explor 功能结合对各聚类代表性文献、高频次代表词的初步分析,得到表1中的信息。其中聚类大小代表聚类中所含的文献数量,如聚类#0的聚类大小为69,表示该聚类中包含了69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#9中的同质性为0.969,为14个聚类同质性最大的聚类,该聚类中文献信息相似性最高,具有较高的统一性;平均年份能够用来判断聚类中引用文献的远近,年份距今近的文章为当前的研究前沿,初步分析可知,聚类#1行道树、#2觅食、#8地中海地区、#10生态服务、#13心率几个聚类的平均年份分别为2012、2013、2012、2012和2011年,较为靠前,为近几年较为热点研究方向。

表 1 聚类信息表
Table 1 Information Table of Clusers

聚类名称 Cluster Name	大小 Size	同质性 Silhouette	平均年份 Mean Year
#0 破碎化/Fragmentation	69	0.831	2002
#1 街道树木/Street trees	50	0.754	2012
#2 觅食/Foraging	42	0.826	2013
#3 水质/Water quality	37	0.815	2001
#4 碳储量/Carbon storage	36	0.837	2009
#6 荒地-城市交界/Wildland-urban interface	26	0.938	2005
#7 户外休闲/Outdoor recreation	23	0.957	2004
#8 地中海地区/Mediterranean region	21	0.96	2012
#9 步行虫科/Carabidae	19	0.969	1999
#10 生态服务/Ecosystem service	16	0.906	2012
#11 模型/Modeling	13	0.963	1998
#12 景观模型/Landscape modeling	11	0.98	1998
#13 心率/Heart rate	10	0.967	2011
#14 鸟鸣声/Birdsong	9	0.997	2006

通过对各个聚类种代表性句子的提取,结合对每个聚类种代表性文献的通读分析,可以明确每个聚类所代表的含义,有助于理解整个研究进程中所出现的重要节点信息,见表 2。

表 2 各聚类代表性研究
Table 2 Representative Study of Each Cluster

各聚类代表性研究/Representative study of each cluster
#0 城市扩张对森林丧失和破碎化具有重大影响。生态层面上来说,土地覆盖与土地利用空间格局和过程有着密切关系,遥感技术的应用对该领域的研究起到提升作用 ^[4] 。
#1 街道树木作为城市植被重要组成部分,其信息获取的准确性对于城市森林整体管理、城市整体生态环境维护有着重要意义 ^[5] 。
#2 该聚类的研究偏向于生物学层面,多集中于生物如鸟类、蚂蚁的觅食行为及其对森林影响的研究。
#3 土地利用与流域内相邻水生系统的水质之间存在着密切的联系。对于城市森林来说,如果森林斑块未碎片化,具有复杂的斑块形状并且聚集,则水质可能更好 ^[6] 。
#4 城市森林的碳储量可用于帮助评估城市森林在减少大气 CO ₂ 实际和潜在作用 ^[7] 。
#6 荒地—城市界面(WUI)是房屋与未开发荒地植被相遇或混合的区域,是人类—环境冲突的焦点领域,WUI 的范围强调了土地利用规划中生态原则的必要性以及蔓延限制政策 ^[8] 。
#7 城市森林、自然环境中提供的户外休闲活动的作用为人类社会带来了重要的社会和心理利益,对城市可持续有着重要影响 ^[9] 。
#8 地中海森林生态系统提供多种产品和服务,包括生物多样性方面的特殊丰富性,对地中海城市、农村人口的福利至关重要 ^[10] 。
#9 阐述了城市景观中森林破碎化对步甲科昆虫为代表的小型物种丰富度、优势度和物种组成的影响 ^[11] 。
#10 城市森林是城市生态系统的重要组成部分,量化城市森林生态系统服务是最大限度地利用服务的重要前提 ^[12] 。
#11 美国农业部林业局 2006 年开发的 i-Tree 模型优势众多,已广泛应用于国际城市森林研究,但在中国尚未广泛应用 ^[13] 。
#12 该聚类研究主要集中在我国,通过 3S 技术对景观模型进行构建,从而分析城市森林的建设 ^[14] 。
#13 人们越来越关注森林环境的康养效果,通过心率变异性指标量化生理反应,形象化森林环境对于人们疗养作用 ^[15] 。
#14 鸣禽依靠声学交流进行繁殖,研究表明,城市和非城市栖息地的鸟鸣声各不相同 ^[16] 。

在共被引分析中,CiteSpace 软件的高被引文献和高突现文献提取是两项重要的功能,最高被引文献代表了该领域在国际核心期刊中被引用最多的文献,及在该领域起到奠基作用的文献,通过表 3 可以看出,最高被引的 10 篇文献中,4 篇文献来自聚类#0 Fragmentation/破碎化。

表 4 所类举出的高突现性论文是指那些被引频次在时间维度上出现突增的论文,意味着这些节点在相应的时间区间里受到了格外的关注,一定程度上代表了该学科在相应时间区间的研究前沿和热点问题。10 篇最高突现文献中,5 篇来自聚类#0 Fragmentation/破碎化。聚类#0 Fragmentation/破碎化在城市森林研究的奠基基础文献和最热点文献中都占比最高,可见 Fragmentation/破碎化在国外“urban forest”研究中的重要地位;

其次为聚类#6 Wildland-urban interface/郊野-城市交界,在高被引和高突现文献中各占 2 篇;#1 Street trees/行道树、#2 Foraging/觅食聚类也反复出现,一定程度上代表了城市森林研究领域的重点关注方向。

表 3 高被引文献信息表
Table 3 Information of Highly cited literatures

被引次数 /citation counts	文献信息 /references	聚类号 /cluster #
149	Grimm NB,2008,SCIENCE,319,756	0
138	Mckinney ML,2006,BIOL CONSERV,127,247	0
103	Mckinney ML,2008,URBAN ECOSYSTEMS,11,161	0
92	Escobedo FJ,2011,ENVIRON POLLUT,159,2078	1
88	Seto KC,2012,P NATL ACAD SCI USA,109,16083	0
87	Radeloff VC,2005,ECOL APPL,15,799	6
86	R CT,2013,R LANG ENV STAT COMP,0,0	6
85	Pataki DE,2011,FRONT ECOL ENVIRON,9,27	4
82	R CT,2014,R LANG ENV STAT COMP,0,0	2
74	Blaschke T,2010,ISPRS J PHOTOGRAMM,65,2	5

表 4 高突现值文献信息表
Table 4 Information of Highly Bursted literatures

突现值/bursts	文献信息/references	聚类号/cluster #
33.42	Paul MJ,2001,ANNU REV ECOL SYST,32,333	3
32.59	Mckinney ML,2006,BIOL CONSERV,127,247	0
29.30	Mckinney ML,2002,BIOSCIENCE,2,883	0
28.36	Grimm NB,2008,SCIENCE,319,756	0
26.32	R CT,2014,R LANG ENV STAT COMP,0,0	2
26.32	Burnham KP,2002,MODEL SELECTION MULT,0,0	0
24.95	Mckinney ML,2008,URBAN ECOSYSTEMS,11,161	0
24.57	Radeloff VC,2005,ECOL APPL,15,799	6
24.46	Escobedo FJ,2011,ENVIRON POLLUT,159,2078	1
23.13	R CT,2013,R LANG ENV STAT COMP,0,0	6

3.2 城市森林研究时间线视图分析

时间线视图侧重于表达聚类之间的关系和某个聚类里文献的历史跨度,是将同一聚类排布在同一水平线附近,可以直接高效的展示聚类之间的关系,即聚类之间的相互联系和相互影响,都会时间线视图上直接的表现出来。总的来说,时间线视图分析是对研究历程兴衰过往、现有热点的最直观表现。通过对时间线视图图 4 的直观解读分析,可以得到以下信息:(1)整体看来,2004—2014 年这 10 年间为国外城市森林研究的繁荣期,该时间段产生了数量最多、影响力最高的研究文献。2014 年往后至今,国外城市森林的研究整体热度下降;(2)历史上产生过较大影响而现今逐渐趋冷、关注度降低的研究有#0 Fragmentation/破碎化、#3 Water quality/水质、#6 Wildland-urban inter- face/郊野-城市交界处、#7 Outdoor recreation/户外休闲。关于#0 Fragmentation/破碎化的研究起始于 1995 年,在 2002 年,该方向的研究达到第一个小高潮,较多高影响力的文献在此时出现,2005—2008 年左右达到最高潮,更多更高影响力的文献出现,2010 年以后该方向的研究在渐渐消失。#3 Water quality/水质的研究始于 1995 年,分别于 2001 年、2004 年左右产生影响力较高的文章,这一方向的研究在 2008 年以后逐渐趋冷;#6 Wildland-urban interface/郊野-城市交界处的研究始于 2000 年,在 04—07 年左右产生了较多的高被引文献,在 2010 年以后该领域文章逐渐减少,关注度降低;#7 Outdoor recreation/户外休闲的研究始于 1997 年,在 2006 年左右最高被引文献被发表,2009 年之后该方向研究热度降

低。(3)研究起步较晚,近几年来关注度影响力仍然较高的聚类有#1 Street trees/行道树、#2 Foraging/觅食、#4 Carbon storage/碳储量、#8 Mediterranean region/地中海地区、#10 Ecosystem service/生态服务、#13 Heart rate/心率。(4)#9 Carabidae/步行虫科、#11 Modeling/模型、#12 Landscape modeling/风景园林模型、#14 Birdsong/鸟叫声方面的相关研究则一直影响力较低。

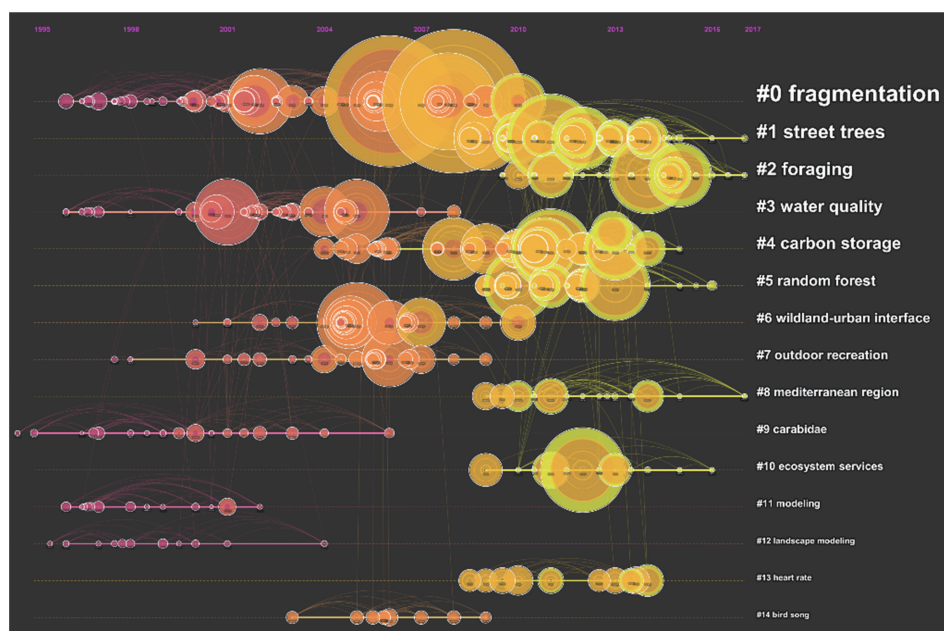


图4 国际 Urban Forest 研究共被引时间线视图

Fig.4 Timeline view of International Study in Urban Forest

4 国际“Urban Forest”研究的学术前沿提取

研究前沿是科学研究中最先进、最近、最有发展潜力的研究主题或研究领域,通常由一系列的施引文献组成^[17]。根据共被引分析得到的聚类视图和时间视图,选取部分节点数较大或形成时间距今较近的8个重要聚类,深入剖析聚类中的重要施引文献。结果表明,前沿文献可拓展为以下几个研究分支,分别从城市森林本身及其对于人类和整体生态环境的作用几个层次上体现:(1)城市森林本体层面(包括了街道树木以及公园、城郊中的大面积城市森林),城市森林的健康状态、森林结构及其与森林中动植物的互相作用^[18];(2)城市森林对于人类层面的直接影响,主要体现在生态服务功能,其中生态功能包括减轻污染、降低生态系统灾害、提升空气质量和二氧化碳封存、改善当地气候和公共环境健康等的功能^[19,20]。服务功能包括满足城市居民户外休闲游憩活动需求以及心理健康疗养的服务功能^[21],同时这种正向的影响可以通过心率变异性(HRV),血压和脉搏率等生理指标进行量化衡量,从而更好的发挥其功能^[22];(3)城市森林对于整体生态环境层面的影响,包括其对于城市生物多样性以及城市生态系统完整性的重要作用^[23]。在生态学和环境科学作为理论支撑基础上,城市森林建设对于整体生态环境中的水土流失、酸雨、森林病虫害等问题的解决对于经济、自然、社会可持续发展具有战略意义^[24]。

5 国内外城市森林研究对比分析

通过 CiteSpaceV 软件对 CNKI 论文库 1854 条文献信息进行整理转化,再进行共被引分析,得到城市森林研究文献的聚类视图,如图 5,可视化结果共有 13 个聚类,其聚类信息见表 5。该 13 个聚类是通过 CNKI 数据库城市森林研究文献关键词共被引分析得到的结果,代表了国内城市森林研究的代表性方向,其中聚类#0 深圳、#1 森林城市、#4 景观格局、#5 树种选择的平均年份较为靠前,且聚类内文献信息较为丰富,是近年来较

为热点的研究内容。

相较于国际城市森林的研究,国内的研究中重点共现了几个城市为代表的关键词,并且多出了景观格局这一维度,表明国内城市森林的研究多以一个城市的城市森林为研究主体,且以景观格局、生态建设和森林城市建设为切入点去进行研究,可见国内外关于城市森林的研究切入角度有着很大的不同^[25]。总的来说,国际上关于城市森林的研究更加多维度 and 全面,而国内的研究在生物、人体感受、生态系统等领域相对欠缺。

6 讨论

(1)国际上关于城市森林的研究,在 WOS 核心合集中以 2002 年为起点,研究趋势一直处于上升的状态,其中 2004—2014 年间为研究发展的高潮期。就发文量来而言,以美国为首,中国虽然起步相对较晚,但后来居上处于第二的位置。

(2)国际上关于“城市森林/urban forest”最为核心的研究为 Fragmentation/破碎化、Wildland – urban interface/郊野-城市交界处的相关研究,同时 Water quality/水质、Outdoor recreation/户外休闲的研究也处于较为核心的位置,以上四个方向中最具代表性的关于森林破碎化现象、环境污染问题、以及野外火灾问题的研究代表了国际上城市森林研究历程起到奠基作用且最为热点的位置,目前已经形成了较为完整的研究体系,对国内城市森林研究的进行起到了示范性的作用。当前较为热点的研究在 Street trees/行道树、Foraging/觅食、Carbon storage/碳储量、Ecosystem service/生态服务五个聚类方面体现,并主要体现在城市森林本体健康状态、城市森林对于人类影响、城市森林对于整体生态环境影响三个层次上。这在一定程度上为国内城市森林的研究方向提供了参考,目前,国内关于城市森林的研究在“城市森林本体健康状态”和“城市森林对于整体生态环境影响”两个层面多有涉及,而“城市森林对人类的影响”与“人与城市森林、自然的关系”这一层面较少涉及,这一层面研究的缺失对于国内城市森林建设发展有着极其重要的影响,是未来各学者专家需要重点考虑的方向,同时也是从事景观设计、城乡规划、城市林业的工作人员对于人与自然环境关系再思考的契机。

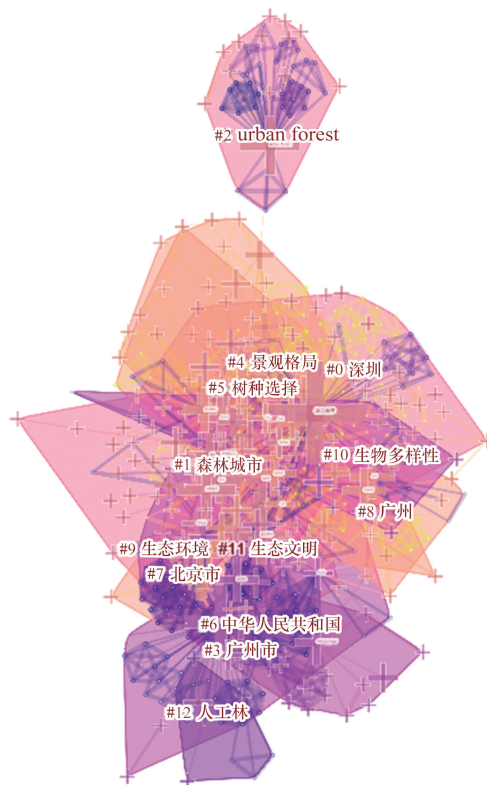


图 5 国内城市森林研究聚类视图

Fig.5 Clustering View of Study in Urban Forest in China

表 5 聚类信息表

Table 5 Information Table of Clusers

聚类名称 Cluster Name	大小 Size	同质性 Silhouette	平均年份 Mean Year	聚类名称 Cluster Name	大小 Size	同质性 Silhouette	平均年份 Mean Year
#0 深圳	90	0.886	2011	#7 北京市	22	0.917	2007
#1 森林城市	69	0.664	2005	#8 广州	17	0.836	2009
#2 Urban forest	52	1	2001	#9 生态环境	16	0.932	2001
#3 广州市	45	0.959	1998	#10 生物多样性	13	0.968	2000
#4 景观格局	43	0.889	2010	#11 生态文明	12	0.972	2003
#5 树种选择	33	0.819	2012	#12 人工林	9	0.951	1999
#6 中华人民共和国	28	0.883	2002				

(3) 总体来说,国内外对于“城市森林/urban forest”的研究维度有所差别,国际上的研究更偏向于城市人居环境和整体生态环境的层面,而国内的研究更偏向于某个城市的景观格局层面,同时国际研究相较于国内更加丰满、多维度。两者区别的原因在于两点,第一,与我国政府对于“国家森林城市”建设努力推动密不可分,2004年起,全国绿化委员会、国家林业局启动了“国家森林城市”评定程序,并制定了《“国家森林城市”评价指标》和《“国家森林城市”申报办法》,体现了国家、政府、公众对于生态问题的重视以及对于人与人居环境关系的理解。现阶段国内关于城市森林的研究是基于此国情进行,各研究者对于城市森林的思考维度也多受到“国家森林城市”建设的影响。第二,就科技、经济、生态发展整体进程而言,国外尤其是一些发达国家比我国更早关注人与自然环境之间的关系,更早的开始对人位于生态环境中的位置开始思考,从而产生了更多的研究维度。

(4)我国正处于生态文明建设的关键时期,“绿水青山就是金山银山”这一生态环境生产力理论在社会发展中愈加得到了印证。城市森林作为城市中重要的绿色基础设施,对其的研究涵盖了生态学、植物学、风景园林、环境科学、林业等多个学科,城市森林建设的研究需要多个学科的交互渗透,同时也为这些学科的发展提供了新的视角。城市森林建设过程中所产生的问题是生态环境破坏、生态建设与经济建设未能兼顾、人类社会发展与自然环境冲突的集中体现,因此,从更高的维度去思考城市森林这一重要绿色基础设施的建设是十分必要的。

参考文献(References):

- [1] Cecil C. Konijnendijk, Robert M. Ricard, Andy Kenney, et al. Defining urban forestry-A comparative perspective of North America and Europe. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2006, 4(3): 93-103.
- [2] 李杰,陈超美. CiteSpace:科技文本挖掘及可视化. 首都经济贸易大学出版社, 2016.
- [3] Cutler D R, Jr E T, Beard K H, et al. Random forests for classification in ecology. *Ecology*, 2007, 88(11): 2783-2792.
- [4] Harini Nagendra, Darla K. Munroe, Jane Southworth. From pattern to process: landscape fragmentation and the analysis of land use/land cover change. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2004, 101(2): 111-115.
- [5] Wu B, Yu B, Yue W, et al. A Voxel-Based Method for Automated Identification and Morphological Parameters Estimation of Individual Street Trees from Mobile Laser Scanning Data. *Remote Sensing*, 2013, 5(2): 584-611.
- [6] Sangwoo L, Soonjin H, Saebom L, et al. Landscape ecological approach to the relationships of land use patterns in watersheds to water quality characteristics. *Landscape & Urban Planning*, 2009, 92(2): 80-89.
- [7] Nowak D J, Crane D E. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. *Environmental Pollution*, 2002, 116(3): 381-389.
- [8] Radeloff V C, Hammer R B, Stewart S I, et al. THE WILDLAND-URBAN INTERFACE IN THE UNITED STATES. *Ecological Applications*, 2005, 15(3): 799-805.
- [9] Chiesura A. The role of urban parks for the sustainable city. *Landscape & Urban Planning*, 2004, 68(1): 129-138.
- [10] Palahi M, Mavsar R, Gracia C, et al. Mediterranean Forests Under Focus. *International Forestry Review*, 2008, 10(4): 676-688.
- [11] Fujita A, Maeto K, Kagawa Y, et al. Effects of forest fragmentation on species richness and composition of ground beetles (Coleoptera: Carabidae and Brachinidae) in urban landscapes. *Entomological Science*, 2010, 11(1): 39-48.
- [12] Jim C Y, Chen W Y. Ecosystem services and valuation of urban forests in China. *Cities*, 2009, 26(4): 187-194.
- [13] 马宁,何兴元,石险峰,陈玮.基于 i-Tree 模型的城市森林经济效益评估. *生态学杂志*, 2011, 30(04): 810-817.
- [14] Ren Y, Deng L, Zuo S, et al. Geographical modeling of spatial interaction between human activity and forest connectivity in an urban landscape of southeast China. *Landscape Ecology*, 2014, 29(10): 1741-1758.
- [15] Song C, Ikei H, Kobayashi M, et al. Effect of Forest Walking on Autonomic Nervous System Activity in Middle-Aged Hypertensive Individuals: A Pilot Study. *Int J Environ Res Public Health*, 2015, 12(3): 2687-2699.
- [16] Nemeth E, Brumm H. Blackbirds sing higher-pitched songs in cities: adaptation to habitat acoustics or side-effect of urbanization. *Animal Behaviour*, 2009, 78(3): 637-641.
- [17] 刘清泉,江华.森林应对气候变化研究热点和前沿分析——基于 CiteSpace V 的计量研究. *干旱区资源与环境*, 2018(1).
- [18] Nowak, David J. Assessing Urban Forest Structure: Summary and Conclusions. *Arboriculture & Urban Forestry*, 2009, 34(6): 391-392.
- [19] Escobedo F J, Kroeger T, Wagner J E. Urban forests and pollution mitigation: Analyzing ecosystem services and disservices. *Environmental Pollution*, 2011, 159(8): 2078-2087.

- [20] Pataki D E, Carreiro M M, Cherrier J, et al. Coupling biogeochemical cycles in urban environments; ecosystem services, green solutions, and misconceptions. *Frontiers in Ecology & the Environment*, 2011, 9(1): 27-36.
- [21] Jennifer R. Wolch, Jason Byrne, Joshua P. Newell. Urban green space, public health, and environmental justice; The challenge of making cities 'just green enough'. *Landscape and Urban Planning*, 2014, 125: 234-244.
- [22] Bumjin P, Tsunetsugu Y, Kasetani T, et al. Physiological effects of forest recreation in a young conifer forest in Hinokage Town, Japan. *Silva Fennica*, 2015, 43(2): 291-301.
- [23] Dearborn D C, Kark S. Motivations for Conserving Urban Biodiversity. *Conservation Biology the Journal of the Society for Conservation Biology*, 2010, 24(2): 432-440.
- [24] Li, ZC. Researches on Evaluation and Warning Index of Forest Resources Ecological Environment. *Proceedings of the 2014 International Conference on Management Science and Management Innovation*, 2014: 522-527.
- [25] 李锋, 刘旭升, 王如松. 城市森林研究进展与发展战略. *生态学杂志*, 2003, 22(4): 55-59.