

基于文献计量的农林高校基础研究状况分析——以南京林业大学为例

严陶韬¹, 薛建辉^{1,2,*}

(1. 南京林业大学南方现代林业协同创新中心, 江苏南京 210037; 2. 江苏省中国科学院植物研究所, 江苏南京 210014)

摘要 对农林高校文献发表情况进行分析, 可以从文献计量学的角度, 定量、客观、科学地描述农林高校的基础研究状况及研究热点领域, 以期农林高校提升基础研究水平以及增强自主创新能力提供参考与建议。通过文献计量方法, 对南京林业大学 2009—2018 年 WOS(web of science)数据库核心合集所收录文献的数量及被引情况、研究方向、来源出版物、基金资助机构等进行统计; 并借助 CiteSpace 知识图谱可视化软件, 分析论文的合作机构、国家(地区)合作、作者合作、研究热点和文献共被引情况等。南京林业大学近 10 年的 WOS 文献数量呈现稳步增长趋势, 表明学校的基础研究水平在不断提升; 学校国际合作广泛, 积极开展学术交流与合作, 可以增强学校科研竞争力与学术影响力; 学校热点研究领域相对集中, 应加强多学科交叉融合。

关键词 文献计量; 知识图谱; CiteSpace; 基础研究

中图分类号 G 353.1 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)20-0247-06

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.20.064

开放科学(资源服务)标识码(OSID): 

Analysis of Basic Research in Agricultural and Forestry Universities Based on Bibliometrics—A Case of Nanjing Forestry University
YAN Tao-tao¹, XUE Jian-hui^{1,2} (1. Co-Innovation Center of the Sustainable Forestry in the Southern China, Nanjing Forestry University, Nanjing, Jiangsu 210037; 2. Institute of Botany, Jiangsu Province and Chinese Academy of Sciences, Nanjing, Jiangsu 210014)

Abstract The research level of basic science is an important index to evaluate the ability of independent innovation in agricultural and forestry universities. Papers collected in the Web of Science core database are one of the main forms of basic science research results. By the method of bibliometrics, the study makes statistics on quantity, cited situation, research areas, source publications and funding agencies of WOS papers which take Nanjing Forestry University as the author unit from 2009 to 2018. Then, analyses of the paper-cooperated organizations, paper-cooperated countries(regions), author cluster, research hotspots and paper co-citation were carried out by the CiteSpace software. The findings quantitatively, objectively and scientifically reflect the basic research status and hot research areas of Nanjing Forestry University during the period 2009-2018 from the perspective of WOS papers. The results can provide references and suggestions for the school to improve the level of basic research and enhance the ability of independent innovation.

Key words Bibliometrics; Mapping knowledge domains; CiteSpace; Basic research

南京林业大学是一所以林科为特色, 以资源、生态和环境学科为优势, 理、工、农、文、管、经、哲、法、艺等协调发展的多科性大学, 是中央与地方共建的国家“双一流”学科建设高校。学校现有工程学、动植物学、农业科学、材料科学和化学 5 个 ESI 全球前 1% 学科, 在全国第 4 轮学科评估中, 林业工程、林学为“A+”档, 风景园林学为“A-”档。WOS 核心合集中的 SCI-E 数据库作为科学研究与科研管理的基本工具之一, 因其易操作、可定量、较客观的特点, 已成为评价自然科学研究成果的国际通用指标^[1-2]。知识图谱则是通过把科学文献之间的关系建立在计量数据基础之上, 然后将学科知识结构与进程以可视化图形直观地反映出来, 作为一种科学研究方法, 知识图谱对挖掘科学文献内在规律、分析研究领域演化路径具有重要作用^[3-4]。

笔者以 2009—2018 年南京林业大学为作者单位的 WOS 文献为研究对象, 通过将文献计量分析与 CiteSpace 可视化分析相结合的研究方法, 从论文的数量及被引情况、研究方向、来源出版物、基金资助机构、合作机构、国家(地区)合作、作者合作、研究热点和文献共被引等方面对南京林业大学 WOS 文献产出进行计量分析, 定量、客观、科学地总结南京林业大学基础研究进展。

1 数据来源

登录 Web of Knowledge 网站, 对 2009—2018 年南京林业大学 WOS 核心合集 SCI-E 数据库收录文献进行检索并分析(检索时间为 2019 年 11 月 10 日)。检索结果通过选择语种(All languages)、文献类型(Article)、时间跨度(2009—2018 年)以及数据库(Science Citation Index Expanded)进行精炼后, 将 WOS 中相关数据导出, 并载入 CiteSpace 软件以绘制知识图谱。

2 结果与分析

2.1 论文数量及被引情况 通过 WOS 页面上的“分析检索结果”功能可知, 2009—2018 年以南京林业大学为作者单位的研究论文(Article)中, WOS 核心合集 SCI-E 数据库共收录 4 390 篇, 论文数量逐年增加, 2018 年的论文数量是 2009 年的 10.64 倍。其中, 英文文献 4 315 篇, 占论文总数 98.29%, 中文文献 75 篇, 占论文总数 1.71%。

文献被引频次作为评价论文学术水平与影响力的常用指标^[5], 充分反映文献作者的研究成果在业内所受的关注程度, 且能客观体现文献作者对科学发展所做出的贡献^[6]。2009—2018 年以南京林业大学为作者单位的文献总被引频次为 40 721(检索时间为 2019 年 11 月 10 日), 去除自引后的总被引频次为 36 916; 篇均被引频次为 9.28(表 1)。

被引次数最多的文献是题为“A community-derived classification for extant lycophytes and ferns”的研究论文, 该论文由南京林业大学段一凡副教授参与完成, 于 2016 年发表在

基金项目 江苏高校优势学科建设工程资助项目(PAPD)。
作者简介 严陶韬(1989—), 男, 江苏射阳人, 博士研究生, 研究方向: 从事生态学及科学计量研究。* 通信作者, 教授, 博士, 从事生态学及科研管理研究。
收稿日期 2020-04-28

Journal of Systematics and Evolution 上,被引频次为 302 次,平均引用次数为 75.50 次/a,施引文献 298 篇,分布于 87 个出版物中。该文发布了广义蕨类植物 PPG I (Pteridophyte Phylogeny Group I) 分类系统,使得全世界石松类蕨类植物学工作者有了全面的最新分类指南,并基于该系统,将全世界现存约 12 000 种石松类和蕨类植物分成 2 纲、14 目、51 科和 337 属^[7-8]。

表 1 文献年度分布及其被引情况

Table 1 Number and cited frequency of publication per year				
年份 Year	文献数量 Number of publication	被引频次 Total cited frequency	去除自引后 的被引频次 Cited frequency excluding self-citation	篇均被 引频次 Average cited frequency per paper
2009	102	1 978	1 974	19.39
2010	125	2 626	2 621	21.01
2011	193	2 967	2 951	15.37
2012	248	3 848	3 839	15.52
2013	339	4 609	4 573	13.60
2014	375	4 258	4 240	11.35
2015	550	6 330	6 281	11.51
2016	631	5 143	5 073	8.15
2017	741	4 929	4 847	6.65
2018	1 086	4 033	3 876	3.71
2009—2018	4 390	40 721	36 916	9.28

注:检索时间为 2019 年 11 月 10 日
Note:The retrieval was conducted on Nov.10 2019

南京林业大学为第一作者单位的文献中,论文“Preparation, Characterization and Antibacterial Activity of Silver Nanoparticle-Decorated Graphene Oxide Nanocomposite”的被引频次最高,为 202 次,平均引用次数为 40.40 次/a,施引文献 193 篇,分布于 110 个出版物中。该论文于 2015 年发表在 *ACS Applied Materials & Interfaces* 上,第一作者为南京林业大学邵伟副教授,邵伟副教授与南京林业大学左宋林教授为共同通讯作者。

环境中的细菌极易附着在生物体表面形成生物膜,生物膜可以保护内部的被附着细菌不受吞噬作用和抗生素的影响,进而使细菌产生耐药性^[9-10]。当前,抗生素的广泛使用让传统的抗生素治疗效果变得越来越差,因此开发新一代抗菌药物以有效杀灭病原菌的需求显得日益重要^[11-12]。已有研究表明,含有金属离子的某些材料及高分子化合物同样具有很好的抗菌性能^[13-14]。发表在 *ACS Applied Materials & Interfaces* 上的这篇论文报道了南京林业大学化学工程学院左宋林和邵维团队研发出一种易于操作且对环境友好的 GO-AgNPs (氧化石墨烯-纳米银复合材料) 的制备方法。单分散粒径的纳米银 (AgNPs) 在氧化石墨烯 (GO) 纳米薄片表面具有良好的分散性。此外,以淀粉为稳定剂可以防止 GO 纳米薄片和 AgNPs 的聚集。GO-AgNPs 的细胞毒性极低,对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌具有高效的抗菌活性。结果表明,GO-AgNPs 是一种对 HEK293 人胚肾细胞低毒的抑菌剂^[15]。GO-AgNPs 作为一种新型抗菌材料,在生物医学领域有着广阔的应用前景。

2.2 研究方向 根据 WOS 的分类,2009—2018 年南京林业大学 WOS 文献共有 84 个研究方向,在论文数量上,排名前 10 的研究方向分别为材料科学 (916 篇,占总数 4 390 的 20.87%)、化学 (753 篇,占 17.15%)、工程学 (615 篇,占 14.01%)、环境科学生态学 (379 篇,占 8.63%)、农学 (334 篇,占 7.61%)、科学技术其他专题 (333 篇,占 7.59%)、生物技术应用微生物学 (325 篇,占 7.40%)、数学 (322 篇,占 7.34%)、植物科学 (279 篇,占 6.36%) 和林学 (278 篇,占 6.33%)。

2.3 来源出版物 对论文来源出版物的研究有助于呈现论文的空间分布特征^[16]。2009—2018 年以南京林业大学为作者单位发表的 4 390 篇论文分布于 1 229 个来源出版物,文献分布表现出高度离散。其中,文献记录数最高的来源出版物是期刊 *BioResources*, 论文数量达 238 篇;文献记录数在 100 (含)~200 的出版物个数为 0,在 50 (含)~100 的出版物有 3 个,在 30 (含)~50 的出版物有 8 个,在 20 (含)~30 的出版物有 12 个,在 10 (含)~20 的出版物有 50 个,在 5 (含)~10 的出版物有 148 个,在 2 (含)~5 的出版物有 422 个,只有 1 篇的出版物有 585 个。文献记录数超过 30 篇的来源出版物见表 2。

表 2 载量超过 30 的来源出版物

Table 2 Journal with more than 30 publications		
期刊名 Journal name	文献数量 Number of publication	占文献总数比例 Percentage of total literature// %
<i>BioResources</i>	238	5.42
<i>Rsc Advances</i>	90	2.05
<i>Bioresource Technology</i>	79	1.80
<i>Plos One</i>	76	1.73
<i>Cellulose</i>	49	1.12
<i>Scientific Reports</i>	49	1.12
<i>Construction and Building Materials</i>	48	1.09
<i>Forests</i>	42	0.96
<i>Carbohydrate Polymers</i>	36	0.82
<i>Journal of Applied Polymer Science</i>	35	0.80
<i>Wood Research</i>	34	0.77
<i>Industrial Crops and Products</i>	33	0.75

2.4 基金资助机构 对基金资助机构进行分析,发现 2009—2018 年南京林业大学 WOS 文献中,标注基金资助机构的有 4 104 篇,占文献记录总数的 93.49%。其中,获国家自然科学基金资助的论文数量最多,共 2 620 篇 (占论文总数的 59.68%);其次是江苏高校优势学科建设工程,共 1 461 篇 (33.28%);第三是江苏省自然科学基金,共 709 篇 (16.15%);第四是科技部的国家科技计划 (包括 973、863、科技支撑计划及重点研发计划),共 543 篇 (12.37%);第五是江苏省博士后科研资助计划项目,共 449 篇 (10.23%)。

2.5 合作机构 通过分析 2009—2018 年与南京林业大学合作发表文献的机构发现,合作机构共有 1 677 家,其中论文数量排在前 10 的单位分别是中国科学院系统 (485 篇,占总数 4 390 的 11.05%)、中国林科院系统 (444 篇,占 10.11%)、南京大学 (247 篇,占 5.63%)、东南大学 (227 篇,占 5.17%)、路

易斯安那州立大学系统(119 篇,占 2.71%)、南京师范大学(106 篇,占 2.41%)、南京理工大学(86 篇,占 1.96%)、南京农业大学(68 篇,占 1.55%)、南京工业大学(65 篇,占 1.48%)、美国农业部(64 篇,占 1.46%)。10 个单位中,有 2 个是国外机构,有 6 个单位与南京林业大学一样,都位于南京市,地域的优势为科研上的合作研究奠定了良好的基础(图 1)。

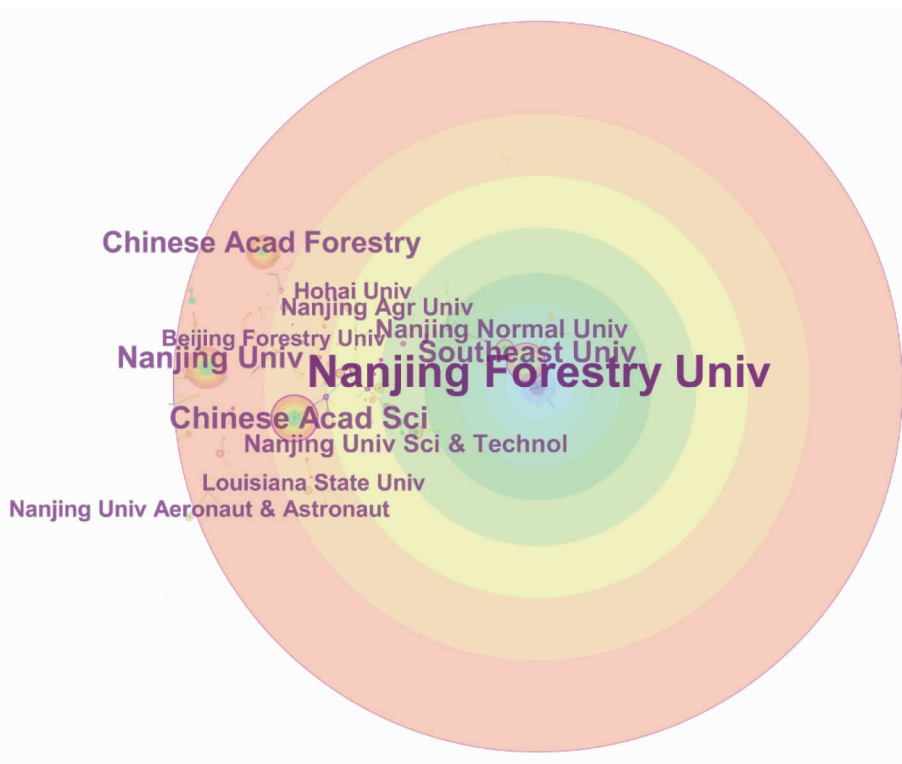


图 1 机构合作共现图谱
Fig.1 The network of institutional cooperation

2.6 国家(地区)合作 2009—2018 年南京林业大学标注有与其他国家(地区)合作发表的文献共计 1 772 篇,占文献总数的 40.36%,涉及合作国家(地区)共计 64 个,有比较广泛的国际(地区)合作研究与交流(图 2)。文献记录数最多的 10 个国家分别是美国(682 篇,占总数 4 390 的 15.54%)、日本(188 篇,占 4.28%)、加拿大(177 篇,占 4.03%)、澳大利亚(73 篇,占 1.66%)、德国(68 篇,占 1.55%)、韩国(67 篇,占 1.53%)、新加坡(43 篇,占 0.98%)、瑞典(43 篇,占 0.98%)、英国(38 篇,占 0.87%)和法国(38 篇,占 0.87%)。

2.7 作者合作 通过文献作者聚簇分析,可以了解文献作者之间的合作研究网络。用 CiteSpace 对 2009—2018 年署名南京林业大学的 WOS 文献进行文献作者聚簇分析,得到图 3 所示的作者网络图谱,同时 CiteSpace 可以计算生成节点中介中心性。中介中心性可以识别网络中高度连接的节点,反映该作者的论文在学科领域知识发展过程中的关键性和影响度^[17],体现网络结构中论文的重要性^[18-19]。节点同心圆的大小反映文献数量的多少,节点同心圆大且中介中心性高的作者是 2009—2018 年南京林业大学基于 WOS 文献的核心作者。核心作者对推动学科发展、开拓研究领域的深度和广度都起着决定性的作用^[20]。

发文量最高的作者为“江苏省数学成就奖”获得者、江苏省“青蓝工程”优秀学术带头人樊继山教授(Fan JS,论文篇数 156,中介中心性为 0.02),樊继山教授近年来致力于可压



图 2 国家(地区)合作共现图谱
Fig.2 The network of country cooperation

缩 Navier-Stokes 方程、不可压缩 Navier-Stokes 和相关方程的研究,并取得了出色的研究成果。从图 3 可以看出,南京林业大学的科研工作长期的积累中,天然形成了关系紧密的科研合作网络团队,如中国工程院院士曹福亮教授(Cao FL,论文篇数 80,中介中心性 0.09)领衔的银杏经济林培育与高效利用研究团队,“国家万人计划科技创新领军人才”勇强教

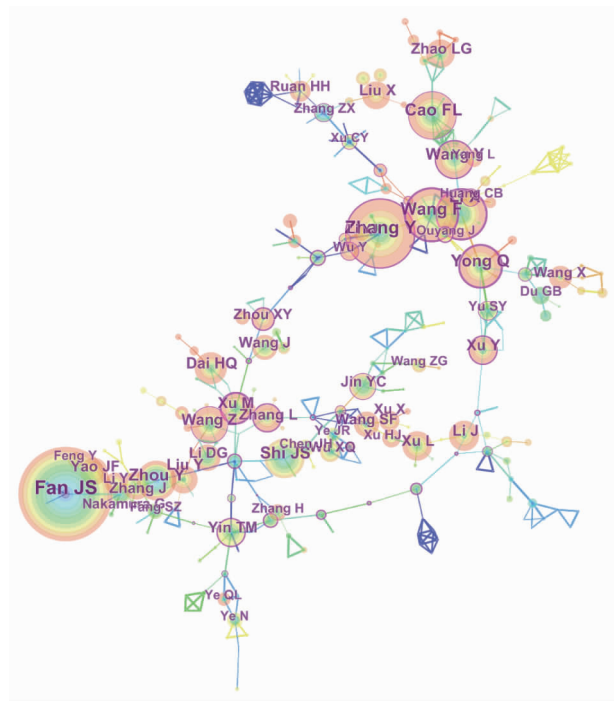


图3 作者合作共现图谱

Fig.3 The network of author cooperation

授(Yong Q, 论文篇数 70, 中介中心性 0.12)领衔的植物资源生物化学加工研究团队,“全国优秀科技工作者”、国家科学技术进步奖二等奖获得者施季森教授(Shi JS, 论文篇数 68, 中介中心性 0.09)领衔的林木细胞和基因工程研究团队,教育部“高等学校科学研究优秀成果奖”获得者戴红旗教授(Dai HQ, 论文篇数 53, 中介中心性 0.04)领衔的造纸节水与清洁生产技术研究团队,国际木材科学院院士金永灿教授(Jin YC, 论文篇数 41, 中介中心性 0.13)领衔的木质纤维生物质新材料研究团队,“长江学者奖励计划”特聘教授、“国家杰出青年科学基金”获得者尹佟明教授(Yin TM, 论文篇数 46, 中介中心性 0.11)领衔的“林木重要性状遗传解析与分子育种”教育部创新团队等。

2.8 研究热点 关键词是作者对文献主题的高度概括,可以指示出文献的核心内容。通过 CiteSpace 文献关键词进行共现分析,展现了关键字共现网络图谱并确定基于文献计量学视角的热点研究领域(图 4)。

一般来讲,关键词出现频次高、中心性强的为研究热点。通过综合分析 2009—2018 年署名南京林业大学的 WOS 文献关键词共现频次和关键词中心性,mechanical property、performance、composite、growth、wood、model、behavior、cellulose、bioma、system、temperature、fiber、China、acid 这些关键词出现频次均高于 100 次,中介中心性不小于 0.05。基于 WOS 文献关键词共现分析得出,以上述关键词为核心的研究领域即为研究热点,这表明近 10 年南京林业大学研究热点领域主要集中在木质复合材料机械性能研究、环境因子影响植物生长发育的机制研究等方向。

2.9 文献共被引分析 文献共被引分析是引文分析的重要内容,共被引参考文献具有相同的研究脉络或相似的研究主



图4 热点关键词共现图谱

Fig.4 The co-occurrence network of keywords

题,对参考文献进行网络构建,可以剖析出该研究领域的发展脉络与方向。共现网络中频次较高的参考文献为该研究领域的知识基础,是具有较高影响力的关键文献。CiteSpace 可以通过绘制共被引网络图谱的方法展现学科知识基础与研究前沿,同时通过对共被引频次进行统计,可以寻找到 2009—2018 年对南京林业大学科学研究过程中起到基础性作用的关键文献(图 5)。

共引次数最多的论文篇名为“MEGA5: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Using Maximum Likelihood, Evolutionary Distance and Maximum Parsimony Methods”,由 Tamura K 等在 2011 年发表于 *Molecular Biology and Evolution*。该文在 2009—2018 年被以南京林业大学为作者单位的 WOS 文献引用了 55 次。该文发布了分子进化遗传学分析软件 MEGA 5.0 版本,该版本添加了最大似然(ML)算法,通过该算法可构建系统发育树,选择最佳拟合替代模型(酸或氨基酸),推断祖先的状态和序列(概率),并逐点估算进化速率。与其他仿真分析软件相比,MEGA 5.0 中的最大似然算法在计算效率、系统发育树估算精度、置换参数和位点间速率变化等方面更加准确。同时,优化软件用户界面,便于初学者和专家使用^[21]。

共引次数排在第 2 位的是由 Grabherr MG 等^[22]于 2011 年发表在 *Nature Biotechnology* 上的一篇题为“Full-length transcriptome assembly from RNA-Seq data without a reference genome”的论文,该文发布了一款高效稳健的转录组 de novo 组装软件“Trinity”。cDNA 大规模平行测序技术使得对转录组的深入研究成为可能,以往利用这些数据进行转录重建的方法通常依赖于将读取的数据与参考基因组进行比对,因此不适合具有部分或缺失参考基因组的样本。Trinity 可为样本

的转录组 de novo 组装提供了 1 个统一的解决方案,包括缺失参考基因组的样本。该文在 2009—2018 年被以南京林业

大学为作者单位的 WOS 文献引用了 32 次。

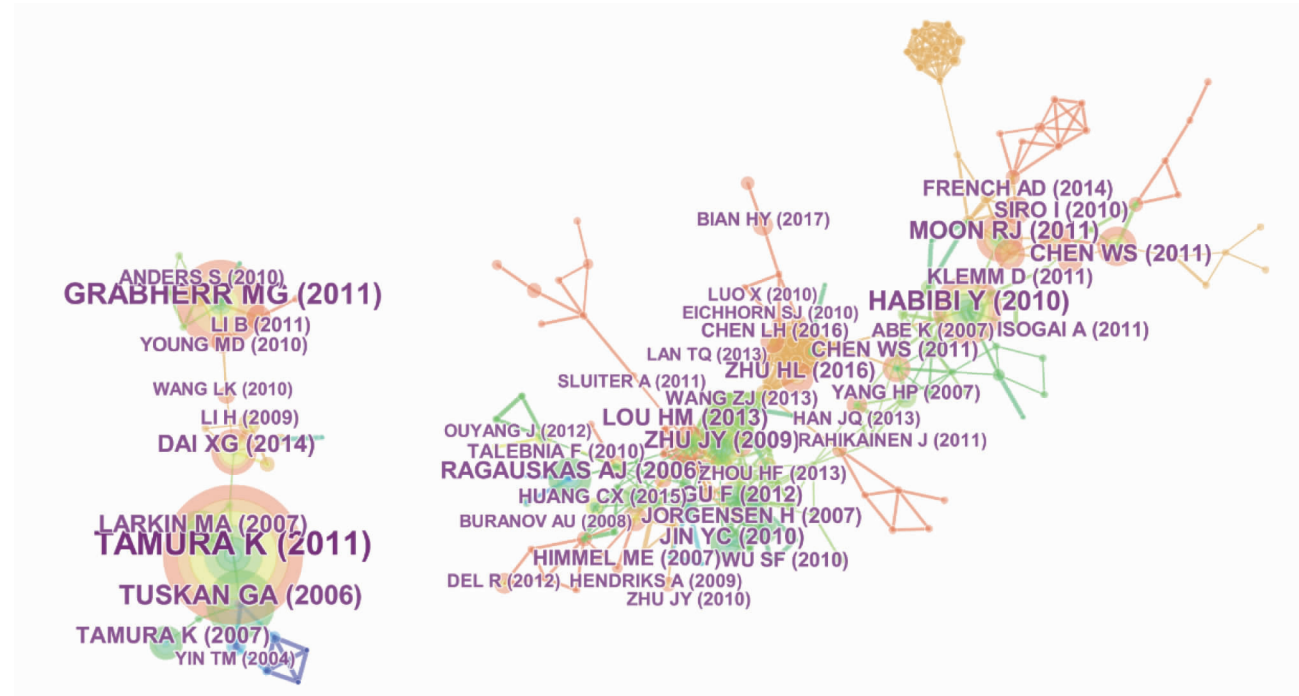


图 5 文献共被引图谱

Fig.5 The network of co-cited literature

引用次数排在第 3 位的论文共有 2 篇,均被 2009—2018 年以南京林业大学为作者单位的 WOS 文献引用了 27 次。一篇题为“Cellulose Nanocrystals: Chemistry, Self-Assembly, and Applications”,由 Habibi 等^[23]发表于 2010 年第 6 期的 *Chemical reviews*,该文在介绍纤维素的结构与形态的基础上,综述了纤维素纳米晶体(CNs)的制备方法、形态结构、化学改性、自组装与功能化,以及在纳米复合材料领域的应用,并提出 CNs 在化学、生物、物理和工程等领域具有重大的研究价值与应用价值。另一篇题为“The genome of black cottonwood, *Populus trichocarpa* (Torr. & Gray)”,由 Tuskan 等^[24]于 2006 年发表在 *Science* 上,该文正式宣告杨树全基因组测序完成,杨树成为世界上第 3 个完成全序列测定的植物,并且是首个全基因组测序的多年生木本植物。杨树因此被广泛接受为研究多年生植物基因组的模式物种。同时,杨树作为重要的用材林树种,其全基因组测序将为开发生物质能源提供知识基础。南京林业大学尹佟明(Yin TM)教授参与了杨树全基因组测序计划,并承担序列的组装工作。以上 4 篇论文为南京林业大学 2009—2018 年期间研究相关热点领域奠定了科学理论基础。

3 讨论与建议

基础研究是自主创新的源头,高校是基础研究的主体力量^[25-26],学术论文是基础研究成果的主要表现形式之一。南京林业大学近 10 年的 WOS 文献数量呈现稳步增长趋势,表明学校的基础研究水平在不断提升,但与国内外知名研究型大学相比,在论文的数量与质量上均存在较大差距,学校自主创新能力亟待增强。人才是自主创新的主体与第一资

源^[27-28],学校应加大人才强校战略的实施力度,进一步确立高层次人才在学校事业发展的战略地位;坚持大力引进海内外高层次人才,坚持深度培养青年教师,积极打造高水平科研团队。鼓励科研人员聚焦世界一流水平的重大科技前沿,引导科研人员加强对国家重大基础和科技问题的研究,支持科研人员自由从事探索性研究,促进科研人员不断产出高水平研究成果,提升学校自主创新能力。

国际科研合作是科研生产力的重要源泉,对高校取得原创性科研成果、提高学术影响力具有重要作用^[29-30]。国际合作论文是国际科研合作的证明和合作研究的结果,是衡量高校国际科研合作的重要绩效指标^[31]。该研究表明,南京林业大学国际合作广泛,合作伙伴多为发达国家。在科技全球化的背景下,学校应在前沿领域与世界一流的高校、科研院所及实力雄厚的知名高新技术企业深化合作,积极参与全球或区域性的双边、多边科研合作计划,及时把握国际高水平科研的最新动态,及时分享最新知识,共建协同创新平台,促进资源共享。鼓励科研人员积极开展多途径的学术交流与合作,提高科研人员的基础研究能力与学术创造力,增强学校科研竞争力与学术影响力。

笔者通过对南京林业大学 WOS 收录文献情况进行分析,发现学校热点研究领域相对集中,这与学校学科建设以林科为特色,以资源、生态和环境类学科为优势,优势学科相对比较集中的特征相一致。当今世界,科学技术在发展中所遇到的问题,特别是前沿科学的焦点问题、重大问题常常需要多学科交叉融合来加以解决,学科交叉研究已成为当代科学发展的突出特点与必然趋势^[32-33]。南京林业大学作为一

所多科性大学,其多学科的优势有利于学科交叉与知识创新。学校应进一步加强对特色优势学科和传统优势学科的支持,造就国内领先、世界一流的高水平学科;以交叉学科为重点,推进学科间的渗透融合,搭建多学科交叉与跨学科研究平台,打造多学科交叉融合的科研团队,力争实现科学前沿的重大突破、产出重大原创性科研成果。

参考文献

- [1] 卢秉福,霍丽华.刍议 SCI 在科研评价体系中的作用[J].科研管理,2007,28(S1):180-183.
- [2] 张诗乐,盖双双,刘雪立.国家自然科学基金资助的效果:基于论文产出的文献计量学评价[J].科学学研究,2015,33(4):507-515.
- [3] CHEN C M.Searching for intellectual turning points:Progressive knowledge domain visualization[J].Proceedings of the national academy of sciences,2004,101(S1):5303-5310.
- [4] 刘彬,陈柳.基于 WOS 和 Citespace 的华中农业大学基础研究状况分析[J].中国科学基金,2015,29(1):42-47.
- [5] 赵桂玲,刘士余,于振良,等.近 3 年国家自然科学基金林学学科结题项目 SCI 论文分析[J].科学通报,2013,58(34):3610-3616.
- [6] 姜磊,林德明.参考文献对论文被引频次的影响研究[J].科研管理,2015,36(1):121-126.
- [7] SCHUETTPELZ E,SCHNEIDER H,SMITH A R,et al.A community-derived classification for extant lycophytes and ferns[J].Journal of systematics and evolution,2016,54(6):563-603.
- [8] 张丽兵.蕨类植物 PPG I 系统与中国石松类和蕨类植物分类[J].生物多样性,2017,25(3):340-342.
- [9] WU M C,DEOKAR A R,LIAO J H,et al.Graphene-based photothermal agent for rapid and effective killing of bacteria[J].ACS Nano,2013,7(2):1281-1290.
- [10] DE FARIA A F,MARTINEZ D S T,MEIRA S M M,et al.Anti-adhesion and antibacterial activity of silver nanoparticles supported on graphene oxide sheets[J].Colloids and surfaces B:Biointerfaces,2014,113:115-124.
- [11] SAHNI G,GOPINATH P,JEEVANANDAM P.A novel thermal decomposition approach to synthesize hydroxyapatite-silver nanocomposites and their antibacterial action against GFP-expressing antibiotic resistant *E.coli* [J].Colloids & surfaces B:Biointerfaces,2013,103(2):441-447.
- [12] LI C,WANG X S,CHEN F,et al.The antifungal activity of graphene oxide-silver nanocomposites[J].Biomaterials,2013,34(15):3882-3890.
- [13] DINH N X,CHI D T,LAN N T,et al.Water-dispersible silver nanoparticles-decorated carbon nanomaterials:Synthesis and enhanced antibacterial activity[J].Applied physics A,2015,119(1):85-95.
- [14] 钟涛,杨娟,周亚洲,等.纳米银-氧化石墨烯复合材料抗菌性能研究进展[J].材料导报,2014,28(S1):64-66.
- [15] SHAO W,LIU X F,MIN H H,et al.Preparation,characterization,and antibacterial activity of silver nanoparticle-decorated graphene oxide nanocomposite[J].ACS Applied Materials & Interfaces,2015,7(12):6966-6973.
- [16] 杨俊丽.基于 SCI 的河南农业大学科技论文统计分析[J].科技管理研究,2012,32(11):132-135.
- [17] 陈超美(著),陈悦,侯剑华,等(译).CiteSpace II:科学文献中新趋势与新动态的识别与可视化[J].情报学报,2009,28(3):401-421.
- [18] 项国鹏,宁鹏,黄玮,等.工业生态学研究足迹迁移:基于 Citespace II 的分析[J].生态学报,2016,36(22):7168-7178.
- [19] 张增可,王齐,吴雅华,等.基于 CiteSpace 植物功能性状的研究进展[J].生态学报,2020,40(3):1101-1112.
- [20] 袁国华,宋若瑜,杨婷云.基于文献计量的内部营销研究进展分析[J].华中农业大学学报(社会科学版),2012(6):75-78.
- [21] TAMURA K,PETERSON D,PETERSON N,et al.MEGA5:Molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods[J].Molecular biology & evolution,2011,28(10):2731-2739.
- [22] GRABHERR M G,HAAS B J,YASSOUR M,et al.Full-length transcriptome assembly from RNA-Seq data without a reference genome[J].Nature biotechnology,2011,29(7):644-652.
- [23] HABIBI Y,LUCIA L A,ROJAS O J.Cellulose nanocrystals:Chemistry, self-assembly, and applications[J].Chemical reviews,2010,110(6):3479-3500.
- [24] TUSKAN G A,DIFAZIO S,JANSSON S,et al.The genome of black cottonwood, *Populus trichocarpa* (Torr. & Gray) [J]. Science,2006,313(5793):1596-1604.
- [25] DATTA S,SAAD M,SARPONG D.National systems of innovation, innovation niches, and diversity in university systems[J].Technological forecasting and social change,2019,143:27-36.
- [26] 王晓珍,蒋子浩.我国高校创新效率及环境分析:价值类型视角[J].科研管理,2019,40(10):25-36.
- [27] 威湧.研究型大学科技自主创新体制机制研究[J].科学学与科学技术管理,2006(8):169-170.
- [28] 曹福亮.打造高层次人才队伍是建设高水平大学的核心战略[J].南京林业大学学报(人文社会科学版),2012,12(4):1-5.
- [29] ORDÓÑEZ-MATAMOROS H G,COZZENS S E,GARCIA M.International co-authorship and research team performance in Colombia[J].Review of policy research,2010,27(4):415-431.
- [30] 郑如青,张琰.北京大学科研国际合作的成效与发展对策[J].北京大学学报(自然科学版),2010,46(5):851-854.
- [31] 余新丽,赵文华,杨颖.我国研究型大学国际合作论文的现状与趋势分析:以上海交通大学为例[J].中国高教研究,2012(8):30-34.
- [32] 吴丹青,张菊,赵杭丽,等.学科交叉模式及发展条件[J].科研管理,2005,26(5):157-160.
- [33] 汪雪峰,张娇,李佳,等.跨学科团队与跨学科研究成果产出:来自自然科学基金重大研究计划的实证[J].科研管理,2018,39(4):157-165.