中国森林生物多样性监测网络(CForBio)的研究态势与热点: 基于文献计量分析

付瑞玉^{1,2,3} 苏宏新¹ 张忠华^{1,2} 胡刚^{1,2*}

1 (南宁师范大学北部湾环境演变与资源利用教育部重点实验室, 南宁 530001)

2 (南宁师范大学广西西江流域生态环境与一体化发展协同创新中心, 南宁 530001)

3 (南宁师范大学地理科学与规划学院, 南宁 530001)

摘要: 中国森林生物多样性监测网络(CForBio)作为我国生物多样性科学综合研究平台, 其发展过程和研究成果对促进我国生物多样性研究具有重要意义, 掌握其研究态势与热点变化可为CForBio的长远发展以及其他生态监测研究提供参考。本文对2007–2017年间CNKI数据库和Web of Science核心合集数据库中CForBio发表的论文进行了较为全面的文献计量分析。结果表明: 2007年以来, CForBio发表论文的数量整体上呈快速上升趋势, 从2007年的3篇增长到2017年的55篇, 其中SCI收录论文的增长较为明显(从2007年的1篇增长到2017年的34篇)。金光泽(70篇)、马克平(68篇)、郝占庆(68篇)等学者发表论文数量较多, 中国科学院的植物研究所(104篇)、沈阳应用生态研究所(67篇)、华南植物园(59篇)等是CForBio中相对活跃的研究机构, 但各样地负责机构和学者间的合作仍较少, 跨机构间的协同研究还有待提高。CForBio的研究热点主要体现在树木空间分布格局、植物功能性状、树木密度制约、群落系统发育等方面, 为揭示我国不同气候带森林群落构建机制提供了大量的理论依据。未来CForBio的研究应加强国内外机构间的合作创新并建立数据共享途径, 注重近地面遥感、多源数据融合等新技术的应用, 在生物多样性格局的多尺度与多维度解析、植物–土壤反馈机制、树木冠层和根系的结构与功能等方向持续开展深入研究。

关键词: 中国森林生物多样性监测网络; 研究态势; 文献计量分析; Web of Science; 中国知网

Research trends and hotspots of Chinese Forest Biodiversity Monitoring Network (CForBio): A bibliometric analysis

Ruiyu Fu^{1,2,3}, Hongxin Su¹, Zhonghua Zhang^{1,2}, Gang Hu^{1,2*}

1 Key Laboratory of Beibu Gulf Environment Change and Resources Utilization of Ministry of Education, Nanning Normal University, Nanning 530001

2 The Collaborative Innovation Center of the Ecological Environment and Integration Development in the Xijiang River Basin, Nanning Normal University, Nanning 530001

3 School of Geography and Planning, Nanning Normal University, Nanning 530001

Abstract: The research achievements of the Chinese Forest Biodiversity Monitoring Network (CForBio), a comprehensive research platform for biodiversity science, are highly influential for promoting biodiversity-related research in China. A detailed assessment of CForBio's publication growth, core research areas, and ability to foster cooperation will provide important information for the long-term development of CForBio and related ecological monitoring research. In order to understand CForBio's impact on science, this study made a comprehensive bibliometric analysis of research papers produced by CForBio-associated scientists, published between 2007 and 2017, using the China National Knowledge Infrastructure and Web of Science databases. Since 2007, the number of papers published by CForBio has grown rapidly, from 3 in 2007 to 55 in 2017, as has the number of papers published in journals included in the Science Citation Index (from 1 in 2007 to 34 in 2017). The top three most prolific authors are Guangze Jin (70 papers), Keping Ma

收稿日期: 2018-10-05; 接受日期: 2018-11-20

基金项目: 国家自然科学基金(31560132, 31760128)、广西科技重大专项(桂科AA17204087-9)和广西自然科学基金(2015GXNSFAA139086, 2017GXNSFDA198003)

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: ahhugang@126.com

(68 papers), and Zhanqing Hao (68 papers). The most active research institutions are the Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences (CAS) (104 papers), the Institute of Applied Ecology of CAS (67 papers), and the South China Botanical Garden of CAS (59 papers). CForBio-associated institutions and scholars cooperate infrequently, and cross-unit collaborative research needs improvement. The core research topics of CForBio focus on patterns of tree spatial distribution, plant functional traits, tree density dependence, and community phylogeny; these topics provide a theoretical basis for elucidating the mechanisms of forest community assembly among the different climatic zones in China. In the future, CForBio should strengthen cooperation among institutions—both domestic and abroad, establish data sharing pathways, further emphasize new technologies and techniques such as near-surface remote sensing and multi-source data fusion, and continue to fund research on the multi-scale and multi-dimensional analysis of biodiversity patterns, plant-soil feedback mechanisms, and tree canopy and root structure function.

Key words: Chinese Forest Biodiversity Monitoring Network (CForBio); research trends; bibliometric analysis; Web of Science; China National Knowledge Infrastructure (CNKI)

生物多样性及其保护一直是学者、政府和公众高度关注的热点话题。全球生物多样性监测网络的建设为生物多样性研究提供了一个重要的平台,其中最具有代表性的监测网络平台为全球森林观测网络(Forest Global Earth Observatory, ForestGEO),该网络拥有分布于美洲、非洲、亚洲、欧洲和大洋洲等地区的60多个森林样地,监测近13,000种约600万株个体的生长与存活,在物种空间分布格局及其影响因素、功能性状、密度制约等方面已取得大量研究成果(Valencia et al, 2004; Santiago & Wright, 2007; Chen et al, 2010; Yang et al, 2018)。

中国既是生物多样性极为丰富的少数国家之一,也是唯一一个具有完整气候带谱(从北部的寒温带南部到南部的热带)的国家,在其主要气候带内建立森林动态监测样地并进行生物多样性研究是十分必要的,这也是对全球森林生物多样性监测网络的补充和完善(马克平, 2008)。2004年,中国科学院生物多样性委员会启动建设中国森林生物多样性监测网络(Chinese Forest Biodiversity Monitoring Network, CForBio)。截至2017年年底, CForBio已建成18个大型森林动态监测样地, 50多个1 ha以上的辅助样地,样地建设基本涵盖我国多个纬度梯度的森林类型,包括北方林、针阔混交林、落叶阔叶林、常绿落叶阔叶混交林、常绿阔叶林以及热带雨林等(马克平, 2017)。CForBio自建立以来,基于大型固定样地在物种组成与群落结构(郝占庆等, 2008; Wang et al, 2010, 2016; Guo et al, 2017)、系统发育和功能性状(Wang et al, 2013; 房帅等, 2014; Du et al, 2015; Liu et al, 2016)、空间分布格局和密度制约(李立等,

2010; Wang et al, 2011; Luo et al, 2012; Wu et al, 2017)等方面均取得了重大进展。此外, CForBio在土壤微生物多样性(Shi et al, 2014; Gao et al, 2015; Song et al, 2015; 赵爱花等, 2015)、动物监测(姚晓琳等, 2008; 唐华兴等, 2011; 施泽攀等, 2014; 谢文华等, 2014)等方面也开展了研究。这些研究极大地促进了我国生物多样性研究和保护工作,获得了良好的国际学术影响力以及国内外同行的肯定。Feng等(2016)、米湘成等(2016)、马克平(2017)等学者从不同研究视角对CForBio的发展过程和研究现状进行了客观的评价和总结。然而,尚未见有报道基于文献计量分析方法解析CForBio的研究态势与热点变化。如能对其历年来发表论文的文献信息进行综合梳理和统计分析,可为CForBio的长远发展以及其他生态监测研究提供参考。

文献计量是一种基于数理统计的定量分析方法,以科学文献的外部特征为对象,分析文献的分布结构、数量关系和变化规律,从而客观定量地反映学科或某领域的整体布局、研究热点、前沿动态和发展趋势,广泛应用于学术水平评价、文献规律研究以及研究趋势分析等方面。例如,陈静等(2009)采用文献计量学的方法,定量统计分析了文献的题录信息,揭示了中国保护生物学研究现状并提出相关的建设性意见。Liu等(2011)利用文献计量学分析手段,从发文量、作者、机构、国家、关键词等文献计量视角,分析了1900–2009年间全球生物多样性研究的发展历程和进展。Kumaresan等(2017)回顾了2000–2014年间水生微生物生态学的研究进展,借助文献计量学的相关分析方法,对水生微生物生

态学研究领域已发表论文的各项指标进行统计分析, 清晰地展现了相关研究的发展脉络, 对未来研究具有潜在指导意义。此外, 文献计量分析在全球环境评价(Li & Zhao, 2015)、工业生态学(Meerow & Newell, 2015)、生态恢复(Guan et al, 2018)等领域的发展现状和研究趋势分析中均得到了广泛应用并取得客观的分析结果。

本文以中国知网(CNKI)和Web of Science (WoS)核心合集数据库作为数据源, 检索2007–2017年间CForBio发表的研究论文并对其进行较为全面的文献计量分析, 以期揭示CForBio在生物多样性研究领域的发展态势和研究热点, 旨在推动CForBio以及其他生物多样性相关研究平台的深入发展, 为相关学者在研究思路和学科方向选择上提供参考。

1 研究方法

1.1 数据来源

以2007–2017年间CNKI数据库和WoS核心合集集中的Science Citation Index Expanded (SCI-E)数据库作为CForBio文献数据来源, 以CForBio所建立的18个森林动态样地的名称作为关键词或主题词, 以及各个样地的负责人和骨干成员的姓名进行检索, 查阅检索所得论文的摘要和正文内容, 判断其是否属于CForBio网络所发表的论文。同时, 参考已公布的CForBio论文目录信息(马克平, 2017)和CForBio网站(<http://www.cfbiodiv.org>)相关在线

信息。经细致筛查后, 在CNKI和WoS数据库中摘取所有论文的标题、作者、关键词、出版时间、被引次数(截至2018年3月11日)、出版期刊、研究机构和国家等信息。

1.2 数据分析

利用CNKI和WoS数据库所提供的检索结果分析功能初步统计出CForBio已发表论文的文献信息。利用文献计量分析软件VOSviewer绘制作者合作关系网络图、关键词共现网络可视图, 以达到数据可视化表达的目的。VOSviewer为莱顿大学的Van Eck和Waltman所研发, 该软件在绘制图谱、聚类分析方面具有独特优势(张璇等, 2012)。利用BibExcel及Pajek软件绘制主要研究机构间的合作关系图, 以便更直观地了解各主要研究机构间的合作关系。BibExcel为Olle Persson研发的文献计量分析软件, 可进行多种计量分析并能够与其他软件进行数据交换(曹永强等, 2018)。中文期刊的影响因子在CNKI中查询获取, 英文期刊的影响因子在科睿唯安(Clarivate Analytics)发布的*Journal Citation Reports*中获取。

2 结果

2.1 年度发文量分析

截至2017年, CForBio共发表论文412篇, 其中SCI收录论文224篇, 中文论文188篇(图1)。2007年CForBio发表3篇论文, 经过缓慢发展阶段后论文数

图1 2007–2017年CForBio中、英文论文发表量变化趋势图。WoS: Web of Science数据库; CNKI: 中国知网。

Fig. 1 Trends in the volume of CForBio's Chinese and English papers published in 2007–2017. WoS, Web of Science Database; CNKI, China National Knowledge Infrastructure.

量开始大幅度增加;其中,英文论文数量上升趋势最为明显;中文论文数量年际间波动较大(2009、2012和2015年分别出现了减少的情况),但整体上呈上升趋势。

从被引频次方面看,224篇英文论文总被引频次为2,644次,篇均被引频次为11.8;188篇中文论文

总被引频次为3,954次,篇均被引频次为21.03。其中,中、英文论文中被引频次最高的分别为张健等2007年发表于《应用生态学报》和Legendre等2009年发表于*Ecology*的2篇论文,其被引频次分别为197次和253次(表1)。此外,中、英文论文被引频次Top 10的论文中仅1篇发表于2015年,其余均发表于

表1 2007–2017年CForBio中、英文论文中被引频次Top 10的论文

Table 1 Top 10 cited papers of CForBio's Chinese and English papers published in 2007–2017

序号 No.	题目 Title	第一作者 First author	期刊 Journal	发表时间(年) Publication time (Year)	被引频次 Citation frequency
1	长白山阔叶红松林中红松与紫椴的空间分布格局及其关联性 Spatial distribution patterns and associations of <i>Pinus koraiensis</i> and <i>Tilia amurensis</i> in broad-leaved Korean pine mixed forest in Changbai Mountains	张健 Zhang J	应用生态学报 <i>Chinese Journal of Applied Ecology</i>	2007	197
2	鼎湖山亚热带常绿阔叶林20公顷样地群落特征研究 Community structure of a 20 hm ² lower subtropical evergreen broad-leaved forest plot in Dinghushan, China	叶万辉 Ye WH	植物生态学报 <i>Journal of Plant Ecology (Chinese Version)</i>	2008	185
3	古田山中亚热带常绿阔叶林动态监测样地——群落组成与结构 Community composition and structure of Gutianshan forest dynamic plot in a mid-subtropical evergreen broad-leaved forest, east China	祝燕 Zhu Y	植物生态学报 <i>Journal of Plant Ecology (Chinese Version)</i>	2008	176
4	长白山阔叶红松林样地(CBS): 群落组成与结构 Broad-leaved Korean pine (<i>Pinus koraiensis</i>) mixed forest plot in Changbaishan (CBS) of China: Community composition and structure	郝占庆 Hao ZQ	植物生态学报 <i>Journal of Plant Ecology (Chinese Version)</i>	2008	143
5	古田山常绿阔叶林优势树种甜槠和木荷的空间格局分析 Spatial patterns of <i>Castanopsis eyrei</i> and <i>Schima superba</i> in mid-subtropical broad-leaved evergreen forest in Gutianshan National Reserve, China	李立 Li L	植物生态学报 <i>Chinese Journal of Plant Ecology</i>	2010	116
6	西双版纳热带森林动态监测样地——树种组成与空间分布格局 Establishment of Xishuangbanna tropical forest dynamics plot: Species compositions and spatial distribution patterns	兰国玉 Lan GY	植物生态学报 <i>Journal of Plant Ecology (Chinese Version)</i>	2010	113
7	古田山国家级自然保护区甜槠林优势种群生态位 The niche of dominant species populations in <i>Castanopsis eyrei</i> forest in Gutian Mountain National Nature Reserve	胡正华 Hu ZH	生态学报 <i>Acta Ecologica Sinica</i>	2009	105
8	浙江天童20 ha常绿阔叶林动态监测样地的群落特征 Community structure and species composition of an evergreen broadleaved forest in Tiantong's 20 ha dynamic plot, Zhejiang Province, eastern China	杨庆松 Yang QS	生物多样性 <i>Biodiversity Science</i>	2011	89
9	长白山阔叶红松林凋落物组成及其季节动态 Composition and seasonal dynamics of litter falls in a broad-leaved Korean pine (<i>Pinus koraiensis</i>) mixed forest in Changbai Mountains, Northeast China	原作强 Yuan ZQ	应用生态学报 <i>Chinese Journal of Applied Ecology</i>	2010	75
10	长白山阔叶红松林草本植物多样性季节动态及空间分布格局 Seasonal dynamics and spatial distribution patterns of herbs diversity in broadleaved Korean pine (<i>Pinus koraiensis</i>) mixed forest in Changbai Mountains	李步杭 Li BH	应用生态学报 <i>Chinese Journal of Applied Ecology</i>	2008	69
1	Partitioning beta diversity in a subtropical broad-leaved forest of China	Legendre P	<i>Ecology</i>	2009	253

表1 (续) Table 1 (continued)

序号 Number	题目 Title	第一作者 First author	期刊 Journal	发表时间(年) Publication time (Year)	被引频次 Citation frequency
2	CTFS-ForestGEO: A worldwide network monitoring forests in an era of global change	Anderson-Teixeira KJ	<i>Global Change Biology</i>	2015	91
3	Local-scale drivers of tree survival in a temperate forest	Wang XG	<i>PLoS ONE</i>	2012	82
4	Spatial distributions of tree species in a subtropical forest of China	Li L	<i>Oikos</i>	2009	66
5	Species–area relationships explained by the joint effects of dispersal limitation and habitat heterogeneity	Shen GC	<i>Ecology</i>	2009	65
6	Vertical structure and spatial associations of dominant tree species in an old-growth temperate forest	Hao ZQ	<i>Forest Ecology and Management</i>	2007	61
7	Species associations in an old-growth temperate forest in north-eastern China	Wang XG	<i>Journal of Ecology</i>	2010	54
8	Community-level consequences of density dependence and habitat association in a subtropical broad-leaved forest	Chen L	<i>Ecology Letters</i>	2010	53
9	The variation of tree beta diversity across a global network of forest plots	Cáceres MD	<i>Global Ecology and Biogeography</i>	2012	50
10	Factors affecting detection probability in plant distribution studies	Chen GK	<i>Journal of Ecology</i>	2009	48

2007–2012年间。

从发文期刊影响因子看, 224篇英文论文中有186篇发表在影响因子为1–5的期刊中, 占英文论文发表量的83.04%; 有27篇发表在影响因子为5以上的期刊中, 占英文论文发表量的12.05%; 4篇论文发表在影响因子为10以上的期刊中, 占英文论文发表量的1.79% (图2a)。188篇中文论文中有99篇发表在影响因子为1–2的期刊中, 占中文论文发表量的52.66%; 有60篇发表在影响因子为2–3的期刊中, 占中文论文发表量的31.92% (图2b)。

2.2 主要作者及其合作关系

224篇英文论文共检索到572位作者, 篇均作者

人数为2.55位, 其中发表论文最多的作者为中国科学院植物研究所的马克平, 共发文49篇(表2)。188篇中文论文共涵盖374位作者, 篇均作者人数为1.99位, 发表论文最多的作者为东北林业大学的金光泽, 共发文44篇(表2)。所有中英文论文发表量最多的前3位作者分别为金光泽(70篇)、马克平(68篇)和郝占庆(68篇), 其论文发表量分别占总论文发表量的16.99%、16.51%和16.51%。

图 2 2007–2017 年 CForBio 中、英文论文发表量与影响因子分布区间关系图。a: 英文期刊; b: 中文期刊。
Fig. 2 Distribution relationships between the volumes and impact factors of CForBio’s Chinese and English papers published in 2007–2017. a, English journals; b, Chinese journals.

表2 2007–2017年CForBio中、英文论文发表量Top 10作者
Table 2 Top 10 authors of CForBio’s Chinese and English papers published in 2007–2017

序号 No.	作者 Author	中文论文数量(篇) Number of Chinese papers	占中文论文百分比 Percentage of Chinese papers (%)	序号 No.	作者 Author	英文论文数量(篇) Number of English papers	占英文论文百分比 Percentage of English papers (%)
1	金光泽 Jin GZ	44	23.40	1	Ma KP	49	21.88
2	米湘成 Mi XC	24	12.77	2	Hao ZQ	46	20.54
3	郝占庆 Hao ZQ	22	11.70	3	Mi XC	38	16.96
4	马克平 Ma KP	19	10.11	3	Ye WH	38	16.96
5	王绪高 Wang XG	18	9.57	3	Wang XG	38	16.96
6	王斌 Wang B	16	8.51	6	Cao M	32	14.29
7	向悟生 Xiang WS	15	7.98	7	Cao HL	26	11.61
8	原作强 Yuan ZQ	12	6.38	7	Jin GZ	26	11.61
8	叶吉 Ye J	12	6.38	9	Ye J	25	11.16
8	李先琨 Li XK	12	6.38	10	Lian JY	22	9.82

图3 2007–2017年CForBio中、英文论文作者合作关系网络图。a: 英文论文; b: 中文论文。节点大小表示论文发表数量的多少; 节点间连线的多少表示作者间合作关系的强弱; 不同节点颜色表示不同的聚类结果。
Fig. 3 Charts of cooperative relationships among the authors of CForBio’s Chinese and English papers published in 2007–2017. a, English papers; b, Chinese papers. The node size indicates the number of published papers; the number of connections between nodes indicates the strength of the cooperation between authors; different node colors indicate different clustering results.

最为密集区域(图3a), 金光泽和米湘成位于中文论文作者合作关系最为密集区域(图3b)。

2.3 主要研究机构及其合作关系

224篇英文论文来自国内外251个机构, 188篇中文论文来自76个机构。由表3可知, 英文论文发表数量最多的机构为Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences (CAS) (中国科学院植物研究所), 共发表论文59篇, 占发文总量的26.34%; 其次为Institute of Applied Ecology, CAS (中国科学院沈阳应用生态研究所)和South China Botanical Garden, CAS (中国科学院华南植物园), 分别发表论文45篇和44篇, 占发文总量的20.09%和19.64%。中文论文

发表数量最多的研究机构为东北林业大学, 共发表论文47篇, 占发文总量的25%; 其次为中国科学院植物研究所和中国科学院广西植物研究所, 分别发表论文45篇和25篇, 占发文总量的23.94%和13.3%。

为了解主要研究机构间的合作关系, 统计出中、英文论文发表量为5篇以上的研究机构并绘制主要机构间的合作关系图(图4)。由图4a可知, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences (中国科学院植物研究所)为该合作网络中最为活跃的研究机构, 与其他机构间开展了大量的合作, 为CForBio生物多样性研究的主力军; 与国内研究机构开展合作最多的国外研究机构为University of

表3 2007–2017年CForBio中、英文论文发表量Top 10研究机构
Table 3 Top 10 research institutions of CForBio’s Chinese and English papers published in 2007–2017

序号 No.	中文论文研究机构 Research institution for Chinese papers	论文数量 数量(篇) Number of papers	占中文论文 百分比 Percentage of Chinese papers (%)	序号 No.	英文论文研究机构 Research institution for English papers	论文数量 数量(篇) Number of papers	占英文论文 百分比 Percentage of English papers (%)
1	东北林业大学 Northeast Forestry University	47	25.00	1	Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences	59	26.34
2	中国科学院植物研究所 Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences	45	23.94	2	Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences	45	20.09
3	广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所 Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and Chinese Academy of Sciences	25	13.30	3	South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences	44	19.64
4	中国科学院沈阳应用生态研究所 Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences	22	11.70	4	Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences	41	18.30
5	浙江师范大学 Zhejiang Normal University	16	8.51	5	Northeast Forestry University	26	11.61
6	中国科学院华南植物园 South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences	15	7.98	6	University of Alberta	23	10.27
7	广西友谊关森林生态系统定位观测研究站 Guangxi Youyiguan Forest Ecosystem Research Station	13	6.92	7	Smithsonian Tropical Research Institute	19	8.48
8	浙江古田山国家级自然保护区管理局 Gutianshan National Nature Reserve Administrative Bureau	10	5.32	8	East China Normal University	15	6.70
9	华东师范大学 East China Normal University	9	4.79	9	Sun Yat-Sen University	14	6.25
9	广西弄岗国家级自然保护区管理局 Administration Bureau of Guangxi Nonggang National Nature Reserve	9	4.79	10	Helmholtz Association	13	5.80

图4 2007–2017年CForBio中、英文论文主要研究机构间合作关系图。a: 英文论文; b: 中文论文。节点大小、颜色以及节点间连线的意思同图3。
Fig. 4 Cooperative relationships among the major research institutions of CForBio’s Chinese and English papers published in 2007–2017. a, English papers; b, Chinese papers. The meanings of node size, colors and the number of connections between nodes are same as Fig. 3.

Alberta (阿尔伯塔大学)和Smithsonian Tropical Research Institute (史密森热带研究所), 表明这两个研究机构在CForBio发展历程中扮演着重要的角色, 推动了CForBio生物多样性研究的开展。由图4b可知, 与其他机构开展合作最多的机构为中国科学院植物研究所, 其次为中国科学院华南植物园和广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所; 与英文论文主要研究机构间的合作关系相比, 中文论文中主要研究机构间的合作交流较少, 离散程度更高。

2.4 主要期刊分析

224篇英文论文分布在75种期刊中, 188篇中文论文分布在32种期刊中。由表4可知, 英文论文出版量前10位期刊的论文数量为111篇, 占英文论文总数的51.87%; *PLoS ONE*为论文出版数量最多的期刊, 出版论文 26 篇 (11.61%), 其次为 *Scientific*

*Reports*和*Forest Ecology and Management*, 分别出版论文15篇(6.70%)和14篇(6.25%)。中文论文出版量前10位期刊的论文数量为159篇, 占中文论文总数的84.57%, 出版论文数量较多的期刊为《生物多样性》、《生态学报》和《应用生态学报》, 分别出版论文56篇(29.79%)、20篇(10.64%)和20篇(10.64%); 其中《生物多样性》的论文出版数量明显高于其他期刊, 为CForBio研究成果发表的重要期刊载体。

2.5 关键词分析

由关键词共现网络图可知, 英文论文中出现频次最多的前10个关键词分别是: dispersal limitation、temperate forest、species coexistence、subtropical forest、functional traits、point pattern analysis、community assembly、tropical forest、Janzen-Connell hypothesis和population genetics (图5a)。中文论文中

表4 2007–2017年CForBio中、英文论文发表量Top 10期刊及其影响因子
Table 4 Top 10 journals and impact factors of CForBio's Chinese and English papers published in 2007–2017

序号 No.	期刊 Journal	中文论文数 量(篇) Number of Chinese papers	占中文论文百 分比 Percentage of Chinese papers (%)	影响因 子 Impact factor (2017)	序号 No.	期刊 Journal	英文论文数 量(篇) Number of English papers	占英文论文百 分比 Percentage of English papers (%)	影响因子 Impact factor (2017)
1	生物多样性 <i>Biodiversity Science</i>	56	29.79	1.565	1	<i>PLoS ONE</i>	26	11.61	2.766
2	生态学报 <i>Acta Ecologica Sinica</i>	20	10.64	2.391	2	<i>Scientific Reports</i>	15	6.70	4.122
2	应用生态学报 <i>Chinese Journal of Applied Ecology</i>	20	10.64	2.337	3	<i>Forest Ecology and Management</i>	14	6.25	3.169
4	科学通报 <i>Chinese Science Bulletin</i>	18	9.57	1.143	4	<i>Journal of Plant Ecology</i>	10	4.46	1.937
4	植物生态学报 <i>Chinese Journal of Plant Ecology</i>	18	9.57	2.576	5	<i>Ecology</i>	9	4.02	4.617
6	广西植物 <i>Guihaia</i>	8	4.26	0.607	5	<i>Oikos</i>	9	4.02	3.709
7	生态学杂志 <i>Chinese Journal of Ecology</i>	7	3.72	1.344	7	<i>Plant and Soil</i>	8	3.57	3.306
8	林业科学 <i>Scientia Silvae Sinicae</i>	5	2.66	1.259	7	<i>Journal of Ecology</i>	8	3.57	5.172
9	北京林业大学学报 <i>Journal of Beijing Forestry University</i>	4	2.13	1.074	9	<i>Science Bulletin</i>	6	2.68	4.136
10	生态环境学报 <i>Ecology and Environmental Sciences</i>	3	1.60	1.532	9	<i>Journal of Vegetation Science</i>	6	2.68	2.658

图5 2007–2017年CForBio中、英文论文关键词共现网络图。a: 英文论文; b: 中文论文。节点大小表示关键词出现频次的高低, 节点间连线的多少表示两组关键词共同出现频次的高低; 不同节点颜色表示不同的聚类结果。

Fig. 5 Co-occurrence network map of keywords from CForBio’s Chinese and English papers published in 2007–2017. a, English paper; b, Chinese paper. The node size indicates the frequency of occurrence of keywords, and the number of connections between nodes indicates the frequency of co-occurrence of two sets of keywords; different node colors indicate different clustering results.

表5 CForBio网络不同研究阶段Top 10关键词分布情况

Table 5 Top 10 keywords distribution in different research stages of CForBio network

阶段 Stage	类别 Category	高频关键词 High frequency keywords
I (2007–2011)	英文论文 English papers	tropical forest; spatial pattern; temperate forest; biodiversity; species diversity; distribution; beta diversity; microsatellite; niche; habitat association
	中文论文 Chinese papers	阔叶红松林; 长白山; 径级结构; 粗木质残体; 空间格局; 群落结构; 生物多样性; 物种共存; 空间分布; 天然次生林 mixed broadleaved-Korean pine forest; Changbai Mountains; size class structure; coarse woody debris; spatial pattern; community structures; biodiversity; species coexistence; spatial distribution; natural secondary forest
II (2012–2017)	英文论文 English papers	tropical forest; spatial pattern; biodiversity; functional trait; beta diversity; community; broad-leaved forest; temperate forest; subtropical forest; habitat association
	中文论文 Chinese papers	阔叶红松林; 小兴安岭; 喀斯特季节性雨林; 叶面积指数; 地形; 常绿阔叶林; 物种组成; 凋落物; 径级结构; 地形因子 mixed broadleaved-Korean pine forest; Xiaoxing'an Mountains; karst seasonal rainforest; leaf area index; topography; evergreen broad-leaved forest; species composition; litter collection; size class structure; topographic factors

出现频次最多的前10个关键词分别是: 阔叶红松林、径级结构、小兴安岭、长白山、常绿阔叶林、空间分布、物种组成、叶面积指数、喀斯特季节性雨林和地形(图5b)。高频关键词涉及的研究方向可以看作CForBio的热点研究领域或研究对象。

为更全面地掌握CForBio研究的热点变化情况, 将2007–2017年间所发表的论文分为两个阶段, 即阶段I (2007–2011年)和阶段II (2012–2017年)。通过统计两个阶段内所涉及的高频关键词, 分别选取中、英文论文出现频次最高的前10个关键词。由表5可知, 阶段I中CForBio的研究主要集中在热带森林和温带森林两种类型, 空间格局、径级结构、群落结构、物种多样性和物种共存等为其热点研究内容; 阶段II与阶段I相比, CForBio的研究内容越来越

丰富, 功能性状、叶面积指数、地形因子以及凋落物等逐渐成为新的研究热点。

3 讨论

3.1 论文发表量与质的变化

由CForBio年度发文量分析可知, 早期阶段仅有少量论文发表, 主要原因为CForBio平台处于初期建设阶段, 各森林动态样地的数据收集及处理耗时长, 研究成果出版周期相对缓慢; 经过几年的发展后, CForBio研究成果的发表数量明显增加, 2017年共有55篇论文发表, 其中34篇为SCI收录论文(图1), 并且与国外研究机构合作在*Nature*上发表了1篇论文。除此之外, 马克平团队在*Ecology Letters*、*Ecology*等生态学知名期刊发表论文, 在学术界产

生了积极的影响。上述结果表明, 近些年CForBio正处于快速发展阶段并且在我国生物多样性研究领域占据着越来越重要的地位。论文被引频次是衡量论文影响力的重要评估指标, 也可作为评价学者科研能力的指标, 被引频次越高则表明其影响力越大, 同行的认可度越高(金碧辉等, 2000)。论文被引频次与发表时间有关, 如高被引论文的发表时间大部分处于CForBio发展的早期阶段(表1), 主要原因为该时期的研究成果是大型固定样地研究的早期成果, 对各样地后期研究工作的开展具有重要的参考价值, 而较新研究成果的被引率还需要一段时间后才能真正体现。总的来看, CForBio与国外起步较早的生物多样性研究网络相比, 研究体系还不够完善, 但近些年CForBio的学术成果逐渐丰硕且得到了国内外同行的认可, 预计未来将会有更为高质量的成果产出。

3.2 研究热点变化

由关键词分析可知, CForBio主要围绕热带森林、亚热带森林以及温带森林3种类型开展研究, 生物多样性与维持机制、群落结构、空间分布格局、密度制约、系统发育与功能性状等为其热点研究方向。前期阶段(2007–2011年), CForBio的研究多集中在群落物种组成和结构(祝燕等, 2008; 胡跃华等, 2010; 李亮等, 2011)、树木空间分布格局(Li et al, 2009; Wang et al, 2011)等方面, 并开始探究扩散限制和生境异质性(Shen et al, 2009; Bin et al, 2010; Chen et al, 2010; Lai et al, 2010)等在森林生物多样性维持机制中的贡献。随着研究的深入开展, 不断有新的科学问题提出, CForBio的研究热点也发生了相应的改变。近些年CForBio开展了大量有关功能性状和树木生长(Jesse et al, 2014; Liu et al, 2016; Mengesha et al, 2017)、系统发育(Liu et al, 2013; Yang et al, 2014)以及密度制约(Luo et al, 2012; 刘晓静等, 2016)等方面的研究, 为揭示群落构建机制提供了丰富的理论依据。此外, 动物多样性(谢文华等, 2014; 李生强等, 2016)和微生物多样性(Shi et al, 2014; 赵爱花等, 2015)研究也逐渐成为CForBio新的研究热点。

3.3 研究趋势分析

在各森林动态样地研究人员的积极努力下, CForBio取得了快速的发展, 研究成果得到了国内外同行的肯定, 现已成为全球森林生物多样性研究

中最为活跃的组成部分(马克平, 2017)。随着数据共享时代的到来, CForBio应建立不同团队间的合作创新机制, 同时加快监测数据的共享步伐, 让更多生态学者投入到CForBio研究中并充分利用数据, 进一步实现科研成果的质变。自建立以来, CForBio大部分研究主要集中于样地尺度的植物群落结构研究, 很少涉及到大尺度的历史及区域因素对植物多样性的影响, 后续研究应该更多尝试分析和讨论人类活动、古气候变化、当代气候等对我国森林植物群落结构和动态的影响。在未来的研究中, CForBio除了持续关注树木空间分布格局、植物功能性状、树木密度制约、群落系统发育等以外, 还需进一步往微生物多样性、动物多样性以及植物–土壤反馈等研究方向延伸, 加强对不同营养级之间相互作用的分析并探索其内在机理。此外, CForBio应该充分利用我国植被三向(纬向、经向和垂直)地带性规律明显且生物多样性极为丰富这一优势, 在验证和解析国际上已有生态理论或假说的同时, 发展或提出新的生态理论、假说或模型来探索生物多样性及其相关研究中的热点议题。

4 结论和建议

通过分析2007–2017年间CNKI数据库和Web of Science核心合集数据库中CForBio发表论文的文献信息, 本文从发文量、作者、机构、关键词等文献计量分析视角较全面地揭示了CForBio的研究发展历程、研究态势和热点变化。CForBio从建立之初以植物群落生态学研究为主, 正逐步发展为多学科交叉的生物多样性科学综合研究平台。伴随CForBio研究体系的逐步完善和研究方案不断优化, 近些年论文发表数量迅速增长, 其建设为我国森林生物多样性监测研究做出了重要贡献。未来CForBio应进一步推动国内外研究机构和人员之间的交流与合作, 鼓励更多学者投入到我国生物多样性研究领域中, 加快监测数据的共享步伐, 在区域尺度上深度挖掘数据并进行数据和分析结果的比较研究, 从而实现科研成果量变与质变并举的目标。此外, 基于大型样地的多年调查数据, CForBio在植物群落构建机制方面开展了丰富的研究工作, 内容涉及树木空间分布格局、植物功能性状、树木密度制约、群落系统发育等, 但很少有研究就物种多样性维持机制、多样性与生产力关系、多样性响

应气候变化等开展控制实验(Huang et al, 2018), 同时在动物多样性、微生物多样性以及碳循环等方面研究工作仍然较少, 因此这些方面的研究力度还有待加强。未来CForBio应注重近地面激光雷达遥感、多源数据融合等新技术的应用, 注重进化过程与群落生态过程间以及地上与地下生态过程间的耦联关系, 在生物多样性格局的多尺度与多维度解析、植物-土壤反馈机制、树木冠层和根系的结构与功能等方面持续深入研究, 促进CForBio研究体系的进一步完善和扩展, 逐步编制一张涵盖生物多样性以及气候变化等前沿领域且符合国家生态建设需求的研究网络。

致谢: 感谢中国科学院植物研究所米湘成老师以及两位匿名审稿专家对论文修改提出的宝贵建议。

参考文献

- Bin Y, Wang ZG, Wang ZM, Ye WH, Cao HL, Lian JY (2010) The effects of dispersal limitation and topographic heterogeneity on beta diversity and phylobetadiversity in a subtropical forest. *Plant Ecology*, 209, 237–256.
- Cao YQ, Yuan LT, Li WJ (2018) Bibliometric analysis of the current research situation and hotspots of crop water consumption. *Acta Ecologica Sinica*, 38, 1874–1883. (in Chinese with English abstract) [曹永强, 袁立婷, 李维佳 (2018) 基于文献计量的作物耗水研究现状及热点分析. *生态学报*, 38, 1874–1883.]
- Chen J, Zhang BW, Ma KP, Jiang ZG (2009) Bibliometric analysis of status quo of conservation biology in China. *Biodiversity Science*, 17, 423–429. (in Chinese with English abstract) [陈静, 张保卫, 马克平, 蒋志刚 (2009) 中国保护生物学研究现状的文献计量学分析. *生物多样性*, 17, 423–429.]
- Chen L, Mi XC, Comita LS, Zhang LW, Ren HB, Ma KP (2010) Community-level consequences of density dependence and habitat association in a subtropical broad-leaved forest. *Ecology Letters*, 13, 695–704.
- Du YJ, Mao LF, Queenborough SA, Freckleton RP, Chen B, Ma KP (2015) Phylogenetic constraints and trait correlates of flowering phenology in the angiosperm flora of China. *Global Ecology and Biogeography*, 24, 928–938.
- Fang S, Yuan ZQ, Lin F, Ye J, Hao ZQ, Wang XG (2014) Functional and phylogenetic structures of woody plants in broad-leaved Korean pine mixed forest in Changbai Mountains, Jilin, China. *Chinese Science Bulletin*, 59, 2342–2348. (in Chinese with English abstract) [房帅, 原作强, 蔺菲, 叶吉, 郝占庆, 王绪高 (2014) 长白山阔叶红松林木本植物系统发育与功能性状结构. *科学通报*, 59, 2342–2348.]
- Feng G, Mi XC, Yan H, Li FYH, Svenning JC, Ma KP (2016) CForBio: A network monitoring Chinese forest biodiversity. *Science Bulletin*, 61, 1163–1170.
- Gao C, Zhang Y, Shi NN, Zheng Y, Chen L, Wubet T, Bruehlheide H, Both S, Buscot F, Ding Q, Erfmeier A, Kühn P, Nadrowski K, Scholten T, Guo LD (2015) Community assembly of ectomycorrhizal fungi along a subtropical secondary forest succession. *New Phytologist*, 205, 771–785.
- Guan YJ, Kang RP, Liu JG (2018) Evolution of the field of ecological restoration over the last three decades: A bibliometric analysis. *Restoration Ecology*, doi: 10.1111/rec.12899.
- Guo YL, Wang B, Li DX, Azim UM, Xiang WS, Ding T, Wen SJ, Lu SH, Huang FZ, He YL, Li XK (2017) Effects of topography and spatial processes on structuring tree species composition in a diverse heterogeneous tropical karst seasonal rainforest. *Flora*, 231, 21–28.
- Hao ZQ, Zhang J, Li BH, Ye J, Wang XG, Yao XL (2008) Natural secondary poplar-birch forest in Changbai Mountain: Species composition and community structure. *Journal of Plant Ecology (Chinese Version)*, 32, 251–261. (in Chinese with English abstract) [郝占庆, 张健, 李步杭, 叶吉, 王绪高, 姚晓琳 (2008) 长白山次生杨桦林样地: 物种组成与群落结构. *植物生态学报*, 32, 251–261.]
- Hu YH, Cao M, Lin LX (2010) Dynamics of tree species composition and community structure of a tropical seasonal rain forest in Xishuangbanna, Southwest China. *Acta Ecologica Sinica*, 30, 949–957. (in Chinese with English abstract) [胡跃华, 曹敏, 林露湘 (2010) 西双版纳热带季雨林树种组成和群落结构动态. *生态学报*, 30, 949–957.]
- Huang YY, Chen YX, Castro-Izaguirre N, Baruffol M, Brezzi M, Lang A, Li Y, Härdtle W, von Oheimb G, Yang XF, Liu XJ, Pei KQ, Both S, Yang B, Eichenberg D, Assmann T, Bauhus J, Behrens T, Buscot F, Chen XY, Chesters D, Ding BY, Durka W, Erfmeier A, Fang JY, Fischer M, Guo LD, Guo DL, Gutknecht JLM, He JS, He CL, Hector A, Hönig L, Hu RY, Klein AM, Kühn P, Liang Y, Li S, Michalski S, Scherer-Lorenzen M, Schmidt K, Scholten T, Schuldt A, Shi XZ, Tan MZ, Tang ZY, Trogisch S, Wang ZW, Welk E, Wirth C, Wubet T, Xiang WH, Yu MJ, Yu XD, Zhang JY, Zhang SR, Zhang NL, Zhou HZ, Zhu CD, Zhu L, Bruehlheide H, Ma KP, Niklaus PA, Schmid B (2018) Impacts of species richness on productivity in a large-scale subtropical forest experiment. *Science*, 362, 80–83.
- Jesse LR, Yang J, Zhang GC, Cao M, Tang Y, Timothy KH (2014) The role of functional traits and individual variation in the co-occurrence of *Ficus* species. *Ecology*, 95, 978–990.
- Jin BH, Wang SY, Ren SL, Liu YJ (2000) On the relationship between journal impact factors and academic quality of papers. *Chinese Journal of Scientific and Technical Periodicals*, 11, 202–205. (in Chinese) [金碧辉, 汪寿阳, 任胜利, 刘雅娟 (2000) 论期刊影响因子与论文学术质

- 量的关系. 中国科技期刊研究, 11, 202–205.]
- Kumaresan R, Vinita K, Kannan K (2017) Bibliometric analysis of aquatic microbial ecology from 2000–2014. *International Journal of Research in Library Science*, 3, 1–14.
- Lai JS, Mi XC, Ren HB, Ma KP (2010) Species–habitat associations change in a subtropical forest of China. *Journal of Vegetation Science*, 20, 415–423.
- Li L, Chen JH, Ren HB, Mi XC, Yu MJ, Yang B (2010) Spatial patterns of *Castanopsis eyrei* and *Schima superba* in mid-subtropical broad-leaved evergreen forest in Gutianshan National Reserve, China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 34, 241–252. (in Chinese with English abstract) [李立, 陈建华, 任海保, 米湘成, 于明坚, 杨波 (2010) 古田山常绿阔叶林优势树种甜槠和木荷的空间格局分析. 植物生态学报, 34, 241–252.]
- Li L, Liu HF, Bai F, Zhu Y, Li GQ, Li WC, Sang WG (2011) Species composition and community structure of four deciduous broad-leaved secondary forest in Dongling Mountain. *Biodiversity Science*, 19, 243–251. (in Chinese with English abstract) [李亮, 刘海丰, 白帆, 祝燕, 李广起, 李文超, 桑卫国 (2011) 东灵山4种落叶阔叶次生林的物种组成与群落结构. 生物多样性, 19, 243–251.]
- Li L, Wei SG, Huang ZL, Ye WH, Cao HL, Wang ZG, Lian JY, Sun IF, Ma KP, He FL (2009) Spatial distributions of tree species in a subtropical forest of China. *Oikos*, 118, 495–502.
- Li SQ, Wang GH, Shi ZP, Li XK, Xiao ZS, Zhou QH (2016) Infrared camera traps for monitoring mammal and bird diversity and activity pattern in limestone habitats. *Acta Theriologica Sinica*, 36, 272–281. (in Chinese with English abstract) [李生强, 汪国海, 施泽攀, 李先琨, 肖治术, 周岐海 (2016) 红外相机技术监测喀斯特生境兽类和鸟类多样性及活动节律. 兽类学报, 36, 272–281.]
- Li W, Zhao Y (2015) Bibliometric analysis of global environmental assessment research in a 20-year period. *Environmental Impact Assessment Review*, 50, 158–166.
- Liu X, Liang Z, Song H (2011) Global biodiversity research during 1900–2009: A bibliometric analysis. *Biodiversity and Conservation*, 20, 807–826.
- Liu XJ, Ren SY, Li LX, Ye YZ, Yuan ZL, Wang T (2016) Detecting density dependence on tree survival in a deciduous broadleaved forest in Baotianman National Nature Reserve. *Biodiversity Science*, 24, 639–648. (in Chinese with English abstract) [刘晓静, 任思远, 李鹿鑫, 叶永忠, 袁志良, 王婷 (2016) 宝天曼国家级自然保护区落叶阔叶林密度制约效应对树木存活的影响. 生物多样性, 24, 639–648.]
- Liu XJ, Swenson NG, Lin DM, Mi XC, Umana MN, Schmid B, Ma KP (2016) Linking individual-level functional traits to tree growth in a subtropical forest. *Ecology*, 97, 2396–2405.
- Liu XJ, Swenson NG, Zhang JL, Ma KP (2013) The environment and space, not phylogeny, determine trait dispersion in a subtropical forest. *Functional Ecology*, 27, 264–272.
- Luo ZR, Mi XC, Chen XR, Ye ZL, Ding BY (2012) Density dependence is not very prevalent in a heterogeneous subtropical forest. *Oikos*, 121, 1239–1250.
- Ma KP (2008) Large scale permanent plots: Important platform for long term research on biodiversity in forest ecosystem. *Journal of Plant Ecology (Chinese Version)*, 32, 237. (in Chinese) [马克平 (2008) 大型固定样地: 森林生物多样性定位研究的平台. 植物生态学报, 32, 237.]
- Ma KP (2017) Forest dynamics plot is a crosscutting research platform for biodiversity science. *Biodiversity Science*, 25, 227–228. (in Chinese) [马克平 (2017) 森林动态大样地是生物多样性科学综合研究平台. 生物多样性, 25, 227–228.]
- Meerow S, Newell JP (2015) Resilience and complexity: A bibliometric review and prospects for industrial ecology. *Journal of Industrial Ecology*, 19, 236–251.
- Mengesha A, Cao M, Zhang GC, Ci XQ, Li J, Yang J (2017) Environmental filtering structures tree functional traits combination and lineages across space in tropical tree assemblages. *Scientific Reports*, 7, 132.
- Mi XC, Guo J, Hao ZQ, Xie ZQ, Guo K, Ma KP (2016) Chinese forest biodiversity monitoring: Scientific foundations and strategic planning. *Biodiversity Science*, 24, 1203–1219. (in Chinese with English abstract) [米湘成, 郭静, 郝占庆, 谢宗强, 郭柯, 马克平 (2016) 中国森林生物多样性监测: 科学基础与执行计划. 生物多样性, 24, 1203–1219.]
- Santiago LS, Wright SJ (2007) Leaf functional traits of tropical forest plants in relation to growth form. *Functional Ecology*, 21, 19–27.
- Shen GC, Yu MJ, Hu XS, Mi XC, Ren HB, Sun IF, Ma KP (2009) Species–area relationships explained by the joint effects of dispersal limitation and habitat heterogeneity. *Ecology*, 90, 3033–3041.
- Shi LL, Mortimer PE, Slik JWF, Zou XM, Xu JC, Feng WT, Qiao L (2014) Variation in forest soil fungal diversity along a latitudinal gradient. *Fungal Diversity*, 64, 305–315.
- Shi ZP, Zhou QH, Li XK, Xiao ZS (2014) Estimation of species richness of mammals and birds using camera traps in Nonggang Forest Dynamics Plot, South China. *Biodiversity Science*, 22, 826–829. (in Chinese with English abstract) [施泽攀, 周岐海, 李先琨, 肖治术 (2014) 弄岗森林动态监测样地及周边鸟兽的红外相机初步监测. 生物多样性, 22, 826–829.]
- Song P, Ren HB, Jia Q, Guo JX, Zhang NL, Ma KP (2015) Effects of historical logging on soil microbial communities in a subtropical forest in southern China. *Plant and Soil*, 397, 115–126.
- Tang HX, Chen TB, Liu SY, Nong DP, Meng YJ, Lu MX (2011) The population dynamics of *Francois langur Trachypithecus francoisi* in Nonggang Nature Reserve, Guangxi, China. *Sichuan Journal of Zoology*, 30, 136–140. (in Chinese with English abstract) [唐华兴, 陈天波, 刘晟

- 源, 农登攀, 蒙渊君, 陆茂新 (2011) 广西弄岗自然保护区黑叶猴的种群动态. 四川动物, 30, 136–140.]
- Valencia R, Foster RB, Villa G, Condit R, Svenning JC, Hernandez C, Romoleroux K, Losos E, Magard E, Balslev H (2004) Tree species distributions and local habitat variation in the Amazon: Large forest plot in eastern Ecuador. *Journal of Ecology*, 92, 214–229.
- Wang XG, Swenson NG, Wiegand T, Wolf A, Howe R, Lin F, Ye J, Yuan ZQ, Shi S, Bai XJ, Xing DL, Hao ZQ (2013) Phylogenetic and functional diversity area relationships in two temperate forests. *Ecography*, 36, 883–893.
- Wang XG, Wiegand T, Hao ZQ, Li BH, Ye J, Lin F (2010) Species associations in an old-growth temperate forest in north-eastern China. *Journal of Ecology*, 98, 674–686.
- Wang XG, Wiegand T, Kraft NJB, Swenson NG, Davies SJ, Hao ZQ, Howe RW, Lin YJ, Ma KP, Mi XC (2016) Stochastic dilution effects weaken deterministic effects of niche-based processes in species rich forests. *Ecology*, 97, 347–360.
- Wang XG, Wiegand T, Wolf A, Howe RW, Davies SJ, Hao ZQ (2011) Spatial patterns of tree species richness in two temperate forests. *Journal of Ecology*, 99, 1382–1393.
- Wu H, Franklin SB, Liu JM, Lu ZJ (2017) Relative importance of density dependence and topography on tree mortality in a subtropical mountain forest. *Forest Ecology and Management*, 384, 169–179.
- Xie WH, Yang XF, Yu JJ, Li JN, Tao SL, Lu ZJ, Wang XZ, Xiao ZS (2014) A survey of mammals and birds using camera traps in Badagongshan Forest Dynamics Plot, Central China. *Biodiversity Science*, 22, 816–818. (in Chinese) [谢文华, 杨锡福, 于家捷, 李俊年, 陶双伦, 卢志军, 王学志, 肖治术 (2014) 运用红外相机对八大公山森林动态样地鸟兽的初步调查. 生物多样性, 22, 816–818.]
- Yang J, Cao M, Swenson NG (2018) Why functional traits do not predict tree demographic rates. *Trends in Ecology & Evolution*, 33, 326–336.
- Yang J, Ci XQ, Lu MM, Zhang GC, Cao M, Li J, Lin LX (2014) Functional traits of tree species with phylogenetic signal co-vary with environmental niches in two large forest dynamics plots. *Journal of Plant Ecology*, 7, 115–125.
- Yao XL, Piao ZJ, Li BH, Zhang J, Wang XG, Ye J, Hao ZQ (2008) *Pinus koraiensis* seed consumption by rodents and birds. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 19, 1759–1763. (in Chinese with English abstract) [姚晓琳, 朴正吉, 李步杭, 张健, 王绪高, 叶吉, 郝占庆 (2008) 啮齿动物和鸟类对红松种子的消耗. 应用生态学报, 19, 1759–1763.]
- Zhang X, Su N, Yang HG, Fang XK (2012) Knowledge mapping of research on international E-government during 2000–2011 based on Citespace and VOSviewer. *Journal of Intelligence*, 31, 51–57. (in Chinese with English abstract) [张璇, 苏楠, 杨红岗, 房小可 (2012) 2000–2011年国际电子政务的知识图谱研究——基于 Citespace 和 VOSviewer 的计量分析. 情报杂志, 31, 51–57.]
- Zhao AH, Du XJ, Zang J, Zhang SR, Jiao ZH (2015) Soil bacterial diversity in the Baotianman deciduous broad-leaved forest. *Biodiversity Science*, 23, 649–657. (in Chinese with English abstract) [赵爱花, 杜晓军, 臧婧, 张守仁, 焦志华 (2015) 宝天曼落叶阔叶林土壤细菌多样性. 生物多样性, 23, 649–657.]
- Zhu Y, Zhao GF, Zhang LW, Shen GC, Mi XC, Ren HB, Yu MJ, Chen JH, Chen SW, Fang T, Ma KP (2008) Community composition and structure of Gutianshan forest dynamic plot in a mid-subtropical evergreen broad-leaved forest, east China. *Journal of Plant Ecology (Chinese Version)*, 32, 262–273. (in Chinese with English abstract) [祝燕, 赵谷风, 张翎文, 沈国春, 米湘成, 任海保, 于明坚, 陈建华, 陈声文, 方腾, 马克平 (2008) 古田山中亚热带常绿阔叶林动态监测样地——群落组成与结构. 植物生态学报, 32, 262–273.]

(责任编辑: 马克平 责任编辑: 闫文杰)