

DOI: 10.5846/stxb201805271166

周元慧, 胡刚, 张忠华, 陶旺兰, 王俊丽, 付瑞玉. 基于 Web of Science 的国际海草研究文献计量评价. 生态学报, 2019, 39(11): - .
Zhou Y H, Hu G, Zhang Z H, Tao W L, Wang J L, Fu R Y. Bibliometric assessment of international seagrass research using the web of science database. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(11): - .

基于 Web of Science 的国际海草研究文献计量评价

周元慧^{1,2,3}, 胡刚^{1,2,*}, 张忠华^{1,2}, 陶旺兰^{1,2,3}, 王俊丽^{1,2,3}, 付瑞玉^{1,2,3}

1 广西师范学院北部湾环境演变与资源利用教育部重点实验室, 南宁 530001

2 广西师范学院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 广西师范学院地理科学与规划学院, 南宁 530001

摘要:海草及其与周围环境形成的海草场是近海海洋生态系统的重要组成部分,具有多种重要的生态服务功能。相较于红树林和珊瑚礁,国内外学者和公众对海草的关注度偏低,至今对国际海草研究的现状、趋势和热点等的认识还较为有限。检索了 1983—2017 年 Web of Science 的 SCI-E 数据库中收录的海草研究相关文献,借助文献计量信息可视化分析方法,从年度发文量、研究力量和研究热点与主题等方面进行了较为系统的文献计量评价,以期阐明国内外海草研究的态势与热点。结果表明:1983—2017 年间国际海草研究的文献数量总体呈明显上升趋势,该领域发文量排前 3 位的国家是美国、澳大利亚和西班牙;全球发文量最多的机构是佛罗里达州立大学,其次是西班牙高等科学研究理事会与美国国家海洋和大气管理局;发文总量较多的作者是 Duarte CM、Marba N 和 Fourqurean JW,近 3 年发文量最高的是学者 Santos R;刊文量最多的期刊分别是《Marine Ecology Progress Series》、《Aquatic Botany》和《Estuarine, Coastal and Shelf Science》,刊文量前 15 期刊中影响因子最高的是《Limnology and Oceanography》(3.969)。在国家、机构与作者合作方面,西班牙、丹麦、荷兰、墨西哥 4 个国家形成了关系密切的合作网络,西班牙高等科学研究理事会和美国国家海洋和大气管理局是海草研究机构合作网络中的两个中心,Duarte CM、Marba N 等较多学者间有紧密的学术合作关系。通过高频关键词的关联关系分析,表明该领域的 3 个热点研究主题,即环境(污染)胁迫对海草场的影响、海草的生长与生理生态和海草及其相关生态系统的结构与功能。中国科学院、中国海洋大学等机构为我国海草研究做出了重要贡献,但由于研究起步较晚,我国学者的发文量、篇均被引频次等与欧美国家学者存在一定差距,但近几年的发文量增长迅速,预计未来的发展趋势良好。

关键词:海草;文献计量评价;Web of Science;研究热点

Bibliometric assessment of international seagrass research using the web of science database

ZHOU Yuanhui^{1,2,3}, HU Gang^{1,2,*}, ZHANG Zhonghua^{1,2}, TAO Wanglan^{1,2,3}, WANG Junli^{1,2,3}, FU Ruiyu^{1,2,3}

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

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

3 School of Geography and Planning, Guangxi Teachers Education University, Nanning 530001, China

Abstract: Seagrass and seagrass meadow ecosystems and their adjacent environment are important parts of the offshore marine ecosystem and serve many important ecological service functions. Compared with mangroves and coral reefs, scientists and the public pay less attention to seagrass, and knowledge of the current status, trends, and hotspots gained

基金项目:国家自然科学基金项目(31560136);北部湾环境演变与资源利用教育部重点实验系统基金项目(2014BGERLXT04;2014BGERLXT05)

收稿日期:2018-05-27; **网络出版日期:**2018-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hugang@gxte.edu.cn

from international seagrass research are limited. The literature regarding seagrass research was retrieved from the Web of Science's SCI-E database from 1983 to 2017 and bibliometric information visualization analysis methods were applied to conduct a systematic bibliometric assessment of annual publications, research strength, research hotspots, and topics. The goals of this study were to clarify the trends and hotspots of international seagrass research, and to generate valuable reference information for related researchers. The results showed that the amount of international seagrass research literature exhibited an obvious upward trend from 1983 to 2017. The top three countries in this field are the United States, Australia, and Spain. The institution with the most publications was Florida State University, followed by the Spanish National Research Council and National Oceanic (Consejo Superior De Investigaciones Cientificas, CSIC), and the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Authors with a relatively larger total number of publications were Duarte CM, Marba N, and Fourqurean JW; Santos R had the greatest number of publications in the past three years. The most frequently listed journals were the Marine Ecology Progress Series, Aquatic Botany, and Estuarine; Limnology and Oceanography had the highest impact factor (3.969) of the top 15 journals. In cooperation with countries, institutions, and authors, Spain, Denmark, the Netherlands, and Mexico formed a close cooperation network. CSIC and NOAA were two centers in the cooperation network of institutions. Duarte CM, Marba N, and many other scholars exhibited close academic cooperation. The three hot topics of seagrass research were summarized through the analysis of association of high-frequency keywords, and were the effects of environmental stress (pollution) on seagrass meadows, growth and physiological ecology of seagrass, structure and function of seagrass and its related ecosystems. The Chinese Academy of Sciences, Ocean University of China, and other institutions have made important contributions to the study of seagrass in China. Because of the later start of seagrass research, there is a gap between scholars in China and those in European and American countries regarding the number of publications and average citations per article. However, the literatures published in recent years has increased rapidly. It is expected that there will be a strong developmental trend in seagrass research in the future.

Key Words: seagrass; bibliometric assessment; Web of Science; research hotspot

海草(Seagrass)是生长于浅海和河口区域的大型沉水高等植物,是唯一可以在海水中完成开花、结实和萌发等生长发育过程的单子叶被子植物^[1-2]。全球海草广泛分布于温带北大西洋区系、温带南大西洋区系、温带东太平洋区系、温带西太平洋区系、地中海区系、加勒比海区系、印度-太平洋区系、南澳大利亚区系和新西兰区系共9大区系^[3]。海草与周围环境所形成的海草场(Seagrass meadow),与红树林和珊瑚礁共同构成3类最典型的近海海洋生态系统。海草场是生物圈中最具生产力的水生生态系统之一,具有多种重要的生态服务功能,主要表现在净化水质、提供生物栖息地和生态系统营养循环等方面,维持着近海海域生态环境和海洋渔业资源的安全^[4]。目前,已知的全球海草场面积约为30—60万km²,海草种类约有6科12属72种^[5-6],而我国现有的海草场面积约为87.651km²,已知有海草22种,隶属于4科10属,主要分布于南海海草分布区及黄渤海海草分布区^[7-8]。我国海草科、属和种的数量分别占世界科、属、种总数的66.7%、83.3%和30.6%。由于长期以来海草与人类的生活联系并不直接相关,所以对海草的认识、研究及保护相对不足,如今因人为直接或间接破坏活动以及自然因素的双重影响,全球海草种数和海草场面积正急剧减少,海草生存状况面临严峻考验^[9]。因而,在海岸带人为干扰加剧和全球变化的背景下,亟待加强海草以及海草场生态系统的研究。

文献计量学是评价科学研究成果的重要方法,以文献的外部特征为研究对象,运用一定的数理统计方法进行定量分析,能客观地反映学科领域的研究现状和发展态势^[10]。目前,文献计量分析在生态学研究领域中已得到较为广泛的应用。例如,Liu等^[11]、陈宝明等^[12]、杨红玉等^[13]利用Web of science(WoS)和(或)CNKI数据库为数据源,分别检索了不同年份间发表的有关全球生物多样性、外来生物入侵、植物共生信号的成果报道,从文献计量视角(包括文献的作者、国家、期刊等)分析并揭示了各研究领域的现状、进展及发展趋势。此外,在三峡消落带生态系统^[14]、草地退化^[15]、全球北极底栖生物^[16]、生态修复^[17]、水生微生物生态学^[18]、生

态足迹^[19]等多个生态学研究领域均有相关文献计量分析的报道。近些年,红树林^[20]、滩涂湿地^[21]等方面已有文献计量分析研究,而对于海草研究的文献计量分析仅见于 10 年前的 1 篇报道^[22],且该报道仅分析了 1989—1997 年间的文献信息,这在很大程度上阻碍了我们对国际海草研究历程与现状、趋势与热点问题的客观分析与评价。为此,本文基于信息检索、文献计量分析和信息可视化方法,对 1983—2017 年间 WoS 核心合集数据库中收录的海草研究相关文献进行较为全面的计量分析和评价。本文的研究目的包括:(1)从年度发文量,研究力量(国家、机构、作者、期刊),研究热点与主题等方面揭示国际海草研究的基本规律;(2)从多个视角解析国际和国内学者在海草领域的研究态势,为未来海草相关研究提供参考与建议。

1 研究方法

WoS 是全球最大、覆盖学科最多的综合性学术信息资源库,收录了自然科学、工程技术、生物医学等各个研究领域 11000 多种世界权威且高影响力的学术期刊。本研究的数据全部采集于 WoS 核心合集集中的 Science Citation Index Expanded(SCI-E)数据库,以主题 TS=“seagrass”为检索策略,检索时间跨度为 1983—2017 年,共检索出 9172 篇有关海草研究的文献,其中标准论文 8576 篇,会议论文 400 篇,综述 326 篇,会议摘要 83 篇,简报 66 篇等。文献发表的语言以英文为主,共计 9063 篇,占检索文献总数的 98.81%。

对检索到的 9172 篇文献的年度发文量变化、发文国家、机构、作者、期刊分布以及关键词等进行分析。利用 WoS 数据库自带的文献分析功能和专业文献计量分析软件 Ucinet^[23]、NetDraw^[24]进行文献数据的可视化表达。Ucinet 是一款社会网络分析软件,由美国肯塔基州立大学 Steve 等人开发,应用 Ucinet 软件可以读取多种格式文件的功能,可将 Excel 文件转换成 NetDraw 可读格式文件。NetDraw 是 Ucinet 的内嵌软件,能进行一维与二维数据分析,具有直观的图形化显示功能,可绘制反映网络节点之间关系的网络关系图。将 WoS 核心库中检索出的 9172 篇海草研究文献信息以文本文件形式保存,导入到文献计量分析软件 Citespace^[25]中得出二维矩阵,再导入 Ucinet 和 NetDraw 中分析得到国家、机构和作者间的合作关系以及高频关键词的关联关系的可视化图谱。

2 结果与分析

2.1 年度发文量的变化趋势

1983—2017 年间海草研究文献的数量整体呈稳步增长趋势(图 1)。依据文献数量增长的快慢可将海草研究分为两个发展阶段,第 1 阶段(1983—1990 年)的文献数量较少且增长趋势不明显,第 2 阶段(1991—2017 年)的发文量增长幅度较大且论文总量明显增加。海草场作为典型海洋生态系统的代表之一,全球海草退化速度过快引起了各国学者的关注,尤其是 20 世纪 90 年代以来,其受关注程度日益增加,因而 1991 年后发文量增加明显。从 1983—2017 年海草研究文献数量的增长率来看(图 1),文献发表量增长处于不断波动状态,但年均增长率达 9.21%。随着社会经济和科技日益快速发展,国内外学者对海草的微观和宏观等各个层面均开展了大量的研究工作,并吸引更多的学者关注该领域,因而近些年文献发表量出现稳定的适度增长趋势。

2.2 研究力量的分布与比较

2.2.1 研究力量的分布

通过对文献作者所属国家进行统计,9172 篇文献出自 190 个国家。对发文量前 15 的国家进行统计(表 1),表明来自美国的发文量全球最多,占总文献总数的 33.84%,其次是澳大利亚和西班牙。美国的发文量分别是澳大利亚和西班牙的 1.82 倍和 3.26 倍,体现出美国在海草研究方面投入了较多的科研力量,并产出了丰硕的科研成果。美国近 3 年的发文量为 486 篇,所占该国发文量的比例为 15.68%,呈稳定增长态势。意大利、法国、加拿大、葡萄牙等国近 3 年的发文量占各自发文量的比例均在 20%以上,表明近几年的海草研究均较为活跃。中国在海草研究方面共发文 242 篇,位居全球第 14 位,但近 3 年发文量所占比例高达 45.6%,超

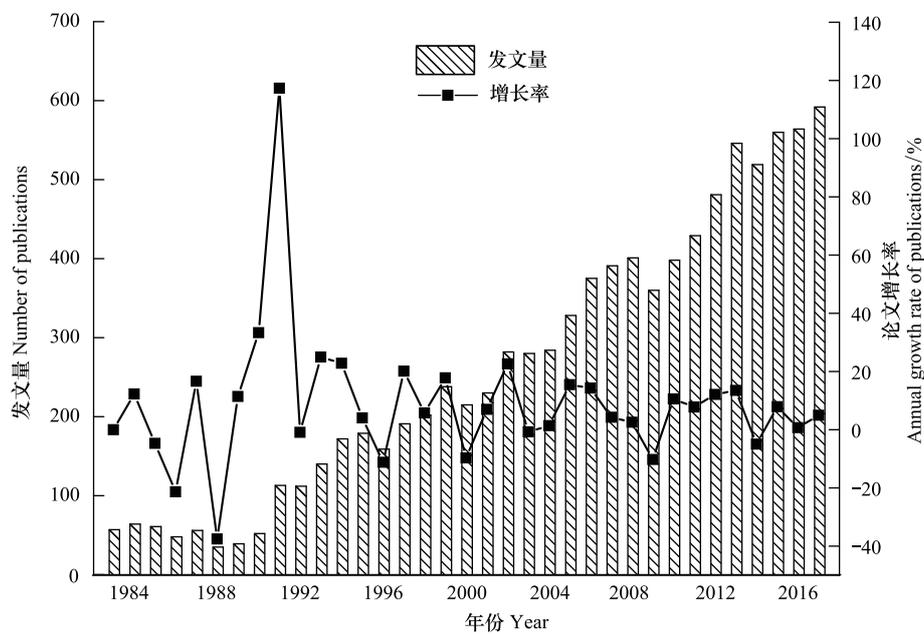


图1 1983—2017年文献的年度发文章量和增长率

Fig.1 The annual number and growth rate of publications during the period of 1983—2017

越了发文章量居前15的所有国家,这反映了我国海草研究虽然晚于欧美发达国家,但近几年科研投入显著增加并取得了丰硕成果,预计未来我国在该领域仍然会较快发展,在发文章量上会逐步超越部分国家。但值得注意的是,与其他国家相比,我国的海草相关研究文献总体的篇均被引率仍然较低(10.63次/篇),表明在成果质量上还有待进一步提高。

表1 发文章量前15的国家统计

Table 1 Top 15 countries in number of publications

序号 No.	国家 Country	发文章量 Number of publications	占总文献比 Proportion of all publications/%	近3年发文章量所占比 Proportion of publications in recent three years/%
1	美国 USA	3104	33.84	15.66
2	澳大利亚 Australia	1707	18.61	20.74
3	西班牙 Spain	952	10.38	18.91
4	意大利 Italy	647	7.05	24.88
5	法国 France	475	5.19	24.84
6	荷兰 Netherlands	456	4.98	15.35
7	英国 England	393	4.28	22.64
8	日本 Japan	341	3.71	22.29
9	德国 Germany	318	3.44	21.38
10	加拿大 Canada	296	3.23	23.65
11	墨西哥 Mexico	292	3.1	23.63
12	葡萄牙 Portugal	274	2.99	29.56
13	丹麦 Denmark	251	2.74	17.53
14	中国 China	242	2.64	45.6
15	瑞典 Sweden	182	1.98	23.08

在发文章量前15位的作者所属研究机构中,位居榜首的是佛罗里达州立大学,其发文章量达580篇,占文献总数的6.33%,其次是西班牙高等科学研究理事会与美国国家海洋和大气管理局(表2)。同时,西澳大利亚

大学、法国国家科学院、詹姆斯·库克大学、昆士兰大学等机构的近 3 年发文量均占各自发文量的 25% 以上,呈现出稳定增长态势。发文量最多的我国机构是中国科学院,共发文 100 篇,排在第 44 位,而近 3 年发文量达 46 篇,占自身文献总数的 46%,可以看出中国科学院是我国海草研究的主要机构且近些年发展非常迅速。此外,对海草研究较多的我国高校是中国海洋大学,总计发文 31 篇,排在第 165 位。

表 2 发文量前 15 的研究机构统计
Table 2 Top 15 institutions in number of publications

序号 No.	机构名称 Institution	发文量 Number of publications	占总文献比 Proportion of all publications/%	近 3 年发文量所占比 Proportion of publications in recent three years/%
1	佛罗里达州立大学 State University System of Florida (SUSF)	580	6.33	15.00
2	西班牙高等科学研究理事会 Consejo Superior De Investigaciones Cientificas (CSIC)	457	4.99	14.44
3	美国国家海洋和大气管理局 National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)	312	3.41	9.94
4	西澳大利亚大学 University of Western Australia (UWA)	297	3.24	27.61
5	法国国家科学院 Centre National De La Recherche Scientifique (CNRS)	248	2.71	30.24
6	北卡罗来纳大学 University of North Carolina (UNC)	230	2.51	12.17
7	巴利阿里群岛大学 University De Les Illes Balears (UIB)	227	2.48	16.74
8	英联邦科学和工业研究组织 Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO)	222	2.42	16.22
9	德克萨斯大学 University of Texas System (UTS)	221	2.41	8.14
10	加利福尼亚大学 University of California System (UCS)	220	2.40	20.45
11	詹姆斯·库克大学 James Cook University (JCU)	215	2.35	33.49
12	昆士兰大学 University of Queensland (UQ)	213	2.32	32.86
13	佛罗里达国际大学 Florida International University (FIU)	210	2.29	17.14
14	威廉与玛丽学院 College of William & Mary (CWM)	187	2.04	15.51
15	拉德堡德大学 Radboud University Nijmegen (RUN)	185	2.02	14.59

9172 篇海草相关文献由 15250 位学者产出,表 3 统计了发文量居前 15 的学者,其中发文量超过 100 篇的共有 3 位学者,发文量最多的学者是来自沙特阿拉伯阿卜杜拉国王科技大学的 Duarte CM,共参与发文 226 篇,其次是西班牙高等科学研究理事会的 Marba N、佛罗里达国际大学的 Fourqurean JW。从近 3 年的发文量来看,总发文量居前 3 位的学者发文量呈稳态增长趋势,而总发文量分别排在第 6、9 和 14 位的 Kendrick GA、Bouma TJ 和 Santos R,近 3 年发文量所占比均在 30% 左右,由此可见这 3 位学者近年来在该领域研究较为活跃。

在发文量前 15 的期刊中(表 4),排在第 1 位的是《Marine Ecology Progress Series》,其发文数量 988 篇,远超过第 2 位期刊《Aquatic Botany》,并且影响因子、篇均被引频次在前 15 的期刊中分别排名第 4 和第 3,可见该期刊是海草研究文献的主要载体。在发文量前 15 的期刊中,影响因子最高的是《Limnology and Oceanography》(3.969),同时也是篇均被引频次最高的期刊,这表明该期刊刊出的论文经常被同行参考,在该领域中有较强的影响力。此外,发文量前 15 期刊的平均影响因子 2.48,相较于其他学科领域,关注海草研究的期刊影响因子普遍偏低。

表 3 发文量前 15 的研究作者统计
Table 3 Top 15 authors in number of publications

序号 No.	作者 Author	发文量 Number of publications	占总文献比 Proportion of all publications/%	近 3 年发文量所占比 Proportion of publications in recent three years/%
1	Duarte CM	226	2.46	11.50
2	Marba N	123	1.34	12.20
3	Fourqurean JW	104	1.13	16.94
4	Romero J	96	1.05	8.33
5	Heck KL	93	1.01	12.90
6	Kendrick GA	85	0.93	32.94
7	Holmer M	78	0.85	10.26
8	Orth RJ	77	0.84	19.48
9	Bouma TJ	76	0.83	28.95
10	Nagelkerken I	75	0.82	13.33
11	Alcoverro T	70	0.76	10.00
12	Connolly RM	65	0.71	12.00
13	Pergent G	64	0.70	10.94
14	Santos R	64	0.70	37.5
15	Kenworthy WJ	60	0.65	6.67

表 4 发文量前 15 的研究期刊统计
Table 4 Top 15 journals in number of publications

序号 No.	期刊 Journal	发文量 Number of publications	占总文献比 Proportion of all publications/%	5 年影响因子 Five-year impact factor	篇均被引频次 Average citations per item
1	Marine Ecology Progress Series 海洋生态学进展丛刊	988	10.77	2.722	38.34
2	Aquatic Botany 水生植物学	586	6.39	1.753	31.54
3	Estuarine, Coastal and Shelf Science 河口、海岸与大陆架科学	471	5.14	2.541	29.64
4	Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 实验海洋生物学与生态学杂志	469	3.05	2.31	35.26
5	Marine Biology 海洋生物学	280	2.79	2.498	28.56
6	Marine Pollution Bulletin 海洋污染通报	256	2.06	3.780	23.70
7	Bulletin of Marine Science 海洋科学通报	189	1.98	2.072	24.61
8	Estuaries and Coasts 河口与海岸	182	1.96	2.444	13.05
9	Hydrobiologia 水生生物学	180	1.95	2.447	21.63
10	Estuaries 河口	179	1.94	2.601	46.56
11	PLoS ONE 公共科学图书馆·综合	178	1.94	3.394	15.89
12	Botanica Marina 海洋植物学	163	1.78	1.373	17.07
13	Limnology and Oceanography 湖沼学与海洋学	127	1.38	3.969	50.75
14	Marine and Freshwater Research 海洋与淡水研究	114	1.24	2.129	18.57
15	Journal of Coastal Research 海岸研究学报	96	1.05	1.111	10.58

2.2.2 研究力量的比较

由发文量和文献篇均被引频次来共同表征国家、机构、期刊和作者的研究实力。从国家层面看(图2),美国、西班牙和澳大利亚等国的文献数量和篇均被引频次均较高,属于海草研究领域发展势头较为强劲的国家;发文量排在澳大利亚之后的加拿大、荷兰、英格兰,发文量虽不多,但是篇均被引频次相对较高;德国、法国、意大利、日本和中国发文量较少且篇均被引频次较低,在研究成果的质和量上均有提升空间。

从机构实力来看(图2),佛罗里达州立大学和西班牙高等科学理事会发文量和篇均被引频次都居于前列,进一步表明美国和西班牙在国际海草研究领域的实力和影响力;威廉与玛丽学院、加利福尼亚大学、佛罗里达国际大学发文量略少但篇均被引频次高,尤其是威廉与玛丽学院的篇均被引频次高达 69.37 次/篇。法国国家科学院、德克萨斯大学和昆士兰大学发文量和篇均被引频次均不高;西澳大利亚大学论文数量不少但篇均被引频次有待增加。

分析作者的研究实力(图2),表明沙特阿拉伯阿卜杜拉国王科技大学的 Duarte CM 在海草领域发文 226 篇,其篇均被引频次处于中上水平;Orth RJ 发文 77 篇但是篇均被引频次最高;Marba N、Romero J 发文量多但是篇均被引频次处于平均水平之下。

分析期刊的研究实力(图2),表明刊文数量多且篇均被引频次高的期刊有《Marine Ecology Progress Series》、《Aquatic Botany》、《Estuarine, coastal and shelf science》、《Journal of Experimental Marine Biology and Ecology》,表明这 4 种期刊是海草研究论文的主要载体;《Estuaries》、《Limnology and Oceanography》刊载的论文数量较少,但是篇均被引频次最高,而且影响因子较高,说明这 2 个期刊对于刊载的论文更看重质量;《Estuaries and Coasts》、《Plos One》、《Journal of Coastal Research》刊登的论文数量少且篇均被引频次低。

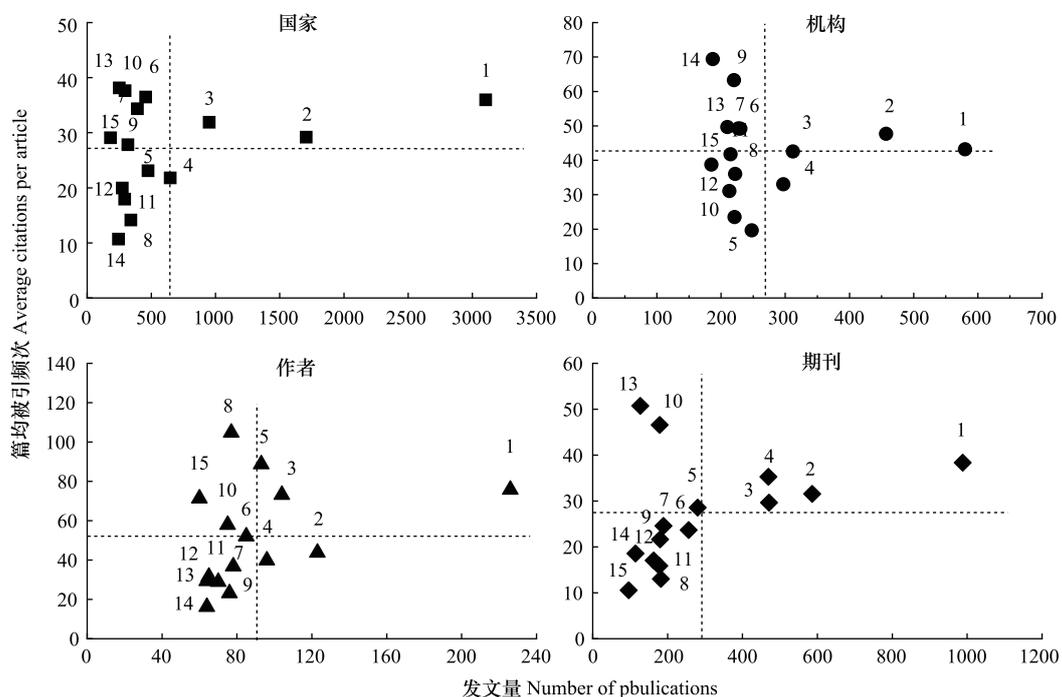


图2 研究力量比较

Fig.2 Comparison in research strength

四个图中的数字分别与表1、表2、表3和表4中的序号相对应,图中两条虚线的交叉点为发文量和篇均被引频次的平均值

2.3 研究合作情况

2.3.1 国家间合作

在发文量前15位国家的合作关系图中,国家间的联结线越粗则表明合作关系越强,反之则越弱(图3)。

由图可知,15个国家间的合作均非常紧密,其中西班牙在国际合作中表现较为突出,墨西哥、丹麦、荷兰、葡萄牙等国是其主要合作国家;中国位于合作网络的边缘,仅与澳大利亚和德国形成了一定的合作关系。总的来看,伴随科研协同创新的全球化趋势,海草领域的研究同样呈现出较强的国际间合作,而我国应该逐步加强与美国、意大利和西班牙等海草研究较为成熟国家的合作交流,加速提升我国在该领域研究的国际地位。

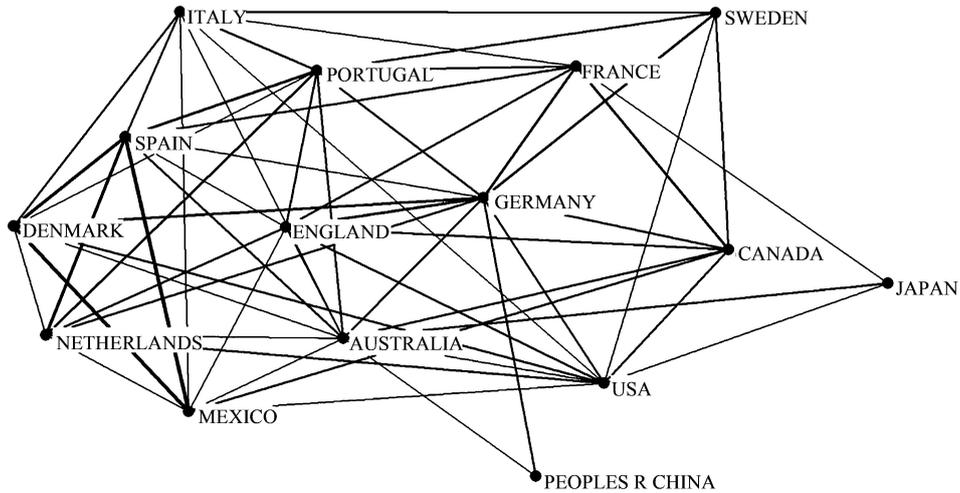


图3 发文量前15位国家的合作关系图

Fig.3 Cooperation diagram of top 15 countries

2.3.2 机构间合作

由发文量前15位研究机构的合作关系(图4),可看出CSIC(西班牙高等科学理事会)和NOAA(美国国家海洋和大气管理局)是合作网络的两个中心,CSIC与FIU(佛罗里达国际大学)的合作关系最强,其次与CWM(威廉与玛丽学院)也有较紧密的联系。相比之下,与NOAA形成合作关系的机构更多。其他机构间互相联系也较为紧密,形成一个错综复杂的合作网络。由此可见,在全球学者合作创新的科研形式下,不同机构间或多或少地开展了海草的合作研究。

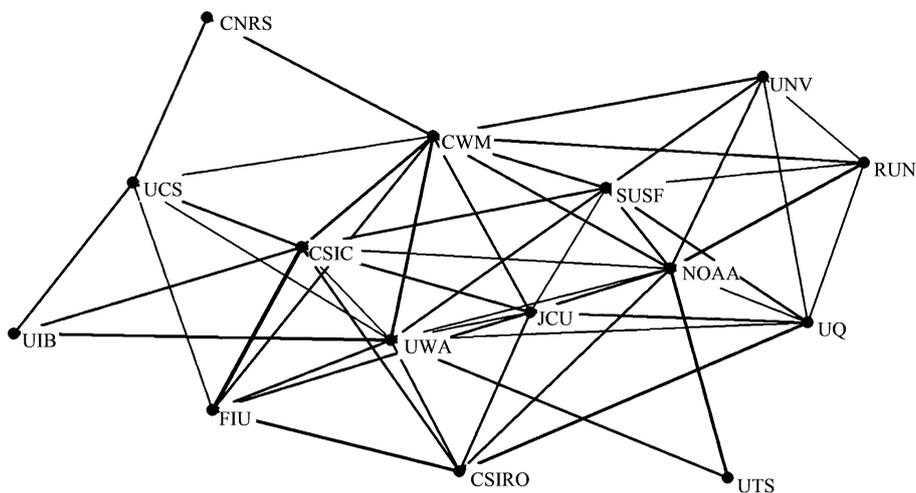


图4 发文量前15位机构的关系图

Fig.4 Cooperation diagram of top 15 institutions

图中机构简称参见表2

2.3.3 作者间合作

由发文量前 15 位作者的合作网络(图 5)可知,以 Duarte CM 和 Marba N 二位作者为核心形成了较错综的海草科研合作网络。Duarte CM 由于在海草研究领域活跃,与 293 位作者合作发文 226 篇,处于最核心的位置;而 Marba N 的 123 篇论文与 176 位作者合作完成;Duarte CM 和 Marba N 共同发文 97 篇。其次,Romero J 和 Alcoverro T 之间也形成了紧密的合作关系。Fourqurean JW、Orth RJ、Kendrick GA 等学者与其他学者间的合作较为广泛,而 Connolly RM、Nagelkerken I 等学者的合作关系较少。以上的数据表明,在海草研究领域各学者间多形成联系紧密且互相合作协同创新的学术格局。

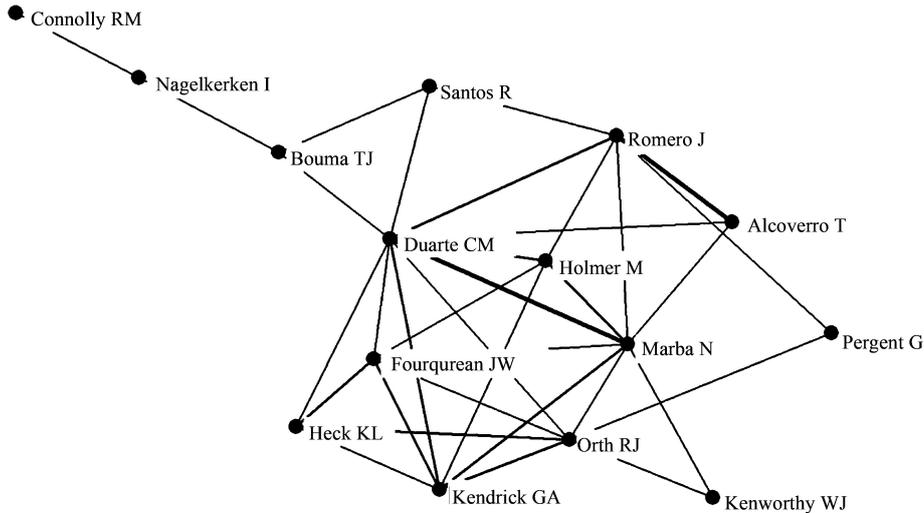


图 5 发文量前 15 位作者的合作关系图

Fig.5 Cooperation diagram of top 15 authors

2.4 研究热点与主题分析

2.4.1 学科领域分析

根据 WoS 学科分类中所涉及的前 10 个学科领域(表 5)。这些学科领域归纳为 2 个学科组:一组侧重海草与海洋生物之间的关系研究,涉及的主要学科有海洋与淡水生物学、海洋学、渔业和湖沼学和生物多样性保护等;另一组侧重与海草有关的生态环境问题,涉及的主要学科有生态学、环境科学、植物科学、地球科学等。从各学科领域文献的被引频次来看,影响力较高的学科包括海洋学和湖沼学,篇均被引均在 30 次以上,而渔业方面研究文献的篇均被引在 20 次以下,该结果对科研方向选取和论文投稿有一定参考意义。

表 5 发文量前 10 学科类别统计

Table 5 Top 10 subject categories in number of publications

排名 Ranking	学科类别 Subject categories	发文量/篇 Number of articles	占总文献比 Proportion of all publications/%	篇均被引频次 Average citations per paper
1	海洋与淡水生物学 Marine & Freshwater Biology	5469	59.72	27.7
2	生态学 Ecology	2543	27.77	26.81
3	海洋学 Oceanography	2462	26.88	31.32
4	环境科学 Environmental Sciences	1536	16.77	26.12
5	植物科学 Plant Sciences	1109	12.11	25.02
6	渔业 Fisheries	565	6.17	18.64
7	自然科学(多学科) Multidisciplinary Sciences	340	3.71	29.99
8	地球科学(多学科) Geosciences Multidisciplinary	333	3.64	25.55
9	生物多样性保护 Biodiversity conservation	330	3.60	22.88
10	湖沼学 Limnology	232	2.53	30.59

2.4.2 研究热点分析

筛选出高频关键词(词频 ≥ 307)并绘制关联可视化图(图6),图中的圆圈大小表示关键词词频的大小,连线粗细表示关联关系的强弱,相同的圆圈颜色表示同一研究主题。由图可看出,海草场、生物量、生长、群落等均为海草的主要关联关键词,表明在海草个体、种群和群落方面进行了较为广泛的研究。研究区域主要有澳大利亚和地中海等地。海草对生长环境的温度、阳光、海水质量等要素要求较高,所以海草多分布于北大西洋海域、地中海海域、我国南海海域、澳大利亚海域等生境适宜的近海海域^[26]。澳大利亚是海草研究领域发文量排第2位的国家,所以对澳大利亚西海岸的海草做了较深入的研究,其次是地中海海域,位于欧洲南部,是欧洲国家如意大利、西班牙、法国等国家研究的首选地点。在对海草研究中,常以 *Thalassia testudinum* (龟裂泰来草)、*Zostera marina* (鳗草)、*Posidonia oceanica* (大洋波喜荡草)、*Cymodocea nodosa* (小丝粉草) 为主要关键词,可见这4种海草被研究的较为深入。海草场、红树林、珊瑚礁是近海生态系统的重要组成部分,因而三者常作为关键词,凸显了三者间研究内容的重叠性和关联性。富营养化、光合作用、生长、群落结构、多样性是海草研究的主要内容,因而也多作为关键词出现在文献中。

通过对图6的关键词的整理归纳,可概括出国际海草研究包括3个热点研究主题:(1)环境(污染)胁迫对海草场的影响研究,该主题涵盖了图中灰色圆圈的关键词,包括 Western Australia (澳大利亚西部)、Eutrophication (富营养化)、Nitrogen (氮)、Estuary (河口)、Bay (海湾)、Bed (床)、Mediterranean sea (地中海)等;(2)海草的生长与生理生态研究,该主题涵盖了图中黑色圆圈的关键词,包括 Seagrass (海草)、Sediment (沉积物)、*T. testudinum* (龟裂泰来草)、Growth (生长)、Ecosystem (生态系统)、Biomass (生物量)、Meadow (草场)、Photosynthesis (光合作用)、*C. nodosa* (小丝粉草)、Dynamics (动态)等;(3)海草及其相邻生态系统的结构与功能研究,该主题涵盖了图中白色圆圈的关键词,包括 Australia (澳大利亚)、Coral reef (珊瑚礁)、Mangrove (红树林)、Habitat (生境)、Community (群落)、Community structure (群落结构)、Assemblage (聚集)、Diversity (多样性)、Pattern (格局)、Abundance (多度)等。

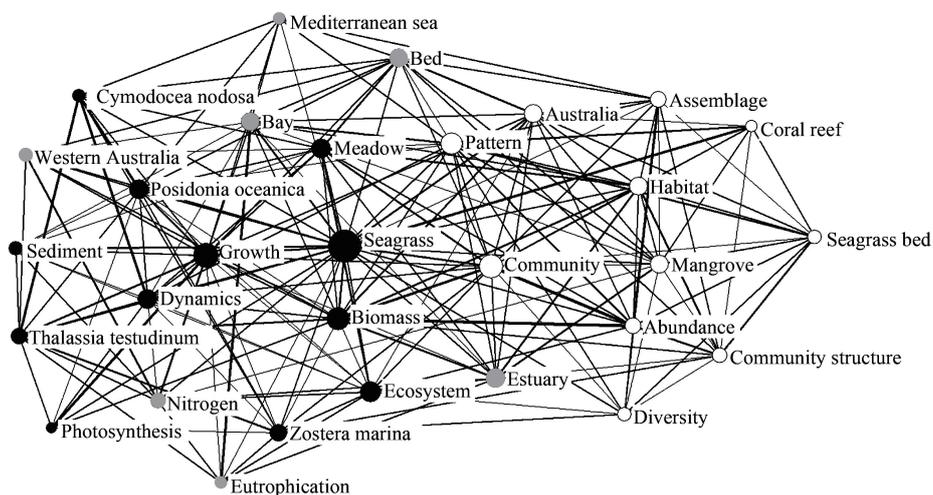


图6 高频关键词的关联可视化

Fig.6 Visualization diagram of high frequent keywords

3 讨论与结论

本文对 WoS 数据库中 1983—2017 年间有关海草研究的文献进行较为全面的计量分析,揭示了该领域的研究现状、热点及趋势等重要信息。研究表明,1983 年以来,海草相关研究的文献量总体呈明显上升趋势。从文献数量上看,美国的发文量全球居首位,占总发文量的 33.84%;近 3 年的发文量变化表明了中国在海草研究方面的发展势头最为强劲;佛罗里达州立大学是海草研究文献产出最多的机构,占文献总量的 6.33%,其

次是西班牙高等科学研究理事会与美国国家海洋和大气管理局,而威廉与玛丽学院的文献篇均被引频次高居首位;《Marine Ecology Progress Series》是刊登海草文献最多的期刊,占文献总数的 10.77%,而《Limnology and Oceanography》是海草研究发文量前 15 的期刊中影响因子最高的期刊;学者 Duarte CM 在海草研究领域产出了丰硕的成果,其发表文献数占文献总数的 2.46%。西班牙、丹麦、荷兰、墨西哥 4 个国家形成了十分紧密的海草研究合作网络,同时也与其他多个国家有合作关系;在机构合作方面,呈现出了强强联合的局面,西班牙高等科学研究理事会的发文量位居第 2 位,同时还与其他国家的多数机构进行合作研究;在个人合作中,学者 Duarte CM、Marba N 是发文量前 15 位作者合作网络的中心,这两位学者也是合作关系最强的组合,其他多数作者间往往也保持较为密切的合作关系。总的来看,欧美部分国家及其机构和学者的研究成果在全球范围内影响较大,在该研究领域占据主导地位。

国际学界对海草的研究可分为 2 个阶段,其中第 1 阶段为起步阶段(1983—1990 年),文献数量较少,研究领域较窄,仅在海草养分^[27]、光合作用^[28]、沉积物^[29]等方面有涉及;第 2 阶段(1991—2017 年)的研究发展迅速,呈现出分支学科的多样化和学科间的交叉性,期间在海草场生态服务功能^[30]、育幼功能(Nursery function)^[31]、生物量和生产力^[32]、时空分布^[3]、遗传多样性^[33]、气候变化背景下的海水富营养化对海草的影响^[34-35]等方面均有丰富研究。通过高频关键词的关联关系可概括出海草研究的 3 个热点主题:环境(污染)胁迫对海草场的影响研究、海草的生长与生理生态研究以及海草及其相关生态系统的结构与功能研究。围绕上述主题,近几年的代表性成果有:1) 美国学者 Fourqurean 等于 2012 年在《Nature Geoscience》发表题为“Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock”一文^[36],该文通过全球 946 个海草场的海草生物量和土壤有机碳含量分析,估计出全球海草生态系统的有机碳存储可达 19.9 Pg,海草床底质中碳的储存量高达 4.2—8.4 Pg,而由于海草丧失可能导致每年释放高达 299 Tg 的碳;2) 荷兰学者 Olsen 等于 2016 年在《Nature》发表题为“The genome of the seagrass *Zostera marina* reveals angiosperm adaptation to the sea”一文^[37],该文首次通过测定海洋被子植物鳗草(*Z. marina*)的基因组序列,从基因组损失和获得视角揭示了适应海洋环境所需的结构和生理适应性特征变化;3) 美国学者 Lamb 等于 2017 年在《Science》发表题为“Seagrass ecosystems reduce exposure to bacterial pathogens of humans, fishes, and invertebrates”一文^[38],该研究利用野外调查和分子生物学技术手段,发现海草场可将对人类和海洋生物的致病菌最多减少至 50%,在海草场附近的珊瑚疾病也降至一半,该研究凸显了海草生态系统对人类及其他生物健康的重要性。总的来看,国内外学者从宏观的海草分布动态与碳汇格局到微观的生理与遗传结构等方面均进行了较为深入研究。同时,全球海草场的退化及其生态功能丧失问题在学界已达成共识,但迄今在海草场恢复和重建方面的实践研究却相对滞后^[39]。

从 WoS 检索的文献来看,我国学者对海草的研究起步较晚,于 20 世纪末才有文献产出。中国科学院(包括中国科学院南海海洋研究所、中国科学院海洋研究所等)是最具影响力的中国海草研究机构,而中国海洋大学是高校中发文较多的机构。黄小平、张景平、江志坚、范航清、周毅、韩秋影、李文涛、张沛东等国内学者在国际期刊上发表了较多的涉及海草研究的学术成果。1983—2017 年间,我国学者在海草的分布^[40]、海草场生物多样性^[41]、水动力^[42]、海草生长与生理^[43]等方面展开了较多的研究。跟踪最新文献可知,目前我国学者较多关注海草生态系统的碳库和碳汇潜力研究,例如有机碳组分及其转化^[44]、沉积物对蓝碳(Blue carbon)固存的影响^[45]、碳汇储量^[46]。也有学者关注海草种子生态学,例如我国台湾学者对泰来草(*T. hemprichii*)种子如何适应海洋波浪环境进行了研究,揭示了光质、种子形态以及胚乳中淀粉粒的分布等对种子适应性的影响^[47]。总的来看,我国在海草方面研究起步晚,在国际顶级学术刊物发文量以及文献篇均被引频次等与欧美国家学者还存在一定差距,但可喜的是近几年的研究成果颇为丰硕,伴随我国在科研方面的加大投入,预计未来在海草研究方面的发展趋势良好。

海草场生态系统是近岸海域生产力极高的生态系统,具有重要的生态服务功能。近年来,伴随全球变暖、海洋污染等重大环境问题的出现,加强海草及其相关生态系统(红树林、珊瑚礁等)结构和功能的整合研究尤为必要。此外,应该构建不同分布区海草场生态系统的长期定位生态监测网络,通过野外调查、遥感以及控制

实验等手段监测和分析海草及海草场的时空分布与动态、碳汇功能、退化过程与机理以及生物多样性的维持与丧失机制等,同时注重生物学、环境科学、海洋科学和全球变化生态学等相关学科的交叉融合。

参考文献 (References):

- [1] 林鹏. 海洋高等植物生态学. 北京: 科学出版社, 2006: 85.
- [2] 王锁民, 崔彦农, 刘金祥, 夏曾润. 海草及海草场生态系统研究进展. 草业学报, 2016, 25(11): 149-159.
- [3] Hemminga M A, Duarte C M. Seagrass Ecology. Cambridge: Cambridge University Press, 2000: 2-23.
- [4] 韩秋影, 施平. 海草生态学研究进展. 生态学报, 2008, 28(11): 5561-5570.
- [5] Charpy R C, Sournia A. The comparative estimation of phytoplanktonic, microphytobenthic and macrophytobenthic primary production in the oceans. Marine Microbial Food Webs, 1990, 4(1): 31-57.
- [6] Short F T, Polidoro B, Livingstone S R, Carpenter K E, Bandeira S, Bujang J S, Calumpong H P, Carruthers T J B, Coles R G, Dennison W C, Erftemeijer P L A, Fortes M D, Freeman A S, Jagtap T G, Kamal A H M, Kendrick G A, Kenworthy W J, La Nafie Y A, Nasution I M, Orth R J, Prathep A, Sanciangco J C, van Tussenbroek B, Vergara S G, Waycott M, Zieman J C. Extinction risk assessment of the world's seagrass species. Biological Conservation, 2011, 144(7): 1961-1971.
- [7] 郑凤英, 邱广龙, 范航清, 张伟. 中国海草的多样性、分布及保护. 生物多样性, 2013, 21(5): 517-526.
- [8] 黄小平, 江志坚, 范航清, 陈小勇, 周毅, 张景平, 李文涛, 张沛东, 郑凤英, 韩秋影, 邱广龙, 方静威, 林幸助, 孙涛, 于硕, 刘松林, 吴云超, 张晓梅, 赵鹏, 林海英. 中国海草的“藻”名更改. 海洋与湖沼, 2016, 47(1): 290-294.
- [9] 邱广龙, 范航清, 李雷鲜, 李森. 潮间带海草床的生态恢复. 北京: 中国林业出版社, 2014.
- [10] Nederhof A J. Bibliometric monitoring of research performance in the social sciences and the humanities: a review. Scientometrics, 2006, 66(1): 81-100.
- [11] Liu X J, Zhang L, Hong S. Global biodiversity research during 1900-2009: a bibliometric analysis. Biodiversity and Conservation, 2011, 20(4): 807-826.
- [12] 陈宝明, 彭少麟, 吴秀平, 王鹏龙, 马建霞. 近 20 年外来生物入侵危害与风险评估文献计量分析. 生态学报, 2016, 36(20): 6677-6685.
- [13] 杨红玉, 王明元, 游晓朝, 刘建福. 植物共生信号的文献计量分析. 生态学报, 2017, 37(14): 4913-4918.
- [14] 吕明权, 吴胜军, 陈春娣, 姜毅, 温兆飞, 陈吉龙, 王雨, 王小晓, 黄平. 三峡消落带生态系统研究文献计量分析. 生态学报, 2015, 35(11): 3504-3518.
- [15] 干文芝, 任永宽, 干友民. 基于 Web of Science 草地退化研究态势计量分析. 草业科学, 2013, 30(5): 805-811.
- [16] 刘爱原, 林荣澄, 郭玉清. 全球北极底栖生物研究文献计量分析. 生态学报, 2015, 35(9): 2789-2799.
- [17] 曹永强, 郭明, 刘思然, 杨俊. 基于文献计量分析的生态修复现状研究. 生态学报, 2016, 36(8): 2442-2450.
- [18] Kumaresan R, Vinita K, Kannan K. Bibliometric analysis of aquatic microbial ecology from 2000-2014. International Journal of Research in Library Science, 2017, 3(2): 1-14.
- [19] 周晓艳, 张文妍, 叶信岳, 甘甜, 韩项. 1992-2012 年国际生态足迹研究文献计量分析. 地理科学进展, 2014, 33(3): 336-346.
- [20] 张炯森. 基于文献计量分析的中国红树林保护研究现状. 热带农业科学, 2017, 37(4): 102-106.
- [21] 李威威, 何东进, 游巍斌, 洪伟, 肖石红, 侯栋梁, 严思晓. 中国 1957-2015 年沿海湿地研究文献计量分析. 湿地科学与管理, 2016, 12(3): 50-55.
- [22] Duarte C M. Seagrass ecology at the turn of the millennium: challenges for the new century. Aquatic Botany, 1999, 65(1/4): 7-20.
- [23] Borgatti S P, Everett M G, Freeman L C. Ucinet for Windows: Software for Social Network Analysis. Harvard, MA: Analytic Technologies, 2002.
- [24] Borgatti S P. NetDraw Software for Network Visualization. Analytic Technologies. Lexington, KY: Analytic Technologies, 2002.
- [25] Chen C M. CiteSpace II: detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2006, 57(3): 359-377.
- [26] 刘伟妍, 韩秋影, 唐玉琴, 孙西艳. 营养盐富集和全球温度升高对海草的影响. 生态学杂志, 2017, 36(4): 1087-1096.
- [27] Duarte C M. Seagrass nutrient content. Marine Ecology Progress Series, 1990, 67: 201-207.
- [28] Dennison W C. Effects of light on seagrass photosynthesis, growth and depth distribution. Aquatic Botany, 1987, 27(1): 15-26.
- [29] Short F T. Effects of sediment nutrients on seagrasses: literature review and mesocosm experiment. Aquatic Botany, 1987, 27(1): 41-57.
- [30] Orth R J, Carruthers T J B, Dennison W C, Duarte C M, Fourqurean J W, Heck K L, Hughes A R, Kendrick G A, Kenworthy W J, Olyarnik S, Short F T, Waycott M, Williams S L. A global crisis for seagrass ecosystems. BioScience, 2006, 56(12): 987-996.
- [31] Heck Jr K L, Hays G, Orth R J. Critical evaluation of the nursery role hypothesis for seagrass meadows. Marine Ecology Progress Series, 2003, 253: 123-136.

- [32] Duarte C M, Chiscano C L. Seagrass biomass and production: a reassessment. *Aquatic Botany*, 1999, 65(1/4): 159-174.
- [33] Hughes AR, Stachowicz J J. Genetic diversity enhances the resistance of a seagrass ecosystem to disturbance. *Proceedings of National Academy of Science of the United States of America*, 2004, 101(24): 8998-9002.
- [34] Short F T, Neckles H A. The effects of global climate change on seagrasses. *Aquatic Botany*, 1999, 63(3/4): 169-196.
- [35] Burkholder J M, Tomasko D A, Touchette B W. Seagrasses and eutrophication. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2007, 350(1/2): 46-72.
- [36] Fourqurean J W, Duarte C M, Kennedy H, Marbà N, Holmer M, Mateo M A, Apostolaki E T, Kendrick G A, Krause-Jensen D, McGlathery K J, Serrano O. Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature Geoscience*, 2012, 5(7): 505-509.
- [37] Olsen J L, Rouzé P, Verhelst B, Lin Y C, Bayer T, Collen J, Dattolo E, De Paoli E, Dittami S, Maumus F, Michel G, Kersting A, Lauritano C, Lohaus R, Töpel M, Tonon T, Vanneste K, Amirebrahimi M, Brakel J, Boström C, Chovatia M, Grimwood J, Jenkins J W, Jueterbock A, Mraz A, Stam W T, Tice H, Bornberg-Bauer E, Green P J, Pearson G A, Procaccini G, Duarte C M, Schmutz J, Reusch T B H, van de Peer Y. The genome of the seagrass *Zostera marina* reveals angiosperm adaptation to the sea. *Nature*, 2016, 530(7590): 331-335.
- [38] Lamb J B, van de Water J A J M, Bourne D G, Altier G, Hein M Y, Fiorenza E A, Abu N, Jompa J, Harvell C D. Seagrass ecosystems reduce exposure to bacterial pathogens of humans, fishes, and invertebrates. *Science*, 2017, 355(6326): 731-733.
- [39] van Katwijk M M, Thorhaug A, Marbà N, Orth R J, Duarte C M, Kendrick G A, Althuizen I H J, Balestri E, Bernard G, Cambridge M L, Cunha A, Durance C, Giesen W, Han Q Y, Hosokawa S, Kiswara W, Komatsu T, Lardicci C, Lee K S, Meinesz A, Nakaoka M, O'Brien K R, Paling E I, Pickerell C, Ransijn A M A, Verduin J J. Global analysis of seagrass restoration: the importance of large-scale planting. *Journal of Applied Ecology*, 2016, 53(2): 567-578.
- [40] Shi Y J, Fan H Q, Cui X J, Pan L H, Li S, Song S K. Overview on seagrasses and related research in China. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 2010, 28(2): 329-339.
- [41] Lee S Y, Fong C W, Wu R S S. The effects of seagrass (*Zostera japonica*) canopy structure on associated fauna: a study using artificial seagrass units and sampling of natural beds. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2001, 259(1): 23-50.
- [42] Yang S L. The role of *Scirpus* marsh in attenuation of hydrodynamics and retention of fine sediment in the Yangtze Estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 1998, 47(2): 227-233.
- [43] Xu S C, Zhou Y, Wang P M, Wang F, Zhang X M, Gu R T. Salinity and temperature significantly influence seed germination, seedling establishment, and seedling growth of eelgrass *Zostera marina* L. *PeerJ*, 2014, 4: e2697.
- [44] Liu S L, Jiang Z J, Deng Y Q, Wu Y C, Zhao C Y, Zhang J P, Shen Y, Huang X P. Effects of seagrass leaf litter decomposition on sediment organic carbon composition and the key transformation processes. *Science China Earth Sciences*, 2017, 60(12): 2108-2117.
- [45] Liu S L, Jiang Z J, Zhang J P, Wu Y C, Huang X P, Macreadie P I. Sediment microbes mediate the impact of nutrient loading on blue carbon sequestration by mixed seagrass meadows. *Science of the Total Environment*, 2017, 599-600: 1479-1484.
- [46] Jiang Z J, Liu S L, Zhang J P, Zhao C Y, Wu Y C, Yu S, Zhang X, Huang C, Huang X P, Kumar M. Newly discovered seagrass beds and their potential for blue carbon in the coastal seas of Hainan Island, South China Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 2017, 125(1/2): 513-521.
- [47] Soong K, Chiu S T, Chen C N N. Novel seed adaptations of a monocotyledon seagrass in the wavy sea. *PLoS One*, 2013, 8(9): e74143.