

NSFC/NSF大气科学领域资助SCIE论文产出对比研究

李婧华

(中国气象局气象干部培训学院, 北京 100081)

摘要: 随着我国对大气科学领域研究的重视, 以基金形式对大气科学领域研究的资助力度不断增强。以2009—2021年间中国国家自然科学基金委员会(NSFC)和美国国家科学基金会(NSF)资助大气科学项目的SCIE论文产出为研究对象, 对比分析了项目产出论文数量、影响力、高被引论文以及研究主题等方面的差异, 以期为我国“十四五”时期开展大气科学领域研究布局、资源配置和政策制定等提供决策参考。结果发现, NSFC大气科学领域项目资助的论文产出数量逐年增长, 并于2011年后发文量超过NSF, 但论文影响力与NSF仍有差距; NSFC和NSF资助的高被引论文国际合作率均提升, 但NSF的国际合作率更高; NSFC资助高被引论文数量与NSF持平, 相比于NSFC高被引论文主要集中于空气污染、空气质量和PM_{2.5}等大气化学方面的研究主题, NSF高被引论文的研究主题范围分布更为广泛。未来, NSFC需要扩大国际合作资助规模和空间, 拓展和深化多边合作, 提高国际科技合作的水平和深度, 同时, 要加强顶层设计, 兼顾基础理论与前沿技术研究, 注重关键领域的资助效能, 使NSFC成为突破和解决“卡脖子”关键技术难题背后的基础理论和核心技术的重要力量, 从而助力实现我国气象科技自立自强。

关键词: 中国国家自然科学基金委员会, 美国国家科学基金会, 大气科学, SCIE论文

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2022.06.009

A Comparative Study on SCIE Paper Output of Atmospheric Science Funding from NSFC and NSF

Li Jinghua

(China Meteorological Administration Training Centre, Beijing 100081)

Abstract: As China attaches great importance to the research of atmospheric science, the funding for the research has been increasing continuously. Taking the SCIE output from the atmospheric science projects funded by China's National Natural Science Foundation (NSFC) and US National Science Foundation (NSF) during 2009—2021 as the study objects, this paper compares and analyzes the differences in the number of papers, their impacts, highly cited papers, and research themes between the two, so as to provide reference for the decision-making of atmospheric science research layout, resource allocation and policy making during the 14th Five-Year Plan period. The results show that the number of NSFC-funded papers in the field of atmospheric science has been increasing year by year, and the number of publications has surpassed that of NSF since 2011, but there is still a gap between the impact of NSFC-funded papers and NSF-funded papers. The international collaboration rate of highly cited papers has increased. It is true for both NSF-funded and NSFC-funded papers, but the international collaboration rate of the former is higher than that of the latter. The number of NSFC-funded highly cited papers equals that of NSF. Compared with NSFC highly-cited papers, which mainly focus on air pollution, air quality and PM_{2.5} and other research topics of atmospheric chemistry, NSF highly-cited papers have a wider range of research topics. In the future, NSFC needs to expand the scale and scope of international collaborative funding, extend and deepen multilateral cooperation, and improve the level and depth of international scientific and technological cooperation. Meanwhile, NSFC needs to strengthen top-level design, strike a balance between basic theory and cutting-edge technology research, and focus on the effectiveness of funding in key areas. NSFC will play an important role in providing the fundamental theory and core technology behind the breakthrough and solution of the "bottleneck" key technical problems, so as to contribute to the realization of self-reliance and self-strengthening of Chinese meteorological science and technology.

Keywords: NSFC, NSF, Atmospheric Science, SCIE

收稿日期: 2022年10月14日; 修回日期: 2022年11月27日

第一作者: 李婧华(1987—), Email: lijinghua@cma.gov.cn

资助信息: 中国气象局气象干部培训学院青年项目

(CMATCQN202210)

大气科学是地球科学的一个重要组成部分, 主要研究发生在地球大气中的各种时空尺度的运动及现象的演变规律, 以及研究如何利用这些规律为人类的生产生活服务。大气科学与人类生存、生活、生产关

系密切,对社会经济可持续发展具有重要意义。近年来,由于全球气候变暖及极端灾害性天气频发,更引发了社会各界的广泛关注。当前科技的迅猛发展和学科的交叉融合,推动了大气学科的发展走向全方位地交叉与开放,使得大气科学研究也更加重视交叉、综合和集成^[1]。

1986年国家自然科学基金委员会(NSFC)建立,其中地球科学部五处(大气科学)负责大气科学领域项目资助,范围主要包括气象学、大气物理学、大气化学与大气环境等^[2]。随着我国对大气科学领域研究的重视,以基金形式对大气科学领域研究的资助力度不断增强。NSFC大气科学类项目立项呈现持续增加态势,不仅促成了我国大气科学研究的持续进步,更形成了一支核心研究机构和队伍^[3-4]。

美国国家科学基金会(NSF)创立于1950年,是美国提供科学研究资助的独立联邦机构,在美国近代科学技术发展过程中发挥了重要作用^[5]。其中地球科学部下的大气和地理空间科学处(Atmospheric and Geospace Sciences, AGS)主要资助大气科学领域项目,如大气化学、古气候学、气候与大尺度动力学以及物理与动力气象学等基础学科。

选择美国作为我国的比较对象,分析两国大气科学领域资助基金论文的表现异同,对于量化NSFC对大气科学领域的资助效果、促进NSFC对大气科学领域重要研究主题的资助,以及推进我国大气科学高质量研究,都具有重要和积极的意义。本研究以NSFC和NSF大气科学领域资助项目产生的SCIE论文为研究对象,对2009—2021年间NSFC和NSF大气科学项目资助的SCIE论文数量、影响力、高被引论文及研究主题等进行比较研究,试图揭示中美两国在大气科学领域资助产出效能和科研影响力的差异,以期为我国“十四五”时期开展大气科学领域研究布局、资源配置和政策制定等提供决策参考。

1 数据来源与研究方法

本文数据来源为NSFC和NSF网站发布的公开数据,分析项目数据为NSFC地球科学部五处(申请代码:D05)和NSF大气和地理空间科学处资助项目,获得的项目信息包括项目编号、项目名称、承担机构、立项年份以及结题时间等。

2008年7月,Web of Science数据库开始对基金论文资助项目进行标注,因此从准确性考虑,本文选取项目立项年份为2009—2021年。利用项目资助编号,通过Web of Science核心合集里基金授权号(FG)字段,检索立项项目资助发文信息,文献类型为Article

和Review。

对检索数据进行统计,分析NSFC和NSF的SCIE论文产出数量、篇均被引次数、国际合作、高被引论文等;并利用文本聚类软件VOSviewer对产出论文主题进行聚类分析,比较二者资助产出主题的差异。

2 NSFC/NSF大气科学领域资助SCIE论文分析

2.1 资助SCIE论文产出分析

2009—2021年,NSFC资助SCIE论文产出共17013篇,篇均被引次数为14.8次/篇。NSF资助SCIE论文产出9967篇,篇均被引次数为24.56次/篇。

从发文量看,NSFC项目SCIE发文量呈现不断增加的趋势,并于2011年后发文量超过NSF。从引用情况来看,NSFC资助SCIE论文的篇均被引次数低于NSF,但与NSF的差距在2016年后逐渐缩小(图1)。

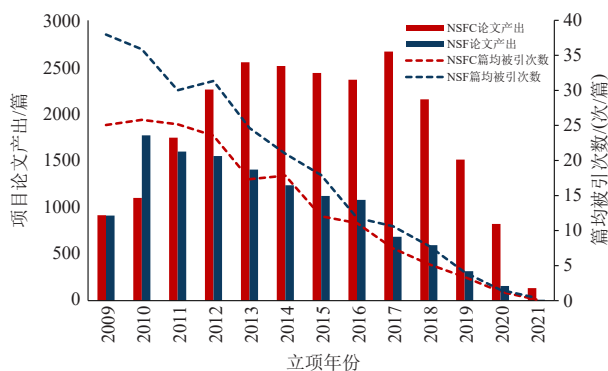


图1 2009—2021年NSFC/NSF大气科学项目资助SCIE论文产出数量及篇均被引次数

Fig. 1 Number of SCIE papers and number of citations per paper from atmospheric science projects funded by NSFC/NSF during 2009—2021

国际合作方面,NSFC共有5848篇国际合作论文,占SCIE论文产出的34.4%。NSFC主要合作国家有美国(3498篇)、德国(530篇)、英国(485篇)、加拿大(389篇)和日本(354篇)等。其中与美国合作的论文占NSFC国际合作论文总数的59.8%。

NSF发表4563篇国际合作论文,占比为45.8%。NSF主要合作国家有中国(1487篇)、德国(721篇)、英国(666篇)、法国(430篇)、日本(409篇)和加拿大(409篇)。其中NSF与中国合作论文占国际合作论文总数的32.6%。由此可见,中国和美国互为第一大合作国家,但NSF的国际合作率更高。

2.2 研究主题对比分析

资助项目的科研论文产出可以从侧面反映出基金资助的方向。利用VOSviewer软件,对NSFC/NSF大气科学领域所有立项项目的SCIE论文产出的关键词进

行聚类。根据关键词的共现及相互联系的紧密型进行聚类，将联系紧密的关键词以相同颜色划分为统一区块，其中主题词越突显表明出现频次越高。

从聚类结果看，NSFC资助大气科学领域论文形成了4大核心研究领域（图2），分别是：1）蓝色聚类：气候学研究，关键词包括：季风、ENSO、大气环流、年际变率等；2）黄色聚类：气候变化研究，关键词包

括：温度、趋势、影响、二氧化碳、甲烷、排放等；3）绿色聚类：模式研究，关键词包括：参数化、降水、模拟、对流、热带气旋、微物理过程等；4）红色聚类：大气化学研究，关键词包括：PM_{2.5}、空气污染、边界层、传输等。

NSF资助论文形成了4大核心研究领域（图3），分别是：1）红色聚类：气候与气候变化研究，关键词包

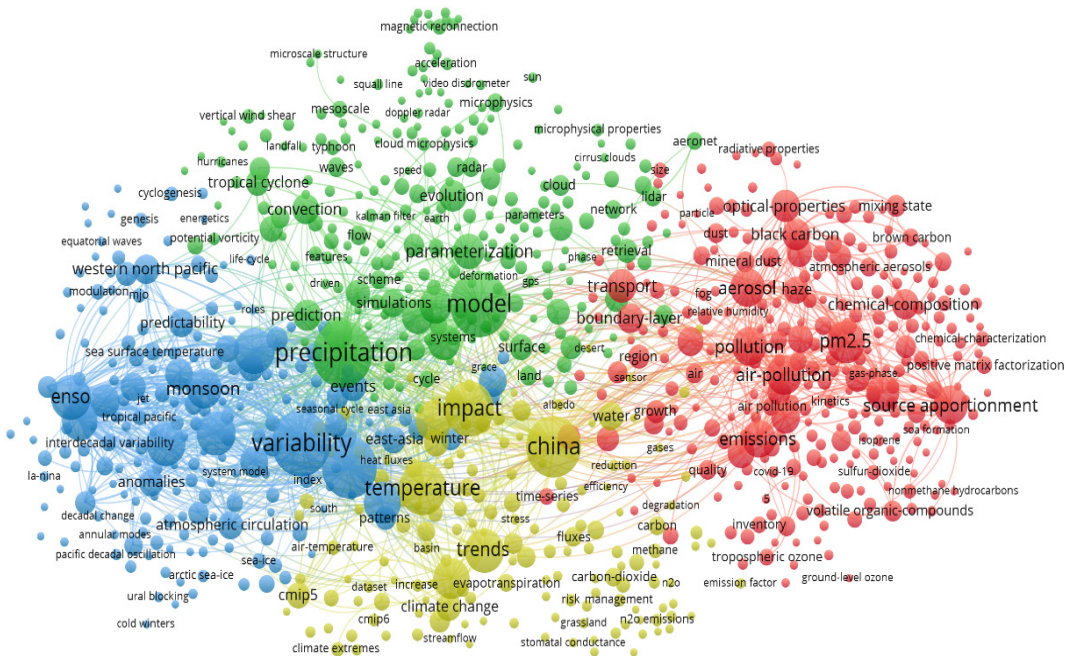


图2 NSFC大气科学领域资助SCIE论文关键词聚类
Fig. 2 Keyword clustering of NSFC-funded SCIE papers of atmospheric science

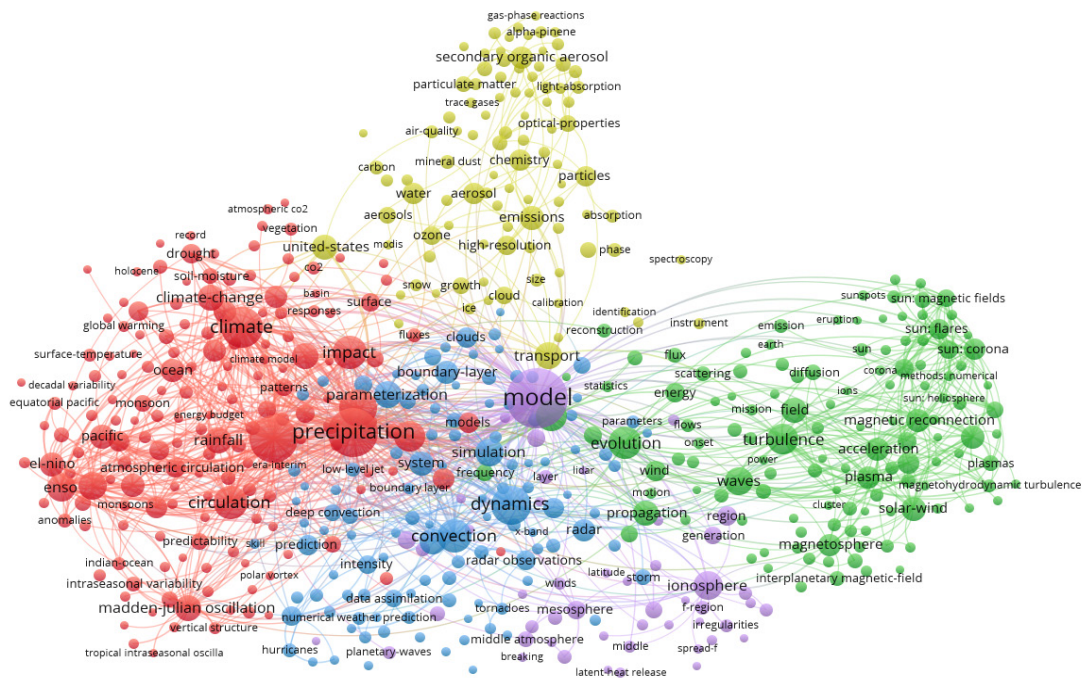


图3 NSF大气科学领域资助SCIE论文关键词聚类
Fig. 3 Keyword clustering of NSF-funded SCIE papers of atmospheric science

括：降水、ENSO、MJO、全球变暖、海洋、干旱等；2) 黄色聚类：气溶胶研究，关键词包括：排放、臭氧、二次有机气溶胶、颗粒物等；3) 绿色聚类：空间天气研究，关键词包括：湍流、太阳风、磁层、磁场重联等；4) 蓝色聚类：模式研究，关键词包括：资料同化、雷达观测、数值天气预报等。

3 NSFC/NSF 大气科学领域资助高被引论文对比分析

3.1 高被引论文产出对比

科睿唯安提出高被引论文概念，指在某学科领域中发表于10年内、被引次数排名在前1%以内的论文。高被引论文被认为是在学术共同体中具有较高“认可程度”的科研成果。为了研究NSFC/NSF资助的高影响研究，本文选取高被引论文进行分析。

2009—2021年，NSFC大气科学领域资助产出192篇高被引论文，篇均被引次数为174.43次/篇。NSFC高被引论文数量呈现平稳上升的态势。NSF大气科学领域资助产出221篇高被引论文，篇均被引次数为223.49次/篇。NSFC高被引论文数量在2019年首次超过NSF，但在篇均被引次数上，与NSF仍有差距。

国际合作方面，NSFC共有123篇国际合作高被引论文，占高被引论文总数的64.1%。与美国合作高被引论文数量最多，达82篇，占NSFC高被引论文国际合作高被引论文总数的66.7%。NSF发表157篇国际合作高被引论文，占NSF高被引论文总数的71.0%。其中与中国合作高被引论文数最多，达65篇，占NSF国际合作高被引论文总数的41.4%。NSF其他合作较多的国家有：德国（56篇）、英国（55篇）和法国（40篇）。

与SCIE论文产出相比，NSFC/NSF高被引论文的国际合作率均有提升，中美仍互为第一大合作国家，但NSFC与美国合作更多，产出是合作第二多德国（26篇）的3倍之多，而NSF国际合作更加广泛，与德国

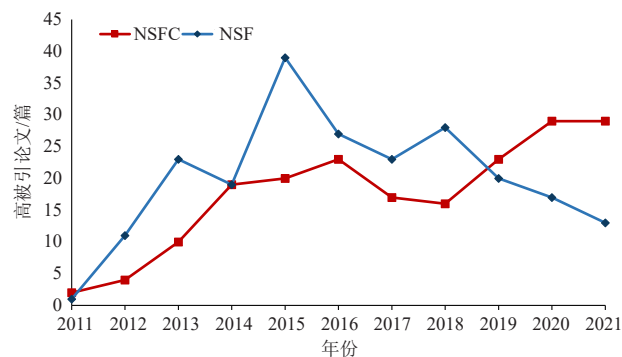


图4 2009—2021年NSFC/NSF大气科学领域资助项目高被引论文产出情况

Fig. 4 Highly-cited papers from atmospheric science projects funded by NSFC/NSF during 2009–2021

（56篇）、英国（55篇）和法国（40篇）等欧洲国家合作仍较为密切。

3.2 高被引论文研究主题对比

从NSFC与NSF资助高被引论文的关键词来看（表1），两者存在着较大的差异。NSFC高被引论文的关键词主要集中在大气化学、大气环境和健康等研究领域，高频关键词涉及空气污染、PM_{2.5}、源解析、颗粒物、黑碳、人为排放和气溶胶。NSF高被引论文的研究主题主要以气候和气候变化为核心，涉及数值模式、动力气象学、大气化学等多个领域。总体而言，从主题分布范围来看，NSF高被引论文比NSFC的研究主题范围分布更广。表2和表3分别给出了NSFC/NSF高被引论文Top10信息。

表1 NSFC/NSF高被引论文的关键词及词频
Table 1 Keywords and word frequency of NSFC/NSF-funded highly-cited papers

序号	NSFC		NSF	
	关键词	词频	关键词	词频
1	空气污染	25	气候	34
2	气候	22	气候变化	30
3	PM _{2.5}	21	降水	23
4	模式	19	模式	22
5	源解析	18	大气环流	19
6	颗粒物	16	干旱	15
7	黑碳	15	二次有机气溶胶	15
8	人为排放	14	CMIP5	12
9	降水	13	厄尔尼诺	9
10	气溶胶	12	二氧化碳	9

4 小结与讨论

在NSFC的持续资助下，我国大气科学领域SCIE发文量不断增长，并且产生了一批具有国际影响力的高被引论文，但篇均被引次数等反映整体影响力的指标方面，仍与NSF资助论文有一定差距。篇均被引次数低，一方面是由于发表论文总量较大^[6]，另一方面也反映出NSFC资助论文质量与NSF有差距，论文影响力相应较低。

国际合作有助于提高论文影响力。NSFC和NSF的高被引论文国际合作率均提升，但NSF的国际合作率更高。在NSFC资助的国际论文中，接近60%的资助论文是与美国进行合作，合作国家广度和深度有待进一步增强。在推动国际科技合作中，NSFC能够发挥基础研究国际合作的纽带作用^[7]，扩大国际合作资助规模 and 空间，拓展和深化多边合作，提高国际科技合作的水平和深度，从而增强科技产出的国际影响力。

表2 2009—2021年NSFC大气科学领域资助高被引论文Top10
Table 2 Top 10 NSFC-funded highly-cited papers of atmospheric science during 2009–2021

标题	第一作者	来源	年份	被引次数
Drivers of improved PM _{2.5} air quality in China from 2013 to 2017	Zhang, Qiang	Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America	2019	5817
Accelerated dryland expansion under climate change	Huang, Jianping	Nature Climate Change	2016	1137
Trends in China's anthropogenic emissions since 2010 as the consequence of clean air actions	Zheng, Bo	Atmospheric Chemistry and Physics	2018	1014
Chemical characterization and source apportionment of PM _{2.5} in Beijing: seasonal perspective	Zhang, R.	Atmospheric Chemistry and Physics	2013	939
The origin and pre-Cenozoic evolution of the Tibetan Plateau	Zhu, Di-Cheng	Gondwana Research	2013	916
Reduced carbon emission estimates from fossil fuel combustion and cement production in China	Liu, Zhu	Nature	2015	835
A review of global terrestrial evapotranspiration: observation, modeling, climatology, and climatic variability	Wang, Kaicun	Reviews of Geophysics	2012	815
MIX: a mosaic Asian anthropogenic emission inventory under the international collaboration framework of the MICS-Asia and HTAP	Li, Meng	Atmospheric Chemistry and Physics	2017	780
Improved in situ Hf isotope ratio analysis of zircon using newly designed X skimmer cone and jet sample cone in combination with the addition of nitrogen by laser ablation multiple collector ICP-MS	Hu, Zhaochu	Journal of Analytical Atomic Spectrometry	2012	746
Exploring the severe winter haze in Beijing: the impact of synoptic weather, regional transport and heterogeneous reactions	Zheng, G. J.	Atmospheric Chemistry And Physics	2015	660

NSFC高被引论文数量上与NSF差别不大，但在科研影响力上仍有差距。相比于NSFC高被引论文主要集中于空气污染、空气质量和PM_{2.5}等大气化学方面的研究主题，NSF高被引论文的研究主题范围分布也更为广泛。这与NSF重视科学战略研究和明确资助部署顶层设计，在实际工作中以推动基础科学研究为重有着密切关系^[8]，但目前我国的基础研究对国家需求的响应还远远不够^[9]。2021年，NSFC大气科学处对申请代码进行最新调整，进一步优化了大气学科的资助布局。面向未来，NSFC大气科学领域应进一步加大资助力度，加强顶层设计，兼顾基础理论与前沿技术研究，注重关键领域的资助效能，使NSFC成为突破和解决“卡脖子”关键技术难题背后的基础理论和核心技术的重要力量，从而助力实现我国气象科技自立自强。

参考文献

- [1] 管兆勇. 回首甲子峥嵘, 再展万千气象——南京信息工程大学大气学科60年发展历程回顾. 大气科学学报, 2020, 43(1): 39-58.
- [2] 何建军, 李香钰, 刘哲, 等. 2021年度大气科学领域项目评审与资助成果简析. 地球科学进展, 2021, 36(11): 1204-1214.
- [3] 王卓妮, 石长慧. 2008—2017年国家自然科学基金大气科学领域资助项目综合分析. 科技导报, 2019, 37(4): 79-88.
- [4] 匡钰, 王卓妮. 1986—2021年国家自然科学基金资助大气科学研究35年. 气象科技进展, 2022, 12(1): 8-9.
- [5] 郭子俊, 杨爱华. 美国国家科学基金会的发展特点及经验启示. 自然辩证法研究, 2019, 35(12): 65-70.
- [6] 周立华, 王鑫, 周城雄, 等. 我国地球科学发展的若干思考与建议. 中国科学院院刊, 2022, 37(3): 297-307.
- [7] 穆荣平, 马双, 陈凯华, 等. 深化国家自然科学基金国际合作的战略思考. 中国科学院院刊, 2021, (12): 1411-1447.
- [8] 张朝林, 郑袁明, 王西勃, 等. 国际主要科学基金机构在地球科学领域的学科布局与申请导向. 科学通报, 2021, 66(2): 145-152.
- [9] 孙海华, 张礼超. 美国国家科学基金会的重要资助举措及启示. 中国科学基金, 2021, 35(4): 663-671.

表3 2009—2021年NSF大气科学领域资助高被引论文Top10
Table 3 Top 10 NSF-funded highly-cited papers of atmospheric science during 2009–2021

标题	第一作者	来源	年份	被引次数
Recent Arctic amplification and extreme mid-latitude weather	Cohen, Judah	Nature Geoscience	2014	1263
Contribution of Antarctica to past and future sea-level rise	DeConto, Robert M.	Nature	2016	997
Unprecedented 21st century drought risk in the American Southwest and Central Plains	Cook, Benjamin I.	Science Advances	2015	897
Chemistry of Atmospheric Brown Carbon	Laskin, Alexander	Chemical Reviews	2015	836
Global-Scale Attribution of Anthropogenic and Natural Dust Sources and Their Emission Rates Based on Modis Deep Blue Aerosol Products	Ginoux, Paul	Reviews of Geophysics	2012	801
Nucleation and Growth of Nanoparticles in the Atmosphere	Zhang, Renyi	Chemical Reviews	2012	788
The dominant role of semi-arid ecosystems in the trend and variability of the land CO ₂ sink	Ahlstrom, Anders	Science	2015	753
Migrations and dynamics of the intertropical convergence zone	Schneider, Tapio	Nature	2014	668
The physics of wind-blown sand and dust	Kok, Jasper F.	Reports on Progress in Physics	2012	665
Global Carbon Budget 2015	Le Quere, C.	Earth System Science Data	2015	625