



2015

研究前沿及分析解读

中国科学院文献情报中心
汤森路透知识产权与科技事业部
新兴技术未来分析联合研究中心

2015 Research Front and Analysis



科学出版社



2015 研究前沿及分析解读

中国科学院文献情报中心
汤森路透知识产权与科技事业部
新兴技术未来分析联合研究中心

2015 Research Front and Analysis

科学出版社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

2015研究前沿及分析解读 / 中国科学院文献情报中心, 汤森路透知识产权与科技事业部, 新兴技术未来分析联合研究中心著. —北京: 科学出版社, 2016. 4

ISBN 978-7-03-047596-1

I. ①2… II. ①中… ②汤… ③新… III. ①社会科学-发展-世界-2015 ②自然科学-发展-世界-2015 IV. ①C1 ②N1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 047053 号

责任编辑: 邹 聪 郭亚会 / 责任校对: 李 影

责任印制: 张 倩 / 封面设计: 无极书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 4 月第 一 版 开本: 787 × 1092 1/16

2016 年 4 月第一次印刷 印张: 9 1/2

字数: 216 000

定价: 78.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

编纂委员会

指导顾问

中国科学院文献情报中心 张晓林
汤森路透知识产权与科技事业部 郭利

总体组（方法论、数据统计及统稿等）

中国科学院文献情报中心 冷伏海 周秋菊
汤森路透知识产权与科技事业部 David Pendlebury 岳卫平

前沿解读组（前沿命名与重点前沿解读分析）

农业、植物学和动物学 袁建霞 邢颖
生态与环境科学 周秋菊
地球科学 杨帆 王海名
临床医学 李赞梅 李军莲
生物科学 杨艳萍 董瑜
化学与材料科学 边文越
物理 黄龙光
天文学与天体物理 韩淋 王海名 郭世杰
数学、计算机科学与工程 刘小平（数学） 李泽霞（计算机科学）
张迪（工程）
经济学、心理学及其他社会科学 裴瑞敏
国家表现 周秋菊 冷伏海
中美比较 冷伏海 赵庆峰 周秋菊

数据支持组

汤森路透知识产权与科技事业部
中国科学院文献情报中心 王小梅 李国鹏

1 方法论和数据说明 1

 1.1 背景介绍 1

 1.2 方法论 2

2 农业、植物学和动物学 7

 2.1 热点前沿及重点热点前沿解读 7

 2.2 新兴前沿及重点新兴前沿解读 12

3 生态与环境科学 15

 3.1 热点前沿及重点热点前沿解读 15

 3.2 新兴前沿及重点新兴前沿解读 20

4 地球科学 23

 4.1 热点前沿及重点热点前沿解读 23

 4.2 新兴前沿及重点新兴前沿解读 29

5 临床医学 31

 5.1 热点前沿及重点热点前沿解读 31

 5.2 新兴前沿及重点新兴前沿解读 37

6 生物科学 39

 6.1 热点前沿及重点热点前沿解读 39

 6.2 新兴前沿及重点新兴前沿解读 48

7 化学与材料科学 51

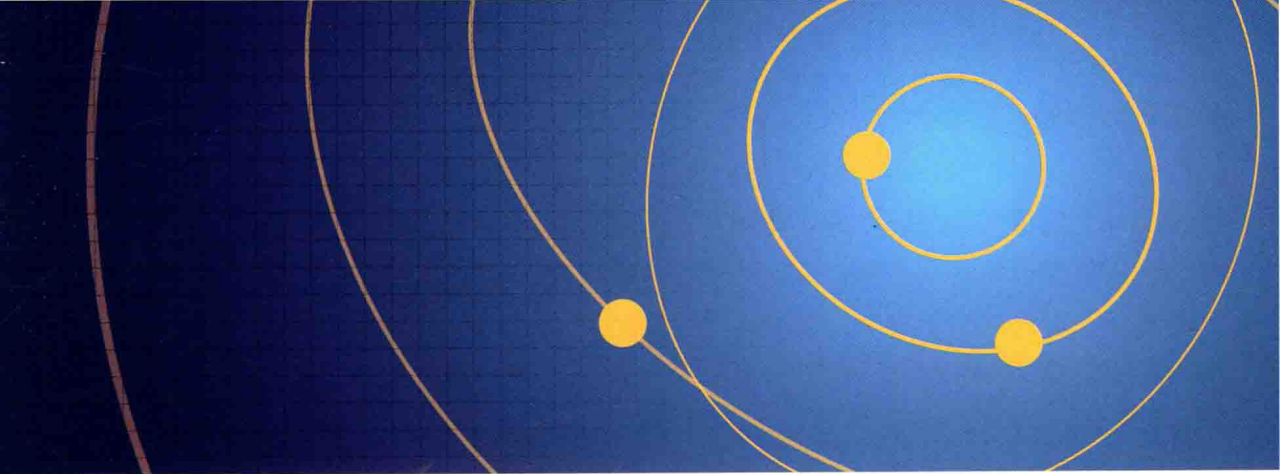
 7.1 热点前沿及重点热点前沿解读 51

 7.2 新兴前沿及重点新兴前沿解读 56

8 物理 59

 8.1 热点前沿及重点热点前沿解读 59

8.2 新兴前沿及重点新兴前沿解读	63
9 天文学与天体物理	65
9.1 热点前沿及重点热点前沿解读	65
9.2 新兴前沿及重点新兴前沿解读	70
10 数学、计算机科学与工程	73
10.1 热点前沿及重点热点前沿解读	73
11 经济学、心理学及其他社会科学	83
11.1 热点前沿及重点热点前沿解读	83
11.2 新兴前沿及重点新兴前沿解读	88
12 研究前沿国家表现	91
12.1 引言	91
12.2 各国总体表现	92
12.3 各国分领域表现	95
13 研究前沿中美比较	105
13.1 中美在农业、植物学和动物学领域的表现	105
13.2 中美在生态与环境科学领域的表现	109
13.3 中美在地球科学领域的表现	112
13.4 中美在临床医学领域的表现	115
13.5 中美在生物科学领域的表现	120
13.6 中美在化学与材料科学领域的表现	126
13.7 中美在物理科学领域的表现	131
13.8 中美在天文学与天体物理领域的表现	136
13.9 中美在数学、计算机科学与工程领域的表现	140
13.10 中美在经济学、心理学及其他社会科学领域的表现	143



1 方法论和数据说明

1.1 背景介绍

科学研究的世界呈现出蔓延生长、不断演化的景象。科研管理者和政策制定者需要掌握科研的进展和动态，以有限的资源来支持和推动科学进步。对他们而言，洞察科研动向，尤其是跟踪新兴专业领域将对其工作产生重大的意义。

为此，汤森路透（Thomson Reuters）发布了“研究前沿”（research fronts）数据和报告。定义一个研究前沿的专业领域的办法，源自科学研究之间存在的某种特定的共性。这种共性可能来自实验数据，也可能来自研究方法、概念或假设，并反映在科学家在论文中引用其他科学家的工作这个学术行为之中。

通过持续跟踪全球最重要的科研和学术论文，研究分析论文被引用的模式和聚类，特别是成簇的高被引论文频繁地共同被引用的情况，可以发现研究前沿。当一簇高被引论文共同被引用的情形达到一定

的活跃度和连贯性时，就形成一个研究前沿，而这一簇高被引论文便是组成该研究前沿的“核心论文”。研究前沿的分析数据揭示出不同研究者在探究相关的科学问题时会产生一定的关联，尽管这些研究人员的背景不同或来自不同的学科领域。

总之，研究前沿的分析为揭示科学研究的脉络提供了一个独特的视角。研究前沿的分析不依赖于对文献的人工标引和分类^①，而是基于研究人员的相互引用而形成的知识之间和人之间的联络。这些研究前沿的数据连续记载了分散的研究领域的发生、汇聚、发展（或者是萎缩、消散），以及分化和自组织成更近的研究活动节点。在演进的过程中，每组核心论文的基本情况，如主要的论文、作者、研究机构等，都可以被查明和跟踪。通过对该研究前沿的施引文献的分析，可以发现该领域的最新进展和发展方向。

2013 年汤森路透发布了《2013 研究前沿——自然科学和社会科学的前 100 个

^① 因为这种方法可能会带有标引分类人员判断的主观性。

探索领域》白皮书。2014 年汤森路透与中国科学院文献情报中心联合成立的新兴技术未来分析联合研究中心又推出了《2014 研究前沿》分析报告，引起了全球的广泛关注。

2015 年新兴技术未来分析联合研究中心延续《2014 研究前沿》的分析方法，推出《2015 研究前沿》。报告仍然以文献计量学中的共被引分析方法为基础，基于汤森路透 Essential Science Indicators (ESI) 数据库中的 10 839 个研究前沿，遴选出了 2015 年自然科学和社会科学的 10 个大学科领域中排名最前的 100 个热点前沿和 49 个新兴前沿。

1.2 方法论

整个分析工作分为两个部分：研究前沿的遴选、149 个研究前沿的核心论文及其施引文献的数据提供由汤森路透完成；研究前沿的分析和重点研究前沿（即重点热点前沿和重点新兴前沿）的遴选及解读由中国科学院文献情报中心完成。此次分析基于 2009～2014 年的论文数据，数据下载时间为 2015 年 3 月。

1.2.1 研究前沿的遴选

《2015 研究前沿》分析报告反映了当前自然科学和社会科学的 10 个大学科领域的 149 个研究前沿（包括 100 个热点前沿和 49 个新兴前沿）。我们以 ESI 数据库中的 10 839 个研究前沿为起点，遴选目标是找到那些较为活跃或发展迅速的研究前沿。报告中所列的 149 个研究前沿的具体筛选过程如下。

1.2.1.1 热点前沿的遴选

先把 ESI 数据库中 21 个学科领域的 10 839 个研究前沿划分到 10 个高度聚合的大学科领域中，然后对每个大学科领域中的研究前沿的核心论文，按照施引文献总量进行排序，提取排在前 10% 的最具引文影响力的研究前沿。以此数据为基础，再根据核心论文出版年的平均值重新排序，找出那些“最年轻”的研究前沿。通过上述两个步骤在每个大学科领域分别选出 10 个热点前沿，共计 100 个热点前沿。因为每个学科领域具有不同的特点和引用行为，有些学科领域中的很多研究前沿在核心论文和施引文献的数量上会相对较小，所以从 10 个大学科领域中分别遴选出的排名前 10 的热点前沿，代表各大学科领域中最具影响力的研究前沿，但并不一定代表跨数据库（所有学科）中最大、最热的研究前沿。

1.2.1.2 新兴前沿的遴选

一个具有很多新近发表的核心论文的研究前沿，通常提示其是一个快速发展的专业领域。为了选取新兴前沿，组成研究前沿的基础文献，核心论文的时效性是优先考虑的因素。这就是为什么我们称其为“新兴前沿”。为了识别新兴前沿，我们对研究前沿中的核心论文的出版年赋予了更多的权重或优先权，只有核心论文平均出版年在 2013 年 6 月之后的研究前沿才被考虑，然后再按被引频次从高到低排序，选取被引频次在 100 以上的研究前沿，从而遴选出了 49 个新兴前沿，这 49 个新兴前

沿最早的平均出版年是 2013 年 5 月。遴选不限定学科, 因此 49 个新兴前沿在 10 个大学科领域中分布并不均匀, 数学、计算机科学与工程领域没有新兴前沿, 而生物领域选出了 15 个新兴前沿。

通过以上两种方法, 这份报告突出显示了 10 个高度聚合的大学科领域中的 100 个热点前沿和 49 个新兴前沿。

1.2.2 研究前沿的分析及重点研究前沿的遴选和解读

中国科学院文献情报中心的科技情报研究人员在汤森路透遴选的 149 个研究前沿数据的基础上, 对 10 个大学科领域的 100 个热点前沿的发展趋势进行了分析, 并对 32 个重点研究前沿进行了详细的解读(第 2~第 11 章)。重点研究前沿包括重点热点前沿和重点新兴前沿两部分。第 12 章评估了 6 个主要科技国家在 149 个前沿的基础贡献实力和潜在发展水平。第 13 章对中国与美国在相关研究前沿的表现进行了比较分析。

研究前沿是由一组高被引的核心论文和一组共同引用核心论文的施引文献组成。核心论文来自 ESI 数据库中的高被引论文, 即在同学科同年度中根据被引频次排在前 1% 的论文。这些有影响力的核心论文的作者、机构、国家在该领域也做出了不可磨灭的贡献, 本书也对其进行了深入分析和解读。同时, 引用这些核心论文的施引文献可以反映出核心论文所提出的技术、数据、理论在发表之后是如何被进一步发展的, 即使这些引用核心论文的施

引文献本身并不是高被引论文。

1.2.2.1 重点研究前沿的遴选

2014 年研究前沿设计了遴选重点研究前沿的指标 CPT, 2015 年在 2014 年 CPT 指标的基础上, 又增加了规模指标, 即核心论文数 (P)。

(1) 核心论文数 (P)

ESI 数据库用共被引文献簇(核心论文)来表征研究前沿, 并根据文献簇的元数据及其统计揭示研究前沿的发展态势, 其中核心论文数 (P) 总量标志着研究前沿的大小, 文献簇的平均出版年和论文的时间分布标志着研究前沿的进程。核心论文数 (P) 表达了研究前沿中知识基础的重要程度。在一定时间段内, 一个前沿的核心论文数 (P) 越大, 表明该前沿越活跃。

(2) CPT 指标

遴选重点研究前沿的指标 (CPT), 是施引文献量, 即引用核心论文的文献数量 (C) 除以核心论文数 (P), 再除以施引文献所发生的年数 (T)。施引文献所发生的年数指施引文献集合中最新发表的施引文献与最早发表的施引文献的发表时间的差值。例如, 最新发表的施引文献的发表时间为 2014 年, 最早发表的施引文献的发表时间为 2010 年, 则该施引文献所发生的年数为 4。

$$CPT = \frac{C}{P \cdot T}$$

CPT 实际上是一个研究前沿的平均引文影响力和施引文献发生年数的比值, 该指标越高代表该前沿越热或越具有影响

力。它反映了某研究前沿的引文影响力的广泛性和时间性，它可以用于探测研究前沿的突现、发展及预测研究前沿下一个时期可能的发展。该指标既考虑了某研究前沿受到关注的程度，即有多少施引文献引用研究前沿中的核心论文，又反映了该研究前沿受关注的年代趋势，即施引文献所发生的年度。

在研究前沿被持续引用的前提下。

- » 当两个研究前沿的 P 值和 T 值分别相等时，则 C 值较大的研究前沿的 CPT 值也随之较大，指示该研究前沿引文影响力较大。
- » 当两个研究前沿的 C 值和 P 值分别相等时，则 T 值较小的研究前沿的 CPT 值相反会较大，指示该研究前沿在近期受关注度较高。
- » 当两个研究前沿的 C 值和 T 值分别相等时， P 值较小的研究前沿的 CPT 反而会较大，指示该研究前沿引文影响力较大。

《2015 研究前沿》在遴选重点研究前沿过程中，对每个大学科领域的 10 个“热点前沿”用核心论文数 (P) 分别遴选出一个“重点热点前沿”，同时用 CPT 指标再分别遴选出一个“重点热点前沿”。因此用这两个指标共遴选出 20 个“重点热点前沿”。对于 49 个“新兴前沿”，利用 CPT 指标遴选出 10 个“重点新兴前沿”。

针对物理学领域和数学、计算机科学与工程领域的研究前沿分布的特点，通过人工判断对上述两个大学科领域的重点研究前沿进行了增减。具体做法：物理学领域中 10 个热点前沿和 10 个新兴前沿

中各有 2 个与“希格斯波色子”主题相关，用 CPT 指标遴选出一个“希格斯波色子观测”重点热点前沿，但为了对“希格斯波色子”相关前沿进行更为全面的分析，我们选择对 4 个与“希格斯波色子”相关前沿都进行解读；限于篇幅，不再对基于“核心论文规模”遴选出的“复杂网络的合作行为”重点热点前沿和重点新兴前沿“顶夸克伙伴搜寻”进行解读。在数学、计算机科学与工程领域用 CPT 指标和“核心论文规模”两个指标遴选出的“重点热点前沿”都属于工程领域。为了平衡数学和计算机科学领域“重点热点前沿”的缺失，根据专业解读人员对该领域研究前沿的把握，分别在数学领域和计算机领域各选择了一个重点热点前沿进行解读。

通过上述两个指标并结合人工判断对 10 个领域的 100 个热点前沿，遴选出 23 个重点热点前沿，用 CPT 指标和人工判断从 49 个新兴前沿中遴选出 10 个重点新兴前沿。因此对于 149 个研究前沿，共遴选出 33 个重点前沿进行深度解读。

1.2.2.2 研究前沿的分析和解读

(1) 热点前沿分析及重点热点前沿的解读

对于每个学科领域，第一张表展示各自的前 10 个热点前沿的核心论文的数量、被引频次及核心论文平均出版年，每个学科领域遴选出的重点热点前沿在表中用绿色底纹标出。然后，对每个学科领域遴选出的重点热点前沿进行深入分析和

解读。因为分析数据基于 2009~2014 年的论文，核心论文平均出版年份会介于 2009~2014 年。

每个学科领域的 10 个研究前沿中引用核心论文的论文（施引文献）的年度分布用气泡图的方式展示。CPT 指标最高的重点热点前沿用红色气泡表示。气泡大小表示每年施引文献的数量，对于那些施引文献量大，而施引文献所发生的年数少的前沿，也就是 CPT 值的前两种情况，可以从图中直观地看出哪些是重点热点前沿。但是对于核心论文（*P*）较少的情况，则需要结合数据来看。大部分研究前沿的施引文献每年均有一定程度的增长，因此气泡图也有助于对研究前沿发展态势的理解。

每个学科领域的第二张表对核心论文的国家、机构活跃状况进行了分析。揭示出哪些国家、机构在某重点热点前沿中有较大贡献，同时也可以发现该前沿中的卓越科研人员。第三张表则对施引文献中的国家和机构进行了分析，探讨机构、国家在这些研究前沿的发展中的研究贡献。

（2）新兴前沿分析及重点新兴前沿的解读

新兴前沿的体量（核心论文及其施引文献）较小，因此，统计数据的分析意义不大。通过科技情报研究人员对重点新兴前沿的核心论文及相关信息进行内容方面的解读，可以了解重点新兴前沿的发展脉络、研究力量布局，以及发展前景。

2 农业、植物学和动物学

2.1 热点前沿及重点热点前沿解读

2.1.1 农业、植物学和动物学领域 Top 10 热点前沿发展态势

农业、植物学和动物学领域 Top 10 热点前沿重点集中在植物对生物和非生物胁迫的抗性这一方向上，具体包括植物天

然免疫机理、树木旱死机理、植物系统获得性抗性（systemic acquired resistance, SAR）、植物抗非生物胁迫机理及植物内质网应激和自噬等几个方面。此外，食品安全、事关粮食丰产的授粉动物——蜜蜂的健康、果实发育与成熟机理，以及除草剂抗性及其遗传等也均进入了该领域的 Top 10 热点前沿（表 2-1 和图 2-1）。

表 2-1 农业、植物学和动物学领域 Top 10 热点前沿

排名	热点前沿	核心论文 （篇）	被引频次 （次）	核心论文平均出 版年（年）
1	植物天然免疫的分子诱导机制	35	1884	2012.3
2	高光谱成像和计算机视觉技术在食品加工与检测中的应用	36	1084	2012.1
3	蜜蜂健康和蜂群衰竭的影响因素研究	43	2616	2011.7
4	干旱导致树木死亡的机理	44	4066	2011.6
5	植物系统获得性抗性的信号转导	18	1275	2011.6
6	NAC 转录因子在植物应对非生物胁迫中的作用	17	1039	2011.5
7	植物内质网应激与自噬机理	22	1022	2011.5

续表

排名	热点前沿	核心论文 (篇)	被引频次 (次)	核心论文平均出 版年(年)
8	果实发育与成熟的分子调控机理	22	998	2011.5
9	除草剂抗性及其遗传学原因	22	1336	2011.4
10	害虫 Bt 抗性及其生物防治	32	2195	2011.4

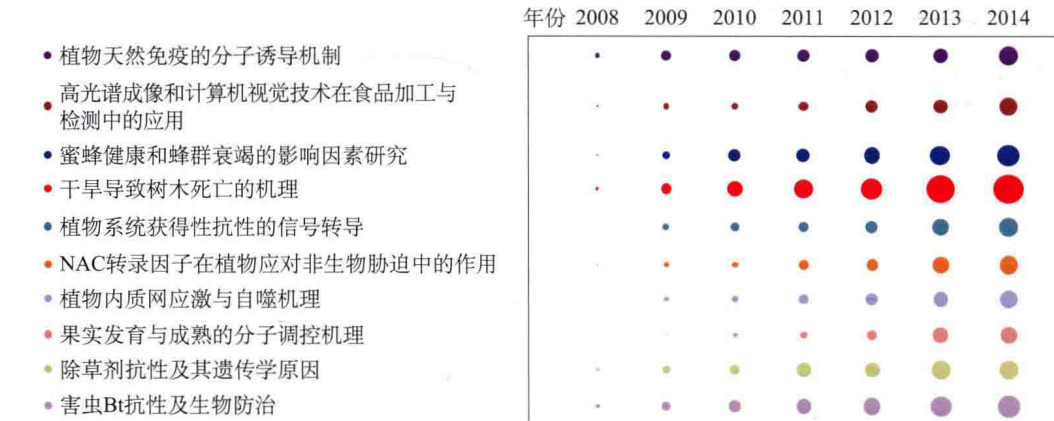


图 2-1 农业、植物学和动物学领域 Top 10 热点前沿的施引论文

根据核心论文数量和 CPT 指标，该领域共遴选出两个重点热点前沿（“植物系统获得性抗性的信号转导”和“干旱导致树木死亡的机理”）进行重点分析。

2.1.2 重点热点前沿——“植物系统获得性抗性的信号转导”

植物系统获得性抗性是一种能够诱导植物持续抵御病原微生物侵害的一种防御机制。研究植物系统获得性抗性旨在提高植物的抗病害能力，近年来随着全球气候变化，病虫害日益猖獗，给农业生产造成了很大的损失，因此提高植物的抗病性，尤其是如何赋予植物一种可持续的抗病性，成为科研人员的关注热点。目前，各国在植物系统获得性抗性及其信号转导方

面开展了大量研究，已分离和鉴定出许多涉及植物抗病信号转导系统的突变体，克隆了相应的基因，对植物抗病信号转导途径有了比较清晰的认识，而且重点仍在持续研究和发现其信号转导途径中的相关成分和基因。

该热点前沿中的 18 篇核心论文基本上都是在研究植物系统获得性抗性信号转导路径中的关键化学物质和基因。例如，美国芝加哥大学分子遗传学和细胞生物学系的 Greenberg JT 教授于 2009 年发表在 *Science* 上的 *Priming in Systemic Plant Immunity* 一文被引频次最高，有 199 次，该文研究发现了壬二酸和壬二酸诱导 1 基因（AZI1）在防御启动中的重要作用。以这些核心论文为代表的研究工作不断丰

富和充实了植物系统获得性抗性的防御机理研究。

从国家和机构层面来看（表 2-2），美国是该热点前沿核心论文的主要产出国，

主导或参与发表了 11 篇论文，占该前沿核心论文总量的 61.1%。此外，德国也是重要产出国，主导或参与发表了 7 篇论文，占该前沿核心论文总量的 38.9%。

表 2-2 “植物系统获得性抗性的信号转导”研究前沿中 18 篇核心论文的 Top 产出国家（地区）和产出机构

排名	国家（地区）	核心论文（篇）	比例（%）	排名	机构	核心论文（篇）	比例（%）
1	美国	11	61.1	1	詹姆士大学（西班牙）	3	16.7
2	德国	7	38.9	2	谢菲尔德大学（英国）	2	11.1
3	瑞士	4	22.2	2	弗里堡大学（瑞士）	2	11.1
3	英国	4	22.2	2	纳沙泰尔大学（瑞士）	2	11.1
5	西班牙	3	16.7	2	洛桑研究所（英国）	2	11.1
—	—	—	—	2	兰卡斯特大学（英国）	2	11.1
—	—	—	—	2	杜克大学（美国）	2	11.1
—	—	—	—	2	康奈尔大学（美国）	2	11.1
—	—	—	—	2	北得克萨斯大学（美国）	2	11.1
—	—	—	—	2	密苏里大学（美国）	2	11.1
—	—	—	—	2	肯塔基大学（美国）	2	11.1
—	—	—	—	2	杜塞尔多夫大学（德国）	2	11.1
—	—	—	—	2	亚琛工业大学（德国）	2	11.1
—	—	—	—	2	维尔茨堡大学（德国）	2	11.1

从后续不同国家和机构对该前沿的跟进情况（表 2-3）来看，美国贡献了 230 篇施引论文，占总施引论文量的 28.9%，是排在第 2 位的德国施引论文量（113 篇）的两倍多。中国以 101 篇的施引论文量排名第 3。在机构层面，德国马克斯·普

朗克科学促进会以 31 篇施引论文排名第 1，其次是荷兰的乌得勒支大学（25 篇），排在第 3 的是法国国家科学研究中心，有 21 篇。美国有 3 家机构进入施引论文产出机构 Top10，多于其他国家的机构数量。

表 2-3 “植物系统获得性抗性的信号转导”研究前沿中施引论文的 Top 10
产出国家（地区）和产出机构

排名	国家（地区）	施引论文 （篇）	比例 （%）	排名	机构	施引论文 （篇）	比例 （%）
1	美国	230	28.9	1	马克斯·普朗克科学促进会 （德国）	31	3.9
2	德国	113	14.2	2	乌得勒支大学（荷兰）	25	3.1
3	中国	101	12.7	3	法国国家科学研究中心 （法国）	21	2.6
4	英国	71	8.9	4	詹姆士大学（西班牙）	20	2.5
5	法国	60	7.5	5	法国国家农业科学研究院 （法国）	19	2.4
5	西班牙	60	7.5	6	美国农业部（美国）	18	2.3
7	荷兰	55	6.9	7	西班牙科学研究委员会 （西班牙）	17	2.1
8	日本	43	5.4	7	加利福尼亚大学戴维斯分校 （美国）	17	2.1
9	瑞士	38	4.8	9	纳沙泰尔大学（瑞士）	16	2.0
10	加拿大	37	4.6	10	中国科学院（中国）	15	1.9
—	—	—	—	10	康奈尔大学（美国）	15	1.9

综合分析热点前沿“植物系统获得性抗性的信号转导”的核心论文与施引论文的结果表明，美国、德国、瑞士、英国和西班牙既是该热点前沿核心论文的产出国又是施引的重要国家，其中美国的研究力量和产出最强。

2.1.3 重点热点前沿——“干旱导致树木死亡的机理”

随着全球气候变暖，干旱逐渐成为影响植物生长发育的重要非生物胁迫因素，并且威胁到了地球上众多林木的存活。特别是近年来对森林生态环境的重视更加引

发了研究人员对树木干旱问题的关注，而由于干旱引起的树木死亡的机理这一基础研究也已成为当前研究的重点热点前沿。

该热点前沿的 44 篇核心论文主要集中在调查和揭示某些地区或全球树木因干旱死亡的情况和原因。美国西部生态研究中心通过对美国西部古老森林的数据进行纵向分析，发现近几十年来树木的死亡率在快速提高，并分析认为这是由于区域气候变暖及由此引起的水缺乏加重而导致的。美国地质调查局通过对全球由于干旱和高温引起的树木死亡状况进行评估，揭示出森林面临的由新兴气候变化带来的风

险。2012 年, *Nature* 杂志刊登了由 11 个国家的科学家参与的一项研究警告称, 全球森林系统正面临着极大的“干旱致死”风险。

虽然科学家们已经揭示了干旱引发广泛的森林退化的现象, 但是目前人们对于干旱是如何引发森林消亡的确切机制仍在探索阶段。本热点前沿的核心论文的研究

结果显示, “水力失效”和“碳饥饿”可能是干旱条件下植物死亡的两个关键因素。

从国家和机构的角度(表 2-4)来看, 在该前沿中, 美国的研发极具影响力和活跃度, 贡献了超过 65.9% 的核心论文(29 篇), 同时还包揽了核心论文量排名前 10 的机构中的 8 个, 领先于其他国家。

表 2-4 “干旱导致树木死亡的机理”研究前沿中 44 篇核心论文的 Top 10 产出国家(地区)和产出机构

排名	国家(地区)	核心论文 (篇)	比例 (%)	排名	机构	核心论文 (篇)	比例 (%)
1	美国	29	65.9	1	美国能源部(美国)	11	25.0
2	澳大利亚	8	18.2	2	美国农业部森林局(美国)	9	20.5
2	加拿大	8	18.2	2	亚利桑那大学(美国)	9	20.5
4	法国	7	15.9	4	新墨西哥大学(美国)	7	15.9
5	西班牙	6	13.6	5	法国国家农业科学研究院 (法国)	6	13.6
5	英国	6	13.6	6	巴塞罗那自治大学(西班牙)	5	11.4
7	意大利	5	11.4	6	美国地质调查局(美国)	5	11.4
8	德国	4	9.1	6	犹他大学(美国)	5	11.4
9	中国	3	6.8	6	俄勒冈州立大学(美国)	5	11.4
9	墨西哥	3	6.8	6	北亚利桑那大学(美国)	5	11.4

从后续引用该热点前沿的施引论文量来看, 美国的 1088 篇施引论文(表 2-5), 占该前沿总施引论文量的 49.0%, 遥遥领先于其他国家, 是排名第 2 的澳大利亚施引论文量(263 篇)的 4 倍多。澳大利亚、

加拿大、西班牙、法国和德国也都产出了 200 多篇施引论文, 以 10% 左右的占比构成了该前沿的第 2 梯队。英国、中国和瑞士则以约 160 篇施引论文(7%)形成第 3 梯队。

表 2-5 “干旱导致树木死亡的机理”研究前沿中施引论文的 Top 10 产出国家(地区)和产出机构

排名	国家(地区)	施引论文 (篇)	比例 (%)	排名	机构	施引论文 (篇)	比例 (%)
1	美国	1088	49.0	1	美国森林服务公司(美国)	197	8.9