



2016

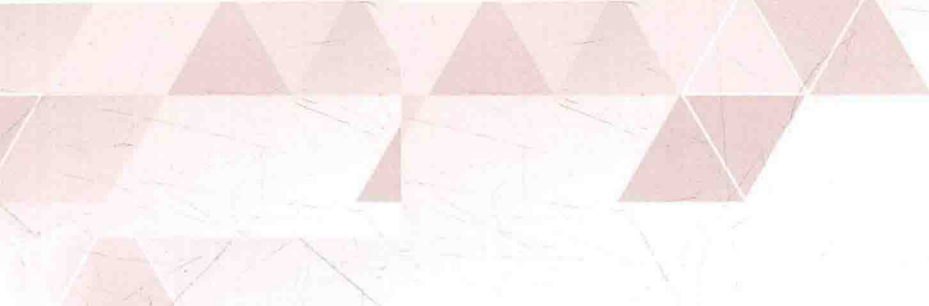
研究前沿及分析解读

中国科学院科技战略咨询研究院
中国科学院文献情报中心
科睿唯安

2016 Research Front and Analysis



科学出版社



2016

研究前沿及分析解读

中国科学院科技战略咨询研究院
中国科学院文献情报中心
科睿唯安

2016 Research Front and Analysis

科学出版社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

2016研究前沿及分析解读 / 中国科学院科技战略咨询研究院, 中国科学院文献情报中心, 英国科睿唯安著. —北京: 科学出版社, 2017.3

ISBN 978-7-03-052209-2

I. ①2… II. ①中…②中…③英… III. ①社会科学-发展-世界-2016②自然科学-发展-世界-2016 IV. ①CI②N1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 050265 号

责任编辑: 邹 聪 高 微 / 责任校对: 何艳萍

责任印制: 张 倩 / 封面设计: 无极书装

编辑部电话: 010-64035853

E-mail: houjunlin@mail. sciencep.com

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

*

2017 年 3 月第 一 版 开本: 787 × 1092 1/16

2017 年 3 月第一次印刷 印张: 8 3/4

字数: 210 000

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

中国科学院科技战略咨询研究院 潘教峰 刘 清
Clarivate Analytics 郭 利
中国科学院文献情报中心 黄向阳 张晓林

总体组（方法论、数据统计及统稿等）

Clarivate Analytics David Pendlebury 岳卫平
中国科学院科技战略咨询研究院 冷伏海 周秋菊

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 范唯唯
临床医学 李赞梅 李军莲 安新颖 胥美美
生物科学 杨艳萍 董 瑜 周 群 迟培娟
化学与材料科学 边文越
物理学 黄龙光
天文学与天体物理 韩 淋 郭世杰 王海名
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） 王海名（工程）
经济学、心理学以及其他社会科学 裴瑞敏
研究前沿国家表现 周秋菊 冷伏海
研究前沿中美比较 冷伏海 赵庆峰 周秋菊

数据支持组

Clarivate Analytics
中国科学院科技战略咨询研究院 王小梅 李国鹏

第1章 方法论和数据说明	1
1.1 背景介绍	1
1.2 方法论	2
第2章 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
第3章 生态与环境科学	13
3.1 热点前沿及重点热点前沿解读	13
3.2 新兴前沿及重点新兴前沿解读	18
第4章 地球科学	19
4.1 热点前沿及重点热点前沿解读	19
4.2 新兴前沿及重点新兴前沿解读	23
第5章 临床医学	25
5.1 热点前沿及重点热点前沿解读	25
5.2 新兴前沿及重点新兴前沿解读	30
第6章 生物科学	33
6.1 热点前沿及重点热点前沿解读	33
6.2 新兴前沿及重点新兴前沿解读	37
第7章 化学与材料科学	39
7.1 热点前沿及重点热点前沿解读	39
7.2 新兴前沿及重点新兴前沿解读	43
第8章 物理学	45
8.1 热点前沿及重点热点前沿解读	45
8.2 新兴前沿及重点新兴前沿解读	49

第9章 天文学与天体物理 51

9.1 热点前沿及重点热点前沿解读 51

9.2 新兴前沿及重点新兴前沿解读 56

第10章 数学、计算机科学与工程 57

10.1 热点前沿及重点热点前沿解读 57

10.2 新兴前沿及重点新兴前沿解读 62

第11章 经济学、心理学及其他社会科学 63

11.1 热点前沿及重点热点前沿解读 63

第12章 研究前沿国家表现 69

12.1 引言 69

12.2 六国总体表现 70

12.3 六国分学科领域表现 75

第13章 研究前沿中美比较 81

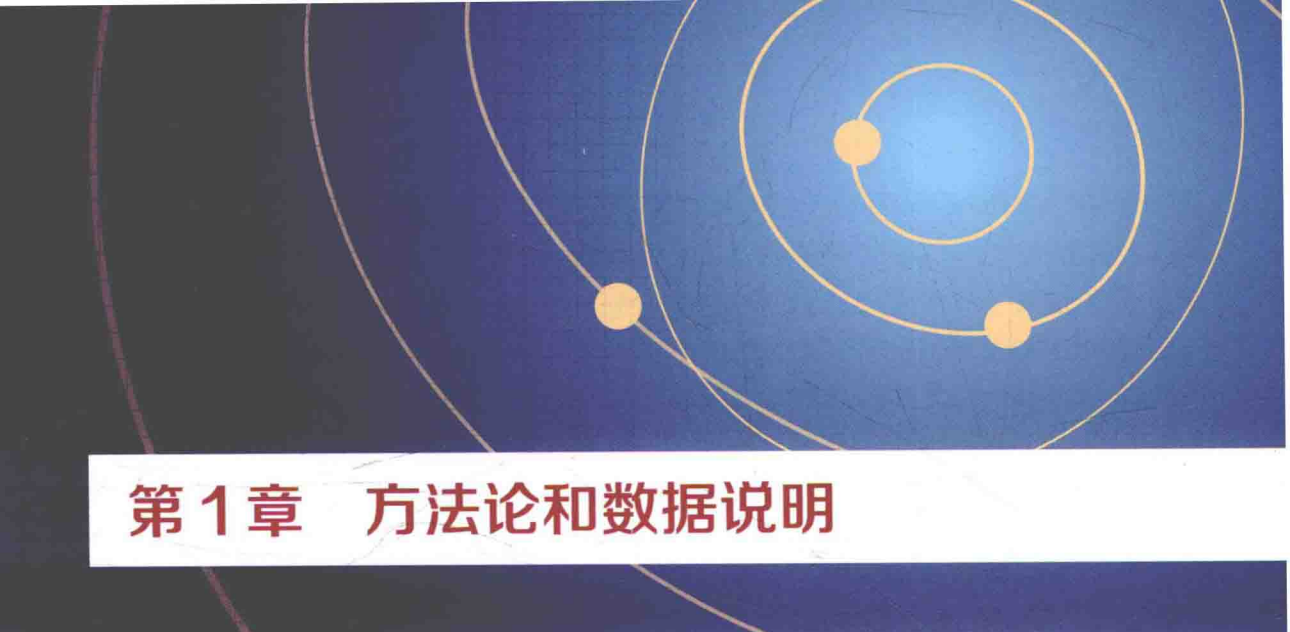
13.1 评价方法 81

13.2 中美在各主要领域的科研实力比较分析 82

13.3 中美未来的科研潜在贡献度和潜在引领度分析 105

13.4 讨论 120

附录 研究前沿综述：寻找科学的结构 123



第 1 章 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进科学进步。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，科睿唯安（Clarivate Analytics）发布了“研究前沿”（Research Fronts）数据和报告。定义一个被称作研究前沿的专业领域的办法，源自于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了不同研究者在探究相关的科学问题时会产生一定的关联，尽管这些研究人员背景不同或来自不同的学科领域。

总之，研究前沿的分析提供了一个独特的视角来揭示科学研究的脉络。研究前沿的分析不依赖于对文献的人工标引和分类（因为这种方法可能会有标引分类人员判断的主观性），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，Clarivate Analytics 发布了《2013 研究前沿——自然科学和社会科学的前 100 个探索领域》白皮书。2014 年

和 2015 年, Clarivate Analytics 与中国科学院文献情报中心成立的“新兴技术未来分析联合研究中心”推出了《2014 研究前沿》和《2015 研究前沿》分析报告, 引起了全球广泛的关注。

2016 年, 中国科学院科技战略咨询研究院战略情报研究所^①, 继续在《2015 研究前沿》的基础上, 推出《2016 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 Clarivate Analytics 的 Essential Science Indicators (ESI) 数据库中的 12 188 个研究前沿, 遴选出 2016 年自然科学和社会科学的 10 个大学科领域排名最前的 100 个热点前沿和 80 个新兴前沿。

1.2 方法论

整个分析工作分为两个部分: 第一部分, 研究前沿的遴选、180 个研究前沿的核心论文及其施引文献的数据提供由 Clarivate Analytics 完成; 第二部分, 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科技战略咨询研究院主持完成, 中国科学院文献情报中心部分人员参与此项工作。此次分析基于 2009 ~ 2015 年的论文数据, 数据下载时间为 2016 年 3 月。

1.2.1 研究前沿的遴选

《2016 研究前沿》反映了当前自然科学与社会科学 10 个大学科领域的 180

个研究前沿(包括 100 个热点前沿和 80 个新兴前沿)。以 ESI 数据库中的 12 188 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 180 个研究前沿的具体遴选过程如下。

1. 热点前沿的遴选

先把 ESI 数据库中 21 个学科领域的 12 188 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。

2. 新兴前沿的遴选

一个有很多新近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研究方向。为了选取新兴的前沿, 组成研究前沿的基础文献即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

^① 原中国科学院文献情报中心情报研究部主持和绝大多数参与该报告研制的人员已调整到该单位。

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2014年6月之后的研究前沿才被考虑,然后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80个新兴前沿,这80个新兴前沿最早的平均出版年是2014年5月。遴选不限定学科,因此80个新兴前沿在10个大学科领域中分布并不均匀,农业、植物学和动物学领域没有新兴前沿,而生物科学领域选出21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80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

本书在Clarivate Analytics遴选的180个研究前沿数据的基础上,由中国科学院科技战略咨询研究院的战略情报研究人员(中国科学院文献情报中心部分人员参与)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28个重点研究前沿进行了详细解读(见第2~11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180个前沿的基础贡献实力和潜在发展水平。

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、国家在该领域也作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. 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CPT的基础上,又增加了规模指标,即核心论文数。

(1) 核心论文数。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度。核心论文数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越大,表明该前沿越活跃。

(2) CPT。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是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。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。

$$CPT = (C/P)/T = \frac{C}{P \cdot T}$$

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及时性,可以用于探测研究前沿的突现、发展以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 也较大,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 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。

《2016 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 P 值结合战略情报研究人员的专业判断各遴选出一个重点热点前沿,专业判断主要考虑该前沿是否对解决重大问题有重要意义,一般选择 P 值最高的两个前沿,比较两个前沿哪个对解决重大问题更有重要意义,如“电子烟的用户偏好、有毒物质释放、管制以及对戒烟的影响”和“区域产业的环境效益和能源效率评

价”,很明显后者更有重要意义,因此选择后者。

同时用 CPT 结合专业判断再各遴选出一个重点热点前沿,对于《2015 研究前沿》中重点分析的前沿,如“亚马逊土耳其机器人与合作行为研究”,虽然 CPT 仍然是最高的,2016 年不再重点分析,而是顺延选择 CPT 第二的“美国卫生保健改革的影响与成效”。

因此通过这两种方法共遴选出 20 个重点热点前沿。对于 80 个新兴前沿,利用 CPT 遴选出 8 个重点新兴前沿。个别领域略有调整,在遴选的过程中更多地侧重于战略情报研究人员的专业判断,例如,虽然农业、植物学和动物学领域的“生鲜食品微生物污染的爆发与防控”两个指标的得分都不是最突出的,但该前沿涉及食源性疾病和食品安全的重大问题,所以选做重大热点前沿。因此对于 180 个研究前沿,共遴选出 28 个重点前沿进行深入解读。其中,化学领域中,与钙钛矿型材料相关的共有 6 个前沿,我们对这 6 个前沿作为一个整体进行了解读。

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、被引频次以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 ~ 2015

年的论文，核心论文平均出版年份介于2009～2015年之间。

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。基于 P 值遴选的重点热点前沿用蓝色气泡表示，基于CPT遴选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 P 值较少的情况，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（地区）、机构在某重点热点前沿中有较大贡献。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（地区）在这些研究前沿的发展中的研究布局。

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、研究力量布局及发展前景。

第 2 章 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 Top10 热点前沿发展态势

农业、植物学和动物学领域 Top10 研究前沿主要分布在作物研究和食品研究两

个子领域。其中作物研究子领域主要关注病虫害防控基础研究和作物改良基础研究，病虫害防控基础研究包括 4 个热点前沿“植物先天免疫机制”“子囊菌和半知菌的分类学与系统发育学”“细菌Ⅵ型分泌系统的结构与调控”和“害虫天敌蝙蝠的白鼻综合征”（表 2.1 和图 2.1）。其中“植物先天免疫机制”连续两年入选

表 2.1 农业、植物学和动物学领域 Top10 热点前沿

排名	热点前沿	核心论文 / 篇	被引频次	核心论文平均出版年
1	食品检测中的高光谱成像技术	40	1645	2012.6
2	光合作用捕光蛋白复合物的结构与功能	30	1756	2012.4
3	子囊菌和半知菌的分类学与系统发育学	46	2709	2012.3
4	生鲜食品微生物污染的爆发与防控	23	1320	2012.3
5	植物先天免疫机制	12	1088	2012.2
6	抗氧化肽的分离与表征	13	857	2012.2
7	细菌Ⅵ型分泌系统的结构与调控	20	2000	2012.1
8	营养物质纳米乳递送系统	38	2586	2012.1
9	田间高通量作物根系表型分析	30	1851	2012
10	害虫天敌蝙蝠的白鼻综合征	13	1106	2012



图 2.1 农业、植物学和动物学领域 Top10 热点前沿施引论文

Top10 热点前沿。作物改良基础研究 2 个热点前沿“光合作用捕光蛋白复合物的结构与功能”和“田间高通量作物根系表型分析”进入 Top10 热点前沿。

另一个子领域食品研究主要集中在食品安全和食品营养方面，其中食品安全研究包括 2 个热点前沿“食品检测中的高光谱成像技术”和“生鲜食品微生物污染的爆发与防控”，其中“食品检测中的高光谱成像技术”在 2015 年也入选 Top10 热点前沿。食品营养研究中的 2 个热点前沿，即“抗氧化肽的分离与表征”和“营养物质纳米乳递送系统”跻身 Top10 热点前沿。

2.1.2 重点热点前沿——生鲜食品微生物污染的爆发与防控

食品微生物污染是受到广泛关注的全球公共卫生问题。过去几十年，各国因食品微生物引起的食源性疾病发病率均显著增加。食品微生物污染的相关研究，包括微生物污染来源、致病菌爆发流行趋势和

社会经济影响、预防控手段等，也成为近年食品安全领域的研究热点。

该热点前沿中的 23 篇核心论文主要围绕生鲜食品、鲜切叶菜中致病性微生物引起的食源性疾病的爆发风险、来源与防控策略。重点关注的致病性微生物是最常见、分布最普遍的沙门氏菌。微生物污染的原因分析覆盖了农产品生产链的全部环节，包括受污染水、土壤等种植环境，田间生产实践，以及生产加工环节。未来需要更全面、及时的环境评价及更多地研究病原体 - 农产品间生物学和生态学的相互作用来识别更好的预防策略。防控措施研究也涉及种植环境的消毒、合理的生产实践和产品的消毒包装。由于病原体的表面附着和内化作用，常规消毒方法效果不佳，二氧化氯、电解水、紫外线、常压低温等离子体、过氧化氢、有机酸、酸化次氯酸钠和臭氧等新兴技术具有很大的前景。在热点前沿中多篇论文聚焦在常压低温等离子体杀菌技术上。

从核心论文产出的国家和机构层面看(表 2.2),美国、西班牙、比利时、爱尔兰、韩国、英国是核心论文的主要产出国。美国是该领域最重要的研发国家,贡献了 9 篇核心论文,占核心论文总数的 39.1%;西班牙和比利时的研究成果也不容小觑,分别贡献了 6 篇和 5 篇核心论文,分别占核心论文总数的 26.1% 和 21.7%。施引论文的高产国家包括美国、西班牙、韩国、中国、比利时等国家(表 2.3)。美国有 375 篇施引论文,占施引论文总数的 39.2%,远高

于其他国家。排在第 2 位的西班牙贡献了 101 篇施引论文。中国虽然没有核心论文产出,但是对核心论文的施引论文数量有 66 篇,排第 4 位。施引论文的高产机构中,美国农业部、比利时根特大学、西班牙科学研究委员会、美国食品药品监督管理局(FDA)和佛罗里达大学排在高产机构的前 5 位。排名前 10 位的机构中没有中国机构。

上述数据表明,美国在该领域研发领先,实力强大,发挥主导作用;比利时、西班牙在该领域的前沿研究中作用也较重

表 2.2 “生鲜食品微生物污染的爆发与防控”研究前沿中核心论文的 Top 产出国家和机构

排名	国家	核心论文 / 篇	比例 / %	排名	机构	国家	核心论文 / 篇	比例 / %
1	美国	9	39.1	1	根特大学	比利时	5	21.7
2	西班牙	6	26.1	2	都柏林理工学院	爱尔兰	4	17.4
3	比利时	5	21.7	3	美国疾病控制与预防中心	美国	3	13.0
4	爱尔兰	4	17.4	3	西班牙科学研究委员会	西班牙	3	13.0
5	韩国	2	8.7	5	中央大学	韩国	2	8.7
5	英国	2	8.7	5	比利时 Inagro 农业研究所	比利时	2	8.7
				5	普渡大学	美国	2	8.7

表 2.3 “生鲜食品微生物污染的爆发与防控”研究前沿中施引论文的 Top10 产出国家和机构

排名	国家	施引论文 / 篇	比例 / %	排名	机构	国家	施引论文 / 篇	比例 / %
1	美国	375	39.2	1	美国农业部	美国	91	9.5
2	西班牙	101	10.6	2	根特大学	比利时	46	4.8
3	韩国	67	7.0	3	西班牙科学研究委员会	西班牙	37	3.9
4	中国	66	6.9	4	美国食品药品监督管理局	美国	34	3.6
5	比利时	60	6.3	5	佛罗里达大学	美国	31	3.2
6	德国	48	5.0	6	中央大学	韩国	26	2.7
7	加拿大	44	4.6	6	加利福尼亚大学戴维斯分校	美国	26	2.7
8	意大利	38	4.0	8	都柏林理工学院	爱尔兰	25	2.6
9	英国	38	4.0	9	马里兰大学	美国	24	2.5
10	爱尔兰	36	3.8	10	卡塔赫纳理工大学	西班牙	23	2.4
				10	美国疾病控制与预防中心	美国	23	2.4

大。中国则表现为积极参加该领域热点前沿的跟进研究。

2.1.3 重点热点前沿——植物先天免疫机制

植物先天免疫是植物免疫系统的重要组成部分，是植物抵御病害的重要屏障。在该免疫过程中，植物能通过细胞表面免疫受体和胞内免疫受体感受来源于病原微生物的分子，从而激活先天免疫，抵御病原物的侵染，因此，通过研究植物先天免疫可以为作物抗病育种提供重要靶标。长期以来，寻找植物细胞表面针对各种病原微生物相关分子的特异性识别受体，成为理解植物先天免疫反应的关键。

该热点前沿共有核心论文 12 篇，主要围绕在研究植物先天免疫调控中扮演重要作用的模式识别受体或调控受体的相关作用机制。其中，2010 年北京生命科学研究人员发表在 *Cell Host & Microbe* 的论文 “Receptor-like Cytoplasmic Kinases Integrate Signaling from Multiple Plant

Immune Receptors and Are Targeted by a *Pseudomonas Syringae* Effector” 被引频次最高，达 179 次，该文发现了植物先天免疫信号传导重要新元件——寄主胞质内受体类似激酶丁香假单胞菌效应蛋白 AvrPphB 的作用机制。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先天免疫机制研究，为作物抗病育种奠定了重要的理论基础。

从国家和机构层面（表 2.4）来看，共 7 个国家参与了该热点前沿核心论文的发表，其中中国是主要产出国，参与发表了 5 篇，占该前沿核心论文总量的 41.7%。此外，美国和英国各参与发表了 4 篇核心论文，占比分别为 33.3%。为这些国家发表论文做出重要贡献的机构分别是来自中国的中国科学院和北京生命科学研究所以及来自英国的约翰·英纳斯研究中心及来自美国的得克萨斯农工大学。

从后续不同国家和机构对该前沿的跟进情况（表 2.5）来看，美国贡献了 169 篇施引论文，占总施引论文量的 34.3%，

表 2.4 “植物先天免疫机制”研究前沿中核心论文的 Top 产出国家和机构

排名	国家	核心论文 / 篇	比例 / %	排名	机构	国家	核心论文 / 篇	比例 / %
1	中国	5	41.7	1	约翰·英纳斯研究中心	英国	4	33.3
2	英国	4	33.3	2	中国科学院	中国	3	25.0
2	美国	4	33.3	2	北京生命科学研究所以	中国	3	25.0
4	德国	2	16.7	4	得克萨斯农工大学	美国	2	16.7
4	日本	2	16.7	4	图宾根大学	德国	2	16.7
4	瑞士	2	16.7	4	巴塞尔大学	瑞士	2	16.7
7	荷兰	1	8.3					

位居第一。中国位居第二，贡献了 106 篇施引论文，占比为 21.5%。核心论文量位居第二的英国的施引论文量是 86 篇，占比为 17.4%，位居第三。在机构层面，英国的约翰·英纳斯研究中心以 54 篇施引论文名列第一，其次是德国的马普学会（33 篇），排在第三的是中国科学院，有 30 篇。

综合分析热点前沿“植物先天免疫”机制的核心论文与施引论文的结果表明，中国、美国、英国和德国既是该热点前沿核心论文的重要产出国又是施引论文的重要国家。

表 2.5 “植物先天免疫机制”研究前沿中施引论文的 Top10 产出国家和机构

排名	国家	施引论文 / 篇	比例 /%	排名	机构	国家	施引论文 / 篇	比例 /%
1	美国	169	34.3	1	约翰·英纳斯研究中心	英国	54	11.0
2	中国	106	21.5	2	马普学会	德国	33	6.7
3	英国	86	17.4	3	中国科学院	中国	30	6.1
4	德国	85	17.2	4	图宾根大学	德国	26	5.3
5	日本	39	7.9	5	加利福尼亚大学戴维斯分校	美国	21	4.3
6	法国	28	5.7	6	巴塞尔大学	瑞士	20	4.1
7	瑞士	24	4.9	7	得克萨斯农工大学	美国	19	3.9
8	荷兰	23	4.7	8	康奈尔大学	美国	16	3.2
9	韩国	17	3.4	9	瓦格宁根大学	荷兰	15	3.0
10	西班牙	15	3.0	10	北京生命科学研究所	中国	14	2.8
				10	法国国家农业科学研究院	法国	14	2.8