

基于 WoS 的天然橡胶主要国家研究前沿活跃度分析

李一萍¹, 胡小婵¹, 茶正早^{2*}, 王大鹏^{2*}

1. 中国热带农业科学院科技信息研究所/海南省热带作物信息技术应用研究重点实验室, 海南海口 571101; 2. 中国热带农业科学院橡胶研究所/农业农村部橡胶树生物学重点实验室, 海南海口 571101

摘要: 本研究利用文献计量方法结合研究前沿热度指数, 比较分析天然橡胶主要国家在 12 个研究前沿的科研表现与创新水平。从农业与植物科学、生态与环境科学、化学与材料科学三大领域, 揭示各国研究前沿进入创新卓越、创新前列和创新行列的位势, 以及处于创新追赶和创新空白的状态。结果表明: 中国已经成为世界天然橡胶研究的主要国家, 其研究前沿热度指数得分位居全球首位; 美国得分约为中国的 65%, 位居第二; 法国、德国、泰国、印度和马来西亚分别排名 3~7, 法德泰、印马分别在同一个活跃梯级。中国当前在 100% 研究前沿上已经进入创新卓越位势, 美国、法国在绝大多数研究前沿 (50.00% 以上) 处于创新卓越位势。德国、泰国、印度、马来西亚与中国、美国、法国在前沿研究上有较大差距, 有 16.67% 的研究前沿仍处于创新追赶状态。中国在 3 个学科领域均进入创新卓越位势, 均是中国的优势领域。其他 6 个国家在不同学科领域上的表现有所差异。在农业与植物科学领域, 美国、法国进入创新卓越位势, 德国、泰国、马来西亚进入创新前列及行列位置, 印度处在创新追赶状态, 美国、法国的表现优于德国、泰国、马来西亚, 印度落后。在生态与环境科学领域, 美国、德国进入创新卓越位势, 法国、泰国、印度、马来西亚仍处在创新追赶状态, 美国、德国表现较好, 法国、泰国、印度、马来西亚落后。在化学与材料科学领域, 美国、法国均有 50.00% 的研究前沿进入创新卓越位势, 泰国、印度、德国和马来西亚分别有 30.00%、30.00%、20.00% 和 10.00% 的研究前沿进入创新卓越位势; 美国、法国、印度分别有 50.00%、50.00%、70.00% 的研究前沿进入创新前列及行列位置; 德国、泰国、马来西亚分别有 60.00%、50.00% 和 80.00% 的前沿进入创新前列及行列位置, 但仍分别有 20.00%、20.00% 和 10.00% 的前沿仍处在创新追赶状态; 6 国在该领域表现比较均衡, 但美国、法国、印度略优于德国、泰国、马来西亚。

关键词: 天然橡胶; 研究前沿; 热度指数; 影响度; 贡献度; 活跃度

中图分类号: S794.1; G353.1 文献标识码: A

Active Index Analysis on the Research Fronts of Natural Rubber Major Countries Based on WoS Database

LI Yiping¹, HU Xiaochan¹, CHA Zhengzao^{2*}, WANG Dapeng^{2*}

1. Institute of Scientific and Technical Information, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences / Key Laboratory of Applied Research on Tropical Crop Information Technology of Hainan Province, Haikou, Hainan 571101, China; 2. Rubber Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences / Key Laboratory of Rubber Tree Biology, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Haikou, Hainan 571101, China

Abstract: In this paper, the bibliometrics approach in conjunction with the Research Leadership Index (RLI) was used to compare and assess the scientific research performance and innovation level of the major producing nations of natural rubber on 12 Research Fronts. The Research Fronts of each nation were revealed to enter the innovation excellence position, innovation forefront position, and innovation rank position, as well as the status of innovation catching up position and innovation gap, from three major research areas of agriculture and plant science, ecology and environmental

收稿日期 2022-08-01; 修回日期 2022-10-10

基金项目 国家天然橡胶产业技术体系项目 (No. CARS-34-GW-ZP2); 国家重点研发计划项目 (No. 2020YFD1001200)。

作者简介 李一萍 (1983—), 女, 硕士, 副研究员, 研究方向: 热带作物文献科学计量。*通信作者 (Corresponding author): 茶正早 (CHA Zhengzao), E-mail: chazhengz@163.com; 王大鹏 (WANG Dapeng), E-mail: longmushan@163.com。

science, chemistry and material science. China has grown to be a significant player in global natural rubber research, with the highest RLI score globally. The United States comes in second with a score roughly 65% of that of China. France, Germany, Thailand, India, and Malaysia are ranked third through seventh, respectively, with France, Germany, and Thailand being in the same active cascade as India and Malaysia. The United States and France are currently in the innovation excellence position in the majority of the Research Fronts (more than 50.00%), while China has entered the position in 100% of the Research Fronts. There is a large Research Front gap between the countries of Germany, Thailand, India, Malaysia and the countries of China, the United States, and France. 16.67% of the Research Front in Germany, Thailand, India, and Malaysia is still in the innovation catching up stage. In all three of these lucrative industries, where China excels at invention, the country has taken the lead. The performance of the other six nations varies in several areas. In the fields of agriculture and plant science, Germany, Thailand and Malaysia, have taken the innovation leadership and ranked positions, respectively, while India is in the innovation catching up position. The United States and France have entered the innovation excellence position. While India lags behind, the United States and France fare better than Germany, Thailand, and Malaysia. The United States and Germany have taken the top spots for innovation and excellence in the field of ecological and environmental science. France, Thailand, India, and Malaysia are still lagging behind in terms of innovation. The performance of the United States and Germany is superior, whereas that of France, Thailand, India, and Malaysia is subpar. In the fields of chemistry and materials science, the innovative excellence position has been attained by 50.00% of the Research Front in the United States and France, 30.00% in Thailand and India, 20.00% in Germany, and 10.00% in Malaysia. In the United States and France, 50.00% of the Research Front has joined the innovation forefront position and the innovation rank position, while India is at 70.00%. At 60.00%, 50.00%, and 80.00%, respectively, Germany, Thailand, and Malaysia are in the innovation forefront position and innovation rank position, but 20.00%, 20.00%, and 10.00% of the Research Front are still in the innovation catching up position. The six nations perform fairly evenly in this regard, but the United States, France, and India outperform Germany, Thailand, and Malaysia by a small margin.

Keywords: natural rubber; research fronts; Research Leadership Index (RLI); influence index; output index; active index

DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2023.05.022

研究前沿热度指数是一种衡量研究前沿活跃程度的综合性的文献计量评价指标,在对特定的研究前沿、学科或主题领域,进行国家/地区、机构、实验室、研究团队以及科研人员个人表现测度方面,发挥着重要作用^[1-6]。在文献计量学中,研究前沿由一组共被引的核心论文及其引用这些核心论文的施引文献共同组成,通过核心论文和施引论文的数量和被引频次的角度,结合贡献度和影响度指标,二者叠加构成研究前沿热度指数^[7-10]。采用文献计量学方法,在识别国家/地区、机构和作者等的研究前沿和热点,揭示国家/地区、机构和作者的科研实力层面中得到广泛应用。例如中国科学院科技战略咨询研究院和科睿唯安共同发布的《2021 研究前沿热度指数》报告^[7],揭示了全球各国在基础研究领域的竞争力;姜宇星等^[11]、范丽鹏等^[12]、邹本涛等^[13]利用突变检测算法、内容分析、术语相似度等方法识别主要国家/地区、高产机构和高产作者在人工智能领域的研究前沿,揭示各主要国家/地区、机构和作者之间研究前沿的相似性及其合作关系;甘琳等^[14]通过文献计量方法,分析论证智库研究的国家政策变化与

学术前沿变化之间的关系。

天然橡胶是重要的工业原料,是国家战略物资。当前,天然橡胶产业持续低迷,国际天然橡胶产品供大于求,但我国天然橡胶的自给率仍不到 20%。而与此同时,国内高端和特殊用途的高性能胶却仍然几乎完全依赖进口。我国天然橡胶产业发展中的一些重大问题已逐渐凸显,天然橡胶科技创新的重大突破和应用极有可能再度引领产业发展和重塑产业结构,因此引领研究前沿热度活跃、追求研究创新卓越对于解决天然橡胶产业重大问题和保持产业持续原动力可能具有重要的参考价值^[15-17]。基于共被引分析,前期已经遴选出天然橡胶领域的研究前沿,揭示了该领域的最新发展动向和重要研究基础^[18-20]。为了进一步了解天然橡胶主要国家在各研究前沿的表现,本研究利用文献计量方法结合研究前沿热度指数,从农业与植物科学、生态与环境科学、化学与材料科学三大学科领域整体、各学科领域和特定研究前沿度量天然橡胶主要发文国家研究前沿热度指数,揭示天然橡胶主要发文国家在 12 个研究前沿 3 个层面的基础研究活跃程度,识别和分析天

然橡胶主要发文国家的科研核心竞争力, 解读和把握各国的优势和差距。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

本文基于 2012—2021 年的天然橡胶文献数据, 数据来源于 Web of Science 核心合集的 SCI-E (Science Citation Index Expanded) 和 SSCI (Social Sciences Citation Index) 数据库, 检索策略如下: TS=[“rubber tree*” or “Hevea” or “natur* rubber” or “natur* latex” or “nr latex” or “rubber latex” or “lactiferous plant” or “rubber yielding plant” or “rubber producing plant*” or “rubber producing crop*”] or [(“rubber”) and (“*Parthenium argentatum*” or “guayule” or “*Taraxacum brevicorniculatum*” or “dandelion” or “taraxacum” or “kok-saghyz” or “rubber dandelion” or “gutta” or “tapping” or “plantation*” or “yard” or “yield” or “productivity” or “garden” or “forest” or “NR” or “planting area*” or “planting” or “growing area*” or “growing state” or “intercrop*” or “interplanting” or “latex production” or “latex drainage” or “eucommia ulmoides gum”)] AND DT=(Article or Review)。数据检索日期为 2022 年 2 月 16 日, 检索获取 3754 篇文献, 去重后获得 3150 篇有效文献, 数据库更新日期为 2022 年 2 月 15 日。

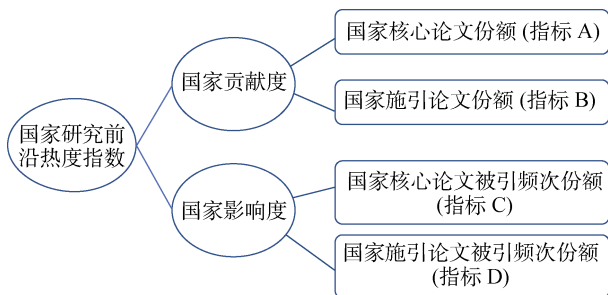


图 1 国家研究前沿热度指数指标体系

Fig. 1 Indicator system for Research Leadership Index (RLI)

1.2 研究方法

采用中国科学院科技战略咨询研究院的国家研究前沿热度指数指标体系^[7-10]为研究方法, 分析世界主要天然橡胶发文国家在农业与植物科学、生态与环境科学、化学与材料科学三大学科领域 12 个研究前沿的活跃程度及其变化趋势。建立天然橡胶国家研究前沿热度指数指标体系共由 3 层、7 个指标构成。其中, 国家贡献度和国家影响度属于第 1 级别指标; 第 2 级别指标分别由国家核心论文份额 (指标 A)、国家施引论文份

额 (指标 B)、国家核心论文被引频次份额 (指标 C) 和国家施引论文被引频次份额 (指标 D) 组成 (图 1)。中国及其他天然橡胶主要发文国家所在创新位势, 主要通过比较国家研究前沿热度指数的得分来获取。而对某个国家在该研究前沿的创新位势划分, 则主要根据国家研究前沿热度指数得分排名统计分析结果: 排名 1~3 为创新卓越位势国家; 排名 4~6 为创新前列位势国家; 排名 7~10 为创新行列位势国家; 排名 10 以后为创新追赶位势国家; 如果某国未发表该领域的核心论文和施引论文, 则该国在该前沿划分为空白位置^[9-10]。

2 结果与分析

2.1 天然橡胶国家研究前沿热度指数学科领域整体分析

2.1.1 三大学科领域整体活跃度分析 从三大学科领域整体层面, 测度分析天然橡胶主要国家研究前沿热度指数得分, 探讨各国在三大学科领域整体层面研究前沿中的活跃程度, 发现各国基础研究整体发展态势和相对表现。在三大学科领域整体层面, 中国最为活跃, 研究前沿热度指数得分为 9.49 分, 位居全球首位。美国以 6.15 分位居第 2。法国、德国、泰国、印度和马来西亚的研究前沿热度指数得分分别为 3.90、3.68、3.02、2.40 和 2.05, 排名 3~7, 法国、德国和泰国得分接近, 在同一个活跃梯级; 印度和马来西亚在同一个活跃梯级。日本、英国、西班牙、加拿大、韩国、巴西、意大利和印度尼西亚的国家研究前沿热度指数得分约在 0.40~1.70 之间, 排名第 8~15 (图 2, 表 1)。

国家研究前沿热度指数由国家贡献度和国家影响度组成, 国家研究前沿热度指数排名前 5 的国家在国家研究前沿热度指数、国家贡献度、国家影响度 3 个维度的得分排名基本一致, 但在国家贡献度指标中, 法国、德国和泰国位次互换。排名第 6~15 的国家在 3 个指标维度的排名也基本稳定, 只有个别位次略有不同 (表 1)。

2.1.2 各学科领域活跃度分析 从各学科领域来看, 中国在化学与材料科学领域的研究前沿热度指数得分排名第 1, 其他 2 个领域均排名第 2。美国在农业与植物科学、生态与环境科学 2 个领域排名第 1, 在化学与材料科学领域排名第 2。在三大学科领域的 12 个研究前沿中, 中国的研究前沿热度指数排名第 1 的前沿数为 7 个, 占 58.33%。



图 2 三大学科领域研究前沿热度指数 Top 15 国家的地理分布

Fig. 2 Geographic distribution of Research Leadership Index (RLI) of Top 15 countries in three broad research areas

表 1 三大学科领域 Top 15 国家研究前沿热度指数、国家贡献度和国家影响度

Tab. 1 Top 15 countries in three broad research areas with Research Leadership Index (RLI), Research Fronts Output Index (RFOI), Research Fronts Influence Index (RFII)

国家 Country	研究前沿热度指数 RLI		国家贡献度 RFOI		国家影响度 RFII	
	得分 Score	排名 Ranking	得分 Score	排名 Ranking	得分 Score	排名 Ranking
中国	9.49	1	5.23	1	4.26	1
美国	6.15	2	2.07	2	4.08	2
法国	3.90	3	1.86	5	2.04	3
德国	3.68	4	1.95	4	1.73	4
泰国	3.02	5	2.03	3	1.00	5
印度	2.40	6	1.42	6	0.98	7
马来西亚	2.05	7	1.17	7	0.88	9
日本	1.64	8	0.74	8	0.90	8
英国	1.52	9	0.53	10	0.98	6
西班牙	1.23	10	0.63	9	0.60	10
加拿大	1.02	11	0.46	11	0.55	11
韩国	0.96	12	0.43	13	0.53	12
巴西	0.87	13	0.45	12	0.42	13
意大利	0.74	14	0.37	14	0.37	14
印度尼西亚	0.44	15	0.27	15	0.17	15

美国、法国排名第 1 的前沿数均为 2 个，分别占 16.67%。德国有 1 个前沿排名第 1。中国、美国和法国排名第 1 的前沿占 91.67%，德国占 8.33%。中国、美国、法国和德国均有排名第 1 的研究前沿数；除中国外，发展中国家无排名第 1 的研究前沿数。三大学科领域中，中国在化学与材料科学领域排名第 1 的前沿数为 7 个，远远超过法国(2 个)、德国(1 个)和美国(0 个)，占据绝对优势。美国在农业与植物科学、生态与环境科学 2 个领域

排名第 1 的前沿数量均为 1 个(表 2，表 3)。

在三大学科领域的 12 个研究前沿中，中国研究前沿热度指数排名前 3 的前沿数为 12 个，占 100.00%。美国和法国热度指数排名前 3 的前沿数分别为 7 个和 6 个，分别占 58.33%和 50.00%。德国、泰国和印度均有 3 个前沿排名前 3，占 25.00%。马来西亚有 1 个前沿排名前 3，占 8.33%。从各学科领域来看，中国在三大学科领域中排名前 3 的前沿占比均为 100%，也就是说中国在三大学

表 2 三大学科领域整体及各领域的 Top 15 国家研究前沿热度指数

Tab. 2 Research Leadership Index (RLI) of Top 15 countries in three broad research areas with different areas

国家 Country	三大领域 Three broad research areas		农业与植物科学 Agricultural and plant sciences		生态与环境科学 Ecological and environmental sciences		化学与材料科学 Chemistry and materials science	
	得分 Score	排名 Ranking	得分 Score	排名 Ranking	得分 Score	排名 Ranking	得分 Score	排名 Ranking
中国	9.49	1	0.78	2	0.50	2	8.21	1
美国	6.15	2	0.88	1	0.70	1	4.58	2
法国	3.90	3	0.27	5	0.09	8	3.39	3
德国	3.68	4	0.43	3	0.08	9	3.13	4
泰国	3.02	5	0.05	12	0.04	12	2.66	5
印度	2.40	6	0.12	7	0.03	13	2.32	6
马来西亚	2.05	7	0.11	9	0.09	7	1.90	7
日本	1.64	8	0.16	6	0.38	3	1.17	9
英国	1.52	9	0.02	15	0.07	11	1.16	10
西班牙	1.23	10	0.07	11	0.22	6	1.18	8
加拿大	1.02	11	0.03	14	0.03	14	0.73	12
韩国	0.96	12	0.08	10	0.29	4	0.91	11
巴西	0.87	13	0.11	8	0.25	5	0.67	13
意大利	0.74	14	0.03	13	0.01	15	0.65	14
印度尼西亚	0.44	15	0.39	4	0.08	10	0.08	15

表 3 三大学科领域 Top 7 国家热度指数排名第 1 的前沿数量和占比

Tab. 3 Number and ratio of the Research Fronts (RFs) in which the respective Top 7 countries rank first in three broad research areas (based on RLI)

领域 Area	研究前沿数 No. of RFs	排名第 1 前沿数和占比 Number and ratio of ranking 1st RFs						
		中国 China	美国 USA	法国 France	德国 Germany	泰国 Thailand	印度 India	马来西亚 Malaysia
农业与植物科学	1	0(0)	1(100.00%)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
生态与环境科学	1	0(0)	1(100.00%)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
化学与材料科学	10	7(70.00%)	0(0)	2(20.00%)	1(10.00%)	0(0)	0(0)	0(0)
三大领域	12	7(58.33%)	2(16.67%)	2(16.67%)	1(8.33%)	0(0)	0(0)	0(0)

表 4 三大学科领域 Top 7 国家热度指数排名前 3 的前沿数量和占比

Tab. 4 Number and ratio of the Research Fronts (RFs) in which the respective Top 7 countries rank Top 3 in three broad research areas (based on RLI)

领域 Area	研究前沿数 No. of RFs	排名前 3 前沿数和占比 Number and ratio of ranking Top 3 RFs						
		中国 China	美国 USA	法国 France	德国 Germany	泰国 Thailand	印度 India	马来西亚 Malaysia
农业与植物科学	1	1(100.00%)	1(100.00%)	1(100.00%)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
生态与环境科学	1	1(100.00%)	1(100.00%)	0(0)	1(100.00%)	0(0)	0(0)	0(0)
化学与材料科学	10	10(100.00%)	5(50.00%)	5(50.00%)	2(20.00%)	3(30.00%)	3(30.00%)	1(10.00%)
三大领域	12	12(100.00%)	7(58.33%)	6(50.00%)	3(25.00%)	3(25.00%)	3(25.00%)	1(8.33%)

领域均保持绝对领先优势, 远超其他国家。美国在 3 个领域中排名前 3 的前沿占比均超过 50.00%, 其中占比最高的是农业与植物科学、生态与环境科学领域, 均为 100.00%, 这 2 个领域是美国的优势领域; 美国在化学与材料科学领域

的占比为 50.00%。法国在 3 个领域排名前 3 的前沿占比为 50.00%, 化学与材料科学领域排名前 3 的前沿占比为 50.00%, 农业与植物科学占比最高为 100.00%, 该领域是法国的优势领域; 法国在生态与环境科学领域无排名前 3 的前沿。德国在

3 个领域排名前 3 的前沿占比为 25.00%；在化学与材料科学领域排名前 3 的前沿占比为 20.00%；生态与环境科学占比最高为 100.00%，该领域是德国的优势领域；德国在农业与植物科学无排名前 3 的前沿。泰国、印度和马来西亚在 3 个领域排名前 3 的前沿占比分别为 25.00%、25.00%和 8.33%，这些国家均在化学与材料科学占比最高，分别为 30.00%、30.00%和 10.00%；泰印马在农业与植物科学、生态与环境科学无排名前 3 的前沿（表 4）。

2.2 天然橡胶国家研究前沿热度指数领域分析

2.2.1 农业与植物科学领域 在从特定学科或主题领域和特定研究前沿层面上，测度分析主要国家研究前沿热度指数得分，探讨各国在特定领域和特定研究前沿中的活跃程度，可以发现各国基础研究的主要领域和研究方向的竞争优势。在农业与植物科学领域，美国的研究前沿热度指数得分为 0.88，排名第 1，表现最活跃；中国得分为 0.78 分，位居第 2；法国、日本、泰国和德国的得分分别为 0.43、0.39、0.27 和 0.16，分列第 3~6 名。中国在国家贡献度、国家影响度，以及指标 A 和 D 均排

名第 1，而美国的热度指数和指标 B、C 排名第 1。法国、日本、泰国和德国在 7 个指标上排名略有波动。中美两国在农业与植物科学领域的表现突出，该领域有 1 个研究前沿，美国在研究前沿 1 “橡胶树基因组与天然橡胶生物合成”的热度指数得分排名第 1，中国排名第 2（表 5，表 6）。

2.2.2 生态与环境科学领域 在生态与环境科学领域，美国的研究前沿热度指数得分为 0.70，排名第 1；其次是中国(0.50)，排名第 2；德国(0.38)，印度尼西亚(0.29)，英国(0.25)和加拿大(0.22)，排名 3~6。中国和美国在国家贡献度、指标 A、B、D 上排名基本一致，均是中国第 1，美国排名第 2、2、2、3；但在国家影响度、指标 C 上美国排名第 1，中国排名第 3、4。该领域只有 1 个研究前沿，美国表现活跃，在研究前沿 1 “土地利用变化背景下橡胶人工林与生态环境”中的热度指数得分排名第 1，中国排名第 2（表 5，表 6）。

2.2.3 化学与材料科学领域 在化学与材料科学领域，中国的研究前沿热度指数得分为 8.21 分，约是美国的 1.8 倍，排名第 1，远远超过其他国家，表现非常突出；美国得分为 4.58 分，排名第 2；

表 5 三大学科领域 Top 6 国家 7 项指标得分和排名

Tab. 5 Score and ranking of Top 6 countries based on seven indicators in three broad research areas

领域 Area	国家 Country	得分和排名 Score and ranking						
		热度指数 RLI	国家贡献度 RFOI	国家影响度 RFII	A	B	C	D
农业与植 物科学	美国	0.88(1)	0.27(2)	0.61(1)	0.15(2)	0.12(2)	0.49(1)	0.12(3)
	中国	0.78(2)	0.51(1)	0.27(3)	0.20(1)	0.31(1)	0.02(4)	0.25(1)
	法国	0.43(3)	0.26(3)	0.17(4)	0.15(3)	0.11(3)	0.02(3)	0.16(2)
	日本	0.39(4)	0.10(6)	0.29(2)	0.06(5)	0.04(8)	0.25(2)	0.04(9)
	泰国	0.27(5)	0.19(4)	0.08(5)	0.11(4)	0.08(4)	0.00(5)	0.07(4)
	德国	0.16(6)	0.11(5)	0.05(7)	0.06(6)	0.04(5)	0.00(7)	0.05(6)
生态与环 境科学	美国	0.70(1)	0.26(2)	0.44(1)	0.17(2)	0.09(2)	0.30(1)	0.14(3)
	中国	0.50(2)	0.33(1)	0.17(3)	0.13(1)	0.20(1)	0.04(4)	0.13(1)
	德国	0.38(3)	0.24(3)	0.14(4)	0.12(3)	0.13(3)	0.02(3)	0.12(2)
	印度尼西亚	0.29(4)	0.17(4)	0.11(6)	0.08(5)	0.09(8)	0.02(2)	0.10(9)
	英国	0.25(5)	0.11(5)	0.14(5)	0.07(4)	0.04(4)	0.06(5)	0.08(4)
	加拿大	0.22(6)	0.04(9)	0.18(2)	0.02(6)	0.02(5)	0.16(7)	0.02(6)
化学与材 料科学	中国	8.21(1)	4.39(1)	3.82(1)	1.90(1)	2.49(1)	1.24(2)	2.57(1)
	美国	4.58(2)	1.54(5)	3.03(2)	0.99(2)	0.55(7)	2.23(1)	0.80(3)
	法国	3.39(3)	1.55(4)	1.84(3)	0.98(3)	0.57(6)	0.90(3)	0.93(2)
	德国	3.13(4)	1.60(3)	1.54(4)	0.96(4)	0.64(4)	0.88(4)	0.66(4)
	泰国	2.66(5)	1.76(2)	0.89(6)	0.81(5)	0.95(2)	0.30(9)	0.59(5)
	印度	2.32(6)	1.37(6)	0.95(5)	0.63(6)	0.74(3)	0.37(7)	0.59(6)

法国、德国、泰国和印度得分依次为 3.39、3.13、2.66 和 2.32, 排名 3~6。中国除指标 C 排名第 2 外, 其余 6 个指标均位列第 1; 其他国家的各指标排名变化较大(表 5)。在化学与材料科学领域的 10 个研究前沿中, 中国有 7 个前沿的研究前沿热度指数排名第 1, 在前沿 5、9 和 10 排名第 3;

美国无排名第 1 的研究前沿, 在前沿 1、2、4、9 和 10 排名第 2; 法国在前沿 3 和 9 排名第 1, 在前沿 2、6、7 排名第 3; 德国在前沿 10 排名第 1, 在前沿 5 排名第 2; 泰国在前沿 6 和 8 排名第 2, 在前沿 1 排名第 3; 印度在前沿 3 排名第 2, 在前沿 4 和 8 排名第 3(表 6, 表 7)。

表 6 各领域天然橡胶研究前沿基本信息

Tab. 6 Basic information of natural rubber Research Fronts (RFs) in different areas

领域 Area	序号 No.	研究前沿 Research Front	核心论文 Core paper	被引频次 Citation rate	平均出版年 Avg. pub. year
农业与植物科学	前沿 1	橡胶树基因组与天然橡胶生物合成	150	270 305	2013
生态与环境科学	前沿 1	土地利用变化背景下橡胶人工林与生态环境	179	226 521	2014
化学与材料科学	前沿 1	天然橡胶/二氧化硅复合材料及其制备方法与应用	160	20 107	2015
	前沿 2	自修复天然橡胶复合材料制备及其性能	155	33 011	2016
	前沿 3	天然橡胶/碳纳米管复合材料及其制备方法与应用	152	23 151	2009
	前沿 4	天然橡胶/石墨烯复合材料及其制备方法与应用	138	72 688	2013
	前沿 5	天然橡胶复合材料应变诱导结晶行为研究	101	16 195	2012
	前沿 6	天然橡胶/聚乳酸复合材料及其制备方法与应用	86	7879	2012
	前沿 7	废旧橡胶的回收和利用	83	10 373	2015
	前沿 8	天然橡胶/纳米微晶纤维素复合材料及其制备方法与应用	82	8501	2016
	前沿 9	硅烷偶联剂改性对天然橡胶复合材料性能的影响	57	41 265	2009
	前沿 10	天然橡胶形状记忆复合材料及其制备方法与应用	27	4256	2012

表 7 化学与材料科学领域 Top 6 国家在 10 个前沿的热度指数

Tab. 7 Top 6 countries with 10 Research Fronts (RFs) in the area of "Chemistry and materials science" (based on RLI)

类型和序号 Type and No.	研究前沿热度指数和排名 RLI ang ranking					
	中国 China	美国 USA	法国 France	德国 Germany	泰国 Thailand	印度 India
前沿 1	1.14(1)	0.45(2)	0.29(5)	0.23(6)	0.36(3)	0.15(7)
前沿 2	1.66(1)	0.43(2)	0.38(3)	0.12(6)	0.05(12)	0.13(4)
前沿 3	0.58(1)	0.22(6)	0.17(8)	0.33(4)	0.32(5)	0.46(2)
前沿 4	1.11(1)	0.82(2)	0.15(5)	0.14(7)	0.05(12)	0.27(3)
前沿 5	0.51(3)	0.37(4)	0.83(1)	0.69(2)	0.32(5)	0.11(9)
前沿 6	0.96(1)	0.30(5)	0.45(3)	0.21(6)	0.50(2)	0.13(8)
前沿 7	0.65(1)	0.17(7)	0.32(3)	0.05(13)	0.10(10)	0.20(5)
前沿 8	0.63(1)	0.33(4)	0.28(6)	0.05(12)	0.41(2)	0.38(3)
前沿 9	0.41(3)	0.44(2)	0.50(1)	0.10(9)	0.32(5)	0.35(4)
前沿 10	0.57(3)	1.04(2)	0.02(10)	1.23(1)	0.22(4)	0.14(5)
领域汇总	8.21(1)	4.58(2)	3.39(3)	3.13(4)	2.66(5)	2.32(6)

2.3 天然橡胶主要国家在学科领域的科研实力比较分析

2.3.1 各国各指标得分及其排名 在三大学科领域整体层面, 从总得分来看, 中国和美国研究前沿热度指数分别为 9.49 和 6.15, 国家贡献度分别为 5.23 和 2.07, 国家影响度分别为 4.26 和 4.08。从 7 个指标的对比可以看出, 仅美国的指标 C 超

过中国, 其他 5 个国家的各指标得分均低于中国。从排名来看, 中国在研究前沿热度指数、国家贡献度、国家影响度, 以及指标 A、B、D 6 个指标均排名第 1, 只有指标 C 排名第 2, 而美国排名第 1; 美国在热度指数、国家贡献度、国家影响度, 以及指标 A 4 个指标均排第 2; 法国在热度指数、国家影响度和指标 A、C 4 个指标排名第 3,

而指标 D 排名第 2；德国有 6 个指标排名第 4，而指标 B 排名第 3；泰国的指标 B 和国家贡献度排名分别为第 2 和第 3；印度的指标 B 排名第 4；马来西亚的各指标排名均较靠后（表 8）。指标 C 代表一个国家发表论文被各国引用的情况，发展中国家的核心论文影响力不如发达国家。分领域来看，在农业与植物科学领域，美国的热度指数

为 0.88，而中国为 0.78；在生态与环境科学领域，美国和中国的热度指数分别为 0.70 和 0.50；在化学与材料科学领域，中国和美国的热度指数分别为 8.21 和 4.58，而其他国家的热度指数均较低。因此，综合各指标可看出，在研究前沿位势上，美国与中国仍存在一定差距，而法国、德国、泰国、印度和马来西亚等国则与中国存在较大差距。

表 8 三大学科领域整体及各领域的主要国家 7 项指标对比

Tab. 8 Comparison of 7 indicators of major countries in three broad research areas with different areas

领域 Area	国家 Country	得分和排名 Score and ranking						
		热度指数 RLI	国家贡献度 RFOI	国家影响度 RFII	A	B	C	D
农业与植物 科学	中国	0.78(2)	0.51(1)	0.27(3)	0.20(1)	0.31(1)	0.02(4)	0.25(1)
	美国	0.88(1)	0.27(2)	0.61(1)	0.15(2)	0.12(2)	0.49(1)	0.12(3)
	法国	0.43(3)	0.26(3)	0.17(4)	0.15(3)	0.11(3)	0.02(3)	0.16(2)
	德国	0.16(6)	0.11(5)	0.05(7)	0.06(6)	0.04(5)	0.00(7)	0.05(6)
	泰国	0.27(5)	0.19(4)	0.08(5)	0.11(4)	0.08(4)	0.00(5)	0.07(4)
	印度	0.05(12)	0.03(12)	0.02(12)	0.01(13)	0.02(11)	0.00(13)	0.01(12)
	马来西亚	0.12(7)	0.06(8)	0.06(6)	0.03(9)	0.03(7)	0.00(6)	0.05(5)
生态与环境 科学	中国	0.50(2)	0.33(1)	0.17(3)	0.13(2)	0.20(1)	0.04(4)	0.13(2)
	美国	0.70(1)	0.26(2)	0.44(1)	0.17(1)	0.09(4)	0.30(1)	0.14(1)
	法国	0.08(9)	0.05(8)	0.03(9)	0.02(7)	0.03(8)	0.02(6)	0.01(14)
	德国	0.38(3)	0.24(3)	0.14(4)	0.12(3)	0.13(2)	0.02(5)	0.12(3)
	泰国	0.09(8)	0.07(6)	0.02(11)	0.03(6)	0.04(6)	0.00(11)	0.02(9)
	印度	0.04(12)	0.03(11)	0.01(14)	0.01(12)	0.02(9)	0.00(14)	0.01(12)
	马来西亚	0.03(13)	0.02(13)	0.01(13)	0.01(13)	0.02(12)	0.00(13)	0.01(13)
化学与材料 科学	中国	8.21(1)	4.39(1)	3.82(1)	1.90(1)	2.49(1)	1.24(2)	2.57(1)
	美国	4.58(2)	1.54(5)	3.03(2)	0.99(2)	0.55(7)	2.23(1)	0.80(3)
	法国	3.39(3)	1.55(4)	1.84(3)	0.98(3)	0.57(6)	0.90(3)	0.93(2)
	德国	3.13(4)	1.60(3)	1.54(4)	0.96(4)	0.64(4)	0.88(4)	0.66(4)
	泰国	2.66(5)	1.76(2)	0.89(6)	0.81(5)	0.95(2)	0.30(9)	0.59(5)
	印度	2.32(6)	1.37(6)	0.95(5)	0.63(6)	0.74(3)	0.37(7)	0.59(6)
	马来西亚	1.90(7)	1.08(7)	0.81(7)	0.46(7)	0.62(5)	0.27(11)	0.55(7)
三大领域	中国	9.49(1)	5.23(1)	4.26(1)	2.23(1)	3.00(1)	1.30(2)	2.96(1)
	美国	6.15(2)	2.07(2)	4.08(2)	1.31(2)	0.76(5)	3.02(1)	1.06(3)
	法国	3.90(3)	1.86(5)	2.04(3)	1.15(3)	0.71(6)	0.94(3)	1.10(2)
	德国	3.68(4)	1.95(4)	1.73(4)	1.14(4)	0.81(3)	0.91(4)	0.83(4)
	泰国	3.02(5)	2.03(3)	1.00(5)	0.95(5)	1.08(2)	0.31(10)	0.68(5)
	印度	2.40(6)	1.42(6)	0.98(7)	0.64(6)	0.78(4)	0.37(7)	0.61(6)
	马来西亚	2.05(7)	1.17(7)	0.88(9)	0.50(7)	0.67(7)	0.27(12)	0.61(7)

2.3.2 各国创新位势比较分析 在三大领域的 12 个前沿中，中国在 12 个前沿（100.00%）均进入创新卓越位势；美国有 7 个前沿（58.33%）处于创新卓越位势，4 个前沿（33.33%）在创新前列，1 个前沿（8.33%）在创新行列；法国有 6 个

前沿（50.00%）处于创新卓越位势，各有 3 个前沿（25.00%）处于创新前列和创新行列；德国和泰国均有 3 个前沿（25.00%）处于创新卓越位势，5 个前沿（41.67%）处于创新前列，2 个前沿（16.67%）处于创新行列和创新追赶；印度有 3

个前沿 (25.00%) 处于创新卓越位势, 3 个 (25.00%) 创新行列前沿; 马来西亚有 1 个前沿 (8.33%) 处于创新卓越位势, 5 个 (41.67%) 创新行列前沿; 印度和马来西亚均有 4 个 (33.33%) 创新前列和 2 个 (16.67%) 创新追赶前沿。7 个国家均无处于空白状态的前沿。美国和法国的 12 个 (100.00%) 前沿均处于创新行列及以上 (包括创新卓越、创新前列和创新行列)。德国、泰国、印度和马来西亚均有 10 个 (83.33%) 前沿处于创

新行列及以上, 只有 2 个前沿 (16.67%) 为创新追赶 (表 9)。

分领域来看 (表 9), 中国在三大领域均处于创新卓越位势, 这 3 个领域均是中国的优势领域; 农业与植物科学领域, 美国和法国均有 1 个前沿处于创新卓越, 德国和泰国均有 1 个前沿处于创新前列, 马来西亚有 1 个前沿处于创新行列, 印度有 1 个前沿处于创新追赶状态。生态与环境科学领域, 美国和德国均有 1 个前沿处于创新卓越,

表 9 三大学科领域整体及各领域的主要国家研究前沿创新位势

Tab. 9 Research Fronts (RFs) innovation position of major countries in 3 broad research areas with different areas

领域 Area	研究 前沿数 No. of RFs	国家 Country	创新卓越前沿 Excellent level fronts		创新前列前沿 Outstanding level fronts		创新行列前沿 Perfect level fronts		创新追赶前沿 Catching up level fronts		空白数 Number of blanks
			数量 Number	占比 Ratio/%	数量 Number	占比 Ratio/%	数量 Number	占比 Ratio/%	数量 Numbers	占比 Ratios/%	
			农业与 植物科 学	1	中国	1	100.00	0	0	0	
		美国	1	100.00	0	0	0	0	0	0	0
		法国	1	100.00	0	0	0	0	0	0	0
		德国	0	0	1	100.00	0	0	0	0	0
		泰国	0	0	1	100.00	0	0	0	0	0
		印度	0	0	0	0	0	0	1	100.00	0
		马来 西亚	0	0	0	0	1	100.00	0	0	0
生态与 环境科 学	1	中国	1	100.00	0	0	0	0	0	0	0
		美国	1	100.00	0	0	0	0	0	0	0
		法国	0	0	0	0	0	0	1	100.00	0
		德国	1	100.00	0	0	0	0	0	0	0
		泰国	0	0	0	0	0	0	1	100.00	0
		印度	0	0	0	0	0	0	1	100.00	0
		马来 西亚	0	0	0	0	0	0	1	100.00	0
化学与 材料科 学	10	中国	10	100.00	0	0	0	0	0	0	0
		美国	5	50.00	4	40.00	1	10.00	0	0	0
		法国	5	50.00	3	30.00	2	20.00	0	0	0
		德国	2	20.00	4	40.00	2	20.00	2	20.00	0
		泰国	3	30.00	4	40.00	1	10.00	2	20.00	0
		印度	3	30.00	4	40.00	3	30.00	0	0	0
		马来 西亚	1	10.00	4	40.00	4	40.00	1	10.00	0
三大领 域	12	中国	12	100.00	0	0	0	0	0	0	0
		美国	7	58.33	4	33.33	1	8.33	0	0	0
		法国	6	50.00	3	25.00	3	25.00	0	0	0
		德国	3	25.00	5	41.67	2	16.67	2	16.67	0
		泰国	3	25.00	5	41.67	2	16.67	2	16.67	0
		印度	3	25.00	4	33.33	3	25.00	2	16.67	0
		马来 西亚	1	8.33	4	33.33	5	41.67	2	16.67	0

法国、泰国、印度和马来西亚均有 1 个前沿均处于创新追赶态势。化学与材料科学领域，处于创新卓越位势的国家前沿数中，美国和法国均有 5 个，泰国和印度均有 3 个，德国 2 个，马来西亚 1 个；处于创新前列的国家前沿数中，美、德、泰、印和马均有 4 个，法国 2 个；处于创新行列的国家前沿数中，马来西亚有 4 个，印度 3 个，法国和德国均 2 个，美国和泰国均 1 个；德国和泰国均有 2 个前沿处于创新追赶状态，马来西亚则有 1 个前沿处于创新追赶状态。

3 讨论

本研究通过对天然橡胶主要国家研究前沿的定量数据进行比较分析，结果表明，中国的研究前沿热度指数得分位居全球首位，美国位居第 2，法德泰印马排名第 3~7。中国在 12 个研究前沿上已经处于较高的创新位势，当前的 100% 研究前沿均已经进入创新卓越位势；美国和法国分别有 58.33% 和 50.00% 的研究前沿处于创新卓越，并且分别有 41.67% 和 50.00% 的研究前沿处于创新前列和创新行列；德国、泰国、印度、马来西亚与中国、美国、法国在前沿研究上有较大差距，德国、泰国、印度均有 25.00% 的前沿处于创新卓越，而马来西亚仅有 8.33% 的前沿处于创新卓越；德国、泰国均有 58.34% 的前沿处于创新前列和创新行列，印度和马来西亚分别有 58.33% 和 75.00% 的前沿处于创新前列和创新行列；德国、泰国、印度和马来西亚仍分别有 16.67% 的创新追赶前沿。

中国在不同的学科领域的发展较为均衡，3 个学科领域均进入创新卓越状态，这 3 个领域是中国当前和未来的优势领域。农业与植物科学领域，美国、法国均进入创新卓越位势，德国、泰国和马来西亚进入创新前列和创新行列水平，而印度仍处在创新追赶状态。生态与环境科学领域，美国、德国均进入创新卓越，法国、泰国、印度和马来西亚仍处在创新追赶状态。化学与材料科学领域，美国和法国均有 5 个前沿（50.00%），泰国和印度均有 3 个前沿（30.00%），德国 2 个前沿（20.00%），马来西亚有 1 个前沿（10.00%）进入创新卓越位势；美国和法国在 5 个研究前沿（50.00%）、印度在 7 个研究前沿（70.00%）上已经进入创新前列和创新行列。德国在 6 个（60.00%），泰国在 5 个（50.00%），马来西亚在

8 个（80.00%）研究前沿上已经进入了创新前列和创新行列，但仍分别有 2 个（20.00%）、2 个（20.00%）和 1 个（10.00%）研究前沿仍处在创新追赶状态。

天然橡胶主要国家研究前沿活跃度与各国经济水平密切相关，中国已经成为世界天然橡胶研究的主要国家，在 3 个领域均处于较高的创新位势。美国和法国的绝大多数研究前沿处于较高的创新位势，且有 50% 以上的研究前沿处于创新卓越。作为发达国家的德国，与东南亚主要产胶国泰国、印度和马来西亚的创新位势相近，均有 80% 以上的研究前沿处于创新行列及以上，但在不同学科领域表现有差异，德国、泰国、马来西亚在农业与植物科学领域表现较好，印度稍落后；德国在生态与环境科学领域表现较好，法国、泰国、印度、马来西亚稍落后；各国在化学与材料科学领域表现均衡，印度略优于德国、泰国、马来西亚。

参考文献

- [1] PRICE D J D S. Networks of scientific papers: the pattern of bibliographic references indicates the nature of the scientific research front[J]. *Science*, 1965, 149(3683): 510-515.
- [2] SZOMSZOR M, PENDLEBURY D, ROGERS G. Identifying research fronts in the web of science: from metrics to meaning[R/OL]. (2020-09-17)[2021-06-29]. <https://clarivate.com/webofsciencelibrary/campaigns/identifying-research-fronts-in-the-web-of-science-from-metrics-to-meaning>, 2020.
- [3] GARFIELD E. Citation indexes for retrieval and research evaluation[C]. *Consensus Conference on the Theory and Practice of Research Assessment*, Capri, October 7, 1996, the Scientist®.
- [4] 罗瑞, 许海云, 董坤. 领域前沿识别方法综述[J]. *图书情报工作*, 2018, 62(23): 119-131.
LUO R, XU H Y, DONG K. A review of the main recognition methods of frontier research[J]. *Library and Information Service*, 2018, 62(23): 119-131. (in Chinese)
- [5] 许海云, 刘亚辉, 罗瑞. 突破性科学创新早期识别研究综述[J]. *情报理论与实践*, 2021, 44(4): 198-205.
XU H Y, LIU Y H, LUO R. A review on early identification of science breakthrough[J]. *Information Studies: Theory & Application*, 2021, 44(4): 198-205. (in Chinese)
- [6] 张迪, 冷伏海. 基于施引论文的研究前沿追踪方法与实证研究[J]. *情报科学*, 2020, 38(4): 62-69.
ZHANG D, LENG F H. Research front tracking method and empirical research based on citing papers[J]. *Information Science*, 2020, 38(4): 62-69. (in Chinese)

- [7] 中国科学院科技战略咨询研究院, 科睿唯安. 2021 研究前沿热度指数[R/OL]. (2021-12-08)[2022-06-17]. <http://www.casisd.cn/zkcg/zxcg/202112/P020211208408812341333.pdf>. Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Clarivate Analytics. Research fronts 2021: active fields, leading countries[R/OL]. (2021-12-08)[2022-06-17]. <http://www.casisd.cn/zkcg/zxcg/202112/P020211208408812341333.pdf>. (in Chinese)
- [8] 中国科学院科技战略咨询研究院, 科睿唯安. 2020 研究前沿热度指数[R/OL]. (2020-11-14)[2022-06-17]. <http://www.casisd.cn/zkcg/zxcg/202011/P020201114578547691796.pdf>. (in Chinese)
Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Clarivate Analytics. Research fronts 2020: active fields, leading countries[R/OL]. (2020-11-14)[2022-06-17]. <http://www.casisd.cn/zkcg/zxcg/202011/P020201114578547691796.pdf>. (in Chinese)
- [9] 周秋菊, 冷伏海. 中美科研实力比较研究: 基于《2019 研究前沿》的分析[J]. 中国科学基金, 2021, 35(1): 112-121.
ZHOU Q J, LENG F H. A comparative study of China and the United States scientific research strength: based on the analysis of "Research Frontiers 2019"[J]. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2021, 35(1): 112-121. (in Chinese)
- [10] 周秋菊, 冷伏海. 中美科研实力比较研究: 基于《2018 研究前沿》的分析[J]. 中国科学基金, 2019, 33(1): 99-104.
ZHOU Q J, LENG F H. A comparative study of scientific research strength between China and the United States: an analysis based on "Research Frontiers 2018"[J]. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2019, 33(1): 99-104. (in Chinese)
- [11] 姜宇星, 王曰芬, 范丽鹏, 余厚强. 人工智能研究前沿识别与分析: 基于主要国家(地区)对比研究视角[J]. 情报理论与实践, 2019, 42(9): 8-15.
JIANG Y X, WANG Y F, FAN L P, YU H Q. Identification and analysis of research front in artificial intelligence: a perspective based on comparative study of major countries (regions)[J]. Information Studies: Theory & Application, 2019, 42(9): 8-15. (in Chinese)
- [12] 范丽鹏, 余厚强, 姜宇星, 王曰芬. 人工智能研究前沿识别与分析: 基于高产机构对比研究视角[J]. 情报理论与实践, 2019, 42(9): 16-21.
FAN L P, YU H Q, JIANG Y X, WANG Y F. Identification and analysis of research front in artificial intelligence: from a perspective of the comparative study among highly productive institutions[J]. Information Studies: Theory & Application, 2019, 42(9): 16-21. (in Chinese)
- [13] 邹本涛, 王曰芬, 曹嘉君, 余厚强. 人工智能研究前沿识别与分析: 基于高产作者多属性综合研究视角[J]. 情报理论与实践, 2019, 42(9): 22-27.
ZOU B T, WANG Y F, CAO J J, YU H Q. Identification and analysis of research front in artificial intelligence: a perspective based on multi-attribute comprehensive study of highly productive authors[J]. Information Studies: Theory & Application, 2019, 42(9): 22-27. (in Chinese)
- [14] 甘琳, 李刚. 国家政策与学术前沿的嬗变——2016年前后智库研究文献的比较分析[J]. 图书情报知识, 2020(1): 63-73, 93.
GAN L, LI G. National policies and the evolution of academic frontiers: comparative analysis on think tank research in China around 2016[J]. Documentation, Information & Knowledge, 2020(1): 63-73, 93. (in Chinese)
- [15] 国家天然橡胶产业技术体系. 中国现代农业产业可持续发展战略研究: 天然橡胶分册[M]. 北京: 中国农业出版社, 2016: 11-35.
National Technical System of Natural Rubber Industry. Research on sustainable development of China agriculture research system: natural rubber[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2016: 11-35. (in Chinese)
- [16] 刘锐金, 伍薇, 罗微. 海南省天然橡胶产业展望与战略研究[M]. 北京: 中国农业出版社, 2021: 84-101.
LIU R J, WU W, LUO W. Outlook and development strategy for natural rubber industry in Hainan province[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2021: 84-101. (in Chinese)
- [17] 中国热带农业科学院. 中国热带作物学科发展研究[M]. 北京: 科学出版社, 2015: 1-21.
Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences. China tropical crops subject development research[M]. Beijing: Science Press, 2015: 1-21. (in Chinese)
- [18] 李一萍, 茶正早, 王大鹏. 基于科学计量的天然橡胶学科领域前沿热点分析[J]. 热带作物学报, 2020, 41(12): 2571-2581.
LI Y P, CHA Z Z, WANG D P. Analysis on subject domain of fronts and hotspots in natural rubber by scientometrics[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2020, 41(12): 2571-2581. (in Chinese)
- [19] 李一萍, 茶正早, 李玉萍, 王大鹏. 天然橡胶研究前沿及其演进的可视化分析[J]. 热带作物学报, 2019, 40(4): 793-806.
LI Y P, CHA Z Z, LI Y P, WANG D P. Visual analysis on the research frontiers and evolution of natural rubber[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2019, 40(4): 793-806. (in Chinese)
- [20] 李一萍, 茶正早, 张慧坚, 王大鹏. 基于知识图谱的天然橡胶研究热点计量分析[J]. 热带作物学报, 2018, 39(6): 1206-1217.
LI Y P, CHA Z Z, ZHANG H J, WANG D P. Quantitative analysis of research hotspots on natural rubber based on science mapping[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2018, 39(6): 1206-1217. (in Chinese)