

# 基于文献计量的生物柴油研究发展态势分析

张 波<sup>1</sup>, 王金平<sup>2</sup>

(1.中国科学院 青岛生物能源与过程研究所, 山东 青岛 266101; 2.中国科学院 国家科学图书馆兰州分馆/中国科学院 资源环境科学信息中心, 甘肃 兰州 730000)

**摘要:** 利用 Thomson Data Analyzer 和 NetDraw 等分析工具, 结合 Pathfinder 算法, 对 SCIE 数据库中国际生物柴油研究相关文献进行统计分析发现: 全球生物柴油研究论文年际间总体呈增长的趋势。研究主题主要集中在能源与燃料、工程、化学、生物技术与应用微生物学、农业等领域。美国、中国和印度等国在生物柴油研究领域的论文综合影响力较高, 日本、土耳其、美国等国在生物柴油研究领域的论文质量较高, 美国是全球生物柴油研究合作网络的中心, 其次是中国和马来西亚。美国农业科学研究院、印度理工学院和清华大学等机构在生物柴油研究领域的论文综合影响力和论文质量较高。我国在生物柴油研究领域的发文量和总被引次数上具有明显的优势, 但在论文篇均被引频次指标上有待继续提高。

**关键词:** 生物柴油; 文献计量; 情报研究; 研究进展

**中图分类号:** TK6; G255 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-5292(2014)08-1195-06

**DOI:** 10.13941/j.cnki.21-1469/tk.2014.08.021

## 0 前言

化石能源的发展促进了人类文明的极大进步, 统计数据表明, 人类所使用的能源有 88% 来自于化石燃料<sup>[1]</sup>。然而, 化石能源的大量消耗使人类面临能源短缺和全球变暖两大危机, 因此开发可再生新能源和减少二氧化碳排放成为 21 世纪的重要任务。

生物柴油是以小桐子和大豆等油料作物、动物油脂、餐饮废油以及工程微藻为原料, 利用化学方法制备出的一种液体燃料。与石油制备的普通柴油相比, 生物柴油是一种清洁的可再生资源, 它有高十六烷值; 硫和芳烃含量低, 污染少; 分子中含有氧, 有助于燃烧, 降低了 CO<sub>2</sub> 的排放量; 较高的闪点, 使用较安全; 较好的低温启动性。

目前, 生物柴油主要是通过酯交换法生产的第一代生物柴油, 即通过植物油、动物油脂、餐饮废弃的地沟油等原料中的脂肪酸甘油三酯与低分子的醇发生酯交换反应, 生成脂肪酸单酯。第二代生物柴油即以动植物油脂为原料通过催化加氢工艺生产的非脂肪酸甲酯生物柴油。第二代生物柴油结构与石化柴油更加接近, 具有优异的调和性能, 较低的密度和黏度, 高的十六烷值和更低的浊点。因为第二代生物柴油制备的材料仅限于油脂,

研究者又对非油脂类和微生物油脂进行试验并成功研制了生物柴油, 这被称作第三代生物柴油<sup>[2]</sup>。

美国科学信息研究所 (Institute for Scientific Information, ISI) 的科学引文索引扩展版 SCIE 数据库收录了世界各学科领域内最优秀的科技期刊, 其收录的论文能够反映科学前沿的发展动态<sup>[3]</sup>。文献计量学是借助文献的各种特征的数量, 采用数学与统计学方法来描述评价和预测科学技术的现状与发展趋势的图书情报学分支学科<sup>[4]</sup>。本文从文献计量学出发的角度, 对国际生物柴油研究的发展态势和研究热点进行分析, 以期对相关研究工作提供一些参考和帮助。

## 1 数据来源和分析工具

本文文献信息来自于美国信息科学研究所的 SCIE 数据库, 以“biodiesel” or “bio-diesel” 为主题检索, 得到 9 681 篇相关文献, 文献类型为 ARTICLE, PROCEEDINGS PAPER 和 REVIEW, 检索日期为 2013 年 5 月 21 日。主要利用美国 Thomson 公司集团旗下的 Thomson Data Analyzer 数据分析工具、美国肯塔基州立大学 Gatton 商学与经济学院管理系 Steve Borgatti 教授开发的社会网络软件 Netdraw 进行文献数据挖掘和可视化分析。

## 2 生物柴油研究论文的概况

收稿日期: 2013-07-01。

基金项目: 中国科学院国家科学图书馆青岛生物能源所学科战略情报研究特色分馆建设项目 (0912101109)。

作者简介: 张 波 (1981-), 男, 山东诸城人, 硕士, 主要从事生物能源及相关领域的战略情报研究工作。E-mail: zhangbo@qibebt.ac.cn

2.1 论文数量年度变化情况

1991~2013 年全球生物柴油研究论文数量年度间总体呈增长的趋势,如图 1 所示,全球生物柴油研究可以分为 3 个阶段:第一个阶段为 1991~2004 年,年度发文量维持在 100 篇以下,处于基础发展阶段;第二个阶段为 2005~2008 年,年度发文量在 156~811 篇,处于较快发展阶段;第三个阶段为 2009~2012 年,年度发文量在 1 147~2 138 篇,处于高速发展阶段。

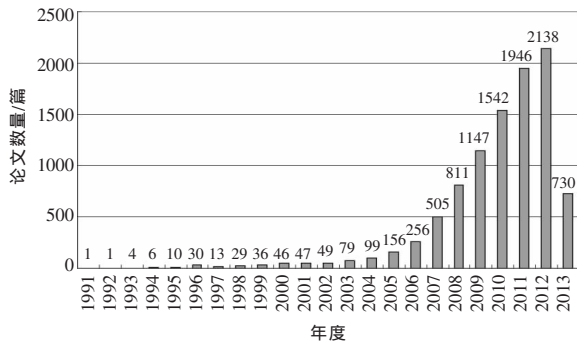


图 1 1991~2013 年生物柴油研究论文年度发展态势  
Fig.1 Annual global changes in the number of papers on biodiesel research, 1991~2013

2.2 研究主题整体分析

根据 ISI 数据库对期刊的学科分类,对 1991~2013 年全球生物柴油研究论文的主要研究领域进行了分析,排名前 10 位的主题领域见表 1,其中,能源与燃料、工程、化学、生物技术与应用微生物学、农业等研究领域的论文数量超过了 1 000 篇,图 2 显示了在生物柴油研究领域论文涉及的主要学科所占的比例情况。

表 1 1991~2013 年生物柴油研究主要涉及的学科类别  
Table 1 Top10 subject categories of papers on biodiesel research, 1991~2013

序号	学科领域	论文数量/篇
1	能源与燃料	3 982
2	工程	3 782
3	化学	2 441
4	生物技术与应用微生物学	1 923
5	农业	1 507
6	环境科学与生态学	976
7	食品科学与技术	574
8	热力学	505
9	生物化学与分子生物学	412
10	材料科学	172

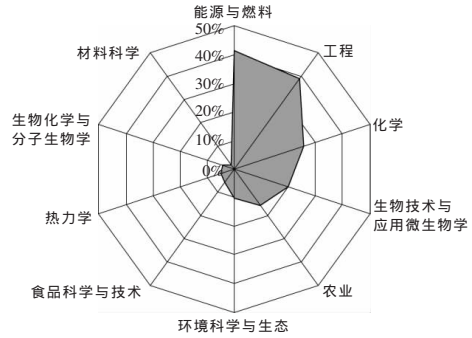


图 2 1991~2013 年生物柴油研究涉及的主要学科领域的比例

Fig.2 The proportion of papers on biodiesel research by major subject category, 1991~2013

2.3 主要关键词分析

根据论文的关键词(基于著者关键词)词频分析,1991~2013 年生物柴油领域的研究主要集中在生物柴油、酯基转移、生物燃料、丙三醇、微藻、排放、酯化作用、脂肪酸甲酯、脂肪酶、柴油机、植物油、甲基酯、生物质、乙醇和脂肪酸等方面(图 3)。

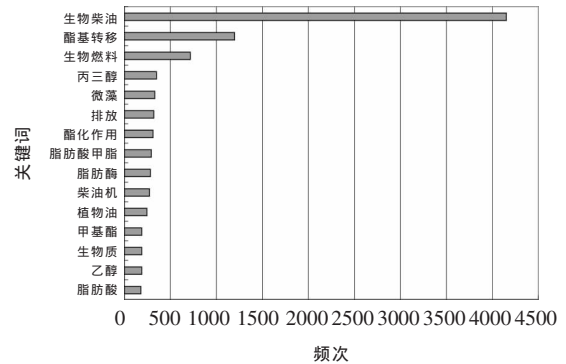


图 3 1991~2013 年生物柴油研究论文主要主题词词频统计

Fig.3 The frequency of the top15 keywords in papers on biodiesel research, 1991~2013

2.4 主要期刊分析

1991~2013 年生物柴油研究论文数量排名前 10 位的期刊见表 2, 这些期刊主要集中在能源与燃料领域。

表 2 1991~2013 年生物柴油研究主要出版物排名  
Table 2 The top10 journals on biodiesel research, 1991~2013

序号	期刊	论文数量/篇
1	Bioresource Technology	665
2	Fuel	588
3	Energy Fuels	476
4	Biomass & Bioenergy	270

续表 2

序号	期刊	论文数量/篇
5	Journal of the American Oil Chemists' Society	232
6	Fuel Processing Technology	228
7	Industrial & Engineering Chemistry Research	205
8	Applied Energy	187
9	Renewable and Sustainable Energy Reviews	187
10	Renewable Energy	165

### 3 主要国家和机构研究情况分析

#### 3.1 主要国家分析

按照全部作者统计,1991~2013 年全球生物柴油研究领域发文排名前 10 位的国家见表 3,其中,美国发文量居全球首位,总计有 1 711 篇论文,约占全部论文的 17.67%,在该研究领域占据主导地位;中国发文量居第 2 位,共有 1 160 篇论文,约占全部论文的 11.98%。

表 3 1991~2013 年生物柴油研究论文主要国家分布情况  
Table 3 The top10 countries with the number of papers on biodiesel, 1991~2013

序号	国家	发文量/篇	总被引次数/次	篇均被引频次/次·篇 <sup>-1</sup>
1	美国	1 711	34 024	19.89
2	中国	1 160	15 148	13.06
3	巴西	1 035	8 151	7.88
4	印度	869	13 019	14.98
5	西班牙	486	7 983	16.43
6	土耳其	465	10 720	23.05
7	马来西亚	383	3 912	10.21
8	日本	358	8 908	24.88
9	英国	344	5 626	16.35
10	德国	297	4 879	16.42

在发文量前 10 位的国家中,美国、中国、印度和土耳其等国家的论文总被引次数较高,均超过了 10 000 次;日本、土耳其、美国等国家的论文篇均被引频次较高,论文质量较高。

上述 10 个国家的论文数量在 2003~2012 年随时间的变化趋势见图 4。在 2003~2012 年,美国、中国、巴西、印度、西班牙论文数量总体呈增长的趋势;日本的发文量总体呈先上升后下降的趋势,以 2009 年的发文量最高;土耳其、马来西亚、英国和德国发文量年间有起伏,但都以 2011 年的发文量最高。

从主要国家最关注的前 10 个主题词来看(表 4),美国、中国、西班牙、马来西亚、英国都开展了微藻生物柴油研究,印度和德国开展了利用麻疯树制造生物柴油的研究,巴西开展了利用大豆油

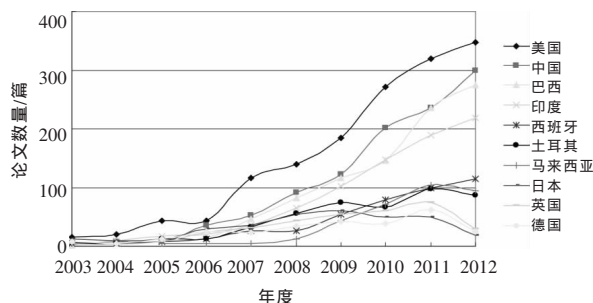


图 4 2003~2012 年主要国家生物柴油研究论文数量年度变化态势

Fig.4 Annual changes of papers in top10 countries on biodiesel research, 2003~2012

生产生物柴油的研究,马来西亚对棕榈油制造生物柴油的研究较多,这与当地的生物资源直接相关。

表 4 主要国家最关注的生物柴油研究主题词  
Table 4 The main keywords of papers on biodiesel research in top10 countries

国家	最受关注的关键词
美国	生物柴油、生物燃料、酯基转移、藻类、微藻、脂肪酸甲酯、柴油、丙三醇、脂肪酸、甲基酯
中国	生物柴油、酯基转移、酯化作用、脂肪酶、微藻、生物燃料、柴油、排放、丙三醇、脂质
巴西	生物柴油、酯基转移、生物燃料、丙三醇、酯化作用、脂肪酶、植物油、乙醇、大豆油、柴油
印度	生物柴油、酯基转移、麻疯树、排放、生物燃料、柴油机、性能、酯化作用、燃烧、脂肪酸甲酯
西班牙	生物柴油、酯基转移、生物燃料、脂肪酸甲酯、丙三醇、葵花籽油、柴油机、微藻、酯化作用、柴油
土耳其	生物柴油、柴油机、酯基转移、排放、可替代燃料、发动机性能、废气排放、植物油、生物燃料、性能
马来西亚	生物柴油、酯基转移、棕榈油、最优化、非均相催化剂、生物燃料、甲基酯、废食用油、排放、微藻
日本	生物柴油、酯基转移、脂肪酶、甲醇解、脂肪酸甲酯、丙三醇、酯化作用、生物催化剂、全细胞生物催化剂、氧化稳定性
英国	生物柴油、生物燃料、排放、酯基转移、微藻、酯化作用、氢、稳定性、柴油机、生物乙醇、柴油
德国	生物柴油、生物燃料、麻疯树、丙三醇、生物量、3-丙二醇、脂肪酸甲酯、生物能源、佛波醇酯、酯基转移

随着大科学时代的到来,各科研领域国际间合作成为大势所趋,生物柴油研究也不例外,呈现出较强的国际合作态势。图 5 反映的是生物柴油

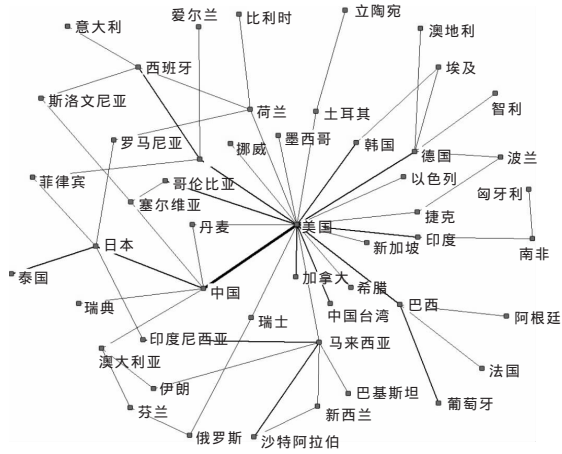


图5 发文量前50位国家生物柴油研究合作情况

Fig.5 Research collaboration among the top50 countries based on the number of papers on biodiesel research

研究发文量前50位国家的合作情况,该图以经过 Pathfinder 算法优化的数据为基础,使用 NetDraw 软件实现。使用 Pathfinder 算法对数据进行优化处理消除了网络节点之间较为错综复杂而又相对次要的关联,提取出主要的关联关系,从而能够反映各国家之间的主要联系。从图5可以看出,美国在国际间合作中表现最为突出,是全球生物柴油研究合作网络的中心,中国和马来西亚在生物柴油研究国际间合作中处于次级中心地位;中国在生物柴油研究上的主要合作伙伴是美国、日本等国家。

3.2 主要机构分析

按照全部作者统计,1991~2013年全球生物柴油研究领域发文排名前10位的机构见表5,其中,美国、印度和西班牙各有1个机构,中国和马

表5 1991~2013年生物柴油研究论文主要机构分布情况  
Table 5 The top10 institutions with the number of papers on biodiesel, 1991~2013

序号	机构	所属国家	发文量篇	总被引次数/次	篇均被引频次/次·篇 <sup>-1</sup>
1	美国农业科学研究院	美国	193	5 122	26.54
2	中国科学院	中国	186	1 944	10.45
3	印度理工学院	印度	130	4 611	35.47
4	马来西亚理科大学	马来西亚	128	1 742	13.61
5	清华大学	中国	124	3 439	27.73
6	马来亚大学	马来西亚	100	1 057	10.57
7	圣保罗大学	巴西	96	436	4.54
8	里约热内卢联邦大学	巴西	87	1 059	12.17
9	金边大学	巴西	85	694	8.16
10	卡斯蒂利亚拉曼查大学	西班牙	78	1 316	16.87

来西亚各有2个机构,巴西有3个机构。在发文量较高的机构中,美国农业科学研究院、印度理工学院和清华大学的论文总被引次数较高;印度理工学院、清华大学和美国农业科学研究院的论文篇均被引频次较高。

从主要机构最关注的10个主题词来看,跟国家情况类似,各国的主要研究机构基本根据本国可利用和发展的优势生物资源开展生物柴油研究和开发工作,见表6。

表6 主要研究机构最关注的生物柴油研究主题词  
Table 6 The main keywords of papers on biodiesel research in top10 institutions

机构	最受关注的关键词
美国农业科学研究院	生物柴油、酯基转移、脂肪酸甲酯、混浊点、运动粘度、氧化稳定性、生物燃料、柴油燃料、燃料特性、抗氧化剂
中国科学院	生物柴油、微生物脂质、酯基转移、微藻、脂肪酸、离子液、油脂酵母、生物燃料、脂质、微生物油
印度理工学院	生物柴油、酯基转移、麻疯树、卡兰贾油、生物燃料、发动机性能、植物油、抗氧化剂、排放、脂肪酸甲酯
马来西亚理科大学	生物柴油、酯基转移、棕榈油、非均相催化剂、甲基酯、生物燃料、微藻、最优化、脂肪酸甲酯、反应曲面分类研究法
清华大学	生物柴油、酯基转移、脂肪酶、甲醇分解作用、原始小球藻、动力学、超临界甲醇、生物燃料、稳定性、微藻
马来亚大学	生物柴油、棕榈油、酯基转移、排放、可再生能源、最优化、酸值、腐蚀、柴油、麻疯树
圣保罗大学	生物柴油、脂肪酶、丙三醇、生物燃料、脂肪酸、巴苏仁油、乙醇、固定、牛脂、生物量
里约热内卢联邦大学	生物柴油、酯化作用、丙三醇、生物燃料、酯基转移、脂肪酸、脂肪酶、乙醇、固态发酵、大豆油
金边大学	生物柴油、酯基转移、生物燃料、植物油、酯化作用、乙醇、乙基酯、持续性、酸值、环境质谱分析
卡斯蒂利亚拉曼查大学	生物柴油、柴油机、排放、柴油、十六烷值、甲基酯、吸附、生物燃料、燃烧、脂肪酸甲酯

高水平科研机构和研究性大学是知识创新的主体<sup>[5]</sup>,为了解国际生物柴油研究机构之间的合作情况,使用 NetDraw 软件对经 Pathfinder 算法优化的数据进行了可视化。图6反映了生物柴油研究领域前50位主要研究机构的发文合作情况,

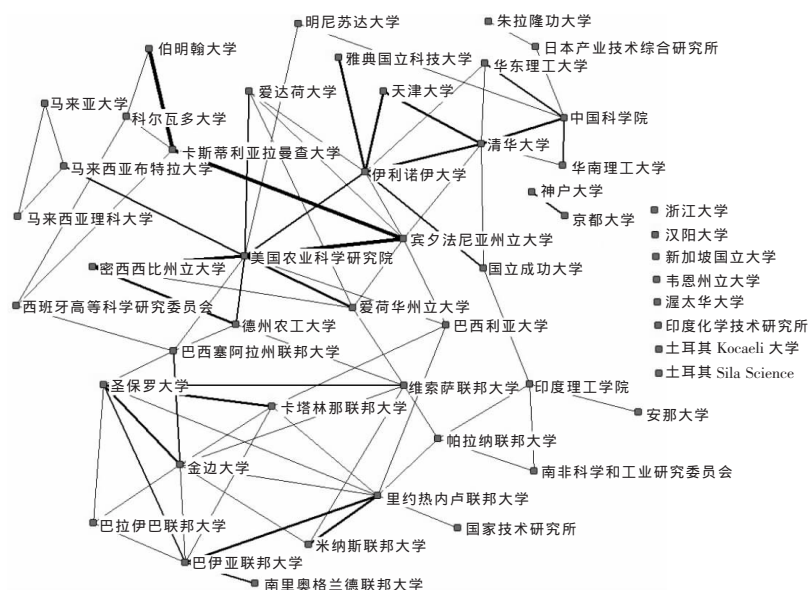


图6 发文量前50位机构生物柴油研究合作情况

Fig.6 Research collaboration among the top 50 institutions based on the number of papers on biodiesel

其中,美国农业科学研究院、伊利诺伊大学、宾夕法尼亚州立大学、里约热内卢联邦大学、金边大学、圣保罗大学和清华大学是几个比较明显的合作中心。

#### 4 结论

通过对国际生物柴油研究相关论文的文献计量分析,可以发现国际生物柴油研究力量的分布,了解各国之间、各研究机构之间的合作以及相关研究热点的分布情况。

(1)1991~2012年,全球生物柴油研究论文数量总体呈增长的趋势,说明全球对生物柴油研究的热度持续增加;研究主题主要集中在能源与燃料、工程、化学、生物技术与应用微生物学、农业等领域;研究热点主要集中在生物柴油、酯基转移、生物燃料、丙三醇、微藻、排放、酯化作用、脂肪酸甲酯、脂肪酶、柴油机、植物油、甲基酯、生物质、乙醇和脂肪酸等方面。

(2)国家情况:从发文量、总被引次数来看,美国、中国和印度等国在生物柴油研究领域的论文综合影响力较高;从篇均被引频次来看,日本、土耳其、美国等国在生物柴油研究领域的论文质量较高;美国是全球生物柴油研究合作网络的中心,其次是中国和马来西亚;各国主要根据本国的生物资源情况发展生物柴油,研究原料有微藻、麻疯树、棕榈油和大豆油等。

(3)机构情况:从发文量、总被引次数来看,美

国农业科学研究院、印度理工学院和清华大学等机构在生物柴油研究领域的论文综合影响力较高;从篇均被引频次来看,印度理工学院、清华大学、美国农业科学研究院等机构在生物柴油研究领域的论文质量较高。美国农业科学研究院、伊利诺伊大学、宾夕法尼亚州立大学、里约热内卢联邦大学、金边大学、圣保罗大学和清华大学是几个比较明显的合作中心。

(4)中国情况:我国在生物柴油研究的发文量和总被引次数上具有明显的优势,但在论文篇均被引频次指标上优势不明显;中国科学院在发文量上排名第2位,但在论文总被引次数和篇均被引频次上有待继续提高;清华大学在论文数量和质量上都处于较高的水平。

#### 参考文献:

- [1] 李涛,李爱芬,桑敏,等.富油能源微藻的筛选及产油性能评价[J].中国生物工程杂志,2011,31(4):98-105.
- [1] Li Tao, Li Aifen, Sang Min, et al. Screening oleaginous microalgae and evaluation of the oil-producing characteristic[J]. China Biotechnology, 2011, 31(4): 98-105.
- [2] 王健,李会鹏,赵华,等.三代生物柴油的制备与研究进展[J].化学工程师,2003(1):38-41.
- [2] Wang Jian, Li Huipeng, Zhao Hua, et al. Research progress of synthesis of three generations biodiesel[J]. Chemical Engineer, 2003(1): 38-41.
- [3] 张志强,王雪梅.国际全球变化研究发展态势文献计

- 量评价[J].地球科学进展,2007,22(7):760-765.
- [3] Zhang Zhiqiang, Wang Xuemei. Bibliometric analysis of competitive situation of international global change research [J]. Advances in Earth Science, 2007, 22(7): 760-765.
- [4] 庞景安.科学计量研究方法论[M].北京:科学技术文献出版社,2002.123-125.
- [4] Pang Jing'an. Scientometrics methodology [M]. Beijing: Scientific and Technological Literature Publishing House, 2002. 123-125.
- [5] 徐祖广.研究型大学在建设国家创新体系中的地位和作用[J].清华大学教育研究,1999(2):22-25.
- [5] Xu Zuguang. The position and role of the research university in building the national innovation system [J]. Research on Education Tsinghua University, 1999(2): 22-25.

## Research advance of biodiesel based on bibliometrical analysis

Zhang Bo<sup>1</sup>, Wang Jinping<sup>2</sup>

(1.Qingdao Institute of Bioenergy and Bioprocess Technology, Chinese Academy of Science, Qingdao 266101, China; 2. The Lanzhou Branch of National Science Library, Scientific Information Center for Resources and Environment, Chinese Academy of Science, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** In the context of climate change and fossil fuel depletion, biodiesel gradually becomes hot spot of research because it is renewable, clean and safe energy. In this paper, analytical tools such as Thomson Data Analyzer and NetDraw in combined with "pathfinder" algorithm were used to analyze the data of biodiesel research in the SCIE database. We find that the number of papers on biodiesel research was increasing year by year from 1991 to 2012, and the top five subject categories of papers include energy & fuels, engineering, chemistry, biotechnology & applied microbiology and agriculture. The papers on biodiesel of America, China and India have higher impacts, and the quality of papers in Japan, Turkey and America is better, meanwhile, America is the international center of the cooperative research web in biodiesel, followed by China and Malaysia. The papers of American Academy of Agricultural Sciences, Indian Institute of Technology and Tsinghua University have higher impacts and better quality. China have obvious advantages in the number of papers on biodiesel and total cited number, but the average cited number of papers is not high.

**Key words:** biodiesel; bibliometric; information analysis; progress and trends