

大戟属植物研究的知识脉络、专利布局与前沿拓展分析

陈琼如¹, 程铭溪², 李思雅^{2,3}, 花海兵³, 陈方⁴, 林合华^{4*}, 张宇锋³, 王进^{1,5*}

1. 南京中医药大学中医药文献研究院, 江苏 南京 210023

2. 南京中医药大学药学院, 江苏 南京 210023

3. 南京中医药大学江阴附属医院, 江苏 无锡 214400

4. 南京中医药大学医学人文学院, 江苏 南京 210023

5. 江苏省中医流派研究院, 江苏 南京 210023

摘要: 目的 解析大戟属 *Euphorbia* 植物研究的知识演变脉络、专利谱系特征及前瞻创新方向, 明确其成果转化效率与全球竞争格局。方法 采用文献计量学与知识图谱分析方法, 结合专利信息谱系解析技术开展系统研究, 以大戟和 *Euphorbia* 为主题词, 对中国知网 (CNKI)、万方 (Wanfang)、维普 (VIP) 以及 Web of Science (WOS) 核心合集数据库内的相关文献进行系统检索, 在 NoteExpress 文献管理软件中对检索到的文献进行去重、筛选和格式转换, 使用 CiteSpace、VOSviewer 软件对中英文文献的年度发文趋势, 发文国家、机构、作者及期刊载文量、学科分布等进行可视化分析。同时, 基于 Incopat 专利数据库, 从专利申请量、地域分布格局等方面系统剖析大戟属植物相关专利的申请与分布现状。结果 经筛选共纳入中文文献 1 682 篇, 英文文献 1 339 篇, 表明大戟属植物研究正处于国际化阶段。发文国家共 98 个, 其中中国发表成果最多。中英文发文量最多的作者均是张丽, 中英文文献的核心发文机构分别是南京中医药大学和 United States Department of Agriculture, 机构间的合作联系尚较分散, 但部分作者之间已形成稳定研究团队。载文量最高的中英文期刊分别是《中国中药杂志》与 *Journal of Ethnopharmacology*。英文文献涉及的学科以植物科学为主并延伸至药理学、药物化学等领域。Incopat 专利数据库检索得到大戟属相关专利 8 350 件, 国内专利 5 603 件, 占总量的 67.1%, 处于主导地位。结论 大戟属植物研究呈现以中国为核心, 全球参与并存的格局, 该领域的基础研究体系日趋完善, 传统医药应用现代化成效显著, 产业转化前景广阔, 但仍存在区域发展失衡等问题, 后续应深耕基础理论、促进学科交叉、优化专利布局, 实现资源价值高效转化与可持续开发。

关键词: 大戟属; CiteSpace; VOSviewer; 文献计量学; 知识图谱; 专利布局

中图分类号: R282 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2026)12-4780-21

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2026.12.021

Analysis on knowledge lineage, patent layout and frontier expansion of research on *Euphorbia* plant

CHEN Qiongru¹, CHENG Nuoxi², LI Siya^{2,3}, HUA Haibing³, CHEN Fang⁴, LIN Hehua⁴, ZHANG Yufeng³, WANG Jin^{1,5}

1. Institute of Chinese Medical Literature, Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210023, China

2. School of Pharmacy, Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210023, China

3. Jiangyin Hospital Affiliated to Nanjing University of Chinese Medicine, Wuxi 214400, China

4. School of Medical Humanities, Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210023, China

5. Jiangsu Provincial Research Institute of Chinese Medicine Schools, Nanjing 210023, China

Abstract: Objective To analyze the knowledge evolution context, patent genealogy characteristics and prospective innovation directions of *Euphorbia* plant research, and clarify the efficiency of achievement transformation and the global competitive pattern,

收稿日期: 2025-11-21

基金项目: 江苏省中医学研究中心开放课题 (JSYB2024KF28); 江苏省中医流派研究院开放课题 (JSZYLP2024040); 无锡市中医药科技发展专项重点项目 (ZYZD202404); 无锡市卫生健康委科技计划项目 (T202549, M202329); 无锡市名中医工作室 (锡中医[2023]2号 (11)); 无锡市“双百”中青年医疗卫生拔尖人才培养计划 (HB2023106)

作者简介: 陈琼如, 硕士研究生, 研究方向为中医药文献与文献计量学研究。E-mail: orchidru25@126.com

*通信作者: 林合华, 博士, 副教授, 从事中医药传播与文献可视化研究。E-mail: linhhwhu@163.com

王进, 博士, 副教授, 硕士生导师, 从事中医药文献与中药药性诠释研究。E-mail: tulipeden@126.com

this study adopts bibliometric and knowledge graph analysis methods, combined with patent information lineage analysis technology to carry out systematic research. **Methods** The relevant literature in the CNKI, Wanfang, VIP and Web of Science Core Collection were systematically searched with *Euphorbia pекinensis* and *Euphorbia* as the subject words, imported into NoteExpress literature management software for deduplication, screening and format conversion, and CiteSpace and VOSviewer software were used to visualize the annual publication trends, the publishing country, institution, author, journal distribution, discipline distribution and other dimensions of Chinese and English literature. At the same time, based on the Incopat patent database, the application and distribution status of patents related to *Euphorbia* plants were systematically analyzed from aspects such as the number of patent applications and geographical distribution patterns. **Results** After the screening procedure, a total of 1 682 Chinese literature and 1 339 English literature were incorporated into the study, indicating that the research of *Euphorbia* plants was at the international stage. A total of 98 countries had issued documents, among which China had published the most achievements. The author with the largest number of publications in both Chinese and English was Zhang Li. The core publishing institutions of the Chinese and English literature were Nanjing University of Chinese Medicine and the United States Department of Agriculture. The cooperation connections between these institutions were still relatively scattered, but some authors had formed stable research teams. The Chinese and English journals with the highest number of articles published were *China Journal of Chinese Materia Medica* and *Journal of Ethnopharmacology*. The English literature mainly involved plant science and extended to pharmacology, medicinal chemistry and other fields. The Incopat patent database retrieved 8 350 patents related to *Euphorbia* plants, and 5 603 domestic patents, accounting for 67.1% of the total, which was in a dominant position. **Conclusion** Research on *Euphorbia* plants shows a pattern dominated by China, coexisting with global participation. The fundamental research system in this field has become increasingly well-established, with remarkable progress in the modernization of traditional medicinal applications and broad prospects for industrial transformation, but there are still problems such as regional development imbalance. In the future, it should deepen the basic theory, promote interdisciplinary research, optimize the patent layout, and realize the efficient transformation and sustainable development of resource value.

Key words: *Euphorbia* L.; CiteSpace; VOSviewer; bibliometrics; knowledge graph; patent layout

大戟属 *Euphorbia* L. 隶属于大戟科, 是被子植物中的特大属之一, 约含 2 000 种, 广泛分布于世界各地, 尤其集中在非洲与中南美洲, 我国共有 80 余种, 主要分布于西南横断山区与西北干旱地带, 大戟属植物的根可以药用, 《中国药典》2025 年版中收录的该属药用植物包括狼毒 *E. fischeriana* Steud.、京大戟 *E. pекinensis* Rupr.、甘遂 *E. kansui* T. N. Liou ex T. P. Wang、千金子 *E. lathyris* L.、地锦草 *E. humifusa* Willd. 等, 此外, 还有很多观赏物种, 如一品红 *E. pulcherrima* Willd. ex Klotzsch、银边翠 *E. marginata* Pursh 等^[1-2]。该属植物在我国传统医药领域拥有源远流长的药用历史, 其相关药用记载可见于《神农本草经》《本草纲目》《植物名实图考》等经典中医药典籍中, 具有泻水逐饮、消肿散结的功效, 常用于治疗气逆咳喘、腹满水肿、痰饮积聚、二便不利等。大戟属植物因其丰富的萜类、黄酮及鞣质成分, 在抗肿瘤、抗菌、抗病毒等领域展现出广阔的研究前景, 特别是其二萜、三萜类成分, 被认为是极具开发潜力的活性物质^[3-4]。然而, 要全面把握大戟属植物的研究态势并促进其资源的开发利用, 亟需开展系统的文献计量学分析。本研究借助 CiteSpace 与 VOSviewer 科学计量学分析工具, 对中国知网 (CNKI)、万方数据库

(Wanfang)、维普数据库 (VIP) 及 Web of Science 核心合集 (WOS) 建库至 2025 年 11 月 30 日收录的大戟属植物相关中英文文献展开系统梳理, 运用文献数据可视化分析方法, 以期厘清该领域的研究发展脉络及前沿研究方向, 为大戟属植物后续相关研究提供科学参考及方向指引。

1 数据来源与方法

1.1 文献数据

中文文献检索于 CNKI、Wanfang、VIP 三大数据库, 检索字段设定为主题或题名, 因在实际检索过程中发现, 国内大量大戟属植物相关的研究文献和专利成果的主题、题名或关键词中并未规范标注“大戟属植物”或“大戟属”, 所以以“大戟属”作为检索词检索时易漏检大量相关文献与专利, 故采用“大戟”为检索词。为保障可视化分析结果的高质量性, 在文献筛选阶段只纳入收录于《中文核心期刊要目总览》(北大核心)、中国科学引文数据库 (Chinese Science Citation Database, CSCD) 及中文社会科学引文索引 (Chinese Social Sciences Citation Index, CSSCI) 的学术期刊。英文文献检索于 WOS 数据库, 检索式设定为主题 = *Euphorbia* L. (Topic) OR daji (Topic) and Article or Review Article

(Document types) and English (Languages)。中英文文献的检索时间范围均设定为数据库建库至2025年11月30日。检索获取的中英文文献全部导入NoteExpress文献管理软件后,依次经过自动去重处理、基于研究主题的人工相关性筛选等步骤,最终确定纳入本研究的文献总量为3021篇,其中包括发表于1989—2025年的中文文献1682篇,以及发表于1994—2025年的英文文献1339篇。采用CiteSpace 6.2.R3与VOSviewer 1.6.20软件对大戟属相关中英文文献开展多维度计量学分析与可视化图谱构建,具体分析维度涵盖:年度发文趋势、核心发文国家、核心产出期刊、高被引文献核心特征、学科分布格局、核心研究机构分布、作者合作网络结构以及关键词聚类特征与演进规律等,旨在系统揭示该研究领域的热点空间分布特征与动态演化脉络。

1.2 专利数据

专利相关数据取自Incopat专利数据库,检索式设定为Title/Abstract (TIAB) = 大戟 OR *Euphorbia* L. OR daji,检索时间设定为建库至2025年11月30日,共检索到专利8350件,其中国内专利5603件,占专利总数的67.1%;国外专利2747件,占专利总数的32.9%。借助Incopat专利数据库内置的分析工具,对检索获取的专利数据开展计量学分析。

2 结果

2.1 发文趋势分析

1989—2025年大戟属植物相关研究的发文趋势如图1所示,该领域研究演变可划分为3个阶段,第1阶段是以中文发表为主的初步探索阶段,1989—1999年,中文发文量年均增长约2篇,这一时期发文量相对较低,标志着研究的初步积累,英文总发文量仅为3篇,表明此阶段英文发文量增长

缓慢,早期国际学术尚未起步。第2阶段是中英文共同发展阶段,2000—2010年,中文发文量显著增长,2010年达到峰值106篇,年均发文量约49篇,这体现了国内研究力量的快速崛起与研究热度的显著提升,该阶段英文发文量从2000年的16篇开始持续增长,年均发文量约30篇,反映了大戟属植物研究的国际关注度得到提升。第3阶段是国际化转型与英文逐步主导的阶段(2011—2025年),尽管2011—2017年中文发文量仍高于英文,但自2018年起英文发文量首次超越中文并持续领先;此阶段中文发文量整体呈现出波动下行趋势,未来大概率维持50~70篇的年产出规模,英文发文量虽有波动,但整体维持高位并稳步增长,表明大戟属植物研究国际化程度提高,这一转变可能与研究政策导向、全球合作增加以及国内学者更倾向于将高水平成果投向国际英文期刊有关。大戟属植物研究领域初期以国内学者为核心研究主体,然而,随着全球科技合作的深化和我国科研国际化的推进,大戟属植物研究迅速融入全球网络,英文发文量的超越与领先,也说明了该领域的研究议题、方法与成果评价标准正日益与国际接轨。

2.2 发文国家合作网络分析

WOS数据库中大戟属相关的1339篇英文文献中涵盖国家98个,累计发文量10篇及以上的国家有30个,国家合作网络与发文量前10位的国家分别如图2和表1所示。中国位居首位,发文量达335篇,占总发文量的25.02%,印度(194篇)、美国(184篇)位列第2、3,分别占总发文量的14.49%和13.74%,发文量前10位的国家中,亚洲国家占5位,说明亚洲是该领域研究产出的重要区域。中心性是衡量国家在合作网络中影响力程度的核心

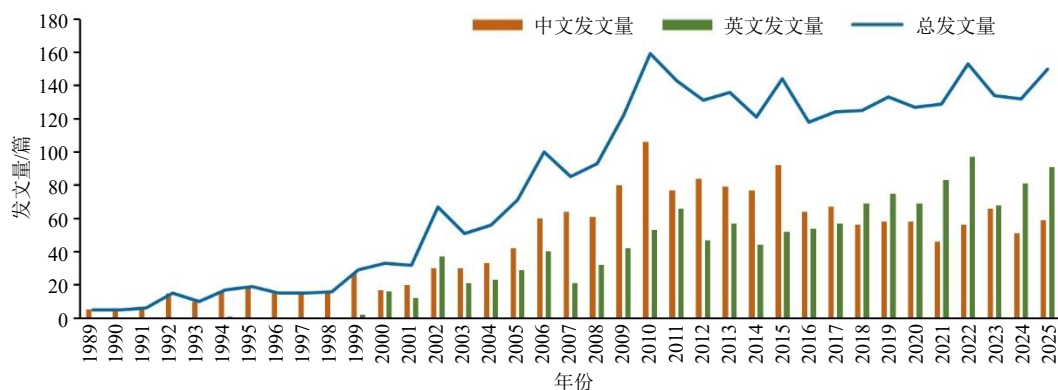


图1 大戟属植物研究年度发文趋势

Fig. 1 Annual publication trends of *Euphorbia* plants research

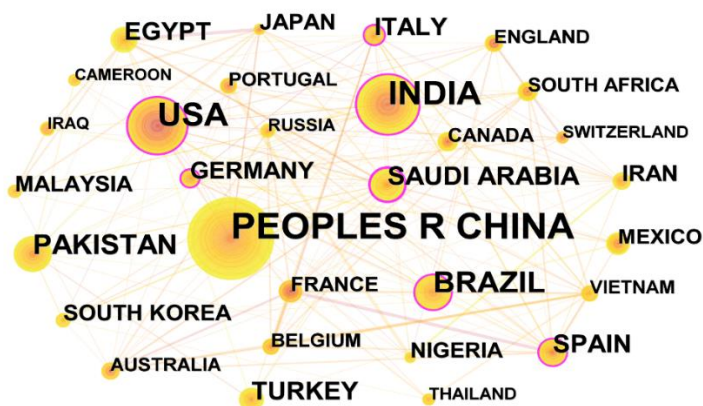


图 2 大戟属植物英文文献国家合作网络

Fig. 2 National cooperation network of English literature on *Euphorbia* plants

表 1 大戟属植物英文文献发文章前 10 位的国家

Table 1 Top 10 countries by publication output of English literature on *Euphorbia* plants

序号	发文章/篇	中心性	国家
1	335	0.07	中国
2	194	0.15	印度
3	184	0.17	美国
4	104	0.11	巴西
5	76	0.04	巴基斯坦
6	56	0.22	沙特阿拉伯
7	52	0.18	西班牙
8	48	0.02	土耳其
9	47	0.04	埃及
10	46	0.19	意大利

表 2 大戟属植物英文文献中心性前 10 位的国家

Table 2 Top 10 countries by centrality of English literature on *Euphorbia* plants

序号	中心性	发文章/篇	国家
1	0.22	56	沙特阿拉伯
2	0.19	46	意大利
3	0.19	37	德国
4	0.18	52	西班牙
5	0.18	7	奥地利
6	0.17	184	美国
7	0.15	194	印度
8	0.11	104	巴西
9	0.09	17	英国
10	0.08	17	澳大利亚

指标，中心性越高，该国家在合作网络的影响力越强，中心性排名前 10 位的国家如表 2 所示。中国的发文章量虽远超其他国家，其中心性排名却未进入前 10，这一现象或与国内学者聚焦本土资源的应用研究有关，此类研究以解决本国问题为导向，与国际学术界的共性研究议题关联度有限，故而较难获得全球范围内的学术共鸣。沙特阿拉伯的发文章量仅为 56 篇，但中心性最高 (0.22)，说明其在该研究领域具有较强的国际影响力与合作活跃度。意大利 (0.19)、德国 (0.19) 和西班牙 (0.18) 等欧洲国家也表现出较高的合作参与度，在一定程度上可归因于欧盟内部的战略合作机制，其中，奥地利以 7 篇的发文章量获得了 0.18 的高中心性，这一现象的核心原因在于其研究聚焦于基础性的进化与分类学难题等方面^[5-6]，此类研究既要求不同国家开展数据跨境共享，也会进一步促进各国优势技术整合。

2.3 发文章期刊与高被引文献

发表大戟属植物中英文文献前 10 位的期刊如表 3 所示，中文期刊 339 种，其中发文章量最高的是《中国中药杂志》(84 篇)，中文期刊大部分为中医药类的主流期刊，说明国内大戟属研究聚焦于中医药应用、方剂开发等方向。英文期刊 562 种，其中发文章量最高的是 *Journal of Ethnopharmacology* (49 篇)，英文期刊大部分为综合性化学或植物学期刊，更多地聚焦于植物化学、天然产物分离、药理活性及生物多样性等基础科学领域；此外，英文期刊中还出现了 *South African Journal of Botany*、*Pakistan Journal of Botany* 等地区性期刊，这与巴基斯坦、南非是大戟属的本土分布区有关，其独特的物种资源推动了大戟属植物在分类学、生态学等领域的研究进展，为跨区域大戟属植物的比较研究提供了重要学术支撑，进一步完善了全球大戟属植物研究的区

表 3 发文量前 10 位的中英文期刊
Table 3 Top 10 Chinese and English journals by publication volume

序号	中文文献		英文文献	
	期刊名称	发文量/篇	期刊名称	发文量/篇
1	中国中药杂志	84	<i>Journal of Ethnopharmacology</i>	49
2	中草药	80	<i>Phytochemistry</i>	29
3	中国实验方剂学杂志	68	<i>Molecules</i>	26
4	时珍国医国药	61	<i>Natural Product Research</i>	25
5	中成药	54	<i>Fitoterapia</i>	25
6	中药材	54	<i>Hortscience</i>	16
7	中华中医药杂志	32	<i>South African Journal of Botany</i>	15
8	安徽农业科学	32	<i>Pakistan Journal of Botany</i>	13
9	中医杂志	30	<i>Chemistry & Biodiversity</i>	13
10	中国药房	24	<i>Rangeland Ecology & Management</i>	12

域覆盖与学科体系。

大戟属植物研究被引频次前 10 位的中英文文献分别见表 4、5。中文文献主要集中于大戟属代表性药用植物（如甘遂、狼毒、月腺大戟、地锦草）等方面，研究内容涵盖化学成分解析和抗病毒等药理活性，为该属植物药用价值研究提供了理论依据；同时关注药物配伍禁忌（如甘遂与甘草）及毒性评价，以应对中药临床应用中存在的毒性与配伍

风险；同时还涉及基础研究与临床应用相结合，体现实用导向性。英文文献则多聚焦于大戟属植物的生态特性与多元价值等方面，涉及生态管理，反映出国际学术界对于生物入侵这一全球性环境问题的关注；农业相关研究因贴近生产实际而受到较高关注；此外还包括活性成分解析、系统发育与分类以及生物能源应用等方面，体现了该属植物在多个领域的研究价值。

表 4 被引频次前 10 位的中文文献
Table 4 Top 10 Chinese literature by citation frequency

序号	被引频次	中文文献	第一作者	所在单位	期刊	发表年份
1	205	中药药对配伍组合的现代认识	段金廛	南京中医药大学	南京中医药大学学报	2009
2	153	24 味有毒中药长期毒性实验对大鼠脏器指数的影响	向丽华	中国中医科学院	中国中医基础医学杂志	2006
3	121	甘遂醇提物中 4 种二萜类化合物的体内抗病毒活性研究	郑维发	江苏师范大学	中草药	2004
4	112	11 种黄酮类化合物清除超氧阴离子的构效关系研究	陈季武	华东师范大学	中国药理学杂志	2002
5	108	周仲瑛教授从癌毒辨治恶性肿瘤用药分析	吴勉华	南京中医药大学	南京中医药大学学报	2010
6	107	月腺大戟化学成分的研究	浮光苗	中国药科大学	中国药科大学学报	2003
7	107	甘遂配伍甘草对大鼠肝脏 CYP2E1 表达及活性的影响	代方国	南方医科大学	第三军医大学学报	2005
8	98	甘遂生物学、化学成分和药理作用研究进展	赵雪艳	西北大学	中草药	2014
9	97	地锦草化学成分的研究	柳润辉	中国药科大学	中草药	2001
10	88	狼毒大戟的化学成分研究	刘文燊	中山大学	中国中药杂志	2001

2.4 学科类别分析

使用 CiteSpace 生成的大戟属植物英文文献涉及学科共现图谱如图 3 所示，共涵盖 97 个学科门类，核心支柱学科包括植物科学、药理学与药剂学

及药物化学，这一分布特征反映出大戟属植物兼具重要生态资源属性与突出药用价值的双重特征。其中，植物科学的载文量达 385 篇，在整个研究网络中占据主导地位，该研究方向主要围绕大戟属的系

表 5 被引频次前 10 位的英文文献

Table 5 Top 10 English literature by citation frequency

序号	被引频次	英文文献	第一作者	所在单位	期刊	发表年份
1	540	Mapping invasive plants using hyperspectral imagery and Breiman Cutler classifications (Random Forest)	Lawrence Rick	Montana State University Bozeman	Remote Sensing of Environment	2006
2	534	Invasive weeds in rangelands: Species, impacts, and management	Di Tomaso Joseph	University of California Davis	Weed Science	2000
3	349	Evolved glyphosate-resistant weeds around the world: Lessons to be learnt	Powles Stephen	University of Western Australia	Pest Management Science	2008
4	196	The development of halophyte-based agriculture: Past and present	Ventura Yvonne	Ben-Gurion University of Negev	Annals of Botany	2015
5	188	Traditional uses of some medicinal plants in Malatya (Turkey)	Tetik Figen	Elazig Directorate Health	Journal of Ethnopharmacology	2013
6	186	In vitro antiplasmodial activity of extracts and fractions from seven medicinal plants used in the Democratic Republic of Congo	Tona Lutete	Université de Kinshasa	Journal of Ethnopharmacology	2004
7	183	Mushroom tyrosinase inhibitory activity of esculletin isolated from seeds of <i>Euphorbia lathyris</i> L.	Masamoto Yosuke	University of Tokyo	Bioscience Biotechnology and Biochemistry	2003
8	177	Phylogenetics and the evolution of major structural characters in the giant genus <i>Euphorbia</i> L. (Euphorbiaceae)	Horn James	Florida Gulf Coast University	Molecular Phylogenetics and Evolution	2012
9	163	Production and selected fuel properties of biodiesel from promising non-edible oils: <i>Euphorbia lathyris</i> L., <i>Sapium sebiferum</i> L. and <i>Jatropha curcas</i> L.	Wang Rui	Anhui Agricultural University	Bioresource Technology	2011
10	162	Global medicinal uses of <i>Euphorbia</i> L. (Euphorbiaceae)	Ernst Madeleine	Statens Serum Institut	Journal of Ethnopharmacology	2015

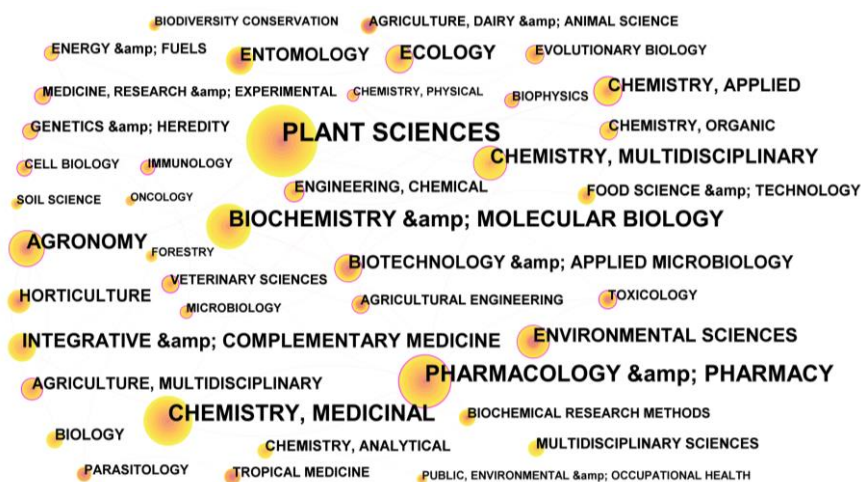


图 3 大戟属植物英文文献学科分布

Fig. 3 Subject distribution of English literature on *Euphorbia* plants

统分类学、生物地理学、形态解剖学等领域展开，为物种资源的鉴定、保护及可持续开发利用奠定了关键的生物学理论基础；药理学与药剂学（207 篇）及药物化学（195 篇）重点致力于挖掘大戟属植物

中萜类、生物碱类等活性成分，系统阐明其药理作用机制，是该属植物药用价值深度挖掘的核心支撑学科。除上述核心研究领域外，大戟属植物的相关研究已延伸至农学、生态学、环境科学、生物技术

与应用微生物学等多个学科，展现出多学科交叉渗透的发展特征。目前，毒理学、肿瘤学、传染病学等学科针对该属植物的研究仍处于初步探索阶段，不仅存在显著的研究空白与拓展潜力，更蕴含着重要的学术创新契机，对于指引未来实现跨学科突破性发展具有重要意义。

2.5 发文机构合作网络分析

使用 CiteSpace 生成的大戟属植物中英文文献的发文机构共现图谱如图 4 所示，中英文发文量前 10 的机构见表 6。中文文献涉及的研究机构共计 654 家，形成 529 条机构合作连线，表明该研究领域的参与机构规模较为庞大，但机构间的协作关联程度仍需加强；核心发文机构为南京中医药大学（121 篇）、北京中医药大学（64 篇）、中国科学院（62 篇），共有 15 家机构的发文量 ≥ 20 篇，占比为 2.29%。英文文献涉及的研究机构共计 529 家，形成 640 条机构合作连线，相较于中文文献研究机构，英文文献领域的参与机构数量相对偏少，但机构间的学术交流与合作更为紧密，核心发文机构为 United States Department of Agriculture（62 篇）、Chinese Academy of Sciences（59 篇）、Egyptian Knowledge Bank（46 篇），英文文献发文机构仅有 6 家的发文量 ≥ 20 篇，占比为 1.13%。中英文文献机构合作紧密程度差异的原因可能是多方面的，从科研文化与评价体系的角度看，国内科研评价传统上可能更侧重于以机构或团队为单位的独立成果产出，这在一定程度上影响了跨机构合作的积极性，而国际学术界长期以来更强调合作网络与资源共享，项目资助机制也常鼓励甚至要求跨机构、跨国的协作。中国科学院、南京中医药大学、北京中医药大学及沈阳药科大学均

进入中文文献发文量前 10 的机构行列，这不仅表明其是该领域研究的核心产出力量，同时也体现出其在推动本土研究成果走向国际、融入全球学术视野方面发挥着重要的桥梁作用。从研究机构的地域分布观察，其布局与大戟属植物的资源分布及科研重心高度关联，国内机构中，西北农林科技大学、兰州大学等机构的活跃度可能与干旱、半干旱地区大戟属植物的生态适应性与资源研究相关。国际层面，埃及知识库、沙特国王大学等中东地区机构的显著参与也反映出该区域对本土植物资源研究与利用的重视。从机构类型分析，大戟属植物的研究机构形成以医药类高等院校和国家级科研院所为主导的格局，南京中医药大学、北京中医药大学等专业院校在传统药用开发方面贡献突出；而中国科学院、中国农业科学院及美国农业部等综合性科研机构则从植物资源、农业生态等更广泛的维度提供支撑，构成了多层次的研究体系。针对合作差异现状，未来可设立跨机构联合项目，构建资源共享平台，同时鼓励国内机构与国际优质机构开展联合研究，逐步提升合作紧密程度。

2.6 发文作者合作网络分析

采用 VOSviewer 软件对大戟属相关中英文文献的发文作者开展可视化分析，结果如图 5 所示，中英文发文量前 10 的作者见表 7。中文文献作者的合作关系相对集中，已形成较为稳定的核心研究团队，同时显现出一定的跨团队协作倾向；英文文献作者的合作规模相对较小，以独立的小型合作团体为主，数量较多，整体合作网络更为松散。中文文献中共有 5254 位作者，其中发文量不低于 10 篇的作者共计 41 位。发文量排名前 3 位的作者依次为

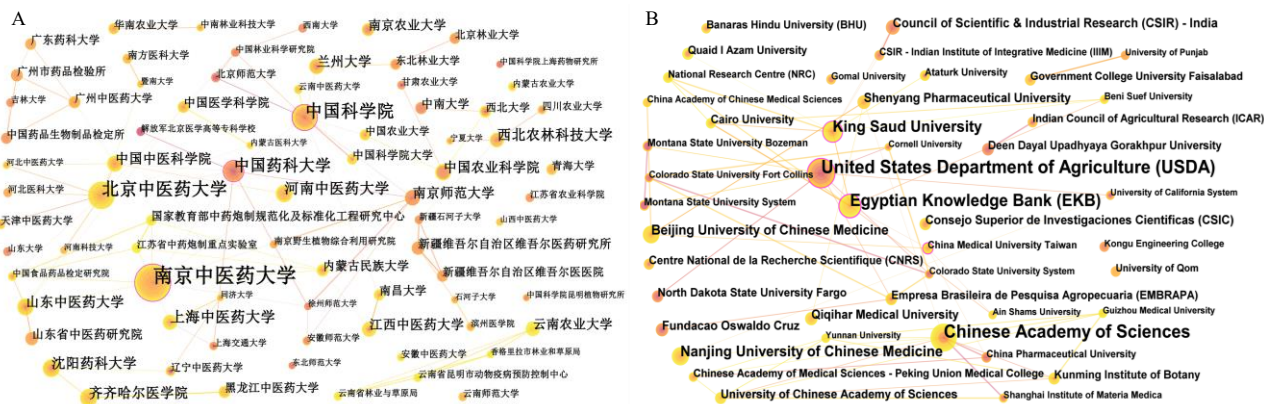


图 4 大戟属植物中文 (A) 与英文 (B) 文献发文机构合作网络

Fig. 4 Institutional cooperation networks of Chinese (A) and English (B) literature related to *Euphorbia* plants

表 6 大戟属中英文文献发文量前 10 位的机构

Table 6 Top 10 institutions by publication output of Chinese and English literature related to *Euphorbia* plants

序号	中文文献		英文文献	
	发文量/篇	机构	发文量/篇	机构
1	121	南京中医药大学	62	United States Department of Agriculture (USDA)
2	64	北京中医药大学	59	Chinese Academy of Sciences
3	62	中国科学院	46	Egyptian Knowledge Bank (EKB)
4	42	中国药科大学	32	King Saud University
5	30	上海中医药大学	26	Nanjing University of Chinese Medicine
6	29	河南中医药大学	20	Beijing University of Chinese Medicine
7	26	西北农林科技大学	16	Council of Scientific & Industrial Research (CSIR)-India
8	24	沈阳药科大学	15	Shenyang Pharmaceutical University
9	24	齐齐哈尔医学院	14	Consejo Superior de Investigaciones Cientificas (CSIC)
10	23	山东中医药大学	14	Fundação Oswaldo Cruz

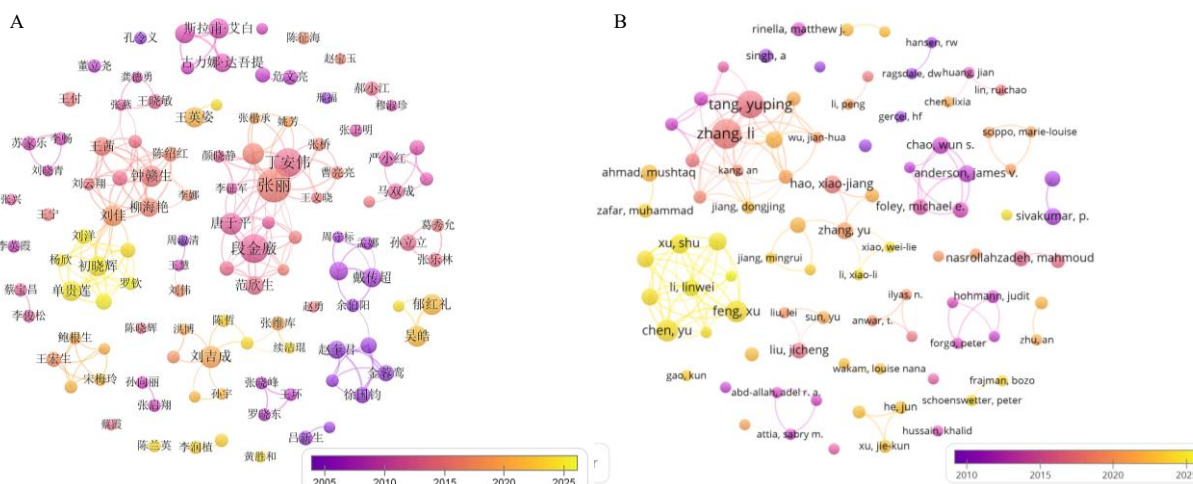


图 5 大戟属中文 (A) 与英文 (B) 文献作者合作网络

Fig. 5 Author collaboration networks in Chinese (A) and English (B) literature related to *Euphorbia* plants

表 7 大戟属植物中英文文献发文量前 10 位作者

Table 7 Top 10 authors by publication output of Chinese and English literature related to *Euphorbia* plants

序号	中文文献		英文文献	
	发文量/篇	作者	发文量/篇	作者
1	41	张丽	20	Zhang Li
2	31	丁安伟	18	Tang Yuping
3	31	段金廛	12	Chen Yu
4	19	唐于平	12	Feng Xu
5	19	刘吉成	10	Xu Shu
6	18	钟赣生	9	Li Pirui
7	18	曹雨涎	9	Hao Xiaojiang
8	17	刘佳	8	Li Linwei
9	17	吴皓	8	Tian Mei
10	17	郁礼红	8	Zhao Wanli

张丽 (41 篇)、丁安伟 (31 篇) 与段金廛 (31 篇)。张丽与丁安伟同属一个研究团队, 该团队主要聚焦于甘遂、京大戟等有毒中药的炮制减毒机制与药效

机制现代化研究等方面, 其核心方向包括炮制工艺优化与毒性成分转化, 如利用响应面法优选醋甘遂工艺, 促进毒性二萜转化为低毒产物^[7-8]; 系统阐明“减毒存效”的生物学机制, 揭示醋制可通过减轻氧化损伤、炎性反应及调节细胞凋亡来降低肝肾胃肠毒性^[9-10]; 结合癌性腹水动物模型、肠道菌群分析、代谢组学等技术手段, 阐释京大戟与甘遂泻水逐饮的药效物质基础与作用途径^[11-12]。段金廛团队以中药配伍禁忌与毒效研究为核心开展系统研究, 从肠道菌群^[13]、肝药酶代谢^[14]、毒效物质^[15]等多个层面揭示了甘遂与甘草等反药组合“增毒/致毒”的生物学机制, 为中药配伍禁忌理论的科学阐释与临床用药安全提供了重要依据。张丽团队与段金廛团队形成了较大的合作网络, 除此之外, 钟赣生、刘佳等也形成了一定规模的合作网络, 该团队聚焦

“十八反”中极具代表性的“甘草-甘遂”反药组合在复方甘遂半夏汤中的药效与毒性机制研究^[16-17]。英文文献中共有 5 995 位作者，发文量不低于 10 篇的作者仅 5 位，发文量最高的是 Zhang Li (20 篇)，与中文文献发文作者张丽为同一人，其次为 Tang Yuping (18 篇) 和 Chen Yu (12 篇)。Zhang Li 与 Tang Yuping 同属一个研究团队，研究内容为以甘遂为主的大戟属有毒中药的炮制减毒机制与效毒关系评价^[18-19]、活性成分及药理作用^[20]等，研究方向与其中文文献研究方向基本一致。Chen Yu 团队则以续随子活性成分与生物合成机制为核心^[21]，围绕二萜类化合物开展系统性现代研究，从生物合成途径解析^[22]、关键酶功能鉴定^[23]、转运蛋白机制^[24]、代谢组学与转录组学^[25]整合分析等多个层面，揭示了其合成、调控与转运的分子基础，为

续随子资源的高效利用、天然产物开发与创新药物研发提供了重要科学依据。

2.7 关键词分析

2.7.1 关键词共现分析

采用 VOSviewer 软件对大戟属相关中英文文献的关键词开展可视化分析，结果如图 6 所示。共获取 3 751 个中文关键词，其中出现频次≥10 的关键词计 77 个；英文关键词共计 7 440 个，其中出现频次≥10 的关键词达 162 个。在可视化图谱中，关键词节点的大小与对应研究热点的强度呈正相关，节点越大，意味着该关键词的出现频次越高，其代表的研究方向热度也越强^[26]。该领域中英文文献中出现频次排名前 15 位的关键词见表 8。中文高频关键词中，除核心词“大戟属”（58 次）外，其余多为国产大戟属物种相关词汇，这表明中文文献的研究核心主要围绕狼毒（197 次）、

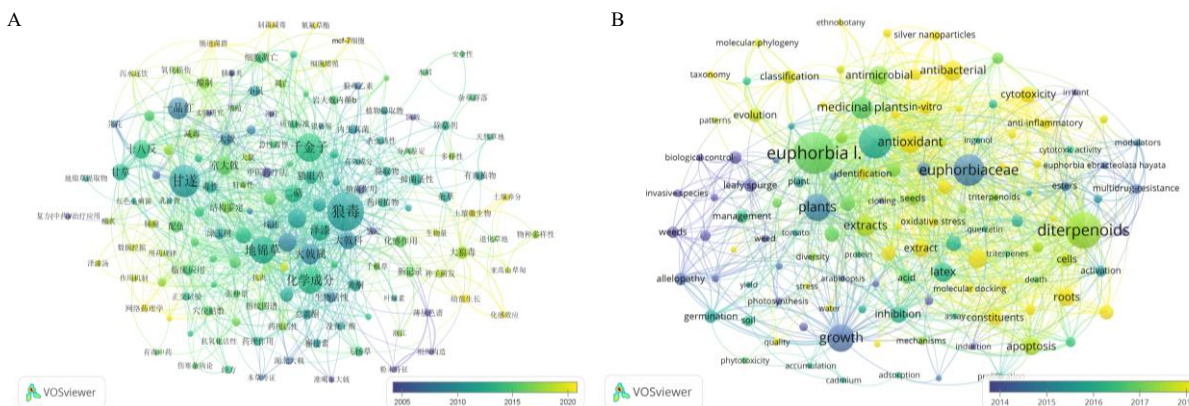


图 6 大戟属中文 (A) 与英文 (B) 文献关键词共现网络

Fig. 6 Keyword co-occurrence networks of Chinese (A) and English (B) literature related to *Euphorbia* plants

表 8 大戟属中英文文献中出现频次前 15 位的关键词

Table 8 Top 15 most frequent keywords in Chinese and English literature related to *Euphorbia* plants

序号	中文文献		英文文献	
	出现频次	关键词	出现频次	关键词
1	197	狼毒	174	<i>Euphorbia</i> L.
2	139	甘遂	142	diterpenoids
3	110	千金子	125	<i>Euphorbia hirta</i> L.
4	100	地锦草	117	Euphorbiaceae
5	95	化学成分	96	plants
6	65	一品红	95	growth
7	58	大戟属	74	antioxidant
8	56	泽漆	72	medicinal plants
9	53	高效液相色谱法	65	extracts
10	51	中药	62	antibacterial
11	47	十八反	59	latex
12	46	二萜	56	antimicrobial
13	45	京大戟	56	<i>Euphorbia lathyris</i> L.
14	43	大戟科	52	roots
15	39	甘草	50	apoptosis

甘遂 (139 次)、千金子 (110 次)、地锦草 (100 次)、京大戟 (45 次) 等具体品种展开；化学成分 (95 次)、二萜 (46 次) 等关键词的出现表明该领域研究重点关注大戟属植物的二萜类成分，这类成分是大戟属植物体现药用功效与毒性效应的关键物质；高效液相色谱法 (53 次) 适用于大戟属植物活性成分的定量分析及指纹图谱建立，是该领域核心的分离分析技术之一；而十八反 (47 次) 与中药 (51 次) 这两个高频关键词分别指向配伍禁忌和药用属性，共同体现出中文研究对大戟属药用安全性与传统应用的关注。结合近年的研究热点关键词如网络药理学、作用机制、数据挖掘、制霜减毒、泽漆汤等，可见中文文献的研究路径大体是以具体药用品种为对象，围绕化学成分尤其是二萜类物质借助现代分析方法阐释其药效与毒性物质基础，深入探究其在中药复方中的应用规律与安全性，从而推动大戟

属有毒中药的合理用药与现代科学阐释。

在英文文献高频关键词中, *Euphorbia* L. (174次)、*Euphorbia hirta* L. (125次)、*Euphorbiaceae* (117次)、*Euphorbia lathyris* L. (56次)等关键词的出现展现出英文文献研究对大戟属植物物种分类与类群识别的较高关注度, 聚焦于厘清类群亲缘关系与深化植物分类学基础等方面; latex (59次)是大戟属植物乳汁管产物, 从中提取的 diterpenoids (142次)是该类植物的核心活性成分, extracts (65次)的相关研究则涉及二萜类成分的分离提取工艺; antioxidant (74次)、antibacterial (62次)、antimicrobial (56次)、apoptosis (50次)等关键词的出现反映出英文文献对大戟属成分药理活性的关注, 研究涉及其作用靶点与潜在临床应用; growth (95次)、medicinal plants (72次)、roots (52次)等关键词的出现则反映出该领域研究对大戟属植物人工栽培技术及药用部位资源的重视。结合近年来该领域涌现的研究热点关键词, 如 taxonomy、constituents、anti-inflammatory、molecular docking、cytotoxicity、silver nanoparticles 等, 可知英文文献的研究路径以大戟属植物分类与类群界定为核心基础, 以植物乳汁及相关组织中的二萜类化合物为核心化学研究对象, 通过提取、分离与活性评价体系深入挖掘其抗菌、抗氧化、抗炎、细胞毒性等药理作用机制, 同时兼顾物种资源管理、生长发育调控与可持续利用, 积极整合组学、纳米技术等现代科技手段, 推动大戟属植物从基础分类到药物开发的系统性研究。

2.7.2 关键词聚类与时间线图分析 采用 CiteSpace 工具的对数似然比算法 (log-likelihood ratio, LLR) 对大戟属相关中英文文献的关键词开展聚类分析, 生成关键词聚类时间线图 (图 7)。聚类编号越小, 表明该聚类对应的相关文献数量越多, 研究热度也越高。中文文献关键词时间线图包含 791 个关键词节点与 1 547 条关联连线, 大戟属相关研究中中文文献的聚类结果可划分为 10 个类别, 各聚类的具体信息见表 9。这些聚类均以大戟属不同物种或特定研究方向为核心主题, 共同构建起多元化的研究体系框架。聚类#0 狼毒、#1 地锦草、#2 千金子、#4 甘遂、#5 一品红、#7 泽漆、#9 大狼毒等聚焦于具体物种的鉴定、炮制、活性与生态适应性等方面, 集中探讨其化学成分、药理作用及在不同生境中的表现; 聚类#3 大戟属则聚焦于该

属植物的化学成分与分类学基础等方面, 系统解析其三萜、二萜等次生代谢产物, 为大戟属植物的药效物质研究提供理论依据; 聚类#6 十八反以中药配伍理论为框架, 研究大戟与甘草等药物的配伍禁忌及其现代阐释; 聚类#8 中药侧重于鉴定与质量控制方法, 涵盖薄层色谱、组织构造等分析技术。部分聚类体现了多学科交叉融合趋势, 如聚类#5 一品红涉及植物组织培养与再生体系建立, 聚类#9 大狼毒探讨化感效应与生态互作, 显示研究视角向农业技术与生态学延伸。从关键词聚类时间线图 (图 7-A) 可看出, 1989—2010 年属于基础成分分析与活性初步探索阶段, 此阶段的代表性关键词如“化学成分”“含量测定”“生物活性”“实验研究”反映出中文文献的研究重点集中于大戟属植物的基础化学成分解析、活性组分的含量检测体系构建、药用活性的初步实验性探索等方面; 2011—2025 年为规范质控与跨域机制阶段, 关键词如“质量控制”“炮制”“代谢组学”“抗肝癌”揭示研究趋势逐步转向采用规范化质控技术与组学分析手段深入解析大戟属药用物质基础的作用机制, 彰显出鲜明的跨学科交叉融合特质, 推动大戟属研究深度融入质量标准化、代谢调控机制、新药效活性挖掘等前沿研究领域。聚类结果进一步显示#3 大戟属、#0 狼毒、#4 甘遂、#9 大狼毒的时间跨度较长, 一直是该领域的研究热点。

英文文献关键词时间线图 (图 7-B) 含 717 个关键词节点和 3 182 条连线, 大戟属植物相关研究的英文文献聚类可分为 10 类, 各聚类信息见表 10。聚类#0 *Euphorbia lathyris*、#1 *Euphorbia hirta* 涉及大戟属特定物种的二萜类核心成分与细胞毒性、抗菌等活性效应研究, 覆盖药效物质基础与传统药用场景; 聚类#3 *Euphorbia pulcherrima*、#6 chloroplast genome 从生物学视角系统解析大戟属物种的逆境响应机制、基因表达调控、休眠调控过程以及叶绿体基因组结构特征与系统发育关系, 为大戟属物种鉴定、抗逆资源保护与管理提供重要理论支撑; 聚类#2 biological control、#7 *Euphorbia splendens* var. *hislopii* 探索大戟属入侵物种的生物防治路径, 结合特定变种的根际细菌和开花特性挖掘资源价值, 为大戟属资源的可持续利用提供支撑; 聚类#8 activated carbon 为大戟属植物材料的功能开发提供性能分析与技术应用支撑; 聚类#4 terpenoid、#9 allelopathy 聚焦于大戟属萜类物质的合成分子机制

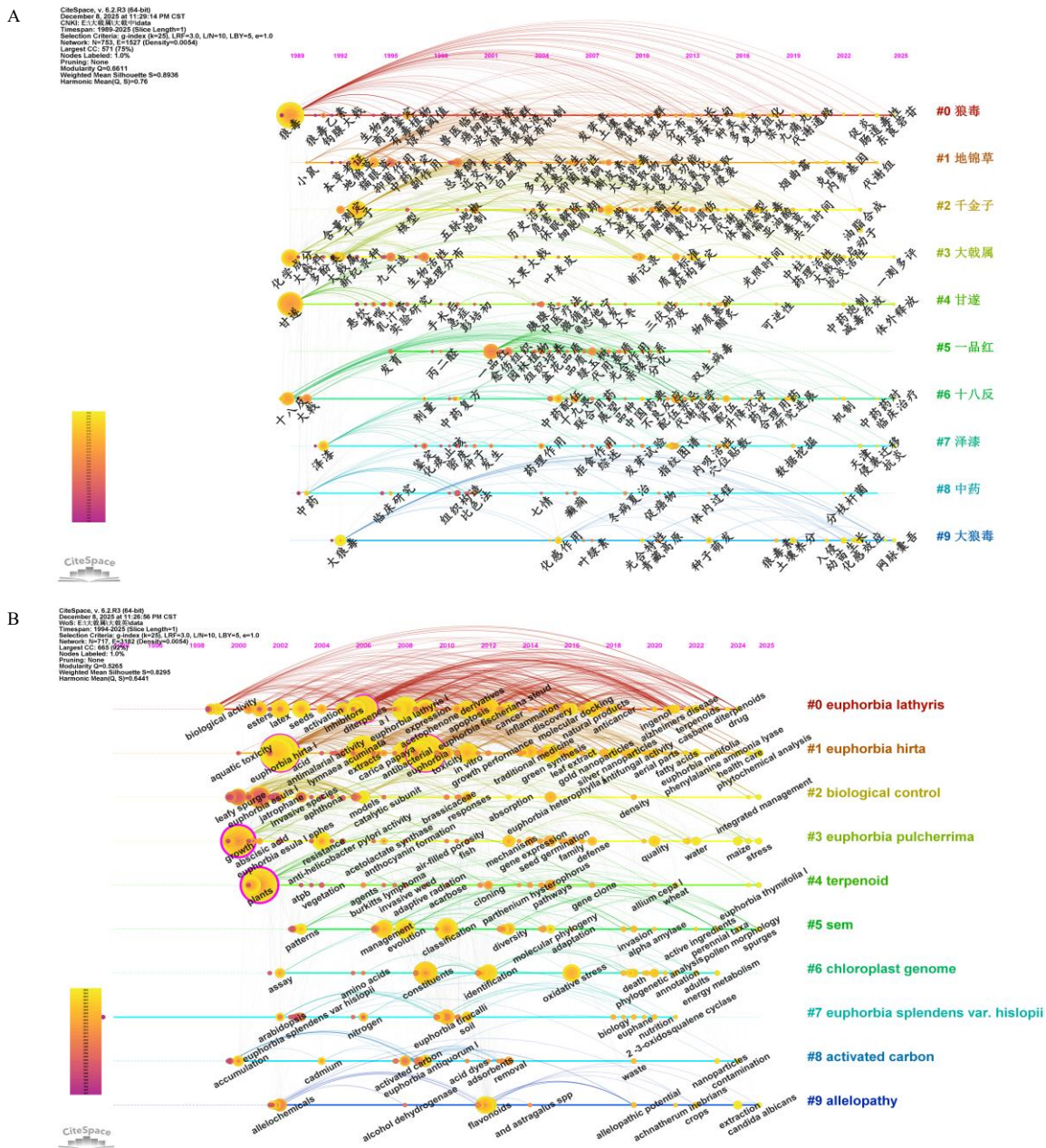


图 7 大戟属植物中文 (A) 与英文 (B) 文献关键词时间线图谱

Fig. 7 Keyword timeline diagrams for Chinese (A) and English (B) literature related to *Euphorbia* plants

表 9 大戟属植物中文文献关键词聚类信息

Table 9 Keywords clustering details for Chinese literature related to *Euphorbia* plants

聚类名称	节点数	轮廓值	聚类包含关键词
#0 狼毒	92	0.866	狼毒、狼毒大戟、月腺大戟、狼毒乙素、高寒草地
#1 地锦草	77	0.849	地锦草、斑地锦、总黄酮、抑菌活性、猫眼草
#2 千金子	73	0.822	千金子、续随子、醋制、京大戟、含量测定
#3 大戟属	54	0.931	大戟属、化学成分、三萜、大戟科、二萜
#4 甘遂	50	0.883	甘遂、醋炙、乳汁管、肠梗阻、胰腺炎
#5 一品红	47	0.909	一品红、愈伤组织、组织培养、不定芽、泥炭
#6 十八反	46	0.807	十八反、甘草、配伍禁忌、大戟、十九畏
#7 泽漆	40	0.876	泽漆、聚类分析、穴位贴敷、天津、优势种
#8 中药	29	0.900	中药、薄层色谱、粉末特征、组织构造、抗菌作用
#9 大狼毒	24	0.918	大狼毒、幼苗生长、化感效应、化感作用、种子萌发

表 10 大戟属植物英文文献关键词聚类信息

Table 10 Keywords clustering details for English literature related to *Euphorbia* plants

聚类序号	节点数	轮廓值	聚类包含关键词
#0 <i>Euphorbia lathyris</i>	134	0.794	<i>Euphorbia lathyris</i> , diterpenoids, <i>Euphorbia fischeriana</i> Steud, <i>Euphorbia fischeriana</i> , cytotoxic activity
#1 <i>Euphorbia hirta</i>	123	0.717	<i>Euphorbia hirta</i> , medicinal plants, antimicrobial activity, antibacterial activity, traditional medicine
#2 biological control	77	0.88	biological control, <i>Aphthona lacertosa</i> , invasive species, <i>Euphorbia esula</i> , <i>Aphthona nigricutis</i>
#3 <i>Euphorbia pulcherrima</i>	63	0.791	<i>Euphorbia pulcherrima</i> , salt stress, gene expression, dormancy, anti-helicobacter pylori activity
#4 terpenoid	50	0.859	terpenoid, immunolocalization, farnesyl diphosphate synthase, expression, gene clone
#5 sem	48	0.869	SEM (scanning electron microscope), pine bark, pollen morphology, predators, LM (light microscope)
#6 chloroplast genome	38	0.876	chloroplast genome, phylogenetic analysis, <i>Euphorbia kansui</i> , reactive oxygen species, H ¹ -NMR
#7 <i>Euphorbia splendens</i> var. <i>hislopii</i>	37	0.864	<i>Euphorbia splendens</i> var. <i>hislopii</i> , <i>Euphorbia tirucalli</i> , rhizobacteria formulation, flowering, triterpenoid
#8 activated carbon	34	0.892	activated carbon, <i>Euphorbia antiquorum</i> L., adsorption, surface area, fixed bed column
#9 allelopathy	21	0.944	allelopathy, seed germination, natural herbicides, inhibition, weeds

及化感作用的应用潜力等方面，阐明萜类合成相关基因功能与化感抑草效应，对大戟属植物的多领域应用进行机制性阐释；聚类#5 SEM 观测大戟属花粉形态的显微特征，为物种分类学研究提供形态学数据支撑。由时间线图（图 7-B）可知，1994—2010 年为基础研究奠基阶段，关键词如“biological activity”“toxicity”“extracts”表明此时期英文文献的重心集中于大戟属的生物活性挖掘、毒性评估、提取物制备等方面；2011—2025 年为技术深化与跨学科拓展阶段，关键词如“gene expression”“molecular phylogeny”“integrated management”“gold nanoparticles”则反映研究趋势逐渐转向运用分子生物学技术深入解析基因功能与演化机制，呈现出向跨学科应用拓展的特点，将大戟属研究与入侵物种综合管理、纳米材料载体开发、植物环境胁迫响应等领域结合。聚类分析显示，#0 *Euphorbia lathyris*、#1 *Euphorbia hirta*、#2 biological control、#3 *Euphorbia pulcherrima*、#4 terpenoid 的时间跨度较长，一直是该领域的研究热点。

2.7.3 关键词突现分析 特定关键词在某一时间段内出现的频次显著增长，可将其定义为该领域同期的突现词，这类词汇的变化能够直观反映研究热点的演化脉络^[27]。大戟属植物相关研究的中英文文献的前 25 个突现词如图 8 所示。在中文文献中，

研究热点呈现明显阶段性演进，1999—2004 年突现词包括“中药”“薄层色谱”“粉末特征”“组织构造”等，表明该时期研究集中于大戟属植物的基础鉴定与性状分析等方面，处于资源认知与鉴定标准建立阶段；2005—2011 年突现词涵盖“大戟属”“九牛造”“绿玉树”“抑菌活性”“生物活性”“含量测定”等，表明研究重心开始转向具体物种的针对性探究、抑菌活性分析、成分含量测定等工作的推进，为其药用价值的后续开发提供了核心数据支撑；2012—2019 年突现词包括“醋制”“指纹图谱”“配伍禁忌”“十八反”“癌性腹水”等，反映研究维度延伸至炮制工艺、配伍机制、质量评价及临床应用等方面，实现了从基础研究到应用导向的深化；2020 年至今的突现词为“新记录”“大狼毒”，体现对大戟属新资源或新药用品种的关注，进一步拓展了该属植物的物种研究范畴与区域资源的开发利用空间。

在英文文献中，2000—2005 年的突现词包含“biological control”“leafy spurge”“*Euphorbia pulcherrima*”“invasive species”“growth”等，该阶段以生物防治策略与种群生长特性分析为重点，聚焦入侵性大戟物种的治理，同时涉及一品红等代表性物种的基础研究；2006—2011 年的突现词涵盖“activation”“expression”“medicinal plants”

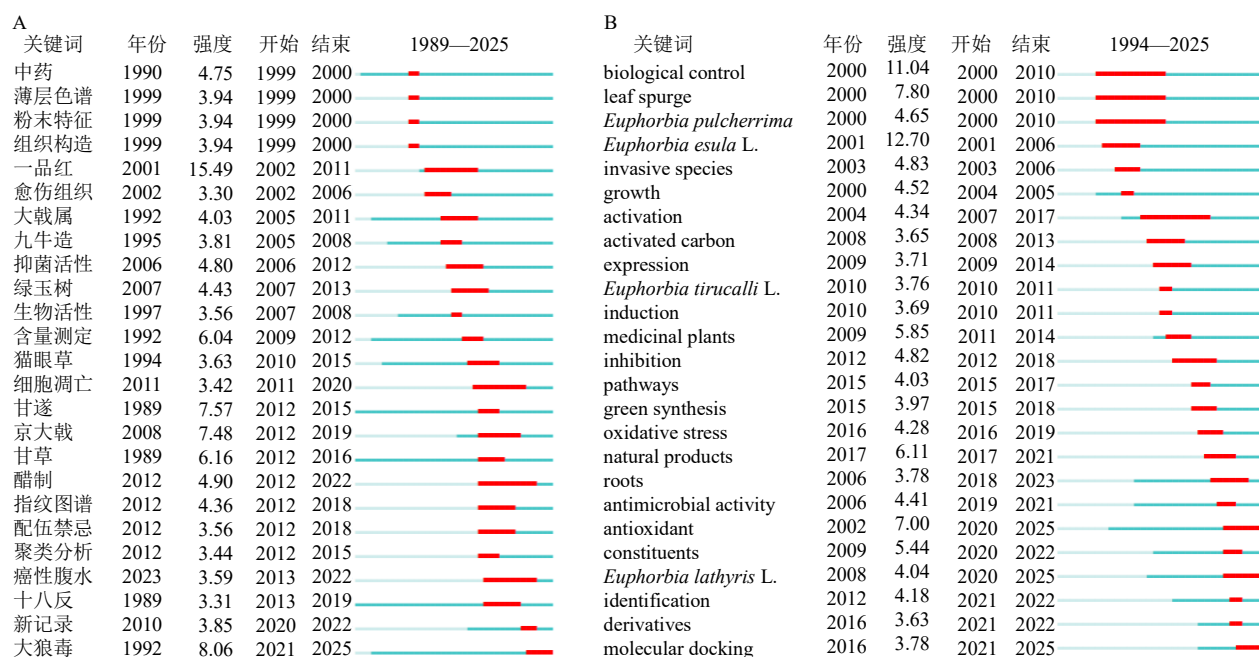


图 8 大戟属植物中文 (A) 与英文 (B) 文献关键词突现图谱

Fig. 8 Emerging maps keywords in Chinese (A) and English (B) literature related to *Euphorbia* plants

“*Euphorbia tirucalli* L.”等，研究热点向药用价值挖掘倾斜，基因表达调控的相关探究为其功能机制提供了分子层面的理论支撑，而绿玉树等物种的纳入也进一步拓宽了研究的样本覆盖范围；2012—2019年的突现词包括“inhibition”“pathways”“green synthesis”“oxidative stress”“antimicrobial activity”等，此阶段既深化了大戟属的活性机制研究，也开始探索天然产物的绿色合成技术，抗菌活性分析进一步拓展了该属植物的应用场景；2020年至今的突现词包括“antioxidant”“constituents”“molecular

docking”“derivatives”“identification”等，研究重点集中在化学成分析、抗氧化活性验证等方面，分子对接技术助力明确活性成分的作用靶点，同时衍生物开发与物种鉴定也为大戟属资源利用与分类完善提供了新支持。

2.8 专利分析

2.8.1 专利申请趋势分析 在 Incopat 数据库中检索到大戟属植物相关专利共 8 350 件，申请量年度趋势如图 9 所示，截至 2025 年 11 月 30 日的统计信息显示，该年度累计专利申请量为 90 件，尽管

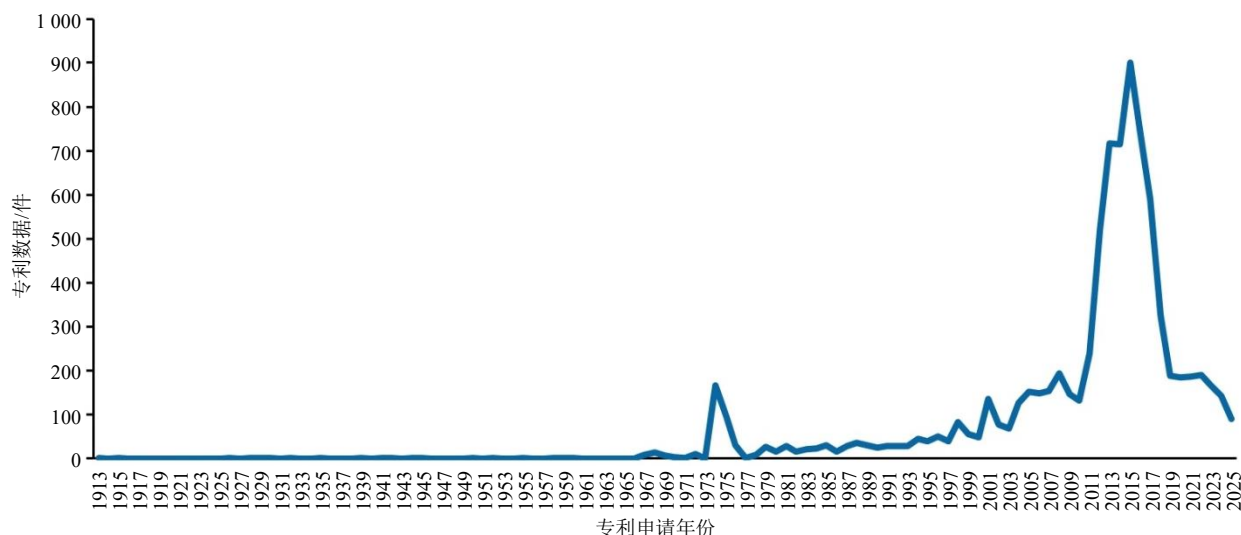


图 9 大戟属植物全球专利年度申请趋势

Fig. 9 Annual application trend of global patent applications for *Euphorbia* plants

数据尚未覆盖全年，但结合近年来的持续演变态势，2025年仍可被纳入趋势考察与预测分析中。大戟属植物领域的技术创新活动呈现明显的阶段性演进特征，大致可分为4个阶段，第1阶段为1913—1973年，在超过60年的时间里，专利申请活动极为稀疏，年申请量大多为0~2件，表明该阶段大戟属植物尚未进入系统化、规模化的科研与技术开发视野。第2阶段为1974—2009年，36年累计申请量达2 254件，年均申请量约63件，1974年申请量突发式增长至167件，成为首个阶段性高峰，此后虽有波动但整体呈阶梯式攀升态势，这一阶段的增长得益于生物医药技术的快速发展，大戟属植物的抗炎、抗肿瘤等潜在价值被初步挖掘，叠加全球对特色植物资源的关注度提升，科研体系逐步完善，技术转化机制初步建立，为后续的爆发式增长积累了扎实的技术基础。第3阶段为2010—2015年，6年累计申请量达3 223件，尤其在2012—2015年出现显著跃升，2015年达到历史峰值900件，此阶段爆发式增长的核心驱动因素包括大戟属植物核心药用价值的深度解析、产-学-研融合的加速推进，以及各国对特色生物资源产业化的政策支持，技术创新活力全面释放，市场对相关成果的需求持续旺盛。第4阶段为2016—2025年，自2016年起，申请量进入持续下行阶段，从747件逐步回落至2025年的90件，这一阶段的变化表明该领域核心技术领域趋于成熟，新的突破性创新方向减少，开始进入以存量优化、应用深化为主导的转型阶段。

2.8.2 专利全球地域分布分析 大戟属植物相关专利数量前10位的国家如图10-A所示。中国以5 603件专利遥遥领先，约占总量67.1%，显示出在该领域的绝对研发优势和产业布局强度。日本（743件）、美国（339件）、韩国（195件）和印度（172件）紧随其后，从地域来看，亚洲是核心研发区域，中国、日本、韩国和印度等国家共同推动该领域的技术发展，欧洲通过欧洲专利局及各成员国形成第2大专利集群，体现其系统化的科研与国际战略机制。美洲、非洲等地虽有分布，但数量相对有限。此外，欧洲专利局和世界知识产权组织（World Intellectual Property Organization, WIPO）专利较多，说明申请人普遍采取国际化布局策略，兼顾多国市场保护。整体而言，大戟属植物专利布局反映出研发资源高度集中于少数国家，同时全球多区域均有一定关注。大戟属植物相关专利在中国的分布呈现显著的区域集中与不平衡特征。从各省市专利数量来看（图10-B），山东以1 702件遥遥领先，占绝对优势，安徽（495件）与江苏（442件）位列第2、3位，反映出华东地区在该领域的研发活跃度较高，这种分布与科研机构布局、产业政策支持以及区域经济发展水平有关。大戟属资源丰富的西北地区相关专利较少，表明我国大戟属植物的资源优势尚未完全转化为技术和产业优势，综上，大戟属植物的专利布局与区域科研能力、资源条件密切相关，未来可加强西北地区的资源开发与研究合作，以促进其更均衡的创新发展。

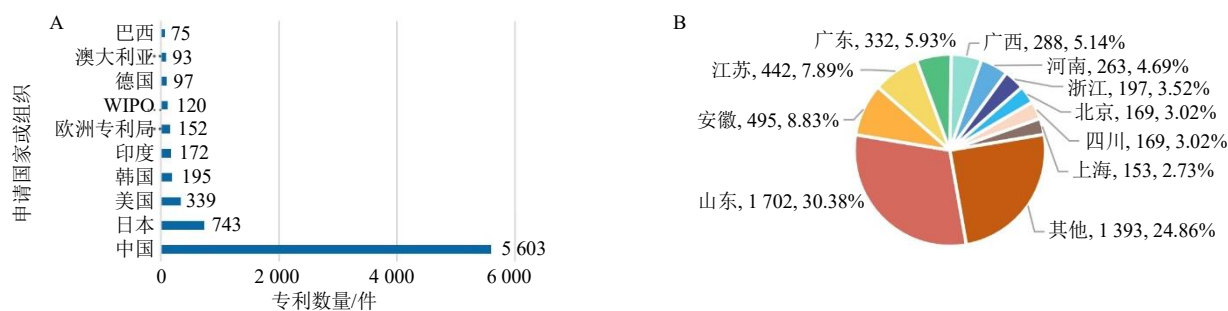


图10 大戟属植物专利申请全球前10位国家或组织 (A) 与中国省市地域分布 (B)

Fig. 10 Global top 10 countries or organizations in terms of patent applications (A) and provincial distribution in China (B) for *Euphorbia* plants

2.8.3 专利主要申请人分析 申请人类型分布显示（图11-A），个人申请人在总量上占据绝对优势（3 004件），远超企业（1 526件）及其他机构，然而，全球排名前10的申请人中，企业占据主导（图11-B）。Leo Laboratories Limited以198件专利位居

大戟属植物相关专利申请首位，核心聚焦于巨大戟醇及其衍生物的制备工艺、皮肤治疗（如光化性角化病）及多类杂环、脂环族化合物研发等方面。李文婷与谭新华分别拥有84与32件专利，两者的研发重点均聚焦于口腔护理领域，具体涉及具有消炎、

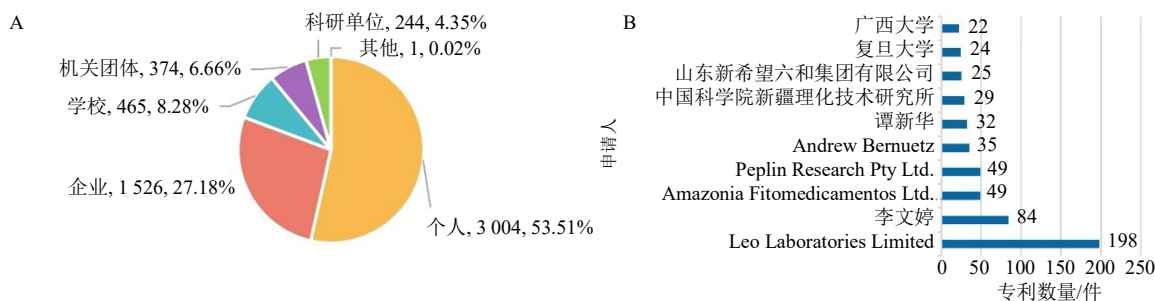


图 11 大戟属植物专利申请人类型 (A) 与前 10 位申请人 (B)
 Fig. 11 Applicant types (A) and top 10 applicants (B) for *Euphorbia* plants patents

美白、清新口气等功效的护理剂制备。Amazonia Fitomedicamentos Ltd.与 Peplin Research Pty Ltd.均为 49 件专利，前者侧重大戟科植物胶乳提取物活性成分开发，涉及人类免疫缺陷病毒（human immunodeficiency virus, HIV）潜伏病毒再活化、癌症治疗等领域；后者聚焦于抗癌化合物、前列腺癌治疗及抗菌治疗剂研发等方面。Andrew Bernuetz 的 35 件专利聚焦大戟属植物品种创新，涵盖深绿色品种、新品种培育、命名规范、开花习性等植物特性相关研究。中国科学院新疆理化技术研究所的 29 件专利侧重地域特色大戟属植物资源开发，聚焦于成分分析与高效提取工艺等方面。山东新希望六和集团有限公司的 25 件专利偏向农业与动物医药，开发饲料添加剂及动物疫病防治制剂。复旦大学与广西大学分别有 24、22 件专利，前者聚焦医药复方研发与临床验证，后者侧重植物资源培育与提取工艺优化。由此可见，大戟属植物应用领域覆盖医药、农业、动物防疫、口腔护理等方面，其中药用活性成分开发是核心方向，植物品种创新与资源高效利

用成为重要补充，展现出广阔的多元化应用价值。

2.8.4 专利重要技术领域分析 按照国际专利分类（international patent classification, IPC），目前大戟属植物申请专利所属技术领域主要集中在 A61K（5 610 件）、A61P（5 101 件），还涉及 A01N、A61Q、A23K 等（表 11）。A61K 与 A61P 共同构成了大戟属植物专利布局的核心领域，其中 A61K 技术专利占专利总数的 67.19%，主要涉及用于医疗、牙科或洗漱用品的制剂，A61P 技术专利占专利总数的 61.09%，主要涉及化合物或药物制剂的特异性治疗活性，这表明当前大戟属植物的技术创新高度聚焦于医药制剂的研发与应用等方面，其核心活性成分如巨大戟烷型、假白榄烷型二萜类化合物的适应证覆盖癌症、病毒感染、炎症性疾病及代谢性疾病，凸显了该属植物在新药与现代疗法开发中的巨大潜力。A01N 与 A01P 类专利主要涉及生物农药、消毒剂及植物保护相关的杀生物、驱虫或植物生长调节活性，这表明当前大戟属植物的研究热点在于医药制剂研发与绿色农业应用双轨并行，核心方向覆

表 11 大戟属植物专利主要 IPC 小类分布

Table 11 Distribution of main IPC subclasses for *Euphorbia* plants patents

IPC (小类)	IPC 释义	专利数量/件	占比/%
A61K	用于医疗、牙科或洗漱用品的制剂	5 610	67.19
A61P	化合物或药物制剂的特异性治疗活性	5 101	61.09
A01N	人或动物或植物的身体或其部分的保存；杀生物剂；害虫驱除剂或引诱剂；植物生长调节剂	440	5.27
A61Q	化妆品或类似化妆品制剂的具体用途	439	5.26
A23L	不包含在其他类目中的食品、食料或非酒精饮料	409	4.90
C07C	无环或碳环化合物；通过电解或电泳生产有机化合物	406	4.86
A01P	化合物或制剂的杀生物、驱虫、诱虫或植物生长调节活性	357	4.28
C07D	杂环化合物	326	3.90
A23K	动物专用饲料；特别适用于其生产的方法	315	3.77
A01H	新植物或获得它们的方法；通过组织培养技术的植物繁殖	303	3.63
其他		1 367	16.37

盖肿瘤、炎症、病毒等疾病的治疗以及农作物病虫害的绿色防控等方面, 凸显大戟属在医疗与农业两大核心领域的广阔应用前景。同时, 该属植物在食品加工、饲料添加剂、化工合成、化妆品及植物培育等领域亦展现出多元化的开发潜力, A23L 类专利将大戟属提取物添加剂加以研发, 有效提高畜禽免疫力与抗病能力, 助力畜牧业提质增效; C07C、C07D 类专利专注大戟属活性成分的化学合成与结构修饰, 为医药、农业等下游领域提供稳定的原料支撑; A61Q 类专利将大戟提取物用于美白、抗皱、抗痘及护发产品, 推动了天然活性成分在高端化妆品中的应用; 此外, A01H 类专利覆盖植物种间杂交、基因改造、组织培养及种苗快繁技术, 通过人工培育与生物技术解决大戟属原料稀缺问题, 为全产业链开发奠定资源基础。

3 讨论

3.1 研究领域概况

通过对收录于 CNKI、Wanfang、VIP、WOS 核心合集数据库的建库至 2025 年 11 月 30 日的大戟属植物中英文文献进行发文量、发文国家、发期刊、高被引文献等多维度的可视化分析, 明确大戟属植物相关研究正处于国际化且向多领域、跨学科应用拓展阶段, 前期国内研究起步早, 得益于大戟属植物的药用历史悠久, 在传统中医药中的长期应用所累积的学术基础, 使得该领域在国内形成了较为完善且持续发展的研究体系, 反观早期国际学术界对该领域的关注程度较低, 科研资源投入相对匮乏, 而随着全球健康需求的多元化发展及天然药物研究热潮的兴起, 传统医学领域对循证医学理念的重视程度不断提升, 大戟属植物的科学价值逐渐获得国际认可, 中外学者之间的交流互动也进一步促进该研究领域超越地域局限性, 向全球化方向发展。基于发文国家的分布格局分析, 国内外大戟属植物研究全球分布广泛, 其中中国在该领域占据绝对主导地位, 除此之外, 其他亚洲国家如印度、巴基斯坦在英文文献产出也处于领先地位, 而欧洲国家的中心性普遍较高, 是全球大戟属植物研究合作网络中的关键枢纽。在发期刊与高被引文献分析中, 大戟属中文文献多发表于中医药主流期刊, 高被引文献的研究多关注该属植物的药用特性, 而在英文文献中, 大部分为综合性化学或植物学期刊, 高被引文献的研究方向广泛, 不仅关注大戟属植物的药用价值, 同时涉及生态学、农业、分类学等其

他领域, 在学科类别分析中也印证了英文文献所呈现出的多学科交叉融合特点。在研究成果产出方面, 国内发表中文文献较多的机构包括南京中医药大学、北京中医药大学与中国科学院等; 英文文献发表前列的机构则包括 United States Department of Agriculture、Chinese Academy of Sciences 及 Egyptian Knowledge Bank; 国内核心研究团队以张丽、丁安伟、段金廛为学术带头人, 国外代表性研究团队以 Zhang Li、Tang Yuping、Chen Yu 为学术领衔人, 上述数据表明大戟属植物的研究力量主要集中于国内。中外作者的合作模式相似, 但国外作者团队规模较小且较为分散, 跨团队合作较为少见。从研究内容的侧重点来看, 中英文文献均关注大戟属植物的药用潜力及植物相关特性, 但也存在显著的研究偏向差异, 中文文献围绕大戟属中特定药用物种如狼毒、甘遂的安全性、临床应用、传统配伍规律等展开研究, 结合网络药理学、数据挖掘等技术解析中药用药逻辑; 而英文文献则偏向大戟属全类群的基础生物学研究, 围绕分类鉴定、分子系统发育等展开研究, 同时延伸至活性成分的体外活性、纳米颗粒等现代技术的应用探索, 这种差异体现了不同区域对大戟属资源的利用侧重, 前者挖掘其传统药用的现代化转化, 后者探索其广谱性价值。

3.2 研究热点及趋势

3.2.1 分类鉴定 大戟属包含超 2 000 个物种, 全球广泛分布, 存在分类混乱、资源分布不清及入侵物种危害等问题, 其推动了分类鉴定研究, 它是该领域的基础研究方向。近年来, 传统形态学分类与现代分子标记、化学成分分析、基因组学等技术的深度融合为大戟属分类体系的完善、物种亲缘关系的厘清及资源可持续利用提供了重要支撑。从月腺大戟根中分离得到 14 个化合物, 其中 5 个为首次从大戟属植物中分离得到的, 化学成分特征为月腺大戟的分类地位提供了化学证据^[28]。通过测定京大戟、狼毒、甘遂 3 种大戟属根类药材中没食子酸、柯里拉京、老鹳草素等鞣质类成分含量, 结合化学计量学分析, 发现老鹳草素、鞣花酸是这 3 种药材的核心差异性成分, 柯里拉京、鞣花酸可区分狼毒与甘遂, 为大戟属药用植物的精准分类鉴别提供了证据^[29]。采用 Illumina HiSeq 2500 高通量测序技术测定并获得南欧大戟叶绿体基因组序列, 发现其基因组全长 159 466 bp, 呈典型四分体环状结构, 编码 130 个基因, 基于 23 种相关植物的叶绿体基因

组数据构建系统发育树,分析表明南欧大戟与同亚科植物浆果乌柏的亲缘关系最为密切,为南欧大戟的分类地位与演化起源提供了有力的分子证据^[30]。基因组学分析揭示了大戟属线性三萜生物合成的进化规律,为物种的系统发育划分提供了功能基因证据^[31]。另一项研究则采用 PacBio SMRT 测序技术与 Illumina 短读长测序相结合的方法,对斑地锦进行转录组学分析,鉴定出斑地锦中甲羟戊酸和甲基赤藓糖醇磷酸途径中的萜类生物合成基因,明确了基因的异构体数量与组织表达差异,这些具有物种特异性的功能基因标记,为大戟属植物的精准分类与物种鉴定提供了新的分子靶点^[32]。

3.2.2 化学成分 大戟属植物富含二萜类、三萜类、黄酮类、生物碱类等多种化学成分,是其发挥生物功效的核心物质基础,是该领域的热点研究内容之一。在化学成分分离与结构鉴定方面,采用超高效液相色谱串联四极杆飞行时间质谱 (ultra-high performance liquid chromatography-quadrupole time-of-flight mass spectrometry, UPLC-Q-TOF-MS/MS) 技术,从蒙药狼毒大戟毒效部位鉴定出 68 个化合物,包括 43 个二萜类、5 个三萜类、8 个香豆素类、2 个酚酸类、2 个鞣酸类、3 个苯乙酮类、1 个甾醇类、1 个生物碱类、1 个脂肪酸类、1 个间苯三酚类和 1 个其他类化合物,建立了快速高效的定性分析方法,为狼毒的毒性评估与药用开发提供了实验基础^[33]。采用硅胶柱色谱、D101 大孔树脂和半制备反相高效液相色谱法 (reversed phase-high performance liquid chromatographic method, RP-HPLC) 对地锦草进行分离纯化,鉴定出 18 个化合物,其中 16 个为首次从该植物中分离得到的,3 个化合物对人肝癌 HepG2 细胞表现出显著的抗肝癌活性,这丰富了地锦草的活性物质基础^[34]。通过硅胶柱色谱、凝胶柱色谱等技术,从绿玉树提取物中分离得到 4 个新化合物,包括 1 个罕见的卡达烯型二萜类 (tirucadalenone) 和 3 个三萜类成分 (euphorol L、euphorol M、euphorol N),通过核磁共振和质谱解析明确了化合物的绝对构型,其中 euphorol M 为差向异构体混合物,这类化合物的发现拓展了大戟属三萜类成分的结构多样性^[35]。另一项重要研究通过转录组分析与体外功能验证,从续随子中鉴定出参与大戟因子生物合成的关键酶,包括 2 个细胞色素 P450 (CYP71D445、CYP726A27) 和 1 个醇脱氢酶 (alcohol dehydrogenase 1, ADH1),阐明了大环二萜

类化合物的环化过程,为定向合成活性二萜提供了分子基础^[36]。

3.2.3 药理机制 药理活性研究聚焦多维度功效评估,涵盖抗肿瘤、抗炎、抗菌、抗病毒等多个方向,为大戟属植物的应用提供了数据支撑。泽漆的醇提物对非小细胞肺癌 PC-9 和 A549 细胞具有浓度相关性抑制作用,通过上调上皮钙黏蛋白 (E-cadherin)、促细胞凋亡蛋白 B 淋巴细胞瘤-2 相关 X 蛋白 (B-cell lymphoma-2 associated X protein, Bax) 表达,下调抗凋亡蛋白 B 淋巴细胞瘤-2 (B-cell lymphoma-2, Bcl-2)、波形蛋白等蛋白水平诱导细胞凋亡,动物实验中其可显著抑制裸鼠皮下瘤生长且无明显脏器毒性^[37]。千金子中的二萜成分可通过抑制蛋白激酶 B (protein kinase B, Akt) 信号通路,降低肺癌细胞 A549 的迁移和侵袭能力,逆转上皮间质转化^[38]。从泽漆中提取的化学成分可通过灭活寨卡病毒 (Zika virus, ZIKV)、抑制包膜 (envelope, E) 蛋白表达以及与前膜 (pre-membrane, prM) 蛋白结合的多重机制发挥治疗作用,为 ZIKV 感染有效药物的研发提供新思路^[39]。飞扬草甲醇提取物对多重耐药结核分枝杆菌的最低抑菌浓度 (minimal inhibit concentration, MIC) 为 400~1 600 μg/mL,为未来结核病治疗的开发提供基础^[40]。大戟属植物的作用机制研究已深入到分子靶点层面,明确了活性成分的作用通路与靶点,为其开发为靶向药物奠定了基础。通过体外细胞毒性与肠类器官通透性实验,明确了狼毒大戟中 3 种二萜类成分 (17-羟基岩大戟内酯 B 等) 对大鼠小肠隐窝上皮细胞 IEC-6 具有显著毒性并能破坏肠道屏障,其炮制后含量降低是减毒的关键^[41]。从狼毒大戟中分离得到的另一种二萜类化合物 [13(15)-dien-16,12-olide] 对人肝癌 HepG2 细胞表现出较好的细胞毒活性,提示该类二萜类化合物是狼毒大戟抗肿瘤活性的有效物质^[42]。通过基因克隆与功能验证,发现了南欧大戟中合成巨大戟醇甲基丁烯酸酯的关键基因,揭示了大戟属植物线性三萜生物合成的进化机制,为代谢工程提高目标产物产量及解析完整生物合成途径奠定了基础^[43]。通过评估树枝大戟中的多种新型二萜类化合物对癌细胞 P-糖蛋白药物外排功能的抑制作用,明确了此类化合物调节肿瘤细胞的多药耐药性,为逆转肿瘤耐药药物的结构优化提供了依据^[44]。

3.2.4 炮制减毒 大戟属植物药用品种的毒性机制、炮制减毒技术及用药安全的研究不断深入,为

该类中药的临床合理应用与现代化开发提供了坚实的科学支撑。醋制作为应用最广泛的方法,其减毒机制侧重于化学反应与生物调节等方面,在加热和酸性条件下,醋作为辅料能促进毒性二萜类成分发生水解、开环、氧化和酯化等一系列化学反应,将双酯型等强毒性成分转化为单酯型或苷元等毒性较低的产物,如甘遂醋炙后,毒性较大的二萜类成分含量降低并转化为几乎无毒的巨大戟二萜醇等^[7]。此外,醋制还能通过调节肠道菌群生态发挥减毒作用,研究发现京大戟醋制后能逆转生品引起的肠道菌群紊乱,上调肠杆菌属等益生菌属丰度,从而增强肠道屏障功能^[45]。奶制是一种经典的减毒方法,其核心机制在于物理性转移与分子结合,研究表明,牛奶中的酪蛋白在煎煮过程中能与药材中的主要毒性成分发生相互作用,重新组装形成胶束,从而将毒性成分包裹或吸附,使其从药材饮片中转移至辅料牛奶或炮制后形成的乳状沉淀中,经过奶制后,大戟饮片中毒性萜类成分含量下降,同时乳状沉淀中鉴定出大量来源于药材的萜类成分,这使得奶制品对小鼠的肠道致炎毒性和泻下作用显著缓和^[46]。酒制的减毒作用主要体现在改变挥发性毒性成分的组成,采用顶空-气相色谱-质谱联用技术分析发现,大果大戟经酒制后,其挥发性成分中烷烃、烯烃类成分含量升高,而杂环、酮、醇类成分含量降低,特别是芳樟醇、辛醛、3-戊酮等已知潜在毒性成分的相对含量在炮制后显著下降,这表明酒制可能通过促进部分毒性挥发性成分的散失或转化,达到缓和药性的目的^[47]。诃子汤制作为民族医药特色炮制法,其机制侧重于药理拮抗与协同保护作用等方面,炮制过程中,诃子汤中丰富的鞣质酚酸类成分被引入药材或与毒性成分结合,这些成分被证实能在动物体内拮抗毒性二萜引起的肠道刺激和炎症反应,狼毒经诃子汤制后,其致泻和致炎毒性显著降低,其机制被认为是引入的鞣质酚酸类成分发挥了直接的拮抗作用^[48],同时,诃子汤制还能上调肠道紧密连接蛋白的表达,从而增强肠道黏膜屏障功能,降低毒性成分的渗透和损伤^[49]。

3.2.5 其他领域应用 大戟属植物的应用价值已从传统药用拓展至农业、环境、材料等领域,形成多场景、跨学科的应用格局,农业应用研究主要围绕绿色防控与化感调控展开,利用大戟属植物的活性成分开发环境友好型除草剂、杀虫剂,减少化学农药的使用。在天然农药开发方面,泽漆乙醇提取

液对菜青虫、试虫具有显著的触杀活性、胃毒活性及拒食活性,此外,泽漆提取物亚致死浓度处理的豌豆蚜被异色瓢虫取食后,瓢虫发育周期延长、寿命缩短、繁殖力下降,说明其虽对害虫有效,但可能通过食物链影响天敌,需在应用中权衡^[50-51]。月腺大戟根部提取物对小麦赤霉病菌、苹果炭疽病菌等病原菌菌丝生长有强烈抑制作用,乙醇相比水相的抑制活性更强^[52]。飞扬草的乙醇提取物对番茄立枯病病原菌的防治效果达80%且无毒性药害,同时能促进番茄植株生长,其甲醇提取物可抑制番茄细菌性枯萎病病原菌和斑点病病原菌的生长,田间应用可使番茄产量提升3.5倍^[53-54]。在化感调控研究中发现,斑地锦精油中分离出的二苯胺可显著抑制马齿苋、皱果苋等杂草的萌发和幼苗生长,可用于杂草防控^[55]。泽漆的叶、根、果实水提取物能通过降低作物种子活力指数、抑制根芽伸长,显著影响小麦、鹰嘴豆和小扁豆的生长,其中叶提取物的抑制效应最强^[56]。除此之外,大戟属植物在纳米颗粒合成中也展现出广泛应用前景,飞扬草、狼毒大戟、绿玉树等所含有的萜类、生物碱、黄酮等成分对纳米颗粒的绿色合成至关重要,这些纳米颗粒在药物递送、诊断工具、病虫害防控、绿色制造等领域都具有重要价值^[57]。另一项研究发现,绿玉树可作为生物柴油原料,其含有的萜类成分可高效转化为生物柴油,种植过程对环境友好,为可再生能源开发提供了新路径^[58]。

3.3 专利申请热点与趋势

Incopat 专利数据库中共检索到大戟属植物相关专利数据8350件,国内专利5603件,占比67.1%,国外专利2747件,占比32.9%。大戟属植物专利申请在全球范围内呈现核心集中、多点分散的分布特征,亚洲作为核心研发区域,贡献了全球大部分专利申请量,其中中国占据绝对主导地位,彰显了其在该领域的研发实力与产业布局优势,世界知识产权组织与欧洲专利局的高申请量反映出申请人为拓展国际市场、保障技术成果全球权益而采取的国际布局策略,美洲、非洲等地区虽有专利分布,但数量相对有限,尚未形成规模化的研发体系。我国大戟属植物专利申请呈现显著的区域集中特征,华东地区成为研发核心区,虽然西北地区拥有丰富的的大戟属植物资源,但相关专利申请量较少,资源优势未能有效转化为技术优势与产业优势,区域发展不均衡问题突出,未来具备较大的开发潜力与提

升空间。从申请人类型来看,个人与企业核心技术研究与产业化转化中占据主导作用,科研机构与高校作为重要的创新力量,在基础研究、资源开发与技术攻坚方面发挥了关键作用。大戟属植物专利申请高度集中于医药健康领域,这是由其二萜类化合物等成分与癌症、炎症性疾病等靶点间相互作用的高生物活性本质所决定的,当前的专利研发已从粗提物的应用发展到对单一高纯度化合物的作用靶点鉴定与信号通路解析的分子层面,标志着该领域正从广泛筛选进入精准干预的新阶段。大戟属植物的应用领域还呈现出显著的横向扩散趋势,尽管医药是核心,但专利布局已成功溢出至多个高附加值领域,如绿色农业、动物防疫、工业原料与合成生物学等。综上所述,大戟属植物领域的专利活动表明我国已在全球范围内建立了显著的数量优势和产业应用优势,尤其在医药建库领域。然而,要真正实现从“专利大国”到“创新强国”的跨越,将局部优势转化为全球竞争力未来需聚焦以下战略方向:(1)推动创新链与资源链深度协同,通过专项政策引导,在资源富集区域搭建产学研协同创新平台,系统开展本地特色大戟属植物的资源化学、基因组学研究及可持续利用技术研发,将资源优势转化为可持续的知识产权优势。(2)强化源头创新与跨技术融合,调整研发资助重心,聚焦活性成分作用新靶点、药理机制新发现等原创性研究,同时推动人工智能筛选、合成生物学、新型制剂技术等跨学科的融合应用,抢占技术制高点。(3)构建高质量全球化专利布局,引导创新主体不仅追求申请量,更应注重在核心技术和目标市场国家构建高质量、高稳定性的专利组合,同步提升知识产权运营能力与风险防控水平,增强专利实际转化价值。大戟属植物的专利竞争本质上是对未来生物技术产业话语权的争夺,只有通过深化基础研究、促进高效转化、布局高质量知识产权,才能将当前的规模优势转化为引领产业发展的持久核心竞争力。

4 结论

本研究采用文献计量学方法,对截至2025年11月30日发表的大戟属植物相关中英文文献及全球专利申请情况进行解析,系统呈现该领域知识演变脉络,解析专利谱系特征并预判前瞻创新方向。分析表明,当前大戟属植物的研究格局呈现出以中国为核心的显著区域性集中与全球广泛参与并存的特征,其知识演变与专利转化进程共同指向大戟

属资源的高效利用与价值升级。在基础研究层面,传统形态学分类与现代分子生物学、化学计量学及基因组学的深度融合,正系统性地解决大戟属物种分类混乱问题,为资源精准鉴定与亲缘关系厘清奠定了坚实基础。化学成分研究已超越单纯的结构鉴定,进入靶向活性成分挖掘与生物合成途径解析的深度阶段,揭示了二萜、三萜类特征成分作为核心药效、毒性物质基础的关键角色。相应的药理机制研究则从多维度功效验证深入至分子靶点与信号通路,为其抗肿瘤、抗炎等现代化药物的研发提供了科学依据。在传统药用现代化方面,炮制减毒研究尤为突出,其显著提升了此类有毒中药临床应用的合理性与安全性。此外,大戟属植物的应用价值已成功延伸至农业绿色防控、环境修复及纳米材料合成等多个新兴领域,展现出巨大的综合开发潜力。专利谱系分析进一步印证了医药健康是该领域的核心产业转化方向,研发正朝着活性成分精准干预与分子靶点深度解析的精细化阶段迈进。然而,针对区域发展不均衡、源头创新能力有待加强以及高质量全球专利布局不足等问题,未来大戟属植物研究需进一步强化基础研究与产业应用的双向驱动,一方面,应继续深化分类系统学、功能基因组学及合成生物学研究,强化资源本源认知与可持续利用能力;另一方面,需推动跨学科技术的融合,加强活性成分的创新药物研发与其在农业、材料等领域的跨界应用。同时,通过构建更紧密的全球合作网络与高质量知识产权战略布局,将当前的资源优势与研究积累转化为引领天然产物研究与生物技术产业发展的持久核心竞争力。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志-拉丁名索引: 1959—1992 [M]. 北京: 科学出版社, 1997: 26-19, 62-63.
- [2] 中国药典 [S]. 一部. 2025: 38, 92, 135, 243, 307.
- [3] 赵志礼, 赵汝能. 甘肃大戟属药用植物资源 [J]. 中草药, 2002, 33(2): 167-169.
- [4] 包勒朝鲁, 那生桑. 大戟属植物现代药用的研究进展 [J]. 世界中医药, 2018, 13(8): 2090-2094.
- [5] Berisha N, Schönswetter P, Frajman B. Disentangling relationships in *Euphorbia agraria* s.l. (Euphorbiaceae) in south-east Europe: One or two species? [J]. *Taxon*, 2025, 74(3): 602-615.
- [6] Frajman B, Závěská E, Gamisch A, *et al.* Integrating

- phylogenomics, phylogenetics, morphometrics, relative genome size and ecological niche modelling disentangles the diversification of Eurasian *Euphorbia seguieriana* s.l. (Euphorbiaceae) [J]. *Mol Phylogenet Evol*, 2019, 134: 238-252.
- [7] 刘寒香, 张玉松, 周世康, 等. 基于毒性成分转化的甘遂醋炙工艺优选 [J]. 中国中药杂志, 2023, 48(11): 2958-2967.
- [8] 王文晓, 杨艳菁, 曹亮亮, 等. 醋炙对甘遂 3 种三萜类成分的影响及肠上皮细胞的毒性 [J]. 中成药, 2015, 37(5): 1045-1049.
- [9] 王文晓, 高兰, 张丽, 等. 醋炙减弱甘遂醋酸乙酯部位对小鼠胃肠黏膜通透性影响的研究 [J]. 中草药, 2014, 45(22): 3289-3294.
- [10] 陈海鹰, 曹雨诞, 颜晓静, 等. 醋制降低京大戟对人正常肝细胞 LO2 的毒性及机制研究 [J]. 中国中药杂志, 2013, 38(6): 866-870.
- [11] 曹睿贞, 张丽, 曹雨诞. 京大戟醋制对癌性腹水模型大鼠泻水逐饮功效及毒性的影响 [J]. 中华中医药学刊, 2025, 43(12): 211-215.
- [12] 张毅, 姜东京, 周世康, 等. 醋甘遂成分群 B、C 对 Walker-256 癌性腹水模型大鼠肠道菌群多样性的影响 [J]. 中国中药杂志, 2022, 47(5): 1253-1261.
- [13] 陶伟伟, 于金高, 陈艳球, 等. 基于千金子与甘草对肠道菌群/屏障系统的影响探讨其配伍禁忌机制 [J]. 中国中药杂志, 2018, 43(2): 369-376.
- [14] 景欣悦, 彭蕴茹, 王新敏, 等. 甘遂与甘草合用对大鼠肝药酶 CYP1A2、CYP2C19 和 CYP2E1 的影响 [J]. 中国药理学通报, 2015, 31(11): 1625-1626.
- [15] 景欣悦, 彭蕴茹, 王新敏, 等. 甘遂与甘草合用对甘遂毒性成分甘遂萜酯 A、甘遂萜酯 B 代谢的影响 [J]. 中国药理学通报, 2015(1): 136-140.
- [16] 柳海艳, 钟赣生, 刘云翔, 等. 探析接近临床剂量的甘遂半夏汤加减甘遂甘草对腹水模型大鼠肾脏及免疫系统的影响 [J]. 中华中医药杂志, 2014, 29(12): 3781-3786.
- [17] 柳海艳, 钟赣生, 刘佳, 等. 接近临床剂量的甘遂半夏汤加减甘遂甘草反药组合对腹水大鼠肝肾功能的影响 [J]. 北京中医药大学学报, 2014, 37(1): 33-38.
- [18] Guo S J, Jiang D J, Zhang Q, *et al.* Diverse role of gut microbiota on reduction of ascites and intestinal injury in malignant ascites effusion rats treated with *Euphorbia kansui* stir-fried with vinegar [J]. *J Ethnopharmacol*, 2021, 267: 113489.
- [19] Zhang Q, Zhang Y, Zhou S K, *et al.* Toxicity reduction of *Euphorbia kansui* stir-fried with vinegar based on conversion of 3-O-(2'E,4'Z-decadi-enoyl)-20-O-acetylingenol [J]. *Molecules*, 2019, 24(20): 3806.
- [20] Jiang D J, Liu X, Tan R L, *et al.* *Euphorbia* factor L2 suppresses the generation of liver metastatic ascites in breast cancer via inhibiting NLRP3 inflammasome activation [J]. *Int J Mol Med*, 2023, 53: 8.
- [21] Wang B, Zhang G D, Yang J J, *et al.* Evaluation of inhibitory effect and mechanism of *Euphorbia* factor L₃ against *Phytophthora capsici* [J]. *Molecules*, 2023, 28(7): 2958.
- [22] Wang F, Zhao W L, Lv W, *et al.* Identification and functional characterization of a novel sinapyl alcohol acyltransferase from *Euphorbia lathyris* L. [J]. *J Agric Food Chem*, 2023, 71(50): 20187-20197.
- [23] Zhao W L, Wang F, Li P R, *et al.* Two O-acyltransferases from the diterpene biosynthetic gene cluster of *Euphorbia lathyris* contribute to the structural diversity of medicinal macrocyclic diterpenoid esters biosynthesis [J]. *Plant J*, 2025, 121(4): e70003.
- [24] Lin G Y, Li P R, Li L W, *et al.* Discovery of EIABCG39: A key player in ingenol transmembrane efflux identified through genome-wide analysis of ABC transporters in *Euphorbia lathyris* L [J]. *Plant Cell Rep*, 2024, 43(11): 274.
- [25] Zhao W L, Peng J, Wang F, *et al.* Integrating metabolomics and transcriptomics to unveil the spatiotemporal distribution of macrocyclic diterpenoids and candidate genes involved in ingenol biosynthesis in the medicinal plant *Euphorbia lathyris* L. [J]. *Ind Crops Prod*, 2022, 184: 115096.
- [26] 商素菲, 王进, 陈仁寿. 基于文献计量学探讨黄连的研究进展及前沿趋势 [J]. 药物评价研究, 2025, 48(10): 2970-2988.
- [27] 商素菲, 王进. 基于文献计量学和全球专利的半夏研究现状与发展趋势的可视化分析 [J]. 中草药, 2025, 56(14): 5151-5168.
- [28] 张秉汇, 孙建伟, 胡玉芬, 等. 月腺大戟根的化学成分研究 [J]. 中药材, 2025, 48(1): 104-108.
- [29] 岑如愿, 纪瑞锋, 班建平, 等. 基于多成分定量及化学计量学分析的大戟属 3 种根类药材差异性研究 [J]. 中药材, 2024, 47(12): 3065-3070.
- [30] 余涛, 蒲芬, 管芹, 等. 南欧大戟叶绿体基因组特征及其系统发育分析 [J]. 分子植物育种, 2022, 20(6): 1828-1837.
- [31] Czechowski T, Li Y, Gilday A D, *et al.* Evolution of linear triterpenoid biosynthesis within the *Euphorbia* genus [J]. *Nat Commun*, 2025, 16: 5602.
- [32] Jeon M J, Roy N S, Choi B S, *et al.* Identifying terpenoid biosynthesis genes in *Euphorbia maculata* via full-length cDNA sequencing [J]. *Molecules*, 2022, 27(14): 4591.
- [33] 薛兰, 包乌云毕力格, 李格日勒, 等. 基于 UPLC-Q-

- TOF-MS/MS 分析蒙药狼毒毒效部位的化学成分 [J]. 天然产物研究与开发, 2025, 37(9): 1671-1678.
- [34] 姚思凡, 孙伍慧, 张艺, 等. 地锦草化学成分及其体外抗肝癌活性研究 [J]. 中成药, 2025, 47(7): 2243-2249.
- [35] Duong T H, Beniddir M A, Genta-Jouve G, *et al.* Further terpenoids from *Euphorbia tirucalli* [J]. *Fitoterapia*, 2019, 135: 44-51.
- [36] Luo D, Callari R, Hamberger B, *et al.* Oxidation and cyclization of casbene in the biosynthesis of *Euphorbia* factors from mature seeds of *Euphorbia lathyris* L. [J]. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2016, 113(34): E5082-E5089.
- [37] 刘雪柔, 杨玉梅, 刘伟, 等. 中药泽漆抑制非小细胞肺癌细胞增殖、侵袭、迁移以及促进细胞凋亡 [J]. 南方医科大学学报, 2024, 44(10): 1918-1925.
- [38] 杜健磊, 王俊苹, 刘伟. 千金子介导 Akt 信号通路抑制肺癌细胞 A549 迁移和侵袭及上皮间质转化的研究 [J]. 中药材, 2021, 44(1): 190-195.
- [39] 庞攀攀, 邱雄, 江英杰, 等. 泽漆二萜化合物体外抗寨卡病毒机制 [J]. 中国药理学通报, 2025, 41(8): 1436-1444.
- [40] Nirmal C R, Ebenezer R S, Kannan P, *et al.* Anti-tuberculosis activity of bio-active compounds from *Lantana camara* L., *Euphorbia hirta* L., *Mukia maderaspatana* (L.) M. Roem, and *Abutilon indicum* (L.) [J]. *Eur J Integr Med*, 2020, 35: 101105.
- [41] 余荣璐, 程志参, 赖岳阳, 等. 基于 UPLC-MS/MS 技术探究狼毒大戟牛奶制前后化学成分变化及差异成分细胞毒性评价研究 [J]. 中国中药杂志, 2026, 51(3): 675-686.
- [42] 李雅楠, 杨华, 赫军, 等. 狼毒大戟化学成分及其生物活性研究 [J]. 中国药学杂志, 2022, 57(17): 1419-1424.
- [43] Schotte C, Florean M, Czechowski T, *et al.* Identification of BAHD-acyltransferase enzymes involved in ingenane diterpenoid biosynthesis [J]. *New Phytol*, 2025, 247(6): 2591-2600.
- [44] Corea G, Fattorusso E, Lanzotti V, *et al.* Modified jatrophone diterpenes as modulators of multidrug resistance from *Euphorbia dendroides* L. [J]. *Bioorg Med Chem*, 2003, 11(23): 5221-5227.
- [45] 徐晓芬, 郁红礼, 吴皓, 等. 京大戟醋制改善肠道菌群紊乱降低肠毒性作用研究 [J]. 中国中药杂志, 2022, 47(5): 1243-1252.
- [46] 刘璐, 郁红礼, 吴皓, 等. 蒙药京大戟奶制前后肠道毒性变化及成分分析 [J]. 南京中医药大学学报, 2024, 40(3): 278-288.
- [47] 蔡瑛, 田婷, 格桑顿珠, 等. 大果大戟奶制、酒制后挥发性成分的变化研究 [J]. 中国药房, 2025, 36(21): 2651-2655.
- [48] 张巧, 陈富贵, 曹杰, 等. 基于液质联用和模拟炮制的诃子汤制狼毒大戟减毒机制研究 [J]. 南京中医药大学学报, 2024, 40(7): 674-692.
- [49] 陈菡淋, 郁红礼, 吴皓, 等. 基于蛋白质组学的狼毒(月腺大戟)诃子汤制降低肠道毒副作用机制研究 [J]. 中国中药杂志, 2025, 50(12): 3214-3222.
- [50] 何恒果. 泽漆提取液对菜青虫的生物活性 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38(16): 8484-8485.
- [51] 曹焱雨, 张廷伟, 史历, 等. 泽漆提取物亚致死浓度处理豌豆蚜对异色瓢虫生长发育和繁殖的影响 [J]. 中国生物防治学报, 2025, 41(4): 780-787.
- [52] 薛建平, 张爱民, 盛玮. 月腺大戟抑菌活性的初步研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2009, 21(2): 303-305.
- [53] Mekam P N, Martini S, Nguefack J, *et al.* Activity of extracts from three tropical plants towards fungi pathogenic to tomato (*Solanum lycopersicum*) [J]. *Phytopathol Mediterr*, 2019, 58(3): 573-586.
- [54] Kusampudi V, Kusampudi S, Lakshmi B S. Effect of foliar-applied *Euphorbia hirta* towards controlling bacterial diseases in tomato crops and enhancing fruit yield and shelf life [J]. *Plant Prod Sci*, 2023, 26(1): 1-16.
- [55] Qiu D R, Yang S X, Liu H W, *et al.* Identification of allelochemicals in the essential oil of *Euphorbia maculata* L. and their bioactivity [J]. *Allelopathy J*, 2017, 40(1): 23-34.
- [56] Tanveer A, Rehman A, Javaid M M, *et al.* Allelopathic potential of *Euphorbia helioscopia* L. against wheat (*Triticum aestivum* L.), chickpea (*Cicer arietinum* L.) and lentil (*Lens culinaris* Medic.) [J]. *Turk J Agric For*, 2010, 34(1): 75-81.
- [57] Suthar M, Malik A, Marwal A. Unveiling phytochemical-mediated nanoparticle synthesis in Euphorbiaceae: A review of current trends and future prospects [J]. *Russ J Plant Physiol*, 2025, 72(5): 149.
- [58] Khaleghian A, Nakaya Y, Nazari H. Biodiesel production from *Euphorbia tirucalli* L. [J]. *J Med Plants Res*, 2011, 5(19): 4968-4973.

[责任编辑 潘明佳]