

多源数据融合与驱动背景下枸杞科学协作与热点前沿知识图谱构建及可视化分析

张佳玲¹, 刘 谦¹, 陈奕旻¹, 刘娟娟¹, 王良才¹, 黄璐琦^{5*}, 晋 玲^{1,2,3,4*}

1. 甘肃中医药大学, 甘肃 兰州 730000
2. 西北中藏药协同创新中心, 甘肃 兰州 730000
3. 陇药产业创新研究院, 甘肃 兰州 730000
4. 甘肃省珍稀中药资源评价与保护利用工程研究中心, 甘肃 兰州 730000
5. 中国中医科学院中药资源中心, 北京 100700

摘要: 目的 探析 21 世纪以来全球中医药学者在枸杞科学研究领域的跨地域多维协作态势, 梳理研究热点、前沿动态及研究主题的地域分布, 为今后的研究提供参考。方法 收集 Web of Science、PubMed、中国知网 (CNKI)、维普 (VIP) 和万方 (Wanfang) 数据库 2000 年 1 月 1 日—2022 年 6 月 31 日与枸杞相关的文献, 通过文献计量软件 COOC9.9 对其进行整合, 利用 VOSviewer1.6.18 软件进行可视化分析, 构建枸杞的知识图谱。结果 经过筛选最终纳入国际文献 206 篇, 国内文献 23 843 篇, 发文量最多的是宁夏农林科学院枸杞研究所曹有龙; 研究机构发文量最多的是中国科学院和宁夏大学; 高载文量期刊分别是 *Asian Journal of Chemistry* 和《宁夏农林科技》。我国在本研究领域处于核心地位, 与美国、瑞士合作较为频繁。结论 基于数据融合与驱动可视化技术, 从时间和地域的视角出发, 分析枸杞研究趋势并进行价值发现研究, 为枸杞产业高质量发展进程中新经济成长点的剖析、发展战略的规划与实施提供数据可视化依据。

关键词: 枸杞; 多源数据融合; 知识图谱; 可视化分析; 热点前沿

中图分类号: R282.71; G350 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2023)24-8165-15

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2023.24.021

Construction and visual analysis of knowledge graph for scientific collaboration and hot spot frontier in *Lycium chinense* under background of multi-source data fusion and driving

ZHANG Jia-ling¹, LIU Qian¹, CHEN Yi-yang¹, LIU Juan-juan¹, WANG Liang-cai¹, HUANG Lu-qi⁵, JIN Ling^{1,2,3,4}

1. Gansu University of Traditional Chinese Medicine, Lanzhou 730000, China
2. Northwest Chinese-Tibetan Medicine Collaborative Innovation Center, Lanzhou 730000, China
3. Long-yao Industry Innovation Research Institute, Lanzhou 730000, China
4. Gansu Engineering Research Center for Evaluation, Protection and Utilization of Rare Traditional Chinese Medicine Resources, Lanzhou 730000, China
5. Traditional Chinese Medicine Resource Center, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China

Abstract: Objective To explore the cross regional and multi-dimensional collaboration trend of global traditional Chinese medicine scholars in the field of Gouqi (*Lycium chinense* Mill.) scientific research since the 21st century, sort out the regional distribution of research hotspots, cutting-edge trends, and researching topics, provideing reference for future research. **Method** The literature related to *L. chinense* from the Web of Science, Pubmed, CNKI, VIP and Wanfang databases was collected from January 1, 2000 to June 31, 2022. It was integrated by bibliometric software COOC9.9, and visualized and analyzed by using VOSviewer 1.6.18 software to

收稿日期: 2023-08-13

基金项目: 中国工程院战略研究与咨询项目 (GS2021ZDA06): 道地药材生态种植及质量保障项目 [国中医药科技 (2020) 153 号]; 财政部和农业农村部: 国家现代农业产业技术体系资助项目 (CARS-21)

作者简介: 张佳玲, 甘肃中医药大学, 硕士研究生, 研究方向为中药资源评价、保护与可持续利用。E-mail: 3410024727@qq.com

*通信作者: 黄璐琦, 中国工程院院士, 从事中药资源与分子生药学研究。E-mail: huangluqi@126.com

晋 玲, 甘肃中医药大学, 博士, 教授, 研究方向为中 (藏) 药资源评价、保护及可持续利用研究。E-mail: 1131858632@qq.com

construct a knowledge graph of *L. chinense*. **Result** After screening, 206 international literature were selected, and 23843 domestic literature were included in the standard. Cao Youlong who from the Chinese wolfberry Research Institute of Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences had the highest number of publications; The Chinese Academy of Sciences and Ningxia University have the largest number of papers issued by research institutions; The high-volume journals are *Asian Journal of Chemistry* and *Ningxia Agriculture and Forestry Science and Technology* respectively; China is at the core of this research field and has frequent cooperation with the United States and Switzerland. **Conclusion** Based on data fusion and driven visualization, analyze the research trend of *L. chinense* and conduct value discovery research from a temporal and geographical perspective. So as to provide data visualization basis for the analysis of new economic growth points, planning and implementation of development strategies in the high-quality development process of *L. chinense* industry.

Key words: *Lycium chinense* Mill.; multi source data fusion; knowledge graph; visual analysis; hot frontiers

枸杞 *Lycium chinense* Mill. 属于茄科枸杞属，是一种药食同源的植物^[1]。目前，全球枸杞属大约有 80 个品种，我国有 7 个种和 2 个变种，主要生于温带和亚温带地区的山坡、沙地，其中宁夏、河北、内蒙古、新疆为我国枸杞的主要产区，国内关于枸杞属植物的研究主要集中于宁夏枸杞 *L. barbarum* L. 和黑果枸杞 *L. ruthenicum* Murray，研究最多的是宁夏枸杞^[2]。《本草经集注》^[3]中对枸杞描述：“冬采根，春、夏采叶，秋采茎、实，阴干”。现代研究表明，枸杞果实、叶子、根皮均具有不同药用价值，枸杞子用于虚劳精亏、腰膝酸痛、眩晕耳鸣、阳萎遗精、内热消渴、血虚萎黄等病症^[4]；枸杞叶用于养阴生津、清热解渴等病症^[5]；地骨皮用于阴虚潮热、骨蒸盗汗、肺热咳嗽、咯血、衄血等病症^[4]。而甘肃作为全国中药材主产区之一，以当归、大黄、黄芪、枸杞子等十大陇药为重点^[6]，相继出台一系列扶持和鼓励陇药产业发展的措施，为陇药产业转型和跨越发展营造了良好的环境。现今，随着陇药产业高质量发展策略的制定以及产业守正创新的不断发展，枸杞也成为国内外研究的热点。基于此，本研究以陇药枸杞众多科研数据中的文献数据为依据，采用多源数据融合与驱动可视化技术，梳理 21 世纪以来枸杞科学研究领域的跨地域多维协作态势、研究热点、前沿动态及主要研究主题在地理空间上的分布特征，为枸杞后续研究提供参考依据，更好地服务于临床。

1 研究方法

采用多源数据融合与驱动可视化分析软件 COOC9.9，对来自不同文献数据库的枸杞国际与国内文献研究数据进行合并、去重、同义词替换后，作为分析用原始数据。应用关键词共现分析方法，探析国家、机构、作者间的多维协作，以及不同地域间（不同国家、省份）的研究热点与前沿动态分

布特征。

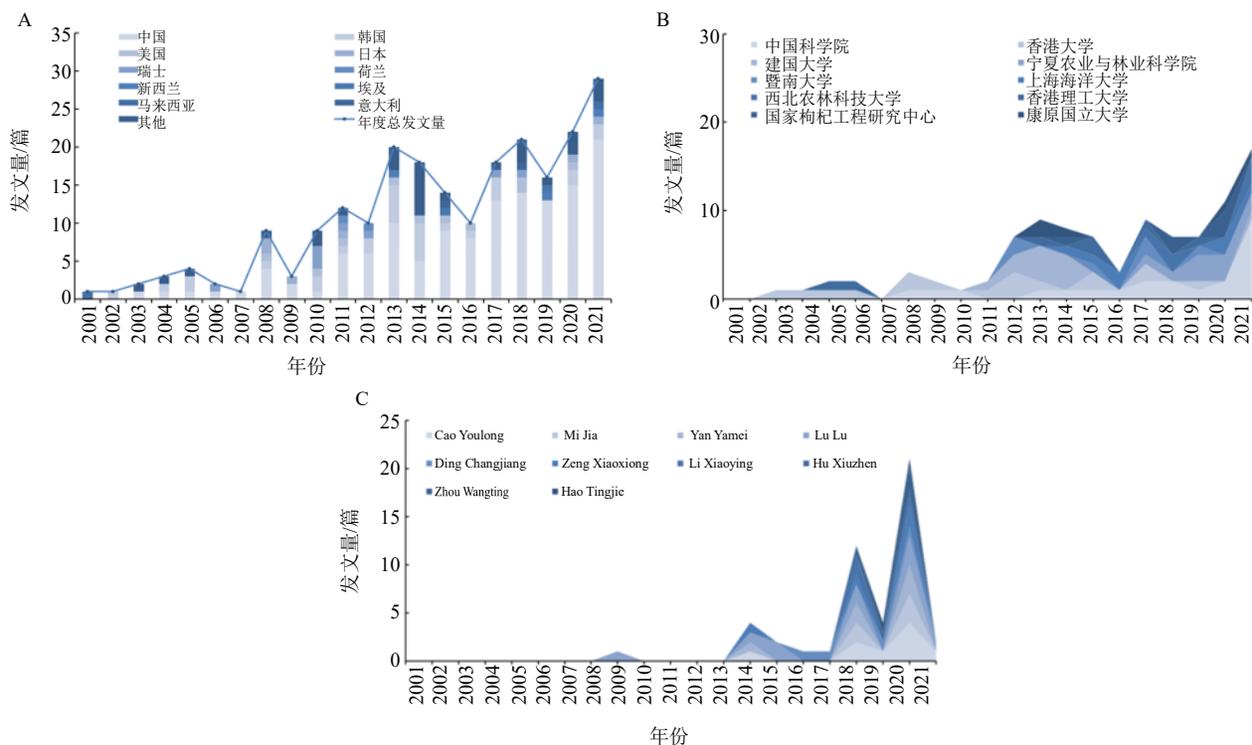
2 数据来源与检索

本研究采用文献计量软件对学术文献进行处理分析，国际数据来源于 Web of Science 数据库和 PubMed 数据库。分别以“Chinese wolfberry”“gou qi”“*Lycium chinense* Miller”为主题检索词进行文献检索，时间跨度设定为 2000 年 1 月 1 日—2022 年 6 月 31 日，共检索了 289 篇与枸杞领域相关的文献。国内数据来源于中国知网（旧版）、维普数据库和万方数据库，以“枸杞”为主题检索词，时间跨度设定为 2000 年 1 月 1 日—2022 年 6 月 31 日，共检索了 48 736 篇与枸杞领域相关的文献。由于不同数据库中有时会出现重复文档、无意义的项目，如果处理不当会对后续数据的处理造成偏差，因此，通过文献计量软件 COOC9.9 对数据进行了合并、无意义词的删除、去重、整理等，最终得到国际文献 206 篇，国内文献 23 843 篇作为数据来源。

3 结果

3.1 科学产出的总体分析

3.1.1 国际枸杞科学产出 枸杞科学研究领域的发展趋势、研究热点可以通过年度发文量的变化来反映。从国际层面来看（图 1），2000—2022 年与枸杞有关的科学研究记录共有 206 项，26 个国家、305 所机构、138 名科研人员参与相关研究。发文量排名前 10 的国家有中国、韩国、美国、日本、瑞士、荷兰、新西兰、埃及、马来西亚和意大利。发文量排名前 10 机构有中国科学院、香港大学、建国大学（韩国）、宁夏农业与林业科学院、暨南大学、香港理工大学、西北农林科技大学、上海海洋大学、国家枸杞工程研究中心、康原国立大学（韩国）。发文量排名前 10 作者有 Cao Youlong、Mi Jia、Yan Yamei、Lu Lu、Ding Changjiang、Zeng Xiaoxiong、Li Xiaoying、Hu Xiuzhen、Zhou Wangting、Hao Tingjie。



A-高产国家年度发文量 B-高产机构年度发文量 C-高产作者年度发文量
 A-number of annual publications in high-yield countries B-number of annual publications of high-yield institutions C-number of annual publications of high-yield authors

图 1 枸杞国际研究科学产出的总体趋势

Fig. 1 General trend of scientific output of international research on *L. chinense*

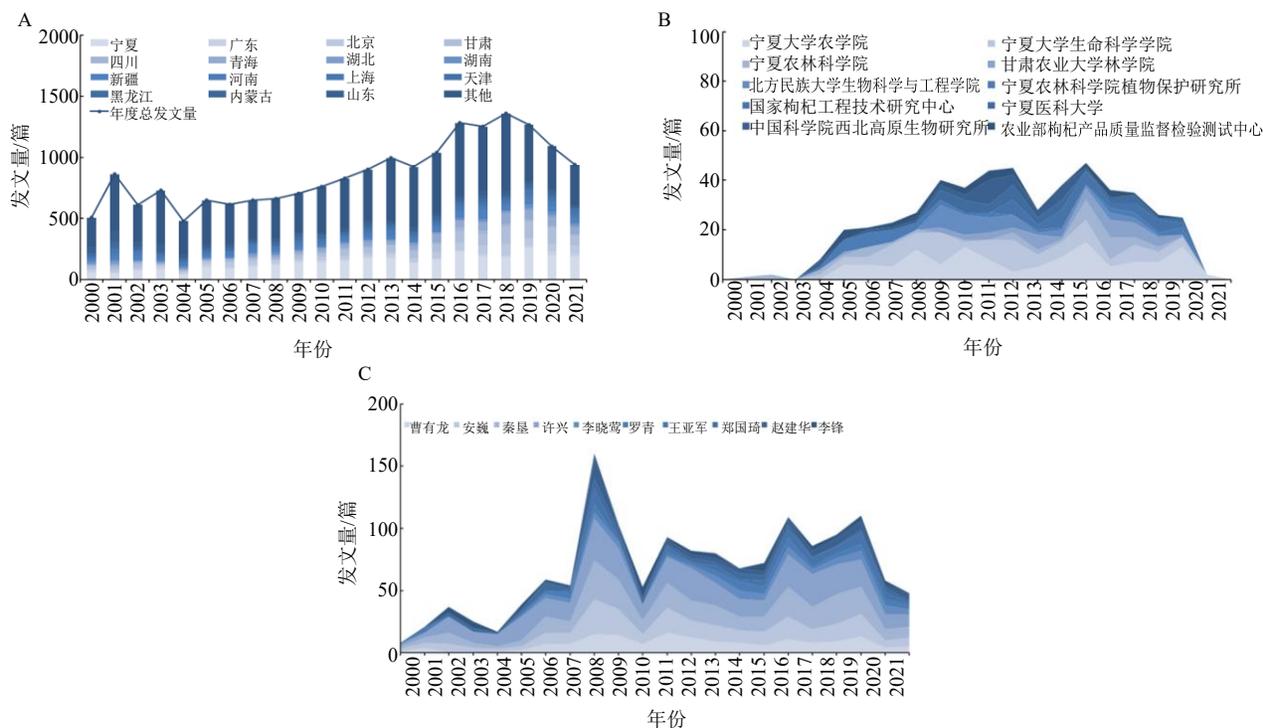
根据枸杞研究领域逐年的发文量及趋势，其整体发展趋势可分为 3 个阶段。初步起步阶段（2000—2007 年）：在此阶段中枸杞领域的研究迈入初级阶段，在国际上以枸杞的化学成分^[7]、药理作用^[8]及药用价值^[9]为主。快速发展阶段（2008—2020 年）：在这一阶段，以枸杞多糖^[10-11]为主的相关研究掀起了一股热潮，并出现了色谱^[12-13]、基因组学^[14]等多种研究方向。发展成熟阶段（2021—2022 年）：枸杞领域的研究进入了发展成熟阶段，此阶段已积累了大量枸杞领域的各项数据指标，逐渐转向枸杞生长与环境胁迫的生理机制研究^[15]。

3.1.2 国内枸杞科学产出 随着科技的进步和生物技术的发展，枸杞作为我国药食同源的名贵中药材，枸杞的研究也进入了深层次的探索。从国内研究来看（图 2），2000—2022 年与枸杞有关的科学研究记录共有 23 843 项，10 819 所机构、33 571 名科研人员参与相关研究。其中，发文量排名前 10 的省份或直辖市有宁夏、甘肃、北京、青海、新疆、山东、河南、上海、黑龙江、内蒙古。发文量排名前 10 机构有宁夏大学、宁夏医科大学、甘肃农业大学、广

州中医药大学、北京中医药大学、宁夏农林科学院、成都中医药大学、宁夏农林科学院植物保护研究所、国家枸杞工程技术研究中心、青海大学。发文量排名前 10 的作者有曹有龙、安巍、秦垦、许兴、李晓莺、罗青、王亚军、郑国琦、赵建华、李锋。

根据国内枸杞研究领域逐年的发文量及趋势，其整体发展趋势可分为 3 个阶段。从图 2-A 中可以看出，2000—2007 年是枸杞领域研究的螺旋式上升阶段，对枸杞研究最多的是枸杞化学成分^[16]、药理作用^[17]及枸杞的栽培技术^[18]。钱彦丛等^[19]和龚灿^[20]分别对宁夏枸杞和新疆枸杞的果实枸杞子的化学成分及药理作用进行综述，发现枸杞中主要的化学成分为枸杞多糖；方建国等^[21]认为枸杞多糖具有调血脂、降血糖、保肝、抗肿瘤及抗衰老的药理作用且临床应用安全性较高。此外，周洁等^[22]对中药材地骨皮（枸杞的根皮）的化学成分进行总结，发现其主要的化学成分为生物碱类、有机酸类、肽类、萜醌类等，并认为地骨皮降血糖的药理作用尤为显著，但对于地骨皮中降血糖的活性部位存在争议。

2008—2018 年，枸杞研究进入了快速发展阶



A-高产省份/直辖市年度发文量 B-高产机构年度发文量 C-高产作者年度发文量
 A-number of annual publications in high-yield provinces and municipality B-number of annual publications in high-yield institutions C-number of annual publications in high-yield authors

图 2 枸杞国内科学产出的总体趋势

Fig. 2 General trend of scientific output of *L. chinense* in China

段,在此期间,枸杞多糖作为枸杞的主要有效成分,依然是枸杞研究的热点,主要集中在枸杞多糖的含量测定^[23]、提取工艺^[24]、生物功效(抗氧化^[25]、降糖调脂^[26]、调节免疫功能^[27]、抗肿瘤^[28]等)。此外,枸杞种质资源^[29]和枸杞产业^[30]也出现了更多相关研究,王晓宇等^[31]对宁夏枸杞与枸杞、栽培枸杞和非正品枸杞植物的鉴别特征进行了详细报道,为枸杞属植物资源的开发利用奠定了基础。赵建华等^[29]首次提出了评价枸杞植物学数量性状的标准,为枸杞种质资源描述的规范化和标准化提供了理论依据。

2019—2022年,枸杞领域的研究进入了发展成熟阶段,此阶段枸杞的研究出现了文献分析^[32]、网络药理学^[33]、代谢组学^[34]的相关研究,同时也出现了通过微生物^[35]、地区干旱度^[36]、不同产地和土地盐碱度^[35]对枸杞栽培和种子培育的各项研究。

3.2 高载文量期刊分析

期刊是学术和科学报告最重要的来源和指标,通过对枸杞相关研究在期刊分布的分析(图3),可以确定该领域的核心方向和研究价值,在过去的22

年里,有142种不同的期刊发表了与枸杞相关的研究成果。而国际载文量前10的期刊分别是 *Asian Journal of Chemistry*、*Journal of Ethnopharmacology*、*Food Chemistry*、*PLoS One*、*Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*、*Journal of Agricultural and Food Chemistry*、*Journal of Functional Foods*、*Neural Regeneration Research*、*Spectroscopy and Spectral Analysis*、*Archives of Pharmacal Research*。国内有3702种不同的期刊发表了与枸杞相关的研究成果,国内高载文量前10的期刊分别是《宁夏农林科技》《陕西中医》《东方药膳》《安徽农业科学》《实用中医内科杂志》《食品研究与开发》《北方园艺》《食品工业科技》《食品工业》《食品科学》。其中《宁夏农林科技》是载文量最高的期刊,发文量有370篇,占比16.26%,而宁夏作为枸杞的道地产区,对枸杞相关领域的科学研究有一定的影响。

3.3 高被引文献分析

一个领域的高被引论文反映了该领域科学研究的影响力和热点方向。对枸杞国际研究层面的高被引文献进行筛选统计发现(图4-A),枸杞国际

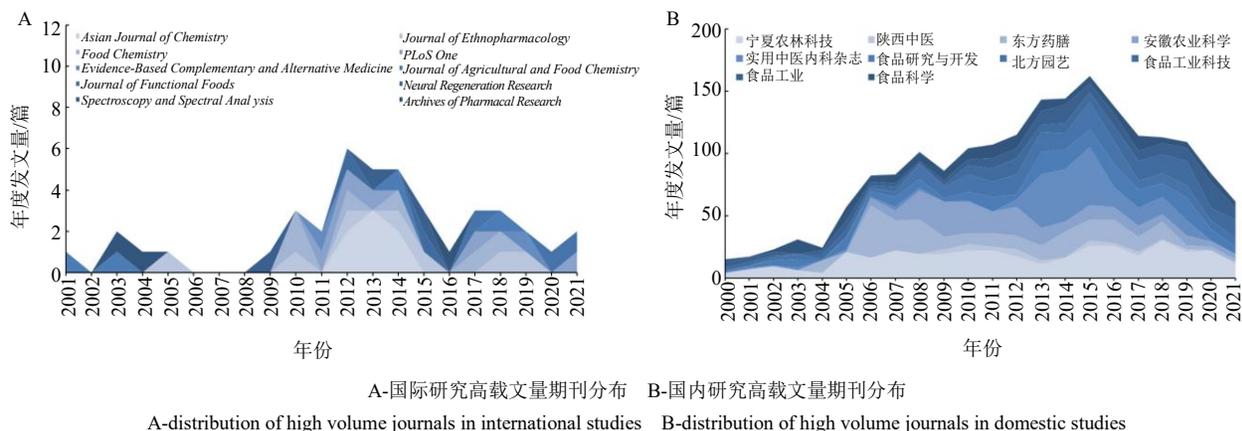


图 3 高产期刊发文章量

Fig. 3 Published number of high-yield journals

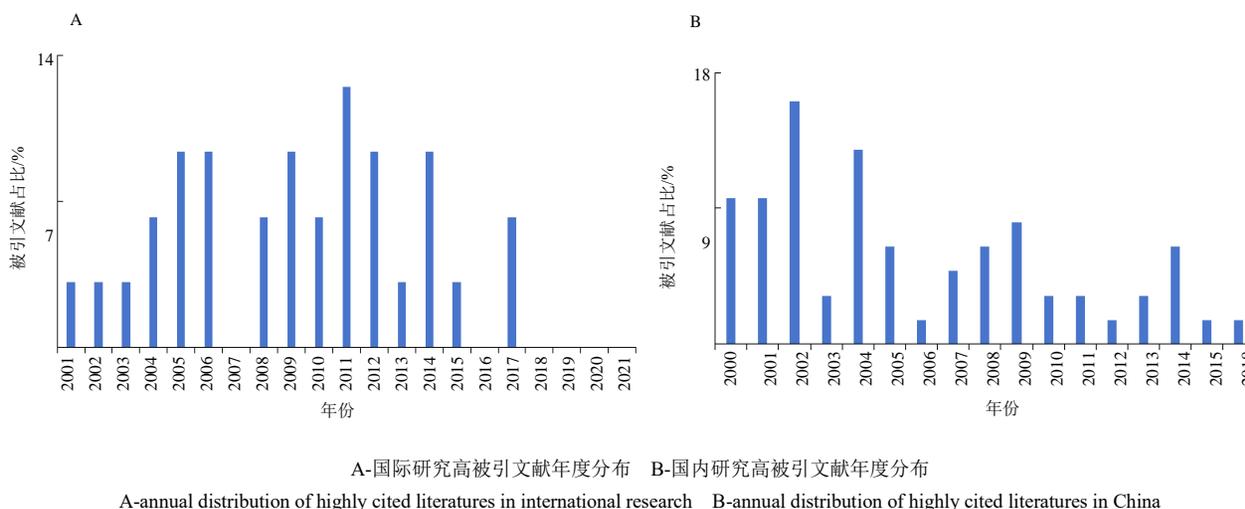


图 4 高被引文献年度分布

Fig. 4 Annual distribution of highly cited literatures

研究中高被引文献可以体现出枸杞领域的热点和研究方向, 选取频次 ≥ 40 的文献, 共筛选出 32 篇文献, 其中 2011 年高被引文献最多, 占比 13%。引用最高分别是 Mican 等^[37]对可食用热带植物枸杞叶中黄酮类化合物芹菜素含量的测定和 Chang 等^[38]对枸杞抗衰老作用机制以及多糖减弱应激酶和促凋亡信号通路的研究。

国内枸杞的研究高被引文献分布如图 4-B 所示, 选取频次 ≥ 100 的文献, 共筛选出 62 篇文献, 其中 2002 年高被引文献最多, 占比 16%。高被引文献的研究主要集中在枸杞子的化学成分和药理作用、枸杞多糖的药理作用以及盐胁迫对枸杞生长的影响等方面。

3.4 贡献与合作分析

3.4.1 枸杞研究领域的跨地域合作分析 从全球视角下对枸杞国际研究领域的跨地域合作态势进行可

视化分析, 明确枸杞研究领域涉及的主要国家及国际合作。全球有 26 个国家参与了枸杞领域的研究, 在该领域活跃度较高的国家为中国、韩国和美国, 合作较为频繁的国家为中国与瑞士、新西兰、韩国、印度。除此之外, 中国与埃及、俄罗斯、日本、英国等国家的合作也较为密切。其中中国与美国之间的合作主要集中在不同地区枸杞果实的品种鉴定^[39]以及天然抗氧化剂(枸杞提取物)对铅暴露小鼠血铅水平以及对体内钙、铁和锌吸收的影响^[40]; 中国与瑞士之间的合作以不同枸杞中类胡萝卜素的生物利用度的研究为主^[41]; 中国与新西兰的研究主要集中在采用草酸盐氧化酶测定枸杞中的总草酸盐含量^[42]。

3.4.2 枸杞研究领域的机构合作分析 分析各机构有关枸杞研究的发文量以及研究机构间的科学协作态势, 可以反映出在枸杞科学研究领域各科研机构的贡献程度以及影响力, 从图 5-A 可以看出, 国际

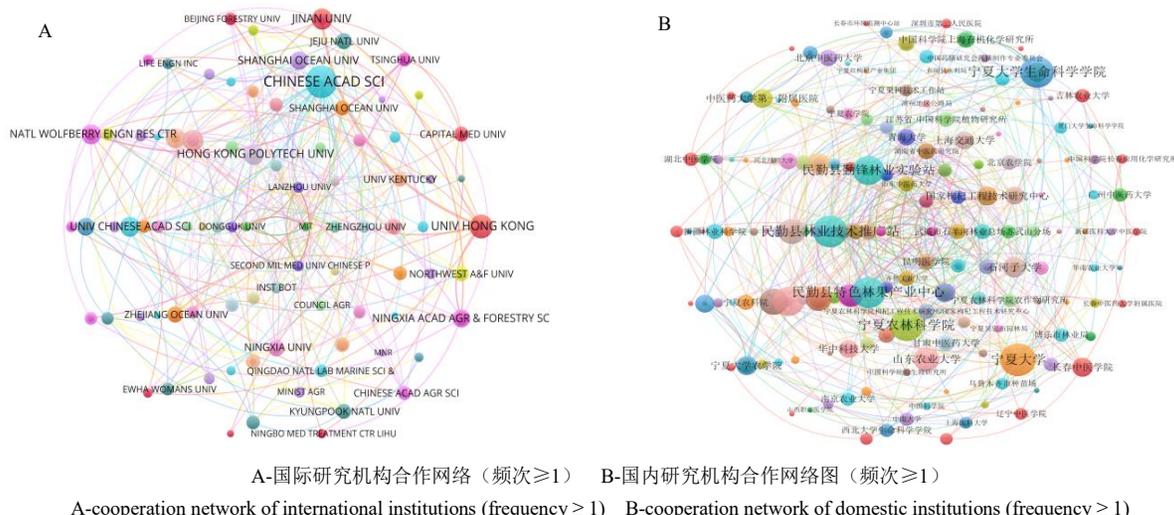


图 5 机构合作网络

Fig. 5 Cooperation network of institutions

机构中以中国机构居多，少数来自其他国家（美国、韩国、日本）。其中以中国科学院发文量最多（18篇），其次是香港大学、建国大学、宁夏农业与林业科学院、暨南大学、香港理工大学、西北农林科技大学、上海海洋大学、国家枸杞工程研究中心、康原国立大学。可见中国机构在国际枸杞领域受到了一定程度的认可。此外，中国科学院和雀巢 RES 中心、西安交通大学、北京林业大学合作关系密切，其研究方向主要以地理因素对枸杞营养成分的影响、枸杞提取物的临床应用和实验为主，而其他机构更多以枸杞有效成分的鉴别、检识，以及枸杞有效成分在临床上的应用为主。当然也有一些机构对于枸杞的栽培、防病虫害等方面有一定的研究，如中国科学院、梅克尔大学、黄淮大学。

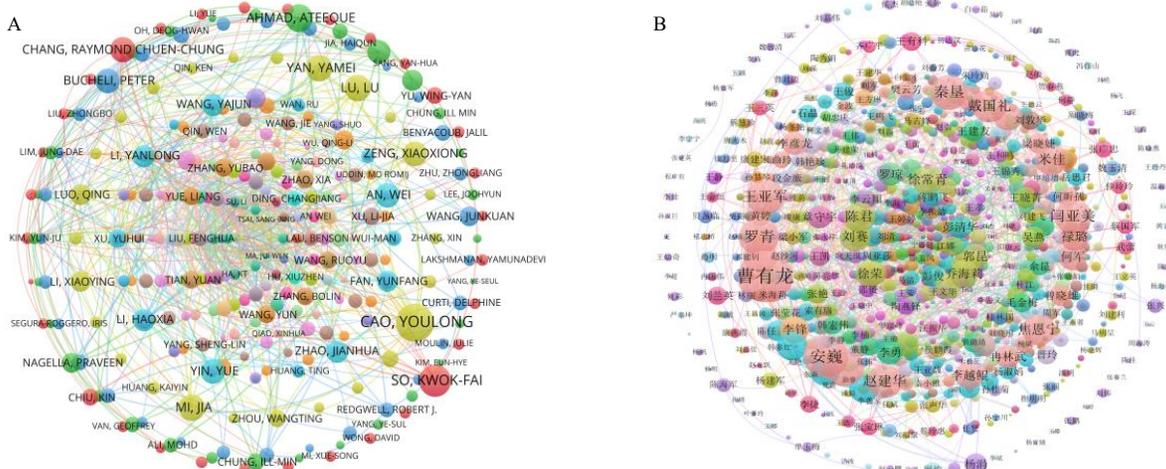
从图 5-B 可以看出，国内研究机构以宁夏机构居多，其中宁夏大学发文量最多（209 篇），其次是宁夏医科大学、甘肃农业大学、广州中医药大学、北京中医药大学、宁夏农林科学院、成都中医药大学、宁夏农林科学院植物保护研究所、国家枸杞工程技术研究中心、青海大学。可见宁夏作为宁夏枸杞的道地产区，在国内枸杞领域具有一定的影响力。此外，从图 5 中可以得出宁夏大学与宁夏农林科学院、宁夏医科大学、中国农业大学、民勤县林业技术推广站、四川大学、成都中医药大学、兰州大学、甘肃中医药大学合作关系较为密切，他们的研究主要集中在枸杞有效成分的测定及枸杞多糖对小鼠的作用等方面。另外，宁夏大学、宁夏农林科学院、宁夏医科大学、国家

枸杞工程技术研究中心关于枸杞的生长环境对枸杞中有效成分含量的影响也有一定的研究。还有一些机构对于枸杞作为经济作物的发展前景进行了评估，如西北农林科技大学对于枸杞的传统消费和新的经济发展空间做出了分析，得出枸杞产业将会向多元化、优质化的方向发展。

3.4.3 枸杞研究领域的作者合作分析 分析各学者在枸杞研究领域的发文量与科研合作频次，探析枸杞研究团队的科研人员构成，有利于促进科研成果的交流与团队间的协作，发掘枸杞研究中潜在的合作团队和合作伙伴。在国际层面，Cao Youlong、Mi Jia、Yan Yamei、Lu Lu、Ding Changjiang、Zeng Xiaoxiong、Li Xiaoying、Hu Xiuzhen、Zhou Wangting、Hao Tingjie 等作者合作关系密切，对于枸杞的研究贡献较高，学术影响力较大，所涉及到的研究领域有枸杞多糖的抗氧化^[43]、宁夏枸杞的营养成分及化学成分^[44]、不同干燥方式对枸杞有效成分的影响^[45]。如图 6-A 所示，有一些紧密合作的作者群，具有很强的亚群联系，如在较大的黄色星团中，以 Cao Youlong、Mi Jia、Yan Yamei、Lu Lu 为核心，他们共同研究了枸杞花粉多糖的药理作用（抗肿瘤、体外抗氧化和免疫调节活性）^[46]。然而，大多数具有合作关系的作者也有着相同的国籍，或者拥有相同的机构背景，但是他们的研究方向侧重不同，如 Cao Youlong 还研究了枸杞遗传图谱的基因表达，Lu Lu 还研究了枸杞多糖对成年大鼠视网膜前体细胞体外增殖的促进作用、枸杞对大鼠急性胰腺炎肾损伤的保护作用。

通过对国内作者协作关系进行可视化分析（图 6-B），可以得到合作关系密切的作者有曹有龙、安巍、秦垦、许兴、李晓莺、罗青、王亚军、郑国琦、赵建华、李锋、石志刚、王芳、张波、戴国礼等。本研究还统计了发表论文最多的前 10 位作者，他

们相应的发文量和高被引文献见表 1。在图 6-B 中，显示出一些紧密合作的作者群，具有很强的合作关系，如在较大的红色星团中，以曹有龙、安巍、秦垦、许兴为核心，其研究方向更偏向于枸杞的药用价值以及枸杞中的有效成分。



A-国际研究作者合作网络 B-国内研究作者合作网络
A-cooperation network of international authors B-cooperation network of domestic authors

图 6 作者合作网络

Fig. 6 Cooperation network of authors

表 1 枸杞科学领域论文高产作者分布

Table 1 Distribution of high-yield authors in scientific field of *L. chinense*

作者	发文量	代表论文
曹有龙	164	中国枸杞种质资源主要形态学性状调查与聚类分析（2013 年，79 次，《植物遗传资源学报》）
安巍	108	干旱胁迫对宁夏枸杞叶片蔗糖代谢及光合特性的影响（2013 年，54 次，《西北植物学报》）
秦垦	84	枸杞根际土壤真菌群落多样性的高通量测序（2017 年，37 次，《微生物学报》）
许兴	75	外源甜菜碱对盐胁迫下枸杞光合功能的改善（2003 年，313 次，《西北植物学报》）
李晓莺	75	枸杞类胡萝卜素研究进展（2018 年，38 次，《食品工业科技》）
罗青	74	抗蚜虫转基因枸杞的初步研究（2001 年，41 次，《宁夏农林科技》）
王亚军	73	枸杞药用价值的研究进展（2008 年，109 次，《安徽农业科学》）
郑国琦	71	盐胁迫对枸杞光合作用的气孔与非气孔限制（2002 年，191 次，《西北植物学报》）
赵建华	70	干旱胁迫对宁夏枸杞生长及果实糖分积累的影响（2012 年，47 次，《植物生理学报》）
李锋	68	枸杞多糖对电刺激离体蟾蜍腓肠肌疲劳的影响（2000 年，54 次，《中草药》）

3.5 研究热点分析

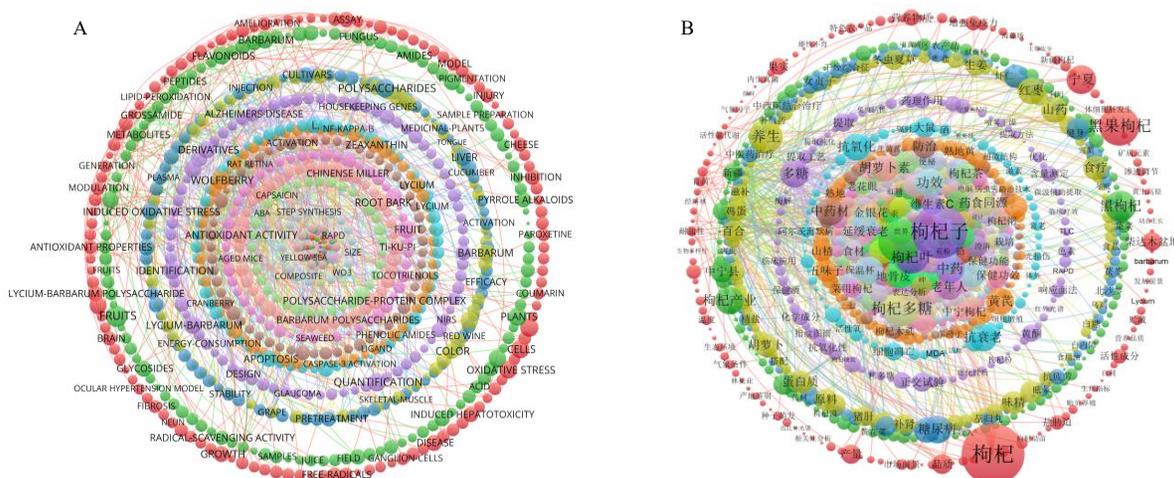
文献关键词是作者对研究内容的高度凝练和表达，是学术论文的研究核心和学科信息的标签，高度概括了论文的主要内容，对关键词进行共现聚类分析可以快速了解该领域的发展现状以及各关键词之间的交互关系，有助于快速读取该学科领域内的研究内容及发展趋势，揭示作者文献的内容特点和学术研究方向。

3.5.1 关键词共现聚类分析

(1) 国际枸杞关键词共现分析：采用余弦相似度算法，通过对枸杞国际研究的关键词进行共现聚类分析，以连接线的宽度表示节点间的关联强度，一个圆圈和标签代表一个关键词，圆圈大小代表关键词出现的频次，拥有相同颜色的圆圈属于同一个聚类，表示研究主题相似的关键词聚类集群，构建关键词共现聚类知识图谱用以显示枸杞科研领域的

核心内容，结果如图 7 所示。在枸杞国际研究领域（图 7-A），形成了 5 个核心的关键词聚类集。聚类 1（红色圈）：为传统中药枸杞的质量及其功效的研究，主要关键词是 cells、oxidative stress、medicine、expression、inhibition。在该聚类中 Chen 等^[47]为监测我国枸杞的品质，建立了醋酸盐缓冲盐提取、Sin-QuEChERS 纳米柱纯化-超高效液相色谱串联质谱法测定枸杞样品中农药残留；Sze 等^[48]采用扩增区序列特征分析法区分枸杞及其混伪品的真伪鉴别，进一步提高了枸杞物种的鉴定方法；Baticioglu 等^[49]和 Park 等^[50]研究得出枸杞子以及枸杞提取物能够调节肾脏中的氧化和抗氧化酶，并部分抑制其组织中的炎症反应，可显著减轻肾脏损伤；Wang 等^[51]发现枸杞多糖能够促进睫状体细胞增殖，对眼睛具有保护作用，这与枸杞用作滋养眼睛和保护肝脏的传统用药规律一致。聚类 2（绿色圈）：为枸杞化学成分、药理作用、品种鉴别方面的研究，主要关键词是 fruits^[52]、plants^[53-54]、flavonoids^[55-56]、acid^[57-58]、induced oxidative stress^[59]。Chen 等^[60]从枸杞的根皮中分离出了新的木脂酰胺枸杞酰胺 D~J 等化合物，并发现所有分离的化合物在 HepG2 细胞中具有抗高血脂活性。Han 等^[61]还从枸杞根皮中分离出新的酚类酰胺二氢-N-咖啡酰酪胺、反式-N-咖啡酰酪胺、顺式-N-咖啡酰酪胺和莱尼树脂醇 3 α -O- β -D-吡喃葡萄糖苷，并且 3 种酚类酰胺显示出有效的抗氧化活性。有学者对枸杞的抗氧化活性进行研究发现，它们的抗氧化活性与其黄酮类和酚类成分的含量显

著相关。聚类 3（蓝色圈）：主要集中在枸杞的药理作用，主要关键词是 polysaccharides^[62]、liver^[63-64]、activation^[65-66]、cultivars^[67]、color^[68]。研究发现枸杞多糖可以诱导人前列腺癌细胞凋亡，抑制前列腺癌细胞的生长，能够作为预防或治疗前列腺癌的可能功能性食品或辅助药物^[63,69-70]。Xu 等^[71]研究发现枸杞多糖通过调节脂质代谢可以治疗人类肥胖或改善动物胴体质量；枸杞果实提取物及其组分甜菜碱能减轻 CCl₂ 诱导的肝损伤^[72]、减轻蛋氨酸胆碱缺乏饮食引起的小鼠脂肪性肝炎^[73]、对急性胰腺炎引起的肾脏损害具有保护作用^[74]。聚类 4（紫色圈）：主要是枸杞基因组学、代谢组学和遗传学的研究，主要关键词是 identification^[75-76]、carotenoids^[77]、quantification^[78]、lycium-barbarum^[79]、derivatives^[80]，Wang 等^[81]用实时荧光定量 PCR 法对不同发育阶段的枸杞果实的参考基因进行选择，得出磷酸甘油醛脱氢酶（reduced glyceraldehyde-phosphate dehydrogenase, GAPDH）和 EF1a（elongation factor 1 a）组合适合作为果实发育阶段的基因表达数据标准化的参考组合。有学者研究了枸杞叶片转录组中用于表征功能基因组学的基因谱，并采用 qRT-PCR 和 HPLC 证实参与类胡萝卜素生物合成途径的必需基因在枸杞果实中的表达水平和生物学功能^[77]。Zhang 等^[82]基于限制性位点相关 DNA 测序技术（restriction-site associated DNA sequencing, RAD-seq）构建了枸杞遗传关系，为枸杞的物种分类、鉴定和保护以及杂交品种的生产奠定了基础。聚类



A-keyword co-occurrence cluster map for international studies B-keyword co-occurrence cluster map of domestic studies

图 7 关键词共现聚类分析图谱
Fig. 7 Clustering analysis diagram of keywords

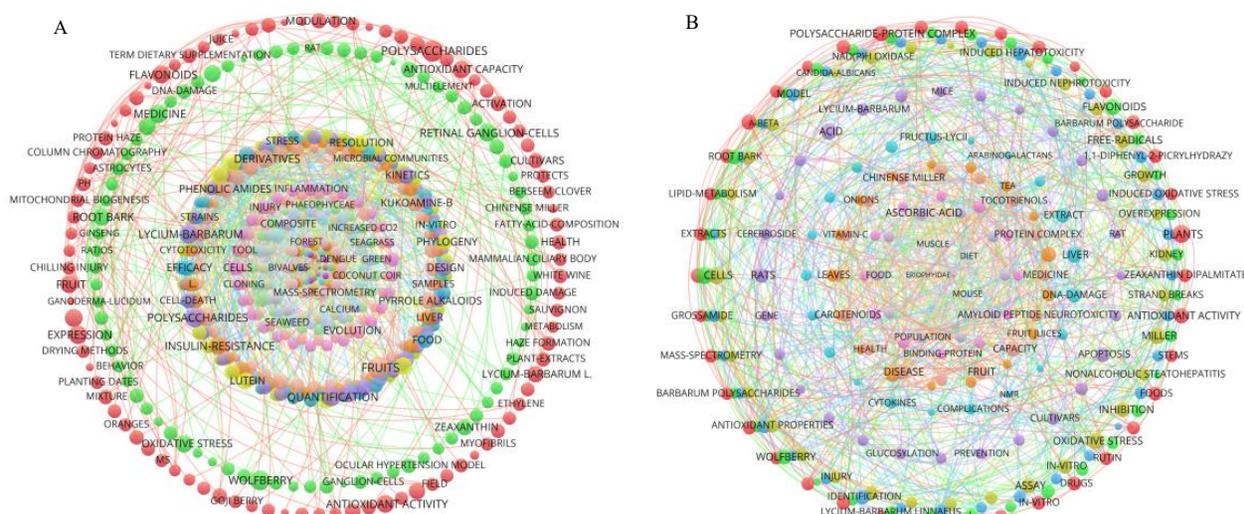
5 (棕色圈): 是枸杞营养价值的研究, 主要关键词是 wolfberry、apoptosis^[83]、anti-oxidant activity^[84]、polysaccharide-protein complex^[85-86]、zeaxanthin^[87]。He 等^[88]认为枸杞中的维生素、玉米黄质、类黄酮和多糖是枸杞发挥营养作用的主要活性物质。有研究发现, 枸杞浆果特异性调节基因的表达可以保护细胞免于凋亡, 其酸性鞘磷脂酶是枸杞浆果降低饱和/不饱和脂肪酸鞘磷脂比的新靶标, 对细胞健康有益^[83]。此外有许多国内外学者认为枸杞作为滋补食品中的常见成分, 其营养价值十分丰富, 不仅含有丰富的营养物质, 还可以改善心血管功能, 促进健康, 增强免疫力, 减少脂肪和胆固醇的吸收, 对人体具有良好的保健作用^[86,89]。

(2) 国内枸杞关键词共现分析: 在枸杞国内研究领域形成了 3 个核心的关键词聚类 (图 7-B)。聚类 1 (红色圈): 为枸杞产量、品质和枸杞栽培技术的研究, 主要关键词是黑果枸杞^[90-91]、宁夏^[92]、产量^[93]、品质^[94]、盐胁迫^[95]。聚类 2 (紫色圈): 是枸杞化学成分的含量测定、提取工艺以及药理作用

的研究, 主要关键词是多糖^[96]、提取^[97]、正交试验^[98]、药理作用^[99]、黄酮^[100]; 聚类 3: 是枸杞其保健食品的开发利用, 主要关键词是枸杞茶^[101]、药食同源^[102]、防治^[103]、保健食品^[104]、延缓衰老^[105]。

3.5.2 地域视角下的枸杞研究热点分析

(1) 国际研究热点分析: 从地域的视角出发, 分析中国与其他各国在枸杞国际研究领域中的侧重点, 为有针对性地加强枸杞国际科研合作提供依据, 结果如图 8 所示。针对枸杞的诸多国际研究中, 中国更侧重于枸杞化学成分、药理作用、临床应用和枸杞品种鉴定的研究 (图 8-A), 一是采用现代色谱法分析不同产地枸杞化学成分的差异性, 如对枸杞有效成分的提取、分离、纯化以及含量测定; 二是对枸杞及其复方制剂的药理作用、作用机制和疗效评价方面的研究; 三是采用分子技术对枸杞品种以混伪品的鉴定^[47,53]。而其他国家对于枸杞的研究更侧重于枸杞提取物所具有的药理作用和临床应用的研究 (图 8-B), 如枸杞提取物提高免疫力^[106]、抗衰老机制^[38]、预防阿尔茨海默病等领域的研究^[59]。



A-中国有关枸杞研究的关键词共现聚类图 B-其他国家有关枸杞研究的关键词共现聚类图
A-key words co-occurrence cluster map of *L. chinense* research in China B-keyword co-occurrence cluster map of *L. chinense* research in other countries

图 8 研究热点差异分析

Fig. 8 Analysis of differences in research hotspots

(2) 国内研究热点分析: 以省、直辖市为单元进行地域划分, 筛选出总发文量排名前 10 的行政单元, 构建各地区有关枸杞研究的关键词共现聚类图谱, 分析各地区间的研究侧重点与优势, 结果如图 9 所示。

①宁夏有关枸杞研究的文献关键词共现聚类知

识图谱表明, 宁夏在宁夏枸杞的产量、枸杞多糖以及枸杞的品质等领域的研究较为深入, 涉及到宁夏枸杞产业和产量, 中宁县和中宁枸杞的品质以及中药材枸杞子的质量控制研究。

②甘肃有关枸杞研究的文献关键词共现聚类知识图谱表明, 甘肃对枸杞研究主要集中在黑果枸杞、

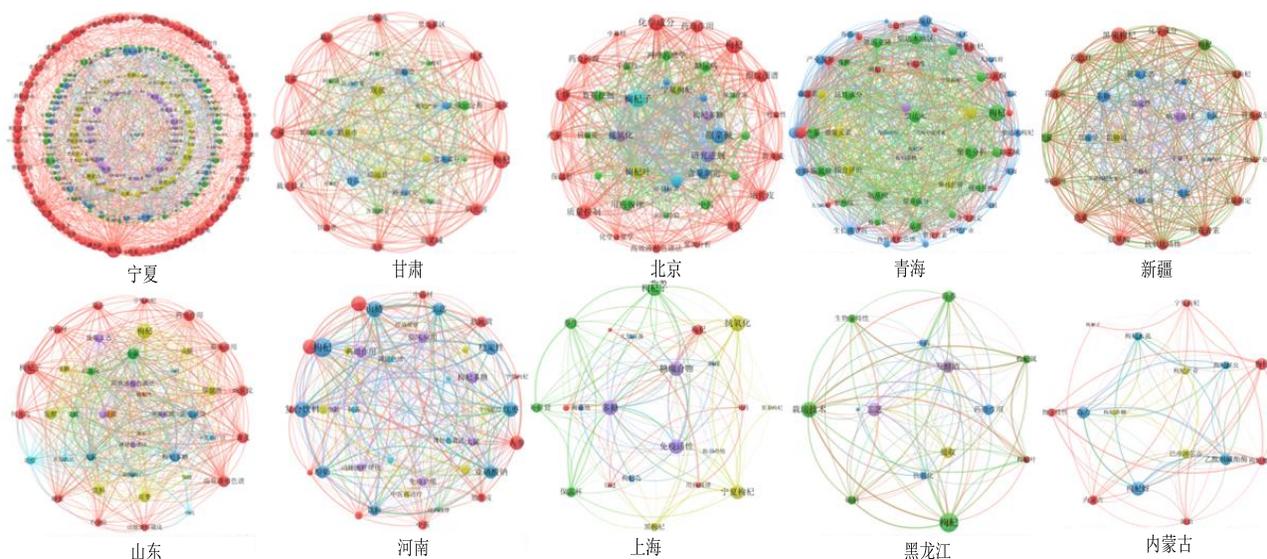


图9 枸杞研究高发文量地区关键词共现聚类图

Fig. 9 Keyword co-occurrence cluster map in areas with high publication volume of *L. chinense*

枸杞多糖、枸杞子、宁夏枸杞中有效成分的提取工艺、含量测定以及标准汤剂的指纹图谱构建，同时对枸杞产业、枸杞栽培技术、枸杞种子萌发以及靖远县枸杞栽培的研究也相对较多。此外，甘肃省枸杞研究的文献中对盐胁迫影响枸杞种植也进行了深入研究。

③北京有关枸杞研究的文献关键词共现聚类知识图谱表明，其研究主要集中在借助现代统计学和数据挖掘的方法对枸杞及其复方治疗老年性痴呆、糖尿病、阳痿等疾病用药规律分析，同时也注重枸杞中多糖的提取、分离以及药理作用的研究，此外对黑果枸杞质量标准的制定、原花青素和花青素含量研究以及宁夏枸杞病虫害的防治、监测等相关研究也较为集中。

④青海有关枸杞研究的文献关键词共现聚类知识图谱表明，其研究主要集中在柴达木地区枸杞新品种培育、栽培技术、有效成分分析以及黑果枸杞中花青素的含量测定和提取工艺的研究，对青海省枸杞产业的发展现状以及青海不同地区枸杞微量元素的研究也相对较多。

⑤新疆有关枸杞研究的文献关键词共现聚类知识图谱表明，其研究主要集中在新疆枸杞的化学成分提取、新疆枸杞中的营养物质及其利用价值、新疆精河县等地区枸杞产业的发展对策、影响新疆枸杞品质的因素。同时还有学者采用分子标记技术分析新疆产黑果枸杞的遗传结构以及对黑果枸杞居群繁殖成功的限制因子进行了深入研究。

⑥山东有关枸杞研究的文献关键词共现聚类知识图谱表明，其研究主要集中在采用 HPLC 法对枸杞中有效成分的含量及农药残留的测定，对含有枸杞复方制剂的质量标准研究中通常采用薄层色谱进行鉴定。在山东有关枸杞研究中出现了采用发酵的方法生产枸杞保健酒系列产品，在黑果枸杞研究中从分子水平揭示了种质的遗传基础，还有学者建立了黑果枸杞组织培养的快繁技术体系。此外，对枸杞多糖抑制细胞凋亡的作用机制进行了深入探讨。

⑦河南有关枸杞研究的文献关键词共现聚类知识图谱表明，其研究主要集中在枸杞多糖的提取分离和抗氧化、抗衰老等药理研究，还有枸杞与山楂、红枣、怀山药等药食同源植物配合制取复合饮料，开发预防高血压、心脑血管疾病的保健食品，促进了枸杞资源的开发利用。

⑧上海有关枸杞研究的文献关键词共现聚类知识图谱表明，其研究主要集中在枸杞多糖抗氧化、减肥、缓解疲劳机制的研究，同时出现了质谱及其联用技术、稳定同位素质谱、矿质元素分析等技术对枸杞产地溯源的研究报道。

⑨黑龙江有关枸杞研究的文献关键词共现聚类知识图谱表明，其研究主要集中在枸杞、黑果枸杞的栽培技术、有效成分的提取和测定及其动脉粥样硬化、不孕症等临床应用。

⑩内蒙古有关枸杞研究的文献关键词共现聚类知识图谱表明，其研究主要集中在枸杞木虱、枸杞

瘿螨、枸杞蚜虫的发生和无公害防治以及宁杞一号、蒙杞 1 号枸杞嫩枝扦插繁育技术的研究。

4 讨论与展望

本研究基于文献计量学方法,梳理了 21 世纪以来全球中医药学者研究枸杞的科学现状,分析了其科学研究的整体情况、中国与其他国家的跨地域合作态势、科研机构与科研人员的合作程度、该领域里具有较强影响力的科研工作者或科研团体及国家间、省份间对于枸杞研究的差异与各自优势,展示了该领域的研究现状、研究进展、研究热点主题。然而,由于枸杞的品种较为丰富,其果实、根皮可以药用,叶、种子可以食用,通过 COOC9.9 检索所呈现出主要以宁夏枸杞、新疆枸杞、黑果枸杞、枸杞子的相关文献研究为主,此外还有少部分关于中宁枸杞的文献研究,因此,本研究所涉及的研究面较为广泛,对于某一品种或某一药用部位的文献研究并没有进行深入分析。

枸杞研究经历了前期的缓慢上升期和波动性发展期,目前处于快速上升的繁荣阶段。我国在本研究领域处于核心地位,枸杞研究已经进入成熟阶段,然而在本项研究中,发现以下问题:(1)枸杞作为药食同源的中药材,其花、果实、叶、根皮都蕴含着丰富的营养价值,但在实际生产中,除极少量枸杞果实做茶用或酿酒用外,其他的大多直接丢弃,造成严重的资源浪费。在后续研究中科研人员可以加强对枸杞叶、花、果实的系统性研究,将其开发为功能性食品、功能性材料、食品添加剂、保健食品等,深入挖掘枸杞资源的利用价值。(2)经过多年的实践,枸杞的栽培技术已经逐渐成熟,以其优良的品质和丰富的营养价值,受到越来越多人的青睐。然而,由于枸杞在栽培中主要采取硬枝和嫩枝扦插的方式,导致野生枸杞的优良特性难以通过品种间杂交获得,使枸杞的遗传多样性明显下降。因此,需进一步深入研究不同品种、不同地域枸杞种质资源遗传多样性以及挖掘野生枸杞的遗传特性,为培育新品种、提升枸杞资源利用效率和全产业链开发具有重要意义。(3)我国枸杞品种较多,不同品种果实的品质参差不齐,所含活性成分之间的差异尚未得到系统阐明,其在生长发育过程中调控目标成分累积的功能基因研究尚不明确,相关物质基础和质控研究体系需进一步完善。

综合知识图谱反映出的研究现状,在未来的研究中,科研工作者需进一步深化以下几个方面的研

究:首先,要注重枸杞研究的实际应用,枸杞具有多种营养成分,对人体健康具有多方面的保健作用。因此,未来的研究可以聚焦于枸杞在健康保健食品的开发利用,如枸杞果酒、枸杞茶、枸杞牛奶等,促进枸杞产业化和市场化的发展。其次,对于不同枸杞品种的质量评价不能只局限于某一化学成分,应基于枸杞活性成分,建立有效且快速的不同枸杞品种的质量评价体系。最后,科研工作者应继续对枸杞发挥药理活性成分的生物合成途径及相关基因的表达调控进行深入探讨,明确其活性成分在人体内的吸收、分布与代谢,促进枸杞走向国际。

知识图谱是一种将数据和知识进行结构化组织和展示的方法,可以帮助人们更好地理解和分析相关领域的知识^[107]。未来的研究可以探索更加高效、精准、智能的知识图谱构建和可视化分析方法,以及基于人工智能技术的知识图谱应用,进一步提升其应用价值和影响力。枸杞是一种具有广泛分布和多种用途的植物,在不同国家和地区都有着丰富的资源和研究成果,促进国际间的枸杞研究合作,加强学术交流和人员培训,共同推动枸杞研究的发展,为人类健康和经济发展做出更大的贡献。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 邹新,产柳佳,易冰,等.枸杞化学成分及其药理作用研究[J].湖北农业科学,2022,61(18):120-130.
- [2] 倪梁红,赵志礼,陆佳妮.基于多基因组片段构建枸杞属药用植物 DNA 条形码[J].中草药,2016,47(13):2328-2332.
- [3] 南朝梁·陶弘景编.尚志钧,尚元胜辑校.本草经集注[M].辑校本.北京:人民卫生出版社,1994:338.
- [4] 中国药典[S].一部.2020:137.
- [5] 魏燕,童丽梅,王熙玮,等.枸杞多糖类物质研究现状及发展动态的文献计量学分析[J].中草药,2022,53(24):7843-7854.
- [6] 崔治家,邵晶,马毅,等.甘肃省道地药材枸杞子资源现状及产业发展对策研究[J].中国现代中药,2023,25(1):15-21.
- [7] Lee D G, Jung H J, Woo E R. Antimicrobial property of (+)-lyoniresinol-3 α -O-beta-D-glucopyranoside isolated from the root bark of *Lycium chinense* Miller against human pathogenic microorganisms[J]. Arch Pharm Res, 2005, 28(9): 1031-1036.
- [8] Ha K T, Yoon S J, Choi D Y, et al. Protective effect of *Lycium chinense* fruit on carbon tetrachloride-induced hepatotoxicity[J]. J Ethnopharmacol, 2005, 96(3): 529-

- 535.
- [9] Cheng C Y, Chung W Y, Szeto Y T, *et al.* Fasting plasma Zeaxanthin response to *Fructus Barbarum* (wolfberry, Kei Tze) in a food-based human supplementation trial [J]. *Br J Nutr*, 2005, 93(1): 123-130.
- [10] Wang H, Lau B W, Wang N L, *et al.* *Lycium barbarum* polysaccharides promotes *in vivo* proliferation of adult rat retinal progenitor cells [J]. *Neural Regen Res*, 2015, 10(12): 1976-1981.
- [11] Po K K, Leung J W, Chan J N, *et al.* Protective effect of *Lycium Barbarum* polysaccharides on dextromethorphan-induced mood impairment and neurogenesis suppression [J]. *Brain Res Bull*, 2017, 134: 10-17.
- [12] Yu X Z, Gao Y, Zhao Z, *et al.* Rapid determination of amino acids in Chinese wolfberry (*Lycium bararum* L.) fruit by using Fourier transform infrared spectroscopy and partial least square regression [J]. *Food Anal Meth*, 2017, 10(7): 2436-2443.
- [13] Bondia-Pons I, Savolainen O, Törrönen R, *et al.* Metabolic profiling of Goji berry extracts for discrimination of geographical origin by non-targeted liquid chromatography coupled to quadrupole time-of-flight mass spectrometry [J]. *Food Res Int*, 2014, 63: 132-138.
- [14] Chen J J, Liu X L, Zhu L Y, *et al.* Nuclear genome size estimation and karyotype analysis of *Lycium* species (Solanaceae) [J]. *Sci Hortic*, 2013, 151: 46-50.
- [15] Qin X Y, Yin Y, Zhao J H, *et al.* Metabolomic and transcriptomic analysis of *Lycium chinese* and *L. ruthenicum* under salinity stress [J]. *BMC Plant Biol*, 2022, 22(1): 8.
- [16] 冯美玲, 王书芳, 张兴贤. 枸杞子的化学成分研究 [J]. *中草药*, 2013, 44(3): 265-268.
- [17] 徐月红, 何岚, 徐莲英, 等. 枸杞的免疫药理研究进展 [J]. *中药材*, 2000, 23(5): 295-298.
- [18] 王森. 枸杞的药用栽培 [J]. *农村实用技术与信息*, 2002(5): 37-39.
- [19] 钱彦丛, 宇文萍. 枸杞子的化学成分及药理研究新进展 [J]. *中医药学报*, 2000, 28(4): 33-35.
- [20] 龚灿. 新疆枸杞子的化学成分及其抗氧化作用的研究 [D]. 乌鲁木齐: 新疆医科大学, 2006.
- [21] 方建国, 丁水平, 田庚元. 枸杞多糖药理作用与临床应用 [J]. *医药导报*, 2004, 23(7): 484-485.
- [22] 周洁, 朱伟. 地骨皮的化学成分及药理研究进展 [J]. *山西中医*, 2008, 24(2): 47-48.
- [23] 叶玉娣. 不同等级枸杞中枸杞多糖的含量测定与比较 [J]. *浙江中医杂志*, 2009, 44(12): 921-922.
- [24] 熊俐, 黄治国, 罗惠波, 等. 枸杞多糖提取工艺优化研究 [J]. *四川食品与发酵*, 2008, 44(1): 58-60.
- [25] 孟良玉, 邱松山, 兰桃芳, 等. 枸杞多糖的超声提取工艺优化及其抗氧化能力研究 [J]. *安徽农业科学*, 2009, 37(25): 12168-12170.
- [26] 李朝晖, 马晓鹏, 吴万征. 枸杞多糖降血糖作用的细胞实验研究 [J]. *中药材*, 2012, 35(1): 124-127.
- [27] 高翔. 枸杞多糖对小鼠巨噬细胞免疫功能的影响研究 [J]. *中国现代药物应用*, 2013, 7(12): 237-238.
- [28] 杨毅, 蒋兰. 枸杞多糖抗肿瘤作用及机制研究进展 [J]. *亚太传统医药*, 2017, 13(22): 79-82.
- [29] 赵建华, 安巍, 石志刚, 等. 枸杞种质资源若干植物学数量性状描述指标的探讨 [J]. *园艺学报*, 2008, 35(2): 301-306.
- [30] 徐常青, 刘赛, 徐荣, 等. 我国枸杞主产区生产现状调研及建议 [J]. *中国中药杂志*, 2014, 39(11): 1979-1984.
- [31] 王晓宇, 陈鸿平, 银玲, 等. 中国枸杞属植物资源概述 [J]. *中药与临床*, 2011, 2(5): 1-3.
- [32] 常青, 王洁, 刘维海, 等. 基于文献分析的药食同源中药在骨质疏松症治疗中的应用 [J]. *中医药导报*, 2020, 26(15): 173-176.
- [33] 郭艳丽, 刘维丽, 吴丽红, 等. 基于网络药理学分析枸杞子的作用机制 [J]. *中国医药导报*, 2020, 17(19): 112-115.
- [34] 赵光跃, 魏玉海, 苏姗姗, 等. 基于 ¹H-NMR 植物代谢组学技术分析青海产区枸杞子的化学特征 [J]. *中国实验方剂学杂志*, 2020, 26(17): 95-103.
- [35] 孟小伟, 牛赟, 海龙, 等. 不同植被对盐碱地土壤微生物数量及的酶活性影响 [J]. *草原与草坪*, 2020, 40(3): 99-104.
- [36] 徐利岗, 王怀博, 鲍子云, 等. 基于土壤水分下限的宁夏枸杞滴灌灌溉制度试验研究 [J]. *排灌机械工程学报*, 2020, 38(5): 523-529.
- [37] Mician K H, Mohamed S. Flavonoid (myricetin, quercetin, kaempferol, luteolin, and apigenin) content of edible tropical plants [J]. *J Agric Food Chem*, 2001, 49(6): 3106-3112.
- [38] Chang R C C, So K F. Use of anti-aging herbal medicine, *Lycium barbarum*, against aging-associated diseases. What do we know so far? [J]. *Cell Mol Neurobiol*, 2008, 28(5): 643-652.
- [39] Lu W Y, Jiang Q Q, Shi H M, *et al.* Partial least-squares-discriminant analysis differentiating Chinese wolfberries by UPLC-MS and flow injection mass spectrometric (FIMS) fingerprints [J]. *J Agric Food Chem*, 2014, 62(37): 9073-9080.
- [40] Jiao J J, Lü G S, Liu X J, *et al.* Reduction of blood lead levels in lead-exposed mice by dietary supplements and natural antioxidants [J]. *J Sci Food Agric*, 2011, 91(3): 485-491.

- [41] Benzie I F F, Chung W Y, Wang J K, *et al.* Enhanced bioavailability of zeaxanthin in a milk-based formulation of wolfberry (*Gou Qi Zi*; *Fructus barbarum* L.) [J]. *Br J Nutr*, 2006, 96(1): 154-160.
- [42] Ruan Q Y, Zheng X Q, Chen B L, *et al.* Determination of total oxalate contents of a great variety of foods commonly available in Southern China using an oxalate oxidase prepared from wheat bran [J]. *J Food Compos Anal*, 2013, 32(1): 6-11.
- [43] Zhou W T, Zhao Y, Yan Y M, *et al.* Antioxidant and immunomodulatory activities *in vitro* of polysaccharides from bee collected pollen of Chinese wolfberry [J]. *Int J Biol Macromol*, 2020, 163: 190-199.
- [44] Yan Y, Ran L, Cao Y, *et al.* Nutritional, phytochemical characterization and antioxidant capacity of Ningxia wolfberry (*Lycium barbarum* L.) [J]. *J Chem Soci Pakistan*, 2014, 36(6): 1079-1087.
- [45] Ni J B, Ding C J, Zhang Y M, *et al.* Effect of electrohydrodynamic partially combined with oven drying on Chinese wolfberry [J]. *Int J Appl Electromagn Mech*, 2020, 63(3): 465-482.
- [46] Zhou W T, Yan Y M, Mi J, *et al.* Simulated digestion and fermentation *in vitro* by human gut microbiota of polysaccharides from bee collected pollen of Chinese wolfberry [J]. *J Agric Food Chem*, 2018, 66(4): 898-907.
- [47] Chen J N, Lian Y J, Zhou Y R, *et al.* Determination of 107 pesticide residues in wolfberry with acetate-buffered salt extraction and sin-QuEChERS nano column purification coupled with ultra performance liquid chromatography tandem mass spectrometry [J]. *Molecules*, 2019, 24(16): 2918.
- [48] Sze S C, Song J X, Wong R N, *et al.* Application of SCAR (sequence characterized amplified region) analysis to authenticate *Lycium barbarum* (wolfberry) and its adulterants [J]. *Biotechnol Appl Biochem*, 2008, 51(Pt 1): 15-21.
- [49] Batcioglu K, Dogan T, Kustepe E, *et al.* Protective effect of *Lycium barbarum* on renal injury induced by acute pancreatitis in rats [J]. *Phcog Mag*, 2022, 18(77): 152.
- [50] Park C H, Kim M J, Ji Y J, *et al.* The mature fruit of *Lycium chinense* Miller attenuates cisplatin-induced renal damage in mice *via* regulation of oxidant and antioxidant enzymes [J]. *J Funct Foods*, 2021, 87: 104763.
- [51] Wang L, Wang P P, Wang D D, *et al.* Anti-inflammatory activities of kukoamine A from the root bark of *Lycium chinense* miller [J]. *Nat Prod Commun*, 2020, 15(3): 1934578X2091208.
- [52] Weller P, Breithaupt D E. Identification and quantification of zeaxanthin esters in plants using liquid chromatography-mass spectrometry [J]. *J Agric Food Chem*, 2003, 51(24): 7044.
- [53] Zhao L Q, Qiu Z Q, Narasimhamoorthy B, *et al.* Development of a rapid, high-throughput method for quantification of zeaxanthin in Chinese wolfberry using HPLC-DAD [J]. *Ind Crops Prod*, 2013, 47: 51-57.
- [54] Hrudova E S I. Goji berry gall mite aceria kuko occurrence in the Czech Republic-Short communication [J]. *Plant Protect Sci*, 2018, 54(1): 88.
- [55] Ni J, Ding C, Zhang Y, *et al.* Electrohydrodynamic drying of Chinese wolfberry in a multiple needle-to-plate electrode system [J]. *Foods*, 2019, 8(5): 152.
- [56] Liu S C, Lin J T, Hu C C, *et al.* Phenolic compositions and antioxidant attributes of leaves and stems from three inbred varieties of *Lycium chinense* Miller harvested at various times [J]. *Food Chem*, 2017, 215: 284-291.
- [57] Wu S H, Wang Y Y, Gong G L, *et al.* Adsorption and desorption properties of macroporous resins for flavonoids from the extract of Chinese wolfberry (*Lycium barbarum* L.) [J]. *Food Bioprod Process*, 2015, 93: 148-155.
- [58] Yeh Y C, Hahm T S, Sabliov C M, *et al.* Effects of Chinese wolfberry (*Lycium chinense* P. Mill.) leaf hydrolysates on the growth of *Pediococcus acidilactici* [J]. *Bioresour Technol*, 2008, 99(5): 1383-1393.
- [59] Zhang Q L, Du X P, Xu Y P, *et al.* The effects of Gouqi extracts on Morris maze learning in the APP/PS1 double transgenic mouse model of Alzheimer's disease [J]. *Exp Ther Med*, 2013, 5(5): 1528-1530.
- [60] Chen H, Li Y J, Sun Y J, *et al.* Lignanamides with potent antihyperlipidemic activities from the root bark of *Lycium chinense* [J]. *Fitoterapia*, 2017, 122: 119-125.
- [61] Han S H, Lee H H, Lee I S, *et al.* A new phenolic amide from *Lycium chinense* miller [J]. *Arch Pharm Res*, 2002, 25(4): 433-437.
- [62] Zhao Y, Yan Y, Zhou W, *et al.* Effects of polysaccharides from bee collected pollen of Chinese wolfberry on immune response and gut microbiota composition in cyclophosphamide-treated mice [J]. *J Funct Foods*, 2020, 72: 104057.
- [63] Luo Q, Li Z N, Yan J, *et al.* *Lycium barbarum* polysaccharides induce apoptosis in human prostate cancer cells and inhibits prostate cancer growth in a xenograft mouse model of human prostate cancer [J]. *J Med Food*, 2009, 12(4): 695-703.
- [64] Xu X, Chen W, Yu S, *et al.* Inhibition of preadipocyte differentiation by *Lycium barbarum* polysaccharide treatment in 3T3-L1 cultures [J]. *Electr J Biotechnol*,

- 2021.50: 53-58.
- [65] Im A R, Kim Y H, Uddin M R, *et al.* Neuroprotective effects of *Lycium chinense* Miller against rotenone-induced neurotoxicity in PC12 cells [J]. *Am J Chin Med*, 2013, 41(6): 1343-1359.
- [66] Kim H J, Lee J S, Kim S C, *et al.* Immunostimulating activity of *Lycium chinense* Miller root extract through enhancing cytokine and chemokine production and phagocytic capacity of macrophages [J]. *J Food Biochem*, 2020, 44(6): e13215.
- [67] Sun W L, Shahrajabian M H, Cheng Q. Health benefits of wolfberry (Gou Qi Zi, *Fructus barbarum* L.) on the basis of ancient Chineseherbalism and Western modern medicine [J]. *Avicenna J Phytomed*, 2021, 11(2): 109-119.
- [68] Patsilnakos A, Ragno R, Carradori S, *et al.* Carotenoid content of Goji berries: CIELAB, HPLC-DAD analyses and quantitative correlation [J]. *Food Chem*, 2018, 268: 49-56.
- [69] Chen F, Ran L W, Mi J, *et al.* Isolation, characterization and antitumor effect on DU145 cells of a main polysaccharide in pollen of Chinese wolfberry [J]. *Molecules*, 2018, 23(10): 2430.
- [70] Ran L W, Chen F, Zhang J, *et al.* Antitumor effects of pollen polysaccharides from Chinese wolfberry on DU145 cells via the PI3K/AKT pathway *in vitro* and *in vivo* [J]. *Int J Biol Macromol*, 2020, 152: 1164-1173.
- [71] Xu X C, Chen W J, Yu S K, *et al.* Inhibition of preadipocyte differentiation by *Lycium barbarum* polysaccharide treatment in 3T3-L1 cultures [J]. *Electron J Biotechnol*, 2021, 50: 53-58.
- [72] Ahn M, Park J S, Chae S, *et al.* Hepatoprotective effects of *Lycium chinense* Miller fruit and its constituent betaine in CCl₄-induced hepatic damage in rats [J]. *Acta Histochem*, 2014, 116(6): 1104-1112.
- [73] Bae U J, Oh M R, Park J, *et al.* Supplementation with *Lycium chinense* fruit extract attenuates methionine choline-deficient diet-induced steatohepatitis in mice [J]. *J Funct Foods*, 2017, 31: 1-8.
- [74] Xiong G F, Li D W, Zheng M B, *et al.* The effects of *Lycium barbarum* polysaccharides (LBP) in a mouse model of cerulein-induced acute pancreatitis [J]. *Med Sci Monitor: Int Med Eexp Clin Res*, 2019, 25:3880-3886.
- [75] Kersten R D, Weng J K. Gene-guided discovery and engineering of branched cyclic peptides in plants [J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2018, 115(46): E10961-E10969.
- [76] Shi X, Fan B Y, Zheng Y H, *et al.* Feasibility study on the geographical indication of *Lycium barbarum* based on electrochemical fingerprinting technique [J]. *Int J Electrochem Sci*, 2021, 16(7): 210714.
- [77] Wang G, Du X L, Ji J, *et al.* *De novo* characterization of the *Lycium chinense* Mill. leaf transcriptome and analysis of candidate genes involved in carotenoid biosynthesis [J]. *Gene*, 2015, 555(2): 458-463.
- [78] Kosińska-Cagnazzo A, Weber B, Chablais R, *et al.* Bioactive compound profile and antioxidant activity of fruits from six goji cultivars cultivated in Switzerland [J]. *J Berry Res*, 2017, 7(1): 43-59.
- [79] Han L, Yang H Y, Zheng Y J, *et al.* Mechanism exploration of Gouqi-Wentang formula against type 2 diabetes mellitus by phytochemistry and network pharmacology-based analysis and biological validation [J]. *Chin Med*, 2021, 16(1): 93.
- [80] Yalamanchili C, Chittiboyina A G, Haider S, *et al.* In search for potential antidiabetic compounds from natural sources: Docking, synthesis and biological screening of small molecules from *Lycium* spp. (Goji) [J]. *Heliyon*, 2020, 6(1): e02782.
- [81] Wang L J, Wang Y C, Zhou P. Validation of reference genes for quantitative real-time PCR during Chinese wolfberry fruit development [J]. *Plant Physiol Biochem*, 2013, 70: 304-310.
- [82] Zhang D F, Xia T, Dang S F, *et al.* Investigation of Chinese wolfberry (*Lycium* spp.) germplasm by restriction site-associated DNA sequencing (RAD-seq) [J]. *Biochem Genet*, 2018, 56(6): 575-585.
- [83] Ceccarini M R, Codini M, Cataldi S, *et al.* Acid sphingomyelinase as target of *Lycium chinense*: Promising new action for cell health [J]. *Lipids Health Dis*, 2016, 15(1): 183.
- [84] Chung I M, Ali M, Praveen N, *et al.* New polyglucopyranosyl and polyarabinopyranosyl of fatty acid derivatives from the fruits of *Lycium chinense* and its antioxidant activity [J]. *Food Chem*, 2014, 151: 435-443.
- [85] Potterat O. Goji (*Lycium barbarum* and *L. chinense*): Phytochemistry, pharmacology and safety in the perspective of traditional uses and recent popularity [J]. *Planta Med*, 2010, 76(1): 7-19.
- [86] Yao R Y, Heinrich M, Weckerle C S. The genus *Lycium* as food and medicine: A botanical, ethnobotanical and historical review [J]. *J Ethnopharmacol*, 2018, 212: 50-66.
- [87] She C Y, Gu H, Xu J, *et al.* Association of macular pigment optical density with early stage of non-proliferative diabetic retinopathy in Chinese patients with type 2 diabetes mellitus [J]. *Int J Ophthalmol*, 2016, 9(10): 1433.
- [88] He N W, Yang X B, Jiao Y D, *et al.* Characterisation of antioxidant and antiproliferative acidic polysaccharides

- from Chinese wolfberry fruits [J]. *Food Chem*, 2012, 133(3): 978-989.
- [89] Yang J, Wei Y Q, Ding J B, *et al.* Research and application of *Lycii Fructus* in medicinal field [J]. *Chin Herb Med*, 2018, 10(4): 339-352.
- [90] 杨志江, 李进, 李淑珍, 等. 不同钠盐胁迫对黑果枸杞种子萌发的影响 [J]. *种子*, 2008, 27(9): 19-22.
- [91] 章英才, 张晋宁. 两种盐浓度环境中的黑果枸杞叶的形态结构特征研究 [J]. *宁夏大学学报: 自然科学版*, 2004, 25(4): 365-367.
- [92] 李建国, 李军, 姜文胜, 等. 宁夏有机枸杞生产技术研究 [J]. *世界科学技术—中医药现代化*, 2008, 10(4): 83-87.
- [93] 郑国琦, 张磊, 郑国保, 等. 不同灌水量对干旱区枸杞叶片结构、光合生理参数和产量的影响 [J]. *应用生态学报*, 2010, 21(11): 2806-2813.
- [94] 姜文胜, 李建国, 李军. 枸杞产品质量追溯体系建立技术 [J]. *现代农业科技*, 2010(3): 369-370.
- [95] 梁敏, 许兴, 丁向真, 等. 盐胁迫下宁夏枸杞 Na^+ 吸收及 Na^+/H^+ 转运蛋白与 H^+ -ATPase 基因表达的研究 [J]. *核农学报*, 2020, 34(4): 745-751.
- [96] 张强钰, 吉涛, 张璐瑶, 等. 不同品种枸杞多糖的分离纯化及抗氧化、抗增殖能力探究 [J]. *美食研究*, 2021, 38(4): 72-78.
- [97] 代沛珊, 李淑玲, 杨生辉, 等. 响应面法优化黑果枸杞多酚超声波辅助提取工艺 [J]. *中国果菜*, 2021, 41(9): 45-52.
- [98] 王琳琳, 尚冀宁, 徐丽娟. 正交实验法优化超声-微波协同提取枸杞中总黄酮的工艺研究 [J]. *酿酒科技*, 2019(4): 17-21.
- [99] 谭真真, 刘颖, 马丽杰. 基于网络药理学的枸杞子药理作用及其机制研究 [J]. *中国医药导刊*, 2020, 22(1): 28-33.
- [100] 文怀秀, 邵赞, 蒋福全, 等. 不同采收期宁夏枸杞叶中总黄酮含量的比较 [J]. *植物资源与环境学报*, 2006, 15(3): 75-76.
- [101] 李光善, 张红. 山楂枸杞茶饮对2型糖尿病伴高血脂症患者血脂的影响 [J]. *吉林中医药*, 2008, 28(7): 495.
- [102] 张松峰, 雷蕾, 方锐, 等. 防治阿尔茨海默病药食同源类中药配伍规律研究 [J]. *中国中医药信息杂志*, 2013, 20(11): 22-24.
- [103] 代民涛, 柴可夫. “药食两用”中药防治糖尿病的药理作用刍议 [J]. *北方药学*, 2014, 11(5): 89.
- [104] 邓维泽. 保健食品金钗石斛葛杞丸开发与研究 [D]. 成都: 西华大学, 2016.
- [105] 王丽芬, 查青林. 延缓衰老保健食品的中药药性分析 [J]. *浙江中医药大学学报*, 2019, 43(11): 1271-1275.
- [106] Zhu W, Zhou S, Liu J, *et al.* Prebiotic, immuno-stimulating and gut microbiota-modulating effects of *Lycium barbarum* polysaccharide [J]. *Biomed Pharmacother*, 2020, 121: 109591.
- [107] 陈奕旻, 刘超, 刘娟娟, 等. 21世纪全球视域下的柴胡热点前沿知识图谱构建及可视化分析 [J]. *中草药*, 2023, 54(20): 6763-6776.

[责任编辑 潘明佳]