

◆植物学◆

基于 CiteSpace 的国内外苦苣苔科植物文献计量分析研究^{*}陈宇^{1,2}, 沈利娜^{3,4**}, 张强⁵, 蒋婷^{1,2}, 卢永彬⁵

(1. 广西师范大学广西高校野生动植物生态重点实验室, 广西桂林 541006; 2. 广西师范大学生命科学院, 广西桂林 541006; 3. 中国地质科学院岩溶地质研究所, 岩溶生态系统与石漠化治理重点实验室, 自然资源部广西岩溶动力学重点实验室, 广西桂林 541000; 4. 广西岩溶资源环境工程技术研究中心, 广西桂林 541000; 5. 广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所, 广西喀斯特植物保育与恢复生态学重点实验室, 广西桂林 541006)

摘要:苦苣苔科(Gesneriaceae)是目前世界上高等植物专科专属研究的热点科。我国的苦苣苔科植物大多属岩栖性植物, 绝大部分分布在岩溶地区, 这些特化物种的生存、分化与岩溶地貌密不可分。本文利用计量学软件 CiteSpace 处理分析 2000-2021 年的国内外相关文献, 阐明苦苣苔科植物研究力量的主要分布, 概述国内外研究方向并挖掘未来研究热点。根据关键词时区图和突变词, 认为今后可能的研究方向如下: (1) 开展种群生物学调查、经典分类学研究及新分类群的发现和发表, 理清地理分布格局, 建立种质资源库; (2) 繁育体系的完善及濒危植物生物学特性研究; (3) 开展包括系统发育重建等的苦苣苔科植物的分子生物学研究, 为类群分类、系统演化及物种进化提供证据; (4) 挖掘复苏植物耐旱调控机制及生态适应机制, 为农作物安全问题及岩溶地区保护和治理提供新思路。

关键词:苦苣苔科; CiteSpace; 研究热点; 文献计量分析; 岩溶; 知识图谱

中图分类号: Q948 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2023)02-0226-13

DOI: 10.13656/j.cnki.gxkx.20220413.001

岩溶是指溶蚀地形、石灰岩地形, 是具有溶蚀力的水对可溶性岩石进行溶蚀等作用所形成的地表和地下形态的总称^[1]。岩溶地貌具有岩石裸露率高, 土壤富含 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} , 土层浅薄且不连续, 土壤水分和养分供应及保存能力差等生境特征, 且环境容量小、

土地承载力低、抗干扰能力弱、环境系统内物质的移动能力强, 一旦生境受到破坏极难恢复^[2]。我国是世界上岩溶面积最大、分布最广的国家, 岩溶主要分布在华南和西南地区^[3]。华南岩溶地区气候温和、水分

收稿日期: 2022-03-16

修回日期: 2022-03-30

^{*} 广西科技重大专项(桂科 AA20131004), 广西喀斯特植物保育与恢复生态学重点实验室开放基金课题(19-050-6), 广西自然科学基金面上项目(2018GXNSFAA050067), 岩溶生态系统与石漠化治理重点实验室开发课题基金(YR-JJHT-2017-758), 西南岩溶区碳酸盐岩地质遗迹调查与评价(DD20190672)和国家自然科学基金联合基金项目(U21A2041)资助。

【第一作者简介】

陈宇(1996-), 男, 在读硕士研究生, 主要从事植物生态学研究。

【**通信作者】

沈利娜(1982-), 女, 副研究员, 主要从事岩溶生态景观研究, E-mail: 24830298@qq.com。

【引用本文】

陈宇, 沈利娜, 张强, 等. 基于 CiteSpace 的国内外苦苣苔科植物文献计量分析研究[J]. 广西科学, 2023, 30(2): 226-238.

CHEN Y, SHEN L N, ZHANG Q, et al. Bibliometric Analysis of Gesneriaceae Plants at Home and Abroad Based on Citespace [J]. Guangxi Sciences, 2023, 30(2): 226-238.

充足,广泛分布着溶洞、天坑及地下河等多种地貌形态^[2],这些地貌形态形成了多样的小气候和特殊的岛屿化生境,为物种的隔离分化提供了充分的条件。经过漫长的演化和自然选择,形成了岩溶地区高度的物种多样性和特有性^[4]。

苦苣苔科(Gesneriaceae)是岩溶地貌上植物多样性或特有性均较高的类群之一^[5]。苦苣苔科属于核心真双子叶植物中菊类分支的唇形目(Lamiales)^[6],目前分为3个亚科,即伞囊花亚科(Subfam. Sanangoideae)、大岩桐亚科(Subfam. Gesnerioideae)和长蒴苣苔亚科(Subfam. Didymocarpoideae),主要分布在亚洲东部和南部、非洲、欧洲南部、大洋洲、南美洲至墨西哥等热带至温带地区^[7]。在全世界范围内约有160属3800多种^[8]。我国的苦苣苔科植物种类丰富,约占世界苦苣苔科植物总种数的20%、总属数的30%^[9],截至2021年11月15日,我国共记录苦苣苔科植物45属799种(含变种)^[10]。据Möller^[11]统计,2009–2018年世界范围内发现的271个苦苣苔科新分类群中,约有2/3(173个)来自中国,可见中国苦苣苔科的物种多样性严重被低估^[12]。我国的苦苣苔科植物大多数分布于西南、华南等热带及亚热带丘陵地带,多生于石灰岩山地的崖壁上^[13],这一现象在广西尤为显著^[14]。该科植物的自然分布具有高度的土壤专一性,多种倾向于分布在岩溶地区高钙土壤中^[15]。有学者认为云南(滇)、贵州(黔)、广西(桂)一带岩溶地貌充分发育的岩溶地区是中国苦苣苔科植物分布和发育、进化的中心^[16],从近年来不断涌现的新种资料来看,苦苣苔科植物多被发现于滇、黔、桂、广东(粤)的岩溶地区,且较多新种仅分布于岩溶洞穴的洞口带及弱光带的钙华上。以上研究表明苦苣苔科植物与岩溶地貌有着密不可分的联系。但许多属种的天然分布范围表现出不同程度的局限性,且部分物种分布于低海拔、受人为干扰程度高的自然保护区外,植株数量较少,因此苦苣苔科相当一部分物种都处于易危、濒危甚至灭绝的状态。

随着各学科文献数量大爆发,文献计量学成为多种学科发展动态研究的重要方法。CiteSpace软件具有极强的文献计量统计和可视化功能,成为当前流行的文献计量工具^[17],并已运用到生态多样性^[18]、生态资本^[19]、生态系统管理^[20]、生态工程^[21]以及土壤修复^[22]等多个领域。鉴于中国苦苣苔科植物的物种数量和研究文献在近十几年增长快速,本文借助CiteSpace软件和文献计量学分析,以中国知网

(CNKI)数据库和Web of Science(WOS)数据库为数据源,检索2000–2021年国内外有关苦苣苔科植物的文献,并去除报纸、期刊介绍、科技成果及会议等非研究型文献^[23],对苦苣苔科植物相关文献进行可视化分析,旨在客观揭示苦苣苔科植物研究的发展过程及演变趋势,并挖掘热点研究方向,以期为苦苣苔科植物研究提供文献计量分析方面的科学参考。

1 数据来源与方法

1.1 数据来源

本研究中的中文文献数据来源于CNKI中的期刊、硕士学位论文、博士学位论文3个数据库,使用高级检索,以主题=“苦苣苔”精确检索,时间跨度为2000–2021年,整理后得到文献725篇。外文文献数据来源于WOS中的核心数据库,以主题=“Gesneriaceae”进行检索,时间跨度为2000–2021年,文献类型选择“article”,整理得到文献843篇。

1.2 方法

CiteSpace是由美国德雷塞尔大学华人学者陈超美与大连理工大学WISE实验室基于Java语言开发的一款文献可视化分析的开源软件,通过文献标题、摘要、关键词、国家(地区)、机构、作者等信息以数据可视化的方法构建相关学科知识的分布情况,揭示某领域在一定时期的研究情况^[24]。在CiteSpace中构建国家(地区)、机构和作者的合作图谱,图谱中节点年轮大小代表发文量,并以节点年轮之间的距离表示不同国家(地区)、机构和作者间合作关系的强弱程度。以文献中关键词构建关键词图谱,每个节点关键词代表一个研究方向,节点年轮的大小和厚度分别代表研究方向出现的频次和数量,对图中节点的大小及相互联系进行关键词聚类可以确定该领域的研究趋势和知识结构^[25],所有分析结果均以可视化方式呈现。

2 结果与分析

2.1 年度发文量与被引频次分析

2000–2021年CNKI数据库和WOS数据库共收录相关文献1568篇,WOS数据库年度发文量整体高于同期CNKI数据库年度发文量(图1)。2013年广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所(以下简称“广西植物研究所”)与世界苦苣苔协会合作建立了中国苦苣苔科植物保育中心(Gesneriads Conservation Center of China, GCCC),为苦苣苔科植物的

研究做出重要贡献,2017年又先后在贵州省植物园、安徽大学以及中国科学院深圳仙湖植物园成立了分中心,进一步推动了我国苦苣苔科植物研究工作的发

展。从近年来的文献变化趋势可以看出,苦苣苔科植物的研究正处于较高增长期。WOS数据库和CNKI数据库中被引频次排名前3的文献见表1。

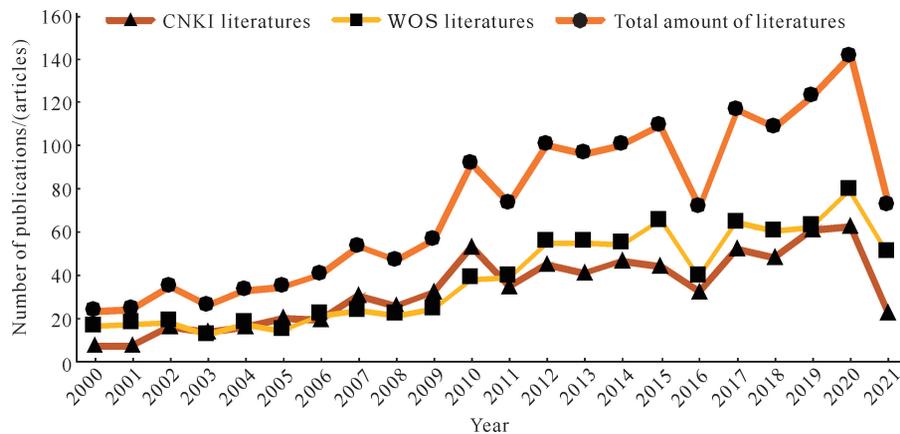


图1 2000-2021年苦苣苔科植物研究文献的年度分布

Fig. 1 Annual distribution of study literatures on Gesneriaceae from 2000 to 2021

表1 WOS数据库和CNKI数据库中被引频次排名前3的文献

Table 1 List of the top 3 cited literatures in WOS databases and CNKI databases

数据库 Databases	文献名 Title of literature	第一作者 The first author	文献来源 Source of literature	出版年份 Year of publication
WOS	<i>An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV</i>	The Angiosperm Phylogeny Group	<i>Botanical Journal of the Linnean Society</i>	2016
	<i>The systematic distribution of vascular epiphytes-a critical update</i>	Gerhard Zotz	<i>Botanical Journal of the Linnean Society</i>	2013
	<i>Granitic and gneissic outcrops (inselbergs) as centers of diversity for desiccation-tolerant vascular plants</i>	Stefan Porembski	<i>Plant Ecology</i>	2000
CNKI	《中国植物区系中的特有性及其起源和分化》	吴征镒	《云南植物研究》	2005
	《中国高等植物受威胁物种名录》	覃海宁	《生物多样性》	2017
	《耐旱植物厚叶旋蒴苣苔 BDN1 脱水素基因的克隆及表达特性分析》	赵恢武	《科学通报》	2000

从表1可以看出,WOS文献被引频次最高的苦苣苔科植物研究论文为“An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV”,被引3273次。与传统的形态学(广义)为根据提出的分类系统不同,APG分类系统基于系统发育分析结果,依照植物的3个基因组DNA的顺序,以亲缘分支的方法分类^[26]。该篇文献将之前列入马钱科的伞囊花属(*Sanango* Bunting & Duke)转入苦苣苔科,为苦苣苔科植物的研究奠定了重要的基础^[6]。被引频次排名第二的论文为“The systematic distribution of vascular epiphytes-a critical update”,被引213次。此文在 Benzing^[27]和 Kress^[28]的基础上,系统更新了

附生维管植物多样性,列出苦苣苔科植物20属570种,其中芒毛苣苔属(*Aeschynanthus* Jack)和鲸鱼花属(*Columnea* L.)各占200余种^[29]。排名第三的论文为“Granitic and gneissic outcrops (inselbergs) as centers of diversity for desiccation-tolerant vascular plants”,被引200次。此文列举了海角苣苔属(*Streptocarpus* Lindl.)等复苏植物的地理分布及生境资料^[30],推动苦苣苔科植物应对干旱胁迫策略、适应弱光生理机制以及生长于特殊生境中的生理生态特性等研究。此后我国学者也对复苏植物的代表性物种旋蒴苣苔属(文章发表时尚未进行修订,当时该属名为 *Boea* Comm. ex Lam., 随后被修订为 *Dorco-ceras* Bunge)等进行了耐脱水机制及对水分的生理

响应方面的研究^[31-33]。

CNKI 文献被引频次最高的苦苣苔科植物研究论文由吴征镒院士团队于 2005 年发表, 该文论述了我国苦苣苔科的 27 个特有属及其起源和分化^[34]。被引频次排名第二的论文依据 IUCN 濒危物种红色名录标准对中国野生高等植物的濒危状况进行了全面评估, 其中苦苣苔科植物高达 75 种^[35]。被引频次排名第三的论文是采用 PT-PCR 方法从耐旱植物厚叶旋蒴苣苔 [*B. crassifolia* Hemsl, 后被修订为厚叶蛛毛苣苔 *Paraboea crassifolia* (Hemsl.) Burt] 的总 cDNA 中扩增一个与植物脱水素基因同源的序列, 结合 5'RACE 得到 BDN1 的全长 cDNA, 并推测该基因与这一物种的耐旱特性有关^[36], 该文对我国之后的复苏植物耐旱机制相关研究有重要的推动作用。

2.2 主要研究力量分析

2.2.1 主要研究国家(地区)

不同国家在某一领域发表的文献情况在一定程度上反映了该国在该领域的学术影响力和对该领域的重视程度。根据 CiteSpace 运行结果(图 2)显示, 目前共有 60 余个国家(地区)对苦苣苔科植物进行了研究。我国的发文量位居世界第一(366 篇), 第二和第三的国家(地区)分别是美国(168 篇)和英国(84 篇)。中介中心性大于 0.1 的国家(地区)分别为美国(0.65)、苏格兰(0.24)、德国(0.22)、英格兰(0.20)、保加利亚(0.19)、中国(0.17)以及日本(0.11)。尽管我国 2000-2021 年发文量较美国有 2 倍之多, 但其中大部分为新种的发表, 论文的被引频次和综合影响力较低。

CiteSpace v. 5.8.R3 (64-bit)
November 17, 2021 at 4:22:58 PM CST
PWS: 11/16/2021
TimeSpan: 2000-2021 (Blue Length=1)
Selection: 100 (100, 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100)
Labeling: LC (64 (100%)) (Density=0.7106)
Modularity: 0.96
Pruning: None



图 2 2000-2021 年苦苣苔科植物研究 WOS 文献作者的国家分布

Fig. 2 Country distribution of authors of WOS literatures on Gesneriaceae study from 2000 to 2021

2.2.2 主要研究机构

分析研究机构的分布可以展现机构在某领域的学术水平, 有利于各机构间的信息交流与合作。研究机构共现知识图谱和相关统计(图 3)显示, 在 WOS 数据库 2000-2021 年间发文量前 10 的机构中, 广西植物研究所位居第一, 其在苦苣苔科植物研究中有较大的影响力。其次是爱丁堡皇家植物园、中国科学院植物研究所、中国科学院华南植物园、中国科学院昆明植物研究所、史密斯国家自然历史博物馆、英国皇

家植物园、阿拉巴马大学、博伊西州立大学以及台湾大学。其中中国科学院植物研究所、广西植物研究所及爱丁堡皇家植物园等研究机构之间合作交流密切。

2000-2021 年苦苣苔科植物研究在 CNKI 收录论文数量排名前 3 的科研机构 and 高校院所分别为广西植物研究所、中国科学院昆明植物研究所以及广西师范大学生命科学学院(图 4), 各研究机构之间合作交流较少。

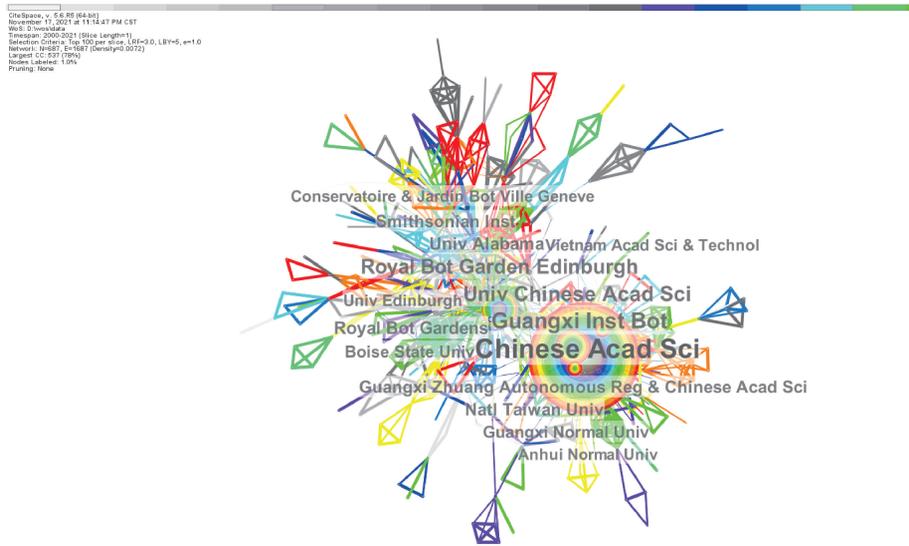


图3 2000-2021年苦苣苔科植物研究WOS文献来源机构分布

Fig. 3 Distribution of WOS literature sources and institutions on Gesneriaceae study from 2000 to 2021



图4 2000-2021年苦苣苔科植物研究CNKI文献来源机构分布

Fig. 4 Distribution of CNKI literature sources and institutions on Gesneriaceae study from 2000 to 2021

2.2.3 主要发作者

通过文献作者共现分析可以得出研究该领域的学者群并显示他们之间合作的密切程度。根据WOS文献(图5)和CNKI文献(图6)构建的作者知识图谱,可以看出国内外发文量第一的作者皆为温放,其对中国苦苣苔科植物新种的发表有着重要贡献。CNKI文献作者群呈现“部分集中,整体分散”的形式,3个较为集中的作者群分别是温放、盘波、韦毅

刚、许为斌、刘演等的团队,闫海霞、关世凯等的团队以及吕慧珍等的团队。温放等的作者群主要致力于经典分类学、结合分子生物学的分类学以及分子生物学其他方面的综合研究,闫海霞等的作者群主要致力于苦苣苔科植物的无性繁殖研究,吕慧珍等的作者群主要致力于苦苣苔科植物的组织培养和生理响应方面的研究。

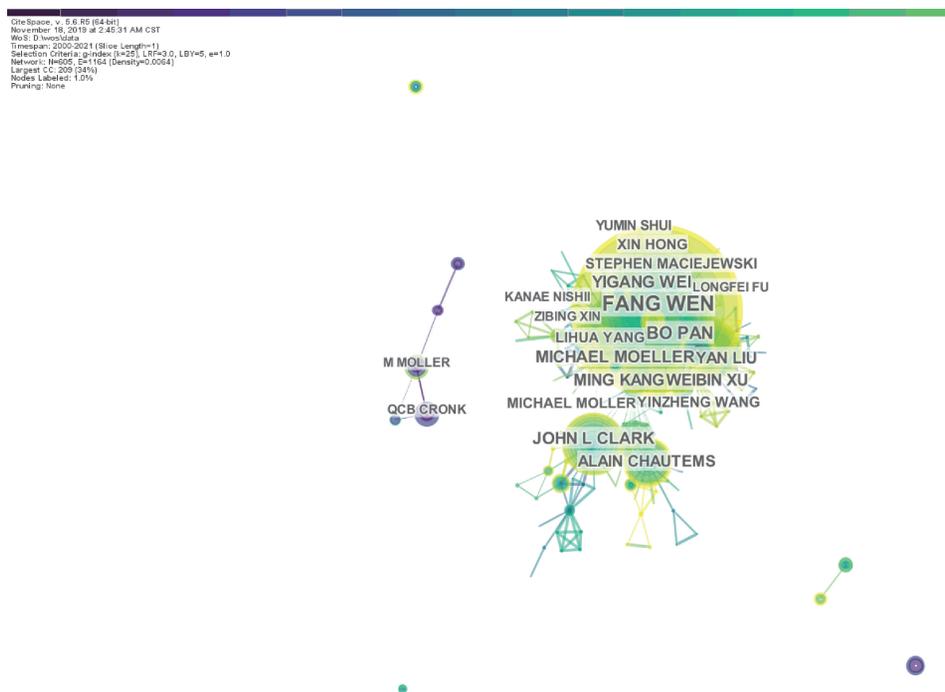


图 5 2000 - 2021 年苦苣苔科植物研究 WOS 文献作者分布

Fig. 5 Distribution of WOS literature authors on Gesneriaceae study from 2000 to 2021

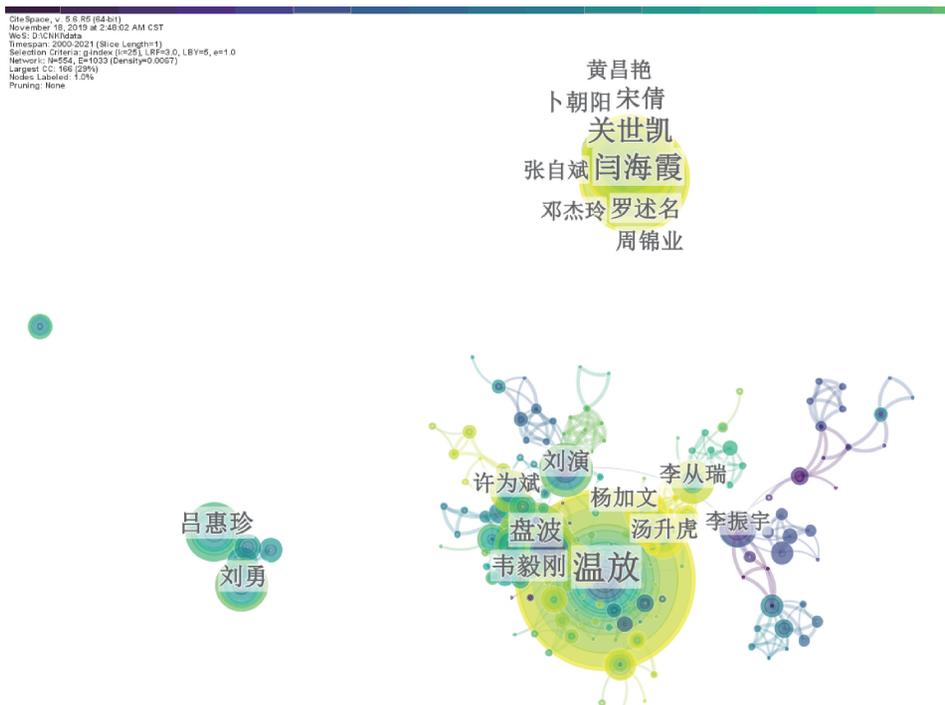


图 6 2000 - 2021 年苦苣苔科植物研究 CNKI 文献作者分布

Fig. 6 Distribution of CNKI literature authors on Gesneriaceae study from 2000 to 2021

WOS 文献发文量排前 10 的作者中有 7 位是我国学者,其中 5 位学者来自广西植物研究所,说明广西植物研究所是我国苦苣苔科植物研究,尤其是分类学研究的中坚力量。同时根据作者共现图谱来看,我国学者与爱丁堡皇家植物园的 Michael Möller 研究

员之间合作交流较为密切。

2.3 关键词分析

2.3.1 CNKI 关键词分析

关键词是作者对论文主体内容的高度概括,借助 CiteSpace 文献关键词聚类功能可分析挖掘一定时间

段内某一研究领域的前沿热点。根据聚类标签(图7)可以将我国苦苣苔科植物研究分为以下3个方面。

(1)苦苣苔科植物无性繁殖研究。研究人员一方面,根据无性繁殖方式的不同,以优化基质的配比,如泥炭、珍珠岩、蛭石、稻壳炭等的配比来提高扦插后的成活率^[37-39];另一方面,通过优化培养基的比例和培养条件,提高生根率实现苦苣苔科植物的组织培养与快速繁殖^[40]。但不同的物种,即使是亲缘关系较近的同属种,其组织培养和快速繁殖技术也可能存在较大差异^[41,42]。目前研究人员利用叶片立体快速繁殖技术实现了非洲紫罗兰(*Saintpaulia ionantha* Wendl.)的大规模工厂化生产,通过组织培养技术建立了药用价值高的苦苣苔科植物如吊石苣苔(*Lysionotus pauciflorus* Maxim.)、药用报春苣苔[*Primulina medica* (D. Fang ex W. T. Wang) Yin Z. Wang]等的快速繁殖体系,通过离体快速繁殖技术实

现报春苣苔(*P. tabacum* Hance)和单座苣苔[*Hemiboea ovalifolia* (W. T. Wang) A. Weber & Mich. Möller]种质资源的离体保存和野外引种回归^[43]。随着研究的深入和繁育技术体系的完善,利用分子生物学相关技术改良苦苣苔科的植物品质,将会有更多品种实现产业化发展。

(2)苦苣苔科植物化学成分研究。很多苦苣苔科植物可供药用,对各种炎症、风湿、哮喘、蛇虫咬伤等有良好的疗效^[44]。近年来随着分离技术和光谱解析技术的发展,从苦苣苔科植物中分离出苯乙醇苷类等具有生物活性的成分,为从天然产物中寻找新型药物和活性先导化合物提供新思路^[45]。目前我国学者主要对芒毛苣苔属和吊石苣苔属(*Lysionotus* D. Don)开展了化学成分的研究^[44-48],但比起我国苦苣苔科植物资源总量,相关研究稍显不足。

CiteSpace, v. 5.8.R2 (64-bit)
November 18, 2023 at 12:25:17 PM CST
WoS: D:\CN\0data
TimeSpan: 2500-2021 (Slice Length=1)
Selection Criteria: g-index (k=25), LRF=3.0, LNH=10, LBY=5, e=1.0
Network: W=581, E=453 (Density=0.9059)
Largest CC: 272 (89%)
Nodes Labeled: 1.0%
Pruning: Pathfinder
Modularity Q=0.9559
Weighted Mean Silhouette S=0.9589
Harmonic Mean(Q, S)=0.9574

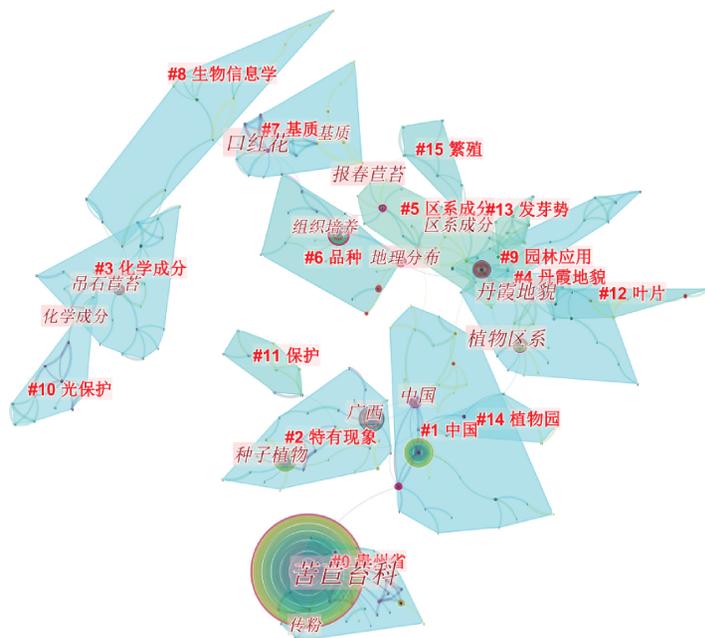


图7 2000-2021年苦苣苔科植物研究CNKI文献关键词聚类

Fig. 7 Keyword clustering of CNKI literature on the study of Gesneriaceae from 2000 to 2021

(3)苦苣苔科植物生理生化及分子生物学研究。我国多种苦苣苔科植物仅生于石灰岩地区,该地区岩溶地貌的基岩裸露率高、土壤浅薄、保水性较差,易出现岩溶干旱现象^[49,50]。苦苣苔科植物包含较多复苏植物,不同类群复苏的策略和生理机制可能存在差异。如锈色蛛毛苣苔[*Paraboea rufescens* (Franch.) Burt.]通过剧烈卷缩的叶片防止脱水时光照过量对

植物体造成伤害;心叶马铃苣苔[*Oreocharis cordatula* (Craib) Pellegrin]受到脱水胁迫时,通过光保护机制将过多能量通过热耗形式散出,保护器官免受伤害^[51];王智等^[52]认为复苏植物特有的耐脱水干旱能力可能与寡糖物质 RFOs 在干旱等胁迫下的消长及相关基因的表达调控有关。随着全球气候变暖进程加快,干旱胁迫导致的粮食安全问題亟待解决,探索

复苏植物耐旱机制,了解相关基因作用机理,对我国的农业安全具有重要意义。因此,苦苣苔科植物中复苏植物的相关研究可能仍是研究热点。

2.3.2 WOS 关键词分析

WOS 关键词聚类(图 8)的 Q 值为 0.931 5, S 值为 0.864 7,表明该聚类结构显著且可信度高。根据聚类标签可以将国际苦苣苔科植物研究分为以下 3 个方面。

(1)苦苣苔科植物花形态学研究。苦苣苔科是唇形目的基部类群,且为金鱼草(*Antirrhinum majus* L.)的近缘类群,其中一些种类具有两侧对称花的特性。被子植物花对称性的演化是尚未解决的问题,因此有学者在苦苣苔科植物中选择两侧对称花类群开展花对称性的进化发育生物学研究,以期完整揭示花对称性相关基因(CYC 基因和 *DICH* 基因)的表达模式以及作用机制。Liu 等^[53]系统优化了斑叶汉克

苣苔[*Henckelia pumila* (D. Don) A. Dietr.]的种子萌发、组织培养以及遗传转化的条件,并经实验证明 *CpCYC* 基因对背瓣具有抑制作用,且决定花梗的不对称生长。Yang 等^[54]选择种间关系密切但花瓣形态不同的光喉石蝴蝶(*Petrocosmea glabristoma* Z. J. Qiu & Y. Z. Wang)和中华石蝴蝶(*P. sinensis* Oliv.)进行杂交、突变以及等位基因特异性表达分析,结果表明两种植物的背瓣大小主要受 *CYC1C* 和 *CYC1* 基因表达调控,且花瓣的形态变化与 *CIN1* 的表达有关,并认为具有相同表达模式和种间表达分化高度冗余的相似性基因可能有着不同的调控机制。尽管开展了一定的研究,但 *CYC* 类基因是否控制局部细胞的增殖以及参与花形态的进化尚未有定论。因此,苦苣苔科植物相关研究仍需深入,以便为被子植物的进化和发育提供参考。

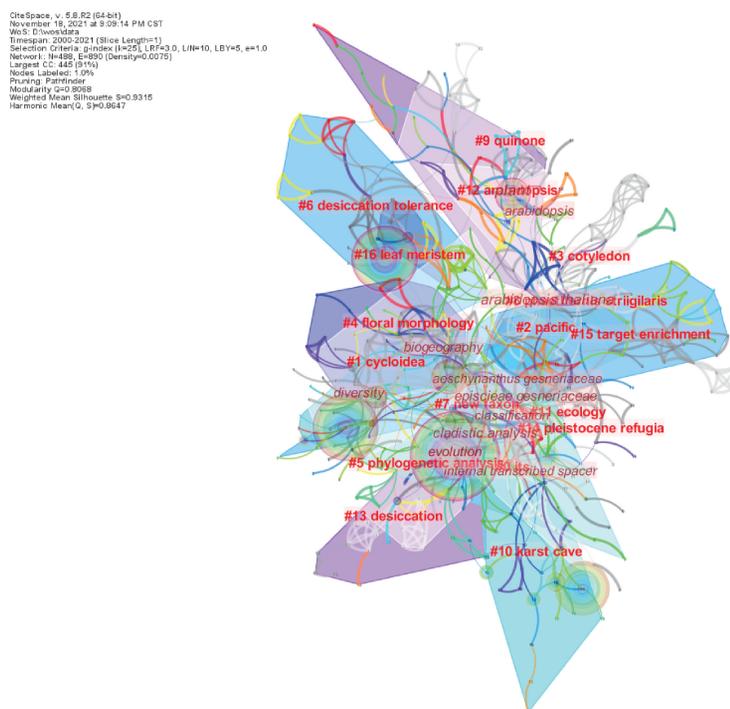


图 8 2000 - 2021 年苦苣苔科植物研究 WOS 文献关键词聚类

Fig. 8 Keyword clustering of WOS literature on the study of Gesneriaceae from 2000 to 2021

(2)苦苣苔科中复苏植物的研究。基因组测序、基因组学、转录组学及代谢组学的兴起极大地促进了苦苣苔科中复苏植物耐旱基因的发现,并有助于研究人员对其分子机制的理解。Liu 等^[55]比较分析了干旱时巴尔干苣苔(*Haberlea rhodopensis* Friv.)和旋蒴苣苔(*Dorcoceras hygrometricum* Bunge)两种植物晚期胚胎丰富蛋白、热休克蛋白、蛋白质质量控制、糖代谢、 α -生育酚累积、自噬以及植物激素代谢信号

传导的变化发现,在干旱时旋蒴苣苔体内产生抗坏血酸和棉子糖,而巴尔干苣苔则产生 β -谷甾醇。

(3)苦苣苔科植物的系统发育分析。分子系统发育学根据生物大分子包含的遗传信息建立系统发育树,推断生物有机体间的遗传与进化关系,进而解决属间或属下各分类群之间的关系^[56]。在由被子植物系统发育研究组 Angiosperm Phylogeny Group 建立的被子植物分类系统构架下,最新的中国苦苣苔科植

部分仅生于岩溶洞穴的洞口带及弱光带的钙华上^[51]。同时有研究指出,石灰岩等景观引起的微生境隔离是亚洲苦苣苔科物种形成的主要因素^[5,59]。因此将来的研究应着眼于西南地区特别是石灰岩地区以及岩溶洞穴中的苦苣苔科植物,加快其野外资源和相关的生态学调查,并深入研究其生态适应机制。

3 结论

本文借助 CiteSpace 对 2000-2021 年 CNKI 数据库和 WOS 数据库中的苦苣苔科植物相关文献进行计量统计和可视化分析,展现了苦苣苔科植物研究领域的文献数量变化、核心文章、核心发文国家(地区)、机构、作者的分布,深入分析获得以下结论:2000-2021 年苦苣苔科植物研究的发文量总体缓慢增长,研究主题大体不变。研究方向围绕苦苣苔科植物无性繁殖技术的优化、化学成分的分离提纯、新分类群和国家级及国内省级分布新纪录的发表、耐旱机制及其生理响应、地理分布以及系统发育等方面展开。苦苣苔科植物研究力量主要分布在中国、美国、英国等国家。发文机构中,广西植物研究所发文量位居第一。在苦苣苔科植物研究领域贡献较高的作者是温放、Michael Möller、韦毅刚以及 John L. 等。

随着各项技术的成熟以及分子生物学的不断进步,综合前文分析结果,以下 4 点可能是未来苦苣苔科植物研究的热门方向。

(1)滇、黔、桂等地的野外资源、种群生物学和生态学调查。大气候背景引起的生境破碎化、多样化以及人类活动等造成的栖息地破坏使得苦苣苔科植物种群数量和种类面临极大的挑战,理清苦苣苔科植物地理分布格局、苦苣苔科植物在岩溶区分布的特点,选择合理的地区建立种质资源库,并完善一系列的保护策略,才能实现苦苣苔科植物资源的可持续发展。

(2)无性繁殖技术的优化及生物学特性研究。开展相关的实验(如化学成分分析)需要大量的成活个体,但很多苦苣苔科植物种的种群数量不高。因此应高度重视珍稀濒危植物生物学特性、致濒机理及人工繁育等研究。

(3)苦苣苔科植物的分子生物学研究。染色体是遗传信息的载体,以染色体数目、倍性和核型等为指标,分析染色体结构差异及遗传多样性,能为植物的分类和系统演化提供重要依据^[60]。目前苦苣苔科植物中还有大量种类的染色体信息未被报道,核型分析也存在一定空白,加之不断涌现的新种,在今后的研

究中,需结合系统发育基因组学等技术理清物种在该属或姐妹属中的演变过程,为进一步的类群分类、系统演化和物种形成提供更多的实质性参考。

(4)属于复苏植物的苦苣苔科植物耐旱生理响应及调控机制。21 世纪以来,重大干旱在我国主要粮食产区频频发生,对在营养生长阶段的幼苗伤害巨大,如光合受抑、停滞生长、死亡等,进而导致粮食产量骤降,造成巨大经济损失^[61]。目前已知全球约有 200 种复苏植物^[62],其中苦苣苔科植物就占超过 1/10,但其耐旱基因的调控机制尚不完全清楚。深入研究苦苣苔科植物特殊的耐旱机制以及对岩溶生境的适应机制,可为解决粮食安全问题和岩溶生态保护提供新思路。

致谢

在此感谢广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所国家苦苣苔科种质资源库、中国野生植物保护协会苦苣苔专业委员会和中国苦苣苔科植物保育中心对本文提供帮助。

参考文献

- [1] 袁道先. 中国岩溶学[M]. 北京:地质出版社,1994.
- [2] 宁祖林. 报春苣苔属(苦苣苔科)系统分类学及其资源保育研究[D]. 广州:华南农业大学,2017.
- [3] 袁道先. 全球岩溶生态系统对比:科学目标和执行计划[J]. 地球科学进展,2001,16(4):461-466.
- [4] 郭婧. 中国蛛毛苣苔属的系统发育研究[D]. 桂林:广西师范大学,2016.
- [5] 俞筱押,李家美,任明迅. 中国南方苦苣苔科植物在喀斯特地貌和丹霞地貌上的适应分化[J]. 广西科学,2019,26(1):132-140.
- [6] The Angiosperm Phylogeny Group. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV [J]. Botanical Journal of the Linnean Society,2016,181(1):1-20.
- [7] 许为斌,郭婧,盘波,等. 中国苦苣苔科植物的多样性与地理分布[J]. 广西植物,2017,37(10):1219-1226.
- [8] 温放. 苦苣苔科植物介绍[J]. 广西植物,2020,40(10):1386.
- [9] 徐婷. 贵州茂兰国家级自然保护区苦苣苔科植物分类学研究[D]. 贵阳:贵州师范大学,2020.
- [10] 温放,韦毅刚,符龙飞,等. 中国苦苣苔科植物名录[EB/OL]. (2021-08-29)[2022-03-15]. <http://gccx.gxib.cn/cn/about-68.aspx>. 1.
- [11] MÖLLER M. 物种的及时发现:以中国苦苣苔科植物

- 为例(英文)[J]. 广西科学, 2019, 26(1): 1-16.
- [12] 洪欣, 黎舒, 蔡磊, 等. 中国苦苣苔科植物物种中文名的选定/拟定原则建议初探[J]. 广西科学, 2019, 26(1): 17-36.
- [13] 吴昊天. 两种岩溶穴居性石山苣苔属植物的生境适应性研究[D]. 芜湖: 安徽师范大学, 2017.
- [14] 韦毅刚. 广西本土植物及其濒危状况[M]. 北京: 中国林业出版社, 2019.
- [15] HAO Z, KUANG Y W, KANG M. Untangling the influence of phylogeny, soil and climate on leaf element concentrations in a biodiversity hotspot [J]. *Functional Ecology*, 2015, 29(2): 165-176.
- [16] 韦毅刚, 钟树华, 文和群. 广西苦苣苔科植物区系和生态特点研究[J]. 云南植物研究, 2004, 26(2): 173-182.
- [17] 吴胜男, 王晓峰, 刘婷婷, 等. 基于 CiteSpace 的湿地恢复研究进展 [J]. 生态学报, 2022, 42(3): 1224-1239.
- [18] 严陶韬, 薛建辉. 中国生物多样性研究文献计量分析 [J]. 生态学报, 2021, 41(19): 7879-7892.
- [19] 刘章生, 祝水武, 刘桂海. 国内生态资本文献计量研究 [J]. 生态学报, 2021, 41(4): 1680-1691.
- [20] 初建松, 曹曼, 赵林林, 等. 基于 CiteSpace 的 EwE 模型文献计量学与可视化分析 [J]. 应用生态学报, 2021, 32(2): 763-770.
- [21] 曹永强, 刘阳明. 基于 CiteSpaceV 的国内生态工程研究文献可视化分析 [J]. 生态学报, 2019, 39(11): 4190-4199.
- [22] 吴永红, 靳少非. 基于 CiteSpace 的重金属污染土壤修复研究文献计量分析 [J]. 农业环境科学学报, 2020, 39(3): 454-461.
- [23] 祁占勇, 陈鹏, 张畅. 中国教育政策学研究热点的知识图谱 [J]. 教育研究, 2016, 37(8): 47-56, 98.
- [24] CHEN C M, HU Z G, LIU S B, et al. Emerging trends in regenerative medicine: a scientometric analysis in CiteSpace [J]. *Expert Opinion on Biological Therapy*, 2012, 12(5): 593-608.
- [25] 蒋忠诚, 代群威, 董发勤, 等. 国内外钙华岩溶景观的研究进展与展望 [J]. 中国岩溶, 2021, 40(1): 4-10.
- [26] 王伟, 张晓霞, 陈之端, 等. 被子植物 APG 分类系统评论 [J]. 生物多样性, 2017, 25(4): 418-426.
- [27] BENZING D H. Vascular epiphytes: general biology and related biota [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- [28] KRESS W J. The systematic distribution of vascular epiphytes: an update [J]. *Selbyana*, 1986, 9(1): 2-22.
- [29] ZOTZ G. The systematic distribution of vascular epiphytes: a critical update [J]. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 2013, 171: 453-481.
- [30] POREMBSKI S, BARTHLOTT W. Granitic and gneissic outcrops (inselbergs) as centers of diversity for desiccation-tolerant vascular plants [J]. *Plant Ecology*, 2000, 151: 19-28.
- [31] 王智, 刘永秀, 魏建华, 等. 复苏植物旋蒴苣苔棉子糖合酶基因的克隆和表达 [J]. 植物学报, 2012, 47(1): 44-54.
- [32] 张兰军, 姬飞腾, 王丽丽, 等. 复苏植物旋蒴苣苔 C2 结构域小蛋白 BnC2DP1 参与植物对 ABA 的反应 [J]. 植物学报, 2012, 47(1): 11-27.
- [33] 张丹丹, 周守标, 周会, 等. 大花旋蒴苣苔对脱水与复水的生理响应 [J]. 生态学杂志, 2016, 35(1): 72-78.
- [34] 吴征镒, 孙航, 周浙昆, 等. 中国植物区系中的特有性及其起源和分化 [J]. 云南植物研究, 2005, 27(6): 577-604.
- [35] 覃海宁, 杨永, 董仕勇, 等. 中国高等植物受威胁物种名录 [J]. 生物多样性, 2017, 25(7): 696-744.
- [36] 赵恢武, 刘晗, 于海源, 等. 耐旱植物厚叶旋蒴苣苔 BDN1 脱水素基因的克隆及表达特性分析 [J]. 科学通报, 2000, 45(15): 1648-1654.
- [37] 刘伟, 曹晓慧. 吊石苣苔扦插繁殖研究 [J]. 北方园艺, 2010(2): 116-118.
- [38] 黎舒, 王莉芳, 冼康华, 等. 2 种石山苣苔属植物叶插繁育研究 [J]. 广西科学, 2019, 26(1): 152-157.
- [39] 闫海霞, 关世凯, 宋倩, 等. 四种基质对大根报春苣苔叶插繁殖的影响 [J]. 湖北农业科学, 2020, 59(15): 90-93, 121.
- [40] 王辉, 吴家森, 夏国华, 等. 浙皖粗筒苣苔的组织培养和快速繁殖 [J]. 植物生理学通讯, 2010, 46(12): 1279-1280.
- [41] 付传明, 江海涛, 黄宁珍, 等. 桂黔吊石苣苔的组织培养与快速繁殖 [J]. 广西植物, 2014, 34(6): 874-878.
- [42] 杨晨星. 2 种苦苣苔科观赏植物组织培养及应用 [D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2020.
- [43] 杨国, 饶显龙, 罗洁, 等. 浅裂小花苣苔叶片离体快繁技术 [J]. 广东农业科学, 2013, 40(7): 146-148, 151, 237.
- [44] 刘辉鑫, 袁柯, 程存归. 红花芒毛苣苔总黄酮提取工艺研究 [J]. 中成药, 2012, 34(5): 956-958.
- [45] 刘辉鑫. 红花芒毛苣苔化学成分与抗氧化活性研究 [D]. 金华: 浙江师范大学, 2012.
- [46] 胡峻, 张权, 齐梦蝶, 等. 基于 UPLC-Q-TOF-MS 技术的川西吊石苣苔中化学成分分析 [J]. 中国中药杂志, 2016, 41(9): 1658-1669.
- [47] 张瑜, 杨健, 詹志来, 等. UPLC-MS/MS 测定不同产地吊石苣苔中苯乙醇苷类成分含量 [J]. 中国现代中药, 2017, 19(4): 504-508.
- [48] 陈林, 康文艺. 长茎芒毛苣苔化学成分研究 [J]. 中国中

- 药杂志,2009,34(21):2758-2760.
- [49] 曾馥平,彭晚霞,宋同清,等.桂西北喀斯特人为干扰区植被自然恢复 22 年后群落特征[J].生态学报,2007,27(12):5110-5119.
- [50] 刘艳.喀斯特峰丛洼地不同土地利用方式下表层土壤水分的时空规律研究[D].南宁:广西大学,2016.
- [51] 李爱花,王丹丹,李唯奇.两种不同生境苦苣苔科植物的复苏特性及其对水分的光合和生理响应[J].广西植物,2022,42(2):199-209.
- [52] 王智,刘永秀,魏建华,等.复苏植物旋蒴苣苔棉子糖合酶基因的克隆和表达[J].植物学报,2012,47(1):44-54.
- [53] LIU J, WU J, YANG X, et al. Regulatory pathways of CYC-like genes in patterning floral zygomorphy exemplified in *Chirita pumila* [J]. Journal of Systematics and Evolution, 2021, 59(3):567-580.
- [54] YANG X, ZHAO X G, LI C Q, et al. Distinct regulatory changes underlying differential expression of TEOSINTE BRANCHED1-CYCLOIDEA-PROLIFERATING CELL FACTOR genes associated with petal variations in zygomorphic flowers of *Petrocosmea* spp. of the family Gesneriaceae [J]. Plant Physiology Preview, 2015, 169(3):2138-2151.
- [55] LIU J, MOYANKOVA D, DJILIANOV D, et al. Common and specific mechanisms of desiccation tolerance in two Gesneriaceae resurrection plants. Multiomics evidences [J]. Front Plant Science, 2019, 10(1):1067-1082.
- [56] 李德铎.植物系统学[M].3版.北京:高等教育出版社,2012.
- [57] 辛子兵,符龙飞,黎舒,等.中国苦苣苔科植物的分类系统历史变化:兼论该科植物在我国合格发表的新分类群与国家分布新记录情况分析[J].广西科学,2019,26(1):102-117.
- [58] TAN K, LU T, REN M X. Biogeography and evolution of Asian Gesneriaceae based on updated taxonomy [J]. PhytoKeys, 2020, 157:7-26.
- [59] 凌少军,孟千万,唐亮,等.海南岛苦苣苔科植物的地理分布格局与系统发育关系[J].生物多样性,2017,25(8):807-815.
- [60] 覃信梅,盘波,卢永彬,等.石山苣苔属四种(含一变种)植物的染色体数目和倍性研究[J].广西植物,2020,40(10):1466-1476.
- [61] 刘杰,张潇雅,邓馨.干旱胁迫下复苏植物牛耳草基因组 DNA 甲基化分析[J].福建农林大学学报(自然科学版),2018,47(2):205-211.
- [62] 刘杰, LIN C T, 邓馨.复苏植物耐脱水机制研究进展[J].生物技术通报,2016,32(10):42-51.

Bibliometric Analysis of Gesneriaceae Plants at Home and Abroad Based on Citespace

CHEN Yu^{1,2}, SHEN Lina^{3,4**}, ZHANG Qiang⁵, JIANG Ting^{1,2}, LU Yongbin⁵

(1. Key Laboratory of Wild Animal and Plant Ecology of Guangxi, Guangxi Normal University, Guilin, Guangxi, 541006, China; 2. College of Life Science, Guangxi Normal University, Guilin, Guangxi, 541006, China; 3. Key Laboratory of Karst Ecosystem and Treatment of Rocky Desertification, MNR, Key Laboratory of Karst Dynamics, MNR & GZAR, Institute of Karst Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Guilin, Guangxi, 541000, China; 4. Guangxi Karst Resources and Environment Research Center of Engineering Technology, Guilin, Guangxi, 541000, China; 5. Guangxi Key Laboratory of Plant Conservation and Restoration Ecology in Karst Terrain, Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and Chinese Academy of Sciences, Guilin, Guangxi, 541006, China)

Abstract: Gesneriaceae is currently the world's hot subject of specialized research on higher plants. Most of the Gesneriaceae plants in China belong to lithophyte, most of which distributed in karst areas. The survival and differentiation of these specialized distribution species are inseparable from karst landforms. In this article, the metrology software CiteSpace was used to process and analyze the relevant literature at home and a-

broad from 2000 to 2021, to clarify the main distribution of the research strength of Gesneriaceae plants, to summarize the research directions at home and abroad, and to explore the future research hotspots. According to the keyword time zone map and mutation words, the possible research directions in the future are as follows: (1) To carry out population biology investigation, classical taxonomy research and the discovery and publication of new taxa, clarify the geographical distribution pattern, and establish germplasm resource bank. (2) Study on the improvement of breeding system and the biological characteristics of endangered plants. (3) Molecular biology studies of Gesneriaceae plants including phylogenetic reconstruction were carried out to provide evidence for group classification, phylogeny and species evolution. (4) Exploring the drought tolerance regulation mechanism and ecological adaptation mechanism of resuscitated plants, and providing new ideas for crop safety issues and the protection and management of Karst areas.

Key words: Gesneriaceae; CiteSpace; research hotspot; bibliometric analysis; karst; knowledge map

责任编辑: 陆媛峰



微信公众号投稿更便捷

联系电话: 0771-2503923

邮箱: gxkx@gxas.cn

投稿系统网址: <http://gxkx.ijournal.cn/gxkx/ch>