DOI:10.13210/j.cnki.jhmu.20251027.002
网络出版地址:https://link.cnki.net/urlid/46.1089.R.20251027.1703.004

卷柏属植物的生物学特性与现代研究进展

阿吉尔古丽·麦麦提[1,2],付 瑾[1,2],亢诗雯[3],陈敏玉[3],排合尔丁·穆太力甫[1,2],乃比江·麦图荪[1,2],买买提江·阿布都瓦克[1,2]✉,杨新洲[1,3]✉
(1.新疆和田学院&新疆和田特色中医药研究重点实验室,新疆 和田 848000;2.维吾尔药材及制剂质量控制工程研究中心,新疆 和田 848000;3.中南民族大学药学院,湖北 武汉 430074)

[摘要] 卷柏属隶属于蕨类植物门石松纲卷柏科,作为传统中草药在中国应用历史悠久且分布广泛。现代研究表明,该属植物具有黄酮类、炔酚类以及苯丙素类等化学成分,展现出抗炎、抗肿瘤、抗病毒、止血、降血糖以及调节机体免疫功能等多种生物活性,近年来受到广泛关注。本文主要综述卷柏属植物的生物学特性、生境分布、化学成分、生物活性、药代动力学及急性毒理研究现状,并对该领域的研究进行展望,旨在为卷柏属植物的深入研究与临床应用提供参考。

[关键词] 卷柏属;生物学特性;化学成分;生物活性
[中图分类号] R282.71 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2097-5953(2026)17-1335-16

Biological characteristics and modern research progress of *Selaginella* plants

Ajierguli Maimaiti[1,2], FU Jin[1,2], KANG Shiwen[3], CHEN Minyu[3], Paiheerding Mutailifu[1,2], Naibijiang Maitusun[1,2], Maimaitijiang Abuduwake[1,2]✉, YANG Xinzhou[1,3]✉
(1. *Xinjiang Hetian College & Key Laboratory of Xinjiang Hetian Characteristic Chinese Traditional Medicine Research, Hetian* 848000, *China*; 2. *Engineering Research Center of Quality Control of Uyghur Medicinal Materials and Preparation, Hetian* 848000, *China*; 3. *School of Pharmaceutical Sciences, South-Central Minzu University, Wuhan* 430074, *China*)
[*Foundation Project*]: *This study was supported by the National Natural Science Foundation of China* (81774000)
[*Author*]: *AJIERGULI Maimaiti, E-mail: Ajier97@163.com.*
[*Correspondence to*]: *MAIMAITIJIANG Abuduwake, Ph.D., Professor, E-mail: 1070871718@qq.com; YANG Xinzhou, Ph.D., Professor, Doctoral Supervisor, E-mail: xzyang@mail.scuec.edu.cn.*
Received: 2025-07-11 *Revised*: 2025-10-15 *JHMU*, 2026;32(17):1335-1350

View from specialist: It is creative, and of certain scientific and educational value.

[Abstract] *Selaginella* belonging to the family Selaginellaceae within the class Lycopodiopsida of the division Pteridophyta, has a long history of application as a traditional Chinese medicinal herb and is widely distributed in China. Modern research has revealed that plants of this genus contain chemical constituents such as flavonoids, acetylenic phenols, and phenylpropanoids, exhibiting diverse biological activities, including anti-inflammatory, anti-tumor, anti-viral, hemostatic, hypoglycemic, and immune function regulatory effects, and garnering significant attention in recent years. This review primarily summarizes the current research status regarding the biological characteristics, habitat distribution, chemical constituents, biological activities, pharmacokinetics, and acute toxicology of *Selaginella* plants. Furthermore, it provides an outlook on future research directions in this field, aiming to offer a reference for further in-depth research and clinical applications of *Selaginella* plants.

[Key words] *Selaginella*; Biological characteristics; Chemical constituents; Biological activities

蕨类植物是最古老的植物类群之一,兼具高等孢子植物与低等维管植物特征,有食用、药用以及生态指标等多方面价值[1]。卷柏属(*Selaginella*)为蕨类石松纲(Lycopodiopsida)卷柏科(Selaginellaceae)

[基金项目] 国家自然科学基金(81774000)
[作者简介] 阿吉尔古丽·麦麦提,E-mail:Ajier97@163.com。
[通讯作者] 买买提江·阿布都瓦克,博士,教授,E-mail:1070871718@qq.com;杨新洲,博士,教授,博士研究生导师,E-mail:xzyang@mail.scuec.edu.cn。
[收稿日期] 2025-07-11 [修回日期] 2025-10-15 网络出版时间:2025-10-28 10:44:44

少有的单科单属植物[2]，最早出现于3.5亿年前的石炭纪，作为水生向陆地植物进化的关键过渡生物，其生物学与进化特征受国、内外专家关注[3]。全球卷柏属约有700种，中国有70种，20余种可药用[4,5]，广泛分布于东北、华北等多地。在中医药理论中，该属味辛性平，归肝、心经，传统用于活血通经、化瘀止血，主治经闭痛经、吐血便血等症[6]。现代研究显示，其含黄酮类、炔酚类等多种化学成分[7]，具有抗炎、抗肿瘤、抗病毒、降血糖等活性[8-11]。鉴于其医药潜力，本文综述其生物学特性、化学成分、生物活性、急性毒理及药代动力学研究进展，旨在为后续研究与应用提供参考。

1 卷柏属生物学特性及生境分布

1.1 卷柏属的起源

卷柏为卷柏科卷柏属植物，药用首载于《神农本草经》，列为上品，别名九死还魂草等[12]。其性平味辛，《本草求真》载其生用微寒可活血通经，炭用辛温能化瘀止血[13]。分类初期，因与石松属有共性，卷柏属曾被归为石松属（*Lycopodium*）。1805年，Palisot de Beauvois与Ambroise Marie Francois Josep共创卷柏属，并随着新物种的发现逐渐完善该属植物特征，原用石松属命名的植物学名逐渐更改，卷柏与垫状卷柏属名也由*Lycopodium*改为*Selaginella*[14]。2020版《中国药典》规定中药卷柏为卷柏（*S. tamariscina*）或垫状卷柏（*S. pulvinate*）的干燥全草[15]。民间另有翠云草（*S. uncinate*）、布朗卷柏（*S. braunii*）、江南卷柏（*S. moelledndorffii*）和深绿卷柏（*S. doederleinii*）等20余种同属药用植物。

1.2 原植物形态特征

卷柏属多为中小型多年生草本，茎分枝、节生不定根。叶常异型，孢子囊穗生枝顶，产大小孢子。常见种特征差异见表1[16-19]。

1.3 常见卷柏属的显微结构

卷柏属植物显微结构有共性，关键显微特征种间差异明显，是分类鉴别重要依据，见表2[17,20-22]。

表1 常见6个卷柏属植物的关键形态特征差异

Tab 1 Differences in key morphological characteristics among six common *Selaginella* species

来源	特征			
	主茎习性	根托	侧、中叶形态/排列	叶色
S. tamariscina	直立，干旱时内卷成拳	沿匍匐茎生，少或无	斜卵形，紧贴茎，先端尖	绿色，干后棕黄
S. pulvinata	短匍匐，密集丛生呈垫状	沿主茎生，密集	卵形，紧贴，先端芒状	绿色
S. uncinate	细长匍匐	沿匍匐茎生	长卵形，先端渐尖	蓝绿色
S. braunii	直立或斜升	沿茎下部生	卵状三角形或长圆镰形，斜展	绿色
S. moelledndorffii	主茎匍匐，营养枝直立	沿主茎生	卵形，斜展，先端尖	绿色
S. doederleinii	主茎匍匐，营养枝直立	沿主茎生	卵状长圆形，斜展，先端钝尖	深绿色

表2 常见6个卷柏属植物的关键显微结构差异

Tab 2 Key microscopic structural differences among six common *Selaginella* species

来源	特征			
	形状	横桥	木质部	厚壁细胞
S. tamariscina	长椭圆形	多由3～4个呈圆鼓状或粗短管状的薄壁细胞构成	管胞多呈圆多角形、壁木化	8～12列
S. pulvinata	与卷柏略似	多由1～2个两端钝圆呈棒状的细胞构成	管胞直径最小，螺纹加厚明显	1至数列，壁微木化
S. uncinate	多角形或类方形，边缘有2～4个脊状突起	较长，列数多	一部呈圆形，一部呈“人”字形或椭圆形	3～5列
S. braunii	近四棱形或类圆形	由2～5个长棒状细胞构成	略呈“山”字、嫩茎木质部略呈“一”字形	数列，壁木化
S. moelledndorffii	类圆形或卵圆形	多由1列5～10个莲藕状或香肠状薄壁细胞构成	长条形	5～17列
S. doederleinii	卵形或卵状梯形	长卵圆形或长椭圆形	长条形，由卵圆形管胞构成	3～8列

1.4 卷柏属生境分布

卷柏属植物广泛分布于全球热带、亚热带至温带地区，多喜阴湿，常生长于林下、溪边、石壁等环境，常用卷柏属植物生境分布如下：

卷柏广泛分布于我国东北、华北、华东、陕西和四川等地，生于海拔200～1 500 m岩石缝、峭壁或向阳山坡，耐旱性强（失水卷缩，遇水复苏）[23]。

垫状卷柏广泛分布于我国四川、云南、西藏、广

西、广东等地，俄罗斯西伯利亚、朝鲜半岛、日本、印度北部、越南、泰国也可见，生于海拔100～4 250 m裸露石灰岩表面或石缝，成密集垫状丛[24]。

翠云草主要分布于我国广西、广东、福建、浙江、安徽及西南各地，生于海拔50～1 200 m林下阴湿地等，喜湿润、不耐严寒，适温14～22 ℃[25]。

江南卷柏主要分布于我国长江流域及长江以南各省及陕西南部、甘肃、台湾等地，生长于海拔350～2 300 m林下或溪边[26]。

深绿卷柏主要分布于我国贵州、云南、广西、福建、浙江、台湾等地，日本、越南等国也可见，生于海拔200～1000 m林下湿地，偏好酸性土地[27]。

2 化学成分

2.1 黄酮类

2.1.1 双黄酮 双黄酮是黄酮的二聚体形式，通常由2个黄酮通过C-C或C-O-C的方式连接组成。卷柏属植物中分离得到的双黄酮，根据其连接方式的不同，可以分为以下几类：以穗花杉双黄酮为代表的C3′-C8″连接型；以罗波斯塔双黄酮为代表的C3′-C6″连接型；以似梨木双黄酮为代表的C3′-O-C4‴连接型以及C3-O-C4‴连接型等。该属植物中分离得到的双黄酮类化合物归纳总结见表3，化学结构见图1。

表3 化合物1~19分类及来源

Tab 3 Classification and sources of compounds 1-19

分类	化合物编号	化合物名称	植物来源	参考文献
C3′-C8″	1	Apigenin-(3′,8″)-chrysin	深绿卷柏	[28]
	2	(2*S*)-2,3-dihydroametoflavone 5,4′-dimethyl ether	深绿卷柏	[28]
C3′-C6″	3	(±)-trichocladabiflavone A	毛枝卷柏	[29]
	4	Uncinatabiflavone E	毛枝卷柏	[29]
	5	Robustaflavone A	毛枝卷柏	[30]
	6	Involvenflavone I	卷柏	[31]
C3-O-C4‴	7	(2″*S*)-2″,3″-dihydrodelicaflavone	深绿卷柏	[32]
	8	6″-methyldelicaflavone	深绿卷柏	[32]
	9	7-*O*-methyldelicaflavone	深绿卷柏	[32]
	10	(2″*S*)-6″-methyl-2″,3″-dihydrodelicaflavone	深绿卷柏	[32]
	11	Siamenflavone B	泰国卷柏	[33]
	12	Siamenflavone C	泰国卷柏	[33]
C3′-O-C4‴	13	(2″*S*)-6″-methyl-2″,3″-dihydroochnaflavone	毛枝卷柏	[34]
	14	(2″*S*)-8,6″-methyl-2″,3″-dihydroochnaflavone	疏松卷柏	[35]
	15	(2S,2″S)-8,8″-dimethyl-2,3,2″,3″-Tetrahydroochnaflavone	疏松卷柏	[35]
C3′-C3‴	16	Involvenflavone G	卷柏	[31]
	17	Involvenflavone H	卷柏	[31]
C4′-O-C2″	18	Siamenflavone A	泰国卷柏	[33]
C1‴-O-C2″	19	(2*S*)-5″,7″-dihydroxy-2″-phenoxychromonyl-(3′,4‴)-naringenin	深绿卷柏	[28]

2.1.2 黄酮 卷柏属中黄酮分类及来源见表4，化学结构见图2。

2.1.3 黄酮苷 卷柏属中黄酮苷类化合物来源见表5，化学结构见图3。

表4 化合物20~28分类及来源

Tab 4 Classification and sources of compounds 20-28

分类	化合物编号	化合物名称	植物来源	参考文献
8-苯基	20	3-(5-hydroxy-7-methoxy-2-(4-methoxyphenyl)-4-oxo-4H-chromen-8-yl)-4-methoxybenzoic acid	深绿卷柏	[36]
	21	8-(5-acetyl-2-hydroxyphenyl)-5,7-dihydroxy-2-(4-methoxyphenyl)-4H-chromen-4-one	深绿卷柏	[36]
	22	8-(5-acetyl-2-methoxyphenyl)-5,7-dihydroxy-2-(4-methoxyphenyl)-4H-chromen-4-one	深绿卷柏	[36]
	23	8-(5-acetyl-2-methoxyphenyl)-5-hydroxy-7-methoxy-2-(4-methoxyphenyl)-4H-chromen-4-one	深绿卷柏	[36]
	24	3-(5,7-dihydroxy-2-(4-methoxy-phenyl)-4-oxo-4H-chromen-8-yl)-4-methoxy-benzoic acid	深绿卷柏	[36]
	25	Involvenflavone J	卷柏	[31]
3′-苯基	26	Seladoeflavone G	深绿卷柏	[37]
	27	Seladoeflavone H	深绿卷柏	[37]
	28	Seladoeflavone I	深绿卷柏	[37]

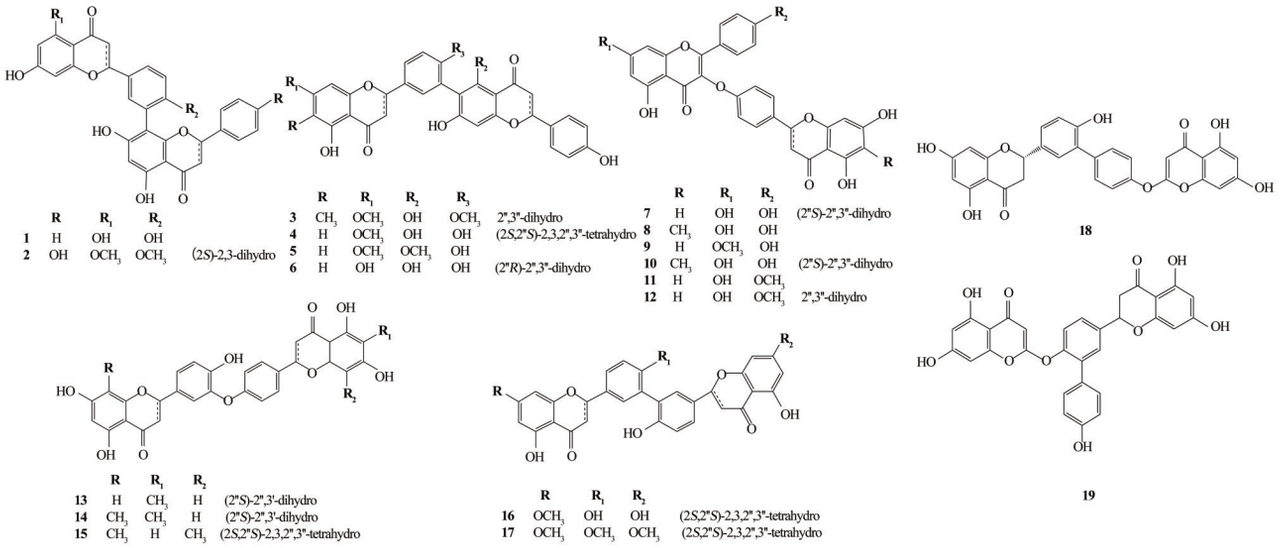


图1 化合物1～19化学结构

Fig 1 Chemical structures of compounds 1-19

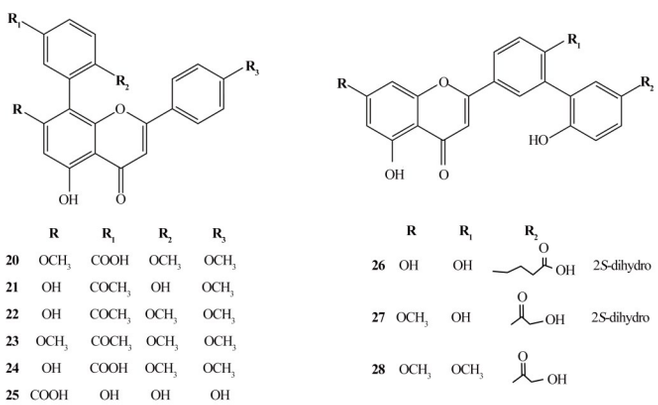


图2 化合物20～28化学结构

Fig 2 Chemical structures of compounds 20-28

表5 化合物29~40来源

Tab 5 Source of compounds 29-40

化合物编号	化合物名称	植物来源	参考文献
29	7-*O*-(*β*-glucopyranosyl(1→2)-[*β*-glucopyranosyl(1→6)]-*β*-glucopyranosyl)flavone-3′,4′,5,7-tetraol	江南卷柏	[38]
30	7-*O*-(*β*-glucopyranosyl(1→2)-[*β*-glucopyranosyl(1→6)]-*β*-glucopyranosyl)flavone-4′,5,7-triol	江南卷柏	[38]
31	5-carboxymethyl-7,4′-dihydroxyflavonone-7-*O*-*β*-D-glucopyranoside	江南卷柏	[39]
32	7,3′-di-*O*-methylquercetin-4′-*O*-[*β*-galactosyl-(1→3)-*β*-glucoypranactosyl]-3-*O*-*β*-glucopyranoside	江南卷柏	[40]
33	3-(5,7-dihydroxy-2-(4-methoxy-phenyl)-4-oxo-4H-chromen-8-yl)-4-methoxy-benzoic acid	江南卷柏	[41]
34	3,5,7-trimethoxyflavone-4′-*O*-[5‴-*O*-pcoumaroyl-*β*-D-apiofuranoyl-(1‴→2″)-*β*-D-glucopyranoside]	卷柏	[42]
35	3,5,7-trimethoxyflavone-4′-*O*-*β*-D-glucopyranoside	卷柏	[42]
36	滨蓟黄苷	翠云草	[43]
37	印度荆芥苷	翠云草	[43]
38	芹菜素-6-*C*-*α*-L-吡喃阿拉伯糖-8-*C*-β-D-吡喃葡萄糖苷	翠云草	[43]
39	芹菜素-6-*C*-*β*-D-吡喃葡萄糖-8-*C*-*α*-L-吡喃阿拉伯糖苷	翠云草	[43]
40	芹菜素-7-*O*-*β*-D-吡喃葡萄糖苷	翠云草	[43]

2.1.4 异黄酮 异黄酮是黄酮类化合物独特的亚类,但在卷柏属中含量较少[44],化合物为染料木素、2′-羟基金雀异黄素、大豆黄素、6,7-dimethoxy-2′,4′-dihydroxyisoflavone(**41～44**),化学结构见图4。

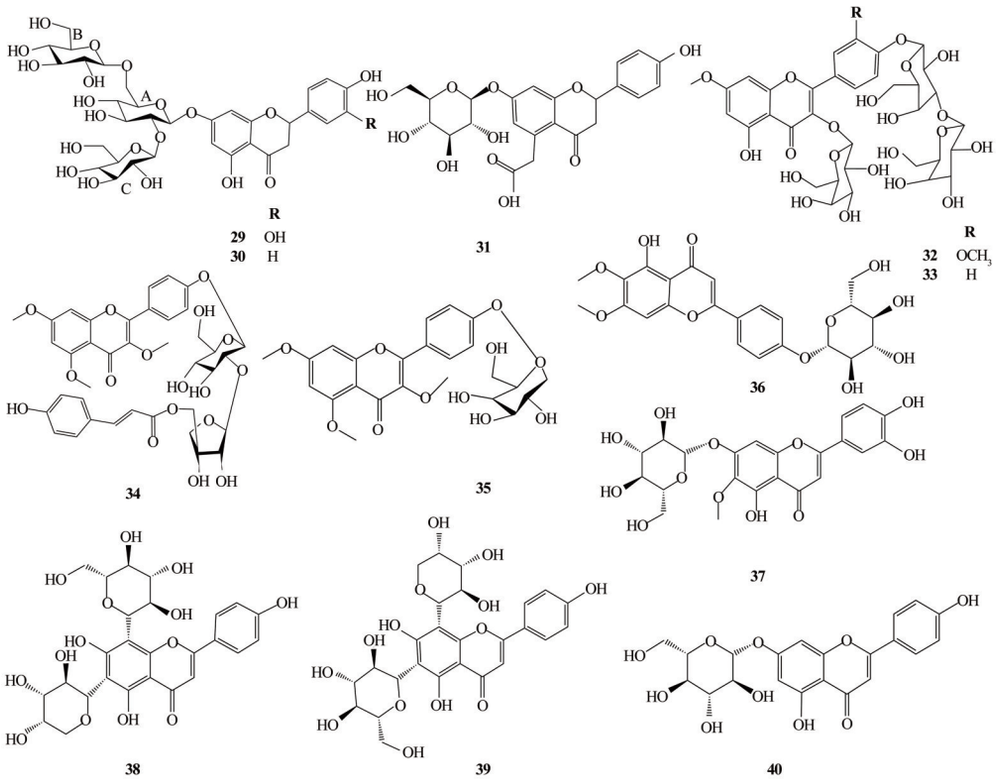
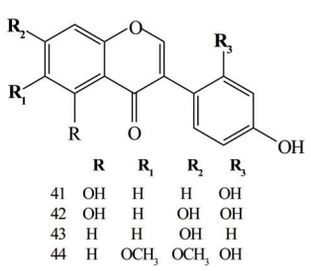


图3　化合物29～40化学结构

Fig 3　Chemical structures of compounds 29-40



	R	R_1	R_2	R_3
41	OH	H	H	OH
42	OH	H	OH	OH
43	H	H	OH	H
44	H	OCH_3	OCH_3	OH

图4　化合物41～44化学结构

Fig 4　Chemical structures of compounds 41-44

2.2　炔酚类

炔酚是卷柏属植物特有的一类结构独特的天然色素类化合物，分子中通过不饱和三键连接2个芳基的结构，是其结构上的典型特征[45]。根据其生物合成途径和基本骨架可分为4类，其中A型和B型在炔酚中所占比例较大；而C型和D型则被认定为炔酚衍生物，A～D型炔酚的基本骨架见图5。卷柏属植物中分离得到的炔酚及其衍生物归纳总结见表6，化学结构见图6。

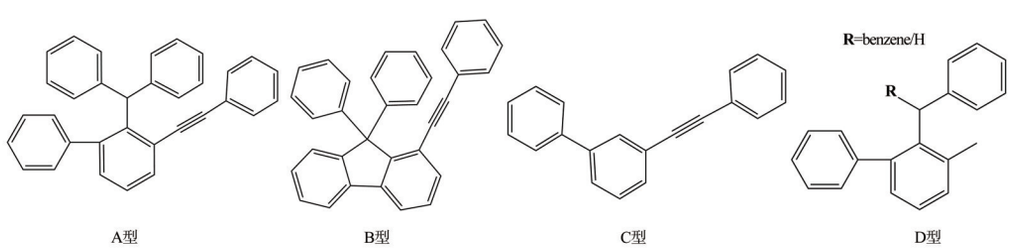


图5　A～D型炔酚的基本骨架

Fig 5　Basic skeleton of A-D type alkynylphenols

2.3　苯丙素类

在卷柏属植物中，除黄酮和炔酚外，苯丙素含量高、结构丰富，分简单苯丙素（多为酚酸类苯环衍生物）和木脂素类。木脂素结构独特，其生物合成是植物适应陆地的重要进化特征。卷柏属中苯丙素类化合物分类及来源见表7，化学结构见图7。

表6 化合物45~59分类及来源

Tab 6 Classification and sources of compounds 45-59

分类	化合物编号	化合物名称	植物来源	参考文献
二聚体	45	Diselaginellins C	卷柏	[46]
	46	Diselaginellins D	卷柏	[46]
	47	Selapiginellin A	卷柏	[46]
A型	48	Selaginellin	中华卷柏	[47]
	49	Selagintamarin E	卷柏	[48]
	50	4-((4-ally1-4′-hydroxy-3-((4-hydroxyphenyl)ethynyl)-[1,1′-biphenyl]-2-yl)(4-hydroxyphenyl) methylene)cyclohexa-2,5-dien-1-one	卷柏	[49]
B型	51	4,4′-(2-(butoxymethyl)-7-hydroxy-1-((4-hydroxyphenyl)ethynyl)-9H-fluorene-9,9-diy1)diphenol	卷柏	[49]
	52	Selaginpulvilins W	垫状卷柏	[50]
C型	53	Selariscinin F	卷柏	[51]
	54	Selariscinin G	卷柏	[51]
衍生物	55	Selaginpulvilin U	卷柏	[46]
	56	未命名	卷柏	[49]
	57	未命名	卷柏	[49]
	58	Selaginpulvilins V	垫状卷柏	[50]
	59	Selaginpulvilins X	垫状卷柏	[50]

表7 化合物60~81分类及来源

Tab 7 Classification and sources of compounds 60-81

分类	化合物编号	化合物名称	植物来源	参考文献
木脂素	60	Pictalignan D	黑顶卷柏	[52]
	61	Pictalignan E	黑顶卷柏	[52]
	62	Pictalignan F	黑顶卷柏	[52]
	63	Brasesquilignans A	布朗卷柏	[53]
	64	Brasesquilignans B	布朗卷柏	[53]
	65	Brasesquilignans C	布朗卷柏	[53]
	66	Brasesquilignans D	布朗卷柏	[53]
	67	Brasesquilignans E	布朗卷柏	[53]
	68	Sinensiol H	中华卷柏	[54]
	69	Seladoeneolignan A	深绿卷柏	[55]
	70	(7*R*,8*S*)-4,9-二羟基-3,3′,5,7′-四甲氧基-9′-*降*-4,7-环氧-5′,8-新木脂素	江南卷柏	[56]
	71	(7*R*,8*S*)-7′-乙氧基-4,9-二羟基-3,3,5-三甲氧基-9′-*降*-4′,7-环氧-5,8-新木脂素	江南卷柏	[56]
	72	(7*R*,8*S*)-7′-丁氧基-4,9-二羟基-3,3.5-三甲氧基-9′-*降*-4′,7-环氧-5′,8-新木脂素	江南卷柏	[56]
降木脂素	73	Tamariscinosides G	垫状卷柏	[57]
	74	Tamariscinosides H	垫状卷柏	[57]
	75	Pulvin A	垫状卷柏	[58]
	76	Moellenoside C	垫状卷柏	[58]
	77	Tamariscinol V	垫状卷柏	[58]
	78	Siamensinols A	泰国卷柏	[59]
	79	Siamensinols B	泰国卷柏	[59]
	80	Sinensiols I	中华卷柏	[54]
	81	Sinensiols J	中华卷柏	[54]

2.4 萜类

萜类在卷柏属植物中较为少见。Wu等[60]从江南卷柏中分离得到3个萜类化合物(82~84),为松香烷二萜。姜红宇等[61]在地卷柏中分离得到4个倍半萜类化合物(85~88),化学结构见图8。

2.5 生物碱类

关于卷柏属中生物碱类成分的研究报道较少。Yao等[62]在薄叶卷柏(*S. delicatula*)中分离得到2个

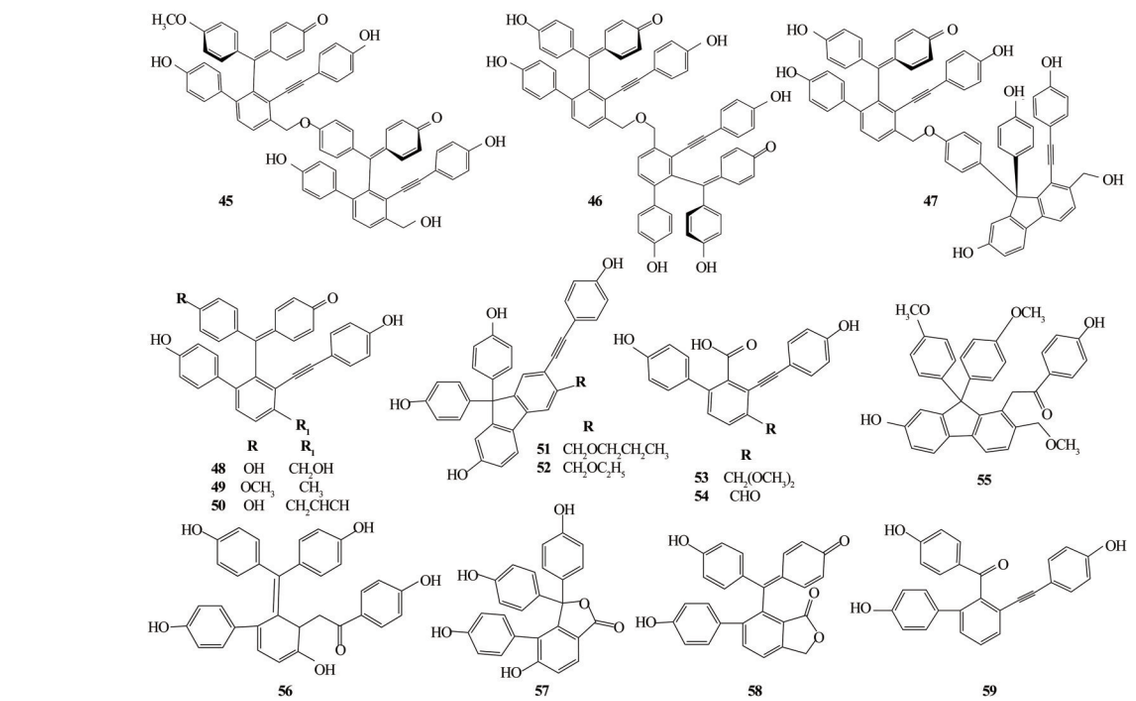


图6　化合物45～59化学结构

Fig 6　Chemical structures of compounds 45-59

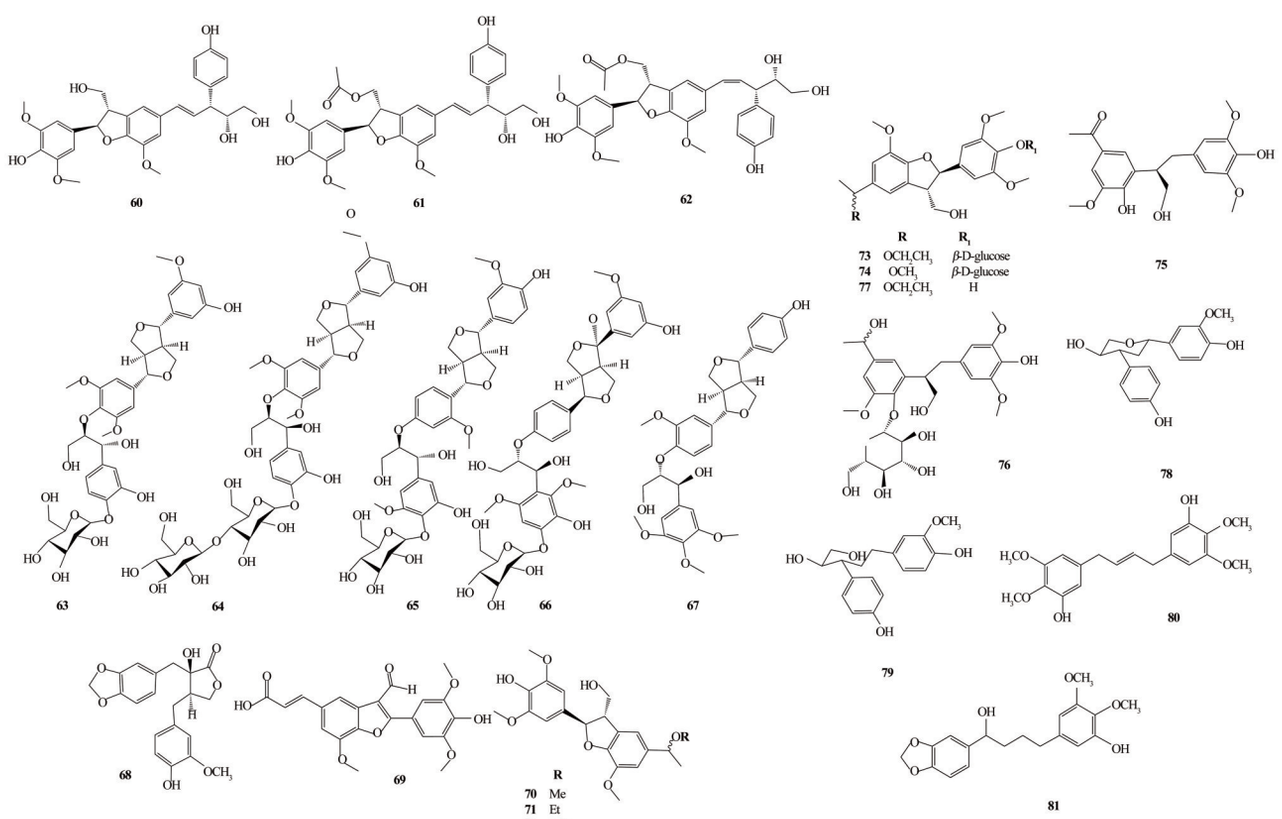


图7　化合物60～81化学结构

Fig 7　Chemical structures of compounds 60-81

新的腺嘌呤类似物 delicatulines A～B(89～90)和1个新的吡咯生物碱(91)。Sun等[35]在疏松卷柏中分离得到1个新的酰胺类生物碱(92),化学结构见图9。

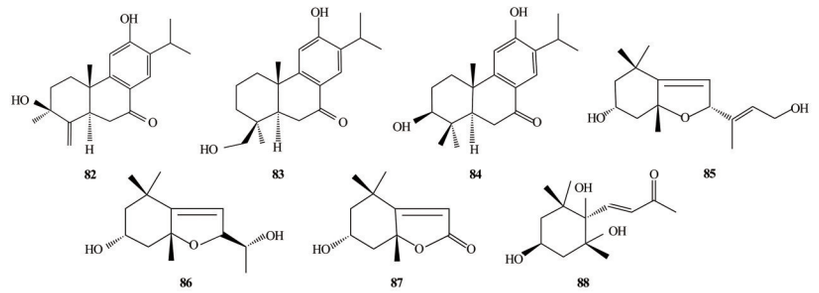


图8 化合物82～88化学结构

Fig 8 Chemical structures of compounds 82-88

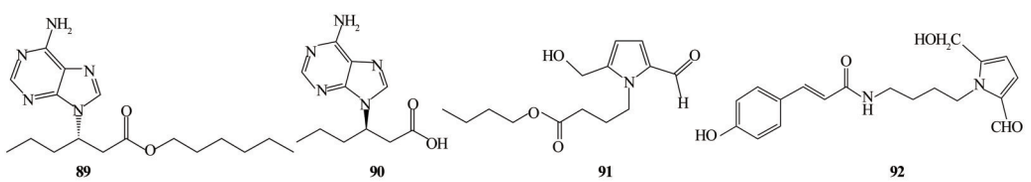


图9 化合物89～92化学结构

Fig 9 Chemical structures of compounds 89-92

2.6 甾体类

Yao等[63]在薄叶卷柏中分离得到7种新的C_{27}甾体苷seladelicatulasine A～G(93～99),其中有6个为胆甾烷醇糖苷、1个为螺甾皂苷。Li等[64]在布朗卷柏中鉴定了2个新的C_{21}甾体苷brapreguanes A～B(100～101),化学结构见图10。

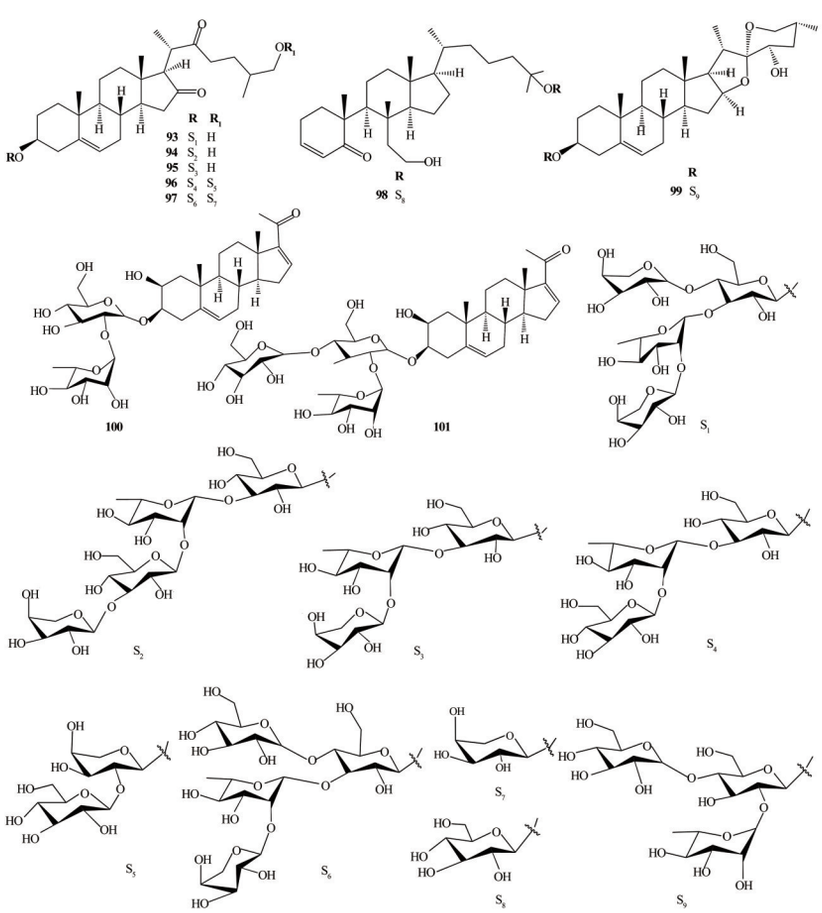


图10 化合物93～101化学结构

Fig 10 Chemical structures of compounds 93-101

2.7 其他

近年来,在卷柏属植物的研究中,成功分离出了一系列具有罕见母核和新颖骨架的化合物(102~120)。其化合物分类及来源见表8,化学结构见图11。

表8 化合物102~120分类及来源

Tab 8 Classification and sources of compounds 102-120

分类	化合物编号	化合物名称	植物来源	参考文献
香豆素	102	Selaginolide A	海南卷柏	[44]
蒽醌衍生物	103	Selaginones A	卷柏	[65]
	104	Selaginones B	卷柏	[65]
环己二烯酮骨架	105	Selagintamarin A	卷柏	[48]
开环的联苯型蒽酮	106	3-hydroxy-2-(4′-hydroxy-6-(((4-hydroxybenzoyl)oxy)methyl)-3-(methoxymethyl)-[1,1′-biphenyl]-2-carbonyl) benzoic acid	卷柏	[49]
异苯并呋喃型衍生物	107	1-hydroxy-7-(hydroxymethyl)-3,3,4-tris(4-hydroxyphenyl)-1,3-dihydroisobenzofuran-1-yl)(4-hydroxyphenyl) methanone	卷柏	[49]
	108	3,4-bis(4-hydroxyphenyl)isobenzofuran-1(3H)-one	卷柏	[48]
二苯乙烯酮类衍生物	109	(E)-3-(4,4″-dihydroxy-[1,1′:3′,1″-terphenyl]-2′-yl)-1,3-bis(4-hydroxyphenyl) prop-2-en-1-one	卷柏	[49]
二苯甲酮类衍生物	110	Selagibenzophenone C	卷柏	[48]
	111	(4-hydroxyphenyl)(4,4′,4″-trihydroxy-[1,1′:3′,1″-terphenyl]-2′-yl)methanone	卷柏	[49]
	112	(2-hydroxy-1,4-phenylene)bis((4-hydroxyphenyl)methanone)	卷柏	[49]
	113	(3-(3,4-dihydroxybenzoyl)-4′-hydroxy-2-(4-hydroxybenzoyl)-[1,1′-biphenyl]-4-yl)methyl 4-hydroxybenzoate	卷柏	[49]
三芳基二苯甲酮	114	Selagibenzophenone B	卷柏	[65]
新骨架炔酚衍生物	115	Selagintamarin B	卷柏	[48]
二苯基茚酮	116	Selagindanone A	卷柏	[48]
联苯型苯并呋喃酮	117	3,4-bis(4-hydroxyphenyl)isobenzofuran-1(3H)-one	卷柏	[48]
环肽	118	Pulvpeptin A	垫状卷柏	[58]
	119	Selapeptin B	卷柏	[66]
	120	Selapeptin A	卷柏	[67]

3 生物活性

3.1 抗肿瘤作用

卷柏属植物具有明显抗肿瘤活性。Li等[68]研究发现,深绿卷柏醇提物乙酸乙酯部位可抑制结肠癌细胞HT29和SW620,且体、内外能抗直肠癌HCT116细胞,机制可能与AMPK-α、Caspase信号通路诱导癌细胞自噬和凋亡有关。深绿卷柏总黄酮提取物通过抑制MAPK、PI3K-Akt信号通路抑制细胞增殖,发挥抗非小细胞肺癌作用[69],还能阻滞宫颈癌Hela细胞G0/G1、S期,降低线粒体膜电位,激活Caspase依赖的线粒体凋亡途径诱导其死亡[70];其双黄酮富集物可经IKKβ/NF-κB/COX-2和Akt/Bad信号通路诱导喉癌细胞凋亡[71]。江南卷柏双黄酮富集物能抑制喉癌细胞增殖迁移,对正常喉上皮细胞无明显毒性,机制涉及激活线粒体凋亡通路及抑制STAT3、Akt/NF-κB信号通路[72]。炔酚类化合物同样表现出良好抗肿瘤活性。卷柏中selaginellin B可激活JAK2/STAT3通路诱导凋亡和自噬,选择性杀死胰腺癌细胞[73]。垫状卷柏中(S)-(-)-*N*-[2-(3-Hydroxy-2-oxo-2,3-dihydro-1H-indol-3-yl)-ethyl]-acetamide通过抑制PI3K/Akt和MAPK信号通路,诱导细胞凋亡和自噬,抑制黑色素瘤细胞生长[74];卷柏中二聚体单体化合物能使乳腺癌MDA-MB-231细胞G2/M期阻滞并诱导凋亡[75]。

3.2 神经调节作用

Zhang等[76]通过建立认知障碍小鼠模型发现,垫状卷柏总黄酮可通过增加血液乙酰胆碱水平、改善神经元氧化应激、抑制大脑一氧化氮合酶发挥神经调节作用。Jeong等[77]发现卷柏乙醇提取物能抑制谷氨酸暴露的HT22小鼠海马细胞的神经毒性和自噬性细胞死亡,其机制为激活PI3K/Akt/mTOR通路磷酸化以抑制自噬,从而发挥神经保护作用。

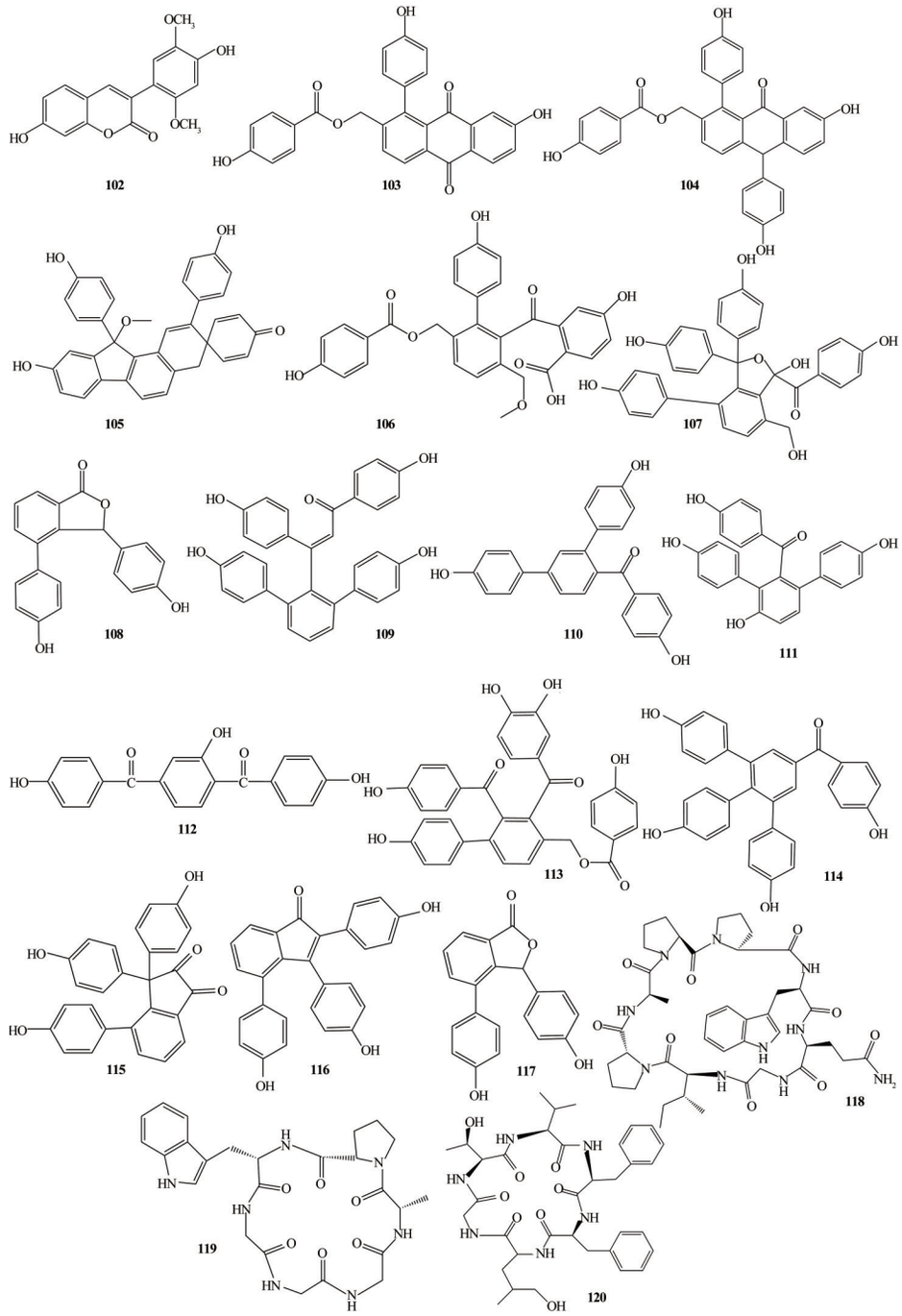


图11　化合物102～120化学结构

Fig 11　Chemical structures of compounds 102-120

3.3　抗糖尿病作用

Wang等[78]研究发现，卷柏总黄酮可改善糖尿病模型小鼠的糖脂代谢，机制与激活PPAR-γ/PI3K/GLUT4信号通路及调节氨基酸、嘌呤和嘧啶代谢有关。Lee等[79]发现，鹿角卷柏乙酸乙酯提取物通过抑制CD36、Fabp6、NPC1L1和Abca1表达，抑制肠道脂质吸收，发挥降脂降糖作用。此外，穗花杉双黄酮可通过Abcg5抑制CD36表达以抑制脂质吸收。

3.4　抗药源性疾病作用

CYP3A4酶能代谢超50%常用药物，其代谢药物易发生相互作用引发不良反应，因此，监测其活性对临床联合用药安全至关重要。Wang等[80]经高通量筛选发现卷柏具较强CYP3A4抑制作用。肠道细菌β-葡萄糖醛酸酶（GUS）与部分药物性胃肠道毒性相关，Tian等[81]发现穗花杉双黄酮是卷柏抑制大肠杆菌GUS的主要成分，可成为治疗药物性肠病的潜在药物。

阿霉素(DOX)抗肿瘤效果明显,但具有心脏毒性等不良反应。Gao等[82]发现卷柏总黄酮可激活MFN2/PERK,减轻线粒体功能障碍和内质网应激,改善DOX诱导的心脏毒性。

3.5 活血作用

卷柏在中国传统医学中是常用活血化瘀药。研究发现,卷柏可延长小鼠凝血时间,具抗凝血作用[83]。张倩[84]的研究表明,卷柏炒炭炮制后所含的穗花杉双黄酮,能通过抑制血小板聚集发挥活血作用。王跃虎等[85]发现,江南卷柏中生物碱类成分卷柏酸(10 mg/kg)可明显抑制大鼠动静脉血栓形成,且出血风险较低,有抗血栓新药开发潜力。

3.6 抗皮肤老化作用

Zhou等[86]发现,卷柏中的selaginellin可通过抑制MAPK通路下调MITF及其下游基因(*TYR*,*TYRP2*)表达以抑制黑色素生成,还能拮抗紫外线激活的成纤维细胞和角质细胞的旁分泌功能,提示其可作为潜在美白成分。Lee等[87]发现,鹿角卷柏95%乙醇提取物可通过抑制JNK/p38 MAPKs和NF-κB通路发挥抗皱作用,可作为潜在功能性化妆品原料。

3.7 抗菌作用

研究显示卷柏提取物对多种铜绿微囊藻具有杀灭作用,其有效成分为穗花杉双黄酮。穗花杉双黄酮在低浓度下即可强效杀伤铜绿假单胞菌,但对其他非蓝藻细菌无效,提示二者具有选择性控制铜绿微囊藻的潜力[88]。

3.8 其它

Wu等[89]发现,翠云草中robustaflavone-4′-dimethyl ether可通过抑制FLT3介导的AKT和MAPK通路、抑制中性粒细胞活化,缓解脂多糖诱导的急性肺损伤;*S. convoluta*的己烷和氯仿部位具有镇痛活性[90];*S. Bryopteris*全草乙醇提取物体内、外实验展现出明显的伤口愈合活性[91];Rizk等[92]发现,石卷柏中穗花杉双黄酮能杀死利什曼原虫;Zhang等[93]发现,江南卷柏黄酮富集物可减轻急性痛风小鼠足部水肿,降低组织中IL-1β水平。

4 药代动力学

卷柏属植物药代动力学研究主要聚焦于穗花杉双黄酮。黄建勇[94]的研究发现,深绿卷柏中该成分含量较高,大鼠灌胃后5 min血中可检出,60 min达血药浓度峰值,8 h后低于检测限,生物半衰期适中(>1 h),同时表明其具有良好“类药性”,可成为抗癌药效成分之一。王彦志等[95]研究显示,其灌胃后达峰时间(T_{max})为90 min,最大血药浓度(C_{max})为(0.469±0.046) μg/mL,消除半衰期($t_{1/2}$)为(57.008±2.765) min,表观分布容积(Vd/F)为(198.36±17.422)L/kg,清除率(CL/F)为(2.408±0.103)$L\cdot min^{-1}\cdot kg^{-1}$,提示该药物在组织中广泛分布或储存。组织分布在胃、大肠、小肠、肝浓度较高;心、脾0.5 h达峰,胃和小肠1 h达峰,肝2 h达峰,且体内消除缓慢,给药8 h后胃肠道药物含量仍较高,与药动学结果相符[96]。

5 急性毒理

急性毒理研究显示卷柏属植物总体安全性良好。卷柏粗提物、穗花杉双黄酮最大给药量分别达320、2.4 g/kg,小鼠状态及脏器无异常,表明毒性低、使用较为安全[97]。雷湘等[98]研究7种卷柏属植物不同提取部位对Hep-2细胞的毒性,发现细叶卷柏水提取物细胞毒性最小(TC_{50}为89.2 μg/mL),翠云草乙酸乙酯提取物细胞毒性最大(TC_{50}为4.5 μg/mL),但总体毒性较低。曹园等[99]发现卷柏中selaginellin、穗花杉双黄酮等化合物具有选择性细胞毒活性,银杏双黄酮对A549细胞活性最强(IC_{50}为1.0 μg/mL),扁柏双黄酮对BEL-7402、BGC-823细胞活性最强(IC_{50}分别为1.406、1.024 μg/mL)。江南卷柏水提物小鼠最大耐受量为320 g/kg,证实口服安全[100]。综上,卷柏属安全性良好,且低毒性与特定化合物的明显抗癌活性并存。

6 总结与展望

卷柏属植物作为传统药用资源分布广泛,中国野生资源丰富,其中20余种具药用价值,在抗肿瘤、抗菌、神经保护等领域潜力明显。为推进其现代化开发利用,未来可从以下方向深入探索:(1)加强全球资源普查与分子系统学研究:利用基因组学厘清种间关系,建立精准DNA条形码鉴定体系,解决形态相似导致的分类问题。(2)构建质量评价体系:整合显微特征与特征性化学成分标志物(如双黄酮、炔酚等),建立多维度质量评价标准。(3)推动开发高附加值产品:聚焦双黄酮、炔酚等核心成分,深化抗神经退行性疾病、抗糖尿病等新适应症的临床前研究及新药开发。(4)基于其喜阴湿、耐旱等习性,建立规范化种植基地并制定可持续采收策略,保障资源与生态平衡。综上,本文综述了卷柏属植物的生物学特性、化学成分、生物活性、药代动力学及急性毒理研究并展望未来,以期为卷柏属的临床应用、食用、药用研发及观赏价值挖掘与研究提供参考。

作者贡献度说明：

阿吉尔古丽·麦麦提、付瑾、亢诗雯、陈敏玉：选题构思、文献调研、论文撰写、化合物结构图以及表格绘制；排合尔丁·穆太力甫、乃比江·麦图荪：论文修改；买买提江·阿布都瓦克、杨新洲：论文审阅、校对及定稿。

本文所有作者声明不存在利益冲突关系。

参考文献

1 吴婉阁，纪宝玉，何江龙，等. 基于“入药部位-生境-性味功效”的蕨类中药相关性分析[J]. 中国实验方剂学杂志，2024，30(22)：204-211.
Wu WG，Ji BY，He JL，et al. "Medicinal part-habitat-nature，taste，and effect" correlations of pteridophyte-derived Chinese medicinal materials[J]. Chin J Exp Tradit Med Form，2024，30(22)：204-211.

2 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志（第6卷第3分册）[M]. 北京：科学出版社，2004.
Editorial Committee of Flora of China，Chinese Academy of Sciences. Flora of China（Volume 6，Part 3）[M]. Beijing：Science Press，2004.

3 编者按. 卷柏科植物化学成分多样性与生物学功能关联性研究专题[J]. 中南药学，2017，15(2)：129.
Editor′s Note. Special issue on the correlation between chemical composition diversity and biological functions in Selaginellaceae plants[J]. Cent South Pharm，2017，15(2)：129.

4 Schmidt AR，Korall P，Krings M，et al. *Selaginella* in Cretaceous amber from Myanmar[J]. Willdenowia，2022，52(2)：179-245.

5 吴优，张学艳，李子寒，等. 六种卷柏属药材的抗炎活性及有效成分分析[J]. 世界科学技术-中医药现代化，2025，27(1)：143-153.
Wu Y，Zhang XY，Li ZH，et al. Analysis of anti-inflammatory activities and effective components of six species of *Selaginella*[J]. World Sci Technol Mod Tradit Chin Med，2025，27(1)：143-153.

6 孙红梅，谷巍，耿超，等. 卷柏科药用植物种间遗传多样性的ISSR分析[J]. 植物生理学报，2016，52(3)：277-284.
Sun HM，Gu W，Geng C，et al. Genetic diversity analysis of medicinal plants of Selaginellaceae based on ISSR markers[J]. Plant Physiol J，2016，52(3)：277-284.

7 金旭东，卢轩，王惠国，等. 卷柏属植物化学成分及其药理作用研究进展[J]. 时珍国医国药，2018，29(4)：959-963.
Jin XD，Lu X，Wang HG，et al. Advances in research on chemical constituents and pharmacological activities of genus *Selaginella*[J]. Lishizhen Med Mater Med Res，2018，29(4)：959-963.

8 Bailly C. The traditional and modern uses of *Selaginella tamariscina*（P. Beauv.）Spring，in medicine and cosmetic：Applications and bioactive ingredients[J]. J Ethnopharmacol，2021，280：114444.

9 He X，Yang F，Huang X. Proceedings of chemistry，pharmacology，pharmacokinetics and synthesis of biflavonoids[J]. Molecules，2021，26(19)：6088.

10 Gu W，Song J，Cao Y，et al. Application of the ITS2 region for barcoding medicinal plants of Selaginellaceae in Pteridophyta[J]. PLoS One，2013，8(6)：e67818.

11 Zhou X，Zhang L. Phylogeny，character evolution，and classification of Selaginellaceae（lycophytes）[J]. Plant Divers，2023，45(6)：630-684.

12 孙星衍，神农本草经[M]. 北京：人民卫生出版社，1963：24.
Sun XY. Shennong′s Classic of materia medica[M]. Beijing：People′s Medical Publishing House，1963：24.

13 黄宫绣. 本草求真[M]. 北京：人民卫生出版社，1987：216.
Huang GX. Ben Cao Qiu Zhen[M]. Beijing：People′s Medical Publishing House，1987：216.

14 陆一南，孟静，陈阳阳，等. 经典名方中卷柏的本草考证[J]. 中国实验方剂学杂志，2024，30(7)：31-39.
Lu YN，Meng J，Chen YY，et al. Herbal textual research on *Selaginellae herba* in famous classical formulas[J]. Chin J Exp Tradit Med Form，2024，30(7)：31-39.

15 国家药典委员会. 中华人民共和国药典. 一部[M]. 北京：中国医药科技出版社，2020：237.
Chinese Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People′s Republic of China. Part Ⅰ[M]. Beijing：China Medical Science Press，2020：237.

16 阮富刚，周燕. 卷柏和江南卷柏显微与薄层色谱鉴定比较[J]. 浙江中医杂志，2013，48(6)：458-459.
Ruan FG，Zhou Y. Microscopic and thin-layer chromatographic identification comparison between *Selaginella tamariscina* and *Selaginella moellendorffii*[J]. Zhejiang J Tradit Chin Med，2013，48(6)：458-459.

17 杨永利，张小燕，杨东娟，等. 广东省3种常见卷柏属植物比较鉴别研究[J]. 安徽农业科学，2025，53(16)：171-174.
Yang YL，Zhang XY，Yang DJ，et al. Comparative identification study of three common species of *Selaginella* in Guangdong province[J]. J Anhui Agric Sci，2025，53(16)：171-174.

18 轩良爽，牟文荣，李雪菊，等. 深绿卷柏和江南卷柏的质量控制和抗氧化活性比较研究[J]. 现代药物与临床，2023，38(4)：820-826.
Xuan LS，Mou WR，Li XJ，et al. Comparison on quality control and antioxidant activity between *Selaginella doederleinii* and *S. moellendorffill*[J]. Drugs Clin，2023，38(4)：820-826.

19 丁奇，万定荣，张飞，等.石上柏与江南卷柏等混用品的比较鉴定研究[J].中国药房，2015，26(12)：1688-1690.
Ding Q，Wan DR，Zhang F，et al. Study on comparative identification of mixed products including *Selaginellae doederleinii* Herba and *Selaginellae moellendorffii* Herba[J]. Chin Pharm，2015，26(12)：1688-1690.

20 张梦娜.布朗卷柏的鉴定、质量分析和抗肿瘤活性研究[D].武汉：中南民族大学，2019.
Zhang MN. Studies on identification，quality analysis and antitumor activity *Selaginella braunii* Herba[D]. Wuhan：South-Central Minzu University，2019.

21 常崇艳，肖新月，陈晓端.卷柏属10种卷柏微形态学特征比较[J].北京师范大学学报(自然科学版)，1999，35(3)：403-407.
Chang CY，Xiao XY，Chen XD. Micromorphological character of ten species of *Selaginella*[J]. J Beijing Norm Univ (Nat Sci)，1999，35(3)：403-407.

22 万定荣，陈科力，王兵娥.10种卷柏属植物茎的解剖学研究及其分类鉴定意义[J].武汉植物学研究，2008，26(4)：343-349.
Wan DR，Chen KL，Wang BE，et al. Anatomical study of the stems of the 10 *Selaginella* species and its taxonomic significance[J]. Plant Sci J，2008，26(4)：343-349.

23 温静，倪帅聪，马海小林莫，等.卷柏化学成分及抗肿瘤活性研究[J].中药材，2025，48(1)：114-118.
Wen J，Ni SC，Ma HXLM，et al. Study on the chemical constituents and antitumor activity of *Selaginella tamariscina*[J]. J Chin Med Mater，2025，48(1)：114-118.

24 陈小明，贺茜，吕敬崑，等.垫状卷柏中一个新的环肽[J].天然产物研究与开发，2025，37(11)：2028-2034.
Chen XM，He Q，Lv JK，et al. A new cyclopeptide from *Selaginella pulvinata*[J]. Nat Prod Res Dev，2025，37(11)：2028-2034.

25 邱宏聪，刘布鸣，陈小刚.翠云草的研究进展[J].中医药导报，2015，21(21)：89-92.
Qiu HC，Liu BM，Chen XG. Research progress on *Selaginella uncinata*[J]. Guide J Tradit Chin Med Pharmacol，2015，21(21)：89-92.

26 张学艳，杨萍，陈科力，等.江南卷柏的本草考证及化学成分与药理作用研究进展[J].中国药房，2018，29(14)：1992-1998.
Zhang XY，Yang P，Chen KL，et al. Research progress on herbal textual research，chemical composition，and pharmacological effects of *Selaginella moellendorffii*[J]. Chin Pharm，2018，29(14)：1992-1998.

27 黎霜，黄可龙.深绿卷柏的研究进展[J].时珍国医国药，2010，21(10)：2637-2639.
Li S，Huang KL. Study advances on *Selaginella doederleinii*[J]. Lishizhen Med Mater Med Res，2010，21(10)：2637-2639.

28 Liu L，Sun H，Tan J，et al. New cytotoxic biflavones from *Selaginella doederleinii*[J]. Nat Prod Res，2019，35(6)：930-936.

29 Xie Y，Xu P，Xu K，et al. Two new biflavanoids from *Selaginella trichoclada* Alsto[J]. Nat Prod Res，2019，35(20)：3410-3416.

30 Xie Y，Zhou X，Li J，et al. Identification of a new natural biflavonoids against breast cancer cells induced ferroptosis *via* the mitochondrial pathway[J]. Bioorg Chem，2021，109：104744.

31 Long H，Liu J，Xu P，et al. Hypoglycemic flavonoids from *Selaginella tamariscina* (P. Beauv.) Spring[J]. Phytochemistry，2022，195：113073.

32 Kang F，Zhang S，Chen D，et al. Biflavonoids from *Selaginella doederleinii* as potential antitumor agents for intervention of non-small cell lung cancer[J]. Molecules，2021，26(17)：5401.

33 Demehin AA，Thamnarak W，Lamtha T，et al. Siamenflavones A-C，three undescribed biflavonoids from *Selaginella siamensis* Hieron. and biflavonoids from spike mosses as EGFR inhibitor[J]. Phytochemistry，2022，203：113374.

34 Xie Y，Zhou X，Li J，et al. Cytotoxic effects of the biflavonoids isolated from *Selaginella trichoclada* on MCF-7 cells and its potential mechanism[J]. Bioorg Med Chem Lett，2022，56：128486.

35 Sun W，Luo L，Luo J，et al. Phytoconstituents of *Selaginella effusa* Alston and their α-glucosidase as well as urease inhibitory activities[J]. Chem Biodivers，2023，20(7)：e202300387.

36 Muema FW，Liu Y，Zhang Y，et al. Flavonoids from *Selaginella doederleinii* Hieron and their antioxidant and antiproliferative activities[J]. Antioxidants (Basel)，2022，11(6)：1189.

37 Chen M，Wang S，Cheng H，et al. Seladoeflavones G-I，three new flavonoids from *Selaginella doederleinii* Hieron[J]. Chem Select，2022，7(37)：e202202242.

38 Wu B，Wang J. Phenolic compounds from *Selaginella moellendorfii*[J].Chem Biodivers，2011，8(9)：1735-1747.

39 Wang H，Sun L，Wang Y，et al. Carboxymethyl flavonoids and a monoterpene glucoside from *Selaginella moellendorffii*[J]. Arch Pharm Res，2011，34(8)：1283-1288.

40 Wang T，Yin H，Zhang Y，et al. Proliferative constituents from *Selaginella moellendorffii* Hieron[J]. Phytochem Lett，2016，17：18-22.

41 Zhou X, Tong G, Wang X, et al. Anti-proliferative constituents from *Selaginella moellendorffii* [J]. Nat Prod Commun, 2016, 11(5): 623-626.

42 Wen J, Yan X, Nie C, et al. Two new flavonol glycosides from *Selaginella tamariscina*[J]. J Asian Nat Prod Res, 2022, 24(5): 496-502.

43 易美玲, 盛习锋, 徐康平, 等. 翠云草中黄酮类成分的研究[J]. 中国中药杂志, 2015, 40(15): 3005-3008.
Yi ML, Sheng XF, Xu KP, et al. Flavonoids from *Selaginella uncinata*[J]. Chin J Chin Mater Med, 2015, 40(15): 3005-3008.

44 Nguyen DT, To DC, Tran TT, et al. PTP1B and α-glucosidase inhibitors from *Selaginella rolandi-principis* and their glucose uptake stimulation [J]. J Nat Med, 2021, 75(1): 186-193.

45 刘立强. 天然炔酚及其类似物的合成和生物活性研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2020.
Liu LQ. Synthesis and biological evaluation of natural alkynyl phenols and analogues [D]. Liaoning: Dalian University of Technology, 2020.

46 Woo S, Chae HS, Kim J, et al. Selaginellin derivatives from *Selaginella tamariscina* and their upregulating effects on low-density lipoprotein receptor expression [J]. J Nat Prod, 2021, 84(3): 857-864.

47 Zhang L, Liang M, Wei X, et al. A new unusual natural pigment from *Selaginella sinensis* and its noticeable physicochemical properties [J]. J Org Chem, 2007, 72(10): 3921-3924.

48 陈婉玲. 中药卷柏化学成分研究[D]. 长沙: 湖南师范大学, 2020.
Chen WL. Studies on the chemical constituents of Chinese traditional medicine *Selaginella tamariscina* [D]. Changsha: Hunan Normal University, 2020.

49 彭雨洁. 中药卷柏化学成分研究及体外抗肝癌活性筛选[D]. 长沙:湖南师范大学, 2022.
Peng YJ. Studies on the chemical constituents of Chinese traditional medicine *Selaginella tamariscina* and screening of anti-hepatocarcinoma activity *in vitro* [D]. Changsha: Hunan Normal University, 2022.

50 Zhu Q, Luo T, Chen Q, et al. Three new selaginellin derivatives from *Selaginella pulvinata* and their α-glucosidase inhibitory activity [J]. Chem Biodivers, 2023, 20(4): e202300109.

51 Wen J, Zheng X, Liu C, et al. Two new selariscinins from *Selaginella tamariscina* (Beauv.) Spring [J]. J Asian Nat Prod Res, 2021, 23(7): 675-680.

52 Cheng F, Zou Z, Xu P, et al. Pictalignans D-F, three new neolignan derivatives from *Selaginella picta*[J]. Nat Prod Res, 2020, 34(9): 1264-1269.

53 Cheng F, Wu J, Zhang Y, et al. Brasesquilignan A-E, five new furofurans lignans from *Selaginella braunii* Baker[J]. Molecules, 2022, 27(19): 6349.

54 Zhu Q, Gao B, Chen Q, et al. Sinensiols H-J, three new lignan derivatives from *Selaginella sinensis* (Desv.) Spring[J]. Beilstein J Org Chem, 2022, 18: 1410-1415.

55 Chen M, Zheng N, Liu W, et al. Seladoeneolignan A, a new neolignan from *Selaginella doederleinii* Hieron [J]. J Holist Integr Pharm, 2022, 3(3): 224-229.

56 徐柳云. 卷柏和贫花厚壳桂化学成分及其α-葡萄糖苷酶抑制活性研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2020.
Xu LY. Chemical constituents of *Selaginella tamariscina* and *Cryptocarya depauperata* and their α-glucosidase inhibitory activity [D]. Nanchang: Nanchang University, 2020.

57 Lv H, Li Y, Zhu M, et al. A cyclic peptide and two pairs of norlignan lignanoside epimers from *Selaginella pulvinata*[J]. Fitoterapia, 2020, 143: 104562

58 Lv H, Li Y, Luo M, et al. Two new nor-lignans from *Selaginella pulvinata* (Hook. & Grev.) Maxim and their antihyperglycemic activities[J]. Nat Prod Res, 2022, 36(1): 279-286.

59 Thamnarak W, Eurtivong C, Pollawatn R, et al. Two new nor-lignans, siamensinols A and B, from *Selaginella siamensis* Hieron. and their biological activities [J]. Nat Prod Res, 2021, 36(21): 5591-5599.

60 Wu W, Jia X, Zhang S, et al. Two new abietane diterpenoids from *Selaginella moellendorffii* Hieron [J]. Chem Biodivers, 2020, 17(6): e2000111.

61 姜红宇, 吕敬崑, 邵金华, 等. 地卷柏的化学成分及其α-葡萄糖苷酶抑制活性研究[J]. 天然产物研究与开发, 2024, 36(1): 37-43.
Jiang HY, Lv JK, Shao JH, et al. Chemical constituents from *Selaginella prostrata* H. S. Kung and their α-glucosidase inhibitory activities [J]. Nat Prod Res Dev, 2024, 36(1): 37-43.

62 Yao C, Zou Z, Zhang Y, et al. New adenine analogues and a pyrrole alkaloid from *Selaginella delicatula* [J]. Nat Prod Res, 2019, 33(14): 1985-1991.

63 Yao C, Li J, Liu J, et al. Seladelicatulasine A-G, C_{27} steroidal glycosides with cholinesterase inhibitory activities from *Selaginella delicatula*[J]. Phytochemistry, 2020, 180: 112514.

64 Li G, Zhang Y, Wu J, et al. Two new C_{21} steroidal glycosides from *Selaginella Braunii* Baker [J]. Chem Biodivers, 2022, 19(10): e202200767.

65 Liu R, Zou H, Zou Z, et al. Two new anthraquinone derivatives and one new triarylbenzophenone analog from *Selaginella tamariscina* [J]. Nat Prod Res, 2018, 34(19): 2709-2714.

66 Wen J, Liu Y, Zhang S, et al. A new cyclic peptide from *Selaginella tamariscina*[J]. J Asian Nat Prod Res, 2022, 24(12): 1169-1176.

67 阎新佳, 温静, 宋洋, 等. 卷柏中1个新的环肽[J]. 中国中药杂志, 2022, 47(16): 4391-4394.
Yan XJ, Wen J, Song Y, et al. A new cyclopeptide from *Selaginella tamariscina* [J]. Chin J Chin Mater Med, 2022, 47(16): 4391-4394.

68 Li S, Wang X, Wang G, et al. Ethyl acetate extract of *Selaginella doederleinii* Hieron induces cell autophagic death and apoptosis in colorectal cancer *via* PI3K-Akt-MTOR and AMPKα-signaling pathways [J]. Front Pharmacol, 2020, 11: 565090.

69 Xu D, Wang X, Huang D, et al. Disclosing targets and pharmacological mechanisms of total bioflavonoids extracted from *Selaginella doederleinii* against non-small cell lung cancer by combination of network pharmacology and proteomics[J]. J Ethnopharmacol, 2022, 286: 114836.

70 Lin S, Chen Z, Li S, et al. Anti-tumor effect and mechanism of the total biflavonoid extract from *Selaginella doederleinii* on human cervical cancer cells *in vitro* and *in vivo*[J]. Heliyon, 2024, 10(2): e24778.

71 Wang S, Wan D, Liu W, et al. A biflavonoid-rich extract from *Selaginella doederleinii* Hieron. against throat carcinoma *via* Akt/Bad and IKKβ/NF-κB/COX-2 pathways[J]. Pharmaceuticals (Basel), 2022, 15(12): 1505.

72 Huang H, Hao J, Pang K, et al. A biflavonoid-rich extract from *Selaginella moellendorffii* Hieron. induces apoptosis *via* STAT3 and Akt/NF-κB signalling pathways in laryngeal carcinoma[J]. J Cell Mol Med, 2020, 24(20): 11922-11935.

73 Chu P, Wang S, Zhu X, et al. Selaginellin B induces apoptosis and autophagy in pancreatic cancer cells *via* the JAK2/STAT3 signaling pathway[J]. Am J Transl Res, 2020, 12(11): 7127-7143.

74 Wang D, Li Q, Wang Y, et al. (S)-(-)-N-[2-(3-Hydroxy-2-oxo-2, 3-dihydro-1H-indol-3-yl)-ethyl]-acetamide inhibits melanoma cell growth through inducing apoptosis and autophagy[J]. Cutan Ocul Toxicol, 2021, 40(4): 293-299.

75 Wen J, Sha D, He X, et al. Selaginellin derivatives from *Selaginella tamariscina* and evaluation for anti-breast cancer activity[J]. Phytochemistry, 2024, 217: 113919.

76 Zhang L, Zhang Y, Hou Y, et al. Total flavonoids of *Selaginella pulvinata* alleviates cognitive impairment in mice[J]. Biomed Rep, 2020, 13(2): 8.

77 Jeong YH, Kim TI, Oh YC, et al. *Selaginella tamariscina* inhibits glutamate-induced autophagic cell death by activating the PI3K/AKT/MTOR signaling pathways[J]. Int J Mol Sci, 2022, 23(19): 11445.

78 Wang X, Feng A, Yuan P, et al. The total flavonoids from *Selaginella tamariscina* (Beauv.) Spring improve glucose and lipid metabolism in db/db mice[J]. Iran J Basic Med Sci, 2020, 23(10): 1286-1292.

79 Lee H, Cho S, Kim SY, et al. Amentoflavone-enriched *Selaginella rossii* Warb. suppresses body weight and hyperglycemia by inhibiting intestinal lipid absorption in mice fed a high-fat diet[J]. Life (Basel), 2022, 12(4): 472.

80 Wang B, Shi C, Feng L, et al. Potent inhibition of human cytochrome P450 3A4 by biflavone components from *Ginkgo biloba* and *Selaginella tamariscina* [J]. Front Pharmacol, 2022, 13: 856784.

81 Tian X, Yan J, Sun C, et al. Amentoflavone from *Selaginella Tamariscina* as a potent inhibitor of gut bacterial *β*-glucuronidase: Inhibition kinetics and molecular dynamics stimulation [J]. Chem Biol Interact, 2021, 340: 109453.

82 Gao L, Yuan P, Wei Y, et al. Total flavonoids of *Selaginella tamariscina* (P. Beauv.) Spring ameliorates doxorubicin-induced cardiotoxicity by modulating mitochondrial dysfunction and endoplasmic reticulum stress *via* activating MFN2/PERK[J]. Phytomedicine, 2022, 100: 154065.

83 杨瑞芳, 吴宿慧, 魏术会, 等. 卷柏炒炭前后对小鼠出血时间和凝血时间的影响[J]. 中医研究, 2015, 28(12): 70-73.
Yang RF, Wu XH, Wei SH, et al. Effects of *Selaginella tamariscina* before and after carbonization on bleeding time and coagulation time in mice[J]. Tradit Chin Med Res, 2015, 28(12): 70-73.

84 张倩. 抗血栓天然活性成分筛选及其药理作用初步研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2021.
Zhang Q. Screening of anti-thrombotic natural components and preliminary investigating on their pharmacological effects [D]. Chongqing: Chongqing University, 2021.

85 王跃虎, 龙春林, 孔毅. 活血止血药江南卷柏中的抗血栓成分[C]. 第八届中国民族植物学学术研讨会暨第七届亚太民族植物学论坛会议文集, 2016: 128.
Wang YH, Long CL, Kong Y, Antithrombotic components in the hemostatic herb *Selaginella moellendorffii*[C]. Proceedings of the 8th Chinese Ethnobotany Symposium and 7th Asia-Pacific Ethnobotany Forum, 2016: 128.

86 Zhou Y, Zeng H, Wen X, et al. Selaginellin inhibits melanogenesis *via* the MAPK signaling pathway[J]. J Nat Prod, 2022, 85(4): 838-845.

87 Lee H, Kim SY, Lee SW, et al. Amentoflavone-enriched *Selaginella rossii* protects against ultraviolet- and oxidative stress-induced aging in skin cells[J]. Life (Basel), 2022, 12(12): 2106.

88 Lee J, Kim M, Jeong SE, et al. Amentoflavone, a novel cyanobacterial killing agent from *Selaginella tamariscina*[J]. J Hazard Mater, 2020, 384: 121312.

89 Wu X, Yang Y, Zhang H, et al. Robustaflavone-4′-dimethyl ether from *Selaginella uncinata* attenuated lipopolysaccharide-induced acute lung injury *via* inhibiting FLT3-mediated neutrophil activation[J]. Int Immunopharmacol, 2020, 82: 106338.

90 Oliveira-Macêdo LAR, Pacheco AGM, Lima-Saraiva SRG, et al. Fractions of *Selaginella Convoluta* (Arn.) Spring (Selaginellaceae) attenuate the nociceptive behavior events in mice[J]. Braz J Biol, 2020, 80(1): 57-65.

91 Paswan SK, Verma P, Srivastava S, et al. Assessment of toxicity and wound healing activity of *Selaginella bryopteris* extract[J]. Drug Chem Toxicol, 2023, 46(4): 625-633.

92 Rizk YS, Hardoim DJ, Santos KB, et al. Amentoflavone isolated from *Selaginella Sellowii* Hieron induces mitochondrial dysfunction in *Leishmania amazonensis* promastigotes[J]. Parasitol Int, 2022, 86: 102458.

93 Zhang X, Liu Y, Deng G, et al. A purified biflavonoid extract from *Selaginella moellendorffii* alleviates gout arthritis *via* NLRP3/ASC/Caspase-1 axis suppression[J]. Front Pharmacol, 2021, 12: 676297.

94 黄建勇. 石上柏活性成分及含量测定研究[D]. 福州: 福建医科大学, 2013.
Huang JY. Study on active components and quantitative analysis of *Selaginella doederleinii* Hieron[D]. Fuzhou: Fujian Medical University, 2013.

95 王彦志, 张萌, 刘阳, 等. 穗花杉双黄酮在大鼠体内的药动学研究[J]. 中成药, 2015, 37(11): 2397-2401.
Wang YZ, Zhang M, Liu Y, et al. Pharmacokinetics study on amentoflavone in rats[J]. Chin Tradit Pat Med, 2015, 37(11): 2397-2401.

96 王彦志, 张萌, 刘阳, 等. 穗花杉双黄酮在大鼠体内的组织分布研究[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2015, 17(3): 536-543.
Wang YZ, Zhang M, Liu Y, et al. Study on amentotaxus bilfavone distribution in rats′ tissues [J]. World Sci Technol Mod Tradit Chin Med, 2015, 17(3): 536-543.

97 蔡佳怡. 卷柏提取物及穗花杉双黄酮抗寒冷损伤保护作用及初步机制研究[D]. 沈阳: 沈阳药科大学, 2018.
Cai JY. The cold-stress protection properties of *Selaginella tamariscina* extract and amentoflavone and possible mechanisms[D]. Shenyang: Shenyang Pharmaceutical University, 2018.

98 雷湘, 陈科力, 黎莉, 等. 卷柏属药用植物提取物体外抗柯萨奇病毒作用研究[J]. 中药药理与临床, 2007, 23(5): 110-113.
Lei X, Chen KL, Li L, et al. Study on the inhibitory effect on Coxsackie virus B3 replication *in vitro* by the extracts from 7 medicinal plants of the *Selaginella* genus[J]. Pharmacol Clin Chin Mater Med, 2007, 23(5): 110-113.

99 曹园, 吴永平, 温晓舟, 等. 卷柏化学成分及细胞毒活性研究[J]. 天然产物研究与开发, 2012, 24(2): 150-154.
Cao Y, Wu YP, Wen XZ, et al. Cytotoxic constituents from *Selaginella tamariscina*[J]. Nat Prod Res Dev, 2012, 24(2): 150-154.

100 赵平. 复方江南卷柏提取物抗痛风作用及其制剂研究[D]. 武汉: 湖北中医药大学, 2016.
Zhao P. Anti-gout effect of extracts from compound *Selaginella moellendorffii* and its pharmaceutical study[D]. Wuhan: Hubei University of Chinese Medicine, 2016.

[本文编辑] 陈思润