

多伞阿魏的研究进展

杨明翰¹, 唐代萍², 盛萍^{1*} (1.新疆医科大学中医学院, 乌鲁木齐 830011; 2.乌鲁木齐市中医医院, 乌鲁木齐 830001)

摘要: 多伞阿魏是我国新疆维吾尔族、哈萨克族等少数民族常用传统药材, 主要含有挥发油、萜类、香豆素类等化学成分, 具有显著的杀虫、抑菌、抗肿瘤等药理活性。以中国知网、万方和 PubMed 数据库作为检索平台, 检索项选择关键词和全文, 以“多伞阿魏”和“*Ferula ferulaeoides*”为检索词。检索多伞阿魏 1993—2020 年国内外的文献报道与专利申请, 检索得论文 58 篇, 专利 6 项。文献主要涉及多伞阿魏的生药学、化学成分、药理活性、植物生态学等方面研究, 专利主要涉及医药应用、提取工艺和药材鉴定。通过检索有关多伞阿魏的文献, 对其研究现状进行归纳分析, 旨在为多伞阿魏临床应用和开发利用提供一定的参考依据。

关键词: 多伞阿魏; 生药学; 化学成分; 药理活性; 植物生态学; 专利申请

中图分类号: R28

文献标志码: A

文章编号: 1007-7693(2020)16-2031-11

DOI: 10.13748/j.cnki.issn1007-7693.2020.16.020

引用本文: 杨明翰, 唐代萍, 盛萍. 多伞阿魏的研究进展[J]. 中国现代应用药学, 2020, 37(16): 2031-2041.

Research Progress of *Ferula ferulaeoides*

YANG Minghan¹, TANG Daiping², SHENG Ping^{1*} (1.College of Traditional Chinese Medicine, Xinjiang Medical University, Urumqi 830011, China; 2.Urumqi Hospital of Traditional Chinese Medicine, Urumqi 830001, China)

ABSTRACT: Volatile oil, terpenoids and coumarins are main chemical constituents of *Ferula ferulaeoides*, which is one of the traditional ethnic medicines in Xinjiang Uygur and Kazakh of China. Previous work has shown that *F. ferulaeoides* exhibited insecticide, antibacterial, antitumor properties, and so on. Taking CNKI, WANFANG and PubMed database as the search platform, with keywords and full text as the search items, the *F. ferulaeoides* as the search term was searched. The domestic and foreign paper reports and patent approvals of *F. ferulaeoides* from 1993 to 2020 were retrieved to find total of 58 papers and 6 patents. The contents of these papers involved pharmacognosy, chemical composition, pharmacological activity and plant ecology of *F. ferulaeoides*, and the patents involved its medical application, extraction process and identification. The research literature of *F. ferulaeoides* was summarized and analyzed to provide reference for the follow-up development and utilization of *F. ferulaeoides*.

KEYWORDS: *Ferula ferulaeoides*; pharmacognosy; chemical composition; pharmacological activity; plant ecology; patent application

多伞阿魏 *Ferula ferulaeoides* (Steud.) Korov. 为伞形科阿魏属植物, 药用部位为油胶树脂和根, 因无葱蒜样臭味, 而具有特殊香气, 故又称香阿魏。多伞阿魏是我国新疆特有植物资源, 广泛分布于新疆北疆沙丘、沙地和砾石质的蒿属荒漠中, 是我国新疆维吾尔族、哈萨克族等少数民族民间传统用药^[1]。其性温、味苦辛, 归脾、胃经, 在治疗虫积、肉积、痞块、心腹冷痛、疟疾、痢疾等方面具有显著疗效, 在新疆民族医学临床上多用于治疗心腹冷痛、慢性肠胃炎、胃溃疡、风湿性关节炎等疾病^[2]。

近年来, 多伞阿魏吸引了不少国内外学者的

关注, 研究发现多伞阿魏主要含有挥发油、树脂、树胶、多糖等多种化学成分, 其中倍半萜类、香豆素类等化学成分可能是其主要的药理活性成分。现代药理学研究表明, 多伞阿魏具有显著的杀虫、抑菌、抗肿瘤等药理活性作用。为深入开发利用该民族药材, 全面了解其研究现状, 本研究以“多伞阿魏”和“*Ferula ferulaeoides*”作为关键词, 在中国知网、万方和 PubMed 数据库中进行相关文献检索, 按照论文分布、生药学、化学成分、药理活性、植物生态学和专利申请情况等方面对多伞阿魏研究现状进行归纳分析, 旨在为多伞阿魏资源深入开发利用提供一定的参考依据。

基金项目: 国家自然科学基金项目(81560633); 新疆维吾尔自治区中医民族医药管理局全国中药特色技术传承人才培养项目(新中民医药科便函[2017]27 号)

作者简介: 杨明翰, 男, 硕士, 助理实验师 Tel: 18290898606

E-mail: 1751735698@qq.com

*通信作者: 盛萍, 女, 博士, 教授,

博导 Tel: (0991)4362253 E-mail: xjsphwy@163.com

1 研究论文分布情况

以中国知网、万方和 PubMed 数据库作为检索平台,“多伞阿魏”和“*Ferula ferulaeoides*”为检索词,共查得相关论文 58 篇,包括期刊论文和学位论文,研究内容主要包括生药学、化学成分、药理活性、植物生态学等。此外,检索到其相关专利 6 篇,专利涉及医药应用、提取工艺和药材分子鉴定,见图 1。

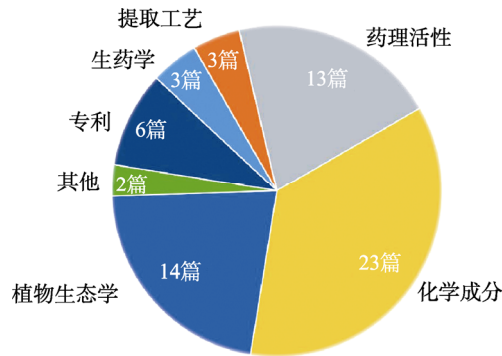


图 1 多伞阿魏现有研究论文的分布情况
Fig. 1 Distribution of existing research papers of *Ferula ferulaeoides*

2 生药学研究

多伞阿魏药材鉴定标准尚缺乏,近年来,有

学者对多伞阿魏生药学进行研究,为多伞阿魏药材鉴定和质量标准的制订提供参考依据。韩爱玲等^[3]采用薄层色谱法对比多伞阿魏与药典收载阿魏品种,结果显示多伞阿魏与药典收载阿魏品种的成分基本一致。王春霞等^[4]研究发现药典收载阿魏品种与多伞阿魏性状鉴别和紫外光谱中最大吸收波长明显不同,见表 1。丁旭等^[5]采用显微和薄层鉴别法对多伞阿魏进行初步鉴定研究,确立了多伞阿魏根横切面、茎横切面、叶横切面、粉末的主要显微鉴别特征,并通过薄层色谱法证实多伞阿魏中含有阿魏酸成分,见表 2。

3 化学成分及提取工艺研究

目前研究报道从多伞阿魏挥发油中分离鉴定出 100 多种化合物^[6-14],包括单萜烯类化合物、倍半萜烯类化合物、脂肪族类化合物、芳香族类化合物、醇酯类化合物等。其中以单萜烯类化合物和倍半萜烯类化合物为其主要化学成分,见表 3。近年来国内外学者还从多伞阿魏的根中分离出一些倍半萜类衍生物、香豆素类衍生物^[15-26],见表 4,其结构式见图 2。此外,有学者研究发现多伞阿魏含有多糖类成分,并对其含量进行测定^[27-28]。

表 1 新疆阿魏、阜康阿魏与多伞阿魏的鉴别对比^[4]

Tab. 1 Identification and comparison of *Ferula sinkiangensis*, *Ferula fukanensis* and *Ferula ferulaeoides*^[4]

药材	性状鉴别				紫外光谱最大吸收波长/nm
	形状	颜色	质地	气味	
新疆阿魏/阜康阿魏	不规则的块状或脂膏状	颜色深浅不一,表面蜡黄色至棕黄色	前者块状者体轻,质地似蜡,嚼之有灼烧感	具有强烈而持久的蒜样特异臭气,味辛辣	323
多伞阿魏	粒状、滴泪状或不规则团块	外表黄白色至深棕色,内部颜色较淡	质软,嚼之黏牙	气似芹菜,较浓浊,味微苦而辛	272

表 2 多伞阿魏的鉴别^[5]

Tab. 2 Identification of *Ferula ferulaeoides*

鉴定方法	鉴别特征
显微鉴别	
根横切面	根横切面呈椭圆形,次生构造发达;木栓层细胞有多层,外有很厚的落皮层;皮层较宽,占切面的 2/3 以上,皮层中分布有较多不规则树脂道,含有大量水溶性树脂;内皮层明显,伴随木质部相生;木质部由中部向呈三角形分布,韧皮部分布于木质部之间与其交替生长
茎横切面	茎横切面呈类圆形,无次生构造;表皮由一层细胞构成,具单细胞毛;皮层基本组织中有数个由厚壁细胞组成;维管束排列成圆环状散在皮层及髓部,维管束为有限型维管束,且木质部的存在较韧皮部多;从皮层到中心髓部皆有大量的树脂道分布,比根中的树脂道大,构成树脂道的分泌细胞较多,有较多的树脂道存在,且靠近皮层外部的树脂道较大并排列成圆环状,维管束周围总是(对称或相邻)伴随 1~2 个较小的树脂道
叶横切面	叶的表皮由单层细胞构成,具有角质层及单细胞毛,下表皮具有气孔;叶肉组织分为栅栏组织和海绵组织,且前者比后者在叶中所占比例大;维管束由木质部与韧皮部组成,靠近韧皮部处有少量不规则树脂道分布。叶片横切面中,栅栏组织下方有树脂道,树脂道大小差异较大,最大直径可达 10 μm
根的粉末	棕黄色,淀粉粒多为单粒,多为圆形或椭圆形,直径约为 6~15 μm;存在较多的螺旋和网纹导管,网纹导管直径约为 16~20 μm,螺旋导管直径约为 12~15 μm;木纤维多成束存在,长 115~200 μm
茎的粉末	淡黄棕色,有较大的石细胞单个存在,长 50~90 μm。螺旋、网纹导管及纤维常见
叶的粉末	淡绿色,除有螺旋、网纹导管及纤维外还有较多方晶散在,长 11 μm 左右
种子的粉末	棕黄色,可见螺旋、网纹导管和纤维,有非腺毛存在,表面粗糙不光滑,有疣状突起,长 140~200 μm,石细胞较多,为黄棕色,多个整齐紧密排列
理化鉴别	薄层鉴别
	多伞阿魏中含有阿魏酸成分

表3 多伞阿魏挥发油中的主要化学成分

Tab. 3 Main chemical compositions in volatile oil of *F. ferulaeoides*

类型	No.	化合物	分子式	分子量	参考文献
单萜烯类化合物	1	α -蒎烯(α -pinene)	C ₁₀ H ₁₆	136	[6-12]
	2	β -蒎烯(β -pinene)	C ₁₀ H ₁₆	136	[13]
	3	莰烯(camphene)	C ₁₀ H ₁₆	136	[7,9,11,12]
	4	δ -3-蒎烯(δ -3-carene)	C ₁₀ H ₁₆	136	[12]
	5	柠檬烯(limonene)	C ₁₀ H ₁₆	136	[9, 12]
	6	D-柠檬烯(D-limonene)	C ₁₀ H ₁₆	136	[11, 14]
	7	L-柠檬烯(L-limonene)	C ₁₀ H ₁₆	136	[12]
	8	α -水芹烯(α -phellandrene)	C ₁₀ H ₁₆	136	[10, 13]
	9	β -侧柏烯(β -thujene)	C ₁₀ H ₁₆	136	[10]
	10	γ -蒎品烯(γ -terpinene)	C ₁₀ H ₁₆	136	[12]
	11	罗勒烯(ocimene)	C ₁₀ H ₁₆	136	[10]
	12	β -罗勒烯(β -ocimene)	C ₁₀ H ₁₆	136	[9]
	13	异松油烯(trpinolene)	C ₁₀ H ₁₆	136	[12]
	14	α -异松油烯(α -trpinolene)	C ₁₀ H ₁₆	136	[12]
	15	月桂烯(myrcene)	C ₁₀ H ₁₆	136	[9,12]
	16	β -月桂烯(β -myrcene)	C ₁₀ H ₁₆	136	[6,12]
	17	香桉烯(sabnene)	C ₁₀ H ₁₆	136	[12]
	18	小茴香烯(fenchene)	C ₁₀ H ₁₆	136	[9]
	19	外-葑醇(fenchol)	C ₁₀ H ₁₈ O	154	[12]
	20	龙脑(borneol)	C ₁₀ H ₁₈ O	154	[9,11]
	21	樟脑[(R)-camphor]	C ₁₀ H ₁₆ O	152	[9]
	22	香茅醇(citronellol)	C ₁₀ H ₂₀ O	156	[6]
	23	异龙脑(1,7,7-trimethyl-exo-bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol)	C ₁₀ H ₁₈ O	154	[12]
	24	对伞花烃-8-醇(P-cymen-8-ol)	C ₁₀ H ₁₄ O	150	[12]
	25	α -松油醇(α -terpinol)	C ₁₀ H ₁₈ O	154	[9]
	26	顺式-3-蒎烯-2-醇(Z-3-pinen-2-ol)	C ₁₀ H ₁₆ O	152	[12]
	27	异香叶醇(isogeraniol)	C ₁₀ H ₁₈ O	154	[12]
	28	艾菊酮(tanacetone)	C ₁₀ H ₁₆ O	152	[12]
	29	3-甲氧基-p-伞花烃(3-methoxy-p-cymene)	C ₁₁ H ₁₆ O	164	[12]
	30	2-异丙基-5-甲基茴香醚(thymylether methyl)	C ₁₁ H ₁₆ O	164	[12]
	31	乙酸- α -松油烯醇酯(dihydrocarvyl acetate)	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	196	[12]
	32	乙酸龙脑酯(2-camphanol acetate)	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	196	[9,11-12,14]
	33	外-乙酸龙脑酯(exobornyl acetate)	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	196	[12]
	34	乙酸小茴香酯(α -fenchyl acetate)	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	196	[12]
	35	(Z)-3,7-二甲基-1,3,6-十八烷三烯[1,3,6-octatriene,3,7-dimethyl-,(Z)-]	C ₁₀ H ₁₆	136	[12]
	36	3-异亚丙基-5-甲基-4-己基-2-醇(3-isopropylidene-5-methyl-hex-4-en-2-one)	C ₁₀ H ₁₆ O	152	[13]
倍半萜烯类化合物	37	金合欢醇(farnesene)	C ₁₅ H ₂₆ O	222	[12]
	38	α -愈创木烯(α -guaiene)	C ₁₅ H ₂₄	204	[12]
	39	α -金合欢烯(α -farnesene)	C ₁₅ H ₂₄	204	[9,12]
	40	β -金合欢烯(β -farnesene)	C ₁₅ H ₂₄	204	[9,11-12,14]
	41	α -姜黄烯(α -curcumene)	C ₁₅ H ₂₄	204	[9]
	42	β -姜黄烯(β -curcumene)	C ₁₅ H ₂₄	204	[13]
	43	α -榄香烯(α -elemene)	C ₁₅ H ₂₄	204	[9]
	44	β -榄香烯(β -elemene)	C ₁₅ H ₂₄	204	[13]
	45	(-)-香树烯[(-)-alloaromadendrene]	C ₁₅ H ₂₄	204	[12]
	46	马兜铃烯(aristolene)	C ₁₅ H ₂₄	204	[9]
	47	α -古芸烯(α -gurjunene)	C ₁₅ H ₂₄	204	[12]
	48	α -柏木烯(α -cedrene)	C ₁₅ H ₂₄	204	[9,14]
	49	β -柏木烯(β -cedrene)	C ₁₅ H ₂₄	204	[10]
	50	罗汉柏烯(hujopsenet)	C ₁₅ H ₂₄	204	[9]
	51	α -雪松烯(α -himachalene)	C ₁₅ H ₂₄	204	[9]
	52	β -雪松烯(β -himachalene)	C ₁₅ H ₂₄	204	[9]
	53	α -布黎烯(α -bulnesene)	C ₁₅ H ₂₄	204	[10,13]
	54	巴伦西亚橘烯(valencene)	C ₁₅ H ₂₄	204	[10,13]
	55	异喇叭烯(isoledene)	C ₁₅ H ₂₄	204	[11]
	56	反式-石竹烯(trans-caryophyllene)	C ₁₅ H ₂₄	204	[12]
	57	(Z,E)- α -金合欢烯[(Z,E)- α -farnesene]	C ₁₅ H ₂₄	204	[12]

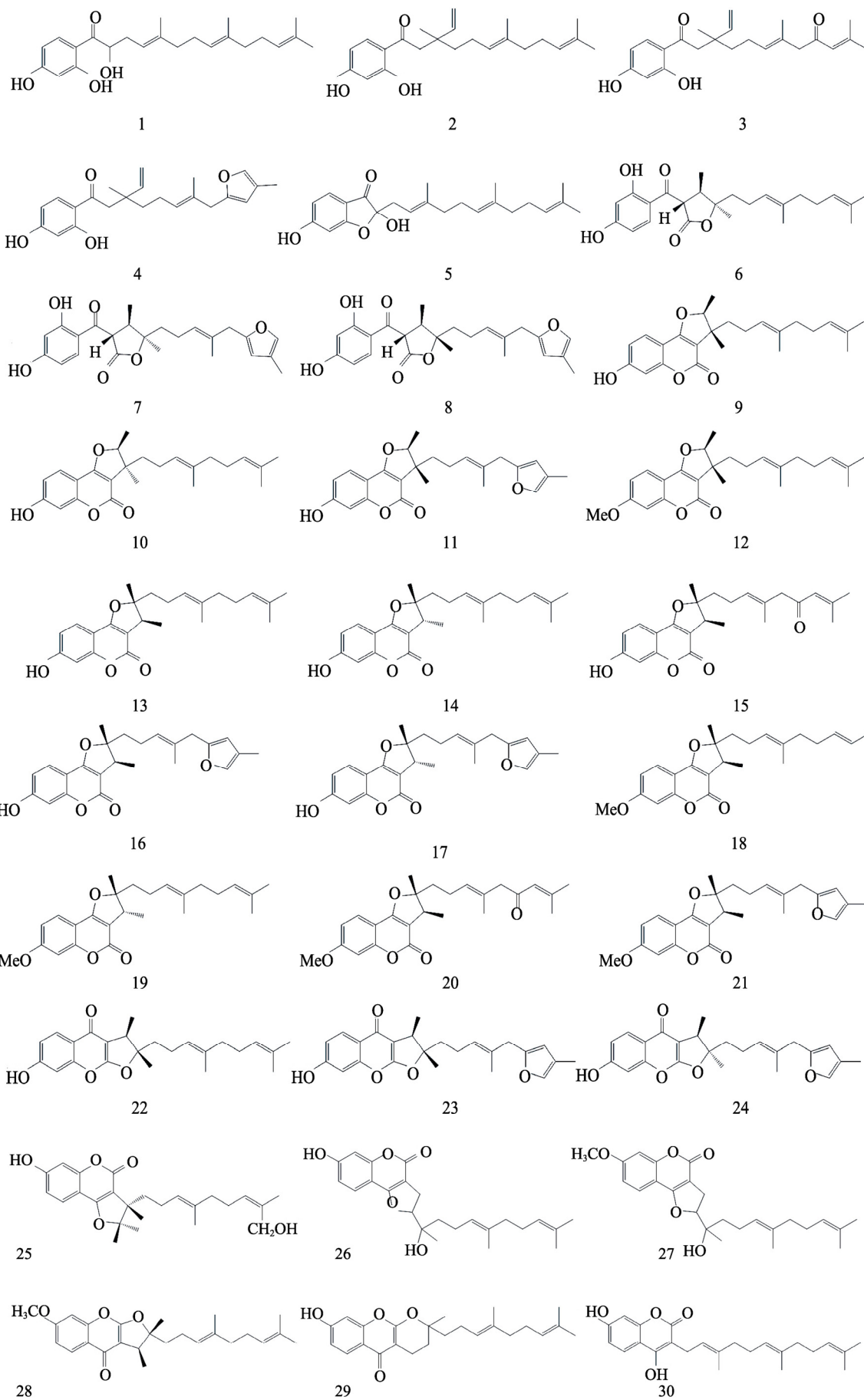
续表 3

类型	No.	化合物	分子式	分子量	参考文献
倍半萜烯类化合物	58	1,2,3,4,4A,5,6,8A-八氢萘(1,2,3,4,4A,5,6,8A-octa-hydro-naphthalene)	C ₁₅ H ₂₄	204	[12]
	59	佛手柑油烯(bergamotene)	C ₁₅ H ₂₄	204	[12]
	60	γ -蛇床烯(γ -selinene)	C ₁₅ H ₂₄	204	[12]
	61	α -香柠檬烯(α -bergamotene)	C ₁₅ H ₂₄	204	[12]
	62	姜烯(zingiberene)	C ₁₅ H ₂₄	204	[7, 12]
	63	异丁香烯(isocaryophyllene)	C ₁₅ H ₂₄	204	[12]
	64	喇叭烯(ledene)	C ₁₅ H ₂₄	204	[12]
	65	β -异丁香二烯(β -bisabolene)	C ₁₅ H ₂₄	204	[12]
	66	τ -愈创木烯(τ -guaiene)	C ₁₅ H ₂₄	204	[12]
	67	愈创木醇(guaiol)	C ₁₅ H ₂₆ O	222	[7-9,12]
	68	α -愈创木醇(α -guaiol)	C ₁₅ H ₂₆ O	222	[9]
	69	δ -愈创木醇(δ -guaiol)	C ₁₅ H ₂₆ O	222	[9]
	70	异愈创木醇(bulnesol)	C ₁₅ H ₂₆ O	222	[11]
	71	10-O- γ -桉叶油醇(10-O- γ -eudesmol)	C ₁₅ H ₂₆ O	222	[12]
	72	α -桉叶醇(α -eudesmol)	C ₁₅ H ₂₆ O	222	[10,13]
	73	τ -桉叶醇(τ -eudesmol)	C ₁₅ H ₂₆ O	222	[12]
	74	β -桉叶醇(β -eudesmol)	C ₁₅ H ₂₆ O	222	[7,12]
	75	榄香醇(elemiol)	C ₁₅ H ₂₆ O	222	[12]
	76	柏木醇(cedrol)	C ₁₅ H ₂₆ O	222	[9]
	77	茅苍术醇(hinesol)	C ₁₅ H ₂₆ O	222	[14]
	78	螺萜醇(agarospirol)	C ₁₅ H ₂₆ O	222	[14]
	79	人参新萜醇(ginsenosol)	C ₁₅ H ₂₆ O	222	[11]
	80	水菖蒲烯氧化物(calareneoxide)	C ₁₅ H ₂₆ O	222	[10,13]
	81	桉叶烷-7(11)-烯-4-醇[eudesm-7(11)-en-4-ol]	C ₁₅ H ₂₆ O	222	[13]
	82	β -红没药醇(β -bisabolol)	C ₁₅ H ₂₆ O	222	[10,13]
	83	橙花叔醇(nerolidol)	C ₁₅ H ₂₆ O	222	[9,11-12,14]
	84	反式-橙花叔醇(trans-nerolidol)	C ₁₅ H ₂₆ O	222	[12,14]
	85	3-甲氧基-1,2-丙二醇(1,2-propanediol,3-methoxy-)	C ₄ H ₁₀ O ₃	106	[14]
	86	2,6,6-三甲基-1-亚甲基-2-环己烯(2,6,6-trimethyl-1-methylen-cyclohex-2-ene)	C ₁₀ H ₁₈	138	[12]
	87	1,1-二甲基-2,4-二(1-丙烯基)环己烷[1,1-dimethyl-2,4-di(1-propenyl)cyclohexane]	C ₁₃ H ₂₂	178	[12]
	88	香叶基丙酮[5,9-undecadien-2-one,6,10-dimethyl-, (Z)-]	C ₁₃ H ₂₂ O	194	[10, 13]
	89	(Z)-2,6,10-三甲基-1,5,9-十一碳二烯[(Z)-2,6,10-trimethyl-1,5,9-undecatriene]	C ₁₄ H ₂₄	192	[12]
	90	5- β -H,7- β ,10- α -selina-4(19),11-二烯[5- β -H,7- β ,10- α -selina-4(19),11-diethyl]	C ₁₅ H ₂₄	204	[12]
	91	4-(1E)-1,3-丁二烯-1-甲基-3,5,5-三甲基环己烯[4-(1E)-1,3-butadien-1-yl-3,5,5-trimethyl]	C ₁₅ H ₂₂ O	196	[12]
芳香族类化合物	92	甲苯(toluene)	C ₇ H ₈	92	[12]
	93	间苯二酚(resorcinol)	C ₆ H ₆ O ₂	110	[13]
	94	对乙烯基愈创木酚(2-methoxy-4-vinylphenol)	C ₉ H ₁₀ O ₂	150	[13]
	95	O-伞花烃(O-cymene)	C ₁₀ H ₁₄	134	[12]
	96	1-甲基-4-(1-异丙基)苯[1-methyl-4-(1-methylethyl)benzene]	C ₁₀ H ₁₂	132	[12]
	97	4-(1-丙基)-苯甲醇[4-(1-methylethyl)-benzene-methanol]	C ₁₀ H ₁₄ O	150	[12]
	98	榄香素(benzene)	C ₁₂ H ₁₆ O ₃	208	[10, 13]
	99	1-(1,5-二甲基-4-己烯基)-4-甲基苯(1,5-dimethyl-4-hexenyl-4-methyl benzene)	C ₁₅ H ₂₂	202	[12]
醇酯类化合物	100	环戊醇,2-甲基,醋酸酯(cyclopentanol,2-methyl acetate)	C ₈ H ₁₄ O ₂	142	[12]
	101	2,3-丁二醇(butane-2,3-diol)	C ₄ H ₁₀ O ₂	90	[12]
	102	(2S,3S)-(+)-2,3-丁二醇[(2S,3S)-(+)-2,3-butane diol]	C ₄ H ₁₀ O ₂	90	[12]
	103	4,8-二甲基-3,7-壬二烯-2-醇(4,8-dimethyl-3,7-nonadien-2-ol)	C ₁₁ H ₂₀ O	168	[12]
	104	乙酸橙花酯(neryl acetate)	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	196	[12]
	105	4-乙酸松油酯(4-terpinyl acetate)	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	196	[12]
	106	α -乙酸松油酯(α -terpinyl acetate)	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	196	[12, 14]
	107	棕榈酸乙酯(ethyl palmitate)	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	284	[12]
	108	亚油酸乙酯(ethyl linoleate)	C ₂₀ H ₃₆ O ₂	308	[12]

表4 多伞阿魏中萜类衍生物

Tab. 4 Chemical compositions of sesquiterpenes from *F. ferulaeoides*

No.	化合物	分子式	分子量	参考文献
1	1-(2,4-dihydroxyphenyl)-2-hydroxy-5,9,13-trimethyl-4(<i>E</i>),8(<i>E</i>),12-tetradecatrien-1-one	C ₂₃ H ₃₂ O ₄	372	[15]
2	1-(2,4-dihydroxyphenyl)-3,7,11-trimethyl-3-vinyl-6(<i>E</i>),10-dodecadiene-1-one	C ₂₃ H ₃₂ O ₃	356	[15, 26]
3	1-(2,4-dihydroxyphenyl)-3,7,11-trimethyl-3-vinyl-6(<i>E</i>),10-dodecadiene-1,9-dione	C ₂₃ H ₃₀ O ₄	370	[15]
4	1-(2,4-dihydroxyphenyl)-3,7-dimethyl-3-vinyl-8-(4-methyl-2-furyl)-6(<i>E</i>)-octen-1-one	C ₂₃ H ₂₈ O ₄	368	[15]
5	2,6-dihydroxy-2-[3,7,11-trimethyl-2(<i>E</i>),6(<i>E</i>),10-dodecatrien-1-yl]-3(2H)-benzofuranone	C ₂₃ H ₃₀ O ₄	370	[16]
6	3S*-(2,4-dihydroxybenzoyl)-4R*,5R*-dimethyl-5-(4,8-dimethyl-3(<i>E</i>),7(<i>E</i>)-nonadien-1-yl)tetrahydro-2-furanone	C ₂₄ H ₃₂ O ₅	400	[17]
7	3S*-(2,4-dihydroxybenzoyl)-4R*,5R*-dimethyl-5-[4-methyl-5-(4-methyl-2-furyl)-3(<i>E</i>)-penten-1-yl]tetrahydro-2-furanone	C ₂₄ H ₂₈ O ₆	412	[17]
8	3S*-(2,4-dihydroxybenzoyl)-4R*,5S*-dimethyl-5-[4-methyl-5-(4-methyl-2-furyl)-3(<i>E</i>)-penten-1-yl]tetrahydro-2-furanone	C ₂₄ H ₂₈ O ₆	412	[17]
9	2,3-dihydro-7-hydroxy-2S*,3R*-dimethyl-3-[4,8-dimethyl-3(<i>E</i>),7-nonadienyl]-furo[3,2- <i>c</i>]coumarin	C ₂₄ H ₃₀ O ₄	382	[18]
10	2,3-dihydro-7-hydroxy-2R*,3R*-dimethyl-3-[4,8-dimethyl-3(<i>E</i>),7-nonadienyl]-furo[3,2- <i>c</i>]coumarin	C ₂₄ H ₃₀ O ₄	382	[18]
11	2,3-dihydro-7-hydroxy-2S*,3R*-dimethyl-3-[4-methyl-5-(4-methyl-2-furyl)-3(<i>E</i>)-pentenyl]-furo[3,2- <i>c</i>]coumarin	C ₂₄ H ₂₆ O ₅	394	[18]
12	2,3-dihydro-7-methoxy-2S*,3R*-dimethyl-3-[4,8-dimethyl-3(<i>E</i>),7-nonadienyl]-furo[3,2- <i>c</i>]coumarin	C ₂₅ H ₃₂ O ₄	396	[18]
13	2,3-dihydro-7-hydroxy-2S*,3R*-dimethyl-2-[4,8-dimethyl-3(<i>E</i>),7-nonadienyl]-furo[3,2- <i>c</i>]coumarin	C ₂₄ H ₃₀ O ₄	382	[19, 25]
14	2,3-dihydro-7-hydroxy-2R*,3R*-dimethyl-2-[4,8-dimethyl-3(<i>E</i>),7-nonadienyl]-furo[3,2- <i>c</i>]coumarin	C ₂₄ H ₃₀ O ₄	382	[19, 24-25]
15	2,3-dihydro-7-hydroxy-2S*,3R*-dimethyl-2-[4,8-dimethyl-3(<i>E</i>),7-nonadien-6-onyl]-furo[3,2- <i>c</i>]coumarin	C ₂₄ H ₂₈ O ₅	396	[19]
16	2,3-dihydro-7-hydroxy-2S*,3R*-dimethyl-2-[4-methyl-5-(4-methyl-2-furyl)-3(<i>E</i>)-pentenyl]-furo[3,2- <i>c</i>]coumarin	C ₂₄ H ₂₆ O ₅	394	[19]
17	2,3-dihydro-7-hydroxy-2R*,3R*-dimethyl-2-[4-methyl-5-(4-methyl-2-furyl)-3(<i>E</i>)-pentenyl]-furo[3,2- <i>c</i>]coumarin	C ₂₄ H ₂₆ O ₅	394	[19]
18	2,3-dihydro-7-methoxy-2S*,3R*-dimethyl-2-[4,8-dimethyl-3(<i>E</i>),7-nonadienyl]-furo[3,2- <i>c</i>]coumarin	C ₂₅ H ₃₂ O ₄	396	[19, 26]
19	2,3-dihydro-7-methoxy-2R*,3R*-dimethyl-2-[4,8-dimethyl-3(<i>E</i>),7-nonadienyl]-furo[3,2- <i>c</i>]coumarin	C ₂₅ H ₃₂ O ₄	396	[19, 26]
20	2,3-dihydro-7-methoxy-2S*,3R*-dimethyl-2-[4,8-dimethyl-3(<i>E</i>),7-nonadien-6-onyl]-furo[3,2- <i>c</i>]coumarin	C ₂₅ H ₃₀ O ₅	410	[19]
21	2,3-dihydro-7-methoxy-2S*,3R*-dimethyl-2-[4-methyl-5-(4-methyl-2-furyl)-3(<i>E</i>)-pentenyl]-furo[3,2- <i>c</i>]coumarin	C ₂₅ H ₂₈ O ₅	408	[19]
22	2,3-dihydro-7-hydroxy-2S*,3R*-dimethyl-2-[4,8-dimethyl-3(<i>E</i>),7-nonadienyl]-furo[2,3- <i>b</i>]chromone	C ₂₄ H ₃₀ O ₄	382	[20]
23	2,3-dihydro-7-hydroxy-2S*,3R*-dimethyl-2-[4-methyl-5-(4-methyl-2-furyl)-3(<i>E</i>),7-pentenyl]-furo[2,3- <i>b</i>]chromone	C ₂₄ H ₂₆ O ₅	394	[20]
24	2,3-dihydro-7-hydroxy-2R*,3R*-dimethyl-2-[4-methyl-5-(4-methyl-2-furyl)-3(<i>E</i>),7-pentenyl]-furo[2,3- <i>b</i>]chromone	C ₂₄ H ₂₆ O ₅	394	[20]
25	(trans)-2,3-dimethyl-3-[9-hydroxymethyl-4-methyl-3(<i>E</i>),7Z-nonadienyl]-7-hydroxy-2(3H)-furo[3,2- <i>c</i>]coumarin	C ₂₄ H ₃₁ O ₅	399	[21, 25]
26	7-hydroxy-2-[1-hydroxy-1,5,9-trimethyl-4 <i>E</i> ,8-decadienyl]-2(3H)-furo[3,2- <i>c</i>]coumarin	C ₂₄ H ₃₁ O ₅	399	[21]
27	2-[1-hydroxy-1,5,9-trimethyl-4 <i>E</i> ,8-decadienyl]-7-methoxy-2(3H)-furo[3,2- <i>c</i>]coumarin	C ₂₅ H ₃₃ O ₅	408	[21]
28	(trans)-2,3-dimethyl-2-[4,8-dimethyl-3(<i>E</i>),7-nonadienyl]-7-methoxy-2(3H)-furo[2,3- <i>b</i>]chromone	C ₂₅ H ₃₃ O ₄	393	[21]
29	4-hydro-7-hydroxy-2-methyl-2-[4,8-dimethyl-3(<i>E</i>),7-nonadienyl]-2(3H)-pyro[2,3- <i>b</i>]chromone	C ₂₄ H ₃₁ O ₄	383	[21]
30	4,7-dihydroxy-3-[3,7,11-trimethyl-2(<i>E</i>),6(<i>E</i>),10-dodecatrienyl]coumarin	C ₂₄ H ₃₀ O ₄	382	[21]
31	2,3-dihydro-7-hydroxy-2S*,3R*-dimethyl-2-[4,8-dimethyl-3(<i>E</i>),7-nonadienyl]-furo[3,2- <i>b</i>]chromone	C ₂₄ H ₃₀ O ₄	382	[21]
32	2,3-dihydro-7-hydroxy-2R*,3R*-dimethyl-2-[4,8-dimethyl-3(<i>E</i>),7-nonadienyl]-furo[3,2- <i>b</i>]chromone	C ₂₄ H ₃₀ O ₄	382	[21]
33	(4 <i>E</i> ,8 <i>E</i>)-1-(2,4-dihydroxyphenyl)-2-methoxycarbonyl-5,9,13-trimethyltetradeca-4,8,12-trien-1-one	C ₂₅ H ₃₄ O ₅	414	[22]
34	(4 <i>E</i>)-1-(2,4-dihydroxyphenyl)-8-acetyloxy-9-hydroxy-5,9,13-trimethyl-tetradeca-4,12-dien-1-one	C ₂₅ H ₃₆ O ₆	432	[22]
35	(4 <i>E</i> ,7 <i>E</i>)-1-(2,4-dihydroxyphenyl)-3,4,8,12-tetramethyltrideca-4,7,11-trien-1-one	C ₂₃ H ₃₂ O ₃	356	[22]
36	(4 <i>E</i> ,7 <i>E</i>)-1-(2,4-dihydroxyphenyl)-9-(4-methylfuran-2-yl)-3,4,8-trimethylnona-4,7-dien-1-one	C ₂₃ H ₂₈ O ₄	368	[22]
37	(4 <i>E</i>)-1-(2,4-dihydroxyphenyl)-2-[(2 <i>E</i> ,6 <i>E</i>)-3,7,11-trimethyldodeca-2,6,10-trienyl]-5-[4-methylpenta-3-enyl]-6-hydroxylhexa-4-en-1-one	C ₃₃ H ₄₈ O ₄	508	[22]
38	(4 <i>E</i>)-1-(2,4-dihydroxyphenyl)-2-[(2 <i>E</i> ,6 <i>E</i>)-3,7,11-trimethyldodeca-2,6,10-trienyl]-4-(4-methylpenta-3-enyl)-6-hydroxylhexa-4-en-1-one	C ₃₃ H ₄₈ O ₄	508	[22]
39	(4 <i>E</i>)-1-(2,4-dihydroxyphenyl)-2-[(2 <i>E</i> ,6 <i>E</i>)-3,7,11-trimethyldodeca-2,6,10-trienyl]-5-(3-methoxy-4-hydroxyphenyl)penta-4-en-1-one	C ₃₃ H ₄₂ O ₅	518	[22]
40	(4 <i>E</i>)-1-(2,4-dihydroxyphenyl)-2-[(2 <i>E</i> ,6 <i>E</i>)-3,7,11-trimethyldodeca-2,6,10-trienyl]-8-hydroxy-5,9,13-trimethyl-6,9-oxo-tetradeca-4,12-diene-1-one	C ₃₈ H ₅₆ O ₅	592	[22]
41	(4 <i>E</i> ,8 <i>E</i>)-1-(2,4-dihydroxyphenyl)-5,9,13-trimethyl-tetradeca-4,8,12-trien-1-one	C ₂₃ H ₃₂ O ₃	356	[22]
42	3-(2,4-dihydroxybenzoyl)-4S*,5R*-dimethyl-5-[4,8-dimethyl-3(<i>E</i>),7(<i>E</i>)-nonadien-1-yl]tetrahydro-2-furanone	C ₂₄ H ₃₂ O ₅	400	[22]
43	3-(2-hydroxyl-4-methoxybenzoyl)-4S*,5R*-dimethyl-5-[4,8-dimethyl-3(<i>E</i>),7(<i>E</i>)-nonadien-1-yl]tetrahydro-2-furanone	C ₂₅ H ₃₄ O ₅	414	[22]
44	3-(2,4-dihydroxybenzoyl)-4R*,5R*-dimethyl-5-[4,8-dimethyl-3(<i>E</i>),7(<i>E</i>)-nonadien-1-yl]tetrahydro-2-furanone	C ₂₄ H ₃₂ O ₅	400	[22]
45	(3 <i>S</i> ,4 <i>S</i> ,5 <i>R</i>)-5'-[(3 <i>Z</i>)-7,8-dihydroxy-4,8-dimethylnon-3-en-1-yl]-4',5'-dihydro-4',8-dihydroxy-5'-methyl-3'H,5H-spiro[1,4-benzodioxepine-3,2'-furan]-2,5-dione	C ₂₄ H ₃₂ O ₉	464	[23]
46	(3 <i>S</i> ,4 <i>S</i> ,5 <i>R</i>)-5'-[(3 <i>Z</i>)-4,8-dimethylnona-3,7-dien-1-yl]-4',5'-dihydro-4',8-dihydroxy-5'-methyl-3'H,5H-spiro[1,4-benzodioxepine-3,2'-furan]-2,5-dione	C ₂₄ H ₃₀ O ₇	430	[23]



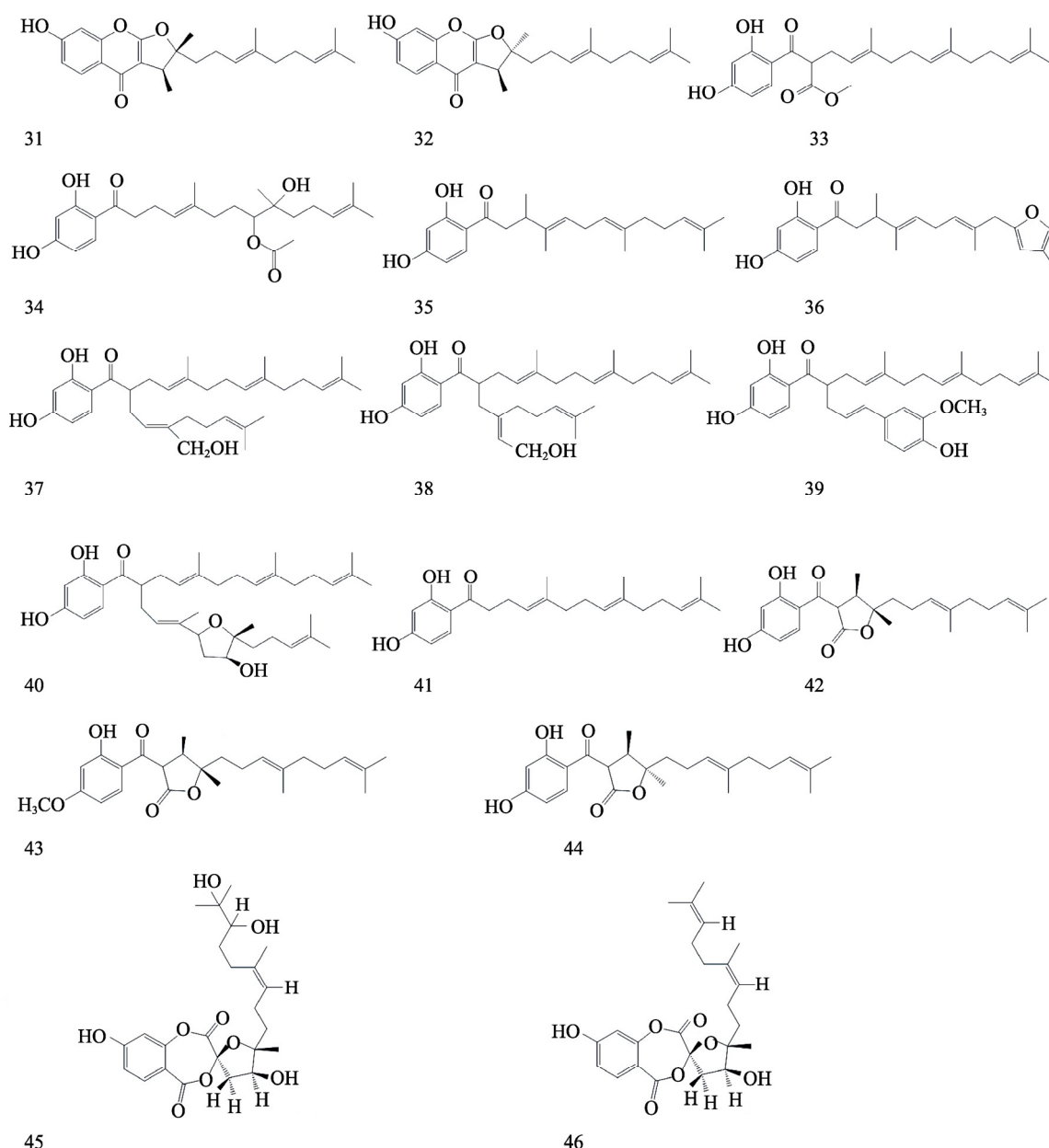


图2 多伞阿魏中萜类衍生物的结构
Fig. 2 Structures of sesquiterpenes from *F. ferulaeoides*

近年来,关于多伞阿魏提取工艺优化的研究发现^[29],回流热浸提取多伞阿魏中总黄酮的最佳工艺:乙醇浓度为80%,70℃回流提取60 min,黄酮含量为29.45 mg·g⁻¹;超声波提取法最优工艺:80%乙醇超声提取2次,每次60 min,黄酮含量为28.39 mg·g⁻¹。2种提取工艺和含量测定方法科学可行,可用于多伞阿魏的质量控制,但超声提取法较回流法操作简便,虽然有关多伞阿魏黄酮类化合物的研究鲜有报道,但该研究为多伞阿魏黄酮类化合物的研究提供一定的参考依据。冯雪等^[30]采用正交试验法优选多伞阿魏中阿魏酸的最佳提取工艺,试验表明阿魏酸最佳提取工艺为料液比

1:40,3%氢氧化钠溶液提取30 min,此条件下多伞阿魏中阿魏酸含量可达0.2998 mg·g⁻¹,此工艺的提取率高,稳定性好。雷林洁等^[31]采用U₇(7²)均匀试验设计优选多伞阿魏挥发油提取工艺,结果表明其挥发油最佳提取工艺为加入14倍水,提取4 h,平均提取率为(8.02±0.007)%,并在多伞阿魏挥发油中鉴定出44种化合物。

4 药理活性研究

近年来,国内外学者研究发现,多伞阿魏具有显著的杀虫、抑菌、抗肿瘤等药理活性,结果见表5。研究表明其抗肿瘤活性具有潜在的研究价值和开发利用空间,但多伞阿魏药理作用机制研

表 5 多伞阿魏药理作用的研究现状

Tab. 5 Research status of pharmacological activity of *F. ferulaeoides*

药理活性	药用部位	实验对象或模型	实验结果	参考文献
抗肿瘤	多伞阿魏氯仿部位	人胃癌 MGC-803 裸鼠移植瘤模型	多伞阿魏氯仿部位能显著抑制人胃癌 MGC-803 皮下异位移植瘤的生长,可能是通过下调 survivin mRNA 表达水平,上调 Bax、caspase-3、caspase-9 表达水平来促进细胞凋亡	[32]
	多伞阿魏挥发油、氯仿部位	人胃癌细胞 AGS、MKN-45、BGC823、MGC-803、SGC-7901	多伞阿魏挥发油和氯仿部位对 5 种人胃癌细胞均具有较好的增殖抑制作用,诱导胃癌细胞主要发生晚期凋亡。其挥发油能够将胃癌细胞 AGS 阻滞于 G ₀ /G ₁ 期,氯仿部位将胃癌 SGC-7901 细胞周期阻滞于 S 期	[33]
	多伞阿魏提取物 W3	人胃癌细胞 SGC-7901	多伞阿魏提取物 W3 能显著抑制人胃癌细胞 SGC-7901 的增殖,同时具有诱导细胞凋亡作用	[34]
	多伞阿魏挥发油	人胃癌细胞 SGC-7901	水蒸气蒸馏法和微波萃取法制备的多伞阿魏挥发油对人胃癌细胞 SGC-7901 具有很强的抑制作用	[12]
	多伞阿魏氯仿部位	人胃癌细胞 SGC-7901	多伞阿魏氯仿提取部位具有抑制人胃癌细胞 SGC-7901 增殖作用,并建立了多伞阿魏体外抗胃癌活性部位 GC-MS 指纹图谱分析方法	[13-14]
	DAW-22	C6 胶质瘤细胞	多伞阿魏中分离的天然倍半萜香豆素化合物 DAW-22 可能是通过下调 Bcl-2 的表达水平,上调 caspase-8 和 PARP 的表达水平来诱导细胞凋亡	[35]
	F-B1	慢性粒细胞白血病细胞	研究发现 F-B1 抑制慢性粒细胞白血病细胞的生长,可能是通过上调 Bax 的表达水平,下调 Bcl-2 和 Bcl-XL 的表达水平来促进细胞凋亡的	[36]
抑菌、杀虫、抗肿瘤	苯乙酮类化合物、倍半萜类化合物、香豆素类化合物	TLC-生物自显影法、点滴法和熏蒸法、CCK-8 法	多伞阿魏苯乙酮类化合物表现出普遍的抗耐药金黄色葡萄球菌活性;多伞阿魏倍半萜类化合物对蚜虫、粘虫、小菜蛾及家蝇显示出较好的杀灭活性;多伞阿魏香豆素类化合物对人肝癌细胞株 SMMC-7721 和人胃癌细胞 SGC-7901 具有一定抑制活性	[38]
	浸提物和 95% 醇提物	滤纸片扩散法	新疆阿魏、多伞阿魏和大果阿魏的醇提物比浸提物的抑菌效果明显;3 种阿魏根的根醇提取物对金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌和八叠球菌均具有较好抑菌作用,对大肠杆菌无抑菌作用,其中多伞阿魏的抑制作用最强;根浸提物中大果阿魏的抑制作用最弱,仅对枯草芽孢杆菌有明显的抑菌效果	[39]
	二氯甲烷部分	肉汤微量稀释法	多伞阿魏二氯甲烷提取物中分离的化合物对耐药金黄色葡萄球菌具有明显的抑制活性	[40]
杀虫	倍半萜衍生物愈创木醇	金黄色葡萄球菌触杀和熏蒸杀虫法	多伞阿魏中倍半萜衍生物对耐药性金黄色葡萄球菌菌株具有明显的抗菌活性;多伞阿魏中倍半萜类化合物愈创木醇对蚜虫、小菜蛾及家蝇显示出较好的杀灭活性	[41] [42]
	多伞阿魏原汁	角叉菜诱导足肠肿胀法、绵羊红细胞或二硝基氯苯诱导法	新疆阿魏、多伞阿魏和圆锥茎阿魏对角叉菜引起的足肠肿胀和家兔毛细血管通透性均有显著的抑制作用,对绵羊红细胞或二硝基氯苯诱发小鼠的迟发型超敏反应和血清溶血素的生成均有抑制作用	[43]
对胃肠道作用	多伞阿魏原汁	大鼠应激性胃溃疡模型和乙酰水杨酸致药物性胃溃疡模型	新疆阿魏、多伞阿魏和乌恰阿魏对大鼠应激性胃溃疡和乙酰水杨酸所致的药物性胃溃疡均有显著防治作用	[44]

究目前尚缺乏深入系统研究,因此,下一步需要加强对多伞阿魏药用功效的临床研究,为多伞阿魏的深入开发应用提供一定的科学依据。

5 植物生态学研究

生态因素可影响药用植物资源的分布、产量和品质,近年来,研究报道气候、地貌、土壤等生态因素直接或间接地影响着多伞阿魏药材资源的形成、分布、产量和品质等。通过整理分析文献,揭示多伞阿魏药材资源与生态因子之间的关系,为多伞阿魏药材资源种植区划,提高药用植物的产量和品质提供科学依据。

近年来,研究表明土壤因子、光合作用、N⁺离子、微生物等生态因子对多伞阿魏的生长具有一定的影响作用^[45-55],见表 6。此外,有学者对多

伞阿魏的繁育系统进行研究,研究表明多伞阿魏的花有雄花和两性花 2 种形态,多伞阿魏花期一般持续 10~15 d,单花花期为 7~10 d,其繁育系统类型为兼性异交^[56],其传粉昆虫多种多样,以双翅目和膜翅目昆虫居多^[57]。有报道多伞阿魏的两性花花内具有雌雄异熟和雌雄异位现象,这是它们避免自交,避免雌雄干扰的一种适应机制^[58]。

6 专利申请

利用中国知网作检索平台,以“多伞阿魏”和“*Ferula ferulaeoides*”为检索词,检索关于多伞阿魏的国内外专利。检索结果发现国内获批相关专利 6 项,多应用于医药行业,其中涉及杀虫、抗肿瘤、抗炎等医药用途 4 项,涉及其基源准确鉴定方法 1 项,涉及其提取工艺 1 项,见表 7。申

表 6 多伞阿魏植物生态学研究现状

Tab. 6 Research status of plant ecology of *F. ferulaeoides*

生态因子	研究结果	参考文献
土壤因子	土壤的 pH 值、含水量和速效钾的含量可能是影响多伞阿魏挥发油成分含量的主导因子	[45]
	土壤因子是影响多伞阿魏挥发油成分质量的主导因子，对多伞阿魏挥发油成分含量的积累具有重要意义	[46]
	多伞阿魏生长土壤的 pH 值偏高(8.50~10.38)，含水率 1.94%~4.33%。速效氮含量约为 7.18~38.01 mg·kg ⁻¹ 、速效磷含量约为 1.65~7.79 mg·kg ⁻¹ 、速效钾含量约为 140.72~363.78 mg·kg ⁻¹ 、有机质含量约为 5.47~13.89 g·kg ⁻¹ ，且随土层深度的增加而迅速递减。土壤中细菌主要生活在 0~10 cm 的表层，而放线菌和真菌则主要分布在中间 2 层，即 10~20 cm 和 20~30 cm	[47]
	多伞阿魏在生长过程中受到了土壤中水分等因素的影响，但在一定范围内能通过调节体内抗氧化酶系统活性和渗透调节物含量来积极响应生长环境的变化，以增强自身的适应能力	[48]
土壤因子	土壤含水量、有机质、养分随多伞阿魏生长呈下降趋势，但 pH 值却略有所上升。多伞阿魏整个生长期气孔导度，	[49]
光照因素	光合有效辐射与净光合速率呈显著正相关性，光照强度与蒸腾速率有明显正相关性	
光合作用	引种地多伞阿魏的光合能力高于原生地，而原生地的多伞阿魏则通过降低气孔导度来减小蒸腾作用，提高水分利	[50]
蒸腾速率	用率来更好适应当地的干旱环境	
N ⁺ 离子	低剂量 N ⁺ 离子注入可破除多伞阿魏种子休眠，促进种子萌发，适当剂量 N ⁺ 离子注入可激活保护酶、脯氨酸和可溶性蛋白的表达	[51-52]
	低剂量的 N ⁺ 注入处理可有效的打破多伞阿魏种子休眠，此外，高浓度的生长素和低浓度的细胞分裂素有利于愈伤组织的诱导和增殖，也说明了叶片不易进行组培，而茎是比较合适的组培材料	[53]
生长素	细胞分裂素 6-苄氨基嘌呤(BAP)和吲哚-乙酸(IAA)和 2,4-二氯苯氧乙酸可有效促进种子萌发、愈伤组织生长	[54]
微生物	土壤中多样性的微生物群落对多伞阿魏的生长有一定的影响，该研究可对多伞阿魏药材的人工种植栽培提供一定的参考价值	[55]

表 7 多伞阿魏专利申请现状

Tab. 7 Patent application of *F. ferulaeoides*

发明内容	应用	活性成分或部位	参考文献
天然倍半萜化合物愈创木醇及其药用用途	杀虫	愈创木醇	[59]
多伞阿魏氯仿提取物的制备方法及其应用	抗胃癌	多伞阿魏氯仿提取物	[60]
多伞阿魏挥发油指纹图谱的构建方法及其应用	抗胃癌	多伞阿魏挥发油	[61]
一组倍半萜香豆素、倍半萜色原酮类化合物	抗肿瘤、抗炎、抗凝等医药用途	倍半萜香豆素、倍半萜色原酮类化合物	[62]
一种多伞阿魏及同属相似种分子指纹鉴定方法	多伞阿魏的准确鉴定	-	[63]
一种多伞阿魏药用组合物的提取方法	简便、绿色的提取分离方法	-	[64]

报专利的情况表明多伞阿魏具有广泛的医药应用，具有显著的杀虫、抗肿瘤、抗炎等药理活性，提示多伞阿魏具有潜在的开发利用价值，有望研究开发成植物杀虫剂、抗肿瘤药物或抗炎药物。

7 其他研究

本课题组研究发现多伞阿魏地理分布与遗传多样性具有显著关系，多伞阿魏 3 个遗传多样性因子中的 Nei's 多样性指数对多伞阿魏挥发性成分含量有着较大的影响^[65]。此外，建立并优化多伞阿魏简单重复序列区间(ISSR)-聚合酶链反应(PCR)体系，对 Mg²⁺、dNTPs、引物、Taq DNA 聚合酶、模板 DNA 进行 5 因素 4 水平的正交试验，多伞阿魏 ISSR-PCR 体系具有较高的稳定性和重现性，为进一步利用 ISSR 技术进行多伞阿魏遗传多样性分析、不同种源鉴定及亲缘关系分析提供基础^[66]。

8 讨论与展望

多伞阿魏是一味新疆传统民族民间药材，广泛用于治疗慢性肠胃炎、胃溃疡、风湿性关节炎

等疾病。目前，多伞阿魏的研究取得一定的进展，主要是针对多伞阿魏挥发油的化学成分进行研究分析，其挥发油的主要化学成分为萜烯类化合物，其中倍半萜类、香豆素类等化学成分可能是其主要的药理活性成分。现代药理学研究表明多伞阿魏具有显著的杀虫、抑菌、抗肿瘤等药理活性，其中抗肿瘤活性最具有潜在的研究价值和开发利用空间，但其药效物质基础以及作用机制尚不明确，因此对其药理作用分子机制、药动学、临床应用等仍需系统深入的研究。本课题组致力于多伞阿魏的抗肿瘤研究，旨在全面地揭示多伞阿魏抗胃癌作用机制及其药效物质基础，为多伞阿魏进一步临床应用提供重要科学依据，以期将多伞阿魏药材开发研制成抗胃癌新药，并为合理开发和利用多伞阿魏资源提供科学依据。

REFERENCES

[1] Delectis Florae Reipublicae Popularis Sinicae Agendae
Chin J Mod Appl Pharm, 2020 August, Vol.37 No.16 · 2039 ·

Academiae Sinicae Edita. Flora Reipublicae Popularis Sinicae(中国植物志) [M]. Beijing: Science Press, 1992: 85-117.

- [2] 新疆生物土壤沙漠研究所. 新疆药用植物志[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1977: 116-117.
- [3] 韩爱玲, 帕里罕, 阿迪列提. 多伞阿魏与阿魏的初步定性研究[J]. 中国当代医药, 2008(24): 20.
- [4] 王春霞, 徐芳, 陈燕, 等. 三种常用药材的鉴别研究[J]. 新疆中医药, 2011, 29(5): 50-52.
- [5] 丁旭, 谭勇, 闫莉, 等. 多伞阿魏的鉴别研究[J]. 中药材, 2011, 34(6): 879-881.
- [6] 倪慧, 姜传义, 刘淑兰, 等. 阿魏属中挥发油成分的比较研究[J]. 中草药, 1997, 28(6): 331-332.
- [7] 倪慧, 姜传义, 刘淑兰, 等. 新疆多伞阿魏中挥发油成分报道[J]. 中药材, 1997, 20(1): 34-35.
- [8] 倪慧, 姜传义, 陈茂齐. 新疆多伞阿魏根中挥发油成分研究[J]. 中成药, 2001, 23(1): 54-57.
- [9] DAI B, DAI X D, QIU C C. Study on constituents of essential oil from *Ferula ferulaeoidis* [J]. Chin J Ethn Ethn(中国民族民间医药杂志), 2004, 13(3): 173-174, 186.
- [10] MIAO L J. Fingerprints study on *Ferula ferulaeoides* (Steud.) Korov. from national medicine in Xinjiang [D]. Urumqi: Xinjiang Medical University(新疆医科大学), 2014.
- [11] SHENG P, TANG D P, MIAO L J, et al. GC-MS fingerprints of essential oils of *Ferula ferulaeoides* from different habitats [J]. Chin J Mod Appl Pharm(中国现代应用药理学), 2015, 32(1): 30-37.
- [12] SHENG P, WANG S, MIAO L J, et al. Correlation between volatile oils extracted from root of *Ferula ferulaeoides* by different methods and anti-gastric cancer activity [J]. Chin Tradit Pat Med(中成药), 2013, 35(11): 2442-2448.
- [13] WANG S. Studies on the fingerprint of active site of gastric cancer *in vitro* of Xinjiang *Ferula ferulaeoides* [D]. Urumqi: Xinjiang Medical University(新疆医科大学), 2015.
- [14] WANG S, SHENG P, YAO L, et al. GC-MS fingerprint of *in vitro* anti-gastric cancer active parts from roots of Uygur medicine *Ferula ferulaeoides* [J]. Chin Tradit Herb Drugs(中草药), 2015, 46(19): 2874-2879.
- [15] KOJIMA K, ISAKA K, PUREV O, et al. Sesquiterpenoid derivatives from *Ferula ferulaeoides* [J]. Chem Pharm Bull, 1998, 46(11): 1781-1784.
- [16] KOJIMA K, ISAKA K, PUREV O, et al. Sesquiterpenoid derivatives from *Ferula ferulaeoides*. II [J]. Chem Pharm Bull, 1999, 47(5): 690-691.
- [17] KOJIMA K, ISAKA K, ONDOGNII P, et al. Sesquiterpenoid derivatives from *Ferula ferulaeoides*. III [J]. Chem Pharm Bull, 1999, 47(8): 1145-1147.
- [18] KOJIMA K, ISAKA K, ONDOGNII P, et al. Sesquiterpenoid derivatives from *Ferula ferulaeoides*. IV [J]. Chem Pharm Bull, 2000, 48(3): 353-356.
- [19] ISAKA K, NAGATSU A, ONDOGNII P, et al. Sesquiterpenoid derivatives from *Ferula ferulaeoides*. V [J]. Chem Pharm Bull, 2001, 49(9): 1072-1076.
- [20] NAGATSU A, ISAKA K, KOJIMA K, et al. New sesquiterpenes from *Ferula ferulaeoides* (STEUD.) KOROVIN. VI. isolation and identification of three new dihydrofuro [2,3-b] chromones [J]. Chem Pharm Bull, 2002, 50(5): 675-677.
- [21] MENG H, LI G Y, HUANG J, et al. Sesquiterpene coumarin and sesquiterpene chromone derivatives from *Ferula ferulaeoides* (Steud.) Korov [J]. Fitoterapia, 2013(86): 70-77.
- [22] MENG H, LI G Y, HUANG J, et al. Sesquiterpenoid derivatives from *Ferula ferulaeoides* (Steud.) Korov [J]. Phytochemistry, 2013(86): 151-158.
- [23] HU Y, LI X D, LI G Y, et al. Two novel sesquiterpenoids from the roots of *Ferula ferulaeoides* (steud.) korov [J]. Helvetica Chimica Acta, 2010, 93(5): 1019-1024.
- [24] ZHU Y, ZHANG K, LIANG X, et al. Content determination of sesquiterpene coumarin(DAW22) in *Ferula ferulaeoides* by UPLC [J]. Chin J Exp Tradit Med Formulae(中国实验方剂学杂志), 2016, 22(19): 63-65.
- [25] YANG J R. Studies on the chemical constituents of *Ferula teterrima*, *F. sinkiangensis* and *Ferula ferulaeoides* [D]. Beijing: Peking Union Medical College(中国协和医科大学), 2006.
- [26] 宋东伟, 赵文军, 吴雪萍, 等. 新疆多伞阿魏化学成分研究[J]. 中草药, 2006, 37(11): 1627-1629.
- [27] 倪慧, 姜传义, 刘淑兰, 等. 阿魏类多糖的含量测定[J]. 新疆中医药, 1999, 17(4): 3-5.
- [28] NIU L Z, LI G F, LIU H D, et al. Research and evaluation of the efficacy substance from *Ferula asafetida* as a medicinal and edible plant in Xinjiang [J]. Heilongjiang Animal Sci Vet Med(黑龙江畜牧兽医), 2016(3): 177-180.
- [29] LIU H D, LI G F, NIU L Z, et al. Research of the extraction process and determination of total flavonoids in Uygur medicine *Ferula ferulaeoides* [J]. China J Tradit Chin Med Pharm(中华中医药杂志), 2016, 31(1): 310-312.
- [30] FENG X, WANG L, LIU H D, et al. Study on optimized extraction technology of ferulic acid from *Ferula ferulaeoides* (Steud.) Korov by an orthogonal experiment method [J]. Heilongjiang Animal Sci Vet Med(黑龙江畜牧兽医), 2016(9): 196-199.
- [31] LEI L J, TENG L, ZHAO X, et al. Extraction and assay of volatile oil from *Ferula ferulaeoides* (Steud.) Korov [J]. Chin Tradit Pat Med(中成药), 2013, 35(6): 1251-1256.
- [32] QIAO M L, LUO J Y, YANG M H, et al. Effect of *Ferula ferulaeoides* on growth and apoptosis of human gastric cancer MGC-803 transplantation tumor in nude mice [J]. China J Chin Mater Med(中国中药杂志), 2019, 44(13): 2827-2834.
- [33] YANG M H, LUO J Y, QIAO M L, et al. Mechanism of uygur medicine root of *Ferula ferulaeoides* in resisting gastric cancer activity and inducing cell apoptosis and cell cycle arrest *in vitro* [J]. China J Exp Tradit Med Formulae(中国实验方剂学杂志), 2018, 24(10): 112-122.
- [34] YAO L, DU B J, HU H H, et al. Inhibitory effect of Xinjiang *Ferula ferulaeoides* korov extract on the proliferation of cancer cell of SGC-7901 [J]. Guid J Tradit Chin Med Pharm(中医药导报), 2014, 20(14): 26-29.
- [35] ZHANG L, TONG X P, ZHANG J, et al. DAW22, a natural sesquiterpene coumarin isolated from *Ferula ferulaeoides* (Steud.) Korov. that induces C6 glioma cell apoptosis and

- endoplasmic Reticulum (ER) stress [J]. *Fitoterapia*, 2015(103): 46-54.
- [36] WANG F L, WANG J H, CHONG Z Z, et al. A modified DAW-22 compound F-B1 inhibits Bcr/Abl and induces apoptosis in chronic myelogenous leukemia cells [J]. *Anti-Cancer Drugs*, 2019, 30(2): 159-166.
- [37] LI X X, ZHANG S J, CHIU A P, et al. Targeting of AKT/ERK/CTNNB1 by DAW22 as a potential therapeutic compound for malignant peripheral nerve sheath tumor [J]. *Cancer Med*, 2018, 7(9): 4791-4800.
- [38] LIU T. Chemical constituents from two plants of apiaceae and their biological activities [D]. Shanghai: Fudan University(复旦大学), 2013.
- [39] GAO T T, YU F H, TAN Y, et al. Study on antimicrobial activity in vitro of extracts from three species of *Ferula root* [J]. *North Hort*(北方园艺), 2013(24): 156-158.
- [40] SUN Z L, LIU T, WANG S Y, et al. TLC-bioautography directed isolation of antibacterial compounds from active fractionation of *Ferula feruloides* [J]. *Nat Prod Res*, 2019, 33(12): 1761-1764.
- [41] LIU T, OSMAN K, KAATZ G W, et al. Antibacterial sesquiterpenoid derivatives from *Ferula ferulaeoides* [J]. *Planta Med*, 2013, 79(8): 701-706.
- [42] LIU T, WANG C J, XIE H Q, et al. Guaiol: a naturally occurring insecticidal sesquiterpene [J]. *Nat Prod Commun*, 2013, 8(10): 1353-1354.
- [43] 叶尔波, 刘发, 熊元君, 等. 新疆三种阿魏的抗炎与免疫抑制作用[J]. *西北药学杂志*, 1993, 8(2): 72-75.
- [44] XIONG Y J, LIU F, YE E B, et al. Effects of three species of *Ferula* on the gastroenteric tract [J]. *J Xinjiang Med Univ*(新疆医学院学报), 1993, 16(4): 300-302.
- [45] TANG D P, SHENG P, MIAO L J, et al. Correlation analysis between volatile oil of *Ferula ferulaeoides* of Xinjiang ethnic medicine and soil factors [J]. *Chin J Mod Appl Pharm*(中国现代应用药学), 2016, 33(2): 133-138.
- [46] TANG D P. The correlation analysis on the volatile oil from *Ferula ferulaeoides* with its genetic diversity, ecological factor in Xinjiang ethnic medicine [D]. Urumqi: Xinjiang Medical University(新疆医科大学), 2015.
- [47] FU Y, ZHUANG L, WANG Z K, et al. On the physical chemical and soil microbial properties of soils in the habitat of wild *Ferula ferulaeoides* in Xinjiang [J]. *Acta Ecologica Sinica*(生态学报), 2012, 32(10): 3279-3287.
- [48] LI X B, ZHUANG L, WANG Z K, et al. Relationship of the physiological characteristics of *Ferula ferulaeoides* with soil water content and nutrients [J]. *Xinjiang Agric Sci*(新疆农业科学), 2011, 48(11): 2095-2101.
- [49] LI X B, ZHUANG L, WANG Z K, et al. Comparison study on soil nutrient and photosynthetic characteristics of *Ferula ferulaeoides* at different growth periods [J]. *Bull Bot Res*(植物研究), 2012, 32(2): 151-158.
- [50] LI X B, ZHUANG L, WANG Z K, et al. A study on photosynthetic physiological characteristics of *Ferula ferulaeoides* in different growth conditions [J]. *Henan Sci*(河南科学), 2011, 29(11): 1316-1321.
- [51] MA Y, TAXIPULATI T, LV G H, et al. Resistance physiology of ephemeral plant *Ferula ferulaeoides* irradiated by low-energy ion beam [J]. *Acta Ecologica Sinica*(生态学报), 2008(9): 4115-4119.
- [52] FENG G W, WU B S, LV J, et al. Effect of ion beam implantation on several physiological and biochemical indexes of *Ferula ferulaeoides* Korov. Seed [J]. *Biotechnology*(生物技术), 2008, 18(4): 59-61.
- [53] FENG G W. Bio-effects of *Ferula ferulaeoides* (Steud.) Korov. by N⁺ implantation and tissue culture [D]. Urumqi: Xinjiang University(新疆大学), 2008.
- [54] SURAN D, BAYARMAA G A, BOLOR T, et al. *In vitro* seed germination and callus induction of *Ferula ferulaeoides* (Steud.) Korov. (Apiaceae) [J]. *Mong J Biol Sci*, 2016, 14(1/2): 53-58.
- [55] WANG X, WANG Z, JIANG P, et al. Bacterial diversity and community structure in the rhizosphere of four *Ferula* species [J]. *Sci Rep*, 2018, 8(1): 5345.
- [56] LIU H J, ZHUANG L, ZHANG L, et al. A preliminary study on the characteristics of productive biology of *Ferula ferulaeoides* [J]. *J Shihezi Univ Nat Sci*(石河子大学学报:自然科学版), 2013, 31(4): 403-407.
- [57] ZHAO X Y, WANG Z K, LI G F, et al. A study on breeding characteristics and ecological adaptability of the *Ferula ferulaeoides* [J]. *Bull Bot Res*(植物研究), 2019, 39(3): 321-328.
- [58] LIU H J. Breeding system of *Ferula ferulaeoides* [D]. Shihezi: Shihezi University(石河子大学), 2013.
- [59] 谢慧琴, 刘涛, 王春娟, 等. 天然倍半萜化合物愈创木醇及其药用用途: CN102795969A [P]. 2012-11-28.
- [60] 盛萍, 姚蓝, 王飒, 等. 多伞阿魏氯仿提取物的制备方法及其用途: 中国, CN103230424A [P]. 2013-08-07.
- [61] 盛萍, 王飒, 苗莉娟, 等. 多伞阿魏挥发油指纹图谱的构建方法及其用途: 中国, CN103308638A [P]. 2013-09-18.
- [62] 李国玉, 黄健, 孟鹤, 等. 一组倍半萜香豆素、倍半萜色原酮类化合物: 中国, CN103113382A [P]. 2013-05-22.
- [63] 盛萍, 苗莉娟, 王飒, 等. 一种多伞阿魏及同属相似种分子指纹鉴定方法: 中国, CN103266171A [P]. 2013-08-28.
- [64] 赵文军, 吴雪萍, 宋东伟, 等. 一种多伞阿魏药用组合物的提取方法: 中国, CN1762398 [P]. 2006-04-26.
- [65] TANG D P, SHENG P, MIAO L J, et al. Correlation analysis between volatile oil from *Ferula ferulaeoides* in Xinjiang ethnic medicine and its genetic diversity [J]. *China J Exp Tradit Med Formulae*(中国实验方剂学杂志), 2016, 22(8): 41-46.
- [66] SHENG P, MIAO L J, AN L S, et al. Establishment and optimization for ISSR-PCR System of *Ferula ferulaeoides* [J]. *J China Pharm*(中国药房), 2014, 25(15): 1345-1349.

收稿日期: 2020-03-15
(本文责编: 蔡珊珊)