

南蛇藤属植物化学成分及药理作用研究进展

肖本游, 王发松, 刘 瑶, 张昌鹏, 肖 强, 崔令军*

生物资源保护与利用湖北省重点实验室(湖北民族大学), 湖北 恩施 445000

摘 要: 南蛇藤属 *Celastrus* L. 植物资源丰富, 包含 50 多个种, 在我国分布广泛。该属化学成分多样, 主要包括 β -二氢沉香呋喃型倍半萜、三萜和黄酮等化合物, 药理作用广泛, 具有抗肿瘤、抗菌、抗炎、调血脂等作用。但目前关于南蛇藤属植物综述性报道较少, 通过对近年来关于南蛇藤属植物化学成分及药理作用的相关研究进行归纳总结, 以期后续深入研究和开发利用南蛇藤属植物提供参考。

关键词: 南蛇藤属; 化学成分; 抗肿瘤; 抗菌; 抗炎; 调血脂; β -二氢沉香呋喃型倍半萜; 抗肿瘤

中图分类号: R286.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2022)06-1919-14

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2022.06.035

Advances on chemical constituents and pharmacological activities of *Celastrus*

XIAO Ben-you, WANG Fa-song, LIU Yao, ZHANG Chang-peng, XIAO Qiang, CUI Ling-jun

Key Laboratory of Biological Resources Protection and Utilization of Hubei Province (Hubei Minzu University), Enshi 445000, China

Abstract: The *Celastrus* plants are abundant, including more than 50 species, which are widely distributed in China. It has a variety of chemical constituents, mainly including β -dihydroagarofuran sesquiterpene, triterpene and flavonoids, and has a wide range of pharmacological effects, including anti-tumor, anti-bacterial, anti-inflammatory, hypolipidemic and other effects. However, at present, there are few reports on the *Celastrus* plants. This paper summarizes the related studies on the chemical constituents and pharmacological activities of the *Celastrus* plants in recent years, which provide reference for further research and development and utilization of the *Celastrus* plants.

Key words: *Celastrus* L.; chemical constituents; anti-tumor; anti-bacterial; anti-inflammatory; hypolipidemic; β -dihydroagarofuran sesquiterpene; antitumor

南蛇藤属 *Celastrus* L. 系卫矛科 (Celastraceae) 植物, 为藤状灌木。该属植物包含 50 多个种, 分布于世界各地, 常见的有灯油藤、独子藤、苦皮藤、显柱南蛇藤等, 我国约有 30 种分布于各地^[1]。目前研究发现, 南蛇藤属植物萜类成分较为丰富, 此外还含有生物碱、黄酮等成分。现代药理研究表明, 该属植物具有良好的抗肿瘤、抗炎、抗菌、抗病毒^[2]等药理活性。目前, 南蛇藤属植物化学成分及药理作用的研究比较多, 本文对近年来南蛇藤属植物化学成分及药理活性方面取得的最新研究进展进行归纳总结和简要分析, 以期南蛇藤属植物资源的进一步研究与开发利用提供参考。

1 化学成分

南蛇藤属植物大多含倍半萜、二萜、三萜和黄酮等化合物, 其中以倍半萜的种类最为丰富, 其构型主要是 β -二氢沉香呋喃型倍半萜型。二萜类主要是松香烯型, 三萜类主要是齐墩果烷型、乌苏烷型、木栓烷型和羽扇豆烷型; 同时还含有脂肪酸、挥发油等物质。

1.1 β -二氢沉香呋喃型倍半萜

2021 年 Mu 等^[3]从南蛇藤种子中分离得到 29 种 β -二氢沉香呋喃型倍半萜化合物, 其中 17 种新化合物, 12 种已知化合物。2021 年廖怀玉等^[4]从苦皮藤中发现 2 个 β -二氢沉香呋喃型倍半萜新化合物。

收稿日期: 2021-09-06

基金项目: 生物资源保护与利用湖北省重点实验室项目 (PT012105); 湖北省技术创新专项 (重大项目) (2019ACA120); 湖北民族大学博士启动基金 (MY2017B029)

作者简介: 肖本游 (1994—), 男, 硕士研究生, 研究方向为天然产物化学。E-mail: 1287923096@qq.com

*通信作者: 崔令军, 博士, 副教授, 主要从事天然产物研究与开发。E-mail: lingjuncui@163.com

2021 年 Chen 等^[5]从苦皮藤中分离得到 3 个新化合物。2019 年黎汝林^[6]从显柱南蛇藤果实中分离得到 12 个 β -二氢沉香呋喃型倍半萜新化合物。 β -二氢沉香呋喃型倍半萜是南蛇藤属发现最多的化合物种类,其母核主要为 β -二氢沉香呋喃型倍半萜(图 1),其取代基位点多,取代基种类也较多,多为羟基、苯甲酰氧基、乙酰氧基、呋喃甲酰氧基等(图 2),共同组成了各种不同的结构,具体见表 1。

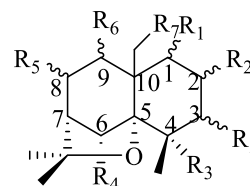


图 1 β -二氢沉香呋喃型倍半萜基本母核结构
Fig. 1 Basic structure of β -dihydroagarofuran sesquiterpene

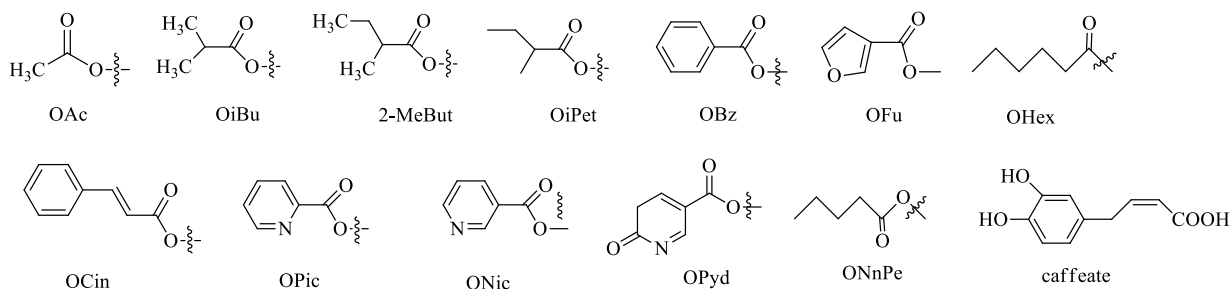


图 2 常见取代基

Fig. 2 Common substituent group

表 1 南蛇藤属中的 β -二氢沉香呋喃型倍半萜型化合物
Table 1 β -Dihydroagarofuran sesquiterpene from *Celastrus*

编号	取代基							文献
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	
1	OAc	=O	H	OAc	α OAc	α OAc	OAc	3
2	α OAc	H	OAc	α OH	H	H	H	3
3	α OCin	H	OAc	β OAc	H	H	H	3
4	α OAc	β OH	OAc	α OAc	H	H	H	3
5	α OAc	β OH	OH	α OAc	H	H	H	3
6	α OH	H	OAc	α OAc	H	H	H	3
7	α OAc	β OAc	OAc	α OAc	H	H	H	3
8	α OAc	α OCin	H	OAc	α OAc	α OBz	H	3
9	α OAc	β OAc	H	OCin	α OH	β OBz	H	3
10	α OAc	α OAc	OAc	OAc	OAc	H	H	3
11	α OAc	α OH	H	OCin	β OAc	β OBz	H	3
12	α OAc	β OH	H	OAc	β OH	β OBz	H	3
13	α OAc	β OAc	H	OAc	β OH	β OBz	H	3
14	α OAc	β OAc	H	OAc	α OH _{hex}	β OBz	H	3
15	β OAc	α OAc	H	OBz	H	β OBz	H	3
16	α OH	β OH	H	OAc	β OH	β OBz	H	3
17	α OAc	H	H	OAc	α OAc	α OBz	H	3
18	α OAc	β OAc	H	OAc	β OAc	β OAc	H	3
19	α OAc	β OAc	H	OCin	β OAc	β OAc	H	3
20	α OAc	β OAc	H	OAc	β OAc	α OBz	H	3
21	α OAc	α OCin	H	OAc	α OAc	α OBz	H	3
22	β OAc	α OAc	H	ONic	β OAc	β OBz	H	3
23	α OAc	H	H	OAc	H	β OBz	H	3

续表 1

编号	取代基							文献
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	
24	αOAc	H	H	OBz	H	βOBz	H	3
25	αOAc	H	H	OCin	H	βOBz	H	3
26	αOAc	βOAc	H	OCin	H	βOBz	H	3
27	αOAc	H	H	OAc	αOAc	βOBz	H	3
28	OAc	OAc	OH	OH	OiPet	OBz	OAc	4
29	OAc	OBz	OH	OH	OiBu	OBz	OAc	4
30	OFu	OFu	OH	OH	OiBu	OBz	OAc	5
31	OAc	OFu	OH	OAc	OiBu	OBz	OAc	5
32	OAc	OAc	H	OAc	OiBu	OBz	OAc	5
33	OAc	OAc	H	OAc	H	OBz	H	6
34	OAc	H	H	OAc	OBz	OBz	OAc	6
35	OCin	H	H	OAc	OBz	OBz	H	6
36	OAc	OAc	H	OAc	H	OCin	OBz	6
37	OAc	H	H	OAc	OMeBut	OBz	OAc	6
38	OAc	H	H	OAc	H	OCin	OBz	6
39	OAc	OBz	OH	OAc	H	OCin	H	6
40	OAc	OAc	H	OAc	OH	OCin	H	6
41	OAc	OBz	H	OH	H	OCin	OBz	6
42	OAc	H	H	OH	H	OCin	OBz	6
43	OAc	OH	H	OAc	H	OCin	OBz	6
44	OCin	H	H	H	OAc	OBz	OAc	6
45	OBz	H	OH	OCin	H	OBz	H	7
46	OAc	H	OH	H	OAc	OBz	OAc	7
47	OBz	OAc	OH	OCin	H	OBz	H	7
48	OAc	OBz	H	OBz	OAc	OBz	H	8
49	OAc	OAc	H	OAc	OAc	OBz	H	8
50	OAc	=O	H	OAc	OAc	OBz	H	8
51	OAc	OAc	H	OAc	H	OBz	H	8
52	OAc	OAc	H	OCin	H	OBz	H	8
53	OAc	OAc	H	OAc	OH	OBz	H	8
54	OAc	OAc	H	H	OCin	OBz	H	8
55	OAc	OAc	H	OAc	OAc	OBz	OAc	8
56	OAc	OAc	H	OAc	OAc	OBz	H	8
57	OAc	OAc	H	OCin	OAc	OBz	H	8
58	OAc	OAc	H	H	OAc	OBz	H	8
59	OAc	OAc	OAc	OAc	=O	OAc	OAc	8
60	OBz	OBz	H	2-MeBut	OH	OAc	H	9
61	OAc	H	H	H	OBz	OBz	OCin	10
62	OAc	OAc	H	H	H	OBz	OCin	10
63	OCin	OH	OH	OAc	OAc	OAc	OAc	10

续表 1

编号	取代基							文献
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	
64	OAc	OiBu	OH	OAc	OAc	OBz	OiBu	11
65	OAc	OAc	OH	OH	OAc	OBz	OiBu	11
66	OAc	OAc	OH	OAc	OiBu	OFu	OAc	11
67	OAc	OAc	OH	OBz	OAc	OBz	OAc	12
68	OAc	OAc	H	OAc	OFu	OFu	OAc	12
69	OAc	OiBu	OH	OH	OiBu	OBz	OAc	12
70	OAc	OAc	OH	OAc	OAc	OBz	OiBu	12
71	OAc	OAc	OH	OAc	OBz	OFu	OAc	12
72	OAc	OAc	OH	OH	OiBu	OBz	OiBu	12
73	OAc	OAc	OH	OAc	OFu	OFu	OAc	12
74	OAc	OAc	OH	OAc	OAc	OFu	OAc	12
75	OAc	OAc	OH	OH	OiBu	OBz	OiPet	12
76	OAc	OAc	OH	OH	OiBu	OBz	OiBu	12
77	OAc	OAc	OH	OAc	OiBu	OFu	OiBu	12
78	OAc	OAc	OH	OAc	OiBu	OFu	OAc	12
79	OAc	OAc	OH	OH	OiBu	OBz	OAc	12
80	OAc	OAc	OH	OAc	OAc	OBz	OAc	12
81	OAc	H	OH	OH	OiBu	OBz	OAc	12
82	OAc	OAc	H	OAc	H	OAc	OAc	13
83	OAc	OAc	H	OAc	2-MeBut	OAc	OAc	13
84	OAc	H	H	OAc	OAc	OBz	OAc	13
85	OAc	OAc	H	OAc	OBz	OBz	OAc	13
86	OAc	OAc	H	OAc	OAc	OBz	OAc	13
87	OAc	OAc	OH	OH	OAc	OBz	OAc	13
88	OAc	H	H	OAc	OBz	OBz	OAc	13
89	OAc	OAc	OH	OAc	2-MeBut	OBz	2-MeBut	14
90	OPic	OAc	OH	OAc	2-MeBut	OFu	2-MeBut	15
91	OPic	OAc	OH	OAc	2-MeBut	OBz	2-MeBut	15
92	OAc	OCin	OH	OAc	2-MeBut	OBz	2-MeBut	15
93	OAc	OAc	OH	OH	OiBu	OBz	OiBu	15
94	OAc	OAc	OH	OAc	OiBu	OBz	OiBu	15
95	OAc	OAc	OH	OAc	OiBu	OBz	OiPet	15
96	OAc	OAc	OH	OAc	OiPet	OBz	OiPet	15
97	OAc	OAc	OH	OAc	OAc	OFu	OCin	16
98	OAc	OAc	OH	OAc	OCin	OFu	OAc	16
99	OAc	OAc	OH	OAc	OAc	OBz	OCin	16
100	OAc	OAc	OH	H	OiBu	OBz	OCin	16
101	OAc	OFu	OH	OAc	OiBu	OCin	OiBu	16
102	OAc	H	H	H	OBz	OBz	OAc	17
103	OAc	H	H	OAc	OBz	OBz	H	17
104	OAc	OAc	H	H	OAc	OBz	OAc	17
105	OAc	H	H	H	OH	OBz	OAc	17
106	OAc	OAc	H	H	OAc	OBz	OAc	17

续表 1

编号	取代基							文献
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	
107	OH	H	H	OAc	OAc	OBz	H	17
108	OAc	OAc	H	OAc	=O	OAc	OAc	17
109	OAc	OAc	OH	OAc	OAc	OBz	OAc	17
110	OAc	OAc	H	H	OAc	OBz	OAc	17
111	OAc	OAc	H	OAc	OAc	OBz	H	18
112	OAc	OAc	H	OBz	OAc	OBz	H	18
113	OAc	OAc	H	OCin	OAc	OBz	H	18
114	OAc	βOAc	H	OAc	OAc	OBz	H	18
115	OAc	=O	H	OAc	OAc	OBz	H	18
116	OAc	OAc	H	OAc	H	OBz	H	18
117	OAc	OAc	H	OCin	H	OBz	H	18
118	OAc	OAc	H	OAc	OH	OBz	H	18
119	OAc	OAc	H	H	OAc	OBz	H	18
120	OAc	αOCin	H	OAc	OAc	OBz	H	18
121	OAc	OAc	H	OAc	OAc	OBz	H	18
123	OAc	OAc	H	OAc	OAc	OBz	H	18
124	OAc	OAc	H	OAc	=O	OAc	OAc	18

1.2 生物碱

生物碱一般是指存在于生物体内的一类含氮有机物,南蛇藤属植物目前发现的生物碱,主要是 β-二氢沉香呋喃型倍半萜母核上连有含氮基团(125~148),如 α-吡啶甲酰基或 β-吡啶甲酰基等,其还有一种特殊的构型,即 β-二氢沉香呋喃型倍半萜母核与吡啶环通过二酯键形成大环(149~151),母核见图 3,具体化合物见表 2。

1.3 二萜

研究发现,二萜类化合物在南蛇藤属植物中的相对较少,目前只有 12 种,具体见表 3,化合物(152~163)结构式见图 4。

1.4 三萜

多数三萜是由 30 个碳原子组成的萜类化合物,

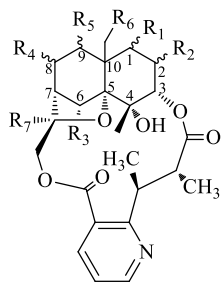


图 3 含吡啶环的环形 β-二氢沉香呋喃型倍半萜母核
Fig. 3 Basic structure of β-dihydroagarofuran sesquiterpene with pyridine alkaloids

南蛇藤属植物中三萜类化合物种类多样,目前已发现大多为五环三萜,如木栓烷型、齐墩果烷型、羽扇豆烷型、达玛烷型、乌苏烷型和何帕烷型等。

1.4.1 木栓烷型 目前从南蛇藤属中分离鉴定的木栓烷型三萜有 56 种左右,木栓烷型三萜上的取代位点较多,取代基多以羟基、羰基、羧基最常见。目前研究发现,木栓烷型三萜主要存在于南蛇藤根皮部位。陈铭祥等^[22-26]在 2013~2020 年,从独子藤中根皮陆续分离出 27 种木栓烷型三萜。王奎武^[27]从粉背南蛇藤和短梗南蛇藤根皮中分离得到 6 种木栓烷型三萜。具体见表 4、5 和图 5。

1.4.2 齐墩果烷型 目前从南蛇藤属植物中分离得到齐墩果烷型三萜大多都是游离态,少见有成酯或成苷的结合态。分析发现,目前的主要研究集中在南蛇藤属植物中小极性部位的分离,少见正丁醇等大极性部位的分离。其齐墩果烷母核上常见羟基、咖啡酰基、甲基、羧基等,具体见表 6 和图 6。

1.4.3 羽扇豆烷型 羽扇豆烷型三萜中的 E 环为五元环,且在 E 环的 19 位上有 α-构型取代的异丙基,母核结构见图 7。目前从南蛇藤属植物中的灯油藤、粉背南蛇藤、皱叶南蛇藤、短梗南蛇藤、苦皮藤等中分离得到 10 余种该构型三萜,具体见图 7 和表 7、8。

表 2 南蛇藤属中 β -二氢沉香呋喃型生物碱Table 2 β -Dihydroagarofuran sesquiterpene with pyridine alkaloids from *Celastrus*

编号	取代基							文献
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	
125	OAc	=O	H	OAc	β ONic	β OBz	H	3
126	α OAc	α OAc	H	OCin	H	β ONic	H	3
125	OAc	=O	H	OAc	β ONic	β OBz	H	3
126	α OAc	α OAc	H	OCin	H	β ONic	H	3
127	α OAc	β OAc	H	OAc	α OAc	β ONic	H	3
128	OAc	OAc	H	H	OAc	OBz	ONic	17
129	OAc	OAc	H	H	ONic	OBz	H	18
130	OAc	OAc	H	ONic	OAc	OBz	H	18
131	α OAc	α OiBu	β OH	β OH	β ONic	α OBz	OAc	19
132	α OAc	α OFu	β OH	β OAc	α OiBu	β ONic	OiBu	19
133	α OAc	H	H	H	β OBz	α ONic	ONic	19
134	α OAc	H	H	H	β OH	α OBz	ONic	19
135	α OAc	H	H	H	β 2-MeBut	α OBz	ONic	19
136	α OAc	H	H	H	β OiBu	α OBz	ONic	19
137	α OAc	H	H	H	α OBz	α OBz	ONic	19
138	α OAc	α OAc	H	H	β OAc	α OBz	OPic	19
139	α OAc	α OiBu	β OH	β OH	β ONic	α OBz	OAc	19
140	α OAc	α OFu	β OH	β OAc	β OiBu	β ONic	OiBu	19
141	α OAc	α OAc	H	H	β OAc	α ONic	ONic	19
142	α OAc	α OAc	H	H	β OAc	α ONic	ONic	19
143	α OiBu	H	H	H	β OAc	α ONic	ONic	19
144	α OnPe	H	H	H	β OAc	α OBz	ONic	19
145	α OAc	α OAc	H	β OAc	α ONic	α OBz	OAc	19
146	α OH	α OAc	H	β OAc	α ONic	α OBz	OAc	19
147	α OAc	H	H	H	β OAc	α OBz	ONic	19
148	α OAc	H	H	H	β OAc	α ONic	OBz	19
149	OAc	ONic	OAc	OiBut	OAc			20
150	OBz	OAc	OBz	OAc	OBz			20
151	OAc	OPyd	OAc	OAc	OAc			20

表 3 南蛇藤属中二萜类化合物

Table 3 Diterpenoid compound from *Celastrus*

编号	化合物	文献
152	aculeatusane A	21
153	ent-kaur-15-en-19,20-olide	20
154	(-)-20-hydroxykaur-16-en-19-oic acid lactone	20
155	8 β ,19-dihydroxy-3-oxopimar-15-ene	20
156	(+)-7-deoxynimbidiol	20
157	celahypodiol	20
158	furreginol	20
159	suigol	20
160	Δ^5 -nimbidiol	20
161	celaphanol A	20
162	celaphanol B	20
163	nimbidiol	20

1.4.4 达玛烷型、乌苏烷型和何帕烷型 目前南蛇藤属植物中分离发现的达玛烷型、乌苏烷型、何帕烷型三萜较少。Wang 等^[42]从短梗南蛇藤中分离得到 3 个具有显著抗肿瘤活性的达玛烷型三萜，鲁亚苏^[19]从灯油藤中分离得到 1 个达玛烷型三萜和 1 个乌苏烷型三萜，Wang 等^[33]从粉背南蛇藤中分离得到 1 个何帕烷型三萜。具体见表 8、表 9 和图 8。

1.5 黄酮类

黄酮类化合物的基本母核为 2-苯基色原酮类化合物，是一类重要的天然有机化合物。南蛇藤属植物中发现的黄酮类不多，多以黄酮苷较常见。具体结构和信息见表 10 和图 9。

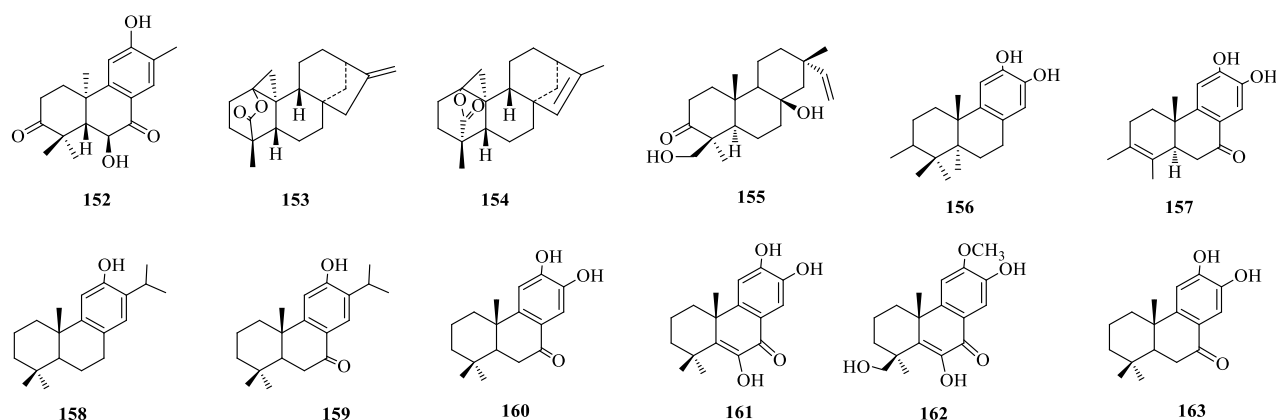


图 4 南蛇藤中二萜类化合物

Fig. 4 Diterpenoid compound from *Celastrus*

表 4 南蛇藤属中木栓烷型三萜

Table 4 Friedelane triterpenoid from *Celastrus*

编号	化合物	文献
164	3-oxo-12 α , 28-dihydroxyfriedelan	25
165	3-oxo-3 β -dihydroxyfriedelan-28-oic acid	25
166	3-oxo-suberane-27, 28-dioic acid	25
167	3,15-dioxo-12 α -hydroxyfriedelan	25
168	3-oxo-2 β -hydroxyfriedelan-29-oic acid	22
169	3 β -hydroxy-27-acetyloxy-suberane-28-acid	23
170	friedelan-3-one	24
171	3, 12-dioxofriedelane	24
172	3-oxo-12 α -hydroxyfriedelane	24
173	3-oxo-30-hydroxyfriedelane	24
174	3-oxo-friedelan-28-al	25
175	3-oxo-28-hydroxyfriedelan	25
176	3-oxo-29-hydroxyfriedelan	25
177	3-oxo-16 α -hydroxyfriedelan	25
178	3-oxo-7 α ,26-dihydroxyfriedelan	25
179	3 α -hydroxyfriedelan	25
180	3, 12-dioxofriedelan-28-al	25
181	3-oxo-12 α ,28-dihydroxyfriedelan	25
182	3-oxo-16 α ,30 β -dihydroxyfriedelan	27
183	3-oxo-16 α ,28-dihydroxyfriedelan	27
184	3, 12-dioxo-12 α -hydroxyfriedelan	27
185	3-oxo-30-methoxyfriedelan	28
186	3-oxo-30-hydroxyfriedelan	29
187	3-oxo-11-hydroxyfriedelan	25
188	3, 12-dioxo-12 α -hydroxyfriedelan	25
189	3-oxo-4 α -26-dihydroxyfriedelan	25
190	3-oxo-4 α -methylfriedelan-29-oic acid	29
191	3, 4-secofriedelan-3, 28-dioic acid	25
192	2,3-dioxo-6 α ,10-dihydroxy-24-nor-friedelan-4,7-dien-29-oic acid	22
193	21-oxo-2 α ,3 α ,22 β -trihydroxy-29-nor-friedelan-24,2 α -lactone	22

续表 4

编号	化合物	文献
194	2-oxo-3-hydroxy-suberane-3-ene-29-acid	23
195	3, 4-secofriedelan-3, 28-dioic acid	23
196	3 β , 21 β -dihydroxy-30-nor-friedelan-20(29)-en-27-oic acid	24
197	maytenfolone A	28
198	2-hydroxy-3-methyl-21-oxo-12, 24-dinor-D: B-friedooleana-1, 3, 5	30
196	3 β , 21 β -dihydroxy-30-nor-friedelan-20(29)-en-27-oic acid	24
199	celastrol	30
200	pristimerin	30
201	25(9 $\rightarrow$ 8)abeo-24-nor-friedelan-2,3-dioxo-1(10),4,6,9(11)-tetraen-29-oic acid	31
202	25(9 $\rightarrow$ 7)abeo-24-nor-friedelan-2,3-dioxo-1,3,5(10),6,8,11-hexaen-29-oic acid	31
203	25(9 $\rightarrow$ 8)abeo-24-nor-friedelan-8,14-seco-friedelan-2,3-dihydroxy-1,3,5(10),6,8,14(27)-hexa-en-29-oic acid	31
204	25(9 $\rightarrow$ 8),26(13 $\rightarrow$ 14)-abeo-24-nor-8,14-seco-fridelan-2,3-dihydroxy-1,3,5(10),6,8-pentaen-29(13)-olide	31
205	cassinolide	29
206	3 β ,21 α -dihydroxyglut-5-ene	29
207	2-methyl- pristimerin	29
208	5-giutinene-3 β ,29-diol	29
209	salaspermic acid	22
210	orthosphenic acid	22
211	wilforol B	31
212	wilforol A	31
213	Triptohypol C	31
214	regeol C	31
215	wilforol E	31
216	isocelastrolone A α	32
217	celastrolone A α	31
218	celastrolone A β	31
219	celastrolone B α	31
220	celastrolone B β	31

表 5 南蛇藤属木栓烷型三萜

Table 5 Friedelane triterpenoid from *Celastrus*

编号	取代基									文献
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	
164	β OH	=O	H	H	H	H	H	COOH	H	22
165	H	β OH	H	H	H	OAc	COOH	H	H	23
166	H	=O	H	H	H	H	H	H	H	24
167	H	=O	=O	H	H	H	H	H	H	24
168	H	=O	H	H	H	H	H	H	H	24
169	H	=O	H	H	H	H	H	H	OH	24
170	H	=O	H	H	H	H	CHO	H	H	25
171	H	=O	α OH	H	H	H	OH	H	H	25
172	α OH	β OH	H	H	H	H	COOH	H	H	25
173	H	=O	H	H	H	COOH	COOH	H	H	25
174	H	=O	α OH	=O	H	H	H	H	H	25
175	H	=O	α OH	H	H	H	OH	H	H	25
176	H	=O	H	H	H	H	OH	H	H	25
177	H	=O	H	H	H	H	H	OH	H	25
178	H	=O	H	H	OH	H	H	H	H	25
179	H	α OH	H	H	H	H	H	H	H	25
180	H	=O	=O	H	H	H	CHO	H	H	25
181	H	=O	α OH	H	H	H	OH	H	H	26
182	H	=O	H	H	α OH	H	H	H	OH	27
183	H	=O	H	H	α OH	H	OH	H	H	27
184	H	=O	α OH	H	H	H	H	H	H	27
185	H	=O	H	H	H	H	H	H	CH ₂ OCH ₃	28
186	H	=O	H	H	H	H	H	H	CH ₂ OH	28

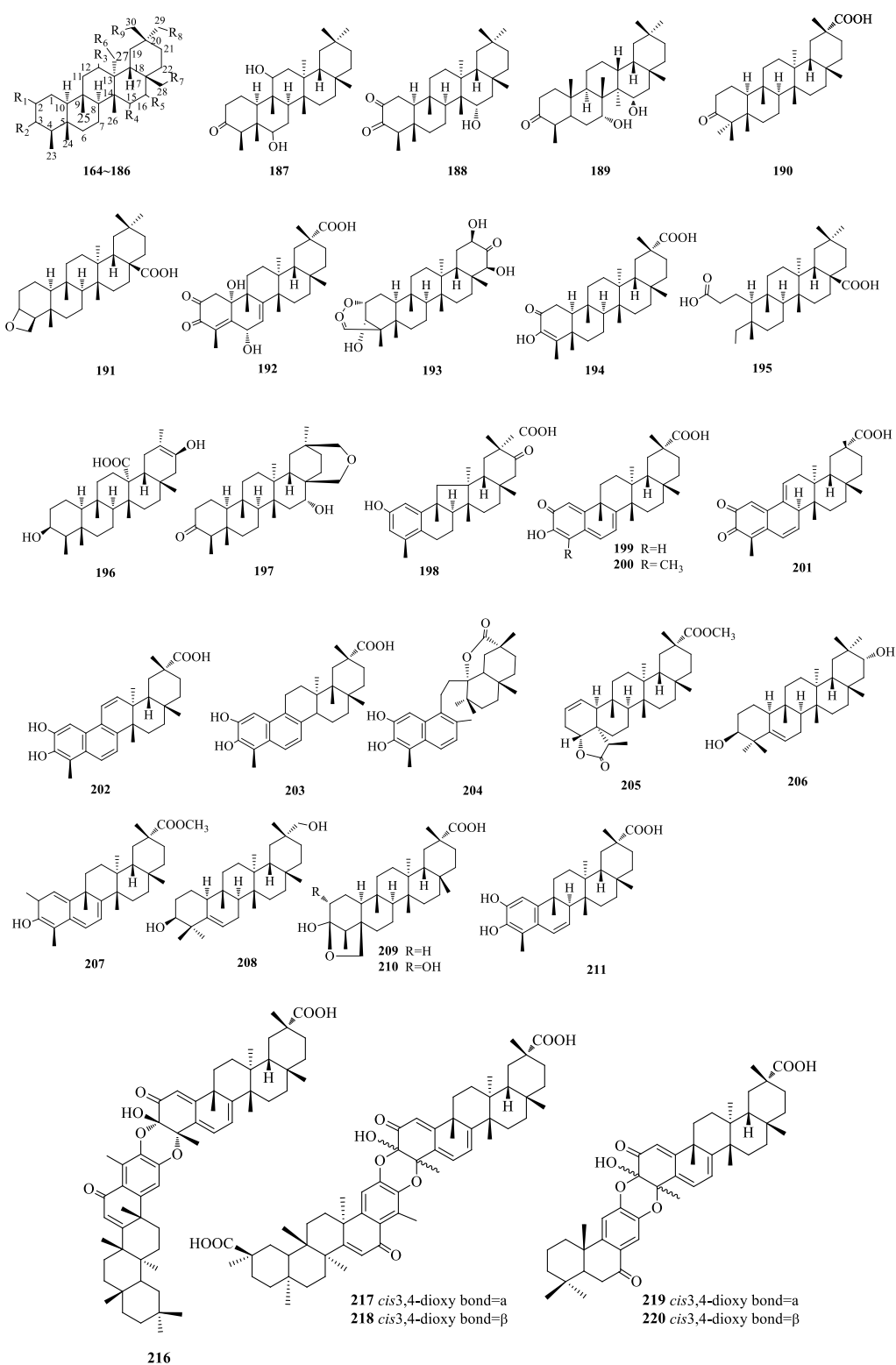


图 5 南蛇藤属木栓烷型三萜

Fig. 5 Friedelane triterpenoid from *Celastrus*

1.6 其他类

南蛇藤属植物中还含有一些脂肪酸酯，如二十二烷酸、十二烷酸-1-单甘油酯、十八烷酸-1-单

甘油酯等^[29]。也常见一些酚酸，如苯甲酸、2-羟基苯甲酸、3,4-二羟基苯甲酸、4-羟基苯甲酸、香草酸等^[47]。

表 6 南蛇藤属中齐墩果烷型三萜

Table 6 Oleanane triterpenoid from *Celastrus*

编号	化合物	文献	编号	化合物	编号
221	3 β -hydroxyolean-5,12-dien-28-oic acid	29	234	9(11),12-oleanadien-3 β -ol	34
222	1 β ,3 β ,11 β -trihydroxy-olean-12-enyl-3-palmitate	29	235	(3 β),olean-12ene-3,23-diol	36
223	12-oleanaen-3-one	29	236	6 α -hydroxyolean-12-3-one	36
224	12-oleanaen-3 β ,11 β -diol	29	237	wilforlide A	36
225	1 β ,3 β ,11 β -dihydroxy-olean-9(11),12-dienyl-3-palmitate	29	238	wilforlide B	36
226	xyloketal	32	239	(3 β ,22 α)-3,22-dihydroxyolean-12-en-29-oic acid	36
227	12-oleanaen-3 β ,6 α -diol	33	240	24-hydroxy-3-oxo-12oleanen-28-oic acid	37
228	12-oleanaen-3 β -ol	34	241	erythrodiol	38
229	12-oleanaen-3 β -caffeate	34	242	3-oxoolean-12-en-28-oic acid	39
230	olean-28-al-3 β -yl-caffeate	35	243	3-oxoolean-24-norolean-12-en-28-oic acid	39
231	oleanolic acid-3 β -caffeate	35	244	oleanolic acid	39
232	9(11),12-oleanadien-3-one	34	245	3 β -hydroxy-2-oxoolean-12-ene-22,29-actone	39
233	9(11),12-oleanadien-3 β -caffeate	34	246	3 β ,22 α -dihydroxy-olean-12-en-29-oic acid	40

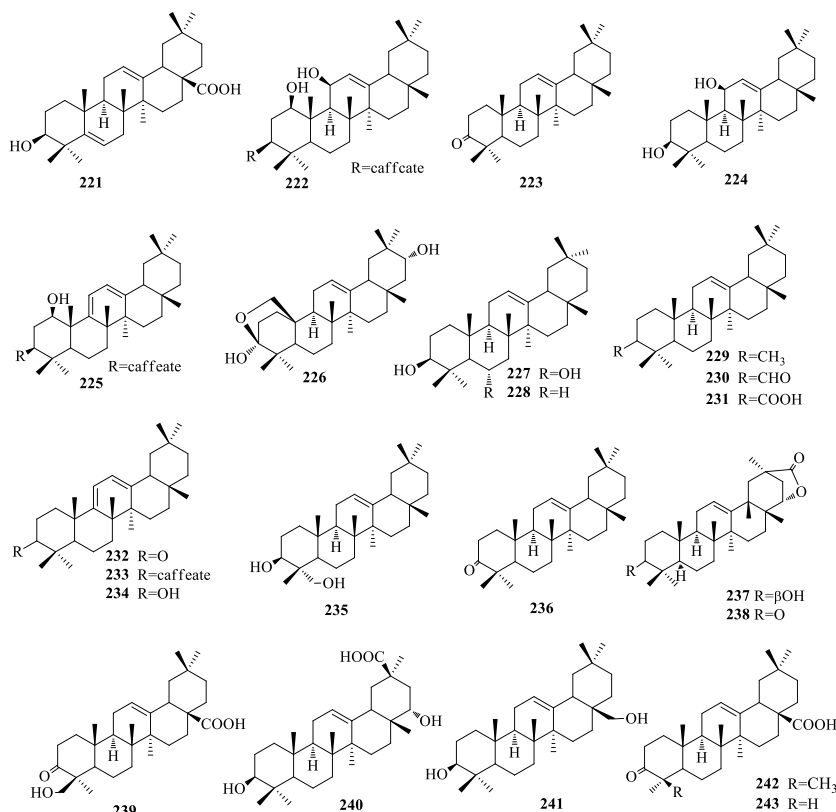


图 6 南蛇藤属中齐墩果烷型三萜

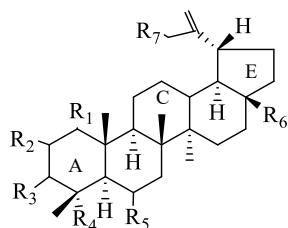
Fig. 6 Oleanane triterpenoid from *Celastrus*

图 7 羽扇豆烷型结构

Fig. 7 Structure of lupine

2 药理作用

2.1 抗肿瘤

南蛇藤属植物化学成分或有效部位具有抗肿瘤活性。李嘉琪等^[48]对用不同浓度的南蛇藤素和环磷酰胺,以及两者联合处理后的乳腺癌细胞进行检测,发现二者分别呈浓度依赖性抑制乳腺癌细胞的增殖、迁移,促进细胞凋亡。联合用药发现,南蛇藤素可增强环磷酰胺的化疗敏感性。褚泽文等^[49]对南

表 7 南蛇藤属中羽扇豆烷型三萜

Table 7 Lupane triterpenoid from *Celastrus*

编号	化合物	文献
247	2 α -hydroxy-lupeol	19
248	lupenone	29
249	lupeol	29
250	lupeol palmitate	29
251	29-hydroxy-20(30)-lupen-3-one	29
252	20(30)-lupene-3 β ,29-diol	34
253	20(29)-lupene-1 β ,3 β -diol	34
254	lup-20(29)en-28-al-3 β -yl-cafate	36
255	lup-20(29)en-28-ol-3 β -yl-cafate	36
256	lup-20(29)en-28-oic-3 β -yl-cafate	36
257	23-hydroxybetulonic acid	39
258	lup-(20)29-en-2 α ,3 α -diol	40
259	6 β -hydroxy-3-oxolup-20(29)-ene	41

表 8 南蛇藤属中羽扇豆烷型三萜结构

Table 8 Structure of lupane triterpenoid from *Celastrus*

编号	取代基						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇
247	H	α OH	β OH	Me	H	Me	H
248	H	H	=O	Me	H	Me	H
249	H	H	OH	Me	H	Me	H
250	H	H	cafeate	Me	H	Me	H
251	H	H	=O	Me	H	Me	OH
252	H	H	β OH	Me	H	Me	OH
253	OH	H	β OH	Me	H	Me	H
254	H	H	cafeate	Me	H	CHO	H
255	H	H	cafeate	Me	H	COOH	H
256	H	H	cafeate	Me	H	COOH	H
257	H	H	=O	CH ₂ OH	H	COOH	H
258	H	α OH	α OH	Me	H	Me	H
259	H	H	=O	Me	OH	Me	H

表 9 南蛇藤属中达玛烷型、乌苏烷型和何帕烷型三萜

Table 9 The Dammarane, Ursane and Gammacerane Triterpenoid from *Celastrus*

编号	化合物	类型	来源
260	3 β , 20(S),24(S)-trihydroxydammar-25-ene-3-cafeate	达玛烷	42
261	3 β , 20(S),24(R)-trihydroxydammar-25-ene-3-cafeate	达玛烷	42
262	3 β , 20(S),25-trihydroxydammar-23(Z)-ene-3-cafeate	达玛烷	42
263	dammarenediol II 3-cafeate	达玛烷	19
264	3 β -trans-(3, 4-dihydroxy-cinnamoyloxy)-11 α -methoxy-12-ursene	乌苏烷型	38
265	α -amyrin-acetate	乌苏烷型	19
266	12-gammateraen-3 β -ol	何帕烷	33

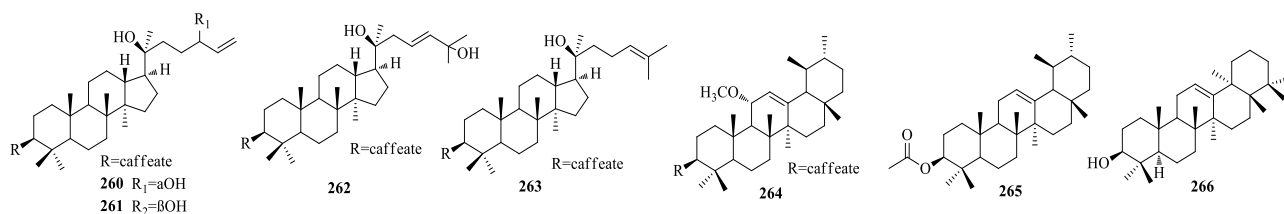


图 8 南蛇藤属中达玛烷型、乌苏烷型和何帕烷型三萜结构

Fig. 8 Structure of sammarane, ursane and gammacerane triterpenoid from *Celastrus*

蛇藤茎提取物 28-hydroxy-3-oxoolean-12-en-29-oic acid 进行活性研究,发现其对胃癌细胞 BGC-823 有增殖和诱导凋亡的作用。周元龙等^[50]发现南蛇藤根茎醋酸乙酯部位提取物(COE)可能通过抑制 Wnt/ β -Catenin 信号通路,而抑制 Hep G2 肝癌细胞的增殖和黏附。金凤^[51]发现 COE 可以抑制食管鳞癌干细胞(ECA-109)成球,且随着药物浓度的逐渐增加,细胞球的体积逐渐变小,同时细胞球数目逐渐减少。3-(4,5-二甲基噻唑-2)-2,5-二苯基四氮唑溴盐(MTT)实验显示 COE 可以抑制 ECA-109 细胞的增殖和侵袭。冯俊^[52]通过 MTT 法检测 COE 对人胶质母细胞瘤 U251 细胞增殖能力的影响,结果显示 COE 能呈时间和浓度相关的抑制 U251 细胞的增殖,并促进凋亡。

表 10 南蛇藤属中的黄酮类化合物

Table 10 Flavonoids from *Celastrus*

编号	化合物	文献
267	daidzein	43
268	4'-hydroxyflavone-7-O- β -D-glucopyranoside	43
269	(-)-epigallocatechin	43
270	(-)-gallocatechin	43
271	kaempferol	44
272	kaempferol-7-O- α -L-rhamnoside	44
273	kaempferol-3,7-di-O- α -L-rhamnoside	44
274	kaempferol-3-O-rutinoside	44
275	quercetin	44
276	quercetin-3-O- β -D-glucoside	44
277	myricetrin	44
278	emodin-6-O- β -D-glucopyranoside	45
279	(2S)-7,3'-dimethoxy-6,4'-dihydroxyflavan	46
280	6,7,3'-trimethoxy-4'-hydroxyflavan	46
281	6,7-dimethoxy-3',4'-dihydroxyflavan	46
282	(2S)-7,3'-dimethoxy-4'-hydroxyflavan	46

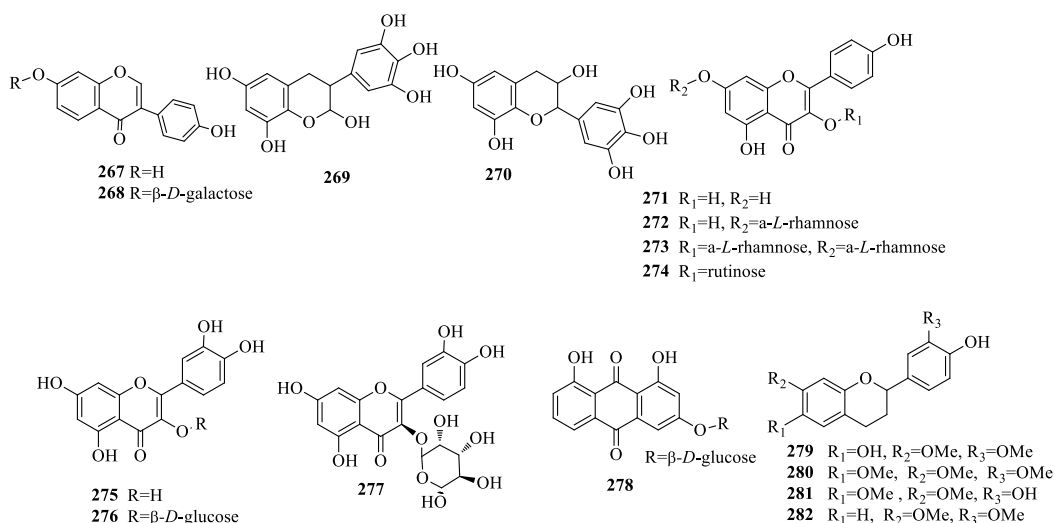


图 9 南蛇藤属中黄酮类化合物结构

Fig. 9 Structure of flavonoids from *Celastrus*

定了总酚含量, 实验结果表明, 氯仿提取物具有最强的抗氧化性能和最高的酚含量, 而水提物显示出最大的抗炎活性, 精油中鉴定出的主要成分具有强烈的抗氧化性。

2.3 抗菌、抗疟活性

Vonshak 等^[56]筛选了 28 种药用植物对 6 种真菌(毛癣菌、红色毛癣菌、苏丹白念珠菌、光滑毛癣菌和克鲁塞菌)的抑菌活性, 测试结果显示南蛇藤提取物对红色毛癣菌具有一定的抑菌活性。Harish 等^[57]发现灯油藤乙醇提取物中的皂苷(1 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$)和倍半萜衍生物 celapanin (0.5 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$)对金黄色葡萄球菌(22.18 $\pm$ 0.30) mm、肺炎克雷伯菌(13.58 $\pm$ 0.22) mm 和铜绿假单胞菌(13.10 $\pm$ 0.29) mm 具有较强的抑菌作用。Kandikattu 等^[58]报道, 灯

2.2 抗炎

炎症是由于损伤、过敏原暴露或感染引起的组织局部肿胀的一种状态。陈彦伶等^[53]采用 MTT 法检测苦皮藤各部位不同浓度对类风湿关节炎成纤维样滑膜细胞(HFLS-RA)增殖的影响, 结果显示, 苦皮藤各部位能抑制 HFLS-RA 增殖, 呈时间和浓度依赖。Kothavade 等^[54]报道, 野生南蛇藤石油醚部位能通过抑制肿瘤坏死因子- α 和白介素-6的过量产生, 可改善佐剂诱导关节炎大鼠的关节炎进展。Arora 等^[55]采用 2,2-二苯基苦基肼自由基清除试验、Trolox 等效抗氧化能力测定、铁还原抗氧化能力测定和脂氧合酶抑制试验等方法, 测试了灯油藤 *Celastrus paniculatus* Willd. 种子水提取物、甲醇提取物和氯仿提取物的抗氧化和抗炎活性。同时分别测

油藤氯仿提取物中的扁蒴藤素(pristimerin)和一种醌型的三萜烯体外条件下具有抗恶性疟原虫活性。

2.4 降血糖和调血脂

南蛇藤叶具有很好的降血糖作用, 2014 年余晓霞等^[44]发现南蛇藤叶具有很好的降血糖作用, 其从南蛇藤叶中分离得到 7 个黄酮类化合物, 间接说明南蛇藤叶中的黄酮类化合物可能具有降血糖的作用。

2010 年 Patil 等^[59]探究南蛇藤甲醇提取物对实验性高胆固醇血症大鼠的调血脂作用。发现以最佳剂量 65 mg/kg 的体质量口服南蛇藤甲醇提取物, 能显著降低高胆固醇血症大鼠的血浆总胆固醇、三酰甘油和低密度脂蛋白水平。

2.5 其他活性

Mu 等^[3]从南蛇藤种子中分离得到 2 个 β -二氢

沉香呋喃型倍半萜, 研究发现其在 2 $\mu\text{mol/L}$ 浓度下表现出超过 10 倍的耐多药逆转活性。

高磊^[18]从独子藤种子中分离得到一系列 β -二氢沉香呋喃型倍半萜型, 药理活性测试结果表明所有化合物都能延长对秀丽线虫的平均寿命和最长寿命。

3 结语

南蛇藤属植物在我国有 30 余种, 该属植物中含有的化学成分类别较多, 如倍半萜、二萜、三萜、黄酮等, 早在 20 世纪 70 年代就有对该属植物的初步研究, 而且现在也有新的化合物被不断发掘出来。其主要为 β -二氢沉香呋喃型倍半萜和三萜类, 而 β -二氢沉香呋喃型倍半萜的取代位点较多, 取代基团也较多, 所以出新化合物的概率较高。此属植物的早期活性研究大多是抗炎、抗肿瘤、抗菌等, 但大都只停留在初步的活性筛选中。近年来研究人员从不同方向探究南蛇藤属植物化学成分的药理活性, 如对秀丽线虫寿命的影响、酶抑制活性、抗氧化作用、降血糖活性等, 且结果都很乐观, 但是活性作用的机制研究还有待进一步的深入。期待能不断发现南蛇藤属植物中新的单体活性成分, 不仅要在细胞水平或动物水平进行初步活性研究, 更需要结合分子生物学、代谢组学等进行深入研究其药理作用机制及其代谢规律。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 刘丹, 何毅, 陈孝江, 等. 灰叶南蛇藤的化学成分研究 [J]. 中药材, 2020, 10: 2430-2434.
- [2] 赵磊, 贾玲玲, 杨莉, 等. 南蛇藤茎中三萜类成分的分离及含量测定 [J]. 解放军药理学学报, 2018, 34(6): 545-547.
- [3] Mu H Y, Tang S, Zuo Q, *et al.* Dihydro- β -agarofuran-type sesquiterpenoids from the seeds of *Celastrus virens* and their multidrug resistance reversal activity against the KB/VCR cell line [J]. *J Nat Prod*, 2021, 84(3): 588-600.
- [4] 廖怀玉, 韩红园, 陈飞, 等. 苦皮藤中两个新的 β -二氢沉香呋喃型化合物的 NMR 数据解析 [J]. 波谱学杂志, 2021, 38(1): 101-109.
- [5] Chen L, Chen X, Han H Y, *et al.* New β -dihydroagarofuran sesquiterpene polyesters isolated from the root bark of *Celastrus angulatus* [J]. *Phytochemistry Letter*, 2021, 42: 7-76.
- [6] 黎汝林. 显柱南蛇藤果实化学成分研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2019.
- [7] Sasikumar P, Sharathna P, Prabha B, *et al.* Dihydro- β -agarofuran sesquiterpenoids from the seeds of *Celastrus paniculatus* Willd. and their α -glucosidase inhibitory activity [J]. *Phytochem Lett*, 2018, 26: 1-8.
- [8] Gao L, Zhang R J, Lan J F, *et al.* B-dihydroagarofuran-type sesquiterpenes from the seeds of *Celastrus monospermus* and their lifespan-extending effects on the nematode *Caenorhabditis elegans* [J]. *J Nat Prod*, 2016, 79(12): 3039-3046.
- [9] 王发松, 向家桂, 黄东海, 等. 过山枫根化学成分研究 [J]. 湖北民族学院学报: 自然科学版, 2018, 36(2): 134-136.
- [10] Xu J, Xie C F, Jin D Q, *et al.* Three new dihydroagarofuran sesquiterpenoids from *Celastrus orbiculatus* [J]. *Phytochem Lett*, 2012, 5(4): 713-716.
- [11] 朱靖博, 孙晓昱, 慕岩峰. 苦皮藤 β -二氢沉香呋喃多元醇酯类化合物分离及结构解析 [J]. 大连工业大学学报, 2009, 28(3): 169-173.
- [12] 张海艳, 王志尧, 常霞, 等. 苦皮藤种子的化学成分分析 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(16): 57-61.
- [13] 朱文丽. 苦皮藤根皮醇提物的化学成分研究 [D]. 郑州: 郑州大学, 2011.
- [14] Wei S P, Ji Z Q, Zhang J W. A new insecticidal sesquiterpene ester from *Celastrus angulatus* [J]. *Molecules*, 2009, 14(4): 1396-1403.
- [15] 龚雪龙. 苦皮藤根皮的化学成分研究 [D]. 苏州: 苏州大学, 2010.
- [16] Ji Z Q, Zhang Q D, Shi B J, *et al.* Three new insecticidal sesquiterpene pyridine alkaloids from *Celastrus angulatus* [J]. *Nat Prod Res*, 2009, 23(5): 470-478.
- [17] Zhang H Y, Zhao T Z, Wei Y, *et al.* Two new sesquiterpene polyol esters from the root barks of *Celastrus angulatus* [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2011, 13(4): 304-311.
- [18] 高磊. 独子藤种子和桃枝化学成分及其生物活性研究 [D]. 北京: 中国科学院大学(中国科学院上海药物研究所), 2017.
- [19] 鲁亚苏. 灯油藤茎的化学成分研究 [D]. 北京: 中国协和医科大学, 2007.
- [20] 向家桂. 两种南蛇藤属植物萜类化学成分研究 [D]. 杭州: 浙江工业大学, 2013.
- [21] Chen C Y, Yau L F, Mai Z T, *et al.* Aculeatusane A: A new diterpenoid from the whole plants of *Celastrus aculeatus* Merr [J]. *Phytochem Lett*, 2020, 40: 72-75.
- [22] 陈铭祥, 关睿, 廖泽纯, 等. 独子藤根皮醋酸乙酯部位的化学成分研究 [J]. 中草药, 2020, 51(11): 2895-2899.
- [23] 陈铭祥, 廖泽纯, 关睿, 等. 独子藤茎醋酸乙酯部位化学成分研究 [J]. 中药材, 2019, 42(2): 315-319.
- [24] 陈铭祥, 杨雪梅, 关睿, 等. 独子藤根皮化学成分研究 [J]. 中国药理学杂志, 2018, 53(15): 1265-1272.
- [25] 陈铭祥, 杨雪梅, 廖泽纯, 等. 独子藤茎脂溶性化学成分研究 [J]. 中国中药杂志, 2018, 43(2): 336-344.
- [26] 陈铭祥, 喻文进, 林晓, 等. 独子藤茎的化学成分研究 [J]. 中国药房, 2013, 24(3): 259-261.
- [27] 王奎武. 三种卫矛科药用植物的化学成分研究 [D].

- 杭州: 浙江大学, 2006.
- [28] Kuo Y H, Kuo L M. Antitumour and anti-AIDS triterpenes from *Celastrus hindsii* [J]. *Phytochemistry*, 1997, 44(7): 1275-1281.
- [29] 王鸿, 梅建凤, 易喻, 等. 苗药那信论中的一个新三萜成分 [J]. *林产化学与工业*, 2007, 27(6): 56-58.
- [30] Wang H, Tian X, Ying G Q. A new nortriterpene from the root of *Celastrus hypoleucus* [J]. *Helvetica Chimica Acta*, 2010, 93(8): 1628-1633.
- [31] Wu J, Zhou Y, Wang L, *et al.* Terpenoids from root bark of *Celastrus orbiculatus* [J]. *Phytochemistry*, 2012, 75: 159-168.
- [32] Núñez M J, Ardiles A E, Martínez M L, *et al.* Triterpenoids from *Cassine xylocarpa* and *Celastrus vulcanicola* (celastraceae) [J]. *Phytochem Lett*, 2013, 6(1): 148-151.
- [33] Wang K W, Mao J S, Tai Y P, *et al.* Novel skeleton terpenes from *Celastrus hypoleucus* with anti-tumor activities [J]. *Bioorg Med Chem Lett*, 2006, 16(8): 2274-2277.
- [34] Wang H, Tian X, Chen Y Z. Chemical constituents of the aerial part of *Celastrus hypoleucus* [J]. *J Chin Chem Soc*, 2002, 49(3): 433-436.
- [35] Chen B, Duan H Q, Takaishi Y. Triterpene caffeoyl esters and diterpenes from *Celastrus stephanotifolius* [J]. *Phytochemistry*, 1999, 51(5): 683-687.
- [36] Wang K W, Sun H X, Wu B, *et al.* Two novel olean triterpenoids from *Celastrus hypoleucus* [J]. *Helvetica Chimica Acta*, 2005, 88(5): 990-995.
- [37] 李彦涛, 成凤桂. 南蛇藤中一种三萜成分的结构及其 DSC 研究 [J]. *中南民族大学学报: 自然科学版*, 2002, 21(1): 28-31.
- [38] Chen H L, Lin K W, Huang A M, *et al.* Terpenoids induce cell cycle arrest and apoptosis from the stems of *Celastrus kusanoi* associated with reactive oxygen species [J]. *J Agric Food Chem*, 2010, 58(6): 3808-3812.
- [39] Li J J, Yang J, Lü F, *et al.* Chemical constituents from the stems of *Celastrus orbiculatus* [J]. *Chin J Nat Med*, 2012, 10(4): 279-283.
- [40] 常睿洁. 皱叶南蛇藤的化学成分研究 [D]. 上海: 上海交通大学, 2012.
- [41] 陈佩东, 梁敬钰. 苦皮藤根皮的化学成分研究 [J]. *海峡药学*, 2002, 14(4): 33-36.
- [42] Wang K W, Sun C R, Wu X D, *et al.* Novel bioactive dammarane caffeoyl esters from *Celastrus rosthornianus* [J]. *Planta Med*, 2006, 72(4): 370-372.
- [43] 胡新玲, 王奎武. 粉背南蛇藤醋酸乙酯部位中黄酮类成分的研究 [J]. *现代药物与临床*, 2011, 26(3): 219-220.
- [44] 余晓霞, 张亭亭, 王定勇. 南蛇藤叶降血糖有效部位化学成分研究 [J]. *中药材*, 2014, 37(6): 998-1000.
- [45] 张扬, 许海燕, 谭俊杰, 等. 南蛇藤化学成分研究 [J]. *中国医药工业杂志*, 2010, 41(11): 823-826.
- [46] 胡贤卿, 刘庆鑫, 李慧梁, 等. 青江藤中黄烷类化学成分的研究 [J]. *中草药*, 2014, 45(15): 2132-2135.
- [47] 郭远强. 南蛇藤果实化学成分和药理活性研究 [D]. 沈阳: 沈阳药科大学, 2004.
- [48] 李嘉琪, 石艺, 钟燕, 等. 南蛇藤素通过调控 PTEN/Akt/Raf-1 信号通路增强乳腺癌细胞对环磷酰胺的化疗敏感性 [J/OL]. *今日药学*: 1-14 [2021-05-04]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1650.R.20210330.1517.002.html>.
- [49] 褚泽文, 王海波, 倪腾洋, 等. 南蛇藤茎提取物齐墩果烷型三萜化合物 28-hydroxy-3-oxoolean-12-en-29-oic acid 对胃癌细胞 BGC-823 增殖和凋亡的作用 [J/OL]. *中华中医药学刊*: 1-15 [2021-05-04]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/21.1546.R.20210302.1533.002.html>.
- [50] 周元龙, 赵继森, 杨季红, 等. 南蛇藤提取物抑制 HepG2 肝癌细胞增殖及黏附作用的实验研究 [J/OL]. *中华中医药学刊*: 1-11 [2021-05-04]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/21.1546.R.20201109.1424.008.html>.
- [51] 金凤. 南蛇藤提取物通过 DJ-1 调控肿瘤干样细胞抑制人食管鳞癌侵袭转移的作用及机制研究 [D]. 扬州: 扬州大学, 2018.
- [52] 冯俊. 南蛇藤提取物对人胶质母细胞瘤 U251 细胞凋亡影响的研究 [D]. 扬州: 扬州大学, 2018.
- [53] 陈彦伶, 何金英, 胡成刚, 等. 苦皮藤对类风湿性关节炎成纤维滑膜细胞增殖和相关细胞因子表达的影响 [J]. *中国民族民间医药*, 2020, 29(4): 14-20.
- [54] Kothavade P S, Bulani V D, Deshpande P S, *et al.* The petroleum ether fraction of *Celastrus paniculatus* Willd. seeds demonstrates anti-arthritis effect in adjuvant-induced arthritis in rats [J]. *J Tradit Chin Med Sci*, 2015, 2(3): 183-193.
- [55] Arora N, Pandey-Rai S. GC-MS analysis of the essential oil of *Celastrus paniculatus* Willd. seeds and antioxidant, anti-inflammatory study of its various solvent extracts [J]. *Ind Crop Prod*, 2014, 61: 345-351.
- [56] Vonshak A, Barazani O, Sathiyamoorthy P, *et al.* Screening South Indian medicinal plants for antifungal activity against cutaneous pathogens [J]. *Phytother Res*, 2003, 17(9): 1123-1125.
- [57] Harish B G, Krishna V, Santosh Kumar H S, *et al.* Wound healing activity and docking of glycogen-synthase-kinase-3-beta-protein with isolated triterpenoid lupeol in rats [J]. *Phytomedicine*, 2008, 15(9): 763-767.
- [58] Kandikattu H K, Amruta N, Khanum F, *et al.* Phytochemical composition, pharmacological properties, and therapeutic applications of *Celastrus paniculatus* [J]. *Curr Tradit Med*, 2021, 7(1): 107-124.
- [59] Patil R H, Prakash K, Maheshwari V L. Hypolipidemic effect of *Celastrus paniculatus* in experimentally induced hypercholesterolemic wistar rats [J]. *Indian J Clin Biochem*, 2010, 25(4): 405-410.

[责任编辑 时圣明]