

· 专论与综述 ·

单萜苷类化合物及其药理活性研究进展

刘娟, 刘斌*, 折改梅, 姜艳艳

(北京中医药大学中药学院, 北京 100102)

摘要:单萜苷类化合物是许多常用中药的有效成分,其结构类型主要包括无环、单环、双环、三环单萜苷及环烯醚萜苷,具有抗菌、抗炎、抗肿瘤、保肝、降血糖等药理作用。综述了近10年来从天然药物中分离得到的单萜苷类化学成分及其药理活性的研究进展,为该成分的开发利用提供参考。

关键词:单萜苷;化学成分;抗炎;抗肿瘤;保肝

中图分类号:R282.71

文献标识码:A

文章编号:1674-5515(2010)02-0081-13

Advances in research of chemical constituents and pharmacological activities of monoterpene glucosides

LIU Juan, LIU Bin, SHE Gai-mei, JIANG Yan-yan

(School of Chinese Pharmacy, Beijing University of Traditional Chinese Medicine, Beijing 100102, China)

Abstract: Monoterpene glucosides are the effective constituents in many commonly used traditional Chinese medicine. Based on structural analysis, these compounds are mainly divided into the following types: acyclic monoterpene glucosides, monocyclic monoterpene glucosides, bicyclic monoterpene glucosides, tricyclic monoterpene glucosides, and iridoid glucosides. Furthermore, monoterpene glucosides have multiple pharmacological activities, such as antibiosis, anti-inflammation, antitumor, hepatoprotective and antidiabetic activities. This paper summarizes researches in the past 10 years on monoterpene glucosides isolated from natural products and their pharmacological activities, so as to provide scientific basis for exploitation of monoterpene glucosides.

Key words: monoterpene glucosides; chemical constituent; anti-inflammation; anticancer; hepatoprotective

单萜苷类化合物是天然药物中一类重要的化学成分,在植物尤其是被子植物和裸子植物中分布广泛,其中许多化合物是芍药、栀子、五味子等常用中药的有效成分。单萜苷由基本骨架为10个碳原子的单萜苷元和糖两部分组成,根据苷元的结构不同可分为无环单萜苷、单环单萜苷、双环单萜苷、三环单萜苷和环烯醚萜苷等,其中三环单萜苷在天然药物中分布较少。现代研究表明单萜苷类化合物具有抗菌、抗炎、抗肿瘤、保肝、降血糖等药理作用,显示出良好的临床疗效。笔者综述了近10年来从天然药物中分离得到的单萜苷类化合物的结构及其药理活性研究概况,为此类成分的深入研究及开发应用

提供参考。

1 化学成分

近10年来,国内外学者从红景天 *Rhodiola rosea* L. (1)、*Fadogia agrestis* Schweinf ex Hiern (2)、芫荽 *Coriandrum sativum* L. (3)、糙苏属植物 *Phlomis sieheana* Rech. fil (4)、蓬子菜 *Galium verum* subsp. *verum* L. (5)、大叶橐吾 *Ligularia acrophylla* DC. (6)、东风菜 *Aster scaber* Thunb. (7)、合欢 *Albizia julibrissin* Durazz. (8)、马齿苋 *Portulaca oleracea* L. (9)、紫锥菊 *Echinacea purpurea* (L.) Moench (10)、牛至属植物 *Origanum*

* 通讯作者 刘斌,研究方向:中药有效成分研究。Tel:13501398172, E-mail:liubiny67@163.com

syriacum L. (11)、孜然芹 *Cuminum cyminum* L. (12)、百里香 *Thymus vulgaris* L. (13)、*Cruciata taurica* (Pallas ex Willd.) Ehrend(14)、刺柏属植物 *Juniperus communis* var. *depressa* Linn. Sp. (15)、青兰属植物 *Dracocephalum kotschy* Boiss. (16)、小花鬼针草 *Bidens parviflora* Willd. (17)、翼齿六棱菊 *Laggera pterodonta* (DC.) Benth. (18)、西藏八角 *Illicium griffithii* Hook. f. et Thoms. (19)、五味子 *Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill. (20)、多裂委陵菜 *Potentilla multifida* L. (21)、挂金灯 *Physalis alkekengi* L. var. *francheti* (Mast.) Makino(22)、麻叶千里光 *Senecio cannabifolius* Less. (23)、狗骨柴 *Tricalysia dubia* (Lindl.) Ohwi (24)、野花椒 *Zanthoxylum simulans* Hance(25)、芍药 *Paeonia lactiflora* Pall. (26)、牡丹 *Paeonia suffruticosa* Andr. (27)、野牡丹 *P. delavayi* Franch. (28)、胶质水苏 *Stachys glutinosa* L. (29)、多花芍药 *Paeonia emodi* Wall. ex Royle(30)、活血丹 *Glechoma longituba* (Nakai) Kupr. (31)、姜 *Zingiber officinale* Rosc. (32)、小花蛇根草 *Ophiorrhiza liukuensis* Hayata(33)、管花肉苁蓉 *Cistanche tubulosa* (Schrenk) R. Wight (34)、忍冬 *Lonicera japonica* Thunb. (35)、美洲格尼木 *Genipaamericana* L. (36)、常春藤叶婆婆纳

Veronica hederifolia L. (37)、醉鱼草 *Buddleja lindleyana* Fortune(38)、杜仲 *Eucommia ulmoides* Oliver(39)、鸡矢藤 *Paederia scandens* (Lour.) Merrill (40)、假杜鹃属植物 *Barleria strigosa* Willd. (41)、十万错属植物 *Asystasia intrusa* Blume (42)、阿拉伯婆婆纳 *Veronica persica* L. (43)、胡黄连 *Picrorhiza scrophulariiflora* Pennell(44)、油橄榄 *Olea europaea* Linn. Sp. (45)、女贞 *Ligustrum lucidum* Ait (46)、萝卜秦艽 *Phlomis medicinalis* Diels(47)等多种植物中分离得到 150 多种单萜苷类化学成分。

1.1 无环单萜苷

从红景天、芫荽、蓬子菜等多种植物中分离得到 31 种无环单萜苷类化合物(基本骨架见图 1, 具体化合物见表 1), 包括 21 种艾蒿烷型单萜苷和 10 种月桂烷型单萜苷。此类单萜苷均以氧苷形式存在。

1.2 单环单萜苷

近 10 年来,从牛至属植物 *Origanum syriacum* L.、孜然芹等多种植物中分离得到 30 余种单环单萜苷类化合物(表 2), 主要为对薄荷烷型和环香叶烷型单萜苷, 共有 14 个基本结构骨架(图 2)。此类单萜苷均为氧苷, 取代基有甲基、羟基、羧基、羟甲基等, 糖链多由葡萄糖构成。

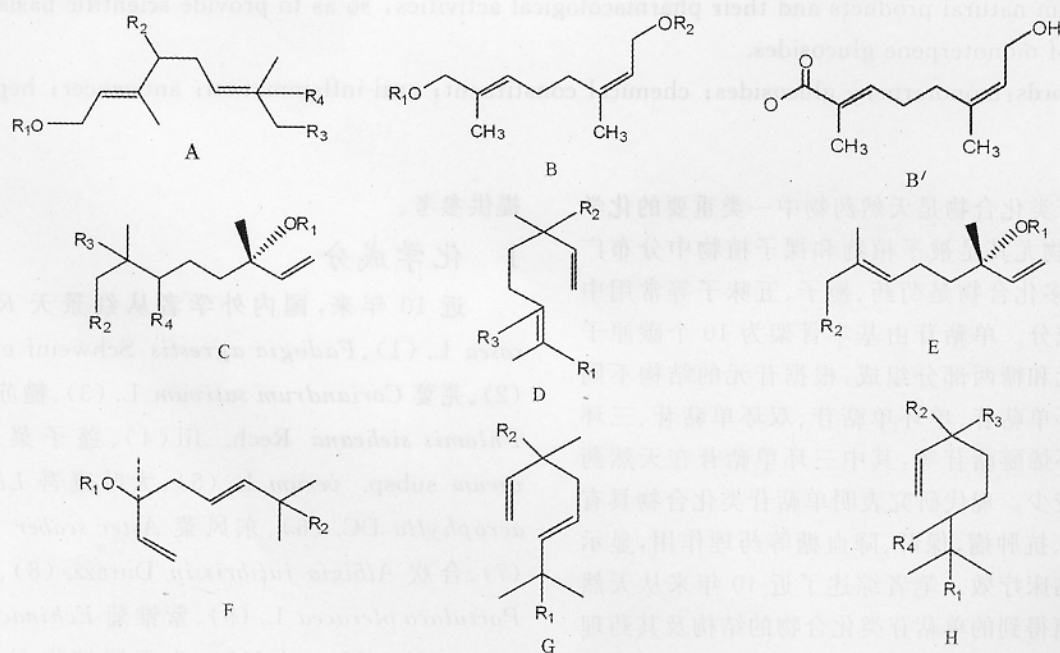


图 1 无环单萜苷类化合物基本骨架 A~H 及取代基 B'

表1 无环单核苷类化合物

序号	化合物名称	母核	取代基				来源
			R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	
1	rosiridin ^[1]	A	O-β-D-glc	OH	H		1
2	rosiridoside A ^[1]	A	O-α-L-ara	OH	H		1
3	rosiridoside B ^[1]	A	O-β-D-glc(1→6)-α-L-ara	OH	H		1
4	rosiridoside C ^[1]	A	O-β-D-glc(6-O-Ac)	OH	H		1
5	红景天苷 A (rhodioside A) ^[2]	A	O-β-D-glc	OH	OH		1
6	红景天苷 B ^[2]	A	O-β-D-glc(1→6)-α-D-glc	OH	OH		1
7	红景天苷 C ^[2]	A	O-β-D-glc(1→3)-β-D-glc	OH	OH		1
8	红景天苷 D ^[2]	A	O-β-D-glc	OH	H	OH	1
9	红景天苷 E ^[2]	A	O-β-D-glc(1→6)-α-L-ara	H	H	OH	1
10	(2E,6Z)-2,6-二甲基-8-[(O-α-L-吡喃鼠李糖基(1→3)-α-L-吡喃鼠李糖基)氧代]-辛二烯-1-基-α-L-吡喃鼠李糖苷 ^[3]	B	O-α-L-rha	O-α-L-rha(1→3)-α-L-rha			2
11	(2E,6Z)-2,6-二甲基-8-[(O-α-L-吡喃鼠李糖基(1→3)-α-L-吡喃鼠李糖基)氧代]-辛二烯-1-基-O-β-D-吡喃葡萄糖基(1→2)-α-L-吡喃鼠李糖苷 ^[3]	B	O-β-D-glc(1→2)-α-L-rha	O-α-L-rha(1→3)-α-L-rha			2
12	(2E,6Z)-2,6-二甲基-8-[(O-β-D-吡喃葡萄糖基(1→2)-α-L-吡喃鼠李糖基)氧代]-辛二烯-1-基-O-β-D-吡喃葡萄糖基(1→2)-α-L-吡喃鼠李糖苷 ^[3]	B	O-β-D-glc(1→2)-α-L-rha	O-β-D-glc(1→2)-α-L-rha			2
13	(2E,6Z)-2,6-二甲基-8-[(O-α-L-吡喃鼠李糖基-(1→3)(2-O-((2E,6Z)-8-羟基-2,6-二甲基辛二烯基)-α-L-吡喃鼠李糖基)(1→3)-α-L-吡喃鼠李糖基)氧代]-辛二烯-1-基-α-L-吡喃鼠李糖苷 ^[3]	B	O-α-L-rha	O-α-L-rha(1→3)-α-L-rha (2-acylB')(1→3)-α-L-rha			2
14	(2E,6Z)-2,6-二甲基-8-[(O-α-L-吡喃鼠李糖基-(1→3)(2-O-((2E,6Z)-8-羟基-2,6-二甲基辛二烯基)-α-L-吡喃鼠李糖基)(1→3)-4-O-乙酰基-α-L-吡喃鼠李糖基)氧代]-辛二烯-1-基-α-L-吡喃鼠李糖苷 ^[3]	B	O-α-L-rha	O-α-L-rha(1→3)-α-L-rha (2-acylB')(1→3)-α-L-rha(2-CH ₃ CO)			2
15	(2E,6Z)-2,6-二甲基-8-[(O-α-L-吡喃鼠李糖基-(1→3)(2-O-((2E,6Z)-8-羟基-2,6-二甲基辛二烯基)-α-L-吡喃鼠李糖基)(1→3)-α-L-吡喃鼠李糖基)氧代]-辛二烯-1-基-O-β-D-吡喃葡萄糖基(1→2)-α-L-吡喃鼠李糖苷 ^[3]	B	O-β-D-glc(1→3)-α-L-rha	O-α-L-rha(1→3)-α-L-rha (2-acylB')(1→3)-α-L-rha			2
16	(3S,6E)-8-羟基-6,7-二羟基里那醇-3-O-β-D-吡喃葡萄糖苷 ^[4]	C	O-β-D-glc	OH	H	H	3
17	(3S,6S)-6,7-二羟基-6,7-二羟基里那醇-3-O-β-D-吡喃葡萄糖苷 ^[4]	C	O-β-D-glc	H	OH	OH	3
18	(3S,6R)-6,7-二羟基-6,7-二羟基里那醇-3-O-β-D-吡喃葡萄糖苷 ^[4]	C	O-β-D-glc	H	OH	OH	3
19	(3S,6R)-6,7-二羟基-6,7-二羟基里那醇-3-O-β-D-(3-O-磺酸钾)吡喃葡萄糖苷 ^[4]	C	O-β-D-glc(3-OSO ₃ K)	H	OH	OH	3
20	betulabioside A ^[5]	D	O-glc	OH			4
21	(2E)-2,6-二甲基-2,7-辛二烯-1,6-二醇-6-O-β-吡喃葡萄糖苷 ^[6]	D	CH ₂ OH	O-glc			5
22	梓木苷 ^[7]	D	CH ₂ O-β-D-glc	OH			6
23	(3S)-3-O-(3',4'-二当归酰-β-D-吡喃基氧)-6-氢过氧基-3,7-二甲基-1,7-二烯 ^[8]	D	OH	O-(3',4'-diangeloyl-β-D-glucopyranosyloxy)	OOH		7
24	(6R)-反式-2,6-二甲基-6-O-β-D-吡喃鸡纳糖基-2,7-辛二烯酸 ^[9]	D	COOH	O-β-D-quinovosyl			8
25	(6S)-6-O-β-D-吡喃鸡纳糖基-2,7-辛二烯酸 ^[9]	D	COOH	O-β-D-quinovosyl			9
26	(3S,6E)-8-羟基里那醇-3-O-β-D-吡喃葡萄糖苷 ^[4]	E	O-β-D-glc	OH			6

续表 1

序号	化合物名称	母核	取代基				来源
			R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	
27	(3 <i>S</i> , 6 <i>E</i>)-8-羟基里那醇-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -(3- <i>O</i> -磺酸钾)吡喃葡萄糖苷 ^[4]	E	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc(3-OSO ₃ K)	OH			6
28	(3 <i>S</i>)-3- <i>O</i> -(β- <i>D</i> -吡喃葡萄糖基)-3,7-二甲基-1,5-二烯-3-醇 ^[10]	F	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc	OH			9
29	(3 <i>S</i>)-3- <i>O</i> -(β- <i>D</i> -吡喃葡萄糖基)-3,7-二甲基-7-羧基-1,5-二烯-3-醇 ^[10]	F	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc	COOH			9
30	(3 <i>S</i>)-3- <i>O</i> -(3',4'-二当归酰-β- <i>D</i> -吡喃基氧)-7-氢过氧基-3,7-二甲基-1,5-二烯 ^[8]	G	OOH	<i>O</i> -(3',4'-diangeloyl-β- <i>D</i> -glucopyranosyloxy			7
31	2,6-二甲基-7-辛烯-2,3,6-三醇- <i>O</i> -β- <i>D</i> -葡萄糖苷 ^[11]	H	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc	CH ₃	OH	OH	10

angeloyl: 当归酰基; quinosyl: 鸡纳糖基

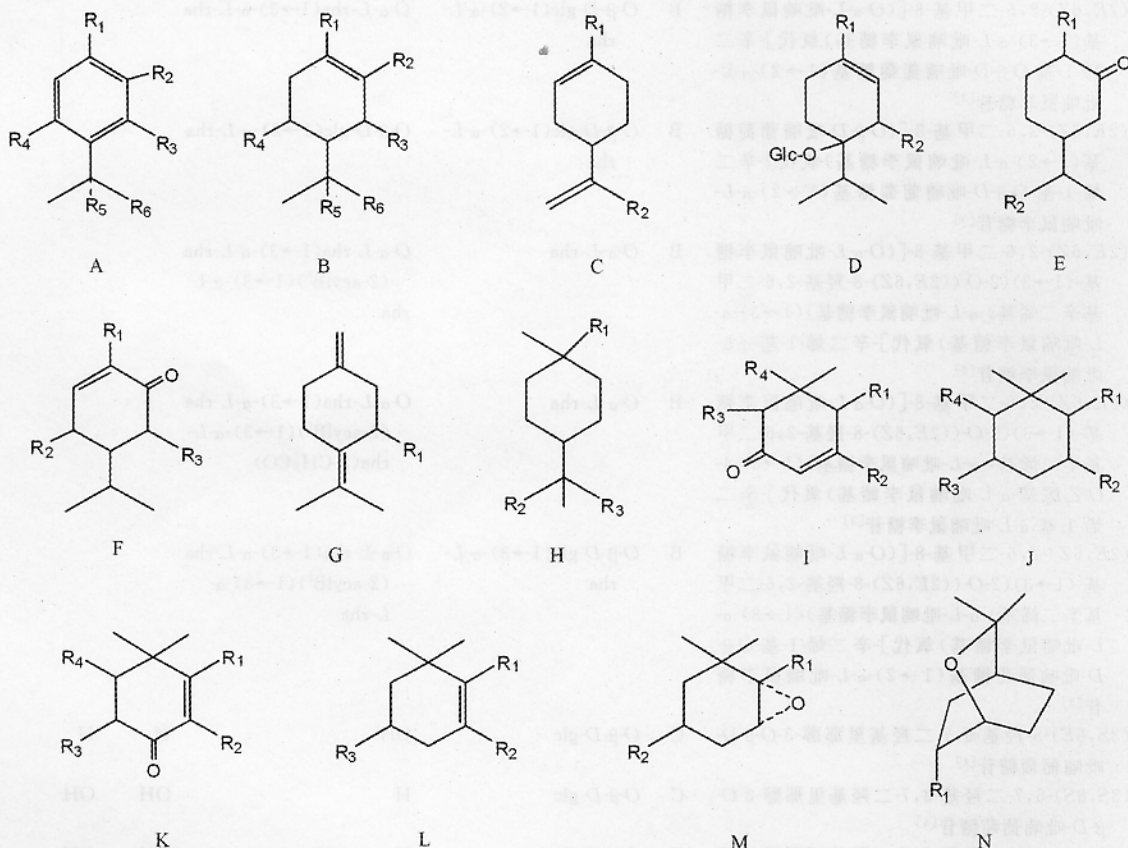


图 2 单环单萜苷类化合物基本骨架

1.3 双环单萜苷

双环单萜苷类化合物在唇形科、芍药科、毛茛科、姜科等植物中均有分布,多以蒎烷型和莰烷型存在,蒎烷型居多,且多为芍药苷衍生物。此类成分的基本骨架见图 3,化合物结构见表 3^[27-37]。

1.4 环烯醚萜苷

环烯醚萜类化合物在中药中分布较广,特别是在玄参科、茜草科、唇形科及龙胆科^[38]中较为常见。

环烯醚萜类化合物主要以 C₁-OH 与糖成苷(多为 β-*D*-葡萄糖苷)的形式存在于植物体内,常有双键存在,有时在苷元的五元环内还有环氧形式存在。此外,苷元的 C₇-C₈ 处断键成的裂环环烯醚萜苷有时可形成六元内酯结构,此类化合物在龙胆科、睡菜科、忍冬科、木樨科等植物中分布较广。图 4 为该化合物的基本骨架,表 4 列出具体的化合物结构^[39-55]。

表2 单环单萜苷类化合物

序号	化合物名称	母核	取代基						来源
			R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	
1	百里氢醌-2-O-β-吡喃葡萄糖苷 ^[12]	A	CH ₃	O-β-glc		OH			11
2	百里氢醌-5-O-β-吡喃葡萄糖苷 ^[12]	A	CH ₃	OH		O-β-glc			11
3	百里氢醌-2,5-O-β-二吡喃葡萄糖苷 ^[12]	A	CH ₃	O-β-glc		O-β-glc			11
4	香芹酚-2-O-β-吡喃葡萄糖基(1→2)-β-吡喃葡萄糖苷 ^[12]	A	CH ₃	O-β-glc(1→2)-β-glc					11
5	(8R)-9-羟基茴香基-β-吡喃葡萄糖苷 ^[13]	A	CH ₂ O-β-D-glc						12
6	(8S)-8,9-二羟基茴香基-β-吡喃葡萄糖苷 ^[13]	A	CH ₂ O-β-D-glc				OH	OH	12
7	8-羟基茴香基-β-吡喃葡萄糖苷 ^[13]	A	CH ₂ O-β-D-glc				OH		12
8	(R)-对伞花-9-基-β-D-吡喃葡萄糖苷 ^[14]	A	CH ₃					O-β-D-glc	13
9	cruciaside A ^[15]	A	CH ₃	O-glc	OH	O-glc			14
10	cruciaside B ^[15]	A	CH ₃	OH	OH	O-glc			14
11	(4S)- <i>p</i> -menth-1-ene-4,7-diol 4-O-β-D-glucopyranoside ^[13]	B	CH ₂ OH		O-β-D-glc				12
12	(4R,6S)- <i>p</i> -menth-1-ene-4,6-diol 4-O-β-D-glucopyranoside ^[13]	B	CH ₃		O-β-D-glc		OH		12
13	(4R)- <i>p</i> -menth-1-ene-7,8-diol 8-O-β-D-glucopyranoside ^[13]	B	CH ₂ OH				O-β-D-glc		12
14	(4R)- <i>p</i> -menth-1-ene-7,8-diol 7-O-β-D-glucopyranoside ^[13]	B	CH ₂ O-β-D-glc				OH		12
15	(-)-oleuropeic acid 8-O-β-D-glucopyranoside ^[16]	B	COOH				O-β-D-glc		15
16	柠檬烯-10-醇-10-O-β-D-吡喃葡萄糖苷 ^[17]	C	CH ₃	O-β-D-glc					16
17	柠檬烯-10-醇-10-O-β-D-吡喃葡萄糖基(1→2)-β-D-吡喃葡萄糖苷 ^[17]	C	CH ₃	O-β-D-glc(1→2)-β-D-glc					16
18	<i>p</i> -menth-1-ene-3,4-diol 4-O-β-glucopyranoside ^[12]	D	CH ₃	OH					16
19	bidensmenthoside A ^[18]	E	CH ₃	O-glc					17
20	bidensmenthoside B ^[18]	F	CH ₃	O-glc					17
21	6-O-β-D-glucopyranosyl-carvotanacetone ^[19]	F	OH	H	O-β-D-glc				18
22	<i>p</i> -menth-1(7),4(8)-diene-3-O-β-D-glucoside ^[20]	G	O-glc						19
23	五味子苷 A ^[21]	H	OH	OH	O-β-D-glc				20
24	(1R,6R,9S)-6,9,11-trihydroxy-4,7-megastigmadien-3-one-11-O-β-D-glucopyranoside ^[16]	I	OHCHCHC(OH)CH ₃	CH ₃		O-β-D-glc			15
25	(1R,6R,9S)-6,9,11-trihydroxy-4,7-megastigmadien-3-one-11-O-β-D-glucopyranoside ^[22]	I	OHCH=CHCH(CH ₃)-O-β-D-glc	CH ₃	H	CH ₃			21
26	(6S,7E,9R)-roseoside ^[22]	I	OHCH=CHCH(CH ₃)-O-[D-xyl(1→6)-β-D-glc]		H	CH ₃			21
27	(6S,7E,9R)-vomifotiol-9-O-β-D-xylopyranosyl(1→6)-O-β-D-glucopyranoside ^[22]	I	OHCH=CHCH(CH ₃)-O-β-D-glc	CH ₃	H	CH ₃			21

续表 2

序号	化合物名称	母核	取代基						来源
			R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	
28	(6S,9R)-长寿花糖苷 ^[23]	I	OHCH=CHCH (CH ₃)-O-β- D-glc	CH ₃	H	H			22
29	(6S,9S)-长寿花糖苷 ^[23]	I	CH=CHCH (CH ₃)-O-β- D-glc	H	H	H			22
30	(6S,9S)-3-氧-α-紫罗兰醇-β-D-吡喃葡萄糖苷 ^[23]	J	=C=CH- COCH ₃	H	OH	H			22
31	citroside A ^[22]	J	=C=CH-CO CH ₃	CH ₃	O-β-D-glc	OH	H		21
32	淫羊藿苷 B ₁ ^[22]	J		CH ₃ OH	O-β-D-glc				21
33	麻叶千里光苷 D ^[24]	K	H	O-β-D-glc	OHCH ₃	-C=CH (CO) 2-CH ₃			23
34	麻叶千里光苷 E ^[24]	L	-CH=C(CH ₃)- O-β-D-glc	H	OH				23
35	(3R,9S)-megastigman-5-en-3,9-di- ol-3-O-β-D-glucopyrano- side ^[16]	L	-CH ₂ CH ₂ C (OH) CH ₃	H	O-β-D-glc				15
36	(3R,9S)-megastigman-5-en-3,9-di- ol-3-O-[α-L-arabinofuranosyl (1 →6)]-β-D-glucopyranoside ^[16]	L	-CH ₂ CH ₂ C (OH) CH ₃	H	O-β-D-glc (1→6)- α-L-ara				15
37	sammangaoside B ^[25]	M	-CH ₂ CH ₂ C (CH ₃)-O-β- D-glc	OH					24
38	野花椒苷 A ^[26]	N	α-D-api(1→6)- β-D-glc						25

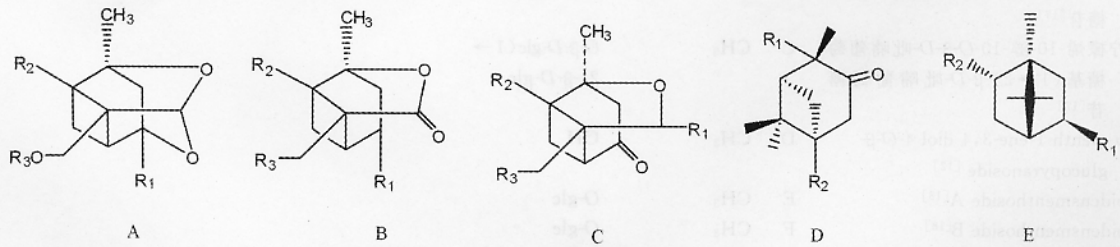


图 3 双环单萜苷类化合物基本骨架

2 药理作用

2.1 抗菌、抗炎

Vitex pinnata Linn. 中的环烯醚萜苷 pinnato-
side 对白色念珠菌有抑制作用^[56]；从牡丹皮中分离
到的 6-O-香草基氧化芍药苷、mudanpioside-H 和没
食子酰氧化芍药苷均具有广泛的抗菌活性,100~
500 mg/mL 即可抑制大肠杆菌 O157 (ATCC
43890)、大肠杆菌 O157 (ATCC 35150)、大肠杆菌
(牛)、大肠杆菌 K88、大肠杆菌 K99、抗甲氧西林金
黄色葡萄球菌 (MRSA)、MRSA6、MRSA104、甲型
副伤寒沙门菌、伤寒杆菌、痢疾志贺氏菌 (ATCC

49557, JOL 377)、弗氏志贺菌、霍乱弧菌 O1 和
O139、肠炎沙门菌、鸡沙门菌、鼠伤寒沙门菌等 18
种病原微生物^[28]。Nakanishi 等^[16]从欧刺柏中分离
得到的 (1R, 6R, 9S)-6, 9, 11-trihydroxy-4, 7-me-
gastigmadien-3-one-11-O-β-D-glucopyranoside 及 (3R,
9S)-megastigman-5-en-3, 9-di-ol-3-O-β-D-glucopyr-
anoside 等单环单萜苷对幽门螺旋杆菌有抑制作用。
獐牙菜苷和獐牙菜苦苷对蜡样芽孢杆菌、枯草芽孢
杆菌、弗氏柠檬酸杆菌和大肠杆菌均有抑制作用。
此外,獐牙菜苦苷可抑制奇异变形菌、粘质沙雷菌生
长;獐牙菜苷对表皮葡萄球菌有抑制作用^[57]。

表3 双环单萜苷类化合物

序号	化合物名称	母核	取代基			来源
			R ₁	R ₂	R ₃	
1	芍药苷 ^[27]	A	OH	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc	benzoyl	26
2	氧化芍药苷 ^[27]	A	OH	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc	<i>p</i> -hydroxybenzoyl	26
3	苯甲酰芍药苷 ^[27]	A	OH	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc(6- <i>O</i> -benzoyl)	benzoyl	26
4	苯甲酰氧化芍药苷 ^[27]	A	OH	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc(6- <i>O</i> -benzoyl)	<i>p</i> -hydroxybenzoyl	26
5	氧化苯甲酰芍药苷 ^[27]	A	OH	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc[6- <i>O</i> -(<i>p</i> -hydroxybenzoyl)]	benzoyl	26
6	6- <i>O</i> -香草基氧化芍药苷 ^[27]	A	OH	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc(6- <i>O</i> -vanillyl)	<i>p</i> -hydroxybenzoyl	27
7	mudanpioside H ^[28]	A	OH	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc[6- <i>O</i> -(<i>p</i> -hydroxybenzoyl)]	<i>p</i> -hydroxybenzoyl	27
8	没食子酰氧化芍药苷 ^[28]	A	OH	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc(6- <i>O</i> -galloyl)	<i>p</i> -hydroxybenzoyl	27
9	3- <i>O</i> -甲基芍药苷 ^[27]	A	OCH ₃	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc	benzoyl	26
10	mudanpioside J ^[27]	A	OH	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc(6- <i>O</i> -vanilloyl)	benzoyl	26
11	4- <i>O</i> -甲基-4''-羟基-3''-甲氧基芍药苷 ^[29]	A	OCH ₃	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc	vanillyl	28
12	没食子酰芍药苷 ^[30]	A	OH	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc(6- <i>O</i> -galloyl)	benzoyl	26
13	4- <i>O</i> -乙基芍药苷 ^[31]	A	OCH ₂ CH ₃	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc	benzoyl	26
14	paeonovicinoside ^[32]	A	OH	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc[6(5)- <i>O</i> -7'-(2'- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glc(1→6)-α-ara)benzyl]	benzoyl	26
15	芍药花苷 A ^[33]	A	OH	<i>O</i> -β- <i>D</i> -gal(6- <i>O</i> -benzoyl)	benzoyl	30
16	芍药花苷 B ^[33]	A	OH	<i>O</i> -β- <i>D</i> -gal	benzoyl	30
17	水杨基芍药苷 ^[32]	A	OH	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc	<i>O</i> -hydroxybenzoyl	26
18	8- <i>O</i> -檫酰脱苯甲酰芍药苷 ^[33]	A	OH	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc	galloyl	26
19	8- <i>O</i> -异戊酰脱苯甲酰芍药苷 ^[34]	A	OH	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc	isovaleryl	26
20	6'- <i>O</i> -檫酰脱苯甲酰芍药苷 ^[34]	A	OH	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc(6- <i>O</i> -galloyl)	OH	26
21	6'- <i>O</i> -香草基芍药苷 ^[34]	A	OH	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc(6- <i>O</i> -vanillyl)	benzoyl	26
22	3',6'-二- <i>O</i> -没食子酰芍药苷 ^[34]	A	OH	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc(3,6-di- <i>O</i> -galloyl)	benzoyl	26
23	异麦芽糖芍药苷 ^[34]	A	OH	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc(1→4)-α-glc	benzoyl	26
24	6'- <i>O</i> -β- <i>D</i> -吡喃葡萄糖基芍药内酯苷 ^[35]	B	OH	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc(1→2)-β- <i>D</i> -glc		26
25	芍药内酯苷 ^[29,35]	B	OH	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc	benzoyl	26, 28
26	6'- <i>O</i> -苯甲酰芍药内酯苷 ^[35]	B	OH	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc(6- <i>O</i> -benzoyl)	benzoyl	26
27	没食子酰基芍药内酯苷 ^[27]	B	OH	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc(6- <i>O</i> -galloyl)	benzoyl	26
28	6'- <i>O</i> -檫酰脱苯甲酰白芍素 ^[34]	B	OH	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc(6- <i>O</i> -galloyl)	CH ₂ OH	26
29	6- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl-8- <i>O</i> -benzoyl-paeonisuffrone ^[32]	C	H	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc	benzoyl	26
30	2α-蒎烷-3-酮-2- <i>O</i> -β-吡喃葡萄糖苷 ^[36]	D	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc	H		31
31	5α-蒎烷-3-酮-2- <i>O</i> -β-吡喃葡萄糖苷 ^[36]	D	H	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc		31
32	(+)-angelicoidenol-2- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranoside ^[37]	E	OH	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc		32
33	盾叶皂苷 A ^[37]	E	β- <i>D</i> -glc	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc		
34	盾叶皂苷 B ^[37]	E	OH	<i>O</i> -β- <i>D</i> -api(1→6)-β- <i>D</i> -glc		32
35	盾叶皂苷 C ^[37]	E	OH	<i>O</i> -[6- <i>O</i> -S-3'-hydroxy-3'-methylglutaryl]-β- <i>D</i> -glc		32
36	盾叶皂苷 C 甲酯 ^[37]	E	OH	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc[6- <i>O</i> -COCH ₂ C(OH, CH ₃)-CH ₂ COOCH ₃]		32
37	(-)-angelicoidenol-β- <i>D</i> -glucopyranoside ^[14]	E	OH	<i>O</i> -β- <i>D</i> -glc		13

benzoyl: 苯甲酰基; vanillyl: 香草基; galloyl: 没食子酰基; isovaleryl: 异戊酰基

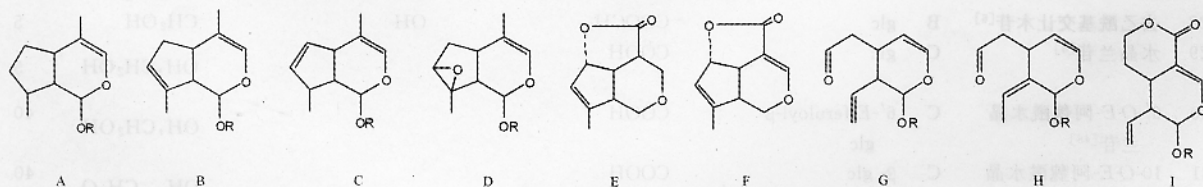


图4 环烯醚萜苷类化合物基本骨架

表4 环烯醚萜苷类化合物

序号	化合物名称	母核	取代基								来源
			R	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈		
1	3''-O-glucosyl senburiside II ^[39]	A	glc	H	COOH		H		CH ₃	33	
2	kankanoside A ^[40]	A	β -D-glc	H	CH ₃		H	H	OH, CH ₃	34	
3	kankanoside B ^[40]	A	β -D-glc	H	H		H	OH	OH, CH ₂ OH	34	
4	kankanoside C ^[40]	A	β -D-glc	Cl	H		H	OH	OH, CH ₂ OH	34	
5	马钱子苷 ^[41]	A	β -D-glc	H	COOCH ₃		H	OH	CH ₃	35	
6	genameside A ^[42]	A	β -D-glc		COOCH ₃			OH	OH, CH ₂ OH	36	
7	genameside B ^[42]	A	β -D-glc		COOCH ₃			OH	OH, CH ₂ OH	36	
8	genameside C ^[42]	A	β -D-glc(1→4)- β -D-glc		COOCH ₃				CH ₂ OH	36	
9	genameside D ^[42]	A	β -D-glc		COOCH ₃				CH ₂ O- β -D-glc	36	
10	京尼平苷酸 ^[42]	A	β -D-glc		COOH				CH ₂ OH	36	
11	京尼平苷 ^[42]	A	β -D-glc		COOCH ₃				CH ₂ OH	36	
12	羟异梔子苷 ^[42]	A	β -D-glc		COOCH ₃				OH, CH ₂ OH	36	
13	京尼平-1-O-龙胆双糖苷 ^[42]	A	β -D-glc(1→6)- β -D-glc		COOCH ₃				CH ₂ OH	36	
14	urphoside A ^[43]	A	glc				O-feruloyl	OH	OH, CH ₂ OH	37	
15	6-氧-阿魏酰筋骨草苷 ^[44]	A	β -D-glc				O-feruloyl		OH, CH ₃	38	
16	赤式-6-氧-4'-(3-甲氧基-4-羟基苯丙三醇-8'')阿魏酰筋骨草苷 ^[44]	A	β -D-glc				O-4'-(3-methoxyl-4-hydroxyphenylglycol-8'')-feruloyl		OH, CH ₃	38	
17	苏式-6-氧-4'-(3-甲氧基-4-羟基苯丙三醇-8'')-阿魏酰筋骨草苷 ^[44]	A	β -D-glc				O-4'-(3-methoxyl-4-hydroxyphenylglycol-8'')-feruloyl		OH, CH ₃	38	
18	8,10-dehydropulchelloside ^[45]	A	β -D-glc		COOCH ₃	OH	OH	OH	=CH ₂	47	
19	桃叶珊瑚苷 ^[46]	B	glc				OH		CH ₂ OH	39	
20	5-allosyloxy-aucubin ^[47]	B	β -glc			O- β -allose	OH		CH ₂ OH	29	
21	美利妥单苷 ^[47]	B	β -glc			OH	OH		CH ₂ OH	29	
22	美利妥苷 ^[47]	B	β -glc			O- β -glc	OH		CH ₂ OH	29	
23	allobetonicoside ^[47]	B	β -glc				=O		CH ₂ OH	29	
24	车叶草苷酸 ^[6]	B	glc		COOH		OH		CH ₂ OO-CCH ₃	5	
25	去乙酰基车叶草苷酸 ^[6]	B	glc		COOH		OH		CH ₂ OH	5	
26	6-O-差向乙酰基鸡屎藤苷 ^[6]	B	glc		COOH		OCOCH ₃		CH ₂ OH	5	
27	交让木苷 ^[6]	B	glc		COOCH ₃		OH		CH ₂ OO-CCH ₃	5	
28	去乙酰基交让木苷 ^[6]	B	glc		COOCH ₃		OH		CH ₂ OH	5	
29	水晶兰苷 ^[6]	C	glc		COOH				OH, CH ₂ OH	5	
30	6'-O-E-阿魏酰水晶兰苷 ^[48]	C	6'-E-feruloyl- β -glc		COOH				OH, CH ₂ OH	40	
31	10-O-E-阿魏酰水晶兰苷 ^[48]	C	β -glc		COOH				OH, CH ₂ O-E-feruloyl	40	

续表 4

序号	化合物名称	母核	取代基								来源
			R	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈		
32	10- <i>Otrans</i> -coumaroyl-eranthemoside ^[49]	C	β -D-glc						OH, CH ₂ O-4-hydroxy-cinnhyl	41	
33	3'- <i>O</i> - β -D-吡喃葡萄糖基梓醇 ^[50]	D	β -D-glc-(1→4)- β -D-glc				OH		CH ₂ OH	42	
34	婆婆纳苷 ^[51]	D	β -D-glc				<i>O</i> -benzoyl		CH ₂ OH	43	
35	梓苷 ^[51]	D	β -D-glc				<i>O-p</i> -hydroxybenzoyl		CH ₂ OH	43	
36	毛子草苷 ^[51]	D	β -D-glc				<i>O</i> -vanilloyl		CH ₂ OH	43	
37	verminoside ^[51]	D	β -D-glc				<i>O</i> -caffeoyl		CH ₂ OH	43	
38	3'-羟基梓果苷 ^[51]	D	β -D-glc				<i>O</i> -protocatechuoyl		CH ₂ OH	43	
39	胡黄连苦苷Ⅱ ^[52]	D	β -D-glc				<i>O</i> -vanilloyl		CH ₂ OH	44	
40	胡黄连苦苷Ⅰ ^[52]	D					OH		CH ₂ OH	44	
41	胡黄连苦苷Ⅲ ^[52]	D	β -D-glc				<i>O</i> -E-4-hydroxy-3-methoxycinnamoyl		CH ₂ OH	44	
42	pikuroside ^[52]	D	β -D-glc				<i>O</i> -vanilloyl	OH	OH	44	
43	verbraside ^[53]	E		<i>O</i> -glc				OH	CH ₃	43	
44	车叶草苷 ^[6]	F	glc						CH ₂ OO-CCH ₃	5	
45	6'- <i>E</i> -对香豆酰基四乙酰开联番木鳖苷 ^[54]	G	β -D-glc[6- <i>O</i> -(<i>p</i> -hydroxycinnamoyl)]		COOH			OH		45	
46	6'- <i>O</i> [(2 <i>E</i>)-2, 6-二甲基-8-羟基-2-辛烯酰氧基]-四乙酰开联番木鳖苷 ^[54]	G	β -D-glc(6- <i>O</i> -2, 6-dimethyl-8-hydroxy-2-octenoyloxy)		COOH			OH		45	
47	四乙酰开联番木鳖苷 ^[54]	G	β -D-glc		COOH			OH		45	
48	橄榄苦苷 ^[54]	H	β -D-glc		COOH			<i>O</i> -caffeoyl		45	
49	齐墩果苷二甲醚 ^[54]	H	β -D-glc		COOCH ₃			OCH ₃		45	
50	女贞苷 ^[55]	H	α -glc		COOCH ₃				6- <i>O</i> - α -glc[1- <i>O</i> -(<i>p</i> -hydroxyphenethyl)]	46	
51	獐牙菜苷 ^[38]	I	glc							33	
52	<i>epi</i> -vogeloside ^[38]	I	glc					OCH ₃		33	

feruloyl:阿魏酰基;caffeoyl:咖啡酰基;vanilloyl:香草酰基;protocatechuoyl:原儿茶酰基;cinnamoyl:肉桂酰基;phenethyl:

苯乙基;octenoyloxy:辛烯酰氧基

Modaressi 等^[58]从 *Eremostachys laciniata* (L.) Bunge 中分离得到的 pulchellose I 对蜡样芽孢杆菌、紫茉莉变形杆菌和金黄色葡萄球菌有较强抑制作用,最低抑制浓度为 0.05 mg/mL。

桃叶珊瑚苷对于肥大细胞中的 NF- κ B 是一种特异抑制剂,并与其治疗慢性过敏性炎症疾病有关^[59]。芍药苷可减轻炎症大鼠后爪肿胀,并能逆转白细胞介素-4 的改变^[60]。玄参苷甲对多种急、慢性炎症雌性小鼠模型表现出较强的抗炎活性,其中对

迟发型过敏性反应的抗炎效果最好^[61]。

2.2 神经保护

单萜苷中的芍药苷可抑制一氧化氮诱导 PC12 细胞凋亡,活化腺苷 A1 受体,保护神经细胞,增加神经细胞存活数量,对兴奋性氨基酸海人藻酸所致的兴奋性神经损伤有神经保护作用。芍药苷还能阻断脑海马 CA1 区细胞钠通道,减轻脑缺氧损伤^[62]。从醉鱼草中分离得到的马先蒿苷 A (pedicularioside A) 通过抑制 caspase-3 基因的表达而减弱 MPP⁺ 诱

导的大鼠中脑神经细胞凋亡^[63]。梓醇能够减弱 H_2O_2 诱导的氧化应激反应,保护星形胶质细胞^[64]。

2.3 抗肿瘤

Hung 等^[65]发现桃叶珊瑚苷能通过阻滞细胞分裂周期而抑制非小细胞肺癌 A549 细胞的增殖。从栀子中分离得到的五酰基京尼平苷可以抑制 C6 神经胶质瘤细胞转移,主要表现在 C6 神经胶质瘤细胞黏性和基质金属蛋白酶 2 活性的降低及基质金属蛋白酶 2 组织抑制因子水平升高^[66]。从吕宋荚蒾 *Viburnum luzonicum* Rolfe 中分离得到的 luzonoside A、B 对 HeLa S3 癌细胞有抑制作用^[67]。晏雪生等^[68]报道芍药苷对人肝癌细胞株 Bel-7402 和 Hep G₂ 细胞增殖有显著抑制作用,其最大抑制率分别为 33.78%、31.45%。

2.4 保肝

草苈蓉 *Boschniakia rossica* (Chamisso et Schlechtendal) B. Fedtschenko 中的环烯醚萜苷肉苈蓉苷和 8-表去氧马钱子苷酸对 CCl_4 引起的肝损伤有修复作用,主要通过减少氧化应激反应而逆转所有肝功能参数的改变,恢复肝功能^[69]。五乙酰栀子苷可以抑制黄曲霉毒素 B₁ (AFB₁) 诱导的雄性大鼠肝毒性损害,并能减少由 AFB₁ 诱导的 γ 谷氨酰转肽酶阳性灶的数量^[70]。桃叶珊瑚苷能显著抑制血清中由 CCl_4 所致肝损伤而产生的谷草转氨酶 (ALT) 和谷丙转氨酶 (AST) 水平的升高,并能阻止由 α -鹅膏蕈素引起的肝脏 RNA 合成水平下降^[71]。龙胆苦苷能明显降低 CCl_4 急性肝损伤小鼠血清 ALT、AST 水平及增强肝组织中谷胱甘肽过氧化物酶活性,增加大鼠胆汁流量,提高胆汁中胆红素浓度,具有保肝作用^[72]。

2.5 抗氧化、延缓衰老

梓醇通过增强内源性抗氧化酶活性及调节能量代谢紊乱而具有抗衰老作用^[73]。京尼平苷酸能有效促进胶原蛋白合成,防止衰老^[74]。女贞子苷和女贞子苷 G13 均能清除 DPPH 自由基,具有显著的抗氧化活性^[53]。Raju 等^[75]从水金京 *Wendlandia formosana* Cowan 中分离得到的 5 个环烯醚萜苷鸡屎藤苷甲酯、去乙酰车叶草苷酸甲酯、10-O-咖啡酰基鸡屎藤苷甲酯、6-甲氧基鸡屎藤苷甲酯、10-O-咖啡酰基交让木苷对 DPPH、羟基和过氧化亚硝酸盐均有抗氧化作用。紫外线 B 通过使皮肤细胞内活性氧簇的产生增多,从而诱导基质金属蛋白酶 (MMP-1) 的合成,引起皮肤的光老化反应,而桃叶

珊瑚苷能显著抑制 MMP-1 的生成,从而发挥抗衰老的作用^[76]。

2.6 抗骨质疏松

芍药中的 6'-O- β -D-吡喃葡萄糖基芍药内酯苷能通过增强矿化必需酶碱性磷酸酶的活性以及促进成骨样细胞系 MC3T3-E1 中的钙沉积,使骨质变得坚硬且致密,从而预防骨质疏松^[77]。桃叶珊瑚苷通过促进成骨样细胞的增殖和抑制破骨细胞活性而产生抗骨质疏松效应^[78]。

2.7 降血糖

京尼平苷对高脂饮食和链脲霉素诱导的糖尿病小鼠有显著的降血糖作用,其作用机制可能与抑制肝糖原磷酸化酶和葡萄糖-6-磷酸酶的活性有关^[79]。桃叶珊瑚苷可调节血糖,用于治疗糖尿病, Jin 等^[80]证实糖尿病大鼠服用桃叶珊瑚苷后,其胰脏功能改善且胰岛 β 细胞增加。

2.8 镇痛

Jaishree 等^[81]报道獐牙菜苷可缓解疼痛,给予 200 mg/kg 獐牙菜苷后,小鼠因醋酸引起疼痛所致的扭体活动次数明显减少。龙胆苦苷对持久性炎症疼痛及由前扣带皮质中的突触传递改变而引起的慢性疼痛有显著活性^[82]。

2.9 其他作用

从栀子花、果实中提取得到的环烯醚萜苷 6'-O-乙酰京尼平苷等能够不同程度地提高蛋白转基因果蝇的短期记忆能力^[83]。林生玄参提取物中的玄参波利苷 A (scropolioside A)、scrophuloside A 和 scrovalentinoside 等酰化环烯醚萜苷能促进人皮肤成纤维细胞的生长,具有愈合伤口的作用^[84]。杜仲中的京尼平苷酸、京尼平苷具有降压作用^[85]。

3 结语

单萜苷类成分在天然药物中分布广泛,资源丰富,并具有显著的药理活性。但目前对药理活性的研究主要集中于双环单萜苷和环烯醚萜苷,且很多活性成分的作用机制尚不十分明确。因此,如何确切地阐明活性单萜苷类化合物的作用机制并将其开发应用于临床是一个亟待解决的问题。应进一步加强对该类化合物资源、化学结构、药理活性、构效关系、结构修饰改造等的多学科研究和关联分析,对该类成分的有效利用具有重要意义。

参考文献

- [1] Li X, Matsuda H, Nakamura S, et al. Reinvestigation of absolute stereostructure of (-)-rosiridol: structures of mono-

- terpene glycosides, rosiridin, rosiridosides A, B, and C from *Rhodiola sachalinensis* [J]. Chem Pharm Bull, 2008, 56(5): 695-700.
- [2] Bai H, Chang X, Dou D, *et al.* Rhodiosides A-E, monoterpene glycosides from *Rhodiola rosea* [J]. Chem Pharm Bull, 2006, 54(8):1229-1233.
- [3] Anero R, Baghdikian B, Balansard G, *et al.* Monoterpene glycosides isolated from *Fadogia agrestis* [J]. Phytochemistry, 2008, 69(3):805-811.
- [4] Ishikawa T, Kitajima J, Kondo K, *et al.* Water-soluble constituents of coriander [J]. Chem Pharm Bull, 2003, 51(1): 32-39.
- [5] Ersöz T, Harput Ü S, Calis I, *et al.* Iridoid, phenylethanoid and monoterpene glycosides from *Phlomis sieheana* [J]. Turk J Chem, 2002, 26(1):1-8.
- [6] Demirezer L Ö, Gürbüz F, Güvenalp Z, *et al.* Iridoids, flavonoids and monoterpene glycosides from *Galium verum* subsp. *verum* [J]. Turk J Chem, 2006, 30(4):525-534.
- [7] 潘云雪, 窦 辉, 郑筱祥, 等. 大叶橐吾中的黄酮醇苷和单萜苷[J]. 中国现代应用药学杂志, 2005, 22(3):175-178.
- [8] Jung C M, Kwon H C, Lee K R, *et al.* Two new monoterpene peroxide glycosides from *Aster scaber* [J]. Chem Pharm Bull, 2001, 49(7):912-914.
- [9] 佟文勇, 米 靓, 梁 鸿, 等. 合欢皮化学成分的分离鉴定[J]. 北京大学学报:医学版, 2003, 35(2):180-183.
- [10] Seo Y, Shin J, Cha H J, *et al.* A new monoterpene glucoside from *Portulaca oleracea* [J]. Bull Korwan Chem, 2003, 24(10):1475-1477.
- [11] Li J R, Bai Y J, Wang B, *et al.* A monoterpene glucoside from *Echinacea purpurea* [J]. J Chin Pharm Sci, 2003, 12(4):181-183.
- [12] Assaf M H, Hasanean H A, Kamel M S, *et al.* Monoterpene glucosides from *Origanum syriacum* [J]. Phytochemistry, 2001, 58(8):1149-1152.
- [13] Ishikawa T, Kitajima J, Takayanagi T, *et al.* Water-soluble constituents of cumini: monoterpene glucosides [J]. Chem Pharm Bull, 2002, 50(11):1471-1478.
- [14] Fujita T, Lu Z G, Takeuchi H. New monoterpene glucoside from the aerial parts of Thyme (*Thymus vulgaris* L.) [J]. Biosci Biotechnol Biochem, 2004, 68(5):1131-1134.
- [15] De Rosa S, Mitova M, Handjieva N, *et al.* Aromatic monoterpene glycosides from *Cruciata taurica* [J]. Nat Prod Res, 2003, 17(2):109-113.
- [16] Nakanishi T, Iida N, Iinuma M, *et al.* A monoterpene glucoside and three megastigmane glycosides from *Juniperus communis* var. *depressa* [J]. Chem Pharm Bull, 2005, 53(7):783-787.
- [17] Gohari A R, Honda G, Ito M, *et al.* Two new monoterpene glycosides and trypanocidal terpenoids from *Dracocephalum kotschy* [J]. Chem Pharm Bull, 2004, 52(10):1249-1250.
- [18] Wang N L, Wang J, Yao X S, *et al.* Two new monoterpene glycosides and a new (+)-jasmolone glucoside from *Bidens parviflora* Willd. [J]. J Asian Nat Prod Res, 2007, 9(5): 473-479.
- [19] 杨光忠, 李芸芳, 喻 昕, 等. 臭灵丹萜类和黄酮化合物[J]. 药学学报, 2007, 42(5):511-515.
- [20] Agarwal S K, Samal S S, Haneef M, *et al.* A new monoterpene glucoside from Indian *Illicium griffithii* [J]. Indian J Chem, 2002, 41B:675-676.
- [21] 戴好富, 谭宁华, 周 俊. 北五味子中的一个新单萜苷[J]. 高等学校化学学报, 2005, 26(9):1659-1661.
- [22] 薛培风, 路新华, 王 娜, 等. 多裂委陵菜中的四甲基环己烯型单萜苷[J]. 中国中药杂志, 2005, 30(13):983-986.
- [23] 邱 莉, 刘红霞, 姜志虎, 等. 酸浆茎叶中的四甲基环己烯型单萜苷类化合物[J]. 沈阳药科大学学报, 2008, 25(12): 956-960.
- [24] 吴 斌, 李 文, 林文辉, 等. 麻叶千里光中两个新单萜苷化合物[J]. 中国药物化学杂志, 2005, 15(3):178-179.
- [25] Aramoto M, He D H, Kanchanapoom T, *et al.* Tricalysiosides P-U: *ent*-kaurane glucosides and a labdane glucoside from leaves of *Tricalysia dubia* Ohwi [J]. Chem Pharm Bull, 2007, 55(11):1600-1605.
- [26] 吴 娇, 梅文莉, 戴好富. 野花椒中一个新的单萜苷[J]. 中草药, 2007, 38(4):488-490.
- [27] Wang X L, Jiao W, Liao X, *et al.* Monoterpene glycosides from the roots of *Paeonia lactiflora* [J]. Chin Chem Lett, 2006, 17(7):916-918.
- [28] An R B, Kim H C, Lee S H, *et al.* A new monoterpene glycoside and antibacterial monoterpene glycosides from *Paeonia suffruticosa* [J]. Arch Pharm Res, 2006, 29(10):815-820.
- [29] Wu S H, Chen Y W, Yang L Y, *et al.* Monoterpene glycosides from *Paeonia delavayi* [J]. Phytochem Commun, 2007, 78(1):76-78.
- [30] Dong H J, Liu Z Q, Song F R, *et al.* Structural analysis of monoterpene glycosides extracted from *Paeonia lactiflora* Pall. using electrospray ionization Fourier transform ion cyclotron resonance mass spectrometry and high-performance liquid chromatography/electrospray ionization tandem mass spectrometry [J]. Rapid Commun Mass Spectrom, 2007, 21(19):3193-3199.
- [31] 梁 志, 秦海林, 尉 芹, 等. 白芍中两个单萜苷的结构鉴定[J]. 西北林学院学报, 2006, 21(6):177-179.
- [32] Okasaka M, Kashiwada Y, Kodzhimatov O K, *et al.* Monoterpene glycosides from *Paeonia hybrida* [J]. Phytochemistry, 2008, 69(8):1767-1772.
- [33] Ahmed Z, Anis I, Aziz-ur-rehman, *et al.* Paeonins A and B, lipoxygenase inhibiting monoterpene galactosides from *Paeonia emodi* [J]. Chem Pharm Bull, 2003, 51(3):252-254.

- [34] Tanaka T, Kataoka M, Tsuboi N, *et al.* New monoterpene glycoside esters and phenolic constituents of *Paeoniae radix*, and increase of water solubility of proanthocyanidins in the presence of paeoniflorin [J]. Chem Pharm Bull, 2000, 48(2):201-207.
- [35] Yen P H, Kiem P V, Nhiem N X, *et al.* A New monoterpene glycoside from the roots of *Paeonia lactiflora* increases the differentiation of osteoblastic MC3T3-E1 Cells [J]. Arch Pharm Res, 2007, 30(10):1179-1185.
- [36] Zhu Y D, Zou J, Zhao W M. Two new monoterpenoid glycosides from *Glechoma longituba* [J]. J Asian Nat Prod Res, 2008, 10(2):199-204.
- [37] Hori Y, Miura T, Wakabayashi Y, *et al.* Five monoterpene glycosides from *Zingiberis rhizome* (Shokyo) [J]. Heterocycles, 2005, 65(10):2358-2367.
- [38] 马丽娜,田成旺,张铁军,等. 獐牙菜属植物中环烯醚萜类成分及其药理作用研究进展[J]. 中草药, 2008, 39(5):790-795.
- [39] Aimi N, Fujii N, Kitajima M, *et al.* Camptothecins and two new monoterpene glucosides from *Ophiorrhiza liukiensis* [J]. Chem Pharm Bull, 2005, 53(10):1355-1358.
- [40] Matsuda H, Morikawa T, Muraoka O, *et al.* Monoterpene constituents from *Cistanche tubulosa*-chemical structures of kankanosides A-E and kankanol [J]. Chem Pharm Bull, 2006, 54(5):669-675.
- [41] Li H J, Li P, Qian Z M, *et al.* Simultaneous qualitation and quantification of thirteen bioactive compounds in *Flos Lonicerae* by high-performance liquid chromatography with diode array detector and mass spectrometry [J]. Chem Pharm Bull, 2007, 55(7):1073-1076.
- [42] Ikeda T, Masuoka C, Nohara T, *et al.* Iridoid glucosides from the fruit of *Genipa americana* [J]. Chem Pharm Bull, 2005, 53(10):1342-1344.
- [43] Harput U S, Nagatsu A, Ogihara Y, *et al.* Iridoid glucosides from *Veronica hederifolia* [J]. Chem Pharm Bull, 2002, 50(8):1106-1108.
- [44] Lu J H, Pu X P, Tu G Z, *et al.* Iridoid glycosides from *Buddleja lindleyana* [J]. J Chin Pharm Sci, 2004, 13(3):151-154.
- [45] 薛恒跃,于黎明,王钢力,等. 萝卜秦艽中的一个新的环烯醚萜苷[J]. 中草药, 2009, 40(1):8-11.
- [46] Cho H Y, Ho J N, Hong B S, *et al.* Inhibitory effect of aucubin isolated from *Eucommia ulmoides* against UVB-induced matrix metalloproteinase-1 production in human skin fibroblasts [J]. Biosci Biotechnol Biochem, 2005, 69(11):2227-2231.
- [47] Ballero M, Bianco A, Piccioni F, *et al.* Monoterpenoids from *Stachys glutinosa* L. [J]. Nat Prod Res, 2006, 20(6):648-652.
- [48] Chin Y W, Kim J, Kim Y L, *et al.* Two new acylated iridoid glucosides from the aerial parts of *Paederia scandens* [J]. Chem Pharm Bull, 2004, 52(11):1356-1357.
- [49] Kanchanapoom T, Kasai R, Noiarsa P, *et al.* Phenylethanoid and iridoid glycosides from the Thai medicinal plant, *Barleria strigosa* [J]. Chem Pharm Bull, 2004, 52(5):612-614.
- [50] Kanchanapoom T, Kasai R, Otsuka H, *et al.* Aliphatic alcohol and iridoid glycosides from *Asystasia intrusa* [J]. Chem Pharm Bull, 2004, 52(8):980-982.
- [51] Harput U S, Inoue M, Ogihara Y, *et al.* Phenylethanoid and iridoid glycosides from *Veronica persica* [J]. Chem Pharm Bull, 2002, 50(6):869-871.
- [52] 汪豪,吴佳俊,刘戈,等. 西藏胡黄连中的环烯醚萜类化学成分[J]. 中国天然药物, 2006, 4(1):36-39.
- [53] Abe H, Ikeda T, Masuoka C, *et al.* New iridoid glucosides from the aerial parts of *Verbena brasiliensis* [J]. Chem Pharm Bull, 2006, 54(10):1421-1424.
- [54] Bilia A R, Chatzopoulou A, Karioti A, *et al.* Novel secoiridoid glucosides in *Olea europaea* leaves suffering from Boron deficiency [J]. Biosci Biotechnol Biochem, 2006, 70(8):1898-1903.
- [55] 李阳,左燕,孙文基. 贞贞子中2种主要裂环环醚萜苷成分的分离鉴定及其抗氧化活性研究[J]. 中药材, 2007, 30(5):543-546.
- [56] Ata A, Mbong N, Iverson C D, *et al.* Minor chemical constituents of *Vitex pinnata* [J]. Nat Prod Commun, 2009, 4(1):1-4.
- [57] Kumarasamy Y, Nahar L, Cox P J, *et al.* Bioactivity of secoiridoid glycosides from *Centaurium erythraea* [J]. Phyto-medicine, 2003, 10(4):344-347.
- [58] Modaressi M, Delazar A, Nazemiyeh H, *et al.* Antibacterial iridoid glucosides from *Eremostachys laciniata* [J]. Phytother Res, 2009, 23(1):99-103.
- [59] Jeong H J, Koo H N, Na H J, *et al.* Inhibition of TNF- α and IL-6 production by aucubin through blockade of NF- κ B activation RBL-2H3 mast cells [J]. Cytokine, 2002, 18(5):252-259.
- [60] Wu H, Wei W, Song L, *et al.* Paeoniflorin induced immune tolerance of mesenteric lymph node lymphocytes via enhancing beta 2-adrenergic receptor desensitization in rats with adjuvant arthritis [J]. Int Immunopharmacol, 2007, 7(5):662-673.
- [61] Giner R M, Villalba M L, Recio M C, *et al.* Anti-inflammatory glycoterpenoids from *Scrophularia auriculata* [J]. Eur J Pharmacol, 2000, 389(2/3):243-252.
- [62] 孙蓉,武栋栋,刘国卿. 一氧化氮诱导PC12细胞凋亡及芍药苷的保护作用[J]. 中国临床药理学与治疗学, 2005, 10(11):1266.

- [63] Li Y Y, Lu J H, Li Q, *et al.* Pedicularioside A from *Buddleia lindleyana* inhibits cell death induced by 1-methyl-4-phenylpyridinium ions (MPP⁺) in primary cultures of rat mesencephalic neurons [J]. *Eur J Pharmacol*, 2008, 579(1/3):134-140.
- [64] Bi J, Jiang B, Liu J H, *et al.* Protective effects of catalpol against H₂O₂-induced oxidative stress in astrocytes primary culture [J]. *Neurosci Lett*, 2008, 442(3):224-227.
- [65] Hung J Y, Yang C J, Tsai Y M, *et al.* Antiproliferative activity of aucubin is through cell cycle arrest and apoptosis in human non-small cell lung cancer A549 cells [J]. *Clin Exp Pharmacol Physiol*, 2008, 35(9):995-1001.
- [66] Huang H P, Shih Y W, Wu C H, *et al.* Inhibitory effect of penta-acetyl geniposide on C6 glioma cells metastasis by inhibiting matrix metalloproteinase-2 expression involved in both the PI3K and ERK signaling pathways [J]. *Chem Biol Interact*, 2009, 181(1):8-14.
- [67] Fukuyama Y, Minoshima Y, Kishimoto Y, *et al.* Iridoid glucosides and *p*-coumaroyl iridoids from *Viburnum luzonicum* and their cytotoxicity [J]. *J Nat Prod*, 2004, 67(11):1833-1838.
- [68] 晏雪生, 李瀚, 彭亚琴, 等. 芍药苷诱导人肝癌细胞系 Hep G2 凋亡的研究[J]. *中西医结合肝病杂志*, 2006, 16(1):18-20.
- [69] Quan J, Piao L, Xu H, *et al.* Protective effect of iridoid glucosides from *Boschniakia rossica* on acute liver injury induced by carbon tetrachloride in rats [J]. *Biosci Biotechnol Biochem*, 2009, 73(4):849-854.
- [70] Lin Y L, Hsu J D, Chou F P, *et al.* Suppressive effect of penta-acetyl geniposide on the development of gamma-glutamyl transpeptidase foci-induced by aflatoxin B(1) in rats [J]. *Chem Biol Interact*, 2000, 128(2):115-126.
- [71] Li C G, Qu G R. The progress in the development of anti-hepatitis virus drugs [J]. *Nat Prod Res Dev*, 2002, 14(6):81-87.
- [72] 刘占文, 陈长勋, 金若敏, 等. 龙胆苦苷的保肝作用研究[J]. *中草药*, 2002, 33(1):47-50.
- [73] Zhang X, Zhang A, Jiang B, *et al.* Further pharmacological evidence of the neuroprotective effect of catalpol from *Rehmannia glutinosa* [J]. *Phytomedicine*, 2008, 15(6/7):484-490.
- [74] 赵晖. 杜仲叶药理作用研究 I: 抗衰老作用[J]. *国外医学: 中医中药分册*, 2000, 20(3):151-153.
- [75] Raju B L, Lin S J, Hou W C, *et al.* Antioxidant iridoid glucosides from *Wendlandia formosana* [J]. *Nat Prod Res*, 2004, 18(4):357-364.
- [76] Ho J N, Lee Y H, Lee Y D, *et al.* Inhibitory effect of aucubin isolated from *Eucommia ulmoides* against UVB-induced matrix metalloproteinase-1 production in human skin fibroblasts [J]. *Biosci Biotechnol Biochem*, 2005, 69(11):2227-2231.
- [77] Yen P H, Kiem P V, Nhiem N X, *et al.* A new monoterpene glycoside from the roots of *Paonia lactiflora* increases the differentiation of osteoblastic MC3T3-E1 cells [J]. *Arch Pharm Res*, 2007, 30(10):1179-1185.
- [78] Ha H, Ho J, Shin S, *et al.* Effects of *Eucommiae cortex* on osteoblast-like cell proliferation and osteoclast inhibition [J]. *Arch Pharm Res*, 2003, 26(11):929.
- [79] Wu S Y, Wang G F, Liu Z Q, *et al.* Effect of geniposide, a hypoglycemic glucoside, on hepatic regulating enzymes in diabetic mice induced by a high-fat diet and streptozotocin [J]. *Acta Pharmacol Sin*, 2009, 30(2):202-208.
- [80] Jin L, Xue H Y, Jin L J, *et al.* Antioxidant and pancreas-protective effect of aucubin on rats with streptozotocin-induced diabetes [J]. *Eur J Pharmacol*, 2008, 582(1/3):162-167.
- [81] Jaishree V, Badami S, Rupesh Kumar M, *et al.* Antinociceptive activity of swertiamarin isolated from *Enicostemma axillare* [J]. *Phytomedicine*, 2009, 16(2/3):227-232.
- [82] Chen L, Liu J C, Zhang X N, *et al.* Down-regulation of NR2B receptors partially contributes to analgesic effects of gentiopicroside in persistent inflammatory pain [J]. *Neuropharmacology*, 2008, 54(8):1175-1181.
- [83] Yu Y, Xie Z L, Gao H, *et al.* Bioactive iridoid glucosides from the fruit of *Gardenia jasminoides* [J]. *J Nat Prod*, 2009, 72(8):1459-1464.
- [84] Stevenson P C, Simmonds M S, Sampson J, *et al.* Wound healing activity of acylated iridoid glycosides from *Scrophularia nodosa* [J]. *Phytother Res*, 2002, 16(1):33-35.
- [85] 罗丽芳, 吴卫华, 欧阳冬生, 等. 杜仲的降压成分及降压机制[J]. *中草药*, 2006, 37(1):150-152.

(收稿日期 2009-12-25)

节 能 减 排 保 护 环 境