· 综 述 ·

石头花属植物的化学成分及药理作用研究进展

解龙霄，孙得峰，汪海洋，姚庆强，孙敬勇*

山东省医学科学院药物研究所，济南大学 山东省医学科学院医学与生命科学学院，山东省罕少见病重点实验室，山东 济南 250062

摘 要：石头花属植物主要化学成分为黄酮类、环肽类、甾醇类、挥发油、三萜及其皂苷等化合物，具有抗肿瘤、抗肥胖、抗糖尿病、保肝、抗氧化等药理作用。在检索国内外相关文献的基础上，对石头花属的植物资源、化学成分及药理作用进行综述，以期为石头花属植物进一步研究和开发利用提供参考。

关键词：石头花属；植物资源；黄酮类；抗肿瘤；抗氧化

中图分类号：R282.71 **文献标志码**：A **文章编号**：0253 - 2670(2015)02 - 0280 - 13

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2015.02.024

Research progress on chemical constituents in plants of *Gypsophila* L. and their pharmacological activities

XIE Long-xiao, SUN De-feng, WANG Hai-yang, YAO Qing-qiang, SUN Jing-yong

Key Laboratory of Rare and Uncommon Diseases of Shandong Province, Shandong Academy of Medical Sciences, School of Medicine and Life Sciences, University of Jinan, Institute of Materia Medica, Shandong Academy of Medical Sciences, Jinan 250062, China

Abstract: The plants in *Gypsophila* L. mainly contain chemical constituents, such as flavonoids, cyclic peptides, sterols, volatile oil, triterpenoid saponins, and other compounds which possess antitumor, anti-obesity, anti-diabetic activity, hepatoprotective activity, anti-oxidation, and so on. On the basis of the retrieval of relevant literature, this paper summarizes the progress on resources, chemical composition, pharmacological action, and clinical application of the plants in *Gypsophila* L., and provides the references for the further study and development of the plants in *Gypsophila* L.

Key words: *Gypsophila* L.; plant resources; flavonoids; antitumor; anti-oxidation

石头花属 *Gypsophila* L. 为石竹目石竹科植物，约 150 种，分布于亚洲、欧洲及南美洲。我国有 18 种 1 变种[1]。石头花属植物可供药用，也可供观赏。其具有清热凉血、活血化瘀、消肿止痛、化腐生肌等功效，可治虚劳骨蒸、阴虚久疾、小儿疳热等[2-3]。现代研究表明，该属主要药用种类有长蕊石头花（又名霞草、丝石竹）、大叶石头花、头状石头花等，其中药用成分主要为皂苷类。其皂苷类成分也被证实在抗肿瘤、免疫调节等方面有显著的活性。本文着重阐述石头花属的植物资源、主要化学成分、药理作用 3 个方面的研究进展。

1 中国石头花属植物的分类

我国石头花属植物大多分布于西北、华北和东北地区，新疆是其分布和分化集中地，种数往东递减。河北石头花、华山石头花、刺序石头花和细叶石头花为我国特有种[4]。目前研究发现长蕊石头花、草原石头花、大叶石头花等可供药用。按多年生或一年生、茎直立或斜升、植株高矮、苞片干膜质或叶状、花萼有无白色间隔及宽狭、花序形状、密集或疏散、有无刺、花梗粗细等将中国石头花属种分为 5 组[4]。其种类及植物资源分布见表 1[4-5]。

2 化学成分

2.1 黄酮类化合物

黄酮类化合物是许多中药中的有效成分，具有保肝、降血压、抗菌、抗心律失常等作用。此外，其还具有抗自由基、抑制肿瘤细胞和抗致癌促进因子作用，可以防止机体的脂质过氧化反应[6]。目前从石头花属植物中共发现 10 个黄酮类化合物，具有

收稿日期：2014-06-13

基金项目：山东省科技发展计划项目（2013GSF11854）

作者简介：解龙霄（1989—），女，在读研究生，研究方向为天然药物化学。Tel: 15865317502 E-mail: xielongxiao_qq@126.com

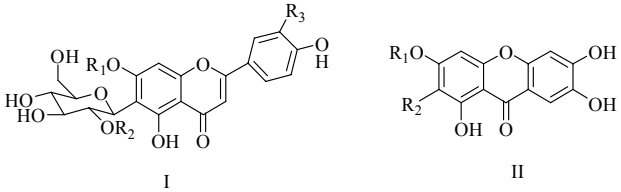
*通信作者 孙敬勇 Tel: (0531)82919963 E-mail: sunjingyong08@hotmail.com

表 1 中国石头花属种类及植物资源分布

Table 1 Species in *Gypsophila* L. and their resource distribution in China

组名	种名	种数	产地
伞房花序组 Sect. Corymbosae Barkoudah	高石头花 *G. altissima* L.	11 种、1 变种	新疆（霍城、伊宁、察布查尔、昭苏、新源）
	膜苞石头花 *G. cephalotes* (Schrenk) F. N. Williams		新疆阿尔泰山、天山地区、塔什库尔干
	长蕊石头花 *G. oldhamiana* Miq.		辽宁、河北、山西、陕西、山东、江苏、河南
	河北石头花 *G. tschiliensis* J. Krause		河北小五台山、涞源县白石山、北京百花山
	华山石头花 *G. huashanensis* Y. W. Tsui. & D. Q. Lu		陕西华山、秦岭地区
	草原石头花（原变种）*G. davurica* Turcz. ex Fenzl var. *davurica*		东北、内蒙古、河北（围场）
	狭叶草原石头花（变种）*G. davurica* var. *angustifolia* Fenzl in Ledeb.		内蒙古东部
	大叶石头花 *G. pacifica* Kom.		东北
	紫萼石头花 *G. patrinii* Ser.		宁夏、甘肃、青海、新疆
	头状石头花 *G. capituliflora* Rupr.		蒙古、宁夏、甘肃、新疆
	细叶石头花 *G. licentiana* Hand. -Mazz.		河北、山西、内蒙古、陕西（北部）、宁夏、甘肃、青海、新疆
	刺序石头花 *G. spinosa* D. Q. Lu		新疆阿尔泰山、额尔齐斯河地区（吉木乃、布尔津、阿勒泰、北屯）
圆锥花序组 Sect. Rokejeka (Forssk.) A. Br.	圆锥石头花 *G. paniculata* L.	2 种	新疆阿尔泰山、塔什库尔干
	钝叶石头花 *G. perfoliata* L.		新疆北部
异色组 Sect. Heterochroa (Bge.) Fenzl	卷耳状石头花 *G. cerastioides* D. Don	3 种	西藏喜马拉雅山、横断山区（吉隆、亚东、错那、察隅、察瓦龙）
	荒漠石头花 *G. desertorum* (Bge.) Fenzl		内蒙古
	绢毛石头花 *G. sericea* (Ser.) Krylov		新疆阿尔泰山区（清河、福海）
缕丝花组 Sect. Dichoglottis (Fisch. et Mey.) Fenzl	缕丝花 *G. elegans* M. Bieb.	1 种	北京、上海、杭州、庐山、呼和浩特、兰州、重庆、新疆等
长胚根组 Sect. Macrorrhizaea Boiss.	细小石头花 *G. muralis* L.	1 种	黑龙江兴凯湖东岸

黄酮（I）和双苯吡酮（II）2 种母核（图 1），化合物名称及取代基见表 2。



I II

图 1 石头花属植物的黄酮类成分母核

Fig. 1 Parent nuclei of flavonoids from plants in *Gypsophila* L.

2.2 环肽类化合物

目前，该属植物中的环肽类化合物结构式、名称和植物来源见图 2 和表 3。

2.3 甾醇类成分

目前，从该属中分离得到了 2 种母核的甾醇类化合物（图 3）。化合物名称、取代基和植物来源见表 4。

2.4 挥发性成分

采用顶空固体微萃取法、索氏提取法及水蒸气蒸馏法从长蕊石头花中提取挥发性成分，并用 GC-MS 联用技术确定了 131 种成分，主要为苯及苯的同系物、醇醚类、烷烃类、烯类、酯类、酐类、苈类及杂环类。主要化合物有 3-methyl-butanal（**26**）、squalene（**27**）、1,2-benzenedicarboxylic acid diisooctyl ester（**28**）、naphazoline（**29**）、2-methyl-naphthalene（**30**）、4-methyl-1-pentanol（**31**）、anethole（**32**）、benzeneacetaldehyde（**33**）、methyl hexadecanoate（**34**）、naphazoline（**35**）、2, 3-dihydro-4-methyl-1*H*-indene（**36**）、phenmetrazine（**37**）等[19-22]。

表 2 石头花属植物的黄酮类成分

Table 2 Flavonoids from plants in *Gypsophila* L.

编号	化合物名称	母核	取代基	植物来源	参考文献
1	isoscoparin	I	R_1=R_2=H, R_3=CH_3O	b	7
2	isovitexin	I	R_1=R_2=R_3=H	a、e	8-9
3	2″-*O*-rhamnopyransoyl-isovitexin	I	R_1=R_3=H, R_2=Rha	e	9
4	isoorientin	I	R_1=R_2=H, R_3=OH	e	9
5	2″-*O*-rhamnopyransoyl-7- methoxylisoorientin	I	R_1=CH_3O, R_2=Rha, R_3=OH	e	9
6	2″-*O*-rhamnopyransoyl-isoorientin	I	R_1=H, R_2=Rha, R_3=OH	e	9
7	apigenin 6-*C*-[α-*L*-arabinosyl-(1″→2″)-β-*D*-gluco-pyranosyl]-7-*O*-β-*D*-glucopyranoside	I	R_1=Glc, R_2=Ara, R_3=H	a	10
8	isoorientin-2″-*O*-α-*L*-arabinopyranosyl	I	R_1=H, R_2=Ara, R_3=OH	c	11
9	luteolin 7-*O*-α-*L*-arabinopyranosyl-6-*C*-β-glucopyranoside	I	R_1=Ara, R_2=H, R_3=OH	d	12
10	mangiferin	II	R_1=H, R_2=Glc	e	9

a-*G. oldhamiana* b-*G. capituliflora* c-*G. elegans* d-*G. repens* e-*G. pacifica*

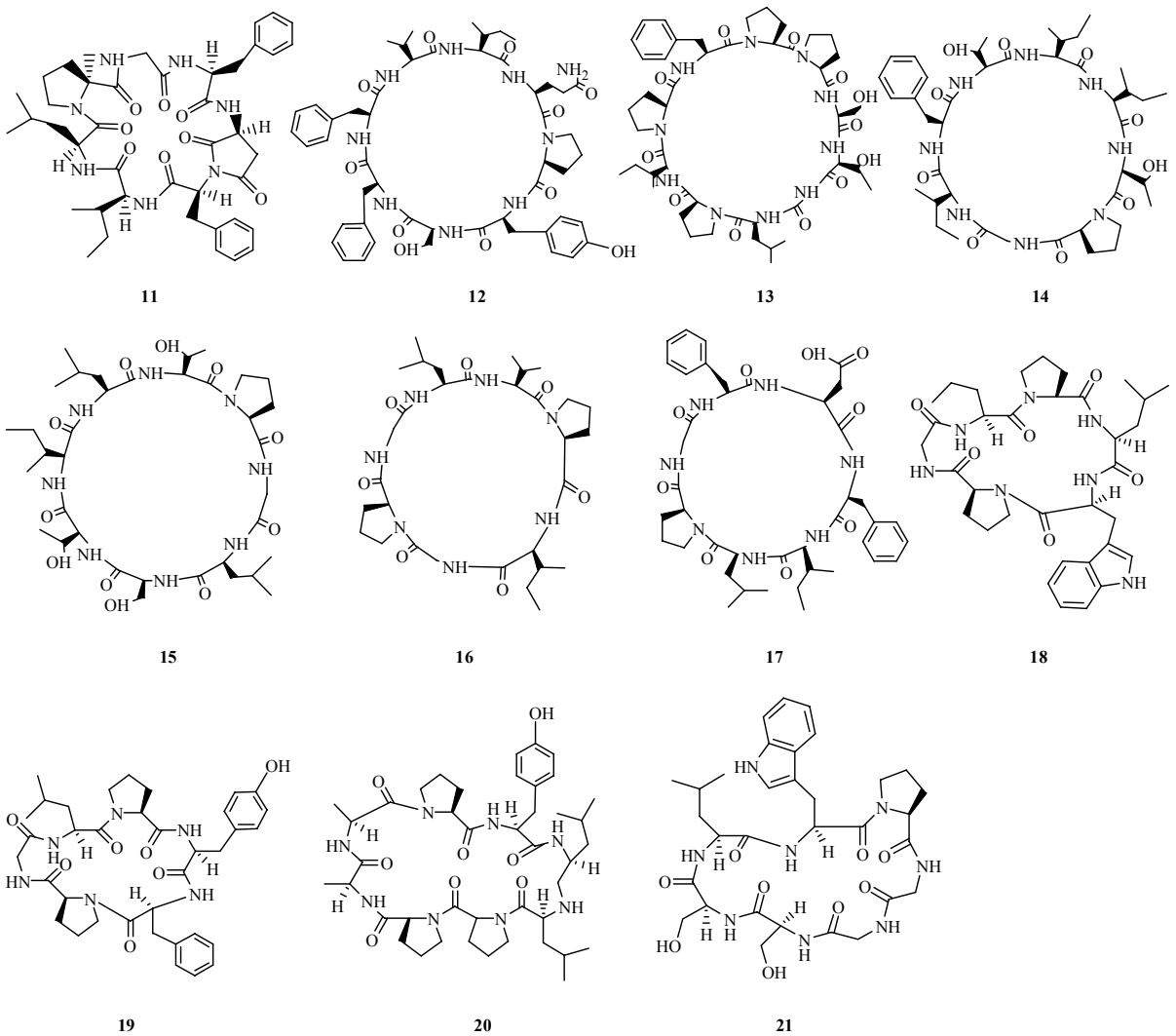


图 2 石头花属植物的环肽类成分结构

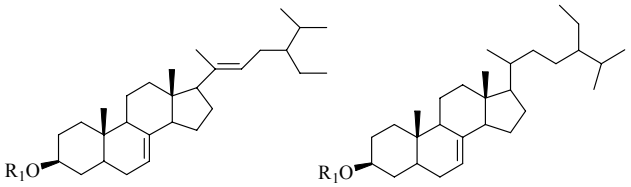
Fig. 2 Chemical structures of cyclic peptides from plants in *Gypsophila* L.

表 3 石头花属植物的环肽类化合物

Table 3 Cyclic peptides from plants in *Gypsophil*a L.

编号	化合物名称	分子式	植物来源	参考文献
11	cyclo-(Gly^1-Phe^2-Asp^3-Phe^4-Ile^5-Leu^6-Pro^7)	$C_{41}H_{53}N_7O_8$	a	13
12	cyclo-(Pro^1-Tyr^2-Ser^3-Phe^4-Phe^5-Val^6-Ile^7-Gln^8)	$C_{51}H_{67}N_9O_{11}$	a	14
13	cyclo-(Pro^1-Phe^2-Pro^3-Pro^4-Ser^5-Thr^6-Gly^7-Leu^8-Pro^9-Ile^{10})	$C_{50}H_{74}N_{10}O_{12}$	a	14
14	cyclo-(Pro1-Gly^2-Ile^3-Phe^4-Thr^5-Ile^6-Ile^7-Thr^8)	$C_{42}H_{66}N_8O_{10}$	a	14
15	cyclo-(Pro^1-Gly^2-Leu^3-Ser^4-Thr^5-Ile^6-Leu^7-Thr^8)	$C_{36}H_{62}N_8O_{11}$	a	14
16	cyclo-(Pro^1-Gly^2-Leu^3-Val^4-Pro^5-Ile^6-Gly^7)	$C_{31}H_{51}N_7O_7$	a	14
17	cyclo-(Pro^1-Gly^2-Phe^3-Asp^4-Phe^5-Ile^6-Leu^7)	$C_{41}H_{55}N_7O_9$	a	14
18	cyclo-(Leu^1-Pro^2-Leu^3-Trp^4-Pro^5-Gly^6)	$C_{35}H_{49}N_7O_6$	f	15
19	cyclo-(Leu^1-Pro^2-Tyr^3-Phe^4-Pro^5-Gly^6)	$C_{36}H_{46}N_6O_7$	f	15
20	cyclo-(Ala^1-Pro^2-Tyr^3-Leu^4-Leu^5-Pro^6-Pro^7-Ala^8)	$C_{42}H_{62}N_8O_9$	f	15
21	cyclo-(Leu^1-Trp^2-Pro^3-Gly^4-Gly^5-Ser^6-Ser^7)	$C_{32}H_{44}N_8O_9$	f	15

f-*G. arabica*



III IV

图 3 石头花属植物的甾醇类成分母核

Fig. 3 Parent nuclei of sterols from plants in *Gypsophila* L.

2.5 三萜及其皂苷类

三萜及其皂苷类成分不仅是该属植物的主要化学成分，也是具有生物活性的有效成分。该属植物中的三萜类成分几乎都是五环三萜。石头花属中主要的三萜皂苷类化合物见图 4 和表 5。

2.6 其他

石头花属中还含有其他化合物，如 tetracosyl caffeate[7]（**138**）、alternariol[7]（**139**）、alternariol monomethylether[7]（**140**）、syringaldehyde[8]（**141**）、arbutin[8]（**142**）、octadecyl caffeate[16-18]（**143**）、ferulic acid[17-18]（**144**）、*p*-hydroxycinnamic acid[48]（**145**）、dihydroferulic acid[48]（**146**）、syringic acid[48]（**147**）、vanillic acid[48]（**148**）等。上述部分化合物的结构式见图 5。

表 4 石头花属植物的甾醇类成分

Table 4 Sterols from plants in *Gypsophila* L.

编号	化合物名称	母核	取代基	植物来源	参考文献
22	β-*D*-glucoside-α-spinasterol	III	R_1=Glc	a	16-18
23	α-spinasterol	III	R_1=H	a	17-18
24	β-sitosterol	IV	R_1=H	a、b	7-8,16-18
25	daucosterol	IV	R_1=Glc	a、b	7-8,16-18

3 药理作用

3.1 抗肿瘤作用

采用 MTT 法及 8 种人源肿瘤细胞株（KB、PC-3M、A549、KeTr3、A2780、SMMC-7721、HT29、SGC7901）对霞草（长蕊石头花）中霞草皂苷（**43**）进行细胞毒活性评价，发现其具有一定的体外抑瘤作用，IC_{50} 小于 50 μg/mL[18,37,49-51]。研究还表明，ip 7.5、10.0 mg/kg 霞草皂苷（**43**）对小鼠 S_{180} 肉瘤和 H_{22} 肝癌具有明显的抑制作用，抑瘤率分别为 32.8%、51.1%和 42.3%、45.8%，与对照组比较均具有统计学意义，虽然抑瘤率不及阳性对照组，但不良反应较轻[49]。

Arslan 等[31]发现石头花属植物 *G. pilulifera* Boiss. & Heldr. 中化合物 **44** 对 A549 细胞具有明显的选择抑制活性（IC_{50}＞16 μmol/L）。

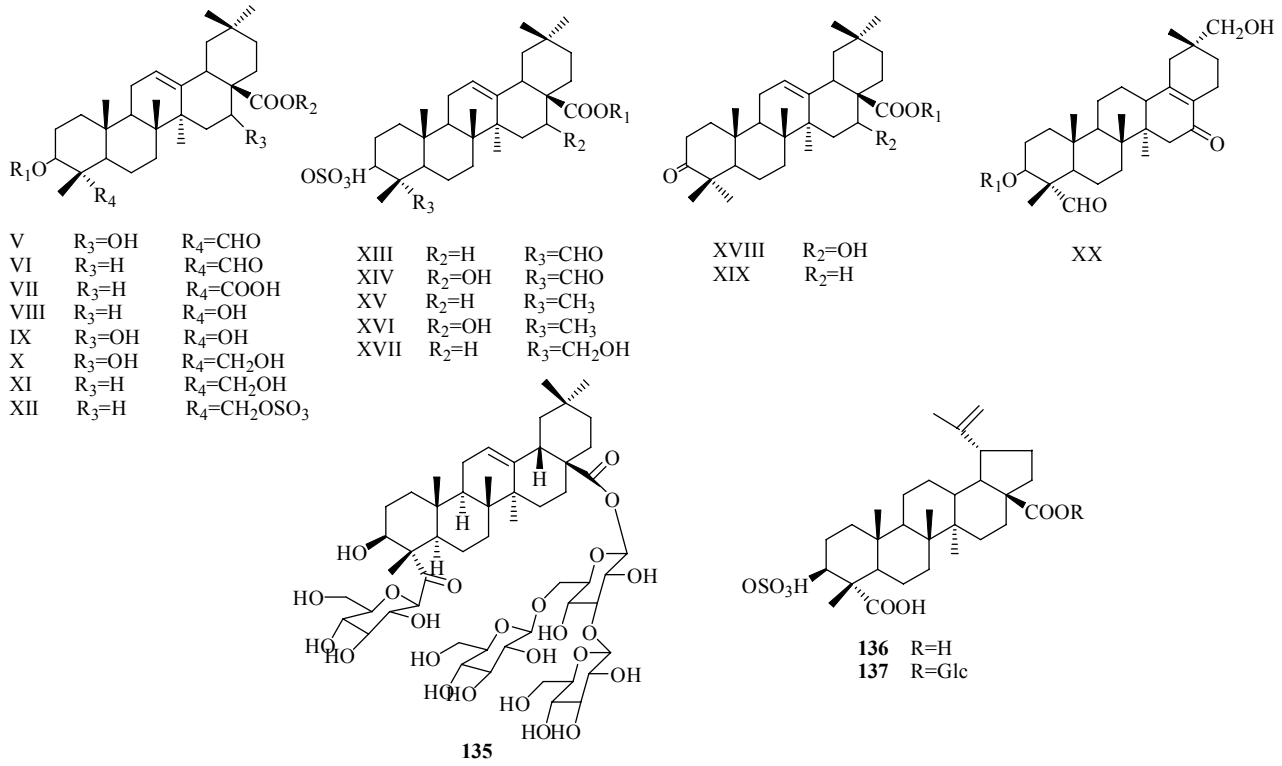


图 4 石头花属植物的三萜类成分母核及部分结构

Fig. 4 Parent nuclei and some structures of triterpenoids from plants in *Gypsophila* L.

表 5 石头花属植物的三萜类成分

Table 5 Triterpenoids from plants in *Gypsophila* L.

编号	化合物名称	母核	植物来源	参考文献
38	quillaic acid α-*L*-arabinopyranosyl-(1→4)-α-*L*-arabinopyranosyl-(1→3)-β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-β-*D*-fucopyranosyl ester	V	a	23
39	3-*O*-β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)]-β-*D*-glucuronopyranosyl quillaic acid methyl ester	V	a	24
40	3-*O*-β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-xylopyranosy1-(1→3)]-β-*D*-glucuronopyranosyl quillaic acid 28-{*O*-β-*D*-fucopyranosyl-(1→4)-[β-*D*-glucopyranosyl-(1→3)]-α-*L*-rhamnopyranosyl} ester	V	a	24
41	quillaic acid 3-*O*-β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-galactopyranosyl-(1→3)]-β-*D*-glucuronopyranoside	V	a	25
42	quillaic acid	V	a	26-28
43	3-*O*-{β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)]-β-*D*-glucuronopyranosyl}quillaic acid 28-[α-*L*-arabinopyranosyl-(1→2)-α-*L*-arabinopyranosyl-(1→3)-β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-β-*D*-fucopyranosyl] ester	V	a	29-30
44	3-*O*-β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)]-β-*D*-glucuronopyranosyl quillaic acid 28-*O*-β-*D*-glucopyranosyl-(1→3)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)]-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-β-*D*-fucopyranosyl ester	V	g	31
45	3-*O*-β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)]-β-*D*-glucuronopyranosyl quillaic acid 28-*O*-β-*D*-glucopyranosyl-(1→3)-[β-*D*-glucopyranosyl-(1→4)]-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-[α-*L*-arabinopyranosyl-(1→4)]-β-*D*-fucopyranosyl ester	V	e	32

续表 5

编号	化合物名称	母核	植物来源	参考文献
46	3-*O*-β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)-[α-*L*-arabinopyranosyl-(1→3)]-β-*D*-glucopyranosyl quillaic acid 28-*O*-a-*L*-arabinopyranosyl-(1→3)-β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)-[β-*D*-glucopyranosyl-(1→3)]-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-[α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→4)]-β-*D*-fucopyranosyl ester	V	e	32
47	3-*O*-β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)]-β-*D*-glucuronopyranosyl quillaic acid 28-*O*-β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)-β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)-β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-[3, 4-di-*O*-acetyl-β-*D*-quinovopyranosyl-(1→4)]-β-*D*-fucopyranoside	V	k	33
48	3-*O*-β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)]-β-*D*-glucuronopyranosyl quillaic acid 28-*O*-β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)-[β-*D*-glucopyranosyl-(1→3)]-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-glucopyranosyl-(1→4)]-β-*D*-fucopyranosyl ester	V	l	34
49	3-*O*-β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)]-β-*D*-glucuronopyranosyl quillaic acid 28-*O*-β-*D*-glucopyranosyl-(1→3)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)-β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)]-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-β-*D*-fucopyranosyl ester	V	l	35
50	3-*O*-α-*L*-arabinopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-galactopyranosyl-(1→3)]-β-*D*-glucuronopyranosyl quillaic acid 28-*O*-α-*L*-arabinopyranosyl-(1→4)-α-*L*-arabinopyranosyl-(1→3)-β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)-β-*D*-xylopyranosyl-(1→2)-3-*O*-acetyl-4-*O*-*cis*-*p*-methoxycinnamoyl-β-*D*-fucopyranoside	V	n	36
51	3-*O*-α-*L*-arabinopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-galactopyranosyl-(1→3)]-β-*D*-glucuronopyranosyl quillaic acid 28-*O*-β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)-β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)-β-*D*-xylopyranosyl-(1→2)-3-*O*-acetyl-4-*O*-*trans*-*p*-methoxycinnamoyl-β-*D*-fucopyranoside	V	n	36
52	3-{{*O*-β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)-β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)-*O*-[α-*L*-arabinopyranosyl-(1→3)]-β-*D*-glucopyranuronosyl}oxy}quillaic acid 28-{*O*-β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)-*O*-β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)-*O*-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-*O*-β-*D*-quinovopyranosyl-(1→4)]-β-*D*-fucopyranosyl} ester	V	n	37
53	3-{{*O*-α-*L*-arabinopyranosyl-(1→3)-*O*-[β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)]-β-*D*-glucopyranuronosyl}oxy}quillaic acid 28-{*O*-β-*D*-galactopyranosyl-(1→3)-*O*-β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)-*O*-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-β-*D*-fucopyranosyl} ester	V	n	37
54	3-{{*O*-β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)-*O*-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)]-β-*D*-glucopyranosyl}oxy}quillaic acid methyl ester	V	n	37
55	3-{{*O*-β-*D*-glucopyranosyl-(1→2)-*O*-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)]-β-*D*-glucopyranuronosyl}oxy}quillaic acid	V	n	37
56	3-{{*O*-β-*D*-galactopyranosyl-(1→4)-*O*-[β-*D*-glucopyranosyl-(1→2)]-β-*D*-glucopyranuronosyl}oxy}quillaic acid	V	n	37
57	3-{*O*-β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)-*O*-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)]-β-*D*-glucuronopyranosyl} quillaic acid 28-{*O*-β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)-*O*-β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)-*O*-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-*O*-[3,4-di-*O*-acetyl-β-*D*-quinovopyranosyl-(1→4)]-β-*D*-fucopyranosyl} ester	V	n	38
58	rubicunoside C	V	n	38
59/60	3-*O*-[β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)][β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)]-β-*D*-glucuronopyranosyl quillaic acid 28-*O*-[α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)]-4-*O*-acetyl-3-*O*-(*E*/*Z*)-para-methoxycinnamoyl-β-*D*-fucopyranosyl ester	V	n	38
61	quillaic acid 3-*O*-β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)-β-*D*-glucuronopyranoside	V	o	39
62	3-*O*-β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)]-β-*D*-glucuronopyranosyl quillaic acid 28-*O*-(6-*O*-acetyl)-β-*D*-glucopyranosyl-(1→3)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)]-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-β-*D*-fucopyranoside	V	o	39

续表 5

编号	化合物名称	母核	植物来源	参考文献
63	3-*O*-β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)-6-*O*-methyl-β-*D*-glucuronopyranosyl quillaic acid	V	o	39
64	3-*O*-β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)]-β-*D*-glucuronopyranosyl gypsogenin methyl ester	VI	a	24
65	gypsogenin 28-*O*-α-*D*-galactopyranosyl-(1→6)-β-*D*-glucopyranosyl-(1→6)-[β-*D*-glucopyranosyl-(1→3)]-β-*D*-glucopyranosyl ester	VI	a	25
66	3-*O*-β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)-β-*D*-glucuronopyranosyl gypsogenin 28-*O*-β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-β-*D*-fucopyranoside	VI	a	25
67	3-*O*-β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)]-β-*D*-glucuronopyranosyl gypsogenin 28-*O*-α-*L*-arabinopyranosyl-(1→3)-β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-β-*D*-fucopyranoside	VI	a	25
68	3-*O*-β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)]-β-*D*-glucuronopyranosyl gypsogenin 28-*O*-(6-*O*-acetyl)-β-*D*-glucopyraanosyl-(1→3)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)]-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-β-*D*-fucopyranoside	VI	a	25
69	3α-hydroxyepigypsogenin	VI	a	18,28
70	gypsogenin	VI	a	18,27-28
71	3-*O*-β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)]-methyl-β-*D*-glucuronopyranosyl gypsogenin 28-*O*-β-*D*-glucopyranosyl-(1→3)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)]-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-β-*D*-fucopyranoside	VI	a	30
72	3-*O*-β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)-[β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)]-β-*D*-glucuronopyranosyl gypsogenin	VI	a	40
73	3-*O*-(α-*L*-arabinopyranosyl-(1→3)-[β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)]-β-*D*-glucuronopyranosyl)-28-*O*-(3-*O*-sulphate-β-*D*-glucopyranosyl-(1→3)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)]-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-4-*O*-acetyl-β-*D*-fucopyranosyl)-gypsogenin	VI	h	41
74	3-*O*-(β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)-[β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)]-β-*D*-glucuronopyranosyl)-28-*O*-(3-*O*-sulphate-β-*D*-glucopyranosyl-(1→3)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)]-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-4-*O*-acetyl-β-*D*-fucopyranosyl)-gypsogenin	VI	h	41
75	3-*O*-(α-*L*-arabinopyranosyl-(1→3)-[β-*D*-galactopyranoyl-(1→2)]-β-*D*-glucuronopyranosyl)-28-*O*-(3-*O*-sulphate-β-*D*-glucopyranosyl-(1→3)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)]-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-3-*O*-acetyl-β-*D*-fucopyranosyl)-gypsogenin	VI	h	41
76	3-*O*-(α-*L*-arabinopyranosyl-(1→3)-[β-*D*-galactopyranoyl-(1→2)]-β-*D*-glucuronopyranosyl)-28-*O*-(β-*D*-glucopyranosyl-(1→3)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)]-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-4-*O*-acetyl-β-*D*-fucopyranosyl)-gypsogenin	VI	h	41
77	3-*O*-(α-*L*-arabinopyranosyl-(1→3)-[β-*D*-galactopyranoyl-(1→2)]-β-*D*-glucuronopyranosyl)-28-*O*-(6-*O*-acetyl-β-*D*-glucopyranosyl-(1→3)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)]-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-4-*O*-acetyl-β-*D*-fucopyranosyl)-gypsogenin	VI	h	41
78	3-*O*-(β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)-[β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)]-β-*D*-glucuronopyranosyl)-28-*O*-(6-*O*-acetyl-β-*D*-glucopyranosyl-(1→3)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)]-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-4-*O*-acetyl-β-*D*-fucopyranosyl)-gypsogenin	VI	h	41
79	3-*O*-(α-*L*-arabinopyranosyl-(1→3)-[β-*D*-galactopyranoyl-(1→2)]-β-*D*-glucuronopyranosyl)-28-*O*-(β-*D*-glucopyranosyl-(1→3)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)]-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-β-*D*-fucopyranosyl)-gypsogenin	VI	h	41

续表 5

编号	化合物名称	母核	植物来源	参考文献
80	3-*O*-(α-*L*-arabinopyranosyl-(1→3)-[β-*D*-galactopyranosl-(1→2)]-β-*D*-glucuronopyranosyl)-28-*O*-(6-*O*-acetyl-β-*D*-glucopyranosyl-(1→3)-[α-*L*-arabinopyranosyl-(1→3)-β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)]-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-4-*O*-acetyl-β-*D*-fucopyranosyl)-gypsogenin	VI	h	41
81	3-*O*-(β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)-[β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)]-β-*D*-glucuronopyranosyl)-28-*O*-(6-*O*-acetyl-β-*D*-glucopyranosyl-(1→3)-[α-*L*-arabinopyranosyl-(1→3)-β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)]-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-4-*O*-acetyl-β-*D*-fucopyranosyl)-gypsogenin	VI	h	41
82/83	3-*O*-(α-*L*-arabinopyranosyl-(1→3)-[β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)]-β-*D*-glucuronopyranosyl)-28-*O*-(β-*D*-glucopyranosyl-(1→3)-[α-*L*-arabinopyranosyl-(1→3)-β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)]-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-4-*O*-*cis*/*trans*-methoxycinnamoyl-β-*D*-fucopyranosyl)-gypsogenin	VI	h	41
84	3-*O*-β-arabinopyranosyl-(1→3)-[β-galactopyranosyl-(1→2)]-β-glucuronopyranosyl gypsogenin	VI	h	26
85	3-*O*-β-xylopyranosyl-(1→3)-[β-galactopyranosyl-(1→2)]-β-glucuronopyranosyl gypsogenin	VI	h	26
86	3β-hydroxyolean-12-en-23-oxo-28-oic acid 28-*O*-[β-*D*-glucopyranosyl-(1→2)-β-*D*-galactopyranosyl-(1→3)]-[β-*D*-glucopyranosyl-(1→6)]-β-*D*-galactopyranoside	VI	i	42
87	gypsogenin 28-*O*-β-*D*-glucopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-glucopyranosyl-(1→6)]-β-*D*-glucopyranoside	VI	j	43
88	3β-sulfate ester of gypsogenin 28-*O*-β-*D*-glucopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-glucopyranosyl-(1→6)]-β-*D*-glucopyranoside	VI	j	44
89	3-*O*-β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)]-β-*D*-glucuronopyranosyl gypsogenin 28-*O*-α-*L*-arabinopyranosyl-(1→4)-α-*L*-arabinopyranosyl-(1→3)-β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-β-*D*-fucopyranosyl ester	VI	e	32
90	3-*O*-β-*D*-galactopyranosyl-(1→3)-β-*D*-glucuronopyranosyl gypsogenin 28-*O*-β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)-β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-β-*D*-fucopyranosyl ester	VI	e	32
91	3-*O*-β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)]-β-*D*-glucuronopyranosyl gypsogenin β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-[3,4-di-*O*-acetyl-β-*D*-quinovopyranosyl-(1→4)]-β-*D*-fucopyranoside	VI	k	33
92	3-*O*-β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)]-β-*D*-glucuronopyranosyl gypsogenin α-*L*-arabinopyransyl-(1→3)-β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-[3,4-di-*O*-acetyl-β-*D*-quinovopyranosyl-(1→4)]-β-*D*-fucopyranoside	VI	k	33
93	3-*O*-β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)]-β-*D*-glucuronopyranosyl gypsogenin 28-β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)-[β-*D*-glucopyranosyl-(1→3)]-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-4-*O*-*trans*/*cis*-*p*-methoxycinnamoyl-β-*D*-fucopyranosyl	VI	k	33
94	3-*O*-β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)]-6-*O*-methyl-β-*D*-glucuronopyranosyl gypsogenin 28-β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)-[β-*D*-glucopyranosyl-(1→3)]-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-4-*O*-*trans*/*cis*-*p*-methoxycinnamoyl-β-*D*-fucopyranoside	VI	k	33

续表 5

编号	化合物名称	母核	植物来源	参考文献
95/96	3-*O*-β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)]-6-*O*-methyl-β-*D*-glucuronopyranosyl gypsogenin 28-β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)-[β-*D*-glucopyranosyl-(1→3)]-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-3-*O*-*trans*/*cis*-*p*-methoxycinnamoyl-β-*D*-fucopyranosyl	VI	k	33
97	3-*O*-β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)]-β-*D*-glucuronopyranosyl gypsogenin 28-*O*-β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)-[β-*D*-glucopyranosyl-(1→3)]-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-glucopyranosyl-(1→4)]-β-*D*-fucopyranosyl ester	VI	l	34
98	3-*O*-β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)-[β-*D*-galactopyranosyl-(1→3)-β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)]-β-*D*-glucuronopyranosyl gypsogenin 28-β-*D*-glucopyranosyl-(1→3)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)-β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)]-α-Lrhamnopyranosyl-(1→2)-β-*D*-fucopyranosyl ester	VI	l	35
99	3-*O*-β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)]-β-*D*-glucuronopyranosyl gypsogenin 28-*O*-β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)-β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-[(4-*O*-acetyl)-β-*D*-quinovopyranosyl-(1→4)]-β-*D*-fucopyranosyl ester	VI	m	34
100	gypsogenic acid 28-*O*-β-*D*-glucopyranosyl-(1→3)-{6-*O*-[3-hydroxy-3-methylglutaryl]-β-*D*-glucopyranosyl-(1→6)}-β-*D*-galactopyranosyl ester	VI	m	34
101	3-{{*O*-α-*L*-arabinopyranosyl-(1→2)-*O*-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)]-β-*D*-glucopyranuronosyl}oxy}-gypsogenin 28-{*O*-β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)-*O*-β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)-*O*-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-4-*O*-[(*E*)-4-methoxycinnamoyl]-β-*D*-fucopyranosyl} ester	VI	n	37
102	3-β-*O*-(β-*D*-galactopyranosyl)-(1→3)-β-*D*-glucopyranosyl gypsogenin 28-*O*-{β-*D*-glucopyranosyl-(1→3)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)]-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-fucopyranosyl-(1→3)]-α-*L*-arabinopyranosyl ester}	VI	n	38
103	junceosides C	VI	n	38
104	agrostemmoside A	VI	n	38
105	gypsogenin 28-*O*-[β-*D*-glucopyranosyl-(1→2)-β-*D*-galactopyranosyl-(1→3)]-[β-*D*-glucopyranosyl-(1→6)]-β-*D*-galactopyranoside	VI	n	38
106	(3β)-3-*O*-{β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)]-β-*D*-glucopyranuronosyl}gypsogenin 28-{α-*L*-arabinopyranosyl-(1→3)-β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-(3-*O*,4-*O*-diacetyl-β-*D*-fucopyranosyl)}ester	VI	d	45
107	gypsogenic acid	VII	a	18,26-28
108	3β-hydroxyolean-12-en-23,28-dioic acid 28-*O*-[β-*D*-glucopyranosyl-(1→3)-β-*D*-glucopyranosyl-(1→2)][β-*D*-galactopyranosyl(1→6)]β-*D*-glucopyranoside	VII	i	42
109	3β-hydroxyolean-12-en-23,28-dioic acid 28-*O*-[β-*D*-glucopyranosyl-(1→2)-β-*D*-galactopyranosyl-(1→3)][β-*D*-glucopyranosyl(1→6)]β-*D*-galactopyranoside	VII	i	42
110	gypsogenic acid 28-*O*-β-*D*-glucopyranosyl-(1→6)-β-*D*-glucopyranosyl-(1→6)-[β-*D*-glucopyranosyl-(1→3)]-β-*D*-glucopyranosyl ester	VII	e	32
111	3-*O*-β-*D*-glucopyranosyl gypsogenic acid 28-*O*-α-*D*-galactopyranosyl-(1→6)-β-*D*-glucopyranosyl-(1→6)-[β-*D*-glucopyranosyl-(1→3)]-β-*D*-glucopyranosyl ester	VII	e	32
112	(3β)-3-*O*-(β-*D*-xylopyranosyl)-gypsogenic acid 28-{β-*D*-glucopyranosyl-(1→6)-β-*D*-galactopyranosyl}ester	VII	d	45

续表 5

编号	化合物名称	母核	植物来源	参考文献
113	(3β)-3-*O*-(β-*D*-xylopyranosyl)-gypsogenic acid 28-{β-*D*-xylopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-glucopyranosyl-(1→6)]-β-*D*-galactopyranosyl}ester	VII	d	45
114	(3β)-3-*O*-(β-*D*-xylopyranosyl)-gypsogenic acid 28-{β-*D*-glucopyranosyl-(1→3)-[β-*D*-glucopyranosyl-(1→6)]-β-*D*-galactopyranosl}ester	VII	d	45
115	(3β)-3-*O*-{β-*D*-glucopyranosyl-(1→2)-β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-glucopyranosyl-(1→4)]-β-*D*-galactopyranosyl}gypsogenic acid	VII	d	45
116	(3β)-3-*O*-{β-*D*-glucopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→3)]-β-*D*-glucopyranuronosyl}gypsogenic acid 28-{α-*L*-arabinopyranosyl-(1→4)-α-*L*-arabinopyranosyl-(1→3)-β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-quinovopyranosyl-(1→4)]-β-*D*-fucopyranosyl}ester	VII	d	45
117	vaccaric acid, β-*D*-glucopyranosyl-(1→3)-[β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)]-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-β-*D*-fucopyranosyl ester	VIII	a	23
118	segetalic acid 28-*O*-α-*L*-arabinopyranosyl-(1→4)-α-*L*-arabinopyranosyl-(1→3)-β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-β-*D*-fucopyranosyl ester	IX	a	25
119	collinsogenin	X	a	18,27-28,40
120	hederagenin	XI	a	18,27-28
121	23-sulfate ester of hederagenin 28-*O*-β-*D*-glucopyranosyl-(1→2)-[β-*D*-glucopyranosyl (1→6)]-β-*D*-glucopyranoside	XII	j	44
122	3β-*O*-sulfate gypsogenin 28-*O*-β-*D*-glucopyranosyl ester	XIII	e	46
123	3β-*O*-sulfate gypsogenin	XIII	e	46
124	3-*O*-sulfoechinocystic acid 28-β-glucopyranosyl ester	XIV	h	47
125	3β-*O*-sulfate quillaic acid	XIV	e	46
126	3β-Osulfate oleanolic acid	XV	e	46
127	oleanolic acid	XV	a	18,27-28,40
128	3-*O*-sulfooleanolic acid 28-β-glucopyranosyl ester	XV	h	47
129	echinocystic acid	XVI	a	18,27-28
130	3-*O*-sulfoquillaic acid 28-β-glucopyranosyl ester	XVI	h	47
131	hederagenin-3-*O*-sulfate	XVII	a	18,28
132	3-keto,16α-hydroxy, 24-noroleanolic acid 28-*O*-α-*L*-arabiopyranosyl-(1→4)-α-*L*-arabinopyranosyl-(1→3)-β-*D*-xylopyranosyl-(1→4)-α-*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-β-*D*-fucopyranosyl ester	XVIII	a	25
133	hederagonic acid	XIX	a	18,28
134	(3β,4α,20α)-3,29-dihydroxy-16,23-dioxo-28-norolean-17-en-3-yl-*O*-β-*D*-galactopyranosyl-(1→2)-*O*-[β-*D*-galactopyranosyl-(1→4)]-β-*D*-glucopyranuronosidic acid	XX	n	37
135	23-*O*-β-*D*-glucopyranosyl gypsogenic acid 28-*O*-β-*D*-glucopyranosyl-(1→3)-[β-*D*-glucopyranosyl-(1→6)]-β-*D*-glucopyranoside			30
136	(3β)-3-*O*-(sulfo)lup-20(29)-en-23,28-dioic acid			12
137	(3β)-3-*O*-(sulfo)lup-20(29)-en-23,28-dioic acid 28-*O*-β-*D*-glucopyranosyl ester			12

g-*G. pilulifera* h-*G. trichotoma* i-G.capillaris j-*G. bermejoi* k-*G. perfoliata* l-*G. arrostii* m-*G. bicolor* n-*G. paniculata* o-*G. altissima*

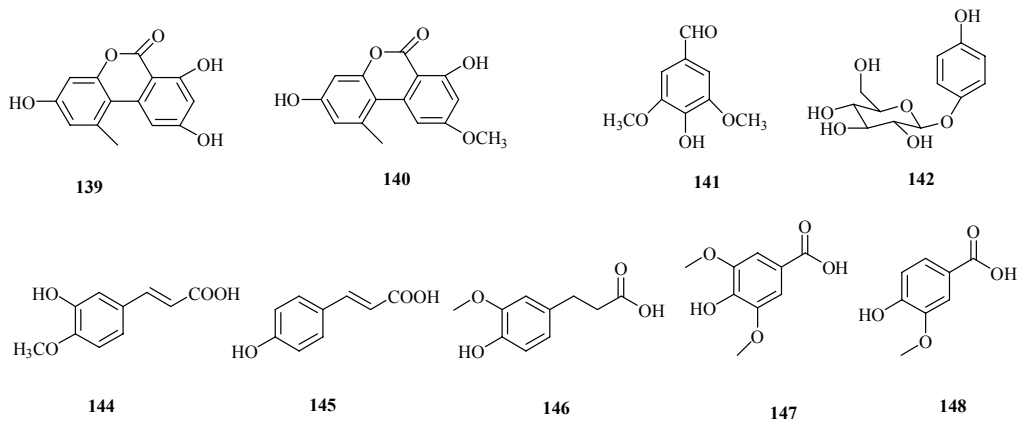


图 5 石头花属植物的其他成分结构式

Fig. 5 Chemical structures of other compounds from plants in *Gypsophila* L.

3.2 抗肥胖作用

韩立坤等[52]通过探讨丝石竹水层的总皂苷部位对高脂肪饮食诱发小鼠肥胖的影响，发现其对胰脂肪酶活性呈浓度依赖性抑制，对血浆三酰甘油升高有抑制作用；对高脂肪饮食负荷而导致的体质量及脂肪量增加有抑制作用，证实其具有抗肥胖作用。Zheng 等[30]通过测定油酸（甘油三油酸酯中的油酸）的释放率测定脂肪酶活性，发现长蕊石头花中的皂苷成分 **43**、**71**、**135** 具有胰脂肪酶抑制作用，当这 3 种化合物的质量浓度均为 1 mg/mL 时，对脂肪酶活性抑制率分别为 58.2%、99.2%和 50.3%，具有明显的抗肥胖作用。

3.3 抗糖尿病作用

石头花属中的长蕊石头花、圆锥石头花中的部分皂苷具有抗糖尿病作用；有很强的 α-葡萄糖苷酶抑制活性[25,36-37]。α-葡萄糖苷酶抑制剂可以阻碍膳食碳水化合物的吸收，抑制餐后高血糖症。Luo 等[25]发现长蕊石头花中的化合物 **65**、**118**、**132** 具有比阿卡波糖更强的 α-葡萄糖苷酶抑制活性。

3.4 保肝作用

从 *G. trichotoma* Wender. 中分得的 apigenin-*O*/*C*-diglucoside 具有抑制 CCl_4 诱导的肝脏氧化损伤的保护作用[53]。从缕丝花中分得的 isoorientin-2″-*O*-α-*L*-arabinopyranosyl（**8**）具有抗肝纤维化甚至肝硬化的作用[11]。

3.5 免疫抑制作用

Luo 等[25]研究表明，从霞草根中分离得到的化合物 **38** 在 10～100 μg/mL 时能有效增加粒细胞的吞噬作用（40%～75%），在 100 ng/mL～1 pg/mL 时，表现出对 T 细胞活化的免疫抑制作用。

3.6 抗氧化作用

黄海兰等[54]发现霞草提取物具有较强的抗氧化活性。利用 DPPH 法、Marklund、邻二氮菲-Fe^{2+} 氧化法及磷钼络合物法测定各提取物抗氧化活性，同时与合成抗氧化剂 BHT 进行对照。结果表明，在实验所测浓度下，醋酸乙酯萃取物清除 DPPH 自由基能力比同浓度的 BHT 强，其还原能力与 BHT 非常接近。石油醚萃取物具有很强的清除羟自由基和过氧自由基能力，且均高于同浓度的 BHT。张凤梅等[55]发现满天星中的黄酮类化合物 isoorientin-2″-*O*-α-*L*-arabinopyranosyl（**8**）具有较高的抗氧化活性（IC_{50}＝9.8 μmol/L）。

3.7 其他

霞草挥发油中的化学成分如 squalene（**27**）具有抗肿瘤、抗疲劳、抗感染、免疫调节和抗氧化功效，广泛应用于医药、食品、化妆品工业等领域[21]；naphazoline（**29**）为拟肾上腺素药，有收缩血管作用，用于过敏性及炎症性鼻充血、急慢性鼻炎、眼充血等，对细菌性过敏性结膜炎亦有效，并能减轻眼睑痉挛；anethole（**32**）对因化疗或放疗导致的白细胞减少症及其他原因引起的白细胞减少症有一定疗效；phenmetrazine（**37**）为拟交感神经药，与苯丙胺类似，作用于下丘脑饱感中枢，并影响糖代谢致食欲减退，体质量下降，可用于治疗肥胖症[20]。

4 结语

石头花属植物中含有非常丰富的化合物，具有多种药理作用。目前，从石头花属植物中分离得到的化学成分主要是三萜及其皂苷类。有研究报道，其中总黄酮的量很高，是很多栽培蔬菜的几倍甚至上百倍。黄酮类物质具有保肝、降压、抗菌等多种药理作用[56]。目前，对该属植物的研究虽然已取得

了一些进展，但仍存在一些不足，主要体现在对该属植物的化学成分方面的研究不够全面，以及药理活性研究不够深入，如化合物的生物合成途径、单体化合物的活性筛选以及提高相对分子质量大、极性大的皂苷类化合物药理活性及生物利用度等方面的研究都有待进一步加强。因此，还需要利用现代药学的研究手段，结合细胞生物学、分子生物学等各相关学科知识，对石头花属中黄酮类、三萜类及其他有效成分进行合理的开发利用，扩展该属植物的应用范围，提高应用价值。

参考文献

[1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志 (第 26 卷) [M]. 北京: 科学出版社, 1996.

[2] 江苏新医学院. 中药大辞典 (下册) [M]. 上海: 上海人民出版社, 1972.

[3] 邵世光. 霞草的生物学特性和利用 [J]. 中国林副特产, 2004(6): 51.

[4] 鲁德全. 中国石头花属的分类和分布 [J]. 植物研究, 1994, 14(4): 330-337.

[5] 皮锡铭, 潘晓玲. 新疆石头花属植物分类研究及其生态地理分布 [J]. 新疆大学学报: 自然科学版, 1991, 8(3): 86-91.

[6] 龚金炎, 张 英, 吴晓芹. 黄酮类化合物抗病毒活性的研究进展 [J]. 中草药, 2008, 39(4): 623-627.

[7] 聂 飚, 罗建光, 孔令义. 头状石头花化学成分研究 [J]. 药学研究, 2010, 18(4): 350-352.

[8] 武海艳, 孙敬勇, 仲 英, 等. 霞草花化学成分研究 [J]. 食品与药品, 2012, 14(5): 115-117.

[9] Nie W, Luo J G, Kong L Y. C-Glycosylflavonoids from the aerial part of *Gypsophila pacifica* [J]. *Chin J Nat Med*, 2010, 8(4): 250-252.

[10] 张凤梅, 太志刚, 杨亚滨, 等. 满天星中的一个新黄酮苷 [J]. 分析实验室, 2009, 28(增刊): 236-237.

[11] Huang Q F, Zhang S J, Zheng L, *et al*. Protective effect of isoorientin-2″O-a-*L*-arabinopyranosyl isolated from *Gypsophila elegans* on alcohol induced hepatic fibrosis in rats [J]. *Food Chem Toxicol*, 2012, 50(6): 1992-2001.

[12] Elbandy M, Miyamoto T, Lacaille-Dubois M A. Sulfated lupane triterpene derivatives and a flavone C-glycoside from *Gypsophila repens* [J]. *Chem Pharm Bull*, 2007, 55(5): 808-811.

[13] Luo J G, Wang X B, Ma L, *et al*. Gypsophin: A novel a-glucosidase inhibitory cyclic peptide from the roots of *Gypsophila oldhamiana* [J]. *Bioorg Med Chem Lett*, 2007, 17(16): 4460-4463.

[14] Wang G, Luo J G, Yang M H, *et al*. Six new cyclic peptides from the roots of *Gypsophila oldhamiana* [J]. *Chem Pharm Bull*, 2013, 61(4): 489-495.

[15] Bruzual De Abreu M, Dal Piaz F, Temraz A, *et al*. Gypsins A-D from *Gypsophila arabica* [J]. *J Nat Prod*, 2008, 71(8): 1336-1342.

[16] 孙敬勇, 仲 英, 左春旭, 等. 霞草中化学成分的分离与结构鉴定 [J]. 药学学报, 2005, 40(11): 994-996.

[17] 罗建光, 何丽丽, 孔令义. 丝石竹的化学成分 [J]. 中国天然药物, 2006, 4(5): 382-384.

[18] 武海艳, 安 琨, 李海波, 等. 霞草化学成分及药理活性研究进展 [J]. 食品与药品, 2011, 13(5): 213-216.

[19] 李彩芳, 刘世峰, 田璞玉, 等. 顶空固相微萃取 GC-MS 法分析霞草花的挥发性成分 [J]. 中国药房, 2010, 21(3): 2929-2930.

[20] 危 晴, 王晓杰, 陈 亮, 等. GC-MS 法分析霞草挥发油中的化学组分 [J]. 湖北农业科学, 2012, 51(4): 813-815.

[21] 李双石, 王晓杰, 彭 冲, 等. 顶空固相微萃取-气质联用分析长蕊石头花的挥发性成分 [J]. 江苏农业科学, 2011, 9(3): 441-442.

[22] 危 晴, 王晓杰, 陈 亮, 等. 同时蒸馏萃取法提取霞草挥发油的 GC-MS 分析 [J]. 安徽农业科学, 2012, 40(9): 5216-5217.

[23] Luo J G, Kong L Y, Yoshiaki T, *et al*. Two new monodesmosidic triterpene saponins from *Gypsophila oldhamiana* [J]. *Chem Pharm Bull*, 2006, 54(8): 1200-1202.

[24] Ziminl I, Du L, Noell O, *et al*. Triterpenoid saponins from *Gypsophila oldhamiana* [J]. *J Nat Prod*, 1995, 58(10): 1632-1635.

[25] Luo J G, Ma L, Kong L Y. New triterpenoid saponins with strong a-glucosidase inhibitory activity from the roots of *Gypsophila oldhamiana* [J]. *Bioorg Med Chem*, 2008, 16(6): 2912-2920.

[26] Yotova M, Krasteva I, Jenett-Siems K, *et al*. Triterpenoids in *Gypsophila trichotoma* Wend. [J]. *Phytochem Lett*, 2012, 5(4): 752-755.

[27] 罗建光, 张 洁, 孔令义. 丝石竹三萜成分的研究 [J]. 中国中药杂志, 2006, 31(19): 1640-1641.

[28] Luo J G, Liu J, Kong L Y. New pentacyclic triterpenes from *Gypsophila oldhamiana* and their biological evaluation as glycogen phosphorylase inhibitors [J]. *Chem Biodiv*, 2008, 5(5): 751-757.

[29] Bai H, Zhong Y, Xie X Y, *et al*. A major triterpenoid saponin from *Gypsophila oldhamiana* [J]. *Chem Biodiv*, 2007, 4(5): 955-960.

[30] Zheng Q, Li W, Han L K, *et al*. Pancreatic lipase-inhibiting triterpenoid saponins from *Gypsophila*

oldhamiana [J]. *Chem Pharm Bull*, 2007, 55(4): 646-650.

[31] Arslan I, Celik A, Chol J H. A cytotoxic triterpenoid saponin from under-ground parts of *Gypsophila pilulifera* Boiss. & Heldr. [J]. *Fitoterapia*, 2012, 83(4): 699-703.

[32] Nie W, Luo J G, Kong L Y. New triterpenoid saponins from the roots of *Gypsophila pacifica* Kom. [J]. *Carbohyd Res*, 2010, 345(1): 68-73.

[33] Chen Q, Luo J G, Kong L Y. New triterpenoid saponins from the roots of *Gypsophila perfoliata* Linn. [J]. *Carbohyd Res*, 2011, 346(14): 2206-2212.

[34] Pertuit D, Avunduk S, Mitaine-Offer A C, *et al*. Triterpenoid saponins from the roots of two *Gypsophila* species [J]. *Phytochemistry*, 2014, 102: 182-188.

[35] Arslan I, Celik A, Melzig M F. Nebulosides A-B, novel triterpene saponins from under-ground parts of *Gypsophila arrostii* Guss. var. *nebulosa* [J]. *Bioorg Med Chem*, 2013, 21(5): 1279-1283.

[36] Yao S, Luo J G, Ma L, *et al*. Two new triterpenoid saponins from the roots of *Gypsophila paniculata* with potent α-glucosidase inhibition activity [J]. *Chin J Nat Med*, 2011, 9(6): 401-405.

[37] Yao S, Ma L, Luo J G. New triterpenoid saponins from the roots of *Gypsophila paniculata* L. [J]. *Helv Chim Acta*, 2010, 93(2): 361-374.

[38] Yao S, Ma L, Luo J G, *et al*. Triterpenoid saponins from the roots of *Gypsophila paniculata* [J]. *Chin J Nat Med*, 2010, 8(1): 28-33.

[39] Chen Q, Luo J G, Kong L Y. Triterpenoid saponins from *Gypsophila altissima* L. [J]. *Chem Pharm Bull*, 2010, 58(3): 412-414.

[40] 孙敬勇, 仲 英, 尹俊亭, 等. 霞草中三萜化合物的分离与结构鉴定 [J]. 中草药, 2005, 36(5): 644-646.

[41] Voutquenne-Nazabadioko L, Gevrenova R, Borie N, *et al*. Triterpenoid saponins from the roots of *Gypsophila trichotoma* Wender. [J]. *Phytochemistry*, 2013, 90: 114-127.

[42] Hani M, Elgamal A, Soliman H S M, *et al*. Isolation of triterpene saponins from *Gypsophila capillaris* [J]. *Phytochemistry*, 1995, 38(6): 1481-1485.

[43] Acebes B, Díaz-Lanza A M, Bernabé M. A saponin from the roots of *Gypsophila bermejoi* [J]. *Phytochemistry*, 1998, 49(7): 2077-2079.

[44] Acebes B, Bernabé M, Díaz-Lanza A M, *et al*. Two new sulfated saponins from the roots of *Gypsophila bermejoi* [J]. *J Nat Prod*, 1998, 61(12): 1557-1559.

[45] Elbandy M, Miyamoto T, Lacaille-Dubois M A. New triterpenoidal saponins from *Gypsophila repens* [J]. *Helv Chim Acta*, 2007, 90(2): 260-270.

[46] Luo J G, Nie W, Kong L Y. Three new sulfated triterpenoids from the roots of *Gypsophila pacifica* [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2011, 13(6): 529-533.

[47] Krasteva I, Jenett-Siems K, Kaloga M, *et al*. 3-*O*-sulfo-triterpenoid saponins from *Gypsophila trichotoma* Wend [J]. *Z Naturforsch*, 2009, 64b(3): 319-322.

[48] Shen-Chieh C, Molly C E, John J B. Allelochemical phenolic acids from *Gypsophila paniculata* [J]. *J Undergraduate Chem Res*, 2008, 7(1): 1-3.

[49] 田桂红, 周 玲, 胡志力, 等. 霞草总苷对 S_{180} 和 H_{22} 实体瘤的抑制作用 [J]. 山东中医杂志, 2008, 27(1): 52-54.

[50] 田桂红, 周 玲, 仲 英, 等. 霞草皂苷对 A549 细胞和小鼠 Lewis 肺癌的抑制作用 [J]. 济南大学学报: 自然科学版, 2013, 27(2): 169-172.

[51] Zhang W, Luo J G, Zhang C, *et al*. Different apoptotic effects of triterpenoid saponin-rich *Gypsophila oldhamiana* root extract on human hepatoma SMMC-7721 and normal human hepatic L02 cells [J]. *Biol Pharm Bull*, 2013, 36(7): 1080-1087.

[52] 韩立坤. 丝石竹水层总皂苷部分的抗肥胖作用 [J]. 国外医学: 中医中药分册, 2005, 27(3): 185-186.

[53] Simeonova R, Kondeva-Burdina M, Vitcheva V, *et al*. Protective effects of the apigenin-O/C-diglucoside saponarin from *Gypsophila trichotoma* on carbone tetrachloride-inducedhepatotoxicity *in vitro*/*in vivo* in rats [J]. *Phytomedicine*, 2014, 14(2): 148-154.

[54] 黄海兰, 王海媛, 王宗花, 等. 霞草提取物的抗氧化活性研究 [J]. 食品工业科学, 2012, 33(4): 114-116.

[55] 张凤梅, 太志刚, 蔡 乐, 等. 满天星中的黄酮类化合物及其抗氧化活性 [J]. 云南大学学报: 自然科学版, 2011, 33(1): 93-95.

[56] 耿敬章, 李春华, 仇农学. 霞草的成分分析及营养评价 [J]. 中国食物与营养, 2005(8): 41-43.