DOI:10.13193/j.issn.1673-7717.2026.02.030

中药“山豆根”化学成分与药理活性研究进展

莫嘉玮[1,2],雷嘉昕[1,2],姜梦涵[1,2],易溧[2,3],丁远杰[2],董爱文[2]
(1.吉首大学化学化工学院,湖南 吉首 416000;2.吉首大学林产化工工程湖南省重点实验室,湖南 张家界 427000;
3.桑植县第一中学,湖南 桑植 427100)

摘要:中药“山豆根”在我国不同区域存在同名异物的现象,其活性药效成分与药用途径也存在差异,国内外对各类山豆根已有不同程度的研究,目前主要研究报道的山豆根是豆科槐属的越南槐(广豆根),而山豆根属植物报道较少,且有几种还未见有报道。现代药理研究报道表明它们均具有重要药用价值,“山豆根”植物体内化学成分种类繁多,包括黄酮类、生物碱类、三萜类、有机酸类等,具有抗肿瘤、抑菌、抗病毒、消炎、保护心脑血管等药理作用。综述了国内外对中药“山豆根”植物的化学成分与药理活性的研究进展,为不同区域同名异物“山豆根”的中药利用与资源综合开发提供依据。

关键词:山豆根;广豆根;越南槐;山豆根属植物;黄酮类;生物碱类
中图分类号:R282 **文献标志码**:A **文章编号**:1673-7717(2026)02-0169-12

Research Progress on Source, Chemical Constituents and Pharmacological Effects of Shandougen (Sophorae Tonkinensis Radix et Rhizoma)

MO Jiawei[1,2], LEI Jiaxin[1,2], JIANG Menghan[1,2], YI Li[2,3], DING Yuanjie[2], DONG Aiwen[2]
(1. College of Chemical and Chemical Engineering, Jishou University, Jishou 416000, Hunan, China;
2. Key Laboratory of Hunan Forest Products and Chemical Industry Engineering, Jishou University, Zhangjiajie 427000, Hunan, China;
3. The Highest Senior High school of Sangzhi, Sangzhi 427100, Hunan, China)

Abstract: There is a phenomenon of Shandougen (Sophorae Tonkinensis Radix et Rhizoma) with the same name in different regions of China, and there are also differences in its active ingredients and medicinal pathways. There have been varying degrees of research on various types of Shandougen (Sophorae Tonkinensis Radix et Rhizoma) both domestically and internationally. At present, Shandougen (Sophorae Tonkinensis Radix et Rhizoma) is mainly Yuenanhuai (*Sophora tonkinensis* Gagnep) which is Sophora genusin the Fabaceae family, while there are few reports on Euchresta plants, and several have not been reported yet. Modern pharmacological research reports indicate that they all have important medicinal value. Euchresta plants have a wide variety of chemical compositions including flavonoids, alkaloids, triterpenoids, organic acids, etc., which are also have anti-tumour, anti-bacterial, anti-viral, anti-inflammatory, cardiovascular and cerebrovascular protection effects. This article mainly reviewed the progress of domestic and international research on the name authentication, chemical composition and biological activity of Shandougen (Sophorae Tonkinensis Radix et Rhizoma), and provided a basis for research on the comprehensive resource development and medicinal use of Shandougen (Sophorae Tonkinensis Radix et Rhizoma) with the same name in different regions.

Keywords: Shandougen (Sophorae Tonkinensis Radix et Rhizoma); Guangdougen (Sophorae Tonkinensis Radix et Rhizoma); Yuenanhuai (*Sophora tonkinensis* Gagnep); Euchresta plants; flavonoids; alkaloids

文献资料显示,名为“山豆根”的中药材在我国不同区域所用植物存在差异,这还体现在现行《中华人民共和国药典》中是把豆科槐属越南槐称为山豆根,又叫广豆根(A)[1],而《中国植物志》则把豆科山豆根属全属的植物称为山豆根,山豆根属植物包括日本山豆根(B)台湾山豆根(C)、伏毛山豆根(D)、管萼山豆根原变种(E)以及管萼山豆根的2种变种长序山豆根和短萼山豆根[2]。不同区域的山豆根虽然存在一定的差异,但它们均为珍贵的中药材,药用部位相近,习用其根茎;其性寒、味苦,药用效果亦相近,具有清热解毒、消肿止痛等功

基金项目:国家自然科学基金项目(31760084);湖南省中医药科研重点项目(A2023045);广东省应用植物学重点实验室开放项目(2023B1212060046)
作者简介:莫嘉玮(1998-),女,广东佛山人,硕士在读,研究方向:天然产物化学。
通讯作者:董爱文(1967-),男,湖南桃源人,教授,硕士研究生导师,硕士,研究方向:资源植物的开发与利用。E-mail:daw1999@163.com。

效,主治腹泻腹胀、胃痛、咽喉肿痛、牙痛、疮疖肿毒等症状,在西南地区还用来治疗食道癌、咽喉癌、胃癌等,同时这些“山豆根”均含生物碱类、黄酮类、萜类等成分,具有抗肿瘤、抑菌抗病毒及抗氧化等作用[1,3]。由于资源稀缺,目前国内外对山豆根属植物的药效物质基础与药用机制研究报道多见于 20 世纪 80—90 年代,国内关于山豆根属植物的药效物质基础与药用机制研究报道较少,特别是山豆根属植物中的伏毛山豆根与管萼山豆根研究更少,而长序山豆根和短萼山豆根还未见有药理活性等的相关报道。本文根据“山豆根”的研究报道,从主要化学成分及药理作用等方面进行综述,以期对均为药用植物且在国内外享有较高声誉[4]、但现代药业中难觅其踪影的山豆根属植物的深入研究及现代药业中的应用提供参考。

1 化学成分

“山豆根”植物内的化学成分种类主要有黄酮类、生物碱类、三萜类、甾类等,还含有部分挥发油、多糖类等物质,迄今为止,已报道的广豆根化学成分接近 300 种,山豆根属植物报道的化学成分约 160 种。目前长序山豆根与短萼山豆根因为资源缺乏仍未见化学成分的相关报道。

1.1 黄酮类 黄酮类化合物(flavonoids)是指通过 3 个碳原子相互连接的 2 个苯环而组成的化合物,具有 $C_6-C_3-C_6$ 结构[5],是“山豆根”植物中发挥活性的主要成分之一,具有抗肿瘤、抗病毒、预防心脑血管疾病等作用。“山豆根”植物内所含的黄酮主要分为黄酮醇(flavonols)、异黄酮(isoflavones)、二氢异黄酮(dihydroisoflavones)、二氢黄酮(dihydroflavones)等[4,7]。广豆根与山豆根属植物拥有一部分相同的黄酮类化合物,如:高丽槐素分别被 SHIRATAKI Y 等[8]、MIZUNO M 等[9]、LUO G Y 等[10]先后从台湾山豆根、伏毛山豆根及广豆根中被分离出来;金雀异黄素被罗文利[11]从台湾山豆根中分离后,又被 LUO G Y 等从广豆根中再次发现;已报道的山豆根酮在此以前仅在山豆根属植物体内被提取分离,后又被 HUANG M 等[12]于 2016 年在广豆根体内成功分离出来。本文总结了山豆根中常见的 100 种黄酮类化合物(1 ~ 100),具体信息见表 1,具体结构见图 1。

1.2 生物碱类 生物碱类化合物(alkaloids)是广泛存在于自然中的生物体内的一类含氮有机物,大多数具有碱性,是一类有生物活性的重要天然产物,在抗炎、抑菌、抗肿瘤等方面作用已被广泛报道,其主要分为吡咯类、哌啶类、吲哚类、胺类等[12],根据现有文献报道,“山豆根”植物中所含有的生物碱化合物极其相似,绝大部分为哌啶类中的喹诺里西啶类生物碱,喹诺里西啶类生物碱为两个哌啶共用一个氮原子稠合而成,其中以苦参碱型生物碱(marine - type)与金雀花碱型生物碱(cytisine - type)为主,还含有部分臭豆碱型(anagyrine - type)、羽扇豆碱型(lupinine - type)及其他类生物碱。其中苦参碱类生物碱最多,主要有苦参碱、氧化苦参碱、槐定碱、槐果碱、sophtonkine A - Q 等;金雀花碱型主要有金雀花碱、N - 甲酰基金雀花碱、N - 乙酰基金雀花碱、N - 乙基金雀花碱、tonkinensine A 等;臭豆碱型主要有臭豆碱、黄华碱、赝靛叶碱、Lanatine A 等;羽扇豆碱型主要有 jussiaeiine A、jussiaeiine B、cermizine C 等。生物碱类化合物(101 ~ 193)的具体信息见表 2,具体结构见图 2。

1.3 其他化学成分 除上述两类化学成分外,“山豆根”植物还含有部分的萜类(Terpenoids)、甾类(Steroids)、有机酸类(Organic acids)等化学物质。广豆根作为槐属植物,目前已被分离得到的三萜类及三萜皂苷类化合物结构多为齐墩果烯型(oleanene),个别为羽扇豆烷型(lupane)[13]。部分甾类化合物如 β - 谷甾醇、胡萝卜苷、豆甾醇等也在广豆根、台湾山豆根、伏毛山豆根等体内被相继发现。本文综述了约 100 种化合物(194 ~ 299),具体信息见表 3,具体结构见图 3。

表 1 广豆根及山豆根属植物的黄酮类成分

序号	化合物名称	取代基名字	来源
1	金雀异黄素	$R_1=R_3=R_5=R_6=R_8=R_9=H, R_2=R_4=R_7=OH$	A[9]C[10]
2	大豆黄素	$R_1=R_3=R_4=R_5=R_6=R_8=R_9=H, R_2=R_7=OH$	A[14]C[15]
3	芒柄花素	$R_1=R_3=R_4=R_5=R_6=R_8=R_9=H, R_2=OH, R_7=OCH_3$	A[14]C[10]
4	鸢尾黄素	$R_1=R_5=R_8=R_9=H, R_2=R_4=R_7=OH, R_3=OCH_3$	A[16]C[10]
5	8 - 甲雷杜辛	$R_1=R_7=OCH_3, R_2=OH, R_3=R_4=R_5=R_6=R_8=R_9=H$	A[14]D[16]
6	山豆根酮 b_1	$R_1=R_3=R_6=$ isoprenyl, $R_2=R_4=R_7=OH, R_5=R_8=R_9=H$	B[8]C[10]
7	山豆根酮 b_2	$R_1=R_3=R_6=$ isoprenyl, $R_2=R_4=R_7=R_9=OH, R_5=R_8=H$	B[8] C[10] E[17]
8	5,7,4′ - 三羟基 - 6,8 - 二异戊烯基异黄酮	$R_1=R_3=$ isoprenyl, $R_2=R_4=R_7=OH, R_5=R_6=R_8=R_9=H$	B[7] D[16]
9	retusin 8 - methyl ether	$R_1=R_7=OCH3, R2=OH, R3=R4=R5=R6=R8=R9=H$	C[10] D[16]
10	染料木苷	$R_1=R_3=R_5=R_6=R_8=R_9=H, R_2=O-\beta-D-Glu, R_4=R_7=OH$	A[9]
11	槐属双苷	$R_1=R_3=R_5=R_6=R_8=R_9=H, R_2=R_4=OH, R_7=O-\beta-D-Glu-Rha$	A[9]
12	大豆素 - 7 - 鼠李糖 - 4′ - 葡萄糖苷	$R_1=R_3=R_4=R_5=R_6=R_8=R_9=H, R_2=\alpha-L-Rha, R_7=O-\beta-D-Glu$	A[14]
13	金雀异黄素 - 7 - 鼠李糖 - 4′ - 葡萄糖苷	$R_1=R_3=R_5=R_6=R_8=R_9=H, R_4=OH, R_2=\alpha-L-Rha, R_7=O-\beta-D-Glu$	A[14]
14	苦参醇 O	$R_1=R_3=R_4=R_5=R_6=R_8=R_9=H, R_2=O-Xyl(1\rightarrow6)-Glu, R_7=OCH_3$	A[18]
15	芒柄花苷	$R_1=R_3=R_4=R_5=R_6=R_8=R_9=H, R_2=O-\beta-D-Glu, R_7=OCH_3$	A[19]
16	大豆素二甲醚	$R_1=R_3=R_4=R_5=R_6=R_8=R_9=H, R_2=R_7=OCH_3$	A[20]
17	毛蕊异黄酮	$R_1=R_3=R_4=R_5=R_6=R_9=H, R_2=R_8=OH, R_7=OCH_3$	A[21]
18	wighteone	$R_1=R_5=R_6=R_8=R9=H, R_2=R_4=R_7=OH, R_3=$ isoprenyl	A[9]
19	山豆根酮 b_{14}	$R_1=R_3=R_6=$ isoprenyl, $R_2=R_4=R_7=OH, R_9=OCH_3, R_5=R_8=H$	B[22]
20	山豆根酮 b_{15}	$R_1=R_3=$ isoprenyl, $R_2=R_4=R_7=OH, R_9=OCH_3, R_5=R_6=R_8=H$	B[22]
21	flemiphyllin	$R_1=R_6=R_8=$ isoprenyl, $R_2=R_4=R_7=OH, R_9=OCH_3, R_3=R_5=R_9=H$	C[10]

续表 1 广豆根及山豆根属植物的黄酮类成分

序号	化合物名称	取代基名字	来源
22	2′-羟基金雀异黄素	$R_1=R_3=R_5=R_6=R_8=H, R_2=R_4=R_7=R_9=OH$	C[10]
23	2′,4′-二羟基-7-甲氧基异黄酮	$R_1=R_3=R_4=R_5=R_6=R_8=H, R_2=OCH_3, R_7=R_9=OH$	C[10]
24	鹰嘴豆芽素 A	$R_1=R_3=R_5=R_6=R_8=R_9=H, R_2=R_4=OH, R_7=OCH_3$	C[10]
25	6,7,4′-三羟基异黄酮	$R_1=R_4=R_5=R_6=R_8=R_9=H, R_2=R_3=R_7=OH$	C[10]
26	山豆根酮 b_6	$R_1=CH_2CH_2C(CH_3)_2OH, R_2=R_3=H, R_4=OH$	B[23] D[16]
27	攀登鱼藤异黄酮	$R_1=$ isoprenyl, $R_2=R_3=H, R_4=OH$	B[9] D[16]
28	山豆根酮 b_{12}	$R_1=R_3=$ isoprenyl, $R_2=OCH_3, R_4=OH$	B[23]
29	山豆根酮 b_8	$R_1=CH_2CH_2C(CH_3)_2OH, R_2=R_3=H, R_4=OH$	D[16]
30	高山异黄酮 4′-甲基醚	$R_1=R_2=R_3=H, R_4=OCH_3$	D[24]
31	山豆根酮 b_{16}	$R_1=R_3=$ isoprenyl, $R_2=R_4=OH$	B[23] C[12]
32	奥沙京	$R_1=$ isoprenyl, $R_2=R_3=H, R_4=OH$	B[9] D[24]
33	山豆根酮 b_{13}	$R_1=R_3=$ isoprenyl, $R_2=OCH_3, R_4=OH$	B[23]
34	山豆根酮 b_7	$R_1=CH_2CH_2C(CH_3)_2OH, R_2=R_3=H, R_4=OH$	D[16]
35	山豆根酮 b_9	$R_1=CH_3CH_2CH(OH)C(CH_3)=CH_2, R_2=R_3=H, R_4=OH$	D[16]
36	derrone-4′-O-methyl ether	$R_1=R_2=R_3=H, R_4=OCH_3$	D[22]
37	山豆根酮 b_{10}	$R_1=$ isoprenyl, $R_2=R_4=OH, R_3=OCH_3$	B[23] D[24]
38	山豆根酮 b_{18}	$R_1=$ isoprenyl, $R_2=R_3=OH, R_4=H$	E[25]
39	山豆根酮 a_9	$R_1=$ Pre, $R_2=R_3=OH, R_4=H$	D[26]
40	xambioona	$R_1=R_2=R_3=R_4=H$	D[28]
41	山豆根酮 b_5	$R_1=R_2=$ isoprenyl, $R_2=H$	B[27]
42	山豆根酮 b_{11}	$R_1=$ isoprenyl, $R_2=OCH_3, R_3=OH$	B[23]
43	山豆根酮 b_{17}	$R_1=$ isoprenyl, $R_2=OH, R_3=H$	E[25]
44	槲皮素	$R_1=R_3=R_6=R_9=R_{10}=H, R_2=R_4=R_5=R_7=R_8=OH$	A[14] C[12]
45	桑色素	$R_1=R_3=R_6=R_7=R_9=H, R_2=R_4=R_5=R_8=R_{10}=OH$	A[29]
46	甘草素	$R_1=R_3=R_4=R_5=R_6=R_7=R_9=R_{10}=H, R_2=R_8=OH$	A[30]
47	汉黄芩素	$R_1=R_3=R_4=R_5=R_6=R_7=R_9=R_{10}=H, R_2=OH, R_8=OCH_3$	A[31]
48	木犀草素	$R_1=R_3=R_4=R_5=R_6=R_7=R_9=R_{10}=H, R_2=OH, R_8=OCH_3$	A[31]
49	牡荆素	$R1=\beta$-D-Glu, $R_2=R_4=R_8=OH, R_3=R_5=R_6=R_7=R_9=R_{10}=H$	A[32]
50	黑豆黄素	$R1=\beta$-D-Glu, $R_2=R_8=OH, R_3=R_4=R_5=R_6=R_7=R_9=R_{10}=H$	A[32]
51	砂生槐黄酮 A	R1=Glu-Glu-Rha, $R_2=R_8=OH, R_3=R_4=R_5=R_6=R_7=R_9=R_{10}=H$	A[19]
52	砂生槐黄酮 B	$R_1=R_3=R_4=R_5=R_6=R_7=R_9=R_{10}=H, R_2=OH, R_8=O-\beta$-D-Glu	A[19]
53	槲皮苷	$R_1=R_3=R_6=R_9=R_{10}=H, R_5=O-\beta$-D-Glu, $R_2=R_4=R_7=R_8=OH$	A[29]
54	异槲皮苷	$R_1=R_3=R_6=R_7=R_{10}=H, R_5=O-\beta$-D-Glu, $R_2=R_4=R_8=R_9=OH$	A[14]
55	黄芩苷	$R_1=R_5=R_6=R_7=R_8=R_9=R_{10}=H, R_2=O-\beta$-D-Glu, $R_3=R_4=OH$	A[29]
56	金丝桃苷	$R_1=R_3=R_6=R_7=R_{10}=H, R_5=O-\beta$-D-galactoside, $R_2=R_4=R_8=R_9=OH$	A[29]
57	芦丁	$R_1=R_3=R_6=R_7=R_{10}=H, R_5=O-\beta$-D-rutinoside, $R_2=R_4=R_8=R_9=OH$	A[29]
58	木犀草苷	$R_1=R_3=R_5=R_6=R_7=R_{10}=H, R_2=O-$Glu, $R_4=R_8=R_9=OH$	A[33]
59	柔枝槐酮	$R_1=R_3=R_8=$ isoprenyl, $R_2=R_7=OH, R_4=R_5=R_6=R_9=H$	A[34]
60	山豆根黄酮 J	$R_1=R_8=$ isoprenyl, $R_2=R_3=R_7=OH, R_4=R_5=R_6=R_9=H$	A[35]
61	柚皮苷	$R_1=R_3=R_5=R_6=R_8=R_9=H, R_2=R_5=OH, R_7=$Rha-Glu	A[29]
62	柔枝槐素色烯	$R_1=R_6=$ isoprenyl, $R_2=OH, R_3=R_4=R_5=H$	A[14] C[36]
63	山豆根酮 a_4	$R_1=R_3=$ isoprenyl, $R_2=R_4=R_5=R_6=H$	B[27] E[25]
64	山豆根酮 a_5	$R_1=$ isoprenyl, $R_2=OH, R_3=R_4=R_5=R_6=H$	B[22] C[28]
65	山豆根酮 a_6	$R_1=R_3=$ isoprenyl, $R_2=R_4=R_5=OH, R_6=H$	B[22] C[28]
66	山豆根黄烷酮 C	$R_1=R_6=H, R_2=R_4=R_5=OH, R_3=$ isoprenyl	B[9] C[12]
67	光甘草醇	$R_1=R_6=$ isoprenyl, $R_2=R_7=OH, R_3=R_4=R_5=R_8=H$	A[36] B[37] C[12] D[38]
68	苦参醇 E	$R_1=R_3=$ isoprenyl, $R_2=R_4=R_5=R_7=OH, R_6=R_8=H$	A[39] D[24]
69	山豆根黄烷酮 A	$R_1=R_3=R_8=$ isoprenyl, $R_2=R_4=R_7=OH, R_5=R_6=H$	B[40] C[10]
70	山豆根黄烷酮 B	$R_1=R_3=R_8=$ isoprenyl, $R_2=R_5=R_6=R_7=OH, R_4=H$	B[9] C[10]
71	山豆根黄烷酮 D	$R_1=R_3=R_8=$ isoprenyl, $R_2=R_4=R_5=R_7=OH, R_6=H$	B[9] C[10]
72	山豆根酮 a_3	$R_1=R_3=R_6=$ isoprenyl, $R_2=R_4=R_7=OH, R_5=R_8=H$	B[33]
73	山豆根酮 a_7	$R_1=$ isoprenyl, $R_2=R_5=R_7=OH, R_3=R_4=R_6=R_8=H$	D[38]
74	山豆根酮 a_8	$R_1=R_8=$ isoprenyl, $R_2=R_5=OH, R_3=R_4=R_6=H, R_7=OCH_3$	D[38]
75	山豆根酮 a_2	$R_1=R_3=H, R_2=OH, R_4=$ isoprenyl	B[33] C[10]

续表 1 广豆根及山豆根属植物的黄酮类成分

序号	化合物名称	取代基名字	来源
76	山豆根酮 b_4	$R_1=R_2=$ isoprenyl, $R_2=OCH_3$	B[27]
77	山豆根酮 b_3	$R_1=$ isoprenyl, $R_2=OCH_3$	B[8]
78	山豆根酮 a_1	$R_1=R_3=H$, $R_2=OH$	B[33] C[10] E[25]
79	山豆根酮 a_{12}	$R_1=$ isoprenyl, $R_2=R_3=OH$	B[37] C[41]
80	山豆根酮 a_{11}	$R_1=$ isoprenyl, $R_2=R_3=OH$	B[37] C[10]
81	山豆根酮 a_{14}	$R_1=$ isoprenyl, $R_2=R_3=H$	E[25]
82	高丽槐素	$R_1=R_2=R_3=R_5=R_6=H$, $R_4=OH$	A[14] B[9] C[10] D[16]
83	三叶豆紫檀苷	$R_1=R_2=R_3=R_5=R_6=H$, $R_4=O-\beta-D-Glu$	A[14] B[9] C[10]
84	2-甲氧基高丽槐素	$R_1=R_3=R_5=R_6=H$, $R_2=OCH_3$, $R_4=OH$	C[10] D[24]
85	三叶豆紫檀苷-6″-乙酸酯	$R_1=R_2=R_3=R_5=R_6=H$, $R_4=O-Glu-6''-Ac$	A[42]
86	三叶豆紫檀苷-6″-丙二酸酯	$R_1=R_2=R_3=R_5=R_6=H$, $R_4=O-6-O-$ malonyl $-\beta-D-Glu$	A[14]
87	豌豆素	$R_1=OH$, $R_2=R_3=R_5=R_6=H$, $R_4=$ isoprenyl	A[43]
88	紫檀素	$R_1=R_2=R_3=R_5=R_6=H$, $R_4=$ isoprenyl	A[39]
89	sophotokin	$R_1=R_2=R_3=H$, $R_4=R_5=OH$, $R_6=$ isoprenyl	A[26]
90	sophoracarpan B	$R_1=R_2=R_3=R_5=R_6=H$, $R_4=OH$	D[16]
91	euchretin B	$R_1=R_3=$ isoprenyl, $R_2=H$, $R_4=OH$	B[37] C[37] E[25]
92	euchretin C	$R_1=R_2=R_3=$ isoprenyl, $R_4=OH$	B[37] C[37] E[25]
93	euchretin F	$R_1=R_2=$ isoprenyl, $R_3=H$, $R_4=OH$	B[37]
94	euchretin M	$R_1=R_3=$ isoprenyl, $R_2=CH_2CH_2C(CH_3)_2OH$, $R_3=OH$	C[10]
95	euchretin N	$R_1=R_2=R_3=$ isoprenyl, $R_4=OCH_3$	C[10]
96	formosanatin A	$R_1=$ isoprenyl, $R_2=CH_2CH_2C(CH_3)_2OH$, $R_3=R_4=OH$	C[15]
97	euchretin G	$R_1=$ isoprenyl, $R_2=H$	B[37] C[37]
98	euchretin I	$R_1=R_2=$ isoprenyl	E[25]
99	euchretin A	$R_1=R_4=$ isoprenyl, $R_2=R_3=OH$	B[37] C[37] E[25]
100	euchretin H	$R_1=$ isoprenyl, $R_2=R_3=R_4=H$	B[37]

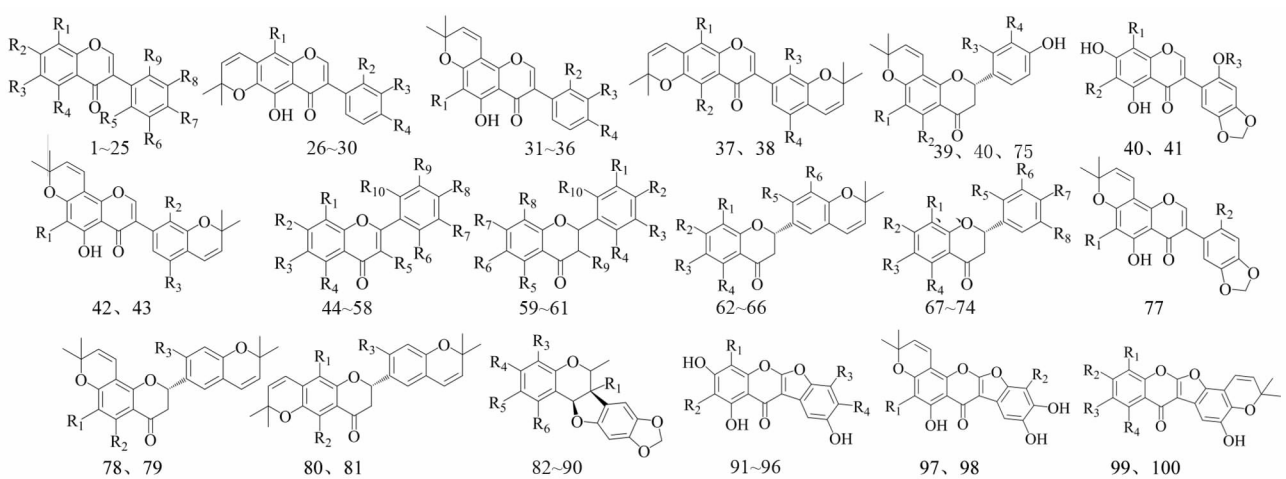


图 1 广豆根及山豆根属植物的黄酮类结构

表 2 广豆根及山豆根属植物的生物碱类成分

序号	化合物名称	取代基名字	来源
101	苦参碱	$R_1=R_2=R_3=R_4=H$	A[44] B[45] C[12] D[46] E[47]
102	槐醇碱	$R_1=OH$, $R_2=R_3=R_4=H$	B[45] D[46]
103	5α,14β-二羟基苦参碱	$R_1=\alpha-OH$, $R_3=\beta-OH$, $R_2=R_4=H$	A[44]
104	9α-羟基苦参碱	$R_1=R_3=H$, $R_2=OH$	A[48]
105	13α-羟基苦参碱	$R_1=R_3=H$, $R_2=OH$, $R_4=\alpha-OH$	A[49]
106	13β-羟基苦参碱	$R_1=R_3=H$, $R_2=OH$, $R_4=\beta-OH$	A[49]
107	14β-羟基苦参碱	$R_1=R_2=R_4=H$, $R_3=OH$	A[44]
108	5α,9α-二羟基苦参碱	$R_1=\alpha-OH$, $R_2=\alpha-OH$, $R_3=R_4=H$	A[50] D[46]
109	14β-乙酰基苦参碱	$R_1=R_2=R_4=H$, $R_3=\beta-OAc$	A[51]

续表2 广豆根及山豆根属植物的生物碱类成分

序号	化合物名称	取代基名字	来源
110	14α－乙酰基苦参碱	$R_1=R_2=H, R_3=\alpha-OAc$	A[51]
111	氧化苦参碱	$R_1=R_2=R_3=H$	A[44] B[45] D[46] E[52]
112	5α－羟基氧化苦参碱	$R_1=OH, R_2=R_3=H$	A[44] B[45] D[53]
113	14β－羟基氧化苦参碱	$R_1=R_2=H, R_3=OH$	A[44]
114	槐定碱	$R_1=\alpha-H, R_2=\beta-H, R_3=R_4=H$	A[54] B[45]
115	氧化槐定碱	$R_1=\alpha-H, R_2=\beta-H, R_3=R_4=H$	B[45]
116	槐果碱	$R_1=R_2=R_3=H$	A[44]
117	5α－羟基槐果碱	$R_1=OH, R_2=R_3=H$	A[54]
118	9α－羟基槐果碱	$R_1=R_3=H, R_2=OH$	A[48]
119	12α－羟基槐果碱	$R_1=R_2=H, R_3=\alpha-OH$	A[54]
120	12β－羟基槐果碱	$R_1=R_2=H, R_3=\beta-OH$	A[48]
121	氧化槐果碱	$R_1=R_2=R_3=H$	A[48]
122	5α－羟基氧化槐果碱	$R_1=\alpha-OH, R_2=R_3=H$	A[48]
123	12β－羟基氧化槐果碱	$R_1=R_2=H, R_3=\beta-OH$	A[48]
124	槐胺碱	R = H	A[48]
125	7β－槐胺碱	R = OH	A[44]
126	莱蔓碱	R = H	A[54]
127	5α－羟基莱蔓碱	R = OH	A[48]
128	sophtonkine A	R = H	A[55]
129	sophtonkine B	$R=OCH_3$	A[55]
130	sophtonkine C	R = OH	A[55]
131	sophtonkine D	R = NHAc	A[55]
132	sophtonkine E	R = H	A[55]
133	sophtonkine F	R = H	A[55]
134	sophtonkine G	R = H	A[55]
135	sophtonkine H	R = H	A[55]
136	sophtonkine I	R = H	A[55]
137	sophtonkine J	R = H	A[55]
138	sophtonkine K	R = H	A[55]
139	sophtonkine L	$R=OCH_3$	A[55]
140	sophtonkine M	$R=NH_2$	A[55]
141	sophtonkine N	$R=OCH_3$	A[55]
142	sophtonkine O	R = H	A[55]
143	sophtonkine P	$R_1=R_2=OH, R_3=R_4=H$	A[55]
144	sophtonkine Q	$R_1=OH, R_2=R_3=R_4=H$	A[55]
145	sophtonseedline E	$R_1=OH, R_2=R_4=H, R_3=OAc$	A[55]
146	sophtonseedline C	$R_1=OH, R_2=OAc$	A[55]
147	sophtonseedline D	$R_1=OH, R_2=OCH_2SCH_3$	A[56]
148	sophtonseedline F	R = OH	A[55]
149	sophtonseedline G	$R_1=H, R_2=OH, X=O$	A[56]
150	sophtonseedline H	$R_1=H, R_2=OCH_3, X=$ long pair	A[56]
151	sophtonseedline J	R = OH	A[56]
152	sophtonseedline K	R = OH	A[56]
153	flavesine H	R = COOH	A[55]
154	flavesine I	R = COOH	A[55]
155	alopecuroidine A	R = H	A[55]
156	sophtonseedline I	$R_1=OH, R_2=OAc$	A[56]
157	6,7－去氢苦参碱	$R_1=R_2=H$	A[56]
158	5－羟基－6,7－去氢苦参碱	$R_1=OH, R_2=H$	A[56]
159	5,6－去氢苦参碱	R = H	A[56]
160	7,11－去氢苦参碱	R = H	A[18]
161	11,12－去氢苦参碱	$R=\alpha-H$	A[57]
162	11,12－dehydroallmatrine	$R=\beta-H$	A[57]
163	12,13－去氢槐定碱	$R_1=\alpha-H, R_2=\beta-H$	A[49]

续表2 广豆根及山豆根属植物的生物碱类成分

序号	化合物名称	取代基名字	来源
164	13,14 – 去氢槐定碱	$R_1 = \alpha - H, R_2 = \beta - H$	A[55]
165	5,17 – 去氢氧化苦参碱	R = H	B[58]
166	金雀花碱	R = H	A[44] B[45] C[10] D[46] E[52]
167	N – 甲基金雀花碱	$R = CH_3$	A[19] B[45] E[55]
168	N – 甲酰基金雀花碱	R = CO	A[56] D[46] E[52]
169	N – 乙酰基金雀花碱	R = Ac	A[19] E[52]
170	N – 乙基金雀花碱	$R = CH_2CH_3$	A[19]
171	N – 醛基金雀花碱	R = CHO	A[19]
172	N – 丙酰基金雀花碱	R = Pr	A[19]
173	N – 己酰基金雀花碱	R = hexanoyl	A[19]
174	臭豆碱	$R = \alpha - H$	A[19] D[46]
175	黄华碱	$R = \beta - H$	A[44]
176	赝靛叶碱	R = OH	B[45]
177	12 – cytisineacetic acid	R = COOH	B[59]
178	lanatine A	R = H	A[60]
179	jussiaeiine A	$R = OCH_3$	A[60]
180	jussiaeiine B	$R = OCH_3$	A[60]
181	tonkinensine A	R = OH	A[47]
182	tonkinensine B	R = OH	A[47]
183	senepodine H	R = OH	A[60]
184	senepodine G	R = H	A[60]
185	cermizine C	R = H	A[60]
186	1 – (6,7 – dihydro – 5H – pyrrolo[1,2 – a]imidazol – 3 – yl) ethanone	R = H	A[61]
187	tonkinensine C	R = OH	A[57]
188	哈尔碱	R = H	A[57]
189	川芎哚	$R = CH_3$	A[57]
190	3 – (4 – hydroxyphenyl) – 4 – (3 – methoxy – 4 – hydroxyphenyl) – 3,4 – dehydroquinolizidine	R = OH	A[60]
191	烟酸	R = OH	A[61]
192	clathrotropine	$R = CH_3$	A[60]
193	cyclo (Pro – Pro)		A[61]

2 药理活性作用及机制

广豆根及山豆根属植物都是珍贵的药用植物,它们体内含有的主要化学成分黄酮类及生物碱类化合物对多种疾病均有抑制效果,且现代药理学表明“山豆根”具有抗肿瘤、消炎、抑菌抗病毒等功效。

2.1 抗肿瘤作用 癌症是国人的主要致死原因之一,中国在世界范围内癌症的发生率和病死率皆高居首位,其中死亡人数最多的癌症当属肺癌、乳腺癌、前列腺癌及结肠直肠癌[73]。WU W 等[74]利用网络药理学分析,确定2628个基因为COVID – 19和肺癌的共同靶标,通过整合转录组测序技术和从官方网站获得的肺癌数据集获得的临床数据进行临床病理学分析,确定氧化苦参碱对COVID – 19诱导的肺癌作用是通过免疫调节、细胞保护、抗病毒和抗炎活性、免疫调节和相关信号通路的控制来介导的,包括中性粒细胞胞外陷阱、吞噬体、Toll的形成类受体信号通路、细胞凋亡、癌症中的蛋白聚糖、细胞外基质分解以及细胞蛋白质分解代谢中涉及的蛋白水解。SUN X R 等[75]使用tonkinensine B处理乳研究表明其作用于线粒体介导的凋亡途径。腺癌MDA – MB – 231细胞,使其线粒体膜电位降低、ATP合成丧失、活性氧生成升高,抑制其细胞增殖,为了阐述槲皮素的抗癌潜力,HASHEMZAEI M 等[76]使用不同浓度的槲皮素进行体外活性实验以及体内小鼠模型实验。在实验中得出槲皮素可以诱导包括结肠癌CT – 26细胞、前列腺腺癌LNCaP细胞、人类前列腺PC3细胞、PC12细胞等癌细胞凋亡,并且随着使用时间的延长,作用会越明显。同时,与对照组相比,槲皮素治疗组中携带雌激素受体阳性乳腺癌MCF7和结肠癌CT26肿瘤的小鼠的肿瘤体积显著减少。

2.2 抑菌抗病毒 Sophtonkine L作为广豆根中的苦参碱型生物碱,具有十分显著的抗病毒活性,ZHANG P 等[55]发现其具有显著的抗番茄斑点枯萎病病毒(TSWV)活性,甚至强烈抑制了TSWV相关基因及蛋白的表达。山豆根属植物中的euchretin A相比于对羟基苯甲酰甲酯,在对抗大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、热带念珠菌方面具有更强的抗菌活性,而且其在抗HIV病毒复制中也发挥一定作用[77]。HU Z X 等[42]采用半叶法检测100 μg/mL浓度下分离株的抗烟草花叶病毒活性,以宁南霉素作为参考药物,得出sophtonseedlin B及三叶豆紫檀苷具有良好的活性,分别为69.62%和68.72%,与宁南霉素的活性相似。

2.3 护肝 在慢性乙型肝炎病毒(HBV)感染小鼠模型中,氧

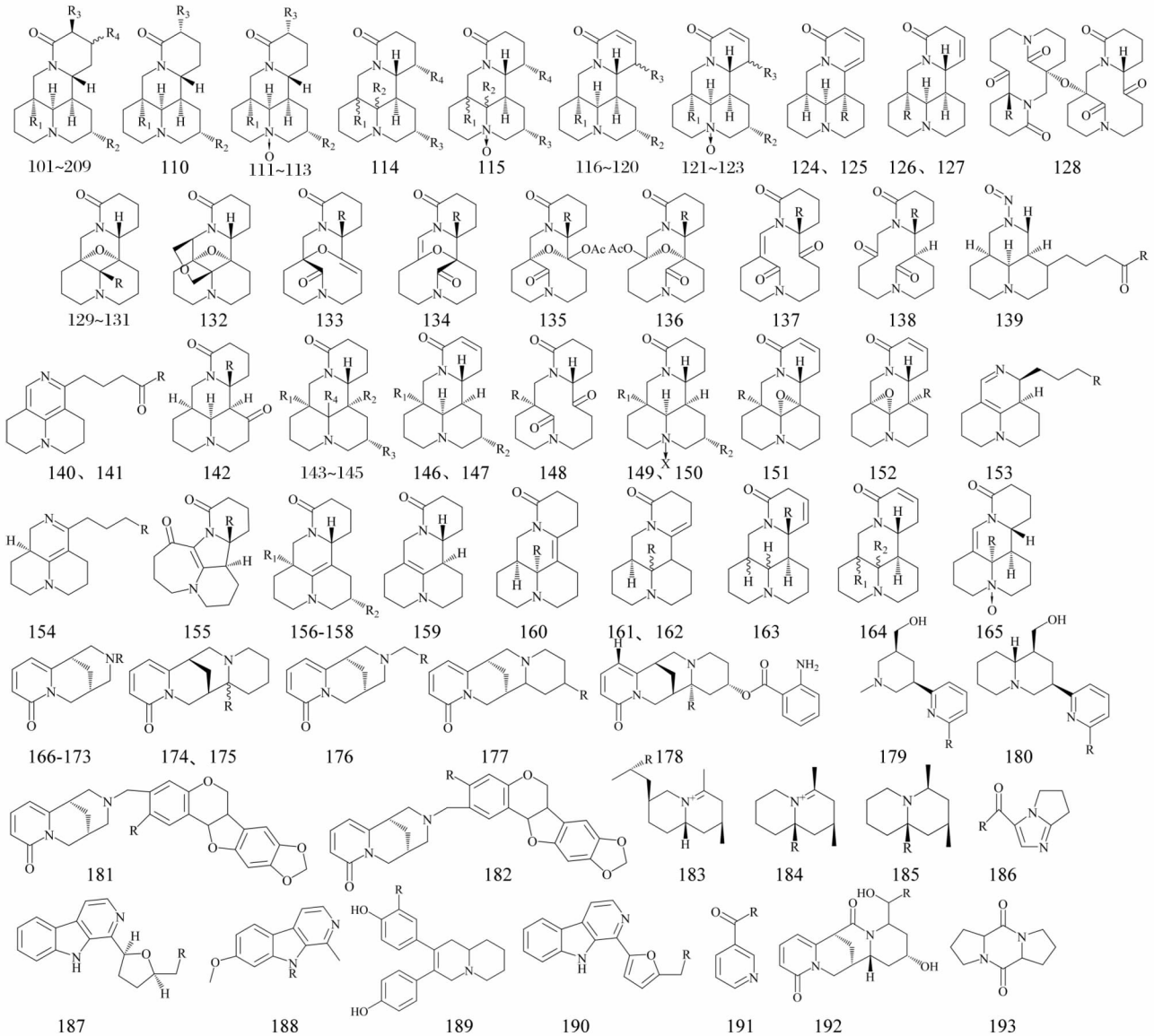


图 2 广豆根及山豆根属植物的生物碱类结构

表 3 广豆根及山豆根属植物的其他化学成分

序号	化合物名称	取代基名字	来源
194	山豆根皂苷元 A	$R_1=R_2=CH_2OH, R_3=CH_3$	A[62]
195	山豆根皂苷元 B	$R_1=R_2=R_3=CH_2OH$	A[62]
196	山豆根皂苷元 C	$R_1=R_2=CH_3, R_3=COOH$	A[62]
197	山豆根皂苷元 D	$R_1=R_3=CH_3, R_2=COOH$	A[62]
198	山豆根皂苷元 C 甲酯	$R_1=R_2=CH_3, R_3=COOCH_3$	A[62]
199	山豆根皂苷元 D 甲酯	$R_1=R_3=CH_3, R_2=COOCH_3$	A[62]
200	相思子皂醇 H	$R_1=R_2=CH_3, R_3=CH_2OH$	A[62]
201	相思子皂醇 I	$R_1=CH_2OH, R_2=CH_3, R_3=COOH$	A[62]
202	紫藤皂醇 A	$R_1=R_3=CH_2OH, R_2=CH_3$	A[62]
203	草木樨苷元	$R_1=CH_2OH, R_2=COOH, R_3=CH_3$	A[62]
204	槐花二醇	$R_1=R_2=R_3=CH_3, R_4=H$	A[62]
205	广东相思子三醇	$R_1=R_2=R_3=CH_3, R_4=OH$	A[62]
206	大豆皂醇 A	$R_1=CH_2OH, R_2=R_3=CH_3, R_4=OH$	A[62]
207	大豆皂醇 B	$R_1=CH_2OH, R_2=R_3=CH_3, R_4=H$	A[62]
208	大豆皂醇甲酯 A	$R_1=R_3=CH_2OH, R_2=CH_3, R_4=OH$	A[62]
209	相思子皂醇 A	$R_1=R_2=CH_3, R_3=CH_2OH, R_4=H$	A[62]

续表 3 广豆根及山豆根属植物的其他化学成分

序号	化合物名称	取代基名字	来源
210	相思子皂醇 C	$R_1=R_2=CH_3, R_3=CH_2OH, R_4=OH$	A[62]
211	相思子皂醇 D	$R_1=R_3=CH_3, R_2=CH_2OH, R_4=OH$	A[62]
212	相思子皂醇 E	$R_1=R_2=CH_2OH, R_3=CH_3, R_4=H$	A[62]
213	葛根皂醇 A	$R_1=R_3=CH_2OH, R_2=CH_3, R_4=OH$	A[62]
214	葛根皂苷 A_3	$R_1=CH_2OH, R_2=a, R_3=OH, R_4=CH_3, R_5=H$	A[63]
215	葛根皂醇 A 甲酯	$R_1=CH_2OH, R_2=c, R_3=R_5=OH, R_4=CH_3$	A[64]
216	柔枝槐苷 I	$R_1=CH_3, R_2=a, R_3=R_5=OH, R_4=CH_3$	A[63]
217	柔枝槐苷 I 甲酯	$R_1=CH_3, R_2=c, R_3=R_5=OH, R_4=CH_3$	A[63]
218	柔枝槐苷 II	$R_1=CH_2OH, R_2=b, R_3=R_5=OH, R_4=CH_3$	A[63]
219	柔枝槐苷 II 甲酯	$R_1=CH_2OH, R_2=d, R_3=R_5=OH, R_4=CH_3$	A[63]
220	柔枝槐苷 Ⅳ	$R_1=CH_3, R_2=a, R_3=R_5=H, R_4=CH_2-O-Glu$	A[63]
221	柔枝槐苷 Ⅳ甲酯	$R_1=CH3, R2=c, R3=R5=H, R4=CH2-O-Glu$	A[63]
222	柔枝槐苷 V	$R_1=CH_2OH, R_2=a, R_3=R_5=H, R_4=CH_2-O-Glu$	A[65]
223	柔枝槐苷 V 甲酯	$R_1=CH_2OH, R_2=c, R_3=R_5=H, R_4=CH_2-O-Glu$	A[65]
224	柔枝槐苷 Ⅵ	$R_1=CH_2OH, R2=a, R_3=R_5=H, R_4=O-Rha$	A[65]
225	柔枝槐苷 Ⅵ甲酯	$R_1=CH_2OH, R_2=c, R_3=R_5=H, R_4=O-Rha$	A[65]
226	柔枝槐苷 Ⅶ	$R_1=CH_2OH, R_2=a, R_3=R_5=H, R_4=O-Glu-(1\rightarrow2)-D-Xyl$	A[65]
227	柔枝槐苷 Ⅶ甲酯	$R_1=CH_2OH, R_2=c, R_3=R_5=H, R_4=O-Glu-(1\rightarrow2)-D-Xyl$	A[65]
228	槐花皂苷 I 甲酯	$R_1=R_4=CH_3, R_2=e, R_3=R_5=H$	A[64]
229	槐花皂苷 Ⅱ	$R_1=CH_2OH, R_2=f, R_3=R_5=H, R_4=CH_3$	A[64]
230	槐花皂苷 Ⅱ甲酯	$R_1=CH_2OH, R_2=g, R_3=R_5=H, R_4=CH_3$	A[64]
231	槐花皂苷 Ⅲ	$R_1=R_4=CH_3, R_2=a, R_3=R_5=H$	A[64]
232	槐花皂苷 Ⅲ甲酯	$R_1=R_4=CH_3, R_2=c, R_3=R_5=H$	A[64]
233	大豆皂苷 Ⅰ	$R_1=CH_2OH, R_2=a, R_3=R_5=H, R_4=CH_3$	A[64]
234	大豆皂苷 Ⅰ甲酯	$R_1=CH_2OH, R_2=c, R_3=R_5=H, R_4=CH_3$	A[64]
235	大豆皂苷 Ⅱ	$R_1=CH_2OH, R_2=b, R_3=R_5=H, R_4=CH_3$	A[63]
236	大豆皂苷 Ⅱ甲酯	$R_1=CH_2OH, R_2=d, R_3=R_5=H, R_4=CH_3$	A[63]
237	大豆皂苷 A_3	$R_1=CH_2OH, R_2=a, R_3=H, R_4=CH_3, R_5=OH$	A[64]
238	大豆皂苷 A_3 甲酯	$R_1=CH_2OH, R_2=c, R_3=H, R_4=CH_3, R_5=OH$	A[64]
239	脱氢大豆皂苷 Ⅰ	$R_1=a, R_2=R_3=H$	A[64]
240	柔枝槐苷 Ⅲ	$R_1=a, R_2=O-Glu, R_3=OH$	A[63]
241	柔枝槐苷 Ⅲ甲酯	$R_1=c, R_2=O-Glu, R_3=OH$	A[63]
242	羽扇豆醇	R = OH	A[66]
243	β-谷甾醇	R = OH	A[9] B[7] C[10]
244	胡萝卜苷	$R=O-\beta-D-Glu$	A[39] C[10]
245	豆甾醇	R = OH	A[66] C[10]
246	豆甾醇葡萄糖苷	$R=O-\beta-D-Glu$	C[10]
247	对羟基苯甲酸	$R_1=R_3=R_4=H, R_2=OH, R_5=COOH$	A[29] C[10]
248	对甲氧基苯甲酸	$R_1=R_3=R_4=H, R_2=OCH_3, R_5=COOH$	A[61]
249	水杨酸	$R_1=R_2=R_3=H, R_4=OH, R_5=COOH$	A[67]
250	3,4-二羟基苯甲酸	$R_1=R_2=OH, R_3=R_4=H, R_5=COOH$	A[29]
251	3,4,5-三羟基苯甲酸	$R_1=R_2=R_3=OH, R_4=H, R_5=COOH$	A[29]
252	4-(2-羟丙基)苯酚	$R_1=R_2=R_5=H, R_3=CH_2C(OH)CH_3, R_4=OH$	A[67]
253	4-(3-羟丙基)苯酚	$R_1=CH_2CH_2CH_2OH, R_2=R_3=R_5=H, R_4=OH$	A[67]
254	酪醇	$R_1=CH_2CH_2OH, R_2=R_3=R_5=H, R_4=OH$	A[67]
255	香草醛醇	$R_1=CH_2OH, R_2=R_5=H, R_3=OCH_3, R_4=OH$	A[67]
256	香草酸	$R_1=OCH_3, R_2=OH, R_3=R_4=H, R_5=COOH$	A[68]
257	3-(对甲氧苯基)-1,2-丙二醇	$R_1=OCH_3, R_2=R_3=R_5=H, R_4=OCH(OH)CH_2OH$	A[67]
258	松柏苷	$R_1=OCH_3, R_2=O-\beta-D-Glu, R_3=R_4=H, R_5=CHCHCH_2OH$	A[61]
259	紫丁香苷	$R_1=R_3=OCH_3, R_2=O-\beta-D-Glu, R_4=H, R_5=CHCHCH2OH$	A[61]
260	4-羟甲基-2,6-二甲氧基苯酚-1-O-β-D-吡喃葡萄糖苷	$R_1=R_3=OCH_3, R_2=O-\beta-D-Glu, R_4=H, R_5=CH_2OH$	A[69]
261	3,4-二甲氧基苯丙烯酸甲酯	$R_1=R_2=OCH_3, R_2=R_3=H, R_4=R_5=C_2H_2COOCH_3$	A[43]
262	咖啡酸二十二酯	$R_1=R_2=OH, R_3=R_4=H, R_5=C_2H_2COOC_{22}H_{45}$	A[68]
263	香草醛	$R_1=CHO, R_2=R_5=H, R_3=OCH_3, R_4=OH$	C[10]

续表 3 广豆根及山豆根属植物的其他化学成分

序号	化合物名称	取代基名字	来源
264	3 - (4 - 羟基 - 3 - 甲氧基苯基) - 丙烯酸油酸十八烷醇酯	$R_1 = OCH_3, R_2 = OH, R_3 = R_4 = H, R_5 = C_2H_4COOC_{18}H_{37}$	C[10]
265	阿魏酸十六烷基乙酸酯	$R_1 = OCH_3, R_2 = OH, R_3 = R_4 = H, R_5 = C_2H_2COOC_{16}H_{33}$	D[24]
266	丁香脂素	$R_1 = R_3 = R_4 = R_6 = OCH_3, R_2 = R_5 = OH$	A[30] C[10]
267	丁香脂素 - 4 - O - β - D - 吡喃葡萄糖苷	$R_1 = R_3 = R_4 = R_6 = OCH_3, R_2 = R_5 = O - β - D - Glu$	A[61]
268	丁香脂素 - 4,4′ - 二 - O - β - D - 吡喃葡萄糖苷	$R_1 = R_3 = R_4 = R_6 = OCH_3, R_2 = OH, R_5 = O - β - D - Glu$	A[61]
269	松脂素	$R_1 = R_6 = OCH_3, R_2 = R_5 = OH, R_3 = R_4 = H$	A[30]
270	松脂素 - 4,4′ - 二 - O - β - D - 吡喃葡萄糖苷	$R_1 = R_4 = OCH_3, R_2 = R_5 = O - β - D - Glu, R_3 = R_6 = H$	A[61]
271	杜仲树脂酚	$R_1 = H, R_2 = R_5 = OH, R_3 = R_4 = R_6 = OCH_3$	A[30]
272	(6S,9R) - 长寿花糖苷	$R_1 = O - β - D - Glu, R_2 = H$	A[69]
273	布卢门醇 A	$R_1 = H, R_2 = OH$	C[10]
274	番石榴酸乙酯	R = OH	A[70]
275	苯甲酰胺	R = H	A[67]
276	对甲氧基苯甲酰胺	$R = OCH_3$	A[67]
277	麦芽酚	R = OH	A[68]
278	大黄素	R = OH	A[70]
279	大黄素甲醚	$R = OCH_3$	A[70]
280	bolusanthin Ⅳ	$R = OCH_3$	A[9]
281	2 - (2′,4′ - dihydroxyphenyl) - 5,6 - methylenedioxybenxofuran	R = OH	A[9]
282	7,2′ - Dihydroxy - 4′,5′ - methylenedioxyisoflavan	R = OH	A[9]
283	shandougenine A	R = OH	A[9]
284	shandougenine B	R = OH	A[9]
285	sophtonseedlin A	R = OH	A[42]
286	γ - methoxyisoeugenol 4 - O - (2′ - O - β - D - apiofuranosyl) - β - D - glucopyranoside	R = glucopyranoside	A[71]
287	2 - hydroxybenzyl - 1 - O - (2′ - O - β - D - apiofuranosyl) - β - D - gluc - opyranoside	R = glucopyranoside	A[71]
288	(7R) - 1 - (8 - hydroxyethyl) - 4 - methoxyphenyl - 7 - O - (6′ - O - α - L - arabinopyran - osyl) - β - D - glucopyranoside	R = glucopyranoside	A[71]
289	(S) - 2 - deamino - 2 - (3 - methoxypyridiniumyl) tryptophan	$R = OCH_3$	A[72]
290	(S) - 2 - deamino - 2 - (3 - hydroxypyridiniumyl) tryptophan	R = OH	A[72]
291	(1S,3S) - 1 - 甲基 - 1,2,3,4 - 四氢咔啉 - 3 - 羧酸	$R = α - CH_3$	A[72]
292	(1R,3S) - 1 - 甲基 - 1,2,3,4 - 四氢咔啉 - 3 - 羧酸	$R = β - CH_3$	A[72]
293	(11S,13R) - cuscutamine	R = COOH	A[72]
294	1,4 - dihydro - 6,7 - dimethyl - 1 - ribityl - 2,3 - quinoxalinedione	$R = CH_3$	A[72]
295	cis - 3 - isobutyltetrahydroimidazo[1,2 - α] pyridine - 2,5 - dione	$R = CH_3$	A[72]
296	环(D - 缬氨酸 - L - 脯氨酸)	$R = CH_3$	A[72]
297	苜蓿酚	R = OH	C[10]
298	脱镁叶绿素 A	$R = C_4H_7(CH_3)CH_3$	C[10]
299	euchrestafuran	$R = CH_3$	E[25]

化苦参碱可促进其 HBV DNA 的清除,同时显著抑制乙型病毒性肝炎 e 抗原、血清乙型肝炎表面抗原和 e 抗原以及肝内乙型肝炎核心抗原的表达,其机制与其促进 $CD4^+$ T 细胞分泌小鼠血清 IFN - γ 有关;同时,研究发现槐果碱可以抑制肝脏趋化因子和黏附因子巨噬细胞炎性蛋白 - 1α 和细胞间黏附分子 - 1 mRNA 的表达,同时显著降低脾淋巴细胞 IFN - γ 的比例,其中对 IFN - γ 的抑制呈剂量依赖性,其通过上调细胞因子信号传导抑制因子 1 表达抑制信号传导与转录活化因子 1 的激活抑制刀豆蛋白诱导的小鼠免疫性肝损伤[78]。LIU M F 等[79]通过 pH 梯度活性负载制备了氧化苦参碱氢化大豆磷脂酰胆碱(HSPC)脂质体,成功延长了氧化苦参碱保留时间并在肝脏中维持较高的治疗水平,经氧化苦参碱 HSPC 脂质体治疗后的急性肝损伤小鼠,病理性局部坏死和轻度肝液泡变性逐渐恢复正常,并且血清丙氨酸 - 氨基转移酶和天冬氨酸 - 氨基转移酶的水平显著降低。

2.4 消炎 对广豆根中新分离鉴定的 12,13 - 去氢槐定碱进行体外消炎作用的研究,发现其对脂多糖诱导的 RAW 264.7 巨噬细胞炎症细胞因子 TNF - α 和 IL - 6 的活性比苦参碱的活性要强,TNF - α 和 IL - 6 的分泌水平分别为 56.82% 和 65.21%[49]。NAUDHANI M 等[80]通过研究得知芒柄花素能调节与肥胖有关的特定肝脏 miRNA 的表达,并下调促炎细胞因子 IL - 6、IL - 22 和 TNF - α 的 mRNA 表达水平,有效调节肠道微生物群,改善宿主代谢和全身炎症。

2.5 保护心脑血管 外源性花生四烯酸(AA)可通过血小板环加合酶转化为前列腺素内过氧化物,再通过血栓素合成酶转化为血栓素 A_2,这是血小板聚集的重要介质。胶原蛋白也可

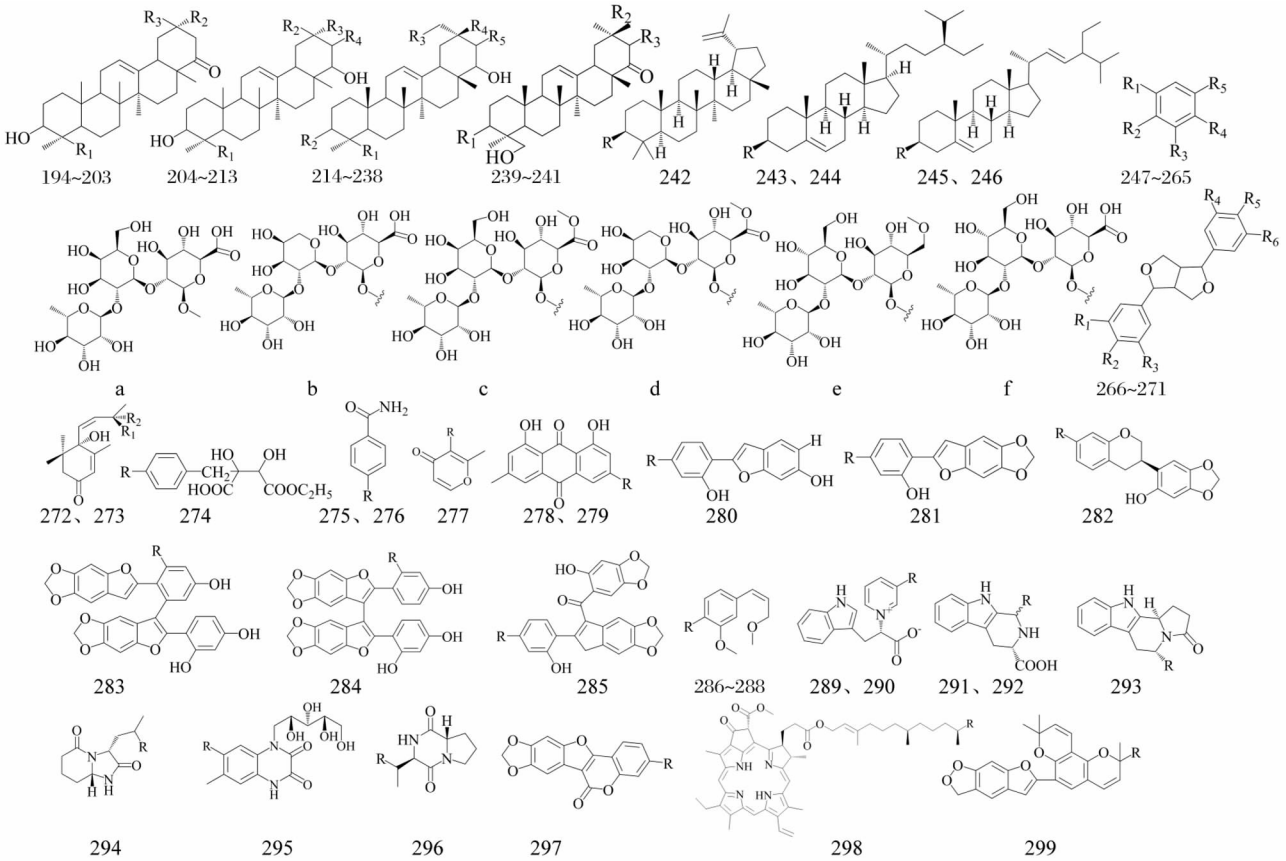


图 3 广豆根及山豆根属植物的其他化合物结构

能通过增加血栓素 A_2 的形成来触发血小板聚集。LO W L 等[77]从台湾山豆根中分离出 30 多种化合物并将其进行抗血小板凝集实验,在化合物浓度为 100 μmol/L 时,鸢尾黄素对 AA 和胶原诱导的血小板聚集有很强的抑制作用;对胶原诱导的血小板聚集,金雀异黄素与 6,7,4′-三羟基异黄酮可完全抑制,山豆根酮 b_2 与高丽槐素也能发挥很好的抑制作用。

3 结语

“山豆根”都是珍贵的中药材,相对于广豆根,山豆根属植物研究报道较少,伏毛山豆根在爪哇岛是当地的补肾药,日本山豆根、管萼山豆根在民间用于治疗癌症有奇效[81],在后期的试验研究中应加强对不同“山豆根”植物的研究工作。同时,按照现行的《中华人民共和国药典》中对越南槐的药用集中在根茎,而民间使用山豆根属植物也主要是根茎部分,对植物的其他部位如:叶、花、种子等使用与研究的报道极少。据此探索山豆根属植物及山豆根其他部位中是否存在新型天然结构的药效物质,并对研究获得的新型药效物质进行药理活性检测是促进“山豆根”的新药开发以及将山豆根属植物由民间草药走向现代药业的基础性工作。

参考文献

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[S]. 北京:中国医药科技出版社, 2020:28.
[2] 中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社,1993.
[3] 张晶, 高淑英. 山豆根的药材品种鉴别[J]. 时珍国医国药, 2006, 17(2): 242-243.
[4] 李厚聪, 袁德培, 刘圆. 山豆根属植物化学成分与生物活性研究进展[J]. 中草药, 2014, 45(23): 3486-3493.
[5] 匡海学. 中药化学[M]. 3 版. 北京: 中国中医药出版社, 2017.
[6] LIANG J J, ZHANG P P, ZHANG W, et al. Biological activities and secondary metabolites from Sophora tonkinensis and its endophytic fungi[J]. Molecules, 2022, 27(17): 5562.
[7] 吴立军. 天然药物化学[M]. 6 版. 北京: 人民卫生出版社, 2000.
[8] SHIRATAKI Y, MANAKA A, YOKOE I, et al. Two prenylflavanones from euchresta Japonica[J]. Phytochemistry, 1980, 21(12): 2959-2963.
[9] MIZUNO M, TAMURA K I, TANAKA T, et al. Prenylflavanones from Euchresta japonica[J]. Phytochemistry, 1988, 26(9): 2875-2877.
[10] LUO G Y, YANG Y, ZHOU M, et al. Novel 2-arylbenzofuran dimers and polyisoprenylated flavanones from Sophora tonkinensis[J]. Fitoterapia, 2014, 99: 21-27.
[11] 罗文利. 台湾山豆根根茎与叶部化学成分及其生物活性之研究[D]. 台北:高雄医学大学药学研究所,2003.
[12] HUANG M, DENG S H, HAN Q Q, et al. Hypoglycemic activity and the potential mechanism of the flavonoid rich extract from Sophora tonkinensis gagnep. in KK-ay mice[J]. Front Pharmacol, 2016, 7: 288.
[13] YANG R Y, LAN Y S, HUANG Z J, et al. Isoflavonoids from Sophora tonkinensis[J]. Chem Nat Compd, 2012, 48(4): 674-676.

[14] HE C M, CHENG Z H, CHEN D F. Qualitative and quantitative analysis of flavonoids in Sophora tonkinensis by LC/MS and HPLC [J]. Chin J Nat Med, 2013, 11(6): 690 - 698.

[15] LO W L, CHANG F R, HSIEH T J, et al. Coumaronochromones and flavanones from Euchresta formosana roots[J]. Phytochemistry, 2002, 60(8): 839 - 845.

[16] MIZUNO M, MATSUURA N, IINUMA M, et al. Isoflavones from stems of euchresta horsfieldii[J]. Phytochemistry, 1990, 29(8): 2675 - 2677.

[17] 阳丙媛, 何瑞杰, 王亚凤, 等. 山豆根地上部分的酪氨酸酶抑制活性成分筛选研究[J]. 广西植物, 2022(9): 1448 - 1453.

[18] 程钱. 山豆根指纹图谱、含量测定及成分分析研究[D]. 北京: 北京中医药大学, 2017.

[19] PAN Q M, ZHANG G J, HUANG R Z, et al. Cytisine - type alkaloids and flavonoids from the rhizomes of Sophora tonkinensis[J]. J Asian Nat Prod Res, 2016, 18(5): 429 - 435.

[20] 何常明. 苦参和山豆根黄酮类成分及其生物活性的比较研究[D]. 上海: 复旦大学, 2010.

[21] MIZUNO M,TAMURA K I,TANAKA T. New prenylated flavonoids in Euchresta Japonica[C]//16th International Symposium on the Chemistry of Natural Products. Kyoto: IUPAC,1988.

[22] MIZUNO M, MATSUURA N, IINUMA M, et al. Isoflavones from roots of euchresta Japonica[J]. Phytochemistry, 1992, 31(2): 675 - 678.

[23] MIZUNO M, TANAKA T, TAMURA K I, et al. Flavonoids in the roots of euchresta horsfieldii in Thailand[J]. Phytochemistry, 1990, 29(8): 2663 - 2665.

[24] MATSUURA N, IINUMA M, TANAKA T, et al. Flavonoids and a benzofuran in roots of Euchresta tubulosa[J]. Phytochemistry, 1993, 33(3): 701 - 705.

[25] XIA W J, LUO P, HUA P, et al. Discovery of a new pterocarpan - type antineuroinflammatory compound from Sophora tonkinensis through suppression of the TLR4/NFκB/MAPK signaling pathway with PU.1 as a potential target[J]. ACS Chem Neurosci, 2019, 10(1): 295 - 303.

[26] MIZUNO M, TAMURA K I, TANAKA T, et al. Chemotaxonomy of the genus Euchresta. Ⅲ. Three new flavonoids in the roots of Euchresta Japonica[J]. Chem Pharm Bull, 1989, 37(1): 195 - 196.

[27] HOU M Y, HU W Z, HAO K X, et al. Flavonoids and phenolic acids from the roots of Sophora tonkinensis Gagnep[J]. Biochem Syst Ecol, 2020, 89: 104011.

[28] LEE J W, LEE J H, LEE C, et al. Inhibitory constituents of Sophora tonkinensis on nitric oxide production in RAW 264.7 macrophages[J]. Bioorg Med Chem Lett, 2015, 25(4): 960 - 962.

[29] HU W Z,HOU M Y,CORZO N,et al. Phytochemical Constituents of the Rhizomes of Sophora tonkinensis[J]. Indian J. Pharm. Sci, 2018,111:8 - 9.

[30] DENG Y H, XU K P, ZHOU Y J, et al. A new flavonol from Sophora tonkinensis[J]. J Asian Nat Prod Res, 2007, 9(1): 45 - 48.

[31] 程钱, 王金凤, 王宝丽, 等. 山豆根化学成分、生物活性及质量控制研究进展[J]. 辽宁中医药大学学报, 2017, 19(7): 119 - 125.

[32] CHAE H S, YOO H, KIM Y M, et al. Anti - inflammatory effects of 6, 8 - diprenyl - 7, 4′ - dihydroxyflavanone from Sophora tonkinensis on lipopolysaccharide - stimulated RAW 264.7 cells[J]. Molecules, 2016, 21(8): 1049.

[33] MIZUNO M, MATSUURA N, IINUMA M, et al. Coumaronochromones in the roots of euchresta Japonica[J]. Phytochemistry, 1992, 31(2): 643 - 645.

[34] MATSUURA N, IINUMA M, TANAKA T, et al. Chemotaxonomic approach to the genus Euchresta based on prenylflavonoids and prenylflavanones in roots of Euchresta formosana[J]. Biochem Syst Ecol, 1995, 23(5): 539 - 545.

[35] YOO H, CHAE H S, KIM Y M, et al. Flavonoids and arylbenzofurans from the rhizomes and roots of Sophora tonkinensis with IL - 6 production inhibitory activity[J]. Bioorg Med Chem Lett, 2014, 24(24): 5644 - 5647.

[36] MIZUNO M, TANAKA T, MATSUURA N, et al. Two flavanones from euchresta horsfieldii[J]. Phytochemistry, 1990, 29(8): 2738 - 2740.

[37] LI X N, SHA N, YAN H X, et al. Isoprenylated flavonoids from the roots of Sophora tonkinensis[J]. Phytochem Lett, 2008, 1(3): 163 - 167.

[38] MIZUNO M, TAMURA K I, TANAKA T, et al. Three prenylflavanones from euchresta Japonica[J]. Phytochemistry, 1988, 27(6): 1831 - 1834.

[39] 李行诺, 闫海霞, 庞晓雁, 等. 山豆根中黄酮化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 2009, 34(3): 282 - 285.

[40] SHIRATAKI Y, KOMATSU M, YOKOE I, et al. Studies on the constituents of Sophora species. XVI. Constituents of the root of Euchresta Japonica Hook. f. ex Regel (1)[J]. Chem Pharm Bull, 1981, 29(10): 3033 - 3036.

[41] MIZUNO M, MATSUURA N, TANAKA T, et al. Four flavonoids in the roots of euchresta formosana[J]. Phytochemistry, 1991, 30(9): 3095 - 3097.

[42] HU Z X, ZOU J B, AN Q, et al. Anti - tobacco mosaic virus (TMV) activity of chemical constituents from the seeds of Sophora tonkinensis[J]. J Asian Nat Prod Res, 2021, 23(7): 644 - 651.

[43] ZHANG W, WEI X, ZHANG L Y, et al. Chemical constituents of Sophora tonkinensis[J]. Chem Nat Compd, 2020, 56(6): 1140 - 1142.

[44] HE L J, LIU J S, LUO D, et al. Quinolizidine alkaloids from Sophora tonkinensis and their anti - inflammatory activities[J]. Fitoterapia, 2019, 139: 104391.

[45] OHMIYA S, OTOMASU H, HAGINIWA J, et al. The alkaloid constituents of Euchresta Japonica and the stereochemical assignment of two isomeric sophoridine N - oxides[J]. Chem Pharm Bull, 1980, 28(2): 546 - 551.

[46] OHMIYA S, HIGASHIYAMA K, OTOMASU H, et al. (+) - 5α, 9α - dihydroxymatrine, a new lupin alkaloid from Euchresta horsfeldii[J]. Phytochemistry, 1979, 18(4): 645 - 647.

[47] LI X N, LU Z Q, QIN S, et al. Tonkinensines A and B, two novel

alkaloids from Sophora tonkinensis[J]. Tetrahedron Lett, 2008, 49(23): 3797 - 3801.

[48] PAN Q M, LI Y H, HUA J, et al. Antiviral matrine - type alkaloids from the rhizomes of Sophora tonkinensis[J]. J Nat Prod, 2015, 78(7): 1683 - 1688.

[49] TANG Q, LUO D, LIN D C, et al. Five matrine - type alkaloids from Sophora tonkinensis[J]. J Nat Med, 2021, 75(3): 682 - 687.

[50] 曾祖平, 郭智, 彭冰, 等. 山豆根和苦参生物碱类成分 UPLC/Q - TOF MSE 比较研究[J]. 天然产物研究与开发, 2015, 27(5): 804 - 808.

[51] XIAO P, LI J S, KUBO H, et al. (-) - 14. BETA. - hydroxymatrine, a new lupine alkaloid from the roots of Sophora tonkinensis[J]. Chem Pharm Bull, 1996, 44(10): 1951 - 1953.

[52] 李维新. 管萼山豆根中生物碱的制备及其活性研究[D]. 吉首: 吉首大学, 2020.

[53] 李若存,候遇成. 管萼山豆根化学成分的研究——生物碱的分离鉴定[J]. 湖南医药杂志,1982,9(1): 51 - 53.

[54] DING P L, LIAO Z X, HUANG H, et al. (+) - 12alpha - Hydroxysophocarpine, a new quinolizidine alkaloid and related anti - HBV alkaloids from Sophora flavescens[J]. Bioorg Med Chem Lett, 2006, 16(5): 1231 - 1235.

[55] ZHANG P, ZHANG J, AN Q, et al. Matrine - type alkaloids with anti - tomato spotted wilt virus activity from the root of Sophora tonkinensis gagnep[J]. J Agric Food Chem, 2023, 71(10): 4394 - 4407.

[56] ZOU J B, ZHAO L H, YI P, et al. Quinolizidine alkaloids with antiviral and insecticidal activities from the seeds of Sophora tonkinensis gagnep[J]. J Agric Food Chem, 2020, 68(50): 15015 - 15026.

[57] WU C, HE L J, YI X, et al. Three new alkaloids from the roots of Sophora tonkinensis[J]. J Nat Med, 2019, 73(3): 667 - 671.

[58] OHMIYA S, OTOMASU H, HAGINIWA J, et al. (+) - 5, 17 - dehydromatrine N - oxide, a new alkaloid in Euchresta Japonica[J]. Phytochemistry, 1978, 17(11): 2021 - 2022.

[59] OHMIYA S, OTOMASU H, HAGINIWA J, et al. (-) - 12 - Cytisineacetic acid, a new lupin alkaloid in Euchresta Japonica[J]. Phytochemistry, 1979, 18(4): 649 - 650.

[60] ZHANG Y, HU W Z, CHEN X Z, et al. Bioactive quinolizidine alkaloids from Sophora tonkinensis[J]. Zhongguo Zhongyao Zazhi, 2016, 41(12): 2261 - 2266.

[61] 潘其明, 黄日镇, 潘英明, 等. 山豆根的化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 2016, 41(1): 96 - 100.

[62] TAKESHITA T, YOKOYAMA K, YI D, et al. Studies on the leguminous plants. Part 27. Four new and twelve known sapogenols from Sophorae Subprostratae Radix[J]. Chem Pharm Bull, 1991, 39(7): 1908 - 1910.

[63] DING Y, TAKESHITA T, YOKOYAMA K, et al. Studies on the constituents of leguminous plants. Part XXVIII. Triterpenoid Glycosides from Sophorae Subprostratae Radix[J]. Chem Pharm Bull, 1992, 40(1): 139 - 142.

[64] SAKAMOTO S, KUROYANAGI M, UENO A, et al. Triterpenoid saponins from Sophora subprostrata[J]. Phytochemistry, 1992, 31(4): 1339 - 1342.

[65] DING Y, TIAN R H, TAKESHITA T, et al. Studies on the constituents of leguminous plants. Part XXXI. Four New Oleanene Glycosides from Sophorae Subprostratae Radix. III[J]. Chem Pharm Bull, 1992, 40(7): 1831 - 1834.

[66] 隆金桥, 林华, 羊晓东, 等. 广西山豆根化学成分的研究[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2011, 33(1): 72 - 76.

[67] HE H K, SUN H, YANG S L, et al. Studies on active aromatic constituents from rhizomes of Sophora tonkinensis[J]. Zhongguo Zhongyao Zazhi, 2019, 44(20): 4481 - 4485.

[68] 丁佩兰, 陈道峰. 山豆根酚性成分的研究[J]. 中草药, 2008, 39(2): 186 - 188.

[69] 潘其明. 山豆根化学成分及生物活性的研究[D]. 桂林: 广西师范大学, 2016.

[70] 丁佩兰. 山豆根和苦参化学成分的比较研究[D]. 上海: 复旦大学, 2004.

[71] LI X, YANG S L, HE H K, et al. Aromatic diglycosides from Sophora tonkinensis and a multi - step conformer filtering procedure for TDDFT calculation of flexible glycoside[J]. J Asian Nat Prod Res, 2023, 25(5): 411 - 421.

[72] LI X, ZHANG N, YANG S L, et al. Unusual N - pyridinium amino acid - type alkaloids from roots and rhizomes of Sophora tonkinensis Gagnep[J]. Fitoterapia, 2023, 165: 105388.

[73] 邱海波, 曹素梅, 徐瑞华. 基于 2020 年全球流行病学数据分析中国癌症发病率、死亡率和负担的时间趋势及与美国和英国数据的比较[J]. 癌症, 2022, 41(4): 165 - 177.

[74] WU W, CHENG C, YUAN D D, et al. Explore intersection genes of oxymatrine and COVID - 19 with lung cancer as potential therapeutic targets based on network pharmacology[J]. J Med Microbiol, 2023, 72(10):1766.

[75] SUN X R, ZHANG T W, CAI Y, et al. Tonkinensine B induces apoptosis through mitochondrial dysfunction and inactivation of the PI3K/AKT pathway in triple - negative breast cancer cells[J]. J Pharm Pharmacol, 2021, 73(10): 1397 - 1404.

[76] HASHEMZAEI M, DELARAMI FAR A, YARI A, et al. Anticancer and apoptosis - inducing effects of quercetin *in vitro* and *in vivo*[J]. Oncol Rep, 2017, 38(2): 819 - 828.

[77] LO W L, WU C C, CHANG F R, et al. Antiplatelet and anti - HIV constituents from Euchresta formosana[J]. Nat Prod Res, 2003, 17(2): 91 - 97.

[78] 桑秀秀. 山豆根主要活性成分的保肝抗病毒作用及免疫学机制研究[D]. 承德: 承德医学院, 2017.

[79] LIU M F, JIN S, YAN H, et al. Effect of oxymatrine HSPC liposomes on improving bioavailability, liver target distribution and hepatoprotective activity of oxymatrine[J]. Eur J Pharm Sci, 2017, 104: 212 - 220.

[80] NAUDHANI M, THAKUR K, NI Z J, et al. Formononetin reshapes the gut microbiota, prevents progression of obesity and improves host metabolism[J]. Food Funct, 2021, 12(24): 12303 - 12324.

[81] 李厚聪, 袁德培, 袁成玉. 土家族濒危药物胡豆莲的研究进展[J]. 湖北民族学院学报(医学版), 2011(4): 71 - 73.