

· 综述 ·

山豆根非生物碱化学成分研究进展[△]

李秋萍¹, 缪剑华^{1,2*}, 宋志军², 闫炳雄², 吴玲玲², 李力^{1,2*}

(1. 广西医科大学 药学院, 广西 南宁 530021;

2. 广西药用植物研究所 西南濒危药材资源开发国家工程实验室, 广西 南宁 530023)

[摘要] 山豆根, 主产于中国西南部的传统药用植物, 是广西道地药材。已报道的化学成分主要有生物碱、多糖、酚性成分、黄酮类化合物, 其中生物碱类是目前研究的热点。但是山豆根也含有大量非生物碱类成分, 也是其重要的活性成分。文献调研表明, 山豆根非生物碱主要包括黄酮类、三萜类和多糖类等。特别是其黄酮类化合物, 具有十分广泛的生物活性, 在抗菌, 抗病毒, 抗氧化, 抗癌和抗肿瘤方面具有很大的潜力。本文综述了近年来从山豆根中分离得到的非生物碱类化合物及其药理活性, 为山豆根非生物碱类化合物的研究和开发利用提供参考。

[关键词] 山豆根; 非生物碱; 化学成分; 活性

Research on Non-alkaloids of *Sophora tonkinensis*

LI Qiu-ping¹, MIAO Jian-hua^{1,2*}, SONG Zhi-jun², YAN Bing-xiong², WU Ling-ling², LI Li^{1,2*}

(1. Guangxi Medical University, Nanning 530021, China;

2. The National Engineering Laboratory of Southwest Endangered Medicinal Resources Development of Guangxi Medicinal Plant, Nanning 530023, China)

[Abstract] *Sophorae Tonkinensis Radix Et Rhizoma* is a traditional medicinal plant in southwest of China and is a traditional medicinal plant in Guangxi. The reported chemical compositions mainly include alkaloids, polysaccharides, phenolic compounds and flavonoids, and alkaloids are the hot spots in the study. But it also contains a large number of non-alkaloid components, which is also an important active ingredient. Literatures research showed that the *Sophora tonkinensis* contains flavonoids, triterpenoids and polysaccharides. In particular, its flavonoid compounds have a wide range of biological activities, which have great potential in antibacterial, antiviral, anti-oxidant, and anti-tumor. In this paper, the non-alkaloid compounds and their pharmacological activities are reviewed, which can provide reference for the research and development of non-alkaloids compounds in *S. tonkinensis* Gagnep.

[Keywords] *Sophora tonkinensis* Gagnep; non-alkaloid; chemical constituents; activities

doi: 10.13313/j.issn.1673-4890.20180502001

山豆根为豆科植物越南槐 *Sophora tonkinensis* Gagnep 的干燥根及根茎, 主产于中国西南部至西北部。山豆根为中医喉科要药, 始见于《开宝本草》, 历代本草也均有记载。山豆根又名广豆根, 2015 年版《中华人民共和国药典》记载, 山豆根性苦, 味寒; 有毒; 归肺、胃经; 用于火毒蕴结, 乳蛾喉痹, 咽喉肿痛, 齿龈肿痛, 口舌生疮。山豆根生物碱部位化学成分和药理活性研究已经十分成熟。据报道

目前已经从山豆根中分离得到了苦参碱型、金雀花碱型、臭豆碱型和羽扇豆碱型生物碱等生物碱类化合物, 其中大部分为苦参碱型生物碱。现代药理研究表明生物碱是山豆根的主要活性成分, 具有抗病毒、抗炎和抗心率失常等多种活性^[1-2]。近几年的研究表明山豆根的非生物碱部位同样具有多种活性, 2011 年周明眉等^[3]考察山豆根非生物碱部分对免疫性肝损伤模型小鼠的保肝作用, 结果表明山豆根非

[△] [基金项目] 国家自然科学基金面上项目(81473309); 药学研究生创新创业暨联合培养基地项目(20170703)

* [通信作者] 缪剑华, 研究员, 研究方向: 药用资源学; Tel: (0771)5611352, E-mail: mjh1962@vip.163.com
李力, 研究员, 研究方向: 中药资源学; Tel: (0771)5611349, E-mail: liboshi1963@vip.163.com

生物碱成分对免疫性肝损伤具有显著的保护作用，与山豆根总成分相近。同年祝路等^[4]采用GC-MS定性、定量分析山豆根非生物碱中的部分化学物质组成和含量。非生物碱部位样品经TMS衍生后，采用GC-MS法测定，通过NIST 2.0数据谱库检索，结合人工解析，鉴定出24个化合物。文献考察表明目前关于山豆根非生物碱部位化学成分论述较少，各研究人员分离得到的化合物较为零散。为此，本综述对山豆根非生物碱类化学成分进行整理归类，以期为山豆根的非生物碱全面研究和进一步开发利用提供参考。

1 山豆根非生物碱化学成分

山豆根非生物碱化学成分是指除了生物碱以外的化学成分。根据化合物的结构特点，山豆根非生物碱可以分为黄酮类、三萜类以及多糖等成分。

1.1 黄酮类

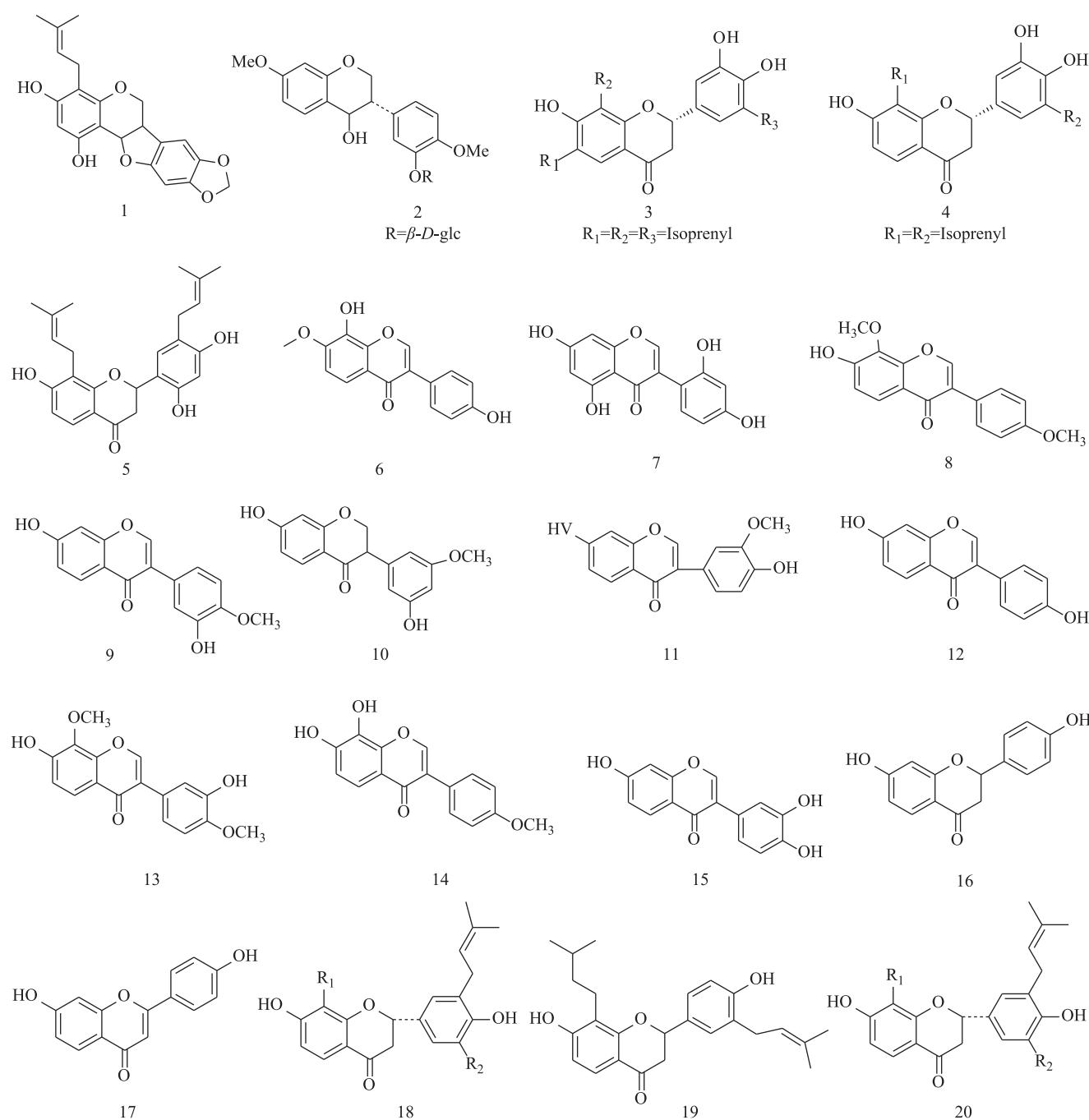
山豆根中富含黄酮类化合物。主要为黄酮、二氢黄酮、异黄酮等化合物，以二氢黄酮类化合物为主。文献报道有一定的抗癌、抗肿瘤、抗心脑血管疾病、抑菌抗病毒、抗氧化、抗衰老和抗辐射等作用^[5]。山豆根中黄酮类化合物及其结构见表1和图1。

表1 黄酮类化合物

序号	名称	分子式
1	6aR,11aR-1-hydroxy-4-isoprenyl-maackiain ^[6]	C ₂₁ H ₂₀ O ₆
2	(3S,4R)-4-hydroxy-7,4'-dimethoxyisofavan3'-O-β-D-glycopyranoside ^[7]	C ₂₃ H ₂₈ O ₁₀
3	shandougenine C ^[8]	C ₃₀ H ₃₆ O ₅
4	shandougenine D ^[8]	C ₂₅ H ₂₈ O ₅
5	2'-hydroxyglabrol ^[9]	C ₂₅ H ₂₈ O ₅
6	8,4'-dihydroxy-7-methoxyisoflavone ^[10]	C ₁₆ H ₁₂ O ₅
7	5,7,2',4'-tetrahydroxyisoflavone ^[10]	C ₁₅ H ₁₀ O ₆
8	8-O-methylretusin ^[10]	C ₁₇ H ₁₄ O ₅
9	calycosin ^[10]	C ₁₆ H ₁₂ O ₅
10	7,3'-dihydroxy-5'-methoxyisoflavone ^[10]	C ₁₆ H ₁₄ O ₅
11	7,4'-dihydroxy-3'-methoxyisoflavone ^[10]	C ₁₆ H ₁₂ O ₅
12	daidzein ^[10]	C ₁₅ H ₁₀ O ₄
13	7,3'-dihydroxy-8,4'-dimethoxyisoflavone ^[10]	C ₁₇ H ₁₄ O ₆
14	7,8-dihydroxy-4'-methoxyisoflavone ^[10]	C ₁₆ H ₁₂ O ₅
15	7,3',4'-trihydroxyisoflavone ^[10]	C ₁₅ H ₁₀ O ₅
16	Liquiritigenin ^[11]	C ₁₅ H ₁₂ O ₄
17	7,4'-dihydroxy-flavone ^[11]	C ₁₆ H ₁₀ O ₄
18	tonkinochromane I ^[12]	C ₃₀ H ₃₆ O ₅
19	glabrol ^[12]	C ₂₅ H ₂₈ O ₄
20	Sophoranone ^[13]	C ₃₀ H ₃₆ O ₄
21	Tonkinochromane F ^[13]	C ₃₀ H ₃₆ O ₅
22	Tonkinochromane G ^[13]	C ₃₀ H ₃₆ O ₅
23	Sophoranochromene ^[13]	C ₃₀ H ₃₄ O ₄
24	Tonkinochromane H ^[13]	C ₃₀ H ₃₄ O ₅
25	2-[{3-Hydroxy-2,2-dimethyl-8-(3-methyl-2-butenyl) chroman-6-yl} -7-hydroxy-8-(3-methyl-2-butyl) chroman-4-one] ^[13]	C ₃₀ H ₃₆ O ₅
26	2-[{2-(1-Hydroxy-1-methylethyl) -7-(3-methyl-2-butyl) -2,3-dihydro-benzofuran -5-yl} -7-hydroxy-8-(3-methyl-2-butyl) chroman-4-one] ^[13]	C ₃₀ H ₃₆ O ₅
27	Tonkinochromane J ^[14]	C ₂₅ H ₂₈ O ₅
28	Tonkinochromane K ^[14]	C ₃₀ H ₃₆ O ₆
29	tonkinochromane D ^[15]	C ₃₀ H ₃₈ O ₅
30	tonkinochromane E ^[15]	C ₃₂ H ₄₂ O ₅
31	tonkinochromane ^[15]	C ₃₂ H ₄₂ O ₅

续表1

序号	名称	分子式
32	vitexin ^[16]	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₀
33	quercetin ^[17]	C ₁₅ H ₁₀ O ₇
34	rutin ^[17]	C ₂₇ H ₃₀ O ₁₆
35	isorhamnetin-3-rutinoside ^[17]	C ₂₈ H ₃₂ O ₁₆
36	Tonkinochromane L ^[14]	C ₂₁ H ₂₄ O ₄
37	7,2'-dihydroxy-4'-methoxy-isoflavanol ^[12]	C ₁₆ H ₁₆ O ₅
38	3-methylmaackiapterocarpan B ^[9]	C ₂₂ H ₂₀ O ₆
39	bayin ^[16]	C ₂₅ H ₂₄ O ₆



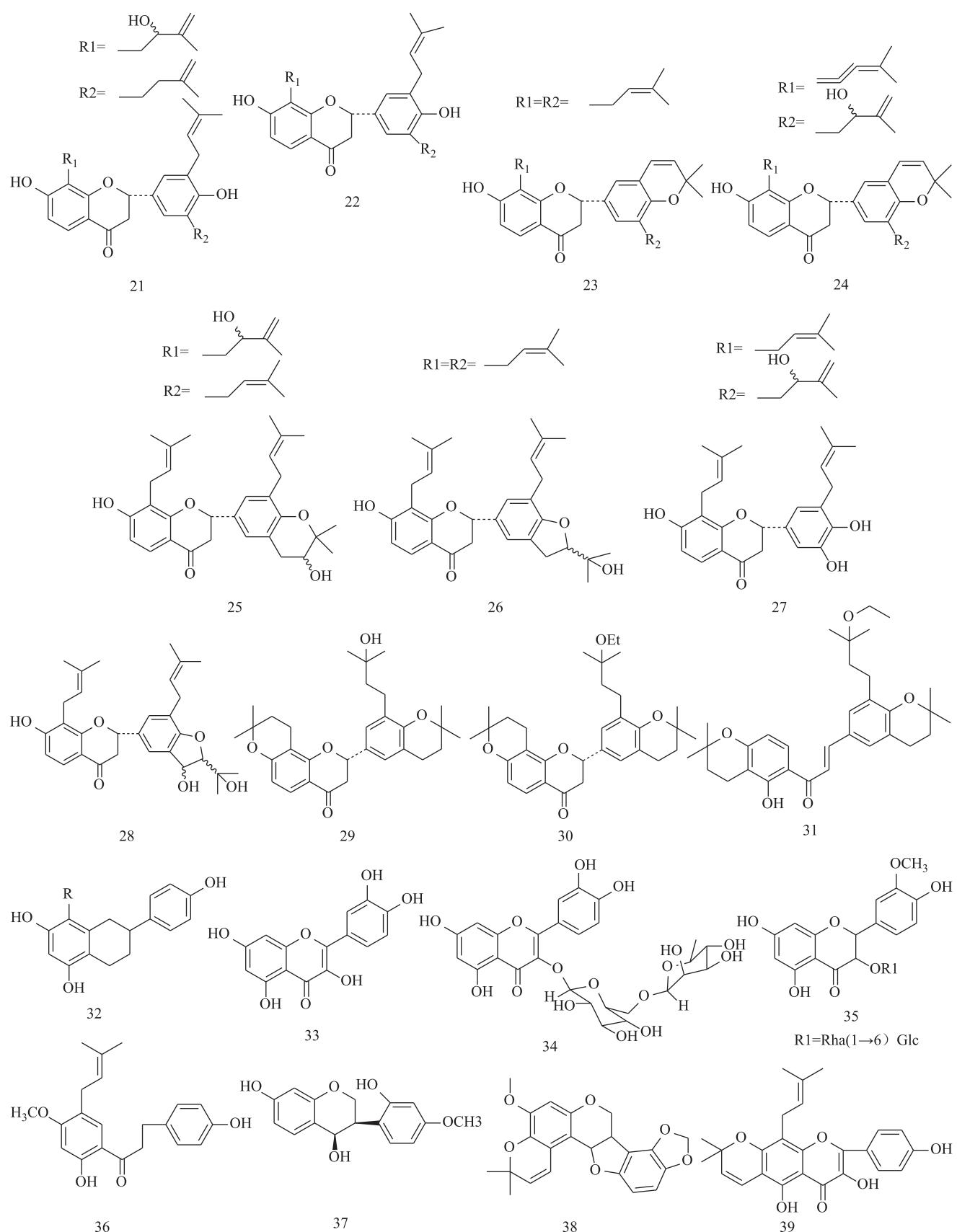


图1 黄酮类化合物的结构

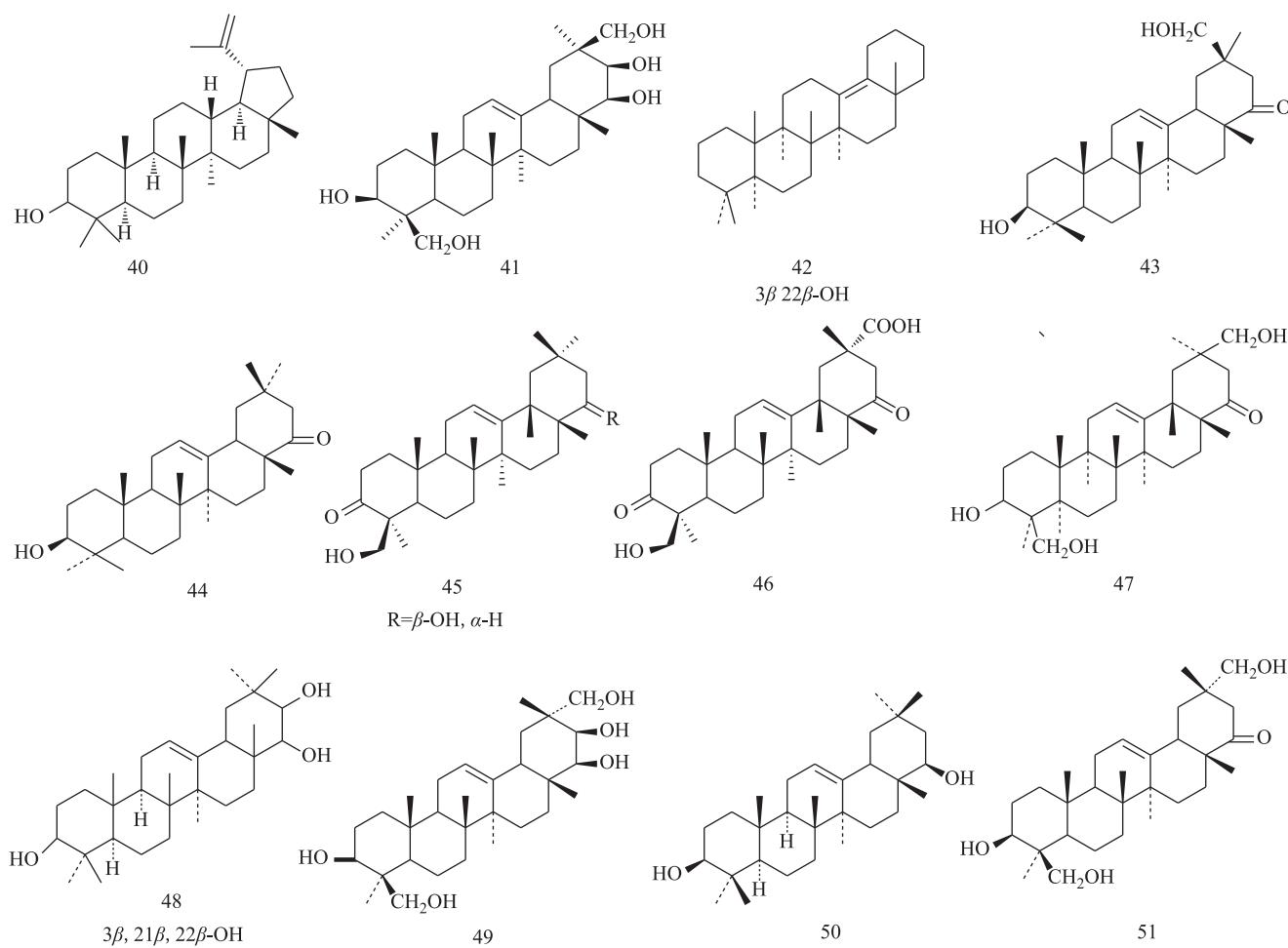
1.2 三萜类

山豆根所含三萜及三萜皂苷多为齐墩果烷型，

个别为羽扇豆烷型，部分化合物在22位有羰基取代。三萜类化合物及其结构见表2和图2。

表2 三萜类化合物

序号	名称	分子式
40	lupeol ^[11]	C ₃₀ H ₅₀ O
41	abrisapogenol ^[18]	C ₃₀ H ₅₀ O
42	abrisapogenol G ^[19]	C ₃₂ H ₅₄
43	abrisapogenol H ^[20]	C ₃₀ H ₄₈ O ₃
44	abrisapogenol F ^[21]	C ₃₀ H ₄₈ O ₂
45	Melilotigenin C ^[20]	C ₃₀ H ₄₈ O ₃
46	Melilotigenin D ^[20]	C ₃₁ H ₄₆ O ₅
47	wistariasapogenol A ^[20]	C ₃₅ H ₅₄ O ₄
48	cantoniensistriol ^[20]	C ₃₀ H ₅₀ O ₃
49	kudzusapogenol A ^[20]	C ₃₀ H ₅₀ O ₅
50	sophoradiol ^[20]	C ₃₀ H ₅₀ O ₂
51	subprogenin A ^[20]	C ₃₀ H ₄₈ O ₄
52	subprogenin B ^[20]	C ₃₀ H ₄₈ O ₅
53	subprogenin C methyl ester ^[20]	C ₃₁ H ₄₈ O ₄
54	subprogenin D methyl ester ^[20]	C ₃₁ H ₄₈ O ₄
55	soyasapogenol A ^[22]	C ₃₀ H ₅₀ O ₄
56	soyasapogenol B ^[23]	C ₂₉ H ₄₈ O ₃
57	Dehydrosoyasaponin I ^[24]	C ₄₉ H ₇₈ O ₁₈
58	kaikasaponin III ^[25]	C ₄₈ H ₇₈ O ₁₇



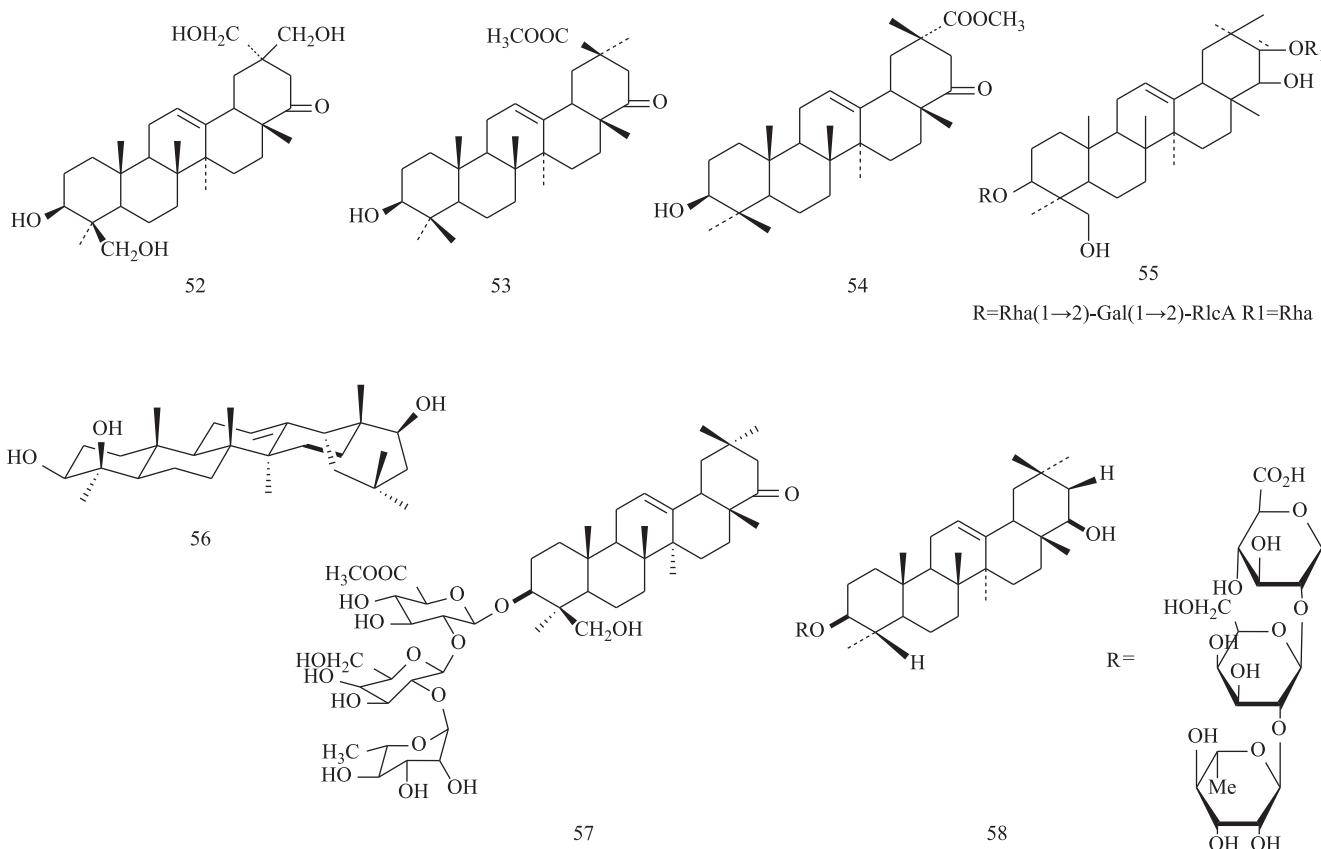


图2 三萜类化合物的结构

1.3 其他

山豆根中除了含生物碱、黄酮、三萜类成分之外，还含有香豆素、甾醇、脂肪酸和多糖等成分，

如谷甾醇、豆甾醇和大黄素甲醚等。其他化合物及其结构见表3和图3。

表3 山豆根中其他化合物

序号	名称	分子式
59	nicotinic acid ^[26]	C ₆ H ₅ O ₂ N ₁
60	coniferin ^[26]	C ₁₆ H ₂₂ O ₈
61	syringin ^[26]	C ₁₇ H ₂₄ O ₉
62	(6S, 9R)-roseoside ^[26]	C ₁₉ H ₃₀ O ₈
63	shandougenine A and B ^[8]	C ₃₀ H ₁₈ O ₁₀
64	butesuperin B-7"-O-β-glucopyranoside ^[27]	C ₃₃ H ₃₄ O ₁₄
65	maackiain ^[11]	C ₁₆ H ₁₂ O ₅
66	trifolirhizin ^[11]	C ₂₂ H ₂₂ O ₁₀
67	benzoic acid ^[11]	C ₇ H ₆ O
68	lupinifolin ^[12]	C ₂₅ H ₂₆ O ₅
69	tonkinensisol ^[12]	C ₂₅ H ₂₄ O ₆
70	L-maackiain ^[17]	C ₁₆ H ₁₂ O ₅
71	cyclo(Pro-Pro) ^[26]	C ₁₀ H ₁₄ N ₂ O ₂
72	1-(6, 7-dihydro-5H-pyrrolo[1, 2-a]imidazol-3-yl)ethanone ^[26]	C ₈ H ₁₀ N ₂ O
73	4-hydroxymethyl-2, 6-dimethoxyphenol-1-O-β-D-glucopyranoside ^[26]	C ₁₅ H ₂₂ O ₉
74	p-methoxybenzoic acid ^[26]	C ₈ H ₈ O ₃
75	(-) -secoisolariciresinol-4-O-β-D-glucopyranoside ^[26]	C ₂₆ H ₃₆ O ₁₁
76	(-) -syringaresinol-4, 4'-di-O-β-D-glucopyranoside ^[26]	C ₃₄ H ₄₆ O ₁₈
77	(-) -pinoresinol-4, 4'-di-O-β-D-gluco-pyranoside ^[26]	C ₃₂ H ₄₂ O ₁₆
78	compound 3 ^[9]	C ₂₂ H ₂₂ O ₆
79	stigmasterol ^[11]	C ₂₉ H ₄₈ O

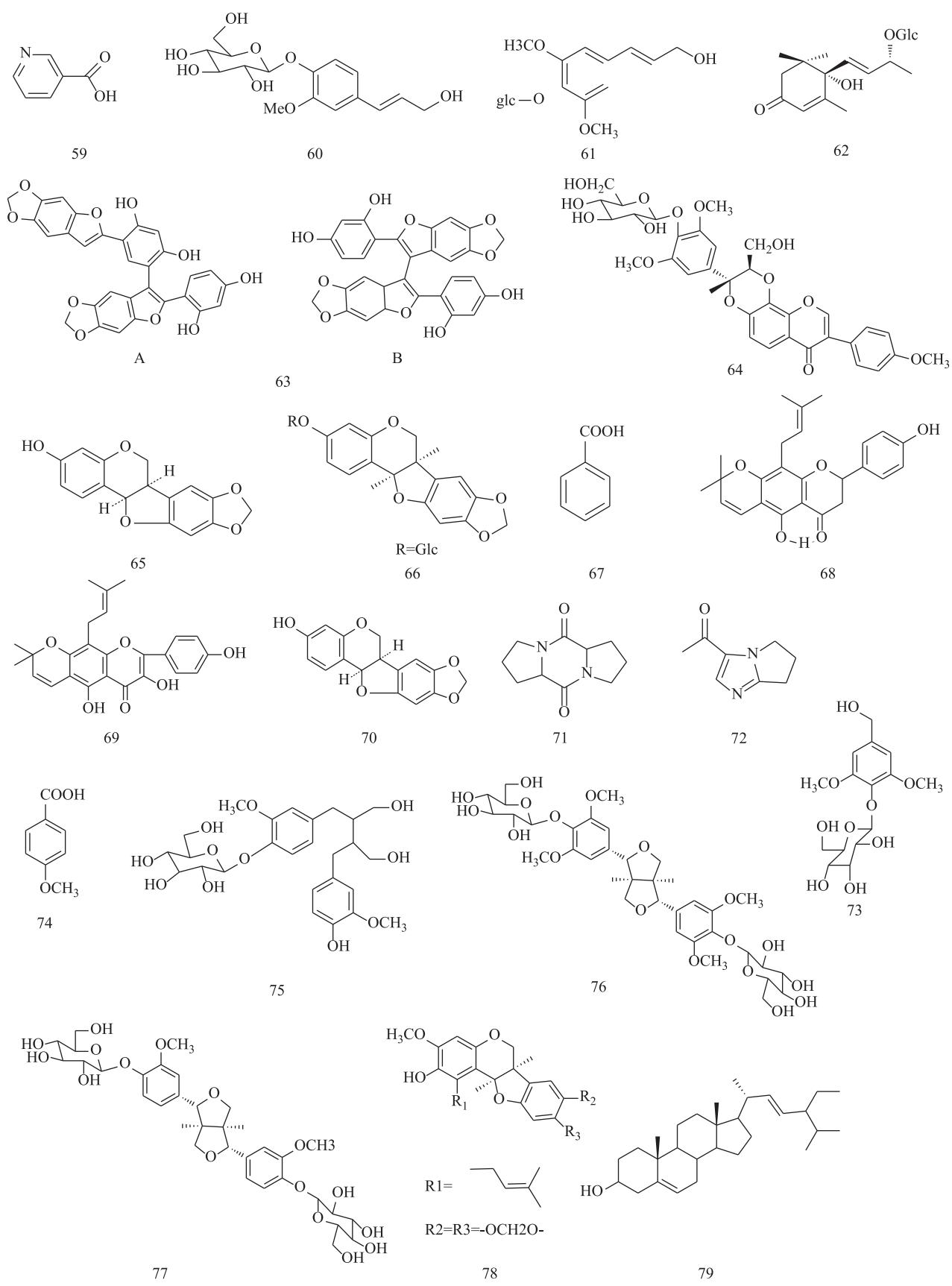


图3 山豆根中其他化合物的结构

2 山豆根非生物碱药理活性

2.1 抗炎

Yoo 等^[28]通过建立体外酶分析模型和卵清蛋白(OVA)诱导哮喘动物模型,对山豆根中含高丽槐素提取物的抗炎和抗哮喘效果进行研究。实验表明含高丽槐素的提取物能明显抑制5-脂氧酶、磷酸二酯酶3和4、血栓合成酶的活性,对过敏性哮喘有治疗潜力。Chae 等^[29]通过巨噬细胞介导的炎症反应,对6,8-二异戊烯基-7,4'-二羟黄烷酮的抗炎作用和分子机制进行了体外研究。研究发现6,8-二异戊烯基-7,4'-二羟黄烷酮能抑制一氧化氮生成和肿瘤坏死因子、白细胞介素-1和白细胞介素-6的表达。此外,6,8-二异戊烯基-7,4'-二羟黄烷酮可以阻断核内转录因子NF-kappaB和细胞外信号调节激酶ERK的激活,对抗炎具有潜在的价值。Li 等^[30]建立巴豆油所致耳肿胀和琼脂肉芽肿测试模型,对小鼠静注不同剂量的山豆根水提取物和醇提物并观察毒性和ALT、AST的变化,同时测量血清中SOD、MDA、PEG2、NO、NOS、Cr、BUN、GSH、TG和Gn的含量。结果表明水提取物和醇提取物均对巴豆油所致耳肿胀和肉芽肿有很强的抑制作用。水提取物和酒精提取液对急性和慢性炎症具有消炎作用。但同时,也有一定的副作用和肝毒性。

2.2 抗菌抗毒

Tang 等^[31]通过建立裸小鼠的丙型肝炎病毒模型,并采用定量RT-PRC技术对裸小鼠丙型肝炎治疗前后小鼠的血清HCV-RNA含量进行检测。结果发现,在20多种草本植物中山豆根能明显抑制丙型肝炎病毒的复制,表明山豆根对丙型肝炎具有一定的治疗作用。许海棠等^[32]研究山豆根不同溶剂(三氯甲烷、乙酸乙酯、正丁醇、乙醇)提取物的抗氧化活性和抑菌活性。通过测试各提取物对7种实验菌的最低抑菌浓度(MIC)来评估它们的抑菌活性。结果表明:山豆根四种溶剂提取物均具有一定的抗氧化能力和抑菌活性,其中对1,1-二苯基-2-苦肼基自由基(\cdot DPPH)的清除效果最佳,EC₅₀均小于0.2 mg·mL⁻¹;乙酸乙酯提取物对金黄色葡萄球菌有明显的抑菌作用,其MIC为0.313 mg·mL⁻¹。蔡锦源等^[33]采用单因素和正交实验并结合遗传算法,优选山豆根黄酮的超声-微波协同提取工艺条件,考察了其抗氧化活性和抑菌活性。山豆根黄酮对常见菌的抑制作用大小为金黄色葡萄球菌>沙门菌>志

贺菌>枯草芽孢杆菌>大肠杆菌>酵母,对黑曲霉无明显抑制作用。

2.3 抗氧化

槲皮素及其吡喃鼠李糖苷是山豆根的一类非生物碱的有效成分,Qiu 等^[34]从13种苯酚类化合物中发现,槲皮素及其吡喃鼠李糖苷具有很强的自由基清除能力,它们的IC₅₀值分别为6.06和9.60 μg·mL⁻¹,槲皮素有望在食品和药物领域用以预防人类衰老的疾病。Eren-Guzelgun 等^[35]探讨了染料木苷、大豆苷元、槲皮素等的抗氧化作用。在红细胞中,染料木苷和大豆苷元是氧化剂,而在微粒体中它们是抗氧化剂。槲皮素在所有的模型和条件下都显示出抗氧化作用。在染料木苷和大豆苷元混合的氧化剂中添加槲皮素可以抑制氧化作用。研究结果表明,黄酮类在一定条件下可产生氧化作用。在评估其效果和安全性时,可以考虑其混合效应。蔡锦源等^[33]实验表明山豆根黄酮对·DPPH、超氧阴离子自由基(\cdot O²⁻)和羟基自由基(\cdot OH)具有良好的清除作用,半数抑制浓度(IC₅₀)分别为9.52、17.21和14.44 mg·L⁻¹。山豆根黄酮可明显减缓猪油、花生油和玉米油的氧化速度,与相同质量分数的二丁基羟基甲苯相当。

2.4 抗癌

羽扇豆醇是一个三萜类化合物,具有多种药理作用,其中包括抗肿瘤活性。Liu 等^[36]的研究表明,低剂量的羽扇豆醇(<40 μM)可以激活PI3-激酶/Akt信号通路,而PI3-激酶/Akt信号通路的激活与肝癌(HCC)细胞的增殖、分化、凋亡及迁徙有关。Liu 等^[36]进一步研究了羽扇豆醇和8-ethoxy-2-(4-fluorophenyl)3-nitro-2H-chromene的体内外联合抗肿瘤效果。结果表明PI3-激酶/Akt通路抑制剂与羽扇豆醇相结合,可协同增强羽扇豆醇的抗肿瘤效果,这可能是肝癌治疗的一种可行策略。李飞等^[37]探讨染料木黄酮对氨所致星形胶质细胞NF-κB活化的影响及其机制。以氯化铵刺激原代培养的星形胶质细胞建立高血氨模型,用Western blot检测星形胶质细胞中ERK、Akt及核因子κB(NF-κB)的活化。实验表明染料木黄酮可显著抑制氨诱导的星形胶质细胞ERK活化和Akt介导的NF-κB活化,这可能是该天然物质抑制星形胶质细胞水肿的重要机制。Lu 等^[38]通过MTT法评估了红车轴草苷对MKN45的细胞毒性。通过赫氏染色、TUNEL方法和流式细胞仪等来观察,测定细胞周期和凋亡的比例。结果表明红车轴草苷在一种时间和剂量范围内显著减少了MKN45

细胞增殖，在4802 h内， IC_{50} 值达到 $33.27 \pm 2.06 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。红车轴草昔激活了EGFR-MAPK信号通路，这可能是治疗胃癌的一种潜在机制。

2.5 心血管疾病

紫丁香昔是山豆根的一种生物活性成分，具有多种药理活性。LI等^[39]通过建立小鼠心脏肥厚模型，采用超声心动图和基于导管的血流动力学参数，在主动脉造影后的8周内对小鼠心脏功能进行评估，同时对其形态学和病理变化也进行了评估研究。阐明了紫丁香昔治疗心脏肥大的机制：紫丁香昔可以通过活化的蛋白激酶(ampk)和自体吞噬相关的信号通路，减弱由主动脉束带引起的心脏肥大。研究结果表明山豆根中紫丁香昔具有减弱心脏肥大的治疗潜力。

3 讨论

山豆根是广西道地药材，有较高的药用价值，在中医临床尤其是广西壮医瑶医药中都有较为广泛和悠久的使用历史，其化学成分复杂多样，具有抗肿瘤、抗心律失常、抗炎抑菌等药理活性。其非生物碱的药理作用相当广泛，在山豆根的药理药效中发挥着生物碱类化合物不可替代的作用。中药的疗效发挥，不是单一成分或单一的某类成分起作用，它往往是多成分多靶点的综合疗效，希望在后续研究中加强山豆根的非生物碱类成分研究，特别是加强非生物碱成分与生物碱成分在山豆根疗效发挥中的协同作用研究。山豆根非生物碱中含有许多有效和微量成分，有待开发。

参考文献

- [1] 王增绘,王冬梅,刘艾琳,等.山豆根抑制丁酰胆碱酯酶活性及活性部位UPLC-Q-TOF-MS分析[J].中国现代中药,2015,17(9):912-916.
- [2] 黄宝优,农东新,黄雪彦,等.中药材山豆根资源调查报告[J].中国现代中药,2014,16(9):740-744.
- [3] 周明眉,范自全,赵爱华,等.山豆根非生物碱部位对免疫性肝损伤模型小鼠的影响[J].时珍国医国药,2011,22(11):2709-2710.
- [4] 祝路,齐心,高月求,等.GC-MS定量测定山豆根非生物碱部分成分含量[J].中国中药杂志,2011,36(4):468-473.
- [5] 姜帅,张佳,王颖莉,等.黄酮醇类化合物在虎耳草科中的分布[J].中国现代中药,2015,17(7):739-746.
- [6] Yang X, Deng S, Huang M, et al. Chemical constituents from *Sophora tonkinensis* and their glucose transporter 4 translocation activities[J]. Bioorg Med Chem Lett, 2017, 27(6):1463-1466.
- [7] 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.
- [8] Luo G, Yang Y, Zhou M, et al. Novel 2-arylbenzofuran dimers and polyisoprenylated flavanones from *Sophora tonkinensis*[J]. Fitoterapia, 2014, 99(4):21-27.
- [9] Zhang C, Han Y, Huang H, 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.
- [10] Yang R Y, Lan Y S, Huang Z J, et al. Isoflavonoids from *Sophora tonkinensis* [J]. Chem Nat Compds, 2012, 48(4):674-676.
- [11] Long J Q, Lin H, Yang X D, et al. Study on the chemical constituents of *Sophora tonkinensis* from Guangxi[J]. Journal of Yunnan University, 2011, 33(1):72-76.
- [12] Li X, Yan H, Pang X, et al. Chemical constituents of flavonoids from rhizome of *Sophora tonkinensis* [J]. Chin J Chin Mater Med, 2009, 34(3):282-285.
- [13] Li X N, Lu Z Q, Chen G T, et al. NMR spectral assignments of isoprenylated flavanones from *Sophora tonkinensis* [J]. Magn Reson Chem, 2008, 46(9):898-902.
- [14] Li X N, Sha N, Yan H X, et al. Isoprenylated flavonoids from the roots of *Sophora tonkinensis* [J]. Phytochem Lett, 2008, 1(1):163-167.
- [15] Ding P, Chen D. Three Cyclized Isoprenylated Flavonoids from the Roots and Rhizomes of *Sophora tonkinensis* [J]. Helvetica Chimica Acta, 2007, 90(11):2236-2244.
- [16] 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.
- [17] Deng Y H, Xu K P, Zhang W, et al. Chemical Study on *Sophora tonkinensis* [J]. Nat Prod Res Dev, 2005, 17(2):172-174.
- [18] Miyao H, Sakai Y, Takeshita T, et al. Triterpene Saponins from *Abrus cantoniensis* (Leguminosae). I. Isolation and Characterization of Four New Saponins and a New Sapogenol [J]. Chem Pharm Bull, 2008, 44(6):1222-1227.
- [19] Shashi B. Mahato, Asish P. Kundu. ^{13}C NMR Spectra of pentacyclic triterpenoids—a compilation and some salient features[J]. Phytochemistry, 1994, 37(6):1517-1575.
- [20] Takeshita T, Yokoyama K, Ding Y, et al. Four new and twelve known saponins from *Sophorae Subprostratae Radix* [J]. Chem Pharm Bull, 2008, 39(7):1908-1910.
- [21] Takeshita T, Hamada S, Nohara T. new triterpenoid saponins from *Abrus cantoniensis* (I) [J]. Chem Pharm Bull, 2008, 37(3):846-848.
- [22] Bialy Z, Jurzysta M, Oleszek W, et al. Saponins in Alfalfa

- (*Medicago sativa* L.) Root and Their Structural Elucidation[J]. *J Agric Food Chem.* 1999, 47 (8): 3185-3192.
- [23] Tava A, Biazz E, Mella M, et al. Artefact formation during acid hydrolysis of saponins from *Medicago* spp[J]. *Phytochem.*, 2017, 138(3): 116-127.
- [24] Lee S Y, Kim J S, Shim S H, et al. Soyasaponins from Soybean Flour Medium for the Liquid Culture of *Ganoderma applanatum* [J]. *Bul Korean Chem Soc*, 2011, 32 (10): 3650-3654.
- [25] Shi H M, Wen J, Tu P F, Chemical constituents of *Abrus cantoniensis*[J]. *Chin Tradit Herbal Drugs*, 2006, 37(11): 1610-1613.
- [26] Pan Q M, Huang R Z, Pan Y M, et al. studies on the chemical constituents of the rhizomes of *Sophora tonkinensis* and their bioactivities [J]. *Chin J Chin Mater Med*, 2016, 41 (1): 96-100.
- [27] Yang R Y, Lan Y S, Huang Z G, et al. A New Isoflavonolignan Glycoside from the Roots of *Sophora tonkinensis* [J]. *Rec Nat Prod*, 2012, 6(3): 212-217.
- [28] Yoo H, Kang M, Pyo S, et al. SKI3301, a purified herbal extract from *Sophora tonkinensis*, inhibited airway inflammation and bronchospasm in allergic asthma animal models in vivo[J]. *J ethnopharmacol*, 2017, 206(3): 298-305.
- [29] Chae H S, Yoo H, Kim Y M, et al. Correction: Chae, H. S., et al. Anti-Inflammatory Effects of 6, 8-Diprenyl-7, 4'-dihydroxyflavanone from *Sophora tonkinensis* on Lipopolysaccharide-Stimulated RAW 264. 7 Cells [J]. *Mol*, 2016, 21 (10): 1049.
- [30] Li X, Luan Y, Li X, et al. Study on anti-inflammatory effica-
- cy accompanied by side effects of different components of *Sophorae Tonkinensis Radix et Rhizoma* [J]. *Chin J Chin mater med*, 2012, 37 (15): 2232-2237.
- [31] Tang Z M, Peng M, Zhan C J. Screening 20 Chinese herbs often used for clearing heat and dissipating toxin with nude mice model of hepatitis C viral infection[J]. *Chin j integrat tradit Wes med*, 2003, 23(6): 447-448.
- [32] 许海棠, 卢建芳, 赵彦芝, 等. 山豆根提取物抗氧化和抑菌活性的研究 [J]. 食品工业科技, 2015, 36 (14): 111-114.
- [33] 蔡锦源, 韦坤华, 熊建文, 等. 山豆根黄酮的提取及抗氧化抑菌活性[J]. 精细化工, 2017, 34(3): 285-293.
- [34] Qiu D, Guo J, Yu H, et al. Antioxidant phenolic compounds isolated from wild *Pyrus ussuriensis* Maxim. fruit peels and leaves[J]. *Food Chem*, 2018, 241(3): 182-187.
- [35] Eren-Guzelgun B, Ince E, Gurer-Orhan H. In vitro antioxidant/prooxidant effects of combined use of flavonoids[J]. *Nat prod Res*, 2017, 32(12): 1.
- [36] Liu F, He Y, Liang Y, et al. PI3-kinase inhibition synergistically promoted the anti-tumor effect of luteolin in hepatocellular carcinoma[J]. *Cancer Cell Int*, 2013, 13(1): 108.
- [37] 李飞, 朱彦锋, 陈静瑶, 等. 染料木黄酮对去势抵抗前列腺癌 22RV1 细胞增殖的影响[J]. 郑州大学学报(医学版), 2017, 52(4): 393-398.
- [38] Lu X, Ma J, Qiu H, et al. Anti-proliferation effects of trifolirhizin on MKN45 cells and possible mechanism[J]. *Oncol Rep*, 2016, 36(5): 2785-2792.
- [39] Li F, Zhang N, Wu Q, et al. Syringin prevents cardiac hypertrophy induced by pressure overload through the attenuation of autophagy[J]. *Int J Mol Med*, 2017, 39(1): 199-207.

(收稿日期 2018-05-02)

(上接第 1168 页)

- [17] 谭其. 浅谈麻黄同株“异理异用”[J]. 现代医药卫生, 2006, 22(5): 719-719.
- [18] Wang L S, Zhao D Q, Liu Y H. GC-MS analysis of the supercritical CO₂ fluid extraction of *Ephedra sinica*, roots and its antisudorific activity [J]. *Chem Nat Compds*, 2009, 45 (3): 434-436.
- [19] 许馨燕, 贾晓光. 麻黄在治疗喘证中的临床应用近况[J]. 新疆中医药, 1996, (3): 44-46.
- [20] 刘赜, 石倩, 杨洋, 等. 麻黄碱与伪麻黄碱平喘效果及机制比较研究[J]. 中草药, 2009, 40(5): 771-774.
- [21] 杨昕宇, 肖长芳, 张凯媚, 等. 麻黄临床应用与药理作用研究进展[J]. 中华中医药学刊, 2015, (12): 2874-2877.
- [22] Kim I S, Park Y J, Yoon S J, et al. Ephedrannin A and B from roots of *Ephedra sinica* inhibit lipopolysaccharide-in-

duced inflammatory mediators by suppressing nuclear factor-κB activation in RAW 264. 7 macrophages[J]. *Int Immunopharmacol*, 2010, 10(12): 1616-1625.

- [23] 陈荣明, 朱耕新, 许芝银. 麻黄中不同提取物对细胞免疫的影响[J]. 南京中医药大学学报, 2001, 17(4): 234-236.
- [24] Kim B Y, Cao L H, Kim J Y. Common responses in gene expression by *Ephedra* herba in brain and heart of mouse[J]. *Phytother Res*, 2011, 25(10): 1440-1446.
- [25] 陶华明. 麻黄根及羊齿天门冬化学成分研究[D]. 吉林大学, 2009.
- [26] 刘志, 译. 麻黄的成分药理和生化研究[J]. 国外医学(中医中药分册), 1981, 4: 12-21.
- [27] 祝婧, 张萍, 曾文雪, 等. 麻黄炮制的现代研究进展[J]. 江西中医药大学学报, 2010, 22(4): 99-100.

(收稿日期 2018-05-10)