

山豆根的化学成分和药理作用的研究进展

周思雨^{1,2}, 陈金鹏^{2,3,4}, 刘志东^{1,2}, 周稼荣^{1,2}, 刘毅^{2,3,4}, 刘素香^{2,3,4}, 田成旺^{2,3,4*}, 陈常青^{2*}

1. 天津中医药大学, 天津 301617

2. 天津药物研究院, 天津 300462

3. 天津市中药质量标志物重点实验室, 天津 300462

4. 释药技术与药代动力学国家重点实验室, 天津 300462

摘要: 山豆根 *Sophorae Tonkinensis Radix et Rhizoma* 用药历史悠久, 为临床常用药, 具有清热解毒、消肿利咽的功效。目前已从山豆根中鉴定出 200 多种化合物, 主要含黄酮类、生物碱类、三萜类等, 其中生物碱为山豆根主要活性成分。山豆根作用广泛, 对免疫系统、消化系统、循环系统等均有调节作用, 具有抗肿瘤、抗炎、护肝、降压、提高免疫、解痉止泻、升血糖等诸多药理作用。综述了山豆根的化学成分和主要药理作用, 为山豆根的深入研究提供参考。

关键词: 山豆根; 黄酮; 生物碱; 三萜; 抗肿瘤; 抗炎

中图分类号: R282.71 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2021)05-1510-12

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2021.05.033

Research progress on chemical constituents and pharmacological effects of *Sophorae Tonkinensis Radix et Rhizoma*

ZHOU Si-yu^{1,2}, CHEN Jin-peng^{2,3,4}, LIU Zhi-dong^{1,2}, ZHOU Jia-rong^{1,2}, LIU Yi^{2,3,4}, LIU Su-xiang^{2,3,4}, TIAN Cheng-wang^{2,3,4}, CHEN Chang-qing²

1. Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 301617, China

2. Tianjin Institute of Pharmaceutical Research, Tianjin 300462, China

3. Tianjin Key Laboratory of Quality Marker of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 300462, China

4. State Key Laboratory of Drug Delivery Technology and Pharmacokinetics, Tianjin 300462, China

Abstract: Shandougen (*Sophorae Tonkinensis Radix et Rhizoma*) is a commonly used clinical medicine with a long history. It has the effect of clearing heat, removing toxicity, easing sore throat, and alleviating edema. At present, more than 200 compounds have been identified from Shandougen. It mainly contains flavonoids, alkaloids, triterpenes, and so on, among which alkaloids are the main active ingredients of Shandougen. It has extensive effects on immune system, digestive system, and circulatory system, etc. The pharmacological effects include anti-tumor, anti-inflammation, protecting liver, reducing blood pressure, improving immunity, relieving spasm and diarrhea, increasing blood sugar and so on. The chemical compositions and pharmacological effects of Shandougen are reviewed in this article, which provides a reference for the further research of Shandougen.

Key words: *Sophorae Tonkinensis Radix et Rhizoma*; flavonoid; alkaloid; triterpene; anti-tumor; anti-inflammation

山豆根又名广豆根, 是豆科植物越南槐 *Sophora tonkinensis* Gagnep. 的干燥根及根茎, 主产于云南、贵州、广西等地。山豆根药性苦、寒, 有毒, 归肺、胃经, 具有清热解毒、消肿利咽的功效, 用于火毒蕴结、肺热咳嗽、乳蛾喉痹、咽喉肿痛、

齿龈肿痛、口舌生疮和湿热黄疸等症。山豆根为治疗咽喉疼痛要药, 常与板蓝根、桔梗、紫苏、牛蒡子等配伍使用治疗咽喉肿痛, 苗药开喉剑喷雾剂含八爪金龙、山豆根、蝉蜕、薄荷脑 4 味中药也可治疗肺胃蕴热所致的咽喉肿痛。本文依据近年来国内

收稿日期: 2020-09-15

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2018YFC170810203); 天津市科技支持计划项目 (17YFZCSY00750)

作者简介: 周思雨 (1996—), 硕士研究生, 研究方向为药物分析与质量标志物研究。E-mail: fayl_7@163.com

*通信作者: 田成旺, 研究员, 主要从事中药研究。E-mail: tiancw@tjipr.com

陈常青, 研究员, 主要从事中药研究。E-mail: chencq@tjipr.com

外对山豆根的研究,对山豆根的化学成分和主要药理作用进行综述,为山豆根的深入研究与应

1 化学成分

1.1 黄酮类

山豆根中黄酮化合物含量较高,邹玉龙等^[1]用 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 等显色剂,使用分光光度法测定山豆根中总黄酮含量为 5.7%。山豆根中含黄酮、二氢黄酮、黄酮醇、异黄酮、查耳酮、紫檀素等化合物,其中二氢黄酮类化合物最多,取代基多为羟基、甲基及异戊烯基。Deng 等^[2]从山豆根中分离出黑豆黄素、牡荆苷及新的黄酮醇类化合物 tonkinensisol。Luo 等^[3]从山豆根首次分离出 2 个新的异戊二烯基黄烷酮

shandougenine C、shandougenine D 和染料木苷、高丽槐素、三叶豆紫檀苷等其他已知的黄酮类化合物。Yoo 等^[4]从山豆根中分离出 3 个新的黄酮类化合物 2'-羟基光甘草酚、3-甲基槐紫檀素、(6 α R, 11 α R)-2-hydroxy-3-methoxy-1-(3-methyl-2-butenyl)-maackiain。Ahn 等^[5]从山豆根中分离鉴定得到的 7 个新的黄酮类化合物 sophoratonin A~G、新的类黄酮化合物 sophoratonin H, 及其他已知化合物 lonchocarpol A、柔枝槐酮色烯、7-methoxyebenoin、homopterocarpin、dehydromaackiai、flemichapparin B、erybraedin D、maackiapterocarpin A。本文总结了山豆根中 100 多种黄酮类化合物,具体信息见表 1,具体结构见图 1。

表 1 山豆根中黄酮类化合物

Table 1 Flavonoids in *Sophorae Tonkinensis Radix et Rhizoma*

编号	化合物名称	分子式	文献	编号	化合物名称	分子式	文献
1	7,4'-二羟基黄酮	$\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{O}_4$	4	27	山豆根色满二氢黄酮 A	$\text{C}_{30}\text{H}_{36}\text{O}_4$	15
2	2',4',7-三羟基-6,8-双(3-甲基-2-丁烯基)黄酮	$\text{C}_{25}\text{H}_{26}\text{O}_5$	3	28	山豆根色满二氢黄酮 D	$\text{C}_{30}\text{H}_{38}\text{O}_5$	16
3	sophoraflavone B	$\text{C}_{21}\text{H}_{20}\text{O}_9$	6	29	山豆根黄酮 E	$\text{C}_{32}\text{H}_{42}\text{O}_5$	16
4	异槲皮素	$\text{C}_{21}\text{H}_{20}\text{O}_{12}$	7	30	(2S)-2-[[2'-(1-hydroxy-1-methylethyl)-7'-(3-methyl-2-butenyl)-2',3'-dihydrobenzofuran]-5'-yl]-7-hydroxy-8-(3-methyl-2-butenyl)chroman-4-one]	$\text{C}_{30}\text{H}_{36}\text{O}_5$	3
5	牡荆苷	$\text{C}_{21}\text{H}_{20}\text{O}_{10}$	2	31	山豆根黄酮 K	$\text{C}_{30}\text{H}_{36}\text{O}_6$	13
6	黑豆黄素	$\text{C}_{21}\text{H}_{20}\text{O}_9$	2	32	2-(2',4'-dihydroxyphenyl)-8,8-dimethyl-10-(3-methyl-2-butenyl)-8H-pyreno[2,3-d]chroman-4-one)	$\text{C}_{25}\text{H}_{26}\text{O}_5$	17
7	芦丁	$\text{C}_{27}\text{H}_{30}\text{O}_{16}$	7	33	山豆根黄酮 M	$\text{C}_{30}\text{H}_{36}\text{O}_5$	14
8	槲皮素	$\text{C}_{15}\text{H}_{10}\text{O}_7$	7	34	(2S)-7,2',4'-三羟基-8,3',5'-三异戊烯基黄酮	$\text{C}_{30}\text{H}_{36}\text{O}_5$	10
9	sophoraflavone A	$\text{C}_{27}\text{H}_{30}\text{O}_{13}$	6	35	lupinifolin	$\text{C}_{25}\text{H}_{26}\text{O}_5$	3
10	tonkinensisol	$\text{C}_{25}\text{H}_{24}\text{O}_6$	2	36	5-dehydroxylupinifolin	$\text{C}_{25}\text{H}_{26}\text{O}_4$	3
11	去甲脱水淫羊藿黄素	$\text{C}_{20}\text{H}_{18}\text{O}_6$	8	37	2-[(7'-hydroxy-2',2'-dimethyl-2H-benzopyran)-6'-yl]-7-hydroxy-8-(3-methyl-2-butenyl)chroman-4-one	$\text{C}_{25}\text{H}_{26}\text{O}_5$	18
12	flavonochromane B	$\text{C}_{25}\text{H}_{26}\text{O}_6$	9	38	山豆根色满二氢黄酮 B	$\text{C}_{30}\text{H}_{36}\text{O}_4$	9
13	6,8-二异戊烯基山奈酚	$\text{C}_{25}\text{H}_{26}\text{O}_6$	10	39	山豆根色满素	$\text{C}_{30}\text{H}_{36}\text{O}_5$	3
14	异鼠李素-3-O-芸香糖苷	$\text{C}_{28}\text{H}_{32}\text{O}_{16}$	11	40	山豆根黄酮 H	$\text{C}_{30}\text{H}_{34}\text{O}_5$	13
15	甘草素	$\text{C}_{15}\text{H}_{12}\text{O}_4$	12	41	山豆根色满二氢黄酮 I	$\text{C}_{30}\text{H}_{36}\text{O}_5$	8
16	shandougenine C	$\text{C}_{30}\text{H}_{37}\text{O}_5$	3	42	sophoratonin A	$\text{C}_{27}\text{H}_{28}\text{O}_4$	5
17	shandougenine D	$\text{C}_{25}\text{H}_{28}\text{O}_5$	3	43	sophoratonin B	$\text{C}_{30}\text{H}_{31}\text{O}_4$	5
18	2'-羟基光甘草醇	$\text{C}_{25}\text{H}_{28}\text{O}_5$	4	44	sophoratonin C	$\text{C}_{30}\text{H}_{30}\text{O}_4$	5
19	山豆根黄酮 J	$\text{C}_{25}\text{H}_{28}\text{O}_5$	13	45	sophoratonin D	$\text{C}_{30}\text{H}_{36}\text{O}_4$	5
20	苦参醇 E	$\text{C}_{25}\text{H}_{28}\text{O}_6$	14				
21	光甘草醇	$\text{C}_{25}\text{H}_{28}\text{O}_4$	4				
22	柔枝槐酮	$\text{C}_{30}\text{H}_{36}\text{O}_4$	3				
23	山豆根黄酮 G	$\text{C}_{30}\text{H}_{36}\text{O}_5$	10				
24	6,8-二异戊烯基柚皮素	$\text{C}_{25}\text{H}_{28}\text{O}_5$	5				
25	6,8-二异戊烯基-7,2',4'-三羟基黄酮	$\text{C}_{25}\text{H}_{28}\text{O}_5$	4				
26	6,8-二异戊烯基-7,4'-二羟基黄酮	$\text{C}_{25}\text{H}_{28}\text{O}_4$	15				

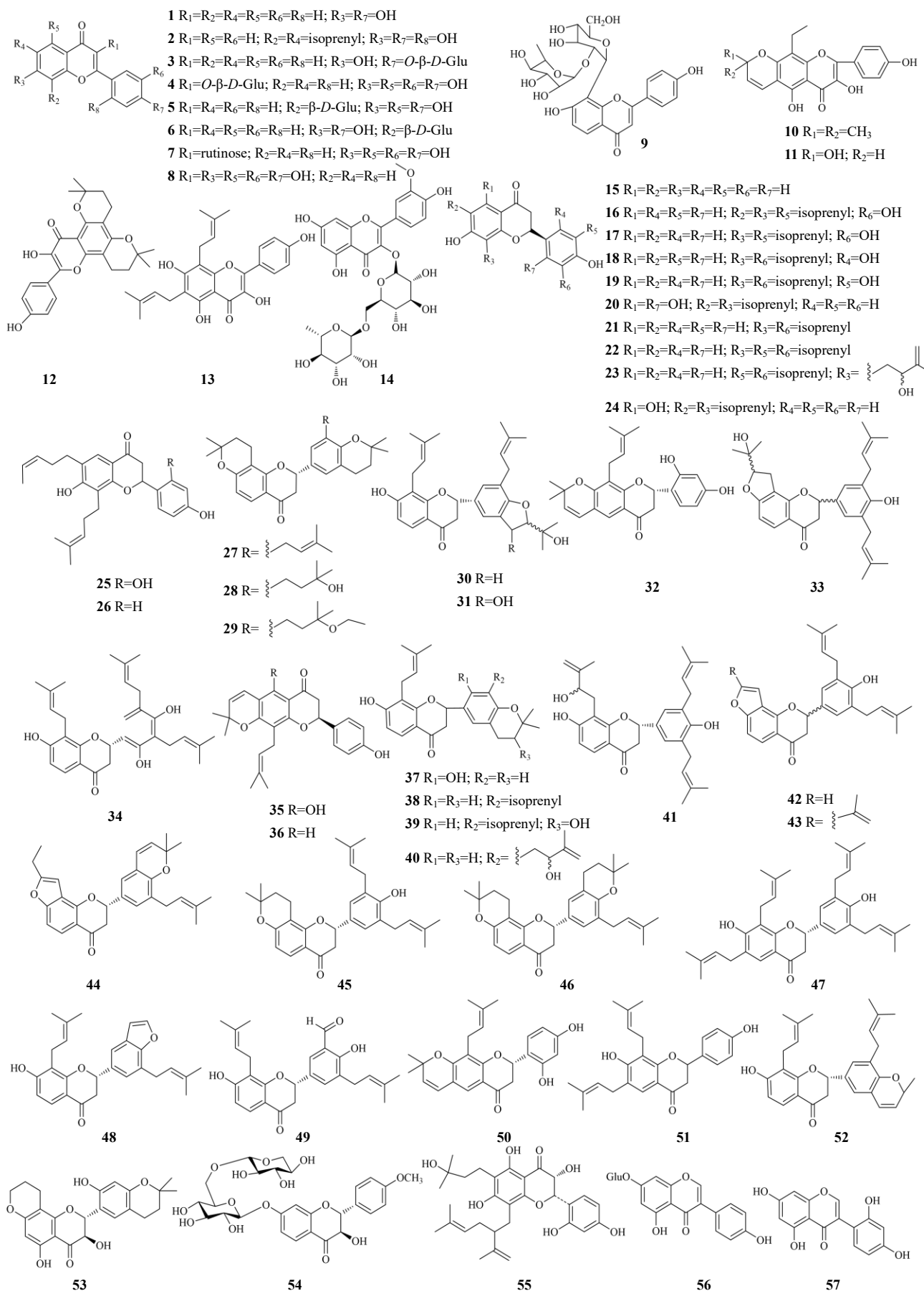
续表 1

编号	化合物名称	分子式	文献	编号	化合物名称	分子式	文献
46	sophoratonin E	C ₃₀ H ₃₂ O ₄	5	79	3,9-二甲氧基紫檀碱	C ₁₇ H ₁₆ O ₄	5
47	sophoratonin F	C ₃₅ H ₄₄ O ₄	5	80	美迪紫檀素	C ₁₆ H ₁₄ O ₄	4
48	sophoratonin G	C ₂₇ H ₂₈ O ₄	5	81	美迪紫檀素-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -吡喃葡萄糖-6''-乙酸酯	C ₂₄ H ₂₆ O ₁₀	4
49	(2 <i>S</i>)-7,4'-dihydroxy-5'-aldehyde-8,3'-(3''-methylbut-2''-enyl)flavanone	C ₂₆ H ₂₈ O ₅	10	82	(6α <i>R</i> ,11α <i>R</i>)-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> 吡喃葡萄糖基美迪紫檀素	C ₂₂ H ₂₄ O ₉	20
50	flemichin D	C ₂₅ H ₂₆ O ₆	15	83	dehydromaackiain	C ₁₆ H ₁₀ O ₅	5
51	4',7-二羟基-6,8-二异戊烯基基黄酮	C ₂₄ H ₂₆ O ₄	10	84	flemichapparin B	C ₁₇ H ₁₂ O ₁₅	5
52	山豆根色烯素	C ₃₀ H ₃₄ O ₄	14	85	sophotokin	C ₂₁ H ₂₀ O ₆	10
53	flavenochromane A	C ₂₅ H ₂₈ O ₇	9	86	(6α <i>R</i> ,11α <i>R</i>)-2-羟基-3-甲氧基-1-异戊烯基-高丽槐素	C ₂₂ H ₂₂ O ₆	4
54	苦参酚 J	C ₂₇ H ₃₂ O ₁₄	9	87	3-甲基怀槐紫檀素	C ₂₂ H ₂₀ O ₆	4
55	考萨莫 A	C ₃₀ H ₃₈ O ₈	9	88	怀槐紫檀素 B	C ₂₁ H ₁₈ O ₆	4
56	染料木苷	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₀	3	89	demethylmedicarpin	C ₁₅ H ₁₂ O ₄	3
57	5,7,2',4'-四羟基异黄酮	C ₁₅ H ₁₀ O ₆	19	90	sophoratonkin	C ₂₆ H ₂₆ O ₁₁	22
58	金雀异黄素 (染料木素)	C ₁₅ H ₁₀ O ₅	3	91	erybraedin D	C ₂₅ H ₂₆ O ₄	5
59	苦参新醇 O	C ₂₇ H ₃₀ O ₁₃	9	92	(6α <i>R</i> ,11α <i>R</i>)-1-羟基-4-异戊烯基-高丽槐素	C ₂₁ H ₂₀ O ₆	17
60	芒柄花素	C ₁₆ H ₁₂ O ₄	4	93	三叶豆紫檀苷-6'-乙酸酯	C ₂₄ H ₂₄ O ₁₁	4
61	7,3'-二羟基-8,4'-二甲氧基异黄酮	C ₁₇ H ₁₄ O ₆	19	94	紫檀素	C ₁₇ H ₁₄ O ₅	4
62	7,4'-二羟基-3'-甲氧基异黄酮	C ₁₆ H ₁₂ O ₅	19	95	三叶豆紫檀苷	C ₂₂ H ₂₂ O ₁₀	3
63	芒柄花苷	C ₂₂ H ₂₂ O ₉	20	96	(6α <i>R</i> ,11α <i>R</i>)-高丽槐素	C ₁₆ H ₁₂ O ₅	3
64	毛蕊异黄酮	C ₁₆ H ₁₂ O ₅	19	97	7,2'-二羟基-4',5'-亚甲二氧基二氢黄酮醇	C ₁₆ H ₁₄ O ₅	3
65	7,3'-二羟基-5'-甲氧基异黄酮	C ₁₆ H ₁₂ O ₅	19	98	山豆根新色烯查耳酮	C ₂₅ H ₂₆ O ₅	14
66	大豆苷元	C ₁₅ H ₁₀ O ₄	19	99	山豆根色满二氢黄酮 F	C ₃₂ H ₄₂ O ₅	16
67	7,8-二羟基-4'-甲氧基异黄酮	C ₁₆ H ₁₂ O ₅	19	100	山豆根色满查耳酮 A	C ₃₀ H ₃₈ O ₅	23
68	7,3',4'-三羟基异黄酮	C ₁₅ H ₁₀ O ₅	19	101	山豆根黄酮 L	C ₂₁ H ₂₄ O ₄	13
69	7-methoxyebenoin	C ₂₂ H ₂₂ O ₄	5	102	山豆根色满二氢黄酮 C	C ₃₀ H ₃₄ O ₄	24
70	8,4'-二羟基-7-甲氧基异黄酮	C ₁₆ H ₁₂ O ₅	19	103	sophoratonin H	C ₂₂ H ₂₆ O ₅	5
71	大豆素二甲醚	C ₁₇ H ₁₄ O ₄	21	104	柔枝槐素	C ₃₀ H ₃₆ O ₄	4
72	5-羟基野靛苷	C ₁₆ H ₉ O ₆	21	105	isoliquiritigenin	C ₁₅ H ₁₂ O ₄	4
73	8-甲雷杜辛	C ₁₇ H ₁₄ O ₅	19	106	柔枝槐酮色烯	C ₃₀ H ₃₄ O ₄	5
74	butesuperin A	C ₂₆ H ₂₂ O ₈	9	107	山豆根查耳酮	C ₃₀ H ₃₆ O ₅	14
75	butesuperin B	C ₂₇ H ₂₄ O ₉	9	108	山豆根苯并二氢呋喃素	C ₃₀ H ₃₆ O ₅	14
76	wightone	C ₂₀ H ₁₈ O ₅	3				
77	(3 <i>S</i> ,4 <i>R</i>)-4-羟基-7,4'-二甲氧基异黄酮-3'- <i>O</i> -β- <i>D</i> -葡萄糖苷	C ₂₃ H ₂₈ O ₁₀	20				
78	7,2'-二羟基-4'-甲氧基-异黄烷酮	C ₁₆ H ₁₆ O ₅	14				

1.2 生物碱类

生物碱为山豆根的主要有效成分,其中主要活性成分为苦参碱和氧化苦参碱。Pan 等^[20]将山豆根切片 95%乙醇提取物经柱色谱及制备型高效液相色谱纯化,质谱定性分析;首次分离出新的金雀花碱

型生物碱 (-)-*N*-己酰基金雀花碱及 *N*-甲基金雀花碱、(-)-*N*-乙基金雀花碱、*N*-醛基金雀花碱、(-)-*N*-乙酰基金雀花碱、(-)-*N*-丙酰基金雀花碱、(-)-臭豆碱。He 等^[25]从山豆根中首次分离出 2 个苦参型生物碱,分别为 5α,14β-二羟基苦参碱和 7β-槐胺碱。



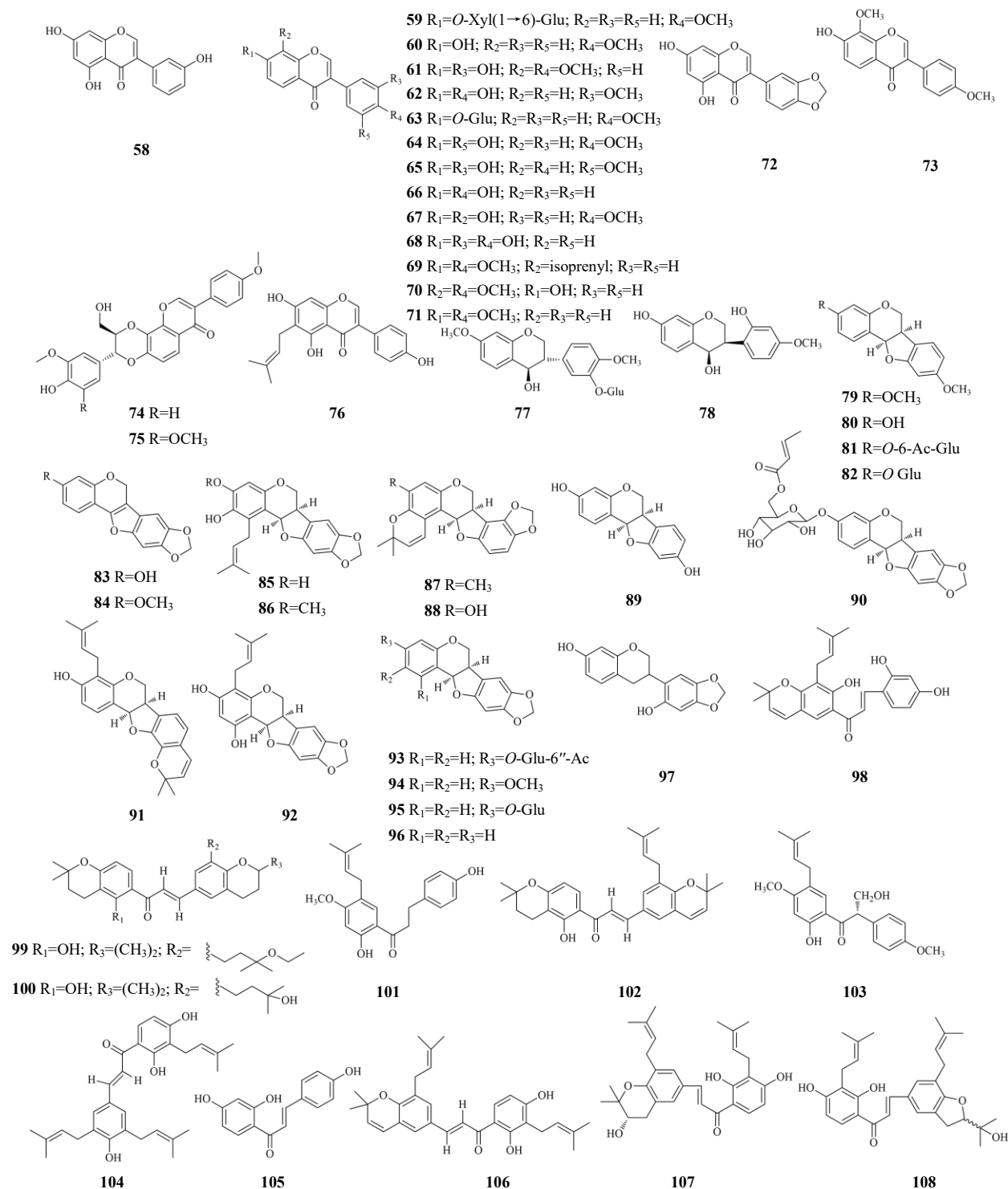


图 1 山豆根中黄酮类化合物的结构

Fig. 1 Structures of flavonoids in *Sophorae Tonkinensis Radix et Rhizoma*

Wu 等^[26]从山豆根分离出 5 个生物碱，分别为山豆根碱 C、11,12-dehydroallmatrine、11,12-dehydromatrine、川芎啉、哈尔碱。山豆根中生物碱主要为喹诺里西啶类生物碱，分别为苦参碱型、羽扇豆碱型、金雀花碱型和鹰爪豆碱型，具体信息见表 2，具体结构

见图 2。

1.3 三萜类

山豆根所含三萜类化合物 30 多种，多为齐墩果烷型，羽扇豆烷型较少，具体信息见表 3，具体结构见图 3。

表 2 山豆根中生物碱类化合物

Table 2 Alkaloids in *Sophorae Tonkinensis Radix et Rhizoma*

编号	化合物名称	分子式	文献	编号	化合物名称	分子式	文献
109	苦参碱	C ₁₅ H ₂₄ N ₂ O	25	132	12 α -羟基槐果碱	C ₁₅ H ₂₂ N ₂ O ₂	30
110	氧化苦参碱	C ₁₅ H ₂₄ N ₂ O ₂	25	133	12 β -羟基槐果碱	C ₁₅ H ₂₂ N ₂ O ₂	30
111	5-羟基苦参碱 (槐醇)	C ₁₅ H ₂₄ N ₂ O ₂	27	134	氧化槐醇	C ₁₅ H ₂₄ N ₂ O ₃	28
112	5 α ,9 α -二羟基苦参碱	C ₁₅ H ₂₄ N ₂ O ₃	28	135	5 α -羟基氧化槐果碱	C ₁₅ H ₂₂ N ₂ O ₃	30
113	槐定碱	C ₁₅ H ₂₄ N ₂ O	29	136	12 β -羟基氧化槐果碱	C ₁₅ H ₂₂ N ₂ O ₃	30
114	9 α -羟基苦参碱	C ₁₅ H ₂₄ N ₂ O ₂	30	137	莱蔓碱	C ₁₅ H ₂₂ N ₂ O	9
115	5 α -羟基氧化苦参碱	C ₁₅ H ₂₄ N ₂ O ₃	25	138	5 α -羟基莱蔓碱	C ₁₅ H ₂₂ N ₂ O ₂	30
116	14 β -羟基氧化苦参碱	C ₁₅ H ₂₄ N ₂ O ₃	25	139	槐胺碱	C ₁₅ H ₂₀ N ₂ O	32
117	14 β -乙酰基苦参碱	C ₁₇ H ₂₆ N ₂ O ₃	31	140	7 β -槐胺碱	C ₁₅ H ₂₀ N ₂ O	25
118	14 α -乙酰基苦参碱	C ₁₇ H ₂₆ N ₂ O ₃	31	141	1-[6,7-dihydro-5H-pyrrolo[1,2- α]imidazol-3-yl]ethenone	C ₈ H ₁₀ N ₂ O	30
119	7,11-去氢苦参碱	C ₁₅ H ₂₂ N ₂ O	9	142	环(脯氨酸-脯氨酸)	C ₁₀ H ₁₄ N ₂ O ₂	33
120	5 α ,14 β -二羟基苦参碱	C ₁₅ H ₂₄ N ₂ O ₃	25	143	烟酸	C ₆ H ₅ NO ₂	30
121	5 α -羟基苦参碱	C ₁₅ H ₂₄ N ₂ O ₂	25	144	金雀花碱	C ₁₁ H ₁₄ N ₂ O	25
122	14 α -羟基苦参碱	C ₁₅ H ₂₄ N ₂ O ₂	25	145	N-甲基金雀花碱	C ₁₂ H ₁₆ N ₂ O	20
123	山豆根碱 C	C ₁₆ H ₁₆ N ₂ O ₂	26	146	N-醛基金雀花碱	C ₁₂ H ₁₄ N ₂ O ₂	20
124	11,12-dehydroallmatrine	C ₁₅ H ₂₂ N ₂ O	26	147	N-乙基金雀花碱	C ₁₃ H ₁₈ N ₂ O	20
125	11,12-去氢苦参碱	C ₁₅ H ₂₂ N ₂ O	26	148	N-乙酰基金雀花碱	C ₁₃ H ₁₆ N ₂ O ₂	20
126	川芎啉	C ₁₆ H ₁₂ N ₂ O ₂	26	149	N-丙酰基金雀花碱	C ₁₄ H ₁₈ N ₂ O ₂	20
127	哈尔碱	C ₁₃ H ₁₂ N ₂ O	26	150	N-己酰基金雀花碱	C ₁₇ H ₂₄ N ₂ O ₂	20
128	氧化槐果碱	C ₁₅ H ₂₄ N ₂ O ₂	32	151	tonkinensines A	C ₂₈ H ₂₆ N ₂ O ₆	34
129	9 α -羟基苦参碱	C ₁₅ H ₂₂ N ₂ O ₂	32	152	臭豆碱	C ₁₅ H ₂₀ N ₂ O	20
130	5 α -羟基槐果碱	C ₁₅ H ₂₂ N ₂ O ₂	29	153	tonkinensines B	C ₂₈ H ₂₆ N ₂ O ₆	34
131	槐果碱	C ₁₅ H ₂₂ N ₂ O	25				

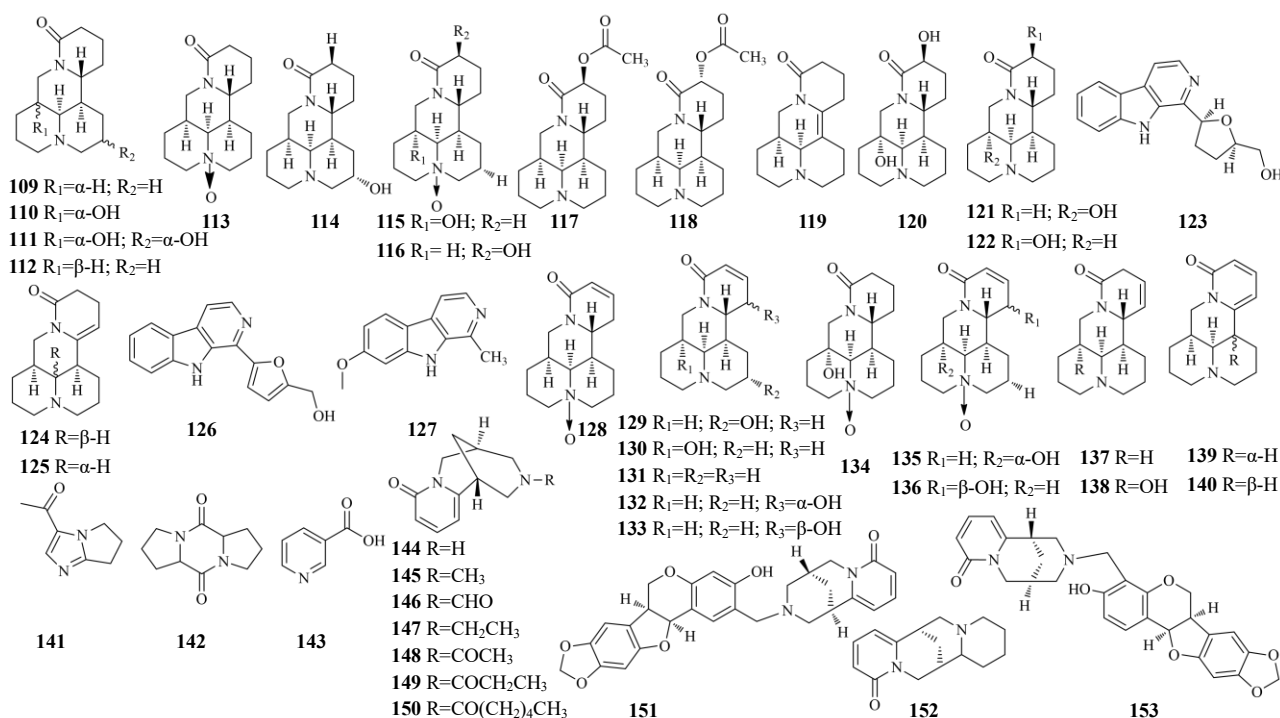


图 2 山豆根中生物碱类化合物的结构

Fig. 2 Structures of alkaloids in *Sophorae Tonkinensis Radix et Rhizoma*

表3 山豆根中三萜类化合物

Table 3 Triterpenoids in *Sophorae Tonkinensis Radix et Rhizoma*

编号	化合物名称	分子式	文献	编号	化合物名称	分子式	文献
154	羽扇豆醇	C ₃₀ H ₅₀ O	12	177	山豆根皂苷 II 甲酯	C ₄₈ H ₇₈ O ₁₉	36
155	相思子皂醇 C	C ₃₀ H ₅₀ O ₄	35	178	柔枝槐苷 IV	C ₅₄ H ₈₈ O ₂₃	37
156	相思子皂醇 D	C ₃₀ H ₅₀ O ₃	35	179	柔枝槐苷 IV 甲酯	C ₅₅ H ₉₀ O ₂₃	37
157	广东相思子三醇	C ₃₀ H ₅₀ O ₃	35	180	柔枝槐苷 V	C ₅₄ H ₈₈ O ₂₄	37
158	槐花二醇	C ₃₀ H ₅₀ O ₂	35	181	柔枝槐苷 V 甲酯	C ₅₅ H ₉₀ O ₂₄	37
159	相思子皂醇 A	C ₃₀ H ₅₀ O ₃	35	182	柔枝槐苷 VI	C ₅₄ H ₈₈ O ₂₃	37
160	相思子皂醇 E	C ₃₀ H ₅₀ O ₄	35	183	柔枝槐苷 VI 甲酯	C ₅₅ H ₉₀ O ₂₃	37
161	大豆皂醇 A	C ₃₀ H ₅₀ O ₄	35	184	柔枝槐苷 VII	C ₆₁ H ₁₀₀ O ₂₆	37
162	大豆皂醇 B	C ₃₀ H ₅₀ O ₃	35	185	柔枝槐苷 VII 甲酯	C ₆₂ H ₁₀₂ O ₂₆	37
163	大豆皂醇甲酯 A	C ₃₀ H ₅₀ O ₅	35	186	槐花皂苷 II	C ₄₈ H ₇₈ O ₁₇	38
164	相思子皂醇 H	C ₃₀ H ₄₈ O ₃	35	187	槐花皂苷 II 甲酯	C ₄₉ H ₈₀ O ₁₇	38
165	山豆根皂苷元 C 甲酯	C ₃₁ H ₄₈ O ₄	35	188	槐花皂苷 III	C ₄₈ H ₇₈ O ₁₇	38
166	山豆根皂苷元 C	C ₃₀ H ₄₆ O ₄	35	189	槐花皂苷 III 甲酯	C ₄₉ H ₈₀ O ₁₇	38
167	山豆根皂苷元 D	C ₃₀ H ₄₆ O ₄	35	190	大豆皂苷 I	C ₄₈ H ₇₈ O ₁₈	38
168	山豆根皂苷元 D 甲酯	C ₃₁ H ₄₈ O ₄	35	191	大豆皂苷 I 甲酯	C ₄₉ H ₈₀ O ₁₈	38
169	相思子皂醇 I	C ₃₀ H ₄₆ O ₅	35	192	大豆皂苷 II	C ₄₇ H ₇₆ O ₁₇	38
170	草木犀苷元	C ₃₀ H ₄₆ O ₅	35	193	大豆皂苷 II 甲酯	C ₄₈ H ₇₈ O ₁₇	38
171	紫藤皂醇 A	C ₃₀ H ₄₈ O ₄	35	194	大豆皂苷 A3	C ₄₈ H ₇₈ O ₁₉	38
172	山豆根皂苷元 A	C ₃₀ H ₄₈ O ₄	35	195	大豆皂苷 A3 甲酯	C ₄₉ H ₈₀ O ₁₉	38
173	山豆根皂苷元 B	C ₃₀ H ₄₈ O ₅	35	196	山豆根皂苷 III (柔枝槐苷 III)	C ₅₄ H ₈₆ O ₂₅	36
174	山豆根皂苷 I (柔枝槐苷 I)	C ₄₈ H ₇₈ O ₁₉	36	197	山豆根皂苷 III 甲酯	C ₅₅ H ₈₈ O ₂₅	36
175	山豆根皂苷 I 甲酯	C ₄₉ H ₈₀ O ₁₉	36	198	脱氢大豆皂苷 I	C ₄₈ H ₇₆ O ₁₈	36
176	山豆根皂苷 II (柔枝槐苷 II)	C ₄₇ H ₇₆ O ₁₉	36	199	kudusaponin A3	C ₄₈ H ₇₈ O ₂₀	36

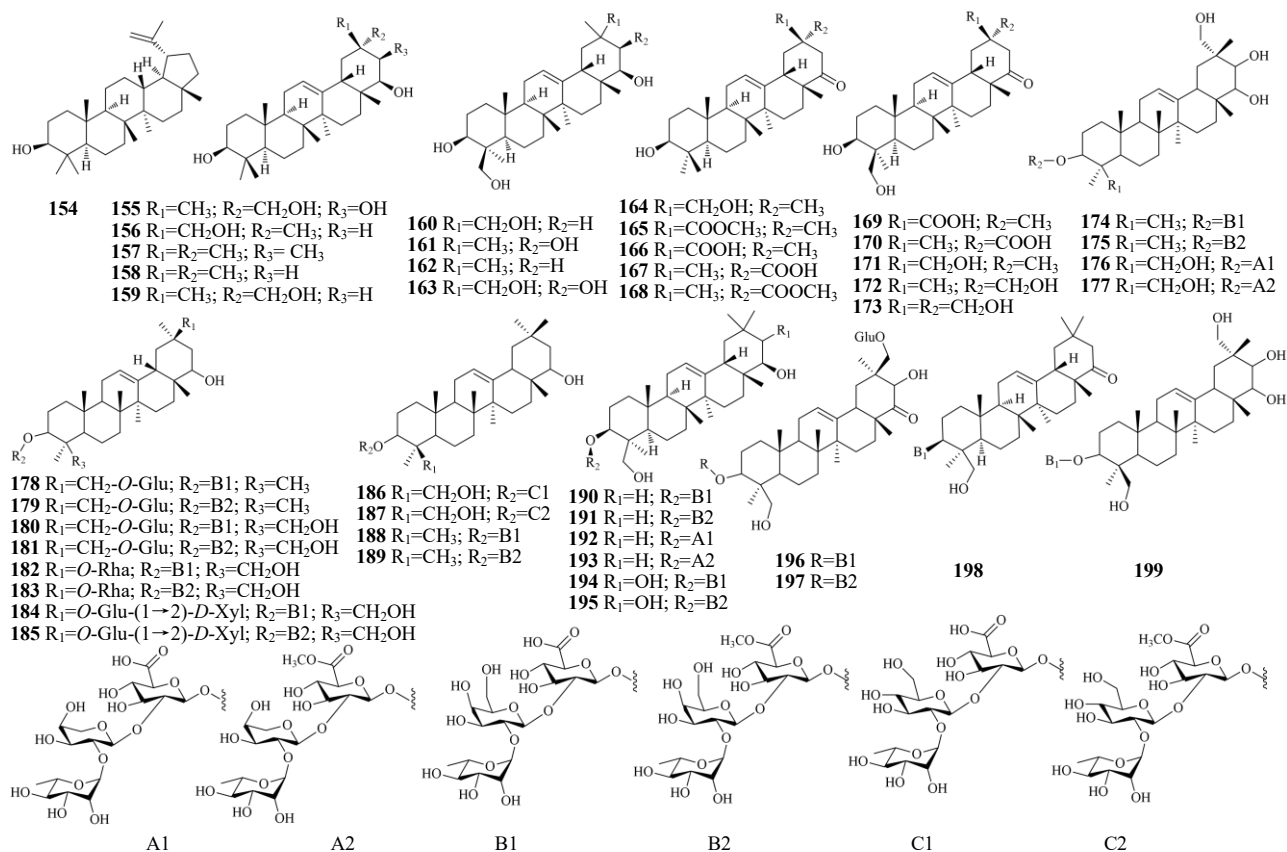


图3 山豆根中三萜类化合物的结构

Fig. 3 Structures of triterpenoids in *Sophorae Tonkinensis Radix et Rhizoma*

1.4 其他

山豆根除了黄酮、生物碱三萜及其皂苷类化合物还含有蒽醌类、甾醇类、酚酸类、烯炔类和多糖类化合物。Luo 等^[3]从山豆根分离得 shandougenines A、shandougenines B、bolusanthin IV、2-(2',4'-二羟

基苯)-5,6-亚甲基二羟基苯并呋喃，其中 shandougenines A、shandougenines B 为首次分离出 2 个新的苯并呋喃化合物。从山豆根醇提物分离出松脂酚、丁香脂素、皮树脂醇^[22]。山豆根其他成分具体信息见表 4，具体结构见图 4。

表 4 山豆根中其他类化合物

Table 4 Other compounds in *Sophorae Tonkinensis Radix et Rhizoma*

编号	化合物名称	分子式	文献	编号	化合物名称	分子式	文献
200	β-谷甾醇	C ₂₉ H ₅₀ O	14	213	4-羟甲基-2,6-二甲氧基苯酚-1-O-β-D-吡喃葡萄糖苷	C ₁₅ H ₂₂ O ₉	30
201	胡萝卜苷	C ₃₅ H ₆₀ O ₆	14	214	松柏苷	C ₁₆ H ₂₂ O ₈	33
202	豆甾醇	C ₂₉ H ₄₈ O	12	215	紫丁香苷	C ₁₇ H ₂₄ O ₉	33
203	开环异落叶松树脂酚-4-O-β-D-葡萄糖苷	C ₂₆ H ₃₆ O ₁₁	33	216	对甲氧基苯甲酸	C ₈ H ₈ O ₃	33
204	松脂素	C ₂₀ H ₂₂ O ₆	22	217	番石榴酸乙酯	C ₁₃ H ₁₆ O ₇	23
205	丁香脂素	C ₂₂ H ₂₆ O ₈	22	218	麦芽酚	C ₆ H ₆ O ₃	39
206	杜仲树脂酚	C ₂₁ H ₂₄ O ₇	22	219	香草酸	C ₈ H ₈ O ₄	39
207	丁香脂素-4,4'-二-O-β-D-吡喃葡萄糖苷	C ₃₄ H ₄₆ O ₁₈	33	220	咖啡酸二十二酯	C ₃₁ H ₅₂ O ₄	39
208	丁香脂素-4-O-β-D-吡喃葡萄糖苷	C ₂₈ H ₃₆ O ₁₃	33	221	2-(2',4'-dihydroxyphenyl)-5,6-methylenedioxybenzofuran	C ₁₅ H ₁₀ O ₅	3
209	松脂素-4,4'-二-O-β-D-吡喃葡萄糖苷	C ₃₂ H ₄₂ O ₁₆	33	222	shandougenine A	C ₃₀ H ₁₈ O ₁₀	3
210	大黄素甲醚	C ₁₆ H ₁₂ O ₅	23	223	shandougenine B	C ₃₀ H ₁₈ O ₁₀	3
211	大黄素	C ₁₅ H ₁₀ O ₅	23	224	bolusanthin IV	C ₁₅ H ₁₂ O ₄	3
212	(6S,9R)-长寿花糖苷	C ₁₉ H ₃₀ O ₈	30				

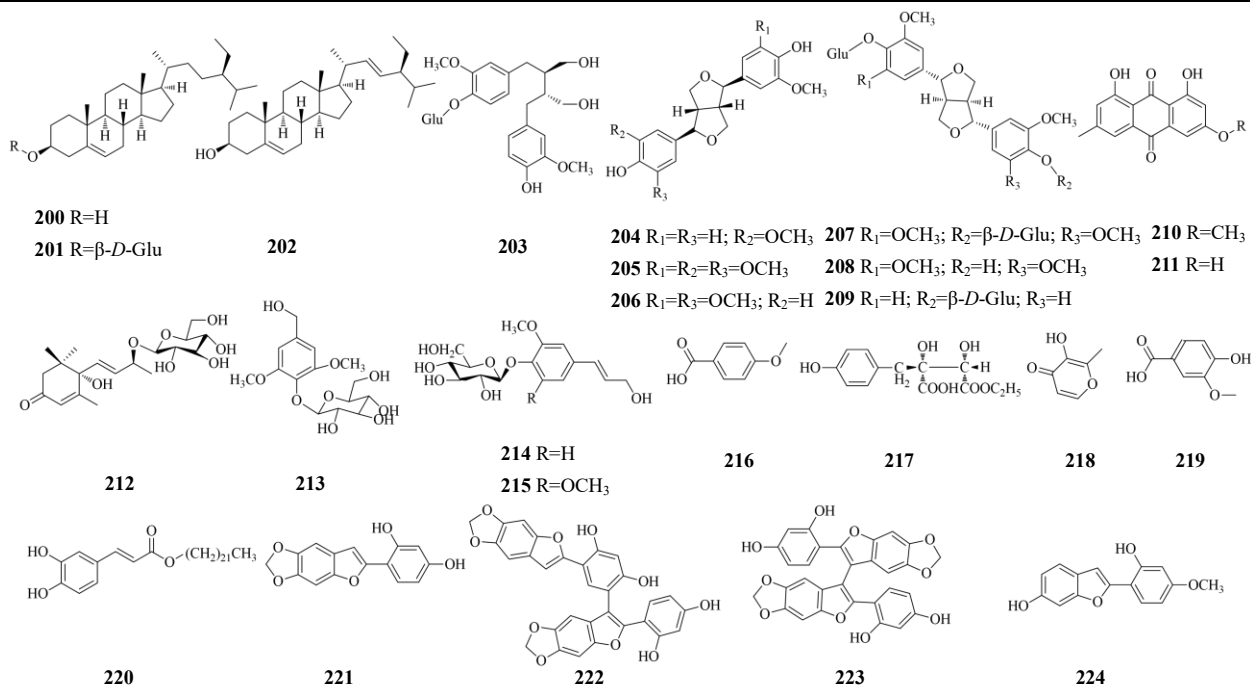


图 4 山豆根中其他类化合物

Fig. 4 Structures of other compounds in *Sophorae Tonkinensis Radix et Rhizoma*

2 药理作用

2.1 抗肿瘤作用

山豆根提取物可抑制人非小细胞肺癌 A549 细胞和黑色素瘤 B16-BL6 细胞增殖,抑制作用与提取物浓度呈正相关性^[40-41]。Chui 等^[42]研究发现,山豆根提取物对人肝母细胞瘤 HepG2 细胞、人肝癌 Hep3B 细胞、人乳腺癌 MDA-MB231 细胞、A549 细胞和急性髓系白血病 KG-1 细胞的增殖均有抑制作用,并且诱导大部分 MDA-MB231、HepG2 和 Hep3B 细胞株凋亡。进一步研究表明^[42],山豆根提取物可以激活天冬氨酸蛋白酶 3,从而诱导 HepG2 细胞 DNA 片段化,导致细胞凋亡,显著降低 HepG2 细胞的存活率。山豆根颗粒与饮片可提高 H₂₂ 荷瘤小鼠、S₁₈₀ 荷瘤小鼠血清中白细胞介素-2、干扰素- γ 、肿瘤坏死因子- α 等细胞因子含量,抑制肿瘤生长^[43]。路海滨等^[44]研究表明,山豆根多糖通过升高 Lewis 肺癌小鼠胸腺指数、提高 T 淋巴细胞亚群 CD4⁺ T 细胞、CD8⁺ T 细胞水平及 CD4⁺/CD8⁺ 比值从而提高小鼠免疫力并提高血清肿瘤坏死因子- α 、血管内皮生长因子水平抑制肿瘤细胞生长。

2.2 抗炎及提高免疫力作用

山豆根颗粒及饮片可抑制一氧化氮、一氧化氮合酶等炎症因子的产生;降低小鼠血清中丙二醛、维生素 C、肿瘤坏死因子- α 、白细胞介素-6 及前列腺素 E₂ 的水平,山豆根及山豆根颗粒的抗炎机制可能与肾上腺皮质系统有关,并且通过抑制自由基的生成抑制细胞膜脂质过氧化反应缓解炎症反应^[45]。山豆根中怀槐紫檀素 B^[46]和戊烯基黄酮 8-二戊烯基-7,4'-二黄烷酮^[15]、(2S)-[2-[[2'-(1-hydroxy-1-methylethyl)-7'-(3-methyl-2-butenyl)-2',3'-dihydrobenzofuran]-5'-yl]-7-hydroxy-8-(3-methyl-2-butenyl)chroman-4-one] (30) 和山豆根色满素 (39)^[47]可抑制促炎细胞因子的产生,发挥抗炎作用。人体肠道菌群可将山豆根中黄酮苷转化为相应黄酮苷元,增强其抗补体活性从而抑制细胞产生一氧化氮,增强山豆根黄酮化合物的抗炎作用^[7]。Xia 等^[10]研究发现山豆根中的紫檀素类化合物 sophotokin 具有抗神经炎作用,sophotokin 能透过血脑屏障显著抑制一氧化氮、白细胞介素-1 β 、肿瘤坏死因子- α 和前列腺素 E₂ 的产生并抑制小胶质细胞一氧化氮合酶、肿瘤坏死因子- α 、白细胞介素-1 β 和环氧合酶-2 的表达。Sophotokin 可能通过与 PU.1 靶点结合抑制人白细胞分化抗原 14 的表达,抑制 Toll 样受体 4 信号通路、核因子- κ B

信号通路和有丝分裂素激活蛋白激酶信号通路,抑制促炎介质的产生。山豆根中苦参碱、槐定碱^[48]能显著降低醋酸引起小鼠黏膜疼痛;氧化苦参碱、槐果碱能明显抑制二甲苯所致的小鼠耳廓肿胀。

山豆根还具有提高免疫力的作用。山豆根非生物碱类化合物对环磷酸胺引起免疫低下,可通过提高小鼠胸腺和脾脏脏器指数、巨噬细胞吞噬功能、溶血素抗体提高小鼠免疫力;抑制脂多糖引起的 B 淋巴细胞转化及刀豆蛋白 A 引起的 T 淋巴细胞转化提高小鼠特异性免疫作用^[49]。山豆根多糖能显著抑制地塞米松所引起的小鼠体内自由基的异常升高,明显抑制髓过氧化物酶、黄嘌呤氧化酶活性,增强谷胱甘肽过氧化物酶的活性,清除体内异常自由基及过氧化物保护胸腺和脾脏,增强机体免疫功能^[50]。

2.3 护肝作用

山豆根水提醇沉法所得粗多糖部位(沉淀)以及母液中去除生物碱部位能显著降低 CCl₄ 所致急性肝损伤引起的大鼠血清中异常升高的丙氨酸氨基转移酶、天冬氨酸氨基转移酶水平^[51]。山豆根中多糖类化合物对扑热息痛所致的肝损伤具有明显保护作用,山豆根多糖类化合物明显减轻了小鼠肝损伤的病理变化;对自由基有较强的清除作用;在体内通过抑制天冬氨酸氨基转移酶、丙二醛、活性氧的产生并提高肝脏中谷胱甘肽、谷胱甘肽过氧化物酶、总超氧化物歧化酶、过氧化氢酶的含量,从而提高小鼠肝脏抗氧化活性^[52]。肝炎灵注射液为山豆根提取物,可改善乙型肝炎病毒(hepatitis B virus, HBV)转基因小鼠的肝组织病变,明显降低 HBV 表面抗原、HBV-DNA 表达;临床上可用于治疗慢性肝炎及活动性肝炎^[53-54]。

2.4 对心血管系统的影响

黄小燕等^[55]研究氧化苦参碱对自发性高血压大鼠的血流动力学影响,将 10 周龄自发性高血压大鼠随机分为 4 组:对照组、卡托普利阳性对照组及氧化苦参碱 30、60 μ g/g 组,连续给药 21 周,测定血流动力学指标。实验结果表明氧化苦参碱能降低自发性高血压大鼠收缩压与舒张压,升高左室收缩/舒张最大速率;氧化苦参碱组还能升高左室收缩压降低左室舒张末期压,从而改善高血压引起的心脏收缩和舒张功能延缓心力衰竭。氧化苦参碱还能降低脑缺血再灌注大鼠脑组织水肿及脑梗死面积,改善神经功能。氧化苦参碱治疗后缺血区皮质上调核因子 E2 相关因子 2 (nuclear factor E2

related factor 2, Nrf2) / 血红素加氧酶-1 (heme oxygenase, HO-1) 的表达, HO-1 和 Nrf2 阳性细胞数明显增加, 降低大鼠脑组织脂质过氧化程度。氧化苦参碱对脑缺血再灌注的神经保护作用可能与激活 Nrf2/HO-1 通路有关^[56]。

2.5 其他作用

2.5.1 胃肠道的作用 山豆根甲醇提取物对蓖麻油所致腹泻小鼠具有止泻作用, 其止泻作用与山豆根剂量呈正相关, 山豆根提取物能降低小鼠的排空指数, 延长小鼠半固体粪便排便时间, 其作用机制可能是通过调节肠黏膜的水和电解质通透性, 或通过抑制前列腺素的异常增多; 山豆根提取物可抑制乙酰胆碱所引起家兔平滑肌痉挛, 家兔空肠收缩频率随山豆根甲醇提取物浓度增加而降低其机制可能与阻断 Ca^{2+} 通道有关^[57]。

2.5.2 降血糖 山豆根醋酸乙酯提取物可通过特异性激活腺苷酸活化蛋白激酶途径, 以促进 2 型糖尿病模型 KK-Ay 小鼠葡萄糖转运体 4 转移提高葡萄糖摄取, 改善 KK-Ay 小鼠的高血糖和高胰岛素血症; 同时降低总胆固醇、三酰甘油、低密度脂蛋白胆固醇和游离脂肪酸升高高密度脂蛋白胆固醇, 降低血脂保护糖尿病所致肝脏和胰腺损伤^[58]。

3 结语

山豆根的化学成分复杂, 主要含有生物碱、黄酮、三萜类、酚酸类、多糖类等多种化合物。目前对山豆根中生物碱、黄酮及多糖类化合物的药理作用及其作用机制报道较多, 缺乏对其他成分的研究。山豆根为传统中药材, 用药历史悠久, 最早记载于宋代《开宝本草》《本草纲目》《景岳全书》《本草备要》等多本古籍。古籍中山豆根多用于治疗咽喉肿痛、肺热咳嗽、牙龈肿痛、湿热黄疸等症。随着现代研究的不断深入发现山豆根还具有保护心血管系统、抗肿瘤、保肝、升血糖等作用。然而山豆根的药理作用研究多为细胞水平或动物水平, 仍需结合分子生物学、代谢组学等学科相关知识深入探讨其药理作用机制及其代谢规律。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 邹玉龙, 张颖, 徐丹, 等. 山豆根中总黄酮的含量测定 [J]. 中国民族民间医药, 2016, 25(9): 13.
- [2] 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.

- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] Ahn J, Kim Y M, Chae H S, et al. Prenylated flavonoids from the roots and rhizomes of *Sophora tonkinensis* and their effects on the expression of inflammatory mediators and proprotein convertase subtilisin/kexin type 9 [J]. *J Nat Prod*, 2019, 82(2): 309-317.
- [6] Shirataki Y, Yokoe I, Komatsu M. Two new flavone glycosides from the roots of *Sophora subprostrata* [J]. *J Nat Prod*, 1986, 49(4): 645-649.
- [7] Jin X, Lu Y, Chen S X, et al. UPLC-MS identification and anticomplement activity of the metabolites of *Sophora tonkinensis* flavonoids treated with human intestinal bacteria [J]. *J Pharm Biomed Anal*, 2020, 184: 113176.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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/NF κ B/MAPK signaling pathway with PU.1 as a potential target [J]. *ACS Chem Neurosci*, 2019, 10(1): 295-303.
- [11] 邓银华, 徐康平, 章为, 等. 山豆根化学成分研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2005, 17(2): 172-174.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 李行诺. 山豆根化学成分及其黄酮类化合物在电喷雾质谱中的裂解规律研究 [D]. 沈阳: 沈阳药科大学, 2009.
- [15] 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(10): 1413.
- [16] Ding P L, Chen D F. Three cyclized isoprenylated flavonoids from the roots and rhizomes of *Sophora tonkinensis* [J]. *Helv Chim Acta*, 2007, 90(11): 2236-2244.
- [17] Yang X Z, Deng S H, 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.
- [18] Kyogoku K, Hatayama K, Suzuki K, *et al.* Studies on the constituents of Guang-Dou-Gen (the root of *Sophora subprostrata* CHUN et T.CHEN). (5). isolation of two new flavanones and daidzein [J]. *Chem Pharm Bull*, 1973, 21(7): 1436-1439.
- [19] Yang R Y, Lan Y S, Huang Z J, *et al.* Isoflavonoids from *Sophora tonkinensis* [J]. *Chem Nat Compd*, 2012, 48(4): 674-676.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] 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.
- [24] Ding P L, Chen D F. Isoprenylated flavonoids from the roots and rhizomes of *Sophora tonkinensis* [J]. *Helv Chim Acta*, 2006, 89(1): 103-110.
- [25] 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.
- [26] Wu C, He L, Yi X, *et al.* Three new alkaloids from the roots of *Sophora tonkinensis* [J]. *J Nat Med*, 2019, 73(3): 667-671.
- [27] 邓银华, 孙丽, 章为, 等. 山豆根细胞毒活性成分研究 [J]. *天然产物研究与开发*, 2006, 18(3): 408-410.
- [28] 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.
- [29] Zhou S Y, Wu X H, Huang Y X, *et al.* Microwave-assisted aqueous two-phase extraction of alkaloids from *Radix Sophorae Tonkinensis* with an ethanol/Na₂HPO₄ system: Process optimization, composition identification and quantification analysis [J]. *Ind Crop Prod*, 2018, 122: 316-328.
- [30] 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.
- [31] Xiao P, Li J S, Kubo H, *et al.* (-)-14.BETA.-hydroxymatine, a new lupine alkaloid from the roots of *Sophora tonkinensis* [J]. *Chem Pharm Bull*, 1996, 44(10): 1951-1953.
- [32] 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.
- [33] 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.
- [34] 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.
- [35] Takeshita T, Yokoyama K, Yi D, *et al.* Studies on the leguminous plants. Part 27. Four new and twelve known saponins from *Sophorae Subprostratae Radix* [J]. *Chem Pharm Bull*, 1991, 39(7): 1908-1910.
- [36] 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.
- [37] Ding Y, Tian RH, Takeshita T, *et al.* Four new oleanene glycosides from *Sophorae Subprostratae Radix* III [J]. *Chem Pharm Bull*, 1992, 40(7): 1831.
- [38] Sakamoto S, Kuroyanagi M, Ueno A, *et al.* Triterpenoid saponins from *Sophora subprostrata* [J]. *Phytochemistry*, 1992, 31(4): 1339-1342.
- [39] 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.
- [40] 张奇峰. 山豆根提取物体外抗肿瘤实验研究 [J]. *中医药临床杂志*, 2015, 27(9): 1269-1271.
- [41] 李俊兰, 张东兴, 刘诗. 山豆根对小鼠黑色素瘤细胞 B16-BL6 生长、增殖的影响 [J]. *光明中医*, 2017, 32(9): 1256-1259.
- [42] Chui C H, Lau F Y, Tang J C, *et al.* Activities of fresh juice of *Scutellaria barbata* and warmed water extract of *Radix Sophorae Tonkinensis* on anti-proliferation and apoptosis of human cancer cell lines [J]. *Int J Mol Med*, 2005, 16(2): 337-341.
- [43] 彭百承, 黄健, 李萍, 等. 山豆根颗粒及其饮片抗肿瘤作用及其机制 [J]. *中国实验方剂学杂志*, 2014, 20(23): 190-193.
- [44] 路海滨, 高洋, 禹珊珊, 等. 山豆根多糖对 Lewis 肺癌小鼠抑瘤作用及免疫功能影响的实验研究 [J]. *中药材*, 2018, 41(6): 1459-1462.
- [45] 彭红华, 黄健, 席雯, 等. 山豆根颗粒及其饮片抗炎作用及其机制的研究 [J]. *中国实验方剂学杂志*, 2013, 19(12): 265-269.
- [46] Chae H S, Yoo H, Choi Y H, *et al.* Maackiapterocarpin B from *Sophora tonkinensis* suppresses inflammatory mediators via nuclear factor- κ B and mitogen-activated protein kinase pathways [J]. *Biol Pharm Bull*, 2016, 39(2): 259-266.
- [47] Wang W, Nakashima K I, Hirai T, *et al.* Anti-inflammatory effects of naturally occurring retinoid X receptor agonists isolated from *Sophora tonkinensis* Gagnep. via retinoid X

- receptor/liver X receptor heterodimers [J]. *J Nat Med*, 2019, 73(2): 419-430.
- [48] 钱利武, 戴五好, 周国勤, 等. 苦参及山豆根主要生物碱镇痛抗炎作用研究 [J]. *中成药*, 2012, 34(8): 1593-1596.
- [49] 周明眉, 杨红舟, 赵爱华, 等. 山豆根非生物碱部分对小鼠免疫功能的影响 [J]. *时珍国医国药*, 2011, 22(12): 2954-2955.
- [50] 帅学宏, 胡庭俊, 曾芸, 等. 山豆根多糖对免疫抑制模型小鼠免疫器官指数和自由基相关酶活性的影响 [J]. *南京农业大学学报*, 2009, 32(2): 170-172.
- [51] 尹龙萍. 中药山豆根降酶护肝活性部位研究 [D]. 上海: 上海交通大学, 2007.
- [52] Cai L L, Zou S S, Liang D P, *et al.* Structural characterization, antioxidant and hepatoprotective activities of polysaccharides from *Sophorae tonkinensis Radix* [J]. *Carbohydr Polym*, 2018, 184: 354-365.
- [53] 王维伟, 宋乐冬, 陈建杰. 肝炎灵注射液对 HBV 转基因小鼠肝组织病理及病毒学的影响 [J]. *中成药*, 2009, 31(4): 611-612.
- [54] 侯世荣, 李永康, 刘海肃, 等. 肝炎灵注射液治疗慢性肝炎的临床疗效考查 [J]. *中草药*, 1998, 29(10): 3-5.
- [55] 黄小燕, 姜法铭, 董焰, 等. 氧化苦参碱对自发性高血压大鼠血流动力学的影响 [J]. *上海中医药杂志*, 2012, 46(12): 67-69.
- [56] Li M, Zhang X J, Cui L L, *et al.* The neuroprotection of oxymatrine in cerebral ischemia/reperfusion is related to nuclear factor erythroid 2-related factor 2 (nrf2)-mediated antioxidant response: Role of nrf2 and hemeoxygenase-1 expression [J]. *Biol Pharm Bull*, 2011, 34(5): 595-601.
- [57] Li Y Y, Li J, Liu X, *et al.* Antidiarrheal activity of methanol extract of *Sophora tonkinensis* in mice and spasmolytic effect on smooth muscle contraction of isolated jejunum in rabbits [J]. *Pharm Biol*, 2019, 57(1): 477-484.
- [58] 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.

[责任编辑 崔艳丽]