

· 综述 ·

## 10种药用黄芪属植物化学成分及药理作用的研究进展

刘洋<sup>1</sup>, 杜婧<sup>2</sup>, 沈颜红<sup>3</sup>

(1. 石家庄市第四医院, 石家庄 050011; 2. 石家庄市第五医院, 石家庄 050021;  
3. 河北省胸科医院, 石家庄 050011)

**[摘要]** 目的: 黄芪是最常用的中药材药物之一, 药用黄芪属植物在国内有明显的地域应用特点。该文论述10种具有代表性的黄芪属植物的化学成分以及药理作用研究进展, 分属5个亚属。10种黄芪属植物分别是簇毛黄芪亚属中的乌拉特黄芪(*Astragalus hoantchy*), 背扁黄芪(*A. complanatus*); 黄芪亚属中的梭果黄芪(*A. ernestii*), 膜荚黄芪(*A. membranaceus*), 蒙古黄芪(*A. momongholicus* var. *mongholicus*), 多花黄芪(*A. floridus*), 金翼黄芪(*A. chrysopterus*), 草木樨状黄芪(*A. melilotoidesll*); 华黄芪亚属中的华黄芪(*A. chinensis*); 裂萼黄芪亚属中的斜茎黄芪(*A. adsurgens*)。47种皂苷类化合物中, 膜荚黄芪中发现37种, 蒙古黄芪10种, 梭果黄芪6种, 多花黄芪4种; 85种黄酮类化合物中, 蒙古黄芪40种, 膜荚黄芪31种, 斜茎黄芪21种, 梭果黄芪3种, 背扁黄芪15种, 乌拉特黄芪3种, 金翼黄芪1种, 草木樨状黄芪3种; 蒙古黄芪中得到6种生物碱。黄芪多糖类因为提取工艺不同, 得到的结构有很大差异。药理作用主要从对人体的免疫系统、抗衰老、抗病毒、抗肿瘤以及对心血管方面的作用论述。

**[关键词]** 黄芪属; 皂苷; 黄酮; 生物碱; 多糖

**[中图分类号]** R284.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2017)18-0222-13

**[doi]** 10.13422/j.cnki.syfjx.2017180222

**[网络出版地址]** <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20170629.0907.012.html>

**[网络出版时间]** 2017-06-29 9:07

### Research Progress on Chemical Constituents and Pharmacology of 10 Kinds Medicinal Plants of *Astragalus*

LIU Yang<sup>1</sup>, DU Jing<sup>2</sup>, SHEN Yan-hong<sup>3</sup>

(1. The Fourth Hospital of Shijiazhuang, Shijiazhuang 050011, China;  
2. The Fifth Hospital of Shijiazhuang, Shijiazhuang 050021, China;  
3. Hebei Provincial Chest Hospital, Shijiazhuang 050011, China)

**[Abstract]** **Objective:** *Astragalus* is one of the most commonly used drugs in Chinese herbal medicine, and the medicinal *Astragalus* plant in the country has obvious regional application characteristics. This paper would discuss the chemical constituents of 10 representative *Astragalus* plants and the research progress of pharmacological action, belonging to five subgenus. Ten species of *Astragalus* were *A. hoantchy*, *A. complanatus*, *A. ernestii*, *A. membranaceus*, *A. momongholicus* var. *mongholicus*, *A. floridus*, *A. chrysopterus*, *A. melilotoidesll*, Chinese *Astragalus* *A. chinensis*; *A. adsurgens* in the genus *Calamagrostis*. Among 47 kinds of saponins, 37 species were found in *A. membranaceus*, 10 species of *A. momongholicus*, 6 species of *A. membranaceus*, and 4 species of *A. floridus*. Among 85 flavonoids, 40 species were of *Astragalus*, 21 species of *A. adsurgens*, 3 species of *Barnyardum officinalis*, 15 species of *A. complanatus*, 3 species of *A. mongolica*, 1 species of *A. chrysopterus*, 3 species of *A. hoantchy*, and 3 species of *A. melilotoidesll*; 6 alkaloids were found in *A. momongholicus*. *Astragalus* polysaccharides had very different because of different extraction processes. The polysaccharide structure

**[收稿日期]** 20170306(012)

**[基金项目]** 石家庄市重点研发计划面上项目(SH2015079)

**[第一作者]** 刘洋, 主管药师, 从事临床药学药事管理工作, Tel:15176869011

would not be reviewed here, and the pharmacological effects would be reviewed in this paper mainly from the human immune system, anti-aging, anti-virus, anti-tumor and cardiovascular effects.

[Key words] *Astragalus*; saponins; flavonoids; alkaloids; polysaccharide

《中国药典》规定, 中药黄芪为豆科膜荚黄芪 (*Astragalus membranaceus*) 和蒙古黄芪 (*A. membranaceus* var. *mongholicus*) 的干燥根, 为我国传统补气中药材<sup>[1]</sup>。现代学者通过研究发现黄芪中含皂苷、黄酮类化合物、黄芪多糖、黄芪碱、氨基酸及其微量元素等多种有效成分, 主治气虚衰弱、盗汗、高血压、糖尿病、水肿及疮疡久不收口等症。国内学者通过对黄芪属植物的调查研究发现, 市面上大约有 35 种黄芪属植物可以作为黄芪的代用资源<sup>[2]</sup>, 分属 5 个亚属, 分别是黄芪亚属 (*Subgen. Phaca Bunge*), 华黄芪亚属 (*Subgen. Astragalus*), 簇毛黄芪亚属 (*Subgen. Pogonphace Bunge*), 裂萼黄芪亚属 (*Subgen. Cercidothrin Bunge*) 和密花黄芪亚属 (*Subgen. Hypoglottis Bunge*) 等<sup>[3]</sup>。本文论述的 10 种黄芪属植物分别是簇毛黄芪亚属中的乌拉特黄芪 (*A. hoantchy*), 背扁黄芪 (*A. complanatus*); 黄芪亚属中的梭果黄芪 (*A. ernestii*), 膜荚黄芪 (*A. membranaceus*), 蒙古黄芪 (*A. mongholicus* var. *mongholicus*), 多花黄芪 (*A. floridus*), 金翼黄芪 (*A. chrysopterus*), 草木樨状黄芪 (*A. melilotoides*); 华黄芪亚属中的华黄芪 (*A. chinensis*); 裂萼黄芪亚属中的斜茎黄芪 (*A. adsurgens*)。为进一步开发应用中草药黄芪的资源, 本研究系统收集并综述了近年来上述 10 种黄芪的所含的化学成分以及药理作用方面的科研成果。

## 1 化学成分

1.1 皂苷类 到现在为止, 4 种药用黄芪属植物中已经发现 47 种皂苷类成分, 其中, 膜荚黄芪中发现 37 种, 蒙古黄芪 10 种, 梭果黄芪 6 种, 多花黄芪 4 种。见表 1, 2, 图 1。

表 1 4 种药用黄芪属植物中皂苷类成分

Table 1 Saponins of 4 kinds *Astragalus*

No.	成分名称	黄芪种类	参考文献
1	acetylastragaloside I	膜荚黄芪	[4]
		蒙古黄芪	[5]
2	agroastragalosides III	膜荚黄芪	[6]
3	agroastragalosides IV	膜荚黄芪	[6]
4	asernestioside A	梭果黄芪	[7]
5	asernestioside B	梭果黄芪	[7]
6	asernestioside C	梭果黄芪	[8]
7	astragaloside II	膜荚黄芪	[4]
		蒙古黄芪	[5]

续表 1

No.	成分名称	黄芪种类	参考文献
8	astragaloside III	膜荚黄芪	[9]
9	astragaloside IV	膜荚黄芪	[4]
		蒙古黄芪	[5]
10	astragaloside I	膜荚黄芪	[4]
		蒙古黄芪	[5]
11	astramembranosides A	膜荚黄芪	[10]
12	astramembranosides II	多花黄芪	[11]
		膜荚黄芪	[11]
13	astrasieversianin VI	多花黄芪	[11]
14	astrasieversianin V	多花黄芪	[11]
15	astraverrucin I	膜荚黄芪	[12]
16	brachyosides B	膜荚黄芪	[10]
17	cycloastragenol	膜荚黄芪	[13]
18	isoastragaloside II	膜荚黄芪	[4]
		蒙古黄芪	[5]
19	isoastragaloside I	膜荚黄芪	[4]
		蒙古黄芪	[5]
20	isoastragaloside IV	梭果黄芪	[8]
		膜荚黄芪	[14]
21	isoastragaloside V	膜荚黄芪	[9]
22	isoastragaloside VI	膜荚黄芪	[9]
23	isoastragaloside VII	膜荚黄芪	[15]
		蒙古黄芪	[16]
24	neoastragaloside I	膜荚黄芪	[17]
25	3-O-β-D-xylopyranosyl-25-O-β-D-glucopyranosyl-3β, 6α, 16β, 24(S), 25-pentahydroxy-cycloartane	梭果黄芪	[8]
26	agroastragalosides	膜荚黄芪	[11]
27	agroastragalosides I	膜荚黄芪	[18]
28	astramembranosides B	膜荚黄芪	[10]
29	cyclocanthosides A	梭果黄芪	[8]
30	cyclocanthosides E	膜荚黄芪	[19]
31	isocyclocanthosides E	膜荚黄芪	[19]
32	astragaloside VIII	膜荚黄芪	[15]
33	soyasapogeno I B	膜荚黄芪	[13]
34	soyasaponin I	蒙古黄芪	[16]
35	agroastragaloside V	膜荚黄芪	[20]
36	mongholicoside A	蒙古黄芪	[21]
37	mongholicoside B	蒙古黄芪	[21]
38	huangqiyenins I	膜荚黄芪	[22]
39	huangqiyenins A	膜荚黄芪	[22]
40	huangqiyenins II	膜荚黄芪	[22]
41	huangqiyenins B	膜荚黄芪	[22]
42	huangqiyenins E	膜荚黄芪	[23]
43	huangqiyenins F	膜荚黄芪	[23]
44	huangqiyenins G	膜荚黄芪	[24]
45	huangqiyenins H	膜荚黄芪	[24]
46	huangqiyenins I	膜荚黄芪	[24]
47	huangqiyenins J	膜荚黄芪	[24]

表 2 47 种皂苷类成分化学结构式母核及取代基

Table 2 Mother nucleus and substituent of 47 saponins

母核 No.	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>	母核 No.	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>
1	3',4'-O-Ac <sub>2</sub> Xyl	Glc	H	H	-	2	Xyl	H	H	H	Glc
2	2'-O-Ac <sub>2</sub> Xyl	Glc	H	H	-	26	2'-O-AcXyl	Glc	H	H	H
3	3'-O-AcXyl	Glc	H	H	-	27	2',3'-O-Ac <sub>2</sub> Xyl	Glc	H	H	H
4	Xyl	H	H	Glc	-	28	Glc-(1→2)-Xyl	H	H	H	H
5	Glc	H	H	Glc	-	29	Xyl	H	H	H	H
6	Glc	Glc	H	H	-	30	Xyl	Glc	H	H	H
7	H	Glc	H	Glc	-	31	Xyl	Glc	H	H	H
8	2',3',4'-O-Ac <sub>2</sub> Xyl	Xyl	H	H	-	32	Rha-(1→2)-Xyl-(1→2)-Glc	H	-	-	-
9	2',3'-O-Ac <sub>2</sub> Xyl	Xyl	H	H	-	33	H	H	-	-	-
10	2',4'-O-Ac <sub>2</sub> Xyl	Xyl	H	H	-	34	Rha-(1→2)-Gal-(1→2)-Glc	H	-	-	-
11	3'-O-AcXyl	Xyl	H	H	-	35	2'-O-AcXyl	Glc	-	-	-
12	2'-O-AcXyl	Xyl	H	H	-	36	Xyl	α-OH	-	-	-
13	Rha-(1→2)-(4'-O-AcXyl)	Xyl	H	H	-	37	Glc	O	-	-	-
14	3'-O-AcXyl	H	H	H	-	38	H	-	-	-	-
15	Rha-(1→4)-Glc	H	H	H	-	39	Glc	-	-	-	-
16	Xyl	Glc	Ac	H	-	40	H	-	-	-	-
17	Rha-(1→2)-(6'-O-AcXyl)	H	H	H	-	41	Glc	-	-	-	-
18	2'-O-AcXyl	Rha	H	H	-	42	Ac	β-Ac	β-OH	Glc	-
19	Xyl	Rha	H	H	-	43	Ac	H	α-OH	Glc	-
20	Ara-(1→2)-Xyl	H	H	H	-	44	Ac	O	α-OH	Glc	-
21	Ara-(1→2)-Xyl	Xyl	H	H	-	45	Ac	O	O	Glc	-
22	2',3'-O-Ac <sub>2</sub> Xyl	H	H	H	-	47	Ac	H	O	Glc	-
23	H	H	H	H	-	10	46	Glc	-	-	-
24	2',3'-O-Ac <sub>2</sub> Xyl	Xyl	H	H	-						

注:母核结构式见图 1。

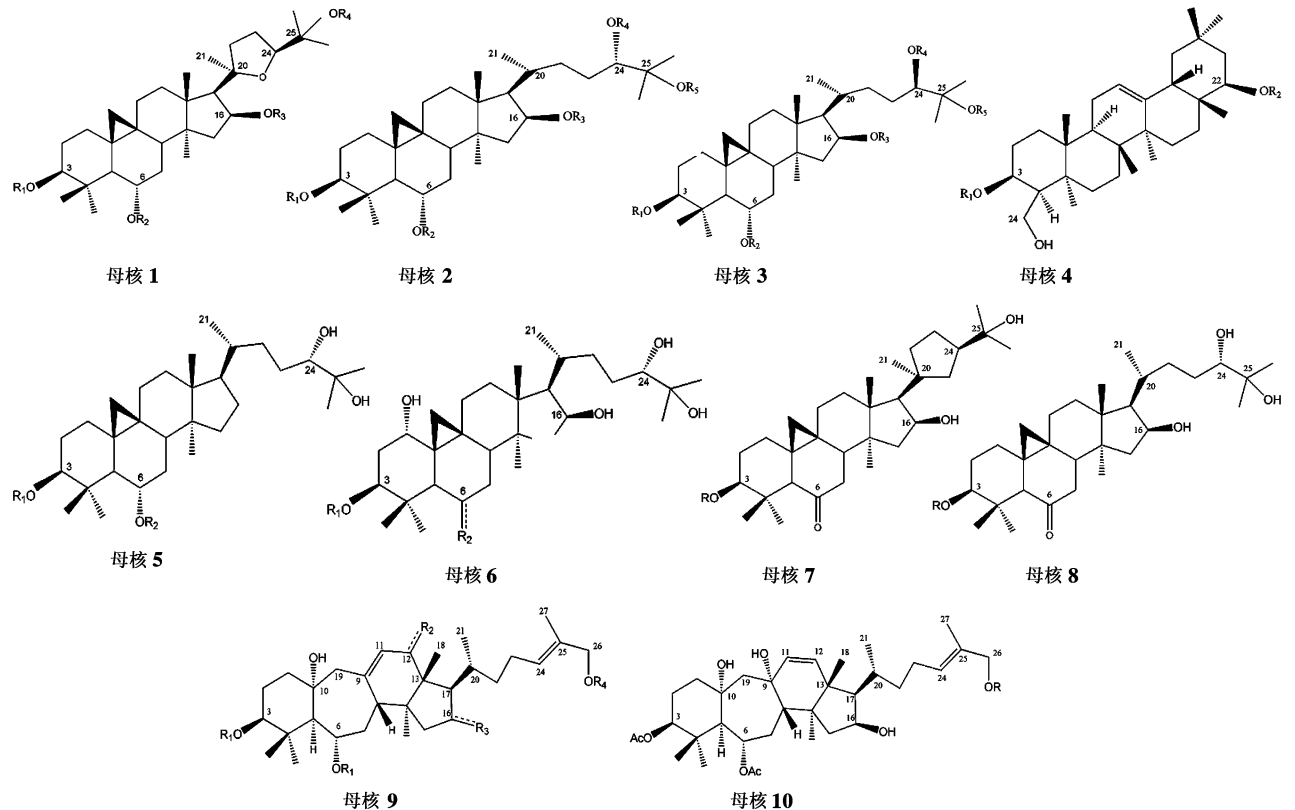


图 1 47 种皂苷类成分化学结构式母核  
Fig. 1 Chemical structures of parent nucleus of 47 saponins

1.2 黄酮类 到目前为止已经从 8 种黄芪属植物中得到 85 种黄酮类成分, 蒙古黄芪 40 种, 膜荚黄芪 31 种, 斜茎黄芪 21 种, 梭果黄芪 3 种, 背扁黄耆 15

种, 乌拉特黄芪 3 种, 金翼黄芪 1 种, 草木樨状黄芪 3 种。见表 3, 4, 图 2。

2.3 生物碱 马晓丰<sup>[49]</sup>从蒙古黄芪中分离鉴定出

表 3 黄芪属植物中黄酮类成分

Table 3 Flavonoids of Astragalus

No.	成分名称	黄芪种类	参考文献
1	3'-hydroxy-4'-methoxy-7-O-(6"-butylene baser-O)-β-glucopyranoside	蒙古黄芪	[24]
2	3'-hydroxy-5'-methoxyisoflavone-7-O-β-D-glucopyranoside	蒙古黄芪	[25]
3	3'-methoxy-5'-hydroxy-isoflavone-7-O-β-D-glucoside	膜荚黄芪 蒙古黄芪	[26] [26]
4	3'-O-methyoorobol	蒙古黄芪	[27]
5	5,7,2'-trihydroxy-4'-methoxyisoflavanone	斜茎黄芪	[27]
6	5,7,4'-trihydroxy-isoflavone	蒙古黄芪	[24]
7	5,7-dihydroxy-4'-methoxyisoflavanone	斜茎黄芪	[27]
8	5',7-dihydroxy-3'-methoxyisoflavanone	蒙古黄芪	[28]
9	6"-O-acetyl-ononin	膜荚黄芪 蒙古黄芪	[29] [27]
10	7,3'-dihydroxy-8,4'-dimethoxyisoflavone	膜荚黄芪	[30]
11	7,3'-dihydroxyl-6,4'-dimethoxyisoflavone-7-O-β-D-glucopyranoside	梭果黄芪	[8]
12	7,3'-dihydroxy-5'-methoxyisoflavone	蒙古黄芪	[25]
13	7,4'-dimethoxyisoflavanone	斜茎黄芪	[31]
14	7-O-β-D-(6"-acetyl)-glucoside	膜荚黄芪	[29]
15	7-O-β-D-[6"-[(E)-but-2-enoyl]]-glucoside	膜荚黄芪	[29]
16	8,3'-dihydroxy-7,4'-dimethoxyisoflavone	膜荚黄芪	[30]
17	afroformosin	蒙古黄芪	[5]
18	calycosin	斜茎黄芪 背扁黄芪 膜荚黄芪 蒙古黄芪	[31] [32] [30] [5]
19	calycosin-7-O-β-D-glucopyranoside	背扁黄芪 梭果黄芪 膜荚黄芪 蒙古黄芪	[32] [8] [30] [25]
20	calycosin-7-O-β-D-glucoside-6"-O-malonate	膜荚黄芪 蒙古黄芪	[33] [33]
21	formononetin	膜荚黄芪 蒙古黄芪	[30] [5]
22	genistin	蒙古黄芪	[34]
23	ononin	背扁黄芪 膜荚黄芪 蒙古黄芪	[32] [29] [5]
24	pratensein	蒙古黄芪	[27]
25	pratensein-7-O-β-D-glucoside	蒙古黄芪	[34]
26	santal-7-methoxy-3',4',5-trihydroxy isoflavone	乌拉特黄芪	[35]
27	sissotrin	蒙古黄芪	[27]
28	3-O-β-D-apiofuranosyl (1→2)-p-D-gluco pyranoside kaempferol 4'-O-β-D-glycop yranoside	背扁黄芪	[32]
29	4'-methoxy-kaempferol 3-O-glucoside	蒙古黄芪	[36]

续表 3

No.	成分名称	黄芪种类	参考文献
30	cannabicitrin	背扁黄芪	[32]
31	complanatuside	背扁黄芪	[36]
		蒙古黄芪	[36]
32	isoquercitrin	膜荚黄芪	[37]
		斜茎黄芪	[38]
		蒙古黄芪	[36]
33	isorhamnetin	膜荚黄芪	[39]
34	isorhamnetin 3-O-β-D-glucopyranoside	斜茎黄芪	[40]
		蒙古黄芪	[36]
35	isorhamnetin 3-O-β-D-glucopyranoside 7-O-α-L-rhamnopyranoside	斜茎黄芪	[40]
36	kaempferol 3,4'-di-O-β-D-glycopyranoside	背扁黄芪	[32]
37	kaempferol 3-O-β-D-glucopyranosyl-β-D-glucopyranoside	草木樨状黄芪	[41]
38	kaempferol 3-O-β-D-xylopyranoside (1→2)-β-D-glycopyranoside	背扁黄芪	[32]
39	kempferol	膜荚黄芪	[39]
40	myricetin 3-O-β-D-glucopyranoside	背扁黄芪	[32]
41	myricetin 3-O-β-D-xylopyranoside (1→2)-β-D-glucopyranoside	背扁黄芪	[32]
42	myriomplanoside	背扁黄芪	[42]
43	neocomplanoside	背扁黄芪	[42]
44	nicotiflorine	斜茎黄芪	[40]
45	quercetin	膜荚黄芪	[39]
46	quercetin 3-O-robinobioside	草木樨状黄芪	[41]
47	rhamnocitin-3-O-β-D-glucoside	膜荚黄芪	[37]
48	rhamnocitrin 3-O-β-D-apiofuranosyl(1→2)-β-D-glucopyranoside) 4'-O-β-D-glucopyranoside	背扁黄芪	[32]
49	rhamnocitrin 3-O-β-D-apiofuranosyl(1→2)-β-D-glucopyranoside	背扁黄芪	[32]
50	robinin	斜茎黄芪	[40]
51	rutin	斜茎黄芪	[38]
52	trifolin	斜茎黄芪	[40]
53	kaempferide-3-O-α-L-arabinopyranoside	背扁黄芪	[42]
54	scolymoside	草木樨状黄芪	[41]
		蒙古黄芪	[24]
55	zapotinin	斜茎黄芪	[38]
56	2,3-dihydro-5-hydroxy-4',7-dimethoxyflavanone	斜茎黄芪	[31]
57	2,3-dihydro-6,3'-dihydroxy-4'-methoxyflavanone	斜茎黄芪	[31]
58	4,2',4'-trihydroxychalcone	斜茎黄芪	[31]
		蒙古黄芪	[24]
59	4,2',4'-trihydroxy-3'-prenylchalcone	斜茎黄芪	[31]
60	2',4'-dihydroxy-3,4-dimethoxychalcone	斜茎黄芪	[31]
61	2',4'-dihydroxy-2,3-dimethoxychalcone	斜茎黄芪	[31]
62	2',4'-dihydroxy-4-methoxychalcone	斜茎黄芪	[31]
63	(3R)-7,2',3'-trihydroxy-4'-methoxy-isoflavane	膜荚黄芪	[43]
64	(3R)-8,2'-dihydroxy-7,4'-dimethoxyisoflavan	膜荚黄芪	[44]
		蒙古黄芪	[44]
65	2',4'-dimethoxy-3'-hydroxy-isoflavan-6-O-β-glucopyranoside	梭果黄芪	[8]
		乌拉特黄芪	[35]
		蒙古黄芪	[5]
66	3S-( -)-mucronulatol	斜茎黄芪	[38]

续表 3

No.	成分名称	黄芪种类	参考文献
67	5'-hydroxyisomucronulatol 2',5'-di-O-glucoside	蒙古黄芪	[45]
68	6''-O-acetyl-(3R) 7,2'-dihydroxy-3',4'-dimethoxy isoflavan-7-O-β-D-glucoside	蒙古黄芪	[43]
69	6(3R)-(5'-hydroxy-2',3',4'-trimethoxyphen yl)-chroman-7-ol	膜荚黄芪	[29]
70	7-O-methylisomucronulatol	膜荚黄芪	[46]
		蒙古黄芪	[45]
71	astraisoflavanglucoside-6''-O-malonate	蒙古黄芪	[33]
72	astraisoflavanin	蒙古黄芪	[47]
73	isomucronulatol	乌拉特黄芪	[35]
		膜荚黄芪	[29]
		蒙古黄芪	[45]
74	isomucronulatol 7,2'-di-O-glucoside	膜荚黄芪	[46]
		蒙古黄芪	[45]
75	isomucronulatol 7-O-glucoside	金翼黄芪	[48]
		膜荚黄芪	[46]
		蒙古黄芪	[45]
76	(-)-methylinissolin 3-O-β-D-(6'-acetyl)-glucoside	膜荚黄芪	[29]
		蒙古黄芪	[43]
77	(-)-methylinissolin 3-O-β-D-[6'-[(E)-but-2-enoyl]-]-glucoside	膜荚黄芪	[29]
78	(-)-methylinissolin(6αR,11αR) 9,10-dimethoxy-3-hydroxypterocarpan	膜荚黄芪	[29]
		蒙古黄芪	[25]
79	(-)-methylinissolin 3-O-β-D-glucoside	膜荚黄芪	[46]
		蒙古黄芪	[25]
80	(+)-vesticarpan	膜荚黄芪	[29]
81	(6αR,11αR) 3,9-dimethoxy-10-hydroxy pterocarpan	膜荚黄芪	[46]
		蒙古黄芪	[5]
82	3,9-di-O-methylinissolin	膜荚黄芪	[46]
		蒙古黄芪	[45]
83	astrapterocarpanglucoside-6''-O-malonate	蒙古黄芪	[33]
84	licoagroside D	膜荚黄芪	[29]
85	melilotocarpan B	斜茎黄芪	[31]

表 4 85 种黄酮类成分母核及取代基

Table 4 Mother nucleus and substituent of 85 flavonoids

母核	No.	R <sub>1</sub> (C-5)	R <sub>2</sub> (C-6)	R <sub>3</sub> (C-7)	R <sub>4</sub> (C-8)	R <sub>5</sub> (C-2')	R <sub>6</sub> (C-3')	R <sub>7</sub> (C-4')	R <sub>8</sub> (C-5')
1	1	H	H	6''-butylene easer-Glc	H	H	OH	OCH <sub>3</sub>	H
	2	H	H	Glc	H	H	H	H	OCH <sub>3</sub>
	3	H	H	Glc	H	H	OCH <sub>3</sub>	H	H
	4	OH	H	H	H	H	OCH <sub>3</sub>	H	H
	5	H	H	H	H	H	H	OCH <sub>3</sub>	H
	6	OH	H	H	H	H	H	OCH <sub>3</sub>	H
	7	OH	H	H	H	H	H	OCH <sub>3</sub>	H
	8	H	H	H	H	H	OCH <sub>3</sub>	H	H
	9	H	H	6''-O-AcGlc	H	H	H	OCH <sub>3</sub>	H

续表 4

母核	No.	R <sub>1</sub> (C-5)	R <sub>2</sub> (C-6)	R <sub>3</sub> (C-7)	R <sub>4</sub> (C-8)	R <sub>5</sub> (C-2')	R <sub>6</sub> (C-3')	R <sub>7</sub> (C-4')	R <sub>8</sub> (C-5')
	10	H	H	H	OCH <sub>3</sub>	H	OH	OCH <sub>3</sub>	H
	11	H	OCH <sub>3</sub>	H	H	H	OH	OCH <sub>3</sub>	H
	12	H	H	H	H	H	H	H	OCH <sub>3</sub>
	13	H	H	OCH <sub>3</sub>	H	H	H	OCH <sub>3</sub>	H
	14	H	H	6''-O-AcGlc	H	H	OH	OCH <sub>3</sub>	H
	15	H	H	6''-[ (E)-but-2-enoyl ]-Glc	H	H	OH	OCH <sub>3</sub>	H
	16	H	H	CH <sub>3</sub>	H	H	OH	OCH <sub>3</sub>	H
	17	H	OCH <sub>3</sub>	-	H	H	H	OCH <sub>3</sub>	H
	18	H	H	H	H	H	OH	OCH <sub>3</sub>	H
	19	H	H	Glc	H	H	OH	OCH <sub>3</sub>	H
	20	H	H	H	H	H	OH	OCH <sub>3</sub>	H
	21	H	H	H	H	H	H	OCH <sub>3</sub>	H
	22	CH <sub>3</sub>	H	Glc	H	H	H	OCH <sub>3</sub>	H
	23	H	H	Glc	H	H	H	OCH <sub>3</sub>	H
	24	CH <sub>3</sub>	H	H	H	H	CH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>	H
	25	CH <sub>3</sub>	H	Glc	H	H	CH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>	H
	26	H	H	CH <sub>3</sub>	H	H	OH	OH	H
	27	OH	H	Glc	H	H	H	OCH <sub>3</sub>	H

母核	No.	R <sub>1</sub> (C-3)	R <sub>2</sub> (C-5)	R <sub>3</sub> (C-7)	R <sub>4</sub> (C-3')	R <sub>5</sub> (C-4')	R <sub>6</sub> (C-5')
2	28	Api(f)-(1→2)-Glc	OH	H	H	H	H
	29	Glc	OH	H	H	H	H
	30	H	OH	H	H	H	H
	31	Glc	OH	H	H	H	H
	32	Glc	OH	H	OH	H	H
	33	H	OH	H	H	H	H
	34	Glc	OH	H	H	H	H
	35	Glc	OH	H	H	H	H
	36	Glc	OH	H	H	H	H
	37	Glc-(1→2)-Glc	OH	H	H	H	H
	38	Xyl-(1→2)-Glc	OH	H	H	H	H
	39	H	OH	H	H	H	H
	40	Glc	OH	H	H	H	H
	41	Xyl-(1→2)-Glc	OH	H	H	H	H
	42	H	OH	H	H	H	H
	43	6''-O-AcGlc	OH	H	H	H	H
	44	Rha-(1→6)-Glc	OH	H	H	H	H
	45	H	OH	H	OH	H	H
	46	Rha-(1→6)-Gal	OH	H	OH	H	H
	47	Glc	OH	H	H	H	H
	48	Api(f)-(1→2)-Glc	OH	H	H	H	H
	49	Api(f)-(1→2)-Glc	OH	H	H	H	H

续表 4

母核	No.	R <sub>1</sub> (C-3)	R <sub>2</sub> (C-5)	R <sub>3</sub> (C-7)	R <sub>4</sub> (C-3')	R <sub>5</sub> (C-4')	R <sub>6</sub> (C-5')
	50	Rha-(1→6)-Gal	OH	H	H	H	H
	51	Rha-(1→6)-Glc	OH	H	OH	H	H
	52	Gal	OH	H	H	H	H
	53	Ara	OH	H	H	H	H

母核	No.	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>	R <sub>6</sub>	R <sub>7</sub>
3	54	H	H	Rha-(1→6)-Glc	H	OH	OH	H
	55	H	OCH <sub>3</sub>	H	OCH <sub>3</sub>	H	H	OCH <sub>3</sub>
4	56	OH	H	OCH <sub>3</sub>	H	CH <sub>3</sub>	-	-
	57	H	OH	H	OH	CH <sub>3</sub>	-	-
5	58	H	H	OH	H	H	-	-
	59	H	H	OH	Prenyl	H	-	-
	60	H	OCH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>	H	H	-	-
	61	OCH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>	H	H	H	-	-
	62	H	H	OCH <sub>3</sub>	H	H	-	-

母核	No.	R <sub>1</sub> (C-6)	R <sub>2</sub> (C-7)	R <sub>3</sub> (C-8)	R <sub>4</sub> (C-2')	R <sub>5</sub> (C-3')	R <sub>6</sub> (C-4')	R <sub>7</sub> (C-5')
6	63	H	OH	H	OH	OH	CH <sub>3</sub>	H
	64	H	OCH <sub>3</sub>	H	OH	H	CH <sub>3</sub>	H
	65	<i>O</i> -Glc	OH	H	OCH <sub>3</sub>	OH	CH <sub>3</sub>	H
	66	H	OH	H	OCH <sub>3</sub>	H	CH <sub>3</sub>	H
	67	H	OH	H	<i>O</i> -Glc	OCH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	Glc
	68	<i>O</i> -(6''-OAc)Glc	OH	H	OH	OCH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	H
	69	H	OH	H	OCH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	OH
	70	H	OCH <sub>3</sub>	H	OH	OCH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	H
	71	H	<i>O</i> -(6''- <i>O</i> -malonyl)Glc	H	OH	OCH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	H
	72	H	<i>O</i> -Glc	H	OCH <sub>3</sub>	H	CH <sub>3</sub>	H
	73	H	OH	H	OH	OCH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	H
	74	H	<i>O</i> -Glc	H	<i>O</i> -Glc	OCH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	H
	75	H	<i>O</i> -Glc	H	OH	OCH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	H

母核	No.	R <sub>1</sub> (C-3)	R <sub>2</sub> (C-4)	R <sub>3</sub> (C-9)	R <sub>4</sub> (C-10)
7	76	6'-AcGlc	H	CH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>
	77	6'-[( <i>E</i> )-but-2-enoyl]Glc	H	CH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>
	78	H	H	CH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>
	79	Glc	H	CH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>
	80	H	H	CH <sub>3</sub>	OH
	81	CH <sub>3</sub>	H	CH <sub>3</sub>	OH
	82	CH <sub>3</sub>	H	CH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>
	83	(6''- <i>O</i> -malonyl)Glc	H	CH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>
	84	allopyranoside	H	CH <sub>3</sub>	OH
	85	CH <sub>3</sub>	OH	H	H

注:母核结构式见图 2。

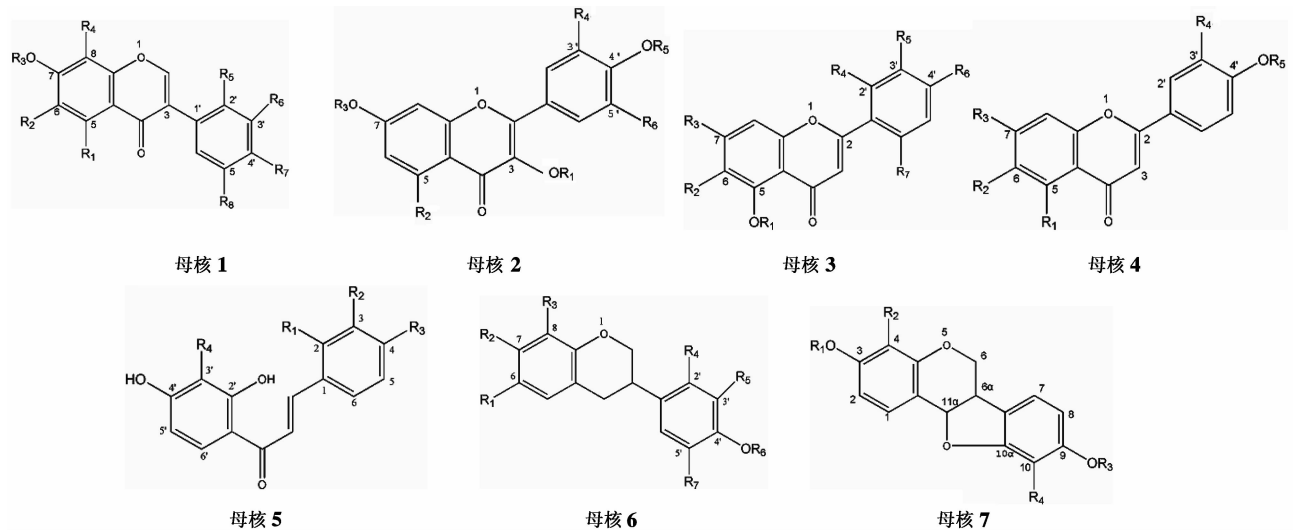


图 2 85 种黄酮类成分母核结构

Fig. 2 Chemical structure of parent nucleus of 85 flavonoids

6 种黄芪碱类化合物, 分别是黄芪碱 A (astragaline A), 黄芪碱 (astragaline B), 黄芪碱 C (astragaline C),

黄芪碱 D (astragaline D), 黄芪碱 E (astragaline E), 黄芪碱 (astragaline F)。见图 3。

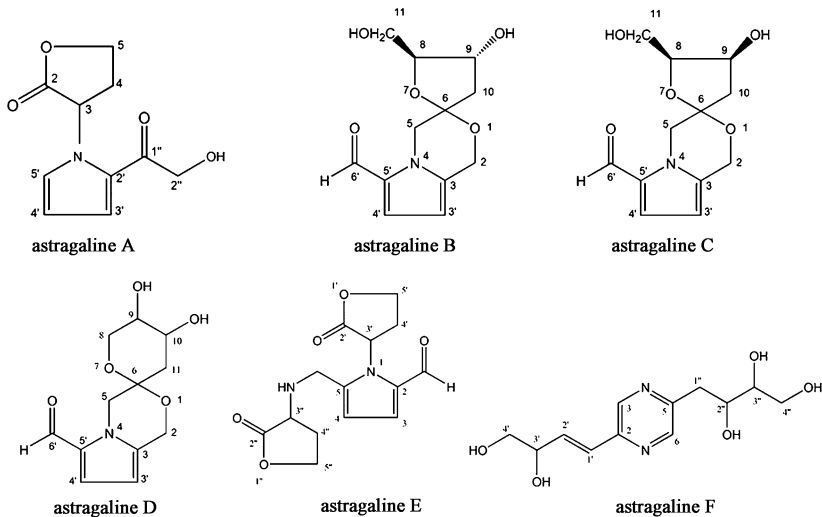


图 3 黄芪属中生物碱类成分结构

Fig. 3 Structure of alkaloid

## 2 黄芪药理作用研究进展

**2.1 对免疫系统的影响** Zahran 等<sup>[50]</sup> 研究发现, 罗非鱼在补充黄芪多糖 (APS) 后, 其生长性能及免疫学指标得到显著改善, 包括增强血浆溶菌酶, 超氧化物歧化酶 (SOD), 谷胱甘肽过氧化物酶 (GPx) 及淀粉酶活性。ZHANG 等<sup>[51]</sup> 研究发现, APS 可以抑制凝血酶诱导的细胞间黏附分子 (ICAM-1) 的表达, 也可以上调血管内皮细胞生长因子 (VEGF) 及其受体的表达, 说明 APS 对内皮细胞凝血酶损伤具有保护作用。Getachew 等<sup>[52]</sup> 通过实验发现, APS 能够显著增加肺癌患者的 CD3, CD8, CD4 及 CD4/CD8, APS 也可通过激活巨噬细胞, 刺激其释放肿瘤坏死

因子- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ),  $\gamma$ -干扰素 (IFN- $\gamma$ ) 等来发挥抗肿瘤的作用。YANG 等<sup>[53]</sup> 研究发现, APS 能够使 H22 荷瘤小鼠巨噬细胞的吞噬功能得到明显改善, TNF- $\alpha$ , IFN- $\gamma$  等细胞因子释放增加, 发现 APS 主要通过改善宿主生物体的免疫应答来发挥抗肿瘤作用。

**2.2 抗衰老作用** 赵蕾等<sup>[54]</sup> 以黄芪水煎剂灌胃家兔获得含黄芪血清, 对照含黄芪血清培养的二倍体成纤维细胞与空白血清培养的细胞, 发现含黄芪血清的培养基通过增加二倍体成纤维细胞 SOD 活性, 减少丙二醛 (MDA) 含量以及 p16 基因表达而起到抗衰老作用。郭蕾等<sup>[55]</sup> 研究了黄芪甲苷对衰老人胚肺成纤维细胞端粒酶活性及抗衰老基因

klothomRNA 表达的影响,发现同衰老组相比,黄芪甲苷可降低  $\beta$ -半乳糖苷酶活性、提高细胞活力、端粒酶活性和 klothomRNA 表达,从而发挥其抗衰老的作用。LEI 等<sup>[56]</sup>研究发现黄芪皂苷在 D-半乳糖导致的衰老小鼠模型上表现出抗衰老作用,延迟了中年小鼠的衰老,可能与其改善了小鼠的大脑和免疫功能的退化。

**2.3 抗病毒作用** 邹宇宏等<sup>[57]</sup>发现黄芪皂苷和 APS 能够抑制 HepG2. 2. 15 细胞分泌表面抗原 C (HBsAg) 和 e 抗原 (HBeAg), 两者同样能够抑制 HepG2. 2. 15 的增殖。张娟等<sup>[58]</sup>发现黄芪皂苷在体外对 HBV 的 DNA 复制的抑制作用半数抑制浓度 (IC<sub>50</sub>) 是 13. 2 mg·L<sup>-1</sup>, 同时黄芪皂苷剂量依赖性的抑制了 HepG2. 2. 15 细胞对 HBsAg 和 HBeAg 分泌。抗病毒免疫是机体针对病毒的重要免疫,是机体适应自然环境的主要基础之一,其免疫模式包含了细胞免疫及体液免疫<sup>[59]</sup>。XUE 等<sup>[60]</sup>研究发现,APS 可通过抑制氧化应激和阻断 NF- $\kappa$ B 途径来抑制 PCV2 (猪圆环病毒) 的复制。APS 使 PCV2 的 DNA 复制、受感染细胞数目,MDA 含量以及活性氧族 (ROS) 水平均显著下降,该研究认为 APS 可被用于预防 PCV2 感染。Löndt 等<sup>[61]</sup>研究表明,APS 能够显著提高感染 H5N1 型禽流感病毒的 15 d 龄幼鸡 IG 抗体水平及 IL-2, IL-10, IFN- $\beta$ , TNF- $\gamma$  等细胞因子水平。

**2.4 对心血管系统的作用** ZHENG 等<sup>[62]</sup>用戊巴比妥制作犬急性心衰模型,经静脉注射黄芪皂苷 W,发现其虽然对左心室收缩舒张压及心率无明显变化,但能增加左室内压最大升降速率 C (dp/dt<sub>max</sub>),且该作用呈剂量依赖性,提示黄芪皂苷能够改善心衰大鼠的收缩功能。ZHANG 等<sup>[63]</sup>通过大鼠离体主动脉环实验发现黄芪甲苷剂量依赖性地抑制氯化钾和苯肾上腺素诱导的血管收缩,通过降低血管平滑肌的收缩力,减轻心脏后负荷,延缓左心室重塑,改善心功能。LI 等<sup>[64]</sup>报道了高剂量黄芪甲苷可以通过对抗阿霉素引起的心肌氧化损伤作用,来抑制阿霉素引起的大鼠离体心肌细胞的凋亡,从而来保护心脏。张素萍<sup>[65]</sup>采用皮下注射异丙肾上腺素制作小鼠心肌肥厚模型,注射后小鼠的心重指数和左心指数均增加;而黄芪皂苷 IV 可显著降低这两项指数 C,表明黄芪皂苷 IV 能抑制异丙肾上腺素引起的心脏肥大,提示黄芪皂苷 IV 可于心衰早期或心功能代偿期抑制心肌肥厚。YANG 等<sup>[66]</sup>采用基因学手段证明,APS 能有效参与红细胞分化,调节原癌基

因 LMO2, Klf1, Klf3, Runx1, EphB4 及 Sp1, 增加 K562 细胞株蛋白的 mRNA 表达和胎儿血红蛋白的合成,说明 APS 对红细胞免疫也具有明显的作用。

**2.5 抗肿瘤作用** 大量的实验研究表明黄芪具有一定的抗癌作用和显著的抗癌辅助治疗作用。Auyeung 等<sup>[67]</sup>的研究表明黄芪皂苷能够通过调控 ERK 相关的 NF- $\kappa$ B 信号通路来促进肝癌 HepG2 细胞的凋亡。李连琨等<sup>[68]</sup>研究了黄芪注射液对小鼠 H22 移植瘤的生长抑制作用及免疫功能的影响,对移植性 H22 肝癌小鼠模型分别腹腔注射 5-氟尿嘧啶 (5-Fu) 和黄芪注射液,发现同模型组相比,黄芪注射液低、中、高剂量组均能一定程度的抑瘤,同 5-Fu 对比,黄芪注射液能够改善荷瘤小鼠细胞因子异常的作用,具有抗肿瘤及调节机体免疫功能的作用。Tin 等<sup>[69]</sup>发现黄芪皂苷能够在 S 期和 G<sub>2</sub>/M 期抑制肿瘤细胞的增殖,并能够抑制 p21 的表达和周期蛋白依赖性激酶的活性,因此得出结论黄芪皂苷在癌症治疗上可作为一种有效的化疗药物,同时可作为辅助药物运用于传统化疗过程中,和其他化疗药物联合治疗。有学者在研究 APS 对人胃癌细胞 SGC-7901 移植瘤的抑制作用时发现,从病理学结果来看,给予 APS 的胃癌细胞瘤结体体积明显缩小,而且出现了细胞的大而积死亡的现象<sup>[70]</sup>。张峰等<sup>[71]</sup>研究黄芪对人乳腺癌细胞中 MDA-MB-231 的血管内皮生长因子 (VEGF) 及其受体 (flk-1) 和血小板源性因子受体 4 (CXCR4) 表达的影响,研究结果表明,相比对照组,加入黄芪的细胞 VEGF, flk-1 和 CXCR4 蛋白表达均下降,而且随着浓度的升高而降低,说明了高浓度黄芪能下调乳腺癌细胞中上述蛋白的表达量,从而抑制肿瘤血管的生成和降低肿瘤对人体组织的侵袭。

### 3 总结

黄芪在中药中被誉为“补气圣药”,在方剂配伍和保健用品中得到广泛应用,其广泛的药用价值也得到了国内外学者的关注。随着对黄芪化学成分以及药理作用研究的深入,黄芪中越来越多的活性成分也慢慢得到学术界的证实。现代药理研究已证实了黄芪对机体的免疫系统、心血管系统的作用效果显著并且在抗衰老、抗病毒、抗肿瘤当中也有显著的治疗作用。我国黄芪种类繁多,能够用于药用的黄芪属植物并不是很多,所以广袤的黄芪资源有待于进一步开发研究,以期能缓解目前为止紧缺的药用中药资源。

[参考文献]

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典. 一部[M]. 北京:中国医药科技出版社, 2015: 303.
- [2] 赵明, 段金廛, 黄文哲, 等. 中国黄芪属(*Astragalus* Linn.)药用植物资源现状及分析[J]. 中国野生植物资源, 2000, 19(6): 5-9.
- [3] 刚健, 郭鹏举. 青海黄芪属药用资源及其商品药材[J]. 中药材, 1993, 16(1): 15-19.
- [4] Kitagawa I, WANG H, Saito M, et al. Saponin and sapogenol. XXXV. Chemical constituents of *Astragali Radix*, the root of *Astragalus membranaceus* Bunge. (2). Astragalosides I, II and IV, acetylastragaloside I and isoastragalosides I and II [J]. Chem Pharm Bull, 1983, 31(2): 698-708.
- [5] BIAN Y, GUAN J, BI Z. Studies on chemical constituents of *Astragalus membranaceus* (Fisch.) Bge. var. *mongholicus* (Bge.) Hsiao [J]. Chin Pharm J, 2006, 41(16): 1217-1221.
- [6] ZHOU Y, Hirotsu M, RUI H, et al. Two triglycosidic triterpene astragalosides from hairy root cultures of *Astragalus membranaceus* [J]. Phytochemistry, 1995, 38(6): 1407-1410.
- [7] 孙政华, 邵晶, 郭玫. 黄芪化学成分及药理作用研究进展[J]. 中医临床研究, 2015, 7(25): 22-25.
- [8] 孙莉嫚, 王晓玲, 邓文龙, 等. 梭果黄芪的化学成分[J]. 中国天然药物: 英文版, 2011, 9(1): 38-41.
- [9] Kitagawa I, WANG H, Saito M, et al. Saponin and sapogenol. XXXVI. Chemical constituents of *Astragali Radix*, the root of *Astragalus membranaceus* Bunge. (3). Astragalosides III, V, and VI [J]. Chem Pharm Bull, 1983, 31(2): 709-715.
- [10] Kim J S, Yean M H, Lee E J, et al. Two new cycloartane saponins from the roots of *Astragalus membranaceus* [J]. Chem Pharm Bull, 2008, 56(1): 105-108.
- [11] Hirotsu M, ZHOU Y, Furuya H R A. Cycloartane triterpene glycosides from the hairy root cultures of *Astragalus membranaceus* [J]. Phytochemistry, 1994, 37(5): 1403-1407.
- [12] Pistelli L, Pardossi S, Flamini G, et al. Three cycloastragenol glucosides from *Astragalus verrucosus* [J]. Phytochemistry, 1997, 45(3): 585-587.
- [13] Kravtsov V K, Biyushkin V N, Rebrova O N, et al. Triterpene glycosides of *Astragalus* and their genins. XXVII. X-ray structural investigation of cyclogalegigenin [J]. Chem Nat Compd, 1988, 24(4): 458-462.
- [14] HE Z Q, Findlay J A. Constituents of *Astragalus membranaceus* [J]. J Nat Prod, 1991, 54(3): 810-815.
- [15] Kitagawa I, WANG H, Yoshikawa M. Saponin and sapogenol. XXVII. Chemical constituents of *Astragali Radix*, the root of *Astragalus membranaceus* Bunge. (4). Astragalosides VII and VIII [J]. Chem Pharm Bull, 1983, 31(2): 716-722.
- [16] 郑善松, 王涛涛. 蒙古黄芪化学成分研究[J]. 上海中医药大学学报, 2011, 25(5): 89-94.
- [17] 张苗苗, 刘艳丽, 陈重, 等. 艾迪注射液的化学成分研究[J]. 中草药, 2012, 43(8): 1462-1470.
- [18] Hirotsu M, ZHOU Y, LIU H, et al. Astragalosides from hairy root cultures of *Astragalus membranaceus* [J]. Phytochemistry, 1994, 36(3): 665-670.
- [19] 杨芮平, 郝东方, 苏丹, 等. 膜荚黄芪的化学成分研究[J]. 中国药物化学杂志, 2008, 18(6): 457-460.
- [20] Lee D Y, Noh H J, Choi J, et al. Anti-inflammatory cycloartane-type saponins of *Astragalus membranaceus* [J]. Molecules, 2013, 18(4): 3725-3732.
- [21] YU Q T, LI P, BI Z M, et al. Two new saponins from the aerial part of *Astragalus membranaceus* var. *mongholicus* [J]. Chin Chem Lett, 2007, 18(5): 554-556.
- [22] KUANG H, Okada Y, YANG B, et al. Secocycloartane triterpenoidal saponins from the leaves of *Astragalus membranaceus* Bunge. [J]. Helvetica Chimica Acta, 2009, 92(5): 950-958.
- [23] KUANG H X, WANG Q H, YANG B Y, et al. Huangqiyenins G-J, four new 9,10-secocycloartane (= 9, 19-cyclo-9,10-secolanostane) triterpenoidal saponins from *Astragalus membranaceus* Bunge. leaves [J]. Helvetica Chimica Acta, 2011, 94(12): 2239-2247.
- [24] 李瑞芬. 蒙古黄芪干燥根的化学成分研究[D]. 沈阳: 沈阳药科大学, 2006.
- [25] 温宇寒, 程亮, 郑丹, 等. 蒙古黄芪化学成分研究[J]. 实用药物与临床, 2010, 13(2): 115-119.
- [26] 曹正中, 曹园, 易以军, 等. 膜荚黄芪中新异黄酮苷的结构鉴定[J]. 药学学报, 1999, 34(5): 73-75.
- [27] 李晓琳, 邵爱娟, 展晓日, 等. 沙苑子及其伪品直立黄芪的显微鉴别研究[J]. 中国中药杂志, 2015, 40(7): 1271-1273.
- [28] 田华, 邓雁如, 周坤, 等. 蒙古黄芪的化学成分研究[J]. 中国实验方剂学杂志, 2016, 22(7): 70-73.
- [29] ZHANG L J, LIU H K, Hsiao P C, et al. New isoflavonoid glycosides and related constituents from *Astragali Radix* (*Astragalus membranaceus*) and their inhibitory activity on nitric oxide production [J]. J Agr Food Chem, 2011, 59(4): 1131-1137.
- [30] 张鑫, 杨英杰, 吕庆章. 黄芪异黄酮类化合物抗氧化活性的密度泛函理论研究[J]. 化学研究与应用, 2012, 24(11): 1662-1669.
- [31] 苏彦雷, 张骥, 蒋建勤, 等. 量子化学计算法分析蒙古

- 黄芪中部分黄酮类化合物抗氧化作用机制[J]. 中国药科大学学报, 2011, 42(1): 39-43.
- [32] Baoliang C, Nakamura M, Kinjo J, et al. Chemical constituents of Astragali Semen[J]. Chem Pharm Bull, 1993, 41(1): 178-182.
- [33] LIN L Z, HE X G, Lindenmaier M, et al. Liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometry study of the flavonoids of the roots of *Astragalus mongholicus* and *A. membranaceus* [J]. J Chromatogr A, 2000, 876(1): 87-95.
- [34] 马晓丰, 田晓明, 陈英杰, 等. 蒙古黄芪中黄酮类成分的研究[J]. 中草药, 2005, 36(9): 17-20.
- [35] 赵明, 段金廛, 黄文哲, 等. 黄芪属植物三萜类化学成分[J]. 国外医药: 植物药分册, 2002, 17(6): 235-240.
- [36] 毕志明, 余庆涛, 李萍, 等. 蒙古黄芪地上部分的黄酮类成分[J]. 中国天然药物, 2007, 5(4): 263-265.
- [37] 陈虎虎, 龚苏晓, 张铁军, 等. 黄芪茎、叶的化学成分和药理作用研究进展[J]. 药物评价研究, 2011, 34(2): 134-137.
- [38] 王波, 周围, 刘小花, 等. 基于超高效合相色谱对黄芪中5种主要黄酮类化合物的快速检测[J]. 分析化学, 2016, 44(5): 731-739.
- [39] Cheshuina A I. Flavonol aglycons of *Astragalus membranaceus* [J]. Chem Nat Compd, 1990, 26(6): 712-712.
- [40] Komissarenko N F, Polyakova L V. Flavonoids of *Astragalus adsurgens* [J]. Chem Nat Compd, 1987, 23(2): 256-257.
- [41] Bratkov V M, Shkondrov A M, Zdraveva P K, et al. Flavonoids from the genus *Astragalus*: phytochemistry and biological activity [J]. Pharmacognosy Rev, 2016, 10(19): 11-32.
- [42] 王永辉, 刘甜甜, 高丽, 等. 黄芪种子中总黄酮、总蛋白质和氨基酸的含量测定[J]. 世界中西医结合杂志, 2012, 7(1): 28-30.
- [43] Baoliang C, Nakamura M, Kinjo J, et al. Chemical constituents of Astragali Semen [J]. Chem Pharm Bull, 1993, 41(1): 178-182.
- [44] 宋纯清, 郑志仁, 刘涤, 等. 膜荚黄芪中两个新的抗菌异黄酮化合物[J]. 植物学报, 1997, 39(5): 486-488.
- [45] Subarnas A, Oshima Y, Hikino H. Isoflavans and a pterocarpan from *Astragalus mongholicus* [J]. Phytochemistry, 1991, 30(8): 2777-2780.
- [46] 张亚洲, 徐风, 梁静, 等. 蒙古黄芪中异黄酮类化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 2012, 37(21): 3243-3248.
- [47] 姚丹, 王宏军. 黄芪多糖单糖组分的气相色谱分析[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(9): 5128-5129.
- [48] MA X Q, SHI Q, DUAN J A, et al. Chemical analysis of *Radix Astragali* (Huangqi) in China; a comparison with its adulterants and seasonal variations [J]. J Agr Food Chem, 2002, 50(17): 4861-4866.
- [49] 马晓丰. 蒙古黄芪的化学成分研究[D]. 沈阳: 沈阳药科大学, 2003.
- [50] Zahran E, Risha E, AbdelHamid F, et al. Effects of dietary *Astragalus* polysaccharides (APS) on growth performance, immunological parameters, digestive enzymes, and intestinal morphology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) [J]. Fish Shellfish Immun, 2014, 38(1): 149-157.
- [51] ZHANG X, YAO K, REN L, et al. Protective effect of *Astragalus* polysaccharide on endothelial progenitor cells injured by thrombin [J]. Int J Biol Macromol, 2016, 82: 711-718.
- [52] Getachew Y, Cusimano F A, James L P, et al. The role of intrahepatic CD3<sup>+</sup>/CD4<sup>-</sup>/CD8<sup>-</sup> double negative T (DNT) cells in enhanced acetaminophen toxicity [J]. Toxicol Ind Health, 2014, 280(2): 264-271.
- [53] YANG B, XIAO B, SUN T. Antitumor and immunomodulatory activity of *Astragalus membranaceus* polysaccharides in H22 tumor-bearing mice [J]. Int J Biol Macromol, 2013, 62(8): 287-290.
- [54] 赵蕾, 魏晓东, 葛堂栋, 等. 黄芪血清对衰老细胞抗氧化作用及 p16 表达影响的研究[J]. 黑龙江医药科学, 2006, 29(5): 4-5.
- [55] 郭蕾, 魏晓东, 欧芹, 等. 黄芪甲甙对衰老 HELF 细胞端粒酶活性及 klotho 表达的影响[J]. 中国老年学杂志, 2010, 30(13): 1819-1822.
- [56] LEI H, WANG B, LI W P, et al. Anti-aging effect of astragalosides and its mechanism of action [J]. Acta Pharmacol Sin, 2003, 24(3): 230-234.
- [57] 邹宇宏, 杨雁, 吴强, 等. 黄芪提取物的体外抗乙型肝炎病毒作用 [J]. 安徽医科大学学报, 2003, 38(4): 267-269.
- [58] 张娟, 陈建宗, 张金平, 等. 黄芪甲甙体外抗乙型肝炎病毒的作用 [J]. 第四军医大学学报, 2007, 28(24): 2291-2293.
- [59] HUANG C, ZHANG Q, FENG W. Regulation and evasion of antiviral immune responses by porcine reproductive and respiratory syndrome virus [J]. Virus Res, 2015, 202: 101-111.
- [60] XUE H, GAN F, ZHANG Z, et al. *Astragalus* polysaccharides inhibits PCV2 replication by inhibiting oxidative stress and blocking NF- $\kappa$ B pathway [J]. Int J Biol Macromol, 2015, 81(9): 22-30.
- [61] Löndt B Z, Brookes S M, Kelly M D, et al. Failure to infect pigs co-housed with ducks or chickens infected

- experimentally with A/turkey/Turkey/1/2005 (H5N1) highly pathogenic avian influenza virus [J]. *Vet Microbiol*, 2013, 162(2): 944-948.
- [62] ZHENG P, DAI J, CHEN H, et al. Influence of astragaloside IV (ASIV) on systolic and diastolic function in dogs with acute heart failure [J]. *Chem Pharm Bull*, 2005, 21(12): 1534.
- [63] ZHANG C, WANG X H, ZHONG M F, et al. Mechanisms underlying vasorelaxant action of astragaloside IV in isolated rat aortic rings[J]. *Clin Exp Pharmacol P*, 2007, 34(5/6): 387-392.
- [64] LI L, TAO H Y, CHEN J B. Anti-apoptosis effect of astragaloside on adriamycin induced rat's cardiotoxicity [J]. *Chin J Int Traditional Western Med*, 2006, 26(11): 1011-1014.
- [65] 张素萍. 黄芪甲苷对异丙肾上腺素所致心肌肥厚的保护作用及其机制[D]. 沈阳: 辽宁医学院, 2015.
- [66] YANG M, QIAN X H, ZHAO D H, et al. Effects of *Astragalus* polysaccharide on the erythroid lineage and microarray analysis in K562 cells [J]. *J Ethnopharmacol*, 2010, 127(2): 242-250.
- [67] Auyeung K K, Law P C, Ko J K. *Astragalus* saponins induce apoptosis via an ERK-independent NF-kappaB signaling pathway in the human hepatocellular HepG2 cell line[J]. *Int J Mol Med*, 2009, 23(2): 189-196.
- [68] 李连琨, 匡文娟, 黄云峰, 等. 黄芪注射液对 H22 肝癌小鼠的抑瘤作用及免疫功能的影响[J]. *四川生理科学杂志*, 2011, 33(1): 14-16.
- [69] Tin M M Y, Cho C H, Chan K, et al. *Astragalus* saponins induce growth inhibition and apoptosis in human colon cancer cells and tumor xenograft [J]. *Carcinogenesis*, 2007, 28(6): 1347-1355.
- [70] 王理锋, 黄晓庆. 黄芪总苷对肺腺癌 SPCA-1 细胞增殖的抑制作用 [J]. *中国药房*, 2015, (25): 3502-3504.
- [71] 张峰, 董菊子, 彭俊华, 等. 黄芪注射液对人乳腺癌细胞中 VEGF 和 CXCR4 表达的影响[J]. *西北国防医学杂志*, 2009, 30(6): 438-440.

[责任编辑 顾雪竹]

## 欢迎订阅 2018 年《中国实验方剂学杂志》

《中国实验方剂学杂志》由国家中医药管理局主管, 中华中医药学会、中国中医科学院中药研究所主办的学术刊物。本刊创建于 1995 年 10 月, 主要设置栏目包括复方配伍专论、方剂学研究、药剂与炮制、资源与鉴定、化学分析、药物代谢、药理、毒理、临床、数据挖掘、中医传承及相关综述等。目前为 CSCD 来源期刊、中文核心期刊、中国科技核心期刊、RCCSE 中国学术期刊排行榜核心期刊、美国《化学文摘》统计源期刊; 并被评为中国中医药优秀期刊及中国学术期刊优秀期刊。

本刊为半月刊, 16 开本, 234 页, 标准刊号 ISSN1005-9903; CN11-3495/R。每期定价 48 元, 全年 1152 元。国内外公开发行人, 国内由北京市报刊发行局办理总发行, 邮发代号 2-417; 国外由中国国际图书贸易集团有限公司办理发行, 代号 SM4655, 欢迎订阅。读者还可通过本刊编辑部办理邮购, Tel: (010)84076882, E-mail: syfjx\_2010@188.com, 网址: www.syfjxzz.com。