

3 种药用黄精的化学成分及药理活性研究进展

陈 辉^{1,2}, 冯珊珊³, 孙彦君^{1,2}, 郝志友^{1,2}, 冯卫生^{1,2*}, 郑晓珂^{1,2}

1. 河南中医学院 呼吸疾病诊疗与新药研发河南省协同创新中心, 河南 郑州 450046

2. 河南中医学院药学院, 河南 郑州 450046

3. 河南中医学院第一附属医院 内分泌科, 河南 郑州 450000

摘 要: 黄精为百合科黄精属 *Polygonatum* Mill. 植物的干燥块茎, 具有补肾益精、滋阴润燥的功效, 在我国具有悠久的药用历史。主要针对《中国药典》2010 年版收载的 3 种黄精(黄精 *P. sibiricum*、滇黄精 *P. kingianum* 和多花黄精 *P. cyrtonema*) 的化学成分及药理活性的研究进展进行了综述, 为黄精深入的开发应用提供参考。

关键词: 黄精; 滇黄精; 多花黄精; 化学成分; 药理活性

中图分类号: R282.71 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2015)15-2329-10

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2015.15.025

Advances in studies on chemical constituents of three medicinal plants from *Polygonatum* Mill. and their pharmacological activities

CHEN Hui^{1,2}, FENG Shan-shan³, SUN Yan-jun^{1,2}, HAO Zhi-you^{1,2}, FENG Wei-sheng^{1,2}, ZHENG Xiao-ke^{1,2}

1. Collaborative Innovation Center for Respiratory Disease Diagnosis and Treatment & Chinese Medicine Development of Henan Province, Henan University of Traditional Chinese Medicine, Zhengzhou 450046, China

2. School of Pharmacy, Henan University of Traditional Chinese Medicine, Zhengzhou 450046, China

3. Department of Endocrinology, The First Affiliated Hospital of Henan University of Traditional Chinese Medicine, Zhengzhou 450000, China

Abstract: *Polygonati Rhizome* belongs to the family Liliaceae. Its tuber has the medicinal functions of tonifying the kidney to arrest spontaneous emission (Bushen Yijing) and replenishing yin essence and moisturizing the viscera (Ziyin Runzao), and has been used for many years in Chinese medicine. This paper mainly summarizes the research advances on chemical constituents and pharmacological activities of *P. sibiricum*, *P. kingianum*, and *P. cyrtonema* accepted in *Chinese Pharmacopoeia*, and provides the reference for their further development and utilization.

Key words: *Polygonatum sibiricum* Red.; *Polygonatum kingianum* Coll. et Hemsl.; *Polygonatum cyrtonema* Hua; chemical constituents; pharmacological activities

黄精 *Polygonati Rhizome* 为百合科 (Liliaceae) 黄精属 *Polygonatum* Mill. 多年生草本植物, 全球有 60 余种, 主要分布于北温带和北亚热带, 我国有 31 种, 广泛分布于除南方热带以外的广大地区^[1]。《中国药典》2010 年版收载了黄精 *P. sibiricum* Red.、多花黄精 *P. cyrtonema* Hua 和滇黄精 *P. kingianum* Coll. et Hemsl. 的干燥根茎作为黄精药材入药。黄精是我国的传统常用中药, 始载于晋代《名医别录》, 列为上品, 之后历代医药典籍对其都有记载, 其性

平、味甘, 入脾、肾、肺经, 具有补肾益精、滋阴润燥的功效。自 20 世纪 80 年代开始, 国内外学者对黄精的化学成分进行了广泛研究, 发现了多种化学成分, 主要包括多糖、甾体皂苷、三萜、生物碱、木脂素、黄酮、植物甾醇及挥发油等, 其中多糖和甾体皂苷类成分在黄精中含量较大, 为其主要药效成分。药理活性方面, 黄精在抗衰老、调节免疫力、调血脂、改善记忆力、抗肿瘤、抗菌等方面显示出潜在的药用价值^[2-3]。本文主要综述了黄精、多花黄

收稿日期: 2014-11-18

基金项目: 教育部科学技术研究重点资助项目 (2003078); 河南中医学院博士科研启动基金 (BSJJ2012-02)

作者简介: 陈 辉, 副教授, 博士, 研究方向为中草药活性成分及新药开发。Tel: 18703634313 E-mail: chh701@163.com

*通信作者 冯卫生, 教授, 博士, 研究方向为中草药活性成分及新药开发。Tel/Fax: (0371)65680011 E-mail: fwsh@hactcm.edu.cn

精和滇黄精 3 种药用黄精的化学成分及其药理活性的研究进展, 以期为进一步开发利用黄精属植物提供一定的依据。

1 化学成分

1.1 甾体皂苷类

甾体皂苷类是黄精属植物的特征性成分, 也是主要活性成分之一, 目前对该类成分的文献报道多集中于黄精和滇黄精, 多花黄精中也含有大量的甾体皂苷类成分^[4], 但关于其单体皂苷类成分仅有 1 篇文献报道^[5]。目前共从黄精、滇黄精和多花黄精中分离得到 67 种甾体皂苷类化合物。按照苷元的骨架类型不同, 可分为 11 种 (图 1), 其中螺甾烷醇型 (I、II) C-25 为 *S* 构型, 甲基处于直立键; 异螺

甾烷醇型 (III) C-25 为 *R* 型, 甲基位于平伏键, 化学性质较稳定, 存在较多。螺甾烷醇和异螺甾烷醇型苷元是其他苷元的前体, 即其他苷元均是由这 2 种类型衍生而来^[6]。螺甾烷醇型皂苷大多为单糖链皂苷, 糖基大多连在苷元的 C-3 位, 少数在 F 环的 C-23、C-24 或 C-27 位上连有糖基, 形成双糖链皂苷, 如化合物 25 和 26。C-3 位的糖链由多种糖基以不同的连接方式组成。常见的糖基有葡萄糖、半乳糖、鼠李糖、阿拉伯糖、木糖和岩藻糖 (图 2)。具体化合物名称见表 1。

1.2 三萜皂苷类

三萜皂苷类是该属植物中另一类重要的化学成分。目前从黄精和滇黄精中共分离得到 12 个三萜皂

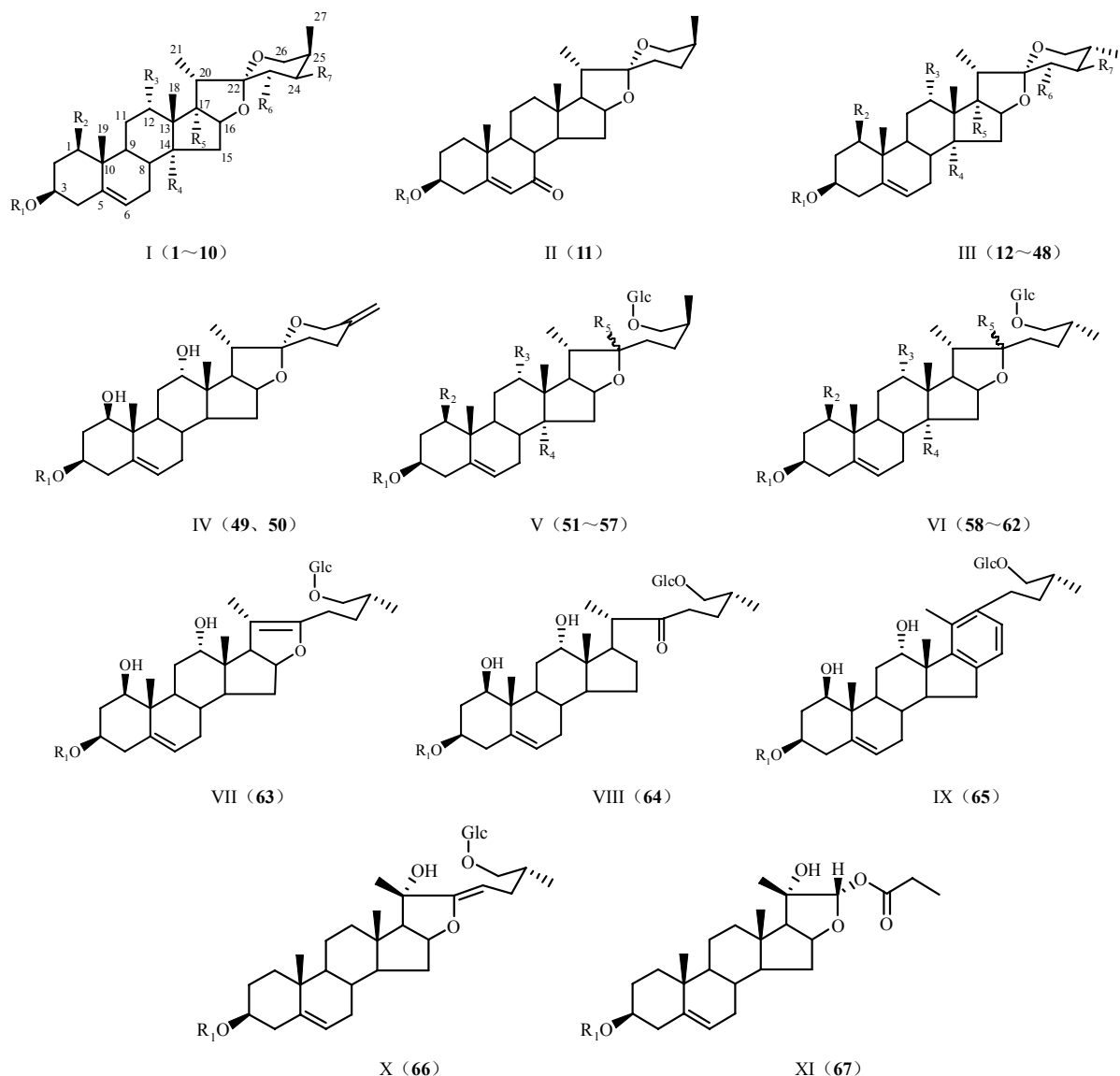


图 1 黄精、滇黄精和多花黄精中甾体皂苷元的结构骨架

Fig. 1 Structural skeletons of steroid sapogenin in *P. sibiricum*, *P. kingianum*, and *P. cyrtoneema*

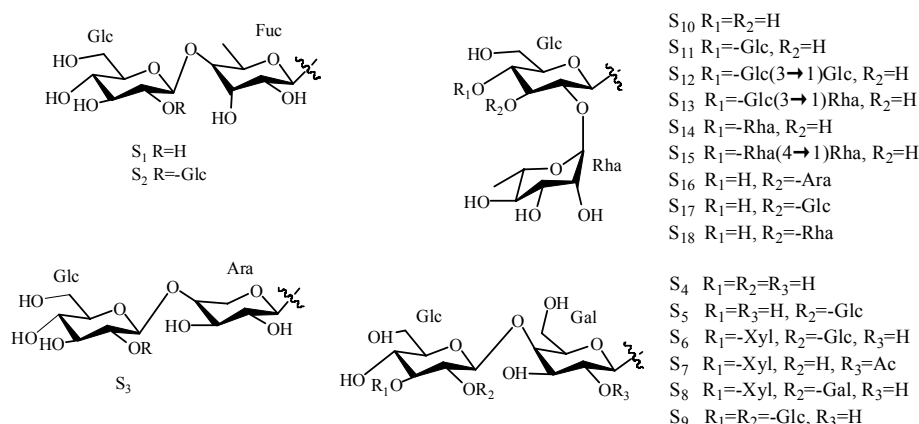


图 2 黄精、滇黄精和多花黄精中甾体皂苷类中的糖基类型

Fig. 2 Sugar moiety skeletons of steroidal saponin in *P. sibiricum*, *P. kingianum*, and *P. cyrtoneuma*

表 1 黄精、滇黄精和多花黄精中的甾体皂苷类化合物

Table 1 Steroidal saponins from *P. sibiricum*, *P. kingianum*, and *P. cyrtoneuma*

编号	化合物名称	取代基	来源	文献
1	(25 <i>S</i>)-spirost-5-en-12-one-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→2)-β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→3)-β- <i>D</i> -glucopyranosyl-(1→4)-β- <i>D</i> -galactopyranoside	$R_1=S_9$, $R_2=R_4=R_5=R_6=R_7=H$, $R_3=O$	多花黄精	5
2	neoprazerigenin A 3- <i>O</i> -β-lycotetraoside	$R_1=S_6$, $R_2=R_3=R_5=R_6=R_7=H$, $R_4=OH$	黄精	7
3	neosibiricoside A	$R_1=S_2$, $R_2=R_3=R_4=R_5$, $R_6=R_7=H$	黄精	8
4	neosibiricoside B	$R_1=S_6$, $R_2=OAc$, $R_3=R_4=R_5=R_6=R_7=H$	黄精	8
5	neosibiricoside C	$R_1=S_7$, $R_2=R_3=R_4=R_5=R_6=R_7=H$	黄精	8
6	neosibiricoside D	$R_1=S_5$, $R_2=R_3=R_4=R_5=R_6=R_7=H$ (25 <i>R,S</i>)	黄精	8
7	(25 <i>S</i>)-pratioside D ₁	$R_1=S_5$, $R_2=R_4=R_5=R_6=R_7=H$, $R_3=O$	滇黄精	9
8	(25 <i>S</i>)-kingianoside A	$R_1=S_4$, $R_2=R_4=R_5=R_6=R_7=H$, $R_3=O$	滇黄精	9
9	kingianoside H	$R_1=S_4$, $R_2=R_4=R_5=R_6=H$, $R_3=O$, $R_7=OH$	滇黄精	10
10	kingianoside I	$R_1=S_5$, $R_2=R_4=R_5=R_6=H$, $R_3=O$, $R_7=OH$	滇黄精	10
11	kingianoside K	$R_1=S_{16}$	滇黄精	11
12	sibiricogenin 3- <i>O</i> -β-lycotetraoside	$R_1=S_6$, $R_2=R_3=R_5=R_7=H$, $R_4=R_6=OH$	黄精	7
13	huangjingenin	$R_1=R_4=R_5=R_6=R_7=H$, $R_2=R_3=OH$	黄精	12
14	huangjinoside C	$R_1=-Ara$, $R_4=R_5=R_6=R_7=H$, $R_2=R_3=OH$	黄精	12
15	huangjinoside D	$R_1=-Fuc$, $R_4=R_5=R_6=R_7=H$, $R_2=R_3=OH$	黄精	12
16	huangjinoside E	$R_1=S_1$, $R_4=R_5=R_6=R_7=H$, $R_2=R_3=OH$	黄精	12
17	huangjinoside F	$R_1=S_4$, $R_4=R_5=R_6=R_7=H$, $R_2=R_3=OH$	黄精	12
18	huangjinoside G	$R_1=S_2$, $R_4=R_5=R_6=R_7=H$, $R_2=R_3=OH$	黄精	12
19	huangjinoside H	$R_1=S_2$, $R_4=R_5=R_6=R_7=H$, $R_2=R_3=OH$	黄精	12
20	huangjinoside I	$R_1=S_3$, $R_2=R_3=R_6=OH$, $R_4=R_5=R_7=H$	黄精	12
21	huangjinoside J	$R_1=S_1$, $R_2=R_3=R_6=OH$, $R_4=R_5=R_7=H$	黄精	12
22	huangjinoside K	$R_1=S_4$, $R_2=R_3=R_6=OH$, $R_4=R_5=R_7=H$	黄精	12
23	huangjinoside L	$R_1=S_4$, $R_2=R_3=R_5=R_6=OH$, $R_4=R_7=H$	黄精	12
24	huangjinoside M	$R_1=S_1$, $R_2=R_3=R_6=R_7=OH$, $R_4=R_5=H$	黄精	12
25	huangjinoside N	$R_1=S_1$, $R_2=R_3=R_6=OH$, $R_4=R_5=H$, $R_7=OGlc$	黄精	12

续表 1

编号	化合物名称	取代基	来源	文献
26	huangjinoside O	$R_1=S_1, R_2=R_3=OH, R_4=R_5=R_6=H, R_7=OGlc$	黄精	12
27	spirost-5-en-3 β ,14 α -diol-3- <i>O</i> - β - <i>D</i> -glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)-[β - <i>D</i> -xylopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 3)]- β - <i>D</i> -glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)- β - <i>D</i> -galactopyranoside	$R_1=S_6, R_2=R_3=R_5=R_6=R_7=H, R_4=OH (25R,S)$	黄精	8
28	spirost-5-en-3 β -ol-3- <i>O</i> - β - <i>D</i> -glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)-[β - <i>D</i> -xylopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 3)]- β - <i>D</i> -glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)- β - <i>D</i> -Galactopyranoside (PO-2)	$R_1=S_6, R_2=R_3=R_4=R_5=R_6=R_7=H (25R,S)$	黄精	8
29	3- <i>O</i> - β - <i>D</i> -glucopyranosyl (1 $\rightarrow$ 4)-[α - <i>L</i> -rhamnopyranosyl (1 $\rightarrow$ 2)]- β - <i>D</i> -glucopyranosyl-diosgenin (PO-3)	$R_1=S_{11}, R_2=R_3=R_4=R_5=R_6=R_7=H$	黄精	13
30	3- <i>O</i> - α - <i>L</i> -rhamnopyranosyl (1 $\rightarrow$ 4)-[α - <i>L</i> -rhamnopyranosyl (1 $\rightarrow$ 2)]- β - <i>D</i> -glucopyranosyl-diosgenin	$R_1=S_{14}, R_2=R_3=R_4=R_5=R_6=R_7=H$	黄精	13
31	3- <i>O</i> - β - <i>D</i> -glucopyranosyl(1 $\rightarrow$ 3)- β - <i>D</i> -glucopyranosyl (1 $\rightarrow$ 4)-[α - <i>L</i> -rhamnopyranosyl (1 $\rightarrow$ 2)]- β - <i>D</i> -glucopyranosyl-diosgenin	$R_1=S_{12}, R_2=R_3=R_4=R_5=R_6=R_7=H$	黄精	13
32	(25 <i>R</i>)-spirost-5-en-12-one-3- <i>O</i> - β - <i>D</i> -glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- β - <i>D</i> -glucopyranosyl- (1 $\rightarrow$ 3)- β - <i>D</i> -glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)- β - <i>D</i> -galactopyranoside	$R_1=S_9, R_2=R_4=R_5=R_6=R_7=H, R_3=O$	多花黄精	5
33	spirost-5-en-12-one-3- <i>O</i> - β - <i>D</i> -glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)-[β - <i>D</i> -xylopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 3)]- β - <i>D</i> -glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)- β - <i>D</i> -galactopyranoside	$R_1=S_8, R_2=R_4=R_5=R_6=R_7=H, R_3=O (25R,S)$	多花黄精	5
34	3- β -hydroxyspirost-5-en-12-one	$R_1=R_2=R_4=R_5=R_6=R_7=H, R_3=O (25R,S)$	多花黄精	5
35	kingianoside A	$R_1=S_4, R_2=R_4=R_5=R_6=R_7=H, R_3=O$	滇黄精	14
36	kingianoside B	$R_1=S_1, R_2=R_4=R_5=R_6=R_7=H, R_3=O$	滇黄精	14
37	funkioside C	$R_1=S_4, R_2=R_3=R_4=R_5=R_6=R_7=H$	滇黄精	14
38	(25 <i>R</i>)-kingianoside G	$R_1=S_5, R_2=R_4=R_5=R_7=H, R_3=O, R_6=OH$	滇黄精	9
39	pratioside D ₁	$R_1=S_5, R_2=R_4=R_5=R_6=R_7=H, R_3=O$	滇黄精	11
40	(25 <i>R</i>)-spirost-5-en-3 β ,17 α -diol-3- <i>O</i> - α - <i>L</i> -rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)- α - <i>L</i> -rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)-[α - <i>L</i> -rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)]- β - <i>D</i> -glucopyranoside	$R_1=S_{15}, R_2=R_4=R_6=R_7=H, R_3=O, R_5=OH$	滇黄精	10
41	(25 <i>R</i>)-spirost-5-en-3 β ,17 α -diol-3- <i>O</i> - β - <i>D</i> -glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 3)-[α - <i>L</i> -rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)]- β - <i>D</i> -glucopyranoside	$R_1=S_{11}, R_2=R_4=R_6=R_7=H, R_3=O, R_5=OH$	滇黄精	10
42	polygonatoside C ₁	$R_1=S_{16}, R_2=R_4=R_6=R_7=H, R_3=O, R_5=OH$	滇黄精	10
43	ophiopogonin C'	$R_1=S_{10}, R_2=R_4=R_5=R_6=R_7=H, R_3=O$	滇黄精	10
44	gracillin	$R_1=S_{17}, R_2=R_3=R_4=R_5=R_6=R_7=H$	滇黄精	11
45	dioscin	$R_1=S_{18}, R_2=R_3=R_4=R_5=R_6=R_7=H$	滇黄精	11
46	saponin Tb	$R_1=S_{10}, R_2=R_3=R_4=R_6=R_7=H, R_5=OH$	滇黄精	11
47	saponin Pa	$R_1=S_{14}, R_2=R_3=R_4=R_5=R_6=R_7=H$	滇黄精	11
48	parissaponin P _b	$R_1=S_{15}, R_2=R_3=R_4=R_5=R_6=R_7=H$	滇黄精	11
49	huangjinoside A	$R_1=-Ara$	黄精	12
50	huangjinoside B	$R_1=S_6$	黄精	12
51	sibiricoside A	$R_1=S_4, R_2=R_3=R_4=H, R_5=OMe$	黄精	7

续表 1

编号	化合物名称	取代基	来源	文献
52	sibiricoside B	$R_1=S_4, R_2=R_3=H, R_4=OH, R_5=OMe$	黄精	7
53	(25 <i>S</i>)-kingianoside C	$R_1=S_4, R_2=R_4=H, R_3=O, R_5=OH$	滇黄精	15
54	(25 <i>S</i>)-kingianoside D	$R_1=S_1, R_2=R_4=H, R_3=O, R_5=OH$	滇黄精	15
55	(25 <i>S</i>)-kingianoside E	$R_1=S_5, R_2=R_4=H, R_3=O, R_5=OH$	滇黄精	15
56	22-hydroxylwattinoside C	$R_1=S_4, R_2=R_5=OH, R_3=O, R_4=H$	滇黄精	15
57	(25 <i>S</i>)-kingianoside F	$R_1=S_5, R_2=R_5=OH, R_3=O, R_4=H$	滇黄精	15
58	kingianoside C	$R_1=S_4, R_2=R_4=H, R_3=O, R_5=OH$	滇黄精	14
59	kingianoside D	$R_1=S_1, R_2=R_4=H, R_3=O, R_5=OH$	滇黄精	14
60	kingianoside E	$R_1=S_5, R_2=R_4=H, R_3=O, R_5=OH$	滇黄精	15
61	(25 <i>R</i> ,22)-hydroxylwattinoside C	$R_1=S_4, R_2=R_5=OH, R_3=O, R_4=H$	滇黄精	15
62	kingianoside F	$R_1=S_5, R_2=R_5=OH, R_3=O, R_4=H$	滇黄精	15
63	huangjinoside P	$R_1=S_1$	黄精	12
64	huangjinoside Q	$R_1=S_6$	黄精	12
65	huangjinoside R	$R_1=S_3$	黄精	12
66	polygonoide A	$R_1=S_{13}$	黄精	16
67	polygonoide B	$R_1=S_{11}$	黄精	16

苷类化合物, 包括 2 个乌苏酸型五环三萜皂苷积雪草苷 (68)、羟基积雪草苷 (69)^[17]; 7 个齐墩果烷型五环三萜皂苷 3β-羟基-(3→1) 葡萄糖-(4→1) 葡萄糖-齐墩果烷 (70)、3β-羟基-(3→1) 葡萄糖-(2→1) 葡萄糖-齐墩果酸 (71)、3β-羟基-(3→1) 葡萄糖-(4→1) 葡萄糖-(28→1) 阿拉伯糖-(2→1) 阿

拉伯糖-齐墩果酸 (72)、3β,30β-二羟基-(3→1) 葡萄糖-(2→1) 葡萄糖-齐墩果烷 (73)^[18]和 polygonoide C~E^[19] (74~76); 3 个达玛烷型四环三萜皂苷伪人参皂苷 F₁₁ (77)^[20]、人参皂苷 Rc (78)^[10]和人参皂苷 Rb₁ (79)^[11]。三萜皂苷类成分结构见图 3。

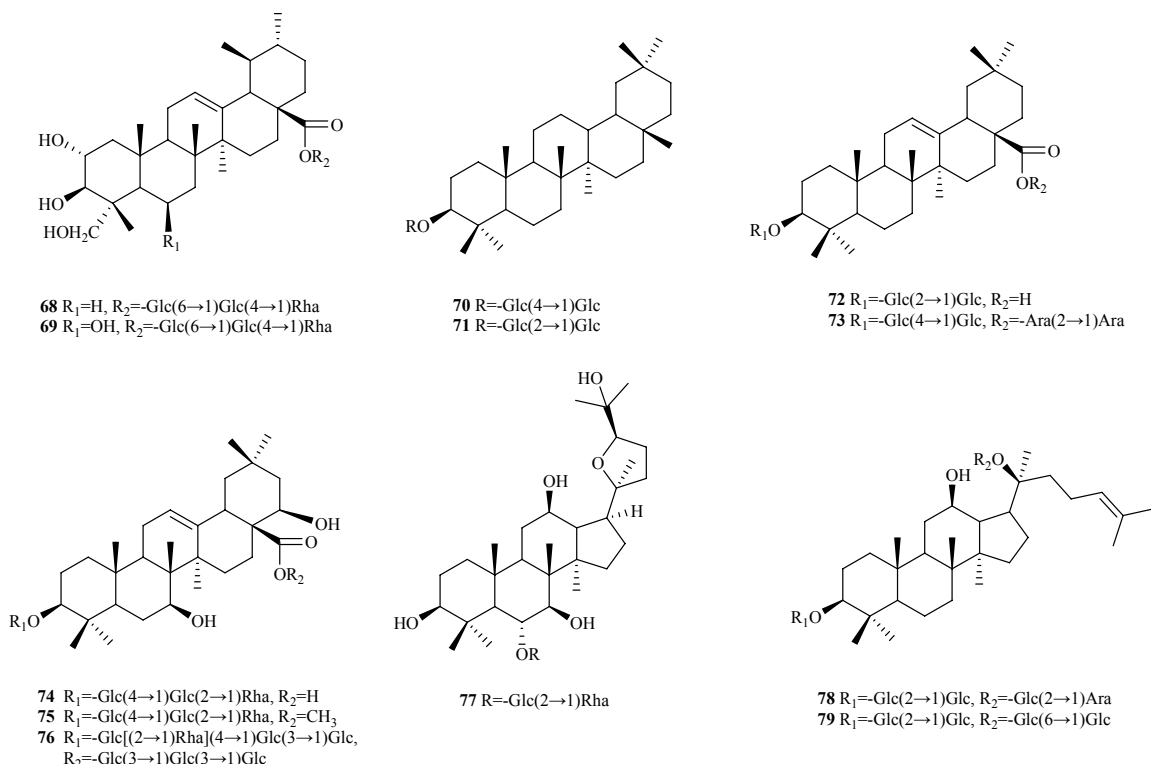


图 3 黄精、滇黄精中的三萜皂苷类结构

Fig. 3 Structures of triterpenoid saponins from *P. sibiricum* and *P. kingianum*

1.3 黄酮类

高异黄酮类是该属植物中另一特征性成分,其母核结构仅比异黄酮多一个碳原子,在自然界中发现的不多,只存在于少数的植物中。到目前为止,共从黄精、滇黄精和多花黄精中分离得到3个高异黄酮4',5,7-三羟基-6,8-二甲基高异黄酮(80)^[21]、disporopsin(81)^[22]、(3*R*)-5,7-dihydroxy-8-methyl-3-(2'-hydroxy-4'-methoxybenzyl)-chroman-4-one(82)^[23]。此外,还分离得到了2个二氢黄酮新甘草苷(83)^[24]、甘草素(84)^[25];2个查耳酮异甘草素(85)^[24]、新异甘草苷(86)^[25];3个异黄酮类4',7-二羟基-3'-甲氧基异黄酮(87)^[25]、2',7-二羟基-3',4'-二甲氧基异黄烷(88)^[24]、2',7-二羟基-3',4'-二甲氧基异黄

烷苷(89)^[24]以及(6*aR*,11*aR*)-10-羟基-3,9-二甲氧基紫檀烷(90)^[24]。黄酮类成分结构见图4。

1.4 生物碱类

生物碱类在该属植物中量较低,目前共从黄精和滇黄精中共分离得到5个生物碱类化合物polygonatine A(91)^[26-27]、polygonatine B(92)^[26]、kinganone(93)^[27]、*N-trans-p*-coumaroyloctopamine(94)^[22]、腺苷(95)^[28]。其中化合物91~93为新的吡啶类生物碱,具有环合氮的六并五杂环体系的基本母核。此外,孙隆儒等^[21]还从黄精中分离得到一组神经鞘苷类同系物,黄精神经鞘苷A、B、C(96)。生物碱类成分的结构见图5。

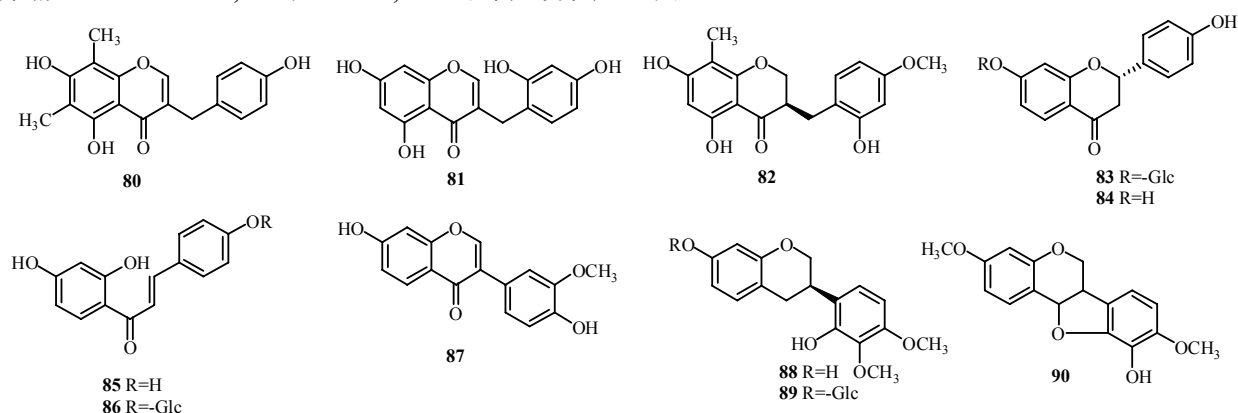


图4 黄精、滇黄精和多花黄精中的黄酮类结构

Fig. 4 Structures of flavonoids from *P. sibiricum*, *P. kingianum*, and *P. cyrtoneura*

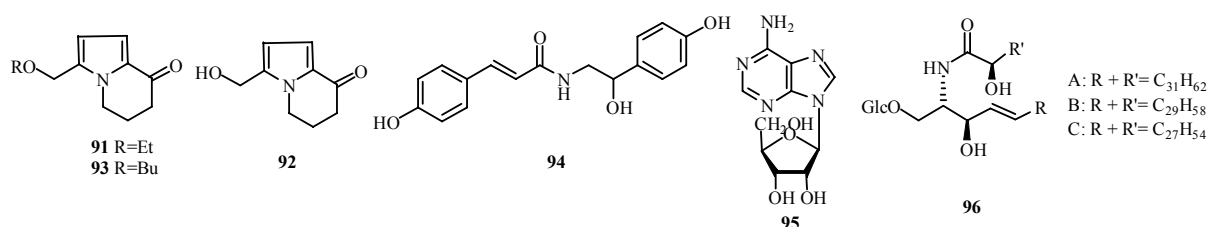


图5 黄精、滇黄精中的生物碱类结构

Fig. 5 Structures of alkaloids from *P. sibiricum* and *P. kingianum*

1.5 木脂素类

孙隆儒等^[21]首次从黄精中分离得到了4个木脂素类成分,分别为右旋丁香脂素、右旋丁香脂素-*O*- β -D-吡喃葡萄糖苷、鹅掌楸碱(liriodendrin)和右旋松脂醇-*O*- β -D-吡喃葡萄糖基(6 $\rightarrow$ 1)- β -D-吡喃葡萄糖苷。

1.6 植物甾醇类

从黄精和滇黄精中共分离得到4个甾醇类化合物,分别为(22*S*)-cholest-5-ene-1,3,16,22-tetrol-1-*O*-

α -L-rhamnopyranosyl-16-*O*- β -D-glucopyranoside^[29]、胡萝卜苷^[9,24-25]、 β -谷甾醇^[24-25]、棕榈酸-3- β -谷甾醇^[25]。

1.7 果糖及其他简单小分子化合物

孙隆儒等^[21]从黄精中分离得到正丁基- β -D-吡喃果糖苷。王易芬等^[25]从滇黄精中也分离得到了正丁基- β -D-吡喃果糖苷,以及正丁基- β -D-呋喃果糖苷、正丁基- α -D-呋喃果糖苷、4-羟甲基糠醛和水杨酸。

1.8 多糖类

多糖类成分在黄精中量较大,在4.47%~

21.34%^[30]。杨明河等^[31]从黄精中分离得到3种低聚糖,三者均由葡萄糖和果糖组成。Liu等^[32]从黄精中分离得到2个中性多糖PSW-1a和PSW-1b-2。方圆等^[33]分离得到黄精多糖PSP I,其主链由 β -(1 $\rightarrow$ 2)键相连的果糖构成。吴群绒等^[34]从滇黄精中分离得到3个多糖组分,PKP I~III,其中PKP I约50个葡萄糖单元组成。王聪^[35]从多花黄精中分离得到黄精多糖PCPs-1、PCPs-2、PCPs-3,其中PCPs-1、PCPs-2均由葡萄糖和半乳糖组成,PCPs-3主要含有半乳糖。

1.9 挥发油

王进等^[36]采用水蒸气蒸馏-气质联用方法从多花黄精中鉴定出51种挥发性成分,主要包括酸类(26.32%)、烯烃(25.83%)、醛类(5.83%)、醇类(1.09%)和酯类(0.66%);采用吹扫捕集-热脱附气质联用方法从多花黄精中鉴定出11种挥发性成分,主要包括芳香烃(28.69%)、烯烃(23.25%)、醛类(10.09%)和烷烃(8.99%)。

1.10 氨基酸及微量元素

黄精中含有多种氨基酸,其中游离氨基酸中苏氨酸和丙氨酸较为丰富^[37]。多花黄精中含有天门冬氨酸、高丝氨酸和二氨基丁酸等6种氨基酸,另外还含有Fe、Zn、Sr、Ba、Ge、Mn等18种微量元素及K、Mg、Ga、P等常量元素^[38]。

2 药理活性

2.1 抗氧化和抗衰老

黄精抗衰老的作用可能与其增强和调节机体免疫功能、激活内源性防御自由基损伤的物质、抑制衰老动物体内氧自由基等方面有关^[39]。公惠玲等^[40]研究表明黄精多糖在剂量为0.5、1 g/kg时可明显提高模型组小鼠血清和肝脏总超氧化物歧化酶(T-SOD)和谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性,降低丙二醛(MDA)的量。李微等^[41]发现滇黄精可减轻全脑缺血-再灌注损伤,其机制与降低氧自由基水平有关。

2.2 调节免疫力

徐维平等^[42]研究发现黄精总皂苷能明显升高抑郁模型大鼠胸腺、脾脏指数及血清免疫球蛋白(IgA、IgG、IgM)和白细胞介素-2(IL-2)的量,可增强慢性应激抑郁模型大鼠的免疫功能。黄精^[43]和多花黄精^[44]多糖可提高小鼠腹腔巨噬细胞吞噬百分率和吞噬指数、促进小鼠溶血素的生成和增加小鼠的脏器指数。沈建利等^[45]研究也表明黄精多糖能

有效改善由环磷酰胺所致免疫抑制小鼠的免疫功能,可开发为肿瘤放疗患者的辅助治疗剂。

2.3 改善记忆功能和防治老年痴呆

孙隆儒等^[46]研究发现黄精乙醇提取物(1.0 g/kg)对东莨菪碱所致小鼠记忆获得障碍有明显改善作用,黄精总皂苷在剂量为400 mg/kg时对东莨菪碱所致小鼠记忆获得障碍有明显改善作用。张峰等^[47-48]研究表明黄精多糖可使正常小鼠在安全区(跳台)停留时间延长,显著降低记忆获得障碍小鼠受电击后的错误反应次数,并能显著抑制小鼠脑组织MDA的生成,提高脑组织GSH-Px和SOD的活性。成威等^[49]发现经黄精多糖干预后的痴呆小鼠海马CA1区线粒体密度增加,线粒体变形程度减轻,提示其具有防治老年痴呆的作用。

2.4 抗抑郁

耿甄彦等^[50]研究发现黄精皂苷各剂量(100、200、400 mg/kg)组能纠正抑郁模型小鼠的自主活动和学习记忆能力,并能提高脑内单胺类神经递质水平。黄莺等^[51]也证实黄精皂苷具有抗抑郁作用,调节机体中的微量元素水平可能是其机制之一。

2.5 降血糖

李友元等^[52]研究发现黄精多糖可显著降低实验性糖尿病鼠血糖和血清糖化血红蛋白浓度,并能显著升高血浆胰岛素及C肽水平。公惠玲等^[53]研究表明黄精多糖能够降低链脲佐菌素(STZ)诱导的糖尿病大鼠血糖,提高胰岛素表达,其机制可能与其抑制胰岛素细胞凋亡,下调caspase-3表达有关。陈兴荣等^[54]发现滇黄精提取物对外源性葡萄糖所致高血糖小鼠血糖水平均有一定降低作用,同时可显著降低四氧嘧啶性糖尿病小鼠的血糖水平。

2.6 调血脂和抗动脉粥样硬化

李友元等^[55]研究发现黄精多糖能下调实验性兔动脉粥样硬化血管内膜血管细胞黏附分子-1(VCAM-1)的高表达,抑制炎症细胞对内皮细胞的黏附,阻止血管内皮炎症反应的发生、发展。张庭廷等^[43]通过实验也证实黄精多糖可降低小鼠血中总胆固醇(TC)、三酰甘油(TG)量,对实验性高脂血症小鼠具有明显的预防和治疗作用。

2.7 抗炎

彭成等^[56]研究发现黄精多糖眼药水能消除兔模型结膜充血、水肿、分泌物增加等局部症状,另外还能明显抑制小鼠耳廓肿胀、大鼠足趾肿胀、降低大鼠肉芽肿的质量,对治疗大鼠免疫性关节炎的

原发病灶和继发病变有显著疗效。黄精水提物能够显著降低 12-*O*-十四烷酰佛波醇-13-乙酸酯 (TPA) 诱导的小鼠炎症模型的耳廓肿胀度和髓过氧化物酶 (MPO) 活性, 并能显著抑制诱导性 NO 合酶 (iNOS)、环氧化酶-2 (COX-2)、肿瘤坏死因子- α (TNF- α)、白细胞介素-1 β (IL-1 β) 和 IL-6 的蛋白和 mRNA 表达水平^[57-58]。

2.8 抗肿瘤

黄精多糖低剂量组对 H₂₂ 实体瘤具有显著抑制作用; 中、高剂量组可以显著延长 S₁₈₀ 腹水型荷瘤小鼠的存活时间, 其机制可能是通过影响细胞周期分布, 将肿瘤细胞阻滞于 G₀/G₁ 期, 抑制细胞增殖, 并可通过激活 caspase 系统诱导肿瘤细胞凋亡^[59-60]。此外, 多花黄精挥发油对人肺癌细胞 NCI-H460 具有显著抑制作用, 在质量浓度为 100 $\mu\text{g/mL}$ 时, 抑制率达到 98.08%^[61]。Ahn 等^[8]对从黄精中分离得到的 6 个甾体皂苷类化合物 [neosibiricoside A~D (24~27)、PO-2 (28) 和 PO-3 (29)] 进行体外细胞毒活性测试, 其中化合物 26~29 的 IC₅₀ 值分别为 20.9、24.3、17.6、15.2 $\mu\text{mol/L}$ 。

2.9 抗病毒

李凯^[62]研究表明 0.8%黄精多糖滴眼液治疗单纯疱疹病毒性角膜炎具有较好的临床疗效, 并推测其机制为增强免疫和多靶点抗病毒的综合作用。辜红梅等^[63]发现黄精多糖有体外抗单疱病毒的作用, 并能显著提高病毒感染的 Vero 细胞的活力, 对细胞具有保护作用。

2.10 抗菌

苏伟等^[64]用滤纸片抑菌圈实验法研究了黄精多糖对常见的几种细菌的抑制作用, 结果表明黄精多糖对各实验菌均表现出一定的抑制效果, 其中大肠杆菌及沙门氏菌等革兰阴性菌属于中度敏感, 而对金黄色葡萄球菌及蜡样芽孢杆菌等革兰阳性菌属最敏感。胡骄阳等^[65]发现多花黄精石油醚提取物在质量浓度为 5.0 g/L 时对苹果炭疽病菌的菌丝抑制率达到 70%以上。

2.11 其他作用

Zeng 等^[66]研究发现黄精多糖能够上调大鼠骨形成蛋白 (BMP) 的表达和碱性成纤维细胞生长因子 (bFGF) 的表达, 并能抑制骨钙素蛋白 (BGP)、骨碱性磷酸酶 (BALP)、酸性磷酸酶 (TRAP) 和 TNF- α 的表达, 具有预防骨质疏松症的作用。Hirai 等^[67]研究证实黄精的甲醇提取物具有强心作用, 可

增加大鼠左心房的压力, 同时又能够有效抑制 cAMP 磷酸二酯酶的活性, 提示其强心作用是通过激活交感神经而刺激 β -肾上腺素受体而引起的。

3 结语

黄精作为我国的传统中药, 具有悠久的药用历史和确切的临床疗效, 开发前景广阔。从目前的研究状况来看, 《中国药典》2010 年版收载的 3 种黄精中, 关于黄精和滇黄精的化学成分和药理活性的研究报道较多, 而对多花黄精的研究报道还较少, 有待于加强。在化学成分研究方面, 多集中于甾体皂苷类和多糖类 2 种主要成分。近 20 年来, 由于分离手段和结构鉴定技术的飞速发展, 进一步加快了甾体皂苷和多糖等水溶性成分的研究, 但对其他微量成分的研究报道还不够深入。在药理活性方面, 目前多集中在总提物和提取部位的药效层面, 缺少活性单体化合物的研究报道, 致使很多作用机制阐述不清。因此, 在今后的研究中, 应注重从提取物和有效部位入手, 进一步加强活性单体化合物及其作用机制的研究, 以阐明其药效物质基础, 为其进一步的开发利用提供必要的科学依据。

参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志 (第 15 卷) [M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [2] 陈 晔, 孙晓生. 黄精的药理研究进展 [J]. 中药新药与临床药理, 2010, 21(3): 328-330.
- [3] 张 洁, 马百平, 杨 云, 等. 黄精属植物甾体皂苷类成分及药理活性研究进展 [J]. 中国药理学杂志, 2006, 41(5): 330-332.
- [4] 范书珍, 陈存武, 王 林. 多花黄精总皂苷的提取研究 [J]. 皖西学院学报, 2005, 21(5): 39.
- [5] Ma K, Huang X F, Kong L Y. Steroidal saponins from *Polygonatum cyrtoneura* [J]. *Chem Nat Compd*, 2013, 49(5): 888-891.
- [6] 杨崇仁, 张 影, 王 东, 等. 黄精属甾体皂苷的分子进化及其化学分类学意义 [J]. 云南植物研究, 2007, 29(5): 591-600.
- [7] Son K H, Do J C, Kang S S. Steroidal Saponins from the Rhizomes of *Polygonatum sibiricum* [J]. *J Nat Prod*, 1990, 53(2): 333-339.
- [8] Ahn M J, Kim C Y, Yoon K D, et al. Steroidal saponins from the Rhizomes of *Polygonatum sibiricum* [J]. *J Nat Prod*, 2006, 69(3): 360-364.
- [9] Yu H S, Zhang J, Kang L P, et al. Three new saponins from the fresh rhizomes of *Polygonatum kingianum* [J]. *Chem Pharm Bull*, 2009, 57(1): 1-4.

- [10] Yu H S, Ma B P, Kang L P, *et al.* Saponins from the processed rhizomes of *Polygonatum kingianum* [J]. *Chem Pharm Bull*, 2009, 57(9): 1011-1014.
- [11] Yu H S, Ma B P, Song X B, *et al.* Two new steroidal saponins from the processed *Polygonatum kingianum* [J]. *Helv Chim Acta*, 2010, 93(6): 1086-1092.
- [12] 孙隆儒. 黄精化学成分及生物活性的研究 [D]. 沈阳: 沈阳药科大学, 1999.
- [13] 唐翩翩, 徐德平. 黄精中甾体皂苷的分离与结构鉴定 [J]. 食品与生物技术学报, 2008, 27(4): 34-37.
- [14] Li X C, Yang C R, Ichikawa M, *et al.* Steroids saponins from *Polygonatum kingianum* [J]. *Phytochemistry*, 1992, 31(10): 3559-3563.
- [15] Zhang J, Ma B P, Kang L P, *et al.* Furostanol saponins from the fresh rhizomes of *Polygonatum kingianum* [J]. *Chem Pharm Bull*, 2006, 54(7): 931-935.
- [16] Xu D P, Hu C Y, Zhang Y. Two new steroidal saponins from the rhizome of *Polygonatum sibiricum* [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2009, 11(1): 1-6.
- [17] 王彩霞, 徐德平. 黄精中乌苏酸型皂苷的分离与结构鉴定 [J]. 食品与生物技术学报, 2008, 27(3): 33-36.
- [18] 徐德平, 孙婧, 齐斌, 等. 黄精中三萜皂苷的提取分离与结构鉴定 [J]. 中草药, 2006, 37(10): 1470-1472.
- [19] Hu C Y, Xu D P, Wu Y M, *et al.* Triterpenoid saponins from the rhizome of *Polygonatum sibiricum* [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2010, 12(9): 801-808.
- [20] 马百平, 张洁, 康利平, 等. 滇黄精中一个三萜皂苷的 NMR 研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2007, 19(1): 7-10.
- [21] 孙隆儒, 李锐. 黄精化学成分的研究 (II) [J]. 中草药, 2001, 32(7): 586-588.
- [22] 康利平, 张洁, 余和水, 等. 滇黄精化学成分的研究 [A] // 第七届全国天然有机化学学术研讨会论文集 [C]. 成都: 中国化学会, 2008.
- [23] Gan L S, Chen J J, Shi M F, *et al.* A new homoisoflavanone from the rhizomes of *Polygonatum cyrtoneura* [J]. *Nat Prod Commun*, 2013, 8(5): 597-598.
- [24] 李晓, 来国防, 王易芬, 等. 滇黄精的化学成分研究 (II) [J]. 中草药, 2008, 39(6): 825-828.
- [25] 王易芬, 穆天慧, 陈纪军, 等. 滇黄精化学成分研究 [J]. 中国中药杂志, 2003, 28(6): 524-527.
- [26] Sun L R, Li X, Wang S X. Two new alkaloids from the rhizome of *Polygonatum sibiricum* [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2005, 7(2): 127-130.
- [27] Wang Y F, Lu C H, Lai G F, *et al.* A new indolizine from *Polygonatum kingianum* [J]. *Planta Med*, 2003, 69(11): 1066-1068.
- [28] Son K H, Do J C, Kang S S. Isolation of adenosine from the rhizomes of *Polygonatum sibiricum* [J]. *Arch Pharm Res*, 1991, 14(2): 193-194.
- [29] Ahn M J, Cho H, Lee M K, *et al.* A bisdesmosidic cholestane glycoside from the rhizomes of *Polygonatum sibiricum* [J]. *Nat Prod Sci*, 2011, 17(3): 183-188.
- [30] 曹明菊, 郑晓燕, 陈丽华, 等. 黄精多糖的研究进展 [J]. 中国食品添加剂, 2008, 9(4): 52-55.
- [31] 杨明河, 于德全. 黄精多糖和低聚糖的研究 [J]. 药学通报, 1980, 15(7): 44.
- [32] Liu L, Qun D, Dong X T, *et al.* Structural investigation of two neutral polysaccharides isolated from rhizome of *Polygonatum sibiricum* [J]. *Carbohydr Polym*, 2007, 70(3): 304-309.
- [33] 方圆, 王彩霞, 徐德平. 黄精多糖的分离及结构鉴定 [J]. 食品工业与发酵, 2010, 36(8): 79-82.
- [34] 吴群绒, 胡盛, 杨光忠, 等. 滇黄精多糖 I 的分离纯化及结构研究 [J]. 林产化学与工业, 2005, 25(2): 80-82.
- [35] 王聪. 多花黄精多糖提取分离、分子量测定及其粗多糖的初步药效研究 [D]. 成都: 成都中医药大学, 2012.
- [36] 王进, 岳永德, 汤锋, 等. 气质联用法对黄精炮制前后挥发性成分的分析 [J]. 中国中药杂志, 2011, 36(16): 2187-2191.
- [37] 王冬梅, 朱炜, 张存莉, 等. 黄精化学成分及其生物活性 [J]. 西北林学院学报, 2006, 21(2): 142-153.
- [38] 王曙东, 宋炳生, 金亚丽, 等. 黄精根茎及须根中微量元素及氨基酸的分析 [J]. 中成药, 2001, 23(5): 369-370.
- [39] 朱红艳, 许金俊. 黄精延缓衰老研究进展 [J]. 中草药, 1999, 30(10): 795-797.
- [40] 公惠玲, 尹艳艳, 李卫平, 等. 黄精多糖对四氧嘧啶诱导的糖尿病小鼠血糖和抗氧化作用的影响 [J]. 安徽医科大学学报, 2008, 43(5): 538-540.
- [41] 李微, 彭锐, 唐理斌, 等. 滇黄精对大鼠脑缺血再灌注损伤神经元的作用 [J]. 大理学院学报, 2006, 5(10): 19-21.
- [42] 徐维平, 祝凌丽, 魏伟, 等. 黄精总皂苷对慢性应激性抑郁模型大鼠免疫功能的影响 [J]. 中国临床保健杂志, 2011, 14(1): 59-61.
- [43] 张庭廷, 夏晓凯, 陈传平, 等. 黄精多糖的生物活性研究 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2006, 12(7): 42-45.
- [44] 姜晓昆, 魏尊喜. 多花黄精中多糖的免疫活性研究 [J]. 中国社区医师, 2011, 13(18): 5-6.
- [45] 沈建利, 刘利萍, 钱建鸿. 黄精多糖对免疫抑制小鼠的免疫功能的影响 [J]. 药物评价研究, 2012, 35(5): 328-331.
- [46] 孙隆儒, 李锐, 郭月英, 等. 黄精改善小鼠学习记忆障碍等作用的研究 [J]. 沈阳药科大学学报, 2001,

- 18(4): 286-289.
- [47] 张 峰, 张继国, 王丽华, 等. 黄精多糖对东莨菪碱致小鼠记忆获得障碍的改善作用 [J]. 现代中西医结合杂志, 2007, 36(16): 5410-5412.
- [48] Zhang F, Zhang J G, Wang L H, *et al.* Effects of *polygonatum sibiricum* polysaccharide on learning and memory in a scopolamine-induced mouse model of dementia [J]. *Neural Regen Res*, 2008, 3(1): 33-36.
- [49] 成 威, 李友元, 邓洪波, 等. 黄精多糖对痴呆小鼠海马线粒体超微结构的影响 [J]. 中南药学, 2014, 12(10): 969-972.
- [50] 耿甄彦, 徐维平, 魏 伟, 等. 黄精皂苷对抑郁模型小鼠行为及脑内单胺类神经递质的影响 [J]. 中国新药杂志, 2009, 18(11): 1023-1026.
- [51] 黄 莺, 徐维平, 魏 伟, 等. 黄精皂苷对慢性轻度不可预见性应激抑郁模型大鼠行为学及血清中微量元素的影响 [J]. 安徽医科大学学报, 2012, 47(3): 286-289.
- [52] 李友元, 邓洪波, 张 萍, 等. 黄精多糖对糖尿病模型小鼠糖代谢的影响 [J]. 中国临床康复, 2005, 9(27): 90-91.
- [53] 公惠玲, 李卫平, 尹艳艳, 等. 黄精多糖对链脲菌素糖尿病大鼠降血糖作用及其机制探讨 [J]. 中国中药杂志, 2009, 34(9): 1149-1154.
- [54] 陈兴荣, 赖 泳, 王成军. 滇黄精对诱导性高血糖小鼠影响的实验研究 [J]. 时珍国医国药, 2010, 21(12): 3163-3164.
- [55] 李友元, 张 萍, 邓洪波, 等. 动脉粥样硬化家兔 VCAM-1 表达及黄精多糖对其表达的影响 [J]. 医学临床研究, 2005, 22(9): 1287-1288.
- [56] 彭 成, 曹小玉. 角结膜性模型建立及黄精多糖眼药水抗炎药理研究 [J]. 中药新药与临床药理, 1996, 17(4): 48-50.
- [57] Xian Y F, Lin Z X, Xu X Y, *et al.* Effect of *Rhizoma Polygonati* on 12-O-tetradecanoylphorbol-acetate-induced ear edema in mice [J]. *J Ethnopharmacol*, 2012, 142(3): 851-856.
- [58] Debnath T, Park S R, Kim D H, *et al.* Antioxidant and anti-inflammatory activity of *Polygonatum sibiricum* rhizome extracts [J]. *Asian Pac J Trop Dis*, 2013, 3(4): 308-313.
- [59] 张 峰, 高 群, 孔令雷, 等. 黄精多糖抗肿瘤作用的实验研究 [J]. 中国实用医药, 2007, 21(2): 95-96.
- [60] 段 华, 王保奇, 张跃文. 黄精多糖对肝癌 H₂₂ 移植瘤小鼠的抑瘤作用及机制研究 [J]. 中药新药与临床药理, 2014, 25(1): 5-7.
- [61] 余 红, 张小平, 邓明强, 等. 多花黄精挥发油 GC-MS 分析及其生物活性研究 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2008, 14(5): 4-6.
- [62] 李 凯. 黄精多糖滴眼液治疗单纯疱疹性角膜炎的临床研究 [D]. 南京: 南京中医药大学, 2003.
- [63] 辜红梅, 蒙义文, 蒲 蕾. 黄精多糖的抗单纯疱疹病毒作用 [J]. 应用与环境生物学报, 2003, 9(1): 21-23.
- [64] 苏 伟, 赵 利, 刘建涛, 等. 黄精多糖抑菌及抗氧化性能研究 [J]. 食品科学, 2007, 28(8): 55-57.
- [65] 胡骄阳, 汤 锋, 操海群, 等. 多花黄精提取物对水果采后病原菌的抑菌活性研究 [J]. 植物保护, 2012, 38(6): 31-34.
- [66] Zeng G F, Zhang Z Y, Lu L, *et al.* Protective effects of *Polygonatum sibiricum* polysaccharide on ovariectomy-induced bone loss in rats [J]. *J Ethnopharmacol*, 2011, 136(1): 224-229.
- [67] Hirai N, Miura T, Moriyasu M, *et al.* Cardiotonic activity of the rhizome of *Polygonatum sibiricum* in rats [J]. *Biol Pharm Bull*, 1997, 20(12): 1271-1273.